

# 绿色建筑施工中雨水收集利用系统的设计与安装技术解析

文 / 王国强 广州市白云工程咨询管理有限公司

邓 珊 广州理工学院

**摘要：**水资源短缺已成为全球性问题，在建筑领域，合理利用水资源是实现可持续发展的关键。雨水作为一种优质的淡水资源，通过收集利用系统可有效补充建筑用水，减少对市政供水的依赖。随着可持续发展理念的深入，绿色建筑成为建筑行业发展的必然趋势。雨水收集利用系统作为绿色建筑的重要组成部分，对于提高水资源利用效率、降低建筑能耗具有重要意义。本文详细解析了绿色建筑施工中雨水收集利用系统的设计与安装技术，旨在为推动绿色建筑发展提供技术支持。

**关键词：**绿色建筑；雨水收集利用系统；设计；安装技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.100

## 引言

在全球气候变暖与城市化快速推进的背景下，水资源供需矛盾已成为制约人类可持续发展的核心问题之一。建筑行业作为水资源消耗大户，传统供水模式不仅加剧了城市供水压力，更带来了雨水径流污染、地下水位下降等生态隐患。绿色建筑以“与自然共生”为导向，其雨水收集利用系统通过对天然降水的科学截留、净化与循环利用，既能够为建筑提供冲厕、灌溉、景观补水等非传统水源，又可通过减少地表径流缓解城市排水系统负荷。

### 一、雨水收集利用系统概述

#### （一）系统组成

##### 1. 雨水收集系统

主要由集雨面和雨水收集管道组成。集雨面，例如屋顶和地面，是用来收集雨水的。不同材料的集雨面在雨水收集效率和水质等方面存在一定差别。屋顶作为一种常用的集雨面需要综合考虑屋顶的坡度和材料，以保证雨水能够顺畅地汇聚在收集管道中。雨水收集管道担负着向储存设施内传输集雨面雨水的任务，其管径，材料，排列方式都会影响雨水收集的效果。

##### 2. 雨水储存系统

通常使用雨水蓄水池和水箱。根据建筑规模，雨水收集量和使用要求选择适宜的储存设施种类和能力。蓄水池可以为钢筋混凝土结构和塑料材质，蓄水池的结构强度和防渗性能都需要达到设计要求。水箱因其易于安装和较小的占地面积而受到青睐，经常被用于小型建筑中的雨水储藏。

##### 3. 雨水处理系统

它由沉淀，过滤，消毒和其他处理环节组成。沉淀能除去雨水中的大颗粒杂质是由沉淀池来完成的。过滤更进一步除去细小颗粒，悬浮物和其他物质，通常使用的过滤介质是石英砂和活性炭。消毒是利用消毒剂例如二氧化氯和紫外线对雨水中细菌，病毒和其他微生物进行杀灭，以保证处理过的雨水符合使用规范。

#### （二）系统工作原理

雨水收集利用系统的工作流程主要包括雨水收集、处理、存储、分配及排放几个环节，具体如下：（1）雨水收集：屋面雨水、地面雨水和绿地雨水为主要收集

来源。不同来源的雨水汇聚后，首先进入初期雨水弃流过滤环节。此环节会将降雨初期携带较多污染物的雨水分离出来，通过弃流管道排至市政排水管网，避免污染后续系统。（2）雨水处理与存储：经过初期弃流过滤后的雨水，流入雨水收集池。在收集过程中，若遇暴雨等极端情况，收集池内多余的雨水会通过溢流管道排入市政排水管网，确保系统安全。雨水在收集池暂存后，依次进行深度过滤和紫外线消毒处理。深度过滤去除水中残留的悬浮物、胶体等杂质，紫外线消毒则杀灭水中细菌、病毒等微生物，使雨水达到回用标准。（3）雨水分配与排放。处理后的雨水被输送至各个用水点，用于绿化用水、冲洗车辆、冲洗路面、水景补水、空调冷却补水和冲厕用水等。整个系统通过远程智能控制，可实时监测和调控各个环节的运行状态，如根据水位高低控制雨水收集池的进出水，依据水质情况调整处理设备参数等，以保障系统高效、稳定运行，实现雨水资源的合理利用和科学管理。（如图1）

### 二、雨水收集利用系统的设计要点

#### （一）收集区域确定

根据建筑物布局及作用确定雨水收集区域。通常由屋顶，地面和其他组成。以屋顶为主的收集区域面积大、雨水比较干净。对平屋顶来说可以完全用作收集面；对于坡屋顶，我们需要考虑其坡度和排水的方向，并合理地划分其收集区。地面收集区域主要是针对建筑周围的硬化地面，例如停车场、人行道等，通过合理设置排水坡度和雨水口，引导雨水流入收集系统。在某些大型商业综合体或者工业厂区内，也需要考虑到不同功能区域雨水的特性，如工业厂房区域雨水中可能存在特殊污染物等，需分别进行采集和加工，以免影响后续的净化工艺。

#### （二）收集量计算

准确计算雨水收集量是系统设计的关键。收集量受降雨量、收集区域面积、径流系数等因素影响。计算公式为： $V = \psi \times A \times H \times 10^{-3}$ ，其中 $V$ 为雨水收集量（ $m^3$ ）， $\psi$ 为径流系数（不同材质地面径流系数不同，如屋面一般为0.85-0.95，混凝土路面为0.8-0.9）， $A$ 为收集区域面积（ $m^2$ ）， $H$ 为降雨量（ $mm$ ）。设计时需参考当地多年平均降雨量数据，并结合建筑用水需求，确定合理的收集量。除了常规数据，还应考虑气候变化对降雨量

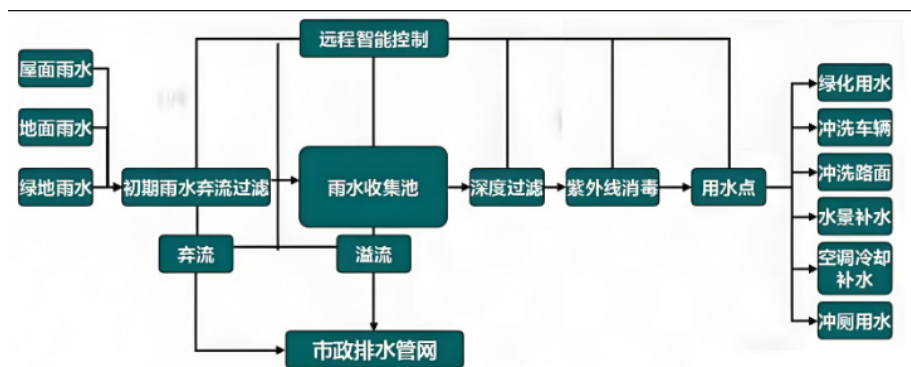


图1 雨水收集利用系统工作原理

的长期影响。随着全球气候变暖，极端降雨事件增多，在设计时要适当增加对极端降雨情况下收集量的考量，通过概率分析等方法，预留一定的冗余收集能力，以应对突发的强降雨天气，确保系统在各种气候条件下都能稳定运行。

### （三）收集方式选择

#### 1. 屋顶雨水收集

重力式收集系统常用于屋顶雨水的收集，它利用屋面排水坡度让雨水靠重力进入雨水斗内，然后经过雨水管道送到收集设施中。虹吸式雨水收集系统是基于虹吸原理设计的，当降雨刚开始时，雨水会通过雨水斗流入管道，而随着降雨量的逐渐增加，管道内部会出现虹吸现象，从而实现雨水的快速和高效收集。虹吸式系统在大型屋面上的应用可以减少雨水管道的数量及管径。正在兴起的智能屋顶雨水收集系统已开始使用，该系统利用传感器对降雨量及屋面雨水积水状况进行实时监控，并对雨水斗开度及流量进行自动调整，本实用新型实现雨水精准高效收集，进一步提升收集效率以及系统智能化程度。

#### 2. 地面雨水收集

地面雨水收集的方式有雨水口，雨水检查井，雨水管渠等。雨水口设置于地面较低的位置，用于对地面径流雨水进行收集。利用雨水检查井将雨水口与雨水管渠相连通，方便管道的检修与清洗。管渠的设计需要综合考虑排水能力、坡度等因素，以保证雨水能够顺畅地进入收集池。以海绵城市理念为驱动，将地面雨水收集和下沉式绿地及雨水花园作为生态设施。下沉式绿地能自然净化调蓄雨水、减缓雨水径流速度、加大雨水下渗量、减少地表积水、在美化环境的前提下改善城市生态景观效果。雨水花园通过种植对水有耐受性的植物，不仅进一步净化了雨水，还为城市创造了独特的景观空间，从而增强了城市的生态活力。

### （四）存储设施设计

#### 1. 存储池类型

雨水存储池又可以分为钢筋混凝土池，塑料模块池，玻璃钢池。钢筋混凝土池强度大，经久耐用，适合大规模的雨水收集工程，但其建设周期较长，造价昂贵。塑料模块池是由若干个模块拼装而成的，其优点是建造容易，占地少，可以根据需要灵活搭配使用，使用范围比较广。玻璃钢池具有良好的耐腐蚀性，但是价格比较昂贵。

现在，一些创新的复合材料存储池正在进行研究和应用，例如使用高强度的纤维增强复合材料，这种材料既轻便又高强度，并且具有抗腐蚀的特性，并且可以根据建筑造型定制化设计以更好的融入建筑的整体风格。与此同时，装配式存储池技术的持续发展极大地缩短了施工周期并提高施工效率。

#### 2. 存储池容积确定

存储池容积需综合考虑雨水收集量、建筑用水需求和回用率等因素。一般采用容积系数法确定，即  $V_{池} = \alpha \times V_{收}$ ，其中  $V_{池}$  为存储池容积 ( $m^3$ )， $\alpha$  为容积系数（一般取 1.1-1.3）， $V_{收}$  为雨水收集量 ( $m^3$ )。同时，要考虑存储池的溢流设计，防止暴雨时雨水溢出造成危害。在存储池设计中引入物联网技术，通过液位传感器、流量传感器等设备实时监测存储池的水位和进出水量，结合建筑用水需求预测模型，实现对存储池水位的精准控制。当水位接近溢流阈值时，自动启动应急排水措施，如开启备用排水管道或启动排水泵，确保存储池安全运行。

### 三、雨水收集利用系统的安装技术要点

#### （一）管道安装

##### 1. 管材选择

雨水收集系统的管道可以选择 HDPE 管，UPVC 管和钢管。HDPE 管由于其耐腐蚀性，柔韧性和易于施工的特点而被更多地用于雨水收集系统。UPVC 管的价格比较便宜，但是强度比较弱。钢管具有较高强度，但容易腐蚀，需要防腐。选用管材时应考虑系统的压力，水质和使用寿命。伴随着材料科学的进步，新型管材层出不穷，例如纳米抗菌管材等，将纳米抗菌材料加入到管材的制作中，可以有效地抑制管材内部细菌的繁殖，本实用新型降低了水质的二次污染，尤其是对于水质有很高要求的雨水收集系统。

##### 2. 管道连接

HDPE 管的连接方法主要包括热熔连接、电熔连接以及机械连接。热熔连接是针对管径较细的管材，采用加热管材接口的方式将管材熔化后进行连接。电熔连接是通过管件内部电热丝进行加热，从而实现管材与管件之间的可靠连接。卡箍等机械连接，便于安装，适合大管径管道或者需频繁拆装的地方。将自动化连接设备引入到管道连接工艺中，并采用先进焊接工艺及质量检测技术保证连接质量稳定可靠。以自动化热熔焊接设备为例，该设备能够对加热温度及时间进行准确控制，并对

焊接过程参数进行实时监控,利用智能算法对焊接质量进行评判,显着提升焊接效率及质量。

### 3. 管道敷设

管道敷设要按照建筑布局及设计要求,尽可能减少弯头及无谓的波动。室外铺设时应注意管线的埋深,通常应低至局部冰冻线,以防管线冻裂。管道在通过建筑物的基础或者墙体的时候需要安装套管进行防水密封。管道铺设时,使用定向钻和顶管等非开挖施工技术可以减小对周围环境的影响和降低施工成本,特别适合城市建成区及其他空间有限地区雨水管道铺设。同时,利用地理信息系统(GIS)技术对管道敷设路径进行规划和管理,可直观展示管道位置、走向和埋深等信息,便于施工管理和后期维护。

## (二) 存储池安装

### 1. 基础施工

存储池的基础要依据地质条件,池体结构等因素来设计。对钢筋混凝土池需要浇筑混凝土基础以保证其承载力及稳定性。塑料模块池及玻璃钢池通常用砂基础进行处理,地基要平整,打牢,砂层的厚度要满足设计要求。基础施工方面,采用地基处理新工艺如深层搅拌桩,CFG桩加固软弱地基,增强地基承载力并确保存储池地基稳定。同时利用智能化监测设备,在基础施工期间实时监测沉降和位移情况,适时调整施工工艺以保证基础施工质量。

### 2. 池体组装与安装

塑料模块池的安装,首先将底层模块按设计尺寸敷设于地基上,再层层拼装,各模块间采用连接件进行固定。装配好的池体外用土工布包好以防泥沙流入。玻璃钢池通常都是整体或者分片预制而成,在现场拼接安装时,应在拼接处做密封处理以保证池体不漏水。在池体的组装和安装阶段,我们采用了模块化和标准化的设计思路,以提升池体组装的准确性和工作效率。比如利用预制化塑料模块通过标准化连接件进行快速装配,缩短了现场工期,降低了劳动强度。同时将无损检测技术运用到池体拼接缝,密封处,保证池体密封性及整体质量。

## (三) 设备安装

### 1. 雨水弃流设备安装

雨水弃流设备宜设置于雨水管道开始端的位置,以方便弃流前期雨水。弃流装置安装应保证其启闭灵活,传感器设置位置精确,能够对降雨量,流量及其他参数进行适时监控。雨水弃流设备的安装时,利用智能化的安装调试技术将弃流设备通过无线通信模块接入控制系统进行远程监控调试。同时,通过运用虚拟现实(VR)和增强现实(AR)的技术手段,对安装团队进行了专业培训,以提升安装过程的准确度和工作效率,并确保废弃设备能够稳定运行。

### 2. 过滤设备安装

过滤设备的安装应按设备说明书执行。格栅和滤网等装置要安装稳固,拆装清洗方便。砂滤器在安装时应注意滤料装填的高度及均匀性以保证过滤效果。过滤设备进、出口管道衔接应得当,以防水流短路。在安装过滤设备的过程中,我们采用了智能运维系统,该系统能够通过传感器实时监控设备的各种运行参数,例如压差和流量等,并根据这些数据分析来预测设备的清洗和维护周期,事先安

排好维护工作,确保过滤设备高效平稳运行。

### 3. 消毒设备安装

消毒设备的安装地点要方便操作与维修,例如紫外线消毒设备要安装于水流平稳且光线遮挡较好的地方。消毒设备电源接线应满足电气安全规范要求,保证设备正常工作。在消毒设备的安装上,利用智能化控制技术根据雨水流量及水质的变化对消毒剂的用量进行自动调整,从而达到精准消毒的目的。同时实时监控消毒设备运行状态以保证消毒效果合格和回用水水质安全。

## (四) 系统调试与验收

### 1. 系统调试

系统安装好了就要调试了。先测试管道系统通水情况,查看管道有无渗漏,排水通畅情况。再调试雨水弃流,过滤和消毒装置,并调节装置参数以满足设计要求。在调试期间,应监控雨水水质,以保证处理过的雨水达到回用标准。系统调试时,采用大数据分析 with 智能算法相结合的方法来分析调试数据,并对系统的运行参数进行了优化。如通过对系统在不同降雨情况下的运行数据分析,对雨水弃流,过滤,消毒等设备运行参数进行调节,以实现各工况下系统的最优运行。

### 2. 系统验收

系统验收由工程质量验收与性能验收两部分组成。工程质量验收的重点是检验管道安装,设备安装,存储池施工是否满足设计及规范要求。并对其进行了性能验收,检验了系统雨水收集量,水质处理效果和设备运行稳定性,经验收合格后才能投入运行。系统验收时引入了第三方检测机构并利用先进的检测设备与手段对该系统的性能指标进行综合测试。同时建立了系统验收档案并对验收中出现的数据及存在的问题进行了详细描述,可作为系统后续维护与更新的参考依据。

## 结语

总之,绿色建筑施工雨水收集利用系统设计安装技术,对建筑水资源高效利用具有重要意义。通过对收集区域的合理设计,收集量的精确计算,选择适宜的收集方式,存储设施及净化处理工艺等措施,严格执行安装技术要点,能够保证雨水收集利用系统高效、稳定地运行,从而为绿色建筑提供强有力的支撑,推动建筑行业持续发展。伴随着科学技术的进步,雨水收集与利用系统的设计理念,技术应用以及设备性能都会不断得到创新与改进,从而更好的适应绿色建筑的发展要求,助力于全球水资源问题的解决。

## 参考文献

- [1] 李云舟. 广西地区绿色建筑的雨水收集利用技术研究. 广西壮族自治区, 广西壮族自治区建筑科学研究设计院, 2018-06-04.
- [2] 叶少帆. 绿色建筑中雨水收集回用技术存在问题及解决对策[J]. 给水排水, 2017, 53(07): 92-95.
- [3] 何慧婷. 绿色建筑雨水处理与回用技术以河源博物馆雨水收集利用设计为例[J]. 中华建设, 2016, (06): 126-127.
- [4] 王强, 张伟. 能源管理系统中的节能技术研究与实践[J]. 电力系统自动化, 2024, 48(2): 73-78.