

城市建筑中雨水回收系统的设计与优化研究

雷云贵

江西国亚建设有限公司, 江西南昌, 330000;

摘要: 城市化加速与水资源短缺的矛盾日益凸显, 城市建筑雨水回收成为缓解压力的重要手段。本文以城市建筑为研究对象, 探讨雨水回收系统的设计与优化问题。首先分析雨水回收的现实价值, 明确系统设计需兼顾功能与适配性的原则。接着围绕收集、处理、储存三大环节, 构建适配建筑特性的设计框架。针对系统运行中的效率与适配问题, 提出技术升级、流程优化与智能调控结合的策略。结合居住、公共、工业建筑的差异, 阐述差异化设计思路。研究可为雨水回收系统的科学落地提供支撑, 助力建筑水资源循环利用与城市水生态可持续发展, 对推动海绵城市建设具有实践意义。

关键词: 城市建筑; 雨水回收系统; 系统设计; 优化策略; 水资源循环

DOI: 10. 64216/3104-9664. 25. 02. 067

引言

城市化进程中, 硬质铺装增加导致雨水流失加剧, 内涝风险与水资源短缺问题并存。城市建筑是雨水产生的主要载体, 其雨水回收利用潜力被广泛关注。雨水回收系统可有效收集建筑区域雨水, 经处理后用于绿化、冲洗等, 既能减轻排水负荷, 又能补充非传统水源, 是海绵城市建设的重要内容。

1 城市建筑雨水回收系统的设计基础

1.1 设计依据与原则

城市建筑雨水回收系统的设计需以多重依据为支撑, 确保系统建设的科学性与合规性。在宏观层面, 要契合城市整体水资源规划与海绵城市建设目标, 使系统成为城市水生态体系的有机组成部分。在具体层面, 需结合建筑自身功能定位, 比如居住建筑与工业建筑的用水需求差异较大, 设计方向也应有所区别。同时, 当地降雨特征如降雨量、降雨时长、降雨强度分布等, 直接决定系统的设计规模与核心参数, 必须重点考量。设计过程中还需严格遵循相关技术标准与政策要求, 保障系统运行安全。核心原则方面, 功能性是基础, 需满足雨水收集、处理、利用的全流程需求; 适配性要求系统与建筑结构、布局及使用场景相协调, 避免对建筑原有功能造成干扰; 经济性原则强调平衡初期投资与长期运行成本, 通过合理选型降低运维开支; 生态性原则则要求系统运行过程中减少对周边水生态环境的破坏, 实现水资源利用与生态保护的双赢。

1.2 雨水特性与回收潜力

建筑雨水的特性受多种因素影响, 呈现出明显的差异性, 这是系统设计的重要前提。屋面材质是关键影响因素之一, 沥青屋面与金属屋面收集的雨水, 在悬浮物含量、化学物质成分等方面存在区别, 比如金属屋面可能因腐蚀产生特定污染物。周边环境也会对雨水水质造成影响, 位于工业区的建筑, 雨水可能携带更多工业粉尘, 而居住区内的雨水污染成分相对简单。降雨强度则关系到雨水冲刷能力, 高强度降雨会带走更多表面污染物, 导致雨水浊度升高。

1.3 设计边界与约束

系统设计的边界条件是确定系统布局与规模的直接限制因素, 需全面梳理。建筑可用空间大小是首要考虑的边界条件, 地下空间、楼顶平台等不同空间形式, 决定了储存设施与处理设备的安装方式, 比如地下空间充足时可采用大型蓄水池, 空间有限则需选择模块化设备。周边市政设施配套情况也至关重要, 若市政排水管网、再生水管网完善, 可实现系统与市政设施的联动互补, 提升水资源利用效率; 若配套不足, 则需强化系统的独立运行能力。业主用水需求包括用水类型、用水总量及用水时段等, 直接决定系统的出水用途与处理标准, 是系统的核心导向。

2 城市建筑雨水回收系统的核心设计环节

2.1 收集系统设计

建筑屋面是雨水收集的主要区域, 其形式直接影响收集方式, 坡屋面与平屋面的雨水流向不同, 需采用对应的收集布局。道路与绿地作为辅助收集区域, 应与屋面收集形成互补, 通过路面坡度设计引导雨水汇入集水

沟,同时利用绿地的渗透作用暂存部分雨水,减少径流损失。收集系统的组件设计是保障收集效率的关键。雨水斗作为雨水进入系统的首个节点,其选型需匹配屋面面积与降雨强度,安装位置应设置在屋面汇水最低点,确保排水通畅,避免雨水淤积。

2.2 处理系统设计

雨水处理系统的工艺选择需基于雨水水质特性与出水用途,实现针对性处理。不同出水用途对水质要求差异较大,用于绿化灌溉、道路冲洗的雨水,需去除悬浮物、部分有机物及有害微生物,可采用“沉淀+过滤+消毒”的组合工艺,该工艺成熟稳定,适用于多数建筑场景。用于景观补水的雨水,对水质透明度要求更高,可能需要在基础工艺上增加深度过滤环节。工艺确定后,参数设计需精准细致。沉淀池的停留时间直接影响悬浮物的沉降效果,停留时间过短会导致悬浮物去除不彻底,过长则会增加池体体积与建设成本,需根据雨水浊度合理设定。

2.3 储存与输配设计

雨水储存设施的设计需兼顾空间条件与使用需求,选择合适的类型与容积。地下蓄水池适用于建筑周边地下空间充足的场景,具有不占用地面空间、保温性好等优点,可通过混凝土浇筑或预制罐体建设,需做好防腐防渗处理。楼顶水箱则适用于地下空间有限的建筑,安装便捷,但容积相对较小,且受气温影响较大,冬季需采取防冻措施。储存设施的容积是核心参数,需根据雨水可回收量与用水需求综合计算,既要满足雨季雨水的储存需求,避免溢流损失,又要保障旱季用水的连续性,同时避免容积过大造成投资浪费。输配系统的设计需确保雨水高效、安全输送至用水点

3 城市建筑雨水回收系统的优化方向与技术路径

3.1 处理工艺优化

传统雨水处理工艺在实际应用中逐渐暴露出诸多不足,比如污染物去除效率有限、处理速度慢、对水质变化适应性差等,难以满足日益提高的水资源利用需求,因此工艺优化成为系统升级的核心方向。引入高效过滤材料是提升处理效能的重要手段,比如采用改性滤料、复合滤料等,这些材料具有更大的比表面积与更强的吸附能力,能够有效去除雨水中的悬浮物、有机物及重金属离子等污染物,提升出水水质。新型消毒技术的应用可解决传统消毒方式存在的消毒副产物多、消毒效果不

稳定等问题,比如紫外线消毒、臭氧消毒等,既能保证消毒效果,又能减少对环境的影响。采用模块化处理设备是优化的重要路径,模块化设计使各处理单元可灵活组合,根据雨水水质变化与出水用途调整工艺组合,提高系统的适应性。

3.2 运行智能优化

智能调控技术的应用为雨水回收系统的高效运行提供了新的解决方案,通过实现系统的自动化、智能化运行,大幅提升运行效率与稳定性。引入物联网技术与智能传感设备是基础,在雨水收集区域设置雨量传感器,实时监测降雨量与降雨强度;在储存设施内安装水位传感器、水质传感器,实时掌握储水量与水质变化;在用水点设置流量传感器,监测用水负荷。这些传感器将采集到的各类数据实时传输至智能控制系统,形成系统运行的实时数据库。智能控制系统根据预设算法对数据进行分析处理,实现系统运行的自动化调控。当降雨量达到设定阈值时,自动启动初期雨水弃流装置,排除污染严重的初期雨水;当储水量达到上限时,自动关闭收集系统,避免雨水溢流;当水质指标出现波动时,自动调整处理工艺参数,确保出水水质达标;根据用水负荷的变化,自动调节输配系统的供水压力与流量,实现供需平衡。

3.3 系统结构优化

在保证系统效能的前提下,通过系统结构优化降低建设与运行成本,是推动雨水回收系统普及的重要保障。系统组件选型优化是成本控制的关键环节,在满足技术要求的基础上,优先选用性价比高的国产化设备与材料,相比进口设备,国产化设备不仅价格更低,而且售后维护更便捷、成本更低。同时,避免过度追求高端设备,根据实际处理需求与水质标准选择合适的组件,实现效能与成本的平衡。系统整合优化是降低成本的重要路径,将雨水回收系统与建筑原有给排水系统进行合理整合,实现管网共享,比如在绿化灌溉区域,雨水输配管网可与市政给水管网形成互补,减少单独铺设管网的投资。

4 不同类型建筑雨水回收系统的设计与优化差异

4.1 居住建筑适配设计

居住建筑的使用特性决定了其雨水回收系统需以适配性与实用性为核心,满足居民生活环境的需求。居住小区的绿化面积通常较大,景观用水需求稳定,同时公共区域如道路、停车场的冲洗用水也有固定需求,因

此系统设计需重点保障这些用水场景的供给。在系统布局上,需注重隐蔽性,将储存设施、处理设备等设置在地下车库下方或小区绿地周边等隐蔽区域,避免对小区景观与居民活动空间造成影响。安全性是居住建筑系统设计的中中之重,处理后的雨水需确保符合相关卫生标准,避免对居民健康造成风险,同时系统的管网与设备需做好防护措施,防止儿童误触。运维便捷性也不容忽视,居住小区的物业运维团队专业能力有限,系统需设计成操作简单、维护方便的模式,减少运维难度与成本,比如采用免维护或低维护的设备,设置智能监控系统实现故障自动报警,便于及时处理问题。

4.2 公共建筑效能优化

公共建筑如办公楼、商场、学校等,具有屋面面积大、用水集中、用水时段相对固定等特点,其雨水回收系统设计需以提升效能为核心,最大化水资源利用价值。大屋面面积意味着雨水收集潜力大,系统设计应扩大收集规模,采用多区域同步收集的方式,提升雨水收集量。针对用水集中的特点,需提升处理系统的处理能力,采用高效、大流量的处理设备,确保处理后的雨水能够及时满足用水需求。公共建筑的用水类型多样,包括办公区冲洗、卫生间补水、绿化灌溉、空调冷却补水等,优化方向可采用雨洪与中水联用系统,将雨水回收系统与建筑中水系统结合,实现水资源的梯级利用,当雨水不足时由中水系统补充,当中水系统负荷过大时雨水系统可分担压力,提高水资源利用效率。

5 城市建筑雨水回收系统推广的保障措施

5.1 政策与标准保障

政策与标准体系的完善是推动城市建筑雨水回收系统广泛推广的重要保障,能够为系统建设提供明确的方向与规范。目前,部分地区已出台相关政策,但缺乏针对性与系统性,需进一步推动出台专门针对城市建筑雨水回收系统的政策文件。在政策中明确系统的建设要求,比如新建建筑需强制配套建设雨水回收系统,既有建筑在改造过程中应优先加装该系统。同时,制定激励措施,如对建设雨水回收系统的建筑给予财政补贴、税收减免,或在水资源费征收上给予优惠,提高建筑业主的建设积极性。技术标准与规范的完善同样重要,当前相关标准较为笼统,需细化不同类型建筑如居住、公共、工业建筑的系统设计、施工、验收等具体指标,明确雨水收集、处理、储存、输配等各环节的技术要求。

5.2 技术研发与转化

技术瓶颈是制约雨水回收系统效能提升与广泛推广的重要因素,因此强化技术研发与成果转化至关重要。当前,雨水回收系统在高效低成本处理技术、智能调控技术、节能技术等方面仍存在不足,需加大研发投入,集中力量突破这些核心技术瓶颈。鼓励科研机构、高校与企业开展合作,针对实际应用中的问题开展针对性研究,比如研发适合不同水质的高效处理药剂、开发更精准的智能控制系统算法等。建立产学研合作机制是促进技术成果转化的有效路径,通过科研机构与企业的深度合作,将实验室中的技术成果快速转化为实际应用的产品与技术,缩短转化周期。培育专业的技术服务团队,为建筑业主提供从系统设计、施工安装到运行维护的全流程技术服务,解决业主在系统建设与运维中的技术难题。

6 结论

城市建筑雨水回收系统是缓解水资源短缺、提升城市水生态韧性的重要支撑,其设计与优化研究具有鲜明的现实意义与应用价值。本文围绕系统设计与优化展开全面探讨,明确了系统设计需以城市规划、建筑特性、降雨特征为依据,遵循功能、适配、经济、生态四大核心原则。构建了以收集、处理、储存为核心的系统设计框架,针对各环节提出了具体的设计要点与参数要求。从处理工艺、智能运行、结构成本三个维度,提出了系统优化的技术路径,为提升系统效能与经济性提供了可行方案。结合居住、公共、工业建筑的差异,阐述了差异化的设计与优化思路,增强了研究的实践指导意义。

参考文献

- [1] 张晓彬. 雨水回收与利用在城市住宅建筑中的应用研究[J]. 建设科技, 2025, (08): 56-58.
- [2] 林勇兴. 基于海绵城市的建筑小区雨水设计应用探讨[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (09): 172-174.
- [3] 卢士清. 基于海绵城市理念的绿色建筑场地雨水设计解析[J]. 中国建筑金属结构, 2022, (09): 166-168.
- [4] 冯磊, 徐得潜. 建筑小区海绵城市建设中雨水系统设计方案优化研究[J]. 水土保持通报, 2021, 41(03): 193-199+217.
- [5] 唐雨佳. 城市公共建筑雨水利用系统的技术经济分析[J]. 砖瓦, 2020, (05): 169+171.