

Application of Rapid Detection Technology in Water Quality Supervision

Xiaojing Li, Xiaojie Wang, Shuang Wang, Qiuhua Shen

Naval Logistics Academy, Tianjin
Email: xjingli@126.com

Received: Apr. 29th, 2019; accepted: May 14th, 2019; published: May 21st, 2019

Abstract

Research and establishment of rapid detection technology are of great significance to water supply safety and safety risk control. The advantages of the rapid detection method compared with the national method were introduced in this paper. The progresses of rapid detection techniques in the analysis of ammonia nitrogen, organic pollutants, heavy metals and microorganisms were reviewed and also the developments of rapid detection technology were prospected in this paper.

Keywords

Water Quality Supervision, Rapid Detection, Ammonia Nitrogen, Organic Pollutants, Heavy Metals, Microorganisms

快速检测技术在水质监督中的应用

李晓静, 王晓杰, 王 爽, 申秋华

海军勤务学院, 天津
Email: xjingli@126.com

收稿日期: 2019年4月29日; 录用日期: 2019年5月14日; 发布日期: 2019年5月21日

摘 要

研究和建立快速检测技术对供水安全和安全风险控制有着重要的意义。文章从快速检测法与国标法相比存在的优势以及快速检测技术在分析氨氮、有机污染物、重金属和微生物方面的应用进展进行了简要的综述, 并对快速检测技术的发展进行了展望。

关键词

水质监督, 快速检测, 氨氮, 有机污染物, 重金属, 微生物

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现阶段, 水质污染问题已成为全世界水资源保护的难题。在我国经济快速发展的同时也伴随着水体污染越发严峻, 已经到了刻不容缓的地步。水资源的水质状态影响着诸多行业的发展, 因此水质检测的重要性也越来越受到重视。由于饮用水水质直接关系到国民健康及生命安全, 在建设部、卫生部及国家标准委员会的共同参与下, 新的饮用水水质标准在原有标准的基础上增添了多项检测指标。国家的战略倾向以及政府和民众对环保和饮食安全重视程度的提高, 促使了水质快速检测技术在检测方法、仪器、设备等方面快速发展。本文就快速检测技术在水质检测中的应用做简要概述。

2. 快速检测法与国标法的对比分析[1]

国家标准检验方法(简称国标法)是国家标准化管理委员会以产品性能与质量方面的检测和试验方法为对象而制定的标准, 包括了操作和精度要求等方面的统一规定。快速检测是指在包括检测前期样品制备、预处理等实验在内, 检测人员可以在很短的时间里对样品进行分析判断。国标法在结果的可靠性方面优于快速检测法。科技水平的不断提高为快速检测法提供了更多支持, 使其精度不断提高, 再加上其方法简便、测样快速、仪器便携等优势使得快速检测技术显示出了广阔的市场前景。

2.1. 操作简单, 对人员技术要求不高

快速检测法与国标法相比, 实验设备简单、使用试剂较少, 操作步骤相对简化, 对操作人员的技术要求相对不高。快速检测法是指快速的使用可利用的仪器对水质进行定性分析或者定量分析。该方法最大的特点就是操作简单、结果可靠, 检测成本较低, 这对于一些落后地区的水质检测技术人员来说是巨大的福利。由于该检测手段易于操作, 即使不具备过硬的专业技能, 也能为急需检测水质的部门提供良好的技术检测支持, 快速准确的判断水质状况。

2.2. 测样快速, 可及时反应水质状态

由于快速检测技术能够在很短的时间内即可获得相对准确的检测数据, 一旦水质出现污染情况, 便可在短时间内获得检测数据, 从而制定相对科学的措施来控制水污染扩散。王忠东[2]等人利用快速检测法和国标法比较测定饮用水中细菌总数和大肠杆菌数, 其中大肠杆菌数分别用多管发酵法(国标法)和滤膜法(快速测定法)测定。多管发酵法整个试验流程需要 48 h, 而滤膜法只需要 24 h。结果显示检出饮用水的大肠杆菌合格率分别为 60.5%和 59.8%, 两者差异无统计学意义, 属于可靠的检测技术和方法。

2.3. 仪器便携, 可用于现场检测

实现现场快速检测的仪器最大的特点就在于其小巧质轻、携带方便。早期快速检测技术凭借快速、实时等优点主要在突发事故或者需要现场检测等场景被应用。通过快速检测可以在一定程度上避免人为

破坏和二次干扰的影响。当然,快速检测手段也经历了不断发展的历程。最初采用类似于试剂盒或者试纸等作为检测工具,随后又增加了一些辅助工具并制作成快速检测箱,随后在检测箱的基础上又借助一些读数仪等辅助仪器形成快速检测仪器。截止到目前,已经制成快速检测车并应用于水质检测了。与此同时快速检测的产品也得到了极大地发展,当前国内外已有各种针对水质现场快速检测的仪器和试剂。在这当中准确度最高、获取数据速度最快的当属美国的哈希系列产品,但是这种试剂价格非常昂贵,因此推广程度并不高。

3. 快速检测法在水质监督中的应用

3.1. 氨氮及有机污染物

水中的氨氮主要指的是 NH_4^+ 或者未与水发生反应的 NH_3 , 水质的污染程度与氨氮的含量息息相关。目前相对成熟的检测水中氨氮含量的方法主要有色谱法、电化学分析法、光谱法等等。于立婷[3]等通过采用几种不同的快速检测方法检测水样中的氨氮含量,并从准确性、经济性、便携性等方面来评价这几种检测方法的优劣。通过对比发现:哈希法不仅测试精度高而且比较稳定,但是检测成本太高限制了它的普及应用;国产电子比色器法的检测精度不高,但是它测试的结果的变化趋势和国标法吻合,因此可以用来做水样的初步筛选;光度计法具备检测精度较高、便携、经济等优点,因此可以代替哈希法使用,且具有较好的推广效果。使用哈希法对氨氮含量进行检测是也有一些限制条件,比如需要在检测过程中添加掩蔽剂(若只是测量硝态氮的含量,则无需加入掩蔽剂)。与纳氏试剂比色法相比,使用水杨酸分光光度法具有环境友好的特性,而且具备低检出限的优点。吴丹等[4]针对水杨酸分光光度法进行改进,开发出一种固体粉末试剂包,将该固体粉末试剂包和 10 mL 水样混匀,10 min 就能显色稳定,并利用波长为 690~700 nm 的便携式比色计比色检测得到现场水质的氨氮含量,该试剂在避光条件下贮藏,有效保质期可以达到 3 年以上。该法快速检测氨氮含量,操作简便,反应时间为国标的 1/6,结果同国标一致。军事医学科学院马新华[5]等建立的酚盐比色法测氨氮,简便快速实用,利用民用 GSM 无线网络,运用仪器内置的数据无线发送的 GPRS 模块,在有手机网络信号覆盖的地方,均可在野外现场将氨氮检测结果进行远程无线传输、实时发布,使数据共享高效而便捷,对环境水质氨氮污染起到预警作用。增添了这种技术的应用情景,令野外水质检测多了一种实用的快速检测的方法以及检测数据共享的新方案。

有机物污染也是造成我国水质污染的重要因素,通过对目前已经污染的众多河流进行 COD 含量检测发现,约 58.5% 的河流中的 COD 年平均含量已经超过 6%,也就意味着接近 60% 的河流都达不到 3 级水质的标准了。次数据间接说明了有机物污染对我国河流的污染已经达到非常严重的地步。根据美国相关研究资料显示,当前世界各种水体中的有机物高达 2221 种,其中有 11 种被认为或者被怀疑为致癌物。现阶段相对成熟的检测有机污染物含量的方法主要有分光光度法、气相(或液相)色谱-质谱联用法、生物传感器测定法、红外光谱法等。宋奇侠[6]用丝网印刷技术在色谱层析滤纸上制备了一种能快速检测水中污染物的纸质微流控 SERS 芯片。由于该芯片制备过程简单,制备的速度很快,可以用于批量制备成本低廉的微流控芯片。这种芯片借助便携式拉曼光谱仪,可以实现快速、高效的检测水中有机污染物。为了开发出一个能够快速高效、实时精确的检测水中有机污染物的检测仪器,朱俊如[7]使用光电二极管管作为分光光度计的光源,并将该光度计进行微型化分光,以硝基苯、阴离子表面活性剂和甲醛等有机物作为研究对象,将这三种有机物加入水中,通过上述分光光度计进行测量并得到相应的检测结果,为现场有效的检测水质提供可靠的依据。针对水中具有荧光性的有机物,则可以通过三维荧光光谱技术来实现对这类污染物的快速、准确的检测。马挺[8]借助 PARAFAC 算法,并结合使用三维荧光分光光度计对水体溶解性有机污染物进行实时测量并观察其变化情况。该技术为饮用水水源突发污染事故的监测等方面的应用提供了参考,对于三维荧光光谱技术在城市供水安全的保障和饮用水水源的保护方面的进一步应用具有借鉴意义。

3.2. 重金属

目前已经发现的重金属大约有 45 种。所谓重金属通常指的是比重不小于 5 的金属,例如铜、铁、铅、汞等。在自然界中,一般不存在重金属单质,所以重金属污染更多的还是指重金属化合物对环境的污染。重金属污染最大的危害就是通过食物链不断在生物体逐步富集,食物链越高级,重金属富集量就越多。所以,重金属对环境的污染最终危害的还是人类的健康。为此众多研究人员积极的参与到对重金属检测手段的开发中。虽然诸如原子吸收光谱和原子荧光光谱等检测重金属的传统方法在一定程度上能够检测出重金属的含量,但这些方法除了检测过程繁琐之外,还存在很多其他的缺陷,比如干扰严重、操作复杂,不能同时测定多种元素,也不能检测超微量元素,且分析周期比较长,不能实现快速测定。本世纪已经出现了大量的重金属中毒的恶劣事件,为此应当尽快的制定有效的应急预案。应急预案不仅要包含针对污染物所做出的应急措施,还需要快速的做到对污染物的检测。已开发出来的快速检测重金属污染物的方法主要有微生物检测法、酶抑制分析法、化学显色法、免疫分析法等方法。王娜娜[9]为了得到快速检测出重金属的方法,在分光光度法检测手段的基础上,开发了能够快速检测水中重金属铜、铬和镍等重金属离子污染物的检测试剂盒,并实现了对突发水污染的快速检测。而激光诱导击穿光谱(LIBS)检测方法突破了近年来只能检测一种污染元素的快速检测方法,操作相对简单,破坏性可实现对元素进行定量分析或定性分析。

就分析对象而言,LIBS 技术可运用范围非常广泛。LIBS 技术对样品的形态限制小,可对钢铁、矿石、土壤等固态样品进行物质成分分析,也可以用于液相、气相等样品的成分分析。胡慧琴[10]等运用 LIBS 技术对水溶液的镉元素进行定量分析,实验是在不同浓度的含镉水溶液条件下进行的,研究表明 LIBS 技术对水中镉元素进行实时、在线检测是可行的,但检测灵敏度还有待进一步提高。梁群珍[11]等采用 ICP-MS 法可以同时测定饮用水中 19 种金属元素,该测定方法简单易操作,精确度较高,结果可靠,非常适用于生活饮用水中金属含量的检测。同时该法也适用于医院透析水和地表水中金属含量的检测。目前重金属的检测方法发展十分迅速,也提高了重金属快速检测与筛查的效果,但是还存在进步的空间。

3.3. 微生物

微生物的生存环境离不开水,无论是地表水还是地下水,都存在微生物的身影。当水体中富含有机物时,水中的微生物获得养分,微生物的数量也将剧增。因此生活饮用水水质检测的一个重要指标就是水中菌落总数,通过它可以反映水被细菌污染的程度。

菌落总数检验通常采用的是琼脂平板计数法,这种方法工作量大、费时费力,不利于水质的即时监测。研究和建立水中微生物快速检测方法对水质安全风险控制和监管也就越来越重要。当前通过酶底物法、免疫分析法、荧光法等方法,国内外的研究人员确实可以缩短检测时间,简化检测流程,实现微生物的快速检测,但是这种方法灵敏度和选择性较差。由于细菌的三磷酸腺苷(ATP)量随着细菌数的增多而增加,所以可以借助 ATP 发光微生物快速检测法即可快速准确的计算出水中微生物的数量。该方法是 HACCP 体系检测是否存在微生物污染的非常有效检测手段。廖如燕[12]等通过 ATP 荧光检测法与国标法对比分析显示两者有一定的相关性,可用于水质监测的快速检测,为水质快速检测提供科学依据。传统的 ATP 生物发光法测定的是总的 ATP(未扣除胞外 ATP)。为了样品菌落总数达到有效检测范围,需要同时利用适当的富集技术。近年来, Hammes 等利用试剂盒方法优化了该技术,大幅降低其检测限,并将活菌 ATP 和胞外 ATP 进行了区分,同时采用此方法对环境样品(地表水、地下水、不加氯的给水厂出水及管网水、瓶装水和污水处理厂出水等)中活菌生物量进行了检测,提供了很好的快速活菌检测方法[13]。王惠荣等[13]在对 ATP 生物发光法进行改进之后,将其运用于快速检测饮用水中的微生物数量。通过检测结果发现,该方法易操

作、数据结果精确,可以快速的得到结果,如果配合其他检测水中微生物的方法一起使用,一定程度上可以实现对水质的实时监测。刘亚军[14]运用碳纳米管和磁性纳米颗粒等纳米材料制备了生物传感器,并将将生物功能化的磁性纳米颗粒(BMNps)和 ATP 生物发光法相结合发展了一种灵敏特异性的大肠杆菌快速检测方法,而且对检测的下限降低了,检测时间也缩短到了 1 小时之内。聂晓冬[15]研发了一种发光菌试纸,来监测环境污染物对水生生物的毒性,解决了采用大型测试生物存在的检测周期长、测试成本高等缺点。基于 ATP 生物发光原理,刘军涛等[16]研制了 K2010 型水质细菌总数快速检测仪,结合自行研制的细菌裂解试剂和生物发光试剂,在对水样进行处理后,可以实现对自然水环境中细菌总数的快速检测。

4. 展望

水质检测涉及多种水质指标,为获得多参数高通量的研究结果,需要研究人员利用多学科知识的现代高新技术最新成果,寻找灵敏度更高、特异性更强、速度更快的检测方法。快速检测作为一种新型的分析技术具有很强的生命力和发展前景,目前该技术正朝着小型化、自动化、智能化的方向发展。

基金项目

大学科研自主立项资助项目(425517k209)。

参考文献

- [1] 王爽,李晓静,申秋华. 军港水质快速检测法的应用前景浅析[C]//全国快速检测技术研究与应用交流会. 第 4 届全国快速检测技术研究与应用交流会论文集: 2018 年卷. 北京: 中国分析仪器与检测技术培训中心, 2018: 26-29.
- [2] 王忠东,于建焕. 水质的国际检测方法快速检测方法的优缺点比较[J]. 临床医药文献杂志, 2015, 2(19): 4045.
- [3] 于立婷,赵振华,陶海强. 几种水质现场快速检测方法的比较与优化[J]. 安全与环境工程, 2013, 20(3): 73-76.
- [4] 吴丹,周素锐,刘英. 水中氨氮的快速检测方法[J]. 分析实验室, 2015, 34(4): 429-432.
- [5] 马新华,裘著革,李晓丽. 水中氨氮现场快速检测与结果远程无线传输解放军预防医学杂志[J]. 2013, 31(2): 131-133.
- [6] 宋奇侠. 应用于现场快速检测水中污染物的新材料研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东理工大学化学与分子工程学院, 2012.
- [7] 竹俊如. 水体中有机污染物的快速检测方法和仪器的研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学理工学院化学系, 2008.
- [8] 马挺. 水和污水处理过程中荧光性有机物的变化[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江工业大学建筑工程学院, 2015.
- [9] 王娜娜. 水中重金属的快速判别与铜铬镍快速检测方法研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 2014.
- [10] 胡慧琴,姚明印,涂建平,等. 水中重金属元素镉的激光诱导击穿光谱快速检测研究[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(2): 359-362.
- [11] 梁群珍,李元尊,王生,等. 饮用水中 19 种金属元素快速检测方法的建立[J]. 广东微量元素科学, 2014, 21(8): 23-28.
- [12] 廖如燕,陈胤瑜,华志涛,等. ATP 生物荧光检测法快速检测水细菌污染的评价[J]. 旅行医学科学, 2011, 17(2): 5-11.
- [13] 王惠荣,池勇志,辛丽花. ATP 生物发光法在饮用水和再生水活菌生物量快速检测中的应用[J]. 给水排水, 2016, 24(4): 27-33.
- [14] 刘亚军. 水体中大肠杆菌快速检测方法和仪器的研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学理工学院化学系, 2009.
- [15] 聂晓冬. 用于水质生物毒性检测的新型发光菌试纸的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 上海: 复旦大学环境科学与工程系, 2013.
- [16] 刘军涛,罗金平,高嘉乐. 一种新型水质细菌总数快速检测仪的研制[J]. 光电子·激光, 2014, 25(4): 664-668.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8844，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjcet@hanspub.org