

从“干中学”到“学后干”

——简析斯蒂芬森父子两代铁路工程师的成长经历

From “Doing and Learning” to “Doing After Learning”:

A Brief Analysis of the First Two Generations of British Railway Engineers, Farther and
Son George and Robert Stephenson

陈滨琼 /CHEN Binqiong

(中国科学院大学人文学院, 北京, 100049)
(School of Humanities, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049)

摘要: 从19世纪初开始的英国工业革命第二阶段即铁路建设大潮, 其中关键因素之一是人才队伍即铁路工程师群体的形成。作为一项全新事业的铁路建设, 其专业人才队伍具有什么样的特点? 这从英国号称“蒸汽机车之父”的发明家、工程师乔治·斯蒂芬森和他的儿子罗伯特·斯蒂芬森的不同成长经历有所反映。其成长特点是初创的第一代人往往是“干中学”模式, 而迭代后的下一代开始转变为“学后干”模式。

关键词: 工业革命 铁路工程师 乔治·斯蒂芬森 罗伯特·斯蒂芬森

Abstract: Since the beginning of the 19th century, during the second stage of the British Industrial Revolution, the surge of railway construction became one of its defining features. A key factor in the process was the emergence of a new group of railway engineers. As a new cause of railway construction, what were the characteristics of its professional workforce? This is reflected in the different growth experiences of the inventor and engineer George Stephenson, who was known as the “father of steam locomotive” in Britain, and his son Robert Stephenson. Their experiences illustrate that the first generation of start-ups often adopted the “doing and learning” model, while the next generation gradually shifted to a “doing after learning” approach.

Key Words: Industrial Revolution; Railway engineers; George Stephenson; Robert Stephenson

中图分类号: N09; F530.3 DOI: 10.15994/j.1000-0763.2025.11.003 CSTR: 32281.14.jdn.2025.11.003

引言

1837年, 当18岁少女维多利亚就任英国新一代国王时,^[1]英国社会从之前的战乱时代逐渐稳定下来, 并借助前一阶段积累的技术、经验和资金, 开启了新一轮工业革命, 即进入了以蒸汽机进一步应用、钢铁和铁路建造为特征

的第二阶段。其中最具有代表性的部门, 就是铁路。建造蒸汽机车、修筑铁路、架设大桥等等活动, 在19世纪中后期的英国维多利亚时代成为工业革命第二阶段的主流模式和标准动作。

本文将论及的两位英国铁路史早期的重要人物, 即乔治·斯蒂芬森 (George Stephenson) (图1) 和罗伯特·斯蒂芬森 (Robert Stephenson) (图2),^[2] 他们是英国维多利亚

收稿日期: 2021年4月6日; 返修日期: 2025年9月16日

作者简介: 陈滨琼 (1987-) 女, 浙江温州人, 中国科学院大学人文学院博士研究生, 研究方向为科学技术哲学。Email: 616307182@qq.com

时代、也是工业革命第二阶段铁路建造大潮的推动者。他们既是父子关系，也是合作者关系，特别是他们代表了英国铁路建设的前两代工程师的不同成长模式。通过对父子两代人成长过程的探讨，可以基本了解到英国工业革命的年代，当正规技术学校还付之阙如、没有培养工程技术人员正常渠道时，最早的铁路工程师们是怎么涌现并成长起来的，并逐渐催生出新的培养模式。他们之间的最大不同，就在于其培育成长从实践为主的“干中学”，而在迭代中演变为重视知识基础的“学了再干”模式。前者某种程度上反映了工业革命之所以发生的原因，后者则说明了工业革命能够持续深入进行的理由。

一、第一代铁路工程师乔治·斯蒂芬森

乔治·斯蒂芬森经常被称为英国“蒸汽机火车机车之父”或“英国铁路之父”，但他的贡献其实是多方面的，包括发明煤矿安全灯、蒸汽机火车机车、以及世界第一条实用铁路——即英国的斯托克斯-达灵顿铁路的修筑工程等。他的最明显标签，就是从一名底层的普通工人成长为一名贡献卓著的工程师，他的才学几乎都是在实践中边干边学而逐渐积累起来，成长模式显示出典型的“干中学”特征。特别是，铁路这种新鲜事物对于已经进行了几

十年工业革命的整个英国工业界而言，其实也是一个全新的领域，并没有多少经验可资借鉴。因此，基础文化知识本来就比较差的乔治·斯蒂芬森，反而与那些受过良好教育的人，相当于站在了同一起跑线上，进行了一场相对公平的竞争。所谓“无知无畏”、初生牛犊不怕虎的精神，懂得少也就有较少的思想禁锢，反而更有闯劲的现象，在斯蒂芬森身上体现得淋漓尽致。实际上，外行人闯进一个新的行业建功立业，这在英国工业革命早期的几项伟大发明中就已经时有所见了。

比如1764年发明珍妮纺纱机的詹姆斯·哈格里夫斯（James Hargreaves），就没受过什么正规教育，原来的职业是木匠，但在纺纱行业却做出巨大贡献。继哈格里夫斯之后进一步改进纺纱机为多锭纺骡的塞缪尔·克朗普顿（Samuel Crompton）跨度更大，原来是个小提琴手，花费4年时间于1779年研制成功新的机器，取得不世之功。所有这些“干中学”模式，在英国工业革命时代可以说是一种比较普遍的自学成才模式。但乔治·斯蒂芬森与上述那些发明家又有一些不同之处，他不仅发明了单个技术装置，而且在多个领域中都有所发明创造，同时也是始终站在他那个年代铁路建设技术最前沿的工程技术人员。这使他显得与众不同。

乔治·斯蒂芬森1781年出生在苏格兰纽卡斯尔附近的一个小村里。父亲是煤矿工人，母



图1 乔治·斯蒂芬森



图2 罗伯特·斯蒂芬森

亲是家庭妇女,都是文盲,没受过什么教育,家境相当贫困。所以乔治·斯蒂芬森幼年时代没有接受教育的条件,与他的父辈一样,他到17岁之前一直是个文盲,目不识丁,没有任何教育背景可言。从小做童工,给人放牛或做零工。但他的与众不同之处是有了一点收入后,很快就意识到文化知识的重要性。所以他在17岁开始有收入时,就立即自费进入一家夜校学习,刻苦努力,很快就掌握了读写算等基本知识。另外,他有意识地结交当地一些有知识有文化的人,不断向他们请教学习,使得他在成为工人后也很快就成长为比较罕见的能把握时代脉络的人。

1801年,20岁的乔治·斯蒂芬森踏着父辈的足迹进入了纽卡斯尔附近的一家煤矿当工人。第二年,他和一位叫做弗朗西斯·亨德森(Frances Henderson)的姑娘结婚。婚后第二年,即1803年,他们的儿子罗伯特·斯蒂芬森出生。添丁进口,这时候的斯蒂芬森生活压力很大,除了在煤矿工作外,他还兼职给人修鞋和清洗座钟以补贴家用。1805年,他的第二个孩子是个女儿,出生不到三周就夭折了。1806年,他的妻子亨德森也因贫病交加而亡故。雪上加霜的是,斯蒂芬森的父亲也在此后不久因矿井事故而完全失明。

从他早期的经历看,乔治·斯蒂芬森一开始其实并没有成名成家或者发大财的雄心壮志,他就想平平安安当一名工人,踏踏实实养家糊口。但他天生是个心灵手巧的人,平时只要一有时间,就开始摆弄一些机械玩意儿。也喜欢把工作中使用的机器进行仔细观察和研究。家庭的那些接二连三不幸事件,给斯蒂芬森打击很大,给他的刺激也很深,但却并没有击倒他,反而激励他试图从钻研技术中获得财富,改变个人和家庭的贫困状况。

据斯乔治·蒂芬森传记记叙,他这个人有很强自制力,不酗酒、不游手好闲,尽可能利用业余时间赚钱补贴家用,或用来学习,钻研技术,以便将来有机会升迁职务,增加收入,改善生活。为了赚钱,乔治·斯蒂芬森曾离开家乡去苏格兰北部打工,为省钱,上百公里的

路程他徒步前往,走了好几天。大概就在徒步行进的艰苦路途中,他对于车产生了某种特别的感情。后来他改良蒸汽机车、成为铁路工程师后,还念念不忘要为穷人坐得起火车而努力。

乔治·斯蒂芬森的谦逊好学名声远扬,也得到了一个住在附近的名叫约翰·维格海姆(John Wigham)的赞赏,这位邻居有一定的文化修养,他主动与乔治·斯蒂芬森交往,借给他一些书籍阅读,并辅导他学习。乔治·斯蒂芬森由此进一步学习到一些数学、机械、化学和物理的知识。与此同时,乔治·斯蒂芬森对自己工作中的机器不断观察揣摩,很快就提出了若干改进意见并得到采纳,减少了材料损耗、节省时间、并提高了效率。就这样,他边干边学,收获了技术改良的好处,得到煤矿经理的赏识提拔,从普通工人成为一名自学成才的工程师。

乔治·斯蒂芬森的第一项成型发明是安全矿灯。通过多次试验,他发现在火苗的外面罩一个带网格的罩子,就可以防止火苗点燃外面的可燃瓦斯气体,从而形成一个安全的井下照明方法。1815年,当乔治·斯蒂芬森将这个发明提交给伦敦的皇家学会时,皇家学会的著名科学家汉弗里·戴维(Humphry Davy)自己正好也发明了类似的周围包着纱网的矿灯(图3)。他武断地认为不懂科学的乔治·斯蒂芬森是无法发明出这种矿灯的,因为他根本不懂元素是什么,对瓦斯气体的成分也缺乏了解,并不知

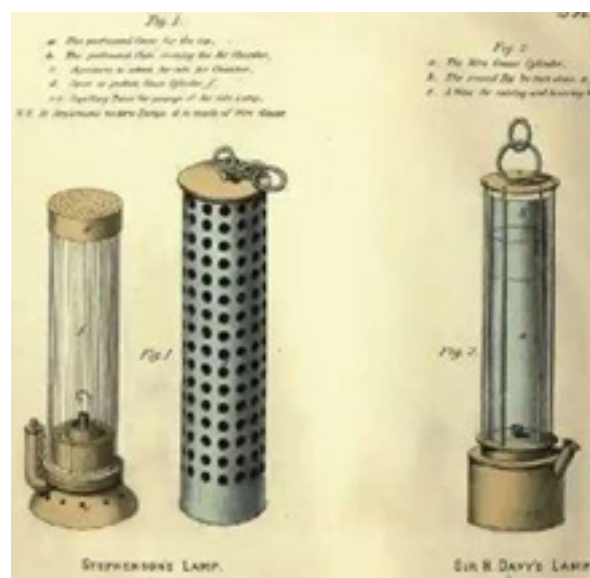


图3 戴维(右)和斯蒂芬森安全矿灯对比

道它为什么会爆炸。所以戴维认为乔治·斯蒂芬森是偷窃了自己的想法，不承认他的这项发明。最后，皇家学会的鉴定委员会也认为安全灯应是戴维的发明，所以给戴维颁发了2000英镑发明奖金，乔治·斯蒂芬森的发明却完全不被学院科学家们所承认^①。^[3]

实际上两人的发明应是各自独立进行的，乔治·斯蒂芬森其实是无从得知戴维的发明。他的确对安全矿灯说不出来多少科学原理，但他勤于动手，依据的是“干中学”原理，是从反复实验中得到的结果。虽然皇家学会不承认乔治·斯蒂芬森的发明，但纽卡斯尔的一个地方委员会后来还是承认了乔治·斯蒂芬森的独立发明，不但购买这种安全灯，还给他颁发了1000英镑的奖金。但皇家学会否认他的发明这件事，对乔治·斯蒂芬森刺激很深，他后来一辈子都不再信任伦敦那个科学家圈子的人。

乔治·斯蒂芬森更重要的发明是新型蒸汽机车，这项工作实际上早在发明安全灯之前就开始着手进行了，但因为工作难度大，历经的时间长，中间也有若干曲折，所以很晚才被人注意到。早在1814年乔治·斯蒂芬森就设计出他的第一辆机车，名为Killingworth locomotive。Killingworth是个地名，现在一般翻译为“基林沃思”，所以乔治·斯蒂芬森的第一辆机车就命名为“基林沃思号”（图4）。乔治·斯蒂芬森所设计的这辆蒸汽机车能够以每小时6公里左右的速度将30吨重量的煤炭运

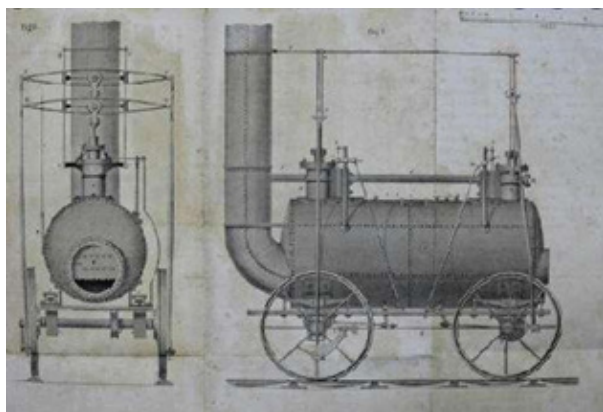


图4 “基林沃思”蒸汽机车

到山上，这在当时是一个非常重要的发明，但由于速度慢，从经济的角度考虑，与当时木制车轨的马拉火车相比却并不占多大优势。特别是这种数吨重的蒸汽机车在木制轨道上面行驶时，还会频繁发生倾覆之类的故障，所以一般人并不认为这种装置有什么优势。

为了推广铁质蒸汽机车，首先就得改进行车铁轨。乔治·斯蒂芬森与人合作设计出可以一节节连接起来的铸铁轨道，并于1816年获得专利。但总的来看，此时蒸汽机车本身故障率也比较高，在轨道上的行驶还处于试验阶段，更重要的是还没人能认识到这个工作的重要性，特别没有预料到这将是不久以后工业革命的重大成果。在当时，除了基林沃思附近的人，没有多少其他地方的人了解斯蒂芬森这项伟大发明。

虽然有人订购过乔治·斯蒂芬森发明的蒸汽机车，但并没有得到普遍使用。这种情况随着1821年乔治·斯蒂芬森应邀到新上马的项目——英国也是世界上的第一条实际商用铁路——斯托克顿-达灵顿铁路线工作，并全面负责其技术和建造工程而发生巨大变化。他在这里与刚刚18岁的儿子罗伯特·斯蒂芬森一起工作，父子二人密切协作，不但最终建成了这条铁路线，更重要的是抛弃了过去那种马拉火车的模式，完全采用改良的蒸汽动力机车，从而揭开了铁路时代到来的大幕。在铁路将完工的时候，乔治·斯蒂芬森曾经对儿子罗伯特·斯蒂芬森和另一位年轻人说过这样一段话：

我相信铁路将取代其他交通手段而成为上自国王陛下、下至他的子民的最常用交通工具。会有一天，一个普通工人在铁路上旅行要比他自己步行更便宜。你们一定会看到这一天，我恐怕看不到了。因为我知道人类社会要取得一点进步是多么不容易啊！^[4]

实际上铁路的发展比他的预计要快，所以他很快就看到了铁路建造的热潮。1830年，斯蒂芬森主持建造了利物浦-曼彻斯特铁路线，

^①根据斯蒂芬森传记作者塞缪尔·斯麦尔斯的记载，说有位鉴定委员是这么说的：“难以置信一个如此具有科学难度的发明，会由一个连化学元素知识都不具备的人做出。”

这条铁路是另一个里程碑,因为由此确定了至今还在应用的铁轨、枕木、碎石道渣等铁路工程的基本体系,以及4英尺8英寸(1435mm)的标准轨距。在修建这条铁路中,他们父子还最早将铸铁横梁用于架桥,开启了建设铁桥的先河。特别是罗伯特·斯蒂芬森在此基础上发展出应用拉杆拱原理建设的铁桥,对后来英国乃至世界铁路大桥的建设工程影响深远。

值得一提的是,在修建利物浦-曼彻斯特铁路的过程中,乔治·斯蒂芬森曾经经历过一场特殊的考验。铁路公司当时为了决定最终采用谁制造的蒸汽机车,对几个号称能提供机车的人或公司提出进行一场实验竞赛的建议。实验在一个叫做雨山(Rainhill)的地方进行,要求所提供的机车总重量不能超过6吨重,行驶距离要求能达到不间断行驶60英里(约96公里)。斯蒂芬森父子共同设计和制造了一台称为“火箭”(Rocket)的机车参加了测试。这台机车吸收了当时新出现的一些蒸汽机技术,最后获得成功。

此后,他于1839年又设计建造了伯明翰与德比枢纽铁路以及约克与北米德兰铁路等多条铁路线。所以,乔治·斯蒂芬森其实不仅仅是个自学成才的发明家,也是个优秀工程师,在铁路设计、建造、修桥、挖洞等等方面,都做了大量开创性工作,这些工程的很多部分都是前无古人的工作,靠的就是斯蒂芬森这样的第一代工程师不断在“干中学”、不断摸索总结才获得成功。

乔治·斯蒂芬森晚年,将许多工作交给了自己的儿子罗伯特·斯蒂芬森和徒弟约瑟夫·洛克(Joseph Locke),一方面是因为新技术的发展逐渐超出了他的经验和创新能力范围,另一方面以他儿子罗伯特·斯蒂芬森和学徒洛克为代表的新一代工程师已经成长起来,而且这一代人的起点要高于第一代人,也接受了比较好的基础教育,能够应付更加复杂多变的环境和技术要求。当然铁路公司也看到了新一代工

程师的潜力,体现在报酬方面,乔治·斯蒂芬森的合同收入慢慢的低于年轻一代,这也是导致他最终急流勇退的一大原因。

1848年,乔治·斯蒂芬森因病去世,享年67岁。他身后享有无数荣誉,头像曾被印刷在英国的5英镑钱币上。

二、第二代铁路工程师的代表 罗伯特·斯蒂芬森

罗伯特·斯蒂芬森、洛克和出生在英国的法国裔工程师伊桑巴德·布鲁内尔(Isambard Kingdom Brunel)三人被当时英国工程界称为铁路热潮时期的“三大工程师”。^{[5], [6]}他们都与乔治·斯蒂芬森有着密切联系。罗伯特·斯蒂芬森作为乔治·斯蒂芬森的儿子兼合作者就不必说了,其他两位之一的洛克曾是乔治·斯蒂芬森直接的徒弟和助手,而另一位布鲁内尔则在不同铁路建造工程中做过乔治·斯蒂芬森的助手和同事。

三个人作为第二代铁路工程师,其显著特点就是基础教育和专业技术教育都远远强于乔治·斯蒂芬森。特别是罗伯特·斯蒂芬森,乔治·斯蒂芬森鉴于自己吃过文盲的亏,所以尽力让儿子罗伯特·斯蒂芬森从小就接受良好教育。乔治·斯蒂芬森后来回忆道当罗伯特还是个小男孩的时候,我就看到了自己在教育上的缺陷,我决定不让他在同样的缺陷下工作,我要把他送到一所好学校,让他得到良好训练。他还特别注重纠正儿子的地方口音,以便儿子不会像自己当初在伦敦被皇家学会专家们嘲笑为乡巴佬那样受到羞辱。就这样,即便在自己经济还不宽裕的时候,乔治·斯蒂芬森仍然坚持送儿子去接受基础教育,最后又读了大学。

罗伯特·斯蒂芬森幼年时在住地基林沃思附近的小学读书,然后大约在13岁时进入纽卡斯尔的一所中学,接受了当时大多数英国年轻人不曾接受过的中等教育^①。^[7]更为可贵的是,

①维多利亚时代之前整个英格兰、爱尔兰和苏格兰人口中的文盲比例在50%以上,适龄儿童入学率不到25%,能上中学的人就更少了。

乔治·斯蒂芬森不仅送儿子去读书，而是不断通过让儿子参与自己手头所进行的发明创造实际工作，不断给儿子实际锻炼的机会。另外，他也利用儿子上学的机会，让儿子参加纽卡斯尔当地的一个哲学会所，可以借阅很多图书，带回家来向他讲解课本知识，他跟儿子一起学习。

就这样，父子俩互教互学，既充实了自己的知识储备，也提高了儿子的实际动手能力。就这样，罗伯特·斯蒂芬森1819年17岁中学毕业后，先是走了当时大多数技术人员都走过的寻常道路，成为基林沃思当地煤矿技术监督尼古拉斯·伍德（Nicholas Wood）的学徒，跟着他学习煤矿采矿技术和管理业务，多次深入矿井工作，甚至碰上过生命安全受到威胁的场合。

但乔治·斯蒂芬森很快就明白了儿子不能完全走一般技术人员的寻常道路，需要继续深造，以便站在更高起点、具备更牢固的基础进入前沿，因为发明创造正在变得越来越难，学而优才能干好新一代的铁路工程师。

乔治·斯蒂芬森的认识，可能也来自罗伯特·斯蒂芬森在当学徒阶段每天晚上利用业余时间与父亲讨论新机车设计问题。在“基林沃思号”机车的基础上，乔治·斯蒂芬森一直在考虑如何进行改进，主要是如何提高机车的牵引力和增加行进速度。罗伯特·斯蒂芬森此时扮演的角色是不断提出新主意，而乔治·斯蒂芬森的角色则是不断对儿子的主意挑刺找毛病。他已经较少能提出什么创新性见解，而且对于儿子所提出的很多建立在科学认识基础上的主张也感到难以理解了。但他认为儿子的基础仍需要加强，因为他还是能在儿子的主张中找出一些漏洞来。所以他认为儿子应该进一步深造，接受更高级的科学教育。

当然能够继续求学也是罗伯特·斯蒂芬森自己的愿望，为了这次学习，他已经做好了一切必要的准备，例如他学习了速记技术，以便把课程内容记录下来。1821年初，罗伯特·斯蒂芬森进入爱丁堡大学深造。据罗伯特·斯蒂芬森的一个传记作者哈里森的回忆，多年后当

他在罗伯特·斯蒂芬森的家里与其交谈，谈到他的大学学习时，只见他站起身来从书架上取下一本厚厚的大部头书籍，哈里森注意到这是“一本用手写体整整齐齐誊写的书”，就问他这是什么书？罗伯特·斯蒂芬森回答说：“当我上大学时，我知道父亲在筹集资金送我上大学方面有多难。走之前，我学了速记。在爱丁堡时，我一字不差地记下每一节课，晚上睡觉前，我会把这些讲座一字不差地全部誊写下来。你可以在这本书中看到结果。”^[3]

实际上，罗伯特·斯蒂芬森在爱丁堡大学上学的时间并不长，大概只有半年多，但他确实学习了很多东西。例如数学、化学、矿物和地质学、以及机械和土木工程建设等，随同老师进行了地质调查项目，特别是他还多次参加了苏格兰皇家学会组织的科学讨论会，结识了一批科学家和教授，眼界得到了极大开阔。在学习结束时，罗伯特·斯蒂芬森获得了爱丁堡大学颁发的优秀数学课程奖。

1821年，英国历史上的第一条铁路、当然也是世界第一条真正的铁路被批准建设，即斯托克顿-达灵顿铁路。这是一条长40公里的线路，穿越几个煤矿区，开始的意图主要是用作运煤线路。最初的设计方案是继续使用马拉木轨车的方式建造，但公司领导层在与乔治·斯蒂芬森交谈后，改变了主意，改为使用铁轨上的蒸汽机火车动力线路，乔治·斯蒂芬森被聘为总工程师。

为了向铁路提供机车，铁路公司与斯蒂芬森父子联合成立了一家机车制造公司，由罗伯特·斯蒂芬森担任公司的常务董事，相当于直接管理者。乔治·斯蒂芬森带领一班助手，包括儿子罗伯特·斯蒂芬森和徒弟洛克等，勘探和设计了线路，研究和确定了轨道的材料及轨距，决定使用锻铁轨，轨距确定为4英尺8又1/2英寸（1435mm），这个轨距后来成为国际通用标准轨距。与此同时还建造了所需的火车机车。该线路从1822年到1825年，花费了4年时间建成通车，斯蒂芬森父子机车公司为该线路提供了新设计建造的火车机车。

罗伯特·斯蒂芬森参与了这项工程的大部

分工作,并且在机车的建造中发挥了关键性作用,新的机车基本上就是他所设计的杰作。但他并未全程参加工程,原因是当他开始工作时,就有人认为他之所以起点高,完全是在父亲的光环照耀下,比别人更有优势,甚至他的父亲乔治·斯蒂芬森言谈之间也有这样的意思流露。这就有点惹恼了罗伯特·斯蒂芬森,导致父子之间产生矛盾。

为了证明自己,1824年,当铁路工程的大部分工作即将完工时,罗伯特离开了斯托克顿-达灵顿铁路工程,应聘到一家在南美哥伦比亚开设矿山的伦敦公司,远渡重洋到南美工作,这样就可以彻底脱离父亲的光环。走之前,他画好了所有的机车设计图,也安排好了所有的制造方案。按照他的设计,新的机车在牵引力和速度方面都有大幅度提升。在斯托克顿-达灵顿铁路建成后第一次试车,由乔治·斯蒂芬森亲自驾驶,结果车速达到每小时24英里,比过去的基林沃思号只有6英里的速度提高了3倍。

从1824到1827年,罗伯特·斯蒂芬森在哥伦比亚的几处矿山作为全面负责的采矿工程师工作了三年,圆满完成了公司委以的重任,得到了公司赞誉,并希望他在三年合同期满后继续签署新的聘期合同。但罗伯特·斯蒂芬森感觉自己的能力已经得到证明,并且父亲也热切希望他能回到英国共同工作,因为乔治·斯蒂芬森在完成斯托克顿-达灵顿铁路工程后,又接受了建造更长、工程量更大的利物浦-曼彻斯特铁路工程总工程师聘约,这是一件重要而艰难的工程,迫切需要基础知识更加宽广又富于创造力的儿子的帮助。

利物浦和曼彻斯特都是英国第一次工业革命的重镇,两者之间的交通极其重要而繁忙。但因一些客观原因,修建铁路并不容易。与斯托克顿-达灵顿铁路线相对比较平缓的地势不同,利物浦-曼彻斯特铁路的主要障碍是中间不时遭遇山峦起伏、河流横断,既要勘察有利线路、穿凿隧道、修建涵洞、架设路桥,也因

坡度较陡,对火车机车牵引力是个不小考验。

如前文所叙,为了确定适用的火车机车,利物浦-曼彻斯特铁路建造公司决定进行招标。被批准投标的有十辆候选机车,其中一辆就是斯蒂芬森父子的“火箭号”^①(图5)。为了建造新机车,乔治·斯蒂芬森急招儿子罗伯特·斯蒂芬森归来。结果罗伯特·斯蒂芬森从南美归来后立即就投入了新机车“火箭号”的研制,对原来的机车提出多个重大改进方案,结果最终在“雨山”坡度试验中成为唯一顺利完成全程的机车,成为中标者。

虽然作为利物浦-曼彻斯特铁路的总工程师,乔治·斯蒂芬森应该全面负责铁路的技术工作,但面对几十座各种桥梁、隧道和复杂的交通信号系统,实际上他已经无力承担这样的重任了。并且与助手之间的矛盾也逐渐产生,重要原因是斯蒂芬森在基础教育训练方面的缺陷逐渐暴露,面对越来越复杂的工程测量计算,乔治·斯蒂芬森时常会感到吃力,也经常会出现错误。这种情况被工程管理方发现后,就降低了乔治·斯蒂芬森的职位和报酬,提高新一代工程师如洛克和罗伯特·斯蒂芬森的职位与报酬,这就引发乔治·斯蒂芬森的不满。但在日新月异的新领域,老一代逐渐被淘汰、新一代逐渐成长起来是个不可阻挡的大趋势。乔治·斯蒂芬森职位降低后,整个铁路建设线路被划分为三个路段,由年轻而基础更坚实的第二代工程师来分头负责,其中包括洛克。乔

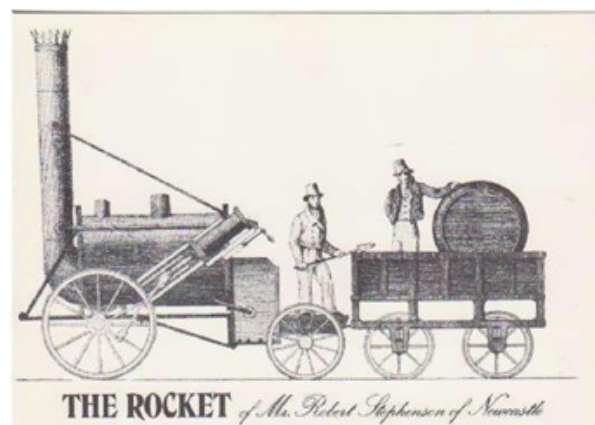


图5 1829年的斯蒂芬森父子“火箭号”机车

① <http://www.edgehillstation.co.uk/resources/the-rocket-of-mr-robert-stephenson-of-newcastle/>

治·斯蒂芬森此时只担任了顾问的角色，对个别可能牵涉全局的技术问题负责，但他仍然不免在此犯了一个错误，即在作为复线式铁路线而决定两条铁路彼此间距离时，他决定采用轨距 1435mm 也作为两条线路间的距离，这就导致火车车身的宽度被限制得较为狭窄，而且当两列火车相向而行时，彼此间几乎没有间距。这个错误最后也导致当利物浦-曼彻斯特铁路 1830 年开通典礼时，一位参加仪式的利物浦会议员被火车挤压而亡的交通事故。乔治·斯蒂芬森由此而被一些人攻击，从声名顶峰上衰落下来。与此同时，作为儿子的罗伯特·斯蒂芬森则正好相反，因为“雨山”机车测试的成功，已经从父亲的光环中走了出来，走向了属于他自己的独立前程。

1830 年，利物浦-曼彻斯特铁公司从罗伯特那里订购了若干台火箭号机车；同年罗伯特·斯蒂芬森被英国土木工程师协会接纳为正式会员^①。此后，罗伯特·斯蒂芬森开始独立担任几项铁路勘测和建设工程的总工程师，包括伦敦-伯明翰铁路勘测（1830）、卡姆登-伯明翰铁路修建（1833）、北米德兰铁路（1839）、纽卡斯尔-达灵顿枢纽铁路（1843）、切斯特-

霍利黑德铁路（1845）、挪威奥斯陆干线铁路（1850）、亚历山大-开罗铁路（1854）等；还设计建造了若干路桥，包括：特威德河高架桥（1846，长 418 米、高 45 米）、康威管状大桥（1848，长 141 米，高 14 米、宽 13 米）、不列颠尼亚管状跨海铁桥（1850，长 461 米、高 34 米、最大跨度 30 米）等。特别是后两座管状大桥，被认为是非常别出心裁的设计，后来成为著名英国历史遗迹之一。^[8]

在此期间，罗伯特·斯蒂芬森的经济报酬也很快超越了父亲，达到每年几千英镑的水平，另外还有企业的股份报酬等。实际上，到 1859 年他去世时，他的遗产达 40 万英镑，还有两家公司的股份，这些财产总值远超过他父亲去世时的遗产，也让罗伯特·斯蒂芬森跻身于英国最富有阶层。

与罗伯特·斯蒂芬森同为第二代铁路工程师的洛克，作为乔治·斯蒂芬森的学徒，也在入行大约十年之后，亦即 1835 年前后，就已经成长起来，开始取代第一代工程师的乔治·斯蒂芬森而被一些铁路公司聘请为新线路的总工程师。而且，不但在英国境内主持建设新铁路线，也在其他欧洲国家留下了他的工程



图 6 不列颠尼亚大桥（1902 年拍摄）

^①他父亲乔治·斯蒂芬森始终未能成为这个协会的成员，因为“除非他能用论文来证明他作为工程师的资格”。为此，受到某种歧视的乔治·斯蒂芬森在晚年的 1847 年发起成立了英国“机械工程师协会”（Institution of Mechanical Engineers），并成为协会的第一任主席，然后又由罗伯特·斯蒂芬森继任了第二任主席。

作品。英国国内的例如伦敦到南安普顿的铁路(London & Southampton Railway)、大中央谢菲尔德阿什顿到曼彻斯特的铁路(Great Central Railway)等。特别是他主持建造了西海岸从伯明翰到阿伯丁之间很多单独的铁路线,这些线路最后连接起来共同构成了英国西海岸干线的重要组成部分。

被英国工程界称为铁路建设“三大工程师”、亦即第二代铁路工程师的罗伯特·斯蒂芬森、洛克和布鲁内尔,在1859-1860的两年之内相继过世。其中1859一年内,罗伯特·斯蒂芬森和好友布鲁内尔去世,第二年,另一位好友洛克也去世了。三人的年龄都不到60岁。罗伯特·斯蒂芬森没有子女,他的大笔遗产留给了远房亲戚和慈善机构。他的安葬仪式非常隆重,骨灰被安放在伦敦的威斯敏斯特教堂。

结 语

工业革命第二阶段的蒸汽机用于运输、铁路修筑工程,是一项全新的创造性工作,前无古人,没有多少基础经验可寻,因而对实践性依赖更多。所以反而是那些没有多少知识基础的第一线实践者,如第一代铁路工程师乔治·斯蒂芬森这样没有成规的草根发明家敢想敢干、边学边干、需要什么就学什么,用“干中学”模式完成从无到有、从零到一的突破。

乔治·斯蒂芬森完成了最早的蒸汽机车替代马拉车的设计制造、用承受更大重量的铁轨替换木轨以利于蒸汽机车和载重更大的火车车厢,制定了铁轨的规矩和连接办法,使得铁路这个前所未有的新生事物成为现实。但在面对继续提高火车的安全可靠性、速度、运量,以及适应各种地形,修路架桥和信号调度等等使铁路更加完善的综合性复杂问题时,纯粹的“干中学”模式就不再适用了,而是需要利用更广博的基础知识,例如数学、物理、化学、地质、工程力学等等知识来综合解决工程中所遇到的问题。这些基础并非短时间突击可以奏效,而是需要一定时间的正规学习,学好了才能干,亦即从“干中学”模式转换到“学后干”模式。

实际上,英国的铁路工程师从第二代、亦即以罗伯特·斯蒂芬森为代表的新一代铁路工程师开始,逐渐转换到这种模式。

从方法论的角度看,“干中学”是一种非常态化方法,因为所要面对的问题一开始并不完全确定,所以没有现成的方法可供借鉴选择,需要进行探索性尝试,也就是边干边学习总结。由此可见,所谓“干中学”往往是那些偶然性的、全新的或颠覆性创新的基本方法论。一旦完成了从零到一的创新,实际上就相当于建立了新的范式,从而把最大的不确定排除了,接下来就是在此范式下解难题的活动,其方法也就变为常规方法。当然很多难题的解决也并非易事,需要坚固的基础知识,其方法论准则就是需要先学习后应用,亦即“学后干”。

乔治·斯蒂芬森和罗伯特·斯蒂芬森父子两代工程师的经历基本证明了这一点。虽然后世很多人对儿子罗伯特的评价似乎更高,因为他比父亲修筑了更多里程的铁路、建造了更多座各式大桥、改进了更佳性能的火车,甚至在企业经营方面也远比父亲更加成功,从而积累了更多的财富,去世后也在威斯敏斯特教堂中占有一席之地,如此等等。

确实,若只从职业生涯和人生经历看,罗伯特·斯蒂芬森的确要胜过乔治·斯蒂芬森不止一筹。虽然这与乔治·斯蒂芬森的栽培和扶助密切相关,但不可否认儿子并不只是沾了老爹名声的便宜,他自己的才华是不容否定的,他的成就主要还是自身努力奋斗的结果。从科技和产业历史地位的角度看,父亲作为铁路和新型蒸汽机车这一颠覆性创新的始作俑者,其历史地位显然还是远高于儿子,因此常常被称为“英国铁路之父”,甚至“铁路之父”。而罗伯特·斯蒂芬森只能称之为“卓越的铁路工程师”。^[9]

[参考文献]

- [1] Graham, P. A. *The Victorian Era* [M]. New York: Longmans, Green, and Co. 1904.
- [2] Wragg, D. *A Historical Dictionary of Railways in British Isles* [M]. Barnsley, South Yorkshire: Pen and Sword Books Limited, 2009.

- [3] Smiles, S. *The Life of George Stephenson: Railway Engineer*[M]. London: Murry, 1857.
- [4] 李著璟. 斯蒂芬森父子[J]. 工程力学, 1992, 9(4): 140-144.
- [5] Burton, A. *Joseph Locke, Civil Engineer and Railway Builder 1805-1860*[M]. Barnsley: Pen & Sword Transport, 2017.
- [6] 悲喜交加的故事: 英国铁路史1604-2019[EB/OL], <https://www.163.com/dy/article/ER4C275P05239AMV.htm>.2021-10-15.
- [7] Stephens, W. B. 'Literacy in England, Scotland, and Wales, 1500-1900'[J]. *History of Education Quarterly*, 1990, 30(4): 545-571.
- [8] Haworth, V. *Robert Stephenson: Engineer & Scientist : The Making of a Prodigy, 1803-1859*[M]. Newcastle Upon Tyne: Rocket Press, 2004.
- [9] Addyman, J. *Robert Stephenson: Railway Engineer*[M]. Shelfmark: North Eastern Railway Association, 2005.
- [责任编辑 王大明 柯遵科]

