

ICS 27.100

F 23

备案号: 13556-2004

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 435 — 2004

代替 DL 435 — 1991

电站煤粉锅炉炉膛防爆规程

**Code for the prevention of pulverized coal firing furnace
explosions/implosions in power plant boilers**

2004-03-09 发布

2004-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 术语	1
3 防止炉膛爆炸的有关要求	3
附录 A (资料性附录) 可能引起炉膛爆炸的原因	20
附录 B (资料性附录) 炉膛瞬态设计承压能力的说明	21
附录 C (规范性附录) 燃料跳闸的延时及附加报警项目	22

前 言

本标准是根据原电力工业部《关于下达电力行业标准制、修订计划项目的通知》(综科教[1998] 28号文),对DL435—1991《火力发电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》进行修订的。

本标准对DL435—1991修订的主要内容如下:

- 修改了炉膛结构设计压力的规定值;
- 增加了术语;
- 增加了防止炉膛内爆的内容;
- 对有关设备及其系统的要求以及运行操作的规定作了新的补充;
- 增加了资料性附录“可能引起炉膛爆炸的原因”(附录A);
- 增加了资料性附录“炉膛瞬态设计承压能力的说明”(附录B);
- 增加了规范性附录“燃料跳闸的延时及附加报警项目”(附录C)。

本标准实施后代替DL435—1991。

本标准的附录A、附录B为资料性附录。

本标准的附录C为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站锅炉标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位:国电热工研究院。

本标准主要起草人:郑泽民、高汉襄、袁颖、许传凯。

本标准首次发布:1991年9月18日。

电站煤粉锅炉炉膛防爆规程

1 范围

本标准规定了防止电站煤粉锅炉炉膛外爆/内爆在有关设备及其系统方面的基本要求，给出了对设备启、停的顺序及运行操作的指南。

本标准适用于电站煤粉锅炉。

2 术语

下列术语适用于本标准。

2.1

总一次风关断门 main primary air shut off gate

能严密关闭而阻止一次风送入所有燃烧器的总风门。一般应装在不含煤粉的气流中，如正压直吹式制粉系统一次风机出口或负压直吹制粉系统及贮仓式制粉系统磨煤机的入口。

2.2

火焰检测器 flame detector

检测有无火焰并提供信号的装置。

2.3

方向闭锁 directional blocking

当检测到炉膛压力偏离正常值过大时，禁止所有相关的终端控制元件，向可能会增大偏差的方向移动的一种连锁系统。

2.4

风机选型点能力 fan test block capability

简称风机 TB 点。风机选型时，在其流量—压头特性曲线上所要求的对应点，即在锅炉最大连续出力时，所计算出的风量—压头，再加一定的裕量后，相应在水泵特性曲线上的那一点的能力。

2.5

风机控制装置超驰动作 fan control device (s) override action

一种控制动作，即当检测到炉膛压力出现突然偏差过大时，使引风机的控制装置优先于正常自动的动作，快速调节到能保持炉膛正常负压的位置。

2.6

总燃料跳闸 master fuel trip (简称 MFT)

一旦出现危及锅炉安全的危险工况时，切断所有入炉燃料，包括点火器的燃料，它是炉膛安全监控系统主要功能的一部分。

2.7

总燃料跳闸继电器 master fuel trip relay

当总燃料跳闸时，用于同时解列所有要求解列的设备的继电器。

2.8

全火焰丧失 loss all flame

送入炉膛内的燃料和空气不能燃烧转化为燃烧产物，全炉膛无可见火焰的异常情况。

2.9

局部火焰丧失 partial loss of flame

炉膛中个别燃烧器火焰丧失，而其余燃烧器仍保持着火的现象。

2.10

点火器安全关断阀 ignitor safety shutoff valve (fuel trip valve)

响应燃料跳闸指令，自动并完全切断进入点火器燃料的关断阀门。

2.11

点火器 ignitor

能在一瞬间提供足够的点火能量点着主燃烧器燃料的常设装置（包括电火花发生器和点火的油、气枪）。点火器的容量大小与主燃料的着火特性、燃烧器的型式以及对点火器功能的要求有密切的关系，一般可分为一类和二类点火器。

一类点火器：用于点着从主燃烧器在任何运行条件下送入炉膛的气粉混合物。这类点火器所要求的容量较大，一般应在主燃烧器满负荷热量的 20% 以上。

二类点火器：只能用于点着从主燃烧器按点火时所规定的风量和煤粉量送入炉膛的气粉混合物，其容量一般在主燃烧器满负荷热量的 10%~20%。

上述两种点火器均可用于在低负荷或燃烧不稳时助燃，但不能在炉膛已灭火而尚未按规定要求吹扫前作为抢救灭火的手段。

2.12

启动油枪 warm-up oil gun

用于锅炉启动过程中暖炉、升压、冲管和带低负荷而热功率（通常其总热功率为锅炉满负荷热功率的 30% 左右）较点火器大的油枪。

2.13

炉膛安全监控系统 furnace safety supervisory system (简称 FSSS)

是保证锅炉燃烧系统中各设备按规定的操作顺序和条件安全启停、切投，并能在危急工况下，迅速切断进入炉膛的全部燃料（包括点火燃料），防止发生爆燃、爆炸等破坏性事故的安全保护和顺序控制装置。

注：国外有的厂家所称的“燃烧器管理系统 (burner management system)”、“燃料燃烧安全系统 (fuel-firing safety system)”或“燃烧器控制系统 (burner control system)”的主要功能与本标准所定义的 FSSS 是一样的。

2.14

逻辑部分 logic portion

逻辑部分可由继电器或固态元件或可编程逻辑控制器构成，是 FSSS 的核心，所有的安全保护、操作、监视和报警功能都要经过逻辑运算，正确判断发出信号。

2.15

报警 alarm

用声、光信号显示运行工况偏离标准限值或其他不正常的工况。

2.16

连锁 inter lock

是一种控制程序，用于某个设备的运行参数已达到限值或已偏离限值时，使其跳闸，停止运行；或操作顺序不正确时，使其操作不能继续进行；或某一设备跳闸时，与其直接相关的设备必须随即连锁跳闸，以免事故扩大。

2.17

富空气 air rich

供给炉膛（或燃烧器）的空气和燃料之比，高于燃料最佳燃烧时之比，即过量空气大于最佳值。

2.18

富燃料 fuel rich

供给炉膛（或燃烧器）的空气和燃料之比，低于燃料最佳燃烧时之比，即过量空气小于最佳值。

2.19

燃烧器调风挡板 adjustable air damper (register)

装在燃烧器前的一组空气调节挡板，用以按需要分配各燃烧器进入炉膛的空气量；装在旋流燃烧器内的通风挡板或叶片，用于调节气流的旋流度，使空气与煤粉得到所需要的混合并卷吸炉内高温烟气，使进入炉膛的煤粉着火、燃烧。

2.20

稳定火焰 stable flame

在锅炉运行范围内，以及在以规定的最大的变化率改变负荷过程中均能连续保持燃烧稳定的火焰。

2.21

燃烧器 burner

将燃料和空气按所要求的速度、湍流度和浓度送入炉膛，并使燃料能在炉膛内稳定着火和燃烧的装置。

2.22

燃烧器关断挡板 burner shutoff damper

装在每个燃烧器前的关断挡板，用于关断进入主燃烧器的燃料与空气的混合物。

2.23

燃烧调节系统 combustion control system

自动控制进入炉膛的燃料量和风量以及炉膛负压，使锅炉在指令负荷范围内维持适当的空气/燃料比，保证锅炉炉内火焰稳定和燃料燃烧良好的调节系统，并维持炉膛负压在规定范围内。

2.24

燃煤锅炉的炉膛吹扫 pulverized coal firing furnace purge

用送风机和引风机保持恒定的不小于 25% 锅炉满负荷，也不大于 40% 锅炉满负荷时的空气质量流量，对锅炉炉膛进行吹扫，其时间取决于下列两者中的大者：

- a) 不少于 5min；
- b) 使炉膛及其后部承压部件空间得到 5 次换气。

2.25

炉膛外爆 furnace explosions

在炉膛或与炉膛相连接的后部烟道受限空间内，积聚有煤粉、油雾、燃气与空气的混合物，当这些混合物的浓度处于爆燃极限范围内时，如遇到点火源即会爆燃，燃烧产物温度骤增，体积膨胀，压力瞬间升高，乃致炉膛损坏，此现象即为炉膛外爆。煤粉中挥发物的析出愈多，煤粉愈细，则悬浮于空气中煤粉爆炸时所产生的压力愈大。煤粉/空气混合物的浓度只要达到 0.05kg/m^3 ，即可形成爆炸性的混合物。而混合物浓度在 $0.3\text{kg/m}^3 \sim 0.6\text{kg/m}^3$ ，最容易爆炸。

2.26

炉膛内爆 furnace implosions

炉膛负压过大使炉墙内、外所产生的压差超过炉墙承受压力，导致炉墙向内爆裂的现象称为炉膛内爆。可能引起炉膛内爆的原因参见附录 A。

3 防止炉膛爆炸的有关要求

3.1 总体要求

总体要求包括：

- a) 防止炉膛爆炸的要求，涉及到火力发电厂工程的设计、设备的选型和制造，以及安装和运行各个环节。因此要求各有关部门紧密配合，按 3.2 的要求，对设备作出正确的选择，特别是业主单位应及早参与有关建设的全过程，掌握和熟悉各设备的配置情况和性能，配备能胜任设备的运行与维护工作的人员，并编制出相应的运行及维护规程。
- b) 新建锅炉的各项设备及重要仪器、仪表，未安装完毕并经验收检验合格前，锅炉不应启动。安全保护系统在未调试合格前，锅炉不允许交付生产运行。
- c) 随着现代化火力发电厂的设备日趋复杂，自动化水平应相应提高，对重大的自动化操作事项，应配有能连续显示其数据变化的显示器，以便运行人员能迅速作出判断，避免不安全工况的发生。

3.2 对设备与相应系统的要求

3.2.1 炉膛结构设计

炉膛结构设计的要求是：

- a) 炉膛结构应能承受非正常情况所出现的瞬态压力。在此压力下，炉膛不应由于任何支撑部件发生弯曲或屈服而导致永久变形。
- b) 炉膛设计瞬态压力不应低于 $\pm 8.7\text{kPa}$ （有关说明参见附录 B）。

注：对容量为 400t/h （相当于 100MW 机组的锅炉）及以下的锅炉，其炉膛设计瞬态压力，绝对值可低于 8.7kPa ，但不宜低于 6.7kPa 。

- c) 无论由于什么原因使引风机选型点的能力超过 -8.7kPa 时，炉膛设计瞬态负压都应考虑予以增加。

3.2.2 烟风道设计

烟风道设计的要求是：

- a) 从送风机出口一直到烟囱所有的风道及烟道，在设计时均应考虑炉膛承受瞬态设计压力时，烟风道所受到的压力。
- b) 如尾部烟道装有烟气脱硫设备而配备增压风机时，应采取有效的措施，防止炉膛承受引风机与增压风机叠加的压头。

3.2.3 原煤供应系统

原煤供应系统的要求是：

- a) 火力发电厂所用的燃煤在两种以上混烧时，应有混煤的措施，保证进入原煤仓的煤是已混合好的煤。
- b) 从煤场到原煤仓的上煤系统中，应防止杂物进入，并配有碎煤机、煤篦、磁铁分离器、木屑分离器，以保证供煤系统正常运行和进入磨煤机的煤粒径不大于 30mm 或符合设备制造厂家规定的要求。
- c) 给煤机的容量应能适应在燃煤颗粒度、含水量及煤质发热量允许的变化范围内，提供需要的燃煤量。给煤机出、入口管道的设计应保证燃煤在上述规定的粒度及含水量变化范围内煤流畅通，不发生堵塞现象。同时应配置有便于探测或观察煤流的设施，以及为清除障碍和采取煤样的孔门。
- d) 对采用直吹式制粉系统的锅炉，应有防止燃煤供应中断或给煤不稳定、失控等的措施。

3.2.4 制粉系统

制粉系统的要求是：

- a) 制粉系统的设计，必须能在规定的煤质特性及其允许的变化范围内，磨制出合格的煤粉。
- b) 制粉系统和磨煤机的型式，应根据燃煤的特性选定。其总出力在满足锅炉最大出力需要煤量后，尚应有一定的裕度。其中：
 - 1) 对直吹式制粉系统：①机组容量为 200MW 以下时，每台锅炉装设的中速磨或风扇磨煤机

宜不少于三台，其中一台备用。②机组容量为 200MW 及以上时，每台锅炉装设的中速磨煤机宜不少于四台、风扇磨煤机宜不少于六台，其中一台备用；当装设的风扇磨煤机为 6 台以上时，可设两台备用；当采用双进、双出钢球磨煤机时，每台锅炉宜不少于两台，按煤质情况一般可不设备用磨煤机。③磨煤机的计算出力应有备用裕量，对中、高速磨煤机在磨制设计煤种时，除备用磨煤机外，总出力应不小于锅炉最大连续蒸发量时燃煤消耗量的 110%；采用双进、双出钢球磨煤机时，磨煤机总出力在磨制设计煤种时应不小于锅炉最大连续蒸发量时燃煤消耗量的 115%。④对中速磨和风扇磨，磨煤机的计算出力按研磨件磨损中、后期出力考虑；双进、双出钢球磨煤机宜按制造厂推荐的钢球装载量取用。

- 2) 采用钢球磨煤机的贮仓式制粉系统：①每台锅炉装设的磨煤机台数应不少于两台，可不设备用；②每台锅炉装设的磨煤机计算总出力，在磨煤机最佳钢球装载量下，按设计煤种应不小于锅炉最大连续蒸发量时所需耗煤量的 115%。
- c) 对直吹式制粉系统，由同一台磨煤机供煤的燃烧器，在无可靠和严密的隔断门时，应全部投入运行，以防停用的燃烧器一次风管内积粉，并尽可能减少磨煤机的起、停次数。
- d) 设计制粉系统时，应采取的措施使同层或同组各燃烧器的一次风及空气煤粉混合物分配均匀，在锅炉初次启动后即应进行测试和调整，并在设备及运行方式有重大改变时，重新进行测试和调整。同层或同组各燃烧器之间的偏差（最大与最小值之差）不宜大于下列要求：①风量偏差不大于 5%；②煤粉量偏差：贮仓式系统不大于 10%；直吹式系统不大于 15%。
- e) 磨煤机出口空气煤粉混合物的温度应根据煤种、制粉系统的型式及干燥介质、磨煤机的型式以及制造厂家的规定控制在限定范围内。出口温度过低，会妨碍磨粉；出口温度过高，则会造成磨煤机着火，引起爆炸。磨煤机出口温度应根据煤种的变化进行调整，维持规定的出口温度还有助于控制燃料和一次风的比例关系。
- f) 制粉系统的所有管道和设备结构不应存在易发生煤粉沉积的死角，通流面积的设计应保证吹扫空气通过时的流速能将沉积的煤粉吹扫干净。

3.2.5 燃烧器系统

燃烧器系统的要求是：

- a) 燃烧器系统的设计必须与所选定的燃料特性和炉膛的结构型式紧密配合，保证能向炉膛提供需要的煤粉量和空气量，并保持火焰稳定和在炉内有较好的充满度。
- b) 供给各燃烧器的燃料与空气的系统，应有可靠的调节装置，以满足需要的空气/燃料比。
- c) 每个燃烧器煤粉喷口应配有点火器。某些不单独运行的燃烧器煤粉喷口，其相邻运行的燃烧器煤粉喷口能提供可靠的点火源时，可不设点火器。
- d) 在设计炉膛及布置燃烧器时，即应根据炉型选定炉膛压力的取样点、火焰检测器、点火器、暖炉油（气）枪的安装地点以及提供能正确观察到燃烧器着火区情况的条件。
- e) 燃烧器所在的位置，必须便于接近和进行维护，防止附近管道漏粉、漏油而引起火灾，并为清除燃烧器喷口结渣提供条件。

3.2.6 燃烧调节系统

燃烧调节系统的要求是：

- a) 燃烧调节系统应在锅炉运行的负荷范围内，保持输入炉膛的燃料量和空气量与锅炉负荷相匹配，其空气/燃料比在运行初期可控制在设计的限值内，然后通过燃烧优化试验予以验证或修正。
- b) 锅炉启动状态即可投入的燃烧调节系统，其空气流量应维持在锅炉规定的吹扫风量，燃料量应控制在锅炉启动时所规定的要求量。同时，在运行中，各燃烧器的燃料量应与其风量相匹配，防止发生空气与燃料比例失调的现象。

- c) 燃烧调节系统在改变炉膛输入燃料量时，必须同时改变风量，以保持需要的空气/燃料比。也可以采用在增加负荷时先加空气后加燃料，减负荷时先减燃料后减空气，但不允许只使用对燃料调节为自动调节，而风量调节不自动的这种调节方式。
- d) 调节系统的设计应防止锅炉炉膛在富燃料混合物条件下运行，当空气/燃料比降至预定值以下时，控制系统对增加燃料和减少空气量的动作应闭锁。此时，控制系统应减少燃料量或增加空气量，或者两者同时进行。
- e) 对于平衡通风的炉膛，炉膛运行压力应控制在规定的限值范围内，并提供有压力越限时的报警和保护。
- f) 设备的设计和操作规程的制定应尽可能允许燃烧调节装置能在线维护，并提供对燃烧调节和相关的连锁装置进行试验和校验用的仪表和有关的装置。
- g) 直吹式制粉系统的每台磨煤机应有计量其供煤量的装置，以控制其总燃料量与总风量之比。对储仓式制粉系统，应确保给粉量的可控性。
- h) 应提供有控制空气煤粉混合物温度的手段，及足够输送煤粉的一次风量。

3.2.7 点火器和启动油（气）枪

点火器和启动油（气）枪的要求是：

- a) 设计时应根据燃料着火特性和运行方式的要求，确定采用一类或二类点火器。并可在实际的运行试验中予以验证或修改，如原设计为一类点火器，而实际试验证明只能为二类，即应改定为二类，并按试验得出的条件进行点火。当煤种变换而着火特性有改变时，应重新进行上述试验，确定新的点火条件及其功能。
- b) 点火器除点火功能外，在煤质比正常运行的规定值差而影响到锅炉低负荷燃烧稳定性时，点火器应有助燃功能。如在直吹式制粉系统中，给煤机工作不正常，储仓式制粉系统中给粉机供粉不良，已影响到有关主燃烧器着火时，点火器应投入助燃。
- c) 点火器应固定安装并可伸缩，并便于维护。所有点火器油（气）系统的安全关断阀应尽可能靠近点火器安装，使此阀与点火器之间管道内的存油最少，因为在点火器运行时，无论由于什么原因使此阀紧急关闭，其管道内过多的存油可能由于重力的作用而漏入炉膛，出现不安全因素。
- d) 根据煤质和设备特性，为了满足锅炉启动时暖炉及升负荷的需要，还可设置一定数量的启动油（气）燃烧器，必要时应配置相应的点火器。

3.2.8 炉膛压力检测

炉膛压力检测的要求是：

- a) 炉膛压力测点见图 1 方框（B）的规定。
- b) 各类机组炉膛压力超限报警和 MFT 的动作值应按锅炉制造厂的规定，并经现场实践予以验证或修改。
- c) 对 400t/h 及以上容量的锅炉，应设置能连续记录炉膛压力变化情况的仪表，以供运行人员了解炉膛压力变化趋势和供事故后分析之用。

图 1 中：

方框（A）——炉膛压力控制系统，控制炉膛压力在制造厂规定的设定值；

方框（B）——三个独立从炉膛压力测点引出的三台压力变送器组件。为了减少由于炉膛负压测量出问题而引起误判断，应设置三个独立的取样点（取样点四周不应有吹灰孔等强气流扰动），分别从炉膛上部负压在 50Pa~100Pa（或按制造厂规定）的断面引出并送到三台压力变送器组件，并经变送器监控系统（C）再送至炉膛压力控制系统（A），以尽量减少炉膛在压力测量错误情况下运行的可能性。以三个测量值的中间值作为被调量，当两个测量值之间偏差增大时报警，以确认炉膛压力信号的测量是否正常。当三个测量值中有两个值达到引风机控制系统设定的超驰动作值或对相关控制元件方向闭锁的设定值时，风机控制系统应超驰动作或相关控制元件方向闭锁（G）。

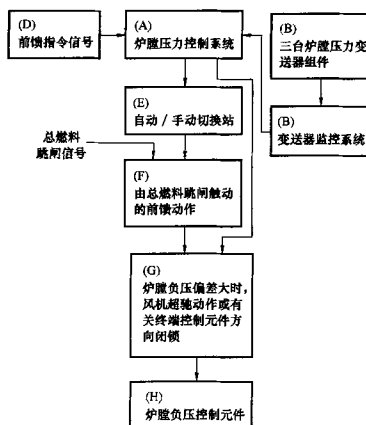


图1 炉膛压力控制及内爆保护系统

方框 (C) —— 变送器监控系统。

方框 (D) —— 前馈指令信号。代表锅炉需要风量的信号，可以选用燃料量信号、锅炉主控信号或其他合适的指令信号，但不应是所测量出的空气流量信号。

方框 (E) —— 自动/手动切换站。

方框 (F) —— 由总燃料跳闸触发的前馈动作，以减少炉膛压力出现大的变动。

方框 (G) —— 炉膛负压偏差大时，控制系统实现风机超驰动作或对所有能引起炉膛负压偏差增大的相关终端控制元件进行方向闭锁。

方框 (H) —— 炉膛负压控制元件，如风机入口挡板的调节装置、风机转速的调节装置、轴流风机叶片节距的调节装置等，这些调节装置应满足下列要求：

- 控制元件的工作速度不应超过控制系统的敏感度及定位能力，以避免控制系统出现振荡或过调，速度过大还可能会使负压产生不稳定，而且速度过大对手动操作也是不合适的。
- 引风机控制元件的工作速度不应低于送风机控制元件的工作速度。
- 当采用变速控制或轴流风机时，炉膛负压控制系统的设计应专门考虑，能保证有满意的反应速率。
- 采用轴流风机时，应避免在失速情况下运行而使气流无法控制。

3.2.9 炉膛安全监控系统

炉膛安全监控系统的要求是：

- 炉膛安全监控系统不同于锅炉生产蒸汽过程中的各种生产过程控制（调节）系统（如燃烧、给水、汽温等），与燃烧系统、燃烧器的总数目及布置、运行中燃烧器数目及位置等密切相关。因此，应根据具体的燃烧系统的要求及运行特性专门设计。总的安全功能应包括，但也不限于下列功能：

- 1) 炉膛吹扫连锁及定时；
- 2) 点火试验定时；
- 3) 火焰检测及强制性安全停炉等。

也可根据锅炉容量大小，增减其功能。如容量较小，只有单台送、引风机的锅炉，炉膛吹扫及定时的要求，可规定在现场运行规程中，由运行人员按规程的要求对炉膛进行吹扫。而对容量

较大的锅炉，炉膛安全监控可按有关设备（如点火系统、燃烧系统）的启、停条件，跳闸条件及强制性总燃料跳闸的各种条件，进行炉膛安全运行的控制。

- b) 炉膛安全监控系统的核心是逻辑部分，总的要求是：根据外部输入和内部逻辑运算，正确判断提供输出，同时不会因逻辑部分发生某一单一故障时而危及锅炉安全运行，也不应为此而要求立即停炉处理。
- c) 逻辑部分的设计应满足以下要求：
 - 1) 设计者至少对下述故障的影响应有评估并编址：①电源条件变化的影响，包括电压波动、瞬时中断、部分失电；②信息传输错误和信息丢失；③输入和输出错误；④信号错误或对信号不能识别；⑤寻址错误；⑥处理器故障；⑦计时器故障；⑧如果用继电器，则应考虑由于线圈故障所产生的影响或继电器误接触所产生的影响等。
 - 2) 设计中必须包含诊断功能，以监控处理器的逻辑功能。
 - 3) 逻辑部分故障应不排除操作人员适当的干预。
 - 4) 应能防止未经批准而修改逻辑，同时当有关设备在运行时，不能修改逻辑。
 - 5) 系统响应时间（输入到输出信息的时间）必须非常短，以免引起负面效应。
 - 6) 具有较强的抗干扰能力，以防止误动作。
 - 7) 逻辑系统内任何个别部件故障，不得妨碍强制性的总燃料跳闸。
 - 8) 应提供由运行人员专用的手操开关，以便独立和直接操作总燃料跳闸继电器。
 - 9) 以下独立性的要求还应满足：①执行炉膛安全监控系统功能的逻辑系统，不得与任何其他逻辑系统组合在一起；②一套逻辑系统应只限于用在一台锅炉上，其输入/输出系统的电源必须独立，并与其他逻辑系统（如锅炉燃烧调节系统）分开；③允许炉膛安全监控系统与其他逻辑系统使用同一种型式的硬件和与其他系统间采用数据传输通信，触发强制性总燃料跳闸的信号必须是硬接线的。
 - 10) 用于安全停止燃烧器运行的逻辑程序或装置一旦触动，应使有关的燃烧器跳闸或总燃料跳闸，跳闸后是否恢复或何时恢复运行应由运行人员根据检查的结果决定，任何逻辑程序或装置均不应允许主燃烧器或点火器的燃料控制阀门瞬时关闭后，随即又重新开启。

3.2.10 火焰检测及跳闸系统

火焰检测及跳闸系统的要求是：

- a) 火焰检测器是炉膛安全监控系统中的重要组成部分。每个燃烧器，包括其点火器及启动油（气）枪，均应配置相应的火焰检测器。
- b) 火焰检测器应选用已有运行业绩证实为可靠的类型，安装时探头应对准火焰的敏感区段，有最佳的视角范围，并可调整。
- c) 为保证火焰检测器探头工作稳定，不受烟尘污染的影响，应有足够风量与压头的专用风机（并有备用）向探头供给经过滤的清洁冷却风，并保证炉膛在出现正压时，烟气不会直接接触探头，使其探头不被污染和温度不超过允许值。
- d) 火焰检测器应具有自检功能，以防止在正常火焰情况下由于火焰检测器自身的故障而导致误跳闸。
- e) 当采用低 NO_x 燃烧方法时，会影响到火焰特性，因此在选择火焰探测器及其装设位置和视角时，均应予以特别考虑。
- f) 根据火焰检测触发有关设备自动跳闸的原则：由于燃烧器出口煤粉着火的位置受到很多因素的影响，因而火焰检测器有可能在某一时刻检测不到火焰，而火焰实际是存在的，同时锅炉在运行中都是多台燃烧器在运行，因此对每个燃烧器可不必仅凭某一时刻检测不到火焰即认为该燃烧器已灭火而触发有关设备自动跳闸。但应发出报警信号，由运行人员检查、判断是否需要停止该燃烧器运行。

g) 根据火焰检测, 触发自动跳闸的对象: 由于锅炉容量、炉膛型式、燃烧方式、燃烧器的布置、制粉系统的型式及锅炉负荷等与火焰检测自动跳闸的对象密切相关, 因此没有一种通用的自动跳闸模式, 能适用于所有型式的锅炉。设计部门应根据同类型式及容量的锅炉和制粉系统, 在烧类似燃料的条件下已取得实践经验, 提出本机组的跳闸模式, 运行部门在运行初期即应通过实践予以验证或修改。

3.2.11 连锁系统

3.2.11.1 炉膛保护的连锁及总燃料跳闸系统

炉膛保护的连锁及总燃料跳闸系统如图 2 所示。

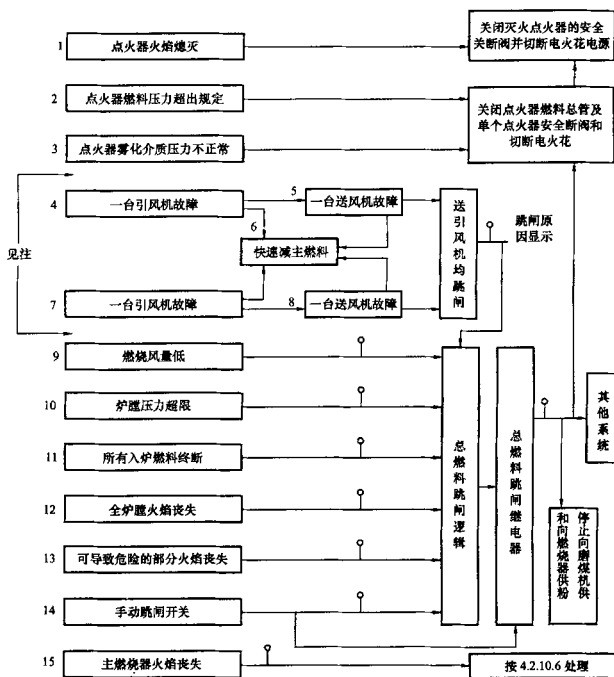


图 2 总燃料跳闸系统炉膛连锁方框图

图 2 中:

方框 1 表示单个点火器灭火, 此时必须完成下列连锁动作: ①关闭该单个点火器的安全关断阀和切断点火器电源; ②当点火器处于助燃工况下运行时, 如单个点火器灭火, 而火焰检测显示主燃烧器有火焰, 则向主火焰保护系统发出此点火器已灭火的信号。由保护系统根据设定的跳闸模式确定是否触发总燃料跳闸。

方框 2 是点火器燃料总管压力不正常时的情况, 它必须连锁触发点火器燃料总管及单个点火器的燃料安全关断阀关闭并切断点火器的电源 (使用燃气作点火燃料时, 其压力过高和过低都属于压力不

正常；用油作点火燃料时，其压力过低属于不正常）。

方框 3 是用油作为点火燃料并用空气或蒸汽作为雾化介质，当其雾化介质压力不正常时，也必须关闭点火器燃油总管和各单个点火器的燃料安全关断阀，并切断点火器的电源。

方框 4 到方框 14 表示通过总燃料跳闸继电器触发主燃料和点火燃料同时跳闸的工况条件。

总燃料跳闸继电器的类型，必须是在跳闸后一直保持“断开”状态，直至炉膛吹扫工作（如图 2 所示）完成，允许复位为止。运行中，每当总燃料跳闸继电器动作时，贮仓式制粉系统给粉机即应跳闸，直吹式制粉系统所有燃烧器的关断挡板（或有相当功能的其他设施）应跳闸关闭，以停止向燃烧器送粉，并解列一次风机或排粉机、解列给煤机、切断点火器电源，以及锅炉烟道内所有可能产生火源的设备（如电除尘器等）的电源及火源。

方框 4 到方框 8 表示送入炉膛的空气量或从炉膛抽出的烟气量大量减少或减至零时的保护，当一台引风机或一台送风机故障停运或其他原因使大量空气减少时，必须减少燃料量以保持正常的空气/燃料比，此功能可以经连锁动作或作为燃烧调节系统的一部分（见 3.2.13 和 3.3.6）；当所有引风机或所有送风机故障停运时，必须触发总燃料跳闸继电器。

方框 9 为燃烧空气量低于允许下限值时，应连锁触发总燃料跳闸继电器。

方框 10 表示炉膛超压时，也应与总燃料跳闸继电器连锁，以防止炉膛工况不正常（如炉内管子破裂，调节挡板故障等）使事故扩大。

方框 11 代表无论由于什么原因停炉，即应切断所有入炉燃料的一种连锁操作，由于切断所有入炉燃料即触发总燃料跳闸，因而也关闭了所有单个的燃料安全关断阀，这是在燃料恢复供应前，使用“炉膛吹扫程序”所必须具备的条件。因此方框 11 不仅有跳闸功能，还附带有证实“炉膛吹扫系统”中所有单个的燃料安全关断阀已关闭，允许进行炉膛吹扫的功能。

方框 12 表示全炉膛无火焰时，应连锁使总燃料跳闸继电器动作。

方框 13 表示炉膛局部灭火到可能导致仍在运行的燃烧器濒临灭火危险的工况，此时，不管局部火焰丧失时是否已触发其他连锁保护动作或由于其他连锁保护故障而引起局部火焰丧失，均应触发总燃料跳闸。在低负荷时，这种潜在的危險更大。采用这一特定的跳闸要求，必须由设计单位根据炉膛的结构形式、燃烧器总数、受影响的燃烧器数目所占运行中燃烧器的比例、受影响的燃烧器的布置、连锁系统、负荷大小以及燃料特性等情况，并借鉴其他同类型设备的运行实绩提出跳闸条件，在运行试验中加以验证或修改。

方框 14 表示手动跳闸开关，由运行人员在紧急情况时操作。手动跳闸开关，将直接使总燃料跳闸继电器动作。

方框 15 表示主燃烧器火焰丧失时，应按 3.2.10 f) 所述的要求而建立的跳闸模式处理。

3.2.11.2 连锁系统

连锁系统应有的功能：

- 保证锅炉按规定的操作顺序启、停，并在运行中出现濒临危险工况时，即触发有关设备跳闸，保护人身安全和设备不受到损坏。
- 任何引起跳闸的连锁操作，必须发出报警信号，并显示跳闸的原因，在引起跳闸的原因未消除前，防止再启动相关设备。
- 监视启动过程和操作，确保操作方法和操作顺序正确，使为保证人员和设备安全的按正常顺序跳闸的设备减至最小。
- 任一连锁系统必须正确地设计和安装，并尽可能保留有改变运行方式的灵活性，以便采用经实践证明是好的运行方式。
- 连锁系统触发装置的动作值和动作时间，必须整定到与所保护的设备和炉膛安全要求相匹配，在整定完毕后，对每一通路和整个系统必须进行试验，以验证其整定工作的正确性。使用中还应进行定期的检查试验和维护，以保持其有良好的功能，并应有措施防止无权人员对定值进行

任何修改。

- f) 强制性总燃料跳闸的检测元件和线路，必须与所有其他控制元件及线路分开。只有以下情况可例外：允许来自锅炉控制系统的空气量测量信号和炉膛负压三取二的信号超限时作为总燃料跳闸的信号，且连锁系统是硬接线而纳入 FSSS 系统中，任何检测元件和线路发生故障时，不会妨碍强制性总燃料跳闸。
- g) 连锁系统必须有防止电源中断和恢复时出现误动的措施。
- h) 不应为了启动或操作某一设备而取消其连锁，任何时候，某一安全连锁装置退出运行，应有其他替代措施，并在运行操作记录本上加以说明和挂出警告牌。
- i) 在连锁或自动设备无法完成预期功能的地方，必须提供一定的检测仪表，以便由运行人员手动完成。
- j) “跳闸原因”指示：总燃料跳闸继电器动作时，必须有“跳闸原因”指示信号，以便运行人员了解跳闸的首出原因。

3.2.11.3 炉膛吹扫程序

在锅炉正常启动程序中，应按图 3 所示的炉膛吹扫程序进行一次吹扫，即在总燃料跳闸继电器复位前，所有入炉燃料的挡板或阀门均在关闭状态，点火器的电源已切断，燃烧器调风器处于规定的吹扫位置时，启动送、引风机，保持吹扫风量完成机组吹扫工作，吹扫完成后，应有信号指示。

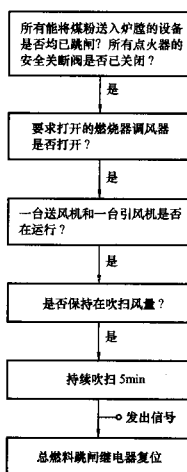


图3 炉膛吹扫系统

- a) 直吹式制粉系统强制性连锁，应使启动程序只能按下列顺序进行：
 - 1) 由该磨煤机供煤的所有燃烧器的点火器已投入，并证实已着火；
 - 2) 启动一次风机或排粉机；
 - 3) 启动磨煤机；
 - 4) 启动原煤给煤机。
- b) 直吹式制粉系统单台磨煤机跳闸和连锁保护：
 - 1) 强制性自动跳闸：①失去一次风机或排粉机时，有关的燃烧器关断门或相当的设备应跳闸

关闭,给煤机应跳闸。磨煤机跳闸应按制造厂的规定。②磨煤机故障时,给煤机应跳闸和一次风关断门应关闭。③给煤机故障时,应发出报警信号,并在给煤机启动条件没有重新建立之前,应一直处于闭锁状态。

- 2) 可不必自动的强制性跳闸:①在磨煤机启动期间,点火器灭火或者没有足够的点火能量,应解列其磨煤机;②单个燃烧器灭火,已危及到炉膛运行的稳定时,应解列其磨煤机;③磨煤机系统到燃烧器的供粉中断,应解列其给煤机。如果所配的为一类点火器,即点火不受燃烧器运行方式的影响,并在运行中,则给煤机可以不解列。

3.2.12 报警系统

报警系统的要求是:

- a) 报警系统的功能是即时指出有危险的运行工况、误操作及设备故障,并以声响和视觉(光电)信号,显示给运行人员,对音响信号可以设有在运行人员听到后由其消除信号的措施,但运行人员应记录在运行日志中,而视觉信号应保持到恢复正常后才能消除。
- b) 报警系统的设计,应使运行人员难以用手自行解列使其退出运行,如果由于设备故障而必须使其退出运行时,则必须由经过授权的人员去进行,并应将“退出运行”的标志牌挂在该报警信号上。
- c) 要求报警的项目,除图2连锁系统中已示出的总燃料跳闸报警项目外,还必须有下列各项预报警信号,以提醒运行人员注意:
 - 1) 点火器雾化蒸汽或空气压力低于运行规定范围,有可能导致燃油雾化质量不良,但尚未达到规定的跳闸值之前;
 - 2) 点火器燃油总管的压力低预报警信号,其预报警信号的监视点应尽可能靠近点火器,以便在总管压力低至跳闸值前,预先提醒运行人员注意,并进行检查,采取相应的措施;
 - 3) 一台磨煤机跳闸:当直吹式制粉系统多台磨煤机在运行,其中有一台跳闸时;
 - 4) 一次风机跳闸:当有多台一次风机运行时,其中一台跳闸时;
 - 5) 磨煤机断煤:此时相应的给煤机仍在运行而煤流检测器指示无煤供应或给煤机已故障跳闸;
 - 6) 风粉混合物温度超过限值并接近于应跳闸工况时;
 - 7) 炉膛负压已超过正常运行值并接近于应跳闸工况时;
 - 8) 炉膛风量低至接近吹扫风量时;
 - 9) 连锁系统失去动力源:必须对整个连锁功能所需的一切动力源进行监视,例如连锁系统同时使用125V直流电源和压缩空气时,不管失去哪一个动力源都必须分别报警;
 - 10) 控制系统失去动力源;
 - 11) 锅炉汽包水位低或高于限值时应报警;
 - 12) 其他由设计和运行需要而选定的监视和报警项目(参见附录C)。

3.2.13 防止炉膛内爆的保护(包括相关连锁动作和操作顺序的要求)

3.2.13.1 防内爆保护系统

炉膛在结构上除按3.2.1规定的承压能力设计外,还应设置如图1所示的炉膛自动控制及防内爆保护系统。

3.2.13.2 防内爆保护系统必须配备的连锁

防内爆保护系统必须配备下列连锁:

- a) 炉膛正压超限总燃料跳闸:
 - 1) 当炉膛正压超过正常运行压力达到制造厂所规定的限值时,应触发总燃料跳闸。跳闸后,风机如果仍在运行,则应继续运行,但不应手动或自动增加通风量。
 - 2) 总燃料跳闸后,经过5min炉膛吹扫,在主燃料尚未点火前,如果炉膛压力仍超过制造厂的规定值,则送风机应跳闸。
- b) 炉膛负压超限总燃料跳闸:

- 1) 当炉膛负压超过正常运行负压而达到制造厂所规定的限值时, 应触发总燃料跳闸 (不一定是自动跳闸)。跳闸后, 如果风机仍在运行, 则应继续运行, 但不应手动或自动增加通风量。
 - 2) 总燃料跳闸后, 经过 5min 炉膛吹扫, 在主燃料未点火前, 如果炉膛负压仍超过制造厂所规定的限值, 则所有引风机均应跳闸。
 - 3) 如果是由于暂时燃烧不稳或个别燃烧器灭火而引起炉膛负压有一较大的瞬时波动, 则总燃料跳闸允许有短时延迟, 以避免不必要的总燃料跳闸, 此种情况下的负压跳闸值应高于 3.2.13.2 b) 中 1) 的跳闸值。
- c) 送风机事故跳闸:
- 1) 每台送风机均应有连锁跳闸装置, 当风机处于不能继续运行, 或转速已逐渐降低, 或其风量达不到需要的风量时, 均应跳闸。
 - 2) 变速风机和轴流风机需要有专门的规定作为连锁跳闸的条件。
 - 3) 当送风机事故跳闸时, 如果还有其他送风机在运行, 则跳闸风机的挡板应关闭。
 - 4) 当采用的连锁是成对启、停和跳闸送、引风机, 如果不是最后在运行的一对送、引风机, 则送风机跳闸时, 相应的引风机亦应跳闸, 两者相应的挡板应关闭。如果是最后在运行的一对送、引风机, 则送风机跳闸后, 引风机仍应在受控状态下运行, 而送风机相应的挡板应保持在开启的位置。
 - 5) 当所有送风机跳闸时, 应触发总燃料跳闸, 并触发引风机控制装置超驰动作, 所有送风机挡板应在开启位置, 但其开度应避免由于风机惰走对风道产生较高的风压。如果有烟气再循环风机系统, 则其挡板应关闭, 并按 3.3.5 紧急停炉的要求处理。
- d) 引风机事故跳闸:
- 1) 每台引风机均应有连锁跳闸装置, 当风机处于不能继续运行, 或转速已逐渐降低, 或其风量达不到需要的风量时均应跳闸。
 - 2) 变速风机和轴流风机需要有专门的规定作为连锁跳闸的条件。
 - 3) 当引风机事故跳闸时, 如果还有其他引风机在运行, 则关闭跳闸引风机相应的挡板。
 - 4) 当采用的连锁是成对启、停和跳闸送、引风机, 如果不是最后在运行的一对送、引风机, 引风机事故跳闸时, 相应的送风机亦应跳闸, 并关闭跳闸的送、引风机相应的挡板, 如果跳闸的是最后在运行的一对送、引风机, 则两者的挡板均应保持在开启位置。
 - 5) 当所有引风机事故跳闸时, 应触发总燃料跳闸及所有送风机跳闸, 缓慢全开所有烟、风道挡板, 以建立尽可能大的自然通风。但开挡板时, 应避免由于引风机惰走对烟道产生较大的负压, 并按 3.3.5 紧急停炉的要求处理。
- e) 对多台并联的双速或变速风机启动的要求: 无论是送风机还是引风机, 当启动第二台和以后的风机时, 风机启动后, 在开启挡板前, 应将风机转速调到有足够的将风量送出。

3.2.13.3 报警系统

除 3.2.12 规定的报警外, 防止炉膛内爆所需增加的预报警:

- a) 方向闭锁或风机控制装置超驰动作;
- b) 炉膛压力控制系统三台炉膛压力变送器任何一台故障;
- c) 如果采用轴流风机, 当风机运行接近失速线时。

3.2.13.4 操作顺序

操作顺序的要求是:

- a) 风机启动前的要求。为了防止在引风机启动时发生炉膛内爆, 无论是配单台送、引风机或多台送、引风机, 在引风机启动前, 从送风机入口一直到引风机入口的整个通道内, 所有风量调节挡板及关断挡板均应开启, 以保证气流能畅通。
- b) 风机启动顺序及要求。当只配有单台送、引风机时, 引风机启动前, 调节挡板和关断挡板应关

闭, 送风机的关断挡板应全开, 调节挡板应开至当其启动时允许的电流开度。然后, 先启动引风机, 全开引风机的关断挡板, 再启动送风机, 随即将送、引风机的风量调节到炉膛吹扫风量并保持正常的炉膛负压。当配有多台送、引风机时, 第一台准备启动的引风机应在调节挡板关闭的情况下启动。然后, 第一台送风机也可在调节挡板关闭的情况下启动。当第一台送、引风机启动并有空气通过炉膛后, 可关闭其余尚未运行的送、引风机的调节挡板和关断挡板。

- c) 禁止引风机的压头在超出送风量或锅炉负荷要求的条件下运行。
- d) 停止送、引风机运行的操作顺序与启动操作顺序相反。
- e) 启、停风机时所用的方法以及有关控制元件的操纵, 都应尽量减少炉膛压力和风量的波动, 一旦条件许可即可投入炉膛压力自动控制系统, 使炉膛负压在自动控制条件下运行。
- f) 无论是什么原因, 在停最后一台风机时, 其调节挡板应在风机停后经过一段时间的延迟再开启, 或调节板的开度能受到控制, 以避免由于风机情走使炉膛风压出现大的波动。

3.3 锅炉的启动、设备调试、性能试验和正常运行及停炉

3.3.1 编制运行规程的要求

运行单位在建设期间即应派出运行人员到有同类型锅炉的火力发电厂进行培训。同时, 根据制造及设计单位提供的文件, 同类型锅炉的运行规程及本章所提出的基本要求, 编制出本锅炉临时运行规程, 并通过启动后的调试及性能试验的结果以及运行的实践经验, 即时加以补充及完善, 最后编制出正式的运行规程。对规程规定的操作顺序和条件, 无论是手操还是由连锁及自动控制来完成某些功能, 都必须遵守。

3.3.2 冷态启动

3.3.2.1 启动前的检查及对设备状态要求

启动前的检查及对设备状态要求为:

- a) 炉膛及烟道检修完毕, 并无遗留异物在内。
- b) 炉底及尾部烟道的灰斗应无沉积的固体或液体燃料, 炉膛和烟道内无可燃气体。
- c) 所有人员已从机组和相关设备中撤出, 所有人孔门和检查孔均已关闭。
- d) 应检查所有空气和烟气挡板的操作机构, 全行程调节是否灵活, 然后放在使风机能在最小风量下启动的位置, 并且不致造成机组任何部分超压。
- e) 应检查所有燃烧器的可调挡板或调风器的操作机构, 全行程调节是否灵活。
- f) 如果每个点火器已进行过定期的全部运行试验, 则此时点火器安全关断阀应在关闭状态, 点火器电源应切断。
- g) 如果每个点火器尚未进行过全部运行试验, 则应安排在炉膛吹扫后, 投入主燃料之间进行全部试验。
- h) 直吹式磨煤机或贮仓式给粉机已有效隔离, 以防止煤粉漏入炉膛。
- i) 直吹式磨煤机、给煤机及相关设备完好, 并已调整到准备启动的状态; 贮仓式制粉系统应准备启动向煤粉仓送粉(有条件的火力发电厂也可不启动本炉的制粉系统, 而由邻炉的制粉系统向本炉的煤粉仓送粉到启动所需的粉位)。
- j) 汽包锅炉已达到在启动时所要求的水位, 辅助循环锅炉已建立正常的水循环, 直流锅炉已建立起最小水流量。
- k) 控制系统和安全连锁系统已送电或送气。
- l) 氧量计应能正常取样运行, 此时氧量计指示应在最大值。
- m) 在大修或重大维修后, 安全连锁的全部功能应已作过检查。

3.3.2.2 启动顺序

启动应按下列顺序进行:

- a) 确认从送风机入口到烟道的通道畅通无阻。

- b) 先启动一台引风机，然后再启动一台送风机。根据对吹扫风量的要求决定是否启动另外的引风机和送风机。
- c) 如果有回转式空气预热器、烟气再循环风机，按制造厂建议的方式启动。
- d) 将燃烧器调风挡板放到吹扫位置，并调节锅炉通风量到吹扫风量，对机组进行吹扫。
- e) 如果每个点火器尚未进行过全部运行试验，则应在炉膛吹扫后进行。点火器进行试验的间隔周期及要求：
 - 1) 每个点火器进行定期的全部运行试验的间隔周期，取决于点火系统的设计及运行的实践经验，但至少应在机组大修或重大维修后启动时做一次全面的试验，这种试验必须纳入启动顺序中，并安排在炉膛吹扫后和送入主燃料之间进行；
 - 2) 单个点火器或点火器组也应允许在机组运行中进行试验，这种试验必须在该燃烧器不投主燃料和调风器在正常启动或点火位置下进行；
 - 3) 点火器不够可靠时，应增加定期试验次数，以检查点火器和点火系统的元件连续运行的能力。
- f) 如果每个点火器已进行全部运行试验，则开启点火燃料总安全关断阀，并证实点火燃料控制阀将燃料压力控制在适合点火器容量所规定的压力。
- g) 将准备点火的燃烧器调风器或挡板调节到制造厂所建议的开度或经过试验所确定的开度；有些锅炉在调风挡板处于正常开度进行锅炉吹扫后，所有调风挡板仍可维持在原开度，只有准备点火的燃烧器的调风挡板可能需要关小以建立初始点火条件；如果有些锅炉需要风箱与炉膛维持一定的差压才能得到吹扫及点火的湍流度，在这种情况下，最好的方法是将所有燃烧器内的调风挡板（调风器）的开度放在中间位置（即点火的位置），当燃烧器或每组燃烧器已经点燃后，立即逐渐将其调风器开到正常运行的位置。
- h) 锅炉从启动到带初始负荷，均应将所需要的燃烧器的调风挡板一直处于开启状态，并维持其通风量相当于吹扫风量，直到由于负荷需要而增加风、煤量为止。这样做不但可保证在启动期间炉膛一直处于富空气的气氛，而且在炉膛建立一个最低的风速，以防止可燃物积聚。
- i) 触发准备点火的一个或一组燃烧器的点火火花，然后打开该单个点火器的安全关断阀，如果第一个点火器在 10s 内不能建立稳定的火焰，则应关闭其安全关断阀，查明点火失败的原因并加以消除，当风量一直维持在吹扫风量，可不必进行再吹扫，但必须至少等待 1min 以后，才能再次点火；禁止在没有查明和消除点火失败的原因之前就试图重复点火。
- j) 对于直吹式制粉系统，在给煤机停运的情况下，应打开煤仓和给煤机之间的所有闸门，并确认给煤机能得到煤的供应。对于贮仓式制粉系统，应打开煤粉仓与给粉机之间的闸门。
- k) 确认点火器正在燃烧并有足够的点火能量去点燃主燃烧器。直吹式制粉按制造厂说明书的规定启动磨煤机。
- l) 安排直吹式制粉系统启动投入运行时，应考虑投入后能连续运行，不会出现磨煤机已在最低负荷，但仍大于锅炉的需要，而迫使磨煤机间断运行。
- m) 直吹式制粉系统磨煤机启动时，应将所带的燃烧器均投入运行。除非原设计已采取专门措施，允许部分燃烧器不投入运行。磨煤机启动后，按预先设定的给煤量启动给煤机向磨煤机供煤。贮仓式制粉系统启动给粉机送粉。对于直吹式系统，由于磨煤机内在运行中要有一定的贮煤量，而制出合格的煤粉并送到燃烧器也需要一定的时间。因此，煤粉从燃烧器喷入炉膛比原煤从给煤机送出要有一定的时间滞后，这一时间的滞后由试验得知，可以是几秒钟或者多达几分钟，依设备型式及一次风管道的布置不同而不同。对于贮仓式系统，煤粉由给粉机送出到从燃烧器喷入炉膛的时间，仅取决于一次风管道布置的长度及一次风速，因此只需几秒钟，此滞后时间可先估算再由试验确认。
- n) 确认从主燃烧器喷入炉膛的燃料已点燃。满意的结果应该是上述的滞后时间之后的 10s 内点燃。当直吹式系统投入的第一台磨煤机（或贮仓式给粉机）的燃烧器点火失败或燃烧器灭火时，则

总燃料跳闸必须动作。除非证实失败或灭火的原因是由于磨煤机系统无煤（或给粉机不下粉），则总燃料跳闸可以不动作，但在恢复供煤（或供粉）前应满足所有点火条件。

- o) 对于直吹式系统，第二台和随后的其他磨煤机投运时，如果任何一个燃烧器不管何种原因点火失败或灭火，如果制造厂原设计可单独停用一个燃烧器，则应停用该燃烧器，在查明原因并消除后，可再启动该燃烧器，但在启动该燃烧器前，应满足所有点火条件，如果制造厂原设计没有措施可单独停用一个燃烧器，则应停该磨煤机，待查明原因并消除后再启动。
- p) 建立稳定火焰后，可缓慢将调风器或挡板调整到正常位置，但在调整过程中应注意防止灭火。
- q) 直吹式磨煤机在运行中的负荷应保持在另一台磨煤机投入时，不致使其负荷下降到允许的低限值以下。
- r) 在运行的直吹式制粉系统中，如果有一台磨煤机还有燃烧器尚未投入运行，只有：
 - 1) 确认该燃烧器的煤粉管道中没有积粉。
 - 2) 煤粉进入燃烧器时不会在燃烧器内部着火。
 - 3) 对正在运行的燃烧器的空气/煤粉比例不会造成大的干扰时，才可将该燃烧器投入运行。否则，应启动另一台磨煤机，并将所带的燃烧器全部投入运行，而停下该台磨煤机。
- s) 当正在向炉膛送入燃料时，在没有确认炉膛燃烧正常之前，绝不应将任何燃烧器的点火器投入，因为此时如果有个别燃烧器正处于灭火状态，即会出现炉膛爆炸。
- t) 当主燃料输入超过预定最小值后，此时，燃烧器如已能维持输入燃料的稳定着火，可将点火器停掉。点火器停掉后，必须检查主燃烧器是否能维持连续的稳定火焰。
- u) 在下述条件满足后，正常工况用的（为启动过程特别设计的燃烧调节装置除外）在线燃烧调节装置才允许投入使用：
 - 1) 已经达到规定的最小主燃料输入量；
 - 2) 所有不运行的燃烧器的调风器均已关闭（由控制系统用作补偿风量者除外）；
 - 3) 燃烧器的空气/燃料比例已达到需要值；
 - 4) 稳定的火焰和适当的炉膛工况已经建立。

3.3.2.3 设备性能试验

新设备初次启动后，或已运行的设备在经过重大改造或煤质特性有重大变化后，均应对设备的性能进行试验，试验结果应纳入运行规程中，使运行人员能即时掌握设备性能，并正确地操作，从而保证安全经济运行，并为自动调节、安全保护等系统有关参数的整定提供必需的数据。

设备性能试验包括下列内容，但不限于下列内容：

- a) 各燃烧器之间风、粉分配的调整；
- b) 通过调整及试验，确定合理的煤粉细度；
- c) 燃烧器调风挡板的最佳开度；
- d) 燃烧器所能达到的负荷调节比；
- e) 不同负荷下各燃烧器或燃烧器组的最佳组合方式；
- f) 不同负荷下的最佳过量空气系数及一、二、三次风，燃尽风等的最佳比例；
- g) 燃烧器全部投入（除直吹式备用磨煤机所带的燃烧器以外）时，不投油的最低稳燃负荷；
- h) 停用部分燃烧器时不投油的最低稳燃负荷。

3.3.3 正常运行

锅炉正常运行中的要求是：

- a) 锅炉在正常情况下运行时，应将燃烧自动调节系统投入运行，运行人员按运行规程对表盘上表计的指示状况进行监视及巡回检查，并应特别注意汽温、汽压、火焰检测信号、炉膛负压、汽包锅炉水位、锅炉负荷、烟气含氧量等的变化。
- b) 燃烧自动调节系统因故障退出运行，而由运行人员手动操作时，应按运行规程及 3.3.2.3 试验的

有关结果, 根据负荷的变化调节风、煤量, 并保持所要求的比例以及根据不同的负荷按不同的燃烧器组合方式运行。

- c) 调节风、煤量时, 应采取同时增、减的方式, 但也不排除在增加负荷时先加风后加煤, 在减负荷时先减煤后减风的方式。
- d) 任何情况下, 总风量不许减至小于满负荷时风量的 25%。
- e) 不允许用单个燃烧器的安全关断挡板调节风、煤量, 各燃烧器的安全关断挡板只能是全开或全关。
- f) 当锅炉长时间在低负荷下运行时, 由于燃烧不完全, 可能有大量未燃尽的可燃物沉积在灰斗、受热面上和水平烟道内, 如这些可燃物被突然增大的通风或吹灰所扰动时, 将形成具有爆炸性的混合物而爆燃。因此, 应对可使用的各种煤分别定出允许低负荷运行的持续时间。
- g) 对液态排渣炉的最低负荷, 以保持其能连续流渣为准, 并防止有未燃的煤粉落入溶渣池而引起析铁, 破坏炉底及排入粒化箱而引起氢爆炸事故。
- h) 对锅炉受热面的定期吹灰和除渣工作, 应在炉膛热负荷较高和燃烧稳定情况下进行, 不允许在低负荷及过量空气大时使用吹灰器。
- i) 对贮仓式制粉系统的煤粉仓, 应定期执行降低粉位运行, 以免存积较久的煤粉结块、搭桥或突然崩塌时而影响给粉。低粉位运行时, 应注意防止产生煤粉自流。
- j) 锅炉在运行中如须对磨煤机或燃烧器管道进行维修时, 必须采取可靠措施把磨煤机或燃烧器管道与炉膛隔离。

3.3.4 正常停炉

正常停炉的步骤为:

- a) 锅炉停运时, 应按与启动相反的步骤进行。
- b) 燃烧调节从“自动”切换到“手动”位置 (调节系统设计允许用于停炉过程者除外), 将锅炉负荷减到吹扫风量的负荷。
- c) 对直吹式制粉系统的停炉顺序如下:
 - 1) 将拟停的磨煤机的煤量、风量逐渐降低到允许的最低值, 燃烧器的调风挡板开度放至启动时的位置。确认拟停的各燃烧器存在火焰, 然后把这些燃烧器的点火器投入。
 - 2) 关闭至磨煤机的热风同时打开冷风, 冷却磨煤机。
 - 3) 在磨煤机已经冷却后, 停止给煤机, 磨煤机在足够风量下继续运行, 以抽空磨煤机内及相连接的燃烧器管道内的煤粉。
 - 4) 如果根据煤质特性, 设计采用有在磨煤机停用过程中向磨煤机内送入惰性气体的规定, 则应按规定向磨煤机内送入惰性气体。
 - 5) 当燃烧器煤粉火焰已经熄灭, 磨煤机已经抽空并冷却时, 可以停止制粉系统。
 - 6) 关闭燃烧器关断挡板 (制造厂有另行规定者除外)。
 - 7) 退出投运的点火器。
 - 8) 按以上程序, 陆续停止仍在运行的磨煤机, 如在停某台磨煤机后立即停该磨煤机各燃烧器的点火器会使炉内燃烧不稳定, 则必须仍保持点火器的运行。
 - 9) 当所有磨煤机和点火器停止运行后, 验证风量确为吹扫风量, 对锅炉机组进行吹扫。
 - 10) 吹扫完成后, 可根据停炉冷却的要求, 确定停送、引风机的时间。
 - 11) 停炉后应注意检查有无主燃料或点火燃料漏入炉膛的情况。
 - 12) 按制造厂的规定或相关规程, 停止回转式空气预热器、除尘器的运行。
- d) 贮仓式制粉系统的停炉顺序如下:
 - 1) 制粉系统磨煤机内的存煤抽空, 并按正常方式停止运行。
 - 2) 按停炉计划逐渐降低锅炉负荷。

- 3) 粉仓煤粉是否需要排空或留有一定的粉量供锅炉下次启动之用, 决定于停炉的目的、停炉的时间长短以及煤粉在粉仓是否会自燃、是否能防止吸潮结块, 一般的烟煤煤粉在粉仓的存放时间不应超过三天, 而且要注意监视粉仓温度的变化。当温度升高, 发生煤粉自燃迹象时, 应向粉仓送蒸汽或其他惰性气体灭火。
- 4) 当锅炉负荷逐渐降低时, 应根据燃烧情况投入点火器以保证炉内燃烧稳定。
- 5) 如粉仓不需要烧空时, 在停给粉机前, 应先关闭下粉挡板, 使挡板下的煤粉走尽, 然后停给粉机; 如果粉仓需要排空时, 则在粉仓排空后关闭下粉挡板, 然后停给粉机。停给粉机后, 一次风应继续运行, 以便对一次风管进行吹扫, 经检查确认已无煤粉吹入炉膛后, 停排粉机或一次风机。
- 6) 当所有燃烧器和点火器均停运后, 风量维持在吹扫风量的情况下, 对机组进行吹扫。
- 7) 吹扫完成后, 可根据停炉冷却的要求, 确定停送、引风机的时间。
- 8) 其他要求与 3.3.4c) 有关直吹式制粉系统停炉的要求相同。

3.3.5 紧急停炉

紧急停炉的要求是:

- a) 当出现表 1 (见图 2) 和表 2 中所列出的任何一项危及锅炉安全运行的紧急状况时, 应立即进行紧急停炉。

表 1 强制性自动触发总燃料跳闸的条件

1	所有的送风机或所有的引风机解列
2	运行时的总风量低于吹扫风量, 其所低之值达到满负荷时所需风量的 5% 时
3	炉膛压力超过正常运行压力, 并超过制造厂规定的限值时
4	所有入炉燃料被切断
5	全炉膛灭火
6	炉膛部分火焰丧失并足以引起未燃燃料有积聚的危险时

表 2 无需自动触发但应报警的强制性手动总燃料跳闸的条件

1	直吹式制粉系统第一台磨煤机投运失败
2	燃烧调节系统、炉膛安全监控系统 (燃烧器管理系统) 或连锁系统失去电源
3	炉膛负压超过制造厂规定限值

- b) 紧急停炉时, 首先触发总燃料跳闸时, 应停止所有燃料进入炉膛。因此, 燃烧器的安全关断挡板或相应的装置应跳闸。点火器的总安全关断阀, 单个点火器的安全关断阀应跳闸, 并应切断点火器的火花电源。一次风机或排粉机、再循环风机、给煤机、磨煤机、贮仓式的给粉机等均应跳闸。如果炉膛配备有惰化气体系统时, 应在总燃料跳闸的同时投入, 总燃料跳闸应在炉膛内燃料还没有积存到危险程度的时间以前, 即完全停止所有燃料进入炉膛。总燃料跳闸不应触发送风机或引风机跳闸, 电除尘器或其他能发生点火源的设备也应跳闸。

c) 紧急停炉后的吹扫:

- 1) 总燃料跳闸后, 尚在运行的风机应保持继续运行, 不要立即用手动或自动去增、减风量。如果风量大于吹扫风量, 可缓慢地把它调节到吹扫风量, 作灭火后的吹扫, 如果总燃料跳闸时风量小于吹扫风量, 则必须在这一风量下继续保持 5min, 然后把风量逐渐增加到吹扫风量, 完成灭火后的吹扫。
- 2) 如果是由于失去引风机而导致紧急停炉时, 或引风机已经解列时, 则应关闭烟气再循环风机 (如有此设备) 挡板, 并缓慢地把空气和烟气通道上的所有挡板调节到全开位置, 以建立尽

可能大的自然通风，但风机跳闸后，挡板的开度应加以控制，以免在风机惰走期间，炉膛产生过大的正压或负压，保持这种状态不少于 15min。此后，如果风机可以再启动，则按 3.2.13.4 的规定，启动风机并缓慢地调整风量为吹扫风量，完成对灭火后机组的吹扫工作。

- 3) 按 3.3.5.31) 和 2) 的不同情况对机组进行吹扫后，如果机组不能再启动或不准备再启动，则按正常停炉过程中对机组吹扫后的操作内容进行；如果紧急停炉时已按规定的吹扫风量对机组进行了吹扫，并且锅炉已符合 3.3.2 有关冷态启动所规定的点火条件，则可重新点火启动。
- 4) 如果在一定时间内机组不可能再启动，则必须保持锅炉有一定的通风量，防止有可燃气体在炉内积聚。
- 5) 紧急停炉后，直吹式磨煤机内存煤的危险性及其处理：①紧急停炉后，直吹式磨煤机内存有大量煤粉，甚至在煤粉管道和燃烧器内也会积有煤粉。如果这些煤粉在磨煤机及管道仍处于热状态情况下存放的时间过长，会产生可燃的爆炸性挥发物。因此，对这些存煤应利用下列条件尽快使其送入炉内烧掉。②紧急停炉后，如果锅炉可以马上启动并带负荷，则磨煤机可按制造厂规定的方法带负荷启动并恢复到正常运行。③如果锅炉带负荷还需要等一段时间或暂时难以确定，但锅炉在紧急停炉后已按程序进行过吹扫，具备点火的条件，则可在点火后逐台启动磨煤机烧掉存煤。如果在此过程中锅炉已有条件带负荷，且所带负荷可超过一台磨煤机所能维持稳定燃烧的负荷，则可投入一台磨煤机及其给煤机，以帮助烧掉从其他磨煤机送入炉内的煤粉。④如果停炉的时间较长，不能利用上述方法烧掉磨煤机内存煤时，则应向磨煤机内通蒸汽或其他惰性气体，待冷却到室温后，用人工或机械的方法或按制造厂的规定方法清除磨煤机内存煤。⑤磨煤机内存煤允许存放时间的长短，取决于煤质、磨煤机的型式及型号、磨煤机的温度及制粉系统的布置，在磨煤机内存煤没有清除以前，应密切监视磨煤机内温度变化，如装有可燃气体检测仪，应密切注意其变化，如发生异常，应立即通蒸汽或其他惰性气体处理。

3.3.6 不需停炉的若干紧急状况及处理

不需停炉的若干紧急状况及处理如下：

- a) 当机组装有两台引风机、一台送风机，而其中一台引风机跳闸，或所装送、引风机均为两台，而其中任何一台风机跳闸，在这些情况下，控制系统应能快速减少燃料量，以适应风机跳闸后所能维持的风量，否则应强制性停炉。
- b) 如果燃烧器确实还在着火并能维持炉内有火焰，而同时又出现炉内缺氧，此时，应减少燃料量直至风、煤比恢复正常。如果此时燃料量不能减少，则应缓慢增加风量直至风、煤比恢复正常。但应注意采用减少燃料量的方法时，直吹式制粉系统不能采用关闭单个燃烧器的一次风挡板，贮仓式制粉系统不能采用停给粉机的方法，因为这样做等于使炉内在缺氧的情况下突然增加风量，而出现爆燃的危险。
- c) 在直吹式制粉系统中，原煤在给煤机前堵塞，或遇到煤湿或煤质变化较大，则所有运行中的燃烧器的点火器均应立即投入，以支持燃烧。如果所发生的问题能得到解决，使给煤恢复正常，或在主燃烧器灭火前能提供足够的点火能量且火焰稳定，则此制粉系统可以继续运行，如果火焰不稳定或已熄灭，则该制粉系统及所带的燃烧器均应跳闸停止运行。

3.3.7 热态启动

如果停炉前锅炉处于正常运行状况或引起停炉的原因在短期内已消除，要求锅炉仍处于热状态时启动，这时对热态启动的要求与 3.3.2.1 中对冷态启动的要求相比，除了不进行有关炉内情况的检查外，其他检查要求是一样的，其热态启动顺序与 3.3.2.2 冷态启动顺序也是一样的。

附录 A
(资料性附录)

可能引起炉膛爆炸的原因

A.1 常见的造成炉膛外爆的直接原因

A.1.1 锅炉点火操作不当

锅炉点火操作不当包括:

- a) 锅炉点火前已有油(气)或煤粉漏入炉膛, 并已形成和达到可燃燃浓度的空气混合物, 未进行通风吹扫即点火。
- b) 锅炉启动点火时, 油温低于规定值或有杂物堵塞使油喷嘴前油压降低等造成雾化不良, 有油滴积沉在受热面上, 当炉膛温度逐渐升高, 沉积的油滴大量挥发并遇上火源, 在炉内爆燃。
- c) 多次点火不成功, 炉膛及后部烟道或受热面上积有可燃燃料, 未经通风吹扫即再点火, 引起爆燃。

A.1.2 可燃物滞积

锅炉长时间在低负荷或空气不足情况下运行, 在灰斗和烟道死区滞积有阴燃的燃料, 当这些燃料被突然增大的通风或吹灰所扰动时, 也会形成爆燃。

A.1.3 炉膛上部突然掉大渣

因操作不当或其他原因造成炉膛结渣, 当炉膛上部大渣突然掉下使部分燃烧器失去火焰, 或使全炉膛熄火, 而继续送入燃料和空气, 并在此情况下强投点火器, 企图以爆燃法挽救灭火。

A.1.4 燃料或空气突然中断

供给燃烧器的燃料或空气或点火源突然中断, 而造成瞬间熄火, 但随即又恢复, 使积聚的可燃物被点燃而引起爆燃。

A.1.5 燃烧器灭火

一个或多个燃烧器熄火或燃烧不稳定, 在此情况下另行再投入燃烧器等, 亦会引起积聚的燃料爆燃。

A.1.6 油(气)系统阀门泄漏

锅炉熄火停炉后, 油(气)系统阀门关闭不严, 特别是油(气)枪前的安全关断阀关断不严, 燃油(气)继续漏入炉膛而未被发现, 在热炉膛的条件下, 燃油挥发或漏气达到一定浓度后, 即可发生爆燃。

A.2 可能引起炉膛内爆的原因

A.2.1 引风机

选用的引风机压头过高, 超过炉膛设计所能承受的负压, 在这种情况下, 无论是由于操作错误还是设备发生故障, 如送风机调节挡板或风门关闭, 而引风机又在调节挡板或风门开启的情况下运行, 此时烟道所产生的阻力很小, 使炉膛承受的压力几乎是引风机所产生的压头, 就会出现炉膛内爆。

由于在环境温度下, 引风机的压头高于在运行温度下所产生的压头, 因此冷态启动时, 如操作错误, 在送风机挡板关闭条件下, 引风机在挡板开启状态下启动, 则会出现即使引风机选型点的能力不超过, 但接近炉膛瞬态设计压力时, 亦会出现炉膛内爆。

A.2.2 送风机

炉膛熄火或总燃料跳闸时, 无论是由于何种原因使送风机的调节挡板还是风门关闭, 都有可能出现炉膛内爆。

附 录 B
(资料性附录)

炉膛瞬态设计承压能力的说明

炉膛结构瞬态承压能力至少应为 $\pm 8.7\text{kPa}$ 的规定,是参照 20 世纪我国引进的 300MW、600MW 技术中有关炉膛设计压力为 ± 21 英寸水柱,瞬态承压能力则为 ± 21 英寸水柱 $\times 1.67 = \pm 35$ 英寸水柱($\pm 8.7\text{kPa}$)而提出的。其瞬态承压能力($\pm 8.7\text{kPa}$)与美国国家防火协会(NFPA8502 多燃烧器锅炉炉膛防止外/内爆标准)1995 年版本是一致的。

此次所规定的瞬态承压能力,比以往国产 200MW 及以下的锅炉炉膛设计压力提高 $2\text{kPa} \sim 3\text{kPa}$,虽然如此,炉膛仍只能承受小的爆燃,而不可能承受严重的外爆,同时也只能承受总燃料跳闸后炉膛内所出现的负压,而不可能承受引风机在环境温度下选型点的压力超过 -8.7kPa ,而在冷态启动时又发生误操作或在炉膛全部灭火时发生误操作所出现的严重内爆。因此防止炉膛外爆、内爆的安全保护系统是不可或缺的。同时运行人员也应十分清楚可能发生外爆、内爆的各种原因,十分熟悉锅炉的特点以及所采用的安全保护系统的功能,并认识到任何技术都是在不断的发展及完善,而且也可能出现意外,因此运行人员只能在其监督下充分利用已有的安全保护系统,而不能完全依赖它。因此,即使有了安全保护系统,运行人员仍应随时注意运行状况的各种变化,一旦出现危险状况,应及时主动处理。

附 录 C
(规范性附录)

燃料跳闸的延时及附加报警项目

C.1 本标准所规定的跳闸,需要在不出现危险情况下有一较短时间延迟,以防出现不必要的跳闸。而这一较短时间的延迟值,设计部门需借助同类型锅炉在燃用近似燃料的条件下所取得经验,并通过本炉的实践予以验证或修改。

C.2 除本标准中已提出的报警项目外,建议还可附加下列报警及监视仪表:

- a) 监视控制阀和安全隔断阀上游尽可能远的地方的点火燃料压力,当压力低时报警。
- b) 可燃物或一氧化碳含量高时报警,提醒运行人员可能存在危害;在可燃物含量达到危险水平时,发出第二次报警。
- c) 氧量高和低时报警,提醒运行人员可能存在的危险条件。
- d) 烟气分析仪故障时报警,提醒运行人员分析仪的探头或采样系统有故障,因而有关仪表的读数及报警不可信,并通知有关人员进行即时处理。
- e) 空气/燃料比监视表。如果有此仪表,就可当空气/燃料比已逼近有潜在危险在富燃料工况时报警,当达到危险的富燃料工况时,进行第二次报警。
- f) 磨煤机空负荷。当给煤机在运行而磨煤机的实际煤量低于正常值时,发出报警。
- g) 磨煤机过负荷时报警。当磨煤机煤量超过正常范围时,发出报警。
- h) 运行中的燃烧器的所有二次风挡板或调风器关闭时,在控制室中应有指示或报警。
- i) 火焰检测器故障时报警。

用电视观察炉膛火焰情况,作为辅助手段很有价值,特别是在锅炉启动时,可观察到点火器及其燃烧器顺序点火的工作情况,但它不能代替直观监视。火焰检测指示可为运行人员提供火焰输出信号强弱的手段。
