一心问道 著

看不见的文明

微生物与人类的三百年

六卷 · 四十八章

科学历史长篇小说

关于本书

本书以17世纪以来的微生物学与医学史为背景，通过历史和现代人物的故事，讲述人类如何逐渐认识肉眼难见的生命，以及新的知识怎样进入真实生活。

这是根据GitHub仓库现行48章正文编排的公开文学修订稿。书中普通人物及其生活经历为文学虚构；每章末附真实历史与科学解读，部分史料仍需出版前终审。

PDF由正文自动生成，包含六卷目录、章节书签、页码与参考资料。历史图片如因外部馆藏连接不可用而无法嵌入，相关文字说明仍会保留。

作者：一心问道。公开阅读不等于放弃版权。未经许可不得将全书用于再出版、改编或商业使用。

六卷目录

关于本书 2

第一卷 · 未知的生命 7

第一章 纸上的霉 8

第二章 一滴水 15

第三章 寄往伦敦的信 22

第四章 档案盒 29

第五章 发酵的屋子 39

第六章 瓶中的争论 47

第七章 一个男孩的手臂 54

第八章 酱香 61

第二卷 · 疾病与城市 68

第九章 河水进了屋 69

第十章 医生的双手 77

第十一章 布罗德街 86

第十二章 地图的另一边 96

第十三章 没人相信的弯线 104

第十四章 鹅颈瓶 112

第十五章 洁净的手术室 121

第十六章 死亡登记簿 129

第三卷 · 医学与战争 138

第十七章 白色病人 139

第十八章 港口的鼠 148

第十九章 零下三十度 155

第二十章 一道关闭的门 165

第二十一章 流感之年 174

第二十二章 长霉的培养皿 184

第二十三章 药物只剩下一瓶 192

第二十四章 没有万能药 200

第四卷 · 生命的密码 208

第二十五章 死去的细菌 209

第二十六章 白色沉淀 218

第二十七章 交换 226

第二十八章 被折叠的谱系 234

第二十九章 一张尚未完成的照片 243

第三十章 开关 253

第三十一章 第三种生命 260

第三十二章 谱系之外 267

第五卷 · 人体的另一半 273

第三十三章 培养不出的居民 274

第三十四章 不同的体重 281

第三十五章 人体地图 288

第三十六章 谁是健康的人 296

第三十七章 借来的菌群 302

第三十八章 一座移动的森林 310

第三十九章 泥土的另一部历史 318

第四十章 身体里的邻居 325

第六卷 · 生命的新边界 333

第四十一章 神经传来的消息 334

第四十二章 借来的基因 342

第四十三章 不止细菌 350

第四十四章 失灵的预测 358

第四十五章 一张脑影像 366

第四十六章 机器猜测的因果 373

第四十七章 一份没有签字的报告 380

第四十八章 看不见的文明 388

史料与科学参考 396

第一卷

THE UNSEEN

未知的生命

八章故事 · 真实历史与科学解读

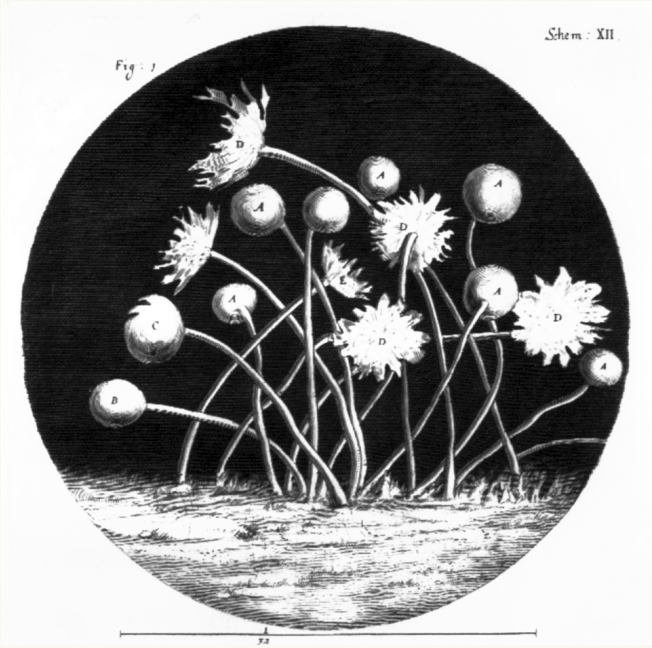
第一卷 · 未知的生命

第一章 纸上的霉

1665年 · 伦敦

一六六五年年初，伦敦的天还没有亮透，乔纳就被楼下搬木箱的响声吵醒了。书铺后院小得只够转身，一辆拉纸的车横在那里，两个人骂骂咧咧，谁也不肯先退。乔纳穿好衣服下楼，踩着昨夜雨水泡软的泥地，和伙计一起把木箱搬进库房。他今年十六岁，在哈德森先生的书铺做了两年学徒，搬书、扫地、跑腿、糊破损的封皮，什么事都做，唯独不能随便碰新到的铜版画。哈德森说过，弄坏一张大幅插图，得拿他半个月的工钱去赔。

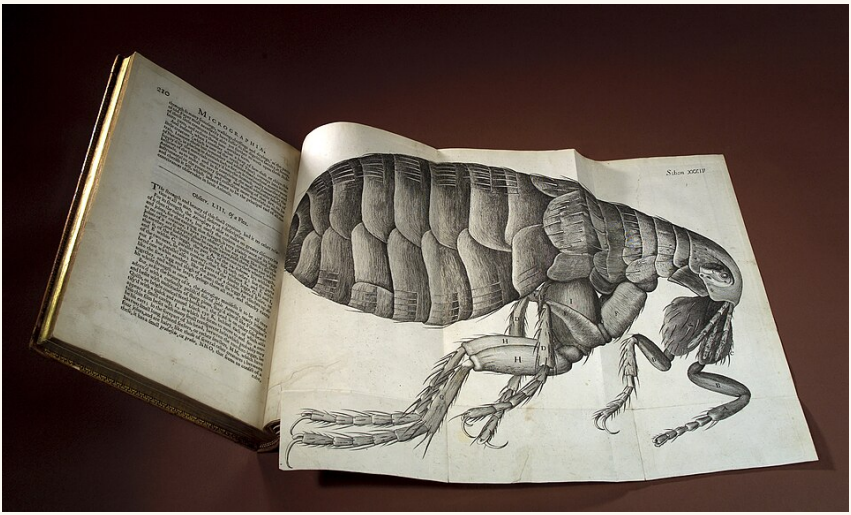
那天送来的书里，有一部厚得出奇的新书。乔纳把它摊开，先看到扉页上一串不认识的拉丁文，后来才从师傅口中知道书名叫《显微图谱》，作者罗伯特·胡克，是皇家学会的一位先生。书里的图很大，必须向两侧展开才能看全。乔纳正照着折痕把一页画纸收进去，突然瞧见许多细长的枝子，枝端长着小球，底下还盘着丝线。他以为那是一片海底的草，问师傅画的是哪种植物。哈德森把账簿搁在桌上，说那不是草，是长在皮革上的霉。



历史图版 · PLATE 01胡克《显微图谱》图版XII上部：从羊皮书籍封皮观察到的霉菌结构。这是1665年的历史图版，与乔纳正在阅读的霉菌图相对应。图像来源：Robert Hooke · Public Domain

乔纳不信。霉他见得多了。去年冬天，母亲把剩面包搁在柜子后头，过了几天，面包上便铺了层灰绿的毛。父亲用刀把那一层刮掉，准备继续吃，母亲却说吃坏肚子还得花钱请医生，抢过去丢进了炉子。乔纳清楚记得父亲当时发的脾气，却怎么也不能把那团脏东西同纸上这些枝叶繁密的形状放到一处。哈德森叫他靠近些看，告诉他，画上的东西并没有长得这么大，是胡克先生借助镜片看到以后，再把它们一笔笔描出来的。

乔纳翻过一页，发现更古怪的东西：一只跳蚤占满了整张纸，腿上生着倒钩，背上有硬壳，嘴边的尖刺像几把并在一起的小刀。小时候跳蚤钻进他的领口，母亲总让他脱下衬衣，拿指甲在布缝里找，一只捉到便掐死一只。如今它静静躺在书页上，竟比城里那些披盔甲的士兵还神气。乔纳看得太久，没听见师傅回来。哈德森瞧他张着嘴，倒没有责怪，只让他把画放平，省得折坏。临走时又说，书印出来是给人买的，不是给学徒站着发愣的。



历史图版 · PLATE 02胡克《显微图谱》中的跳蚤铜版图，1665年。图像由 Wellcome Collection 数字化；与小说中乔纳翻看的书页属于同类史料，并非虚构人物遗留下来的物件。图像：Wellcome Collection · CC BY 4.0

乔纳仍忍不住想看。他喜欢旧书里插着的地图，也喜欢一些自然哲学著作附带的图，可从没有哪一本像这本书，把人人熟悉的东西弄得如此陌生。针尖表面不光滑，剃刀口有缺损，木栓的薄片里

排列着一格格小房间。他识字不多，尤其读不懂胡克写的许多长句，只能一面猜，一面看图。偶尔翻到发黄的旧书，他也会摸摸封皮上的斑点，心想若用足够好的镜片去看，里面是不是也藏着那种像树林一样的霉，许多细枝紧紧挤作一团。

到了春末，买书的人明显少了。书铺里最勤快的一位常客原是某位绅士家的仆人，平时隔三差五来收订好的书，如今一连两个星期不见踪影。哈德森打听后才知道，那家主人已经带着妻儿去了乡下。街上开始有人谈论瘟疫，说法一天一个样：有人说病从港口进来，有人说城里的恶臭招来了灾祸，还有人坚持是上帝在惩罚人们。乔纳只知道，母亲替人洗衣服的活少了，父亲的腿仍然不见好，一家四口每天要吃的面包并没有因此变小。

父亲从前在码头搬货，一次跌下湿滑的木板，伤了膝盖，此后走路总有一条腿不听使唤。好天气时，他还能替邻居修箱子、钉椅脚，阴雨天便坐在窗前揉那条肿胀的腿。妹妹埃丝特十二岁，平日帮母亲汲水做饭，晚上却总要跑出去打听消息。父亲骂她一张嘴闲不住，等她回来又第一个问哪家的煤涨价了、哪家的孩子要结婚了。乔纳拿到工钱就交给母亲，自己只留下几枚小钱。他已经知道，城里生意再热闹，也轮不到每个人都过好日子。

六月的一天，埃丝特跑回家，说芬奇太太家的门被钉上木条，上头画了一个很大的红十字，还写了几行字。父亲原本正修一只木箱，听见这话，手上的锤子停住了。他问守门的人是谁，埃丝特说不认识，只见那男人拄着木杖坐在门口，不许屋里的人出来。芬奇太太是个寡妇，丈夫留下两个孩子，大儿子约翰同乔纳年纪差不多

，小时候两人常结伴到河边捡木头。父亲说过很多次，瘟疫来了谁都不能去那条街，埃丝特却问，既然人不许出门，他们吃什么。

“总有人送。”父亲说。埃丝特又问谁会送，父亲把锤子往桌上一放，叫她别再问。母亲站在灶边，一直没有出声。第二天，她从剩下的面包上切下一大块，用干净布包好，搁到靠门的凳子上。埃丝特看了看母亲，母亲并不抬头，只说别去敲门，也别靠太近，看守人既在那里，就托他把东西送进去。埃丝特跑出去以后，父亲从窗边望见她小小的背影，咳嗽了一声，最终没喊她回来。

那天晚饭时，埃丝特说看守人接了面包，先放在门口的一只篮子里，又用木杖敲了敲门。过了片刻，里面伸出一只手，很快把篮子拖进去了。她没见着约翰，也没见着芬奇太太，只听见一个沙哑的声音道谢。父亲问她有没有靠近那扇门，她说没有。父亲不太相信，追问了好几遍，埃丝特便哭起来，说自己明明照母亲的吩咐做了，为什么还要挨骂。母亲让父亲别再说，拿起碗给她添了些汤。桌上没有人再谈芬奇家，那块送出去的面包却像一件不肯消失的东西，压在每个人心里，过了几天也没谁愿意再提。

夏天越来越热。乔纳每次去书铺，都要经过几户门上有标记的人家。街道比往常安静，夜里却常被车轮和教堂的钟声弄醒。他曾亲眼看见一位老人在门口恳求看守，让他把药送给屋里的女儿；两个人争了很久，看守才把纸包接过去。乔纳不知道药有没有用，也不知道屋里的人后来怎么样。他渐渐害怕认出街上的熟人，因为每见着一个，心里便会去想下一回还能不能再见。哈德森准备送走自己的妻儿，却始终舍不得关店，嘴里说着要等账款收齐，手上天天

将卖不出去的书往高处搬，生怕它们挨着墙角受了潮。

八月里来了个穿黑衣的客人，要买《显微图谱》。他脸色疲惫，鞋面沾着泥，解下手套以后，露出两只瘦得厉害的手。乔纳把书拿来，客人翻得很慢，尤其在那张跳蚤图前停留许久。他看完又折回去，看木栓、针尖和霉菌，最后问这本书里有没有提到瘟疫。乔纳说没有。男人点点头，仿佛本来就知道这个答案。他说儿子去年央求过他买一块放大镜，喜欢什么都拿起来照照，如今孩子和母亲都已经死了，只剩他一个人。乔纳听得不知如何接话，手还搭在书角上。男人付了钱，把书仔细包好，出门时忘了拿帽子，走到街心又回来取。直到他走远，乔纳都没有想到一句能对他说的话。

不久，哈德森终于决定把书铺暂时关掉。最后一天整理库存，乔纳发现一张边角压坏的霉菌铜版画夹在废纸里。他拿给师傅看，哈德森瞧了瞧，只说没法装订，留着也没有用，准他带走。乔纳把那张纸卷进外套，穿过人烟稀少的街道回家。傍晚又下了雨，屋檐漏水，母亲在漏处摆了只旧锅。父亲坐在炉旁修鞋，埃丝特凑过来看他带回了什么，等乔纳把那张霉菌图摊开，她便笑起来，说这哪里是霉，分明是一片没有鸟的树林。

乔纳费劲向她解释镜片如何把东西放大，又说胡克画这些东西时一定花了很多工夫。埃丝特听得心不在焉，反倒拿起桌上的炭笔，在图边画了一个小人。那小人只有几根线条，站在粗大的霉菌枝子旁边，仰着头，似乎正在寻找一条路。乔纳本想叫她停手，见她画得认真，也就随她去了。画完以后，埃丝特问这些霉会不会一直长下去，长得像院里的树一样高。乔纳笑她傻，说书里的东西只是

看着大，真实的霉小得很，连指头都比不上。埃丝特问小东西难道就不算活着，乔纳说当然算，至于怎样活，他也不清楚。

晚饭做好时，母亲叫两人把画收起来。父亲看了眼那团稀奇古怪的枝子，嫌它使人不舒服，叫乔纳别放在餐桌上。乔纳把画折好，搁进自己的木箱。那一夜外面的雨很大，父亲的腿疼得睡不着，母亲一边替他揉腿，一边算这个星期还剩多少煤和面粉。埃丝特已经睡了，手指上的炭黑却没有洗净。乔纳听见雨水落进锅里，一下一下，数到后来便睡着了。他梦见那本《显微图谱》被人摊在街上，画里的跳蚤大得能驮起一个孩子，街上的人却谁也不觉得奇怪。

第二年，伦敦又遭遇大火，乔纳旧时走惯的几条街被烧成一片废墟。芬奇家后来究竟去了哪里，再也没人说得清。乔纳慢慢长大，换了工作，也搬过几次住处，木箱里有些东西遗失了，唯独那张霉菌图始终留下来。纸渐渐发黄，折痕越来越脆，埃丝特随手画的小人还立在一丛细枝旁边。十几年后他再次展开它，最先想起的却不是胡克，也不是那些精细的铜版线条，而是那年送到芬奇家门口的一小块面包，还有埃丝特回来时那张倔强的脸。

真实历史与科学解读

1665年，罗伯特·胡克出版《显微图谱》（Micrographia），其中确有跳蚤、木栓和生长在皮革上的霉菌等显微图像。1665年伦敦发生大规模鼠疫，当时部分染疫房屋须关闭，并标记红十字、安排看守。乔纳、埃丝特、芬奇一家及书铺故事属于文学虚构。胡克的观察扩展了人类对微小结构的认识，但当时尚未建立现代传染病病原学理论。

第一卷 · 未知的生命

第二章 一滴水

1676年 · 荷兰代尔夫特

一六七六年，代尔夫特的布市刚过，彼得就惹了一场麻烦。一位买了毛料的妇人抱着布匹回来，站在店门口说她回家一量，发现少了半掌宽，不够给小儿子做衣袖。彼得不服，说自己明明照着柜台上的尺子量了两遍，妇人便让他当场再量。尺子从布面滑过去，果然短了一截。那妇人拿到补足的布，临走还说了一句，年纪轻轻便学会糊弄客人，往后谁敢上门。彼得气得眼眶发热，却无法反驳，因为这次确实是他弄错了。

列文虎克站在柜台后，没有替彼得辩解。他让彼得把尺子放平，重新量一次，才指出原来木尺末端磨损了，靠着那一端量布，少量几次就会差出一截。彼得说，既然是尺子坏了，也不该只怪自己。列文虎克听完，把尺子转过来，叫他看看另一头还好好的。彼得明白店主的意思，心里仍旧不痛快。午间无人买布，他把柜台擦得很响，打算借此让店主知道自己受了委屈。列文虎克却把那根旧尺子收进柜里，拿出另一件小小的金属器具，又坐到窗边去了。

彼得最不喜欢看到他做这个动作。他在店里做了快两年学徒，已经能够辨认一些毛料的产地和品质，也会写简单的账，偏偏始终不懂店主为什么把那么多工夫耗费在玻璃和水上。代尔夫特的运河

里到处都是水，井边也有水，几场雨下来，院子里的桶就满了。列文虎克却把不同地方取来的水装进瓶子，仔细写上日期，有时还往水里放胡椒、姜或别的香料，任它们在那里浸泡。瓶子放久了，液体变色，有的还生出怪味。彼得觉得这不像研究学问，倒像小孩子把吃过饭的碗扔在院里，几天都忘记清洗。

那天他因布尺的事心里有气，打扫时便格外粗鲁，擦完木柜又去擦窗台。窗台上的瓶子摆了好几排，有些标签被水浸湿，墨迹已经模糊。他搬开其中一只，发现底下积着一圈黏糊糊的污物，便把瓶子举起来看，里面的水黄褐色，沉着细小的碎屑，闻上去有一股胡椒的辛味。他记得前些日子见店主泡过胡椒，便随手拿张纸写下“胡椒浸液”，贴在瓶子上。没过多久，列文虎克回来，见瓶子挪了位置，先问原来的标签去了哪里，又问水样具体是哪天配制的。彼得说日期记不得了，但料想不外乎上个月。店主叫他把写下的字划掉，换成“来源与日期不明”，彼得觉得这样写实在难看，嘴里小声嘀咕，写完后还是把瓶子放回了原处。

午后，列文虎克从另一只记录清楚的瓶子里取出少许浸液，放到自己制作的单透镜显微镜前。那器具很小，两片金属固定着一粒细小的玻璃，背后还有调节观察位置的螺钉。彼得见过它许多次，却仍然学不会怎样使用；每回把眼睛凑上去，见到的不是一片白光，便是一团模糊影子。列文虎克在窗边坐了很久，期间换过光线，也换过水样。外头有船只从运河经过，木桨拍水，行人说话，还有远处钟楼报时的声音。彼得把当天的账目记好，见店主仍不起来，便偷偷从面包上掰下一小块吃了。

突然，列文虎克让他过去。他把显微镜转了个角度，示意彼得凑近看。彼得一开始仍什么也看不清，急得额头冒汗。店主让他稳住手，不要急着转螺钉，又替他调整了一点距离。过了片刻，彼得眼前那片浑浊的光里竟然出现了细小的暗影，数量比他料想的多得多。有的像极短的线，有的像圆点；他刚盯住其中一个，它便不见了，接着又从另一侧冒出来。他向后缩了缩，险些把器具撞歪，列文虎克一把扶住，叫他轻些，问究竟看见什么。彼得结结巴巴，说水里有东西在跑，有好些，挤在一起又忽然散开。

“你先看清楚。”店主说，“水本身若在移动，里面的尘屑也会跟着走。”彼得不服，觉得那些东西并不都是尘屑，便又凑回去看。他看到有的微小暗影似乎能够改变方向，有的却随着周围液体慢慢漂移。他想指给店主看，手一抬，视野立即偏了，原先看见的东西全无踪影。他急得叫了一声，列文虎克说等一等，样品又不会因为他挪了一下脑袋便跑出瓶子。这话让彼得更难堪。他重新稳住呼吸，看了好一会儿，终于确认自己没有把所有细小的颗粒都认成活物。

【该图像请查看在线阅读版】后世图示 · PLATE 03亨利·贝克1753年出版的列文虎克式单透镜显微镜图。这是后人的历史图示，不是1676年观察现场的影像。图像：Henry Baker · Public Domain

彼得问那些东西是不是虫子，列文虎克说很难用平常的名字去叫它们。彼得又问它们从哪里来，既然胡椒本来就干燥，水又是干净的，怎么泡了一阵便会有这么多活物。列文虎克没有现成的答案

，只说还要比较新鲜的水、放过一段时间的水，以及不同材料浸泡后的变化。彼得觉得这回答比没有回答还使人恼火：既然辛辛苦苦看见了，又为什么什么也说不清？可他把眼睛从透镜前移开时，仍觉得方才的景象奇妙得令人发晕。盛水的瓶子不过比鸡蛋大一些，那些活动体却小到无论怎样盯着瓶身，都不能直接找到半个。

下午有客人上门，两人不得不中断观察。彼得一边拿布，一边想着那些东西，给客人找零钱时差点又算错。列文虎克看在眼里，倒没有说什么，只让他先把心思放回柜台。彼得心里想，你自己不也是一看水便忘了买卖吗？然而他终究没有说出口。傍晚客人散去，店主把今天见到的东西记在纸上，又要求他把不同水样的日期核对一遍。彼得手里拿着标签，忽然明白白天为什么不准把那只来历不明的瓶子硬算成胡椒水：假如连水从哪里来都没有弄清楚，往后看见再多东西，也不能确定究竟是哪种材料、哪种放置条件造成的差别。

彼得的父亲在运河边替人修船，手指粗大，指甲里常嵌着洗不尽的木屑。晚饭时，彼得忍不住说起水里的小生命，父亲停下喝汤的动作，问那东西究竟有多大。彼得比画了许久，最后只能说比沙粒小得多，肉眼根本看不见。父亲笑他，说既然根本看不见，怎知不是玻璃上沾了污物。彼得说自己亲眼见到那些小东西会动，父亲便问水是不是也会动。彼得把店主教他辨认的方法讲了一遍，父亲听完，说这倒像修船：有时听见船板嘎吱作响，不能光凭声音就断定哪块木头裂了，得把船抬起来，一处处查看。

这话令彼得高兴起来。他原以为父亲只会嘲笑自己，便趁机问，如果那些小东西真是活的，会不会也像鱼一样要吃东西。父亲夹了一块腌鱼，说自己连人为什么非得每天吃饭都答不清楚，哪里知道水里那么小的东西吃什么。母亲在旁边听烦了，说既然水里有这么多虫子，以后是不是连喝水都得小心。父亲说那倒不必，井水喝了这么多年，也没见人人都出毛病。彼得不知道如何回答。他第一次意识到，一个人把自己看到的事告诉别人，别人最关心的未必是那些东西如何活动，而是它们会不会影响眼前的饭食、生意和一家人的日子。

到了夏末，列文虎克已积累了不少观察记录。彼得帮着磨墨、清理桌面，偶尔替他抄写日期。店主有时整整一个上午都找不到想看的活动体，有时只换一份浸液，便又见到数量惊人的微小生命。彼得已经不再像第一次那样大呼小叫，倒学会了在看到什么之前先问样品从何处取来、放了多久。列文虎克很少夸奖他，却允许他使用一件较为普通的观察器具。那东西也并不好摆弄，彼得盯久了便觉得眼睛发酸；他宁可去街上跑一趟腿，回来却总要再看几眼。

九月的一天，城里一位替人办事的先生来取布，听说店主正在观察水，便笑问是否研究出了使酒不变酸的办法。列文虎克说没有，自己不过是看见了些此前没有认识的东西。那先生说，既然连用途都不知道，为什么不先做些能换来现钱的事。彼得原以为店主会生气，谁知列文虎克平静地给客人量好布，接过钱，直到送他出门，才重新坐回窗边。他的样子看起来与每天清账时并无不同，似乎做布匹买卖是一件事，观察水里的活动体又是另一件事，彼此并不需要争出高低。

入秋以后，窗台旁的桌上开始堆起一叠又一叠写满字的纸。列文虎克准备给伦敦皇家学会秘书奥尔登堡写一封长信，把这一段时间对不同水样的观察详细说明。彼得见他常常写到深夜，又在第二天把刚写好的段落重新看过，心里很是不解。一次他问，既然伦敦那些先生既不在场，也没有见过店主的透镜，光靠纸上的字，怎么可能知道水里究竟有什么。列文虎克说，他只能尽量写清楚材料、方法和观察结果，剩下的必须交给读信的人判断。彼得问他们不信怎么办，店主说若是不能重复，就还得继续寻找原因。

彼得想起自己量短的那匹布。那妇人把布重新带回店里，尺子一量，少了多少便是多少，谁也无法再靠争辩把它补长。可这些小生命没有现成的尺子可量，有时一个人看得见，换个人就未必看得见。他问能不能把显微镜一同寄往伦敦，店主说眼下还需要它做观察，而且一件器具到了别人手里，能不能正确使用又是另一回事。彼得只好作罢，帮着把几份纸按顺序放好。纸上密密麻麻写着荷兰文，间或有数字和小图，他认得不少词，却不能完整读懂。想到远方有人要把这封长信译成别的语言，他便替译者觉得头疼。

十月九日，信终于写定。彼得把桌面收拾干净，看见列文虎克又一次核对那些数字，直到天色将晚，才把稿纸整齐放好。后来，这封信会经历一段很长的旅途，经由当时的通信渠道送往英国。彼得并不知道它究竟会在什么时候抵达，也不知道收信的人会先看哪一页。他只记得，那天出门时街上正在卖秋天最后一批便宜的梨，摊主把有斑点的挑在一边，比好梨少要一半价钱。彼得花了几枚小钱买了几个，想着带回去给弟弟们吃。

回家路上，他经过运河边的木桶，桶底有几滴水，被傍晚的光照得发亮。过去他从不会在意这种东西，如今却无端停下脚步，凑近看了看。水面上有细小的灰尘，偶尔被风吹起微弱的波纹，除此之外什么也看不出来。他觉得自己有点可笑，明知没有透镜看不见，仍旧不肯立刻走开。等把梨装好，重新提起篮子，他才发现手指已经冻得发凉，提篮子的那只手更是僵得厉害。

几个月后，伦敦会有人读到那封信，有人惊讶，也有人怀疑；有人尝试照着描述去做，却得不到相同的结果。那时彼得早已恢复了照常量布、清账的日子。他再也没有把不知来源的水样擅自改写标签，有一次甚至因为客人故意少报买下的布长，同人争得面红耳赤。店主听见他坚持把布重新量过，最后只说了一句这回做得对。彼得听得高兴，回头看见窗台上那些瓶子，忽然觉得它们也没有从前那样讨厌了，至少不该随便把它们倒掉。

真实历史与科学解读

安东尼·范·列文虎克（1632—1723）是代尔夫特的布商及显微观察先驱。1676年10月9日，他给英国皇家学会秘书亨利·奥尔登堡写信，记录了胡椒浸液及多种天然水样中的微小活动体；该信原件存于皇家学会，馆藏编号EL/L1/22。彼得及其父母、布店纠纷均属文学虚构。列文虎克观察到的微小活动体并不全等同于现代分类中的细菌。

第一卷 · 未知的生命

第三章　寄往伦敦的信

1677年 · 伦敦

乔纳二十八岁时，已经能在一张校样里找出肉眼几乎不会留意的错误。一行字挤得太紧，一个字母倒了，一页的页码同前一页重了，别人要看到印出来才觉察，他往往扫一眼便知哪里不对。这本事没有使他变得富有，却让他在印刷房里站稳了脚。作坊主人脾气不好，工钱也不比别处多多少，唯独遇到难排的文字，常会把他叫过去。那是个下午，乔纳正在校对一份从荷兰文译来的稿件，窗外有两辆运木材的车争着过街，车夫吵得比印刷机还响。

稿件里那个荷兰人的名字，他念了好几遍才念顺：安东尼·范·列文虎克。名字后头是一封写于上一年十月的长信，讲雨水、井水、浸泡胡椒的水，以及其中一些极小的活动体。纸上有不少数字，计量方法也古怪，乔纳原本只打算把字一个个拣进字盘，却在读到某段描述时停了手。若依译文所说，一滴水里竟可以看到许多小得难以想象的活物。乔纳把那行文字又读了一遍，确认没有读错。他忽然想起少年时见过的《显微图谱》，想起那些长在皮革上的霉，把眼前一小团污痕变成纸上伸展开的细枝。

旁边的塞缪尔看他不动，便探头来瞧。塞缪尔二十岁出头，手脚灵便，脾气却急，常把放错的铅字推给别人找。他读了几行，便

笑说这个荷兰人准是闲得慌，若是水里真有这么多虫子，喝一杯水岂不是吞下半座集市。乔纳说原文并没有说每一杯水都一样，更没有说那些东西都是平常见到的虫子。塞缪尔问它们有什么用，乔纳答不出来。两人谈了几句，作坊主人便叫他们少说话，月底还有几批印张没有做完。乔纳只好重新排字，过了一会儿，却发现自己把一处数字里的零少拣了一个，赶紧把那一行拆下来重新摆好。

自打离开哈德森的书铺，乔纳已经见过不少研究自然的稿件。有人写天象，有人写植物，有人把昆虫的翅膀画得很大，还有人用长篇文字争论一个容器里的空气究竟发生了什么变化。那些人在书上争论得激烈，落到印刷工手里却无非是一粒粒铅字。乔纳常想，倘若自己把一个数字排错了，读书的人或许便会误解作者的意思。可在印刷房里，排错的字同赶不上交货日期一样，都不是高深的学问，而是要拿工钱来算的麻烦。他不愿因为一封外国来信害得大家重新开机，便格外认真地核对译稿里的数字和标记。

一六六五年以后的伦敦变过两次模样。第一次是瘟疫，人们闭起门，街上剩下越来越多的空房子；第二次是次年的大火，旧街道被火吞没，许多书商和工匠不得不换地方谋生。哈德森先生没能把原先的铺子继续开下去，乔纳也就来到这间印刷作坊。父亲的腿仍旧不灵便，母亲做了多年洗衣活，手指因冷水浸泡而变得肿大，妹妹埃丝特则已经嫁人，住在离河不算远的一条巷子里，女儿刚学会走路。乔纳每个星期去看妹妹一回，有时送些煤，有时带点便宜的糖。埃丝特总笑话他把钱花在别人身上太容易，自己却舍不得换一件新外套。

那天他去妹妹家时，见小姑娘正坐在地上，手里抓着一只木勺敲盆，盆被敲得震天响。埃丝特说孩子白天有点发热，夜里已经好了些，仍不肯老老实实待着。乔纳摸了摸外甥女的额头，果然不太烫，便把带来的糖收回袋里，答应等她完全好了再吃。埃丝特一边搅着锅里的汤，一边问他最近又在印什么书，乔纳便说起一个荷兰布商的来信。埃丝特记性好，听到显微镜，立刻想起小时候哥哥带回来的那张霉菌画，还问纸上那个小人是不是已经被扔了。乔纳说一直留着，不过纸已破得不成样子。

“你倒是什么都舍不得。”埃丝特笑着把汤端来，随即又问，“水里那些东西，会让人生病吗？”乔纳摇头，说信里讲的是观察，并没有证明微小活动体会引起什么病。埃丝特把汤匙搁在碗边，望了眼自己的女儿。她说孩子昨天夜里烧得厉害，自己吓得不敢睡，一听见小姑娘翻身就伸手去摸额头；早晨见她能够坐起来玩了，才敢松一口气。乔纳劝她若是再发热，还是该找医生看看，埃丝特说知道，只是医生上门收费不低，不到实在没有办法，家里总不敢随便请人，更不敢让孩子知道自己有多害怕。

他们吃完饭，乔纳替妹妹把水桶拎到屋里。窗边晾着一件小孩子的衣服，针脚细密，袖口已经补过两回。他忽然想到，十多年前他们也是这样住在一间狭窄的屋子里，夜里听见城里的钟声，等第二天早晨再打听哪家的门被关上了。埃丝特看见他望着衣服发呆，便说她偶尔还会想起芬奇太太，不知道约翰后来是否活了下来。乔纳说曾托人打听，但那条街后来被火烧过，认识他们的邻居散了，消息便断了。埃丝特没有再说话，把小女儿抱到膝上，慢慢替她梳开额前汗湿的头发，又把孩子往怀里搂得紧了些。

在伦敦的另一头，皇家学会正面临自己的难题。列文虎克的来信并没有被当作寻常笑谈丢进纸堆。信里详尽的观察引起了兴趣，但也招来了疑问：那些活动体果真如此之小、如此之多吗？他的透镜究竟有什么特别之处？若换一份水样，是否还会出现同样的结果？不同时代的人总容易把科学发现想成一声惊呼，仿佛有人一开口，世界便立刻承认了他说的话。可在当时的通信记录里，一封信往往只是许多往复的起点。有人请求补充方法，有人准备器具，有人做了尝试却无所得，事情便一天天拖下去。

乔纳没有资格出席皇家学会的会议，甚至不知道那些学者的长相。他对他们的了解，来自送到印刷房的稿件、偶尔见到的书商，以及一些在人群里传来传去的消息。有个送书的伙计说，荷兰人只是卖布的，并非大学教授，乔纳听后觉得好笑。他认识的工匠里，有的人没读过多少书，却能凭手指摸出布料的好坏；有的人识不得几行字，修起钟表来却比谁都熟练。一个卖布的人未必懂得所有学问，可他若真看见了什么，也不能只因身份便说他一定看错。乔纳没有把这番话写成什么大道理，因为一到月底，作坊主人又催着交货，他连去妹妹家的空闲都不多。

到了秋天，奥尔登堡去世的消息传到印刷房。乔纳曾在送稿的人口中听过这个名字，知道他常年处理皇家学会的来信，《哲学汇刊》也与他的工作密切相关。这样的消息很快被别的事情盖过，印刷房第二天仍照常开门，工匠们照样围着机器忙活。没过多久，又有人带来新消息，说胡克正在设法重复列文虎克对胡椒浸液的观察。此前几次尝试并不理想，玻璃管、照明和样品状态都要调整。乔纳听了，心里倒有点盼望，他记得那张被自己保存多年的霉菌图，知

道胡克是有本领把细小的东西看清楚的人。

一六七七年十一月十五日，胡克向皇家学会展示了自己终于观察到的微小活动体。为了让它们显现，他使用细得近似猪鬃的玻璃管盛放胡椒浸液，再借助显微镜和适当的光线观察。这样的安排在外行看来可能微不足道，可对正在尝试重复实验的人而言，装置和样品稍有差别，便可能使一个本来真实的现象重新变得模糊。在场者得以看见水样中的微小活动体，列文虎克几千里外寄来的文字，终于在另一处地方获得了重要的观察支持。会议结束后，人们依然不知道那些生命从何而来，也不知道怎样给它们分类；不过，至少不必再完全依赖一位荷兰布商的眼睛。

乔纳听到这件事时，正在校对一本账册。塞缪尔急匆匆从门口进来，说胡克先生看见那些小虫子了。乔纳以为他又在拿旧话逗自己，叫他先把刚送来的纸搬进屋，别让雨淋湿。塞缪尔却说这回是真的，几个懂显微镜的人都看见了。乔纳放下账册，问他们用的究竟是不是同一种水。塞缪尔哪里知道，只说既然结果出来了，何必还问那么多。乔纳被他说得笑了，最终还是忍不住追问几句。等塞缪尔告诉他自己听来的细节，他才相信这件事情确实有了进展。

当天傍晚，乔纳沿街回家，路过一家卖玻璃器具的小店，瞧见橱窗里摆着几枚普通放大镜，便推门进去问价。店主拿出一枚有木柄的放大镜，让他看看纸上的字，乔纳果然看见笔画被放大了不少。他问能不能用它看见水里的小动物，店主哈哈大笑，说倘若这么容易，人人都能像胡克先生那样研究自然，谁还会为一片玻璃花上那么多钱。乔纳有些难为情，把放大镜放下，还是买了一小块普通的

镜片，准备回去看看印在纸上的细字。他付完钱出门，见雨已经停了，街道中间积着浅浅的水洼。

回到住处，他从木箱里找出那张霉菌图。纸旧得厉害，展开时发出轻微的脆响，埃丝特当年画的小人还在，只是脸已经不甚清楚。乔纳把买来的镜片放到眼前，试着观察那小人脚下的石头。纸上的炭粉被放大后，边缘并不整齐，看着像许多细碎的黑颗粒堆在一处。乔纳又去看霉菌图中的枝条，发现铜版线条之间还有许多先前不曾留意的细节。他看了一会儿，把镜片收好，意识到自己终究看不到列文虎克眼里的景象；若想看见水中的那些活动体，还需要精巧得多的器具。

妹妹的女儿过了几天便退了烧。埃丝特来信说孩子又能满屋乱跑，还把一碗稀粥打翻到床上，叫他们两口子收拾了半天。乔纳把信读了两遍，折好压在霉菌图旁边。他想到这世上每天总有人发现一些了不起的事情，也每天有人为半碗打翻的粥、一双破鞋、一场小病忙得团团转。自己既不懂怎样制造精巧的显微镜，也不曾到远方的学会里谈论实验，只是个排字工，可那些来自不同地方的观察，最后总得落在纸上，才有机会被更多的人读到。

翌日清晨，乔纳照常去印刷房。到门口时，他发现前一天的一摞校样被人放错了地方，几张纸边已被水气浸软。塞缪尔还没来，作坊主人正在发脾气。乔纳没说什么，先把受潮的纸分出来，再把印张一张张铺开晾干。他知道接下来又是麻烦的一天，午前要交的活未必来得及做完。忙到快中午，他才记起昨晚看过的那幅霉菌图，想等攒够钱再买一面好些的放大镜。不过这个念头很快被堆到桌

上的下一份稿件挤到一边，直到天黑也没有再想起来。

真实历史与科学解读

1677年，《哲学汇刊》发表列文虎克1676年10月9日来信的英文整理稿。皇家学会成员曾尝试重复相关观察，胡克在1677年11月使用细玻璃管和胡椒浸液展示了微小活动体。奥尔登堡亦于1677年去世。乔纳与塞缪尔的排字工作、家庭经历和具体对话均为虚构。重复观察提高了发现的可信度，但不等于当时已经知道微生物的致病作用。

第一卷 · 未知的生命

第四章　档案盒

2026年 · 中国南方

程屿在凌晨两点十七分把最后一张图保存下来，文件名后面加了一个“3”。此前他已经保存过两张，数字完全相同，都是零点六一。他盯着屏幕看了一会儿，又点开预测结果的表格，从头检查受试者编号与临床分组有没有对错。他做过一次这样的核对，后来又做了一次，第三次仍没有发现问题。打印机旁边放着一盒已经凉透的饭，筷子搁在盖子上，干掉的米粒粘着塑料。实验室里只剩他一个人，走廊灯隔一阵便熄灭，门缝里暗下来，又因为有人经过突然亮起。

三个月前，模型在内部交叉验证中得到零点八六的曲线下面积。这个结果并不能保证任何一个患者都会被判断正确，但在当时足以使课题组高兴。队列的数据已经整理了很久，几位研究生几乎把全部精力花在微生物物种的筛选、测序信息的核查和统计分析上。程屿负责最后的模型构建，知道里面有多少工作不过是把缺失的临床字段一项项补齐，或者在不同批次的文件之间核对同一个编号。取得满意结果的那天，研究生杜然去楼下买了奶茶，带回来六杯，给谁都分了一杯，唯独忘了自己喜欢的口味。

罗慎教授当时并没有立即宣布成功。他看完图，说外部验证做完再谈文章有多大价值。程屿点头，心里却仍然轻松，因为整个分析流程已经按计划固定下来，新数据只要整理齐全，便能直接送进模型。三个月后，合作医院的独立数据到了。第一遍运行，零点六一；第二遍，零点六一。第三次他把所有步骤重新核对，连一个多余的空格都没有发现，结果仍然如此。把模型训练得更复杂也许能使训练队列里的曲线再漂亮一点，却不能解释为什么它在另一批人身上表现得差了这么多，而且无论怎样检查程序都找不出错误。

他打开论文初稿，翻到摘要，看到自己写过一句“识别出具有良好跨队列泛化能力的微生物标志物”。这句话用了很久才改顺，原本没有一个字多余，现在却处处碍眼。他先把“具有良好跨队列泛化能力”删去，又觉得“标志物”这个词用得太满，便改成“与疾病状态相关的微生物特征”。改完后句子不再耀眼，读起来倒比原来踏实。程屿把稿件另存为新版本，电脑右下角显示凌晨两点四十。他起身去走廊接水，接了一半才想起保温杯已经装满，又把开关关掉，拿着水杯在饮水机前站了半晌。

程屿三十四岁，在南方一所大学研究微生物生态与生物信息学。他很少向不熟悉的人解释自己的工作，亲戚们常以为他每天穿着白大褂培养细菌，只有母亲坚持说儿子研究的是肠子里的东西，至于究竟怎么研究，她也说不清楚。实际上，他大部分日子都对着屏幕，从测序文件里推断微生物组成，再设法理解不同人群之间的差别。有些微生物的名字长得难以读完，有些在几百份样本里都只留下零星信号，还有些则会因参考数据库或处理流程的变化而改变估计。他并不觉得这些数字乏味。一个几乎看不见的世界，经过采样、测

量和计算，终于能够在屏幕上露出一点轮廓，这件事曾经使他十分着迷。

可电脑不会知道样本是怎样到它面前来的。来自两家医院的受试者，年龄分布和治疗经历并不完全相同；有人采样前几个月使用过药物，有人的记录尚不完整；部分样本由研究护士收集后立即送入低温保存，另一些则经历了不同的运输与处理时间。程屿和杜然对流程做过统一，依然不能把所有差异都消掉。这些问题过去也存在，只是当那条零点八六的曲线挂在汇报幻灯片上时，它们显得并没有那么迫切。如今验证结果不好，每一个不起眼的细节都重新获得了重量。

第二天上午，罗慎召集了会议。他听完汇报，先问训练过程中有没有意外使用过独立队列的信息，随后又要求查看特征筛选和参数优化的记录。程屿把分析日志和版本号逐一放到屏幕上，说明测试数据没有参与最初的模型建立。罗慎翻过几页，看到两个研究中心的基本情况差异，才说：“问题可能不止一个。你们先把样本来源、用药和技术处理核对完整，不要急着再调参数。”杜然坐在桌子另一头，用笔在本子上画了几道线，画到最后，纸几乎被划破。

罗慎摘下眼镜，问文章准备怎么办。程屿说实验室原先拟定的主要结论需要改，哪些结果能保留，得等核查完成才能决定。罗慎沉默片刻，说项目总得向资助方交代进展，几位学生也要按时完成学业，不能因一次外部验证表现不理想就把所有工作推倒重来；但更不能为了拿到想要的数字，把已经看过结局的验证队列拿去反复挑选特征，然后还把它称作独立验证。他让程屿用一周时间整理出

一份报告，说明已经知道什么，还缺什么，哪些问题能靠现有数据检查，哪些必须补充新的样本。

散会以后，杜然跟着程屿走下楼梯。他已经是博士三年级，头发剪得很短，说话总比别人快一点。这一次却在楼梯转角站住，问是不是意味着他的毕业论文也要推迟。程屿说目前不能这么判断，几项原本可靠的描述性结果仍然在，跨队列预测这一块需要更谨慎地处理。杜然苦笑，说自己做了整整两年，现在最重要的图竟然成了最难看的那张。程屿没告诉他“失败也是成果”之类的话，只说先去吃饭，下午一起把各中心的元数据表重新核对。他们在食堂排队，前面的学生抱怨鱼太咸，后面有人问能不能少放辣椒，程屿听着这些琐碎的话，忽然觉得一夜没有睡够的人最先需要解决的，不是科学争论，而是先吃完眼前这碗饭。

下午，他去了合作医院。梁静医生已经把几份去标识化的研究记录准备好，约他核对药物史和样本信息。梁静做临床多年，向来不太爱听“潜在临床应用价值”这样的句子。她总问，价值究竟在哪儿，准备给谁用，又如何证明有用。程屿曾觉得她过于苛刻，后来才知道一个人每天要面对患者和家属的追问，便很难像论文里那样，轻易用几个漂亮的词把复杂事情概括过去。

两人坐在一张小桌旁，对着屏幕逐项检查。梁静找出一个编码，说这位受试者最初没有报全过去几个月的用药情况，后来家属带来处方，研究护士才把遗漏的记录补上。另一个编码的采样时间只有日期，没有具体时刻，原始表上也没有。程屿问能不能回访补齐，梁静说有些能核对，有些已经无法追溯，不能因为分析需要，就

把一个本来不知道的时间写得很准确。她把纸质记录推到程屿面前：“你们拿到数据表时，这些人已经是一行一行的了。我们收集的时候可不是这样。一个空格背后，有时候是半小时的电话，有时候是病人真的想不起来，问上三遍也未必能想起。”

门口传来轻轻的敲门声。一位研究护士说林晓已经到了，想问问上次参加研究后有没有新的结果。梁静看了一眼时间，让护士先安排好等候，又问程屿愿不愿意一同过去解释研究性质。林晓是一位二十多岁的女性，穿着洗得很平整的浅色衬衣，说话不大声，进门时把预约单叠了两次放在桌上。确认她愿意与研究人员交谈后，梁静解释，粪便样本用于获批研究方案中的群体分析，并不等同于日常临床检查，研究产生的结果目前也不能作为个人病因诊断。

林晓问：“那你们能不能看出来，我为什么会生病？”程屿从她的语气里听不出责难，只觉得她是真想知道。他说现有研究发现某些微生物特征与疾病状态有关，但一个关联结果不能证明某一种细菌导致了某个人的疾病，更不能据此自行停药或改用某种微生态治疗。林晓听完点点头，过了一会儿又问，既然暂时不能告诉自己原因，继续留下样本还有没有用。梁静把研究希望回答的群体层面问题讲给她听，也说明可能无法直接给每位参与者带来个人收益。林晓想了一会儿，说只要研究人员按约定保管资料，她愿意继续参加随访。她临走时认真问了下一次预约时间，记进手机，然后跟两人道别。

程屿看着她走远，突然想起摘要里那句已经删去的“良好跨队列泛化能力”。在研究组会上，大家可以花几个小时讨论不同算法

的结果，换了坐在诊室里的人，一句“这个能告诉我什么”便会使那些讨论显得不够。梁静没有说教，只把剩下的资料摊开，继续核对。程屿也低头工作。到了四点多，两人终于把需要追查的记录列出一张清单，梁静说会联系各中心负责的护士，能够确认的尽量确认，不能确认的保留缺失。程屿收好电脑，准备回校，梁静却在门口叫住他，问明天下午有没有空。

医院旧院区的一栋档案楼准备搬迁，几位负责医学史展览的人正在清理积压多年的材料，其中有不少关于显微镜和微生物发现的展签，需要找个专业研究者看一看。梁静说负责这件事的叶岚是科学史出身，对史料十分认真，就是对现代微生物组技术有些地方不敢妄下判断。程屿说自己这周忙，梁静便让他有空再去，也不是非得明天。程屿想到手里一堆未整理完的记录，本想推辞，话到嘴边却又改了主意：先去看看，半天也耽误不了多少。

回家路上，母亲发来一张照片。照片里是一只老陶缸，缸沿有个不甚起眼的缺口，里面的酱色深而发亮。母亲说，今年天气合适，这一缸做得比去年好，叫他周末回来尝尝。程屿笑着回了一句“照片看不出好坏”，母亲发来语音，说光会看机器上的数字可不行，酱好不好，舌头最清楚。母亲做发酵食品已经几十年，每次下雨都惦记着院里的陶缸，原料换了、天气变了，什么时候该开盖，什么时候该加水，她心里总有个数。也并非每次都成，有一年坏掉一大缸，她整整心疼了一个月。程屿曾想替她装些记录温度和湿度的小仪器，母亲说等他有空回来再说，没必要为了这一点家务专门花钱。

第二天下午，程屿走进旧档案楼。楼只有四层，墙面脱落了几处，楼梯间堆着封好的纸箱，空气里有一股久放纸张的气味。三楼走廊里，一位穿白衬衫的女人正蹲在地上整理标签，身边摞着几个被翻得有些软的档案盒。程屿问叶岚在不在，她抬起头，说自己就是，让他稍等，先把一箱书搬进屋。两人一人抬一头，费了些力气才把箱子放到桌旁。叶岚擦擦手，说原来以为半个月就能整理完，后来发现有些资料连出处都说不清，得重新查。

桌上放着胡克《显微图谱》的影印插图，跳蚤的长腿、木栓的小格子，还有长在皮革上的霉。叶岚说明这都是复制材料，原件不在这里，不要让参观者误以为旧医院收藏着十七世纪手稿。程屿拿起霉菌的图看了一会儿，枝条和孢子结构画得非常细，他从前只在课本里匆匆看过。叶岚递来一张准备展示的说明，上面写着“胡克发现微生物，标志现代微生物学诞生”。程屿说这样写不够准确，胡克观察并描绘过许多微小结构和生物，但微生物学的建立有更长的过程，不能用这一句话盖过去。叶岚听完，立刻用铅笔在纸边记下。

她又找出列文虎克一六七六年十月的来信影印件，告诉程屿，原始文献现存皇家学会档案，馆藏目录可以公开查询，信里讲了各种水样中的微小活动体。程屿看见十八页手稿扫描图，字迹挤得很密，边上还有小小的图形。他问那时候的人凭什么相信一位布商写来的话，叶岚便翻到后面的说明：他们并不是立即相信，也不是简单否认，后来胡克尝试重复相关观察，才在一六七七年见到相似的活动体。程屿笑说原来几百年前便有难做的外部验证，叶岚纠正他，那时的实验与今天模型评估当然不是同一回事，不过不同地方要

独立确认一种观察，确实都得认真核对条件。

他们坐下来一起修改展签。叶岚对年份和文献版本特别较真，程屿若是用了“首次”“证明”这类词，她便问具体哪份资料支持这种说法；而叶岚写到微生物分类和现代测序时，程屿也会提醒，有些名称是后来的知识，不能不加说明地放进十七世纪人物的嘴里。改到一半，叶岚把一张纸推给他，上面有两位研究者对同一历史事件的不同表述。她说做展览最费时间的不是把材料摆好看，而是决定哪些话可以挂在墙上。程屿听了半晌，想到自己的论文，笑说这点倒跟写摘要有些相似，偏偏大家最爱省去那些麻烦的限定。

到了傍晚，叶岚开始整理下一批档案。那里面不是显微镜，而是十八世纪与酿造、发酵有关的文献复制件和后来的译注。有一本账簿影印本的封面磨损严重，内页记录着原料、工钱和每一批酒的损耗，某一年连续几页的数字都不太好看。程屿随手翻了两页，发现账目旁有一段后人转录的私人记事，提到一个酿酒家庭的酒液接连酸败，负责照料酒桶的人因此受了责备。材料来自一份尚待核实的家族账簿整理稿，馆方还没有找到足以确认其来源的完整记录，叶岚暂时不准备把它作为可靠史料放上展墙。

程屿却看得有些出神。他问为什么坏酒也要记得那么清楚，叶岚说酿酒是生意，一桶酒坏了，原料、柴火、人工都算亏损，当然要记。程屿想起母亲发来的陶缸照片，说自己家里也做发酵食品，每次做坏东西，母亲便能念叨许久。叶岚笑着问他既然懂微生物，为什么不回去帮母亲看看。程屿说工作忙，等闲下来再说。叶岚没有接着劝，只把那几页账簿单独夹进文件袋，说下次可以再查查这

批材料的来历，兴许能找到当年的契约或来信。

离开档案楼后，程屿在楼下站了一会儿。杜然发来新的分析表，几个原本在训练队列里表现突出的物种，在独立队列中的效应方向并不一致。程屿没有打开电脑继续跑模型，而是给杜然发消息，让他保存原始结果，明天先和医院核对采样与用药记录。随后他给母亲打电话，问那缸酱最近有没有什么需要帮忙的。母亲在电话那头笑，说东西已经快好了，真要帮忙就周末回来吃饭，顺便把院子里那盏总是一闪一闪的坏灯修一下。

他在路口买了饭，回到住处，电脑里还开着前一晚那份论文。摘要改过以后，没有从前显得那么漂亮。他又读了一遍，觉得有两句话还能更准确些，便继续删改。改到后来，杜然发来一张旧版图，问是否还要留在组会报告里。程屿回了一句：“留着，标清楚是原队列的结果。别把后来验证不好的那张藏起来。”杜然很快回了个“好”。程屿关掉聊天窗口，打开明天要核对的清单，在最上面加了一项：确认每个中心的原始记录是否能追溯。

睡前，他又点开叶岚发来的文件链接。那份关于旧酿酒作坊的整理稿还没有读完，下一页开头写着一个年份和一座不大的城镇，后面便是酒桶数量与原料支出。他原本只想看两眼，结果看到了凌晨。最后他把电脑合上，决定下次去档案馆时，问问那家作坊后来有没有度过难关。至于自己的研究，他知道眼下没有什么捷径可走。天亮以后，仍须一份份地检查记录，再决定那些数字到底能够说明多少事情，哪些暂时还说不明白。

真实历史与科学解读

程屿、罗慎、杜然、梁静、叶岚与林晓均为虚构人物，模型AUC为0.86和0.61的结果也属于小说设定。微生物组研究的跨队列验证可能受到受试者构成、用药、样本保存、实验批次、测序及计算流程影响；预测相关性并不能直接证明病因。胡克《显微图谱》和列文虎克一六七六年的信件确有历史原件及数字馆藏。小说中的档案楼收藏的是复制件与整理材料；最后出现的十八世纪酿造账簿属于虚构线索，不能视作真实档案发现。

第一卷 · 未知的生命

第五章 发酵的屋子

1738年 · 英格兰东部

玛格丽特闻到酸味的时候，天还没有亮。她从床上起来，穿过窄得只能容一人侧身走过的走廊，下楼时踩得木梯吱吱响。屋里最后一点炉火已经熄了，院子里有一层薄雾，三只大木桶并排站在棚下，桶沿结着水珠。她用手背摸了摸最靠门的一只，掀开盖板，把脸凑近闻了闻，果然还是那股酸味，像放坏的果子混着潮湿的木头。她把盖板放回原处，又打开第二只、第三只，闻到的气味没有分别。昨晚她就察觉这批酒有些不对，母亲说发酵还没结束，不妨再等一等，她也愿意相信这种说法，毕竟三只桶里的麦酒，用去了家里大半好麦芽。

她家的作坊在镇子边上，前面是一间低矮的屋子，后面连着煮酒的棚房，院墙外有条通往集市的小路。父亲在世时，这里总是热闹的，天没亮便有运柴的人来敲门，上午几个帮工抬着大木桶进进出出，到了傍晚，又有人赶着小车把酒送往附近的客店。如今父亲死去两年，母亲的腰越来越不好，作坊只剩玛格丽特、弟弟汤姆和一个上了年纪的临时工。好天气里，他们还勉强忙得过来；遇上雨季，柴火不容易烧干，搬运费又涨，每开一锅酒都得先算算钱够不够。

这批酒原本是替桥边的石狮客店做的。店主比尔·斯通上个月来订了六桶，答应货到后结清旧账，又许诺在冬季集市之前再多要一些。玛格丽特知道这个人说话爱留余地，欠钱的时候总能找出理由，但他们眼下没有更好的买主。母亲已把那笔钱算进下季度的房租，连新的麦芽都提前向粮商赊好了。如今酒还没有送出，三只桶便先坏了味道，玛格丽特仿佛已经看见粮商站在门口，拿着账单，一边数墙上的裂缝一边催她还钱。

母亲起得比平日早一些，披着外衣来到院里，看见女儿站在木桶前，便明白了大半。她没有立刻掀盖，只先问昨天的火烧了多久，酒液是在什么时辰入桶的。玛格丽特一项项答了，母亲才走近，把木勺伸进去，舀出少许液体放在杯里。她只抿了一口就停下，杯子里的酒也没有咽。母女俩谁都没说话，院外却传来早起人的脚步声，有人赶牛经过，车轮陷进泥坑，车夫低声骂了两句，牛蹄又把水搅得哗哗响。

“那两只新桶呢？”母亲忽然问。玛格丽特说是从镇西头的箍桶匠那里借来的，原来的旧桶有一只裂开了，另一只箍不住水，父亲生前就想换，只是始终没有闲钱。母亲叫她仔细回忆，借来的木桶拿回家后有没有用热水洗过，玛格丽特说洗过，还晾了一个晚上。母亲便不再追问，转身去厨房生火。她的沉默比斥责更让人难受。玛格丽特知道母亲心里正在一项项计算损失：三桶酒、半个星期的柴、帮工的工钱，还有欠粮商的那笔钱。她自己也在算，只是越算越觉得日子没有活路。

到了上午，弟弟汤姆把第一桶酒从棚下拖到院中。他十九岁，力气不小，却总想着去港口找一份能挣现钱的工作，不愿意一辈子守着这间潮湿的作坊。母亲不肯放人，理由很简单：没有汤姆，他们连酒桶都抬不动。姐弟俩经常为此吵架。今天汤姆闻见酒味，什么也没说，只往桶里瞧了一眼，便提议把最坏的那桶卖给乡下养猪的人，至少能收回几个便士。玛格丽特答应先问问价格，但不准他动剩下的酒；汤姆说有些酒馆会把酸酒混进新酒里卖，喝醉的人未必分辨得出，她听了十分恼火，问他是不是打算以后让全镇的人都不再买他们家的酒。

汤姆把木勺扔回水桶，说她一向只会讲道理，仿佛讲完道理粮商便不来要钱。玛格丽特也发了火，指着墙边堆放的空桶，叫他把上面剩下的污泥刷干净再谈生意。母亲从厨房出来，见姐弟俩在院中吵得面红耳赤，只说了一句先把东西收拾好，待会儿石狮客店的人要来。汤姆拿起刷子不再吭声，玛格丽特回到棚房，看见那只铜制大锅还留着昨晚沸煮后的痕迹，锅边结了一层薄薄的垢。她想起父亲过去总亲自检查器具，说酿酒的人最怕偷懒，偷一点工夫，几天后就得用几倍的工夫还。可她这次没有偷懒，仍然不知道问题究竟出在哪里。

父亲年轻时曾替别家作坊干活，后来靠几年的积蓄买下两只旧铜锅和几副木架，才有了自己的生意。玛格丽特从小在这里长大，最熟悉的声音不是教堂钟声，而是煮沸时锅里的翻滚声、搅拌桨碰到桶壁的闷响，以及酒液进入木桶后隐约发出的气泡声。她知道麦芽要在合适的热水里浸泡，知道煮过的酒液不能随意拖延冷却，也知道从上一批发酵良好的酒里留下的酵母，往往能帮助下一批更顺

利地起泡。镇上的酿酒人都懂这些，至于酵母究竟是什么，为什么它能让酒液发生变化，却很少有人认真争论。生意好的时候，谁又有闲心把每天能够看见的事情拿去问个没完?

午后，石狮客店派来的人果然到了。来的是店主的侄子，一个满脸雀斑的年轻人，进门便要把六只桶装车。玛格丽特说还得晚两天，酒味出了问题，必须重新准备一批。年轻人先以为她在讨价还价，听明白以后，立即嚷嚷起来，说集市马上就要开始，客店不能缺酒，若耽误了生意，斯通先生一定要他们赔偿。汤姆在旁边越听越急，拿起杯子想让那人尝尝，说其实还喝得下去，被玛格丽特一把按住。她把三只出了问题的桶盖重新盖紧，告诉来人，坏了的酒不能当作好酒交货，至于赔偿和新交货的日期，她第二天会亲自到客店商量。

那人走后，汤姆气得把车门踢了一脚。他说姐姐若是聪明，就该先送三桶好的过去，再把酸味轻一些的混一混，不然客店老板一发火，家里连半桶酒都卖不出去。玛格丽特没有再跟他争。她知道汤姆并非存心坑人，他只是看见母亲吃了太多苦，觉得只要能过了眼前这一关，其余的事情以后总可以补救。可是他们这间作坊能留下少量老客人，靠的恰恰是父亲许多年攒下的口碑。若是连酒好不好都不能照实说，以后即使做出了好酒，也未必有人相信。

黄昏时分，临时工老内德来收拾锅炉。他过去跟父亲一起干过很多年，手臂上全是烫伤留下的浅色印子，弯腰的时候总要先扶住木桌。玛格丽特把情况告诉他，问他是不是新木桶出了问题。内德没有急着赞成，先要她拿来上一批酒的记录，又问保存酵母的器皿

是否清洗过，煮酒用的水有没有变化，入桶时有没有碰上雨。玛格丽特听得心烦，说自己什么都记得清清楚楚，就是不知道哪一步错了。内德翻完账页，指着其中一行写得潦草的字问，这天为何记了“等了许久”。玛格丽特想起来，当天傍晚帮工没有按约定时间赶来，煮好的酒液只好在敞口浅槽里多放了一阵子，等汤姆把木桶准备好，天已经黑了。

“也许是这件事，也许不是。”内德说。他把账页推回给她，提醒她旧木桶同样可能藏着问题，留下来的酵母也未必每次都一样好，单靠一批坏酒很难弄清楚。玛格丽特听完有些泄气，问那该怎么办，内德说先把这几天做过的事情一件件记下来，下一锅不要一下开得太大，换回熟悉的器具，酒液冷却后便尽快接着做，至少能少掉几处不确定的地方。她原本以为老内德会给出一个明白的理由，最后却只得到一堆麻烦的安排。可眼下除了照做，也没有更好的法子。

第二天，玛格丽特到石狮客店去见斯通。男人正在算账，桌边放着一杯浅色的麦酒，酒香盖不住他身上的烟草味。她说明这批酒损坏的情况，提出先交三桶以前存下的好酒，余下的待下一批酿成以后再补齐；至于耽误交货的损失，可以从应收的钱里扣去一小部分。斯通听完，先笑她年纪轻轻便敢一个人谈生意，随后把账本翻到欠款那一页，问她家过去借过多少麦芽和柴火。她没想到对方连这些都知道，只觉得耳根发烫，却仍把预先算好的数目逐项说给他听。两个人争论了很久，最终斯通答应延迟交货，却要求在下个月之前全部结清。

玛格丽特离开客店时，天色已经暗了。她走过市场，看见有人把卖不完的蔬菜收进筐里，一位老妇人蹲在摊边，挑出被踩坏的叶子，装回布袋，准备带回家喂鸡。玛格丽特在路口停了一会儿，计算手里剩下的钱能买多少麦芽，又想到汤姆早晨说想去港口，心里忽然有些难受。若是作坊再坏两批酒，弟弟大概就不必和她争论了，因为无论他愿不愿意，都得出去找工作。她甚至不敢肯定，母亲能不能继续住在这所父亲留下的房子里。

接下来的几天，家里像是重新开了一次作坊。内德帮忙彻底清理器具，汤姆把旧木桶搬出来逐一检查，玛格丽特则把每一项操作的时间、用水、原料和器具状态记录在账簿边上。母亲起初嫌她写得太繁琐，说过去父亲也没有这样做过，后来却主动从柜子里取出一本旧账。那本账簿封面已经破了，里面密密麻麻写着多年的收支记录，偶尔还有父亲在旁边画下的简陋记号。一页上记着某年夏季连续几桶麦酒都不够清亮，父亲把那一页折了个角，隔了半个月又写下一行字：换了洗桶的人，事情稍好些。母亲告诉玛格丽特，父亲当年也常常不知道问题出在哪里，嘴上不愿承认，夜里却会坐在桌旁把账翻来覆去地看。

玛格丽特这才发现，那些过去被她当成生意账目的数字，原来也记录着一间作坊怎样在失败之后重新开始。父亲没有把每一次经验都说成规矩，许多看似理所当然的做法，也是经过坏酒、退货和赔钱才慢慢留下来的。她把旧账摆在自己的记录旁边，原本歪歪斜斜的字迹突然显得十分亲切。那天晚上，她和母亲对着两本账簿说了很久的话，说起父亲年轻时买第一只铜锅的情形，说起冬季结冰时怎样保住桶里的酒，也说起有一年收成不好，全家靠卖掉一头猪

才撑过春天。汤姆起初坐在门口听，后来不知不觉也挪到桌边，指出自己记得的几处事情。

下一批酒只开了小小的一锅。酒液在锅里翻滚时，玛格丽特一直守着火，等它冷却到合适的程度，又仔细检查了准备用来发酵的器具。汤姆这次没有抱怨，把该搬的东西都提前搬好。几天后，木桶上方出现熟悉的泡沫，屋里重新有了发酵时那种带着麦芽甜味的气息。玛格丽特没有立即松一口气，仍按时记录每天的变化；到了约定的日子，她从桶里取出一点酒，请母亲和内德各尝一口。母亲尝过之后，皱了皱眉，说味道还略显粗糙，却没有上次那股难闻的酸味。内德也说这批可以继续留着观察，不必急着送去客店。

石狮客店最终只收到了延期送去的几桶酒，剩余的货款扣掉赔偿之后所剩不多。玛格丽特把钱交给粮商，又留下足够支付工钱的部分，夜里算账时发现一家人仍然欠着不小的一笔。她没有因此觉得这次折腾全无意义，至少作坊没有关门，也没有因为一时着急而把坏酒送出去。几周后，汤姆再次提起去港口做工的事，母亲没有像以前那样立即拒绝，只说等冬季集市结束，他们可以一起商量。玛格丽特知道弟弟迟早要离开，心里有些舍不得，却没有再劝他留下。

秋天最后一个晴朗的下午，她独自在棚房里收拾器具，屋顶的缝隙漏下一条光，正好照在发酵桶的边缘。桶里传来细小的气泡声，时断时续，不仔细听便会被院子里的人声盖过去。玛格丽特从小听惯了这声音，过去只当它是酒液正在变好的信号，如今却明白，再熟悉的声音也不能保证每一批酒都会成功。她把盖板放回桶口，

走到桌边，在账上记下当天的天气和温度的大致感觉，又把昨天忘写的一件小事补上：临时借来的木勺已经归还，下一批不用。

合上账簿以前，她看见前一页写着三只坏酒桶的损失，数目大得刺眼。她没有把那页撕掉，只是用笔将款项重新加了一遍，确认没有算错。母亲在门外叫她吃饭，说汤姆已经把热汤端上桌了。玛格丽特把账本收进柜子，吹熄桌上的蜡烛，走出屋门时，院子里还有一股淡淡的麦芽气味。那味道使她想起父亲，也使她想起这些年卖出去的许多桶酒。明天一早，她还得去镇上买新的柴火，若是走得晚，便只能买到别人挑剩下的湿木头。

真实历史与科学解读

18世纪英国及欧洲的酿造业已积累了丰富的发酵、麦芽处理和酵母留种经验，但当时尚未建立现代发酵微生物学，也无法凭气味准确判断酒液酸败的具体微生物原因。玛格丽特一家、石狮客店和账簿均为虚构。此章参考18—19世纪酿造工艺史的真实背景，强调经验记录、工具差异与家庭生计，而非把微生物学理论提前赋予历史人物。

第一卷 · 未知的生命

第六章 瓶中的争论

1765年 · 意大利摩德纳

卢卡把第三只玻璃瓶放到桌上时，手背上的水泡已经破了。他不敢让人看见，趁房间里没人，悄悄扯下一小条旧布裹在指节上，再用袖口遮住。那伤是两天前烧玻璃时留下的，当时他伸手去接一件差点从铁架上滑落的器具，手碰到了还没凉透的瓶颈。烧热的玻璃看起来与冷却后的差别不大，刚学手艺的人常为此吃亏。卢卡的父亲生前便提醒过他，作坊里最靠不住的是眼睛，火里的东西有时红得吓人，有时看上去已经安全，却仍然能把皮肉烫掉一层。

卢卡二十二岁，家里在摩德纳城郊开了一间小小的玻璃作坊。父亲去年病死，母亲与妹妹塞拉负责接待客人，他则守着火炉替人烧瓶子、修玻璃管，偶尔也做教堂里用的小玻璃器皿。原本这门手艺足以养活全家，近来订货却越来越少，有钱人喜欢更精巧的外地货，普通顾客又只肯为修补破瓶付几个铜币。卢卡已经欠了木炭商一笔钱，妹妹的鞋底也磨破了，家里仍然舍不得换。他本来不愿接那些做实验的学者的活计，因为他们要求多，常拿着图纸说瓶颈不够细、接缝不够严，至于价钱却总想讲一讲。

这一次的主顾是斯帕兰扎尼，一位研究自然的学者。他让卢卡准备若干不同形状的玻璃瓶，要求有些瓶口能够严密封住，有些则

需要保留开口，以便比较里面液体的变化。卢卡看不懂那些图纸，却能明白制作上的困难：瓶子受热时会膨胀，骤冷便可能破裂，若要把细长的瓶颈封合，更须掌握火候，一点疏忽就可能使整只瓶子报废。斯帕兰扎尼并不嫌他提出的问题琐碎，还仔细说明实验需要什么样的密闭程度。卢卡一边听一边算成本，心里却暗暗发愁，因为那种薄壁的小瓶，十只里未必能做成八只。

学者的房间里堆着书和纸，窗边放着显微镜与几个装着浸液的容器。卢卡第一次来送瓶子，看到桌上两只几乎一样的瓶，里面盛着颜色相近的液体，便问为什么不把它们放在一起。斯帕兰扎尼说，正因为它们看起来相同，才更要分清哪一只经历过什么处理。他拿起一本书，给卢卡看英国学者尼达姆的研究摘要，解释有些人认为，经过加热又封闭的肉汤里，仍然可能出现细小活物，因此这些活物也许能从某种具备生命潜能的物质中产生。另一些人则怀疑，液体里原本便有看不见的生物，或者有些东西从外面进入，才使肉汤后来发生变化。

卢卡听了半天，只听明白一件事：大家都在争论瓶里的小东西到底从何而来。他觉得这问题与自己似乎没什么关系，便问学者，瓶里有了小东西，会使酒变酸吗？斯帕兰扎尼没有顺口给出一个现成答案，只说腐败和微小生物之间存在值得研究的关系，但要解释具体变化，还需要更多证据。卢卡便说，如果只为了弄清楚这些小东西从哪里来，他愿意帮忙，不过封瓶的成本必须照数支付。斯帕兰扎尼听完笑了，说既然玻璃做不好，实验也做不成，自然不能让他白干。

卢卡开始频繁出入学者的工作房间。他见到各种植物和动物材料被浸在液体里，又看到盛着肉汤的容器经加热后，有的继续敞着口，有的被封得严严实实。过了一段时间，某些瓶中的液体变得混浊，另一些依旧清澈。斯帕兰扎尼仔细观察液体，有时使用显微镜核对其中是否存在活动体，并把每一瓶受热的时间、封口的方式和后来的变化记在纸上。卢卡起初觉得这种事过于乏味，后来却也跟着注意起来，看到某只本来清亮的瓶子突然混浊，竟会比接到一份新订单还高兴。

只是实验进行得并不顺利。有时玻璃瓶在加热时裂开，肉汤洒进热水里，屋子顿时充满难闻的味道；有时瓶颈封合得不够好，过几天才发现留下了一道细缝。卢卡不喜欢别人认为所有问题都是玻璃匠造成的，便在每件器具底部做上细小的记号，记录是哪一天烧成、交给了谁。他与妹妹塞拉在作坊里反复练习封口的方法，烧坏的玻璃堆成一堆，妹妹心疼材料，几次劝他不要为了学者那点报酬，把自家的柴火都赔进去。卢卡却有些不服气，他觉得这次活计并非自己做不好，而是要求太细，既然答应了，便不能轻易认输。

一天傍晚，斯帕兰扎尼把一排瓶子放到桌上，叫卢卡过来看看。那些瓶里的液体来自相近的材料，有的在封口后经历了较长时间的加热，有的加热过程较短，还有一些保留了与外界接触的机会。经过一段时间，差别已经很明显：几只处理得严密的瓶子依旧清亮，另一些瓶中则出现混浊。卢卡问，这是不是足以说明尼达姆错了。斯帕兰扎尼却没有像他想象的那样立即宣布胜利，只说至少在这一组条件下，液体的变化与处理方式有关；若要让别人接受，实验的方法还必须清清楚楚地写出来，特别是每只瓶子究竟受热多久、封

闭是否严密。

“可是英国人的瓶子里也长出了东西。”卢卡说。他平日很少认真听学术上的争论，此时却不知为什么记得格外清楚，仿佛那几只英国瓶子是自己的对手。斯帕兰扎尼告诉他，问题就在这里：若两个人的加热方法、封口方法和水样状态并不相同，那么他们说的也许根本不是同一种实验。尼达姆认为自己的结果显示，微小生命可以在适当条件下自然出现；他则认为必须首先排除原先存在的活物以及后来的污染。卢卡听着，想到自己那些烧坏的瓶子，忽然明白，过去被他看成工匠手艺的细节，在这里竟可能影响一项理论是否成立。

夜里回到作坊，妹妹正在桌边缝鞋。她问新做的瓶子是不是又要送过去，卢卡说还得烧十几只，试验的做法有所改变。塞拉听完，默默把账本拿来，指给他看这个月剩下的钱。她没有责怪哥哥，只是提醒他，木炭商已经来问过两次，母亲昨天又把原本预备买肉的钱拿去付玻璃材料，若是下个月仍然这样，家里恐怕连正常的订单都接不住。卢卡看着账页，才发现自己近来太沉迷那些清亮与混浊的瓶子，竟没注意妹妹每天怎样省下买菜的钱。他答应下一批做完便把全部工钱结回来，也不再为了追求完美而无偿重做所有器具。

几天后，一个封口不够结实的玻璃瓶在搬动时突然裂开。碎片落到地上，薄得像透明的鱼鳞，热过的汤汁淌了一地。塞拉听见响声跑来，以为哥哥又烫伤了手，见他站着不动，便蹲下去清理碎片。卢卡慌忙拦住她，自己拿来厚布，一片片收拾，心里却越发烦躁。他记得这只瓶子的接缝原本就不够满意，出于舍不得材料，仍把它

留在了可用的那一堆里。若它被放到重要的实验组中，几天以后的变化便无法判断到底来自肉汤，还是来自这个没有封严的瓶子。他这才知道，便宜行事有时并不能真正省钱，反而会使前面所有工夫都变得可疑。

斯帕兰扎尼收到新瓶时，发现卢卡把每只瓶的制作日期和封合状况都写在纸上，还标出两只需要谨慎使用的器具。学者没有嫌这些记录啰唆，反而问他能否把先前那几批也尽量补记清楚。卢卡说有些事情已记不得了，若是硬写下来也未必准确。斯帕兰扎尼便让他不必勉强，缺失的地方就留空。两个人一起核对完器具，斯帕兰扎尼把应付的工钱交给他，没有像前几次那样等到下个月。卢卡回家时先去还了木炭商一部分钱，又买了一小块肉，母亲看见他把东西放在桌上，便笑问是不是终于知道实验不能当饭吃了。

学者的研究随后引发更大的争论。远在别处的尼达姆并不接受仅凭长时间加热和严密封口获得的结果就否定自然发生。他认为，过度加热可能改变肉汤本身的性质，而完全封闭容器又使外界空气无法参与；假如生命的产生依赖某种尚不了解的条件，那么这种实验也许在排除污染的同时，把生成生命所必需的条件一并除去了。卢卡从学者那里听到这些反驳，起初觉得尼达姆是在找借口，后来细想，竟也明白其中不是全无道理。用一个封得严严实实、被火烤过很久的瓶子，去判断自然环境里会发生什么，确实需要解释两者之间究竟有什么关系。

斯帕兰扎尼没有把这一争论看成一句话便能结束的事。他继续设计新的观察，思考怎样处理空气、加热和封闭方式之间的关系。

卢卡渐渐不像最初那样急着为某一方辩护了。每当学者谈起一组不够满意的结果，他便先问是否有器具出问题、有没有记录遗漏，再去想实验究竟说明什么。工匠的日常经验仍然限制着他的理解，他不认识大多数自然哲学术语，也不打算成为学者，但他已经知道，一个实验结论有时就悬在一处看似无关紧要的瓶口上。

秋天以后，卢卡接到一笔来自城里药铺的普通订单，需要制作一批容量相近的玻璃容器。妹妹很高兴，立刻帮他整理炉子旁堆放的材料，还主动在账本里给不同规格的瓶子编了号码。卢卡一边做工一边检查瓶口，忽然想到过去那些实验器具现在大概还站在学者房间的桌上，有的里面清亮，有的早已混浊。几个月前，他根本不会在意一只瓶子究竟封得多严，只要不漏水便算合格；如今每逢拿起玻璃，都会下意识检查是否留下看不见的细缝。塞拉笑他中了学者的毛病，卢卡不肯承认，却也没有再像从前那样随便把制作不良的瓶子混在成品里。

这天傍晚，他把一只新瓶举向火光，仔细看了看颈部的接缝，确认没有裂纹，才轻轻放进木箱。街上已经有人在为冬季储备柴火，车轮压过石路，发出沉闷的声响。卢卡记下最后一笔账，准备关门，母亲却从里屋叫他去帮忙搬水。他答应了一声，走到门口又回头看了看桌上的瓶子。那些透明器皿没有什么特别之处，卖给药铺的人也许只会拿它们装药液或香料，绝不会知道另一批相似的瓶子曾让一群学者为了看不见的生命争论不休。

真实历史与科学解读

约翰·尼达姆在18世纪40年代报告加热后再封存的浸液中出现微小生物，并支持自然发生的解释。拉扎罗·斯帕兰扎尼在1765年前后发表研究，以更充分的加热与严密封闭进行比较，提出可见微生物并非必然在浸液中自发产生。尼达姆等人质疑加热和隔绝空气改变了实验条件，这场争论不能被写成一次实验便彻底终结；19世纪巴斯德的实验进一步推进了认识。卢卡、塞拉、玻璃作坊与具体对话均为文学虚构。这里讨论的是常见微生物能否在特定实验条件下自然出现，并不等同于现代关于地球早期生命起源的研究问题。

第一卷 · 未知的生命

第七章 一个男孩的手臂

1796年 · 英格兰格洛斯特郡伯克利

汉娜在奶桶里看见第一只苍蝇时，便知道今天的活计又得重做。她掀开盖子，把苍蝇赶走，闻了闻桶沿，索性将里面剩下的一点奶倒掉，提着木桶往井边去。五月天气暖和，院子外的草已经长得很深，牛棚旁边的泥地半干半湿，踩上去总会粘住鞋底。她在这座村子住了三十多年，早已习惯了清晨牛叫、教堂钟声和送奶车经过石路的声音，真正叫她不安的是另一种声音：有人在路上咳嗽，或者门后忽然传来孩子哭闹，她便忍不住想起多年前那场天花。

汉娜四十出头，年轻时患过天花，脸颊上留下些浅而密的凹痕。她的丈夫在一次冬季的热病里去世，留下的女儿则没能熬过十二岁。那些年村里有人为了躲避天花离开，有人认为种人痘可以减少患重病的风险，另一些人却听说种痘本身也会使人患病，迟迟拿不定主意。汉娜经历过丧事，既不敢嘲笑别人的恐惧，也不轻易相信谁能保证平安。她在不同人家帮着洗衣、做饭，有时照看小孩，钱不多，却总归还能生活。

那天上午，送奶的年轻姑娘萨拉·内尔姆斯来到院里，右手裹着布，拿东西时有些不便。汉娜问她是不是在牛棚里碰伤了，萨拉说手背长了疱，碰一下就痛，村里有人猜是牛痘。汉娜听过这种病，

挤奶的人偶尔会从牛身上沾染，手上起疱，几天里身体也可能不舒服。关于牛痘与天花之间的关系，乡间流传过种种说法，有人断言得过牛痘的人不会再得天花，更多人却只当是挤奶妇们口耳相传的经验。汉娜不愿随便评判，只劝萨拉尽快找医生看看，免得把手伤拖重了。

萨拉后来去见爱德华·詹纳医生，汉娜并没有跟着。她是在替詹纳家送东西时，听人提起医生仔细检查过萨拉手上的疱，又询问了牛群的情况。据说一头叫布洛瑟姆的牛最近也患了牛痘。汉娜对这些事情并不觉得稀奇，乡下人常把人的毛病和牲畜联系在一起，皮肤上起了疹子，便猜是碰了什么东西、吃了什么食物，或者天气潮湿所致。她只是注意到，詹纳医生似乎没有像往常那样很快结束问诊，反而对萨拉的病情格外感兴趣。

詹纳在附近行医多年，村里大多数人都认识他。他性情并非时时温和，有时病人太多，回答问题也会急躁，但对于某些看似寻常的现象，常有异乎寻常的耐心。汉娜过去曾替一位病人送药，见他坐在窗边，桌上摆着书和草稿纸，几句话之间便又低头去写记录。有人说他喜欢研究鸟类，有人说他对博物学比对行医还热心。汉娜不关心这些，只知道看病总要花钱，穷人生病，最担心的是医生说要再等几天，因为等的每一天都可能失去一份工钱。

五月十四日那天，汉娜到一户人家帮忙洗床单，路过詹纳的住处，看见园丁正带着儿子从院子里出来。男孩叫詹姆斯·菲普斯，八岁，平时喜欢在花园里捡枝条做玩具，见到熟人便会招手。那天他没有像往常那样跑跳，而是一直扯着衣袖，似乎不愿露出胳膊。汉

娜问他怎么了，男孩的父亲说医生刚做过一次接种，得回家多留心孩子的情况。汉娜听见“接种”两个字，脸色便变了，忙问是不是人痘。园丁解释，这次用的不是天花患者身上的材料，而是取自一位患牛痘的挤奶姑娘手上的病疱。汉娜站在路旁听着，一时不知道该说什么。

【该图像请查看在线阅读版】后世绘画 · PLATE 04欧内斯特·博德（Ernest Board）后世创作的詹纳1796年首次牛痘接种场景油画。此画反映后人如何想象历史事件，不能视为1796年现场纪实。图像来源：Ernest Board / Wellcome Collection · CC BY 4.0

她曾见过人痘接种后病情不轻的孩子，也听过有人因此失去性命。过去人们接种天花材料，是希望通过一次人为引起的感染，换取以后面对天花时较小的危险，可这种做法本身并非没有风险。如今，一个医生竟然用牛痘来尝试保护孩子，汉娜既觉得新鲜，又担心那名八岁的男孩会受罪。她看着詹姆斯的小手，问他疼不疼。男孩把袖口往下拉了拉，说划开皮肤的时候有些疼，现在倒没有太难受。园丁催儿子回家，向汉娜点了点头，便牵着孩子穿过石桥。

那天晚上，汉娜到朋友家做客，屋里的人也在谈论这件事。有人说医生太大胆，把牲畜身上的病带到孩子身上，万一出了什么问题，难道还能把病再取出来？也有人觉得既然乡下许多挤奶姑娘患过牛痘之后似乎不容易再患天花，那么值得认真试一试。年纪较长的妇人提醒大家，听来的故事未必件件准确，有的人自称得过牛痘，其实得的可能是别种皮肤病；即便某人多年没有患天花，也不能就此认定他得到了保护。众人争论到深夜，汉娜始终没说多少话。

她回家时想起自己脸上的疤，忍不住摸了摸面颊，那些痕迹多年不变，手指一碰便知道凹陷在哪里。

过了几天，汉娜在集市上再次遇见詹姆斯的父亲。男人看起来疲惫，提着一袋面粉，走得比平日慢。她便问孩子怎么样，园丁说接种后有几天身体不适，胳膊也有变化，医生一直在记录，现在情况已经好转。汉娜松了一口气，却仍不敢就此放心。她知道一种病可能先轻后重，许多孩子起初只是发热，隔两天便再也起不来床。直到又过了些日子，她亲眼看见詹姆斯在门外追赶一只鸡，跑得满头大汗，才相信孩子确实恢复了精神。

詹姆斯并不知道村里人为自己的胳膊争论了多少话题。他仍然喜欢到园子里玩，忙时帮父亲拾草，闲下来便蹲在地上观察蚂蚁怎样搬运碎面包。有一次，汉娜问他以后想干什么，他说要像父亲一样侍弄花草，因为花园里的活虽然累，却总能看到新的东西长出来。汉娜笑他想得太简单，告诉他园丁冬天也得干活，刮风下雨时一点也不轻松。男孩听完歪着头想了一会儿，说那至少能待在外面，比整天坐在屋里要好。汉娜看着他，不免想到自己的女儿若还活着，大概已经到了可以嫁人的年纪。

六月下旬，关于那次接种的传言渐渐少了。村里每个人都有自己的忙事，农忙时节临近，男人们忙着整修农具，妇人们为了储备食物整日不得闲。汉娜以为事情已经结束，谁知七月初又听说，詹纳医生让詹姆斯接受了进一步的天花接种试验。她起初不敢相信，特意去问园丁，男人没有否认，只说医生希望验证此前牛痘接种是否能够使孩子抵御天花。他说这话时并没有表现得十分得意，反而

低头看着手里的草帽，像是正在等一封不知道内容的信。

汉娜听完，一股怒气忽然涌上来。她知道当时的人痘接种并不罕见，却仍觉得一个已经平安无事的孩子，再次承受可能患病的危险，实在让人难以接受。她责怪园丁为什么同意，男人沉默了一会儿，说自己与医生都盼望找到一种比人痘更安全的保护方法，但究竟有没有用，谁也不敢预先保证。汉娜想继续追问，见男人脸上的神情，却突然说不下去了。她明白站在旁边指责别人容易，真正要作决定的人，往往得独自承担之后发生的一切。

接下来的日子里，她格外注意园丁家的动静。每次经过花园，都会向里面望一眼，看看男孩是不是仍然在院中活动。几天过去，她没有听说詹姆斯发生天花，心里才渐渐安定。詹纳医生记录了试验后的反应，认为此前接种牛痘可能为孩子提供了保护。汉娜没有读过那些医学记录，也无法凭自己掌握的情况判断保护能持续多久；但对于附近的人来说，詹姆斯没有出现预期中的天花表现，已经是一件值得反复谈论的事情。

一次傍晚，汉娜在井边遇到萨拉·内尔姆斯。那姑娘手上的病疱已经慢慢愈合，仍有一处不太好看的痕迹。萨拉问她最近是否听说了医生的新试验，汉娜说听过，随后看了看对方的手，问是不是还疼。萨拉摇头，说平时做活已经没什么妨碍，只是洗衣或挤奶时碰到伤处还会有些不舒服。汉娜从口袋里拿出一小块旧布，叫她包好手，免得粗糙的桶柄反复磨伤皮肤。两个人站在井边说了几句闲话，没有谁提起将来是否会有更多人采用这种方法，也没有谁知道几年以后，医生会将这些观察整理成书，引起更广泛的讨论。

入秋之后，詹姆斯照旧在园子里帮父亲做事。他已经不大记得最初接种时的疼痛，只知道村里有人见了他，便会问胳膊有没有留下疤，或者问医生给他种的究竟是什么。最初他总耐心回答，后来问的人多了，便觉得厌烦。有一天，他从汉娜身边经过，悄悄抱怨大人们总把他的胳膊当成一件稀罕物，仿佛他除了那只胳膊就没有别的东西值得关心。汉娜听了笑起来，提醒他现在天气转凉，要把外套穿好，别因为逞强又生病。男孩答应得很快，走到门外却仍把外套搭在肩上，直到父亲喊他，才不情愿地穿起来。

那年冬天，汉娜在储物箱里找出女儿生前用过的一条围巾。围巾边缘已经磨损，颜色也褪了，摸上去却仍然柔软。她坐在炉边，想起詹姆斯健健康康地从院中跑过的样子，心里既有一点高兴，也有一点说不清的酸楚。假如当年便有人知道这样的办法，她的女儿是不是就能活下来？这个念头刚出现，她就意识到自己无从回答。女儿究竟死于什么情况，曾经接受过怎样的照料，如今都隔着太多年岁。她把围巾叠好放回箱子，不再替早已过去的事情寻找一个不可能得到的结局。

第二年春天，园里的树又发出新芽。汉娜路过詹纳家时，远远看见詹姆斯在帮父亲整理花圃，小男孩个头比上一年高了一些，裤脚短了，露出一截瘦小的脚踝。汉娜没有叫住他，只把手里一小包刚做好的点心交给园丁，托他带回去给孩子。她随后走向集市，那里已经有人摆好新鲜奶酪和鸡蛋，买卖声此起彼伏，普通的一天又开始了。

多年以后，有人会在书里反复写下1796年5月14日这一天，写下萨拉·内尔姆斯、詹姆斯·菲普斯和詹纳的名字，把它看作疫苗史上极为重要的日期。但在汉娜所生活的村子里，事情最初不过发生在一个天气转暖的五月，发生在一个八岁男孩的手臂上。那只手臂在后来许多年仍会做许多寻常的事：提篮子、拿工具、擦去脸上的汗水，或在冬天藏进衣袖里取暖。汉娜每次看见他，都更愿意问问花园里的树长得怎么样，而不是再问那道早已愈合的伤口。

真实历史与科学解读

1796年5月14日，爱德华·詹纳用取自挤奶姑娘萨拉·内尔姆斯牛痘病疱的材料，为八岁的詹姆斯·菲普斯进行了接种；同年7月，他又通过当时的人痘接种方式检验保护效果。詹纳1798年发表系统论述，但牛痘保护经验及更早的相关接种尝试并非由他独自首次发现，例如本杰明·杰斯蒂1774年的实践。历史上的儿童试验在知情同意、风险与伦理审查方面与现代规范有重大差距。汉娜及其家庭经历属于虚构；书中涉及真实历史人物的私人言行均经过文学重构，不应视为有史料证明的原话。

第一卷 · 未知的生命

第八章 酱香

2026年 · 中国南方

程屿到家的时候，母亲正在院子里洗一只竹筛。水从筛孔里漏下来，顺着石板缝流到墙角，那里长着几丛不知名的草。母亲没有听见开门声，直到他把行李放在门旁，才回过头看了看，说还以为他又要等到晚上，怎么这次不到中午便到了。程屿说周末实验室没人开会，索性早点回来，母亲听完也没显出特别高兴，只叫他先去洗手，饭在锅里，等她把手里的活做完再一起吃。

程屿已有好几个月没有回家。院子与记忆中差不多，只是东边旧墙刷了一层新灰，厨房旁边添了两个金属架，架上整齐放着洗净的玻璃瓶。过去母亲常把竹筛摊在院中晾晒，如今为了减少灰尘和虫子落上去，已经更多地使用有防护的架子和室内操作台。她做的发酵豆酱原本只供家里吃，后来亲戚邻居常来要，便开始做些小批量的成品出售，相关手续和卫生管理也是近几年逐渐补齐的。虽然规模不大，每年忙起来时仍要雇人帮忙。程屿看见工具比从前规整了许多，便问母亲是不是又花钱改了地方，她说前阵子检查卫生设施时发现有几处不合适，索性一起修了，省得以后返工。

厨房里还有他喜欢吃的蒸鱼和青菜，母亲又端出一小碟新做的豆酱。程屿夹了一点，入口先是咸味，接着才有豆子的醇香，与上

次吃过的那批确实不一样。母亲问他尝没尝出来，他说这次香一些，盐味也稳当，母亲便笑，说终于听见一个像样的评价，比前几次只说“挺好”强。程屿趁她高兴，问今年是不是换了豆子，母亲说换了一部分，但其他地方也做了调整，具体是哪一项起了主要作用，她自己也说不准。她给儿子盛饭，又把一张记着原料批次和操作日期的纸放到桌边，让他吃完以后再看。

程屿翻开那张纸，发现比过去见过的记录细致得多。除了原料来源和用量，母亲还记下了天气、一些关键操作时间、清洁记录和成品批次，字迹略微歪斜，却能看出整理得很用心。他有些意外，问是谁教她这么写的。母亲说附近有个做食品的年轻人来帮忙规范流程，讲过哪些东西必须留记录，又说如果出问题，也得知道是哪一批、哪个环节，不能像以前那样只凭记性。程屿笑她终于愿意把经验写下来了，母亲白他一眼，说不是为了给他看，只是现在东西卖给别人吃，心里得有数。

饭后母亲带他到后屋看正在制作的一批豆酱。各个容器都有标签，操作区域收拾得干净，并没有小时候院子里那种随处摆放陶缸的场面。程屿问母亲，早些年做坏的一缸酱究竟是哪一年，她想了好久，说大概是他读初中的时候，那年连着下了许多天雨，原料也不如往年，忙到最后，成品颜色和气味都不对，只好整批丢掉。程屿记得母亲当时很难过，因为那一缸用掉了不少原料和人工，家里还指望卖点钱添置电器。母亲却说最心疼的不是钱，而是前面忙了几个月，最后连个明白的理由都没有，只能猜是不是天气把事情弄坏了。

程屿想起几天前在档案馆见到的酿酒账簿，便给母亲讲起十八世纪一个欧洲作坊的记录。那些资料并不完整，他也不知道作坊后来究竟如何，只看到某一年连续几批酒出现损失，账页旁做过许多标记。母亲听完，问那家人赔了多少钱。程屿说具体账目还没有看清楚，她便摇头，说做生意的人最先关心的当然是钱，酒坏了，不仅材料要赔，工钱照样不能少，答应客人的东西也不能装作没事。程屿原本打算从发酵工艺谈起，被她一句话堵得有些好笑，想想又觉得很有道理。过去读科学史时，他更容易注意到实验和发现，而不会去想实验室之外一间作坊怎样付房租。

下午，母亲要去给邻居送几瓶豆酱，程屿帮着把瓶子装进纸箱。他看见其中一只瓶盖没有扣稳，便重新检查了一遍。母亲问他怎么连这个也要看，他说上次研究项目就栽在一些不起眼的环节上，现在看什么都不敢马虎。母亲以为他说的是测序机器坏了，问是不是还得花钱修，程屿只好从头解释一次，说机器并没有坏，问题是训练时表现不错的模型换了另一批人便不灵了。母亲边听边把箱子封好，直到他说完，才问这是不是说明原来研究里找出的那些菌不准。

“不能直接这么说。”程屿想了想，告诉她有些菌的变化可能确实与疾病有关，但在不同地方的人群里，饮食、药物、生活方式和测量条件都不一样，原来的模式不一定能够照搬。他尽量不使用专门术语，母亲仍然听得皱眉，说做发酵也有类似的麻烦，同样的做法，换一批豆子或者换个季节，结果便可能有差别。不过她没有顺着这个类比说下去，而是问儿子，既然没有弄清楚，为什么不先查一查，非要急着写论文。程屿听了笑起来，说现在不就是在查吗，母亲便让他别老板着脸，查不清楚也得吃饭睡觉。

送货回来后，程屿在屋里帮母亲整理近几年的旧记录。他原本只是想把发酵过程看看清楚，翻到后来却看见几处有意思的修改：同一份原料的用量前后变过，清洁程序也逐渐规范，还有些批次被画上醒目的圈，旁边写着“气味异常，不出售”或“留样复检”。母亲说早些年做东西只凭几个人的经验，最近两年越来越觉得必须建立清楚的记录，因为顾客不会因为是熟人就应该承担风险。程屿问她能不能单凭气味判断安全，母亲回答不能，所以如今遇到明显异常的批次就直接停下处理，必要时按要求检测，不能想着把坏味道盖过去再卖给别人。

他们整理到傍晚，母亲坐下来揉了揉手腕，说自己越来越不想做那么多了。程屿吃了一惊，以为作坊经营出了问题，连忙问是不是有人欠货款。母亲说没有，只是体力不如从前，夏天忙起来常常站上一整天，晚上脚肿得厉害，过去想着能多做一点便多做一点，现在觉得一年到头都在看这些缸，实在也有些累。她说最近在考虑减少产量，保留几种做得最稳当的产品，余下的订单交给别人，不再为了多赚一点钱把自己弄得太辛苦。程屿听完，劝她早点减少工作，自己可以补贴家里的开支。母亲却说钱还够用，她担心的是一旦停下来，几十年的手艺便没有地方用了。

程屿一时不知道怎样回答。他过去总以为母亲喜欢做酱，是因为这门生意已经做熟了，轻易改行不划算；如今才明白，院里的陶缸和竹筛陪伴她许多年，早已不只是谋生的工具。父亲年轻时帮她搬过豆子，邻居家的孩子在这里吃过饭，程屿自己小时候放学回来，第一件事也是去院里找母亲。若是有一天这里完全没有发酵气味，院子虽然会更干净些，母亲却未必立刻习惯。想到这里，他没有

继续劝她关门，只说可以把工作安排得轻一些，将那些必须亲自做的事情留下，其他环节请人帮忙。

母亲笑他，说做研究的人总爱把事情拆得一条一条，好像凡事都有流程图。她端来一盆洗好的青菜，叫他先去择菜，等把晚饭做完再谈经营的事。程屿坐到门口的小凳上，一边择菜一边听她在厨房里走动，锅盖掀开又扣上的声音与童年没有多少差别。院外有孩子骑车经过，车铃响得十分急，一个女人在街角叫人收衣服，天色暗下来后，附近房屋陆续亮了灯。程屿突然发现，自己已经很久没有像这样做过一件完全不需要计算的事情了。

晚饭前，杜然发来消息，说重新核查了部分样本处理记录，发现原先几个看似重要的微生物特征与研究中心的差异有一定关系，然而纠正已知因素以后，结果仍然没有稳定到可以直接给出结论的程度。程屿看过信息，回了一句先把核查过程保存完整，明天再讨论后续分析。母亲见他拿着手机发呆，便问是不是工作又出了问题。他说还是原来的问题，没有那么快解决。母亲把刚做好的汤端上桌，说那就别盯着手机了，没做完的事明天仍然在那里，鱼放凉了却不会自己再热起来。

吃完饭，程屿陪母亲散步。村镇边上新修了一条路，路旁种着一些树，比过去宽敞许多，但老房子的院墙和几家熟悉的小铺还在。走到街口，母亲遇见一位多年的老顾客，便停下来问候。那人说上次买的豆酱味道不错，家里老人很喜欢，又问今年是不是还能继续订。母亲没有像过去那样立即答应，只说以后准备少做一些，想买最好提前告诉她。那人先是一愣，随即笑着说也好，忙了一辈子，

总该歇歇。两个人聊了好一会儿，才互相道别。

回家的路上，程屿问母亲，如果将来真的不再做生意，是不是仍然会在家里留几只陶缸。母亲说当然，只做给家人吃反而轻松些，什么时候想做便做，做少一点也不必担心客人催货。说到这里，她忽然想起什么，问程屿小时候是不是最讨厌院里发酵的味道。程屿承认那时候确实嫌难闻，母亲便笑，说他后来偏偏去研究微生物，大概也是奇怪的缘分。程屿没有把这种巧合说成什么命中注定，他只是记得，小时候父母为了生意操劳，自己常嫌家里不够安静，如今真能坐在院中听半天水声，又觉得那些旧日子未必那么讨厌。

第二天清晨，他在出发前帮母亲把几只空瓶搬到架子上。母亲从柜子里拿出一本旧账，封面已经软了，夹着过去许多年的纸条和收据。她告诉程屿，这些东西以后若有兴趣可以带回去看看，不过别把家里那些算不清楚的旧账随便放到网上。程屿接过账本，随手翻了几页，看见母亲年轻时写下的字迹，比现在细小得多，有时记了原料的斤数，有时只写天气，还有一处贴着一张泛黄的小纸条，上面是父亲当年买陶缸的收据。他没有把账本带走，只问能否把几页与发酵有关的记录拍照留存，母亲答应了，却提醒他想清楚再用，做买卖的旧账里也有别人的名字。

临走时，母亲给他装了两小瓶豆酱，一瓶留着自己吃，一瓶带给梁医生尝尝。程屿说临床医生也不一定喜欢这种口味，母亲说那就让人家决定，没必要替别人担心。她把纸袋塞进儿子手里，又嘱咐他开车别着急，到了学校发个消息。程屿走出院门，回头看见母亲已经开始收拾厨房，灰白的头发在晨光下显得很清楚。她没有站

在门口送很久，只抬手挥了挥，便低头去看架上的瓶子，仿佛一个普通的工作日正在开始。

返校途中，程屿在休息区停了一次车，给叶岚发消息，问那份十八世纪酿酒账簿有没有找到更完整的来源。叶岚回说还在核对，原来展签里的某些叙述缺乏直接史料支持，可能要删去。他看着手机屏幕，想起母亲留下的记录，也想起自己曾经在摘要里删掉的几个词，便回复说删去也好，不能确认的事情留着反而会误导读者。消息发出去后，他继续赶路。纸袋放在副驾驶座上，随着车子的转弯轻轻碰到座椅，里面两只小瓶发出低低的声响。窗外的田地不断向后退去，远处有一片刚翻过的泥土，颜色深得发亮。

真实历史与科学解读

程屿、家人及研究项目均为虚构。传统豆酱发酵利用微生物参与的生物化学过程，但原料、盐度、温湿度、工艺和微生物群落均可影响成品；感官经验不能替代必要的食品安全管理。现代宏基因组研究通过取样、实验及计算获得微生物信息，不同中心的结果可能受到真实生态差异及测量偏差共同影响。小说不主张凭家庭发酵经验直接推断人体微生物组的因果机制，也不把一种“好菌”或“坏菌”视为适用于所有人的确定标签。

第二卷

DISEASE AND CITY

疾病与城市

八章故事 · 真实历史与科学解读

第二卷 · 疾病与城市

第九章 河水进了屋

1832年 · 伦敦东区

玛莎在楼梯最下面一级踩进水里时，还以为是前一晚忘了把洗衣盆里的水倒干净。她伸脚试了试，水冷得刺骨，已经漫过鞋底。昏暗的地窖里看不清东西，只听见什么东西轻轻撞着木桶，发出空空的响声。她提起裙摆，小心下到地面，才发现墙角的煤堆浸在水里，几只洗衣盆歪倒着，放肥皂和刷子的木架也湿了。她赶紧回头叫丈夫威廉，声音沿着狭窄楼梯传上去，吵醒了刚刚睡下不久的孩子。

威廉披着外套下来，看了一眼便说多半是潮水顶上来了。过去几天伦敦下过雨，河面涨得厉害，靠近码头的低矮房屋时常进水，尤其这种年头久远、地下排水又不好的房子，外面河水稍微一涨，里面便要跟着遭殃。两个人把能搬的东西往上抬，最重的木桶只好留在原地，找几块砖垫高。忙到天快亮，地窖里仍有水慢慢渗进来，玛莎的两只脚已经冻得没了知觉。她站在门口，看见天边有一点发灰的光，运煤的船正沿着泰晤士河慢慢移动，河面上漂着烂木头、菜叶和一团辨认不出的破布。

玛莎二十四岁，住在伦敦东区靠近莱姆豪斯的一条窄街上。丈夫威廉在码头卸货，活计时有时无，运气好时一整周都有事情做，

坏的时候两三天接不到一份工，只能在酒馆外面等雇主挑人。玛莎替人洗衣，母亲艾格尼丝偶尔来帮忙，两个人把客户送来的床单、衬衣和围裙分类，一遍遍搓洗、漂净、晾干，碰上赶急活的时候，连夜里也得点着蜡烛干。她们挣得不多，却比完全依靠码头工钱可靠些。家里还有个两岁的女儿露西，眼睛黑亮，一醒来便要找母亲，最喜欢趁大人不注意，把一双湿袜子拖到地板上玩。

河水进屋不是什么新鲜事，可这一回玛莎格外心烦。楼下有一批刚洗好的床单，准备第二天送往一家商人的住处，如今有两条落进了污水里，不得不重新洗。她把湿床单拎上楼，先放在洗衣盆旁，打算等水退了再处理。艾格尼丝进门时，看见地上堆着满是水渍的衣服，便说这样下去不是办法，迟早得搬离这片低洼的街区。玛莎笑她想得容易，搬一次家要付押金，还得找到能晾衣服的地方，若离客户太远，光送衣服便能把人跑瘦。艾格尼丝没再劝，只脱下外套，卷起袖子去生火。

冬末，城里已经传出关于霍乱的消息。最早是北方有人染上那种来势凶猛的病，后来报纸上开始出现新的死亡报告，市场里也总有人谈起某个港口或某条街突然死了多少人。玛莎不大识字，平时听威廉读报，常常只记住其中最吓人的部分。有人说病从船上来，外来的水手和商人把它带进英国；也有人说拥挤的街道积满污秽，潮湿的天气使坏空气沉在屋里，居民吸得久了自然就会生病。威廉对此向来不耐烦，觉得报纸只是为了卖钱才把话写得骇人，若每听说一个地方有人生病便不敢上工，一家三口很快就得饿死。

玛莎最初也没有把这些话放在心上。她知道伦敦经常有人患病，孩子发热、老人腹泻、工人劳累倒下，都不是什么稀罕事。可过了几天，她发现街道上的气氛变了。卖鱼的妇人不再像过去那样大声吆喝，遇见陌生人便往旁边让；教堂门口贴出新的告示，几个人围在一起，争论上面写的究竟是什么；从另一条街送衣服来的女仆说，主人已经打算把孩子送往乡下，只等天气好些便动身。玛莎听完没有说话，回到屋里却偷偷把露西的旧衣服全翻出来，洗净晾好，仿佛衣服干净了，孩子便能少受一点病痛。

一天上午，隔壁的布朗太太来借热水。她丈夫夜里突然腹泻，天亮时已经虚弱得几乎站不起来，家里的炉火又生得太慢。玛莎连忙倒出半壶刚烧开的水，问要不要帮忙请医生，布朗太太摇头说邻居已经去找了。她说话时嘴唇发白，手背也在发抖。玛莎本想留她坐一会儿，可对方急着回去，只把壶抱在怀里，匆匆穿过院子。露西见到客人离开，伸手要跟着出去，玛莎赶紧抱住，哄她回屋吃面包。

到了傍晚，布朗家的门口聚起几个人。医生赶来后在屋里停留了很久，出来时神情沉重，与家属低声说了几句。玛莎站在门边，听见有人说病人的四肢冰冷，脸色发青，身体里的水像是一下子全流走了。还有人说，这就是报纸里写的霍乱，一旦得上，可能在很短的时间内夺走性命。玛莎忽然感到一种实实在在的恐惧。前几天它还在北方城市的报纸上，如今却越过门槛，住进了隔壁的房间。她回屋以后把露西抱到怀里，许久不肯放下。孩子不知道发生了什么，只伸手去抓母亲头发上的发夹。

布朗先生第二天早晨死了。消息传开以后，街上有人要求把那家人的床单全部烧掉，有人提议把院里的污水沟清理干净，还有人说最好关起门窗，免得外面的坏空气钻进来。布朗太太坐在门边，身上披着一件过大的旧披肩，眼神呆滞，一时回答不了旁人的问题。玛莎过去送了一点粥，见她双手僵冷，便替她把披肩裹紧。有人在旁边提醒玛莎不要靠近，她听见了，却没转身。她知道家里还有孩子要照料，自己也害怕生病，可布朗太太才刚刚失去丈夫，坐在那里连一杯水也不肯喝，总不能让她整天独自坐着。

威廉得知这件事后，很不赞成玛莎去别人家帮忙。他说码头上已经有人议论要不要把染病的街区封起来，若他们一家被当作危险的人，自己恐怕连工作都找不到。玛莎说隔壁死了人，难道连一点热汤也不能送过去，威廉便问她有没有想过露西。两个人争了许久，最后谁也说服不了谁。夜里，威廉坐在桌旁修补一双破手套，玛莎在床边哄孩子睡觉。露西翻来覆去，嘴里含糊地叫着妈妈，玛莎用手背摸她的额头，觉得并不发热，心里却还是紧张。威廉看见她的动作，叹了口气，说自己并不是不想帮邻居，只是不知道该怎么保护家里的人。

那几日，玛莎家洗衣的生意反而多了。一些主人家不愿自己碰从外面送来的衣物，便把更多床单交给洗衣妇处理，另一些人又突然停了订单，怕衣物在来回搬运中沾染疾病。玛莎不得不把不同客户的衣服分开放，费力核对，免得送错。她没有能力判断哪一家的衣服更加危险，只觉得病来得太快，连平日最寻常的生计也跟着变得古怪。艾格尼丝见她累得直不起腰，便把洗衣盆挪到靠窗的位置，让她不用一直在潮湿的地窖里干活。

艾格尼丝年轻时也经历过疫病，总说人活着不能光靠害怕。可这一次，她自己的脸色却一天比一天难看。有天中午，她忽然放下手中的刷子，扶着桌沿坐下，说胃里不舒服。玛莎以为母亲只是忙得太久，便让她休息，还热了一点汤。到了晚上，艾格尼丝出现了严重腹泻和呕吐，整个人很快虚弱下来，玛莎这才慌了。威廉跑出去寻找医生，几个小时没有回来，窗外已经黑透。玛莎守在床边，听见母亲的声音越来越轻，有时想说话，却只能发出含糊的音节。她握住母亲的手，发现那只曾经帮她揉面、缝衣、洗床单的手，如今冷得可怕。

医生赶来时，艾格尼丝已经极度虚弱。他询问发病时间和症状，又检查了她的情况，随即安排当时能够采取的照护措施。玛莎努力听懂那些吩咐，脑中却混乱得厉害，只记得对方曾多次提醒病情危险，必须严密照看。她看见威廉把热水端来，医生的手提箱放在床尾，炉火映着房间里每个人的脸。露西在隔壁小床上哭醒，不停喊妈妈，威廉便过去抱她。玛莎想起白天母亲还在抱怨洗衣盆太重，问明年能不能换一只轻一些的，如今竟已无力从床上起身，这变化快得叫人不敢相信。

艾格尼丝在第二天凌晨死去。玛莎后来很长时间都不愿仔细回忆那一夜，只记得炉火渐渐灭了，威廉往里面添了几块煤，屋里又重新亮起来。她坐在床边，突然觉得自己从小认识的世界有一大块被人硬生生拿走了。母亲留下的衣物不多，一条旧披肩、一双磨薄的袜子，还有一本用线缝起的小账簿。里面记着给谁洗了衣服，谁还欠两个便士，哪一家总在送货时多塞一条床单。玛莎翻着这些歪歪斜斜的字，才发现母亲把许多她根本不知道的事情都记了下来，

有些账写在纸边，已经模糊得看不清楚。

葬礼简短得令人难过。那时街上有太多人家办丧事，人们来不及像过去那样慢慢告别。玛莎回家以后，发现洗好的衣服还晾在绳上，布朗太太借走的水壶也放在门口，她却连去收衣服的力气都没有。威廉请邻居替他们照看露西，又把地窖里剩下的污水一点点舀出去。屋外河水仍在上涨与退去，码头工人仍然每天寻找活计，市场上有人吆喝面包，仿佛母亲的死没有使任何事情停下来。玛莎对此感到愤怒，甚至有几天不愿出门，觉得自己若是走到街上看见有人笑，便一定会忍不住责怪那个人。

过了半个月，布朗太太带着一篮萝卜来看她。两个人坐在厨房里，起初只是谈天气和市场上的价钱，谁也不愿先提各自失去的人。直到露西跑过来，抢着要吃篮子里最大的一根萝卜，布朗太太才终于笑了。她把萝卜擦干净，掰下一小块给孩子，转头看向玛莎，眼里忽然落下泪来。玛莎递给她一条布巾，也跟着哭了。哭过以后，两个人仍旧得把饭做出来，把孩子照看好，过两天还要重新开始接活。邻居说这便是日子，玛莎却觉得生活并不是非要讲出一个道理，只不过屋里还有人要吃饭，便不能永远坐着不动。

天气转暖后，街上关于霍乱的消息逐渐少了些。有人说空气终于变好了，有人说城里的卫生官员做了许多事，也有人认为瘟疫像风一样，吹到哪里便停在哪里。玛莎听到这些解释，常常觉得一阵烦躁，因为没有哪一种能告诉她，为什么母亲在自己家中病死，隔壁布朗太太却在照看病人以后仍然活了下来。她知道两个人做过相似的事情，也都住在这条潮湿的街上，却不明白命运为何如此不同。

她没有读过医学书，更不知道什么叫病原体，只是觉得许多话说得太满，往往经不起一场真正的灾难。

一个周日，威廉带她沿河走了一段。那天潮水不高，岸边露出一片黑色的泥，里面混着烂菜叶、破布和碎木片。远处有船在装货，几个人光着胳膊搬木箱，动作与平常没有两样。玛莎站在河边，看见一条窄沟里的污水缓缓流向河道，而不远处又有人提桶取水。威廉顺着她的目光看过去，说这座城里什么东西都得靠河运进来，什么脏东西也最终往河里去。玛莎没有说话。她想起家中那个被河水淹过的地窖，想起母亲临死前冰冷的手，又想起邻居家门口堆放的洗衣盆。她并不知道它们之间是否有什么联系，只是觉得城里的水不该这样脏下去。

那一年过去以后，玛莎仍然在旧屋里洗衣。家里欠了一笔医药和丧葬费用，威廉的工作又不稳定，他们暂时搬不了家。她把母亲留下的账簿收好，继续在后面记录新的订单；哪一家付过钱，哪一家还欠几枚铜币，都仔细写下。地窖再次进水时，她不再等水涨到脚踝才去搬东西，而是提前把衣物抬到高处。雨季一来，她便将一些重要物件放进楼上的箱子里。露西渐渐长大，学会了帮母亲夹住衣服，偶尔还会把夹子随手扔到地上，惹得玛莎生气。她有时会骂孩子两句，随后又觉得自己口气太重，便蹲下来替她擦去脸上的泪。

许多年后，玛莎搬到了伦敦另一处街区。那时她已经有了更多孩子，威廉的头发渐渐灰白，家里不再像1832年那么拮据，却仍然靠着辛苦的劳动维持生活。每当有人谈起旧日的霍乱，她总会想起自己二十四岁那年，河水怎样在一个寒冷的清晨漫进地窖，怎样浸

湿了煤堆和刚洗好的床单。那时候她以为，等水退下去，把东西晒干，屋子便能恢复原样。后来才明白，有些东西即使清扫得再仔细，也不可能重新放回从前的位置。

到了夜晚，她有时仍会打开母亲留下的小账簿。前面几页记录的是布料、工钱和没结清的零碎款项，到了1832年的那一页，字迹突然中断，后面换成了她自己的笔迹。玛莎从没有把那几页撕掉。她只是继续往后写，直到纸张再也没有空白，便拿出另一本新的账簿，将尚未结清的项目抄过去，第二天照常送衣服上门。

真实历史与科学解读

英国的首次大规模霍乱流行发生于1831—1832年，伦敦在1832年受到严重影响。霍乱由霍乱弧菌引起，主要经受污染的水或食物传播，严重时可因迅速失水而危及生命；但1832年的医生和普通居民尚未建立现代病原学与水传播机制的完整认识。19世纪前期的伦敦已存在复杂的河水供给、排污及低洼街区卫生问题。玛莎、威廉、艾格尼丝和布朗一家均为虚构人物，其病程与生活细节不是具体历史病例。本章不提前使用1854年斯诺的布罗德街调查结论；那项研究将在后续章节展开。

第二卷 · 疾病与城市

第十章 医生的双手

1847年，维也纳

安娜在医院里干的第一件事，是把一只满是血水的木桶搬到院子里。那年她十九岁，刚从乡下来到维也纳，既没有见过这样大的医院，也不知道一座房子里可以同时有这么多人生产和死去。负责带她的女人指着水池，告诉她用完的布要分开，不许把清洁的床单同病人的衣物堆在一起。安娜记住了前半句，后半句却因为走廊里有人喊她的名字而没有听清。等她跑回去，那女人已经拿着钥匙走远了，地上只剩一桶需要倒掉的水。此后许多年，她每次经过那间小院，总会想起自己初来时那股夹杂着皂角、潮湿衣物和炉烟的气味。

六年过去，安娜已经能够不看钟表便知道一昼夜过去了多少时辰。清晨送进来的产妇往往先是坐在长凳上休息，等到夜里，走廊就会被呻吟声填满。第二天太阳升起来，有人抱着孩子离开，有人仍躺在原处，额头热得厉害，连照看自己的母亲或丈夫是谁都认不出来。安娜不负责诊断，她的工作是换床单、送热水、清洗用具，医生需要时再帮忙扶住病人的肩膀。她认识许多女人，可认识得很短。有时名字还没记牢，床就空了。医院里的床板不会因为谁曾在上面受过苦而换一块新的，清洗过后便等着下一个人。

维也纳总医院的产科设有两所诊所。第一诊所主要承担医生和医学生的临床教学，第二诊所主要用于助产士的训练。安娜在第一诊所做杂务，隔壁的玛丽亚在第二诊所工作，她们住处相近，偶尔一同下班。两个女人都很少谈论医学理论，却都知道一个谁也没法否认的现象：第一诊所里的产妇死得更多。有些孕妇听说自己在轮到第一诊所收治的日子来到医院，会在门外哭着请求改去另一个病区。安娜见过一位临产的女人坐在台阶上，紧紧抱着包袱，说宁愿到街上生产也不肯进去。后来有人把她扶走，安娜再也没有见过她。

安娜不喜欢和玛丽亚谈这些事。玛丽亚有丈夫和两个孩子，在另一所诊所学到的东西很多，常常说起一位产妇怎样转危为安；安娜却觉得，只要自己一开口，就会把令人难受的事情全倒到饭桌上。两个人吃东西时，她总挑些别的话题，比如附近集市的土豆又涨了多少钱、谁家的房租再拖半个月便要被赶出去。玛丽亚知道她心里装着事，有时劝她离开医院，找一家富裕人家做女仆。安娜说自己在这里已经做熟了，换个地方连门往哪边开都不知道，况且家乡的弟妹每月都等着她寄钱。玛丽亚也就不再劝，只在天气好时多带一块面包给她。

安娜仍然记得自己第一年在病房里犯过的一个错误。那时一位即将出院的女人把借来的羊毛披肩忘在床脚，安娜以为是没有人要的旧物，便收进待洗的衣服里。第二天女人的丈夫回来寻找，说那披肩是孩子的祖母留下的，若是丢了，妻子一定会伤心。安娜和另一个女工翻了半间洗衣房，终于从一堆床单下面找到。男人道了谢，还塞给她半块面包。自那以后，她凡是清理床位，总要先问上一句东西有没有主人。旁人笑她麻烦，她也不争，只是把别人的手帕、

梳子和缝衣针另外放好，等有人来认领。

四月末，一位名叫伊娃的年轻女人住进第一诊所。她丈夫卡尔是印刷工，家里租住在城北一间小屋，日子过得紧紧巴巴。伊娃随身带着一块已经洗得发白的方巾，四角缝着不同颜色的线，说是母亲留下的东西，孩子生下以后正好用来裹住头。安娜替她放好包袱，发现方巾边上还缝着一个小小的口袋，里面藏着两枚银币。伊娃有些不好意思，说丈夫总怕医院里要临时缴钱，便让她把银币缝在布里，免得睡着时被人拿走。

孩子出生时没有遇上大麻烦，是个女孩，哭声很响。卡尔听到消息，送来一小包糖，拜托安娜转交给妻子。伊娃那天晚些时候精神很好，靠在床头问安娜，出院时能不能把孩子抱到院子里晒一会儿太阳；她说家中的窗户太小，整天照不进多少光，孩子若像她小时候那样瘦弱，母亲肯定要责备自己没有照料好。安娜笑着答应，还替她把那块方巾摊平，找到先前缝着银币的地方。伊娃告诉她，等回了家，就用那笔钱给丈夫买一双新袜子，因为他的脚趾总把旧袜子顶出洞来。

第三天，伊娃开始发热。最初她只是说冷，盖了两条毯子仍然发抖。到了傍晚，下腹越来越痛，床单很快被汗浸湿。医生来过几次，安娜按照吩咐送水、换布，并且替她擦去脸上的汗。伊娃刚开始还能清楚地说话，后来连孩子在哪里都问了许多遍。安娜抱着小女孩走到床边，伊娃试着抬手，却没能握住孩子的手指。天亮时，她已经很虚弱，眼睛半睁着，像是正在听一阵很远的声音。卡尔在门外等了很久，医院里没有人能给他一个让他满意的答复。

伊娃病重的第二个夜晚，安娜被派去另一端取药，回来时发现新来的助手正在把几张床上的用具混在一只篮子里。她不懂得其中是否真有危险，只觉得这样一来，已经清洗和还没清洗的东西便难以区分，于是把篮子重新拿出来，一件件辨认。助手嫌她耽误时间，说屋里病人那么多，谁还有工夫管每条布原来放在哪张床上。安娜没有回嘴。等事情做完，窗外已经蒙蒙亮，伊娃的病情却比夜里更糟。她站在床脚，看见卡尔送来的糖还包在纸里，放在最上层柜子上，一颗也没有少。

伊娃死后，安娜把方巾洗净晾好，又把那两枚银币从小口袋里取出来，连同布一起交还给卡尔。他接过东西，先是问孩子是不是还在，然后把方巾反复折了两遍，像要把它折成一个放得进口袋的小方块。安娜告诉他女婴由人照料，等安排好便会让他见。卡尔低着头，说妻子前两天还让自己买袜子，如今他连今天该往哪里去都不知道。安娜本想说些什么，最后只替他把滑下肩头的外套拉好。那天以后，她每次打开存放干净布巾的柜子，都觉得里面留着一点洗不掉的苦味。

新来的塞麦尔维斯医生近来经常翻看两个病区的记录。他原本也是做诊疗工作的人，却把许多时间花在过去几年的死亡数目上。安娜见过他拿着纸从一间办公室走向另一间办公室，眉头拧得很紧，有时连别人叫他也要过一会儿才听见。医生们谈论各种可能的病因，拥挤的病房、空气、天气、产妇自身的状况，以及令人心烦的恐惧，都有人拿出来解释。安娜没有能力判断谁说得对，她只是觉得这些说法每天都能听到，而床上的女人仍然不断发热。有人把病人的死亡归咎于体弱，有人说她们产前已经有病，却没有人能够解

释为什么隔壁诊所的情况明显不同。

不久后，医院里传出一位在解剖工作中受伤的医生死去的消息。塞麦尔维斯格外关注这件事，随后提出了一种使不少同事不快的解释：那些从尸体解剖场所进入产房的人，手上可能携带着某种有害物质，并在检查产妇时将它带进她们的身体。安娜听到这段话时正在刷一只铜盆，刷子上的毛已经磨秃，她抬起头看了看自己的手。她每天洗手许多次，洗完以后又会碰到床栏、布巾、门把和病人的衣物。若是人的手也能够带来疾病，那许多平日里很自然的动作，岂不是都变得可怕了？

医院里并不缺勤劳的人，缺的是愿意承认旧办法可能有问题的人。安娜见过一位资深医生在病房里站了一个上午，连坐下喝水的时间都没有，也见过年轻的医学生为了不伤到产妇而反复练习检查动作。她不能把病人的死亡轻易归罪于任何一个人。更何况她自己的手也可能接触过不干净的器具，她想到这里，便觉得后背发冷。可这种恐惧没有给她一个可以依靠的办法：她不可能因此拒绝进入病房，也不能让临产的女人自己搬水、洗床单。她只好把听得懂的规定记下来，再向能够解释的人多问几句。

五月下旬，第一诊所的医生和医学生被要求在接触产妇前用含氯石灰的溶液清洁双手。那溶液有一股难闻的刺激性气味，安娜负责准备水盆，看着一个又一个年轻学生把手浸进去。有的人认真搓洗指缝和指甲周围，有的人只把手随便沾湿便想走开。安娜起初不敢阻拦，直到一位年纪较大的助理提醒她，凡是没有按要求洗手的人都得重新洗，她才试着开口。第一次拦住一位医学生时，对方生

气地问她凭什么发号施令。安娜涨红了脸，说这不是自己的要求。年轻人看了一眼旁边的医生，最后还是返回水盆，重新洗了一遍。

医院里的争论并没有因此停止。有的医生认为这种做法缺乏足够解释，也有人难以接受自己过去的诊疗活动可能给病人带来伤害。一个在医院工作多年的男人对安娜抱怨，说按这样的道理，往后医生每碰一样东西都得洗手，难道还要把墙壁和桌子也用药液擦一遍。安娜并不喜欢与他争吵，只照要求重新配好清洁用的溶液。她知道自己没有资格评判医生之间的争论，却记得伊娃死后，卡尔把那块方巾折了又折的模样。即使某种新做法只有一点帮助，她也不愿自己因为嫌麻烦而把它省掉。

六月的病房没有突然安静下来。每天仍有女人在疼痛中分娩，仍有婴儿哭闹，也仍有人在生产后发烧。只是到了月底，安娜翻看收在办公室里的数字，发现死亡的数目比过去少了许多。她并不懂得怎样准确比较一年中不同月份的变化，也害怕自己高兴得太早，便把这件事告诉玛丽亚。玛丽亚说第二诊所也并非从来不死人，许多事情需要继续看下去，不能因为一个月的结果便说疾病已经消失。安娜觉得她说得有理，却还是在走廊里多站了一会儿，听见屋里一个刚出生的孩子正在哭，哭声响得像要把窗玻璃震下来。

为了让新的规定落实，安娜常要提前准备更多的清水和容器，还得记住哪只盆用于手部清洁，哪只留给其他工作。最忙的时候，医生一拨接着一拨，水面很快浮起细小的灰屑，旧毛巾也来不及换。安娜去找负责管理用品的人，提出水和清洁材料需要更及时地补充。对方先问她是不是把东西浪费了，听完解释，才答应让洗衣房再送

一些来。安娜在医院干了这些年，早已知道一条新规矩写在纸上容易，真正让几十个人每天照着做，却要许多不被写进医学书的小事情跟上。

七月里，一位来自城郊的产妇特蕾莎住进第一诊所。她二十七岁，已经有一个儿子，这次临产时一直担心丈夫独自在家照顾孩子会不会把炉火烧得太旺。特蕾莎的生产并不特别顺利，安娜陪她熬过了一个漫长的夜晚。孩子出生后，特蕾莎虚弱地睡了很久，醒来便问可否喝一口温水。安娜扶她坐起来，注意到她额头没有伊娃当时那种可怕的热度，却不敢由此断言她一定会恢复。她仍然按照每天的程序清洗器具、准备布巾，并提醒进门检查的学生完成洗手。

特蕾莎终于能够下床时，丈夫带着那个年长的孩子来接她。小男孩一看见母亲，便挣开父亲的手往前跑，跑到床前又停住，不敢相信怀里裹着的小东西是自己的妹妹。特蕾莎坐在床边，问安娜能不能帮她把鞋带系紧些。安娜俯下身，看见那双鞋的鞋底磨得很薄，鞋面上还补着一块深色皮革。她替特蕾莎系好鞋，又把母亲抱着婴儿走下台阶的动作记在心里。医院的大门每天都有人进出，但她已经有一阵子没有认真看过一个女人走出去的背影。

到了秋天，仍有新的发热和死亡报告，使医院里的争论重新出现。安娜听见几位医生讨论进一步改进病房中不同患者之间的清洁程序，才知道最初关于尸体物质的解释可能并不足以涵盖所有情形。她对此没有感到过分意外。对她来说，生活本来就很少照着一张解释得完完整整的纸来进行，伊娃的死亡与特蕾莎的康复也不可能仅凭自己的记忆便成为充分的证明。她只是更谨慎地检查水盆里的液

体，留意来往人员是否按要求完成清洁，并继续记录每个病床当天发生的事情。

冬天来时，玛丽亚的孩子染了风寒，她为此请了两天假。安娜替她跑腿送去一点面包，坐在床边陪那个小男孩玩了半个时辰。孩子问医院里是不是天天都有婴儿出生，安娜说差不多。孩子又问是不是每个孩子都有妈妈陪着回家，玛丽亚连忙把话岔开，叫他把喝过的水杯拿来。回去的路上，安娜发现自己并没有因为看见更多活着离开医院的女人，就把过去的面孔忘掉。她记得伊娃的方巾，也记得几个连名字都没来得及问清楚的产妇。她不知道以后还会不会遇见她们的家人，只盼下次有人来找回遗落的东西时，自己能把它们完整交还。

圣诞节前，卡尔带着女儿来过一次医院。他说孩子如今由自己的妹妹帮忙照料，长得很快，头发也比刚出生时浓密。安娜原以为他是来询问伊娃死前的情况，已经在心里准备好重新回答那几个让人难受的问题。谁知卡尔只递过一个用纸包着的小东西，说这是妻子原先放在床边的一枚针，后来在家里的衣袋里找到，他想问问医院有没有人需要。安娜说自己有针，叫他留着给孩子将来用。卡尔便又把纸包收起来，站了一会儿，向她道了谢，才抱着孩子离开。

那天晚些时候，安娜收拾洗手的器具，发现自己的手背因为反复接触清洁液变得粗糙，指节处有两道很浅的裂口。她在水龙头下慢慢冲洗，怕刺激得厉害，便把最疼的地方藏到掌心里。外面的天已经黑了，走廊另一头有人喊她送一张干净床单。安娜用布擦干手，把水盆重新推到门边，去柜子里找床单。她搬着那一摞干净的布

走过长廊，听见远处有孩子在哭，接着又有一个女人笑了两声。那笑声很轻，转过墙角以后便听不见了。

真实历史与科学解读

1847年，塞麦尔维斯在维也纳总医院第一产科诊所推动使用含氯石灰溶液进行手部清洁，背景是第一诊所与第二诊所之间长期存在的产妇死亡率差异。该措施实施后死亡率显著下降，但并没有使所有产褥热病例立即消失；当时塞麦尔维斯并不具备后世成熟的细菌病原学知识。安娜、玛丽亚、伊娃、卡尔和特蕾莎均为虚构人物，患者经历及对话并非史实。正文对医院操作的描写是以19世纪产科史料为背景的文学重构。

第二卷 · 疾病与城市

第十一章 布罗德街

1854年，伦敦

露西用一块蘸过清水的抹布擦掉账簿上的灰，发现上个月的最后一笔账还没有收回来。那是一位住在马歇尔街附近的妇人送来修改的冬衣，袖口缝得很结实，约定八月末取走，可到了九月，衣服仍旧挂在屋角。露西看着那件深蓝色旧外套，想了很久，才记起妇人最后一次来店里时，曾经说丈夫不大舒服，等他好些便来付钱。她把账页折起一角，准备下次去那户人家时顺便问问。院子里有孩子在哭，房东太太拿着扫帚走过窗下，喊她把剩下的布头收好，不要再堵住楼梯口。

露西二十四岁，靠给人补衣服和缝制女装挣些钱。她住在苏豪区一间狭窄的阁楼，房子离布罗德街不远，楼下是个出租房间的寡妇，二楼还住着一对带孩子的夫妇。窗子不大，打开便能看见对面楼房的烟囱和晾衣绳。晴天时，光可以一直照到下午，阴雨天便必须早早燃起蜡烛。露西年轻时跟着母亲玛莎洗过几年衣服，后来发现自己的针脚比手劲好，便转而学缝补。母亲总觉得女儿住得太远，凡是听说城西又有坏消息便想叫她搬回去，露西则认为自己既然已经能养活自己，不该老像个孩子一样听母亲安排。

一八三二年霍乱暴发时，露西只有两岁，关于那场病，她知道的大多来自父母偶尔说起的片段。母亲提过旧屋里漫进来的河水、邻居布朗先生的死，以及外祖母艾格尼丝留下的账簿，却很少细讲最后那几天的事情。露西小时候也问过，外祖母为什么没有等到自己长大。玛莎总说那年病来得太快，后来便把话岔开，让她去烧水或收拾衣服。露西懂事以后便不再追问。她知道母亲不喜欢别人谈起旧日的霍乱，尤其听不得有人说死去的人只是命薄，因为在母亲看来，外祖母既能干又细心，不该那样死掉。

露西原本打算再过两年便离开这间阁楼，和一位相熟的裁缝姑娘合租一间带橱窗的小铺。她们已经看过几处地方，有的租金太高，有的屋顶漏水，还有一家铺面虽然宽敞，门前却总有运煤的车经过，布料一展开便要落一层灰。露西手里的积蓄不多，每次数完钱都觉得离那间属于自己的店还差得很远。玛莎知道女儿的打算，嘴上说开店不是小姑娘闹着玩的，暗地里却把家中用不上的一把好剪刀擦净，包在布里留给她。露西想起那把剪刀时心里总有些高兴，觉得明年的事情未必全是难事。

八月末，布罗德街附近已经有人生病。最初露西并未在意，伦敦夏天闷热，食物保存不易，街上又常有污水和异味，人们腹痛或发热并不罕见。可有一个早晨，房东库珀太太忽然叫她帮忙送一盆热水，说楼上租客家的孩子半夜上吐下泻，父亲出去找医生，母亲抱着孩子不知怎么办。露西端着盆上楼，只见孩子面色发白，嘴唇干得厉害，母亲把一条湿毛巾反复折叠，像是盼着只要把汗擦掉，孩子便能重新精神起来。露西照着她的话把窗户推开一些，又去街上找人帮忙。等她回到屋里，孩子已经不哭了，母亲却坐在床边，

不肯松开抱着他的手。

第二天，街道上突然有许多房门关了起来。做面包的师傅说一家熟客天没亮就搬走，卖煤的人说一个下午送过三户人家，收钱时才知道屋里正有人病得很重。房东库珀太太整天站在门口打听消息，听见哪里又有人死去，就用围裙捂住嘴，往屋里退两步，随后忍不住再出去问。露西发现平时在公共水泵旁排队的人仍然不少，许多住在附近的人都习惯从那里打水，水看起来清亮，喝到嘴里也没有特别的味道。她自己多数时候从那里取水，回屋以后烧开泡茶，有时赶着干活，也会直接从壶里喝上一口凉的。

房东最关心的是屋里还能不能收租。一个住客匆匆离开，钥匙都没有留下；另一个人已经拖欠半个月房钱，库珀太太站在空房门前，嘴里不停念叨谁来替她付这笔账。露西被她念得烦，提醒她现在不是追钱的时候。库珀太太便反问，难道房子不会因为霍乱就不用交给房主租金吗？露西知道她说得没错，便不再争。她把自己尚未收齐的工钱列在纸上，发现若是所有顾客都停了活计，下个月的房租也要成问题。街上的死亡仿佛一场突如其来的大雨，人们除了害怕病，还得盘算面包、煤、房钱以及雇主会不会继续付工钱。

九月初，露西收到母亲捎来的口信，说让她立即回家。玛莎住在东边，和丈夫威廉还有几个小孩子一起生活，平时为了省车钱很少到女儿这里来。这次她听说苏豪区霍乱暴发，连夜找人打听，第二天便带着一袋洗净的旧衣服赶了过来。玛莎看见露西仍在案板前缝衣裳，先是松了口气，接着便发火，责怪她为什么没有主动往家里报平安。露西说自己本来打算忙完这批活便回去一趟，玛莎却不

许她再说，拉开壁柜查看粮食和饮水的地方，又问楼里有没有人患病。露西把前两天的事情告诉她，玛莎立刻沉下脸，叫她收拾行李跟自己走。

母女俩为这件事争执了很久。露西说自己替几户人家赶做衣服，已经收了订金，忽然离开就得赔钱；库珀太太年纪大，也需要有人帮忙照看房子。玛莎说活计可以以后再接，钱丢了还能再挣，可若是人没了，谁来偿还？露西一听这话便不高兴，反问母亲年轻时是不是也在瘟疫里继续洗衣，有没有因为害怕便把所有客人和邻居都丢下。玛莎脸色变了，过了一会儿才说：“我那时候已经有你了，怕的东西比现在还多。”露西听出她声音里的颤抖，原本准备说的几句话便咽了回去。

那天夜里，玛莎留在阁楼过夜。屋里只有一张窄床，露西把毯子铺在地上，母亲嫌地板太硬，便自己睡下，让女儿躺到床上。街上的声音比平时少，偶尔有车轮从石路上压过去，下面便传来马蹄声。玛莎睡不着，索性起来帮露西挑拣还没缝好的衣服。她看见账簿里一排排顾客姓名，有些后面画着细小的记号，便问这些是什么意思。露西说画圆圈的是已经付钱，划一道横线的是还要送货，空着的都是尚未结账。玛莎把账簿拿在手里看了很久，觉得女儿字写得比自己年轻时漂亮，却与外祖母艾格尼丝留下的账本用着差不多的办法。

到了第三天，露西发现另一个常来取水的家庭门上也挂起黑布。她与这家人有些来往，女主人叫梅格，常让她修补孩子的外套。有一件小衣服已经缝好，就放在阁楼椅背上，露西原打算顺路送过去

，如今却不敢敲门。她站在那扇门前，听见屋里有人低声哭泣，手里的衣服被攥出许多褶皱。玛莎在街口找到她，没有催促，只接过那件小衣服，帮她把衣摆重新折平。露西问母亲，当年外祖母病重时，自己是不是也这样站在门外，不知道该进还是该退。玛莎说没有，当年她始终守在床边，直到母亲最后一次把眼睛闭上。

露西送衣服到一间临街的铺子时，听见两个男人争吵究竟是哪口井出了问题。一个说自己全家都取布罗德街的水，却并没有人患病；另一个说叔父住得很远，偏偏喜欢那口井的水，最近也突然病倒。两个人谁也说服不了谁，最后反而为对方是不是说谎吵起来。露西从他们身边走过，忽然意识到自己平日里记得每户人家喜欢什么式样的袖口，却从不注意他们怎样取水。她回屋把近来接触的住户重新列了一遍，发现其中不少人已经离开或死亡，许多细节再也无从追问。

街区内关于疾病来源的争论愈发激烈。有人把窗户关得严严实实，说街角污水沟里的气味会致病；有人在家中焚烧带气味的东西，想借烟驱走坏空气；也有人开始怀疑饮水，因为同一片街道上，用不同水源的人似乎遭遇不同。露西在一次送衣服途中遇见一位医生和几位帮忙查访的人，他们正询问附近住户的用水来源、发病时间与家庭情况。医生没有问她会不会绘制地图，也不曾把一个答案直接告诉她，只耐心追问她自己从哪里取水、最近去过哪些地方、是否认识街上患病的人。露西说自己常到布罗德街的水泵取水，又提起楼里几个家庭先后生病。医生让她尽量把时间记清楚，她只好从口袋里拿出记账的小本子，对照其中送过衣服的日期慢慢回想。

她后来才知道，那位正在调查的人名叫约翰·斯诺。此前他已研究霍乱传播问题，并认为饮水可能是重要的传播途径。对露西来说，他最不寻常的地方不是医生的身份，而是他对于某些细节的耐心。别的医生常问病人发过几天热、腹泻多少次，这位医生却问哪一家的水从哪里来，有没有人住得远却特意回来取水，街上哪一户房屋可能有特殊的饮用水来源。露西一开始觉得这些问题琐碎，直到仔细回忆，才发现自己平时出入几十户人家，竟然记得许多与水有关的事。有人嫌公共水泵太远，习惯让孩子从附近井里取水；也有人觉得某口水泵的水更清甜，宁愿多走几条街。

玛莎不愿女儿继续留在发生疫情的街区，便说无论如何也要先陪她搬到亲戚家住一段时间。露西不肯，提出至少等库珀太太的外甥从城外赶来以后再走，因为老太太这几天膝盖疼得厉害，楼里又有好几户人家离开，连挑水送煤的人都难找。母亲听完没再立即发火。她注意到库珀太太其实怕得厉害，有时嘴上说霍乱只会找那些不讲卫生的穷人，夜里却悄悄下楼检查门闩，生怕邻居家的病人进来。玛莎于是暂时留下，帮她把常用的器具整理好，劝她尽量使用更安全的水源，也不再像过去那样觉得只要水看起来清亮便可以放心饮用。

玛莎在这几天里与威廉通了两次口信。威廉没有责怪她留下照顾女儿，只说家里的小儿子又把鞋底磨穿了，等她回去记得带针线。第二张口信却短得多，只问她们究竟何时回家。玛莎知道丈夫不是不知道体谅别人，而是年纪渐长以后，越发怕那些没有消息的日子。她想起一八三二年自己守在母亲床边，威廉在黑夜里走遍街道寻找医生的情形，便托人带回一句，她和露西都还好，等事情安排妥当

便回。写好以后，她又想起当年自己识字不多，给母亲留下的许多话只敢在心里说；如今儿女渐渐长大，纸上的字反倒像能替他们走过漫长的街道。

九月八日，布罗德街水泵的手柄被移除。露西经过时，看见原本熟悉的水泵旁站了几个人，像在争论一件损坏的工具究竟应该由谁修理。有的住户感到不满，因为取水变得不方便；也有人说反正街上病得这样厉害，去别处取水总比继续冒险好。露西没有把这件事看成整场疫情的突然终结。此前几天，许多人已经离开，发病情况也开始发生变化，街上仍有家属在守护病人，葬礼也没有因为少了一根水泵手柄便停止。她见到一户人家推着车离开时，女人把行李堆得很高，上面捆着一把扫帚，像连回来的日子也不愿再等。

【该图像请查看在线阅读版】历史图版 · PLATE 051854年布罗德街霍乱死亡分布的历史地图，相关著名图版发表于1855年。它帮助后来的人审视调查证据，并不是拆除水泵手柄之前已经完成的决定性地图。图像：John Snow / C. F. Cheffins · Public Domain

接下来的几天，露西终于把一些欠账的衣物整理完毕。梅格家那件小衣服无人来取，露西把它洗净晾干，用纸包好，仍然放在柜子里。她没有在账本上替死去的人划掉工钱，只在旁边记下“无人取”，便翻到下一页继续写。库珀太太的外甥从乡下来接她，临走时还因房租和钥匙与人争执了一阵。老太太上车以前，回头望着这栋自己生活了十几年的房子，突然想起厨房里还有半袋煤没有带走，便让露西有需要可以拿去用。露西站在路边向她挥手，等马车走远，才发现自己的眼泪已经落在了手背上。

玛莎决定再留一晚，第二天陪女儿一起回东边住一阵。露西没有反对，这使母亲反倒有些不习惯。她帮女儿把换洗衣物放进箱子，顺手摸到柜底那本已经写满一半的账簿，便问是不是需要一起带走。露西点头，说有些顾客不见了，倘若以后有人回来找衣服，总得记得那些东西是谁家的。玛莎把账簿用布包好，放在最上面。夜里，母女俩坐在阁楼的窗前，街道传来零星的脚步声，远处有人在敲门，声音不急不缓，却使人听了很不舒服。

离开布罗德街前的最后一夜，露西把一些不用的布头剪成相同的宽度，卷成小卷用线扎好，准备带回母亲家里继续缝制。玛莎想帮她，却发现自己手指已经没有年轻时灵巧，两次把布边叠歪了。露西没笑，只接过来重新摊平。玛莎看着女儿的动作，忽然记起自己第一次教她拿针时，她还不肯老老实实坐住，缝两针便跑到院子里玩。如今两人坐在同一张桌前，一人眼睛好，一人记账精，许多事情不必说便能够做下去。

露西把账簿打开，指着几处空白问母亲，外祖母当年留下的旧账本是不是也这样，有些人永远不会回来结账。玛莎说是，外祖母年轻时记账很仔细，谁欠了几个便士都要写明白，唯独自己病倒的那一天没有留下日期。那天以后，账本就由玛莎接着写，起初写得歪歪扭扭，后来才慢慢整齐起来。露西说她小时候曾翻过那本账，见到前后两种笔迹，还以为母亲只是换了一支笔。玛莎沉默了很久，说也许正因为如此，自己一直舍不得把那本账扔掉。

玛莎终于向女儿讲起一八三二年的那个夜晚。她说外祖母那天上午还在洗床单，抱怨木盆太重，傍晚便开始腹泻、呕吐，夜里身

体冷得吓人；威廉跑出去找医生，回来时鞋上全是泥，露西那时候才两岁，在隔壁床上哭个不停。玛莎说到这里停下了，因为她发现露西已经伏在桌上，手里捏着一张账纸，纸角被捏得发软。过了一会儿，露西问，外祖母最后有没有说什么。玛莎想了想，说有几句话自己早已记不清了，只记得她不停想握住母亲的手，却怎么也捂不暖。

收拾到最后，露西从柜子里找出一张半年前写的租铺启事，是她与那位裁缝姑娘去看房时留下的。纸上记着地址和每季租金，字迹已经被雨水洇开一角。她原想把它扔了，想了想又折好塞进自己的针线盒。玛莎看见，问是不是还想开店，露西说想，只是不知道明年还能不能拿得出那笔钱。母亲没有像往常一样提醒她做生意风险大，只说有些事推迟了未必就没了。露西点点头，把针线盒扣上，又把一件来不及交货的外套挂回原位。她打算等街上的日子慢慢恢复，再来处理这些没有结束的生意。

夜更深时，玛莎听见楼下有人敲门。她披衣下去，原来是住在隔街的一位老人，来问库珀太太是否还在。玛莎说老太太已随外甥离开，老人站着想了半天，终于说自己本来只是来还一只借过的铜壶。那壶旧得厉害，壶嘴边缘凹了一块，却被擦得很亮。玛莎接过来，说会替他留在屋里。老人向她道谢，扶着墙慢慢走下台阶。玛莎将铜壶放到门边，觉得这间房子即使空了，也还有许多事情没有来得及交代。

第二天清晨，她们把窗子关好，提着箱子下楼。楼梯间还残留着有人熬药留下的刺鼻气味，墙边靠着一只不知主人去了哪里的木

桶。露西走到门口，忽然想起那件没有送出去的小衣服，便又跑上楼，打开柜门看了一眼。她没有把衣服带走，只在外面的纸包上认真写下收衣人的姓名和住处。下楼时，玛莎已经在门外等她，头巾系得很紧，一只手牢牢握着行李箱的提手。

她们沿街往东走，遇见一个提桶的男人正从别处取水回来，木桶撞着腿，溅出一点水落在鞋上。玛莎下意识地往旁边让了让，露西却看了那只桶一眼，问男人是从哪条街取来的。男人报了一个地名，反问她怎么连这也要问。露西没再追问，只跟着母亲继续走。太阳已经升起来，街边店铺陆续有人开门，卖面包的炉火从半开的门里透出来，空气里混着新烤麦粉与潮湿石路的味道。她原以为自己离开这条街以后，便不会再想那些病人的事情，但走了几步，又忍不住回头看了一眼。布罗德街水泵仍然立在原来的位置，只是不能像过去那样，从那里直接打出一桶水来了。

真实历史与科学解读

1854年伦敦苏豪区布罗德街发生严重霍乱暴发。约翰·斯诺根据病例、住户饮水等信息调查水传播假说；布罗德街水泵手柄于1854年9月8日被移除。重要的是，新增病例在此前已经明显减少，不能把疫情的下降简单归因于这一个动作。后来著名的死亡分布地图是在疫情发生后逐步形成，并于1855年出版，不能写成斯诺在9月手持已经完成的那张地图逐户调查。玛莎、露西、库珀太太、梅格等均属虚构人物；与斯诺的接触为文学设置，并无对应历史记录。

第二卷 · 疾病与城市

第十二章 地图的另一边

2026年，中国南方

程屿把两张图放在一块屏幕上时，杜然问他是不是弄错了顺序。左边是一条相当漂亮的预测曲线，右边则平缓得多，放在一起像同一座山在不同角度留下的影子。程屿说顺序没错，左边是旧队列内部的结果，右边才是完全独立的数据。杜然搬来一张椅子，坐到他旁边，盯着右边看了许久，然后问能不能把两张图分开放在论文里。程屿说当然可以，只是分开放置不会让模型更可靠。杜然低头笑了一下，承认自己刚才确实是怕它们摆在一起太难看。

那天实验室里有人过生日，公共桌上留着半盒蛋糕，叉子插在奶油里，不知是谁吃到一半便去忙别的事情。打印机里卡着几张纸，走廊另一头传来吸尘器的声音。程屿从早上八点坐到现在，桌上的咖啡已经凉了。他们重新整理了两家医院的受试者基本情况和样本处理记录，发现某些原先被认为很次要的条件，实际上在研究中心之间存在系统差异。不同中心的患者构成也不完全相同，某些药物使用信息的记录方式更是不同。这并不能立即解释模型性能下降的全部原因，却足以使他们暂时放弃继续追逐更高的分数。

杜然指着表格里一列没有填满的字段，问如果对这些缺失值做合理插补，能不能把不同中心放到一起分析。程屿说可以讨论，但

先得弄清缺失是怎样产生的，不能因为计算机能够补出一个数，便认为医院当时真的记录过那个数。杜然皱着眉头，说照这样做下去，估计又要花一个月。程屿告诉他，有些事情做一个月不一定够，但可以先定清楚哪些信息必须核对，别像现在这样一会儿重新调参数，一会儿又换一种特征筛选方法，整天忙到深夜，到头来连遇到的问题是不是同一个都说不准。

两人说话时，罗慎从门口经过，停下来看了一眼屏幕。他没有进入实验室，只问原始记录核查到什么程度。程屿说部分样本的信息已经和临床团队对上，另外还有一些采样和运输细节需要联系研究中心。罗慎提醒他们月底前要提交阶段报告，既不能因为一个验证结果不好就把研究写成失败，也不能把所有不确定的问题轻轻带过。杜然有些着急，问难道还要重新招募受试者。罗慎说现在连现有资料里的问题都没有梳理完，谈新增样本还太早。他看见桌上的蛋糕，随手拿了个纸盘，切下一小块，吃完才回办公室。

程屿从实验楼走向食堂时，碰见梁静发来的语音。她说那两小瓶家里做的豆酱已经收到，味道很好，还特意问程屿母亲是不是有完善的生产记录。程屿被问得一愣，随即笑起来，说如今母亲记得比他还细。梁静说这不是玩笑，临床研究和食品生产其实都得对看不见的环节负责，只是两件事的规矩各不相同。程屿听着语音，想起母亲在旧账页旁写过的“气味异常，不出售”，便回复说等项目忙完，想再去看看她新改的作坊。他刚把手机放进口袋，便看见食堂门前排起长队，临时决定买个三明治回去吃。

中午，叶岚发来几张历史地图的扫描图，请程屿帮忙看展签里一处有关霍乱传播机制的说明。程屿原本想等晚上再回复，打开以后却注意到其中一张地图上密密麻麻的黑条。他放大了看，发现是1854年布罗德街霍乱暴发的死亡分布图，图上除了街道和房屋，还有几处水泵的标记。那些黑条排列在街道两侧，有的房屋附近叠了很多条，几乎将街道边缘挤得发黑。程屿把图片保存下来，转头对杜然说，三百多年前的人只能利用有限的记录描述疾病分布，如今他们面对的数据比当时多得多，结果反而总是解释不清。杜然随口回了一句，说那是因为今天的问题也多得多，随后继续盯着屏幕里的数据表。

下午他去档案馆时，叶岚正站在大幅打印的地图前，拿着尺子检查展板尺寸。墙上原本写着“斯诺凭地图找到霍乱病源”，她把这行字用纸贴住，只露出下方的图。程屿问是不是版式不好看，叶岚说不是，她发现这句话虽然常见，时间顺序却容易使读者误会。那张最著名的地图是后来绘制并出版的，不能让人以为斯诺在1854年九月拿着这张已经完成的图走访居民。她想把那句改成关于调查和证据的叙述，又觉得太长，不适合放在展板上。

程屿站在地图前，仔细辨认着街道。叶岚递给他一页文字资料，上面记着斯诺如何询问病人的饮水来源，以及为何注意到一些地理位置相近、饮水方式却不同的人群。他看着其中关于远离水泵但仍使用相关水源的病例，问这些是不是后来研究者才整理出来的。叶岚说有些来自斯诺当年的调查和后来出版的论述，有些则需要与其他历史记录相互核对；凡是证据不足的地方，她都准备删去，免得展览给人一种所有细节都已完全确定的印象。

“这样写，会不会显得斯诺没那么厉害？”程屿问。叶岚把尺子收进抽屉，说人家做的工作本来就很厉害，不需要替他增加一张尚未画出来的地图。她又指着那些密集的黑条，告诉程屿，地图把复杂的事情压缩成很容易理解的图形，可图上每个标记都有记录来源，漏掉的人、迁走的人、没有被及时登记的人，未必都能在同一张图上完整出现。她说自己最初看地图时只觉得震撼，后来认真核对史料，才渐渐意识到，地图本身并不代替调查。

程屿听完想起自己处理过的微生物组数据。测序报告中，某一种微生物的相对丰度看起来只是一个小数，等不同人的数值放在一起，又可以变成一条漂亮的曲线。很多时候，他甚至记不清某个样本来自哪一天，是在家中采集，还是在医院完成取样，更不知道采样那天受试者究竟有没有按计划完成全部要求。那些信息当然应该保存在研究记录里，只是分析做得久了，很容易把它们当成表格之外的事情。他没有把这些想法说成某种重大发现，只问叶岚能不能把地图边上写着“原始记录”的一小段文字留着。叶岚说本来也准备留，只是展板地方不够，或许得把某句介绍科学家荣誉的话缩短一些。

他们讨论到傍晚。程屿帮叶岚把几张打印纸放进文件夹，发现其中一页附着一条名单，不是研究者的名字，而是一些死于霍乱的普通住户。名单里有年龄，也有地址，其中几项只写着职业或家庭关系，有的人连完整姓名都没有。程屿盯着看了一会儿，叶岚说不同记录使用的称呼和格式并不一致，正因为这样，整理工作常常很慢。她问他在研究里会不会遇到类似问题。程屿说会，只是他们为了保护隐私，会给每位受试者分配编码，研究人员在绝大多数分析

环节不需要知道姓名。叶岚说这当然是必要的，但编码也很容易让旁人忘记，那个号码背后原本是一个需要吃饭、上班和照顾家人的人。

离开档案馆以前，叶岚送他到楼梯口，顺手拿走了他准备带回去的一份展签草稿，说要把里面那个“凭地图解决霍乱”的句子重新改过。程屿问准备写成什么，她想了一会儿，说大概写“从饮水与病例分布寻找证据”，只是语气太像教材，还得再琢磨。他们约好下周再检查剩下的材料，程屿走出旧楼时，发现自己竟然有些饿了。他在附近买了一盒炒饭，坐在树下吃，手机不断亮起，杜然已经把几个研究中心的新核查结果发过来。

为了取得几个原始批次的记录，程屿下午专门去了合作实验平台。负责样本管理的技术员把一摞表格从柜子里取出来，告诉他有些旧批次仍留着完整的登记，有些则只能追查到送样日期和接收人。程屿原以为这些信息早已同步进研究数据库，见了纸质表才知道两者并不完全一致。技术员翻出一页边角卷起的记录，解释那段时间仪器检修，少数样本改由另一台设备处理，登记虽然留下了，后来汇总时却没有全部纳入统一字段。程屿逐项拍下获准保留的记录编号，回实验室后把这段信息加入核查清单，而不是直接将它当成能解释全部结果的证据。

晚上，临床团队安排了一次在线会议。梁静把医院补充核对的信息逐项说明，其中几份资料明确记录了采样前使用过的药物，另外一些则只能确认病历中没有完整信息，不能反过来认定受试者一定未用药。对这些记录进行怎样的处理，将直接影响后续分析范围。

杜然听得有些急，问能不能把缺信息的样本全部去掉，先看结果会不会稳定些。梁静说可以作为敏感性分析，但不能只在某种删法得到更好模型时才把它写进论文；而且失去样本可能使人群构成发生新的变化，尤其缺失记录不是随机出现的时候，更要说明原因。

罗慎在会议上很少打断别人。临近结束时，他问程屿是否能在两周内拿出一份清楚的证据清单，把原来假设、已经确认的问题和仍需要验证的发现分开。程屿说可以，但必须把外部队列的用途说明白，如果他们现在根据这批数据做了过多方法调整，以后就不能再拿同一批数据宣称进行了全新的独立验证。罗慎让他把这点写进报告，也提醒他们谨慎使用“诊断”“临床转化”之类的词，以免合作单位误解目前工作的成熟程度。会议结束时已经九点多，杜然还想留下继续跑模型，程屿叫他先把今天的代码和变更记录提交到项目目录，明天再讨论。

杜然关电脑时说，自己从前最喜欢分析结束以后导出图片的那一刻，觉得屏幕上的乱七八糟终于变成了可以给人看的东西。现在他看到漂亮的图，第一反应却是害怕哪里又出了问题。程屿笑他想得太多，杜然反问师兄难道不是。两个人一时都笑起来。笑过以后，程屿说漂亮没有什么不好，麻烦的是有时候图片太漂亮，便不愿意再去看做出它的那些原始记录。杜然听完没有接话，只把最后一份表格保存好，拿起背包往外走。

杜然离开后，程屿发现实验室的白板上还留着几个月前讨论论文时写下的三个词：预测、分层、机制。那时他们把这些目标放在一起，觉得只要找到一组足够强的微生物特征，后面的工作便能顺

理成章地展开。如今再看，三件事情中任何一件都需要不同的证据，而他们最初的分析却想同时回答所有问题。程屿拿起板擦，先把中间的箭头抹掉，三个词仍然留在原处。他没有把它们删去，因为它们仍是值得研究的问题，只是不该再像原先那样，画成一条每一步都必然通向下一步的直线。

那一夜，程屿没有继续修改模型。他拿出最近整理的资料，在纸上画了三列：第一列写已经核实的事实，包括不同中心的样本构成和技术差异；第二列写已有统计结果能够支持的关联；第三列写那些尚无足够证据的机制解释。他填了很久，第三列的内容比另外两列多得多。写到接近午夜，他忽然发现，自己原来那份论文初稿中的不少漂亮句子，都应当暂时留在第三列，不能随意搬到结论里去。这件事让他有些沮丧，却也使他终于知道，接下来几天究竟需要完成哪些工作。

第二天清早，叶岚给他发来一条新消息。她在整理意大利医学史资料时，找到一份1854年出版的薄册子，作者是菲利波·帕西尼，题目里有“霍乱”和“显微观察”几个词。叶岚说自己想把它与斯诺的研究放在同一个展区，却发现不少介绍材料把两人的工作写得过于整齐，仿佛他们在同一年沿着两条约定好的道路寻找同一个答案。她担心这样会抹掉当时研究的不确定性，想等查阅原文以后再决定怎样呈现。

程屿回了句有空一起看，随后打开那份扫描件的封面。页面上是一串他不熟悉的意大利文，纸边留着年代久远的污迹，作者的名字却印得很清楚。他点开下一页，看见密密麻麻的文字，便把手机

放到一边，准备先去开今天的组会。窗外已经有人从楼下跑过，保洁阿姨推着车清理走廊，实验室里传来仪器启动时短促的提示音。程屿拿起桌上那张画着三列内容的纸，想了想，折起来夹进了报告封面。

真实历史与科学解读

约翰·斯诺在1854年调查布罗德街霍乱暴发，历史上著名的死亡分布地图并非早在疫情开始时就已完成。现代微生物组疾病预测研究中，内部验证的表现不等同于跨队列泛化能力；研究中心差异、样本处理和受试者特征可能影响结论。程屿、叶岚、杜然、罗慎、梁静及其项目都是虚构，涉及的具体图表和会议并非真实研究事件。本章不把历史地图视为现代微生物组模型的直接因果类比。

第二卷 · 疾病与城市

第十三章 没人相信的弯线

1854年，佛罗伦萨

洛伦佐知道一个人快要失去生意的时候，最先减少的往往不是吃饭，而是说话。那年秋天，父亲的装订铺连续接不到像样的活计，原本每天都在抱怨纸价上涨的老人，渐渐不再问儿子今天带回了多少钱。他照常打开窗板，把工具摆到长桌上，给那些破损的旧书重新粘好书脊，有时一整天只装订两三本薄册子。到了夜里，他把煤火拨得很小，坐在桌前数铜币，数完又放回钱袋里，仿佛第二遍数的时候会凭空多出几枚。洛伦佐不愿看他这样，便尽量在外面多找些活，除了为书店誊抄文字，还替印刷所做校样，有人愿意付钱，他也能画一些解剖图的草稿。

佛罗伦萨近来不断有人死于霍乱。洛伦佐原本听惯了城里谈论疫病，心里并不相信每一条传言，但后来他亲眼看见一户人家在两天里接连抬出棺木，便不再拿那些消息开玩笑。街上的人不愿彼此靠得太近，清洁水源、通风和气味成为酒馆里最常见的争论话题。有人认为疾病来自污浊空气，有人担心接触患者的衣物会招来灾祸，也有人把责任归咎于城市里来往的陌生人。洛伦佐并不关心这些争论，他只在乎父亲还剩多少力气干活，以及自己是否能在冬天来临前找到一份稳定的工作。

洛伦佐小时候最喜欢看父亲装订厚书。老人先用骨刀压出整齐的折痕，再将一帖帖纸叠在一起，用锥子穿孔、线缝牢，最后把书背压平。有时客人拿来一本封面极华丽的旧书，里面却缺了几页，父亲便会反复询问有没有落在家中，因为装订再好，也不能使消失的纸凭空长回来。洛伦佐继承了这种近乎倔强的仔细，校样上若有一个字母磨得看不清，宁肯把那一行重新排过，也不愿猜它本来是什么。管事嫌他动作慢，却也承认经他看过的稿子很少出现低级错误。

一天，印刷所的管事让他去取一批准备排印的医学文字。稿件出自菲利波·帕西尼医生之手，篇幅不算长，却有许多不容易处理的专门词语。洛伦佐原本负责核对字母和标点，看了几页以后，发现文中反复出现同一个词——“弧菌”，或者说，作者用意大利文所指称的一种弯曲的微小活动体。稿件写到霍乱患者的肠道组织、液体以及显微镜下的观察，许多段落让他读得十分吃力。他在纸边画下几条弯曲的线，试着用最简单的方式记住那些奇怪的形状。

“你画的是面条？”管事经过时看见，忍不住笑了一声。洛伦佐赶紧把草图盖住，说只是帮助自己认字。管事把稿件拿过去，看了看那些术语，嘱咐他不要擅自改动，即使发现拼写奇怪，也应先与作者核实。他说医学上的东西常常与普通书籍不一样，一个字母排错，读者便可能理解成另一种意思。洛伦佐点头，心里却想，世上竟然有人愿意花钱印如此枯燥的薄册子，倒是一桩不坏的生意。

几天后，他奉命带着一份校样去联系作者。帕西尼比洛伦佐原先想象的瘦，举止也不似那些总爱高声争辩的学者。房间里摆着书、

显微观察器具和许多纸张，一处靠窗的桌面上放着已经整理好的组织观察记录。洛伦佐不敢随便碰那些东西，只将校样摊开，指出其中几处难以辨认的手写词。帕西尼仔细核对以后，重新写下正确的形式，又问印刷所大概什么时候能够完成。这件事似乎很着急，但他并没有向洛伦佐解释所有原因，只说相关观察已耽误不得，需要尽快让同行了解。

洛伦佐见他暂时不忙，终于忍不住问，为什么稿件里有那么多弯弯曲曲的小东西，难道它们真的会生活在人的肠子里？帕西尼告诉他，自己在研究霍乱患者的病理材料时观察到大量微小的弯曲结构，尤其注意到它们与肠道黏膜病变之间的关系。他认为这些观察对理解霍乱很重要。洛伦佐听完仍然半信半疑，心想肠道里原本便有许多看不清的东西，就算真的发现了一些弯线，又凭什么认定它们与一种夺走许多人生命的疾病有关？他不敢把这话说得太直，只问是不是所有病人的组织里都能看见这些东西。

帕西尼没有给他一个简单而确定的回答。他向洛伦佐说明，观察必须结合组织变化、不同病例和更多证据，不能因为在显微镜下看见某种形状，便马上认定所有问题都已解决。他已经反复检查若干病理材料，也试图从中理解霍乱患者为何迅速失水。洛伦佐虽然听不懂其中大半，却注意到帕西尼每说到一个细节，便会指向桌上某份记录，有时还会翻开薄册找到具体的描述。他原先以为医生都是凭着权威说话，如今见到这位研究者，才发现对方同样要向人解释自己究竟看到了什么。

那天下午，洛伦佐回到印刷所，一直没有忘记那些弯线。他向一位熟悉的排字师傅说起帕西尼的观察，对方听完摇摇头，说人病得快要死去时，肠子里出现些古怪东西并不奇怪，谁知道它们是病因，还是疾病造成的结果。洛伦佐觉得这句话有道理，却又想起作者反复核对的观察记录，一时不知道该相信谁。管事正在赶一批婚礼请柬，听见他们争论便让两人闭嘴，说等这批医学稿件排完，自会有人拿去评判，印刷所只需保证纸张上不出现错字。洛伦佐重新坐下，低头检查那些小小的金属字，过了一会儿又不由自主地在废纸边画了几条弯曲的线。

父亲近来咳嗽得厉害。有一天夜里，他正在整理旧书的皮革封面，突然把工具放下，扶着桌沿喘气。洛伦佐吓了一跳，赶紧倒来热水，让他歇一会儿。父亲摆摆手，说只是年纪大了，气候一变便觉得胸口沉。洛伦佐劝他找医生看看，父亲却反问这又要花多少钱，随后把剩下的活推给儿子，让他明天早上交给客人。洛伦佐坐下来，发现那本书的装订线已经旧得不能再用，有些纸页还被虫蛀出小洞。他费了许久才把散页重新整理齐，心里一边担心父亲，一边又想起白天那些关于霍乱的文字，觉得病人的痛苦在纸上不过几行，真正落到一个人身上，却能把原来的生活全部打乱。

疫情最严重时，洛伦佐曾在集市外遇见一名做棺材的木匠。那人原本是父亲的老顾客，过去每年只在圣诞节前送一套工具来修，如今却瘦得不成样子，说连续多日夜里都没有好好睡过。洛伦佐听见他抱怨木板涨价，心里竟生出一点愧疚，因为自己前一天也在盘算，瘟疫过后书籍和防疫告示的生意或许会好一些。他不敢承认，一场灾难能使某些人失去亲人，也能给另一些人带来活计。回到家

里，他看见父亲仍为半个便士与买主讲价，便把这件事压在了心里。

十一月的佛罗伦萨开始变冷。书店不时送来新订的医学著作和防疫通告，印刷所的活计比初秋略多，却大多要求赶工。洛伦佐替人核对稿件时，发现同一场霍乱在不同医生笔下有许多不同解释：有人重视空气，有人讨论水和食物，也有人将注意力放在人体内的变化上。那些文献有的长篇大论，有的语气严厉，彼此都觉得对方忽略了最重要的事情。洛伦佐读得头昏脑涨，却也渐渐知道，自己手中那份显微观察稿件并不是一个人已经替全世界解开的谜题，而是一种正在争论中的说法。

他再次见到帕西尼时，对方正准备整理向佛罗伦萨医学物理学会报告的材料。洛伦佐奉命送去最后一份校样，站在门边等作者核对。他发现帕西尼的桌上又多了几份记录，墨迹深浅不同，显然并非同一天完成。帕西尼用铅笔指着一行难辨的词，请他不要把“黏膜”相关的术语同另一处相似的词排混。洛伦佐点头记下，又试着问了一句，若这些微小结构真的与霍乱有关，为什么许多医生仍然认为疾病来自坏空气？帕西尼没有说那些医生都是愚人，只说对同一病症的解释并不是仅凭一次观察便能立即改变，人们还需要判断不同证据之间的关系。

最后一次校样时，洛伦佐发现一行关于组织病变的术语少了一个字母。他拿着铅笔圈出来，请管事重新核对原稿。管事有些不耐烦，觉得读者多半不会注意这样细小的差别，何况交货日期就在眼前。洛伦佐坚持说，既然他们本来就不懂那些术语，更不能擅自认为一个字母无关紧要。两个人争论了一会儿，最后还是找到了作者

写下的正确形式。那行字被重排以后，整页的字距稍微发生变化，另一名工人又不得不调整下方一行。洛伦佐为此挨了几句埋怨，心里却觉得踏实了些。

十二月十日，帕西尼的研究在佛罗伦萨医学物理学会的会议上宣读。薄册子随后以1854年的出版年份面世，题目谈的是亚洲霍乱的显微观察与病理推断。洛伦佐没有参加医学学会全部讨论，他只知道印刷所必须按期交货，于是连续几天和同伴一起装订那些薄薄的书册。它们比普通小说短得多，封面没有漂亮的图案，里面却塞满令人费解的专业文字。有人把它们当作重要研究保存，也可能有人买回去后便再也没有翻开。洛伦佐不能预测一本书的命运，他只会检查页码是否齐全，裁口是否整齐，封面的胶有没有沾到正文上。

有一晚，印刷所的人都离开了，他仍独自留在桌旁整理剩余纸张。窗外的街道被雨水打湿，远处教堂的钟声传来，和这几个月里每次听见时一样，叫人分不出是在为谁报时。桌角放着几份试印的医学薄册子，其中一本封面压得不太平，不能作为正品交付。洛伦佐把它打开，看到作者的名字和那一串长长的意大利文题目，便想起自己第一次在稿纸上画出的弯线。那些草图已经被他揉成纸团扔进炉膛，如今只剩这本书上的文字可以留下来。

第二天，父亲在家中翻看那本不能出售的薄册子，只读了几行便说不懂。洛伦佐告诉他，作者认为霍乱患者体内那些极小的弯曲结构可能与疾病有关。父亲摇摇头，问既然知道了这些，医生是不是就能治好病。洛伦佐说事情远没有那么简单，这项研究主要是在说明病人身体里观察到了什么，治疗还需要别的办法。父亲把书合

上，说既然如此，或许等许多年以后才有人知道它究竟值不值得留着。洛伦佐说一份书只要有人买，印刷所就能挣钱，至于几十年以后谁会读它，自己管不了。父亲听完笑了一下，把书放回桌上，又低头修补一本旧祈祷书。

有一回，洛伦佐把那本薄册子带去给认识的年轻医学生看。对方翻了几页，先是惊讶作者记录得如此细致，随后却问他有没有更多病例、能否排除别的解释，以及是否有人用不同方法得到过相同结果。洛伦佐答不上来，顿时有些不高兴，觉得这人是在故意为难帕西尼。医学生把书交还给他，说自己不是认为观察没有价值，只是医学上每天都有新说法，倘若哪一个都立即相信，病人的命也就成了替医生试错的东西。洛伦佐回家以后，重新翻开书，发现自己熟悉的仍只是那些拼写和纸张，至于书里真正想证明什么，自己并没有完全明白。

冬天快过去的时候，佛罗伦萨关于霍乱的消息渐渐少了。街上的行人重新拥挤起来，熟悉的酒馆又传出争吵声。洛伦佐得了一份更稳定的抄写工作，虽然工钱有限，至少能够帮父亲多付一点房租。他把自己留下的那本帕西尼薄册子装进木箱，和一张磨损的铜版画、几本旧账簿放在一起。它并不是他最珍惜的书，甚至因为内容难懂，后来再也没有从头到尾读过一遍。只是每次整理箱子时，他都舍不得把它卖掉，觉得自己毕竟为它费过不少工夫。

多年后，洛伦佐偶尔听见人们谈起霍乱，又会想起那位伏在显微镜前研究病理材料的医生。他不知道那些微小的弯线后来是否被更多人看见，也不知道自己曾经装订的一本薄册子究竟流到了哪里。

他只记得1854年的冬天很冷，父亲的手因为长时间缝合书脊而裂开，印刷所里的油墨总是干得很慢，而一位医生曾经把几十页写满观察的稿件交给他们，请他们尽量不要排错一个字。

真实历史与科学解读

1854年佛罗伦萨霍乱流行期间，菲利波·帕西尼研究了霍乱患者的组织和相关材料，记录到大量弯曲的微小结构，并将其与霍乱病理变化联系起来。他的著作《Osservazioni microscopiche e deduzioni patologiche sul cholera asiatico》由佛罗伦萨的Federigo Bencini印刷所于1854年出版，据馆藏说明，该研究于1854年12月10日在当地医学物理学会宣读。帕西尼的观察在当时未立即成为占主导地位的病原学解释。洛伦佐及其父亲、校样往来、家庭对话和私人经历均属虚构；作者与印刷工人的具体接触没有史料依据。

第二卷 · 疾病与城市

第十四章 鹅颈瓶

1857—1861年，法国里尔与巴黎

朱利安闻出那股酸味的时候，天还没有亮。蒸馏厂院子里的石路被雨水泡得发黑，运甜菜的马车才卸下第一车货，马夫站在棚下搓着手，抱怨今年春天迟迟不肯暖和。朱利安却没有听他讲完，便从桶沿取了一点发酵液，放到舌尖上尝了尝。液体原该带着酒精发酵的气味，如今却有一股让他牙根发紧的酸意。他把勺子放回木盆，站着想了片刻，又走到旁边一只桶前。这只桶昨天才检查过，气味尚且正常；他把盖子掀起一条缝，桶内浮着薄薄的泡沫，动静与昨夜差不多。两只桶用的是同一批甜菜，装桶的时辰也相差不远，可到了第二天清早，已经不再是同一种东西了。

厂里的人陆续来了。负责烧火的工人尚不知道出了什么事，照旧往炉膛里送煤，搬桶的少年则提着空木盆，从一道门跑向另一道门。朱利安把出问题的桶做了记号，叫他们暂时不要挪动。工人们听说又有一批原料可能报废，个个脸色不好。上个月接连两次出现这种情况，老板贝朗先生已扣住一笔本该发给工人的奖金，如今厂里欠着木桶匠和煤商的钱，再坏一批发酵液，谁也说不准下个月还能不能按时拿到工钱。

朱利安在蒸馏厂做了十二年，年轻时只会推车和洗桶，后来学会验料、记时辰，再后来，老板不在时也准他决定哪只桶可以进入下一道工序。他父亲是木桶匠，去世前常说一只桶真正好不好，不在它刚做好时有多光亮，而在于装过几回酒之后，还能不能守住该守的东西。父亲修过成千上万个桶，对木板的弯曲和铁箍的松紧了如指掌，却不懂发酵为什么有时好、有时坏。朱利安继承了父亲辨认木料的手艺，也逐渐习惯把所有问题先归在桶上：接缝漏了，便换箍；有旧气味，便多洗几遍；木头发胀，便让它晾干。可近来连新做的桶也会出问题，这使他的那套办法变得越来越不灵。

临近中午，贝朗先生从办公室出来，带着一本厚账簿，直奔发酵房。他先看被标记的桶，又问究竟坏了多少。朱利安谨慎地回答，目前还不知道整批是否全坏，但从气味和最初的检查来看，至少有几只桶不能按原定计划处理。贝朗先生合上账簿，朝墙上一张写满交货日期的纸看去，问是不是上回那个清洗桶的少年又偷懒。朱利安说没有证据，自己昨晚还检查过清洗记录。老板听后越发不高兴，责备他把时间全花在记录上，却连发酵的好坏都控制不了。

争吵是在工人面前发生的。朱利安本来还能忍，直到老板说若再这样下去，只好把几名临时雇工遣走，才忍不住反问，难道把人赶出去，那些坏酒就会自己变好吗？贝朗先生气得脸色发红，指着门让他出去冷静。朱利安站在原地没动，手里攥着记录板，板上的绳子在掌心勒出一道痕。最后还是老锅炉工马丁出来打圆场，说不如先把其他桶查完，真要算账也得有个数。老板哼了一声，回办公室去了。朱利安带着人重新干活，没人再提遣散雇工的事，可每个人都清楚，这句话迟早还会被提起。

晚上回家，他把工作服挂在门边，妻子艾莉丝正伏在桌上缝补一件童装。窗台上放着一小碗剩汤，屋里有煮过甜菜叶的气味。女儿玛蒂尔德已经十岁，正为一道算术题发愁，见父亲回来，先问今天有没有带回糖渣。过去厂里偶尔会分给工人一点副产物，孩子们总觉得那是难得的甜食。朱利安摇头，说厂里又坏了酒，老板正烦，哪还有心思分东西。他坐下来，才发现艾莉丝把煤盒盖得严严实实，炉火小得几乎看不见。

“煤商还没收钱？”他问。艾莉丝说已经来过两次，今天留了话，月底前若还不结清旧账，就不再送煤。朱利安本想解释老板拖欠奖金的事，又怕妻子担心，便只说厂里还欠一点款，应该很快能付。艾莉丝没有追问，她把刚补好的衣服叠起来，告诉他玛蒂尔德的鞋底也快磨穿了，下个星期最好让孩子别走太远。朱利安点头，却想不出拿什么钱买新鞋。饭后，女儿拿出算术本请他检查，他在纸上写下几笔加减，明明是在帮孩子算数，心里却一直想着那几只发酸的桶。他越算越觉得自己好像又坐回了厂里的账桌前，怎么换顺序，亏空也不会凭空消失。

几天以后，贝朗先生从里尔大学附近回来，带来一个名字：巴斯德。他说那里有位研究化学的教授，近来对甜菜酒精厂遇到的问题很感兴趣，甚至正在研究发酵过程中的异常变化。工人们听不懂教授的学问，只关心能不能使酒液不再变酸。老板却像重新看见了希望，吩咐朱利安把过去几个月的发酵记录和留存的样品整理好，若有必要，还要把不同批次送去供人检查。

朱利安第一次认真回看那本脏兮兮的工作账簿。他从前只记进料多少、出酒多少、锅炉烧了几小时，最近才被迫加上发酵气味、起泡情况和换桶时间。很多地方写得潦草，有的只填着“尚可”或“不好”，既没有详细描述，也没有留下可以比较的数值。他原想把难看的几页撕去重写，让账簿显得整齐些，艾莉丝却在夜里提醒他，不如把原来的记录留下，免得日后连哪一批出了毛病都说不清。妻子不是厂里的人，不懂这些工作上的细节，但她平日替邻居缝衣服，也有一本小账。每次有人欠钱，她从不擦去名字，只在后面继续写明什么时候还了多少。朱利安想了想，第二天果然没有撕掉旧页，而是把缺少的信息用另一种墨色补在旁边。

他跟着老板去过一次大学的实验室，站在门边，看人们把不同发酵液装进玻璃容器，拿着细小的器具观察，又在纸上记下结果。屋里没有蒸馏厂那种混杂的蒸汽和焦甜气味，倒有酒精、玻璃和湿布的味道。朱利安听见有人谈到酵母、乳酸和不同发酵现象之间的联系，许多术语都不理解，却看懂了一件事：研究者并不把所有坏酒都归咎于木桶或天气，他们怀疑不同微小生物的活动，可能使原料朝不同方向变化。朱利安看不懂那些密密麻麻的笔记，倒觉得研究者把不同液体细心分开放置的动作，与他夜里一遍遍检查发酵桶很有几分相似。

这让朱利安既兴奋又有些难堪。他在发酵房里工作多年，遇到坏酒时首先责怪自己没有管好桶，却从未想过那些肉眼不易分辨的活物也可能参与其中。他不愿在工人面前承认自己懂得不多，便在往后的日子里格外仔细地检查清洗、水源和每批原料的变化。有时条件允许，他将少量样品分别保存，按日期贴上纸条，等工作结束

后再与实验室的说法对照。厂里的活计没有因此减少，老板也没有因为听过一堂学术报告便不再发脾气，但至少大家开始知道，出问题以后该保留哪些记录，而不只是把坏酒倒掉。

1857年过去，里尔的冬天又湿又冷。那年年末，一批原先被认为必定会坏的发酵液，最终仍然得到了尚可接受的产量；另一批看起来起泡正常的，却在几天后出现异常。朱利安知道这还远非一种能够保证成功的方法。有一天，年轻工人抱怨，说研究者既然已经知道微小生物能使发酵改变，为何不直接告诉大家下一批肯定会不会坏。朱利安本想摆出师傅的架子训人，想了想却没说。他也曾这样想过，只是现在知道，知道一个原因与控制所有条件并不是同一件事。到了第二年春天，贝朗先生重新安排了原料验收和清洁工序，发酵损失有所变化，是否完全归功于新做法，连朱利安自己也不敢断言。

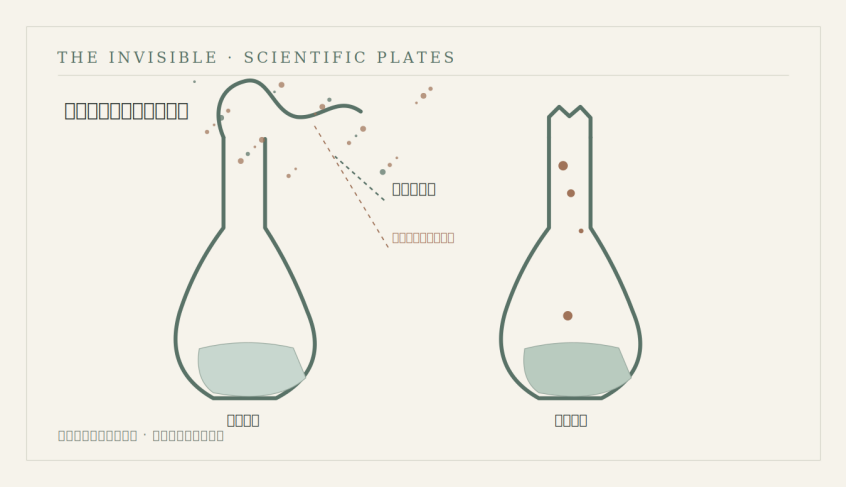
1861年，朱利安第一次去了巴黎。蒸馏厂准备采购一批玻璃器具，老板听说当地有工匠专做实验室用的容器，便让他随运货商顺路办事。玛蒂尔德已经十四岁，个子长高了不少，临行前不断央求父亲带回巴黎的糖果，艾莉丝则在他的外套内侧缝上一个小口袋，让他收好旅费，别在车站被人摸走。他出门那天，女儿站在门口挥手，脚上已经换了双合脚的鞋。朱利安看见那双鞋，忽然想起四年前发酸的酒和险些发不出来的工钱，心里仍然有些发沉。

巴黎的街道比他想象的宽阔，也比里尔嘈杂。去找玻璃工匠的那天，他走错了两回路，最后在一条狭窄的街上找到勒内的作坊。那人一身灰扑扑的工作服，手背有旧烫伤，正拿着一根玻璃管在火

焰前转动。朱利安说明来意，勒内却让他先站远些，等玻璃软化到适当程度，才将长管缓缓弯成一道优美的曲线。弯管有一个高高抬起的颈，又慢慢向下折，像一只低头饮水的鸟。朱利安原以为这是某种装饰器皿，便问谁会买这么麻烦的瓶子，勒内笑着说，这种造型不是为好看，而是实验室有人需要它。

勒内找出一只已经冷却的成品，让朱利安仔细看。玻璃瓶腹部圆鼓鼓的，细长的颈却经过多次弯折，末端仍与外界相通。朱利安问，这样一来，往里面倒液体岂不是很费劲？勒内说一般先把液体装进去，再把颈部拉长弯曲，关键不在能不能容易倒出，而在经过加热的液体如何与外面的空气相处。朱利安听得糊涂，勒内便在桌上撒一点极细的粉末，用弯曲的玻璃管说明颗粒容易留在弯折的地方，而空气仍然能够通过。他又说，现在有人用这类器具研究加热后的肉汤为什么有时出现微小生命、有时却能够保持澄清。朱利安立刻想起四年前在实验室见过的争论，便问研究的还是不是那位巴斯德先生。勒内说是，又补充自己只负责把瓶子吹好，至于教授们如何解释实验，他并不能保证全都说得明白。

朱利安把那只玻璃瓶举到眼前，对着窗外的亮光反复看了好一阵。瓶颈看起来脆弱，像是手稍微用力便会折断；可正是那道并不实用的弯曲，使它成为一件独特的工具。他曾经无数次用木桶装发酵液，桶越结实越好，接缝越严密越好。这里的研究者却希望在空气仍能进入的条件下，减少某些来自环境的颗粒接触到液体。朱利安并不知道那些颗粒具体包含什么，也说不清它们是否总能引起变化，只觉得人们过去把许多事情笼统称作“空气使东西坏了”，如今似乎有机会再仔细问一句，究竟是空气里的什么东西起了作用。



现代科学示意 · PLATE 06鹅颈瓶实验的现代复原示意：空气能够进入瓶口，但携带颗粒可能滞留在弯曲的玻璃颈部。图像不代表巴斯德原始实验记录。原创矢量绘图 · 本书编辑图版

回程前，朱利安从勒内那里买下几个普通实验容器，还额外支付一点钱，让对方送他一只略有瑕疵、不能按原价出售的小型弯颈玻璃瓶。他打算把它带回里尔给玛蒂尔德看看，毕竟女儿这些年常追问父亲为什么总把发酸的酒挂在嘴边。勒内替他用稻草和布把瓶子包好，提醒路上千万别碰碎，朱利安便把它放在随身的箱子中央，两侧都塞上衣服。一路上车厢晃得厉害，他隔一会儿便伸手摸摸箱盖，生怕里面传出玻璃破裂的声音。

玛蒂尔德收到礼物时非常失望。她盼的是巴黎糖果，父亲却拿出一只长得奇形怪状的空瓶子。朱利安只好又从口袋里掏出一小包已经被压得有些碎的糖，女儿这才高兴起来。晚饭后，她把瓶子放

在桌上，问这长脖子究竟是做什么的。朱利安按照自己记住的办法讲了一遍，讲到中间，女儿突然问：“可要是灰尘本来就在汤里呢？”他被问得一愣，随后笑了起来，告诉她所以研究者先要处理瓶里的液体，还得想办法检查不同条件。他发现自己原以为已经理解的实验，真正向另一个人解释时，仍然有不少说不清的地方。

艾莉丝把账簿拿到灯下，叫朱利安核对这个月从蒸馏厂拿回的工钱。玛蒂尔德吃完糖，便拿着瓶子朝窗前跑去，看弯曲的玻璃里如何映出屋外的一线晚霞。朱利安怕她摔坏，只好起身跟在后面。女儿嫌他多事，说一个瓶子又不是金子，用不着看得这么紧。他没有反驳，只把它从窗沿往里挪了一点。多年发酵房的经验让他习惯把每一件容器都当作要认真照料的东西，而眼前这只不能装酒、没有漂亮花纹的小瓶子，竟也开始使他觉得珍贵。

那天夜里，他把几年前的旧账簿翻出来。写着“发酸”“气味异常”“不得交货”的几页还在，纸角已经被翻得发软。他曾经恨不得把这些记录从生活里抹掉，如今却发现，若是没有那些失败，自己也许永远不会跟着老板去大学，不会学着留下样本，更不会专程带回这样一只古怪的玻璃瓶。他把账簿合好，听见隔壁房间玛蒂尔德仍在与母亲说话，女儿似乎在解释瓶颈里为什么可以通过空气，母亲则提醒她别碰掉桌上的蜡烛。朱利安没有过去纠正，也没有继续背那些实验室学来的术语。他把当天的花费写在账页末尾，又在购买玻璃器具的项目后面补了一行小字：一只弯颈瓶，送给玛蒂尔德。

真实历史与科学解读

1854年巴斯德赴里尔任职，1857年前后研究乳酸与酒精发酵，里尔地区的甜菜糖业和蒸馏业为其研究提供了现实问题。1861年前后，他以包括鹅颈瓶在内的实验研究自然发生学说：经适当处理的液体在与空气相通但不易接触悬浮颗粒的条件下可以保持不发生可检测的微生物生长。这些研究并不意味着一切污染风险都可由一只瓶子解决。朱利安、艾莉丝、玛蒂尔德、贝朗及勒内均为虚构人物，所述厂房、来往、私下对话和家庭经历并无对应的已知史料。

第二卷 · 疾病与城市

第十五章 洁净的手术室

1865—1867年，英国格拉斯哥

托马斯开始害怕那扇病房门，是在入院工作的第二个冬天。门漆成暗绿色，离走廊尽头的炉子不远，门框下方有一道被推床撞出来的缺口。白天这里总有人进进出出，搬水的、送煤的、来探视的，还有抱着洗净床单匆匆经过的女工。到了夜里，走廊空下来，门缝里便传出病人的呻吟，有时一声比一声轻，直到第二天清晨再没有动静。托马斯本来以为自己早就会习惯医院的声音，可每当夜班护士从那里走出来，脸色变得阴沉，他仍然不敢马上问是哪一张床出了事。

医院里没有多少地方是干净的。外科病房尤其如此，病人的衣服带着街上的泥和煤灰，床铺接近，空气里混着汗味、伤口分泌物、洗涤用水和煤烟的气味。托马斯最初在这里工作，负责递器械、替病人端水、清洗用过的布和帮忙整理敷料。他年纪不大，手脚灵活，也不怕见血，因此总觉得自己迟早能够成为一名真正优秀的外科助手。第一次协助手术，他盯着主刀医生的动作，暗暗惊叹一个人怎么能在如此有限的时间里完成那么多事情。手术结束以后，病人还活着，他便以为最艰难的一关已经过去。

一位年长护士告诉他，手术做完并不意味着事情结束，往后的日子有时比动刀更难。那护士姓麦克法兰，身材高大，讲话直截了当，在病房里工作了十多年。托马斯起初觉得她总爱挑自己的毛病，敷料剪得不够整齐要说，床边放了一只没盖好的盆也要说，甚至病人没喝完的水，他若忘了及时换掉，都会被她叫回来重做。有一次他刚刚替病人换好包扎，转身便想去休息，麦克法兰却让他把手中的旧布带出去，别顺手放到隔壁床的椅子上。托马斯解释自己只打算暂放一会儿，护士说医院里最容易惹麻烦的，往往正是这些“只放一会儿”。

他的父亲在克莱德河边的一家铸造厂干过大半辈子，右手食指少了一截，年轻时被机器夹伤后切掉的。托马斯小时候问起那根断指，父亲总会不耐烦地摇手，说工厂里谁没有受过点伤，只要还能挣钱，便不值得整天惦记。可是后来父亲曾替一个因伤截肢的熟人筹过钱，托马斯跟去探望，才第一次看见一个人如何在几周之内从能推车走路，变成连下床都需要人搀扶。那位工人活了下来，却再也找不到原来的工作。这件事比任何医学书籍都更早地使托马斯知道，救活一条命和让一个人回到生活中，并非完全相同的事。

1865年八月，外科病房里出现了一件多年后仍被人谈起的事。十一岁的詹姆斯·格林利斯因严重开放性骨折被送进格拉斯哥皇家医院，李斯特为其使用石炭酸相关的伤口处理与敷料方法。托马斯并未直接参加这次治疗，最早只是听病房里的人谈起那位孩子伤了腿，医生试了与旧方法不同的处理办法，后来恢复得竟比许多人预料得顺利。起初他不大相信，因为医院每天都有意外：有的病人伤得重却活下来，有的看着不严重，过不了多久便恶化。单凭一名病人

的恢复，很难使他相信一切都会改变。

不过，他渐渐注意到，李斯特所在团队对伤口敷料的处理比过去更讲究。医生开始更仔细地考虑伤口与周围环境的接触，反复调整使用石炭酸的方式，并记录之后的变化。托马斯不是所有实验性治疗工作的直接助手，许多细节都来自他听到的讨论和之后读到的报告；但工作流程逐渐发生变化，他的双手却实实在在地感受到了。带有石炭酸气味的处理材料变多了，有些敷料需要事先准备好，旧习惯不能随意沿用。医院里有人赞成，也有人怀疑。护士们抱怨额外工序使本来已经忙碌的班次更难安排，病人则担心那种有刺激性的药物是否会灼伤皮肤。

托马斯第一次替人准备新的处理用品时，把一小块布放错了盆，麦克法兰让他重新做。他辩解说两只盆看起来一样，里面的东西也没有什么明显区别。护士便把盆挪到光线好的地方，让他看标签上的字，又问倘若药液浓度、用途或清洁程度不同，是否还能当作同样的东西。托马斯被问得不高兴，觉得一个人不过是帮医生递东西，何必弄得比开刀还复杂。麦克法兰却说，越是看起来差不多的东西，越要分清楚，因为动刀的人不会在每一次伸手时都替助手重新核对。

一八六六年的冬天异常潮湿。托马斯租住的房间靠近一条狭窄的街，外墙时常渗水，晚上躺在床上还能听见楼下酒馆的争吵声。他常常把衣服晾在炉边，第二天早上仍然有一股潮味。有几回他从医院回家，连晚饭都没吃便倒头睡去，醒来后才发现手背又裂开了几道小口。麦克法兰曾提醒他，工作以后要把手洗干净，别把医院

里的东西带回家；而他也慢慢发现，医院里所谓保持清洁，并不像日常擦一擦桌面那样简单。即使肉眼看不出污迹，也未必表示一件器具适合接触病人的伤口。

后来医院接收了一位来自造船厂的工人，名叫约瑟夫·凯恩。他三十一岁，妻子不久前刚生下第二个孩子。一次搬运事故使他的腿受到严重损伤，医生检查后认为情况棘手。凯恩躺在床上时仍在担心厂里的工头是不是会找人顶替自己的职位，直到医生说明伤口的严重程度，他才真正沉默下来。托马斯负责替他整理床铺，也替他把妻子捎来的便条念出来。便条里没有多少甜言蜜语，大多是家中的琐事：煤已经买了，房东又来收租，小女儿晚上哭闹，邻居答应帮忙带水。凯恩听完，总要问一句妻子是不是又没把钱数清楚。

病人的伤口需要持续观察和处理，医生们根据当时的方法不断调整敷料。托马斯在旁边看过几次，发现最麻烦的并不是某一个仪式般的步骤，而是许多人都得准确完成自己的工作：谁准备材料，谁检查伤口变化，谁记录发热情况，谁负责把已用过的东西带离床边。凯恩的恢复有起伏，有一天夜里发热，妻子吓得几乎整夜没有离开医院。托马斯也紧张，清晨查房前，甚至偷偷把记着患者体温和换药时间的小纸条翻出来看了三遍。他不能保证病人不会恶化，只能把自己能做的事尽量做准确。

凯恩的妻子玛丽曾问托马斯，既然医生如今有了新办法，为什么还不能承诺丈夫一定能保住腿。托马斯被问得发怔，想起自己初进医院时，也以为每一种新方法都应该有清楚的好结果。他斟酌半天，只说医生正在仔细观察，伤口的情况需要经过一段时间才能判

断。玛丽看出他没有把握，却没有责怪他，只是问下次什么时候允许探视，自己好把几个孩子托给邻居。托马斯把时间告诉她，又叮嘱她天气冷，路上最好多穿一件外套。玛丽走后，他回到病房，见凯恩正望着窗外出神，便将已经凉掉的茶换成温的。两个人都没有提保住腿的事。

病人的情况逐渐稳定下来，但恢复比凯恩想象的慢。他起初连坐起来都困难，后来能够在帮助下挪动身体，再过些日子，才开始讨论以后的行动。伤口处理过程并非毫无波折，托马斯在值班记录里写下了每一次异常情况，也记下医生的调整。凯恩一度因长期卧床而烦躁，甚至冲托马斯发脾气，问医院到底是不是只会把人困在床上。托马斯没有顶嘴，他想起父亲那位被截肢的熟人，知道眼前的工人害怕的并不只是疼痛。他害怕的还有出院以后，站在工厂门口时，别人会不会说自己已经没有用了。

1867年春天，李斯特关于防腐处理开放性骨折的系列文章开始在《柳叶刀》上发表。医院里陆续有人拿着刊物讨论，一位年轻医生觉得病例令人鼓舞，另一位则指出，新方法所依赖的病理解释尚需更多证明，其他医院采用时也可能面对不同情况。托马斯在他们旁边整理器具，听见争论越来越激烈，却没有加入。他既见过采用新做法后恢复良好的患者，也仍然记得那些没能活着离开病房的人。他很难相信，几篇文章便可以使外科所有困难一夜消失。可他同样不愿意回到从前那种仅凭伤口外观和经验判断、对感染发生原因了解有限的状态。

一天傍晚，麦克法兰把一份读过的刊物放在桌上，让托马斯看看。里面讲到李斯特如何受到巴斯德研究的启发，思考来自环境的微小生命是否参与伤口腐败和感染。托马斯读得很慢，碰到不熟悉的术语便停下来猜。他过去听人说过法国有个研究发酵的学者，能解释酒为什么变酸，如今这位学者的工作竟也被外科医生拿来讨论。托马斯觉得意外，便问麦克法兰，酒桶和病人的腿怎么会扯到一起。护士说她也没有学过多少化学，但医生们似乎认为，某些肉眼看不见的东西可能在两处都产生影响。她又加了一句：“不过病人不是酒桶，千万别以为一套做法能到处照搬。”

他笑了起来，随后又认真把那几页文章读了一遍。刊物上有些方法细节，他在工作里已经接触过；另一些则仍然陌生。写在纸上的新原则，要变成各家医院都能可靠使用的方法，显然还需要大量尝试和改进。他曾经以为科学论文只属于那些拥有复杂仪器、能够把拉丁文讲得流利的学者，如今才发现，普通助手是不是记清了一项处理的时间、护士能不能确保材料准备妥当、病人愿不愿意配合观察，也都可能影响一项新疗法在医院里的实际表现。

到了初夏，凯恩终于能够在帮助下下床。那天他扶着床沿，试了几次才站起来，脸上因为紧张而冒出汗。托马斯站在旁边，准备随时伸手扶住，凯恩却不肯让他太近，嘴里说自己在造船厂搬过几十年的木料，不至于连地板都踩不稳。话虽然说得硬气，迈出第一步时，他还是下意识地抓紧了扶手。托马斯见他站住了，便退开半步，给他留出一点空间。病人走过一小段距离，坐下时两条腿都在发抖，脸上却浮出很久没有过的笑容。他让托马斯取来妻子上周送的新衬衣，说下次探视时想让玛丽看看，自己已经不必整日躺着。

托马斯后来记得这一幕，并不是因为凯恩恢复得像医学论文里写的那样整齐。事实上，病人还有很长的康复过程，他能否回到原来的岗位仍然没有人敢保证。托马斯记得的是，凯恩坐回床边以后，先用手摸了摸自己那条伤腿，接着低头看地板，像是不敢相信刚才竟然走过了那一小段路。随后，他抬头问医院能不能允许妻子提前一天来，理由是孩子们好几天没见到他，怕是已经认不出爸爸如今的模样。

几个月以后，托马斯站在医院门口，望着一辆运煤的马车从街上经过。马车的铁轮压过石块，发出沉闷的撞击声，路边一个孩子追着车子跑，被母亲厉声叫了回来。托马斯想起父亲断掉的那截手指，又想起凯恩在床边重新站起来的样子。他知道病房里的改良不会让铸造厂和船坞停止发生事故，也不会使贫穷的工人突然有能力休养半年。然而，当他转身重新走进医院，经过那扇漆成暗绿色的门时，已经不再只是怕听见里面的声音。他拿起准备好的记录表，走到床边，先问病人昨晚睡得怎样，又仔细核对了当天要使用的材料。

真实历史与科学解读

约瑟夫·李斯特1865年在格拉斯哥皇家医院开始将石炭酸用于开放性骨折相关的防腐处理，1867年在《柳叶刀》发表系列病例与方法报告，其中包括真实患者詹姆斯·格林利斯。李斯特的实践受到巴斯德关于微生物与腐败研究的影响，但现代无菌技术并不是1867年便已全部建立。托马斯、麦克法兰及凯恩夫妇是虚构人物，他们的伤情、康复过程和对话不对应真实病例。石炭酸具有刺激和毒性，早期处理方法

也经历了持续调整。

第二卷 · 疾病与城市

第十六章 死亡登记簿

2026年，中国南方

叶岚把第三版展签打印出来时，走廊里刚刚响过下课铃。档案楼隔壁是旧教学区，下午经常有学生从窗下经过，三三两两谈论刚结束的课程，有人骑着自行车冲过砖路，车铃在空荡的楼梯间里留下几声回响。叶岚站在打印机前，把纸一张张接住，发现其中一张写着“斯诺证明霍乱完全由污染水源引起”，便抽出来，拿笔在“完全”两个字下面画了横线。这份展签她已改过两次，宣传部门总觉得原稿太长，又嫌句子里“提示”“支持”“后来进一步确立”之类的词太多，读起来不够有气势。她知道他们有自己的难处，几十块展板要在有限的走廊里排开，每块都写得像学术论文，参观者未必有耐心读完。但她也不愿把一段曲折的认识过程，重新压成一句不太准确的口号。

她把改过的纸夹进文件夹，去找负责场地的工作人员。那人正站在展厅里量墙宽，听见叶岚说仍需修改文字，便叹了口气，问究竟还要改到什么时候。叶岚解释，所谓“斯诺拿着死亡地图找到水泵”的说法容易弄错时间顺序，关于帕西尼与科赫的贡献也不能混写。工作人员耐心听了片刻，说自己完全尊重科学史，只希望她至少确定本周不会再改展板尺寸，否则印刷厂又要重新报价。叶岚答应不动版面，只改有限的几个字，离开时却仍把一份草稿带走了。

她知道一块展板的错误，不会马上使谁生病，但她也不知道该如何说服别人，认为一块展板正确到什么程度同样值得在意。

程屿下午赶到档案楼时，叶岚正坐在地上整理一箱旧登记簿。大多数本子都不是十九世纪原件，而是后来为医学史教学复印和转录的资料；其中有一份伦敦死亡登记的汇编表，夹着老教师多年前留下的手写批注。叶岚让他帮忙搬箱子，自己则从桌下找出前几天谈过的那张霍乱地图。程屿把一箱书挪上架，看见展厅一角已经挂起几块新的说明牌：1665年显微图谱、1676年列文虎克的观察、十九世纪城市供水，以及后来的病原学发展。每块牌子的篇幅都不长，可在它们之间走上一圈，便仿佛看见许多年代被压缩到同一条走廊里。

“你看看这张名单。”叶岚把纸推到他面前。上面是几栏姓名、年龄和住址，字体细小，有的地方还保留着原始材料中不一致的拼写。她说自己试着核对过其中几条记录，发现有些人的住所与后来出版的地图并不容易一一对应，原因可能是地址变动、登记方式不同，也可能只是抄写时出现了差错。她最初想用这张名单做一个可以让参观者逐个查询的屏幕，但现在觉得不能把尚未核准的条目直接放进去。程屿问能不能只展示几个核实清楚的例子，叶岚说可以，不过得把选择标准交代清楚，不能专挑最能强化故事效果的病例。

程屿把名字一行行看下去。表格里有老人，也有孩子，有些人只有姓氏，有些没有留下完整职业。他忽然想到，自己每天操作的临床数据库也刻意去掉个人身份信息，保留的是研究编号、测量结果与必要的临床变量。这样做有严格的隐私保护理由，但久而久之

，分析人员很容易忘记编号后面原本有人正在上班、照顾家人，或者为下一次就诊准备车费。叶岚没有把这层意思说出来，她只是取回名单，准备去找原始档案目录。程屿看她把几份复印材料反复比对，便问这些工作是否都得由她一个人完成。叶岚说团队还有两位助手，只是她不放心把存在争议的地方直接交给别人定稿。

中途两人在走廊里吃了盒饭。叶岚的饭已经凉了，程屿顺手把办公室的热水壶烧上，拿来两只纸杯。叶岚问起他的研究最近怎样，他便说样本登记已核查了一部分，论文也重新整理了框架，只是现在最难的问题不是缺少分析，而是决定哪些分析必须删去。叶岚问为什么要删，程屿说早先做出的很多结果都能画成图，放在一起也很好看，可把研究目标、样本条件和证据强度重新分开以后，发现有些图只是提出了新的问题，并不足以支持原来准备写在标题里的结论。叶岚听了，问是否也会遇到类似她改展签的麻烦。程屿笑着说，比改展签麻烦些，因为每张图都有学生花过时间，每删掉一张，便有人觉得自己的工作被否定了。

在实验室里，杜然果然对此很不高兴。程屿回去以后，发现他已经把分析结果重新整理成一套幻灯片，里面包含数十张图，颜色统一，标题也写得颇有气势。杜然兴致勃勃地说明，其中一组菌群差异在控制部分协变量后仍然有统计意义，另一组则在特定疾病亚群中更加明显。他希望把这些发现都保留在正文里，因为每一项都能提供不同的生物学解释。程屿翻了几页，问那些分层是不是预先计划好的，还是看到全样本结果以后才作出的选择。杜然说有些是后面补的，但都讲得通。程屿并不否认探索性分析的价值，只要求把它们明确标为探索性，不能全部当成事先定义的独立验证。

杜然站在白板旁，手里的笔转了几圈，最后忍不住问：“既然最后还是要做这些，不如一开始就用新模型，何必把旧的先否掉？”程屿说并不是否掉旧结果，而是要区分一个方法在什么数据上建立、又在什么数据上被检验。他拿出之前保存的报告，指给杜然看，团队最初的模型在内部交叉验证中取得了很好的表现，这是真实结果；但在独立队列上下降，同样是真实结果。两个都应该保留，不能因为后者不符合预期，就把它排到没人会看到的位置。杜然听着，脸上的不满没有立即消失，却也不再争辩。他把幻灯片打开到第一页，默默修改了上面的标题。

傍晚，罗慎召集了一个小范围会议。除了程屿和杜然，还有梁静以及负责项目协调的一名同事。罗慎手里拿着阶段报告，先问跨中心质控完成了多少。程屿说明，研究中心之间的部分差异能够通过已核实的技术流程解释，但并非所有差异都能简单归结为批次效应；若要进行稳健性评估，必须同时考虑人群构成、检测误差和建模选择。罗慎听完，翻到报告最后一页，那里把结果分为已确认、需进一步验证和目前证据不足三部分。他看了很久，问能否将这份分类直接用于接下来的论文修改。

程屿说可以，但有一项合作需要先讨论。前一周，学校的一家技术转化合作单位发来意向书，希望团队展示一种基于肠道菌群的疾病风险评估原型。意向书用了不少“临床辅助诊断”和“高准确度识别”的字眼，显然与眼下的数据证据不太相称。罗慎说对方主要是希望讨论技术方向，并不等于准备立即投入医院使用，不必在初次沟通时把门完全关上。梁静表示理解合作的必要，却指出如果演示报告没有清楚注明工具仍处在研究阶段，外部人员很容易把探

索性结果当成已经具备临床效力的检测。

协调同事建议在展示材料上写一句“仅供科研”，认为这样至少可以避免误解。程屿觉得不够。他说不是简单在封面上贴一句话便能解决问题，模型的性能数字来自哪里、用的是什么人群、独立验证如何、输出究竟代表什么，都必须在演示中说明。罗慎没有与他争，只问如果这么写，合作单位还有没有兴趣。程屿想了想，说恐怕有人会失望，但愿意继续做研究性合作的人，反而更需要知道风险所在。梁静补充，他们可以讨论后续验证方案、样本采集标准和临床问题，而不是提前承诺患者获得一张菌群报告后，医生就能据此改变治疗。

会议比预定时间长了半小时。最后罗慎同意由程屿重新修订意向书中的技术描述，保留研究合作的可能，但暂不把现有模型包装成已经成熟的临床工具。他同时提醒程屿，谨慎不能变成无限拖延，必须给学生和合作方一个明确的时间表。程屿说自己会在本月底前提交一版经过核对的论文结构，并把真正需要新数据验证的问题单独列出来。杜然听见这个期限，明显松了口气。他最怕的不是多做工作，而是不知道工作何时才算结束。

散会后，梁静没有立即走。她从包里拿出一叠已经核对的临床资料，告诉程屿还有几份受试者的药物史无法追溯，只能如实保留缺失。程屿接过材料，忽然问她最近有没有遇到什么让人特别难处理的病人。梁静说每天都有，不过她不太愿意把患者的私人经历拿来做聊天的例子。她停了一下，改说医院里一位年纪很大的退休职工最近住院，许多旧同事都去看望，最难办的倒不是医学问题，而

是老人不想在医院过生日，家里人又担心出院太早不安全。程屿问后来怎样，梁静说医生与家属一起商量，安排了更妥当的方式，没有什么传奇，只是一件需要认真处理的小事。

这番话使程屿想起母亲前些天提起的刘婶。刘婶曾常来家里帮忙晒豆子，去年冬天膝盖开始不好，最近又因为别的病去医院检查。母亲说她最惦记家里的菜地，躺在病床上还让丈夫记得给南边那块地浇水。程屿当时听完，只问了一句检查结果怎样，随后便去处理实验室的事情。现在他想起来，忽然发现自己竟没有再打电话问过母亲近况。走出会议室后，他站在楼梯间给母亲拨了电话，先问刘婶最近有没有好些。母亲说人已经回家了，正在养着，又责怪他最近怎么忽然如此关心邻居，是不是自己身体出了什么毛病。程屿被问得哭笑不得，只好说没有，不过想起来问问。

母亲正准备晚饭，锅铲碰到铁锅，发出清脆的声音。程屿问她是不是还在忙作坊，她说最近订单不多，已经不用每天早起，等天气再凉一点就准备清理几只老陶缸。说到这里，她突然想起，程屿上次拿回去的两瓶豆酱，是否已经分给医院那位梁医生。程屿说梁静收到了，还特意夸味道好。母亲高兴起来，嘱咐他下次回来再带些，并提醒他不要把那些东西整天放在办公室的窗边。程屿认真答应，随后听见母亲在电话那头催家里人把热水壶提进屋，厨房里的脚步声和锅盖碰撞声，让他有一瞬间忘了今天会议上那些拗口的字眼。

两天后，程屿再次去了档案馆。叶岚正站在展厅里，对着一张刚印出来的时间轴检查年份。他看见原先那句“斯诺凭地图证明霍

乱病源”已经改成了关于饮水调查与病例分布的介绍，帕西尼的名字也出现在旁边，而科赫的研究被安排在后面的时间段。叶岚告诉他，宣传同事虽然嫌字多，最后还是接受了修改，因为她用更短的句子说明了不同发现各自回答什么问题。她笑着说自己已经不想再见到“首次彻底证明”这六个字，程屿说有时候科研论文里也一样。

叶岚带他到一张长桌前，上面摊着十九世纪后期到二十世纪初的医院防疫资料清单。程屿翻开其中一本登记册复制件，发现除了死亡人数，还有床位、药品、隔离安排、物资使用和一些简单的生活记录。他原先以为所谓疾病登记簿，不过是一行行没有感情的数字，如今才发现，同一个数字的产生往往需要许多具体工作：有人到病房核对，有人把消息报给登记人员，有人检查地点与姓名，又有人把残缺不全的表格重新抄一遍。整个过程都可能出错，但也正是这些并不惊人的工作，使后来的人有机会知道当时发生了什么。

叶岚问他是否愿意帮忙看下一部分。程屿说可以，等自己的阶段报告交完就来。她把一只档案盒从底层柜子里拖出来，盒角已经磨破，外面的纸标签上用铅笔写着“东北防疫资料”。打开以后，最上面是一份复制的会议文件，下面压着几张黑白照片。其中一张拍的是冬天的车站，站台边停着一列火车，铁轨旁的积雪又厚又脏，几个身穿厚衣的人站成一排，脸部被口罩遮住。照片并不十分清楚，边缘还有一道划痕，背面的一行旧标注写着一九一一年。

程屿把照片拿近，想看清人们胸前有没有编号。叶岚提醒他，眼下只确认这是后来收入教学档案的一张历史照片复制件，原始出处仍需查证，不能仅凭背面的年份判断具体拍摄地点和人员身份。

他点点头，把照片轻轻放回桌上。叶岚又拿出一份关于当年防疫工作的简要材料，上面出现了一个名字：伍连德。程屿对这个名字并不陌生，曾在公共卫生史的介绍中读到过，但从没有认真追索过具体过程。

快到下班时间，两人把照片重新装进无酸纸袋，关好档案盒。叶岚去楼下取一份目录，程屿留在屋里，隔着半开的窗听见校园里有人练习吹奏乐器，旋律断断续续，一小段总也吹不顺。桌上那张雪地车站的照片还没有完全放回柜子，程屿便又看了一眼。画面中的人离镜头很远，面孔模糊，谁也无法仅凭照片知道他们是否害怕、是否疲倦，甚至不能确定他们是否都从那场疫情中活了下来。他只看得见一列火车、厚重的衣服、雪，以及那些覆盖在人们口鼻上的布料。

手机这时响了，是杜然发来的消息，提醒他第二天上午还要核对一批新收到的原始测序质控记录。程屿回复说自己会准时到，随后把照片装回文件袋。楼梯间的灯亮起来，他提着包走下楼，经过正在拆卸的旧展板时，顺手扶住一块险些倒向过道的木架。搬运的工人向他道谢，又问这次展览到底什么时候能开。他说快了，具体日期还要等叶老师确认。走出大楼时，傍晚的雨刚刚停住，地上留着车轮压过的水痕。他往停车棚走，脑海里却仍然是那张冬日车站的照片，不知道那个年代的人面对疫情，究竟要用多长时间才能让列车重新开动。

真实历史与科学解读

斯诺1854年霍乱调查、帕西尼同年的显微观察，以及后来的病原学发展各有不同证据与历史进程，不宜压缩成某位科学家独自完成的一次发现。现代微生物组研究需要区分内部交叉验证、外部验证和经后续数据调参后的探索性分析，预测表现也不等同于临床有效性。本章人物、项目、医院展览、合作意向书及具体登记材料均为虚构；东北防疫历史照片在小说中设定为来源尚待核准的复制件，不应视为一份已被发现的真实私人档案。

第三卷

MEDICINE AND WAR

医学与战争

八章故事 · 真实历史与科学解读

第三卷 · 医学与战争

第十七章 白色病人

1882年，德国柏林

艾玛把那件白色衣料拿到窗前时，才发现袖口的针脚歪了一点。柏林的三月还很冷，屋顶积着前一场雪留下的污痕，窗玻璃内侧结了一层薄水汽，房东太太规定白天除非有人病得厉害，不许在楼上长时间烧炉子。艾玛只好把衣料铺到光线最亮的地方，俯身一针一针往前缝。她二十五岁，在一家缝衣铺接零活，以前手很稳，连最挑剔的顾客也少有退回她做过的裙装。近几个月，她却常常刚缝完半截就咳起来，针尖随着肩膀一颤，原本应该平整的线迹便偏出一点。她把错处挑开重新做，越做越慢，桌上等待交付的衣料也越来越多。

妹妹莉娜住在她的隔壁小间，只有十六岁，早晨在面包店帮工，下午跟着艾玛学裁剪。两姐妹小时候住在柏林郊外，父亲去世后才搬进城里。母亲前一年也因长期患病去世，留下的财物不多，除了几件旧衣服、一只缝纫篮和一张已经破损的全家照片，几乎没什么值钱的东西。莉娜总担心姐姐太累，早上出门前会把热水壶灌满，让艾玛少走几趟楼梯。艾玛嘴上嫌妹妹操心太多，等人走了，却会把那只水壶放到手边，免得咳嗽发作时连口水都找不到。

缝衣铺的老板娘已经提醒过她，下一批订单如果还交不齐，就不能再按原来的价钱付款。艾玛知道老板娘不是故意为难自己，顾客们为婚礼和节庆订做衣服，定下的日期总不能因为一个女工生病就全部推迟。况且她若做不好，铺里还有别人愿意接活。她每次咳嗽都尽量拿布捂住嘴，怕把白色衣料弄脏，更怕邻桌的人皱眉。偶尔有人建议她去乡下休养一阵，她便笑着问谁替自己付房租。那人往往回答不上来，只好说天总会暖和，等春天真正来了，身体也许会好些。

弗里德里希·阿德勒第一次见到艾玛，是在一家医院的门诊。她穿着并不厚的灰外套，坐在长凳最靠窗的位置，两只手把帽子捏得很紧。年轻医生按照平常的顺序问起病史，发现她咳嗽已持续很久，夜间常出汗，近来体重也下降不少。她说话时总想把最麻烦的症状轻描淡写地带过去，问起能不能继续工作，却比问自己的病情更加认真。弗里德里希让她坐直，仔细检查胸部，又询问家里是否还有其他人患过类似的病。艾玛说母亲去世前也咳了很久，随即改口，说母亲年纪大了，与自己应该没有关系。

弗里德里希刚在医院独立接诊不久，常觉得自己一天里最难回答的不是医学问题，而是病人关于生活的询问。有人问什么时候能回工厂，有人问这一场病会花多少钱，还有人问孩子是否会像自己一样患病。医学书上对某些症状和器官变化描写得很详细，却很少告诉一位年轻医生，怎样回答这些具体而急迫的追问。他只好尽可能认真记录，再根据已有的临床知识提出建议。有几次，他下班后重新翻阅当天的记录，希望找出遗漏的线索，但第二天坐在同一张桌前，仍然会遇见无法仅靠书本解决的情况。

艾玛被怀疑患有结核病。对于这种病，病人与医生都不陌生。它可能持续多年，使患者逐渐消瘦、乏力、发热和咳嗽，有些人在病程中看似好转，不久后却再次恶化。在当时的医学界，人们已经讨论过结核的传染性，也开展了相关动物实验，但疾病的病原学证据尚未以后来那种清晰的方式被确立。弗里德里希的上级医生霍夫曼关注病房中的临床过程，常让年轻医生留意患者居住环境、营养和身体状况，认为这些条件虽不能解释所有病例，却会明显影响一个人能否承受漫长的病程。

艾玛并不在意医生们对疾病起因有什么不同主张。她只想让咳嗽尽快减轻，以便回去做完那批订好的衣服。弗里德里希建议她尽量休息，并仔细讨论如何减少对同住亲人的风险。艾玛听完苦笑，说房间就那么大，窗户外面挨着另一栋楼，连晒被子的地方都没有，莉娜晚上还得跟自己共用一只小炉子。医生知道她说的都是事实，便向医院的慈善事务人员打听是否有可申请的帮助，也提醒她不要为了赶工而忽略身体已出现的明显异常。他说得很认真，可艾玛离开时还是把手放在门边，问下周可不可以只来取药，不必等很久，因为她有一批衣服必须赶在星期五前送走。

几天以后，弗里德里希在医院的会议室听到新的研究消息。柏林的罗伯特·科赫正在研究结核病，试图通过特别的染色、培养及动物实验，把长期以来仍存在争论的病因问题弄得更清楚。弗里德里希对于科赫并非完全陌生，过去几年已经听人谈起他在炭疽和创伤感染方面的细菌学研究，知道他尤其重视显微观察、培养过程与疾病之间的证据联系。可结核病与普通实验室里容易处理的细菌不同，患者身体里那种被怀疑与疾病有关的微小生物，不容易通过通常

的染色和培养条件得到可靠观察。弗里德里希听见同事谈到这些困难，第一反应是问，那是否意味着很快会出现一种新的治疗办法。

回答他的是一阵沉默。年长的霍夫曼把桌上的讲义合起来，说弄清病因和找到治疗办法相隔很远，不能因为一项研究出现了令人振奋的结果，就向病人承诺还没有的东西。弗里德里希知道上级说得有理，心里却仍然存着期待。他每天接触的病人太多，有些人病情来得突然，有些人拖了几年才终于无力行走，医生能够做的往往十分有限。若是有人能够指出疾病背后真正的原因，至少不必再把所有希望都放在气候、休养和各种缺少可靠证据的经验疗法上。

三月二十四日，科赫在柏林生理学会的会议上报告了结核病病原体的研究成果。弗里德里希并不在那间历史上著名的报告厅里，他值的是当天的门诊班。后来，一位参加会议的同行回到医院，向几名年轻医生谈起科赫展示的观察、培养和接种研究，强调这并不是仅凭一张显微图像做出的判断，而是通过相互关联的一系列实验，使结核病与特定微生物之间的关系获得了远比从前更坚实的支持。弗里德里希听完，把手边的笔记本翻开，记录下几处关键细节，又与同事借阅了有关研究的进一步材料。他不敢声称自己完全掌握其中方法，却意识到这可能是医学史上非常重要的变化。

消息传开的速度比弗里德里希预想的快。医院里有人兴奋地谈论新发现，也有人提醒同伴保持审慎，因为任何新理论最终都必须接受更多研究的检验。负责管理病房的一位护士问，倘若结核真与特定的细菌有关，是否意味着所有患者都应该立刻隔离。年轻医生们意见不一，一部分认为应更重视防止传播，另一部分担心医院现

有空间和家庭居住条件根本无法满足理想安排。霍夫曼最后要求大家先把可靠的新证据读清楚，再结合医院能够做到的事情讨论改进，不准把尚未制定的规定私自讲给患者，更不许为了表现得懂得更多而散布未经核实的办法。

弗里德里希回到门诊时，艾玛正坐在上次的位置。她带着一小包刚做完的衣服，准备趁等候时交给前来取件的顾客。她看起来比上一次更瘦，帽子下露出的额发被汗水沾在额头上。莉娜陪在旁边，一见医生便站起来，急着说明姐姐近来咳得厉害，晚上有时连觉都睡不好。艾玛打断妹妹，说她总爱夸大事情，自己前天还做完了一件整整齐齐的衬衣。弗里德里希请她先坐下，仔细问过症状，再核对此前安排的检查。他没有立即提起新闻里的发现，因为他知道，即使病原学研究取得进展，也不能自动改变艾玛眼下的生活处境。

检查以后，艾玛反而主动问起新消息。缝衣铺里有人听说柏林的医生终于找到了结核病的细菌，已经开始猜测医院很快会发放特效药。艾玛原本并不喜欢听别人的传闻，可这一次她愿意相信，因为一个人如果能明确知道病从哪里来，总该有办法把它赶走。弗里德里希认真解释，新研究使医生更加有把握理解疾病的病原，但眼下并没有一种能够保证治愈她的药物。艾玛听完，脸上的希望慢慢淡下去，过了一会儿才问：“那么，知道是谁使我生病，对我到底有什么用？”

这不是一句责备。她是真的想知道。弗里德里希把自己的话重新整理了一遍，告诉她，了解病原可能改变今后的预防和研究方向，也能够帮助医生以新的方法理解不同患者之间的联系，但对于她

目前的病程，仍然必须认真处理症状和生活安排，不能许诺暂时没有的治疗。他说着说着，发现自己与上级在会议室里讲过的话并没有太大区别，只是那些话放在艾玛面前，便显得沉重许多。艾玛低头看着帽子边缘，一只手不断搓着布带，半天才说，自己最怕的不是咳嗽，而是妹妹也跟着病倒。

莉娜立即抬起头，说自己不会因为这样便离开姐姐。艾玛却把脸转向一边，不肯看她。两姐妹几乎从来没有分开生活，小时候睡一张床，长大后虽然各有各的铺位，也仍然在同一个狭小房间里做饭、吃饭、收拾衣服。弗里德里希无法用一句话替她们解决住房问题，只能结合当时能够提供的医学与社会资源，尽量讨论减少风险的方法，并向医院求助人员询问是否能为她们安排更合适的支持。听到“另找住处”时，莉娜立刻问每个月需要多花多少钱；医生尚未回答，她便从口袋里拿出一张皱巴巴的纸，那里记着两姐妹上个月的收入和房租。

弗里德里希看了那张纸，没有要求她交出来。他知道自己在医院里写下的任何一项建议，只要涉及钱和居住条件，都可能使一个家庭陷入更加难办的处境。医院工作人员后来帮忙联系了一处能够提供一定帮助的慈善机构，但手续并不轻松，名额也有限。艾玛为此多次往返，病情时好时坏，仍然坚持把已收下订金的衣服做完。缝衣铺老板娘最后同意把较重的活分给其他人，只让她在身体允许时做一点轻巧的缝补。艾玛嘴上答应，回家以后却常常悄悄加班，直到莉娜发现她又咳得弯下腰，才把针线从她手里拿走。

五月的一天，弗里德里希去街区探访患者，经过两姐妹住的房子，便顺路上楼看了一眼。房间里的窗户半开着，街上传来卖菜人的叫喊声，屋里比上次暖和许多。艾玛坐在窗边，膝上放着一件小孩穿的短上衣，正在替人补一处撕开的袖口。见到医生，她有些不好意思，把针线放到桌上，说今天感觉好，才多做了一点。弗里德里希没有像上次那样急着劝她休息，先问最近睡得如何，吃饭是否比前些日子好些，又核对了她目前的照护安排。艾玛一一回答，随后把衣服翻过来，让他看刚补好的地方，问是不是几乎看不出来。

弗里德里希不懂缝纫，只知道补过的袖口确实整齐，便如实说看不出破损的地方。艾玛听了很高兴，说若能继续做一点小活，至少不用把所有负担都推给妹妹。莉娜从面包店回来，见医生在屋里，便急着问姐姐今天有没有按规定休息。艾玛反问她是不是又忘了买面包，两个人为这一点琐事拌了几句嘴，随后都笑起来。弗里德里希坐了一会儿，没有打断她们。屋里很小，家具也旧，窗台上放着一盆快要干枯的植物，艾玛却仍然把每件衣服叠得整整齐齐，桌上的针线也按颜色收在木盒里。他忽然意识到，自己之前在病历上写下的“结核患者”，原来还意味着一个在乎袖口是否平整、担心妹妹吃不上饭、无论如何也舍不得丢下手艺的人。

离开时，莉娜追到楼梯口，问他姐姐是不是有希望恢复得更好一些。弗里德里希说目前只能根据病情变化继续观察和照护，不能凭一次探访作出保证。莉娜点点头，手里还攥着刚买的两只面包，过了一会儿又问，科赫先生发现细菌的消息是真的吗。医生说是真的，这项研究非常重要。莉娜望着他，似乎想再问，最终却只说了一句谢谢。她转身上楼，脚步声沿着木楼梯逐渐远去。弗里德里希

在楼下站了片刻，直到身后的门关上，才继续往医院走。

那天傍晚，他回到医院，发现桌上多了一份刚送到的医学刊物。上面讨论结核病的病原学研究，也提到由此可能改变的公共卫生认识。几位同事围在一起争论实验方法，他本来想加入，忽然又想起艾玛放在膝上的小短衣和莉娜手里那两只还带着热气的面包。他拿起刊物，坐到靠窗的地方，慢慢读了起来，遇到重要的观察便做笔记，碰到尚未弄清的问题也照样记下来。灯亮以后，外面下起细雨，病房方向传来推车经过的声响。他合上书，准备去查夜间的患者记录。

走到走廊尽头，他遇见一位护士，正在把一叠新洗好的布送进库房。护士问他今天有没有读到科赫的新研究，自己听其他医生说得十分激动，却还没弄清它能怎样帮助病人。弗里德里希说读到了一部分，意义很大，但治疗仍有许多问题要做。护士说那便等他们以后慢慢研究，眼下这一叠布却得先送过去，否则夜班又要抱怨东西不够。弗里德里希替她扶住门，等布全搬进屋，才继续往病房走。

医院的钟敲了八下。那天夜里，他还有几位患者要看，其中一位是咳嗽多年的老人，另一位则是刚进城不久的年轻工人。弗里德里希把他们的病历拿出来，放到同一张桌上，发现两个人的症状有许多相似之处，居住环境和生活经历却差得很远。他想起上级医生那天说过的话，知道病原学的进展将改变人们对疾病的理解，却仍然无法替每个人预先写好接下来的命运。他把病历分开放好，拿起听诊器，敲开第一间病房的门。

真实历史与科学解读

1882年3月24日，罗伯特·科赫在柏林生理学会报告结核病病原体研究成果。其工作结合了特殊染色、培养条件及动物实验，为结核病的细菌病因提供了关键证据，但并未同时产生能够可靠治愈患者的抗菌药物。此前也已有研究者讨论并实验性探索结核病传染性，不能将所有病原学认识归功于同一天的报告。弗里德里希、艾玛、莉娜、霍夫曼及其生活、诊疗对话均为虚构；其经历不对应已知的科赫演讲现场记录或具体历史患者。

第三卷 · 医学与战争

第十八章 港口的鼠

1894年 · 中国香港

五月的香港已经热得使人没有脾气。陈福每天黎明前起身，从上环的一条窄巷走到海边，天还不亮，码头却早已有人等着开工。堆在岸边的麻袋沾着潮气，绳索勒进手掌，货船上的水手用各种口音催促搬运，听不明白的时候，领工便替他们骂上两句。陈福今年三十二岁，做这行快十年了，知道哪一种木箱底部容易松，哪一种袋子看着不重，里面却装着吸足水的谷物。只要一趟活做完以后肩膀还肯听使唤，他便觉得一天不算太坏。最近麻烦的不是天气，而是码头上的人突然少了，有时昨天还一起抬货的工友，第二天便再也没有出现。

最初没人把这些缺席当成一件事。码头上流动的人太多，有的攒够船费回乡，有的换到另一家货栈，还有的跟领工争吵过一次便不再来了。何荣也消失了两天，陈福以为他又去找那位住在西营盘的表兄借钱。何荣三十出头，脸宽，嗓门大，每次领到工钱都要先买一碗带肉的面，剩下的才拿回家。第三天，一个卖茶的老人告诉陈福，何荣躺在家里，发着高烧，腋下肿起一块东西，疼得碰都碰不得。陈福正在搬一卷粗绳，听完只停了一下，问那老人有没有请医生。老人说早请过了，可隔壁几户人家也有人病着，谁都说不出究竟是什么病。

陈福的妻子阿蓉在家替人缝补衣服，生意好时也帮附近的妇人洗一些不太脏的细布。他们有个七岁的女儿阿兰，正在学认字，每次看到铺子门口写着大字的招牌，都会故意停下来问父亲念什么。陈福认得的字不比孩子多多少，遇上复杂的字，便哄她说回家问母亲。阿蓉比丈夫识字多一些，能看懂房东留下的收租字条，却不大喜欢让女儿到处告诉别人自己认得什么字。家里的钱刚够日常开销，屋子租在上环的旧楼里，三户人家共用一条走道，雨天屋顶滴水，孩子夜里咳嗽时隔壁的人也听得清清楚楚。

阿蓉听说何荣病倒，让丈夫先不要过去探望。陈福不高兴，说何荣替自己顶过两回工，一次是他母亲生病，一次是阿兰发烧，欠的人情不能说忘便忘。阿蓉没有再拦，只从篮子里挑了几只完整的鸡蛋，用旧布包好，又拿一小包盐让他带上。她说倘若那边实在缺东西，便把钱留一点，别在屋里逗留太久。陈福出门时，阿兰还在门槛上练写自己的姓。他叫女儿把纸拿到屋里去，别让风吹进水沟，随后才沿着熟悉的石阶往何荣家走。

太平山一带的房屋挨得密，巷子曲折，白天也有照不到日光的地方。陈福在一个低矮的门洞前站住，里面传出小孩哭声，空气混着煮药、污水和久不通风的味道。他敲了半天门，何荣的妻子才把门打开一道缝。女人的头发乱着，眼睛红肿，说丈夫已经两天没吃下什么东西，只顾发抖，偶尔清醒便要水喝。她不肯让陈福进去，怕传染，又怕邻居看见之后到外面说闲话。陈福把鸡蛋和盐递进去，摸出一点钱塞在她手里，问需不需要帮忙抬人去医院。女人立即摇头，说楼下有人已经被带走了，到底送到哪里，家人也没有问明白。

那天下午，码头上传来更多消息。有人说城里闹的是鼠疫，有人说这种病从广州传来，还有人把病与太平山的污水、潮湿房屋联系起来。殖民地当局开始采取检查、隔离和清洁措施，街上陆续出现穿制服的人，挨家挨户询问病人。有些居民配合，有些拒绝开门，更多的人是听不懂对方急促的英语，只能看着翻译的脸色猜测发生了什么。陈福所在的货栈也有人来检查，领工要求大家清理堆积的破麻袋，把潮湿发霉的木板搬到院外。陈福捡起一块被老鼠啃过的木板，看见边缘留下许多细密的齿痕，心里发毛，却又觉得货仓哪里没有老鼠，单凭这点痕迹实在不能说明什么。

几天以后，何荣死了。消息是他妻子托人送来的，没有丧礼的安排，也没写明遗体如何处理，只说请陈福看见了便去一趟。陈福下工后赶到巷口，发现前面聚着不少人，有警察，也有背着药箱的卫生人员。有人正搬出几件旧家具，木脚在石地上拖出刺耳的响声。何荣家门口的女人哭着争辩，说那张小桌子是陪嫁时母亲给她的，不该一起搬走。翻译重复了几遍清洁消毒的要求，声音越来越不耐烦。陈福站在人群后面，看见木桌的一只抽屉掉在地上，里面滚出几个磨得发亮的铜钱，还有一张孩子画的鱼。

他想过去帮忙，把画捡起来，却被一位穿制服的人拦住。对方伸手指着后面的街口，叫他不要靠近。陈福听不清那人的英语，便用手比画，说自己只是认识死去的人。翻译走过来，让他先退后，又提醒他附近有人患病，聚在这里没有好处。陈福一向不喜欢受人喝令，可那天没有争吵。他看见何荣的妻子抱着小儿子站在门边，孩子光着脚，脚背上都是灰。她的嘴唇动了动，像是要叫他的名字，最后却只把孩子往怀里搂得更紧。

香港这座港口原本就有很多不同的声音。码头上讲广东话、客家话、英语和其他语言的人混在一起，做买卖的时候，手势往往比完整的话管用。但在疫病暴发的日子里，一句话没听清，就可能变成一场争执。一些居民认为被带走的病人得不到妥善照顾，担心医院会按陌生的方式处理他们的亲人；公共卫生人员则担心病人留在拥挤的房屋里继续传播疾病。双方都有自己害怕的事情，却不一定有耐心把恐惧解释给对方听。陈福后来从一位认识医院伙计的工友那里得知，东华医院、其他临时医疗场所和检疫设施都卷入了这场风波，连一些原先不太愿意接触的机构，也不得不商量如何安置病人。

何荣死后，陈福停工半日，替他的妻子去找过几次亲戚。她想带孩子到别处暂住，房东却要求先结清欠租。陈福把自己的工钱拿出一点，回家时故意没告诉阿蓉。他以为妻子不会发现，结果晚饭刚吃一半，阿蓉便问今天是不是只领到了半天的钱。陈福犹豫一下，还是把事情讲了。阿蓉没有责备，只拿出账本算了一阵，说这个月的米钱得省些，阿兰原想买的那双布鞋也要等等。阿兰坐在一旁听着，问何叔叔以后是不是再也不来家里吃饭了。夫妻俩看着她，谁也没有回答得很清楚。

进入六月，城里的卫生措施更加紧张。各处传出不同消息，太平山一些房屋被关闭、清理甚至拆毁，人们拖着包裹离开熟悉的住处。陈福在码头上看见几只装着旧床板的车子，车夫嫌里面有异味，不肯再往前推。另一个人说，城里来了外国医生，要在病人身上寻找致病的东西。陈福听完，只问医生能不能使人不再死去。传话的人笑他说得太急，病从哪里来都没弄明白，哪能立刻治好。有人

提起从日本来的北里柴三郎，还有一位从法国方面来的耶尔森，称他们都在研究疫病。谁先到了哪一天、谁在显微镜下看见了什么，码头工人很难说清；只知道那些平时不曾出现在报纸上的细小生命，突然成了城里许多人讨论的事情。

一次卸货之后，陈福被派去替卫生人员搬几只木箱。箱子里装着器具和瓶瓶罐罐，领工叮嘱他千万不能乱碰。货物送到一处临时使用的房子时，陈福看见室内摆着桌子，窗前有一台精巧的显微镜，旁边放着洗净的玻璃器皿。有人穿白色外衣，正俯身检查一份标记过的材料。陈福没有资格进里间，只把木箱放下，等着签收。他看见那人把眼睛凑近镜片，停了很久，便忽然想起何荣临终前发肿的腋下。一个活人死去，留下妻儿和一间被搬空的屋子；另一个人却要把眼睛凑到玻璃后面，寻找几乎没人看得见的东西。陈福无法判断这两件事之间的距离到底有多远。

离开时，一位会说广东话的年轻助手给他签了收条。陈福忍不住问，是不是已经找到使人患病的东西。助手说研究人员正在检查病人的材料，有些发现很重要，但自己不能随意替医生下结论。陈福又问，若是找到了，何荣那样的人能不能救回来。助手望着他，没有拿一套艰深的理论搪塞，只说现在还没有那样的办法。陈福把收条折好放进衣袋，慢慢走回码头。他不是第一次听见这种回答。只是过去，人们常说不知道病从哪里来；这一次，竟有人说可能知道是什么引起了病，却仍然救不回眼前的人。

阿蓉最近越来越担心阿兰。有一天夜里，孩子睡得不安稳，额头有点热，她便坐在床边，一次次用手背试温。陈福从码头回来，

看见妻子连饭也没吃，心一下沉了。他蹲在床边听女儿呼吸，孩子却被吵醒，埋怨他手太凉。第二天请人检查后，阿兰的热退了，仍然有精神争着吃早饭。阿蓉这才肯靠在门边歇一会儿，神色疲惫得像好几天没睡过。陈福把准备去码头穿的外衣放回钩上，留下来替妻子烧水。他看着那件被海水和汗浸得发硬的上衣，突然不知道明天是否还应该穿着它进门。

何荣的妻子后来带着孩子去了亲戚家。临走前，她托人送来一只小木盒，里面放着何荣生前常用的量绳木尺和两枚磨平的铜钱。她说搬家带不了太多东西，这些送给陈福留个念想。陈福打开木盒，见木尺边缘刻着短短的线，顿时记起何荣每次接到大宗货物，都喜欢拿它敲敲箱子，装模作样地告诉年轻工人做事要有准头。他把木尺放进抽屉，阿兰想拿来玩，他也没有答应。那晚他又梦见何荣，梦里两人在码头抬一只很重的箱子，何荣说这东西里头装的不是货物，是石头，他便笑着骂对方力气越来越小。醒来时，窗外有船鸣笛，天还没有亮。

夏季过去以后，香港的疫病仍给城市留下许多伤口。陈福照旧在码头做工，肩上旧伤偶尔发疼，阿蓉继续缝补衣服，阿兰的字也终于认得比父亲多了。他们很少再提起何荣，不是因为已经忘记，而是活人每天总有许多事要做：房租要交，米要买，潮湿的被褥得等晴天搬出去晒，孩子长高以后，旧鞋底又会把脚磨破。有时在货栈里，陈福会听人提起那些研究细菌的医生，说他们把造成鼠疫的病原体辨认出来了。他认真听完，问问有没有新的防病办法，接着便回去搬货。旁人把这当成一件大新闻，而他仍旧记得的，是何荣家的小木桌被搬走时，那张从抽屉里掉出的、画着一条鱼的纸。

九月的一天，陈福终于攒出些余钱，替阿兰买了一双新的布鞋。女儿穿上以后在门口来回走了三趟，嫌鞋带不够漂亮，阿蓉便找来一截旧丝带替她换上。天色渐晚，外面又开始下雨，陈福坐在门边修理一段磨损的绳子。雨从屋檐流进窄巷，水沟里的树叶被冲得打转。忽然有一只老鼠从墙角钻出来，贴着潮湿的墙根跑过去，转眼便没了踪影。阿兰惊叫了一声，陈福抬头看见，起身拿起扫帚，却已经找不到那只老鼠。他把门槛旁的杂物移开，仔细检查了一遍地面的缝隙，直到妻子叫他吃饭，才把扫帚放回门后。

真实历史与科学解读

1894年5月香港发生严重鼠疫，太平山等人口密集地区的居民、东华医院与殖民地卫生当局都受到深刻影响；隔离、入户检查、消毒和房屋处置措施引发社会争议。北里柴三郎和亚历山大·耶尔森先后在香港研究鼠疫病原体，但发现过程及优先权的历史解释不宜简化。鼠蚤传播机制的关键实验证据在随后几年逐步出现，并非1894年已被完整确立。本章陈福、阿蓉、阿兰、何荣一家、码头生活与具体对话均为虚构；有关防疫措施与医学研究的时代背景参见文献[23—24]。

第三卷 · 医学与战争

第十九章 零下三十度

1910—1911年 · 中国东北

哈尔滨的十二月，寒气总是从脚底慢慢往上爬。沈素云每天早晨走出住处，先在门外跺几下脚，再把领口扎紧。巷口的雪被车轮压成黑灰色，屋檐下结着一排长短不齐的冰凌，风从街角一拐过来，能把人眼泪吹出来。她二十四岁，在一间诊所学过几年护理，后来跟着一位年长护士替铁路附近的工人和家属处理日常伤病。过去她最熟悉的是冻伤、刀割破的手掌、孩子的发烧，以及搬运工因长期负重而疼痛的腰背。入冬以后，一种来得急、死得也急的病却使这些寻常工作逐渐停了下来。有人咳嗽时带血，病得厉害的往往撑不了几天，诊所里几位原本胆子很大的男人，提起病人的住处时也会不自觉地放低声音。

素云的父亲沈德昌在铁路上干过二十多年，修过车厢底下的铁件，也替站上搬过煤。人老了，腿脚不如从前，仍舍不得离开那些熟悉的工友，常去车站附近喝茶，听他们谈列车晚点和货运价钱。素云不喜欢父亲总往人多的地方去，尤其近来传出有病人从边境的铁路沿线来到哈尔滨以后，更觉得他应该少出门。沈德昌每次都答应得好好的，第二天却又穿上那件磨得发亮的棉袄，拎着一只旧茶壶往站上走。素云拿他没办法，只好在出门前多叮嘱两句，叫他若看见有人高烧、咳得厉害，便不要再凑近问东问西。

父亲最爱去找的一个人叫郭长顺，比他年轻十多岁，负责站上的一些杂务，也帮熟人联系零散活计。素云小时候生病，父亲背着她走了很远去找医生，半路脚一滑，还是郭长顺搭了把手，把人送到诊所。素云记得那个下午，郭长顺的皮帽上沾满雪，见她哭得厉害，便拿出一块硬糖，说只要她肯安静一会儿，就把糖给她吃。后来她长大了，郭长顺每次见面仍叫她“小病秧子”，说她如今竟能替别人看病了，实在是件不容易的事。素云常被他说得不好意思，却也一直把这份旧情放在心里。

十二月中旬，郭长顺突然没有到站上做工。沈德昌去过他家一趟，回来时脸色不好，说郭家住过一个刚从外地回来的远房亲戚，那人几天前便开始发烧，后来咳出血来，很快就死了。郭长顺替他张罗后事，自己虽还没什么大毛病，却总说胸口发闷。素云听完，立刻问父亲有没有进屋，和郭长顺说话时离得多近。沈德昌一开始说只在门口站了站，后来被女儿问急了，才承认进去喝了口水。素云把手里的碗放下，叫他这几天暂且不要去站上，先按防疫人员的要求报告接触情况。父亲不服气，说几十年的工友哪有不进屋的道理，但看女儿实在着急，最终还是没再争辩。

那阵子哈尔滨附近的傅家甸不断传出新的死亡消息。素云所工作的诊所很快被要求协助防疫，护士们不得不调整原有工作，学习怎样按新的要求接触病人、清洗器具和分开安置疑似病例。有些防护用品来得不够及时，一块棉布用来制作口罩之前，还要反复检查尺寸和贴合情况。冬天戴着口罩工作并不舒服，呼出的热气在布面凝成潮气，遇到寒风又冷又硬。素云开始时不太习惯，转身时容易被系带绊住，后来便在出门前请同伴替她检查一次。她明白这不是

只靠一种器具就能保证安全的差事，却仍然愿意把能做的事情做认真。

有一天早晨，诊所来了一个年轻人，帽子上结着白霜，肩上扛着装煤的小车把手。他叫周小山，二十岁不到，原本在火车站替人搬煤和行李，近来生意差，便报名到临时防疫场所帮忙运送物资。他不认识素云，只看她站在门口核对名单，便问屋里能不能借到两副手套。素云告诉他手套要优先留给指定工作的人，不能随便借出去，随后又注意到他的手背冻裂，便拿来一些可用的敷料，让他先把伤口处理好。周小山笑说自己力气大，不怕干活，就怕没人让他干。素云告诉他，真到忙起来的时候，有的是力气活，只是必须按规矩做，不能想起什么便做什么。

接下来几天，素云几乎没有按时吃过一顿热饭。街区被划出不同区域，负责登记和巡查的人越来越多，往来人员需要接受检查，出现症状的病人被送往指定场所。许多患者的家属不愿分开，尤其当一个人已经病得很重时，亲人总觉得自己若不在旁边，便再也没有机会见上一面。素云负责记录病人的个人信息和接触情况，常常要在寒风中把一张纸反复展开，又重新折好。字迹有时被手上的潮气弄花，她只能回到灯下再核对一次。每记下一个姓名，后面都要附上住址、同行人员以及可能的接触信息。她过去从未觉得写字如此费力。

郭长顺终于还是被送来检查。那天他由一名熟悉的同事陪着，戴着一顶旧皮帽，帽檐压得很低。素云刚看见他，便觉得他比前几日瘦了一圈。郭长顺坐在登记桌前，先问沈德昌在不在，又说自己

只是咳嗽，受了些风寒，按老规矩喝碗姜汤、在炕上捂捂便好了。素云没有接这话，只照规定询问他发病的时间、是否与此前的病人有过近距离接触，以及家里还有哪些人。他笑着说，素云如今学会摆医生的架子了，自己把她从雪地里背去看病那年，她还只会哭。素云握着笔没有笑，等他把咳嗽的手帕拿出来，看到上面暗红色的痕迹，才轻轻请旁边的工作人员安排进一步检查。

郭长顺得知自己必须留下，立刻站了起来。他家里还有妻子兰嫂和两个孩子，最大的刚满十二岁，最小的女儿连棉鞋都没有穿稳当。他说自己若几天不回家，屋里便没人劈柴，也没人去站上替别人结账。素云知道这些都是真的，便提出替他去通知家里，按照要求安排生活物资。郭长顺却不肯，说家人一定会以为他犯了什么大事，非要先回去一趟。旁边的防疫人员劝了几句，他越听越急，忽然抓住素云的袖子，叫她看在沈德昌的面子上，让自己从侧门先出去半个时辰。素云被拉得向前踉跄了一下，手中的笔落在地上，滚到桌脚旁。

她俯身捡起笔，过了片刻才说，自己不能答应。她尽可能平静地解释，这里不是让人受罚的地方，而是要先弄清病情，并防止可能的传播。郭长顺盯着她，好半天没有说话，最后慢慢松开手，把帽子摘下来放到膝上。他没有再骂，也没有再求人，只问能不能给家里带句话。素云点头，让他慢慢说。郭长顺想了许久，最终只说灶边的煤快用完了，孩子夜里睡觉时要把窗缝堵好，剩下的话等他自己回去再讲。素云把这些一一写下来，走出房门以后才发现纸边被自己攥得发皱。

素云赶到郭家时，兰嫂正在院里给孩子生火。她一听丈夫要留在防疫场所，便扔下火钳，问是不是已经确诊，素云有没有见过他，会不会有危险。素云告诉她目前正在进一步检查，但郭长顺的症状令人担忧，必须按规定处理。兰嫂听了仍想亲自去看，被素云劝住。站在一旁的大儿子突然问，爹是不是也会像那位远房亲戚一样死掉。兰嫂立刻喝止孩子，素云却没有随口许诺郭长顺一定会好起来。她看着孩子，说现在医护人员正在照顾他，家里也需要按要求接受进一步安排。兰嫂听完，扶着门框站了一会儿，转身回屋，把一双丈夫平时舍不得穿的厚袜子找出来，包好交给素云。

那天夜里，郭长顺的情况恶化得很快。素云并不在负责他治疗的病房里，只从同事那里陆续知道，他高热不退，呼吸越来越困难，医生和护士按照当时能够采取的措施持续照护。到了后半夜，一位同事来叫她帮忙核对登记表，她赶到时，门已经关上了。负责记录的人低声告诉她，郭长顺刚刚去世。素云站在走廊里，手里还拿着兰嫂准备的袜子，外面的风从门缝吹进来，使布包轻轻晃动。她知道自己必须去通知家人，脚下却迟迟没有动。几分钟以后，她把袜子放进一只纸袋，重新系好，才向门外走去。

沈德昌得知老友去世，很久没有说话。到了晚上，他把平时舍不得穿的厚棉袄从柜子里取出来，准备去郭家送柴火。素云担心父亲有过接触，提醒他现在不宜随意来往，必须继续遵守观察要求。沈德昌瞪着她，问是不是连替人送一点煤都不许了。素云说可以请负责物资的人帮忙，不一定非得他亲自去。父亲听了，把棉袄又放回柜子，坐在炕沿上，过了许久才问：“素云，假如那天求你放他出去的人是我，你也不答应？”她站在炉边，看见父亲两鬓已经白

了，想了半天才回答：“我会想办法让你有饭吃、有炕烧，也会想办法让你知道家里人平安，但若是该隔离，我还是不能放。”父亲点点头，没有说好，也没有说不好。

临近年底，伍连德组织的防疫工作逐步展开。有关肺鼠疫传播方式、口罩使用、隔离安置和铁路交通管理的要求陆续传到不同场所。素云第一次在会议说明中听见，医生们认为这种疾病不仅需要警惕鼠类及其相关传播环节，更必须高度重视病人呼吸道分泌物造成的近距离传染风险。她并不掌握全部实验依据，却很清楚眼前的病人死亡速度和普通疾病不同。临时建立的医疗与隔离场所愈来愈忙，医护人员也不断有人身体不适，工作人员之间互相提醒，一旦出现可疑症状就应及时报告，不能因为人手不足而硬撑。

【该图像请查看在线阅读版】历史肖像 · PLATE 07伍连德约1910—1915年的肖像，来自美国国会图书馆贝恩新闻摄影资料。肖像用于呈现历史人物，不是小说中沈素云所在病房的现场照片。图像来源：Bain News Service / Library of Congress · Public Domain (US)

周小山后来成了运送物资的熟手。他力气大，记性也好，谁家缺煤、哪间屋子需要新的水桶，他都能记住。素云曾叫他把一份名单送到另一处登记点，他去了半天才回来，解释说路上遇见一位老人跌在雪里，先帮忙找了人送回去。素云本想责备他耽误工作，听完却只要求下次先告诉值班的人，否则别人以为他走失，便会浪费更多工夫寻找。他笑着答应，又问素云是不是从来不犯错。她想起那晚没能交到郭长顺手里的厚袜子，说自己犯过，只是不愿在同一个地方再犯一遍。

旧历年关将近，积雪仍然没有融化。因为严寒与死亡人数增加，遗体的安置和处理成为异常困难的事情。素云在登记册里看到连续多日累积的数字，却几乎想不出那些数字对应着多少间屋子、多少个正在等人的家庭。防疫部门最终在获得许可后组织大规模焚化遗体，有些居民无法接受这样的做法，觉得死者至少应当得到熟悉的丧葬安排。素云也理解这种难过，她见过兰嫂如何把丈夫的旧衣服一件件叠好，甚至连破了一角的帽子都舍不得扔。但她也知道，当土地冻得无法开挖、大量遗体不能及时妥善安置时，工作人员必须面对严重的公共卫生风险。她没有试图说服每个人，更多时候只是把家属的问题记下来，交给能够作决定的人。

1911年初的一天，素云跟着同事路过临时安置场所，远远看见焚化遗体的烟在寒风里升起。她站住脚，发现身边几个年轻人都没有说话。周小山走在后头，怀里抱着一筐干净的棉布，见她停下，便也跟着望了一会儿。他忽然问，那些死去的人以后会不会只剩下登记册上的名字。素云说总有人记得他们，家里人、朋友、同事，都记得他们生前做过什么。周小山低头看了看怀里的棉布，仿佛觉得这个回答还不够，却也没有再追问。两人把物资送到指定房间，继续按名单清点，发现少了两条绳子，便又花了一刻钟去仓库寻找。

疫情的走势不是在某一个早晨突然变好的。最严重的日子过去以后，仍会有新病例出现，仍有人因发热咳嗽被送来检查，许多隔离中的家庭也要等待规定的观察期结束。素云每天查看登记册，发现死亡记录逐渐减少时，不敢像年轻同事那样立即高兴。她知道只要错过一个真正需要处理的病例，之前的努力便可能受到影响。可到了三月，街上确实渐渐出现了久违的变化：一些关闭许久的铺子

重新整理门面，偶尔有车夫问起恢复运输的消息，街头买东西的人虽然还很少，却终于开始讨价还价。

兰嫂带着两个孩子来找过素云一次。她们度过观察期，身体没有出现明显异常，准备搬去亲戚家暂住。兰嫂把一包干净的布递给素云，说是郭长顺以前答应过要送沈德昌的东西，拖到如今才找出来。素云打开一看，里面是一条新的围巾，并不值什么钱，只是针脚十分密实。兰嫂说郭长顺总嫌沈德昌冬天领口不系紧，想替老友弄条暖和一点的。素云想告诉她那双厚袜子始终没能送进病房，却发现自己早已把袜子洗净、晾干、收进柜子，再拿出来只会使兰嫂难过。她最后只把围巾认真收好，问母子三人到新住处以后有没有足够的煤和食物，兰嫂说亲戚已经安排妥当，叫她不要再担心。

素云把围巾带回家，沈德昌拿到手里，先摸了摸布面，又把它搭在膝上。隔了一会儿，他站起来走到门口，面对街道站了许久。素云正在屋里给炉子添煤，听见父亲叫她，便走过去。沈德昌把围巾围上，问这样行不行。素云替他把一侧没掖好的布角塞进领口，说暖和得很。父亲看着街口，那边一个卖烤红薯的摊贩正在支炉子，火一烧旺，便有几个孩子围过去等着。他说郭长顺每年冬天都说自己不怕冷，原来背地里也知道给别人准备一条围巾。说完，便转身进屋，再没有提起老友的名字。

春天真正到来以前，素云仍旧到原来的防疫场所帮忙，整理尚未归档的登记表，逐项核对已经离开的受观察人员。周小山也留下做了一阵子杂务，空闲时开始向医护人员学习一些基本的卫生与护理知识，说自己以后也许能找份比搬煤更稳定的工作。素云看他把

姓名、日期和住址一笔一画写进册子，想起他初来时连手套都没准备齐，却嚷着什么活都敢干，便忍不住笑。周小山问她笑什么，她说只是觉得他最近字写得好些。他立即把笔挺直，说等再练几个月，谁也看不出他过去是扛煤的。

一天傍晚，素云在站台附近办事，正赶上列车停靠。车轮缓缓减速，蒸汽从铁皮下面冒出来，穿棉衣的旅客提着包袱沿着指定的通道往前走。防疫人员依旧在现场核对有关手续，旅客中有人抱怨等得太久，也有人担心走错队伍。素云站在不远处，看见一个孩子嫌母亲走得慢，跑了两步，又被拉回身边。冬雪还没有完全退去，铁路两侧积着带灰的薄冰，站台边的风依旧冷得厉害。她忽然记起几个月前自己第一次接触那些死亡登记，所有人都在问列车何时才能重新开动。如今列车就停在眼前，车上的人急着到另一个地方去，根本没有时间去想冬天发生过什么。

回家路上，她经过郭家过去住的院子。门上的锁已经换了，窗纸也重新糊过，隔壁有人在烧饭，炊烟从屋顶慢慢升起。素云站了片刻，最后没有敲门，沿着积雪未化的巷子继续往前走。她想到郭长顺那天抓住自己的袖子，问能不能回家半个时辰。如今她已经不再需要回答这个问题，可每当回忆起来，仍然能清楚记得他的手怎样微微发抖。她把袖口拢紧，走到转角时，恰好看见父亲站在自家门前等她，脖子上围着那条新的布围巾。沈德昌没问她今天又忙了什么，只说饭已经热好，进屋便能吃。

真实历史与科学解读

1910—1911年东北暴发大规模肺鼠疫，哈尔滨傅家甸等地疫情严重。伍连德参与组织以隔离、口罩防护、病例报告、交通管理、医疗机构改造及遗体处理为重要内容的防疫工作；严冬中的遗体安置与1911年初获准实施的焚化措施，是历史记载中的关键难题。肺鼠疫可在人与人之间通过呼吸道传播，不能将其传播过程简单等同于鼠蚤介导的腺鼠疫。沈素云、沈德昌、郭长顺、兰嫂、周小山及其家庭均为虚构人物，具体隔离和家庭遭遇不是已知历史个案。史实参见文献[25—27]。

第三卷 · 医学与战争

第二十章 一道关闭的门

2026年 · 中国南方

程屿收到合作单位发来的新文件时，正在实验室核对一份样本记录。邮件标题写着“临床应用演示方案——请最终确认”，附件比上一版多了几页，第一页铺着一张设计得很漂亮的示意图：一个人形轮廓，腹部是一团绿色的微生物图案，几条细线连到脑部，旁边放着一个醒目的数字。图下的说明声称，系统可以通过肠道微生物特征识别精神疾病高风险人群，为个体化管理提供依据。程屿把鼠标移到那句话上，发现自己的名字正列在技术团队成员名单里，后面还附着他去年参加学术会议时拍的一张照片。照片是公开的，他却不记得曾同意它出现在这份宣传材料里。

杜然坐在对面，刚刚端来一杯咖啡，见程屿皱眉，便问是否又有新的数据问题。程屿把文件转过去，让他看第一页。杜然读了半天，说页面确实做得不错，颜色和配图比他们自己的论文图好看，只是文字写得有点满。他尤其注意到那张脑部轮廓图，问是不是可以把他们尚未完成的脑影像分析也放进去，这样合作单位或许会更感兴趣。程屿摇头，说目前这项研究并没有足够证据支持那样的跨模态解释，连肠道菌群模型的外部验证都还没有弄清楚，宣传材料却已经写成了能够识别个体疾病风险。杜然没再争辩，打开自己的电脑，开始寻找原来提交给对方的技术介绍，想看看究竟是哪一步

把表述改成了现在这样。

罗慎那天上午不在学校，正在另一家医院参加项目会议。程屿给他发了消息，附上需要修改的几句话。罗慎过了一会儿回复，让他先不要与合作单位争执，对方可能只是为了向投资和管理人员解释技术方向，真正的合作内容还没有确定，等下午见面再谈。程屿看完，原本想立即打电话，最后还是把手机放下。他知道罗慎并不赞成直接夸大临床效用，只是不同的人对“展示一种可能性”的理解可能相差很大。学术会议上，研究者通常能分辨一项模型来自训练队列还是独立验证；在一份对外展示的材料里，曲线旁边若只剩下一个漂亮的数字，许多人便会以为那已经是工具在真实人群中的表现。

他把附件翻到最后，看见还有一份所谓“联合测试数据需求表”。表里列着年龄、性别、诊断类别、主要症状评分和部分微生物特征，附注写着希望研究团队提供一批完成匿名化处理的个体级数据，以便合作单位先训练内部原型。程屿重新读了两遍，在“匿名化”三个字下面画了圈。研究中使用的数据确实经过编码和去标识化处理，却不意味着它们可以未经进一步审核便被任意复制到另一个机构。更何况，研究参与者签署的知情同意和项目伦理审批有明确范围，数据使用目的一旦改变，便需要重新评估是否符合原定条件。他把这一页另存出来，准备与梁静详细讨论。

下午，罗慎回来后直接把两人叫进办公室。他没有像程屿想象的那样生气，而是先问对方究竟要拿模型做什么。杜然把以前的邮件找出来，发现合作单位最初只想了解多中心数据分析的可行性，

后来经过几轮内部修改，方案才逐渐变成一套可以对外展示的风险评估产品。罗慎看完，说研究团队的确需要尽早把边界讲清楚，不然等材料送出去，别人便会默认他们认可了上面所有措辞。可与此同时，他也提醒程屿，不能只告诉对方哪里不对，还需要提出一套能够推进合作的实际安排。科研经费并不是没有期限，医院合作也不可能无限期等待一个永远做不完的模型。

程屿提前准备了几页说明。他没有再讲算法结构，而是把几个数据集分别放到同一张表上，写清楚每个队列的受试者来源、数据采集方式、模型建立过程和实际验证结果。内部交叉验证得到的0.86被放在一栏，另一家医院的独立验证0.61放在相邻一栏，字体一样大，没有用颜色把其中一个数字显得更加醒目。罗慎看着表格，问这样写会不会让合作方以为研究完全没有应用价值。程屿说未必，但至少能让对方知道现在有哪些可靠发现，还有哪些问题必须继续解决。若是因为看见真实结果便不愿合作，说明双方对项目阶段的理解原本就不一致。

罗慎沉默了一会儿，把笔转过来在纸上写下三个词：研究目标、验证计划、数据权限。他说可以按照这个顺序安排下一次会议，但必须提前把临床问题想清楚。究竟希望建立一种辅助研究工具，还是未来探索可以满足监管与临床标准的检测方法？前者也需要可靠性，后者则要面对更多验证和管理要求。程屿点头，说自己已经约了梁静，准备把数据使用的部分也一起理清。罗慎又问杜然的毕业论文能不能按照现有结果先往前推进，别因为新合作把已经确定的工作全部打散。杜然赶紧说可以，只是希望尽快决定新数据究竟要不要加入。罗慎看着两个人，叹了口气，说自己当年带学生时最怕

的是没有结果，如今学生的分析结果多得不得了，反倒要花更多时间判断哪些该写、哪些不该写。

第二天的讨论在医院一间不大的会议室举行。合作单位来了两个人，一位负责产品规划，姓方，另一位做数据与算法工程。方经理说话很平和，进门时还特意带了几瓶矿泉水。他先解释，最初的演示方案只是面向内部人员，图上出现脑部轮廓是为了让没有专业背景的人迅速理解项目方向，并非准备立即宣传具体的脑肠机制。程屿听了，没有就插图风格争辩，而是把模型的验证表推到他面前，问如果最终向外部人员介绍这一项目，对方准备展示哪一个性能数字。方经理看见0.61，明显停顿了一下，随后抬头问这是否已经是经过全面优化后的最好结果。

程屿说不是，也不应该把问题理解为怎样不断优化出最好看的数字。他解释，现有模型主要用于研究，在原始研究数据里能够观察到一定程度的区分能力，但换到另一家医院以后性能明显下降。这里面可能包含人群差异、样本采集和检测条件，也可能反映模型捕捉到的生物学信号本身不够稳定。如果要继续开发，就需要在事先定义的研究目标下，建立新的、真正独立的评价方案，而不是把已经反复看过结果的数据当成从未使用过的新验证集。方经理听完，问如果暂时不能给个人出报告，为什么还值得继续投入。罗慎接过话，说研究可以先回答更具体的问题，例如哪些微生物特征在跨中心数据中具有可重复性，以及标准化采样和分析流程能否改善测量一致性，不必在第一阶段就把目标写成临床诊断。

梁静一直等他们把研究方案讲完，才把桌上那份数据需求表翻到最后。她问方经理，所谓内部原型需要个体级数据，具体由谁访问、保存在什么位置、用于什么训练任务，以及完成以后如何处理。同行的数据工程师开始介绍公司的计算环境，强调会采用加密和权限管理，数据也可以去掉姓名与联系方式。梁静听完，问这些技术安排是否已经经过研究伦理和数据治理方面的审核。对方说目前还没有，只是先了解是否可行。她点点头，说明当前合作不能仅凭一份技术需求表就转移临床研究数据，尤其当用途可能涉及商业研发时，需要重新核对受试者同意范围、协议、访问权限和相应审批。她说得不急，声音也没有提高，但方经理逐渐不再翻看那份漂亮的演示文稿，而是认真在本子上记起要补充的问题。

会议进行到一半，工程师提出一个折中的办法：既然暂时不能提供个体级原始数据，是否可以先提供一些完全模拟的样本和统计摘要，让他们验证软件界面和数据处理流程。程屿觉得这比直接转移研究数据合理，也便于双方理解彼此的技术需求。但他特别提醒，模拟数据只能用于检验接口与程序逻辑，不能被拿来展示模型具有临床预测能力。方经理问可否先把产品名称改成“微生态科研分析平台”，演示时明确标注正在进行方法学验证。罗慎表示可以进一步讨论，同时建议双方用书面文件界定不同阶段的里程碑，不要让一份最初用于交流的介绍材料替代正式研究方案。

散会的时候，几个人都显得有些疲惫。方经理把没喝完的矿泉水放进包里，临走前问程屿，是否需要把他那张学术会议照片从材料里移除。程屿说至少在正式获得授权以前不应该继续使用。方经理向他道了歉，表示会立即改版，还笑着说自己原以为这次会议主

要讨论模型能否再提高一点，没想到最难的竟是弄明白哪些数据可以用、哪些话可以说。程屿听了也笑，说做科研的人有时自己也会在这些事情上犯糊涂。他们在电梯口告别，彼此并没有成为朋友，也没有因为分歧彻底中断合作。事情只是回到了需要重新写清楚的起点。

杜然从会议室出来，脸上仍有些不高兴。他觉得原本可以很快开始的软件合作，如今变成了更漫长的文件与审批流程，接下来几个月大概又要开许多会议。他在电梯里问程屿，如果最终因为这些限制合作没谈成，是否就等于白忙了一场。程屿说当然有这种可能，但至少他们现在不用把尚未成熟的研究结果包装成能够帮助患者作决定的产品。杜然反问：“可如果一直这样谨慎，哪一天才轮得到真正应用？”程屿想了想，没有用一句原则性的话回答，只说应该从一个能够被清楚检验的具体问题开始，把该完成的验证做完，再由合适的临床研究决定它是否值得进一步使用。杜然没有立即赞成，但回到实验室后，还是把演示文件里的“高风险识别”四个字换成了“科研特征探索”。

傍晚，程屿去档案馆还一本借阅的历史资料。叶岚正在展厅里检查新制作的东北防疫专题，一张黑白照片已经放大挂在墙上，照片上的人戴着口罩，站在一处冬季的建筑前，身后隐约可见积雪。展签只写了经过核实的地点和年份，其他不能确定的细节没有硬凑。程屿看了一会儿，问叶岚，公共卫生史上那些紧急措施，是不是经常在证据还没有完全积累时就必须作出决定。叶岚说确实如此，但也不能只拿这一句话概括所有历史。对于当年的肺鼠疫，防疫人员需要根据已有病原学、现场调查和正在发生的严重死亡，尽快作出

控制传播的安排；而一个尚未通过严格验证的微生物疾病预测模型，面对的是另一种性质的问题，不能把两者的紧迫性和证据要求混为一谈。

两人沿着展板慢慢往前走。叶岚说，她最近在重新整理关于隔离和交通限制的历史说明，发现许多资料在谈论防疫成功时，很少写那些无法自由离开的人如何安排食物、煤炭和家庭照护。她想在展览里增加几行文字，但空间有限，只能选取能够核实的实际措施，而不是编造某位护士如何安慰病人的动人故事。程屿听了，想起今天会议上讨论的临床研究数据，又问如果历史人物没有留下个人记录，是不是永远无法知道他们经历了什么。叶岚说只能承认史料的边界，文学可以据当时的生活条件创造人物，历史展览却应当告诉观众哪些部分有证据，哪些只是推测。她停在一张照片前，低声补充说，最难的不是资料少，而是资料越少，人越容易用自己希望发生的事情把空白填满。

展厅尽头还有一小块空墙，准备留给1918年前后的传染病史。叶岚从柜子里拿出几份报纸影印件，程屿看见其中一份记录着多地出现的流行性疾病，标题用的是当时通行却并不完全统一的名称。叶岚说这批材料比1910年的东北鼠疫更加分散，单凭某个地方的报纸很难判断整个国家的疫情究竟有多严重。她准备将当时的防疫措施、新闻报道和后来的医学认识分开呈现，避免把今天已经确认的病原体知识直接写进1918年医护人员的口吻里。程屿随手翻了一页，纸上记着学校有人病倒、商店关门和临时医疗场所人员不足的消息。隔了一百多年，那些简短的文字里仍能看出生活被打乱的痕迹。

离开档案馆时，天已经黑了。程屿坐地铁回学校，车厢里有个女孩趴在父亲肩上睡觉，手里还攥着一只没吃完的面包。旁边的人低头看手机，偶尔有人咳嗽，便从口袋里拿出纸巾。程屿没有像过去那样立刻联想到自己的研究结果，只是看见那位父亲小心挪动胳膊，让孩子睡得舒服些。他想起梁静今天反复问的数据使用范围，也想起叶岚说过，历史记录里许多人最后只剩下一个名字和一个日期。到站以后，他给杜然发了条消息，让他把今天修改过的演示稿另存版本，并保留原稿作为修改记录。杜然很快回复，问是否要连那张很漂亮的脑部示意图也删掉。程屿说先放到素材文件夹，以后有足够证据的时候再讨论用途。

第二天早晨，罗慎办公室的门没有关。程屿走进去，把修订后的合作建议放在桌上，上面列着明确的研究目标、模拟数据演示范围、后续伦理审核和独立验证的必要条件。罗慎读完，只改了几个地方，又问这些要求是否会使合作进度慢下来。程屿说会，但具体需要多长时间，得看双方准备得如何。罗慎把笔帽盖好，交还文件，叫他尽快把学生手头已经完成的工作整理出来，不要让临时的新想法影响毕业安排。程屿点头，把文件放进包里。走廊里有人来敲门，罗慎让下一位进来，继续处理别的事情。那扇门在程屿身后轻轻关上，并没有发出什么特别的声音。回到走廊，他收到叶岚发来的一张1918年报纸影印页，上面报道一些地方出现了流行性疾病。程屿把图片暂存在手机里，继续往实验室走去。

本章程屿、罗慎、杜然、梁静、叶岚及合作单位的会议和研究项目均为文学虚构。内部AUC 0.86和外部AUC 0.61是贯穿小说的情节设定，不是某种已获临床批准的检测技术。个体级健康研究数据的去标识化不意味着可以脱离知情同意、研究伦理、协议和适用的数据保护要求任意向第三方转移；研究性关联、群体预测和个体临床用途也需严格区分。历史人物和防疫经验只提供讨论背景，不能据此直接证明现代微生物预测模型已经适合临床使用。

第三卷 · 医学与战争

第二十一章 流感之年

1918年冬至1919年初 · 中国东北

一九一八年冬天，沈素云第一次听见有人把那场病叫作“重感冒”时，并没有觉得这名称有什么不妥。那天诊所里来了几个从外面赶回的工人，个个面色发红，头痛、发热，腿疼得像刚搬完一整车煤。他们说附近好几户人家都病了，有的还在炕上躺着，只是懒得出门请医生。哈尔滨的冬天向来漫长，寒风一来，老人孩子便容易生病，素云以前也照顾过许多咳嗽发热的人。可到了下午，又有一位年轻妇人被邻居扶来，连站都站不稳。妇人的丈夫说她前一天还在洗衣服，晚上忽然发热，早晨便像换了一个人，呼吸急促，连一口热汤也咽不下去。

素云已经三十二岁了，距离那场令人不愿再提的肺鼠疫过去整整七年多。她后来留在医疗与卫生工作中，学会了更加规范地整理病历，也能独自带着新来的助手核对药品和病人登记。她不再像二十四岁时那样，遇到紧急情况便先怀疑自己有没有做错什么；但这并不意味着她已经习惯了死亡。每当看到一个人原本还能自己走进房门，过了几天却连呼吸都变得艰难，她仍会感到身体深处有什么东西猛地收紧，只是如今能够继续把应当做的事情做下去，不必停在走廊里等旁人来提醒。

父亲沈德昌的头发已经全白，冬天大多数时候坐在家里修些小物件。他的手过去很巧，车站上的铁扣、木柄和灯架只要还能拆开，总愿意自己试着修好。如今眼睛不如从前，稍微细一点的活便要女儿帮忙穿线。有时他把那条郭长顺生前准备的围巾搭在膝上，边看女儿收拾东西边问防疫工作忙不忙。素云每次说起最近又出现不少发热病人，父亲总先问一句：“跟那年的是不是一样？”她不愿随便回答，只说症状、传播情况和病原学证据都需要医生进一步判断，不能因为咳嗽发热便把它们一律看作肺鼠疫。父亲听完，点点头，仍然有些不放心。

周小山也还在城里。1911年春天之后，他没有回去长期扛煤，而是在卫生机构做过杂务，后来又跟着医护人员学习一些基本照护和消毒知识。七八年下来，他已经能够把登记册写得端端正正，遇见新来的年轻人，还会拿当年自己字写得歪歪扭扭的事情开玩笑。小山娶了妻子桂枝，有个三岁的女儿，小名阿鸽，跑起来很快，喜欢在院里追着晾衣绳下的影子玩。素云偶尔去他家，孩子总要求她把挂在墙上的旧皮帽取下来，戴在自己头上，走两步便滑到眼睛上，惹得一家人笑个不停。

一九一八年夏天以后，关于大范围流行性疾病的消息从不同地方陆续传来。报纸上有的称“流行性感冒”，有的用更通俗的名称，描述也不完全相同。到了秋冬之际，更多地方传出学校、商店和工厂多人同时患病的消息。素云所在的医疗点原本就不宽敞，随着附近发热患者增加，候诊的人逐渐排到门外，尤其遇到天气变冷，一群人挤在避风的屋檐下，更使工作人员感到担忧。有人希望把所有病人一律送往隔离场所，也有人认为许多患者病情较轻，在家休

息就会好转，不宜把有限的床位全部占满。几位医生讨论了多次，仍必须根据每天变化的情况不断调整安排。

素云注意到，这一次前来就诊的人与记忆中的肺鼠疫患者很不相同。许多人起病突然，发热、头疼、肌肉酸痛和咳嗽同时出现，部分患者在休息和照护后逐渐恢复，另一些却发展出严重的呼吸困难。她看见不少年轻、平日里很健壮的人病倒，反倒是一些身体原本不好的老人，在同一户里并没有出现同样严重的情况。医护人员尝试把病例特点记录得更细，询问发病日期、共同生活的人和此前接触的场所，却仍然很难仅靠这些观察解释差异。那时医学界对于流感的病原尚未形成今天的认识，不同医生对其细菌学解释也存在分歧。素云只知道，每当有人拿“不过是感冒”来安慰正在喘气的家属时，自己都不愿跟着附和。

一位姓董的年轻女教师来到诊所时，怀里抱着一叠学生作业本。她叫董以宁，二十三岁，在附近教孩子读书。学校最近有不少学生缺课，她自己也发热，却仍在家里改作业，打算等孩子们恢复上课便把本子发还。到诊所的那天，她说话还算清楚，只是站一会儿便觉得头晕。素云让她先把作业本交给同行的妹妹，按医生建议休息和接受检查。董以宁很不情愿，说许多孩子平日里在家没有人辅导，若是少上几天课，学过的字很快便忘了。素云没有跟她争论，只问她现在能不能把自己的姓名和住址写清楚。董以宁从衣袋里取出铅笔，写了几行，字迹渐渐歪斜，最后不得不把笔放下。

那天午后，周小山帮忙把一筐煤搬进临时病房，又替一位行动不便的老人找来热水。素云见他忙得满头汗，叫他到后面吃点东西。

他说桂枝早晨装了两个馒头，现在还剩一个，等把最后一车东西送完再吃。素云提醒他，近来发热病人很多，搬运物资时不能不分场所地进出，也不能因为急着赶活就忽略防护和卫生要求。小山笑着说自己见过那年的大阵仗，如今总还记得几条规矩。素云说记得并不等于每次都做到了，尤其这一次的疾病特点与从前不同。小山把煤筐放好，终于坐下来吃了半个馒头，剩下半个小心地包进纸里，说带回去给阿鸽尝尝，孩子最喜欢吃蒸得松软的面食。

到了十二月底，诊所临时增加了照护空间。病人太多，原本用来存放药品和旧家具的一间屋子也被清出来，摆上几张床。最困难的是缺人，部分医护人员自己生病，需要休息，留下的人便不得不连续工作。冬天屋里不能不烧炉子，却又要尽量注意通风，素云每天都要与负责生火的人商量何时开窗，怎样避免让正在发冷的病人受冻。煤不够时，周小山便帮着去仓库找，回来还要一桶桶送到不同房间。他忙起来总不肯坐下，偶尔有人劝他回家休息，他就说孩子的奶粉和面粉都得花钱，能多挣一天是一天。

有一天，董以宁的病情突然重了。她开始持续咳嗽，呼吸比前几天急促许多，夜里甚至不能平躺。妹妹坐在门外等消息，一见素云出来便问姐姐有没有危险，能不能让自己进去守着。素云知道对方害怕，先将现有的病情和医护安排尽量解释清楚，又说明探视需要遵守防护与管理要求。妹妹听完，问学校里那些孩子以后谁来教。素云没有办法回答这个问题，只说目前最重要的是让董以宁得到照护。她拿出一本记录册，发现里面夹着一张从作业本上撕下来的纸。纸上用稚嫩的字写着“董先生病好了再来”，下面画着一只歪歪扭扭的小鸟，不知是谁托人送来的。

几天以后，董以宁的高热终于有些减退，呼吸也比原先平稳。素云把那张画放在她床边，告诉她孩子们正等着老师回去。董以宁看了很久，眼睛里慢慢有了笑意。她说那是自己班上一个总把“鸟”字写错的孩子，平时最不耐烦练字，没想到竟愿意花工夫画这么大一只。素云问是不是要替他指出错误，董以宁摇头，说等自己好起来，先让他把整幅画解释一遍。说完，她闭上眼睛，过了一会儿便睡着了。素云替她把被角掖好，回到桌旁继续处理新送来的病例记录。

周小山的病是在一个清晨被发现的。他原本要去送煤，走到门口却扶着墙站住，脸色潮红，额头烫得厉害。素云正好经过，问他怎么回事，他说大概是夜里着凉，回家捂一捂就没事。她让他先坐下，不要继续搬运，又叫来医生检查。小山嘴上仍然说自己只是累了，等开完药便能回去干活，但手脚发软，连水杯都险些拿不稳。素云问他什么时候开始不舒服，他先说今天早晨，后来被反复追问，才承认前一晚就开始发冷、浑身疼痛，只怕说出来会被赶回家休息，耽误工钱。

素云听完非常生气。她记得小山十九岁时便喜欢逞强，那时候只是把煤筐背得太重，如今却可能使自己和别人都陷入危险。小山看她沉着脸，终于不再解释，只问能不能有人去家里说一声，免得桂枝等不到他，带着阿鸽四处寻找。素云让同伴按照安排联络家人，自己则帮助医护人员处理他接下来的检查与照护。桂枝得知以后很快赶来，肩上背着女儿，另一只手提着一个装满换洗衣物的布包。小阿鸽一看见素云便高兴地叫她，随后四处寻找父亲，发现父亲没有像往常一样跑出来抱自己，脸上的笑渐渐消失。

桂枝原本是个能干而爽快的女人，家里大事小事都安排得井井有条。她听见丈夫需要留在医疗场所，便立刻问可能要多久、自己该准备些什么，随后又担心女儿前几天是否曾与父亲密切接触。素云帮她把需要说明的事情一项项记下来，没有随口保证小山几天就能恢复。桂枝见她说得认真，渐渐也不再追问确定的日子，只把布包放在指定位置，叫她有机会便告诉小山，家里的煤够用，孩子也有人照顾，不必老惦记少挣的那几天工钱。素云点头答应，望着母女俩离开，忽然记起七年前郭长顺的妻子也是这样，抱着孩子站在门口，把全家的生活交给几句尚不能确定的回答。

周小山最初几天时好时坏，有时烧退了一点，便想坐起来问登记册有没有人整理；有时咳嗽得厉害，连说话也要停下来喘气。素云去看他，常见他把头偏向窗户，望着外面的积雪发呆。她让他别操心工作，有人会接手，他便笑，说自己过去扛煤时最怕失业，如今好不容易会写几页字，又怕别人发现写得比自己好，便把活全接过去。素云告诉他，写得好的人多的是，等身体好了再去比不迟。小山点点头，问她还记不记得自己第一次来借手套。她说记得，那时他连手背冻裂了都不肯处理。两个人笑了几声，却很快被一阵咳嗽打断。

病情在随后一个夜晚急转直下。周小山呼吸越来越困难，医生与护士持续照护，仍没能挽回他的生命。素云接到消息时，正在另一间屋里替一位年长患者换好被褥。她把手边的事情做完，才走到记录室核对姓名。值班的人问是否由她来通知家属，她说自己认识那家人，先让自己去。走出院门，天还没亮，雪在路灯下泛着灰白色。素云沿着熟悉的街道往前走，经过一间已经关门的米铺，忽然

停下来，发现自己忘了把围巾系紧。她站在风里重新系好，手指冷得不太灵便，折腾了半天才把结打稳。

桂枝开门的时候，头发还没梳好，屋里传出孩子翻身的声音。她一看见素云，便明白发生了什么，却仍然问：“小山怎么样？”素云把夜里发生的事情说明白，没有说出虚假的安慰话，也没有把所有细节一次性塞给她。桂枝坐在炕沿上，双手扣在膝头，过了很久才问，丈夫临走前有没有提起女儿。素云告诉她，前几天小山确实问过家里煤够不够、阿鸽有没有好好吃饭，后来病得重了，便很难再说完整的话。桂枝点点头，眼睛望着炉口，仿佛还在等一个能让丈夫重新回到屋里的解释。孩子醒来后叫了一声“娘”，她才起身去拿衣服，动作慢得像身体不听使唤。

素云留下来帮了半天忙。桂枝不肯让她做太多事情，只请她替自己把一只旧箱子从床下拖出来。箱子里放着周小山这些年积攒的东西：一把磨钝的小刀、几张已经发黄的工作凭据、一件旧皮帽，还有一本薄薄的练字本。素云打开本子，看见前几页的字写得很大，笔画歪斜，后来一页比一页整齐。最后几页抄的是一些常用的姓名、日期和地址格式，旁边偶尔画着给孩子玩的简单小图案。桂枝说小山以前总怕自己写错字，夜里没事就练，练到后来连女儿的小名也能写得特别漂亮。素云把本子重新合好，没有带走，叫桂枝替阿鸽收着，以后也许愿意看看父亲留下的字。

回到诊所，素云把周小山的记录整理完整。她的笔在姓名那一格上停了片刻，并不是不确定该写什么，只是不太愿意看见那几个字与一列死亡日期放在一起。七年前，小山年轻得像个没长大的孩

子，站在雪地里说自己什么活都敢干。后来他学会了登记、照护和一些基础的防疫工作，如今还不到三十岁，便没有机会再回家。素云把日期核对清楚，照例检查了其他栏目，然后将纸放进文件夹。隔壁屋里，有人在叫她帮忙整理刚送来的物资。她把椅子推回桌下，起身走了过去。

接下来的日子依然很忙。董以宁逐渐恢复，能够坐起来看一会儿书，也开始关心学校是否已经恢复上课。素云劝她不要急着回去，身体恢复需要时间，况且学校里的情况还得由家人和同事进一步了解。董以宁没有争辩，只问能不能借一支笔，想给班上的学生回一封简短的信。素云找来纸笔，看她写了几行，便将信交给来探望的妹妹，嘱咐按当时的规定送出去。那张画着小鸟的纸仍然放在床边，角上已经卷了起来，董以宁却始终不肯扔掉。

开春前后，附近的发热患者逐渐减少，但并不是所有家庭都能很快恢复原来的生活。有的人病愈后仍然虚弱，不能立即返回工作；有的人因亲人去世而失去主要收入，必须另找谋生办法。周小山家里尤其困难，桂枝原先靠缝补和给人洗衣补贴家用，如今还要独自照顾孩子。素云联系熟人，帮她介绍了几份适合在家做的活计，也替她问过能否申请一些临时救助。桂枝每次见到她都说不必再费心，等素云真的带来消息，却又仔细听完，问清楚工钱什么时候结算、需要先买多少布线。她没有办法一直哭，也没有办法不为明天的饭做准备。

三月的一天，素云下班后路过郭家旧宅，忽然发现屋前的石阶已经被人扫净。七年前郭长顺去世后，家人迁走，后来又换过几户

租客，门楣上的木板也早已不是从前那块。她站在门边回想，那年肺鼠疫之后人们也以为最难的日子已经过去，列车重新开动，市场逐渐热闹，大家忙着为新的生活打算。可是七八年以后，又有另一场疾病来到城里，病得最重的人未必与从前相同，医生们也不能把旧日经验一成不变地拿来使用。她没有因此认定过去的防疫工作毫无意义，反而更加清楚，那些曾经救过人的办法，只有在新的情形下经过重新判断，才可能继续发挥作用。

她回家时，沈德昌正在屋里修一盏旧灯。老人听见脚步声，抬头问今天病人是不是少些了。素云说少些了，便蹲在炉边烤手。父亲放下灯，问桂枝和阿鸽最近怎样，她把自己能帮上忙的事情告诉他，又说过几天打算再去看看。沈德昌听完，从柜子里翻出一点钱，要女儿替自己送过去。素云说他自己也没多少积蓄，父亲却把钱塞进她手里，说从前郭长顺帮过这个家，小山这些年也一直帮人做事，如今孩子没有父亲，街坊多少该搭把手。素云把钱收好，没有再推辞。

晚上，她坐在桌边整理新的护理记录，发现一页纸边被不知谁画了只小鸟，线条很笨拙，翅膀却张得很大。她仔细看了看，认出那是董以宁病房里的学生画作留下的印痕，纸张叠放时把一点墨迹蹭到了下面。素云拿起橡皮想擦，发现并擦不干净，便把这页纸放到一旁，重新取了张干净的记录纸。窗外有车驶过，轮子压在尚未化尽的冰雪上，发出沉闷的响声。她把灯挪近些，核对新写下的姓名和日期，直到最后一行没有问题，才将纸整齐地夹进登记册。

真实历史与科学解读

1918—1919年流感大流行波及中国多地，报刊可见春夏与秋冬不同阶段的疫情报道，东北亦有相关记载；各地疾病负担并不相同，而当时的系统性死亡统计有限，对总死亡人数的后世估计存在不确定性。1918年的医护人员尚不具备1933年以后确立的流感病毒分离证据，不能让他们提前使用完整的现代病毒学解释。沈素云、周小山、桂枝、董以宁及其诊所、死亡记录和家庭经历均为虚构；章节旨在呈现时代中普通医护与家庭的境遇，不能视作可追溯的个人史料。有关大流行的中国史料研究参见文献[28—30]。

第三卷 · 医学与战争

第二十二章 长霉的培养皿

1928—1929年，伦敦

埃伦到圣玛丽医院上班的第一天，就弄坏了一只玻璃量筒。那时她还没学会怎样把湿滑的器皿从架子上取下来，手指碰在瓶口，量筒滑进水池，裂成三截。管清洗间的沃尔什太太没有骂她，只弯下腰捡起碎玻璃，叫她以后先把手擦干。几周后，埃伦已经能在满是蒸汽的清洗间里把器皿分门别类，知道哪些玻璃可以重用，哪些沾过实验材料的东西应当按规矩处理。她做得最熟练的是贴标签，瓶口和瓶身大小不同，纸条要剪得合适，浆糊太多会把字浸花，太少又容易在搬动时脱落。她母亲从前替人洗衣，也常把客人的衣服一件件记下来。埃伦想，自己的工作至少比在冷水里搓床单轻松，只是这里的东西更易碎，也更容不得随便弄错。

她二十四岁，住在帕丁顿附近一幢房子的顶层。房东允许她使用厨房，但要和另外三户人家错开时间。妹妹诺拉住在城南，在一家百货店做售货员，每逢星期日便来找她吃饭。母亲去世后，两姐妹都没再回到小时候居住的街区，那里的房屋已经换了主人，邻居也散了。诺拉觉得姐姐在医院里工作很体面，逢人便说她是研究细菌的。埃伦纠正过许多次，自己只是实验室技术人员，既不看病，也不负责设计研究。诺拉不肯改口，说她总比每天替人找合适尺码的手套更懂得那些东西。埃伦并不觉得这是恭维。她知道自己的名

字不会出现在大多数论文里，但如果培养器具准备得不对，下一天的实验就可能无法开始。

九月初的一个上午，她把清洗间里晾干的器皿送到楼上。走廊有些拥挤，两位医生站在窗边谈论病房的感染情况，推药车的护士让她先贴墙等一等。实验室里散着消毒剂和培养基混在一起的气味，靠门的桌上摞着一批待检查的培养皿。她把器皿放稳，正准备退出去，听见里面有人提到一只受了污染的平皿。平常有霉菌长出来，技术人员只会懊恼，因为这可能意味着整批培养材料要重新处理。今天的声音却没有那么沮丧。埃伦朝桌上望了一眼，见一只平皿里有一团颜色较深的霉菌，其周围空出一圈不太规整的区域，远处则散布着许多细小的细菌菌落。她没凑上前去，只记得那一圈空白很显眼，像油墨没有印匀的地方。

等她把东西搬完，沃尔什太太才告诉她，弗莱明医生近来注意到一只被霉菌污染的葡萄球菌培养皿，霉菌附近的细菌生长和别处很不一样，正打算进一步研究。埃伦对弗莱明并不陌生。他经常出入细菌学实验室，查阅培养记录时动作很快，有时会把待看的平皿堆得让旁人担心。埃伦先前见过不少这样的污染：有的培养物因为盖子没放稳而沾了杂菌，有的在转运中出了问题；它们给她带来的通常只是额外的清洗工作。想到这次被人认真留下的恰好也是一只受污染的平皿，她忍不住问，既然东西已经不干净，难道还能从中得到可靠结果。沃尔什太太说，她也不知道，既然医生们决定继续看，就先别把那一批东西送进清洗间。

中午，埃伦端着饭盒坐在窗边，吃妹妹头天送来的冷馅饼。她一边吃，一边回想那块空白。培养皿里长出了东西，反倒在某个地方显得干净了，实在有些奇怪。她先前总把霉菌和细菌混在一起理解，觉得无论哪一种多出来，都代表材料处理得不好。后来她才慢慢听懂，实验室里研究的微小生物并不是同一类东西，它们之间可能存在很不一样的关系。有人问她怎么忽然喜欢听研究人员说话，她说只想知道这次该把哪些器皿留下，免得明天又有人责怪她处理得太早。说完自己也笑了。她确实有这个顾虑，但也有别的原因。第一次看到那只平皿以后，她每次经过实验室，都会下意识地往靠窗的桌上看一眼。

几天后，研究开始出现更多需要清洗和准备的容器。霉菌被单独培养，培养液经过处理，再与不同细菌接触。埃伦并不能看懂每项试验的目的，只负责按照交到自己手上的清单准备器具。她发现实验记录中的词语发生了一点变化：之前人们谈的是污染，后来更多谈起抑制、生长和溶解。这里面有些差别，她必须问清楚才敢在标签上誊写。负责核对的一位助理有时嫌她问得太细，认为先把字照抄上去便好。埃伦却不愿如此。上个月有人把两个样品的日期写反，研究人员追查半天，最终还是从储存记录里才找出问题。她不愿意同样的错误再落到自己头上，更不愿意一项可能重要的观察因为一张纸条而变得说不清楚。

那年秋天，妹妹诺拉的生活并不顺利。百货店缩减了几个人的工时，她每周领到的钱少了一些，房东却没有打算降租。一个星期日，诺拉拎着半袋土豆来到埃伦住处，坐下后先哭了一场，随后又骂自己没出息，为这点事情就乱了阵脚。埃伦给她泡了茶，问要不

要暂时搬来同住。诺拉摇头，说自己不想被姐姐养着，何况两个人挤在一间小阁楼里，总会为衣服放哪里吵架。她们便把土豆削好煮了，配上面包和一点盐，当作一顿星期日晚餐。诺拉边吃边问，医院最近有没有什么新鲜事，埃伦便讲起那只长霉的培养皿。她尽力解释霉菌附近的细菌为什么引起注意，却发现自己知道得仍然不多。

诺拉听完，首先想到的是母亲以前扔掉的那些发霉面包。她问，既然霉菌能使另一些微生物不再生长，人是不是也可以把霉抹到伤口上，让病菌死掉。埃伦放下勺子，叫她千万别这样试。实验室里的培养物和从厨房墙角长出来的霉完全不是一回事，更何况一种物质能在培养皿里抑制某些细菌，不等于把含有它的脏东西直接放在人体上就是安全的。诺拉叹了口气，说自己不过随便问问，医院里的人果然都喜欢把简单事情说复杂。埃伦没有和她争，只把余下的土豆分成两份，让妹妹带一些回去。她们吃完饭，一起刷洗盘子，诺拉随口说等工资恢复原样便请姐姐去看戏，埃伦答应了，却知道这一天未必很快到来。

到了年底，实验室关于霉菌培养液的工作继续进行。埃伦偶尔听见研究人员谈起它对某些细菌具有明显作用，但也有一些细菌并不表现出相同反应。有人对这种现象感兴趣，认为或许可帮助在混合培养物中分离某些难以辨认的细菌；也有人指出，若要作为治疗用药，仍需解决物质本身不稳定、提取困难和剂量等问题。埃伦在实验室待得久了，渐渐知道一种想法要真正变成病人能够使用的东西，需要比培养皿复杂得多的工作。医务人员每天面对病人，能不能在人体内安全使用，才是截然不同的难题。

她的父亲年轻时曾在码头工作，因一次小伤口感染而耽误了很久，后来虽保住手指，却再也不能像从前那样用力。父亲已经去世多年，埃伦偶尔仍会想到他那只僵硬的手。她记得父亲削苹果时总用另一只手扶着刀柄，动作笨拙得像在重新学习。他从未见过培养皿，也说不出细菌的名字；对于他而言，伤口发红、发热和不能做工才是实实在在的事情。埃伦有时会想，若是将来能有一种药物使类似的感染得到更好的控制，父亲那一辈人的生活或许会有所不同。但她很清楚，这只是一种愿望，还远不是眼下已经拥有的本领。

冬天将近结束时，病房里有位年长护士来清洗间取一批器具，发现架子上缺了两只合适的容器，便站在门口等。护士满脸疲倦，手背上有被肥皂刺激出的裂纹，埃伦帮她找到器具，顺口问病房里是否又忙了起来。护士说有几个伤口感染的病人需要持续照护，医嘱也在根据病情调整，晚班的人几乎没有机会坐下喝水。埃伦想起实验室正在研究的抗菌物质，本想问它什么时候能送进病房，话到了嘴边又咽了回去。她知道护士没有时间讨论一个尚未成为药物的可能性。等器具全部交齐，护士匆匆离开，她看着走廊里那辆装着干净布巾的小车，一时觉得这栋医院大得像两座不同的房子：楼上有人研究细菌怎样生长，楼下的人却每天先得想办法让病人度过今晚。

几天后，埃伦去库房领取标签纸，碰见那位护士正在找一份旧记录。两人一起翻了半天，终于从标错日期的文件夹里找到。护士说自己最近总记不清事情，夜里休息不好，几张纸看着都像一样。埃伦替她把文件按日期排好，却没有笑她粗心。回到实验室，她把记录整理得比往常更仔细，还请同事复核了几处数字。过去她只觉

得照规矩写字，是为了不挨负责人的责备；现在她开始明白，那些看起来繁琐的手续，是不同岗位的人在忙乱中仍然能找到彼此所需信息的一种办法。至于它们究竟能帮助多少病人，谁也不容易算得清楚。

1929年春，埃伦在办公室里看见一叠准备整理的研究稿件。她认得弗莱明的名字，也从文章标题里认出青霉菌一词。论文讨论的是青霉菌培养物的抗菌作用，并特别提到它在分离某些细菌方面的用途。埃伦靠着窗台慢慢读了几段，越看越觉得许多句子似曾相识：它们对应着过去几个月在实验室里反复出现的培养瓶、标签、计时和观察。纸上没有写哪天有人不小心碰倒了水盆，也没有写清洗间缺了一摞可用的玻璃器皿，更不会说明她与诺拉曾如何谈起发霉面包。她知道这些并不是研究论文需要记录的内容，却仍觉得实验室的真实日子，远比印出来的纸页嘈杂。

一天，埃伦帮沃尔什太太清点储物柜，从深处找出一批旧的平皿盖。沃尔什太太把不能继续使用的挑出来，叫她拿去处理。埃伦拿着其中一只，忽然想起去年秋天的那圈空白，便问那项研究是否很快就能做成药。沃尔什太太正在核对清单，听见这话抬起头，说如果每个有趣的实验都能变成药，医院早就不会有那么多病人了。埃伦不喜欢这个回答，却也无法反驳。她把器皿放好，继续整理储物柜，心里想着实验室大概永远有做不完的工作，而城里也永远有人等着医学给出更好的办法。

五月的一天，诺拉终于有钱买两张便宜的戏票。那晚下了雨，姐妹俩从剧院出来，沿街走到公共汽车站，彼此都在抱怨演员的口

音和坐得太远看不清表情。诺拉问姐姐今天是否还想着那些霉菌，埃伦说一晚上都没想，直到你现在提起来。诺拉笑了，挽住她的胳膊，说这样很好，世界上还有许多事情不需要显微镜也能看清。她们站在拥挤的车站里，雨水顺着站牌滴下来，街上的灯把每个人的影子都拉得很长。埃伦从口袋里摸出一张没用完的车票，忽然想起第二天还要补贴一批实验标签，便又把车票塞了回去，免得给妹妹扫兴。

往后几年，她仍会见到有关青霉菌的实验记录，也会听见其他研究人员讨论提取和稳定性难题，但没有人能保证这条研究线索将走向何处。她的工作渐渐熟练，有时被安排教新来的年轻人如何准备器具。新学徒嫌弃那些标签细碎难写，她便把一只曾经因日期混乱而耽误实验的旧瓶子拿给他看，告诉他，先把字写清楚，省得以后为一件可以避免的错误忙一整个下午。至于那只最初长了霉的培养皿，她并不觉得自己有什么资格讲述发现经过。真正做出观察和研究的是弗莱明及其同事，她不过是在同一栋楼里工作，远远见过那些被留下来的器具。

1930年的一个清晨，埃伦又像往常一样走进医院。门诊走廊里有人咳嗽，病房正将一车用过的床单推到洗衣房，清洗间的水龙头还在漏水。她放下外套，挽起袖口，先把前一天没有整理完的玻璃器具排好。窗外有一只鸽子落在栏杆上，很快被汽车的鸣笛惊得飞走。埃伦在清单末尾写上今天的日期，又发现有人少填了一个培养瓶的编号，便拿着记录去找值班人员核对。她没有想到多年以后，另一间实验室会因为同一种霉菌展开怎样艰难的工作。对她来说，那只是一个普通的工作日，而当天最迫切的问题，是午前必须备齐

的那一批干净器皿。

真实历史与科学解读

1928年，亚历山大·弗莱明在伦敦圣玛丽医院研究葡萄球菌时，观察到被青霉菌污染的培养皿中，霉菌附近的葡萄球菌菌落受到抑制或发生溶解。他于1929年发表有关青霉菌培养物抗菌作用的论文。此时青霉素尚未被制成可以可靠供临床全身治疗的药物；观察、物质提取、稳定性研究和后来的临床开发应当分开理解。埃伦、诺拉、沃尔什太太、家庭往事及具体对话均属虚构，尤其不代表这些虚构人物真实参与了弗莱明的发现。

第三卷 · 医学与战争

第二十三章 药物只剩下一瓶

1941—1945年，牛津、伦敦与美国伊利诺伊州

米莉数完第三排陶瓷容器，才发现自己把袖口浸湿了。牛津的实验室里暖气不大管用，水盆边的地面总有一点潮，她把手伸到背后擦了擦，继续把写着编号的纸片贴在新送来的容器上。那些东西不像她从前用惯的烧杯，矮而宽，容易成排摆放，表面看起来也不值什么钱，可大家对它们非常珍惜。最近一段时间，实验室需要的不是几只做展示用的精巧器皿，而是能尽量多培养青霉菌、又便于处理的容器。米莉被反复提醒，每一批都要登记清楚，不能因为赶着下班，就把其中两排的编号写到同一张纸上。

她三十岁，丈夫在铁路部门工作，家里有两个孩子。战争开始以后，日常生活渐渐变成对配给票和时间表的计算：哪天能够买到油脂，哪件旧外套还可以改成孩子的衣服，夜里听见警报应当带什么东西出门。她不太愿意在孩子面前谈战争，怕他们把每一次远处的爆炸声都想得太严重。实验室同事则常提起伦敦的轰炸和医院的伤员，消息有时互相矛盾，谁也无法在当天弄清全部情况。米莉从来没有把自己的工作称作救人。她只是依照安排清洗、搬运和记录，偶尔在下班路上想着，若是这些陶瓷容器真的有那么重要，为什么做实验的人总还嫌它们不够多。

1941年初，牛津的研究团队正设法从青霉菌培养物中获得足够用于人体治疗的青霉素。霍华德·弗洛里、恩斯特·钱恩、诺曼·希特利以及其他研究人员已经完成了许多工作，动物实验显示出令人鼓舞的结果，但药物生产仍然缓慢。培养需要时间，提取和纯化会有损失，最后得到的有效物质量很少。米莉听见有人讨论以大量培养液换取很少的药物，起初难以理解：那样多的容器，在她手里几乎装满半间屋子，最后却只够支持少数治疗。负责带她工作的技术员把一张记录表摊给她看，上面列着每一批的体积与实际回收量。米莉看了很久，才知道那些看起来相差不大的液体，真正具有的效力可能差别很大。

她最怕夜里临时来人要重新处理一批材料。丈夫早班上工，孩子清晨还得送去照看，米莉总希望能够按时走出实验楼。但一次临时安排需要她帮忙延长工作，她从傍晚忙到很晚，回家时丈夫已经替孩子煮好了晚饭。她站在厨房门口，忽然发现小儿子把自己的纸帽子扣在猫头上，笑得前仰后合。米莉累得几乎抬不起胳膊，却还是跟着笑了。丈夫问工作是不是又出了问题，她说没有坏事，只是大家都在等一样很难做出来的东西。丈夫听了，问那东西值多少钱。她想了一会儿，说现在恐怕不能用普通买卖的价钱计算。

二月，牛津拉德克利夫医院开始对一位病情严重的警察阿尔伯特·亚历山大使用青霉素。米莉并不在治疗现场，她从研究人员的谈话里陆续得知，病人的状况曾经有所改善，然而药物供应实在有限，无法维持所需要的治疗。后来传来消息，亚历山大最终没有活下来。实验室里那天照旧忙碌，旁人说话时却比平常轻了些。米莉问带她工作的技术员，是不是新药没有用。那人沉默片刻，说不能这

样讲，病情一度改善说明药物可能确有重要作用，但他们还没有能力持续提供足够的药量。米莉把这句话记了很久。她从前总以为药要么能治病，要么不能治病，从未想过一种有效的药物还会因为数量太少，而无法把治疗做完。

药物珍贵到连使用后排出的部分都值得再设法回收。米莉第一次听见有人谈起从患者尿液中回收青霉素时，觉得近乎不可思议，后来才知道那确实是当时团队努力减少损失的方法之一。她不再抱怨为什么每一份液体都要写清数量和去向，反倒更留意谁把记录放错了地方。有个年轻助手嫌她过分较真，指着架上的一批瓶子说反正看起来没有区别。米莉听完没有生气，只叫他拿来上一周的记录，一项项核对瓶子里的材料从哪里来、何时取得、按什么程序保存。两个人忙了半个上午，终于弄清一处容易混淆的编号。年轻助手向她道歉，她说不必道歉，以后别再这样就好。

春天，米莉收到一封来自伦敦的信。写信的人是埃伦，她们几年前在一次医院实验室工作人员的培训中认识，偶尔互寄近况。埃伦说伦敦的生活越来越难安排，妹妹诺拉一家暂时搬去较安全的地方，自己仍留在医院工作，最近还得教新来的技术人员如何在忙乱中保持记录完整。她听说牛津正在研究青霉素，便想起1928年圣玛丽医院那只长霉的培养皿。信里没有长篇科学讨论，只写了一句：那时大家都忙着把受污染的东西拿走，谁也没想到多年以后，会有人为了多养出一点同样的霉而费尽力气。米莉读完，把信夹进账本，打算有空便回，却一直拖到月底才写。

六月前后，研究团队开始寻求美国方面的工业支持。米莉在实验室里听说，单靠几间研究室和临时寻找的容器，很难获得临床应用所需要的大量药物。她起初不理解，为什么英国没有办法把这件事自己做好，直到丈夫告诉她，战争期间很多工厂连原料和设备都难以按原计划运转，运输更是处处受限。她这才明白，做出一种药物不仅要靠医生和研究者，也要靠玻璃厂、陶器厂、运输人员以及真正能够扩大生产的工业体系。实验室里那些看似独立的记录表，实际上通向了远得多的地方。

美国伊利诺伊州皮奥里亚的一间研究机构里，年轻技术员卡罗尔正对着一份发酵配方发愁。她过去参与过农业原料的实验，熟悉谷物加工中产生的副产物，却从未料想其中某些东西有一天会和战时急需的药物联系起来。新的工作要求团队寻找能促进青霉菌生长并增加青霉素产量的方法。卡罗尔不太关心牛津实验室怎样讨论科学意义，她每天真正关心的是培养液的组成、容器的状态以及收获时能获得多少有效物质。起初，某些配方让霉菌长得很好，药物产量却并不令人满意；另一些条件下生长看起来没那么显眼，结果反而有所改善。她逐渐发现，不能只凭培养物长得旺不旺来判断一项工艺是否成功。

1941年后，美国的科研机构与药厂逐渐开展大规模生产技术探索，玉米浸泡液等发酵原料及深层通气培养方法发挥了重要作用。卡罗尔工作的车间起初仍带着普通农产品试验的气息，墙角放着装原料的袋子，操作台上有一排排写满日期的玻璃瓶。后来，来访的人越来越多，有人谈发酵罐，有人谈产量，也有人问能否连续稳定地获得合格产品。卡罗尔听着这些问题，才知道自己每天反复调配

和记录的东西，并不只是为了写出一份漂亮的实验报告。若是方法能够真正扩大到工厂规模，远在欧洲的医院便可能获得更多药物。

但扩大生产并不是把几只烧瓶换成一只大桶就能完成。设备里的空气、温度和搅拌条件都需要重新考虑，霉菌的生长状态也会随着培养方式改变。卡罗尔曾经为一批结果不佳的培养物懊恼了好几天，后来发现原先依赖的小规模经验并不能完全适用于新的条件。她与工程人员反复核对工艺，一位年纪较大的机械师甚至比她更擅长判断管道的振动和气流是否正常。她开始习惯向这些不懂显微镜的人请教，也渐渐不再把实验室以外的生产工作看成单纯的附属环节。

1943年，她的部门收到了一批经过筛选的青霉菌材料，旁人谈起寻找高产菌株的故事，其中还提到过一只长霉的甜瓜。卡罗尔觉得这件事听起来很像童话，直到翻开正式的菌株筛选记录，才发现令人兴奋的并不是那只瓜，而是研究人员对不同霉菌株进行系统比较，再通过工艺改进使产量逐渐提高的漫长过程。她把几项结果抄进实验记录，旁边的年轻同事问，既然现在发现了更好的菌株，是不是意味着生产问题已经解决。卡罗尔说还早得很，机器不能因为听见一个好消息就自行运转，药品也不能只凭一项产量指标送进医院。

1944年，米莉已很少再像三年前那样为每一个陶瓷容器挪不开手脚。她仍在牛津做技术工作，能够听到越来越多关于生产规模扩大的消息。战争并没有因此结束，外面仍然有人受伤，仍然有病人在医院等待治疗。药物供应比最初改善，却还受到分配和适应证等

条件限制。一个星期五，医院里有位年轻士兵因严重伤口感染接受治疗。米莉并不参与用药决策，只在给临床科室送材料时路过病房，见到护士正替病人更换敷料。几天后她再次经过，听见那人的体温已经逐渐下降。她没有停下去问病人的名字，只想起1941年那位因供应不足而未能活下来的警察。

那年年底，埃伦从伦敦来牛津办事，顺路到米莉家吃饭。两个人相识多年，却很少真正坐下来谈工作。米莉的孩子围在桌边，争着问伦敦的街道是不是到处都有炸坏的房子，埃伦挑了几件不太吓人的事情讲给他们听。饭后，孩子们去隔壁房间玩，米莉才拿出这些年积攒的实验记录，给老朋友看那些越来越大的培养量和逐渐改进的产量。埃伦仔细翻过几页，说自己第一次见到青霉菌抑制细菌的现象时，最在意的还是那只平皿会不会被误送去清洗。如今想来，这段路走得比谁预想的都远。

她们随后谈起亚历山大。埃伦问米莉，在那次治疗失败之后，实验室里有没有人曾经想过放弃。米莉说当然有失望的时候，但大家更清楚地看见了究竟缺什么：不是一句好听的口号，而是稳定的工艺、足够的产量以及能在病人需要时送到医院的药物。埃伦点点头，把杯子里的茶喝完。战争使她们都老得很快，过去谈戏票和房租，如今却常常先问彼此家里是否平安，交通是否恢复，哪个朋友已经很久没有回信。米莉送她出门时，天已经黑了，街角有人骑着自行车匆匆经过，前灯在墙上晃出一条弯曲的亮线。

1945年春，伦敦的街上还留着战争造成的破损。埃伦走过医院外墙旁一处修补过的地方，听见两个年轻人谈论青霉素，好像那是

一种早就应该出现的药物，其中一人还说，既然霉菌到处都有，为什么过去的人没有早点想到拿它治病。埃伦听了，差点忍不住插话。她想告诉他们，发现与制造不是同一回事，一张培养皿上的现象无法直接替代纯化、试验、生产和分配；也想告诉他们，有些东西在纸上看来很短，做起来却要经历数不清的失败。可她赶着去上班，最终没有停下来解释。

清洗间里一位新来的学徒正把标签贴歪。埃伦看了一眼，替他扶住瓶子，叫他把笔拿稳。年轻人抱怨自己整天忙着给别人准备材料，却不知道这些工作究竟有什么意义。埃伦想到多年以前自己问过的几乎一样的问题，便没有立即回答，只拿出一张已经归档的旧记录，让他看那些日期和处理步骤怎样一路连接到药物供应。年轻人看了半天，说还是太难懂了。埃伦笑了笑，叫他先去把另一排瓶子处理完，等午饭的时候再慢慢讲。

傍晚，医院里又送来一批待洗的器皿。埃伦站在水池边，水汽把窗玻璃熏得发白。她忽然想起1928年那只长霉的平皿，想起父亲因感染而失去力气的手，也想起米莉在信中描写过的那些装满青霉菌的陶瓷容器。医院外面有电车驶过，路面渐渐积起薄水。她把最后一只玻璃瓶放上架子，核对清单上的数量，发现比送来的记录少了一只，便重新沿着水池仔细找去。那只瓶子最后在洗涤架后面被找到，瓶口没有破损，还可以使用。埃伦松了口气，将它放回该在的位置，结束了这一天的工作。

真实历史与科学解读

1940年，牛津团队通过动物实验展示青霉素的重要治疗潜力。1941年2月，严重感染的警察阿尔伯特·亚历山大在接受早期青霉素治疗后病情曾改善，但药量不足，最终未能获救。霍华德·弗洛里、恩斯特·钱恩、诺曼·希特利及其同事推动了药物开发；研究者还曾从患者尿液中回收有限的青霉素。1941年后，美国皮奥里亚研究人员与药厂改进菌株、培养基及深层发酵工艺，大规模生产于1943—1944年间加速。本章的米莉、卡罗尔、埃伦之间的通信、具体患者场景和私人对白均为文学虚构，不应当作真实参与者口述史。

第三卷 · 医学与战争

第二十四章 没有万能药

2026年，中国南方

杜然把一张统计表放到程屿面前时，正好是午饭时间。实验室里只有几个人，窗外那条小路上不断有学生向食堂走去。程屿本来已经合上电脑，准备下楼买一份米饭，看见表里突然多出的一整列数字，又把椅子拉回来。杜然说他按照上周重新核对的病历，把采样前一段时间是否使用过抗菌药物的信息补了进去，结果很不好看。原先在两个研究中心之间差异最大的几种细菌，调整以后变化幅度明显减弱；还有两个本来与疾病分组相关的特征，在排除近期用药者之后不再有那么强的信号。程屿问记录是否完整，杜然摇头，说只有一部分能查清楚，另一些人当时没有留下足够详细的信息，不能凭电子病历里的空白推断他们没有用过药。

程屿看了几分钟，先问他为什么没有给缺失记录单独编码。杜然说自己只是做探索性检查，还没把结果放进正式模型。程屿便让他把原表和修改记录一起保存，再做两种不同假设下的敏感性分析。杜然听完，叹口气，说以前只要某个变量显著，大家便想知道它为什么重要；现在一找到新的信息，原来那些显著结果就少一个。他这句话带着一点玩笑，却没有多少笑意。程屿知道他着急，毕业论文的中期检查已经过去，后面还有很多手续需要准备。但他也知道，暂时看见的统计变化不能靠一句“数据太复杂”搪塞过去。过去

几个月他们不断发现新的记录问题，如果不先处理清楚，再漂亮的结果也可能在另一个数据集里重新消失。

午后，梁静安排了一次与感染科医生的讨论。参会的谭医生负责医院部分感染相关诊疗工作，对微生物检验和抗菌药物使用十分熟悉。他把两份经过规范处理、去除身份信息的临床资料放到桌上，告诉程屿，这些病例并不是为科研模型准备的教科书例子，病人当时要面对的是具体感染和治疗选择。其中一位患者经过检查后需要及时接受合适的抗菌治疗，医生还必须根据病原学证据、病情变化和药敏结果调整方案。谭医生说，如果有人因为担心菌群受到影响，便认为这类患者最好不使用抗生素，那是把问题理解反了。治疗的获益与可能风险必须放在特定情境下判断，不能只从粪便样本里某一种微生物的丰度变化出发。

梁静坐在旁边，没有急着插话。等谭医生说完，她才问程屿，在当前的精神疾病队列里，能否准确区分受试者是因为感染接受治疗，还是由于其他原因使用某些药物。程屿说并不能全部区分。部分记录能够查到明确适应证，但也有不少信息不完整，而且感染、其他健康状况以及药物使用都可能与临床分组有关。他原先希望把抗菌药物暴露作为一个简单的二元变量加进模型，现在看来，这样做至多能够处理一部分问题，不能自动消除全部混杂。谭医生把资料收起来，说最好先决定研究究竟要回答什么。如果要分析药物对菌群的影响，就得把药物类型、时间和适应证尽可能记录清楚；如果要寻找疾病相关微生物特征，也必须考虑这些因素是否可能改变观察结果。

会议结束时已经四点。杜然抱着电脑跟程屿走出会议室，先说自己越来越不喜欢“混杂因素”这个词，随后又问是否应当把所有曾用过抗生素的人都排除。程屿没有直接回答，而是让他算一算排除以后还剩多少人，不同研究中心和不同诊断组的样本比例会变成什么样。两人在走廊里停下，杜然打开电脑，发现某些组别的样本会减少很多，而且排除比例并不相同。程屿提醒他，如果简单删掉这些人，也可能改变原来队列的结构，让新的结果只代表剩下的那部分受试者。杜然看着表格，沉默片刻，说原来想让数据变干净，也不是把不合适的东西删掉就行。

回到实验室，程屿把当天的讨论记在白板一角。白板上原本还写着几个研究任务：跨中心复现、药物敏感性分析、菌株层面探索，以及下一轮随访资料整理。杜然拿起笔，想把“抗生素”单独圈出来，随后又觉得这样写容易使别人误会他们只在研究一种药物，便改成“近期抗菌药物暴露”。两个人为了几列数据讨论了将近一个小时，最后决定由临床团队进一步核对能够追溯的记录，暂时无法确认的部分明确标记，并分别报告完整样本与限定样本的结果。杜然说这恐怕会增加不少工作量，程屿答应帮他联系其他研究中心，但没有保证在一周之内便能处理完。

当天晚上，罗慎把程屿叫进办公室。桌上摆着一份新的项目进展表，已经填写了部分研究成果和下一阶段计划。罗慎问模型是否有希望在年底前形成完整论文，程屿说可以推进，但原先关于诊断预测的部分需要大幅调整。罗慎没有表现出意外，他已经陆续看过研究团队提交的分析报告，知道外部验证存在问题，只是不希望项目永远停在反复检查的阶段。他说若证据不够支持临床预测，也可

以把研究重心转向微生物生态差异与不同临床表型的关系，但必须明确边界，不能把所有可能有趣的方向都堆在一篇文章里。

程屿知道导师说得有道理。过去几个月，他每发现一项问题，便想再增加一组分析，久而久之，论文框架变得越来越庞大，真正能够确定的结论反而没有增加多少。罗慎翻开工作计划，提醒他杜然就快毕业了，不能等所有科学问题都得到回答，才允许学生完成当前阶段的成果。程屿说自己明白，会把已经比较清楚的分析和仍需验证的探索分开安排，让杜然能够完成一份真实、边界清楚的研究工作。罗慎听完，把进展表往他面前推了一点，让他下周之前写出具体时间表，而不是再交一段关于方法应该多么严格的原则性说明。

那天傍晚，杜然把自己准备毕业的时间表发给程屿，里面标着论文预审、数据归档和答辩材料提交的大致期限。原本空着的一列，被他用红色写上“尚待决定”。程屿打开表格，发现杜然将自己最熟悉的分析任务都安排得很紧，却给临床数据核查留了很短的时间。他打电话过去，问为什么这样排。杜然说如果什么都等其他单位先确认，自己恐怕连手头能做的工作也做不完。程屿听得出他语气里有委屈，便没有要求立即重写，只和他一项项区分哪些事情可以独立完成，哪些必须等待合作方提供材料。两个人修改到很晚，最后留下了几条明确的备选方案。杜然说其实最害怕的不是结果不好，而是每天都不知道下一步究竟该做什么。程屿没有说什么鼓励的话，只告诉他明天先把已经核对完的结果整理成可交付的章节，不必等所有问题解决才开始动笔。

杜然挂断电话后，程屿想起自己刚读博士时的一次失败。那时他负责一批数据的整理，几个星期里一直找不到重复样本编号的来源。导师叫他把每一步输入和输出重新列出来，他嫌麻烦，连续换了几种程序，最后才发现错误出在最初的一份人工录入表。如今他经常要求学生保留原始记录，并不是因为自己从未做错，而是因为那些错误曾经让他付出很多代价。想到这里，他打开邮件，给研究中心负责样本管理的同事写了一封尽量清楚的请求，列出需要核查的范围和每项材料的用途。写完后，他把邮件读了一遍，删掉一句可能让对方误以为必须立即完成的催促，才按下发送。

离开办公室时，程屿在楼下碰见叶岚。她刚从一场馆藏交流活动回来，手里提着几份装在纸袋里的复制文献。看见他，她便问关于青霉素那部分展板能否抽空再核对一遍，因为有人把1928年弗莱明观察到抗菌现象与1941年的临床开发写在同一行，仿佛中间只隔着一次简单的纯化实验。程屿听完说，历史时间线确实要拆开，尤其青霉素能否用于患者，取决于后来许多研究与生产工作的积累。叶岚把纸袋递给他，里面有牛津一座科学史博物馆公开展示的早期培养器具与回收药物的图片。程屿看见那些陶瓷容器，想到自己小时候母亲用来做酱的陶缸，不由得多看了几眼。

“你觉得这两种发酵是不是很像？”叶岚问。程屿说当然有相通之处，都涉及微生物在一定条件下生长和产生物质，但目的、工艺控制和产物安全标准相差很大。叶岚说自己并不是要把它们写成一回事，只是觉得书里讲伟大发现时，常忘记有多少普通的生产经验和工艺劳动参与其中。她翻开资料，指出某张图片上的容器看起来并不精致，却曾被用于扩大早期青霉菌培养。程屿说一套技术究

竟有没有用处，本来也不能单凭器具外表判断。两人站在大厅里聊了十来分钟，直到保安准备关掉部分照明，才各自离开。

周末，程屿回了一趟家。母亲正在院子里检查一批已经成熟的酱料，旁边放着两个洗净的空桶。她听说儿子最近研究不顺利，便没有多问，只叫他先去把车上的米和水果搬进屋里。晚饭时，她谈起附近一位老人因肺部感染住院，家里人起初犹豫要不要按医生建议治疗，后来还是及时去了医院。母亲说这种事总不能自己猜，病得厉害的时候还是要听医生的。程屿想起白天和谭医生的讨论，便问她为什么这么想。母亲说，做酱坏了一缸可以再做，人若生病，哪里有那么多机会自己试来试去。她说完继续夹菜，并不知道这句话正好碰到了儿子最近反复思考的问题。

那天夜里，程屿帮母亲把旧陶缸移到墙边。几只缸已经用了十几年，缸沿有细小的磨损，底部也留下难以完全清洗的痕迹。母亲说等明年生意再少些，就把其中两只封存起来，不再用于制作食品。程屿原本想说这些旧器具也许适合做微生物群落研究，话到了嘴边却没有说出口。他知道母亲目前只是想把作坊慢慢收拾妥当，不一定愿意再多承担一项研究任务。他陪着她核对今年已经卖出的货物，又替她把几张手写的发酵记录装进透明文件袋。母亲嫌他做得像整理实验资料，程屿说至少以后翻找方便，母亲便不再反对。

星期一回到学校，杜然正在等他。过去几天，他没有继续优化疾病预测模型，而是按照新的思路检查菌株层面的信息。他指着电脑上一张表说，有两个研究样本里某种细菌的物种丰度差不多，但能够可靠检出的部分功能基因却不一样。程屿问是否已经考虑测序

深度和基因注释质量，杜然说检查了一部分，仍需进一步核实。两人把差异最大的几段序列打开，发现其中一些可能只是覆盖不足造成的缺失，另一些则值得继续研究。杜然本来想立即画一个大型基因交换网络，被程屿拦住，让他先把同一物种内部的遗传差异证据整理清楚。

杜然有些不服气。他觉得微生物遗传交换是个很有意思的方向，既然已经发现了不同样本的基因差异，为什么不能继续推断它们之间发生过转移。程屿说现在还不能这样判断。一个样本里检测到某个基因，而另一个样本没有，不一定代表发生过水平转移；不同菌株本来就可能存在差异，测序质量和注释方法也会改变结果。杜然听了半天，终于把准备绘图的窗口关掉，说那究竟怎样才能知道它们的遗传信息是怎么来的。程屿没有给他一个现成答案，只提议先查阅细菌遗传转化和基因交换的经典研究，再明确现代数据能够提供怎样的证据。

他打开浏览器，准备寻找文献。屏幕上出现一篇1928年发表的旧论文，作者姓格里菲思，讨论的是肺炎链球菌的类型。杜然看了一眼，说自己在微生物学课上读过这个实验的示意图：粗糙型与光滑型细菌、加热处理，以及不同实验条件下的小鼠。程屿点头，说课堂上的图很简洁，简洁到有时会让人忘记，当年研究者并不知道今天这些机制解释。两人约好等把原文读完再讨论，随即把网页存入共享资料夹。窗外午后的太阳照在楼下的树叶上，实验室的空调刚刚启动，杜然的电脑屏幕里仍是一排排尚未核实的序列编号。

真实历史与科学解读

抗菌药物的合理使用可以治疗细菌感染，但其使用与肠道微生物组变化之间的关系，受具体药物、剂量、暴露时间、感染和宿主状态等因素共同影响。观察性研究不能仅凭用药与菌群变化的相关性推断因果；在分析中排除部分样本，也可能改变人群组成。不同菌株具有不同基因组和功能特征，但“两个样本检出基因不同”不足以证明曾发生水平基因转移。本章中研究队列、病历、会议、统计结果和所有现代人物均为虚构，相关讨论不构成个体治疗建议。

第四卷

CODE OF LIFE

生命的密码

八章故事 · 真实历史与科学解读

第四卷 · 生命的密码

第二十五章 死去的细菌

1927—1928年，英国伦敦

亨利第一次把两张培养记录放错位置，是在女儿高烧的那一周。那时候已近冬天，伦敦整日阴沉，天还没有黑，研究室的窗边便需要开灯。他把从不同实验里取来的记录页叠在一起，准备按日期装订，急着收工赶回家，结果把原本属于第二组的纸夹进第一组。第二天早晨，格里菲思核对记录时发现了这一处错误，叫亨利把相关材料重新找出来。亨利知道自己没有理由解释，只好一张张翻看那摞写满缩写和数字的纸。等他终于确定每页的来历，手指已沾上墨水，桌上的茶也凉了。他以为自己会挨骂，却只听见一句提醒：记录若乱了，往后有些结果即使再次出现，也很难说清楚究竟是怎样得到的。

亨利二十七岁，在这间研究肺炎链球菌的实验室担任助手。父亲是邮局职员，母亲年轻时在一家小学校教过书，两个人都希望他能够找到一份不必经常在寒风里奔走的稳定工作。亨利起初也很满意。研究室的工资算不上高，却至少每周可以领到固定的钱，他不用像父亲那样天不亮便出去送信，也不必整天担心街上的车马。真正开始工作以后，他才发现自己仍要为许多事情操心。装有实验材料的容器必须按要求处理，动物观察和培养结果要反复记录，有时同一批样本看起来十分相似，却绝不能凭记忆互相替代。研究者讨

论病原菌的类型，他便必须知道每一项编号对应哪一份材料，即使那些字母和数字在旁人眼里毫无意义。

他的妻子艾达在附近一间服装店做缝补，有时也接邻居送来的零活。女儿萝丝六岁，刚学会在纸上写自己的全名，写到最后总嫌姓氏太长，便偷偷省掉一个字母。亨利每次发现，都会把名字重新写给她看。萝丝抱怨说学校里还有一个女孩也叫萝丝，老师又不是不知道自己是哪一个，为什么非要写那么完整。亨利告诉她，名字写全别人就不容易弄错。说完，他自己也觉得有些可笑，因为研究室里那些病原菌的名称远比女儿的名字复杂，而即使写得再清楚，有时仍会弄错它们之间的关系。

肺炎链球菌的不同类型，在当时已是实验室里经常讨论的问题。某些菌株生长出的菌落表面较为光滑，具有荚膜，在实验条件下表现出较强致病性；另一些失去典型荚膜特征的菌株，则形成表面相对粗糙的菌落。对于亨利来说，最先学会的是辨认那些外观变化。他喜欢把同一天观察的培养记录排在一起，觉得只要眼睛足够仔细，就能够发现不同菌株之间的差别。然而，格里菲思所关心的并不只是菌落平滑还是粗糙。他还要理解不同血清型之间的关系，以及为什么有些细菌在实验中会出现难以解释的变化。

一份来自医院的患者材料，使亨利对这些研究产生了不同于以往的兴趣。那是一位肺炎患者的检验记录，附着简短的病程说明，字迹很急，像是在忙乱中匆匆写下的。亨利按照惯例把它交给负责研究的人员，自己本不需要知道病人的生活，却无意中看见表格边写着“家中另有幼儿”几个字。他立即想起女儿上周的高烧。萝丝

最终只是普通的发热性疾病，经过医生检查与照护已逐渐恢复，并没有得到肺炎链球菌感染的诊断；但那几天她躺在床上，脸烧得通红，夜里总要叫母亲来给自己换湿毛巾。亨利照着平时惯用的方法测量体温、记下时间，发现到了自己孩子身上，一串数字也不能使人立刻安静下来。

研究室里一位年长助手迈尔斯见他最近心神不宁，便问是不是家里出了事。亨利说女儿已经好了，只是自己难免多想。迈尔斯告诉他，做病原学工作总会遇到这种时候，资料上的病名和症状一旦与认识的人联系起来，便不容易像平时那样只把它们当作研究对象。他说话时把一排记录本塞回柜子，动作很快，亨利却注意到其中一本书脊磨得发白，不知道被翻了多少年。迈尔斯在实验室做了很久，见过许多研究问题被提出，又见过一些问题一直没有得到明确答案。他并不喜欢旁人把科研讲成连续不断的伟大发现，觉得大部分日子其实是在等待和核对。

临近圣诞节时，一组实验结果使研究室里的人都格外留意。某些经过处理、已不再具有活性的有荚膜细菌材料，与另外的活菌一起用于实验后，出现了与单独使用它们时不同的结果。亨利最初怀疑编号出了问题，急忙把前几天整理好的记录重新拿出来比较。控制实验的结果相互对照，使这一现象变得更加难以轻易忽略。他看着桌上的记录，想起自己不久前才放错过两张纸，心里十分不安，生怕这一次也只是某种不容易发现的混淆。格里菲思并没有因为结果出人意料便马上作出结论，而是要求继续检查能否从实验材料中获得具有相应表型的活菌，并通过后续观察判断这种变化是否能够稳定保留。

亨利最难接受的是，经过加热处理的细菌明明已失去活性，与另一种活菌放在一起以后，却可能出现新的活菌类型。若只按照他先前理解的办法来解释，活的细菌应当继续产生与自己相似的后代，而死去的细菌似乎不应再改变什么。迈尔斯却提醒他，菌体失去活性并不意味着其中所有物质都凭空消失。亨利听懂了这句话，却仍不知道究竟是哪一种物质发挥了作用，更不知道为什么某些变化能够在后续培养中保留下来。他问格里菲思，是否可能是原先活菌中就存在极少量尚未识别出的另一种类型。得到的回答并不是简单否定，而是还需要从实验设计与结果中尽可能排除这种解释。

实验动物的死亡使亨利难以轻松看待这项研究。最初接受这份工作时，他知道病原学研究有时需要动物实验，但第一次真正负责记录那些结果，仍然不容易把每一项结局看成单纯的数字。有一天，他在观察室里站得太久，回到家连晚饭都吃得很少。艾达问他是不是工作不顺利，他没有详细解释，只说一些实验需要付出自己不太喜欢的代价。艾达并没有急着安慰他，而是把女儿的作业本推到面前，叫他先看看萝丝今天写的字。纸上有几处涂改，名字倒终于写完整了。他看着孩子用力压出的铅笔印，问为什么这次没有少写一个字母。萝丝说老师答应把写对的本子贴在教室门口，当然不能再省。

饭后，亨利陪女儿读一本讲动物的图画书。书里有一种斑点不同的鸟，萝丝问为什么它们长得那么像，却又不是完全一样。亨利说同一类动物也可能有许多差异。孩子又问，若是一只没有斑点的鸟后来长出了斑点，它还算原来的鸟吗。亨利被问住了，艾达在旁边笑，说女儿不过随便想一个故事，不用每句话都拿到实验室里分

析。亨利合上书，答应下次给萝丝找一本更好看的。那天夜里，他躺在床上仍然睡不着。孩子的问题当然不能直接拿来解释细菌，但它让他想起研究中最难弄清的一点：外形的改变究竟意味着什么，怎样才算一种能够延续的变化。

1928年初，格里菲思关于肺炎链球菌类型的研究论文发表。亨利手里拿到的是一本普通的期刊，厚厚的纸页上密密麻麻排着数据、实验描述与讨论。他从头读起，许多地方仍然觉得困难；研究里涉及的不同菌株和实验条件，比他原先记在工作簿上的几条概括复杂得多。读到有关类型转变的部分，他不由得放慢速度，回想起那些不断核对的样品和记录。如今文章已经公开，别人可以根据这些描述提出疑问，甚至用不同方法尝试重复观察，研究室里的工作也因此进入了下一阶段。

迈尔斯问亨利，这篇论文有没有把他们一直想知道的事情全部解释清楚。亨利说没有。结果提示，某种来自已失去活性的细菌材料的作用，可能使另一种活菌获得新的、能够延续的特征；但这种作用究竟来自什么物质，仍然不清楚。迈尔斯说这便是事情最有意思的地方，纸上看似已经写完，问题却比从前多了。亨利没有接话。他仍旧有些不习惯这种感觉，仿佛研究做了那么久，终于得到一份能够发表的结果，转过头却又发现门外还有一条长路。



现代科学示意 · PLATE 08格里菲思1928年肺炎链球菌转化实验的现代逻辑示意。记录现象并不等于当时已经知道转化物质就是DNA。原创矢量绘图 · 本书编辑图版

春天，萝丝在学校得了一个小奖，老师送给她一册新的作业本。她把本子带回家，兴奋地向父亲展示封面上贴着的名字。亨利答应星期日带她去公园，碰巧实验室又有几项观察需要完成，只好请迈尔斯帮忙换一次班。迈尔斯平时不喜欢替别人加班，这次却爽快答应，说自己下周也要请假去看妹妹，到时候让亨利还回来便好。星期日天气难得晴朗，一家三口去了海德公园。萝丝追着鸽子跑，艾达坐在长椅上补手套，亨利看见一群孩子正在水边放小船，便想起自己小时候也做过相似的东西。他忽然发现，过去几个月心里总惦记着的那些实验，竟然可以在一个下午暂时放下。

公园回来的路上，他们经过一处书摊。亨利停下来翻看几本旧杂志，其中一本介绍最新医学研究的文章，标题里有肺炎二字。萝

丝站在旁边，踮脚看那些密密麻麻的字，问里面是不是也有爸爸做的事情。亨利说有一些相近的问题，但不是同一项实验。萝丝又问文章有没有写到自己的名字，亨利笑了，说当然没有。孩子听完有些遗憾，便让父亲下次做实验时把她的名字也写在本子上。艾达在旁边说不要胡闹，亨利却答应可以在自己的私人便笺上写给她看，正式实验记录则必须按照规矩来。

那年夏天，伦敦有时热得让人难受。实验室的窗子一开，街上的灰尘便容易飘进来，关上又闷得人心烦。亨利已经能够熟练地区分研究中涉及的几类记录，也不再因为看到一个意外结果便立刻怀疑所有材料都弄错了。与此同时，他却比从前更重视那些看似枯燥的对照和重复。没有它们，研究者既无法判断观察是不是偶然发生，也很难知道一种解释是否胜过另一种解释。他有时会和迈尔斯争论某个实验结果的意义，争到最后发现两个人对事实的记录并没有分歧，只是对其中可能发生的过程有不同猜测。这样的争论并没有使工作变得轻松，却让他开始喜欢上实验室里那些过去觉得啰嗦的讨论。

秋季的一天，亨利在柜子里翻出一册旧记录簿。那是自己刚来工作时使用的，前几页字写得很大，一些缩写还写错了，后来才慢慢变得整齐。他翻到去年冬天放错记录的那一页，旁边仍留着一处修改痕迹，墨水的颜色和其他地方不太一样。迈尔斯从身后经过，问他怎么突然念起旧账。亨利说想看看自己当时究竟错在什么地方，免得同样的错误再犯。迈尔斯摇头，说人总会出错，关键是不要把不清楚的地方硬写成清楚。他说完便去取新的实验材料，没有留下来继续讲道理。亨利把那页翻过去，发现下一页正好是第一次参

与记录某项类型转变结果的日期。

他把本子合上，望了一眼窗外。街对面的树叶已经开始发黄，送煤的车在路边停下，车夫一边整理绳索一边和守门人争吵。远处的钟声传来，实验室里的同事开始收拾东西，准备离开。亨利原本也答应艾达早点回家，可手里还有几份记录需要核对。他拿起铅笔，把不确定的缩写逐一改清楚，再将不同条件下的结果按顺序放回文件夹。门边的外套已经穿好，他却重新坐下，因为还有一处编号在两份材料里不一致。等他终于找出正确的一份，外面已快天黑。

回家后，萝丝正在桌边画画。她画的是一只很大的小鸟，身上长满不规则的圆点，尾巴却像鱼一样弯曲。亨利脱下外套，问这是什么鸟，萝丝说是一种从来没有人见过的鸟，只有她自己知道它的名字。她指着画上的圆点，告诉父亲这些点明天可能会变成条纹，因为她准备换一支笔重新画。亨利笑着说，那是你把画改了，不是鸟自己发生变化。萝丝想了一会儿，觉得父亲说得没错，便又拿起笔给鸟添了一只脚。艾达端来晚饭，催他们把纸收一收，免得墨迹蹭到桌布上。

饭后，亨利打开公文包，取出当天在实验室核对过的那篇论文。他本来想再看几页，萝丝却坐到身边，指着纸上一串复杂的菌株标记，问那些是不是也有名字。亨利说有，研究者得靠这些名字区分不同类型。孩子又问，假如一种东西后来变得不一样，原来的名字是不是就没有用了。亨利看着她，不由得停了片刻。他还没有把实验背后的过程想得足够清楚，眼下并不愿意给女儿一个自己也无法证明的答案。最后他只是把论文收起来，叫她先把明天要带去学校

的铅笔削好。萝丝不大满意，却还是听话地去找削笔刀。

夜里，亨利坐在厨房桌边写了一封简短的工作便笺，提醒自己第二天再检查几个菌株的记录。纸写到一半，铅笔芯忽然折了，他只好起身去找另一支。窗外雨点打在玻璃上，偶尔有车驶过，轮子碾过积水发出哗的一声。他在便笺最下方写上日期，把它夹进工作簿里，随后关了灯。桌上那篇论文仍然摊在一边，封面看起来与其他医学期刊没有什么分别。亨利不知道二十多年以后人们会怎样解释那些结果，也不可能预先知道哪一种物质最终会被证明与遗传转化有关。他只知道，第二天到了研究室，还有许多需要继续核对的事实。

真实历史与科学解读

英国细菌学家弗雷德里克·格里菲思于1928年发表《The Significance of Pneumococcal Types》，报告了肺炎链球菌类型转变相关实验。其研究显示，在特定条件下，活的粗糙型菌与加热失活的有荚膜菌材料共同作用，可能出现具有另一类型特征且可以继续培养的活菌。实验涉及多个血清型和对照，不能简化成所有“死菌＋活菌”都会转变。格里菲思当时没有确定引起遗传转化的化学物质；将DNA确认为关键转化物质的重要证据要到1944年艾弗里、麦克劳德和麦卡蒂等人的研究才出现。亨利、艾达、萝丝、迈尔斯及其生活经历、对白与具体工作安排均为虚构。

第四卷 · 生命的密码

第二十六章 白色沉淀

1943—1944年，美国纽约

玛丽第一次看见那团近乎透明的沉淀，是在一个下雨的星期二。实验室靠北的窗子没有关严，湿气沿着窗框渗进来，放在窗台上的旧记录卡微微卷起了边。她正按照标签整理刚用完的玻璃器皿，听见隔壁有人叫她去取一盒洁净的离心管。她端着托盘走过去，发现台面上摆着几个细长的玻璃容器，其中一个管底留有少量絮状物，在昏黄的灯光下并不起眼。她以为那是没有洗干净的污垢，伸手便要把它同其他器皿一起收走，站在台边的研究人员连忙阻止，说这一支还要保留，不能动。

她把手缩回来，觉得有些尴尬。过去两个月，她在洛克菲勒医学研究所医院所属的一间辅助实验室做技术工作，最常听到的便是“别动”和“先记下来”。在这儿，任何不起眼的管子都可能属于某个尚未结束的实验，任何看起来多余的一张纸都有自己的来历。玛丽二十四岁，父亲早年在布鲁克林经营过一家修鞋铺，后来因为长期患病，不得不把生意交给亲戚。她原本在夜校学习化学，希望毕业后找一份安稳的工作，战争开始后，城里许多岗位都在招人，她便经人介绍来到研究所，先做器皿清洗和样品登记，后来逐渐学会协助一些常规操作。她知道自己并不是科学家，工资也远不足以让母亲不再为房租操心，可至少每个星期都能寄一点钱回家。

研究所里常有人谈起肺炎球菌。玛丽起初只把它当成一种需要谨慎处理的致病菌，后来才渐渐知道，实验室研究的并不只是它能不能使人患病。不同类型的肺炎球菌在培养条件下具有不同的外观，有的形成较光滑的菌落，有的则缺少典型的荚膜特征。多年前，一位英国研究者发现，某些经过加热处理、已经失去活性的细菌材料，可以使另外一类活菌表现出新的、能够延续的性状。研究者把这种现象称作转化，却迟迟不能确定究竟是什么物质引起了变化。玛丽在夜校课本里读过这个实验的简图，那时她觉得故事已经讲完：有一种看不见的东西，从死去的菌体里留下来，又进入别的细菌，使后者发生改变。可来到这里她才发现，真正困难的地方恰恰在“有一种东西”这几个字上。

她的直接主管是一位叫哈罗德的资深技术人员，个子很高，左手有一道被玻璃划过的旧伤。他习惯把每一种试剂的使用日期写在显眼位置，发现年轻人没有记清编号，便叫他们重新来过。玛丽有一次抱怨，说实验室里的记录比实际工作还费时间。哈罗德没有讲什么大道理，只给她看了一个抽屉，里面塞着几本不同年份的记录簿，纸张已经磨得发软。他说，三个月之后要是有人问起一个结果是怎么来的，最先被翻出来的不是记忆，而是这些本子。玛丽不喜欢他训人的口气，却承认他说得有道理。夜校考试时，她也曾因为把一个试剂的浓度抄错，做出一道看起来计算正确、实际上从第一步便错了的题。

实验室里围绕转化物质的讨论并没有停止。过去许多研究者认为，蛋白质具有复杂多样的结构，更可能承担遗传信息；相比之下，脱氧核糖核酸在当时仍被一些人看作成分相对单调的物质。玛丽

听到这些说法时，总觉得争论与自己手里那些无色液体毫无关系。可她越来越频繁地看到研究人员反复处理样品，想办法去除蛋白质、核糖核酸和其他可能混入的成分，再检查剩下的材料是否仍然能够引起菌株类型改变。有些材料耗费了很久才获得，最后却因为活性不足而被放到一边。她负责核对送出的试剂与样品数量，常在工作簿里看到同一种编号反复出现，后面跟着完全不同的处理条件。

一个星期五傍晚，她照例准备离开，哈罗德却让她帮忙寻找一份早先的记录。两个人在文件柜前翻了半个小时，终于从标错日期的一叠纸里找到需要的页码。玛丽看见记录中同一批来源的材料被分成几份，分别经过不同处理。她忍不住问，既然大家都怀疑DNA，为什么还要花这么多功夫排除别的可能。哈罗德没有立即回答，他先确认了纸上的编号与眼前样品一致，才说：“因为怀疑不是结果。要让别人信服，就得尽量说明别的解释为什么站不住。”玛丽听完笑了，说这倒像警察查案。哈罗德摇摇头，说至少实验室里的管子不会在问话时故意撒谎；当然，管子也从来不会主动告诉你自己曾被谁拿错。

回家时天已经黑了，街上挂着提醒节约物资的宣传画，电车里的乘客挤在一起，许多人提着装有日用品的纸袋。玛丽住在一间狭小的公寓里，与妹妹露丝合租。露丝在一家医院的洗衣间工作，每天要处理大量床单和衣物，回到家时手指总被热水泡得发白。两姐妹晚饭多半是面包、汤和能买到的蔬菜，偶尔有肉，露丝便把一半留到第二天带去上班。哥哥托马斯在军队服役，信总是隔很久才来一封。母亲不愿在电话里谈论战争，只反复问他寄来的信里有没有提到身体不好。玛丽通常说没有，哪怕信里提到的不过是天气和食

堂的饭菜，她也不愿给母亲增加担忧。

那晚吃饭时，露丝看见她袖口沾着一小点干了的试剂，问她是不是又把实验服穿出了门。玛丽赶紧把外套脱下来，解释那并不是危险样品，但还是按实验室要求把工作衣物单独处理。露丝一边收拾餐具一边说，在医院里，人们总把实验室称为研究新药的地方，可她妹妹做了一天工作，回来却只能讲玻璃管和记录表。玛丽说，研究所里的工作有许多种，不是每个人每天都在发明药。露丝笑了，说自己知道，不过她还是希望有一天，妹妹能告诉她一项研究真正救了谁。玛丽没有接话。她想起研究室里那些被反复比较的菌株类型，忽然发现自己也说不清，这项研究将来会与病人的生活产生什么关系。

1943年秋天，关于转化物质的结果逐渐变得更加清楚。艾弗里、麦克劳德和麦卡蒂的研究表明，经过充分纯化的某种活性组分，其化学性质与脱氧核糖核酸相符；在适当实验条件下，极少量这样的材料就能够使原本缺少相应荚膜特征的肺炎球菌产生类型特异的变化。实验中还通过化学分析和酶处理等方法评估蛋白质、核糖核酸及其他成分的可能作用。玛丽没有参加重要实验结论的形成，也没有资格在研究讨论中随意插话；她只是在整理送检样品时，看到一组组处理条件终于能够排出比过去更一致的顺序。研究室里的气氛没有忽然变成庆祝宴会，有的人仍然在担心样品纯度，有的人正在修改论述，另一些人则继续重复此前的实验。

一次午后，她在走廊遇见一位负责文献整理的工作人员，对方抱着一摞打字稿，边走边抱怨其中的词汇越来越难拼。玛丽帮她扶

住最上面的一本，瞥见标题里出现了“脱氧核糖核酸”这个长得几乎放不下一行的词。她说起自己上课时曾学过这种物质的基本构成，却没想到它会成为眼下如此重要的研究对象。那位同事笑她，说科学总爱把最平常的事情说成复杂的词。玛丽本想反驳，又觉得从医院其他人的角度看，这话未必全错。患者会关心发烧能否退去、感染能否控制，而实验室里一群人却正在争论某种细胞成分怎样改变另一个细胞的特征。两件事情之间的距离有时确实很大。

稿件准备投稿以后，玛丽比往常更忙。实验室并没有因为一篇论文写完便停止运行，新的研究还要继续，一批批记录要归档，已经用尽的试剂需要重新准备。哈罗德叫她检查存放多年的几只玻璃瓶，把标签模糊的放到一边，不许自行猜测内容。玛丽捧起一只瓶子，里面的液体已经干掉，只在瓶底留下一层浅白的痕迹。她想起最初见到的那团沉淀，问哈罗德这瓶是否还有保存价值。哈罗德先核对编号，确认可以处理以后才叫她按照规定清洗。玛丽将瓶子放进清洗区，忽然意识到，在她看来几乎没有区别的白色残留，可能属于完全不同的材料；真正使它们能够被辨认的，除了化学检验，还有那些她曾经嫌烦的记录。

1944年二月，研究论文正式刊出。玛丽拿到印好的期刊时，正在等一辆送货车，风把她围巾的一角吹到脸上，她不得不用手压住。文章的标题很长，她在夜校读过几遍仍然不太容易记住，其中最关键的一处写着，转化活性组分是从肺炎球菌中分离得到的脱氧核糖核酸。她把作者姓名一个个看过去，又翻到方法部分，发现许多不起眼的操作被写得极其认真。期刊印刷出来以后，在某种意义上便离开了这间实验室，其他研究者可以根据文中的方法重新判断、提

出异议或者尝试重复。玛丽知道，论文不是法庭的最终判决书，更不会因为印上纸便令所有人立即接受结论。

那天晚上她带着期刊回家，露丝正在修补一件旧外套。哥哥又来了一封信，说部队暂时转移了驻地，天气很差，却没有提到自己何时能够回来。母亲为此整整一天没有胃口，露丝刚刚才陪她通完电话。玛丽把期刊放到餐桌上，兴冲冲告诉妹妹，自己工作的研究所发表了一项很重要的发现。露丝擦了擦手，认真翻了几页，最后还是问：“那是不是能治肺炎？”玛丽停了一下，说不是一种新药，至少眼下不是。它更多是在说明，一些能够传给后代的细菌性状，可能由一种过去没有被充分重视的物质承载。露丝听得吃力，问既然还不能治病，怎么知道它那么重要。玛丽没有像从前那样着急，她拿起一支铅笔，在旧账单背面画了两种菌落的简图，慢慢向妹妹解释那些实验究竟让研究者排除了哪些解释。

露丝并没有完全听懂。她听到一半便站起来，去炉上看快煮干的汤。玛丽趁她转身，把画得歪歪扭扭的两种菌落又改了几笔，发现自己竟然也很难在不说出许多新名词的情况下，把实验讲得准确。等露丝回来，她便把纸翻过去，说以后找一本更容易读的介绍给她。露丝笑着说不用，她愿意相信妹妹在做认真工作，但若是有人问起，她大概只能告诉别人，玛丽每天研究的是细菌留下来的某种东西。玛丽想了想，说这样也不算完全错误，只是还不够清楚。

春天时，哈罗德决定教她一项更复杂的常规分析。玛丽起初以为是因为自己终于表现得足够好，后来才知道研究所里有人调离，工作总得有人接手。她没有失望，反而把新流程抄进随身笔记本，

遇到不懂的地方便查资料。她仍然会把数字写错，仍然会在忙碌时找不到需要的玻璃器皿，只是出错以后不再急着找理由掩饰。一次午后，她核查报告时发现两组记录的日期不符，查到最后，问题出在最初抄写时漏了一个数字。她把问题写在修改栏里，交给哈罗德签名，重新整理好文件夹。窗外已能看到一点新绿，走廊尽头有人推着仪器经过，轮子发出吱吱的声音。

研究所里的争论并没有结束。关于DNA是否足以解释所有遗传现象、肺炎球菌的转化能否代表更广泛的生物过程，仍有许多研究者持谨慎态度。有时玛丽在餐厅里听见年轻学者为此争得很激烈，觉得他们像是在讨论一种尚未盖成的建筑，每个人都相信某些部分已经牢靠，另外一些部分却仍只是图纸。她没有能力判断谁的设想更有说服力，也不需要在其中选一边。她知道自己见过的那些实验结果，并不会因为谁说话更响亮就改变。

六月的一个星期天，玛丽终于收到哥哥从海外寄来的照片。照片里的托马斯瘦了些，却还在笑，手边站着几个她叫不出名字的同伴。露丝把照片放在窗前看了一会儿，又放进家里的铁盒。母亲说，等战争结束，兄妹三人应该拍一张新照片，到时谁也不许因为工作忙而缺席。玛丽答应下来，没有说自己下周可能还得连着工作六天。傍晚她坐在桌边继续读那篇论文，铅笔在页边留下许多细小的记号，读到一半，又停下来给母亲写信，问她父亲留下的那只修鞋木箱是否还在。母亲回信说箱子当然还在，谁也舍不得扔，只是里面的钉子已经生锈。

第二天清晨，玛丽照常乘电车去研究所。雨后路面尚未干透，车窗上映着一排商店和行人的影子。她在座位上把笔记本翻到空白的一页，写下新的日期和当天需要核对的样品编号。那篇改变了许多人对遗传物质看法的论文，正随着邮袋运往其他城市，而她仍要在九点之前把几只干净的玻璃瓶送到指定房间。电车到站时，她合上本子，抬头确认站名，随后随着人群走下车。她没有看见自己后来会在多少本教科书里读到的故事，只觉得这个星期工作恐怕又要很忙。

真实历史与科学解读

1944年2月1日，奥斯瓦尔德·艾弗里、科林·麦克劳德和麦克林·麦卡蒂在《实验医学杂志》发表肺炎球菌转化物质的关键论文，提出具有转化活性的纯化组分主要、乃至可能完全由DNA构成。研究结合化学性质、酶处理和转化实验提供证据，但并未在发表当天消除所有争论。玛丽、哈罗德、露丝和托马斯及其经历属于虚构；文中的辅助岗位、私人对话和具体操作细节为文学重构，不应视为论文作者的实验室口述记录。

第四卷 · 生命的密码

第二十七章 交换

1946年，美国纽黑文

丹尼尔回到大学的第一天，先在走廊里迷了路。春天的纽黑文依然有些冷，石砌建筑之间的风吹得人缩起肩膀。他拿着一张写满房间号码的纸，在同一条走廊来回走了三次，最后终于遇见一个抱着玻璃器皿的学生，才知道自己一直把楼梯所在的方向记反了。两年前，他在军队里能够凭着一张模糊的地图找到临时营地，如今却连一间大学实验室也找不到。他觉得好笑，又觉得这似乎是回到平常生活之后必须重新学会的事情。

他二十六岁，离开学校已经很久。战争之前，他在父亲经营的杂货店帮忙，一边读书，一边盘算自己将来要做什么。战争打断了这些计划，退伍以后，家里希望他尽快找一份能够挣钱的工作，最好回到店里帮父亲扩大生意。丹尼尔却越来越不愿意每天只记着货物和价钱。他经历过病房、补给仓库和长期转运，见过伤口感染给士兵带来的痛苦，也听过医务人员谈论新药怎样改变某些感染的治疗结局。那些经历没有使他突然成为一个坚定的科学家，却让他重新考虑，自己是否愿意把余下的岁月完全花在清点商品上。

父亲并不赞成他重返学校。老杂货店最近刚刚恢复一些生意，街上的竞争比从前激烈，父亲的膝盖也越来越不好。他说家里并不

反对丹尼尔读书，只是读书总得有个期限，不能到了快要三十岁，还不知道明年靠什么生活。母亲倒没有责备儿子，只是替他把旧皮箱里的衣服重新叠好，临走时放进一罐自己做的果酱。丹尼尔想把果酱留在家里，母亲却说宿舍里的伙食未必好，带去至少能吃上几天。他只得收下，提着箱子上了火车。

大学里的一切似乎都在提醒他自己来晚了几年。许多年轻学生谈起课堂内容时语速很快，仿佛从不怀疑自己能够顺利完成学业。丹尼尔重新拾起基础课程，却发现从前学过的化学知识忘记了不少，几道简单的计算题也要反复核对。他开始在一间研究细菌遗传的实验室承担部分辅助工作，最初做的是清理操作台、登记培养材料和准备常规用品。他没有资格单独处理所有实验，遇到需要特殊技术和安全要求的环节，必须由受过训练的人操作。这些规矩让他安心，因为他知道自己既不熟悉这里的器具，也不了解研究者讨论的全部问题。

他在实验室认识了露西尔。她比丹尼尔年轻两岁，正在完成研究训练，对细菌培养和遗传学文献都很熟悉，说起某项实验时总是先检查对照，再讨论结果。她在这里工作得很久，比丹尼尔更明白哪些事情必须当场记录，哪些问题可以留到下一次组会讨论。丹尼尔有时会问出一些课本上已经写明的问题，露西尔从不嘲笑，只把相关材料递给他，让他先读完再来问。如果他连读过的内容也说不清，她便会毫不客气地指出来。两个人很快形成一种不太对称的合作关系：丹尼尔负责一些繁琐的准备工作，露西尔则耐着性子帮他找出最基本的错误。

那时，实验室里正在研究不同营养需求的大肠杆菌菌株。丹尼尔最初不明白，为什么有人要故意使用不能在某种培养条件下正常生长的细菌。露西尔把几份培养记录放在他面前，告诉他，一类菌株缺少合成某些生长所需物质的能力，另一类又有不同的营养缺陷。把它们分别放到缺少补充营养的培养基里，通常便无法形成可见菌落。研究人员关注的是，当两种菌株按特定条件混合培养以后，是否会出现原来分别培养时很少见到的生长类型。丹尼尔听完，第一反应是这难道不是两种细菌互相提供了缺少的营养。露西尔说，正因为存在这样的解释，才必须设计对照并检查后来得到的菌落能否稳定延续相应特征。

实验进行了许久。丹尼尔每天帮忙整理培养基和记录表，见过大量平静得令人失望的结果。两组菌株单独培养时，有时根本没有菌落，有时偶然出现极少量异常生长，需要继续查明原因；混合培养后的结果也并非每次都能够立即解释。研究者必须排除样本混淆、污染、不同菌株之间的营养互补，以及偶发回复突变等多种可能。丹尼尔在一旁记录时，总忍不住盼望哪个培养皿里能出现特别的变化，露西尔却常叫他先看同批次的对照，说只有两边放在一起，所谓特别才有意义。

有一回，他发现一只培养皿上出现了几个细小的菌落，兴冲冲叫露西尔过来看。露西尔没有立即表示赞同，而是问这只培养皿是哪一天做的，用了哪两份菌株，是否属于混合实验，以及原始记录能不能对得上。丹尼尔刚说到第三项便停住了，因为他只记得盘子上有一串缩写，没有把旁边那张纸翻出来。露西尔把记录找齐后，才告诉他，这样的结果确实值得继续检查，但不能仅凭几处生长就

宣布发现了细菌之间的遗传交换。丹尼尔的兴奋慢慢平静下来，他却没有觉得扫兴。几个小时以后，他终于明白自己看到的不过是问题的开端，甚至连那些菌落是否真有新的遗传特征都还没有确认。

他们偶尔会在学校食堂一起吃午饭。露西尔喜欢带一本薄书，有空便翻几页，丹尼尔则总把作业纸塞进外套口袋，吃饭时拿出来纠正。一次，她问他为什么不直接回家经营杂货店，至少那份工作比实验室稳定。丹尼尔看着盘子里快冷掉的土豆，说父亲也这样问过。他没有给出很漂亮的答案，只说自己从战争回来以后，见到的许多东西都变得陌生，连从前认为理所当然的事情也需要重新想一遍。露西尔听完，点点头，说她明白一部分，但并不认为做研究就能使一个人重新找到全部答案。丹尼尔笑起来，说自己也不这样想，他不过希望每次走进实验室时，知道手里做的事情为什么值得做。

初夏的一天，父亲寄来一封信，里面夹着杂货店新购入的货品清单。父亲说街角另一家店最近扩了门面，如果丹尼尔暑假回去，正好能帮忙整理仓库和重新盘账。信的最后还添了一句：“你的功课要是太难，就先回来，不用为难。”丹尼尔把信读了两遍，折起来放进桌抽屉。他知道父亲关心自己，却也知道父亲盼望自己最终承认回到家里才是最稳妥的选择。那晚他给父亲写回信，答应暑期抽空回去一周，但不打算停止学习。写完以后，他把信纸放到一边，继续做第二天要交的化学题，算到一半又把前面一项数字全部划去重算。

随着实验记录积累，混合培养中出现了新的、能够继续传代保持某些遗传特征的细菌类型。研究者开始严肃考虑，这些结果是否

意味着大肠杆菌之间存在某种遗传重组过程。对于长期习惯于把细菌看作主要通过分裂延续自身特征的人来说，这并不是一个小变化。丹尼尔最初只觉得新菌落能够长出来实在有趣，后来逐渐懂得，重要的并非某一只培养皿里多长了几粒东西，而是不同菌株所携带的遗传性状，似乎可以在后代中以新的组合出现。

七月里的一次组会后，丹尼尔和露西尔坐在台阶上，争论一篇有关细菌突变的旧论文。丹尼尔说，既然不同菌株都可能自发发生遗传变化，是否必须假设它们彼此交换了什么。露西尔说这正是对照和概率分析的重要性，不能把所有不寻常的后代都归因于同一个机制。她并没有假装自己已经知道完整答案，反而承认，现有证据仍需要通过后续研究进一步澄清。丹尼尔听了半天，突然觉得自己从前对科学论文有一种不切实际的期待，总以为作者写下结论时，心里一定已经没有疑问。如今他发现，越是重要的研究，越有可能在文章最后留下难以立即解决的问题。

暑假回家时，父亲正在店里盘点罐头。丹尼尔把行李放下，卷起袖子便去帮忙，仿佛从未离开。父子俩并排站在木架前，把货箱上的数量一项项写进本子。父亲并没有立即追问学校的事情，只说新来的送货员不太可靠，经常把本应送往另一家店的东西搬错。丹尼尔帮着重新核对几箱货，发现其中有一箱标签已经被水浸湿，便建议以后对类似情况做单独记录。父亲笑他说在学校学了半年，回家倒更爱折腾账本了。丹尼尔也笑，却没有告诉父亲，实验室里连一支玻璃管的来历都可能要追查很久。

晚上，父亲终于问起他在大学究竟研究什么。丹尼尔拿出一张自己画的示意图，说他们正在研究细菌的遗传特征。父亲以为细菌只会越生越多，不明白还需要研究什么遗传，便问它们难道也会像人一样成家生孩子。丹尼尔摇头，解释细菌的分裂与人的繁殖不同，但实验提示某些遗传特征可能在不同细菌之间重新组合。他说得谨慎，父亲却越听越糊涂，最后只问这门学问能不能找到工作。丹尼尔没有生气，说应该可以，只是还需要继续学习。父亲不太满意，便把灯调暗，叫他明早跟自己去仓库。那天夜里丹尼尔躺在旧床上，听见楼下有人整理货箱的声音，突然觉得自己已经离家很久，又像从来没有真正离开过。

返回纽黑文时，露西尔正在校对一份新稿件。她抬头看了看丹尼尔带回来的果酱，笑他每次回家都像是去采购。丹尼尔把果酱放到她桌边，问研究进展如何。露西尔说一些关键结果正在整理，大家还要反复检查用词，特别是不能把尚未确定的作用机制写得过于具体。她让丹尼尔看一段有关遗传重组的表述，问他是否能区分“观察到具有新遗传组合的类型”和“已经知道遗传信息怎样转移”这两句话。丹尼尔读了许久，终于明白其中的差别。过去他读到“发现”二字，总觉得意味着一件事从此水落石出，如今他知道，重要发现也可能只把新的事实放在人们面前，至于事实背后的机制，还得等待另一批实验。

1946年十月，莱德伯格与塔特姆关于大肠杆菌遗传重组的简短论文见刊。丹尼尔见到那一页时，第一反应是文章比自己想象的短得多。此前研究人员为了准备和核查实验花费了大量时间，结果印成期刊，却只占很少的篇幅。他把那页纸放到桌上，端详标题里的

“遗传重组”，心里生出一点奇怪的骄傲，仿佛自己虽然只是做过辅助工作，却也亲眼见证了一段值得保留的研究过程。然而，他没有把这份骄傲讲给谁听，因为论文作者名单并没有他的名字，实验真正的概念与设计也并非来自他的工作。他知道自己应该分清参与劳动与作出发现之间的区别。

晚上，露西尔与几个同学在食堂讨论论文。有人说细菌既然能够发生遗传重组，往后也许可以用它们研究更多遗传问题；另有人提醒，具体过程仍不清楚，不能把这一现象直接等同于更复杂生物的繁殖方式。丹尼尔坐在旁边，偶尔插上一句，更多时候只是认真听。他想起父亲问过的那个问题——这门学问究竟能不能找到工作——忽然觉得，至少现在他愿意继续学习，不论工作会在什么时候到来。

秋末，丹尼尔在实验室清理一排旧培养架时，找到自己入校第一周写的记录。那张纸上有几处明显的拼写错误，某一项培养条件还因为记不清而被他划了又改。他把它拿给露西尔看，两个人都笑了。露西尔说你如今总算知道为什么要留原始记录了。丹尼尔将纸重新夹进文件夹，又想起当初回到大学时自己在走廊里迷路的情景。那时候他急着找到正确的房间，如今他每天都走同一条路，却经常被新的问题带到完全不熟悉的地方。

第二天早晨，他收到父亲寄来的一张明信片。上面没有催他回家，只写着店里换了新招牌，生意还算不错，等圣诞节回去，可以帮忙看看新账本。丹尼尔把卡片放在书桌上，趁上课前又翻了一遍细菌遗传学笔记。纸上画着两种不同的菌株，箭头指向一种新的组

合。他知道那条箭头只是为方便理解而画出的符号，不能代替真正的过程。于是他在旁边写下一句提醒：目前还不知道全部机制。写完以后，他关上本子，拿起外套去上课。

真实历史与科学解读

1946年10月19日，约书亚·莱德伯格与爱德华·塔特姆在《自然》发表《Gene Recombination in Escherichia Coli》，报告混合培养营养缺陷型大肠杆菌后出现新的遗传组合，支持细菌中存在遗传重组过程。当时尚未完整阐明后来细菌接合的具体机制，更不能将这一结果与转化、转导及全部水平基因转移机制混为一谈。丹尼尔、露西尔及其辅助工作、家庭经历和对白均为文学虚构，不代表真实论文研究组的个人记述。

第四卷 · 生命的密码

第二十八章 被折叠的谱系

2026年，中国南方

杜然把电脑搬进会议室时，屏幕上还开着一张没有保存的图。那是他连续三天整理出来的菌株遗传差异网络，许多颜色不同的节点被细线连在一起，中央有一片交错得格外密集。乍看之下，它确实像一张足以成为论文主图的复杂网络。他把电脑接上投影仪，等亮度稳定以后，回头看了看程屿，似乎在确认对方有没有注意到图上的细节。程屿先把窗帘拉上一半，又走到屏幕前，问他能不能从原始数据开始讲。杜然有些意外，指着中央那一片密集连接说结果最有意思的地方就在这里，程屿却让他先关掉网络，把之前的样本表打开。

两个人已经这样讨论过好几次。自从疾病预测模型的独立验证结果不理想以后，杜然一方面继续完成临床资料核对，一方面尝试分析同一微生物物种内部的遗传差异。他觉得自己终于找到了一个可能更有价值的问题：有些受试者的菌群组成看起来很接近，但检测到的基因组成却并不一致。如果这些差异能够联系到不同疾病状态或临床表型，也许就能解释为什么原来的物种丰度模型不够稳定。程屿认可这个研究方向，却始终不愿意让他直接把所有差异解释为遗传交换。越是这样，杜然越觉得自己前几个月的努力像是不断被推回起点。

屏幕上出现一张样本表。两个样本的某个优势物种丰度相近，经过相同流程处理后，一组候选功能基因却只在其中一个样本里被可靠检测到。杜然把数值放大，告诉程屿，他已经排除了最明显的低质量序列，还找到几段与候选基因相关的组装片段，其中一段附近还有疑似移动遗传元件相关的注释。程屿听完，没有立即否定。他让杜然依次显示两个样本的测序深度、基因组覆盖情况、片段长度以及同源序列的比对结果。表格切换到第三页时，杜然停住了，因为两个样本的覆盖分布差异比他记得的更加明显。

“这个位置在第二个样本里到底是没有，还是没测到？”程屿问。杜然放大了一张覆盖图，承认现在还不能区分。有一部分区域的读段数量很少，旁边又存在相似序列，参考数据库中的几个近缘菌株也并非完全相同。他原先看见基因丰度矩阵里写着零，便自然把它理解成“缺失”，现在重新回到原始读段，发现那个零更像是某种推断结果，而不是可以直接看见的事实。程屿让他把图存下来，标记为“未可靠检出”，不要简单归到“基因不存在”的一类。杜然照做了，但神情并不轻松。

中午，两人到食堂吃饭。杜然端着饭坐下，过了半天才说：“我知道你讲的都对，可我们再这么查下去，最后恐怕什么都不剩。”程屿把筷子放下，问他究竟想剩下什么。杜然有些急，说自己已经快到毕业的最后一年，研究不是不能复杂，但总该有几个能够写进论文的清楚结论。他看着程屿，忽然问：“你是不是觉得只要模型没做成，我们之前的研究就没有价值？”程屿怔了一下，说自己从没这样想过。杜然却没有立刻相信，低头拨弄盘子里的米饭，隔了好一会儿才说，如果再新增一个方向，他真的不知道什么时候才

能写完毕业论文。

下午的组会比预计时间更长。杜然把分析结果重新讲了一遍，这次没有先展示那张漂亮的网络，而是从不同队列的样本组成和数据质量开始，逐步说明哪些差异在现有证据下可以成立。另一名同学问他，为什么不把所有候选水平基因转移事件画成一张总图，这样读者更容易看到微生物群落内部的复杂性。杜然还没开口，程屿先问：这些候选事件的供体与受体怎么确定，是否排除了组装和分箱错误，又有多少证据能说明它们发生在当前研究人群之中？会议室里安静了一会儿。有人说目前还没有做到那个程度，图也可以注明“推测”。程屿点头，说当然可以提出假设，但图中每一条边代表什么必须讲清楚，不能让读者误以为研究已经重建出实际发生过的遗传转移路径。

罗慎一直坐在桌子另一端听，没有打断。等杜然汇报结束，他才问现在最确定的发现是什么。程屿回答说，部分微生物物种内部的基因组差异有较可靠的证据，其中一些与不同临床状态呈统计关联，但这种关联能否跨队列稳定、相关序列究竟归属哪个菌株、是否涉及水平转移，都还需要分别验证。罗慎听完，把笔轻轻敲在本子上，说这些话本身没有问题，只是不能把一篇论文写成一份永远没有结束时间的调查报告。他让程屿把研究目标分成两个部分：一部分是当前数据已经能够支持的群体和菌株差异分析，另一部分是后续需要独立数据或实验验证的机制假设。杜然的毕业工作先围绕第一部分完成，不再临时增加必须完成的大型新任务。

杜然听到这里，肩膀明显放松了一点。程屿却觉得有些不舒服，他意识到自己近来总要求学生再检查一个问题、再补充一项验证，却没有把哪些工作真正属于当前阶段说得足够清楚。他曾在导师面前承诺要给杜然一份可执行的时间表，如今计划写了好几版，仍然随着每次新的发现发生变化。罗慎看了他一眼，似乎知道他在想什么，便说科学问题可以继续探索，培养学生却不能只靠探索的热情。程屿没有争辩，表示会在本周内把毕业论文最少需要完成的内容明确下来，并与杜然逐项确认。

散会以后，杜然没有立即走。他关上投影仪，在空白的白板上画出三列，把“现有证据”“需要复核”和“后续假说”写在顶部。程屿走过去，帮他把几个已经完成的任务放到左边，又把仍缺少临床信息的分析列到中间。写到“基因转移网络”时，杜然犹豫片刻，最终把它挪到了第三列。他盯着那几个字看了一会儿，问是不是以后都不做了。程屿说不是，只是现在不把它当作必须在本篇论文里证明的结论。杜然想了想，拿起笔在旁边写上“保留原始结果，不宣称方向”。白板上的字很快排满，两个人退后几步，发现原来复杂得几乎无从下手的工作，终于能够分出先后。

接下来的几天，程屿把时间主要花在核对不同数据表示的含义上。相对丰度来自测序读段与参考序列的分析，不同方法对近缘物种的区分能力不同；候选基因的检出依赖覆盖程度和注释标准；组装出的片段并不一定可以直接归到某一个完整菌株，更不能因为附近有转座酶相关序列，就认定在某个患者体内发生过基因转移。他把这些问题写进方法记录里，尽量用简洁的文字解释为什么某些结果被保留、另一些暂不进入主要分析。写到后半夜时，他忽然意识

到，自己过去最想从数据中得到的，是一个能让故事迅速清楚起来的答案；现在他花费更多时间的，却是把那些尚不清楚的地方单独留下。

梁静那周来学校参加一个临床研究会议，顺便带来几个中心核对后的药物记录。她发现程屿的桌上堆着打印出来的序列比较图，便问研究是否又有了新进展。程屿挑了一张相对容易理解的图给她看，说明同一微生物物种可能包含多种具有不同基因组成的菌株，单靠物种丰度不能完整描述这些差异。梁静听完，问如果两个患者携带不同的菌株，是否就能据此解释他们症状为什么不同。程屿说现在还不能这样判断，最多是提出值得进一步检验的问题。梁静点头，把带来的临床资料放到桌上，提醒他，即使把微生物分辨率提高到菌株和基因，也仍然需要考虑病程、治疗和个体环境差异。

她谈起林晓最近一次随访的情况。林晓的日常生活比几个月前稳定了一些，开始重新安排工作和运动，却仍然在某些日子里感到疲惫。程屿没有要求查看超出当前研究批准范围的个人信息，只问已获同意用于分析的随访数据是否已经完成整理。梁静说还在核对，部分量表需要重新检查录入，并提醒他不要因为某个受试者随访前后菌群发生变化，就把临床状态的改变归因于肠道微生物。程屿说自己明白，随后却发现这几个字出口太快了，便补充问起随访时间与采样窗口是否一致。两个人又核对了半个小时，直到梁静必须回医院才结束。

傍晚，程屿给母亲打电话。母亲正准备把几只不用的陶缸搬进储藏室，问他下个月能否再回来帮忙。程屿看着自己的工作日历，

发现每个周末几乎都被会议、论文和学生讨论占满。他本想说以后再看，话到了嘴边，却改成先回去一天，其余的事回来再补。母亲高兴了，说不必带东西，家里什么都有。他挂断电话以后，又想起上次帮她整理发酵记录时看见的几本旧册子。纸上记着原料批次、天气和大致时间，有些地方写得很清楚，有些只是母亲自己才看得懂的缩写。程屿忽然很想把那些记录再翻一遍，却不是为了立即安排一项研究，而是想知道母亲这些年究竟怎样记住一批又一批不完全相同的原料。

周末回家，他看见旧陶缸已经排在院子一侧。母亲正用刷子清理一只缸沿，动作很慢，时不时停下来捶捶腰。程屿把外套脱下，接过刷子，按母亲的指点把残留的酱料清洗干净。两个人忙到中午，母亲拿来一本旧账，想让他帮忙核对今年的货款。程屿翻开以后发现，早些年的记录有些细节十分完整，同一种原料还会注明来自不同村镇；后几年则简略许多，母亲说那时候生意太忙，实在记不过来。他问母亲如果两批酱味道不同，能不能靠记录找出原因。母亲想了想，说有时能，有时找不出来，天气、豆子、用水和照看的工夫都有影响，单靠一本账也不可能把所有事情都讲清楚。

饭后，母亲拿出一只旧陶碗，让程屿尝新做好的酱。他先尝了一口，又尝了另一只碗里的旧批次，觉得两种味道确实有些差别，却说不出全部原因。母亲问他哪一碗更好，他犹豫片刻，说自己更喜欢第二种。母亲笑起来，告诉他亲戚家几个孩子恰好更爱吃第一种，所以今年准备两种都留一些。程屿听完，没有像从前那样急着说哪一种更加标准。他只是把碗放下，帮母亲把标签贴好，防止过几天分装时弄混。到了傍晚，他把几只不用的陶缸搬进储藏室，留

下母亲仍打算继续使用的那些。

星期一回到实验室，杜然已经交来一份新的分析说明。说明比以前短了不少，除了保留的菌株差异结果，还附着一张表，逐项记录不同发现受到哪些技术限制影响。没有证据的地方写着“待验证”，在其他中心没有稳定复现的结果也没有被藏起来。程屿看完，问他是不是觉得这样写太保守。杜然说一开始很不喜欢，可写完后发现，至少别人若提出质疑，他知道该从哪份数据和哪条处理记录开始回答。他又补了一句：“而且这样我真的有机会按时把毕业论文写完。”程屿笑了，答应当天就把最需要修改的部分反馈给他。

两人重新讨论了研究中的进化关系。传统的物种树可以帮助理解细菌谱系，却不足以独立描述所有基因的历史；不同基因可能具有不同的演化轨迹，一些差异还涉及基因获得或丢失，以及尚不能确定的遗传交换过程。杜然在屏幕上画出一棵简化的树，又把几个候选基因的位置标上去。原先那张密密麻麻的网络被关在另一个文件夹里，现在画面清楚得多，却也留下了一些空白。杜然说如果把树画得太整齐，读者可能会以为每个基因都按照同样的路线往下传。程屿说那便在图注里说明哪些是物种谱系的推断，哪些是单独的基因证据，空白的地方不用想办法填满。

下午四点，叶岚给程屿发来一封邮件，询问是否愿意帮她检查展览中一张有关遗传研究的时间表。附件里除了1944年肺炎球菌转化物质的论文、1946年大肠杆菌遗传重组的研究，还有几张二十世纪五十年代初期的黑白图像。程屿打开其中一张，看到深色背景上交叉展开的衍射条纹，起初还没认出是什么。叶岚在说明里写道，

这些影像与DNA结构研究有关，其中一幅著名图像的制作过程和后来的传播经历，至今仍是科学史讨论的话题。

他把邮件转给杜然，让他下次组会前先读一读原始论文。杜然回了一句，说DNA双螺旋不是中学课本里早就讲明白了吗，还有什么值得读的。程屿想起自己刚刚删掉的几条过度明确的基因交换箭头，回复道：“模型讲明白，不等于它最初怎么被证明的也讲明白了。”发完消息，他没有继续讨论，只把衍射图像放大，慢慢看了几分钟。那些交叉的暗纹看起来不像任何一种他平时使用的生物信息学图，既没有物种名称，也没有基因注释。他知道其中必定包含关于分子排列的信息，却还不清楚，当年的人究竟要经过多少推断，才能从这些模糊的斑点里建立一个可信的结构模型。

傍晚的阳光透过窗帘缝隙，落在电脑旁的打印纸上。程屿关掉图片，重新打开杜然提交的分析说明，准备完成最后几处批注。门外有人经过，谈论晚饭应该去哪里吃，声音很快消失在楼梯间。他把一行写得过于确定的句子改成了更准确的表述，又在旁边加了一条需要补充的数据质量说明。最后，他将修改稿保存好，发还给杜然，没有再去打开那张漂亮却证据不足的基因交换网络。

真实历史与科学解读

本章的程屿、杜然、罗慎、梁静、叶岚及现代研究项目均为虚构。宏基因组测序可用于分析微生物群落组成、菌株差异和候选基因，但“未检出”可能受测序深度、比对、组装、分箱与参考数据库等因素影响，并不总等于真实缺失。同一物种内的基因差异不能单独证明发生了水平基因转移；识别遗传转移需要结合序列、基因组

背景、系统发育、移动遗传元件及其他证据，并区分历史事件推断与当前个体内的实际传播。小说所述病人及随访信息不对应任何真实临床资料。

第四卷 · 生命的密码

第二十九章
一张尚未完成的照片

1952—1953年，英国伦敦

伊芙琳在暗房里弄碎第一块玻璃底片的时候，差点把午饭也吐出来。那天早晨，她奉命清点存放影像材料的木盒，架子上有一盒旧底片因为潮气粘住，取出来时一角碰上桌边，发出轻而脆的响声。她赶紧关上门，把碎片收进专门的容器，又在记录簿上写明损坏的编号。她原以为会受到严厉责备，负责器材管理的老职员却只是让她先看清损坏的是哪一份，又核对了盒上的日期。那是一张已经完成登记的旧测试片，虽不能再用于展示，相关结果仍有记录保存。老职员叫她把事情经过写完整，随后送来新的底片继续工作。伊芙琳站在洗片水槽前，手心出了汗，直到水龙头里冰凉的水流过指尖，才慢慢缓过来。

伊芙琳二十五岁，住在伦敦南边一间与人合租的公寓里。父亲是邮局职员，母亲在一家学校食堂工作，家中还有一个正在学机械的弟弟。战争结束已经多年，城市里的许多地方仍留下修复和重建的痕迹，食品配给制度也没有完全成为过去。伊芙琳小时候喜欢照相，曾把攒下的钱交给一家街角照相馆，请师傅教她辨认底片的正反面，学会观察冲洗时间与显影温度怎样改变成像效果。后来她在

学院附近找到一份与仪器和影像记录有关的技术工作，工资不多，却让她第一次能够经常接触科研设施。母亲听说女儿要在暗房里工作，最关心的却是她能不能准时下班，以及那地方的化学药水会不会弄坏衣服。

她的工作地点在伦敦国王学院的一处研究设施附近。每天清晨，她从拥挤的电车下来，沿着石板路走进大楼，先检查前一天交来的器材，再按规定准备干净的底片、登记单和包装材料。她服务的几个研究小组各有不同需要，有的人研究蛋白质，有的人关注纤维状材料，还有人正在用X射线衍射研究DNA。伊芙琳对后者所知不多，只记得研究者要求严格控制样品状态，有时还要为了得到一张清晰的衍射图像等待很长时间。她第一次听见“衍射”这个词，以为不过是某种特殊的照相方法，后来才发现，底片上的明暗斑点并不是物体像人脸那样留下的影子，而是X射线与材料内部规则排列之间相互作用形成的图样。

那个春天，研究楼里经常有人讨论DNA。伊芙琳早先听说过这种物质与遗传有关，真正开始接触相关研究材料以后，却发现不同实验室关心的问题很不一样。有的人想知道DNA怎样储存遗传信息，有的人正在研究其中各种化学组分的比例，也有人更关心分子在空间中究竟怎样排列。她一开始觉得这些问题离日常生活十分遥远，可当她看到研究者为了一张图像反复调整湿度、纤维方向和曝光条件时，又不得不承认，这些困难具体得很。装置的位置稍有偏差，拍摄便可能白费；样品中的水分不同，得到的图样也可能发生显著变化；即使图像清晰，研究者仍然需要复杂的计算，才能判断分子结构是否符合观察到的规律。

罗莎琳德·富兰克林在这座学院开展X射线衍射研究，雷蒙德·戈斯林是与她合作的博士研究生。伊芙琳不是他们研究组的一员，也没有参与关键科学推断，她只是偶尔在走廊遇见匆匆经过的研究人员，看到有人抱着装有仪器零件的木盒，或在登记单上写下取用影像材料的日期。她对富兰克林最深的印象，并非来自某次著名的讲话，而是同事们谈到那位研究者时，总会提起她对实验条件要求严格。研究中对DNA样品的含水状态作了细致区分，较高湿度条件下得到的B型图样，与较低湿度下的A型图样明显不同。伊芙琳曾把两类图像拿在手里看，觉得它们不像来自同一种材料，却不敢因此认定自己懂得其中的分子差别。

五月的一个上午，伊芙琳看见一位负责X射线设备的职员拿着长时间曝光的登记卡从走廊经过，便顺口问为什么需要占用装置这么久。对方说，有些微弱的衍射信号需要很长的曝光才能在底片上留下足够清楚的痕迹，不像普通照相那样按一下快门便完事。她听完有些吃惊，想到自己在街角照相馆学过的东西，忍不住问若是中途光线或装置发生变化，是不是整张底片都可能受到影响。职员说当然，所以更要严格记录条件。她回到工作台，把刚刚送来的材料重新分类，将几只快要用完的药剂瓶放到登记表上，免得下午有人来取时发现数量不够。

伊芙琳从来没有亲眼目睹那张后来被称作“照片51”的影像诞生的全过程。她只知道研究设施里正在进行一系列高精度的衍射实验，有些底片在曝光完成之前，连负责日常管理的人也没有机会看到。等到一张较清晰的B型DNA衍射图像出现在工作记录中，她第一次借着允许查阅的复制图像注意到中央附近交叉展开的斑点。它与

普通照片相去甚远，没有线条勾勒出可辨认的分子，也没有一处标记说明哪个斑点对应哪一个原子。若是拿给外面的人看，多半会被当成拍坏了的星空，或者某个黑暗房间里被灯光照出的几道痕迹。

她把图像拿给同事朱迪思看，问是不是因为样品呈螺旋形，才会出现这样的交叉图样。朱迪思学过一些相关知识，告诉她衍射花样与分子的空间规则排列有关，具有螺旋对称性的结构确实可能产生特征性的交叉图样，但要确定详细结构仍需分析斑点位置、强度以及其他实验约束。伊芙琳听得半懂，问既然已经拍到这样的图像，为什么研究者不直接画出最终模型。朱迪思反问，若是一张建筑物的影子落在墙上，你能不能只凭影子的形状，断定里面有几层楼、每层的墙有多厚。伊芙琳想了想，承认不能。朱迪思说X射线衍射的分析比影子复杂得多，图样本身也不是建筑物在底片上的直接投影。

午饭时，两个人坐在窗边，吃从家里带来的三明治。朱迪思正在考虑申请进一步的研究训练，担心自己的数学基础不够，工作和学费又难以兼顾。伊芙琳劝她不妨先去听一门晚课，至少能够知道自己是否真的愿意继续。朱迪思说她也想过，只是家里人都希望她找到一份有稳定收入的工作，将来结婚以后不必整天在学院里奔忙。伊芙琳没有劝她为了科学牺牲一切，反而认真帮她算了一遍课程费用和晚间交通的花销。算到最后，她们发现如果每个月少买几次电影票，倒是能省出一部分钱，却仍然不够支付全部费用。两个人笑起来，又各自把便笺收好，准备下午继续工作。

那一年，富兰克林及其同事仍在分析不同状态的DNA数据。伊芙琳在走廊里听见别人讨论模型与计算，有时觉得一个研究问题竟然

可以使许多聪明人采取完全不同的办法。有人相信尽可能从实验数据中推导结构最为稳妥，有人则愿意先利用已知的化学和物理约束搭建模型，再检验它是否符合各类数据。她读过一些科学报道，知道剑桥也有研究者在思考DNA结构，却不知道他们之间有多少交流与竞争。对她而言，这些人都住在火车能够到达的地方，却像属于不同世界：有的每天围着X射线装置和胶片工作，有的花更多时间摆弄模型中的球和连接杆，还有人关注化学组成和分子间距。

入秋后，伊芙琳收到一家商业摄影公司的招聘信。对方愿意提供略高一些的工资，也允许她学习彩色照相技术。母亲很高兴，觉得那份工作将来更有发展前途，况且不用天天接触学院里那些难懂的研究材料。伊芙琳自己也犹豫。研究设施里的工作稳定，却未必能有更高职位，她常觉得技术人员的劳动很容易被忽略，别人谈起一次科学发现时，记住的是某篇论文和少数研究者的名字，至于底片如何保管、仪器怎样维护、每一天的样品如何登记，往往很少有人提起。她不确定自己是否愿意继续做这些工作，便把信放在抽屉里，过了许多天也没有答复。

圣诞节前，朱迪思终于报名参加了一门晚间课程。她把缴费凭证带到食堂给伊芙琳看，神情既兴奋又有些不安，仿佛只要把那张纸弄丢，决定便可能失效。伊芙琳为她高兴，也悄悄替自己找了几本有关物理和摄影技术的入门书。她发现，自己并不是讨厌日常技术工作，而是希望有一天能够更清楚地理解这些工作与研究问题之间的关系。她开始在不影响职责的前提下向有经验的同事请教衍射图像的基本原理，慢慢学会分辨某些常见的曝光与处理缺陷。她仍然算不出DNA的空间结构，但至少知道一张清晰底片的背后，并不只

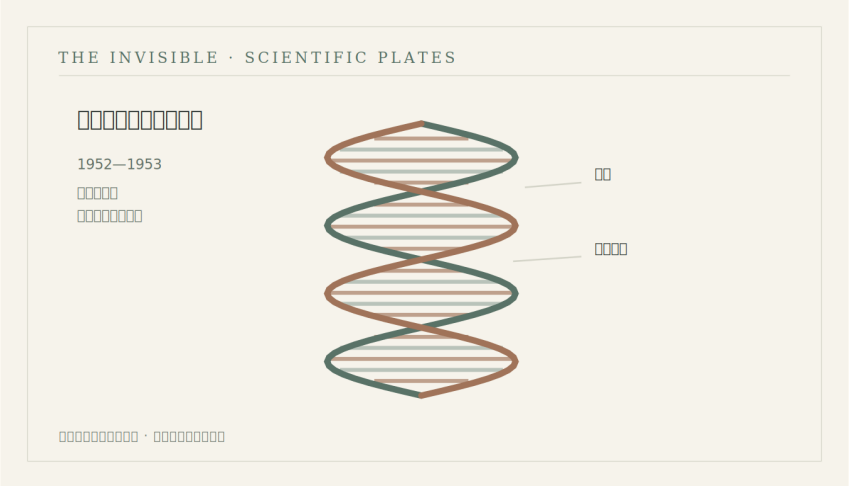
有拍摄者按下开关的那个瞬间。

1953年初，DNA结构研究的消息在不同机构之间传得越来越快。后来可查的历史资料显示，莫里斯·威尔金斯曾在富兰克林不知情的情况下，将一份重要的B型DNA衍射图像展示给剑桥的詹姆斯·沃森。照片之外，来自国王学院及其他研究的实验数据，也对沃森与弗朗西斯·克里克建立双螺旋模型提供了重要约束。伊芙琳当时并不知道图像流转的完整经过，也没有机会站在剑桥的模型旁，观看那两位研究者把各项证据组合起来。她所知道的，只是研究楼里的同事开始更加频繁地谈论来自剑桥的结构模型，仿佛有人突然在一张仍未完成的地图上找到了新的路线。

那阵子，伊芙琳正在忙着准备一批需要移交的影像材料。学院内部的研究人员安排发生变化，一些记录需要按规定整理和交接。她检查了数十份表格，发现其中有几份对同一张底片使用了不同的简称，只好去找相关人员确认，避免以后查阅时误认为是两份材料。那天她工作到很晚，走出大楼时街上已经亮灯，附近一家面包店快要关门，她进去买了一块打折的面包。回到住处以后，母亲打电话问她工作是否还顺利，伊芙琳说还好，暂时不打算去那家商业公司。母亲没有立即赞同，只叫她以后记得多为自己打算，不要总替别人的工作忙个不停。

四月，关于DNA双螺旋结构的论文正式发表。伊芙琳在《自然》上看见沃森和克里克提出的模型，以及同一期中富兰克林与戈斯林、威尔金斯及其同事分别发表的实验研究。她把几篇文章的题目抄在笔记本上，发现它们虽然谈的是同一种分子，却从不同角度提供信

息。结构模型清楚地展示了两条链的配对和空间安排，也提示了遗传信息复制的可能机制；衍射研究则提供了模型必须满足的实验约束。她翻到熟悉的图像，觉得自己终于知道为什么有人愿意花几十个小时只为得到一张底片，却仍然不能仅凭那张图便讲完整个故事。



现代科学示意 · PLATE 09DNA双螺旋的结构性示意，不是1952年富兰克林与戈斯林获得的X射线衍射图，也不是所谓“照片51”的复制。原创矢量绘图 · 本书编辑图版

朱迪思从晚课回来时，见她正在看期刊，便问是不是又出现了什么重大发现。伊芙琳把几篇文章摊开，指着其中一幅衍射图，告诉她这就是此前大家一直讨论的那类影像。朱迪思坐下来读了一会儿，说自己在课堂上听见了关于双螺旋模型的介绍，还听老师谈起模型和实验之间的关系。两个人讨论到夜里，发现彼此仍有许多不懂的地方，却已经不再像一年前那样，把一幅黑白斑点图当成无法

解读的谜语。朱迪思忽然问，既然这么多人的工作都很重要，后来的人会不会记得每一份贡献。伊芙琳想了想，说恐怕不会全部记住，就像印在报纸上的一张照片，读者很少会知道是谁保存的底片、是谁检查的暗房温度。

这话并非出于抱怨。伊芙琳知道科学成果的署名应当反映实质贡献，日常技术支持不等于完成结构推断；同样，她也知道人们在讲述一项复杂发现时，往往容易把漫长的工作缩成某一个令人难忘的场景。她曾经弄碎过一张旧底片，也曾因为记录不清楚而在柜子前寻找半个下午，后来又学会通过相同的程序减少错误。她不愿让自己的工作被夸大成重要发现的一部分，却也不想它被简单说成毫无意义的杂务。对于她这样的人来说，能否把一份真实的记录妥善保存，已经足以决定以后的人是否还能看见那项工作曾经发生过。

春末的一天，伊芙琳收拾储存柜，发现那家商业摄影公司寄来的招聘信还压在抽屉底下，信封已经有些发皱。她把信取出来，读了读当时开出的薪水和职位要求，随后写了一封礼貌的回信，解释自己暂时仍打算留在学院。写完以后，她没有把信立即封上，而是又坐下看了一会儿窗外。伦敦的天气逐渐暖和，街上的行人脱下厚外套，一群学生在路口争论下午该去哪儿吃饭。她突然意识到，自己早已不再是刚来时那个害怕弄坏玻璃底片的新手，但也还没有想好以后究竟要成为怎样的人。

她把回信装进信封，放到准备寄出的文件里。随后，她从架子上取下一只空木盒，把新整理好的影像目录放进去。目录里有许多编号，某些照片已经被反复引用，另一些则尚未出现在正式发表的

论文中。她一项项检查，确认每份材料的保存位置能够与记录对应。忙完以后，屋里只剩下几盏灯，水槽边散发着淡淡的药剂气味。伊芙琳关好柜门，拿起外套，在门口停了一下，回头望见那些整整齐齐的木盒，终于放心离开。

多年以后，照片51会一次又一次出现在书籍、课堂与博物馆的展板上。有人把它描述成一个在不同研究者之间流转的关键资料，有人把它视作天才灵感的最后一块拼图，也有人重新回到实验笔记、照片和通信资料，仔细追问研究者当时已经知道什么、还不知道什么。伊芙琳当然不会预见这些争论。她在1953年春天所面对的，不过是一批需要妥善整理的材料、尚未付清的房租，以及一份她不想轻易放弃的工作。那天晚上，电车到站以后，她顺着街道走回家，手里提着一袋从市场买来的土豆，想着明天早晨记得把借来的物理书还给朱迪思。

真实历史与科学解读

1952年5月，罗莎琳德·富兰克林与研究生雷蒙德·戈斯林在伦敦国王学院获得著名的DNA B型X射线衍射图像“照片51”；这不是直接拍到的双螺旋照片。1953年4月25日，《自然》同期发表沃森与克里克的DNA结构模型论文，以及富兰克林与戈斯林、威尔金斯及同事的相关论文。2026年10月发表于《科学史与生物学史杂志》（Journal of the History of Biology）的一项档案研究进一步指出，富兰克林已从较早的“照片49”提取了重要结构信息，“照片51”是有计划取得的改进图像；不能把她写成没有意识到衍射图像价值的人。威尔金斯在富兰克林不知情时向沃森展示了照片51，此举涉及科学史上的资料交流和贡献认定争议。伊芙琳、朱迪思及其私人生活、暗房工作和对话均属虚构，不能据此认定真实实验室存在这两位工作

人员。

第四卷 · 生命的密码

第三十章 开关

1961年，法国巴黎

路易发现父亲把他寄回家的信夹在了肉铺的账本里，是在一个星期日的午后。父亲在巴黎郊外经营一间小食品店，柜台后面总放着一只长柄秤，黄铜砝码因多年擦拭泛着暗光。路易难得回家，母亲在厨房里炖菜，他便坐下来帮父亲核算上个月的收支。那封信被对折两次，纸边沾着少许油渍，正好压在写着黄油进价的一页上。父亲看他把信抽出来，若无其事地问研究所近来是否还在养那种吃糖的小虫子。路易纠正说是细菌，父亲便挥挥手，说反正都是肉眼看不见的东西。

路易在一所与巴黎巴斯德研究所有学术往来的实验室任助理研究员，研究细菌怎样利用不同的营养物质。这个工作很少能使父亲满意。父亲年轻时在市场做过搬运，后来攒钱租下店面，始终相信学问若有价值，至少应让人说清楚它能做什么。路易说自己研究乳糖代谢，父亲便问是不是要改进牛奶的保存办法；听说并非如此，又问能不能生产一种新的发酵食品。路易回答，那些研究更接近于理解细胞内部的调控，离某种商品还有很远的距离。父亲觉得他总在用更复杂的词回避简单的问题。

星期一清晨，路易赶回实验室时，桌上已经摆好前一天留下的培养记录。一组大肠杆菌在含不同碳源的培养条件下呈现出不同的酶活性。路易检查了培养时间、稀释倍数和取样次序，发现其中一组数据与预期不同。他最初怀疑学生把培养瓶放错了位置，重新查了标签却未发现问题。同组的克莱尔建议先看原始记录，不要急着把它当成某种新现象。两个人把实验前一天写在纸条上的配方逐项核对，终于发现有一份培养基使用了不同批次的原料。路易不愿将这项差异随意归因于原料，却也不敢在重复完成之前把结果写进报告。

路易把一只培养瓶举到灯下，液体澄清，瓶底却有一圈极薄的沉积。他忽然想起父亲每次换供应商，都要在账簿边上写下批次和送货人的姓名。自己在实验室里也坚持这样做，可有时仅凭标签仍分不清差别出自菌株状态、培养时间还是配方。克莱尔提议把近期所有原料批次重新登记，路易望着已经堆满的记录纸，先是叹气，随后从柜子里取出一本空册。实验不因为某个人心情急切就变得简单。

实验室里的人最近经常讨论雅各布和莫诺关于基因调控的研究。过去，一些人喜欢把基因想成一套静止的指令，只要知道遗传物质包含什么信息，细胞便会按既定方式制造所需的分子。但细菌在不同环境下生产某些酶的能力明显不同，有的反应受到营养物质诱导，有的受到抑制。研究者逐渐提出，控制蛋白质合成的并非只有编码蛋白质本身的遗传信息，还存在能够影响表达的调控机制。路易在课堂上听到这些思想时，曾感到兴奋，真正来到实验台前，却发现想把一个概念变成可靠的实验结果，需要付出的劳动远超课堂上

的几幅图。

克莱尔比路易早两年进入实验室。她出生在法国南部，父亲是一名电工，年幼时曾跟父亲到修理铺看过如何用一只开关控制整排灯泡。路易第一次听她把调控系统比作开关，立即提出反对：细胞的反应不只有开与关，酶合成量还受到许多因素影响。克莱尔笑他过于较真，说自己只是想给新来的学生找一个容易理解的例子，并不是要把活细胞做成电灯。后来，她在实验记录上画了一只简陋的开关，旁边写着几个数字，提醒路易即使概念看似简单，也应当继续测量不同条件下的变化。

那段时间，路易的日子被实验打乱了。他本来答应陪母亲去看望一位生病的姨母，最后因为培养实验迟迟结束不了，只能临时取消。母亲在电话里说没有关系，父亲却在旁边嘀咕，又不是只有你的细菌需要人照顾。路易挂断电话，独自坐在实验室门口的长凳上，忽然觉得父亲的话也没什么不对。他的研究确实重要，但姨母的病、父母的生计和一张尚未核对完毕的数据表，同样构成他真实的生活。他给克莱尔留下便条，约好第二天早一点来继续实验，随后收拾外套去探望姨母。

路易原本习惯在实验室结束一天时把所有数据抄进同一本记录簿，那年春天却不得不再买一本。旧本的纸已经被擦得很薄，有几处反复修改过的数字甚至看不清。克莱尔帮他把这些记录按实验条件重新编排，发现好几项看似矛盾的结果其实来自培养时间不同。两人把旧纸一张张铺在地板上，像拼一幅缺角的地图。一直忙到深夜，克莱尔忽然问路易，如果一年后发现自己现在的解释全都不对

，会不会觉得这一年白做了。路易看着满地纸片，说若真能知道哪里错了，总比把错的事情印成论文留给别人好。克莱尔没有评价，只把最后一叠纸装进文件夹。

记录表摊到地板上以后，两个人不得不把鞋脱在门口。克莱尔一边按时间顺序整理，一边用别针固定容易混淆的纸页。她发现某组样本的温度记录缺了半小时，路易坚持回去问负责值班的同事。对方已经准备离开，听见要为半小时的记录重新翻柜子，脸色很不好看。最后几个人还是把原始表找到，证明那段时间恒温设备曾短暂出现波动。这个发现没有给他们带来新的理论，却使一组原本无法解释的数据重新变得普通。

真正让路易烦恼的并非实验里那些细菌，而是他在实验室外渐渐失去了和朋友相处的时间。老同学亨利约他去听一场音乐会，他连续两次临时取消，第三次索性没敢答应。亨利便写信调侃，说微生物已经成为路易最亲近的朋友。路易把信放在抽屉里，周末却还是去了亨利家。两个人坐在厨房喝咖啡，谈起各自的工作，亨利问研究所的人是否也会为了理论争得面红耳赤。路易说会，而且争完第二天还得一同配培养基。亨利笑得把咖啡洒到桌上，拿布擦了好一阵。

五月底，路易负责指导一名新来的学生。学生第一天便把两只培养瓶的标签贴反，发现后急得脸色发白。路易想起自己早年的错误，没有大声斥责，只让他把涉及的材料全部找出来，标明不能继续使用的部分，再把事情记录完整。学生问这样会不会耽误项目，路易说已经耽误了，但隐瞒只会让后面的工作更难收拾。那天收工

，他忽然发现自己说话的口气竟越来越像从前那位要求严厉的导师，不由得有些好笑。

医院的走廊里有一股消毒剂的味道，病房窗户开着一条缝，外面能看见一排灰色屋顶。姨母认出他，问有没有带来好消息。路易原以为她会问自己的工作，谁知她只是想知道店里的那只老猫是否还活着。母亲在旁边笑，说猫活得好好的，还把上周一盘鱼碰翻在地。几个人聊起猫的脾气和店里的人，直到探视时间结束，谁也没有问过基因调控。路易下楼时，倒觉得这一下午比过去一周轻松许多。

回到研究室后，他们对前一轮实验进行了重复。与预期不同的那组结果并未稳定出现，原先令人兴奋的差异可能受到培养条件影响。路易觉得遗憾，克莱尔却显得平静，她从抽屉里找出记录本，准备写下新的实验安排。她告诉路易，一个假设若总在重复时消失，便不能靠最初那一次令人满意的结果维持生命。路易笑她说话像个上了年纪的教授，克莱尔把铅笔递给他，让他自己来写失败说明。那天中午，他们终于把被误写的培养条件纠正，表格里一处过于整齐的数字也被标记为需要重新测量。

午后的研究室弥漫着温热培养基的气味。克莱尔把两组菌株的结果画在同一页上，叫路易别急着拿‘开关’解释一切：从测定酶活性到推断基因怎样被调节，中间隔着好几层证据。他们在纸上把‘已经测到’和‘尚待检验’分开列出，路易发现第二列远比第一列长。傍晚学生来取培养瓶，看见满桌文字，还以为他们准备在黑板上开一场辩论。路易让他先去洗净手套，别把错误的标签带进下

一轮实验。

六月，雅各布和莫诺关于蛋白质合成遗传调控机制的论文发表。路易借来期刊，晚上在宿舍读了很久。这篇文章试图把结构基因、调节作用和中间的信息传递过程联系起来，远比他过去使用的简单比喻复杂。他把不熟悉的词写在一张纸上，次日拿去问克莱尔。两个人在窗边争论了近一个小时，有些观点终于取得一致，另一些仍然保留疑问。路易本想立刻给父亲写信，告诉他自己终于理解了一套重要的理论，却在提笔时发现，若把全部术语写进去，父亲恐怕仍然无法读完。

周末回家，父亲正在换店铺里坏掉的灯。旧开关接触不良，客人一进门，柜台上方的灯便忽明忽暗。路易帮忙扶着梯子，听父亲一边拧螺丝一边抱怨旧线路，忽然笑出声来。父亲问他笑什么，他说自己这段时间一直在研究某种意义上的开关，结果回家倒碰上了真正的开关。父亲爬下梯子，问那东西在细菌身上哪儿，路易拿纸画出一个简图，告诉他某些遗传信息可以在特定条件下影响相关酶的生产。父亲盯着图看了半天，问那细菌是不是听见有人叫它工作才开始工作。路易说当然不是，这只是一个比喻。父亲把纸折好，放进围裙口袋，答应哪天闲下来再看看。

修灯时，父亲请他把旧开关拿稳。铜片已经磨损，螺丝松得几乎拧不紧。路易原想借机再讲一次调控原理，话说到一半，发现父亲只是专心看着接线的位置，便替他扶好台灯。父亲问实验室里那些‘开关’坏了能不能也换一只，路易说若真有这么容易就好了。父亲笑了笑，告诉他商店明天还要开门；研究那些暂时用不上的问

题也行，先记得今晚把梯子还给邻居。

母亲端出晚饭时，柜台上方的新灯终于亮稳了。父亲没有再问研究是不是能卖钱，只说路易既然喜欢这份工作，便别整天一副睡不够的模样。他需要人帮忙时会提前告诉儿子，儿子若实在走不开，也不用次次解释一大堆。路易答应下来，把盘里的面包分给母亲一半。晚饭后，他帮父亲把商店门口的木板收进屋里，发现那张被折过的基因调控草图仍然放在账本旁边，上面压着一枚砝码。父亲大概并没有完全看懂，但至少没有把它扔掉。

第二天早晨，路易乘车去研究室。车窗外的街道依旧拥挤，卖报人正整理当天的报纸，几个学生骑车从站台旁经过。他在随身笔记本里写下下一组培养条件，又把自己画得过于简单的开关图擦掉了一部分，重新添上几个必要的连接。他并未因此认为细胞里的调控已经可以完全解释，也没有想好这些研究将来会有什么实际用途。车到站时，他合上本子，顺着熟悉的街道走向实验室。门口清洁工正在擦玻璃，屋里已经有人点亮灯，把当天要用的培养瓶摆到了台面上。

真实历史与科学解读

1961年，弗朗索瓦·雅各布和雅克·莫诺在《分子生物学杂志》发表关于蛋白质合成遗传调控机制的论文，是基因表达调控研究的重要历史节点。文中的路易、克莱尔及其工作生活均为虚构，不能视作该论文实验参与者的真实传记。乳糖操纵子模型用于说明特定细菌中基因表达调节的基本机制，但不能把一切复杂调控都简化为只有两个状态的电源开关。

第四卷 · 生命的密码

第三十一章 第三种生命

1977年，美国厄巴纳

艾琳第一次听见有人把她精心抄写的分类表称作一张错误的地图时，以为对方在开玩笑。表格摊在长桌上，左边列着不同微生物的名称，右边是经过一系列处理得到的核糖体RNA比较结果。她连续几个星期查阅记录，确认过缩写、编号和样本来源，自以为已经做得相当仔细。那天午后，研究室里一位资深同事指着表格上一组与常见细菌相差很大的数据，说如果比较结果得到进一步证实，整张分类图可能需要改动。艾琳起初有些恼火，以为自己漏写了某些数值，后来才明白，对方指的不是抄写错误，而是分类思想本身可能没有把某些生物放对地方。

艾琳三十一岁，在伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校附近的一间研究设施从事实验和资料整理工作。她原本学习化学，毕业后做过两年教学助理，后来因为丈夫换工作搬到这座城市，便重新找了一份与实验室有关的职位。她的日子大部分由两件事情组成：白天处理样品和记录，晚上接六岁的儿子马修回家。丈夫总想让她再读一个学位，艾琳却还拿不准家里能否负担。研究室有些学生把工作看作一段短暂的训练，她则清楚知道，一份固定工资能付掉多少房租和儿童照护费用。

她所在的研究环境里，卡尔·沃斯及其同事正利用核糖体RNA比较微生物之间的演化关系。艾琳第一次接触这套研究方法时，觉得它过于复杂：一些细胞的外形十分简单，为什么不用形态和生理特征区分，却要花大量时间研究看不见的分子？后来她逐渐理解，外形相似不等于演化历史相近；人类习惯按肉眼可见特征分类，但对微生物来说，这种做法可能掩盖了漫长的分化过程。

真正令她感到困惑的是产甲烷微生物。研究者能够从不同环境获得相关材料，它们在许多传统分类框架里被放进细菌之中，可核糖体RNA的比较结果却显示出深刻差别。艾琳负责整理一批寡核苷酸模式数据，她逐项核查编号，发现某几组模式始终无法按照旧有的关系排得整齐。她起初怀疑样品发生了污染，建议重新检查一些关键材料，同事说这是应当做的，但即使排除明显的技术错误，那个问题也不会因此自动消失。

艾琳为那组产甲烷微生物重新填写样本卡时，注意到其中几份原始材料的培养条件极为不同。一名学生看见她停在那里，便说反正已经测出了某些序列，不如把培养来源写在附录里就算了。她没有照做，而是把每份材料取得的日期、环境和处理情况核对一遍。不同样本能够被放在一张表里比较，不意味着它们在进入实验室以前经历过相同的过程。她把这些差别写到页边，纸张很快被密密麻麻的注释占满。

一天晚上，艾琳把手里的图带回家，想借着安静的时候再核对一遍。马修正趴在地板上用积木搭桥，看见母亲铺开几张纸，便问那些圆点是不是火车站。艾琳说不是，只是不同微生物之间某些分

子的比较结果。孩子不懂微生物，更不懂核糖体RNA，却对图上的线条很有兴趣。他把桥搭成一个分叉的样子，问母亲如果两条路都能走，为什么地图非要画一条。艾琳正准备解释生物演化树与城市道路不一样，儿子已经推着玩具火车穿过客厅，撞翻了母亲的一只鞋。

第二天她带着那张图回到实验室。研究人员正讨论是否可以把传统原核生物内部的不同谱系看成更深层的演化分支。有人接受新的比较结果，有人则担心现有的序列数据仍然不足以支撑全面分类调整。艾琳听见他们争论，第一次明白自己抄写的那些点和数字可能具有超出表格本身的意义。她并不具备直接裁定分类学问题的资历，但知道哪些样品的记录完整，哪些比较结果经过重复核对，因此在讨论中补充了几项具体事实。

讨论结束后，那位资深同事留下来问她，是否觉得自己做的工作太琐碎。艾琳起先以为这是安慰，后来才听明白，对方真正想问的是她是否愿意参加后续分析。她看了看自己的日程簿，周三下午必须去接孩子，周五晚上丈夫有工作会议，能留下来的时间并不多。她提出每周固定拿出两个下午，负责整理能够追溯来源的比较数据。对方同意了，只请她不要再用圆珠笔改原始记录，修改最好留下日期。

艾琳还记得自己刚开始工作时，研究室里的人曾经为一台仪器的维修费争吵。仪器老旧，某些记录需要反复处理才能得到足够清楚的结果，财务部门却迟迟不愿批准更换。那段时间，她常在下班前多留一个小时，把第二天需要使用的材料预先准备好。丈夫不理解，问她既然只是受雇的技术员，为何总替研究室操心。艾琳说因

为如果明天仪器不能工作，首先需要把实验重做的人便是自己。丈夫没有继续劝，只答应周四提前下班接孩子。

有一次，她把某组核糖体RNA比较结果贴在公告板上，午后发现有人在纸角写了个大大的问号。她以为是同事嫌数据有问题，心里十分不快，后来才知道问号来自一位刚来访的学者，意思是其中的演化关系值得重新解释。艾琳本来打算找人把记号擦掉，最终却在旁边添上自己的注释：样品来源已复核，比较结果仍需独立分析。第二天公告板前聚了不少人，一位博士生抱怨纸太小，写不下大家的意见，她便重新找了更大的一张纸。

夏末，丈夫带她和马修到郊外野餐。河边长着高草，浅水里有一些腐烂的植物残体，空气带着湿润的气味。马修蹲在岸边看蜻蜓，丈夫则翻开一本大众科学杂志，问她那些产甲烷微生物是不是都生活在滚烫的泉水里。艾琳说不是，有些相关微生物生活在缺氧环境中，自己研究室关注的材料也并不都来自奇特的极端地点。丈夫点点头，又问为什么报纸总喜欢说发现了另一种生命。艾琳想了想，说那种讲法容易让人误会，研究者并不是在地球上找到了会说话的陌生生物，而是在重新理解早已存在、却可能被分错类的一些微生物。

进入秋天以后，马修在学校学会辨认不同树叶。他带回一本小小的自然观察册，每页贴着不同形状的叶子，有的已经枯黄，有的仍然青绿。艾琳陪他查找树木名称，发现孩子总想根据颜色判断植物种类。她告诉他秋天树叶会变色，最好再看看叶缘、叶脉和其他特征。马修听完，把一片颜色最深的叶子举起来，说光看这一片肯

定也不够。艾琳点点头，替他把叶子放进书页，过了一会儿才发现自己已经很久没有以这样简单的方式解释分类问题。

1977年，沃斯与乔治·福克斯关于原核生物演化结构的论文发表。文章根据核糖体RNA比较提出，通常被并列放进原核生物中的生命，可能包含区别很深的演化谱系。艾琳拿到期刊时，先看了作者与标题，再慢慢读摘要。她知道论文并不会让所有研究者立即改变观点，许多分类名称和系统仍需要进一步讨论。可是她也明白，从此以后，那些产甲烷微生物的特殊之处会被更多人认真看待。

论文发表后，研究室收到了几封来自其他机构的信。有人想要更详细的方法，有人表示自己的材料得到了不同结果，也有人认为现有证据尚不足以重新排列所有生命类群。艾琳拆开其中一封，发现寄信人逐项询问某些核糖体RNA数据的处理步骤，语气谨慎得近乎挑剔。她把问题抄下来，准备在下周的讨论会上核对。她知道这样的通信不会像新闻报道那样引人注目，却可能决定另一间实验室是否能够复现这些比较。

同年秋天，一名刚进入研究室的年轻学生拿来一张教科书式的分类示意图，让艾琳帮忙指出哪些部分需要修订。艾琳没有直接在上面划出几个新分支，而是让他先读论文，再查看不同证据能够说明到什么程度。学生觉得她过于慎重，问既然已经有新的分类，为什么不能尽快更新图。艾琳说自己很愿意看见一张更好的图，但画的时候总得知道，哪些线有证据支撑，哪些只是为了让图看起来整齐。

那年冬天，研究室的暖气坏过一次。艾琳和几位同事戴着手套整理记录，谁也不愿意碰冰冷的金属柜。她把旧分类表从柜子里取出来，发现其中几列名称已经被铅笔改过。那些修改并不漂亮，纸边还有被橡皮擦过留下的灰痕。艾琳没有再把它称作错误的地图，因为那张表曾经按照当时能够得到的资料发挥过作用。她只是把新论文放到旁边，另取一张空白纸，准备重新排列需要比较的材料。

下班前，一位来访的研究人员问她，新发现是否意味着细菌终于被分成了‘高级’与‘低级’两类。艾琳想起自己第一次听说古老分类体系需要改动时的恼火，摇头说这里讨论的是演化分支，并非给生物排定高下。来访者道了歉，又问展览介绍该怎么写。她找出论文的原始用语，指着几处容易误读的词，建议他们先不要替尚未稳定的分类名称下定论。送走客人时，研究室走廊里的灯已经一盏盏熄了。

她仍要在周五下班前核对新样本，把马修从邻居家接回来，还要给丈夫留一张提醒他买牛奶的纸条。夜里关灯时，她发现孩子用积木搭的桥仍横在客厅中央，两个分叉都没有拆掉。她把桥小心挪到墙边，免得有人半夜踩着，随后回房休息。桌上那张重新排列过的比较表还压在一册旧论文下面，第二天早晨她会再读一遍。

真实历史与科学解读

1977年，Carl R. Woese与George E. Fox发表《原核生物领域的系统发育结构：主要界群》，基于核糖体RNA比较提出更深层的演化分化。文中艾琳、马修和个人生

活均为虚构。1977年论文中使用的历史术语不应直接等同于1990年正式提出的三域分类体系；古菌也并非只存在于极端环境。

第四卷 · 生命的密码

第三十二章 谱系之外

2026年，中国南方

程屿收到杜然发来的新分析结果时，正坐在学校图书馆一间不大的讨论室里。桌上摊着两篇古菌演化史的旧论文，旁边放着叶岚寄来的展览文字。手机连续震动了三次，杜然说自己把上周那张复杂网络拆开了，只保留具有较完整序列支持、并且排除了明显低覆盖问题的候选事件。程屿打开附件，发现图上的连接减少了一大半。原先挤在中央的彩色线条如今变得稀疏，一些物种名称孤零零地排在边缘，乍看没有什么视觉冲击力，却比之前那张图更容易逐项核查。

研究室已经进入新学期的节奏。实验台上多了一批待处理的样本，几个研究生要准备进度汇报，罗慎忙于项目答辩，时常一整天不在办公室。杜然的毕业时间却没有因为这些事情而延后，他必须在有限的几个月内决定哪些结果可以进入学位论文，哪些只适合留下作为后续工作。程屿看得出他在努力调整心态。有一次杜然半开玩笑地说，自己以前最爱画复杂网络，如今最常画的却是测序覆盖图和错误来源检查表，简直成了最不受欢迎的分析员。程屿说这样的工作并非没有价值，杜然叹口气，回答说知道归知道，但没人会因为一张质控表而兴奋得睡不着觉。

中午组会上，杜然先介绍了数据来源和处理方式。他特意把一些不完整的候选转移事件放到附录里，说明为何暂时不继续讨论。几位同学提出不同意见，有人认为排除得过于严格，可能遗漏真实的遗传交换；有人认为即使保留了序列上下文，也不能排除不同菌株谱系长期共享同源基因的可能。程屿让大家把争论集中在证据本身，不必急着判断哪一种解释最吸引人。会议持续两个小时，最后他们将候选结果分成不同证据类型，分别列出需要进一步验证的关键问题。

组会上，杜然投出的第一张图不是他最喜欢的网络，而是一个普通的样本流转表。每个中心后面都有几列打钩和空白，记录测序深度、参考序列覆盖及候选片段的可追溯程度。一位同学问为何不把空白样本先删掉，杜然拿起笔在白板上写下两个数字：删掉以后，病例和对照的来源比例也改变了。他以前很少在汇报里停留这么久，现在却愿意花十分钟解释一次看似不起眼的数据筛选。

散会后，罗慎把程屿叫到办公室，递给他一份合作研究计划的草稿。计划提出在不同疾病人群里比较部分微生物遗传特征，并希望加入脑影像和临床认知数据。程屿觉得方向值得探索，但担心样本量、数据质量和混杂因素会使问题过于分散。他提出先把目前已经能够稳定解析的菌株特征作为研究重点，并明确哪些问题属于观察关联，哪些需要后续实验。罗慎看着他，说如果所有项目都按最严格的独立验证标准推进，任何工作都会变得很慢。程屿承认这一点，却问现有经费是否足以支撑新的验证队列。两人算了一遍预算，最后同意暂时缩小范围。

下午，叶岚来到学校。他们约好检查一批关于微生物遗传学和古菌的展览说明。叶岚带来一本已经翻得发旧的科学史资料集，里面夹着许多便签。她指给程屿看一张旧分类图，问是否能直接把所有过去叫作古细菌的材料改成今天的古菌。程屿说需要考虑时代语境：如果是在叙述1977年的原始论文，最好保留当时用过的名称，并在解释里说明今天的分类；如果是介绍现代共识，则可以使用古菌这一名称。叶岚听完，很快改掉了展签上两处混用的词。

一个周二的下午，程屿接到合作研究中心的电话。对方发现部分样本的原始测序文件与最早发来的统计摘要不完全对应，担心影响已提交的结果。程屿没有在电话里判断责任，而是约好双方分别提供文件清单、校验信息和处理日志。杜然听说后脸色一沉，觉得又要重做一轮分析。程屿说先别急，可能只是文件版本混用，但只要有这种可能，就得查清楚。第二天他们把几个版本的文件逐个比对，最终找到了曾经重传却未在共享目录里更新的样本列表。

对方研究中心传来核查后的文件清单时，程屿正和杜然挤在办公室唯一的一张大桌旁。两人对着校验码逐项核对，发现混用的是早期版本的样本列表，真正的原始文件并未损坏。杜然松了一口气，却没有立即删除错误版本。他在文件名前面加上‘停用’标记，整理好版本关系，再把纠正说明发给合作方。程屿看着这些步骤，想到如果将来有人要重算他们的结论，最有用的未必是那张最终图，而是今天留下的这一小串记录。

这件事并没有使主要结论发生巨大改变，却耗去三个人整整两天。杜然在记录里写明处理过程，忽然问程屿，为什么他们总在做

那些论文里不太显眼的工作。程屿说以前自己也觉得只要图够好看，旁人自然能理解背后的劳动；现在越来越觉得真正有用的或许是让别人能够独立重复每个必要步骤。杜然听完，把新增的校验流程写进方法附件，没有再抱怨那张漂亮网络消失得太快。

叶岚离开学校前，顺路参观了他们的计算室。她看见墙上贴着一张覆盖不同研究中心的数据流程图，好奇地问其中一条虚线代表什么。程屿解释那是尚未获得完整记录的样本处理环节，暂时不能同其他中心混作同一种条件。叶岚说这倒像自己在档案馆做目录：某一份旧信可能有三个不同版本，若把中间一处缺失直接补成确定事实，后人就再也不知道哪些内容是原件，哪些是整理者推测。程屿没有把两个领域简单等同，只说这个比喻至少提醒自己，空白也是需要保留的信息。

两人随后聊到细菌的遗传交换。叶岚问，既然不同菌株能携带不同基因，是否意味着物种名称已经没有用。程屿摇头，说分类仍然是认识微生物的一种重要方式，只是它不能独自承担所有解释。叶岚从包里拿出一张早期城市地图，指着两条经过改名的街道说，地图上的街名可以帮助人找到地方，却不能告诉他街上每户人家今天正在做什么。程屿觉得这个比喻有意思，但没有立即采用。他知道生物分类与城市街道相差很远，尤其演化关系不会因为使用者需要而随意更改。

晚上回到实验室，杜然正在修改论文初稿。他把一句“明确鉴定出疾病驱动的水平基因转移事件”改成“获得若干与疾病分组有关的候选遗传差异，部分具有移动遗传元件的序列线索”。程屿看

完，在旁边写下需要报告混杂调整和敏感性分析的意见。杜然盯着那句话，说改完以后什么都不惊人了。程屿没有安慰他，而是把另一份复现实验报告发过去，让他看看那些通过不同流程仍保持一致的结果。过了一会儿，杜然把两份文件并排打开，开始把最稳定的发现重新整理到正文前面。

傍晚，杜然拿着论文来到办公室，指给程屿看某个他舍不得删除的候选位点。它在几名受试者的序列中出现得很稳定，却没有足够证据确定其所在的菌株背景。程屿没有让他立即丢掉，而是请他写清楚它为什么值得保留为后续假设，以及还缺少哪些实验或更长的序列支持。杜然皱着眉写了半页，最后发现这段说明比一句‘新发现的转移事件’更难写，但也更像是自己真正完成的工作。

午夜前，程屿收到了母亲的语音。她说最近订单减少，准备把几只老陶缸彻底洗净收起来，免得日后再搬动。程屿答应周末回去帮忙，母亲问他有没有吃晚饭，他说吃过了，没告诉她自己只是匆忙在楼下买了一份面条。挂断电话以后，他想起母亲过去照顾发酵作坊时，总会区分不同批次的原料，觉得味道不一样便要重新调整。那并不能替代现代实验，却也使他意识到，即使给所有材料贴上相同的名称，具体差异仍有可能影响结果。

周末回家，母亲把几张旧标签交给他，让他分辨哪些缸以前装过豆酱，哪些用来储存其他发酵食品。纸上的字迹有些模糊，有两个陶缸几乎一模一样，程屿只得一边搬动一边反复向母亲确认。母亲见他认真，笑说你现在倒知道为什么我总说不能把旧标签随便扔了。程屿把缸口擦干，发现其中一只底部有条极细的裂纹，原来还

想留着用，母亲却说这只再也不做食品了，放在院里种花正好。他把陶缸移到墙边，装进一些泥土和花苗。

回学校的路上，程屿在车上打开电脑，看到杜然已经完成了新的结果说明。原先那张复杂网络只作为探索性图保留，正文换成更朴素的菌株特征、序列覆盖和功能差异分析。新的论文没有给出某一种微生物遗传事件导致疾病的确定结论，但哪些现象可以观察、哪些推断尚缺乏充分支持，已经比从前清楚许多。程屿把文件保存下来，准备下周拿去同罗慎讨论。车从高架桥下驶过时，窗外的楼群慢慢后退，他没有再打开那张彩色网络图。

真实历史与科学解读

现代宏基因组分析能够在一定条件下推断物种组成、菌株差异、功能基因和候选移动遗传元件，但“检测到同源序列”“发现基因共现”并不直接证明具体样本中存在水平基因转移，更不直接证明其导致疾病。本章全部现代人物、分析过程和家庭情节均为虚构。有关古菌的历史术语与1990年三域体系的区别，参见上一章所列Woese等人的原始文献。

第五卷

WITHIN US

人体的另一半

八章故事 · 真实历史与科学解读

第五卷 · 人体的另一半

第三十三章 培养不出的居民

1995年，美国中西部

艾米丽第一次被人问起培养皿为什么没有长出东西时，正在食堂里吃一份已经凉了的三明治。问话的是同组的研究生凯文，他把一张记录表摊在她面前，指着最后一列连续的空白，说如果这些样本真的包含那么多微生物，为什么培养结果总是少得可怜。艾米丽放下三明治，告诉他培养失败不等于样本里什么都没有，尤其不同微生物对氧气、营养和其他生长条件的要求并不相同。凯文点头，却又问既然无法培养，研究人员怎么知道它们存在。这个问题使艾米丽沉默了片刻，她刚刚接触分子检测方法不久，自己也还在学习答案。

她二十九岁，出生在密苏里州一个普通家庭，父亲在汽车修理厂工作，母亲是小学图书管理员。小时候她常帮母亲把归还的书按字母顺序放回书架，因此很早便习惯了分类。大学里学习微生物学时，她喜欢拿起培养皿对着灯光查看，看各种菌落在不同培养基上形成不同颜色和形状。那些可见的结果让她感到踏实。后来进入研究所，她却不断遇见无法从普通培养中获得的微生物，过去所熟悉的分类方式开始显得不够用了。

她所在的小组正在尝试把核酸序列分析用于复杂微生物群落研究。样本来自不同环境，有些来自人体相关研究的合作单位。艾米丽负责核对样品、提取流程和实验记录。她发现，一些样本的培养结果十分简单，分子检测却显示存在更加复杂的序列信号。这使她既兴奋又不安。兴奋的是过去看不到的微生物似乎有机会被识别，不安的是一段序列究竟能说明多少事情，她还无法拿捏得很准。

凯文第一次尝试把所有序列归类时，打印机吐出足足几十页结果。他把纸摊在实验台旁的空地上，兴奋地用彩笔标出新出现的分支。艾米丽凑近看，发现其中几处名称来自质量很低的短片段匹配。她请凯文把对应的序列拿出来核对，凯文不情愿地坐回电脑前。过了半小时，他发现一处匹配甚至没有覆盖目标序列的关键区域。那条被他画得最醒目的分支，只好先改成一个没有名称的灰色节点。

凯文主张尽快把所有序列按照最接近的已知微生物名称整理成表。艾米丽提醒他，数据库里没有足够接近的参照时，强行给一个熟悉的名字容易误导读者。他们为此争执过几次。一次组会上，导师让两个人各自说明观点，最后要求把能够较有把握分类的序列、只能归入较高分类层级的序列以及尚无法判断的部分分开报告。凯文起初觉得这样一来图表会很难看，后来发现，正是那些暂时无法归类的序列提醒大家：已知数据库远没有覆盖全部环境微生物。

研究以外，艾米丽的生活并不顺利。她租住的公寓供暖系统老旧，夜里常有水管敲击墙壁的声音。她与母亲通电话时，总说一切都好，不愿让家里担心。父亲寄来一张汽修厂的旧照片，背面写着冬天换轮胎的人很多，他忙得腰疼。艾米丽看着照片，忽然想起自

己小时候喜欢把父亲修理过的坏零件排列在地上，试图弄明白每个部件原先属于什么地方。如今面对一堆缺少参照的微生物序列，她竟然又有了类似的困惑。

研究室里还有一位年长的培养技术员乔治，见新来的学生越来越喜欢用分子检测取代培养，便常常摇头。他带着艾米丽检查一排培养基，告诉她某些微生物之所以难以分离，未必是根本不能培养，而是研究者尚未找到合适的营养、氧气、共生伙伴或其他生长条件。艾米丽问如果永远都找不到条件怎么办，乔治说那就继续改方法，但别把“我们尚未做到”说成“这件事绝不可能”。她后来把这句话记进笔记，却并没有因此贬低新兴的分子技术。

乔治带她去看一台多年没人使用的小型厌氧培养设备。门边橡胶圈已经变硬，控制旋钮上蒙着细灰。年轻学生嫌设备陈旧，觉得不值得修，乔治却说，有些微生物并不是不愿生长，而是无法在充满氧气的普通培养箱里存活。他没有许诺修好机器就能培养出所有未知成员，只是拉开抽屉，找出一份旧操作记录。艾米丽帮他把损坏部件的型号抄下来，第一次意识到，一项新技术到来以后，旧技能未必就应该被整齐地扫进仓库。

旧厌氧设备能不能修，最终变成了一笔经费问题。行政人员翻出当年的采购清单，说更换密封圈和校准气体系统的费用虽不算大，账目却不属于本年度优先支持的项目。凯文觉得把钱投给新的扩增试剂更划算，乔治则拿着一只磨损的橡胶圈去找设备管理员，问能不能先做安全检查，再决定是否报废。艾米丽没有立刻站到谁的一边。她把两种方案的费用、工时、样本量与可能失败的地方分别

写在纸上，第一次发现技术路线的选择还取决于谁有资格使用仪器、谁来承担维护，以及项目期限是否允许等待。

他们最后获准先用少量不涉及临床身份信息的教学材料做流程验证。乔治负责确认厌氧环境的控制和器具安全，艾米丽负责记录培养条件，凯文则对对应样本进行核酸检测；三人约好，在结果出来之前谁都不把某个培养皿上的空白叫作“没有微生物”。第一轮仍有几只培养皿没有可见生长，另一些却出现了先前常规条件下不曾得到的菌落。凯文拿着两张并不一致的记录表，原本想立刻写出一段漂亮结论，又在看见样本编号旁边那栏空缺的培养条件时停了笔。

乔治请他挑一只菌落继续鉴定，又让艾米丽把失败的试验照样留在记录册里。那天晚上研究室关门前，凯文主动把打印机旁那张写着“未知物种”的彩色海报取下来，换成了三栏朴素的表格：检测到了什么，实际培养出了什么，还不知道什么。它没有招来多少围观，第二天却让刚进组的同学一眼看懂了研究做到哪一步。艾米丽回家时想起父亲修车的工作台，忽然很想告诉他，一件旧设备修好以后，最重要的收获未必是得到一个新答案，有时只是终于能够把不同答案放在同一张桌上比较。

一次例会中，凯文展示的图里出现了几个非常漂亮的新类群名称。导师问他能否确定这些序列代表独立物种，凯文支吾了一阵，最后承认只是根据短片段相似性做了推断。会后他气得把文件摔在桌上，说导师总能找到理由否定新结果。艾米丽陪他去楼下买咖啡，提醒他报告里若明确写成“候选分类单元”，反而能更诚实地表

达发现。凯文沉默了一会儿，问那样是否还有人愿意读他的文章。艾米丽说她愿意，至于别人愿不愿意，要等结果真正发表再说。

入冬前，研究所安排了一次安全培训。艾米丽负责演示如何处理可能具有生物学风险的样本，年轻学生有些心不在焉，觉得只要测序就不用像过去一样考虑微生物的生长和传播。她停下来，认真说明样本来源不因分析方法变化而失去安全要求，核酸序列与样本里的真实材料也不是同一回事。培训结束后，她把教室窗户打开通风，才发现外面第一场雪已经落下，白色的雪粒附在树枝上，像一层刚刚撒上的盐。

一个周五的下午，实验室停电半小时。应急照明把走廊照得发黄，几位研究生匆忙检查低温保存设备，担心部分材料受到影响。艾米丽负责记录事件发生的时间和需要复核的样本。电力恢复后，她没有急着继续分析，而是先把处理过程逐项写进实验日志。凯文说这样的记录很少有人会认真看，艾米丽回答，也许平时确实不会，但一旦某一组数据以后出了问题，最先需要查的便是今天这些东西。凯文没有反驳，拿起笔帮她补上几项设备温度记录。

后来的一周，他们得到一批新的序列数据。艾米丽从中看到许多与常见培养分离物并不完全匹配的信号。她兴奋地翻阅参考文献，却又因不同研究采用的方法、命名和检测条件各不相同而感到困难。午饭时，她把一张简化的分类表带到食堂，想请一位研究生态学的同事看看。对方建议她不要把“尚未培养”写成一种神秘的身份，许多微生物未被常规方法培养出来，也可能只是因为适用的条件尚未建立。艾米丽听了，改掉了报告中一处夸张的标题。

那晚她在图书馆翻到一篇讨论环境核酸分析的文章，页边密密写着前人对污染与引物偏差的担忧。她把其中几个问题圈起来，第二天拿去同导师讨论。导师没有叫她放弃分子检测，而是建议在下一批实验里加入更明确的阴性对照，并记录取样和扩增的不同步骤。艾米丽把方案修改完，望着最初那张写着‘微生物缺失’的表格，决定改成‘在现有培养条件下未检出’。一个词的差别，足以改变读者对整份材料的理解。

圣诞节前夕，她终于回了一趟家。父亲正在修车，见她进门，便把一只损坏的点火部件递给她，问能不能看出哪里出了问题。艾米丽摇头。父亲指给她看，说明某个部件外表完好，内部连接却已磨损，如果只看表面，很容易误以为它仍能正常工作。她笑着问父亲是不是终于愿意听自己讲微生物。父亲说汽车已经够他研究一辈子了，暂时不打算再养一群看不见的东西。母亲从厨房出来，叫他们把沾油的零件放到工作台上，别带进餐厅。

父亲把那只坏掉的点火部件拆开给她看，铜线接头上的磨损很明显。艾米丽说实验室也经常发生类似的事：结果消失了，人们才不得不去找究竟哪一层出了问题。父亲递给她一块干净抹布，问她现在的工作是不是比培养细菌轻松。她摇头，讲起那些看似整齐的序列其实也会受不同步骤影响。父亲听得不十分明白，只笑着把工具箱盖好，说不管是汽车还是微生物，坏的时候总比看起来复杂。

假期结束，艾米丽回到研究所，发现凯文已经把新数据的分类结果整理得更细。对于没有足够证据确认的部分，他没有勉强赋予物种名称，而是使用更谨慎的标注。两个人站在打印机前检查图表

，忽然觉得彼此争论了好几个月的事情，其实只是想使记录离真实情况更接近一些。艾米丽将最终表格装进文件夹，准备第二天交给导师。窗外下着雪，研究楼门前的自行车被盖上一层白色，她拎着沉重的书包往外走，想着回家还得把房东寄来的供暖账单再核对一遍。

她把旧培养记录留在桌边，没有因为那些培养皿始终不见菌落，便认定整份样本毫无价值。对她来说，冬天仍需要准时交房租，凯文的新数据还等着复核，实验室里也有几只样品必须按时转移。她收起资料，走出研究楼，雪落在自行车座上，车锁被冻得有些发涩。

真实历史与科学解读

20世纪后期，基于核糖体RNA序列的环境微生物研究逐渐突破了只依靠传统培养分离来认识微生物的限制。艾米丽、凯文与研究室情节均为虚构，文中不将序列检测等同于活菌成功分离，也不以“检测不到”直接推断生物不存在。可参考：Pace NR. A molecular view of microbial diversity and the biosphere. Science. 1997;276:734—740. DOI:10.1126/science.276.5313.734。

第五卷 · 人体的另一半

第三十四章 不同的体重

2006年，美国圣路易斯

艾米丽接到妹妹电话的时候，正站在一间布满电脑的办公室里。屏幕上排列着复杂的微生物测序数据，几位年轻研究者围着一张图讨论老鼠的能量代谢，谁也没有注意到窗外开始落雨。她把手机带到走廊接听，妹妹劳拉一开口便问，报纸上那篇关于肠道细菌和肥胖的报道是不是与她最近参加的研究有关。艾米丽说自己确实在学习相关领域的工作，但报道里的很多说法并不是研究者直接得出的结论。劳拉沉默片刻，说她最近又开始控制饮食，如果肠道里真的有能让人变胖的细菌，为什么不能直接把它们清除掉。

艾米丽已经四十岁，研究经历比十年前丰富许多。她早年做过培养和分子检测，现在与一支研究宿主代谢的团队合作，尝试理解肠道微生物群落与能量利用之间的关系。她能够读懂大部分实验数据，也十分清楚，要把小鼠体内观察到的现象推广到人的日常生活，远不是给一张图换个标题那么简单。可是她每次回家，亲戚最关心的仍然是她有没有找到某种对健康有益的细菌，能不能给家人推荐一份简单的食谱。

劳拉在学校教音乐，工作时间长，常常过了中午才能吃饭。她年轻时喜欢骑车，如今膝盖容易疼，出门锻炼渐渐少了。她并不喜

欢谈体重，却经常在家庭聚会上被人劝少吃甜食，久而久之便不愿参加聚餐。艾米丽知道妹妹为此难过，也知道把她的处境解释为一种肠道细菌过多，既不准确，也谈不上真正的帮助。她在走廊里向劳拉解释，动物研究有时可以通过控制遗传背景、饲料和生活环境来检验某种因素的作用；人却生活在复杂环境中，体重变化还与许多生理和社会因素相关。电话那头安静了一会儿，劳拉说这些话她都听懂了，但听完依然不知道自己明天该怎么办。

电话结束后，艾米丽把手机握在手里，没有立刻回会议室。劳拉过去总能在家庭聚会上弹起钢琴，让一屋子人跟着唱歌，现在却因为反复听到关于体重的评论，越来越少出席这样的场合。艾米丽知道妹妹期待的并不只是一张营养表，她更希望得到一种无需不断向别人解释自己身体的生活。走廊尽头有人推着设备车经过，她让开路，回到实验室，把原先想给劳拉转发的新闻链接删掉，改约周末一起吃饭。

当天午后，艾米丽回到会议室。研究者正在比较不同实验动物的微生物组成和能量获取能力，其中一些结果提示，宿主与微生物之间的联系可能比人们过去认识得更加紧密。一名年轻同事兴奋地说，如果细菌可以改变能量利用效率，未来或许能够通过微生态干预帮助一部分患者。另一位研究者提醒，眼下实验涉及特定动物、特定饲养条件和特定样本，不能因为机制具有吸引力，就直接推断到所有人群。艾米丽听着争论，在笔记上写下一行提醒：不要把“可能参与”改写成“唯一原因”。

晚上，她没有立即回公寓，而是绕道去了超市。货架上摆满各种标着低脂、高纤维和营养均衡的食品。她站在冷藏柜前，看见一排包装鲜艳的发酵乳制品，广告词里写着“健康菌群”和“轻盈生活”。艾米丽忽然想起劳拉那句近乎恳求的提问。她拿起一瓶酸奶，读完配料表，又放了回去。包装上的许多说法不一定没有合理成分，但作为研究人员，她知道不能仅凭一行营销词语便判断它能对某个人产生怎样的效果。

艾米丽与一位统计学家在会议前核对图表，发现其中某条曲线在纳入更多样本后出现明显变化。那位同事说数据越多未必自动解决所有问题，如果不同动物组之间还存在饲料或饲养环境差异，就必须认真检查这些条件。艾米丽想起自己早年做培养时总相信重复实验会让结果更加清晰，后来才知道重复只有在条件适当时才真正有意义。她将报告里的“关键菌群模式”改成“在特定实验条件下观察到的群落差异”，又补了一张显示实验设计的表。

统计学家请她重新看动物饲养日志。两组小鼠分别放在不同的架位，饲料虽然来自同一配方，却并非同一批次。艾米丽逐项核对，发现几条被忽略的环境记录可能影响原先的解释。有人觉得这样的检查会冲淡故事，她却想到妹妹听见‘某一种细菌导致肥胖’时的期待。如果研究者自己都没有排清楚实验设计中的差异，外面的人只会把更复杂的结论听得更加确定。她把这页日志扫描存档，并为下一次实验提出随机分配和更详细记录的建议。

更换展示图之前，艾米丽先去了一趟动物设施。管理员带她经过几排饲养架，指给她看笼位、饮水瓶与每日环境记录的放置方法。

他没有谈论任何复杂模型，只问研究人员下次若想比较两组动物，是否愿意事先把这些条件写进方案，而不是在看到结果之后再回头寻找差异。她答应下来，同时意识到这意味着原定的汇报需要延期。报告负责人在电话里沉默了片刻，问能否至少保留那张醒目的曲线作为开场。艾米丽说可以讲它为何引起兴趣，但必须同实验条件放在一起讲，不能让人误以为曲线已经给出了人体减重的方法。

会议前夜，她与统计学家重新排了幻灯片顺序：先交代动物分组与饲养条件，再展示研究观察，最后说明哪些问题尚需在不同条件下复核。修改后的屏幕没有先前那么鲜艳，甚至留出一整页来呈现那些未能充分记录的因素。团队有人担心听众会以为实验失败，艾米丽却想到劳拉在电话里问过的那个问题——明天究竟该怎么办。若研究报告把尚不能用于个人决定的线索伪装成建议，答错的代价便不会只停留在实验室。

演讲结束，一位听众没有问她能否找到所谓的“肥胖菌”，而是询问下一次实验最想补齐什么证据。艾米丽指了指那张环境记录表，说她希望首先知道，在不同饲养批次和更清楚的控制条件下，观察是否仍然稳定。散会后她给劳拉发去一条简短消息，问周末约好的晚饭是否还算数。妹妹回复一张儿子画的菜单，上面只写着汤、面包和蛋糕，没有一个关于体重的数字。她盯着手机笑了起来，把尚未写完的研究摘要暂时放到一边。

第二天上班，艾米丽在办公室看到一封来自新闻编辑的邮件，询问能否用一句话说明某种细菌是否使人肥胖。她想了十分钟，写下两句话，解释现有研究是在特定条件下观察肠道微生物与宿主代

谢的关系，结果不支持用某个菌种对所有人的体重作确定判断。编辑回信说内容很准确，但标题恐怕不够醒目。艾米丽看着邮件笑了笑，把它存进工作文件夹，没有再为了更响亮的标题改动结论。

周末，劳拉带着儿子来到圣路易斯。孩子比上一年长高不少，一进门便往厨房跑，说自己饿了。艾米丽准备了简单的晚饭，妹妹看见桌上的面包和汤，笑着问是不是因为她的电话，姐姐才特意没有做甜点。艾米丽解释只是来不及烤蛋糕，劳拉却有些不自在，像是已经习惯别人围绕她的体重调整菜单。饭后，姐妹俩把碗盘放进水槽，劳拉突然问研究人员是不是能够看着一份粪便样本就知道一个人吃过什么、以后会不会得病。艾米丽告诉她，有些饮食习惯可能在微生物组里留下统计信号，但个体推断远没有那么直接，尤其不能把某个人未来的疾病归结为一次检测。

劳拉来访的晚上，外甥拿出学校做的一份食物记录作业，兴奋地向姨妈介绍自己最喜欢的早餐。他在纸上画了橙汁、面包和一大碗谷物，旁边还画了一只正在偷面包的狗。劳拉看见孩子的作业，突然说自己年轻时从未觉得吃饭是一件必须向别人解释的事情。艾米丽把盘子收走，告诉她今后在家里吃饭不用汇报一整天摄入了什么，大家按自己的需要和健康建议合理安排就好。那一晚她们没有再谈体重，只聊起小时候父亲总在周末做的土豆饼。

饭后，劳拉坚持同姐姐去附近的小店散步。经过橱窗时，她停在一件喜欢的蓝色外套前，看了看标价，随后说也许哪天愿意再试穿。艾米丽没有像过去那样建议她先改变体重，只说这颜色很好看。姐妹俩在街角等红灯，劳拉忽然承认，自己有时很难忍受别人把一

切困扰都归结为没有足够自律。艾米丽想了想，说实验室里最需要警惕的恰恰也是这种单一解释，它往往让问题看似简单，却遮住了许多真正需要研究的部分。

第二天清晨，艾米丽陪外甥到附近公园玩耍。孩子在草坪上追一只不断跳开的松鼠，劳拉坐在长椅上看他。天气很好，公园里不少人跑步或遛狗。劳拉说自己最近总被建议尝试新的减重方法，每个人说得都十分肯定，结果却彼此矛盾。艾米丽问她是否愿意先同熟悉自己健康状况的医生讨论，劳拉说愿意，只是不想每次咨询都被人简单归咎于缺乏自制力。姐妹俩没有继续争论饮食和微生物，她们在公园里坐到孩子玩累，随后一起回家。

十二月，研究团队读到关于肥胖相关肠道微生物组的新论文。一些数据提示，不同宿主状态与微生物群落组成及微生物能量获取潜力有关，新的研究由此提出许多可检验的问题。艾米丽想到那些有价值的发现，也想到公众媒体很容易把复杂结果浓缩成“某类细菌让人变胖”。她在一份给合作单位的说明稿里，把“发现肥胖的微生物原因”改成“研究肠道微生物与宿主代谢之间的关联及潜在机制”。年轻同事觉得标题没有原来响亮，她说是没有原来响亮，但更接近实际工作。

公开报告发布前，团队讨论是否要用一张色彩鲜艳的示意图突出‘关键肥胖菌’。艾米丽要求删去那个箭头过于确定的版本，换成包含宿主、饮食和微生物群落的多因素研究框架。宣传人员担心公众看不懂，她提议把研究中的一种可能机制写成清楚的短句，并在旁边标明动物实验的条件。她没有因此认为论文会变得乏味，只

是知道面对真正需要帮助的人时，含糊与夸大都并不体贴。

临近圣诞节，她收到妹妹寄来的卡片。卡片里夹着外甥在公园画的松鼠，劳拉还写了一小段话，告诉她自己最近开始规律地参加一个适合膝盖状况的活动课程，感觉比不断尝试陌生食谱更容易坚持。艾米丽把卡片钉在办公桌边，没有把这件事当成研究取得了什么成果。她看了一眼电脑上的数据，继续检查样本的来源和饲养条件。窗外天色渐暗，学生开始收拾书包，实验室另一端有人将一批标签核对好的样本放入低温柜。艾米丽站起来，准备在下班前把第二天会议需要的图表打印出来。

真实历史与科学解读

2006年，Turnbaugh等人在《自然》发表有关肥胖相关肠道微生物组及能量获取潜力的研究，推动宿主代谢与微生物生态关系的讨论。文中艾米丽、劳拉及家庭情节均为虚构，亦不代表某项真实研究的受试者经历。微生物组与体重的关系并非一对一的确定因果，也不能据此推荐未经验证的个人化干预。

第五卷 · 人体的另一半

第三十五章 人体地图

2012年，美国东海岸

海伦的办公桌上堆着三种颜色的文件夹，蓝色的是等待核对的知情同意材料，灰色的是样本采集记录，白色的则是需要重新联系的受试者。她刚来这家研究机构时，认为自己的工作无非是安排时间、接电话和把表格归档。半年以后，她才知道，一项研究若要连续采集不同身体部位的微生物样本，需要解决的麻烦远超想象。有人临时改了预约日期，有人按照要求采样却忘记在容器上贴编码，还有人担心自己的身体资料会被公开，反复询问究竟谁能够看到相关信息。

海伦三十七岁，原本在医院行政部门工作，后来转到研究协调岗位。她不擅长谈论基因，也没兴趣与实验室人员争论不同测序平台的优缺点，但很在意每位参加研究的人是否理解自己签署了什么。有一次，一位受试者带着两页打印出来的网络文章来到办公室，问研究者是不是能从皮肤和肠道样本里判断自己有没有癌症。海伦没有随意安慰，便请负责研究的医生说明当前项目的目标和局限。医生解释，这项工作是在描绘健康成人不同身体部位的微生物群落特征，并不是向每个受试者提供针对特定疾病的临床诊断。那人听完有些失望，却仍决定继续参加研究。

她还记得自己第一次向人解释样本用途时，面对的是一个刚从外地搬来的年轻人。他以为参与项目就能得到针对个人的健康评估，问采集结果能不能告诉他该换哪种牙膏、该不该吃某种食品。海伦当时几乎照着说明书逐字朗读，越念越像是在拒绝回答。后来她学会先请对方说清想知道什么，再解释研究能够做什么、不能做什么，以及哪些结果不会像临床检查那样反馈给个人。她也学会接受有人听完便决定不参加，不再把这种决定视为自己工作失败。

有一天上午，海伦需要为一位参与者重新安排全部采样。对方临时服用了一种药物，研究方案要求记录并评估这类情况，但最初的预约系统只留下一个简单的勾选框。海伦电话里反复确认，最后决定先请临床协调员审核，再重新约时间。挂断以后，她在表格背面写下当天经过，给下一位接手的人留足解释。她不愿把一次小小的改期变成研究员日后无法理解的数据异常。

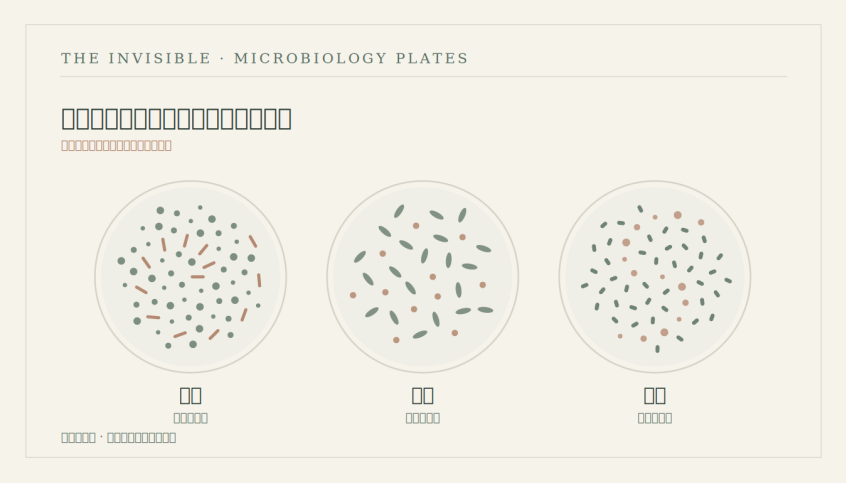
当时，人体微生物组计划已经开展多年。不同机构的研究者试图以相对统一的流程收集、测量和分析人体多个部位的微生物群落。海伦每天面对的是具体的个人和样本容器，数据分析团队面对的却是越来越庞大的序列集合。两边常常因为一处字段的命名争论半天。有次实验室要求她说明某个样本为什么没有按照原定时间送达，她翻查记录，发现当天医院停车场施工，运送车辆被堵在了另一处入口。对分析人员来说，那可能只是一项批次信息；对海伦来说，却意味着三个人在雨里推着转运箱绕了半栋楼。

有一次，两个实验室对同一种采样容器给出了不同的使用说明。研究护士已经按第一套流程完成准备，技术人员却要求重新采集，

双方在电话里都觉得自己遵守了规定。海伦拿出统一的操作手册和当时留下的版本号，发现一方使用的文件尚未更新。她组织一次简短会议，把修改日期、责任人和材料接收方式写得明明白白，还要求每个中心确认已经收到相同版本。当天晚些时候，一位参与者问为什么研究要如此麻烦，她想了想，说样本离开人体以后仍然会经历很多步骤，不能让不同的人凭记忆各做各的。

项目逐渐有了更多结果。来自皮肤、口腔、肠道和其他身体部位的样本，展现出明显不同的微生物生态特征。研究者惊讶地发现，即便是经过严格筛选、符合研究健康标准的参与者，他们之间的群落组成也不完全相同。海伦把一份科普说明稿递给同事修改，原稿中写着“为每个人绘制正常菌群模板”。她觉得这句话容易让人误解，便在旁边标注：如果健康人之间本来就有广泛差异，为什么一定要有一张人人都应当符合的模板？

那年春天，研究小组举行了一次内部开放日，邀请参与项目的行政人员参观数据分析设施。海伦第一次走进平时很少去的服务器机房，看见整排设备发出持续的低鸣。研究人员向她展示从样本编号到序列读取、再到微生物分类特征的处理过程。屏幕里有成千上万个数字，她费了很大力气才找到自己前几天核对过的一个样本编码。原来那只普通塑料管如今已经变成数据表里的一行，后面附着许多微生物名称和丰度。她不知道这些数字是否准确反映了样本的每一处细节，却清楚知道，倘若当初编号贴错，后面所有计算都可能归到错误的人身上。



现代科学示意 · PLATE 10人体不同部位微生物组的示意图。符号只用于表现不同生态位及个体差异，不代表任何真实研究中的物种丰度数据。原创矢量绘图 · 本书编辑图版

项目扩大以后，研究中心从不同城市收到一批批样本。有些箱子在指定时间抵达，有些遇到航班延误，工作人员得按流程检查温度记录与包装状态。海伦看见一位同事因为一条未签名的交接记录被要求重查，起初也觉得繁琐。等到一批样本的序列结果与预期差别很大时，她才明白，只有把采样之后发生的事情记录清楚，研究者才有机会判断差别来自生物学，还是来自运输和处理。

午餐时，一位年轻统计学家问她是否觉得研究过分依赖文书工作。海伦想了想，说自己也曾抱怨表格太多，可假如一个人连样本究竟属于哪个部位、来自什么时间都无法确认，再先进的分析也不会自动知道事实。统计学家笑着承认这话有理，随后讲起他们正在

建立的质量控制流程。海伦听到一半便跟不上复杂术语，却认真记下了几个直接影响采样协调的问题。下午回到办公室，她把原有工作表重新整理，减少了重复填写的字段，也增加了必要的核对环节。

研究中心里另一位负责信息安全的同事提醒海伦，样本编号虽然不直接写着姓名，某些采样时间与其他背景信息组合起来，仍可能带来识别风险。海伦于是参加了专门的数据管理培训，学会区分用于联络随访的身份信息、实验室需要的样本编号和公开资源中可以使用的研究数据。她的办公桌上多了一只上锁的柜子，常用的临床联系表也不再与测序结果放在同一个共享目录。她并非因此对研究失去热情，只是知道每一个愿意提供样本的人，都有理由问研究者将怎样保管它。

六月，一批人体微生物组的重要成果正式发表。团队成员们在会议室里看期刊封面，年轻研究者相互拍照，忙碌多时的气氛终于轻松下来。海伦照常坐在前排，手里拿着下周的预约单。有人邀请她站进合影，她开始推辞，说自己又没做测序，后来被同事拉到中间，站在一位实验室技术员旁边。拍照时有人忽然喊，大家把胸前挂着的工作证摘掉，不要让相机照进个人编号。众人笑着取下证件，又重新站好。

在接下来的几周，媒体对研究成果产生了浓厚兴趣。有些报道将其称作人体的另一张地图，也有标题说研究者终于找到了健康人的微生物标准。海伦把这些报道发给研究医生，请对方准备一份常见问题说明。她知道受试者很快会打电话来问，自己的结果究竟属于哪种类型。果然，第一通电话在第二天早晨便打来。对方是位退

休教师，想知道自己和其他人有何不同，是否需要购买某种补充剂。海伦按照约定解释研究不提供这样的个人诊断或治疗建议，并主动联系临床团队回答对方关于健康管理的一般疑问。

在那场临时的媒体说明讨论中，海伦建议将“正常人体微生物组”改成“依据本项目入选标准观察到的健康成人微生物群落”。宣传同事担心标题变长，读者不愿看；统计学家则提醒，他们招募的是经过筛选的人群，不能仅凭当前研究代表全球所有年龄、环境和疾病背景。几个人最后没有把全部限定条件塞进标题，却在正文第一段保留了研究对象与样本来源。海伦只要求再多加一句话：这并不是一种人人都必须符合的健康标准。

一次参与者交流会上，一位受邀旁听的退休教师问，既然项目会公布各身体部位的微生物图谱，自己是否能在网站上认出某位熟人的数据。研究员解释研究结果以适当方式汇总、数据访问需要遵循管理规定，但这种说法仍让对方有些担忧。海伦没有催他签字，只把知情同意中有关个人信息和样本使用的段落指给他看，让他带回家认真考虑。第二周，那位教师才决定参加。他告诉海伦，自己最在意的不是别人能否从研究中获益，而是有人是否愿意认真回答他的问题。

有一位三十多岁的研究参与者每次来都带着一只小笔记本。他会把前一天吃过的东西、最近的睡眠和感到不舒服的地方记下来，生怕自己遗漏了研究团队需要的信息。海伦向他解释，哪些资料属于研究方案规定的采集范围，哪些不需要勉强补充，并提醒他不应为了参加研究而改变正常生活。老人听完仍然认真做记录，后来却

开始在旁边写一些自己的小事，比如周末看过的电影和孙女的考试。海伦发现这些与研究无关的内容，便没有复制进数据库，只在见面时笑着问了两句。

一次样本转运延误后，海伦需要决定哪些材料应标记为超出预定处理时间。实验室的同事建议把那些样本暂时放在一边，等后续评估；另一个项目成员却担心数据量减少，提出能不能先照常纳入分析。海伦把实际时间记录拿出来，坚持不能把四十分钟写成二十分钟。讨论最终回到质量控制标准本身，团队决定保留原始信息，再由预先明确的规则判断是否使用。那天她下班很晚，丈夫来接她时问是不是又有人把表填错了，她说这次不是填错，是大家都希望数据尽量完整，却忘了完整不一定等于可靠。

临近下班，那位负责接收样本的同事来找她，说仓库里有几只标签颜色相近的箱子，稍不注意就可能放错架。海伦与他重新规划货架，按实际样本类型和处理阶段分区，并把临时存放的记录贴到醒目的位置。事情做完以后，办公室窗外已经完全黑了，她在回家电车上想起女儿答应要带去学校的手工作业还没完成，便赶紧发信息让丈夫先找出剪刀和胶水。女儿回了一个皱眉的表情，问今晚能不能不谈微生物。海伦看着屏幕笑起来，说回家以后先把那只纸灯笼做好。

成果发表以后，海伦收到一张没有署名的感谢卡。卡片上只写着几句简单的话，说自己作为研究参与者，很高兴有人认真解释过那些采样要求，也愿意相信样本会被妥善处理。她无法判断是谁寄来的，便把卡片夹进工作日志。很多年以后，她或许不记得某份样

本的具体编码，却仍会记得这些陌生人怎样把自己的时间和身体资料交给一项尚未知道全部结果的研究。

研究中心召开阶段总结会时，海伦没有坐在主桌。她站在门边，手里拿着当天需要签收的资料清单，听学者们讨论新数据能否反映健康人群的广泛多样性。有人说数据规模令人振奋，她想到的却是不同诊室里反复确认采样要求的人，以及那位曾因担心隐私而犹豫的退休教师。她知道自己没有参与推导理论，却也知道若少了那些具体的核对工作，漂亮的图谱便没有可以信赖的起点。

夏天结束时，海伦换了一个新的文件柜，原来塞得满满当当的蓝色文件夹终于有地方放了。她给柜门贴上编号，锁好钥匙，准备离开办公室。手机里有丈夫发来的消息，问她是否还能赶上女儿的学校演出。海伦看了看表，收好最后一份记录，快步走向停车场。演出开始时她刚好赶到，女儿穿着浅绿色裙子站在舞台边，看见母亲后偷偷挥了挥手。海伦坐下，发现自己整整一天都在处理别人的样本和资料，此刻终于有时间认真看一看自己的孩子。

真实历史与科学解读

美国国立卫生研究院支持的人体微生物组计划2007年启动，2012年在《自然》等期刊发表重要成果，系统展示健康成人不同身体部位的微生物群落特征与个体差异。海伦、受试者对话和研究机构日常情节均为虚构；相关故事不能理解为真实项目参与者的隐私记录。

第五卷 · 人体的另一半

第三十六章 谁是健康的人

2026年，中国南方

林晓把一张彩色检测报告放到诊室桌上时，程屿正准备离开。那是她在一家商业机构购买的肠道微生物检测，封面印着一个圆形仪表盘，旁边写着“肠道健康指数”。报告里有许多微生物名称，还列出高低不同的评分，最后几页则推荐调整饮食和补充某类产品。梁静先问她为何决定做这项检测，林晓说自己只是想知道身体是否存在某种能够被测出来的问题。前几次参与研究随访，她听到的回答都很谨慎，甚至没法判断样本里的菌群是不是异常。商业报告至少给了她一个清楚的数字，虽然那个数字让她更加担心。

程屿接过报告看了一会儿，发现它使用的分类方法和参考人群并没有充分说明，一些建议更像通用的生活方式宣传，而不是根据可靠临床证据得出的个人化判断。他没有立即说这张报告毫无价值，只问林晓，对方在出售服务时是否说明评分的适用范围，能否解释健康指数是怎样验证的。林晓想了想，说自己只见过网上的介绍，机构还发来一封邮件，称可以通过补充相应产品改善她的状态。梁静提醒她，不能仅凭这样一份报告自行改变目前的治疗安排，尤其不应因此停止正规随访。

林晓把报告翻到推荐产品的那一页，问为什么有几种菌的名称旁边被画上了红色符号。梁静没有立即评价那家机构，而是先让她看清报告所采用的比较人群、样本数量与评分算法。林晓发现其中有些说明写得很模糊，甚至看不出所谓健康范围依据的是怎样的对象。她原本以为检测结果像血常规一样直接，如今才发现同一个百分比会因为参照人群不同而有不同含义。她把红笔放到桌上，慢慢重新读起报告。

那天回到学校，程屿和杜然重新检查研究队列中的健康对照。他们发现，过去在统计分析中常用的一组健康标签，实际上来自复杂的入组标准。受试者可能没有所研究的精神疾病诊断，却不意味着他们在饮食、睡眠、药物史和身体状况方面完全一致。健康组内部一些年龄相近的人，在菌群组成上仍然表现出不小的差异。杜然问是否应当把差别最大的样本剔除，程屿说不能仅因为它们与平均值不同就认为它们不合格，应当先核实入组标准和数据质量，再分析差异可能来自哪些因素。

午后的组会上，一名学生提出能否用一组健康人的平均微生物组成建立“正常模板”，再计算每个患者偏离多少。程屿说这个设想可以作为统计模型探索，但不能把平均组成直接当作临床意义上的正常标准。不同人可能拥有不同而同样稳定的生态状态，测量流程也会影响表征；偏离某个参考分布与出现疾病症状，不能自动画上等号。杜然把这一意见记录下来，又问如果连健康人都差别很大，研究还能不能找到通用规律。程屿回答，规律未必等于所有人都相同，也可能表现为特定条件下的变化范围与相互关系。

这段时间，罗慎正计划参加一场关于微生物组转化应用的会议。他希望程屿准备一份研究进展，在展示里放入健康参考模型和临床预测的初步想法。程屿写了几页材料，删掉“精准识别个体疾病”的标题，换成“评估跨人群微生物生态差异及其稳定性”。罗慎看过后问，会不会显得太保守。程屿承认这不是最吸引人的说法，但若研究尚未证明个体层面的临床效用，便不宜把探索结果写成已经成熟的工具。罗慎最终让他保留修改稿，同时提出应当在讨论中写明进一步验证的路线。

林晓并没有因为梁静的解释便立刻把所有担忧放下。她回去以后又翻了一遍那张商业检测报告，发现其中一些词与科研论文里使用的术语十分相似，读起来却给人完全不同的印象。报告把群体平均值画成一条粗线，将个人结果标成红点，旁边还配了“偏离”“改善”等文字。她给梁静发消息，问这样的偏离是不是一定不好。研究护士按流程回复她，可以在下次随访时进一步讨论，也提醒她不必因为颜色和图形自行停药或购买新产品。

组会结束后，程屿和杜然在楼下吃饭。杜然问，如果没有一张简单的正常菌群清单，论文是否就更难讲清楚。程屿说群体层面的范围仍可以被描述，只是需要同时呈现年龄、饮食、地域及测量条件；一幅图可以简洁，却不能让所有差异都被误认为偏离健康。杜然把碗里的汤喝完，说写作会更费劲。程屿笑了，承认自己也希望图能画得漂亮，但总不能让图替人们决定什么是正常的人。

程屿后来专门把这份经过林晓同意、删去个人信息的示意图带到教学讨论中。学生们很快发现，即使没有虚假数据，只要改变坐

标范围、颜色和参照人群，同一个结果便可能给读者完全不同的感受。程屿没有把制作报告的人一概说成骗子，只提醒大家研究者同样可能犯类似错误，尤其当希望图表更加醒目时，容易忘记图像本身会影响解释。杜然负责把教学例子改成完全模拟的数据，免得任何受试者的信息被误用。

母亲扫描旧账簿时，忽然问程屿为什么以前的记录里有那么多“好”“不好”“一般”。程屿说那是她当年自己写的，母亲笑说自己当然知道，只是这些词现在看来太含糊。他们试着按照气味、颜色、原料和时间重新整理，却发现当年未记录的事情无法再补齐。母亲摇头，说早知道以后有人研究得这样仔细，年轻时便多写两笔。程屿告诉她不用勉强，过去的记录有过去的用途，不能因为今天想做新的分析，就假装几十年前已经按现在的标准采集了所有信息。

周五晚上，杜然留下来核对模型输出。程屿正想回家，见他还没有吃饭，便把自己多买的一份面条放到桌上。杜然盯着电脑，问研究者是不是永远都可以用“个体差异复杂”来解释失败。程屿说不能，复杂性不是免于检验的借口；如果提出某种连续生态模型，就必须先定义它想预测或解释什么，再用不同人群的数据证明稳定性，否则只是换了一种更漂亮的图。杜然听完，把一份模型性能表拖到屏幕中央，说至少这次得把失败的部分也写清楚。

周末，程屿回家帮母亲整理发酵作坊。母亲从柜子里找出三本记账簿，一本记原料和售价，一本记顾客偏好，另一本则写着每年不同批次的发酵情况。程屿翻到其中一页，发现母亲用自己的方式标注过天气、原料变化和成品风味。许多描述没有统一的量纲，有

些只写着“偏酸一点”“天气闷”“这批豆子略硬”。他问母亲这些记录能不能再细化，母亲说年轻时忙得很，记得下几句已经不容易。她又补充，哪怕配方相同，不同年份做出来的东西也不完全一样，老顾客尝得出差别，但并不一定觉得哪一批绝对更好。

梁静后来把研究中的一份普通语言说明交给林晓，请她标出看不懂的词。林晓在‘群落稳态’和‘外部有效性’下面划了线，说前一个听起来像一款保健品名称，后一个则像贷款合同的条款。梁静忍不住笑了，把两处都改成更明确的句子，又请程屿确认科学含义没有变化。林晓看见修改后的版本，说这次终于知道他们想做什么，以及为什么现在还不能给每个人一张确定的答案。

程屿把那几本账簿放在桌边，没有立即拿它们去证明自己的研究理论。母亲的发酵经验涉及有意识调整的原料和工艺，人体微生物生态则牵涉不同的生物环境与宿主条件，两者并不能轻易等同。不过，他第一次认真建议母亲把近几年的记录扫描保存，免得纸张受潮后看不清。母亲说只要他愿意动手，便把旧账簿都交给他整理。两人花了一下午拍照、分类，最后竟然找到一张十几年前的老顾客名单，其中一些人早已搬走，母亲看着名字，逐个讲起过去的事情。

星期一，林晓按照约定来复诊。梁静告诉她，商业报告中的数字不能替代临床评估，也不意味着必须针对那几个微生物采取治疗。林晓听完，把报告收起来，说至少现在明白那张图里的红色并不必然意味着身体发生了危险。她接着问，既然微生物研究还在发展，为什么有人能把结果写得这样确定。梁静说不同服务有不同的证据要求，有些宣传会超出目前能够支持的范围，遇到这种情况最重要

的是弄清楚它究竟测量了什么、结果是否得到充分验证。

林晓离开后，程屿回到研究室，把健康参考模型的一项说明重新修改。他删去“为每位受试者定义绝对健康菌群”的句子，增加了关于群体差异、测量条件和适用范围的段落。杜然看了新稿，说这样写似乎能避免许多争论，但图表会少一些让人一眼看懂的结论。程屿回答，图表当然应该清楚，只是清楚不意味着可以把复杂的事情说成已经得到确定答案。说完，两人又回到数据表，开始检查下一个研究中心的信息。

真实历史与科学解读

人体微生物组研究显示，即使在符合研究健康标准的成人之间，不同身体部位和不同个体的菌群组成仍具有广泛差异。当前商业微生物检测的部分健康评分和个体治疗建议未必具备充分的临床有效性证据，具体评价需要结合方法、适用人群和验证情况。本章林晓、程屿、梁静等人的经历及检测报告均为虚构。参考：Human Microbiome Project Consortium. Nature. 2012;486:207—214. DOI:10.1038/nature11234。

第五卷 · 人体的另一半

第三十七章 借来的菌群

2013年，荷兰阿姆斯特丹

安妮第一次听医生解释粪菌移植的时候，把手里的水杯放回桌上，又确认了一遍自己没有听错。父亲已经因复发性肠道感染几次住院，家里人熟悉病房走廊的每一道门，也逐渐学会看一些常用化验指标。她原以为新的治疗总会是一种药、一次手术或者更精密的仪器，没想到医生介绍的研究竟然涉及来自经过筛查的供者的粪便材料。她皱着眉问，那样的东西难道不会带来新的感染。医生解释这一方法需要严格的供者筛查、规范操作和适当适应证，也明确告诉她，相关临床证据仍在不断积累，并不是任何肠道疾病都适合采用。

安妮三十九岁，在一家图书馆工作。她父亲曾经是中学数学教师，退休后喜欢走路，常常沿着运河慢慢散步，再到市场挑一些蔬菜。最近一年，反复的感染使他越来越不愿离开家，偶尔刚有一点好转，又因疾病复发不得不回医院。安妮把家里的工作和自己的工作时间重新安排，尽可能陪父亲就诊。妹妹住在另一座城市，周末才能赶回来，两个人有时因如何照顾父亲争执，后来又总在病房门口和好。

安妮并不是从一开始就能随时陪父亲去医院。图书馆有固定的开馆时间，她负责的地方文献室又正在清点馆藏，旧报纸和地方年鉴装满几只高柜，馆长希望她在月底之前完成交接。她把父亲的预约时间写在工作台边缘的小日历上，试着与同事换班，换了几次才发现自己总在欠别人的人情。一天下午，她赶到病房时父亲正扶着床沿找拖鞋，见她进门，反而先问会不会耽误工作。安妮想说当然不会，话到嘴边却停住了，因为她明白父亲担心的不是今天迟到的半小时，而是往后越来越长的照护日子。

安妮回到家里时，父亲正试着独自走到厨房。几步路让他不得不扶住桌沿，额头上出了一层汗。她想伸手帮忙，父亲却摇头，说医生允许的活动他还是想自己做。安妮没有坚持，只把椅子推近些。自从感染反复发作，家里的事情便分成了‘以前可以’和‘现在做不了’两部分，连一顿普通午饭也常要仔细安排。父亲最怕的并非某一种陌生疗法，而是自己日后需要每一次都等女儿从工作地点赶回来。

医生向家属介绍正在发表和讨论的临床研究，说明某些复发性艰难梭菌感染患者在特定条件下可能从微生态重建治疗中获益，也强调仍需结合病情、治疗史、风险和医疗机构的实际条件判断。安妮回家后查阅了许多资料，看到的报道却极不一致。有的把这种方法写成医学突破，有的使用夸张标题，暗示肠道微生物能够决定从肥胖到情绪的几乎所有疾病。她越看越困惑，索性把资料分成两摞，一摞是医生提供的正式研究，另一摞是没有明确来源的网页。

父亲对新治疗并不排斥，只是对自己反复住院感到厌倦。他曾经教学生解方程，退休后总说只要认真计算便能得到一个清楚的答案。如今他发现医学没有那么直接，药物有效时会有希望，病情复发以后又不得不重新调整计划。安妮陪他在病房里吃晚饭，父亲忽然问，所谓微生物群落究竟是不是一群细菌互相帮助生活。安妮说自己也讲不清，只能照着医生的说明介绍，肠道里原本存在复杂的微生物群落，某些疾病和治疗会改变这种生态状态，在特定情形下恢复群落功能可能具有治疗意义。

父亲床头放着一本旧教学日志，封面已经磨得露出硬纸。安妮以前以为里面都是课表，翻开才发现，退休后的父亲用它记录过每日步行距离、买菜花费、与老友约棋的时间。生病以后，后半本渐渐换成了复诊日期、用药名称和突发症状的简短说明，原先那些写着“去河边”的格子被铅笔划掉，只剩下空白。父亲注意到她在翻，伸手把本子拿回来，解释自己不是想留下什么医学资料，只是有时候醒来不知道星期几，看看日期就安心一些。安妮帮他把笔插回书脊，没有提议改用手机记录。

二月，安妮在图书馆整理新到的医学期刊时，读到一项关于复发性艰难梭菌感染治疗的随机临床试验。她注意到研究比较了不同方案，并非只报道几位接受新方法后好转的患者。文章里的数字和统计方法她未必都懂，却明白研究者是在尝试回答具体的治疗问题。她把文献的基本信息抄在笔记本里，下次就诊时带给医生，问父亲是否符合相应的治疗条件。医生认真看过后，解释试验人群、治疗流程和当地能够提供的实际方案，与父亲当时的病情不一定完全一致，不能直接照搬。

她把那篇论文印成两份，一份留下，一份寄给妹妹。论文中比较的并不是所有肠道疾病，而是经过特定条件筛选、存在复发性艰难梭菌感染的患者；研究人员还设置了不同的治疗组，并在一段随访时间内观察症状是否消退和复发。安妮把自己看得懂的地方轻轻划线，把不明白的统计指标圈出来，另写了三张小纸条，分别问父亲是否属于研究中相同的患者类型、当地是否具备相应诊疗条件，以及治疗可能给他带来什么额外风险。她没有把论文里较高的成功比例抄在纸条最上面，因为她知道父亲一旦看见那个数字，很可能再也不愿意听它的适用范围。

复诊时，医生拿出写有治疗选择和研究条件的资料，解释复发性艰难梭菌感染的特殊性，以及为什么需要对供者材料进行严格筛查和规范处理。安妮逐项询问可能的风险、疗程后仍需怎样随访，甚至问若不接受这种方案是否还有其他选择。医生没有催她作决定，只建议父女回家再商量。回程的电车上，父亲一直望着窗外，直到快到站时才说，他愿意考虑，但不想让女儿觉得只有这一条路。

安妮的妹妹米拉起初反对让父亲继续接受任何自己不熟悉的治疗。她在电话里说，父亲已经很虚弱，家人不能因为某项研究看起来有希望，就不断要求他承担新的风险。安妮觉得妹妹没有认真听医生说明，两个人在医院门口争执起来，声音大到经过的人都回头看。最后父亲自己出来，问她们能不能先陪他吃完午饭，再决定下午谈什么。姐妹俩只好一起走进病房，帮父亲把餐盘放稳。

米拉真的从外地赶来时，姐姐原想请她先到家里吃饭，妹妹却拎着行李直接去了医院。她们在自动售货机旁站了很久，几次想谈

父亲的治疗，最终先说起各自的工作。米拉并不是不愿分担责任，只是公司的请假制度严格，几次临时出行已经让她被主管提醒；安妮的难处则在于照顾父亲的每一件小事都由她承担，连哪条公交车早晨最不拥挤也变成必须记住的知识。她们后来把能确定的事情写在一张纸上：谁陪复诊，谁负责联系家庭医生，谁替父亲买日常用品。纸写到一半，父亲从病房里打来电话，问两个女儿是不是又在替自己吵架，能不能先上楼把饭吃完。

那次争论之后，安妮开始把每次医生谈话的重点记成几条清楚的问题：治疗要解决什么问题，已有哪些证据，存在什么风险，如果病情发生变化又该怎样处理。米拉读完以后，发现姐姐并非打算不顾一切采用新方法，态度也慢慢缓和。她周末带来一只小收音机，父亲听见熟悉的爵士乐，竟然跟着节奏在被子上轻轻敲起手指。安妮站在窗边看着，忽然意识到自己已经很久没有听见父亲主动谈起音乐。

父亲恢复得稍好一些以后，安妮帮他整理旧书架，在一本数学教材里发现夹着多年前的学生来信。信里感谢老师曾在考试失败后耐心指导，末尾写着自己后来仍然选择继续学习。父亲把信看了许久，说现在才知道原来有些学生真的记得那几堂课。安妮笑他年轻时总嫌学生不肯认真做题，现在倒因为一封旧信高兴半天。两个人一起把书重新排好，给那封信换了一只干净信封。

家里最小的外孙听说外祖父要接受一种特殊治疗，问是不是以后就不会再生病了。安妮没敢回答得太满，只告诉他医生会尽力，但还需要继续观察。孩子不喜欢这种回答，追问为什么大人总说‘

可能’。父亲坐在沙发上听见，慢慢笑起来，说因为大人也有不确定的事情。孩子思考片刻，去拿来棋盘，说既然今天不能出去玩，便让外祖父陪他下一局棋。

在接下来的治疗中，安妮一家经历了几次等待。父亲先按照医疗团队的安排接受评估，医生反复核对感染证据和既往用药史，并与他讨论可获得的治疗选择。安妮发现自己原先只盯着“是否采用新方法”，如今更愿意把注意力放在父亲具体的获益和风险上。她不再对医生提出某种保证，也不愿因为一篇引人注目的报道就断言其他治疗全都无用。妹妹周末来医院，带来一束花，父亲抱怨花瓶太小，两个女儿便在病房里找了半天，最后借来一只干净的玻璃水瓶。

真正让安妮难熬的并不是某项治疗操作本身，而是决定以后那些需要等待的日子。医生向他们明确说明当时能够提供的方案、复发的判断依据和需要及时报告的症状，父亲则提出希望在不适时直接联系医疗团队，而不是每次先由女儿代他发问。安妮起初担心他记不住电话号码，后来把纸卡放在父亲伸手可及的地方，试着让他独自复述重要事项。父亲说自己教了一辈子学生，如今重新学会在问诊时提问，也并不丢人。这次谈话以后，安妮不再把照料等同于替他决定一切。

那年春天，父亲病情逐渐稳定，能够比此前更规律地进食和活动。安妮不把这段改善简单归于自己读到的某一项研究，更不打算把父亲的经历推广到其他患者。她只是觉得，经过漫长的治疗和反复复发，生活终于开始出现新的安排。父亲提出想去运河边走一走

，她先担心路太远，后来陪他从家门口走到最近的一座小桥。两人走得很慢，每隔一会儿便停下休息，桥边有孩子把面包屑撒进水里，几只水鸟争着游过来。

走到小桥时，父亲在栏杆边停下，看了看水面，又问桥对面那家旧报刊亭还开不开。安妮说早就改成了卖咖啡的小店，他不太相信，坚持再往前走几步，亲眼看见新招牌才愿意折返。那天他走得很慢，还不得不中途休息，但回家以后竟然拿出旧地图，给外孙指当年自己上班经过的路线。安妮原本打算逐项追问有没有腹痛、有没有疲倦，见父亲讲得兴起，便等他讲完再把当天需要记录的症状记下。她知道生活在恢复，医学随访也仍需继续，两件事不必互相取代。

回家路上，父亲突然谈起年轻时带学生参观工厂的经历。那时候他总把数学看作一套安静而稳定的规则，后来才发现，同一道题对不同孩子来说难度完全不同，有的人需要图画，有的人需要多做几次才能理解。安妮笑他连生病都要讲教学方法，父亲说不过是闲着无聊，想找点话说。两人又慢慢走了一段，遇见隔壁邻居，站在路边聊了几句天气和花园里刚开的郁金香。

安妮后来把试验报道与广告文章分开放进两个夹子。前一种材料写着明确的患者条件、比较治疗和随访结果，后一种却喜欢使用‘让人体重新拥有健康菌群’之类的大句子。她逐行看过，发现自己真正需要的不是一种无条件的希望，而是一份能帮助家人与医生共同作决定的说明。父亲看见她的夹子，问是不是还要继续研究下去。安妮说还会读一些，但今晚先想把窗边那盆已经干了的花浇上

水。

六月，安妮终于腾出一个上午，将父亲的随访单据、试验报道和医生写给他们的说明装进同一个文件夹。那些没有清楚来源的网页打印件被放到废纸回收箱里；她留下的材料不一定能回答所有问题，却至少写明了哪些证据来自实际研究、哪些结论仍需商量。整理到一半，父亲从厨房喊她，说旧茶壶的盖子总是盖不严，问能不能帮忙找一个合适的。安妮走进去试了试，发现只是壶口卡着一小片茶叶。她把那片茶叶捡出来，盖子便严丝合缝地合上了。父亲说这样的小事不值得她请假回来，她笑着把壶递给他，问午饭要不要煮一点过去常做的汤。

真实历史与科学解读

2013年，van Nood等人在《新英格兰医学杂志》发表随机临床试验，研究供者粪便十二指肠输注对复发性艰难梭菌感染的治疗效果，为特定情形下的微生态治疗提供重要证据。安妮、她的父亲与就医经历均为虚构，不属于真实试验受试者的改编。不能将该研究外推为粪菌移植普遍适用于其他疾病。

第五卷 · 人体的另一半

第三十八章 一座移动的森林

2015年，法国里昂

索菲在厨房桌上发现第三本饮食指南时，终于忍不住问丈夫，究竟是谁把这些书买回来的。桌上的书封面各不相同，一本建议减少某些食物，一本鼓励增加发酵食品，还有一本宣称可以在短时间内恢复所谓完美的肠道菌群。丈夫说他只是担心儿子最近总觉得肚子不舒服，想找些能帮忙的办法。索菲把书翻了几页，发现其中的建议彼此矛盾，而许多话都写得异常确定。她没有责备丈夫，只是将几本书放到架子上，决定先听医生怎么说。

他们的儿子诺亚十岁，入秋后因一次明确的细菌感染接受规范抗菌治疗，疾病得到控制，生活却还没有立即恢复原状。他近来胃口不太稳定，学校午餐吃得少，回家后总说不想再去医院。索菲在中学教历史，她习惯让学生比较不同资料的来源，却没想到自己面对孩子的健康问题时，也会轻易被网络文章吓得睡不着觉。她曾经一口气读完几十篇关于抗生素影响微生物组的报道，读到后来，只记得各种互相冲突的结论。

诺亚生病以前是学校足球队里跑得最快的几个孩子之一。每逢周五，他把脏球袜塞进背包，回家还会把比赛里谁传错球讲上半小时。这学期他缺席了几次训练，等重新回到球场，发现朋友们已经

排好了新的位置，教练让他先在边上慢慢活动。诺亚没有抱怨，只是回家后把球鞋清洗得格外仔细，摆在阳台最显眼的地方。索菲不敢立即答应他什么时候能恢复全部训练，有时会在晚饭桌上多问几个身体问题，问到孩子烦躁地推开碗。丈夫提醒她，诺亚从医院回来不久，除了症状，也许还想要一点普通的放学时间。

复诊时，医生详细询问诺亚近期的症状、用药与生活情况，又根据需要检查身体，告诉家属不要将所有不适都归结为菌群变化。适当抗菌治疗有明确目的，治疗之后某些微生物群落特征可能改变，但并不能因为存在这种可能，就自行停止必要治疗或购买未经验证的产品。医生建议他们按照实际症状安排随访，保持合理饮食，并在出现特定警示情况时及时就诊。索菲认真记下，丈夫则问，能不能做一次菌群检测，直接看看哪些细菌没有恢复。医生说现有检测并不能对每一种症状给出可靠的个人化解释，也不总能改变临床处理。

离开诊室以后，夫妻俩在医院楼下的长椅上核对医生交代的内容。丈夫把一张印着商业检测广告的小册子从口袋里抽出来，犹豫着要不要丢掉。索菲没有责备他，而是问他究竟希望检测告诉自己什么。丈夫说最好能得到一个明确的数字：缺少什么，补上什么，什么时候恢复。索菲把小册子折好放回他手里，说如果真的有这样的数字，他们也应该先问清这个数字是怎样测出来的、是否能改变孩子眼前的诊疗。两个人坐到风有些凉了才起身，约好以后遇到让人心动的商品宣传，先把它带到家庭医生面前，而不是在深夜立刻下单。

儿子诺亚从学校回来的时候，把药盒放在桌上，问是不是以后所有药都不能再吃了。索菲听出他最近从家里零碎的谈话中学到了一些令人害怕的词，便坐下来解释，医生依据感染情况开出的治疗是为了解决当下的疾病，任何药物都需要权衡获益和风险，不能因为读到某种微生物组变化就自行停药。丈夫在旁边听着，承认自己前几天说得太重，让孩子以为肚子里的细菌比他本人还脆弱。诺亚没有完全听懂，只把药盒放回抽屉，问明天还能不能去踢球。

学校发来一次足球队合照的通知，诺亚把表格放在餐桌上，却故意不让母亲看。索菲打开以后才发现，孩子担心自己不能参加训练，照片里会没有位置。丈夫提出先去问教练，诺亚又怕这样显得自己很特别。第二天，索菲陪他提前到了球场，教练说合照当然留有他的位置，至于比赛训练，还得根据身体恢复情况安排。诺亚在草地上站了半天，最后选择了原来熟悉的一侧。拍照时他没有笑得很夸张，却一直紧紧抱着自己的足球。

索菲所在的学校准备带学生参观一处城市公园。因为诺亚身体已经有所恢复，她周末先带他去走了一次路线。公园里刚下过雨，步道两旁堆着落叶，几块枯木上长出颜色浅淡的真菌。诺亚停下来观察，问那是不是上次课本里讲过的蘑菇。索菲说是某些真菌的可见结构，又告诉他枯木、土壤和植物之间还有许多不容易看见的生命活动。孩子蹲下来摸了摸树皮，手指沾上一点泥，索菲递给他纸巾，提醒吃东西前记得洗手。

学校的参观计划因为天气预报临时改过一次日期。索菲给家长发通知以后，收到几封询问，有的担心孩子会接触潮湿泥土，有的

问森林里有没有危险的细菌。索菲无法对每一种风险作出保证，便与同事重新检查活动路线、卫生设施和应急安排，把能够提前准备的事情做完整。她渐渐发现，自己过去因儿子生病而变得格外紧张，现在也容易把所有环境接触都想象成危险。但若为了避免一切不确定性便取消孩子的户外活动，似乎同样不是合适的选择。

正式出发前一天，学校有位家长打来电话，询问孩子是否一定要接触腐木和湿土。索菲耐心解释，这是一堂观察课，不会要求学生食用或徒手采集不熟悉的生物，也允许不愿靠近的孩子站远一点完成记录。挂断电话以后，她重读自己写给家长的通知，发现其中“安全无虞”四个字过于确定，于是改成了具体说明活动路径、卫生要求和雨天替代方案。她想起自己这段时间看到的那些夸张宣传，觉得有时候真正让人放心的并非一种绝对保证，而是有人明确告诉你，已经做了什么准备，哪些风险不能被轻率忽略。

周末的超市里，一整排货架摆着印有‘菌群平衡’的商品。丈夫举起其中一瓶，认真研究标签上的名称，又问有没有必要多买几种。索菲没有讥笑他，只提醒先看产品到底声称了什么，是否有适合孩子具体情况的证据。他们最后照着平时的菜单买了蔬菜、面包和水果，又给诺亚选了一本喜欢的漫画。结账时丈夫低声说，自己之所以不停找办法，是因为看见孩子不舒服时总觉得无能为力。索菲握了一下他的手，没有再谈任何菌名。

回家的路上，丈夫主动说，自己前些天曾把购物车里几种价格昂贵的补充剂删了又加，最后还是没买。他怕索菲笑他，便一直没提。索菲说她也做过类似的事，只是她不断搜的是症状关键词，甚

至会在凌晨翻到十年前的旧论坛帖子。两人互相看了一眼，第一次觉得对方那些看起来不理智的行为，其实都与同一种无力感有关。回到家，诺亚已经把漫画摊在地毯上，邀请父亲扮演故事里的反派。丈夫放下购物袋，脱鞋坐到地上，配合他做了一个夸张的鬼脸。

参观当天，学生们在树下发现一段腐木，木头表面长着不同形态的真菌。一个男孩想把它掰开，索菲赶紧制止，提醒孩子不要随意接触或食用不熟悉的野生真菌。随后，她让大家从安全距离观察颜色和纹理，记录它所在的位置和环境。学生们有人画图，有人写日记，还有一个孩子只记了句“这里很潮湿”。索菲没有要求所有观察都得出相同结论，而是请他们回校后对照资料，看看哪些描述可以进一步确认。

后来一段时间，诺亚渐渐不再把去医院当成一件值得特别担心的事。有次他放学回家，发现父亲又买了一盒标着“益生菌”的食品，便问是不是吃了就不会肚子疼。父亲这次没有给出肯定回答，只说它是一种普通食品，不能代替医生的诊疗。诺亚听完，打开冰箱找苹果，发现水果早已吃完，便转身问晚饭有没有汤。索菲站在门口听着，觉得家里的谈话终于不再围着那几本令人焦虑的指南打转。

回到家，诺亚开始为学校作业画森林。他画了三棵大树，一条河，几只松鼠，还在树根附近添了不少小点。索菲问那些是什么，诺亚说是土壤里的微生物，虽然看不清，也应该有它们的位置。丈夫看了画，笑着说森林里恐怕没有这么多整整齐齐的点，诺亚便又把一些点擦掉，换成不规则的线条。索菲看着孩子耐心修改，忽然

想到自己这段时间一直想找到一个能准确宣布“恢复完成”的数字，仿佛人体内所有生命都应当按同样的速度回到某种固定状态。

到了历史课上，索菲让学生们拿出公园里做的观察记录。有人说腐木上长着白色绒毛，有人画了很细的枝条，还有孩子把看见的颜色误写成了某个物种名称。她没有马上判分，而是把三张记录贴到黑板上，请大家想想哪些是当场看见的，哪些已经属于对现象的解释。讲到这里，索菲忽然想起诺亚上个月在厨房里画下的那些小点。下课以后，她把板书拍下来带回家，儿子看了很得意，说原来大人也需要有人提醒，先看清楚再说话。

一位家庭医生在复诊时听完他们的困惑，先重新评估孩子的症状，再请家长回忆饮食和药物使用的时间顺序。索菲这才发现，自己这些天一直忙着比较网络上的不同建议，反而没好好记录孩子究竟何时不舒服。她从包里拿出皱巴巴的便笺，和医生一起把事实写清楚。医生没有把所有症状归咎于肠道微生物，也没有否认治疗可能伴随不适，只给出了与当下状况相符的评估和随访建议。

冬天来临后，诺亚逐渐恢复平常的生活。偶尔身体仍会有不适，家人便按照医生的建议处理，没有再因为每一项细小变化而猜测菌群是否出了问题。索菲把那些饮食指南重新翻了一遍，其中有些合理的普通饮食建议仍然可以参考，另一些无法核实的宣称则被她用纸条标注。她想到自己在历史课上常要求学生分清一次观察、某个人的解释和后来形成的共识，现在终于把同样的习惯用到家里。

十一月底，诺亚的足球队准备举办一次不太正式的友谊赛。他已经可以参加部分训练，但教练仍让他按照身体状况调整活动，累

了就下场。索菲站在球场边，看见诺亚一次传球失误后停了停，又追上去继续跑。比赛结束，他没有急着汇报自己跑了多少分钟，只在更衣室门口向父亲比划一脚险些踢进的射门。丈夫转过身对索菲说，回头得记得把球鞋晾起来，别再让它们闷出味道。这是一句普通得不能再普通的话，却使索菲松了一口气。

圣诞节前夕，丈夫请假陪他们去了郊外。树林里的枝叶已经掉得差不多，潮湿的土地踩上去很软。诺亚跑去捡一根形状特别的树枝，说要带回家做一件小摆设。索菲想起公园里那幅画，便同他讨论为什么一年四季森林看起来很不一样。孩子说冬天树少了叶子，春天又会长出来，只有树根还在地下。索菲没有急着把这解释成肠道微生物生态的比喻，只是提醒他，有些树木的变化可以从外面直接看见，有些变化则需要更细致的研究才能知道原因。

离开树林时，诺亚抓着一截湿树枝，问春天还能不能再来。索菲说当然可以，但那时看到的树叶与今天不同，甚至连同一条路的泥土都可能变样。孩子说他只希望来年草地上还有那只总在躲人的松鼠。丈夫把围巾往上拉了拉，说那得看松鼠自己愿不愿意。几个人笑着往停车场走，树枝擦过父亲的袖子，留下了一小片湿痕。

回城的车上，诺亚抱着树枝睡着了。索菲把外套盖在他腿上，丈夫打开收音机，里面正播报节日期间的交通情况。她知道孩子经历过一次疾病，不能因此保证未来不会再有新的问题；她也不再期待一张简单的检测报告能替代所有生活与医学判断。抵达家门口时，诺亚突然醒来，坚持自己拿着那根树枝上楼。索菲看他摇摇晃晃地爬楼梯，便走在后面，随时准备扶一把。

真实历史与科学解读

抗菌药物可以影响肠道微生物群落，但扰动及恢复具有个体差异，其程度受药物、剂量、宿主条件与时间等因素影响。感染治疗的获益和风险须结合具体病情判断，不能因担忧微生物组变化而自行停止治疗。本章家庭与就医情节均为虚构，不提供针对真实患者的治疗建议；森林的变化只是文学场景，不应与人体肠道生态简单建立一一对应的机制。

第五卷 · 人体的另一半

第三十九章 泥土的另一部历史

1890年代，俄国与欧洲；2026年，中国南方

费奥多尔在田里挖到一段黑色根茎的时候，以为又有什么东西把新种下的蔬菜弄坏了。他用小铲小心翻起泥土，发现根系旁围着一层松软的深色土，湿气很重，还有腐烂树叶的气味。父亲在旁边看了一眼，说这片田前年长势不错，去年却越来越差，今年必须重新想办法。家里已经试过更换种子、增加农家肥，也曾让土地空置一段时间，可收成仍然忽好忽坏。费奥多尔不懂土壤里的化学变化，只知道若是下一季再歉收，冬天便得去城里找活。

他住在十九世纪末的一座小村庄，父亲年纪渐长，母亲负责照看家禽，两个弟弟还没到能够独自耕作的时候。田地给这家人提供食物，也不断索取劳动。费奥多尔从小就听老人讲，哪块地肥，哪块地瘦，什么作物不宜连着种，遇到阴雨天又该怎样处理。那些经验很有价值，却很难解释为什么外表相似的土壤会有不同表现。农事失败时，村民们往往能提出许多猜测，真正有条件长期观察和实验的人却不多。

差不多同一时期，微生物研究者开始更加系统地讨论土壤与元素循环。维诺格拉茨基等人的研究逐渐揭示，一些微生物能够利用无机物的化学反应获取能量，微生物活动在氮、硫等元素的转化过

程中具有重要作用。这样的研究并不意味着十九世纪末的普通农民已经能够通过实验室报告决定施肥方案，更不意味着一次发现便改变了所有农业生产。它只是让人们开始用新的方式理解田地里那些看不见的过程。

费奥多尔的父亲有一本旧账，记着每季买进多少种子、卖出多少粮食，遇到坏年景时还会在页边画一个粗重的记号。费奥多尔想在账本里加上每块田的灌水日期，父亲嫌麻烦，说这些事情一直靠记性。可第二年春天，他们为一小块地到底在哪一天施过肥争论了半天，最后谁也说不准。父亲把那页空白翻出来，让儿子自己写。费奥多尔握着铅笔，忽然发现记录土地的事情并不比翻土轻松。

费奥多尔有个表哥在城里一家工厂工作，偶尔会带回来一些关于新机器和科学发明的传闻。他说城里有人正研究土壤中很小的生物，甚至有些生物不需要像人和牲畜那样吃普通食物，便可以利用某些化学物质活下去。费奥多尔起初觉得这听起来像故事书，便问既然如此，能不能让它们直接把一片贫瘠土地变成肥田。表哥答不上来，只说报纸上的报道也没有写得那么清楚。两个年轻人坐在灶边烤手，最后还是谈起了来年种什么作物。

一百多年后，许知微站在中国南方一片农田边，鞋底陷进湿土。她是一名土壤微生物研究者，读博时习惯在计算机里比较基因和功能通路，回到家乡后却发现，父亲仍然习惯用指尖捻土、看颜色和含水状况。父亲认为她学得太深，讲话总带着一串不知所云的缩写；许知微则觉得父亲对某些农事问题过于依赖经验，缺乏系统记录。两个人一直互相关心，却很少能在田里安安静静地讨论一个完整问

题。

那天她陪父亲检查两块地。一块连续几年种植相似作物，另一块则采用不同轮作安排。父亲说前者近来表现不太稳定，准备改一改管理方式。许知微带着采样袋，按照事先设计的位置取土，记录深度、时间和田块状况。父亲看她量来量去，问土不都是土，为什么非要每一袋写那么多数字。她说不同深度、含水量和管理条件都可能影响测量结果，若将所有样本混在一起，后来就很难判断差异究竟来自哪里。

十九世纪的研究者开始逐渐揭示氮、硫等元素转换与微生物活动之间的关系，这些理论很少能够直接进入费奥多尔的生活。他只知道一场连阴雨之后，田里有些地方的颜色与气味都变了，庄稼长势也有所不同。父亲曾把这些现象归因于泥土的脾气，邻居则认为是水从上游带来了杂质。两种猜测各有经验，却都缺少足够的证据。费奥多尔依旧每天记录，但有时他望着纸上新增的一行数字，也不知道能拿它做什么。

午后雨大起来，父女俩躲进田边的小棚。父亲从保温杯里倒出热茶，问她是不是又要用测序仪找所谓的有益微生物。许知微说自己更想理解土壤群落怎样与养分循环和农事条件发生联系，不能随便挑出一种细菌便宣布它能解决所有问题。父亲笑她把一句简单话说得这么长，随后问若是研究半天也得不出明确结果，田是不是还得照样种。许知微说当然要种，科研计划不能替代农时。父亲这才满意，指着棚外一条排水沟，让她明天顺手帮忙看看是否堵住了。

费奥多尔年轻时曾被村里的一位老人带去看过一块弃耕多年的土地。老人抓起一把土，让他看其中细碎的植物残体，又指给他看附近长得最好的野草。费奥多尔问怎样才能让自家的田也变得这样松软，老人说种田没有一次就能解决全部问题的法子，先看水从哪里来、雨后往哪里去，再慢慢调整。那段记忆在他心里留了许久，他后来总在田埂边停下来观察排水，不敢只凭今年一季的收成决定明年的种法。

许知微回家采样那几天，还见到村里一位老农。老人听说她研究土壤里的微生物，便拿出一张写满作物轮作日期的日历，问能不能顺便看看哪一年收成最好。许知微没有急着从中寻找基因与产量的关系，而是先帮老人把不同年份的天气、灌溉和种植记录整理清楚。她发现其中一些信息记得十分详细，另一些年份却只有零星几笔。老人叹气，说以前忙起来顾不上记，现在回头看，许多事情早就忘了。

许知微回到田间时，发现父亲已经用竹枝给几块地做了标记。她打开采样软件，按预先确定的方案选择位置，父亲却指出其中一处常在暴雨后积水，与地图上看起来并无区别的相邻田块不一样。她没有立即修改设计，而是将父亲说的情况记成现场观察，再补拍照片、核对坐标。父亲有些得意，说电脑总不能替你把每条沟都走一遍。许知微承认这一点，随后提醒他，今天仍然需要按计划保留对照，不能只采长得最好的地方。

晚上，许知微把样本放进指定设备，检查保存条件，又给父亲发消息说明第二天还要去补采。父亲回复说早上会带她去另一块地

，那里土质更不一样。她看着消息，想起小时候父亲在田里干活，自己坐在树下写作业的情景。那时她以为土地不过是植物生长的地方，后来才知道其中涉及漫长复杂的生物地球化学过程。但知道得越多，她越不能轻易用一个概念回答父亲关于收成的问题。

第二天清晨，父亲果然准时等在田埂上。他提着一把旧铁锹，另带了两只塑料桶。许知微接过一只桶，提醒父亲不要把不同田块的土混在一起。父亲说记得了，又问她昨天是不是还漏了一袋。她检查手机上的采样清单，发现确实有个编号尚未完成，便跟着父亲走向田地另一端。天色刚亮，草叶上还留着露水，远处有收割机的声音传来。两个人沿着泥路慢慢走，偶尔停下来辨认田块边界。

他们在小棚里吃简单的午饭。父亲问测出那些微生物以后，来年收成能否立刻增加。许知微告诉他，现在的工作主要用于理解不同管理条件下土壤群落与功能的变化，还不能保证哪一种做法在所有田块都有效。父亲没有抱怨，只让她把研究结果整理成一页大家看得懂的说明，别回回寄来几十张只有学者能读的图。许知微答应，回学校后便在报告里留下一个专门向农户反馈的部分。

在现代的论文里，一把土壤可以变成数以百万计的核酸序列，以及由它们推测出的微生物群落与功能潜力。在费奥多尔的年代，同一把土壤却更多意味着下一季是否有足够的粮食。许知微并没有见过那个十九世纪的年轻农民，但她知道父亲的担忧并不因为时代更替而显得可笑。她把最后一个样本封好，写上时间和编号，回头看见父亲已经走到小棚边，把铁锹上的泥一下一下磕掉，准备把农具收好回家。

返校以后，许知微将采回的样本与田间记录逐一对应。一个实习生建议直接按微生物差异给不同地块排名，她说若不了解土壤理化性质和管理条件，单独比较群落指标很容易得出误导性结论。实习生把排名图收起来，改做基础质量检查。晚上她给父亲打电话，父亲正赶着在雨前把排水沟清理好，听见她提起数据，只问上次帮她找的那个田块是否还有用。许知微说很有用，等结果整理出来，先回家给他讲一遍。

返校后的分析没有出现父亲想象中的一张“好地排行榜”。不同地块在群落组成和若干代谢功能预测上确有差异，但许知微发现，这些差异同时伴随着含水量、轮作记录和采样深度的变化。有一块被她最初标作“异常”的田，重新核对现场照片后才知道，取样位置靠近季节性积水的沟沿。她将标签纠正，要求实习生保留这次更改的记录，也把报告第一页那个过于醒目的颜色等级删掉。接下来要做的是沿既定位置复采与核验土壤理化指标，而非凭一张测序图给父亲指定某种肥料。

到了收获后的一个周末，她把答应过的单页说明打印出来带回村里。纸的正面是一张简单的田块示意图，标着采样位置、积水处和观察到的差异；背面写着现有证据无法判断的事项，以及下一季可以继续记录的雨量、轮作与产量。父亲看了很久，指着一处蓝色标记问，那是不是说明水沟一定要改。许知微说水沟是否需要疏通可以按照农田排水的实际情况判断，但微生物数据本身还不能告诉他们这次收成下降的原因。父亲把纸折好塞进账本，说既然如此，明年先把那处容易积水的地方量清楚，别再凭记忆争论。

临走前，父亲从棚屋里找出一本新的薄账簿，封面是杂货店最普通的牛皮纸。他已在前几页写上田块名称和浇水日期，留了几列空白给来年的记录。许知微拿过来看，发现有些字写得挤，却比她第一次回家时那本零散的旧账整齐。她没有说这是研究取得了什么重大突破，只把两页不易辨认的字重新誊清，又把账簿还给父亲。院子里晒着刚收下的作物，远处农机的声音断断续续。两个人约好下一次采样前先通电话，看看天气和地里的活是否允许，不再让彼此的计划临到头才发生冲突。

真实历史与科学解读

维诺格拉茨基、拜耶林克等人的工作是环境微生物学和微生物生态学的重要基础。微生物参与氮循环、硫循环及其他生态过程，但具体农业管理效果受作物、土壤、气候和其他条件共同影响。费奥多尔、许知微及家庭故事均为虚构，采用历史与现代交错叙事，不表示两名人物之间存在真实亲缘关系。

第五卷 · 人体的另一半

第四十章 身体里的邻居

2026年，中国南方

母亲说准备停掉作坊里一半生意的时候，程屿正在院子里搬那只裂了口的旧陶缸。缸并不算特别大，装满土后却沉得厉害，他试着把它抬离地面，母亲在旁边赶紧叫他别逞强，先把里面的泥取出一点。程屿放下缸，找来小铲，把泥土装进一只空桶，又和母亲合力把缸移到墙边。母亲站直后揉了揉腰，说现在不是不能干活，只是每天清洗器具、处理原料，到了晚上总觉得累，订单又不如以前稳定，不如慢慢减一些。

程屿知道母亲不是突然做出的决定。过去几个月，她已经把几个老顾客的固定订单转给熟悉的同行，又开始整理多年积累的配方和账簿。院子里的几只陶缸洗净以后便盖起来，不再像从前那样排得满满当当。程屿小时候觉得这座院子总是很吵，夏天有人来送原料，冬天有人问什么时候能取货，母亲很少能完整吃上一顿午饭。现在院子静下来，他原以为会觉得轻松，真正站在空荡的墙边，却又有些不习惯。

母亲把他带进储藏室，指着架上的几本旧账，说这些年哪些批次味道最好、哪些原料容易出问题，大多已经写在里面。她不太在乎外人是否看得懂，只想给将来接手的人留些参考。程屿答应把纸

质记录扫描一份，还建议找合适的食品检测机构做必要的质量检查，尤其不能只凭气味和颜色判断食品安全。母亲说自己知道，做生意这些年已经吃过不少亏，不会把经验当成任何情况下都可靠的保证。两人说着，找出一沓写着老客户名字的纸片，部分电话号码早已不用了。

扫描旧账本那天，母亲坚持坐在程屿身边。她不会操作扫描软件，却每翻过一页都要提醒他，哪一行写错过、哪一处后来补了数字。程屿最初打算按年份整理，后来发现有的记录在同一天写了三次，纸张大小也不统一，便想把它们重新录入表格。母亲叫他别急着把乱七八糟的涂改划掉：有一年买来的豆子发潮，她先记下一批原料，实际用了另一批，最后留下的两个数字正好解释为什么那一缸后来出了问题。程屿把涂改前后的数字分别存好，又为无法确定的地方留了空格。他用电脑工作多年，第一次认真体会到，旧纸上的污点与修改也可能是记录的一部分。

母亲清点余下订单时，发现一位做了十多年生意的老顾客竟然已经半年没有联系。她翻出电话号码，犹豫着要不要打过去。程屿问为什么不直接问，母亲说人家也有自己的日子，不能因为过去常买就要求一直买。她把号码抄在一张便签上，放到桌角，随后继续计算下个月需要准备的原料。程屿看见她把每一笔订单都记得很细，才明白关闭一部分作坊业务并不只是减少几只陶缸，而是慢慢与熟悉了半辈子的生活节奏告别。

傍晚，那位老顾客竟然回了电话。母亲先问近况，对方说去年照顾生病的妻子，饮食改了许多，家里很久没有再买酱料，并非嫌

她做得不好。母亲听了几句，突然不知该如何接话，便只说天气转凉要注意身体。挂断以后，她在旧订单上划了一道浅线，却没有把名字删去。程屿问这些纸片是否还要留，她说留着吧，里面不全是做生意的人。这句话让他想到平时处理失访资料时，某个样本后面仅剩一个没有解释的空值。他没有把两件事硬扯到一起，只替母亲把手机放回手边，继续整理柜子。

回学校以后，程屿继续研究健康参考模型。他把不同研究中心的样本按明确的入组条件分组，比较个体之间的群落差异和时间变化，又与梁静讨论哪些临床状态可能与生态特征有关。模型不再试图把所有人的菌群压成一种标准组成，而是描述在一定条件下可观察到的变化范围，兼顾不同人群之间可能存在的结构差异。这样的分析仍然受到样本数量、时间点和技术方法限制，程屿在组会里把这些局限逐项列出，没有宣布自己已经找到一个适用于所有人的健康模式。

杜然对此并非完全满意。他觉得过去的二分类模型至少有一个清楚的输出，现在每个人都有连续的位置和不确定区间，故事反而难讲。程屿让他先挑几个有实际临床意义的问题，比如特征是否能在独立人群中复现，或某种生态状态是否与症状变化有关。杜然想了想，说那样可能不会产生一张特别漂亮的图，却更容易判断哪些结果经得起检验。两人花了一个下午重新整理图表，最后决定把最清楚的分析放进当前论文，其他部分作为下一阶段研究的假设。

第二周，杜然拿来一个经过修改的分析方案，希望先把全体健康对照按统一尺度投影，再用距离阈值判定偏离程度。程屿让他把

不同测序深度、中心和年龄范围的样本分别画出来。结果显示，一部分所谓极端偏离在调整测量因素后明显收缩，还有一部分则始终伴随着较宽的不确定区间。杜然盯着那张图，提出干脆把不确定区间隐藏，先用颜色显示每个人的生态位置；程屿没有答应。他把几名受试者的匿名编号遮去，只留不同中心的点形，要求大家先说清楚自己看到的是什么，不能从一张好看的地图直接推断某个人存在疾病风险。组会结束后，杜然主动把方法说明加到了图的旁边。

程屿整理母亲账簿的过程中，还发现过一张发黄的收货单。上面记着二十年前某批原料的数量，背面却写着一句很短的抱怨：“这回忙得太急，应该早点备水。”他拿给母亲看，母亲想了很久才记起，那年恰好遇上连续阴雨，原料运输受到影响，自己又急着赶订单，最后一批成品没有做好。程屿问后来怎么处理，母亲说该退的退，该重新做的重新做，幸好几个熟客理解，才没有闹出太大的麻烦。她讲得平静，程屿却第一次知道自己童年里那段格外忙乱的日子背后，还有这些细节。

研究组的一次例会里，杜然提出可以把人群的连续生态特征直接命名为几种“肠道类型”。程屿让他先看模型输出的分布，发现许多人并不属于边界清楚的几组，而是在连续空间里逐渐变化。杜然问这样会不会让图不够直观。程屿说可以为了阅读清楚采用合适的可视化，但不应该把为了展示方便划出的类别当成自然界已经证实的固定分型。两个人最后保留了连续坐标，同时把分类探索写进补充分析，并明确其适用条件。

学校里，杜然带来一张经过重新校正的健康参考模型图。不同受试者并没有整齐地围绕某一个唯一的中心聚拢，而是沿着几个连续方向分布。杜然问是否应该将这些分布划分成明显的亚型，程屿没有立即回答。他先问每个分组在重复采样和独立人群中是否稳定，分界线是否对应真正有意义的临床差异。杜然一边记，一边抱怨这样一来每一步都要多做检查，程屿笑了笑，说先别给人群起好听的名字，免得后来又得艰难地改回去。

他们随后尝试把同一批受试者重复采样的结果连接起来。杜然发现，有些人在两次采样之间的变化远大于组内平均差异，而另一些人的位置几乎不动。他想给三种变化模式起名字，便在本子上写出几个听起来很有故事感的标签。梁静看完却问，这些标签是否在另一批人里仍然成立，与临床评分变化有没有稳定对应。杜然承认还没验证，把本子翻回去，将那些名字划掉，改成“待检验分层”。直到傍晚，他仍在用同一支笔核对受试者是否都有完整随访，头一次觉得一个朴素的数字编号也不见得比有趣的名称差。

那晚回家，母亲突然问他，自己做作坊这么多年，是不是也可以把旧记录留给附近那家想学手艺的年轻夫妻。程屿说当然可以，但最好先商量清楚哪些是经验、哪些涉及食品安全和实际工艺规范，不要因为旧配方好用便照搬所有条件。母亲笑他从前一回家只知道嫌气味重，如今倒愿意认真帮她整理这些旧纸。程屿没有反驳，找出几只透明文件袋，把已扫描的账簿按年份放好。

周三，梁静安排林晓完成一次随访。林晓走进评估室时，明显比上次放松一些，但仍谈起工作压力和偶尔出现的睡眠问题。程屿

没有参加正式诊疗，只在获得适当授权后查看研究中需要使用的去标识化数据。不同量表的评分显示出一部分变化，相关微生物组数据却不一定沿着同样的方向改变。程屿看着分析表，不愿再像刚入行时那样急于寻找一组恰好同步变化的特征。他把结果记下，准备按照预先确定的方法检验，而不是根据个别样本重新调整假设。

梁静告诉程屿，林晓当天还问过一次是否能够得到个人的菌群解释。护士按照知情同意和研究管理要求说明了可以告知的范围，并没有拿一张未经临床验证的生态位置图去替代诊疗。程屿听完，回到办公室，把尚未确认的个体预测页面从演示文稿里删去。那原本是一幅颇为精致的圆形图，显示不同微生物群落指标怎样靠近所谓健康边界。他删掉以后，演示文稿显得空了一块，杜然建议用群体误差分布补上。两人试了试，发现新图没有那么夺目，却能让旁观者看出哪些结论不适合直接用于个人。

临近下班，梁静找到他，问为什么这次汇报没有在首页放所谓的代表性患者。程屿说如果把一个人的全部经历浓缩为两条曲线，容易让人以为模型已经解释了疾病。他更愿意展示群体水平的结果，必要时用充分去标识化、经过恰当授权的材料说明临床表型，而不是借某个人的故事证明统计机制。梁静点头，说病房里的人首先要生活，研究者不能因为一个结果好讲，便把他们写成模型的注释。

一天下午，母亲在电话里说有位老顾客听见作坊准备减少订单，特意上门买了两小罐酱，还坐着聊了很久。从前她只把这些往来算作生意，如今才发现，来买东西的人也会顺便说起家里的老人、孩子和天气。程屿听着母亲的声音，想起自己研究里某个样本编号

在数据库中只占一行，而采样之日那个人也许正在经历一整个难以在表格里写下来的下午。他没有把这种联想告诉母亲，只问她最近腰还疼不疼。

周末，一封来自叶岚的邮件打断了程屿的工作。她说档案展览的微生物组部分已经完成初步排版，想请他再去看一遍。附件里有一张大幅时间线，从早期显微观察一直延伸到现代微生物测序。程屿注意到展板的最后没有画上一句“人类终于理解全部微生物”，而是留出一块空白，准备加入尚未解决的问题。他给叶岚回信，说这样的安排很好，也建议把微生物组研究中的个体差异与因果证据局限写得清楚些。

隔了几天，叶岚请他到展览馆核对一张图。设计师把一群颜色各异的微生物画成一圈，圈中心写着“正常菌群”，外面则是“疾病菌群”，效果非常醒目。程屿盯了一会儿，请设计师把中间那个确定的圆圈改为多种可能的分布示意，并把图题里的“定义”换成“观察”。设计师问这样是不是显得没有结论，叶岚没有急着回答，只把临近的霍乱历史展板指给他看，那里同样区分了最初的观察和后来得到的解释。最后他们保留不同人群的变化，却不再强行画出一个所有健康人都必须回到的中心。

真正整理完作坊的那个星期天，附近一对准备学习发酵手艺的年轻夫妻前来拜访。母亲把一张曾经写错原料数量的纸交给他们，先解释为什么那次失败，又带着他们检查器具、温度记录和清洁安排。年轻人原以为能抄走一份完整配方，听到一半才发现还有不少需要根据原料与环境调整的判断。程屿在旁边替他们记录需要通过

正规食品检测确认的安全指标，母亲则教他们如何整理最朴素的操作日志。送客时，她站在门口看着两个年轻人的背影，半开玩笑说以后倒有人会比她更愿意每天看这些陶缸。程屿回头望了望已收拾整齐的院子，发现墙边终于空出一条可以不侧身走过的路。

回程的车上，程屿翻开下一周的研究计划。团队准备尝试把微生物生态变化与临床认知和脑影像指标联系起来，但他没有把这些复杂关联写成既定事实，只列出需要检验的分析问题。车到站时，雨刚刚停，路面的水反射着街灯。他收好电脑，沿着湿润的人行道往学校走。走出一段路，才发现母亲塞进包侧袋的那张旧纸还在，便取出来折平，夹进笔记本里。

真实历史与科学解读

微生物组的群落组成、功能与宿主健康关系具有显著的个体差异和环境依赖性。描述健康人群中的参考分布，不等于已经定义了一种普遍适用的临床正常菌群；纵向相关性也不能直接证明因果。本章人物、研究数据与家庭情节均为虚构。

第六卷

NEW FRONTIERS

生命的新边界

八章故事 · 真实历史与科学解读

第六卷 · 生命的新边界

第四十一章 神经传来的消息

2004年，日本福冈

美纪第一次参加无菌动物设施的培训，花了整整一个上午才学会按规定更换衣服、检查手套和使用转运设备。她原本在普通动物房工作，以为照顾小鼠不过是按时给饲料和水、记录体重、保持环境清洁。来到这间设施后才发现，研究者除了关心动物本身，还必须严格控制与它们接触的微生物。每一次开门、转运和操作都有规定，若是破坏了屏障条件，后续实验便可能受到影响。美纪对这种谨慎既佩服又有些不耐烦，她觉得自己半天什么都没做，只是在学习怎样不把外面的东西带进去。

美纪二十六岁，毕业后在福冈的医学研究机构担任技术员。父亲是公交司机，母亲经营一间小小的裁缝铺，家里从不反对她工作，只是不太理解为什么照看实验动物也需要接受那么多训练。美纪喜欢动物，小时候养过仓鼠，发现它生病便整夜不睡，后来去学校学习实验技术，逐渐认识到科研动物管理与养宠物完全不同。她需要遵循实验方案、福利规范和记录要求，不能因个人好恶随意改变操作，也不能把自己的感受当成可靠的实验结论。

第一次独立值班前，美纪拿到一张长长的检查表，上面有她以为理所当然的事情：换水有没有记录，设备的指示值是否在规定范

围，接触不同饲养组时是否遵守操作顺序。一位比她资深的同事告诉她，所有记录都必须能够让第二天接班的人看懂，而不是依靠“昨天看起来没事”的印象。美纪最初嫌纸张太多，直到有一次同事休假，她需要根据前一天的记录决定是否继续一项实验，才发现那几行简短、清楚的说明确实比一句口头保证有用。

那一年，一篇有关早期微生物定植与小鼠应激反应的研究引起同行关注。研究者比较不同微生物状态下小鼠面对特定应激条件时的神经内分泌反应，发现早期微生物暴露可能影响后续的应激系统反应。美纪的研究室同事把论文带到例会上讨论，大家对其中涉及的无菌动物、对照条件和应激测量方法产生了兴趣。美纪原本以为肠道微生物主要帮助消化，听见它们可能影响应激相关生理过程时，觉得难以想象。

美纪第一次需要重新记录整组动物的环境状态，是在一次屏障设备报警后。值班人员迅速查明原因，按照预先制定的程序进行检查，直到确认设施条件没有受到不允许的干扰。实验负责人决定暂缓几项操作，美纪原本不理解，觉得动物状态看起来并无变化。前辈告诉她，无菌状态并不是凭肉眼判断的，既然研究问题与微生物定植有关，就必须把条件变化的可能性当成实验的一部分。那天她写下的记录比往常长，回家时手腕都有些酸。

她负责的是另一项动物行为研究中的日常记录，并未直接参与那篇发表论文的全部实验。组会上，一名研究生说或许肠道微生物可以决定动物是否焦虑，负责实验设计的老师立即打断，提醒他文献实际测量了什么。研究涉及特定小鼠模型、内分泌指标和实验条

件，不能用几句概括便延伸成对所有复杂行为的解释，更不能直接推广到人的精神疾病。美纪在记录本上写下这句话，后来发现自己也经常在没有充分证据时，用“这只小鼠看起来不高兴”描述原本应当客观记录的行为。

研究室的一位年轻学生打算根据几组激素结果写一篇面向公众的介绍，初稿里使用了“让小鼠变得忧郁”这样的表述。美纪请他先拿出具体行为指标和实验设计，学生翻遍报告，却发现主要讨论的是不同饲养和定植条件下的应激相关生理反应。他一开始觉得修改标题会失去吸引力，后来还是把文章中的主观情绪词逐个删去，并请导师检查修订稿。美纪并没有因学生犯错而得意，她知道自己刚进动物房时，也曾轻易把一种观察结果当作整个动物的生活感受。

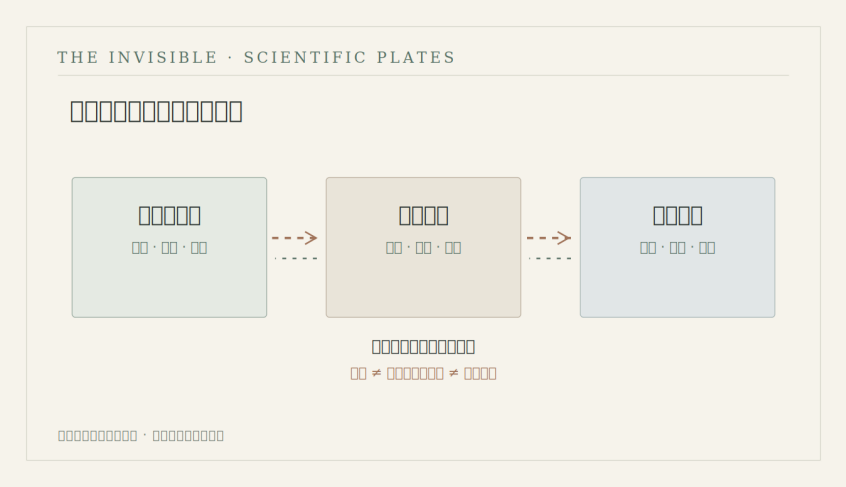
连续一周的记录审核后，美纪发现有一位学生总喜欢在环境检查栏里写“正常”，即使当天不同设备的读数略有差异，也不补充具体数值。她没有立即退回全部表格，而是坐在他身边，一项项核对规定的记录项目。学生说以前在普通饲养室也是这样写，美纪解释不同设施和实验对环境状态的要求并不完全相同，不能因为看上去没有异常就省略必要信息。那天他们一起把记录重做了一遍，学生几次揉眼睛，最后却也承认，下一位值班者至少能清楚知道当天实际检查过什么。

美纪参加一次动物福利讨论会时，听见有人建议尽量减少没有明确假设的重复实验。她原本以为研究者只要发现有意思的现象，便应该不断扩大动物数量，后来才知道实验设计必须同时考虑统计效能、动物数量与福利要求。会后她与同事重新检查一项计划，发

现有些操作时间可以更合理地安排，减少动物在等待中受到的不必要干扰。她把改动写进相应记录，逐一交给负责人审核，而不是自行更改已经批准的流程。

那年秋天，实验室准备开展一批新的动物研究，负责人要求大家先交一份完整的实验计划。有人希望直接增加新的定植条件和行为指标，认为多测一点总不会吃亏；美纪却拿出前次研究留下的记录，指出某些处理步骤已经使日常管理非常复杂，若没有明确假设和合理的样本计划，反复增加组别只会让照护与质量控制更困难。几个人最后共同删减了几项缺少具体研究目的的操作。她把修订后的计划贴到工作室公告栏上，看到每位参与者都在自己的职责旁写下了签名。

一次讨论会上，研究生展示了应激相关指标在不同动物组间的差异，听众很快提出几个问题：动物的生长环境是否完全可比，早期定植的时间是否重要，测得的激素变化能够说明怎样的生理反应。美纪坐在门边，听见有人提出直接把结果写成人类焦虑发生的原因，研究负责人当即要求删去那句话。散会以后，她把投影仪收好，发现黑板上仍留着几个箭头，没有一个能直接穿过所有未知环节。



现代科学示意 · PLATE 11脑肠轴跨尺度研究的证据框架示意。微生物—免疫代谢—脑影像的统计联系不能自动视为已经确证的直接因果通路。原创矢量绘图 · 本书编辑图版

某次实验结束，美纪发现一位年轻学生把“观察到应激相关激素升高”写成了“动物感到更加恐惧”。她请学生解释恐惧究竟如何被测量，学生说只是按常理推断。美纪告诉他，特定生理指标可以支持对应的实验解释，但动物的主观体验不能用一个未加验证的词完全代替。学生起初觉得她过于死板，修改稿件时却主动查找了行为测量与内分泌指标之间的区别，第二天还跑来向她请教对照组记录的细节。

回家过年时，母亲拿出美纪小时候养仓鼠的旧照片。照片里她蹲在笼子前，脸几乎贴着玻璃，努力看清里面的小动物。美纪笑着说那时以为自己只要足够喜欢动物，就一定能照顾好它们，后来学

习实验技术才知道，热心并不能替代正确的方法。父亲站在旁边听，忽然说至少你小时候给仓鼠换水倒是从没忘过。三个人笑起来，母亲把照片重新收进盒子，说改天找个相框放起来。

周末回家，父亲听她讲起无菌动物，觉得十分不可思议，问这些小鼠没有微生物还能不能正常生活。美纪解释它们在特殊条件下可以存活，但生理发育和某些反应可能与普通饲养条件下的动物存在差异，具体要看研究测量什么。父亲又问，既然如此，是不是所有微生物都应当越多越好。美纪摇头，说不同微生物及其作用复杂得多，并不是看数量多少就能判断。父亲听得似懂非懂，最后问自己每天喝的味噌汤是不是也与微生物有关。母亲端着汤出来，说别光顾着问，饭都快凉了。

她在动物房值班时，遇见一名刚来的学生因为记录动物的活动而感到不安。学生问，若实验要观察应激相关变化，研究者是不是就可以不考虑动物的感受。美纪把动物福利规范拿给他看，说明实验问题、饲养条件与伦理要求需要一起考虑。她没有把这段对话写进任何论文，却在之后的培训里多加了一项内容，提醒新同事不要把研究对象当成仪器的延长部分。

新来的学生有一天问她，那些无菌动物是不是离开设施后就不能再生活。美纪没有用一个简单的“能”或“不能”回答，而是解释这些动物的饲养与研究有专门条件，任何转运或环境改变都需要经过相应安排和伦理许可。她指着记录本，让学生先学会描述自己实际照顾的对象，而不要凭想象替它们安排未来。学生听完，低头检查手套上的封口，重新按规范把它们处理好。

回到研究室，美纪开始更加认真地记录操作条件。她不再把某些微生物相关研究想象成一个简单的细菌影响大脑故事，也逐渐理解为何实验中需要不同对照组和严密的管理。一次汇报里，有位学生试图把几个不同研究合并成一条从肠道通向情绪的直接箭头，美纪提出，既然其中有的是动物应激指标，有的是细胞实验，为什么在图上没有区分。学生一时答不上来，后来与她一起修改了示意图，在箭头旁标出不同证据所支持的具体关系。

那年冬天，美纪准备报读更高一级的实验技术课程。她原本担心需要付一笔学费，便找老师商量是否能够以在职方式继续训练。老师鼓励她先把最基本的动物福利、操作一致性和数据记录做好，技术进步不会因为多读几篇热门论文便自动发生。美纪听完笑了，说自己已经知道了，她现在连回家做饭都会想起记录烹饪时间，生怕漏掉一个步骤。老师说这倒不必，科学训练最重要的是明白什么时候需要严格控制，什么时候是普通生活。

回家路上，美纪经过一家面包店，隔着橱窗看见店员正在把刚出炉的面包码成几排。她想起实验室里要严格控制的微生物条件，又想到家中厨房里平常发酵的食物，忽然觉得自己过去常把‘无菌’理解成一种普遍更好的状态。现在她知道，对特定实验而言，无菌是一种必须维护的研究条件；在日常生活和正常生理中，情况却完全不同。她买了面包，回去和家人一起吃晚饭，没有把这个念头讲成一堂课程。

论文仍然不断发表，人们开始用新的方式讨论肠道微生物与神经系统之间的可能联系。美纪有时读得懂，有时需要去查许多陌生

词语。她知道自己并不能仅凭照看动物的经验判断那些机制是否成立，却也逐渐学会在研究中区分观察、实验干预和解释。某个傍晚，她为当天最后一组动物完成记录，核对设备状态后关闭工作灯。走到走廊尽头时，她经过一扇通向普通动物房的门，听见里面传来轻微的笼具碰撞声，便想起自己第一次来培训时因为手套穿反而紧张得满头是汗。如今，她已经能够熟练完成许多操作，却比当初更清楚哪些问题仍然不知道答案。

真实历史与科学解读

Sudo等人2004年在《生理学杂志》发表研究，显示特定微生物定植条件可以影响小鼠下丘脑—垂体—肾上腺轴对应激的生理反应，是微生物—神经系统研究的重要早期证据之一。文中美纪及其所在研究室为虚构，不是这项论文的真实作者团队描述。小鼠生理发现不能直接证明具体人类精神疾病的因果机制。

第六卷 · 生命的新边界

第四十二章 借来的基因

2026年，中国南方

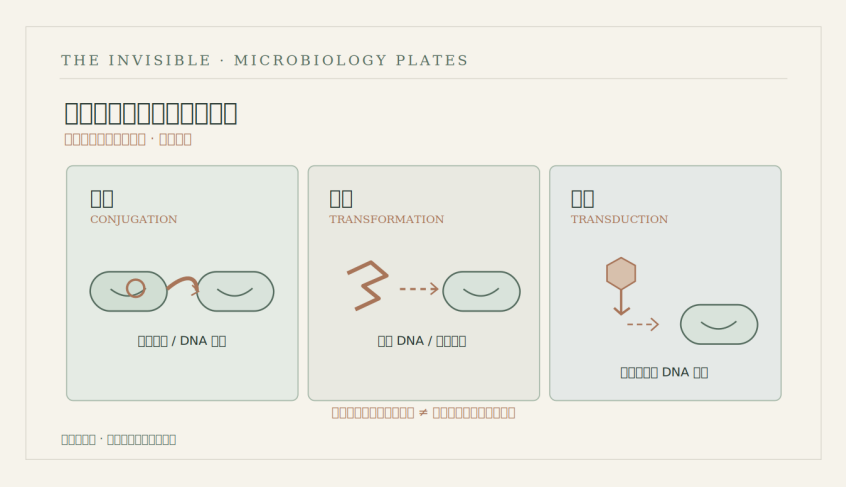
周宁收到那批细菌分离株的测序结果时，刚刚结束夜班。检验科的走廊里还亮着灯，清洁人员正在擦地，门口的转运箱堆着当天清晨送来的样本。她把白大褂挂回柜子，原本准备去休息室喝杯热水，却看见同事在电脑前招手，说有两株来自不同时间和不同患者的细菌携带相似的耐药相关基因。年轻同事已经画好一张连接图，几条粗线从不同样本指向同一个基因名称，图上看起来像是发生过一次清晰的传播。周宁没有立即赞成，只让他把分离株鉴定、药敏结果和采样来源先整理出来。

周宁三十五岁，在医院临床微生物检验部门工作多年，习惯了每天与数字和真实病人同时打交道。她知道某些耐药菌感染可能使医生的治疗选择变得困难，也知道一个漂亮的基因组分析结果不能替代临床病程和感染防控调查。病人住在哪个病区、样本是什么时候采集、是否属于定植而非感染，以及在何种情况下使用过抗菌药物，都会影响最终解释。她从不觉得基因测序不重要，却对那些没有核实基本信息便急着画传播路径的人缺乏耐心。

这次合作研究还涉及程屿的团队。杜然希望利用现有宏基因组数据探索移动遗传元件与菌株功能差异，得知医院得到一组耐药菌

分离株序列，便主动提出能否参与分析。周宁答应先召开会议，前提是所有临床材料必须经过相应审批和去标识化处理，不能把患者身份、详细住址或不必要的个人信息带进研究数据库。杜然说自己明白，又补充最近已建立了一套检查序列上下文和覆盖质量的流程，比几个月前那种直接构建大网络的做法谨慎许多。

周宁把两份分离株报告摊在桌上，让年轻同事指出究竟哪一处证明发生了患者间的直接传播。对方指着相同的耐药基因和一段高度相似的序列，周宁又问采样时间、病区接触史、细菌的整体基因组关系是否支持同一条路径。对方翻了很久，最后承认还缺少几项关键信息。周宁没有否定他的努力，只请他把‘证据已经支持’与‘尚待排查’分别标记。实验室外有人推着标本车走过，车轮的声响使两个人停顿片刻，然后继续核对。



现代科学示意 · PLATE 12细菌水平基因转移的接合、转化和转导三种机制示意。检测到同源基因或相关性，不能单独证明某次转移实际发生。本书原创矢量图 · 现代科学解释用图

会议上，感染科医生先介绍临床背景。部分患者确实存在需要积极处理的感染，而另一些样本反映的是筛查或定植情况，不能把所有分离阳性的结果混在一起统计。周宁随后展示药敏和分离株鉴定信息，强调基因存在与实际药物敏感性之间的关系需要结合具体机制和实验室证据判断。杜然打开基因组比较图，指出某些耐药相关序列具有相似的周边结构，但仍可能来自已经广泛传播的遗传元件，不能据此证明它们在这几位患者体内直接交换。

讨论到一半，一位行政协调员来问能否尽快写出“院内交叉传播链”的初步结论。周宁听完，耐心解释目前资料不足以支撑如此明确的判断，感染防控需要根据实际病例、时空接触信息和其他微

生物学证据综合分析，必要时还要继续采样。协调员说上级部门希望早点有答案，周宁回答她理解这个要求，但过早认定错误的传播路径，可能使人们把注意力放在不该关注的环节上，反而影响真正的防控工作。

协调员走后，周宁没有让所有人等到基因组分析结束才行动。她与感染防控人员先把已经得到的培养、药敏和病区资料分开整理，请临床团队按既有规范评估是否需要加强监测、复核接触史与环境清洁记录。这样的工作看起来不如一张传播网络引人注目，却不依赖他们尚未证实的箭头。她特别要求，把研究人员提出的传播假设与正式的临床防控判断用不同标题保存，免得下一班接手的同事把一种推测误当成已经确定的结论。

那周的交班会上，年轻检验人员带来一张重新整理的时间表。他把“样本送达”“首次培养阳性”“测序报告出具”分成了三列，又为信息尚未核实的条目留了空白。有人嫌空白太多，问能不能先按推测补齐，周宁说记录里留着空白，至少能提醒后来的人去找依据；填上一个看似合理却未经确认的日期，错误便可能沿着后续每一次分析传下去。同事们于是决定从原始条码、检验系统与病区记录分别核对，而不是让一份整理表替代所有来源。

几天后，他们向负责会议汇报的协调员交出两份不同用途的材料。一份只列已经核实的事实和需要采取的常规管理措施；另一份列出研究性假设、证据缺口及下一步取样计划。协调员最初不满意，说这样看不出一个清楚的故事，后来接到一通询问具体防控安排的电话，才发现前一份材料反而更容易回答问题。周宁没有因此觉

得争论胜利了。她把其中几项仍未补全的资料交给下一班人员，自己去食堂买了一碗热粥，吃完才回办公室继续处理未完成的检查。

调查进行到第三周时，周宁发现两份实验记录对同一个分离株的培养日期写法不同。她没有立即判断是严重错误，先叫来负责接样的同事，一起回查机器日志与条码扫描时间。结果发现一份表写的是样本接收日，另一份则是菌落分离完成日，原本指的便是不同事件。年轻同事松了口气，周宁却说这正说明必须把时间变量的含义写清楚，否则以后有人根据这些日期重建传播路径，很容易出现完全不必要的偏差。

临床医生在讨论会上提醒，治疗决策不能只依赖某个耐药基因的名称，还需要结合培养、药敏实验以及具体病人的情况。周宁听见这句话，想起自己刚参加工作时，总觉得一份序列报告会比繁琐的实验更接近答案。如今她知道这些技术不是互相争夺胜负的对手：基因组帮助追踪潜在来源，常规检测帮助医生判断眼前的药物选择，流行病学调查则必须弄清病例之间是否真的存在接触。会议结束时，各项工作被分给不同岗位，没有一个人能够替其他人全部完成。

那天晚上她同女儿一起做学校作业，发现孩子把几片不同颜色的纸剪成细条，在桌上编出一张很复杂的网。女儿说这代表全班同学谁借过谁的书，线越多关系越密。周宁问她是不是每条线都能证明两个人见过面，女儿说不一定，有时一本书是别人转交的。周宁觉得这个解释很有意思，便帮她把“直接借书”和“间接转交”用不同线条标清。孩子嫌颜色不够漂亮，最后又加了一圈浅蓝色边框。

医院完成阶段性讨论后，周宁给研究团队写了一封邮件，提醒所有微生物遗传分析都应同感染防控工作的实际问题分开呈现。她在最后附上几条自己最关心的临床信息缺失项，希望未来前瞻性研究能够预先明确采样与记录规范。杜然回复说这些问题对算法也很重要，愿意把相关标准加入研究计划。周宁关上邮箱，走进实验室准备次日工作，发现新到的一批培养皿还放在转运台上，便先让同事核对样本数量，再开始后续操作。

晚上，周宁回家发现女儿还没睡，正把学校里做的一张家庭树图贴在墙上。图中祖父母、父母与孩子之间用线连接，旁边贴着不同颜色的照片。女儿问妈妈，为什么老师说每个人都可以从家人那里得到遗传信息，却又会与父母不完全相同。周宁用孩子能够理解的话解释了一些基本遗传概念，随后提醒她，微生物中的遗传关系还有其他复杂情形，不能把人类家谱直接搬到细菌上。女儿并不关心细菌，她只想确认自己贴错的一张照片是否应该移到另一边。周宁帮她重新粘好，才去厨房热晚饭。

那天下午，一名年轻检验人员因为接连两次样本编号问题受到批评。周宁让她坐下，把两次情况分别写在纸上，发现并非简单的粗心：第二次送检单上的编号格式与第一批并不一致，转录时容易漏掉中间的一位数字。她向科室提出统一核对流程，决定暂时不在报告里使用可能存在混淆的关联结果。年轻人问这会不会让研究进度变慢，她说会，但那总比把两名不同患者的资料误认为同一个人强。

第二天，杜然发现一处自己原先忽视的事实：两段看似相同的候选耐药区域位于不同的组装背景，其中一份序列的边界并不完整。原先清晰的连接关系由此变得不确定。他把情况告诉周宁，担心前两天做的图都得推倒重来。周宁说图可以重画，关键是问题要记下来。她又把一批新的分离株质量报告发给他，让他先核查完整性，再讨论是否可能存在共同来源或移动遗传元件传播。

这项调查最后没有得出一条可以简单画成箭头的直接传播链。研究人员确认了若干值得关注的耐药遗传特征，也明确了哪些证据仍然不足。感染防控团队继续按照医院规范开展监测与管理，临床医生则根据具体患者的病情和实验室证据调整治疗。杜然在汇报里把“证明基因转移”改成了“获得候选遗传元件关联线索”，一开始觉得不够有力，后来听见周宁介绍某位患者经过治疗情况好转，又觉得那张图是否复杂，似乎没那么重要。

傍晚查房的消息传来，前几天令团队担忧的一名患者病情有所好转。周宁没有参与治疗，只在检验科里听医生介绍情况。她走到窗边，看着不远处门诊楼里的灯逐渐亮起，忽然觉得自己争论了几天的箭头并非没有意义，只是它们不应该替代那些已经能够帮助患者的稳妥工作。电脑里仍留着数个尚不能排除的遗传交换假说，她把它们逐一标成待查，不再急着让网络看起来首尾相连。

会议结束后，程屿跟周宁一起走过医院门诊大厅。大厅里有人推着轮椅，有人抱着孩子，也有人拿着检查单站在收费窗口前等待。周宁说自己并不反对研究者寻找新的机制，只是每天面对具体病例，会更加清楚哪些结论能用于行动、哪些暂时还不能。程屿看见她

手机里跳出一条值班通知，便没有继续占用时间。两人在电梯口分别，周宁回检验科，程屿则带着修订后的分析计划回学校。走到门口时，他发现天色有些阴，便从包里取出一把折伞。

真实历史与科学解读

细菌可通过接合、转化、转导等多种机制交换遗传信息，移动遗传元件可参与抗菌药物耐药相关基因的传播。但“不同样本携带相似基因”不等于已经证明样本之间发生直接转移，更不能直接等同于医院内的患者传播路径。本章医院、病例及人物全部虚构，不构成实际感染防控或治疗建议。

第六卷 · 生命的新边界

第四十三章 不止细菌

2026年，中国南方

杜然把四份不同的物种丰度表并排打开时，突然觉得自己仿佛回到了刚开始读研究生的那一年。那时他最熟悉的是细菌，遇到复杂微生物组数据，总想先找出哪些细菌增加、哪些减少，再把结果放到热图里。如今桌上除了细菌，还有古菌、病毒和部分微型真核生物的分析结果，任何一份都不能简单视作另一份的附属。他盯着屏幕看了好久，问程屿是不是应该将所有类群合并成一个巨大的网络。程屿叫他先确定不同类群的测量灵敏度和注释质量，别急着把不同比例尺上的数据画到同一张图里。

团队最近得到一批质量相对较好的多界微生物组数据，其中部分样本的细菌组成差异并不大，但病毒相关序列与其他微生物特征呈现出值得关注的变化。杜然起初兴奋地认为终于找到了能够解释疾病差异的另一条线索，后来发现病毒序列的注释更加复杂，一些信号可能来自数据库覆盖不足或样本处理方式差异。研究室里有学生提出，既然细菌和噬菌体可以相互作用，能否直接把二者的相关性解释为感染关系。程屿提醒他们，仅凭群落统计关联无法确定某个病毒是否实际感染某种细菌，若要提出更明确的宿主关系，需要其他可靠证据。

一名负责真菌分析的研究生展示了自己的结果。她最初在某一研究中心发现几种真菌相关序列显著增多，可当她回看阴性对照与试剂批次时，发现同一批材料里也出现过类似信号。其他人急着问这是不是说明真菌结果都不能使用，她摇头，解释不同类群的背景污染、参考数据库和比对可靠性不尽相同，不能一句话全盘否定。程屿让她把观察到的变化分成两张表，一张保留能够在不同条件下稳定识别的序列，另一张记录尚需排查的候选信号。她花了一整天整理，最后留下的特征比原来少了许多，却第一次愿意主动把质量报告附在结果后面。

下午，叶岚拿着新的展览草图来到学校。她准备在现代科学史部分加入CRISPR，图上最初画着一把剪刀，旁边写“科学家发明了改变DNA的工具”。程屿看了觉得太简略，建议补上其在微生物免疫研究中的历史背景：某些细菌能够通过CRISPR相关机制形成针对特定外来遗传物质的防御，后来研究者才逐渐发展出具有重要应用价值的可编程核酸切割工具。叶岚说自己知道这些，但担心展板太复杂，观众只愿意在前面站半分钟。两个人讨论了很久，最后保留一幅简洁的示意图，再用几行准确的文字介绍2007年和2012年的关键进展。

为了比较不同微生物类群，杜然不得不重新检查每套分析的检出阈值。有的病毒序列只能被归到较高的分类水平，有些微型真核生物的注释则受到参考数据库覆盖不足的限制。许澈问为何不能给每一列都填上同样细的物种名称，杜然拿给他看几份质量报告，解释不同类群的检测能力本就不相同。最后，他们决定在图上保留一部分未能明确分类的结果，而不是用看似整齐的标签掩盖方法的差

别。

设计师第二次带来的草图，把病毒与细菌画成两支颜色不同的队伍，正准备在中间添上象征“战斗”的闪电。叶岚先问他为什么一定是战斗，设计师说这样观众一眼就能理解。程屿翻出几份有关噬菌体宿主关系的研究材料，指出有的病毒确实会感染特定细菌，但不同感染过程、宿主范围及生态影响并不能简单画成两队互相对抗。他建议在一个真实有证据的关系旁边加说明，而不是把整张图画得热闹。设计师把闪电擦掉，改画了几个大小不同的观察框，虽然制作时间更长，画面却终于与要讲的内容相符。

为了准备展览，叶岚还找来一位做科普插画的年轻设计师。设计师画过许多色彩鲜艳的病毒，喜欢把所有噬菌体画成带六条腿、头部像多面体的统一形象。杜然看见草稿笑了，说这至少比他那张复杂网络更像图。程屿却指出，噬菌体形态存在差异，不应该给观众造成所有病毒都长成一种样子的印象。设计师听完没有生气，反而问能否提供几张不同形态的可靠参考图。叶岚答应查找具有合适使用权限的科学图像，展板因此又多了一项资料核对任务。

叶岚检查CRISPR部分的参考文献时，发现两篇重要论文之间相隔五年。设计师原本想在展板里用一支巨大的箭头表示“从细菌免疫到基因编辑”，叶岚却觉得其中省略了太多研究过程。她从旧档案里找出几份与病毒和细菌关系有关的早期科学史材料，说明噬菌体研究远早于现代基因编辑技术；后来关于重复序列、细菌防御和核酸酶机制的研究，也并非某个人在一天内完成。设计师听完，索性把那支夸张箭头删掉，改成几个简洁的时间节点。

杜然还遇到一个麻烦：不同微生物类群的数据在样本数量上并不完全一致。一些样本在细菌分析中能够通过质量控制，在病毒分析中却缺乏足够的信息。他最初想把缺失的部分记成零，程屿立即提醒，未检测到和确认不存在不是同一种意思。两个人把数据重新整理，区分检测限、技术缺失和具有充分证据的未检出。图表因此不再整齐，却减少了许多容易误解的空白。

为了弄清“未检出”与“没有”之间的差别，杜然和另一位学生把同一批数据分别套用不同的检出阈值。阈值一变，有些病毒特征就从统计表里消失了，但原始序列和质量问题并没有因此改变。那位学生抱怨，这样一来每次修改分析流程都要重新核对结果。杜然却让他把阈值和每一步筛选后的样本数记到同一张表上，尤其要说明哪些缺失来自样本本身，哪些来自技术分辨率不足。他们没有找到一种可以同时适合所有微生物类群的统一筛选规则，只能先为每个问题确定合理、可复核的选择。

展板的小规模试读里，一位中学生盯着噬菌体的示意图问，既然病毒如此微小，研究者怎么知道画里的细胞真的是它的宿主。叶岚让他先看图注，再指出标在不同连线旁的证据说明。学生读完后说，原来科学图里的线也需要解释，不是画上去就代表已经发生。设计师站在一旁，悄悄把另一张草稿里没有说明来源的连线擦掉了。程屿没有继续讲更多专业概念，只请学生说说哪一处仍然不容易读懂，并把这个问题记在了改版清单上。

当天晚上，杜然独自留在实验室整理不同微生物类群的结果。一个模型在某个数据集里表现得很好，换到其他中心以后却下降明

显。他一边看批次信息，一边想起自己曾反复希望找到某种能够跨越疾病和人群的稳定信号。现在分析范围扩大，他反而更清楚，不同类群的检测过程可能具有完全不同的偏差来源，简单把特征堆积起来不一定使结论更可靠。于是他把一张漂亮的跨界网络图暂时放到文件夹里，先完成样本匹配和测量可靠性的说明。

第二天，叶岚请团队成员参加一次展板试读。桌上排着印在普通纸上的草稿，第一张是早期显微图像，第二张是细菌遗传研究，最后几张则涉及人体微生物组、噬菌体和现代生物技术。一个来帮忙的学生指着CRISPR部分问，既然这种机制来自细菌，是否意味着人类完全是在模仿微生物。叶岚没有给出过分浪漫的回答，只告诉他，科学家在研究自然界已有现象时，可能发展出新的工具，但技术的实现还依靠后来许多研究者对分子机制的进一步理解和工程改进。

杜然拿着新的分析报告去找梁静，原想让她看不同微生物类群之间那些密密麻麻的关联线。梁静只问了两个问题：这些样本是否来自相同的人、相同时间，测量流程不同会不会使某一类微生物看起来比另一类更容易变化。杜然翻开报告，发现自己准备在讲解时一笔带过的样本匹配表，反而是对方最想了解的部分。他回实验室后，把那张复杂网络从开头移到附录，先放上一幅不同数据来源的对应关系图。许澈看见后说没有以前那么漂亮，杜然回答至少知道读者先该看什么。

展板试读结束后，叶岚把几张用错术语的草图拿回档案室，放进一个标着“弃用稿”的盒子。助理问这些纸是否还有保存价值，

她说不一定要永久存档，但至少在展览开幕前别急着扔。很多修改来自他人的意见，保留版本有助于知道某一句话为什么被改变。助理点点头，把文件按日期排好。叶岚拿起最后那张简洁的图，再次确认每一个时间节点都能找到可靠来源，才终于让设计师送去正式印刷。

组会结束后，杜然在走廊遇见几名刚入学的学生。有人问多界微生物分析是不是意味着以后要把所有已知生物都测一遍才算完整。杜然告诉他们，全面并不等于无边界：如果问题是特定菌株的遗传变化，就需要能够回答这个问题的样本与技术；若要讨论病毒和细菌的生态关系，则应先考虑能否得到可比较的资料。他说完忽然意识到，自己以前也总以分析项目越多越丰富。现在再看，真正难的是知道何时该停。

那天夜里，程屿把几个尚未确认宿主的病毒序列单独列成附表。叶岚在展览文案里原本准备写“微生物之间互相控制”，程屿建议改成更具体的说明，区分有实验依据的病毒—宿主关系、基于序列推断的候选联系，以及仅在群落丰度里同时变化的信号。叶岚回信问，会不会因为保留这些限定，观众反而看不懂。程屿说可以减少术语，但不要删除边界。她便把三种情况分别印在卡纸上，请两位没有专业背景的同事试读。一个人看完以后说自己终于知道为什么同一条线有时画实线，有时画虚线。

试读结束后，杜然陪程屿回办公室。他问如果要把细菌、病毒、真菌和古菌都放进同一个疾病研究里，最后会不会变成什么都想解释，结果什么都解释不好。程屿说这是很现实的风险，跨界分析应

该先明确研究问题，再判断不同类群的信息是否真正提供独立价值。两个人来到实验室门口，看见新来的学生正用显微镜观察一份普通培养样品。杜然忽然笑说，几百年前人们费尽心思才看见一点点微小生命，现在却在为看见的东西太多而烦恼。程屿没有接这句话，只提醒他明天还要完成方法部分的修改。

晚上九点，叶岚发来修改后的展板照片。剪刀图仍然保留，却被缩小到页面角落，旁边增加了微生物防御机制的简要介绍。程屿检查完文字，回复了两处术语修改建议。关掉手机后，他把最新的多界微生物分析报告打开，发现里面还有几个样本的采样时间没有核对完整。那些工作比一幅令人惊叹的未来技术图像乏味得多，却是研究能否继续推进的基础。他把缺失列表交给杜然，准备第二天联系合作单位。

夜里，程屿检查数据质量报告时，看见一个病毒序列只在某一中心的少量样本里反复出现。杜然最初想把它当作疾病特征候选，后来发现它与一次样本处理批次的时间高度重合。两人没有凭此断言污染，而是回到对照样本和流程记录中核查。结果尚未确定，他们先在报告上加了待查标记。程屿望着这一行字，忽然想起早年观察者用显微镜判断一团细小影子是否真的会动；不同年代面对的仪器不同，谨慎却仍是一项需要付出劳动的习惯。

真实历史与科学解读

2007年Barrangou等人证明CRISPR相关机制参与细菌对噬菌体的获得性防御；2012年Jinek等人的研究展示了可编程RNA引导DNA切割的重要机制与工具潜力。细菌、古菌、病毒和微型真核生物属于不同研究对象，测量偏差和生态作用不能直接混同。本章人物、研究发现和展览均为虚构。参考：Barrangou R, et al. Science. 2007;315:1709—1712. DOI:10.1126/science.1138140; Jinek M, et al. Science. 2012;337:816—821. DOI:10.1126/science.1225829。

第六卷 · 生命的新边界

第四十四章 失灵的预测

2026年，中国南方

模型最终定稿的那天，实验室里没有人提出庆祝。杜然把独立验证报告投在屏幕上，第一张图展示内部交叉验证，第二张是不同外部队列的结果。经过几个月的资料核对、方法修订和特征重新评估，一部分分析比最初更加稳定，另一些却表现出明显的中心依赖性。最初被他们称作关键标志物的几种微生物，在新的模型里不再占据同样重要的位置。程屿坐在后排，听杜然逐项解释，发现这次没有人在幻灯片里写“突破性精准预测”，也没有把性能最好的那一组结果单独放大。

报告结束后，罗慎让每个人谈谈意见。新来的学生认为结果至少比过去更清楚，另一位同学却觉得文章的吸引力明显下降，担心投入大量时间后仍然难以发表。杜然一直没有说话。罗慎最后问他本人怎么看，杜然才回答，模型确实有一些能够在多队列重复的信号，但不再足以支持原来那个“可靠临床识别工具”的故事。他说这话时努力保持平静，声音却有一点发紧。

讨论中，一名新学生提出先把外部表现较差的中心排除，再报告表现最好的几个队列。杜然抬头看了他一眼，发现那正是自己几个月前险些采用的办法。他没有责备对方，只把原始研究计划翻到

第一版，让所有人看看哪些中心原本就属于预定的验证范围。罗慎随后说，可以做敏感性分析解释中心差异，但不能在看过结果以后悄悄改变主要终点。会议室里短暂安静下来，那名学生把建议改写成了需要解释的异质性问题。

讨论被打断之后，罗慎把大家的电脑合上，只留下白板。他在板上分出三栏，分别写“最初计划验证什么”“后来才提出什么”“哪些分析真正没有用过验证数据”。有位学生不愿承认后期增加的分析会改变证据性质，拿起记号笔解释，当时的想法明明很合理。罗慎说合理不等于预先确定，探索性工作一样可以发表，但不能用与事先验证相同的口吻描述。杜然主动把几项后来补做的模型列进第二栏，又注明它们如何改变了研究目标。这张白板没有使结果变得更好看，却终于使全组能够讨论同一个问题，而不是各自记住最有利于自己的版本。

会议室里没有人责备他。过去几个月，杜然几乎每天都在核对数据，常常晚上十一点还坐在办公室。临近毕业的压力越来越大，他原本指望当前研究能形成一篇足够完整的论文，现在却需要重新组织结论。罗慎问是否可以拆出一篇方法学工作，程屿说有可能，但需要先确定方法学创新是否真正独立于当前数据，不能因为原来的疾病预测故事讲不通，便临时把常规流程换成一种所谓新算法。

杜然听完终于忍不住问，既然每一种说法都可能因为证据不足被删掉，这项研究到最后还剩下什么。程屿回答他们确实发现了几类在不同人群之间相对一致的生态差异，也厘清了一些会导致模型失效的原因；这些东西可能没有最初设想得那么惊人，却仍值得如

实报告。杜然说自己理解这些道理，只是毕业时间不会因为科学需要谨慎便自动推后。程屿沉默了一会儿，承认此前自己也低估了研究范围不断扩张对学生造成的压力。

杜然离开会议室前，程屿叫住他，问学位论文的材料是否已经整理到可以提交学院审核的程度。杜然说研究记录和数据处理流程基本齐全，最担心的是论文主张变化以后，还需不需要再补许多实验。程屿原想回答“先把科学问题做好”，突然觉得这句话并不能说明下一周该做什么，便约他第二天上午一起核对剩余任务。那晚，杜然回到住处，打开日程本把几场求职面试和毕业手续写在实验计划旁边。过去他把这些事情全部划到“论文完成以后”，如今他不愿再等一个没有日期的以后。

下午，杜然一个人到楼下咖啡店坐了很久。他拿出手机，发现母亲刚发来消息，问毕业后是不是就能回家待几天。杜然看了半天，没有立即回复。他曾经对家人说自己的研究进展很好，还给父母发过那张漂亮的预测曲线，母亲虽然不懂图，却把图片保存下来，在亲戚聚会上说儿子做出了很重要的成果。如今若要解释为什么曲线没有原来那么漂亮，他不知道该从哪里说起。服务员来问是否还需要续杯，他摇摇头，把电脑合上。

咖啡店里坐着两个刚从面试回来的学生，正谈起未来的城市与薪水。杜然听见他们说笑，想到自己这几年很少认真考虑实验室以外的生活。他打开招聘网站，看了一会儿，又关上。他仍然想做研究，只是不愿将每一次模型性能的波动都当成个人价值的判断。母亲的消息还在屏幕上，他最终回了一句，毕业的事尚有手续，不过

很想回家吃一顿饭。这封普通的回复使他稍稍轻松一些。

母亲第二天又发来一段语音，提醒他不要只因为最近不顺利就什么都自己扛着。她以为儿子面对的是实验做坏了，便劝他先吃饭再改。杜然笑着听完，把语音转成文字存好，随后给她拍了一张实验室窗外的日落，告诉她这星期会把毕业手续的时间表整理出来。他没有把那条0.61的曲线解释给母亲，也没有必要再向家人证明自己几年前发出的每一张图片都是永远正确的。至少今晚，他能清楚告诉她自己什么时候回家。

杜然一直保留着最初模型的幻灯片。那份文件的创建日期早于外部验证结果公布，标题里还写着“第一版主图”。他在整理电脑时重新打开，发现自己当时不仅把曲线画得十分醒目，还在最后一页写了许多关于未来临床应用的设想。现在回头看，那些话并非出于故意夸大，只是年轻时太容易把希望写成结果。他把文件复制到历史版本文件夹，又在旁边加了一份简短说明，写下后来发现的局限和模型调整经过。

有一天，杜然的父亲突然打来电话，说老家一位亲戚听说他快毕业了，想介绍一份工作。杜然原本准备拒绝，话到嘴边却停了下来。他意识到自己过去总把未来与某篇论文是否接收绑在一起，很少真正比较不同工作的内容。父亲问他是不是遇到什么难事，杜然说研究里有些结果需要重新写，但毕业工作仍在推进。父亲没有追问具体数据，只说无论以后在哪里工作，别像这几年一样总不吃晚饭。

程屿回办公室后收到罗慎发来的一份旧项目记录。那是几年前团队曾经讨论过却最终放弃的一个方向，里面同样有许多没有达到预期的实验结果。罗慎在邮件里写道，这些材料可以让年轻人看看，研究并不是从一篇接一篇的成功论文组成的。程屿看完，没有把它当成导师突然改变立场的证明，只将其中能够用于教学的部分整理出来，并注意保护不适合公开的原始数据。

傍晚，罗慎找程屿单独谈话。他并非不知道当前论文的风险，也不赞成为了发表而忽略独立验证，但担心团队总在不断提出新的分析问题，却缺少明确的完成标准。他指出，学生的培养有时间限制，合作医院也需要阶段性报告，科研组不能把所有不确定性都留到最后一刻。程屿听完，没有像过去那样急于辩解。他说自己原先过分相信更复杂的分析能够弥补研究设计的局限，后来不断补充验证，确实没有及时为项目设定清楚的边界。两人商量后决定固定当前论文的研究范围，对尚无法回答的新问题不再无限追加分析。

罗慎还提出一个很具体的要求：每一项准备放入正文的结果，必须能够在团队共享的分析日志里找到对应的版本号、输入数据范围和完成日期。如果有新的分析改变主要结论，要先写明原因再决定是否补做。有人担心这会增加工作量，程屿说他们过去已经花了太多时间重新寻找旧代码和模型图，记录清楚反而可能节省时间。会后，杜然把最初训练模型时留下的几份记录重新上传，标注哪些结果只适用于当时的数据，哪些已经在外部队列中复核过。工作做得缓慢，却使曾经模糊的分歧终于有了可以核查的依据。

罗慎把一个空白日程表推到桌子中央，要求程屿逐项写下当前论文仍必须完成的工作。写到第五项时，程屿停了下来，那是一组他很想做、却不影响主要结论的附加分析。他想了许久，在旁边写上‘下一项研究’。罗慎看着他，没有露出胜利的神情，只说这份表也应该发给学生，让每个人知道工作何时能够完成。程屿回到办公室，把日程表贴在墙上，头一次觉得限制研究范围也是一种需要学习的能力。

第二天，程屿约杜然吃午饭。他们没有在餐桌上讨论复杂的算法，只说起学位答辩需要准备的材料和未来工作的打算。杜然想去一所能够继续从事微生物生物信息学研究的机构，却担心自己这几年只学会了反复修改同一批数据。程屿说他已经完成了许多重要工作，包括数据质量核查、跨队列验证和菌株分析，这些能力并不因为某一张图失去吸引力而消失。杜然听完笑了一下，问是不是在安慰他。程屿说多少有一点，但也是真话。

下午回到实验室，两人重新整理论文结构。过去他们试图在同一篇文章里同时回答疾病预测、菌株差异、遗传转移、多界生态和潜在机制，如今决定保留与核心假设真正有关、且证据较完整的结果。部分探索性分析被移至补充材料，另外一些未完成验证的内容留作未来计划。杜然最舍不得的是最初那张曲线图，他把它拖进一个名为“历史版本”的文件夹，连同当时的分析代码一起保存，没有删除。程屿看见这个文件名，觉得比“失败结果”更加合适。

为了准备正式汇报，杜然请许澈扮演评审，专门挑那些可能被读者误解的句子。许澈先问“稳定”指的是不同折次，还是不同医

院；随后又问“标志物”究竟意味着统计特征，还是已经具有临床用途的检测指标。杜然每答一次，便在稿件上改一个词。两个人从傍晚讨论到食堂关门，最后从附近便利店买了两只面包，一边吃一边对照附录里的分析流程。他们知道这些修改不一定使文章更容易被接受，但至少不会在被问到最重要的证据时，才发现自己使用了含义模糊的形容词。

两天后，杜然请程屿看一段重新写过的结果。原来那句话说他们建立了可用于临床的疾病识别工具，如今改成了在特定人群和测量条件下观察到具有重复性的部分微生物生态差异。他担心句子不够漂亮，程屿说可以再写得清楚一些，但不能把失去的证据靠形容词补回来。杜然删去两个多余的副词，发现段落反而读得顺畅。晚上整理毕业材料时，他第一次没有再把整篇文章的价值都放在一张曲线上。

晚上，罗慎回信，同意新的论文结构，并提醒他们按约定提交一份时间安排。杜然拿着电脑过来，说这次至少知道哪一天该停止增加分析了。程屿点头，和他把剩下的任务分成几部分，分别交给能够负责的人。走廊里有人谈论即将开始的假期，楼下食堂已经准备打烊。杜然收起电脑，第一次在晚上九点之前离开实验室。程屿坐在桌边，重新看了一遍摘要，把最后一处过于确定的表述改掉，随后保存文件，关闭屏幕。

现代微生物组模型经常面临研究中心、技术批次、宿主背景及混杂因素带来的泛化挑战。内部交叉验证、真正独立的外部验证和针对使用场景的临床效用评价属于不同证据层次。章节中的模型指标、研究项目和全部人物均为虚构，不代表具体发表论文的成果。

第六卷 · 生命的新边界

第四十五章 一张脑影像

2026年，中国南方

林晓走进磁共振检查室前，先把手表和口袋里的硬币交给工作人员。技术员按照流程核对身份与研究编号，又再次向她说明检查期间需要尽量保持不动，如有不适可以通过约定方式联系操作人员。她躺上检查床时有些紧张，机器的白色圆环从眼前缓缓靠近。梁静在外面确认准备工作完成，程屿则坐在操作间靠门的位置，看着屏幕上逐渐出现的定位图像。他并没有直接参与临床诊疗，这次在经过相应授权的研究流程内观察脑影像采集，是为了更好理解那些后来会进入自己分析的数据究竟来自怎样的过程。

扫描开始以后，机器发出有节奏的响声。林晓闭上眼睛，努力记住工作人员让她放松身体的叮嘱。她并不知道操作间里显示的每一个参数意味着什么，只觉得时间比预计长了许多，偶尔会想起自己还有一份工作报告没有完成。检查结束后，工作人员帮助她起身，确认没有不适，才让她离开。她在走廊里遇见梁静，问刚才是不是已经把自己的情绪拍下来了。梁静说不是，影像测量能够提供与脑结构、活动或连接有关的信号，远不能直接读出人的想法，也不会因为某一张图便说明她为什么患病。

程屿后来拿到的不是这次检查的原始影像，而是一批经过相应管理和去标识化处理的研究数据。不同受试者在脑功能指标上存在差异，部分变化与临床症状和认知表现具有统计关联。他与影像团队合作，尝试把这些信息与肠道微生物特征进行受试者层面的分析。在项目讨论会上，影像研究员向大家介绍数据质量控制、头动影响和脑区指标的解释边界，提醒不能把一处统计显著的脑区当成一种疾病的专属位置。

影像技术员在检查扫描质量时，注意到一名受试者有较大的头动，便按流程在记录里标注。程屿曾经觉得头动只是影像处理中一项可以回归掉的变量，亲眼见到检查过程后才知道，病人在扫描床上保持安静并不总是一件容易的事。有人因为紧张而不自觉移动，也有人身体不适，需要中途暂停。技术员没有因此责备受试者，只认真记录情况，使后续分析者知道每一份影像来自怎样的真实检查。

有一组分析显示，某些微生物生态特征与区域性自发脑活动指标之间存在关联。杜然立即提出，是否可以据此写成“微生物通过改变脑功能导致症状”。程屿摇头，让他先检查相关结果在不同协变量和研究中心中的稳定性，并明确分析的方向与已有数据能够支持的结论。梁静在旁边补充，脑影像、微生物和量表可能共同受到药物、睡眠、疾病状态及其他因素影响，仅靠横断面关联无法确定因果顺序。杜然听完，把刚写好的结论暂时存成备注。

团队还考虑利用公开的人脑基因表达参考图谱，为观察到的影像空间模式提供背景解释。程屿一开始很喜欢这项分析，觉得它能够把宏观脑功能与分子层面的参考信息联系起来。然而，影像研究

员提醒他，参考图谱可能来自不同供体、不同样本和不同测量技术，空间相关结果受到脑区分辨率、空间自相关和分析选择的影响，不能直接证明所研究患者某个脑区的某种分子机制已经发生改变。程屿把这一意见写进方法讨论，不再用“揭示了微生物驱动的脑内分子通路”这样的句子。

空间参考图谱的讨论持续了很久。影像研究员在白板上画出两个来源不同的数据集，一个是当前临床队列获得的脑功能空间结果，另一个是公开的人脑组织参考表达图谱。他在两者之间画了一条虚线，说这种关联依赖于脑区匹配、空间自相关处理与参考样本的局限，并非从患者脑组织中直接测到了相应基因的改变。程屿没有删除分析，只在论文里重新说明它能够提供的是哪一种背景证据。

某天下午，梁静约他一起核对纵向随访资料。她把一份去标识化的症状量表放到电脑上，让程屿对照时间点看变化。林晓在部分症状上有所改善，也仍有一些困扰，临床记录里还有许多不能被一个总分概括的情况。程屿注意到，她的微生物组和影像指标并没有沿着一条整齐的方向变化。他原本想寻找三类数据共同上升或下降的模式，现在却觉得，即使某个患者的症状改善，也没有理由要求其体内每一个生物学指标都按相同方向运动。

讨论告一段落时，梁静让程屿暂时合上那张显示许多脑区颜色的投影。她说下午林晓可能会问研究里有没有发现属于她自己的异常，团队最好先商量清楚如何解释。程屿原本准备展示组内平均值和相关系数，听完才想到，一个研究结果在会议室里可以被称作“区域性信号”，到了检查过的人面前，却可能被理解成某个部位已

经坏了。他将图表放回研究文件夹，另写了一页说明，区分影像检查当时的常规安全流程、研究性统计分析和可能需要由医生另行评估的临床问题。

林晓果然在随访时提起了影像。她想知道自己的大脑是不是与别人不同，也想知道那些微生物变化是否说明治疗正在起效。梁静没有以一句“数据还不成熟”结束对话，而是先问她最担心什么。林晓说最近睡得比以前安稳，却仍有不敢独自参加聚会的时候，怕某张影像结果证明自己永远不会恢复。梁静解释，研究中的群体统计差异不能用来给她个人的未来下定论，随访仍应关注她真实经历的症状、功能和需要的支持。林晓听完没有要求看那张脑区彩图，只问下次复诊能否多留一点时间谈谈重新工作的安排。

晚些时候，程屿从梁静那里听说了这个问题，便在研究小组共享文档里增加了一项并不起眼的任务：检查参与者收到的说明文字，确保没有把探索性的脑影像关联写成个人诊断。杜然问，这件事是否也算一项研究成果。程屿想了想，说不一定能在论文里占据一个结果小节，但它关系到研究为什么要被认真地做。他删除了一页汇报里过度醒目的红色脑图，改成更清楚的统计说明，随后去核对林晓那份随访量表是否在约定时间内完整录入。

另一天午饭时，两人坐在医院一楼的小餐厅。梁静说自己最近常被患者问到脑影像能否确定某种精神疾病的原因，也有人希望做一次扫描，便知道以后会不会复发。程屿说研究层面确实有一些值得关注的影像特征，但尚不能简单成为面向个人的确定性解释。梁静听完笑了，问他这次是不是终于不用先讲十分钟算法。程屿说自

己今天有点累，想先把饭吃完。两个人换了话题，聊起医院旁边新开的一家面馆，以及梁静最近因为门诊太忙错过的一场音乐会。

林晓完成下一次随访时，提到自己最近重新开始在周末画画。以前她总觉得画得不好，画到一半便扔掉，现在偶尔能耐心完成一整幅，即使仍然不满意，也愿意把画放在桌边。梁静问她这段变化是否让生活轻松一些，林晓想了想，说有时是的，但并不是每个周末都这样。程屿后来读到这段经过研究允许记录的去标识化随访摘要，脑子里浮现的不是某一处显著脑区，而是一张没有看过的画。他不知道那幅画的颜色，也不知道林晓究竟画了什么，只知道一些很重要的变化不容易被现有数据充分描述。

林晓把那幅画带来复诊时，纸边仍有前次淋雨留下的淡痕。梁静没有评价画得像不像，只问她为何决定保存下来。林晓说以前她总会扔掉不满意的东西，如今想留着看看自己究竟能画到哪里。程屿在研究记录里只能看见不同时间点的临床评分，没法从任何一列数值里读出她当时在桥边等雨停的心情。这并没有使量表失去意义，却提醒他，临床研究需要测量共同的变化，人真正经历的生活却从不只剩下可以共同计数的部分。

影像研究员带程屿查看过一份头动质量控制报告。两个受试者的临床症状评分接近，扫描时的头部运动却相差很大，其中一份数据即使经过常规处理，也需要谨慎使用。程屿最初只关心最终脑区指标，后来意识到每个数值都经过采集、预处理、配准和统计估计等多个步骤。他在研究记录里补上影像质量信息，提醒团队不要因为某一项关联显著，便忽视输入数据的可靠性。

林晓最近开始画的是家附近一座旧桥。她每个星期从桥边经过，却很少有时间停下来。某个周末，她带着画本坐在树荫下，画到一半突然下雨，只好把本子塞进袋子跑到屋檐下躲雨。画纸湿了一角，桥栏杆的线条被水洇得有些模糊。她原本想撕掉这一页，后来发现那片模糊的水痕并不难看，便把本子晾干，继续在上面画。下次随访时她提到这件事，只说自己现在偶尔能够容忍一幅画没有完全照想象完成。

梁静下班后曾独自去听一场音乐会。她坐在最后一排，演出中途忽然想起白天门诊里一个刚刚稳定下来的患者，便又责备自己总把工作带进生活。音乐结束，观众陆续离场，她才真正放松下来。第二天程屿打电话讨论脑影像结果，她告诉他自己昨晚出去听音乐，接着笑说不必把这件事也纳入睡眠和情绪协变量。程屿听出她在打趣，便把准备说的一大段统计解释缩短了一半。

晚饭前，梁静收到一位年轻医生的电话，对方想把一项研究性脑影像结果解释给患者家属。她没有让对方简单地说‘大脑有异常’，而是先问检查是否用于常规临床、研究结果的质量和适用范围，以及是否可能引起不必要的误解。挂断电话以后，她坐了几分钟才离开办公室。医院走廊依旧忙碌，她清楚知道，学术报告里一个不够谨慎的词，进入真实诊室以后可能变成一个家庭反复追问的问题。

晚上，程屿回到实验室，重新安排论文中脑影像结果的位置。他不再把它写成微生物造成精神疾病的最终证据，而是作为进一步研究跨尺度关联的一部分，清楚标出相关假设和证据限制。杜然看

完说这样一来整篇文章的结尾没有最初那么惊人。程屿回答，真正重要的是让读者知道哪些发现能够独立重复，哪些只是可能的解释。杜然把图例里的“脑肠因果通路”改成“微生物—临床—脑影像关联”，随后把文件传回共享文件夹。

几天后，叶岚发来一张展览草图，画面里一边是十七世纪的显微镜，一边是现代磁共振设备。她问程屿是否觉得这两样东西放在一起会产生误导。程屿说如果只是表现观察技术的变化，可以，但最好在文字里解释它们测量的对象和限制完全不同。叶岚很快修改了说明，给他回复一个简单的感谢。程屿放下手机，看见桌上还放着林晓的随访数据质量表，便又检查了一遍时间点和缺失记录，直到确认没有错误才关机。

真实历史与科学解读

区域脑功能影像指标、临床量表和微生物组特征能够用于研究统计关联，但单一影像结果不能直接读取个体思想或作为精神疾病的确定因果证据。将人脑基因表达参考图谱与脑影像空间模式关联，属于跨数据集的空间统计分析，不能直接替代患者组织中的机制验证。本章人物、数据与科研发现均为虚构。

第六卷 · 生命的新边界

第四十六章 机器猜测的因果

2026年，中国南方

新来的研究生许澈把模型结果发给程屿时，邮件标题写得十分兴奋：“这一次终于稳定了。”程屿在早上八点打开邮件，看到一张几乎没有明显波动的性能曲线，心里先是一动，随即问对方究竟使用了哪些特征。许澈回复说自己加入了更多临床和测序相关变量，又采用一种能够处理复杂交互关系的算法，在几个数据划分方案下得到很接近的结果。程屿让他把训练流程、预处理记录和每次划分的样本编号一同发过来，并提醒他暂时不要将图放进论文。

许澈刚读研不久，之前在计算机专业学习过机器学习，进入微生物组项目后觉得生物数据比课堂里的标准任务有趣得多。电脑里有数以万计的特征，某些模型能够从复杂数据中找到令人惊讶的组合。他在网上阅读人工智能的研究进展，常觉得传统统计方法太慢，研究者似乎只要使用更大的模型，便能减少人为假设带来的局限。程屿不反对使用新方法，但总担心年轻学生把性能提升当作唯一目标，忽略数据生成过程中的那些不容易看见的限制。

当天下午，两人开始核对模型。许澈最初无法理解为什么程屿对一张漂亮曲线没有表现出足够的兴奋，直到他们检查特征重要性时，发现有一组与采样和处理批次相关的变量在模型中占据了相当

高的权重。许澈说这些变量只是技术背景信息，并没有直接把疾病标签送给模型。程屿解释，如果不同中心的疾病比例不同，而采样流程又与中心密切相关，即使没有把标签放进输入，模型也可能利用技术信息预测研究来源，再间接获得疾病分组的线索。真正需要检验的是，当换到新的中心或不同数据分布时，预测能力还能保留多少。

许澈把特征重要性的列表按大小排序，原本排在前面的几个微生物名称被与采样中心相关的编码挤到了后面。他起初觉得这或许只是算法计算方法的偏好，便尝试换一种解释工具。结果虽然有所变化，中心差异仍然十分突出。程屿让他把最简单的模型也跑一遍，看看仅使用非目标变量会得到怎样的性能。许澈看见那张出人意料的曲线，半天没有说话。他第一次明白，复杂模型获得好分数，有时只是把一个简单的偏差利用得更加彻底。

他们重新设计验证方案，将特征选择、数据转换与参数调整严格限制在相应训练阶段，并使用按研究中心分离的方式评估性能。结果没有前一轮漂亮，某些划分甚至明显下降。许澈盯着屏幕，问这是否说明模型完全没用。程屿说未必，但它至少说明之前的评估过于乐观。他让学生先写一份错误分析，不用急着换另一种算法。许澈皱着眉，说写错误报告似乎比做模型还费力。程屿告诉他，这种工作做得越清楚，后面越容易判断模型究竟在利用什么信息。

第二天早晨，罗慎来询问项目阶段汇报的准备情况。按照原先安排，许澈的模型本该成为介绍算法进展的重点。许澈把新的跨中心验证结果投在屏幕上，曲线比旧版低了不少，还附着一张说明预

处理和特征选择如何在错误顺序中泄漏信息的流程图。罗慎读完问他，是否有把握证明这次下降全部来自同一个问题。许澈没有再急着回答，说他们识别出几种可能的偏差来源，仍需分别检验，当前只能确认旧的评估不足以支持原有结论。

会议室安静了一会儿。罗慎把原定宣传稿上“突破性精度”几个字划去，要求在正式对外材料里区分已经独立验证的结果和仍在探索的模型，同时不能因为失去一条漂亮曲线便无限推迟学生的阶段考核。许澈原以为自己会挨一顿训，听到最后一句才抬起头。程屿建议把复核流程和已发现的问题写成独立的技术记录，保留分析版本，给毕业计划设定清楚的边界。这样做没有把错误变成成功，却让接下来几个月的工作终于有了可以完成的范围。

回办公室后，许澈给参加项目汇报的同学发了新版幻灯片，特意把旧图放进附录并标明不宜用于性能比较。有人问为什么不干脆删掉，他说因为下一批学生可能还会碰到同样的陷阱。下午他用一张纸画出新的数据流，从受试者与研究中心开始，一直画到训练、调参和外部测试，每个可能互相泄漏信息的步骤都留出检查位置。那张纸没有鲜艳的配色，边上还有咖啡留下的一圈浅痕，他却把它贴在电脑旁，决定在下一次建模之前先从这张图开始。

晚饭时，杜然听说此事，忍不住笑起来，说几个月前自己也做过相似的事，只不过那时用的是另外一种方法。许澈有些不服气，觉得自己并没有犯低级错误，只是试图让模型利用更多信息。杜然说他也曾这样想，直到一个外部队列把自己花了几个月做出的曲线压得很难看。两人吃着饭，逐渐谈起各自在科研中犯过的错误。程

屿坐在旁边听，发现杜然不知不觉已经能够向新学生解释许多原先总与自己争论的问题。

许澈曾经在校内一次竞赛中拿过机器学习的奖。那时题目要求把给定数据集分成训练和测试部分，排行榜上的分数每提高一点，队友便欢呼一次。进入真实科研以后，他仍不自觉地保留着那种习惯，看到性能增加便觉得向成功又靠近了一步。如今这次跨中心验证使他很不习惯，因为模型明明遵循了他熟悉的优化流程，却仍然学到研究者并不希望它利用的差异。程屿没有嘲笑他，只让他把竞赛任务与医学研究的目标写在纸上，看看哪些评价标准能够共用，哪些需要另行定义。

当天夜里，许澈打开从前参加竞赛的笔记，里面记着每次排行榜提升后的欢呼和截图。那时候题目规则清楚，优化目标也明确；如今研究问题涉及真实人的样本、诊断记录和临床解释，他不能再假设所有可以提升分数的信息都适合成为预测依据。他给自己写下一条新规则：先画出数据从采集到建模的流程，再决定模型应当学习什么。写完又觉得像一句口号，便把它拆成需要逐项核对的具体步骤。

第二天，叶岚邀请他们参加展览最后一部分的试讲。她原本想设置一面互动屏，让参观者输入几个生活习惯，便得到一个人工智能生成的微生物健康判断。程屿看完设计稿，建议不要使用这种模拟临床预测的方式，除非能够明确说明它完全是教学示例、没有个人医疗判断意义。他提出改成展示一个模型如何因为训练数据偏差而产生错误，参观者可以切换不同的数据来源，看到同一模型的评

价结果发生改变。叶岚觉得这个方案既能让观众参与，也不会制造不必要的临床期待，便请设计人员修改。

互动展板修改后，叶岚让一位没有相关专业背景的保安试用。保安认真输入几组模拟数据，发现同样的模型换一个中心表现可能明显不同，便问是不是机器太笨。许澈解释不是机器理解力差，而是数据本身可能携带了研究者没有意识到的差别。保安点点头，说这有点像他值班时认人，白天从正门进来的熟面孔，换了帽子从侧门走，自己也可能一时认错。叶岚听见这个例子，把展签里一段拗口的话又改短了。

叶岚联系的互动展览设计师最初坚持，给屏幕加上一位会说话的卡通医生，能够使观众更加愿意参与。梁静看到草图后提出，如果形象像医生、输出又像诊断，容易令观众误把演示当成真正的医疗建议。几个人商量后改为展示两张来自不同采样中心的模拟数据表，由参观者选择训练方式，观察预测结果如何变化。设计师起初担心不够生动，试讲时却发现孩子们很喜欢反复切换选项，尤其对同一个模型在另一批数据上突然不灵感到惊讶。

许澈回到宿舍，把那张最初令自己兴奋的漂亮曲线重新打开，仔细检查当时留下的代码记录。他发现自己并不是不知道混杂和数据泄漏的概念，只是在那次性能提升后，很快便把这些检查推到了后面。第二天早晨，他给程屿发信承认这一点，并主动提出以后先完成数据划分和预处理审计，再讨论复杂模型。程屿只回复说，下周把新流程带到组会上，让大家一起检查。

试讲当天，有位高中生站在屏幕前问，机器为什么能找到人类没有想到的规律，却又可能被采样批次这种细节欺骗。许澈原本准备解释模型的优化目标和高维特征空间，见对方听得越来越迷糊，便换了一种说法：机器会按照训练时得到的信息寻找能够区分结果的办法，但它未必知道研究者真正关心的生物学原因是什么。学生听完又问，那是不是只要把所有无关变量删掉便行。程屿接过话说，真正难的是有些变量看起来与目标有关，却可能通过其他途径产生关联，研究者需要结合实验设计、统计验证和领域知识去判断。

试讲结束后，许澈回到实验室，把新模型的错误来源整理成一张简明表格。他第一次认真标注哪些结论来自真实独立验证，哪些只是探索阶段的结果。杜然看到以后，没有像从前那样劝他尽快画一张更复杂的网络，而是帮他核对样本划分记录。两个人为了一个数据处理步骤争论半天，最后发现是脚本里有一项默认参数没有被写进方法说明。许澈把参数补好，重新运行检查，虽然结果没有明显提高，却终于能够完整重现前一轮分析。

组会当天，许澈没有把表现最好的模型放在第一张幻灯片，而是从研究问题和数据来源讲起。杜然坐在后排，听他解释哪些结果来自内部划分、哪些来自真正独立的研究中心，忽然想起自己刚入组时第一次做汇报的紧张。散会后他把几处容易误解的术语圈给许澈，没有再提出增加新算法的建议。两个人一起把投影仪收好，顺路去楼下买晚饭，谈论的却是学院里即将举办的篮球赛。

晚上九点，程屿收到许澈的第二封邮件。标题不再写“终于稳定了”，而是“跨中心验证与错误分析”。附件中有两张不太好看

的性能图，以及一份清楚的说明。程屿读完，在回复里标注了几处建议，又附上两篇有关数据泄漏和外部验证的参考文章。最后他在邮件末尾写道，明天组会上可以先讲这次检查发现了什么。发完邮件，他关上电脑，办公室里的灯只剩一盏亮着，走廊里听见清洁车缓慢经过的声音。

真实历史与科学解读

机器学习能够识别复杂统计模式，但高预测性能并不直接说明因果关系。研究中心、批次、样本来源等变量可能通过混杂与数据泄漏造成虚高表现；内部交叉验证不能替代符合目标使用情景的真正独立验证。本章人工智能模型、交互展览和人物全部虚构，具体结果仅为文学情节。

第六卷 · 生命的新边界

第四十七章
一份没有签字的报告

2026年，中国南方

合作协议送到罗慎办公室时，窗外正下着一场急雨。秘书把两份文件放在桌上，提醒其中一份需要尽快确认，因为对方准备在下周的项目讨论会上介绍后续研究计划。罗慎翻了几页，看见里面写着“基于肠道微生物组的疾病风险精准识别平台”，下面列出预期应用场景和合作任务。他把文件交给程屿，说先看看，有问题直接标注。程屿拿回办公室，逐行读到第三页，在一句“已具备稳定的个体疾病预测能力”旁边画了一个圈。

这不是两人第一次在研究应用的问题上产生分歧。罗慎承担项目负责人应尽的职责，需要面对资助单位的进度要求、学生的毕业安排和合作医院的期待。他也知道模型尚未达到成熟临床应用的标准，但认为合作文件可以先提出方向，在后续工作中逐步完成验证。程屿担心的是，方向性目标和已有研究结论被写在一起，会使读者误以为团队已经拥有可以直接用于个人疾病判断的工具。两人的争论并不涉及是否应该发展新技术，而在于此刻应该怎样描述已有证据。

协议第三页还有一个不起眼的条款，允许合作方在后续推广材料中引用研究成果。程屿把它也标了出来，因为他担心原本带有条件的结论，进入宣传文字后可能被删去限定。罗慎看了标记，觉得程屿有些过度担心，程屿却拿出过去一份会议新闻稿，指出其中一处把‘研究中的候选特征’改写成‘成熟检测指标’的例子。两人最后决定要求所有面向公众的宣传说明经过研究和临床双方审核，既不阻碍合作，也不把语言上的风险留给患者承担。

程屿提出修改文件以后，合作方的项目经理打来电话，问能否至少保留宣传材料里的“精准”二字。他没有立刻拒绝，而是请对方说明这个词具体对应哪一种验证结果。对方说那是为了让普通读者更容易理解，程屿便发去一份有明确限定条件的性能评估摘要，解释当前模型已经完成的工作与尚未具备的临床用途。双方谈了二十多分钟，最终同意把外部验证的目标写进下一阶段计划，而不是作为当前成果。挂断以后，程屿发现自己先前只顾担心某一个词是否夸大，却没有认真给出可以替代它的准确表达。

程屿把修改意见发给罗慎。上午十一点，导师叫他到办公室，问是否有必要把那么多句子都改成“探索”“可能”“待验证”。程屿解释并非所有地方都需要谨慎用词，例如已经完成的样本处理、软件功能和分析流程可以明确写出，问题在于个体预测能力、临床有效性和因果机制尚未得到充分证实，不该使用完成式的语言。罗慎听完没有立即表态，只说你得给合作单位一个能够执行的计划，而不能把所有结论都变成限制条件。

那天下午，杜然拿着毕业材料来找程屿。他的论文目录已经基本完成，原先研究项目里的许多结果经过重新整理，成为几个具有明确边界的章节。但如果合作论文继续拖延，他担心后续工作推荐与部分考核材料难以安排。程屿告诉他，学位论文应按学校的实际要求准备，不能把外部合作协议是否签署当作唯一条件。杜然听完却没有轻松多少。他把几页审稿意见放到桌上，说自己这些年最怕的并不是承认结果不好，而是每当接近终点，总会冒出另一个尚未完成的问题。

程屿终于向他道歉，承认过去为了把研究故事讲得完整，曾不断要求团队增加分析，却没有明确告诉学生什么情况下可以停止。他说有些新分析确实是必要的，有些则属于研究设计不断扩张带来的额外负担，不能都让杜然承担。杜然听完，坐了很久才说自己也有问题：最初模型表现好的时候，他是最希望立刻把结果写成诊断工具的人，后来做菌株网络时，又总想把所有漂亮的结果都留下。两个人没有像故事里那样握手言和，只是把剩余任务重新分配，决定在本周完成论文主体，再把合作申请中的长期目标与当前证据分开写清楚。

第二天上午，程屿和杜然在一间空会议室里重新核对毕业工作清单。杜然带来了学院关于学位论文的实际要求，程屿拿出研究流程记录，两人逐项标注哪些数据已完成、哪些可以独立写成结果、哪些不应成为论文按时提交的前提。到中午，清单仍然很长，但每一项旁边终于写上了责任人与完成时间。杜然走出会议室时，手机里又出现一条招聘邮件，他没有像过去那样立刻关掉，而是认真看完岗位介绍，给自己留出了回复的时间。

杜然把重新排好的毕业论文放到桌上，指着目录里一个很长的题目笑了笑，说自己原本想把所有学过的分析方法都写进去，后来发现那样只会使读者不知道他真正回答了什么。程屿认真翻了一遍，告诉他可以保留重要的负结果与方法局限，不必因为论文最终要参加评审便假装研究一路顺利。杜然说他明白，却仍然担心毕业答辩会上有人问为什么独立验证没有达到原先期望。程屿让他准备好数据和理由，如实回答就是。

周五，梁静参加了合作讨论。她带来临床研究部门的一份意见，列出若希望将来评估微生物组工具的临床用途，需要预先明确的适用人群、比较标准、临床决策场景、预期获益和风险。她强调，任何可能向受试者反馈个体风险的研究，都应当认真考虑知情同意、沟通方式和伦理审批，而不能只看模型是否能够区分训练数据中的两类人。罗慎听完，逐项询问哪些内容可以纳入下一阶段方案，哪些尚无法在当前项目经费下完成。会议比预想得久，最后也没有立即签字，却产生了一份更清楚的工作分工。

合作方的一位医学事务人员问，如果暂时不能把模型用于个人风险反馈，下一阶段合作究竟能为临床带来什么。梁静没有回避，她提出先建立清楚的受试者招募与随访流程，在明确的目标人群中评估重复测量稳定性、模型与现有临床评估是否存在额外信息，以及研究结果可能导致哪些错误解释。她还建议任何用于对外说明的文字先交由临床与伦理团队共同审阅。罗慎听完，在纸上画出两段时间线：第一段完成研究验证，第二段再讨论是否具备进入实际应用评价的条件。两条线并不漂亮，却比一句“尽快转化”更接近他们能够真正执行的计划。

林晓在这个星期完成了一次后续随访。她关心自己的样本和资料将来是否会被不同机构使用，希望研究人员能够提供更明确的说明。负责随访的工作人员按照批准的研究安排解释数据管理、共享范围与受试者权利，遇到需要进一步确认的事项则转交研究管理部门处理。程屿后来读到会议记录，才意识到自己过去总把数据共享看作算法训练和样本量的问题，较少去想参与研究的人如何理解这些安排。他建议团队在下一版材料中用更加清楚的普通语言说明研究目的和目前尚无法提供的个体结论。

叶岚也在准备展览开幕。她打电话问程屿能否参加开幕当天的一个简短交流环节，程屿说大概要看合作讨论的进度。叶岚听出他心情不好，没有追问，只说开幕时间已经定下，历史资料展出不会因为某篇论文还没完成便推迟。程屿听完笑了。他向叶岚讲起最近的研究争论，叶岚说档案馆里也常遇见类似问题：某份历史记录的说法很吸引人，真正去核对原始资料后，却发现需要删掉许多夸张的细节。程屿问她会不会舍不得，她说会，可删完后至少不用害怕别人把错的东西当成史实。

合作方的负责人后来专程来学校讨论。对方并不反对将文件中某些过于确定的表述修改，只是关心项目继续推进时能否形成具有明确阶段目标的成果。罗慎向他解释现有研究已经完成哪些工作，程屿则补充模型在不同队列的适用限制，以及下一阶段若想开展临床验证需要怎样的设计。会议中有人提出能否先建立一个用于科研探索的原型界面，供内部人员查看数据质量与统计结果，而不向患者反馈个人风险。几方讨论后认为这可以作为受控研究工具进一步规划，但必须在使用范围和权限方面作出清楚安排。

讨论结束前，罗慎请每个人在修改意见上签名确认已阅，免得下次会议还得重新争论同一条文字。他把旧版协议和新版放到桌上，请合作方指出仍有不同意见的地方。那位负责人翻到第三页，发现原来笼统的“推广研究成果”已改成需要准确引用适用范围和验证状态的表述，便提出让双方各自的法务人员再作核对。会议没有在当天签成，罗慎回办公室后仍然感到疲倦；但至少下一次讨论不再需要从一句模糊的宣传口号重新开始。

合作会结束以后，罗慎独自在办公室坐了一阵。他想起自己年轻时也曾因为一个过于理想化的研究计划错过申请期限，后来很长一段时间都强调项目必须及时落地。如今面对程屿的坚持，他并不是全无理解，只是知道一个团队要生存，需要的不只是正确的原则，还有能够执行的时间表和经费安排。他把会议纪要重新打开，在每一项长期目标旁加上阶段性的验收条件，随后给合作方回了一封措辞稳妥的邮件。

杜然的毕业材料递交前一夜，打印机突然卡纸。他在走廊里拆开纸盒，发现一张纸卷在滚轮边，怎么拉都拉不出来。许澈路过，帮他从另一侧慢慢取出，险些把整叠已经排好的目录弄乱。两个人蹲在地上整理纸张，杜然忽然说自己从前最讨厌这些琐碎手续，觉得它们浪费了研究时间。许澈问现在是不是不讨厌了，杜然说还是讨厌，只是终于知道一份真正可以提交的成果，不是电脑里一张好看的图，而是许多具体工作都得做完。

随访项目进入阶段总结时，研究护士向参与者发送了一份措辞更清楚的普通语言说明。文件将“已完成的分析”“下一步希望研

究的问题”和“目前不能对个人作出判断的事项”分成三个部分。林晓读完后没有提出新的诊断问题，而是请护士确认原来同意的样本用途是否因为合作单位增多而发生变化。工作人员依据已批准的研究文件逐项回答，把需要进一步咨询的地方转交负责人，并承诺在有正式结果后以书面形式回复。

林晓把那份说明带回家后，又给研究护士发去一个问题：如果将来项目获得新的结论，自己能否知道研究是否已经进入正式临床评估。护士没有擅自许诺定期提供个体风险报告，只说明目前可以通过研究中心了解项目公开进展，个人信息的使用仍依照已获批准的安排进行。林晓得到答复后，把电子邮件与纸质说明放进同一个文件夹。她关上电脑，继续完成自己的工作，而不是一遍遍刷新消息，等待某种菌群结果突然解释自己过去几年的全部经历。

那天傍晚，林晓把新的研究说明带回家，放在画本旁边。她翻到关于样本后续使用的一页，用铅笔标下一个仍不明白的地方，准备下次随访时再问。窗边那幅桥的画还没有完成，雨水洇开的地方她不打算擦掉，只想在旁边补上些新的线条。她并不知道自己的问题有没有改变研究团队的工作方式，只觉得这次文件终于允许她像一个真正作出选择的人那样仔细阅读，而不是匆忙签下名字。

周一早晨，修订过的合作文件重新回到罗慎办公室。里面明确区分了已经完成的研究结果与计划开展的临床验证任务，也保留了成果转化的长期方向。罗慎逐页翻阅，发现许多改动实际上使合作责任更加清楚，便同意将这一版本提交给对方讨论。他没有对程屿说一番高尚的赞美，只提醒他，一旦合作单位提出新的实际问题，

团队还得认真回答，不能用“研究仍有局限”这句话拒绝所有挑战。程屿答应，又问杜然的毕业材料能否尽快走流程。罗慎说已经和相关老师沟通过，让他按学校规定准备。

程屿回到办公室，给杜然发了一条消息，告诉他论文主体可以进入下一轮内部修改，不必再无限增加分析。杜然很快回复，说自己正在整理参考文献，晚些时候会发新稿。程屿打开电脑，把合作报告里原先圈起来的那句“已具备稳定的个体疾病预测能力”与修改后的版本对照了一遍。新的文字不再把尚未完成的验证写成既定成果，却清楚列出可以开展的具体研究任务。他把文件保存好，准备打印供会议使用的纸稿。打印机运行到最后一页时忽然停下，屏幕上亮起缺纸的提示。他从柜子里取出一包新纸，拆开封口放进纸盒。机器重新响起来。程屿等纸张全部吐出，将需要签署的版本和留有修改痕迹的版本分别夹好，写上日期，放进两个不同的文件袋。

真实历史与科学解读

微生物组研究的临床转化需要符合特定使用场景的验证、风险评估、伦理审查和适当的数据治理。统计关联、研究型预测模型与获准用于临床的个体诊断工具存在重要区别。本章合作协议、伦理讨论、研究项目和人物全部虚构，旨在描绘科研实践中的现实张力。

第六卷 · 生命的新边界

第四十八章 看不见的文明

2026年，中国南方

医学史展览开放那天，叶岚比所有人都早到了档案楼。清晨七点，走廊里只有保洁人员推车经过的声音，展厅的灯尚未全部打开，工作人员正把前一晚调整过的说明牌重新摆正。叶岚拎着一只布袋，里面装着胶带、手套、备用标签和几支铅笔。她从入口开始逐一检查，先看第一面墙上的日期，又走到胡克《显微图谱》的复制插图前，确认那幅霉菌图没有在最后一次装裱时被裁掉边缘。再往里走，是列文虎克的书信、十九世纪的霍乱地图、东北鼠疫防疫资料，以及分子遗传学和现代微生物组研究的部分历史文献。

展厅不算宽敞，也没有使用夸张的灯光。玻璃柜里主要陈列的是影印件、复制图像和经过核对的文字说明，少量可以合法展出的实物则配有清楚的来源信息。叶岚没有把它布置成一条从黑暗走向光明的胜利长廊。某些展板上保留着当时研究者尚未解决的问题，另一些则说明后来怎样通过新的实验修正旧有解释。她最满意的是一张关于科学证据的时间线，上面没有用夸张的箭头把不同年代的发现简单连起来，而是留出少量空白，让观众自己看见研究之间的距离。

上午九点，第一批参观者走进展厅。一个孩子被胡克画的巨大跳蚤吓了一跳，紧紧拉住父亲的手，又忍不住凑近看它弯曲的爪子。父亲读着说明，告诉他这幅画早在十七世纪便已出版。孩子问那时候的人有没有显微镜，父亲说有，只是与现在不同。叶岚站在不远处听见他们交谈，没有过去纠正每一个不精确的词。她知道展览不是考试，观众愿意停下来看一会儿，已经是一次不错的开始。

程屿到达时，罗慎和梁静已经在展厅里。罗慎对照展签看了几幅早期实验图，问叶岚这批材料花了多久整理。叶岚笑着说比最初计划久很多，尤其核对不同版本的文献时，常常刚改完一段话又发现还需要查新材料。梁静则在霍乱地图前停了很久，读到1854年的调查说明时，问其中有没有把移除水泵手柄写成疫情结束的唯一原因。叶岚指给她看展板上的文字，里面特意保留了疫情当时已经出现变化的历史事实。梁静点点头，说这样才像真实的公共卫生工作。

一位年长参观者在伦敦霍乱地图前站了很久，问叶岚为何展签特意写明，著名的死亡分布地图并非斯诺在撤除水泵手柄之前便已完成。叶岚把有关日期的原始资料拿给他看，说历史的价值并不因纠正一个常见故事而减少。老人想了想，指着地图上一条狭窄的街道，说自己年轻时读书总以为那些黑色短线只是作图的符号，如今再看，才知道每一道标记后面都曾有一个家庭。他没有继续问，转身去看下一个展柜。

杜然稍晚才来。他穿着一件新熨过的衬衫，背包里还装着刚刚打印好的毕业论文目录。许澈跟在后面，看到人工智能互动屏便立刻走过去，想试试演示程序是否还有问题。两人站在屏幕前切换不

同的数据来源，看原先表现稳定的模型在新的验证条件下发生变化。旁边一个学生问他们是不是故意把模型设计成会出错，许澈说不是，这正是希望展示的地方：一个模型在某批数据里得到不错的表现，并不意味着它能自动理解疾病。杜然在旁边补充了几句，又想起自己前一年做出的那张曲线，笑得有些无奈。

展厅的一角还摆着几份有关人体微生物组研究的公开论文。一个年轻女孩问程屿，如果人体里生活着那么多微生物，为什么她从来感觉不到。程屿说人不会直接感觉到每一种微生物，就像人平时也不会逐一意识到体内所有细胞的活动；科学家需要借助不同方法去观察它们。女孩又问，既然它们这么重要，人是不是应该尽量不杀死微生物。程屿告诉她，某些病原体可能导致严重疾病，必要时及时采取合适的医疗和公共卫生措施十分重要；与此同时，人体和环境中许多微生物也参与正常的生态过程，不能一概而论。女孩听完点点头，转身去看旁边的发酵展品。

中午人少了一些，叶岚终于有空坐下来喝水。程屿给她带了一份简单的午饭，两个人坐在工作人员休息室的桌边。叶岚说展览筹备到最后，自己最大的感受不是材料有多稀奇，而是很多历史人物留给后世的东西其实都很普通：一张记录表、一封需要反复解释的信、一页修改过的稿件。程屿说他们实验室也是如此，真正重要的检查记录往往比最终论文里那张漂亮的主图更难被人看见。叶岚笑他终于也愿意讲一点科学史了，程屿说只是最近碰巧读了许多旧材料。

下午的交流活动结束后，罗慎离开去参加另一场会议，梁静也回医院准备晚间的工作。杜然留下来帮忙收椅子，许澈则继续检查互动屏。程屿站在最后一面展墙前，看见上面写着几个仍然没有确定答案的问题：复杂微生物群落在不同环境下如何变化，某些疾病关联能否转化为可靠的因果证据，研究者又怎样在技术进步时保持对不确定性的判断。展墙旁摆着一叠空白卡片，纸角被穿堂风吹得轻轻掀起。程屿拾起一张，压回镇纸下面。

离开档案楼时，杜然把论文目录拿给程屿看。经过几次修改，他已经把最有把握的研究结果整理成相对完整的学位论文，另外一些尚未验证的分析则留在后续工作计划里。程屿翻了两页，发现题目比最初短，也没有再承诺解决整个精神疾病的微生物机制。他把目录还给杜然，说下周可以约一次完整的模拟汇报。杜然答应后，又问师兄论文什么时候才能正式投稿。程屿说最近就会提交修订稿，不过未来是否被接受，还要经过审稿人的检验。杜然听完，没有再催。

展览开放后的第二个星期，叶岚收到一封写得很长的读者邮件。写信的是一位退休中学教师，年轻时曾经教过微生物学基础课程，信里指出展板上一处历史照片的拍摄时间还需要进一步核实，并附上自己找到的馆藏目录。叶岚读完并没有感到难堪，立即请同事对照原始资料。后来他们发现原有说明并无明显年份错误，但对拍摄地点的表述可以更加准确。叶岚安排更换标签，又给那位教师回了感谢信。她看着重新印好的文字，觉得展览终于开始过一种真正属于公共知识的生活：它可以被观看，也应该允许被检查和修正。

杜然完成模拟汇报以后，请几位同门到食堂吃饭。许澈问他毕业后还想不想继续做微生物组分析，杜然说想，只是以后会更加认真选择研究问题，不愿一篇文章装下所有能想到的结果。同门笑他终于开始像程屿一样说话，他摇头，说自己还是喜欢漂亮的图，只是希望那些图确实有用。几个人边吃边聊，后来谈起各自去向，有人准备继续读书，有人想去企业，还有人尚未做决定。杜然第一次发现，毕业这件事并不会在某个晚上把未来全部安排妥当。

杜然和许澈离开食堂时，手机里跳出一条新邮件，是合作期刊发来的格式检查意见。杜然看见标题，笑着把它转发给程屿，附了一句‘至少不需要再画第七种网络图了’。许澈问他是不是终于能休息几天，杜然说还得准备答辩，但今晚想先去球场走走。两人经过教学楼时，窗户里透出一格格灯光，像他们许多次深夜归来时看见的一样，只是今天谁也没有急着回去打开电脑。

第二天，程屿回到母亲的作坊。院子里少了几只旧陶缸，墙边那只裂过的缸种着几株草花，花茎在风里轻轻摇动。母亲正在厨房整理原料，听见开门声，便让他先把买来的菜放到桌上。程屿洗过手，帮她把豆子分装进几个容器，又把架上一袋已经放久的干货取下来，检查是否还能使用。母亲说以后只做少量熟客的订单，不想再像从前那样每天忙到天黑。程屿说这样也好，自己有空还能回来帮几次忙。母亲笑他从小连一只缸都搬不稳，如今倒想做学徒。

母亲把最后几份旧账簿装进木箱之前，特意留出一本在外面。那本记录的是早年几批发酵失败的材料，纸上有许多擦改痕迹，字也写得潦草。程屿问为什么单独留下，母亲说有些事情不记下来，

隔几年又会犯同样的错误。她把本子放到案板旁边，准备等年轻的学徒再来请教时给他们看。程屿翻了几页，发现许多记录并不完整，却留下了最需要注意的几处问题。他把本子轻轻合上，没有再催母亲把每一个地方都补成整齐的表格。

午后，母亲翻出一张旧照片。照片里的程屿只有十岁左右，穿着一件过大的短袖，蹲在院子里看几只刚洗过的陶缸。旁边站着已经去世多年的外祖父，手里拿着一把木勺。程屿记不起照片究竟是什么时候拍的，只认出院墙以前没有刷漆，角落里还放着一只早就坏掉的水桶。母亲把照片看了一会儿，告诉他外祖父年轻时总担心发酵失败，每年到了潮湿季节便格外仔细，后来年纪大了，仍然习惯早起查看陶缸。程屿把照片放在桌上，突然觉得自己过去只把这些器具当成家里生意的一部分，很少认真想过里面积攒的生活。

傍晚开始下雨。母亲端来两碗饭，又盛了一盘新做的菜，让程屿先尝尝味道。程屿说这批比以前清淡，母亲告诉他最近减少了盐的用量，正在根据少量试做的结果调整。他提醒食品制作需要兼顾风味和安全，母亲说知道，已经请熟悉的技术人员帮忙检查。两个人吃着饭，话题从原料转到邻居家的孩子，又聊起作坊以前的一位老顾客。母亲说那人已经搬去了另一座城市，前几天还打电话问能否再寄一点旧口味的酱。程屿问她答应了吗，母亲说做得出来便寄，做不出来也得实话告诉人家。

饭后，程屿把碗拿到厨房洗净。手机里跳出几封工作邮件，有一封是杜然发来的论文修改稿，还有一封来自合作医院，询问下周的研究会议时间。他看了标题，没有立即打开。母亲正在屋檐下收

一只漏水的盆，见雨变大，便叫他帮忙关院门。程屿走过去，把门后的木闩推好，又顺手把靠墙的一把扫帚挪到不淋雨的地方。院子里几只陶缸已经盖好，缸盖边缘有细小的水珠，泥土里刚种下的草花被雨打得低了头。

回到屋里，母亲问他那篇论文是不是终于写完了。程屿说正文基本完成，和最早的版本差别很大。母亲又问结果是不是比以前好了，他想了一会儿，告诉她有些分析没有原来那么漂亮，但他们弄清楚了不少过去忽略的问题，也更明白哪些事情还需要新研究。母亲听完，没有追问分数和期刊，只让他把桌上的热茶喝了，雨小一点再走。程屿坐下，喝了一口，觉得有些烫，便把杯子放到窗边慢慢晾着。

窗外的雨仍然下着。路边偶尔有车驶过，轮胎压过积水，发出短促的声音。程屿望见那只种着花的裂缝陶缸，想起几个月前自己第一次走进医院档案室，看见胡克画下的霉菌图。桌上那本旧账簿的纸页已经松了，程屿想起母亲说过的话，便从抽屉里找来一只牛皮纸封套。母亲在厨房里问明天要不要带一点酱回学校，他说要，最好装在不容易漏的瓶子里。母亲应了一声，走去储藏室找瓶子。程屿起身帮她把桌上的旧账簿收好，放回原来的抽屉。

真实历史与科学解读

本章的展览、档案机构、历史文献布置与现代人物均属虚构，所涉及的科学史节点参见全书各章说明与参考文献。全书以真实科学发展为历史骨架，但普通人物的私

人经历、对话与跨时代叙事连接均为文学创作。微生物组与疾病之间存在多种已经建立或仍待验证的关系，任何一个复杂疾病都不应被简化为某种单一微生物因素的必然后果。

史料与科学参考

保留57个书目编号；部分历史出版物的版次与引用信息仍在终审。

[01] Sumner J. Brewing Science, Technology and Print, 1700—1880. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2018. ISBN 9780822965312（本条链接对应2018年平装版；另有2016版权年份与较早版本）. 出版社书目.

[02] OpenStax. Microbiology: 3.1 Spontaneous Generation [EB/OL]. 2016 [引用日期: 2026-10-14]. https://openstax.org/books/microbiology/pages/3-1-spontaneous-generation.

[03] Drews G. The roots of microbiology and the influence of Ferdinand Cohn on microbiology of the 19th century. FEMS Microbiology Reviews. 2000;24(3):225—249. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2000.tb00540.x.

[04] University of Oxford, Jenner Institute. About Edward Jenner [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://www.jenner.ac.uk/about/edward-jenner.

[05] Morgan A J, Parker S. Translational Mini-Review Series on Vaccines: The Edward Jenner Museum and the history of vaccination. Clinical and Experimental Immunology. 2007;147(3):389—394. DOI: 10.1111/j.1365-2249.2006.03304.x.

[06] London Museum. John Snow: Cholera & the Broad Street pump [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://www.londonmuseum.org.uk/collections/london-stories/john-snow-cholera-broad-street-pump/.

[07] Davenport RJ, Satchell M, Shaw-Taylor LMW. Cholera as a 'sanitary test' of British cities, 1831—1866. The History of the Family. 2019;24(2):404—438. DOI: 10.1080/1081602X.2018.1525755.

[08] Russell W, Barry D. Official reports made to government on the disease called cholera spasmodica, as observed during their mission to Russia in 1831. London: Winchester and Varnham, 1832. iv,147 p. Wellcome Collection 公有领域影印本.

[09] Snow J. On the Mode of Communication of Cholera. 2nd ed. London: John Churchill, 1855. vii,162 p.,2 folded maps. Wellcome Collection 馆藏第二版.

[10] Noakes TD, Borresen J, Hew-Butler T, Lambert MI, Jordaan E. Semmelweis and the aetiology of puerperal sepsis 160 years on: an historical review. Epidemiology & Infection. 2008;136(1):1—9. DOI: 10.1017/S0950268807008746.

[11] Loudon I. Ignaz Phillip Semmelweis' studies of death in childbirth. Journal of the Royal Society of Medicine. 2013;106(11):461—463. DOI: 10.1177/0141076813507844.

[12] Snow J. On the Mode of Communication of Cholera. 2nd ed. London: John Churchill, 1855:38—55（Broad Street / Golden Square段落；与[09]为同一著作的章节级引用）. UCLA John Snow Archive.

[13] Brody H, Rip MR, Vinten-Johansen P, Paneth N, Rachman S. Map-making and myth-making in Broad Street: the London cholera epidemic, 1854. The Lancet. 2000;356(9223):64—68. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)02442-902442-9).

[14] Wirbel J, Zych K, Essex M, et al. Microbiome meta-analysis and cross-disease comparison enabled by the SIAMCAT machine learning toolbox. Genome Biology. 2021;22:93. DOI: 10.1186/s13059-021-02306-1.

[15] Pacini F. Osservazioni microscopiche e deduzioni patalogiche sul cholera Asiatico. Firenze: Tipografia di Federigo Bencini, 1854:3—29（保留Wellcome馆藏原题拼写“patalogiche”）. Wellcome Collection.

[16] Carboni GP. The enigma of Pacini's Vibrio cholerae discovery. Journal of Medical Microbiology. 2021;70(11). DOI: 10.1099/jmm.0.001450.

[17] Institut Pasteur. The early years 1847—1862 [EB/OL]. 2016 [引用日期: 2026-10-14]. https://www.pasteur.fr/en/about-us/early-years-1847-1862.

[18] Société des Sciences de Lille, Université de Lille. Louis Pasteur: fermentation lactique, 1857 [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://ssaal.univ-lille.fr/louis-pasteur.

[19] Worboys M. Joseph Lister and the performance of antiseptic surgery. Notes and Records of the Royal Society. 2013;67(3):199—209. DOI: 10.1098/rsnr.2013.0028.

[20] Lister J. On the antiseptic principle in the practice of surgery. British Medical Journal. 1867;2(351):246—248. DOI: 10.1136/bmj.2.351.246.

[21] Robert Koch Institute. Robert Koch: One of the founders of microbiology [EB/OL]. 2018 [引用日期: 2026-10-14]. https://www.rki.de/EN/Institute/The-RKI/History/Robert-Koch/Robert_Koch_en.html.

[22] Robert Koch Institute Museum. Tuberculosis then & now — a presentation from the museum [EB/OL]. 2025 [引用日期: 2026-10-14]. https://www.rki.de/EN/Institute/Service-and-visitor-information/Museum/Museum-at-RKI/projects.html.

[23] Sihn KH. Reorganizing Hospital Space: The 1894 Plague Epidemic in Hong Kong and the Germ Theory. Korean Journal of Medical History. 2017;26(1):59—94. DOI: 10.13081/kjmh.2017.26.59.

[24] Ayres PBC, Lowson JA. Report on the outbreak of bubonic plague in Hongkong, 1894. Hong Kong: China Mail Office, 1894. 29 p.,1 plan. (影印题名页署 Lowson; Wellcome规范编目作 Lawson) Wellcome Collection.

[25] Zhang Q, Zhang F, Yang B. Pneumonic plague epidemic in Northeast China in 1910—1911: Dr. Wu Lien-Teh's epidemic preventive system for plague control. Frontiers of Medicine. 2018;12(1):113—115. DOI: 10.1007/s11684-018-0613-4.

[26] Lee KH, Wong DTK, Ho TM, Ng KH. Dr Wu Lien-teh: modernising post-1911 China's public health service. Singapore Medical Journal. 2014;55(2):99—102. DOI: 10.11622/smedj.2014025.

[27] Michaleas SN, Laios K, Karamanou M, et al. The Manchurian pandemic of pneumonic plague (1910—1911). Le Infezioni in Medicina. 2022;30(3):464—468. DOI: 10.53854/liim-3003-17.

[28] 吴文清.《大公报》视角下1918年大流感在中国的流行与防治. 中华医史杂志. 2021;51(3):158—166. DOI: 10.3760/cma.j.cn112155-20200806-00129.

[29] 陈弘宇，袁媛. 上海1918—1919年大流感的抗疫与反思. 医学与哲学. 2025;46(7):71—76. DOI: 10.12014/j.issn.1002-0772.2025.07.14.

[30] Shepherd JR. Reassessing the Mortality Impact of the 1918 Influenza Pandemic in China. Modern China. 2024. DOI: 10.1177/00977004231189278.

[31] Fleming A. On the Antibacterial Action of Cultures of a Penicillium, with Special Reference to their Use in the Isolation of B. influenzæ. British Journal of Experimental Pathology. 1929;10(3):226—236. 原始论文全文 PMC2048009.

[32] History of Science Museum, University of Oxford. Original penicillin culture and specimen (Florey team, c.1940—1941) [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://www.hsm.ox.ac.uk/original-penicillin-culture-and-specimen.

[33] University of Oxford. The lasting legacy of Norman Heatley, the unassuming penicillin pioneer who changed the course of medicine [EB/OL]. 2024-02-22 [引用日期: 2026-10-14]. https://www.ox.ac.uk/giving/stories/norman-heatley-the-unassuming-penicillin-pioneer-who-changed-the-course-of-medicine.

[34] Oxford Health Histories. Penicillin [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://oxfordhealth.web.ox.ac.uk/penicillin.（专题包含文学化第一人称历史叙述，不等于真实患者访谈原文）

[35] United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Penicillin: Opening the Era of Antibiotics [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://www.ars.usda.gov/midwest-area/peoria-il/national-center-for-agricultural-utilization-research/docs/penicillin-opening-the-era-of-antibiotics/.

[36] Griffith F. The significance of pneumococcal types. Journal of Hygiene. 1928;27(2):113—159. DOI: 10.1017/S0022172400031879.

[37] Nature Education, Scitable. Discovery of DNA as the Hereditary Material [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://www.nature.com/scitable/topicpage/discovery-of-dna-as-the-hereditary-material-340/.

[38] Gaynes R. The discovery of penicillin—new insights after more than 75 years of clinical use. Emerging Infectious Diseases. 2017;23(5):849—853. DOI:

10.3201/eid2305.161556.

[39] Avery OT, MacLeod CM, McCarty M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from Pneumococcus type III. Journal of Experimental Medicine. 1944;79(2):137—158. DOI: 10.1084/jem.79.2.137.

[40] The Rockefeller University. The Transforming Principle: DNA, The Molecule of Heredity [exhibition] [EB/OL]. [引用日期: 2026-10-14]. https://digitalcommons.rockefeller.edu/transforming-principle-dna/index.html.

[41] Lederberg J, Tatum EL. Gene recombination in Escherichia coli. Nature. 1946;158:558. DOI: 10.1038/158558a0.

[42] Franklin RE, Gosling RG. Molecular configuration in sodium thymonucleate. Nature. 1953;171:740—741. DOI: 10.1038/171740a0.

[43] Watson JD, Crick FHC. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. Nature. 1953;171:737—738. DOI: 10.1038/171737a0.

[44] Wilkins MHF, Stokes AR, Wilson HR. Molecular structure of nucleic acids: molecular structure of deoxypentose nucleic acids. Nature. 1953;171:738—740. DOI: 10.1038/171738a0.

[45] Sutton B. The story behind Photograph 51. King's College London [EB/OL]. 2023-04-14 [引用日期: 2026-10-14]. https://www.kcl.ac.uk/the-story-behind-photograph-51.

[46] King's College London. Rosalind Franklin deliberately created 'Photo 51' after earlier photograph revealed DNA's structure [EB/OL]. 2026-10-09 [引用日期: 2026-10-14]. https://www.kcl.ac.uk/news/rosalind-franklin-deliberately-created-photo-51-after-earlier-photograph-revealed-dnas-structure. (2026科学史新研究, 非1952年原始论文)

[47] Jacob F, Monod J. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. Journal of Molecular Biology. 1961;3(3):318—356. DOI: 10.1016/S0022-2836(61)80072-780072-7).

[48] Woese CR, Fox GE. Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1977;74(11):5088—5090. DOI: 10.1073/pnas.74.11.5088.

[49] Woese CR, Kandler O, Wheelis ML. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1990;87(12):4576—4579. DOI: 10.1073/pnas.87.12.4576.

[50] Pace NR. A molecular view of microbial diversity and the biosphere. Science. 1997;276(5313):734—740. DOI: 10.1126/science.276.5313.734.

[51] Turnbaugh PJ, Ley RE, Mahowald MA, et al. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. Nature. 2006;444:1027—1031. DOI: 10.1038/nature05414.

[52] Human Microbiome Project Consortium. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. Nature. 2012;486:207—214. DOI: 10.1038/nature11234.

[53] Human Microbiome Project Consortium. A framework for human microbiome research. Nature. 2012;486:215—221. DOI: 10.1038/nature11209.

[54] van Nood E, Vrieze A, Nieuwdorp M, et al. Duodenal infusion of donor feces for recurrent Clostridium difficile. New England Journal of Medicine. 2013;368(5):407—415. DOI: 10.1056/NEJMoa1205037.

[55] Sudo N, Chida Y, Aiba Y, et al. Postnatal microbial colonization programs the hypothalamic—pituitary—adrenal system for stress response in mice. The Journal of Physiology. 2004;558(1):263—275. DOI: 10.1113/jphysiol.2004.063388.

[56] Barrangou R, Fremaux C, Deveau H, et al. CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes. Science. 2007;315(5819):1709—1712. DOI: 10.1126/science.1138140.

[57] Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, et al. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. Science. 2012;337(6096):816—821. DOI: 10.1126/science.1225829.