

废水污染物排放总量监测方法及系统设计

徐友^{1,2}, 吕锡武², 张子凡³, 孔祥伟⁴

(1. 南京农业大学 工学院, 江苏 南京 210031; 2. 东南大学, 江苏 南京 210096;
3. 南京市环境监测中心站, 江苏 南京 210013; 4. 南京新思维自动化科技有限公司, 江苏 南京 210039)

摘要:针对目前我国工业点源水污染在线自动监测系统存在的废水取样和分析(测量)间隔时间过长导致废水污染物排放总量监测、计算不准确以及排污企业容易掌握其废水采样规律并经常偷排、突排高浓度废水而不能被有效监测的问题,提出一种按废水排放流量比例随机采样、统一存储综合水样进行污染物排放总量监测和计算的技术方案以及相应的智能化污水污染物总量监测系统结构,并阐述其工作原理。该智能化监测系统可有效克服现有水污染在线自动监测系统在运行中存在的计算时间长、监测误差大和取样规律易泄漏的缺陷。

关键词:环境监测;排污总量监测;COD 监测

中图分类号:X853 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-8829(2012)12-0033-03

Method and System Design for Wastewater Contamination Emission Monitoring

XU You^{1,2}, LV Xi-wu², ZHANG Zi-fan³, KONG Xiang-wei⁴

(1. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China;
2. Southeast University, Nanjing 210096, China; 3. Nanjing Environmental Monitoring Central Station, Nanjing 210013, China;
4. Nanjing New Mind Automation Technology Co., Ltd., Nanjing 210096, China)

Abstract: There are some problems with the on-line automatic wastewater contamination emission monitoring system for domestic industrial pollution point source currently. For instance, the interval time of wastewater sampling and the process of measurement and analysis is too long, so that the monitoring and calculation for total amount of wastewater contamination emission are imprecise, and pollution emission enterprises are easy to grasp the law of waste water sampling and always discharge high concentration wastewater suddenly or by stealth. Considering the above mentioned problems, a technical solution to the on-line automatic monitoring system is proposed. The solution adopted random time interval for wastewater sampling which is in direct proportion to flow rate and stored every wastewater sample together for monitoring and calculating the total amount of wastewater emission. The architecture and work principle of the intelligent monitoring system are also introduced, which can effectively overcome many defects of the existing on-line automatic water pollution monitoring system, such as long computing time, large monitoring error and easy leakage of sampling rule.

Key words: environmental monitoring; total amount of pollutants emission monitoring; COD monitoring

《中华人民共和国水污染防治法》自 2008 年 6 月 1 日起施行,该法第 18 条规定:“国家对重点水污染物

排放实施总量控制制度”。该法的颁布及其实施重点水污染物排放总量控制是我国环境管理制度的重大转变,是保证实现重点水污染物减排与总量控制的重大举措。为实现总量控制,污染源监测将由以往的浓度监测向总量监测转变^[1-4],这就给监测工作提出了新的要求。我国各地环保部门目前已建立的水污染物排放总量在线自动监测系统,因建设成本等原因,使用的在线自动监测系统普遍存在计算时间长、监测误差大和取样规律易泄漏等问题,不能有效监测实际废水污染物排放情况以及给环保部门提供精确的监测数据。

收稿日期:2012-08-30

基金项目:国家十二五专项课题(2012ZX07101005)

作者简介:徐友(1978—),男,江苏扬州人,讲师,在职博士研究生,主要研究方向为工业在线监测技术;吕锡武(1954—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为富营养化湖泊生态修复、饮用水安全保障等;张子凡(1961—),男,高级工程师,主要研究方向为环境监测、污染源在线监测;孔祥伟(1985—),男,硕士,工程师,主要研究方向为环境监测技术与仪器。

1 目前水污染在线自动监测系统结构

图 1 所示为目前我国环保水污染在线自动监测系统的一般结构。此类环境监测系统由以下几部分组成:环境监测信息化平台和环境信息化监测与管理终端(设置在各级环保部门和法定环境监测站)、现场数据采集仪以及污染物在线测量仪表等(安装在排污口附近)。监测的基本步骤包括现场数据采集仪采集所在排污点在线测量仪表测得的污水排放流量、COD(化学需氧量)、 $\text{NH}_3\text{-N}$ (氨氮)等参数,通过无线或有线的方

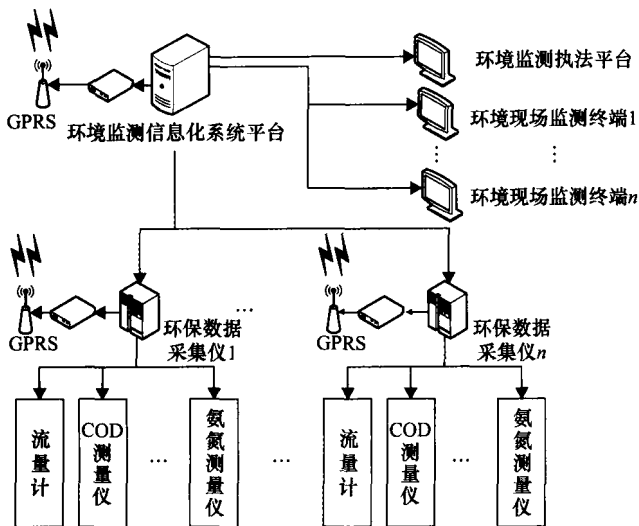


图 1 目前我国环保水污染在线自动监测系统的一般结构

我国各地环保部门目前已建的水污染在线自动监测系统,普遍采用价格相对便宜的化学药剂法(业内俗称“湿法”)在线测量、分析仪器(国产品牌“湿法”类 COD 在线测量仪每台单价大约 7~10 万元、国产品牌“湿法”类氨氮在线测量仪每台单价大约 10~12 万元)。这类“湿法”在线测量、分析仪器一次采集、测量通常需要 20 min 到一两个小时,且需消耗一定试剂和电能(如按国标 GB 11914-89 做一次水污染物 COD 测量,至少需要 2 h,消耗重铬酸钾、硫酸亚铁或酸性高锰酸钾、草酸等氧化剂、还原剂及电能所产生的直接成本约需 8~10 元)。因此,目前我国环保行业对连续排放企业的污水污染物排污总量普遍以 1 h 间隔^[6]采集排污口污水瞬时样本,由在线 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 pH(酸碱度)等仪器进行测量(一天 24 次);对间歇排放的企业则要求监测数据数不小于污水累计排放的小时数(一天小于 24 次)。依据这些测量值乘以(该排污口)这段间隔时间内(由流量计测得)的污水排放累积流量^[5],计算得到这段间隔时间的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 pH

等参量的排放总量;或者用一个月采集的全部 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 数据的算术平均值乘以这个月的累积污水流量得出该排污口的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 月排放总量。

目前我国环保行业对工业点源排放 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等污染物排放总量普遍采用的监测和计算方法存在以下不足:

① 目前采用的长时间间隔采样测量、分析和总量计量方法是由在线 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等一起进行测量,再依据这些测量值乘以排污口这段间隔时间的污水排放累积流量,计算得到这段时间间隔 COD 或 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等水污染物参量排放总量。对于目前的采样方式,排污量与污染物在线测量相互独立,且采样时间间隔较大(1 h),即用 1 h 中一次污染物瞬时测量数据代表整个时间段的平均值参与排污总量计算,对于污染物浓度变化较频繁的排污企业的测量显然并不科学。

② 由于目前水污染物的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 在线采集测量耗时长,成本高,每次等时间间隔测量^[6],致使排污企业很容易掌握监测采样的规律,经常偷排、突排高浓度废水,而不能被环保部门目前已建立的水污染在线自动监测系统有效监测到,其违规成本几乎为零。

鉴于此,笔者提出一种按废水排放流量比例^[7]随机采样、统一存储综合水样进行污染物排放总量监测和计算的技术方案,并据此设计了新型智能化污水污染物总量监测系统。

2 废水污染物排放总量监测方法研究

图 2 为所提出的智能化污水污染物总量监测系统的结构原理示意图。该智能化污水污染物总量监测系统与图 1 所示的目前广泛使用的水污染在线自动监测系统相比,新增了智能化比例取样控制器、取样泵、废水总样存储罐(存于小型冰箱中)和 3 个电磁阀。

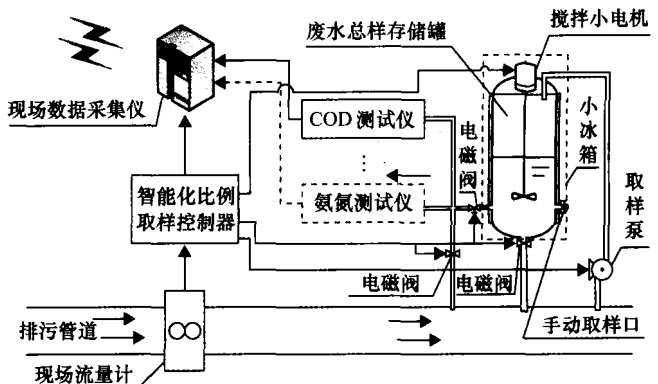


图 2 智能化污水污染物总量监测系统结构

该系统具体工作过程为:现场流量计不断检测排污口废水瞬时流量(本文均指每分钟的体积流量,单位为 L/min)和计算累积流量;智能化比例取样控制器以

由随机数发生器产生的 5~15 随机数作为采样时间间隔(间隔时间单位为 min;采用此方案,可使排污企业无法提前获知废水采样规律)实时获取排污口现场流量计测量得到的废水瞬时流量值 q_i ,并按排口瞬时流量值控制取样泵对废水进行比例取样,每次比例取样量 Q_i 为废水瞬时流量值 q_i 乘以比例采样系数 m ,取样泵把所取废水 Q_i 泵入废水总样存储罐。经过 24 h 或 48 h(由环保部门通过远程监控计算机终端预先设置)后,智能化比例取样控制器启动废水总样存储罐的搅拌小电机搅拌约 1 min 后停止,此时环保在线自动监测与管理信息系统发出启动 COD 测试仪或氨氮测试仪等现场分析测试仪进行检测,智能化比例取样控制器控制打开废水总样存储罐电磁阀门(同时控制来自废水排放管路电磁阀门),把 24 h(或 48 h)按废水瞬时流量比例采集的综合水样输送给 COD 测试仪或氨氮测试仪等现场分析测试仪,现场分析测试仪测试完成后,智能化比例取样控制器打开废水总样存储罐排放电磁阀门,将废水总样存储罐中的综合废水水样排出,然后开始下一采集周期的废水分时比例采样与存储。

在整个总量测量周期中,排口废水排放总量 Q 等于测量周期结束时间的累积流量值 Q_1 减去起始时间的累积流量值 Q_0 ,即

$$Q = Q_1 - Q_0 \quad (1)$$

式中, Q 的单位为 L(升)。在整个总量测量周期中,该排口排放污染物 COD 总量 W_{cod} 为

$$W_{\text{cod}} = \text{COD} \times Q / 1000000 \quad (2)$$

式中,COD 为化学需氧量,单位为 mg/L; W_{cod} 单位为 kg。

采用图 2 所示的智能化污水污染物总量监测系统,一般只需 1 天或 2 天启动 COD 测试仪或氨氮测试仪等现场分析测试仪对废水总样存储罐中的综合废水水样做一次分析测量即可,与目前普遍采用的间隔 1 h 直接定量采样废水水样做分析测量系统相比,可大大节约现场分析仪器的运行测试成本。

3 比例采样系数 m 的确定方法

整个总量测量周期中的累计采样次数 N 和采样间隔如果恒定,则有

$$N = T/t \quad (3)$$

式中, T 为整个总量测量周期(通常取 24 h 或 48 h 即 1440 min 或 2880 min); t 为采样间隔时间(一般可取 5~30 min 中的某个恒定值)。

本文样机为使排污企业难以掌握本装置实际运行时废水采样规律和无法提前获知实际采样时刻,其采样间隔时间采用由智能化比例取样控制器中的随机数

发生器软件产生的 5~15 之间的随机数(即采样间隔为 5~15 min),因此本文样机的整个总量测量周期中采样次数 N 为

$$T/15 < N < T/5 \quad (4)$$

式中, N 的中位数是 $T/10$ 。为留有余量,取

$$N = T/8 \quad (5)$$

废水总样存储罐允许存储容积 L 通常不可能很大(本文样机的废水总样存储罐允许存储容积 $L = 5 \text{ L}$),为使系统能在整个总量测量周期结束时,废水总样存储罐中混合废水总样不超过允许存储容积 L ,则应有

$$\sum_{i=1}^N q_i m \leq L \quad (6)$$

式中, q_i 为第 i 次采样时刻该排口所排放废水的瞬时流量; m 为比例采样系数,其取值范围为

$$L/(Nq_{\max}) \leq m \leq L/(Nq_{\min}) \quad (7)$$

式中, N 为整个总量测量周期中的采样总次数。根据式(7)可知比例采样系数 m 取决于整总量测量周期中的累计采样次数 N 和各次采样的瞬时流量 q_i 以及废水总样存储罐允许存储容积 L 。多数企业排放废水的瞬时流量通常是变化不定的,不同的总量测量周期中所排废水总量也是变化的,同一排口在同一总量测量周期中的比例采样系数 m 必须为常数, m 可选式(7)的下限值,即 $m = L/(Nq_{\max})$ 。

通常 $q_{\max}$ 与 $q_{\min}$ 相差很大,根据工程设计方法,用其平均值 $\bar{q}$ 乘一个 1.2~1.5 的系数代替 $q_{\max}$ 更合适,本文样机取 1.25,即用 $1.25\bar{q}$ 代替 $q_{\max}$,则本文样机的比例采样系数 m 为

$$m = L/(1.25\bar{q}N) = L/[1.25(Q/T)(T/8)] \quad (8)$$

$$= 6.4L/Q = 32/Q$$

如果整个总量测量周期取 24 h,式(8)中的 Q 为 24 h 的总流量;如果整个总量测量周期取 48 h,式(8)中的 Q 则为 48 h 的总流量,而 1 天或 2 天累积流量可参考该排口设计排放流量和最近实际运行的累积流量进行确定。

为降低生产成本,本文样机的取样泵采用价格低廉的开关式蠕动泵,由智能化比例取样控制器根据废水瞬时流量乘以采样系数 m 得到当次采样体积,然后控制蠕动泵开启时长的方式实现每次废水采集。

本文样机采用 1.25 代替 $q_{\max}$ 以及用 $N = T/8$ 估计整个总量测量周期的采样次数,因此在本文样机 3 个多月的试运行中,未出现在整个总量测量周期结束后,采集的混合水样总量已超出废水总样存储罐允许存储容积的情况,也极少发生采集的混合水样总量低于废水总样存储罐允许存储容积 1/3 的不良情况。

4 结束语

针对现有水污染在线自动监测系统在运行中存在
(下转第 40 页)

表3 不同方法在 Yale 人脸库上的识别时间

特征提取方法	分类器	识别时间/s
PCA	最小欧式距离	14.38 ^[7]
2DPCA	最小欧式距离	4.84 ^[7]
本文方法	改进型感知器	1.17

ORL 人脸库上共有 40 人,每人选取 7 幅图像,共计 280 幅图像作为训练集,其余 120 幅图像作为随机测试集,测试集约占训练集数量的 42.86%,统计不同方法的识别率和识别时间,实验结果如表 4 和表 5 所示。

表4 不同方法在 ORL 人脸库上的识别率

特征提取方法	分类器	识别率/%
PCA	最小欧式距离	91 ^[10]
2DPCA	最小欧式距离	91.5 ^[10]
Fisherfaces	最小欧式距离	83.09 ^[6]
本文方法	改进型感知器	93.33

表5 不同方法在 ORL 人脸库上的识别时间

特征提取方法	分类器	识别时间/s
PCA	最小欧式距离	18.10 ^[10]
2DPCA	最小欧式距离	6.86 ^[10]
本文方法	改进型感知器	2.03

表 1 表明本文提出的特征提取方法降低了特征值的维数,相比于其他的 Gabor 特征提取,减少了计算时间。表 2~表 5 数据显示,在 Yale 人脸库上测试了 60 幅图像,正确识别 57 幅,在 ORL 人脸库上测试了 120 幅图像,正确识别 112 幅,同时相比于常见的 PCA、2DPCA 和 Fisherfaces 方法,在识别时间上也有明显的优势。

参考文献:

- [1] 段锦.人脸自动机器识别[M].北京:科学出版社,2009.
- [2] 王志良,孟秀艳.人脸工程学[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [3] 池静.人脸识别系统的设计与实现[D].厦门:华侨大学,2008.
- [4] 王克奇,朱金魁,白雪冰.基于小波分析和 DCT 的人脸特征提取[J].自动化技术与应用,2009,28(4):65-68.
- [5] 苏煜,山世光,陈熙霖,等.基于全局和局部特征集成的人脸识别[J].软件学报,2010,21(8):1849-1862.
- [6] 龙飞,叶学义,李斌,等.基于分块统计量的 Gabor 特征描述方法及人脸识别[J].模式识别与人工智能,2006,19(5).
- [7] 罗仁泽,冉瑞生.基于二阶(2D)²PCA 的人脸识别[J].计算机应用与软件,2009,26(11):223-226.
- [8] 龙飞,庄连生,庄镇泉.基于小波变换和 Fisher 判别分析的人脸识别方法[J].模式识别与人工智能,2005,18(2).
- [9] 梁淑芬,甘俊英.基于局部小波变换与 DCT 的人脸识别算法[J].微计算机信息,2006,22(2):205-208.
- [10] 陈伏兵,陈秀宏,高秀梅,等.二维主成分分析方法的推

广及其在人脸识别中的应用[J].计算机应用,2005,25(8):1767-1770.

- [11] Alvarado J, Pedrycz W, Reformat M, et al. Deterioration of visual information in face classification using eigenfaces and fisherfaces[J]. Machine Vision and Applications, 2006, 17(1):68-82.
- [12] Delgado-Gomez D, Fagertun J, Ersboll B, et al. Similarity-based fisherfaces[J]. Pattern Recognition Letters, 2009, 30(12):1110-1116.
- [13] Liu S S, Tian Y T, Wan C. Gabor feature representation method based on block statistics and its application to facial expression recognition [A]. Proceedings of the IEEE 8th World Congress on Intelligent Control and Automation[C]. 2010.

□

(上接第 35 页)

的计算时间长、监测误差大、取样规律易泄漏、监测成本高的问题,提出了一种按废水排放流量比例多次随机采样、统一存储综合水样并一次性监测综合水样确定废水污染物排放总量的监测方法,并据此设计了智能废水污染物排放总量监测系统。该智能化污水污染物总量监测系统计算得到 W_{COD} 更为科学与准确,因采样时间具有随机性,则可从根本上解决不诚信企业偷排、突排而无法监测和惩处的现状;与国内现有系统相比,该检测方法减少了 COD 测试仪或氨氮测试仪的启动次数,大大降低了系统运行成本。

综上所述,本文介绍的废水污染物总量监测方法和智能化污水污染物总量监测系统为工业点源水污染物总量监测提供了科学依据,显著节约了现场分析仪器的运行成本,为有效实现区域水污染物总量控制目标提供了技术支持,具有良好的社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 赵娟,罗宏,薛婕,等.全国重点城市工业废水污染物排放总量分配研究[J].环境保护科学,2010,36(2):8-10.
- [2] 李如忠,钱家忠,汪家权.水污染物允许排放总量分配方法研究[J].水利学报,2003(5):112-115,121.
- [3] 顾冬梅,薛琳,曹舟艳,等.关于县级地区工业废水污染物排放总量监测的几点建议[J].中国环境监测,2004,20(2).
- [4] 朱焕山.工业废水污染物排放总量削减措施[J].环境保护科学,2002,28(6):47-48.
- [5] 朱斗光.废水污染物排放总量的核查方法[J].环境监测管理与技术,1994,6(3):38-41.
- [6] 齐文启,汪志国,孙宗光.废水污染物排放总量控制监测技术路线及要求[J].环境监测管理与技术,2000,12(3).
- [7] 任庆,王菊,房春生,等.废水污染物排放总量测算方法的对比与分析[J].吉林大学自然科学学报,2000,2(2).

□