



更多服务

ISBN 978-7-5689-3168-7



9 787568 931687 >

定价：78.00元

内容提要

本书系统介绍了连拱隧道渗漏水病害的产生机理及防治技术。全书共6章:第1章为绪论,论述连拱隧道渗漏水病害研究的国内外现状。第2章介绍公路连拱隧道渗漏水病害的现场调研情况,分析渗漏水的成因和特点。第3章采用改进的层次分析法对渗漏水病害影响因素进行分析,并详细介绍各因素对渗漏水病害的影响。第4章对整体式连拱隧道营运阶段出现的渗漏水病害进行三维数值模拟,分析不同工况下的渗漏水情况。第5章设计渗漏水病害模型试验,介绍雷达探测在连拱隧道渗漏水病害方面的应用及数据分析方法。第6章针对前文的病害机理提出一系列渗漏水防治措施。

本书可供岩土工程、结构工程、水利工程、交通工程和采矿工程等相关专业的教师、研究人员与工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

连拱隧道渗漏水病害机理与防治研究 / 石建勋, 刘新荣著. -- 重庆: 重庆大学出版社, 2022.7

ISBN 978-7-5689-3168-7

I. ①连… II. ①石…②刘… III. ①双孔隧道—防水—研究 IV. ①U453.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 038425 号

连拱隧道渗漏水病害机理与防治研究

LIANGONG SUIDAO SHENLOUSHUI BINGHAI JILI YU FANGZHI YANJIU

石建勋 刘新荣 著

策划编辑:王婷

责任编辑:张红梅 式设计:王婷

责任校对:关德强 责任印制:赵晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12 字数:178千

2022年7月第1版 2022年7月第1次印刷

印数:1—1500

ISBN 978-7-5689-3168-7 定价:78.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

Preface

在我国一些特殊的地形,如地势陡峭、脊骨相间的鸡爪地形上采用连拱隧道不仅能够很好地适应地形,而且能降低总工程造价、节约工程用地、较小地影响隧址区的环境,因此连拱隧道的采用逐渐推广开来,加上近几年来我国交通事业迅猛发展,连拱隧道得到了大量运用。然而,连拱隧道由于自身结构的特殊性 & 地形环境的复杂性,施工工序多、结构受力状态变化频繁、质量控制点多、施工技术难度较大且维修不便,渗漏水问题成为已建成连拱隧道中普遍存在的病害,甚至出现了连拱隧道“十隧九漏”的局面。

渗漏水的发生造成了隧道内路面湿滑,严重威胁行车安全;同时也增大了洞内湿度,降低了洞内设施的工作效率;在寒冷地区甚至还引发了隧道的各种冻害,进一步恶化了隧道营运环境。现阶段,连拱隧道渗漏水成了隧道设计、施工和营运中要重点解决的问题,连拱隧道防排水和渗漏治理已成为隧道工程建设的一大重要课题。

本书是对浙江省交通厅科技计划项目“连拱隧道渗漏水病害机理与防治关键技术研究”成果的系统总结,全书以工程实例和现场监测为基础进行验证,理论与实际相结合、模型试验和数值模拟相结合。本书首先从工程实际出发,对浙江徽杭高速公路隧道群和金丽温高速公路隧道群的渗漏水病害进行现场调研,对渗漏水进行分类,并对其渗漏水的成因及特点进行分析;然后聚焦现场调查情况,进行有针对性的机理性探讨,通过改进的层次分析法对影响连拱隧道渗漏水的因素进行权重计算和分析,弄清影响因素的主次要性,并结合有限元计算对各影响因素进行模拟计算,相互验证,同时,设计地质雷达探测渗漏水的模型试验,通过对比不同填充介质的效果,利用小波分析以及 MATLAB 等方法对实验数据进行处理分析;最后,对连拱隧道渗漏水的探测及防治提出指导性建议。另外,本书针对影响隧道渗漏水的各因素均采用不同方法进行科学详尽

的机理探讨,如针对降雨与地下水位采用数值解析解的方式对渗漏水机理进行剖析,建立关于渗漏水量的解析解计算公式;针对物理化学作用引起的渗漏水病害,通过建立数学规划模型,结合蒙特卡罗法处理大量数据来揭示其机理。

本书由西北民族大学土木工程学院石建勋基于“连拱隧道渗漏水病害机理与防治关键技术研究”项目撰写而成,重庆大学刘新荣教授在成书过程中给予了笔者指导与帮助,在此表示真诚的感谢。另外,浙江杭徽高速公路有限公司副总经理、高级工程师斜逢光、谢洪波、田晓明以及项目组成员在现场调研期间给予了帮助与支持,忻保高速公路第五项目部项目经理高宁、杨玉达等在现场实验中提供了方便与帮助,在此一并表示感谢!

石建勋
2021年10月

| | |
|--|-----|
| 第 1 章 绪论 | 001 |
| 1.1 问题的提出及研究意义..... | 001 |
| 1.2 国内外研究现状..... | 003 |
| 1.3 主要内容..... | 016 |
| 1.4 研究方法及技术路线..... | 018 |
| 第 2 章 连拱隧道渗漏水病害现场调研及成因分析 | 020 |
| 2.1 高速公路连拱隧道群渗漏水调查统计分析..... | 022 |
| 2.2 连拱隧道渗漏水分类..... | 023 |
| 2.3 连拱隧道渗漏水成因及特点分析..... | 024 |
| 2.4 本章小结..... | 032 |
| 第 3 章 连拱隧道渗漏水病害影响因素研究 | 033 |
| 3.1 改进的层次分析法对连拱隧道渗漏水病害影响因素的分析 | 033 |
| 3.2 地质条件对连拱隧道渗漏水病害影响的分析..... | 040 |
| 3.3 连拱隧道结构形式对渗漏水病害影响的分析..... | 042 |
| 3.4 施工对连拱隧道渗流场影响的数值模拟..... | 049 |
| 3.5 降雨及地下水位变化对连拱隧道渗漏水病害影响的研究 | 069 |
| 3.6 物理、化学作用对连拱隧道渗漏水病害影响的研究 | 079 |
| 3.7 冻胀对连拱隧道渗漏水病害影响的研究..... | 090 |
| 3.8 连拱隧道围岩隐块体引起渗漏水病害的探讨..... | 097 |

| | | |
|------------|-----------------------------|-----|
| 3.9 | 本章小结 | 104 |
| 第4章 | 整体式连拱隧道营运阶段渗漏水三维数值模拟 | 107 |
| 4.1 | 模型的建立 | 107 |
| 4.2 | 不同工况下不同组合的总水头分布 | 110 |
| 4.3 | 不同工况下不同组合的孔隙水压力分布 | 113 |
| 4.4 | 不同工况下不同组合的渗流速度分布 | 117 |
| 4.5 | 不同工况下不同组合的水力坡降分布 | 120 |
| 4.6 | 不同工况下不同组合的孔隙水头分布 | 124 |
| 4.7 | 本章小结 | 127 |
| 第5章 | 连拱隧道渗漏水病害雷达探测试验研究 | 129 |
| 5.1 | 连拱隧道裂隙雷达探测模型试验研究 | 129 |
| 5.2 | 连拱隧道空洞雷达现场试验研究 | 147 |
| 5.3 | 本章小结 | 152 |
| 第6章 | 连拱隧道渗漏水防治技术探讨 | 153 |
| 6.1 | 连拱隧道渗漏水结构设计防治措施 | 153 |
| 6.2 | 连拱隧道渗漏水施工防治措施 | 155 |
| 6.3 | 降雨及地下水位变化引起连拱隧道渗漏水防治措施 | 156 |
| 6.4 | 冻胀引起连拱隧道渗漏水防治措施 | 157 |
| 6.5 | 隐块体引起连拱隧道渗漏水治理措施 | 158 |
| 6.6 | 营运连拱隧道渗漏水治理措施探讨 | 159 |
| 6.7 | 本章小结 | 169 |
| | 参考文献 | 171 |

第1章 绪论

1.1 问题的提出及研究意义

公路隧道在我国高速公路建设和营运中具有非常重要的作用,发挥着巨大的优势,尤其是在路线线性的选取、路线的里程、行车时间以及高速公路营运效益等方面优势独特。目前,我国已建成了大陆特长隧道(如秦岭终南山隧道)、海底隧道、大跨径公路隧道等,公路隧道得到了蓬勃的发展。

在山岭重丘区,在水文地质、地形地貌等条件允许的情况下,隧道多采用分离式隧道或者两座独立的隧道。然而,我国存在一些特殊地形,如地势陡峭、脊骨相间的鸡爪地形,分离式隧道就很难适应。如果采用分离式隧道或者两座独立的隧道就会造成公路的整体路线不够流畅,整个工程造价增高,同时技术指标下降。这时连拱隧道的运用就能发挥巨大的作用,不仅能够很好地适应地形,而且能降低总体工程造价;不仅能够与洞外线路流畅相接,而且可以避免洞外路线分幅,节约工程用地,对隧址区的环境破坏较小。所以连拱隧道的运用

备受关注,尤其近几年来,由于交通事业的迅猛发展,连拱隧道得到了广泛运用。

然而,绝大多数连拱隧道却出现了不同程度的渗漏水病害,这也是我国公路连拱隧道工程中最为常见的一种病害。渗漏水病害是长期以来困扰专家们的一个问题,连拱隧道中隔墙形式的多变性、水文地质条件的复杂性、防排水施工的不合理、隧道施工管理的缺陷等,均使得连拱隧道渗漏水成为目前地下工程中突出的质量通病和亟待解决的问题。统计分析显示:我国铁路隧道的28.4%都有严重渗漏水。交通运输部有关部门统计分析显示:我国公路隧道约30%有严重渗漏水。同时,在北京、上海和广州等城市的地下铁路隧道中,发生渗漏水情况的占30%左右。在地下工程相对来说比较发达的日本,据调查,铁路隧道渗漏水情况也达到30%以上。由于连拱隧道自身结构的特殊性以及我国地形环境的复杂性,施工工序多、结构受力状态变化频繁、质量控制点多、施工技术难度较大且维修不便等,渗漏水问题成为已建连拱隧道中普遍存在的病害,甚至出现了“十隧九漏”的局面。渗漏水的发生造成了隧道内路面湿滑,严重威胁行车安全;同时使得洞内湿度增大,降低了洞内设施的工作效率;在严寒地区渗漏水的发生还会引发隧道的各种冻害,进一步恶化隧道营运环境。现阶段,连拱隧道渗漏水成了隧道设计、施工和营运中要解决的突出问题,连拱隧道防排水和渗漏治理已经成为隧道工程建设的一大重要课题。

我国公路连拱隧道从20世纪90年代初伴随公路隧道的建设而开始运用。随着我国交通基础设施建设规模的逐步扩大和连拱隧道设计经验的逐渐积累,连拱隧道的数量不断增加,规模不断扩大,我国现已成为拥有隧道数量最多、长度最长的国家,同时也是隧道渗漏水病害最严重的国家之一,隧道渗漏水病害防治工作任重道远。所以有必要对连拱隧道渗漏水的形成机理与治理措施进行深入的研究,采取合理有效的防治措施,确保连拱隧道长期安全的营运。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 公路隧道渗漏水病害研究现状

受隧道工程自身特点所限,在隧道施工前针对隧道渗漏的研究较少,隧道渗漏出现“亡羊补牢”的情况,其研究多集中在施工阶段防渗治理技术方面。在地下水、围岩和隧道衬砌相互作用方面,王秀英、谭忠盛、王梦恕等在隧道力学和渗流力学的基础上进行理论分析,研究在渗流应力耦合作用下围岩的力学特性,利用特征曲线法分析了不同排水量下围岩与支护的相互作用,并与数值方法计算结果进行对比。计算结果表明:不同排水量下围岩特性曲线不同,支护阻力也不同,不同排水条件下围岩有效切向应力和有效径向应力的变化很明显,排水对围岩应力以及支护体系受力的影响是不容忽视的。高新强研究了深埋隧道高地下水位铁路隧道围岩、注浆圈、衬砌背后水荷载的分布规律,并采用数值计算方法分析了隧道围岩稳定性和结构受力状态。李地元等基于流固耦合理论进行连拱隧道围岩稳定性计算,计算结果中的孔隙水压力场分布直接指导了某隧道防排水施工和支护措施改进。崔颖超和龙绪健针对大跨径连拱隧道进行了围岩支护原理和变形破坏数值分析。Zhang X F 等针对严寒地区冻土层隧道渗漏水病害用三维数值模拟方法对渗漏计算理论和处置技术做了研究。

公路隧道病害有如下特点:

①病害的形式多样,包括衬砌结构腐蚀裂损、冻害、道床破坏、渗漏水、火灾、地震等,其中渗漏水病害尤甚。

②病害处理费用较高,并且反复发作。

③成因、地质条件复杂。

公路隧道渗漏水类型多种多样,工程中常见的情况包括:

①按其发生的部位和流量分为拱顶有渗水、滴水、漏水成线和成股射流4种,边墙有渗水、淌水两种。

②按水源补给情况,可分为地下水补给和地表水补给两种。地下水补给有稳定的地下水源补给,其流量四季变化不大;地表水补给,其流量随地表水季节性变化而变化。同一渗漏水所处地也可能有两种补给水源。

③按渗漏形式,可分为点渗漏、缝渗漏和面渗漏3种。

公路隧道渗漏水问题非常普遍,也相当严重,究其渗漏水成因,主要有设计缺陷、施工不精心、管理以及材料变异等,甚至是这些原因相互作用的结果。总的来说,有如下3个方面的原因:

①隧道防水层失效。公路隧道中,防渗漏的第一道防线设置在复合衬砌中,也称为结构外防水。从结构上可以看出,防水将地下水与衬砌隔开,形成一个屏障,但是,在实际工程中,往往由于多种原因导致防水层失效,除防水板材料本身变异失效外,还有其他的原因,如隧道结构变形过大,防水板断裂;施工时防水板搭接不良;防水板与初衬不密贴以及外露的锚杆、钢管等破坏了防水板;等等。

②隧道接缝防水失效。施工中常常需要设置施工缝、伸缩缝、沉降缝,即“三缝”,而公路隧道中渗漏水最为严重的地方就是“三缝”处。研究资料表明,国内营运的隧道中70%以上的渗漏水部位都在“三缝”处。相对来说,施工缝处的渗漏水处理较容易,但是伸缩缝、沉降缝处的渗漏水治理非常困难,一次治理后短期之内有一定的效果,但时间久了渗漏水情况又会出现,这主要是因为伸缩缝、沉降缝在发挥自身作用时产生相对运动,而渗漏水治理材料却不能适应,所以堵漏也不能长久。施工过程中虽然对公路隧道变形缝进行了三道设防,但渗漏水发生的概率还是很大。

③衬砌混凝土结构自防水失效。公路隧道衬砌混凝土结构不仅发挥着承载的作用,而且还有防水的功能,也是公路隧道防水的最后一道防线。由于其防水功能的认识不够,在实际工程中一味地增加混凝土的抗渗等级,而忽略了其施工和养护的重要性。混凝土本身是一种蜂窝麻面状结构,施工过程中对其振捣不够,或漏振、走模、漏浆等都有可能造成防水失效。公路隧道衬砌混凝土结构一般容易在拱部、墙部出现环向裂缝、纵向裂缝以及各种乱向裂缝,一旦裂缝贯穿,隧道衬砌混凝土结构自防水就会失效。

目前,我国对公路隧道渗漏水病害的研究主要集中在渗漏水调查与成因分析方面,总体上,与实际工程结合提出治理措施的研究较多,对其形成机理的研究较少。关宝树将渗漏水病害分为3类,即材料变异劣化、外力作用以及其他病害。陈吉森等通过对金丽温高速公路某隧道渗漏水进行渗漏水防治研究,利用有限元软件计算了渗流场矢量及流线分布,相应地提出了整治措施。黄镇南研究了由于选址、地质、地貌等条件引起的隧道病害以及隧道施工过程中遗留的病害,并对其成因进行了分析,提出了病害的预防和整治措施。韩常领、魏红等通过对公路隧道渗漏水的原因进行分析,提出了堵排结合与结构补强并举的防治措施(既不能盲目封堵,也不能一味引排,以保证渗漏水的整治效果),并对点渗漏、线渗漏、面渗漏、注浆等提出了具体的治理措施。

目前,虽然在隧道渗漏水病害研究方面取得了一些成果,但其系统性、实用性还有所欠缺,尚不能满足我国现有防止和减轻隧道渗漏水病害及其治理的需要,没有改变因渗漏水病害而造成的防排水设计不当和渗漏治理不彻底的现状。

1.2.2 公路连拱隧道及其渗漏水病害研究现状

1990年我国对《公路隧道设计规范》进行修订,之后,新的《公路隧道设计规范》(JTG D70—2004)于2004年颁布,并于当年11月1日开始正式实施,该规范的实施说明我国连拱隧道的发展取得了巨大的进步,标志着一个崭新的阶

段在我国公路连拱隧道建设中诞生了。公路连拱隧道的设计和施工,通过近几年大量的实践总结和经验积累,取得了较大进步,在此基础上引进国内外的科研成果及新技术、新方法、新工艺和新设备,逐渐克服了一些公路连拱隧道在目前设计和施工中存在的通病。通过不断发展,在未来时间里,公路连拱隧道将进入成熟阶段。如日本已有 30 多年连拱隧道的设计和施工经验,各项技术已进入较成熟阶段。

为了满足近年我国公路连拱隧道迅猛发展的形势需要,有关建设单位、研究所、设计院、高等院校和施工单位等抽调专门人员以组织联合研究体的形式,对设计和施工中存在的一些实际问题及时地进行了研究,迅速解决了施工中存在的难题并指导施工。如浙江省金丽温高速公路建设指挥部、西南交通大学和贵州省桥梁工程总公司联合,在 2001 年开展了连拱隧道综合修建技术研究;湖北省在 2002 年开展了高速公路复杂地层双连拱隧道施工控制工艺研究与应用的交通科研。

20 世纪以来,我国在连拱隧道的设计方面涌现出许多的新思路,推出许多新经验、新成果。自铁道部第四设计院在 1992 年设计了我国第一座连拱隧道——广州白云山双连拱隧道以来,现适合当地实际条件的连拱隧道设计新思路、新经验和新成果不断出现,如福州市象山四连拱大跨度浅埋隧道的设计、半明半暗连拱隧道的设计和公路隧道组合的设计等。应特别指出的是,韩常领提出的双连拱整体式隧道设计,对通用的结构设计模式进行了改进和优化,把整体式中墙改为复合式中墙,将左右洞二次衬砌和防排水各自独立成环,更好地满足了结构受力要求和中墙渗漏水病害防治要求。这一构思已在近几年京福高速公路福建段坑面兰、沙潭隘和双溪口等隧道得到应用,并取得良好效果。

在连拱隧道施工工艺方面不断改进和优化,简化了工艺工序,缩短了工期,取得了良好的经济效益和社会效益。这些施工工艺有大跨度浅埋四连拱隧道施工工艺、中墙顶部混凝土回填和中墙防偏压处理方法、软弱围岩地段连拱隧

道施工、偏压连拱隧道施工、穿越滑坡地层等,以及在营运道路条件下穿浅埋大跨三车道连拱隧道的关键技术工艺等。

在连拱隧道施工监控测量方面,进行了理论计算与实测数据的比较、分析和研究,利用其成果获得了成功的预报经验、不对称连拱隧道现场监测经验等。

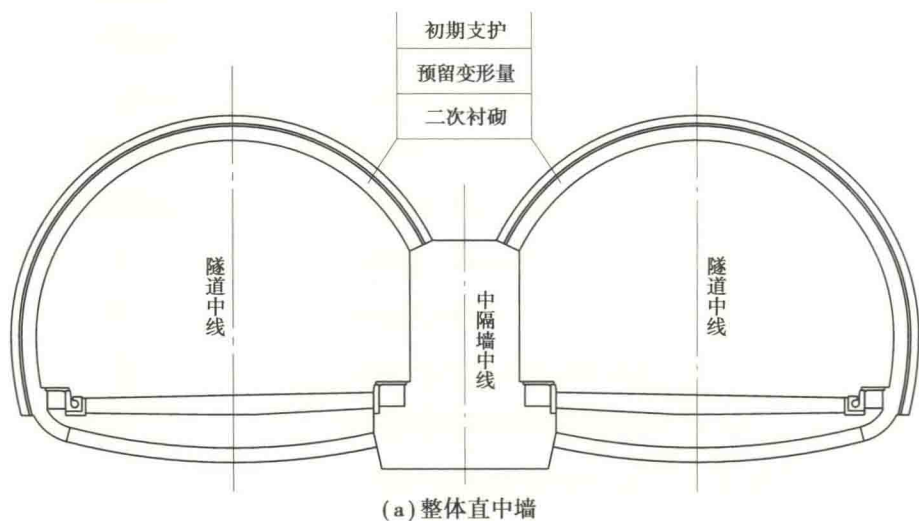
在连拱隧道模型实验和现场试验方面,取得了较多的研究成果,如对连拱公路隧道施工方法进行模型实验和现场试验、施工全过程地层沉降三维数值模拟试验、隧道断面优化设计模型及其应用模拟、软弱围岩条件下隧道施工阶段的受力模拟、软弱围岩中隧道二次衬砌的力学行为模拟、偏压连拱隧道不同开挖方法的模拟,以及连拱隧道与小净距隧道施工过程的模拟等。近些年在病害治理方面也取得许多研究成果,特别是在中墙区域渗漏水灾害及其防治措施方面取得了明显效果。

有的专家在对小净距隧道开挖方法和结构受力特点进行研究后,提出以小净距隧道替代连拱隧道的设想,并在京福高速公路福建段兴建了10座小净距隧道代替连拱隧道,其净距多在4.8~5.2 m,最小间距为3.2 m,此设想得到了实现。姚振凯等认为,在隧道围岩条件较好的前提下,小净距隧道可以代替连拱隧道,但在软弱围岩条件下代替连拱隧道是很难的,甚至是不划算或是不可能的。至于连拱隧道与小净距隧道的相互转换条件和取代关系,尚需进一步研究。

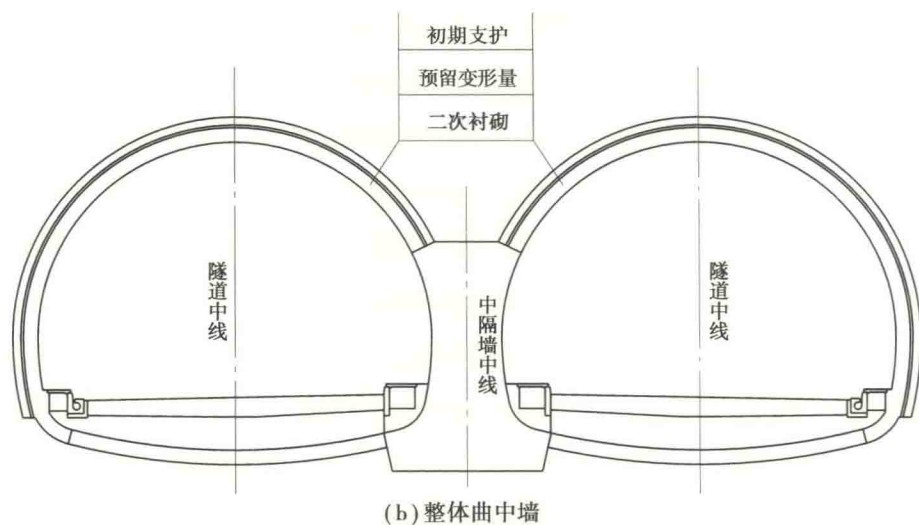
对于连拱隧道而言,其断面形式对结构稳定性和防排水问题有着较大的影响。综观我国的连拱隧道,其断面形式多采用直中墙或曲中墙断面,如图1.1所示,同时其他因素也对其产生了不可忽视的作用。

与公路隧道相比,连拱隧道不仅存在和公路隧道相似的连拱隧道渗漏水病害,而且还有其自身的特点,其中连拱隧道中隔墙渗漏水尤甚,衬砌开裂渗漏水次之。虽然国内外已有一些文献涉及了连拱隧道渗漏水病害及其产生的原因,但多数只是停留在对病害现象的总结上,而很少对病害产生机理及与施工过程的关系进行系统分析。相对于公路隧道而言,为适应地形,连拱隧道多为短隧

道、多偏压、围岩破碎且极易风化,受降雨影响明显,由于其设计理论和施工方法不是很成熟,因此现有的连拱隧道出现很多的病害,其中渗漏水则是最严重的病害之一。



(a) 整体直中墙



(b) 整体曲中墙

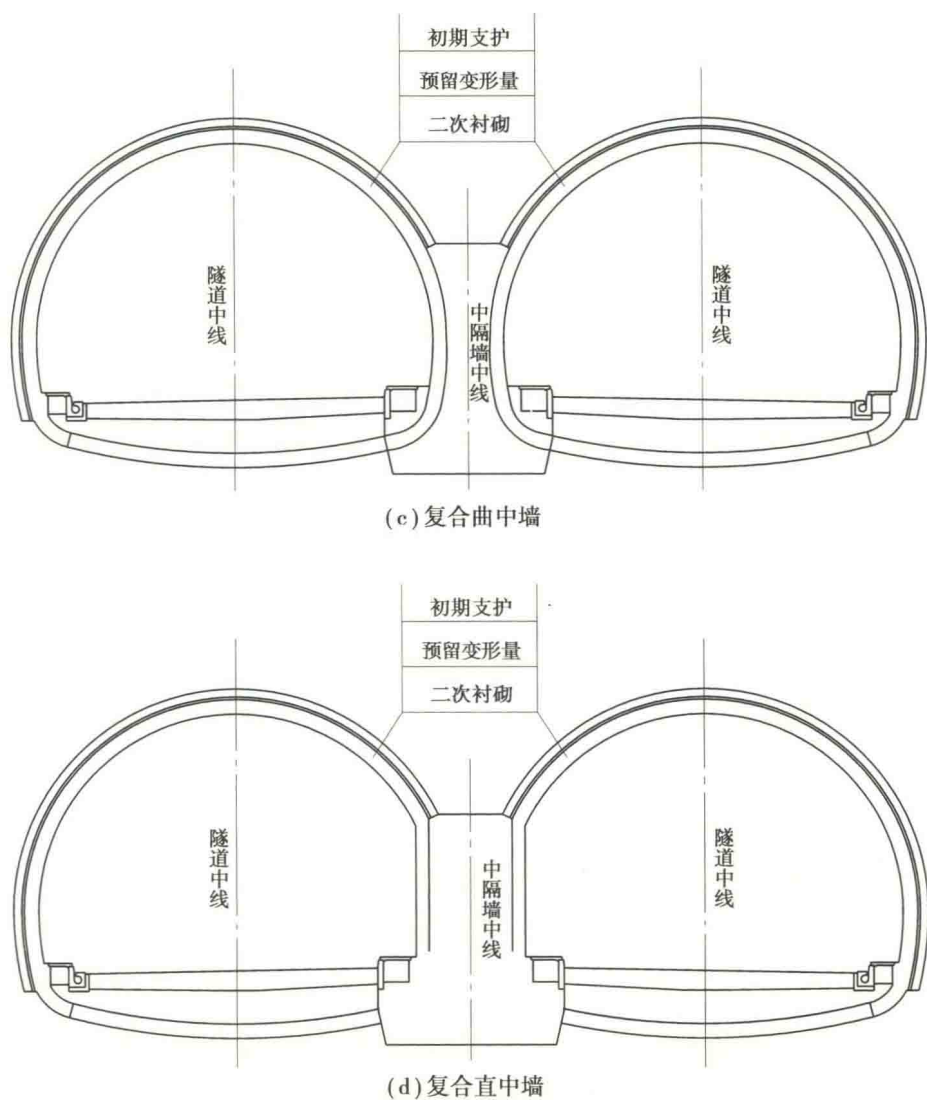


图 1.1 连拱隧道中隔墙的形式

斜逢光、刘新荣等对徽杭高速公路连拱隧道渗漏水进行了调研,并对其成因进行了分析,最后结合工程实例提出了具体的治理措施。刘庭金、朱合华等对云南省连拱隧道由衬砌开裂引起渗漏水的现象进行了现场调研及结果分析,提出了若干预防措施。刘新荣、王道良等对连拱隧道施工缝渗漏水利用有限元

软件进行了模拟计算,得出的结果直接指导了连拱隧道“三缝”施工及渗漏水治理措施的改进。卓越、吴全立、畅学等对连拱隧道中隔墙存在的渗漏水现象和成因进行了分析,针对某新建连拱隧道提出了相应的整治措施。

连拱隧道渗漏水问题一直以来都是难以整治的顽疾,是我国公路工程中的最常见病害之一,绝大部分连拱隧道都有不同程度的渗漏水病害。渗漏水病害的表现形式主要有中隔墙渗漏水且留下有白色析出物的水痕;拱顶渗水、滴水;拱脚处渗水、淌水;伸缩缝部位渗水、淌水;侧墙的渗水、淌水及局部涌水、涌泥;道床积水等。在冬天则表现为顶部形成冰挂,侧墙形成冰柱,道床形成冰堆、冰坡等。究其渗漏水形成的原因,除自身结构缺陷外,还有地质和结构因素、设计因素、施工因素等,是多个因素相互作用的结果。

(1)地质和结构因素

如果隧址区域水文地质条件较为复杂、围岩类别较差、裂隙网络发育或城市输水(排污)管线渗漏,则连拱隧道中隔墙上部与两侧拱圈之间会形成局部的集水和蓄水构造。在长期的较高地下水头作用下,中隔墙顶部与二次衬砌连接处、施工缝处等薄弱环节,往往容易发生大面积渗漏水现象。在图 1.1 所示的连拱隧道断面形式中,整体直中墙和整体曲中墙渗漏水病害尤为突出,而复合直中墙和复合曲中墙虽然在结构整体受力与中隔墙防排水方面有了一些改善,但由于诸多原因造成的衬砌开裂为局部地下水体提供了排泄通道,在液固耦合作用下仍会产生中隔墙破坏和渗漏水病害,危害隧道安全。

(2)设计因素

在过去的规范中,“以排为主”的防排水设计指导思想在一定程度上破坏了隧址区域的水环境,也破坏了围岩的稳定性。相对来说,水在围岩与隧道支护结构间能起到一定的润滑作用,但严重地影响了相互密贴性。这一特点在粉砂土地区的浅埋隧道工程中尤为突出。“以排为主”使得大量的地下水排放,从而导致大量粉砂土流失,在隧道支护结构上方及衬砌背后出现松动,形成较大的空洞,严重时甚至在地表形成塌陷坑、涌水突泥等,进一步恶化了隧道结构受

力,导致渗漏水病害的产生。

除此之外,隧道“三缝”设计不当也会造成上部衬砌施工缝、中隔墙、边墙等不处于同一横断面位置,导致施工缝中产生错接裂缝形成渗漏通道。

(3) 施工因素

施工技术问题,如隧道二次衬砌施工重量超标、防水材料质量不合格、防水板铺设方法和止水带安装方法不当等,也是造成连拱隧道渗漏水病害的重要原因之一。

由于以上的一些缺陷和施工质量问题等,连拱隧道的许多公路隧道存在渗漏水现象,部分隧道还存在较严重的渗漏水情况,如海南大茅隧道、辽宁八盘岭隧道、甘肃祁家大山隧道等。

1.2.3 国内外隧道渗漏水病害防治技术研究现状

国内外针对具体工程提出的渗漏水治理工艺研究得比较多,而针对隧道渗漏水机理的研究不是很多。对于渗漏水病害的治理,国内外主要通过设计施工阶段防排水技术、防排水失效问题研究、衬砌裂损检测及整治技术、衬砌腐蚀防治技术、防冻技术等进行。

1) 设计施工阶段防排水技术

目前各国的公路隧道防排水形式通过相互学习、相互借鉴,总体趋于一致,主要有以下3种:

①全封闭型,也称为水密型,即在隧道围岩、衬砌结构之间铺设防水板,拒地下水于衬砌结构之外,并且采取各种方式不让地下水进入工程内部。

②排水型,即通过排、疏等手段,引流地下水使其进入隧道的排水系统,使隧道结构本身不被破坏。

③混合型,即将上述两者相结合,使两者相互补充,最大限度地发挥两者的作用。