

合流制排水系统溢流污染控制的调蓄池优化运行策略

刘家伟

中工武大设计集团有限公司 湖北 武汉 430074

摘要: 为有效应对合流制排水系统溢流污染问题,提升调蓄池运行效能,本文首先阐述了合流制排水系统溢流污染控制原理,指出调蓄池重要作用;接着分析了调蓄池运行在设计、管理、协同性方面存在的问题;然后从规模、运行模式、与污水处理厂协同、智能化控制四个方面提出优化策略,包括基于降雨特性等确定规模、分级调蓄运行、建立信息共享机制、建设监测系统等,以减少溢流污染。

关键词: 合流制排水系统;溢流污染控制;调蓄池;优化运行策略

引言:合流制排水系统因污水与雨水共用管道,降雨时易超污水处理厂处理能力,引发溢流污染。调蓄池作为截留储存溢流污水的关键设施,对控制污染意义重大。但当前调蓄池在设计、运行管理及与系统其他部分协同方面存在诸多问题,影响其效能发挥。本文聚焦合流制排水系统溢流污染控制,从调蓄池规模、运行模式、与污水处理厂协同、智能化控制等方面提出优化运行策略,以提升调蓄池运行效果,减少溢流污染。

1 合流制排水系统溢流污染控制的原理

合流制排水系统是将生活污水、工业废水和雨水用同一套排水管道收集和排放的排水体制,具有管道系统简单、造价较低、便于施工和维护的优点,但在降雨期间存在明显缺陷,即污水与雨水混合使污水水量大幅增加,超出污水处理厂处理能力,易发生溢流污染水环境。在降雨初期,合流制排水管道中的污水和雨水混合形成合流污水,降雨量较小时,合流污水能顺利通过排水管道输送到污水处理厂处理,而降雨量较大时,排水管道排水能力不足,合流污水在管道积聚,水位超过排水管道出水口标高就会发生溢流,大量未经处理的污水直接排入水体,溢流污水中含大量有机物、悬浮物、重金属等污染物,严重威胁水体生态环境和人类健康。调蓄池作为合流制排水系统中用于截留和储存溢流污水的设施,在溢流污染控制中发挥着重要作用^[1]。降雨期间,当排水管道中的合流污水超过一定流量,部分污水会被引入调蓄池储存,待降雨结束后,调蓄池中的污水再缓慢排入污水处理厂处理,如此可避免大量污水直接溢流排入水体,减轻对水环境的冲击。同时,调蓄池还能有效调节合流污水的水量和水质,使进入污水处理厂的污水水量和水质相对稳定,避免因污水水量和水质波动过大影响污水处理厂的处理效果,提高其处理效率,所以调蓄池是合流制排水系统溢流污染控制的重要手段,对保护城市水环

境、保障城市排水系统稳定运行具有重要意义。

2 合流制排水系统调蓄池运行存在的问题

2.1 调蓄池设计不合理

(1) 规模确定不准确,调蓄池规模影响运行效果,当前确定规模时对降雨特性、排水系统流量等因素考虑不充分,出现规模过大或过小情况。规模过大会增加建设成本、浪费土地资源;规模过小则无法有效截留溢流污水,无法实现溢流污染控制目标。(2) 布局不合理,调蓄池布局应与合流制排水系统整体布局协调,充分考虑地形、地貌、排水管道走向等因素,但实际工程中存在选址不当、与排水管道连接不畅等不合理情况,影响进水效率和排水效果。(3) 结构形式选择不当,同样影响调蓄池设计合理性,调蓄池有钢筋混凝土结构、砖石结构、塑料模块结构等多种形式,不同形式特点和适用范围不同,选择时应综合考量工程实际情况,然而目前存在选择不当问题,导致调蓄池使用过程中出现渗漏、损坏等情况,影响其正常发挥截留和储存溢流污水的作用,不利于合流制排水系统溢流污染控制工作的开展,需在设计阶段充分考虑各方面因素,确保调蓄池设计科学合理。

2.2 调蓄池运行管理不善

运行模式单一现象普遍,多数调蓄池仅在降雨时开启进水阀门引入溢流污水储存,雨停后即刻排入污水处理厂,未综合考量降雨强度、历时及污水处理厂处理能力。强降雨时,污水处理厂可能因处理能力有限无法及时接纳污水,导致调蓄池污水积压;而短时小雨时,又可能因过早排水使调蓄池未充分发挥截流作用,造成利用效率低下,甚至出现污水二次溢流,污染周边环境^[2]。缺乏有效监测和调控手段也制约着调蓄池运行,其运行依赖实时监测水位、水量、水质等参数并依结果调控,但许多调蓄池监测设备不完善,无法及时获取准确数据,难以掌握运行状态,难以实现科学管理,不能根据实际情

况灵活调整运行策略。维护保养不到位同样影响调蓄池性能,长期运行中,调蓄池内杂物若清理不及时,会堵塞管道,影响进出水量;设备故障若维修不及时,会导致设备无法正常运行,降低调蓄池整体功能,缩短使用寿命,影响运行效果,不利于合流制排水系统溢流污染控制。

2.3 调蓄池与系统其他部分协同性差

调蓄池与系统其他部分协同性差的问题较为突出,集中体现在与排水管道及污水处理厂的协同上。调蓄池与排水管道同为合流制排水系统的重要构成,二者本应紧密配合、协同运作,共同达成溢流污染控制的目标。然而在实际运行过程中,二者协同性欠佳的情况屡见不鲜。当排水管道出现水流不畅的问题时,调蓄池无法及时进水,大量溢流污水积聚在管道内,不仅会加重管道的负担,还可能引发污水外溢,对周边环境造成污染;而调蓄池排水时,若排水流量过大、流速过快,会对排水管道产生强烈冲击,可能导致管道接口松动、管道破裂等情况,影响排水管道的正常使用,进而降低整个排水系统的运行效率^[3]。调蓄池与污水处理厂的协同运行同样至关重要,毕竟调蓄池中的污水最终要排入污水处理厂进行处理。但目前二者协同性差的问题较为明显。调蓄池排水时间与污水处理厂的处理能力不匹配的情况时有发生,若调蓄池在污水处理厂处理能力不足时大量排水,会使污水处理厂负荷过大,超出其处理能力范围,导致处理效果下降;而当污水处理厂出现故障时,调蓄池不能及时调整运行策略,如暂停排水或减少排水量,会造成污水在调蓄池内积压,可能引发二次污染,不利于合流制排水系统整体的稳定运行和溢流污染的有效控制。

3 合流制排水系统调蓄池优化运行策略

3.1 调蓄池规模优化

(1) 基于降雨特性的规模确定方法,要求全面考量当地降雨强度、降雨历时、降雨频率等关键特性,运用科学严谨的计算手段确定规模。可借助暴雨强度公式、雨水径流模型等成熟方法,紧密结合合流制排水系统的实际情况,精准计算不同降雨条件下可能产生的溢流污水水量,以此为依据合理规划调蓄池规模,确保其能应对各类降雨场景。(2) 考虑污水处理厂处理能力的规模调整,调蓄池规模与污水处理厂处理能力需紧密匹配。在确定规模时,要深入分析污水处理厂的处理能力、处理工艺等因素,保证调蓄池中的污水能在污水处理厂处理能力范围内及时处理,避免污水积压或处理能力闲置。一旦污水处理厂处理能力发生变化,应及时动态调整调蓄池规模。(3) 多目标优化模型的建立与应用,为规模优化提

供更科学的途径,通过构建涵盖建设成本、运行成本、溢流污染控制效果等多个目标的优化模型,运用优化算法求解,得出最优规模。该模型能从多维度综合权衡,使调蓄池规模确定更具科学性与合理性,在实现经济效益的同时,最大程度保障环境效益,提升合流制排水系统整体运行效能,有效降低溢流污染对水环境的负面影响。

3.2 调蓄池运行模式优化

分级调蓄运行模式依据降雨强度和历时划分不同运行级别,降雨初期采用较低级别调蓄运行,将部分溢流污水引入调蓄池储存,此时降雨量相对较小,调蓄池以较低负荷运行即可满足截流需求;随着降雨强度递增与历时延长,逐步提高调蓄运行级别,增加调蓄池进水量,以应对更大规模的溢流污水,该模式能依据实时降雨状况灵活调整调蓄池运行状态,避免固定模式下的资源浪费或处理不足,有效提高调蓄池利用效率。与污水处理厂协同的运行模式强调二者紧密配合,根据污水处理厂的处理能力和运行状态,科学安排调蓄池排水时间与排水量,当污水处理厂处理能力充足时,及时将调蓄池污水排入处理,保障污水处理系统稳定运行,防止污水在调蓄池中长时间储存产生异味或变质;处理能力不足时,适当延长调蓄池排水时间,防止污水过量涌入对污水处理厂造成冲击,确保处理效果,避免因超负荷运行导致处理不达标^[4]。基于水质预测的运行模式调整通过建立水质预测模型,对调蓄池进水水质实时预测,依据预测结果精准调整运行模式,若预测进水水质差,增加调蓄时间进行预处理,降低污水对污水处理厂的负荷压力,减少后续处理难度;若预测进水水质好,适当缩短调蓄时间,加快调蓄池周转,提高运行效率,使调蓄池能在有限时间内处理更多污水,三种运行模式优化相互补充、协同作用,从不同角度提升调蓄池运行水平,增强其对溢流污水的处理能力。

3.3 调蓄池与污水处理厂协同运行优化

(1) 信息共享与通信机制建立,需构建调蓄池与污水处理厂间的信息共享和通信机制,达成双方运行数据实时传输与共享,使污水处理厂及时掌握调蓄池水位、水量、水质等关键信息,据此合理安排处理工艺与负荷,避免因信息不畅导致处理能力不匹配;调蓄池也可依据污水处理厂的处理能力和运行状态,灵活调整自身运行策略,如合理控制进水与排水节奏,保障系统稳定运行。(2) 联合调度方案制定,要制定涵盖双方在不同降雨条件下运行职责和调度流程的方案,充分考虑降雨特性、污水处理厂处理能力、调蓄池规模等因素,通过科学规划与统筹安排,明确双方在降雨各阶段的分工与协作方式,如降

雨初期、中期、后期双方各自的任务,确保调蓄池和污水处理厂紧密配合、协同工作,实现溢流污染控制效益最大化。(3) 应急协同机制完善,面对暴雨、污水处理厂故障等突发情况,完善的应急协同机制可使双方迅速响应,协同采取有效应急措施,如暴雨时调蓄池加大调蓄力度以减少溢流污水排放,污水处理厂启动应急处理工艺提升处理能力,当污水处理厂出现设备故障时,调蓄池可适当延长污水储存时间,等待污水处理厂修复设备后再排水,全方位提升系统应对突发状况的能力,保障城市排水系统稳定可靠运行,有效减少溢流污染对水环境的危害。

3.4 调蓄池智能化控制优化

监测系统建设是智能化控制的基础支撑,需构建完善的调蓄池监测系统,运用先进的传感器技术和通信技术,对调蓄池的水位、水量、水质以及设备运行状态等关键参数进行实时精准监测,确保监测数据准确且及时。同时,搭建监测数据管理平台,对海量监测数据进行高效存储、深入分析与科学处理,挖掘数据背后的规律和潜在问题,为调蓄池的智能化控制提供坚实的数据支持。自动化控制系统应用是智能化控制的核心环节,通过应用自动化控制系统,可实现对调蓄池的自动化运行管理^[5]。该系统能够依据实时监测数据和预设的控制策略,自动操控调蓄池的进水阀门、排水阀门、水泵等设备的启闭与运行,精准实现调蓄池的自动进水、排水和调蓄功能,有效提高调蓄池的运行效率和可靠性,大幅减少人工干预,降低人为失误风险。智能决策支持系统开发是智能化控制的提升方向,开发调蓄池智能决策支持系统,借助人工智能、大数据等前沿技术,对调蓄池的运行数据进行

深度剖析与挖掘,全面掌握运行状态和发展趋势。该系统能够根据不同的降雨情况和系统运行状态,自动生成最优的运行策略,为调蓄池的运行管理提供科学合理的智能决策支持,指导调蓄池实现科学、高效运行,进一步提升合流制排水系统应对溢流污染的能力,保障城市水环境质量。

结束语

综上所述,合流制排水系统溢流污染控制中,调蓄池优化运行策略意义重大。通过规模、运行模式、与污水处理厂协同及智能化控制等多方面优化,可提升调蓄池效能。这不仅能够有效减少溢流污染,保护城市水环境,还能保障排水系统稳定运行。未来,需持续探索创新,结合新技术、新理念,进一步完善调蓄池运行策略,推动城市排水事业朝着更高效、可持续方向发展。

参考文献

- [1]冯宇,封天雨,王慧妍,王浩正,等.长春北郊西合流制排水系统多目标联合调度控制优化分析[J].净水技术,2025,44(S1):331-339.
- [2]牟晋铭,耿晓洒.上海典型合流制排水系统溢流污染控制策略[J].净水技术,2024,43(10):154-159.
- [3]高玉红,孙巍,阮鹏程,祝佳佳,等.高效沉淀池在合流制溢流污染控制中的工程应用[J].中国给水排水,2024,40(12):68-72.
- [4]彭丽红.老城区合流制溢流污染控制及优化调度研究[J].市政技术,2024,42(4):245-253.
- [5]邢睿磊.调蓄池控制合流制溢流污染的作用及设计要点分析[J].四川环境,2023,42(6):239-245.