



ALAN TURING THE ENIGMA

艾伦·图灵传^①

如 谜 的 解 谜 者

[英] 安德鲁·霍奇斯_著 孙天齐_译

CS K 湖南科学技术出版社

ALAN TURING THE ENIGMA

艾伦·图灵 传

如 谜 的 解 谜 者

[英] 安德鲁·霍奇斯_著 孙天齐_译

Ⓣ

CS K 湖南科学技术出版社

连接两个世界

船板上，年轻的舵手在眺望。

迷雾那边，海岸铃响。

铃声掠洋，崖浪急上。

啊，你听到了，你听那暗礁，

叮呤，叮呤，警告航船避开死亡。

啊，舵手，你听那响亮的告诫，

你调转船头，甩下灰白的尾浪，

这高贵的船，满载着珍藏。

啊，这不朽的船！

啊，快登上这船！

肉体之船，灵魂之船，我们起航，起航，起航。

1942年11月，大西洋仍被死亡之影笼罩，对于盟军舰船来说，这是最糟糕的一个月。不过，因为北非的登陆引走了一批德军潜艇，而且伊丽莎白女王号的速度比所有的潜艇都快，所以它安全地抵达了美国。11月13日，艾伦在纽约下船，发生了一点小插曲，美国差点禁止他入境：

在抵达时，他遇到了麻烦。他被告知，除了外交邮袋之外，他不能携带任何其他文件入境。负责审查他的三个人，打算先把他遣送到爱丽丝岛。艾伦对此的想法是，希望这能使他的下属吸取教训，下次给他准备更妥当的证件。经过进一步交涉，以及一次2：1的表决，他被批准入境了。

W. 史蒂芬森本来应该把这种问题都处理好，他是一位加拿大的百万富翁，在洛克菲勒中心负责对英的安全合作。史蒂芬森曾经是英国情报局和美国联邦调查局之间的联络人，他在幕后做了许多工作，以增加英国对美国的投资兴趣。1941年以来，他被委以一项更复杂、更重要的工作，那就是把布莱切利的工作引入华盛顿。艾伦的古怪个性令他印象深刻，他说这个人在很多方面都是一座连接新旧两个世界的桥梁。由于新工作，他搬到了迅速扩张的首都，与1938年的冷清相比，这座城市已经有了很大的变化，美国海军密码分析部门“华盛顿通信保障中心”就坐落于此。

在布莱切利看来，美国就是彩虹桥对面的神奇土地，那里有充裕的资源和劳动力，让困窘的英国望洋兴叹。通信保障中心与美国发达的工业界广泛合作，他们在柯达公司、国家收银机器公

司，还有 IBM 公司的协助下，设计和制造各种机器。如果说希特勒的实力结合了英国的思想力和美国的生产力，那么艾伦·图灵现在就要再次扮演一个桥梁角色，以联合逻辑和实体的力量。

当然，通信保障中心并不是没有自己的逻辑大脑。这里有一位成员，名叫安德鲁·格力森，是耶鲁大学毕业的年轻数学家。他和另一位成员乔·伊查斯，负责在艾伦访问华盛顿期间接待并照顾他。有一次，安德鲁·格力森带艾伦去十八街的饭店吃饭。这家饭店很拥挤，他们的桌子与旁边的桌子只相距几英寸。他们在饭桌上讨论统计学问题，比如通过一系列随机的出租车执照号，如何估计一个镇上的出租车总数。邻桌的人听到这种技术讨论，感到很厌烦，便以有可能危害安全为由，说：“别讨论这类问题！”艾伦立即反问：“那我们换德语讨论，如何？”那个人觉得很尴尬，支支吾吾地对艾伦炫耀他在第一次世界大战中的战斗经历。

现在的华盛顿人都有防范间谍的意识，但这只是个小逸闻，艾伦来访的重要任务，是关于潜艇谜机。在更高速的炸弹机出现之前，这种谜机就已经被破解了，这是依靠一系列的运气和创造力，还有德国的失误。此事要从 1941 年中期的气象信号说起，这些信号是用谜机和一种特殊的气象密码同时发送的，所以每天都能给布莱切利提供便捷而清晰的“床位”。但在 1942 年初期，这个系统发生了一点改变，于是 8 号营房的这个方法失效了。直到 10 月 30 日他们缴获了一艘潜艇，才重新有办法取得床位。但仍然有一个困难是，推导一天的盘位需要三个星期。然而，德国的一次愚蠢的失误再次拯救了他们，这次失误使第四转盘的优势完全泡汤。U 型潜艇在发送气象报告和一些例行信号时，只使用了三

个转盘，这就使问题变成了布莱切利在 1941 年就已经解决的老问题。对德国来说，这本身不是致命的，更严重的错误在于，当他们使用四个转盘发送其他通信时，前三个转盘的盘位设定仍然不变。因此，分析人员只需要检查第四转盘的 26 种盘位，而不是本来应该需要检查的 $26 \times 336 \times 17576$ 种。这个失误的结果是，8 号营房从 12 月 13 日开始，又能正常工作了。他们已经好几个星期没有产出信息了，但到了 12 月 21 日，他们可以清楚地获知北大西洋全部 84 艘潜艇的方位，这对于作战情报中心的追踪室来说，已是一桌足够丰盛的大餐了。8 号营房这次不是独自战斗，艾伦·图灵正在华盛顿，把所有的方法教给美国分析人员。现在，双方破解出来的盘位设定在大西洋上空传递着，两国的分析人员展开了密切合作，双方的追踪室亦是如此。

破译的信息，以平均每天 3000 条的速度生产出来，就像一份印满了大西洋行动情报的报纸。12 月初，这种持续供应刚开始，德国的绝密情报，反而使英美军方造成了信息过剩。不需要立即处理的信息，只能先暂时扔在一边。双方的合作很成功，在新的一年里，护航队总是能够避开 U 艇。德国感到很困惑，他们无法明白，为什么他们击沉记录突然降到了 1941 年 9 月的水平。实际上，他们非常肯定，敌人一定通过某种方法，得知了 U 艇的位置。但是，德国海军指挥部情报部门的领导坚持认为，敌人不可能破译通信。他们始终认为，肯定是法国的某个基地遇到了间谍行动。这跟实际情况相差太远了。这一系列巨大的成功，除了密码分析的功劳，还有很多其他方面的因素——护航飞机的支援，雷达和反雷达技术的进步，以及第四个冬天的恶劣天气。但是，最具决定性的因素，就是盟军又能捕捉 U 艇的方位了。

艾伦完成任务之后，于12月末离开了华盛顿。英国的功劳尚未被美国取代，在1月14日到24日的卡萨布兰卡会议上，丘吉尔仍然可以和罗斯福平起平坐。美国要帮助英国赢回地中海，这是英国首次作为美国的基地，也是战争的一个转折点。因为蒙哥马利错过了一些绝好的机会，所以清扫北非战场耗费的时间，比预期的长了很多，而且苏联前线依然悬而未决。虽然同盟国计划把敌人打到无条件投降，但现在还什么都不能确定。卡萨布兰卡会议认为，大西洋战场仍然是最重要的。那里的局势现在已经有了转变，同盟国的造船速度，首度超过了损失的速度。

与上次离开普林斯顿时一样，艾伦顺便去罗得岛拜访杰克和玛丽·克劳福德。可惜就在他到达之前，1月6日，杰克去世了。他的遗孀请艾伦留住了几天。接着艾伦前往纽约，1943年1月19日下午，他来到西街的贝尔实验室大楼，开始研究电子语音加密技术，为期2个月。

正如大多数从事机密工作的机构一样，贝尔实验室采用蜂窝式的构造，隔间里面的人，从不知道外面发生了什么。但是，艾伦可以随心所欲地出入任何隔间，只是不能发送消息。他的特权不是来自军方，而是来自白宫。然而，他的大部分时间，还是待在一个特定的隔间中，那里的工作是破解现有的语音加密系统。艾伦刚坐下来一个小时，就解决了一个问题，因此让同行们大为惊叹。这是一个扰乱式的加密系统，它用9个磁头同时对磁带进行读写，从而将时间片段打乱顺序。当他们向艾伦解释这套系统时，艾伦立刻说：“应该有945种组合，就是 $9 \times 7 \times 5 \times 3$ 而已。”而他们的一位技术人员，花了一周才算出这个数。

在第一周，艾伦熟悉了他们正在进行的所有项目，并打算承

接其中一个项目。一位工程师提出了一个想法，将语音信号乘上一个密钥信号。这是一个很不寻常的问题。1月23日，艾伦开始思考解决方案，随后他在周末来到办公室，确定了该方案的可行性。他的想法是使用声码器。

艾伦在英国的时候，可能已经知道声码器了，因为邮政研究所从1941年开始，就用声码器来接收信息。这是一项非常先进的通信技术，1935年贝尔工程师H. W. 达德雷注册了该专利，从此以后它就在贝尔实验室不断得到改进。声码器的概念是，将声音的基本元素抽出来，去掉多余的元素，然后再用这些基本元素来重建语音信号。这个过程是为了降低语音信号带宽，或者说频率范围。

贝尔实验室的任何一个工程师，对降低声音的频率范围都很熟悉，因为电话会削去4000赫兹以上的声音。这使电话的声音总是死气沉沉，但完全可以听懂，也就是说，普通应用中并不需要更高的频率。但是，如果进一步直接削减频率，就会产生一种严重的嘟啾声，这就无法使用了。声码器通过一种更精密的方式来削减频率，它在3000赫兹以下的10个频率点上，采集一个对应该频率的振幅信息，然后对其进行编码。这样编码出来的每个信号，频率范围只有25赫兹。这样的方法，就能将语音信息需要的总带宽限制在300赫兹以内，而且能保证足以能够听懂的语音质量。

艾伦提出，声码器在10个不同的频率点中进行采样，这个原理，可以用来破解打乱时间片段型的语音加密系统，方法就是自动识别相邻的时间片段。把声码器应用到语音相乘加密系统则更加巧妙复杂，艾伦说，他需要进行至少一个星期的计算，来检验

该方案是否可行。在贝尔实验室的第二周，他开始进行这项工作，这涉及埃尔米特多项式的计算。在第三周，艾伦得到了一些计算方面的协助。

艾伦还参与了另一个隔间的工作，那里致力于创造世界上第一个完全无法破译的语音加密系统。这是贝尔实验室正在进行的最尖端的研究，也是最高级别的机密。他们最初的目标是找到一种方法，用维尔南原理对声音进行加密，就像文本通信一样，只要使用一次性的密钥，那么语音就无法被破译。为此，他们要解决如何用“0”和“1”的形式来表示语音，这是一个相当新奇的问题。

为解决这个问题，他们从1941年就开始实验，希望将声码器的输出近似成“开”和“关”，但是这样产生的语音信号是严重残缺的，无法使用。于是，他们放弃了简单的二进制形式，转而采用六进制来对声码器的输出进行编码。其效果就是把语音信号编成12串六进制数，比如041435243021353...这样的，然后给它模加^[1]上一串形式相似、但却是随机的密钥，最后再进行传送。接收端收到信号后，减掉一组同样的密钥，就可以重新得到语音。语音信号每秒要采样50次，这意味着每秒要发送300个字符。他们成功地为这套语音系统设计了一次性密钥手册^[2]。

这项新发明，被赋予了一个非常激动人心的名字：X系统。1942年11月，一台实验样机在纽约部署完毕，并用之前送到英国的信号发生器来产生信号进行测试。1943年1月，他们开始装配

[1] 有意思的是，虽然这种模加方法与十进制的模加方法是一样的，但是他们却不知道这种方法，而是重新发明了它。

[2] 他们还独立地发明了一种脉冲编码调制的形式。

第一台军用样机。这里面有很多技术上的障碍。原始的声码器本身就已经很复杂了，现在它还需要分配 72 个不同的频率，给那 12 串六进制数。这 12 串数要像和声音乐一样，用不同的频率演奏出来，而不是不同的振幅。这套系统还需要发送方和接收方保持完美的同步，要适应大西洋上空的电离层状态，以及时间延迟。

于是，英美两端都架设了满满一屋子的电子设备：

终端设备占据 30 个标准的 7 英尺继电器机柜，需要大约 30 千瓦的功率，整个房间需要全面的温度控制。参与这项工作的人，有时会感叹这可怕的转换率——输入 30 千瓦的功率，输出 1 毫瓦的语音信号。

但重要的是，它很有用，这使加密的语音第一次跨越了大西洋。在英美官方接洽之前，艾伦就作为英国政府的代表，先行考察了这套系统。1943 年 2 月 15 日，在战争内阁委员会代表会议的会议记录上略有不满地记录：

英国合作交流委员会向本委员会提交了一份备忘录，提议由美国部署一套高度保密的设备，用于英美之间的电话通信。

委员会被告知，负责设备部署的美国官员米勒少校现在已经抵达。他打算将机器部署在由美国严格控制的建筑中，英国政府的高层官员可以使用。该设备除此之外只有两套，一套安装在白宫，另一套在五角大楼。八九个月之内无法部署更多。以下是讨

论的要点：

1. 安全性。会议指出，目前只有政密学校的图灵博士对该设备进行过考察。鉴于该加密系统传输的信息将涉及英国的军事行动，因此我们合理地希望考察这种新型设备是否真的可靠。我们认为，此项工作最好由合作人员代表团来负责，他们拥有大量的技术人才。

2. 部署地点。鉴于首相需要使用这套设备，但它却不允许外线接入，因此唯一可行的安装地点，就是大乔治街的新政府大楼。会议指出，美方希望在4月1日前完成部署。

3. 设备的控制。设备的安全性由美国人负责，这种全权控制引发了争议，但是在当前阶段，英方不宜对此提出异议。

委员会通知了合作人员代表团，要求对新型机密设备做彻底的检查，以保证其安全性是可靠的。2月17日到25日，艾伦离开了贝尔实验室，前往华盛顿，此行很可能就是为了这项工作。根据会议记录可以看出，艾伦发现了有待改进的地方：

根据奈厄中将回忆，图灵博士对新设备的安全性不是完全满意，他建议进行一些改进。

与此同时，艾伦发现，他之前关于打乱时间顺序的加密系统的想法，似乎不具有可行性。于是他又加入另一个隔间，研究针对该问题的另一种方案。尽管有严格的保密制度，但他的同事还是发现，他正在进行最高级别的研究，因此发生了一个小故事。有一

次，艾伦见了美国首席密码分析员威廉姆·弗雷德曼，于是隔间的同事就知道了，原来艾伦是英国最高级别的密码分析员。有一位同事名叫亚历克斯·弗洛，他听说这件事后，对艾伦说：“哎，你帮我一个忙。”然后他拿出一份报纸，上面有个解谜游戏。艾伦看后回答说：“我从来不做这类东西。”艾伦有时会讲起他曾经的故事，还有他与丘奇的关系，贝尔有些数学家知道图灵机。但是，艾伦仍然觉得很难适应美国的风土人情。这里的同事抱怨说，艾伦在走廊里遇见他们时，从来没有一点认识或问候的迹象，他似乎总是把别人当成透明的，视线直直地穿过他们。亚历克斯·弗洛当时已经40多岁，比艾伦年长，他为此曾经责备过艾伦。艾伦解释他为什么很难适应这里的习俗：“你知道吗，在剑桥，你早上出门，用不着一直说你好，你好，你好。”他的全部精力都在工作上，没有闲心学习这些新传统，不过他答应会尽量做得好一点。

他确实没有时间搞交际，因为这是战争的关键期，他们每个人每天的工作时间都超过12个小时。亚历克斯·弗洛本来应该抽出时间和精力来照顾艾伦，但是现在这根本是不可能的。正如其他很多人一样，他也怕把艾伦搞烦了。这段时间艾伦住在旅馆里，在灯火管制时段，他试图在厕所里看书，结果却懊恼地发现，厕所的灯也不亮。

1943年的格林尼治村，也许比1938年的普林斯顿更令人兴奋。艾伦后来说，有个男人曾在旅店里提出了性要求，他对这样的随意感到惊奇。还有一次他说：“我昨晚做了个梦，我梦见我扛着一面同盟国的旗，走在你们的百老汇。有个警察过来跟我说：‘听着！你不能这样！’我回答说：‘怎么不能？我在为世界而

战!’” 艾伦奇怪的嗓音，就像是用 X 系统进行调频似的，他给临时的同事们留下了深刻的印象。

2月底，艾伦对实验室的电子设备更加熟悉了。虽然他主要从事理论研究，但他提出了许多关于示波器和频率分析仪的想法，当他们使用这些设备来破解语音加密系统的时候，艾伦渊博的知识令同事们很吃惊。他还充分利用了贝尔实验室的理论资源，比如向奈奎斯特学习他的反馈理论，这是复数的一种新的应用。

艾伦在这次访问中，还进行着一项更重要的交流。他每天下午在茶餐厅，能够遇到一位科学家兼哲学家型的工程师，英国的体制中很少有这样的人。这个人名叫克劳德·香农，1941年加入贝尔实验室。当时，虽然艾伦的主要工作是由弗雷德曼负责的，但弗雷德曼是个陈旧落伍的角色，他无法像艾伦一样，用现代科学的眼光看待密码学。在思考的深度方面，香农才是与艾伦棋逢对手的人，他们有很多相似的地方。

自从进入文明时代，人类就开始思考关于机器的问题，但是直到《可计算数》的提出，机器才有了严格的数学定义。人们在通信方面，也进行了很多思考，这个领域也需要现代化的思想，而正是克劳德·香农对此给出了精确的概念定义。1940年，香农完成了他的第一份在该领域的论文，并且在1943年，他的基本思想在贝尔实验室开始得到应用。对于 X 系统的设计，有一部分问题，现在正需要由他来解答。

从发送端，到电离层，再到接收者，这个链条，用他的话来说，是一条通信频道。这是一条容量有限的、有噪声干扰的频道，发送信号即是进入该频道。香农提出了一套精确的方式，来定义这些频道容量、噪声和信号。通信工程的目标，就是更好地

使用频道，避免编码信号因为噪声而失真。香农精确地指出了其中的限制。

香农的工作，与艾伦·图灵不是平行的，它们之间存在着交点。在香农看来，虽然艾伦的主要优势是机器逻辑，但他对信息学也有研究。从广泛意义来说，艾伦的密码学工作与信息学有很大关系，在具体实践中，他们两人的思想还有更具体的联系。香农对信息的度量方法，本质上与图灵的“分板”是一样的。一板的证据权重，能使一个事件的概率变成10倍。一个二进制数，或者说一位信息，则能使一个事件的概率变成2倍。这两种理论有着本质的联系，但是他们不允许讨论这些。香农只是通过一些暗示，知道了艾伦在贝尔实验室是干什么的。

而在艾伦看来，香农对机器逻辑也有独到的想法。从1936年到1938年，香农一直在研究麻省理工学院的差分机，并设计了一种重要的、基于继电器的逻辑设备，还在1937年写了一篇论文，《关于继电器的开关操作与布尔代数之间的关系》。他的做法，非常类似于艾伦在普林斯顿做的乘法机。

艾伦给香农看了《可计算数》，他读过之后，留下了非常深刻的印象。他们还讨论了《可计算数》中体现的思想，他们分别出于不同的理由而坚信这种思想。香农经常被机器模拟大脑的想法所吸引，他不但学习数学和逻辑，同时还学习神经学，并且将差分机看作实现思想机器的第一步。他们的基本观点是一致的，那就是大脑并非神圣不可侵犯，如果一台机器具有与大脑一样的工作原理，那么这台机器就同样具有思维。

在贝尔实验室，有些东西是他们可以自由谈论的。有一次，艾伦在午饭时，滔滔不绝地谈论一台“思考机器”的可能性，他

说：“香农不光要把数据输入这个大脑，他还要让它能够演奏音乐！”艾伦的尖细嗓音，在贝尔实验室那些温文尔雅的年轻主管中，已经显得非常突出了，然而这时突然有另一个声音说：“不，我对超级大脑不感兴趣，我只想要个一般的大脑，比如 AT&T 公司总裁的大脑。”整个房间都被这句话惊得鸦雀无声，而艾伦却毫不在意，继续谈论他想象中的机器，给它输入商品或股票价格，然后问它“我应该买进还是卖出？”整个下午，艾伦的电话响个不停，人们都在问他，这到底是个什么机器。

1943年2月2号，德国在斯大林格勒的失败，标志着浪潮的逆转。但是，虽然东线被武力征服，但西线仍有发展的空间和时间，因为这里并非只靠武力。复杂而精巧的密码分析，引领战争走出了旧世界，但这并不是唯一的例子。1942年11月，洛斯阿拉莫斯实验室已经做好了准备，1943年3月，第一批科学家入驻了，他们要在这里设计并制造原子弹。不过，原子弹并不比1943年的雷达技术更有用，这项技术实现了防空自动化，使成千上万的轰炸机变成了多余。曼哈顿计划也需要一个飞行员，届时他会自动地飞往佩内明德港，那里正在制造恶魔武器，也就是V型武器。V型武器原本缺乏精确性，但德国人通过新型的感应引信、自主导航和自动开火技术，解决了这个问题。人们很容易理解，强力的枪炮、迅猛的舰船、不可抵挡的坦克，这些延伸了人类的四肢。现在雷达的面纱也已被揭开，它延伸了人类视力的波长范围。还有一项科技革命正在布莱切利和华盛顿展开，这就是机器科学，它不仅关于物理和化学，还关于信息、通信和控制的逻辑。

这项新科技，并不仅限于军事用途。在都柏林，薛定谔正在

进行着题为《生命是什么》的演讲，其中提到，分子的模式承载了生命组织所需的信息。在芝加哥，有两位神经科学家读到了《可计算数》，并且提出一些关于逻辑机器与生理大脑之间的关系的观点。他们引入布尔代数，以此讨论神经细胞的功能。1943年2月14日，希尔伯特在哥廷根逝世，但是一种新的逻辑应用，已经开始慢慢成形了。这是战后科学的第一线曙光。这个半开玩笑的“思考机器”，体现了战争将会开拓科学的视野，而且后来的事实表明，它似乎确实是可行的。

3月4日，艾伦完成了他的论文《关于基于时间片段扰乱技术的语音加密系统》。他还研究了贝尔实验室其他语音系统的大量细节。一位部门领导很担心，怕艾伦搞出专利纠纷，艾伦对此不屑一笑，因为贝尔实验室没有任何能让他瞧得起的东西。艾伦说，这只是一次“跨过大洋握手”，什么东西能与如此崇高的想法相提并论？这个想法，对任何一个专利局来说，都显得过于高大，以至于他们根本看不到。从3月5日到12日，由于海军的要求，艾伦必须再去华盛顿待一周，接受一项新任务。这是一项关于U艇谜机的重要任务，德国11月以来使用的气象报告密码手册，在3月10日被更换了。不过，三个月来的成功解密，已使分析人员及时找到了替代方案。布莱切利现在有60多台炸弹机，3月10日的变动，只花了不到十天就解决了。

回到贝尔实验室，艾伦又研究了几天时间片段扰乱。他希望在回到英国后，仍然能够跟踪它的进展，并且考虑了两条可能的渠道：通过弗雷德曼，或者通过贝利教授。贝利是为英国安全协作处工作的一位加拿大工程师。3月16日4点15分，艾伦接到了安全协作处的电话，通知他可以登船了。在半个小时内，他迅速

放下所有的工作，并离开了西街的办公楼。他这次要乘的船，不再是女王号，而是一艘 26000 吨的英国军用运输舰苏格兰女皇号。这艘军舰速度可以达到 19.5 节，运载了 3867 名新入伍的士兵，471 名军官，以及一位平民。

在延误了一周后，苏格兰女皇号在 3 月 23 日晚上离开纽约港。它喷着蒸气，向东进入中大西洋，然后驶向北方。这几千条生命被卷入了战争，此时此刻正被一套精密系统庇护着，在他们当中，只有一个人了解这套系统，但是在这里，这些知识一点用都没有。艾伦在这里就是一个普通人，他也要像其他人一样承担风险，并且服从军官的命令。风险是很大的，3 月 14 日，一艘类似的运输舰，加拿大女皇号，被发现并击沉了。

不过，从某种意义上说，早在 1939 年，艾伦就已经站在了燃烧的甲板上。他对战争的态度与其他人不同，他只做他想做的工作，努力使自己不隶属于别人。他的头脑一直在工作着，被各种问题所吸引，包括在这次航行途中。当他面临无助、限制和危险时，他把精力投入到一本 25 分钱的电子学手册上，并且想出了一种语音加密的新方法。

有一次，他与弗雷德·克莱顿谈话时，谈到为什么有些科学家仍然要为德国工作。本着自身的感受和政治现实主义思想，艾伦认为，科学家会把精神全部集中在科学研究的内容上，无暇考虑其意义。从这个角度来说，这是一场镜中世界的战争，德国的密码分析人员，同样沉迷于他们的工作。^{〔1〕}他们都活在一个梦中的世界里，从未考虑到他们正在参与战争。但是弗雷德也使艾伦

〔1〕 至少有一位斯科兹的学生在直接与艾伦竞赛。