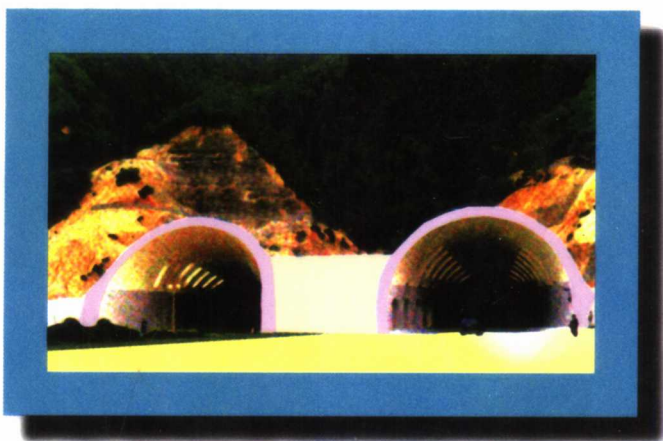




公路工程试验检测技术培训教材

隧道工程 试验检测技术

SUDAO GONGCHENG SHIYAN JIANCE JISHU



吕康成 主编

交通部基本建设质量监督总站 审定

人民交通出版社

公路工程试验检测技术培训教材

Suidao Gongcheng Shiyan Jiance Jishu

隧道工程试验检测技术

吕康成 主编

交通部基本建设质量监督总站 审定

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为交通部基本建设质量监督总站组织编写并审定的《公路工程试验检测技术培训教材》之一。该书理论联系实际,强调实用性和可操作性,内容全面、系统;选材时,着重考虑了公路隧道的特点,同时还注意吸收地下工程行业的成功经验;一些章节是编者根据多年的工程实践对有关检测方法进行的归纳与探索。

全书共分九章,包括总论、隧道防水材料性能检测、开挖质量和钢支撑施工质量检测、锚喷支护施工质量检测、防排水施工质量检查、隧道施工监控量测、混凝土衬砌质量检测、通风检测、照明检测等;每章末还附有思考与练习,供读者巩固与提高之用。

该书宜作为公路工程试验检测技术人员培训教材,也可供相关专业技术人员和大专院校桥隧专业师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程试验检测技术培训教材/交通部基本建设质量监督总站编. - 北京:人民交通出版社,1999.12
ISBN 7-114-03513-6

I. 公… II. 交… III. ①道路工程-道路试验(道路结构)-技术培训-教材 ②道路工程-检测-技术培训-教材
IV. U416.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 61301 号

公路工程试验检测技术培训教材

隧道工程试验检测技术

吕康成 主编

交通部基本建设质量监督总站 审定

版式设计:刘晓方 责任校对:尹 静 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

新世纪印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:10.25 字数:238 千

2000 年 1 月 第 1 版

2000 年 4 月 第 1 版 第 2 次印刷

印数:3501-7500 册 本册定价:15.00 元

全套定价:100.00 元

ISBN 7-114-03513-6

U·02521

《公路工程试验检测技术培训教材》

编审委员会名单

主任委员：张之强

副主任委员：王 玉 李明华 周 伟 杨炳成

编写委员会委员：

胡长顺 杨少伟 徐 岳 王文锐 徐培华

胡大琳 吕康成 陈忠达 陈 红

审定委员会委员：

王 刚 丁彦昕 彭思义 周绪利 呼六福

何玉珊 王涤修 蒋树屏 易亚滨 何 勇

韩 敏

序

公路工程试验检测工作，是公路工程质量管理的的重要组成部分，是工程质量科学管理的重要手段。客观、准确、及时的试验检测数据，是公路工程实践的真实记录，是指导、控制和评定工程质量的科学依据。因此，加强公路工程试验检测管理工作，充分发挥其在质量管理中的重要作用，已成为公路工程质量管理的必然趋势。

交通部历来对试验检测工作十分重视，在1996年召开的全国交通建设工程质量监督工程监理工作会议上进一步明确，要重视试验检测工作，加强试验检测工作的行业管理。此后，部陆续颁布了《公路工程试验检测机构资质管理暂行办法》、《公路、水运工程试验检测人员资质管理暂行办法》、《公路工程试验检测培训管理暂行办法》等法规，公路工程试验检测管理的法规体系已初步形成。在全国范围内，一批有资质的试验检测单位进入了公路工程建设实践。

近年来，随着我国公路建设的标准、规范和试验检测技术的日益发展，对试验检测人员的业务素质和技术水平提出了更新、更高的要求。为适应这种需要，交通部基本建设质量监督总站（以下简称部质监总站）自1995年开始，先后组织了40余期公路工程试验检测人员培训班，有2700余人接受了全面、系统的公路工程试验检测技术培训。

为满足培训工作的需要，部质监总站于1997年初开始组织教材的编写工作，经过试用、修改、审查等一系列工作，现已正式出版。该套教材是根据国家现行有关标准和规范并结合当前我国公路建设的实际情况编写的，有理论，有实例，是一套全面、系统地介绍公路工程试验检测理论和实用技术的丛书。整套教材内容丰富、系统、涵盖面广，每本教材内容相对独立、完整、自成体系，既适用于学员全面系统地学习和掌握公路工程试验检测技术，又可用于学员单科培训或自学，具有较强的实用性和可操作性，基本能够满足公路工程试验检测工作的实际需要。

随着我国公路基础设施建设投资规模的加大，公路工程试验检测工作将更趋繁重，所以我们必须对此给予高度重视，努力开拓管理思路，提高管理水平，加大管理力度，使公路工程试验检测工作走上规范、健康的发展道路。广大公路工作者特别是从事公路工程试验检测工作的同志，要不断加强业务学习，努力提高自身素质，进一步增强责任感，切实提高试验检测工作质量和水平，及时提供真实可靠的检测数据，为指导、控制和评定公路工程实践提供科学的检测结论，以促进公路工程试验检测工作迈上新的台阶。

交通部公路司司长 张之毅

一九九九年九月二十八日

出版说明

公路工程试验检测工作,是公路工程质量管理的的重要组成部分,是质量控制的重要技术手段,交通部历来对此十分重视。1996年部在吉林召开了全国交通基本建设质量监督工程监理工作会议,进一步提出要重视试验检测工作,加强试验检测工作的行业管理,并要求制定相应的管理法规。此后,部陆续颁布了《公路工程试验检测机构资质管理暂行办法》、《公路、水运工程试验检测人员资质管理暂行办法》及《公路工程试验检测培训管理暂行办法》等法规,初步形成了公路工程试验检测管理法规体系。

随着我国高等级公路建设技术的不断发展以及相应标准、规范体系的不断完善,试验检测技术也在不断地向前发展,新的形势对从业人员的业务素质和技术水平提出了更高的要求,培训需求日趋旺盛。为此,交通部基本建设质量监督总站(以下简称部质监总站)先后于1995年和1996年委托西安公路交通大学在西安对各省、市、区的部分试验检测工作骨干进行了集中培训。为满足全面系统培训工作的要求,部质监总站于1997年初正式开始组织西安公路交通大学进行培训教材的编写工作,于当年4月在石家庄组织召开了公路工程试验检测培训教材编写大纲讨论会。1998年5月,部质监总站组织有关专家在西安对教材初稿和考试大纲进行了审查,并于当年12月将《路基路面试验检测技术》、《桥涵工程试验检测技术》、《隧道工程试验检测技术》、《交通工程设施试验检测技术》、《公路几何线形检测技术》等教材修改稿寄给有关专家进行了审查。教材在编写和修改过程中也同时用于一些省市的培训工作,吸纳了许多宝贵的意见和建议,使教材得以进一步修改完善。在此基础上,部质监总站于今年7月组织有关专家对全套教材进行了出版前审查,提出了许多具有建设性的修改意见,经编者进一步完善后定稿,并由人民交通出版社正式出版发行。相信该套教材的出版,必将对公路工程试验检测工作的技术进步起到积极的作用。

本套教材共五个分册,分别是:《路基路面试验检测技术》、《桥涵工程试验检测技术》、《隧道工程试验检测技术》、《交通工程设施试验检测技术》、《公路几何线形检测技术》。

《路基路面试验检测技术》主要介绍路基路面试验检测的目的和意义、路用材料试验检测方法、道路工程检测和评定方法、数据处理及检测新技术等。教材第一章由徐培华编写,第二章由徐培华、陈忠达编写,第三章由刘保健、陈忠达编写,第四章由郝培文编写,第五章由王太山编写,第六章由姚爱玲编写,第七章由陈忠达编写,第八章由支喜兰编写。全书由徐培华、陈忠达统稿,胡长顺审阅,周绪利、呼六福审定。

《桥涵工程试验检测技术》主要介绍桥涵工程的材料、地基、桩基础、预应力锚夹具、桥涵结构等的试验检测以及桥梁荷载试验的基本原理、操作方法、结果评定分析等。教材第一章由胡大琳编写,第二章由徐江萍、任拴勤编写,第三章由王建华、胡大琳编写,第四章由胡大琳、杨健、任拴勤、王建华编写,第五章由胡大琳编写并负责全书的统稿。全书由徐岳审阅,何玉珊、王涤修审定。

《隧道工程试验检测技术》主要介绍公路隧道的防排水、施工变位、围岩、支护与衬砌受力的量测原理、方法及隧道通风、照明检测等内容,教材中第三章第一节和第四章第五节

由陈建勋编写，第五章由邹立福编写，第六、七章由闫志刚编写，其余各章节由吕康成编写并负责全书统稿。全书由杨炳成审阅，蒋树屏、易亚滨审定。

《交通工程设施试验检测技术》主要介绍护栏、交通标志、防眩等交通安全设施及收费、通讯、监控、照明设施的质量性能要求和检测原理及方法等。教材中第一、二章由陈红编写，第三、四章由贾守镇编写，第五、六章由王建军编写，第七章由刘敏嘉、陈红编写，第八章由姜紫峰、苏诗林、陈红编写。全书由陈红统稿，周伟审阅，何勇审定。

《公路几何线形检测技术》主要介绍了公路线形的组成、平纵横几何检测的原理和方法，以及检测仪器设备的使用方法等。教材中第一、四章由秦建平编写，第三、五章由许姪姪编写，第二章及第五章第七节由王文锐编写并负责全书的统稿。全书由杨少伟审阅，呼六福、周绪利审定。

本套教材以国家和交通部颁发的有关法规及标准规范为依据，并经过初稿试用、多次审查和资料的补充修改，但其中仍难免有不足之处，诚挚希望广大学员和读者在学习使用过程中及时将发现的问题函告部质监总站，以便进一步修改和补充。该套教材在编写过程中得到西安公路交通大学、人民交通出版社、河北省公路工程质量监督站和有关专家的大力支持，在此一并致谢。

交通部基本建设质量监督总站

一九九九年九月二十八日

前 言

随着我国公路建设的迅速发展,公路隧道工程也日益增多,尤其在许多高等级公路上,隧道改善了线形,缩短了里程,避免了病害,在特定条件下隧道方案的优越性逐渐为越来越多的人所认识。但是,在看到其优越性的同时,也应该清醒地认识到,我国公路隧道建设还存在着许多问题。例如,在施工过程中经常出现坍塌,建成后出现渗漏以及运营期间费用过高等,都造成不必要的经济损失。为了全面提高隧道工程质量,加强工前、工间和工后质量监督检查,我们根据1997年5月由交通部质监总站主持召开的石家庄会议所确定的《隧道工程试验检测技术》编写大纲的具体要求,编写了《隧道工程试验检测技术》。

在编写过程中,我们注意理论联系实际,强调实用性和可操作性,力求内容全面、系统。选材时,着重考虑了公路隧道的特点,同时还注意吸收地下工程行业的成功经验。一些章节是编者根据多年的工程实践对有关检测方法进行的归纳与探索。考虑到许多读者可能是初次接触公路隧道,所以教材中还介绍了一些公路隧道的基础知识。

本书由吕康成主编,邹立福、阎志刚和陈建勳参编。具体分工是:邹立福编写第五章;阎志刚编写第六、七章;陈建勳编写第三章第一节和第四章第五节;其余由吕康成编写并统稿。

本书由蒋树屏、杨炳成、易亚滨、狄武陵和周熹主审,从制定编写大纲到三次修改书稿,专家们提出了许多宝贵意见,在此深表谢意。另外,在编写过程中,引用和参考了大量的有关资料,在此对原作者也顺致谢忱。

由于时间仓促,水平有限,书中内容欠妥以至错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

主 编

1999年8月

目 录

第一章 总 论	1
第一节 我国公路隧道发展概况	1
第二节 公路隧道的特点	2
第三节 公路隧道的常见质量问题	3
第四节 公路隧道检测技术的分类	4
思考与练习	6
第二章 隧道防水材料性能检测	7
第一节 注浆材料性能试验	7
第二节 高分子防水卷材检测	10
第三节 氯丁胶乳沥青防水涂料试验	16
第四节 石油沥青油毡试验	20
第五节 土工织物(土工布)物理特性检测	25
第六节 土工织物的力学特性测试	31
第七节 土工织物的水力学特性试验	41
第八节 防水混凝土抗渗性能试验	44
思考与练习	47
第三章 开挖质量和钢支撑施工质量检测	49
第一节 开挖质量检测	49
第二节 钢支撑施工质量检测	54
思考与练习	56
第四章 锚喷支护施工质量检测	57
第一节 锚杆加工质量与安装尺寸检查	58
第二节 锚杆拉拔力测试	59
第三节 砂浆锚杆砂浆注满度检测	60
第四节 端锚式锚杆施工质量无损检测	61
第五节 喷射混凝土质量检测	62
思考与练习	67
第五章 防排水施工质量检查	69
第一节 概述	69
第二节 排水系统施工质量检查	70
第三节 防水板施工质量检测与检查	72
第四节 止水带检查	75
思考与练习	76

第六章 隧道施工监控量测	77
第一节 概述	77
第二节 围岩周边位移量测	80
第三节 拱顶下沉量测	83
第四节 地表下沉量测	85
第五节 围岩内部位移量测	86
第六节 锚杆轴力量测	89
第七节 钢支撑压力量测	90
第八节 衬砌应力量测	92
思考与练习	96
第七章 混凝土衬砌质量检测	97
第一节 衬砌混凝土施工检查	97
第二节 回弹法检测混凝土强度	99
第三节 超声波法检测混凝土强度	103
第四节 “回弹-超声”综合法测定混凝土强度	109
第五节 隧道混凝土衬砌裂缝、内部缺陷检测	110
思考与练习	112
第八章 通风检测	113
第一节 粉尘浓度测定	113
第二节 瓦斯检测	115
第三节 一氧化碳检测	118
第四节 煤烟浓度检测	119
第五节 隧道风压检测	121
第六节 隧道风速检测	126
思考与练习	129
第九章 照明检测	131
第一节 概述	131
第二节 光检测器	134
第三节 光度检测	136
第四节 照明器光强分布量测	142
第五节 现场照度和亮度检测	144
第六节 隧道眩光检测	147
思考与练习	148
主要参考文献	149

第一章 总 论

第一节 我国公路隧道发展概况

改革开放以来,随着国民经济的迅速发展,我国的公路建设也蓬勃发展,特别是高等级公路建设更是日新月异,全国性高等级公路路网络局正在形成。由于高等级公路的线形技术指标较高,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。因此,在高等级公路迅速发展的带动下,作为公路重要组成部分的公路隧道也迎来了规模空前的建设热潮。许多路段由于采用隧道方案,改善了路线技术指标,缩短了路程和行车时间,提高了运营效益。例如,成渝高速公路重庆段总长 104km,较原成渝公路重庆段 156km 缩短路程 52km,其中尤以中梁山隧道和缙云山隧道缩短路程最为显著,且隧道建成后高速公路线形顺畅,社会效益和经济效益俱佳。又如,310 国道宝鸡—牛背段,设计为二级汽车专用公路,全长约 40km,其中隧道累计长度 5km 多,占路线比例较大。浙江、福建、吉林、贵州等省部分路段的情况也与之类似,隧道成群出现。由于隧道造价较高,运营管理相对复杂,所以各地对隧道建设都十分重视。

与发达国家相比,我国的公路隧道建设起步较晚。80 年代前,仅个别公路上设有一些短隧道。80 年代中后期,首先在我国经济较为发达的东南沿海地区出现了长度超千米的公路隧道,如深圳的梧桐山隧道长 2km 多,首次在我国采用全横向通风。进入 90 年代,公路的迅速发展对公路隧道提出了越来越高的要求,隧道建设的意义与作用也愈来愈多地为人们所认识和重视。公路隧道工程遍布全国各地,施工和管理难度也不断加大。到 1996 年底,我国建成的最长的山岭高速公路隧道为 3160m,即前面提到的中梁山隧道。在建的长度超过 4km 的山岭隧道有二郎山隧道、华蓥山隧道和大溪—湖雾岭隧道。正在规划中的西安—安康公路上的秦岭隧道长度将超过 9km。随着公路隧道长度的不断增加,设计、施工和管理的难度也逐渐增加。例如,二郎山隧道位于严寒的川藏线上,设计中通风方案选择就十分困难,施工中又遇高地应力和岩爆等,运营管理中将要解决低温通风、隧道渗漏结冰等工程问题。华蓥山隧道施工中遇到围岩大变形,施工难度很大。大溪—湖雾岭隧道为了减少建成后的通风费用,改善通风效果,在国内首次采用竖井送排风通风方案,为此前期进行了大量的试验研究工作。

在发达国家和我国香港,用隧道“涉水”连接江河两边的路线已十分常见。从 80 年代末开始,随着施工技术的提高,我国内地也出现了“涉水”隧道,如上海延安东路隧道和广州珠江隧道等水下隧道。采用隧道下穿江河有许多优点,它既不影响地面景观,也不影响航运,有时还与外部接线十分方便。值得一提的是,珠江隧道还首次在我国内地采用沉埋法施工,降低了工程造价,提高了工程质量,为后续水下隧道的设计与施工乃至运营管理都积累了宝贵经验。

我国幅员辽阔,多山多水,公路隧道建设方兴未艾。

第二节 公路隧道的特点

1. 断面大

一般来说,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,其轮廓对围岩块体的不利切割增多,围岩内的拉伸区与塑性区加大,导致施工难度增大。若公路隧道位于土层或软弱岩体内,施工难度更大,通常需要采用特殊的施工方法来建造。

2. 形状扁平

在满足使用功能和施工安全的前提下,尽可能地降低工程造价是隧道设计的基本要求。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角矩形断面,在设计开挖断面、衬砌结构时,总是在保证施工安全和结构长期稳定条件下,尽量围绕建筑限界设计开挖断面和净断面,因此,公路隧道的断面常为形状扁平的马蹄形或直墙拱顶形。

断面扁平容易在拱顶围岩内出现拉伸区,众所周知,岩土之类天然材料,其抗拉强度较低,因此,施工中隧道顶部容易崩落,威胁人身安全。正是因为断面呈扁平状,在断面积相同条件下,公路隧道较之铁路隧道、水工隧洞和矿山巷道施工难度较大。

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。对于短隧道,由于受自然风和交通风影响,一般来说有害气体的浓度不会积聚太高,不会对司乘人员的身体健康和行车安全构成威胁。但是对于较长及特长隧道情况就不同了,自然风和交通风对隧道内空气的置换作用相对较小,如不采取措施,隧道内有害气体的浓度就会逐渐升高。其中汽油车排放的 CO 浓度达到一定量值时会使人感到不适甚至窒息;柴油车排出的烟尘将不断恶化行车环境,使隧道内能见度降低。因此,必须根据较长及特长隧道的具体条件,采用适当的通风方式,将新鲜空气随风流一起送入隧道,稀释淡化有害气体,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,司机的视觉在此过程中也要发生微妙的变化以适应环境。为了减轻通过隧道时司机的生理和心理压力,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,从有利于安全行车角度考虑,高等级公路上的隧道一般都根据具体条件,对隧道进行合理有效的照明。

5. 防水要求高

在高等级公路上,车辆行驶速度较快,如果隧道出现渗漏或路面溢水,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、动力及通讯线路构成威胁。因此,我国《公路隧道设计规范》(JTJ 026—90)要求:汽车专用公路隧道应达到拱部、墙部及设备箱洞处均不渗水。

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。

第三节 公路隧道的常见质量问题

随着公路隧道工程数量的增加和建设速度的加快,加之公路隧道的上述特点,目前,由于设计、施工等方面的原因,国内已建和在建的部分公路隧道都不同程度地出现了质量问题,有些甚至出现了严重的质量问题,其中最常见的有以下几个方面:

1. 隧道渗漏

与其它地下工程一样,公路隧道在施工期间和建成后,一直受着地下水的影响,特别是建成后的隧道,更是处于地下水的包围之中。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,对行车安全以至衬砌结构的稳定构成威胁。例如,辽宁八盘岭隧道、吉林密江隧道都是在建成后不久,隧道内便出现大量渗漏,春、夏、秋三季隧道变成了“水帘洞”,冬季洞内则变成了“冰湖”。由于反复冻融,造成衬砌结构开裂,为了不使结构遭受进一步破坏,防止隧道的大量渗漏,两隧道均不得不提前大修,在原衬砌内部复衬一层混凝土。虽然这一措施暂时使问题得以解决,但隧道断面减小,限界受侵,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。因此,在设计科学的防排水结构和加强防排水施工质量管理方面,我国公路隧道界还有很长的路要走。

2. 衬砌开裂

作用在隧道衬砌结构上的压力,与隧道围岩的性质、地应力的的大小以及施工方法等因素有关。由于受技术和资金条件的限制,一些因素在设计前是难以准确确定的,所以在隧道衬砌结构设计中常带有一定的盲目性,导致结构强度不够或与围岩压力不协调,造成衬砌结构开裂、破坏。然而,工程上出现的衬砌开裂更多的则是由于施工管理不当造成的,或是因为衬砌厚度不足,或是因为混凝土强度不够。例如:宁夏某隧道,由于种种原因,隧道衬砌作完后,衬砌混凝土出现了大量的裂缝。在 1500m 范围内有 5 段裂缝发育区,其中一条连续纵向裂缝长达 33m,裂缝的最大宽度达 20mm,最大水平错距达 40mm。这些裂缝对结构的稳定及建成后隧道的安全运营构成了潜在的威胁。又如,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。在我国的其它地区也有类似情况发生。由此可见,加强施工管理,提高隧道混凝土衬砌质量已迫在眉睫。

3. 限界受侵

建筑限界是保证车辆安全通过隧道的必要断面。在公路隧道施工过程中,有时会遇到松软地层,当地压较大时,围岩的变形量将很大,如果施工方法不当或支护形式欠妥、支护不及时,则容易导致塌方。为了保证施工安全和避免塌方,容易形成仓促衬砌,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筑过程中,模板强度、刚度不足,出现走模,也会导致限界受侵。

4. 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,影响司乘人员健康,威胁行车安全。造成隧道通风与照明不良的原因有以下三个方面:设计欠妥、器材质量存在问题和运营管理不当。关于设计方面的问题,应从加强理论与试验研究着手,不断总结经验,提高设计水平来加以解决。对于器材,应在安装前对其性能指标加以检测,不符合要求者不予采用。目前造成隧道通风与照明不良的主要原因是隧道管理部门资金不足,管理不善,风机与灯具开启强度不足。为了不降低隧道的使用标准,确保安全运营,应定期对隧道的有关通风、照明指标进行抽检。

第四节 公路隧道检测技术的分类

1. 综合分类

公路隧道的建造是百年大计,保证工程质量是业主的基本要求。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,分类方法很多。除了运营环境的检测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(包括暗挖法施工的黄土隧道),本书着重介绍山岭隧道的检测技术。分类体系如图 1-1 所示。

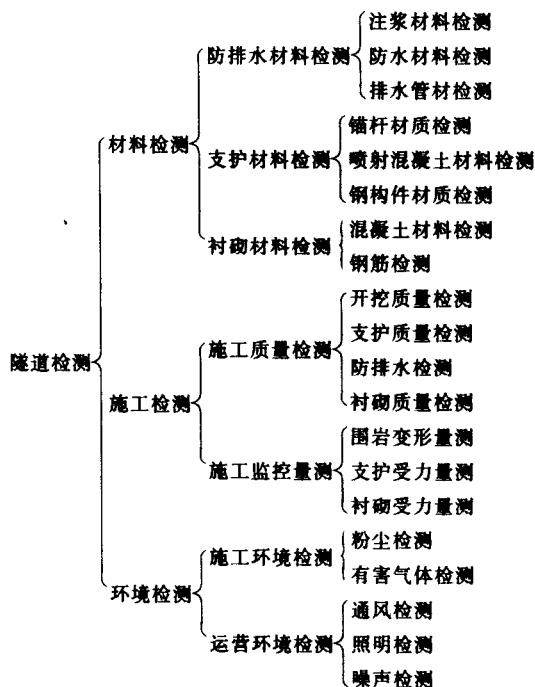


图 1-1 检测技术分类

2. 材料检测

只有用合格的原材料才能修建出合格的公路隧道。在隧道工程的常用原材料中,衬砌材

料属土建工程的通用材料,其检测方法可参阅有关文献;支护材料和防排水材料较具隧道和地下工程特色。支护材料包括锚杆、喷射混凝土和钢构件等。锚杆杆体材质、锚固方式、杆体结构和托板形式等种类繁多,特性各异,分别适用于不同的工程条件;喷射混凝土有干喷、湿喷之分,为了获取较好的力学特性和工程特性,往往在喷射混凝土混合料之外,还添加各种外加剂。所以锚喷材料的检测内容繁多,限于篇幅,本书只介绍锚喷的施工质量,材料的品质最终由锚喷的强度等指标反映。防排水材料对隧道工程特别重要,有些甚至是隧道与地下工程专用的材料。隧道防水材料包括:注浆材料、高分子合成卷材、防水涂料、石油沥青油毡、排水管和防水混凝土等。值得指出的是,合成高分子防水卷材在我国发展很快。目前修建的公路隧道、地铁和部分铁路隧道都采用不同性能、不同规格的合成高分子卷材作防水夹层,取得了良好的效果。为了适应这种发展需要,将较详细地介绍其检测试验方法。

3. 施工检测

施工检测的内容十分丰富,可概括为两个方面,即**施工质量检测**和**施工监控量测**。

(1) 施工质量检测

公路隧道工程上出现的种种质量问题绝大部分都是在施工过程中埋下了质量隐患,如渗漏水、衬砌开裂和限界受侵等,因此必须对施工过程进行质量检测。其主要内容包括:开挖、支护(包括锚喷)、防排水和衬砌混凝土质量检测。

爆破成形好坏对后续工序的质量影响极大,目前在检测爆破成形质量技术方面发展很快。发达国家已广泛使用隧道断面仪来及时检测爆破成形质量,我国在一些长大铁路隧道施工中也已开始使用断面仪。该仪器可以迅速测取爆破后隧道断面轮廓,并将其与设计开挖断面比较,从而得知隧道的超欠挖情况。应用隧道断面仪还可监测锚喷隧道围岩的变形情况。

支护质量主要指锚杆安装质量、喷射混凝土质量和钢构件质量。对于锚杆,施工质量检测的内容有锚杆的间排距、锚杆的长度、锚杆的方向、注浆式锚杆的注满度、锚杆的抗拔力等。对于喷射混凝土,施工中应主要检测其强度、厚度和平整度。对于钢构件,则要检测构件的规格与节间连接、架间距、构件与围岩的接触情况以及与锚杆的连接。

防排水系统的施工方法目前尚在研究与发展之中,对施工质量的检测也处于探索阶段,教材中将对工程上常用的一些检测或检查方法作简单介绍。

衬砌混凝土质量检测包括衬砌的几何尺寸、衬砌混凝土强度、混凝土的完整性、混凝土裂缝等的检测。其中外观尺寸容易用直尺量测,混凝土强度及其完整性则需用无损探测技术完成,混凝土裂缝可用塞尺等简单方法检测。

(2) 施工监控量测

施工监控量测是新奥法施工的一项重要内容,它既是施工安全的保障措施,又是优化结构受力、降低材料消耗的重要手段。量测的基本内容有隧道围岩变形、支护受力和衬砌受力。前面提到的隧道断面仪是目前最先进的隧道围岩变形量测仪器,利用它可迅速测定隧道周边的变形。围岩内部的位移,目前常用机械式多点位移计量测。锚杆受力可用钢筋计量测,喷射混凝土、钢构件和衬砌受力可用各种压力盒量测。将量测结果人工或自动输入计算机,计算机便可根据反算力学模型,推求围岩中的应力场和位移场,据此推断围岩的稳定状态,调整支护或衬砌设计参数。如此反复,使支护与衬砌设计参数与围岩条件相协调,使施工方案不断优化。

4. 环境检测

环境检测可分为施工环境检测和运营环境检测。施工环境检测的主要任务是检测施工过程中隧道内的粉尘和有害气体。这里的有害气体主要指 CH_4 , 我国西南地区修建隧道时经常遇到。若 CH_4 达到适宜浓度, 施工中防治措施不当, 则可能引发 CH_4 爆炸, 造成人身伤亡或经济损失。

运营环境检测包括通风、照明和噪声等。其中通风检测相对比较复杂, 检测内容较多, 主要有 CO 浓度、烟尘浓度和风速等, 受来往车辆的影响不易获得准确的数据。照明检测技术较为先进, 现有专供照明检测的车载照度仪、亮度仪, 只要随车从隧道通过一趟, 隧道内各区段的照明情况便可一清二楚。噪声的检测也比较简单, 用噪声计可直接数显隧道内噪声。

思考与练习

1. 公路隧道的作用有哪些?
2. 试对公路隧道进行分类。
3. 公路隧道具有哪些特点? 它们对施工有什么影响?
4. 公路隧道的常见质量问题有哪些? 怎样预防?
5. 如何对公路隧道检测技术进行分类?
6. 试述加强隧道工程检测的作用与意义。

第二章 隧道防水材料性能检测

渗漏水是公路隧道最常见的病害,它对行车安全、机电设备、通讯线路以及衬砌结构等都有不同程度的影响。为了防止和治理隧道渗漏,近年来,国内外研究出了许多新材料、新工艺、新技术,其中尤以新材料发展最快。同时也因对新材料性能掌握不够,有些材料本身也存在质量问题,导致一些隧道在采取种种措施后,仍出现严重渗漏。为了合理地选择防水材料,严把防水材料质量关,就必须在设计或施工前对所用防水材料进行性能检测。本章介绍目前国内公路隧道常用的防水材料的检测试验方法。

第一节 注浆材料性能试验

一、注浆材料分类及其主要性质

注浆是指将注浆材料按一定配合比制成的浆液压入围岩或衬砌与围岩之间的空隙中,经凝结、硬化后起到防水和加固作用的一种施工方法。由于生产的发展和工程的需要,近年来出现了不少比较理想的注浆材料,可供不同地质条件下选用。

(一)对注浆材料的要求

一种理想的注浆材料,应满足以下要求:

1. 浆液粘度低,渗透力强,流动性好,能进入细小裂隙和粉、细砂层。这样浆液可达到预想范围,确保注浆效果。

2. 可调节并准确控制浆液的凝固时间。以避免浆液流失,达到定时注浆之目的。

3. 浆液凝固时体积不收缩,能牢固粘结
砂石;浆液结石率高,强度大。

4. 浆液稳定性好,长期存放不变质,便于
保存运输,货源充足,价格低廉。

5. 浆液无毒,无臭,不污染环境,对人体
无害,非易燃、易爆之物。

浆液材料的具体分类见表 2-1。

浆液材料通常划归两大类,即水泥浆液和

化学浆液。按浆液的分散体系划分,以颗粒直径为 $0.1\mu\text{m}$ 为界,大者为悬浊液,如水泥浆液;小者为溶液,如化学浆液。

(二)注浆材料的主要性质

1. 粘度

粘度是表示浆液流动时,因分子间相互作用,产生的阻碍运动的内摩擦力。其单位为帕斯卡秒($\text{Pa}\cdot\text{s}$),工程上常用厘泊(CP)来计量, $1\text{CP} = 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。现场常以简易粘度计测定,以“秒”作单位。一般称之粘度,系指浆液配成时的初始粘度。粘度大小影响浆液扩散半径,影响

注浆材料分类 表 2-1

注 浆 材 料	水泥浆	单液水泥浆 水泥-水玻璃双液浆
	化学浆	水玻璃类 脲醛树脂类 铬木素类 丙烯酰胺类 聚氨脂类 其它