



高等职业教育“十二五”规划教材

隧道施工

与养护

薛廷河 主编

姚爱军 [北京工业大学] 主审



人民交通出版社
China Communications Press

高等职业教育“十二五”规划教材

Suidao Shigong yu Yanghu
隧道施工与养护

薛廷河 主 编
姚爱军[北京工业大学] 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

隧道工程技术课程涵盖了隧道建筑材料与结构构造、衬砌断面设计基础、围岩分级与围岩压力、施工方法及其钻爆作业、新奥法支护技术、复杂条件下隧道施工、养护与维修管理等七大模块内容,各模块前后呼应,互相补充,使整本教材连贯成一个有机整体。

本教材适合于高等职业院校路桥、检测、监理、养护和管理及其他土建类专业使用,可供交通中等职业教育土建类专业教学及各类培训使用,也可作为相关专业技术人员进一步提高隧道工程施工技术水平的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

隧道施工与养护 / 薛廷河主编. —北京:人民交通出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-114-11183-9

I. ①隧… II. ①薛… III. ①隧道施工—高等学校—教材②隧道—养护—高等学校—教材 IV. ①U455
②U457

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 032130 号

高等职业教育“十二五”规划教材

书 名: 隧道施工与养护

著 者: 薛廷河

责任编辑: 任雪莲 李 娜

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 14

字 数: 355 字

版 次: 2014 年 5 月 第 1 版

印 次: 2014 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11183-9

定 价: 37.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

道路桥梁工程技术专业建设委员会

主任委员：王怡民

副主任委员：金仲秋 李锦伟

编 委：柴勤芳 屠群峰 兰杏芳 张征文

郭发忠 陈 凯 王建林 彭以舟

陈晓麟 徐忠阳 贾 佳 薛廷河

邵丽芳 钮 宏 开永旺 赵 伟

赵剑丽 单光炎(企业) 胡建福(企业)

刘 芳(企业) 周观根(企业)

前 言 | Preface

按照《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》(以下简称《纲要》),要大力发展职业教育,到2020年,形成适应经济发展方式转变和产业结构调整要求、体现终身教育理念、中等和高等职业教育协调发展的现代职业教育体系,满足人民群众接受职业教育的需求,满足经济社会对高素质劳动者和技能型人才的需要。同时《纲要》强调,把提高质量作为重点,以服务为宗旨,以就业为导向,推进教育教学改革,实行工学结合、校企合作、顶岗实习的人才培养模式。

作为职业院校的一线教师,尤其要重视教育教学。在过去相当长的时间里,国内职业院校各专业大都在摸索中前行,要么脱胎于原来的中专模式,稍加改进;要么沿袭本科的学科体系教学模式,改改样子包装一下,变成了今天五花八门的职业教育教学模式。显然,这些都已无法适应现阶段新的世界经济形势下,中国职业教育进一步大发展的迫切要求。所以,探讨如何完善和改进教学方法,打破旧的不适应职业教育规律的教学模式,就成为当务之急。但是,盲目和急躁只会使情况变得更糟,编者认为,要建立一个全新的、有活力的职业教育教学新模式或新方法,合理的课程改革思路是一切行动的出发点。

而课程改革的一个重点就是教材建设。虽然教学不能完全围着教材转,但无可否认的是,一本好的教材不仅为教师实施教学提供了好的素材,事实上也为同行业各校相同课程教学工作的开展提供了必要的范本。当前,国内高职高专类专业教材经过多年的建设有了明显的进步,但也存在两个极端的现象:一种教材,以至今仍在沿用的传统教材为主,理论性强,与生产实践密切相关的内容很少,造成高职层次的学生很难接受。出现这种现象,主要是由于我国职业教育课程开发没有完全摆脱学科体系,尤其高等职业教育课程多数还是本科课程的压缩,课程改革没有明显的进展。另一种教材刚好相反,几乎完全抛弃该课程应当涉及的专业基础知识,将一个个现场生产工艺流程堆在一起,不管前后逻辑关系,也违背了高职生认知规律,实际效果差强人意。这是近几年出现的一些所谓新式教材,号称改革力度很大,实际走向了另一个极端。本教材正是在这一背景下,结合多年的教学实践和积累,并参考了国内一些相关的隧道课程类教材资料而编写完成。

本教材另一个重要特点是,每一章前面都设计了学习目标和思考与练习。尤其是思考与练习中的课前思考,既可用于指导学生课前预习,也可作为下次教

师课堂教学中有针对性的课堂提问的参考范围,以引导学生提前准备,再结合课堂讨论或练习,就能达到更好的教学效果。

全书共八章七大模块,按 64 学时编写,授课教师可按课程标准要求酌情选用。本书由浙江交通职业技术学院薛廷河担任主编。具体参加编写人员分工为:浙江交通职业技术学院薛廷河编写总论、第二章、第三章第一节、第四章、第五章、第六章、第七章第一节、第八章,浙江交通职业技术学院钱银华编写第三章第二节,浙江浙西高速公路管理有限公司李庆锡编写第七章第二节。

本教材由北京工业大学姚爱军教授主审。

本教材引用和参考了大量的专业文献资料,在此对其作者表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不完善之处,恳请各位授课教师和读者在使用过程中及时不吝批评指正。

编者

2013 年 10 月

目 录 Contents

第一章 总论	1
第一节 我国隧道工程技术的发展历程	1
第二节 隧道的基本概念与分类	6
第三节 试验检测内容概要	8
第二章 隧道建筑材料与结构构造	11
第一节 隧道建筑材料及洞身衬砌结构	11
第二节 隧道洞门结构	21
第三节 明洞结构	24
第四节 附属设施的构造	26
第五节 通风设施的构造	30
第三章 衬砌断面设计基础	33
第一节 隧道横断面设计	33
第二节 隧道支护结构设计	37
第四章 围岩分级与围岩压力	44
第一节 围岩的概念与工程性质	44
第二节 围岩的失稳破坏性态	50
第三节 围岩的稳定性分级	51
第四节 围岩压力	56
第五章 施工方法及其钻爆作业	62
第一节 概述	62
第二节 新奥地利隧道施工法	67
第三节 传统的矿山法	78
第四节 钻爆作业	81
第六章 新奥法支护技术	117
第一节 初期支护技术	117
第二节 防排水措施	130
第三节 二次衬砌施工	138
第七章 复杂条件下隧道施工	147
第一节 特殊地质地段隧道施工	147
第二节 超前支护与预加固围岩	153

第八章 养护与维修管理 160

 第一节 概述 160

 第二节 结构检查 167

 第三节 常见病害的防治措施 195

参考文献 213

第一章 总 论

▾ 学习目标

- (1) 了解中国公路及铁路隧道的发展历程及现状。
- (2) 认识隧道工程的若干基本概念。
- (3) 熟悉隧道的不同分类方法。

▾ 思考与练习

1. 课前思考

- (1) 三个基本概念:隧道、衬砌、导坑。
- (2) 隧道按长度如何分类?

2. 课后练习

- (1) 隧道按施工方法分哪几类?
- (2) 简述隧道工程的修建步骤。

第一节 我国隧道工程技术的发展历程

一、第一条铁路隧道的诞生

中国第一座现代意义上的隧道,是京张铁路的八达岭隧道,由我国工程师詹天佑主持设计完成。

最使中国工程技术界引以为荣的是詹天佑主持建成了连接北京与张家口的京张铁路。中国自办京张铁路消息传出后,在国外工程界引起很大震动,他们怀疑中国人能否完成如此艰巨的工程,有人甚至讥讽说:“中国工程师能建筑铁路通过南口者,此人尚未出世。”

京张铁路全长 178.5km,高山峻岭,桥梁总长数千米,特别是“居庸关、八达岭层峦叠嶂,石峭湾多”,“由南口至八达岭,高低相距 180 丈”。詹天佑带领学生和工人组成的勘测设计队伍,白天登山,晚上绘图,往返数次,勘测三条比较路线,选定了现行路线。

京张铁路关键性的关沟路段现有隧道 4 座,总长度 1645m。八达岭隧道全长 1091m,施工中遇到了定向、地下水、塌方、通风等一系列困难。国外报刊认为:“中国不能担负开凿山洞工程,因为中国没有通风机和抽水机,势必雇用外国包商。”詹天佑以身作则,带头挑桶排水,和工人吃住在一起,采取各种土洋结合的措施解决了技术难题。八达岭隧道于 1908 年贯通。

京张铁路 1909 年建成,比预期提前两年,经费结余白银 28 万余两,总费用只有外国包商索价的 1/5。

新中国成立前,中国仅建成标准轨距铁路隧道 238 座,总长度 89km。

二、新中国成立以来的成就

1. 铁路

新中国成立后,开展了大规模的铁路建设,在川陕云贵等省山岭地带修建了大量隧道。有名的大瑶山隧道总长度 14.295km,秦岭隧道总长度 18.46km。

目前我国已建成铁路隧道长度已超过 4000km,居世界第一位。秦岭特长隧道是隧道修建技术上的新突破。表 1-1 是我国改革开放以来建成的部分有代表性的铁路山岭隧道汇总。

我国部分已建成的铁路长大隧道

表 1-1

隧道名称	线路名称	长度(m)	车道×洞数	竣工年份	备注
乌鞘岭隧道	兰新铁路	20050	1×2	2006	单线长度第一纵向射流
风火山隧道	青藏铁路	1338	1×2	2002	高海拔严寒永久冻土
秦岭隧道 I 线/ II 线	西康铁路	18456	1×2	2000/2003	单线长度第二纵向射流
长梁山隧道	朔黄铁路	12782	2×1	2000	
大瑶山隧道	京广铁路	14295	2×1	1987	双线长度第一
军都山隧道	大秦铁路	8460	2×1	1988	
五指山隧道	京九铁路	11000	2×1	1995	
大别山隧道	武汉-合肥高速客专	13254	2×1	2008	

2. 公路

与发达国家相比,我国的公路隧道建设起步较晚。20 世纪 80 年代前,仅个别公路设有一些短隧道。

改革开放以来,随着国民经济的迅速发展,全国性高等级公路路网正在形成。由于其线形技术指标较高,当其进入山区或重丘区时,就不可避免地需要采用隧道来穿山越岭。截至 1996 年底,我国建成的最长的山岭高速公路隧道全长 3160m,在建的超过 4km 的山岭隧道为二郎山隧道;截至 1999 年底,我国已建成公路隧道 1217 座,总延伸里程 406.7km,其中用新奥法施工的将近 60%;截至 2000 年底,我国已建成公路隧道 1684 座,总延伸里程 628km;截至 2003 年底,我国已建成公路隧道 1970 座,总延伸里程 1000km,已建成运营的城市地铁长 200km。2000 年以后,我国公路隧道以每年单洞 300km 的建设速度递增。尤其近二十年来,中国公路建设蓬勃发展,掀起了隧道建设的高潮。截至 2007 年底,我国公路及隧道建设规模如表 1-2 所示。

截至 2007 年公路及隧道建设规模

表 1-2

类 型	总 里 程	同比增长(%)
公路	358.37 万 km	3.67
等级公路	253.54 万 km	11.06
高速公路	5.39 万 km	18.06
隧道	2555.5km	38.75
	4673 座	23.36

我国现已建成的大陆特长公路隧道如表 1-3 所示,主要水下公路隧道如表 1-4 所示。

我国大陆特长公路隧道

表 1-3

序号	隧 道 名	长度(m)	位置	车道	通 风 方 式
1	秦岭终南山隧道	18020	陕西	2×2	3 竖井分段纵向式
2	大坪里隧道	12290	甘肃	2×2	2 竖井分段纵向式
3	包家山隧道	11500	陕西	2×2	3 斜井分段纵向式
4	宝塔山隧道	10391	山西	2×2	竖斜井送排式纵向通风
5	泥巴山隧道	9985	四川	2×2	斜井 + 竖井分段纵向式
6	麻崖子隧道	9000	甘肃	2×2	斜竖井送排 + 射流风机纵向
7	龙潭隧道	8700	湖北	2×2	立坑送排 + 射流风机纵向式
8	米溪梁隧道	7923	陕西	2×2	左(右)洞单井送排式通风
9	括苍山隧道	7930	浙江	2×2	纵向式 + 半横流式(排烟)
10	方斗山隧道	7581	重庆	2×2	2 座斜井送排式纵向通风

我国主要水下公路隧道

表 1-4

序号	隧 道 名	长度(m)	位置	车道	通 风 方 式
1	厦门海底隧道(钻爆)	5960	福建	3×2	竖井送排 + 射流风机纵向式
2	上海长江隧道(盾构)	8955	上海	3×2	横向式
3	武汉长江隧道(盾构)	3630	湖北	2×2	横向式
4	上中路隧道(盾构)	2800	上海	2×2	横向式(双层双向)
5	复兴东路隧道(盾构)	2785	上海	3×2	横向式(双层双向)
6	南京玄武湖隧道(盾构)	2660	南京	3×2	射流风机诱导型纵向通风方式
7	大连路隧道(盾构)	2566	上海	2×2	横向式
8	外环越江隧道(沉管)	2882	上海	4×2	纵向式
9	珠江隧道(沉管)	1238	广东	3+3	纵向式(道路、铁道并用)
10	宁波常洪隧道(沉管)	1053	浙江	2×1	纵向式

修建技术难度更高的大跨径公路隧道如表 1-5 所示。

我国大跨径公路隧道

表 1-5

序号	隧道名	长度(m)	位置	车道数×隧道洞数
1	白鹤嘴隧道	1240	重庆	4×2
2	龙头山隧道	1020	广东	4×2
3	万石山隧道	1170	福建	最宽处 25.89m 的地下立交
4	大阁山隧道	496	贵州	4×1
5	金州隧道	521	辽宁	4×1
6	雅宝隧道	260	广东	4×2
7	金鸡山隧道	200	福建	4×2(连拱)
8	罗汉山隧道	300	福建	4×2(连拱)
9	魁岐隧道	1596.1	福建	最宽处 27.42 m 的地下立交

下面对几个有代表性的隧道工程作重点说明：

(1)秦岭终南山公路隧道:长 18.02km,位于国家高速公路网包一茂线陕西境内,是世界规模第一、长度第二的山岭高速公路隧道,最大埋深超过 1700m,于 2007 年 1 月试通车,如图 1-1 所示。



图 1-1 秦岭终南山公路隧道

为通风与防灾,采取竖井送排式纵向通风方式,设置三座换风竖井及地下机房,竖井直径为 11.5m,井深 661m。通风主要按照正常运营和火灾工况下需风量设计。交通量按 2025 年交通量 $N = 25849$ 辆/d,2035 年交通量 $N = 45000$ 辆/d 设计,如图 1-2 所示。

为了降低驾驶员长时间在隧道内行驶的疲劳,每座隧道洞内共设三处特殊照明带,每处特殊照明区段长 150m,宽 20.9m(隧道标准宽为 10.5 m),高 11.9m(隧道标准高为 7.6m),如图 1-3 所示。

(2)厦门翔安隧道:我国第一座采用钻爆法开挖的六车道海底公路隧道,工程中遇到大量软弱地层和风化槽(囊),采取了超前预注浆加固、CRD、双侧壁导坑等多种工法,取得了良好效果。如图 1-4、图 1-5 所示。

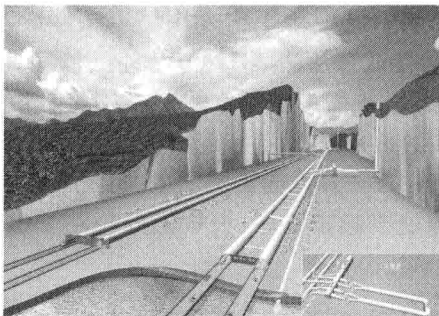


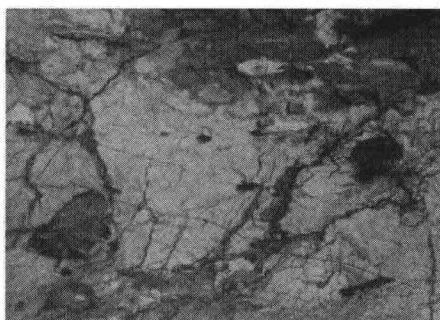
图 1-2 终南山隧道主要构成示意图



图 1-3 终南山隧道照明效果图



a) 注浆前掌子面泥塑状不稳定



b) 注浆后掌子面干燥稳定

图 1-4 厦门翔安隧道软弱地层施工段注浆前后对比

(3) 上海崇明长江隧道: 上海长江隧桥工程全长 25.5km, 为六车道高速公路, 采用“南隧北桥”方案, 是世界上最大的隧桥结合工程之一, 南侧长江隧道长 $2 \times 8955\text{m}$ 。隧道直径为 15m, 内径 13.7m, 盾构隧道段长 7.47km, 是世界上直径最大的盾构隧道, 也是世界上最长的水底隧道之一。该隧道内上部为公路, 下部为轨道和避难通道, 如图 1-6、图 1-7 所示。



图 1-5 厦门翔安隧道洞口段施工



图 1-6 上海长江盾构隧道进口

三、隧道施工技术的发展与展望

新中国成立以前, 我国已建隧道工程规模较小, 施工技术和管理水平落后。新中国成立后, 随着各项社会主义建设事业的发展, 铁路隧道大量修建, 铁路隧道施工技术有了很大提高, 但公路隧道修建较少。改革开放 30 余年以来, 随着公路建设的发展, 特别是高等级公路的快速发展, 我国公路隧道在数量与规模上有了很大发展, 施工技术有了很大提高。目前,

隧道工程矿山法施工中,已较普遍采用了新奥法;岩石隧道施工中采用钻爆法掘进,并开始采用先进高效的掘进机施工;城市道路浅埋隧道明挖或盖挖法施工中开始使用地下连续墙,暗挖施工时采用的盾构法和浅埋暗挖法,都已具有了较高的技术水平。我国也是沉埋修建水底隧道座数较多的国家之一。20世纪后半期,隧道修建技术与现代化管理方法的发展,为今后修建长大公路隧道及克服各种复杂困难条件的能力奠定了坚实的基础。我国是幅员辽阔,山多且地质复杂的发展中国家,城市化交通处于起步阶段,大规模的公路交通事业方兴未艾,隧道事业必将有更大的发展。

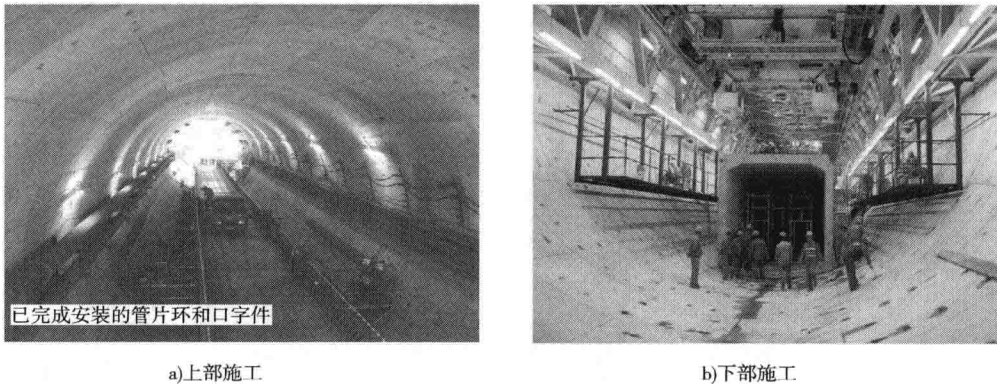


图 1-7 施工中的上海长江隧道

第二节 隧道的基本概念与分类

一、隧道工程的基本概念

隧道设计与施工技术常用的概念很多,在后面各章我们会逐步接触到。这里仅将一些最基本的概念进行简单的概括性总结,后面各章的学习过程有助于快速理解隧道工程各项内容。

地下工程:是指深入地面以下为开发利用地下空间资源所建造的地下土木工程,它包括地下房屋和地下构筑物、地下铁道、公路隧道、水底隧道和过街地下通道等。

隧道:以任何方式修建,最终使用于地表以下的条形建筑物,其空洞内部净空断面在 2m^2 以上者均为隧道。

导坑:也称导洞。分部开挖隧道时,最先开挖的一个小断面坑道。矿山法施工的几种基本方案中均应用导坑。按照矿山法中不同的施工方法,其导坑的部位也有所不同,常用的有下导坑、上导坑和侧导坑三种。导坑的断面形状多采用梯形,以承受两侧地层的水平推力。在较坚硬和整体的地层中,可用矩形或弧形断面。导坑是独头的坑道,施工较困难,费用较高。因此它的断面尺寸应尽可能小,但高度应满足装渣机翻斗的净空要求,也要考虑工人操作方便。

衬砌:为防止围岩变形或坍塌,沿隧道洞身周边用钢筋混凝土等材料修建的永久性支护结构。一般的衬砌结构应满足以下三点:

(1)内轮廓应能满足使用上的要求。

(2)形状和尺寸使结构受力状态最为合理。

(3)用料应适合施工和养护的要求。

洞门:为保持洞口上方及两侧路堑边坡的稳定,在隧道洞口修建的墙式构造物。

附属建筑物:除了主体建筑物外,还需附属建筑物,包括避车洞、防水及排水设备、通风系统、电力及通信信号的安放设备等。

隧道施工技术:主要研究解决各种隧道施工方法所需的技术方案和措施,是隧道穿越特殊地质和不良地质地段时的施工手段,包括隧道施工过程中的通风、防尘、防有害气体及照明,风水电作业的方式和围岩变化的测量监控方法等。

隧道施工管理:主要解决施工组织设计(含施工方案选择、施工场地布置、施工技术措施、施工进度控制、材料供应、劳力和机具安排等)和施工中的技术管理、计划管理、质量管理、经济管理、安全管理等。

二、隧道施工方法简介

隧道施工方法是隧道开挖、支护与测量方法、施工技术和施工管理的总称。

根据隧道穿越地层的不同地质条件和社会生产工业化的发展,铁路(公路)隧道施工方法分类见表 1-6。

隧道施工方法分类表

表 1-6

隧道类别	山岭公路隧道	浅埋及软土隧道	水底隧道
施工方法	①传统矿山法; ②新奥法; ③掘进机法	①明挖法与浅埋暗挖法; ②地下连续墙法; ③盖挖法; ④盾构或半盾构法	①预制管段沉埋法(沉管法); ②盾构法

隧道施工方法的选择:主要依据工程地质和水文地质条件,并结合隧道断面尺寸、长度、衬砌类型、隧道的使用功能和施工技术水平等因素综合考虑研究确定。

三、隧道的种类及其作用

隧道按照不同的条件可有多多个分类。

1. 按地质条件分类

(1)土质隧道。

(2)石质隧道。

2. 按埋置深度分类

(1)深埋隧道。

(2)浅埋隧道。

3. 按不同长度分类

(1)特长隧道 $L > 3000\text{m}$ 。

(2)长隧道: $1000\text{m} < L \leq 3000\text{m}$ 。

(3)中隧道: $500\text{m} < L \leq 1000\text{m}$ 。

(4)短隧道: $L \leq 500\text{m}$ 。

4. 按地理位置分类

- (1) 山岭隧道。
- (2) 城市隧道。
- (3) 水底隧道。

5. 按用途分类

- (1) 交通线上的隧道。
- (2) 水工隧道。
- (3) 市政隧道。
- (4) 矿山隧道。

交通线上的隧道又分为铁路隧道、公路隧道、水底隧道、地下铁道、航运隧道、人行地道。

水工隧道又分为引水隧道(将水引入水电站的发电机组)、尾水隧道(将发电机组排出的废水送出去)、导流隧道或泄洪隧道、排沙隧道、通风隧道。

市政隧道又分为给水隧道、污水隧道、管路隧道、线路隧道、人防隧道。

矿山隧道又分为运输巷道、给水隧道、通风隧道。

第三节 试验检测内容概要

一、公路隧道的特点与常见病害

(一) 公路隧道的特点

1. 断面积大

一般地,公路隧道与铁路隧道、水工隧洞、矿山地下巷道相比断面较大,双车道公路隧道的断面积可达 80m^2 左右。因此公路隧道围岩受扰动范围较大,导致施工难度增大。

2. 形状扁平

由于公路隧道的建筑限界基本上是一个宽度大于高度的截面矩形断面,为保证施工安全和结构长期稳定,公路隧道的断面常被设计成形状扁平的马蹄形。

断面扁平容易在拱顶围岩内出现拉伸区,而岩土材料抗拉强度较低,因此,施工中隧道顶部容易崩落,威胁人身安全。所以,在相同断面积的条件下,由于公路隧道呈扁平状,公路隧道较之铁路隧道、水工隧洞、矿山巷道施工难度大。

3. 需要运营通风

机动车辆通过隧道时,要不断地向隧道内排放废气。因此,必须根据隧道的具体条件,采取适当的通风方式,将新鲜空气送入隧道,稀释有害气体,使其浓度降至安全指标以内。

4. 需要运营照明

高速行驶的车辆在白天接近并穿过隧道时,行车环境要经历一个“亮—暗—亮”变化过程。因此,为了消除车辆进洞时的黑框或黑洞效应,消除出洞时的眩光现象,高等级公路隧道都应设置合理有效的照明设施。

5. 防水要求高

在高等级公路上,车辆行驶速度快,如果隧道出现渗漏或路面涌水,则会造成路面湿滑,不利于安全行车。特别是在严寒地区,冬季隧道内的渗漏水或在隧道上部吊挂冰柱,或在路面形成冰湖,常常会诱发交通事故。此外,长期或大量的渗漏水还会对隧道内的机电设备、

动力及通信线路构成威胁。因此,我国《公路隧道设计规范》(JTG D70—2004)对隧道防排水提出了很严格的要求。

根据公路隧道目前的发展情况来看,对防水工程的要求有愈来愈高的趋势。

(二)公路隧道常见病害

1. 隧道渗漏

隧道位于地下,时刻受到地下水的侵扰,如果防排水没做好,容易产生渗漏,影响行车。据统计,目前国内公路隧道完全无渗漏者寥寥无几,绝大部分隧道都存在着不同程度的渗漏问题,渗漏部位遍及隧道全周。

地下水无孔不入,当水压较大、防水工程质量欠佳时,地下水便会通过一定的通道渗入或流入隧道内部,常见的“水帘洞”、“冰湖”现象就是大量渗漏的结果,这些都对行车安全以至衬砌结构的稳定构成了严重威胁。

2. 衬砌开裂

工程上出现衬砌开裂更多的是由于施工管理不当、衬砌厚度不足,或者因为混凝土强度不够等造成的。例如,陕西境内某黄土隧道,由于土压力大,施工中衬砌混凝土存在质量问题,隧道尚未通车,衬砌便先由局部开裂发展为结构失稳,最终导致大范围的塌方。

3. 限界受侵

有时在隧道施工中,会遇到松软地层,地压较大,容易导致塌方。为了保证施工安全和避免塌方,施工人员可能仓促做衬砌,忽视断面界限,使建筑限界受侵。另一种施工中的常见现象是衬砌混凝土在浇注过程中,模板强度、刚度因不足出现走模,也会导致限界受侵。

4. 结合部不密实

常表现为两种情形,一是初期支护与围岩结合部不密实,二是二次衬砌与初期支护结合部不密实。两种情况都可能形成较大的空区(洞),由此诱发的拱顶上鼓,衬砌内缘压裂、掉块的现象屡见不鲜。

5. 通风照明不良

在部分运营隧道中,有害气体浓度超限,洞内照明昏暗,影响驾乘人员健康,威胁行车安全。一般由三个原因造成:设计欠妥、器材质量存在问题、运营管理不当。

另外,在建成运营期间进行检测时,还发现有一些其他局限和问题,如水泥混凝土断板、沥青路面开裂、压浆不密实、预制块蜂窝麻子等。

二、隧道检测内容简介

检测技术作为质量管理的重要手段越来越为人们所重视。公路隧道检测技术涉及面广,内容很多。除了运营环境的检测内容与方法对各类隧道都通用外,由于施工方法的不同,山岭隧道、水下沉埋隧道和软土盾构隧道在检测内容与方法上差别很大。考虑到目前我国修建的公路隧道绝大多数为山岭隧道,因此下面着重介绍山岭隧道的检测技术。

按隧道修建过程分,其主要内容包括材料质量检测、超前支护与预加固围岩施工质量检测、开挖质量检测、初期支护施工质量检测、防排水质量检测、施工监控量测、混凝土衬砌质量检测、通风检测、照明检测等。

也可按材料检测、施工检测、环境检测等内容分类。材料检测包括防排水材料、支护材料和衬砌材料检测。施工检测和环境检测主要内容见表1-7。