

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.08.011

全地下污水处理厂的消防设计优化

刘利, 于小强, 丁锋, 李东梅, 冯源, 张宏磊
(青岛市市政工程设计研究院有限责任公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 青岛某全地下污水处理厂设计规模为 $30\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,地下箱体面积约 $10.7\times 10^4\text{ m}^2$,采用一体化布置形式。防火分区按厂房进行划分,数量多,不利于污水厂的运营管理;出地面建筑物数量多,影响地面景观公园的打造。设计将地下一层水池操作平台划分为1个整体防火分区;地下一层设备用房及行车通道等人员巡视检修的重点区域按规范要求设置防火分区,并通过设置自动灭火系统扩大防火分区面积;地下二层不进行防火分区划分;地下二层管廊区参照城市综合管廊进行消防设计。通过火灾场景分析、火灾蔓延及烟气流动状态分析、人员疏散分析等评估优化设计方案,为后续全地下污水处理厂的消防设计提供参考。

关键词: 全地下污水处理厂; 防火分区; 消防设计

中图分类号: TU998.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)08-0066-04

Fire Protection Design Optimization of Underground Sewage Treatment Plant

LIU Li, YU Xiao-qiang, DING Feng, LI Dong-mei, FENG Yuan, ZHANG Hong-lei
(Qingdao Municipal Engineering Design Research Institute, Qingdao 266000, China)

Abstract: The design scale of an underground sewage treatment plant with integrated layout in Qingdao is $30\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, and the area of the underground box is about $10.7\times 10^4\text{ m}^2$. The large number fire compartments are divided according to the plant buildings, which is not conducive to the operation and management of the sewage treatment plant. In addition, there are many buildings on the ground, which affects the construction of the ground landscape park. The design divided the operation platform of the underground first floor water tank into an integral fire compartment. The fire compartments were set up in key areas for inspection and maintenance such as equipment rooms and driving passages on the first floor underground according to the requirements of the specifications, and the area of the fire compartments was expanded by setting an automatic fire extinguishing system. No fire compartment was divided in the underground second floor. The fire protection of the underground second floor pipe gallery area was designed according to the urban utility tunnel. The optimized design scheme was evaluated through the assessment such as fire scenario analysis, fire spread and smoke flow status analysis and personnel evacuation analysis, so as to provide reference for the subsequent fire protection design of underground sewage treatment plant.

Key words: underground sewage treatment plant; fire compartment; fire protection design

由于地下污水处理厂的特殊性,其消防设计的难点主要是防火分区的划分。目前国内全地下式污水处理厂的消防设计无统一标准,部分参考《建

筑设计防火规范》(GB 50016—2014),如临沂市青龙河全地下污水处理厂^[1]等;部分采用消防专项审查方式,如上海泰和污水处理厂^[2]、昆明第十一污水

处理厂^[3]等。

青岛某全地下污水处理厂的设计处理规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (土建一次完成,设备分期实施),占地面积为 19.5 hm^2 ,项目建成后结合周边现状建设湿地公园,为居民提供休闲健身场所。污水处理构筑物采用一体化箱体布置形式,平面尺寸约 $554 \text{ m} \times 194 \text{ m}$,面积约 $10.7 \times 10^4 \text{ m}^2$,分两层。地下二层为水池等处理构筑物及管廊,地下一层为设备附属用房及操作平台。地下箱体面积大且不同功能区的火灾危险性存在较大差异,消防系统设计成为工程的重点和难点。

1 防火设计优化

对大型全地下污水处理厂而言,按照现行相关标准及规范进行消防设计,其过于细致的防火分区要求不仅影响污水厂后续的运营管理,也给工艺布局带来了很大困扰,而且会增加投资和维护管理成本。本工程通过布局优化,以工程结构、功能、人员密度、火灾荷载及消防设施为基础开展专项分析研究;通过火灾场景分析、火灾蔓延及烟气流动状态分析、人员疏散分析等,评估设计方案并提出建议,同步指导调整平面布局,最终给出防火分区、安全疏散、消防救援、通风排烟、电气消防等研究结论。

火灾场景分析主要考虑火灾的增长阶段和充分发展阶段,拟定典型的火灾场景进行模拟计算,分析判断烟气蔓延情况及排烟系统的有效性;火灾蔓延及烟气流动状态分析采用火灾动力学模拟软件FDS(Fire Dynamics Simulator)对建筑内的火灾及烟气蔓延情况进行模拟计算,得到烟气蔓延、温度分布、能见度分布、CO浓度分布情况,判断1800 s时的极限值是否超过危险限制;人员疏散分析是利用专业软件PathFinder动态描述疏散过程,得出必需疏散时间。

本次研究结果与主管部门进行沟通并通过第三方消防评估后进行应用,确保本工程消防设计的安全性、合理性与经济性。

2 防火分区、安全疏散及消防救援

2.1 防火分区

地下一层水池操作平台火灾危险性相对较低,可以较大幅度地调整单个分区的面积,将其划分为1个整体防火分区,面积约 $90\,000 \text{ m}^2$ 。地下一层设备用房主要包括浓缩机房、脱水机房、曝气沉砂池

间、细格栅间、粗格栅间及提升泵井、鼓风机房及配电室、加药间,以及行车通道等人员巡视检修的重点区域,火灾危险性较高,需配以规范要求的完整消防设施。因此按照布局共划分12个防火分区,配置自动灭火系统使单个防火分区的最大允许建筑面积 $\leq 2\,000 \text{ m}^2$,具体防火分区如图1所示。预处理区中供日常运输污泥的机动车行车通道按照《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》(GB 50067—2014)的地下汽车库进行消防设计,地下一层操作区之间采用2道耐火极限高于3 h的常开防火卷帘进行分隔。

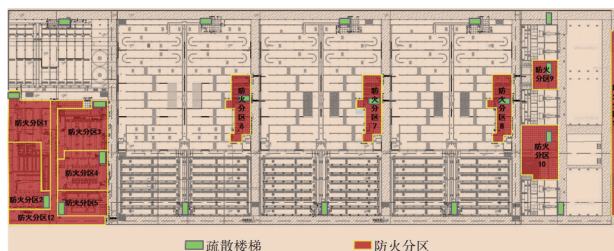


图1 地下箱体负一层防火分区及疏散楼梯示意

Fig.1 Schematics of fire compartment and evacuation staircase on first floor of the underground box

地下二层为设施管廊层和水池层,管廊区域仅日常巡视及操作,水池区域划分为构筑物区域,平时不进入进行巡视、操作,火灾危险性极低。因此,地下二层不进行防火分区划分,仅考虑安全疏散。

综合楼执行GB 50016—2014的民用建筑相关规定,其他地上建筑(臭氧制备间、尾气破坏间等)执行GB 50016—2014中乙类、丁类、戊类相关规定,地下一层水池操作平台执行《城镇地下式污水处理厂技术规程》(T/CECS 729—2020)相关规定。

2.2 安全疏散

本项目共设计21个安全出口,并通过数值计算模拟分析安全疏散设计的可行性,疏散楼梯分布情况见图1。地下一层水池操作平台区域按照现行GB 50016—2014戊类地下厂房的要求,防火分区内任一点至最近安全出口的直线距离均小于60 m,结合地面景观共设置疏散楼梯间9个;设备区每个防火分区均设置1个直线距离小于30 m的通向避难走道的安全出口,相邻布置的防火分区采用防火墙分隔,利用防火墙上通向相邻防火分区的甲级防火门(宽度大于1.1 m)作为第二安全出口,设置12个疏散楼梯间;运泥车通道内设置防烟楼梯间,并确

保通道内任一点至最近安全出口的直线距离不大于60 m;地下二层检修通道参考《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—2015)关于综合管廊疏散距离的要求,最不利点的疏散距离取200 m。

采用火灾动力学模拟软件FDS对建筑内的火灾及烟气蔓延情况进行模拟计算,得到各火灾场景下安全出口附近影响人员疏散的各项指标达到极限值的具体时间均大于1 800 s;利用PathFinder计算机模拟软件对人员的疏散进行模拟计算,得到必需疏散时间为360 s;在设定火灾场景的假定条件下,人员均能够在危险来临之前通过临近的安全出口疏散至安全区域。

2.3 消防救援

本项目南侧地面紧邻市政路,路宽15 m,可作为厂区的消防车道,并在适当位置设置水泵接合器,厂区内其他区域可不设置消防车道。厂区东侧的综合楼及臭氧发生间等区域设置8 m宽的消防车道,并在最北端设置18 m×18 m的回车场地。

3 消防系统设计

本工程由地上建筑综合楼、臭氧制备间、变配电室、尾气破坏间及地下箱体组成。根据GB 50016—2014规定,综合楼为多层公共建筑,臭氧制备间为乙类厂房,变配电室为丁类厂房,其余均为戊类厂房。结合建筑的特点及功能,分别设置了消火栓、自动灭火及灭火器系统。

3.1 消火栓系统

根据GB 50016—2014,综合楼、臭氧制备间、变配电室设置室内消火栓系统。地下箱体操作层按照防火分区设置室内消火栓系统,消火栓参照《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)中规定,保证同层有2支水枪的充实水柱能够同时到达室内的任何位置,选用DN65型室内消火栓($\phi=19$ mm水枪, $L=25$ m水龙带),布置间距不大于30 m。

3.2 自动灭火系统

根据GB 50016—2014中8.3.1和8.3.3条要求,在综合楼和地下箱体操作层中建筑面积大于1 000 m²且不大于2 000 m²的防火分区设置自动喷水灭火系统。喷淋用水量按轻危险火灾等级设计,喷水强度为4 L/(min·m²),作用面积为160 m²,火灾持续时间为1 h。设置在箱体操作层的消防水池、消防泵房为厂区喷淋系统提供水源,消防泵房设置2

台互为备用的水泵, $Q=30$ L/s, $H=0.55$ MPa。

在电气设备及电缆相对较多区域设置浓度为9%的七氟丙烷自动气体灭火系统。防火分区3内的分变配电室设置七氟丙烷柜式灭火装置,其余分变配电室(防火分区6、7、8、9内)所在的4个区域设置七氟丙烷管网式自动气体灭火系统。

3.3 灭火器系统

根据《建筑灭火器配置设计规范》(GB 50140—2005),各建(构)筑物按照不同类型的火灾危险级别配置相应的灭火器。本工程厂房按中危险级别(2A)设置灭火器,地下箱体内变配电室按E类火灾中严重危险级别(2A)设置灭火器,控制室按严重危险级别(3A)设置灭火器,其他建筑按A类火灾中危险级别(2A)设置灭火器,选用的均为手提式磷酸铵盐干粉灭火器。根据《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—2015),在综合管廊沿线、人员出入口、逃生口等处设置灭火器,相邻灭火器的间距保证在50 m以内。

4 消防安全设计

4.1 通风排烟设计

地上建筑中臭氧发生间,地下箱体中初沉池泵房、热泵机房、综合加药间(含次氯酸钠)等车间设置事故排风系统,换气次数按12次/h设计。地下箱体操作层各防火分区分别设置独立的机械送排风系统,送排风机均采用双速风机,低速工况设计换气次数为1次/h,高速工况设计换气次数为3次/h。地下二层设置机械送排风系统,排风通过排风竖井排出室外,送风通过送风机送至地下二层。箱体内的防烟楼梯间设置机械加压送风系统,封闭楼梯间采用自然通风系统。

变配电室设置平时通风及事故后通风系统。箱体操作层可燃物较少且无人员经常停留,区域不设置排烟系统。地下一层运送污泥的汽车通道区域采用自然排烟系统。

4.2 电气消防设计

按照《室外排水设计规范》(GB 50014—2016)中10.1条,本项目消防用电负荷等级为二级。消防用电干线采用燃烧性能为A级的耐火电线电缆,其他消防供配电电线电缆采用燃烧性能不低于B1级、耐火时间不小于3.0 h的耐火电线电缆。同时在各个防火分区、疏散楼梯间、防烟楼梯间前室、疏散通

道、安全出口、疏散走道等设置火灾报警探测器、火灾报警电话、手动报警按钮、火灾声光报警、火灾应急广播以满足火灾逃生需求。

5 优化效果

通过消防设计优化,防火分区由56个减少为13个,出地面楼梯由56个减少为21个,按照1个防火分区2个风井考虑,需要设置风井26个。考虑到地上景观的完整性,设计上对地面出地建、构筑物进行了整合,部分风井借助风道与楼梯间进行捆绑,大大减少了出地风井的数量,整合后独立出地风井为12个。

防火分区优化后,地上建筑面积减少约1 000 m²,地下分区墙体、防火门、防火卷帘及风机、自喷系统相应减少,合计节省工程投资约2 980万元。

6 结论

① 通过对地下空间分布以及火灾危险性进行分析,水池上部空间区域为1个整体防火分区,面积为90 000 m²,设备用房防火分区面积不大于2 000 m²。安全疏散距离除地下二层管廊层按200 m考虑、设备区每个防火分区设置1个直线距离小于30 m的通向避难走道的安全出口外,其他均按照60 m设计,兼顾消防安全、工艺布置与管理需求。

② 根据现行消防规范以及本工程的消防需求,进行了消火栓系统、自动灭火系统、灭火器以及电气和通风排烟专项消防设计。

③ 针对目前全地下污水厂消防设计的规范条文尚不完善,设计中在参考相关规范的同时,应

针对污水厂及其火灾特点,提出符合工程实际的消防方案,力求安全经济。

参考文献:

- [1] 张丽. 临沂市全地下式青龙河污水厂总体设计方案[J]. 净水技术, 2018, 37(4):111-115.
ZHANG Li. Overall design scheme of full underground Qinglonghe wastewater treatment plant in Linyi City [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(4): 111-115 (in Chinese).
- [2] 周友飞,朱晓凤. 上海泰和全地下污水处理厂消防系统设计探讨[J]. 中国给水排水, 2018, 34(12): 50-52,56.
ZHOU Youfei, ZHU Xiaofeng. Discussion on fire protection system design for Shanghai Taihe underground WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(12): 50-52,56 (in Chinese).
- [3] 倪明. 地下式污水处理厂消防设计分析[J]. 净水技术, 2018, 37(9): 4-9.
NI Ming. Analysis of fire protection design for underground sewage treatment plants [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(9): 4-9 (in Chinese).

作者简介:刘利(1969—),女,山东青岛人,博士,正高级工程师,主要研究方向为给排水工程设计。

E-mail:qingdaoshizheng@163.com

收稿日期:2023-05-29

修回日期:2023-07-11

(编辑:沈靖怡)

环境就是民生,青山就是美丽,蓝天也是幸福