

城市绿地雨水滞蓄系统对排水能力的提升作用研究

保应谷¹ 李皓君^{2*}

1. 弥勒市园林局 云南 红河哈尼族彝族自治州 651400
2. 云南省设计院集团有限公司 云南 昆明 650032

摘要：城市化建设进程中硬质铺装覆盖面持续扩大，降水产流问题加剧，常规排水模式难以适配复杂降水工况，地表积水已然成为影响区域环境的常见问题。本文以多层级绿地雨水滞蓄体系为研究对象，梳理系统基础结构与运行特征，剖析不同圈层的雨水处理机理，总结该体系在径流调控方面的优化作用，挖掘绿色空间辅助排水的潜在价值，为城市积水治理提供生态化参考方向。

关键词：城市绿地；雨水滞蓄系统；排水能力

引言：传统市政排水模式多依托管道设施完成积水疏导，这类刚性排水方式存在运行局限性，面对高强度降水时极易出现排水过载的现象。依托生态化手段调控雨水径流逐步成为城市治水的主流方向，城市绿地凭借特殊的分层结构，具备天然的雨水收纳与调蓄潜质。剖析绿地滞蓄结构运行方式与排水增益逻辑，能够健全生态排水领域研究体系，助力平衡城市降水与积水疏导之间的矛盾关系。

1 城市绿地雨水滞蓄系统概述

1.1 系统基础组成结构

城市绿地内部适配雨水调蓄管控的滞蓄体系，依托绿地原有空间架构搭建多层级的雨水收纳与疏导载体，整体架构可划分为表层植被层（厚度约0.3-0.5m）、中层土壤过滤层（厚度约0.6-1.0m）以及底层排水储水层（厚

度约0.4-0.8m）三个核心部分。植被层作为直面雨水冲刷的首要结构，依靠多样化绿植植株与地表植被群落，阻滞雨水径流行进速度，弱化雨水直接冲击地面带来的积水隐患，部分绿植还可通过自身生理特性吸收蓄积少量雨水。土壤过滤层承担水分渗透与净化的核心职能，不同孔隙占比的土质结构能够分层接纳表层下渗的雨水，借助土壤颗粒缝隙完成水分暂存，同时过滤雨水中混杂的固态杂质。底层结构包含专用蓄水基质与导流基础构件，主要承接上层渗透的多余水分，完成水资源的静态储存与定向疏导。三层结构相互配合、层层联动，依托物理层面的蓄水、渗水、阻水相关功能，完成雨水资源的分层管控，以此完善绿地自身的雨水承载能力，为区域内积水消解提供基础支撑。各层级的具体参数与功能如表1所示。

表1 城市绿地雨水滞蓄系统基础组成、参数与功能表

结构层级	设计厚度	核心组成	主要功能
表层植被层	0.3-0.5m	多样化绿植植株、地表植被群落	阻滞径流速度，弱化地面冲击，少量吸收雨水
中层土壤过滤层	0.6-1.0m	不同孔隙占比的土质结构	承担水分渗透与净化，暂存水分，过滤固态杂质
底层排水储水层	0.4-0.8m	专用蓄水基质、导流基础构件	承接上层多余水分，完成静态储存与定向疏导

1.2 系统运行基本特征

城市绿地配套的雨水滞蓄体系依托自然水循环的内在规律完成全套运转流程，依靠植被、土壤、蓄水底层构件之间的联动配合，完成雨水径流的接纳、渗透、储存与缓释全流程处理。系统整体运行具备动态化调节的特质，径流在地表积聚的不同阶段，各层级结构会自主切换运行状态，适配雨水径流量与渗透节奏的变化，

以此适配复杂的积水环境。整个运转过程以自然势能作为基础支撑，依托场地原始地势条件完成径流导流，无需借助外部机械结构即可完成水分疏导与存储作业，运行模式具备生态化与自主化的优势。表层植被结构能够削弱径流流动势能，延缓地表积水汇集速度，土质圈层依托自身孔隙结构完成水分储存与深层下渗，底层构件可缓释冗余积水，逐步消解地表多余径流^[1]。运转全过程以生态平衡为底层逻辑，依托绿地原生生态结构优化地表径流分配模式，平衡地表积水分布状态，逐步完善场地内部水循环体系，以此夯实绿地空间径流调控的基础条件。

通讯作者：李皓君，1990年7月29日出生，2015年毕业于复旦大学，现就职于云南省设计院集团有限公司。主要从事生态环境工程设计与咨询相关工作。

1.3 系统核心功能定位

结合绿地生态空间的结构特性与地表径流形成机理,雨水滞蓄系统在整个空间中拥有多层次的功能属性,核心围绕径流调控与生态养护两大方向完成功能布局。系统首要功能聚焦地表径流的调控优化,通过内部结构的协同作用,弱化积水聚集带来的负面影响,延缓雨水径流汇集节奏,缓解常规排水载体的运行负荷,从源头改善区域内积水堆积的状况。水质净化也是该系统不可或缺的功能板块,雨水流经植被与土层结构的过程中,各类杂质物质会被逐层拦截吸附,降低径流内杂质富集程度,减少有害物质对地表生态环境的负面影响。系统还可实现雨水资源的良性留存,被结构内部储存的水分能够补给浅层土壤,维系绿地植被生长所需的基础湿度环境,稳固绿地生态结构的完整性。多重功能相互交融渗透,重新梳理场地内雨水的分布形式,完善绿地空间的生态承载属性,帮助区域生态环境形成更为稳定的水循环状态,进一步挖掘绿色空间在径流管控层面的潜在价值。

2 绿地雨水滞蓄系统排水作用机理

2.1 植被层雨水截留阻滞机理

绿地范围内各类草本与木本植物构成的植被圈层,是雨水接触滞蓄系统的第一道生态屏障,可从径流源头落实雨水管控,削弱强降水环境下地表积水蔓延的可能性。植被层对雨水的管控模式分为表层截留与地表阻滞两类形式,二者相互配合,直接影响地表径流的形成与扩散过程。植物冠部枝叶可以承接直接降落的雨水,一般可截留单次降水量的15%~30%,水分会依附于植物表层组织结构完成短暂留存,直至达到植被承载上限后,多余水分缓慢向地面滑落,延缓雨水汇入地表径流的节奏。贴近地面的匍匐植被与底层枯草群落,能够增大地表径流流动阻力,削弱径流自身流动势能,减缓积水汇集速度。植被根系在浅层土壤内部交织分布,疏松表层土质结构,提升雨水下渗效率,减少积水长期滞留地表的情况。不同品类绿植生长形态与组织结构存在差异,截留阻滞效能各不相同,多元化植被搭配能够丰富截留路径,完善径流管控模式^[2]。植被圈层凭借自身生理结构处理雨水,依托原生态调控模式缩减地表径流量,减轻下层土壤蓄水压力,从源头优化场地整体排水基础条件。

2.2 土壤层雨水入渗疏导机理

经过植被层截留处理后的残余雨水,逐步落至地表并向土层内部渗透,土壤介质成为滞蓄系统承接雨水的核心圈层,直接决定区域雨水下渗与疏导整体效率。土壤层内部遍布复杂孔隙结构,孔隙可划分为毛细孔隙与非毛细孔隙,不同孔隙对水分的处理方式差异显著。毛

细孔隙能够吸附浅层下渗的雨水,将水分长久留存于土层内部,补给土壤基质含水量,维持绿地土层基础湿度状态。非毛细孔隙用于搭建纵横双向的水分输送通道,推动表层雨水深度下渗,多余积水可借助侧向疏导,分散局部区域积聚的径流压力。植被根系在土层中生长延伸,持续重塑土壤内部结构,消解土质板结负面影响,扩充孔隙占比范围,使土壤入渗率提升约20%~40%,优化水分渗透条件。土壤圈层处置雨水分为阶段性入渗与静态储水两个阶段,表层雨水优先填补浅层孔隙,饱和后剩余水分持续向深层迁移。完整入渗疏导流程可疏散地表滞留积水,消解植被层无法处理的富余径流,依托土壤物理属性完成雨水二次分配,完善绿地滞蓄系统排水运行体系。

2.3 地下储水层雨水滞留缓释机理

深层土壤下方布设的地下储水结构,承接上层土壤层完成渗透输送的雨水,作为整套滞蓄系统的末端组成部分,承担积水收纳与滞后释放的核心职能。上层土层饱和后产生的富余水分会持续向下迁移,逐步汇入地下储水层内部,弥补表层与中层结构雨水处理能力存在的短板。储水层由透水基材与专用蓄水基底组合构成,内部具备充足的密闭空间,能够长时间收纳海量富余雨水,以此缓解短时间内径流集中下渗带来的排水压力。该结构运行逻辑区别于表层入渗模式,不以快速疏导积水为核心目标,侧重对富余雨水进行长期性滞留储存。降水活动结束且地表径流完全消退后,储水层会自主开启缓释模式,通常在24~72小时内将储存的水分反向输送至上层土壤结构。缓慢释放的水分可以补充深层土壤含水量,完善土层内部水循环体系,平衡整体结构的湿度状态^[3]。滞留与缓释两种运行状态相互交替,形成完整的末端水循环模式,补齐植被层与土壤层在雨水调蓄中的短板,完善多层级一体化的径流调控体系,全面提升绿地整体对于极端积水环境的适配能力。

3 系统对城市排水能力的具体提升表现

3.1 降低地表径流总量

传统硬化场面对降水天气时,雨水无法向地下渗透,绝大部分水分会直接转化为地表径流,径流系数通常在0.8~0.9之间,极易造成积水堆积,加重区域排水负荷。绿地雨水滞蓄系统能够从径流源头改变雨水分配形式,拆分降水转化路径,有效缩减地表径流生成规模。整套体系依托多层级结构属性,对降落至绿地范围内的雨水进行多元化处置,一部分水分会被表层植被结构吸附留存,满足植物生理代谢所需。其余雨水会顺着植被间隙渗入中下层级结构,经由土壤孔隙完成渗透储存,富余积水最终汇入地下储水结构进行收纳存放。水分渗

透、滞留与植被吸收的处置模式,分流原本聚集于地表的雨水资源,减少参与地表流动的水分占比。地表径流体量的缩减,可以弱化降水阶段内积水汇集速度,缓解常规排水结构运行压力,规避短时间内径流堆积引发的各类积水问题^[4]。径流总量的优化属于滞蓄系统基础提升形式,依托生态化处理模式重塑降水分配结构,优化场地原始产流机制,为径流管控与排水减负筑牢基础,从本源层面优化区域排水运行状态。

3.2 延后径流峰值出现时间

常规硬化地面环境下,降水产生的积水会快速汇集并在短时间内抵达径流峰值,集中涌出的径流会超出基础排水结构的承载上限,造成排水通道超负荷运转。绿地雨水滞蓄系统可以依托多层结构的滞蓄特性,打乱径流同步聚集的状态,推迟峰值节点的到来并拆分径流集中释放节奏。植被层能够减缓表层雨水流动速率,延长降水地表滞留时长,延缓积水向排水通道汇聚的进程。渗入土壤层的雨水不会直接转化为地表径流,会被孔隙结构逐层吸纳,拉长水分下参与传导周期。未能被土层完全容纳的多余水分会转入地下储水层,依靠缓释机制缓慢释放,避免大量积水在同一时间段集中外排。滞蓄结构对雨水的截留、储存与缓慢疏导,能够分散径流集中程度,使径流峰值通常延后30-90分钟,弱化积水集聚带来的排水压力。峰值延后能够给予排水结构充足缓冲空间,让排水单元逐步消化积聚径流,化解瞬时排水量过高引发的排水失效问题。这类优化效果能够与径流总量控制相互配合,从产流时长与产流量两个维度完善排水条件,优化场地径流演化规律,提升排水体系整体运行稳定性。

3.3 削减径流峰值流量

降水过程中瞬时形成的高强度径流,是诱发场地排水过载、地表积水蔓延的主要诱因,径流峰值高低直观反映区域排水负荷紧张程度。绿地雨水滞蓄系统可依托自身多层级生态结构,分解瞬时积聚的雨水径流,削弱

峰值阶段径流流动强度,改善排水体系整体运行状态。植被层能够直接阻滞表层雨水快速汇集,分散径流聚集脉络,减少同一时段内汇入排水通道的雨水体量。渗透至土壤层内部的水分会被孔隙结构存储,截断部分向下游输送的浅层径流,抑制峰值阶段积水快速扩增。超出土层容纳上限的水分会被地下储水结构收纳,通过缓释机制分散径流输出节奏,弱化峰值阶段的径流冲击强度。滞蓄体系通过截留、入渗、储水等运作方式,拆分集中化径流产出模式,可使径流峰值流量削减25%-50%,压低径流曲线峰值强度,弱化瞬时径流对排水结构的负荷冲击^[5]。对峰值流量的有效管控能够缓解排水通道短时运行压力,规避超负荷运行引发的积水淤积问题,和延迟峰值时间的功能相辅相成,从时间与流量维度优化产流过程,强化绿地对极端降水工况的适配能力。

结束语:未来,可结合不同区域场地特质,针对性优化雨水滞蓄系统各层级结构配比,适配差异化的降水环境与排水需求。深度挖掘城市绿地生态调蓄潜能,将生态滞蓄结构和传统排水模式深度结合,互补两种排水方式的优点。持续完善多层级径流调控方案,逐步优化场地产流、汇流相关特性,以此缓解城市积水频发的现状,推动生态化排水模式在城市治水工作中实现常态化应用。

参考文献:

- [1]张海娥,潘国翠,谢东丽.基于海绵城市理念的城市绿地系统空间规划设计[J].建设科技,2025(8):19-21.
- [2]何仙芝,鲁钰雯,翟国方.洪涝威胁下城市建成区海绵化改造研究进展[J].给水排水,2024,60(S2):395-401.
- [3]刘晖,张晓彤,杨莹,等.基于水绿空间共位的西北城市绿地生态设计方法研究[J].园林,2025,42(06):14-23+73.
- [4]张卉蕾,王媛媛,李菁,等.城市绿地雨水滞蓄系统对排水能力的提升作用研究[J].漫科学(下旬刊),2025(11):4-6.
- [5]霍惠玉,赵云云.城市绿地滞蓄效能探析[J].河北水利,2024(5):42-43+32.