

GONGLU GONGCHENG BINGHAI FENXI YU FANGZHI

马华堂 孙建豪 张新旺 等编著

公路工程

病害分析与防治



黄河水利出版社

公路工程病害分析与防治

马华堂 孙建豪 张新旺 等编著

黄河水利出版社
· 郑州 ·

内 容 提 要

本书对公路工程病害分析与防治作了全面的阐述。全书共分为八章,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及质量防治措施。本书还对公路绿化与病害防治、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/马华堂等编著. —郑州:黄河水利出版社,2008.9

ISBN 978 - 7 - 80734 - 515 - 2

I. 公… II. 马… III. ①道路工程 - 病害 - 防治②道路工程 - 工程质量 - 质量控制 IV. U418 U415.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 151378 号

策划组稿:马广州 电话:0371 - 66023343 E-mail: magz@ yahoo. cn

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:0371 - 66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail: hhsclbs@ 126. com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:16.25

字数:375 千字

印数:1—2 500

版次:2008 年 9 月第 1 版

印次:2008 年 9 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

前 言

随着国民经济的快速发展,高速公路和国、省道干线公路网的密度越来越大,已逐步实现以中心城市为依托,呈放射状延伸至县、乡、村镇,最终达到县县通高速、村村通公路的宏伟目标,公路建设与养护任务日益繁重。伴随着公路交通量的大幅度增长、汽车载重量的显著提高,促使公路建设向高等级、高标准的方向发展。公路运输方式已逐步超越其他运输方式成为我国最主要的运输方式,发挥着无可替代的作用。

公路工程是一个复杂的系统工程,牵涉的点多面广,一条公路就可能穿越多种地质带,沿线地基和土壤情况多变,填筑材料数量巨大、种类繁多,需要使用的机械设备多种多样,施工工艺不一而足,再加上工程实施期限较长,气候复杂多变等因素,都对工程质量产生重要的影响。为保持公路的运营能力,为社会经济的发展提供不间断的服务,必须加强公路的建设及养护管理水平,提高公路的使用质量和服务水平,保证行车安全、舒适、畅通。

如何在公路建设步伐不断加快、公路运输能力不断提高的情况下,克服地质条件,地形条件,气候条件和设计、施工及运营过程中各种因素的影响,提高工程质量,解决工程建设及管理中出现的问题(如公路工程中常见的一些病害、桥梁的维修、地基的处理等),是一个非常突出的问题。本书作者经过多年的公路建设和管理方面的经验积累,依据现行国家标准及规范,对公路工程中常见病害及其原因和防治进行了分析,尤其对工程实际中解决以上问题所采用的工艺、方法进行了阐述,并对近年来公路工程中的新技术、新工艺及其应用进行了简要介绍。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。

本书共分为八章,主要内容及编写分工如下:

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、孙建豪编写。

第二章主要介绍沥青混凝土路面使用性能的基本要求、引起沥青路面早期破坏的主要原因及其防治措施,并对水损坏问题的主要原因与防治进行了介绍,由张新旺、贾志端编写。

第三章主要介绍水泥混凝土路面工程的特点、设计、施工、病害分析与特征,病害的防治与维修,由王志刚、马华堂编写。

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的原因和防治技术、涵洞工程病害及防治、桥梁灾害防治技术等,由郭少亭、邓苗毅编写。

第五章主要介绍隧道工程的分类及特点,防、排水设计和质量控制及常见病害防治,由贾志端、王士革编写。

第六章主要介绍道路绿化的意义、苗木常见病虫害的防治,由孙建豪、郭少亭编写。

第七章主要介绍特殊地基的处理技术,由毛翠荣、张新旺编写。

第八章主要介绍试验检测的目的和数据的处理方法,质量检验评定办法,由张新旺、王志刚编写。

全书由马华堂、孙建豪、张新旺统稿。

本书在编写过程中,参考和引用了许多国内外专家和学者的研究成果,在此一并向他们表示谢意。

由于作者水平所限,书中的错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

2008年7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	(13)
第四节 路基工程病害分析	(21)
第五节 路基工程病害防治技术	(24)
第二章 沥青混凝土路面病害及防治技术	(32)
第一节 概 述	(32)
第二节 沥青混凝土路面使用性能的基本要求	(32)
第三节 沥青混凝土路面产生早期破坏的原因	(35)
第四节 沥青混凝土路面早期病害的防治措施	(44)
第五节 沥青混凝土路面病害防治技术	(59)
第六节 沥青混凝土路面水破坏的原因与防治	(65)
第七节 沥青路面再生技术	(70)
第三章 水泥混凝土路面工程病害及防治技术	(76)
第一节 概 述	(76)
第二节 水泥混凝土路面结构的构造及特点	(76)
第三节 水泥混凝土路面结构的设计	(79)
第四节 水泥混凝土路面工程的施工	(89)
第五节 水泥混凝土路面病害分级及其特征	(96)
第六节 水泥混凝土路面病害的防治与维修	(100)
第七节 混凝土再生利用技术	(119)
第四章 桥涵工程病害分析及防治技术	(124)
第一节 桥涵混凝土外观缺陷的成因及防治措施	(124)
第二节 桩基工程病害分析与防治技术	(128)
第三节 桥头及桥梁伸缩缝处跳车产生的原因	(133)
第四节 桥头及桥梁伸缩缝处跳车的防治技术	(140)
第五节 自然灾害对桥梁的危害分析及防治	(147)
第六节 涵洞的基本病害及防治技术	(153)
第五章 隧道工程病害分析及其防治	(157)
第一节 隧道工程的分类及其特点	(157)
第二节 隧道工程防、排水设计与质量控制	(158)

第三节	隧道工程病害及其原因分析	(163)
第四节	隧道工程病害防治	(168)
第六章	公路绿化与病害防治	(172)
第一节	概 述	(172)
第二节	公路绿化应注意的问题	(175)
第三节	公路边坡绿化和植物防护	(178)
第四节	绿化病害及防治	(182)
第七章	特殊地基处理	(188)
第一节	概 述	(188)
第二节	换土(垫层)法	(190)
第三节	挤(压)密法	(191)
第四节	排水固结法	(195)
第五节	化学加固法	(198)
第六节	砂石桩处理法	(203)
第七节	几种特殊地基的处理	(205)
第八章	试验检测技术及工程质量评定办法	(224)
第一节	试验检测的目的和要求	(224)
第二节	试验检测数据的处理方法	(234)
第三节	工程质量检验评定办法	(242)
第四节	试验检测技术	(247)
参考文献		(252)

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的好坏。

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。特别是在工程量集中、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其容易发生破坏等,路基除断面尺寸要符合设计要求外,还应满足下列基本要求。

(一) 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,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。

(二) 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均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。

(三) 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、工程的难易程度、土石方的数量大小和占用农田多少及环境保护等因素。例如,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,应把路基和路面结构层看做一个有机整体。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、冻土深度、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,导致冻胀;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填筑路基;
- (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。

五、路基设计新技术

随着我国公路建设事业的蓬勃发展,我国广大公路工程科技工作者在路基设计和施工技术方面取得了突破性的进展,积累了丰富的经验。精确的勘测数据采集为公路路基的设计提供了可靠的技术资料,公路路基综合稳定技术的研究列入了“七五”国家重点科技项目,并已通过科技成果鉴定,为生产实践所应用。同时,高路堤、深路堑的设计也取得了许多经验。由于工程实践的需要,许多可用于路基工程的新材料(如土工织物、土工格栅、高强度塑料网、塑料排水板、软硬塑料排水管、加筋软式透水管、轻质填筑路基材料(EPS等)、土壤固化剂(NCS等)及草皮植生带)、新技术方法(如深层搅拌、支挡技术、加筋技术、锚固技术、喷锚支护、网箱席垫、粉煤灰路堤、平孔排水等)得到了充分的开发和应用。在设计与施工规范的制定和修订方面,也有了很大的进展,新的《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)、《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)、《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80—2004)、《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)等也已颁布实施。上述的各个方面,对高速公路路基设计与施工的技术进步和提高路基工程设计与施工质量都起到了巨大的促进作用。路基设计和施工的系列成果可以概括为以下几个方面。

(一) 土的工程分类

我国依据土的颗粒组成特征、土的塑性指标(塑限、液限和塑性指数)、土中有机质含量情况,将公路用土按不同的工程特性划分为巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土四大类,并细分为11种土。确认土的类别需应用标准的仪器,按统一的规程进行测试界定。为了在野外勘察中能对不同土类作鉴别,系统地总结了“简易鉴别、分类描述”的方法与细节。

(二) 公路自然区划

我国现行的《公路自然区划标准》分三级区划,一级区划根据地理、地貌、气候、土质等因素将我国划分为7个大区,二级区划以气候和地形为主导因素,三级区划以行政区域作为界限。

(三) 路基强度与稳定性

我国较早就确定以弹性模量作为评价路基强度与稳定性的力学指标,并形成了成套

的室内外试验标准方法与仪器。为了在施工中以物理量指标控制工程质量,从而保证达到规定的强度指标,广泛开展了不同土种的最优含水量与最大密实度相关关系的研究,并且统一以重型击实试验法作为基本控制标准。为了提高路基的强度与稳定性,根据不同类别土壤的特性,研究了粒料加固、石灰加固、水泥加固、专用固化剂加固等行之有效的技术措施。在多年冻土地区、膨胀土地区、沙漠地区、黄土地区、盐渍土地区等特殊地区,通过研究采用各种有效技术修建公路路基取得了十分宝贵的经验。

(四) 高路堤修筑技术与支挡结构

为了提高高路堤路基的稳定性,采用轻质塑料块修筑路基。修筑轻型路基支挡结构,特别是加筋土挡墙的研究和工程建设在我国取得了许多成果。例如,条带加筋、网络加筋、土工织物加筋等均取得了良好效果。

(五) 力学分析

在力学分析的研究方面,通过现场跟踪观测与建立预测分析模型来预估和控制软土地基加固后的工后沉降,从而提高路基的稳定性。

(六) 岩石路基爆破技术

利用爆破技术开山筑路在我国有着悠久的历史,最近几十年这项技术在山区筑路工程中又有新的发展,创造了系统的大爆破技术,每次总装炸药量多达数十吨,一次爆破可清除岩石数十万立方米。大爆破技术以现代爆破理论为基础,事先要进行周密的勘测与调查。经过精心设计的大爆破,不仅能降低造价、缩短工期,而且能够使爆破后形成的坡面状况十分接近路基横断面的设计要求。

第二节 路基工程的设计

一、路基湿度

(一) 影响路基湿度的因素

路基土的潮湿状态是由土体的含水量或相对含水量高低决定的,而含水量的高低取决于各种湿源的作用和延续时间。导致路基湿度变化的水源有以下几种:

- (1) 大气降水。其通过路面、路肩、边坡和边沟渗入路基。
- (2) 地面水。边沟及排水不良时的地面积水,以毛细水的形式渗入路基。
- (3) 地下水。路基下部浅层的地下水或上层滞水,借助毛细作用上升到路基内部。
- (4) 水汽凝结水。在土的孔隙中流动的水蒸气遇冷凝结为水,并集聚在路基内部。
- (5) 薄膜移动的水以薄膜水的形式,从含水量较高处移向含水量较低处,或从温度较高处移向温度较低处的水。

路基的潮湿程度,既影响路基的强度与稳定性,也影响排水结构物的布置、类型、数量和尺寸。因此,对不同的水温情况,路基设计应有相应的措施。

(二) 大气湿度对路基水温状况的影响

路基湿度除了受水的来源影响外,还重要受当地大气温度的影响。由湿度与温度变化对路基产生的共同影响称为路基的水温状况。沿路基深度出现较大的温度梯度时,水

分在温差的影响下以液态或气态由热处向冷处移动,并积聚在该处。这种现象在季节性冰冻地区尤为严重。

我国华北、东北和西北地区为季节性冰冻地区,这些地区的路基在冬季冻结的过程中会在负温度坡降的影响下,出现湿度积聚现象。气温下降到 0°C 以下,路面和路基结构内的温度也随之由上而下地逐渐降到 0°C 以下。在负温度区内,自由水、毛细水和弱结合水随温度降低而相继冻结,于是土粒周围的水膜减薄,剩余了许多自由表面能,增加了土的吸湿能力,促使水分由高温处向上移动,以补充低温处失去的部分。由试验得知,在温度下降到 -3°C 以下时,土中未冻结的水分在负温差的影响下实际上已不可能向温度更低处移动,因此负温度区的水分移动一般发生在 $0 \sim -3^{\circ}\text{C}$ 等温线之间。在正温度区内,因 0°C 等温线附近土中自由水和毛细水的冻结,形成了与深层次土层之间的温度坡差,从而促使下面的水分向 0°C 等温线附近移动,这部分上移的水分又成了负温度区水分移动的补给来源。这就造成了上层路基水分的大量积聚。

积聚的水冻结后体积增大,使路基隆起而造成面层开裂,即冻胀现象。春暖化冻时,路面和路基结构由上而下逐渐解冻,而积聚在路基上层的水分先融解,水分难以迅速排除,造成路基上层的湿度增加,路面结构的承载能力便大大降低。若是在交通繁重的地区,经重车反复作用,路基路面结构会产生较大的变形,严重时路基土以泥浆的形式从胀裂的路面缝隙中冒出,形成了翻浆。冻胀和翻浆的出现,使路面遭受严重损坏。

(三) 路基干湿类型的判定

路基按其在最不利季节所处的干湿状态不同,可分为干燥、中湿、潮湿和过湿四类。为了保证路基路面结构的强度和稳定性,一般要求路基处于干燥或中湿状态。过湿状态的路基必须经处理后方可铺筑路面。因此,正确区分路基的干湿类型是做好路基设计和施工的前提条件。

路基干湿类型的划分有以下两种方法。

1. 根据路基土的平均相对含水量(ω)或平均稠度(ω_c)划分

对原有公路,路基土的干湿类型可以根据路基土的分界相对含水量建议值或分界稠度建议值,以实测不利季节路床表面以下 80 cm 深度内土的平均相对含水量(ω)或平均稠度(ω_c)进行划分。

2. 以相对含水量(ω_x)划分

在不利季节,在路床范围内每 10 cm 取土样测定其天然含水量和液限含水量,以下式求算:

$$\omega_{xi} = \frac{\omega_i}{\omega_y} \quad (1-1)$$

$$\omega = \frac{\sum_{i=1}^8 \omega_{xi}}{8} \quad (1-2)$$

式中 ω_i ——路床范围(80 cm)内,每 10 cm 为一层,第 i 层土的天然含水量;

ω_y ——同一层土的液限含水量(76 g 平衡锤);

ω_{xi} ——第 i 层土的相对含水量;

ω ——路床范围(80 cm)内土的平均相对含水量。

根据 ω 判断路基的干湿类型,可按公路所在自然区和路基土的类别查找相应规范要求,与分界相对含水量建议值 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 相比较,再依据相应规范要求来确定所属的路基干湿类型。

(四) 以路基临界高度判别路基干湿类型

所谓路基临界高度,是指在不利季节,当路基分别处于干燥、中湿、潮湿和过湿状态时,路床表面距地下水或地表积水水位的最小高度,分别用 H_1 、 H_2 和 H_3 表示。临界高度可根据土质和气候因素按当地经验确定。

对于设计中的新建公路,路基尚未建成,路床范围(80 cm)内的平均相对含水量 ω 无法测定,因此不能以 ω 或平均稠度 ω_c 来判断路基的干湿类型。此时,可采用地下水或地表长期积水的水位至路床表面的距离,与路基临界高度进行比较来判别路基干湿类型,其路基的临界高度 H_1 、 H_2 和 H_3 如图 1-1 所示。其中:

当 $H > H_1$ 时,路基为干燥状态;

当 $H_1 > H > H_2$ 时,路基为中湿状态;

当 $H_2 > H > H_3$ 时,路基为潮湿状态;

当 $H < H_3$ 时,路基为过湿状态。

以临界高度判别路基干湿类型,同样是以分界相对含水量为依据的。路基的干湿类型、土的分界相对含水量和路基临界高度是互相对应的,其关系可参见图 1-1。

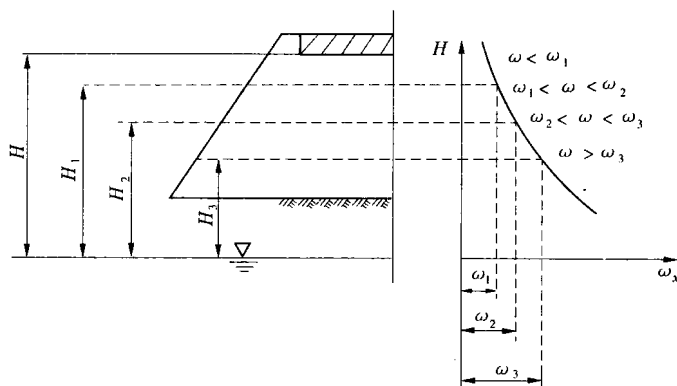


图 1-1 路基临界高度与路基干湿类型

二、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 1 m 的为矮路堤;填土高度大于表 1-1 所规定的为高路堤;介于两者之间的为一般路堤。以所处的条件及加固类型分,有沿路路堤、陡坡护角路堤及挖渠填筑路堤等。

表 1-1 路堤边坡的最大高度及坡度

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,边坡值以 m 表示,它是边坡的高度 h 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,两侧均应设置边坡。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大于或等于 1 m 的护坡道。

沿路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 0.5 m 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 4 m。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。其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 5 m。开挖路堑需横向弃土时,可在—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,反之则应上陡下缓,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

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,如果处理得当,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能很好的结合,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 1 m;当原地面坡度陡于 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

不填不挖路基是指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 and 山岭区的山脊线。

三、路基排水系统设计

(一) 一般原则

路基排水的任务,就是将路基范围内的土基湿度降低到一定的范围内,保持路基常年处于干燥状态,确保路基、路面具有足够的强度与稳定性。路基设计时,必须考虑将影响路基稳定性的地面水排除和拦截于路基用地范围以外,并防止地面水漫流、滞积或下渗。对于影响路基稳定性的地下水,则应予以隔断、疏干、降低,并引导至路基范围以外的适当地点。路基施工中,首先应校核全线路基排水系统的设计是否完备和妥善,必要时应予以补充或修改,应重视排水工程的质量和使用效果。此外,应根据实际情况与需要,设置施工现场的临时性排水设施,以保证路基土石方及附属结构物在正常条件下进行施工作业,消除路基基底和土体内与水有关的隐患,保证路基工程质量,提高施工效率。

路基排水设计的原则主要有以下几个:

(1) 排水设计要因地制宜、全面规划、因势利导、综合治理、讲究实效、注意经济,并充分利用有利地形和自然水系。一般情况下地面和地下设置的排水沟渠,宜短不宜长,以使

水流不过于汇集,做到及时疏散,就近分流。

(2)设计前必须进行调查研究,查明水源与地质条件,重点路段要进行排水系统的全面规划,考虑路基排水与桥涵布置相配合,地下排水与地面排水相配合,各种排水沟渠的平面布置与竖向布置相配合,做到综合治理和分期修建。对于排水困难和地质不良的路段,还应与路基防护加固相配合,并进行特殊设计。

(3)各种路基排水沟渠的设置,应注意与农田水利相配合,必要时可适当地增设涵管或加大涵管孔径,以防农业用水影响路基稳定,并做到路基排水有利于农田排灌。路基边沟一般不应用做农田灌溉渠道,两者必须合并使用时,边沟的断面应加大,并予以加固,以防水流危害路基。

(4)路基排水要结合当地水文条件和道路等级等具体情况,注意就地取材,以防为主,既要稳固适用,又必须讲求经济效益。可以考虑先重点后一般,先地下后地面,采取分期修建和逐步完善的步骤,但要注意不应遗留后患而导致短期内路基、路面的严重破坏,从而影响交通和造成经济等方面的损失。

(5)路基排水要注意防止附近山坡的水土流失,尽量不破坏天然水系,不轻易合并自然沟溪和改变水流性质,尽量选择有利地质条件布设人工沟渠,减少排水沟渠的防护与加固工程。对于重点路段的主要排水设施,以及土质松软和纵坡较陡地段的排水沟渠,应注意必要的防护与加固。

(二)路基常用的排水设施

常用的路基地面排水设施包括边沟、截水沟、排水沟、跌水与急流槽等,必要时亦设有渡槽、倒虹吸及积水池等。这些排水设施,分别设在路基的不同部位,各自的主要功能、布置要求或构造型式,均有所差异。路基地表排水设施的流量计算,对于高速公路和一级公路应采用15年(其他等级公路应采用10年)的重现期内任意30 min的最大降雨强度。各类地表水沟沟顶应高出设计水位0.2 m以上。

常用的路基地下排水设施包括盲沟、渗沟和渗井等,其特点是排水量不大,主要是以渗流方式汇集水流,并就近排出路基范围。对于流量较大的地下水,应设置专用地下管道予以排除。由于地下排水设施埋置于地面以下,不易维修,在路建成后又难以查明失效情况,因此要求地下排水设施能牢固有效。

以上所述的排水设施要严格按照现行规范进行设计与施工。

(三)排水系统的综合设计

综合设计的含义,应包括地面排水设施与地下排水设施的协调配合、路基排水设施与桥涵等泄水结构物的合理布置、路基路面的综合治理、排水工程与防护加固工程的相互配合,以及路基排水与沿线农田水利规划及有关其他基本建设项目之间的联系。但其主要目的在于确保路基的强度与稳定性,提高道路的使用效果。实践经验证明,排水系统综合设计的好坏与路基稳定性的关系很大。特别是在多雨的山区、黄土高原地区、寒冷潮湿地带、水网密布地基软弱的平原区,以及水文地质条件不良等情况下,修建高等级道路时,更应重视路基排水的综合设计。排水系统的综合设计有以下基本要求:

(1)流向路基的地面水和地下水,需在路基范围以外的地点设置截水沟与排水沟或渗沟进行拦截,并引至指定地点;路基范围内的水源,应采用边沟、渗沟、渗井与排水沟予

以排除。路基排水一般向低洼一侧排除,必须横跨路基时,尽量利用拟设的桥涵,必要时可设置涵洞、倒虹吸或渡槽。水流落差较大时,应在较短段落上设置跌水或急流槽。总之,因地制宜和综合治理,是路基排水综合设计的基本要求。

(2)对于明显的天然沟槽,一般宜依沟设涵,不必勉强改沟与合并。对于沟槽不明显的漫流,应在上游设置束流设施加以调节,尽量汇集成沟,导流排除。对于较大水流,注意因势利导,不可轻易改变流向,必要时配以防护加固工程,进行分流或束流。

(3)为了提高截流效果,减少工程量,地面沟渠宜大体沿等高线布置,尽可能使沟渠垂直于流水方向,且应力求短捷,水流通畅。沟渠转弯处要求以圆曲线相接,以减小水流的阻力。

(4)各种排水设施必须地基稳固,不得有渗漏或滞留,并具有适当的纵坡,以控制与保持适当的流速。沟槽的基底与沟底、沟壁,必要时予以加固,不得溢水、渗水,防止损害路基和引起水土流失。

(5)路基排水综合设计,必须事先做好调查研究工作,查明水源和有关现状,测绘工点平面图,进行必要的水力水文计算,作出总体规划,提出总体布置方案,逐段逐项进行细部设计计算,并进行效益分析与经济核算。

四、高填路堤设计

高填路堤即高填方路堤,是高于原地面的填方路堤,其作用是支承路床和路面。路床以下的路堤分为上路堤与下路堤。上路堤是路面底面以下 80 ~ 150 cm 的填方部分;下路堤是上路堤以下的填方部分。

有关高填方路基的高度标准目前尚无统一的定量指标。《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)的定义为:高边坡路堤为边坡高度超过 20 m 的路堤。原《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—95)的定义为:水稻田及常年积水地带,用细粒土填筑的路堤,高度在 6 m 以上其他地带填土或填石路堤高度在 20 m 以上的称为高路堤。实际上,高路堤与低路堤只是一个相对概念。高填方路堤的稳定不仅与边坡高度有关,也与路基填料、性质、边坡坡度、地质性质、水文情况、路基压实机具、施工方法等有关。因此,也很难肯定 20 m 就是高、低路堤的分界线。所以说,高填方路堤只是笼统地指填方较高的路堤。

(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、砂类土应优先选做路床填料,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。