

游泳池水质监测与净化的自控技术应用

熊坚^{1,2}, 冯婉吉², 张高洁²

(1. 浙江大学教育学院, 浙江 杭州 310058; 2. 海口经济学院, 海南 海口 571127)

摘要:参照国家标准《公共场所卫生指标及限值要求》(GB 37488—2019), 在游泳池布设6个采样点, 采用计算机远程实时在线监测游泳池水 pH 值、游离余氯、细菌总数、大肠菌群、尿素、浑浊度、温度等指标, 用自动调控装置进行水质净化处理, 并将该自控技术和人工检测与净化手段作比对。结果表明: 计算机远程在线监测能实时了解水质状况, 远程集中管理节约人力成本; 游泳池水质参数指标超出安全值时, 自控装置会自动预警和报警并自动施药和注水, 施药精准度较高, 安全性能较好; 游泳池水质随着温度和人数变化具有较大的差异性, 采用人工手段和自控技术监测与净化相结合的方式管理游泳池, 安全系数更高。

关键词: 自控技术; 水质检测; 水质净化; 智能化水质处理; 游泳池

中图分类号: TP29; X832 文献标志码: B 文章编号: 1006-2009(2021)05-0052-04

Application of Automatic Control Technology in Water Quality Monitoring and Purification in Swimming Pool

XIONG Jian^{1,2}, FENG Wan-ji², ZHANG Gao-jie²

(1. College of Education Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China;

2. Haikou University of Economics, Haikou, Hainan 571127, China)

Abstract: Referring to the national standard “Hygienic indicators and limits for public places” (GB 37488—2019), pH value, free chlorine residual, total number of bacteria, coliform, urea, turbidity and temperature of the water from six sampling sites in a swimming pool were analyzed by computer remote real-time online monitoring system. The water quality was purified by automatic control device. Compared with manual detection and purification, computer remote online monitoring served many functions of knowing real-time water quality, remote centralized management for saving labor costs. Automatic control device could achieve automatic warning and alarm when the water quality indicators exceeded the safety values. The precision and accuracy of automatic dosing were high and the safety performance was good. The water quality varied greatly with the temperature and the number of people in the swimming pool. The safety factor would be high when using the management of combining manual detection, automatic control technology with purification in the swimming pool water.

Key words: Automatic control technology; Water quality testing; Water quality purification; Intelligent quality water treatment; Swimming pool

随着时代的发展, 大众健身备受青睐, 参与游泳的群体急剧增加, 政府和社会对游泳池建设投入加大。游泳池水质安全是人们关注的焦点, 如何改善游泳池水污染现状成为区域水环境研究中迫切需要解决的问题^[1]。游泳池水质监测主要包括常规地面监测和遥感监测, 地面监测多采用人工采样

收稿日期: 2020-10-28; 修订日期: 2021-08-20

基金项目: 海南省高等学校科学研究重点“海南省公共游泳池水质安全监管体系研究”基金资助项目(Hnky2018ZD-12); 国家级大学生创新创业训练计划创业实践“智慧城市水质管理”基金资助项目(202012308020S)

作者简介: 熊坚(1969—), 男, 湖南岳阳人, 教授, 博士, 主要从事水质监测与分析研究。

实验室分析的方法^[2],该方法具有一定局限性,受采样时间、取样间隔、分析时间、样品保存方式等限制而不能实现连续监测^[3-4],最终只能得到某个时刻的测定值,无法反映样品的实时监测值^[5]。地面监测结果较为准确,不过,通常会耗费大量人力物力,工作效率较低,无法实现大面积实时监测^[6]。

今将游泳池计算机自控技术监测净化水质与人工检测净化水质的效果进行比较,通过试验与分析,进一步改进水质自控系统的性能,提高计算机自控技术应用的准确性和稳定性,为游泳池的智能化管理提供理论依据。

1 试验

1.1 主要仪器与试剂

人工检测仪器与试剂:西伯氯霸泳池 SPA 水质检测盒,HTH 六合一测试盒。计算机远程遥感监测仪器:由水质分析仪、数据分析中心、数据处理中心、水质调剂中心等4个部分组成的多参数水质分析自控系统,湖南彤创久兴电气科技有限公司。

1.2 采样点布置与采样方法

采用悬浮柔性无感设计,每个泳池设置6个取水点。水样采集依据《公共场所卫生监测技术规范》(GB/T 17220—1998)标准执行。

1.3 检测指标与评价方法

分类检测 pH 值、游离余氯、细菌总数、大肠菌群、尿素、浑浊度、温度等7项指标。评价指标参照国家标准《公共场所卫生指标及限值要求》(GB 37488—2019)^[7],7项指标(水温除外)均符合标准为合格,若其中1项不符合标准则为不合格。

2 结果与讨论

2.1 人工检测和自控系统监测的技术性能与效益分析

采用人工方法检测游泳池水质的 pH 值、游离余氯等7项指标,在游泳池开放前1h和关闭游泳池后1h内进行水质检测。结果显示:上述7项指标(除温度外)前后差异性较大,关闭游泳池后检测的 pH 值指标偏低(低于6.5),尿素指标偏高(高于3.5 mg/L),浑浊度明显增高,游离余氯下降(低于0.3 mg/L),大肠菌群和细菌总数增加。测试纸和测试盒现场显示的数据与采样实验室检测分析具有一定差异性。

在同样条件下,采用自控系统监测的游泳池7项指标差异性较小,其主要原因是自控系统根据数据中心反馈的信息进行自动调剂施药和注水,使监测指标稳定在标准范围内。自控系统在遇到施药或者注水不均匀的情况下,对超标参数发出预警和报警,提醒管理人员有针对性调整循环系统和物理净化水质。

2.1.1 人工检测效益分析

卫生监督部门在进行游泳场所的卫生检查时,一般常用抽样检查,先在游泳池采集水质样品,然后将水样带回实验室检测分析,检测数据缺乏时效性。游泳池水质传统检测与净化方法常采用人工检测、物理吸尘和化学药物净化,耗费人力较多。专业人员净化处理游泳池水质费用每次约500元~800元,人工施药净化水时,精准施药难度大,药物浪费较多,净化效果不理想,水质参数难以达到2019年国家水质卫生新标准。

2.1.2 自控系统监测效益分析

自控系统及时监控游泳池水质的各项指标是否符合国家标准范围值,动态监测游泳池水质变化,并将数据输送到指挥中心,同时,自动施药和注入新水,不仅保障了游泳池水质的安全,而且节约了人力、物力和财力等,为游泳池管理提供更高效的管理方式和维护手段。以游泳池水质监测员3000元/月的工资为基数,每个游泳池可以节约36000元/年。泳池水质监测净化自控系统客观实时报告游泳池水质动态数据,让游泳池水质更为安全,吸引更多的客源,增加游泳池的经营利润和效益,也可以保证游泳者的身体健康,带来更多的社会效益。

2.2 自控技术分析

2.2.1 自控系统的功能特点

游泳池水质监测与净化自控系统采用多点自动采样、自动分析,模拟人工检测方法(避免回水采样检测数据无法全面准确反映泳池水质问题),支持泳池多点位水质控制,实时动态传输发布监测数据。实时分析泳池水质主要技术指标,并将监测数据上传至管理中心,管理中心对数据进行展示、存储、统计分析,达到预警和报警功能,以提醒相关人员及时处理。

自控系统具有经济、实时检测和运行可靠的特点。系统还可与水质自动调节装置通信,以实现水质自动调节控制。基于光纤传输和因特网传输将

游泳池水质参数信息传送到工作站,再输送到县级、市级、省级数据中心,通过构建数据管理中心平台,提高游泳池水质监测效率,提升卫生监督部门对游泳场所的水质卫生监管能力。

(1)水质在线监测应用。自控系统实时采用游泳池多点取水,并可实现每半小时进行1次多参数检测(检测时间间隔按照游泳人数、气温等自行设定)。自控系统主要是自动连续长时间测量游泳池水中的pH值、余氯(可增加总氯测量功能)、氧化还原电位(ORP)、浊度、温度。采用DPD试剂比色光度法测量余氯,90°散射光测量浊度,电极法测量ORP和pH值,铂电阻法测量温度。检测数据由检测分析仪及其他检测单元传输,由本地计算机集中收集,并通过网络定时上传(0.5 h/次)至管理中心服务器,本地计算机根据管理中心服务器发送过来的判定依据进行水质状态判定。服务器软件根据相关标准限值进行分析、判断水质状态,并将检测数据和状态信息进行保存,以便于跟踪和统计分析。水质状态分为3个等级:软件界面绿色显示正常,软件界面橙色显示预警,软件界面红色显示报警,并将信息发送给管理人员。若已配置水质调节系统,则将数据传输至水质调节系统。

(2)远程集中管理。自控系统检测结果本地显示及报警,并将检测结果通过网络传输到卫生部门进行远程管理。利用计算机、网络、数据库、地理信息系统(GIS)等技术设计和完善信息管理发布系统。采用过滤式取水头抽取泳池水样,经过水管输送到水样逐点取样模块,然后传送到水样分析模块,再输送到主机,最后将信息通过因特网传送到管理监控中心。通过泳池水质在线数据的采集、传输与控制,形成游泳池-工作站-因特网-省级数据中心-市级数据中心-县级数据中心的在线监控管理系统。

(3)支持水质实时精确调节。监测系统提供多点位检测数据,与多点位水质调节控制系统连接,将检测数据实时传输至水质调节控制系统,通过控制多点位自动加药装置来调节水中菌群、余氯、pH值等,通过控制水循环过滤装置及补水装置来控制水的浑浊度,避免局部投放带来的水质不均问题,实现泳池整体水质全面达标。

(4)标定和自诊断功能。游离性余氯、pH值是游泳池的动态监督监测工作重点^[8]。水质检测系统每周进行1次标定,以修正检测误差,标定方

法按照检测仪规定方法进行系统标定。系统启动时进行各设备的自检,以便及时发现设备异常情况。

(5)数据查询及综合分析功能。计算机自控系统支持本地、远程端实时查询和保存数据,具有导出数据和打印数据的约定功能。本地计算机不能更改数据,不能进行配置设置,本地计算机配置设置由控制中心远程自动进行。本地计算机将在线数据、设备运行情况通过网络远程传输至管理中心,将异常事件以短信发送,进行事件的GPS地图定位查看。

(6)实时预警、报警功能。依据国家标准《公共场所卫生指标及限值要求》(GB 37488—2019)设定各项参数指标限值,如设定浑浊度、pH值、游离性余氯、化合性余氯、ORP、氰尿酸、尿素、总菌、大肠菌群等限值,当游泳池某个参数接近超标时显示黄色预警,当参数超标时显示红色并发出报警提示。各项参数指标的设定可以依据不同环境要求进行限值设置,设定的限值不能低于国家标准。各项指标参数设定后,在管理中心可以远程实时监测游泳池各项水质参数的动态。

2.2.2 自控系统的关键技术

自控系统涉及技术主要为多点水样采集技术、水质检测技术、标定及自诊断技术、数据管理技术和网络传输技术。多点水样采集技术是实现标准要求采样点的水样采集,该技术主要涉及多点采样控制和采样头设计,其目标是在不影响泳池游泳者运动的情况下实现水样采集,以实现真实反映泳池整体水质。水质检测技术包括在线式pH值检测技术、在线式余氯技术、在线式浊度检测技术,以及数据分析技术。标定及自诊断技术是检测的基础,系统启动时进行各设备的自检,以便及时发现设备异常情况。数据管理技术和网络传输技术是实现数据存储、共享及发布。

2.2.3 自控系统技术实现原理

多点水样采集技术采用控制器实现各点水样的轮流采集,采样头采用悬浮柔性无感设计,其原理是控制器控制6台取水隔膜泵轮流工作,间隔时间保证前一个检测点水样排净。每个隔膜泵将对应取样点样水抽至样水箱,样水箱下部设排水孔,排水流量低于隔膜泵抽水流量,从而实现动态水检测。当样水箱水位达到一定高度时由流通送样蠕动泵向水质分析仪流通送样,完成检测后,等待样

水箱样水排空,控制器关闭已完成检测点对应的取水隔膜泵,同时启动下一个取水隔膜泵,再进行下一个检测点检测,重复上述过程以实现每个检测点水质的轮流检测。水质检测采用多参数水质监测仪,自动实现浊度、pH值、ORP、水温、余氯检测,自动完成混合试剂、采样、除气泡和光电元件自动清洗。其中,浊度检测采用90°散射光测量,采用智慧型检测传感器;pH值检测采用智慧型pH值传感器;温度检测采用智慧型温度传感器;余氯检测采用电极法检测游离性余氯和化合性余氯。

2.3 自控技术的行业优势

自控技术所有检测均采用目前最先进的无试剂电极检测技术,检测传感器均采用智慧型传感器,使用方便免维护,实时检测且检测准确。自控系统全面按照标准要求,完全替代人工取样检测,实时性高,且全面精确反映泳池各区域水质状态,避免了采用回水检测无法分区检测的弊端,保持游泳池水质优良。全面实时水质监测、免维护精确检测和智能化检测,以及数据集中管理、实时提醒实时发布,实现水质及时分区控制,实现全泳池水质均衡控制。

游泳池水质电子监管系统可以实时监控游泳池水质状况,提高监督员的工作效率^[9]。智能控制的游泳池水质监测系统可以较好地实现远程控制,也方便游泳池管理人员对游泳池水质的变化状况进行及时调整和预警。自控系统在游泳池水质监测控制方面智慧化、信息化程度相当高,降低了人力成本,提高了工作效率。泳池在不同检测时点的总氯、余氯、pH值在线监测值与实验室检测值具有较强的一致性^[10]。采用游泳池水质监测控制装置可以及时掌握游泳池水质安全标准范围值,预警、自动施药和注水,自动调整游泳池水质达到安全值,保障游泳者的身体健康。

3 结语

上述研究在人工检测与自控系统监测水质方面反复试验发现,一般情况下,虽然采用在线监测系统检测结果与现场快速检测结果总体具有较强一致性,但各指标在不同试点地区差异较大^[11]。

自控系统监测水质参数的准确性和稳定性优于人工检测,不过,自控系统的性能在不同条件下需要不断改进和优化,才能实现其价值最大化。

采用游泳池水质智能化管理,可以减少水质检测的人力、物力和财力成本^[12]。在游泳场馆应用计算机自控技术既节约了人力成本,又方便了游泳者及时了解游泳池水质状态,使游泳场馆经营管理公开化、透明化,有效提升了各级管理部门的工作效率和监管力度。游泳池水质变化跟气候、温度和游泳人数的变化关联性较大,结合人工检测净化和应用自控技术监测净化能进一步提高游泳池水质的安全系数。

[参考文献]

- [1] 徐恒省,王亚超,孙艳,等. 湖泊蓝藻水华监测与评价探讨[J]. 环境监测管理与技术,2012,24(5):69-71.
- [2] 陈亮. 地表水中氨氮监测的质量控制[J]. 现代农业科技,2006(17):218.
- [3] 张俊,孟宪智,张世禄,等. 海河流域地表水中微囊藻毒素的测定[J]. 环境监测管理与技术,2019,31(5):40-42.
- [4] 王伯光,吴嘉,刘慧璇,等. 水质总磷总氮在线自动监测技术的研究[J]. 环境科学与技术,2008,31(3):59-63.
- [5] 张江龙. 浅析水质自动监测站水样的比对误差来源[J]. 环境监测管理与技术,2005,17(6):44.
- [6] 张明,唐访良,徐建芬,等. 杭州贴沙河微囊藻毒素污染特征及健康风险评估[J]. 环境监测管理与技术,2016,28(1):27-31.
- [7] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会. 公共场所卫生指标及限值要求:GB 37488—2019[S]. 北京:中国标准出版社,2019.
- [8] 刘庆成,张新东,曾艳萍. 深圳市宝安区游泳场所卫生现状调查研究[J]. 环境卫生学杂志,2019,9(3):276-279.
- [9] 郑方荣,朱文洁,孙利平,等. 北京市朝阳区游泳池水质电子监管系统分析[J]. 中国卫生监督杂志,2015,22(1):42-46.
- [10] 高健,余文华,徐军英,等. 游泳池水质在线监测仪器在卫生监督现场快速检测中的应用和探索[J]. 中国卫生监督杂志,2017,24(2):116-124.
- [11] 余文华,邸金茹,陈国亮,等. 游泳池常规水质指标在线监测结果比较分析[J]. 中国公共卫生,2018,34(3):432-434.
- [12] 熊坚,冯国强. 2018—2019年海口市游泳池水质卫生监督分析[J]. 中国卫生监督杂志,2020,27(4):363-368.

本栏目编辑 吴珊