

石化厂初期雨水收集及排放设计探讨

周 文

胜帮科技股份有限公司 上海 201210

摘 要:石化厂生产过程中,设备泄漏可能导致地面残留污染物;若遇降雨,污染物随雨水扩散,易引发环境污染。本文针对石化厂初期雨水收集及排放系统设计展开探讨,分析了局部收集与集中收集两种方式的适用条件及优缺点。对比了基于降水深度与降雨时间的初期雨水量计算方法,并推荐降水深度法以提升可操作性,还探讨了初期雨水池的两种进水方式。研究表明,合理设计初期雨水系统,实现污染雨水与清洁雨水有效分离,能降低环境风险,达成环保与节水目标。

关键词:石化厂;初期雨水收集;清污分流;溢流井;自动化控制

引言:在石油化工工厂内,露天生产装置、储罐区和装卸车区等区域,管道、阀门或设备出现跑冒滴漏的情况难以避免,地面会残留工艺介质。这些工艺介质中常含有毒、有害、可燃等污染物,若未采取收集措施,降雨时污染物会扩散,污染企业周边环境,危害人员健康。本文将对初期雨水收集系统中初期雨量计算方法、初期雨水收集方式、分离污染雨水和洁净雨水的方法进行比较与探讨。

1 初期雨水收集系统

1.1 初期雨水收集措施

为防止雨水漫流,在装置区内根据工艺和设备布置划分出污染区,在污染区四周建立250mm高的围堰,并在围堰内设集水坑收集雨水;利用罐区的防火堤、排水沟和集水坑收集雨水;在装卸车区借助地形、环沟和集水坑收集雨水。遵循清污分流、分质治理的原则,将污染区的初期雨水与后期清洁雨水进行分离。初期雨水进入初期雨水池,送至污水处理场处理达标后排放;后期洁净雨水自流入雨水监控池,检测合格后排至厂外。

1.2 初期雨水收集方式

初期雨水收集方式对初期雨水量影响较大,根据项目所在地降雨量不同,通常有以下两种收集方式。

(1)局部收集:在各污染区分别设置初期雨水池。仅收集生产装置、罐区和装卸车区等有污染的区域面积内的初期雨水,通过雨水口、排水沟等重力流排至区域内的初期雨水池,再经提升泵压力流送至污水处理场处理。后期洁净雨水通过后期洁净雨水管网,重力流排至全厂雨水监控池,检测合格后排至厂外。

(2)集中收集:全厂集中设置一个初期雨水池。通过雨水口、排水沟等收集全厂面积内的雨水,通过全厂雨水管道重力流排至全厂初期雨水池。初期雨水池充满

水后,后期洁净雨水至雨水监控池,检测合格的后排至厂外。初期雨水通过提升泵压力流送至污水处理场处理。如厂区面积较大采用集中收集时,距初期雨水池较远处的初期污染雨水,在通过管道重力自流到达初期雨水池时,初期雨水池已被水池附近区域的雨水充满,远处的初期污染雨水已无法进入初期雨水池,进入洁净雨水系统,导致洁净雨水受到污染,雨水排水不达标。集中收集方式在小型厂区内虽经济性较高,也存在污染扩散风险,需结合厂区布局动态评估^[1]。

由于两种方式的收集范围不同,局部收集的收集范围为各污染区,集中收集的范围为全厂。因此,对于厂区面积大或降雨量大的项目,局部收集的方式更适用,可以有效减小初期雨水池容积,减轻污水处理场负担,且初期雨水压力流从各单元排出更符合环保要求;而对于厂区面积小或降雨量少的干旱地区,集中收集的方式更经济合理。

1.3 初期雨水量计算

初期雨水量有两种计算方法,分别为降水深度法和降雨时间法。

(1)降水深度法:依据《石油化工给水排水系统设计规范》SH/T 3015-2019第6.3.3条,一次初期雨水量按污染面积与15mm~30mm降水深度的乘积计算^[2]。即:一次初期雨水量=污染区面积×(15mm~30mm)。

(2)降雨时间法:依据《化工建设项目环境保护工程设计标准》GB/T 50483-2019第2.0.8条,一次初期雨水量为降雨初期15min~30min的雨量^[3]。即:一次初期雨水量=Q×(15min~30min)。式中Q按暴雨强度公式计算,各地暴雨强度公式各有不同,其值与设计重现期的取值、汇流区域地形等有关,计算相对复杂。

无论是降水深度法还是降雨时间法,都需要考虑项

目当地的气象条件,一般降雨量大的地区降水深度或降雨时间取低值,降雨量小的地区应取高值。由于降雨时间法在实际操作中计算复杂,所以目前大多采用降水深度法计算初期雨水量。

1.4 初期雨水池

初期雨水池的有效容积不小于一次初期雨水量,最高液位不高于进水管管顶标高,据此计算水池尺寸。水池底标高也不宜过深,需考虑提升泵的吸水能力和当地地质情况的影响。初期雨水池有两种分离初期雨水与后期洁净雨水的方式:

(1) 溢流井自动溢流:在雨水进初期雨水池前设溢流井(见图1)。在降雨初期时,雨水可正常进入初期雨水池。当达到初期雨水池设计水位时,后期洁净雨水无法再继续进入,后续雨水在溢流井处自动溢流至后期洁净雨水管网,从而达到分离初期雨水与后期洁净雨水的目的。这种方法优点是自动分离、设置简单、造价便宜、不存在误操作风险,缺点是在溢流井内可能会有少量污染物外溢。为解决这个问题在溢流井内增加挡板,增加挡板后可拦截90%以上的浮油排出。

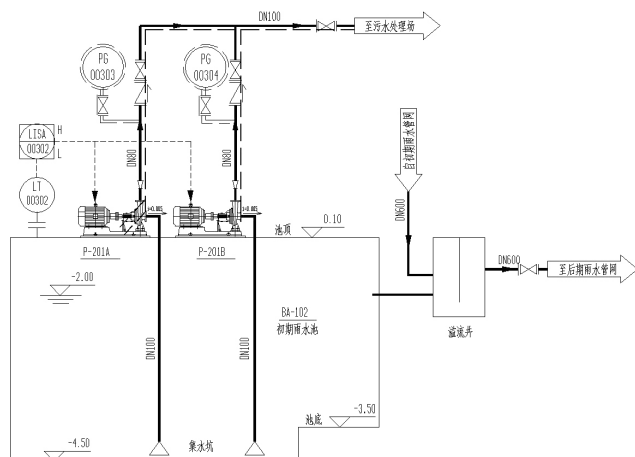


图1 进水采用溢流井

(2) 液位计和电动阀联锁控制:在初期雨水池进水口处设电动阀1(见图2),电动阀由液位计控制,当液位达到初期雨水池设计水位时,关闭初期雨水池进水口的电动阀1,打开后期洁净雨水的电动阀2,将后期洁净雨水排至后期洁净雨水管网。电动阀1为常开阀,电动阀2为常关阀,初期雨水池排空后需将电动阀调至原位。这种方法优点是系统控制精准,缺点是存在误操作风险,造价贵些。如液位计或电动阀故障时,会导致初期雨水外排的风险。

1.5 初期雨水提升泵

石油化工项目初期雨水若未经处理直接排放,可能导致COD、油类等污染物严重超标,需通过提升泵加压

输送至污水处理系统^[4]。初期雨水提升泵可采用潜污泵、自吸泵和液下泵。潜污泵由于检修困难、长期泡在水下宜腐蚀等问题,已被逐步淘汰;目前自吸泵和液下泵在初期雨水池中应用广泛,液下泵适合高含固、高温介质,但轴长需定制,价格略贵,缺点是冬季在水池最低液位时泵宜冻坏;自吸泵安装灵活、维护便捷、价格便宜,但占地大,并且受最大自吸高度限制,水池不能太深。初期雨水提升泵选型时,需结合液位深度、气温影响、水质情况、投资和运行成本综合考虑。提升泵的流量应综合考虑污水处理场的接收能力,按12~72h内排空初期雨水池计算。

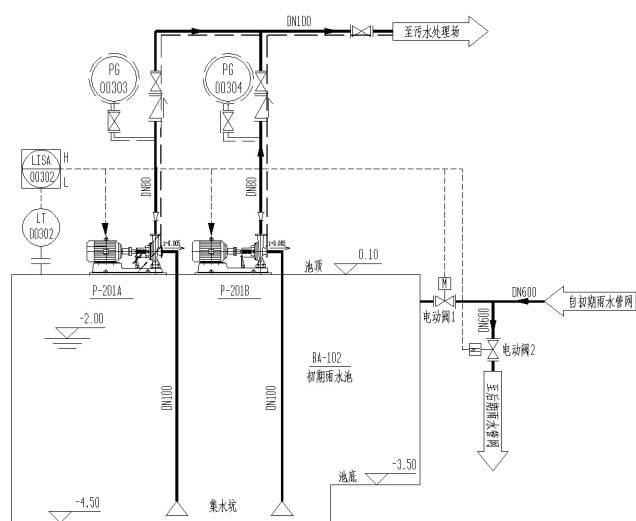


图2 进水采用电动阀

2 工程案例

新疆哈密地区某石油化工项目,项目占地约105hm²,主要包括PSA制氢装置、煤焦油加氢装置、储运罐区以及配套公用工程。

2.1 确定降雨深度

根据气象资料,当地日最大降雨量12.1mm,降雨量偏少,采用降雨深度法计算初期雨水量,降雨深度按15mm计。

2.2 初期雨水收集方式

如采用集中收集的方式,全厂设置一个初期雨水池。降雨深度按15mm计,一次初期雨水量为15750m³。如采用局部收集的方式将全厂划分多个污染区,各污染区,单独设置初期雨水池。装置污染区面积7.52hm²,储罐区污染区面积7.89hm²,装卸车区污染区面积1.64hm²,合计总污染区面积17.05hm²,一次初期雨水量为2557.5m³,比集中收集的方式水池容积减少约84%,可见采用局部收集的方式更经济合理,所以该项目采用在各单元分别设置初期雨水池方式收集初期雨水。在罐区

防火堤内设排水沟和集水坑收集雨水，集水坑排出管上设阀门和水封井，发生事故时根据需要关闭阀门，收集后的雨水重力流排至初期雨水池。

2.3 初期雨水池

以储罐区为例，根据地形和罐区布置，将1#轻质煤焦油罐组、2#轻质煤焦油罐组、重质油罐组、液化气罐组、装卸车区合用一座初期雨水池，污染区面积 4.24hm^2 ，一次初期雨水量为 636m^3 。在此区域地形标高低点处设置一座地下式钢筋混凝土水池，池子的防水等级为三级，抗渗等级P8。池底以坡度 $i = 0.003$ 坡向集水坑，在泵吸水管处设集水坑，便于水泵吸水。初期雨水池有效容积 648m^3 （尺寸 $12\times 27\times 4\text{m}$ ），生产污水池有效容积 144m^3 （尺寸 $12\times 6\times 4\text{m}$ ），初期雨水池与生产污水池合建，中间设隔墙。合建减少土建工程量及材料成本，经造价核算节省15%。雨水管径计算时设计重现期采用2年，因雨水管道兼收消防事故水，所以还需按消防事故水量进行校核，经计算雨水管管径为DN500。为减少人员操作，该项目采用溢流井的方式自动切换初期雨水和后期洁净雨水（见图3），初期雨水池进水管管顶标高-2.0m，当初期雨水池内液位达到-2.0m时，后面的雨水从后期洁净雨水管道排出。

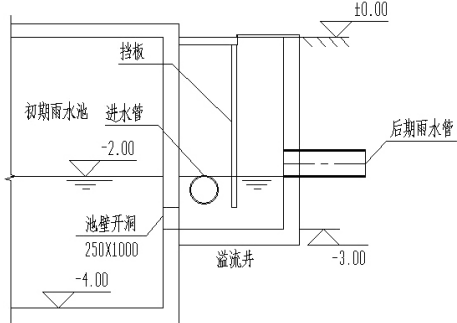


图3 溢流井剖面图

2.4 提升泵及控制

初期雨水提升泵、生产污水提升泵均采用卧式自吸泵，一用一备，采用防爆电机，管道及仪表流程图见图4。考虑污水处理场处理能力，提升泵流量为 $30\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程60m，排空初期雨水池所需时间为21.6h，满足12~72h内排空的要求。自吸泵最大自吸高度6m，经计算水泵最大安装高度为4.9m，所以设计水池深-4m。项目地处严寒地区，年极端最低气温-33.9℃，泵及管道采用蒸汽伴热，确保冬季设备稳定运行。在水池顶设液位计，根据水池液位联锁控制提升泵，并将水池液位传至中心控制室，便于值班人员观测。生产污水池控制：当液位高

于-2.0m时，向控制室报警；当液位高于-3.0m时，自动启动一台生产污水提升泵；当液位低于-4.0m时，自动停泵。初期雨水池控制：当液位高于-2.0m时，向控制室报警，根据污水处理场情况依次人工开启各单元初期雨水提升泵；当液位低于-4.0m时，自动停泵。提升泵能够在中心控制室远程手动启停，并且自动与手动两种控制能够自由切换，当提升泵发生故障时向中心控制室发出报警。现场设置了操作柱，可以就地启停提升泵。除初期雨水提升泵的启动需工作人员根据污水处理场运行情况操作外，其它均为自动控制，减少了操作人员工作量和误操作风险。

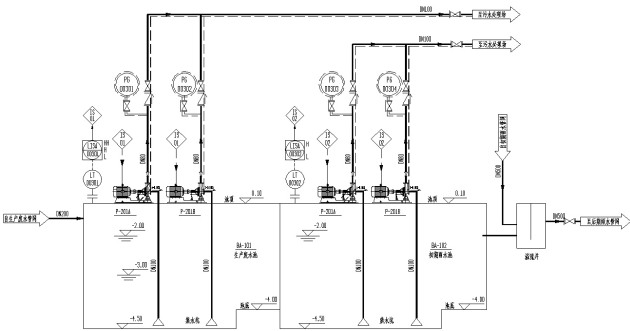


图4 管道及仪表流程图

3 结束语

可根据不同污染区的不同介质，在初期雨水池内设置水质在线监测仪表，在溢流井出水管上设电动阀，当水质超标时联锁关闭出口阀，并向中心控制室发出报警信号，使工作人员能够及时发现是否有物料泄漏进入雨水系统的情况，降低环境污染风险，提升应急响应能力。当水质超标时，设置将初期雨水导入事故应急池的措施。收集的初期雨水进入污水处理场处理后达到再生水标准，可用于厂区绿化、地面冲洗、循环水场补水等，实现水资源高效利用，减少新鲜水消耗。此外，初期雨水的收集方式、计算方法和处理方法还要满足环境预评价报告的要求。

参考文献

[1]万德强.化工项目初期雨水收集池设计探讨[J].化工设计通讯,2020,46(12):172-173.
[2]SH/T 3015—2019,石油化工给水排水系统设计规范[S].
[3]GB/T 50483—2019,化工建设项目环境保护工程设计标准[S].
[4]《工业用水与废水》编辑部.化工企业初期雨水收集系统设计探讨[J].工业用水与废水,2019,50(6):45-48.