

注：国家自然科学基金（No.61601037 和 No. 61901042）；北京信息科技大学促进高校内涵发展项目（2018-22, 2019-22, 2019-23, and 2019-27）；传感器国家重点实验室开放课题（SKT1902）

摘要：我国水质重金属污染问题突出，便携式水质重金属电化学检测仪具有体积小、灵敏度高、检测速度快、便于携带等特点，特别适用于水质现场快速测定。本文介绍了便携式水质重金属电化学检测仪的主要工作原理，根据电化学分析方法不同，对现有便携式水质重金属电化学检测仪进行分类，并分别对其国内外研究发展近况进行总结和概述，最后探讨并分析了便携式水质重金属电化学检测仪的发展趋势。

关键词：便携式；水质；重金属；电化学；研究进展

中图分类号：TP212.2

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2020)03-0007-07

收稿日期：2019-12-24

# 便携式水质重金属电化学检测仪的研究进展

周兴辉<sup>1,2</sup> 胡敬芳<sup>1,2,3</sup> 宋钰<sup>1,2,3</sup> 高国伟<sup>1,2</sup>

1. 北京信息科技大学 传感器北京市重点实验室，北京 100101；

2. 北京信息科技大学 现代测控技术教育部重点实验室，北京 100192；

3. 传感器国家重点实验室，中国科学院电子学研究所，北京 100190

## 一、引言

我国水质污染严重，重金属污染问题日益突出。水体常见的重金属污染离子有铅、镉、铬、砷、汞等。与其它水环境污染不同，重金属污染具有如下一些特点：

（1）强毒性，重金属离子在人体内能够和蛋白质及各种酶发生相互作用，使其失去活性，它们会在人体的某些器官内富集，造成人体急性或慢性中毒；

（2）富集性，重金属离子含量很低时就能引起环境污染，废水排放中的重金属即使浓度很小，也可在藻类和底泥中积累，被鱼和贝壳类体表吸附，通过食物链富集，达到相当高的浓度，从而造成危害；

（3）持久性，重金属离子很难被微生物分解，甚至有些重金属可能在微生物作用下转化为毒性更为强烈的物质<sup>[1-4]</sup>。

重金属污染的上述特点导致其严重污染，一旦发

生，治理就变得非常困难，危害性极大。近年来，重金属污染和中毒事件在全国范围内频频发生，引起了社会广泛关注。自2004年以来，儿童血铅超标事件不断发生，如湖南武冈、安徽安庆、陕西凤翔等水域相继出现，引起社会高度关注<sup>[5-6]</sup>；2010年7月，福建紫金矿业溃坝事件造成汀江部分水域严重的重金属铜污染<sup>[7]</sup>；2011年，云南曲靖铬污染事件造成了珠江源头南盘江附近水库六价铬超标约2000倍，当地大批牲畜死亡<sup>[8]</sup>；2012年，广西龙江河重金属镉超标事件造成大约28.1万尾鱼死亡，对附近居民的生产和生活造成了极为严重的不良后果<sup>[9]</sup>；松花江流域自70年代发生汞污染开始，经过彻底切断污染源等20多年的治理，到目前为止尚未完全消除汞污染，江水汞含量为150ng/L~380ng/L，高于背景含量，并且部分鱼体总汞含量超出了我国食品卫生标准；黄浦江江水中的平均汞含量为400ng/L，高于贵州百花湖与松花江的平

均汞含量<sup>[10]</sup>。针对水质重金属污染现状，国家分别对地表水、地下水、海洋水、生活污水等制定一系列质量标准（GB3838-2002、GB/T 14848-2017、GB3097-1997、GB18466-2005），2011年，《重金属污染综合防治“十二五”规划》得到国务院批复，重金属污染的防治已纳入国家的规划中<sup>[11]</sup>。因此，水质重金属检测对我国水资源污染防治具有重要的意义。

近年来重金属检测技术迅速发展，目前检测重金属的方法主要有紫外可见分光光度法<sup>[12]</sup>、原子吸收法<sup>[13-14]</sup>、原子荧光法<sup>[15-16]</sup>、电感耦合等离子体质谱法<sup>[17-18]</sup>和电化学分析法等<sup>[19]</sup>。虽然紫外可见分光光度法，电感耦合等离子体质谱法等灵敏度和准确度较高，但操作复杂，成本高，耗时长，检测仪器庞大等缺点难以满足现场检测需求。与这些传统的方法相比较，电化学分析法操作简单、易于便携、成本低、检测时间短，灵敏度也毫不逊色<sup>[20-21]</sup>。因此进行便携式水质重金属电化学检测仪的研究具有相当广泛的应用需求。随着我国社会经济的高速发展，城市化、工业化进程的加速，水质重金属污染的问题日益突出，水质检测工作变得越来越重要。水样的野外现场检测大多采用传统的固定位实时连续测量方法，然而在采样及分析过程中，污染物浓度会产生变化（比如水解反应、硝化反应等），对测量结果造成一定的误差，也难以应对突发事件。紫外可见分光光度法、原子吸收法、原子荧光法、电感耦合等离子体质谱法这些测定方法，虽测量结果精确，但样品要经过运输，安全和质量难以保证，并且这种基于实验室的测定方法，往往存在步骤漫长复杂，干扰因素多，工作量大，对人员技术要求偏高，无法满足现场测试的需求。因此，为了保证水样检测的准确性，对能够实现水质重金属离子高灵敏、准确且快速现场检测的电化学检测仪的研究进展进行综述就显得就十分重要，也有利于加强水环境的保护和治理，同时对解决我国水污染危机也具有重大意义<sup>[22]</sup>。

## 二、电化学分析法概述

电化学分析法是研究电与化学之间关系的方法，原理简单，灵敏度高，成本低，易于自动化，便于携带，

操作简单。通常是将待测样品构建成化学电池的一部分，通过测定溶液中电流、电位、电导等信号来确定溶液中重金属离子的含量，测量时不需要对测量信号进行转换，直接可以记录<sup>[23-24]</sup>。电化学检测由工作电极（Working Electrode, WE）、参比电极（Reference Electrode, RE）、对电极（Counter Electrode, CE）也叫辅助电极，三电极体系构成，如图1所示。三电极体系中，工作电极作为研究对象，用参比电极来确定工作电极的电位，用对电极来传导电流。

电化学分析法如图2所示。主要有伏安法、极谱法、电位和电导分析法等。目前电化学分析法应用于重金属检测主要有溶出伏安法、离子选择电极法、计时电流法。

## 三、便携式水质重金属电化学检测仪的研究进展

便携式水质重金属电化学检测仪的工作原理主要有阳极溶出伏安法、计时电流法、离子选择性电极法等，其中阳极溶出伏安法已经被美国国家环境保护局等权威机构列为标准检测方法<sup>[26]</sup>。检测仪系统主要包

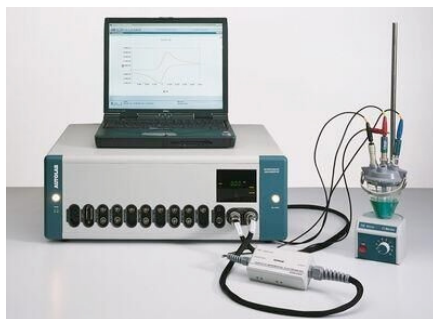


图1 电化学工作站三电极系统<sup>[25]</sup>

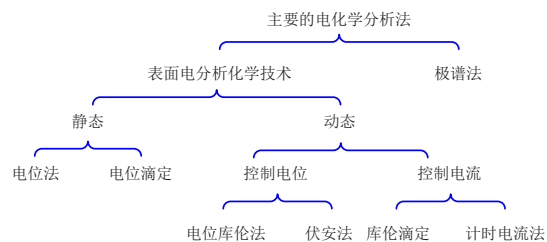


图2 电化学分析法<sup>[25]</sup>

括核心功能电路、电源和通信模块等硬件设计,以及数据传输、存储处理等模块程序设计。便携式水质重金属电化学检测仪主要应用于现场应急检测(如水环境污染事故应急监测)、实验室的重金属检测和分析,以及地表水、工业废水和饮用水等其他环境水体的监测。检测仪测量时间快、检测范围宽、精度高、操作智能、成本低、重量轻、携带方便是目前研发和改进的目标<sup>[26]</sup>。

### 1、应用电化学分析法的便携式水质重金属检测仪概述

伏安法是用电极电解被测物,根据电极电位和电解池电流来定量分析,包括循环伏安法、线性扫描伏安法和脉冲伏安法,通常以阳极溶出伏安法形式存在。阳极溶出伏安法是指在一定的电位下,使待测金属离子部分地还原成金属并富集在电极的表面,然后向电极施加反向电压,使微电极上的金属氧化而产生氧化电流,根据溶出过程的伏安曲线进行分析的电化学分析法<sup>[27]</sup>。伏安法具有灵敏度高、响应快、成本低、易于小型化、可实时在线检测等特点。

石松<sup>[28]</sup>等人为了快速测定水中重金属的含量,研究了基于电化学阳极溶出伏安法的便携式重金属检测系统的设计,系统包括带有测量水体重金属传感器的三电极单元、控制工作电极的电位实现溶液中重金属的富集和溶出,测量流过工

作电极的电流并转为电压信号的恒电位仪电路,由单片机,ADC/DAC电路,电机控制电路等构成的自动控制单元、显示和输入等部分。使用汞膜玻碳电极实现了铜、铅、镉、锌的检测,检测限分别为5ppb、2ppb、2ppb、40ppb,相对标准偏差分别为10.7%、6.3%、5.9%、7.6%,检测结果如表1所示。

离子选择电极法<sup>[29]</sup>是选用带有敏感膜的、能对离子或分子态物质有选择性响应的电极,通过测量电极电位来测定离子活度的方法。离子选择性电极是种直接的非破坏性的分析方法,不受溶液色度和浊度影响,所需设备简单,操作方便,仪器和电极均可携带,适合现场测定,电极输出为电信号,不需转换可直接放大测量和记录,易于实现自动、连续测量及控制<sup>[30]</sup>。

门洪<sup>[31]</sup>等利用LabVIEW软件,采用全固态离子选择电极,研制出了一套监控废水中重金属含量的分析系统,可实现水体重金属Pb、Cu和Cd三种重金属元素同时检测,该系统成本低、检测速率高、原位自动检测、便于携带且不需经过复杂的预处理。系统主要由重金属传感器、温度传感器、信号调理电路、USB数据采集卡和PC机组成,如图3所示。由于离子选择性电极响应信号与溶液温度具有相关性,从电极输出过来的电压需经过温度传感器调理电路,因此系统建立了3个电极的温度补偿模型,每次使用前对传感器进行标定,将标定曲线存入软件系统。系统采用IUSBDAQ-U120816型USB数据采集卡,由USB口供电,无需外配电源,接线简单,易携带,易开发。Cd、Cu、Pb电极测量的最大误差分别为4.14%、3.85%和3.46%。

魏光华<sup>[32]</sup>等人基于STM32F373V8设计了由实现信号采集和处理等功能的主控制模块、通过LCD12864液晶显示和键盘实现用户按键扫描和信息显示的人机交互模块、用于存储监测信息和连续记录电位响应曲线等功能的SD卡存储模块、采用LTC2414进行模数交换和

表1 基于阳极溶出法的重金属检测结果<sup>[28]</sup>

元素	峰位范围 (mV)	有效区间 (ppb)	检出限 (ppb)	相对标注偏差 (%)
Cu	-100±50	8 ~ 900	5	10.7
Pb	-400±50	5 ~ 500	2	6.3
Cd	-600±50	3 ~ 500	2	5.9
Zn	-1000±50	70 ~ 6000	40	7.6

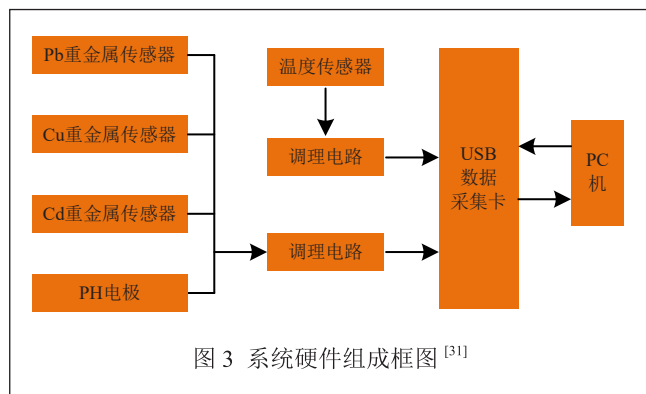


图3 系统硬件组成框图<sup>[31]</sup>

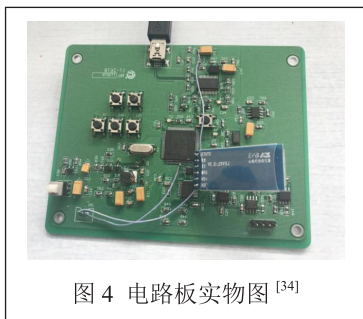


图4 电路板实物图<sup>[34]</sup>

LTC6078 进行滤波处理的离子电极信号采集模块、电源模块等组成的重金属离子测量系统，采用电化学离子选择性电极法针对 Ag、

Cd、Pb、Cu 离子进行测量，线性度均大于 0.99，线性关系良好。

计时电流法是向电化学体系的工作电极施加单电位阶跃或双电位阶跃后，测量电流响应与时间的函数关系，然后定量计算出溶液中离子浓度。仪器电路简单，对元件性能要求低、操作简便、重复性好、测量范围广，可与其他方法联用<sup>[33]</sup>。

在检测各种重金属离子的过程中，由于裸露工作电极对较低浓度的重金属离子待测溶液响应不灵敏，选择合适的修饰材料对电极表面进行改性设计，可以

拥有选择性和增强富集，进而提高重金属离子的灵敏度和检出限。李玥琪<sup>[34]</sup>等人采用电化学方法还原氧化石墨烯，构建石墨烯纳米材料修饰电极，设计出新型便携式水质重金属 Cr(VI) 检测系统，系统硬件电路设计包括电源电路、时钟和复位电路、恒电位仪电路、串行通信、蓝牙模块等设计（图4为实物图），软件设计包括下位机软件设计（图5）、人机交互 App 设计，图6为 App 运行流程图，采用计时电流法对系统进行测试，结果表明，电流响应值与 Cr(VI) 浓度呈现线性相关，线性范围为 5 $\mu$ g/L~2000 $\mu$ g/L。

## 2、便携式水质重金属电化学检测仪发展趋势

随着科技的不断进步和实现现场实时监测的需求，分析仪器不断地向自动化和微型化方向发展。微流控器件因具有取样少，操作简单，携带方便等优点得到高度关注，并获得了快速发展<sup>[35-36]</sup>。纸基微流器件具有制作工艺简单，成本低廉等优点而受到青睐，被应用到各个领域物质的分离、定量和定性分析当中。

Mariana<sup>[37]</sup>等人提出一种环保型纸上重金属电化

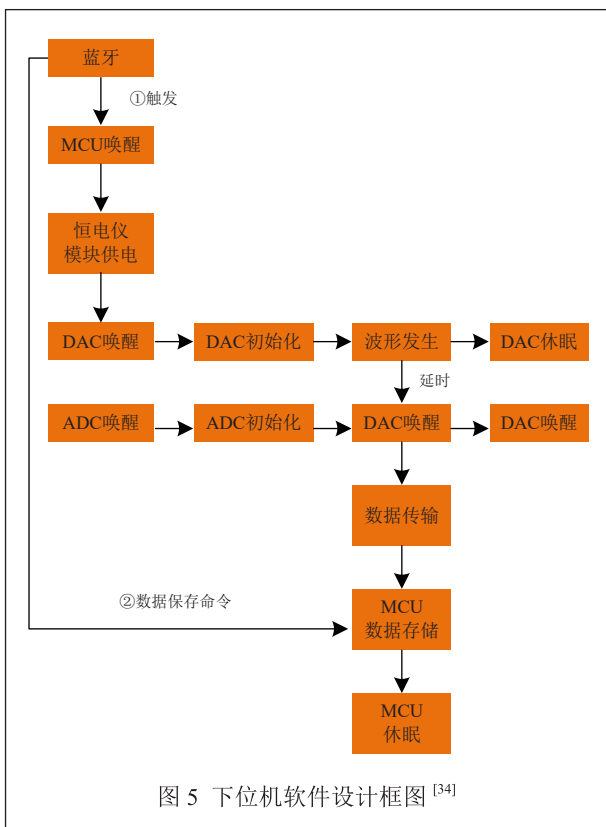


图5 下位机软件设计框图<sup>[34]</sup>

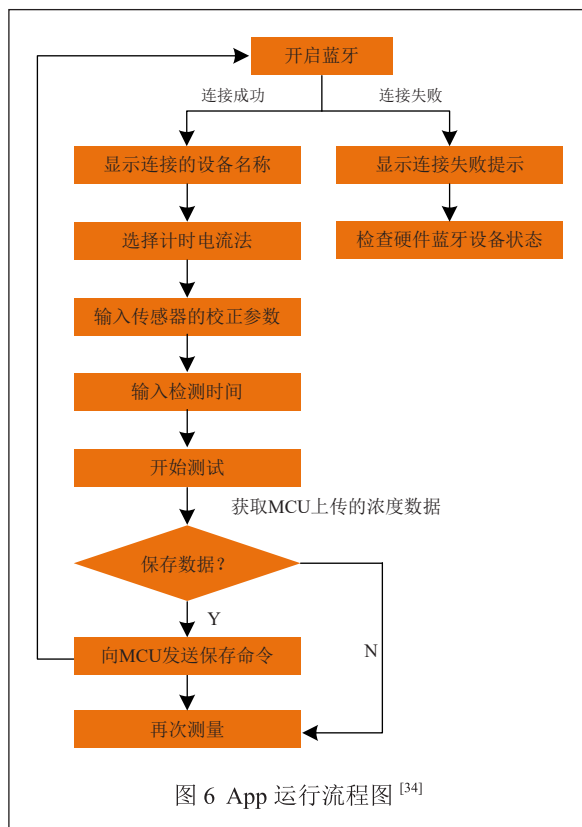


图6 App 运行流程图<sup>[34]</sup>

学检测实验室, 如图 7 所示。以滤纸为载体材料, 用石墨墨水打印工作电极和对电极, 用银 / 氯化银墨水打印参比电极。将蜡打印在纸上并加热, 融化后形成疏水屏障。将集成的三电极与恒电仪电气连

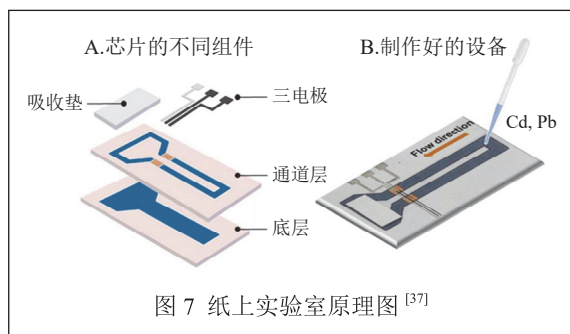


图 7 纸上实验室原理图<sup>[37]</sup>

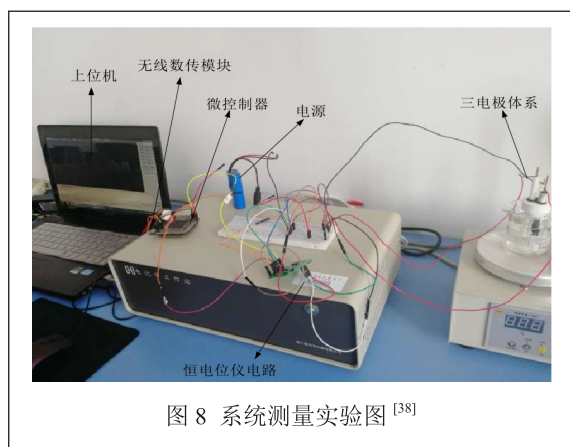


图 8 系统测量实验图<sup>[38]</sup>

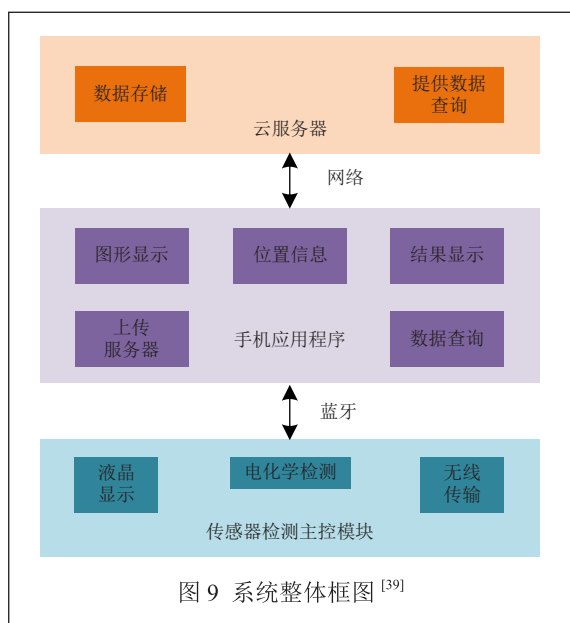


图 9 系统整体框图<sup>[39]</sup>

接, 采用方波伏安法测定重金属含量。在线性范围为 5ppb~100ppb, 重金属铅和镉检出限分别为 7ppb、11ppb。

水质监测的地域范围广而且地点分散, 监测受环境影响因素大, 有线通讯网络虽然很成熟, 并且稳定性好, 但针对水质监测的地域往往环境恶劣, 不适用于建立有线网络, 随着科学技术的进步, 通讯技术的发展, 无线传输技术应用于社会的各行各业。

赵俊明<sup>[38]</sup>等人应用不同形貌的 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 纳米材料制作电化学传感器, 采用阳极溶出伏安法对水体重金属 Pb(II)、Hg(II)、Cu(II) 和 Cd(II) 四种重金属离子进行测试, 实验表明, g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 电化学传感器对重金属离子检测有很好的稳定性和灵敏度, 最后基于 STM32 设计出一套微型实时的无线微型电化学测量系统 (MSDV), 通过用上海辰华电化学工作站 CHI660E (CDV) 与 MSDV 分别对 Pb<sup>2+</sup> 进行测试并比较结果, 如图 8 所示, CHI660E 测得的峰值电流为 6.65 $\mu$ A, MSDV 系统测得的峰值电流为 5.64 $\mu$ A, 两者的峰值电位基本相接近, 峰值电流的相对误差小于 6.82%。在 1 $\mu$ mol/L~10 $\mu$ mol/L 浓度范围内呈现很好的线性关系, 相关系数高达 0.998。

随着微电子技术、计算机技术、App 技术等的发展, 水质重金属检测仪通过电化学分析技术与其它软硬件平台结合, 逐步走向自动化、智能化、网络化, 同时检测重金属污染物的有效性、及时性、准确性等也得到提高。

谢虎成<sup>[39]</sup>等人利用 Android 智能手机和互联网的优势, 研制出一小型化便携式重金属离子检测系统, 实现了检测设备与手机的无线连接, 手机与云服务器的无线连接, 如图 9 所示。传感器检测系统主要控制信号驱动和数据的传输, 当接收到手机 App 发送的命令后, MCU 将数字电压转为模拟电压, 经过恒电位电路转换后加在参比电极和工作电极之间, 两极之间产生响应电流, 通过 I/V 转换为电压, AD7790 采集电压信号, 再 I/V 转换为电流信号, 最后通过无线发送到手机进行数据分析处理。采用阳极溶出伏安法对铜离子 (Cu<sup>2+</sup>) 进行检测, 在浓度为 0-1000 $\mu$ g/L 内, 线性度为 0.985, 灵敏度为 4.064 $\mu$ A/( $\mu$ g/L)。

## 四、总结与展望

水质重金属检测仪在环境保护领域具有重要的应用价值, 基于传统检测方法的重金属检测仪, 存在着检测周期、操作复杂、成本较高、仪器庞大等局限性, 针对目前现场环境检测突发性、不可预测性的特点和自动化、实时在线式监测需求, 基于电化学方法的便携式重金属检测仪由于检测时间短、对操作人员专业性要求不高、低成本、仪器装置微型化等特点得到广泛关注。通过电子信息技术、无线技术、纳米技术等其它技术与电化学检测方法的结合, 重金属检测仪正朝着微型化、自动化、智能化、网络化等方向快速发展, 使得仪器更加易于携带、操作, 灵敏度更高、稳定性更好、成本更低。未来的水质重金属电化学检测仪存在着更多的机遇, 更大的挑战, 将从以下几点继续发展:

- 1、针对水质重金属含量低、易蓄积特点, 探索并设计合成新型敏感材料, 电化学敏感电极更加突出超灵敏、超痕量等性能指标;
- 2、与嵌入式、Android 等平台更好的集成化, 利用计算机语言连接软硬件, 实现更好的人机交互。通过无线传输等技术, 实现远距离的智能化实时监控;
- 3、改进和开发新的先进算法, 来完善数据的采集和处理, 提高仪器的检测精度。

## 参考文献

[1] 钟良考. 农产品产地土壤重金属污染形势及检测技术浅析[J]. 南方农业, 2017, 11(13): 62-64.

[2] 时圣刚. 重金属对环境与人体健康影响浅议[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(14): 6425-6426.

[3] World Health Organization. Exposure to cadmium: a major public health concern[J]. Preventing Disease Through Healthy Environments, 2010: 3-6.

[4] Fu F, Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review[J]. Journal of environmental management, 2011, 92(3): 407-418.

[5] 吕玉桦. 我国儿童血铅水平现状及对策研究[D]. 衡阳: 南华大学, 2014.

[6] 王玲芬, 谢明. 对多起铅污染中毒事件处理的体会与思考[D]. , 2011.

[7] 刘伟龙. 论我国环境应急管理的问题和对策[D]. 兰州大学, 2011.

[8] 本刊编辑部, 柳斌. 聚焦铬渣污染事件 关注环境保护事业[J]. 表面工程资讯, 2011, 11(5):1-6.

[9] 陈聚, 万一涓. 龙江河镉污染引发的思考——基于镉污染文献研究的视角[D]. , 2012.

[10] 许妍, 陈永青. 我国环境汞污染现状及其对健康的危害[J]. 职业与健康, 2012(07):117-119.

[11] 吴舜泽, 孙宁, 卢然, 等. 重金属污染综合防治实施进展与经验分析[J]. 中国环境管理, 2015, 1: 25-32.

[12] 卢新生, 张海玲, 苟如虎, et al. 紫外可见分光光度法同时测定水中铬(VI)和锰(VII)的含量[J]. 安徽农业科学, 2011(10期):6025-6026.

[13] Koike Y, Hagiwara K, Nakamura T. Enhancement of the atomic absorbance of Cr, Zn, Cd, and Pb in metal furnace atomic absorption spectrometry using absorption tubes[J]. Analytical chemistry research, 2017, 11: 9-12.

[14] Lindon J C, Tranter G E, Koppelaar D. Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry[M]. Academic Press, 2016.

[15] Hill S J, Fisher A S. Atomic Fluorescence, Methods and Instrumentation[J]. 2017.

[16] Zhang J, Fang J, Duan X. Determination of cadmium in water samples by fast pyrolysis-chemical vapor generation atomic fluorescence spectrometry[J]. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 2016, 122: 52-55.

[17] Gumpu M B, Sethuraman S, Krishnan U M, et al. A review on detection of heavy metal ions in water—an electrochemical approach[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2015, 213: 515-533.

[18] 郭力凡, 曾周祥. 废水中重金属的检测方法探究[J]. 化工设计通讯, 2017, 43(2): 172-172.

[19] 赖文婷, 郭丽仪. 食品中重金属铅、镉的电化学检测方法的研究进展[J]. 现代食品, 2017(5): 31-33.

[20] 翁芝莹, 柴春彦. 饮用水中痕量重金属传感器技术检测研究进展[J]. 中国公共卫生, 2011, 27(2): 146-148.

[21] 胡忠全, 俞宵丽. 水环境中重金属元素检测系统的智能化设计[J]. 科研, 2015(04): 00179-00180.

[22] 蔡芦子戔, 郜洪文. 便携式多参数水质分析仪现状分析[J]. 分析仪器, 2018, No.219(04):97-104.

[23] Roushani M, Valipour A, Saedi Z. Electroanalytical sensing of Cd<sup>2+</sup> based on metal-organic framework modified carbon paste electrode[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2016, 233: 419-425.

[24] Dai H, Wang N, Wang D, et al. An electrochemical sensor based on phytic acid functionalized polypyrrole/graphene oxide nanocomposites for simultaneous determination of Cd(II) and Pb(II)[J]. Chemical Engineering Journal, 2016, 299: 150-155.

[25] 姜如愿. 基于碳纳米复合材料的电化学传感器制备及其

- 对水中重金属离子的检测 [D]. 新疆大学, 2018.
- [26] 刘鹏, 邬杨波, 孟维强, 陈庚, 郭智勇. 基于快速伏安法电化学检测仪设计与实现 [J]. 高技术通讯, 2019, 29(02): 195-201.
- [27] 方禹之, 金利通. 阳极溶出伏安法测定光谱纯硒中痕量的铜 [J]. 上海师范大学学报 (自然科学版), 1978(01): 39-42.
- [28] 石松, 包新月, 刘升. 便携式水体重金属分析仪器设计研究 [J]. 仪表技术与传感器, 2017(09): 47-51.
- [29] 张鉴清. 电化学测试技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [30] 刘丹, 王晓洲. 离子选择性电极及其发展趋势 [J]. 四川文理学院学报, 2009, 19(02): 20-22.
- [31] 门洪, 孙佰顺, 何向国, 靳继勇, 张海平. 基于 LabVIEW 的重金属离子选择电极分析系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2014(05): 29-31+34.
- [32] 魏光华, 赵学亮, 李康, 等. 基于 STM32 的重金属离子测量仪器的设计与试验 [J]. 传感技术学报, 2017 (12): 8.
- [33] 陈旭海, 陈敬华, 潘海波, 李玉榕, 杜民, 林新华. 改进计时电流法的数学模型和电路实现 [J]. 物理化学学报, 2010, 26(11): 2920-2926.
- [34] 李玥琪. 基于石墨烯纳米材料的便携式水质重金属 Cr(VI) 检测系统研究 [D]. 北京信息科技大学, 2018.
- [35] Medina-Sánchez M, Cadevall M, Ros J, et al. Eco-friendly electrochemical lab-on-paper for heavy metal detection[J]. Analytical and bioanalytical chemistry, 2015, 407(28): 8445-8449.
- [36] 李红卫, 苑伟政, 叶芳. 基于电渗流的微流控混和芯片系统级建模技术研究 [J]. 传感技术学报, 2006(05): 1983-1987.
- [37] 陈兴, 崔大付, 刘长春, 李辉. 用于血样前处理的 BioMEMS 微流控芯片 [J]. 传感技术学报, 2006(05): 1991-1995.
- [38] 赵俊明. 新型重金属离子检测的电化学传感器及微型测量系统研究 [D]. 中北大学, 2019.
- [39] 谢虎成, 李洋, 高成耀, 佟建华, 边超, 夏善红. 基于无线网络的便携式水质重金属检测系统的研究 [J]. 仪表技术与传感器, 2018(12): 54-57+62.

### Research Progress of Portable Electrochemical Detector for Heavy Metals in Water Quality

ZHOU Xing-hui<sup>1,2,3</sup>, HU Jing-fang<sup>1,2,3</sup>, SONG Yu<sup>1,2,3</sup>, GAO Guo-wei<sup>1,2</sup>

(1. Beijing Sensor Key Laboratory, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100101, China;  
2. Key Laboratory of Modern Measurement and Control Technology of Ministry of Education, Beijing Information

Science & Technology University, Beijing 100192, China;  
3. State Key Laboratories of Transducer Technology, Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** The problem of heavy metal pollution in water quality in China is prominent. The portable electrochemical detector of heavy metal in water quality has the characteristics of small size, high sensitivity, fast detection speed and easy to carry. It is especially suitable for rapid determination of water quality on-site. This paper introduces the main working principles of portable water quality heavy metal electrochemical detectors. According to different electrochemical analysis methods, the existing portable water quality heavy metal electrochemical detectors are classified, and their recent domestic and foreign research and development are summarized and summarized. The development trend of portable water quality heavy metal electrochemical detector is discussed and analyzed.

**Key words:** portable; water quality; heavy metal; electrochemistry; research progress

### 作者简介

周兴辉, 北京信息科技大学自动化学院, 研究生, 研究方向为新型传感器及系统。

通信地址: 北京北四环中路 35 号

邮编: 100101

邮箱: 2273636817@qq.com

胡敬芳, 北京信息科技大学传感器重点实验室, 助理研究员, 研究方向为新型传感器及系统。

宋钰, 北京信息科技大学传感器重点实验室, 助理研究员, 研究方向为新型传感器及系统。

高国伟, 北京信息科技大学传感器重点实验室, 研究员, 研究方向为新型传感器及系统。