

郑玢, 杨涛, 谢小龙. 地下式污水处理厂的消防与设计优化——以 MBR 工艺为例[J]. 净水技术, 2023, 42(9): 183–189.

ZHENG B, YANG T, XIE X L. Fire protection and design optimization of underground WWTP——Case of MBR process[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(9): 183–189.

地下式污水处理厂的消防与设计优化——以 MBR 工艺为例

郑 玢^{1,*}, 杨 涛², 谢小龙²

(1. 宜昌市城市规划设计研究院有限责任公司, 湖北宜昌 443000; 2. 武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北武汉 430023)

摘 要 地下式污水处理厂的主体处理流程位于地下结构箱内。其设计难点是工艺与结构、建筑和消防(尤其是建筑防火)的交叉处理, 对此进行研究具有现实的工程意义。武汉某污水处理厂采用地下式建造形式, 二级处理采用“改良厌氧-缺氧-好氧(AAO)+膜生物反应器(MBR)”工艺, 消毒单元采用“紫外消毒+次氯酸钠消毒”组合工艺。结合该工程 MBR 工艺的设计, 介绍了地下式污水处理厂的消防设计和优化。在防火分区建筑面积不超过 2 000 m² 的前提下, 相关设计实现了空间的优化利用, 并兼顾了运行维护和消防救援的便捷性、安全性。同时, 针对箱体内的防淹、危化品防护、药剂卸载与投加系统进行了优化设计。相关研究与设计成果可为其他类似工程提供参考。

关键词 地下式污水处理厂 MBR 工艺 消防设计 防火分区划分 设计优化

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2023)09-0183-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.09.022

Fire Protection and Design Optimization of Underground WWTP——Case of MBR Process

ZHENG Bin^{1,*}, YANG Tao², XIE Xiaolong²

(1. Urban Planning & Design Institute of Yichang Co., Ltd., Yichang 443000, China;

2. Wuhan Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430023, China)

Abstract The main treatment process of underground wastewater treatment plant (WWTP) locates in an underground structure box. So the cross management of process and structure, architecture and fire protection (especially fire protection of buildings) constitutes the difficulty for the design of underground WWTP, and the research on that has practical engineering significance. A WWTP in Wuhan is built underground, where improved AAO + MBR process is adopted as the secondary treatment and the group of UV combined with NaClO is used in disinfection. In combination with the design of MBR process in this project, the design of fire protection and optimization of underground WWTP is introduced. On the premise that the building area of each fire compartment must be less than 2 000 m², the relevant design realizes the optimal utilization of space, and balances the convenience and safety of operation, maintenance and fire rescue. Meanwhile, the design of flood prevention, hazardous chemicals protection, and the unloading and dosing system of drug in the box are optimized. The study and optimization results can be referred for other similar projects.

Keywords underground WWTP MBR process fire protection design fire compartment division design optimization

根据建造形式, 污水处理厂主要分为地上式、半地下式和地下式^[1]。其中, 全地下式将所有或主要处理设施置于一个结构箱内, 且结构箱完全位于地面以下, 因此, 又被称为地下式。地下式污水处理厂

作为污水处理设施的新兴建造模式, 在我国应用越来越多、发展越来越快。以我国大陆地区为例, 自 2010 年首次采用伊始, (半)地下式污水处理厂目前已建设(含在建)200 余座, 其中不乏地下式污水处理厂^[2]。因此, 对其设计特点与难点进行研究是有必要的, 具有现实的工程意义。

地下式污水处理厂的设计难点是工艺与结构、建筑和消防(尤其是建筑防火)的交叉处理, 最典型

[收稿日期] 2022-04-13

[通信作者] 郑玢(1981—), 女, 高级工程师, 研究方向为市政给排水工程设计、黑臭水体治理及水环境综合整治, E-mail: 482376661@qq.com。

的问题就是防火分区的划分^[3]。根据《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014),耐火等级为一、二级的丁、戊类地下或半地下厂房的单个防火分区建筑面积不超过 1 000 m²,当设有自动灭火系统保护时单个防火分区的最大允许建筑面积可增加 1.0 倍。以北京槐房再生水厂为例,其地下空间的总建筑面积约为 1.3×10⁵ m²,如果严格执行《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)的要求,将设置 70~140 个防火分区,极大地破坏了厂区地表景观效果;违背了采用地下式建造形式的初衷;增加了地下空间的使用难度;削弱了运行管理的便捷性^[4]。因此,经与属地消防主管部门充分沟通并征得其批准,槐房再生水厂采用因区施策、重点设防的策略,将单个防火分区的最大建筑面积做到 10 000 m²,但这一划分标准仅适用于槐房再生水厂。其他不具备此类条件的工程,则需在响应建筑防火要求的同时努力兼顾工艺设计、运行维护和消防救援的合理性、便捷性与安全性。为此,笔者以武汉某地下式污水处理厂膜生物反应器(MBR)工艺的设计为例,对地下式污水处理厂的消防与优化设计进行研究,以供探讨与交流。

1 概况和基本要求

1.1 工程概况

武汉某污水处理厂近期设计规模为 7.5×10⁴ m³/d,远期设计规模为 1.5×10⁵ m³/d。厂址东西两侧均为铁路,北侧为规划地铁,南侧为规划市政道路,用地十分紧张,如图 1(a)所示。另外,厂区位于城市滨河地带,具有较高的休闲娱乐和旅游观光价值,对地表景观和使用功能要求高。因此,为集约用地,该厂采用地下式建造形式,所有处理设施均位于地下箱体内部,地面为管理用房和城市公园,厂区占地面积仅为 67 460 m²。地下箱体的土建工程按远期规模建设,安装工程按近期规模实施,各处理单元分

2 组平行设置。污水处理厂设计出水水质在《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准的基础上,将 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、TP 提升至《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的Ⅳ类水标准,如表 1 所示。污水处理工艺流程如图 1(b)所示,二级处理单元采用“改良厌氧-缺氧-好氧(AAO)+MBR”工艺,消毒单元采用“紫外消毒+次氯酸钠消毒”组合工艺。

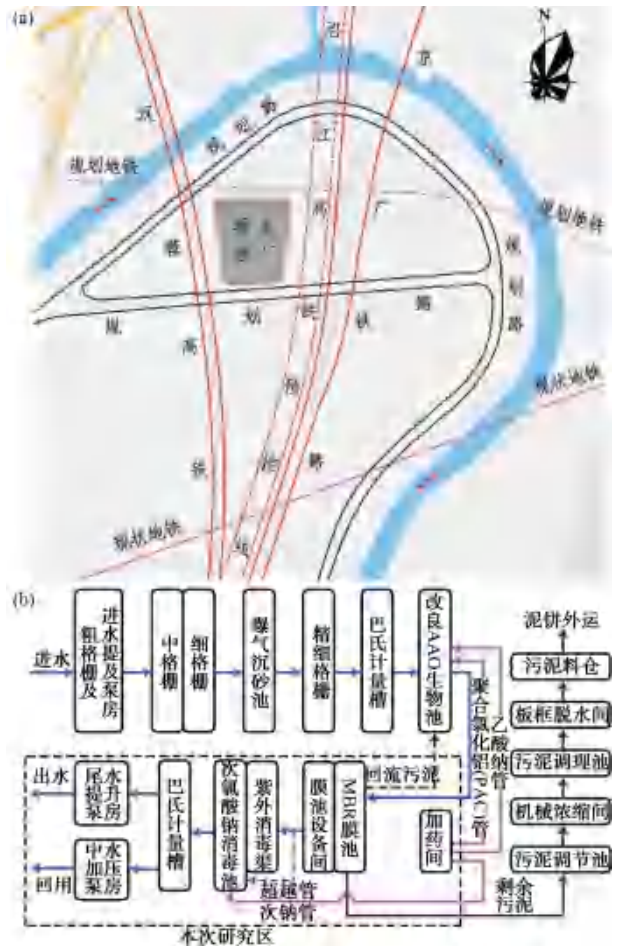


图 1 污水处理厂区位(a)和工艺流程(b)

Fig. 1 Location (a) and Process Flow (b) of WWTP

表 1 设计进出水水质
Tab. 1 Designed Influent and Effluent Quality

项目	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)
进水	140	200	260	35	25	4
出水	≤6	≤6	≤30	≤15	≤1.5(3)	≤0.3

注:氨氮括号外数值为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

1.2 研究区概况

地下箱体的平面布置如图 2(a)所示,研究区竖

向布置如图 2(b)所示。研究区包括 MBR 膜池、膜池设备间、配电间(含膜系统中控室)、加药间、消毒区和

尾水泵房。除膜池设备间为单层结构外,其余均为双层结构。膜池区主要布置膜组器及附属管道系统,膜池设备间主要布置产水、吹扫、排泥、抽真空及膜清洗系统的动力设备,加药间主要布置 PAC、柠檬酸、次氯酸钠(膜清洗及消毒)和乙酸钠加药系统,消毒区主要有紫外消毒渠、次氯酸钠接触消毒渠和巴氏计量槽,尾水泵房主要安装尾水提升泵和中水加压泵。

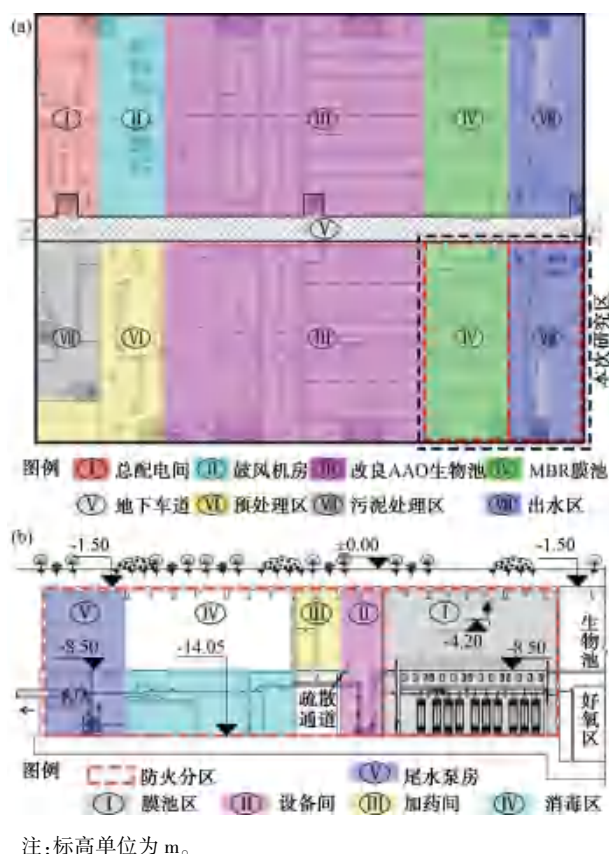


图2 箱体平面布置(a)和研究区竖向布置(b)

Fig. 2 Layout of the Box (a) and Vertical Location of Study Area (b)

1.3 基本要求

单台膜组器产水面积为 $1\,820\text{ m}^2$, 外观(含吊具)尺寸为 $2\,490\text{ mm} \times 1\,780\text{ mm} \times 3\,650\text{ mm}$ 。膜池区电动葫芦的吊钩极限高程为 -4.2 m , 操作平台的高程为 -8.5 m , 防护栏杆的高度为 1.2 m 。为满足膜组器吊运需求并控制箱体埋深, 部分防护栏杆采用可拆卸式活动栏杆。另外, 为确保膜系统产水和吹扫的均匀性, 根据 MBR 工艺在当地的运行经验, 单格廊道内膜组器的安装数量不宜超过 10 台, 名义膜通量不宜超过 $14\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

地下箱体的火灾危险性类别为戊类, 耐火等级

为一级。此外, 地下箱体内设有专用自动灭火系统, 单个防火分区的最大允许建筑面积按 $2\,000\text{ m}^2$ 控制; 膜池设备间疏散通道为悬挑结构[图 2(b)]并由敞开楼梯下至设备间底, 防火分区的建筑面积按上、下层相连通的建筑面积叠加计算; 相邻防火分区之间采用防火墙和甲级防火门分隔。综合考虑生产、管理和防灾减灾等要求, 研究区总体划分为 2 个防火分区: 膜池区为 1 个防火分区, 出水区为 1 个防火分区——包括膜池设备间、配电间、加药间、消毒区和尾水泵房。

2 工艺设计和防火分区划分

方案一平面布置如图 3(a)所示, 膜池设备间和配电间、加药间、消毒区及尾水泵房水平平行布置。

膜池单格廊道安装 9 台膜组器, 为应对未预见的突发情况, 各廊道起端另外预留 1 个安装机位。每组膜池分 14 格廊道并联运行, 总计提供 140 个机位, 126 台组器, 名义膜通量为 $13.63\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。膜池区建筑面积为 $2\,188.8\text{ m}^2$, 大于防火分区最大允许建筑面积, 因此, 膜池区需分为 2 个防火分区。将 21-25 轴、A-B 轴围合区域划入其他防火分区后, 膜池区剩余部分的建筑面积为 $1\,987.2\text{ m}^2$, 满足防火分区划分要求。膜组器的吊装和运输采用电动葫芦, 廊道两端 1.5 m 范围内的护栏均采用活动栏杆。

出水区建筑面积为 $1\,944\text{ m}^2$, 疏散通道直线拉通时投影面积为 189.4 m^2 , 防火分区建筑面积为 $2\,133.4\text{ m}^2$ 。因此, 该防火分区内的部分设施需做特殊处理: 次氯酸钠、乙酸钠等成品药液的溶液池设计成封闭空间, 相应的建筑面积予以扣除; 疏散通道在中间断开, 相应的面积在叠加计算时予以减少。调整后出水区防火分区建筑面积为 $1\,987.9\text{ m}^2$ 。次氯酸钠消毒渠接触时间为 30 min 。

方案二平面布置如图 3(b)所示, 膜池设备间和配电间、加药间、消毒区及尾水泵房上下错层布置。

膜池单格廊道安装 9 台膜组器, 为应对未预见的突发情况, 每组膜池预留 1 格廊道。每组膜池分 15 格廊道并联运行, 总计提供 135 个机位、126 台组器, 名义膜通量为 $13.63\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。膜池区建筑面积为 $1\,962.7\text{ m}^2$, 满足防火分区划分要求。

出水区建筑面积为 $1\,654.7\text{ m}^2$, 疏散通道投影面积为 189.4 m^2 , 防火分区建筑面积为 $1\,884.1\text{ m}^2$, 满足防火分区划分要求。膜组器的吊装和运输采用

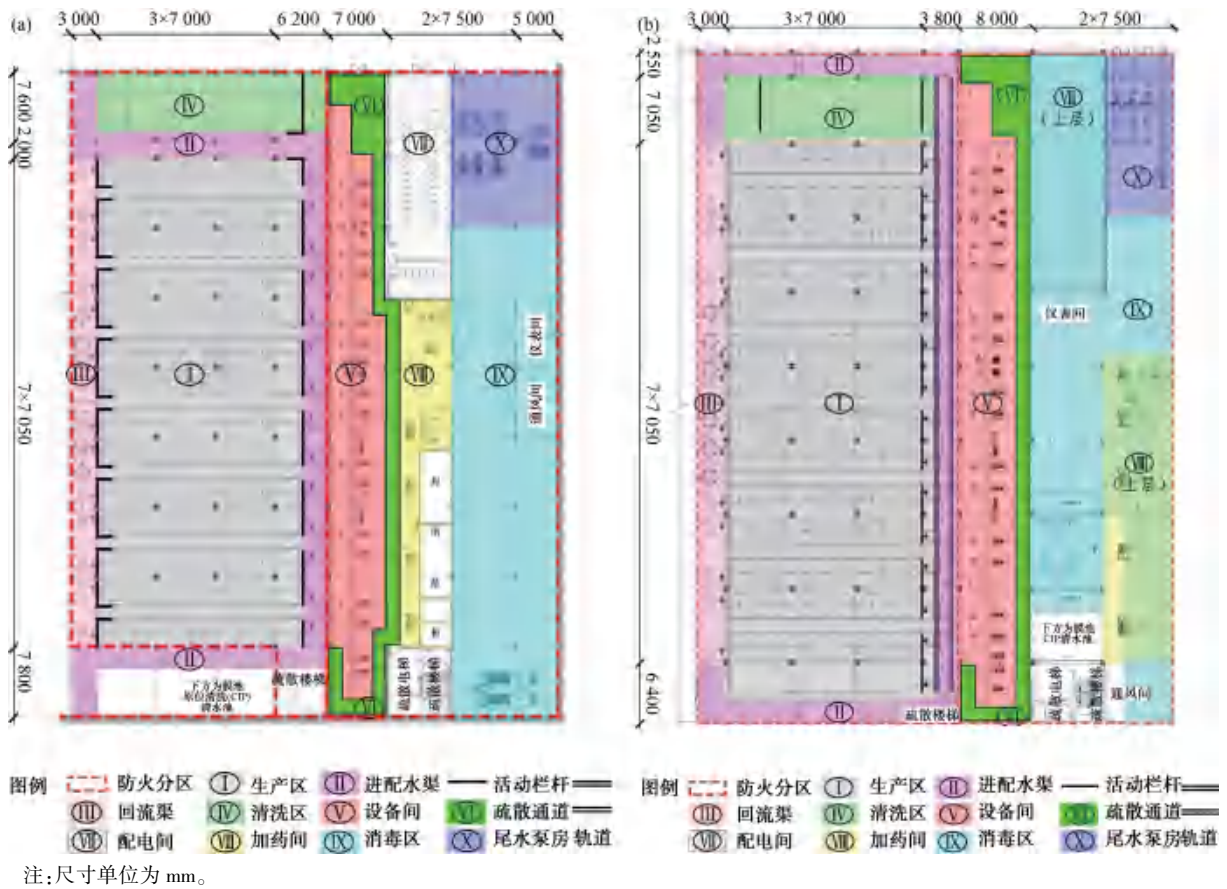


图 3 方案一(a)和方案二(b)研究区平面布置

Fig. 3 Scheme One (a) and Scheme Two (b) Layout of Study Area

电动葫芦和平板车接力完成——先由电动葫芦吊运至平板车上,然后再由平板车运送至清洗区,仅廊道起端的护栏采用活动栏杆。次氯酸钠消毒渠接触时间为 40~60 min。

综合生产、运维、安全、投资等各方面因素(表 2),研究区设计方案推荐采用方案二。

表 2 方案比选

Tab. 2 Comparison of Schemes

项目		方案一	方案二
防火分区划分	空间利用率	低(各功能区水平平行布置,占地面积大、利用率低)	高(各功能区上下错层布置,占地面积小、利用率高)
	内部构造	复杂(使用空间被防火墙和溶液池分隔)	简洁(使用空间内无防火墙和溶液池分隔)
运行维护	设备间布置	不便(设备间轴距为 7.0 m,活动空间小)	较方便(设备间轴距为 8.0 m,活动空间较大,且可以进一步拓展)
	设备利用率	膜池区高(预留机位可直接利用工作廊道内已有产水、吹扫及排泥系统);出水区低(尾水提升泵和再生水加压泵不在同一跨轴网内,起吊设备无法共用)	膜池区低(预留机位无法利用工作廊道内已有产水、吹扫及排泥系统);出水区高(尾水提升泵和再生水加压泵在同一跨轴网内,可共用起吊设备)
安全生产	膜组器吊运效率	低(沿“S”形轨迹连续行进,护栏拆除范围大,载重时电动葫芦频繁转弯,易损坏)	高(沿“T”形轨迹间歇行进,护栏拆除范围小,载重时电动葫芦无需转弯,不易损坏)
	抗冲击力	差(消毒渠接触时间勉强满足规范要求)	强(消毒渠接触时间大大延长)
投资分析	消防及逃生	不便(线路曲折,障碍物多,视野差)	方便(线路顺直,障碍物少,视野好)
		高(土建费高,设备费低)	低(土建费低,设备费略高)

3 消防设计

3.1 灭火系统设计

研究区的灭火设施有消火栓灭火系统、喷淋灭火系统、气体灭火系统和灭火器。地下箱体体积大于 25 000 m³,根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014),室内消火栓灭火系统用水量为 40 L/s,火灾延续时间为 2 h。研究区除膜池设备间净空超过 8.0 m 外,其余区间操作层净空均不超过 8.0 m。根据《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017),研究区火灾危险等级为中危险 I 级,膜池设备间喷水强度按 8 L/(min·m²)考虑,其余均为 6 L/(min·m²),喷淋灭火系统用水量为 40 L/s,火灾延续时间为 1 h。气体灭火系统用于膜池配电间,采用七氟丙烷全淹没灭火,设计体积分数为 9%。灭火器采用磷酸铵盐干粉灭火器,共设置 21 处,其中膜池区 8 处、出水区 13 处,每处均配置 2 具手提式灭火器。

3.2 通风和防排烟设计

根据《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2015),膜池区和出水区均采用机械排风、自然进风的通风换气方案。其中,膜池区换气频率为 2 次/h、出水区换气频率为 4 次/h,疏散楼梯间、消防电梯前室设置机械加压送风系统。

市政污水处理过程中可能会产生硫化氢、氨气、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫等有害气体,在特定条件下有时也会产生甲烷^[5]。膜池内存在吹扫曝气系统,属于典型的富氧环境,因此,膜池区可能存在的有害气体主要为硫化氢和氨气,且浓度水平远低于其爆炸极限(表 3)^[6-7]。出水区可能存在的有害气体主要为次氯酸钠存储期间产生的氯气,但不属于易燃易爆气体。另外,MBR 工艺自动化程度高,无

需人员频繁巡视和长期值守。由此可见,研究区既并无较多可燃物,也无人员长时间停留,根据《建筑防烟排烟系统技术标准》(GB 51251—2017),研究区未做排烟系统。

4 其他优化设计

4.1 排渍和防淹

受地下箱体竖向高程限制,溢入雨水、地下渗水和消防废水、外溢污水等无法重力自排接入下游受纳设施,因此,地下箱体需考虑排渍和防淹设计。根据“高水高排、低水低排、严防外水”的原则,外水主要通过厂区竖向、挡雨棚、截水沟、结构防渗等措施消纳,因此,地下箱体的防淹设计主要应对污水处理系统故障导致的“内水”外溢,如 MBR 工艺产水泵“停车”导致膜池满溢^[8-9]。地下箱体内布局紧凑、结构复杂,排渍泵和排涝泵组的设置点需结合地下箱体的平面及竖向布置选定,并宜选在地下箱体的最低点,本工程共设 3 处。MBR 膜池设备间为单层结构,室内地坪即为其操作平台,高程低、易积水,为排渍泵和排涝泵的设置点之一。由消防设计可知,地下箱体内消火栓灭火系统用水量为 40 L/s,自动喷淋灭火系统用水量为 40 L/s。因此,研究区的消防废水排放量取 80 L/s,排渍泵组采用 2 台 200 m³/h 的潜污泵(互为备用)。排涝泵组采用 3 台 700 m³/h 的潜污泵(互为备用),将外溢污水以及超标降雨情景中可能溢入箱体的雨水抽排至厂外河道。另外,膜池设备间允许积水深度不得超过设备基础高度,当渍水量较大、积水深度上升较快时,各泵组所有潜污泵应能够同时启用。

4.2 危化品防护

加药间为药液集中存储区,如 PAC、次氯酸钠、柠檬酸等,均具有一定的腐蚀性。为避免腐蚀性药液的泄漏引发安全事故,除设置废液收集渠(管)外,加药间就近设置盥洗池和洗眼器。另外,为避免次氯酸钠产生的氯气引发安全事故,除及时通风外,加药间内部、入口和厂区管理间各设置一套抢救工具柜,含防毒面具、正压式空气呼吸器、防护鞋服、防护手套、抢修工具等。

4.3 卸料和加药系统

借鉴消防水泵接合器的做法,卸料系统在便于槽罐车驻车的地方设置两处卸料口,一处位于临近加药间的地下箱体消防通道侧墙,另一处位

表 3 污水处理工段硫化氢和氨气特性
Tab. 3 Features of Hydrogen Sulfide and Ammonia in Wastewater Treatment

项目	硫化氢	氨
火灾危险性类别	甲类	乙类
密度/(g·cm ⁻³)	0.79	0.61
自燃点/℃	270	630
设计质量浓度/(g·cm ⁻³)	1~10	0.5~5.0
爆炸极限	上限	44%
	下限	4%

于地面行车道路边。一般而言,药剂浓度越低,与污水的混合均匀程度越高,但是相同用量下的存储体积越大、占用空间越多。因此,在允许范围内,投加浓度宜低、存储浓度宜高。为平衡二者之间的关系,本工程加药系统采用在线稀释技术,加药时在加药泵组出口管同步加入自来水或中水,将药剂存储浓度稀释至投加浓度,既节约了药剂存储空间,又改善了药剂混合效果。PAC 卸料和投加系统如图 4 所示。

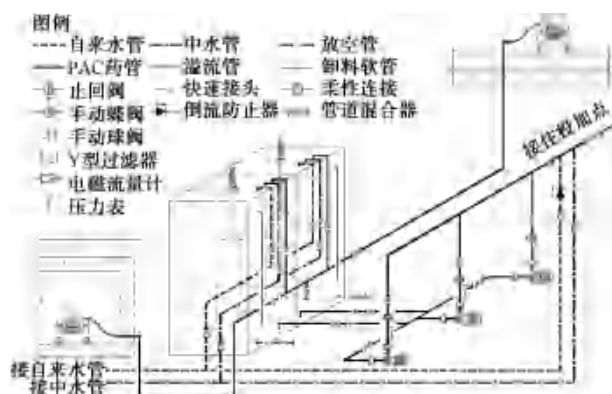


图 4 PAC 卸料和投加系统

Fig. 4 PAC Unloading and Dosing System

5 结论

(1) 地下式污水处理厂将主要的处理设施集中设置在地下箱体内,将地表空间释放出来用于复合利用,具有占地少、空间利用率高、景观效果好等显著优点,有助于土地的集约开发,应用越来越多。

(2) 地下箱体的火灾危险性类别为戊类,耐火等级为一级,单个防火分区的最大允许建筑面积不超过 1 000 m²,当设有自动灭火系统保护时则可按 2 000 m² 控制。相较于庞大的污水处理设施而言,单个防火分区的最大允许建筑面积偏小,对工艺设计造成较大约束。因此,其设计应综合考虑工艺需求、结构安全、防火要求以及运行维护和消防救援的便捷性、安全性等多方面因素。

(3) 武汉某污水处理厂采用地下式建造形式,二级处理采用“改良 AAO+MBR”工艺,消毒单元采用“紫外消毒+次氯酸钠消毒”组合工艺。结合该厂 MBR 工艺(含膜池、设备间、配电间、加药间、消毒区和尾水泵房等)的设计,介绍了在现行规范体系下平衡建筑防火设计和工艺设计的方法,并针对箱体內的防淹、危化品防护、药剂卸载与投加系统进行了优化设计。结果显示,在防火分区建筑面积不超过

2 000 m² 的前提下,相关优化设计实现了地下空间的最大化、最优化利用,对该类工程的设计具有借鉴意义。

参考文献

- [1] 邱维. 我国地下污水处理厂建设现状及展望[J]. 中国给水排水, 2017, 33(6): 18-26.
QIU W. The current status and prospect of underground wastewater treatment plant in china [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(6): 18-26.
- [2] 上海国际水展. 地上造“绿”,地下治“污”,地下式污水处理厂成为未来发展方向? [EB/OL]. (2022-05-13) [2022-05-31]. https://mp.weixin.qq.com/s/sACjynCmVTfjao_RmXFhDw.
Shanghai World Expo Exhibition and Convention Center. Creating "green" on the ground, treating "pollution" underground, and underground WWTP becoming the future development direction? [EB/OL]. (2022-05-13) [2022-05-31]. https://mp.weixin.qq.com/s/sACjynCmVTfjao_RmXFhDw.
- [3] 杨涛,吴志高,谢小龙,等. 地下式污水处理厂地下箱体防火设计研究及案例剖析[J]. 给水排水, 2022, 48(2): 33-39.
YANG T, WU Z G, XIE X L, et al. Research and case analysis on the fire protection design of the underground box in buried wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(2): 33-39.
- [4] 温爱东,王海波,李振川,等. 大型地下式 MBR 工艺设计重难点分析[J]. 给水排水, 2016, 42(6): 27-30.
WEN A D, WANG H B, LI Z C, et al. Key and difficulty points design of a large scale underground MBR process [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(6): 27-30.
- [5] 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 M. Analysis of fire control design for underground wastewater treatment plant [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(9): 4-9.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇污水处理厂臭气处理技术规程: CJJ/T 243—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical specification for odor control of municipal wastewater treatment plant: CJJ/T 243—2016[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [7] National Fire Protection Association. Standard for fire protection

- in wastewater treatment and collection facilities; NFPA 820—2020[S]. 2020.
- [8] 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): 50–54, 59.
- CHEN X C. Key points of flood prevention design and engineering examples of underground municipal wastewater treatment plant[J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(5): 50–54, 59.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准: GB 50014—2021[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- Ministry Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for design of outdoor wastewater engineering: GB 50014—2021[S]. Beijing: China Planning Press, 2021.

(上接第 147 页)

系统、建筑结构、安全和标准化以及周边环境敏感度是影响泵站安全运行的重要因素,其中机械设备的维修和运行情况直接关系到泵站的排水效能,权重最高。

(2)建设年代越久,泵站规模越大,设备故障率越高,更新改造次数越少,周边环境敏感度越高,泵站因子评分越低。

(3)根据泵站的运行状况和设施情况对各因子进行打分,最后将各个泵站的各因子评分进行加权平均得到最终评分,将打分从低到高排序,作为泵站大修优先级的排序,为制定“十四五”泵站大修规划提供规划依据。

参考文献

- [1] 杨露. 基于层次分析法的城市排水泵站老化评估系统研究与开发[D]. 昆明: 云南大学, 2018.
- YANG L. Research and development of aging assessment system for urban drainage pumping station based on analytic hierarchy process[D]. Kunming: Yunnan University, 2018.
- [2] 臧文斌, 陈胜, 朱吉生, 等. 面向城市排水计算的市政排水资料质量综合评估方法研究[C]. 2021 首届城市水利与洪涝防治研讨会论文集, 2021.
- ZANG W B, CHEN S, ZHU J S, et al. Research on comprehensive evaluation method of municipal drainage data quality for urban drainage calculation[C]. 2021 Proceedings of the First Symposium on Urban Water Conservancy and Flood Control, 2021.
- [3] 张猛. 探究影响泵站机电设备维修质量的因素及解决措施[J]. 农业与技术, 2016, 36(22): 69–69.
- ZHANG M. Research on the factors affecting the maintenance quality of mechanical and electrical equipment in pumping station and the solutions[J]. Agriculture & Technology, 2016, 36(22): 69–69.
- [4] 杨模, 许攀, 马靖凯, 等. 影响泵站机电设备维修质量的原因及解决对策分析[J]. 现代农业研究, 2021(1): 127–128.
- YANG M, XU P, MA J K, et al. Analysis on the causes and solutions of impacts on the maintenance quality of mechanical and electrical equipment in pumping station [J]. Modern Agricultural Research, 2021(1): 127–128.
- [5] 高顺强. 影响泵站机电设备维修质量的原因及解决对策[J]. 建材与装饰, 2017(11): 196–197.
- GAO S Q. Reasons affecting maintenance quality of mechanical and electrical equipment in pump station and countermeasures [J]. Building Materials and Decoration, 2017(11): 196–197.
- [6] 时珍宝. 浅析上海市智慧排水信息化系统规划与建设[J]. 净水技术, 2020, 39(s1): 235–238.
- SHI Z B. Brief analysis of the planning and construction of intelligent drainage information system in Shanghai[J]. Water Purification Technology, 2020, 39(s1): 235–238.
- [7] 李国平. 原水输水泵站设备故障诊断和健康分析评估系统[J]. 净水技术, 2017, 36(6): 100–106.
- LI G P. Assessment system of equipment fault diagnosis and health analysis for raw water delivery pumping station [J]. Water Purification Technology, 2017, 36(6): 100–106.