

文章编号: 0451-0712(2007)02-0173-04

中图分类号: U455.4

文献标识码: B

两江隧道施工方法分析

陈 杨¹, 林 志²

(1. 重庆交通大学 重庆市 400074; 2. 重庆交通科研设计院 重庆市 400067)

摘 要: 拟建的两江隧道工程是目前国内外技术最为复杂的隧道工程, 根据隧址的工程地质及水文地质条件, 两江隧道工程的越江方案在本阶段(可研阶段)拟定了盾构、沉管、钻爆等3种隧道方案。本文首先通过3种工法的简单分析和定性比较, 然后从项目实施中的风险程度出发, 采用定量的风险模糊分析方法, 得出了各种工法的风险度, 最后建议采用盾构施工法。

关键词: 两江隧道; 钻爆法; 盾构法; 沉管法; 风险; 模糊综合评判

1 工程概况

重庆两江隧道工程(见图1)以已经建成的江北、南岸和渝中半岛的滨江路为基础, 采用水下隧道方式穿越两江, 沟通“一岛两岸”(渝中半岛、江北及南岸)。工程拟采用城市主干道Ⅰ级标准, 设计车速为50 km/h, 两江隧道均按双洞双向4车道组成。此工程是目前国内外技术最为复杂的隧道工程。实施中需穿越泥岩、砂岩以及泥岩夹砂岩层, 裂隙较发育, 局部透水性强, 隧道坑道施工中的透水、涌水、缓倾岩层的围岩稳定和衬砌承受静水压力是江底隧道施工中不可回避的主要工程地质问题; 隧道直径大, 两江隧道在朝天门嘴设地下互通式立交, 解决地下“丁”字交叉问题, 匝道与匝道(或主显)交叉5次, 分合流端部6处, 结构复杂, 施工难度大; 地面环境复杂, 需穿越朝天门高层建筑群等多项难点。国内外尚无类似地质条件和水深条件的互通式立交隧道结构

设计及防水设计资料可参考。

2 拟采用的施工方法及关键技术研究

目前国内外穿越江、河、湖、海等水域的隧道通常采用盾构、沉管、钻爆隧道方案, 根据隧址的工程地质及水文地质条件, 两江隧道工程的越江方案拟定了盾构、沉管、钻爆等3种隧道方案。

2.1 暗挖钻爆法

朝天门两江隧道采用钻爆暗挖施工, 施工方案按普通山岭隧道施工方法进行。对于匝道段隧道, 可采用上下台阶法、多台阶法进行开挖。平交和立交段, 可采用双侧壁法、单侧壁法或微台阶法等开挖方式。本工法拟解决的关键技术为:

- (1) 爆破振动技术;
- (2) 注浆技术;
- (3) 结构的耐久性设计;

收稿日期: 2006-08-24

finite-element analysis, the near-field stress path and displacement changing law during the progressive advancement of a tunnel face and the state of stress, displacement around the tunnel after the excavation finished are studied and analyzed. According to the study results, some conclusions can be drawn out. The surrounding rock of the tunnel undergoes a stress path from loading to unloading during the excavation. The unloading effect of the excavation has more evident expression on the bottom than on the arch crown of the tunnel, and insignificant expression on the side wall of the tunnel. The region affected by excavation on the surrounding rock is from 1B before the tunnel face to 1B behind the tunnel face at the tunnel axis and 2B around the tunnel perpendicular to the tunnel axis. B represents the tunnel span. The results of the analysis and engineering practice are compared and studied qualitatively in this paper.

Key words: highway tunnel; excavation effect; FEM analysis

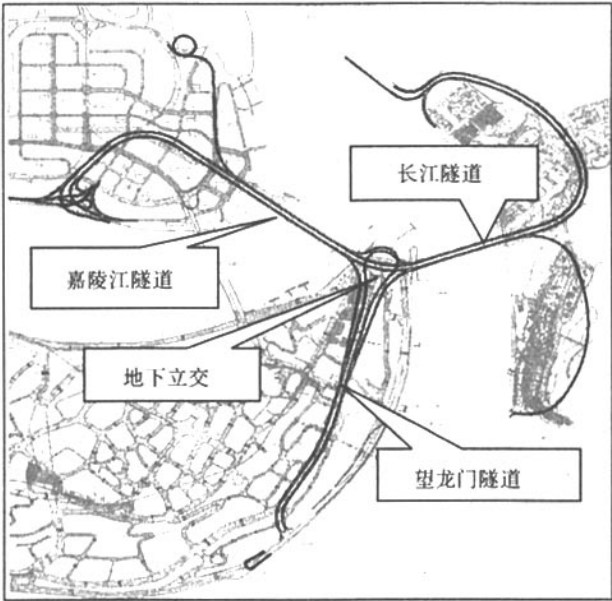


图 1 朝天门两江隧道总体布置图

(4) 施工中抗高地下水压问题及预防突发事件的处理对策。

2.2 盾构法隧道

采用盾构法修建朝天门两江隧道工程中的长江隧道和嘉陵江隧道,即从江北到南岸的越江隧道段主洞采用盾构机掘进,其余隧道仍采用暗挖钻爆法修建。本工法拟解决的关键技术为:

- (1) 盾构隧道最小埋深的确定;
- (2) 盾构机选型与制造;
- (3) 超前地质预报方法及探测设备的配套;
- (4) 盾构的防排水设计;
- (5) 盾构隧道管片结构的耐久性研究;
- (6) 施工中抗高地下水压问题及预防突发事件的处理对策。

2.3 沉管隧道

沉埋管节法(简称沉管法),是在干船坞内或大型驳船上先预制钢筋混凝土管节或全钢管节,然后浮运到指定的水域,再下水沉埋到设计位置固定,建成需要的过江隧道或大型水下空间。本工程采取此工法拟解决以下关键技术:

- (1) 大流速下管节的沉放;
- (2) 大水深、大流速下的水下钻爆;
- (3) 大水深下的管节截面优化分析;
- (4) 隧道的防排水问题;
- (5) 浅埋隧道营运风险分析。

2.4 三种工法定性比较

三种工法定性比较见表 1。

表 1 水下隧道施工方法综合比较

比较内容	暗挖钻爆法	盾构法	沉埋管节法
通航	无影响	无影响	影响很大
防水	一般	效果好	效果好
隧道线形及长度	纵断面线型差,隧道长度大	线形和隧道长度均适中	线形好,隧道长度最短
工期	隧道施工工期较长	隧道掘进较快	隧道施工短
工程造价	低	高	低
运营费用	一般	一般	低
环保	影响中等	影响小	施工期间对环境破坏大
国内设备与技术力量	较强,应加强复杂地层条件下的隧道施工管理	较弱,需从国外引进主体设备和相关技术,缺少断面混合型盾构施工经验	积累了丰富的工程经验
关键技术	越江段衬砌防水	大直径盾构制造	水下钻爆和管节沉放
隧道横断面的选择	具有可控性	灵活性差	灵活
应付隧道突发事件能力,如突涌水	有一定能力	发生事故的可能性小	较强

通过表 1 的定性分析,因盾构法在实施过程中对交通和环境的影响较小,防水效果好、工期短、发生的风险事故可能性较小,尽管建设造价稍高,但是综合比较之下,本项目将盾构法施工方案作为第一推荐方案。

3 工法风险模糊综合评判分析

模糊综合评判就是在综合考虑评判对象的各项经济技术指标,兼顾评判对象各种特性及各方面因素的基础上,将各项指标进行量化,并根据不同指标对评判对象的影响程度来分配权系数,从而对各评判对象给出一个定量的综合评判值。分析过程包含:(1)建立因素集;(2)建立权重集;(3)建立评判集;(4)建立评判矩阵;(5)模糊综合评判;(6)评判指标处理(数量化)。

3.1 施工期风险因素

通过对本项目大量的调查统计分析,影响施工阶段的关键因素有通航、防水、隧道线形及长度、工期、工程造价、运营费用、环保、国内设备与技术力量、关键技术、应付隧道突发事件的能力(如突涌水等),依据工程的实际情况和具体的实施工法,各个风险因素对不同的施工方法影响程度不同,其作用的结果也不同,如表 2~表 5 所示。

表 2 风险因素权重					
工法	风险因素权重				
暗挖钻爆	$A_1=(0.06,0.2,0.08,0.1,0.1,0.15,0.06,0.1,0.16,0.09)$				
盾构	$A_2=(0.06,0.16,0.06,0.05,0.2,0.10,0.06,0.16,0.12,0.13)$				
沉管	$A_3=(0.2,0.08,0.06,0.05,0.15,0.09,0.12,0.16,0.16,0.03)$				

表 3 暗挖钻爆施工法调查					
评判因素	风险因素影响程度/%				
	很大	较大	中度	轻度	可忽略
通航	0	0	0	0	1
防水	0.08	0.316	0.584	0.02	0
隧道线形及长度	0	0.133	0.788	0.079	0
工期	0.03	0.203	0.667	0.1	0
工程造价	0.056	0.312	0.549	0.083	0
运营费用	0	0.413	0.587	0	0
环保	0.3	0.7	0	0	0
国内设备与技术力量	0	0	0	0.3	0.7
关键技术	0.3	0.6	0.1	0	0
应付隧道突发事件能力	0.2	0.711	0.089	0	0

表 4 盾构施工法调查					
评判因素	风险因素影响程度/%				
	很大	较大	中度	轻度	可忽略
通航	0	0	0	0	1
防水	0	0	0.584	0.416	0
隧道线形及长度	0	0	0.2	0.8	0
工期	0	0	0	0.1	0.9
工程造价	0.056	0.112	0.549	0.283	0
运营费用	0	0	0	0.11	0.89
环保	0	0	0	0.02	0.098
国内设备与技术力量	0	0.07	0.82	0.11	0
关键技术	0.6	0.4	0	0	0
应付隧道突发事件能力	0	0	0	0.3	0.7

3.2 风险数学模型的建立

3.2.1 建立评判集、因素集、模糊映射

建立模糊映射 $f:U \rightarrow F(V), x \mapsto f(x)=B \in F(V)$, 其中因素集合 $U=(\text{通航、防水、隧道线形及长度、工期、工程造价、运营费用、环保、国内设备与技术力量、关键技术、应付隧道突发事件能力})$; 评判集合 $V=(\geq 80, 60 \sim 80, 40 \sim 60, 20 \sim 40, \leq 20)$ 或 $V=(\text{风险很大, 风险较大, 中度风险, 轻度风险, 可忽略风险})$; 评判集合数量化 $V=(1.0, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4)$ 。

表 5 沉管施工法调查					
评判因素	风险因素影响程度/%				
	很大	较大	中度	轻度	可忽略
通航	0.8	0.2	0	0	0
防水	0	0	0	0	1
隧道线形及长度	0	0	0	0.01	0.99
工期	0	0	0	0.1	0.9
工程造价	0.056	0.212	0.649	0.083	0
运营费用	0	0.413	0.587	0	0
环保	0.4	0.6	0	0	0
国内设备与技术力量	0.3	0.7	0	0	0
关键技术	0.3	0.6	0.1	0	0
应付隧道突发事件能力	0	0	0	0.3	0.7

3.2.2 模糊矩阵

根据模糊映射和模糊的关系, $R_f=(u_i, v_j)=f(u_i) \cdot (v_j)=r_{ij}$; 即是 $R_{i,j}=F(u_i)(v_j)=r_{ij} \in F(V)$;

$$R_{i,j}=\begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1j} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{i1} & \cdots & r_{ij} \end{pmatrix}$$

3.3 风险调查表

为了对项目施工方法进行定量风险分析, 研究项目施工的风险, 计算风险量, 评定各种施工方法的风险等级, 采用专家调查法, 进行数据统计调查。主要调查对象为项目业主, 专家学者, 设计单位, 高校和政府部门, 从项目施工涉及的相关部门分析施工期间各工法的风险, 分析与评价科学合理、环保安全、经济实用且安全的施工方法。通过实际调查统计分析, 其结果如表 2~表 5。

模糊矩阵相乘采用取大取小运算 (\wedge, \vee) , 故 $A_1 \cdot R=B=(0.16, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1)$ 。

对评判集合 B 归一化、数量化处理得 $B_1=BV^T=0.8026$ 。

$$A_2 \cdot R=B=(0.12, 0.12, 0.2, 0.2, 0.13)。$$

对评判集合 B 归一化、数量化处理得 $B_1=BV^T=0.6051$ 。

$$A_3 \cdot R=B=(0.2, 0.2, 0.15, 0.12, 0.12)。$$

对评判集合 B 归一化、数量化处理得 $B_1=BV^T=0.6772$ 。

故由定量分析得出 3 种工法风险大小排序为: 暗挖钻爆法 > 沉管法 > 盾构法。

4 结论

(1) 分析计算结果表明: 盾构工法风险接近中度

风险,沉管法风险较大,钻爆法风险很大;与定性分析结果基本一致,建议采用盾构工法。

(2)由以上分析可知,即使施工采用盾构工法,其风险度仍达到60.51%,故需在施工阶段进行详细的风险分析评估,使工程风险效益达最大化。

(3)建立施工风险模糊分析对社会决策具有现实的意义,将不确定性的因素数量化,是对传统定性化评价与判断的一次发展,使决策更加准确。

(4)本文通过采用专家调查的方法得出了风险因素的权重值,权重值的确定也可以采用层次分析方法确定。

(5)采用风险模糊综合评判分析,可进一步推广到社会生产各行各业,建立符合客观实际的量化模型,比较各种方案经济指标,具体地指出优化合理方

案,使我们的决策领导水平更加科学化和民主化。

参考文献:

- [1] 贾嘉陵,王梦恕,张顶立.北京西单立体交通工程施工安全风险模糊分析[A].2005 全国地铁与地下工程技术风险管理研讨会论文集[C].
- [2] 雷胜强,刘淑敏,常军红,雷非.国际工程风险管理与保险[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 隗志才.公路运输技术经济学[M].北京:人民交通出版社,1998.
- [4] 陈神龙,陈龙珠,宋春雨.基于模糊综合评判法的地铁车站施工风险评估[A].2005 全国地铁与地下工程技术风险管理研讨会论文集[C].
- [5] 重庆交通科研设计院.重庆朝天门两江隧道工程预可行性研究报告[R].2005.

Analysis of Construction Methods of Two Rivers Tunnels

CHEN Yang¹, LIN Zhi²

(1. Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. Chongqing Communications Research and Design Institute, Chongqing 400067, China)

Abstract: The two rivers tunnel engineering in Chongqing City which is in plan is the most complicated tunnel project in current domestic and international technique. According to its geology and hydrology, there are three kinds of construction methods in plan in this stage, such as NATM, shield tunneling method and immersed tube method. Through the simple analysis and qualitative comparison of the three methods, and then from the angel of risk in the construction course, the quantitative risk fuzzy analysis method is adopted, the risk degrees of the three methods are got and the shield tunneling method is suggested finally.

Key words: two rivers tunnels; NATM; shield tunneling method; immersed tube method; risk; fuzzy synthetic evaluation

获得 2006 年度中国公路学会奖的西部交通建设科技项目名单

特等奖(1 项):《沙漠地区公路建设成套技术研究》。

一等奖(5 项):《高液限土路基稳定技术研究》、《公路边坡稳定成套技术》、《公路风吹雪雪害防治技术研究》、《路桥过渡段路基修筑技术》、《公路旧桥检测评定与加固技术研究及推广应用》。

二等奖(8 项):《湿陷性黄土地区路基路面病害处治技术研究》、《西部地区合理路面厚度及结构形式研究》、《水泥混凝土路面养护技术研究》、《西部公路交通工程设施系列标准研究》、《西部地区地方性材料在公路路面中的应用研究》、《公路风吹雪雪害成因与预警研究》、《青海万丈盐桥处治技术研究》、《水下混凝土材料及耐久性研究》。

三等奖(8 项):《大粒径碎石路基施工控制技术的研究》、《黄土路基压实技术》、《硅藻土改性沥青混合料路用性能的应用研究》、《路用沥青改性技术的研究》、《废旧橡胶粉用于筑路的技术研究》、《黄土地区桥梁桩基合理埋深研究》、《岩溶地区公路建筑环境保护研究》、《西部地区公路建设中的环境保护对策研究》。