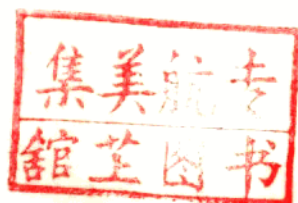


船舶轮机自动控制基础

(中册)



1980

大连航海学会

前 言

本册主要介绍船舶轮机自动控制中的程序控制部分。例如，像辅锅炉自动控制，分油机排渣自动控制、油水分离器自动控制、焚烧炉自动控制、部分辅机（泵浦、空压机、滤器和重吊船压载）自动控制，以及主机遥控等。程序控制是船舶轮机自动控制中一项不可缺少的自动控制技术。对于在自动化船舶从事于轮机与机电管理的人员，必须要懂得这一控制技术，以便能更好地胜任其工作。

本册主要以远洋船舶上的控制实例来介绍程序控制的组成，基本工作原理以及有关的基础知识。适于自动化船舶的轮机与机电管理人员自学用。

本册由大连海运学院轮机自动化教研室讲师马毛茂、孙瑞利主笔编写。第九——十二章由马毛茂编写，第十三章由孙瑞利编写。

目 录

第 9 章	辅锅炉自动控制	1
9.1	辅锅炉自动控制的概念	1
9.2	锅炉水位的连续自动控制	1
9.3	锅炉水位的断续自动控制	6
9.4	锅炉燃烧自动控制	8
第 10 章	分油机排渣自动控制	24
10.1	分油机排渣自动控制的原理	24
10.2	LAVAL 分油机排渣程序控制	28
第 11 章	船舶油水分离器与焚烧炉自动控制	32
11.1	船舶油水分离器自动控制	32
11.2	船舶焚烧炉自动控制	35
第 12 章	辅助机械自动控制	41
12.1	辅助机械自动控制概念	41
12.2	泵浦自动控制	41
12.3	空压机自动控制	44
12.4	滤器自动清洗	47
12.5	重吊船压载遥控	50
第 13 章	主机遥控	56
13.1	主机遥控的概述	56
13.2	主机遥控系统的常用器件	60
13.3	逻辑回路及主机遥控的主要环节	84
13.4	MAN—V—40/54 A 型柴油机气动遥控系统	105
13.5	可变螺距主机遥控系统	119
13.6	电—气遥控系统	130
13.7	无级调速的电—气遥控系统	149

第9章 辅锅炉自动控制 (Auxiliary boiler automatic control)

9.1 辅锅炉自动控制的概念

辅锅炉系指柴油机船上, 为了加热燃油和润滑油以及日常生活中用汽, 对于油轮加热货油和驱动货油泵、蒸汽甲板机械以及洗舱用汽等所设置的锅炉。辅锅炉一般分为燃油辅锅炉, 废气锅炉和二者合为一体的组合式锅炉等三种。

由于辅助锅炉的蒸发量一般较小, 压力较低。结构比较简单, 加上对它的经济性和蒸汽品质要求不高, 所以容易实现自动控制, 因而辅锅炉在船上实现自动化相对较早, 而且目前较为普遍。

辅锅炉自动控制包括那些内容呢? 它包括参数(Parameter) (如, 水位, 汽压) 的自动调节 (Auto-Regulation); 燃烧过程的程序控制; 锅炉的安全保护等。在使用时, 一旦准备工作完成之后, 按一下起动按钮, 锅炉便自动点火, 升汽, 在其运行过程中, 汽压, 水位能够自动调节, 在外界不用汽时可以自动熄火停炉, 在运行中出现故障时, 能够发出声、光警报等, 这样运行中无需专人照管, 即实现自动控制。目前辅锅炉的自动控制系统, 既有有触点的继电器控制系统, 也有无触点的晶体管电路控制系统, 其次射流自动控制系统和由气动单元组合仪表组成的控制系统, 在船上也有所使用。无论采用何种系统, 对系统的要求都是一样的, 首先要工作可靠, 维修简单, 管理方便, 其次造价要尽可能的低。

任何自动控制都基于模仿人的各种操作, 控制能否达到预期的效果, 关键取决于系统投入运行前的妥善调整。此外, 自动控制系统即使再完善, 也并不是万无一失的, 因为它也是由一些机械和电器元件等组成的, 因而避免不了失误或损坏, 因此运行过程中, 一定要作定期的检查。为保证自动控制系统一旦出现故障时, 不影响辅锅炉的正常运行, 还设有手动控制机构。

辅锅炉自动控制方式, 不同的国家所采取的方式可能有所不同, 但就其系统本身来说, 由于它们的功能和程序操作要求相同, 所以各种控制系统的结构组成和动作原理是大同小异的。

9.2 锅炉水位的连续自动控制 (Continuous control)

锅炉水位 (Level) 自动控制有两种型式, 一种是连续自动控制, 另一种是断续自动控制。水位连续自动控制是指维持水位恒定的自动控制; 水位断续自动控制是指维持水位在一

个允许范围内波动的自动控制。一般来讲，对那些蒸发量较大，汽压较高而对其调节品质要求较高的船用主锅炉，多采用连续自动控制；对蒸发量较小和汽压较低，对其调节品质要求不太高的船用辅锅炉，采用断续自动控制就可以满足要求。但这也不是绝对的，例如，我国有些远洋船舶（如：“大城”、“大田”、“太平洋”等）采用的就是由气动单元组合仪表构成的辅锅炉水位连续自动控制。

水位连续自动控制在上册第一章讲自动调节系统的组成时曾介绍过，它是一个由测量单元（水位感受器或称水位检测器），变送单元（变送器），调节单元（PI 调节器）、执行单元（多为气动调节伐）所组成的自动调节系统，如图9—1所示。尽管在不同的船舶上构成

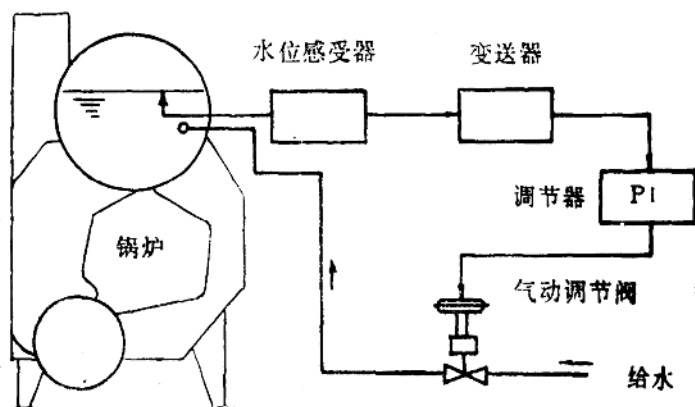


图 9—1 辅锅炉水位连续自动控制组成图

此系统所选取的仪表不同，但系统的工作原理基本相同。下面就以“太平洋”轮（Pacific）的辅锅炉水位连续控制为例，介绍其系统的工作原理。

“太平洋”辅锅炉水位连续自动控制系统如图9—2所示。此系统采用的是气动单元组合仪表。水位感受器采用的是参考水位凝结罐，变送器采用的是差压变送器，调节器采用的是比例积分调节器，气动调节伐采用的是气动膜式调节伐。系统的工作过程如下：

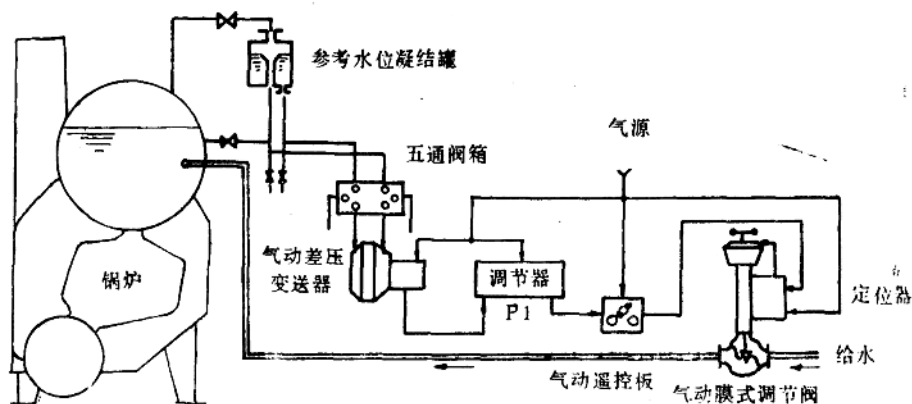


图 9—2 太平洋轮锅炉水位连续控制示意图

锅炉负荷改变时, 炉中水位随着发生变化, 水位的变化由水位感受器 (即参考水位凝结罐) 变成一个压力差, 经五通伐箱传递给气动差压变送器。变送器接受差压信号后, 输出一个与该差压信号成比例的气压信号到PI 调节器。调节器PI 便输出一个气压信号经伐门定位器控制气动膜式调节伐动作, 改变进入锅炉的给水量以使水位回复到给定值。

下面就详细介绍各单元的工作原理。

参考水位凝结罐

参考水位凝结罐用以检测炉内水位, 它是一个封闭容器, 置于较炉内正常水位略高之处, 如图9—3所示。它的上部通过管道与炉内汽空间相连, 下部有两根测量管, 一根其上端伸入罐内一定高度并呈喇叭口形状, 下端通过管道分别与炉内水空间及气动差压变送器的低压端接头相连, 另一根上端连接罐, 下端直接和气动差压变送器的高压端接头相连。五通伐箱为冲洗参考水位罐与差压变送器之间的测量管路而设置, 系统正常运转时, 截止伐A 开启, 平衡伐B 与放气伐C 关闭。冲洗操作步骤可参阅有关说明书。

凝结罐由于在炉外, 其内温度较炉内温度低, 故罐内蒸汽不断凝结, 多余的凝结水顺喇叭口流回炉内, 使罐内始终保持一固定水位, 称之为参考水位。从图中可看出, 两根测量管, 一根感受的是参考水位, 另一根感受的是炉内的实际水位。显然两个测量管测得的便是炉内实际水位与参考水位之间的高度差 H , 也即是送往差压变送器内的压力差。假设锅炉处在正常水位时, 上述高度差为 H_0 , 当炉内水位变动时, 高度差偏离 H_0 , 引起送往差压变送器内的压力差信号变化, 使变送器的输出信号随之发生变化。这就是参考水位凝结罐检测炉内水位的原理。

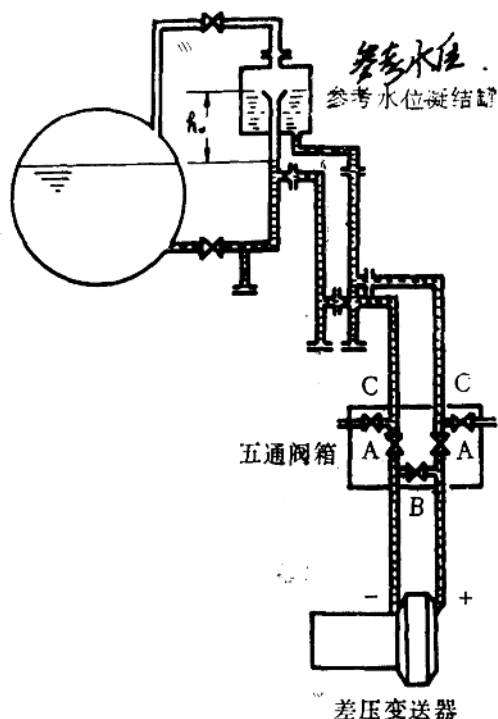


图 9—3 参考水位凝结罐

气动差压变送器 (Differential transducer)

气动差压变送器 (上册已经介绍过) 的功用是将压力差信号按比例转换成气压信号。本系统采用的差压变送器如图9—4所示, 同样是由测量部分和转换部分所组成, 也是按力平衡原理工作的。当炉内水位变化时, 比如降低时, 高度差 H 增大, 由此高度差反映出的压力差作用在膜片 M_1 上, 使膜片 M_1 产生一个与压差变化量成正比的合力, 这合力经传动杆 H_1 、 H_2 及杆针 u 的传递, 推动挡板 P 靠近喷嘴 D , 于是背压室压力上升, 输出压力跟着上升, 同时这个升高的输出压力一路进入反馈室 RM 作用于反馈膜片 M_2 上, 产生反馈力, 这个反馈力阻止挡板继续靠近喷嘴以实现变送器的输出与输入严格按比例变化, 当反馈力和测量力

达到平衡时，挡板就停止移动，挡板和喷嘴的距离便保持不动，变送器输出一定。同样道理，当水位升高，动作过程正好相反，变送器输出压力减小。

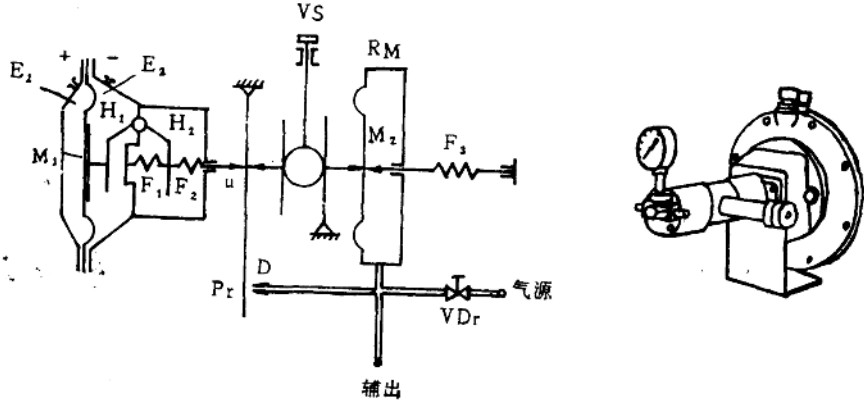


图 9-4 气动差压变送器原理图及仪表外形

VS是比例带调整杆，用于调整仪表测量范围。 F_2 是迁移弹簧，用于调整迁移量。 F_3 是调零弹簧，用于调整仪表零点。调整方法可参阅有关说明书。

气动比例积分调节器 (PI Regulator)

气动比例积分调节器上册已介绍过。本系统采用的PI调节器，在结构上，它与我国QDZ—I型气动单元组合式比例积分调节器相似。它也是按力平衡原理工作的。如图9—5所示。当来自变送器的输入气压信号变化时，便破坏了调节器的平衡状态，调节器就遵照比例、积分作用规律动作，输出一个变化的气压信号去控制执行机构动作。比如，输入气压信号增加时，输入与给定气压信号作用于膜片1上的合力 P_M 必推动传动杆 u 右移，使挡板 P_r 靠近喷嘴 D ，于是喷嘴背压升高，本表因采用了带有小球的喷嘴挡板机构，恒节流孔径及变节流孔径均较大，空气的输出量较大，故没有另外按装气动功率放大器，所以这增高的背压就是调节

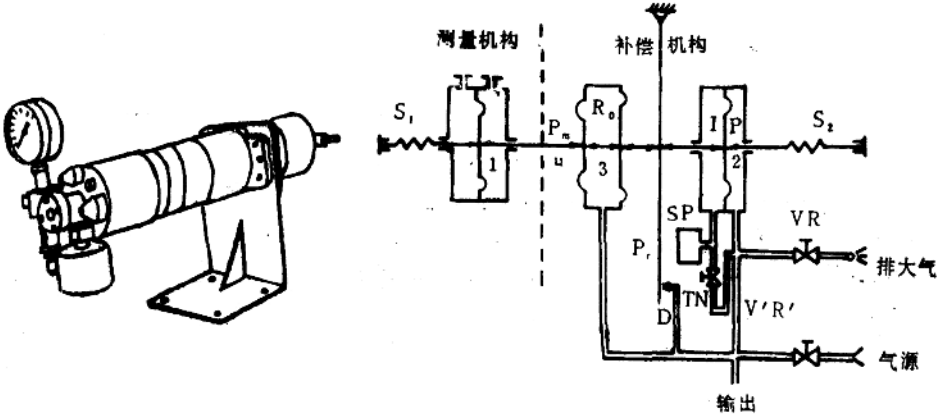


图 9-5 PI 调节器原理图及仪表外形

器的输出。输出还有三路：

一路进入补偿气室 R_0 ，此气室是为了改善调节品质而设置的，由于 R_0 中右边的膜片面积大于左边的膜片面积， R_0 中压力升高时，作用于左右膜片3上力的合力方向必然向右，力图推动挡板靠近喷嘴，即产生正反馈作用，用以消弱在力平衡过程中 P_r 的不稳定的摆动。

另一路经节流孔 VR' 进入比例气室 P ， P 内的压力由比例阀 VR 控制，如将比例阀 VR 全开，则 P 室压力和大气相等；若将比例阀 VR 关死，则 P 室压力和输出压力相等；若将比例阀 VR 处于某一开度， P 室压力变化必与输出压力变化成比例，这就是上册介绍过的节流通室特性。 P 室气压的变化作用于薄片2，产生一个推力，以阻止挡板靠近喷嘴，这就是负反馈，其作用，使调节器实现比例动作。

再一路经积分阀 TN 向积分气室 I 和气容 SP 充气， I 室的压力按指数规律趋近于 P 室压力，这就是上册介绍过的节流盲室特性。 I 室压力的变化作用于膜片2，产生一随时间不断增加的作用力，使挡板连续地向喷嘴靠拢，这就是附加的正反馈，其作用，使调节器实现积分动作。

正是由于上述几路的设置，保证了调节器按比例积分作用规律动作。上面介绍的是输入信号增加时，调节器的动作过程。若输入信号减小时，调节器的动作过程则相反。

这种调节器的调整，和一般的类似调节器一样，在正常情况下，同样是调整比例带和积分时间。调节器中部有一套筒，将其松开后可看到一表格，表格上指出与 VR 旋钮和 TN 旋钮上的标度相对应的放大倍数和积分时间的数据，可供调整时参考。图中 S_1 、 S_2 弹簧用以调整仪表零位。

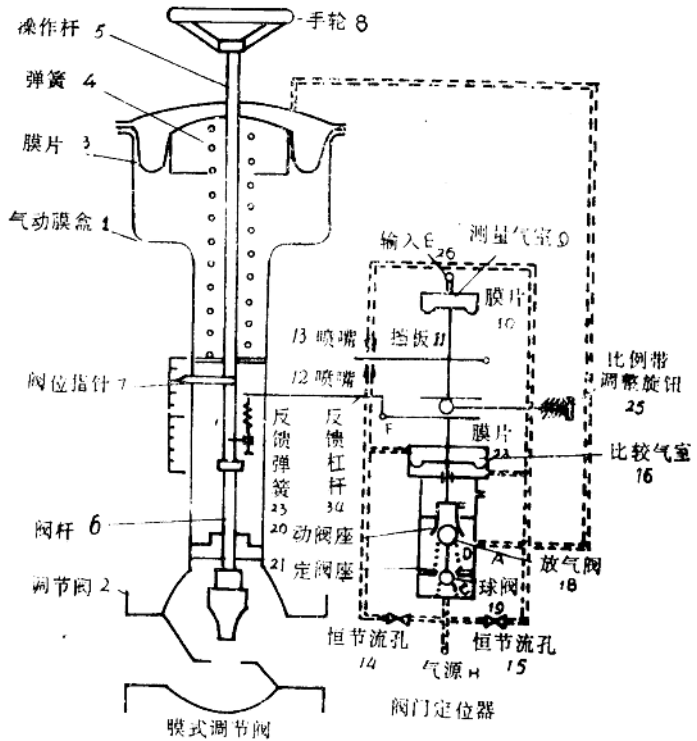


图 9-6 气动膜片式调节阀门定位器原理图

气动膜式调节阀 (Diaphragm control valve)

气动膜式调节阀和上册所介绍的气动薄膜调节阀相类似，它带有阀门定位器 (Positioner)，如图9-6所示。

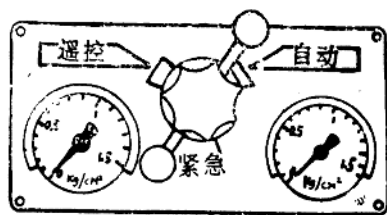
当来自调节器的输入气压信号增加时，阀门定位器测量气室中的膜片向下，使挡板靠近

下喷嘴，离开上喷嘴，结果下喷嘴的背压增高，上喷嘴的背压降低，这两个背压作用于比较气室膜片的上下两面，使膜片连同放气阀座一起下移，推动球阀离开定阀座，这时气源来的压缩空气经C室进入D室，因放气阀被关，故D室压力升高，这升高的压力进入膜式调节阀，推动膜片使阀杆下移，关小给水调节阀以减少进入锅炉的给水量，以使锅炉水位恢复给定值。

阀杆下移，通过反馈弹簧拉动反馈杠杆使其绕支点F逆时针方向转动，力图阻挡挡板下移，起负反馈作用，以保证调节阀的阀位准确地与输入气压大小成比例。当作用于挡板上的力平衡时，挡板便停止移动，阀门定位器输出一个稳定的气压信号进入膜式调节阀。这个信号与给水调节阀的阀位相对应。通过比例带旋钮可以调整阀门定位器输入压力变化与输出压力变化的比值，即改变比例度。

气动膜式调节阀多采用气关式的(air-to close)，这样当气源中断，或控制系统失灵以致膜盒内没有压力时，给水调节阀能自动全开，以防止锅炉给水中断而造成事故。手轮是进行手动操作给水调节阀时使用。自动操作时，手轮一定要转到给水调节阀处于全开位置。是否全开可通过阀位指针看出。

气动遥控板，它的作用是将自动调节系统从自动切换为在控制台上遥控或反之，同时也可对调节器进行给定。它的结构很简单，它由转换开关和一个定值器所组成，转换开关有二挡，“自动”，“遥控”和“紧急位置”，转换开关在自动位置时，调节器的输出经它和气动膜式调节阀相通。转换开关扳到遥控位置时，定值器和膜式调节阀相通，调节器的输出被堵死，这时靠定值器对膜式调节阀进行遥控。转换开关扳到紧急位置时，膜式调节阀和遥控板上的放气孔相通，调节器和定值器的输出均被堵死，这时膜式调节阀被弹簧顶至全开位置，以保证在炉内出现紧急缺水情况下以最快速度向炉内供水。气动遥控板外形如图9-7所示。



这种控制系统如图9—8所示。磁性浮子水位调节器上册已经介绍过，它是由浮子和开关

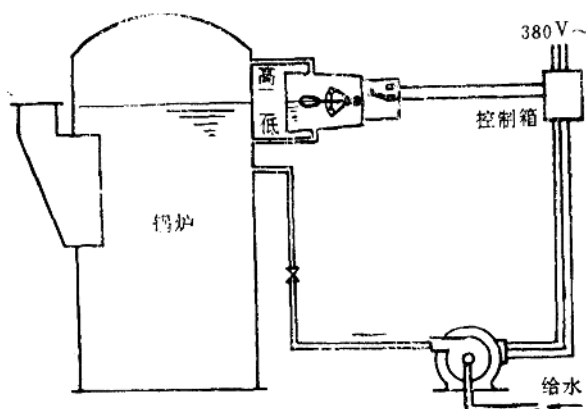


图 9—8 采用磁性浮子水位调节器的水位双位控制系统

盒两部分组成，其浮子室的上部与锅炉汽空间相通，下部与锅炉水空间相通，浮子室内浮子漂在水面上，感受炉内水位的变化。水位控制过程如下，当炉内水位下降到设定最低工作水位时，受浮子控制的开关盒内的动触头正好与静触头接触，使控制箱内的接触器线圈有电，接触器动作，电动给水泵启动，向炉内供水。此后，炉内水位渐渐上升，浮子随之上升，当炉内水位上升到设定的最高工作水位时，受浮子控制的开关盒内的动触头又与静触头断开，使控制箱内的接触器线圈断电，接触器释放，电动给水泵停止向炉内供水。随着炉内蒸汽的不断供出和炉水的连续蒸发，水位必然又逐渐下降，于是上述过程重复进行，炉内水位在磁性浮子水位调节器的控制下，便始终维持在允许的最高与最低工作水位之间波动。

目前有些船，将磁性浮子水位调节器的浮子直接装于炉内，使得控制系统结构简单紧凑，但缺点是检修不方便。

为了防止一旦调节器失灵，造成炉内水位失控，而使锅炉出现事故，一般船上均设有危险低水位保护装置。此装置的感受元件一般也采用磁性浮子调节器。当然也可采用电极式调节器。当调节器失灵，水位降低到危险水位时，此装置可使带动锅炉燃油泵和风机的电动机停转，自动切断燃烧系统。

采用电极式水位调节器的水位双位控制系统

将图9—7中的磁性浮子水位调节器及其控制箱，换成电极式水位调节器及其控制箱，则上述系统就变成另一种型式的双位控制系统，称作为采用电极式水位调节器的水位双位控制系统。

电极式水位调节器，如图9—9所示。它是利用电极棒代替浮子感受水位变化，并利用水的导电作用而进行工作的。电极棒通常是三根长短不一的铜棒，插入在上下与锅炉汽、水空间相连通的外接水柱筒中，并与筒的外壳绝缘，铜棒末端的安装高度正与锅炉的最高、最低工作水位和最低危险水位相对应。水位控制过程如下，当炉内水位上升至最高工作水位时，水面与铜棒1接触，接通了桥式整流器1ZX的输入电源，控制电路的电话继电器1JY通电，于是触头1JY₁断开，给水泵电动机的接触器1CJ断电，将控制电动机的触头1CJ₁断开，水泵停止工作。同时，低压触头1CJ₂也断开，指示水泵工作的绿灯熄灭。

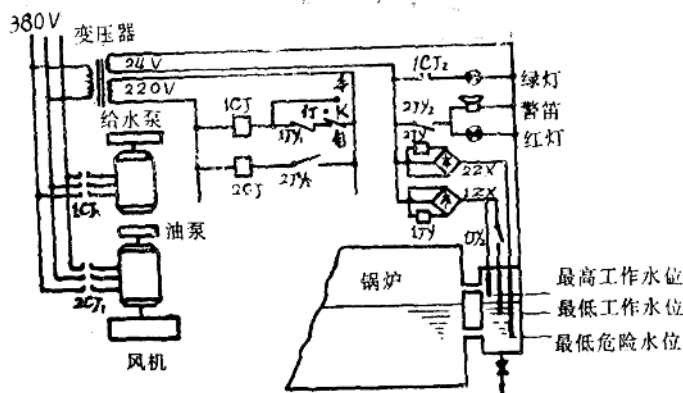


图 9-9 电极式水位调节器电路原理图

JY—电话继电器； CJ—接触器； ZX—桥式整流器； K—转换按钮。

电话继电器 1JY 通电时，同时将触头 1JY₂ 闭合，所以在停止给水后水位下降时，虽然水面降到已与铜棒 1 脱离，电流仍可经铜棒 2 流过，故 1JY 一直处于通电状态，给水泵仍然停止工作。一直到水位下降至最低工作水位，水面已与铜棒 2 脱离，电话继电器 1JY 才断电。于是触头 1JY₁ 恢复闭合状态，使接触器 1CJ 通电，触头 1CJ₁、1CJ₂ 闭合，水泵起动，指示绿灯亮。

因为电话继电器 1JY 断电时，触头 1JY₂ 也同时断开，所以在给水后，水位上升时，虽然水面上升到已与铜棒 2 接触，但电话继电器 1JY 仍不通电，水泵继续工作。直到水位上升至最高工作水位而与铜棒 1 接触后，又重复上述的整个工作过程。

炉内水位在上述电极式水位调节器的控制下，同样能维持在允许的最高与最低工作水位之间波动。调整铜棒 1 与铜棒 2 的末端头距离时，可以改变水位的波动范围，单独调整铜棒 1 或 2 的末端位置，则可以改变最高水位或最低水位。图中铜棒 3 是作为危险低水位保护用的，如果因某种原因造成水位调节器失灵，当水位低于最低工作水位，而给水泵仍不起动，以致水位下降至最低危险水位时，铜棒 3 离开水面，电话继电器 2JY 断电，于是触头 2JY₁ 断开，使控制油泵和风机电机的接触器 2CJ 断电，触头 2CJ₁ 断开，油泵和风机便停止工作，锅炉熄火。同时，在 2JY 断电时，触头 2JY₂ 闭合，危险低水位报警红灯亮，警笛响，通知值班人员前来排除故障。

手动操作时，将转换按钮扳到手动位置，自动调节就不起作用，水泵一直运转，如要水泵停止工作，只要将按钮扳到停止位置即可。

在管理中应注意定期泄放，更换水柱筒中的水，以免纯度太高影响导电。电极棒上也会结上水垢而妨碍导电，应及时加以清洁。为使检修水位调节器极棒时不影响对锅炉水位的控制，一般均按装两套水位感受器，通过一个转换开关进行切换。

9.4 锅炉燃烧自动控制

锅炉燃烧自动控制 (Automatic combustion control—Acc)，对于船舶辅助锅炉来

说,主要包括燃烧自动调节和锅炉程序控制及其安全保护。本节将具体介绍这两部分的工作原理。

辅助锅炉燃烧自动调节

辅助锅炉燃烧自动调节的任务,一是维持汽包内的压力恒定或在规定范围之内,也就是说,随着锅炉负荷的变化,要能够自动地改变喷进炉膛的燃油量以满足热平衡的需要。这是保证船舶用汽机械正常工作的必要条件,二是保持供入炉膛的空气量与喷油量成一定的配比,即保持合适的过剩空气系数,实现良好燃烧。也就是说,随着喷进炉膛的燃油量的变化,要能够自动地改变送风量以保持适宜的过剩空气系数。这是保证锅炉经济可靠运行的必要措施。

但是,对于辅助锅炉来说,由于对锅炉的经济性要求不高,所以当负荷变动时,风门的调节不一定要与油量的调节作到精确配合,只要基本上维持正常燃烧即可,因而大多数船舶采用如下调节方案:即将风门调节机构与供油量调节机构按某一固定的比例关系联系在一起,由一个压力调节器统一进行控制,以达到同时调节风油量的目的。图9-10为按此调节方案设计的燃烧自动调节系统,它的基本部分是一个压力比例调节器和一个由比例调节器控制的电动比例操作器。锅炉的回油阀和风门挡板由操作器统一调节。

压力比例调节器(Proportional regulator)如图9-11所示。锅炉中的压力偏离给定控制汽压时,通过波纹管使平衡杠杆发生偏转,带动发讯划针摆动,改变划针在电位器上的接触点位置,于是发出调节电信号。

电动比例操作器(Mod - utrol)如图9-12所示。它是按比例动作的电动执行机构,它的动力是一个可逆电动机,其转动和停止由比例调节器控制。可逆电动机通过减速齿轮组转动输出轴。输出轴端装有联动杠杆,它带动锅炉回油阀和风门挡板动作。在输出轴上还装有凸轮,当输出轴转动时,凸轮

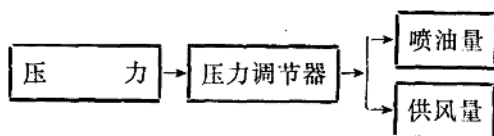


图 9-10 (a)

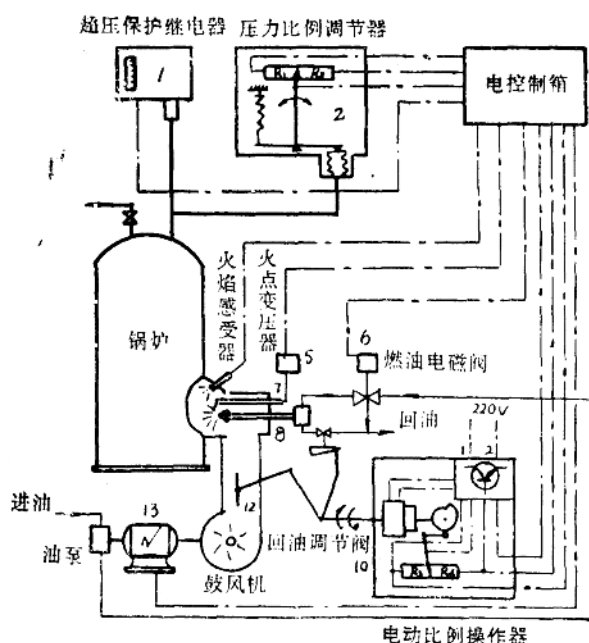


图 9-10 (b) 带有电动压力比例调节系统的锅炉燃烧自动控制图

顶动曲臂，使反馈划针沿反馈电位器划动，以实现反馈动作。

系统的工作过程是这样的，由于比例调节器内的电位器和比例操作器内的反馈电位器用导线联成的正好是一个电桥，如图 9—13 所示。这样，当锅炉压力稳定时，发讯划针和反馈划针停在其电位器上的位置正好相对应，电桥处于平衡状态， $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ ，两划针之间的电位差 $U = 0$ ，故无电信号输出，此时比例操作器不动，风门和回油阀都处于一定的位置。当压力发生变化时，由于发讯划针偏转改变了原来的 R_1 与 R_2 的分配比例，因而破坏了电桥平衡，故两划针间存在电位差，于是输出电信号。此信号经比例操作器内的晶体管放大电路放大后，触发比例操作器内的可控硅开关电路，将可逆电动机起动，于是调节风门和回油阀。与此同时，比例操作器输出轴上固定的

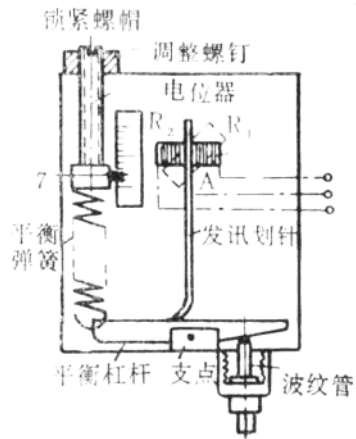


图 9—11 压力比例调节器

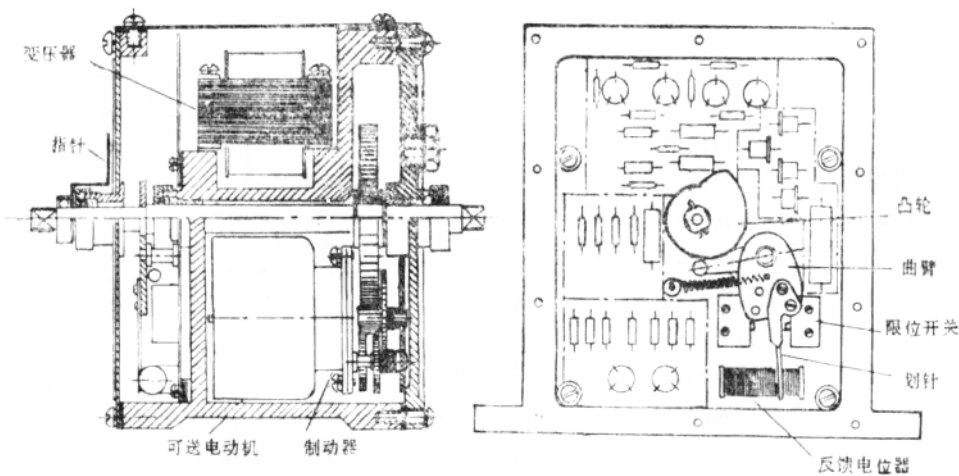


图 9—12 电动比例操作器

凸轮顶动曲臂，使反馈电位器内的反馈划针偏转，反馈电位器电阻 R_3 与 R_4 的分配比例相应改变，电桥重新趋于平衡。当电桥重新达到 $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ 时，输出电信号消失，可逆电动机停止转动，风门和回油阀就停在适应于锅炉新工况的位置上。

这种燃烧自动调节系统的控制汽压值（给定值）的调整，是通过

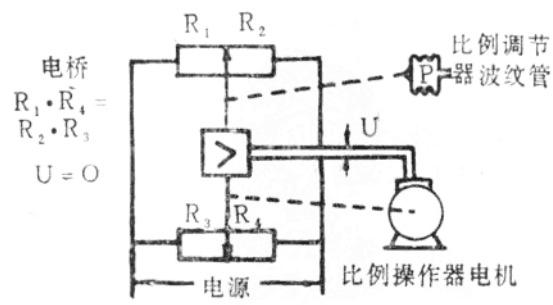


图 9—13 比例调节器和比例操作器的电路原理图

调整压力比例调节器上的调整螺钉实现的。调整时，松开锁紧螺母，用小螺丝刀旋转调整螺钉，使固定指针的螺母上下移动，改变给定弹簧的拉力，则控制汽压值的大小发生变化。一般顺时针旋转调整螺钉，控制汽压值增高；逆时针旋转，控制汽压值降低。调整范围一般是 $0.5\sim 10$ 公斤/厘米²。系统的参数整定，是通过改变压力比例调节器上的电位器的倾斜角度实现的，（如图9—11虚线所示）。电位器倾斜的角度越大，比例带越小，即比例调节作用越强。因为电位器倾斜角度越大，发讯划针从一个极限位置改变到另一个极限位置，或者说， R_1 从最大值改变到最小值时，所需的压力变化差值越小，喷油量和送风量同样由最小变为最大所需的压力变化差值越小，自然比例调节作用越强。国产YBD—644型压力调节器的比例带调整范围为 $0.2\sim 2$ 公斤/厘米²。

辅助锅炉燃烧自动调节系统，除了采用上述压力比例调节系统外，也有采用双位式压力调节系统的，如图9—14所示。这种调节方案，一般多用于火管锅炉，因火管锅炉蓄热量较大，所以当供汽量与产汽量的平衡破坏时，压力变化比水管锅炉要迟缓的多，如产生的蒸汽仅供加热取暖用，采用双位式压力调节系统，完全可以达到燃烧自动调节的要求。

这种系统的工作过程是这样的，当定出蒸汽压力的高、低限后，压力调节器（或称压力继电器）只有两个动作，即炉内压力达到高限时，调节器动作，将电触头断开，使驱动油泵和风机的电动机断电，并关闭燃油电磁阀，于是锅炉熄火。当炉内压力下降至低限时，调节器动作，再将电路接通，风机和油泵起动，同时开启电磁阀，电点火器通电，锅炉重新点燃，如此重复不已，炉内压力便被维持在定出的高、低限压力间波动。

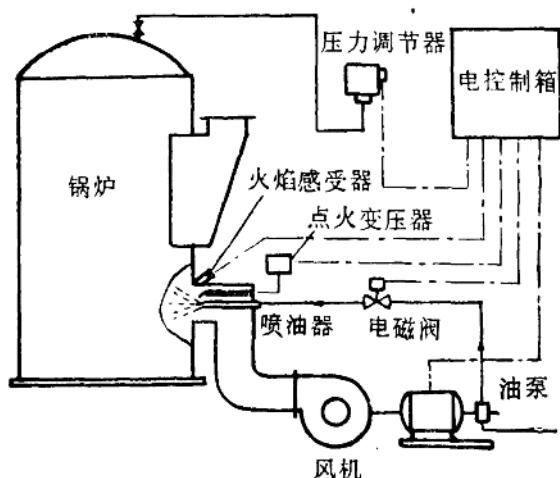


图 9—14 带有双位式压力调节系统的锅炉燃烧自动控制图

双位式压力调节系统采用的压力调节器种类较多，但就其工作原理来说，基本相同。国产船舶上多采用YD651型压力继电器，如图9—15所示。

这种压力继电器，其波纹管感受炉内压力的变化，通过杠杆的转动控制电触头的断开与闭合，从而发出控制信号。调整平衡弹簧的拉力可以改变断开汽压的大小，调整范围为 $0\sim 10$ 公斤/厘米²。由于差动弹簧的作用，触头闭合时的汽压要比断开时低一定的差动值。调整差动弹簧的张力可以改变差动值的大小，调整范围为 $0.7\sim 2.5$ 公斤/厘米²。例如，将断开汽压调到 8.0 公斤/厘米²，差动值调到 0.5 公斤/厘米²，那么当炉内汽压上升到 8 公斤/厘米²时，压力继电器触头断开，汽压下降到 7.5 公斤/厘米²时，压力继电器触头便闭合。

采用双位式压力调节系统，锅炉的点火和熄火比较频繁，只有当和锅炉燃烧程序控制系统配合时，才能真正达到自动化的目的。

- 1—平衡弹簧； 2—差动弹簧；
3—波纹管； 4—杠杆；
5—叉形臂； 6—拉片；
7—定位臂； 8—电触头；
9—控制压力指针； 10—差动值指针。

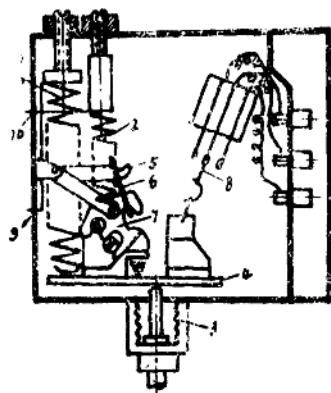


图 9—15 YD651压力继电器

废气锅炉 (Exhaust boiler) 是利用主机排气中的余热来产生蒸汽，装设在机舱顶部主机排气管中，其蒸发量决定于主机的排气量和排气温度，即主机的功率。在正常航行中，主机的功率是稳定的，而船舶对蒸汽的需要量却随航区、季节等而不同，甚至一天之内变化也很大，如不加以调节，则会出现蒸汽过剩现象。对于废气锅炉蒸发量的调节，其方法是很多的，我国远洋船舶一般采用以下三种方法之一，或同时配合使用。

1. 烟气旁通法

在废气锅炉烟道一侧设一旁通烟道，锅炉烟道和旁通烟道的进口处各有一块烟气调节挡板，两块挡板是联动的，当其中一块全开时另一块则正好全闭，如图 9—16 所示。也有的将旁通烟道放在废气锅炉中间，而仅在旁通烟道中设置一块烟气调节挡板。这样废气锅炉蒸发量的调节可根据蒸汽压力的大小调节流经废气锅炉的加热排气量，以达到调节蒸发量的目的。

比如，国产 24000 吨油轮废气锅炉蒸发量的调节如图 9—17 所示。它由废气锅炉和气动压力变送器以及气动长行程执行机构组成了废气锅炉蒸发量的自动调节系统。废气锅炉在机舱的顶部，为了便于在机舱底部操纵，系统中装有气动遥控板。当气动遥控板上的手动——自动切换开关扳到“手动”位置，则遥控板上的手操定值器与气动长行程执行机构直接相通，这时可根据蒸汽压力变化，旋转遥控板上的手操定值器旋钮，遥控旁通挡板开度大小以调节废气锅炉的蒸发量。当气动遥控板上的手动——自动切换开关扳到“自动”位置，则气动压力变送器（或称气动压力调节器）输出气压信号与气动长行程执行机构相通，此时废气锅炉的蒸发量便进行自动调节。

比如，废气锅炉的蒸汽压力增高时，压力变送器输出一个开大旁通烟道挡板的控制气压信号给气动长行程执行机构，通过后者将旁通烟道挡板开大，使主机排气进入锅炉烟道的量减少，经旁通烟道的量增大，以控制蒸汽压力的增高。反之，当废气锅炉的蒸汽压力降低时，压力变送器输出一个关小旁通烟道挡板的控制气压信号给气动长行程执行机构，将旁通

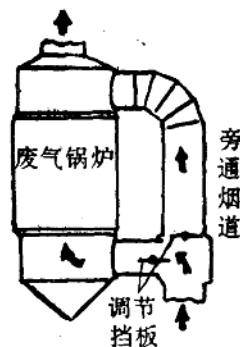


图 9—16 废气锅炉蒸发量调节方法—烟气旁通法

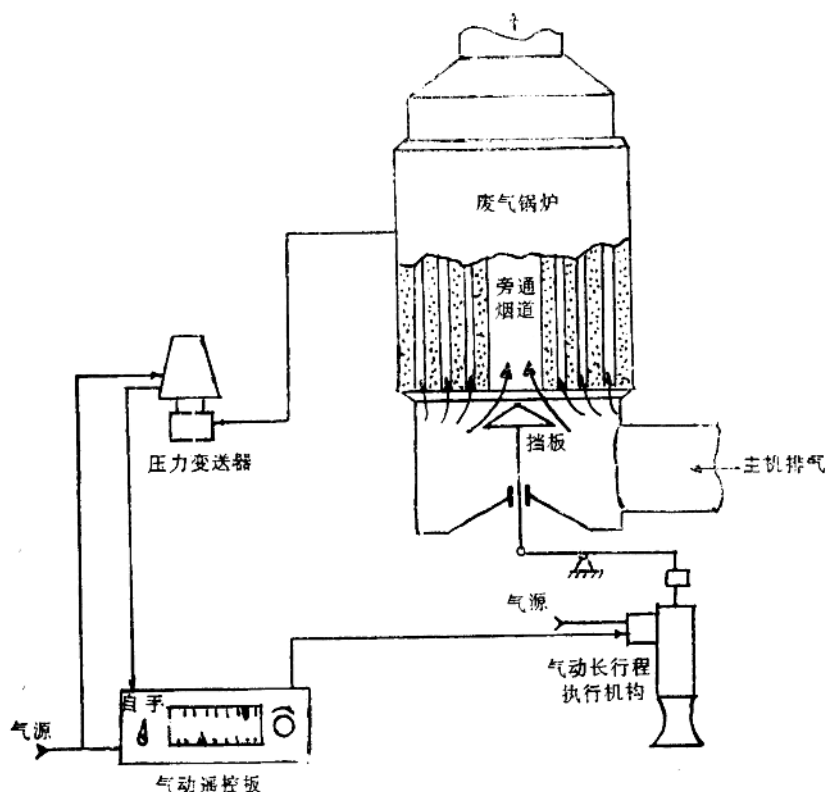


图 9—17 24,000吨油轮废气锅炉蒸发量调节系统

烟道挡板关小，减少主机排气旁通量，增大进入锅炉烟道量，以控制蒸汽压力的降低。有了此调节系统，废气锅炉的蒸汽压力可被控制在允许范围内波动。也即蒸发量得到自动调节。

2. 蒸汽凝结法

如图 9—18 所示，当废气锅炉蒸汽量过多时，汽压上升，便自动顶开蒸汽管道上的弹簧蒸汽调节阀使多余的蒸汽通入冷凝器，其凝结水则流回锅炉热水井。

此方法适用于船上已设有较大冷凝器的情况或作为其他调节方法的补充。

3. 改变锅炉受热面法

这种方法多用于强制循环废气锅炉。在立式火管废气锅炉中，也可采用改变工作时水位的方法来增减排气对炉水的传热面积，从而达到调节蒸发量的目的。此方法多为手动调节。

辅助锅炉程序控制及其安全保护

实现辅助锅炉自动控制，光有水位和燃烧自动调节是不行的，必须对锅炉的燃烧还要配上程序控制和安全保护。在介绍锅炉程序控制 (Program control) 和安全保护之前先介绍下什么叫作程序控制？

程序控制简单来讲，是指在某一种操作指令（或输入信号）作用下，通过程序控制装置，按照事先规定的时间顺序或者按照事先规定的逻辑顺序，自动完成一系列预定的操作。程序控制和上册介绍的自动调节不同，它不是维持什么参数的恒定，而是完成一个预期的操

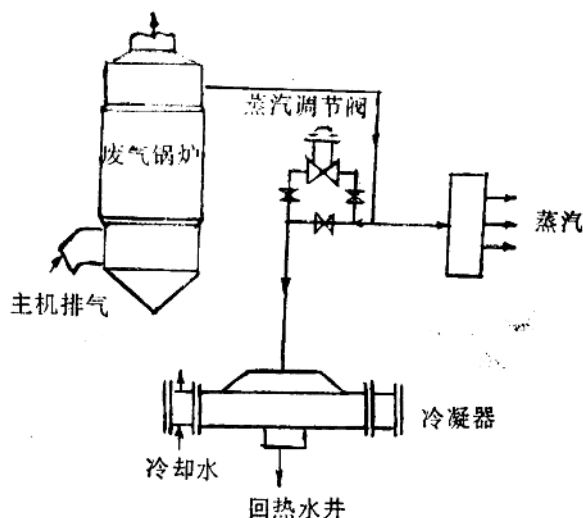


图 9—18 废气锅炉蒸发量调节方法——蒸汽凝结法

作工序。因此它一般是一个开环系统，不存在反馈问题。比如象锅炉自动点火与熄火，以后要介绍的分油机自动排渣和主机遥控等都属于程序控制。

所谓程序，就是操作过程中必须遵守的操作工序。程序可以是个规定的时间顺序，也可以是个规定的逻辑顺序。比如，拿锅炉点火这一操作来说，它必须得遵守如下的操作工序：先开动油泵和风机，然后打开风门进行预扫风数十秒钟，以防点火时炉内冷爆。扫风完毕后关小风门，准备点火。点火时，先少开油门和风门，待点着火后再大开油门和风门，以便进行正常燃烧。如一次未点着，则需速停喷油，大开风门再次扫风，等扫风完毕，方可再次重新点火。按上述操作顺序编出一个程序，规定先做什么，后做什么，每相邻的先后操作，应隔多少时间，然后由自动控制装置执行，便可实现锅炉的自动点火。显然，此项操作是个程序控制。

对于一个完整的锅炉燃烧程序控制来说，应能按如下程序动作：

当按下锅炉启动按钮后，便自动起动风机和油泵，进行数十秒的予扫风，开始自动喷油点火。点火时，先将风、油门小开（以利于火焰的建立）。当火点着后，立即自动切除点火变压器，并将风门、油门开大，进入正常燃烧。

在启动过程中，当点火不成功，便通过熄火保护装置自动停止燃烧，并发出警报。只有消除产生故障的原因并加以手动复位后，才允许重新启动。

如果在锅炉运行过程中，发生突然熄火，点火变压器立即自动投入，重新点火，若仍旧点不着，过一规定的短时间间隔后，熄火保护装置动作，停止燃烧。

如果锅炉运行中，一旦负荷过小，压力比例调节系统虽然已将风、油量调至最小而仍无法控制汽压的上升，当汽压上升到超过保护继电器的整定值时，便使其动作，停止锅炉喷油燃烧（这属于正常停炉），待汽压降到规定值后，使锅炉重新自动启动，恢复燃烧。

当锅炉供风系统、燃烧系统或自动调节系统某一部分失灵而使锅炉水位、汽压失去控制，造成对锅炉有损坏或有爆炸危险时，安全保护装置立即动作，停止锅炉喷油燃烧，并发