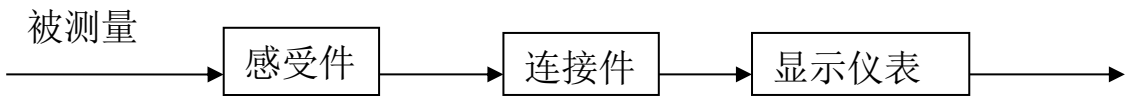
第一部分　热工测量及仪表

测量时人类认识事物本质不可缺少的手段，通过测量和试验，人们可以对事物进行定量，发现事物的规律。测量技术主要包括测量原理、测量方法和测量工具三个方面。

热工测量时测量技术的一种，是指在热工过程中对各种热工参数如温度、压力、流量、物位及位移等的测量。

热工测量是测量技术中的一种，是指在热工过程中对各种热工参数，如温度、压力、流量、液位、物位及位移等的测量。

用来测量热工参数的工具称为热工仪表，它的种类繁多，结构不同，但从本质来看，任何仪表都包含以下三个必要的部分，如图



（1）感受件（也叫一次仪表），它直接与被测对象相联系，感受被测参数的变化，随着被测参数变化而向外界发出一个相应的信号，此信号与被测对象之间是一个单值函数关系。

（2）显示件（也叫二次仪表），它接收感受件的信号，处理后向观察者反映被测参数在数量上的变化，现在常用的有模拟显示、数字显示和屏幕显示方式。

（3）连接件（也叫中间件），它是将感受件发出的信号，根据显示件的要求传送给显示件进行显示，大致分为两种形式，一种是单纯的起传递作用，另一种是要把感受件发出的信号进行转换后送给显示件。无论哪一种连接件在感受件与显示件之间传递信号、放大信号、转换信号都要求信号不失真，失真测量出的数值不准确。

在火力发电厂中，热工测量是运行人员的耳目，通过热工测量可以及时反映热工设备的运行工况，为运行人员提供操作依据，为热工自动控制准确地、及时地提供信号，保证热力设备安全、经济运行，实现自动控制，节省人力、物力。

第一章　温度测量及仪表

温度是一个重要的物理量，它是国际单位制中七个重要的基[illegible]之一，也是工业生产的主要工艺参数，在火力发电厂中，运行人员掌

握机组各部分在运行中的温度参数，检修维护人员必须做好量值传递保证在线温度测量的准确性，才能保证机的安全和经济运行。

第一节 温度计

一、 名词解释

（1）温度：温度是衡量物体冷热程度的物理量。从能量角度来看温度是描述不同自由度间能量分析状况的物理量；从热平衡的观点看，温度是描述热平衡系统冷热程度的物理量。它反映物体内部分子热运动的情况，分子热运行越快，物体的温度就越高，反之温度就越低。

（2）温标：是为了保证温度量值的统一和准确而建立的一个用来衡量温度的标准尺度。目前世界上使用的为 1990 国际温标，它有热力学温度和摄氏温度两种表示方法。

（3）热力学温标：利用卡诺定理及其推理，建立的一个与工质无关的温标，叫热力学温标。

（4）热力学温度：热力学温标所确定的温度数值称为热力学温度，单位为 K。

二、温度计的分类

温度计可以分为接触式和非接触式两大类。接触式的感受元件直接与被测介质接触，非接触式的感温元件不与被测介质直接接触，常用的温度计分类如下：

温度计的分类		工作原理	常用测量范围
接触式仪表	膨胀式温度计 1．液体膨胀式 2．固体膨胀式	利用液体或固体受热时产生热膨胀的特性	-200-700
	压力式温度计 1．气体式 2．液体式 3．蒸气式	利用封闭在一定容积中的气体、液体或某些液体的饱和蒸气受热时其体积或压力变化的性质	0-300
	热电阻温度计	利用导体或半导体受热后电阻值变化的性质	-200-650

	热电偶温度计	利用物体的热电性质	0-1600
非接触式仪表	辐射式温度计 1．光学式 2．比色式 3．红外式	利用物体辐射能随温度变化的性质	60-200

三、电厂常用温度计原理及特点。

1．水银温度计：水银温度计结构简单，价格低廉，多用作热工实验室的标准仪表，在现场一般只用作就地测量，比如测量机组各瓦的回油温度，辅机的润滑油温度等。它是利用温包和毛细管内的水银受热膨胀的原理来测量的。它的灵敏度主要取决于毛细管的粗细和温包的大小，这种温度计的误差来源主要有两种，一种是零点下降现象引起的误差，可以在温度计检定的时候校正；一种是认为读数引起的。

2．双金属温度计

双金属温度计是根据金属随温度变化产生的弯曲与温度高低成正比的性质而制成的温度计。它的感温元件是用两片膨胀系数不同的金属片叠焊在一起制成的，双金属片受热后由于两个金属片的膨胀系数不相同而产生弯曲，温度越高产生的线膨胀长度差越大，因而引起弯曲的角度也越大。

这种温度计通常被用作温度继电控制器，极限值温度信号器或温度补偿器。主要用于温度联动回路和电机本体入口出口等震动较大的场所。随着工业的发展，现在也有指示式双金属温度计。

双金属温度计结构简单、制造成本低，耐震性也比较好，但这种温度计精度不高，量程不能做的很小，使用范围有限。

3．压力表式温度计

压力表式温度计是利用定容气体、液体热胀冷缩压力变化或饱和汽饱和压力变化的性质进行测温的。其基本结构是由感温元件温包、传压元件毛细管、变形元件弹簧管构成的密闭系统。

温包直接与被测介质接触感受温度的变化，毛细管是用金属材料冷拉成的无缝圆管，用来传递压力的变化，盘簧管或弹簧管是弹性元件，感受毛细管传来的压力，产生弹性变形带动指针指示温度值。它主要用于测量水箱温度、沉降池、油箱等容器内的液体温度，它的特点是结构简单具有防爆性，不怕震动，但准确度低，滞后性

较大。

压力表式温度计按用途分有指示式、记录式、报警式（带电接点）和调节式等类型。按填充物质不同又可分为气体压力式温度计、蒸汽压力式温度计和液体压力式温度计。

电厂中最常使用的是带接点的压力表式温度计，它不仅具有指示部分，还带有可供两位调节或控制的电接点。电接点装置的上下限接点可按需要调整到任意给定的温度上。上下限的温度值由定接点指示出来，动接点由指针带动。当被测介质的温度超过（或低于）上限（或下限）给定的温度时，温度计指针上的动接点便与上限（或下限）定接点相接触，发出信号闭合（或断开）信号，

4．热电阻温度计

热电阻温度计是利用导体或半导体的电阻随温度变化而变化的性质来测量温度的，是电阻输出型感温元件。

现在工业上常用的金属热电阻为铂热电阻、铜热电阻两种，PT100 铂热电阻和 CU50 铜热电阻在电厂最常用。PT100 指的是当铂电阻的阻值为 100 欧姆时，温度指示为 0℃，CU50 指的是当铜热电阻的阻值为 50 欧姆时，温度指示为 0℃。

金属热电阻分为铠装型热电阻和普通基型热电阻两种，它的结构图一般由电阻丝、骨架、引线和保护管等部分组成。电阻丝是用来感受温度的部分，是热电阻的核心；骨架是用来缠绕、支承和固定电阻丝的支架；引线使热电阻能与外部测量及控制装置连接。保护管用来保护热电阻与引线不直接和所测介质接触，免受有害物质的影响。

在在电厂中一般使用 PT100 热电阻测量 850℃以下介质的温度，当介质温度高于 150℃的时候，大多采用铠装 PT100 热电阻，以防电阻丝与引线的焊接点因温度高而开焊。使用 CU50 热电阻元件测量 100℃以下介质的温度。

热电阻温度计有以下特点：（1）有较高的精确度。例如，铂电阻温度计被作为基准温度计。（2）灵敏度高，输出的信号较强，容易测量显示和实现远距离传送。（3）金属热电阻的电阻温度关系具有较好的线性度，而且复现性和稳定性都较好。但由于体积较大，故热惯性较大，不利动态测温，不能测点温。

5．半导体热敏电阻

半导体热敏电阻是一种固态的感温元件，是由铁、镍、锰、钛、铜等金属的氧化物按一定的比例混合后压制、烧结而成。它具有较大的负电阻温度系数。这种热电阻大多用来做电子线路和仪表测量电路中的温度补偿电阻。

6．热电偶

热电偶的测量原理是将两种不同的金属导体连接起来组成一个闭合回路，当两端有温差时，回路中就产生热电势，热电偶的测量端叫热端，另一端叫参考端，当参考端的温度恒定不变时，电极产生的热电动势与热端温度的变化是单值函数关系。通过热电偶产生的热电动势就可计算被测介质的温度。

电厂常用的热电偶有铂铑 10-铂热电偶和镍铬（镍硅）一镍（镍铝）热电偶。铂铑 10-铂热电偶也叫 S 型热电偶，它是一种贵金属热电偶，它的热电性能稳定，抗氧化性能好，在氧化性、中性气氛中可长期连续使用，在真空中可短期使用。由于它复制性好，测量准确度高，多用于热工试验室中作为标准热电偶使用。镍铬-镍硅（镍铝）热电偶也叫 K 型热电偶，这种热电偶适用于氧化性和中性气氛中测温，热电极的直径不同，他的测温范围也不同，最高可以测至 1300℃，电厂中这种热电偶多用于测量机炉的蒸汽温度、金属壁温、烟气温度等。

热电偶按其结构可以分为普通型热电偶、薄膜热电偶和铠装型热电偶，都是由电极、绝缘子、保护管、接线盒等部分组成。

热电极：用来感受温度的部分，是热电偶的核心，热电极的直径是由自身材料的价格、机械强度、导电率及热电偶的用途决定，热电偶的热端采用焊接方式连接，焊点要光滑、无夹渣、无裂纹。

绝缘子是防止两个电极之间短路的，保护管是用于防止热电极受到有害物质的化学腐损和污染，避免外界机械损伤。

接线盒是热电偶的热电极与引线连接的装置，起密封和保护热电极的作用。

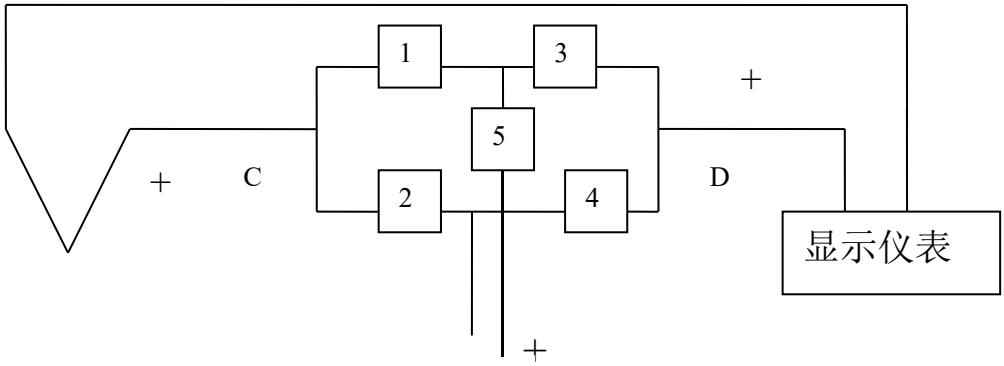
7．补偿导线及补偿器

由热电偶的测温原理知道，热电偶的参考端温度必须保持恒定，在使用热电偶测温时，由于热电偶一般做的比较短，尤其是贵金属材料制成的热电偶更短，这样，热电偶的参考端离被测对象很近，使参考端的温度较高且波动很大，要把参考端延长到温度比较稳定

的地方，就要采用补偿导线。

补偿导线是一对在规定温度范围内（一般为 0-100℃）使用的热电偶丝。采用与热电偶电极材料相同的金属材料或在规定温度范围内，热电持性与所配接的热电偶相同，且易于获得的价格低廉的金属材料做成。在测温中作为热电偶与二次仪表的连接导线使用。当补偿导线正负两极接反时仪表显示比实际温度低。有些时候只用补偿导线延长热电偶参考端的方法还不能使热电偶的参考端达到恒定，因此，对比较精确的测量必须用参考端温度补偿器。

温度补偿器如图，



4 伏

它是一个补偿电桥，安装在热电偶的参考端，并与热电偶的指标表连接组成一个测量系统。电阻 2、3、4、5 为固定阻值，电阻 1 为铜电阻，当参考端温度变化时铜阻值变化。桥路 C、D 两端产生电位差抵消热电偶电动势的增加量，起到稳定参考端温度的作用。

在一些记录仪表中，热电偶的补偿器作在记录仪表中，补偿仪表盘内的温度。DAS 显示系统中在 DAS 盘内加补偿器来补偿参考端温度。

7．光学高温计

光学高温计是以普朗克定律为理论依据，以测量单一波长的辐射能量来测量温度的，它是单色辐射高温计的一种，目前我国生产的有光学高温计和光电高温计，光学高温计是按黑体对象刻度的，仪表显示的示值为亮度温度。

8．比色高温计

比色高温计是根据维恩偏移定律工作的，当温度变化时物体的

最大辐射强度向波长增加或减少的方向移动，使在波长λ1 和λ2 的亮度比发生变化，测量亮度比的变化来测量相应的温度，比色高温计是按被测对象为黑体刻度的显示值为颜色温度。

9．红外式温度计

红外式温度计是检测波长为 0.8-100mm 范围内的热辐射，射度与辐射源的温度之间遵循普朗克定律。通过测量红外辐射能量来测定物体温度。它具有非接触式测温的特点，还具有如下特点：（1）适用于黑夜中测量；（2）可远距离遥测；（3）适用于低温测量；（4）测温响应速度快。

现在电厂应用的很多，比如高压输电线接头温度测量，发电设备、刀闸、供热管网热损测定等。

第二节　温度显示仪表

一、指针式温度显示仪表

指针式温度显示仪表包括 XC 系列的动圈式仪表、XF 系列具有放大器的动圈式仪表和 XB 系列加矩电机式仪表。

XC 系列动圈式仪表结构简单，价格便宜，由于 XC 系列动圈式仪表有张丝支承运动机构，所以抗震性能较差，易损坏，在震动较大的场合使用指针抖动，不易读准数。

XF 系列仪表保留了 XC 系列动圈表的优点，增加了放大器，使通过动圈的电流增加，将张丝改为游丝支承，提高了抗震性能，工作稳定性得到了改善。

XB 系列力矩电机式显示仪表是一种自动平衡式显示仪表，指针由力矩电机带动，没有动圈机构，抗震性能更好。

1．XC 系列动圈表

动圈式仪表多由测量机构和测量电路组成，配接热电偶的动圈表和配接热电阻的动圈表只是测量电路不同，测量机构都是相同的，配接热电偶的是一个磁电式动圈电流表与测量电路组成的毫伏计，配接热电阻的是一个直流不平衡电桥，将磁电式动圈电流表连接在桥路的对角线上，其他部分与热电偶动圈表相同。

XC 系列动圈表的测量机构由此路系统和动圈系统组成，如图：

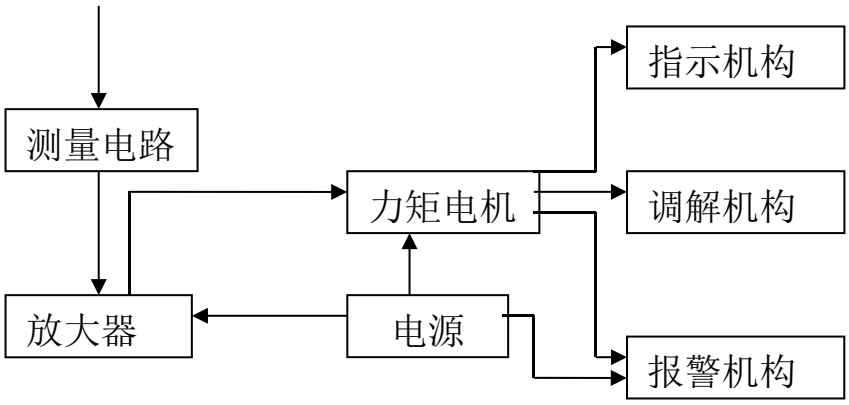
为使动圈的每一个位置（偏转角）对应于一定的电流强度，在动圈上加一个大小与其偏转角成正比的反作用力矩，反作用力矩由动圈的支承系统产生，用的较多的为张丝，转动力矩越大，张丝产生的反力矩就越大，当电流引起的转动力矩与张丝的反力矩相等时，动圈停止转动，处于平衡状态，此时动圈相连的指针即指示出所测的参数大小。

测量机构的动圈是由漆包铜线绕制的无骨架形线框，在动圈上装有很轻的铝质指针，随动圈的转动，显示被测值，指针尾部有平衡杆和平衡锤，用来调整可动部分重心，以减小仪表的倾斜误差，张丝支承结构，由簧片、张丝、花篮架和阻制器等组成，有三个作用，产生反作用力，支承运动系统，为动圈导入电流信号，通过调整簧片可以改变张丝的张力，调整仪表的灵敏度，磁路系统由铁芯、永久磁铁、接线和磁分路片等组成，磁分路片可以调整空氧隙中的磁感应强度，调整仪表的误差。

2．XF 系列动圈式温度显示仪表

该系列的仪表测量机械原理与 XC 系列相同，只是将张丝改为游丝并将张丝支承改为轴尖轴承支持系统，由游丝产生反作用力矩，由于轴尖、轴承支承系统所需的转动力矩较大，要求通过动圈的电流也要大，所以在内电路中采用了集成运算放大器，配接热电阻还是热电偶还是取决于测量电路，由于该系列的表采用了集成运放，所以输入阻抗很高，外接线路电阻与仪表的输入阻抗相比，可以忽略不计，因此配接热电偶的仪表对外接线路电阻无具体规定，方便使用维护。

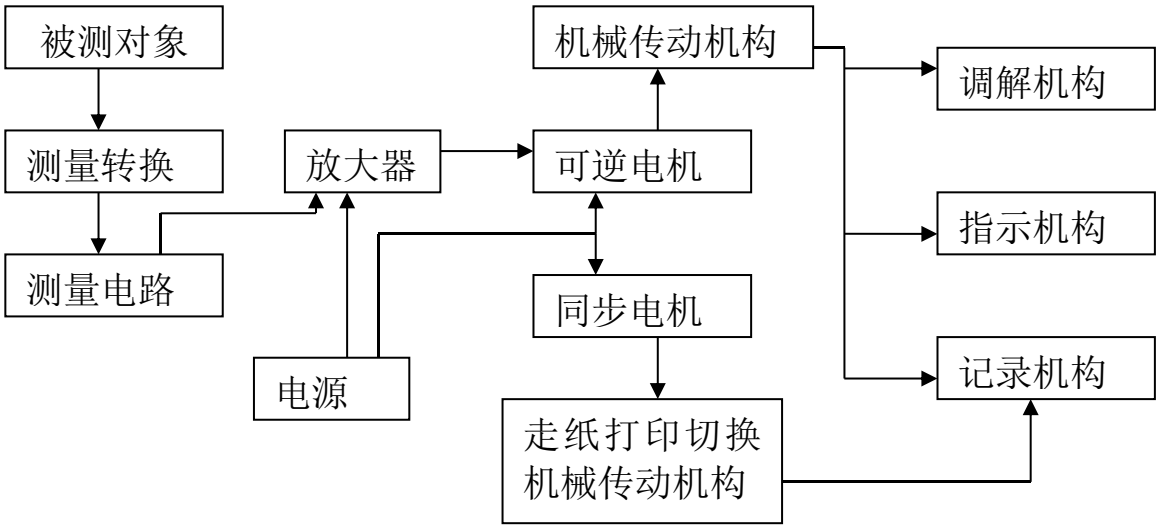
3．XB 系列力矩电机式显示仪表，该系列表原理图如下：



被测信号 EX（或 RX）输入测量电路与已知的标准量相比较，其不平衡电压送至放大器，将其放大，以驱动力矩电机正转或反转，带动平衡机构使仪表达到新的平衡，并由指针显示出被测值。

二、电子自动平衡记录仪

电子自动平衡式显示仪表是基于电平衡原理测量未知信号的。原理图如下：



被测信号输入到测量电路中，当测量电路处于平衡状态时，无电压信号输出，仪表的指针指示出被测参数的量值，当被测量发生变化时，测量电路不再平衡，输出不平衡电压，经放大器放大后，驱动可逆电机旋转，可逆电机通过机械传动机构带动指针和记录笔移动的同时，又带动测量电路中的滑线电阻的滑动触点向新的平衡点移动，值到测量电路输出电压等于零，可逆电机停止动作，指针

指示被测值，同步电机按指定的速度连续动作，通过走纸、打印切换机械传动机构带动记录纸移动，实现被测量值的记录。

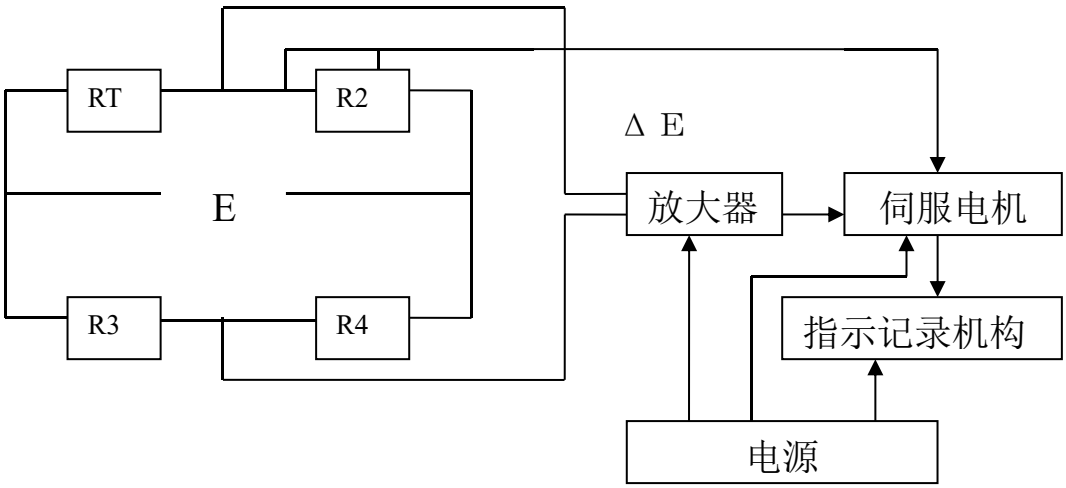
电子自动平衡记录仪分为电子电位差计和电子自动平衡电桥两种。

电子电位差计是一种与热电偶元件配套使用的电子平衡温度显示仪表，它还可以用于测量直流电流和直流电压。原理是热电偶输入的直流电势与测量桥路中的电压相比较，其差值经电子放大器放大后输出足以驱动可逆电机的功率，可逆电机带动与滑线电阻相接触的滑臂移动，从而改变滑线电阻的阻值，使测量桥路的电势与热电偶产生的热电势平衡，当被测温度变化使热电偶产生新的热电势时，桥路又有新的不平衡电压输出，再经放大器放大后，驱动可逆电机转动，再次改变滑臂的位置，直到达到新的平衡为止，在滑臂移动的同时，与它相连的指针和记录笔沿着温度分度的标尺和记录纸运动，滑臂的每一个位置相对应一个温度数值，从而自动指示和记录出温度数。

电子电位差计的不灵敏区很小，因而对外界的干扰十分敏感。

2．电子平衡电桥

电子平衡电桥是一种与热电阻元件配套使用的电子平衡显示仪表，其工作原理与电子电位差计不同，原理图如下：



当仪表工作时，由于电阻 RT 置于被测温场中，其阻值随温度变化而变化，当温度降低时 RT 变小，当温度升高时 RT 增大，因此桥路有一不平衡电势 ΔE 输出，经放大器放大后驱动可逆电机转动，使电

阻 R2 的滑动触点移动，直至不平衡信号消失，电桥重新平衡，同时可逆电机带动指示记录机构，指示和记录出相应的温度值。

三、数字温度显示仪表

用数字形式直接显示测量结果的仪表称为数字显示仪表，这种表计目前应用很广泛，具有如下特点：

（1）用数码管或光柱显示测量值或偏差值，直观明了，读数方便准确。

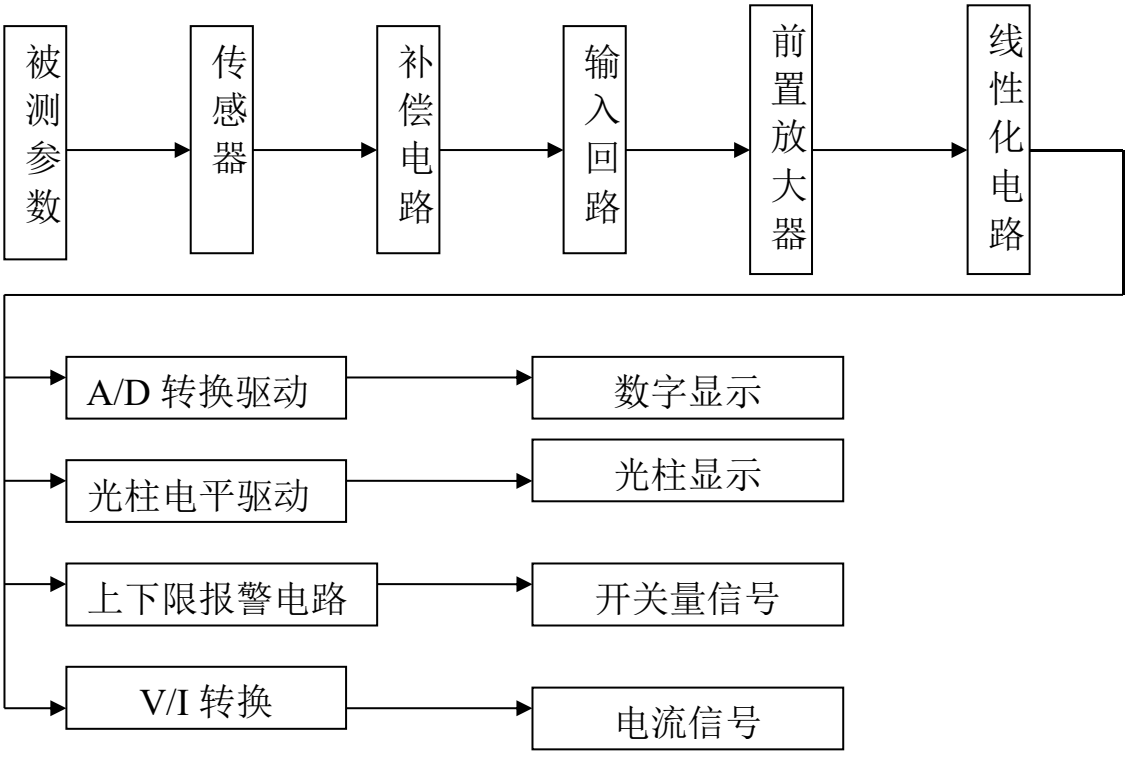
（2）表内无机械部件，采用的是中、大规模的集成电路、线路简单测量精度高，动态特性好，耐振性好，电路稳定使用寿命长。

（3）测量速度快，易于实现多点巡回检测，由功能分离的模块化电路组合而成，便于调试和维修。

（4）仪表内置不同的变换电路，可以输入不同类型的测量信号。

（5）与热电偶配套或与热电阻配套的仪表均具有线性化电路，前者有冷端温度补偿的功能，后者考虑了外线电阻的补偿。

数字温度显示仪表的种类很多，但基本原理都相同。工作原理如图：



被测介质的温度通过传感器，将热电偶的热电势或热电阻的阻

值信号输入到补偿回路中，完成热电偶的冷端补偿和热电阻的线路电阻补偿。再输入到输入回路中，转换为直流电压信号，输入到前置放大器，经过前置放大器放大以后输入线性化电路中，克服测温元件的非线性特性，然后输出电压信号，此电压信号经过模数（A/D）转换器转换为断序变化的数字量信号，再加以驱动，通过数码管显示温度值；光柱驱动电路将此输出电压信号与一组基准值比较驱动一列半导体发光管，使被测值以光柱的形式进行显示；电压、电流（V/I）转换器是将此输出电压信号转换成统一标准的直流电流信号，以便与其它热工设备连用，实现自动控制、两块仪表共用一个取样信号等控制显示目的；上、下线报警电路是将此输出电压信号与一标准的给定信号进行比较，输出信号控制继电器接点吸合，将模拟量信号转换为开关量信号输入给程控保护系统，联动设备或报警提示。

第三节 温度测量系统

温度测量系统是由一次元件、二次元件和测量线路组成的，为使测量值准确，保证设备安全经济运行，一次元件、二次仪表和测量线路中的电缆、导线、补偿导线、切换开关等设备在设备投运之前都要按照检定规程认真检定检修，测点的选择位置应能准确的显示被测物体或介质的温度。

第二章 压力计量

压力是工质热力状态的主要参数之一，压力和真空的测量是保证主机、辅机经济安全运行的重要依据，在电厂中压力测量的范围比较宽，测量要求较高，通过压力的测量可以了解各流道内介质的情况，知道流道的泄漏情况。

第一节 压力计量的基本概念

1．压力：压力又称压强，是垂直均匀作用于物体单位面积上的力，国际单位制中压力的单位是帕斯卡，用 Pa 表示。

2．差压：指的是两个相关测点间的压力之差。

3．大气压力：地球表面上的空气柱重力所产生的压力。

4．绝对压力：是以绝对真空为零点起算的压力。

5．表压力：是以环境大气压力为零点起算的压力。

6．正（表）压：又称为正压力，是指绝对压力高于大气压力的

表压力。

7．负（表）压：又称疏空，是指绝对压力低于大气压力的表压力，也叫负压。

8．真空度：小于大气压力的绝对压力值称为真空度。

9．静态压力：不随时间变化的压力，这是一个相对值，一般当每秒种压力变化量小于所用压力计的分度值的 10%时，就可认为此时所测的压力为静态压力。

10．动态压力：随时间变化的压力称为动态压力。

在电厂的测量中，压力测量所测的都是被测对象的表压力，也就是表压的测量。

二、压力计分类

根据压力计的测量原理，压力计可以分为五类：液体式压力计、弹性式压力计，活塞式压力计，电测式压力计，智能数字式压力计。

1．液体式压力计

它是基于流体静力学原理，利用液柱的高度差来测试压力的仪器，被测的液体柱高度差可以直接读取、显示或用计算的方法来确定，常用的液柱式压力计有水银压力计、U 型压力计、补偿式微压计和倾斜式微压计等，这些压力计一般用来测量风粉系统的低压或微压，这种压力计结构简单，操作方便，性能稳定，精度较高，但抗冲击及动态响应性能差，测量范围有限。

2．弹性式压力计

弹性式压力计是利用弹性敏感元件在压力作用下产生弹性形变制成的机械指针式压力表，常见的有弹簧管式、膜片式、膜盒式和波纹管式等很多种。这种压力计的测量范围很宽，从负压到压力都可以测量，目前电厂中最常用的为单圈弹簧管压力表，如图：

它主要由弹簧管、传动放大机构、指示机构及表壳组成，当被测压力作用于弹簧管元件上时，制成一定形状的弹簧管将产生形变，形变引起主传动接杆动作，通过扇形齿转带动中心小齿轮动作从而使表针动作，安装游丝的目的是产生力矩使两个传动部件始终在同

一方向上配合，减少铰接间隙引起的变差。

三、活塞式压力计

活塞式压力计常简称活塞压力计或压力计，也有称之为压力天平，主要用于计量室、实验室以及生产或科学实验环节作为压力基准器使用，也有将活塞式压力计直接应用于高可靠性监测环节对当地其它仪表的表决监测。活塞式压力计是基于帕斯卡定律及流体静力学平衡原理产生的一种高准确度、高复现性和高可信度的标准压力计量仪器。活塞式压力计是通过将专用砝码加载在已知有效面积的活塞上所产生的压强来表达精确压力量值的，由于活塞式压力计较其它压力量仪其测量结果极具真值可信、性能更显稳定，因此，活塞式压力计在其领域内有着相当广泛的应用。国际上常将活塞式压力计作为国家基准和工作基准或压力计量标准器。

其主系列型号有：YS-6 型、YS-60 型、YS-250 型。如图：



四、电测式压力计

目前主要指的是压力传感器和压力变送器。它是利用物质的某种规律、原理或特性将被测的压力转换成与压力成一定关系的电信号输出的压力测量装置。

压力传感器能够感受压力并产生与压力成一定关系的电信号输出的器件。它由两部分组成，一是感受被测介质压力，产生与被测压力有关的非电物理量的压力感受部分；二是将压力感受部件产生

的非电物理量转换为与被测压力有关的电信号的转换部分。这类传感器很多，比如有电容式传感器、压力式传感器、霍尔式传感器。

压力变送器是将输出为标准 4-20MA 或 0-10MA 信号的压力传感器叫压力变送器。主要由三部分组成，一是压力感受部分，二是信号转换部分，三是将转换部分产生的电信号转变成统一的 4-20MA 或 0-10MA 模拟量电流信号输出的放大输出部分。

目前广泛使用的有电容式压力变送器和智能压力变送器。

电容式压力变送器主要以 1151、1751 系列为主， 原理如图：

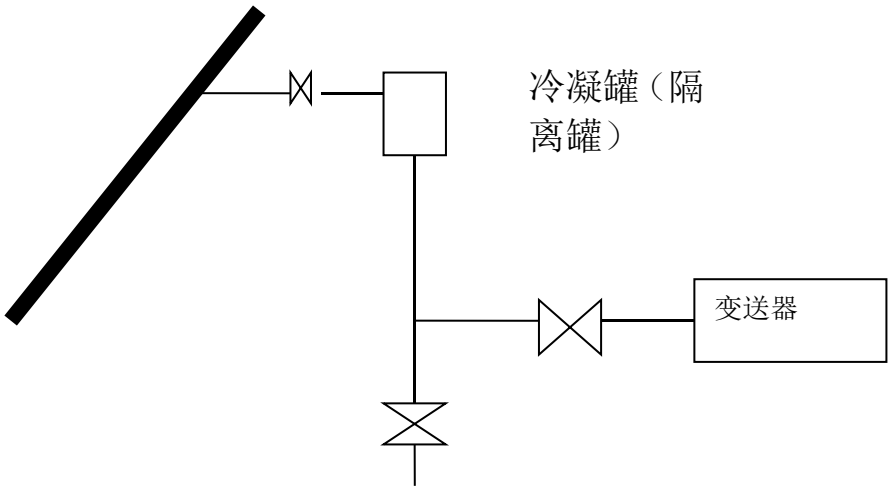
当被测压力作用于隔膜片上，通过添充液将作用力传递给测量膜片，使测量膜片产生位移（位移与压力成正比）引起它与两侧固定电极间的距离发生变化，而使它与两侧固定电极间的差动电容容量变化。通过电路完成压力信号与电量之间的变换，这种变送器性能稳定可靠、准确度高、调校也比较方便面。

智能压力变送器是多种技术溶于一体的产物，采用复合传感器进行温度和静压影响补偿，采用微处理器进行信号运算，处理及参数修正， 能够远距离通讯。这种变送器使用起来方便，可以用手操器现场查询变送器功能及运行数据，进行相关参数的设定修改，进行故障诊断。随着网络技术的发展，现在带有网络接口的智能变送器，可以直接与控制系统的控制站进行通讯。

目前电厂使用较多的有横河电机的 UNIΔMARKII/COM 型、霍尼威尔的 ST-3000 型、罗斯蒙特的 3051 型等智能压力变送器。

以上两种变送器都配接 4-20MA 输入信号的压力表进行显示，目前使用最多的为数字式压力表。数字式压力表与数字式温度表相似，只是输入回路有所不同，其它显示转换等回路都相同。

压力变送器与现场设备连接图如下：



冷凝罐（隔离罐）是根据被测介质的特性进行选择的。

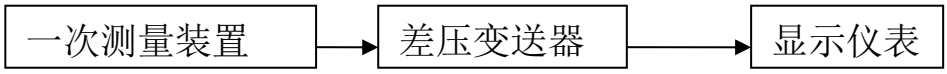
五、智能数字压力计

智能数字压力计是以微处理器为核心控制处理部件的智能型数字压力计，这种压力计多用于实验室做为标准仪器使用，用它来校正其它压力计,常见的有 2655 型数字压力计和 DPI 系列数字压力计。这种压力计是集压力压力输出、测量和显示于一体的综合校验仪器。

第三节流量测量和仪表

一、差压流量计的节流装置

在管道中设置孔板、喷嘴等一次装置，流体流经一次装置时，由于流通截面变小使流束局部收缩，在收缩处，流速加快，动能增加，静压降低，因此在一次装置前后产生静压差，通过差压变送器将差压信号转换为电信号进行显示。原理如图：



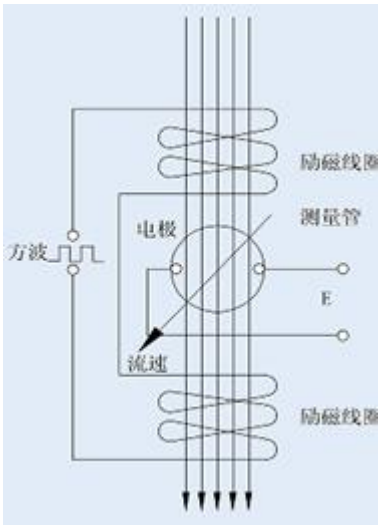
差压流量计的节流装置都是根据国际（国家）标准制造，目前常使用的一次装置有国际（国家）标准的 D 和 D / 2 取压孔板、法兰取压孔板，角接取压孔板，ISA932 喷嘴、长径喷嘴、经典文丘里管和文丘里喷嘴，这些装置的共同特点是压力损失比较大。

二、磁电流量计

电磁流量计测量原理依据于法拉第电磁感应定律。流量计测量管是一内衬绝缘材料的非导磁合金导管。两只电极与轴流方向垂直

穿透关闭固定在测量管上，其电极头与衬里内表面基于平齐。当励磁线圈由双向发生方波脉冲励磁时，即在与测量管轴线垂直方向上产生一定磁能量密度为 B 的工作磁场。此时，如果具有一定电导率的流体流经测量管，将切割磁力线感应出电动势 E。电动势 E 正比于磁通量密度 B，测量管内径与平均流速 V 的乘积。电动势 E（流量信号）由电极检出并通过电缆送至转换器。转换器向传感器提供励磁驱动，用于产生稳定的脉冲交变磁场，流经流量计的导电流体在传感器的检测电极上产生一差分信号，输入至转换器的高阻抗输入放大器，在单片计算机的同步控制下，经信号放大、滤波、增益控制及零点修正、信号采样等环节，获得所需的流量信号，运算后变换为各种相应流量值，现场显示或远传输出。

如图为电磁流量计工作原理图：



三、超声波流量计

超声波流量计是一种利用超声波脉冲来测量流体流量的速度式流量仪表，当超声波在流动的介质中传播的时候，相对于固定的坐标系统而言（如管道中的管壁），其声波的某些声学特性与静止介质中的声学特性是不同的，在其基础上又叠加上了流体的流速信息，因而根据超声波某些声学特性随流速的变化就可以求出介质的流速，进而算出介质的流量。

根据原理的不同可以分为： 多谱勒式超声波流量计和时差式超声波流量计

多普勒法超声波流量计依靠水中杂质的反射来测量水的流速，因此适用于杂质含量较多的脏水和浆体，如城市污水、污泥、工厂排放液、杂质含量稳定的工厂过程液等，而且可以测量连续混入气泡的液体。但是根据测量原理，被测介质中必须含有一定数量的散射体（颗粒或气泡），否则仪表就不能正常工作。

时差式超声波流量计是目前生产最多、应用范围最广泛的。它主要用来测量洁净的流体流量，在自来水公司和工业用水及江河水、回用水领域，得到广泛应用。此外还可以测量杂技含量不高(杂质含量小于 10g/L，粒径小于 1mm)的均匀流体，如污水等介质的流量，但不能测量含有影响超声波传播的连续混入气泡或体积较大固体物的液体。

四、浮子流量计

浮子流量计是变面积式流量计的一种，是由一个锥形管和一个置于锥形管内可以上下自由移动的转子(也称浮子)构成。转子流量计本体可以用两端法兰、螺纹或软管与测量管道连接，垂直安装在测量管道上。当流体自下而上流入锥管时，被转子截流，这样在转子上、下游之间产生压力差，转子在压力差的作用下上升，这时作用在转子上的力有三个:流体对转子的动压力、转子在流体中的浮力和转子自身的重力。当垂直安装时，转子重心与锥管管轴会相重合，作用在转子上的三个力都沿平行于管轴。当这三个力达到平衡时，转子就平稳地浮在锥管内某一位置上。对于给定的转子流量计，转子大小和形状已经确定，因此它在流体中的浮力和自身重力都是已知是常量，唯有流体对浮子的动压力是随来流流速的大小而变化的。因此当来流流速变大或变小时，转子将作向上或向下的移动，相应位置的流动截面积也发生变化，直到流速变成平衡时对应的速度，转子就在新的位置上稳定。对于一台给定的转子流量计，转子在锥管中的位置与流体流经锥管的流量的大小成一一对应关系。

五、差压变送器

差压变送器主要用来测量流量、液位的，它将热工参数所形成的差压值转换成统一的 0-10MA 或 4-20MA 的标准信号。目前广泛使用的有电容式差压变送器和智能流量变送器。

电容式差压变送器属于微位移式变送器，变送器的唯一可动部件是测量膜片，利用测量膜片的微位移产生电容量的变化，经测量电路转化成标准的信号输出，基本的工作原理与电容式压力变送器相似，只是正负压力作用分别作用于正压室和负压室膜片上，电容量变化的原理都相同。

智能流量变送器就是一个双室的智能压力变送器，正压室和负压室的压差值与流量成开方关系。在智能流量变送器中集成了差压信号开方电路，使差压与流量成线性关系，输出统一的标准信号。

六、开方器

由于流量测量中，流量与差压之间为平方关系，因此造成流量计标尺上的流量分布不均匀造成读数不便，对利用该信号进行调节造成困难，所以对差压信号开方，使差压与流量成线性关系，在流量测量中开方器就完成了差压与流量线性转换的关系。

第四章　　水位测量

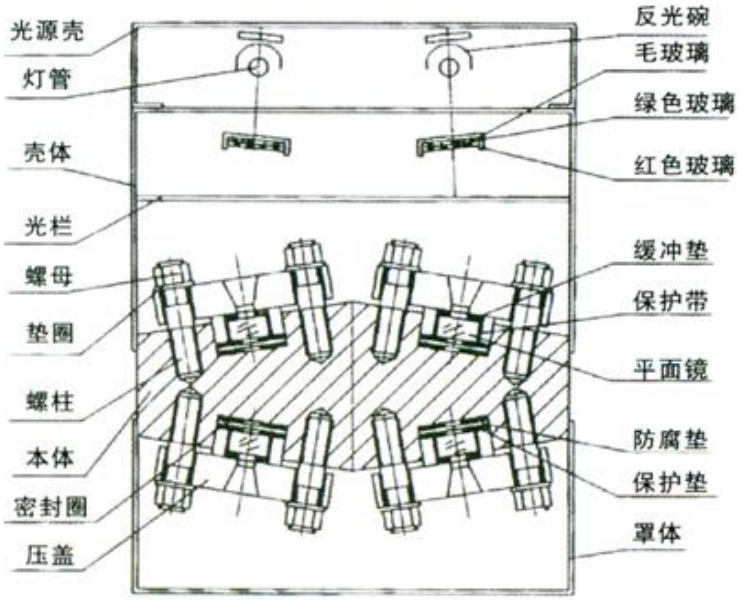
水位的测量对于电厂来说，也是安全经济运行的重要指标，因此准确地测量容器内水位的高低也是非常重要的。比如测量汽包的水位，高低压加热器的水位等。

第一节　　液位计分类

液位及足要分为就地指示和远传两种。就地指示的主要有云母液位水位计、双色水位计和磁浮子液位计等，远传得主要有差压和压力液位计、电接点液位计。

1．云母液位计主要由表体、阀门、光源总成（光源箱、观察箱）、开关电源组成。观察孔设在表体两条直线上，通过观察孔交错组合消除了中间的盲区。由光源箱发出的红、绿光线，分别射向表体的观测窗，表体气体成像时，红光射向正前方，而绿光斜射到壁上被吸收；与此同时液体成像时，由于水的折射使得绿光射向正前方，红光斜射到壁上被吸收。因此在正前方观察将获得汽红、水绿；汽满全红、水满全绿的显示效果。水位计通过导管与高压容器的汽侧、水侧相连接，形成连通体，利用连通器的静力平衡原理使水位计的水位与高压容器的水位一致。云母液位计常用的为高置式云母液位计，这种液位计结构简单、都市直观可靠、常用来校核和标定其它形式的水位计。

结构如图：



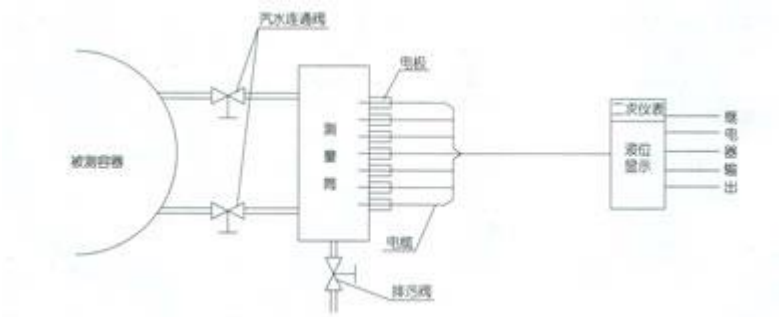
2．双色水位计由上、下阀门，表体、排污阀、平衡管、高温耐压玻璃、天然云母及光学系统组成，根据公称压力的大小，来选择测量锅炉汽包、压力容器及管路的液位的水位计。这种水位计在液汽共存时，液相是绿色，汽相呈红色，液位界线十分明显，清晰。并具有结构优良，密封性能好，安全可靠，维护方便等优点。

这种水位计通常用来测量低压容器的水位。

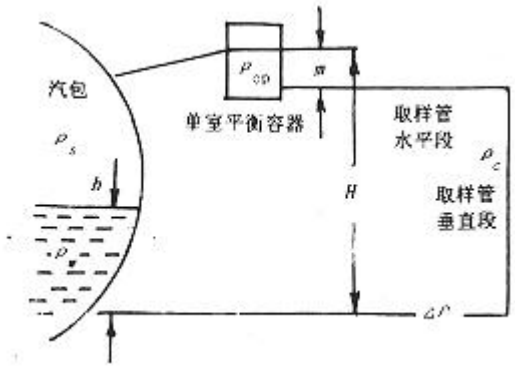
3．磁浮子液位计主要由主体、磁浮子、传磁器、翻板指示器组成。其工作原理是以主体内磁浮子随液位的升降而同时吸合传感器内相应位置的干簧管，使指示的标志反转，从而指示液位。如果在它的主体结构上再配上传感器，当主体内磁浮子随液位的升降而同时吸合相应位置的干簧管，使指示的标志反转时，传感器内的总电阻（或电压）的变化将转变成 4~20Ma.DC 的标准电流输出，与其它可以接受 4~20Ma.A.DC 信号输入的任何显示仪或调节器相配套，实现对液位的远距离显示、位式控制、断续或连接的 PID 调节等自动控制功能。

4．电接点液位水位计是由水位传感器和电气显示仪表组成，利用容器内汽、水介质的电阻率相差极大的性质来测量容器水位的，水位传感器是一个带有若干个电接点的水位测量筒，电接点的绝缘子可以使电极与测量筒的筒壁绝缘，同比为公共电极。由于水的电阻率较小，当汽包水位到达某一电极处，接通它与公共电极间形成的电接点，交流电流过显示电路，指示容器内的水位。

原理图如下：



5．差压式水位计的工作原理是把液位高度变化转换成差压变化，因此其测量仪表就是差压计，即通过测量不同高度的两个取样点的压力差，根据对应信号的强弱来显示水位的高低从而换算出容器内的水位高度。如图为单室平衡容器的差压式汽包水位测量系统原理：



根据流体静力学原理，该平衡容器的差压输出为：

$H\rho_c - h\rho_w - (H-h)\rho_s = \Delta P$

从而汽包水位为：$h = [H(\rho_c - \rho_s) - \Delta P] / (\rho_w - \rho_s)$

式中　h：锅炉汽包实际水位，m；

H：汽包平衡容器静水柱高度，m；

ρ_c：汽包平衡容器静水柱密度，kg/m^3；

ρ_w：汽包内水密度，kg/m^3；

ρ_s：汽包内蒸汽密度，kg/m^3。

6：投入式液位计

投入式液位计是由液位变送器数字式液位显示仪配套组成。液位传感器变送器采用静液压测量原理，当测量头放入液体中时，设大气压力为　Po　，液面到测量元件高为　h　，液体密度为　r　，当地重力加速度为　g　，则变送器探头上所受压力

为： P1 ＝ Po 十 r × g × h ，敏感元件的负侧通过导气电缆与大气相通所受压力为： P2=Po 于是测量元件所测到的压力差值为： P= P1 一 P2=r × g × h ，对于特定的液体介质和确定的地区， r 和 g 均为常数，于是 P 与 h 成比例关系，即可由仪表输出电流大小得到液体深度。

第五章 物位测量

在电厂中物位的测量也是很重要的，比如粉仓、灰仓的料位测量，不仅可以知道物料的存储量，还可以参与控制。

第一节 物位计的种类

对于物位的测量目前市场的产品很多，主要的有以下几种，

1、射频导纳物位计

射频导纳物位计是利用相位移动检测技术来探测被测料仓内有无料位的，属于开关量性质的物位计。物位计电子线路中的石英电子振荡器产生一个无线电发射频谱范围之内的固定频率的高频正弦波信号。该高频振荡信号被分为二路，一路直接送往探测极棒，另一路经过一个电压跟随器后送往防粘附保护电极。相位检测器将反馈自探测极棒的检测信号与基本信号进行相位比较。由于任何被测物料的介电常数和导电率与空气相比都有差别，所以当探测极棒接触到物料时，检测信号的电抗（包括容抗和阻抗）就会发生变化，电抗的变化又引起探测极棒上检测信号的相位发生变化；因此，检测信号与基准信号的相位差也随之发生变化，该相位差的变化经过处理后，驱动输出电路，发出报警信号。由于电抗的倒数就是导纳，检测信号的频率又在无线电发射频谱之内，所以我们把这类物位计称为射频导纳物位计，

高频振荡信号一路直接送往探测极棒，另一路经过一个电压跟随器后送往防粘附保护电极，由于电压跟随器就是一个 1:1 的电压放大器，所以探测极棒上的信号与保护电极上的信号相比较，其大小、相位都是一样的，但二者之间相互又是独立的；前者参与检测，

后者不参与检测。当有物料粘附在探头上时，物料在保护电极与被测料仓的仓壁之间构成了一个电容，而保护电极上的高频振荡信号就会使该电容趋于饱和；该电容饱和之后，保护电极周围物料的电势就等于保护电极上的电势，也就等于探测极棒上的电势，因此探测极棒上的高频检测信号无法通过物料粘附层流向仓壁——因为产生电流的流动一定要有电位差。射频导纳物位计就是利用等电势原理，彻底消除了物料粘附层对探测过程的影响。只有当探头真正接触到大量接地物料（无论是干物料，还是液体物料）时，探测极棒上的高频检测信号才会绕过饱和区流向仓壁，从而指示料位的存在，发出报警信号。

2、重锤料位计

重锤料位计由传感器和仪表组成,传感器采用重锤探测式,各种信号由磁敏感元件取出，无机械触点、运行可靠，属于连续测量系统。传感器放置仓顶,重锤由电机通过不锈钢带或不锈钢缆牵引吊放仓内。仪表控制传感器自动定时对料位进行探测,每次测量时重锤从仓顶起始位置开始下降，碰到料面立即返回到仓顶等待下一次测量。仪表通过对重锤下降过程传感信号的处理可得到仓顶到料面的距离 h1,仓高 H 是由用户自己设置的,这样用仓高 H 减去 h1 便可得出料位高度 h=H-h1,仪表直接显示料位高度 h。这种仪表可以检测粉末状、块状、颗粒状及液态物料的物位检测与控制。有的料位计设置有通讯功能,不仅能单独使用,还可以与计算机联网构成集散型监控系统,

3、雷达物位计

雷达料位计是由电路单元和传感单元组成，应用于连续物位测量的场合。它的原理和九年时领域使用的雷达原理相同，即通过发射电磁波和接受反射波来测量物位。雷达物位计测量物位时由物位计仪表发射较低能量的小脉冲，脉冲以光速沿导体传输，遇到较大的阻抗变化时，反射一定能量回来，通过超高速器件记录发射和反射之间的时间差，即可计算出物位是多少。

雷达物位计针对最复杂的物位工况而设计生产的，并且不受压力、温度、密度的限制。

第六章　　其它测量

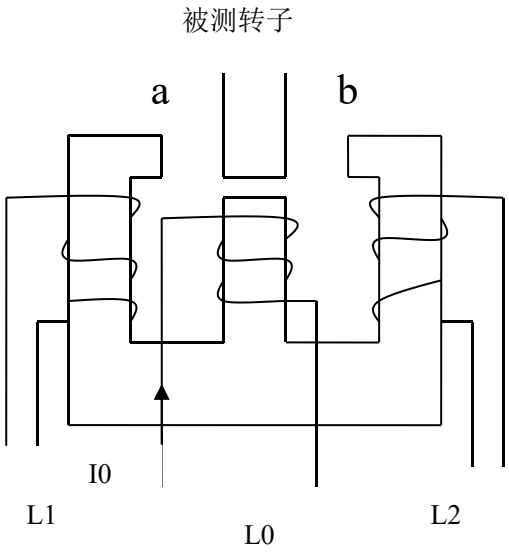
电厂中转动机械的位移量测量、转速测量、振动测量都是比较重要的，通过这些参数的测量可以监视转子的运动状态，有利于机组和辅助转动设备的安全经济运行。

第一节　　轴向位移传感器

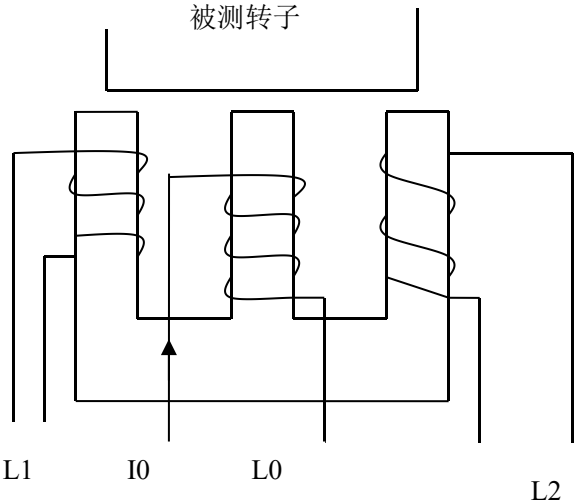
轴向位移的测量装置主要有四种：机械式、液压式、电磁感应式和电涡流式。随着机组容量的增加和热工测量控制技术的发展，目前常使用的有电磁感应式和电涡流式轴向位移传感器

1、电感式位移传感器

电感式位移传感器的结构型是由很多种，其铁芯常用的有凹形和平头III形两种，如图



(图一)



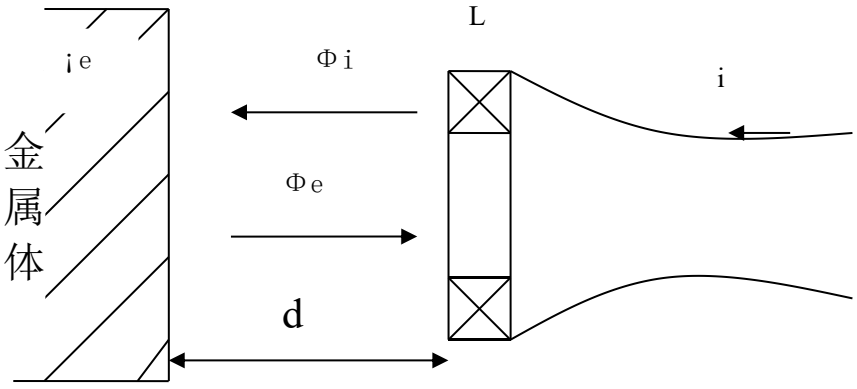
（图二）

两个传感器都有一个铁芯，在铁芯的三个芯柱上都绕有线圈，中间芯柱上是激磁绕组 L0，与交流电源相接，左右两侧芯柱上是两个匝数相等的线圈 L1、L2，他们反向串联后作为输出绕组。以图一为例，当轴向位移正常时，转子凸缘处于凹形铁芯中间位置，由于两侧的磁路对称，磁通相等，所以绕组中的感应电势相等，输出绕组的输出电压为零，当发生轴向位移时，a 、b 气隙一个增加，一个减小，两侧的磁通不等，两个绕组的感应电势也不等，输出绕组的

输出电压也就发生变化，这样就将轴向位移转换成了输出电压。通过位移显示仪表显示出位移量。

2、电涡流传感器

电涡流检测技术是一种非接触式的检测技术。当线圈有以高频电磁场，如果线圈附近有一块金属板，金属板内就产生感应电流，这种电流在金属板内是闭合的，因此也叫涡流。如图：高频信号电流 i 施加于邻近金属板一侧的电感线圈 L 上，L 产生的高频电磁场作用在金属板的表面。金属板表面感应的涡流¡e 产生的电磁场反作用于线圈 L 上，改变其电感的大小，当被测材料和传感器一定时，该电感的大小只与线圈至金属板的距离 d 有关，且为单值函数关系。电涡流传感器就是这样检测位移的，传感器配上前置器，将信号转换为电压信号输出，送入位移显示仪表或装置中进行位移显示或连接到其它的热工自动设备系统中实现保护功能。

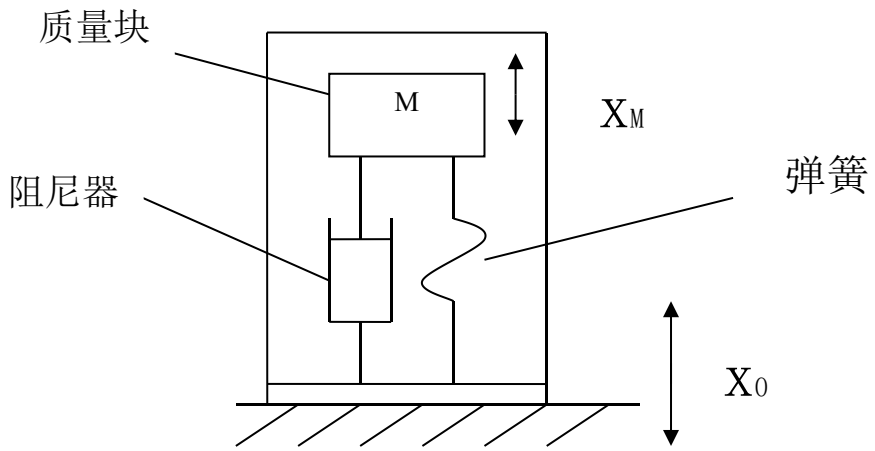


第二节　　振动测量

随着机组容量的增加，振动的测量显得越来越重要。振动按照测量体的位置，可以分为轴承座振动、轴与轴承座相对振动和轴的绝对振动。测量振动的传感器主要有磁电式振动传感器和电涡流式传感器。

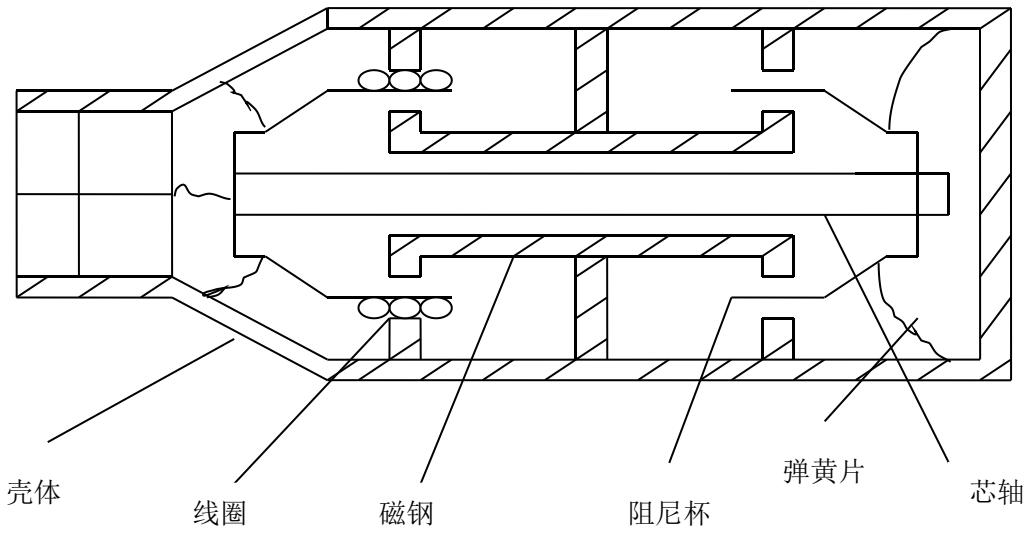
1、磁电式振动传感器

磁电式振动传感器是利用电磁感应原理，将运动速度转换成线圈中的感应电势输出。如图：



质量块通过阻尼器和弹簧装在传感器的基座上，测量时传感器的基座随外界被测振动物体而振动，此时质量块 M 就与基座产生相对运动。则质量块与振动物体之间的相对位移就是质量块的绝对位移 xM 与振动物体的绝对位移 x0 的差。根据运动学原理，当振动物体的频率远远大于传感器的固有频率时，量块与振动物体之间的相对位移就等于振动物体的绝对位移。

现在用来测量振动的大多为磁电式传感器，测量原理如上述，实际应中的传感器结构图如下：



它的磁钢和壳体固定在一起，芯轴闯过磁钢的中心孔，由弹簧片支撑在壳体上。芯轴的一端固定着一个线圈，另一端固定着阻尼杯，它的惯性元件是线圈组件、阻尼杯和芯轴。当振动频率远远高于传

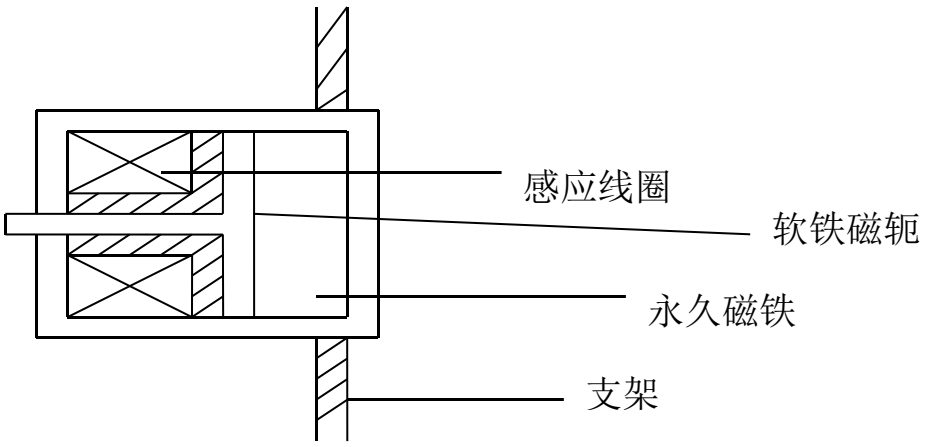
感器的固有频率时，线圈接近静止不动。因此线圈和磁钢之间就有相对运动，其运动的速度就等于振动物体的速度。线圈以相对速度切割磁力线，传感器就输出正比于振动速度的电势信号。再通过几分电路就可知道振动物体的绝对位移量，从而知道振动的大小。

第三节　　速度测量

速度的测量方法很多，有离心式、测速发电机式、磁阻式、磁敏式、电涡流式等。目前最常使用的为磁阻式。

1、磁阻式测速传感器

磁阻式测速传感器又称为变磁通式传感器或变气隙式传感器，常用来测量旋转物体的角速度。其结构原理如下图所示：线圈和磁铁静止不动，测量齿轮是由导磁材料制成的 60 齿的齿轮，安装在被测旋转体上，随之一起转动，对着齿顶方向安装磁阻式测速传感器，当被测轴转动时，齿轮上的齿经过测速传感器的软铁磁轭处，是测速传感器的磁阻发生变化，每转过一个齿，传感器磁路磁阻变化一次，线圈产生的感应电动势变化一次，感应电动势的变化频率等于测量齿轮上齿轮的齿数和转速的乘积即 $f=nZ/60$。 当 Z=60 时，$f=n$ 即传感器感应的交变电动势的频率数等轴的转速数值。



磁阻式测速传感器结构图

第二部　　程序控制与热工保护（开关量自动控制系统 SCS:Sequence control system）

随着科技的发展，热工控制的范围更加广泛了，程序控制与热

工保护这两项实用型控制技术也发展得很快，提高了机组的自动操作水平和设备安全运行水平。

程序控制的主要作用是根据预先规定的顺序和条件，使生产过程中的设备自动依次进行一系列操作，也被称为顺序控制和开关控制，是一种开关量控制技术。

热工保护的作用是当机组在启动和运行过程中发生了危急设备安全的危险工况时，使其能自动采取保护或联锁措施，防止事故扩大，从而保证机组设备的安全。联锁是一种处理事故的控制方式，是属于保护范畴的控制功能，因此热工保护系统有时也叫连锁保护系统，它也是处理热力过程中开关量信号的控制技术。

程序控制与热工保护都是开关量控制的范畴，在控制系统工作的过程中，信号传递和变换都是以开关量信号进行的。

第一章　程序控制

程序控技术发展的很快，50、60 年代机组容量小，一般采用的都是一对一的就地控制方式。随着机组容量的不断提高，汽轮机、锅炉以及辅机之间的联系更加紧密，相应的控制方式发展为集中控制，主机、辅机、阀门等的操作都集中在控制室内进行，形成远方控制方式。随着科技的发展，机组的容量进一步加大，每台机组需要控制操作的设备越来越多，采用集中操作方式来操作监控设备难度相当大，对机组安全经济运行也很不利，因此控制技术又进一步发展为今天多采用的控制方式，比如成组控制、选线控制、程序控制等，解决了机组设备的远方操作问题。

现在在火力发电厂中,应用最多的是程序控制，它将复杂的生产过程分为若干个局部可控系统，配上相应的控制装置，通过它的逻辑控制电路发出操作命令，使局部可控系统中的有关被控对象按照启动和运行规律自动地完成操作任务。它主要应用于机炉辅助系统，水处理系统，输煤、输灰系统以及锅炉燃烧系统和汽轮机组自动启停系统等。

第一节　　名词解释

1．功能组：电厂的热力生产过程很复杂，对设备进行程序控制时，必须按局部功能把它划分为若干局部的可控系统，每个系统中包括组合在一起的若干关系密切的操作项目，称为程序控制的功能组，比如风机启动程序控制组，当风机启动时与风机有关的出、入

口门会联开、联关；吹灰系统用程序控制，自动推进，退出吹灰器，完成吹灰工作。风机启动就是一个功能组，吹灰又是一个功能组。功能组完成的是某些局部设备的控制，某一个功能组有可能与其它功能组之间发生关系，也有可能与任何功能组都没有关系。

2．控制范围：控制范围是指包括在同一个功能组内的被控对象的范围。

3．被控系统：一个控制系统可以分为被控系统和施控系统两部分，被控系统包括执行实际过程的操作设备，比如风机和风机的控制箱都属于被控系统范围。

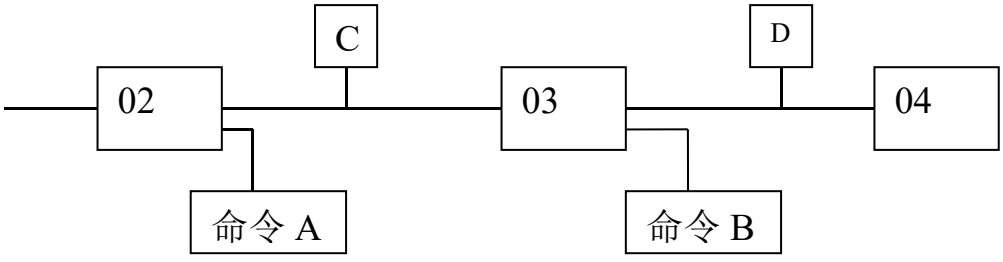
4．施控系统：接受来自操作者、过程等的信号并给被控系统发出命令的设备，施控系统发出的命令一部分送到被控系统，一部分反馈给操作者或前级施控系统，比如说 PLC 控制器它就是一个施控系统。

5．步（程序步）：对于一个过程循环，可以分为若干个清晰连续的阶段，只有当一个阶段结束，满足两个阶段之间的转换条件后，下一个阶段才可以进行。这个阶段就叫步，即上一步结束下一步开始，步可以是动作的开始、持续和结束。比如说炉的燃油系统，只有来油总阀全开以后，当来油压力达到一定值时油枪油阀才打开，来总油阀开是一步，压力达到一定值是转换到下一步油枪油阀开的条件。这是程序控制系统编程和使用时编程人员和运行人员必须掌握的。

6．转换条件：指的是与每个转换相关的逻辑命题，比如说，来油总阀开到位反馈回来的来油总阀开或关就是下一步的转换条件，一般情况下真命题为 1，假命题为 0，也有取反逻辑命题的。

8．单序列：步之间的进展由一系列相继激活的步组成。

如图



当 02 步结束，命令 A 发出的命令反馈为“真”，条件 C 为“真”的情况下 03 步才可进行，03 步结束，命令 B 发出的命令反馈为真，

条件 D 为“真”的情况下 04 步才可以进行，这样结构的串行程序，叫单序列程序。

9．操作条件：也叫判据，转换条件之一为第一步活动之前所应具备的各种先决条件，当操作条件满足，就允许施控系统发出操作命令，比如启动润滑油泵前，油箱油位必须正常。

10．联锁条件：在被控对象的控制电路中可以接入联锁条件，它是使被控对象进行操作的条件，当联锁出现时，应立即操作被控对象，比如制粉系统的风粉混合物温度高时，自动联锁开启冷风门。

11．闭锁条件：在被控对象的控制电路中也可以接入闭锁条件，它是不允许被控对象进行操作的条件，当闭锁条件存在时，禁止操作被控对象，比如磨煤机润滑油压低时，不允许启动磨煤机。

12．联动控制：它根据被控对象之间的简单逻辑关系，利用联锁条件和闭锁条件将被控对象的控制电路按要求互相联系在一起，以形成特定的逻辑关系，从而实现自动操作。

13．程序控制装置：为施控系统中的主要自动化装置，由输入部分、逻辑控制部分和输出部分组成。

14．程序控制系统：用来完成程序控制过程的所有装置和部件，称为程序控制系统，它包括施控系统和被控系统，具有按程序进展由活动步执行所规定的操作项目、操作量和在上一步完成后根据转换条件进行步的转换的功能。

第二节　　程控设备

一个完整的程序控制系统是将测量得到的开关量信号或将模拟量信号转换来的开关量信号输入到施控系统，施控系统按照生产过程操作规律所规定的逻辑关系，对这些信号进行综合与判断，然后输出开关量信号控制被控系统工作，完成生产过程所要求的控制操作。

程控系统的设备多种多样，但最终的目的都是将信号转换为开关量参与控制生产过程。常见的是开关量发送器，模拟量由常规的变送器测量，通过比较器、限幅报警器、累加报警器、转换器等转换为开关量信号。

一、开关量发送器

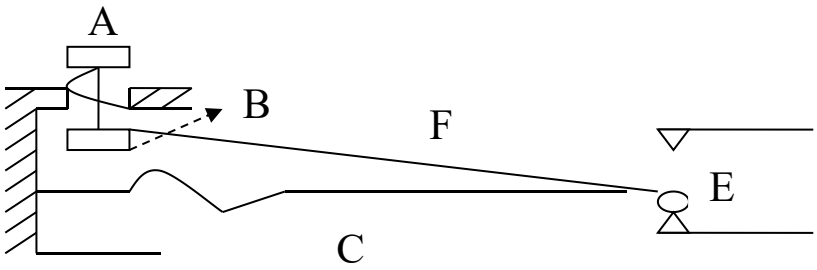
开关量发送器是将被测参数的定值转换为触点信号，并按程序控制系统的要求给出规定逻辑信号。当被测参数变化达到某一规定

值时，开关量发送器输出触点的状态发生改变，输出信号为真值，相反输出信号为假值，提供给控制系统作判据，控制生产工艺过程。

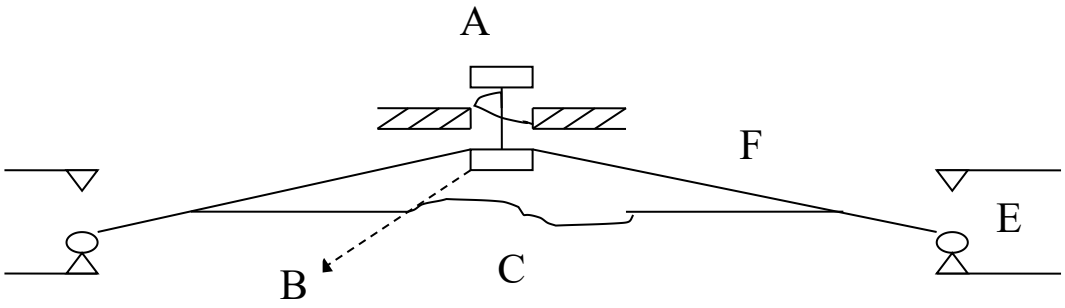
开关量发送器主要有：行程开关、压力开关、差压开关、流量开关、液位开关、温度开关等。

1、微动开关

微动开关是利用微小的位移量完成开关触点的切换的，这种开关在行程开关中经常使用。其工作原理示意图如下：



具有一对转换触点的微动开关



具有两对转换触点的微动开关

当外力使按钮 A 点按下，滑块 B 向下移动，加力片 F 受的轴向力加大，当滑块向下移动到加力片的轴线刚刚低于弹簧片 C 的轴线，作用在动触点上的力迅速由指向下方转变为指向上方。使自由端 E 跳向上方与上方静触点接触。当按钮放开时，开关又恢复到原来的状态。微动开关就是靠加力片和弹簧片之间力的转换来完成位移量转换的，它与凸轮、杠杆等传动机构配合就能组成各种不同的开关。

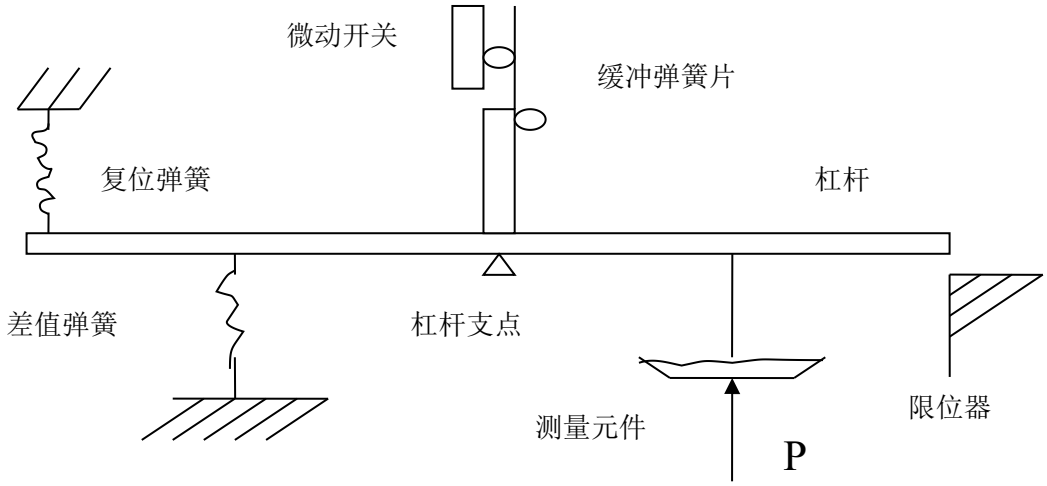
2、行程开关

行程开关采用直接接触的方法测量机械运动部件的极限位置，获得行程信息，并发出开关量信号。一般的行程开关它有动静两个

触点，动触点安装在机械的活动部件上，静触点安装在机械的不动件上。当机械运动使动、静触点接触时，静触点的触头发生位移使微动开关动作，输出开关量信号反映机械行程到位，送出开关量信号。

2、压力开关

压力开关用来将被测压力转换为开关量信号。如图：



当压力 P 作用于测量元件上，产生推动杠杆的推力以杠杆支点为轴顺时针方向运动，使缓冲弹簧片压接微动开关按钮，使微动开关动作，送出开关量信号。复位弹簧和差值弹簧产生于推力相反的力，控制压力开关复位和压力开关的动作值。

3、差压开关

差压开关是压力开关的一种，它和压力开关的区别只是测量元件是双室的。

4、流量开关

流量开关根据测量介质的不同，分为很多种，测量原理也不同，最常见的为挡板式或浮子式流量开关。流体通过流量开关时推动挡板或浮子，它们的位移通过杠杆带动外部的微动开关动作，或者通过磁钢使外部的舌簧管的触点动作，发出开关量信号，判断是否有流量。

5、液位开关

常见的液位开关有两种，一种是浮子液位开关，另一种是电极式的。

浮子液位开关是利用液体对浮子的浮力来测量液位的，当液位

变动达到一定值时，浮子带动磁钢使外部的舌簧管触点动作，触点闭合发出开关量信号。

电极式液位开关是利用液体的导电性来测量液位的。开关是一对上下安置的电极，当容器内的液体没有触及上部电极时，电极之间的电阻极大，中间继电器线圈的电路不通，继电器处于释放状态。当液体的液位上升并触及上部电极时，液体的导电性使两个电极之间的电阻急剧降低，中间继电器线圈的电路导通，继电器吸合，它的触点送出液位的开关量信号。

6、温度开关

温度开关对于不同的温度测量范围，采用的是不同结构的温度开关。0--100℃的温度范围内，通常采用固体膨胀式温度开关，100--250℃的温度范围内，多采用气体膨胀式温度开关，250℃以上的温度范围，要采用热电偶或热电阻温度计测量温度，经过转换后，变为开关量信号。

固体膨胀式温度开关是利用固体受热后膨胀，引起形态变化而产生位移，从而使触点动作，输出开关量信号。例如;双金属温度开关，当温度变化时，双金属片由于两金属的线性膨胀系数不同，双金属片发生位移，当达到规定温度时，双金属片的自由端产生足够的位移，与固定的静态触点接通或闭合，送出开关量信号。

气体膨胀式温度开关与气体压力式温度计的工作原理相同。当被测温度达到规定值时，温包内的充气压力使压力开关动作。

7 火焰检测开关

火焰检测开关用于监视锅炉燃烧器的火焰情况。输入检测探头的火焰信号，通过变换电路处理后变成开关量信号，向运行人员显示或自动控制装置提供燃烧器火焰存在与否的信号。火焰检测开关的种类很多，常见的有紫外线火焰检测开关和红外线火焰检测开关及火焰导电电极等。

二、程序控制的驱动装置

程序控制的驱动装置主要接收开关量控制信号，驱动各种开闭式阀门的动作，也就是阀门的驱动装置。它控制阀门按指令的信息准确的动作，并把阀门的工作情况和所处的状态以开关量的形式反馈给自动控制系统，给运行人员和其它控制系统提供设备状态信息。驱动装置根据驱动能源的不同，分为电动驱动装置、气动驱动装置

和液动驱动装置三种类型。

对于不同规格型号的闸阀、截止阀、蝶阀、球阀等阀门，根据它们的分布情况、动作速度和动作转矩、推力的要求，配有不同的推力驱动和转矩驱动的电动驱动装置、气动驱动装置和液动驱动装置。

电动驱动装置是由电动机传动的，使用起来比较灵活，适用于分散的和远距离的场合，是一种使用的比较广泛的阀门驱动装置，但是它对于要求输出高转矩、高推力和高速度的场合和工作环境恶劣的场合就较难适应了。

气动驱动装置是使用压缩空气作能源，对于恶劣的工作环境的适应能力较强，易于实现高推力和高速度的要求，但是它需要高质量的压缩空气源，因此使用距离受到限制，适用于控制对象较集中的场合。常见的有薄膜式和活塞式两种。

液动驱动装置适用于高推力、高速度的场合，由于驱动能源系统交复杂，在电厂中应用较少。

三、程序控制装置

程序控制装置是程序控制系统的核心，它向被控系统发出操作命令，并接受被控系统及过程参数的反馈信号。程序控制装置主要由输入部分、逻辑控制部分和输出部分组成。

程序控制器具有以下功能：存储控制程序；在条件满足时，执行和转换程序；提供人机联系，除按程序自动操作外，还可向运行人员提供点步、跳步等手动操作被控对象的功能，同时装置能向运行人员提供必要的显示、报警和故障信号；具有和外部设备配合完善的接口方式和信号联系通道；具有程序检查功能，在必要时可设置能够验证程序进展正确性的自检电路；具有一定的保护功能，能够在执行程序时，检查执行机构的故障，在发生事故时，可以中断或恢复程序。

程序控制器可以接受人工指令或其它上级自动装置的指令开始工作，也可以在规定的外界条件出现时自动开始工作。当它开始工作时，先发出指令控制第一步骤中的相应的执行机构按照规定的要求动作，并根据引进顺序控制器的每一个控制对象的状态信息和生产过程中的热工参数信息监视控制对象的工作情况。当第一步的所有控制对象的动作都结束，并且进行下一步控制的条件均已满足时，

程序控制器就发出指令指挥下一步的控制。程序控制的每一步均重复上述过程，便能完成全部控制操作。在程序控制器工作的过程中，当执行机构、检测信息甚至顺序控制器本身故障时，程序控制器会及时送出报警信息，并根据情况进行处理，通常情况下，程序控制器可以停留在发生事故的步骤上或改变控制顺序，使被控系统转移到安全状态。

程序控制器大多进行开关量信息的逻辑运算和控制，因此任何开关元件均可以构成顺序控制器，例如：继电器、二极管、或集成元件。程序控制器按照应用范围分为：固定接线式、通用式和可编程式。

1、固定接线式程序控制器是为特定的控制对象设计的，它的电路按照被控对象的控制要求进行连接，因此控制的灵活性较差。被控对象的控制要求改变就要改变控制器的电路接线。目前应用很少。

2、通用式程序控制器它的控制规律和顺序可以根据控制对象的操作规律在一定的范围内任意改变，应用较广泛，目前主要用于单系统内简单设备控制。比如小型布袋除尘器的反吹风控制系统大多数采用这种控制器，它的成本比可编程的低，功能比固定式的好。

3、可编程式程序控制装置也叫可编程控制器即 PLC，它是利用计算机的原理和技术设计的自动装置，对操作生产过程中不同的对象，只要改变它的存储器内的程序即可。这种控制器的编成方法简单，使用简单。目前在电厂中应用广泛，可以进行模拟量信息处理，可以和计算机共同构成生产过程的分级自动控制系统。

可编程控制器主要由控制器（CPU）输入组件（I 组件）、输出组件（O 组件）和编程器四部分构成。

可编程控制器的控制器是采用微处理器技术的一种器件，包括处理器、内存和电源等，它主要用于处理用户程序，连续监控控制器的全部输入组件的信号，并按程序的指令对输入信息进行计算，根据运算结果发出指令给输出组件，控制相应的中间继电器，从而达到控制设备的目的。

输入输出组件（I/O 组件）用来连接外部设备，采集或输出设备信息，这些信息主要为开关量，也可以是模拟量（模拟量输入输出组件都具有将模拟量转换为寄存量的功能）。

编程器的主要作用是编写程序并将编写好的程序输入给控制

器，同时监控控制器的运行状态进行人机联系。它也是一个以微处理器为核心的装置，通过专用的电缆或网线与控制器连接。随着计算机技术和网络技术的发展，编程器只在小型可编程控制器中使用，对于大型的可编程控制器的编程是通过网络接口与装有逻辑组态程序的计算机连接，也就是使用的是 PLC+PC 的机构方式，在计算机系统中编程，并将控制程序通过网线传入控制器，人机联系界面是在计算机中生成的，通过计算机控制和监视设备的运行状态，判断运行状况。每种不同系列的可编程控制器有不同的组态软件和监控软件。

目前电厂常用的可编程控制器有西门子的 SIMATIC-S7 系列和施耐德的 Modicon TSX Quantum 系列。

第三节　电磁阀的工作原理

电磁阀是一种驱动装置和阀门制成一体的电动执行机构。主要用于气动和液动控制系统中，用来将开关量电信息转换为开关量气压信息和液压信息。它主要控制介质是空气，也有的用来控制压力水和压力油。它的工作原理是利用电磁铁产生的吸引力直接带动阀门的启闭件，电磁铁失磁时，依靠弹簧使启闭件复位。只有通电励磁和断电失磁两种，因此电磁阀只有通流和断流两种工作状态。

例如过热器安全门电磁阀，高加输水电磁阀都属于这类阀。

第四节　开闭式阀门的操作原理

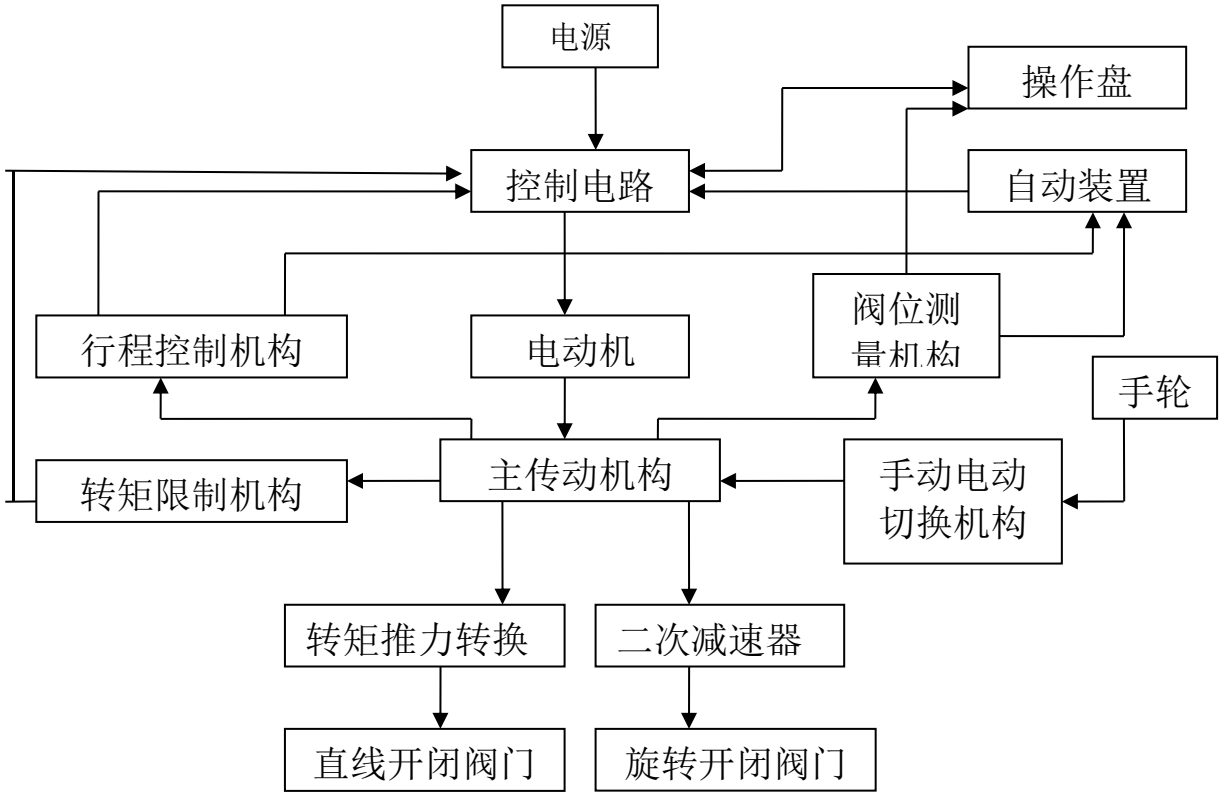
在电厂中最常使用的阀门驱动件是电动驱动装置，配用这种驱动装置操作的阀门主要有闸阀、截止阀、蝶阀、球阀。

闸阀、截止阀的启闭件沿着与流体流向垂直的方向直线运动，截断或开启流体流动的通道。

蝶阀的启闭件是圆盘形的碟板，通过围绕阀座内的轴旋转来开启和关闭阀门，碟板从全开到全关的旋转角度通常为 90 度。

球阀的启闭件是一个有孔的球体，球体以阀体中心线为轴作旋转运动，来截断和开启流体流动的通道，多用于高压介质。

电动驱动装置驱动的开闭式阀门的主要组成部分如图：



各部分的作用及工作原理如下：

电动机：采用专门的、起动转矩较大的三项异步电动机，电机的功率范围一般为 40W---10KW。

主传动机构：电动机通过逐传动机构减速后带动阀门的启闭件，常见的有正齿轮传动和蜗杆涡轮传动相结合的结构形式。

转矩推力转换：对于启闭件作直线运动的阀门，主传动机构输出的转矩通过阀杆螺母转换为推力，带动启闭件动作。

二次减速器：对于启闭件作旋转运动的阀门，转动角度为 90 度，主传动机构的输出轴要加装机械传动的二次减速器才能带动阀门启闭件动作。

行程控制机构：用来调整阀门的启闭位置。当阀门开度达到行程控制机构的整定值时，它将推动位置开关动作，位置开关动作以后发出信号给控制电路切断电机的电源，同时发出信号反馈给运行人员和其它控制系统。

转矩限制机构：用来限制阀门电动驱动装置的输出转矩。当阀门关严，转矩增大时达到转矩限制机构的整定信号值时，它将推动转矩开关，把转矩转换为微动开关的动作，发出信号给控制电路切断电机电源。

阀位测量机构：阀位测量机构以模拟量的形式提供阀门的开度

信号，在阀门电动驱动装置的本体上进行机械指示或远传。

手动--电动切换机构：常用的机构是一种机械离合器，当人为的切换至手动侧时，主传动机构与手轮结合，脱离或切断电气回路，就可以进行手动操作阀门。电动时，电动机一开始旋转，切换机构将自动切回电动侧，叫半自动切换方式，需要通过手动—电动切换机构切回电动侧的叫手动切换方式。

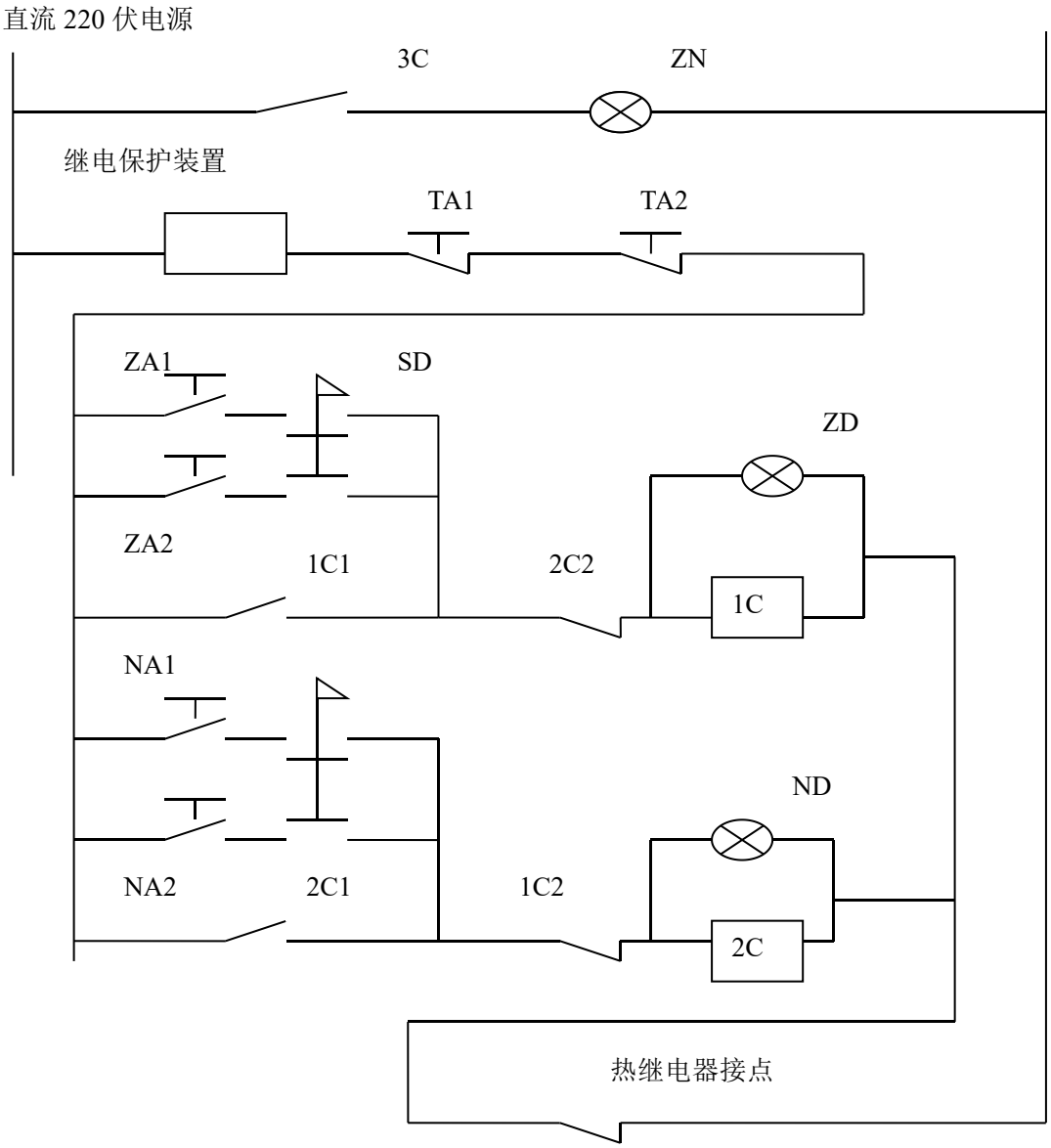
操作手轮：电动操作发生故障时，用操作手轮进行操作。

控制电路：电动驱动装置的电气控制箱内装有电气控制电路，用以接受运行人员从中央操作盘发来的操作命令或由程序控制装置发来的操作命令，自动地操作阀门的开闭。控制电路接受行程控制机构或转矩限制机构送来的信号，切断电机的电源，停止电动驱动装置工作，控制电路还具有保护功能，当电机发生过载、短路或断相等故障时，自动切断电源。

第五节　　转动机械的操作原理

在电场中有很多转动机械，如水泵、风机、皮带等，这些转动机械的驱动动力都是电动机，依靠电动机的转动拖动机械设备转动，因此在程控系统中转动机械的操作实际上就是控制电动机的合闸和分闸，从而投入和切除转动机械的运行。

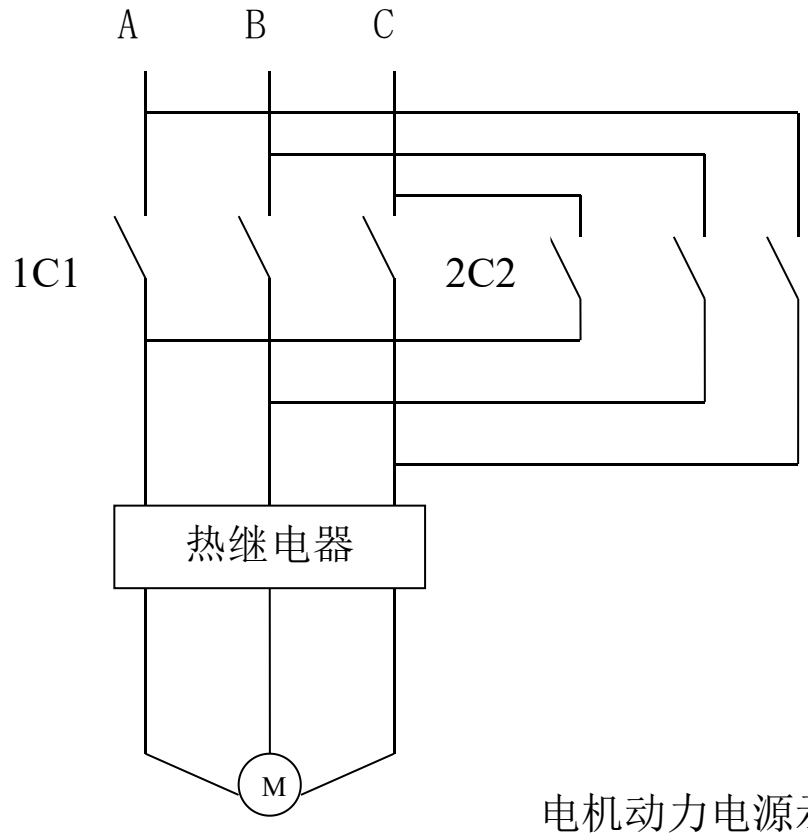
电厂的电动机分为高压电动机和低压电动机。对于高电动机，控制电机合闸和分闸的电器是电路开关，对于低压电动机，控制电机合闸和分闸的电器是接触器和自动空气断路器。以低压电动机的控制系统为例：



低压转动机械电气控制原理图

SD 为就地-远方转换按钮，ZA1、NA1 为就地控制电机正反转按钮，ZA2、NA2 为远方控制电机正反转按钮，TAI 为就地急停按钮，TA2 为远方急停按钮。继电器 C1 控制电机正转，继电器 C2 控制电机反转。当电机处于远控状态时，SD 按钮切换至 ZA2、NA2 侧，远控使 ZA2 闭合，回路接通，继电器 1C 励磁，控制电动机电源示意图中的 1C1 继电器的三个触点接通，电机正转，继电器 1C 触点 1C1 接通，起自保持的作用，ZD 指示灯指示电机正转；当有紧急事故发生时，可以在就地操作 TAI 按钮，也可远控操作 TA2 按钮，使回路断电，继电器 1C 失磁，1C1 继电器的三个触点断开，电机停转。当热继电

器动作时，热继电器接点断开，也使继电器 1C 失磁，电机停转。反转道理相同，ZN 指示灯是用来指示电源系统故障的。



电机动力电源示意图

第六节　　程控系统举例

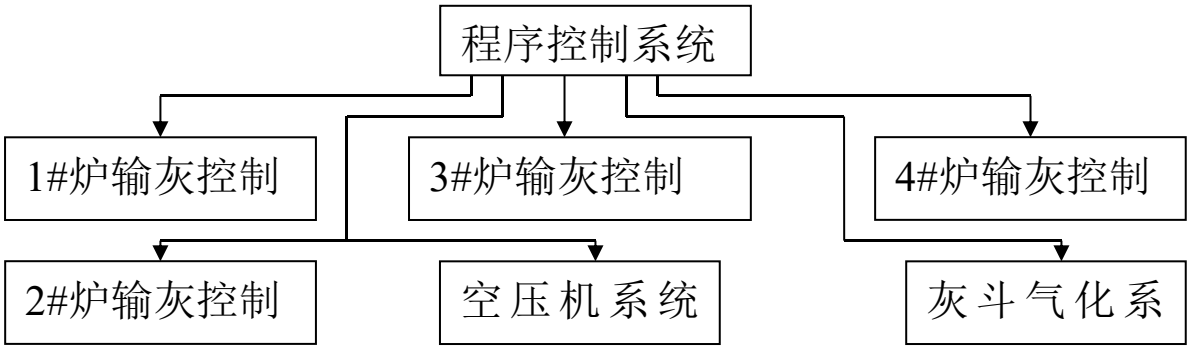
一、4 台 220 吨旋风炉输灰程控系统

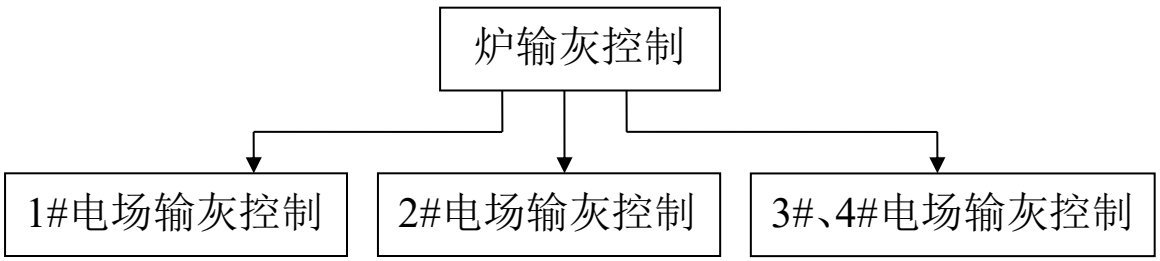
输灰工艺系统主要由发送罐、输送风机、灰库及灰卸载装置等设备组成。系统控制采用 PLC+PC 方式，PLC 采用双机热备方式，上位部分带两台工控机，一台用于完成控制编程、修改逻辑、人机界面生成（工程师站），运行时与另一台一起作为操作员站监控被控设备。

系统的控制对象，主体部分以炉为单位分 4 个程控单元，每部分分为三个程控单元，其中 1 电场为 1 单元有 2 个发送罐，2 电场为 2 单元有 2 个发送罐，3-4 电场为 3 单元有 4 个发送罐；系统共监控气动圆顶阀 32 台，气动蝶阀 20 台，气动球阀 32 台，气动分路阀 4 台，料位计 32 台，压力开关 16 台，压力变送器 4 台。空压机系统为 1 个程控单元所控设备有空压机 5 台，冷干机 5 台，干燥器

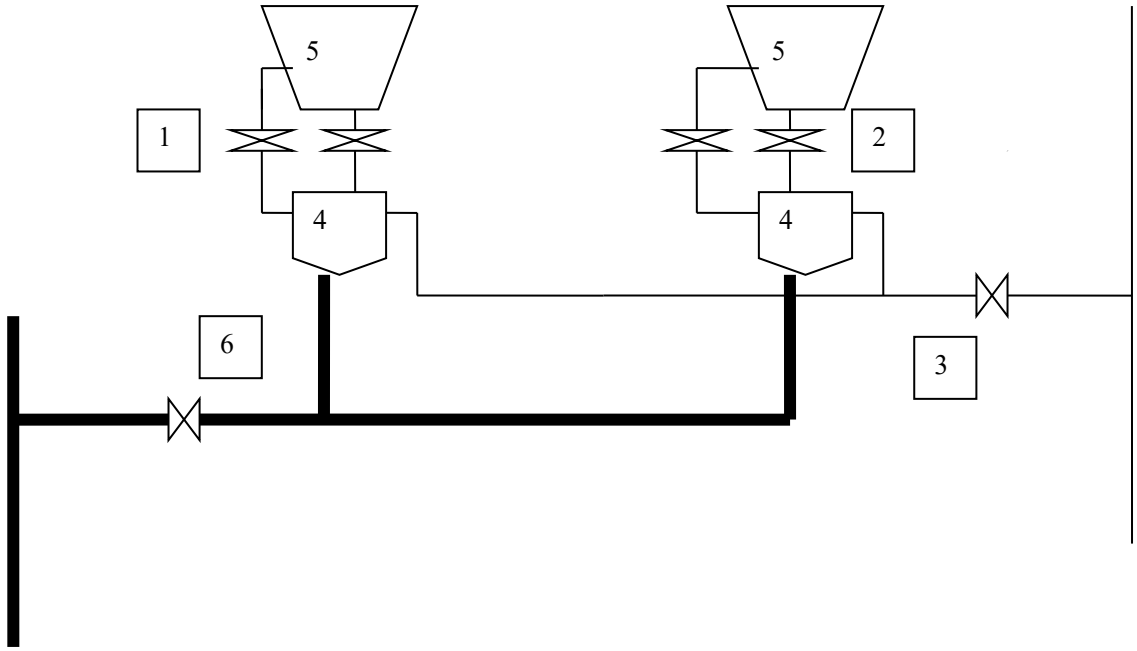
2 台，输送气罐 4 个，控制气罐 2 个，压力开关 6 台，压力变送器 4 台。灰斗气化系统为 1 个程控单元有气化风机 4 台，电加热器 4 台。

系统的控制程序按程控单元设计，具体的结构图如下：





下面以炉 1 电场输灰控制为例介绍程控的过程：工艺流程图如下：

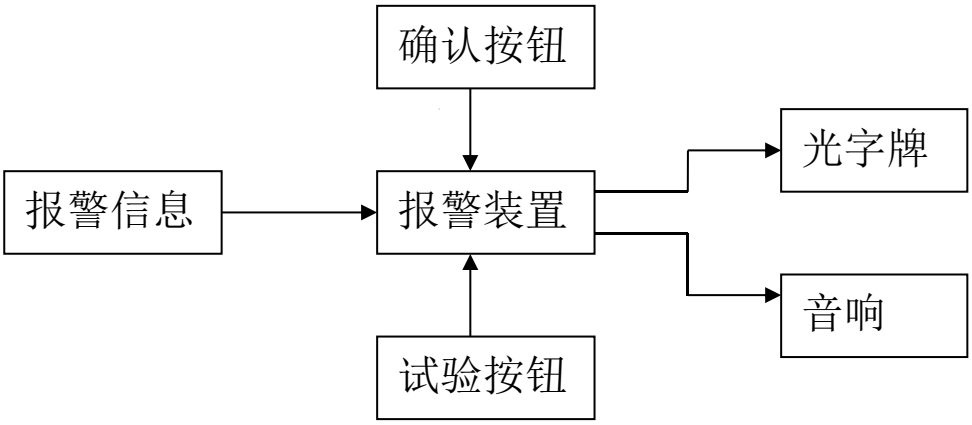


1、料位控制方式：

装灰：系统向

第二章　　自动报警系统

自动报警系统和自动检测系统都是监视机组运行情况的手段。自动报警系统专门用来监视机组的异常情况，监视的结果以视觉和听觉反映给运行人员，靠开关量信息工作。当机组运行时，报警系统处于待机状态，当有异常情况发生时，报警系统发出声光信号，提示监控人员。



报警装置的原理图

当有报警信息的时候，报警光字牌闪光并有声响发出，运行人员按确认按钮报警声音消失，光字牌变平光,；当报警信息消失的时候光字自行消失，重要保护系统的声光报警系统有自保持功能，需要在保护系统中解除报警，使报警装置复位；为了解决检查报警系统是否正常工作的问题，在系统中装有试验按钮，按下试验按钮，全部光字闪光并发出声响，按确认按钮使报警装置复位。

自动报警系统的信息主要来源是测量仪表的报警输出系统和就地开关量输出仪表的输出。例如主汽压力高报警，主汽压力信号输入至主汽压力显示表，在表内与主汽压力高报警设定值进行比较，当主汽压力高于设定值时，仪表报警系统输出开关量信号输入自动报警系统进行报警。

现在电厂 DCS 系统使用比较广泛，有一些相对不重要的报警信息都在 DCS 的系统画面中显示，重要的量还是独立于 DCS 系统显示的。自动报警系统与其它控制系统或仪表之间的连接，大都采用硬接线的方式连接，这样系统运行比较可靠。

第三章　　自动保护系统

热工保护是通过对机组的工作状态和运行参数进行监视和控制而起保护作用的，是一种自动控制手段。在主、辅机设备或电网发生故障时，热工自动保护装置使机组自动减负荷，改变运行方式或停止运行，以安全运行为前提，尽量缩小事故的范围。

热工保护系统可分为两级保护，事故处理回路（包括进行局部操作和改变机组的运行方式）及事故跳闸回路保护。比如磨煤机低油压保护，当磨煤机油压低Ⅰ值时，联动备用油泵属于事故处理回路保护，目的是维持设备运行；当油压继续下降至低Ⅱ值时，磨煤

机跳闸，跳闸的目的是防止设备产生毁坏性事故，这就属于事故跳闸回路保护。

锅炉的热工保护主要有主汽压力保护、汽包水位保护、火焰监视保护系统、再热汽温高保护、断水保护、减负荷保护、风机的振动保护、油压保护等。

主汽压力保护，锅炉正常运行时，主汽压力保持在一定的范围内，锅炉上的承压部件工作在材料的蠕变状态极限上，强度变化余量很小，如果压力过高，锅炉上的承压部件将打破材料的蠕变极限状态，发生爆破，引起停炉。主汽压力保护是指主汽压力高至超出规定值时，汽压保护装置安全门动作，使主汽压力恢复到允许的范围内，防止其压力升高发生事故，通常将安全门装在汽包、再热器或过热器上。由于系统的执行部分是安全门，因此此保护也叫安全门保护，安全门安装多少、安装在什么位置是根据锅炉机组的小时蒸发量确定的。对于母管制机组，大都设计为：检测锅炉主汽压力，当主汽压力高时，直接控制安全门开启将多余的蒸汽排入大气，当压力恢复到安全门整定压力值时，安全门回座。对于大容量的带旁路的单元制机组，将汽轮机甩负荷主汽门关闭信号引入了保护系统，当锅炉主汽压力高Ⅰ值，汽轮机只甩了部分负荷时，首先控制停部分给粉设备；当压力继续升高至Ⅱ值，再切除部分给粉设备，同时打开向空排汽门，如果此时汽轮机已经全甩负荷，可投入旁路系统，投入油燃烧器点火程控系统，维持锅炉运行；当压力继续升高至Ⅲ值时，打开安全门对空排汽，闭锁旁路系统，投油，停所有给粉设备，利用锅炉蓄热和油燃烧热量维持锅炉运行。

汽包水位保护，汽包锅炉正常运行时，水位在汽包中心线附近，一般是低于中心线 50mm 为汽包的零水位。当水位过高时，破坏汽水分离效果，使汽中含水造成过热器中积盐，减少过热器使用寿命，严重时引起汽轮机积盐，降低热效率，引起汽轮机水冲击造成汽轮机断轴等事故发生。如果汽包水位过低，将破坏锅炉的水循环系统，引起水冷壁受热不均匀，损伤水冷壁，发生漏泄停炉。汽包水位保护是指当水位高时控制锅炉事故放水门开，放掉多余的水；当水位低时控制开备用给水门，补充给水。水位高和水位低信号都分为三个值，称为高Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ值和低Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ值；为了提高系统的可靠性每一个水位值都取自三个不同的水位开关，构成三取二逻辑系

统。

水位高保护，当水位高Ⅰ值时，报警系统发出声光信号提示运行人员注意水位变化；当水位继续变化至Ⅱ值时，如果安全门不动作，此时开事故放水门，事故放水门开启后，当水位调整至高Ⅰ值以下时再自动关事故放水门；如果水位继续升高至Ⅲ值，将自动停炉，连锁停炉程控系统。

水位低保护，当水位低Ⅰ值时，报警系统发出声光信号提示运行人员注意水位变化；当水位继续变化至Ⅱ值时，如果安全门不动作、炉膛未灭火、主汽压力不高这三个条件满足一个，此时开备用给水门，关定排总门，备用给水门开启后，当水位调整至低Ⅰ值以上时再自动关备用给水门，如果水位继续降低至Ⅲ值，将自动停炉，连锁停炉程控系统。

通常情况下，安全门动作将引起锅炉汽包虚假水位变化，因此在系统设计时都要对安全门动作信号进行延时，有的设计是在安全门保护系统动作时将水位保护切除，避免虚假水位对水位保护系统产生影响。

断水保护，直流锅炉没有汽包，水的加热、汽化和过热过程都是在受热面内连续完成的，因此对供水要求严格，一旦供水中断将使大面积的受热面受损，因此设计了断水保护。锅炉断水信号是通过给水泵全停信号和给水流量过低信号反应的。锅炉运行时，控制系统检测到断水信号后，经过延时，发出停炉动作信号停炉。

辅机振动保护，锅炉的引风机、送风机、磨煤机等设备，在运行时都会有一定程度的振动，当发生事故或设备出现故障时，振动就会加剧，引起设备动静部分发生摩擦，禁锢螺栓松动等不安全事故。辅机振动保护主要是测量辅机轴承振动，当振动高Ⅰ值时发出声光报警，提示运行人员注意检查设备，当振动高Ⅱ值时，发出停信号停止该设备运行，如果有备用设备可直接联动备用设备并报警。

辅机油压保护，有的辅机转子的轴颈依靠油膜支持在轴承的乌金轴瓦上，轴承润滑的好坏也就是油膜形成的好坏，取决于向轴承供油的油压。如果油压过低，润滑油不足，将使油膜破坏，造成轴瓦乌金损坏，使机组振动加大，引起设备动静部分发生摩擦损坏设备。辅机油压保护主要是测量辅机的润滑油压，通常设计为当油压

降低至Ⅰ值时，发生光报警信号，提醒运行人员检查设备；当油压降低至Ⅱ值时，发生光报警信号，联动备用润滑油泵；当油压降低至Ⅲ值时，发生光报警信号，输出停止设备运行信号。

辅机轴承温度保护目的是防止轴承温度高破坏设备，系统的设计方式与振动保护相似。

炉膛压力保护锅炉的炉膛压力应维持在一个定值范围内，炉膛压力的变化与燃料量、风量等因素有关，当某个条件超出变化范围时，将使炉膛的稳定燃烧状态遭到破坏，炉膛压力产生波动，如果不及时调整，还可能造成灭火或炉膛爆炸炉墙倒塌。炉膛压力保护主要是取炉膛压力信号，当压力变化超出范围时报警提醒运行人员查看与之相关的燃料量、风量、油量等运行参数进行燃烧调整；如果继续超出范围，达到停炉设定值，系统发出停炉信号停炉。

锅炉炉膛安全监控系统，炉膛压力保护是小容量锅炉防止炉膛爆炸、炉墙倒塌的一种方法，对于大容量的锅炉设有专门的锅炉炉膛安全监控系统该系统简称 FSSS 系统，系统的控制功能有的在 DCS 系统中，有的是单独一套系统。

锅炉炉膛安全监控系统的主要功能：监视锅炉各燃烧器火焰及全炉膛火焰；当炉膛压力超过变化允许范围时，报警；当炉膛火焰出现不稳定至临界状态时，报警，提示运行人员进行燃烧调整；当出现灭火、给水中断、送风中断、汽包水位过高或过低等危及锅炉安全运行情况时，立即中断锅炉的所有燃料供给即主燃料跳闸功能（MFT）；记录 MFT 首出跳闸原因及事故发生的时间；当主燃料跳闸，在满足吹扫条件的情况下，进行炉膛吹扫，清除炉膛内的可燃物质，防止重新点火时爆燃；吹扫完成后自动点火；自动启动燃煤系统设备运行；追忆事故发生的原因，生成事故原因及参数变化报表。

主燃料跳闸功能（MFT）动作的条件依据不同的锅炉容量设置的也不同，但基本应包括下面几个方面：燃料中断，给粉量超过额定下限值；炉膛压力过高或过低；水位过高或过低；送风机全停；引风机全停；给水量超过额定下限值；总风量小于 30%；火焰熄灭；手动 MFT。主燃料跳闸功能一般停如下设备：磨煤机（直吹炉），给粉机（中储炉）并关闭出口挡板、一次风机、油泵、关来油总阀、点火油阀，停过热器和再热器的喷水阀、关给水电动门、如果是单元制机组可以直接停给水泵、汽轮机。

锅炉自动吹扫的条件一般为：送风机、引风机任意一台启动，总风量要求大于设计风量的 30%，燃油总阀、点火油阀关闭，磨煤机或给粉机的出口挡板关闭，汽包水位正常，MFT 未复位，二次风挡板全开等依据炉型的不同设计不同，吹扫时间一般为 300 秒。

一般的锅炉设有上述的保护系统，由于炉型和容量的不同，保护系统的设置也不相同。

第三部分　　模拟量自动控制系统（MCS:Modulation control system）

自动控制也就是自动地维持生产过程在设计的工况下运行，保证最好的安全、经济效果。发电厂中需要模拟量自动控制的参数很多，如加热器水位、汽包水位、主汽压力、主汽温度等参数都需要自动控制使其在规定的范围内变化，保证设备安全经济运行。

本部分主要讲解中储式汽包锅炉的自动控制。

第一节　　名词解释

被调量：控制系统要求维持为给定值的物理量。

给定值：控制系统控制被调量，被调量应该达到的目标值

调节变量：影响被调量参数变化的物理量。

PID 参数：指的是控制系统调节器的整定参数，P 代表比例带常数，I 微积分时间常数，D 为微分时间常数。

调节对象的动态特性：指的是调节对象的输入发生变化时，其输出被调量随时间变化的规律。它具有多输入、单输出的特性，即引起被调量变化的原因很多，且每个原因引起被调量变化的动态特性一般不同。

第二节　　自动调节设备

一、变送器

这部分在热工测量和仪表中已经讲过，主要的有温度变送器，压力变送器、流量变送器等。

二、调节器

调节器是构成自动调节系统的核心部分，它主要包括测量单元、调节单元和输出单元。测量单元和输出单元相当于一个比例放大或缩小的单元，调节单元的动态性质反映调节器的调节规律，影响自

动调节系统的调节品质。

目前使用的调节器的类型很多，但其调节规律主要有三种即比例调节作用、积分调节作用和微分调节作用。

比例调节作用是指调节器的输出与输入成比例关系即执行器的行程与被调量和给定值的偏差成比例关系。这种调节作用的特点是动作快，对干扰的抑制作用强，但被调量在系统调节稳定后存在静态偏差。

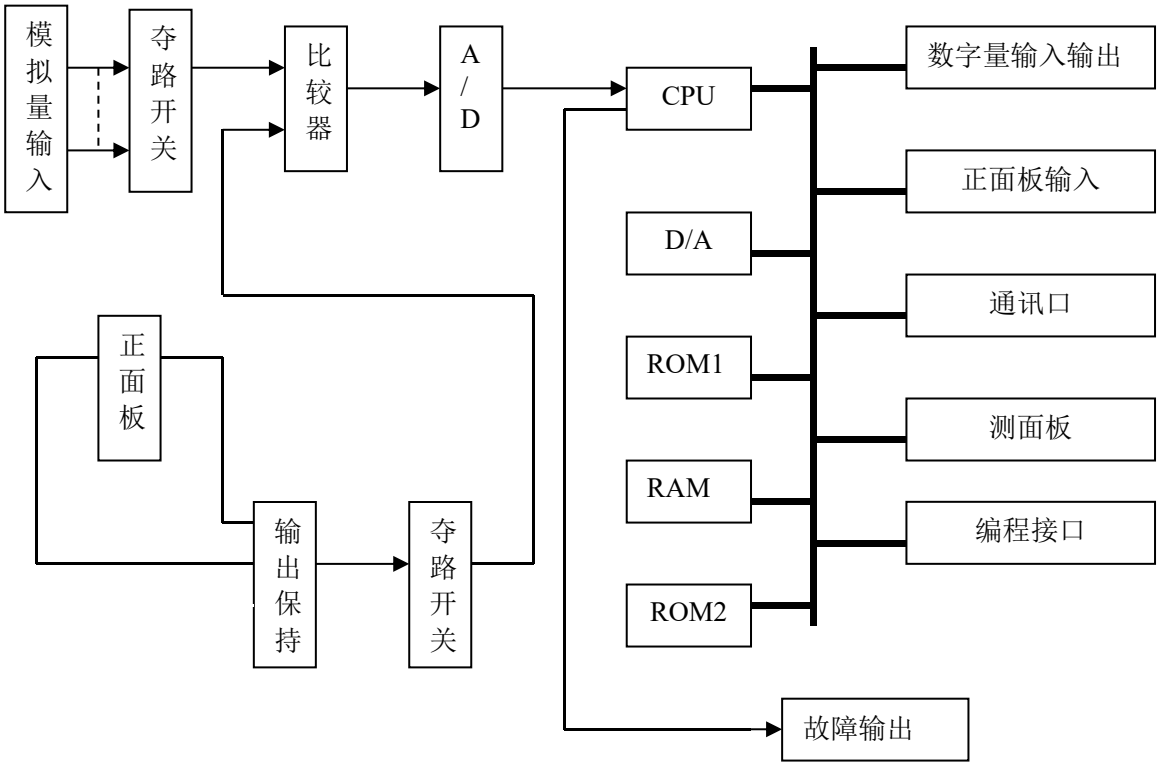
积分调节作用是指调节器控制的执行器的位移量的变化速度与被调量和给定值的偏差成比例关系。这种调节作用的特点是能消除静态偏差，与比例作用相比动作迟缓，过渡时间长，造成系统调节过程震荡，系统不稳定。

微分调节作用是指调节器控制的执行器的位移量与被调量和给定值的偏差的变化速度成比例关系。它具有超前调节作用，由于该调节作用使执行机构最后总是回复到原来的位置，因此只有单纯微分调节作用的调节器在工业上不能使用。

为适应不同调节对象的动态特性，根据不同调节规律的特点制造的工业调节器有比例调节器、比例积分调节器、比例微分调节器和比例积分微分调节器。

目前使用广泛的调节器是数字式调节器。比如横河 VI87 系列单回路调节器，西门子 DR22 系列单回路调节器等，都是以微处理机为核心的调节仪表，是控制技术、计算机技术和通讯技术结合的产物。它具有运算控制功能强的特点，可以实现复杂的控制规律，可以和计算机系统通讯形成分布式计算机控制系统，调节系统所需要的调节规律是通过编程实现的。

单回路调节器原理图如下：



工作过程如下：输入的模拟量经过多路开关，在比较器中与面板给定信号进行比较，比较结果经 A/D 转换器转换成数字量送 CPU，根据运行人员的指令，CPU 完成数据传输、输入输出运算处理和故障判断等功能，通过通讯线与其它部分连接，构成完整的系统。只读存储器 ROM1 用于存放系统软件，ROM2 用于存放用户程序，存储器 RAM 用于存放通讯数据、显示数据、计算中间数等，CPU 从数字量输入输出接口读取和输出数字量信号，从正面板输入接口读取运行人员指令，将故障信号输出至故障输出系统。编程接口与编程器连接，输入控制系统的控制策略。

三、执行器

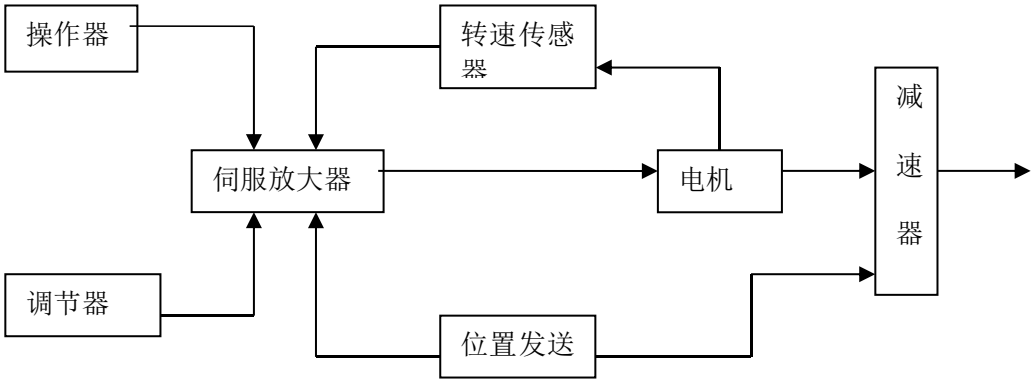
执行器是自动调节装置中一个重要的组成部分，它接受调节器的控制信号，改变输出位移，带动调节机构动作，控制调节量，使控制对象在规定的控制范围内变化。

执行器按照动力能源的不同，分为电动执行器，气动执行器和液动执行器；按照输出力运动方向分为直行程和角行程执行器。电动执行器结构复杂体积小，推力小应用场合广泛，动作滞后小但温度影响较大。气动执行器结构简单体积中，推力较大应用场合有限，动作滞后大温度影响较小。液动执行器结构简单体积大，推力大应

用场合有限，动作滞后小但温度影响较大。

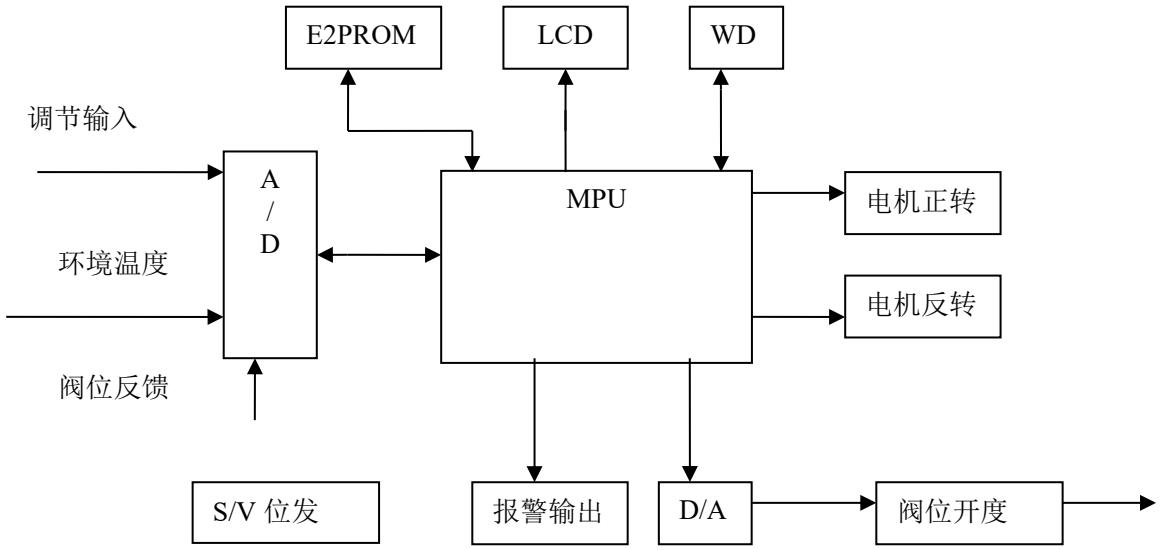
电动执行器在电厂应用的比较多，生产厂家也很多，但基本原理都相同，普通型电动执行器原理结构如下：

..



当被调量变化，需要改变调节量时，通过操作器或调节器发出调节指令，指令经伺服放大器转换后控制电机正反转，电机转动产生转矩信号或推力信号通过减速器作用在调节机构上，使调节机构动作控制调节量。位置发送器将调节机构的所处位置反馈给放大器，放大器将位置信号与操作器或调节器输入的信号相比较，如果偏差在允许范围内，执行机构处于输出力或力矩与负载反作用力或力矩相平衡状态，这样就完成了一个调节过程。

智能电动执行器目前在电厂应用的也很广泛，它与普通的电动执行器相比具有系统构成灵活、适应性强、精度高等特点，具有信号断线、偏差过大、电机堵转、过热等多种故障诊断、报警、处理等功能。系统构成如下：

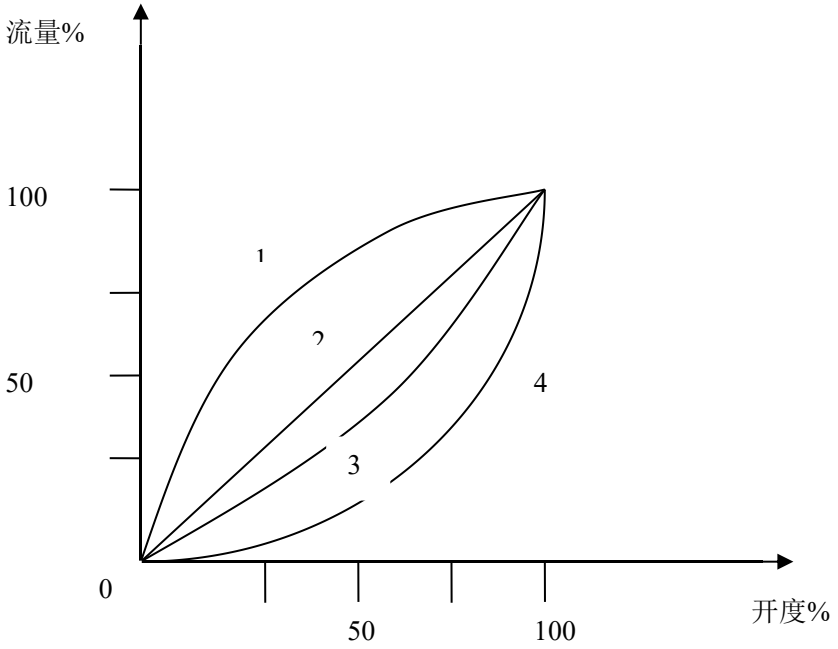


整个执行器由四部分组成：控制器 MPU，驱动电机，减速器和位移检测机构。控制器接受调节信号经 A/D 转换后，在单片机内与阀位信号进行运算比较，输出开关信号驱动伺服电机正反转动，经机械减速后驱动调节机构动作。阀位开度经位移传感器检测变换为与位移成比例的电压信号，在经 A/D 转换后用于调节控制，自动状态下，阀位开度由调节输入信号控制，实时跟踪调节信号；手动时，由手动操作操作器控制。阀位反馈信号经过变换后输出供系统显示和跟踪控制用。控制器还可以完成调节信号断线、反馈信号断线、电机堵转等故障诊断功能。E2PROM 用于存储系统程序和用户程序，LCD 用于故障显示、阀位和系统状态显示。

四、调节机构

在发电厂中主要的调节机构是调节阀，调节阀的种类繁多，控制系统中选择调节阀主要看调节阀的流量特性。调节阀的流量特性指的是被调介质流过阀门的相对流量与阀门相对开度之间的关系，也称为调节阀的静态特性。

调节阀工作时，阀芯动作使阀芯与阀座之间的流通面积变化从而改变调节流量，根据阀芯的形状，调节阀典型的理想流量特性曲线有直线、等百分比、快开和抛物线四种流量特性。理想流量特性曲线见图



1、快开特性；2、直线特性；3、抛物线特性；4 等百分比特性

等百分比流量特性的调节阀，其单位相对行程变化所引起的相对流量变化值与相应的相对流量成正比关系，即在任何相对开度条件下，流量变化相对值是相同的。这种阀具有小流量时流量变化小，大流量时流量变化大的特点，适用于流量变化大的控制系统。

直线流量特性的调节阀，其相对流量与相对开度成直线关系，即单位行程变化所引起的流量变化是相同的。这种阀门，在行程变化相同时，小流量情况下的流量变化相对值大，大流量情况下的流量变化相对值小，因此这种阀存在小流量时微调比较困难，大流量时调节不灵敏的缺陷。

抛物线流量特性的调节阀，其流量特性曲线是一条抛物线，其特性介于直线特性和等百分比特性之间。

快开流量特性的调节阀，其特点是开度较小时，流量就比较大，随着开度的增加，流量很快就接近最大值。

以上所述为调节阀的理想流量特性曲线，在实际应用中，当阀门的流通面积变化时，阀门前后的压差也是变化的，压差的变化也会引起流量的变化，因此在实际应用中调节阀的特性会偏离理想流量特性曲线。

实际应用中调节阀的死区、回程差和漏流量等是影响控制系统自动投入的关键因素，因此要定期作阀门工作特性曲线试验，检查

阀门的质量。质量要求如下，在调节门全关的状态下，漏流量应小于调节门最大流量的 10%；一般情况下死区应小于全行程的 5%；调节门的实际工作特性曲线工作段应大于全行程的 70%，回程差不大于调节门最大流量的 3%；

第三节　主要的自动控制系统

所有的自动控制系统都是由被控对象和自动控制设备组成，随着机组容量的增加，电厂中要求自动控制的参数越来越多，对于被控对象的动态特性研究也越来越精准，因此对于一些参数的自动控制模式也基本一致。主要介绍一些。

一、主汽温度自动控制系统

锅炉出口过热蒸汽温度是主汽的最高温度，为了控制主汽温度在一定的范围内，避免高温时使过热器和其以后的换热设备安全稳定运行，使汽机高压缸所受热应力过高；低温时机组热效率降低，影响机组经济运行。目前经常使用的主汽温控制系统为直接喷水减温系统和串级喷水减温系统

直接喷水减温系统就是改变各段过热器入口温度达到改变过热器出口温度的目的。一般分为一级减温和二级减温两个阶段，一级减温以二级过热器入口蒸汽温度为控制对象，控制一级减温水调节阀的开度，调节减温水进入一级减温器的量来控制二级过热器入口蒸汽温度；二级减温以过热器出口的主汽温度为控制对象，控制二级减温水调节阀的开度，调节减温水进入二级减温器的量来控制主汽温度。这是应用较广泛的汽温调节方法，喷水减温会引起蒸汽流量的变化；由于是直接喷水减温，主汽温度变化的动态特性与减温器的安装位置和过热器管道的长短都有直接关系，比如减温器的安装位置离过热器出口远或过热器管道长，将使主汽温变化滞后较大，反之较小。由于主汽温度变化有滞后和惯性，因此减温器调节主汽温时要求系统有足够的调节余量。

串级喷水减温系统，由于直接喷水减温系统中主汽温度变化有滞后和惯性，因此设计了串级喷水减温系统。串级喷水减温系统就是将减温器出口的蒸汽温度信号引入控制系统中，当该温度发生变化，调节器控制减温水调节阀动作，调节减温水流量，达到控制减温器出口蒸汽温度的目的，对整个系统进行粗调节；主汽温度的控制是通过另一台调节器来校正减温器出口的蒸汽温度调节器的工

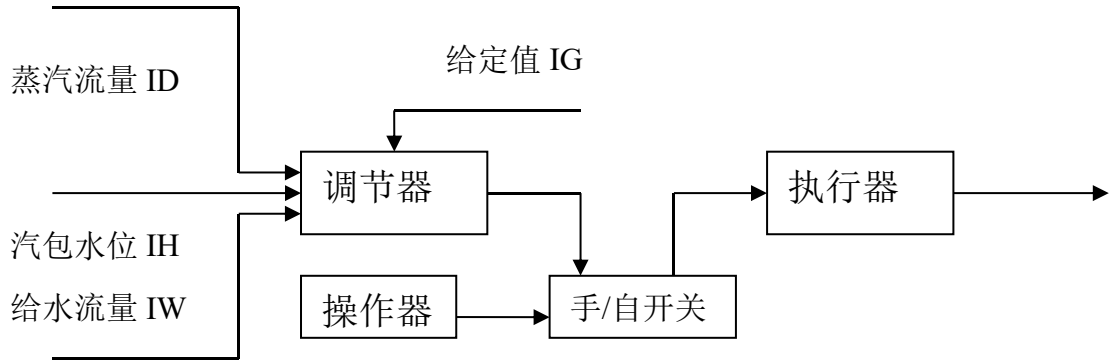
作，当主汽温度未达到给定值时，主汽温度的调节器就不断的校正减温器出口的蒸汽温度调节器，使其不断的控制调节阀开关，调节减温水流量，使主汽温度达到给定值。实际应用的串级喷水减温系统是一级过热器、二级过热器分段控制的，一级减温水调节主要是控制二级减温喷水前的汽温，二级减温水调节控制的时主汽温度。

二、给水自动控制系统

该自动控制系统的目的任务是维持汽包水位在一定的范围内变化。在水位保护中已经了解到，汽包水位变化过大对机组设备的影响。随着锅炉参数的提高和容量的扩大，汽包的个数和体积减少，使汽包的蓄水量和蒸发面积减小，也加快了汽包水位变化的速度；锅炉容量增加使负荷变化对水位的影响加剧，因此对于大型的锅炉给水自动控制是不可缺少的。

汽包是进行汽水转换的容器，汽包水位的变化与给水量变化、蒸汽量变化、燃料量变化和汽包压力变化有关，根据锅炉炉型的不同，采用的控制方式也不完全相同，大型锅炉通常采用三冲量或多冲量控制系统，这样可以改善外部扰动产生的“虚假水位”。

单级三冲量给水自动控制系统，适用于负荷变化时虚假水位现象不严重的锅炉，系统原理图如下：

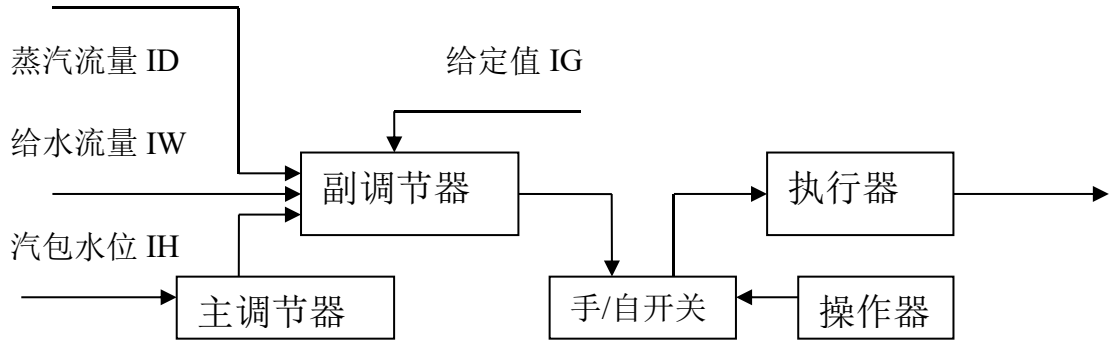


此系统选用的是 PI 调节特性的调节器，这是一个前馈--反馈调节系统，汽包水位为被调量。调节器接受汽包水位 IH、蒸汽流量 ID 和给水流量 IW 信号，其输出信号去调节给水量。当蒸汽流量 ID 增加时，调节器立即动作，相应地增加给水流量，可以克服和减少虚假水位引起的调节器误动作；当汽包水位 IH 或蒸汽流量 ID 变化时，调节器动作，给水流量 IW 是调节器的反馈信号；当给水流量 IW 自发变化时，调节器发出动作指令，使给水流量很快恢复到原来的数

值，保持水位不变，这时给水流量起前馈作用。

系统在实际应用中，由图可知是希望进入调节器的三个信号 ID、IH、IW 与给定值 IG 平衡即 ID+IH-IW=IG，以保证水位无静态偏差。IG 确定后，当 ID 和 IW 相等时，水位维持不变；如果 ID 大于 IW，水位 IH 随负荷的变化将偏离 IG 值，呈下降的趋势，这时增加调节门开度，增加给水流量，维持汽包水位在 IG 值上不变；反之则减小调节门开度。

串级三冲量给水自动控制系统，适用于大型、给水调节通道迟延较大的汽包锅炉，这种调节系统调节质量较好。原理结构图如下：



它有主、副两个调节器，主调节器一般为比例积分调节规律的调节器，副调节器为比例调节规律的调节器。主调节器接受水位信号去控制副调节器，通过副调节器对水位进行校正，使水位保持在给定值 IG 上；副调节器接受主调节器的水位输出信号、给水流量反馈信号 IW 和蒸汽流量 ID 信号组成单三冲量调节系统，通过内回路进行给水流量和蒸汽流量的比值调节，当蒸汽负荷改变时迅速调节给水流量，保持给水流量和蒸汽流量平衡，快速消除因水压波动等原因引起的给水流量自发扰动。整个系统在负荷变化时，水位静态值是靠主调节器维持的，系统可以根据对象外部扰动下虚假水位的严重程度来适当加强蒸汽流量信号的作用强度，使蒸汽流量信号更好地补偿虚假水位的影响，改变蒸汽负荷影响下的水位控制质量。系统当给水流量或蒸汽流量信号故障，使 ID 和 IW 平衡关系失去时，由于主调节器的积分作用可以使系统维持工作，系统的安全性好。

以上汽包水位调节系统在给水全程调节的过程中，对给水泵和调节门的损耗很大，现在新的大型锅炉正在广泛采用变速泵调节给水流量控制水位即调节器输出信号控制调速给水泵动作而不是调节

门动作来控制汽包水位。

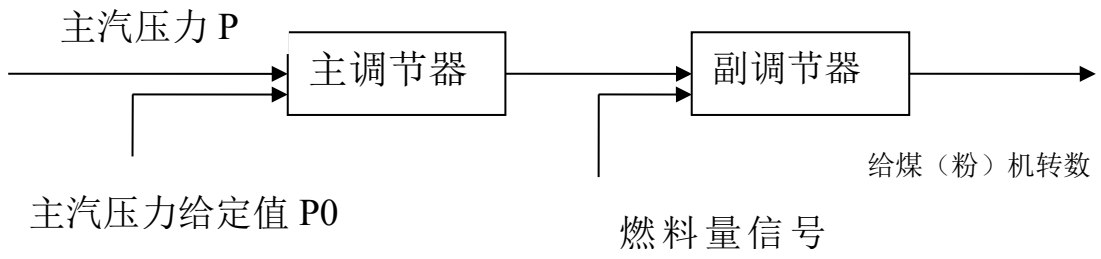
三、燃烧自动控制系统

锅炉燃料燃烧产生的燃烧热量应满足锅炉蒸汽负荷的要求，这样才能保证锅炉安全经济稳定地运行，保证蒸汽的品质。因此当锅炉负荷变化时，锅炉的燃料量也应当变化调整。

锅炉运行时对锅炉燃烧有影响的主要有燃料量、送风量和引风量，因此燃烧过程的调节系统有三个被调量即汽压、过剩空气系数或最佳含氧量和炉膛负压，同时有三个调节量即燃料量、送风量和引风量。它们之间是相互影响的，每个被调量都同时受几个调节量的影响，每一个调节量变化可引起几个被调量变化。但是无论那些调节量变化、哪些被调量变化，燃烧控制的目的都是维持主汽压力不变、保证燃烧的经济性、保证炉膛压力在一定范围内变化、对于母管制锅炉要保证并列运行锅炉的负荷按比例分配。

由于燃烧调节系统是一个复杂的调节系统，由控制系统的任务可知，燃烧调节系统实际上包含三个相对独立而又紧密联系的子系统即燃料调节系统、送风调节系统和引风调节系统。有的锅炉在设计时就根据燃烧系统的控制任务将整个燃烧系统的控制分成三部分完成，每一部分保证完成自己的工作任务。

燃料调节系统调节原理图如下：



燃料调节系统大多采用的都是上图所示的串级调节系统，它的调节任务是使进入锅炉的燃料量与外界负荷要求相适应。汽压是锅炉燃料热量与外界负荷的平衡标志，在负荷扰动下，汽压又具有近似比例的响应特性，因此选择汽压作为燃料调节系统的被调量。在燃料串级调节系统中引入了燃料量信号作为调节系统的负反馈信号进入副调节器，主要是为了消除燃料量自发扰动产生的燃料量变化。

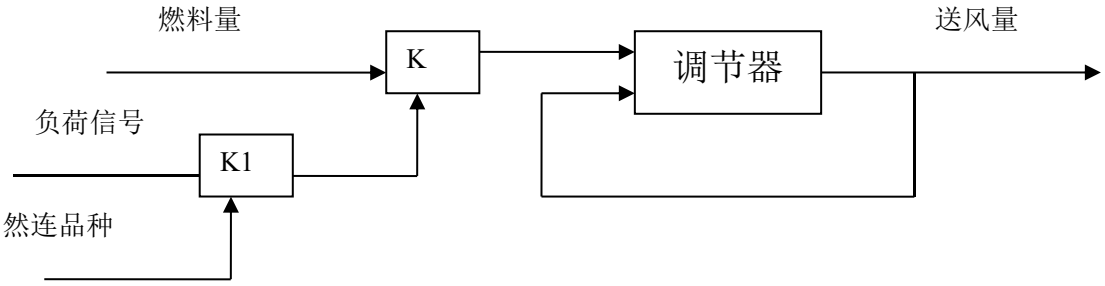
在实际应用中，燃料量的反馈信号，有的使用的是给粉机转数

信号，有的使用的是称重给煤机测量的燃料重量信号。

当主汽压变化时，主调节器动作，发出指令控制给煤机或给粉机的转数，控制煤量；当燃料量自发扰动时，副调节器动作控制控制给煤机或给粉机的转数，控制煤量，消除燃料量扰动影响。

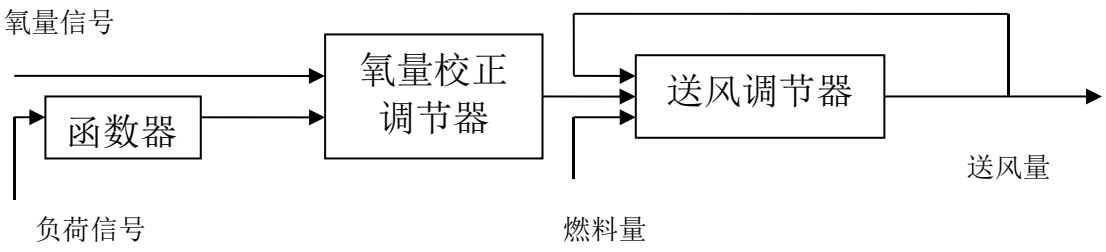
在实际应用中由于燃料量的测手段有限，准确度不高，有时采用热量信号代替燃料量信号，构成热量信号燃料调节系统。

送风调节系统：送风调节系统的任务就是保证燃烧过程中燃料量和风量的比例合适，燃烧经济。常用的调节系统原理图如下：



根据不同的煤种设定不同的负荷修正系数 K1，构成随负荷、燃料品种变化而修正送风量的系统。燃料量信号以前馈的形式引入作为系统的给定值，送风量以反馈信号形式引入使整个系统构成一个比值调节系统，根据煤种的不同，设定不同的风煤比例系数 K，即可达到送风调节的目的。这种系统结构简单，但负荷和燃料品种的修正系数很难确定，因此在不同负荷、不同燃料条件下风煤比例系数 K 也是变化的，所以系统的燃烧经济性无法保证。

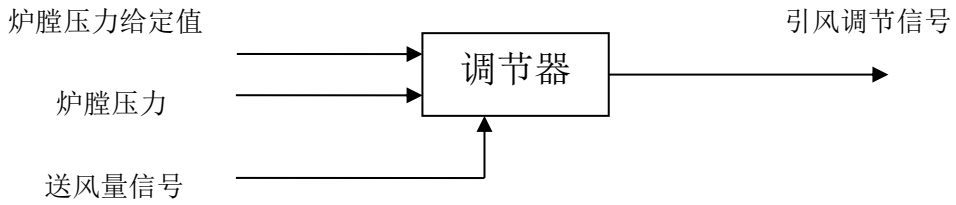
目前随着控制设备的发展，有很多送风调节系统中引入了负荷信号和氧量信号，构成燃料量前馈—氧量校正送风调节系统，原理图如下：



燃料量前馈信号作为给定值与送风量反馈信号构成比值系统，控制风煤比例。通过试验，整理出不同负荷下最佳含氧量值输入到函

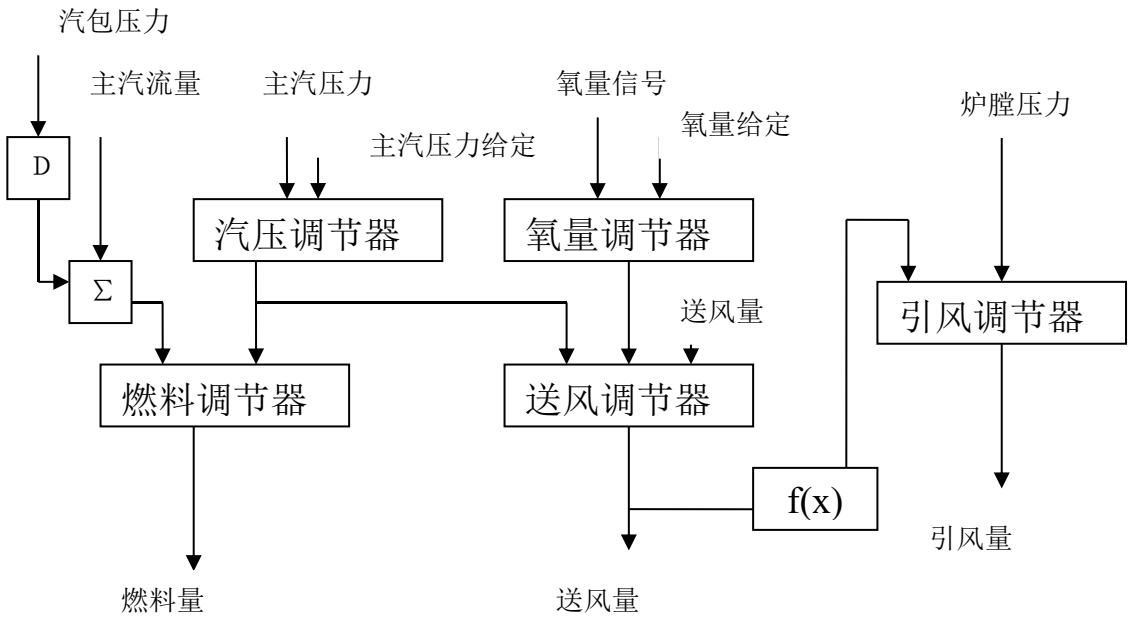
数器中，当负荷信号通过函数器时，产生一个随负荷变化而变化的最佳含氧量信号作为氧量信号校正调节器的给定值，当烟气中含氧量高于给定值时，氧量校正调节器发出校正信号，修正送风调节器的给定值，使送风调节器改变送风量，在保证风煤比例的情况下校正送风量，使烟气含氧量信号保持在最佳状态，保证燃烧的经济性。

引风调节系统：引风调节的任务是保持炉膛压力在规定的范围内变化。基本原理如下图：

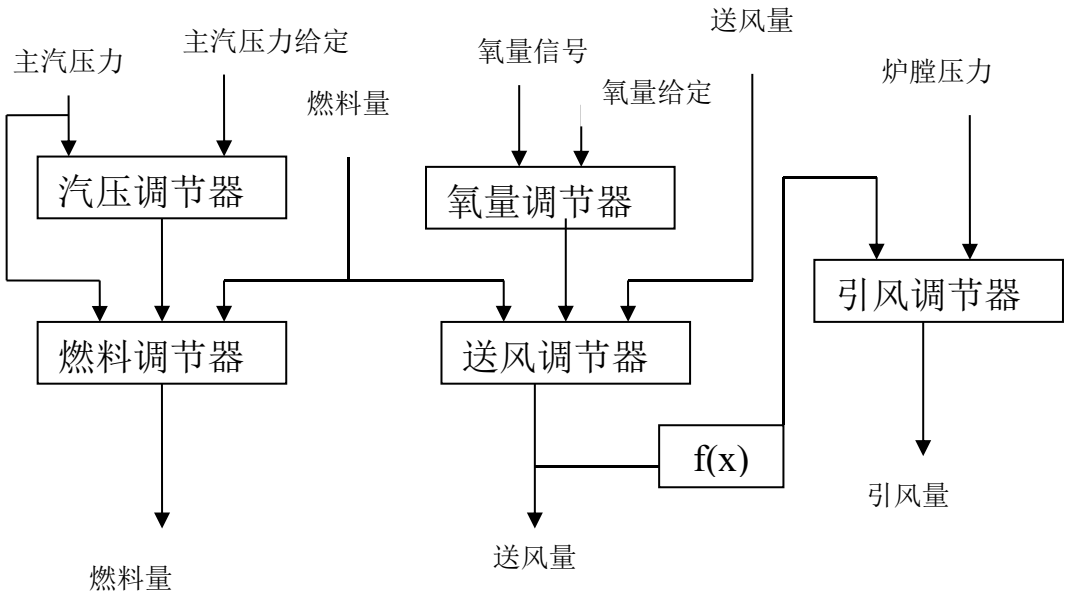


在这个调节系统中选择炉膛负压作被调量，由于送风量的变化是引起炉膛压力波动的主要原因，所以在系统中引入送风量信号作为前馈信号，当送风调节系统动作时，引风调节系统可以立即跟踪送风量，在炉膛压力变化之前消除送风的干扰，保持炉膛压力小范围内变化调整。

随着计算机系统在控制领域的应用和测量技术的发展，送风、引风、燃料的调节不再是独立进行的，在控制系统中实现了联合控制。在系统设计时，除了考虑控制要求外，还要考虑锅炉的结构，运行方式，燃料系统等设备条件及工艺要求，因此对不同的锅炉，设计的调节方案也不同。比如对于中储式锅炉一般采用方案 1，对于直流锅炉一般采用方案 2。


汽包压力
主汽流量
主汽压力
氧量信号
氧量给定
主汽压力给定
炉膛压力
D
汽压调节器
氧量调节器
Σ
送风量
引风调节器
燃料调节器
送风调节器
f(x)
引风量
燃料量
送风量

方案 1


送风量
主汽压力
主汽压力给定
氧量信号
燃料量
氧量给定
炉膛压力
汽压调节器
氧量调节器
引风调节器
燃料调节器
送风调节器
f(x)
引风量
燃料量
送风量

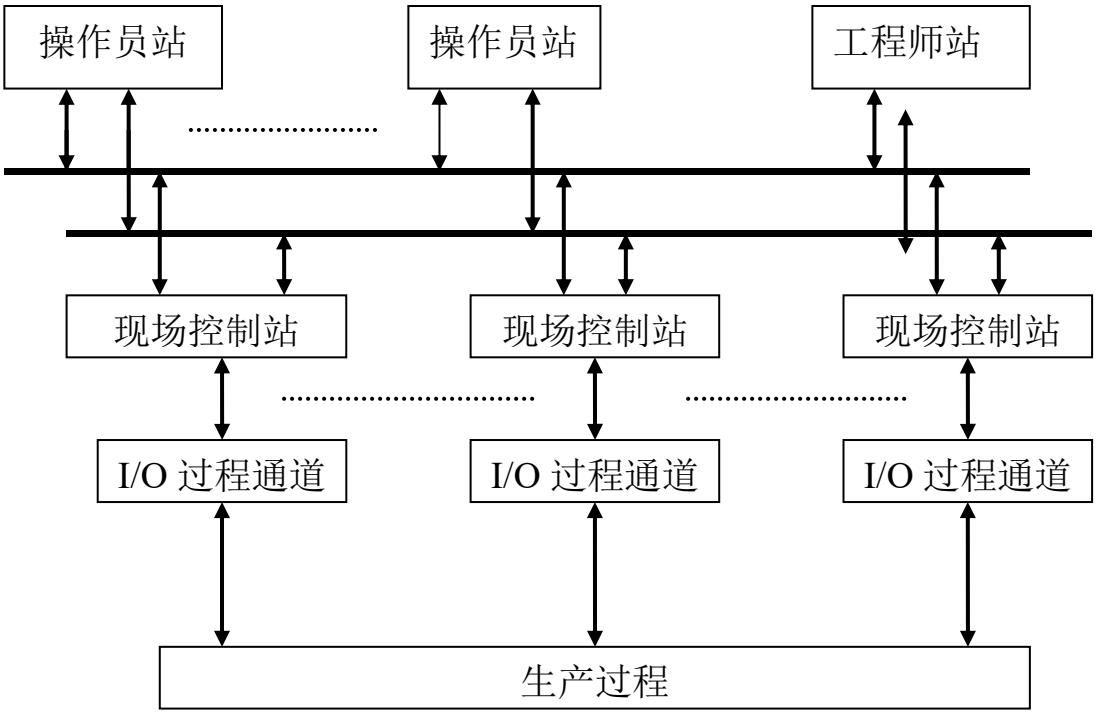
方案 2

第四部分　　计算机控制系统

现代的计算机控制系统是测量技术、控制技术、计算机技术和通讯技术发展结合的产物。计算机控制系统的使用不仅提高了机组的自动化控制水平，提高了机组的工作效率，同时也大大节省了人力物力的投入。

目前现场使用的计算机控制系统以分布式计算机控制系统为主，也就是 DCS 系统，该系统是现今对大、中规模生产过程进行集中监视、管理和控制的较完善的控制系统。

所有的 DCS 系统大体上都可以归纳为“三点一线”结构，“一线”是指 DCS 系统骨架--计算机网络，“三点”则是指连接在网络上的不同类型的节点。这三个节点分别是：面向被控过程对象的现场 I/O 控制站；面向控制人员的操作员站和面向 DCS 系统监督管理人员的工程站。在传统的模拟仪表自动化系统中，对于不同的自动化功能是由不同种类的仪表和硬件来实现的，但在 DCS 系统中，不同的控制功能是由相同结构的计算机来实现的。基本结构图如下：



综合 DCS 系统的功能，也就是将原来用不同仪表和控制装置显示、控制的功能集中到了 DCS 系统中统一进行管理和控制。在一次测量设备的测量基础上，实现显示、控制、保护数据资源的共享，节省资源，使用编程软件对逻辑控制功能进行编程，减少因硬件搭

接回路故障而引起的系统故障，减少系统的人为操作从而减少误操作的几率，保证机组的安全稳定经济运行。

一、硬件介绍：

1、I/O 过程通道是直接与生产过程连接的硬件设备，也称为模件或模块，实现信号的转换和处理。这种模块的种类很多，根据现场生产过程的实际需要和测量变送装置的输出信号以及执行装置的输入信号的不同，系统所使用的模块的种类也不同，比如有处理热电阻信号的模块（RTD）、处理热电偶信号的模块（TE）、处理模拟量信号的模块（AI、AO）、处理开关量信号的模块（DI、DO）、处理脉冲、频率信号的模块（SPD）等，这些模块将与生产过程有关的的各种信息转换成数字量信号输入网络系统，将控制站输入网络的数字量控制信号转换为控制就地设备所需要的模拟量信号。从模块的功能上大致可以分为两类：一类是信号模块，它只起信号转换的作用；一类叫功能模块，是带微处理器的可编程的智能 I/O 模块，它除了有输入输出接口功能外，还具有控制调节的功能，在控制站故障的情况下，起后备调节的作用，比如 PID 调节模块，当它的控制站故障时，它自己仍可以工作。

2、现场控制站是控制系统的现场控制装置，是整个控制系统的核心，是系统中最重要的部分。控制器以 CPU 为中心，接受工程师站下装的数据和控制算法，通过总线把存储器、通讯接口、运算模块等各个环节连接起来，完成信号采集、逻辑控制、连续控制、处理各种相关的信息等各种具体的自动化控制任务。当输入输出处理中出现异常时，控制器会发出报警信号，同时使输出停止变化，保持原状态不变。它通过网络向下连接现场 I/O 过程通道，并将部分 I/O 组态数据下装到 I/O 模块上，向上与系统的显示操作系统连接，进行数据信息的纵横交换。它从系统网络中采集与本控制器控制功能相关的信息，通过运算，比较等过程的处理，输出处理数据到网络中供其它设备查询该信息。现在的控制系统，现场工作站都是采用冗余配置的，大大提高了系统运行的安全可靠性。

3、操作员站、工程师站属于运行人员和系统管理人员与生产过程之间的人机接口装置。运行操作人员通过操作员站的键盘和鼠标实现对生产过程的监视、操作功能，实现控制回路的直接操作、监视、手动/自动切换及定值输出和调整；实现趋势显示、报警管理、

报表管理和系统运行状态监视，是系统最直接和最重要的人机界面。工程管理人员通过工程师站的组态平台来完成应用系统的组态，生成现场监测、控制和管理所需要的数据、图形和报表等；并通过系统网络下装到现场控制站和操作员站；查询系统运行信息、修改控制逻辑、强制过程量等系统维护管理工作。

4、数据通讯系统是在现场控制站、工程师站、操作员站和现场I/O过程通道之间起信息传递作用的，它将各个分散的现场控制站用网线、数据交换机等网络设备结合起来，实现各控制回路间的信息交换，互相协调，完成逻辑组态的控制目标。不同的控制系统生产厂家生产的控制系统的通讯系统不尽相同，关于控制软件的设计也不尽相同，在选择控制系统时，要根据控制对象的特点选择适合的系统。

二、软件介绍

控制系统的硬件就好比一个人体的躯壳，软件才是给它赋予生命的系统，大多数控制系统的软件，大致都可以分为四个部分：

I/O模块软件，它的主要作用是：由于I/O模块是智能的，I/O模块加电自检后，直接向CPU控制器请求已经组态的初始化数据，来初始化模块的工作方式。然后进入预定的采集或输出处理，接受控制器传出的输出数据，或向控制器转送数据和模块状态。

现场控制站软件，它的主要作用是：接受工程师站的下装数据和操作员命令数据，向I/O模块传送初始化数据和控制输出数据，接收模块采集的数据和报告的状态，同时对采集到的数据进行转换、报告和控制计算处理，并将该站的实时数据以规定的频率报告给所有的操作员站。另外还具有自诊断、自切换、数据自动遗址等功能。

操作员站软件，它的主要作用是：网络传输、系统数据库的管理、历史数据口管理、图形显示、人机会话、报表管理、报警管理等功能，同时可以监视整个系统的运行状态。

工程师站软件，它包括三部分：一是系统配置完成控制系统内各种类型站的数量和战号配置，各站数据库和控制组态语言使用情况的配置；二是系统生成，当各部分编译成功以后，将各种组态语言生成的数据文件连接成系统库，以备下装到整个系统中；系统下装是工程师站的最后一步工作，将生成的系统库传送到操作员站和现场控制站，将图形、报表、历史库、追忆库等传送到操作员站上。

3、组态介绍

对于一个 DCS 控制系统，在硬件、软件具备的条件下，要想很好的在不同的生产过程中应用依靠的是系统组态。组态一般可以分成数据库组态、控制算法组态、历史数据组态、图形组态和报表组态几大类。

数据库组态：它直接体现了硬件配置的情况。在数据库中存放与现场每个测点对应的数据记录，它反映了每个测点的类型、物理地址、信号处理和显示方式等信息，并且每个记录的值随着现场测点值的变化而实时地改变。另外，数据库组态还包括经过计算和处理后的派生点及系统管理点的组态。

控制算法组态：包括功能块图组态、梯形图组态和计算公式组态。它体现了控制系统工艺过程的特点，通过对包括 PID 参数及连接关系、顺序控制与连锁逻辑等的组态，实现过程控制的要求。

历史数据组态：用以记录被除数控过程的状态和参数变化情况，通过对历史数据的分析进行趋势预测。历史数据作为生产管理的一部分也可用来进行图形显示和报表打印。

图形和报表组态：包括图形显示、报警显示与打印、报表打印、事故追忆等，是系统实现人机交互的重要组成部分。人机交互功能让操作和管理人员及时了解生产过程，或进行事后分析，改进生产质量。它是操作人员对现场进行控制和调整的唯一途径。

无论进行什么组态，一般都需要经过以下四个步骤来完成。即编辑、编译、连接、下装。

编辑：是各种组态的第一步，就是用户按照组态方法把组态的数据、图形、表格、参数等输入到组态语言中，生成组态的原始文件—源文件。

编译：是将生成的源文件翻译成中间状态文件（中间文件）的过程，中间文件供连接生成系统库。

连接：是将编译产生的中间文件合成运行系统可使用的目标文件—系统库的过程。

下装：是将工程师站生成的系统裤、图形、报表和历史库文件通过网络传送到现场控制站和操作员站的过程。

DCS 系统组态完成以后，经过调试，就具备了控制生产过程的能力，运行人员可以操作员站直接控制生产过程，工程管理人员可

以通过工程师站修改控制算法，查询历史数据等。

三、DCS(Distributed control system)系统的功能

1、数据采集功能（DAS:Date control system)：用于检测工艺系统和设备的运行参数，运行状态；对检测结果进行处理、记录、显示和报警，对机组的运行状况进行计算和分析。

2、模拟量控制（MCS:Modulation control system)：也叫闭环控制或回路控制，是指被控量通过反馈引入控制系统的输入端所形成的控制回路，输入量和输出量之间是连续函数关系。用于控制连续调节回路，比如给水调节、送风调节、水位调节等。

3、顺序控制(SCS:Sequence control system)：用于控制泵、风机等辅机及辅助系统，按照运行规律规定的顺序，自动启动或停止。

4、协调控制系统（CCS:Coordinated control system）:是指将锅炉汽轮发电机组作为一个整体进行控制，通过控制回炉协调锅炉和汽轮发电机组在自动状态下工作，给锅炉和汽轮机的自动控制系统发出命令，控制机组适应负荷变化，它直接作用于机炉的自动控制系统。

5、炉膛安全监视系统（FSSS：Furance safeguard supesvisory system)：是指对锅炉点火和油枪进行顺序自动控制，防止炉膛由于燃烧熄灭、过压等原因引起炉膛爆炸而采取监视和控制措施的自动控制系统。它包括燃烧控制系统和炉膛安全系统。

6、自动发电控制 ACG(Auto generate control)：根据电网对各电厂负荷的运行要求，机组的发电功率由电网调度进行控制的系统。

7、燃料跳闸 MFT(Master fuel trip)：是指保护信号指令动作或人工操作后，控制快速切断进入锅炉的所有燃料的控制系统。

8、汽轮机数字电液控制系统 DEH(Digital eletro_hydraulic control)：是指按电气原理设计的敏感元件、数字电路以及按液压原理设计的放大元件和按液压原理设计的伺服机构构成的汽轮机控制系统。

9、汽轮机自启动系统 ATC(Automatic turbinestartup control)：是指根据汽轮机的运行参数及热应力计算，使汽轮机从

盘车开始到带初负荷的过程，按程序实现自动控制。

10、超速保护控制功能 OPC(Overspeed protection control)：系统功能主要是抑制超速，确保系统快速恢复。它主要有两种控制方式

A：当汽轮机转速达到额定转速的 103%时，自动关闭高、中压调节汽门，当转速恢复正常时，开启这些汽门，以维持额定转速。

B：当汽轮机转速出现加速度时，发出控制命令，关闭高、中压调节汽门，当加速度为零时由正常的转速控制回路维持正常转速。

11、不间断电源 UPS(Uninterrupted power supply)。

12、时间顺序记录功能 SOE(Sequenceof Event)：时间顺序记录功能的特点就是具有强大的时间分析能力，数据采样分辨率高，可以同时捕捉接入点的所有信息，便于事故分析和事故处理。