

中国
创造



海底的较量

厦门海底隧道

徐景明 著

厦门传播出版社

海底的较量

—— 厦门海底隧道

徐景明 著

辽海传播出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

海底的较量：厦门海底隧道 / 徐景明著

— 北京：五洲传播出版社，2013.12

（中国创造系列）

ISBN 978-7-5085-2696-6

I. ①海… II. ①徐… ②张… III. ①水下隧道—厦门市 IV. ①U459.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 292240 号

“中国创造”系列

策 划 / 荆孝敏 付 平

主 编 / 付 平

出 版 人 / 荆孝敏

海底的较量——厦门海底隧道

著 者 / 徐景明

图片提供 / 徐景明

责任编辑 / 黄金敏

装帧设计 / 张 凭 李洪涛

制 作 / 北京新影响文化发展有限公司

出版发行 / 五洲传播出版社

（北京市海淀区北三环中路 31 号凯奇大厦）

承 印 者 / 北京全海印刷有限公司

版 次 / 2013 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

开 本 / 710mm*1000mm 16

印 张 / 7

字 数 / 60 千

印 数 / 1-2000 册

定 价 / 45.00 元

目 录

前言 5

翔安隧道建设背景与决策过程 6

- 一、人类穿越海底的实现历程 8
- 二、翔安隧道：持续十多年的酝酿过程 16
- 三、资金管理一波三折，创新融资模式 26

建设：从勘测到攻克世界难题 30

- 一、勘探工作“有疑必探、无疑也探、先探后掘” 33
- 二、攻关全强风化土层与透水砂层 38
- 三、攻克世界难题海底风化深槽 48

重视安全质量，翔安隧道创造“零死亡” 58

- 一、安全施工“零死亡” 60
- 二、质量同于生命 66

精心打造景观、机电工程	70
一、通风竖井与雕塑令人过目不忘	72
二、机电系统安全可靠	80
不断积累运营经验，翔安隧道承担重任	84
一、通车当日通过量达 1.5 万辆	86
二、升级消防设施，完善隧道管理办法	90
三、科学管养、长治久安	96
四、翔安隧道助力区域经济发展	98
为中国海底隧道建设提供宝贵经验	102
一、科技创新成果	104
二、中国海底隧道的现实与展望	107
后记	110

海底的较量

—— 厦门海底隧道

徐景明 著

辽海传播出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

海底的较量：厦门海底隧道 / 徐景明著

—北京：五洲传播出版社，2013.12

（中国创造系列）

ISBN 978-7-5085-2696-6

I. ①海… II. ①徐… ②张… III. ①水下隧道—厦门市 IV. ①U459.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 292240 号

“中国创造”系列

策 划 / 荆孝敏 付 平

主 编 / 付 平

出 版 人 / 荆孝敏

海底的较量——厦门海底隧道

著 者 / 徐景明

图片提供 / 徐景明

责任编辑 / 黄金敏

装帧设计 / 张 凭 李洪涛

制 作 / 北京新影响文化发展有限公司

出版发行 / 五洲传播出版社

（北京市海淀区北三环中路 31 号凯奇大厦）

承 印 者 / 北京全海印刷有限公司

版 次 / 2013 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

开 本 / 710mm*1000mm 16

印 张 / 7

字 数 / 60 千

印 数 / 1-2000 册

定 价 / 45.00 元

目 录

前言 5

翔安隧道建设背景与决策过程 6

- 一、人类穿越海底的实现历程 8
- 二、翔安隧道：持续十多年的酝酿过程 16
- 三、资金管理一波三折，创新融资模式 26

建设：从勘测到攻克世界难题 30

- 一、勘探工作“有疑必探、无疑也探、先探后掘” 33
- 二、攻关全强风化土层与透水砂层 38
- 三、攻克世界难题海底风化深槽 48

重视安全质量，翔安隧道创造“零死亡” 58

- 一、安全施工“零死亡” 60
- 二、质量同于生命 66

精心打造景观、机电工程	70
一、通风竖井与雕塑令人过目不忘	72
二、机电系统安全可靠	80
不断积累运营经验，翔安隧道承担重任	84
一、通车当日通过量达 1.5 万辆	86
二、升级消防设施，完善隧道管理办法	90
三、科学管养、长治久安	96
四、翔安隧道助力区域经济发展	98
为中国海底隧道建设提供宝贵经验	102
一、科技创新成果	104
二、中国海底隧道的现实与展望	107
后记	110

前 言

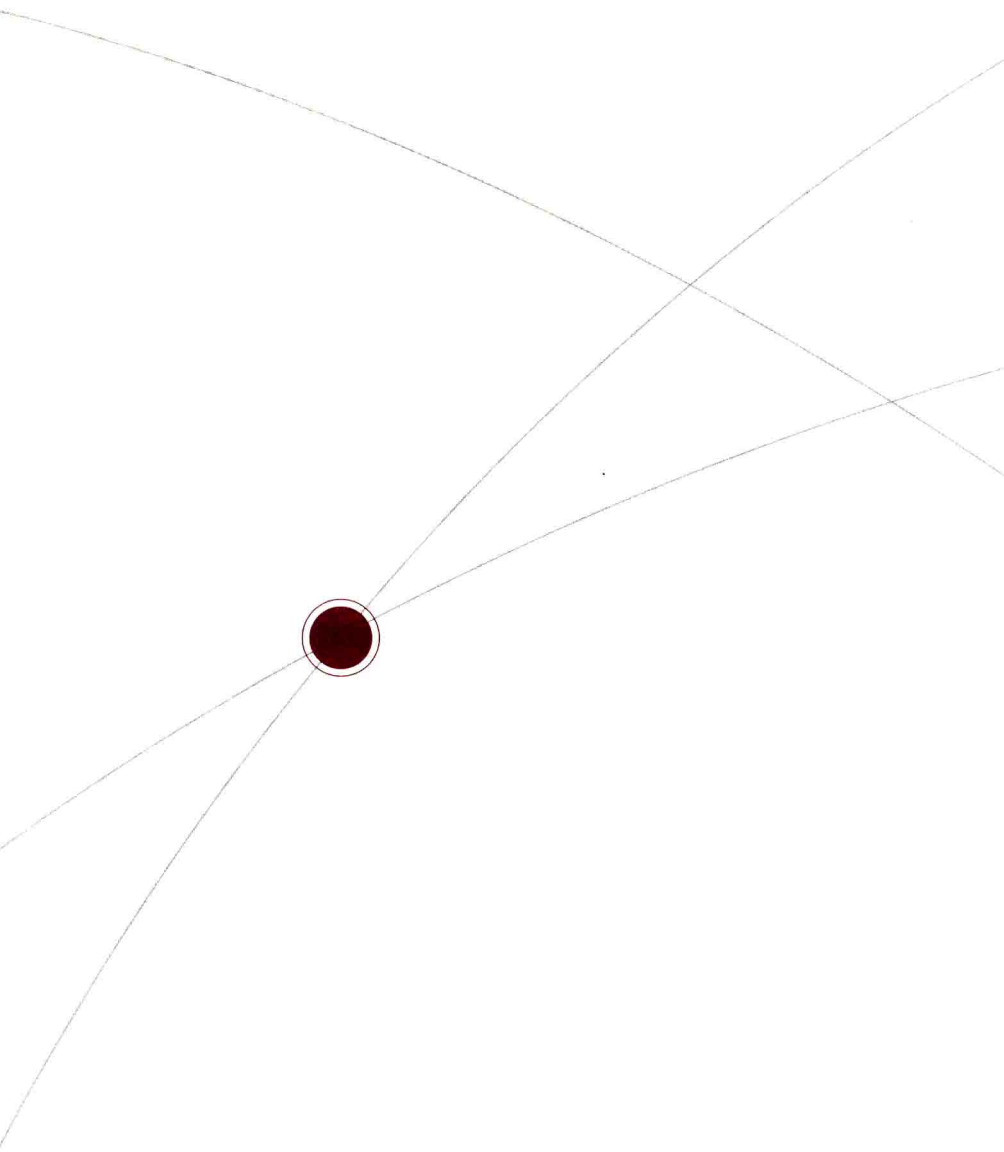
厦门翔安隧道是中国大陆地区第一座海底隧道，也是当今世界上断面最大的钻爆法海底公路隧道，由中国自主完成勘测、设计、施工，在中国隧道建设史上具有里程碑式的意义。

海底隧道建设是一项高难度、高风险的前沿技术，代表了隧道工程领域各项复杂技术的集成，也是综合国力的体现之一。目前，全世界已建成钻爆法海底隧道约 40 座，主要分布在欧美和日本等少数发达国家。尽管中国是山岭钻爆法隧道建设的大国，但山岭钻爆法技术还无法完全解决海底隧道设计、施工和运营存在的一系列技术难题。在厦门翔安海底隧道之前，国内尚无海底隧道工程实例，缺乏可操作的技术模式。

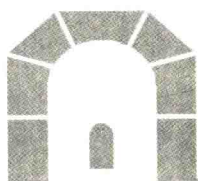
厦门翔安隧道建设环境十分复杂，地质条件异常复杂恶劣，不良地质段占总长的 54%，且覆盖层厚度小，需要穿越中华白海豚国家级保护区。其不良地质种类之多、规模之巨、风险之高，建设条件之复杂，在当今世界已建钻爆法海底隧道中前所未有的，存在世界级技术难题和特大建设风险。

厦门翔安隧道从 2005 年 9 月 6 日正式开工建设，到 2010 年 4 月 26 日开通，历时 4 年 8 个月时间；开挖、弃运的土石方约 235 万立方米，几乎可以填满埃及大金字塔；使用钢材 5.5 万吨，可造七座世界著名的巴黎艾菲尔铁塔；使用炸药 2500 吨；使用混凝土 87 万立方米。它采用自行研制的高性能抗腐蚀混凝土，可保用 100 年以上，抗震按 VIII 度设防。施工工艺达到世界级水平，系全国三大样板工程之一。

这是穿越世纪之梦的宏伟工程。翔安隧道建成以后，使原来厦门本岛通往翔安的 90 分钟车程缩短为 8 分钟。它极大提升了厦门岛内外一体化、城乡建设一体化战略实施的品位和速度，在被列入国家战略的海峡西岸经济区的建设中，具有划时代的深远意义和十分显著的社会以及经济效益。

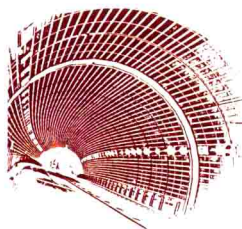


1



翔安隧道建设

背景与决策过程



人类穿越海底 的实现历程

地球上由于海洋的存在，陆地被分割，形成不同条件下的若干区域，并造成交通障碍。现今，随着技术的进步，人们之间的联系日益广泛，经济日趋发展，修建海底隧道、实现陆路相通，成为一个良好的契机。

同时，城市的发展速度逐步加快，交通需求与土地资源的矛盾日益加深。随着地铁等地下交通方式的不断兴建，隧道已经成为开发利用地下空间的主流方式。工程界认为：19世纪和20世纪是长大桥梁、高层建筑发展的时代，而21世纪将是长大隧道工程发展地下空间的时代。

海底隧道的发展可以追溯到1751年提出的英吉利海峡隧道的设想，但限于当时技术和资金上的困难，直至1994年这一构想才得以成为现实。日本20世纪40年代（1939年动工，1944年竣工）在关门海峡修建的海底隧道是世界上最早的海峡隧道。20世纪70年代之后，日本、挪威、英国等国家的大量海底隧道相继建成。日本于1988年贯通了穿越津轻海峡的青函海底铁路隧道，全长53.85km。日本青函隧道与英吉利海峡隧道堪称20世纪最宏伟的隧道建设壮举。以青函隧道的建成为契机，世界各国横断海峡的热情迅速高涨。许多被视为“梦想”的横断海峡的宏伟计划，都呈现出“现实”的曙光。

► 日本青函隧道

为新干线铁路隧道，穿过津轻海峡，全长 53.85km，海底段长 23.3km，采用钻爆法施工。隧道在海面下最大埋深 240m，其中水深 140m 左右，隧道顶部岩层平均厚度 100m，隧道设计最大纵坡为 12%。隧道由两条主洞和一条辅助坑道组成，主洞为双线马蹄形断面，内径 9.6m，与主洞平行，间距 30m 处设辅助施工坑道。辅助坑道直径 5m，其目的是作为地质探洞进行地质调查，并处理主洞涌水和增开工作面，隧道建成后用作维修坑道及通风坑道。隧道共设斜井 6 座，竖井 2 座。海底段隧道工程于 1972 年正式开工，1983 年导坑贯通，1988 年 3 月全线通车。

隧道通过地层主要为受到很大扰动的火山质岩和中新流沉积岩，地下水为基岩裂隙水，突然涌水与断层有关，并与海水有一定的水力联系，沿线海底段有 9 条较大的断层，其它小断层每千米约 1—3 处，地质条件十分复杂。

在青函隧道的施工过程中，为了防止发生海底涌水，曾经采取了多项预防措施，如水平超前钻孔，注浆加固围岩等，但涌水仍是防不胜防。这些涌水事故都发生在断层地带，虽然这些断层地带都已经过大量的注浆加固。青函隧道施工过程中主要发生了四次大的涌水，对施工影响很大。青函隧道施工中处理涌水事故，最长的一次花了近一年的时间。



► 英吉利海峡隧道

是采用掘进机法施工的最具代表性的水底隧道，该隧道全长 50.5km，海底段 37km，共设有三条平行的洞室，其中两条单线铁路隧道，内径 7.6m，相距 30m，中间为服务隧道，直径为 4.8m。每条主洞有一单线铁路与一人行道。服务隧洞作通风、维修及整体安全之用，在施工期间则可用于超前地质预报。

隧道位于海床底以下 40—50m，采用 11 台掘进机施工，交叉转线段及横通道采用钻爆法施工，掘进机的辅助设备车架长数百米，其昼夜不停地施工，推进速率达到每月 1400m，仅用 4 年，1994 年隧道即全线贯通。

英吉利海峡隧道线路根据 19 世纪时已标定的蓝色白垩层而定，此种岩层坚实但不太硬，又不透水，是理想的掘进地层。由古代沉积地层组成的英吉利海峡的地质状况十分稳定，无断层、无地震活动迹象、无褶皱，有较好的施工条件。

英吉利海峡隧道工地是 20 世纪最大的工地之一。整个工程工期计划为 7 年，实际只用了 4 年，工期是很短的。为尽快开通隧道，共有 11 台隧道掘进机同时施工。隧道掘进机上的各班组日夜轮班不停，每一工作面有五个班组。

► 丹麦斯多贝尔海峡铁路隧道

长 7.9km，盾构法施工长 7.26km，盾构直径 8.782m，管片厚 0.4m，

海峡工程总长 18km，总造价约 40 亿元。该工程被称为两个“世界第一”：一是用大规模的排水系统来降低大海峡下面隧道线路周围孔隙水的压力，使主隧道和横通道施工更容易更方便。二是采用多阶段保护战略，保证工程结构有 100 年的使用寿命。

隧道外径达到 8.5m，隧道内每隔大约 20m，设置一个永久性的轨道界标板，以利于铺设永久轨道，架设架空电线的构架及供简单区域量测的其它用途。隧道采用位于每孔隧道最低处的集水坑进行排水，在正常行车运行条件下不需要隧道通风。

► 中国香港地区海底隧道

中国香港地区于 20 世纪 70—80 年代修建了 5 座海底隧道，包括 3 座公路沉管海底隧道，2 座掘进机（TBM）法施工的地铁轨道交通隧道。这些隧道长度都在 1.5km 左右。

公路交通隧道：

1. 香港西区海底隧道，双向三车道，沉管形式；
2. 香港红磡海底隧道，双向三车道，沉管形式；
3. 香港东区海底隧道，双向三车道，沉管形式。

轨道交通隧道：

1. 香港地铁中环线海底隧道，双管掘进机（TBM）法隧道；
2. 香港地铁将军澳线海底隧道，双管掘进机（TBM）法隧道。



此外香港地区还有数条供水和污水输送海底隧道，大部分采用TBM法施工。

以上每一座隧道，都积累了一些宝贵的经验。在翔安隧道的修建过程中，外国的专家，大多也是这些隧道项目的建设者。

世界部分海底隧道一览表

隧道	类型	建成时间	长度	最深点	埋深(m)	修建国	断面积	备注
关门隧道 1	铁路	1944	3.6km	-40m	最小 9.5m	日本	76.9m ²	灰绿凝灰岩、花岗岩
关门隧道 2	公路	1958	3.4km	-50.1m	最小 20.7m	日本	93m ²	闪绿岩、角闪岩
新关门隧道	铁路	1975	18.71km	-50m	68.5m	日本	74m ²	海底部分为玢岩、花岗岩 闪绿岩
青函隧道	铁路	1988	53.85km	-140m	最大 240m 平均 100m	日本	37m ² 108.48m ²	安山岩、火成岩、沉积岩
Alesund-Ellingsøy	公路	1987	3.49km	-140m	最小 40m	挪威	68m ²	前寒武纪片麻岩
Ellingsøy-Valderøy	公路	1987	4.17km			挪威	68m ²	前寒武纪片麻岩
Ellingsøy	公路	1987	3.5km	-140m		挪威	65m ²	片麻岩