

工业革命时代的工程巨匠——布鲁内尔

张喆

(哈尔滨工业大学 人文与社会科学学院,广东 深圳 518055)

[摘要] 重点介绍伊森巴德·金德姆·布鲁内尔(Isambard Kingdom Brunel)的生平和所取得的主要成就。布鲁内尔是工业革命时代英国著名的工程师,因其卓越的工程成就,在英国乃至欧洲有重要的影响。他出身工程世家,曾在法国学习工程专业,后回国跟随父亲参加工程实践,逐步成长为优秀的土木和机械工程师。曾设计建设克利夫顿斜拉桥、大西线铁路,设计多艘大型蒸汽轮船(大西号、大不列颠号和大东号),主持建设多座桥梁、隧道以及医院等。正是布鲁内尔的巨大贡献,使英国的公共交通和现代工程建造有了质的飞跃。

[关键词] 布鲁内尔;泰晤士隧道;大西线铁路;大西号

doi:10.3969/j.issn.1673-9477.2020.03.021

[中图分类号] K561.43

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-9477(2020)03-106-06

伊森巴德·金德姆·布鲁内尔(Isambard Kingdom Brunel, 1806-1859)是工业革命时期英国著名的工程师,因其卓越的工程成就,在英国乃至欧洲有重要的影响,他被誉为“工程史上最具有创造力、最多产的工程师之一”^[1],“第一次工业革命时期最伟大的人物之一”^[2]。在2002年BBC举办的“最伟大的100位英国人”中,布鲁内尔位居第二,仅次于英国前首相温斯顿·丘吉尔(Winston Leonard Spencer Churchill),这一排名超过了多位英国名人,如莎士比亚(William Shakespeare)、维多利亚女王(Alexandrina Victoria)、牛顿(Isaac Newton)、达尔文(Charles Robert Darwin)。2006年,适逢布鲁内尔诞辰200周年,英国皇家造币厂专门为他铸造了2英镑的纪念硬币;英国皇家邮政也专门发行了纪念邮票。2012年伦敦奥运会开幕式,在第二章《绿色而愉悦的土地》中,英国演员肯尼斯·布莱纳(Kenneth Branagh)扮演的布鲁内尔登场,深情朗诵了莎士比亚戏剧《暴风雨》中的台词:“不要怕,这岛上充满了各种声音……”。

布鲁内尔在英国家喻户晓。然而,在中国的知名度却远不如与他差不多同时代的发明家瓦特(James Watt, 1736-1819)、科学家法拉第(Michael Faraday, 1791-1867)等人。搜索可见,相关的中文论文很少,市面上也没有布鲁内尔的传记。鉴于此,有必要研究和介绍布鲁内尔,学习他的工程师精神和创新理念,以推动中国的工程技术史研究。

一、工程世家

布鲁内尔1806年4月出生于英国汉普郡的朴次茅斯(Portsmouth Hampshire),父亲马克·伊森巴德·布鲁内尔爵士(Sir Marc Isambard Brunel)和他的祖辈原来一直生活在法国诺曼底。马克是著名工程师,年轻时就展现出机械方面的天赋。1786加入法国海军,被派往西印度;1792年回法国,正值法国大革命时期,因他同情皇室,安全受到威胁,几经周折逃往美国。1793年9月到纽约,不久找到土木工程师的工作,几年工作期间,他参与设计建造了加农炮铸造厂及多处重要公共设施。1799年初,马克移居英国,不久与英国人索菲娅·金德姆(Sophia Kingdom)结婚,婚后养育了三个孩子,分别是索菲娅(Sophia)、艾玛(Emma)和布鲁内尔。马克在英国的事业发展顺利,他先是为朴次茅斯市政设计了一套包含43个独立组件的滑轮制造装置,这套机械的使用,显著提高了工作效率^[3]。完成这项工作后,马克全家于1808年迁往伦敦的切尔西(Chelsea),正是这里,成为布鲁内尔快乐童年记忆的开始。

布鲁内尔继承了父亲的天赋(尤其是在绘画和机械方面),并得到父亲的悉心培养。4岁起,父亲就教布鲁内尔绘画和观察事物的技巧,8岁时又教他欧几里得几何和基本的工程学原理。受父亲的鼓励,布鲁内尔常把一些有趣的建筑物作为绘画素材,并找出结构上的差异^[4]。由于英国的工程师职业起源于手工业的师徒传承,正规的工程师教育相比法

[投稿日期] 2020-07-10

[基金项目] 广东省高水平大学建设社科专项(编号:Y01351804)

[作者简介] 张喆(1980-),男,山东淄博人,讲师,博士,研究方向:工程技术史。

国和德国起步较晚且水准低,为了让布鲁内尔受到更好的工程师教育,1820年布鲁内尔14岁,父亲决定把他送往法国,先是在诺曼底卡昂学院(College of Caen Normandy),继而到巴黎的亨利四世学校(Lycée Henri-IV)学习。1822年,布鲁内尔从亨利四世学校毕业,跟随法国著名的钟表和精密仪器制造师亚布拉罕·路易·宝玑(Abraham-Louis Breguet)实习了数月,随后返回英国。除去在法国留学的两年,布鲁内尔几乎一直待在父亲身边,长期耳濡目染,使他有条件接触和熟悉父亲完成的各种工程和发明。例如,伦敦巴特西(Battersea)地区的镶面机器(veneering machinery),伦敦伍尔维奇(Woolwich)和查塔姆(Chatham)的市政工程,以及父亲发明的制鞋机等。父亲的熏陶和法国的学校教育让布鲁内尔终生受益,尤其是培养了他大胆创新和锐意进取的精神,这在他后来的工程师生涯中得到了完美体现。

1822年8月,16岁的布鲁内尔正式跟随父亲工作,参与设计了多个小型项目,这些经历对于年轻的布鲁内尔非常宝贵,也为他后来参与泰晤士隧道的建设奠定了基础。泰晤士隧道修建之前,伦敦东部泰晤士河两岸的交通十分不便,在河底修一条隧道的诉求由来已久;多位工程师也曾提出建设方案,但都因条件不具备没有实施。1823年2月,马克接手了设计隧道的任务,他把精力逐渐从其它工作转移到这个项目。在接下来的一年时间里,马克征询了多位专家的意见,多次修改设计草图,使之臻于完善;1824年2月设计获得通过,项目开始进入融资和正式运作阶段。泰晤士隧道设计长度约396米,宽11米,高6米,距离河面约23米,由泰晤士隧道公司投资承建,1825年开工,马克任总工程师。布鲁内尔作为助理工程师跟随父亲工作,并于1826年在父亲举荐下被任命为驻场工程师(resident engineer),负责项目的日常建设。隧道两端连接罗瑟西德(Rotherhithe)和沃平(Wapping),由于河床主要由泥沙粘土等河流沉积物和松散砾石组成,给挖掘工作造成了很大困难。为了工程顺利实施,马克发明了以其姓氏为名的“盾构”(Brunel Shield),这是世界上最早用于挖掘隧道的机械。大大提高了工作效率。尽管如此,河底部分的挖掘仍然异常艰苦和危险,其间发生过两次严重的洪泄事故,造成了惨重的人员伤亡,迫使工期延后了7年。1843年3月25日,在克服了巨大困难之后,泰晤士隧道终于贯通,整个建设过程历时18年23天。此时,马克已经退休,安享晚年生活,布鲁内尔成长为著名工程师。1849

年12月12日,马克在家人的陪伴下,平静地离开了这个世界,享年81岁,他留给布鲁内尔的,不仅是宝贵的工程项目经历,还有坚毅、果敢和克服困难的决心。

二、崭露头角

从19世纪30年代起,布鲁内尔开始独自设计或承担工程项目。克利夫顿斜拉桥(Clifton Suspension Bridge in Bristol)可以说是布鲁内尔工程生涯中的第一个重要里程碑,使他业界闻名,并为他后来的职业发展带来了更多机会。

克利夫顿斜拉桥的跨度达214米,垂直高度75米,是当时世界上跨度最大的桥梁^[5]。说起这座桥,必须提到一个叫奥尔德曼·威廉·维克(Alderman William Vick)的人。此人在1753年留下一笔1000英镑的遗产,委托布里斯托投资商人协会(the Society of Merchant Venturers of Bristol)打理,维克的遗嘱要求在这笔钱积累到10000英镑时,用来在埃文河上(River Avon)建一座石桥。1829年,这笔钱积累到8000英镑,商人协会组织成立了一个专门委员会负责建桥事宜。由于当时建桥的预算成本高达90000英镑,原定方案只好搁置。委员会开始公开征集桥梁设计方案。布鲁内尔得知消息前往布里斯托;在实地勘察后,选了四处可能的建桥地点,并分别设计了方案。1829年11月19日,设计提交截止日,评委会共收到22套方案,其中包括布鲁内尔的4套方案。经过初选,只有布鲁内尔和另外四份设计方案入围。布鲁内尔信心满满,期待最后的胜出。然而评委会权衡再三,仍不能决定最优方案,评委会征求顾问委员、著名工程师托马斯·特尔福德(Thomas Telford)的意见。不料特尔福德对入围第二轮的设计全部否决。无奈之下,评委会只好请特尔福德设计一套方案。对于这样的结果,布鲁内尔极为不满,愤然离开了布里斯托。1830年1月,特尔福德的设计方案公布,评委会专门制作了桥梁模型向公众展示。然而,大众并不买账,越来越多的人表示不喜欢特尔福德的设计;评委会只好再组织新一轮的设计比赛。早先特尔福德是作为顾问评判参赛作品,此时他自己倒成了参赛者;而顾问的职位也改为时任英国皇家学会主席的著名工程师戴维斯·吉尔伯特(Davies Gilbert)担任。经过角逐,布鲁内尔的设计夺魁,同时他被评委会聘为该项目的工程师。布鲁内尔高兴地写信给他的姐夫、政治家本杰明·霍斯(Benjamin Hawes)说,“我至今取得的所有成就中,赢得昨天的比赛也许是最让我自豪的。我的设计获

得15位评委的一致认可,而他们讨论的是[这个世界上最难讲清楚的话题——品味”^[6]

然而由于资金问题,工程项目拖延,直到1836年才开始动工。后来又因为承包商延误工期,使项目支出大大超出预算。由于迟迟未能筹集到足够的资金,1853年7月,项目被迫中止。后来布鲁内尔一再想推动这个项目,但遗憾的是,他生前未能目睹克利夫顿斜拉桥的落成。他的同事和老友为了纪念他的贡献,于1860年发起创建了一家公司,运作重启大桥建设,并对布鲁内尔的设计方案作了必要完善。1864年12月8日,在布鲁内尔去世5年后,大桥终于建成并举行了盛大的庆祝仪式。尽管有学者认为,由于改动较大,不应再把布鲁内尔作为大桥的设计者^[7],但人们还是习惯认为克利夫顿斜拉桥是布鲁内尔的成名作,视其是他工程师生涯中的第一个重要里程碑。

三、大西线铁路

19世纪二三十年代,铁路作为货物运输的新手段显出巨大优势,在这样的时代背景下,布鲁内尔的工作重心逐渐转向铁路和桥梁建造。

布里斯托是英格兰南部的重要城市,由于距离较远,与伦敦等大城市的联系并不紧密。1832年,布里斯托的主要商人看到铁路的优势,便联合当地几家公共组织成立了专门委员会,筹建连接伦敦和布里斯托的铁路。为进行线路勘测和估算工程成本,诚聘负责项目的总工程师。委员会拟定了候选人名单,布鲁内尔也在其中。克利夫顿斜拉桥工程让布鲁内尔在布里斯托闻名,加上当地上流社会朋友的举荐,1833年3月7日,布鲁内尔被聘为大西线铁路项目(Great Western Railway)总工程师。布鲁内尔上任,立即组织实施线路勘测,他把技术人员安排在不同路段,自己却奔波于整条线路,不知疲倦,每天工作近20个小时。三个月后勘测工作结束。6月底,布鲁内尔向专门委员会汇报勘测情况,并提出具体的建设方案。此后又经多方论证,用了两年时间,直到1835年8月31日,大西线铁路项目最终获英国议会通过。该工程的实施被认为是维多利亚时期英国的奇迹之一,铁路不但连通了伦敦和布里斯托,大大缩短了交通时间,线路后来又延伸到埃克塞特(Exeter)。布鲁内尔甚至富有远见地说,乘客可以购买伦敦到纽约的通票,从伦敦的帕丁顿(Paddington)火车站出发,沿大西线铁路到威尔士西部的内兰德(Neyland),然后换乘蒸汽轮船穿越大西洋,抵达纽约。

关于大西线铁路,布鲁内尔曾提出两个方案,都引起很大的争议,但最终都按他的方案实施。其一是为了火车提速而采用宽轨距(7英尺1/4英寸,2140毫米),其二是选择穿过马尔堡丘陵(Marlborough Downs,位于英格兰南部,伯克郡(Berkshire)、汉普郡(Hampshire)、牛津郡(Oxfordshire)、威尔特郡(Wiltshire)之间)和泰晤士山谷到达伦敦。争议的焦点在于,一是当时英国绝大多数的铁路都是标准轨距(4英尺8英寸,1435毫米);二是马尔堡丘陵理论上可以连结牛津和格洛斯特(Gloucester),但这一区域并没有大城镇,客流量较小。布鲁内尔通过计算和一系列实验证明,宽轨距不但可以让火车高速平稳地行驶,使乘客有更舒适的旅行体验,还能提高铁路的货运能力。至于选择经过马尔堡丘陵,主要是出于工程技术的考虑,因为这一地段较为平坦,有利于铁路的铺设和列车的行驶,与威尔士的交通接驳也更为方便。反对者们后来也承认,综合来看,经过马尔堡丘陵的确是最佳选择。

在建设大西线铁路的过程中,由于沿线地形复杂,布鲁内尔完成了不少高难度的建筑工程,如跨越险峻山谷的高架桥、特别设计的车站、大型隧道(如博士隧道(Box Tunnel),这条隧道是当时世界上最长的火车隧道,并且匠心独具:布鲁内尔生日当天太阳升起时,阳光会穿过整条隧道)。

除了铁路,布鲁内尔还设计了众多铁路桥,如普利茅斯(Plymouth)附近的皇家阿尔伯特桥(Royal Albert Bridge)、萨默特郡大桥(Somerset Bridge)、温莎铁路桥(Windsor Railway Bridge)、伯克郡(Berkshire)的梅登黑德铁路桥(Maidenhead Railway Bridge)等。梅登黑德铁路桥是当时世界上最平、最宽的砖拱桥,直到今天还在英国铁路的主干线上发挥着作用。

四、三大号轮船

这是指布鲁内尔设计建造的三艘闻名世界的远洋船:大西号、大不列颠号和大东号。还在修建大西线铁路时,布鲁内尔就提出,可以把陆地交通和海上交通衔接起来;从布里斯托或内兰德(位于威尔士西部)乘船穿越大西洋,到达纽约。然而,完全以蒸汽为动力的轮船进行如此长途的航行,是否具有商业应用的可行性,这个问题引起了广泛争议。尽管从技术上讲,这样的长途航行可以实现,但人们还是普遍认为轮船的燃料储备能力可能无法满足长途航行的需要,轮船的运力也无法达到商业运输的要求。布鲁内尔提出,轮船的运力与它尺寸的立方成正比,

而航行中来自水的阻力与其尺寸的平方成正比,因此,驱动一艘大的轮船要比小的轮船更为经济。为了验证他的理论,布鲁内尔与大西蒸汽轮船公司展开合作,设计制造了“大西号”(the Great Western)。“大西号”船体长约72米(236英尺),重1340吨,龙骨长约62米(205英尺),是当时世界上最长的船^[8]。轮船主体由木材建成,加以金属螺栓和对角加固装置,使船体更加坚固,轮船配有蒸汽明轮(paddle wheels),并装有四个桅杆^[9]。“大西号”在伦敦完成最后部件的组装后,于1838年3月31日,启程返回布里斯托,不料途中机舱起火,布鲁内尔受伤;幸运的是,火被及时扑灭,没有造成太大的损失。经过休整,1838年4月8日,“大西号”进行首航,从布里斯托的埃文茅斯(Avonmouth, Bristol)出发,前往纽约,载煤600吨,共有7人参加(布鲁内尔因伤未能同行)。由于这次火灾,“大西号”遗憾错失了成为第一艘穿越大西洋的蒸汽轮船的机会。作为竞争对手,英美蒸汽航运公司(British and American Steam Navigation Company)的“天狼星号”(Sirius)获此殊荣。然而,“天狼星号”的胜利却充满争议,因为她不但比“大西号”早4天出发(1838年4月4日),航行距离也短了一大截,却只比“大西号”早几小时到达^①。有趣的是,“天狼星号”用尽了船上的所有燃料,甚至烧掉了一些木家具和多余的帆桁,才勉强驶入纽约港;而“大西号”抵达纽约港时,还剩下近200吨煤炭没有使用^[10],由此也证明布鲁内尔的计算是正确的。“大西号”验证了蒸汽轮船跨大西洋商业航行的可行性。从1838至1846年之间,“大西号”往返于布里斯托和纽约,共完成了六十多次商业航行。由于“大西号”的成功,船主又邀请布鲁内尔设计制造了她的姊妹船,“大不列颠号”(the Great Britain)。

布鲁内尔坚信螺旋桨(screw propeller)在提供动力方面要优于明桨(paddle wheel);他在“阿基米德号”上进行实验并取得成功,这给了他极大的信心,决定在“大不列颠号”上使用螺旋桨。“大不列颠号”1839年始建,1843年建成下水,是当时世界上最大最豪华的船只。船体长约98米(322英尺),重3443吨,龙骨长约88米(289英尺)^[11],配备了巨大的六叶螺旋桨(six-bladed),直径近5米(15英尺6英寸),桨叶厚度达到15厘米(6英寸)^[12]。1845年8月26日,“大不列颠号”从利物浦出发前往纽约,开始穿越大西洋的首次航行,9月10日抵达,耗时14天21小时^[13]。她被认为是第一艘真正意义上地现代轮船,也是第一艘穿越大西洋的现代轮船。相

比于木制船体、靠风力或船桨驱动、使用明桨,“大不列颠号”有着划时代的进步:船体金属建造,机器驱动,采用螺旋桨。这艘船目前仍完整地保存在布里斯托,向公众开放参观。

1852年,布鲁内尔开始筹划建造第三艘船“大东号”(the Great Eastern),她采用当时最先进的技术,船体总长度约211米(693英尺),宽约25米(83英尺),整船重量达18915吨;船体采用双层船壳(double skin),大大提高了航行的安全性^[14]。仅外层船壳就使用了约300万颗铆钉和约30000块铁板^[15]。由于船体巨大,“大东号”在下水时遇到了很多困难;不但耗费数月时间,还导致了资金的严重短缺,致使有些工作未能按照计划细致地进行^[16]。船内装饰奢华,设计燃料续航能力可以往返伦敦和悉尼(当时的工程师认为澳大利亚没有煤炭资源,因而无法补给燃料)。直到20世纪早期,这艘船仍保持了世界上最大船只的记录。“大东号”1854年开始建造,1859年末全部安装完毕,1860年6月17日正式首航,从南安普敦出发,驶往纽约,6月28日到达,受到了热烈欢迎。由于设计时对耗煤量估计不足和其他技术问题,“大东号”后来退出了远洋客轮行列,转而用于海底电缆的铺设,在建设第一条跨大西洋电缆,连通欧洲和美国之间电信通讯的过程中发挥了重要作用。

五、跨界奇才

布鲁内尔也是名副其实的跨界奇才。用现代的专业标准衡量,他至少跨越了八个学科领域:土地勘测、土木工程、结构工程、机械工程、建筑、轮船设计、项目管理、建筑估算,且在每个领域都表现卓越。随着工业革命带来的科技进步,这些领域都逐渐发展为独立的学科门类,现在已经没有任何人可以掌握全部这些学科的精髓了。除了铁路、桥梁和轮船,布鲁内尔还有一些奇思妙想的作品让人赞叹:如水晶宫水塔(water towers within The Crystal Palace)、(步枪)多边形膛线(polygonal rifling)、移动枪炮架(floating gun-carriage)、伦基伊医院(Renkioi Hospital)等。

1851年5月至10月,伦敦举办了第一届世界博览会——“万国博览会”(Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations)。在准备过程中,主办方成立了场馆筹建委员会(布鲁内尔是委员之一),公开征集设计方案,一共收到245份设计,经评选无一被采纳^[17]。无奈之下,委员会提出了自己的设计并公布于众,不料广受批评和嘲讽。此时,一位叫约瑟夫·帕克斯顿(Joseph Paxton)的园艺师毛遂

自荐,提出了铁质架构+玻璃的设计方案,外形酷似查茨沃斯百合庄园(Chatsworth Lily House);在布鲁内尔的支持下,该方案最终获得通过,“水晶宫”由此得名。出于对工程的热爱,布鲁内尔也积极参与了场馆建设,并设计了著名的水塔,成为场内的一大亮点。水塔高约86米(284英尺),靠近顶部的位置装有直径14米(47英尺)高11米(38英尺)的巨大水箱,储水量达到1200吨;水塔分12个面、共10层,层与层之间由空心铸铁圆柱支撑^[18]。水晶宫不但设计新颖独特,整个建造过程也仅耗时5个月,成为工程史上的一段佳话。

布鲁内尔对军事技术也有重要贡献。1852年,他与伯明翰的军械工匠韦斯特利·理查兹(Westley Richards)合作,开始改良来复枪的实验。他把传统枪膛内侧的凹凸槽改良为渐变的八边形,通过改变凹凸槽的衔接角度来减少摩擦,使子弹在膛内运行更顺畅,精准度也更高^[19]。1854年,英法对俄宣战,加入了克里米亚战争(Crimean War)。当时英军的装备较拿破仑时代并没有明显的进步。为了帮助军队提高作战能力,布鲁内尔设计了移动枪炮架。安装这种枪炮架的舰艇外形与潜艇类似,枪炮架呈圆柱形,与水面平行,可以有效保护水面附近区域。

在克里米亚战争(Crimean War)期间,英军医院坐落在土耳其斯库台(Scutari)的一处旧营房。由于条件简陋,受伤士兵饱受各种疾病的困扰(如霍乱、痢疾、伤寒、疟疾等)。弗洛伦斯·南丁格尔(Florence Nightingale,英国社会改革家,现代护理学奠基人)通过时代报刊(The Times)向政府请求解决方案。1855年2月,政府找到布鲁内尔,那时他正忙于建造“大东号”和其它项目,但仍然接受了这个任务。布鲁内尔和他的团队按照战地办公室的要求,仅用5个月的时间,就设计建造了可装配拆卸的伦基伊医院。布鲁内尔的设计满足了卫生设备、通风、排水、温控等多种需求,发挥了巨大作用。据说那里收治过1331位伤员,最终仅有50人死亡,死亡率不到4%;而伦基伊医院修建前,斯库台医院的死亡率高达42%^[20]。伦基伊医院的建造方法至今仍在被使用,布里斯托皇家医院(Bristol Royal Infirmary)就是采用这种方法建造的。

六、青史留名

布鲁内尔才华横溢,还有很多的工程等待他去完成,然而多年的超负荷工作使他的身体严重透支,加上烟瘾极重,50多岁时他的健康迅速恶化。

1858年诊断患有肾病(Bright's disease),1859年9月5日,“大东号”进行开往纽约前的蒸汽机测试,布鲁内尔在船上视察时突然中风,随后被送回到伦敦的家中。仅仅几天,9月15日他溘然长逝,享年53岁。

布鲁内尔与妻子玛丽·伊丽莎白·霍斯利(Mary Elizabeth Horsley)育有三个孩子,伊森巴德·布鲁内尔(小)(Isambard Brunel Junior)、亨利·马克·布鲁内尔(Henry Marc Brunel)和弗洛伦斯·玛丽·布鲁内尔(Florence Mary Brunel)。二儿子亨利继承了父亲和祖父的衣钵,成长为著名土木工程师。

在工程领域,布鲁内尔成就非凡,不仅在他的时代备受推崇,直至后世也广受尊敬。他的名字在英国家喻户晓。英国各地(如伦敦、布里斯托,普利茅斯(Plymouth),斯温登(Swindon)、内兰德等)有很多他的雕像和纪念碑;仅伦敦就有好几处。还有很多购物中心、街道、停车场、学校等以他的名字命名,如1957年成立的布鲁内尔技术学院(Brunel College of Technology),1966年升格为大学,至今已是一所著名的理工科大学。

作为第一次工业革命时期最伟大的工程师之一,布鲁内尔深刻地改变了英国19世纪的公共交通和现代工程,推动了西方社会的文明进程。在迎接第四次工业革命的今天,人工智能、云计算、大数据等技术成为科技发展的新引擎,也正在重新定义工程师的身份和使命。学习布鲁内尔的传奇经历、锐意进取和创新精神,有利于我国培养适应时代发展的新一代工程师,也有助于我国的工程技术史研究更上一层楼。

注释

- ①“天狼星号”从爱尔兰南部科克郡出发到纽约,用时19天,航行距离2982英里;“大西号”从布里斯托出发到纽约,用时15天5小时,航行距离3223英里。

参考文献

- [1] Spratt, H. P. 'Isambard Kingdom Brunel' [J]. *Nature*, 1958, 181(4626): 1754-1755.
- [2] Rolt, L. T. C. *Isambard Kingdom Brunel* (first ed.) [M]. London: Longmans, Green & Co., 1957: 245.
- [3] Brunel, I. B. C. I. *The Life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer* [M]. London: Longmans, Green, and Co., 1870: 2-3.
- [4] Buchanan, R. A. *Brunel: the life and times of Isambard Kingdom Brunel* [M]. London: Hambledon & London,

- 2006: 18.
- [5] Structures. 'Clifton Suspension Bridge' [EB/OL]. *Structurae International Database and Gallery of Structures*. <https://structurae.net/en/structures/clifton-suspension-bridge>.
- [6] Peters, G. R. 'Brunel: The Practical Prophet' [EB/OL]. *BBC History*. http://www.bbc.co.uk/history/british/victorians/brunel_isambard_01.shtml.
- [7] Copping, J. 'Isambard Kingdom Brunel did not design Clifton Suspension Bridge, says historian' [N]. *The Telegraph*, 6 January 2011.
- [8] Brunel, I. B. C. I. *The Life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer* [M]. London: Longmans, Green, and Co., 1870: 245.
- [9] Dumbleton, B., Miller, M. *Brunel's Three Ships* [M]. Bristol, UK: Intellect Books, 2002, 32.
- [10] Brunel, I. B. C. I. *The Life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer* [M]. London: Longmans, Green, and Co., 1870: 243.
- [11] Brunel, I. B. C. I. *The Life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer* [M]. London: Longmans, Green, and Co., 1870: 282.
- [12] Dumbleton, B., Miller, M. *Brunel's Three Ships* [M]. Bristol, UK: Intellect Books, 2002, 59.
- [13] Dumbleton, B., Miller, M. *Brunel's Three Ships* [M]. Bristol, UK: Intellect Books, 2002, 72.
- [14] Brunel, I. B. C. I. *The Life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer* [M]. London: Longmans, Green, and Co., 1870: 396.
- [15] A·M·罗布. 造船[A]. 查尔斯 辛格, E. J. 霍姆亚德, A. R. 霍尔, 特雷弗 I. 威廉斯. 技术史第5卷[C]. 上海: 上海科技教育出版社, 2004: 245-271.
- [16] A·M·罗布. 造船[A]. 查尔斯 辛格, E. J. 霍姆亚德, A. R. 霍尔, 特雷弗 I. 威廉斯. 技术史第5卷[C]. 上海: 上海科技教育出版社, 2004: 245-271.
- [17] 'History of the Crystal Palace (Part 1)' [EB/OL]. *The Crystal Palace Foundation*. <http://www.crystalpalacefoundation.org.uk/history/history-of-the-crystal-palace-part-1>.
- [18] 'History of the Crystal Palace (Part 2)' [EB/OL]. *The Crystal Palace Foundation*. <http://www.crystalpalacefoundation.org.uk/history/history-of-the-crystal-palace-part-2>.
- [19] Christopher, J. *The Lost Works of Isambard Kingdom Brunel* [M]. Gloucestershire, UK: Amberley Publishing, 2009, 97.
- [20] Merridew, C. G. 'I. K. Brunel's Crimean War Hospital' [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2014, 42: 13-20.
- [责任编辑 王云江]

An engineering giant in the industrial revolution: isambard kingdom Brunel

ZHANG Zhe

(College of Humanities and Social Sciences, Harbin Institute of Technology, Shenzhen 518055)

Abstract: This paper briefly introduces Isambard Kingdom Brunel's life and major achievements. Brunel is a UK civil and mechanical engineer in the 19th century, whose name is well known to every household in the country. He used to study in the UK and France and became an engineer under the influence of his father. He designed and built the Clifton Suspension Bridge, Great Western Railway, a number of steamships such as the Great Western, the Great Britain and the Great Eastern, many bridges and tunnels including the Thames Tunnel, and hospitals as well. He made an enormous contribution to revolutionising the public transport and modern engineering in the UK.

Key Words: Brunel; Thames Tunnel; Great Western Railway; Great Western