

新型科里奥利粉料流量测控系统

耿春明, 刘洲华, 贾路尧

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100191)

摘要: 对北京航空航天大学自主研发的基于科里奥利原理的新型固体粉料流量测控系统进行介绍, 包括该系统的测量原理及总体设计, 测控系统的机械秤体、控制仪表的软硬件设计, 测控系统基于现场总线 Profibus-DP 与以太网的现场总线通信设计, 以及该测控系统的应用现状与最新研究成果。结果表明, 该系统运行稳定, 测量准确, 达到了最初的设计要求。

关键词: 科里奥利原理; 粉料流量; 测控系统; 现场总线

中图分类号: TP27 **文献标志码:** A

文章编号: 1008-5548(2014)05-0042-03

New Coriolis Measure and Control System of Powder Flow

GENG Chunming, LIU Zhouhua, JIA Luyao

(School of Mechanical Engineering and Automation,
Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: A new Coriolis measure and control system of powder flow researched and developed independently by Beihang University based on Coriolis principle was introduced. The measure principle and general introduction of the system were given. The mechanical part of the measure system as well as detail hardware and software of the control meter were designed. The communication design of fieldbus based on Profibus - DP and the Ethernet was described. The application status and newly research of the measure and control system were given. The results show that the system runs stably and accurately, and reaches the initial design requirements.

Key words: Coriolis principle; powder flow; measure and control system; fieldbus

在工业自动化生产领域中, 对粉、粒状固体物料的流量测控是很重要的环节。长期以来, 国外企业(如德国申克公司)在这一领域占据垄断地位, 有一系列相当成熟的产品。该类产品中技术先进的科里奥利粉料

收稿日期: 2014-01-07, 修回日期: 2014-02-06。

第一作者简介: 耿春明(1964—), 男, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为工业测控技术与应用、嵌入式系统应用等。E-mail: gengcm@buaa.edu.cn。

通信作者简介: 刘洲华(1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为工业测控技术与应用、嵌入式系统应用。电话: 13811731214, 010-82313509, E-mail: lzh646453661@163.com。

流量计及其流量测控系统备受关注, 国内仅有极个别单位对科里奥利粉料流量测控系统进行了研发。为了实现该技术的自主创新, 北京航空航天大学与河北唐山冀东发展集团有限责任公司合作, 针对适用于新型干法水泥生产线上窑头、窑尾的煤粉喂料流量测量, 自主研发了新型科里奥利粉料流量测控系统。本文中介绍新型科里奥利粉料流量测控系统的测量原理与总体设计, 测控系统的机械秤体、控制仪表的软硬件设计, 测控系统基于现场总线 Profibus-DP 与以太网的现场总线通信设计的最新研究成果及其应用。

1 测量原理与总体设计

科里奥利质量流量测量利用了力学中的科里奥利原理, 物料从定轴转动的测量轮径向通过时对测量轮产生科氏反力矩作用, 依据该力矩与流过的物料瞬时质量成正比, 通过对力矩的测量, 即可实现对质量流量的测量^[1]。由此可知, 科里奥利质量流量测量原理受物料颗粒的大小、密度、不均匀性、流动性等因素影响较小, 故广泛应用于固体粉料流量的测量。科里奥利粉料流量测控系统应当具备以下 3 个方面的功能: 1) 提供产生科里奥利力的测量轮平台; 2) 实现对测量轮的转速与科里奥利反力矩的测量; 3) 具有对采集信号的处理、流量的计算及控制的核心处理单元。

图 1 为新型科里奥利粉料流量测控系统结构示意图。测控系统主要由机械秤体和电气仪表 2 个部分

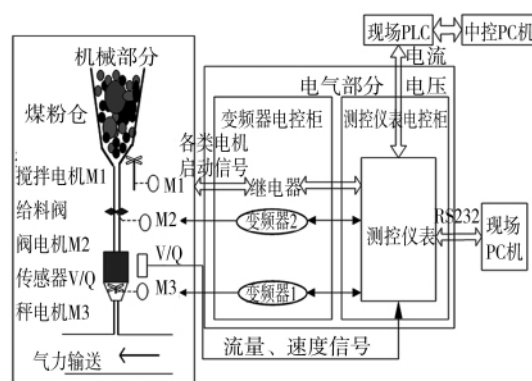


图 1 新型科里奥利粉料流量测控系统结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of new Coriolis measure and control system of powder flow

组成。机械秤体部分为流经的固体粉料提供测量平台,安装在秤体上的光电开关采集到相应信号送入测控仪表,经计算得到秤转速、实时流量等相关数据。根据流量数据及设定的控制方式(开、闭环),测控单元将相应的控制输出至秤、阀变频器,实现对流量的实时测控。测控仪表接收中央控制室(简称中控室)的控制信号实现科氏秤的启停、流量设定等远程控制命令,并在运行中实时地向中控室反馈测得的流量数据。

由科里奥利粉料流量测量原理可知,实现流量的计量需要采集秤转速与瞬时扭矩2个信号。转速与扭矩的测量方法多种多样,在测控系统中,设计了由扭杆弹簧、测量齿盘和光电传感器等组成的转速、扭矩一体化直接数字传感结构,配合处理核心的计数功能,实现数字化测量^[2]。

2 机械秤体设计

机械秤体部分提供固体流量测量的环境平台,包括变频器、测室法兰、测量轴系、中壳体和下壳体5个部分,如图2所示。机械秤体有以下3个功能:1)匀速旋转的秤电机和径向直线测量通道提供科氏力矩的产生条件;2)测量轴系中独特的齿盘结构设计实现秤电机转速与科氏扭矩的一体化数字化信号测量;3)通过控制进料通道上的给料阀实现对粉料流量的实际控制。

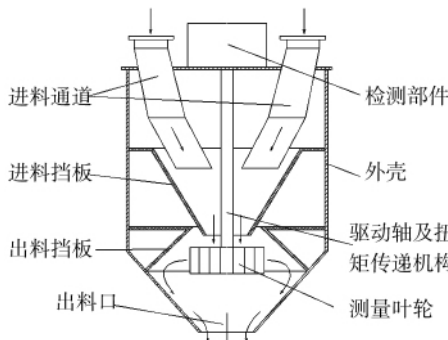


图2 机械秤体结构

Fig. 2 Mechanical structure of measure part

3 电气仪表设计

电气仪表包括测控核心单元和变频器、继电器等电气设备。测控核心单元是整个测控系统的“大脑”,在该“大脑”的指挥下,测控系统实现相应的流量测量与控制。测控核心单元主要完成以下4大功能^[3]:1)测量功能。测控系统不仅要测量粉料当前的瞬时流量,而且还要测量该运行时段内流过的累计质量。2)控制功能。对固体粉料流量进行精确、稳定、快速的控制是测控系统必须具有的核心功能。3)人机交互功能。人性化的人机交互功能方便使用者现场调试与配置参数。

4)调试与监控功能。调试指对系统进行硬件测试、参数校定与配置等设备运行前的准备工作。监控功能分为现场监控和远程监控2个部分。现场监控指用户将便携电脑连接到现场附近的流量测控仪表,通过便携电脑上的监控软件实时监控系统的运行状态;远程监控功能指用户在中控室内,通过测控系统反馈的远程信号实时监控系统的运行状态。

3.1 测控核心单元硬件设计

基于ARM处理器处理核心的STM32F103系列微处理器设计测控核心单元硬件电路。STM32F103系列微处理器具有丰富的外设资源,时钟频率为72 MHz,采用ARM处理器的Cortex-M3架构内核,性能稳定,功耗低,另外具有丰富的软件资源,开发便利。

分为主控板、数字板、模拟板、光电开关板、底板的核心仪表硬件电路由微处理器及外围电子器件构成,功能如下:主控板即CPU板,分析和处理测控仪表采集的各种信号,运行控制算法,通过RS232串口完成人-机交互,完成仓重与串行总线RS485的通信等;数字板处理输入的外部电路闭合信号,输出控制指示信号;模拟板主要处理模拟电流信号的输入和输出;秤体中光电开关板上面的光电开关传感器产生脉冲信号,经过整形、滤波,作为测量信号输入到数字板。通过底板进行主控板、数字板、模拟板的电路连接,通过多芯屏蔽双绞线连接数字板、光电开关板。测控核心仪表硬件功能模块如图3所示。

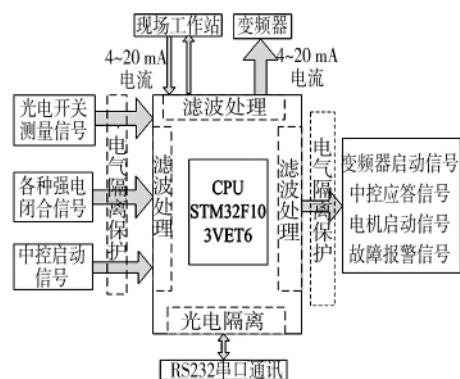


图3 测控核心仪表硬件功能模块

Fig. 3 Hardware function block of measure and control core meter

3.2 测控核心单元软件设计

为了保证测控系统的运行效率及稳定性,选择实时操作系统uC/OS-II作为测控仪表单元软件平台。uC/OS-II操作系统是一个完整的,可移植、固化、剪裁的占先式多任务内核,已在超过40种不同架构的微处理器上成功运行,而且运行情况十分稳定。图4所示为uC/OS-II操作系统的体系结构。uC/OS-II操作系统移植到STM32F103系列处理器只需更改与底层硬

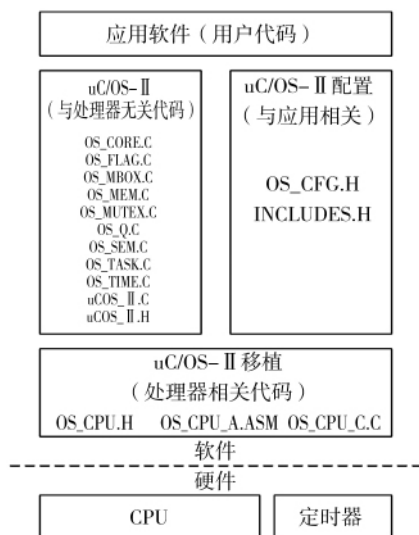


图 4 uC/OS-II 操作系统源文件体系结构

Fig. 4 Source file system of uC/OS-II operation system

件相关的 3 个文件:OS_CPU.H、OS_CPU_A.ASM 和 OS_CPU_C.C。在这 3 个文件中,可更改与编译器相关的数据类型,选择临界代码的实现方法,编写任务切换调度的函数方法等。

基于 uC/OS-II 操作系统的程序设计都是通过各个任务实现的,因此根据测控仪表功能需求,将功能程序划分为以下 5 大任务:1)计算任务。由光电传感器同步信号触发,完成转速、流量等数据的计算处理。2)控制任务。计算任务完成后触发,根据测量到的流量及设定的控制方式对阀、秤变频器进行控制,向中控发送反馈流量。3)通信任务。串口触发,在与 PC 上位机通过 RS232 串口相连时,完成上位机发送的各项调试与参数配置命令。4)中控刷新任务。最低优先级任务,CPU 闲暇时执行,完成故障检测、定时上传、设备启停等功能。5)仓重任务。最高优先级任务,每 3 s 执行 1 次,通过串行总线 RS485 从仓重仪表读取仓重值。

4 现场总线通信设计

目前新型干法水泥生产线采用以太网为主干网,下位机主控制器为可编程逻辑控制器(简称 PLC),通过现场总线 Profibus 与现场控制设备相连,上位机采用 TCP/IP 网络通讯协议,现场层采用西门子现场总

线 Profibus-DP 主-从协议,采用西门子 STEP7 编程组态软件和 WINCC 过程监控软件进行软件开发。煤粉秤测控系统现场层组成结构如图 5 所示。中控室采用工控机监控整个生产线,通过现场 PLC 完成中控室与煤粉秤系统的信息交换;中控室与现场 PLC 通过工业以太网通信,通过模拟信号线连接现场 PLC 与煤粉秤系统。

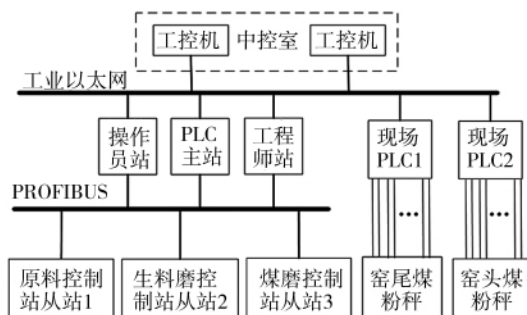


图 5 测控系统现场层连接图

Fig. 5 Fieldbus layer graph of measure and control system

5 应用现状及最新研究成果

2010 年至今,冀东发展集团股份有限责任公司已陆续有十几条水泥生产线使用约 30 套该新型科里奥利粉料流量测控系统进行窑头、窑尾煤粉喂料的流量控制。目前,各地生产线中使用的该流量测控系统运行稳定、安全,测量精度高,满足了实际生产的需求。同时,关于该流量测控系统的后续研究工作也取得了重大进展,例如,基于 WinCE 嵌入式系统的现场液晶屏不需要与 PC 连接,随时在现场进行上位机监控与调试。另外,基于现场总线 Profibus DP-V1 的总线通信也取得初步成果,用以实现在中控室对科氏秤的完全控制。

参考文献(References):

- [1] 杨小昆, 马小球, 马健, 等. 科里奥利原理在测量散粒料流量中的应用[J]. 中国粉体技术, 2004, 10 (5): 43-47.
- [2] 宋明刚, 樊尚春. Coriolis 质量流量测量技术的发展综述[J]. 测控技术, 2000, 19 (10): 1-2.
- [3] 孙飞, 刘亚. 科里奥利粉料流量测控系统的控制方法研究[J]. 军民两用技术与产品, 2011 (10): 51-53, 56.

版 权 声 明

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊已被中国学术期刊(光盘版)数据库独家收录,并通过他们的资源系统及其镜像系统等对外提供无偿或有偿信息服务,其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。本刊可免费提供给作者文章引文统计分析资料。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将作适当处理。

《中国粉体技术》编辑部

2014 年 10 月