

渤海海峡跨海通道工程论证的初步研究

刘洪滨

(中国海洋大学,山东青岛266071)

摘要 渤海海峡跨海通道工程以鲁东大学为代表的众多专家已研究、论证20余年。工程建设意向方案有三:利用庙岛群岛作为桥墩的桥梁方案、南桥北隧方案、全海底隧道方案。笔者上世纪80年代参与过胶州湾青黄通道论证,关注过渤海海峡跨海通道工程,并有机会考察国内外多个大型跨海通道工程。根据积累的经验,将渤海海峡跨海通道与胶州湾青黄通道做一些对比,得出的基本认识:桥梁易受气象、海洋环境影响和战争破坏,不赞同这种方案;桥隧方案与桥梁方案一样,只不过桥的距离短一些;若工程上马的话,建设全程海底电气化铁路隧道为宜。通道地处郯庐大断裂东侧约40 km,海区NE、NW两组断裂发育,处在活动强震区内,对跨海通道工程会产生严重不良影响。我们需要从地震地质、工程抗震、海洋、气象等自然环境等多方面、多角度进行深入细致的研究和长期监测,结合社会、经济需求,充分论证后做出决策。

关键词 渤海海峡;跨海通道;跨海大桥;海底隧道;地震

渤海海峡跨海通道以鲁东大学为代表的众多专家已研究、论证20余年。工程建设意见从早期的桥隧工程转向隧道^[1,2]。上世纪80—90年代,笔者介入了胶州湾青黄通道的论证,当时以我国著名海洋工程专家侯国本教授为代表的多数海洋专家力主建设海底隧道,而桥梁专家主张建设跨海大桥,双方争论不休。本人当时主张建设隧道,不赞同胶州湾建设跨海大桥^[3]。最终青岛市决定胶州湾的海底隧道、跨海大桥一起上。2011年6月海底隧道、跨海大桥同时通车。胶州湾青黄通道解决的是青岛市市内交通瓶颈问题,产生了一定的社会效益。青黄通道工程规模、社会、经济作用无法与渤海海峡跨海区域通道相比,但是其经验教训还是值得借鉴的。青黄通道通车几年来的实践证明,我们过去的认识是对的,胶州湾海底隧道无论从通过能力、抵御自然灾害和恶劣天气的能力、工程造价、对胶州湾生态环境的影响等方面的优势远大于胶州湾跨海大桥。

20世纪80年代起,笔者作为访问学者在英国、美国知名学府、研究机构进修,期间带着跨海通道问题遍访西欧、北美、日韩等国,考察了欧洲海底隧道、

日本青函海底隧道、东京湾公路桥隧通道、仁川湾跨海大桥和挪威的一些隧道、桥梁等,获得了不少有益的启示。进入21世纪以来,我国跨海大桥、海底隧道建设实现了大的突破,对沿海经济社会发展起到了有力的推动,也缩小了我国跨海通道建设与国际先进水平的差距。

跨海通道工程基本可分为三大类:一是沿海地区大江大河河口(如长江口、珠江口)、海湾湾口(如旧金山湾、胶州湾、杭州湾)的通道工程,以及近海海岛的(如挪威众多海岛、中国舟山群岛、厦门岛)连接通道工程,主要目的是打通市、县、区域的交通瓶颈,其长度为数千米至数十千米,投资规模多为十亿元级到百亿元级。二是海峡跨海通道工程,包括日本青函海底隧道、渤海海峡通道、台湾海峡通道和琼州海峡通道,主要目的是连接省级区域,其长度为数十千米至百千米,投资规模为百亿元级到千亿元级。三是国际跨海通道,如欧洲海底隧道工程,构想中的中韩日跨海大通道,长度为百千米级,投资规模在千亿元以上。我国目前正在建设的跨海通道基本属于第一类,大型海峡通道建设尚在论证中。

1 我国跨海大桥、海底隧道建设基本情况

1.1 跨海大桥

跨海大桥是跨越海湾、河口或其他海域的桥梁。我国跨海大桥建设在2000年以后开始加速,“十一五”以后形成了一个建设高潮。1991—2010年,共建成跨海大桥31座,仅2008—2010三年间建成的就有14座。从拟建、在建项目情况看,我国跨海大桥建设高潮仍在持续。目前在建跨海大桥项目20个,总投资1278亿元;拟建项目17个,投资额5188亿元。预计“十二五”期间建成跨海大桥24座。已经建成的跨海大桥中,横跨海域、长度超过20 km的有4座,分别是东海大桥、杭州湾大桥、舟山大陆连岛跨海大桥和胶州湾大桥。正在建设的有象山港大桥、厦漳跨海大桥、港珠澳大桥等,规划建设有浙江六横大桥等^[4]。

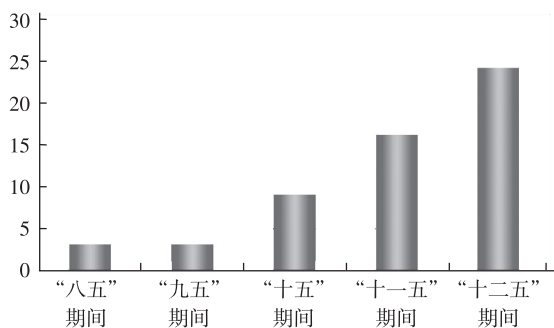


图1 我国跨海大桥建成数量(单位:座)

Fig. 1 The cross bay bridges has build in China (by number)

1.2 海底隧道

我国海底隧道工程建设起步较晚,已建成的大型海底隧道有两条,分别是厦门翔安隧道和青岛胶州湾隧道。厦门翔安隧道是由国内专家自行设计的海底隧道,也是世界上第一条采用钻爆法施工的海底隧道,该隧道是连结厦门岛和翔安区的公路隧道,2010年4月通车。青岛胶州湾隧道是目前我国最长的海底隧道,穿越青岛胶州湾湾口,于2011年6月通车。琼州海峡、台湾海峡以及渤海湾等隧道工程也正在酝酿论证中。

2 跨海通道工程技术水平达到新高度

2.1 跨海通道设计施工技术大幅提升

跨海大桥和海底隧道工程技术的发展,代表我国海洋工程总体水平的提升。与跨越(穿越)河流

的桥梁、隧道相比,跨海大桥和海底隧道具有长度大、跨度大、深度大等特点。如杭州湾大桥工程全长36 km,海上桥梁长度达35.7 km;胶州湾大桥海上段长度25.2 km。厦门翔安海底隧道最深在海平面下约70 m,青岛胶州湾隧道最深在海平面下82 m。这不仅增加了工程量,也给施工组织和运营管理带来了许多难题。大型跨海通道还具有投资巨大的特点,厦门翔安隧道与青岛胶州湾隧道的总投资都超过了30亿元,青岛胶州湾跨海大桥投资超过100亿元。

跨海通道建设普遍面临自然条件复杂、施工条件差、制约因素多等困难,这对设计和施工技术水平提出了较高的要求。以杭州湾跨海大桥为例,施工区水文气象条件复杂,有效作业时间年均仅180 d左右;工程地质条件较差,软土层厚达50 m,南岸浅滩区10 km范围内存在浅层沼气;南岸滩涂区长达9 km,施工作业条件受到限制;大桥处于海洋强烈腐蚀环境,对大桥结构耐久性影响很大。胶州湾大桥也同样面临诸多施工困难:冰冻期长达60 d左右;胶州湾海域海水盐度29.4‰~32.6‰;桥梁受通航、航空双重限制,桥面以上塔高、拉索布置的空间有限。海底隧道建设则主要面临深水区施工作业风险;深水海洋地质勘察的难度高、投入大,漏勘与情况失真的风险程度增大;高渗透性岩体施工开挖所引发涌/突水(泥)的可能性大,且多数与海水有直接水力联系,达到较高精度的施工探水和治水十分困难;海上施工竖井布设难度高,致使连续单口掘进的长度加大;饱水岩体强度软化,其有效应力降低,使围岩稳定条件恶化;全水压衬砌与限压/限裂衬砌结构的设计要求高;受海水长期浸泡、腐蚀,高性能、高抗渗衬砌混凝土配制工艺与结构的安全性、可靠性和耐久性要求严格;城市长跨海隧道的运营通风、防灾救援和交通监控,需有周密设计与技术措施保证等。

我国在跨海通道设计施工过程中,面对新环境、新问题,因地制宜地大量采用技术创新和工艺创新,是我国跨海通道建设中的一个显著特点。例如,在杭州湾大桥建设中,为减少海上作业量,大桥70 m预应力混凝土连续箱梁采用整体预制架设的方案,重达2160 t的箱梁采用运架一体专用浮吊吊装架设;大桥水中区墩身采用预制墩身方案,利用大型船舶运至墩位处吊装;针对桥址处局部区段富含天然气的情况,采取主动控制放气及增大端阻力与发挥

桩侧阻力增强效应的对策,保证了桥梁基础稳定。在厦门翔安隧道施工中,在软弱大断面,采用了改进的CRD工法和分工序变位控制法,使围岩变形控制在允许范围内;对隧道顶板厚度小于隔水层厚度的富水砂层地段,根据浅滩地表条件,因地制宜地选了地表连续墙分仓截水,仓内井点降水和洞内超前钢花管注浆加固的辅助工法;针对不同地质条件的风化槽,研究应用了复合注浆技术,提出了穿越风化槽综合施工技术;提出了海底硬岩爆破临界振动速度限值和循环进尺,以及覆盖岩层临界厚度,确保了海底隧道施工的安全。

2.2 桥隧工程对区域经济格局产生明显影响

杭州湾跨海大桥、舟山跨海大桥、胶州湾海底隧道等一批重大工程的实施,对沿海区域经济的发展格局产生了重大影响。明显优化了一些地区的地缘属性,推动了相关区域的城市化、工业化进程。

跨海桥隧对于打通交通瓶颈,改善区位条件具有明显作用。例如,作为沿海高速公路的重要组成,杭州湾跨海大桥减少了杭州湾对上海和浙东地区的交通制约,使宁波至上海的陆路缩短了120 km。对于加快宁波、台州等地融入长三角,以及浙江省发展起到了很好的促进作用。从更微观的角度来看,宁波市依托杭州湾跨海大桥,规划建设了陆域面积235 km²的杭州湾新区,将之定位为统筹协调发展的先行区、长三角亚太国际门户的重要节点区、浙江省现代产业基地和宁波大都市北部综合性新城区。大桥开通后,对周边慈溪、余姚等地经济也起到了明显的促进作用。胶州湾跨海通道解决了青(岛)黄(岛)不通的问题,促成了青岛西海岸新区的诞生。

2.3 跨海大桥工程的技术进步

目前,世界上跨海大桥主要分布在欧洲、北美、东亚、西亚等地区,比较有代表性的有美国切萨皮克湾隧道大桥、日本濑户内海大桥、中国杭州湾跨海大桥等。1964年4月,结构复杂精巧的美国切萨皮克湾隧道大桥正式通车,桥体融合了人工岛、沉管隧道和大桥三种形式,可谓美国桥梁建设工程历史上值得骄傲的杰作。1988年4月,连接日本本州冈山县和四国香山县的濑户内海大桥建成通车,由两座斜拉桥、三座吊桥和三座桁架桥组成,成为世界上最大的跨海大桥。1998年8月,大贝尔特海峡大桥纵身横跨于丹麦大贝尔特海峡之上,将西兰岛和菲英岛连接在一起,全长17.5 km,由西桥、海底隧道和东桥三部分组成。

跨海大桥的作用在于打通瓶颈,从而大幅提升区域交通物流效率,推动经济社会的发展。在这方面,日本濑户内海大桥建设特别具有代表性。濑户内海大桥通车后,驾车或者乘坐火车穿越大桥只需大约20 min。而在大桥建成之前,渡船摆渡需要大约1 h。该跨海大桥系铁路公路两用桥,总长度37 km,跨海长度9.4 km,最长一处吊桥(两座桥塔间距离)长1100 m,耗资11000多亿日元(约84.6亿美元)。濑户内海大桥在上层路面设有两条高速交通主道,在下层路面设有一条铁路线和一条用于新干线行驶的附带线路,将日本国内铁路和公路网络连接在一起。

跨海大桥的关键技术包括:跨海大桥混凝土结构耐久性,高风速的跨海大桥抗风性能,地震高烈度区的跨海大桥抗震特性,跨海悬索桥钢箱梁安装技术,跨海特大跨径悬索桥缆索系统关键材料,跨海大桥结构分析及施工控制方法等。其设计和施工往往需要因地制宜,根据所在地自然环境和交通要求进行创新。以加拿大诺森伯兰海峡大桥(联邦大桥)为例,该大桥位于加拿大的诺森伯兰海峡,桥长为12930 m,有效宽度为11 m(两车道),桥下净高为28 m(一般位置)和49 m(航道位置),设计寿命100年。海峡最窄处约13 km,冬季气象条件恶劣,海峡冰冻封闭。在设计中对桥梁结构的最大制约条件为冰块与风产生的横(侧)向荷载。该桥梁施工中遵循尽量减少水下与海上作业的原则。主桥(跨度250 m)的上部结构与下部结构都采用预制拼装构造。墩身的上部是变截面的八角形空心构造,下部设有底部直径为20 m的圆锥形防冰体,防冰体的混凝土强度为100 kPa。墩身预制件与墩座之间的连接部分设置有剪力键、高强度压浆以及U形预应力钢索(提供后张预应力)。梁体采用单室箱梁,主节段的长度为190 m,主节段的墩顶部分采用钢制的A形横隔构架作为横隔梁。一系列针对性的工程设计与施工工艺,保证了较高纬度地区桥梁的耐久性,缩短了建设周期,降低了成本。

2.4 海底隧道工程概况

海底隧道是在海底建造的连接海峡两岸的供车辆通行的隧道,大致可分为海底段、海岸段和引道三部分。其中海底段是主要部分,它埋置在海床底下,两端与海岸连接,再经过引道,与地面线路接通。通常来说建造海底隧道还要同时在两岸、海中设置竖井,安装通风、排水、供电等设备。国外水下隧道的

主要修建方法有:围堤明挖法、钻爆法、TBM 全断面掘进机法、盾构法、沉管法和悬浮隧道。围堤明挖法受到地质条件限制,且生态环境破坏严重,不常采用。水中悬浮隧道处于研究阶段,还没有成功实例。水下隧道施工经常使用的方法有钻爆法、盾构法、TBM 法和沉管法。

据不完全统计,国外近百年来已建的跨海和海峡交通隧道已逾百座,著名的跨海隧道有:日本青函海峡隧道、英法欧洲海峡隧道、日本东京湾水下隧道、丹麦斯特贝尔海峡隧道、挪威的莱尔多隧道等。

在世界 100 多条隧道中,从发挥作用和知名度方面来说,英吉利海峡隧道(也称欧洲海底隧道或英法海底隧道)当之无愧为世界第一。该隧道连接英国与欧洲大陆,主要采用掘进机法修建,于 1994 年 5 月开通。它由三条长 51 km 的平行隧洞组成,其中海底段长度 38 km,最小覆层厚度 40 m,是当时世界上最长的海底隧道^[5]。两条铁路洞衬砌后的直径为 7.6 m,中间后勤服务洞衬砌后的直径为 4.8 m。通过隧道的火车有长途火车、专载公路货车的区间火车、载运其他公路车辆的区间火车。隧道由英法两国共同决策建设,决策中参考了“欧洲委员会长期运输战略”和“欧洲铁路委员会 2000 年欧洲高速铁路系统的建议”。1986 年 1 月,英法政府经招投标选中 CTG-FM(Channel Tunnel Group-France Manche S. A.) 提出的双洞铁路隧道方案。隧道主要由私人部门出资建设和经营,涉及英、法两国政府有关部门,欧、美、日等 220 家银行,70 多万个股东,许多建筑公司和供货厂商,管理的复杂性给合作和协调带来了困难。该隧道的建设不仅为建设大型海底隧道积累了工程技术经验,也为跨国隧道建设的国际合作和工程组织协调提供了难得的借鉴。

日本青函隧道是世界已建成隧道中最长的隧道,连接日本本州青森与北海道岛的函馆,全长 53.85 km,海底部分长 23.3 km,最小曲线半径 6500 m,最大纵坡 12‰,海底段最大水深 140 m。隧道为双线设计,标准断面宽 11.9 m、高 9 m,断面面积 80 m²。隧道大大缩短了本州与北海道间的交通时间,电气化列车通过津轻海峡约需 30 min,而依靠渡轮渡海则需 4 h。青函隧道工程水文地质条件差,岩石破碎松软,岩脉纵横穿插。隧道在设计和施工过程中解决了地质条件探明、灌浆处理高压涌水、耐海水侵蚀衬砌材料和防渗处理、高速掘进施工法缩短工期、高效率的通风和排水措施、快速经济的混凝土喷

射和锚固等一系列关键技术问题。这些技术对修建海底工程有着普遍的借鉴意义。

2.5 跨海通道技术发展迅速

2.5.1 跨海大桥正在向着大型化和深水化方向发展

与内陆桥梁相比,跨海大桥具有桥梁跨度长,工程量大;施工建造条件复杂;桥梁维护困难,强度耐久性要求高;设计施工受近海航道和海洋环境影响;需要量身制作采用全新技术。以上特点对跨海大桥的设计和施工技术提出了新的要求。跨海大桥的建造主要分以下几个步骤:根据实际地形以及跨度需求确定桥梁型式和几何构造;计算设计载荷、确定设计方法、材料强度需求及安全系数、结构分析、疲劳设计、使用耐久性分析等多方面因素综合评估。当前,在跨海大桥大型化、深水化发展过程中,桥梁跨度、抗风能力、耐久性、新材料应用等技术发展迅速,重要指标不断被刷新。与国外相比,我国近年来对跨海大桥新技术的贡献正在不断加大。

2.5.2 海底隧道工程技术趋于成熟

海底隧道不同于陆地上的隧道工程,也不同于跨江河的水下隧道。相对而言,有以下一些主要特点:(1)在广阔的深水下进行地质勘察比在陆地上更困难,造价更高,而精度较低。(2)在海峡海底隧道的设计中,合理地确定隧道的最小岩石覆盖层厚度十分重要。(3)需要对海底隧道覆盖层的渗透特性和渗水形式进行详细调查研究。(4)为了保证隧道施工的安全,需要在隧道或导洞的掌子面进行超前探测钻孔和超前注浆。(5)海底隧道衬砌上的作用荷载,与陆地隧道有很大的不同。(6)海峡海底隧道在隧道线路上布置施工竖井的可能性很小,连续的单口掘进长度很长,从而对施工期间的通风及运输等后勤工作提出了特殊要求。因此,选择合理的、快速的掘进方法和掘进设备,是直接关系到工期和投资的关键问题。随着海底隧道工程经验的不断积累,海底隧道工程技术趋于成熟,主要表现为新技术不断被应用、施工周期缩短、安全性提高、单位长度造价有下降的趋势。

2.5.3 跨海通道耐久性引起更大关注

跨海大桥、海底隧道投资大,建造困难,所处的海域自然环境较内陆地区相对恶劣,对项目运行的耐久性提出了严峻挑战。从世界各国早期建造的跨海大桥实例来看,跨海通道耐久性问题正在引起广泛的关注。1987 年,美国有 25.3 万座混凝土桥梁存在着不同程度的劣化,平均每年有 150~200 座桥

梁部分或完全倒塌,寿命不足20年,修复这些桥梁需要900亿美元。1992年,英国宣布禁止在新建桥梁中使用管道压浆的体内有粘结力筋的后张结构。海底隧道由于发展较晚,耐久性问题尚未完全显现,但该问题仍不容忽视。

耐久性的提高是桥梁技术进步的重要标志之一。20世纪后半叶,发达国家从设计理念、材料选择、结构分析等方面对跨海通道工程耐久性给予更大关注,如加拿大的诺森伯兰海峡大桥、丹麦的大贝尔特海峡大桥、日本的本四联络桥等设计寿命长达100年,美国的奥克兰跨海大桥设计寿命甚至达到150年。

3 渤海海峡通道工程

渤海海峡:辽东半岛南端老铁山角和山东半岛蓬莱登州头之间的峡湾海域为渤海海峡。海峡两端最短距离57 n mile(105.56 km),平均水深25 m,老铁山水道最大水深86 m,既是外海进入渤海的海上主要通道,又是我国南北陆路交通的天堑。渤海通道要解决的不仅是大连和烟台两地的交通问题,也不仅是辽东半岛和胶东半岛的交通问题,而是使得东北地区与华东、华南沿海各大、中城市的运距缩短500~800 km,将东北与山东—华东融合成一体的便捷的运输干线,成为贯通我国南北的现代化交通大动脉,工程预计投资2600亿元^[2]。

3.1 影响渤海海峡通道工程的主要因素

渤海是内海,海峡地区自然条件相对较好,影响渤海海峡通道工程建设的主要因素如下:

(1) 水动力条件。老铁山水道潮流作用显著,波浪潮流动力系统较强,表层流大于底层流^[6]。其余海区、水道潮流状况较平稳。

(2) 工程地质条件。渤海海峡地质上属于胶东隆起向海区的延伸,隆起的主体由元古界胶东群和粉子山群组成,主要岩性为变粒岩、片麻岩、片岩、大理岩和石英岩等,其上不整合覆盖震旦系蓬莱群,为一套包括千枚岩、板岩、石英岩和结晶灰岩的浅变质岩系。工程地质条件尚好。断裂以北东向为主,其次为北西向,且长期活动。东西向断裂生成较早,活动不明显^[7]。

(3) 地震地质条件。渤海是中新生代以来形成的裂谷系的组成部分,地质构造较为复杂^[8]。NNE向的巨型构造带—郯城庐江断裂带经潍坊进入莱州

湾穿越渤海进入下辽河平原,是一条强震活动带,1668年7月25日曾发生8.5级地震,震中位于郯城到莒县一代,烈度12度,影响了整个中国东部^[9]。NW向的燕山—渤海强震活动带与郯城庐江强震活动带在渤海中部交汇。因此渤海及周边地区是我国强震活跃地区之一。1493年以来,渤海海域发生7.0~7.5级地震4次,6.0~6.9级地震5次。地震活动与北东向断裂有关,每次地震垂直滑动量达到3~4 m^[10]。1969年渤海发生的7.4级地震至今令人记忆犹新。渤海通道选址位于郯城庐江断裂带东侧约40 km,强震活动带将会给未来通道建设、运行造成较大的影响。所以通道的选址、设计、施工要防范于未然^[11]。另据研究,工程区内20年发生6.5级以上地震可能性极大,并估算发生最大地震震级为7.7级^[12]。

(4) 施工条件。与世界已建和拟建的巨型跨海工程相比,渤海海峡跨海通道的施工难度较小,这里直线距离106 km,海水最深处仅80余米,而且海中受构造控制沿北东向一字排开庙岛群岛众多岛、礁,除老铁山水道间距42 km,跨度较大外,一般海岛间距3~8 km。若以此为依托,跨海通道无论桥梁、隧道均可降低施工难度和工程造价^[13]。但是考虑到该项目处于强烈地震活动区,砣矶岛到大钦岛区间地震基本烈度达到11级,工程结构需按9级设防^[12],应这个要求,工程造价无疑是很高的。所以我们选址要尽量避开活动断层。

3.2 建设渤海通道方案的选择

方案一,即公路、铁路各两条通道并行,中间是排风应急通道。

方案二,即铁路托运汽车的运输方式,中间为通风应急通道。

方案三:桥隧结合,即山东部分利用庙岛群岛做桥墩架桥,北部老铁山水道42 km建海底隧道。

世界各地经验表明,比较窄、浅的海峡,建设桥梁比较经济;但水深且宽的海峡,多采用隧道。参考欧洲海底隧道、青函海底隧道等工程的做法,结合胶州湾桥隧工程单位造价每公里几乎相差不多的现实。笔者认为渤海海峡通道工程以全程电气化机车隧道为宜,选线除着重综合考虑水深、地震地质等自然环境,取距离最短线路降低造价外,建议隧道通过长岛、隍城岛下部(南或北长岛、隍城岛需要论证)并设车站,通过竖井或巷道使人员、货物通行,方便海岛对外交通,同时兼做通风井,在老铁山水道还要

造人工岛,以便于设置垂直通风井。主要原因是:

(1) 渤海海峡处于大风多发地带,尤其冬、春季风大浪高,冬季寒冷,有冰冻,一方面施工困难,另一方面恶劣气象条件、海况难以保证桥梁行车安全。遇到大风、大雾、冰冻等恶劣气象条件、海况,大桥经常需要封闭,胶州湾跨海大桥就是典型案例。隧道则不受气候影响,可以全天候通行。

(2) 渤海海峡有老铁山、蓬莱、隍城等几条黄金水道,是渤海湾内众多港口的通道,建桥会影响航道净空和通航安全。

(3) 跨海大桥体量大、目标明显,易受海水腐蚀、海冰破坏、台风等自然灾害侵袭和战争的破坏。海底隧道隐蔽性好,可全天候通行,还能抗御一定强度的地震。

(4) 隧道经过处地层为浅变质岩类,结构较稳定,施工隧道的天然条件尚好。但是渤海 NE、NW 两组断裂构造发育,且长期活动,是强震高发区,要高度重视。

(5) 高速列车经过可使大桥产生振动,减少大桥寿命。汽车通过长距离海底隧道,大量尾气污染环境。通风、排气工程技术复杂,工程造价大增。电力机车产生尾气较少,通风工程量少,可降低成本。

4 结语

对于耗资数千亿元、运营百年的巨大工程,必须是国家行为。要扎实、细致的做好前期各项研究、论证工作,工程不能急于上马。尤其重要的是要通过艰苦细致的野外工作加上现代化科学手段搞清楚工程海区及周边地质构造,正确认识和评价未来地震活动频度、强度,做出科学的监测、预测,这是跨海通道建设论证关键中的关键。

与世界主要海峡通道相比,渤海海峡的自然环境相对不是那么恶劣,风浪、海流不是太强,结冰期较短、工程地质条件较好,最大海水深度比青函海底隧道和琼州海峡隧道浅。但是区域地质构造较活跃,地震发生的频度较高,烈度大,应给予高度关注,防患于未然。若该工程上马,基于上述原因,笔者主张建设电气化铁路海底隧道工程。

参考文献

[1] 柳新华,刘良忠.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.北京:经济科学出版社,

2009. Liu X H, Liu L Z. Bohai economic development and vibration of the Bohai Strait cross sea channel research on the influence of the old industrial base in Northeast China. Beijing: Economic Science Press, 2009

- [2] 中国国情中国网(北京).中国拟建世界最长海底隧道总投资约2600亿元.(2013-07-12)[2016-07-03].http://www.china.com.cn/guoqing/2013-07/12/content_29398998_6.htm. The China conditions Chinese network (Beijing). Chinese proposed the world's longest undersea tunnel total investment about 260 billion yuan. (2013-07-12)[2016-07-03]. http://www.china.com.cn/guoqing/2013-07/12/content_29398998_6.htm
- [3] 刘洪滨.对选择“青黄通道方案”的几点看法.海洋经济,1995(2).Liu H B. Some views on the choice of “green channel” scheme. The Marine Economy, 1995(2)
- [4] 蓝兰.我国跨海大桥建设情况分析[R/OL].2012.<http://www.transworld.com.cn>. Lan L. Analysis on the construction of China's Cross Sea Bridge. 2012. <http://www.transworld.com.cn>
- [5] 刘洪滨.欧洲海底隧道工程.海洋及海岸带开发,1990(1):77-78. Liu H B. European subsea tunnel engineering. Marine and Coastal zone Development, 1990(1): 77-78
- [6] 刘建华,王庆,仲少云,等.渤海海峡老铁山水道动力地貌及演变研究.海洋通报,2008,27(1):68-74. Liu J H, Wang Q, Zhong S Y, et al. Study on dynamic geomorphology and evolution of Laotieshan channel. Marine Science Bulletin, 2008, 27(1): 68-74
- [7] 李延成.渤海的地质演化与断裂活动.海洋地质与第四纪地质,1993,13(2):25-34. Li Y C. Geological evolution and fault activity in Bohai. Marine Geology and Quaternary Geology, 1993, 13(2): 25-34
- [8] 刘洪滨,李延栋.郯庐断裂中段沂沭裂谷系的古火山构造.27届国际地质大会(莫斯科)国际交流地质学论文集.北京:地质出版社,1985. Liu H B, Li T D. Ancient volcano tectonic Tanlu fault middle Yishu rift system. 27 Proceedings of the International Geological Congress (Moscow). Beijing: The Geological Publishing House, 1985
- [9] 刘洪滨.郯庐断裂中段沂沭裂谷系构造作用与岩浆活动.山东地质,1986,2(1):40-53. Liu H B. Tectonism and magmatism of the Yishu rift system in the middle sector of the Tanlu fault zone. Shandong Geology, 1986, 2(1): 40-53
- [10] 胡政,丁东.渤海地震震中附近地区浅层地质构造特征.地震学刊,1990(3):26-32. Hu Z, Ding D. Geological tectonic features of shallow earthquake epicenter earthquake near Bohai. Journal of Seismology, 1990(3): 26-32
- [11] 李琰,杨美娥,赵东芝.渤海海峡跨海通道地震安全性评价探讨.鲁东大学学报(自然科学版),2009,25(2):97-103. Li P, Yang M E, Zhao D Z. Study on seismic safety evaluation of Bohai Strait cross sea channel. Journal of Ludong University (Natural Science Edition), 2009, 25(2): 97-103
- [12] 祁嘉翔,纪洪广,彭华,等.渤海海峡跨海通道工程区地震危

险性分析. 地质力学学报, 2013, 19(1): 93-103. Qi J X, Ji H G, Peng H, et al. Earthquake risk in the Bohai Strait cross sea channel engineering area risk analysis. Journal of Geomechanics, 2013, 19(1): 93-103

瞻. 科技导报, 2006, 24(11): 78-89. Liu X H, Liu L Z, Hou X M. A century review and prospect of the trans-straits passages at home and abroad. Science and Technology Review, 2006, 24(11): 78-89

[13] 柳新华, 刘良忠, 侯鲜明. 国内外跨海通道发展百年回顾与前

PRELIMINARY STUDY ON THE SELECTED THE BOHAI STRAIT CHANNEL

Liu Hongbin

(Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266071, China)

Abstract The studies on The Bohai Strait Channel project has last more than 20 years by scientists. The strait is over 100 km long and the deepest water more than 80 m. The project has three choices: 1. Build the bridges along the Miaodao Archipelago by NNE; 2. Build the bridges in the South along the Miaodao Archipelago and dig the Tunnel in the North part; 3. Dig the Tunnel cross the whole of the Strait. The author had the chance to study the Jiaozhou Bay Strait Channel in Qingdao area, and visited many famous bridges and tunnels in the world. For example, Euro Tunnel, Tsugaru Strait Tunnel, Tokyo Bay Bridge etc. According the studies, We thought that : The bridge will be strongly influence by the weather, wave and war. The Tunnel will be much better than The bridge. So, we would like suggest to built an electrified railway tunnel. We should be careful to make the decision and do more researches on the Geology, Seismology, Meteorology, Oceanography etc. , and pay serious attention to the Tancheng-Lujiang Fractures where is a strong earthquake zone through the Bohai Sea by NNE.

Key words Bohai Strait; Strait Channel; Cross sea bridge; Tunnel; Seismology