

# 基于物联网技术的净水机运行状态监控系统设计

## The designation of online water quality monitoring system about the water purifier based on the internet of things

刁一峰<sup>1</sup> 刘丽萍<sup>1</sup> 陈 灿<sup>2</sup> 杨培刚<sup>1</sup> 陈 为<sup>1</sup> 陈 琼<sup>1</sup>

DIAO Yi-feng<sup>1</sup> LIU li-ping<sup>1</sup> CHEN Can<sup>2</sup> YANG Pei-gang<sup>1</sup> CHEN Wei<sup>1</sup> CHEN Qiong<sup>1</sup>

(1. 湖南生物机电职业技术学院, 湖南 长沙 410126; 2. 湖南农业大学东方科技学院, 湖南 长沙 410128)

(1. *Hunan Biological and Electromechanical Polytechnic, Changsha, Hunan 410126, China*;

2. *Dongfang School of Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China*)

**摘要:**为实时获取单台净水机运行状态数据包括水温、流量、进口水压,以及反映过滤效果的水质信息,采用物联网技术利用 ARM 单片机系统对分散的净水机运行数据进行采集,通过 GSM/GPRS 网络实现数据通信,将状态数据发送到生产厂家管理信息系统和对应的用户。试验表明该系统具有良好的实时性,高性价比,运行可靠的特点,较好地解决了目前净水机运行状态无法实现实时监控和管理的问题,具有良好的应用前景。

**关键词:**净水机;物联网技术;运行状态;监控系统

**Abstract:** The running information of water purification machines, including the temperature, flow rater, inlet pressure and some information related to filter quality of water was collected and analyzed in this study. In order to obtain these data real-timely, an acquisition system using ARM single chip microprocessor was designed based on embedded technology, and it could send the real time data of running state to the management information system in factory and the related users. The results showed that the system has such advantages as good real time, high cost performance and high reliability, therefore it could deal with the present problem that the water purification machine ran without monitoring and supervising real-timely. Thus the system might be developed with good application prospect.

**Keywords:** water purification machine; technology of the internet of things; runing state; Mornitor system

净水机可将自来水或江河水通过过滤技术实现对水中杂质的去除,达到保障生活饮用水安全的目的。目前广泛应用于学校、企事业单位以及家庭,到 2015 年中国净水机普及率为 5%,发达国家平均达到 70%,发展空间巨大<sup>[1]</sup>。目前

中国市面上的净水机质量良莠不齐,各地水质不同,滤芯更换时间不同,用水量不同等因素都会导致净水机净水效果不同。由于厂家无法实时得到在用净水机运行状态,定期检测的方式无法确保两个维护周期之间的设备运行正常,如果发生滤芯堵塞或者进水压力过低等状况都有可能导出水质严重降低,造成设备故障,同样由于用户缺乏实时出水水质数据,导致健康隐患,无法确保净水水质安全<sup>[2-3]</sup>。

目前中国的大型自来水厂对进水质量以及出水质量都采用了实时监控,但通过管网以后输送到用户终端缺乏监控。由于中国目前江河水污染日益严重,自来水厂出水质量相比发达国家明显偏低,采用用户二次净化成为必然趋势<sup>[4]</sup>,因此对净水机设备本身的运行状态监控,确保出水质量对厂家和用户都非常关键<sup>[5]</sup>。国外高端净水机已有采用物联网技术实现的设备运行监控系统,但由于价格因素国内普及困难<sup>[1]</sup>,中国水质在线检测研究较多,但适用于终端二次净化设备监控的解决方法研究不多,市面缺乏成熟产品<sup>[6]</sup>。

物联网是物与物、人与物之间的信息传递与控制,它的核心方法是利用嵌入式系统的数据采集功能获得对象相关信息,并利用网络技术实现数据传送,每个对象都具有唯一的身份标识和地理位置标识。本研究拟借鉴水质在线监测技术,利用物联网技术设计一种净水机运行监控系统,实现生产厂家和用户净水机运行状态的实时监控,指导生产厂家进行净水机清洗消毒和更换滤芯等售后服务,确保净水质量,消除健康隐患<sup>[7]</sup>。

### 1 监控参数的选定

目前常用的净水机含有加热系统和制冷系统,因此需要检测两出水口温度,以判断两系统是否正常工作;进水水压表明外部供水是否正常;流量值可以体现进水和出水流量是否正常;进水压力配合流量检测可以得到饮水机滤芯是否产

**基金项目:**湖南省教育厅科学研究项目(编号:05C0811)

**作者简介:**刁一峰(1980—)男,湖南生物机电学院讲师,硕士。

E-mail:44216968@qq.com

**收稿日期:**2016—06—25

生堵塞。根据生活饮用水检测标准 GB 5749—2006, 净水机水质主要检测微生物指标、毒理指标以及感官性状和一般化学指标三大类<sup>[8]</sup>。检测指标达数十项, 由于大部分指标不适合在线检测, 本研究选择最能反映过滤效果的总溶解性固体物质(TDS)值作为监控参数<sup>[6]</sup>, 以监控滤芯工作状态, TDS是属于感官性和一般化学指标的一种。

## 2 测量原理

### 2.1 水温值的测量

水温变化范围在 0~100 °C, 精度一般控制在 ±1 °C 即可满足要求。目前适用于水质温度检测的传感器主要有 3 种: 热电阻、热电偶以及热敏电阻。热电偶测量温区很宽(0~1 300 °C), 可以为适应于检测加热炉以及电厂锅炉等领域中高温区测量, 但体积比较大, 安装不方便, 需要定期校验; 热电阻测量范围相对较窄(0~500 °C), 适应于中温区测量, 测量精度相比热电偶高, 使用更方便<sup>[9]</sup>。本研究选用热电阻型 NTC 型温度传感器, 适用温度范围以及阻值精度均满足要求。

### 2.2 水压值的测量

目前国内自来水管网或者二次供水系统的供水压力标为 0.14~0.70 MPa, 测量精度达到 5% 则可, 因为该指标仅用于判断进水状态及配合流量值判断滤芯是否堵塞, 并不需精确计量。常用的压力传感器有两大类: 压阻式和压电式, 压电式传感器不适合测量静态压力, 频响特性好, 适应于压力变化比较快的对象; 压阻式传感器适合动态和静态压力测量, 但频响特性相对较差。鉴于进水电压在稳定后变化基本不大<sup>[10]</sup>, 本研究选用 HK1100 型压力传感器, 量程范围为 0.0~1.2 MPa, 测量精度为 ±3.5%, 安装和维护简单, 完全满足测量要求。

### 2.3 流量值的测量

通过测量流量可以反映净水机中的饮用水流动状态。测量流量值有多种测量方案, 但不同的测量原理所生产的测量器件所应用的场合也有所区别。流量传感器有差压式流量计、容积式流量计以及涡轮式流量计。从价格、响应特性以及精度要求等特性考虑, 本研究选用涡轮式流量计<sup>[11]</sup>, 该传感器目前已经广泛地应用于嵌入式系统。

### 2.4 TDS 值的测量

常规测量液体的 TDS 值方法为称量法, 即通过对液体进行过滤、净化、蒸馏等一系列手段, 得到一定体积的液体中所含有的固体物质, 再对该部分固体物质进行称量, 结合其比例可以得到液体的 TDS 值, 显然该方法不适合在线检测。第二种方法是电极法, 即通过测量水中离子的数量获得水中 TDS 值的含量<sup>[12]</sup>。

水中离子的数量可以通过测量水中的电导率计算得到。电导率是一定体积的液体的导电能力, 由于水的电导率随温度变化会发生变化, 所以要取得标准的 TDS 值需要获得 25 摄氏度条件下的电导率值, 故而需要结合相应的公式对不同的温度值进行转换, 获得标准的电导率, 通过电导率和温度的转换获得最后的 TDS 值<sup>[13]</sup>, 计算公式如式(1):

$$TDS = (0.55 - 0.70)K, \quad (1)$$

式中:

TDS —— 水中的溶解固体成分, mg/L;

K —— 25 °C 条件下水的电导率, S/m。

不同温度条件下的电导率按式(2)计算:

$$\begin{cases} K = K_t / (0.001 69t + 0.558 3) & 1 \text{ } ^\circ\text{C} \leq t \leq 10 \text{ } ^\circ\text{C} \\ K = K_t / (0.018t + 0.547 3) & 10 \text{ } ^\circ\text{C} \leq t \leq 20 \text{ } ^\circ\text{C} \\ K = K_t / (0.001 89t + 0.528 1) & 20 \text{ } ^\circ\text{C} \leq t \leq 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ K = K_t / (0.22t + 0.45) & \text{其它温度范围} \end{cases}, \quad (2)$$

式中:

$K_t$  —— 温度  $t$  °C 条件下测得的电导率, S/m;

$t$  —— 测量时温度, °C。

## 3 整体方案

系统整体采用两层结构设计, 采用工业 PC 作为上位管理机, 实现相关数据的整理和归纳, 在工业 PC 上编制管理软件, 进行数据显示, 并建立数据库, 进行数据的保存和归档, 以便日后进行数据分析和整理。

采集系统实现则采用基于 ARM 的嵌入式系统, 较之 51 系列单片机, ARM 单片机具有更优良的性能和更强大的外设兼容能力, 再加上最近该单片机技术已经成熟, 价格趋于平稳, 实际设计中选用 STM32F103RET6, 该芯片是一种高性能、低功耗的 32 位 ARM 微控制器, 片上集成 512 kB Flash, 64 kB SRAM, 5 路串口, 3 路 SPI 接口, 2 路 IIC 接口, 正常工作在 8 MHz 时功耗仅 10 mW, 掉电模式时 10  $\mu$ W, 非常适合本设计要求。

要实现多种水质指标的收集, 要使用到合适的采集设备。针对于每一种参数, 市面上都有多种方法测量。不同参数的传感器, 应当首先对于各种测量方案进行综合分析, 选取最适合的测量方法。考虑安装的难易程度以及价格、准确性等多种因素, 选择合适的传感器。上文测量原理中已有详述。

数据的传输作为本设计的重要组成部分, 目前可供选择的技术主要有 GPRS 技术、3G/4G 技术、WIFI、有线网络传输等多种传输方式<sup>[14]</sup>, 在本设计充分考虑了成本、网络覆盖、安装维护方便等问题, 选择 GPRS 数据传输方式。实际设计中选用 SIM900A, 该模块是一种使用广泛, 结构紧凑、可靠性高的无线通信模块, 采用 SMT 封装, 支持双频 GSM/GPRS。能低功耗实现语音、SMS、数据和传真信息的高速传输。其采用成熟可靠的技术平台, 以及提供从产品定义到设计和生产的服务支持。系统整体方案见图 1。系统硬件框架见图 2。

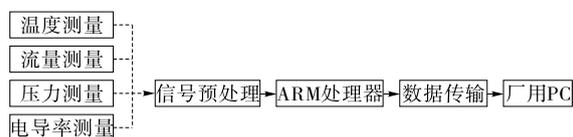


图 1 整体方案框图

Figure 1 The whole skeleton

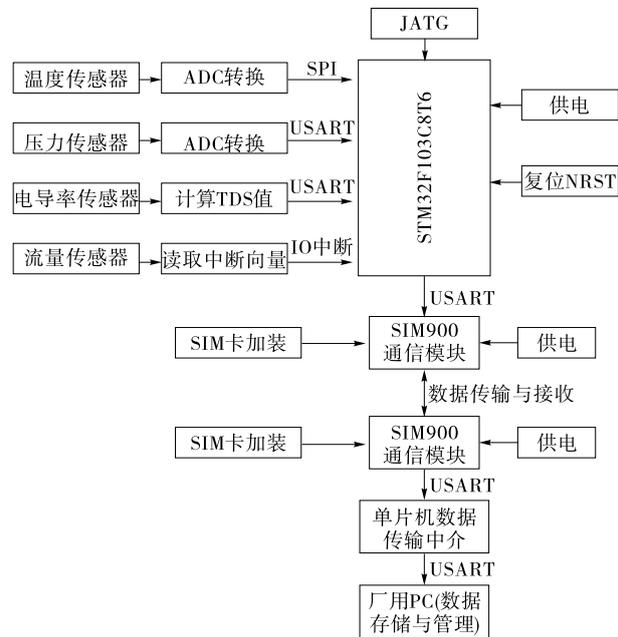


图 2 系统硬件方案设计示意图

Figure 2 Schematic diagram of system hardware design

## 4 软件设计

### 4.1 监测模块程序

监测模块程序主要是对 STM32 进行编程,开发工具为 Keil uVision4。程序整体思路是,等待中心计算机的控制指令,并执行相应指令。主要程序段有:初始化系统,初始化 SIM 卡,判断接收的信息是否是中心计算机发送,若是则采集温度、压力、流量、TDS 的数值,并控制 SIM900A 发送所有参数到中心计算机平台。程序流程图见图 3。

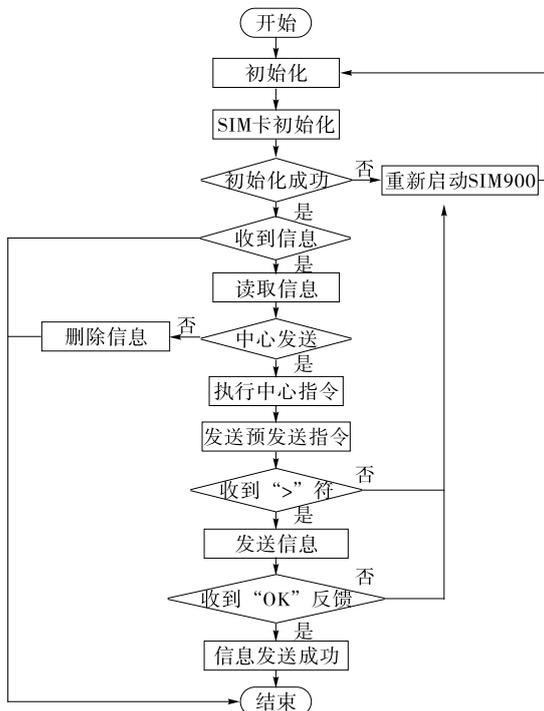


图 3 模块单片机程序

Figure 3 Program of single chip microprocessor

### 4.2 上位机管理软件

QT 是一种跨平台性良好,编程简单,界面美观的编程工具。监控中心上位机软件采用 QT 编写,功能齐全,交互性好<sup>[15]</sup>。上位机管理系统操作画面见图 4。

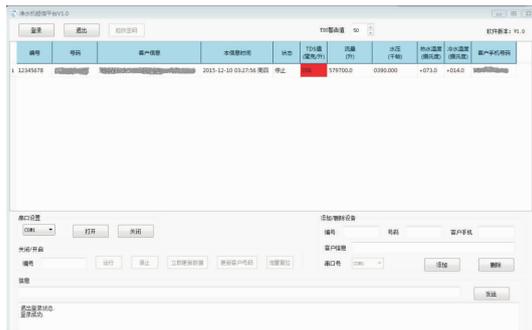


图 4 管理系统操作界面

Figure 4 User interface of management information system

## 5 验证实验结果

实验试生产 100 个监测模块安装在不同家用净水机上,单个模块成本可控制在 100 元以内,经过长达一个月的模拟试验,各项指标误差均小于 5%,实时性可达每分钟 1 次,新增加模块,可快速并入系统。

在 1 L 纯水中,分若干次共加入 1 000 mg 盐类,使用本系统测量 TDS 值,测量结果见表 1。

表 1 TDS 测量准确度

Table 1 Accuracy of temperature measurement mg

可溶物质量	测量值	可溶物质量	测量值
10	11	200	209
20	20	500	513
50	52	1 000	1 046
100	103		

按每户每月上门一次测量净水机参数,每次耗费 1 h 计算,100 户净水机需要 100 工时,采用该方案后,无需上门测量,节约了大量工时。

当某户 TDS 数据超标时,软件用红色高亮显示,方便监控维护人员及时上门更换该户净水机滤芯,保证饮水安全。

## 6 结论

采用物联网技术实现对净水机的进水压力、出水流量、以及出水温度和 TDS 值的测量,利用 GPRS 技术实现数据传送,并建立厂级净水机监控平台,可在线监控净水机运行状态,为设备及时维护提供关键信息,将水质劣化信息回送用户。该试验表明该系统简洁,生产成本和维护成本低廉,方案可操作性强,适应性各种复杂环境,运行稳定可靠,很好地解决了目前净水机水质终端用户及厂家对净水机运行状态获取困难的问题。由于水质检测指标体系复杂,许多指标还无法适应在线监测,因本系统具有良好的开放性及可扩充性,可为以后新的检测方法提供很好的移植平台。

(下转第 171 页)

60 min,平菇多糖的平均得率为 36.71%。与传统方法相比,本试验方法不仅大幅提高了多糖得率,缩短了提取时间,还节能减排,可为平菇多糖的开发利用及其工业化生产提供参考。

本研究提供了一种平菇多糖超声协同酶法辅助提取的高效方法,但该方法所得平菇多糖的纯化、结构鉴定及其生物活性还有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] LOWE J B, MARTH J D. A genetic approach to Mammalian glycan function[J]. *Annual Review of Biochemistry*, 2003, 72(1): 643-691.
- [2] 林俊,李萍,陈靠山.近5年多糖抗肿瘤活性研究进展[J].*中国中药杂志*, 2013, 38(8): 1116-1125.
- [3] 薛菁,吴晓彤,王颖超,等.超声波辅助提取口蘑菌丝体多糖工艺优化[J].*食品与机械*, 2016, 32(1): 172-174.
- [4] 朱彩平,李波.超声波辅助提取平菇多糖的工艺研究[J].*中药材*, 2009, 32(10): 1620-1622.
- [5] BAO Xing-feng, WANG Xue-song, DONG Qun, et al. Structural features of immunologically active polysaccharides from *Ganoderma lucidum*[J]. *Phytochemistry*, 2002, 59(2): 175-181.
- [6] CARBONERO E R, GRACHER A H P, KOMURA D L, et al. *Lentinus edodes* heterogalactan: Antinociceptive and anti-

- inflammatory effects[J]. *Food Chemistry*, 2008, 111(3): 531-537.
- [7] WASSER S. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides[J]. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 2002, 60(3): 258-274.
- [8] YANG Qi, HUANG Bo, LI Hui-yan, et al. Gastroprotective activities of a polysaccharide from the fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* in rats[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2012, 50(5): 1224-1228.
- [9] 王金玺.平菇多糖分离纯化、结构表征与修饰及抗氧化性的研究[D].扬州:扬州大学,2013.
- [10] 朱彩平,高贵田,李建科,等.相应曲面法优化微波辅助提取平菇多糖工艺研究[J].*食品科学*, 2010, 31(4): 68-72.
- [11] 朱彩平,惠乐乐,柳小林,等.酶法提取平菇多糖工艺研究[J].*中成药*, 2011, 33(8): 1435-1438.
- [12] 常双艳,蓝炎阳,王少峰.多糖提取纯化方法及其生物活性研究进展[J].*福建热作科技*, 2013, 38(4): 34-38.
- [13] 王亚飞,毕红梅.超声波法提取香菇多糖的研究[J].*内蒙古科技与经济*, 2004(S1): 124-125.
- [14] 曹雁平,刘佐才.植物成分超声浸取研究现状[J].*化工进展*, 2005, 24(11): 1249-1252.
- [15] 郭丹阳,郝威,马海乐,等.超声波辅助提取樟芝菌丝体活性物质的工艺研究[J].*食品与机械*, 2016, 32(1): 158-161, 178.
- [16] 张立娟,于国萍,周国华.黑木耳多糖酶法提取条件的研究[J].*食品研究与开发*, 2005, 26(3): 89-91.

(上接第90页)

### 参考文献

- [1] 中研普华公司.2014-2018中国净水器行业市场深度调研及投资价值分析报告[EB/OL].(2014-05-24)[2016-05-21].<http://www.chinairn.com/report/20140524/110133553.html>.
- [2] 徐春中,邱月堂,胡文慧.谈生活饮用水水质问题[J].*水利天地*, 1998(6): 37-39.
- [3] 徐广伟,郭元生,陈继华.刍议我国水域污染反弹问题的根治措施[J].*水利发展研究*, 2004, 4(11): 27-29.
- [4] 孙海林,李巨峰,朱媛媛,等.我国水质在线监测系统的发展与展望[J].*中国环保产业*, 2009(2): 14-19.
- [5] 邓谊柏,徐勇,苏志辉,等.基于ATmega16L的净水机控制系统的设计[J].*硬件纵横*, 2010(7): 13-17.
- [6] 施娟琴.可监测水质的净水机:中国,200420043312.2[P].2005-02-23.
- [7] 冯勋.基于CDMA2000的水质远程智能化监测系统[D].西安:西安邮电大学,2015:9-10.

- [8] 中国卫生部,中国国家标准委员会.GB5749—2006生活饮用水卫生标准[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [9] 王芳.热电阻式温度传感器的测量原理及应用[J].*黑龙江冶金*, 2007(2): 33-35.
- [10] 李新娥.一种新型的电容式压力传感器研究[J].*兵工学报*, 2011(4): 38-42.
- [11] 张学庆.流量测量意义及流量传感器现状[J].*石油化工自动化*, 2005(5): 120-122.
- [12] 吴巍.基于电导率机理的智能化水质检测仪设计[Z].杭州:浙江大学系统工程研究所,2006:39-41.
- [13] 王学艳,张忠萍.基于电导率与TDS及全盐量的关系研究[J].*黑龙江水利科技*, 2008, 36(1): 7.
- [14] 王翥,郝晓强,魏德宝.基于WSN和GPRS网络的远程水质监测系统[D].哈尔滨工业大学,2010:48-50.
- [15] 蔡志明,卢传富,李立夏.精通Qt4编程[M].2版.北京:电子工业出版社,2013:241-278.

(上接第143页)

- [7] 张玖,戴艳玲.金银花及其水提取物对果蝇耐热能力的影响[J].*中国野生植物资源杂志*, 1997(3): 33-34.
- [8] 郭俊生,赵法,王枫,等.热暴露对果蝇寿命及热应激蛋白(Hsp70)含量的影响[J].*解放军预防医学杂志*, 1998(4): 247-249.
- [9] 李向辉,郭俊生,赵法,等.强化苦丁茶提高热耐受能力的观察[J].*解放军预防医学杂志*, 2001, 19(2): 92-94.
- [10] VILLEPONTEAU B, MATSAGAS K, NOBLES A C, et al. Herbal supplement extends life span under some environmental

- conditions and boosts stress resistance[J]. *PLoS One*, 2015, 10(4): 0119068-0119087.
- [11] STEPHANIE S B, VANESSA K, NEDA N M, et al. Temperature and photoperiod affect stress resistance traits in *Drosophila melanogaster*[J]. *Physiological Entomology*, 2014, 39(3): 237-246.
- [12] LETICIA N A, PABLO S, ALEJANDRA C S, et al. Survival of heat stress with and without heat hardening in *Drosophila melanogaster*: interactions with larval density [J]. *The Journal of Experimental Biology*, 2012, 215(13): 2220-2225.