

工业园区雨水管网初期雨水截流措施对面源污染削减效果探讨

石欣天

中煤科工集团杭州研究院有限公司 浙江 杭州 310000

【摘要】：工业园区因其独特的生产活动和高密度的建筑布局，导致雨水径流中的污染物浓度较高。初期雨水截流作为控制面源污染的重要技术，通过对雨水中的污染物进行有效拦截，能够减少污染物进入水体。本研究分析了不同雨水截流措施在工业园区中的应用效果，探讨了雨水管网系统的设计优化及其与截流设施的协同作用。研究表明，合理的管网布局和多层次截流设施的结合，可以显著提高污染削减效果，优化水资源利用。本文为园区雨水管理提供了理论依据和技术支持，推动了绿色可持续发展的实践。

【关键词】：雨水管网；初期雨水截流；面源污染；污染削减；工业园区

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.031

引言

工业园区因其高密度的建筑和复杂的地面铺设，容易导致大量雨水径流，特别是初期雨水，含有较高浓度的污染物。初期雨水截流技术作为一种有效的污染控制手段，已被广泛应用于城市污水处理系统中。该技术通过在降水初期阶段拦截雨水，减少污染物进入水体，是缓解面源污染的重要措施。当前在工业园区的实际应用中，不同雨水管网设计和截流方式的效果仍存在较大差异。因此，研究并优化这些截流措施，对于减少园区内外的水污染负荷具有重要意义。

1 初期雨水截流的概念与技术应用

1.1 初期雨水截流的定义与分类

初期雨水截流指的是在降水初期阶段通过技术手段拦截并处理雨水中的污染物，避免污染物随雨水流入水体。初期雨水通常含有较高的污染物浓度，特别是重金属、油脂、垃圾及有机物等，这些物质主要来源于地面沉积物。在雨水首次降临时，这些污染物会随着雨水一起进入管网系统，因此初期截流成为减少面源污染的关键措施。根据截流的方式和效果，初期雨水截流可以分为物理截流、化学截流和生物截流三类，每种方式具有不同的适用场景和技术特点。物理截流通常通过沉淀池、过滤器等设施完成；化学截流则依靠吸附、沉降等反应去除有害物质；生物截流则利用植物和微生物的自然降解作用减少污染。

1.2 常见的雨水截流技术分析

目前，常用的雨水截流技术主要包括沉淀池、滤水池、湿地系统和蓄水池等。沉淀池通过重力分离作用有效去除水中的大颗粒污染物，尤其适合处理初期雨水中的沉积物^[1]。滤水池则利用滤料过滤水中的悬浮颗粒，能够提高水质。湿地系统是一种通过植物根系吸收和微生物降解去除水中污染物的自然处理方式，不仅能削减污染，还具有生态修复的作用。蓄水池则通过暂时存储初期雨水，等待水质改善后再排放或利用，具有调节雨水流量的功能。每种技术都有其适用的条件，通常通

过组合多种技术来提高截流效果，确保在不同降水条件下都能达到理想的污染削减效果。

1.3 初期雨水截流在工业园区中的应用

工业园区由于高密度的建筑和工业活动，雨水径流中的污染物含量较高，尤其在降水的初期阶段更为明显。初期雨水截流技术在园区的应用显得尤为重要。通过设计合理的雨水管网和截流设施，可以有效减少污染物对水环境的负面影响。在实际应用中，工业园区常采用沉淀池和滤水池等技术相结合的方式来处理初期雨水。沉淀池可用于去除雨水中的较大颗粒物，而滤水池则能有效去除悬浮物和细小颗粒。随着园区对环境保护要求的提高，湿地系统和蓄水池也逐渐得到应用，作为补充技术不仅可以处理污染物，还能发挥生态修复作用，提升雨水资源的综合利用效率。这些措施的组合应用，能够最大程度减少工业园区面源污染，达到环境保护与资源利用的双重目标。

2 面源污染的形成与影响

2.1 面源污染的定义与特征

面源污染指的是雨水径流在流经地面时，带走并带入水体的各种污染物。这些污染物通常来源于城市或工业区域的地面，如道路、停车场、建筑物屋顶等。与点源污染不同，面源污染不集中于单一地点，而是分散在整个流域范围内。其特征主要表现为污染物种类繁多，浓度不稳定，且随降水量和流域特点变化较大。常见的面源污染物包括悬浮物、重金属、油脂、有机物、养分等，尤其在降水初期，污染物浓度较高，且对水体的影响较大。

2.2 工业园区面源污染的主要成分

在工业园区，面源污染的成分更为复杂，主要源于工业生产过程中的排放、交通运输、建筑施工以及生活废水等。常见的污染物包括油污、重金属（如铅、锌、铜）、化学废料、废弃物以及有机化合物等^[2]。油污通常来源于机械设备、车辆等的泄漏和排放，重金属则多来自工业加工和冶炼过程。随着雨水径流的带走，这些污染物进入水体，导致水质恶化。园区内

不同类型的污染源交织在一起,使得面源污染的成分更加多样化、复杂。

2.3 面源污染对环境的潜在危害

面源污染对环境的潜在危害不容忽视。雨水径流带来的悬浮物会加剧水体的浑浊,影响水生生物的生存环境。重金属和有机物的积累会对水质造成长期污染,可能导致水体富营养化,甚至形成水华现象,破坏生态系统的平衡。油脂等污染物会影响水中溶解氧的含量,抑制水生植物的光合作用,影响水体自净能力。污染物进入水源地后,还可能威胁到饮用水安全,进一步加剧生态环境的恶化。

3 雨水管网系统的设计与优化

3.1 雨水管网的基本构成与功能

雨水管网系统通常由收水设施、输水管道、排水系统和截流设施组成。收水设施主要包括雨水口井、汇水池等,用于收集雨水径流并引导其进入管网系统。输水管道是整个管网系统的核心部分,负责将收集到的雨水从源头输送至处理设施或排水口。排水系统则确保处理后的水能够安全排放到自然水体或用于再利用。雨水管网还需要配备截流设施,以拦截雨水中的污染物,防止污染物直接进入排水系统。这些组成部分相互配合,确保雨水能够及时有效地排放,并在必要时进行适当的污染处理,从而达到环境保护和资源利用的目标。

3.2 如何根据园区特点优化管网设计

在工业园区,雨水管网的设计需要充分考虑园区的地形、建筑布局和生产特点。地形因素决定了雨水流向和排放路径,设计时需确保管网能够高效排水,避免积水或水浸现象^[3]。建筑布局影响雨水流量的分布,合理的管网设计应根据不同区域的建筑密度和排水需求,进行差异化设计。同时,园区的生产活动可能导致高污染雨水的产生,管网设计应考虑与截流设施的结合,避免污染雨水直接进入排水系统。根据不同降水量和雨水类型,合理设置截流池、沉淀池和储水设施,实现水量控制和水质改善的双重目标。综合考虑这些因素,能够提高管网的整体效率和适应性。

3.3 雨水管网与截流设施的协同作用

雨水管网和截流设施在整个雨水管理系统中互为补充,协同作用至关重要。管网系统负责雨水的收集、输送和排放,而截流设施则在初期降水阶段起到至关重要的污染物拦截作用。截流设施通过沉淀、过滤或化学反应等手段去除雨水中的悬浮物、油脂和重金属等污染物,从而提高雨水质量。在管网设计中,截流设施应根据不同降水条件和园区特点合理布置,以实现最佳的污染削减效果。当管网与截流设施相结合时,能够确保污染源在流入排水系统之前得到有效处理,减少面源污染的风险,保护周边水体免受污染。适时的调控和优化这些设施的运行,还能提高整个系统的可持续性,进一步增强其应对极

端气候的能力。

4 初期雨水截流措施的污染削减效果评估

4.1 截流措施对污染物的去除效果

初期雨水截流措施的主要功能是减少雨水径流中污染物的浓度,尤其是有害物质,如重金属、油污、营养物质和悬浮物。常见的截流措施,如沉淀池、滤水池和湿地系统,通过物理、化学和生物过程,有效去除水中的固体颗粒和溶解物质。沉淀池通过重力分离去除大颗粒污染物,滤水池则依赖滤料捕捉小颗粒和悬浮物。而湿地系统则能通过植物的吸收和微生物的降解作用,去除水中的氮、磷等营养盐。不同的截流措施对污染物的去除效果存在差异,在实际应用中,通常结合多种截流方式,以实现更高的污染削减效率。有效的截流措施能够大幅度降低水体中的污染负荷,确保雨水的水质符合环境保护要求。

4.2 影响污染削减效果的主要因素

污染削减效果受多种因素影响,包括截流设施的设计、雨水流量和流速、污染物的种类与浓度、以及设施的维护状况。截流设施的容量和结构直接决定了其处理效率,较小的设施可能在暴雨时无法有效拦截大量污染物。雨水流量和流速也会影响污染物的带走能力,快速流动的雨水往往携带更多污染物^[4]。污染物种类不同,其去除难度也有所不同,油脂和重金属通常更难被截留或降解。定期的设施检查和维护也至关重要,若截流设施长时间未清理或发生堵塞,其处理效果将大大下降。综合考虑这些因素,优化截流设施的设计与运行,对于提高污染削减效果至关重要。

4.3 不同截流措施的优缺点对比

不同截流措施各有优缺点,选择合适的技术需根据园区特点和降水情况决定。沉淀池是最常见的物理截流方式,能够有效去除大颗粒污染物,但对于溶解性污染物的去除效果有限。滤水池则能去除较小的悬浮物和颗粒,效率较高,但需定期更换滤料,且初期投资较大。湿地系统作为一种自然型处理方式,能够同时去除多种污染物,并具有较好的生态修复功能,但其占地面积较大,需要适当的空间来实现最佳效果。蓄水池能够有效储存初期雨水并延缓排放,在污染高峰期发挥作用,但它不能直接去除污染物,因此需要结合其他处理设施一起使用。每种截流措施在实际应用中需综合考虑技术成本、维护要求和环境适应性,以实现最佳的污染削减效果。

5 优化工业园区雨水管理策略的建议

5.1 结合园区特点的雨水管理策略

工业园区的雨水管理策略应根据园区的实际情况进行优化。需要对园区内的地形、建筑布局以及生产过程进行详细的分析,以确定不同区域的降水流量、污染物浓度和排水需求。

对于排水能力较弱的区域,应优先设计较大的收水系统,并配备适当的雨水截流设施,确保雨水迅速排放并减少积水现象。生产密集区域应考虑设置专门的雨水处理设施,以应对高污染雨水的截流需求。通过合理的管网布局,确保不同区域的雨水能够被及时、有效地收集和处理。园区内的绿化带和开阔地带可以被纳入雨水渗透设计,利用这些区域自然渗透雨水,减少对管网系统的依赖。合理设置这些设施不仅能够有效提高园区的雨水管理水平,还能增强园区的生态功能,改善整体环境质量。

5.2 多层次雨水截流设施的设计方案

多层次雨水截流设施的设计方案应根据不同的降水特点和污染物类型进行合理配置。一个有效的设计通常包括预处理、主处理和后处理三个阶段。预处理设施如沉淀池、拦污栅和初期截流池,主要负责去除雨水中的大颗粒污染物和沉积物。主处理阶段可以采用湿地系统、滤水池或生物过滤系统等技术,进一步去除细小颗粒、油污和有机污染物^[5]。在后处理阶段,可以通过使用吸附剂、活性炭过滤或化学沉淀反应,去除水中的溶解污染物,如重金属和溶解性有机物。各类设施应根据园区的实际需求进行合理的组合,确保每一层次的设施都能发挥最大效能,充分减少雨水中的污染物。多层次的设计方案不仅能够处理各种类型的污染,还能够有效降低单一处理设施可能带来的负担,增加整个系统的处理能力和稳定性。

参考文献:

- [1] 陈新拓,余佳,袁一斌,吉瑞博,彭竹葳.城市雨水管网冲刷效应与截流控制分析[J].给水排水,2025,51(3):111-117+123.
- [2] 施焯锋.基于 SWMM 的初期雨水截流效率[J].净水技术,2020,39(S02):121-125+141.
- [3] 赵海霞,顾斌杰,李欣,王蒙.基于文献计量的城市面源污染研究态势分析与展望[J].环境污染与防治,2024,46(10):1485-1492.
- [4] 周国华,张蓓,王刚,李萌萌,陈亮.中新天津生态城青坨子雨水泵站泵池及雨水管网臭味源分析[J].环境工程,2021,39(4):30-35+127.
- [5] 张青文,余健,李天兵.雨水管道沉积物污染初期冲刷效应及初期雨水量研究[J].给水排水,2020,46(7):119-124.

5.3 综合性雨水管理模式的应用探讨

在工业园区中,采用综合性雨水管理模式是提高雨水管理效率的有效途径。综合性雨水管理不仅限于单一的截流设施,而是将雨水收集、处理、利用和排放融为一体,通过系统化设计实现整体优化。该模式的核心是根据园区的实际情况,选择多种雨水处理方式,如雨水渗透、雨水回收再利用和雨水生态修复等,形成一套完整的雨水管理体系。在此基础上,通过智能化管网和实时监控系統对雨水流量和污染物浓度进行监控,及时调整处理方案,以应对不同降水条件下的变化。园区可以根据具体的生产需求,实施雨水回用系统,将处理后的雨水用于园区的冷却、绿化灌溉等非饮用用途,从而节约水资源,减少对外部水源的依赖。综合性管理模式还包括通过绿色基础设施(如透水铺装、绿色屋顶、雨水花园等)来增加雨水渗透和存储能力,减轻传统雨水管网的压力,进一步提升园区的可持续发展能力。

6 结语

雨水管理在工业园区中的优化至关重要,初期雨水截流措施有效减少了面源污染,改善了水环境质量。通过合理设计和多层次的截流技术,可以在保障园区功能的同时,最大程度降低雨水带来的污染负荷,推动园区的绿色可持续发展。未来,随着技术的进步,雨水管理系统将在更广泛的应用中发挥更大效能,推动生态城市建设。