

可编程序控制器 在运煤自动化中的应用

王华 韩永志 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

可编程序控制器 在运煤自动化中的应用

王华 韩永志 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了运煤自动化的基本概念、控制要求及系统组成，以 Quantum 和 C200H PLC 为例介绍了运煤控制系统常用控制装置的硬件结构、I/O 系统和编程语言。以输煤系统和储煤系统为例介绍了运煤自动控制系统的硬件设计及软件编制方法。
本书可供从事火电厂运煤自动化的工程技术人员使用，也可作为机械工程专业、生产过程自动化专业的专业教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器在运煤自动化中的应用/王华, 韩永志编著. —北京: 中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1597-9

I. 可… II. ①王…②韩… III. 可编程序控制器-应用-煤-运输-自动化 IV. TD94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030761 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京通天印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 7 月第一版 2003 年 7 月北京第一次印刷
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 10.75 印张 243 千字
印数 0001—3000 册 定价 18.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



可编程序控制器（PLC）是以微处理器技术、电子技术和先进、可靠的工艺为基础，综合了计算机、网络通讯、自动化控制理论，结合工业生产的特定环境而发展起来的，用于生产过程和自动化操作的通用自动控制装置。它的功能强、可靠性高、编程简单、使用方便，近年来在工业生产的各个领域中得到了广泛的应用，被誉为工业自动化的三大支柱技术之一。

随着电力生产过程自动化技术水平的不断提高，可编程序控制器已成为现代火电厂运煤系统中不可或缺的自动控制装置。因此，作为从事运煤自动化技术工作的现场工程师和设计人员，熟悉与掌握可编程序控制器的应用技术已成为非常紧迫与重要的任务。编者在调查大量工程实例的基础上，总结多年从事运煤自动化教学、控制系统设计、现场实际安装、调试的体会编写了此书。

本书从工程应用的角度出发，介绍了两个典型的可编程控制系统应用实例。应用实例之一是以上煤系统和配煤系统为例，介绍了在设计由胶带运输机、筛煤机、碎煤机、除铁器、除尘器、电动三通挡板、犁煤器等多台机械设备组成，并具有多流程生产方式选择的控制系统时，硬件系统的构成特点及设备启动、停止、连锁和流程选择等典型控制环节的软件编制思路和方法。应用实例之二是以斗轮堆取料机为例，介绍了单台机械设备的控制系统中，硬件系统的构成特点及行走位置、回转角度等典型控制环节的软件编制方法。

纵观本书的主要内容可以看出，编写此书的目的就是帮助广大工程技术人员及大专院校的师生尽快地了解、熟悉目前在国内应用较为普遍的主流可编程序控制器的功能和特点，为复杂的 PLC 系统设计提供技术依据，学习和掌握进行控制系统设计的基本方法和规律。

本书由王华主编，并编写了第一章～第三章、第五章、第六章的第 1 节、第 2 节和第 4 节及第七章的内容，负责程序的设计及调试工作，韩永志编写了第六章第 3 节的内容，王敏编写了第四章内容，田福润完成了第五章、第七章的计算机绘图。全书由王华定稿。

本书在编写过程中得到国内许多火电厂提供的大量运煤自动化方面的宝贵资料。北京胜新纪元有限责任公司为本书的出版提供了大力的支持和帮助。另外，本书还参考了国内

一些科技著作和文章。在此，谨向所有关心、帮助和支持本书编写和出版的朋友及同志表示衷心的感谢。

因编者水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

王 华

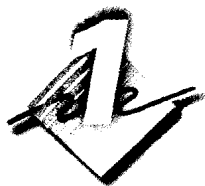
2002 年 12 月



前言

 绪论	1
1.1 可编程序控制器概述	1
1.2 运煤自动化	6
 MODICON 可编程序控制器	13
2.1 系统构成	13
2.2 PLC 的基本工作原理	29
2.3 梯形图网络控制原理	33
2.4 基本编程功能	38
2.5 数据传送功能编程	42
2.6 矩阵功能编程	47
2.7 主导指令	53
2.8 Concept 编程软件	53
 OMRON C200H 可编程序控制器	61
3.1 C200H 硬件配置	61
3.2 I/O 分配和数据区	67
3.3 C200H PLC 的编程指令	70
3.4 C200H PLC 网络	77
 FX 系列可编程序控制器	85
4.1 系统构成	85

4.2	特殊功能模块	88
4.3	编程器与编程软件	92
4.4	FX 系列可编程序控制器梯形图中的编程元件	92
4.5	FX 系列可编程序控制器的基本逻辑指令	98
4.6	FX 系列可编程序控制器的功能指令	104
5	运煤程控检测装置	109
5.1	超声波料位计	109
5.2	导纳料位控制器	112
5.3	阻旋式料位控制器	115
5.4	光电编码器	116
5.5	跑偏开关	123
5.6	纵向撕裂保护	123
6	运煤控制系统设计	126
6.1	运煤生产工艺系统概述	126
6.2	运煤控制系统	129
6.3	PLC 控制软件编制	136
6.4	系统维护	153
7	储煤控制系统设计	155
7.1	斗轮堆取料机概述	155
7.2	斗轮堆取料机控制系统	163
	参考文献	166



结 论

工业生产的各个领域都包含着大量的开关量和模拟量。开关量又称数字量，如电机的启停、阀门的开闭、电子元件的置位与复位、产品的计数等；模拟量又称连续量，如温度、压力、流量、液位等。

在可编程序控制器问世以前，数字量和模拟量的控制主要用继电器、接触器或分立元件的电子线路来实现，它取代了原来的手动控制方式，并迅速成为工业控制的主流。这是自动控制的开始，也是以后诸多形式控制设备产生的基础。

随着生产力的发展和科学技术的进步，工业生产领域对控制系统提出了更高的灵活性、可靠性要求，可编程序控制器正是顺应这一要求出现的，它是以微处理器为基础的新型工业控制装置。可编程序控制器技术与 CAD/CAM 技术、工业机器人技术共同构成了现代工业自动化的三大支柱技术。

1.1 可编程序控制器概述

可编程序控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC）是计算机技术与继电器逻辑控制概念相结合的一种新型控制器，它是以微处理技术为核心，用于数字控制的工业专用计算机。它能实现逻辑控制、顺序操作、定时、计数、算数运算、数据处理、联网通信、PID 回路调节等控制。具有可靠性高，适应工业现场的高温、冲击和振动等恶劣环境的特点。

一、可编程序控制器的发展

可编程序控制器的产生和发展与继电器控制系统有很大关系。继电器已有上百年的历史，它是一种用弱电信号控制强电信号的电磁开关。在复杂的继电器控制系统中，故障的检查与排除是非常困难的，可能会花费大量的时间，严重地影响生产。如果工艺要求发生变化，就必须重新设计控制系统，改变硬件结构，造成了时间和资金的严重浪费。

1968 年美国通用汽车公司（GE 公司）为适应世界上汽车型号不断更新的形势，以求在激烈竞争的汽车工业中取得优势，设想试制一种尽可能减少因汽车型号改变而需重新设计的汽车装配线上各种控制继电器线路的方法，以期减少生产成本和缩短新产品的开发周期，为此提出了可编程序控制器的基本设想：

- (1) 用户编程方法简单易行，并在现场调试时可以很方便地修改程序；
- (2) 系统（装置）应是由插件或模块拼接而成的，以使用户维护和修理；
- (3) 装置的可靠性应明显高于原继电器控制柜的可靠性；
- (4) 装置的体积应显著地小于原继电器控制柜的体积；
- (5) 装置的生产成本应与原继电器控制柜有较强的竞争能力，即它的性能价格比应高于原继电器控制柜；
- (6) 可将数据直接输入到装置的管理计算机中，以使用户操作；
- (7) 输入的开关量信号应可以是高于交流 115V 的电压信号；
- (8) 输出的驱动信号应具有交流 115V、2A 以上的容量，即可以直接驱动电磁阀等执行机构；
- (9) 具有灵活的扩展能力，以便在制造新型汽车或改进制造工艺和流程时，不需对原装置的硬件做很大的改动；
- (10) 用户程序的容量至少应在 4K 以上，这是根据当时汽车装配过程的要求提出来的。

1969 年，美国 DEC 公司研制出了世界上第一台可编程序控制器。该装置安装在 GE 公司的汽车装配线上，使汽车生产过程得到了很大的改善，取得了明显的经济效益，并立即引起世界各国的注意。日本首先向美国引进该项先进技术，并在 1971 年研制成日本第一台可编程序控制器 DSC-8。随后西欧各国也开始开展这方面的研究，联邦德国和法国在 1973 ~ 1974 年相继研制出自己的第一台可编程序控制器。

70 年代中期以前是可编程序控制器的初创时期，它完成的主要功能仅限于逻辑运算、定时和计数等，其中 CPU 是采用中小规模的数字集成电路组成的，存储器用的是磁芯存储器。随着微型计算机的崛起和迅速发展，8 位单片 CPU 和集成存储器芯片的出现，可编程序控制器也得到迅速发展和完善，并逐渐趋向系列化和实用化。在工业生产过程控制中得到了普遍的应用。到 70 年代末，可编程序控制器除完成逻辑运算、计数和定时功能外，又增加了数值计算、数据的传送和比较、模拟量处理等功能，因此基本上已可替代原来的模拟控制和小型机控制的 DDC 控制系统。

70 年代末期到 80 年代中期，微型计算机行业已出现了 16 位 CPU，MCS-51 系列的单片机也由 Intel 公司推出，使可编程序控制器也开始朝着大规模、高速度和高性能方向发展，可编程序控制器的生产量在国际上每年以 30% 的递增量迅速增长。可编程序控制器所能完成的功能又增加了浮点运算、平方、开方和三角函数运算、脉宽调制控制等，并已初步形成了分布式可编程序控制器的网络系统，具有了远程 I/O 处理能力，编程语言已经比较规范化和标准化。此外容错技术已较普遍地应用于可编程序控制器之中，使可编程序控制器系统的可靠性得到了进一步的提高。

80 年代后期，可编程序控制器的规模更大，存储器的容量又提高了一个数量级，有的可编程序控制器已经采用 32 位微处理器。多台可编程序控制器可与大系统一起联成整体的分布式系统，在软件方面有的已与通用计算机系统兼容，增加了高级语言（如 BASIC 语言），有的行业已开发了专用的语言（如专用于机床控制的数控语言等）。在人机接口方

面，采用了显示信息更多、更直观的 CRT，完全替代了原来的仪表盘，使用户的操作更为方便。这个时期可编程序控制器发展的迅猛势头始终未减，据统计，平均每 5 年国际上各公司都要更新自己的一代产品。

目前，可编程序控制器正朝着两个不同的方向进一步发展。

一个方向是向简易、廉价和超小型发展，以占领小型、分散和简单功能的工业控制市场，同时也便于适应机电一体化的要求。因为机电一体化的核心问题是控制系统的微型化，因此首先要研究可编程序控制器中所用器件的微型化。

另一个方向是向大型化、高速度、多功能和分散型、多层次的全自动化网络方向发展。这种系统不仅具有逻辑运算、计数、定时、数值计算、模拟量控制、监控、记录、显示和与计算机接口并做数据传送等一般功能，同时还具有中断控制、智能控制、过程控制、远程控制和网络控制等高级功能。

二、可编程序控制器的定义及特点

目前，对可编程序控制器的定义主要有两种。一是美国电气制造协会（NEMA）于 1980 年对可编程序控制器下的定义：“可编程序控制器是一种数字式电子装置，它使用了可编程序的存储器来存储程序指令，能完成逻辑运算、计数、定时和算术运算等功能，用以控制各种机械和生产过程”。另一种是美国国际电工委员会（IEC）于 1982 年（第一版）和 1985 年（修订版）对可编程序控制器下的定义，其中修订版的定义是：“可编程序控制器是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统，它采用一种可编程序的存储器，用来在其内部存储、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备，都应按易于与工业控制系统形成一个整体，并易于扩充其功能的原则设计”。

可编程序控制器之所以能得到迅速发展，并在工业生产中得到广泛的应用，是由于它具有通用计算机所不及的各种显著的特点和很强的控制能力。它的设计思想是尽可能利用当前先进的计算机技术去满足工业生产用户的实际需要，因此它具有对用户至关重要的特点。

（1）极高的可靠性。

由于工业生产的环境条件远比通用计算机所处的环境差，因此要求可编程序控制器具有很强的抗干扰能力，并且应能在比较恶劣的运行环境中（如高温、过电压、强电磁干扰和高湿度等）长期、可靠地运行。据美国商业情报公司于 1982 年对美国石油化工、冶金、食品、制药、玻璃和机械制造等行业的 400 多个工厂企业的调查报告表明，绝大多数用户选用可编程序控制器作控制器，是因为它有很高的可靠性。

在可编程序控制器的设计过程中，提高可靠性的基本思想是：对可自动恢复的故障（即可编程序控制器硬件没有故障），应使可编程序控制器不受恶劣环境影响或使影响减少到尽可能小的范围内，而在外界恶劣条件（干扰）消失之后，又可自动恢复工作，以提高可编程序控制器的平均无故障时间 MTBE（Mean Time Between Failue）。当可编程序控制器产生自身的硬件故障（不可自动恢复）时，应能迅速定位故障区域，

并使故障的影响限制在尽可能小的范围内，以便降低平均修理时间 MTTR (Mean Time to Repair)。

通常情况下，可编程序控制器从硬件和软件两个方面来提高可靠性。目前，在可编程序控制器的硬件方面主要采取屏蔽、滤波、隔离、抗干扰电源、模块式结构、环境检测和诊断电路、连锁功能和 Watchdog 电路等措施提高可靠性。而在软件方面，采取的主要措施有三方面，其一是与硬件配合，定时对外界的工作环境做状态检测（如电网上掉电、负压或过压、强电磁干扰等），以便在有异常情况下可及时处理。其二是对工作信号的保护。可编程序控制器在受到强干扰时，能迅速将当前的工作状况和有关的信息存放到磁性的或由其他电源（如电池）供电的存储器中去，以便在强干扰消失之后，自动从这种存储器中取出这些信息，从而可继续完成因强干扰中断的工作。其三是以扫描方式进行工作，即可编程序控制器对信号的输入、数据的处理和控制信号的输出，分别在一个扫描周期的不同时间间隔里以批处理方式进行，因此不仅使用户编程简单、不易出错，而且不易使可编程序控制器的工作受到外界干扰的影响。

由于可编程序控制器在硬件和软件方面采取了上述各项措施，使可编程序控制器的运行可靠性有大幅度的提高，尤其是对工业生产过程中最多见的瞬间强干扰具有很强的抑制和处理能力。如美国 GE 公司生产的可编程序控制器控制模板的 MTBF 可高达百万小时，用这种模板构成的具有双套 CPU 和 I/O 的可编程序控制器的 MTBF 超过五万小时。

(2) 用户使用方便。

1) 编程方便。可编程序控制器的设计是面向工业企业中一般电气工程技术人员的，因此在设计可编程序控制器的操作系统和编程语言时，充分考虑到他们已有的知识水平和领域，以及计算机技术的素质，采用他们比较熟悉和易于接受的、类似于继电器电路的梯形图编程方式。这种编程方法不仅具有对控制过程有清晰直观感的优点，而且编程方法简单易学，不容易出错。尤其重要的是现在的工程技术人员对继电器控制电路已经相当熟悉，因此无论是在生产线的设计，还是原有设备的改造，他们都非常容易使用和推广可编程序控制器的应用，这也是可编程序控制器得以迅速发展和应用的重要原因之一。

2) 操作方便。在可编程序控制器上编程时经常只使用数量有限的专用键，操作非常方便，一般编程人员不需要具有专门的计算机知识，只需要经过不长时间的培训即可掌握编程方法。在可编程序控制器运行过程中，可编程序控制器的面板（或显示器）上显示有生产过程中用户感兴趣的各种状态和数据，使操作人员做到心中有数。即使在出现故障甚至事故时，也能及时处理。

3) 维修方便。现在的可编程序控制器一般都或多或少具有一定的故障自诊断能力和可编程序控制器运行过程的监控功能，因此在系统出现故障时，维护人员往往可通过各种异常状态的指示或自诊断结果的显示，比较快地确定故障的位置，以便迅速处理和修复。比如可编程序控制器都具有 I/O 通道的状态指标、RAM 后备电池的状态显示、存储器数据的奇偶检测结果指示、数据通信异常和可编程序控制器中内部电路运行异常

等显示。

(3) 易于实现机电一体化。

由于微电子工业的迅速发展，集成电路的制造水平不断提高，使可编程序控制器可以设计得非常紧凑，体积很小，抗震防潮和耐热能力增强，可靠性进一步提高，因此就有可能将可编程序控制器安装到每个机械设备的内部，与机械设备有机地融合在一起，真正做到机电一体化。

三、可编程序控制器的应用领域

1. 开关量逻辑控制

可编程序控制器具有“与”、“或”、“非”等逻辑指令，可以实现触点和电路的串联、并联，替代继电器电路完成如顺序、连锁、计时和计数等一类的数字控制。开关量逻辑控制可以用于单台设备，也可用于生产线的控制。例如采矿、电力、冶金等企业中的皮带运输机控制就是开关量逻辑控制的典型应用。

2. 运动控制

可编程序控制器使用专用的运动控制模块，对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制，可实现单轴/双轴/三轴位置控制，使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。可编程序控制器的运动控制功能广泛地用于金属切削机床、金属成型机械、装配机械、机器人和电梯等机械的控制中。

3. 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。可编程序控制器通过模拟量 I/O 模块，实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换和 D/A 转换，并对模拟量实行闭环 PID 控制。可编程序控制器的模拟量 PID 控制功能已经在机械、电力、冶金、化工等行业得到广泛地应用，例如锅炉运行控制、自动焊机控制、连轧机速度和位置控制等都是闭环过程控制的典型应用。

4. 通信联网

可编程序控制器的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台可编程序控制器之间的通信、可编程序控制器和其他智能设备（如计算机、变频器、数控装置）之间的通信。可编程序控制器与其他智能设备一起，可以组成集中管理、分散控制的分布式控制系统。

5. 机器人控制

机器人是工业生产自动线中不可缺少的重要设备，已成为未来工业生产自动化的三大支柱之一。由于人工视觉等高科技技术逐渐完善，各种高性能的机器人也相继问世。现在不少机器人制造公司也选用可编程序控制器作为机器人的控制器（控制它的各种机械动作），使可编程序控制器在机器人制造行业中占有一定的地位。随着可编程序控制器体积的进一步缩小，功能进一步增强，可编程序控制器在机器人中的应用必将更普遍，成为可编程序控制器的一个主要应用领域。

四、可编程序控制器的分类

目前，世界上可编程序控制器的品种繁多，型号和规格也不统一，各种产品的结构形

式、输入/输出方式、I/O 点数、CPU 的种类、存贮器的种类、容量以及功能范围等都各不相同，因此很难详细地划分它们的类别。按结构形式不同，可编程序控制器可分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式可编程序控制器。把 CPU、存贮器及 I/O 等基本单元装在少数几块印刷电路板上，并连同电源一起装在一个机体内，形成一个整体，通常把它称为主机。例如三菱公司的 F/F1/F2/FX 系列、西门子公司 S7-200 等可编程序控制器。

整体式结构的优点是结构简单、节省材料、体积较小。缺点是主机的 I/O 点数固定，使用不够灵活；另外维修也比较麻烦。

(2) 模块式可编程序控制器。模块式可编程序控制器有的又称为积木式可编程序控制器。它把 CPU（包括存贮器）和输入、输出单元做成独立的模块，即 CPU 模块、输入模块、输出模块，然后组装在一个电源框架（机架）内。例如 OMRON 公司 C200H、施耐德公司 Quantum 系列可编程序控制器等。

模块式结构的优点是 I/O 模块及 I/O 点数可根据用户需要方便、灵活地组合，对现场的应变能力强，同时还便于维修。缺点是结构较复杂、插件较多，增加造价。

1.2 运煤自动化

一、火电厂运煤系统组成

火电厂运煤生产工艺系统一般由卸煤、上煤、配煤和储煤四部分组成。

卸煤部分为运煤系统的首端，主要作用是完成外来煤的受卸。卸煤部分的机械设备主要有适用于水路来煤的卸船机，适用于陆路来煤的翻车机、螺旋卸车机、装卸桥、斗链卸车机、底开门车，以及自卸车等。

上煤部分是运煤系统的中间环节，主要作用是完成煤的输送、筛分、破碎和除杂等。上煤机械主要有胶带运输机、筛煤机、碎煤机、磁铁分离器等。

配煤部分为运煤系统的末端，主要作用是按生产运行要求将燃煤配入锅炉的原煤仓。配煤机械有犁式卸料机、配煤车、可逆配仓带式运输机等。

储煤部分为运煤系统的缓冲环节，其作用是调节煤的供需关系。储煤机械一般为斗轮堆取料机、装卸桥等。

火力发电厂运煤系统的运行特点是同时运行的设备多，且安全连锁要求高。运煤系统同时启动的设备高达 20~30 台以上，在启动和停机过程中各设备之间有严格的连锁要求。因此，要求运煤系统的所有设备必须处于完好的工作状态。

二、运煤系统机械设备

火力发电厂运煤系统的机械设备种类多、数量大、分布面广。除上面所提到的底开车、翻车机、卸船机、胶带运输机、斗轮堆取料机、犁式卸煤器、配煤车等主要运煤机械设备外，还有以下设备：

(1) 转运站设备。主要包括分流设备，如挡板、分煤门、闸板门等；也包括辅助设备，如磁铁分离器、金属探测器、木块分离器和给煤机等。转运站机械设备的主要任务是

解决运行路径的选择及切换。

(2) 碎煤机和筛煤机。运煤系统主要使用的筛、碎设备类型有：偏心振动筛、惯性振动筛、自定中心振动筛和直线振动筛，锤击式、反击式、辊式和环锤式碎煤机等。筛、碎设备的主要作用是分离出大块原煤，并将其破碎。

(3) 计量设备。运煤系统主要使用能够显示、记录和打印出瞬时值、累计值的电子皮带秤、核子皮带秤，完成上煤量和耗煤量的统计。

(4) 辅助系统。包括采样装置、除尘器和集尘装置、暖风空调、冲洗排污、消防火警等装置。

(5) 信号报警系统。包括机械设备和运行人员的安全保护、设备异常、高低煤位、动力电源故障及辅助设备的故障报警等装置。

三、运煤自动化的基本概念

自动化是最高程度的机械化，是指被控系统中所包括的机器、设备和仪器能全部按规定要求和既定程序进行生产，人只需要确定系统的控制要求和编制程序，不用直接操作被控系统的所有设备。

火力发电厂运煤自动化就是对卸煤机械、上煤机械、配煤机械和储煤机械等各类运煤机械设备及辅助设备自动进行自动控制，使其能按规定的生产工艺要求，完成原煤的卸料、破碎、堆料、取料和输送等生产作业，并完成有关运煤生产信息的打印、显示与数据存储等管理工作。

现代火力发电厂运煤自动化系统由检测元件、电力传动控制装置、计算机和电气执行元件等组成。检测元件主要有旋转编码器、测速仪、电能参数检测仪、皮带秤、料位计等，其功能是检测运煤系统机械设备的运行状况，并将有关设备运行参数传送到控制装置中。电力传动控制的主要控制装置是可编程序控制器，其主要任务是根据输入设备及检测元件传送来的信息，按照预先规定的程序进行逻辑分析、判断，然后向电气执行元件发出控制指令。运煤自动化使用计算机的主要目的是：完成运煤作业计划的编制；监视运煤设备的运行，维持运煤作业的稳定；运行各类机械设备，使原煤受卸、堆积和输送顺利进行；及时收集库存信息，以便有效管理。过程计算机的功能包括：原煤作业计划输入；运输计划编制；煤场库存管理；胶带运输机和移动机械运转；作业实况收集；报表制作、数据显示和数据通信。电气执行元件主要有接触器、电磁阀和电动机，其功能是用来驱动运煤机械设备的运转，如胶带运输机的启停、液压回路的通断等。

四、运煤自动化的发展

火力发电厂运煤自动化的发展主要体现为检测元件和控制装置的发展。从系统结构上看，在 20 世纪 70 年代前多是强电就地控制和强电集中控制，70 年代末期，发展到强电逻辑及弱电逻辑控制。80 年代初，随着可编程序控制器的引进，以可编程序控制器作为控制装置的自动控制系统在部分火电厂中投入运行。目前，由计算机和可编程序控制器组成的分级分布式控制系统已在国内火电厂运煤自动化中得到广泛的应用。

1. 强电就地控制

所谓强电（弱电）控制，是指控制和测量的电压或电流在数值上的大小。强电系统、弱电系统的电压和电流数值如表 1-1 所示：

表 1-1 强电/弱电系统电压、电流参数

名 称	直流电压 (V)	交流电压 (V)	直流电流 (A)
强电系统	110、220	100	5
弱电系统	12、24、48、60	50	0.5

强电就地控制曾经是火电厂运煤系统最常用的控制方式。在这种控制方式中，整个运煤系统每个岗位须由专人操作和监视，在系统启动和停机时依靠电铃和喇叭逐级地传递控制信号。采用这种控制方式的初期，在胶带运输机上没有安装保护装置，系统运行时需要运行人员在胶带运输机旁巡回监视，运行人员仅知道自己所监视设备的运行状况，无法了解整个运煤系统的运行状况。当某一设备跳闸引起连锁跳闸后，运煤系统重新启动仍然需要逐级重新联系，既费时，也不安全。

2. 强电集中控制

随着检测元件的不断发展，在火电厂运煤系统中开始采用检测元件代替人工进行监测，完成胶带运输机之间的联系。同时，在胶带运输机上还安装了各种保护装置，强电就地控制的功能得到不断完善。在强电就地控制系统中，将各个设备的启/停按钮、运行信号灯和测量仪表集中安装在运煤集控室的控制台上，这种控制方式称为强电集中控制。强电集中控制的发展可分为简单集中控制和完善集中控制两个阶段。

在简单集中控制阶段，运行人员可以在集控室内对运煤设备进行远方控制，但连锁开关和挡板位置仍由就地运行人员操作，胶带运输机上没有保护信号装置，设备运行时必须有人就地监视。这种方式虽然比就地控制前进了一步，但在控制室内也只能知道电动机的运行情况，并不能了解运煤设备的真正运行状况。如胶带运输机打滑，虽然电动机在转，控制台上的信号灯也亮，实际上胶带运输机是处于打滑状态。在没有速度传感元件的情况下，在控制室内无法知道胶带是否打滑，只能靠现场运行人员就地处理。

在完善的集中控制阶段，许多火电厂在胶带运输机上配备了较齐全的检测元件，如胶带速度传感器、撕裂保护装置、跑偏开关、事故拉线开关、煤流信号仪、煤位信号仪等，信号系统比较完备。在设备集中控制的同时，有关被控对象的工作状况信号和各种保护信号也集中传送到控制室中，运行人员可在控制室内通过模拟屏清楚地了解整个运煤系统的运行情况，及时发现出故障点及判断故障产生原因。

3. 逻辑控制

逻辑控制可分为强电逻辑控制和弱电逻辑控制两种控制方式。

强电逻辑控制方式是由各种继电器及传感器组成的强电逻辑控制网络。它是在较完善集中控制的基础上，进一步完善控制回路发展而来。这种控制方式可在集控室内实现运煤系统的逻辑控制。当系统运行时，首先通过选择开关（或按钮）确定要运行的设备，然后

按下总启、停按钮，运煤系统中的机械设备则按逆煤流方向逐台启动，或按顺煤流方向逐台停机。运煤设备启、停的时间间隔不由运行人员凭经验确定，而是通过预先设定时间继电器触点的不同动作时间来实现。胶带运输机之间的连锁靠速度继电器的触点实现，切换挡板是在选择继电器的触点控制下自动切换至运行侧。

强电逻辑控制的自动化程度虽然比强电集中控制有了进一步的提高，但其本身的逻辑功能并不完善，往往满足不了运煤自动控制的要求，因此出现了比强电逻辑控制更加完善的弱电逻辑控制。

弱电逻辑控制方式是根据运煤系统不同设备的工艺要求，用电阻、电容、晶体管、集成块等元件对应组成各种专用的功能板代替强电继电器。

功能板可分为分立元件功能板和集成电路功能板。分立元件功能板由电阻、电容、晶体管等元件组成，通过微分、积分、门电路及晶体管放大电路实现各种专用功能。集成电路功能板是由集成门电路、集成运算放大器等元件组成。两种功能板具有相同的逻辑原理。按逻辑功能板的作用，可将其分为以下几类：

高压电机的胶带运输机逻辑功能板——专用于胶带运输机高压电机的启动、停止。

低压电机的胶带运输机逻辑功能板——用来控制低压电机的启停，此板的输入、输出条件和高压电机的胶带运输机逻辑板的输入、输出条件基本相同，区别在于合闸电器（兼作跳闸继电器），即线圈吸合时为合闸状态，线圈释放时为跳闸状态。

煤位信号逻辑功能板——用来检测原煤仓的高、中、低煤位，其输入条件为煤电阻信号。煤位信号经放大后驱动中间继电器，并用中间继电器的触点接通模拟屏上的指示灯。同时，该煤位信号参与运煤系统的连锁控制。

故障信号逻辑功能板——该板对运煤设备的各种故障输入信号进行处理，经放大后驱动报警器，产生闪光信号。

犁煤器逻辑功能板——用来控制犁煤器的升降，其落犁的输入条件有：允许落犁信号、胶带速度信号、落犁位置信号、原煤仓低煤位信号。上述条件满足时，落犁继电器动作。原煤仓达到高煤位时，抬犁继电器动作。

落煤管堵煤信号逻辑功能板——该功能板在挡板位置信号、选择及堵煤输入信号都满足的条件下，输出一个闪动的信号，这个信号可带动模拟屏上落煤管指示灯的闪烁。同时启动落煤管振动器。

切换挡板逻辑功能板——用于控制落煤管挡板电动机，其输入条件是上段、下段胶带运输机的速度信号及挡板位置，通过输出端继电器，使挡板被切换至相应的位置。

移动设备位置信号逻辑功能板——用来反映移动设备的位置。该板仅能反映各移动设备的大致位置，而不能反映各移动设备的精确位置。

速度信号板——该功能板将速度传感器的信号整流滤波、放大后带动输出继电器，从而进行控制、连锁及显示等。

应用弱电逻辑控制时，先将预告音响开关切换至要选择的一侧，按下所要选择的设备选择按钮，选定一种运行方式后，按下总启动按钮，则运煤设备按逆煤流方向顺序连锁启动整个系统，同时挡板被自动切换至运行侧。上煤完毕，按下总停机按钮，则运煤系统按

顺煤流方向顺序延时停机，其延时时间可用逻辑板上的调整旋钮整定。

由于半导体逻辑电路的自检功能及可靠性较差，逻辑元件检修困难，限制了其在运煤自动控制中的广泛应用。

4. 可编程序控制器程序控制

随着可编程序控制器应用范围的不断扩大，从 20 世纪 80 年代初开始，国内火力发电厂开始使用可编程序控制器对其运煤系统进行自动控制。当时，多数电厂使用检测元件、执行器和电动机作为第一级，可编程序控制器作为控制装置组成二级控制系统对运煤系统进行控制。该系统在功能上主要以处理开关量为主。80 年代中后期，许多大型火力发电厂对运煤控制系统进行了技术改造，使用了高性能可编程序控制器、高速数据通信网络和过程控制计算机，组成三级分布式控制系统完成运煤系统的控制。控制系统在功能上增加了对模拟量的处理，规模上从整体式发展到模块式，且形成了网络。90 年代，运煤控制系统除了采用性能高、网络功能强的可编程序控制器外，还采用了速度更快、容量更大的计算机，在过程控制计算机上面使用生产控制计算机，组成了四级控制系统。生产控制计算机主要承担生产管理功能和适应优化数模的需要。

与国内运煤控制相比，国外在散料输送自动化方面应用了许多新技术。在系统结构方面，除应用四级计算机控制系统外，还应用泄漏电缆（一种类似于同轴电缆，但屏蔽层开孔作为发射和接收天线）代替普通无线控制，从而获得抗干扰强、信号稳定的无线控制信号，对大型移动机械进行控制。在单元控制系统方面，主要采用节能控制技术。在大型原料场，由于电动机数量多，如何节能便成为一个突出问题。对于胶带运输机群，传统的启动方式是按逆流方式，自下游依次向上游启动。系统启动后不管有无要运输的物料，胶带运输机都在转动，这种等待和空转对能源是一种巨大的浪费。新的控制方法主要体现在以下三个方面。①在胶带运输机启动时跟踪所要输送的原料，自上游依次向下游启动，以减少下游胶带运输机空转和等待时间。系统停止时可采用全系统一齐停止，或保持一定时间差自上游开始顺序停止。②对胶带运输机的电动机台数进行控制。通常大型胶带运输机利用几台电动机共同驱动，新的控制方式是根据胶带运输机负荷的大小确定工作电动机的台数。③对胶带运输机的停止和再启动进行自动控制。在胶带运输机和落料槽等设备上设置传感器以检查有无原料，当上游胶带运输机无负荷时，下游胶带运输机停止；上游胶带运输机有负荷时，下游胶带运输机启动。此外，当工艺要求的输送量已达到时，胶带运输机就停止工作。上述节能控制可节省 10% 的能源。在人工智能的应用方面，一是对原料堆积和混料进行智能控制，另一方面对运输机械进行智能控制。胶带运输机动作顺序是根据机械装置和作业条件、胶带运输机相互关系、输送量等因素，并由一定规则来支配的。新的系统则把这些因素和规则形成规则库，运用智能控制使系统更有柔性。

五、运煤自动化基本要求

运煤自动化基本要求包括对控制系统和机械设备两个方面。

一般情况下，火力发电厂对运煤控制系统的基本要求是：

(1) 运煤系统必须按逆煤流方向启动，按顺煤流方向停止；