

城市建筑中雨水收集系统的设计与优化研究

王平

362325*****0012

摘要:城市化进程加快与水资源供需矛盾加剧,使城市建筑雨水收集系统成为缓解水资源压力的关键手段。本文以城市建筑为研究场景,重点分析雨水收集系统的设计逻辑与优化方向。梳理该系统在建筑领域的应用价值及发展现状后,发现当前设计存在适配性不足、效能发挥不充分等普遍问题。基于此,从系统构成、工艺选择、参数设定维度构建科学设计框架,结合建筑类型差异提出针对性设计要点。围绕能效提升、成本控制、运维便捷性目标,制定多维度优化策略。研究可为城市建筑雨水收集系统的规范化设计与高效运行提供理论支持,助力建筑水资源循环利用与城市生态可持续发展。

关键词:城市建筑;雨水收集系统;系统设计;优化策略;水资源循环

DOI: 10.64216/3104-9664.25.02.072

引言

城市建设用地扩张导致硬化路面与建筑屋顶面积增加,雨水径流系数上升,既加剧内涝风险,又造成雨水资源流失。城市人口增长与产业发展让水资源需求攀升,部分地区面临短缺与污染双重挑战。雨水作为清洁可再生资源,回收利用潜力突出。城市建筑是雨水生产的重要载体,构建高效雨水收集系统,可实现雨水就地消纳循环,减少市政供水依赖,同时降低径流对排水系统的压力,兼具多重效益。但当前许多建筑的雨水收集系统存在设计与功能脱节、工艺不合理等问题,制约价值发挥。因此,研究其设计与优化具有重要现实意义。

1 系统核心构成与功能定位

1.1 基础组成模块

城市建筑雨水收集系统的稳定运行依赖各基础模块的协同配合。集水单元是系统的起点,需优先选取建筑屋顶、露台等集水效率高的区域,同时做好预处理工作,避免落叶、杂物等进入后续环节。传输单元的核心是管网设计,要确保管网布局与建筑结构适配,同时兼顾水力特性,减少传输过程中的损耗。处理单元需根据雨水水质情况选择合适的净化工艺,保障出水质量符合使用要求。储存单元要精准计算容积,结合建筑空间特点进行整合,避免占用过多功能区域。回用单元则需明确用水场景,实现雨水资源的精准输送。各模块紧密衔接,才能保障雨水从收集到回用的全流程高效顺畅。

1.2 建筑类型功能差异

不同类型建筑的使用需求不同,雨水收集系统的功

能定位也存在显著差异。住宅建筑的用户群体固定,用水场景集中在生活杂用与庭院灌溉,系统设计需优先考虑经济性,选用成本可控的设备与工艺,同时注重低维护性,减少居民后续操作负担。公共建筑如办公楼、商场等,用水量大且场景多样,除基础回用外,还需满足景观用水、道路冲洗等需求,这就要求系统具备规模化处理能力与稳定的供水效果。工业建筑的雨水回用与生产工艺关联紧密,处理过程需针对工业区域的水质特点,强化特定污染物去除,确保回用雨水的安全性,实现功能与生产需求的匹配。

1.3 建筑协同适配原则

雨水收集系统并非独立存在,其设计需融入建筑规划初期阶段。在项目规划时,就要与建筑结构设计、给排水系统布局、景观方案设计等工作协同推进,避免后期改造带来的资源浪费。空间利用方面,储存设施可与建筑地下室、架空层等闲置空间结合,提高空间利用率。外观呈现上,集水斗、排水管等构件的样式、颜色需与建筑立面风格统一,保持建筑整体美观性。功能衔接上,要精准对接建筑内的用水节点,如卫生间、灌溉龙头等,确保系统供水与用水需求无缝衔接,避免出现功能冲突或资源闲置问题。

2 系统设计框架与要点

2.1 建筑特性集水方案

集水方案设计需充分结合建筑自身特性,屋顶材质是重要考量因素。混凝土屋顶坚固耐用,适合常规集水方式;金属屋顶易受腐蚀,需选用防腐蚀的集水构件;沥青屋顶可能存在有害物质析出,需加强初期雨水处理。

对于材质特殊或周边环境复杂的屋顶，要设置初期雨水弃流装置，排除污染较严重的初期雨水。建筑高度与布局也会影响集水效果，高层建筑需考虑雨水下落冲击力，合理设置缓冲装置；建筑群则要规划好集水区域划分，避免相互干扰。将绿色屋顶与雨水收集结合是近年来的常用方式，绿色植被可初步过滤雨水，提升后续处理效率，实现生态与实用的双重价值。

2.2 处理工艺选择逻辑

雨水处理工艺的选择需遵循差异化原则，核心依据是回用场景的水质要求。用于生活杂用如冲厕、拖地的雨水，需达到基本卫生标准，“沉淀+过滤+消毒”的组合工艺能有效去除杂质与微生物，满足使用需求。用于景观灌溉的雨水，对水质要求相对宽松，可采用物理过滤为主的简化工艺，降低处理成本。不同地域的雨水水质差异较大，工业区周边的雨水可能含有重金属等污染物，需在常规工艺基础上增加针对性去除环节；多雨地区雨水含沙量较高，要优化沉淀工艺参数，延长沉淀时间，确保处理后水质符合相应的回用标准。

2.3 储存回用参数设计

储存与回用系统的参数设计直接关系到系统效能。储存设施容积需通过水量平衡计算确定，需综合考虑当地降雨规律、建筑集水面积及实际用水需求。若容积过大，会造成空间浪费与建设成本增加；容积过小，则无法充分收集雨水，导致资源流失。回用系统的管网布局要结合建筑内用水点分布，缩短供水距离，减少能耗。采用变频供水设备可根据用水量变化自动调节供水压力，提升供水稳定性。同时，在关键节点设置水质监测装置，实时掌握出水水质，及时发现并处理问题，保障用水安全。

3 系统优化维度与策略

3.1 运行能效提升优化

提升系统运行能效是优化工作的重要方向，智能控制技术的应用是关键手段。通过在集水区安装雨量传感器，可实时监测降雨情况；在储水设施安装水位传感器，能精准掌握水位变化。这些数据可联动控制初期弃流装置与供水泵组，实现自动启停与调节，避免人工操作的滞后性与误判。管网水力设计的优化也不容忽视，通过合理选择管材、优化管径与弯头设计，减少管网阻力与水头损失，降低泵组运行负荷。选用低功率供水泵、太阳能驱动消毒装置等节能设备，可直接减少系统能耗，从多个维度提升能效水平。

3.2 经济成本效益优化

经济性优化需在保障系统性能的前提下，实现成本与效益的平衡。材料选择上，优先选用性价比高、耐久性强的环保材料，这类材料不仅初始采购成本合理，且后期磨损慢、维护费用低，能有效控制全生命周期成本。系统结构设计要力求简洁，减少复杂构件的使用，简化施工流程，降低施工难度与人工成本。合理规划回用场景是提升效益的核心，除基础杂用外，可拓展至景观补水、道路冲洗等更多领域，提高雨水利用率。利用率的提升能直接减少市政供水使用量，降低用水成本，同时减少污水排放，实现经济与环境效益的双赢。

3.3 运维便捷性优化

运维便捷性直接影响系统的长期稳定运行，模块化设计是有效的优化方式。将系统拆分为多个独立模块，每个模块功能明确，当某一模块出现故障时，可单独进行检修、更换，无需整体停机，降低运维对系统运行的影响。处理单元与储存单元的布置要便于操作，避开狭窄角落或隐蔽区域，同时预留足够的运维空间，方便工作人员进行设备检查与维护。排污系统的优化也很重要，通过合理设置排污口位置与口径，增强排污能力，减少沉淀物在系统内的堆积，降低清洁频次与难度，提升运维的便捷性与可行性。

4 设计制约因素与应对

4.1 建筑空间限制破解

高密度城市中，建筑空间紧张是雨水收集系统设计的主要制约因素之一。针对这一问题，推广小型化、集成化设备是有效途径，这类设备体积小、功能集中，能在有限空间内实现雨水处理与储存功能。充分利用建筑闲置空间是另一重要思路，建筑夹层、地下车库角落、设备机房周边等通常未被充分利用，将系统构件布置在这些区域，可避免占用主体功能空间。采用垂直式储存设施，如立式雨水储罐、地下深蓄水池等，能纵向拓展空间利用维度，在不增加地面占用面积的前提下，提升雨水储存能力，有效破解空间限制难题。

4.2 地域气候差异适配

我国地域辽阔，气候差异显著，这对雨水收集系统设计提出了不同要求。干旱少雨地区，降雨总量少且分布不均，系统设计需重点强化集水效率，可采用增大集水面积、选用高效集水构件等方式。储存设施要具备良好的防渗性能，减少雨水蒸发与渗漏损失。同时，结合再生水利用系统，构建“雨水+再生水”的多元供水模

式,保障水资源稳定供给。多雨洪涝地区,降雨集中且强度大,系统需兼顾收集与调蓄功能,优化排水路径设计,避免系统内积水。将雨水收集与建筑防涝结合,提升系统在暴雨天气下的抗风险能力,实现雨水资源利用与防灾减灾的双重目标。

4.3 政策标准缺失完善

政策标准缺失导致部分地区雨水收集系统设计缺乏依据,这是行业发展面临的共性问题。解决这一问题,需要地方政府与相关部门协同发力。结合地方建筑特点、水资源状况及气候条件,制定差异化的设计规范与技术导则,让设计工作有章可循。将雨水收集系统纳入建筑节能与绿色建筑评价体系,明确设计要求与考核指标,通过政策引导推动系统的普及应用。同时,建立完善的监督与验收机制,确保设计方案落地执行,保障系统建设质量。此外,加强行业交流与技术推广,分享先进经验与成熟技术,也能为标准完善提供支撑。

5 系统与城市水生态协同

5.1 与海绵城市融合

海绵城市建设的核心是实现雨水的自然渗透、储存与利用,城市建筑雨水收集系统是其重要组成部分。将建筑雨水收集系统作为海绵城市的微观单元,与城市层面的雨水管渠、调蓄水体、湿地公园等系统有效衔接,形成“建筑-社区-城市”三级雨水调控体系。建筑层面实现雨水就地收集与初步处理,社区层面整合区域内雨水资源进行集中调蓄,城市层面通过大型设施实现雨水的最终消纳与利用。这种多层次的调控模式,能有效减少城市雨水径流总量,降低内涝风险,助力海绵城市“渗、滞、蓄、净、用、排”目标的实现,提升城市水生态韧性。

5.2 强化水资源循环功能

雨水收集系统在城市水资源循环中占据重要节点位置,其功能强化对提升循环利用率至关重要。将处理后的雨水接入城市中水管网,可实现雨水与再生水的互补利用,根据用水需求进行梯级分配,如用于工业冷却、城市绿化等。结合城市污水处理系统,构建“雨水收集-处理回用-污水排放-处理再生”的完整循环链条,使水资源在不同场景中高效流转。通过这种循环模式,减少新鲜水资源的开采量,降低污水排放量,缓解城市水资源短缺压力,推动水资源利用从“开采-排放”的线性模式向循环模式转变。

5.3 普及建筑水生态理念

雨水收集系统的设计与推广,为建筑水生态理念的普及提供了良好契机。在系统设计中融入生态元素,是理念传播的有效方式。采用生态滤池、人工湿地等处理工艺,不仅能提升水质净化效果,还能为建筑增添生态景观,让人们直观感受水生态价值。打造雨水收集系统示范建筑,通过实际案例展示系统的经济效益与生态效益,增强建筑设计单位、开发商及公众对雨水利用的认知与认可。

6 结论

城市建筑雨水收集系统的设计与优化,是缓解水资源压力、提升城市生态韧性的重要举措。本文研究表明,该系统的设计需充分结合建筑特性,从构成模块、工艺选择、参数设定等方面构建科学框架,同时兼顾不同建筑类型的功能需求与协同适配原则。系统优化应围绕能效提升、成本控制、运维便捷性三个核心维度,采用智能技术、经济设计、模块化结构等具体策略。针对空间限制、气候差异、政策缺失等制约因素,需通过空间高效利用、地域适配调整、政策标准完善等思路破解。将系统与海绵城市建设、水资源循环相融合,普及建筑水生态理念,能进一步拓展其价值。

参考文献

- [1] 郭健捷. 民用建筑海绵城市中雨水调蓄设施及雨水收集系统的设计优化与效能评估 [C] // 中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会. 2025 人工智能与工程管理学术交流会论文集. 中国联合工程有限公司; , 2025: 322-323.
- [2] 耿莘惠, 刘羨鱼. 城市建筑雨水利用与管理研究 [C] // 中国建筑设计研究院有限公司, 中国建筑学会建筑给水排水研究分会, 上海熊猫机械(集团)有限公司, 北京大可文化会展服务有限责任公司. 第 16 届建筑给水排水大会论文集 (2024). 沈阳城市建设学院, 市政与环境工程学院; , 2024: 251-254.
- [3] 夏铭浩. 基于雨水利用的西安市商业综合体屋顶设计策略研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2024.
- [4] 步佳李, 易旻旻. 海绵城市中单体建筑全年雨水收集利用系统研究 [J]. 海河水利, 2023, (03): 57-60.
- [5] 邱建华. 绿色建筑中的雨水收集与循环利用策略: 实现可持续城市给排水发展 [C] // 广东省国科电力科学研究院. 第二届电力工程与技术学术交流会论文集. 闽西职业技术学院; , 2022: 267-273.