

台湾海峡桥隧建设问题

彭阜南¹ 叶银灿¹ 潘国富¹ 吴之明² 戚筱俊² 钦东明³ 方晓阳⁴
(国家海洋局第二海洋研究所¹ 杭州 310012; 清华大学² 北京 100084; 福建省文化经济交流中心³ 福州 350003; 美国里海大学⁴, PA18015, USA.)

〔摘要〕 “台湾海峡隧道论证学术研讨会”自从 1998 年召开首次会议之后, 2002 年 3 月在厦门举行的第三次“台湾海峡桥隧建设问题学术研讨会”更是[个突破。现在美国著名的 Marine Georesources 和 Geotechnology 正在出此专集, 而且联合国教科文组织将于 2005 年资助召开有关学术研讨会。本文拟就该问题的提出、3 次研讨会学术论证的主要内容作[介绍, 并在概略分析的基础上提出该工程总体方案的设想。

〔关键词〕 台湾海峡 桥隧建设 [中图分类号] U1 U6

一、台湾海峡桥隧建设问题的提出和学术论证

台湾海峡位于亚洲大陆东南, 是中国大陆和台湾省之间的黄金水道, 又是海洋开发区。大陆和台湾的经济快速发展的形势的需要, 使两岸人民和专家们相继提出修建隧道的设想。早在 1948 年时, 台湾台北市的一群大、中学生, 就提出过“修条隧道到大陆去, 以利两岸交通, 争取和平”^[1]的口号。这个口号, 虽然只是设想, 却一直在台湾学者中留存着^[2]。笔者(方晓阳和彭阜南)当时在台大任助教, 曾经受到这种思潮的影响。在内地, 早在上世纪 80 年代, 随着中国水利事业建设的兴起, 中国的工程师和学者相继提出过修建台湾海峡隧道的初步建议。著名的工程地质学者姜达权曾在 1987 年向中央提出“修建台湾海峡和琼州海峡两个隧道, 作为 2000 年以后进行建设的设想”, 并曾经引起过当时台湾有关方面的高度兴趣^[4]。后来, 彭阜南从事并领导了“台湾海峡及两岸地质对比研究”课题[国家自然科学基金资助课题(编号 4860132)]。在国家海洋局关心下, 在福建省科协和一些单位(包括国家海洋局三所、福建省地震局和福州的台湾大专院校校友会)的支持下, 由彭阜南和曾兼职台大海洋研究所的美籍华人陈琴教授共同发起, 并由中国海洋、地震、地球物理 3 个学会以及国家自然科学基金委和福建省科协于 1987 年 9 月 1 日~ 4 日在福州市组织召开了第一次“台湾海峡两岸地质·地震研讨会”, 两岸及香港学者共同讨论了台湾海峡的有关地质、地震及地域环境方面的问题, 出版了论文集^[5]。这就为进一步研究台湾海峡地学环境聚集了两岸学者和海内外华人的思考和成果。彭阜南所承担的第二个重点基金课题(4860143)“台湾海峡地质”, 有多位在美的华裔台胞名学者参加合作, 遗憾的是因台湾海峡海域调查的航线不能越过中心线而未完成。1987 年彭阜南在北京“全国政协科技组和中国国际科技会议中心联合举办的中秋佳节茶话会”^[6]上就此课题作了介绍。这是海峡两岸学者第一次在内地的直接的学术交流会议。1989 年, 土木及桥梁专家唐寰澄总工程师亦曾提出过“跨海交通工程研究建议”^[7]。1996

年, 清华大学水利系教授吴之明在考察英吉利海峡隧道工程之后, 触发出修建台湾海峡隧道的设想, 正式撰文在《清华大学学报》及《科技导报》上发表, 引起较大反应。清华大学在 21 世纪发展研究院下组成了一个“台湾海峡隧道论证中心”小组, 直接开始从事台湾海峡隧道的研究以及有关工作。1998 年, 由清华大学 21 世纪发展研究院和台湾大学土木文教基金会共同主办, 福建省文化经济交流中心以及省、市台办和国家海洋局参与, 在厦门市成功地召开了第一次台湾海峡隧道会议, 并出版了相应的论文集^[8]。

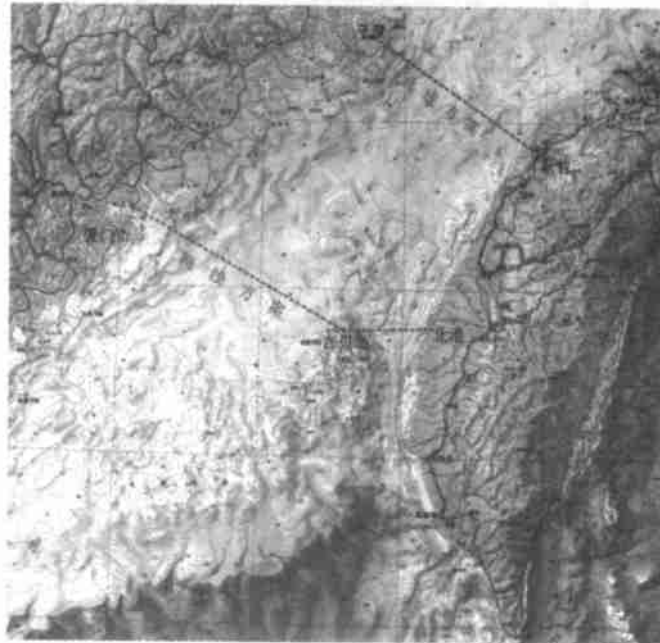


图 1 台湾海峡地形图

第一次会议出席者中, 有从台大去美国的华裔学者方晓阳、台大土木系主任(现台湾隧道学会理事长)黄灿辉教授、福建省的朱明元和钦东明、厦门市的翁金珠。他们以及邀请参会或未参会的人士, 都为海峡隧道有关问题献策献议, 比如方晓阳提出了“台湾海峡隧道的可行性研究”, 彭阜南、叶银灿、戚筱俊等提出台湾海峡隧道工程的工程地质问题,

吴之明就台湾海峡隧道工程提出了总的建议,台湾和大陆其他专家还对隧道工程桥隧方案以及一些前期具体工程作了报告。同时,也涉及了许多相关的问题^[8],比如修建后对两岸经济发展的作用和时下存在的最大障碍等。此外,国内外学者还就英吉利海峡隧道、日本青函隧道以及世界上其它海峡隧道作了介绍和述评,并放映了录像。会上,学者们论述了修建台湾海峡隧道的必要性:首先是两岸经济的高速发展、互补性和闽南经济区高速发展的需要,其次是两岸交通及其带动相关事业发展的需要,比如海港的开发和沿岸陆地的充分利用、海岛的开发、旅游的进一步拓展、海洋养殖的发展和海下资源的开发利用。

会上还就台湾海峡的自然地理、区域地质和地震的条件进行了讨论,认为虽然海峡的地质条件比较复杂,又是地震的常发地区,但是还是可以找到地震条件相对安全、地质条件相对单一的地段,作为桥隧修建的路线。会上初步提出了南线、北线和中线的设想,但从地震的安全角度来看以避开中线为宜。会议就这一项工程将面临的种种困难和风险,包括经济、社会、财务乃至技术各方面,也进行了讨论。

会议建议两主办单位今后加强联系,以促进更多的单位和专家学者参加这个研讨会,并在一定时间内,分别轮流在两岸召开台湾海峡桥隧修建的学术研讨会。最后呼吁两岸和海内外民间团体、企业、个人以各种方式支持和资助台湾海峡桥隧建设的论证和研究工作,并争取建立“台湾海峡隧道论证研究基金会”。

第二次台湾海峡隧道研讨会于1999年11月在福建省平潭岛召开。这是一次工作会议^[10]。平潭岛是拟选隧道北线的端点,风景秀丽,是旅游、游泳胜地,与会代表考察了岛上地质与水源条件。平潭岛作为拟建隧道北线的端点,其地质条件、地震条件和隧道长度都是优良的^[9,11]。在此会议之前,1999年8月24~27日于南京召开的“高原和生态敏感地区环境岩土工程国际学术讨论会”上,还专项讨论了台湾海峡隧道的地域环境问题,笔者彭阜南和叶银灿提交了论文报告,郭令智院士、廖红建教授、钦东明主任及美国、日本、巴西等国外教授参加了会议。此外,在海峡两岸中山大学、南京大学、东南大学及中大学术基金会联合举办的两岸校友第四次学术交流报告会上,彭阜南又就“台湾海峡地形地质及隧道工程的探讨”作了报告,接着北京大学钱祥麟教授用大量的GPS数据及图件,论证了亚洲大陆东南包括台湾海峡地壳的运动,这为我们后来共同撰写论文^[11]提供了基础。在多次通信中,钱祥麟一直是支持修建“台湾海峡隧道”这个设想的。

通过这几次会议,对台湾海峡的地质与地震条件,有了更深入的认识,并撰文在《中国工程学报》及《高校地质学报》上发表^[11,12]。第二次会议解决了选线问题,即因台湾海峡地质复杂、多地震,可以选择修建海峡隧道的北线或桥隧结合的南线。

第三次会议由福建省文化经济交流中心与厦门大学和高雄应用科技大学、厦门市两岸交流协会、金马地区两岸交流协会联合主办。会议的名称进而定为“台湾海峡桥梁隧道建设学术研讨会”,于

2002年3月在厦门市召开^[14]。

在第三次学术研讨会之前,特别是第二次平潭会议期间,曾经讨论到隧道并结合平潭岛至福清(福建大陆间)的建桥问题。这一建桥计划已经另外立项并经勘测设计,且正和法国在商谈合资修建。在此启示之下,厦门大学蔡爱智教授提出草拟修建厦门—金门大桥方案的建议,并获得本文笔者之一方晓阳(兼任厦大名誉教授)和厦门市台办副主任翁金珠的支持。福建省文化经济交流中心和省、市台办亦曾拟单独召开厦—金大桥修建研讨会。本文笔者之一彭阜南是清华大学台湾海峡隧道论证中心顾问,遂将此事和清华大学商讨,考虑到厦—金大桥可以作为台湾隧道南线的西端的一段,厦门市又是今日甚为发达的特区之一,而金门县又很热衷于建桥,因此,清华大学甚为支持。基于两岸人民对直接交通的迫切要求以及金门—厦门直航班船开通后的现状,特别是金门经济开发的需要,高雄应用科技大学及金门县(高雄应用科技大学分校在金门)非常积极,而且还邀请了台湾大学、中山大学、成功大学、义守大学等,以及香港和大陆的其他大学的一些学者参加。参加第三次会议的还有陈吉余院士,吴之明、彭阜南、俞何兴、张益三、林仁益等教授和清华大学方前院长、国台办王金凤教授及省文化经济交流中心的领导。这就使得第三次会议有了一个很大的突破。第一次会议是双方学者的单纯学术性理论性探讨。第二次会议主要为大陆方面的学术性讨论,而且注意力集中在台湾海峡北线的地质环境的讨论上。而第三次会议则有了一个实质性的转变,已从纯粹理论探讨发展到具体讨论如何建桥,由比较集中地讨论地域的自然地理环境问题进而论证到经济发展的问题,特别是金门县的水源、厦—金大桥的兴建以及厦金经济生活圈的建立等等具体问题。第三次会议出席者已由学者、工程专家,进而包括了金门县的工务局长和其他官员;学科方面,除地质、地震、土木工程、桥梁设计专家之外,还有经济学家、法学家,尤其突出的是来自台湾各方面专家的比例大为增加,由金门著名人士吴成典为首组成一个研讨会会议代表团自金门直航(船)厦门^[14]。

第三次会议是一个很成功的会议。陈吉余院士在代表大会的总结中提到:“这次提交大会论文达20余篇,其中台大俞何兴教授积30年之调研,以第一手资料论证了海峡地质发展史,年已8旬的彭阜南教授对台湾海峡地震地质仍孜孜研究,对于桥隧的北线和南线方案都有论述”;“桥隧联通,不仅对两岸的经济发展有重要意义,而且对全球经济发展也有深刻的影响”;“自从海峡修建桥隧的构想提出后,已经召开3次研讨会了,大家一致认为厦—金大桥应该是这个伟大工程的起步,现在应该有一个实质上的启动,建议由厦门大学和高雄科技大学共同牵头、双方民间机构参加,欢迎企业单位参与、政府部门支持。”这个建议受到习近平省长的重视,批转有关方面阅研。中国日报记者张鼎民以第三次会议为中心写了一篇很生动精彩的报道^[13]。

台湾海峡隧道会议的进展也受到了海内外著名学者的关注、鼓励和支持。在首次会议的发起阶段,台湾资深地质学者毕庆昌先生和台大老校长虞

兆中先生支持了我们。中科院院士、著名地质学家、泰勒奖得主刘东生先生在收到笔者的隧道论证的论文之后给彭阜南的复信^[14]中表示重视和支持。国际著名海洋地质学家许靖华教授对台湾海峡隧道亦表示关切。美国著名海洋地质学家乔治·凯勒教授也表示对此“很有兴趣”。

第三次会议的特点是两岸专家不仅讨论到厦一金大桥及海峡隧道对厦金经济生活圈的建立将起到的关键作用,以及对闽南经济圈发展的重要意义,而且进一步讨论到厦一金大桥的线路方案的比较。之后不久,金门县已经决定修建大、小金门两岛之间的跨海铁路大桥。这对厦一金大桥工程的启动,亦是一个很大的促进。

二、台湾海峡桥隧工程总体方案的设想

1. 台湾海峡桥隧线路的选定

台湾海峡隧道或桥隧不仅是大陆和台湾之间直接的快速交通要道,而且是联系大陆、海峡、台湾本岛之间的“主心骨”,它将起到联结大陆上和台湾岛上的关键性城市的作用,并能带动海峡中的岛屿的联贯与开发,同时带动海峡的海岸带开发和港口的建设。这样就有以下两条线路。

北线 从邻近福州的平潭为起点,用大桥跨水道到达福清与福州相联;从福州通过福温高速公路到达浙江沿海重镇温州。从平潭岛东端到台湾的新竹或桃园沿岸,直线距离仅130km,中间没有岛屿。据来往新竹和平潭之间的老渔民及老船长告知,其间有两处存在暗礁,其具体位置与可利用程度,尚需进一步确证。

南线 从福建南部的厦门市开始,向东穿过厦金水道,以大桥相联,到达大金门岛;然后从金门岛向东南到达澎湖列岛的吉贝岛(这一段水不太深,分布的是第四纪砂岩及页岩层);吉贝岛向东将跨越澎湖水道的源头,其基底为较坚硬的玄武岩,然后到达台湾中部西海岸的北港;由北港有高速公路北到台北、南达台南和高雄。

至于中线,西端起自晋江,但东端则到达南投。晋江(泉州)是历史地震地区,而南投是地震的危险区,1998年9月21日南投集大震带来的破坏极大,故此线不可取。

2. 北线和南线的地质地震条件及其优缺点

台湾海峡断陷盆地具有双层构造,其代表性的综合地质剖面示意图如图2所示。这个不对称的倾斜断陷盆地的基底是前第三纪结晶质岩层,此层向西与福建沿岸的变质结晶岩相当,向东则为潜没于台西平原之下的西螺地块(即北岗高)。其顶面为第三纪不整合面,在此不整合面之上至上新世岩层之间有新生代岩层。其中具有褶皱和正断层以及多个不整合面。至上新世末,地壳抬升量最大,形成的不整合面遍及全台湾海峡盆地;其后的地壳缓慢下沉,在全盆地内形成了分布相当均一的水平砂岩及页岩层,特别是受到东面来的菲律宾板块的应力挤压而形成成层岩石。其特点是:水平面无褶皱、固结成层;没有发现大的断裂带;厚达200m(西部近大陆的滨海大断裂带附近)至300m(海峡中部至东部)或更

厚,故可以提供海峡隧道的良好地基,即既具有足够厚度的持力层,又是很好的隔水层。要着重指出的是:从北至南的一系列震测剖面记录,没有发现在海峡轴部存在大的纵向断层带。

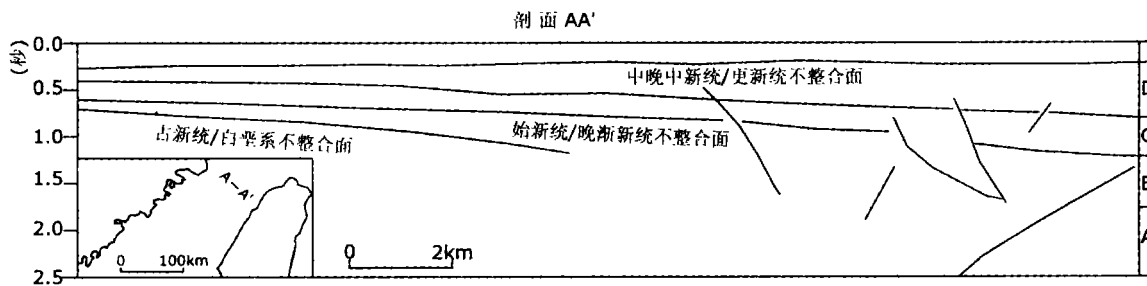
3. 北线和南线各段的具体情况和方案设想

北线 从工程地质条件看,北线西端的平潭岛及其西的水道乃至福清的基底,都是花岗岩质及片麻岩质的结晶质岩体,岩石质地较硬。平潭岛作为隧道西端端点,可以修建大型的地下结构物,同时也可以提供大量的石材。从平潭岛(具体是水道中的灯塔岛)向东,滨海大断裂以东至新竹段,全长约130km,全为砂、页岩,适宜用挖进机施工,开挖海底隧道。由于北线区域所受地应力不大,水平岩层所处的层位又高,所以在开挖隧道中不存在“岩爆”问题;只是因中间缺少岛屿,在施工时出渣和通风是个问题,而且长隧道的施工进度缓慢,也会带来许多困难。另外,在隧道的东端桃园、新竹,有可能遇到数量不太多的断裂,其所在地点的预测地震烈度约为中等。但其优点是:所有线路中距离(长度)最短。就结构物来说比较单一,基本上以海下隧道为主,西端配有平潭岛与福清市之间长不过数公里的跨海大桥。

南线 从工程地质及地震工程地质条件来说,全线路可以分为4段,针对不同的地段可以采用不同的结构。隧道的东西两端都是地震相对安全的地区。西端厦门市(预测烈度为6~7级之间)离海峡中历史上最大地震的震中(泉州外海,1906, M=7.5级)的距离,比平潭岛离该震中的距离为远。厦门市的地基和大、小金门岛及厦金水道的地基均为花岗岩质或片麻岩质的结晶岩石,且厦金水道长度极短,最长一段也不过7km,故宜于修建大桥。自金门至澎湖列岛中的吉贝岛,要穿越澎湖盆地。据几条横穿盆地的震测剖面和澎湖列岛西面—北面—东面直至台湾北港的钻孔所联结的剖面显示:最上部的为完整的砂岩层及页岩层,有足够的厚度,300m以上的部分没有被较大断层带所切割、无褶皱发生,是水平状良好的持力层和隔水层,只是在吉贝岛及其四周水下阶地有层状的玄武岩与砂岩间层,所以这一段岩层的性状适宜于开挖海下隧道。

至于澎湖列岛主岛马公岛,目前已修有环岛铁路大桥,将来可以延伸至吉贝岛,因为环澎湖列岛四周的水下阶地的深度很小,且均匀地分布着玄武岩层,可作为良好的海上大桥的基础。

从吉贝岛向东北,必将穿越澎湖水下阶地和澎湖水道源头。据前人调查的资料,其水深将超过60m,水道的中轴段可能更大,分布的岩石是玄武岩层。是否有较大断裂带通过,尚待详查。据毕庆昌资料:一系列较深的NE向断裂斜切澎湖列岛的东南海域而过;这些断裂的成因,是由于西螺地块向东突进潜没时和相邻地体的错动,并且沿着这些错动带还存在移动,因而也可产生相应的地震。毕氏的论文称,这些断裂已构成海峡和南海之间的大陆型裂谷;但是按毕氏的台湾地质图,这些断裂的位置已在澎湖列岛海域之外,故其必定是在我们拟定的海峡隧道南线之外。然而,为克服澎湖水道源头的深水困难和玄武岩质地过坚硬的难点,建议采用悬浮隧道的方案。



A 前第三系; B 古新统- 始新统; C 渐新统- 中新统; D 中新统- 更新统(根据 Liu& Pan 1984)

图2 台湾海峡地质、地震剖面图

这条南线桥隧相结合方案的缺点就是线路长, 约 240km, 但实际上若采用挖进机开挖海底下隧道, 总长亦不过 130km, 而且这一段的水较浅, 将来施工时困难要比北线小些。其优点在于: (1) 南线西端厦门市是发展极快的经济开发区, 厦一金大桥的修建, 可以带动金门县的发展; (2) 台湾海峡桥隧道工程项目太大, 只有采取分段实施, 才较易完成; (3) 厦一金大桥最先启动, 较易成功, 厦一金大桥营运的收益, 至少可以提出一部分作为继续深入调研海峡隧道工作的基金或工程的投资; (4) 澎湖列岛及其四周水下阶地的分布范围极广, 而且深度小, 可以开发旅游、海洋养殖业, 提高人类生活和休闲的水平。

海峡隧道工程的修建, 尤其是台湾海峡这么巨大的工程项目, 必须经过充分的调研和论证。笔者认为, 我们的进度和以往修建成功的海底隧道相比是不慢的, 但是我们要充分估计到可能受到的阻挠和困难, 因此我们提出桥隧结合、分段实施、先易后难方案。

自从台湾海峡桥隧修建问题提出以后, 不仅引起大陆方面媒体和工程界高度的兴趣, 而且海外媒体、华人和台湾同胞都有热烈的反映。清华大学曾收集了部分媒体的报道, 已经复印装订成册^[10]。

不仅如此, 国外学者看到我国想修建这样伟大的工程, 也是非常高兴和支持的。2004 年初, 世界著名海洋杂志《Marine Georesources and Geotechnology》的主编、美国 Ronald Chaney 教授建议本年内出一本“T. S. T. Special Issue”(台湾海峡隧道专集), 由方晓阳教授任客座主编、彭阜南和吴之明两教授为客座编委, 现已征集到有关 T. S. T. Project 的论文 20 余篇, 正在进行出版前的有关工作。在整理文章中, Ronald Chaney 教授专门从加州飞抵宾州, 仔细审阅稿件之后说: T. S. T. 专集将是他们杂志的一个“Hot Issue”(热门专集)。该文集收集了有关台湾海峡隧道工程方面涉及的地质、地震、台风、海流、环境保护、经济管理、隧道工程结构、桥梁、结构及施工灾害预测等方面由两岸专家及香港和海外华裔学者所撰的论文。此文集出版之后, 大约在 2005 年还要在美国召开一个专门由 UNESCO 资助的有关 T. S. T. Project 的学术研讨会。

笔者认为, 台湾海峡桥隧工程何时可以启动、多少时间可以完成, 目前尚无法预估。但在此之前却有许多工作要做, 如各项调研、论证直至可行性

报告的提出。我们各方面的专家学者必须继续努力完成。

注释和参考文献

[1] 方晓阳. 台湾海峡隧道工程可行性研究. 台湾海峡隧道论证学术研讨会论文集. 北京: 清华大学出版社, 2000, 11- 44

- [2] 黄灿辉. 在厦门“台湾海峡隧道论证学术研讨会”上的发言. 1988
- [3] 张以诚. 姜达权. 倡言台湾海峡隧道第一人. 张以诚地矿史文集. 北京: 华龄出版社, 2001. 384- 387
- [4] 福建省文化经济交流中心. 交流动态, 2002, (138)
- [5] 彭阜南. 台湾海峡及两岸地质工作的回顾与展望. 台湾海峡及其两岸地质地震研讨会论文集. 北京: 海洋出版社, 1991
- [6] 中国科协国际科技会议中心. 热诚呼吁扩大海峡两岸学术交流——中秋佳节茶话会摘要, 中国国际科技会议中心简报, 1987, (10)
- [7] 唐震澄. 国家重点科技研究项目(交通部分)跨海交通工程研究(建议)(1989)及1990国家计委给唐震澄(琼州海峡跨海工程筹备组总工)的复信
- [8] 清华大学21世纪发展研究院. 台湾海峡隧道论证学术研讨会论文集及所附新闻报道汇编. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [9] 吴之明, 彭阜南. 平潭县考察报告. 台湾海峡隧道论证学术研讨会论文集, 清华大学出版社, 2000, 200- 202
- [10] 清华大学21世纪发展研究院编, 台湾海峡隧道论证学术研讨会新闻报道汇编. 1999
- [11] 彭阜南, 叶银灿, 施斌, 等. 台湾海峡隧道地质与地震条件分析, 高校地质学报, 2001, 17(2): 175- 188
- [12] 李, 杨美娥, 彭阜南, 叶银灿. 台湾海峡地震危险性初析与海峡隧道修建的可行性探讨. 中国工程科学, 2002, 4(11): 12- 19
- [13] 张鼎民. China Daily (Hong Kong), 2002- 5- 9. 14版
- [14] 刘东生院士, 给彭阜南的复信, 2002- 5- 10
- [15] 彭阜南, 戚筱俊, 吴之明, 等. 台湾海峡的地形、地质概况及隧道工程探讨. 台湾海峡隧道论证学术会议论文集. 北京: 清华大学出版社, 2000, 40- 60
- [16] 叶银灿, 潘国富, 彭阜南, 等. 台湾海峡隧道工程的若干工程地质问题与选线方案初探. 台湾海峡隧道论证学术会议论文集. 北京: 清华大学出版社, 2000, 61- 71
- [17] 李, 黄广思, 杨美娥. 中国强震发生带地震构造的几点思考, 高校地质学报, 2001, 17(3): 245- 256
- [18] 高雄应用科技大学, 厦门大学, 金门县政府. 厦一金大桥方案与影响学术研讨会论文集. 台湾: 高雄应用科技大学出版社, 2002
- [19] 郑天愉, 刘鹏程. 1994年9月16日台湾海峡地震及其构造背景研究, 地球物理学报, 1996, 39(1): 66- 79
- [20] Peng Funan, Ye Yincan and Qi Xiaojun, A Preliminary Analysis of Geologic & Seismologic Conditions for an Undersea Tunnel across the Taiwan Strait, Engineering Sciences, 2003, 1(1): 36- 44

(责任编辑 王宏章)