

跨海通道与海洋开发

吴之明¹, 巫永平², 李启迪³, 马东兴⁴

1. 清华大学土木水利学院, 北京 100084
2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084
3. 国家开发银行, 北京 100031
4. 中国科学院建筑设计研究院, 北京 100080

摘要 分析了海洋世纪带来的机遇和挑战。认为跨海通道将成为海洋开发的重要基础设施。跨海通道的研发和建设, 将有力带动海洋工程技术多方面的进步和创新, 促进海洋产业的发展, 并有利于改善中国海洋安全态势。

关键词 跨海通道; 陆海交通枢纽; 海洋工程科技; 海洋产业; 海洋安全

随着海洋世纪的到来, 海洋已成为各国争夺与较量的场所。海洋不仅关系到国家的主权与安全, 更关系到国家的未来发展^[1]。党的十八大确立了建设海洋强国的历史性战略。中国有数以千万计的大小岛屿, 它们是中国不可分割的领土, 是发展海洋经济、维护国家海洋权益的重要基地。发展海洋经济同样需要交通先行, 包括空中、海面、水下交通建设及发展。跨海桥隧通道是连接大陆与岛屿和岛屿之间的固定通道, 比航空运量大, 比海运更快捷, 并具有安全、可靠、长续化等优势。本文讨论跨海通道研发和建设在海洋开发和海洋强国中的地位和作用。

1 走向海洋——新时代的战略决策

1.1 “海洋世纪”的到来

16世纪指南针、造船技术的应用和发展, 开创了航海时代, 出现了西班牙、葡萄牙、荷兰、英国等强国, 发现了新大陆, 带来了世界的巨大变化。20世纪通信和航天技术的应用和发展, 开创了航天时代, 出现了苏联、美国两大超级大国, 实现了人类登月乃至飞向太空, 同

样带来了世界的巨大变化。21世纪以来, 人类面临人口持续增长、城市空间拥堵、陆地资源和能源面临枯竭等重大挑战, 走向海洋成为必然的抉择。2001年, 联合国提出“21世纪是海洋世纪”。美国曾指出: 海洋是地球上“最后的开辟疆域”, 未来50年要把重点从外层空间转向海洋, 更确切地说是开拓深海和海底的时代。中国在即将给世界带来新巨变的海洋时代, 做出了历史性的海洋强国战略决策, 落后就要挨打, 中国必须有大的作为。

1.2 巨量的海洋资源有待开发

海洋占地球表面积的71%, 海洋最深处达海拔-11000 m。地球上80%的生物在海洋中。在保持生态平衡的条件下, 海洋可给人类提供30亿t鱼、贝和水生植物, 能满足300亿人的蛋白质需要。仅大陆架可采石油的储量就达2500亿t, 相当于陆地储量的3倍。随着海洋农牧技术的深入探索, 许多近海海域将成为蓝色田野和牧场^[2]。专家在研究台海通道时, 都曾提出它首先是一个交通工程, 同时可以也应当成为开发、利用海洋的基础设施^[3]。

1.3 中国的维护“海权”之路

西方海权论学者马汉认为“所有国家兴衰, 其决定因素在于是否控制海洋”。这个观点深刻揭示了海洋问题的本质——经济利益。西方“海权”之义包含海洋权力、权益、霸权等。中国维护“海权”则是维护主权范围的权益, 而非以海洋权威称霸四海。

明清以来, 倭寇嚣张袭扰沿海, 荷兰入侵台湾, 鸦片战争, 甲午战争……乃至朝鲜战争, 无不证实了“帝国主义侵略中国, 大都是从海上来”。因此, 毛泽东主席明确指出“为了反对帝国主义的侵略, 我们一定要建立强大的海军”。邓小平进一步阐明“海洋不是护城河, 中国要富强必须面向世界, 必须走向海洋”。

自1996年7月7日《联合国海洋法公约》对中国正式生效起, 中国开始对300多万km²的海洋国土行使管辖权。但是至今仍有100多万km²海洋国土与日本、韩国、朝鲜、越南、菲律宾等相邻各方存在争议, 或被非法占据。有十几个国家的100多家公司在中国南海从事油气开采, 钻井1000多口, 盗取中国海洋资源。

收稿日期: 2016-08-04; 修回日期: 2016-09-28

作者简介: 吴之明, 教授, 研究方向为工程建设项目管理、海峡通道项目开发, 电子邮箱: wuzhim@tsinghua.edu.cn

引用格式: 吴之明, 巫永平, 李启迪, 等. 跨海通道与海洋开发[J]. 科技导报, 2016, 34(21): 11-15; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.21.001

2 跨海通道——海洋开发的基础设施

海岸、海岛、海上、海底的各种海洋工程为海洋开发提供不可或缺的基础设施。跨海通道研究、开发将会全面带动海洋工程各相关学科的进步和创新,带动海洋工程建设能力的大大提升,并走向世界的前列。

2.1 中国在建和规划中的跨海通道

举世瞩目的港珠澳大桥是中国在建的超大型跨海通道工程,渤海、台湾、琼州三大海峡跨海通道均已列入国家规划(图1)。

港珠澳大桥工程连接港珠澳3地,总长约50 km,由海中岛隧、3地连接桥梁和口岸工程组成。目前人工岛已基本建成,沉管隧道已完成总长的3/4以上。预计2017年全部建成后,将改变珠江西岸与东岸及港、澳地区的交通不便和经济发展滞后的状况,形成3地“1小时交通圈”,大大增强港澳及珠江东岸地区经济辐射带动作用,充分挖掘珠江西岸资源、市场优势与发展潜力,有力促进港、澳及珠三角地区持续繁荣和稳定。该工程还实现了多项工程技术突破,创造多项世界之最:5664 m最长海底沉管隧道;超大钢筋砼管节预制、浮运、沉放、对接、密封及解决基槽和海床回淤、地基不均匀沉降控制;复杂海况下深水人工岛的建造等。该工程的成功将中国建造跨海通道的技术水

平推向世界先进行列^[4]。

渤海海峡跨海通道,从山东蓬莱经长岛至辽宁旅顺,隔海直线距离106 km,将目前绕渤海的C型交通变成直达,使东北到山东和长三角的运距比原来绕山海关缩短400~1000 km,更可直接沟通同江—三亚高速公路主干线,为中国沿海地区再添一条交通大动脉。东北由于交通及其他相关原因,经济发展明显落后于东南沿海,东北三省GDP还不及山东一省。建设渤海海峡跨海通道将有利于东北地区接受东南沿海的经济辐射,扩大资源、市场优势,有力推动“振兴东北老工业基地”战略目标的实现,为将东北、环渤海、长三角、珠三角四大经济区紧密联接、整合,形成一体化大市场创造条件。该通道还将强化首都“东大门”的防御,便捷部队在关内外的机动,确保后勤保障,增强国防体系。鉴于渤海海峡一连串岛屿可作“跳板”,为工程建设提供有利条件,更由于该通道的重大意义,有望在中国三大海峡通道中率先启动建设^[5]。

2.2 研发海洋工程建设的先进科技

在海洋环境中进行工程建设与在陆地上进行工程建设有巨大的差异,面临许多新的课题,需要以开创性研究来解决。通过跨海通道项目,带动研发海洋工程建设的先进科技,可包括(但不限于)以下方面。

1) 海洋工程勘探技术,如深海钻

井勘探、海洋钻井平台建造技术、海洋物理勘探等。中国已自主研发了多台海上钻井勘探平台,可在水深达3000~4000 m的海域钻孔、取样,已在中国渤海、东海、南海,以及东南亚、中东、北海、墨西哥等海域提供作业服务。根据联合国规定,公海矿产资源遵循谁有能力先勘探,谁就具有优先开发权的规则,中国今后应向更深的海域和更大的钻井深度迈进,探明并开发海底丰富、珍贵的宝藏。

2) 海洋工程设计与施工方法和技术创新,如人工岛建造技术,沉管、沉井建造技术,超大跨度桥梁的结构、抗震、抗风技术,超高深桥墩的结构、基础处理技术,以及潜伏隧道、潜进隧道、隧道桥等设计构想和施工方法的深化、完善等^[5-7]。桥梁与隧道的结合是海洋工程技术创新的一个亮点。桥梁技术成熟,运行畅通,视野宽阔,但最大的弱点是频受恶劣天气的影响。隧道虽然空间受限,但可全天候运行是其独特的优势。自20世纪末以来,多位专家曾提出封闭式桥梁结构,犹如隧道架于桥墩上;以及可通风、采光的带窗半封闭隧道桥,能遇恶劣天气时阻挡外界侵袭,兼容桥和隧的各自优点。在中国渤海湾跨海通道研究中,还曾提出过水下隧道桥方案,这是悬浮隧道的一个变种,西方也称作“阿基米德桥”。不过水下隧道桥仍要面对水下桥墩施工和下水下隧道管段沉放等技术难题。笔者近年提出“潜进隧道”构想,即利用民用工程潜艇将岸上预制、连接的隧道管段牵引潜入海底,这实际上是对沉管隧道、悬浮隧道、水下隧道桥方案的演进。以上这些创新研究将为海洋开发,特别是开发海底交通和海底资源开辟新的前景。

3) 海洋施工机具的研发,如海上施工平台,海上起重、吊装、打桩设备,水下挖掘、牵引机具以及民用工程潜艇的研发等^[6]。中国研发民用工程潜艇的建议,原本旨在克服沉管隧道从海面沉放管段和深海实施管段连接等困难和风险。据报道,法国已提出了《水蜘蛛号》潜艇计划,旨在解决石油勘探与



图1 港珠澳大桥工程概况

Fig. 1 Survey of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge project

大陆架开发遇到的困难。若此类研发能成功并广泛应用,必将改变目前海洋工程大多依赖海面施工平台的状况,为海洋工程向深海扩展创造条件。

4) 新型海洋工程材料开发,如高强轻质材料、抗海洋腐蚀材料、高耐久性材料、高性能水封材料等。石墨烯技术的进展不仅预告了一场能源革命的到来,而且也将带来令人惊喜的材料革命。据报道,石墨烯强度超出钢铁几十倍,有望被用于制造超轻型飞机、超坚韧防弹衣等。当然也有望被用于建造跨海大桥,这将大大突破桥梁跨度的1991 m 现有记录(日本明石海峡悬索桥)和3000~5000 m 的理论极限。

5) 海洋能发电技术开发,如利用洋流能、海底热能、波浪能发电,用于跨海通道的照明、通信、排水、通风,消防等的供电和备用供电,以及海洋离岛的用电。据科学家估计,全球波浪能的理论值约为 10^9 kW 量级,为现在世界发电量的数百倍。人类居住和经济活动大部分聚集在沿海地带,波浪能发电无需长距离输送。波浪能发电装置有多种型式,有的可发挥海岸前沿辅助防波堤的作用。目前波浪能发电还存在效率低、造价高等难题,有待解决。不过,对于小岛和海洋设施的少量用电仍是一个优先的选项。

2.3 研发水下港口、码头、油库

为了获取无比丰富的深海宝藏,中国也开始追赶发达国家,发展潜艇和深潜技术。2012年6月中国蛟龙号载人深潜器创造最大下潜深度超过7000 m 的纪录,2016年9月万米级深潜器“张謇号”首航凯旋。中国多次开展深海科考,取得了世界一流的成果。由于人类还无法掌控威力巨大的气象、海象对海面的摆布。因此,思考从陆地直接通向海底的办法,也将成为值得探索、研究的课题。

跨海通道的主要型式为桥和隧,或两者不同方式的组合。桥、隧不仅可以连接两块陆地,也可以直接通向深海和海底。隧道自然可通向海床表面,乃至海底以下的地层。跨海大桥通过建造特制的带升降竖井的桥墩也能通向海

底。桥、隧若在海底开设“窗口”,即设置特制的“出入舱”,在出口处建造用于潜艇停靠的水下港口和码头以及仓库、油库等,将为军用、民用潜艇执行海洋安全、海洋科研、海洋产业提供可靠、隐蔽、便捷的前沿基地,并大大提高中国的国防和海洋维权实力。

仿生学让人类向鸟类学习,飞上蓝天;难道就不能向鱼类学习,戴上“人工鳃”,走出水下码头“出入舱”,在海底自如漫步、徜徉。

建设具有海洋开发功能的跨海通道,目前仍面临造价高、工期长、风险大等难题,迫切需要海洋工程科技的创新,以迎接“海洋时代”的到来。研发下一代海底隧道技术是一项富有挑战性的课题。

2.4 跨海通道与海洋产业的互动

发展海洋产业和其他产业一样,必须有交通的先行条件。跨海通道不仅可连接大陆和主岛,还能连接沿途的离岛,甚至在未来进一步扩展为海底交通网,将为海洋产业发展提供一种新的、更强有力的交通支持。

2.4.1 跨海通道终端建设海洋产业基地

依靠跨海通道将提供的陆地、海上、海底交通枢纽地位,为通道终端建设海洋产业基地创造了十分有利的条件。譬如,利用休渔期间开展休闲渔业,提供海上旅游、娱乐垂钓等;开发潮流能、波浪能发电示范项目,既能提供能源,又可吸收海洋的破坏性能量,起到防护海岸、桥墩的辅助作用;开发海洋空间,包括滨海和岛屿绿色易居房地产项目,解决抗台风、抗暴雨、抗侵蚀、淡水供应、清洁能源问题;海洋矿产资源开发,包括油气资源、海底矿物资源、海砂资源等,以及海洋科技、海洋文化等各种产业。在通道终端提前发展海洋产业还有利于为通道建设筹集资金。

2.4.2 发展海岛经济,巩固海岛主权

建设通道终端海洋产业基地还有一项重要任务,就是研发在面积较小的离岛上提供适宜居住和经济发展的基础条件。1982年,联合国海洋公约会议通过的《联合国海洋法公约》确立了

岛屿制度。按照公约规定,凡是有人居住可以维持经济生活的岛屿,可以同大陆一样,划定12海里领海、200海里专属经济区和按照自然延伸原则扩展到大陆架边缘更加广阔的海域。拥有岛屿主权的国家将对这一广大区域的生物资源和海底矿产资源拥有主权利。中国拥有500 m²以上岛屿6500多个,但大多为无人岛。因此,研发为散布于辽阔海上的离岛提供淡水、能源、交通、通信、给养等基础设施的方法,创造人居生活条件,发展离岛经济,对维护国家海洋权益具有重大的战略意义。

2.4.3 从跨海通道走向海底交通网

中国是世界上海岛最多的国家之一。据国家海洋信息中心统计,在中国7371个海岛中,大陆管辖区有6962个、台湾224个、香港183个、澳门3个,90%以上为无居民海岛。从长远的战略眼光看,跨海通道干线将扩展支线建设,以及通过水下港口和航运潜艇形成连接大陆、主岛、离岛的海底交通网。区域开发交通先行,深海开发同样需要交通网的支持。

3 两岸合作开发台海通道,改善中国海洋安全态势

共同维护中华民族的海洋利益和开发海洋资源是海峡两岸的共同历史使命。在处理钓鱼岛和南海争端上,台湾民众和前马英九当局与中国政府和人民,在坚决维护国家海洋权益上的一致立场和默契,很好地体现了这一点。某些不怀好意的国家企图挑拨两岸关系,正说明两岸联手维护中国海洋权益是他们最害怕的利器。台湾海峡通道是实现海峡两岸共同历史使命的伟大工程。

台湾海峡隧道构想和建议,首先于1997年在《科技导报》发表^[8],后在1998年厦门首届台湾海峡隧道论证学术研讨会上提出,至今共举行了10届学术研讨会。两岸和海外学者、工程专家,对海峡地区地质、气象、海况,工程技术及经济、社会环境影响等诸多方面进行广泛探讨。2007年福建和台湾交通专业协会共同主持成立“台海通道工程学

术委员会”,作为两岸合作平台。此后,各届研讨会分别在闽台两地轮流举办,学术和工程研讨不断深入。现已提出北、中、南等5条备选线路(表1,图2)。

因北线距离最短,地质、地震条件相对较好,靠近福州、台北政治、经济中心;南线虽线路最长,但因具有靠近厦

门、台南、高雄等经济发达的中心城市,并途径多个岛屿等有利因素,受各方更多关注和重视。北线方案已显示在国家高速公路网规划图中。在工程型式方面,提出过全隧、全桥和桥隧组合等方案,以及先期修建公铁跨海轮渡和厦(门)—金(门)大桥的建议^[6]。

通过两岸合作开发台海通道,显示两岸“兄弟齐心、其利断金”的决心和意志,不仅可以最大限度实现中华民族的海洋利益,也将使不怀好意的国家受到震慑,从而改善中国的海洋安全态势。

4 结论

中国海疆面积约占陆地、海洋疆域总面积的24%。中国2015年全国海洋生产总值为64669亿元,占全国国内生产总值的9.6%,远低于陆地的产值。占比最大的5个主要海洋产业是滨海旅游业、海洋交通运输业、海洋渔业、海洋工程建筑业和海洋船舶工业,产值超过主要海洋产业产值的90%。除了传统的海洋渔业外,其他各海洋资源开发利用产业,如海洋矿业、海洋油气业、海洋生物医药业等,占比都很低,其总和还不到10%^[9]。

面临陆地资源趋于枯竭的危机,面对海洋霸权国家对我国强化岛链封锁的威胁,我国发展海洋经济,实施海洋强国战略,务必加速交通先行的步伐。加强跨海通道的研发和建设,服务于海洋开发和海洋强国战略目标,从而带动各海洋学科,特别是海洋工程科技的进步,对促进国民经济和海洋产业结构性改革,尤其是加速海底资源开发,具有重要意义。期待到2021年,即“中国梦”的“第一个百年”,跨海通道的研发有新的突破,海洋经济的产值增长能达到10%左右,高出国内生产总值的增长;到2049年,即“中国梦”的“第二个百年”,中国三大海峡通道能相继建设或建成,海洋生产总值占国内生产总值达到1/4,改变海洋产业滞后的状况,国家海洋权益得以牢牢掌控,霸权国家对我国的岛链封锁得以彻底冲破。走向海洋是中华民族伟大复兴之路的必由选择。

表1 台湾海峡通道备选线路
Table 1 Alternatives of Taiwan Straits Crossing

线路名	起始、途经和终点	长度/km
北线	福建福清—平潭岛—台湾新竹	约144
中北I线	福建莆田(石城)—南日岛—台湾苗栗	约147
中北II线	福建莆田(平海镇)—南日岛—台湾台中	约156
中南线	福建晋江—台湾南投	约236
南线	福建厦门—金门岛—澎湖列岛—台湾嘉义	约246



图2 中国台湾海峡通道线路示意
Fig. 2 Taiwan Straits Crossing routes

参考文献 (References)

- [1] 国家海洋局海洋发展战略研究所. 中国海洋发展报告(2013)[M]. 北京: 海洋出版社, 2013.
- [2] 徐燕峰, 陈少非. 收藏海洋[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [3] 台湾海峡隧道论证学术研讨会论文集编委会. 台湾海峡隧道论证学术研讨会论文集[C]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [4] 陈国林, 茅力元. 聚焦世界最大桥隧结合工程——访杨文武副总裁[J]. 桥梁与隧道, 2015(6): 8-13.
- [5] 柳新华, 徐清照, 刘良忠. 适时兴建渤海海峡跨海通道的研究与建议: 渤海海峡跨海通道对环渤海经济发展及振兴东北老工业基地的影响研究[M].

- 北京: 经济科学出版社, 2009.
- [6] 吴之明, 巫永平. 台湾海峡通道建设的政策环境、线路评价及型式探索[C]//2012海峡两岸通道(桥隧)工程学术研讨会论文集. 福建: 福建省交通协会, 2012.
- [7] 林元培, 窦文俊. 台湾海峡大桥——全天候通道方案[C]//2012海峡两岸通道(桥隧)工程学术研讨会论文集. 福建: 福建省交通协会, 2012.
- [8] 吴之明. 英吉利海峡隧道工程的经验教训与21世纪工程——台湾海峡隧道构想[J]. 科技导报, 1997, 15(2): 12-16.
- [9] 国家海洋局. 2015中国海洋经济统计公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2016.

Strait crossing and ocean development

WU Zhiming¹, WU Yongping², LI Qidi³, MA Dongxing⁴

1. School of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China
2. School of Public & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China
3. China Development Bank, Beijing 100031, China
4. Institute of Architecture Design and Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

Abstract This paper briefly describes opportunities and challenges in the ocean era and points out that the strait crossing is becoming an important infrastructure of ocean development. It is also noted that R & D and construction of strait crossing can effectively promote the progress and innovation of marine engineering technology in a wide range and the development of marine industry, and can improve the marine security situation in China as well.

Keywords straits crossing; land and sea transport hub; marine engineering technology; marine industry; marine safety

(责任编辑 王媛媛)