

雨水收集利用系统在城市小区中的实践研究

叶晓阳

皖江工学院水利学院 安徽 马鞍山 243000

摘要: 在当今城市建设与发展的进程中,城市小区如雨后春笋般大量涌现。本文聚焦城市小区雨水收集利用系统展开实践研究。首先概述该系统的基本概念与意义,接着详细阐述其设计要点,涵盖雨水收集、输送、净化及存储等环节。随后通过实际案例分析系统的实践应用情况,最后探讨其发展趋势,包括技术创新向高效化与智能化升级、市场需求促使应用场景多元化、成本控制推动系统轻量化与模块化发展以及运营管理迈向标准化与精细化等方面,旨在为城市小区雨水资源的高效利用提供参考。

关键词: 雨水收集利用系统;城市小区;设计要点;实践应用;发展趋势

引言:随着城市化进程的加速,城市小区规模不断扩大,不透水地面面积急剧增加,导致雨水径流增大、城市内涝频发,同时水资源短缺问题也日益严峻。雨水作为一种宝贵的水资源,其收集利用对于缓解城市水资源压力、改善城市生态环境具有重要意义。城市小区作为城市的重要组成部分,实施雨水收集利用系统具有巨大的潜力和可行性。通过对城市小区雨水收集利用系统的研究与实践,不仅可以有效减少雨水径流对城市排水系统的压力,还能实现水资源的循环利用,促进城市的可持续发展。

1 城市小区雨水收集利用系统概述

在城市化快速推进的当下,城市小区作为居民生活的主要场所,其建设规模不断扩大。然而,大量硬质铺装的使用,如水泥路面、沥青道路和建筑屋顶等,使得雨水难以自然下渗,地表径流急剧增加。这不仅加重了城市排水系统的负担,导致内涝灾害频发,还造成了水资源的严重浪费。在此背景下,城市小区雨水收集利用系统应运而生,成为解决城市水资源问题与排水困境的有效途径。城市小区雨水收集利用系统是一套综合性的工程体系,它通过对小区内降雨进行有组织地收集、输送、净化和存储,将原本被白白排放的雨水转化为可利用的水资源。该系统具有多方面重要意义。从水资源利用角度看,收集的雨水经处理后可用于小区绿化灌溉、景观补水、道路冲洗等非饮用水用途,有效减少了对市政供水的依赖,提高了水资源的循环利用率。在生态环境方面,合理利用雨水补充地下水,改善小区微气候,增加空气湿度,为居民创造更舒适的生活环境^[1]。

2 城市小区雨水收集利用系统设计要点

2.1 雨水收集环节设计

雨水收集环节是城市小区雨水收集利用系统的源

头,其设计合理性直接影响后续环节的成效。首先,要精准确定收集范围。综合考虑小区地形地貌、建筑布局等因素,将屋顶、路面、广场等不透水区域纳入收集范围,确保能最大程度收集雨水。其次,合理规划收集方式。对于屋顶雨水,可通过设置雨水斗、天沟等,将雨水有序引导至落水管;路面和广场雨水则利用地势坡度,通过线形排水沟或雨水口进行收集。同时,要注意排水设施的间距和尺寸设计,保证排水顺畅,避免积水。再者,做好初期雨水弃流设计。初期雨水污染较重,设置弃流装置,如旋转式弃流器、容积式弃流井等,将初期雨水排入污水管网,减少后续净化处理的负担,提高收集雨水的质量,为整个雨水收集利用系统的稳定运行奠定基础。

2.2 雨水输送环节设计

雨水输送环节承担着将收集到的雨水从收集点安全、高效地输送至后续处理与存储设施的重要任务,其设计至关重要。在管道选型上,需依据小区的雨水流量、输送距离等因素综合考量。一般优先选用塑料管,如HDPE管,其具有耐腐蚀、内壁光滑、水力性能好等优点,能有效减少水头损失,提高输送效率。同时,要合理确定管道直径,通过水力计算,保证在最大设计流量下,管道内的流速既能防止泥沙沉积,又不会因流速过大造成管道冲蚀。管道布局方面,应遵循短捷、顺直的原则,尽量减少弯头、变径等局部阻力构件的使用,以降低能量损耗。此外,要设置合理的坡度,确保雨水能依靠重力自流输送。对于地势起伏较大的小区,可结合地形设置提升泵站,保障雨水顺利输送至指定地点,为后续的雨水净化和存储环节提供稳定的水源。

2.3 雨水净化环节设计

雨水净化环节是确保收集的雨水达到利用标准的关

键步骤,其设计需综合考虑雨水水质、处理目标及成本等因素。物理净化是基础手段。可设置格栅,拦截雨水中的较大颗粒杂质、树叶等漂浮物,防止其进入后续处理设施造成堵塞。同时,采用沉沙池,利用重力沉降原理,使雨水中的泥沙等颗粒物沉淀下来,进一步去除悬浮物,提高水质的清澈度。化学净化能针对性去除特定污染物。根据雨水中的污染物成分,可投加合适的化学药剂,如混凝剂,使水中的细小悬浮颗粒凝聚成较大颗粒,便于沉淀分离;对于含重金属离子的雨水,可添加螯合剂进行络合沉淀处理。生物净化则利用微生物的新陈代谢作用降解有机物。构建人工湿地或生物滤池,通过填料上附着的微生物群落,对雨水中的有机污染物、氮磷等营养物质进行分解和转化,使雨水水质得到深度净化,满足不同回用场景的水质要求。

2.4 雨水存储环节设计

雨水存储环节是城市小区雨水收集利用系统的重要组成部分,其设计关乎雨水能否得到有效储存与合理调配。存储设施的选型需因地制宜。常见的有钢筋混凝土水池,它结构坚固、使用寿命长,适用于对存储容量要求较大且场地条件允许的小区;塑料模块组合水池则具有施工便捷、可灵活组装、节省空间等优点,能根据小区实际需求调整存储规模;地下蓄水池可充分利用地下空间,减少对地面土地的占用,同时还能起到一定的调蓄作用,缓解城市内涝压力。在设计存储容量时,要综合考虑小区的雨水收集量、用水需求以及当地的降雨规律等因素。确保在降雨充沛时能储存足够的雨水,在干旱或用水高峰期满足小区的绿化灌溉、景观补水等用水需求。此外,还需设置溢流装置,当存储水量达到上限时,能及时将多余雨水排出,避免雨水倒灌损坏设施,保障存储环节的安全稳定运行^[2]。

3 城市小区雨水收集利用系统实践

皖江工学院水利学院在参与某城市小区雨水收集利用系统建设实践中,充分发挥专业优势,打造了一套高效可行的方案。项目针对小区屋面、路面等不透水区域,铺设雨水收集管道,在屋面檐沟设置过滤网,拦截大尺寸杂物,作为雨水处理首道工序。同时,采用雨水弃流装置,将初期污染较重的雨水排入污水管网。在存储环节,选用PP模块组合水池,其独特的拼装蜂窝结构,不仅施工便捷,还能灵活调整存储规模。为保障水质,水池配备反冲洗系统,利用收集的雨水定期对水池进行清洁。此外,系统设置电控柜,实时显示运行状态,实现泵的全自动保护,如过载、缺相、短路等故障时自动停机。项目运行后,收集的雨水经处理后用于小

区绿化灌溉、道路冲洗,有效减少了市政供水用量,缓解了城市排水压力。

4 城市小区雨水收集利用系统的发展趋势

4.1 技术创新向高效化、智能化升级

随着科技的不断进步,城市小区雨水收集利用系统正朝着高效化、智能化方向加速升级。(1)高效化体现在雨水收集与净化技术的革新上。新型雨水收集材料不断涌现,如具有高透水性和强吸附能力的透水砖,不仅能快速收集雨水,还能对雨水中的部分污染物进行初步吸附过滤,提高收集效率。在净化环节,高效复合滤料的研发应用,可针对雨水中的多种污染物进行深度净化,相比传统滤料,净化效果更显著,处理时间更短,大大提升了系统的整体净化效率。(2)智能化成为系统发展的重要趋势。借助物联网技术,可实现对雨水收集利用系统的实时监测与远程控制。通过在系统中安装各类传感器,如水位传感器、水质传感器等,能够实时获取雨水存储量、水质状况等关键数据,并将这些数据传输至管理平台。管理人员可通过手机或电脑随时查看系统运行状态,根据实际情况远程调整设备运行参数,实现智能化管理。(3)智能化还体现在系统的自动控制与优化调度方面。利用先进的算法和模型,系统可根据实时降雨数据、用水需求等信息,自动调整雨水收集、净化、存储和回用的流程,实现水资源的合理分配和高效利用。

4.2 市场需求驱动应用场景多元化

在市场需求的有力推动下,城市小区雨水收集利用系统的应用场景正呈现出多元化的发展趋势。(1)住宅小区自身对水资源循环利用的需求促使系统应用场景不断拓展。随着居民环保意识的增强,对小区生态环境质量的要求日益提高。雨水收集利用系统不仅能为小区绿化灌溉提供稳定的水源,减少对市政供水的依赖,降低物业用水成本,还能用于小区景观水体的补充和更新,维持景观水体的生态平衡,提升小区的整体美观度和居住舒适度,满足居民对高品质居住环境的追求。(2)海绵城市建设的需求为雨水收集利用系统开辟了新的应用场景。海绵城市建设强调城市像海绵一样,在适应环境变化和应对雨水带来的自然灾害等方面具有良好的弹性。城市小区作为海绵城市建设的基本单元,雨水收集利用系统成为实现小区海绵化改造的关键环节。(3)商业和公共建筑领域对雨水收集利用系统的需求也在逐渐增加。大型商场、写字楼、学校、医院等公共建筑,用水量大且对水质有一定要求。雨水收集利用系统可以为这些建筑的冲厕、空调冷却、道路冲洗等提供非饮用

水,降低运营成本,同时体现其环保和社会责任,提升建筑的社会形象和品牌价值,进一步推动了雨水收集利用系统应用场景的多元化发展。

4.3 成本控制推动系统轻量化、模块化发展

在市场竞争日益激烈以及项目预算约束增强的背景下,成本控制成为城市小区雨水收集利用系统发展的关键考量因素,有力推动了系统朝着轻量化、模块化方向发展。(1)轻量化设计有助于降低材料成本。传统的雨水收集利用系统在构建时,常使用大量厚重且价格较高的材料,如钢筋混凝土等,这不仅增加了材料采购费用,还提升了运输和施工成本。而轻量化设计采用新型轻质材料,如高强度塑料、复合材料等,这些材料在保证系统结构强度和功能的前提下,重量大幅减轻,材料用量显著减少,从而直接降低了材料采购成本。(2)模块化设计能够提高施工效率,降低施工成本。模块化设计将雨水收集利用系统拆分成多个标准化的模块,这些模块可在工厂进行批量生产和预组装,然后运输到施工现场进行快速拼接安装。与传统现场施工方式相比,模块化施工大大缩短了施工周期,减少了人工投入和施工设备的使用时间,降低了人工成本和设备租赁成本。(3)模块化设计便于系统的维护和升级。当系统某个模块出现故障或需要更新时,只需对相应模块进行更换或升级,无需对整个系统进行大规模改造,降低了维护成本和升级难度,提高了系统的经济性和可持续性,使得雨水收集利用系统在成本控制的要求下更具市场竞争力。

4.4 运营管理向标准化、精细化迈进

在城市小区雨水收集利用系统不断发展的进程中,运营管理正朝着标准化、精细化方向大步迈进,以保障系统高效、稳定、可持续运行。

4.4.1 标准化是运营管理的基础

制定统一、规范的运营管理标准和流程至关重要。从设备的日常巡检、维护保养,到水质监测、数据记录等各个环节,都需明确具体的操作规范和质量要求。制定水质监测的指标和方法,保证收集利用的雨水符合相应的水质标准。通过标准化管理,能够减少人为因素对

系统运行的影响,提高运营管理的质量和效率,使不同小区、不同地区的雨水收集利用系统都能实现规范、有序地运行。

4.4.2 精细化运营是提升系统效能的关键

借助先进的监测技术和信息化手段,对系统的运行数据进行实时采集和分析。通过对雨水收集量、用水量、水质变化等数据的深度挖掘,能够精准掌握系统的运行状况和用水需求规律。根据这些数据,可以优化系统的运行策略,如合理调整水泵的启停时间、控制水质的净化处理程度等,实现水资源的高效利用和能源的节约。

4.4.3 精细化还体现在对运营团队的培训和管理

加强对运营人员的专业培训,提高其业务水平和操作技能,使其能够熟练掌握系统的运行原理和操作规程。同时,建立完善的绩效考核机制,激励运营人员积极主动地开展工作,及时发现和解决问题,确保运营管理工作的精细化落实,推动城市小区雨水收集利用系统运营管理水平的不断提升^[3]。

结束语

雨水收集利用系统在城市小区的实践研究意义深远且成果显著。通过一系列实践探索,我们见证了该系统在缓解城市水资源短缺、减轻排水压力、改善小区生态环境等方面的积极作用。从技术创新到应用场景拓展,从成本控制到运营管理优化,每一步进展都为城市可持续发展提供了有力支撑。然而,实践中仍存在诸如公众认知不足、部分技术有待完善等问题。未来,需持续加强宣传推广,加大技术研发力度,不断完善系统设计与运营模式,让雨水收集利用系统在城市小区中发挥更大效能,为构建绿色、宜居、水润的城市环境贡献力量。

参考文献

- [1]郑灿锋.雨水收集利用系统在城市小区中的实践研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(04):56-58.
- [2]曾云峰,梁波,卢振有,莫峰.拌合场站雨水收集综合利用系统技术研究[J].大众科技,2023,25(07):41-44.
- [3]李岩.雨水收集利用系统在城市小区中的实践研究[J].中国住宅设施,2022(09):70-72.