

doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.201602010

某城镇污水处理厂二氧化氯消毒的设计计算

刘加强¹, 郇传民², 陈 翠²

(1. 徐州市市政设计院有限公司, 江苏 徐州 221002;
2. 山东建筑大学 建筑规划设计研究院, 山东 济南 250013)

摘要: 与传统 Cl₂ 消毒相比, ClO₂ 具有更强的反应活性和氧化能力, 具有消毒效果持久和不产生二次污染等优点。以某城镇 2 × 10⁴ t/d 污水厂设计为例, 详细计算了 ClO₂ 的有效氯量, 氯酸盐法制备 ClO₂ 时所需 NaClO₃ 和 HCl 的量, 在此基础上, 给出了二氧化氯发生器的选型和各原料的供给量及 10 d 储存量, 为二氧化氯的工程应用和理论计算提供很好的指导。

关键词: 污水处理; ClO₂ 消毒; 设计

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 1671-5322(2016)02-0045-04

1 工程概况

工程位于苏北某城镇, 占地面积约 3 hm², 设计规模 2 × 10⁴ t/d (日平均), 服务范围约 16 km², 服务人口约 6.5 万。工程生化部分处理构筑物分为 2 组, 每组处理能力为 2 × 10⁴ t/d; 设计总变化系数为 1.5, 日最高时流量为 1 250 m³/h, 日平均时流量为 833.3 m³/h。设计进、出水水质见表 1, 污水处理工艺流程见图 1。

为了确保出水水质稳定达到《城镇污水处理

表 1 污水处理厂进、出水水质设计
Table 1 The design of influent and effluent quality of WWTP

指标	进水水质/ (mg · L ⁻¹)	出水水质/ (mg · L ⁻¹)	去除率/%
COD	400	≤50	>87.5
BOD ₅	150	≤10	>93
SS	300	≤10	>97
NH ₃ - N	25	≤5(8)	>80(>68)
TP	4.0	≤0.5	87.5
pH 值	6~9	6.5~8.5	
粪大肠菌群数	106 个/L	≤1 000 个/L	>99.9

注: 括号内数值为水温 ≤12 ℃ 时的控制指标。

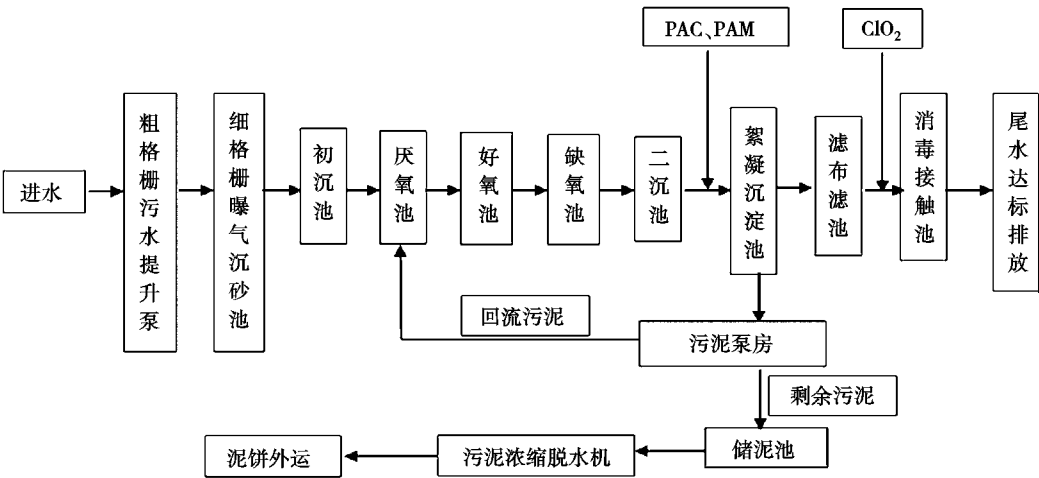


图 1 污水处理厂工艺流程图
Fig.1 Flow chart of WWTP

厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)1 级 A 排放要求,工程采用增加分点进水厌氧-好氧-缺氧活性污泥法的生物反应池(简称改良型 A₂/O 工艺),并增设过滤及消毒设施,采用二氧化氯消毒工艺来控制最终的出水水质,确保出水水质稳定达标。

二氧化氯消毒工艺成熟可靠,具有长期的实际运行经验,操作管理简便易行。二氧化氯对大肠杆菌、伤寒杆菌、结核杆菌、甲肝乙肝病毒、兰伯士贾第虫胞囊等均有很好的杀灭作用^[1],且消毒剂价格便宜,运行电耗低,常规运行成本小;设备简单可靠,价格低廉,并已完全国产化,维护检修方便。另外,二氧化氯消毒,特殊的余氯效应使尾水消毒具有持续性,避免和预防二次污染。

2 ClO₂ 中有效氯量

ClO₂ 的氧化能力比氯和过氧化氢强,而比臭氧弱^[2];ClO₂ 的有效氯量是单质 Cl₂ 的 2.63 倍^[3],具体推算过程如下:

ClO₂ 和 Cl₂ 的消毒过程,是一个氧化还原的过程。1 mol ClO₂ 被还原为 Cl⁻,得到 5 个电子,而 1 mol Cl₂ 被还原为 2 Cl⁻,得到 2 个电子,假定 ClO₂ 和 Cl₂ 的质量都为 1 g,从电子转移方面考虑, $n = \text{ClO}_2$ 氧化转移电子个数除以 Cl₂ 氧化转移电子个数 $= \frac{1}{67.5} \times 5 / (\frac{1}{71} \times 2) = 2.63$ 倍,即 1 g ClO₂ 的有效氯量是 1 g Cl₂ 的 2.63 倍。

3 氯酸盐法制备复合二氧化氯

液态二氧化氯极不稳定,光照、机械碰撞或接触有机物都会发生爆炸,故在水处理中,通常现场制取二氧化氯使用^[4]。氯酸盐法制备复合二氧化氯是以氯酸钠和盐酸为原料,反应生成二氧化氯和氯气的混合气体,其摩尔比为 2:1,反应方程式为 $2\text{NaClO}_3 + 4\text{HCl} = 2\text{ClO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$,反应的最佳温度为 70 ℃,产生的混合气体通过水射器投加到水中^[3]。

由上述反应方程式可知,生成 1 mol ClO₂ 和 0.5 mol Cl₂ 需要消耗 1 mol NaClO₃ 和 2 mol HCl。又 1 g ClO₂ 的有效氯量是 1 g Cl₂ 的 2.63 倍,所以反应生成 1 mol ClO₂ 和 0.5 mol Cl₂ 相当于生成 $1 \times 67.5 \times 2.63 + 0.5 \times 71 = 213.025$ g 有效氯量,即生成 213.025 g 有效氯需要 106.5 g 氯酸钠和 73 克盐酸。在实际反应中氯酸钠和盐酸不可

能完全转化,经验数据为氯酸钠转化率在 70% 以上,盐酸为 80% 左右^[5]。按照二氧化氯发生器生产厂家相关资料,氯酸钠原料的转化率可达 85% 以上,现取低值 85%,市售盐酸质量分数为 31%,于是理论计算可得,每生成 1 g 有效氯约需要 0.6 g 氯酸钠和 1.3 g 盐酸。由于 ClO₂ 为强氧化剂,在酸性条件下表现出更强的氧化性^[6],实验和实践证明,每生成 1 g 有效氯约需要 0.6 g 氯酸钠和 1.67 g 盐酸。

4 二氧化氯消毒间的设计计算

4.1 ClO₂ 发生器选择

二级处理出水的加氯量应根据实验资料或类似运行经验确定,无实验资料时,二级处理出水可采用 6~15 mg/L^[7]。本设计取 10 mg/L,需 ClO₂ 量为 $G = 10 \times 1250 = 12500$ g/h,选用 3 台 HTF-7000 型二氧化氯发生器,每台有效氯产量 7000 g/h,功率 4.5 kW,重量 258 kg,外形尺寸 $L \times B \times H = 860 \text{ mm} \times 680 \text{ mm} \times 1840 \text{ mm}$,2 用 1 备。

4.2 原料消耗量设计计算

由于每生成 1 g 有效氯约需要 0.6 g 氯酸钠和 1.67 g 盐酸,则需氯酸钠量为 $G = 0.6 \times 10 \times 833.3 = 5000$ g/h,需盐酸量为 $G = 1.67 \times 10 \times 833.3 = 13916$ g/h。配制成 33% 氯酸钠溶液,密度为 1260 g/L,则氯酸钠溶液消耗量为 $V = \frac{5000}{0.33 \times 1.26 \times 10^6} = 0.01203 \text{ m}^3/\text{h}$,一天消耗的体积为 $V = 0.01203 \times 24 = 0.3 \text{ m}^3$ 。每日调制氯酸钠溶液次数不宜超过 3 次,本设计中取 1 次,则可以选择有效容积为 500 L 的 PE 桶,选择化料器型号为 HLQ-200,化料量氯酸钠 200 kg/次,水 400 kg/次,一次化料体积为 476 L。

二氧化氯原材料库房贮存量可按不大于最大用量的 10 d 计算^[8]。本设计氯酸钠固体贮存量按照 10 d 计算,需贮存 $W = 5 \text{ kg/h} \times 24 \times 10 = 1200 \text{ kg}$,如 1 袋固体氯酸钠按照 50 kg 计算,则需贮存 $N = 1200/50 = 24$ 袋。

已知成品 31% 盐酸溶液的密度为 1160 g/L,则盐酸的用量为

$$V = \frac{13916 \times 10^{-3}}{1160} = 0.011997 \text{ m}^3/\text{h} (\text{约 } 12 \text{ L/h})。$$

盐酸由盐酸槽车注入盐酸贮存罐,按贮存 10 d 考虑, $V_{\text{盐酸}} = 0.012 \times 24 \times 10 = 2.88 \text{ m}^3$,选用 3 m³ PE 贮罐。二氧化氯消毒间的平面布置见图 2。

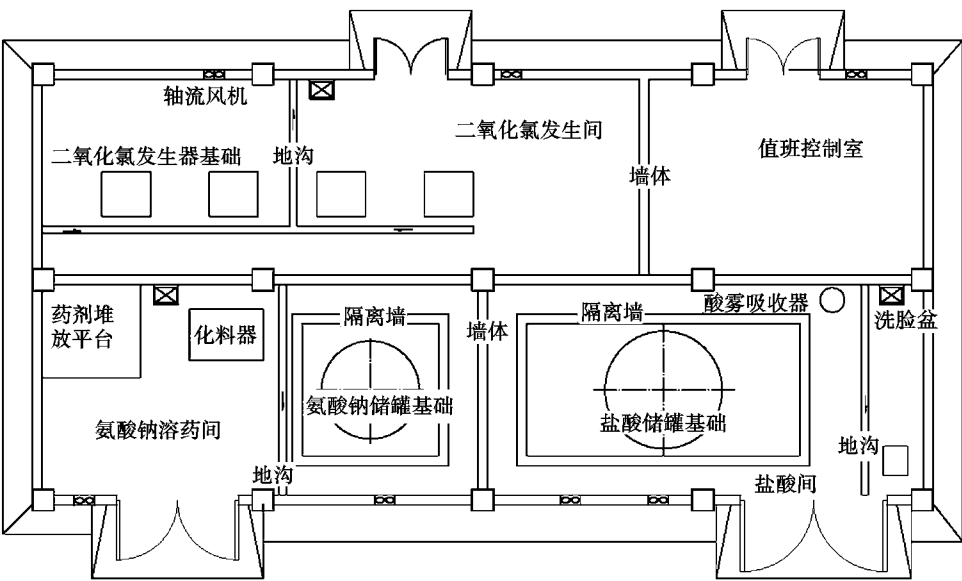


图 2 二氧化氯消毒间平面布置图

Fig.2 The floor plan of chlorine dioxide disinfection rooms

5 结论

- (1)ClO₂ 有效氯量是单质 Cl₂ 的 2.63 倍。
- (2)氯酸盐法制备复合二氧化氯,每生成 1 g
- 有效氯约需要 0.6 g 氯酸钠和 1.67 g 盐酸。
- (3)本工程 10 d 的原料储存量:氯酸钠固体 1 200 kg,约 24 袋;31% 盐酸溶液 3 m³。

参考文献:

[1] 蒙学萍. 水处理中的化学氧化与消毒[J]. 净水技术,1999,68(2):29-33.

[2] 张力磊. 二氧化氯在市政污水消毒处理中的应用[D]. 大连:大连理工大学,2009.

[3] 严煦世,范瑾初. 给水工程[M]. 4 版. 北京:中国建筑工业出版社,1999.

[4] 李圭白,张杰. 水质工程学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.

[5] 崔玉川. 城市污水厂处理设施设计计算[M]. 2 版. 北京:化学工业出版社,2011.

[6] 周葆珍. 饮用水氯化消毒致癌问题[J]. 给水排水,1983(3):32-33.

[7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计规范:GB50014—2006(2014 年版)[S]. 北京:中国计划出版社,2014.

[8] 中华人民共和国建设部. 室外给水设计规范:GB50013—2006[S]. 北京:中国计划出版社,2006.

Design and Calculation of Chlorine Dioxide Disinfection in a Wastewater Treatment Plant of a Town

LIU Jiaqiang¹, TAI Chuanmin², CHEN Cui²

(1. Xuzhou Municipal Engineering Design Institute Co. Ltd, Xuzhou Jiangsu 221002, China;
2. Shandong Jianzhu University Architecture & Urban Planning Design Institute, Ji'nan Shandong 250013, China)

Abstract: Compared with the traditional chlorine disinfection, chlorine dioxide has stronger reaction activity and oxidation ability, which has the advantages of lasting disinfection effect and no-secondary pollution. Take the design of a wastewater treatment plant of 20 000 t/d in one town for example, the available chlorine content of chlorine dioxide is calculated in detail. And the amount of sodium hypochlorite and hydrogen chloride needed in the preparation of chlorine dioxide with chlorate are also calculated in detail. On this basis, the selection of chlorine dioxide generator and the supply of the raw materials and the storage capacity of the 10 days are given. It provides a good guide for the engineering application and theoretical calculation of chlorine dioxide.

Keywords: wastewater treatment ; disinfection with dioxide chlorine; design

(责任编辑:孙新华)

(上接第 34 页)

Design of Monitoring and Warning System for Toxic Gas Detection

TIAN Li, FANG Youkang, HU Yibin

(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanhang Jincheng College, Nanjing Jiangsu 211156, China)

Abstract: This paper introduces a kind of monitoring and control system based on STC89C52 MCU and gas sensor, designed by the detection of some poisonous gas in the air which is transmitted to the PC host computer. PC monitoring software is made of LabVIEW, achieving the concentration of the system display, alarm, as well as with the host computer serial communication and other functions. Two gas sensors such as MQ135 and MQ-7 transmit data to the microcontroller through the ADC0809 analog digital converter, displayed to the scene of the LCD1602 display after processing, and transmit data to monitor PC. When monitoring of gas content in the air exceeded pre-set permission scope, the alarm sounded on the spot, PC will also alarm prompt concentration exceeded, so as to remind people to do a good job of protection measures and to take measures to deal with it.

Keywords: Gas sensor; STC89C52 Single chip microcontroller; LabVIEW; monitor

(责任编辑:李华云)