

北京槐房地埋式污水厂除臭通风一体化系统设计

周立¹, 李桥龙¹, 陈晓华¹, 王海波², 赵珊³

(1. 威立雅水务工程<北京>有限公司, 北京 100004; 2. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082; 3. 北京城市排水集团有限公司, 北京 100009)

摘要: 威立雅除臭通风采暖一体化集成系统经多年的发展和在世界多个国家及地区的应用, 实际运行均达到了理想的臭气排放标准, 保证了厂区良好的通风环境, 最大限度地降低了对周边环境及居民的臭气污染。介绍了核心的臭气收集系统设计经验, 将地理厂区空间的通风系统和臭气收集系统整合设计, 并通过合理设计换气率、空间除臭、微污染气体的转移等一系列风量平衡措施合理地设计通风和除臭, 尽可能地降低总投资成本和运行成本。该系统成功应用于北京槐房再生水厂地下厂区, 项目最终排放指标达到北京排水集团企业标准并优于北京市地方标准《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501—2007)。

关键词: 地理式污水厂; 除臭通风; 收集系统

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)16-0055-06

Design of Integrated System of Deodorization and Ventilation for Beijing Huaifang Underground WWTP

ZHOU Li¹, LI Qiao-long¹, CHEN Xiao-hua¹, WANG Hai-bo², ZHAO Shan³

(1. Veolia Water Solutions & Technologies <Beijing> Co. Ltd., Beijing 100004, China;
2. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China; 3. Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100009, China)

Abstract: Veolia's deodorization and HVAC integration system has been developed for many years and applied in many countries and regions around the world. The actual operation performance reached the ideal odour emission standards, so that good ventilation environment of the plant could be ensured, and the odour pollution to surrounding environment and residents was reduced to the maximum extent. The paper introduced the key point of design experience of odour collection system. The ventilation and deodorization parts were designed as an integrated system. A series of air volume balance measurements as reasonable air renewal rate, space deodorization, and diluted odour transferring were designed to reduce the total investment and operation costs as far as possible. The integrated system was applied in Beijing Huaifang recycle water treatment plant. The discharge indexes of the plant achieved the emission standard Beijing Drainage Group specifies, and better than Beijing local standard *Integrated Emission Standards of Air Pollutants*(DB 11/501-2007).

Key words: underground WWTP; deodorization and ventilation; collection system

地理式污水处理厂具有占地空间小、节省土地资源、环境污染少等特点,但同时也对厂区的通风、除臭工艺设计提出了更大的挑战^[1]。当今欧洲已

经有很多应用全地理污水处理厂除臭通风采暖一体化集成系统的成功经验,北京槐房再生水厂即采用该系统。

1 除臭通风系统工程设计难点及分析

1.1 系统设计理念

威立雅针对埋地式污水厂除臭通风一体化集成系统的设计理念为:所有与除臭相关的构筑物及设备必须加盖封闭,设置臭气收集点并保证构筑物及设备内部始终为微负压状态以防止臭气外泄。同时,向工艺车间内引入新鲜空气,新鲜空气由于微负压自然进入除臭构筑物或设备内部,实现构筑物或设备内部的换气。这种一体化集成系统(见图1)的设计使得引入到地下厂区的新鲜空气在所有需要除臭的区域都通过除臭设备最终由烟囱排入大气环境,没有额外的排风设备无组织排放工艺车间内的浊气,从而降低了臭气对周围环境影响的风险。在此设计前提下,需要除臭的区域总新风量(加上工艺空气)应等于总除臭风量。采用此通风方式,操作空间全部为新风,充分保证操作空间的卫生条件。

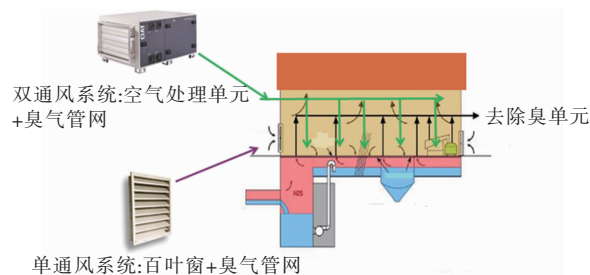


图1 除臭通风系统

Fig.1 Schematic diagram of deodorization and ventilation system

1.2 系统设计难点及收集系统的重要性

在传统的除臭通风设计中,除臭系统和通风系统是分别独立的两套系统,需要除臭的构筑物或设备设除臭点,收集臭气并输送至除臭设备。同时在工艺车间内设置送排风系统,给车间进行换气。在之前一些传统的埋地污水厂除臭设计中,为了车间内的美观,设计者有时会将除臭收集风管放置在除臭构筑物盖板以下,且每个吸风口并未设置调节风阀。根据实际运行结果得知,传统设计方案的缺陷主要体现在以下几个方面:

① 吸风口未设置调节风阀,使得在同一除臭管路中,由于压损的不同,臭气收集存在严重不均匀的情况,距离风机近的区域由于局部压力损失较小,实际臭气收集量很大,远远超过设计值;反之,距离风机比较远的区域由于局部压力损失较大,实际臭

气收集量远远达不到设计值。

② 由于臭气收集不均匀,某些构筑物如曝气沉砂池、生物池等有工艺曝气的引入,构筑物内部分区域可能会产生正压状态,从而导致臭气外逸到车间内,污染车间工作环境。

③ 由于臭气收集不均匀导致臭气外逸到车间内,使得感官上明显感觉某些区域臭味明显,从而会误导设计者在设计中无谓地通过加大通风换气次数来达到要求,造成不必要的成本和能源的浪费。

④ 由于臭气收集不均匀导致臭气外逸到车间内,同时车间的通风系统不断向厂区外界排风,这样也会增加臭气外逸到地上厂区空间的风险,产生不良影响。

⑤ 在较冷地区的冬季,由于臭气收集不均匀导致的局部正压状态,使得水体中温度较高且湿度极大的臭气外逸到车间,立即产生冷凝,增大了腐蚀设备的风险。

因此,埋地式污水处理厂中除臭通风设计中的难点就在于臭气收集系统的设计。新颖的一体化集成系统中臭气收集系统设计的关键点体现在:对需要除臭的构筑物或区域进行良好的封闭(见图2);收集系统设计做到尽可能均匀收集,保证需要除臭的构筑物内部微负压状态,避免臭气外逸;合理设计除臭风量,以降低总体投资成本及运行成本。



图2 设备密闭以及空间除臭案例

Fig.2 Example of covered equipment and space deodorization

2 收集系统设计经验

2.1 除臭系统设计原则

臭气收集的原则不应该是换气量越大越好,而应该主要保证产生臭气的设备以及池体处于微负压状态而不使臭气外逸,同时考虑人员工作区域要设计合理的换气率,使得运行维护人员在安全健康的环境中操作。与池体相反的是,若电气设备间位于埋地污水厂池体附近,那在设计通风时,应保证电气设备间必须处于微正压的状态,以防止周围污染气体进入设备间而造成电气设备的腐蚀。

2.2 换气率设计

一旦确定被污染的房间,设计就应先确定通风方式,然后选择合适的换气率,从而计算出除臭风量。此时换气率是基于人员操作空间的换气率,而不是池体渠道空间的换气率。

换气率 = 小时抽气量 / 室内体积

根据设计经验,在没有具体的设计参数时,针对不同区域,一般采用如表1所示的换气率。

表1 换气率设计选择

Tab.1 Design air renewal rate

区域	设备或池体加盖*	设备或池体不加盖
预处理区域	4~6	8~10
初沉池	2~5	5~6
生化池	1~2**	1~2
污泥泵房	无要求(仅考虑通风)	5~8
污泥脱水机房	4~6	8~10

注: * 地理污水厂除臭设计通常采用“设备或池体加盖”时的换气率;
** 一般生化池是否需要除臭要根据项目不同的臭气排放标准来具体分析。

2.3 空间除臭设计

某些污染物浓度较大且人员操作较频繁的区域,如粗格栅间、进水泵站、细格栅间以及污泥脱水间等,在设计时不仅要考虑设备以及池体的除臭,而且需要考虑整体空间的除臭。根据不同区域臭气性质的不同,以及污染物成分密度的不同,在设计时需要考虑空间的上部区域、下部区域分别收集(见图3)。如:粗格栅间进水泵站的臭气成分以硫化氢为主,相对于空气而言硫化氢的密度较大,容易沉在空间的下部。相反,污泥脱水车间氨气的释放量会较大,相对于空气而言氨气的密度较轻,容易浮在空间的上部。因此在设计时需充分考虑臭气成分造成的影响。设计中通常按上部收集气量占1/3,下部占2/3计。

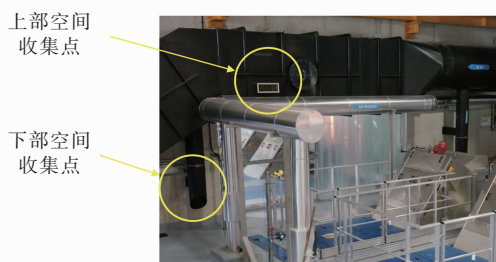


图3 空间除臭分区收集示意

Fig.3 Diagram for space odor partition collection

2.4 微污染气体的转移

有些微污染的空间污染物含量很低,在设计时,在满足人员卫生条件前提下,可以考虑将这部分微污染的气体转移至重污染的房间用作新风,然后再从重污染的空间里进入臭气收集系统,或者将部分微污染的气体转移至工艺鼓风机房用作工艺空气,但前提条件是鼓风机的材质能够接受污染物浓度。这种转移微污染气体的方案主要是为了降低除臭总风量,从而降低投资成本和运行成本。

在槐房项目中,经严格的工艺计算,将初沉池空间的气体转移到工艺曝气机房,作为工艺曝气的一部分,从而减少了大量的除臭投资及运行费用。

2.5 收集管路冷凝水的排放

从设备或池体收集的臭气为湿度接近饱和的气体,臭气在管道中由于温度变化会产生大量的冷凝水,冷凝水的聚集会腐蚀管道,也会从管路接口处渗漏出来,严重时产生“雨滴”,既腐蚀设备也影响美观。因此设计时必须考虑管路安装的坡度,同时在合理的位置设置冷凝水排放点(见图4),及时将管路中产生的冷凝水排放。

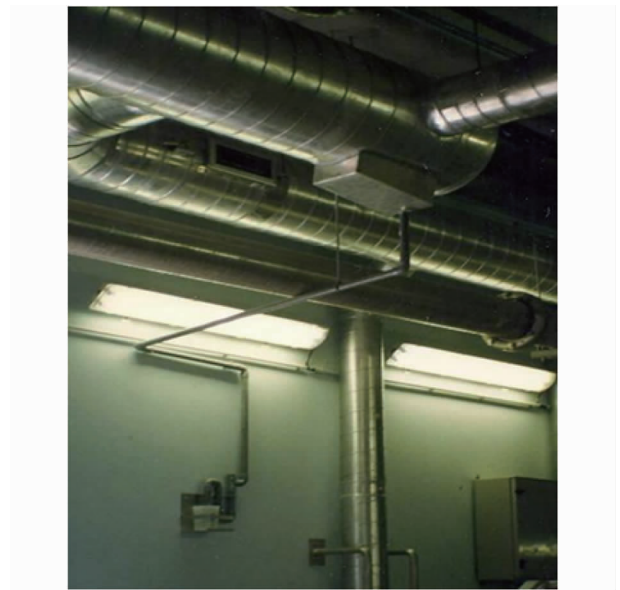


图4 冷凝水收集排放示意

Fig.4 Diagram for condensate water collection and discharge

3 收集系统核心设备

根据污染物浓度的不同,臭气收集管路的材质有不同的选择,污染物浓度较大且湿度较大的区域(如进水泵站粗格栅间、细格栅间以及污泥处理车间)可以用玻璃钢管道收集臭气。污染物浓度较小

的区域(如初沉池、生物池等)可以采用铝制风管收集臭气。风道系统的设计、制造、检验需要符合相关中国标准^[2]。

3.1 玻璃钢管道

除臭用风管采用有机玻璃钢(FRP)材质,即以热固性树脂为基体的纤维增强复合材料 FRP。玻璃钢管道内衬采用乙烯基类材质,结构层采用对苯或间苯类材质。风管材质的阻燃等级达到 GB 50243 标准中的 B1 级。

玻璃钢风管从内向外由内衬防腐层、结构层、外表层三层组成^[3]:

内衬防腐层:内衬防腐层由富树脂层、中间层组成。其中,乙烯基树脂含量 > 90%,厚度约为 0.5 mm。中间层树脂含量 > 70%,厚度约为 2 mm。内衬层的重叠宽度 ≥ 50 mm。

结构层:该层对内表层和次内层起加强作用,抵抗风管所受外界荷载,保证风管刚度和强度,采用玻璃纤维增强承载荷载和保护内层,结构层树脂含量为 40% ~ 50%,厚度按荷载条件计算确定。重叠宽度 ≥ 25 mm。

外表层:该层主要是保护外壁不受外界机械损伤和防紫外线作用,防止设备在室外紫外线辐射作用下产生老化,厚度约 1 ~ 1.5 mm,树脂含量 > 90%。

架空安装的玻璃钢管壁厚见表 2。

表 2 架空安装的玻璃钢管壁厚

Tab. 2 Thickness of FRP air duct for aerial installation

规格系列	壁厚
$D \leq 200$	≥ 3.0
$200 < D \leq 400$	≥ 4.0
$400 < D \leq 630$	≥ 5.0
$630 < D \leq 1\,000$	≥ 6.0
$1\,000 < D \leq 2\,000$	≥ 7.0

3.2 铝制风管

铝含量 > 99.5% 的纯铝材质具有一定的耐腐蚀性,且比玻璃钢管要轻很多,因此在污染物浓度小的区域用纯铝风管更加经济,并且易于安装。

a. 铝制风管管道系统应以螺旋风管为主,以确保最佳的刚性。无法使用螺旋风管时,应使用矩形风管,而且需要使用支撑杆加固矩形风管,以避免出现正压力或负压力导致的变形。

b. 螺旋风管采用承插管箍进行连接,以硅质密

封材料进行密封。不得使用接合糊剂、粘合混合物或箔胶粘带。

c. 连接处用自攻螺丝或空心铆钉固定。如果不是铝制,应采取绝缘措施以防止不等电位腐蚀。

d. 用于制造支撑结构的材料应为热镀锌或不锈钢。

e. 管道系统的支撑结构必须配备绝缘垫片,以防发生电化作用。

铝管厚度参考表 3、4。

表 3 圆形螺旋铝管厚度

Tab. 3 Thickness of round aluminum air duct mm

内径	100	125	160	200	250	315	355	400	450	500
壁厚	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8
内径	560	630	710	800	900	1 000	1 120	1 250		
壁厚	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2		

表 4 方铝管厚度

Tab. 4 Thickness of square aluminum air duct mm

边长	< 1 000	≥ 1 000
壁厚	1.2	1.5

4 北京槐房地理式污水处理厂案例分析

4.1 项目概况

槐房污水处理厂位于北京市南环铁路以南,占地约 31 hm²。水区均建设在地下,污泥处理及药品储存建设在地上,地下建设规模为 60 × 10⁴ m³/d,采用 MBR 工艺。该工程是北京市第一座全地下再生水厂,建成后的槐房再生水厂在全年满负荷运转的情况下,可将 2 × 10⁸ m³ 的污水转化为可利用的再生水。工艺流程见图 5。

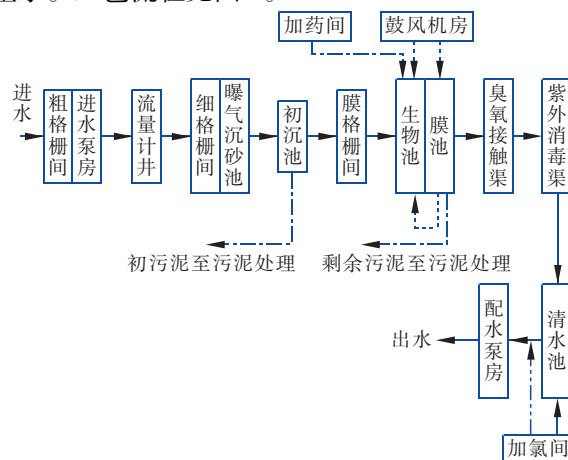


图 5 槐房回用水厂工艺流程

Fig. 5 Flow chart of Huafang RWTP process

4.2 除臭通风收集系统设计方案

该再生水厂水线部分根据不同的构筑物配备5套独立的除臭及通风系统,全场总的除臭风量为 $893\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。项目最终排放指标达到北京排水集团企业标准并优于北京市地方标准《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501—2007)。

4.2.1 进水泵站粗格栅间

进水泵房及粗格栅间的除臭量由两部分组成,一部分来自进水池和格栅渠道上部空间(盖板以下),一部分来自房间内。房间内的换气率为6次/h。渠道内盖板以下产生的臭气先经过生物除臭处理,然后和房间内的臭气混合再进入化学除臭单元,最终由烟囱排放至大气。所有渣斗渣箱及抓爪格栅处都加装封闭罩处理。进水泵站粗格栅间总除臭风量为 $83\,327\text{ m}^3/\text{h}$ 。设计流程见图6。

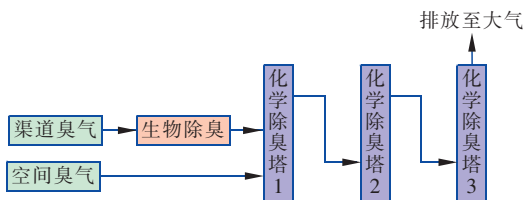


图6 进水泵房及粗格栅间除臭流程

Fig. 6 Deodorization process for inlet pumping station and coarse grille

为防止管网可燃气体造成危害,进水泵房外设有防爆排风机一台,当进水池甲烷浓度达到爆炸下限值的25%时启动。防爆风机的流量为进水池上部空间的12倍换气率。粗格栅间(见图7)新风采用新风机组送风,机组热水接厂区水源热泵,满足新风质量及冬季采暖要求,并采取防冻措施。



图7 粗格栅间

Fig. 7 Coarse screen room

4.2.2 细格栅间

细格栅间的除臭量由两部分组成,一部分来自渠道上部空间(盖板以下),一部分来自房间内(见图8)。考虑房间内臭气浓度较低,可以将此部分空气转移至鼓风机房,用作工艺空气。转移部分风量相对于房间的换气率为2.5倍。转移+除臭风量合计转移部分风量相对于房间的换气率为4倍。

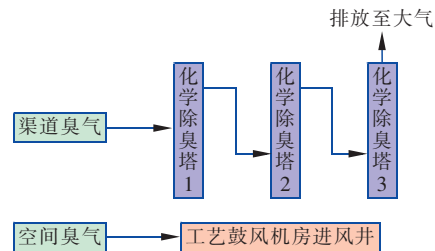


图8 细格栅及除油沉砂间除臭流程

Fig. 8 Deodorization process for fine grille and grit/grease removal room

细格栅间渠道内的臭气($61\,150\text{ m}^3/\text{h}$)全部进入化学除臭单元。房间内的气体由风机转移至鼓风机房。化学除臭单元同时接纳初沉池产生的 $9\,600\text{ m}^3/\text{h}$ 的臭气,化学除臭单元的总处理能力为 $70\,750\text{ m}^3/\text{h}$ 。细格栅和沉砂除油池间见图9。砂水分离器封闭罩见图10。



图9 细格栅和沉砂除油池间

Fig. 9 Fine grille and grit/grease removal room



图10 砂水分离器封闭罩

Fig. 10 Cover of sand classifier

4.2.3 初沉池及膜格栅间

初沉池及膜格栅间的臭气量由两部分组成,初沉池的臭气转移至鼓风机房,膜格栅产生的臭气和细格栅及除油沉砂池产生的臭气汇合在一起以后进行化学除臭处理。

4.2.4 生物池及膜池

对MBR生化反应池产生的臭气配备16套生物除臭滤池来处理,总的臭气量为 $370\,324\text{ m}^3/\text{h}$,包括工艺风量 $270\,000\text{ m}^3/\text{h}$ (生物池曝气)。对MBR膜池产生的臭气配备24套生物除臭滤池来处理,总的臭气量为 $367\,968\text{ m}^3/\text{h}$ (膜池曝气)。

生物池和膜池照片见图11。

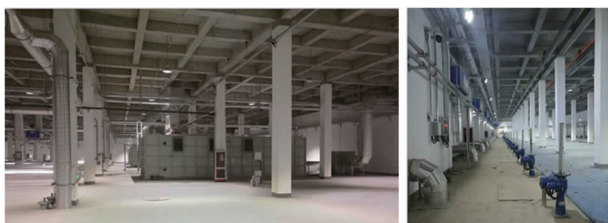


图11 生物池及膜池间

Fig. 11 Biological tank and MBR room

4.2.5 全场通风设计原则

槐房再生水厂建设于地下,散热、散湿及臭气的工业厂房及厂区面积、空间较大,因此采用机械送风、机械排风的全面通风方式。

所有容易散发臭气的管道、水面、设备均进行封闭,设抽气点排气,形成负压状态,防止臭气外逸。

各工艺单元房间输送新风,风量与臭气量平衡。

新风为直流送风,取自地面风井,经9台新风机组首先进入地下通道。按照清洁区域的空气向污染区域转移的原则,通道新风进入各个工艺单元建筑空间,如通道空气向膜格栅间、初沉池间、生物池、膜池转移。对于较大空间室内采暖的设置,采用长射程暖风机循环室内空气,热源为水源热泵。

人员不经常工作区域的地下2、3层管廊,设计与地下1层通道换风,在管道维护期间开启。

根据总体设计要求,房间按照值班采暖设计,室内设计温度为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

跨越防火分区的风管设置防火阀,并与送排风机联动。

地下进出口设置快速启动闭门或热风幕机。

5 结语

臭气收集系统的设计是地理式污水处理厂除臭通风设计的核心。威立雅公司推出的新颖的一体化集成系统中臭气收集系统设计的关键点体现在将除臭、通风和采暖整体设计,分区域分类型合理选择换气率,合理设计除臭风量,以降低总体投资成本及运行成本。

参考文献:

- [1] 李国炜,赖震宏. 污水处理厂除臭设计体会[J]. 广东化工,2010,37(10):239-241.
Li Guowei, Lai Zhenhong. The deodorization design experience in wastewater treatment plant [J]. Guangdong Chemical Industry, 2010, 37(10): 239-241 (in Chinese).
- [2] JGJ 141—2004, 通风管道施工技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
JGJ 141-2004, Technical Specification for Construction of Air Duct[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2004 (in Chinese).
- [3] HG/T 20696—1999, 玻璃钢化工设备设计规定[S]. 北京:国家石油和化学工业局,1999.
HG/T 20696-1999, Specification of FRP Equipment Design for Chemical Industry[S]. Beijing: State Bureau of Petroleum and Chemical Industry, 1999 (in Chinese).



作者简介:周立(1984—),女,安徽芜湖人,硕士,工程师,主要从事污水处理、污泥处理、除臭通风工艺设计。

E-mail: li.zhou@veolia.com

收稿日期:2018-02-11