

大中专电力类学校工初级工培训教材

锅炉设备运行

(试用本)

水利电力出版社

火电生产类学徒工初级工培训教材

锅炉设备运行

(试用本)

水利电力出版社

内 容 提 要

本书为火电生产类学徒工初级工培训教材之一，主要叙述锅炉起动，包括单元机组滑参数起动和直流锅炉起动；锅炉运行调节与维护；停炉与保护；辅助设备运行与故障处理。对锅炉常见故障及处理也作了介绍。

火电生产类学徒工初级工培训教材

锅 炉 设 备 运 行

(试用本)

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.5印张 99千字

1983年7月第一版 1986年8月北京第二次印刷

印数32001—43070册 定价0.69元

书号 15143·5214

前 言

为了提高水利电力系统学徒工初级工的技术水平，使技工培训工作逐步走向正规化、系统化，我们统一组织编写了水电生产、水电施工、火电生产、火电建设和供电等五类学徒工初级工的培训教材。

这五类培训教材是按照原水利部、原电力工业部颁发的工人技术等级标准中相应的应知技术理论要求编写的。每一工种的培训教材包括基础课与专业课两部分，注意到学徒工初级工两个阶段技术理论教育的系统性和完整性，力求密切联系生产实际，深入浅出，突出工人培训教材的特点。

火电生产类培训教材包括22个工种共23本，其中基础课11本，专业课12本，委托山西省电力工业局组织编写，并约请各大区网局和省电力工业局的有关同志参加审稿。

《锅炉设备运行》系专业课教材之一，由霍县发电厂纪同明（第一、二、三、四、九章）、毛保有（第五章）和冯旭（第六、七、八章）编写，山西省电力工业局李天德统稿，王振宇初审，北京第一热电厂、望亭发电厂等单位进行了审定。

由于编写时间仓促，又缺乏经验，培训教材中难免存在错误和不妥之处，现以试用本出版，内部发行。希望使用单位和广大读者提出宝贵意见，以提高再版的质量。

水利电力部

1983年2月

目 录

前 言

第一章 锅炉起动	1
第一节 锅炉冷态起动	1
第二节 单元机组滑参数起动	18
第三节 直流锅炉起动	21
第四节 锅炉起动过程中的技术保安	27
第二章 锅炉运行调节	32
第一节 蒸汽压力调节	32
第二节 蒸汽温度调节	35
第三节 汽包水位调节	44
第四节 燃烧调节	48
第五节 液态排渣炉运行调节	59
第六节 结渣及预防	60
第三章 锅炉运行维护	64
第一节 巡回检查	64
第二节 定期工作	66
第三节 经济运行和仪表分析	70
第四章 锅炉停运	74
第一节 锅炉正常停运	74
第二节 单元机组滑参数停运	76
第三节 停炉保护	77
第五章 制粉系统运行	79
第一节 制粉系统起动和停运	79
第二节 制粉系统运行监视与调节	84

第三节 制粉系统故障处理	95
第六章 风机运行	100
第一节 风机起动和停运	100
第二节 风机运行监视	102
第三节 风机运行调节	103
第四节 风机故障处理	107
第五节 空气压缩机运行	111
第七章 离心泵运行	115
第一节 离心泵起动和停运	115
第二节 离心泵运行维护	116
第三节 离心泵故障处理	117
第八章 除尘和除灰设备运行	120
第一节 除尘设备运行	120
第二节 除灰排渣设备运行	122
第三节 灰渣输送	124
第九章 锅炉故障处理	129
第一节 水位故障	130
第二节 燃烧事故	132
第三节 受热面管子损坏	134
第四节 厂用电源中断	137
第五节 回转式空气预热器故障	139
第六节 负荷骤减	140

第一章 锅 炉 起 动

锅炉的启动分为冷态启动和热态启动两种。冷态启动是指锅炉经过检修或较长时间备用后，在没有压力而温度与环境温度相接近情况下的启动。热态启动则是指锅炉停运时间较短，还保持有一定压力和温度情况下的启动。二者的启动过程大致相同，只是后者是以前者启动过程中的某一阶段作为启动起始点的。为了了解锅炉启动的全部过程，下面将以冷态启动为例加以讨论。

第一节 锅 炉 冷 态 起 动

一、启动前的检查、试验和准备

锅炉点火前，必须进行详细、全面的检查。目的是了解和掌握设备及系统的现有状况，保证锅炉的全部设备正常完好并处于准备启动状态，以便锅炉在启动过程中及投入运行后安全可靠。具体检查项目一般如下。

1. 锅炉本体的检查

(1) 炉膛内部无杂物，炉墙无裂缝，燃烧器完整、喷口无结焦堵塞现象、无明显变形和磨损，水冷壁无裂缝、无挂焦、焊口无渗水痕迹；脚手架全部拆除；炉膛内部无人工作。

(2) 所有炉门、人孔门、检查孔应完整并关闭，防爆门无破裂、无杂物。

(3) 受热面及烟道无堵灰、杂物及工具, 受热面没有变形和磨损, 各固定卡子、挂钩应完整; 烟道内无人工作。

(4) 吹灰器应完整、位置正确; 渣井或冷灰斗水封槽应充满水, 冷灰斗内的灰渣应清除干净, 浇渣和冲渣喷嘴位置应正确。

(5) 管道及炉墙保温油漆(包括色环)应完整, 设备管道标志应正确、明显, 如管道内介质流动方向, 回转设备的转动方向, 截门和挡板的名称、编号、开关方向、开度指示等。

(6) 一、二次风门均应关闭。

(7) 点火引燃系统及装置应齐全、完整、可靠。

(8) 配属该锅炉的各种仪表(包括自动记录仪表), 热力控制装置, 热机保护装置, 自动调节装置, 运行异常工况的报警装置(声、光信号)均应齐全完好。

(9) 楼梯、平台、步道 应符合《电 业安全 工作规程》的规定。

(10) 有关各处的工作照明和事故照明均应充足。

(11) 所有设备(包括管道)及其周围环境卫生应合格。

2. 汽水系统及其部件的检查

(1) 所有安全门、排汽门完整无损, 没有影响动作的障碍物。

(2) 汽水系统各阀门应完整, 开关灵活, 阀杆不应有弯曲、锈涩现象, 法兰、压兰无泄漏, 手轮开关方向应与指示相符合, 远方控制机构应灵活; 对电动阀门应进行遥控试验, 检查电气和机械部分是否完整可靠。

(3) 汽水取样及加药设备应完整。

(4) 管道的支吊架应完整牢固。

(5) 汽包及各联箱的膨胀指示器应完整，并校对其指示零位。

3. 制粉系统的检查

详见第五章第一节。

4. 转动机械的检查

(1) 转动机械的靠背轮应有保护罩；转动机械的各地脚螺丝的螺母不得松动；轴承油位正常、油质良好，冷却水畅通；转动机械电气设备绝缘合格。

(2) 吸、送风机入口挡板动作灵活，开关方向正确。

(3) 磨煤机油箱有足够存油。

(4) 转动机械应进行连动试验，以检查其动作是否正常；各转动机械的事故按钮应完好，并有明显标记。

5. 起动前的试验

(1) 漏风试验 锅炉经过检修后，在冷态下应进行燃烧室、烟风道、除尘器及所有人孔门严密性的漏风试验。

漏风试验一般分正压法与负压法两种。

1) 正压法：正压法漏风试验是保持燃烧室和烟道内为正压，检查其是否漏风。具体的方法是：将吸风机入口挡板和炉门全部关闭，在送风机入口放置已燃的烟幕弹，随后起动送风机，则烟幕弹的烟被送入燃烧室及烟道中，并保持其正压为15~20毫米水柱，如燃烧室和烟道有不严密处，则烟就会从此处逸出，并留下痕迹。可按漏风处留下的痕迹，堵塞处理。

2) 负压法：负压法漏风试验是保持燃烧室和烟道内为负压，检查其是否漏风。具体方法是：首先起动吸风机，使燃烧室内保持负压为15~20毫米水柱，然后用火把或蜡烛靠

近炉墙和烟道的外表面各处移动，如果有不严密处，则火焰被吸向该处。此时，可在漏风处作标记，进行消除。

此外，空气预热器及风道的严密性试验一般采用正压法。

(2) 连锁试验 为了防止误操作和迅速排除故障，以保证锅炉生产过程的稳定，锅炉机组均装设连锁、连动保护装置，回转机械进行程序编排。当锅炉转动机械某一部分发生故障时，按其特定的程序自动切换或停止运转，起到保护设备的作用。

1) 锅炉连锁条件(以配有中间储仓式制粉系统的 HG-410/100-1 型锅炉为例)：①当两台吸风机事故停运时，应自动停止所有的送风机、给粉机、排粉机、磨煤机、给煤机；②当两台送风机事故停运时，应自动停止所有的给粉机、排粉机、磨煤机、给煤机；③当任一台排粉机事故停运时，应自动停止相应的磨煤机、给煤机；④当任一台磨煤机事故停运时，应自动停止相应的给煤机；⑤当给煤机事故停运或磨煤机出口温度超过规定值时，应自动开启磨煤机冷风门；⑥当磨煤机润滑油油压低至规定值时，应自动停止磨煤机运行。

2) 连锁试验步骤：首先作吸风机、送风机、排粉机、磨煤机等转动机械的事故按钮停用试验，然后作连锁试验。

①起动所有的吸风机、送风机、给粉机、排粉机、磨煤机油泵、磨煤机和给煤机；②投上连锁装置；③当停止一台吸风机时，送风机、给粉机、排粉机、磨煤机、给煤机不跳闸，当停止两台吸风机时，则所有的送风机、给粉机、排粉机、磨煤机和给煤机都跳闸；④做制粉系统连锁试验时，应将制粉系统连锁装置投入，起动磨煤机油泵及磨煤机，当磨煤机油泵

停止或油压低于规定值时，磨煤机应跳闸，冷风门自动开启。

（3）电动门、调整门试验

1）各电动门全开时，红灯亮，绿灯灭，应就地检查阀门确实已经开启；各电动门全关时，绿灯亮，红灯灭，应就地检查阀门确实已经关闭。电动门关闭后，应留有少量余扣，以防开门时起动力矩大而损坏电机，但余扣也不能留得过多，否则在紧急情况下，不能及时地将阀门关闭严密，反而容易扩大事故。

2）调整门全开、全关一次，实际开度与表盘刻度指示应相符合。减温水及给水系统的调整门在上水期间应逐个试验泄漏情况。试验方法是：电动门全开，调整门关闭，逐渐开启手动门，观察流量表有无指示，并在就地倾听有无泄漏声。当手动门开启至全开度的10%，流量表无指示，就地无泄漏声时，即调整门无泄漏。若泄漏量过大，应重新进行检查。

（4）转动机械试转 转动机械检查完毕后，即可起动试转。在试转时应注意下列事项：

- 1）转动机械无异音、摩擦和撞击声等缺陷。
- 2）转动机械的转动方向正确。
- 3）轴承应无泄漏现象。
- 4）轴承振动、串动和温度值不应超过规定值。
- 5）试转完毕后，用事故按钮停机。

6. 起动前的准备

（1）煤粉炉的粉仓应有足够的煤粉；原煤斗应有足够的存煤，检查发现无煤时联系上煤。

（2）点火系统应处于备用状态。

(3) 点火棒或电弧点火枪应在备用状态。

(4) 除尘器投入运行。

(5) 前置式空气预热器、回转式空气预热器投入运行。

(6) 通知热工投入各表计。

(7) 投入所有的大小连锁。

二、上水及水压试验

1. 上水

起动前的检查、试验和准备工作完毕后，即可开始给锅炉上水（亦称进水）。水质应符合给水的质量标准。上水时要严格控制水的温度，掌握上水速度，按规定的步骤操作。

(1) 上水温度

1) 新安装的锅炉和检修后的锅炉水压试验的上水温度应符合制造厂的规定。

2) 冷却后的锅炉在点火起动前的上水温度，一般不应超过 90°C 。

3) 进入未完全冷却的自然循环汽包锅炉的水温度与汽包壁温度的差值不应超过 40°C ，超过 40°C 时不得上水。

(2) 上水速度 上水的速度应根据水温和金属温度的差值、上水方式和锅炉型式等来确定。

1) 当上水温度和金属温度差值在 20°C 以内时，上水速度可不受限制，只需注意不要引起管道冲击。

2) 当上水温度和金属温度差值在 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$ 时，上水速度可按中压炉1小时、高压炉2小时的时间均匀控制。

3) 冷却至周围环境温度的锅炉，若以 90°C 的给水上水所需的时间，中压炉为 $1.5\sim 2$ 小时，高压汽包炉为 $3\sim 4$ 小时。

(3) 上水操作步骤 锅炉上水，通常情况下都是用给水管经省煤器上水，其步骤如下：

1) 投用给水系统：关闭省煤器进口门，向给水系统充水，开启空气门排气和暖管，以防止水冲击，待空气排净后关闭空气门。

2) 检查给水温度和汽包壁金属温度的差值，以确定上水速度。

3) 开启点火排汽门或汽包、过热器联箱和导汽管上的空气门。

4) 开启省煤器进口门，用点火旁路管上水。

5) 当水位至汽包最低可见水位时，停止上水，核对水位，若发现水位有上升或下降现象时，应检查给水系统的进水门，锅炉放水门、排污门、水冷壁、省煤器等处的严密性，并消除缺陷。

上水工作到此结束。如锅炉需进行水压试验，则应继续上水。

2. 水压试验

水压试验是检查锅炉承压部件严密性的一种方法。

水压试验分工作压力试验与超压试验两种，其步骤如下：

(1) 锅炉做工作压力试验时，利用给水小旁路继续向锅炉缓慢上水，当空气门有水冒出且无冒气泡声音时，应立即关闭空气门。但锅炉内的空气必须放净，否则由于空气具有很大的可压缩性，将使压力表指针剧烈摆动，而影响试验的准确性。

(2) 当锅炉最高处的空气门冒水后，即表示锅炉已经充满水，此时可缓慢进行升压。升压速度应控制在每分钟不

超过2~3公斤/厘米²。

(3) 当压力升至工作压力的10%时,应暂时停止升压,进行全面检查。如果没有发现泄漏之处,可继续升压。

(4) 当压力升至接近工作压力时,应特别注意压力的上升速度必须均匀缓慢,并防止超过工作压力。

(5) 当压力升至工作压力时,应立即关闭上水门,停止升压。从上水门完全关闭时计时,5分钟内压力下降不超过5公斤/厘米²为合格。

(6) 锅炉如果进行超压试验时,首先解列汽包水位计,即关闭汽门、水门,再升压。

(7) 在由工作压力上升到超压试验压力(工作压力的1.25倍)的过程中,压力的上升速度以每分钟不超过1公斤/厘米²为宜。

(8) 当压力上升至超压试验压力时,应立即停止升压,并记录时间。停止上水后5分钟内压力下降不超过5公斤/厘米²为合格。

(9) 锅炉在超压试验压力下保持5分钟后,立即降压至工作压力,再进行全面检查。检查工作结束后,继续降压。降压时应均匀缓慢地进行,一般可较升压速度稍快些。

(10) 水压试验完毕后,若列入备用,应进行充压保护;若立即起动,则放水至汽包最低可见水位。

三、点火、升温、升压

燃煤锅炉在点火前首先起动单台吸风机,使炉膛维持负压5~10毫米水柱。通风时间为5~10分钟,排除炉膛内和烟道中的残余可燃物,防止点火时爆燃。对于燃气和燃油的锅炉必须用送、吸风机通风,时间不少于10分钟。然后调整总风压,使其维持在点火时所需的数值。

对于煤粉炉，还应对一次风管进行逐个吹扫，每根吹扫时间约2~3分钟，以清除管内积存的煤粉，防止点火时爆燃。若是排粉机供一次风吹扫管路时，则需起动排粉机。待吹扫工作完毕后，关小吸风机调整挡板，以维持炉膛负压1~2毫米水柱，准备点火。

煤粉炉的点火方式很多。为了节约燃油，国内外已开始采用高能电弧、同轴空气等离子弧、少量可燃气体等方式直接点燃煤粉。此外，国内还正在推广使用投资少、简单易行的煤粉预燃室旋流燃烧器点火。这些点火方式虽然在技术上已日趋成熟，但使用还不广泛。目前，我国大部分煤粉炉还是用油（轻柴油或重柴油）点火，这种点火方式的操作步骤是：起动供油泵，投用油系统，保持额定的温度和压力；投用点火器，微开油枪油门，油点着后停用点火器，再适当开大油枪油门；调整风量，使油完全燃烧；然后用同样办法逐个点燃其它需要投用的油枪。锅炉起动初期，需要投用油枪的数量，应以现场运行规程的规定为准。

锅炉着火后，当空气预热器出口的热风温度达到100℃时，即可开始向主燃烧器供给煤粉（即投用主燃烧器），若煤粉不着火，应立即停止供给煤粉并向炉膛进行通风。然后适当开大油枪油门，加强燃烧，增长火炬，再重新向主燃烧器供粉。投粉时应先投用火炬长、燃烧强烈的油枪上面的燃烧器，因为这里的温度较高，容易引燃煤粉。开始投粉时还应注意，一、二次风用的小些，使煤粉浓度高些，否则不利于煤粉的点燃。待煤粉着火稳定后，应适当开大一次风门，以防堵塞一次风管。同时调整二次风，使煤粉完全燃烧。

点火后，由于煤粉燃烧使锅炉各部分被加热，炉水温度也逐渐升高。水开始汽化，汽压逐渐升高。从锅炉点火直到

汽压升至工作压力的过程，称为升压过程。

由于水和蒸汽在饱和状态下温度和压力之间存在一定相应关系，所以蒸发设备的升压过程也就是升温过程，通常以控制升压速度来控制升温速度的大小。由于自然循环锅炉汽包壁较厚，在点火初期容易产生上下壁及内外壁温差，若差值过大，汽包产生过大热应力而变形。因此，必须控制升压速度，控制汽包上下壁温差小于 40°C 。一般高压锅炉升温速度约为 $1.5\sim 2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 。

在升压初期，由于投运的燃烧器较少，燃烧较弱，炉膛火焰的充满程度较差，对水冷壁加热不均；又由于水冷壁和炉墙温度很低，因此燃料放出的热量中用于使炉水汽化的热量并不多，产汽量不大，水循环不强烈，且压力越低，汽化潜热越大，这样受热面和汽包易产生较大的热应力。所以升压过程的开始阶段的升温速度应比较缓慢。为克服这种弊病，近代大中型自然循环锅炉都设有底部加热装置，在点火前投入，待汽包压力升至 $5\sim 10$ 公斤/厘米²时停用。若因故不能使用时，在点火升压初期必须严密监视汽包壁温差和水冷壁的膨胀指示。

此外，根据水和蒸汽的饱和温度与压力之间的变化规律可知：压力越高，饱和温度随压力而变化的数值越小，压力越低，饱和温度随压力而变化的数值越大。所以在低压阶段，升压过程持续时间就应当比较长。

在升压的后阶段，虽然汽包的上下壁温差已大为减小，升压速度可以比低压阶段快些，但由于压力的升高产生的机械应力较大，因此后阶段的升压速度也不应超过规定的速度。

锅炉在升压过程中一般有以下定期工作：

(1) 当汽压升至1公斤/厘米²时, 冲洗水位计一次。冲洗方法是: ①关闭汽门(用快关门)约1~2分钟; ②开启放水门, 冲洗水位计, 然后关闭水门, 开汽门; ③关闭放水门, 开启水门。冲洗完后与另一水位计校对, 保证指示可靠, 但水位是有轻微波动的。冲洗水位计时, 注意人不可站在正对面, 操作要缓慢。根据水位情况进行补水, 补水时应关闭省煤器再循环门, 防止给水直接进入汽包。

(2) 当汽压升至2公斤/厘米²时, 关闭空气门、过热器疏水门, 开启向空排汽门。

(3) 当汽压升至3公斤/厘米²时, 下联箱进行放水。目的是为了加强水循环, 使受热面受热均匀, 减少汽包壁温差; 放出沉淀物, 以提高炉水品质。

(4) 当压力升至4公斤/厘米²时, 应稳定一段时间, 通知检修人员热紧螺丝。

(5) 当汽压升至6公斤/厘米²时, 开始对主汽管暖管。

(6) 当汽压升至10公斤/厘米²、汽温260℃时, 汽轮机冲转(指HG-410/100-1型锅炉)。其它机组的冲转参数可按照本厂规程进行。

(7) 当汽压升至60公斤/厘米²的, 全面检查一次, 如弹簧吊架, 过热器温度, 炉内声音等。并再次冲洗水位计。

(8) 当汽压升至工作压力时, 应作好安全门的校定准备工作。

此外, 在升压过程中, 应注意汽包壁上下温差小于40℃, 各过热器管壁温度不超过规定值; 锅炉的加药、定期排污、连续排污由化学值班人员根据化验结果通知锅炉进行操作。