

# 琼州海峡铁路隧道方案初步比选分析

谭忠盛<sup>1</sup>, 王梦恕<sup>1</sup>, 罗时祥<sup>2</sup>

(1. 北京交通大学, 北京 100044; 2. 海南省人大, 海口 570204)

**[摘要]** 琼州海峡隧道的修建不仅能满足海峡客货运量和国防的需要, 而且建成后将会对海南的经济发展起到巨大的拉动作用。琼州海峡隧道前期工作十分紧迫, 研究工作量巨大, 技术复杂, 难度大, 所需的时间较长。在研究琼州海峡的气象、水文、地质条件等的基础上, 对桥隧方案及隧道线位方案进行了初步比选分析, 认为琼州海峡跨海工程宜隧不宜桥, 并且Ⅱ线隧道线位方案较优, 在对Ⅱ线线位浅埋隧道和深埋隧道的比较后认为浅埋隧道采用盾构法施工的方案较优。由于公路隧道存在诸多技术难题, 以及工程造价和运营成本都很高, 因此, 把铁路隧道方案作为首选方案是可行的, 汽车可通过穿梭列车背负过隧道。

**[关键词]** 琼州海峡铁路隧道; 方案比选

**[中图分类号]** U459 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2009)07-0039-06

## 1 琼州海峡隧道修建的必要性

海南省位于我国最南端, 为第二大岛屿。海南具有丰富的热带作物资源、矿产资源和旅游资源。形成了以农业为基础、以工业为主导、以旅游业为龙头的经济发展模式。随着海南经济的飞速发展, 通过琼州海峡的客货运量也越来越大。海南外运的物资主要有铁矿石、尿素、瓜果、蔬菜、热带作物、海产品、汽油、纸品等; 而运入海南的物资主要有煤炭、磷肥、钢铁、粮食、原油、木材等<sup>[1-3]</sup>。预计到2020年, 海南对外的客运量最少可达 $4\ 800 \times 10^4$ 人次/a, 货运量最少可达 $13\ 000 \times 10^4$ t/a。

目前琼州海峡的跨海方式为轮渡, 汽车过海有汽车轮渡, 列车过海有铁路轮渡。轮渡存在其自身固有的缺点: a. 轮渡不能全天候地运行, 遇到大风、大雾、大雨等不良天气必须中断运行。经综合分析, 琼州海峡轮渡能正常运行的天数每年只有351天, 14天不能正常运行, 不能适应紧急时期的需要。b. 轮渡在海上航行的风险较大, 容易发生事故。c. 对

于铁路轮渡, 列车过海时间长, 列车到达码头后需要解体及编组, 然后才能推上船。车列转场作业时间将近30 min, 上下船时间20 min, 列车过海的总时间近2 h, 而采用铁路隧道方式只需约20 min。

从长远来看, 随着海南经济的发展, 人口的增长, 过海的客货运量大大幅度地增加。预测到2020年铁路轮渡及汽车轮渡均达到饱和状态, 必须修建永久性、现代化、全天候的固定方式跨海通道。

琼州海峡铁路轮渡在粤海铁路中占有十分重要的地位, 它连接湛江线和海南西环线, 是海南经济发展的生命线。鉴于铁路轮渡固有的缺点, 从长远看, 跨越琼州海峡的粤海铁路通道必须采用固定方式的铁路隧道, 铁路轮渡只不过是短期的过渡方式。从世界各国的海峡跨越方式来看, 大部分也是先有轮渡, 后有隧道。

琼州海峡隧道工程的建设, 使海南与华南诸省联系更加密切, 乃至通过同江至三亚的沿海大走廊, 在交通上为我国环渤海、长江三角洲和珠江三角洲沿海三大经济带的紧密联合, 更好发挥多元互补关

**[收稿日期]** 2009-02-10; **[修回日期]** 2009-04-04

**[基金项目]** 国家自然科学基金资助项目(50878019)

**[作者简介]** 谭忠盛(1963-), 男, 广西蒙山县人, 博士, 北京交通大学教授, 博士生导师, 主要从事隧道及地下工程方面的研究工作;

E-mail: zstan@vip.sina.com

系,既促进海南,也为促进东北、内蒙和华北以及华东地区的经济腾飞创造条件,是实现我国 21 世纪发展战略的具体措施。它不仅仅只是一个交通问题,同时涉及能源、国防、科技、对外开放、综合利用、政治、经济诸多领域,是一项增强综合国力、推动我国经济腾飞的重大工程。

## 2 琼州海峡隧道前期工作的紧迫性

琼州海峡隧道属于超级工程,世界上重大的海峡工程的前期工作一般为十几到几十年。表 1 给出了世界上几个典型的跨海隧道工程的前期研究工作时间。

表 1 世界上典型海峡隧道前期工作时间

Table 1 Previous working time of typical strait tunnels

| 序号 | 工程名称                | 长度 /km | 最大水深/m | 前期工作/a | 现况  |
|----|---------------------|--------|--------|--------|-----|
| 1  | 日本关门隧道              | 3.61   | 18.8   | 33     | 已建成 |
| 2  | 日本青函隧道              | 53.85  | 140    | 29     | 已建成 |
| 3  | 英法海峡隧道              | 50.5   | 60     | 24     | 已建成 |
| 4  | 丹麦大海峡隧道             | 7.26   | 53     | 20     | 已建成 |
| 5  | 直布罗陀隧道<br>(西班牙—摩洛哥) | 50     | 330    | 28     | 研究中 |
| 6  | 白令海峡隧道<br>(美国—俄罗斯)  | 113    | 51     | 38     | 研究中 |
| 7  | 日本丰予海峡隧道            | 40.7   | 195    | 26     | 研究中 |
| 8  | 印度巽他海峡隧道            | 39     | 100    | 15     | 研究中 |

从表 1 可以看出,世界上各大海峡隧道工程的前期研究工作都比较漫长,即使是长度较短,水深较浅的日本关门海峡铁路隧道,也进行了 30 多年的前期工作。对于像琼州海峡这样的场地条件复杂,海峡宽且水深大,海况条件严峻,地质构造复杂,又位于台风及地层活动地区,而且海上还需通过十万吨级以上的船只,需要一系列针对性的新构思来解决一般工程所未见过的问题,这些都已超出常规成熟的技术范畴。根据工程类比可以看出,琼州海峡隧道前期研究的工作量巨大,技术复杂,难度大,所需的时间较长。尽管琼州海峡固定式跨海工程的前期工作已经开展了十几年,但还没有进行系统深入的研究。由此可见,该工程前期研究工作的紧迫性,特别是跨海隧道方案的研究更是紧迫,如果现在开始正式立项研究,最快也要 5 年后才能施工,按最快工期算也要到 2020 年才能通车,那时候的轮渡已经达到饱和状态。

## 3 琼州海峡自然及地质条件<sup>[4,5]</sup>

1)海底地形地貌:琼州海峡东西向长约 80 km,南北向宽约 30 km,是我国三大海峡中最小的一个。海峡最窄在中部,宽约 18.6 km。海峡为西浅东深,中部是水深大于 50 m、宽 10 km、长 70 m 的深水盆地,盆地中轴为水深 80 ~ 114 m 的深水槽。海峡南北两侧多为陡坎,陡坎最大高差可达 70 m,坡度最大可达 22° ~ 24°。海峡东部峡口为一系列浅滩和冲槽相间,有些地方水深仅 20 ~ 30 m,西峡口为一巨大的水下三角洲,水深也较浅,只有 40 ~ 50 m。

2)气象:琼州海峡地处热带,属热带季风气候。降水充沛,日差较大。冬季气候干燥、凉爽;夏季多雷暴骤雨,年平均气温 23 °C 左右,年降水量在 1 700 mm 左右,雨量主高峰在 9 ~ 10 月,次高峰在 5 月,日最大降雨量可超过 232 mm。每年 5 ~ 11 月为台风季节,尤以 9 月份最多,年平均大于 8 级风的连续日数 5 天以上。海峡雾多,大雾天气年平均 24 天以上。

3)地层:琼州海峡海底地层主要为第三、第四纪海相沉积,上部为砂夹粘土、粘土夹砂或粉土互层,下部为厚层状粘土及粉砂质土互层,在钻孔处 300 m 深的范围内未探到较厚基岩。从上到下各地层为:a. 淤泥, Q<sub>4</sub>, 厚度 15 m 左右,主要分布在海峡中部的深水盆地;b. 粉砂质粘土, Q<sub>3</sub>, 只有几米厚,在海峡局部地方出现;c. 风化玄武岩, Q<sub>2</sub>, 厚度 13 m 左右,主要分布在海峡北部的浅海区;d. 粘土或粉土质砂, Q<sub>1</sub>, 厚度十几到几十米,分布在海峡的中部及北部的浅海区;e. 粘土与粉土质砂互层, N<sub>2</sub>, 厚度较大,广泛分布于海峡及两岸地区。

4)活动断层:琼州海峡是华南板块与南海板块的分界,称雷琼裂谷,北界是界炮—黄坡断裂,南界是王五一文教断裂。琼州海峡地区断裂主要有以下三组:近东西向断裂(主要有 5 条)、北东向断裂(主要有 7 条)和北西向断裂(主要有 6 条),这三组断裂组成了网状的构造格架,断层性质均为正断层。近东西向断裂为主要的控震构造,北东向断裂规模较大,但由于生成时间较早,晚期活动不强,北西向断裂是区内最新最活跃的构造,也是主要的发震构造。

5)地震及火山:该地区从 1400 年到 1995 年,共记载有 M ≥ 4.75 级地震 31 次(包括 1605 年琼山地震余震),其中大于 6 级地震 9 次,最大震级为 1605 年琼山 7.5 级地震。本区地震带正处于第二活动期的剩余释放阶段,因此在未来 100 年内发生 7 级及

其以上的地震概率很小。琼雷地区的地震均属浅源地震,震源深度绝大多数在5~20 km。火山活动延续时间长,从晚第三纪开始一直到全新世,分4个活动期。早期活动尚不普遍;中期是新生代火山活动的鼎盛时期;晚期活动渐趋微弱;近期活动更为局限。自有文字历史以来无任何火山活动可考。

## 4 琼州海峡隧道方案比选

### 4.1 桥梁与隧道方案初步比选

根据世界上各海峡固定跨越工程,其形式一般有隧道、桥梁或桥隧组合三种方案,而各种跨越方式根据不同的用途,又可分为铁路隧道(或桥梁)、公路隧道(或桥梁)、公铁两用隧道(或桥梁)以及它们的组合。各方案都有优缺点,应根据海峡场地的具体条件以及工程性质和用途来进行详细的方案比选。

根据国外的经验,在跨越较窄的海峡时,采用桥梁方案最为经济,而对于宽度大、水深大的海峡,应优先考虑选用隧道方案。在世界各大海峡的跨越工程中,无论是已经建成的、或者正在施工的、或者正在规划的,大部分均为隧道方案,也有一小部分为桥隧组合的方案,全桥梁方案只是在宽度小、水深浅的海峡中采用。

桥梁对抵御战争(特别是现代战争)以及地震等自然灾害的能力远不如隧道,为了避免战争和自然灾害给人类生命财产带来的巨大损失,世界各国在大型跨海工程建设上都注意挑选具有较强抗御战争和自然灾害能力的跨越方式。

在造价上,常规桥梁的单位长度造价不高,一般比隧道低,但在水深大、长度大、跨度大、净空高的情况时,桥梁的总造价不仅很大,而且技术非常复杂,这种情况往往建隧道更为经济、合理。

此外,桥梁的运营还受天气的影响,大风、大雾天气车辆不能正常通行。1986年12月10日,日本的山阴铁路线上正在行驶的列车被风速25 m/s的强风吹翻坠落大海,悲惨的教训,使日本制定了海上桥梁交通限制的标准,如表2所示。

日本的经验证明,当风速达到33 m/s(风力11级)时,可导致列车颠覆,无法保证铁路运输畅通无阻。若采用桥梁方案跨越琼州海峡,桥梁运行将受到限速和禁止通行方面的不便,桥梁的功能将受到很大影响。若采用隧道跨越琼州海峡,具有如下优点:不受天气的影响;可以保证全天候运输;不干扰

海面通航及海域的污染;能保护生态的平衡;结构安全度高;维修费用低等。

表2 日本海上桥梁交通限制标准

Table 2 Traffic limited standard of sea bridge in Japan

|    | 限速 40 km/h         | 禁止通行            |
|----|--------------------|-----------------|
| 风速 | 平均:大约 15 m/s 以上    | 平均:大约 25 m/s 以上 |
| 雨量 | 连续:大约 200 mm 以上    | 阵雨:大约 20 mm 以上  |
|    | 连续:大约 250 mm 以上    | 阵雨:大约 40 mm 以上  |
| 雾  | 视程:大约 100 m 以上     | 视程:大约 50 m 以上   |
| 地震 | 震度:4 以上(50~80 gal) | 震度:5 以上(80 gal) |

根据琼州海峡的自然及地质情况特点,即台风多、跨度大、水深大、地层条件差等,而且海上还有 $10 \times 10^4$  t 级以上的轮船航行,对跨海大桥的建设和车辆通行是不利的。桥梁方案受限制较多,技术难度大,建造费用高。

经过初步分析,建议采用隧道方案作为跨越琼州海峡的较优方案。

### 4.2 铁路隧道线位比选<sup>[6~9]</sup>

根据琼州海峡的宽度、水深、地形、地质、地震、交通运输等条件,以及粤海铁路网的布置情况进行线位方案设计和比选。琼州海峡海底地貌变化急剧,有的水深只有十几米,有的深达120 m,施工难度很大,选线的好坏直接影响到技术和经济的可行性。海底地质复杂,断层与灾害性地质分布广泛,且难于勘测,这给线位的合理选择带来很大的困难。根据粤海铁路网的位置,考虑到铁路隧道修建后便于接轨,并根据海底地形以及已有的地质资料,初步选择4条线位(I~IV线)方案如图1所示,各线的地质剖面如图2~图5所示,初步比较结果如表3所示。

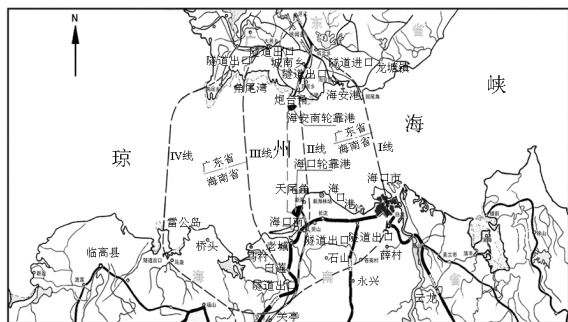


图1 琼州海峡隧道线位比选

Fig. 1 Comparison and selection of line location for Qiongzhou strait tunnel

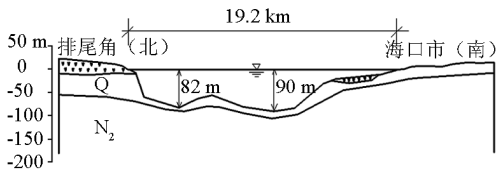


图2 I线线位剖面

Fig. 2 Section of line location for line I

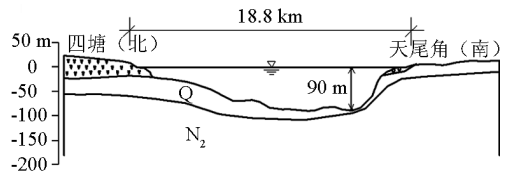


图3 II线线位剖面

Fig. 3 Section of line location for line II

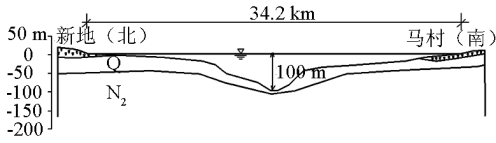


图4 III线线位剖面

Fig. 4 Section of line location for line III

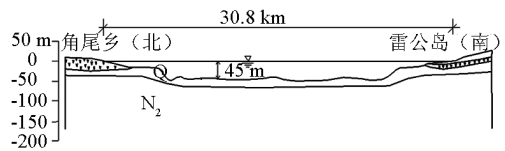


图5 IV线线位剖面

Fig. 5 Section of line location for line IV

表3 I线~IV线线位方案比较

Table 3 Scheme comparison of line location among line I ~ line IV

| 线位方案   | I线  | II线             | III线      | IV线                                      |
|--------|---|-----------------|-----------|--|
| 海面宽/km | 19.2  | 18.8            | 34.2      | 30.8                                     |
| 最大水深/m | 90  | 90              | 100       | 45                                       |
| 海底地形   | 起伏较大,南北段各有一深水槽                                | 起伏较大,南段有一个深水槽   | 中段有一深水槽   | 较平缓                                      |
| 海底电缆等  | 有禁止抛锚区  | 无               | 无         | 无  |
| 地层岩性   | Q(淤泥,粘土,粉土质砂和风华玄武岩)N <sub>2</sub> (粘土和粘土质砂互层) | 同I线             | 同I线       | Q(中粗砂,粘土,粉土质砂)N <sub>2</sub> (粘土和粘土质砂互层) |
| 活动断裂   | 北西向海口—云龙                                      | 北西向那胆—房参岭,长流—仙沟 | 北西向颜春岭—道崖 | 东西向马袅—铺前                                 |
| 附近地震区  | 海口地震区   | 四塘地震区           | 海峡与老城地震区  | 距震中较远                                    |
| 与铁路接轨  | 引线较长  | 隧道口直接连接         | 引线较长      | 引线很长                                     |
| 与轮渡相比  | 运距增加很小  | 运距没有增加          | 运距增加很小    | 运距增加很大                                   |
| 适合隧道类型 | 暗挖海底隧道  | 暗挖海底隧道          | 暗挖海底隧道    | 沉管隧道                                     |

在表3的4个比选的线位方案中,由于III线方案的海底段最长,海水最深,且海底不平缓,相比之下该线位不如其他三条线位好,因此首先将其淘汰掉。对于I线和II线,两者的最大水深,长度几乎相同,但I线海底有两个深水槽和一个禁止抛锚、铺捞区,这对地质勘探和隧道施工都不利,在断裂构造及地震稳定性方面I线不如II线好,而且与既有铁路连接I线也不如II线方便、经济,因此相比之下再将I线方案淘汰掉。这样就只剩下II线和IV线方案,这两个方案各有优缺点,均可作为隧道方案设计中的比选线位。在对海峡的地质条件,特别是对II线和IV线附近的地质条件作进一步的调查研究之后,再对线位作调整。

### 4.3 铁路隧道纵断面比选

对于IV线线位,海底地形平坦,水深较浅(约45 m),适用的隧道类型为沉管隧道。对于II线线位,适用的隧道类型为暗挖海底隧道。笔者只对II线的浅埋隧道方案和深埋隧道方案进行分析。

1) 浅埋隧道方案。隧道纵断面如图6所示,图6中A为Q<sub>2</sub>,Q<sub>3</sub>风化玄武岩,节理发育;B为第四纪沉积的淤泥、粘土、粉土质砂和砂;C为N<sub>2</sub>的灰黑色、可塑—硬塑状粘土,含贝壳及砂层;D为N<sub>2</sub>的灰色、中密—密实粉土质砂,含钙质结核;E为N<sub>2</sub>的灰色、可塑—硬塑—坚硬状粘土,低液限;F为N<sub>2</sub>的粉土质砂及粘土互层。隧道海底段主要穿过晚第三系N<sub>2</sub>地层(为粘土和粘土质砂互层)中的第一个粘土

层的下部,该层粘土的海底段为可塑状,陆地段为硬塑状,厚度不均匀,从几米到二十多米,具有较好的隔水作用和一定的自稳能力。海平面到隧道最低处的拱顶距离为 130 m,此处覆盖厚度为 40 m,海底段最小覆盖厚度为 31 m,隧道陆地段的坡度最大为 1.2%,隧道总长为 32.7 km。两岸边设置通风竖井,北岸竖井深 39 m,南岸竖井 78 m。隧道考虑采用盾构法施工。

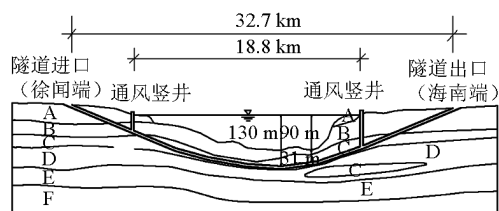


图 6 浅埋隧道纵断面(A~F 代表不同地层)

Fig. 6 Profile for shallow tunnel

2) 深埋隧道方案。隧道纵断面如图 7 所示,图中的地层说明与浅埋隧道方案相同。隧道的海底段主要通过晚第三系  $N_2$  地层中的第二个粘土层上部,该层粘土主要为硬塑—坚硬状,厚度大于 30 m,顶层面最低点位于海平面下 170 m。该粘土层具有很好的自稳能力和一定的成拱作用,并具有很好的隔水作用,如果其上的第一个粘土层连续分布于整个海底,则可起到双重的隔水作用,这样隧道埋设于该粘土层上是比较可靠的,但是隧道埋深和长度较大。海平面到隧道最低处的拱顶距离为 180 m,此处覆盖厚度为 93 m,海底段最小覆盖厚度为 70 m,隧道近陆段的坡度最大为 1.2%,隧道总长为 38.5 km。两岸边设置通风竖井,北岸竖井深 83 m,南岸竖井 113 m。由于该方案的地层条件较好,可考虑采用盾构法、敞开式掘进机法或局部矿山法施工。

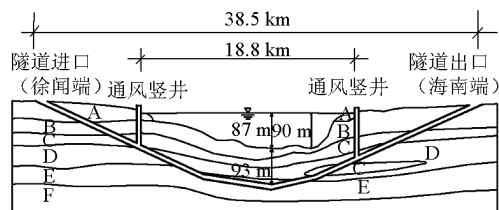


图 7 深埋隧道纵断面(A~F 代表不同地层)

Fig. 7 Profile for deep tunnel

3) 两方案比较。从工程量上看,深埋隧道方案的隧道长度比浅埋隧道方案长约 5 km 左右,因此浅埋隧道方案优于深埋隧道方案。从施工难度上看,由于浅埋隧道的地层条件比深埋隧道的地层条件差,浅埋隧道的地下水渗透压力比深埋隧道大,浅埋隧道的施工

难度比深埋隧道方案大,因此深埋隧道方案优于浅埋隧道方案。如果盾构施工技术能满足在高压、长距离快速施工的要求,而且能有效地进行超前注浆,降低水压,则浅埋隧道方案优于深埋隧道方案。

#### 4.4 铁路隧道横断面方案

隧道横断面设计为两条主隧道和一条服务隧道,服务隧道在施工期间作为超前导洞,用以进一步查明主隧道前方的地质及涌水点情况,并在不良地段对主隧道进行预先处理,使主隧道的施工尽可能顺利。服务隧道在运营期间可作为通风、排水、输气、输水以及发生危险时的安全通道。

根据工程类比,琼州海峡隧道的交通流量不会超过英法海峡隧道的交通流量,因此,可以参考英法海峡隧道的形式及断面大小,两行车隧道均为单线铁路隧道。琼州海峡隧道横断面如图 8 所示。

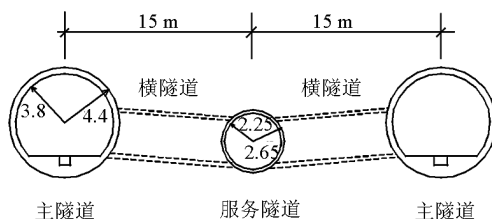


图 8 隧道横断面

Fig. 8 The horizontal section of tunnel

主隧道外径为 8.8 m,内径为 7.6 m,采用双层衬砌结构,一次衬砌为钢筋混凝土管片,二次衬砌为模注混凝土,衬砌厚度暂定为 0.6 m,在进行受力分析后再具体确定。服务隧道外径为 5.3 m,内径为 4.5 m,衬砌厚度暂定为 0.4 m。主隧道与服务隧道之间由横通道连接起来,每 500 m 设置一条横通道,横通道外径为 3.9 m,内径为 3.5 m,衬砌厚度暂定为 0.4 m。

采用双洞单线铁路隧道形式,由于隧道断面较小,在很大程度上减小了施工风险,而且大量地节约了盾构机的造价,加快施工速度。单线铁路隧道的形式还有利于工程的分期实施,可根据当前的经济状况及运量情况,分期修建琼州海峡隧道,可考虑先期修建一条主隧道和服务隧道,中期再修建一条主隧道,或者在远期运能不足时,还可再增加一条或两条主隧道。

#### 4.5 汽车运输方案

琼州海峡固定通道方案必须能同时满足铁路运输和公路运输的要求。对于隧道方案,又把铁路隧道方案作为首选方案。铁路隧道可以运行穿梭列车,汽车可通过穿梭列车背负式穿过隧道,这与世界各大海峡隧道的方案是一致的。因为通风的问题,水下公路隧

道在长度规模上远不及水下铁路隧道,如果让汽车直接行驶通过隧道,必须扩大隧道断面,增加通风设备,并在海峡中间修建多个人工岛用作通风竖井,这样势必增加工程造价和运营时的通风费用。此外,还要增加照明、监控、防灾等一系列运营费用。

## 5 琼州海峡隧道的关键技术

海峡通道工程十分巨大,技术难度高。从工程的前期研究到最后的施工,各个阶段都有许多关键技术需要研究。现针对琼州海峡隧道工程,初步认为主要有以下几方面<sup>[7-12]</sup>。

1) 海峡通道工程的系统规划研究:交通流量的预测方法及琼州海峡交通流量预测;对海峡通道方案进行经济、社会、技术的比选和规划;海峡通道工程的成本估算和工期预估的方法;海峡通道工程对环境的影响评价。

2) 海底隧道的自然及地质条件调查研究:海峡地区的气象调查,必要时对风况进行实测;海峡水文的调查及实测技术;适应海洋条件的地质勘探技术;海底地形地貌的测量方法;海上深孔钻探、物探等地质勘探技术及方法研究;海峡地区的地壳稳定性评价方法;海峡地区的活动断层的调查及观测;工程场区的地震稳定性评价;海底不良地质调查及海床的稳定性评价方法;海洋地质环境的评价方法。

3) 海底隧道工程的设计技术研究:高水压条件下的隧道支护结构的设计理论和方法;耐腐蚀性、高耐久性的新型结构材料的研究;隧道防火及防灾技术和设备选型的研究;高防水性的结构形式的研究;减震隧道结构研究;与盾构法、掘进机法、沉管法相适应的设计理论和方法;长大海底隧道的通风技术研究;隧道空气动力学特性研究。

4) 海底隧道工程的施工技术研究(主要针对Ⅱ线的盾构隧道):能承受高水土压力的盾构机的研制开发;盾构掘进水下对接技术研究;海底隧道独头长距离施工技术及独头长距离(>10 km)施工通风技术;隧道施工过程中降低粘性土地层的地下水压的方法;在高水压的粘土地层中的注浆技术以及注浆效果测试;服务隧道内超前及侧向水平钻探技术;人工开挖横通道时的局部降水处理技术及施工方法;研制掘进横通道专用的小型盾构机;隧道动态信息控制施工技术;改善施工环境的施工技术;隧道施工灾害预测技术及防治技术;隧道施工管理方法的研究。

5) 海底隧道的运营管理技术:海底隧道的维修管理理论和方法研究;海底隧道运营管理模式和运营控制模式的研究;海底隧道防灾、避难设施的设置基准的研究;海底隧道使用环境条件的控制模式的研究;海底隧道功能状态的诊断技术研究。

## 6 结语

对琼州海峡铁路隧道方案进行了初步的探讨,认为在我国现有修建隧道的技术水平与经济能力下,采用盾构法隧道方案是可行的方案。

对于线位方案,就目前掌握的资料来看,Ⅱ线线位较优。为了减小海底隧道的施工风险及技术难度,可考虑采用深埋隧道方案,并且尽可能地减小隧道断面,可采用单线隧道形式。同时为了加快工程的实施,可考虑采用分期修建的方案。

琼州海峡自然条件复杂,跨海工程前期工作量巨大,因此必须及早地进行系统深入的研究,否则难以应付日益增长的交通量需求。

## 参考文献

- [1] 海南年鉴编辑委员会. 海南经济年鉴[M]. 海口:海南年鉴出版社, 1998
- [2] 海南年鉴编辑委员会. 2006 海南经济普查年鉴[M]. 海口:海南年鉴出版社, 2007
- [3] 海南年鉴编辑委员会. 2007 海南年鉴[M]. 海口:海南年鉴出版社, 2008
- [4] 陈哲培. 海南省岩石地层[M]. 北京:中国地质大学出版社, 1997
- [5] 海南地学研究中心. 地震安全性评价报告(琼州海峡铁路轮渡新海港、四塘港)[R]. 1995.3
- [6] 谭忠盛. 琼州海峡工程地质问题及铁路隧道的可行性研究[R]. 北方交通大学博士后出站报告, 2001.7
- [7] 谭忠盛, 王梦恕, 张 弥. 琼州海峡铁路隧道可行性研究探讨[J]. 岩土工程学报, 2001, 23(2):139-143
- [8] 谭忠盛, 杨小林, 王梦恕. 海底隧道施工技术及其琼州海峡隧道可行性[J]. 焦作工学院学报, 2001, 20(4):286-291
- [9] 北方交大隧道中心. 琼州海峡铁路隧道方案论证及可行性研究探讨[R]. 2001.3
- [10] 铁道部科学研究院西南分院编. 国内外隧道掘进机文献汇集[M]. 成都, 1998.3
- [11] Tuneyoshi Hunasaki. Mechanizing and construction result of world largest diameter tunnel for Trans-Tokyo Bay Highway[J]. Proceedings of the world tunnel congress'99 - Challenges for the 21<sup>st</sup> Century, Norway, 1999, 5:543-554
- [12] Thomas R K. 直布罗陀海峡的桥隧通道方案[J]. 王 英, 译. 世界隧道, 1997, (5):36-41

(下转 85 页)