

分光光度法快速测定活性污泥浓度的方法研究

刘雄科¹, 王 怡², 郑淑健², 彭党聪²

(1. 西安市清远中水有限公司, 陕西 西安 710086; 2. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要:污泥浓度作为城市污水处理厂设计和运行管理过程的一个重要参数, 目前主要采用重量法测定, 该方法在应用过程中最大的缺点是耗时耗能. 本研究采用分光光度法在 OD600 处测定活性污泥的浓度, 建立测定的方法, 优化测定的预处理条件, 并对测定结果进行了误差分析. 结果表明, 分光光度法测定活性污泥浓度的较佳范围为 0.996~3.864 g/L, 较佳的稀释液和空白应为超纯水, 预处理的最佳条件为功率 110 W 时超声处理 4 min. 总之, 分光光度法具有节能、省时、误差小的特点, 是一种简单实用的污泥浓度测定方法.

关键词:污泥浓度; 分光光度法; 快速测定; 节能

中图分类号: X 703

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2013)02-0253-04

活性污泥法是城市污水处理厂普遍采用的一种生物处理方法, 污泥浓度作为活性污泥法中最主要的参数, 影响着污水处理厂的负荷(COD/kg MLSS)和污泥沉降性能(SVI), 因此, 污泥浓度直接影响着城市污水处理厂的设计和运行管理过程.

污泥浓度常用混合液悬浮固体浓度 MLSS 来表示, 其测定目前主要采用重量法, 即通过单位体积混合液中污泥的烘干重量来表达. 重量法作为传统的污泥浓度测定方法, 其优点是直观, 其最大的缺点是耗时. 根据《水和废水检测分析方法》对污泥恒重的要求以及实践经验^[1], 要获得一个准确的污泥浓度测定结果, 一般需要等待一天的时间. 这对于及时了解和获取污水处理厂的运行状况, 特别是对于及时预防污泥膨胀并采取有效措施, 无疑延迟了时机. 其次, 在污泥烘干过程中, 需要消耗大量的电能才能达到预期的测定结果, 因此, 高能耗也是重量法测定污泥浓度过程中的另一个缺点.

为了低耗快速测定污泥浓度, 本研究提出采用分光光度法测定污泥浓度的思路, 通过测定污泥混合液在 600 nm 处的吸光度和浓度, 建立污泥浓度与吸光度之间的量化关系, 据此通过污泥吸光度的读取确定污泥的浓度.

1 材料与方法

1.1 污泥来源

污泥样品来源于西安市第三污水处理厂氧化沟工艺的活性污泥、西安市第四污水处理厂(主工艺为倒置 A/A/O)氧化池活性污泥、西安市第四污水处理厂回流污泥以及西安建筑科技大学环工实验室实验规模的 SBR 生物反应器中的活性污泥.

1.2 实验仪器及吸光波长

试验采用 JY92-II 超声波细胞粉碎机对污泥混合液进行分散预处理, 采用 752N 紫外可见分光光度计对预处理后的污泥混合液进行测定, 采用恒温烘箱进行重量法测定污泥浓度, 以上仪器的配套小型实验器具还包括破胞管、比色皿、坩埚等.

吸光波长的确定, 参照细菌浓度测量过程使用的 OD600, 即选择污泥混合液在 600 nm 波长处的吸光值.

收稿日期: 2012-04-11 修改稿日期: 2013-03-21

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(51108368); 陕西省科技计划国际合作项目(2011KW-34); 榆林市科技计划项目

作者简介: 刘雄科(1969-), 男, 陕西扶风人, 工程师, 研究方向为污水处理与回用.

1.3 测定步骤

(1)污泥的稀释,原始污泥经过一定倍数的稀释,使其在 600 nm 处的吸光度不超过 752N 紫外可见分光光度计的上限 3.01,该污泥称为稀释污泥.

(2)吸取 20 ml 混合均匀的稀释污泥,移入破胞管,采用 JY92-II 超声波细胞粉碎机,在一定的超声功率下超声处理一定的时间.

(3)超声处理后的污泥,以稀释液作为空白,尽快在 600 nm 处进行比色测定,获得稀释污泥的吸光度.

(4)根据标准曲线,计算稀释污泥的浓度,并根据稀释倍数,换算为原始污泥的浓度.

1.4 标准曲线的获得

(1)将拟测定浓度的活性污泥沉淀 1 h 后撇去上清液,获得的浓缩污泥作为原始污泥.

(2)原始污泥采用稀释液(超纯水或上清液)进行不同倍数($1\times$, $2\times$, $4\times$, $8\times$,)稀释后使其总体积为 20 ml,作为不同浓度的一系列稀释污泥.

(3)稀释污泥置于磁力搅拌器上以 100 rpm 的速率搅拌,以保证污泥浓度的均匀性.吸取混合均匀的稀释污泥 20 ml 移入破胞管,一定超声条件处理后立即测定其在 600 nm 处的吸光度;同时,采用重量法测定对应稀释污泥的浓度.

(4)按(3)依此测定稀释污泥系列中不同浓度污泥在 600 nm 处的吸光度.

(5)以稀释污泥的吸光度为横坐标,稀释污泥的浓度为纵坐标,在平面坐标系中绘制标准曲线,获得污泥浓度与污泥吸光度的量化关系.

1.5 测定误差的评价

独立取相同来源的污泥,采用重量法和吸光光度法测定同一活性污泥的浓度,以重量法为标准评价吸光光度法的测定误差.

2 结果与分析

2.1 污泥浓度上下限的确定

分光光度法是通过测定被测物质在特定波长处或一定波长范围内光的吸收度,对该物质进行定量分析的方法,被测物质浓度都有一定的上下检测限,因此,确定污泥浓度测定的上下限是本试验的第一步,此步骤采用的污泥取自于西安市第三污水处理厂氧化沟.

试验首先对污泥浓度测定的上限进行了估计,根据目前实际运行的污水处理厂氧化池中污泥的浓度,选取浓度在 0.996~5.635 g/L 范围的污泥作为对象.经过相同的预处理过程和分光光度测定,结果如图 1 所示.

从图 1 可以看出,当污泥浓度在 0.996~3.864 g/L 之间变化时,浓度和吸光度具有一定的线性关系.污泥浓度在 3.864 g/L 出现拐点;当污泥浓度为 4.83 g/L 和 5.635 g/L 时,吸光度均达到极限值 3.01.因此认为,采用吸光光度法测定污泥浓度的上限值为 3.864 g/L,如果拟测污泥的浓度超过该值,则需要稀释到该范围之内.至于污泥浓度检测的下限,可检浓度低至 0.614 g/L,但是,多次试验结果表明,当污泥浓度小于 0.996 g/L 时测定值极不稳定.

综上所述,分光光度法测定污泥浓度的较佳范围为 0.996~3.864 g/L.

2.2 试验条件的优化

试验条件的优化包括稀释液和空白的选择、预处理条件的确定.研究采用同一批污泥试样,分别采

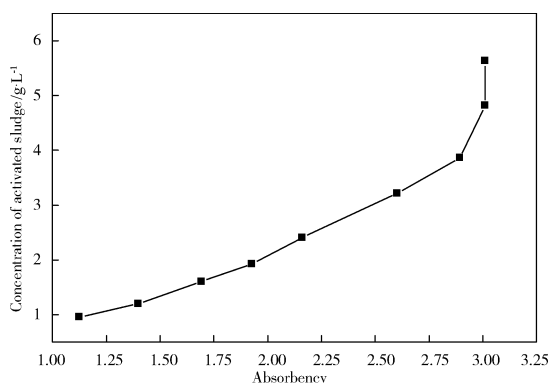


图1 分光光度法测定污泥浓度的范围

Fig. 1 Measurement range of activated sludge concentration with spectrophotometric analysis

取超纯水和污泥上清液作为初始污泥稀释液及分光光度测定空白,分析对比超纯水和污泥上清液作为稀释液和空白对测定结果的影响.

由于活性污泥絮体具有不同的形状、结构和大小(从几微米到几百微米)和一定的沉降性能,本研究采用超声预处理的方法分散污泥絮体^[2],获得完全悬浮状态的污泥混合液以满足吸光度测量要求. 为了标准化超声预处理条件,对于采用同一种稀释液和空白的试验组,按照不同超声处理功率(10 W、30 W、50 W、70 W、90 W、110 W)和不同超声处理时间(2 min、4 min、6 min、8 min、10 min)进行了正交实验,确定超声预处理的最佳条件.

表 1 为超纯水作为稀释液和空白时超声功率和处理时间对吸光度测定结果的影响,从表 1 可以看出,对于某一具体浓度的污泥,超声功率及超声处理时间对污泥最终的吸光度影响不大. 若按标准偏差的大小选择最佳的操作条件,当采用超纯水作为污泥浓度测定的稀释液和分光光度法的空白时,功率 110 W 及处理时间 4 min 时标准偏差最小,分别为 0.006 和 0.005.

表 2 为污泥上清液作为稀释液和空白时超声处理时间及超声能量对吸光度结果的影响,从表 2 可以看出,超声功率 70 W 及处理时间 4 min 时标准偏差最小,分别为 0.017 和 0.010.

表 1 超纯水作为稀释液和空白时超声
预处理正交实验吸光度测定结果

Tab.1 Absorbency result of orthogonal experiment under different
sonication conditions when deionized water being diluent and blank

时间	功率						平均值	标准偏差
	10 W	30 W	50 W	70 W	90 W	110 W		
2 min	2.475	2.483	2.508	2.475	2.483	2.499	2.487	0.013
4 min	2.499	2.499	2.499	2.499	2.508	2.508	2.502	0.005
6 min	2.534	2.525	2.516	2.543	2.534	2.508	2.527	0.013
8 min	2.543	2.516	2.516	2.516	2.534	2.516	2.524	0.012
10 min	2.525	2.516	2.525	2.508	2.635	2.508	2.536	0.049
平均值	2.515	2.508	2.513	2.508	2.539	2.508	2.515	0.018
标准偏差	0.028	0.017	0.010	0.025	0.058	0.006	0.024	

表 2 上清液作为稀释液和空白时超声预处理正交实验吸光度测定结果

Tab.2 Absorbency result of orthogonal experiment under different
conditions of sonication when supernatant being diluent and blank

时间	功率						平均值	标准偏差
	10 W	30 W	50 W	70 W	90 W	110 W		
2 min	2.623	2.623	2.634	2.646	2.646	2.646	2.636	0.011
4 min	2.646	2.646	2.646	2.646	2.646	2.670	2.650	0.010
6 min	2.670	2.646	2.670	2.670	2.709	2.670	2.673	0.020
8 min	2.670	2.670	2.683	2.646	2.709	2.709	2.681	0.025
10 min	2.683	2.709	2.683	2.683	2.709	2.683	2.692	0.013
平均值	2.658	2.659	2.663	2.658	2.684	2.676	2.666	0.016
标准偏差	0.024	0.033	0.022	0.017	0.035	0.023	0.026	

与表 1 相对比,同一污泥当采用上清液为稀释液和空白时吸光度均大于采用超纯水为稀释液和空白时的对应值,前者的平均值比后者的约大 6%,且相对较好条件下的标准偏差也较大. 此外,由于污泥来源的差异,污泥上清液色度的区别较大,因此,采用污泥上清液作为稀释液和空白在不同的污泥测定中误差较大. 鉴于此,本研究建议采用超纯水作为稀释液和空白,预处理条件为功率 110 W 下超声处理时间 4 min.

2.3 标准曲线

以西安市第三污水处理厂氧化沟活性污泥为对象,以超纯水作为稀释液和空白,功率 110 W 条件

下超声预处理 4 min,测得污泥浓度与吸光率的关系如图 2 所示。

从图 2 可以看出,所测污泥浓度与吸光度之间在一定污泥浓度范围内具有良好的线性关系($y=0.492x+0.9097$),且相关性较好, $R^2=0.995$ 。

此外,以西安市第四污水处理厂氧化池活性污泥和西安建筑科技大学环工楼 4—16 实验室试验规模的 SBR 反应器中的活性污泥为对象进行的污泥标准曲线测定,也获得了类似的结果且 R^2 均大于 0.99。这说明在一定浓度范围内,污泥浓度与污泥在 600 nm 处的吸光度之间的相关关系对不同来源污泥具有普遍性,因此,采用分光光度法测定污泥浓度在实践中是可行的。

2.4 误差分析

标准曲线绘制以后,独立取西安市第三污水处理厂氧化沟污泥 3 次,分别采用吸光光度法和重量法同时进行测定,两种方法进行的 3 次独立测定结果如表 3 所示。由表 3 可以看出,相对于重量法,吸光光度法的测定结果系统偏小,但是误差范围均小于 5%。

试验还采用同一标准曲线,测定了不同来源的活性污泥浓度。结果表明,与重量法相比,吸光光度法测定结果依然偏低,误差略大于 5%。因此,本研究建议,标准曲线的应用最好基于同一样品的污泥。

3 结 论

以超纯水为稀释液和空白的吸光光度分析在测定污水处理厂活性污泥浓度时,被测污泥浓度较佳的上下限为 0.996~3.864 g/L,预处理的最佳条件为功率 110 W 下超声处理时间 4 min。该方法与传统的重量法方法相比,具有节能、省时、误差较小的特点,是一种简单实用的污泥浓度测定方法。

参考文献 References

- [1] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 四版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
State Environmental Protection Administration of China. Monitoring and Analysis Method of Water and Wastewater [M]. 4th ed. Beijing: China Environmental Science Press, 2002.
- [2] LAPINSKI J, TUNNACLIFFE A. Reduction of suspended biomass in municipal wastewater using bdelloid rotifers [J]. Water Research, 2003(37): 2027-2034.
- [3] BAO Lin-lin, LI Dong, LI Xiang-kun, et al. Phosphorus accumulation by bacteria isolated from a continuous-flow two-sludge system [J]. Journal of Environmental Sciences, 2007(19): 391-395.
- [4] LARSEN B S, KARAKASHEV D, ANGELIDAKI I, et al. Ex-situ bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009(164):1568-1572.
- [5] CHENG Xi-Yu, LI Qian, LIU Chun-Zhao. Coproduction of hydrogen and methane via anaerobic fermentation of cornstalk waste in continuous stirred tank reactor integrated with up-flow anaerobic sludge bed [J]. Bioresource Technology, 2012(114):327-333.
- [6] CHU C P, CHANG B, LIAO G S, et al. Observations on changes in ultrasonically treated waste-activated sludge [J]. Water Research, 2001, 35(4): 1038-1046.
- [7] ZHANG Pan-yue, ZHANG Guang-ming, WANG Wei. Ultrasonic treatment of biological sludge: Floc disintegration, cell lysis and inactivation [J]. Bioresource Technology, 2007(98): 207-210.

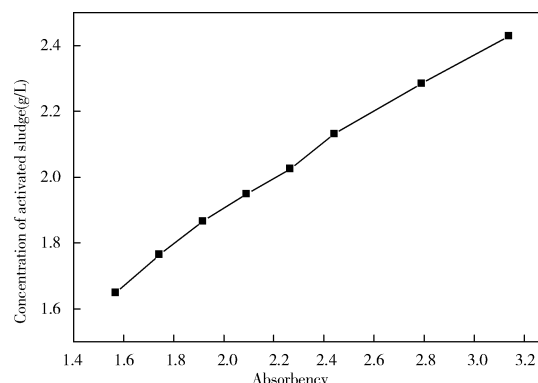


图 2 分光光度法测定的污泥标准曲线

Fig. 2 Standard curve of activated sludge concentration with spectrophotometric measurement

表 3 分光光度法与重量法测定结果对比

Tab. 3 Contrast measurement of spectrophotometric analysis and gravimetric analysis

污泥浓度/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$		误差/%
重量法	吸光光度法	
3.475	3.3393	-3.905 0
3.379	3.257 6	-3.592 8
2.943	2.836 4	-3.622 2

(下转第 263 页)

ZHEN Ke-zhong, The Right and Wrong of Two Value Theory[M]. Jinan: Shandong People's Publishing House, 2008: 338-339.

[6] [美]高山晟. 经济学中的分析方法[M]. 刘振亚, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2001: 120.

Takayama. Analytical Methods in Economics[M]. LIU Zhen-ya, Translated. Beijing: China Renmin University Press, 2001: 120.

Mathematical economic view of the decorum strategy on architectural design innovation

HAN Chen-ping, ZOU Guang-tian

(School of Architecture, Harbin Institute of Technology, Harbin 150000, China)

Abstract: This paper studies the relationship between the object and the means concerning architectural design innovation. Decorum relationship between the architectural elements space image, function, etc. and the design means is also discussed. In this dissertation, a mathematical analysis means of Economic Equilibrium Theory is used to prove that architectural design innovation can meet social needs completely, and the architectural elements decorum exists as the basis for providing a new innovation strategy and a possibility of the approach to architectural design innovation.

Key words: *architectural design Innovation; architectural elements; design means; innovation strategy*

Biography: HAN Chen-ping, Candidate for Ph. D. Harbin 150000, P. R. China, Tel: 0086-13009109978, E-mail: hanchenping@163.com

(上接第 256 页)

Rapid determination of activated sludge concentration with spectrophotometric method

LIU Xiong-ke¹, WANG Yi², ZHENG Shu-jian², PENG Dang-cong²

(1. Xi'an Qingyuan wastewater Treatment and Reuse Co. Ltd, Xi'an 710086, China; 2. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: The suspended solid concentration in mixed liquid (MLSS) of activated sludge is an important parameter for designing and operating a wastewater treatment plant and is usually determined by gravimetric analysis, which is time-consuming and energy-consuming. This paper aimed to apply a procedure based on spectrophotometric analysis for rapid quantifying MLSS concentration of activated sludge at the wavelength of OD600. The pretreatment condition was optimized and measurement error was analyzed later after a detailed recipe was proposed. The results showed that the preferable range of activated sludge concentration ranged between 0.996~3.864gMLSS/L. As for the diluent and blank in the spectrophotometric analysis, deionized water was favored. Meanwhile the optimal condition of ultrasonic pretreatment was under 110W for 4 minutes. Compared with gravimetric method, spectrophotometric analysis is a time-thrift, energy-thrift, low error method to determine the suspended solid concentration of activated sludge.

Key words: *Concentration of activated sludge; Spectrophotometric method; Rapid Determination; Energy-saving*

Biography: LIU Xiong-ke, Engineer, Xi'an 710086, P. R. China, Tel: 0086-13572096960, E-mail: liuxiongke@yahoo.com