

住宅小区雨水回收利用系统实际运行效果调查

蔡树杰

深业泰富物流集团股份有限公司 广东 深圳 518000

【摘要】：针对广东地区住宅小区雨水回收利用系统的运行现状展开调查，旨在评估其实际效益及影响因素。研究内容围绕系统运行稳定性、雨水利用效率、水质保障情况、经济投入与维护管理效果展开分析。调查结果显示，雨水回收系统在削减雨季排水压力、补充绿化及冲厕用水方面具有明显作用，但不同小区间运行成效差异较大。影响系统效率的关键因素包括雨量季节分布、设备可靠性、物业管理水平及住户使用接受度。部分系统存在维护不足、设施老化和水质处理不到位等问题，导致实际利用率低于设计值。研究强调提升运营管理质量和优化系统配置的重要性，以增强雨水回收系统在广东地区的适应性和可持续性，为城市水资源管理提供参考。

【关键词】：雨水回收利用；住宅小区；运行效果；广东地区；水资源管理

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.087

引言

广东地区降水量充沛且季节分布不均，在快速城市化背景下，雨季内涝与枯季缺水并存的问题日益突出。住宅小区作为城市建设的重要组成部分，其雨水回收利用系统具备缓解城市排水压力、提升非常规水资源利用率的潜力。尽管相关设施在新建小区中逐渐普及，但实际运行效果常因管理水平、设备状况与居民使用习惯等因素而出现差异。开展雨水回收系统运行效果调查，有助于了解系统真实效能及存在的问题，并为优化设计与管理提供依据。本研究聚焦广东地区住宅小区，旨在评估系统运行表现、识别主要影响因素，并探讨提高其效益的策略，为区域水资源可持续利用提供支持。

1 住宅小区雨水系统运行格局的形成与特征

住宅小区雨水系统的运行格局在广东地区的形成与其独特的自然与城市化背景密切相关。该区域降水量大、季节差异显著，雨水资源丰富而波动性强，为雨水收集与回用提供了天然条件。随着城镇化水平不断提升，大量硬化地表导致雨季排水压力明显增加，雨水系统的建设逐渐从单纯排放向资源化利用转变。住宅小区作为城市建设的基本单元，承担着集水面积集中、用水需求多样、管理模式相对固定等特点，使雨水系统具备从规划、设计到运营管理的完整结构。系统构成一般包括屋面与地面集水设施、初期雨水弃流装置、调蓄设施、过滤与消毒处理单元以及分配回用管网，各组件共同形成雨水从收集到利用的闭合循环运行格局。

广东地区降雨集中于暖季，降雨强度大、短历时暴雨频发，促使雨水系统在设计与运行上呈现出以峰值削减和调蓄能力为主的特征。小区布局通常结合地形高差、绿地渗透能力及建筑结构配置集水路径，使系统能够在降雨高峰时段快速汇水并削减地表径流压力^[1]。运行格局中，调蓄池的作用尤为关键，其有效容积决定了系统在雨季的稳定性与连续性。与此同时，居民生活用水结构中绿化浇洒、道路冲洗、冲厕补水等非饮用

需求相对稳定，为雨水回用提供了明确的消纳端，使系统在运行过程中形成“高峰收集、平峰消纳”的循环方式。

在实际运行中，物业管理模式对系统运行格局产生显著影响。广东地区住宅小区多采用统一物业管理，运维工作由专业人员负责，有利于系统设备的例行巡检、过滤装置的维护以及水质保障措施的持续执行。这种管理方式形成了雨水系统运行的制度化特点，使其不依赖个人操作，而是依托标准化流程维持长期稳定性。小区居民用水行为与对回用水的接受程度也潜移默化地影响系统运行格局。当居民对回用水质量认可度提高，用水习惯逐渐稳定，雨水利用的调配更具可预测性，系统总体运行趋向高效和稳定。

2 运行实践中影响雨水利用成效的关键因素

雨水利用成效在实际运行过程中受到多重因素的综合影响，其中自然条件、设施性能、管理机制以及使用端需求的差异构成了影响系统效率的主要变量。广东地区降雨时空分布不均，雨季极端降雨频繁而枯季降雨偏少，雨量波动造成雨水供给与需求之间的匹配度不足。当降雨强度超过系统的瞬时处理能力时，弃流量增大，导致可收集雨水比例下降；而在降雨间歇期，调蓄池水量不足又会限制回用规模，这种供需动态差异直接影响系统的稳定利用率。

设施性能及结构配置对雨水回用质量和效率具有决定性作用。调蓄容积、过滤精度、消毒方式以及分配管网的完整性共同决定雨水处理和输送能力。若调蓄池有效容积偏小，无法在暴雨期间有效储存径流，会降低系统的峰值削减效果；若过滤装置拦截能力不足，初期雨水中悬浮物、颗粒物或有机物无法充分去除，就会增加后续处理负荷，甚至影响水质安全。此外，消毒措施执行不稳定或处理流程不连续，也会使回用水水质波动，引发居民对使用安全的顾虑，进而降低雨水利用的实际需求端响应。

运行管理水平是影响系统效能的关键因素之一。雨水系统

涉及集水、过滤、调蓄、消毒与分配等多环节，各部件的性能需要通过定期检修和维护来维持。若物业管理缺乏专业技术力量，运行记录不完整，设备损坏得不到及时修复，系统效率会随时间下降^[2]。滤网堵塞、泵站运行不稳定、消毒剂投加不准确等问题均会导致整个系统的处理能力下降。此外，水质监测若不规范，将难以及时识别系统运行中的隐患，影响雨水回用水量和水质可靠性。

使用端需求结构也会影响雨水利用的规模和效率。住宅小区中绿化灌溉、道路冲洗、景观补水和冲厕等非饮用需求具有季节性和波动性。当需求量偏低时，即使雨水储量充足，也难以全部转化为实际利用量；而需求高峰又可能超出系统供给能力，形成回用端与供给端的不平衡。此外，居民对回用水的心理接受度与使用习惯会影响回用水的实际消纳程度。若居民对雨水回用水质存在疑虑，可能减少使用频率，使系统利用率下降。

3 提升系统效能的路径与技术优化方向

提升住宅小区雨水系统的效能需要从技术体系、运行机制与需求配置三个方面协同推进，使系统能够在复杂降雨条件与多样化用水需求下保持稳定、高效的运转。针对广东地区降雨集中、峰值流量大的特点，可通过优化集水路径、扩大有效调蓄容积和强化初期雨水处理能力，提升系统在高强度降雨中的适应性。屋面与地面集水设施的布局可更加注重汇水效率，减少径流损失；调蓄池可采用可变容积设计或设置多级调蓄单元，以增强对暴雨径流的削峰与储存能力；初期弃流控制可与智能监测结合，实现按雨情动态调整弃流量，提高进入系统的雨水质量。

处理技术的优化是提升雨水回用水质与系统可靠性的核心环节。过滤单元可采用多级组合工艺，将粗颗粒拦截、精密过滤及生物滤层结合，提高对悬浮物和可溶性污染物的去除效率。消毒技术可结合紫外线与低剂量次氯酸处理，使处理过程更具稳定性并有效降低副产物风险。部分小区可借助物联网监控平台实现处理设备运行状态、水质变化及水量分配的实时监测，从而根据系统负荷动态调整处理流程。数字化手段的介入能够显著提高处理系统的运行稳定性，使管理者能够及时发现并排除潜在故障。

运行管理体系的优化同样影响系统整体效能。通过建立标准化维护流程、定期设备巡检制度与完善的水质监测体系，可确保各构件长期保持设计性能。物业管理团队可接受专业培训，使其具备识别设备异常、处理简单故障及调整运行方式的能力^[3]。针对调蓄池沉积物清理、过滤介质更换、泵站维护、消毒剂投加等关键环节形成规范化执行标准，有助于减少因管理不当导致的处理效率下降。此外，建立运行档案与数据记录系统，通过对雨量数据、用水量、水质变化及运行成本进行长

期积累，可为系统优化提供可靠依据。

在用水端配置方面，通过提高回用场景的多样性与稳定性，能够扩大雨水的实际消纳规模。小区可根据季节与日常需求变化，将雨水用于绿化灌溉、景观补水、道路冲洗及冲厕等多元化用途，并根据雨量与水质条件灵活调整供应策略。若与节水器具、智能灌溉系统联动，可实现按需分配，减少浪费，提高系统整体利用效率。增强居民对雨水回用的认知和接受度，也是提高系统效能的必要因素。通过宣传展示、社区参与活动等方式提升居民对回用水安全性与环保价值的理解，有助于稳定使用端需求，使系统运行更具连续性。

4 典型社区雨水利用成效的实践表现

典型社区的雨水利用实践往往能够清晰反映系统在真实运行条件下的效益表现与运作规律。在广东地区，一些建设较为完善的住宅小区通过科学布局集水设施、提升调蓄能力和加强运营管理，使雨水在高峰降雨期能够被有效截留和处理。在这些社区中，屋面径流与地表径流被有序导入调蓄池，通过过滤、沉淀和消毒等步骤实现水质稳定，回用水可用于绿化灌溉、道路冲洗和景观补水，由此显著降低了市政自来水消耗量。部分社区在雨季期间绿化用水可完全由雨水满足，减轻了高温季节供水紧张带来的压力，使雨水回用真正融入社区日常运行。

雨峰削减效果是另一项重要表现。典型小区的调蓄池在暴雨过程中承担了削峰和延时排放的功能，使短时强降雨形成的径流量明显降低，社区内部及周边路面的积水情况得到改善。系统稳定运行时，可实现雨峰削减率的显著提升，有助于缓解城市排水系统在极端天气下的负荷压力^[4]。社区景观水体在雨季也因雨水补给而保持水量稳定，形成良好生态循环，提升环境质量。部分采用生态化设计的小区还将雨水系统与植被、下凹绿地结合，使降雨转化为可见的生态景观效果，提高居民对雨水利用设施的认同度。

长期运行记录显示，系统维护到位的小区在水质稳定性和回用量上更具优势。部分物业团队通过智能监测设备实时掌握调蓄池水位、水质参数与设备运行状态，使回用水供应更加连续和可控，减少因设备故障或管理不当导致的中断问题。雨水利用对社区运营成本的影响也具有积极作用，绿化灌溉和公共清洁的用水支出得到明显降低，使资源节约效益逐渐显现。居民对回用水的认可度随着使用体验的积累而提升，形成良性互动，使系统的社会效益进一步扩大。从实践表现来看，典型社区的运行经验表明，技术配置合理、管理规范、需求端响应良好的雨水系统能够充分展现雨水资源化利用的综合效益。这些表现不仅体现在环境改善和资源节约上，也反映在系统长期稳定运行的能力上，为雨水利用在更大范围的推广提供现实支撑。

5 雨水资源化发展的趋势与未来方向

雨水资源化的发展趋势正向系统集成度更高、智能化水平更强与生态协同能力更完善的方向推进。住宅小区作为城市建设的基本单元,是雨水资源化应用的重要载体,未来的发展将呈现出更广泛的应用范围与更高的运行精细度。随着城市用水结构的变化与资源压力的加剧,雨水将不再被视为单一的补充水源,而是城市水循环体系的重要组成部分,在供水调节、排水压力缓解与生态环境改善方面发挥更综合的作用。系统设计理念将从传统的“蓄一用”模式向“源头减排—过程调控—综合利用”模式拓展,使雨水治理与利用成为统一体系。

技术发展方向将持续提升雨水处理的稳定性与智能化水平。未来小区雨水系统有望采用高效膜材料、自适应过滤与智能消毒技术,使水质保障更加稳定。依托物联网和大数据,系统可实现实时监测、自动调节与故障预警,并根据降雨预测进行提前调蓄,精准调控水量^[5]。关键参数的可视化管理将提高运维效率,模块化与小型化设备也将增强系统的适应性。生态化与景观化建设使雨水系统与社区环境深度融合,通过透水铺装、下沉式绿地与微型湿地,实现渗、滞、蓄、净、用的协同效应。部分社区未来可能形成循环式微型水生态系统,在提升

资源利用率的同时增强生态功能与环境品质。

政策引导与公众参与将成为推动雨水资源化未来发展的重要力量。随着规范体系的逐步完善,雨水系统的设计、施工、验收与运维将得到进一步标准化,引导行业形成更加成熟的发展模式。居民对雨水回用的接受度与参与度也将在未来发挥更大作用,社区治理结构中可能出现雨水管理的共同参与机制,使系统运行更加贴近实际需求。雨水资源化的未来方向指向技术优化、生态融合与管理多元化的综合发展,使其在城市可持续建设中承担更具战略性的角色,为构建韧性城市水系统奠定重要基础。

6 结语

雨水资源化在住宅小区的建设与运行中展现出重要价值,其效能受自然条件、技术配置、管理水平与需求结构等多重因素影响。通过优化系统设计、提升处理技术、强化运行管理与拓展回用场景,雨水利用能够实现更高的稳定性与综合效益。随着智能化与生态化理念的发展,雨水资源将在城市水循环体系中发挥更加关键的作用,为社区环境提升与水资源可持续利用提供长远支撑。

参考文献:

- [1] 余健豪,李能瑞,孟珊,等.住宅小区海绵城市雨水综合利用系统的研究[J].工程建设与设计,2024,(22):36-38.
- [2] 张举,程海峰,赵晓康.基于年径流总量控制率的雨水回收利用系统方案设计——以池州某住宅小区为例[J].安徽建筑,2019,26(10):86-89.
- [3] 刘国民.基于海绵城市理念小区雨水回收利用研究——以平安济南中央商务区某项目为例[J].住宅与房地产,2018,(36):202+245.
- [4] 乔劲松.基于海绵城市理念小区雨水回收利用研究[J].低碳世界,2017,(34):200-201.
- [5] 王晓军,刘焱.住宅小区雨水回收利用方法探讨[J].江苏建筑,2010,(04):98-101.