

城市内涝防治的水利工程设计方案

李 棒 黄银龙

广西珠委南宁勘测设计院有限公司 广西 南宁 530000

摘要：近年来，受全球气候变化与城市化快速发展的双重影响，极端强降雨事件频发，城市内涝问题愈发严峻。本文聚焦城市内涝防治的水利工程设计方案。首先剖析城市内涝形成原因，涵盖极端气候与降雨特征、城市建设致下垫面变化以及排水系统规划建设缺陷等方面。接着阐述设计原则，包括系统性、因地制宜、生态友好、前瞻性与适应性原则。最后详细介绍具体设计方案，涉及排水管网系统优化、雨水收集与利用系统构建、河道整治与防洪工程实施，以及智慧排水与监测预警系统搭建，旨在为城市内涝防治提供科学有效的水利工程设计思路与方案。

关键词：城市内涝；水利工程；设计方案；防治措施

引言：随着城市化进程的加速，城市内涝问题愈发凸显，给城市居民生命财产安全、城市正常运行及生态环境带来诸多负面影响。城市内涝不仅会导致交通瘫痪、基础设施损毁，还可能引发次生灾害，严重威胁城市可持续发展。传统排水系统在应对日益频繁且强度增大的降雨时，已难以满足城市防洪排涝需求。因此，科学合理的城市内涝防治水利工程设计方案至关重要。通过深入分析内涝成因，遵循相应设计原则，制定针对性方案，能够有效提升城市应对内涝的能力，保障城市安全稳定运行。

1 城市内涝形成原因

1.1 极端气候与降雨特征

近年来，极端气候现象频发，全球气候变暖致使大气环流异常，极端降雨事件增多且强度增大。短时间内的强降雨，超出城市原有气象承载预期，大量雨水迅速汇聚。同时，降雨时空分布不均，局部地区在短时间内集中降雨，而其他区域降雨较少，这种不均衡性进一步加剧了城市局部地区的排水压力，为城市内涝的形成埋下隐患。

1.2 城市建设与下垫面变化

城市建设过程中，大量自然地表被硬化，如铺设水泥、沥青路面，建设高楼大厦等。自然土壤和植被的减少，使得雨水下渗能力大幅降低。原本可以渗透到地下的雨水，现在只能在地表快速汇聚，形成地表径流。而且城市地貌的改变，如填湖造地、河道改道等，破坏了原有的水系布局和排水路径，导致雨水排泄不畅，容易引发内涝^[1]。

1.3 排水系统规划与建设缺陷

部分城市在排水系统规划时，缺乏长远眼光和科学论证，排水标准偏低，难以应对极端降雨情况。同时，

排水管网建设存在布局不合理的问题，一些区域管网密度不足，排水能力有限；部分管网老化、破损严重，影响排水效率。此外，排水系统与城市其他基础设施的衔接不畅，如与河道、泵站等缺乏有效协同，导致雨水无法及时排出，加剧了城市内涝的发生。

2 城市内涝防治水利工程设计原则

2.1 系统性原则

系统性原则要求将城市内涝防治视为一个有机整体，统筹考虑城市的地形地貌、水系分布、降雨特征、排水设施以及城市建设等多方面因素。城市内涝防治不是单一工程措施能解决的，需将排水管网、雨水收集利用设施、河道整治、泵站等各个环节有机结合。例如，排水管网的设计要与河道水位、泵站抽排能力相匹配，确保雨水能顺利从管网排入河道。同时，要考虑与城市其他基础设施的协调，如交通、电力等，避免相互干扰。通过系统规划与设计，形成完整的防涝体系，实现各环节的高效协作，从源头上减少内涝发生的风险，提升城市整体应对内涝的能力，保障城市的安全与稳定运行。

2.2 因地制宜原则

因地制宜原则强调根据城市的自然地理条件、气候特点、经济社会发展水平等实际情况，制定适合本地的内涝防治水利工程设计方案。不同城市的地形差异大，山区城市与平原城市在排水方式上就应有所不同，山区可利用地形优势设置截洪沟等，平原城市则需注重排水管网的布局和泵站的建设。气候方面，降雨频繁且强度大的地区，排水标准要更高。经济社会发展水平也影响设计，经济发达地区可采用更先进的技术和材料。只有充分考虑本地特色，才能使设计方案切实可行，有效解决当地的内涝问题，避免生搬硬套其他地区的模式。

2.3 生态友好原则

生态友好原则在城市内涝防治水利工程设计里至关重要。设计时应注重保护和恢复城市的自然生态系统,充分利用自然生态过程来缓解内涝。例如,建设湿地、雨水花园等生态设施,这些设施不仅能储存和渗透雨水,减少地表径流,还能为生物提供栖息地,促进生物多样性。在河道整治中,避免过度硬化,采用生态护坡技术,既保证河道的行洪能力,又有利于水生植物的生长和水质的净化。同时,减少工程对生态环境的破坏,合理规划工程布局,使水利工程与自然生态和谐共生,实现城市内涝防治与生态环境保护的双重目标。

2.4 前瞻性与适应性原则

前瞻性与适应性原则要求城市内涝防治水利工程设计具有长远的眼光和灵活应变的能力。随着城市的发展和气候变化的影响,未来城市的降雨模式、下垫面条件等都可能发生变化。设计时要充分考虑这些不确定因素,预留一定的发展空间和弹性。例如,排水管网的设计标准要适当提高,以适应未来可能增加的降雨量。同时,设计方案应具备适应性,能够根据实际情况进行调整和优化。采用模块化设计理念,便于后续的扩建和改造^[2]。

3 城市内涝防治水利工程设计方案

3.1 排水管网系统优化设计

(1)管网布局优化。依据地形高差,让排水管网顺应地势,使雨水能自然流向收集点与排放口,降低泵站提升需求与能耗。结合城市功能分区,在商业区、居住区等不同区域合理布置管网,商业区人流密集、排水量大,管网密度应适当提高;居住区则需兼顾排水与居民生活便利性。同时,要充分考虑与现有道路、河流等基础设施的衔接,避免交叉干扰。还要预留一定发展空间,适应城市未来扩展,确保管网布局能长期满足城市排水要求,提升整体排水效率,有效减少内涝风险。(2)管径与坡度设计。通过详细分析城市不同区域的降雨强度、汇水面积等因素,运用水力计算模型确定合适管径。在降雨频繁且强度大的区域,选用较大管径以保障排水能力;对于降雨相对较少区域,可适当减小管径以节约成本。坡度设计直接影响水流速度,坡度过小,水流缓慢,易造成淤积;坡度过大,会增加施工难度与成本。需根据管径、土壤性质等确定合理坡度,使水流既能快速排出,又不会对管网造成过大冲击。科学合理的管径与坡度设计是排水管网高效运行的关键。(3)管网材料选择。传统混凝土管价格较低、强度较高,但存在重量大、施工不便、易腐蚀等缺点。球墨铸铁管具有优良的强度、韧性和耐腐蚀性,能适应复杂地质条件,但成

本相对较高。塑料管如HDPE管,质量轻、安装便捷、耐化学腐蚀,不过其强度和刚度相对较弱。在选择时,要综合考虑工程预算、地质条件、使用环境等因素。对于地质条件复杂、腐蚀性强的区域,优先选用耐腐蚀性好的材料;在预算有限且地质条件较好的区域,可选择性价比高的材料,确保管网长期稳定运行。

3.2 雨水收集与利用系统设计

(1)雨水花园与绿地建设。其建设需依据场地地形、土壤渗透性等因素合理规划布局,一般设置在低洼地带,便于雨水汇集。通过选用适宜的本土植物,构建多层次的植物群落,植物根系能增强土壤的渗透性,促进雨水下渗,同时植物还能吸收部分雨水中的污染物,起到净化水质的作用。绿地建设方面,要提高绿地的滞蓄能力,采用下沉式绿地设计,使绿地低于周边地面,增加雨水滞留空间。此外,在绿地中设置植草沟,引导雨水有序流动,进一步减缓雨水径流速度,增加雨水下渗时间,有效减少地表径流,从源头上降低城市内涝发生的可能性。(2)雨水收集设施设计。常见的雨水收集设施有雨水桶、雨水池和雨水罐等。雨水桶适用于小规模雨水收集,可放置在建筑物屋檐下,收集屋顶雨水,用于浇灌花草等。雨水池和雨水罐则容量较大,可根据场地条件和用水需求进行定制设计。在设计时,要合理确定收集面积和收集效率,确保能收集到足够的雨水。同时,要做好防渗处理,防止雨水渗漏造成资源浪费。还要设置过滤装置,去除雨水中的杂质和污染物,保证收集雨水的质量,为后续的雨水利用提供优质水源。(3)雨水利用途径拓展。在景观用水方面,可将收集处理后的雨水用于城市公园、广场等景观水体的补充,营造优美的城市景观环境。在农业灌溉领域,对于城市周边地区的农田,可利用雨水进行灌溉,减少对地下水和市政供水的依赖。在工业生产中,一些对水质要求不高的生产环节,如冷却、冲洗等,也可使用雨水。此外,还可将雨水用于城市道路清洗、冲厕等市政杂用,降低城市对传统水资源的消耗。通过拓展雨水利用途径,不仅能缓解城市水资源短缺问题,还能减少城市排水压力,对城市内涝防治具有积极意义。

3.3 河道整治与防洪工程设计

(1)河道清淤与拓宽。长期水流冲刷及人类活动影响,河道内沉积大量泥沙、杂物,导致过水断面缩小,影响排水效率。通过专业清淤设备,如绞吸式挖泥船等,精准清除河道底部及边坡淤积物,恢复河道原有深度与宽度。河道拓宽需综合考量周边地形、用地规划等因素。在满足防洪要求前提下,合理拆除阻碍行洪的建

筑物,对狭窄河段进行拓宽。同时,注重与上下游河道的衔接,保证水流顺畅。清淤与拓宽后,河道过水能力显著提升,能有效排泄暴雨期间的大量雨水,降低城市内涝风险,保障城市安全度汛。(2)堤防与护岸工程建设。堤防是抵御洪水侵袭的重要屏障,其建设要严格依据防洪标准确定高度、宽度和坡度。采用优质土料分层压实填筑,确保堤身密实度,增强堤防的稳定性。护岸工程能防止河道水流对岸坡的冲刷侵蚀。根据不同河段的水流特性,选用合适的护岸形式,如浆砌石护岸,其结构坚固,能有效抵御水流冲击;生态护岸则采用植物与工程措施相结合的方式,既保护岸坡,又利于生态环境的恢复。堤防与护岸工程协同作用,形成完整的防洪体系,为城市提供可靠的防洪保护,减少洪水对城市的威胁。(3)防洪闸与泵站建设。防洪闸是控制河道水流的关键设施,在洪水来临前及时关闭,可阻挡洪水倒灌进入城市。其设计要确保启闭灵活、密封良好,根据河道水位和流量变化精准调控。泵站能在内涝发生时,将城市低洼地区的积水快速抽排至河道。根据排水需求和扬程要求,合理选择泵型和装机容量。同时,配备先进的自动化控制系统,实现泵站的智能运行和远程监控。防洪闸与泵站相互配合,防洪闸阻挡外部洪水,泵站排除内部积水,共同提升城市的防洪排涝能力,有效应对城市内涝和洪水灾害^[2]。

3.4 智慧排水与监测预警系统设计

(1)物联网技术应用。通过在排水管网、河道、泵站等关键位置部署各类传感器,如液位传感器、流量传感器、水质传感器等,实现对排水系统运行状态的实时感知和数据采集。这些传感器借助无线通信技术,将采集到的数据迅速、准确地传输至监控中心。同时,利用物联网的远程控制功能,可对排水设施进行远程操作,如根据液位情况自动启闭泵站水泵。物联网技术的应用打破了信息孤岛,使排水系统的各个环节紧密相连,为后续的数据分析和预警决策提供了丰富、及时的基础数据支持,提升了排水系统的智能化管理水平。(2)数据分析与决策支持。对物联网采集到的大量排水数据进行深度

挖掘和分析,运用统计学方法和数据建模技术,识别排水系统的运行规律和潜在问题。例如,通过分析历史降雨数据和排水流量数据,预测不同降雨强度下的排水需求,为排水设施的调度提供依据。基于数据分析结果,建立决策支持模型,当系统出现异常或面临内涝风险时,为管理人员提供科学合理的决策建议,如调整泵站运行参数、启动应急排水措施等,提高排水系统对内涝的效率和准确性。(3)监测预警系统构建。整合物联网采集的数据和数据分析结果,设定合理的预警阈值。当监测数据超过阈值时,系统立即发出预警信息,通过短信、APP推送、声光报警等多种方式,及时通知相关部门和人员。同时,预警系统要具备分级预警功能,根据内涝风险的严重程度,划分不同级别的预警,采取相应的应对措施。此外,监测预警系统还应与应急指挥系统无缝对接,实现预警信息与应急资源的快速调配和联动,为城市内涝的及时处置提供有力保障,最大限度减少内涝造成的损失^[3]。

结束语

城市内涝防治是保障城市安全、提升居民生活品质的关键任务,上述水利工程设计方案从排水管网优化、雨水收集利用、河道整治防洪到智慧排水监测预警,构建了全方位、多层次的防治体系。各环节紧密配合、协同发力,既注重传统工程措施的强化,又融入智慧化、生态化理念。通过这些方案的有效实施,可显著增强城市应对内涝的能力,降低内涝发生频率与损失。但城市内涝防治是一项长期且复杂的工程,未来还需持续优化方案,结合新技术、新需求不断完善,为城市的可持续发展筑牢坚实的水利根基。

参考文献

- [1]李至雄.我国城市内涝问题分析与对策建议[J].中国防汛抗旱,2021(25):177-178.
- [2]刘开同.城市内涝快速排除应急抢险技术与装备研究[J].中国防汛抗旱,2021(31):417-420.
- [3]海生虎.城市内涝的成因和防治措施[J].中国新技术新产品.2021年142-145.