

化工装置区雨水与事故排水系统安全设计研究

刘嘉

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]化工装置区雨水与事故排水的合理设计是防控水体污染的重要技术手段之一。文中全面介绍了清污分流、雨污分流、事故截流、应急储存的基本要求,研究了初期污染雨水与后期洁净雨水的区分条件以及事故排水量、质变化特征,侧重研究了清污分流管道与切换装置,雨污分流管道与调蓄设备,事故截流设施及应急储存设施的安全防护关键技术,在此基础上提出了以操作程序、监控预警、应急处理、巡检维护为主要内容的运行管理保障机制。

[关键词]化工装置;雨水系统;事故排水;清污分流;应急储存;安全设计

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19747

中图分类号: TU992.03

文献标识码: A

Research on Safety Design of Rainwater and Accident Drainage System in Chemical Plant Area

LIU Jia

The Fourth Construction Co., Ltd. of China Electronics System Engineering, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Reasonable design of rainwater and accident drainage in chemical plant areas is one of the important technical means for preventing and controlling water pollution. The article comprehensively introduces the basic requirements of clean water and sewage separation, rainwater and sewage separation, accident interception, and emergency storage. It studies the distinguishing conditions between initially polluted rainwater and later clean rainwater, as well as the characteristics of accident discharge and quality changes. It focuses on the safety protection key technologies of clean water and sewage separation pipelines and switching devices, rainwater and sewage separation pipelines and storage equipment, accident interception facilities and emergency storage facilities. Based on this, an operation management guarantee mechanism with operating procedures, monitoring and early warning, emergency treatment, and inspection and maintenance as the main contents is proposed.

Keywords: chemical equipment; rainwater system; accident drainage; separation of clean and dirty water; emergency storage; safety design

化工装置区在生产和运作中产生的各种类型的污、废水有:工艺生产废水、冲洗水、初期污染雨水以及事故状态下的消防废水等。如果上述污、废水未经有效的收纳和处理就向外排放,会对周围水体造成严重污染,《中华人民共和国水污染防治法》中规定:企业在应急情况下应采取隔离等应急措施以避免污染物进入到水体中。近年来针对化工行业泄漏事故导致水体污染的问题,国家也出台了相应的法律法规,对事故废水的收纳处理做了相关的规定。在此形势下,开展化工装置区雨水及事故排水的安全设计研究,对提升我国化工企业的环境风险防范水平、保障水源地安全,具有十分重要的意义。

1 清污分流、雨污分流、事故截留与应急储存核心原则

清污分流是按污、废水的污染程度不同,把受污染的

水和未受污染的水分开收集起来进行处理。《化学工业污水处理与回用设计规范》(GB50684-2011)指出化工厂排水应当实行清污分流的原则,排水系统的划分应根据废水水质、水量及处理要求确定。清污分流可以降低污水处理量、节约成本,方便对不同浓度的废水有针对性地处理。

雨污分流是排水系统的设计理念,《化工建设项目环境保护设计标准》(GB/T 50483-2019)中明确规定化工建设项目排水体制实行“雨污分流”的方式^[1]。雨水和污水管道分设,既可以防止雨水进入污水系统造成污水处理量过大,又可以减少污水进入雨水系统造成的污染排放。

事故截断是在发生物料泄漏或火灾等紧急情况下利用围堤、截水沟、截水井等设施使泄漏的物料及消防废水被截留在一定区域内,避免造成更大范围的危害。《化工建设项目环境保护设计标准》(GB/T 50483-2019)规定应

设置事故废水暂存池和应急设施用于收集泄漏物料、消防废水和被污染的雨水，满足储存需求。

事故应急池是拦蓄的一种形式，在事故发生时用来作为事故排水滞留以及后续处理的过渡设施，《化工建设项目环境保护设计规范》（GB/T 50483-2019）明确要求化工项目必须配备事故应急池。

清污分流、雨污分流、事故截留与应急储存构成了化工企业污、废水污染防治的一个整体框架。

2 雨水与事故排水系统设计基础

2.1 初期污染雨水与后期洁净雨水界定

对初期污染雨水、后期洁净雨水的有效识别是雨水系统设计的基本依据。依据《化工建设项目环境保护设计标准》（GB/T 50483-2019）规定：初期污染雨水指污染区降雨初期所产生的雨水，宜采用一次降雨初期 15min~30min 雨量或者降雨初期 20mm~30mm 深度的雨量作为初期雨水；后期洁净雨水指的是降雨一段时间之后所产生的洁净雨水。《化学工业污水处理与回用设计规范》（GB 50684-2011）把初期污染雨水界定为有可能受到物料污染的污染区地面的初期雨水，同时规定初期污染雨水收集池容积以存储一次降雨产生的初期污染雨水量计算，在考虑 5 天内再次下雨时地面已经比较洁净，不需要进行收集的基础上，初期污染雨水处理能力根据收集池排空时间不大于 120h 来确定。而在具体工程项目中，初期污染雨水的实际收集量则要根据装置区污染情况以及下垫面的情况等进行分析确定。

后期洁净雨水指初期污染雨水被截留收集后产生的雨水，这类雨水污染物浓度已大幅降低，可直接排放或回收利用。确定好初期污染雨水与后期洁净雨水的界限可以保证我们对受污染雨水进行充分的截留处理，又不会因为过多地截流导致污水处理压力过大。

2.2 事故排水水量与水质特性

事故排水来源有泄漏物料、事故应急消防废水以及同时降雨产生的地面径流。《化工建设项目环境保护设计标准》（GB/T 50483-2019）对事故排水量作了要求，包括物料泄漏量、消防水量以及降雨量，在进行事故排水收集系统设计时应该使用最大的消防废水量来进行校核。事故废水种类繁多，《化学工业污水处理与回用设计规范》（GB 50684-2011）规定，事故污水指因设备异常、误操作或设备损坏等原因排放，会造成污水处理设施失效或引发破坏性后果的排水，可能含有较高浓度的有机污染物以及有毒有害、易燃易爆成分，水质受事故影响较为明显。工艺装置区发生火灾时的消防废水可能会携带物料，因此应收纳

事故工况下废水并配置事故贮存池。

3 系统安全设计关键技术

3.1 清污分流管网与切换设施设计

清污分流管网的设计重点是科学地进行排水系统的划分，做到不同水质的排水分质收纳，化工园区排水应分为生产废水系统、初期雨水系统、清净雨水系统及事故废水系统等。《化工企业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011）规定在规划化工厂排水系统以及水处理构筑物时，要将污、废水中可回收再利用的有效成分进行回用同污水处理排放结合起来考虑，在此同时也便于对不同水质的污、废水进行有针对性的处理。

切换装置是实现清污分流动态运行的重要设备。装置区雨水排放口设置切换阀井，在切换阀门上通过阀门的选择使初期污染雨水进入污水处理系统，后期洁净雨水流入城市雨水管网之中。整个厂区雨水排放切换阀门应选择电动遥控阀以便随时可以做出调整，避免因为延迟使得污染雨水混入清净雨水排出厂外导致环境污染。切换装置要设有手动及自动两种运行方式，保证设备在断电或者控制器失灵时可以正常工作。

3.2 雨污分流管网与储存设施设计

雨污分流管网的设计应实现雨、污完全分开排放，不能出现串流、混流的情况，在厂区内雨水排污口处需要设置切换阀井，将一个降雨期间内的初期污染雨水引至初期雨水收集池，然后再将其送入污水处理设施进行处理，在化工装置区应设置围堰或者环形截水沟，生产废水以及初期雨水应当收集起来。

3.3 事故截留系统设计

事故截留系统包括围堰，截流沟、截流井以及相应的阀门等设备，《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），规定建设项目的事故应急储存设施要达到在事故发生时可以收集泄漏物料、污染消防水和污染雨水的目的。

装置区围堰的设计须满足《石油化工企业设计防火标准》（GB 50160）的规定要求，围堰的有效容积须大于围堰内的最大储罐容积。围堰内设有排水设施，装设远程操作控制切换阀，平时阀门连通雨水系统，在发生事故的情况下转换到事故水收集系统中去^[2]。装置区内含可燃液体的消防排水收集系统在排出生产装置、罐体的过程中需要增设水封井，水封高度不得低于 250mm。

事故截留管道宜采用重力流排放为主的设计方法，利用厂区内地形高差使事故污水依靠重力作用流入应急储存池内，降低事故状态下对抽升泵的要求，增强系统的安

全性。

3.4 应急储存设施设计

应急储存池是事故排水系统最后一道防线,主要有事故应急池、事故罐等类型。应急事故水池容量的设计可根据《化工建设项目环境保护设计标准》(GB/T 50483-2019)相关规定进行计算,主要考虑事故下物料泄漏量、消防用水量 and 事故发生期降水等因素。应急储存设施建议设于厂区低洼地带,便于事故污水的自然汇集,并应做好防渗、抗腐等工作,避免造成二次污染。

在工程设计时也必须重视事故池的安全富裕量,在一些文章中提到标准中并没有规定事故池容积的安全富裕量,工程师需要依据装置风险级别以及周围环境敏感度来决定容积富裕量。另外事故应急池要安装液位计并且平时要保证其为空或者低位的状态,以便发生事故时有足够的储存量。事故应急排放系统的设置因素归纳见表1。

4 运行管理与保障体系

4.1 操作程序与标识管理

化工装置区雨水及事故排水系统安全运行需要合理、规范的操作及有效的标识管理。工厂应当根据不同工况(正常作业、下雨、事故)下各类切换阀的操作步骤与责任分工编制完整的排水系统操作规程。操作规程要有初期雨水收集切换,事故拦截阀门关闭,临时储水池进水阀开启等主要步骤,在此基础上操作者可以正确及时地操作。

标识管理上必须按照《环境保护图形标志》(GB 15562.1)的规定安装排放口标识牌。所有阀井、检查井、切换装置都应有明确的标识牌显示其所在的位置、名称、序号、开启方式以及联系人等相关信息,管网示意图需准确标注出雨水管道、污水管道、切换装置和排放口的位置以及水流方向,及时更新以保证现场情况与图纸相符合。

4.2 监控报警与连锁控制

监控报警系统是排水系统正常运转的技术支持。雨水排放口要安装流量计、pH表、COD在线监测仪等监控设备,采集的数据输送到DCS装置内进行显示、储存及报

警^[3]。智能型监控设备可以做到对雨水排放水质的在线自动检测以及远距离监控,及时了解排放水质是否合格。

连锁控制系统可以使得排水系统在突发状况下作出相应的反应,当雨水出口检测数值高于设定值后,连锁控制系统会自动切断排水的主路阀门并且将被污染的排水导入入废水收集池中^[4],化工园区智能管理系统能够进行对于闸门阀门的远距离操控以及自动开启工作,构建实时监控报警系统,一旦监测数值超标就会发出声光提示并且联动切断排污总阀,雨水排口需设置手动电动两用闸门,保证在出现故障之后还可以通过手动进行应急切断。

4.3 应急响应与预案演练

应急响应机制的设计要以企业的突发环境事件应急预案为基础,确定事故发生后排水处置的相关部门及人员职责、响应流程、处理步骤等内容。预案中需要包含化学品泄漏、火灾爆炸、恶劣气候等各种事故情况下对于排水处理的方法并且说明发生事故时事故应急池启用的时机以及后续对废水转移处理的方式^[5]。预案演练作为验证应急管理水平的一个重要方法。公司应当定时开展对排水系统的专项应急演练,在过程中着重考察切换装置快速反应能力、事故拦截装置是否工作正常和应急储存装置是否具备容纳能力等核心内容,并据此总结不足进而不断改进,保证在突发事件真正发生时整个系统可以顺利运作起来。

4.4 检查维护与持续改进

化工装置区排水系统要长时间可靠运转,必须建立完善的检查维护及持续改进机制,定期巡视主要观察阀门启闭性能良好与否,管道损坏状况如何,拦污装置是否堵塞通畅,监测仪器工作情况等问题,化工项目建设环境影响评价技术导则规定了排水系统内开启型闸阀需每年进行一次开关测试来保证其在突发情况下能有效开启。

持续优化应该融合到日常运维过程中^[6]。通过收集整理运行过程中的数据并加以研究分析从而不断完善切换时间、调控手段及应急预案等措施;当装置发生改造或者工艺调整时也要考虑会对排水系统带来什么样的影

表1 化工装置区事故排水系统各子系统设计要点与安全功能

子系统名称	核心设施	关键设计参数	安全功能
清污分流管网	切换阀门井、远程控制阀	阀门切换时间、管径规格、切换方式	实现受污染与未受污染排水分流,防止污染物外排
雨污分流管网	雨水管、污水管、截止阀	管径、坡度、截留倍数	雨水与污水分质排放,避免交叉污染
初期雨水收集	初期雨水池	收集前15~30min或20~30mm降雨量	截留初期高浓度污染雨水,减少受纳水体污染负荷
事故截留系统	围堰、截留沟、水封井	围堰容积、水封高度(≥250mm)	将泄漏物料和污染消防水控制在有限范围
应急储存设施	事故应急池、事故罐	物料泄漏量+消防水量+降雨量	为事故废水提供暂存缓冲,防止外排污染

响,有必要的话也要对管网以及储存容器一起进行升级改造,使整个系统的安全余量能够得到保证。同时还要随时掌握最新的法律法规要求并将其补充进企业的运行管理中。

5 结束语

化工装置区雨水以及事故污水排放系统的设计是一项综合性工程,在设计、施工、运维等各方面都要予以全程把控。清污分流及雨污分流解决的是平时状态下的污染物分质输送,事故截流及应急储存则保障了特殊环境下的安全。技术上讲,切换装置的可靠性及应急储备容量大小是设计中的重中之重,在操作维护上则是监测预警智能化程度以及应急处置的实战能力。现阶段,在线监测与自动化控制技术的进步,让化工生产区排水系统的智能化管理成为重要实现途径。在雨排出口布设在线监测设备、远程控制阀与连锁保护系统,即可实现排污水质的检测与精准管控,大幅提升排水系统的安全性,进而为化工企业的水环境环保风险管理提供技术保障。

[参考文献]

- [1]司茂强.浅谈化工装置排水系统的设置及运行管理[J].化工安全与环境,2022,35(36):15-18.
 - [2]李立芳,张淑珍.石油化工企业排水系统中的污染物控制技术与设计原则[J].山东化工,2026,55(3):247-250.
 - [3]姜志卓.石油化工废水中有机污染物的去除机制与方法[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(24):128-130.
 - [4]李洋,张苏苏,侯崇,等.不同生物炭及添加量对豫西南石油污染土壤修复的影响探究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(9):111-113.
 - [5]李佳凝.环保政策驱动下化工企业工业废水治理的协同机制与实践[J].聚酯工业,2025,38(5):82-84.
 - [6]姜林,何蕾.化工企业废水环保处理的现状和湿式氧化技术应用案例分析[J].科技与金融,2024,11(12):9-17.
- 作者简介:刘嘉(1986—),毕业于山西大学环境工程专业,高级工程师,当前就职于中国电子系统工程第四建设有限公司化工石化工程设计院,给排水室主任。