

# 车辆称重数据远传 DCS 的系统设计

李锴志,何文雪,徐世许

(青岛大学 自动化学院,山东 青岛 266071)

**摘要:**青岛某再生能源公司为焚烧生活垃圾并发电,建立了 1 套有 2 台地磅的车辆自动称重系统,2 台计算机读取地磅称重仪表中的数据,通过企业局域网传输到数据库服务器。焚烧发电的控制系统为 DCS。在厂区内数据库服务器与 DCS 相距 1.5 km,距离较远。为方便企业远程监控和统计入厂的垃圾量,设计了车辆称重数据远传 DCS 的系统,由光纤电缆实现通信。基于 Modbus - RTU 协议,利用 Visual basic 6.0 在数据库服务器上开发与 DCS 通信的程序,提取数据库中称重记录的有用信息,通过 RS485 串口将其远传至 DCS。目前该系统已经投入使用,实际运行平稳、可靠,为企业获得政府政策性资金支持提供了数据支持。

**关键词:**数据远传;Modbus - RTU 协议;DCS;称重仪表

中图分类号:TP273

文章编号:1000 - 0682(2025)01 - 0025 - 04

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2025.01.005

## System design of remote transmission DCS for vehicle weighing data

LI Kaizhi, HE Wenxue, XU Shixu

(Automation College, Qingdao University, Shandong Qingdao 266071, China)

**Abstract:** A renewable energy company in Qingdao has set up a vehicle automatic weighing system with two weighbridges for burning domestic waste and generating electricity, and two computers read the data in the scale weighing instrument and transmit it to the database server through the enterprise LAN. In the factory, the distance between the database server and DCS is 1.5 km, which is far away. In order to facilitate the enterprise to monitor and count the amount of garbage in the factory remotely, the vehicle weighing data remote DCS system is designed, and the communication is realized by optical fiber cable. Based on Modbus - RTU protocol, Visual basic 6.0 is used to develop the program of communication with DCS on database server, extract the useful information of weighing record in database, and transmit it to DCS via RS485 serial port. At present, the system has been put into use, running smoothly and reliably, providing data support for enterprises to obtain government policy funding support.

**Keywords:** data remote transmission; Modbus - RTU protocol; DCS; weighing instrument

## 0 引言

随着城镇化进程的推进以及人民生活水平的提高,生活垃圾量不断增加,许多大中城市面临“垃圾围城”,生活垃圾处理已成为一大难题。面对这一状况,垃圾焚烧发电被认为是处理生活垃圾的首选

方法。青岛某能源再生公司利用生活垃圾焚烧发电,垃圾日处理量最高可达 2000 t。环卫部门使用大型车辆运输垃圾,车辆在入厂时进行称重,政府部门根据垃圾处理量给予企业财政补贴<sup>[1]</sup>。企业建立了 1 套车辆自动称重管理系统,2 台地磅可以同时 2 辆车称重,2 台计算机读取称重仪表中的数据,通过企业局域网将数据传送到服务器的数据库中。在数据库服务器上基于 Modbus - RTU 协议将称重数据通过 RS485 通信远传到 DCS 中<sup>[2]</sup>。目前该系统已成功运行,能够满足 DCS 平台对车辆称重数据实时监控的要求。

收稿日期:2024 - 05 - 21

第一作者:李锴志(2000—),男,硕士研究生,研究方向为计算机控制。E-mail:15866531713@163.com

通信作者:何文雪(1970—),男,山东潍坊人,副教授,硕士生导师,研究方向为计算机控制。

## 1 称重数据远传系统硬件结构

称重数据远传系统硬件结构如图 1 所示。

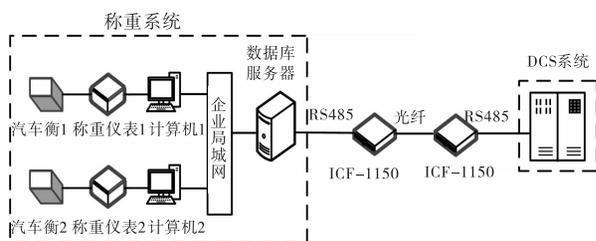


图 1 称重数据远传系统硬件结构

称重系统由梅特勒-托利多生产,汽车衡为 POWERCELL PDX 型,称重仪表为 ICS4-9,计算机和数据库服务器均为研华工控机,工控机上配置了 RS485 串口。系统运行的称重管理软件为 AVS-AC。

垃圾焚烧的控制系统为新华 DCS,DCS 上配置 RS485 串口。

数据库服务器与 DCS 距离 1.5 km,企业在建厂的时候已铺设光纤电缆,从实现的经济性、方便性和可靠性考虑,选用光纤电缆作为通信介质。数据库服务器和 DCS 两端的 RS485 串口,均连接摩莎 ICF-1150 串口转光纤转换器,2 个转换器之间通过光纤连接。

ICF-1150 为工业级 RS232C/RS422/RS485 转光纤的转换器,支持 RS232C,RS422/RS485 和光纤 3 种传输模式,光纤传输时单模最远传输距离可达 40 km,多模最远可达 5 km,提高了数据的传输距离,满足数据库服务器与 DCS 远程传输的要求。

## 2 数据传输协议

由于新华 DCS 组态编程时,其 RS485 串口仅支持 Modbus-RTU 通信协议,因此,数据传输应符合 Modbus-RTU 协议格式。

Modbus-RTU 协议传输数据帧采用十六进制数,通过主/从方式进行通信<sup>[3]</sup>。DCS 为主站,而数据库服务器则作为从站。Modbus-RTU 通信流程如图 2 所示,主站负责向从站发送数据请求报文。一旦从站收到正确的报文数据并成功解析后,它将对请求报文进行数据应答,将数据回传主站<sup>[4]</sup>。

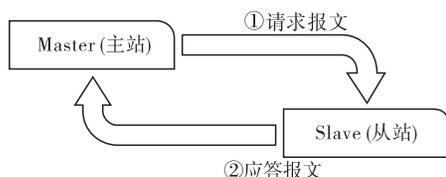


图 2 Modbus-RTU 通信流程

按照 Modbus-RTU 协议的通信流程,称重数据远程传输的处理过程如下:DCS 系统向数据库服务器发送数据请求报文并等待响应;数据库服务器接收到数据请求报文后,首先进行验证以确保报文的正确性和完整性;确认后,服务器在数据库中定位未发送的称重记录,提取记录中的有用的字段信息;组装成符合 Modbus-RTU 协议格式的数据帧,通过串口传输至 DCS 系统;DCS 接收到数据帧后,进行解析和处理,提取所需信息,并向数据库服务器发送接收成功的响应码;数据库服务器将刚传送的记录设置为已发送。

## 3 数据库服务器与 DCS 通信程序设计

### 3.1 称重数据库增加标记字段

服务器上运行称重管理软件 AVS-AC,使用的数据库为 SQL Server 2008 R2,称重数据存储表中,表的字段有汽车衡号、物料名称、毛重、皮重、净重、称重时间及重量单位等共计 52 个,为了区分表中称重记录是否上传,修改表的结构,人为增加一个字段,新增字段的名为 flag,类型为无符号整数型,当记录的 flag=0 时表示未上传;flag=1 时表示记录已上传。

数据库表中的每 1 条称重记录在生成时,flag 初值默认为 0,当记录的数据成功上传后,要马上将该记录 flag 的值改为 1,此后该记录不会再上传<sup>[5]</sup>。

### 3.2 数据字典

DCS 系统需要的称重数据有物料名称、净重以及汽车衡号,这 3 个数据对应服务器中数据库表的 3 个字段。

字段物料名称的取值为市北垃圾、市南垃圾或胶州垃圾等汉字字符串,不能直接传输,为此在数据库服务器和 DCS 上建立共享的数据字典,将物料名称编码,即用 2 位数字代码表示物料,如市北垃圾-00、市南垃圾-01 及胶州垃圾-02 等。数据库服务器传送物料名称时,实际传送的是物料代码<sup>[6]</sup>;DCS 收到物料代码后转换为对应的物料名称,用于屏幕显示等。

### 3.3 服务器与 DCS 通信程序流程

图 3 为服务器与 DCS 通信程序流程。服务器的串口在使用前要通过 MSComm 控件设置通信波特率、奇偶校验、数据位以及停止位等参数<sup>[7]</sup>。通过查询方式不断读取接收缓冲区的数据,一旦收到 DCS 下发的要求上传数据的命令,马上定位表中称重时间最早的 1 条未上传的记录,形成数据帧发送,

同时启动 30 s 定时器。正常情况下,DCS 在 30 s 内应该接收到数据并返回接收成功的响应帧,如果服务器收到 DCS 这个反馈的响应帧,则将已发送记录的字段 flag 置为 1,后面将不再发送这条记录;如果服务器在 30 s 内没有收到 DCS 接收成功的响应帧,则不再等待 DCS 的响应帧了,认为本次发送失败,不修改记录的字段 flag,本次发送作废,服务器转去读取缓冲区并判断是否接收到 DCS 的上传数据命令,开启下一次的数据传输过程。

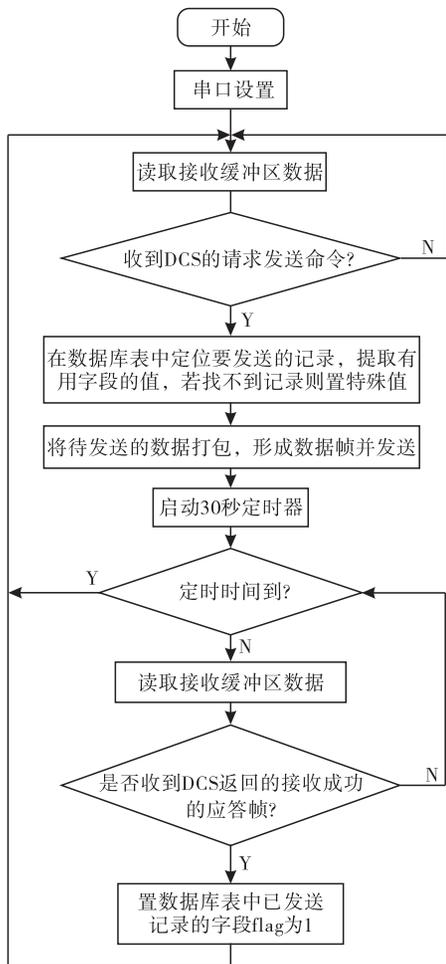


图3 服务器与DCS通信程序流程

### 3.4 通信数据帧封装

在数据库服务器上使用 VB 作为开发语言,下面主要说明数据上传 DCS 时,通信数据帧如何按 Modbus - RTU 格式封装。表 1 为 Modbus - RTU 报文模型。

表 1 Modbus - RTU 报文模型

从站地址	功能代码	数据	CRC 校验 L	CRC 校验 H
8 bit	8 bit	$N \times 8$ bit	8 bit	8 bit

Modbus - RTU 报文由以下 4 部分组成。

从站地址:从站地址在每一条数据帧的开始位

置,由 2 位十六进制码组成,用于标识通信网络中的不同设备或站点<sup>[8]</sup>。每个设备或站点都有一个唯一的地址,用于在通信网络中进行寻址和识别<sup>[9]</sup>。

功能代码:功能代码用于指示执行的操作类型或功能的一个重要字段,包含在通信帧的头部,用于告知接收方应该对数据进行何种处理,接收方根据接收到的功能码来解析通信帧,确定应该执行何种操作,其取值为 1 ~ 225 (十进制)<sup>[10]</sup>。

数据:数据用于携带通信中需要传输的实际应用数据,主要包括传感器测量值、控制指令和配置信息等。这里的数据指物料代码、净重和汽车衡号,这些信息需要进行发送<sup>[11]</sup>。

CRC 校验:为了防止数据在主从机之间通信时出现错误,在数据帧的尾部加上 CRC 校验码,通过检查 CRC,可判断通信是否正确<sup>[12]</sup>。

使用如下的程序即可完成数据帧的封装。

```
Public Sub BuildMessage( MBytes() As Byte)
    MBytes(0) = CByte("&H" + Address)'从站地址
    MBytes(1) = CByte("&H" + Fun)'功能代码
    MBytes(2) = CByte("&H" + Num)'读取数据字节数
    MBytes(3) = CByte("&H" + ProductID)'物料编号
    MBytes(4) = CByte("&H" + MachineID)'汽车衡号
    MBytes(5) = CByte("&H" + Net_H)'净重高字节
    MBytes(6) = CByte("&H" + Net_L)'净重低字节
    Call CRC(MByte,6)'调用计算CRC校验码子程序
    MBytes(7) = CRCByte(0)'CRC码低字节
    MBytes(8) = CRCByte(1)'CRC码高字节
End Sub
```

CRC 校验码调用子程序计算生成。

数据库服务器在进行数据传输时,使用 MSComm. Output = MBytes 将数据写入串口的输出缓冲区,即实现数据的发送。

## 4 DCS 与服务器通信程序设计

上海新华 DCS 系统拥有强大的功能,可构建多种独立的控制、监控和数据采集系统,以满足工业领域对过程控制和信息管理的需求。DCS 利用组态

软件循环发送数据请求报文至数据库服务器,以进行数据采集<sup>[13]</sup>。一旦数据库返回正确的数据报文,DCS 系统会对其进行处理,并将接收到的信息显示在监控画面中<sup>[14]</sup>。

DCS 与服务器通信程序流程如图 4 所示。DCS 下发命令帧后,启动 30 s 定时器。正常情况下,服务器在 30 s 内应该上传数据,DCS 收到后,发送一个反馈响应帧给服务器,再启动 30 s 定时器,让服务器完成对已发送记录的标记,接着进入下一个循环。如果数据传输的过程异常,则在定时时间到达后,中断本次过程,转入下一个循环。如果数据库的表中没有要发送的新记录,则服务器发送特殊数据,DCS 收到后,对数据不做统计等进一步处理,但照样返回接收成功的响应帧,表明服务器与 DCS 的通信正常。

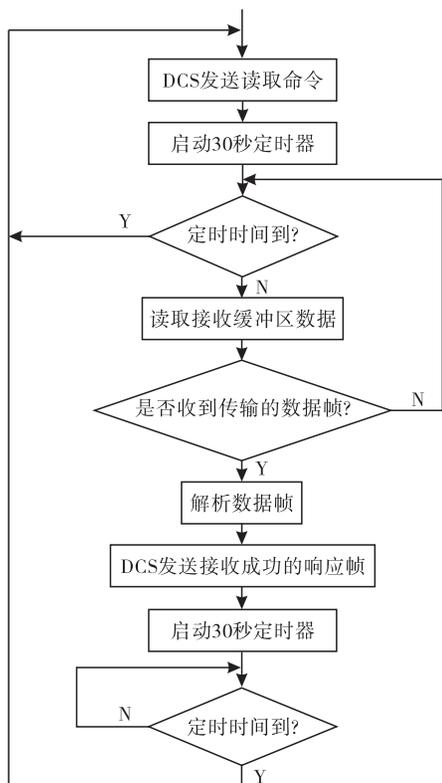


图 4 DCS 与服务器通信程序流程

### 5 称重数据远传示例

完成 1 条记录数据的传送,数据库服务器和 DCS 要交互 2 次,下面是第 1 次交互的过程。

DCS 下发的读取命令帧:设定从站地址为 10 (十进制),转化为十六进制 0AH。功能码设定为十六进制的 03H (读取)。开始的寄存器编号,假设为 2001H。接下来的 2 个字节表示要读取的数据长度,将其设置为 0002H。最终下发的命令帧为:0A

03 20 01 00 02 9F 70,最后 2 个字节为 CRC 校验码。

数据库服务器的响应帧:从站地址 0AH,功能码 03H,数据长度为 04H(4 个字节),物料代码 01H (市南垃圾),汽车衡号 00H,净重 7531H(十进制 3000.1kg),组合在一起形成 Modbus RTU 数据帧 0A 03 04 01 00 75 31 A6 4B,最后 2 个字节为 CRC 校验码。

数据库服务器收到约定的 DCS 下发的读取命令帧后,将响应帧传送回 DCS,这是第一次交互。DCS 收到响应帧,判断为正确后,再向数据服务器发送表示成功的一帧数据,供其确认成功,这是第 2 次交互。

DCS 将入厂垃圾重量、用于消毒的化学物品和建材等信息进行分类统计,DCS 对入厂物料数据统计画面如图 5 所示。

入场物料总计 2023-10-21 10:22					
生活垃圾	325632.2kg	尿素	8000.5kg	硫酸	9000.4kg
市北垃圾	232121.3kg	清洗剂	20000.4kg	钢材	13000.2kg
李沧垃圾	233121.2kg	耐火材料	15000.5kg	化学药水	11000.1kg
工业垃圾	123945.1kg	消石灰	14000.3kg	保温铝皮	13000.8kg
崂山垃圾	339428.2kg	氨水	5000.4kg	惠海垃圾	18121.6kg
吴宇废弃	109276.6kg	氯化铝	9000.1kg	A1010	6400.4kg

图 5 入厂物料统计画面

### 6 结语

该文基于青岛某再生能源公司的设备现状,设计了车辆称重数据远传 DCS 的系统。硬件配置简单经济、实用可靠。通信程序设计充分考虑传输数据的可靠性,建立了反馈机制,即数据库服务器响应 DCS 命令向其发送数据,DCS 收到后要反馈给数据库服务器,经其确认数据已发送成功后,做好已发送标记;若不成功等待下一次发送,这样保证每一条称重数据记录都传到 DCS,不会出现重复或漏掉的情况。该系统已投入使用 1 年,运行平稳、可靠,完全达到预期设计目标。

#### 参考文献:

- [1] 金延国,金小琳. 自动称重垃圾焚烧发电中的应用[J]. 衡器,2017(5):11-14.
- [2] 刘鑫,王学华,白志城,等. 基于 Modbus 协议的终端通讯系统的开发[J]. 自动化与仪器仪表,2021(1):182-186.
- [3] 荣梅. 分散控制系统在大型选煤厂的应用[J]. 选煤技术,2021(4):77-80.
- [4] 王志勇,李海丽,李晓薇. 多种通讯技术在乏燃料后处理工程 DCS 系统接口设计中的应用[J]. 自动化与仪器仪表,2023(7):249-251.

(下转第 78 页)

### 5 结论

该次研究的基于 MQTT 协议的采油井物联网采集端在国内油田数字化建设领域具有首创性和创新性。在硬件上开发了基于国产 GD32F103Z 为主控芯片的物联网采集终端,集成了 RS485 通信、联网、存储以及供电和程序下载模块。在 RT - Thread 实时嵌入式操作系统的基础上进行软件开发,按模块进行设计,实现数据采集、远程控制、参数配置等功能。同时,OTA 固件更新功能可对物联网设备进行远程软件升级,无需进行现场升级,从而降低设备维护成本。通过 1 年多的现场试验与实践表明,该终端具有以下特点:

- (1)采用国产高性能工业级 GD32F103ZET6,实现主控芯片国产化;
- (2)联网模式自由,可通过局域网、Wi - Fi、4G 等多种模式接入内网;
- (3)采用主动上报代替轮询问答模式,降低服务器负担,提高采集效率;
- (4)可通过 OTA 实现网络远程下发配置与固件升级。

#### 参考文献:

[1] 栗克国,李志飞,倪文军,等. 基于 GD32F103 的多参数

码头安全监控终端设计[J]. 自动化与仪表,2018,33(05):61 - 64.

[2] 马后权,施华君. 实时操作系统 RT - Thread Smart 在 STM32MP1 上的移植[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2021,21(8):14 - 18.

[3] 罗玉海,王椿曦,熊正焯. 基于鸿蒙系统和 OTA 技术的农业大棚测控系统[J]. 现代农业装备,2023,06:52 - 55.

[4] 吴征,喻支乾. 基于 Modbus 通讯协议变频器速度给定系统的改造及设计[J]. 山东化工,2020,49(11):157 - 161.

[5] 方舟. 油田数字化建设中物联网技术的应用[J]. 化工设计通讯,2021,47(06):11 - 12.

[6] 孙国宝,周继伟. 物联网技术在智能油气田井场数字化建设中的应用[J]. 信息系统工程,2021,10:16 - 18.

[7] 任燕芝,郑隽鹏,张勇,等. 基于 GD32F103 单片机非接触红外测温仪的设计[J]. 山西电子技术,2020,04:30 - 32.

[8] 石宝山. 基于物联网技术的油田数字化建设研究[J]. 中国化工贸易,2019,11(35):95.

[9] 赵慧娟. 物联网与嵌入式系统开发研究[J]. 电子技术与软件工程,2021(18):2.

[10] 杨栋翔. 用电信息采集终端的时间同步方法研究[D]. 重庆:重庆大学,2019.

(上接第 17 页)

[10] 高永锋,李艺江,孙林,等. 基于光电转换模块的光纤以太网通信设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2022(3):23 - 26 + 45.

[11] 郭佳欣,单彦虎,任勇峰. 基于 CH378 的通用大容量数据记录器的设计与实现[J]. 电子器件,2016,39(6):1429 - 1434.

[12] 叶东坤. 大容量存储在示波功率分析仪中的应用[D]. 成都:电子科技大学,2020.

[13] 洪方磊,薛萌,郭汉明. 基于 FPGA 的大数据缓存与高速传输系统设计[J]. 软件导刊,2023,22(8):156 - 163.

[14] 辛艳. 基于千兆以太网传输的多通道采集设备的设计[D]. 太原:中北大学,2023.

(上接第 28 页)

[5] 王付军,宋妮俐,杨长青. 基于 Modbus RTU 协议的 DeltaV 系统与西门子 S7 - 200 SMART PLC 串行通信[J]. 工业控制计算机,2023(8):38 - 39.

[6] 朱晓洁. 基于矿用监控分站的断线数据传输技术[J]. 煤矿安全,2023,54(12):227 - 232.

[7] 陈航,严帅,刘胜,等. 基于 RS485 总线的分布式高精度数据采集系统[J]. 仪表技术与传感器,2021(2):71 - 75.

[8] 陈熙,何璇. 基于 Modbus/TCP 协议的远程控制系统的设计与实现[J]. 创新引用,2022,39(7):84 - 86

[9] 肖宇,刘荆飞,瞿斌梅. 基于 MODBUS 通讯协议拓展装置新功能的设计[J]. 中国科技信息,2022(2):73 -

75.

[10] 张海龙,朱海龙,姜明远,等. 基于 Modbus 的多功能通信系统的设计与实现[J]. 汽车电器,2023(11):56 - 58.

[11] 史亚平. Modbus TCP/IP 协议的客户端与服务器实现[J]. 工业控制计算机,2023,36(2):54 - 56.

[12] 王银龙,樊旻,任远. DCS 远程监控软件在石化行业的应用[J]. 工业控制计算机,2023,36(11):73 - 77.

[13] 闫秀芳,王志国,高晓辉. PLC 基于 Modbus 通讯的控制系统研究[J]. 制造业自动化,2018(2):127 - 130.

[14] 王文波. 基于计算机通信技术的 DCS 控制系统在工业自动化中的应用[J]. 现代工业经济和信息化,2023(11):58 - 60.