

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.18.014

全地下式污水处理厂地下箱体室内消火栓设计探讨

郑 玢¹, 杨 涛², 何 帅³

(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; 3. 中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘 要: 地下箱体是全地下式污水处理厂的主要生产区,室内消火栓是其消防设计的重要内容,但是,针对性指导文件的缺位给设计工作造成了诸多不便。按照国内现行相关规范对其他同等规模地下空间室内消防设计的要求,全地下式污水处理厂地下箱体内应设置消火栓灭火系统,设计流量最小为10 L/s、最大为40 L/s。案例分析结果显示,工程实践与以上规律一致:全地下式污水处理厂地下箱体室内消火栓的设计流量一般不小于10 L/s,且任一着火点应保证有两支消防水枪的2股充实水柱能够到达;是否设置自动灭火系统对地下箱体室内消火栓设计流量无影响。

关键词: 全地下式污水处理厂; 地下箱体; 室内消火栓设计

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)18-0084-06

Discussion on the Design of Indoor Fire Hydrant in Underground Structural Box of Underground Wastewater Treatment Plant

ZHENG Bin¹, YANG Tao², HE Shuai³

(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; 3. Central & Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: Underground structural box (USB) is the main production area of an underground wastewater treatment plant (WWTP), and indoor fire hydrant is an important part of its fire protection design. However, the lack of specific guidance documents leads to a lot of inconvenience to the design work. In accordance with the requirements of current relevant regulations for indoor fire design of other underground spaces with the same size in China, the USB of an underground WWTP should be equipped with a fire hydrant extinguishing system, and the minimum and maximum design flow is 10 L/s and 40 L/s, respectively. The results of case study show that the engineering practice is consistent with the above laws: the design flow of fire hydrant in the USB of underground WWTP is generally not less than 10 L/s, and any fire point shall be guaranteed to be accessible by two solid streams from two fire guns; whether the automatic fire extinguishing system is installed or not has no influence on the design flow of fire hydrant in USB.

Key words: underground WWTP; underground structural box; design of indoor fire hydrant

随着时代的发展,全地下式污水处理厂^[1]的建设已经不再局限于城市建成区存量污水厂的改扩建,在城市规划新区新建污水厂的建设中亦有应用,如石家庄正定新区污水处理厂、成都天府新区第一污水处理厂、雄安新区咎岗片区再生水厂和容东片区再生水厂、武汉长江新区谌家矶污水处理厂等。但是,目前针对全地下式污水厂地下箱体的消防设计仍存在诸多不明确之处,如防火分区划分^[2]、灭火设施设置^[3]等,给设计工作造成了很大不便。因此,笔者结合国内相关规范和工程案例进行探讨。

1 室内消火栓的设置

全地下式污水处理厂地下箱体的火灾危险性类别为戊类,耐火等级一般按一级考虑。根据《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014,2018 年版)第 8.2 条,耐火等级为一、二级且可燃物较少的单、多层戊类厂房,可以不设置室内消火栓。但是,按照第 8.3 条的要求,火灾危险性大、发生火灾可能导致经济损失大、社会影响大、人员伤亡大或火灾扑救难度大的场所,应设置自动灭火系统并宜采用自动喷水灭火系统。此外,地下箱体建筑面积一般都比

较大,参照《人民防空工程设计防火规范》(GB 50098—2009)、《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》(GB 50067—2014)和《地铁设计规范》(GB 50157—2013)对同等规模地下空间的消防设计要求,地下箱体内应设置消火栓灭火系统或(和)自动喷水灭火系统。

由此看来,全地下式污水处理厂的地下箱体内是否需要设置水灭火设施、设置哪种水灭火设施仍存在一定争议。一方面,地下箱体内可燃物少、人员少且停留时间短,火灾发生概率小,发生火灾时人员伤亡小。另一方面,地下箱体几乎完全被土方包裹,火灾施救难以借助外部灭火设施,且火灾造成的经济损失以及由此引发的环境问题、社会问题等公共影响也不可小觑。根据美国消防协会(NFPA)《废水处理和废水收集设施的防火标准(2020 年版)》,大部分污水、污泥处理设施都应当设置消火栓保护(见表 1)^[4]。另外,根据国内多地消防审查部门的反馈,全地下式污水处理厂的地下箱体内建议设置消火栓^[3,5]。因此,全地下式污水处理厂的地下箱体原则上都应该设置消火栓灭火系统。

表 1 应配置消火栓的典型污水、污泥处理(处置)设施

Tab.1 Typical sewage and sludge treatment (disposal) facilities protected by fire hydrant

| 污水处理 | | | 污泥处理 | | |
|---------------|---------------|---------|------------|-------------------|--------------|
| 位置和功能 | 火灾和爆炸风险 | 备注 | 位置和功能 | 火灾和爆炸风险 | 备注 |
| 分流井 | 可燃气体及表层可燃液体着火 | 无前置撇脂处理 | 浓缩池 | 可能产生甲烷或携带易燃液体 | 重力浓缩或气浮浓缩 |
| 格栅渠(间) | 可燃气体及表层可燃液体着火 | | 提升泵站(干区) | 甲烷气体或可燃蒸气的积聚 | |
| 调节池 | 可燃气体及表层可燃液体着火 | | 存储、处理池(湿区) | 可能产生甲烷或携带易燃液体 | 露天敞口式除外 |
| 沉砂池 | 可燃气体及表层可燃液体着火 | | 脱水间 | 甲烷气体的积聚 | 机械或重力浓缩、真空过滤 |
| 预曝气池 | 可燃气体及表层可燃液体着火 | | 封闭式脱水泥饼存储间 | 甲烷气体的积聚 | |
| 初沉池 | 可燃气体及表层可燃液体着火 | | 焚烧炉及焚烧车间 | 燃烧室爆炸 | |
| 滴滤池、生物塔 | 未知条件下的可燃物着火 | 固着相好氧处理 | 厌氧消化池 | 污泥消化气泄漏 | |
| 厌氧塔、厌氧生物膜处理系统 | 副产品中通常含有可燃气体 | | 厌氧消化控制间 | 污泥消化气泄漏 | 存储、处理或焚烧 |
| 硝化反硝化生物池 | | 三级处理 | 消化气体处理间 | 污泥消化气 | 存储、压缩、处理 |
| 活性炭填充柱或填充罐 | 可燃性炭材料的重大危害 | 三级处理 | 堆肥 | 释放氨和有毒气体(堆肥材料可自燃) | 好氧减量化 |
| 臭氧在线制备系统和接触池 | 助燃剂 | | 容器式堆肥 | 同堆肥 | 好氧减量化 |
| 氨气脱除塔 | 同滴滤池 | 吹脱去除 | 污泥干化 | 粉尘 | |

2 室内消火栓的设计流量

2.1 消火栓和人防工程规范要求

根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)第3.5.2条和《人民防空工程设计防火规范》(GB 50098—2009)第7.3.2条,地下建筑和类似人防工程的室内消火栓灭火系统设计流量见表2。

表2 建筑物室内消火栓设计流量

Tab.2 Design flow of indoor fire hydrant in buildings

| 建筑物名称 | | 体积 $V/10^4 \text{ m}^3$ | 设计流量/ ($\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$) | 同时使用 水枪/支 |
|-------|--------|-------------------------|---|--------------|
| 地下建筑 | | $V \leq 0.5$ | 10 | 2 |
| | | $0.5 < V \leq 1.0$ | 20 | 4 |
| | | $1.0 < V \leq 2.5$ | 30 | 6 |
| | | $V > 2.5$ | 40 | 8 |
| 人防工程 | 戊类生产车间 | $V \leq 0.25$ | 5 | 1 |
| | | $V > 0.25$ | 10 | 2 |
| | 戊类物品库房 | $V \leq 0.3$ | 5 | 1 |
| | | $V > 0.3$ | 10 | 2 |

由表2可知,地下建筑根据体积将室内消火栓灭火系统分为四个等级,设计流量最小为10 L/s,最大为40 L/s,且一个着火点保证至少有两支水枪的2股充实水柱能够到达;人防工程根据体积将室内消火栓灭火系统分为两个等级,设计流量最小为5 L/s,最大为10 L/s,且一个着火点保证至少有一支水枪的1股充实水柱能够到达。另外,根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)第3.5.3条,当建筑物室内设有自动灭火系统全保护时,多层建筑室内消火栓设计流量可减少50%,但不应小于10 L/s。

2.2 汽车库规范要求

我国汽车库的室内消防用水量,参照《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)对性质相似的工业厂房、仓库消防用水量的规定而确定。根据《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》(GB 50067—2014)第3.0.1和7.1.8条,汽车库根据停车数量或总建筑面积由大到小分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类,对应的室内消火栓设计流量见表3。

由表3可知,Ⅰ~Ⅲ类汽车库的室内消火栓灭火系统用水量不应小于10 L/s,且应保证相邻两个消火栓的水枪充实水柱能够同时到达室内任何部位;Ⅳ类汽车库的室内消火栓灭火系统用水量不应

小于5 L/s,且应保证一个消火栓的水枪充实水柱能够到达室内任何部位。

表3 汽车库室内消火栓设计流量

Tab.3 Design flow of indoor fire hydrant in garages

| 分类 | 总建筑面积/ m^2 | 或停车数量/辆 | 用水量/ ($\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$) | 同时使用 水枪/支 |
|----|-----------------------|----------------|--|--------------|
| Ⅰ | $>10\,000$ | >300 | 10 | 2 |
| Ⅱ | $5\,001 \sim 10\,000$ | $151 \sim 300$ | 10 | 2 |
| Ⅲ | $2\,001 \sim 5\,000$ | $51 \sim 150$ | 10 | 2 |
| Ⅳ | $\leq 2\,000$ | ≤ 50 | 5 | 1 |

2.3 地铁规范要求

根据《地铁设计规范》(GB 50157—2013)第28.3.3和28.3.8条,地下车站(含换乘车站)的消火栓给水系统用水量应为20 L/s;地下车站出入口通道、折返线及地下区间隧道的消火栓给水系统用水量应为10 L/s;消火栓的布置应保证每个防火分区同层有两支水枪的2股充实水柱能够同时到达室内任何部位。

2.4 小结

首先,关于全地下式污水处理厂地下箱体室内消火栓的设计流量,目前国内尚无针对性的指导文件。其次,综合《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2009)、《人民防空工程设计防火规范》(GB 50098—2009)、《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》(GB 50067—2014)和《地铁设计规范》(GB 50157—2013)的要求,不同规范对地下空间的室内消火栓设计流量的要求不同,但是基本上都要求根据空间大小设定,且空间越大流量越大。最后,除最小一级人防工程和汽车库之外,上述规范均要求同一个着火点至少有两支消防水枪的2股充实水柱同时到达,那么一处火灾期间消火栓出水量至少为10 L/s。全地下式污水处理厂地下箱体的体积一般都比较小,小于最小一级人防工程和汽车库的情况基本不会出现,因此全地下式污水处理厂地下箱体室内消火栓的设计流量不应小于10 L/s。

3 案例分析

从2010年的深圳市布吉污水处理厂伊始,短短十余年的时间国内逐步建设了上百座全地下式污水处理厂,其中北京、昆明、青岛、合肥等地尤为集中。

国内部分全地下式污水处理厂地下箱体的室内消火栓设计见表4。

表 4 部分全地下式污水处理厂地下箱体室内消火栓设计

Tab.4 Design of the indoor fire hydrant in the USB of some underground WWTPs

| 工程名称 | 建成年份 | 设计出水标准 | 设计规模/(10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹) | 地下箱体体积 | 顶部覆土/用途 | 设计流量/(L·s ⁻¹) | 有无自动灭火系统 |
|----------------------------------|--------|----------|---|--|-------------|---------------------------|------------------|
| 诸暨浣东再生水厂 | 2016 年 | 地表水类Ⅳ类 | 15 | 占地面积约 2.8 hm ² ,操作层高约 6.1 m | 1.5 m | 35 | 无 |
| 石家庄正定新区污水处理厂 ^[6] | 2015 年 | 国标一级 A | 10 | 占地面积约 1.6 hm ² ,操作层高约 5.4 m(膜池区约 6.4 m) | 1.5 m | 15 | 无 |
| 太原晋阳污水处理厂(一期) | 2016 年 | 国标一级 A | 32 | 占地面积约 7.0 hm ² ,操作层高约 5.0 m | 1.5 m | 40 | 有 |
| 北京槐房污水处理厂 ^[7] | 2016 年 | 北京地标 B 标 | 60 | 占地面积约 13.8 hm ² ,总高 9~17 m | 人工湿地 | 15 | 有 |
| 北京门头沟第二再生水厂 ^[8] | 2017 年 | 北京地标 A 标 | 8 | 占地面积约 2.6 hm ² ,操作层高 6~7 m | 1.5 m | 10 | 有 |
| 上海南翔污水处理厂 ^[9] | 2017 年 | 国标一级 A | 15 | 占地面积约 3.0 hm ² ,操作净空约 4.0 m | 约 1.0 m | 15 | 有 |
| 青岛高新区污水处理厂 ^[10] | 2017 年 | 国标一级 A | 18 | 占地面积约 4.0 hm ² ,操作层高约 5.0 m | 1.5 m | 40 | 无 |
| 合肥清溪污水处理厂 ^[11] | 2017 年 | 地表水类Ⅳ类 | 20 | 占地面积约 3.8 hm ² ,操作层高约 5.7 m | 0.3 ~ 1.5 m | 40 | 无 |
| 上海泰和污水处理厂 ^[5,12] | 2017 年 | 国标一级 A | 40 | 占地面积约 12.2 hm ² ,操作层高约 6.5 m | 1.5 m | 10 | 有 |
| 林州市第二污水处理厂 ^[13] | 2019 年 | 国标一级 A | 4 | 占地面积约 0.7 hm ² ,操作层高 5.5~7.5 m | 1.5 ~ 2.0 m | 20 | 无 |
| 兰州七里河安宁污水处理厂(扩建) | 2019 年 | 国标一级 A | 40 | 占地面积约 8.6 hm ² ,操作层高约 6.5 m | 约 1.5 m | 40 | 有 |
| 泸州白酒金三角产业园区污水处理厂 ^[14] | 2021 年 | 地表水类Ⅲ类 | 2 | 操作层面积约 1.0 hm ² ,总高约 14 m | 城市公园 | 40 | 无。修正文献[2] |
| 武汉黄孝河铁路桥地下净水厂 ^[15] | 在建 | 地表水类Ⅳ类 | 10 | 占地面积约 1.8 hm ² ,操作层高约 6.6 m | 约 1.6 m | 40 | 有 |
| 武汉谌家矶污水处理厂 | 在建 | 地表水类Ⅳ类 | 15 | 占地面积约 3.0 hm ² ,操作层高约 6.8 m | 1.5 m | 40 | 有 |
| 昆明第十四污水处理厂 ^[16-17] | 在建 | 地表水类Ⅲ类 | 20 | 占地面积约 6.2 hm ² ,操作层高约 5.8 m | 2.0 m | 10 | 无。设计流量根据消火栓的布置推测 |

注: 除林州市第二污水处理厂为“窑洞式”以外,其余均为全地下式。

由表 4 可知:①全地下式污水处理厂地下箱体的占地面积(或建筑面积)与其设计规模相关,且一般规模越大面积越大,案例工程的地下箱体体积均超过了 25 000 m³。②即便案例工程的地下箱体体积都大于 25 000 m³,其室内消火栓设计流量也不一致,从 10~40 L/s 不等。③是否设置自动灭火系统,对地下箱体室内消火栓设计流量并无影响。由此来看,全地下式污水处理厂地下箱体室内消火栓灭火系统的设计在国内尚无统一标准,但其流量至少应为 10 L/s。如,上海泰和污水处理厂地下箱体操

作层的建筑物区及构筑物区均设有消火栓灭火系统,设计流量为 10 L/s;建筑物区任一着火点有两只消防水枪的 2 股充实水柱同时到达,构筑物区任一着火点有一支水枪的 1 股充实水柱到达;喷淋灭火系统的设置,主要用于拓展防火分区的建筑面积^[5]。

此外,研究表明:全地下式污水处理厂的吨水用地指标大概只有传统地上式的 1/3~1/2,且地下箱体为其主要占地部分^[1,18]。结合当前环保要求,污水处理厂出水标准一般要求为一级 A 标准,甚至优于一级 A 标准,因此处理设施需有相应的深度处理

工段。根据《城市污水处理工程项目建设标准》(建标 198—2022),带有深度处理工段的大型传统地上式二级处理厂吨水用地指标约为 $0.8 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$,则相应的全地下式污水处理厂吨水用地指标约为 $0.2 \sim 0.4 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$;小型污水处理厂吨水用地指标更大。全地下式污水处理厂的地下箱体一般采用双层加盖结构,箱体顶部为绿化覆土层,负一层为操作层,负二层为处理层;其中,覆土层厚度宜为 $0.5 \sim 2.0 \text{ m}$,操作层净空一般不小于 4 m ,处理层深度一般不小于 5 m ,总埋深一般不小于 $10 \text{ m}^{[19]}$ 。由此来看,地下箱体的体积较大,且很容易超过 $25\,000 \text{ m}^3$ 。

4 结语

① 对于全地下式污水处理厂地下箱体的室内消火栓设计,虽然存有一些争议,但原则上还是以《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)和《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2009)为准。

② 地下箱体空间大、四周密封、消防救援难以借助外界消防设施,应设置室内消火栓灭火系统,局部重点设防部位还应增设自动灭火系统。

③ 室内消火栓灭火系统的设计流量一般不小于 10 L/s ,且任一着火点应保证有两支消防水枪的2股充实水柱能够到达;设计流量低于《消防给水及消火栓灭火系统技术规范》(GB 50974—2009)的要求时,相关设计方案应报与消防部门沟通。

④ 针对全地下式污水处理厂的消防设计,国内目前暂无针对性的指导文件,应结合全地下式污水处理厂的特点,尽快研究、完善相关规范、标准体系,以便于此类工程的建设 and 审查。

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 Wei. The current status and prospect of underground wastewater treatment plant in China [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(6): 18–26 (in Chinese).
- [2] 杨涛, 吴志高, 谢小龙, 等. 地埋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 Tao, WU Zhigao, XIE Xiaolong, 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 (in Chinese).
- [3] 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.
LIU Shide, CUI Hongsheng, YIN Xinglei, et al. Analysis and suggestions for fire protection design of underground sewage treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(16): 46–49 (in Chinese).
- [4] NFPA. Standard for Fire Protection in Wastewater Treatment and Collection Facilities: NFPA 820[S]. the U. S.: National Fire Protection Association, 2020.
- [5] 周友飞, 朱晓风. 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 systems design for Shanghai Taihe underground WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(12): 50–52, 56 (in Chinese).
- [6] 刘绪为, 徐洁, 林蔓, 等. 正定新区全地下污水处理厂工程设计[J]. 中国给水排水, 2017, 33(4): 48–50.
LIU Xuwei, XU Jie, LIN Man, et al. Design of underground sewage treatment plant in Zhengding new district [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(4): 48–50 (in Chinese).
- [7] 高兴军. 槐房再生水厂结构设计要点[J]. 特种结构, 2017, 34(1): 36–39.
GAO Xingjun. Key points of the structural design for Huaifang recycled water plant [J]. Special Structures, 2017, 34(1): 36–39 (in Chinese).
- [8] 刘议安, 冯凌溪, 王平, 等. 高出水标准下北京门头沟地下式再生水厂的设计[J]. 中国给水排水, 2018, 34(2): 73–75, 90.
LIU Yi'an, FENG Lingxi, WANG Ping, et al. Design of Beijing Mentougou underground reclaimed water plant with high effluent quality requirement [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(2): 73–75, 90 (in Chinese).
- [9] 肖艳. 上海首座全地下式污水处理厂消防设计研究[J]. 给水排水, 2020, 46(12): 30–35.
XIAO Yan. Study of fire protection design for the first underground wastewater treatment plant in Shanghai [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(12): 30–35 (in Chinese).
- [10] 田仕文, 赵鹏, 王越虹. 全地下污水处理厂工程箱体

- 防渗及质量缺陷处理施工技术[J]. 施工技术, 2016, 45(增刊): 43-46.
- TIAN Shiwen, ZHAO Peng, WANG Yuehong. The underground sewage treatment plant project body anti-seepage and quality defects treatment construction technique[J]. Construction Technology, 2016, 45(s1): 43-46(in Chinese).
- [11] 马刚, 张琦, 张飞. 大型地埋式地表水类Ⅳ类出水标准污水厂工艺设计[J]. 中国给水排水, 2018, 34(8): 45-50.
- MA Gang, ZHANG Qi, ZHANG Fei. Design of large-scale underground wastewater treatment plant with effluent standard as surface water class IV [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (8) : 45-50 (in Chinese).
- [12] 陈秀成, 牛天浩. 上海泰和全地下大型污水处理厂工艺设计要点及特点[J]. 中国给水排水, 2021, 37(10): 83-88.
- CHEN Xiucheng, NIU Tianhao. Key points and characteristics of process design of Taihe underground large sewage treatment plant in Shanghai [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37 (10) : 83-88 (in Chinese).
- [13] 崔全喜, 孙高升, 马亚平, 等. 林州市采用改良型A²O工艺的“窑洞式”地下污水厂设计[J]. 中国给水排水, 2020, 36(4): 57-61.
- CUI Quanxi, SUN Gaosheng, MA Yaping, *et al.* Project design of Linzhou City “cave-style” underground sewage treatment plant with improved A²O process [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36 (4) : 57-61 (in Chinese).
- [14] 戴红, 陈艾, 薛文文, 等. 泸州某Phoredox+MBR工艺地下污水处理厂工程设计方案[J]. 中国给水排水, 2020, 36(10): 52-57.
- DAI Hong, CHEN Ai, XUE Wenwen, *et al.* Design scheme of underground wastewater treatment plant using Phoredox + MBR in Luzhou [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(10): 52-57(in Chinese).
- [15] 夏云峰, 赵皇, 周艳, 等. 武汉某地下式污水处理厂工程设计实例[J]. 净水技术, 2022, 41(2): 133-138.
- XIA Yunfeng, ZHAO Huang, ZHOU Yan, *et al.* Engineering design case of an underground sewage treatment plant in Wuhan [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(2): 133-138(in Chinese).
- [16] 邱明海. 昆明市第十四污水处理厂工程设计技术方案[J]. 给水排水, 2019, 45(1): 31-34.
- QIU Minghai. Technical design scheme of the Fourteenth wastewater treatment plant project in Kunming City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(1): 31-34(in Chinese).
- [17] 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 control design for underground wastewater treatment plant [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(9): 4-9(in Chinese).
- [18] 刘绪为, 李彤, 徐洁, 等. 国内地下式污水处理厂的设计要点[J]. 城市环境与城市生态, 2014, 27(6): 35-38.
- LIU Xuwei, LI Tong, XU Jie, *et al.* Key point of domestic underground sewage treatment plant design [J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2014, 27 (6): 35-38(in Chinese).
- [19] 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 of Housing and Urban-Rural Development. Standard for Design of Outdoor Wastewater Engineering: GB 50014-2021 [S]. Beijing: China Planning Press, 2021(in Chinese).

作者简介:郑玢(1981—),女,湖北宜昌人,学士,高级工程师,主要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等。

E-mail:482376661@qq.com

收稿日期:2022-06-13

修回日期:2022-07-22

(编辑:孔红春)