

昆明市第九、第十地下污水处理厂设计实例分析

邱 维

(广州市市政工程设计研究总院, 广东 广州 510060)

摘 要: 昆明市第九、第十地下污水处理厂设计规模分别为 10×10^4 、 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主体工艺采用 MBR 技术。全部处理构筑物设于地下空间, 地面用作城市绿化景观。介绍了这两座污水厂的工艺流程、主要构筑物和系统的工程设计, 可供城市地下污水厂设计参考。

关键词: 地下污水处理厂; MBR; 地下空间

中图分类号: TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0022-06

Design Principle of the Ninth and the Tenth Underground Wastewater Treatment Plants in Kunming City

QIU Wei

(Guangzhou Municipal Engineering Design and Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: The design capacity of the ninth and the tenth underground wastewater treatment plants (WWTPs) in Kunming City is 10×10^4 and $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, respectively, with main treatment process of membrane biological reactor (MBR) for both the plants. The two plants are constructed in underground while the ground/surface area was planned as urban landscape. This paper describes the major design principle, treatment process and main structures, which can provide reference for designing urban underground WWTP.

Key words: underground wastewater treatment plant; MBR; underground space

滇池流域水污染防治是党中央、国务院“三河三湖”综合治理的重要内容。“十一五”期间,随着现代新昆明建设步伐的不断加快,现有污水处理厂已不能满足城市发展需要,昆明主城迫切需要新建第九、第十污水处理厂。昆明主城最重要的河道运粮河、海明河等水系现状污染严重,截污治污后还将面临补水需求。昆明市第九、第十污水厂拟解决主城西片区、东片区北部的城市污水治理问题(治污),同时兼作运粮河流域、海明河、枧槽河等水系补水水源(补水)以及城市区域再生水水站水源(回用)。

这两座污水厂均位于城市中心区域,紧邻房地产开发地块,可用地面积很小,受用地条件所限,按传统地上污水厂方案一直无法推进项目实施。考虑借鉴广州京溪地下污水厂经验,2011年4月第九、

第十污水厂确定均按全地下污水厂同时设计、建设,该两座地下污水厂在云南省乃至西南地区尚属首例。

1 工程概况

昆明市第九污水厂服务范围西至西三环,北至北三环,南至滇缅大道-北二环一线,东至普吉街道办事处辖区,服务面积为 22.85 km^2 ,服务人口为 31.66 万人。厂址位于昌源北路、西边小河南侧、科海路东侧地块,占地面积为 2.99 hm^2 。第十污水厂服务范围西起环城东路-东二环,东至东三环,北始穿金路,南止昆石高速,服务面积为 20.34 km^2 ,服务人口为 32.73 万人(不含转输第四污水处理厂流量 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)。厂址位于官渡区东二环以东、石虎关立交东北,占地面积为 3.893 hm^2 。两座污水

厂的位置见图 1。



图 1 污水处理厂位置

Fig. 1 Location of WWTPs

两厂处理构筑物均为全地下式布置。厂区选址紧邻居住区建筑群,周边城市环境要求极高,按传统地上式污水厂方案一直无法推动其选址落地;因此,最终大胆尝试地下空间综合利用,采用地下两层的全地下式设计,主体构筑物设于地下,地上建设城市公园绿地,占地指标仅为昆明同类污水厂的 1/3。

2 工艺设计

2.1 设计规模

根据西片区污水系统规划,西片区污水量由现状第三污水厂和规划第九污水厂处理。第九污水厂负责收集处理上游区域的城市污水,其余污水由下游第三污水厂处理。设计以城市规划(人口、用地规划)、现状实测污水流量等大量基础资料为依据,论证确定污水处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据城东片区污水系统规划,第十污水厂同时处理从第四污水厂服务范围内的转输水量为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,最终规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据《昆明市再生水利用专业规划》,两厂兼作城市再生水厂。第九污水厂再生水规模近期为 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,远期为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;第十污水厂再生水规模近期为 $0.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,远期为 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。两厂再生水处理设备按近期安装,远期预留设备安装位置。

2.2 设计处理标准

2.2.1 污水处理标准

在第九、第十污水厂建成前,纳污范围内的污水分别由下游第二、第三污水厂处理,故两厂设计进水水质主要参考第二、第三污水厂近年实际进水水质以及上游服务系统现状实测污水水质,并结合城市发展规划、排水系统建设发展趋势确定。设计出水水质采用《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。两座污水厂设计进、出

水水质见表 1。

表 1 工程设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	BOD ₅	COD	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水/ (mg · L ⁻¹)	180	400	300	45	30	5
出水/ (mg · L ⁻¹)	10	50	10	15	5	0.5
处理率/%	94	87.5	97	67	83	90

注: 设计出水粪大肠菌群数控制在 1 000 个/L,其中再生水出水粪大肠菌群数控制在 3 个/L 内。

2.2.2 污泥处理标准

污泥经稳定化处理和脱水处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002),脱水后的污泥含水率 < 80%。脱水后的污泥外运,集中处理。

2.2.3 臭气处理标准

按照《环境空气质量标准》(GB 3095—1996),污水处理厂的环境空气质量功能区属于二类,空气质量执行二级标准,废气排放标准值达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)大气标准中的二级标准。

2.3 工艺流程

第九、第十污水厂主体工艺采用膜生物反应器(MBR)技术,具体工艺流程见图 2。

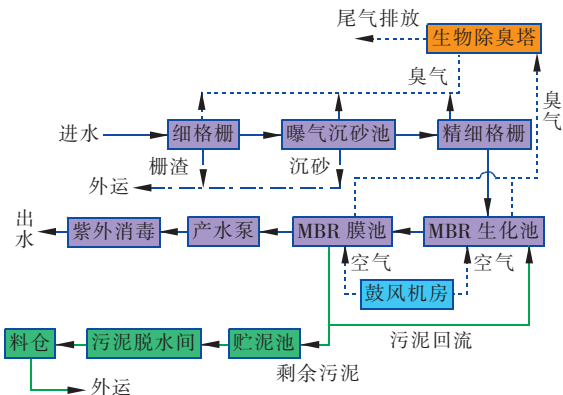


图 2 污水处理厂工艺流程

Fig. 2 Flow chart of wastewater treatment process

2.4 厂区主要系统设计

2.4.1 总体设计

厂区处理构筑物全部位于地下空间。地下空间作为生产区,为两层钢筋混凝土框架结构,所有构筑

物和辅助生产建筑物均位于地下空间内。第九、第十污水厂地下室面积分别为 19 300、23 300 m²。地下空间上部覆土 2.0 m(膜区顶部覆土 0.5 m),地面为城市花园景观。厂前区为整个厂区的地面层,设有综合楼、园林小景点等,营造舒适优美的地面花园环境。从预处理至 MBR 膜池的厂内构筑物水头损失为 23 kPa;污水从膜池经泵提升并消毒处理后排出,除部分作为中水回用外,其余作为西边小河、老运粮河和海明河的补水水源。

2.4.2 预处理站

第九污水厂预处理包括粗格栅、提升泵房、细格栅、曝气沉砂池和精细格栅。粗格栅设回转格栅 4 台,栅宽为 1.41 m,栅隙为 15 mm,安装角度为 75°,栅前水深为 0.9 m,过栅流速为 0.75 m/s。提升泵房设 1#潜污泵 4 台(3 用 1 备,单台 $Q=1\,350\text{ m}^3/\text{h}$, $H=70\text{ kPa}$, $N=45\text{ kW}$); 2#潜污泵 2 台(1 用 1 备,单台 $Q=680\text{ m}^3/\text{h}$, $H=70\text{ kPa}$, $N=22\text{ kW}$)。设转鼓细格栅 3 台,转鼓直径为 1 800 mm,栅隙为 5 mm,安装角度为 35°,栅前水深为 1.1 m,过栅流速为 0.6 m/s。曝气沉砂池分 2 格,停留时间为 4.5 min,曝气量为 0.2 m³ 空气/m³ 污水。设精细转鼓格栅 4 台,转鼓直径为 2 400 mm,栅隙为 1 mm,安装角度为 30°,栅前水深为 2.2 m,过栅流速为 0.5 m/s。

第十污水厂预处理包括细格栅、曝气沉砂池和精细格栅(粗格栅、提升泵房利用厂外现状菊花村泵站)。设转鼓细格栅 4 台,转鼓直径为 2 000 mm,栅隙为 5 mm,安装角度为 35°,栅前水深为 1.1 m,过栅流速为 0.6 m/s。曝气沉砂池分 2 格,停留时间为 4.5 min,曝气量为 0.2 m³ 空气/m³ 污水。设精细转鼓格栅 7 台,转鼓直径为 2 600 mm,栅隙为 1 mm,安装角度为 30°,栅前水深为 2.2 m,过栅流速为 0.5 m/s。

2.4.3 MBR 生化系统生化池、膜池

MBR 生化池去除污水中可生化降解的大部分污染物,是污水厂的核心处理构筑物,辅以化学辅助除磷设施。MBR 膜池为生化处理后实现固液分离的工段。膜组件浸没在膜池的混合液中,在产水泵产生的负压条件下,生化处理过的清水透过膜汇集到集水管,全部污泥和绝大部分游离细菌被膜截留,实现泥水分离过程。被截留的活性污泥经过混合液回流泵回流到厌氧和缺氧生化区,剩余污泥由泵输送至污泥脱水系统。MBR 膜区由若干组独立控制

产水单元组成,水力流程上又分为两套独立系统运行,便于一组检修时另一套正常工作。

膜组器的清洗及应急措施:浸没式膜组器放在单独的膜池混合液中,在出水泵产生的负压条件下,水穿过膜而完成过滤处理。在膜组器的底部采用大气泡曝气产生紊动水流来冲刷中空纤维的表面并使颗粒从膜表面脱落下来,对膜表面起到清洁的作用。当膜前后压力差达到设定值时需进行化学清洗。浸没式中空纤维膜系统运行一定时间(约 1 周)需化学清洗一次。当膜受大面积污染或堵塞时,可停止该条廊道进、出水或独立产水单元,根据堵塞程度分别进行在线化学清洗或离线清洗。MBR 污水处理主体工艺流程见图 3。

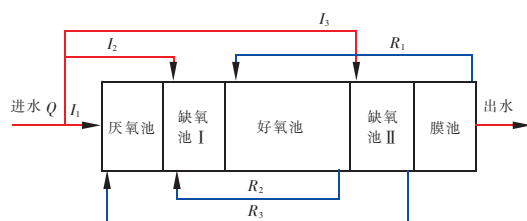


图3 MBR 污水处理主体工艺流程

Fig. 3 Flow chart of MBR wastewater treatment process

第九、第十污水厂生化处理工艺采用广州市政院专利技术“AAOA + MBR 脱氮除磷污水处理工艺的装置”^[1],并利用自有专利技术“活性污泥过程模拟方法”进行计算机模拟优化参数选择。主要设计参数:总有效停留时间为 14.1 h(其中厌氧区为 1.1 h、缺氧区 I 为 3 h、好氧区为 4 h、缺氧区 II 为 4.8 h、膜分离区为 1.2 h),生化池污泥浓度 MLSS 为 5~7 g/L,膜池 MLSS 为 6~10 g/L,膜区污泥回流比为 400%~500%,好氧区混合液回流比为 300%,缺氧池至厌氧池回流比为 200%,污泥负荷为 0.07~0.10 kgBOD₅/(kgMLSS·d),泥龄为 20~30 d,生化池最大气水比为 5:1,膜区穿孔管曝气吹扫气水比为 15:1,风压为 45 kPa,生化池采用多点进水方式(厌氧区进水 $I_1=0.2Q$ 、缺氧区 I 进水 $I_2=0.45Q$ 、缺氧区 II 进水 $I_3=0.35Q$),PVDF 膜组器平均通量为 19.61 L/(m²·h)。

MBR 生化池、膜池采用钢筋混凝土结构,分两组并联运行。第九污水厂生化池每组尺寸 $B \times L \times H=37.25\text{ m} \times 111.3\text{ m} \times 8.25\text{ m}$,有效水深为 7 m;膜池每组尺寸 $B \times L \times H=27.8\text{ m} \times 37.25\text{ m} \times 5\text{ m}$,

有效水深为 3.6 m,膜池共 20 个廊道,每廊道设 10 个膜位,安装 9 组膜,预留 1 个空位。第十污水厂生化池每组尺寸 $B \times L \times H = 52.25 \text{ m} \times 116.3 \text{ m} \times 8.25 \text{ m}$,有效水深为 7 m;膜池每组 $B \times L \times H = 27.8 \text{ m} \times 52.25 \text{ m} \times 5 \text{ m}$,有效水深为 3.6 m,膜池共 28 个廊道,每廊道设 10 个膜位,安装 9 组膜,预留 1 个空位。

2.4.4 MBR 生化系统膜设备间

MBR 膜池出水通过设备间产水泵实现固液分离,设备间另设反冲洗泵、循环泵、剩余污泥泵等。

第九污水厂主要设备:产水泵 22 台,变频,每台泵 $Q = 334 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 160 \text{ kPa}$, $N = 30 \text{ kW}$;反冲洗泵采用变频恒压供水泵组, $Q = 250 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 120 \text{ kPa}$, $N = 11 \text{ kW}$,1 用 1 备,水源来自接触消毒池出水;循环泵实现各膜池之间浸泡液的反复使用,采用耐酸碱干式离心泵两台, $Q = 535 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 80 \text{ kPa}$, $N = 18.5 \text{ kW}$;剩余污泥泵设 2 组独立运行,每组设剩余污泥泵两台,1 用 1 备,采用干式离心泵,每台泵 $Q = 110 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 150 \text{ kPa}$, $N = 11 \text{ kW}$ 。第十污水厂产水泵共 30 台,泵型同第九污水厂,其他主要设备型号及数量也与第九污水厂相同。

2.4.5 消毒系统

超滤膜能有效截留绝大部分细菌和部分病毒,出水可直接达到粪大肠菌群 ≤ 1000 个/L 的排放标准。为安全起见,仍考虑安装紫外线消毒设备进行把关。第九、第十污水厂分别设 4、6 台管式紫外线消毒器,并安装于 MBR 设备间。每台消毒器处理能力均为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, $N = 14.5 \text{ kW}$,消毒剂量为 $20 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 。对于需要另作再生水回用的部分拟采用次氯酸钠接触消毒处理(停留时间为 0.5 h),以满足余氯的要求。第九污水厂消毒池尺寸 $B \times L \times H = 25.6 \text{ m} \times 19.2 \text{ m} \times 3.55 \text{ m}$,有效水深为 3.0 m;第十污水厂消毒池尺寸 $B \times L \times H = 24.9 \text{ m} \times 18.9 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}$,有效水深为 3.3 m。

2.4.6 加药系统

① 再生水消毒系统。消毒剂:10% 的 NaClO 溶液。远期设计规模:第九污水厂为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;第十污水厂为 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。投加量(有效氯):6 mg/L。储罐数量:3 座, 12 m^3 。投加浓度:10% (含膜清洗)。

② 膜清洗加药系统。投加药物:次氯酸钠、柠檬酸。原位浸泡离线清洗频率:1 次/a;清洗药液调

制浓度:次氯酸钠为 3 000 mg/L,柠檬酸为 2.0%。在线大清洗频率:1 次/月;清洗药液调制浓度:次氯酸钠为 3 000 mg/L,柠檬酸为 0.8%。在线小清洗频率:1 次/周;清洗药液调制浓度:次氯酸钠为 500 mg/L,柠檬酸为 0.2%。膜清洗投药浓度:次氯酸钠为 10%,柠檬酸为 30%。离线大清洗第一廊道加药流量:次氯酸钠为 6 000 L/h,柠檬酸为 6 000 L/h。2~20 廊道浸泡液依次由前一廊道转用,补充 10% 药剂。在线大清洗加药流量:次氯酸钠为 2 273 L/h,柠檬酸为 2 223 L/h。在线小清洗加药流量:次氯酸钠为 758 L/h,柠檬酸为 775 L/h。

③ 废液中和药剂投加系统。投加药物:氢氧化钠,硫代硫酸钠。膜清洗废液根据实际酸碱度分别采用 45% 的氢氧化钠或 30% 的硫代硫酸钠中和。

④ 辅助化学除磷药剂投加系统及补充碳源投加系统。化学除磷药剂为 PAC,配制浓度为 10%,加药量为 12 mg/L。补充碳源为乙酸钠溶液,配制浓度为 40%~50%,投加量为 30~90 mgBOD₅/L。

2.4.7 鼓风机房

鼓风机房设于地下负一层框架结构内,设两类风机,一是输送空气至生化反应池,提供微生物降解有机物所需的氧;二是为 MBR 膜分离区提供表面扫洗所需的空气。

生物池曝气用单级高速离心鼓风机,第九污水厂设 3 台,2 用 1 备,每台 $Q = 174 \text{ m}^3/\text{min}$, $P = 80 \text{ kPa}$, $N = 280 \text{ kW}$, $n = 3000 \text{ r}/\text{min}$;第十污水厂设 4 台,3 用 1 备,其型号同第九厂的设备。

膜吹扫用单级高速离心鼓风机,第九污水厂设 4 台,3 用 1 备,每台 $Q = 347 \text{ m}^3/\text{min}$, $P = 45 \text{ kPa}$, $N = 320 \text{ kW}$, $n = 3000 \text{ r}/\text{min}$;第十污水厂设 6 台,5 用 1 备,每台 $Q = 313 \text{ m}^3/\text{min}$, $P = 45 \text{ kPa}$, $N = 300 \text{ kW}$, $n = 3000 \text{ r}/\text{min}$ 。

2.4.8 污泥脱水系统

对含水率较高的剩余污泥进行浓缩脱水,得到含水率为 75%~80% 的泥饼外运。污泥脱水间设于地下负一层框架结构内,脱水后的污泥泵送入半地下式的污泥料仓。设计参数:第九污水厂设计污泥量为 17.73 tDS/d,运行时间为 12~16 h/d,进泥含水率为 99.2%,出泥含水率为 80%,絮凝剂 PAM 投加量为 0.003 5 t/tDS,储泥池有效停留时间为 1 h。第九污水厂设 3 套一体化离心浓缩脱水机,每套 $Q = 62 \sim 70 \text{ m}^3/\text{h}$,主电机功率为 75 kW,辅电机为

11 kW, 正常工况下1台备用(特殊情况下全部开启)。第十污水厂设计污泥量为26.3 tDS/d, 设一体化离心浓缩脱水机4套, 污泥脱水系统运行参数同第九污水厂。

2.4.9 防洪设计

地下污水厂防洪应不受洪涝灾害的影响, 防洪标准不应低于城镇防洪标准, 有良好的排水条件。两地下污水厂防洪按不小于百年一遇标准设计。第九污水厂厂区地面标高为1 892 m, 高于西边小河百年一遇洪水位标高(1 891.35 m); 第十污水厂厂区地面标高为1 892~1 893 m, 高于海明河百年一遇洪水位标高(1 891.46 m)。并且, 两厂厂区地面均高于周边道路地面标高。同时, 为了防止暴雨时地面雨水进入地下空间, 在进入地下空间的道路入口处, 确保有一定的跃坡挡水, 并在下坡道之前设置防洪排水沟拦截雨水。另外, 为了避免非常情况地下空间发生水浸, 还在地下负二层最低点设置排水泵井, 确保非常时期抽升进入地下空间的突发浸水。

2.4.10 事故排水系统

地下负二层设排水泵井, 服务于厂区地下空间突发性浸水及负二层冲洗废水、除臭装置废水。突发浸水时泵井抽水后直排厂外, 其余正常情况下开启小泵排至沉砂池。两厂均考虑 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 事故水溢流至排水泵井, 需及时排水, 排水泵井设计流量为 $0.58 \text{ m}^3/\text{s}$ 。选用3台潜污泵作为事故排水泵, 紧急时全用, 每台水泵 $Q=720 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=160 \text{ kPa}$, $N=45 \text{ kW}$ 。事故泵另配备消防电源。另设两台小潜污泵, 一用一备, 将地下生产废水提升至预处理系统。

2.4.11 结构设计

第九污水厂地下空间主体框架长为210 m, 宽为86 m, 深约16.5 m, 基坑采用“降土+排桩+锚索”支护结构体系。第十污水厂地下空间主体框架长为220 m, 宽为124 m, 深约15.5 m, 基坑采用“排桩+锚索”支护结构体系。该支护方案在昆明建筑市场应用较多, 施工技术、施工队伍成熟, 可投入足够的施工机械, 利于保证工期。

地基基础设计考虑地基承载力、主体结构抗浮、地基变形计算等方面。主体结构底板埋置于粘土层~亚粘土层, 能满足地基承载力要求, 使用抗浮桩+配重(景观覆土)的抗浮措施, 通过调整抗拔桩的间距保证主体结构的整体抗浮和局部抗浮的安全, 采用多道施工后浇带(兼作温度应力后浇带)解决主

体结构的不均匀沉降。

地下主体结构为框架结构, 主要由底板、中板、顶板及壁板组成。一般底板兼作水处理构筑物底板, 可采用平板式, 即无梁楼盖; 中板主要为操作区和池面区, 部分区域设置大量检修孔洞, 可采用主次梁结构现浇楼盖; 顶板主要为景观区, 可采用主梁大板结构现浇楼盖。

2.4.12 自控设计

自动化系统设置污水厂监控主站, 根据现场构筑物的位置及工艺过程确定控制站点, 保证污水厂出水达标并节省能耗、物耗; 闭路电视监控系统实现实时监视设备运行状况, 达到无人值守目的; 电力自动监控系统对污水厂的高低压配电系统、变压器、直流屏、中压电源系统等实施自动监测, 实现电力系统的自动化。

2.4.13 消防系统

整个厂区按同一时间发生一处火灾考虑, 沿厂区道路设室外消火栓系统, 在地下厂房和综合楼设置消火栓灭火系统、地下厂房中规模 $>1\,000 \text{ m}^2$ 的防火分区设置湿式自动喷淋灭火系统, 柴油发电机房及地下变配电间均设置全淹没式气体消防系统, 所有建筑物均配备手提灭火器。

地下空间消防设计按照戊类厂房标准, 合理划分防火分区, 设置了消火栓系统, $1\,000 \text{ m}^2 < \text{规模} < 2\,000 \text{ m}^2$ 的厂房及 $500 \text{ m}^2 < \text{规模} < 1\,000 \text{ m}^2$ 的变电房防火分区设置自动喷淋灭火系统, 所有建筑物均配备手提灭火器。本工程火灾自动报警系统按一级保护对象设计, 采用消防控制中心报警系统, 消防控制中心设置在综合楼首层。对火灾自动报警系统、火灾事故广播、消防通信系统、防排烟系统、消防水泵等进行集中管理、监测和控制。

地下厂房建筑防火分区不能大于 $2\,000 \text{ m}^2$, 设计上采用中部布置南北走道的方法, 第九、第十污水厂地下空间分别设计7个和10个地下疏散楼梯, 分别构成12个和16个防火分区。每个防火分区均设单独的安全出入口, 各个分区之间以防火卷帘及防火墙相分隔。

地下空间防排烟: ①负二层无人区不设置排烟系统, 但因负二层管廊长度超过40 m, 设置相应的机械排烟及补风系统, 排烟量按 $60 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算, 补风量按不小于排烟量的50%计算。②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,排烟量按 $60 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算,而当排烟设备负担两个或两个以上防烟分区时,排烟量按排烟系统担负排烟区域中最大防烟分区 $120 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算,补风量按不小于排烟量的 50% 计算,防排烟设备考虑 10% 的漏风量。③对于无法自然排烟的防烟楼梯间、前室设置机械加压送风系统,楼梯间与前室间设置余压阀,以保证楼梯间、前室的余压满足规范要求。④第九、第十污水厂防排烟系统分别划分 12 个和 14 个系统(其中鼓风机房通风系统平时负责通风,火灾时负责该区域排烟和补风)。

2.4.14 除臭、通风系统

污水厂除臭主体工艺采用生物滤池,各构(建)筑物的气体经收集系统单独收集后送到各区域生物除臭装置,分别集中处理后再汇集至高空排放。气体通过湿润、多孔和充满活性微生物的滤层,利用微生物对气体中的有机物进行吸附、吸收和降解。生物滤池启用前,该填料用含有专用微生物的溶液进行处理,正常运行后无需补充营养液,可以用污水替代营养液维持生物生长。微生物具有个体小、表面积大、吸附性强、代谢类型多样的特点,将异味物质吸附后分解成简单无臭味无机物。除臭处理设计范围:细格栅、曝气沉砂池、精细格栅、污泥脱水机房、贮泥池、污泥料仓、好氧池、厌氧池、缺氧池和 MBR 膜池,对上述臭气源采取加盖密封、负压抽吸、分区集中除臭并高空排放的方案;同时在细格栅、曝气沉砂池、精细格栅、污泥脱水机房、贮泥池、污泥料仓等处设置负氧离子送风系统,室外新风经高能负氧离子发生器处理后分散送入室内各处人员活动区域。

地下空间的通风系统共划分 17 个系统,分别服务于不同类型的地下区间。通风、除臭系统难以分开的构筑物空间将通风、除恶臭系统合并为一个系统;有可能存在微量恶臭污染物的构筑物空间操作面的通风换气经活性炭吸附处理后集中高空排放;不存在恶臭污染物的构筑物空间仅设置普通的通风换气系统以满足房间通风散热换气要求,排风分散就近排放,设备房间的送风量为排风量的 1.05 倍以保证房间处于微正压状态,防止其他污染物进入。

3 技术经济指标

第九污水厂总投资约 6.46 亿元,其中工程费用为 5.33 亿元。单位总成本为 $1.77 \text{ 元}/\text{m}^3$,单位经营成本为 $0.99 \text{ 元}/\text{m}^3$,厂区占地面积为 2.99 hm^2 ,单

位水量占地指标为 $0.30 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ 。

第十污水厂总投资约 7.5 亿元,其中工程费用为 6.17 亿元。单位总成本为 $1.54 \text{ 元}/\text{m}^3$,单位经营成本为 $0.87 \text{ 元}/\text{m}^3$,厂区占地面积为 3.89 hm^2 ,单位水量占地指标为 $0.26 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ 。

4 结语

昆明市第九、第十污水处理厂是昆明主城区污水处理系统工程的重要组成部分,也是城市基础设施的重要内容,分别担负城西片区、东片区的北部范围城市污水处理。第九污水厂项目建成后, BOD_5 、 COD 、 SS 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 TN 、 TP 削减排放量分别为 6 205、12 775、10 585、913、1 095、164 t/a,处理尾水作为西边小河补水水源。第十污水厂项目建成后, BOD_5 、 COD 、 SS 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 TN 、 TP 削减排放量分别为 9 308、19 162、15 878、1 369、1 643、246 t/a,处理尾水作为海明河补水水源。该工程对改善区域水环境质量、保护城市人居环境具有重要作用,对保护云南省最大的淡水湖“高原明珠”滇池意义重大,具有显著的环境效益、经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 隋军,马振强,李捷,等. AAOA + MBR 脱氮除磷污水处理工艺的装置[P]. 中国专利:ZL201120558658. 6, 2012-09-12.



作者简介:邱维(1975—),男,四川广安人,硕士,高级工程师,总工程师,注册公用设备工程师,注册咨询工程师,注册造价工程师。从事给排水工程设计研究工作 20 年。获得国家、省、市工程优秀设计咨询奖二十余项,授权专利技术四项。

E-mail:86076293@qq.com

收稿日期:2016-12-29