

· 两化融合与能源管控专栏 ·

# 首钢京唐钢铁公司能源管控系统建设的理论与实践

顾 里 云

(北京首钢自动化信息技术有限公司, 北京 100041)

**摘要:**通过两化融合实现科学用能是钢铁工业可持续发展的必要手段,而建设科学的能源管控系统是实现科学用能的重要内容。结合首钢京唐钢铁联合有限责任公司的实际,在分析了能源管控系统的基本内容和特点的基础上,描述了能源数据采集、能源生产过程监控与调度及能源管理功能,并从能源管控系统的管理模型和控制模型展开,对其中的煤气产耗预测分析模型和电力系统智能软五防模型进行了介绍,为钢铁企业实现科学用能提供了一定的参考。

**关键词:**能源;数学模型;管控;创新

**中图分类号:**TP391 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-7059(2011)03-0024-05

## Theory and practice of the control and management system of energy in Shougang Jingtang United Iron & Steel Co., Ltd.

GU Li-yun

(Beijing Shougang Automation Information Technology Co., Ltd., Beijing, 100041, China)

**Abstract:** The necessary means to realize the iron and steel industry sustainable development is energy scientific using by integrating of informatization and industrialization. So, building a scientific control and management system of energy is an important part of scientific use of energy. According to Shougang Jingtang United Iron & Steel Co., Ltd., and based on analyzing content and character of energy management and control system, the functions of energy data collecting, monitoring and management, and also the models of predicting and analyzing of second energy and intelligent software and logic diagram of power system are described in this paper, aiming to be helpful to utilize the energy scientifically in iron and steel company.

**Key words:** energy; mathematical model; management and control; innovation

### 0 引言

钢铁工业是我国重要的基础产业,具有在高温、高压、易燃、易爆等环境下连续生产的特点。钢铁工业还是制造业中的耗能大户,能耗问题日趋成为制约钢铁工业发展的一个重要因素,以能耗指标核定产能的时间已经指日可待。因此,采用先进的管理理念,利用信息技术改造传统的钢铁工业,通过两化融合实现科学用能,是钢铁工业在当今日益激烈的竞争中实现可持续发展的必要手段。

节能减排、能源二次回收是科学用能的首要条件,也是钢铁工业提高产能、降低成本、实现可持续发展的重要内容。随着大量先进技术的采用和现代化冶金工艺流程的不断优化,节能减排、能源二次回收已经成为冶金工业发展的重点。其中,各种冶金煤气(高炉煤气、转炉煤气、焦炉煤气)的回收、利用余热发电等,不仅产生显著的经济效益和社会效益,而且已经成为冶金工艺流程新的重要组成部分。在优化工艺流程实现节能减排方面,首钢京唐钢铁联合有限责任公司(以下简称

收稿日期:2011-01-28;修改稿收到日期:2011-03-21

作者简介:顾里云(1954-),男,江苏邳州人,高级工程师,硕士,长期从事自动化、信息化技术和管理工作。

称首钢京唐钢铁公司)铁水包“一包到底”新工艺就是一个典型的例子。一包到底新工艺系采用一种具备铁水承接、运输、缓冲贮存、预处理、保温及转炉兑铁等功能的包(罐),将高炉冶炼出来的铁水,在经过必要的工艺流程处理后,不更换铁水包直接兑入转炉内,该项工艺过程称之为“一包到底”铁水运输技术。采用此工艺后,可提高炼钢用铁水温度 $70^{\circ}\text{C}$ ,按照首钢京唐钢铁公司898万t/a铁水量计算,每年可节约16.85万t标煤,减少烟尘排放4700t。因此冶金工业的节能减排、能源回收利用工作大有可为。在能源二次回收利用的基础上,冶金企业对能源的利用真正做到“按质用能、各取所需、热值对口、分配得当、有序利用、榨干吃净”,才能称之为实现科学用能,而建设科学的能源管控系统是实现科学用能的重要内容。首钢京唐钢铁公司能源管控系统通过自身的技术优势和先进的能源管理理念对首钢京唐钢铁公司的科学用能进行了全面落实与实现。

## 1 系统组成及特点

### 1.1 系统组成

首钢京唐能源管控系统主要由计量、数据采集、能源生产过程监控与调度及能源管理等模块组成。计量系统主要采集存储厂区各生产部门进出口能源计量数据,用于公司各分厂的计量核算。由于计量模块的技术内容和本文关系不大,因此下文不展开讲述。数据采集模块主要从现场采集能源数据,具有现场能源生产监视调度与远程控制功能。能源生产过程监控与调度模块实现了对现场大型设备的遥控、遥测和遥信。能源管理模块主要把采集到的海量数据进行归档并分析处理,完成能源日常业务管理功能。

### 1.2 特点

传统的能源管理只是对风、水、电、汽各自独立管理,相互没有联系。除技术方面的原因外,传统的管理理念束缚也是一个主要原因。在一个平台上实现多种能源介质的集中一贯式管理是能源管理与控制在思想、理论和技术上的一次新的升华,也是能源管理由传统生产型向现代服务型转化的成功体现。其系统特点是:(1)通过统一平台,同时可以实现对能源的管理、控制和系统后续升级。(2)所有能源的管理实现统一操作模式。(3)数据统一集中管理并实现共享。

在一个平台上实现多种能源介质的集中一贯

式管理是现代化冶金企业能源管理系统建设的基础,通过对多种能源介质的交叉、创新、智能管理,实现多种能源介质在使用过程中的统一管理平衡,从而实现优化、综合和节约用能目的,既降低了能耗成本,也实现了对能源的“榨干吃净”,使循环经济的优势发挥得淋漓尽致。

首钢京唐钢铁公司在建设能源管控系统过程中,通过技术创新驱动企业能源管控大胆变革,采用了在一个平台上实现多种能源介质的集中一贯式管理与控制模式,对原有的管理方法与手段进行业务流程再造与优化,采用并自主开发了多项自动控制技术,在数据传输、接口设计、数据库管理等方面,都有了更大的创新与发展,保证了平台的顺利建设与实施,并取得了良好的使用效果。

## 2 系统功能架构

我国钢铁企业生产过程需要的能源介质主要有:煤炭、电力、生产用水、动力风、蒸汽、高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气等,其中许多都是在生产过程中产生的新能源即二次能源,科学地管理和利用这些能源介质,实现能源利用的动态平衡和安全,是建设能源管控系统的根本宗旨。首钢京唐钢铁公司能源管控系统采用集能源生产过程监控、能源设备管理、能源预警、能源调度平衡分析及优化等主要内容为一体的集中一贯式模式,充分开发与利用生产过程中科学用能的潜力,最大限度地节约能源以及实现二次能源的开发与利用,充分体现了现代钢铁企业利用能源流的先进理念,实现了能源利用的集中、高效、平衡与协调。能源管理模型与能源控制模型是整个系统的核心。用一句话概括就是:能源管控系统就是先进理念与先进技术的集成。首钢京唐钢铁公司能源管控系统基本架构如图1所示。

## 3 系统功能

首钢京唐钢铁公司能源管控系统是一个集数据采集、能源生产过程监控与调度、能源管理为一体的厂级管控一体化计算机系统。

### 3.1 数据采集

数据采集是实现能源生产过程监控和能源管理的基础,它还涵盖了计量系统,其需要重点解决的问题是:需要采集的数据量大(达13万点)、覆盖全厂区、实时性强、数据上传及时和准确以及超强的稳定性和安全性。

数据采集在实时、实体、实位的基础上,实现

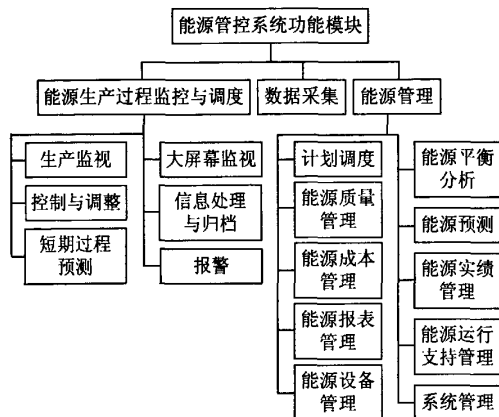


图1 能源管控系统功能架构

Fig. 1 Function structure of control and management system of energy

了首钢京唐钢铁公司对各种能源介质的集中监控、统一调度和平衡优化,充分满足了过程控制、信息管理和现场操作的一体化系统集成需求,同时采用冗余稳定的网络技术与可靠的数据库技术,缩短了数据处理时间,有效提高了数据处理速度,满足了不同系统海量数据网络传输的快速性和安全性要求。数据采集系统逻辑如图2所示。

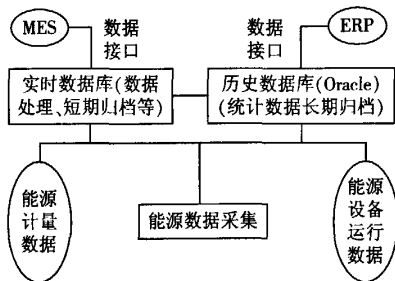


图2 数据采集系统逻辑

Fig. 2 Logic of data acquisition system

实时数据采集主要将能源管理中心所需要的5大系统(即供电、燃气、供气、热电和给排水系统)的实时数据、计量数据、能源设备运行数据采集到能源中心,进行远程在线统一监视、管理和控制。采集到的实时数据存放在实时数据库中,主要进行数据处理和短期归档等。历史数据存放到历史数据库中,在首钢京唐能源中心,历史数据大多以5s一条的频率进行存储,可连续存储20年,以实现数据建模及进一步处理等的需求。用户可以随意选择一个时间段,进行历史数据的查询、对比、故障分析等。首钢京唐管控系统的计量数据主要用于厂级计量结算以及能源数据管理分析

用。能源设备运行数据主要是现场能源设备的运行状态等生产工况数据,用于对现场生产状况的监视。这两种数据都通过数据采集系统实现数据共享。

### 3.2 能源生产过程监控与调度

能源生产过程监控与调度模块,主要完成生产监视和对现场设备进行控制与调整功能,以保证能源生产稳定运行,同时完成能源信息的归档,具体包括以下功能:(1)生产监视。主要对现场能源设备、能源的流量、压力、温度等属性等进行监视。(2)控制与调整。主要根据生产需求对现场可控能源设备进行远程控制与调整。(3)短期过程预测。利用煤气消耗预测分析等数学模型,对未来短时期内的煤气产耗情况进行预测,为能源的调度运行提供决策依据。(4)大屏幕监视。大屏幕直观显示重要能源数据,同时显示现场视频信息。(5)信息处理与归档。分析处理能源数据并存储归档。(6)报警。及时反映现场生产异常信息,提醒运行调度人员及时处理。

### 3.3 能源管理

能源管理模块具有能源计划调度、质量管理、成本管理、报表管理、设备管理、平衡分析、预测、实绩管理、运行支持管理和系统管理的功能。

无论是能源管理还是能源监控,都涉及数学模型的应用,本能源管控系统的模型主要包含管理模型和控制模型,其中,管理模型主要有煤气产耗预测分析模型,该模型属于能源管理模块中能源预测模块。控制模型主要有电力设备智能软五防模型,该模型属于能源生产过程监控与调度功能模块,软五防简单来说就是通过软件模型的方式实现电力系统安全逻辑判断,从而实现甚至优于传统五防硬件实现的连锁控制。电力五防是指:(1)防止误分合断路器;(2)防止带负荷分合隔离刀闸;(3)防止带电合接地刀闸;(4)防止接地刀闸合着时合断路器;(5)防止不合理反送电。

#### 3.3.1 煤气产耗预测分析模型

首钢京唐钢铁公司能源管控系统中的煤气主要是指高炉煤气、转炉煤气、焦炉煤气。冶金钢铁企业中,煤气的产生、存储、分配和使用是一个复杂的动态过程,影响煤气产量和需求量的因素很多。要对煤气的发生和消耗进行有效预测,就要对影响煤气产生和消耗波动的因素一一进行分析。引起波动状况的因素和影响程度大都随机产

生,影响短期煤气流量波动的因素众多且错综复杂,很多情况下,很难或不可能用变量间的因果关系来说明某一变量的变化,而基于历史数据的分析预测只在工况正常的情况下才能做出合理预测,一旦工况发生变化,规律性被打破,将产生很大的预测偏差。

考虑到上述煤气预测技术难点,首钢京唐能源管控系统在煤气预测方面结合实际情况及相关冶金工艺流程规律,建立了自己的专家知识库,根据实时工况变化通过煤气产耗预测分析模型进行煤气产耗量预测<sup>[1]</sup>。煤气产耗预测分析流程如图3所示。

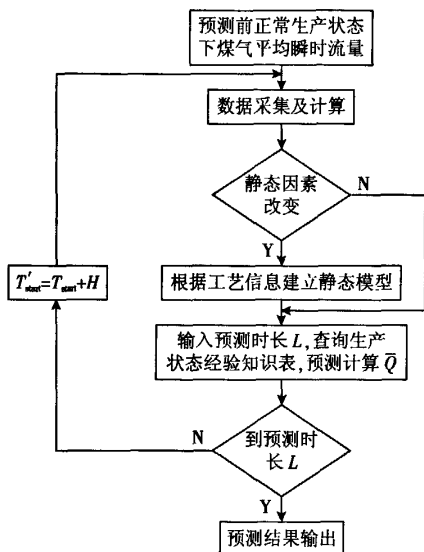


图3 煤气产耗预测分析流程图

Fig. 3 Flow chart of analyzing gas producing and consuming

$\bar{Q}$ —模型求解的煤气平均瞬时流量; $T_{start}$ —预测开始时  
刻; $H$ —预测周期

从预测开始时刻  $T_{start}$  开始,首先统计预测时刻之前的一段时间之内正常生产状态下焦炉煤气出口处的煤气平均瞬时流量  $\bar{Q}$ ,若静态因素(是指由于原料条件或工艺要求,在较长一段时间之内对煤气流量影响比较稳定的因素,如焦炉正常生产时)没有改变则直接进行预测计算,若静态因素改变(如焦炉计划停产时),则根据工艺信息建立静态模型,然后进行预测计算,预测计算的周期为  $H$ 。在此过程中根据焦炉煤气生产情况,输入预测时长  $L$ ,在预测计算的过程中可以查询生产状态经验知识库中的表以获取生产状态信息辅助预测计算。预测计算之后,输出单元内能源介质发生或

消耗量的预测结果<sup>[2-4]</sup>。

煤气平均瞬时流量基本模型为:

$$\bar{Q} = \begin{cases} \frac{1}{T} \int_0^T Q_{RecentNorm}(t) dt & \text{静态因素维护在} \\ & \text{一定水平,正常状态} \\ Q_{工况} & \text{静态因素维持在一定水平,特殊} \\ & \text{工况发生} \\ f(x_1, x_2, \dots, x_n) & \text{静态因素发生变化} \end{cases}$$

式中,  $Q_{RecentNorm}(t)$  为离当前预测时刻最近的正常生产状态下  $T$  时段内煤气流量随时间的变化值;  $Q_{工况}$  为不同工况下的煤气平均瞬时流量;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  为影响煤气流量波动的  $n$  个静态因素<sup>[5]</sup>。

由煤气平均瞬时流量基本模型得到的能源预测模型为:

$$y_p = \int_{t_s}^{t_n} \bar{Q} dt$$

式中,  $t_s, t_n$  分别为预测起、止时间;  $y_p$  为预测时段内预测单元内能源介质的发生或消耗量。

根据预测模型可以计算未来  $L$  段时间内焦炉煤气流量预测值,能源管理运行人员可根据这个结果,提前做出生产调度调整。

### 3.3.2 电力设备智能软五防模型

首钢京唐钢铁公司的电力设备五防系统共分3级,分别是设备级、变电站级和能源中心级。在设备级即最底层的五防由硬件来保证,而变电站级及能源中心级的五防都由软件来实现,通过数学模型的运算与判断,实现安全操作,方便工作。同时从电力系统调度的角度出发,软五防模型不仅要考虑复杂的逻辑判断,还要考虑变电站间互相作用关系,模型对每一个电力设备、断路器、刀闸,甚至界面上每一条联络线都要分别进行逻辑控制分析,最终保证电力控制系统运行的安全可靠。电力系统软五防逻辑流程如图4所示<sup>[6]</sup>。

通过对设备行为建模,软五防模型得以成功应用。电力系统智能软五防模型的开发,更好、更安全地保证了电力系统的远程控制。软五防控制模型的应用实现了电力系统调度与集中控制系统的有机融合,在冶金行业率先实现了电力系统站内在硬五防基础上的能源中心软件远控模式下的软五防。通过应用模型科学调整用电模式,从而有效提高了用电效率,并全部实现了遥控、遥测,各个变电站实现了无人值守,为进一步实现首钢京唐公司智能电网建设提供了坚实的技术基础。

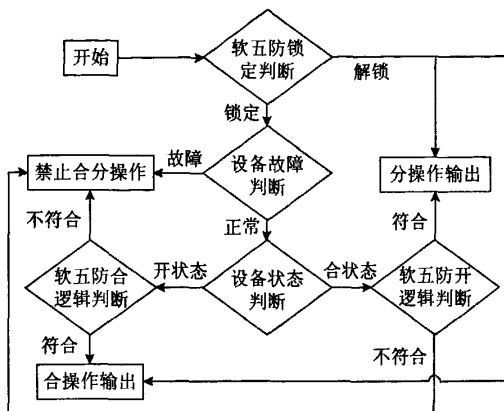


图4 电力系统软五防逻辑流程

Fig. 4 Flow chart of five kinds of soft preventing in power system

#### 4 结束语

首钢京唐公司能源管控系统建成后,对企业实现循环经济和可持续发展,做出了巨大的贡献。仅从2009年6月至2010年5月的数据统计来看,每年可减少有害气体排放154.1919亿 $\text{m}^3$ ,回收各种煤气综合利用后经折合可节约标煤5万t,其经济效益及社会效益都十分显著,同时,对保证正常生产,有效避免恶性事故的发生也起到了积极作用。

系统认真考虑了网络安全问题,从根本上保证了系统的安全稳定运行。实时数据采集点数、传输速率、采集频率以及数据处理方式等都在国

内冶金行业达到了领先水平,为现代化大型钢铁企业的能源中心建设起到了良好的示范作用。

#### 参考文献:

- [1] 郑照宁,刘德顺. 多年时滞动态能源投入产出模型 [C]// 2004 中国控制与决策学术年会论文集. 沈阳: 东北大学出版社, 2004: 711-713.
- [2] 邓聚龙. 灰色系统理论教程 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [3] 白 泉. 提高能源终端利用效率要依靠科技进步 (上, 下) [J]. 节能与环保, 2005 (6): 7-9; 2005 (7): 14-17.
- [4] 陆亚飞, 张玉庆. 沙钢转炉煤气实时调度系统应用分析 [J]. 冶金自动化, 2010, 34 (1): 30-34.
- LU Ya-fei, ZHANG Yu-qing. Analysis on application of realtime management and optimization system for converter gas in Shagang [J]. Metallurgical Industry Automation, 2010, 34 (1): 30-34.
- [5] 黄银祥, 孙彦广. 钢铁企业电力系统能源仿真模型研究 [J]. 冶金自动化, 2010, 34 (6): 25-28.
- HUANG Yin-xiang, SUN Yan-guang. A simulation model for electrical power system in steel enterprise [J]. Metallurgical Industry Automation, 2010, 34 (6): 25-28.
- [6] 范习辉, 张勇传. 短期电力负荷预测的 GM (1,1) 模型群方法及应用 [J]. 水电能源科学, 2002 (3): 76-79.
- FAN Xi-hui, ZHANG Yong-chuan. Power load forecasting using GM (1,1) model cluster [J]. International Journal Hydroelectric Energy, 2002 (3): 76-79.

[编辑: 薛 朵]

### 唐钢自动化公司自主研发余热发电控制系统应用效果良好

由河北钢铁集团唐山钢铁集团有限责任公司自动化公司自主研发的唐钢南区低温余热发电集中控制系统经过一年的应用证明,系统技术先进、运行安全稳定,各项指标均达到设计要求,控制精度高、响应速度快,为生产提供了可靠的技术支持。

南区低温余热发电项目是唐钢的重点能源项目,而其自动控制系统则是低温余热发电系统的神经中枢、运行中心和安全保障。唐钢自动化公司充分发挥自身优势,通过分析工艺特点和控制要求,将自动化控制、热工仪表等专业与电气、发电系统等工艺密切结合,围绕工艺要求、设备特性等方面开展联合攻关,硬件方面采用了西门子先进的 S7-400 H 冗余 PLC 系列产品,程序方面借鉴了具有自动化公司自主知识产权的煤气发电控制系统,充分利用燃气锅炉与汽轮机组自动控制系统的集成与应用创新成果,重点对负荷调整、经济燃烧和煤气泄漏检测等几个方面采用了新的设计思想,对模型、算法和控制手段进行了改进,自主研发了锅炉 FSSS 炉膛安全保护系统,实现了汽轮机调整速气门自动控制等功能;针对工艺特征,开发和建立了锅炉和汽轮机负荷协调控制、锅炉自动给水、锅炉燃烧、锅炉蒸汽温度、锅炉双烟道风烟系统平衡和汽轮机负荷 DEH 等主要控制模型,并按控制模型编制程序和算法,实现了锅炉与汽轮机监控数字化和智能化;对锅炉、汽轮机和供辅部分的所有工艺参数进行了实时显示和报警监视,提高了控制精度,从数据、安全和劳动强度等多方面进行了优化,得到了用户的好评!

(河北钢铁集团唐山钢铁集团有限责任公司 自动化公司 孙艳杰)