

公路工程

病害分析与防治技术

马华堂 张新旺 编 著



黄河水利出版社

公路工程病害分析与防治技术

马华堂 张新旺 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书对公路工程病害分析与防治技术作了全面的阐述。全书共分为七章,主要内容包括路基工程、柔性路面工程、刚性路面工程、桥涵工程及隧道工程的常见病害类型和产生原因分析,并结合工程实际,提出了相应的防治方法。本书还对特殊地基处理技术、试验检测技术及工程质量评定办法等进行了介绍。本书可供公路、机场、市政、建筑、厂矿等部门的科研、设计、施工、监理及养护管理方面的工程技术人员使用,也可供大专院校和中等专业学校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程病害分析与防治技术/马华堂,张新旺编著
郑州:黄河水利出版社,2003 8

ISBN 7-80621-711-8

I.公… II.①马… ②张… III.公路—病害—
防治 IV.U418

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 067775 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrpc@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:850 mm×1 168 mm 1/32

印张:8.75

字数:220 千字

印数:1—4 100

版次:2003 年 8 月第 1 版

印次:2003 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-711-8/U·9 定价:20.00 元

前 言

随着国民经济的不断发展,公路交通量已大幅度增长,同时汽车载重量明显剧增,公路运输事业正向着大吨位、高速度的方面发展,要求公路建设向高等级、高标准的方向发展,也势必促使干线公路等级的提高。近几年来,在我国积极财政政策的支持下,各级政府先后投入巨资用于修建高速公路和原有公路的改建工作,为我国经济的快速发展做出了重要贡献。

质量是公路建设永恒的主题。公路工程是一种非常复杂的系统工程,牵涉面较广,如沿线地基和所用填土复杂多变,路面所使用的材料较多,需要的机械设备也是多种多样,施工工艺不一而足,工程实施的期限较长,气候复杂多变等。这些因素都将对公路工程的质量产生重要影响。由于我国的公路建设事业呈现跨越式发展,专业公路施工和管理队伍严重不足,一些新组建的施工、监理队伍在没有得到应有技术培训的情况下就直接承担了建设任务,从而影响了施工质量。

在公路建设投资大幅增加、建设步伐不断加快的新形势下,如何确保工程质量,解决工程建设中出现的各种问题,如公路工程中常见的一些病害、桥梁的维修、地基的处理等,是一个非常突出又非常急迫的问题。本书根据作者在公路建设和管理方面积累的一些实际经验,依据现行国家标准,对公路工程中常见病害、原因、防治进行了阐述分析,尤其对工程实际中解决以上问题采用的工艺、方法进行了详细的介绍。本书总结了前人的丰富经验,又突破陈规,给广大公路建设和养护管理人员为防治工程病害提供了一些简明实用的新思路、新方法。

本书共分为七章。第一章主要介绍路基工程设计、施工、病害产生的原因及病害防治技术,由马华堂编写。第二章主要介绍沥

青混凝土路面使用性能的基本要求,早期破坏原因及防治措施,病害防治技术,水破坏的原因与防治,由张新旺、冯建亚编写。第三章主要介绍水泥混凝土路面工程的特点、设计、施工、病害分级与特征,病害的防治与维修,由马华堂、王志刚编写。第四章主要介绍桥涵混凝土外观缺陷的成因及防治措施,桩基工程病害与防治,桥头及桥梁伸缩缝处跳车产生原因和防治技术,由马华堂、冯建亚编写。第五章主要介绍隧道工程的分类及特点,防排水设计与质量控制及常见病害防治,由张新旺、陈宝编写。第六章主要介绍特殊地基的处理技术,由马华堂、杨占奇编写。第七章主要介绍试验检测的目的和数据处理方法,以及质量检验评价办法,由张新旺编写。全书由马华堂和张新旺统稿。

由于作者水平所限,书中的错误和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

2003年3月

目 录

前言

第一章 路基工程病害及防治技术	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 路基工程的设计.....	(4)
第三节 路基工程的施工	(11)
第四节 路基工程病害分析	(26)
第五节 路基工程病害防治技术	(28)
第二章 沥青混凝土路面工程病害及防治技术	(33)
第一节 概述	(33)
第二节 沥青混凝土路面使用性能的基本要求	(34)
第三节 沥青混凝土路面早期破坏原因	(38)
第四节 沥青混凝土路面早期病害的防治措施	(48)
第五节 沥青混凝土路面病害防治技术	(70)
第六节 沥青混凝土路面水破坏的原因与防治	(79)
第三章 水泥混凝土路面工程病害及防治技术	(88)
第一节 概述	(88)
第二节 水泥混凝土路面的特点	(88)
第三节 水泥混凝土路面工程的设计	(92)
第四节 水泥混凝土路面工程的施工.....	(104)
第五节 水泥混凝土路面病害分级及其特征.....	(115)
第六节 水泥混凝土路面病害的防治与维修.....	(119)
第四章 桥涵工程病害及防治技术	(138)
第一节 桥涵混凝土外观缺陷的成因及防治措施.....	(138)
第二节 桩基工程病害分析与防治技术.....	(143)
第三节 桥头及桥梁伸缩缝处跳车产生的原因.....	(153)

第四节	桥头及桥梁伸缩缝处跳车的防治技术·····	(163)
第五章	隧道工程病害分析及其防治·····	(175)
第一节	隧道工程的分类及其特点·····	(175)
第二节	隧道工程防排水设计与质量控制·····	(177)
第三节	隧道工程常见病害·····	(184)
第四节	隧道工程病害防治·····	(187)
第六章	特殊地基处理·····	(193)
第一节	概述·····	(193)
第二节	换土垫层法·····	(195)
第三节	挤(压)密法·····	(197)
第四节	排水固结法·····	(203)
第五节	化学加固法·····	(208)
第六节	几种特殊地基的处理·····	(212)
第七章	试验检测技术及工程质量评定办法·····	(235)
第一节	试验检测的目的和要求·····	(235)
第二节	试验检测数据的处理方法·····	(251)
第三节	工程质量检验评定办法·····	(266)
参考文献	·····	(273)

第一章 路基工程病害及防治技术

第一节 概 述

公路是线性建筑物,路基是线性建筑物的主体,它贯穿公路全线,与桥梁、隧道相连。路基又是路面的基础,它与路面共同承受行车荷载的作用。实践证明,没有坚固、稳定的路基就没有稳固的路面。路基的强度和稳定性是保证路面强度和稳定性的先决条件,提高路基的强度和稳定性,可以适当减薄路面的结构层厚度,从而使造价降低。因此,路基是公路的重要组成部分,它的质量好坏,关系到整个公路工程的质量。

在一条公路建设项目中,路基不仅在工程数量和投资方面占有较大比重,而且是占用土地最多、使用劳动力最多、牵扯面最广的工程。特别是工程量集中、地质与水文条件复杂的地段,遇到的技术问题更多、更难,常常成为公路建设的关键。

一、路基的基本要求

由于路基的重要作用以及容易发生破坏等原因,除要求路基断面尺寸符合设计外,还应满足下列基本要求:

(1)具有足够的整体稳定性。路基是直接在地面上填筑或挖去一部分地面建成的。路基修建后,改变了原地面的天然平衡状态。在工程地质不良地区,修建路基则可能加剧原地面的不平衡状态,从而发生多种类型的路基破坏现象。因此,为防止路基结构在行车荷载及自然因素作用下,不致发生过大的变形或破坏,必须

因地制宜地采取一定的措施来保证路基整体结构的稳定性。

(2)具有足够的强度。路基的强度是指行车荷载作用下路基抵抗变形的能力。因为行车荷载及路基路面的自重同时给予路基下层和地基一定的压力,这些压力都可能使路基产生一定的变形,直接损坏路面的使用品质。因此,为保证路基在外力作用下,不致产生超过容许范围的变形,要求路基应具有足够的强度。

(3)具有足够的水温稳定性。路基在地面水和地下水的作用下,其强度将发生显著的降低。在季节性冰冻地区,由于水温状况的变化,路基将发生周期性冻融作用,形成冻胀与翻浆,使路基强度急剧下降。因此,对于路基,不仅要求有足够的强度,还要保证在最不利的水温状况下,强度不致显著降低,这就要求路基应具有一定的水温稳定性。

二、路基与其他工程的衔接关系

(一)路基设计与路线设计的关系

在路线设计中,线形的布置和设计标高的控制必须考虑路基的稳定性、工程难易程度、土石方数量大小和占用农田多少及环境保护等因素。比如,在多雨的平原区,地面平坦,地下水源充沛,地下水位较高,河沟纵横交错,因此,保证路基稳定性的最小填土高度是路线设计标高的主要控制因素之一;在山岭区,地形变化大,地面自然坡度大,路线设计标高主要由纵坡和坡长所控制,但也要从土石方尽量达到平衡和路基附属工程合理等方面综合考虑。因此,路基设计与路线设计是相辅相成的。

(二)路基工程与路面工程的关系

路面结构设计时,应把土基和路面结构层看做是一个有机整体。因为路基是路面的基础,路基的强度与稳定性是保证路面强度与稳定性的基本条件,提高路基的强度与稳定性,可以适当减薄路面厚度、降低路面造价。因此,路基设计与路面设计应综合考虑。

(三)路基工程与桥涵工程的关系

桥头引道路基与桥位选择和桥孔设计关系密切,其勘测与设计两者应相互配合,路基与涵洞等结构物亦应配合恰当。在路线纵断面设计中应考虑路基与桥涵在布置与标高方面的关系,处在河滩的桥头引道路基还应进行稳定性设计与验算。

三、影响路基稳定性的主要因素

影响公路路基稳定性的主要因素一般有以下几个方面:

(1)地形。平原地区地势平坦,一般来说地面水容易积聚,地下水位较高,因此,路基需保持一定的最小填土高度;山岭重丘地区地势陡峻,路基的强度与稳定性,特别是稳定性不易保证,需要采取防护与加固措施。

(2)地质。沿线岩土的种类、成因,岩层的走向、倾向和倾角、风化程度等,都影响路基的强度与稳定性。

(3)气候。公路沿线地区气温、降雨量、降雪量、冰冻深度、日照、年蒸发量、风力、风向等,都将影响路基的水稳状况。

(4)水文与水文地质。水文是指地面径流、河道的洪水位、河岸的冲刷与淤积情况等,水文地质则是指地下水位、地下水移动的规律、有无泉水及层间水等。所有这些都会影响路基的稳定性,如处理不当,往往会导致路基产生各种病害。

(5)人为因素。影响路基稳定性的人为因素一般有行车荷载的作用、路基设计、施工方法及养护方法等。

路基设计时,应根据各路段的具体情况,采用合理的路基结构型式,做好地面和地下排水,对不良地质路段,还应采取必要的措施,防止路基病害的发生。

四、保证路基质量的技术要求

路基的强度与稳定性受水、温度、土质等的影响,在一年内出

现显著的季节性变化。在季节性冰冻地区,由于负温差的影响,土基下层较暖的水分向上层较冷的土层移动,产生水分积聚和冻结,引致冻胀;春融时,土基又因过湿而发生翻浆。在非冰冻地区,雨季时,会造成土基过于湿软,强度与稳定性降低。因此,为保证路基的强度与稳定性,必须进行深入调查研究,仔细分析各种自然因素与路基的关系,抓住主要问题,采取有效措施。

保证路基稳定性的措施一般有下列几种:

- (1)正确设计路基横断面;
- (2)选用工程性质良好的土壤筑路基;
- (3)适当提高路基,保证要求的最小填土高度;
- (4)充分压实土基,保证达到规定的压实度;
- (5)正确地进行地面和地下的排水设计;
- (6)设置隔离层,用以隔绝毛细水上升;
- (7)设置防冻层,减小土基冻结深度,减轻土基冻胀;
- (8)采取边坡加固与防护措施,以及修筑挡土结构物。

第二节 路基工程的设计

一、路基横断面的基本型式

公路路线大体上随着地形起伏而变化,但汽车行驶要求有平顺的纵坡,高的部分要挖掉,低的部分要填筑,这样就产生了不同的横断面。路基的基本横断面型式有路堤、路堑、半填半挖和不填不挖四种类型。

(一)路堤

高于原地面、由填方构成的路基称为路堤。按其填土高度可划分为:填土高度低于1m的为矮路堤;填土高度大于表1-1所规定的为高路堤;介于二者之间的为一般路堤。以所处的条件及加

固类型分,有沿河路堤、陡坡护角路堤及挖渠填筑路堤等。

表 1-1 路堤边坡坡度

填料种类	边坡的最大高度(m)			边坡坡度		
	全部高度	上部高度	下部高度	全部坡度	上部坡度	下部坡度
黏性土、粉性土、砂性土	20	8	12	1:1.5	1:1.5	1:1.75
砾石土、粗砂、中砂	12					
碎(块)石土、卵石土	20	12	8		1:1.5	1:1.75
易风化的石块	20	8	12		1:1.3	1:1.5

注:采用台阶式边坡时,下部边坡可采用与上部边坡一致的坡度。

确定路基边坡的坡度是路基设计的基本任务之一,以边坡值 m 表示,它是边坡的高度与边坡宽度 b 的比值,一般写为 $1:m$, m 值愈大则边坡坡度愈缓,稳定性愈好,但工程量则愈大; m 值愈小则边坡愈陡,工程量虽小但稳定性差。因此,正确确定边坡值是极其重要的,一般路堤边坡坡度见表 1-1,设计一般路堤时,可参考使用。

矮路堤易受地面水的影响,为满足最小填土高度的要求,要求两侧均设置边坡。一般路堤可不设边沟,当横向取土填筑路堤时,可一侧或两侧设置取土坑。为保证边坡的稳定,在取土坑与坡脚设置宽度等于或大于 1m 的护坡道。

沿河路堤要求浸水部分边坡放缓,水下边坡坡度一般为 1:2,设计水位距变坡点要留有 0.5m 的安全值。取土坑应设置在背水一侧,以保证路基的稳定,护坡道宽度要求大于或等于 4m。地面横坡较陡时,路堤填方有可能沿山坡向下滑动,或者填方数量太大占地太宽。为防止滑动或收缩坡脚,减少占地宽度,可以设置石砌护脚。

由于路堤通风良好,排水容易,路基经常处于干燥状态,因此,路堤病害较少,强度及稳定性比路堑容易保证,是经常采用的路基

型式。对于高路堤不能采用一般路堤型式,应根据力学稳定性验算结果予以个别设计。

(二)路堑

低于原地面、由挖方构成的路基断面型式称为路堑,基本型式有全挖断面、台口式路基及半山洞路基。典型路堑为全挖断面,路基两侧均需设置边沟。为防止山坡水流进路堑,在路堑边坡上方设置截水沟,要求距坡顶大于 5m。开挖路堑需横向弃土时,可在一侧或两侧设置弃土堆。陡峻山坡上的半路堑,因填方有困难,为避免局部填方,可挖成台口式路基。在整体坚硬的岩层上,为节省石方工程,有时可采用半山洞路基,但要确保安全可靠,切勿滥用。

路堑边坡坡度应根据边坡高度、土石种类及其性质(密实程度、风化程度等)、地面水及地下水情况、施工方法等因素综合分析论证确定。路堑边坡可采用一坡到底或折线形。地质条件良好,土石质均匀时,可采用一坡到底的边坡型式;地质条件与土质发生变化时,可采用折线边坡,如下部密实、上部较松散,则边坡应为上缓下陡,反之应上陡下缓,在保证边坡稳定的前提下,以求经济合理。当地质条件良好且土质均匀时,路堑边坡可参照表 1-2 所列数值范围,结合已建成公路的实践经验取值。由于路堑通风和排水不利,其病害比路堤多,尤其在地质条件差、水的破坏作用明显时,更要特别注意做好排水工作。

表 1-2 土质挖方边坡坡度

密实程度	边坡高度(m)	
	<20	20~30
胶结	1:0.3~1:0.5	1:0.5~1:0.75
密实	1:0.5~1:0.75	1:0.75~1:1.0
中密	1:0.75~1:1.0	1:1.0~1:1.5
较松	1:1.0~1:1.5	1:1.5~1:1.75

(三)半填半挖路基

半填半挖路基是路堤和路堑的综合型式,主要是设置在较陡的边坡上。以挖作填,给施工带来方便,如处理得当,路基稳定可靠,则是比较经济的断面型式。

原地面的横坡坡度关系到路基横断面型式及稳定性。填方部分在自重作用下有可能沿原地面下滑,为使填方部分与原地面很好地结合,增强接触面的抗滑能力,要求在填筑之前清除松土和杂草,拉毛原地面;当原地面坡度陡于 1:5 时,填方部分的土质原地面应挖成台阶,每个台阶宽度不小于 1m;原地面坡度陡于 1:2 时,会导致占地太宽,无法填筑或填方数量过大,此时可根据实际情况,利用废石方修筑护肩、护墙砌石及挡土墙等支挡建筑物,形成各种型式的半填半挖路基。当地质条件良好且土质均匀时,路基边坡可参照表 1-1 和表 1-2,结合现有公路边坡或天然公路边坡或天然边坡拟定。

(四)不填不挖路基

原地面与路基标高相同,构成不填不挖的路基断面型式,这种型式的路基,虽然节约土石方,但对排水非常不利,容易发生水淹、雪埋等病害,常用于干旱的平原区、丘陵区和山岭区的山脊线。

二、排水系统设计

路面的排水系统设计,一般应根据路线的平面设计、纵断面设计和沿线地形、地质、水文条件进行。设计时不仅要遵循相关的设计规范,尚应考虑以下几点:

(1)流向路基的地面水或地下水,需在路基外适当地点设置截水沟拦截,并引离路基范围。位于路基下的地下水,可汇集起来由固定沟管排出路基之外,或降低水位减小危害。

(2)对明显的天然沟槽,一般宜“每沟一涵”,不要勉强改、并。对沟槽不明显的漫流,应在上游设置束流设施加以调节,尽量汇集

成槽,并在路基范围内布设足够的过水结构物。

(3)为提高截流效果,节省工程量,地面沟渠应大体沿等高线布置,这样亦满足了沟渠尽可能垂直于流向的要求。

(4)各种排水结构物均应置于稳定地基之上。水流应循最短通路迅速被引出路基范围之外,以减少工程费用和对路基的危害。

(5)路基排水系统应与农田水利、水土保持等工程密切配合,综合利用,多方受益,不占良田,少占耕地。

三、高填路堤设计

(一)填料选择

填方路基宜选用级配较好的粗粒土作为填料。砾(角砾)类土、砂类土应优先选作路床填料,土质较差的细粒土可填于路堤底部。用不同填料填筑路基时,应分层填筑,每一水平层应采用同类填料。泥炭、淤泥、冻土、强膨胀土及易溶盐超过允许值的劣质土不得直接用于填筑路基。

冰冻地区的上路床及浸水部分的路堤不应直接采用粉质土填筑。强风化岩石及浸水后容易崩解的岩石不宜作为浸水部分路堤填料。若用细粒土作为填料,当土的含水量超过最佳含水量两个百分点以上时,应采取晾晒或掺入石灰、固化材料等技术措施进行处理。路基填料最小强度和最大粒径应符合表 1-3 的要求。

(二)压实与压实度

填方路基应分层铺筑,均匀压实。路基压实度应符合表 1-4 的规定。

填方路基的压实要求,应符合《公路路基施工技术规范》(JTJ033—95)的规定或通过试验确定。

天然稠度小于 1.1、液限大于 40、塑性指数大于 18 的黏质土,用做高速公路、一级公路和二级公路上路床的填料时,应采用各种措施使其压实度达到表 1-4 的规定;上述土用于下路床及上、下路

堤的填料时,进行处治或采用重型压实标准确有困难时,可采用轻型压实标准,其压实度不应低于表 1-5 的规定。

表 1-3 路基填料最小强度和最大粒径要求

项目分类		路面底面以下 深度(cm)	填料最小强度(CBR)(%)		填料最大 粒径(cm)
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
填方 路基	上路床	0~30	8	6	10
	下路床	30~80	5	4	10
	上路堤	80~150	4	3	15
	下路堤	>150	3	2	15
零填及路堑路床		0~30	8	6	10

注:①当路床填料 CBR 值达不到表列要求时,可采取掺石灰或其他稳定材料处理。

②其他公路铺筑高级路面时,应采用高速公路、一级公路的规定值。

③粗粒土(填石)填料的粒径最大不应超过压实层厚度的 2/3。

表 1-4 路基压实度(重型)

填挖类型		路面底面以下深度 (cm)	压实度(%)	
			高速公路、一级公路	其他等级公路
填方 路基	上路床	0~30	≥95	≥93
	下路床	30~80	≥95	≥93
	上路堤	80~150	≥93	≥90
	下路堤	>150	≥90	≥90
零填及路堑路床		0~30	≥95	≥93

注:①表列数值系按《公路土工试验规程》重型击实试验法求得的最大干密度的压实度;

②当其他等级公路修建高级路面时,其压实度应采用高速公路、一级公路的规定值;

③特殊干旱或特殊潮湿地区,压实度标准可根据试验路资料确定或较表列数值降低 2~3 个百分点。

表 1-5 路基压实度(轻型)

填挖类型		路面底面以下深度 (cm)	压实度 (%)	
			高速公路、一级公路	其他等级公路
填方 路基	上路床	0~30		≥95
	下路床	30~80	≥98	≥95
	上路堤	80~150	≥95	≥90
	下路堤	>150	≥90	≥90
零填及路堑路床		0~30		≥95

注:表列数值系按《公路土工试验规程》轻型击实试验法求得的最大干密度的压实度。

(三)路床的要求

路床土质应均匀、密实、强度高。上路床压实度若达不到表 1-4 或表 1-5 的要求时,必须采取晾晒、掺石灰等技术措施。路床顶面横坡应与路拱坡度一致。

填方路基的基底,应视不同情况分别予以处理:

(1)基底土密实、地面横坡缓于 1:5 时,路堤可直接填筑在天然地面上,地表有树根草皮或腐殖土时应予清除。

(2)路堤基底范围内由于地表水或地下水影响路基稳定时,应采取拦截、引排等措施,或在路堤底部填筑不易风化的片石、块石或砂砾等透水性材料。

(3)路堤基底为耕地或土质松散时,应在填筑前进行压实。高速公路、一级公路和二级公路路堤基底的压实度(重型)不应小于 85%;路基填土高度小于路床厚度(80cm)时,基底的压实度不宜小于路床的压实度标准;基底松散土层厚度大于 30cm 时,应翻挖再回填分层压实。目前,也有一些建设单位结合当地高等级公路建设的经验,将零填及路堑路床下挖 80~100cm,再回填至设计标高,取得了较好效果。

(4)水稻田、湖塘等地段的路基,应视具体情况采取排水、清