

Analysis of Risk Points and Countermeasures in the Design of Semi Underground Wastewater Treatment Plants

Yuanxun Ding Jing Bian Lanhui Liu Haoxiang Zhang

North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract

With the increasing ecological demand in China and the gradual shortage of urban land resources, semi underground sewage treatment plants, as a new form of sewage treatment plant construction, will become a new direction for the development of sewage treatment engineering with their advantages of environmental friendliness, intensive layout, and diversified spatial utilization. Based on the design practice of a semi underground sewage treatment plant in Fujian Province, briefly discusses the risk points and countermeasures in the design of the semi underground sewage treatment plant, mainly including waterproof measures, fire prevention measures, measures to prevent toxic and harmful gases, emergency evacuation measures, personnel safety measures, etc., providing experience for the design and construction of similar semi underground sewage treatment plant projects in the future.

Keywords

semi underground sewage treatment plant; design risk points; countermeasures

浅析半地下污水处理厂设计风险点及应对措施

丁元勋 边靖 刘兰慧 张浩祥

中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 中国·天津 300000

摘要

随着中国生态需求的日益提高以及城市土地资源的逐渐紧缺,半地下污水处理厂作为一种污水处理厂建设新形式,凭借其环境友好、布置集约、空间利用多元化等优点将成为污水处理工程发展的新方向。基于福建省某半地下污水处理厂的设计实践,简要论述了在半地下污水处理厂设计过程中需注意的风险点及应对措施,主要包括防水淹措施、防火措施、防有毒有害气体措施、紧急疏散措施、人员安全措施等,为将来类似半地下污水处理厂工程的设计和建设提供了经验。

关键词

半地下污水处理厂; 设计风险; 应对措施

1 引言

近年来,随着中国城市化发展的进程和人居环境要求的提高,半地下污水处理厂正逐渐成为城市污水治理工程新的发展方向。半地下污水处理厂具有节省占地面积、封闭性强、周边环境友好等优点,但结构相对复杂,设计风险点较多。论文以实际工程为例,分析了半地下污水处理厂设计中防水淹措施、防火措施、防有毒有害气体措施、紧急疏散措施、人员安全措施等,为将来类似半地下污水处理厂工程的设计和建设提供经验^[1]。

2 工程概况

本工程位于福建省,土建规模 6 万 m³/d,近期设备按 3 万 m³/d 规模进行配置,建设方式采用半地下式,主要水处理工艺采用改良 AAO+ 周进周出矩形二沉池+磁混凝高

效沉淀池+转盘滤池,设计出水标准为一级 A。本工程于 2020 年开始设计,2023 年完成竣工验收,目前已顺利通水运行。

3 防水淹措施

水淹风险是半地下污水处理厂主要风险源之一,由于半地下污水处理厂的封闭性特征,在出现水淹风险后,极易造成严重的生命财产损失。

3.1 备用及超越措施

粗格栅、细格栅等可能出现堵塞的设备均设置一用一备,单台设备的处理量为总进水峰值流量,保证即使一台设备完全堵塞不能及时清通,另一台设备也能满足处理要求,不会导致栅前水位升高造成溢水。

二沉池、高效沉淀池、转盘纤维滤池分组均为两组或两组以上,保证在一组构筑物发生故障或检修的情况下,另一组设备仍能正常运行。

高效沉淀池、转盘纤维滤池均设置超越渠道,在前置

【作者简介】丁元勋(1992-),男,中国山东潍坊人,硕士,工程师,从事水处理技术研究。

工艺段出水可稳定达到尾水排放标准的情况下，可超越后续工艺段，在高效沉淀池、转盘纤维滤池发生故障时，也可作为应急手段。

3.2 联调联动

箱体各主要提升水泵、闸门、处理设施之间进行系统性的自控连锁，做到联调联动。即至少一组细格栅、曝气沉砂池、生物池、二沉池进出水闸门等同时处于开启运行的状况下才能开启进水泵；至少一组高效沉淀池、转盘滤池、消毒接触池进出水闸门等同时处于开启运行的状况下才能开启中间提升泵；在前端粗格栅进水泵池、中间提升泵池、终端尾水提升泵池序列中，后续泵池处均设置液位报警，当达到设定液位时，依次关闭前序一组提升泵；一组泵池整体断电时，其前序上一级泵池停止工作；待粗格栅进水泵池到达指定液位时，自动关闭进水电闭闸门。

3.3 管道、阀门漏水等防控措施

箱体负一层采取可靠的排水设施，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。地下污水处理厂任何一点出现漏水事故都会对负一层造成影响，故不在负一层摆放大型、关键的电气设备^[2]。

4 防火措施

4.1 总平面设计防火措施

本工程在地上，围绕箱体及地上建构筑物修葺环形消防通道，道路宽 6m，转弯半径 9m，保障消防安全。

4.2 建筑设计防火措施

建筑整体防火设计思路为重点区域重点设防，以功能分区为主，根据污水处理厂的功能特点、使用空间人员特点合理确定防火设施。

负一层参照《建筑防火设计规范》要求，防火分区面积小于 1000m²。

箱体中任意一点到达最近的安全疏散口距离 < 60m。避难走道设有独立安全出口，彼此间距 < 120m，人在避难走道中的到达安全出口的疏散距离 < 60m，满足《建筑防火设计规范》的规定。

4.3 给排水及消防设施设计

本项目配套的主要消防设施包括室外消火栓、室内消火栓、防水池、消防水泵、消防水箱及其附属设备及材料。

箱体室内及室外均设置消火栓，消防供水水源采用消防水池，各建筑物内均设置手提式磷酸铵盐干粉灭火器。

按照 GB50974—2014《消防给水及消火栓系统设计规范》4.3.1 的相关规定，本项目设置消防泵房，消防泵房主要供给室内消火栓和室外消火栓。考虑消防泵的稳定运行，设置消防水池。消防水池进水采用经处理后的中水，保证污水处理厂在任何情况下均有充足的消防用水供应。

4.4 电气设备防火措施

①本工程装设防火剩余电流动作电气火灾监控系统，可对地下箱体内电气火灾进行早期预防和报警。

②消防线路的电缆敷设需满足火灾时连续供电或传输信号的要求，当电缆采用穿金属导管或封闭式金属线槽明敷时，金属导管或封闭式金属线槽应采取防火涂料等防护措施；当电缆采用穿金属导管暗敷时，应暗敷在非燃烧体结构内，其保护层厚度不应小于 30mm。

③普通电缆与消防电源电缆应分设桥架或采取隔离措施。

为防止电气火灾蔓延，采取以下措施：

第一，在必要部位设耐火隔墙或防火门。

第二，非消防线路采用阻燃电缆（电线），消防线路采用耐火电缆（电线）。

第三，电缆穿线孔洞用耐火材料封堵。

④供电线路保护和用电设备保护均采用断路器保护。断路器的脱扣器采用具有三段保护功能的电子脱扣器，防止供电线路和用电设备在发生短路、过负荷等故障情况下继续运行。

4.5 自控设计防火措施

本工程在地下箱体和综合楼内设置一套火灾自动报警系统，系统按集中报警系统设计，系统由火灾探测器、手动火灾报警按钮、火灾声光警报器、消防应急广播、消防专用电话、消防控制室图形显示装置、火灾报警控制器、消防联动控制器等组成。起集中控制作用的消防设备均设置在消防控制室。消防控制室与中控室共用，设置在综合楼。

箱体内设置全覆盖式火灾自动报警系统，共设有 3 个防火分区，当这些区域内发生火灾时，报警系统将自动轮流拨打消防控制室、中央控制室、值班室等地的消防电话，提示发生火灾的具体区域，保证火灾险情的及时应对。

4.6 暖通设计防火措施

暖通设计主要针对地下污水处理厂设置必要的通风系统，楼梯间设置防烟系统，当送、排风管穿越防火分隔墙及伸缩缝时，设 70℃ 关闭的防火阀，在进、出机房的风管上设 70℃ 关闭的防火阀，所有防火阀动作均有电信号输出^[3]。

5 防有毒有害气体措施

5.1 减少有毒有害气体的产生

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中往空气中的挥发。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，对格栅的渣水分离区域、沉砂池的渣水分离及砂水分离区域进行密封，并及时排除废物。防止渣、砂、泥、污水等长时间存放引起毒害气体的产生。

5.2 加强有毒有害气体的收集、处理、扩散

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收集并进行生物化学法降解的过程。一般经

处理后的臭气均通过排气管道排至箱体以外，气体的收集及处理设计详见除臭系统设计。

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，保证产生的毒害气体及时排出，本项目设置了完善的排风系统。

此外，排风系统的设计除考虑将室内空气快速排出外，还根据污染物的特性及污染源的变化，优化气流组织设计；不使含有大量热、蒸汽或有害物质的空气流入没有或仅有少量热、蒸汽或有害物质的人员活动区，且不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除措施

由于地下式污水处理厂的特殊性，设计在污水预处理区、脱水机房、管廊间均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（设置位置及气体检测类型见表1），以保证操作人员处于安全的环境中。同时，可在地下箱体出入口、主要通道增设安全报警系统。在有毒有害气体达到报警上限值时，以声光形式输出并滚动条显示报警信息及报警位置，提示相关人员注意。

表1 设置位置及气体检测类型

序号	区域	检测类型	备注
1	预处理工段	H ₂ S、NH ₃ 、O ₂	各1台
2	预处理区域负一层巡检通道	H ₂ S、NH ₃ 、O ₂	各1台
3	脱水机房	H ₂ S、NH ₃ 、CH ₄ 、CO	各1台
4	脱水机房区域负一层巡检通道	H ₂ S、NH ₃ 、O ₂	各1台
5	深度处理区域负一层巡检通道	H ₂ S、NH ₃ 、O ₂ 及温湿度	各1台

除此之外，中控室也有相应的警示、报警、报警确认、报警记录等安全功能设置。保证在有毒有害气体超过设计标准时中控室能及时发出警报信号，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，保证运行安全。

6 紧急疏散措施

设计严格按照规范要求的2min疏散要求，以人的正常步速1m/s为基准，考虑火灾发生及烟气弥漫等事故发生时人的步速会降低30%，因此每个防火分区疏散距离均小于60m。

6.1 应急照明设置

为保证在紧急情况下人员的安全疏散，在地下通道、地下建筑物内设应急照明灯具及疏散指示标志，本工程消防应急照明和疏散指示系统采用集中电源集中控制型消防应急照明和疏散指示系统。采用蓄电池组集中供电，保证系统内所有设备灯具受到监控，以使火灾发生时能够确保提供快

速可靠的照明。确保地下构筑物工作人员的安全疏散。

所有楼梯间及其前室，疏散走道，变电室，消防水泵房，防烟风机区域，消防控制室等场所设置应急照明。疏散区域应急照明照度值满足功能要求，消防工作区域应急照明照度值按不低于正常照明照度值的设置；应急照明平时采用就地集中控制或由消防设置在消防控制室内控制器与火灾自动报警系统实现联动统一管理，火灾时由消防控制室自动控制强制点亮全部应急照明灯。

所有末端灯具光源均采用高亮度LED专用消防灯具，根据GB50016—2014《建筑设计防火规范》（2018年版）中的规定，照度要求及灯具选型原则如下：

一般平面疏散区域≥1Lx。

楼梯间及其前室≥5Lx，地下层集中疏散走道≥5Lx。

系统应急备电时间不小于1h。

所有产品均须通过国家权威部门认证，符合GB17945—2010《消防应急照明和疏散指示系统》标准，并通过实际工程运行验证稳定可靠。

设备灯具及集中电源应满足不小IP54，F2的防护等级，并满足运行环境温度-20℃~55℃，湿度≤RH95%（无凝露）的要求。

6.2 疏散通道标识

箱体内应有相关荧光标识及指示牌指引逃生路线，此外，地面一层箱体的柱网应根据不同功能分区在柱子高度之间位置作出不同颜色的标识和编号，方便工作人员迅速识别，快速找到逃生出口。

7 人员安全措施

在地下箱体负一层巡检通道、二沉池检修通道、脱水机房操作区域等处可设计无线信号覆盖系统以及人员定位系统。无线信号覆盖系统可以保证操作人员和检修人员在上述区域保持联系，人员定位系统可以实时掌握操作人员和检修人员的具体位置，提高运维管理水平。

8 结语

在半地下污水处理厂设计过程中，从防水淹措施、防火措施、防有毒有害气体措施、紧急疏散措施、人员安全措施等角度出发，对可能存在的风险点及应对措施进行梳理，为后期类似项目的设计建设提供参考经验。

参考文献

- [1] 陈秀成.全地下污水处理厂防淹设计要点及工程案例[J].给水排水,2022,48(5):50-59.
- [2] 刘晓亮.地下污水处理厂的火灾自动报警系统设计小结[J].智能建筑电气技术,2019,13(4):61-63.
- [3] 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.