

地下污水处理厂的的安全设计分析及建议

徐晓波¹, 崔洪升², 刘世德²

(1. 烟台市城市排水管理处, 山东 烟台 264000; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘要: 通过对地下式污水处理厂的的结构特征说明, 阐述了地下式污水处理厂与传统地上污水厂相比存在的突出安全风险, 提出了在设计中降低地下污水厂水淹风险、消防风险和有毒有害气体风险的部分措施。

关键词: 地下式污水厂; 安全设计; 水淹; 消防; 有毒有害气体

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0017-05

Safety Design Analysis and Suggestions for Underground Wastewater Treatment Plant

XU Xiao-bo¹, CUI Hong-sheng², LIU Shi-de²

(1. Yantai Urban Drainage Administration Department, Yantai 264000, China; 2. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: Based on structure characteristics of underground wastewater treatment plant, the safety risks of underground wastewater treatment plant was analyzed by contrast with the traditional wastewater treatment plant. The measures for reducing the flooding or fire fighting risk, toxic or harmful gas in the underground wastewater treatment plant were put forward.

Key words: underground wastewater treatment plant; safety design; flooding risk; fire fighting; toxic gas

目前,国内已建或在建的较大规模地下式污水处理厂(处理规模 $>10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)已经超过20座,其占用土地面积小、美观性好、环境友好,建设在城市环境敏感区域可较好地实现与周边环境的协调融合。但地下式污水处理厂在设计过程中仍有许多环节无成熟经验及依据。近年来,国内外已运行的地下污水厂也相继出现了一些安全事故,虽然未造成大的人员伤亡,但仍需引起足够的重视。

1 地下式污水厂的分类及特点

现状地下式污水处理厂一般将所有构筑物组团布置,形成地下箱体。竖向分为两层,其中底层为构筑物和管廊层,上层为设备和操作巡视层。较大规模的地下污水厂操作层均设有车道,满足消防车进出要求。地下污水厂典型竖向布置见图1。



图1 地下式污水处理厂典型竖向布置

Fig. 1 Typical vertical layout of underground sewage treatment plant

按照地下式污水处理厂的竖向标高与室外地坪的相对关系,将地下式污水处理厂分为全地下式和半地下式两种。

全地下污水厂建(构)筑物均埋设于地下,顶部作景观公园,半地下式污水厂操作层部分露出地面,可实现部分自然采光、通风,有利于操作管理^[1]。

由于地下式污水处理厂操作层或管廊层部分位于地下,且均为高度集约式布置,故其运行安全要求大大高于传统地上污水处理厂。由于国内尚没有大规模地下式污水处理厂多年成熟的运行管理经验,难以对可能发生的运行事故进行全面、周密的分析评判并采取合理的应对措施。以下重点从设计角度对地下污水厂的安全设计进行分析论证。

2 地下污水厂可能发生的安全事故

地下式污水厂可能发生的安全事故主要集中在水淹、火灾和有毒有害气体等3个方面。

① 水淹。水淹风险应为地下式污水厂的最主要的安全隐患,可能由以下三个原因引起:a. 污水厂来水量突然增大,如收水区域内发生特大暴雨等情况导致污水处理厂难以满足来水量要求,可能发生部分处理构筑物溢水并导致安全事故发生;b. 厂区内雨水回灌至箱体内部导致安全事故发生;c. 厂内出现运行事故,此类运行事故主要表现在水位的控制失误,如多级泵站的联动,后一级泵站因断电或其他原因停止运行而前一级泵站仍在正常运行极易导致部分处理单体溢水。此外,在运行操作中误开阀门、闸门或部分管道接口处漏水等也会造成局部水淹。

② 火灾。火灾风险主要来源于部分可燃物如电缆等起火,可能对人员造成一定程度的伤害。由于地下式污水厂内可燃物很少,故发生火灾且火灾快速蔓延导致人员伤亡的危险性相对较低。但地下污水厂空间有限,排烟防烟及人员疏散应着重考虑。

③ 有毒有害气体。该风险主要来自污水处理厂运行过程中产生的有毒有害气体的集聚。由于地下式污水处理厂气体的稀释排放相对困难,故在某些区域可能会导致有毒有害气体超标。

3 地下式污水厂防水淹措施

3.1 来水量突然增大的水淹风险规避

目前,国内绝大部分污水处理厂收水区域仍有部分合流制地区,故当区域内暴雨量较大时,污水处理厂来水量迅速增多,极易造成地下式污水厂的淹没,必须采取有效措施降低水淹风险。

3.1.1 管网与污水厂位置规划紧密结合

目前,国内污水处理厂收水系统管网规划与污水处理厂的结合相对较少,但鉴于地下式污水处理厂的特殊性,有条件的地区,其收水管网的走向、标高及收水管网内泵站的设施应与污水厂的建设紧密结合。

① 污水处理厂的运行水位应尽可能较低;暴雨来临时,管道和收水井内大的空间可起到较好的错峰调蓄作用,减小污水厂的瞬时压力,减缓污水厂前池内液面的上涨速度。

② 收水管网末端靠近污水处理厂的部位应尽量不设置提升泵站。由于绝大部分地区收水区域内泵站的管理与污水处理厂的运行分属不同部门,交流沟通等存在一定滞后,如污水厂进水水位较高而泵站仍持续工作也会带来较大的安全隐患。

3.1.2 适当提高进水区域操作层标高

地下式污水处理厂上层(操作层)的整体标高设置一般取决于污水处理厂与周边环境的总体要求和消防要求,其次才会考虑污水厂的进水安全要求。污水厂进水区域(进水提升泵站之前)面积较小,在保证整体效果的前提下适当提高操作层标高,对降低水淹风险可起到较好的效果。如采用半地下的布置方式,建议进水区域操作层标高接近或略高于收水区域最低点的路面标高。

3.1.3 设置进水速闭措施

地下式污水厂,尤其是全地下式污水厂应在进水端设置速闭措施以保证在水位较高或污水厂内运行不正常时迅速切断总进水,目前国内地下式污水厂绝大部分设置了进水速闭闸,部分污水厂设置了2~3道速闭闸。进水速闭闸与进水端液位联动,当进水端液位较高时自动落闸,切断进水,且速闭闸设置断电时自动关闸的措施,速闭时闸门关闭时间<30s,可较好地满足使用要求。但速闭闸需要定期检修,长期不用时容易卡阻砂砾,造成关闸不畅。建议进水端在速闭闸之外再设置一道电动或液控速闭阀门,保证运行安全。

3.1.4 设置排水设施及超越管道

一般地下式污水处理厂各工艺单体水位标高较低,构筑物的放空需要依靠排水泵站。建议地下式污水厂设计时充分利用排水泵站的功能,当来水量较大、前池液位较高时可溢流至排水泵站并设置超越管道,通过排水泵站泵送到超越水体中以最大限度地保证地下污水处理厂的运行安全。

3.2 雨水回灌的安全风险规避

雨水回灌主要在暴雨来临时,厂区内雨水通过污水厂的车道进出口和疏散口等回灌至箱体内部,造成水淹事故。此外,箱体顶部的雨水渗漏也有一定安全风险。

地下式污水厂雨水回灌可能造成较大的损失,建议地下式污水厂厂区地坪适当提高,设计地坪应至少高于厂外道路0.5 m。厂址切勿选择在地势低洼点。

车道入口和疏散口入口点应适当高于厂区地坪。箱体四周均应采取加强的防水设计,箱体顶部雨水应进行适当引导外排。

3.3 运行事故的水淹风险规避

运行中最大水淹风险来源于池体溢水,目前国内均有地下污水处理厂因池体溢水被淹的案例,且造成了较大的损失。

3.3.1 多级泵站的联动故障

正常运行情况下各构筑物单元均有进水或出水堰板,池体内水位波动较小。污水厂规划进水水位和排水水位确定后,厂内工艺单元的水面标高一方面取决于各构筑物处理单元的水头损失,同时还受设备形式和整体操作层交通组织的限制。为满足操作层管理、维护、安装、检修及消防等需求,一般地下式污水厂操作层标高难以设计较大的起伏。故地下式污水厂整体流程单元一般需设置多级泵站提升。多级泵站的联动运行出现故障是地下污水厂池体溢水的主要风险来源。

设计时应保证每一级泵站整体断电时,前端泵站停止工作,进水速闭闸、速闭阀关闭。每两个泵站之间应设置水位控制点,当控制点水位达到预先设置的报警水位时,前端水泵关闭,总进水切断。同时在各级泵站之间应设置有效的溢流措施,以保证全部设计流量的来水均能溢流到前端处理单元。

3.3.2 误操作及管道、阀门漏水等风险控制

地下式污水厂设计中应对现场运行或调试期间可能出现的误操作、漏水等问题采取一定的防范措施。

运行中的误操作主要为阀门、闸门以及水泵等的误开、误关,水泵的误开、误关风险由各级泵站的联动、溢流等措施规避,闸门和阀门出水口不能直接面对操作层或管廊层。

设计管廊层应采用可靠的排水设施,建议每隔一定距离设置集水坑、排水泵,随时排除管道、阀门等的渗漏水。同时,在管廊层的低点应尽可能设置较大规模的排水泵站,防止积水。地下式污水厂任何一点出现漏水事故都会对管廊层造成影响,故设计尽可能不在管廊层摆放大量的电气设备,如必须

摆放,应将设备摆放位置尽可能提高,与周围形成一定高差。

操作层应在适当位置设置地漏或集水口并通往管廊层的排水管道或排水泵坑。

4 消防安全措施

正常情况下地下式污水处理厂内可燃物较少,火灾风险较低。但大面积的地下空间疏散及灭火均存在一定难度,故消防安全措施仍需要引起足够重视。

目前,地下污水厂尚未出台有针对性的防火规范,设计仍主要依据《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)中的相关要求,考虑到地下污水厂的特点,建议消防措施应做到以下几点:

① 全地下污水处理厂操作巡视层的单个防火分区的面积应不大于5 000 m²,同时最远疏散距离不大于70 m。建筑面积不大于200 m²且经常停留人数不大于3人的分区,可只设置一个通向相邻防火分区的防火门。管廊层防火分区的面积应不大于5 000 m²,同时最远疏散距离取200 m,且宜在100 m长度内设通往操作层的安全通道。推荐将地下式污水处理厂的车道单独设置并作为紧急避难走道,相邻防火分区可向避难走道设置带有前室的防火门作为该防火分区的安全疏散口^[1,2]。

② 应设置室内消火栓并采用至少1股水枪的一股水柱达到室内的任何部位^[1,3]。

③ 全面设置手提式灭火器并在变配电站、控制室等重要位置设置气体灭火装置^[1,4]。

④ 在疏散楼梯间内进行防烟设计并在变配电站等人员逗留时间较长的区域设置排烟系统。

⑤ 按规范要求设置火灾报警系统及消防泵房、高位水箱及稳压设施等消防设施^[1,5]。

⑥ 应高度重视事故疏散方案并设置应急照明及事故疏散标志等,保证火灾发生后人员能迅速疏散。

5 有毒有害气体防范措施

无论是地上式污水厂还是地下式污水厂均存在有毒有害气体的集聚危险,但地上污水厂通常所有构筑物均为敞开式布置,故产生的有毒有害气体可迅速扩散,仅在检查井、阀门井等不常敞开的区域危险性较强。而地下式污水厂通风条件较差,有毒有害气体的排放相对困难,故危险性较大。

对有毒有害气体危险的规避主要体现在以下方

面:减少有毒有害气体的产生、加强有毒有害气体的收集及扩散、完善有毒有害气体的报警。

5.1 减少有毒有害气体的产生

污水处理过程中产生的臭气主要有 H_2S 、沼气(主要成分甲烷)、氨气、甲硫醇、甲硫醚、三甲胺等。这些物质一类是直接从污水中挥发出来的,另一类是来自于污水中微生物的生物化学反应而新形成的分解物,尤其与厌氧菌的活动有很大的关系。

减少有毒有害气体的产生实际应为减少有毒有害气体从污水向空气中的挥发。故应尽可能将所有池体及设备密封,减少污水与空气的接触面。此外,各处理单元(尤其是预处理单元和污泥处理单元)的布置应不留死角,防止污水中有机物分解发酵。

除降低各工艺单元的有毒有害气体产生量外,地下式污水厂还应对格栅的渣水分离区域、沉砂池的渣水和砂水分离区域、沉淀池的渣水分离区域、脱水机房的螺旋及料斗区域、污泥料仓的落泥区域、管廊间的排水泵坑等加倍注意,防止渣、砂、泥、污水等长时间存放引起有毒有害气体的产生。

5.2 加强有毒有害气体的收集处理和扩散

5.2.1 有毒有害气体的收集和处理

有毒有害气体的收集和处理主要表现在对污水和污泥处理单元的臭气进行收集并进行生物化学降解的过程。一般经处理后的臭气均通过排气管道排至箱体以外。

臭气收集系统的设计主要包括臭气收集点的设计、臭气量的设计和臭气收集管路的设计。臭气收集系统应保证各产生臭气的构筑物单体保持负压状态,防止臭气外逸。

臭气收集点的设计应进行综合比较,污水厂各处理单元产生的臭气成分不同,对臭气密度高于空气的区域,臭气收集点应设置在建(构)筑物底部,反之则设置在建(构)筑物顶部。

臭气量的设计应根据收集要求和集气方式确定。如果集气量太少,低于恶臭气体的扩散速率或达不到集气罩内的合理流态,会导致臭气外逸;而如果集气量太大,会增加投资和运行费用,或超出臭气扩散速率太多,有可能满足不了处理设备的负荷要求,导致处理效率的下降。

收集管道的设计应考虑各污水处理厂的具体情况,需除臭的各工艺单体均不相同,其局部排风量也均不相同,即属于定量吸风管道系统。应通过分析

排风系统的设计原理,结合静压平衡法和汇流三通的阻力平衡法进行管路系统设计计算,并利用软件模拟计算管道系统内的压力、流速分布,计算支管排风量。

有毒有害气体的处理应采取有效的加强措施,目前国内应用较为广泛的处理措施包括生物除臭滤池、全过程除臭系统、强氧化除臭系统、光解除臭系统等。

5.2.2 有毒有害气体的扩散

有毒有害气体的扩散主要指在操作人员活动的区域应加强通风措施,保证产生的有毒有害气体及时排出。在地下式污水厂中需要完善箱体的排风设计。全地下式污水厂需设置完备的机械排风设施,半地下式污水厂可尽量利用对外的窗户等进行排风。此外,排风系统的设计除考虑将室内空气快速排出外,还应根据污染物的特性及污染源的变化,优化气流组织设计;不应使含有大量热、蒸汽或有害物质的空气流入没有或仅有少量热、蒸汽或有害物质的活动区,且不应破坏局部排风系统的正常工作。

5.3 完善有毒有害气体的报警及排出措施

由于地下式污水处理厂的特殊性,在污水预处理区、脱水机房、管廊间应设置有毒有害气体监测报警装置、氧气测量仪和温/湿度测量仪,保证操作人员处于安全的环境中。同时,中央控制室也应有相应的警示、报警、报警确认、报警记录等安全功能设置,以保证在有毒有害气体超过设计标准时及时发出警报,并自动启动排风机将气体外排。特殊区域应单独设置按时间启动的排风设施。

此外,设计应配备足够的便携式有毒有害气体检测仪等,方便管理人员巡视时及时发现问题,防止出现意外事故。

6 其他安全措施

由于地下式污水厂的集约布置,导致人员疏散相对困难,意外事故发生时,往往不能迅速撤离到室外,且参观人员或外来人员进入时,由于对疏散通道不熟悉,也容易产生安全事故。故设计中应注意交通规划,建议大规模地下式污水厂管廊层内只设置横纵的主通道,保证人员撤离方向正确。操作层内应在地面或隔墙上绘制项目的撤离路径。

此外,地下式污水厂一般通信信号较差,设计应配套对讲机,并在管廊间内每隔一定距离配备固定

电话机。建议全地下式污水厂或半地下式污水厂的地下部分应配套移动、联通、网通信号发射器,以满足员工及外来人员通信需求。

7 结语

从设计角度总结了地下污水处理厂的水淹、火灾以及有毒有害气体的防范措施,对今后地下式污水处理厂的安全设计具有一定的参考意义。地下式污水处理厂的安全运行除与设计紧密相关外,现场的运行管理尤为重要。运行管理人员应充分了解设计意图,熟悉操作流程,加强人员培训,严格控制外来人员的活动,加强设备的维修保养,及时消除安全隐患。

参考文献:

- [1] 刘世德,崔洪升,尹兴蕾,等. 全地下污水处理厂消防设计分析及建议[J]. 中国给水排水,2016,32(16):46-49.
- [2] GB 50016—2014,建筑设计防火规范[S]. 北京:中国计划出版社,2015.
- [3] GB 50974—2014,消防给水及消火栓系统设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2014.

- [4] GB 50140—2005,建筑灭火器配置设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2005.
- [5] GB 50116—2013,火灾自动报警系统设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2013.



作者简介:徐晓波(1970 -), 男, 山东烟台人, 硕士, 高级工程师, 现任烟台市城市排水管理处处长、党委副书记, 主要从事排水工程管理工作。

E-mail: xuxiaobo1970@sina.com

收稿日期: 2017-02-10

(上接第16页)

运行可靠性。

一般来说,地下污水处理厂选址体现整个污水处理系统、城市再生水系统的整体优化;总体布置、平面及竖向设计决定地下空间尺寸优化和全厂的占地大小;工艺、建筑、结构、电气、自控设计决定生产流程的技术实现和经济性;绿化设计、消防设计、通风、除臭设计决定了厂区环境的综合优化。当然,地下污水处理厂各个专业之间是密切关联、相互影响、相互制约的,需要广泛的专业技术协作才能设计出最优的产品。

我国地下污水处理厂设计水平必将随着更多的地下污水处理厂工程建设,积累更多经验,推动相关规范、手册的编制,逐步提高设计人员整体水平和工程质量水平。

参考文献:

- [1] 邱维. 广州京溪地下污水处理厂设计经验总结[J]. 中国给水排水,2011,27(24):47-49.



作者简介:邱维(1975 -), 男, 四川广安人, 硕士, 高级工程师, 总工程师, 注册设备工程师, 注册咨询工程师, 注册造价工程师。从事给水排水工程设计研究工作20年。获得国家、省、市工程优秀设计咨询奖二十余项, 授权专利技术四项。

E-mail: 86076293@qq.com

收稿日期: 2016-12-29