

设计经验

广州地埋式石井净水厂通风除臭设计

唐宏辉, 刘承东, 谢艺强

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘要: 以地埋式污水厂——广州市石井净水厂通风除臭设计为实例,对预处理区、生化区楼板下池面空间、二沉池、污泥干化等区域的臭气收集后经生物除臭装置处理,然后经不低于15 m排放塔高空排放;预处理区和污泥干化等区域送风系统采用氧离子送风系统;生化区楼板上大空间及运泥车通道的通风经活性炭吸附后高空排放。设计需重点考虑通风、除臭、空调及防排烟等系统划分和计算,臭气收集与管线布置,以及地下空间气流组织等难点。目前该项目已投入运营,实际运行数据表明,运行效果较好,满足各项标准。最后对该项目需要注意的设计细节和不足之处进行了分析。

关键词: 地埋式污水厂; 通风; 除臭

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)04-0041-06

Ventilation and Deodorization Design of Shijing Underground Wastewater Treatment Plant in Guangzhou City

TANG Hong-hui, LIU Cheng-dong, XIE Yi-qiang

(Guangzhou Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510060, China)

Abstract: Taking the ventilation and deodorization design of the underground wastewater treatment plant, namely Guangzhou Shijing wastewater treatment plant as an example, the odor collected in the pretreatment stage, the biochemical tank under the floor, the secondary sedimentation tank, and the sludge drying stage was treated by the deodorizing device of biotricking filter, and was discharged at high altitude through not less than 15 m discharge tower; and the air supply system of the pretreatment stage and sludge drying stage adopted an oxygen ion supply system; the ventilation of the large space on the floor of the biochemical tank and the sludge truck channel was adsorbed by activated carbon and was discharged into the discharge tower. The design needed to focus on the system division and calculation of ventilation, deodorization, air conditioning, smoke protection and exhaust, odor collection and pipeline layout, and underground space airflow organization. The project has been put into operation, which could meet the design requirements. Finally, the details and deficiencies that need attention in the project were analyzed.

Key words: underground wastewater treatment plant; ventilation; deodorization

1 工程概况

受城市土地资源的制约,地埋式污水处理厂已
开始在全国推广应用^[1-2],笔者曾参与了广州市京

溪净水厂及昆明第九、第十污水处理厂等三座地埋
式污水处理厂的设计工作。

广州市石井净水厂位于广州市白云区,设计规

模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用改良 A^2O 工艺, 主体构筑物为埋地式, 地下两层, 每层建筑面积大约为 $36\,000 \text{ m}^2$ 。

其中负二层包括管廊、污水池等; 负一层包括格栅及曝气沉砂间、污泥浓缩池检修间、生化处理间、沉淀池间、污泥干化间、配电房、泵房等; 地上包括综合楼、变配电房、鼓风机房、机修房以及绿化景观区等。

2 设计范围

针对地下空间和地面建筑物, 结合通风、除臭、空调及防排烟的考虑, 本工程细分设计范围如下: ①地下空间通风设计; ②地下空间防排烟设计; ③地下空间除臭设计; ④地面各功能建筑通风空调、防排烟设计。这4个方面是有机结合的, 整体设计效果与各个系统息息相关。

3 系统设计

3.1 与工艺专业接口与要求

① 热水锅炉、冷凝器等发热设备以及其连接的管道和工艺曝气管温度较高, 需进行保温, 保温层表面温度应 $\leq 40^\circ\text{C}$, 以免烫伤作业人员, 并降低室内空气散热。

② 工艺检修孔需密封处理, 运营时注意对检修孔打开的盖板进行检修后复位, 以免臭气外逸, 导致室内空气品质下降。

③ 格栅池、曝气沉砂池、污泥浓缩池和生化池等是臭气源, 在水池液面设有臭气收集系统。为保证臭气收集系统发挥良好的臭气收集功能, 应在一些水池开孔处做密封处理。

④ 工艺专业提供南、北生化池的曝气量各为 $17\,365 \text{ m}^3/\text{h}$, 根据此条件进行计算和设计。

⑤ 工艺设备用房和电气设备房的控制温度及发热量由工艺专业和电气专业提供, 具体如表1所示。

表1 工艺、电气设备房控制温度及发热量

Tab.1 Control temperature and heat of process and electrical equipment room

房间名称	控制温度/ $^\circ\text{C}$	发热量/ kW
低压配电室一	36	8.7
低压配电室二	36	14
变压器室一	40	37.5
变压器室二	40	18.7
电容器室	40	32.5
高压室	36	3

3.2 地下空间通风空调系统设计

3.2.1 设计标准

① 根据规范的要求, 本地下污水处理厂除设置除臭系统外, 还设置了全面机械通风系统, 包括生化处理检修间、车道。负一层的生化池检修间、车道等大空间机械通风系统的排风量按规范的要求 1 h 不小于2次换气计算, 送风量为排风量的80%, 使大空间区域形成负压, 避免此区域臭气外逸到其他区域; 大空间的排风经活性炭吸附除臭处理后排至室外, 活性炭的迎面风速按 $0.3 \sim 0.5 \text{ m/s}$ 控制。排放塔横断面流速按小于 6 m/s 控制。运营单位应根据室内环境状况确定活性炭的再生更换周期, 确保排风满足环保要求。

② 地下电气设备用房通风量以室内换气次数 $6 \sim 12 \text{ 次/h}$ 所需排风量与根据电气专业提供的室内要求温度和发热量计算所需排风量对比以后取大值确定; 地下污水厂内的电气设备用房设置机械进风系统, 送风量为排风量的1.1倍, 保持电气设备用房微正压。

根据广州地区的气候特点, 部分地下电气设备房设置分体式空调器。

③ 各类泵房(污水泵房除外)通风量以室内换气次数 $4 \sim 6 \text{ 次/h}$ 所需排风量与根据工艺专业提供的室内要求温度和发热量计算所需排风量对比以后取大值确定; 送风量为排风量的1.05倍, 保持室内微正压。

④ 负二层管廊通风量以室内换气次数 1.5 次/h 计算排风量, 送风量为排风量的1.1倍, 保持室内微正压。

3.2.2 系统划分

地下空间通风空调系统共划分17个系统, 具体系统设计如下:

系统1负责负二层西半区管廊的通风, 设计风量为 $16\,335 \text{ m}^3/\text{h}$, 该区域按无臭气源处理。

系统2负责负二层东半区管廊的通风, 设计风量为 $23\,740 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

系统3负责负二层污泥干化车间负二层管线空间的通风, 设计风量为 $2\,835 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

系统4负责负二层通风机房、空调水泵房的通风, 设计风量为 $1\,200 \text{ m}^3/\text{h}$ 。采用壁式排风机机械排风、侧墙百叶自然进风的形式。

系统5负责负一层西端车道的通风, 设计风量

为 14 570 m³/h。该区域按有可能存在轻微臭气(如装泥车散发的臭气)处理,排风经活性炭吸附后排放以满足排放标准要求。为了防止臭气外逸至室外,送风量为排风量的 80%。

系统 6 负责负一层西端低压配电房 5 的通风。该区域按无臭气源处理。为了避免臭气入侵,送风量为排风量的 1.1 倍。为了满足在极端气候条件下室内环境要求,该低压配电房配备一拖多分体式空调系统。低压配电房为气体灭火系统保护房间,发生火灾时,关闭相应房间支管上的防烟防火阀,喷洒灭火剂实施灭火。确认火灾扑灭后,将防烟防火阀复位,转入排气模式运行。

系统 7、8 分别负责负一层南区、北区生化池检修空间的通风,设计风量均为 67 000 m³/h,排风经活性炭吸附后高空排放,新风量为排风量的 80%。

系统 9 负责负一层东端车道以及横向的中间车道的通风,设计风量为 19 320 m³/h,送风量为排风量的 80%,排风经活性炭吸附后高空排放。

系统 10 负责负一层南区靠近车道的低压房配电房 1、真空泵房以及紧靠污泥干化车间的低压配电房 2 的通风。

系统 11 负责负一层东南端叉车通道、固体药剂堆场间的通风,设计风量为 9 600 m³/h。

系统 12 负责负一层北区靠近车道的低压房配电房 3 的通风。

系统 13 负责负一层东端靠近格栅间的低压房配电房 4 的通风。

系统 14 负责负一层通风机房和消防水泵房的通风。

系统 15~17 负责负一层南区靠近车道的低压房配电房 1 空调系统、负一层紧靠污泥干化车间的低压配电房 2 空调系统、负一层北区靠近车道的低压房配电房 3 空调系统、负一层靠近格栅间低压配电房 4 空调系统、负一层西侧压配电房 5 空调系统。

3.3 除臭系统设计

3.3.1 设计标准

本工程污水净化处理过程中的臭气源主要来自预处理间(粗格栅间、细格栅与沉砂池间)、污泥浓缩池、污泥干化间和生化池内空间。沉淀池为污水处理的末端,根据污水处理工艺专业提供的条件,该区域的臭气浓度轻微。

各区域除臭换气设计标准见表 2。

表 2 除臭设计参数

Tab.2 Deodorization design parameters

次·h⁻¹

项 目		除臭换气次数	送风换气次数
预处理	池内空间	2	—
	操作空间*	4	4
	走道空间*	4	4
	设备密闭罩	10	10
生化池	好氧池	**	—
	缺氧池	6	—
	厌氧池	6	—
污泥浓缩池	池内空间	2	—
	操作空间*	4	4
二沉池	操作空间	2	1.6
污泥料仓	储存空间*	10	8
	装泥间*	10	8
污泥干化间	输送空间*	2	1.6
	设备密闭罩*	12	9.6
	操作空间*	4	3.2
注: * 房间送风经氧离子发生器处理后送出。** 好氧池按 1.1×曝气量 ^[3] 考虑。			

3.3.2 系统划分

地下空间除臭系统共划分 9 个系统:

系统 18~19 分别负责北区和南区的矩形沉淀池的除臭,计算风量为 46 200 m³/h。设置两台生物除臭装置负责臭气处理,然后经排放塔高空排放,排放塔高度不小于 15 m^[4]。另设置一台新风机对北区的矩形沉淀池送入新鲜空气,保证人员检修时室内环境的要求,送风量为排风量的 80%。

系统 20~21 分别负责北区和南区的生化池的除臭,计算风量为 37 102 m³/h。生化池的臭气汇集在液面至密封板之间的空间。在液面上设置排风抽吸臭气并保证上述空间处于负压状态以避免臭气飘逸至负一层的检修空间。设置两台生物除臭装置负责臭气处理,然后经排放塔高空排放。

系统 22 负责细格栅与沉砂池间的除臭,计算风量为 40 706 m³/h。设置两台生物除臭装置负责臭气处理,然后经排放塔高空排放。因该区域臭气浓度相对较大,为了保证设备检修时室内环境安全,另设置一套离子送风系统(包括离子除臭发生器)使新风气流产生离子活性送入室内对臭味进行消除。送风量为 26 670 m³/h。

系统 23 负责粗格栅间的除臭,计算风量为 21 020 m³/h。设置一台生物除臭装置负责臭气处

理,然后经排放塔高空排放。另设置一套离子送风系统,送风量为 $13\,520\text{ m}^3/\text{h}$ 。

系统24负责污泥浓缩池检修空间的除臭,计算风量为 $34\,880\text{ m}^3/\text{h}$ 。设置两台生物除臭装置负责臭气处理,然后经排放塔高空排放。另设置一套离子送风系统,送风量为 $30\,380\text{ m}^3/\text{h}$ 。

系统25负责污泥干化车间负二层污泥螺旋输送机(按工艺提供条件,设备密封性良好)空间及地面首层装泥间的除臭,计算风量为 $16\,870\text{ m}^3/\text{h}$ 。设置一台生物除臭装置负责臭气处理,然后经排放塔高空排放。地面首层装泥间区域设置一套离子送风系统,送风量为 $5\,390\text{ m}^3/\text{h}$ 。负二层污泥干化车间设置一套离子送风系统,送风量为 $8\,544\text{ m}^3/\text{h}$ 。

系统26负责污泥干化车间的除臭,计算风量为 $54\,438\text{ m}^3/\text{h}$ 。设置两台生物除臭装置负责臭气处理,然后经排放塔高空排放。另设置一套离子送风系统,送风量为 $43\,550\text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.4 防排烟系统设计

3.4.1 设计标准

① 污水厂按同一时间只有一处防火分区发生火灾设计。

② 污水厂负一层单层面积超过 $5\,000\text{ m}^2$,按防火分区布置,设置机械排烟系统及补风系统。

③ 防烟楼梯间设置加压送风系统,保证防烟楼梯间的余压值在 $40\sim 50\text{ Pa}$ 。楼梯间与楼梯前室间设置余压阀,保证前室的余压满足规范要求。

④ 排烟风机及烟气流经的辅助设备要求在 $280\text{ }^\circ\text{C}$ 下能连续有效工作 30 min 。

⑤ 地下空间以下区域按非经常有人或无可燃物考虑。

⑥ 地下空间排烟系统根据建筑防火分区的布置划分不同的防烟分区。排烟系统采用板式排烟口,在火灾发生时电动打开着火区域的板式排烟口对该区域进行排烟。各排烟区域设置相应的补风措施。

⑦ 根据建筑条件,地下空间的楼梯间全为防烟楼梯间。每部楼梯设计一台加压送风机对楼梯间进行加压送风。在楼梯间、前室的隔墙设置余压阀保证前室正压要求。

3.4.2 系统划分

根据地下空间建筑的布置,共设置5台排烟机负责地下空间各区域的排烟。

3.5 综合楼通风空调系统设计

① 综合楼共三层,主要功能用房包括大厅、中控室、消防控制室、办公室、会议室、模型展示等。根据综合楼的使用特点,上述各房间、区域主要采用分体式空调,并在室内设置吊顶式排气扇,满足室内温湿度、新风量等室内环境要求。

② 根据一层大会议室建筑构造、空调冷负荷的特性,独立设置一套多联机空调系统和全热交换器新、排风系统满足大会议室内环境要求。

③ 综合楼公共卫生间采用吊顶式排气扇的排风系统,换气次数为 15 次/h 。

④ 综合楼的内走道、封闭楼梯间、各功能用房均满足自然防排烟条件。

3.6 地面其他用房通风空调系统设计

① 鼓风机房,1、2#变配电房,维修车间,热水房根据室内发热量、换气次数要求设置相应的机械通风系统,风机根据气流组织要求采用轴流排风机或壁式排风机。

② 对变配电房的控制室、值班室设置相应的分体式空调系统。

③ 变配电房采用气体灭火方式。通风系统的进风口、排风口设置防烟防火阀,在发生火灾时关闭防烟防火阀使气体灭火房间处于封闭状态以利于灭火。

3.7 高效沉淀池泵组检修空间通风空调系统设计

根据工艺条件,高效沉淀池泵组检修空间无臭气散发,且无可燃物,平时非经常有人。该空间采用自然进风、机械排风的通风形式。设置两台轴流排风机为该空间通风换气,设计风量为 $44\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.8 设备减震降噪处理设计

① 设备基础减震处理(含供货商配套部分),大型风机及小型风机等的减震处理,由供货商处理,配套提供。

② 风管与风管法兰间的垫片不应含有石棉及其他有害成分,且应耐油耐潮耐酸碱腐蚀,普通风管法兰垫片的工作温度不小于 $70\text{ }^\circ\text{C}$;对于排烟风管法兰垫片的工作温度要求不小于 $280\text{ }^\circ\text{C}$ 。

③ 风管与风机采用软接头连接,软接头应有良好的阻燃性能,不变形,不老化,在地下潮湿环境下应能使用15年以上。

④ 在风机的进出口管道上设置阻抗复合式消声器。

3.9 节能与环境保护

① 在施工图阶段严格计算校核风机单位风量耗功率,普通机械通风系统风机的单位风量耗功率最大值均满足规范要求。

② 分体空调、多联空调设备选用能效不低于二级能效的节能设备。全热交换器效率不低于70%。

③ 对污水厂所有产生恶臭气味的构筑物空间进行集中收集。恶臭污染物经除臭装置处理后按照环评批复要求集中通过15 m高排气筒高空排放,排放标准值低于《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)排放限值。

④ 对于负一层操作面等有轻微臭气的空间的排风经活性炭吸附处理后通过15 m排气筒排放以满足《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)排放限值。活性炭过滤器的吸附效率达90%以上。

⑤ 项目厂界废气排放最高允许浓度满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)二级标准。

⑥ 对于大型风机及小型风机等的减震降噪处理,在风机进出口管道上设置阻抗复合式消声器,确保厂界环境噪声排放限值符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008)中2类声环境功能区标准。

⑦ 氧离子发生器出口处的离子浓度需达1 000 个/cm³以上。

3.10 通风除臭系统主要控制策略

① 由于污水厂全天运营不断产生臭气,因此除臭系统需全天不间断运行。

② 对于有可能存在微量臭气的空间,如生化池检修空间、车道等空间,即使温度、有害气体浓度有可能均达到相关要求标准,但人在其空间内仍有可能感到一定的异味,因此上述通风系统亦需全天运行。

③ 对于非臭气源的空间,如变配电房、泵房等功能区,根据室内温度要求控制其通风系统的启停。

④ 综合楼空调系统根据各房间使用需要现场调节控制。

⑤ 编制通风、防排烟及除臭系统模式表,按照各个模式运行,实现整个系统自动控制。

4 运行效果

广州市石井净水厂现已投产运营,经有资质的

第三方检测机构测试,效果达到或超过设计预期。

测试区域有预处理粗格栅区、生化区、污泥浓缩池等上部空间,地下一层、二层通道以及二沉池大空间,均为人员能够到达巡视及检修的空间。测试结果见表3。

表3 测试数据

Tab.3 Test data

项 目	氨气/ (mg · m ⁻³)	硫化氢/ (mg · m ⁻³)	臭气浓度
预处理上部空间	0.136(0.273)	<0.005	14(17)
污泥浓缩池 上部空间	0.108(0.168)	<0.005	17(18)
生化区上部空间	0.116(0.303)	<0.005	17(22)
二沉池大空间	0.075(0.135)	<0.005	39(42)
地下一层通道	0.062(0.104)	<0.005	20(27)
地下二层通道	0.139(0.202)	<0.005	17(23)
注: 以上测试数据为多点、多时间段算术平均值,括号 内为最大值。			

5 设计探讨

① 广州市石井净水厂二沉池采用生物除臭系统,其换气次数为2次/h。虽然根据规范建议和工艺设计人员反映,二沉池臭气浓度较低,可不除臭,但根据现场调研,在地埋式污水厂敞开的二沉池池面有臭气逸出,并测出有H₂S和NH₃,人直观感受臭气浓度比较大。后续污水厂二沉池除臭系统可参考MBR膜区改进(见图1),即在二沉池池体设置盖板加盖密封收集臭气,除臭风量按二沉池池面面积3 m³/m²加2次/h二沉池池内空间换气次数风量;二沉池上部空间采用1次/h换气次数排风;送风量为1次/h二沉池上部空间加2次/h池内空间换气次数风量。

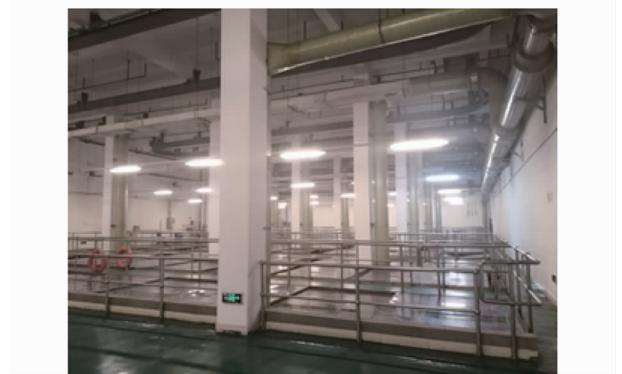


图1 MBR膜区加盖收集臭气实景

Fig.1 Real scene of MBR membrane area covered by odor collection system

② 预处理区和生化区操作车间与池面空间存在多处密封不严密,主要包括以下几个方面:a. 预处理区为一、二期共用,部分二期设备未安装,且未做密封处理,臭气有泄漏;b. 预处区工艺闸门未做密封处理,运渣和装渣容器与出渣管存在较大孔隙;c. 生化区设备吊装钢绳通过检修盖板伸入池面空间,检修盖板开有 100 mm × 100 mm 孔洞。预处理区靠近进水管的区域存在较多密封不严孔洞,人员感觉此区域臭味明显大于靠近生化区区域。

③ 地下污水厂工艺吊车、钢轨和吊装孔较多,设计时需要核对各层平面图,特别是负一层,需核对地面吊装孔位置,避免风管侵入吊装孔位置。设计时需要核对各个单体图纸,注意其吊装要求。尤其需要注意,部分工艺设备较高,安装完的高度与风管有冲突,导致其设备可能不方便检修。如砂水分离器电机与风管冲突(见图2),同时还出现部分风管侵入吊装孔,对设备吊装产生一定影响。

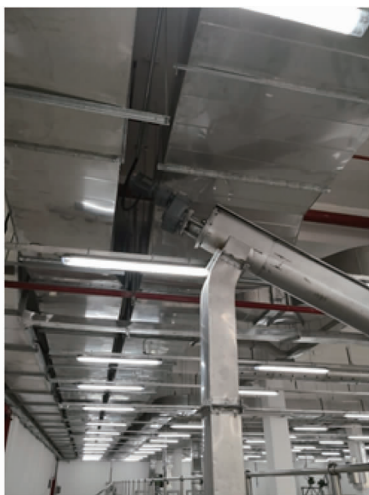


图2 风管与工艺设备电机安装距离实景

Fig.2 Real scene of installation distance between wind pipe and process equipment motor

④ 本项目污泥干化系统还未安装到位,污泥干化车间的通风除臭系统还需根据污泥干化工艺及设备特点做相应调整并完善设计。

6 结语

本项目已投产运营,恶臭污染物经除臭装置处理后按照环评批复要求集中通过 15 m 高排气筒高空排放,排放标准值低于《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)排放限值;厂界废气排放最高允

许浓度满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)二级标准。

参考文献:

- [1] 邱维. 广州京溪地下污水处理厂设计经验总结[J]. 中国给水排水, 2011, 27(24): 47-49.
Qiu Wei. Design experience of Guangzhou Jingxi underground wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(24): 47-49 (in Chinese).
- [2] 汪传新, 邱维. 广州京溪地下污水处理厂建设实践与思考[J]. 中国给水排水, 2011, 27(8): 10-13.
Wang Chuanxin, Qiu Wei. Construction practice and thinking of Guangzhou Jingxi underground WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(8): 10-13 (in Chinese).
- [3] CJJ/T 243—2016, 城镇污水处理厂臭气处理技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
CJJ/T 243 - 2016, Technical Specification for Odor Control of Municipal Wastewater Treatment Plant[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016 (in Chinese).
- [4] GB 50019—2015, 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
GB 50019 - 2015, Design Code for Heating Ventilation and Air Conditioning of Industrial Buildings[S]. Beijing: China Planning Press, 2015 (in Chinese).



作者简介: 唐宏辉(1974—), 男, 湖南祁东人, 大学本科, 高级工程师, 设计五院副总工程师, 主要从事市政项目, 包括污水处理厂通风、空调及除臭工艺的设计和研究工作。

E-mail: 450121833@qq.com

收稿日期: 2019-06-19