佛山镇安污水处理厂二期扩建工程设计与运行

汪传新　王广华　隋　军　彭　勃

(广州市市政工程设计研究院,广州　510060)

摘要　佛山镇安污水处理厂是佛山首批城市污水治理重点项目之一。二期工程污水处理采用改良 A^2/O 工艺,扩建规模 10 万 m^3/d,通过分点进水实现高效的脱氮除磷功能,污泥采用一体化浓缩脱水处理,采用自动反冲过滤器实现中水回用。设计进水水质采用 85 %的保证率确定,工艺设计参数通过模拟计算确定。介绍了该工程的工艺流程、设计参数及特点、运行情况和技术经济指标。

关键词　改良 A^2/O 工艺　进水水质保证率　脱氮除磷　离心脱水　分点进水

1　工程概况

1.1　工程背景

佛山镇安污水处理厂是佛山市禅城区建设的第一座城市污水处理厂,总处理规模为 35 万 m^3/d,分三期建设,一期工程采用 A/O 工艺,规模为 10 万 m^3/d,已于 1995 年建成投产。随着国民经济的迅速发展和城市人口的增加,佛山市禅城区的水环境质量日趋恶化,镇安污水处理厂二期工程的建设,具有重大意义。

镇安污水处理厂位于佛山市禅城区环市街道镇安村,一期工程已征用地 20.87 hm^2,其中二期扩建工程内净用地 4.38 hm^2。远期控制用地 15.65 hm^2。镇安污水处理厂二期工程 2003 年开始筹建,2004 年 7 月动工,2005 年 9 月建成运行,经过近三年的运行,目前工艺运行状况良好,工艺设备、仪表及自控系统稳定,出水的各项指标均达到或优于排放标准。

1.2　进出水水质指标

镇安污水处理厂一期工程于 1995 年 12 月投产,多年的运行积累了丰富的基础资料,实践表明,佛山镇安污水处理厂进水水质指标数据总体符合正态分布。根据统计学原理,采用 85 %的水质频率统计值作为污水处理厂设计进水水质[1]。通过频率保证率的方法对 1995～2003 年禅城区水质监测结果进行分析,采用 85 %的保证率得到佛山镇安污水处理厂进水水质如表 1 所示。

镇安污水处理厂的出水最终排入汾江河镇安段。根据佛山市环保局的要求,汾江水道的水环境目标为地表水Ⅳ类水体标准,污水必须进行二级处理。污水处理厂出水必须满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)二级标准、广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)第二时段二级标准及《环境影响评价报告表》的要求,本工程设计出水在满足上述标准要求的前提下,从严控制出水指标,各类标准及进出水水质要求如表 1 所示。

表 1　设计标准及进出水水质

项目	COD_{Cr} / mg/L	BOD_5 / mg/L	SS / mg/L	NH_3-N / mg/L	TP / mg/L
设计进水水质	250	130	150	25	4
GB 18918—2002	≤100	≤30	≤30	≤25	≤3
DB 44/26—2001	≤60	≤30	≤30	≤15	≤1
环评报告要求	≤60	≤30	≤30	≤15	≤1
一期出水标准	≤60	≤20	≤30		
设计出水水质	≤60	≤20	≤30	≤15	≤1

2　处理工艺及流程

2.1　污水处理工艺确定

可行性研究时推荐的污水处理工艺为 A^2/O 工艺,经计算和评估,能够达到出水水质要求。但从近几年 A^2/O 工艺的运行情况来看,普通的 A^2/O 工艺把缺氧反硝化置于厌氧区之后(见图 1),反硝化—硝化受到碳源量的限制,同时大量的未被反硝化的硝酸盐随回流污泥进入厌氧区,干扰厌氧释磷的正常进行,最后影响整个系统的稳定性[3]。

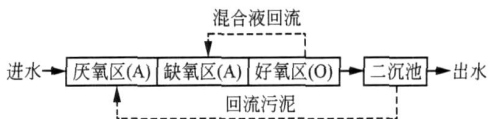

图 1　普通 A^2/O 工艺流程

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

结合近几年国内外的研究和本工程污水水质特点,通过在厌氧池前增加预缺氧池和选择池,以降低回流污泥中硝酸盐对厌氧释磷的影响,并抑制丝状菌生长;同时采用分点进水的措施将进水按比例进入厌氧池和缺氧池中,可解决缺氧池反硝化碳源不足的问题,即改良 A^2/O 工艺(见图 2)。

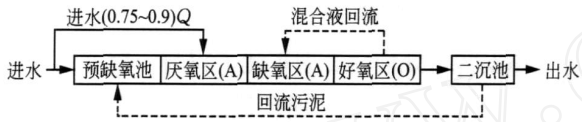

图 2 改良 A^2/O 工艺流程

佛山镇安污水处理厂二期工程除了采用分点进水改良的 A^2/O 工艺外,还采用了周进周出的圆形二沉池,大大提高了其表面负荷。污水处理厂总体工艺流程如图 3 所示。

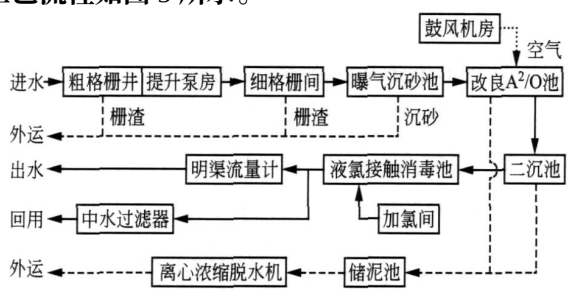

图 3 污水处理厂工艺流程

2.2 污泥处理工艺

本工程采用的改良型 A^2/O 工艺,属延时曝气工艺,污泥已得到部分稳定,因此污泥不经消化而直接浓缩脱水,这样就省去消化池等的基建投资和占地,使污泥处理系统简化。

2.3 中水处理工艺

镇安污水处理厂一期、二期均采用了生物脱氮除磷的工艺,系统设计泥龄为 8～12 d,又可确保出水 NH_3—N 低于 10 mg/L,具备采用直接过滤工艺的必要条件,因此,本工程推荐采用直接过滤工艺进行中水处理。

采用的以色列自动反冲过滤器(型号 M104LP)的测试结果表明,在过滤器进水 SS ≤20 mg/L、滤网孔径 ≤40 μm 时,滤后水 SS ≤10 mg/L,可以满足国家规定的杂用水标准,并且反冲洗时间间隔比较合理。如果进水 SS ≥20 mg/L 则反冲洗时间间隔缩短。根据实际使用测试结果,采用自动反冲过滤器能够满足镇安污水处理厂对生产杂用水、环境用水(绿化、道路浇洒及景观)的水质要求。处理后的污水在厂内回用,既可节约宝贵的水资源,又能降低污水处理厂的运行成本。

3 主要处理构(建)筑物工艺设计参数

3.1 粗格栅井及提升泵房

粗格栅井和进水提升泵房合建,钢筋混凝土结构,总尺寸 22 m ×14 m ×12.45 m。设计总变化系数 K_Z = 1.4(其中预处理后的总变化系数 K_Z = 1.3)。雨季最大设计流量 1.62 m^3/s;旱季最大设计流量1.51 m^3/s,平均流量 1.16 m^3/s。粗格栅井设 3 台机械自动除渣牵引格栅,栅宽 1.6 m,栅条间距 25 mm,电机功率 1.5 kW,格栅安装角度为 70°。提升泵房安装离心式潜水污水泵 4 台,3 用 1 备(1 台变频),单台流量 540 L/s,扬程 12 m,配电机功率86 kW。

3.2 细格栅间及曝气沉砂池

曝气沉砂池与细格栅间合建,为地上式钢筋混凝土结构,土建尺寸为 28.4 m ×10 m ×5 m。细格栅间设 3 台转鼓式细格栅,栅宽 1.8 m,栅条间距 8 mm,电机功率 3 kW;无轴螺旋输送机 1 台,直径 500 mm,长度 9.5 m,电机功率 3 kW。曝气沉砂池 1 座,分 2 格,水力停留时间 3 min,气水比 0.2。沉砂池安装吸砂行车 1 台,L = 10 m,电机功率 3 kW;砂水分离器 1 台,处理量 Q = 50～70 m^3/h,N = 3 kW;吸砂泵 2 台,Q = 30 m^3/h,H = 8 m,N = 5.5 kW。细格栅间一层为鼓风机房,安装罗茨鼓风机 2 台,1 用 1 备,单台风量 20 Nm^3/min,风压 32 kPa,配电机功率 15 kW。

3.3 改良 A^2/O 生化池

本期工程建生化池 2 座,池体采用方形,按溶解氧的浓度变化分为厌氧区、缺氧区、好氧区。单座反应池尺寸为 77.8 m ×38.5 m ×6.8 m,有效水深 6 m,单座总容积为 17 335 m^3,其中预缺氧区容积 908 m^3、厌氧区 1 816 m^3、缺氧区 4 540 m^3、好氧区 10 071 m^3,预缺氧区、厌氧段和缺氧段内装有潜水搅拌器,好氧段内装微孔曝气器供氧[2]。

主要设计参数及计算结果为:设计最低水温 15 ℃;泥龄 14.4 d;MLSS 3 500 mg/L;污泥回流比 100%;混合液回流比 200%;污泥负荷 0.122 kg BOD_5/(kgMLSS·d);设计总有效停留时间为 8.32 h,其中预缺氧区 0.44 h,厌氧区 0.87 h,缺氧

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区 2.18 h,好氧区 4.83 h;剩余污泥的产量为12.4 t DS/ d;平均需氧量为 11.6 tO_2/ d,鼓风机供气量为 250 Nm^3/ min。

反应池中安装的主要设备有:潜水搅拌器 16 台,单机 N = 3 kW,另外 1 台备用;混合液回流泵 2 台,单台 Q = 580 L/ s, H = 0.9 m, N = 22 kW;刚玉盘式微孔曝气器 3 000 个;污泥回流泵 2 台,1 台变频调速,单台 Q = 290 L/ s, H = 4 m, N = 27 kW;剩余污泥泵 2 台,单台 Q = 12 L/ s, H = 10 m, N = 2.4 kW。厌氧池、缺氧池中设有 ORP 测定仪,在线显示池内氧化还原电位;好氧池设有溶解氧仪,在线显示水中溶解氧含量,并反馈至鼓风机,随时调节鼓风机的送风量。

3.4 二沉池及配水井

二沉池采用周进周出圆形沉淀池,共 4 座。设计表面负荷为 1.2 m^3/ (m^2 ·h)。每座沉淀池的尺寸为 ∅38 m ×5 m。安装周边传动刮吸泥机 4 台,单台 ∅38 m, N = 0.75 kW。

污泥经沉淀池分离后,部分需回流到生化反应池中,以维持反应池内一定的污泥浓度。本工程设配水井 1 座,外层进水、配水,内层为污泥排泥,中间为出水井,其尺寸为 ∅15 m ×7.29 m。

3.5 液氯接触消毒池及加氯间

采用廊道式液氯接触消毒池,共 1 座,采用地下式钢筋混凝土结构,上部池面建加氯间,设计接触时间 30 min,土建尺寸为 22.6 m ×35.2 m ×3.9 m。在液氯接触消毒池出水段安装明渠流量计,以计量处理水量。

加氯间平面土建尺寸 22.9 m ×9 m ×6.2 m。液氯投加量为 5～10 mg/ L。加氯间安装的主要设备有:真空柜式加氯机 3 套,2 用 1 备,12～40 kgCl_2/ h,配套蒸发器 2 套、氯气切换装置 1 套、余氯吸收装置 1 套,并安装漏氯检测仪 2 台。

另外,消毒池出水经中水取水泵和以色列自动反冲中水过滤器过滤处理后,供给厂区使用。池中安装加压水泵 2 台,1 用 1 备,单台 Q = 50 m^3/ h, H = 32 m, N = 7.5 kW;自动反冲中水过滤器 2 台,单台 Q = 50 m^3/ h,滤网 50 μm, N = 0.15 kW。

3.6 储泥池

本期工程剩余污泥量为 12.4 tDS/ d,折合含水率为 99.3 %的污泥总体积为 1 773 m^3/ d。为了防止剩余污泥厌氧释磷,不设重力浓缩池,生化反应池排放的剩余污泥直接进入储泥池,储泥池为后续污泥处理的一部分,储存污泥并起缓冲作用,并在池内设搅拌器防止污泥沉积。

设储泥池 2 座,单座尺寸 5 m ×5 m ×4 m,停留时间 2.5 h。池中安装搅拌器 2 台,单台功率4 kW。

3.7 污泥脱水机房

镇安污水处理厂二期扩建工程与一期工程共用 1 座脱水机房,土建在一期已建成,本次只需新增设备。脱水机房分两层,底层放置污泥泵、药剂溶配系统,二层放置脱水机,并设有控制室。

本期工程污泥处理采用一体化离心浓缩脱水工艺,采用聚丙烯酰胺三元共聚物作絮凝剂,投加量为 2～4 kg/ tDS。剩余污泥经储泥池短暂停留后,经污泥投加泵和切割机破碎,然后送至离心浓缩脱水机处理,处理后的泥饼含水率 ≤80 %。

本期工程主要设备有:离心浓缩脱水机 3 台(2 用 1 备),单台 Q = 35 m^3/ h, N = 70 kW;污泥螺杆泵 3 台(2 用 1 备),单台 Q = 40 m^3/ h, H = 2 bar(1 bar = 10^5 Pa), N = 7.5 kW;污泥切割机 3 台(2 用 1 备),单台 N = 4 kW;絮凝剂制备和投加系统 1 套,配药能力 4.8 kg/ h, N = 2.5 kW;药液输送泵 3 台(2 用 1 备),单台 Q = 0.2～0.8 m^3/ h, H = 3 bar, N = 0.75 kW;冲洗水泵 2 台(1 用 1 备),单台 Q = 25 m^3/ h, H = 50 m, N = 5.5 kW;无轴螺旋输送机 3 台,单台 D = 0.42 m, L = 7 m, N = 5.5 kW;手动单轨小车 1 台,起吊质量 G = 2 t。

3.8 鼓风机房

鼓风机房为地上一层框架结构,一侧为管廊和进风通道。土建平面尺寸为 25 m ×11 m ×8 m。安装有鼓风机 3 台(2 用 1 备),单台 Q = 125 Nm^3/ min, H = 7 m, N = 200 kW;过滤除尘器 4 台;鼓风机隔音装置 3 套。鼓风机出风经总管汇集后,再分送至各座生化反应池。

4 主要设计特点

4.1 采用了适合水质特点的生物脱氮除磷工艺

鉴于普通 A^2/ O 工艺存在的问题,参照国内外的相关研究成果和工程实例,根据本工程的水质特点,采用了分点进水改良 A^2/ O 工艺。该工艺具有如下特点:①回流活性污泥首先进入预缺氧区进行

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

反硝化反应,去除其中的溶解氧及硝酸盐氮,然后再进入厌氧区。这样可以保证厌氧区的厌氧效果,提高系统的除磷能力。②回流活性污泥中硝酸盐氮的反硝化是靠分配部分进水中的碳源进行反硝化,其反硝化速率远远高于依靠内源呼吸作用进行的反硝化,因此需要的反硝化停留时间短、容积小。③缺氧、厌氧区同时进水,可根据进水水质的变化和实际脱氮除磷的效果,对缺氧区和厌氧区进行碳源分配,以达到最优的碳源分配比例。

4.2 提出了确定设计水质参数的频率保证法

采用 85 %的保证率确定污水处理厂设计进水水质的方法,针对 1995～2003 年禅城区水质监测结果进行分析,依据统计分析数据进行构筑物设计,节省建设投资。

4.3 低能耗成本

采用了转鼓式细格栅、潜水泵、垂直安装的混流式混合液回流泵、抽芯轴流式污泥回流泵、高速离心风机和一体化污泥离心浓缩脱水机等设备,节省能耗,污水处理厂电耗为 0.204 kW·h/m^3,经营成本 0.42 元/m^3。

4.4 优化了构(建)筑物的布置

水处理构(建)筑物尽量合建,节省占地和工程建设投资,本工程设计把粗格栅井和提升泵房、细格栅间和沉砂池、加氯间与消毒池等合建。同时构筑物之间的连接管线尽量采用明渠连接,既降低造价又节省能耗。本工程厂区占地面积为 4.38 hm^2,单位水量占地指标仅为 0.44 m^2/m^3。优于国内同等规模城市污水处理厂的占地指标。

5 主要技术经济指标

本工程经济技术分析见表 2。

表 2 主要技术经济指标

项目	指标	项目	指标
项目总投资	1.10 亿元	工程费用	9 357 万元
年生产成本	2 520 万元	单位生产成本	0.7 元/m^3
年经营成本	1 512 万元	单位经营成本	0.42 元/m^3
年电费	573 万元	单位水量电耗	0.204 kW·h/m^3
厂区占地面积	4.38 hm^2	单位占地指标	0.44 m^2/m^3

6 运行情况及存在的问题

本工程建成投产以来,运行状况良好,表 3 为 2006 年污水处理厂进出水水质监测结果汇总,从运行情况看,工艺具有较强的抗冲击负荷能力。目前存在的主要问题是脱水剩余污泥的处理不够彻底,需进一步考虑处理处置措施。

7 结语

佛山镇安污水处理厂二期扩建工程是佛山市珠江水环境综合治理项目的重点工程之一。该工程的投入运行,每年可截留大量的污染物:BOD_5 4 015 t/a,COD_{Cr} 6 935 t/a,SS 4 380 t/a,NH_3—N 365 t/a,TP 109.5 t/a,具有显著的社会效益和环境效益。

表 3 2006年污水处理厂进出水水质监测汇总

月份	BOD_5			COD_{Cr}			SS			NH_3—N			TN			TP			pH	
	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水	出水
1	116.3	6.5	94	277.3	18.4	93	206.7	10.9	95	22.62	3.52	84	29.6	15.6	47	4.13	0.68	84	7.29	7.18
2	109.4	4.4	96	269.5	17.0	94	218.2	12.1	94	23.38	2.48	89	30.7	14.2	54	4.25	0.56	87	7.35	7.16
3	129.6	2.4	98	292.0	16.0	95	225.5	10.1	96	19.52	1.39	93	26.0	12.5	52	4.45	0.78	82	7.28	7.08
4	152.5	3.4	98	360.0	20.0	94	244.6	11.6	95	20.81	1.06	95	24.8	14.1	43	3.79	0.57	85	7.37	7.14
5	108.2	4.2	96	268.2	17.7	93	268.8	11.8	96	19.62	2.68	86	24.5	13.8	44	3.85	0.55	86	7.22	7.21
6	115.4	3.9	97	272.5	22.1	92	312.5	13.2	96	21.22	2.34	89	27.1	13.6	50	4.56	0.77	83	7.36	7.19
7	90.7	3.3	96	202.6	18.6	91	362.1	10.7	97	18.25	2.12	88	23.6	12.2	48	3.98	0.52	87	7.18	7.15
8	96.7	6.2	94	210.4	18.3	91	331.4	12.1	96	19.63	3.14	84	24.8	15.2	39	4.32	0.79	82	7.45	7.29
9	105.7	2.5	98	213.0	19.0	91	455.8	11.6	97	23.20	2.20	91	29.7	12.6	58	5.10	0.60	88	7.49	7.39
10	112.5	5.8	95	269.3	19.5	93	269.3	11.7	96	24.62	2.69	89	31.8	12.7	60	4.89	0.84	83	7.29	7.18
11	107.6	7.1	93	248.9	16.7	93	211.4	10.9	95	21.56	2.57	88	29.2	12.0	59	4.11	0.82	80	7.23	7.16
12	136.2	6.2	95	282.3	17.9	94	221.6	14.3	94	24.61	2.96	88	30.1	14.9	50	4.27	0.69	84	7.31	7.21

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

污水处理厂高程布置优化探讨

庞维海　高乃云　翟　君

(同济大学环境科学与工程学院,上海　200092)

摘要　研究了污水处理厂处理构筑物的高程布置及出水泵站的设置,通过可量化的费用函数进行优化设计。在设计过程中,需要在详细地质勘探的基础上,通过结构计算得出不同高程条件下土建投资费用函数;同时在掌握受纳水体详细水文情况的前提下,经图解分析,得出泵站提升耗能的费用函数。在以上两者的基础上,经计算确定污水处理厂处理构筑物的最经济高程布置以及是否需要增设出水泵站。

关键词　污水处理厂　高程布置　优化　费用函数

0　引言

城市污水处理厂一般都是投资比较大的工程,建成后,运行成本的高低更是关系到工程的投资收益。在污水处理厂设计过程中,当处理工艺选定后,需要合理布置水处理构筑物的高程,使污水处理厂在使用期限内的总投资达到最少。

污水处理厂水力计算通常以接纳处理后污水水体的最高水位为起点,逆污水处理流程向上倒推计算,以使处理后污水在洪水季节也能够自流排放[1]。在污水处理厂工程设计前,进水管标高是已经确定的,出水所要排入的受纳水体也是选定的。当受纳水体的水位随季节变化幅度较大时,则在设计处理流程的过程中,如果仍选取水体多年最高水位作为排放水位,容易造成正常状态下的水头浪费,尤其在最高水位出现时间较短的情况下更是如此。然而在进行污水处理厂设计时,往往因为缺少详尽的水文数据或有效的计算方法,很少对污水处理厂高程的布置进行优化计算这就可能造成基建投资的浪费。本文旨在通过研究水力提升与基建投资之间的关系,找出一种便于实施的计算方法,来优化污水处理厂的高程布置。

图 1 为污水处理厂及排水管线的高程布置示意,原水进入吸水井后,由进水泵站进行一次提升,进水泵站的静扬程为 H_1,在污水处理厂内,污水流经各水处理构筑物,水头损失为 Δh_1;出水泵站的静扬程为 H_2,由污水处理厂至受纳水体的管道水头损失为 Δh_2,总水头 $H = H_1 + \Delta h_1 + H_2 + \Delta h_2$。当污水处理厂的处理工艺、位置及受纳水体确定后,$H$、$\Delta h_1$、$\Delta h_2$ 也就成为定值。H_1 与 H_2 是互补关系,当 H_1 增大时,H_2 减小,此种情况下可以降低污水处理构筑物

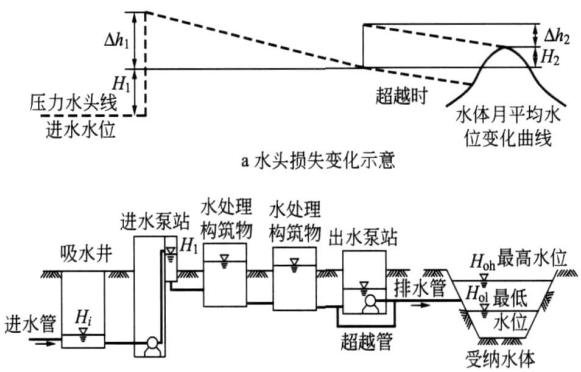

图 1　污水处理厂及排水管线高程布置

参考文献

1　鞠兴华,王社平,彭党聪. 城市污水处理厂设计进水水质确定方法探讨. 中国给水排水,2007,23(14):35～44

2　周雹. 活性污泥工艺简明原理及设计计算. 北京:中国建筑工业出版社,2005

3　李彤,张大鹏,周琪. 完全混合—循环推流环形 A^2/O 工艺设计. 中国给水排水,2005,21(2):71～73

& 通讯处:510060 广州市环市东路 348 号市政大厦12 楼

电话:13580380906

E-mail:wanggh@gzmedri.com

收稿日期:2008-05-13

修回日期:2008-05-30

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net