

# 挥发性有机物监控系统与黄河水质自动监测系统的集成

黄亮, 王丽伟, 宋庆国, 郭正, 郑建国 (黄河流域水资源保护局, 河南郑州 450004)

**摘要** 为了进一步扩展黄河水质自动监测站的自动监测项目, 提升水质自动监测能力, 引进、开发了适用于黄河水体的挥发性有机污染物在线监测系统, 并对挥发性有机物在线监测设备 CMS5000 与自动站现有监测设备的集成和应用改造进行了研究。

**关键词** 挥发性有机物在线监测; 水质自动监测技术; 集成; 压力流量控制

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)24-10084-03

## The Integration of the VOC Monitoring System and the Yellow River Water Quality Monitoring System

HUANG Liang et al (The Yellow River Basin Water Resources Protection Bureau, Zhengzhou, Henan 450004)

**Abstract** In order to further expand the monitoring projects of the Yellow River water quality automatic monitoring station, and improve the capacity of water quality automatic monitoring, an online monitoring system of volatile organic pollutants was introduced which is applicable to Yellow River. The integration and application reform of VOCs online monitoring equipment (CMS5000) and the existing monitoring equipments were studied.

**Key words** VOC online-monitoring; Water quality monitoring technology; Integration; EPC

水质在线自动监测作为水资源保护重要的技术支撑之一, 在实际应用中起到了越来越重要的作用, 成为了水质监测新模式当中重要的一环。目前, 黄河已建和在建的水质自动监测系统可以完成常规项目的在线自动监测, 为黄河水资源保护提供了及时可靠的数据支撑。随着黄河水资源保护自动化水平的发展, 对水质自动监测系统提出了更高的要求。为此, 水利部“948”计划项目“挥发性有机物全自动监控系统引进与开发”于2013年初, 首次在黄河流域的花园口水质自动站引进了先进的挥发性有机物全自动在线监控系统, 该系统的引进为黄河水体挥发性有机物的自动监测实现了零的突破。为了更好地使引进的挥发性有机物全自动在线监控系统与现有的水质自动站监测系统融为一体, 有必要对该系统与现有的监测系统的融合和本地化应用进行研究。

### 1 CMS5000 与现有系统架构

随着自动监测应用领域的扩展, 对自动监测的项目、准确度、运行的稳定可靠性等也提出了更高的要求。水质自动监测作为实时监测的现代化手段, 要提供真实、可靠的监测数据, 第一步是拥有可靠的系统集成技术。

**1.1 现有水质自动监测系统** 以黄河花园口自动站为例, 现有的水质自动监测体系包括水质信息管理中心、水质自动监测基站及通讯网络等。从水质信息的角度来说, 信息的走向可以分为水质信息的采集、传输、管理及服务。信息的产生、采集、整理和传输都是系统控制单元通过 PLC 自动控制技术进行指挥和整合的, 甚至是指令的远程接收也要通过控制系统进行收集和翻译。系统控制单元内置的控制器进行水质信息的采集, 并且与现场工控机、通讯控制器和通讯系统相连, 完成水质信息的采集、整理及传输。监测基站内装有用于测定各种污染物的单项指标、综合指标以及相关参数的在线检测仪器或传感器、数据采集通信控制器及通信设

备。水质监测基站系统的主要包括自动采样器、自动分析仪、多参数水质检测仪、PLC 控制系统、供电系统和数据传输系统(图1)。目前, 花园口自动站的系统控制是由工控机、PLC 以及基于 LabView 的自动监测站系统软件组成的可扩充的开放系统, 可满足扩充设备的需求。工控机内嵌通讯扩展卡及模数采集模块, 实现各类信号及数据的采集、处理等过程。此外, 工控机内集成的专用现地监控软件包(水质连续在线监测系统), 可完成水质自动监测系统的控制以及数据采集、存储、处理工作。所有的控制部件集成在一个控制柜内, 并可通过面板上的按键实现手动操作功能。采用标准的 RS232/485 标准接口及以太网网络接口, 可支持标准 4 ~ 20 mA 信号采集、RS232/485 信号采集。

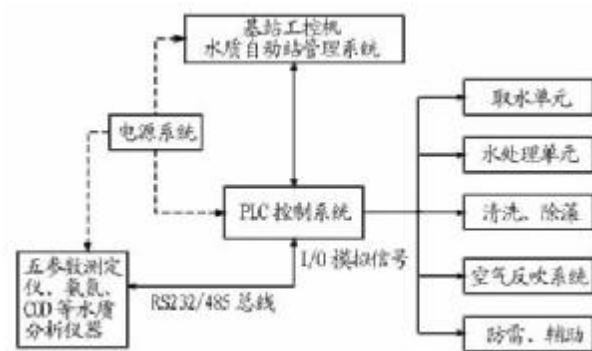


图1 水质监测基站结构

**1.2 挥发性有机物在线监测设备 INFICON CMS5000** INFICON CMS5000 的通讯模式如下: ①该设备没有标准的 RS232/485 标准接口, 但是具有触发信号线及接口和以太网接口, 触发信号线与工控机连接, 可响应工控机的指令, 可使工控机对其进行反控; ②整合接口: TCP/IP 协议、USB 接口故障诊断, fitP 方式上传数据; ③无线连接性: 802.11 B/G。这些特性是固定不可变的, 而自动站工控机硬件通讯设计上支持 TCP/IP 协议的, 虽然控制软件不支持 fitP 方式上传数据, 但是可以通过安装 FTP 管理软件解决。因此, 在技术上, INFICON CMS5000 与花园口现有自动站监测系统是可以兼

**基金项目** 水利部“948”计划项目(1261220146003)。

**作者简介** 黄亮(1980-), 男, 山西平定人, 工程师, 本科, 从事水质自动监测工作, E-mail: Jason.havalon@gmail.com。

**收稿日期** 2013-06-23

容并集成的。

### 2 CMS5000 与现有系统的集成

**2.1 集成思路** 因为监测的需要,现有系统加入了 CMS5000 在线监控仪器,应用于检测水中挥发性有机物。依据现有系统和该设备的特点,在集成的技术上需进行硬件跟软件的集成。在硬件方面,首先需要在现有机柜组合的基础上,在适当位置增加 1 组设备机柜,其尺寸根据 CMS5000 的尺寸进行定制,并预留氩气气瓶的安装空间。其次,需要为 CMS5000 设备接驳上下水管路及上下水控制阀门,并在现有 PLC 设备上增加控制指令模块。在软件集成方面,首先是实现上位机与 CMS5000 设备的通讯,这需要在工控机上安装 FTP 服务程序,并进行相关设置,才能完成通讯。其次,需要对上位机控制软件进行界面修改,增加新设备图标及数据显示,组态模拟图需要修改,后台数据库也需要添加新参数。硬件跟软件的集成完成后,将可实现 CMS5000 设备自动连续运行、自动上传数据到远程控制中心(图 2)。

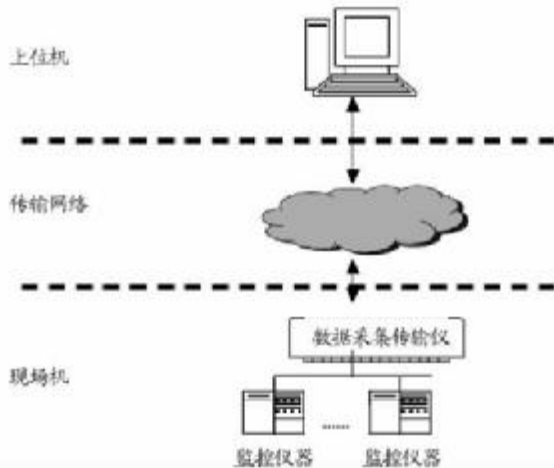


图 2 数据信息传输流程

### 2.2 硬件集成 在集成技术路线的指导下,在原有花园口

水质监测系统上增加 CMS5000 在线监测,采用干结点触发启动方式,即采用 PLC 输出信号,通过继电器闭合节点(无源)去触发仪器运行。设备沿用系统电源供电,供水则由原配水系统分出上水管路,连接到新设备的进样杯。受限于触法线的长度,需要将设备安装于工控机旁边,通过原有循环泵杯提供水样进驻,并安装排水管路、进水及排水电子控制阀门。在每个上下水流程过程中,系统需要控制这些电子阀门来实现水样进驻和排空。其中,在进行 CMS5000 上下水管路与现有自动站水路集成时,有几个需要注意的关键点。第一,将 CMS5000 上水管与自动站配水系统的上水管路连接,使配水系统在每个上水流程中,向 CMS5000 的样水杯中分配足够的样品水,多余的水可通过溢流口排出。为了保证样水杯中有足够的水,应根据 CMS5000 的样水杯容积,对自动站水处理系统水箱中的液位传感器进行调整,增加原有系统的水样处理量。第二,要适当延长系统给仪器样品杯上水的时间,保证样品杯中的样品水注满。第三,在安装进水管时,在进水口处安装手动阀,由于水压的变化,可能引起上样时采样水杯中的水位不够,或进样水流量太大,直接从水杯顶端冒出等问题,则需要调整进样口的手动阀。若水位不够,则加大进样流速,开大阀门;如果有水从采样水杯顶端冒出,则需减小进样流速,关小阀门。第四,需要在排水管上安装电动球阀,样品分析完成后,系统通过电动球阀控制将水杯中的水排走。此外,在水路集成完毕后,水管连接处的胶将会对水样的测试结果有较大影响。因此,CMS5000 需要上水运行 1~2 个月,待管道中残留的影响物质渐渐冲洗挥发掉,才能保证检测数值相对准确<sup>[1]</sup>。

**2.3 软件集成** 目前,花园口自动站现场是基于 LabView 的自动监测站系统软件,称为水质连续在线监测系统(以下简称 WQMS, Water Quality Monitoring System)。利用 WQMS 能对现场监测因子的数值进行采集,能远程控制下端分析仪器。根据 CMS5000 工作模式的特点,该软件集成方案上采用

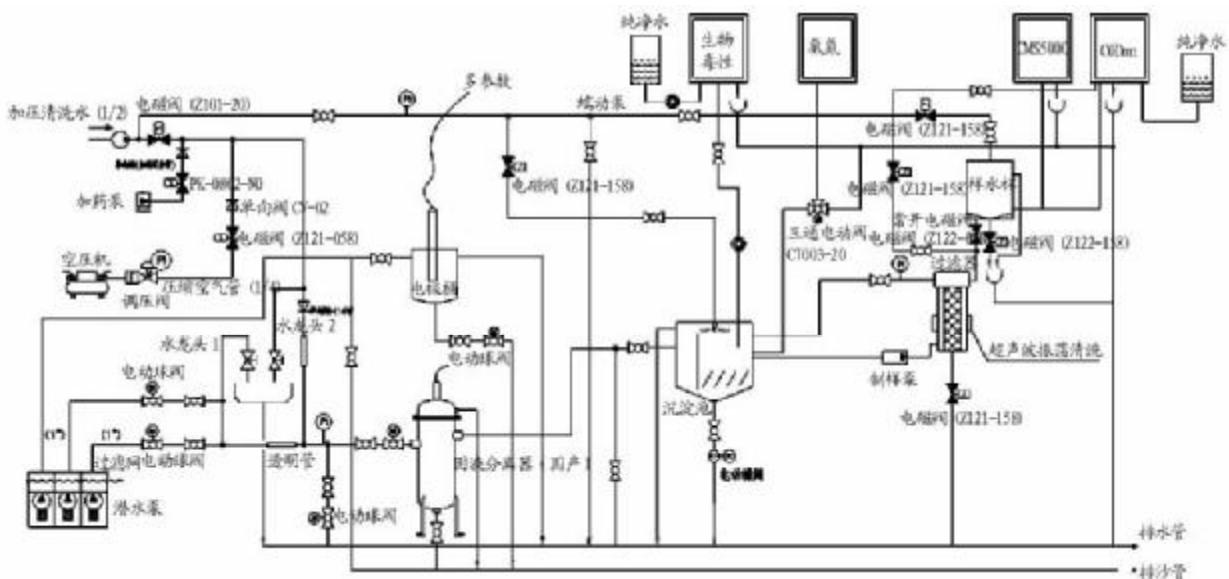


图 3 设备集成流程

干结点触发的方式进行系统控制,触发周期按照正常模式下一天测4次,6h进行一次采样、处理、上水的过程。每次水样处理完毕后,控制程序给出上水指令,由安装的上水管路进样品到样品杯中,进样完毕后控制程序给出触发指令,CMS5000开始进行测试。在一个采样周期内,CMS5000可完成多次测试,测试完成后,由工控机发出排水及清水冲洗管路的指令。以此类推。由于CMS5000是通过Ftp协议上传报告文件的,因此需要在工控机上安装以太网卡。①在工控机上安装网卡,连接至路由器,再将CMS5000仪器也通过网线连接至此路由器。②在工控机上建立Ftp服务器,接受CMS5000仪器上传的报告和原始谱图文件。③在WQMS程序中,监视设定的Ftp上传的目录,如果上传文件中有文件名为“Water Purge”的文件,同时后缀为.rqt的,将此文件内容读取出来进行解析,再将此文件放入一个后备文件夹中保存;如果上传文件中无文件名“Water Purge”的文件,或者后缀不是.rqt,此文件不做任何处理,直接转移到后备文件夹中保存。④将解析出来的内容,即Target Name和Conc.(ppb)列,按18项排列,先存入本地数据库中,然后再按照原系统的数据上传机制,将新增设备数据上传至远程控制中心。⑤通过编程软件对现场工控机主界面、功能模块、后台数据库等进行二次开发,即增加CMS5000设备图标及18种挥发性有机物显示值,每个功能模块增加18项参数的应用。

### 3 CMS5000与电子压力控制(EPC)的集成应用

**3.1 电子压力控制系统简介** 随着气相色谱仪自动化程度的不断提高,电子压力控制(Electronic Pressure Control,简称EPC)系统已作为基本配置在实验室的气相色谱仪上安装,从而为色谱条件的再现、优化和自动化提供了更可靠、更完善的支持。电子气路控制部件——EPC是一种气相色谱仪电子气路控制部件,它实际上是采用电子压力传感器和流量控制器,通过计算机计算诸多功能,实现压力、流量和流速等自动控制。最新的电子压力控制(EPC)系统能自动精确控制载气流速,通过自动控制载气的柱前压,从而调节仪器诸多性能,使仪器得以升级,以适应环境监测标准分析方法的基本要求<sup>[2]</sup>。EPC系统是由电子压力阀(比例控制阀)、压力传感器和讯号处理板构成的反馈回路。当压力传感器测得气路实际压力与设定值不符时,向讯号处理板输出电压。讯号处理板响应出新电压反馈给比例控制阀,由它调节阀孔开启面积,改变流量。相当高的反馈频率可获得非常平稳的压力实时控制。

**3.2 CMS5000与电子压力控制系统的集成** 花园口自动站集成的INFICON CMS5000挥发性有机物在线监测设备本身没有配备电子压力控制器,为了使该设备的集成和应用更加完善和自动化,尝试将该设备与电子压力控制系统进行集成。对花园口自动站的挥发性有机物在线监测设备CMS5000的气路改造,目的是增加CMS5000的氦气载气的输出控制和压力报警功能,通过EPC系统增强仪器性能,精密地控制压力、流量,保证稳定无脉冲的进样,减少气体的消耗,消除手动调节造成的漂移等。通过与自动站系统控制软

件的集成和结合,能够在工控机上实现气瓶压力控制和报警。要完成这种应用改造,需要经过设备选型、硬件接入、软件开发这几个步骤。

**3.2.1 设备选型。**通过市场调研,派克汉尼汾公司的VSO-EP™微型压力控制器是比较满足此次应用需求的设备。VSO-EP的电子压力控制单元可将变化的电子控制信号转换成变化的气体输出,对于关键位置的壓力, VSO-EP可以代替手动减压阀、针阀、流量控制器和排气口,提供整合的闭环比例控制。该产品使用了派克公司具有专利技术的VSO®热补偿比例阀,对比双阀控制器有重大的改进。VSO-EP常被用于载气的流量控制、微流路流量控制、真空泵控制和吸取/排出的应用场合。该设备的电器参数与目前自动站系统控制单元PLC的参数相匹配,这是集成改造的先决条件。VSO-EP输入控制信号有0~5VDC标准和4~20mA可选,输出电压:0~5V,接口为RJ-45。设备尺寸图见图4。

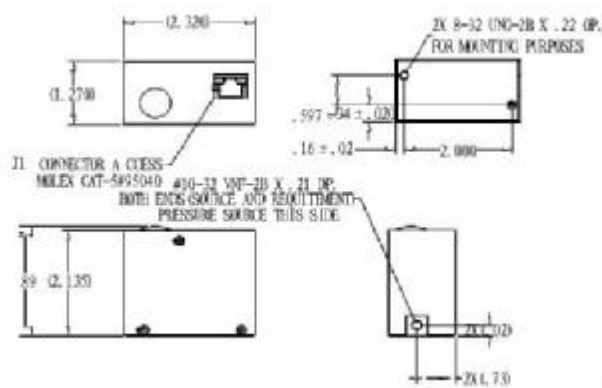


图4 VSO-EP尺寸

**3.2.2 设备接入。**VSO-EP™微型压力控制器需要安装在气瓶表头的输出端。在与现场PLC(西门子STEP7-224)的通信上,需要在PLC的模拟量输入/输出模块,利用其空闲的点位进行输入输出连接,这里需要3个模拟量输入通道和1个模拟量输出通道。目前PLC大都可接扩展模块,因此集成上不存在问题。花园口自动站现有PLC有备用的模拟量输入和输出混合扩展模板EM235,每个EM235可同时扩展3个模拟量输入和1个模拟量输出通道,其中A/D转换时间为25μs, D/A转换时间为100μs,位数均为12位。

**3.2.3 软件功能开发。**为了直观、方便地应用EPC的功能,需要在前端系统控制单元的上位机上进行软件功能的开发,主要是在现有控制软件中增加压力参数的设定、压力流量显示和报警等功能。这样就完成了EPC与挥发性有机物在线监测系统CMS5000的集成与气路改造工作,真正实现了挥发性有机物在线监测系统CMS5000的自动化、远程化的目标,形成了与现有水质自动监测体系的完美结合。

## 4 结语

通过引进、开发与集成挥发性有机物全自动在线监控系统,综合利用气相色谱、吹扫捕集技术和数据库技术,实现挥发性有机物的宽范围、低浓度检测。该系统的引进与开发,

(下转第10088页)

吸附率达到 89.5%，因此吸附剂的最佳吸附温度为 30℃。

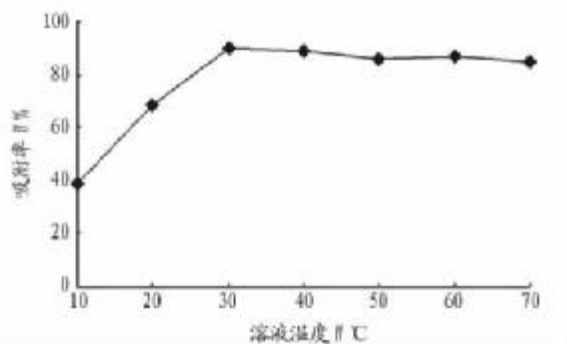


图2 溶液温度对吸附性能的影响

**2.3 溶液 pH 对吸附性能的影响** 用浓度为 18 g/L 的吸附剂,在温度为 30℃ 的条件下,对  $\text{Cd}^{2+}$  浓度为 100 mg/L 的溶液进行处理。由图 3 可知,当  $\text{pH} = 3.8$  时,吸附剂对  $\text{Ca}^{2+}$  的吸附率达 88.6%,之后没有明显的上升趋势,故认为  $\text{pH} = 3.8$  是该吸附剂的最佳吸附  $\text{pH}$ 。这与  $\text{Cd}^{2+}$  在水中的存在形态和植酸海泡石复合重金属活性基团的解离程度有关, $\text{pH} = 3.8$  时吸附剂对  $\text{Cd}^{2+}$  的解离程度增强。

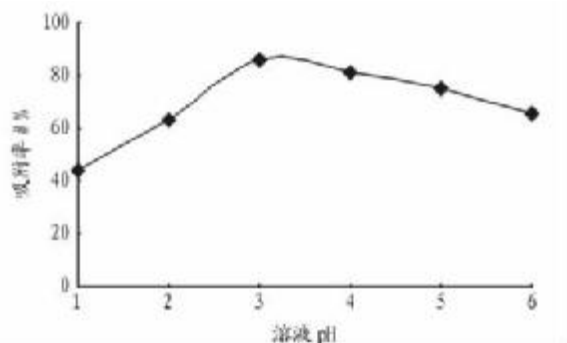


图3 溶液 pH 对吸附性能的影响

**2.4 溶液浓度对吸附性能的影响** 在温度为 30℃ 的条件下,用浓度为 18 g/L 的吸附剂处理  $\text{pH} = 3.8$  的不同浓度  $\text{Cd}^{2+}$  溶液。由图 4 可知,植酸海泡石复合重金属对  $\text{Cd}^{2+}$  的去除率随着  $\text{Cd}^{2+}$  浓度的增加而增大,而吸附率却在减小,相交  $\text{Cd}^{2+}$  浓度为 48 mg/L 时去除率和吸附率。这是因为吸附剂的用量一定时,提供的吸附位点数一定,而增大溶液  $\text{Cd}^{2+}$  的浓度会相应增加水溶液中未被吸附的  $\text{Cd}^{2+}$  浓度,从而导致吸附率减小,这说明植酸海泡石复合重金属吸附剂适合处理低浓度的含  $\text{Cd}^{2+}$  废水<sup>[4]</sup>,其最佳吸附含  $\text{Cd}^{2+}$  浓度应低于 50 mg/L。

**2.5 吸附时间对吸附平衡的影响** 在温度 30℃ 的条件下,用浓度为 18 g/L 的吸附剂处理  $\text{pH} = 3.8$ 、 $\text{Cd}^{2+}$  浓度为 48 mg/L 的溶液,考察了吸附剂的吸附平衡时间。由图 5 可知,

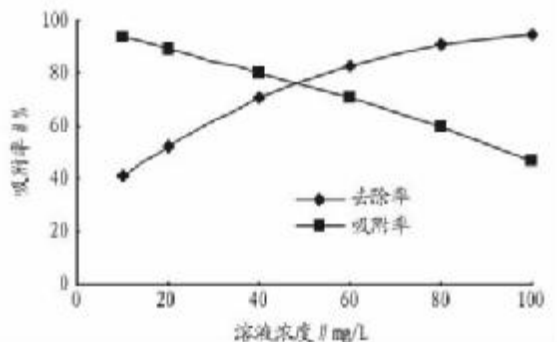


图4 溶液浓度对吸附性能的影响

植酸海泡石复合重金属吸附剂对含  $\text{Cd}^{2+}$  废水的吸附性能和吸附时间成正比,吸附时间越长其吸附量越大。但吸附 60 min 后,吸附剂对  $\text{Cd}^{2+}$  的吸附率变化不大,且趋于稳定,这说明吸附剂的最佳吸附平衡时间是 60 min。因为随着吸附时间的延长, $\text{Cd}^{2+}$  的浓度减小, $\text{Cd}^{2+}$  在植酸海泡石复合重金属吸附剂里的扩散速度减慢,随着时间的增加,吸附达到平衡,60 min 是吸附剂的最佳吸附时间。

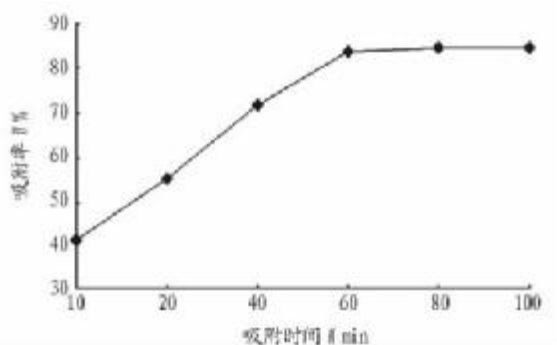


图5 吸附时间对吸附平衡的影响

### 3 结论

试验以植酸与海泡石为原料,制备出植酸海泡石复合重金属吸附剂对  $\text{Cd}^{2+}$  进行吸附,探讨植酸海泡石复合重金属吸附剂对  $\text{Cd}^{2+}$  吸附的最佳条件。结果表明,当吸附剂用量为 18 g/L,温度为 30℃, $\text{pH} = 3.8$ , $\text{Cd}^{2+}$  浓度为 48 mg/L,吸附时间 60 min 时,对  $\text{Cd}^{2+}$  的吸附效果较好。

### 参考文献

- [1] 表面处理技术委员会. 表面处理技术手册[M]. 上海:上海科技出版社, 2001:991.
- [2] 梅建庭. 离子交换纤维对水中  $\text{Cr}(\text{VI})$  的吸附与解吸[J]. 材料保护, 1996,29(11):26.
- [3] SLAVICA LAZAREVIC, IVONA JANKOVIC-CASTVAN, DUSAN JOVANOVIC, et al. Adsorption of  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  and  $\text{Sr}^{2+}$  ions onto natural and acid-activated sepiolites[J]. Applied Clay Science, 2007, 37(1/2):47-57.
- [4] 盛姣,冯贤,曾桂华. 微生物发酵米糠对  $\text{Cd}^{2+}$  的吸附研究[J]. 广州化工, 2011,20(10):75-76.

(上接第 10086 页)

可实现挥发性有机化合物在线定量分析,获得的监测数据对污染预警、控制与治理具有重要参考价值,并能拓展现有水质自动监测站的应用范围,提升黄河水质自动监测的能力和水平。

### 参考文献

- [1] 刘伟,翟崇治,余家燕,等. 自动监测地表水中挥发性有机物的应用研究[J]. 宁夏农林科技, 2012,53(10):130-132,134.
- [2] 高艳艳,汪曦,赵学珏. 气相色谱电子压力流量控制原理探讨[J]. 分析仪器, 2010(6):52-55.