

公路工程试验检测人员考试用书

隧道

交通运输部基本建设质量监督总站
交通专业人员资格评价中心

组织编写

陈建勋 主编



人民交通出版社
China Communications Press

Gonglu Gongcheng Shiyān Jiāncè Rényuán Kǎoshì Yòngshū
公路工程试验检测人员考试用书

Suidao
隧 道

交通运输部基本建设质量监督总站
交通专业人员资格评价中心
陈建勋 主编

组织编写

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为交通运输部基本建设质量监督总站和交通专业人员资格评价中心组织编写并审定的《公路工程试验检测人员考试用书》之一。主要依据试验检测人员考试大纲有关“隧道”部分规定的内容和范围进行编写。

全书共分十章,包括总论、超前支护与预加固围岩施工质量检查、开挖质量检测、初期支护施工质量检测、防排水材料及施工质量检测、施工监控量测、混凝土衬砌质量检测、超前地质预报、通风检测、照明检测等。

该书主要作为公路工程试验检测人员考试用书,也可供相关专业技术人员和高等院校桥隧专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程试验检测人员考试用书 隧道/交通运输
部基本建设质量监督总站,交通专业人员资格评价中心组
织编写. —北京:人民交通出版社,2010.5

ISBN 978-7-114-08422-5

I. ①公… II. ①交… ②交… III. ①道路工程—试
验—资格考试—自学参考资料②道路工程—检测—资格考
核—自学参考资料 IV. ①U41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 093581 号

书 名: 公路工程试验检测人员考试用书 隧道

著 者: 交通运输部基本建设质量监督总站

交通专业人员资格评价中心

责任编辑: 沈鸿雁 曲 乐 王文华

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) 59757969, 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: 14.25

字 数: 356 千

版 次: 2010 年 5 月 第 1 版

印 次: 2010 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08422-5

定 价: 36.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路水运工程试验检测人员考试用书》

编审委员会

主任委员:李彦武

副主任委员:黄勇 张晓冰 杨利华

编审委员会委员:何玉珊 朱光裕 李福普 和松

韩文元 解先荣 陈建勋 徐满意

谭华 章关永 李闯民 包左军

周福田 陈萍 刘鹏 关振军

王蕊 窦光武

序

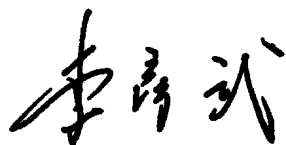
工程检验检测贯穿于设计、施工、监理、验收、养护、维修等各个环节,已成为控制和评判工程质量的重要基础,对保证工程质量起着举足轻重的作用。工程检验检测对专业性、技术性、实际操作性要求高,而检测人员素质的高低直接影响到试验检测结果的准确性。特别是近年来,许多新技术、新材料在工程上的广泛应用,检测岗位更需要高素质的复合型人才。因此,为保证试验检测数据的公正、准确、可靠、有效,就必须有行之有效的制度来加强对试验检测从业人员的管理,不断提高试验检测从业人员水平。

交通运输部历来对工程检验检测工作十分重视。1998年,颁布了《公路水运工程检验检测人员资质管理暂行办法》等一系列规章制度,强化对试验检测人员的管理。2003年,印发了《关于公布已取消和改变管理方式的交通部行政审批项目后续监管措施的通知》,明确要求对公路水运工程检验检测人员实施从业标准管理。2005年,颁布了《公路水运工程检验检测管理办法》,再次明确自2007年11月31日起,检验检测从业人员需通过业务考试方能上岗,随后部质监总站印发了《公路水运工程检验检测人员考试办法(试行)》,并以省为单位组织公路水运工程检验检测人员业务考试。2009年以来,部质监总站会同交通专业人员资格评价中心,在全国范围内先后组织了两次公路水运工程检验检测人员过渡考试。截至2009年底,全国共有约40万人次参加了公路水运工程检验检测人员考试。

试验检测从业人员的素质,决定着试验检测工作的能力和水平。组织实施检验检测从业人员的考试和继续教育,是提高试验检测人员业务能力和水平的有效途径。为此,我站委托交通专业人员资格评价中心组织编写了《公路水运工程检验检测人员考试用书》。该套用书结合当前我国公路水运建设技术水平和国家、行业有关标准、规范的发展情况,紧扣2010年新版检验检测考试大纲要求,全面系统地介绍了公路水运工程检验检测基础理论和实用技术,可作为公路水运工程检验检测人员考试的复习指导用书,同时也适用于广大试验检测人员业务学习和继续教育,具有较强的实用性和可操作性,基本能满足公路水运工程检验检测工作的实际需要。

在该套用书的编写过程中,交通专业人员资格评价中心精心组织,克服时间紧、任务重的困难,按时完成了编写任务;人民交通出版社为编写工作的完成提供了有力的保证;有关专家认真审查、严格把关,提出了很好的意见和建议。在此向他们表示衷心的感谢!

交通运输部基本建设质量监督总站

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '李', '清', '武'. The characters are written in a cursive, flowing style.

二〇一〇年五月

出版说明

质量是工程的生命,试验检测是工程质量管理的重要手段。客观、准确、及时的试验检测数据,是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。加强公路水运工程试验检测,充分发挥其在质量控制、评定中的重要作用,已成为公路水运工程质量管理的重要手段。

随着我国公路水运工程建设标准、规范体系的不断完善和试验检测技术的日益发展,对试验检测人员的职业能力和水平提出了更新、更高的要求。原交通部1998年以来陆续颁布了《公路水运工程试验检测人员资质管理暂行办法》、《公路水运工程试验检测管理办法》和《公路水运工程试验检测人员考试办法(试行)》等一系列规章制度,启动了公路水运工程试验检测人员从业资格管理。2007年,原交通部基本建设质量监督总站以省为单位组织了公路水运工程试验检测人员业务考试;2009年以来,交通运输部基本建设质量监督总站会同交通专业人员资格评价中心,在全国范围内先后组织了两次公路水运工程试验检测人员过渡考试。

为满足试验检测行业发展需求,为试验检测人员考试提供复习参考,交通运输部基本建设质量监督总站委托交通专业人员资格评价中心组织编写了《公路水运工程试验检测人员考试用书》。本套考试用书内容丰富、系统、涵盖面广,每本用书内容相对独立、完整、自成体系,结合当前我国公路水运工程建设技术水平和国家、交通运输部有关标准、规范的发展情况,收录了当前公路水运工程试验检测的前沿理论和新技术。整套考试用书有理论,有基本操作讲解、有实例,全面系统地介绍了公路水运工程试验检测理论和实用技术。作为公路水运工程试验检测人员考试的复习指导用书,本套考试用书在编写时,紧密结合考试大纲要求,适用于广大试验检测人员全面系统地学习和掌握公路水运工程试验检测技术,具有较强的实用性和可操作性,基本能够满足公路水运工程试验检测工作的实际需要。

本套考试用书包括《公共基础》、《公路工程试验检测人员考试用书》、《水运工程试验检测人员考试用书》,共9册。

《公共基础》由解先荣主编,主要介绍公路水运工程试验检测发展概况、公路水运工程试验检测管理有关法律法规、试验检测基础知识等。

《公路工程试验检测人员考试用书》包括《材料》、《公路》、《桥梁》、《隧道》、《交通安全设施及机电工程》5册。《材料》由李福普、李闯民主编,内容包括土工试验、集料、水泥和水泥混凝土、沥青和沥青混合料、钢材以及土工合成材料等的试验检测。《公路》

由和松主编,主要介绍公路工程质量检验评定和路基路面现场测试等。《桥梁》由何玉珊、章关永主编,主要介绍桥梁工程质量等级评定、桥梁工程结构常用仪器设备的性能和使用、桥梁静动力荷载试验等。《隧道》由陈建勋主编,主要介绍超前支护与围岩施工质量检查、开挖质量检测、施工监控量测、混凝土衬砌质量检测等内容。《交通安全设施及机电工程》由韩文元、包左军主编,主要介绍交通工程试验检测基础知识,交通管理设施、监控设施、通信设施、收费设施等的试验检测等。

《水运工程试验检测人员考试用书》包括《材料》、《地基与基础》和《结构》3册。《材料》由谭华主编,主要从所用的工程部位、组批原则、取样方法、检验项目、试验设备、试验步骤、试验结果分析等环节详细阐述了水运工程常用材料的试验检测。《地基与基础》由徐满意、周福田主编,主要介绍土工基础知识、常用的土工试验方法、主要的原位测试方法、主要的地基处理方法和复合地基桩身质量检测等。《结构》由朱光裕主编,主要介绍混凝土结构力学及缺陷现场检测、结构与构件的静动力试验、桩的静荷载试验、基桩高应变动力检测、锚杆试验与检测技术等。

本套考试用书以国家和交通运输部颁发的有关法规及标准规范为依据,虽经全面审查和补充修改,但其中仍难免有不足之处,诚挚希望广大读者在学习使用过程中及时将发现的问题函告我们,以便进一步修改和补充。该套考试用书在编写过程中得到人民交通出版社和有关专家的大力支持,在此一并致谢。

交通运输部基本建设质量监督总站
交通专业人员资格评价中心
二〇一〇年五月

前 言

交通运输部基本建设质量监督总站和交通专业人员资格评价中心于2010年4月编制出版了《公路水运工程试验检测人员过渡考试大纲》(2010年版)。大纲对各专业考试科目的划分和要求掌握的内容范围作出了明确规定和说明。为指导参加过渡考试的人员结合大纲学习与掌握相关知识,交通运输部基本建设质量监督总站和交通专业人员资格评价中心组织有关专家编写了《公路工程试验检测人员考试用书》,本考试用书同时也可作为从事试验检测管理与操作的工程技术人员及高等院校相关专业在实际工作和教学中的参考用书。

本考试用书是在原西安公路交通大学吕康成教授编写的《隧道工程试验检测技术》(2000年1月第1版)和长安大学陈建勋、马建秦主编的《隧道工程试验检测技术》(2005年1月第1版)基础上进行编写的。在编写过程中,我们秉承了“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”的原则。修订的内容主要有:

(1)修订了与现行规范不配套的有关内容,使本书内容与新规范保持一致。

(2)增加了近年来涌现出的隧道工程检测新技术、新方法,如隧道施工超前地质预报技术,并结合工程实践,增加了有关隧道施工监控量测方面的部分内容。

(3)增加了附录,内容包括激光断面仪检测隧道断面方法、地质雷达检测隧道支护(衬砌)质量方法、全站仪非接触隧道变形量测方法、地质雷达隧道超前地质预报探测方法。

本书由陈建勋主编,马建秦、叶英、王永东参编。具体分工是:马建秦编写第五、七章;陈建勋、叶英编写第八章;王永东编写第九、十章;其余由陈建勋编写并统稿。

在本书编写过程中,吕康成教授、石大为高工、连启宾高工提出了许多宝贵意见,在此深表谢意。另外,在编写过程中,参考和引用了大量有关文献资料,在此对原作者也顺致谢意。

由于时间仓促,加上作者水平有限,书中内容难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

主 编
2010年4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内容..... | 4 |
| 第二章 超前支护与预加固围岩施工质量控制 | 7 |
| 第一节 概述..... | 7 |
| 第二节 注浆材料性能试验..... | 9 |
| 第三节 施工质量控制..... | 13 |
| 第三章 开挖质量检测 | 15 |
| 第一节 开挖方法..... | 15 |
| 第二节 开挖质量标准..... | 17 |
| 第三节 激光断面仪法检测开挖断面..... | 18 |
| 第四章 初期支护施工质量控制 | 23 |
| 第一节 锚杆加工质量与安装尺寸检查..... | 23 |
| 第二节 锚杆抗拔力测试..... | 25 |
| 第三节 砂浆锚杆砂浆注满度检测..... | 26 |
| 第四节 喷射混凝土质量检测..... | 27 |
| 第五节 钢架施工质量控制..... | 30 |
| 第六节 地质雷达法探测初期支护背部空洞..... | 32 |
| 第五章 防排水材料及施工质量控制 | 37 |
| 第一节 概述..... | 37 |
| 第二节 高分子防水卷材性能检测..... | 40 |
| 第三节 土工布物理特性检测..... | 46 |
| 第四节 土工布力学性能检测..... | 49 |
| 第五节 土工织物水力学特性试验..... | 56 |
| 第六节 防水混凝土抗渗性能试验..... | 62 |
| 第七节 防水板施工质量控制..... | 65 |
| 第八节 排水系统施工质量控制..... | 69 |
| 第九节 止水带检查..... | 72 |
| 第六章 施工监控量测 | 77 |
| 第一节 概述..... | 77 |
| 第二节 洞内外观察..... | 83 |
| 第三节 周边位移量测..... | 86 |

| | | |
|-------------|----------------------------|------------|
| 第四节 | 拱顶下沉量测 | 89 |
| 第五节 | 地表下沉量测 | 92 |
| 第六节 | 围岩内部位移量测 | 93 |
| 第七节 | 锚杆轴力量测 | 96 |
| 第八节 | 围岩压力及两层支护间压力量测 | 99 |
| 第九节 | 钢架应力量测 | 102 |
| 第十节 | 混凝土应力量测 | 104 |
| 第十一节 | 围岩声波测试 | 105 |
| 第十二节 | 量测数据处理及应用 | 109 |
| 第七章 | 混凝土衬砌质量检测 | 113 |
| 第一节 | 施工检查 | 113 |
| 第二节 | 回弹法检测混凝土强度 | 119 |
| 第三节 | 超声波法检测混凝土强度 | 125 |
| 第四节 | 超声回弹综合法检测混凝土强度 | 128 |
| 第五节 | 钻芯法检测混凝土强度 | 131 |
| 第六节 | 衬砌厚度检测 | 134 |
| 第七节 | 混凝土缺陷检测 | 137 |
| 第八章 | 超前地质预报 | 143 |
| 第一节 | 概述 | 143 |
| 第二节 | 超前地质预报实施 | 145 |
| 第三节 | 地质调查法 | 151 |
| 第四节 | 超前钻探法 | 153 |
| 第五节 | 物探法 | 155 |
| 第六节 | 超前导坑预报法 | 162 |
| 第九章 | 通风检测 | 164 |
| 第一节 | 粉尘浓度测定 | 164 |
| 第二节 | 瓦斯检测 | 167 |
| 第三节 | 一氧化碳检测 | 170 |
| 第四节 | 烟雾浓度检测 | 172 |
| 第五节 | 隧道风压检测 | 174 |
| 第六节 | 隧道风速检测 | 178 |
| 第十章 | 照明检测 | 183 |
| 第一节 | 概述 | 183 |
| 第二节 | 光检测器 | 186 |
| 第三节 | 光度检测 | 188 |
| 第四节 | 照明器光强分布量测 | 194 |
| 第五节 | 现场照度和亮度检测 | 196 |
| 第六节 | 隧道眩光检测 | 198 |
| 附录 A | 激光断面仪检测隧道断面方法 | 200 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| 附录 B 地质雷达检测隧道支护(衬砌)质量方法 | 201 |
| 附录 C 全站仪非接触隧道变形量测方法 | 204 |
| 附录 D 地质雷达隧道超前地质预报探测方法 | 209 |
| 参考文献 | 212 |

第一章 总 论

第一节 我国公路隧道发展概况

我国山地、丘陵和高原面积约占国土总面积的 69%。过去在山区修筑公路,由于建设资金严重短缺,多以盘山绕行为主。公路隧道建设非常缓慢,20 世纪 50 年代,我国仅有 30 多座总长约 2.5km 的公路隧道。在 20 世纪 60~70 年代,我国干线公路上曾修建了百米以上的公路隧道。例如,1964 年修建的北京至山西原平公路(四级公路)有两座 200m 以上的隧道,这在当时已是非常大的工程。据统计,1979 年我国公路隧道通车里程仅为 52km/374 座。20 世纪 80 年代后,随着国民经济的迅速发展,公路交通建设规模日益扩大,技术达到新的水平,我国公路隧道发展速度加快。公路隧道建设不仅在山区和丘陵地区公路建设中,而且在东部江河桥隧跨越方案比选中,日益引起人们的重视,并得到很大发展。2000 年年底,我国公路隧道通车里程已达 628km/1 684 座,比 1979 年增长了 12 倍。进入 21 世纪,随着我国经济迅速发展和科技水平的不断提高,公路建设对隧道的应用越来越引起人们的重视,并得到迅猛发展。截至 2008 年年底,已通车隧道达 3 186km/5 426 座,比 1979 年增长了 60 多倍。近年来,公路隧道通车里程以平均每年 300 多公里的速度在迅速增长。

在隧道数量和建设规模得到迅猛发展的同时,我国山区公路隧道修建技术取得了长足的进步。20 世纪 80 年代后,随着新奥法的推广,以钻爆法开挖为主的山区公路隧道修筑技术在我国日趋成熟。我国隧道建设者完全掌握了山岭双洞四车道隧道、双洞六车道隧道、双洞八车道隧道、连拱隧道、分岔隧道、大跨连拱隧道(双洞六车道、八车道隧道)、小净距隧道、大跨小净距隧道(双洞六车道、八车道隧道)以及隧道改扩建等修筑技术、大型地下立交建设技术等。由于我国地域广阔,自然气候、地质和环境条件的千差万别,使得公路隧道在建设过程中遇到了各种各样的技术问题,其中部分难题在世界范围内也极为罕见。除了广泛吸取瑞士、奥地利、挪威和日本等公路隧道技术先进国家的成功经验外,我国业内人员也展开了大量自主创新性的科技攻关,使我国在公路隧道建设技术方面取得了长足进步,形成了一系列具有我国自主知识产权的隧道建设技术,如高承压水环境、岩溶地区、黄土地区、高海拔、高寒、高烈度地区隧道建设技术,环保型洞口建设工法,长洞短打快速施工方法等。各种建设技术的日趋成熟,极大地提高了我国隧道的建设速度和建设质量。2007 年 1 月 20 日,世界规模第一、长度第二的秦岭终南山公路隧道建成通车,标志着我国山区公路隧道修建技术达到世界领先水平。

我国水下隧道的建设起步较晚,且在江海河底修建公路隧道的技术难度大,尚没有成熟的经验和技木。随着我国交通事业的蓬勃发展,为使路线直捷,不仅在穿越崇山峻岭时修建了众多山岭隧道,在一些跨海湾、海峡、大江大河处也已建成或正在规划不少的公路水下隧道或公路、铁路两用的水下隧道。截至目前,我国大陆建成和在建的水下公路隧道已达 30 多座,其中上海穿越黄浦江已建有 8 条水下隧道,广州、上海、南京、武汉、宁波、青岛、长沙等还在计划或

修建更多的越江隧道工程。第一条海底隧道——厦门东通道工程,于2005年8月动工,已于2010年4月建成通车。第二条海底隧道——青岛到黄岛工程,也已于2006年底动工,全长6.17km。在上海,沪崇苏通道中的崇明越江通道工程已于2004年9月在我国第三大岛——崇明岛正式奠基启动。这些工程建设为我国水下隧道建设技术的提高提供了良好的契机。国家、行业和地方等各个层面都非常重视,投入了大量资金,并依托这些水下隧道工程,引进、消化国外先进技术,开展了大量的重点科学技术攻关,科研成果极大地推动了我国水下隧道技术的发展,确保了工程的顺利建设。到目前为止,我国已经熟练或基本掌握了钻爆法、盾构法和沉管法水下隧道建造技术,在水下隧道建造技术方面取得了长足进步,集成创新出了具有我国自主知识产权的水下隧道建设技术,并达到了国际先进技术水平,为我国庞大的水下隧道建设计划储备了技术和人才资源,并具备了参与国际重大水下隧道工程项目竞争的实力。

目前,我国公路隧道养护技术正处于起步阶段,随着公路隧道建设的跨越式发展,提高公路隧道的运营养护管理水平刻不容缓。国内调查研究表明,相当比例的运营公路隧道存在渗漏水和衬砌裂缝等病害现象。这些病害直接威胁着隧道内行车安全、通行能力、维护周期和使用寿命。为了减少隧道病害对隧道和公路交通正常运营的影响,我国在公路隧道养护方面做了一些基础性研究工作,并取得了一定成果。但我国公路隧道养护在快速健康诊断,病害隧道结构的安全性、耐久性评价,病害处治,新材料、新设备、新工艺的研究与集成方面还有很多工作要做,对形成我国隧道病害处治设计和对策的标准化和统一化还有很长的路要走。

随着进一步加大基础设施建设政策的落实,我国中西部地区还将建设大量长度长、地质条件复杂、建设难度大的公路隧道,这也为公路隧道工程建设事业的发展带来了新的挑战和机遇。目前,我国公路隧道建设任务仍然十分繁重。同时,我国还有许多特长隧道正在规划和研究中,例如,贯穿我国沿海大走廊的渤海海峡隧道与琼州海峡隧道等。此外,修建连接台湾省与祖国大陆的台湾海峡隧道也在研讨之中。

从可持续发展战略出发,今后我国隧道工程技术发展的重点,一方面是隧道工程质量,包括工程质量的控制和检测技术;另一方面是隧道工程与生态环境的协调,如洞口环境的保护、围岩变形和地表沉降的控制、地下水资源的保护等。这些问题不但涉及施工新技术的开发,而且关系到设计理念的转变。

可以预见,未来我国公路隧道建设技术必将有一个更大的发展。

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,两车道公路隧道的断面面积可达 80m^2 。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的条件下,尽量围绕建筑限界设计开挖断面和净

空断面,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。

断面形状扁平容易在拱顶围岩内出现拉伸区,而岩土之类的天然材料,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。一般来说,对于短隧道,由于受自然风和交通风影响,有害气体的浓度不会积聚太高,不会对驾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,其行车环境要经历一个“亮—暗—亮”的变化过程,驾驶员的视觉在此过程中也要发生微妙的变化以适应环境。为了减小通过隧道时驾驶员的生理和心理压力,消除车辆进洞时的黑框或黑洞效应以及出洞时的眩光现象,从有利于安全行车的角度考虑,高等级公路上的隧道一般都根据具体情况,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、动力及通信线路构成威胁。因此,我国《公路隧道设计规范》(JTG D70—2004)要求,汽车专用公路隧道应达到拱部、墙部及设备箱洞室处均不渗水。

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

随着目前我国公路隧道工程数量的增加和建设速度的加快,由于设计、施工等方面的原因,部分已建和在建的公路隧道都出现了不同程度的质量问题,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

与其他地下工程一样,公路隧道在施工期间和建成后,一直受地下水的影响,特别是建成后的隧道,更是处于地下水的包围之中。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,对行车安全以及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,其内部便出现大量渗漏,在春、夏、秋三季隧道内变成了“水帘洞”,在冬季隧道内则变成了“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,在原衬砌内部套拱。虽然这一措施暂时使问题得以解决,但由于隧道断面减小,限界受侵,影响了行车。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很难准确确定的,所以在隧道衬砌结构设计中常带有一定的盲目性,结果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,隧道衬砌做完后,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。在我国其他地区也有类似情况发生。由此可见,加强施工管理、提高隧道衬砌混凝土质量已迫在眉睫。

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,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,而忽视断面界限,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,从而导致限界受侵。

4. 衬砌结构同围岩结合不密实

支护结构同围岩的紧密接触是地下结构区别于地面结构的主要特征。所谓“新奥法”的出发点,正是支护结构同围岩的共同变形。不幸的是,在施工中由于岩石隧道光面爆破效果不良,有的承包人图经济省事,通过钢筋网在作为初期支护的喷射混凝土层背后设置石块或其他异物,以取代混凝土充填空间,造成了围岩与初期支护之间不密实,甚至存在大的空区(洞)。在二次衬砌施工过程中,由于泵送混凝土压力不足、流动性不好、重力作用、抽拔泵送管过早过快等原因,拱顶混凝土往往难以饱满,造成模筑混凝土厚度不足,甚至形成较大空区(洞),由此常常诱发拱顶上鼓,衬砌内缘压裂、掉块的现象。

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,从而影响驾乘人员健康,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。鉴于设计方面的问题,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。对于器材,应在安装前对其性能指标加以检测,对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。为了降低隧道的使用标准并确保安全运营,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内容

公路隧道的建造是百年大计,而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、内容多。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均为山岭隧道(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。

根据隧道修建过程,公路隧道检测的主要内容包括:材料质量检测、超前支护及预加固围岩施工质量检测、开挖质量检测、衬砌支护施工质量检测、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。

1. 材料检测

只有用合格的原材料,才能修建出合格的工程。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具有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、潮喷、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外,还添加各种外加剂。可见,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。隧道防排水材料包括:注浆材料、高分子合成卷材、排水管和防水混凝土等。需要指出的是,合成高分子防水卷材在我国发展很快。目前,我国修建的公路隧道、地铁和部分铁路隧道都采用不同性能、规格的合成高分子卷材作防水夹层,均取得了良好的效果。为了适应这种发展需要,将较详细地介绍其检测试验方法。

2. 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 and 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由于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。主要内容包括:超前支护及预加固、开挖、初期支护、防排水和衬砌混凝土质量检测。

在浅埋、严重偏压、岩溶、流泥地段、砂土层、砂卵(砾)石层、自稳性差的软弱破碎地层、断层破碎带以及大面积淋水或涌水地段进行施工时,由于隧道在开挖后自稳时间小于完成支护所需时间,或由于初期支护的强度不能满足围岩稳定的要求等原因,而产生坍塌、冒顶等工程事故,影响了施工安全,延误了工期,费工费料,危害极大。为避免上述情况,必须在隧道开挖前或开挖中采用辅助施工方法以增强隧道围岩稳定。显而易见,做好辅助施工措施的质量检查工作是至关重要的。

爆破成形好坏对后续工序的质量影响极大,目前检测爆破成形质量技术发展很快。隧道断面仪被广泛应用于及时检测爆破成形质量,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。

支护质量主要是指锚杆安装质量、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