

路基路面施工中排水设计及水害防控研究

张小波

中南勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430070

[摘要] 水害是造成路基路面结构出现早期失效以及影响使用寿命的重要因素之一。文章首先介绍了排水在道路工程中所起的作用, 再对路基冲蚀、路面积水、边坡溜坍这几种常见的水毁现象及其产生的原因进行了系统的总结, 并针对路基防排水、路面结构防水、特殊地区防控、施工阶段防控提出了主要的技术措施, 最后从完善设计体系、采用新材料新技术、做好全过程中控制和检测、提高养护管理水平等方面提出了改进建议, 对道路工程排水的设计及防治水害有所帮助。

[关键词] 路基路面; 排水设计; 水害防控; 防排水技术; 特殊路基

DOI: 10.33142/ect.v4i4.19536

中图分类号: U416.04

文献标识码: A

Research on Drainage Design and Water Hazard Prevention and Control in Roadbed and Pavement Construction

ZHANG Xiaobo

Zhongnan Engineering Corporation Limited, Wuhan, Hubei, 430070, China

Abstract: Water damage is one of the important factors that cause early failure of roadbed and pavement structures and affect their service life. The article first introduces the role of drainage in road engineering, and then systematically summarizes several common water damage phenomena such as roadbed erosion, road surface waterlogging, and slope collapse, as well as their causes. Main technical measures are proposed for roadbed waterproofing, pavement structure waterproofing, special area prevention and control, and construction stage prevention and control. Finally, improvement suggestions are put forward from improving the design system, adopting new materials and technologies, controlling and detecting the entire process, and improving maintenance management level, which are helpful for the design and prevention of water disasters in road engineering drainage.

Keywords: roadbed and pavement; drainage design; water hazard prevention and control; waterproof and drainage technology; special roadbed

引言

水是影响路基路面结构稳定性和耐久性的主要环境因素, 在我国的道路建设和运营中, 排水不畅或者防水措施不力而导致的路基下沉、路面损坏、边坡滑塌等病害层出不穷。公路水毁是指道路、桥梁及其他交通设施遭受暴雨洪涝灾害影响所发生的重大自然灾害现象, 属于水圈和地圈灾害范畴。公路水灾主要有: 道路因洪水泛滥导致交通中断; 小桥涵及路基边沟淤积泥沙而需清理疏通; 道路淤塞泥沙而需清淤等, 每年因此损失不计其数。伴随全球气候变暖引起的极端气候增多, 路基路面施工排水设计及防水抗灾的研究越发显得紧迫必要。

1 排水设计在道路工程中的重要性

排水设计是道路工程的重要组成部分, 在整个工程建设中起着至关重要的作用, 主要任务是防止由于地表水或

者是地下水对路基以及路面稳定性有不利影响。高速公路排水设计应该注意两方面的问题, 一方面是如何避免地下水与表面径流等对路基稳定性和强度的侵蚀破坏作用, 另一方面则是快速高效地把路表水排到路基外面去, 最大程度地减少水对于路基和路面的影响。如果大量的积水长期浸泡公路的路基与路面的话就会出现路基塌陷或是路面裂缝等一系列问题, 从而缩短公路的使用年限, 合理的排水系统虽然前期投资较大, 但是却可以在很大程度上减少后期维修费用, 带来良好的经济效益。对于公路工程来说, 路基排水一直是最为关注的问题之一, 也是最难解决的问题之一。

2 路基路面常见水害类型及成因分析

路基路面水毁的种类繁多, 原因各异。按照水源来分, 路基水灾主要包括地表水流冲刷型与地下水流侵蚀型两大类; 按路基受损情况以及分布特点, 则可分为以下三种

类型：边坡滑动、路基冲蚀、路基下沉。边坡滑动是指路基由于受到河水浸泡、冲刷或是大气降水的影响而降低了路堤填料的抗剪强度，使得边坡出现滑塌的状况；路基冲蚀是在大水的侵蚀下导致路基被损毁的情况；路基下沉是路基部分区域出现了较大的凹陷塌陷而形成的洼地及裂缝。公路水毁按其出现的形式可分为四个类型：路基下沉、路基崩塌、桥梁隧道损坏、防洪保护性设施损害。路基下沉的原因有：填筑材料不符合规范要求；分层碾压时分层厚度过大；填筑路堤时压实密度不够；路基排水不畅等。不同类型的水害特点以及发生的原因如表所示。

表1 常见路基路面水害类型及成因

水害类型	主要表现形式	主要成因	诱发因素
边坡滑移	边坡裂缝、坡体滑移、路基失稳	雨水入渗降低抗剪强度、地下水压力增大	持续强降雨、排水系统不完善
路基冲毁	路基缺口、边坡冲沟、路肩坍塌	集中径流冲刷、坡面汇水集中排放	急流槽缺失、排水沟淤堵
路基沉陷	路基沉降、路面开裂、桥头跳车	地下水浸泡、土体遇水软化、压实度不足	地下水位上升、填料不当
路面渗水翻浆	路面裂缝唧浆、坑槽、龟裂	面层防水性差、水稳层渗水、基层冲刷	防水层失效、超限重载
冻融水害	路基冻胀、翻浆冒泥、路面开裂	温度周期性变化引起孔隙水相变	季节性冰冻区、水位过高

公路水毁的发生原因主要是从两个方面进行分析，一个是自然因素，一个是人为因素。自然因素主要包括极端天气条件，以及地形地势等；人为因素主要有设计方案不合理、工程质量问题、后期维护不当等原因。持续性强降雨使得地下水不断积聚、海拔升高，引起临时性的地下水动水压力和静水压力，以及浮托力及渗透性逐步加大，容易产生塌方和滑坡等地质灾害。不合理的公路选线可能穿越地质脆弱区，排水设计标准偏低导致暴雨时泄洪能力不足；施工过程中路基压实度不达标、防护工程偷工减料，削弱了结构抗灾能力；后期维护中排水沟渠堵塞未及时清理、边坡裂缝未修补，以及沿线植被破坏等人为活动，都会进一步加剧水毁发生的风险和破坏程度。

3 路基路面水害防控关键技术

3.1 路基防排水技术措施

路基防排水技术方案的重点是完善地表排水、地下排水系统。对于路基排水系统的改进，重点在于形成一个分级式排水网，同时优化盲沟和明沟的结合，分层式排水网的设计是在路基横向、纵向布置多个排水通道而形成的多层次式立体排水系统，上部排水主要是通过路拱横坡、纵坡、集水井集水后迅速排出路面；中部排水为路基两侧设置排水沟、边沟、排水管、急流槽等，把路面和边坡上的

水汇集起来；下部分则设置盲沟、渗沟等来拦截地下水、渗流；各个层级间通过设置泄水孔、集水井等方式相互联通，以达到分区排水，分区排流的目的。对盲沟与明沟统筹兼顾，在合理布置的基础上，根据路基高度、路堑深度及地形地质情况对盲沟和明沟进行安排，在路堤下及边坡脚下设盲沟以拦截地下水流向路基，而在路堑边坡处设截水沟以便及时排出坡面来水，两者相互配合尽量减少路基汇水量。盲沟可以使用透水性能较好的材料，例如粗砂、碎石等并在外面做一层土工布增加渗透性和过滤性。一般都考虑在施工前开挖临时排水边沟，在施工过程中排出地表水以及降低地下水，在路基底部加入少量石灰并铺设40cm的稳定层等措施。

3.2 路面结构防水技术措施

路面结构防水措施是为了阻止水从路面上渗入到基层及路堤。在铺设面层的时候一定要保证铺筑材料的密实度以及空隙率，使面层具备一定的防渗能力。透层指的是在基层（例如：水泥稳定碎石）上洒布具有一定渗透性的乳胶沥青让乳胶沥青能够渗入到基层一定厚度之内来达到固定表层的作用并且防止水分下渗的同时加强基层同面层间的结合力等功效。碎石封层是在热沥青或者改性乳化沥青洒布之后马上撒上一种尺寸的碎石，并用胶轮压路机进行压实而成的一种防水、防滑保护层。为了防止下渗水流到路堤，所以要有不透水的基层，并且基层的顶部要有沥青封层。中央分隔带是整个路面防水的重要位置，设计有纵向碎石盲沟、软式透水管以及横向排水管来排出进入中央分隔带中的雨水。设计中使用沥青封层、土路肩纵横向碎石盲沟或是排水管来把渗入路面面层中的水引流出去。

3.3 特殊地区水害防控措施

特殊的地质条件下路基排水设计要具体问题具体分析，在膨胀土地段应该根据大气影响深度来进行排水的设计，路堑边沟应该比普通地段要相对宽阔一些，还要深一些，在边沟外侧要有边沟平台；膨胀土地段的路堑边坡应该设置支撑渗沟或者柔性支护结构，在坡顶截水沟位置也要布置渗沟以截排浅层地下水。对于黄土地带来说，由于黄土中含有大量的碳酸钙、硫酸钙等成分，遇到水分时就容易产生坍塌以及下沉的现象，所以应该采用地表排水和阻滞相结合的方式，对路堑边坡顶部以及路堤迎风坡上的坑洼应当尽早采取排水措施。对于过湿土以及软土地基区段来说，过湿土是湿热地区公路路基工程中常见的特殊性土质，可以采取原位强夯置换法、换填石料、防排措施等多种地基处理方式，提高地基承载力。而在多年冻土区域，

则应当事先查明路线沿线的冻土类型、分布状况以及地下水的位置,在取土坑或者水沟开挖过程中不能挖得过深以至于出现地下水外露的现象。

3.4 施工阶段水害防控技术

在雨季来临前加快排水保护工作进度,对于未开工的部分排水保护工程要及时采取临时排水、集水措施,例如挖掘临时拦截水沟、急流槽、排水涵洞、排水井等;雨季来临前要做好路基填筑土方和石灰泥土底基层的防雨工作,及时用防水材料对路基、取土场等地方做好遮盖措施,以便于雨后能尽快恢复施工。对于路基施工来说,高填方、不良地质路段经雨水冲刷容易产生较深的冲沟,路基整修时应该自下向上分层挖台阶,用和原有的路基相同的填料回填,雨季出现水毁现象时反应要快,处理要及时,修复要彻底,制定合理的处理措施,尽快将工程恢复原状。

4 路基路面排水与水害防控优化建议

4.1 完善排水设计体系

健全防排水设计体系需对防排水设计的理念、设计指标及系统协调等方面加以完善。而传统的路基排水设计存在系统性较差,缺乏耐久性的问题,很难满足公路运营长期安全性要求。因此要建立分级排水系统,形成整体化的排水系统。设计者要清楚地了解:路基排水设计并不是单个问题,在设计时还要考虑到路面排水、边坡防护、桥涵构造物等因素,形成一个完整的公路走廊排水系统。坡面排水包含边沟、排水沟、跌水与急流槽、盲沟和截水沟等构筑物,各条水沟的位置、断面、尺寸、坡度、标高等都应满足设计规范的要求。在设计选线中就要重视水文地质情况尽量避开经常遭受洪水侵害路段的位置布置公路从而减小水害发生的可能性。

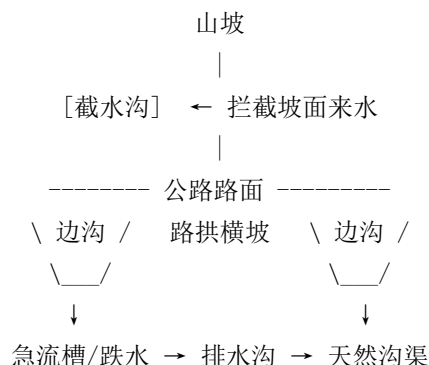


图1 公路路基分级防排水体系示意图

4.2 引入新材料与新技术

新科技新材料的应用使公路路基路面排水防水有了新的选择,在路基层面的应用逐渐增多的是新型透水材料

以及渗管式、虹吸式排水管。透水混凝土、透水沥青等材料的空隙率可以达到 15%~25%,渗透系数达到 $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 以上,可以快速渗透和排出雨水,减少路面积水的风险。渗管应用较多,主要应用在路基排水方面,通过设置在渗水管上的小孔或者缝隙使路基中的水分渗入管道排出,以此来降低路基的含水量。虹吸式排水管是通过虹吸作用进行排水,不需要人工供电,省力有效,启动水头一般为 1~3m 左右。三种新型排水方式可以结合具体情况灵活组合使用,在公路路基排水上,新型土工合成材料即土工格栅、防水土工布广泛应用到隔离垫层与防水层当中去。

4.3 加强全过程管理与监测

强化全生命周期管理及检测才能更好地保障排水工程设计目的的落实。道路路基排水智慧化监测以及自我调节控制技术是提高排水效果的发展趋势,物联网传感器的应用使得路基水况信息获取变得便捷起来。调查期要查清整个路段的水文地质情况以及地下水流向、流速的变化状况和岩体透水性大小等信息;设计期要仔细分析排水措施是否合理并注意构造细节的设计,施工期间严格按照图纸以及相关规范标准进行排水设施建设,保证边沟、截水沟、急流槽、跌水、盲沟等排水设施的断面尺寸、坡度标高等满足要求。对路基沉降处治工程施工的过程当中,施工单位严格按照预定的深挖置换修复方案准确施工,在路基渗水现场条件的基础上调整排洪沟,正确铺设排水管道,彻底解决挖方路段渗水问题。施工结束后要及时进行排水系统竣工验收及试运行工作,在使用过程中要制定排洪结构物巡查、维护制度。

4.4 提升养护管理水平

加强养护管理是保证排水系统长期正常运行的有效措施之一。建立健全常年的排水管养工作机制,加强对边沟、截水沟、盲沟、泄水孔、涵洞等部位的巡视与养护管理,做到经常性的清理疏通及维修保养。公路路基两侧排水沟疏通修缮,清除沟体内的残土杂草枯叶及其他垃圾杂物,维修损毁变形边沟,彻底疏通“排水难点”,保持排水畅通无阻。对于由于自身老化或者人为破坏造成的排水设备设施损坏要及时组织维修。关于排水沟渠加固处理方面,在土质路段沟底纵向坡度超过 3%的情况下需要进行加固。在水毁路段抢修方面应根据具体的水毁路段地质特点以及水损成因有针对性地进行治理措施,如对红粘土地质遇水会软化的问题采取透水性好的砂砾层用台阶法逐层回填的方式加固路基,使其密实度达标;养护工人要有

完整的排涝经验及病害认知水平,能快速辨识出水损原因与规模,采取有效的治理办法,变被动应急为主动应对。

5 结语

路基路面工程施工中排水分析与防水是整个工程项目的长期性的全过程。在设计思路,应该形成分级排水系统,建立多层次立体化的排水网,同时兼顾地表水与地下水的统筹防治;在技术手段上,路基排水应结合明沟与盲沟相结合的原则,路面防水应采用复合式的防水层,针对不同地区采用不同的处理方法,在施工过程中做好临时排水与防雨措施;在新技术发展方面,透水砖等新材料及虹吸排水管等新工艺的应用使道路排水能力大大增强,基于物联网的智能化监控设备使得对水害进行提前预警成为可能。展望未来,海绵城市理念和道路工程相结合下路基路面排水设计会走向更完善、更智能、更环保的方向。只有把排水设计和防水设计结合到整个勘测、设计、制作、管理过程里面去,才能从根本上保证道路工程的安全性和

耐久性。

【参考文献】

- [1]王斐.探究高速公路路基路面排水施工技术[J].四川建材,2023,49(6):102-104.
 - [2]叶文东.公路路基路面排水施工技术研究[J].运输经理世界,2023(32):19-21.
 - [3]李伟.高速公路路基路面排水施工技术探究[J].中国公路,2021(24):106-107.
 - [4]杨卓伟.公路桥梁路基路面施工技术研究[J].工程技术研究,2016(1):82-85.
 - [5]覃悠泰.高速公路路基路面排水施工技术设计[J].大众科技,2022,24(8):19-21.
 - [6]郭鹏.高速公路工程排水路面设计及施工技术[J].四川建材,2022,48(4):184-185.
- 作者简介: 张小波(1993.08—),男,汉族,中级工程师,硕士研究生,现主要从事高速公路路基路面设计。