

文章编号:1006—2106(2005)03—0061—04

厦门东通道海底隧道快速施工之浅见

范恒秀^{1*} 郝小苏²

(¹ 中铁一局集团有限公司, 陕西 西安 710054; ² 中铁一局集团第五工程公司, 陕西 宝鸡 721006)

摘要:本文从战略上分析了施工标段划分、工期安排和服务隧道优先快速施工对实现快速施工的影响;从战术上指出抓住超前地质预报、风化槽处理、防水通风等几项关键技术对实现快速施工的作用。

关键词:海底隧道;快速施工

中图分类号:U455 **文献标识码:**A

厦门东通道总长度 9.0 km, 是连接厦门本岛和同安区的重要通道, 兼具公路和城市道路双重功能, 是厦门市第三条进出口通道。跨海隧道全长 5.9 km, 是我国第一座拟建的海底隧道, 其中海域段全长约 4.5 km, 隧道包括 2 条主隧道(单隧道为 3 车道, 宽 16 m, 高 12 m) 和 1 条服务隧道(宽 6 m, 高 6 m, 避难、共用管沟)。平面图、隧道断面见图 1 和图 2。

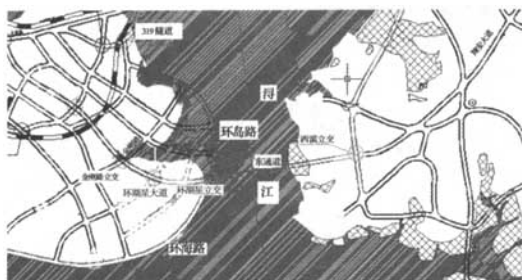


图1 海底隧道平面位置示意图

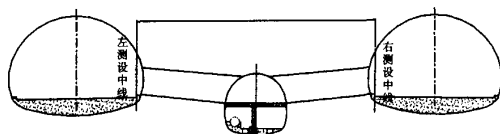


图2 海底隧道横断面示意图

根据推荐 C 线隧道方案^[1]和其地质情况, 笔者认为可以从以下三个大的方面来考虑实现安全快速优质的施工。

1 总体部署

总体部署就是一个战略问题, 只有从战略上把握全局, 整个工程才有取胜把握。这里主要考虑三个问题:

1.1 标段划分

1.1.1 两标段方案

根据地质等情况把分界里程定在 CK 9+760, 厦门端施工长度 3 160 m, 翔安端施工 2 740 m。本方案的优点是两洞口端各布置一个承包商, 便于施工场地布置、生产资源的配置(如服务隧道运输、通风等), 便于承包商发挥独立作战能力, 便于业主管理。双方均可能取得较好的经济效益。

1.1.2 四标段方案

分界里程仍为 CK 9+760, 但每端又分成两个标段。其中一个标段施工主体隧道加竖井, 另一个施工主体隧道加服务隧道。本方案的优点是承包商多, 更容易形成竞争的局面, 利于激励承包商提高技术, 加快施工进度, 承包商多(相对于两标段方案)既适合现实, 又可在施工中实现互补, 如在某一环节上(战术上)出现问题, 可能很快补救;缺点是由于同一端有两个承包商, 场地布置用地多, 施工干扰多, 特别是在利用服务隧道和竖井等作为两主隧道的运输、通风时管理和协调难度大, 但并非不能克服。本划分需要适当增加建设费用。

综上所述, 笔者仍主张划分为四个标段。

* 收稿日期: 2004—07—28 范恒秀 高级工程师 男 1957 年 11 月出生 现任中铁一局集团有限公司总工程师

1.2 工期安排

对于某项具体工程来说影响工期的主要因素是：总体设计方案(包括经费投入)、承包商能力、施工环境。

1.2.1 总体设计方案

众所周知,总体设计方案必须科学合理,既要考虑工程的使用功能,同时必须考虑施工方案和施工工艺的可行性。厦门东通道拟选择三隧道方案,并且拟选用钻爆法施工是科学合理的。工程使用功能先进完善。施工方案科学合理,既有成熟的施工技术做支持,也非常适合工程所在的地质情况。特别是服务隧道设计思路非常好,在施工阶段利用好它更可以使施工风险降低而速度加快。经费投入多,施工进度可以加快,工期就可以缩短,但经费的投入与产出密切相关,无论业主还是承包商都是经济人,都想使自己的利益最大化,因此在一定的前提下,双方互相配合理解就会找到一个合理的投入点。

1.2.2 承包商的能力

这个能力包括施工组织管理能力和施工技术水平。任务划分后,就要确定承包商的综合能力,此处体现为综合掘进指标的选择。自上世纪九十年代以来,我国隧道钻爆法掘进速度取得了长足进步,九十年代中建成的西康线秦岭特长隧道Ⅱ线平导(断面面积 30 m²)三年平均掘进速度:进口端 264 m/月,出口端 236 m/月;2002 年西南线克老双线铁路隧道连续 8 个月均成洞 234.6 m/月,最高月掘进速度 256 m;2001 年东秦岭特长隧道进口端年内完成平导掘进(30 m²)3 312 m,正洞(从平导通过横通道保证每月 2 个工作面)掘进 3 477 m,近两年乌鞘岭隧道创最高掘进 273 m/月,终南山公路隧道创 300 m/月。

综合以上数据,建议可供本隧道选择的综合掘进指标是:服务隧道:Ⅱ类围岩 70 m/月,Ⅲ类围岩 80 m/月(试验段)、90 m/月,Ⅳ类及以上 200 m/月(试验段)、250 m/月;主体隧道:Ⅱ类围岩 50 m/工作面·月,Ⅲ类围岩 70 m/工作面·月;Ⅳ类及以上 200 m/工作面·月。采取多工作面作业(两标段方案,每标段考虑 4 个工作面,四标段方案时每标段考虑 2 个作业面)和部分工程平行作业,初步估算出的工期见表 1。

由表 1 可知,采用两标段方案的施工工期大致要比四标段方案长半年(5~6 月)。

1.3 机构设置

机构设置看起来是一个简单的组织问题,但这个组织问题对实现快速施工有着重要意义,它直接决定

万方数据

表 1 东通道海底隧道成洞施工工期测算表 单位:月

任务划分		服务隧道试验段			主体隧道				总工期
		施工准备	试验段	小计	施工准备	掘进	衬砌滞后	小计	
两标段	厦门端	1	17-18	18-19		24	2	26	44-45
方案	同安端	2	20-21	22-23		26	2	28	50-51
两标段	厦门端	1	17-18	18-19	1	18	2	21	39-40
方案	同安端	2	20-21	22-23	1	20	2	23	45-46

工期目标的实现。我们要突出这一组织的指挥和协调能力,为施工创造良好的环境条件。对业主的组织机构主要职能要求:为承包商创造早开工的条件,如拆迁、环保、水电等,协调当地政府部门和企业为承包商提供良好的政策环境;同时要为参建承包商(特别是四标段方案)之间做好施工场地、运输通道、施工通风协调工作。对承包商的组织机构要求:加强和业主、设计、监理的联系,取得外部环境的支持,在承包商之间开展友好合作的竞争;在承包商之内应加强动态管理,指导施工。

2 施工组织

2.1 服务隧道超前掘进

笔者认为本隧道的施工组织原则应该体现“服务隧道超前掘进、综合预报探明地质、软弱围岩谨慎加固、统筹安排均衡快速”,尽早施工服务隧道,这样至少具有以下优势:

- (1) 为主体隧道施工探明地质;
- (2) 为主体隧道施工创造条件,当主体隧道施工到一定长度后,可利用服务隧道、竖井和主体隧道实现巷道混合式通风,提高施工通风效率;
- (3) 必要时可通过服务隧道(含竖井)提前进入主体隧道不良地质地段进行加固处理;
- (4) 通过服务隧道为主体隧道增开工作面,根据我局取得的东秦岭铁路隧道快速施工综合技术研究(2002 年度通过中国铁路工程总公司科技成果鉴定,2003 年获得了总公司科技成果二等奖),在平导(类似此处服务隧道)至少超前 1.0~1.2 km 的前提下,可保证经平导、横通道进入正洞增加两个工作面;
- (5) 必要时增加安全通道。

2.2 全隧道宜采用无轨运输

此隧道从两端进行开挖施工,最长施工距离 3.16 km,毛洞开挖断面宽度达 15~16 m,最大纵坡 3%,按照现在的施工技术水平和设备配置情况,隧道在 3 km 左右的长度时采用无轨运输方式。这样,无论是经济性,还

是在实现快速施工方面都优于有轨运输。

2.3 开挖方式

一般说服务隧道在采用围堰降水,超前加固处理的Ⅱ类、Ⅲ类围岩段可采用短台阶、中台阶法施工,Ⅳ类及以上围岩采用全断面施工;主体隧道在采用围堰降水、超前加固处理的Ⅱ类、Ⅲ类围岩地段,结合服务隧道的施工经验,可采用CD法和短台阶法施工,Ⅳ类及以上围岩可采用全断面开挖法。

隧道若在2004年9月进点施工,大致可在2006年3月左右完成服务隧道试验段。2006年4月着手主体隧道施工,大约可在2008年9月完成全部隧道成洞,必要时此工期还可以进一步合理提前。

3 关键技术

3.1 超前地质预报

地质预报(含水文地质)预报的重要性是不言而喻的,特别是海底隧道,比较准确地搞清地质情况是制定隧道施工方案、确保安全的重要依据。随着近十多年特长越岭隧道的修建,业主、建设、承包商对地质预报工作已经越来越重视,越来越舍得投入。现在已经证明导坑超前是最现实、准确的地质预报,如东西秦岭特长隧道,乌鞘岭特长隧道等,都设有平导超前。所以本隧道要充分发挥服务隧道超前的作用,为要使服务隧道安全,就必须做好服务隧道的超前预报,特别是隧道施工穿越F4断层风化槽,是本隧道预报的重点,也是本隧道施工的难点和重点。

我们强调对于特别困难地段要采用综合预测预报手段,即长期预报与短期预报相结合,仪器预报与施工过程相结合。

(1) 长期预报可采用TSP203超前地质预报仪。TSP203是目前被认为预报效果较好的仪器,其原理是利用地震波在不均匀地层的界面产生反射波的特征和信号到达(接收)的时间等参数来判断前方的地质变化,预测距离在100m左右是比较准确的。

(2) 短期预报采用深钻孔。超前钻孔可采用地质钻机(如MKD-55型),通过钻孔取芯直接判断围岩情况。

(3) 地质素描。这是施工过程中不可缺少的资料积累。开挖后通过对围岩类别、岩性、围岩风化程度、节理裂隙、产状、断层分布和形态、地下水等情况进行观察和测定后,绘制剖面、平面地质素描图,并结合位移量测和超前预测预报资料来判断前方地质情况,指导施工。

万方数据

3.2 风化槽等不良地质段施工

要特别认识海域风化槽给施工带来的风险,在思想上对风险的认识“宁可信其有,不可信其无”,一旦确定风化槽的严重性,则在加固处理(含初期支护)上应“宁强勿弱”。对风化槽(特别是F4风化槽)等不良地质段施工的主要措施有:

(1) 认真做好服务隧道施工中通过对各种地层支护技术、软弱围岩加固技术的应用试验,为正线隧道施工时提供可靠的技术参数和数据。

(2) 根据现有的注浆试验,穿越F4断层风化槽应在劈裂注浆的前提下增加超前管棚和超前锚杆,加固围岩,防止高压水对围岩造成破坏。

(3) 开挖采用裂和控制爆破技术,务必减小对围岩的扰动。

(4) 尽快成环,紧跟初期支护,及时施工二衬。

(5) 加强监控量测。本段宜开展裂隙水压力量测,围岩内部位移量测,锚杆及钢支撑量测、衬砌应力应变量测等项目的研究活动。

3.3 施工通风

由于最长通风距离将达到3160m,且采用无轨运输,为保证良好作业环境,要认真研究施工通风,充分利用既有设计条件,即“三洞一竖井”,现按四标段初步考虑的施工通风,即:一个正洞和辅助导坑为一个标段,另一个正洞与通风竖井为一个标段考虑。

施工通风采用分阶段方案实施,分述如下:

3.3.1 洞口施工段(0~1500m)

该阶段全部采取管道压入式通风,即风机设置在洞外,新鲜空气通过管道送至掘进工作面,污浊空气沿开挖处的洞身排出洞外,示意图3(a)。

正洞和辅助洞在该阶段均采取此种方式进行。

3.3.2 中间施工段(1500~3160m)

(1) 有竖井标段

该阶段有通风竖井的标段竖井于正洞已连通,这一标段的通风方案示意图3(b)。

送风风机所在竖井一侧必须封闭严密,防止污浊空气进入。

(2) 有辅助洞标段

此时正洞和辅助洞掘进距离已较长,宜采取混合式通风,通风方案示意图3(c)。

该方案由正洞和辅助洞共同组成一个完整的通风体系,新鲜空气自辅助洞进入,由两台风机分别送到正洞和辅助洞的掘进工作面,辅助洞的炮烟通过连通道排至正洞,与正洞的污风一起排出洞外。

3.3.3 其他注意事项

(1) 所有内燃机械必须采用低污染的并带有净化装置的柴油动力,并每年定期检修更换净化器;

(2) 爆破采用低污染、有害气体产生量小的乳化炸药;

(3) 出碴前对爆破后的碴堆进行喷洒,务必浇透,防止扬尘;

(4) 在施工期间还可采取洞内喷雾洒水,干式除尘器等技术措施。

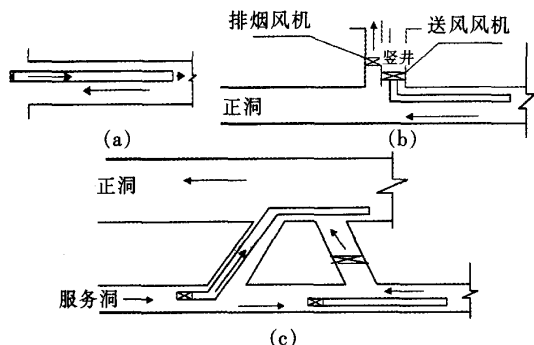


图3 施工通风分阶段方案示意图

3.4 隧道施工防排水

隧道工程施工中防水一直是一大难题,海底隧道施工更为突出。随着近几年防水技术和新型防水材料的不断发展和开发,隧道施工防水技术有了很大的进步。隧道衬砌接头环节是防水的重点,施工中可以考虑改变接头面的形状(如设置矩形、梯形接口槽等)、增设高性能止水带等措施综合处理。

隧道的纵向坡度最大达到3%,最小为0.3%,由于隧道从两头进行施工,始终处于反坡排水状态。施工中可将临时排水设施(排水管路、集水井、接力泵站)的

设置和以后运营期间永久的排水设施综合考虑,减小工程投入。

3.5 混凝土的防腐

隧道穿越区域位于厦门东海域,地下水对混凝土具有一定的弱腐蚀性,对钢结构具中等腐蚀,必须采取相应防腐措施。除了设计上借鉴采用国外的多级防护的设计理念外,施工中还要选择合理的施工方法和工艺,同时在混凝土中掺加高效减少剂和防腐剂,对工程中采用的钢材使用前进行防腐处理。

3.6 信息化动态设计和施工

此隧道是我国第一座采用钻爆法进行施工的海底隧道,设计施工经验缺乏,因此有必要在施工中进行一系列的现场监测和测试工作,对实际施工的情况进行收集分析,并及时进行参数调整。信息化动态设计施工法对于特殊条件下隧道施工的重要意义和作用,已经在渝怀线圆梁山隧道、乌鞘岭隧道(F7断层段)得到了很好的验证。

4 结束语

厦门东通道海底隧道是我国第一座海底隧道,相信经过业主、设计、施工单位的共同努力,可以顺利完成,将此隧道建成具有世界一流的设计、管理、施工水平的隧道。

参考文献

- [1] 中交第二公路勘察设计研究院. 厦门东通道工程可行性研究报告[R].

COMMENTS ON RAPID CONSTRUCTION OF SUBMARINE TUNNEL FOR XIAMEN EAST CORRIDOR

FAN Heng-xiu, HAO Xiao-su

The First Engineering Bureau Group Co. Ltd. of Chinese Railway

Abstract: This paper analyses the division of engineering section, arrangement of construction schedule and service for rapid construction of submarine tunnel from strategy, presents the roles in rapid construction of submarine tunnel by adopting key techniques for advanced geological forecast, treatment of weathered trough, water proofing and air ventilation from tactics.

Key words: submarine tunnel; rapid construction

厦门东通道海底隧道快速施工之浅见


作者:

范恒秀, 郝小苏, [FAN Heng-xiu](#), [HAO Xiao-su](#)

作者单位:

[范恒秀, FAN Heng-xiu\(中铁一局集团有限公司, 陕西, 西安, 710054\)](#), [郝小苏, HAO Xiao-su\(中铁一局集团第五工程公司, 陕西, 宝鸡, 721006\)](#)

刊名:

[铁道工程学报](#) 

英文刊名:

[JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)

年, 卷(期):

2005 (3)

被引用次数:

1次

参考文献(1条)

1. [中交第二公路勘察设计研究院](#) [厦门东通道工程可行性研究报告](#)

引证文献(1条)

1. [刘瑞波](#) [隧道施工机械选型技术分析](#)[期刊论文]-[科技视界](#) 2012(18)

引用本文格式: [范恒秀](#). [郝小苏](#). [FAN Heng-xiu](#). [HAO Xiao-su](#) [厦门东通道海底隧道快速施工之浅见](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2005 (3)