

第三届全国公路隧道学术会议

论文集

中国公路学会隧道工程学会
交通部重庆公路科学研究所

U4572-53

X400

第三届全国公路隧道学术会议

论文集



0205590

一九九四年十月

610832

前言

为使此次学术交流获得圆满成功,隧道工程学会决定编辑出版“第三届全国公路隧道学术会议论文集”,并于1993年11月发出征集论文的通知,到1994年8月底共收到论文35篇,全部收入论文集。论文内容包括:公路隧道勘测、设计、施工(20篇);公路隧道维修与养护(1篇);公路隧道防、排水(2篇);公路隧道通风、照明(3篇);公路隧道交通监控(2篇);公路隧道营运、收费(2篇);公路隧道监理(1篇);微机应用(2篇);新技术(1篇);综论(1篇)。收入论文集的论文,其内容之深度和广度与前两届论文集相比颇有进展,较全面地论及隧道工程的各领域,基本上反映了近年来国内公路隧道的技术现状。

编者对这些论文作了细致的审编。尽管作了不少努力,但鉴于水平有限,疏漏之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见。

本论文集主编熊有言，蒋树屏；责任编辑何志勇。

编者

1994年10月

目 录

公路隧道设计的主要环节——兼谈铁山坪隧道的初步设计构思·····	王毅才 恽大中 (1)
孔家庄隧道浅埋段的设计与施工·····	李志厚 (14)
坂寮岭隧道施工方法的选定·····	章建德 (18)
石马岬长隧道测设·····	连文前 (21)
后门隧道的设计与施工·····	韩常领 (27)
安楚公路隧道的设计与施工·····	王廷伯 (36)
公路隧道的二次衬砌·····	齐向军 邓焕曾 (41)
管棚护顶作用下隧道围岩变形的现场监控·····	刘洪洲 李通林 谭学术 (43)
广东后门隧道左洞Ⅱ类围岩段拱墙结合缝施工质量分析及处理措施·····	廖坤伦 (47)
隧道锚在大跨度悬桥锚碇工程中的受力性态及与其它锚碇结构型式的比较·····	孙 钧 朱合华 纪会文 (51)
迳顶山隧道车道设置方案探讨·····	贾玉林 (59)
隧道洞口美学探讨·····	熊世龙 (63)
隧道工程围岩分类的讨论·····	王华牢 (67)
公路隧道方案的多目标决策·····	杨雪亮 (75)
公路隧道总体设计与分项设计的制约关系分析·····	王毅才 (82)
公路隧道设计中几个问题的探讨·····	李言信 (89)
从后门隧道的通车谈我国公路隧道的建设·····	孙国柱 孔祥金 (92)
日本隧道及地下空间开发·····	小野紘一 (98)
日本神户市长大公路隧道的建设情况——第二新神户隧道·····	中村五郎 (111)
公路隧道的维修与养护·····	猪熊 明 (120)
山岭公路隧道防排水技术应用现状与对策·····	程崇国 (128)
公路隧道防排水·····	宋王石 张金明 (132)
泉厦高速公路双线隧道的通风、照明、消防及防排水设计·····	漆光荣 (136)
长大公路隧道通风优化设计理论——兼谈铁山坪隧道通风优化设计·····	王毅才 王奇辉 (146)
高等级公路长隧道照明、供电设计与实践·····	王源昆 (152)
公路隧道无线调频广播、无线移动通讯系统的研究与应用·····	陈 良 张永根 (160)
隧道监控系统设计和采购的几个问题·····	宁梓荣 (166)
公路长隧道的运营管理·····	孔祥金 (170)
珠江隧道收费系统·····	古振声 (175)
公路隧道施工监理实践·····	马映清 王文广 何淦军 (178)
利用计算机对隧道开挖进行质量评价·····	肖丁林 (183)
计算机辅助公路隧道通风、照明绘图设计·····	王兴平 (192)
静力破碎剂在特殊工程中的应用·····	邹俊兴 严长卿 (197)
努力提高我国公路隧道工程科学技术水平·····	蒋树屏 (200)
岩体的流变性与新奥法——兼论聚合物混凝土喷层·····	陈德坤 (209)

Contents

Main points of the highway tunnel design—preliminary design concepts of the Tieshanpin tunnel.....	Wang Yicai Yun Dazhong(1)
Design and construction of the covered thin layer section to Kongjiazhuang highway tunnel.....	Li Zhihou(14)
Selection of the construction methodes for Banliao Mountain tunnel.....	Zhang Jiande(18)
Survey and design on the highway long tunnel of Shimajia.....	Lian Wenqian(21)
Design and construction of the Houmen tunnel.....	Han Changling(27)
Design and construction of Anning—Chuxiong highway tunnel.....	Wang Tingba(36)
Second lining in the highway tunnels.....	Qi Xiangjun Deng Huanzeng (41)
In-situ measurement of X—tunnel surrounding rock deformation under fore- poling canopy guard.....	Liu Hongzhou Li Tonglin Tan Xueshu(43)
Analyse and treatement measure on the construction quality of arch wall joint into Guangdong Houmen tnnel.....	Liao Kunlun(47)
Mechanical behaviour of tunnel type anchor in large-span suspension bridge and its comparison with other kinds of anchor types.....	Sun Jun Zhu Hebua Ji Huiwen(51)
Lane design plans for Jing Ding mountain tunnel.....	Jia Yulin(59)
Research on the tunnel portal aesthefics.....	Xiong Shilong(63)
Discussion on the classification of surrounding rock in the tunnel engineering	Wang Hualao(67)
MCDM of the highway tunnel scheme.....	Yang Xueliang(75)
Restricted relations of the overall design and branch designs for the highway tunnel.....	Wang Yicai(82)
Research of some questions on the highway tunnel design.....	Li Yanxin(89)
Construction of the long highway tunnels in China on Houmen tunnel opened to traffic.....	Sun Guozhu Kong Xiangjin(92)
Tunnels and underground developoments in Japan.....	Koichi Ono(98)
Construction of the Kobe second new highway tunnel in Japan.....	G. Nakamura(111)
Maintenance and curing of the highway tunnels.....	A. Inokuma(120)
Discuss on the waterproof-drainage technic of highway tunnel.....	Chen Chongguo(128)
Waterproof and drainage of the highway tunnel.....	

.....Son Wangshi Zhang Jinming(132)
Design of ventilation, lighting, fire protection, waterproof and drainage on
the twin tunnel of Quanzhou-Xiamen freeway.....Qi Guangrong(136)
Optimization design theory of the ventilation on the long and large highway
tunnels—Optimization design on the Tieshanpin tunnel ventilation.....
.....Wang Yicai Wang Chihuei(146)
Design of lighting, power supply and his practices for the freeway long
tunnels.....Wang Yuankun(152)
Research and application of radio frequency modulation broadcasting and
radio mobile communication systems installed in the highway tunnels
.....Chen Liang Zhang Yonggan(160)
Design and procurement on the surveillance system of tunnel.....
.....Ning Zirong(166)
Operation and management of the long highway tunnels.....Kong Xiangjing(170)
Toll system of the Pearl River tunnel.....Gu Zhensheng(175)
Supervision practice in the road tunnel construction.....
.....Ma Yingqing Wang Wenguang He Yujun(178)
Using computer to assess the quality of tunnel digging.....Xiao Liaolin(183)
Computer aided design of ventilation and lighting drawings on the highway
tunnels.....Wang Xingping(192)
Static breakage agent applied in the specific engineering
.....Zou Junxing Yan Changqing(197)
Improvement about the scientific and technical level of highway tunnel in
China.....Jiang Shuping(200)
Rheology of rock mass and New Austrian Tunnelling Method.....
.....Chen Dekun(209)

公路隧道设计的主要环节

——兼谈铁山坪隧道的初步设计构思⁽¹⁾

王毅才 恽大中
(西安公路学院) (四川省公路设计院)

摘 要: 本文对公路隧道的设计环节作了比较系统和全面的介绍。文章以长大公路隧道的勘测设计为主要内容,阐述了设计中的主要环节和内容要求。并结合国道主干线公路重庆上桥至桃花街段,铁山坪隧道的初步设计构思,加以深入说明。文章从可行性研究开始,逐个分析了设线、地质勘察、隧道洞内外结构与设施的设计方法和考虑问题的出发点等。

关键词: 工程可行性研究, 地质勘察, 结构设计, 设施设计

1 可行性研究阶段

除特长隧道可能专门立项外,长及中长隧道一般会随路线一起作可行性研究。可行性研究阶段在很大程度上决定了公路隧道的诸多基础条件。

铁山坪隧道位于国道主干线重庆上桥至长寿桃花街段上(见附图),路段长度 84.86km。隧道西口距上桥约 35km,隧道长约 2850m,按一级公路标准设计。在可行性研究阶段,研究组吸收了隧道室主任工程师参加工作。工作协调性很好,取得了好成果。工作中对隧道测区的自然地理、地质构造及地层岩性、地貌、水文地质、新构造运动与地震等做了认真的调研。

可行性研究阶段所需的地形资料来自 1:10000 地形图。测区地处四川盆地东南部,地形为北东向狭长条形山脉与丘陵相间的“平行岭谷”。山岭海拔高程一般 500~1000m,谷地标高 300~500m。区内地貌,其形态及分布均具受地质构造和岩性严格控制的显著特征:背斜成山,向斜除局部



图1 交通位置图

有桌状山外,一般均为丘陵。具体区划为三种地貌:**a.**构造剥蚀丘陵,高程280~450m,由侏罗系红层组成,分布范围与宽缓向斜构造相对应,呈深丘一中丘状;**b.**构造剥蚀低山,多为近北东向条形山地,高程500~1000m,地形切割陡剧,横向沟谷发育,由三迭系须家河组地层组成。铁山坪隧道即位于该地貌区内;**c.**侵蚀溶蚀低山,分布于条形山的核心部位,由碳酸盐类岩石组成,遭侵蚀溶蚀后形成低于两侧山脊的条形槽谷。此外,还对测区内工程地质及水文地质条件进行初步调研,主要资料来自区域地质图。初步判定为铁山坪隧道的两个初拟方案位置,工程地质条件好,均具备成洞条件,水文地质条件简单。尤其南线方案(推荐方案)工程地质及水文地质条件更好,方案成立可能性较大。比较线具备成洞条件,但东口引线及接线条件稍差,桥涵构造物较多,占地(长田)较推荐方案多。

图上作业完成后,对现场进行核查。参加人员有项目负责人,路线队队长,主任工程师,隧道室主任,地质工程师等。核查后认为:地形地质资料基本准确。待立项后,即可开展后续工作。

隧道可行性研究阶段重点解决成洞条件和接线条件。成洞条件是建设隧道的基础,没有成洞的基本条件就谈不上其它问题。或者虽然勉强可以成洞,但代价高昂,都是不可取的。接线条件是隧道适用的基础之一。山岭公路隧道定位时,一般可以有多个选择,应该选择比较理想的位置,以求在适用条件下能尽量经济。

经过图上作业和现场核查后,对铁山坪隧道形成的印象是洞身绝大部分地段出露地层为三迭系上统须家河组(T_{3xj}),为一套以长石石英砂岩为主的地层,偶见煤线及煤屑。地质构造上,隧道测区处于川东褶皱带西缘,隧道横贯铜锣峡背斜南西近倾没端。背斜走向北东20度,轴部宽缓,宽1km余,两翼不对称,自然坡面,西翼陡峻,东翼相对较缓。地质构造单一,未发现断裂。推荐线和比较线隧道最大埋深分别约310m和360m。从地貌上看,推荐线东口附近洞身上方,有形似台状地形应引起注意;比较线东口附近洞身上方,有一与轴线呈45度交角的冲沟应引起注意。

2 初步设计阶段的准备工作

2.1 地形资料准备

地形资料是隧道设计的基础资料,长大隧道一般应在1:1000(或1:2000)和1:5000地形图上进行图上作业,以便在图上正确进行隧道轴线定线工作和洞口定位工作。通常是在路线中线附近做小范围调整,如果遇到无论如何调整也满足不了设置隧道的基本条件的话,那就说明可行性研究工作没有做好。或者说做得太肤浅了,连最基本的东西都没把握住,做了一个行不通的可行性研究。那时,就要从头做起,回到可行性研究上。对1:1000地形图,根据实际情况,隧道轴线两侧可各测200~500m的带状地形图。为了提高洞门定位的质量,在洞门两侧各100~200m宽(注意洞口附近的附属工程,如管理所、变电所等均应测绘在内),纵深(洞口前后)各100~200m长的范围,测出1:500的地形图。然后在1:1000(或1:2000)及1:500地形图上进行地质测绘的填图工作。

2.2 工程地质与水文地质资料准备

关于地质工作已经到了需要做具体勘察工作的阶段了。其深度可以有较大的差异,影响工作深度的因素主要有隧道的长度、重要程度、工程地质与水文地质条件的复杂程度、隧道所处环境等。铁山坪隧道属于长大隧道,故对地质勘察工作提出较高要求。不但要求做地面测

绘工作，还要求做足够说明问题的钻探，其数量和孔位由勘察单位和设计单位协商确定。为得到宏观结论，还辅以物探。此外，还进行了室内岩土试验和水质分析，以及对地应力和地震烈度进行了调研。

作为地质工作的直接成果，是对测区和隧道轴线上进行工程地质评价。其内容主要包括隧道稳定性分析；岩石力学性质及围岩类别划分；隧道涌水量预测及地下水侵蚀性评价。在隧道稳定性分析方面，对自然地貌、地质构造、隧道走向与构造线夹角(约70度)，以及裂隙等做了系统工作(见表1)，并分析了在不同地段，不同岩性岩层可能出现的稳定性问题(见图2和图3)。

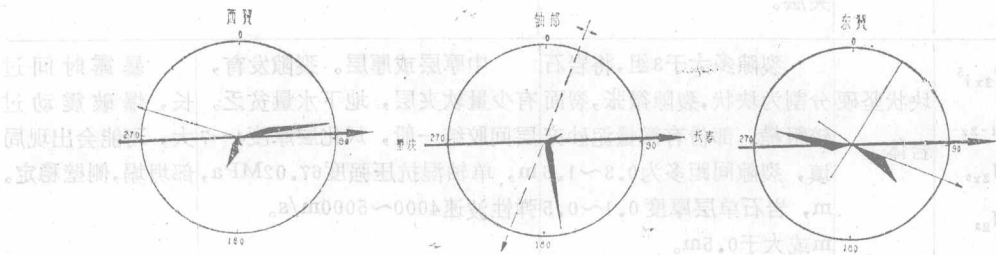


图2 裂隙倾向玫瑰图

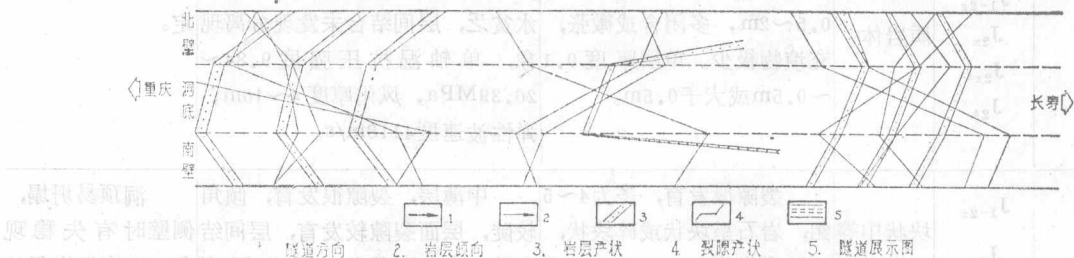


图3 裂隙展布示意图

表 1 主要裂隙统计表

序号	部位 产状	西 翼			轴 部			东 翼		
		走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角
1		340	70	48	60	150	67	40	130	54
2		350	80	65	290	20	60	300	30	70
3		280	20	58	70	340	65	10	280	53
4		90	180	42	60	330	68	300	210	47
5		290	200	67						

在围岩分类时，除作出力学强度围岩分类、隧道弹性波速围岩分类外，主要考虑岩体结构特征和完整程度，进行综合分类(见表2)。该分类是在以上两种分类的基础上进行的。并

表 2 隧道围岩分类表

类别	地层时代	名称	岩体完整状态	地质特征	围岩开挖后的稳定状态
V	T_{2xj}^2	较完整中等坚硬岩体	较完整岩体。构造裂隙2~3组,其中一组与隧道平行,另二组与隧道“X”斜交,裂隙间距0.5~2m。裂隙闭合—微张,少部分有微量泥砂充填,单层厚度多大于0.5m,层间胶结好,偶有软夹层。	受地质构造影响较重。裂隙较发育,有少量软夹层。层间胶结一般,未发现分离现象,风化层厚度3~7m,单轴湿抗压强度77.09~103.6MPa,弹性波速度5681m/s。	暴露时间过长,爆破震动过大,可能会出现局部掉块,侧壁稳定。
	T_{2xj}^4				
	T_{2xj}^6				
IV	T_{3xj}^5	块状坚硬岩体	裂隙多大于3组,将岩石分割为块状,裂隙微张,裂面较粗糙,部份有微量泥砂充填,裂隙间距多为0.3~1.6m,岩石单层厚度0.1~0.5m或大于0.5m。	中厚层或厚层。裂隙发育,有少量软夹层,地下水量贫乏。层间胶结一般,风化层厚度4~7m,单轴湿抗压强度67.02MPa,弹性波速4000~5000m/s。	暴露时间过长,爆破震动过大,可能会出现局部坍塌,侧壁稳定。
	J_{1-2z}				
	J_{2xs}				
IV	J_{2s}	较完整软质岩体	裂隙一般2~3组,其中多与隧道斜交。裂隙间距0.5~2m,多闭合或微张,充填物极少。单层厚度0.1~0.5m或大于0.5m。	薄~中层或厚层受地形构造影响较轻微,裂隙较发育,地下水贫乏,层间结合未发现分离现象,单轴湿抗压强度9.84~26.39MPa,风化厚度4~10m,弹性波速度4118m/s。	洞顶易产生小坍塌,侧壁基本稳定。
	J_{1z}				
	J_{1-2z}				
II	J_{1-2z}	块状中等坚硬岩体	裂隙很发育,多为4~5组,岩石呈块状或碎块状,裂隙多微张约1~5mm,裂隙密度3~5条/米,贯通裂隙发育,少数有泥砂充填,单层厚度0.1~0.5m。	中薄层,裂隙很发育,倾角较陡,层面裂隙较发育,层间结合差,有分离现象,风化厚度4~8m,单轴湿抗压强度多大于30MPa。	洞顶易坍塌,侧壁时有失稳现象,洞底泥岩经扰动后极易泥化。
	J_{2x}				
	J_{2xs}				
II	J_{2s}	软质岩体	裂隙发育多为4~5组,主要一组平行间距0.2~0.3m,多数闭合,少数有泥质充填,单层厚度多小于0.1m。	薄层或极薄层,页理较发育,个别层位有煤线发育,风化层厚度5~10m,层间结合较差,抗风化力弱,单轴湿抗压强度大于5MPa,弹性波速度为1880m/s。	洞顶易坍塌,侧壁时有失稳现象,洞底泥岩经扰动后极易泥化。
	T_{3xj}^3				
	J_{1-2z}				
II	J_{2x}				
	J_{2xs}				
	J_{2s}				

充分考虑到岩体所处的空间位置、结构状况、裂隙发育程度及与隧道之间的关系,使之更趋符合工程实际,并以此作为本阶段围岩分类的基础(见推荐线围岩分布表⁽²⁾)。实用上,在考虑到坑道开挖后出现临空面的实际情况,及其对层面产状和裂隙发育状况,给坑道稳定性带来的不利影响,对围岩段的划分又做了相应的调整。

在水文地质方面,公路隧道有更为严格的要求。铁山坪地下水构造裂隙水及风化裂隙

表 3 围岩分类附表——围岩等级分类表（推荐线）

地 层	岩石等级	风干容重 (g/cm ³)	泊桑比	单轴饱和抗压强度 (MPa)	围岩类别
T _{3xj} ^{2,4,5,6}	极硬岩	2.53—2.58	0.11—0.23	77.00—103.6	Ⅵ
T _{3xj} ⁶ J _{1z} 、J _{1-2z} J _{2xs} 、J _{2s}	硬质岩	2.36—2.60	0.27	36.03—67.02	V—Ⅳ
J _{1z} 、J _{1-2z} 、J _{2xs} 、J _{2s}	软质岩	2.59—2.61	0.32	9.84—26.39	Ⅳ—Ⅲ

表 4 围岩分类附表——围岩弹性波速分类表

地 层	弹性波速度V _p (m/s)	围岩类别
T _{3xj} ^{2,4,5,6}	5208—5681	Ⅵ
J _{1z} 、J _{1-2z} 、J _{2xs} 、J _{2s}	4118	V
T _{3xj} ³ 、J _{1-2z} 、J _{2x}	1880	Ⅲ

表 5 推 荐 线 一 号 隧 道

顺序	围岩类别	地质代号	围岩分布里程	围岩性质
1	Ⅳ	T _{3xj} ⁶	34K+525—34K+568	中厚层砂岩及少量泥岩
2	V	T _{3xj} ⁶	34K+568—35K+092	中厚层砂岩夹少量泥岩
3	Ⅳ	T _{3xj} ⁵	35K+092—35K+196	砂岩夹粉砂质泥岩
4	V	T _{3xj} ⁴	35K+196—35K+546	砂岩夹碳质页岩及泥岩
5	Ⅲ	T _{3xj} ³	35K+546—35K+656	含煤块砂岩偶夹煤线
6	Ⅳ	T _{3xj} ²	35K+656—36K+126	砂岩夹少量粉砂质泥岩
7	Ⅲ	T _{3xj} ²	36K+126—36K+196	含煤块砂岩偶夹煤线
8	V	T _{3xj} ⁴	36K+196—36K+456	中厚层砂岩夹少量页岩及泥岩
9	Ⅳ	T _{3xj} ⁵	36K+456—36K+516	砂岩夹粉砂质泥岩
10	V	T _{3xj} ⁶	36K+516—36K+840	中厚层或厚层长石石英砂岩
11	Ⅳ	T _{1z} +J _{1-2z}	36K+840—37K+100	粉砂质泥岩夹砂岩及薄层灰岩
12	Ⅲ	J _{1-2z} +J _{2x}	37K+100—37K+284 ^c	页岩夹薄层砂岩及灰岩
13	Ⅲ+Ⅳ	J _{2x}	37K+284—37K+364	泥岩与砂岩呈不等厚互层

表 6

推 荐 线 二 号 隧 道

顺序	围岩类别	地质代号	围岩分布里程	围岩性质
1	Ⅳ+Ⅲ	T _{3xj} ⁶	34K+500—34K+540	中厚层砂岩及少量泥岩
2	V	T _{3xj} ⁶	34K+540—35K+084	中厚层砂岩夹少量泥岩
3	Ⅳ	T _{3xj} ⁵	35K+084—35K+190	砂岩夹粉砂质泥岩
4	V	T _{3xj} ⁴	35K+190—35K+536	砂岩夹少量泥岩及页岩
5	Ⅲ	T _{3xj} ²	35K+536—35K+637	含煤块砂岩, 偶夹煤线
6	V	T _{3xj} ²	35K+637—36K+092	中厚层砂岩夹少量砂质泥岩
7	Ⅲ	T _{3xj} ³	36K+092—36K+169	含煤块砂岩, 偶夹煤线
8	V	T _{3xj} ⁴	36K+169—36K+514	砂岩夹少量泥岩及碳质页岩
9	Ⅳ	T _{3xj} ⁵	36K+514—36K+580	砂岩夹粉砂质泥岩
10	V	T _{3xj} ⁶	36K+580—36K+824	中厚层砂岩夹少量泥岩
11	Ⅳ	J _{1z} +J _{1-2z}	36K+824—37K+070	粉砂质泥岩夹砂岩及薄层灰岩
12	Ⅲ	J _{1-2z} +J _{2x}	37K+070—37K+264	页岩夹薄层砂岩及灰岩
13	Ⅲ+Ⅳ	J _{2x}	37K+264—37K+348	泥岩与砂岩呈不等厚互层

水两种类型。前者储存于三叠系须家河组的中厚层砂岩之中, 后者埋藏于侏罗系红层的砂、泥岩中。地下水以接受大气降水及同一含水层的外来补给为主。地下水主要沿构造线顺层纵向迳流, 部分向深部循环, 部分在地形低点以泉的形式排出。勘察时对钻孔涌水量及地表泉水流量均作了测定。由于降水随季节变化分配不均, 泉水流量也随之变化, 雨季增大, 枯季减少, 甚至干枯。地表泉水出露较少, 流量多至10~80t/d, 其中背斜翼部及崩积层前缘分布的泉水, 较背斜轴部附近的泉水流量稍大, 动态也较稳定, 部分泉常年不干。由轴部钻孔揭露, 涌水量为2.49t/d, 水位降深14.41m, 水位埋深62.67m, 该段围岩拱顶静水压力为2.2MPa, 而背斜翼部, 钻孔涌水量为33.70t/d, 降深2.66m, 水位埋深26.32m, 其围岩拱顶静水压力为0.8MPa。由资料看出, 隧道路面标高以上的围岩地下水量较为贫乏。仅在背斜东翼, 须家河组地层的砂岩段, 由于裂隙发育, 岩石较为破碎, 沿线有流量较大的泉分布, 所以隧道该段的构造裂隙水较背斜的其它部位稍富集。在对采集的水样分析后, 确定地下水水质类型一般为重碳酸钙和硫酸、重碳酸钙镁型, pH值大于6。固形物最大值为149.64毫克/升, 无毒理超标离子, 地下水水质良好。根据水质分析, 分布于背斜轴部低山坪台上的泉水及钻孔水中, 侵蚀性CO₂的含量为17.44~77.83毫克/升, 背斜翼部及东洞口附近的水中侵蚀性CO₂含量为23.11毫克/升。说明在隧道区中部及东洞口附近的地下水对混凝土具有分解性侵蚀。建议施工时采用大于500号水泥等措施, 并在定测和施工阶段及时分段取样, 进行水质分析准确判定地下水的侵蚀类别与等级, 以采取相应对策。

隧道涌水量预测中, 根据对区内较复杂的含水层和不同的水力特征的初步了解, 决定选用统一的承压——潜水完整式水平坑道公式, 进行疏干涌水量计算。

即:
$$Q=BK \frac{(2S-M)M}{R}$$

式中: Q ——隧道(双洞),涌水量(m^3/d);

B ——隧道长度(m);

K ——渗透系数(m/d);

S ——疏干降深(m);

M ——疏干含水层厚度(m);

R ——疏干影响半径(m)。

K 值按抽水试验资料计算所得; S 值为目前水位与设计路面标高之差; M 值为水位以下至路面标高的含水段厚度; R 值根据疏干落程用公式计算求得。鉴于双洞条件基本相同,得出涌水量的 $1/2$ 为单洞疏干涌水量。

勘察中还对地温及有害气体进行测定,并计算出地温梯度为 $2.4^\circ\text{C}/100\text{m}$,据此推算出隧道施工时,洞内工作温度应在 $19^\circ\sim 23^\circ\text{C}$ 之间。由此判断,施工期间洞内温度不会影响正常施工。根据钻终孔后一次采样分析结果,隧道段含有害气体, H_2S 含量平均值为 $20.4\text{mg}/\text{m}^3$; SO_2 含量平均值为 $0.22\text{mg}/\text{m}^3$; CO_2 浓度为 3.03% ; CH_4 浓度为 0.008% 。以上资料表明隧道区含有对人体有害的气体,施工中应采取有效对策,或者加强通风,或者打超前钻孔释放有害气体。

铁山坪测区未发现溶蚀性岩层,如果遇到这类地层,则应特别谨慎。应适当扩大测区范围,适当增加钻孔数量,以判明或查明有无溶洞、暗河等。以采取适当对策,或绕避或增加工程措施。

2.3 洞口工程地质评价

洞口是隧道工程的咽喉,不论在施工阶段还是在营运阶段都是如此。隧道定线和洞口定位的重要依据就是洞口工程地质评价。

2.3.1 西洞口工程地质评价

a. 洞口地形条件

初拟洞口位于两丘之间的鞍部,洞轴线与地形等高线斜交,夹角 55° 左右。一号洞口里程为 $34\text{k}+525$,地面标高 244m ,设计路面标高 231.52m ,洞口中心开挖深度 12.48m ,按隧道毛洞净空 7.5m 计算,洞口顶板厚度 4.98m 。洞口前地形自然坡度 13° ,挖方零点距洞口 184m 。洞顶仰坡 21° ,坡长 55m 。仰坡地形条件较好,适宜进洞。进洞 140m (里程 $34\text{k}+665$)处,侧方有 $35\sim 40\text{m}$ 发育一条纵沟,沟心与地表相对高差 $19\sim 25\text{m}$,线路标高低于沟心 $31\sim 52\text{m}$,无明显偏压。

对二号洞地形也进行了详细调查。

b. 洞口岩性及构造条件

洞口段地质构造简单,未发现断裂,属单斜构造区。出露基岩为三叠系上统须家河组顶部岩石,洞口前地表有不厚的第四系堆积。

一、二号隧道洞口均置于长石石英砂岩上,中~厚层状,单层厚度大于 0.5m ,中~粗粒结构,致密坚硬,块状构造,浅部裂隙发育,风化较重,风化带厚 $2\sim 6\text{m}$ 。岩石倾向 295° 左右,倾角 $30\sim 36^\circ$ 。岩层走向与隧道轴线夹角 70° 。洞口部位第四系厚度一般小于 1m ,往洞前增厚,厚 $2\sim 3\text{m}$ 不等,岩性为粘砂土夹碎块石。

其岩中裂隙主要有两组,一组倾向 108° ,倾角 24° ,地表裂隙宽度 $0.5\sim 2.8\text{cm}$,泥质充填,裂隙频率 $0.1\sim 1$ 条/米,一般 $0.2\sim 0.3$ 条/米。另一组倾向 56° ,倾角 32° ,地表裂隙宽度 $0.2\sim 0.3\text{cm}$,泥砂质充填,裂隙间距 $0.3\sim 0.8\text{m}$,最大 1.1m 。以上两组裂隙呈X型相交,

夹角52度。据钻孔揭露,岩石裂隙发育随隧道深度减弱,张开宽度明显变小,且多无充填,岩层之间结合紧密,岩心中未发现沿层面脱离现象。

此外,还作了岩石物理力学性质试验。采样来自地表和钻孔。试验项目有:风干容重、比重、吸水率、垂直受力条件下风干抗压强度、饱和抗压强度、软化系数、抗拉强度、弹性模量等。

试验资料表明,该层砂岩在不同受力状态下的力学性质变化不明显,岩块力学性质较好,强度较高,按岩石等级划分标准属硬质岩石中的极硬岩。

c. 洞口稳定分析

洞口段无不良地质现象,仰坡第四系松散堆积零星,厚度小,洞顶仰坡坡度21~26度,无偏压。围岩均系强度较高的长石石英砂岩,自然坡度稳定,唯初拟洞口位置中心开挖深度偏小,洞顶板厚仅3.16~4.98m,顶板已接近砂岩强风化带下限。洞顶岩石受裂隙切割,完整性受到破坏,施工中再受人工爆破等因素影响,及雨季施工地表水渗入的危害,极易产生洞顶块体塌落。建议洞口位置能适当内移,保证洞顶有足够的厚度。

根据岩石力学试验结果,该处围岩已达Ⅶ类围岩标准,考虑到岩石完整性差、隧道埋深浅及风化等因素,建议围岩类别采用Ⅳ类。洞门地基容许承载力为6MPa。

d. 洞口边仰坡

洞前挖方长度141~146m,其中一号隧道有50m填方路基。根据岩石力学试验结果,建议边仰坡值采用以下数据:长石石英砂岩为1:0.25;泥岩、页岩夹长石石英砂岩为1:0.5;第四系松散土为1:1。建议采用二级削坡形式,第一级削坡高度3m,然后留1m平台作第二级削坡。

仰坡尽量减少削坡,以保持自然边坡形态为好,严禁切割岩层层面削坡。

2.3.2 对东洞口也同样进行了工程地质评价,不过东洞口的岩性及地质构造状况远不及西口,洞口的稳定性较西口差得多。

2.4 建筑材料及施工用水条件

地质报告中还就建筑材料进行评估。隧道工程所用建筑材料,主要指衬砌用石料(条石、片石)、混凝土用粗、细骨料(石子及砂)及路面用石子。报告对这些材料的产地、质量、产量和运距作了分析。

关于施工供水条件,在水文地质调查的基础上判定。若施工用水量过大,单井涌水量大于100t/d时,地下水不能满足施工用水需要。地表水在工程区域内人工集中建筑均较小,且与农灌用水有矛盾,不具备解决施工用水的条件。在距西洞口4~7km处为长江,是施工用水的可靠水源,不足之处是输水线路过长,造价昂贵,管理困难。

2.5 结论性意见

报告还对两个隧道方案进行了综合性的比较和提出推荐性意见。结论表明,在工程可行性调查时提出的推荐方案基本上和地质勘察报告的意见是一致的。

这里有一件可以反思的问题,就是当初在选线时地质工作者曾进行过许多研究工作,可行性调查组在成员结构上是很好的。可行性研究阶段的成果对后期工作的影响是非常大的,它名符其实地成为后期工作的基础,使设计工作有序地顺利进行。反之,草率的工程可行性研究可能会把后期工作引上歧途,造成人力、财力和时间上的浪费。

3 初步设计的实施

公路隧道是一个综合性构造物,设计工作进行得是否合理,不但关系构造物的成功程度,而且还将影响到适用性和长期的营运经济效益。

初步设计任务书要求按一级公路标准设计,隧道设双洞,各洞为双车道单向交通,净宽9m,隧道设计车速为60Km/h,引道工程按一级公路分离式路基标准规定设计。

3.1 设计范围

铁山坪隧道是国家主干线重庆上桥至长寿段重点工程之一。该路段自重庆市江北区寸滩乡前进园艺场(K27+750)至江北县鱼咀镇复盛乡杨家湾(K47+639.64)间,拟有两个路线方案,两个方案均按同精度要求进行设计比较。

南线(推荐方案)位于廖草沟(K33+700)至打石湾(K38+400),定为正线方案;

北线(比较线方案)位于松林湾(CK35+000)至龙湾(CK39+500)。

两方案均横穿铁山坪低山,山脉走向北20°东,与两隧道方案轴线接近正交,两方案间水平距离约3Km。铁山坪山顶与两侧谷地相对高差约400m,路线难于展线越岭,故采用隧道穿越铁山坪方案(见工程可行性报告)。正线K33+712.64至K38+304.64段,比较线CK35+101.18至CK39+425.07段,分别由各自两端整体式路基渐变至相互平行、中轴距为40m的两条分离式路基。

《铁山坪隧道两阶段初步设计文件》的设计范围包括正线的铁山坪隧道群(包括蚌壳山隧道在内)及两端引线工程,比较线铁山坪隧道及两端引线工程。以下仅介绍铁山坪隧道正线的设计构思。

3.2 总体设计构思

铁山坪隧道设计的总体构思由地形、地质条件,路线等级和服务水平等综合条件确定。隧道是路线的组成部分,原则上它必须服从路线大的走向。但长大隧道作为大型构造物,它的成功与否,造价和营运效益,以及对全路的影响等,都是综合定位因素。而决定性影响的是工程成功的可能性,如果不能建成一个安全可靠的隧道结构物,其它的影响将无须加以考虑。所以方案比较的前提是结构物本身可以成功,然后才比较其它因素。铁山坪隧道正线方案路线短,地质条件相对较好。

3.2.1 线形设计

隧道按中轴间距为40m的平行双洞布设,这是由隧道围岩等级(本隧道为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ类,按最低Ⅲ类考虑)确定的,即保证两相邻隧道最小净距为2.5~3.0B(其中B为隧道开挖宽度,约11.2m)。以指向重庆行驶方向的隧道为1号(即左洞),离开重庆的行驶方向为2号隧道。各洞均为双车道单向交通。隧道(包括蚌壳山隧道)及引线工程都位于直线上。正线铁山坪1号隧道纵坡为-0.8%,2号隧道为+0.8%,路线变坡点在距铁山坪东洞口88m,距蚌壳山隧道西口130m。隧道截面采用三心圆拱曲墙,底部净宽9m(其中路面宽7.5m,两侧检修道各0.75m),拱顶净高7m,路面横向按2%双坡排水,两侧养护道下设管线沟,管线沟下设排水沟。

3.2.2 洞口工程

正线铁山坪1号隧道,西口设于K34+525,东口设于K37+372,全长2847m;2号隧道西口设于K34+502,东口设于K37+350,全长2848m。洞门形式暂按双柱端墙式和曲翼墙式

洞门设计。

3.2.3 洞身工程

正线铁山坪(1号、2号)隧道通过地段围岩为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类。衬砌按新奥法施工进行设计,参数暂按工程类比法拟定。共分为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和洞口加强R型,共四种型式断面。初期支护采用锚喷支护,二次衬砌采用模筑混凝土,中间加防水板,为复合衬砌类型。

正线和比较线铁山坪隧道均为长隧道,已接近特长标准。为确保隧道营运安全,根据洞内发生重大火灾、紧急疏散车辆时的救护能力和疏散要求计算,一般每个区间(指横通道之间的距离)的滞留车辆不要超过10~20辆,初步拟定间距为500~600m,故确定洞内设4个横通道。横通道供疏散车辆用,其净宽不应小于4.50m,净高6.00m,采用单心圆拱和直墙衬砌。为便于通行,横通道轴线与主洞轴线交角采用60度,并尽量设于Ⅳ、Ⅴ类围岩地段。横洞两端采用平推金属门,人工手动启闭。通道内按一般照明标准进行照明设计。

3.2.4 防排水系统

a. 洞身部分

根据隧道内围岩地下水出露情况,分别采用以下防水措施:有集中股水流出时,按流量大小设弹簧管盲沟,并设全断面防水板;小量滴漏水处和浸水段,设全断面防水板。设防水板后,地下水将自行向两侧延伸。为此每处地下水露点前后30~50m范围内均应铺设防水板,并在距外延防水板端头5~10m处设弹簧管盲沟截水。洞内无地下水出露段不设防水板。盲沟及防水板下部均敷设至排水沟边缘,并每隔25~40m设一个 $\Phi 50\text{mm}$ 的泄水管,将水引至排水沟内。为加强隧道防水能力,要求二次衬砌采用B₈级抗渗混凝土。

隧道内地表水主要来自冲洗用水和消防用水,为使地面水尽快疏干,路面采用2%横坡,两侧路缘带上每隔25m设一个落水孔,将地面水导入排水沟内。同时,在该处排水沟上方设活动盖板,以便于检查和清理沟底淤塞物。

b. 洞口部分

气象资料表明,本区降水充沛且雨量集中,为防止地表水冲蚀洞口工程,应加强洞口地表截排水工程。东洞口外为反坡,为防止反坡地表水流入隧道,边沟纵坡应设计成与路面纵坡相反的坡度。

3.2.5 路面设计

基于两种主要因素,即地下水可能造成的侵害和提高路面漫反射率,而采用水泥混凝土路面。为提高路面寿命,从以下三点改善:提高基层稳定性,采用C15贫混凝土,严格要求基底清除浮渣;混凝土抗折强度 $\delta_2 \leq 4.5\text{MPa}$;提高路面混凝土强度。基层厚度为15cm,路面厚度25cm。

洞外路面设计参数与全路段相同。洞外水泥混凝土路面厚度为22cm,基层采用泥灰结碎石,厚度为15~18cm。洞外硬路肩表面用2cm沥青作表面处理。下部为8cm泥灰结碎石,基层为20cm石灰粉煤灰碎石。

3.2.6 设施设计

铁山坪隧道已接近特长隧道标准,设计任务书要求按一级公路设计。所以设施标准是比较高的,为确保营运安全,隧道内设有:通风系统、照明系统,以及以下安全设施,即横向安全通道、通报系统、紧急警报系统、通讯系统、播音系统、信号系统、闭路电视监视系统、检测系统和消防系统等,总计10个系统以及隧道管理所、变供电所。在初步设计阶段,为了更准确的给出设施设计规模、服务水平和概算依据,事实上是将设施设计的主要工作做好。

当然在出初步设计图时,只给出设施设计平面图布置示意图,待初步设计审批后,才可以做更深入细致的工作。

3.2.7 洞外附属工程构造物是个容易被忽视的问题。通常把隧道的洞门、洞身称为主体工程。附属构造物是主体构造物以外的其它建筑物,主要有洞外排水工程、边、仰坡工程、给水工程、联系通道、弃渣场、管线沟、管理所、变供电所等。洞外附属构造物有时会影响到隧道主体工程的定线、定位,例如联系通道有时会影响到洞口定位,弃渣场会影响隧道高程等。

临时工程是供施工时使用的,设计时也要统筹在内,这将影响到占地,要统一考虑退耕和还耕。临时工程场地既要便于施工,不给施工造成干扰,又要考虑到不给工程造成临时性或永久性灾害。尤其是生活区不宜设在洞顶平台地形上,那将造成后患。主要是破坏自然地表面后,将引起渗水,给洞内防水增加不必要困难。附属工程区宜尽量少破坏自然地貌,并尽可能与永久性洞外工程共同考虑。

在风景名胜区和文物古迹区修建隧道时,尤其要慎重。对古树,珍稀动植物生长繁衍区更要充分注意,以免遗恨于后人。这当然在生态保护、人文保护范围之内。

3.2.8 关于竣工图设计,是迄今为止在公路隧道乃至整个公路、铁路建设中还未推行的设计制度。造成的直接后果是工程竣工后,工程现场仍然像个工地,杂乱无章,没有规划,没有美感。究其原因,这是个设计问题,如果设计工作者多做一点工作,问题会好解决一些。竣工图应更多地反应竣工后地貌和美化。当然,这里存在设计工作量和计费问题。

4 设施设计

铁山坪正线设施设计按长大隧道布设,长大隧道的特点主要表现在“长”和“救援困难”上。“长”带来的困难主要体现在设线上;“救援困难”主要表现在疏散出口只有两个,事实上只有一个。因为洞内无法调头,只能从出口疏散,一旦发生重大交通事故、交通堵塞,车辆只能靠倒车疏散,那将是非常艰难的。这就是长大隧道在设施设计上的特点。

4.1 设施设计体制分类方法

这里的分类方法,是指各种设施布设和信息传输方法上的分类,弄清分类方法对设施设计合理性和优化(简化)很有好处。

4.1.1 体制分类

a. 总体制;

b. 一一对应制;

c. 区间制;

a. 区间制;

4.1.2 适用条件

a. 洞内所有信息,都是由传感器采集,经电缆传输给中控室的显示器,形成信息传递。当隧道很短,用一个检测单元就能完成检测时,例如用一台摄像机、一组车辆检测器、一部电话等就可以完成隧道的通报、监视、检测等项任务时,就可以采用总体制。例如大于70m(不设照明的短隧道)小于300~400m的短隧道就可以采用总体制,即全隧道作为一个检测单元。如果发生事故,只要知道隧道有事就可以,而无须分区。当然像通报装置和火灾报警器这类设置密度大的传感器,还是要按标准布设的。不过它们可以全部并联起来,由一条电缆