

公路设计中排水系统设计的优化策略研究

刘文滔

卓辉（福建）建设工程有限公司 福建 宁德 352000

摘要：公路排水系统是公路工程的重要组成部分，其设计质量直接影响公路的使用寿命和行车安全。本文分析了公路排水系统设计的重要性及当前存在的问题，从设计原则、优化策略、技术创新等方面提出了公路排水系统设计的优化措施，旨在提高公路排水系统的性能，保障公路的安全运营。

关键词：公路设计；排水系统设计；优化策略

DOI: 10.63887/ssrp.2025.1.4.12

引言

公路作为交通运输的重要基础设施，其安全性和耐久性至关重要。公路排水系统是确保公路安全运营的关键环节，它能够及时排除公路表面的积水和地下水，防止水对公路结构造成损害，延长公路的使用寿命。然而，在实际的公路设计中，排水系统设计往往存在一些问题，如设计不合理、排水设施老化、雨污分流不彻底等，导致排水不畅，影响公路的正常使用。因此，研究公路设计中排水系统设计的优化策略具有重要的现实意义。

1、公路排水系统设计的重要性

1.1 保障行车安全

公路积水会降低路面的抗滑性能，增加车辆行驶的阻力，容易导致车辆打滑、侧翻等交通事故。良好的排水系统能够及时排除路面积水，保持路面干燥，提高路面的抗滑性能，从而保障行车安全。

1.2 延长公路使用寿命

水是公路结构的主要破坏因素之一。长期积水会导致路基软化、路面损坏、桥梁结构腐蚀等问题，缩短公路的使用寿命。合理的排水系统设计能够有效地排除地下水，降低路基的含水量，防止路基变形和破坏，延长公路的使用寿命。

1.3 保护周边环境

公路排水系统如果设计不合理，可能会导致污水

直接排放，对周边环境造成污染。通过优化排水系统设计，实现雨污分流，将污水收集处理后排放，能够减少对环境的污染，保护生态环境。

2、当前公路排水系统设计存在的问题

2.1 设计不合理

部分公路排水系统设计不合理，导致排水不畅。设计人员对地形、地貌、气候等因素考虑不周，使得排水管道布局不合理，管道直径偏小，难以满足实际需求。例如，在一些山区公路设计中，没有充分考虑地形的高差和坡度，导致排水管道坡度不够，水流速度缓慢，容易形成积水^[1]。

2.2 排水设施老化

随着公路使用年限的增加，部分排水设施已经投入使用多年，老化现象严重。管道接口松动、管道破裂、检查井损坏等问题时有发生，导致排水系统运行不畅。例如，一些老旧公路的排水管道采用混凝土材质，经过多年的使用，管道内壁出现腐蚀和磨损，导致管道的排水能力下降^[2]。

2.3 雨污分流不彻底

在一些城市，雨污分流制度尚未完善，生活污水和雨水混合排放，使得排水系统承受巨大压力。尤其在雨季，雨水夹杂着大量污染物，容易导致排水系统瘫痪。例如，一些老旧城区的排水系统仍然是雨污合流制，在雨季时，大量的污水和雨水混合排放，超过了排水系统的处理能力，导致污水外溢，污染环境。

2.4 缺乏对气候变化的考虑

随着全球气候变化的加剧,极端天气事件频繁发生,如暴雨、洪水等。现有的公路排水系统设计往往没有充分考虑气候变化的影响,排水能力不足,难以应对极端天气条件下的排水需求。例如,在一些地区,由于暴雨强度增大,原有的排水管道和沟渠无法及时排除积水,导致公路被淹,交通中断^[3]。

3、公路排水系统设计的优化策略

3.1 遵循科学合理的设计原则

3.1.1 安全性原则

排水系统应确保在各种气候条件下,道路的正常通行不受影响。在设计排水系统时,要充分考虑排水设施的排水能力和可靠性,防止在极端气候条件下发生内涝等现象。例如,在设计排水管道时,要根据当地的降雨强度和汇水面积,合理确定管道的直径和坡度,确保管道能够及时排除积水。

3.1.2 经济性原则

在满足排水要求的前提下,选择成本低、维护简便的设计方案。要充分考虑排水设施的建设成本和运营成本,避免不必要的浪费。例如,在选择排水材料时,要综合考虑材料的性能、价格和使用寿命,选择性价比高的材料^[4]。

3.1.3 可靠性原则

排水系统要有足够的排水能力,以防止在极端气候条件下发生内涝等现象。要对排水设施进行定期检查和维修,确保其正常运行。例如,建立排水设施的巡查制度,定期对排水管道、检查井等进行检查,及时发现和解决问题^[5]。

3.1.4 环保性原则

排水系统设计应考虑到环境保护的要求,避免污水直接排放,减少污染。要实现雨污分流,将污水收集处理后排放,保护生态环境。例如,在城市公路设计中,要建设完善的雨污分流管网,将生活污水和雨水分别收集处理。

3.2 优化排水系统设计

3.2.1 路基排水设计优化

边沟设计:边沟用于汇集和排除降落在路基范围

内以及流向路基的少量地表水。边沟设置在挖方路基的路肩外侧或低路堤的坡脚外侧,多与路中线平行。在设计边沟时,要根据地形、地貌和降雨强度等因素,合理确定边沟的形状、尺寸和坡度。例如,对于我国大部分地区而言,公路边沟的倒梯形设计尺寸为:顶 3.5m;底 1m;下底也为 1m。边沟的纵坡一般与路线纵坡一致,并不宜小于 0.5%,困难情况下可以减至 0.3%。单向排水长度每 300-500 米设出水口。

截水沟设计:截水沟又称天沟,一般设置在挖方路基边坡坡顶以外,或山坡路堤上方的适当地点,用以拦截并排除路基上方流向路基的地面径流。在设计截水沟时,要尽量与绝大多数地面流水方向垂直,保证水流畅通,就近引入自然水沟内排出。截水沟水流不应引入边沟,当必须引入时,应增大边沟横断面,并进行保护。截水沟长度以 200-500m 为宜,横断面一般为梯形,沟的边坡坡度因岩土条件而定,一般采用 1:1.0-1:1.5。

排水沟设计:排水沟的主要用途在于引水,将路基范围内的各种水源的水流,引至桥涵或路基范围以外的指定地点。在设计排水沟时,排水沟的横断面一般采用梯形,尺寸大小应经过水力水文计算选定。排水沟位置可根据需要并结合当地地形等而定,距离路基坡脚不宜小于 3-4m,平面上应力求直捷,需要转弯时亦应尽量圆顺,做成弧形,其半径不宜小于 10-20m,连续长度宜短,一般不超过 500m。排水沟应具有合适的纵坡,以保证水流畅通,不致流速太大而产生冲刷,亦不可流速太小而形成淤积,一般情况下,可取 0.5-1.0%,不小于 0.3%,亦不宜大于 3%。排水沟水流注入其他水渠或水道时,应使原水道不产生冲刷或淤积,通常应使排水沟与原水道两者成锐角相交,交角不大于 45°,有条件可用半径 $R=10b$ (b 为沟顶宽)的圆曲线朝下游与其它水道相接。

跌水与急流槽设计:跌水与急流槽是路基地面排水沟渠的特殊形式,用于陡坡地段,沟底纵坡可达 45 度。跌水的作用是在较短的距离内,降低水流流速,消减水流能量,进而防止冲刷(用于坡度大于 10%,水头高差大于 1.0m 的陡坡地段)。急流槽的作用是在较短的距离内以沟渠的方式引排水流、降低水头,进

而防止冲刷（可用于比跌水更陡的坡度，可达 60° ）。在设计跌水与急流槽时，要根据地形和坡度等因素，合理确定其位置、尺寸和结构形式。

3.2.2 路面排水设计优化

路面表面排水：降落在路面上的雨水，应通过路面横向坡度向两侧排流，避免行车道路路面范围内出现积水。在路线纵坡平缓、汇水量不大、路堤较低且边坡坡面不会受到冲刷的情况下，应采用在路堤边坡上横向漫坡的方式排除路面表面水。在设计路面表面排水时，要根据路面的横坡和纵坡，合理设置雨水口的位置和间距，确保雨水能够及时排除。

路面内部排水：对于降雨量较大或者地表水比较丰富的地区，可在进行道路排水系统设计时在道路结构内部、路基基层上方增设排水层，并在排水层的下方增设一层防水性能较好的土工布作为隔水层，从而在及时排出上方渗入水体的同时防止其渗入基层，保证路基结构的整体稳定性。在设计路面内部排水时，要选择合适的排水材料和结构形式，确保排水效果。

3.2.3 绿化带与透水性铺装设计

绿化带设计：在公路中央和两侧设置绿化带，选择适应性强的植物，增加土壤的渗水能力，促进水分的自然渗透。在设计绿化带时，要考虑绿化带的宽度、植物种类和排水设施的设置，确保绿化带既能美化环境，又能起到排水的作用。

透水性铺装设计：在出入口和特殊路段，考虑使用透水性铺装，允许雨水渗透到地下，降低地表径流量，减轻排水系统的负担。在设计透水性铺装时，要选择合适的透水材料和施工工艺，确保透水性铺装的质量和性能。

3.3 加强排水系统管理

3.3.1 定期检查与维护

制定详细的排水系统维护计划，定期检查排水沟和管道的畅通情况，清理杂草、淤泥和其他障碍物，确保排水设施的正常运作。例如，建立排水设施的维护档案，记录维护的时间、内容和结果，以便对排水设施的运行情况进行跟踪和管理。

3.3.2 监测与预警系统建设

在重点路段设置水位监测设备，实时监控降雨量

和积水情况。一旦发现积水超标，及时发出预警，采取相应措施。例如，利用大数据分析、智能监测系统等现代科技手段，提升排水系统的管理效率。通过安装传感器，实时监测排水系统的运行状态，提前预警可能出现的问题。

3.3.3 建立应急预案

针对极端天气和突发事件，制定应急预案，确保各部门能够迅速响应，采取有效措施减轻水灾影响。例如，储备必要的排水设备和物资，组织应急抢险队伍，定期进行应急演练，提高应对突发事件的能力。

3.4 考虑气候变化因素

3.4.1 应用气候变化模型预测降水

利用区域气候模型等工具，提供较高分辨率的降水预测资料，帮助工程师理解特定地区不同气候情景中降水特征。应用历史气象数据及最新气候模型估算未来数十年降水量变化情况，提前采取对策。对公路排水设计来说，这些资料可以指导排水管道大小选择、排水设施布置和排水系统整体规划等工作，应对将来可能出现的极端降水事件。

3.4.2 使用新型排水材料

传统的排水材料如混凝土和塑料，在长时间的使用中可能会出现耐腐蚀和抗压能力不足的问题。新型材料如高分子材料、复合材料等具有优异的耐腐蚀性和抗压性能，并且可以在恶劣的环境中稳定使用。透水性混凝土作为新型材料不仅排水性能好，而且可以缓解路面积水和防止路面破坏。另外，纳米材料、智能材料等的使用逐渐出现，对材料微观结构进行调节能够达到更加有效的排水效果，延长其使用寿命。

3.4.3 优化排水设施布置

排水设施的合理布局需考虑地形、地质、水文等诸多因素才能保证雨水快速高效排放。设计时首先要对地形进行细致勘察，摸清该地区自然排水路径及低洼地带情况，尽量避免排水管道及排水口处于不利布置状态。要依据降水量预测结果对排水管道坡度、流量进行科学设计，以保证极端天气情况下排水系统能够正常工作。另外，分区排水及雨水收集利用系统的使用能够有效地降低排水压力并增强整体排水能力。结合如地理信息系统（GIS）和计算机模拟这样的现代

技术工具，能够对排水设施的布局进行更为细致的设计。

4、实践案例分析

以某山区公路排水系统设计优化为例，该公路原排水系统存在设计不合理、排水不畅等问题，在雨季经常出现路面积水现象，影响行车安全。针对这些问题，采取了以下优化措施：

4.1 路基排水优化

重新设计了边沟和截水沟，根据地形和降雨强度，调整了边沟和截水沟的形状、尺寸和坡度。在陡坡地段设置了跌水和急流槽，防止水流冲刷。

4.2 路面排水优化

增加了路面雨水口的数量和间距，确保雨水能够及时排除。在路面结构内部增设了排水层，提高了路面的排水性能。

4.3 绿化带与透水性铺装设计

在公路两侧设置了绿化带，选择了适应性强的植物，增加了土壤的渗水能力。在出入口和特殊路段使

用了透水性铺装，降低了地表径流量。

4.4 加强排水系统管理

建立了排水系统的监测与预警系统，在重点路段设置了水位监测设备，实时监控降雨量和积水情况。制定了应急预案，储备了必要的排水设备和物资，组织了应急抢险队伍。

通过以上优化措施的实施，该公路的排水系统性能得到了显著提高，在雨季路面积水现象明显减少，行车安全得到了保障。

结语

公路设计中排水系统设计的优化是保障公路安全运营和延长公路使用寿命的重要措施。针对当前公路排水系统设计存在的问题，应遵循科学合理的设计原则，优化排水系统设计，加强排水系统管理，考虑气候变化因素。通过实践案例分析可以看出，采取有效的优化措施能够显著提高公路排水系统的性能。在今后的公路设计中，应不断总结经验，进一步完善排水系统设计，提高公路的设计质量和运营水平。

参考文献

- [1]马增兴.高速公路排水系统及环保设计[J].企业科技与发展,2023,(02):87-90.
- [2]王苗.山区公路排水设计探索[J].黑龙江科技信息,2016,(33):265.
- [3]徐国元,邵恒新,王东明.基于蒙特卡洛模拟和综合权重的公路排水系统模糊综合评价[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(08):30-36.
- [4]曾令梅.山区公路排水系统存在的问题及防治[J].交通世界,2016,(18):58-59.
- [5]陈福龙.山区公路排水系统存在的问题及防治措施[J].技术与市场,2011,18(10):25+27.