

英法海底隧道工程：历史过程和成功经验

李 炎，牟焕森

(北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876)

摘 要：英法海底隧道是世界第二大海底隧道，该工程的创意在十九世纪初由法国工程师提出，在十九世纪七十年代由英法两国开始建设，但因英国公众担心国防安全而终止。二十世纪六十年代，两国在和平时期又开始建设此隧道，但工程却又因财政问题而搁置。二十世纪八十年代，两国政府通过采用私人资本建设大型基础设施等管理创新，成功建成隧道并成功运行。英法海底隧道工程的成功经验可以为工程创新实践提供重要启示。

关键词：英法海底隧道；工程；工程史

中图分类号：K06 C93

文献标识码：A

文章编号：1674-4969(2009)01-0090-07

英法海底隧道(图 1)是一条连接英法两国的海底铁路隧道，又称英吉利海峡隧道(The Channel Tunnel)或欧洲隧道(Eurotunnel)，横跨英吉利海峡，总长 50 千米，其中海底部分 39 千米^[1]，仅次于日本青函隧道，为世界第二大海底隧道。自 1986 年 2 月 12 日英法两国政府签订坎特布利条约(Treaty of Canterbury)批准建设起，整个工程历时 8 年多，耗资约 100 亿英镑，是世界上规模最大的利用私人资本建造的工程项目。该工程从设想到最终建设成功历经二百年的艰苦历程，其曲折经历及成功经验可以为大型公共工程的计划和实施提供丰富的启示。

1 英法海底隧道工程建设的历史过程

1.1 百年梦想：英法海底隧道工程的历史背景

1802 年，法国采矿工程师马蒂厄(Abel Mathieu)首次提出修建英法海底隧道的设想。他的马拉车辆的隧道计划立刻引起了极具军事野心的



图 1 连接英法两国的海底隧道

拿破仑的兴趣，然而 1803 年英法战争的爆发使拿破仑不得不放弃了这个计划^[2]。19 世纪 30 年代，两国学者着手研究英吉利海峡的海底地质，并提出了连接英法的多种交通方案，但涉及当时技术条件的限制，以及两国间的协商问题，始终没有一项方案得到两国的共同认可。

1872 年，英国首次设立海峡隧道公司，采用了英国工程师霍克肖(Charles Hawkshaw)修建双线隧道的设计，经过三年官僚主义斗争和外交手

收稿日期: 2008-12-05; 修回日期: 2009-03-06

作者简介: 李炎(1984-), 男, 山东莱芜人, 硕士研究生, 研究方向为创新管理。

牟焕森(1971-), 男, 吉林白山人, 博士, 副教授, 研究方向为创新管理、科技政策与技术哲学。

E-mail: muhuansen@yahoo.com.cn

段的运用,有关方案终于在 1875 年 8 月 2 日得到英法两国议会的批准。两国于 1876 年签订协议书,决定于 20 年期限内共同修筑海底隧道。于是,隧道从两国分别开挖,海底地质勘测等工作同时进行。然而,施工中却遇到了一个棘手问题:1882 年,鉴于莎士比亚峭壁(位于英国多佛市,是海底隧道的英国端起点)的战略地位,英国公众不愿修筑英法海底隧道,担心丧失因地理位置而具有的战略优势。泰晤士周刊也助长了这种意见的形成,工程在 1882 年 7 月被迫停止^[3]。英法海底隧道建设的首次尝试就这样收场了。

然而,修筑海底隧道的方案与设计并没有因初次尝试的失败而停止。第二次世界大战后,对修建海峡隧道的关切再次兴起。1949 年,英法两国分别成立了设计专家组对海峡隧道的建设进行专门研究。随着战事的结束,到了 1955 年,英国政府宣布,海底隧道对国防安全的影响已不复存在。1957 年,英法两国共同成立了英法海峡工程公司,并于 1960 年出具了详细报告,指出修建隧道的必要性。1964 至 1965 年间,有关研究小组再次进行地质勘探,并确定出一条隧道联络线。1966 年 6 月 8 日,两国签署英法公报,第二次海底隧道建设正式开始。但由于实际施工过程中的造价大大超出了预算,工程遭遇到巨大的财政障碍。在开挖 15 个月之后的 1975 年,面对无法解决的财政问题,英国方面下令停工。这样,修建英法海底隧道的第二次尝试再次以失败告终。

1.2 机会成熟:英法海底隧道工程的新决策

英法海底隧道工程的两次失败,特别是第二次失败,凸显了财务问题在建造英法海底隧道过程中的重要性。如何调整实施主体和资金运作方式,成为横亘英法两国之间的一个难题。1977 年初,美国银行家曾经加入英法海底隧道设计组参与规划,这是企业介入公共基础设施建设的新尝试。1981 年 9 月 11 日,英国首相撒切尔和法国总统密特朗在伦敦举行首脑会晤后宣布,英法海底

隧道必须由私人部门出资建设和经营。1982 年,联合研究组提交报告,赞同两条铁路隧道加一条车辆辅助隧道的方案。1984 年 5 月,由 Banque Indosuez, Banqu Nationale de Paris, Credit Lyonnais, Midland Bank 和 National Westminster Bank 等银行组成的银行团向英法两国政府提交了一份关于可以完全通过私人投资来建立双孔海底铁路隧道的报告,论证了双孔两条铁路隧道的方案在技术上和财政上的可行性。银行团后来很快与英法两国的建筑公司联合在两国分别成立了 Channel Tunnel Group Limited(CTG) 和 France Manche S.A(FM)公司,这两家公司再以合伙形式组成欧洲隧道公司 CTG-FM。作为一个由两国建筑公司、金融机构、运输企业、工程公司和其他专业机构联合的商业集团,CTG-FM 在 1985 年分为两个组成部分,一个是 TML(Transmanche Link)联营体,作为总承包商负责施工、安装、测试和移交运行;另一个是欧洲隧道公司(Eurotunnel),作为业主负责运行和经营。

1985 年 5 月,英法两国政府发出了关于无政府出资及担保情况下英吉利海峡连接项目的融资、修建及运营的联合招标。1986 年 1 月,CTG-FM 以 26 亿英镑的双孔铁路隧道提案(即欧洲隧道系统)中标。

1986 年 2 月 12 日,英国首相撒切尔夫人和法国总统密特朗参加了英法两国海峡隧道条约的签字仪式,从而正式确认了两国政府对于建造海峡隧道工程的承诺。1986 年 3 月,英法政府与欧洲隧道公司正式签订协议,授权该公司建设和经营英法海底隧道 55 年,后来延长到 65 年(从 1987 年算起)。到期后,该隧道归还两国政府的联合业主。协议还规定两国政府将为欧洲隧道公司提供必要的基础设施,许诺如果没有 CTG-FM 的同意,在 2020 年之前不会建立竞争性的海峡连接项目,并且该公司有权执行自己的商业政策,包括收费定价^[4]。

英法两国所做出的利用私人资本建设大型基

基础设施的尝试, 成功解决了横在两国之间的财务问题, 冲破了阻碍工程创新实施的第一道壁垒。而 CTG-FM 则作为工程实施的主体, 站在了项目实施的最前方。

1.3 一波三折: 英法海底隧道工程的实施

1987 年 12 月 1 日, 英法海底隧道工程正式实施。工程进展到海底隧道部分时遭遇了一个关键技术难题: 如何在水下数十米深处挖掘通道。这是因为, 海底隧道地质勘测困难, 单口掘进长度长、地层稳定性低、高水压、大荷载、防水、防腐要求高所有这些, 都要求工程实施者必须对建造技术进行周密选择。

水下隧道建造的方法主要有“盾构法”和“沉管法”两种。盾构是一种钢制的活动防护装置或活动支撑, 是通过软弱含水层, 特别是河底、海底以及城市中心区修建隧道的一种方式。在盾构的掩护下, 前端可以安全开挖地层, 后端可以装配预制管片或砌块, 迅速拼装成隧道永久衬砌, 并将衬砌与土层之间的空隙用水泥压浆填实。沉管法亦称预制管段法或沉放法。先制作隧道管段, 两端用临时封端墙封闭起来。预制完成后拖运到隧道挖掘地址, 并于隧位处预先挖好水底基槽。待管段定位就绪后, 向管段内灌水压载, 使之下沉, 然后把沉放的管段在水下联接起来。经覆土(石)回填后, 便筑成隧道^[1]。

选择海底隧道建造技术, 就必须充分了解海底地质。从 1958 年至 1987 年, 通过 94 个钻孔, 地质勘探组发现, 海底有一层厚度约 30 米的白垩泥灰岩, 这种岩层抗渗性好, 硬度不大, 裂隙也少, 易于掘进。这 29 年间的地质勘探为技术选择打下了坚实基础, 百年前争论不休的技术选择问题也因此豁然开朗——“沉管法”要求管道所沉放的岩层平整松软, 便于沉管的放置, 这在英吉利海峡所处的海底岩层中是难以实现的, 于是“盾构法”就成了无可争议的选择。

确定了实施技术, TML 联营体选用隧道掘进

机作为施工工具, 从英国的莎士比亚崖和法国的桑洁滩开始, 分别沿三条隧洞的两个方向开挖(共有 12 个开挖面, 其中 6 个面向陆地方向掘进, 另 6 个面向海峡方向掘进)。整个掘进工作按计划完成, 只用了三年半时间^[5]。

充足的地质资料和正确的判断使英法海底隧道找到了理想的岩层, 并且突破了第一个技术选择的壁垒, 确定了最合适的建造方法——“盾构法”。

建造技术的正确选择为海底隧道工程的实施迈出了坚实的第一步。接下来必须要考虑的就是如何保证车辆在隧道中的运行安全。英法海底隧道距离长, 又位于海底, 一旦发生火灾、漏水、停电、堵车或暴力等事件, 若不能有效营救, 后果将不堪设想。为了冲破这道壁垒, TML 联营体根据隧道建设之初对各种安全问题的充分研究, 创新性地实施了一系列安全工程。

首先, 为解决隧道内的车辆运行安全, 两条铁路隧道完全隔开, 列车单向行驶, 消除了对撞的危险。第二, 隧道网的全部电力由两端的变电站协同提供, 如果一座变电站发生故障, 另一变电站立即工作, 向全线供电。第三, 为解决长隧道通风问题, 英法海底隧道对空气循环的途径和风机的布置都作了详细规划和研究。不仅设置通风管, 而且利用隧洞本身作为通风通道, 使开挖面的风量达到 13.5 立方米/秒, 符合社会保障与安全组织和地下工程协会规定的通风标准^[6]。第四, 为了解决列车高速行驶中产生的压差和空气动力阻抗问题, 减少列车的驱动力, 在设计阶段对卸压管的作用进行了许多模型研究, 使其有较好的空气动力效应, 并避免在管中产生气流冲击。第五, 为了避免火灾的发生, 隧道和车厢都对防火设施作了周密配置。列车车厢由高强度耐火材料制成, 车厢内安装温度计、烟尘与一氧化碳探测器以及灭火器。若火势不能迅速控制, 列车员还可以将乘客迅速疏散到其他车厢, 或者将起火车

厢甩掉，前后两段车厢分别驶向两端车站，并把乘客送入工作隧道^[7]。最后，为了协调运营，采用三套自动控制系统进行管理，这三大系统的信息总量达 34 亿比特，全天显示在英国福克斯通中央控制室 24 米长的巨大显示屏上。另外，隧道内还配备了防震系统，修建了防弹墙，甚至设置了动物捕捉器，以对付因迷路而闯入隧道的动物。

由于采取了以上措施，TML 联营体研究认为，乘列车穿越英法海底隧道，比乘巴黎至里昂的高速列车要安全百倍，而高速列车的安全水平已经非常高。通过这一系列的措施，英法海底隧道的实施也就突破了工程创新的安全壁垒。

冲破了影响施工顺利进行的财政壁垒，克服了技术上和安全上的重重障碍，通过 1.1 万名工程技术人员历经 8 年之久的辛勤劳动，到了 1994 年 5 月 6 日，英法两国最终将 200 年的梦想变成了现实。英法海底隧道把孤悬大西洋中的英伦三岛与欧洲大陆紧密地连接在一起，由此开辟了欧洲交通史的新篇章。

1.4 梦圆之后：英法海底隧道工程的成果

在英法海底隧道的通车典礼上，法国总统密特朗和英国女王伊丽莎白二世在隧道两端——法国的加来和英国的福克斯通共同主持了盛大的通车剪彩仪式。密特朗说，两个多世纪的理想实现了，他本人和法国人民都为这一工程的实现而感到高兴，这一工程将促进欧洲的统一，英法两国之间所做的事不会使欧洲其他地方感到无动于衷。伊丽莎白二世女王希望海底隧道能增加两国人民间的吸引力，希望两国继续进行共同的事业^[8]。

海底隧道的开通填补了欧洲铁路网中的一个断环，大大方便了欧洲各大城市之间的来往。英、法、比利时三国铁路部门联营的“欧洲之星”（Eurostar）列车车速达 300km/h，从伦敦到巴黎只需要 3 个小时，从伦敦到布鲁塞尔只需要 3 小时 10 分。如果把从市区到机场的时间算在内，乘飞

机都不如乘“欧洲之星”快捷。英法海底隧道还专门设计了一种运送公路车辆的区间列车“乐谢拖”（Le Shuttle），各种大小汽车都可以全天候地通过英吉利海峡，从而使欧洲公路网也连成一体。因此，人们称誉这项工程“一梦两百年，海峡变通途”。

尽管英法海底隧道的经营存在着财务困扰和偶然的安全问题（2008 年 9 月 11 日海底隧道发生了第三次较为严重的火灾，仅有少量轻伤者），但是，成功投入运营的英法海底隧道，给整个欧洲大陆，特别是英法两国的经济和社会发展做出了重大贡献。作为世界瞩目的大型工程建设项目，英法海底隧道工程也为今后的大型工程创新提供了丰富经验和重要启示。

2 英法海底隧道工程的成功经验

作为一项由政府牵头，通过私人资本建设运营而取得成功的特大型基础设施工程，英法海底隧道的成功来源于工程共同体克服来自各方面障碍因素的密切协作和艰苦努力。

2.1 政治决策：英法海底隧道工程成功的前提条件

英法海底隧道工程的建设决策，不是取决于技术因素，而是取决于政治环境。长期以来，英国方面反对建设海峡隧道的主要原因是军事上的风险，英国人希望利用海峡作为抵御来自欧洲大陆军事入侵的天然屏障。20 世纪 70 年代以来，欧洲一体化进程取得重大进展，英、法两国政府开始对欧洲一体化都持比较积极的态度。在这种情况下，英国首相撒切尔夫人支持把 1975 年曾被工党政府下令停止的隧道工程重新提上议事日程。当时的法国总统密特朗则把这项工程视为国家强大的象征。于是，在这种政治氛围中，海底隧道工程于 1987 年得以实施。

从欧盟有关国家政府的观点来看，还有两个因素与隧道建设有关：一是运输政策，即通过建设高

速铁路网以达到节约能源和保护环境的目, 这大大扩展了海底隧道的影响范围和增加了它的长期效益; 二是地区政策, 英、法两国希望通过隧道带动海峡两岸地区的繁荣。现在, 隧道连接地区 (Transmanche Region) 已成为一个专门名称, 包括英国的 Kent, 法国的 Nord-Pas de Calais 地区以及比利时的一些地区, 共称为欧洲专区 (Euro Region), 该专区的出现带动了一项发展计划 (Transfrontier Development Program) 的启动。这些从政治和经济角度看显然有重大意义, 对欧盟的发展, 欧洲单一市场的形成以及国际经济、文化合作交流, 都具有重大促进作用。

可见, 英法海底隧道项目既是欧洲一体化进程的产物, 又是它的一个推动力, 两者相辅相成, 几乎是平行发展的。

2.2 BOT: 英法海底隧道工程的财政基础和组织基础

英法海底隧道第一次尝试被迫停工, 是 1882 年因公众阻挠而导致的。而百年之后英法海底隧道的第二次修建已无公众反对和政治障碍之虞, 但也发生了停工事件, 究其原因, 是由于遇到了难以克服的财政问题。

既然修筑英法海底隧道的关键是财务问题, 因此, 英法两国提出了应用私人资本建设的方案, 也就是 BOT (Build-Operate-Transfer, 一种主要应用于基础设施建设的新的投资方式)。英法海底隧道 BOT 项目发起人为欧洲隧道公司, 它由英国的海峡隧道工程集团 CTG 和法国的法兰西-曼彻斯特公司 FM 联合组成 (图 2)^[9]。筹款之初, 14 家初期项目承包商和银行首先赞助 8000 万美元。同时, 在 4 个发行地点成功地筹集到以英国英镑和法国法郎计算的大量股票投资 (表 1)^[10]。

英法海底隧道工程成功应用了 BOT 投资方式, 较好地解决了大型公共基础设施在建设过程中所必须面对的财务问题, 使得工程可以顺利实施, 保证了英法海底隧道的建成。

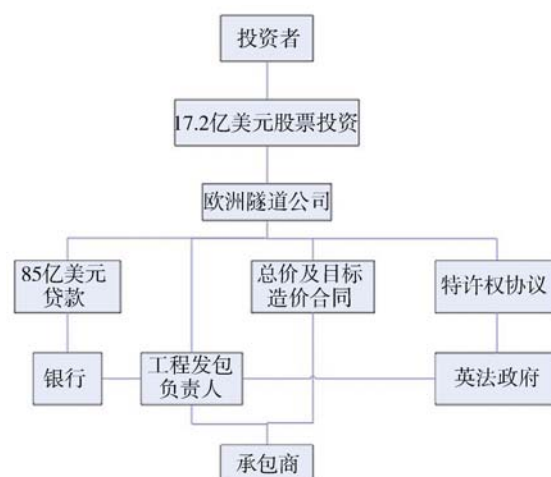


图 2 英法海底隧道工程项目组织结构

表 1 英法海底隧道工程创新项目资金来源

来源	金额(亿美元)	备注
a. 股票投资		
银行和承包商	0.8	股东发起人
私营团体	2.7	第 1 部分(1986 年末)
公众投资	8	第 2 部分(1987 年末)
公众投资	2.75	第 3 部分(1988 年末)
公众投资	2.75	第 4 部分(1989 年末)
b. 借款(贷款)		
商业银行	68	主要贷款
商业银行	17	备用贷款
总计	103	

资料来源: 李京贵. 英法海峡隧道工程案例[J]. 中国投资, 1995, (2): 28-29.

2.3 盾构法: 英法海底隧道主体工程技术的选择

在 1986 年 1 月 CTG-FM 中标的 26 亿英镑的双孔铁路隧道提案中, 公司提出了以盾构法作为此次海底隧道工程施工的主要方法, 并成功地应用了先进的技术设备“盾式掘进机”进行掘进工作。在正确的技术选择和先进的设备支持下, 当工期对经济效益有重大影响而掘进工作面又受限制的情况下, 整个掘进工作只用了三年半时间就按计划完成了。

在英法海底隧道工程实施之前, 包括欧洲隧道公司在内的多个部门从 1958 年至 1987 年进行了连续 29 年的地质勘探工作, 深入分析了海底地形和地貌。有关研究数据的积累为技术的选择打

下了坚实基础，为后期找到合适的岩层做好了铺垫。

在创新型工程实施过程中，特别是像英法海底隧道这样的大型基础设施工程施工的过程中，技术手段作为工程实施中的关键，是首先要考虑的问题。在工程实施中，必须考虑实际情况，根据当时当地的条件，选择合理的技术加以实施。当然，合理的工程技术的选择，无论是来自于工程师的实践经验，还是借鉴以往同类项目的技术方法，都能够为工程的顺利实施提供切实有效的帮助。

2.4 公众参与：英法海底隧道工程的成功离不开公众的支持

在英法海底隧道工程实施的过程中，公众起到了不容忽视的作用。公众作为基础设施的受益者，其意见必然而且也必须影响工程建设的方向。社会心理学认为，公众不是散在的个体，而是具有某种“合群意识”的群体。媒体是公众舆论的载体，同样也是公众的一种形式，而媒体一方面可以将公众舆论呈现出来，另一方面也能够通过少数人的言论引导公众舆论的方向。

在英法海底隧道第一次修建的过程中，就出现了公众舆论强烈反对的现象。1882年，由于当时战争和政治局势的不明朗，英国需要英吉利海峡作为天然屏障以达到“与世隔绝”的效果，因此，公众不愿意因为修建英法海底隧道而丧失战略优势。而泰晤士周刊作为英国知名媒体机构，也撰文支持英国公众的主张。由于舆论界的压力，英法两国被迫停止了海底隧道的修建。

1986年，国际局势趋于稳定，和平与发展开始成为全球新的主题。在这样的环境下，公众自然迫切需要英法海底隧道的建成以增加出行的便利性、经济发展的空间、旅游休闲的去处等等。因此，公众对于英法海底隧道的修建呈现出一片积极响应的态势，Industry Week^[11]和 Reference Reviews^[12]等多家英国著名媒体机构也争相报道

英法海底隧道的实施情况、公众反应和政府决策等新闻。一时间，支持英法海底隧道的呼声大涨，使得英法海底隧道工程顺利实施完成。

可见，作为一项大型公共基础设施建设工程，英法海底隧道工程创新的成功，公众的参与起到了不可忽视的作用。公众积极的参与和支持可以保证工程顺利进行，有效避免因公众舆论的压力而造成的障碍。因此，要想顺利实施大型工程项目，特别是基础设施的建设，必须有效地赢得公众支持。

2.5 突破壁垒：英法海底隧道工程成功的重要保证

工程活动是多要素、多环节的过程，可以说，在工程活动的每个要素和每个环节中都会存在许多不确定性，许多风险，许多阻碍因素，而那些阻碍工程活动进行的种种因素就成为了工程活动过程中必须克服的一个又一个壁垒，于是，工程活动也就成为了一个不断突破壁垒的过程。工程活动要想成功，就必须冲破这些壁垒。

英法海底隧道两百年从梦想变成现实的曲折历程生动地告诉我们：工程活动所遇到的壁垒不但包括了技术壁垒和经济壁垒，而且包括由于政治、军事和其他社会因素而形成的种种壁垒。如果这些壁垒不能突破，工程活动就要搁置、停顿、失败。只有消除那些形形色色的障碍因素和壁垒，工程活动才能顺利进行和取得成功。

目前我国正在全面建设小康社会，为实现这个目标，我国各地都在规划、设计、建设许许多多或大或小的工程项目。要想在这些数不胜数的工程活动特别是特大型工程活动中取得成功，必须认真总结历史经验包括国外的经验，在这方面，作为特大型公共基础设施建设工程的英法海底隧道工程的历史进程和成功经验值得我们不断思考。

参考文献

- [1] 王瑞良. 人类工程史上的奇迹——英吉利海峡海底隧道

- [J]. 大众科学, 1994, (5): 23.
- [2] 吴效良, 陆锦荣. 英、法海底隧道工程简介[J]. 煤矿设计, 1996, (8): 50-53.
- [3] 刘洪滨. 欧洲海底隧道工程[J]. 海洋开发与管理, 1990, (1): 77-79.
- [4] 潘智丰. 论物流集群与我国物流园区的发展模式[D]. 对外经济贸易大学, 2000.
- [5] 刘丰军, 叶飞, 李鹏. 世界海底隧道工程概况及对我国的启示[A]. 中国土木工程学会第十二届年会暨隧道及地下工程分会第十四届年会论文集, 2006 年, 增刊: 38-43.
- [6] Dodge T M. Ventilating the English Channel Tunnel [J]. ASHRAE Journal, 1993, 35(10): 70-74.
- [7] 邵学民. 英法海底隧道的防火设计[J]. 安徽消防, 1997, (3): 36.
- [8] 朱庆. 英法海底隧道通车花絮[J]. 城市公用事业, 1994, (5): 38-39.
- [9] 段力平, 鞠茂森, 胡其勇. 对工程项目通过 BOT 方式进行技术转让的几点认识[J]. 水利经济, 2001, (2): 20-27.
- [10] 李京贵. 英法海峡隧道工程案例[J]. 中国投资, 1995, (2): 29.
- [11] James B. Tunnel vision[J]. Industry Week, 1994, 243: 50-52.
- [12] Kirwan P. Channel Tunnel the link to Europe: An overview and guide to the literature[J]. Reference Reviews. 1995, 9: 31.

The Channel Tunnel : Construction Process and Innovation Experiences

Li Yan, Mu Huansen

(School of Economics and Management of Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

Abstract: The Channel Tunnel is the world's second largest cross-harbor tunnel. The idea of this project was proposed at the beginning of the nineteenth century by French engineers, and the project began to be constructed in the 1870s by Britain and France, but it was terminated because of the British concern about national security. The two countries began construction of this tunnel in times of peace in the 1960s, but the project was shelved due to financial problems. The channel was finally completed and the channel operated successfully through the use of private capital in the 1980s. The Channel Tunnel, finally succeeded after two hundred years, provides useful historical experience, in particular innovative experiences, for our country to strengthen the practice of engineering innovation and build an innovation-oriented country.

Key words: The Channel Tunnel; engineering; engineering history

□ 责任编辑：陈定一