# 有色冶炼厂能源数据在线管理及实时控制设计①

阳春华　沈德耀　吴　敏
（中南工业大学自动控制工程系，长沙 410083）

**摘　要**

针对一个由三台中央计算机和十六台区域计算机组成的分布式计算机能源管理及控制系统，介绍了系统中能源数据在线管理和实时控制功能的设计方法，重点阐述了煤气炉递阶控制系统的设计与实现。

**关键词**：数据管理　能源数据库　实时控制　协调控制　直接数字控制

在有色冶炼厂，由于能源管网复杂、设备节能自控率偏低，造成的能源浪费是比较严重的。在能源愈来愈紧张的今天，对厂区分布范围广、能源计量检测点多的有色冶炼厂，采用一个分布式计算机能源管理及控制系统（DCEMCS），对全厂能源实施全面的管理和有效的控制，具有非常重要的现实意义。

本文分别介绍应用于有色冶炼厂的DCEMCS中能源数据库的设计方法、数据管理技术和煤气炉递阶控制系统的协调控制设计和直接数字控制实现。

## 1　DCEMCS的总体结构

DCEMCS主要由中央计算机系统、区域计算机系统、数据通信网络组成。

中央计算机系统由三台LX286微型机构成，分别用于实时监视、数据管理和能源调度，主要完成全厂能源参数的实时集中监视、故障报警、报表及负荷曲线的在线输出、能源信息管理和能源调度的决策指导等[1]。

区域计算机系统主要由电力负荷控制系统（ELCS）、回转干燥窑分布式控制系统（RDDCS）和煤气炉递阶控制系统（GHCS）以及十三台用于区域能源参数检测的工业控制机（LMC）组成，完成了电、气、煤三种重要能源参数的实时控制和全厂能源参数的自动巡回在线检测。

数据通信网络完成中央计算机系统和区域计算机系统之间的数据传输，采用星型拓扑结构，由一对八点式和一对一点式远程数据接收发送器实现全厂大范围内的远程数据通信。

## 2　能源数据的在线管理设计

能源数据是系统实现能源信息管理的基础。在DCEMCS中，由于能源数据类型多，检测点数量多，而且需要实时性强、准确性高，因此设计合适的能源数据库存贮能源数据和能源数据在线管理系统（EDM）及时地处理能源数据[3]，是DCEMCS设计的重要组成部分。

### 2.1　能源数据库的设计

① 收稿日期：1994年5月11日

能源数据库存贮 DCEMCS 中的所有能源数据，它包括数据文件、索引文件、运算关系文件、格式文件、存贮器变量文件，均采用记录结构的随机文件方式存取。每个数据库文件包含着多个记录，每个记录由数据项组成，包含着一个或多个数据项，而数据项是数据存贮的最基本的数据单元，由对数据项的操作最终实现对数据库文件的操作。

(1) 数据文件(DTF)包括原始数据文件和结果数据文件。原始数据文件存贮各能源检测点的年、月、日累计能源消耗量；结果数据文件存贮年、月、日报表和负荷曲线的统计数据，由 EDM 根据一定的运算关系从原始数据文件中运算处理获得。

(2) 索引文件(IDF)给出了按逻辑顺序而不是物理顺序使用能源数据库的方法。它存贮了模拟图画面监视中能源参数的索引关系、瞬时值监视中能源参数显示的索引关系、报表和负荷曲线输出格式的索引关系。

(3) 运算关系文件(ORF)存贮报表和负荷曲线统计数据运算处理的运算关系式，它包括运算符、运算系数、测点与测点之间的运算关系、报表中栏与栏之间的运算关系。

(4) 格式文件(FMF)存贮显示器屏幕输出和打印机打印输出的常规输入输出格式，它包括中文检索的屏幕输出格式和报表表头、表体的打印输出格式。

(5) 存贮器变量文件(SVF)存贮设置于内存的存贮器变量的内容，它包括能源参数报警的标志文件、报警的上限值与下限值、中央计算机系统与区域计算机系统之间的联机方式。

### 2.2　EDM 的结构及结构设计

DCEMCS 功能丰富，软件庞大，因而采用模块式结构进行设计，每一个模块完成一个特定功能，作为一个独立的执行文件存放于磁盘中。EDM 作为 DCEMCS 的核心软件，担负对能源数据库中的数据资源进行统一管理的任务，并且负责执行各个功能运行文件给数据库系统发布的各种请求命令，其组织结构见图 1。

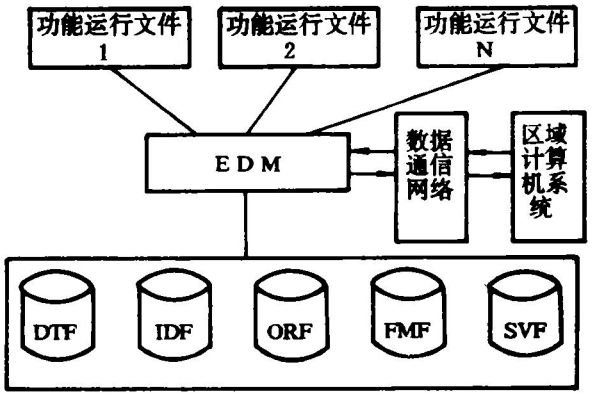


图 1　EDM 组织结构框图

EDM 包括模式定义、模式修改、数据处理三大功能。

(1) 模式定义。用户在分析、综合的基础上，求得某一合适的模式，在模式定义功能下，将模式写入能源数据库中对应的描述文件中。它包括各种能耗报表表头、表体格式的定义，负荷曲线、中文检索屏幕输出格式的定义，运算关系的定义，中央计算机系统与区域计算机系统之间联机方式的定义等。

(2) 模式修改。当现场情况变化时，模式发生了变化，可在模式修改功能下，对已定义的模式进行修改。它包括变换模式名、撤消模式，对测点增添属性、删除属性、变换属性名，对数据进行插入、删除、修改，报表、负荷曲线、中文检索输出格式的变换，运算关系及联机方式的变更等。保证了 DCEMCS 的灵活性和可扩展性。

(3) 数据处理。对从区域计算机系统收集到的检测数据，定时进行累计处理，形成原始数据文件，再根据运算关系文件定时进行数据运算处理，分别形成报表和负荷曲线的统计数据文件。

## 3　实时控制功能设计

DCEMCS 实时控制全厂的重要能源参数，它包括 ELCS、RDDCS 和 GHCS 这三个控制子系统。ELCS 由一台 IBMPC 微机和十台工业控

制机组成，根据不可控电力负荷的大小，实时控制十台可控硅(SCR)直流负荷的大小，保证负荷利用率达 99%，高峰负荷不超过 100.5% 给定负荷。RDDCS 由一台 IBMPC 微机和十二台 761 单回路调节器组成，对四台回转干燥窑内的温度场进行自动调节，提供了一个最佳的和稳定的干燥环境，保证了物料的干燥质量。GHCS 由一台 IBMPC 微机和一台 A2 系列可编程序控制器组成，实时控制六台煤气炉生产过程和协调分配煤气生产负荷，保证每台煤气炉均运行在最佳工况下，提高了煤的转换效率和煤气的热值。下面分别介绍 GHCS 中负荷的协调控制和过程参数的直接数字控制。

### 3.1　煤气生产负荷的协调控制

六台煤气炉组成的煤气生产系统所产生的煤气均送入煤气总管供给用户。当用户总负荷变化时，各煤气炉的生产负荷跟随变化，会造成有的煤气炉生产负荷过大，有的煤气炉生产负荷过小，故设计协调器对生产负荷进行最佳分配，设计煤气出口压力控制子系统自动调节气化剂的流量，保证运行在最佳负荷给定值。

协调器根据用户的总负荷和各台煤气炉的工况协调分配每台煤气炉的生产负荷[2]，即指定每台煤气炉的最佳煤气出口压力给定值。煤气炉是一个具有多变量、非线性的控制对象，对其工况不能采用定量关系式描述，因此根据有关的理论知识和多年积累的实践经验，求得各台煤气炉的最佳负荷分配系数 $K_1$、$K_2$、…、$K_6$，则各台煤气炉煤气出口压力的最佳给定值由下式给出。

$$P_i(k) = P_i(k-1) + K_c \cdot K_q \cdot [1/N \cdot K_i \Sigma Q(k) - Q_i(k)]$$

$$i = 1, 2, \cdots, 6$$

其中　$K_c$ 为压力控制子系统控制器的直流增益，$K_q$ 为煤气出口压力与气化剂流量的转换系数，$K_i$ 为负荷分配系数，$Q_i(k)$ 为 $k$ 时刻的气化剂流量，$P_i(k)$ 和 $P_i(k-1)$ 分别为 $k$ 时刻及其前一时刻的煤气出口压力给定值，$\Sigma Q(k)$ 为 $k$ 时刻用户总负荷，$N$ 为投入运行的煤气炉台数

煤气出口压力控制子系统通过调节气化剂流量 $Q_i(i = 1, 2, \cdots, 6)$ 来保证实际压力稳定在给定值附近。当实际压力值 $P_i^*$ 高于给定值 $P_i$ 时，关小控制阀门，减小气化剂流量 $Q_i$；当实际压力值 $P_i^*$ 低于给定值 $P_i$ 时，开大控制阀门，增大气化剂流量 $Q_i$。负荷协调控制的递阶结构图如图 2 所示，其中 $u_i^*$ 为关联输入作用。

### 3.2　过程参数的直接数字控制(DDC)

整个过程参数的直接数字控制(DDC)结构框图如图 3 所示。

分析煤气炉生产工艺得知对煤气炉生产过

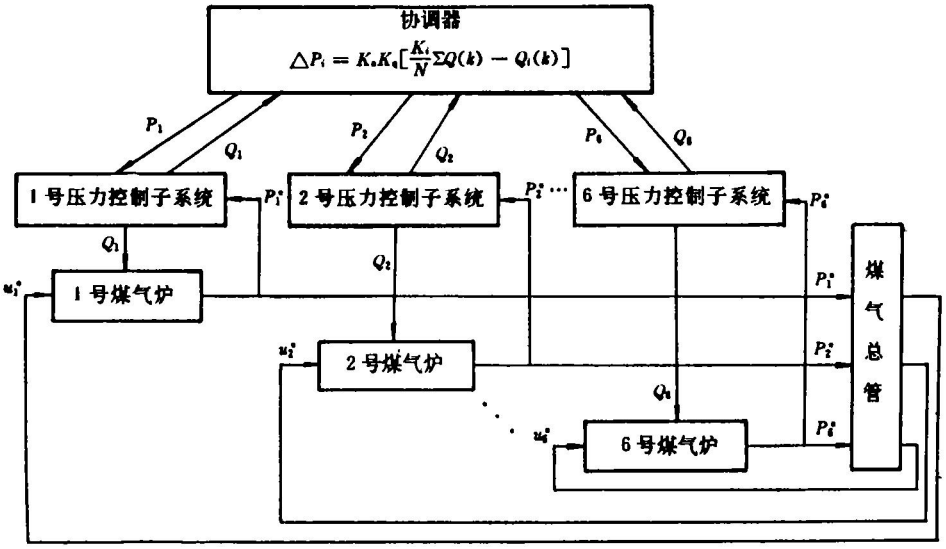


图 2　负荷协调控制递阶结构图

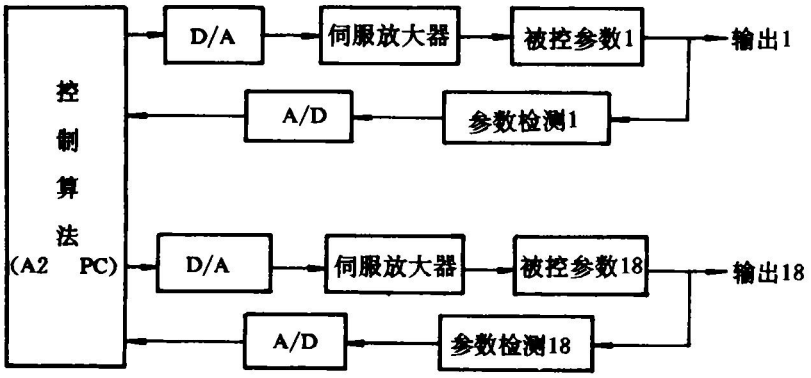


图 3　过程参数的 DDC 结构框图

程的控制应满足对煤气出口压力、饱和温度、汽包水位的控制。饱和温度是空气和水蒸汽混合达到饱和时气化剂的温度，水蒸汽含量越高，饱和温度就越高，反之越低。因此对饱和温度的控制是通过控制气动阀的开度，调节蒸汽的输入量来实现的。汽包水位是蒸汽包的水位高度，控制其气动阀的开度，调节进水量即可达到对汽包水位的控制。分析控制对象可知，对饱和温度和汽包水位的控制可以采用常规 PID 控制算法，对煤气出口压力的控制可以采用 WAS 控制算法。这些控制算法由 A2 系列可编程序控制器(PC)实现，采用梯形图分别编制煤气出口压力控制模块、饱和温度控制模块和汽包水位控制模块，分别调用即可实现六台煤气炉的三个过程参数即 18 个被控参数的控制。求得的控制量经过 D/A 转换，输出 0～10 mA 电流控制信号，经伺服放大后控制各个气动阀的开度，就可实现生产过程各参数的实时控制。

## 3　结束语

DCEMCS 具有丰富的管理功能和可靠、多样化的控制功能，已在现场实际运行两年多，成功地实现了全厂能源数据的在线管理和电、气、煤的实时控制，大大地提高了能源的利用率，减小了能源的浪费。各个控制系统的投入给工厂带来了显著的经济效益和社会效益。实践证明，所采用的理论和方法是成功的。

### 参考文献

1　Wu M, Shen D Y *et al*. Control Eng Practice, 1993, 1(3): 469－478.

2　阳春华等. 见：自动化理论、技术与应用. 长沙：中南工业大学出版社，1993. 723－727.

3　马玉才等. 见：汉字 dBASE Ⅲ 与管理信息系统设计. 武汉：华中理工大学出版社，1988. 9－17.