

工业园区雨水排水系统的合理设计

刘 越

浙江省省直建筑设计院有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：本文聚焦工业园区雨水排水系统设计。首先分析雨水源头污染特征，明确污染来源、物质形态与瞬时性特点。接着阐述核心设计要点，涵盖源头减排与污染拦截、排水管网防控、初期雨水收集处理。随后探讨水力稳定性设计，包括径流系数与排水量计算、管网水力参数优化、溢流与排水出口设计。最后强调维护与清理设计，涉及设施维护通道、沉积物清理、监测与预警。旨在为工业园区雨水排水系统设计提供全面、专业的参考。

关键词：工业园区；雨水排水系统；源头污染；设计

引言：工业园区作为产业发展的重要载体，其雨水排水系统的科学设计与有效运行，对区域生态环境保护至关重要。工业生产活动使得园区雨水源头污染具有显著的行业关联性与复杂性，涵盖生产区物料散落、作业区油污泄漏、辅助设施化学污染等多种类型，且污染物形态多样，包括悬浮颗粒物、溶解性污染物和油类物质等。同时，雨水径流污染还具有瞬时性特点，初期雨水污染尤为突出。在此背景下，构建一套科学合理、针对性强的雨水排水系统，实现源头减排、过程拦截、末端处理与有效维护，成为保障园区雨水达标排放、维护区域生态平衡的关键所在。

1 工业园区雨水源头污染特征分析

工业园区雨水源头污染的形成与工业生产活动密切相关，其污染特征具有显著的行业关联性与复杂性，明确污染特征是开展针对性设计的前提。从污染来源来看，主要包括生产区物料散落污染、作业区油污泄漏污染、辅助设施化学污染三类。生产区在物料装卸、堆放、加工过程中，易产生粉尘、颗粒物及少量化学物料散落，遇雨水冲刷后进入径流系统；机械加工、仓储物流等区域的设备润滑、油品储存环节，可能出现油污泄漏，油污在地表形成浮层，雨水径流时会携带油污形成油污水；实验室、辅助车间等区域的化学药剂储存与使用过程中，少量药剂残留或泄漏物，会在雨水浸泡下溶解进入径流，形成化学性污染。从污染物形态来看，源头污染以悬浮颗粒物、溶解性污染物、油类物质为主，其中悬浮颗粒物易在径流中迁移，油类物质则易漂浮于水面，两者均难以通过自然沉降彻底去除，若直接进入排水系统，易造成管道堵塞、末端排放污染。此外，工业园区雨水径流污染还具有瞬时性特点，降雨初期的径流污染物浓度远高于后期，初期雨水成为污染防控的关键环节^[1]。

2 工业园区雨水排水系统核心设计要点

2.1 源头减排与污染拦截设计

源头减排与污染拦截是规避雨水径流污染的第一道防线，设计核心在于减少污染物进入雨水径流系统。针对工业园区不同功能分区的污染特征，需采取差异化的源头防控措施。在生产物料堆放区、装卸区，应设置针对性的雨水导流与拦截设施，在区域周边布置截水沟，引导雨水先经过拦截沟进行初步沉淀，去除径流中的大颗粒物料杂质；同时，在物料堆放场上方设置防雨罩，减少雨水直接冲刷物料，从源头减少污染物产生。对于机械加工、油品使用等易产生油污污染的区域，应在地面设置防渗涂层，并在区域出口处设置隔油型雨水口，雨水口内部增设可拆卸式隔油网与集油槽，利用重力分离原理拦截径流中的油类物质，定期对隔油设施进行清理维护，确保拦截效果。在化学药剂储存区周边，应设置围堰与集水坑，降雨时若发生药剂泄漏，可通过围堰阻挡污染雨水扩散，由集水坑收集后进行后续处理，避免污染雨水进入主排水系统。此外，在园区内合理布置绿色植被带，利用植被根系的截留与吸附作用，减少地表径流流速，提高雨水下渗量，同时截留部分悬浮污染物，实现源头减排。

2.2 排水管网的污染防控设计

排水管网是雨水传输的核心环节，管网设计的合理性直接影响径流污染的扩散风险。在管网布局上，应采用分流制排水系统，严格区分雨水管网与污水管网，避免工业污水混入雨水管网，同时防止受污染雨水倒灌进入污水系统，确保两类管网独立运行。针对工业园区雨水径流中含有较多悬浮颗粒物的特点，雨水管网的管径选择应适当加大，管道坡度设置需满足水流速度要求，避免颗粒物在管道内沉积造成堵塞，同时减少沉积物二次冲刷产生的污染。在管网节点设计上，检查井应设置

沉淀槽,利用检查井的空间实现径流中颗粒物的初步沉淀,沉淀槽应便于清理;在管网转弯与变坡处,应设置导流设施,减少水流紊动,避免沉积物被重新卷起。对于易产生腐蚀性污染物的工业区域,雨水管网应选用耐腐蚀材料,如HDPE管、玻璃钢夹砂管等,同时在管网铺设前对管道基础进行防渗处理,防止受污染雨水渗透到地下水体,造成土壤与地下水污染。此外,管网系统应设置应急溢流口,溢流口需连接至应急集水池,而非直接排放,避免极端降雨时管网超负荷运行导致受污染雨水直接溢流排放^[2]。

2.3 初期雨水的收集与处理设计

初期雨水是工业园区雨水径流污染的主要来源,其污染物浓度高、危害大,因此初期雨水的收集与处理是源头污染防治的关键环节。设计中需合理确定初期雨水的收集量,结合工业园区的降雨特征、地表污染程度等因素,一般选取前15-30分钟的降雨径流作为初期雨水进行收集。在收集系统设计上,应在园区各功能分区设置独立的初期雨水收集管道,与后期雨水管道采用分流式设计,通过雨水流量监测装置控制初期雨水的切换,当降雨量达到设定阈值后,切换装置将后期较洁净雨水导入主排水系统,初期雨水则导入专门的处理设施。初期雨水处理设施的设计需针对其污染成分选型,对于以悬浮颗粒物、油污为主的初期雨水,可采用“格栅+隔油+沉淀”的处理工艺,通过格栅去除大颗粒杂质,隔油设施分离油类物质,沉淀池实现悬浮颗粒物的进一步沉降;对于含有少量溶解性化学污染物的初期雨水,需在沉淀后增设吸附过滤单元,采用活性炭、沸石等吸附材料去除溶解性污染物,确保处理后的初期雨水水质达到排放要求后,再接入主排水系统或进行回用。处理设施的容积应根据收集量合理确定,同时设置排泥口与清理通道,便于日常维护。

2.4 溢流与排水出口的合理设计及应急处理

在工业园区雨水排水系统设计中,溢流与排水出口的合理规划是防止受污染雨水外泄、保障周边水体环境安全的关键环节。(1)管网系统应设置应急溢流口,且溢流口需连接至应急集水池,而非直接排放。如此,当遭遇极端降雨,管网超负荷运行时,可避免受污染雨水直接溢流排放。当降雨量超出管网正常排水能力,多余雨水能通过溢流口流入应急集水池,进行临时储存与后续处理,防止污水漫流。(2)在末端排水出口处,要设置有效的防护设施。生态缓冲带是理想选择,它借助植被的吸附、过滤以及土壤的截留、净化作用,对即将排出的雨水进行深度净化,大幅削减污染物含量。截留堰

也能发挥重要作用,可拦截雨水径流中的漂浮物、大颗粒杂质等,避免其进入周边水体造成污染。(3)排水出口位置的选取至关重要,应尽量避免敏感水体。若因实际情况必须排入自然水体,必须确保排出雨水的水质严格满足污染防治要求,可通过设置水质监测装置等方式进行实时监控,防止因雨水排放导致水体污染,切实维护生态环境的稳定与健康。

3 雨水排水系统的水力稳定性设计

3.1 径流系数与排水量计算

工业园区雨水排水量计算是雨水排水系统水力稳定性设计的重要基础,必须紧密结合源头污染防治设施的设置情况,科学合理地选取径流系数。(1)园区内硬化地面占比较大,像厂房建筑周边、道路等区域,使得基础径流系数处于较高水平。不过,通过设置绿色植被带、渗透设施等源头减排措施,雨水下渗量增加,地表径流减少,径流系数会相应降低。在计算排水量时,务必充分考虑这些设施对径流系数的削减作用。若计算偏大,会导致管网规模设计过大,造成不必要的管网投资浪费;若计算偏小,则会使管网排水能力不足,引发排水不畅问题。(2)排水量计算要采用当地降雨强度公式,依据园区实际面积,合理划分汇水范围,分区域开展精确计算。尤其要重点关注生产区、物料堆放区等污染风险较高的区域,这些区域一旦积水,污染物极易随雨水扩散,对周边环境造成严重污染。所以要确保这些区域的排水能力严格满足设计要求,保障园区雨水排放的顺畅与安全。

3.2 管网水力参数优化

在工业园区雨水排水系统设计中,管网水力参数优化是保障系统稳定运行、达成排水与污染防治目标的核心要素。其设计要全方位权衡排水通畅性与污染防治的双重需求。(1)管道流速的合理把控极为关键。合适的流速能为水流提供充足动力,使雨水中的悬浮颗粒物被有效携带,防止其在管道内沉积,进而避免管道堵塞,保障排水顺畅无阻。然而,流速并非越高越有利。过快的流速会加大对管道内壁的冲刷力度,导致管道磨损加剧,缩短其使用寿命,增加后期的维护成本。特别是对于工业园区内常含有油污、颗粒物等复杂成分的雨水管网,经过大量的实践探索与深入研究,流速宜控制在0.6-1.2m/s。(2)在管网水力计算环节,源头拦截设施、初期雨水收集设施等对水流的影响不容忽视。必须精准考量这些因素,精确计算各项参数,保证整个管网系统达到水力平衡状态。唯有如此,才能实现高效、稳定的排水功能,确保工业园区雨水排水系统在面对各种降雨情

况时都能正常运行，有效防控污染。

4 雨水排水系统的维护与清理设计

4.1 设施维护通道设计

在工业园区雨水排水系统里，为确保源头污染防治设施能持续稳定且高效地运行，预留充足且合理的维护通道是至关重要的设计环节。（1）像隔油雨水口、沉淀池、初期雨水处理设施等，这些设施在长期使用过程中，会积累大量的油污、泥沙和杂质，需要定期进行清理和检修。因此，必须设置便于操作的维护口与清理通道。通道宽度不宜小于 1.2m，如此宽度能保证维护人员携带必要的工具和设备顺利进入设施内部，开展细致的清理和检修工作，避免因空间狭窄而影响作业效率和质量。（2）在这些设施周边合理设置排水坡度也必不可少。合适的排水坡度可以迅速将维护过程中产生的积水排走，防止积水对设施造成二次污染，同时也能避免积水影响维护作业的顺利进行，为维护工作创造良好的作业环境，保障整个雨水排水系统的长期稳定运行^[3]。

4.2 沉积物清理设计

工业园区雨水排水系统在运行过程中，会不断积累各类沉积物，这些沉积物富含大量污染物、有机物等。（1）若长期放任不管，沉积物会逐渐增多，不仅会严重堵塞管道，降低排水系统的排水能力，影响其正常运行，而且在降雨时，沉积物会被水流重新冲刷进入水体，造成更为严重的二次污染，对周边生态环境构成威胁。（2）在管网设计阶段就必须充分考虑沉积物的清理问题。应在检查井、沉淀池等关键节点科学设置排泥装置，排泥口要精准设置在节点底部，这样能确保沉积物在重力作用下顺利排出。对于初期雨水处理设施，由于其处理的雨水污染物浓度较高，会产生较多污泥，所以要专门设计一套完善的污泥收集与排放系统，定期将处理过程中产生的污泥安全、有效地排出，并按照环保要求进行妥善处置，从源头上杜绝污泥二次污染的可能性。

4.3 监测与预警设计

工业园区雨水排水系统要实现高效污染防控，科学

合理的监测与预警设计必不可少。（1）在源头污染防控的关键节点，需精准布局监测装置。于初期雨水收集管道处设置水质监测探头，能实时捕捉雨水中的悬浮物含量、含油量等关键污染指标，这些指标是判断雨水是否受污染以及污染程度的重要依据。在末端排水出口同样设置此类探头，可对即将排出的雨水进行最后把关。同时，在管网系统合理安装流量监测装置，能够动态掌握雨水径流的变化情况，包括流量大小、流速快慢等，为系统运行提供全面的数据支撑。（2）借助这些监测装置获取的数据，可及时、准确地掌握系统运行状态。一旦监测指标超出预设标准，系统能迅速触发预警机制，及时采取关闭排水出口、启动备用处理设施等应急措施，有效避免受污染雨水外排，切实保障雨水排水系统的污染防控效果，维护园区及周边环境的生态安全。

结束语

工业园区雨水排水系统的设计与运行是一个系统性工程，需综合考虑源头污染特征、水力稳定性、维护清理等多方面因素。通过科学合理的源头减排与污染拦截设计，可有效减少污染物进入雨水径流系统；优化排水管网设计，能降低径流污染扩散风险；做好初期雨水收集与处理，可解决主要污染来源问题；强化水力稳定性设计，保障系统稳定运行；完善维护与清理设计，确保系统长期有效。只有将这些环节紧密结合、协同作用，才能构建起高效、可靠的雨水排水系统，实现工业园区雨水达标排放，为区域生态环境保护和可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]朋四海, 徐连军, 胡昊.自排雨水排水系统强排改造技术研究[J].中国市政工程, 2021(2): 5-6.
- [2]王建伟, 吴涛.室外给排水管网设计及关键问题分析[J].城镇建设, 2021(3): 309-354.
- [3]汤敏浩.低碳生态策略在现代工业园区规划与建筑设计中的应用[J].中国高科技,2021(21):43-44.