

基于 KingView 的煤矸石烧结空心砖隧道窑监控系统* Coal Gangue Sintered Hollow Brick Tunnel Kiln Monitoring System Based on KingView

王庆兰¹,石学文^{1**},张同对²

WANG Qinglan¹,SHI Xuewen¹,ZHANG Tongdui²

(1.曲阜师范大学工学院,山东日照 276826;2.日照市科学技术情报研究所,山东日照 276826)

(1. Engineering College, Qufu Normal University, Rizhao, Shandong, 276826, China; 2. Institute of Scientific and Technical Information of Rizhao, Rizhao, Shandong, 276826, China)

摘要:【目的】实现煤矸石烧结空心砖隧道窑烧结过程的“自动”控制与管理,保障系统安全、稳定的运行。【方法】利用自动检测技术、增量式 PID 控制算法和组态软件 KingView 设计并实现了一煤矸石烧结空心砖隧道窑监控系统。【结果】该系统实现了对窑温、窑压、窑车位置等信息的实时检测和控制,完成了对整个烧结过程的自动控制。【结论】该设计不但有效地提高了系统运行的安全性,而且提高了空心砖的合格率与产量,收到了良好的经济效益。

关键词:煤矸石 隧道窑 增量式 PID 控制算法 组态王

中图分类号:TP278 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2017)03-0298-05

Abstract:【Objective】To realize the automatic control and management of sintering process of coal gangue sintered hollow brick tunnel kiln and ensure the safe and stable operation of the system.【Methods】In this paper,a coal gangue sintered hollow brick tunnel kiln monitoring system was designed and implemented by using automatic detection technology,incremental PID algorithm and KingView.【Results】It could monitor the real-time information of kiln temperature,kiln pressure,fan frequency,position of kiln cars and so on,the automatic control of the whole sintering process had been realized.【Conclusion】Not only the security of the system but also the qualification rate and the output of hollow brick are improved,and a good economic benefit has been obtained.

Key words: coal gangue,tunnel kiln,incremental PID algorithm,KingView

0 引言

【研究意义】我国每年的煤矸石排放总量累计达数亿吨,不仅占用了大量的耕地,还造成了环境污染。如何科学利用煤矸石已成为人们多年来研究的课题。利用煤矸石烧成砖,既减少了对环境的污染和耕地的占用,又提高了砖的质量,是变废为宝的利民项目,因此受国家政策扶持^[1]。煤矸石烧结空心砖隧道窑属于常年连续运行系统,一旦停止运行,将带来巨大的损失,因此,如何保障系统安全、稳定的运行一直以

收稿日期:2016-08-14

修回日期:2016-10-11

作者简介:王庆兰(1974—),女,硕士,讲师,主要从事系统分析与集成研究,E-mail:wq_l_zdh@163.com。

* 国家自然科学基金项目(61273123,61304059)和教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-13-0878)资助。

** 通信作者:石学文(1971—),男,硕士,副教授,主要从事过程控制研究,E-mail:sxw_zdh@163.com。

来都是系统设计的关键。【前人研究进展】目前我国煤矸石烧结空心砖隧道窑生产过程自动化水平比较落后,管理粗放,工人劳动力强度大,产品合格率较低且能耗高。为解决上述问题,近年来人们常利用传感器和仪表来检测隧道窑参数,通过人工观察仪表反馈参数手动调节执行机构实现控制,但控制效果不够理想。隧道窑窑温、窑压是系统的主要被控参数,特别是高温区温度,要求控制在 1050°C ,允许温度浮动范围 $\pm 50^{\circ}\text{C}$,属于大滞后被控量。以往高温区温度控制采用“手动”控制,值班人员须时刻关注和记录仪表温度变化情况,手动调节变频器“速度指令设定”电位器,从而调节风机频率实现窑温、窑压控制。由于窑温属于大滞后被控量,手动控制调过渡过程时间很长,超调量较大。近年来有一些关于隧道窑温度智能控制算法的研究^[2-4],但仅局限于基于模型的理论仿真研究,由于隧道窑窑体长,且分为高、中、低不同的温区,窑温又属于大滞后被控量,难以建立精确的数学模型,因此这些算法不便于工程实现。【本研究切入点】随着智能仪表的广泛应用和工控组态软件功能、音频视频处理技术的提高,本研究利用传感器与自动检测技术对煤矸石烧结空心砖隧道窑烧制过程实现“自动”控制与管理。【拟解决的关键问题】根据某煤矿新型建材厂的要求,利用传感器与自动检测技术、PID控制算法和组态软件,设计并实现一基于组态王 KingView 的煤矸石烧结空心砖隧道窑自动监控系统,实现了对窑温、窑压、故障报警等关键参数的自动检测与控制,以提高生产的安全性和空心砖的合格率与产量,同时达到节能降耗和减排的目标。

1 系统整体设计方案

系统设计包括硬件设计和软件设计两大部分。硬件设计主要包括传感器、AI 仪表、变频器、视频监控设计、语音调度设计等内容。软件设计主要包括窑温、窑压控制算法设计和监控界面设计,系统整体控制方案^[5]如图 1 所示。现场监控层设在隧道窑附近,完成对窑温、窑压、风机频率、窑车位置等各项检测参数的实时显示、报警和控制,实现对整个烧制过程的自动控制。远程监控管理层可通过局域网远距离查看整条生产线的运行情况,监控界面和监控室的完全相同。

2 系统硬件设计

2.1 传感器选择

煤矸石烧结空心砖隧道窑监控系统的窑温分为低温区($0\sim 300^{\circ}\text{C}$)、中温区($300\sim 800^{\circ}\text{C}$)和高温区

($800\sim 1100^{\circ}\text{C}$)3 部分,分别采用 E 型、K 型和 S 型热电偶温度传感器^[6-7]。窑压属于微负压,选择 808 型扩散硅风压传感/变送器,量程为 $-150\sim 150\text{ Pa}$,输出信号为 $4\sim 20\text{ mA}$ 。

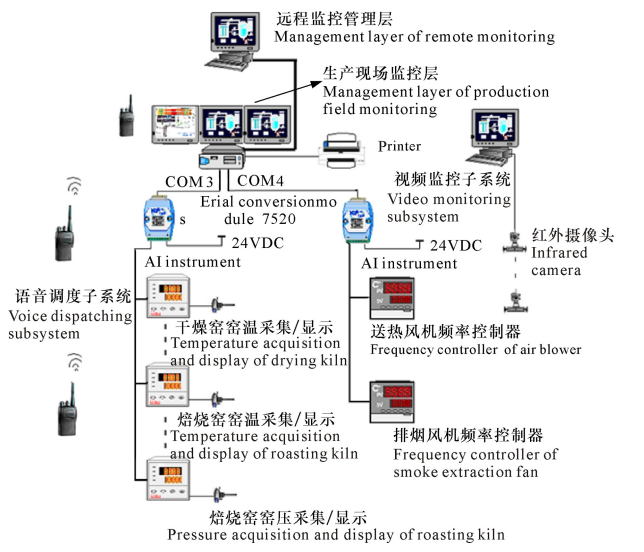


图 1 监控系统整体控制方案

Fig. 1 Overall control scheme of monitoring system

2.2 智能仪表检测电路设计

窑温共有 20 多路检测信号,为节省转换/显示仪表,系统采用温度巡检仪 AI706M,每块巡检仪能分别转换和显示 1~6 路热电偶输入信号。图 2 以两路热电偶输入为例介绍仪表检测电路设计。

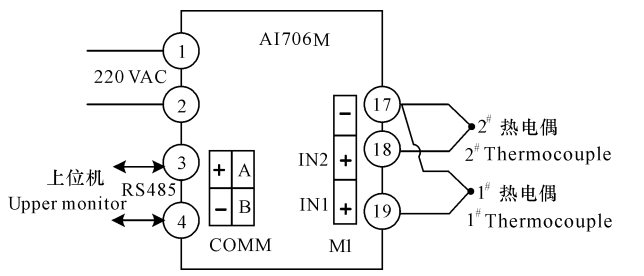


图 2 AI 706M 仪表检测电路接线图

Fig. 2 Wiring diagram of instrument AI 706M

M1 内部接 J1(热电偶输入)模块,热电偶补偿导线的“+”极性端分别接仪表的 IN1、IN2“+”输入端,补偿导线的“-”极性端接 IN1、IN2 的“-”输入端。AI706M 智能仪表将每一路输入的热电势信号转换为温度数字信号,通过 RS485 串口通信接口 COM 与上位工控机进行通信,最后通过上位机监控软件 KingView 将实时采集到温度信号进行显示和处理。窑压传感/变送器输出信号通过导线连接至监控室 AI708 智能仪表进行转换和显示,接线图见图 3。

2.3 变频器及其控制

变频器采用美国爱默生的 EV2000 系列通用变频器。EV2000 的频率输入控制信号为 $0\sim 10\text{ VDC}$,

频率反馈输出信号为 4~20 mA, 分别驱动 55 kW 抽热风机和 75 kW 排烟风机^[8]。EV2000 与智能仪表 AI708 接线如图 3 所示。

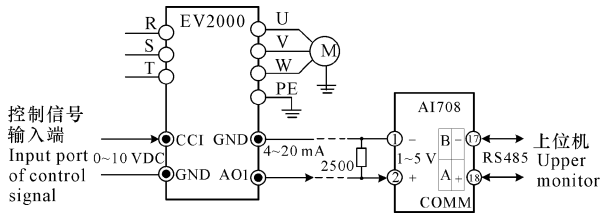


图 3 EV2000 变频器与仪表 AI 708 接线图

Fig. 3 Wiring diagram of EV2000 inverter and instrument AI 708

组态王通过仪表反馈的窑温、窑压和变频器频率, 经增量式 PID 算法运算处理产生数字控制量 u , 再经工控机内的 D/A 板卡转换后产生 0~10 VDC 的 AO 控制信号给变频器 EV2000, 通过变频器调控风机风量来调控窑温和窑压。

2.4 视频监控设计

在煤矸石空心砖烧结过程中, 一些重要设备是否正常运行, 一些操作流程(例如干燥/焙烧窑的窑车进/出口处的操作等)是否按规定顺序协调进行, 这都会影响到系统的安全。为保证系统安全运行, 在监控室工控机中配置 4 路 PCI 视频采集卡, 结合摄像头, 利用组态王软件实现视频监控^[9], 可一屏分多画面实时监控上述的重要位置设备的运行状况。

2.5 语音调度设计

监控室不但作为数据采集中心, 同时负责协调控制一系列的重要操作。本系统设置了 6 部对讲机, 分布在监控室、窑车进/出处、窑门闸板开/关处等关键的生产环节, 方便、及时的实现了信息沟通, 有效地避免了事故的发生。

3 系统软件设计

3.1 窑温、窑压控制算法设计

由于组态王软件支持脚本编程, 但又不易于实现复杂的控制算法, 因此本系统采用易于实现的增量式 PID 控制算法^[10-11]来实现窑温、窑压的自动控制。增量式 PID 控制算法为

$$\Delta u_k = K_P(e_k - e_{k-1}) + K_I e_k + K_D(e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2})$$

该算法中 P 、 I 、 D 参数由隧道窑专家提供, 在试运行中根据现场情况再做适当微调。控制量 u 只与最近 k 次的采样有关, 不会产生积分失控, 且较容易通过加权处理获得比较好的控制效果。下面是增量式 PID 控制算法在组态王中实现的脚本程序^[12]。

首先在组态王开发系统的“自定义函数命令语

言”里面编写一个可调用的自定义函数 pid(), 内容如下:

函数声明 FLOAT pid(float P, float I, float D, float PIDSet, float PIDReturn, float DeltaPIDPre1, float DeltaPIDPre2)

```
{ long PIDOut;
long DeltaPID;
DeltaPID = PIDSet - PIDReturn;
PIDOut t= P * (DeltaPID-DeltaPIDPre1)+
I * DeltaPID+ D * (DeltaPID- 2 * DeltaPIDPre1 +
DeltaPIDPre2);
DeltaPIDPre2=DeltaPIDPre1;
DeltaPIDPre1=DeltaPID;
return PIDOut;
}
```

然后在组态王中直接调用自定义函数 pid()。采用增量式 PID 控制算法后, 高温区温差由预期要求的 $\pm 50^\circ\text{C}$ 减小为 $\pm 41^\circ\text{C}$, 且温度较大波动次数明显减少, 具有较强的自动调节能力, 控制效果显著。图 4 为系统长期运行时的窑温跟踪工艺曲线, 其中 19 号车位高温区温度跟踪状况很好地验证了控制效果。窑压也同样采用增量式 PID 控制。

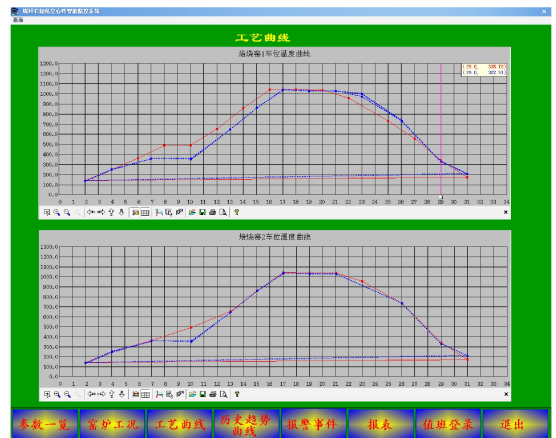


图 4 窑温跟踪工艺曲线

Fig. 4 Graph of temperature tracking process curve

3.2 系统监控界面设计

组态王 KingView 具有良好的界面开发功能, 能开发出生动、丰富的界面, 方便监控。由于该组态软件具有模块化功能, 开发时只需要将相应模块从丰富的模块库中拖到屏幕上, 然后进行相应的配置即可, 不需要进行复杂的编程, 故开发周期短且功能强大, 受到用户的青睐。本监控系统界面设计主要包括值班人登录、实时检测参数一览表、历史趋势曲线、窑温跟踪工艺曲线、窑车车位与车号显示、实时监控报警显示等界面设计^[5, 12]。

3.2.1 操理员登录界面

不同的操作人员具有各自的登陆密码,且值班操作人员和专业技术人员具有不同的操作权限,保障了系统的安全运行。值班操作人员登录后,值班期间所有的生产情况在数据库中都有记录,当生产出现问题时,便于追责到人,提高了值班人员的责任心。

3.2.2 实时检测参数显示界面

该界面将所有仪表转换后的检测值集中实时显示在屏幕上,便于值班人员从全局及时掌握整个烧结过程的运行情况,是监控室值班人员进行相关操作的依据,如图 5 所示。



图 5 实时检测参数画面

Fig. 5 Graph of real-time detection parameters

3.2.3 历史趋势曲线显示界面

该界面显示窑温、窑压、风机频率等重要参数的历史趋势曲线画面(图 6),在画面上通过拖动指示棒,则可以查阅过去的任一时刻该变量的数值,为技术人员分析控制策略和查看控制效果提供了依据。

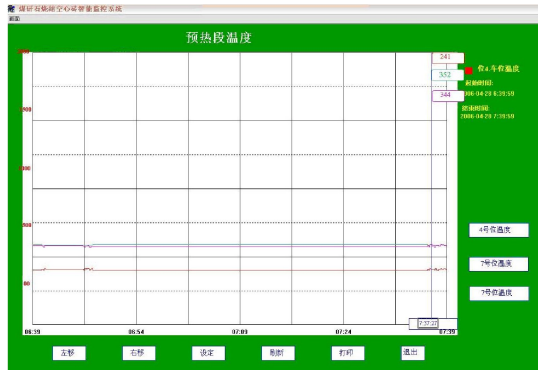


图 6 历史趋势曲线显示界面

Fig. 6 Graph of temperature historical trend curve

3.2.4 实时报警界面

对实时采集的数据进行判断,满足条件时发出相应的报警信号(包括声音、图象、文字)并记录保存,及时提醒操作人员进行相应的处理(图 7)。所有报警信息都自动存储到监控系统的数据库中,当出现故

障、事故时能准确明确责任,便于对值班人员进行管理和考核。



图 7 报警信息画面

Fig. 7 Graph of alarm information

3.2.5 远程监控管理设计

组态王全面支持 Internet/Intranet,采用基于 Web Server 的三层结构。组态王的 WEB 画面发布采用分组式发布,网站式浏览的形式,在客户端只需在 IE 的地址栏中输入相应的服务器地址信息,就可浏览发布的信息。远程监控管理层(厂长、经理室),可通过局域网远距离查看整条生产线的运行情况,和监控室操作界面完全相同,能完成对整个生产过程进行监督、管理和决策作用,提高了管理水平和企业的形象。

4 控制效果比较

该自动监控系统已运行多年,和另一矿区手动控制的同结构的煤矸石烧结空心砖隧道窑对比,本系统长期运行时高温区温差波动范围由后者的 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ 减小为现在的 $\pm 41^{\circ}\text{C}$,且温度较大波动次数明显减少,具有较强的自动调节能力,PID 控制效果显著;年事故率约为后者的 15%;年产量约为后者的 1.33 倍;空心砖合格率比后者提高了约 11%,上述关键指标都超出了预期目标。

5 结束语

本研究利用传感器与自动检测技术、增量式 PID 控制算法和组态王 KingView 实现了对煤矸石烧结空心砖隧道窑的“自动”控制,控制效果显著。该设计有效地提高了系统运行的安全性和空心砖的合格率与产量,收到了良好的经济效益,为今后开发煤矸石隧道窑智能监控系统提供了一种新模式。本设计中 PID 参数设置是靠专家的经验值,并在此基础上通过长时间的在线运行调整确定。今后拟采用 KingView 和 VB 等高级编程语言混合编程,实现 PID 参数的自适应整定。

参考文献:

- [1] 贺民强,赵宏波.煤矸石烧结砖的市场预测及成本分析[J].山西煤炭,2001,28(4):19-21.
HE M Q,ZHAO H B. Market prediction and cost analyse of debris brick[J]. Shanxi Coal,2001,28(4):19-21.
- [2] 陈静.隧道窑窑温控制系统[J].砖瓦,2015(10):24-26.
CHEN J. Tunnel kiln temperature control system[J]. Block-Brick-Tile,2015(10):24-26.
- [3] 侯录.隧道窑控制系统设计及其温度控制研究[D].沈阳:东北大学,2008.
HOU L. The design of tunnel kiln control system and research on its temperature control [D]. Shenyang: Northeastern University,2008.
- [4] YAMADA Y,ODAKE N. Introduction of tunnel kiln in modern ceramic industry; Technology transfer and improvement [C]//2013 Proceedings of PICMET 2013; Technology Management in the IT-Driven Services. Proceedings of 2013 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology. San Jose, 2013;2407-2415.
- [5] 王庆兰.基于组态王煤矸石窑炉监控系统的设计与实现[D].曲阜:曲阜师范大学,2008.
WANG Q L. Design and implementation of coal gangue kiln monitoring system based on KingView[D]. Qufu: Qufu Normal University,2008.
- [6] 徐科军.传感器与检测技术[M].3版.北京:电子工业出版社,2011:168-173.
XUN K J. Sensor and detection technology[M]. 3rd edition. Beijing:Electronic Industry Press,2011:168-173.
- [7] 肖亚琼,付广义,钟振宇,等.高砷河道尾砂还原焙烧脱砷研究[J].广西科学,2016,23(1):86-91.
XIAO Y Q,FU G Y,ZHONG Z Y,et al. Experiment research on removal of arsenic in the high arsenic tailings by the reducing roast method [J]. Guangxi Sciences, 2016,23(1):86-91.
- [8] 张广斌,王莉,方凯.基于组态王的变频器检测监控系统的研制[J].工业控制计算机,2007,20(5):81-82.
ZHANG G B, WANG L, FANG K. Development of transmission's test monitor system based on king view [J]. Industrial Control Computer,2007,20(5):81-82.
- [9] 侯冉.隧道窑运转设备自动定位与监控系统设计[D].郑州:郑州大学,2014.
HOU R. Design of automatic positioning and monitoring system of devices operated in tunnel kiln[D]. Zhengzhou:Zhengzhou University,2014.
- [10] 李正军.计算机控制系统[M].北京:机械工业出版社,2008:148-156.
LI Z J. Computer control system [M]. Beijing: China Machine Press,2008;148-156.
- [11] 方家溪.烧砖隧道窑监控系统开发及焙烧过程优化操作指导方法研究[D].南宁:广西大学,2012.
FANG J X. Development of the monitoring system for brick-firing tunnel kiln and research on the optimal operation guide for the roasting process [D]. Nanning: Guangxi University,2012.
- [12] 北京亚控科技发展有限公司. KINGVIEW6.51 使用手册[Z].北京:北京亚控科技发展有限公司,2006.
Beijing Wellintech Co., Ltd. KINGVIEW6.51 user's guide[Z]. Beijing:Beijing Wellintech Co.,Ltd,2006.

(责任编辑:陆雁)