

市政排水管网优化设计与内涝防治策略研究

张振河 刘占斌 王振辉 马建森
山东天运交通有限公司 山东 东营 257400

摘要: 本文对市政排水管网优化设计与内涝防治策略展开研究。先评估市政排水管网现状,涵盖系统构成、调查分析、排水与内涝风险评估。接着阐述优化设计方法,包括原则目标、布局、管道尺寸坡度、泵站与调蓄设施优化。分析城市内涝成因,从自然、人为因素及形成机理入手。最后制定工程性、非工程性及综合防治策略,为城市内涝防治提供参考。

关键词: 市政排水管网; 内涝防治; 优化设计; 排水能力; 综合策略

引言: 随着城市化进程加速,城市内涝问题日益凸显,严重影响居民生活与城市发展。市政排水管网作为城市基础设施的关键部分,其设计与运行状况直接关乎内涝防治效果。当前,诸多城市排水管网存在老化、排水能力不足等问题,难以应对强降雨。深入研究市政排水管网优化设计与内涝防治策略,提升城市排水防涝能力,保障城市安全运行,具有重要的现实意义。

1 市政排水管网现状评估

1.1 排水管网系统构成与功能

市政排水管网是保障城市正常运行的重要基础设施,主要作用是有效排除雨水和生活污水,防止因积水影响交通、环境及居民日常生活。该系统由多个关键部分组成,包括排水管道、检查井和泵站等设施。其中,排水管道是整个系统的主体,负责将水流从源头输送至处理或排放点,依据不同使用环境选用相应的材质和管径。检查井通常设置在管道交汇、转弯或管径变化的位置,便于维护人员进行清淤和检修作业,确保管道畅通。泵站则用于提升水流高度,在地势起伏较大或低洼区域发挥重要作用,保证排水顺畅。各组成部分相互配合,共同维持排水系统的稳定运行。

1.2 排水管网现状调查与分析

为全面掌握当前排水管网的实际状况,需开展系统的调查与分析工作。调查内容涵盖管道的材质、管径、坡度、埋深等基础参数,同时监测水位、流速等运行状态指标。通过闭路电视检测、声呐探测等现代技术手段,可以深入观察管道内部结构,识别是否存在破损、错口、堵塞等问题^[1]。目前多数城市的排水管网普遍存在老化严重、局部堵塞频繁、排水能力不足等情况,这些问题不仅降低了系统的运行效率,也增加了极端天气下发生内涝的风险。通过对现有管网进行全面调查,能够为后续优化设计和改造提供可靠的数据支持和技术依据。

1.3 排水能力评估

为了准确评估排水管网的能力,需建立一套科学合理的评估指标体系,涵盖管道过流能力和泵站排水效率等关键因素。利用水力模型模拟不同降雨条件下的排水情况,有助于发现系统中的瓶颈和薄弱环节。例如,某些区域因管道设计不合理导致排水不畅,或者泵站设备陈旧无法满足当前需求。这些评估结果为制定针对性的改造计划提供了依据,有助于提高整个排水系统的效能。

1.4 内涝风险评估

城市内涝的发生是由多种因素共同作用的结果,如降雨强度、地面覆盖类型、排水系统容量以及地形特征等。构建一个有效的内涝风险评估模型,需要综合考虑上述所有因素。该模型可用于预测不同区域在遭遇暴雨时的积水可能性及其严重程度,从而划分出高、中、低风险区域。基于评估结果,针对高风险地区优先实施防洪排涝措施,比如扩建排水网络或升级泵站设施,以减轻内涝对城市造成的负面影响。通过这样的评估和规划,能够显著提升城市的抗灾能力和居民的生活质量。

2 市政排水管网优化设计方法

2.1 优化设计原则与目标

市政排水管网的优化设计应遵循安全性、可靠性、经济性与环保性等基本原则。安全性要求系统在极端降雨条件下仍能保持稳定运行,防止因排水不畅造成积水或次生灾害。可靠性强调系统长期运行的稳定性,确保各组成部分协调配合,减少故障率。经济性关注建设投资与后期维护成本之间的平衡,在满足功能需求的前提下提高资金使用效率。环保性则体现在对水环境的保护上,减少污水渗漏和雨水径流带来的污染问题。优化设计的目标主要包括提升整体排水能力,增强应对强降雨事件的能力,降低城市内涝发生的概率,并改善区域水环境质量,推动城市的可持续发展。

2.2 管网布局优化

合理的管网布局是保障排水系统高效运行的基础。影响布局的主要因素包括地形地貌、城市规划结构以及区域排水需求等。地势起伏较大的区域应充分利用自然坡度布置管道,以减少泵站数量和运行能耗;城市新区应结合用地功能分区,统筹考虑未来排水压力分布,预留扩展空间^[2]。管网布局优化可借助地理信息系统(GIS)进行空间分析,结合数学模型优化算法,模拟不同布局方案下的水流路径和排水效果,从而确定最优走向和节点设置。还需综合考虑现有道路网络、地下管线分布等因素,避免交叉干扰,提高施工可行性,使管网结构更加科学合理。通过系统性的布局优化,能够有效提升排水系统的适应性和运行效率。

2.3 管道尺寸与坡度设计优化

管道的尺寸与坡度直接影响排水能力与水流速度。管径过小会导致排水不畅,容易引发堵塞或溢流;而管径过大则会增加建设成本。坡度过陡可能加剧水流冲刷,影响管道使用寿命,坡度过缓又会降低流速,易造成泥沙沉积。应根据区域汇水面积、降雨强度及设计排水流量等因素,合理确定管道直径和坡度。结合流体力学原理,建立水力计算模型,综合考虑流速、充满度等参数,优化管道断面设计,确保排水系统在各种工况下均能保持良好的运行状态。还应结合不同区域的地质条件,选择适宜的管材和连接方式,提高管道系统的耐久性和抗渗漏能力。通过科学的设计手段,可以实现排水管网在功能性、安全性和经济性方面的统一。

2.4 泵站与调蓄设施优化

泵站在排水系统中承担着关键作用,其选址应结合管网末端或低洼区域,确保能够及时排除积水。泵站规模和运行参数应依据服务区域的排水量和扬程需求进行优化设计,提升运行效率并降低能耗。合理的泵站布设不仅有助于提高排水能力,还能减少暴雨期间的积水时间,降低对交通和居民生活的影响。调蓄设施作为缓解排水高峰压力的重要手段,其类型包括地下调蓄池、雨水花园、人工湿地等。调蓄设施的选址应优先考虑排水瓶颈区域,容量设计应结合历史降雨数据和排水能力进行匹配。通过合理布局和容量配置,可有效延缓暴雨期间的峰值流量,减轻下游管网负担,进一步降低城市内涝风险。调蓄设施还可兼具生态功能,如雨水收集利用、水质净化等,实现多功能融合,提升城市基础设施的整体效能。

3 城市内涝成因分析

3.1 自然因素

城市内涝的发生首先受到自然条件的显著影响,其中降雨特征是最直接的触发因素。降雨强度决定了单位时间内降落在地表的水量,若短时间内出现高强度降水,地表来不及下渗或汇集至排水系统,便容易形成积水。降雨历时则影响整体汇流过程,长时间连续降雨会使土壤含水量趋于饱和,降低雨水入渗能力,导致更多雨水以地表径流的形式流入排水管网。此外,降雨的空间分布也对内涝风险具有重要影响,局部区域集中强降雨可能造成排水系统局部超负荷运行,进而引发城市低洼地带的积水现象。地形地貌和土壤类型等自然条件也在一定程度上决定城市的排水能力。地势低洼区域由于天然排水路径受限,容易成为积水汇集点;而坡度较大的区域虽有利于地表径流快速汇集,但可能加剧短时排水压力。土壤类型影响雨水的下渗速度,例如黏性土质透水性差,易形成较大比例的地表径流,增加排水负担。这些自然因素共同作用,使部分城市区域在相同降雨条件下更容易发生内涝。

3.2 人为因素

随着城市化进程加快,大量自然地表被硬化覆盖,如道路、广场和建筑屋顶等不透水面积显著增加,大幅减少了雨水的下渗机会,使得原本可以通过土壤吸收的雨水转化为地表径流,增加了排水系统的负担^[3]。部分地区的排水管网建设未能与城市发展同步推进,管径偏小或布局不合理,难以应对日益增长的排水需求。河道湖泊作为天然的调蓄和泄洪通道,在城市水系中发挥着重要作用。然而,部分城市建设过程中填埋河道、围湖造地等行为削弱了原有水体的调蓄功能,导致暴雨期间雨水无处可排,进一步加剧了内涝问题。城市规划不合理也是诱发内涝的重要原因,例如在排水能力较弱的区域布置大型商业区或住宅区,增加了排水压力。排水设施的管理维护不到位同样不可忽视,部分管道长期未清淤或检查井盖损坏未及时修复,降低了排水效率,甚至在关键时刻无法正常发挥作用。

3.3 内涝形成机理

城市内涝的形成是自然因素与人为因素共同作用的结果。从物理过程来看,当强降雨发生时,地表迅速产生大量径流,雨水沿地面流向低洼区域,并通过雨水口进入排水管网。然而,若排水系统容量有限,或存在堵塞、破损等问题,雨水无法及时排出,便会滞留在街道和建筑物周边,形成积水。同时排水管网下游的河道或湖泊若调蓄能力下降,也会导致排水受阻,形成“顶托”效应,使上游排水不畅。这种情况下,即使局部区域的降雨并不特别强烈,也可能因排水路径受阻而出现

严重积水。城市内部排水系统各环节之间的衔接不畅,如泵站抽排能力不足或调蓄设施缺乏,也会加剧排水瓶颈,最终导致城市内涝的发生。

4 内涝防治策略制定

4.1 工程性措施

排水管网建设与改造需从多方面入手。针对排水能力不足的区域,扩大管道管径是直接有效的方式,将原有狭窄管道替换为更大口径管材,提高单位时间内的水流输送量。优化管网布局要重新梳理管道走向,减少迂回曲折,避免出现水流不畅的瓶颈路段,让排水路径更科学合理。对于老化破损的管道,采用内衬修复、局部更换等方式,恢复管道结构强度与密封性,防止污水渗漏和土壤塌陷风险。建设雨水调蓄设施能够有效缓解内涝压力。雨水花园通过种植耐水植物,搭配透水性土壤和砾石层,滞留、净化雨水,延缓雨水汇入管网时间。下沉式绿地低于周边地面,利用地形自然收集雨水,待降雨结束后缓慢渗透或排入管网。地下调蓄池则在地下空间建设大型蓄水结构,强降雨时暂存超出管网承载能力的雨水,待管网排水压力降低后,再逐步释放,减轻管网瞬时排水压力。河道湖泊整治与疏浚同样关键。清理河道内的淤泥、垃圾等沉积物,拓宽河道断面,降低河床高度,提高河道行洪能力。加固河道堤防,保障洪水期间河岸稳定。对湖泊周边进行生态修复,拆除侵占湖泊的违章建筑,恢复湖泊自然形态,扩大湖泊调蓄容积,增强对雨水的容纳能力。

4.2 非工程性措施

城市规划与管理在应对内涝问题上意义重大。合理规划城市用地,避免在低洼易涝区域大规模开发建设,预留足够的生态空间用于雨水调蓄。严格保护自然水系,维持河道、沟渠的连通性,不随意填埋、改道水体。控制不透水面积,在城市建设中推广透水铺装材料,增加雨水下渗途径,减少地表径流。建立内涝预警与应急响应机制可提升城市抗灾能力。建设监测预警系统,在关键排水节点、低洼区域布置传感器,实时监测水位、流量变化,结合气象部门的降雨预报,提前发出内涝预警。制定完善的应急预案,明确各部门在应对内涝灾害时的职责分工、处置流程,确保灾害发生时高效有序开展救援^[4]。储备充足的应急物资,如抽水泵、沙

袋、应急照明设备等,保证在突发内涝时能够及时投入使用。加强公众宣传教育有助于形成全民防治内涝的氛围。通过社区宣传、媒体报道等多种渠道,向公众普及内涝形成原因、危害以及自我保护知识。宣传正确的排水行为,倡导不向排水管道倾倒垃圾、油污,减少管网堵塞风险,提高公众对内涝防治的认识和参与度。

4.3 综合防治策略

构建系统的内涝防治体系,应将工程性与非工程性措施有机结合。在新建城区开发过程中,需同步规划建设高标准排水管网和雨水调蓄设施,严格按照城市规划要求控制不透水面积比例,从源头上降低内涝风险。针对老旧城区,既要老化、堵塞的排水管网进行修复和升级,通过宣传教育增强居民对排水设施的保护意识,共同维护系统正常运行。建立多部门协同工作机制是推进防治工作的关键保障。城市规划部门在制定规划时,应充分考虑排水需求,为管网建设预留空间。水务部门与气象部门加强信息互通,利用精准降雨预报指导排水调度。在内涝发生时,交通部门配合做好道路疏导,确保排水作业顺利进行。各部门密切协作,形成合力,全面提升城市内涝防治能力。日常巡查与应急响应相结合,进一步提升应对突发性积水事件的能力。

结束语

市政排水管网优化设计与内涝防治,是保障城市安全与可持续发展的关键举措。通过全面评估排水管网现状,精准分析内涝成因,采取工程性与非工程性相结合的综合防治策略,能够有效提升城市排水能力,降低内涝风险。建立多部门协同合作机制,加强日常巡查与应急响应,形成全社会共同参与的防治格局,对于建设安全、宜居的城市环境具有深远意义。

参考文献

- [1]刘祖焯.研究城市市政给排水管网的优化配置与管理[J].建材发展导向,2022,20(12):79-81.
- [2]刘沙沙,张佃科.市政给排水管网的优化配置与设计[J].砖瓦世界,2024(7):52-54.
- [3]陈卫.市政给排水管网的优化配置与设计建议[J].水上安全,2024(12):40-42.
- [4]赵政.市政给排水设计中常见的问题与解决措施[J].工程建设与设计,2023(21):101-103.