

# 海水淡化远程数据采集及监测系统的设计与应用

王可宁, 康 权, 肖亚苏, 高 田, 冯 涛

(国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所, 天津 300192)

**摘要:** 为满足海水淡化工程信息化管理需求, 该文设计了一套远程数据采集及监测系统。系统包括数据采集端和远程监测端, 数据采集端具有多通道采集、存储、显示及网络传输功能, 远程监测端具有显示分析功能。将该系统应用于某海岛 100 t/d 海水淡化工程, 运行结果表明: 系统误差率小、实时性高、可靠性好, 能够精确采集和传输现场数据, 实时监测工程状况。

**关键词:** 数据采集; 远程监测; 海水淡化

中图分类号: TP274 文献标识码: B 文章编号: 1000-0682(2017)05-0067-04

## Design and application of remote data acquisition and monitoring system for seawater desalination

WANG Kening, KANG Quan, XIAO Yasu, GAO Tian, FENG Tao

(The Institute of Seawater Desalination and Multipurpose Utilization, SOA (Tianjin), Tianjin 300192, China)

**Abstract:** In order to meet the requirements on information management of desalination projects, in this paper, a set of remote data acquisition and monitoring system is designed, which includes data acquisition terminal with functions of multi-channel acquisition, storage, display, network transmission and remote monitoring terminal with display analysis function. This system has been applied to a 100 t/d desalination project on an island. The operating results show that the system has small error rate, high real-time performance and good reliability, and can accurately collect and transmit the field data to realize the real-time monitoring of the engineering condition.

**Key words:** data acquisition; remote monitoring; seawater desalination

## 0 引言

海水淡化是解决淡水缺乏的有效手段之一。随着我国淡水资源短缺和水污染情况的不断加剧, 海水淡化工程规模和数量逐年扩大增加<sup>[1]</sup>。

海水淡化工程现场总线多样化, 数据采集量大, 远程监测要求实时性高。为加强海水淡化工程的信息化管理, 确保工程的安全运行, 该文设计开发了一套海水淡化远程数据采集及监测系统<sup>[2]</sup>, 经过某海

岛 100 t/d 淡化工程的测试, 运行良好, 实现了对生产过程的实时监测和运行评估。

## 1 总体方案设计

远程数据采集及监测系统由数据采集端和远程监测端两部分组成, 如图 1 所示。

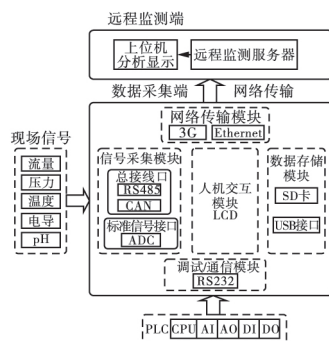


图 1 总体方案

收稿日期: 2017-05-08

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (K-JBYWF-2015-G03); 国家科技支撑计划课题 (2014BAB04B02); 海洋公益性行业科研专项经费项目 (201405035)

作者简介: 王可宁 (1993), 男, 安徽亳州人, 本科, 助理工程师, 主要从事数据采集系统的研究与开发工作。

数据采集端采用模块化设计,按照功能划分为5个模块:信号采集模块、调试/通信模块、数据存储模块、人机交互模块和网络传输模块。工艺过程的数据通过信号采集模块的采集、处理,可放入数据存储模块(SD卡或U盘)中,实时显示在人机交互模块LCD触摸屏上,并通过网络传输模块传送至远程监测端。

远程监测端包括远程监测服务器和上位机,负责接收数据采集端信号,将网络数据包转换分解,利用上位机软件分析显示。

## 2 硬件设计

### 2.1 数据采集端

数据采集端基于高性能低功耗的ARM Cortex - A9 I.MX6Q 四核处理器开发板进行设计<sup>[3]</sup>,实物如图2所示,其主要硬件配置如图3所示。



图2 数据采集端实物

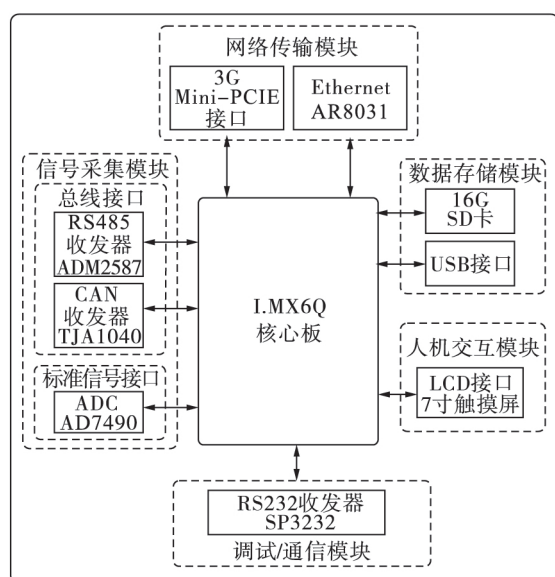


图3 数据采集端硬件配置

#### 1) 信号采集模块

海水淡化工程现场需监测和采集的过程数据主要包括流量、压力、液位、温度、电导和pH值等。智

能传感器一般采用标准的两线制输出电流/电压信号。但是海水淡化工程仪表较多,数据量较大,采用两线制方式的电缆成本较高,可采用总线协议传输数据,节省布线成本,减轻现场工作量。

基于上述考虑,信号采集模块设计了两种接口形式。对于现场的两线制标准信号,设计了64路标准电流/电压采集接口;对于使用MODBUS 485和CAN通信协议的智能传感器,设计了总线接口。

#### 2) 调试/通信模块

调试/通信模块使用RS232串行接口,具有两个功能。一是调试,用于数据采集端的调试;二是通信,PLC作为主控制器的工程现场,可作为信号采集模块的有益补充。现场的PLC主控制器与RS232接口通信,将采集的实时过程数据上传至数据采集端。

#### 3) 数据存储模块

为方便历史数据查询和备份,数据存储模块设计了SD卡和USB接口。硬件上配置了16G大存储量SD卡,系统启动后会在SD卡的挂载目录下分别建立标准信号数据、RS485数据和CAN总线数据3个文件夹,在这3个文件夹内按照日期建立子文件,存储当天数据,还可通过USB接口拷贝至U盘,实现数据备份。

#### 4) 人机交互模块

人机交互模块使用高定位精度的7"LCD触摸屏,利用图形界面程序开发了简单友好的操作显示界面。通过触摸屏可实现数据采集端的参数设置、实时数据显示和历史数据查询等功能。

#### 5) 网络传输模块

网络传输模块设计了两种数据传输方式:基于千兆以太网卡的有线传输和基于3G技术的无线传输,使用标准的TCP/UDP协议与远程监测端通信。

### 2.2 远程监测端

远程监测端主要实现数据的接收、显示和管理等功能,其硬件包括路由器、交换机、服务器和上位机。远程监测端的硬件配置如表1所示。

表1 远程监测端硬件配置

| 序号 | 名称      | 型号             | 数量 |
|----|---------|----------------|----|
| 1  | 路由器     | H3C MSR3060    | 1  |
| 2  | 交换机     | H3C S5120 - EI | 1  |
| 3  | 身份认证服务器 | OESAS          | 1  |
| 4  | 业务系统服务器 | IBM 3650       | 1  |
| 5  | 上位机     | LENOVO         | 1  |

该文详细介绍了数据采集端各模块的硬件设计及其功能,简要介绍了远程监测端的硬件配置。对

于数据采集端,充分考虑了海水淡化工程现场总线多、数据量大的特点,设计了多类型数据接口。同时实现了存储、显示及传输等完备性功能。

### 3 软件开发

数据采集端和远程监测端的软件开发分别基于 Linux 和 Windows 操作系统。

#### 3.1 数据采集端

##### 3.1.1 Linux 系统的 QT 开发平台

数据采集端的应用软件开发基于 Linux 嵌入式操作系统环境下的 QT 开发平台。QT 是一款多平台的 C++ 图形用户界面应用程序,提供给开发者建立图形用户界面所需的所有功能,具有模块化程度高、易扩展、面向对象和丰富的 API(应用程序)接口等优点<sup>[4]</sup>。

界面模块与响应模块之间利用 QT 的信号与槽机制实现程序内部的信息传递。采集线程的信号与槽函数采用一对一的关联方式,ADC 采集线程与 ADC 槽函数关联,CAN 线程传输的数据信号与 CAN 槽函数对应,MODBUS 485 信号采集线程绑定 MODBUS 485 槽函数。利用 QT 的信号与槽机制不仅能保证信息传递的时效性还实现了各采集线程之间的相互独立。

##### 3.1.2 数据采集程序

###### 1) MODBUS 485 采集流程

MODBUS 485 是一种主从式点对点协议,使用主机请求和从机应答的通信方式。数据采集端作为主机向总线提出请求命令,总线上挂载的智能传感器作为从机接收到命令后解析,若对应本机地址则做数据应答。程序中利用 Linux 环境的 SELECT 机制等待从机的应答数据<sup>[5]</sup>。MODBUS 485 数据采集流程如图 4 所示。

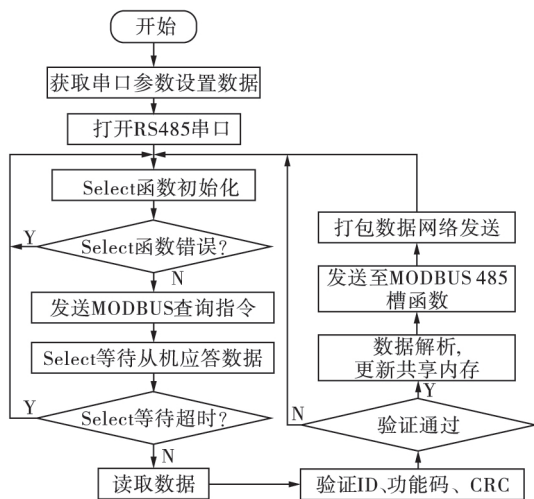


图 4 MODBUS 485 采集流程

###### 2) CAN 数据采集流程

CAN 总线数据采集流程如图 5 所示。

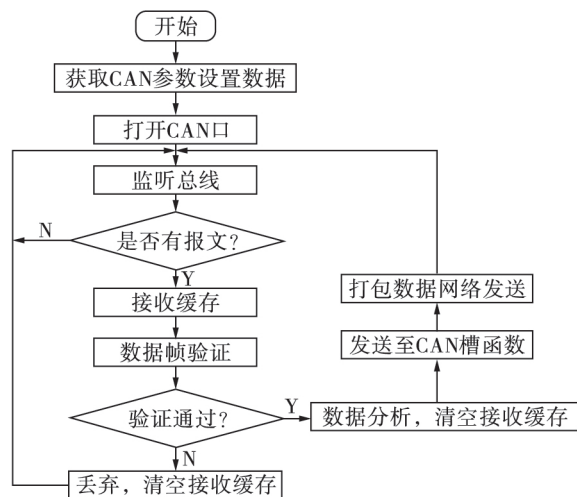


图 5 CAN 数据采集流程

CAN 总线通信方式比较灵活,采用多主通信方式,总线上的设备根据访问优先权在任何时刻均可向网络发送信息<sup>[6]</sup>。智能传感器按照协议将数据加入标识符等信息组成报文,通过 CAN 控制器和收发器发送至总线。数据采集端以监听模式监听总线上的报文,数据接收由 CAN 控制器自动完成,接收程序从数据采集器的 CAN 控制器的数据缓冲区读取报文,解析、显示并发送。

##### 3.2 远程监测端

为管理现场数据,远程监测端开发了 3 款应用软件:数据源客户端软件、数据通信软件和上位机监测软件<sup>[7]</sup>,分别实现数据接收、解码验证和显示分析等功能。3 款软件之间相互独立,保证了远程监测端的稳定性和安全性。

###### 1) 数据源客户端软件

基于 Microsoft Windows 的 COM/DCOM 技术的数据源客户端软件 Data Access Server,使用标准的 TCP/UDP 协议与数据采集端进行网络通信。采用动态数据缓冲方式接收数据采集端数据,保证了数据接收效率 and 安全性。

###### 2) 数据通信软件

数据通信软件 Data Communication Server 是监控软件与数据库之间的通信程序,负责数据包的解码验证,保障监控软件与数据库之间的通信。

###### 3) 上位机监测软件

上位机监测软件基于 Windows 操作系统,使用 .NET 等技术开发,负责分析显示现场数据。具有数据查询、报表打印等功能,可将现场数据分析处理后通过多元化的显示界面以直观的图形、曲线显示。

## 4 工程测试及应用

将海水淡化远程数据采集及监测系统应用于某海岛 100 t/d 反渗透海水淡化工程,对系统功能进行了测试。远程监测端的远程监测服务器与上位机显示界面如图 6 所示。



图 6 远程监测服务器与上位机显示

通过对比同一时间现场与远程监测端的部分数据,测试系统的误差率如表 2 所示。

表 2 系统误差率测试

| 测试项目                             | 现场    | 远程    | 误差率%  |
|----------------------------------|-------|-------|-------|
| 进水流量/( $\text{m}^3/\text{h}$ )   | 10.67 | 10.72 | +0.47 |
| 进水温度/ $^{\circ}\text{C}$         | 25.9  | 25.7  | -0.77 |
| 反渗透进水压力/MPa                      | 4.57  | 4.56  | -0.22 |
| 产水/pH                            | 6.5   | 6.5   | 0.00  |
| 产水电导/( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 435.1 | 432.8 | -0.53 |
| 产水流量/( $\text{m}^3/\text{h}$ )   | 4.21  | 4.18  | -0.71 |

(上接第 32 页)

## 3 总结

该文设计的基于 M-BUS 总线和 GPRS 的自动远程监控系统具有以下特点:

1) 以工控机、数据采集卡、M-BUS、GPRS 为核心的自动远程监控系统,实现了试验过程的远程实时控制,试验数据自动采集,状态自动监测以及被测热量表质量分析等功能;

2) 系统通过远程智能监控及质量分析,记录热量表性能变化趋势及预警试验过程故障,可实现耐久性试验无人值守情况下的智能监控,保障耐久性试验在高水温介质环境下安全、稳定、可靠地运行。

测试结果表明,系统数据最大误差率在  $\pm 0.7\%$  左右,误差率较小,可靠性较高,满足了远程监测对数据精度的要求。

## 5 结语

该文结合海水淡化现场总线多、数据量大等特点,开发了一套远程数据采集及监测系统,满足了海水淡化工程信息化管理需求,并已用于某岛 100 t/d 反渗透海水淡化工程。运行结果表明,该系统稳定可靠、误差率小、实时性高,能够精确采集传输现场数据,实现对工程运行状况的实时监测。

参考文献:

- [1] 惠绍棠,阮国岭,于开录. 海水淡化与循环经济 [M]. 天津: 天津人民出版社, 2005.
- [2] 王琳,商周,王学伟. 数据采集系统的发展与应用 [J]. 电测与仪表, 2004, 41(8): 4-8.
- [3] 康权,俞永江,王可宁,等. 海水淡化远程数据采集终端的设计与实现 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2017(1): 45-50.
- [4] 张方辉,王建群. Qt/Embedded 在嵌入式 Linux 上的移植 [J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(7): 64-66.
- [5] 宋跃,杨雷,雷瑞庭,等. 基于 ARM9 与 LINUX 的 RS485 总线的通信接口设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2014(5): 35-37.
- [6] 陈祖爵,周明. 嵌入式 Linux 下 CAN 控制器的驱动程序设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(21): 4097-4100.
- [7] 康权,韩家新,刘宏,等. 基于 VPDN 的海水淡化工程运行监测系统的设计与实现 [J]. 海洋通报, 2014(2): 188-20192.

参考文献:

- [1] 中国计量科学院. 热能表检定规程: JJG 225—2001 [S]. 北京: 中国计量出版社, 2002.
- [2] 中华人民共和国建设部. 热量表: CJ 128—2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 热量表: GB/T 32224—2015 [S]. 北京: 中国质检出版社, 2016.
- [4] 张健,姚福安,荣海林. 基于 ZigBee 网络的无线热量表管理系统设计 [J]. 电子世界, 2014(9): 35-37.
- [5] 路银川,陆程. 基于 GPRS 的热量表无线抄表系统设计 [J]. 煤炭技术, 2012, 31(12): 200-201.
- [6] 中国国家标准化管理委员会. 户用计量仪表数据传输技术条件: CJ/T 188—2004 [S]. 北京: 中国质检出版社, 2004.