

# 地下式污水处理厂防烟排烟设计探讨

高伟, 尹兴蕾, 刘世德, 龚文瑾, 杨贝贝, 孟祥瑞  
(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

**摘要:** 以多个工程设计实践为基础,对地下式污水处理厂箱体的防烟排烟系统设计进行分析,总结了设计经验。防烟楼梯间及其前室防烟推荐采用楼梯间加压送风、前室不送风的布置方式;排烟设计中建议仅对长度超过40 m的疏散走道进行排烟设计,箱体空间及底层管廊间不建议设置排烟系统;无自然通风条件的变配电间,推荐设置事故后通风设施;防排烟机房应结合绿化、工艺布置等条件设置,力求系统简单、可靠。

**关键词:** 地下式污水处理厂; 防烟系统; 排烟系统

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)06-0065-04

## Design of Smoke Protection and Smoke Exhaust in Underground Wastewater Treatment Plant

GAO Wei, YIN Xing-lei, LIU Shi-de, GONG Wen-jin, YANG Bei-bei,  
MENG Xiang-rui

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

**Abstract:** Design analysis and summary of smoke protection and exhaust system of underground wastewater treatment plant were conducted based on some typical cases. In the smoke-proof staircase and its anteroom, it was recommended to adopt pressurized air supply in staircase and non-air supply in anteroom; in smoke exhaust design, smoke exhaust system design was recommended only for evacuation corridors with length over 40 m, no smoke exhaust system was installed in the box space and the bottom pipe corridor. For transformer and distribution rooms without natural ventilation conditions, post-accident ventilation facilities were suggested; the smoke protection and exhaust machine room should be set up in combination with greening and technological arrangement, so as to make the system simple and reliable.

**Key words:** underground wastewater treatment plant; smoke protection system; smoke exhaust system

地下式污水处理厂分为全地下、半地下两种<sup>[1]</sup>。箱体一般设置两层,上层为工艺单元的操作空间,下层为污水处理池体及管廊。箱体顶板覆土,满足绿化要求。箱体建筑面积较大,涉及的污水处理工艺较多,对消防设计的要求较高<sup>[2]</sup>。防烟、排烟系统是消防系统的重要组成部分,是人员逃生、工艺生产安全的一种保障。

笔者就地下式污水处理厂箱体防烟、排烟设计

的几个关键技术问题进行分析研究,确定设计方案。

### 1 参考规范

① 《建筑防烟排烟系统技术标准》(GB 51251—2017,以下简称《防排烟规范》)。此标准用于建筑防烟排烟设计、施工、验收及维护管理。标准对自然排烟、机械加压送风、机械排烟等很多相关内容都有新的规定。

对于2018年8月1日后实施的地下污水厂,

《防排烟规范》是防烟排烟设计最重要的参考规范。

② 《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014, 2018 年版, 以下简称《防火规范》)。在防烟排烟区域确定方面, 需参考《防火规范》, 但具体防烟排烟设计要求, 需按照《防排烟规范》进行设计。

## 2 防烟系统

对于地下式污水处理厂, 需要进行防烟设计的主要区域为防烟楼梯间及其前室。

地下式污水处理厂属于工业建筑, 且按照工艺处理的布置需求, 箱体的建筑高度一般不会超过 50 m, 依据《防排烟规范》第 3.1.3 条, 其防烟楼梯间及其前室应采用自然通风系统, 当不能设置自然通风系统时应采用机械加压送风系统。

实际工程设计中发现, 除全地下式污水处理厂不出屋面防烟楼梯间外, 其余防烟楼梯间均具备自然通风条件(见图 1、图 2), 但其前室除靠外墙情况外均无自然通风条件。依据此条件设计者首先会考虑防烟楼梯间自然通风、前室单独加压送风的布置方式。

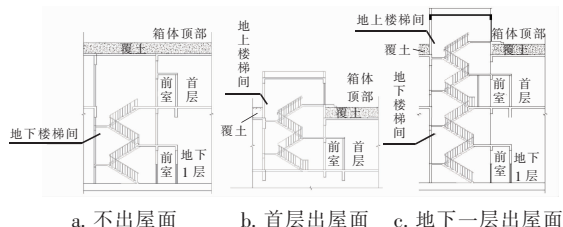


图 1 半地下箱体防烟楼梯间及其前室

Fig. 1 Smoke-proof staircase and its anteroom of semi-underground box

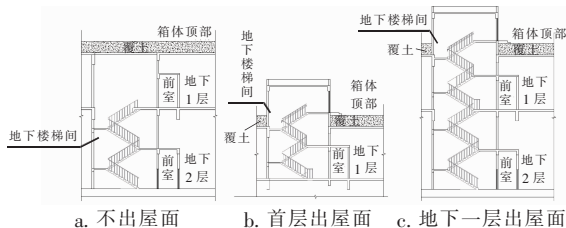


图 2 全地下箱体防烟楼梯间及其前室

Fig. 2 Smoke-proof staircase and its anteroom of underground box

以图 1(c) 或图 2(c) 为例, 假设前室设置 1 m × 2.1 m 的防火门, 依据《防排烟规范》第 3.4.5 ~ 3.4.9 条, 风量计算如下:

$$L_1 = A_k \nu N_1 = 1 \times 2.1 \times 0.6 \times (1 + 1) \times 3 =$$

$$7.56 \text{ m}^3/\text{s} \quad (1)$$

$$L_3 = 0.083 A_f N_3 = 0 \quad (2)$$

$$L_s = L_1 + L_3 = 27 \ 216 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3)$$

式中  $L_s$ ——前室的加压送风量

$L_1$ ——门开启时, 达到规定风速值所需的送风量,  $\text{m}^3/\text{s}$

$L_3$ ——未开启的常闭送风阀的漏风总量,  $\text{m}^3/\text{s}$

$A_k$ ——一层内开启门的截面面积,  $\text{m}^2$

$\nu$ ——门洞断面风速,  $\text{m}/\text{s}$

$N_1$ ——设计疏散门开启的楼层数量

$A_f$ ——单个送风阀门的面积,  $\text{m}^2$

$N_3$ ——漏风阀门的数量

计算后发现, 虽然前室面积较小但加压送风量却较大, 为保证开向前室疏散门的开启, 需要设置较大的余压阀, 增加了设备投资及施工难度。导致此结果的主要原因在于依据《防排烟规范》第 3.4.6 条  $L_1$  计算过程中设计疏散门开启的楼层数量为 3。而对于地下式污水处理厂防烟楼梯间而言, 其层数多为 2 层或 3 层, 设计 3 层疏散门开启显然与实际不太相符。由于该条无条文解释, 通过与消防研究所及审图单位专家沟通, 该条仍需严格执行。

鉴于《防排烟规范》中前室加压送风量的计算公式与地下式污水处理厂的实际情况不太相符, 所以在实际工程设计中参照《防排烟规范》第 3.1.5 条采用楼梯间加压送风、前室不送风的布置方式。依据《防排烟规范》第 3.4.5 ~ 3.4.9 条, 风量计算如下:

$$L_1 = A_k \nu N_1 = 1 \times 2.1 \times 1 \times 2 = 4.2 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4)$$

$$L_2 = 0.827 A \cdot \Delta P^{1/n} \times 1.25 N_2 = 0.827 \times 0.024 \times 12^{1/2} \times 1.25 \times 1 = 0.089 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5)$$

$$L_j = L_1 + L_2 = 15 \ 440.4 \text{ m}^3/\text{h} \quad (6)$$

式中  $L_j$ ——楼梯间的加压送风量

$L_2$ ——门开启时, 规定风速值下, 其他门缝漏风总量,  $\text{m}^3/\text{s}$

$A$ ——每个疏散门的有效漏风面积,  $\text{m}^2$

$\Delta P$ ——计算漏风量的平均压力差,  $\text{Pa}$

$n$ ——指数(一般取  $n = 2$ )

1.25——不严密附加系数

$N_2$ ——漏风疏散门的数量

对比计算结果发现,仅楼梯间送风、前室不送风的防烟系统布置方式计算加压送风量远小于前室送风、楼梯间自然通风的布置方式,在保证防烟系统安全可靠的同时节省设备投资。但该布置方式仅适用于防烟楼梯间采用独立前室,且前室仅有一个门与走道或房间相通的情况,当防烟楼梯间采用合用前室时前室与楼梯间应分别单独加压送风。

### 3 排烟系统

#### 3.1 排烟范围的界定

##### 3.1.1 箱体空间

根据污水厂的自身特点,地下箱体内主要生产构筑物均为污水、污泥净化处理的蓄水构筑物。工艺生产过程中未使用可燃物品,箱体内电缆均采用阻燃型,厂房为无人值守厂房。地下箱体的火灾危险性定义为戊类。

依据《防火规范》第8.5.2条,戊类厂房没有排烟要求。另外,第8.5.4条对地下房间或地上无窗房间作了排烟要求,但箱体空间内不属于经常有人停留或可燃物较多的场所,故不适用。

考虑上述诸多因素,半地下及全地下箱体内均不推荐设置全面排烟系统。

如青岛高新区污水处理厂一期工程(规模为 $18 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ),箱体空间未设置排烟系统,其消防论证结论《关于青岛市高新区污水处理厂防火分区和安全疏散问题的意见》(公津建字[2012]02号),已经通过专家论证;另外,晋阳污水厂一期建设项目EPC总承包( $32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )及昆山市北区污水处理厂三期扩建工程( $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )等项目,箱体空间均未设置排烟系统,其施工图设计均已通过当地消防部门审批。

##### 3.1.2 疏散走道

《防火规范》第8.5.2条中规定:“其他厂房(仓库)内长度大于40m的疏散走道应设置排烟设施”。

地下箱体内,疏散走道的长度一般大于40m,均应按规范要求设置排烟设施。

##### 3.1.3 管廊间

箱体的下层的管廊间,按规范面积要求设置防火分区。由于防火分区布置狭长,设置检修平台,管廊间是否属于疏散走道存在争议。

笔者认为,管廊间为房间概念,管道上层平台为检修专用,且箱体无人值守,只在维修期间才会有工

作人员进入。因此,管廊间不属于疏散走道范畴,不推荐设置排烟系统。

如天津东郊污水处理厂及再生水厂迁建工程( $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )、晋阳污水厂一期建设项目EPC总承包( $32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )、昆山市北区污水处理厂三期扩建工程( $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )等项目施工图均按此方案设计。

#### 3.2 疏散走道排烟设计

从可靠性、经济性方面考虑,排烟系统设计优先选用自然排烟形式,不满足要求时,再采用机械排烟设施。

以延安新区地下式污水处理厂工程为例,负一层疏散走道尺寸约135m(长) $\times$ 10m(宽) $\times$ 5m(净高),设置为一个单独的防火分区,走道采用自然排烟形式。依据《防排烟规范》要求,共设4个防烟分区,每个防烟分区长边 $\leq 36\text{ m}$ ,储烟仓厚度 $\geq 1\text{ m}$ 。走道顶部设置自然排烟窗,与采光窗结合均匀布置(见图3)。排烟窗的总有效面积 $\geq 27\text{ m}^2$ 。

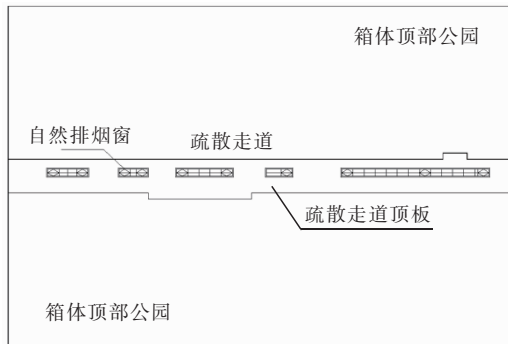


图3 疏散走道自然排烟布置

Fig.3 Natural smoke exhaust of evacuation channel

#### 3.3 变电站事故后通风设计

箱体空间内布置有多个变配电站,火灾危险性定义为丁类,相对箱体内其他空间的火灾危险性较大。

变配电站内设有灭火装置,发生火灾时关闭通风设施。对于设置于大空间内无外窗的变配电间,灭火后残余的有毒烟气难以排除,对灾后人员进入清理十分不利,因此考虑设置事故后通风设施。事故通风换气次数 $\geq 12\text{ 次/h}$ 。

变配电间送、排风风机均采用双速模式,平时低速运行,灭火后事故送排风。

#### 4 防烟排烟机房的设置

关于防烟排烟机房的设置,新版《防火规范》第

8.1.9 条及《防排烟规范》第3.3.5、4.4.5 条作出新规定,机械加压送风机、排烟风机均应设置在专用机房内,有关防火分隔措施应符合《防火规范》第6.2.7 条的规定。

在箱体顶部绿化、规划条件许可的情况下,防烟排烟机房可设置于屋面处。这种机房直接放置于室外,取风、排风方便,但需占据绿化面积,影响美观。

实际项目中,防排烟机房可设置于箱体上层操作间平台。由于工艺设备、吊车、安装及检修空间等布置紧密,机房位置受限,但需要注意的是,机房应尽量靠近其所服务的区域,以减少管道长度,降低风机能耗。

防烟排烟风机的安装可依据实际情况选用吊装或落地安装的形式。

以长沙市敢胜垅污水处理厂及配套工程为例,箱体占地面积约 28 000 m<sup>2</sup>,三面覆土。箱体共两层,地下一层、地上一层。地上一层共设置 4 座防烟及排烟机房(见图 4),机房内风机均采用离心式,落地安装。排烟风机入口设 280 ℃ 排烟防火阀,当排烟防火阀关闭时,联动排烟风机关闭。在穿越机房的房间隔墙和楼板处设置防火阀。

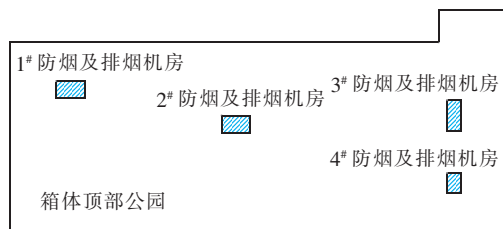


图 4 防烟及排烟机房布置

Fig. 4 Layout of smoke protection and exhaust machine room

## 5 结论及建议

① 《防排烟规范》前室加压送风量计算公式中设计疏散门开启的楼层数量的取值与地下式污水处理厂前室的实际情况不太相符,所以在实际设计中对于满足条件的防烟楼梯间及其前室建议采用楼梯间加压送风、前室不送风的布置方式。

② 地下式污水处理厂下层管廊间检修平台是否属于疏散走道存在争议,实际设计中应与消防及审图部门相关人员进行沟通交流,不推荐设置排烟

系统。

③ 地下式污水处理厂内长度大于 40 m 的疏散走道应优先采用自然排烟设施,无条件采用自然排烟方式时再采用机械排烟方式。

④ 地下式污水处理厂内无自然通风条件的变配电间,推荐设置事故后通风设施。

⑤ 地下式污水处理厂内防排烟机房应结合绿化、工艺布置等条件设置,力求系统简单、可靠。

## 参考文献:

- [1] 徐晓波,崔洪升,刘世德. 地下污水处理厂的安全设计分析及建议[J]. 中国给水排水,2017,33(10):17-21.  
Xu Xiaobo, Cui Hongsheng, Liu Shide. Safety design analysis and suggestions for underground wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(10):17-21 (in Chinese).
- [2] 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).



作者简介:高伟(1987-),男,河北唐山人,硕士,工程师,从事热力、暖通设计工作。

E-mail: tshgaowei@126.com

收稿日期:2019-07-12