

PCS7 在垃圾焚烧发电厂中的应用

李明

(广东亚仿科技股份有限公司, 广东 珠海 519015)

摘要:文章 PCS7 在垃圾焚烧发电厂中的应用进行了分析和介绍, 作为一个将电厂的锅炉、汽机、电气、以及其它辅机系统都包含其中的分布式计算机控制系统, 它结合了当前先进的计算机软件技术、现场总线通讯技术以及与垃圾焚烧发电相关的控制技术等多方面技术的应用, 使之成为垃圾焚烧发电厂控制系统的一个现代化典范。

关键字:现场总线、分布式控制系统 (DCS)、人机接口 (HMI)、优化控制。

Control system in NanHai Waste Power Plant

David.Lee

(AF Technology .Ltd, ZhuHai, GuangDong ,P.R. China, 519015)

Abstract: This paper is the analysis and introduction of the application of PCS7 in garbage burning & power production plant'. It is a computer DCS including the plant's boilers, turbines, electrical devices, and other assistant systems. Integrating modern computer software technology, field bus communication technology, control technology related with garbage burning & power production and so on, This system has also become a modern representation of engineering project for garbage burning & power production plant's control system.

Keyword: field bus、distribute control system(DCS)、human-machine Interface (HMI)、optimization control.

一、引言

顺德垃圾焚烧发电厂座落在广东省顺德市杏坛镇, 通过对城市垃圾采用贮备、焚化、发电的工艺流程, 综合处理顺德城市垃圾。焚烧余热可通过发电得到有效利用。本环保发电厂引进国外公司专利技术的脉冲式抛动炉排的垃圾焚化炉, 采用混烧式燃烧方法, 无须将垃圾分拣。此法工艺成熟, 运行可靠、炉温较高、操作较简易。工程的容量为日处理垃圾 500 吨。控制系统主要对象和设备有:(1)焚化炉、锅炉两套。主要参数:垃圾处理量:10.42t/h;产生蒸汽量:25.5 t/h;蒸汽压力:4.0 MPa;过热蒸汽温度:400 ;炉膛温度:980 ;给水温度:145 ;(2)12000KW 汽轮机发电机组一套。主蒸汽压力:3.9 MPa(绝压);主蒸汽温度:390 ,功率:12000 KW;出线电压:10.5 KV;频率:50 Hz;额定转速:3000 RPM;功率因素:0.8;(3)烟气处理系统两套;(4)电气供配电系统;此外还有除灰系统两套;汽轮机辅机系统;化学水处理系统一套;污水处理系统一套;其它系统(供水系统、燃油系统等)。

在国际上产生了很多优秀的分散集中控制系统 (DCS), 但是这些系统价格昂贵, 所以多用在如石油、化工、钢铁、煤炭、电力、冶金、造纸等大型企业。再者由于这些控制系统行业有所偏重, 不同的 DCS 控制系统在不同的行业使用的效果相差很大, 没有专门针对环保行业的全厂过程自动化控制系统。另一方面, 由于垃圾焚烧发电厂的控制点通常只有 1500-2500 点左右, 是一套小型的 DCS 系统, 出于开发成本和研发周期的考虑, 我们只是在已有的过程控制系统上加以改进运用, 并且根据垃圾焚烧其自身的控制特性和控制要求, 要有为其专门设计配置控制单元和控制策略算法。

二、控制系统的组成

对这电厂控制系统的设计是基于 PROFIBUS 总线的过程控制系统 PCS7, 结合环行以太网和冗余 PROFIBUS 现场总线构成 3 级架构。这主要从以下几个方面来考虑的：

1. 从设计要求方面看。无论是设计的系统性能要求、功能要求，还是设计的软件要求和系统结构要求，PROFIBUS 总线的过程控制系统都能很好地满足。

2. 从电厂各系统设备的分布方面看。从布置示意图中我们可看出，电厂的设备布置非常适合现场总线的使用，设备既是按各系统分布在几个区域，又较为集中在本身系统的周边。这种情况下现场总线的使用能充分体现出优势和特点。

3. 从本身电厂生产工艺过程的控制分散和分布要求看，FCS 的分散和分布式特性也是符合要求。如：焚化炉和余热锅炉以及烟气处理系统、除灰系统，它们的设备布置和过程控制有自身的独立性，相互间也有一定的联系和参数传递，可以考虑将它们配置成各自独立的数据采集子站，然后通过冗余的 PROFIBUS-DP 总线挂靠在同一个过程控制站上。同样道理，汽轮机发电机组和配套电气供配电系统等也是各自组合成自身的过程 I/O 子站后挂靠在同一个过程控制站上。

4. 从节约总投资成本和减低系统维护费用方面考虑。通过电厂的 FCS 设计和应用，电厂可以大量减少现场接线电缆，各部分系统的联系变得相对简单、清晰和紧密。无论是工程设备材料（如；电缆、支架等）的节省，工程安装费用和人员的减少，工程工期的缩短等方面都带来了极大的好处。

如图 1 所示，顺德环保电厂分布式计算机控制系统的结构示意图，它符合了简化 CIMS 的 3 层结构，分为监控管理站、过程控制站和现场子站。这是利用 PCS7 控制系统对过程生产工艺的可靠性、运算能力、扩展能力、开放性、操作及监控水平等方面的优势，为当前先进的焚烧炉全过程自动化控制提供技术保障。

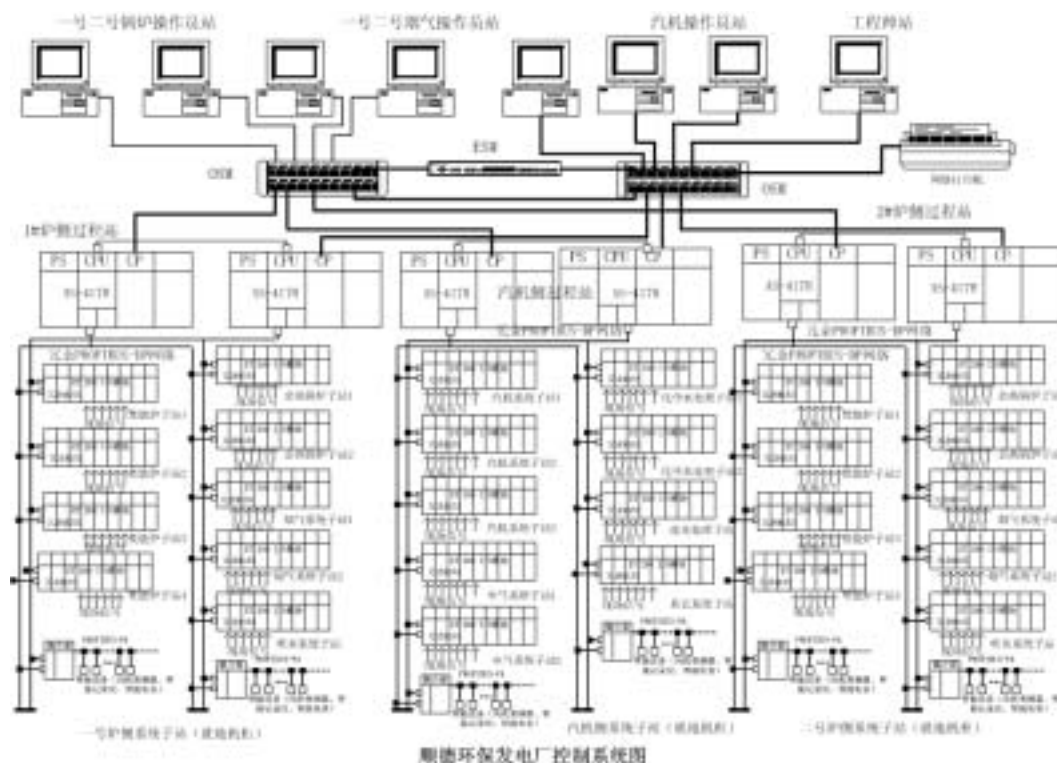


图 1 顺德垃圾焚烧发电厂控制系统结构示意图

现场子站

1#、2#炉侧系统各有 9 个子站：焚烧炉子站 4 个、余热锅炉子站 2 个、烟气系统子站 2 个、除灰系统子站 1 个；汽机侧系统包含有 9 个子站：汽轮发电机组子站 3 个、供配电子站 2 个、化学水处理子站 2 个、废水处理子站 1 个、其它系统（供水、燃油）1 个。每个子站将通过冗余接口模块 IM 153 与冗余 PROFIBUS-DP 现场总线相连于相应系统的冗余过程控制站，构成了现场总线网络。网络配置和安装进行优化，网络结构为主从结构、总线拓扑，一条冗余 PROFIBUS-DP 现场总线挂靠 9 个子站，采用 PROFIBUS 专用的四层屏蔽通讯电缆进行连接，通讯速率设置为 6Mbps/S。为保障了个别距离较远的子站的通讯质量，使用了总线中继器。各现场子站分布地安放于各系统设备的就地配电房。

对于各子站中电厂系统的智能仪表和设备（如风机变频器、智能调节器、智能流量记录仪、智能电气仪表等）采用 PROFIBUS-PA 串行总线联接。实现了设备状态、故障、参数信息远程传送，系统除完成远程控制，还能远程参数化。在各子站本系统的 PROFIBUS-PA 段与 PROFIBUS-DP 总线段之间通过藕合器连接，并使可实现两段间的透明通信。

过程控制站

过程控制站是环保电厂控制系统的核心，一方面通过现场总线网络对各自第一级分布式子站现场采集的所有数据进行处理、分析、存储，而且根据工艺要求、生产流程、控制模型以及系统功能，运行所有控制程序和发布程控指令；另一方面将所有这些进程的工作状态和数据通过 SIMATIC NET 网络送至监控管理站计算机。系统总共有 3 组过程控制站，分别是 1#炉侧系统过程控制站、2#炉侧系统过程控制站和汽机侧系统过程控制站，通过 1613 通讯处理器接入工业以太网交换机（OSM，100Mbps），连接至监控管理站的计算机，构成 SIMATIC NET 工厂级局域网。

为了保障控制系统中重要设备和系统的可靠运行，系统过程控制站均由硬件冗余设计的 AS（自动化系统）SIMATIC S7-417H 构成。假如过程控制站的其中任一个 CPU 或通讯网络发生故障时，系统都会迅速且自动地进行无扰切换，控制程序仍然按照原进程继续进行，不会影响控制系统的任何工作进程和工作状态。

4.3.4 监控管理站

监控管理站计算机系统位于中央控制室，配备操作员站 6 台，工程师/值长站一台。其中锅炉系统操作员站 3 台，汽机电气系统 2 台，其它系统 1 台，任意一台操作员站可随时切换到任一系统的操作员站，工程师/值长站除了可担任任意一台操作员站功能，也拥有设置系统的重要参数、更改和维护过程控制站的程序和状态等功能。

计算机各安装 SIMATIC NET 工业以太网卡接入 OSM，通过网络冗余管理器（OEM）使得监控管理站和过程控制站构成符合 IEEE802.3U 标准的 SIMATIC NET 工业以太环网网络，通讯速率可达 100Mbps。

三、软件功能

顺德垃圾焚烧发电厂系统软件主要有计算机监控和管理系统、过程站控制系统软件两大部分组成。计算机监控和管理系统的功能框图如图 2 所示，监控软件平台是 SIMATIC WinCC。PCS 7 的操作员站负责接收从过程处理站送来的各种实时数据和过程状态生成实时数据库和历史数据库，提供显示画面和操作画面，运行人员通过它对整个环保电厂各个系统设备的运行状态、数据进行监测和操作，以及参数整定、控制模型修改、系统功能组态、控制流程的更改等工作。同时还能向上一级管理部门发送各种数据、报表和接受上一级管理部门的命令和指示，参与和优化生产过程。

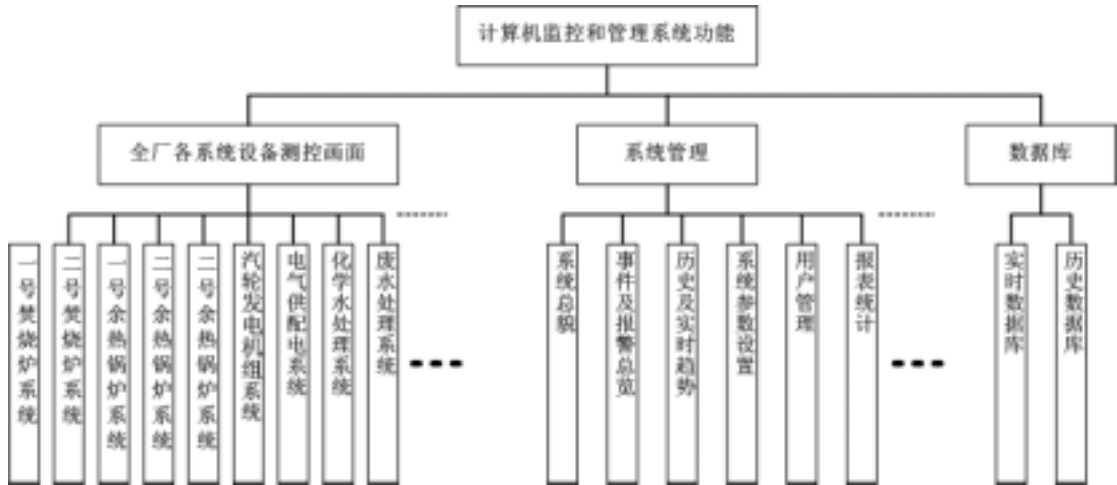


图 2：计算机监控和管理系统软件的功能框图

工程控制组态软件中 CFC、SFC 和 SCL 作为主要的组态工具，用于完成过程控制功能的编制。全厂生产过程控制程序，在系统结构、测量难点、控制优化、故障预报、负荷优化分配等方面进行创新，实现了垃圾焚烧过程优化、发电增效的全过程自动化。这主要包括控制优化系统、数据采集系统（DAS）、模拟控制系统（MCS）、顺序控制系统（SCS）、炉膛安全监测系统（FSSS）、电气控制系统（ECS），以及汽轮机控制系统（DEH）、辅机控制系统（ACS）、汽轮机安全监测系统（TSI）。

生产过程控制系统要全面适应垃圾焚烧炉工艺的独特控制要求，尽可能提高燃烧负荷，最大发挥机组发电效益。所涉及的关键技术是控制优化。垃圾焚烧炉优化控制是保证垃圾处理效果的关键技术之一，技术的优劣直接影响到垃圾日处理量和垃圾焚化率，是实现垃圾完全燃烧、减低单位能源消耗的必经和有效途径。因为经济发展的制约，国内垃圾多属于低热值，热值远较石油及煤炭低，且垃圾组成复杂，热值变化大，在焚烧过程中供热量的变化会使锅炉负荷波动，从而导致汽轮发电机负荷波动。同时，垃圾焚烧容易对环境产生二次污染，为达到有毒气体排放的环保要求，需要监视众多测点，并采用大量的闭环控制，这些功能都需要有先进可靠的控制系统和先进有针对性的控制手段来实现。

控制优化系统是以焚烧炉和机组运行数据及计算结果为基础，分析当前运行工况，通过优化，向操作人员给出优化运行指导，使焚烧炉运行在最经济、环保的状态，机组出力达到最佳。根据系统优化与管理的决策，按照机组的运行状况（RB，MFT 等），将焚烧炉蒸汽量能够提供的负荷自动分配到机组的 FCS 的 AGC 信号上，作为控制机组的指令。优化策略的判断是技术的难点，它涉及机组的各个方面，具有数据容量大、不同焚烧状态的选择还可能不一致等特点。同时，系统根据机组的不断变化的状况，定期智能地定义机组的最佳运行曲线（成本负荷曲线），并实现参数寻优。

数据采集系统（DAS）：用于高速采集全厂机组设备的各种运行参数及运行状态，对测量结果进行处理、记录、显示和报警。对汽包水位、主蒸汽流量、给水流量进行温度和压力补偿计算。对经济性参数如燃油消耗量、给水流量、蒸汽流量、垃圾进料量、发电量、厂用电量等进行累积计算。

顺序控制系统（SCS）：主要有：吹扫程控，预热程控，启、停炉程控，给料程控，燃烧器点火程控，炉排抛动程控，除渣程控，吹灰程控，除灰程控等等。它们之间有相对独立的，也有相互联锁或保护控制。例如在给料系统的程控中，防火门打开时，不允许任一炉排抛动，炉排抛动的程控需要暂停，当防火门关闭后，炉排抛动程控恢复运行。而给料系统程控的启动也有前提条件信号：主燃料跳闸信号=0；油燃料跳闸信号=0；炉膛温度信号正常；

锅炉水位信号正常；燃烧器风机运行信号正常；炉排送风机运行信号正常；炉膛负压信号正常。在上述前提条件满足后，给料系统程控流程运作如图 3 所示。（源程序略）。

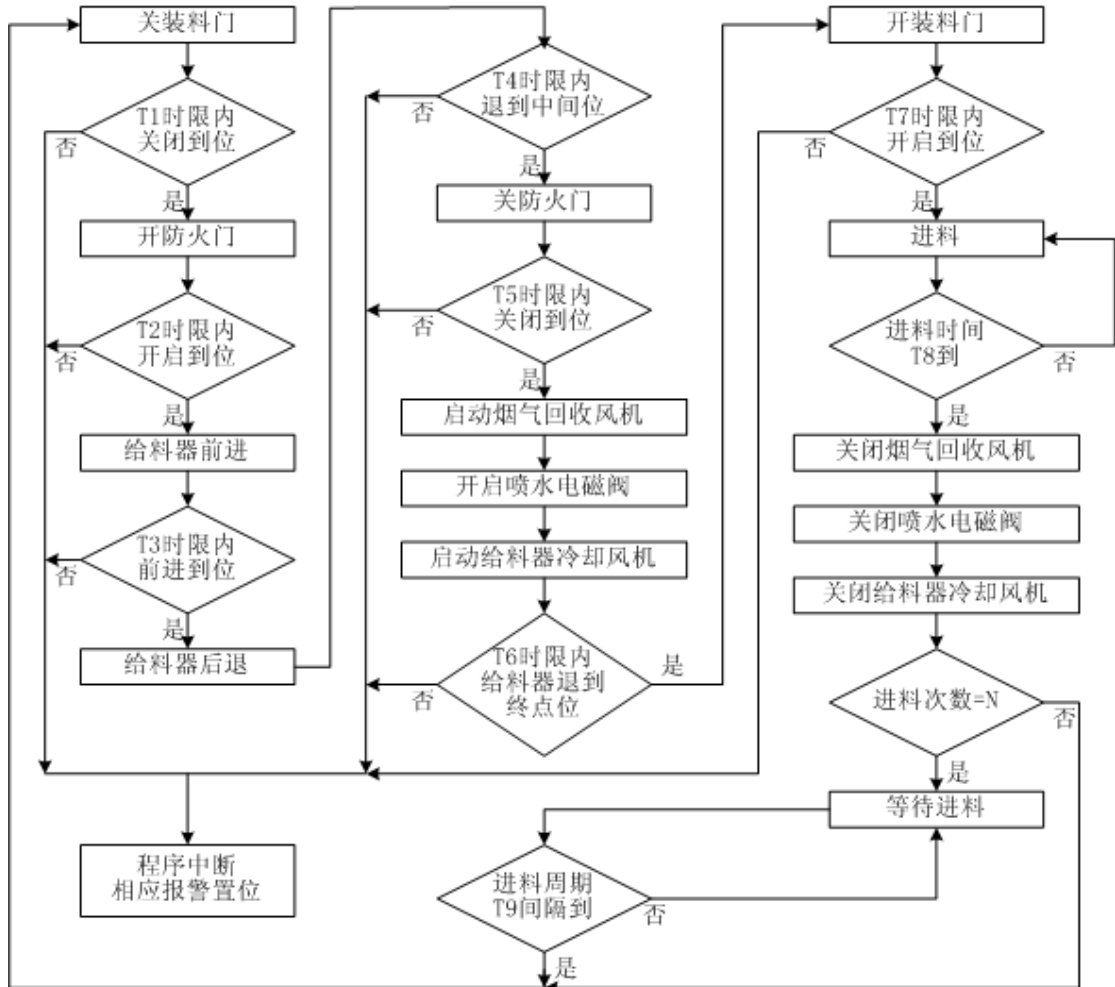


图 3：给料系统程控流程

模拟量控制系统 (MCS)：包括机、炉系统的自动 PID 调节子系统，采用具有丰富的计算功能块和直观图形的图形化编程语言 CFC 编制，全部由控制程序过程处理站软件完成其计算和控制。分别有单回路调节，条件双路 PID 控制、三冲量调节回路。如：炉膛压力调节系统、再循环烟气温度调节系统、干燥炉排温度调节系统、干燥炉排温度调节系统、一燃区炉膛温度调节系统、二燃区炉膛温度调节系统、锅炉汽包水位调节系统、汽机前压调节系统、减温减压器温度调节系统、减温减压器压力调节系统、低压分汽缸压力调节系统、热井水位调节系统、除氧器液位调节系统、除氧器压力调节系统、锅炉给水恒压调节系统等等。以下简单介绍两个典型回路。

炉膛压力调节系统。炉膛应保持一定的负压值，故需对引风机进行 PI 调节。为防止引风机变频器运行过大或过小，而造成锅炉熄火，调节系统中引入高、低限幅模块。（其 SAMA 图如图 4 中）。

锅炉汽包水位调节系统。此系统为三冲量串级调节回路。汽包水位作为主调节器的被调量，辅以蒸汽流量，串以给水流量作为被调量的副调节器，一起对给水调节阀进行 PI 调节，使汽包水位保持在设定范围内。（其 SAMA 图如图 4 中）。

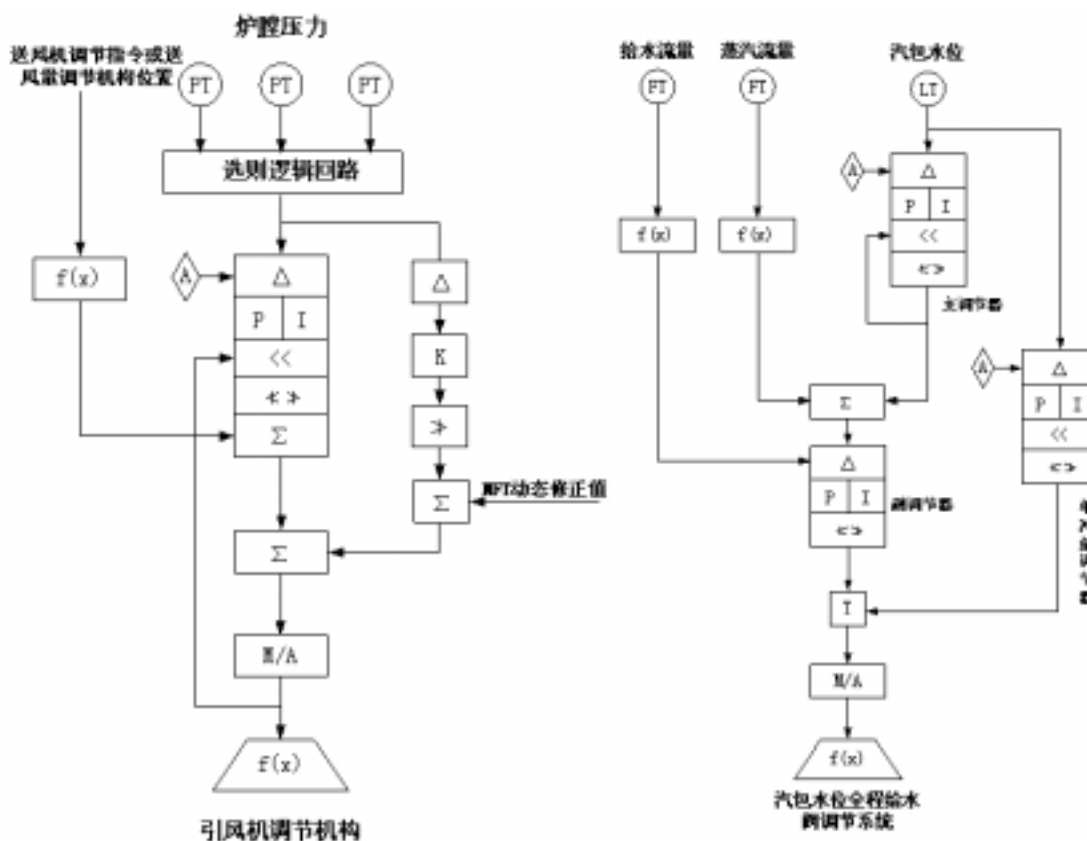


图 3：炉膛压力调节系统和锅炉汽包水位调节系统 SAMA 图

燃烧器管理系统 (BMS)：垃圾焚烧炉的燃烧器管理系统控制理论扼要来说分为起炉运行和正常运行两个阶段。当焚烧炉因为某些原因中断运行后，重新投入运行的起炉阶段，主炉膛温度较低，此时燃烧器管理系统将按照工艺设计的要求，以一定的顺序点燃炉膛内的 6 只油枪，并相应投入各个与燃烧相关的辅助设备，使炉膛温度运行到垃圾正常处理的要求；焚烧炉正常运行后，燃烧管理系统作为垃圾燃烧的辅助系统运行，在主炉膛内温度因为垃圾的成分变化，导致影响到锅炉主蒸汽压力不稳定时，燃烧器管理系统将根据设计的闭环控制系统，投入相应的油枪及燃油量，保证炉膛要求温度的相对平稳。

此外还有汽轮机数字电液调节系统、电气供--配电监控系统、化学水处理监控系统、废水处理监控系统、公用设施设备系统、燃油系统等等，使得整个电厂的焚烧炉、余热锅炉、汽轮机、电气、化学水处理、废水处理、以及电厂的工业供水、生活供水、消防供水和燃油储存等都结合成一个整体，纳入了控制系统的监控范围。

四、结束语

该电厂的控制系统都已投入了一年多的良好运行，不仅功能强、监控范围大、网络速度高、而且安全、可靠和稳定，还具有良好的可扩展性和维护性，而且国内许多垃圾焚烧发电的控制理论和控制方式在此都得到很好的实践和证明。可作为其它现代垃圾焚烧发电厂进行设计、安装和改造以及更新自动控制系统的一个很好的参考模式。项目中的创新技术具有共性，可广泛应用到所有机械式焚烧炉系统。该技术将在改善城市垃圾焚烧的处理现状，增加电厂的发电效益，提高经济、社会效益等方面均具有重要意义。

参考文献：

[1]现场总线技术及其应用/阳宪惠主编。—北京：清华大学出版社，1999。ISBN

7-302-03384-6

[2]计算机网络工程手册/区益善主编。电子工业出版社，1993。ISBN 7-5053-2095-5

[3] SIMATIC自动化系统S7-400容错系统手册 Siemens 2002年11月版 A5E00068197-06

[4]SIMATIC PCS7 使用入门 Siemens E20001-H4650-C400-X-5D00

作者简介：

李明(English Name: David.Lee):(1972-),男,广东省珠海市人 工程师,工程硕士,从事有关计算机控制系统工程方面的工作。

单位联系地址：

广东省珠海市石花西路56号 亚仿大厦 广东亚仿科技股份有限公司 李明

邮编:519015 小灵通:0756-8365131 办公电话:0756-3324742 传真:0756-3335705

家庭联系地址：

广东省珠海市人民西路883号 翠前新村14栋A座704房 李明

邮编:519071 小灵通:0756-8365131

注：为及时方便收到贵方的回音，来信最好请寄家庭地址，谢谢！！