

ICS 27.100

F 23

备案号: 69013-2019

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 435 — 2018

代替 DL/T 435 — 2004

电站锅炉炉膛防爆规程

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

2018-12-25 发布

2019-05-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	5
5 设备与相应系统的要求	7
6 炉膛防内爆保护（平衡通风锅炉）	19
7 燃煤系统	20
8 燃油系统	37
9 燃气系统	42
附录 A（资料性附录） 可能引起炉膛爆炸的原因	48
附录 B（资料性附录） 炉膛瞬态设计承压能力的说明	49

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准代替 DL/T 435—2004《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》。与 DL/T 435—2004 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 将标准名称由《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》改为《电站锅炉炉膛防爆规程》；
- 修改了范围描述内容，适用范围由“电站煤粉锅炉”变为“以煤粉、油、气为燃料的电站锅炉”；
- 增加了规范性引用文件；
- 增减了部分术语；
- 细化并完善了防止炉膛内爆及外爆对设备与相应系统的要求；
- 修改了炉膛瞬态设计压力的取值要求；
- 删除了原点火器分类方法，增加了微油及等离子点火方式对煤粉锅炉启动的要求；
- 增加了采用燃料再燃技术时的要求；
- 增加了 SCR 系统、风道燃烧器及烟道辅助系统管道的设计和运行要求；
- 增加了防止锅炉严重结焦的要求；
- 细化了燃煤系统在设计、运行及维护等方面的要求，增加了燃油（气）系统不同于燃煤系统的要求；
- 将燃油（气）系统纳入主燃料跳闸炉膛保护联锁系统方框图中，增加了触发强制性主燃料跳闸的项目条款；
- 修改了资料性附录“可能引起炉膛爆炸的原因”（附录 A）；
- 修改了资料性附录“炉膛瞬态设计承压能力的说明”（附录 B）；
- 删除了原规范性附录“燃料跳闸的延时及附加报警项目”（附录 C）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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（DL/TC 08）归口并负责解释。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司。

本标准主要起草人：张广才、周平、王一坤、柳宏刚、周科。

本标准所代替规程的历次版本发布情况为：

- DL 435—1991、DL/T 435—2004。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）

电站锅炉炉膛防爆规程

1 范围

本标准规定了防止电站锅炉炉膛外爆及内爆在设计、安装、调试、运行及维护等方面的技术要求。

本标准适用于以煤粉、油、气为燃料的电站锅炉。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50041 锅炉房设计规范
- GB 50049 小型火力发电厂设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50251 输气管道工程设计规范
- GB 50253 输油管道工程设计规范
- GB 50660 大中型火力发电厂设计规范
- DL/T 335 火力发电厂烟气脱硝（SCR）系统运行技术规范
- DL/T 466 电站磨煤机及制粉系统选型导则
- DL/T 611 300MW~600MW 级机组煤粉锅炉运行导则
- DL/T 748.4 火力发电厂锅炉机组检修导则 第4部分：制粉系统检修
- DL/T 748.5 火力发电厂锅炉机组检修导则 第5部分：烟风系统检修
- DL/T 831 大容量煤粉燃烧锅炉炉膛选型导则
- DL/T 852 锅炉启动调试导则
- DL/T 1091 火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统技术规程
- DL/T 1127 等离子体点火系统设计与运行导则
- DL/T 1316 火力发电厂煤粉锅炉少油点火系统设计与运行导则
- DL/T 1445 电站煤粉锅炉燃煤掺烧技术导则
- DL/T 1683 1000MW 等级超超临界机组运行导则
- DL/T 5121 火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程
- DL/T 5145 火力发电厂制粉系统设计计算技术规定
- DL/T 5203 火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程
- DL/T 5204 发电厂油气管道设计规程
- DL/T 5240 火力发电厂燃烧系统设计计算技术规程
- DL/T 5428 火力发电厂热工保护系统设计技术规定
- DL/T 5550 火力发电厂燃油系统设计规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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，乃至炉膛损坏的现象。煤粉中挥发物的析出越多，煤粉越细，则悬浮于空气中煤粉爆炸时所产生的压力越大。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。而混合物浓度为 $0.3\text{kg/m}^3 \sim 0.6\text{kg/m}^3$ ，最容易爆炸。可能引起炉膛外爆的原因参见附录 A。

3.2

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。可能引起炉膛内爆的原因参见附录 A。

3.3

炉膛防爆压力 boiler furnace explosion pressure

炉膛结构所能承受非正常情况下出现的瞬态压力，即炉膛短暂所能承受压力的极限值，也即炉膛瞬态设计压力（transient design pressure）。

3.4

炉膛结构设计压力 boiler furnace design pressure

将炉膛防内爆设计瞬态压力除以一个安全系数换算得到，此安全系数为材料按屈服极限确定基本许用应力时的安全系数，即：

$$p_{F,ds} = \frac{p_{F,mft}}{n_s} \quad (1)$$

式中：

$p_{F,ds}$ —— 炉膛结构设计压力，kPa；

$p_{F,mft}$ —— 在锅炉主燃料跳闸（MFT）时的炉膛瞬态防爆压力，kPa；

n_s —— 材料按屈服极限确定基本许用应力时的安全系数，取为 1.67。

3.5

一次风隔绝挡板（阀） primary air shutoff damper（valve）

通常装在一次风调节挡板前的用于严密地阻断空气流通的挡板（阀门）。

3.6

一次风调节挡板（阀） primary air control damper（valve）

调节一次风机或磨煤机风量的控制挡板（阀门）。

3.7

安全关断阀 safety shutoff valve; safety trip valve

响应正常或安全跳闸指令，自动且完全地关断供给主燃烧器或点火器气态或液态燃料的快速关闭阀。

3.8

磨煤机出口最高允许温度 coal pulverizer outlet maximum temperature

根据防爆和磨煤机允许温度条件确定的磨煤机出口最高温度，与磨煤机形式、煤质特性及干燥介质组成等因素有关。对于钢球磨煤机中间储仓式制粉系统，通常是指磨煤机出口介质温度；对于双进双出钢球磨煤机、中速磨煤机及风扇磨煤机等直吹式制粉系统，通常是指煤粉分离器出口介质温度。

3.9

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。

3.10

炉膛安全监控系统 **furnace safety supervisory system; FSSS**

对锅炉点火、燃烧器、油枪或气枪进行程序自动控制,防止锅炉炉膛由于燃烧熄火、过压等原因引起炉膛外爆或内爆而采取的监视和控制措施的控制系統。它包括燃料安全系統和燃烧器控制系统。对煤粉(或燃油、燃气)锅炉,也称为燃烧器管理系统(burner management system, BMS)。

3.11

燃料安全系統 **fuel safety system; FSS**

当炉膛燃烧熄火时,保护炉膛不爆炸(外爆或内爆)而采取监视和控制的措施或装置。

3.12

燃烧器控制系统 **burner control system; BCS**

根据锅炉负荷变化的要求和炉膛燃烧器布置形式,自动切投燃烧器的控制系统。在中间储仓式制粉系统中可是单个或成对的切投燃烧器;在直吹式制粉系统中可是一台磨煤机及辅助设备的启停控制系统,也是一种可以接受负荷指令的顺序控制系统。

3.13

逻辑部分 **logic portion**

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。

3.14

燃烧控制系统 **combustion control system**

使锅炉炉膛内燃料燃烧放出的能量适应负荷的需要,同时保持燃料和空气合理比例,燃烧产生的烟气和引风平衡,以确保锅炉安全、经济运行的模拟量控制系统的总称。通常它包括燃料量控制系统、风量控制系统、炉膛压力控制系统、一次风压力控制系统等。

3.15

主燃料跳闸 **master fuel trip; MFT**

由人工操作或保护信号自动动作,快速切除进入锅炉的所有燃料(包括到炉膛、点火器、风道燃烧器等燃料)而采取的控制措施,它是 FSSS 主要功能的一部分。

3.16

主燃料跳闸继电器 **master fuel trip relay**

当主燃料跳闸触发时,用于将全部所需设备同时跳闸的继电器。

3.17

燃油跳闸 **oil fuel trip; OFT**

由人工操作或保护信号动作,快速关闭主燃油安全关断阀(跳闸阀),切断进入锅炉的所有燃烧用油。

3.18

火焰包络 **flame envelope**

将燃料和空气转变为燃烧产物过程中可见或不可见的边界。

3.19

稳定火焰 **stable flame**

在锅炉负荷运行范围的最大变化率下,始终保持其连续性的火焰包络。

3.20

临界火焰 **critical flame**

运行的燃烧器中有一定数量以上的燃烧器火焰,在每一特定的时间间隔内相继消失,极可能带来危险工况时的火焰状况。其中具体数量和时间间隔值一般由锅炉制造商在综合考虑炉膛构造、总的燃烧

器数量、受影响燃烧器占投入燃烧器的比值、受影响燃烧器的布置、负荷等多因素后确定。

3.21

火焰检测器 flame detector

通过接收的火焰光波信号，检测火焰信号强弱并输出可用电信号的器件。

3.22

带自诊断的火焰检测器 self-checking flame detector

具有以一定的时间间隔自动检验其整个探头和信号处理系统功能的火焰检测器，用以确保任何一个元件故障不会导致产生错误的火焰检测信号。

3.23

火焰检测系统 flame detection system; flame scanning system

根据火焰的物理特性，对锅炉燃烧工况进行检测的系统。当火焰燃烧状态不满足正常条件或熄火时，可按一定方式给出信号，以作为故障报警或设备保护的逻辑判断条件。

3.24

全炉膛火焰丧失 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。根据炉膛结构，有下列几种定义。

a) 对四角（或八角）切向燃烧炉膛：

1) 若采用单燃烧器火焰检测或层火焰检测方式，当每一层火焰检测器检测到的灭火信号大于2/4（或4/8）时，定义为全炉膛火焰丧失。

2) 若采用全炉膛火焰检测方式，当2/4（或4/8）或以上的火焰检测器检测不到火焰信号时，定义为全炉膛火焰丧失。

b) 对拱式燃烧炉膛：当检测到灭火信号大于某一数量时（可根据燃烧器数量及制造商要求确定），定义为全炉膛火焰丧失。

c) 对对冲燃烧炉膛：当每一列燃烧器所布置的火焰检测器检测到的灭火信号大于某一数量时，定义为全炉膛火焰丧失。

3.25

局部火焰丧失 partial loss of flame

炉膛的一个或多个单独的火焰包络或燃烧器火焰消失，而其他火焰包络或燃烧器火焰仍维持。

3.26

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。

3.27

联锁 inter lock

当某个设备的运行参数达到或偏离限值、操作顺序不正确、设备跳闸时，自动地停止有关设备运行、中断不适当顺序的继续进行、跳闸相关设备，以避免事故扩大或出现危险情况的装置或控制程序。

3.28

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联锁系统。

3.29

富空气 air rich

供给炉膛（或燃烧器）的空气/燃料比大于最佳空气/燃料比。

3.30

富燃料 fuel rich

供给炉膛（或燃烧器）的空气/燃料比小于最佳空气/燃料比。

3.31

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，包括电火花发生器及相应的点火油（或气）枪或者等离子发生装置。

3.32

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）比点火器大的油枪。

3.33

惰性化 inerting

将蒸汽、氮气或二氧化碳等惰性化气体充入空气/燃料混合物中或将惰性化粉尘撒在煤粉层上面，使其氧含量减少达到惰性状态的作业过程。

3.34

吹扫 purge

用吹扫风量下的空气流或惰性介质流，以有效地清除任何气态或悬浮的可燃物，并用空气或惰性介质替换其可燃物。

3.35

风机选型点能力 fan test block capability; T.B

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-压头数值基础上，再加一定的裕量后，作为风机特性曲线上设计点的能力。简称风机 T.B 点。

3.36

超驰动作 override action

一旦检测到相关参数偏差太大、系统异常或接收到相应动作逻辑指令，直接将相关控制装置在减少偏差或系统异常方向重新置位，使系统处于预定的安全状态的一种控制动作。

3.37

再燃 reburn

在主燃烧区下游加入固体、液体或气体燃料以形成富燃料区域，将氮氧化物还原为分子氮。再燃技术又称燃料分级技术。

4 基本要求

4.1 设计和制造

4.1.1 防止炉膛爆炸的要求，涉及火力发电厂锅炉的设计、设备的选型和制造，以及安装和运行各个环节。各有关单位应紧密配合，对锅炉设备作出正确的选择；相关运行人员应参与设计方案的协商。

4.1.2 锅炉各设备的选型应符合 GB 50049、GB 50660 及 DL/T 831、DL/T 5145、DL/T 5240 的相关规定。所有燃料供应系统应有防止异物随燃料进入燃烧设备的设施；所有燃烧系统的设计及安装，在任何运行条件下都应防止可燃气体的聚集及煤粉的沉积。

4.1.3 当多台锅炉有相同的燃料供应源时，应为每台锅炉配备隔离装置及专用的安全关断阀、报警装置、联锁装置和控制仪表等。

4.2 安装和调试

4.2.1 设备安装单位应确认所有设备均根据设计要求正确安装和连接，并验收合格。

4.2.2 安全监控及保护系统未经试验、整套调试前，不应交付生产运行。试验应由设计、调试及运行维护单位共同完成。

4.2.3 调试过程中临时安装的联锁系统和仪表应经过业主、制造商、工程监理及运行维护单位的审查，并做好安全保护措施。

4.2.4 所有临时修改单应做好记录，并在机组投运前通过审查。

4.2.5 当设备状态及操作顺序发生变化时，应及时更新相应的文件资料。

4.3 运行及维护

4.3.1 正式投运前应派出运行人员到有同类型锅炉的电厂进行培训。

4.3.2 应根据制造及设计单位提供的文件资料及本标准所提出的基本要求，编制出临时运行规程，并根据启动调试、性能验收及运行优化试验的结果补充完善，最后编制出正式的运行规程。运行规程应提供所有手动及自动功能的操作顺序及详细检查要点。

4.3.3 运行人员应掌握和熟悉各设备（包括锅炉本体、燃烧器、燃料供应系统、烟风系统、联锁和安全装置等）的配置情况和性能，配备人员应能胜任设备的运行与维护工作。

4.3.4 应加强燃煤的监督管理，加强配煤管理和煤质分析，并及时将煤质情况通知运行人员，做好燃烧调整的应变措施。

4.4 性能试验

4.4.1 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时，均应对设备的性能进行试验，试验结果应纳入运行规程中，使运行人员能及时掌握设备性能，并正确地操作，从而保证安全经济运行，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。

4.4.2 设备性能及优化试验包括但不限于下列内容：

- a) 各燃烧器之间风、粉分配的调整。
- b) 确定合理的煤粉细度。
- c) 不同负荷下的最佳过量空气系数。
- d) 不同负荷下一次风、二次风、三次风（热风送粉制粉系统）及燃尽风等的最佳比例及控制方式。
- e) 燃烧器风门挡板（或调风器）的最佳开度（或旋流强度）。
- f) 燃烧器倾角。
- g) 不同负荷下各燃烧器或燃烧器组（投运磨煤机）的最佳组合方式。
- h) 不投油最低稳燃负荷。

4.5 选择性催化还原（SCR）系统

4.5.1 SCR 系统的运行、维护及安全管理应遵循 DL/T 335 的相关规定。

4.5.2 氨气或氨水的储存或输送区域，应保证通风，以防止有毒或可燃物聚积。

4.6 回转式空气预热器

4.6.1 回转式空气预热器及其辅助系统应设计合理、配套齐全，应有完善的监控和防止再次燃烧事故的手段。

4.6.2 应遵循制造商的运行规定和维护措施。

4.6.3 应遵循 DL/T 5240 中的防着火措施。

4.7 动力源

4.7.1 应采取一切合理预防措施,以保证系统中对所有控制和安全设备的无故障动力(电源和气源)。

4.7.2 炉膛安全监控系统的电源应来自两路独立运行且容量为 100% 的电源装置,其中一路来自于不间断电源(UPS)。

4.8 监控信息及画面

作为最低要求,运行画面应具有提供下述参数的连续趋势功能:

- a) 锅炉部分: 锅炉负荷、过热蒸汽流量、给水流量、总燃料量、总风量、烟气含氧量、汽包锅炉锅筒水位(或直流锅炉的过热度)、过热(再热)蒸汽压力、炉膛负压、尾部烟道负压及阻力、火焰检测信号、雾化蒸汽(或空气)压力、燃油(燃气)压力等。
- b) 制粉系统部分: 磨煤机入口干燥剂温度、磨煤机(或粗粉分离器)出口风粉混合物温度、排粉机前介质温度、热风送粉燃烧器前的风粉混合物温度、磨煤机前(后)介质压力、排粉机前(后)介质压力、各一次风管介质压力、磨煤机进出口压差(风扇磨煤机除外)、正压直吹式制粉系统密封风压力、给煤机断煤信号、惰性介质压力(若配置)、磨煤机内或分离器出口 CO 浓度测量值(如果有)、磨煤机(排粉机、冷炉烟风机、给煤机、给粉机、冷热一次风机等)电动机电流、氧含量(按惰性气氛设计的制粉系统)。

4.9 制粉系统、炉膛及尾部烟道防爆门的设置

4.9.1 制粉系统的防爆门设置应遵循 DL/T 5203 及 DL/T 466 的规定,并遵循下列原则:

- a) 制粉系统设备和其他部件按小于最大爆炸压力设计时,应设置防爆门。
- b) 磨制无烟煤的制粉系统,以及在惰性气氛下运行的风扇磨煤机制粉系统,可不设置防爆门。
- c) 原设计燃用低挥发分煤、未设置防爆门的制粉系统掺烧高挥发分褐煤或烟煤时,为防止煤粉在磨煤机或分离器内发生爆炸事故,应采取增设防爆门、加装惰性化系统及采取运行控制手段等技术措施。

4.9.2 为了防止炉膛和尾部烟道再次燃烧造成破坏,常在炉膛和烟道易爆处装设防爆门。

4.9.3 锅炉装有炉膛安全保护系统时,一般不装设防爆门。

4.9.4 对布袋除尘器是否设置防爆门,宜根据煤质、点火方式及除尘器滤袋耐火性能等在除尘器防火、防爆设计中统一考虑。

5 设备与相应系统的要求

5.1 炉膛结构

5.1.1 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,炉膛及其相连烟风道的任何支撑构件都不应由于弯曲或屈服而产生永久变形。该瞬态压力包括(但不限于)锅炉在最大设计出力条件下发生 MFT 和风机(或挡板)的误操作等异常工况时,炉膛压力瞬时增高所产生的压力,但不需考虑与其他瞬态负荷(如风力、地震等)的同时作用。关于炉膛瞬态设计承压能力的说明参见附录 B。

5.1.2 炉膛结构的瞬态设计正压按下述方法确定:

- a) 瞬态设计正压的标准值取为 8.7kPa,且不宜高于此值。
- b) 瞬态设计正压的允许值取决于送风机在环境温度下的选型点风压:
 - 1) 若环境温度下送风机 T.B 点风压低于 8.7kPa,则炉膛瞬态设计正压取值至少为环境温度下送风机 T.B 点风压,按送风机 T.B 点风压取值时宜进行安全性及经济性评估。

- 2) 若环境温度下送风机 T.B 点风压等于或高于 8.7kPa, 则炉膛瞬态设计正压取值仍为 8.7kPa。

5.1.3 炉膛结构的瞬态设计负压按下述方法确定:

- a) 瞬态设计负压的标准值取为-8.7kPa, 且不宜高于此值。
- b) 瞬态设计负压的允许值取决于引风机在环境温度下的选型点风压:
 - 1) 若环境温度下引风机 T.B 点风压低于 8.7kPa, 则炉膛瞬态设计负压至少取为环境温度下引风机 T.B 点风压, 按引风机 T.B 点风压取值时宜进行安全性及经济性评估。
 - 2) 若环境温度下引风机 T.B 点风压等于或高于 8.7kPa, 但不大于 12kPa 时, 则炉膛瞬态设计负压取值仍为-8.7kPa。
 - 3) 若环境温度下引风机 T.B 点风压由于省煤器及空气预热器下游烟气系统阻力增大等因素而大于 12kPa 时, 炉膛瞬态设计负压仍可按-8.7kPa 选取, 但此时宜根据引风机特性进行安全性评估; 或与锅炉制造商协商论证进一步优化炉膛结构设计标准。

5.2 烟风道

5.2.1 从送风机出口一直到烟囱(引风机入口)之间所有的烟风道, 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。

5.2.2 当锅炉在发生炉膛内爆或外爆瞬间达到炉膛结构瞬态设计压力时, 与炉膛相连的烟风道的任何支撑构件都不应由于弯曲或屈服而产生永久变形。

5.2.3 烟风道的设计应考虑避免引起炉膛燃烧室的脉动。

5.2.4 当烟风系统中采用增压风机时, 应同时考虑增压风机压头的影响。

5.3 燃料燃烧系统

5.3.1 燃料燃烧系统应连续地将送入炉膛的燃料和空气, 以一定的速率转化为非反应性的燃烧产物, 其容量应能满足机组运行的要求, 并与其他系统相匹配。

5.3.2 燃料燃烧系统由炉膛本体、烟风系统、燃料供应系统、主燃烧器系统、点火系统及燃料再燃系统组成。

5.3.3 以下是炉膛本体、烟风系统及点火系统的功能及设计要求, 不同燃料的供应系统、主燃烧器系统及再燃系统的要求分别见本标准第 7 章~9 章。

a) 炉膛本体:

- 1) 炉膛本体需根据主燃烧器系统来确定尺寸和布置, 以便点燃燃料并保持火焰稳定。
- 2) 应提供观察孔, 以便对燃烧室、点火器、燃烧器(包括点火器)火焰、燃尽风喷口及再燃燃料喷射口进行检查。
- 3) 当进行规定的吹扫程序时, 炉膛本体内不能留有“死角”。

b) 烟风系统:

- 1) 烟风系统的相关设计及防爆设计压力的取值应遵循 DL/T 5121 及 DL/T 5240 的相关规定。
- 2) 引风机选型时应充分考虑锅炉炉膛防内爆的要求。
- 3) 风机的容量和布置, 应保证提供连续的风量, 以满足机组所有运行工况的要求; 烟风道、风机和烟囱的尺寸和布置应合理, 以便能以一定的速率排出机组的燃烧产物。
- 4) 进风口、风道及空气预热器的布置, 应使烟气、水和燃料对供给空气的污染降至最低, 但并不排除在合适的设计中使用烟气再循环。
- 5) 应提供适当的疏水孔及人孔。

c) 点火系统:

- 1) 锅炉点火及助燃系统的形式应根据燃用煤种、锅炉形式、制粉系统形式、点火及助燃燃料等条件确定；燃用煤种适宜时，宜采用微油点火、气化小油枪及等离子点火等节油点火系统。
- 2) 锅炉设计和改造时，必须高度重视油枪、小油枪及等离子燃烧器等锅炉点火及助燃系统的适应性与完善性。应充分把握燃用煤种的煤质特性，小油枪应设备可靠、出力合理，等离子发生装置功率应与燃用煤种的煤质特性、等离子燃烧器和炉内整个空气动力场相匹配，以保证点火系统的可靠性和启动初期的燃尽率及锅炉的整体性能。
- 3) 锅炉点火系统应能可靠备用，点火器除点火功能外，还可用于恶劣运行条件下的稳燃。应定期对油枪进行清理和投入试验，确保油枪动作可靠、雾化良好。
- 4) 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。
- 5) 燃油（气）燃烧器应设置总安全关断阀和单支燃烧器的安全关断阀，共用一套安全关断阀的多支燃烧器应视为单支燃烧器。
- 6) 燃油（气）点火器应设置总安全关断阀和单个点火器的安全关断阀，总安全关断阀专用于点火子系统，共用一套安全关断阀的多个点火器应视为单个点火器。
- 7) 点火器应固定安装在防热环境中并可伸缩，以便于维护，实际运行中应对其出力（或燃料总管压力）及火检信号逐个进行监控。
- 8) 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。
- 9) 煤粉锅炉的油燃烧器必须有配风器，以保证油枪点火可靠、着火稳定、燃烧完全。在锅炉设计与改造中，应加强油燃烧器的选型，保证其出力、雾化质量和配风相匹配。
- 10) 应通过试验确定点火器空气/燃料供给（或主燃烧器空气/燃料供给）不致熄灭点火器火焰或降低点火器完成其预定功能的能力，或影响运行中其他燃烧器和点火器能力的瞬间极限值。

5.4 炉膛压力控制系统

5.4.1 炉膛压力控制系统，应控制炉膛压力在要求的定值区间内。

5.4.2 各类机组炉膛压力保护定值应遵循锅炉制造商的设计规定，其取值要综合考虑炉膛防爆能力、炉底密封承受能力和锅炉正常燃烧要求，并经现场实践予以验证或修改。

5.4.3 炉膛压力控制系统（如图 1 所示），应包括下列功能：

- a) 三套调节用独立的炉膛压力变送器。为了减少由于炉膛压力测量故障而引起误判断，每台变送器应单独取样，取样信号送至变送器监控系统，对三个测量信号进行“三取中”逻辑处理。当任意两个测量值的偏差较大时报警，以确认炉膛压力信号的测量是否正常。压力变送器应符合下述规定：
 - 1) 三套调节用压力变送器取样点应分布在锅炉两侧同一标高位置，四周不应有吹灰孔及看火孔等强气流扰动。
 - 2) 应采取适当的防堵措施，且不影响取样精度。
 - 3) 除三套调节用压力变送器外，还应单独设置一套作为监视用。
 - 4) 量程应大于炉膛压力保护定值。
- b) 可送至炉膛压力控制回路的前馈指令信号，该信号代表锅炉空气的需求量，可以是燃料量信号、锅炉主控信号、送风机指令信号或其他合适的需求量指示值，但不应该是实际测得的空气流量信号。
- c) 炉膛压力控制回路，控制风量调节装置的位置，维持炉膛压力在设定值。

- d) 炉膛压力保护回路，位于自动/手动切换站之后，结合其设定的逻辑，用来减少自动或手动操作模式下的炉膛压力波动。MFT 时，会触发一个前馈超驰动作，以降低由于火焰丧失带来的炉膛压力波动。当炉膛压力偏差大时，使用风机超驰动作或对所有可能引起炉膛压力偏差增大的相关终端控制元件进行方向闭锁。
- e) 炉膛负压调节控制元件，即风机入口调节装置，应满足下列要求：
- 1) 控制元件的工作速度应不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。
 - 2) 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。
 - 3) 为保证得到满意的响应速率，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。
 - 4) 采用轴流风机时，应避免在失速状态下运行而使气流无法控制。

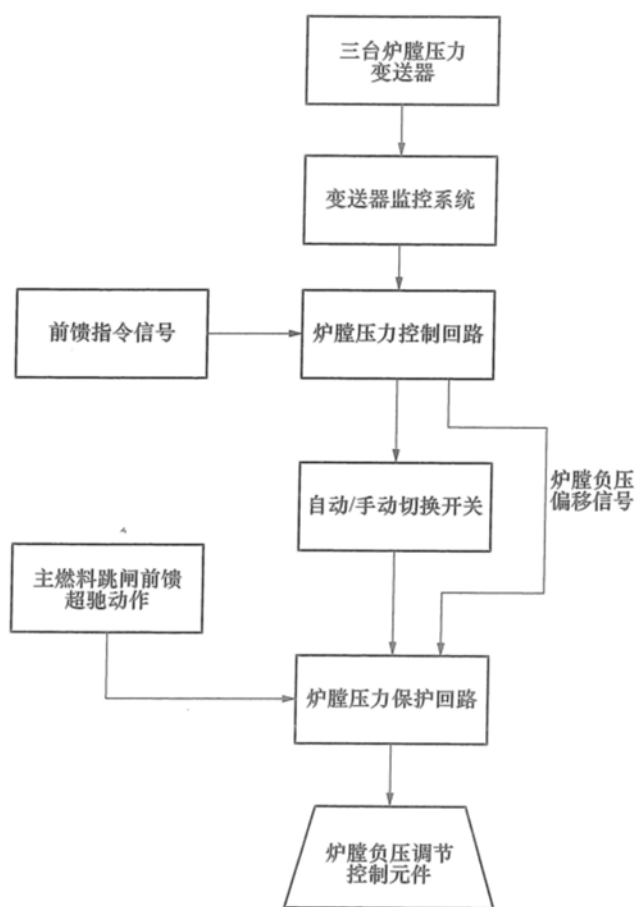


图1 炉膛压力控制及防内爆保护系统

5.5 炉膛安全监控系统

5.5.1 炉膛安全监控系统应根据不同燃烧器布置方式（墙式对冲、四角切圆、W 型火焰等）、不同燃烧器数量、不同制粉系统形式（直吹式、中间储仓式）、锅炉本体及主要辅机的要求及运行特性进行专门设计，并应将单个模件的故障对整个系统的影响程度降至最低。

5.5.2 炉膛安全监控系统的功能，包括但不限于炉膛吹扫、锅炉点火、油（气）泄漏试验、主燃料跳闸（MFT）、全炉膛火焰监视和灭火保护功能、MFT 首出原因和快速甩负荷（RB）等。

5.5.3 炉膛安全监控系统的核心是逻辑部分〔包括可编程逻辑控制器（PLC）、数字处理单元（DPU）、分

散控制系统 (DCS)], 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。

5.5.4 逻辑部分的设计应满足以下要求:

- a) 在考虑故障的设计时, 应判明故障类型, 至少对下述故障的影响有评估并编址:
 - 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) 存储错误和丢失。
 - 3) 信息传输错误和丢失。
 - 4) 输入和输出模件错误。
 - 5) 信号错误或信号不能被识别。
 - 6) 信号中断、漂移、骤降、恢复、瞬态干扰。
 - 7) 寻址错误。
 - 8) 处理器故障。
 - 9) 计时器故障。
 - 10) 如果用继电器, 则应考虑由于继电器线圈故障或继电器误接触所产生的影响。
- b) 设计中应包含故障诊断功能, 以监控处理器的逻辑功能。
- c) 逻辑部分故障应不排除操作人员适当的干预。
- d) 应能防止未经批准而修改逻辑; 当有关设备正在运行时, 不能修改逻辑。
- e) 系统响应时间 (输入到输出信息的时间) 应非常短, 以防止负面效应。
- f) 具有较强的抗干扰能力 (如噪声), 以防止误动作。
- g) 任何检测元件和回路发生故障时, 不应妨碍强制性的主燃料跳闸。
- h) 应提供由运行人员专用的紧急按钮, 以便独立和直接操作主燃料跳闸继电器, 其回路应独立于分散控制系统的控制器及模件, 并由硬接线完成。
- i) 逻辑应保存在非易失存储器 (固定存储器) 或不受断电影响的内存中。
- j) 以下独立性的要求还应满足:
 - 1) 炉膛安全监控系统应有独立的系统逻辑、逻辑处理硬件、输入/输出模件和电源, 同时还应和其他逻辑系统在物理和功能上分开, 执行炉膛安全监控功能的逻辑系统不应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/输出系统的电源应独立, 并与其他逻辑系统 (如锅炉燃烧控制系统) 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形式的硬件。
 - 4) 允许炉膛安全监控系统与其他系统间进行数据传输通信, 但进行数据传输通信的网络应与炉膛安全监控系统用于自身输入/输出的通信网络不同。
 - 5) 触发强制性主燃料跳闸的信号应采用硬接线接入, 主燃料跳闸的输出指令应以硬接线接入其他系统和相应动作设备的跳闸回路。
- k) 主燃料跳闸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主燃料跳闸, 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调节阀门瞬时关闭后, 随即又重新开启。
- l) 来自炉膛安全监控系统的任何逻辑指令应优先于燃烧控制系统指令的执行。
- m) 逻辑系统故障应触发其相应系统的燃料跳闸。

5.5.5 随着发电厂自动化水平的提高及锅炉设备类型的多样化, 炉膛安全监控系统还应采取下列相应措施:

- a) 增、减本标准的逻辑设计, 以适应自身特点要求。

- b) 增加有关重要操作事件的信息指示, 使运行人员能迅速作出反应。
- c) 应具备系统功能的在线检查和维护功能, 且不影响整体可靠性。
- d) 提供一个有助于正确决策(如操作指导、智能化报警等)和快速操作(如自动跳出相关画面等)的环境。

5.6 火焰检测及跳闸系统

5.6.1 火焰检测及跳闸系统的基本要求是: 具有燃烧不稳定报警功能; 一旦检测到有可能导致未燃烧燃料堆积的严重问题, 应自动使有关设备紧急停运。所有燃烧器(包括点火器)均应设计有完善可靠的火焰监测保护系统。

5.6.2 火检信号强度指示应准确可靠。对用于跳闸的火焰丧失信号, 不管其数量或形式, 只要运行中的燃烧器火焰检测信号消失, 都应报警。

5.6.3 每支煤、油、气燃烧器, 包括其点火器, 均应单独配置相应的火焰检测器。

5.6.4 火焰检测器应选用可靠的类型, 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。

5.6.5 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火检冷却风机(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。

5.6.6 经技术经济论证合理时, 也可采用其他可靠的空气气源作为火检的清洁冷却风。

5.6.7 火焰检测器应当精细调整, 保证锅炉在高、低负荷及适用燃料下都能正确检测到火焰; 当燃烧器改造或燃料发生变化时, 火焰检测要与之相适应。

5.6.8 火焰检测器应具有自诊断功能, 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。

5.6.9 不可随意强制火焰检测信号。

5.7 燃烧控制系统

5.7.1 应在锅炉运行的负荷范围内, 控制输入炉膛的燃料量、空气量及其相对变化率, 保持空气/燃料比在限定范围内, 使燃烧连续、火焰稳定。

5.7.2 任何运行工况下, 锅炉总风量应不低于满负荷风量的 30%。

5.7.3 应提供燃料和风量设定的最小和最大值, 以防止锅炉运行负荷范围内燃料量和风量超过使火焰稳定的极限。

5.7.4 应保持锅炉总风量与整个燃烧过程相匹配, 防止锅炉在缺氧条件下运行。当空气/燃料比低于预定值时, 应闭锁增加燃料和减少空气的动作。此时, 应减少燃料量或增加空气量, 或者两者同时进行。

5.7.5 负荷变化时应同时改变燃料量和风量, 并保持适当的空气/燃料比。增加负荷时应先加空气后加燃料, 减负荷时应先减燃料后减空气。风量控制在手动时, 不应将燃料量控制投入自动。

5.7.6 锅炉实际燃料量应与风机出力相匹配。如果一台风机故障或者停运导致燃料量超过另一台风机的实际运行能力, 应快速减燃料至其对应风机能力的允许值。

5.7.7 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。炉膛压力控制在手动时, 不应将总风量投入自动。除非风机投自动, 总风量的自动控制才可投入。

5.7.8 相关设备的设计和操作规程的制定应便于燃烧调节装置的在线维护, 应提供对燃烧调节和相关的联锁装置进行试验和校验用的仪表和装置。

5.7.9 应提供煤量（或粉量）、风量、油量等计量装置，测量结果应准确且重现性好，必要时应进行压力、温度、密度及黏度补偿修正，以便测定总燃料量和总风量之比。

5.7.10 应提供用于正确指导空气/燃料比调整的手段，如安装连续在线分析的合适数量的氧量表及 CO 浓度分析仪等。

5.7.11 应提供有磨煤机（或分离器）出口温度的控制手段；应提供保证煤粉输送所需一次风的调节手段，并有限制一次风低于危险值的措施。

5.7.12 如果有再燃系统，再燃燃料的喷射速率不应超过燃烧控制系统的响应能力。

5.8 联锁系统

5.8.1 功能要求

5.8.1.1 保证锅炉按规定的操作方法和操作顺序启、停，以防止发生异常操作情况；或在运行中出现濒临危险工况时，触发有关设备跳闸，保护人身安全和设备不受到损坏。

5.8.1.2 任何引起跳闸的联锁动作，应发出燃烧控制报警信号，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。

5.8.1.3 监视启动过程和操作顺序，确保操作方法和操作顺序正确。当操作人员和设备有危险时，将按正常顺序跳闸的设备减至最少。

5.8.1.4 必须正确地设计和安装，并在设计中留有改变运行方式的灵活性，以便采用经实践证明是最好的运行方式。应研究和分析每一种跳闸功能的利弊，确定各种手动和自动安全措施的最佳组合方案。

5.8.1.5 联锁设计中可以包括允许某一设备启动和运行且无干预的条件逻辑。运行中不应考虑为方便启动或操作某一设备而取消其联锁。联锁装置因故需退出运行时，应得到授权，且应在运行日志中加以记录，并采取其他备用措施来代替该联锁的功能。

5.8.1.6 应建立必要的吹扫和启动顺序联锁。应使用联锁装置以确保正确的操作顺序，并可在不宜继续运行时停止该装置的运行。

5.8.1.7 应为每一种设计的基本燃料提供特定的联锁功能。

5.8.1.8 应有防止动力源中断或恢复时出现拒动作和误动作的措施。

5.8.1.9 在联锁无法完成预期功能的地方，应提供一定的检测仪表，以便由运行人员手动操作完成。

5.8.1.10 使用中还应定期对联锁系统进行检查试验和维护，以保持其具有良好的功能，并应有措施防止无权限人员对定值进行任何修改。在联锁保护试验中，需要改变或产生信号时应利用一次元件或设备。

5.8.1.11 强制性 MFT 的检测元件和回路，除单支燃烧器的火检信号和来自锅炉燃烧控制系统的空气流量测量信号、炉膛负压信号、锅筒水位信号、给水流量信号外，应与所有其他控制元件及线路分开。

5.8.1.12 用于触发跳闸的信号应采用比其他控制回路更可靠的硬件和设计（如冗余、三取二等），三取二的三个信号及处理逻辑应独立分布在不同的硬件内，以提高其可靠性。

5.8.1.13 主要设备跳闸或锅炉 MFT 后，应指示跳闸首出原因。

5.8.1.14 触发跳闸的动作值和延时时间，应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，应对每一通路和整个系统进行试验，以验证其整定工作的正确性。

5.8.1.15 如果有再燃系统，再燃装置的联锁应整合到锅炉联锁系统中。仅与再燃系统相关的联锁只触发再燃系统跳闸，而不触发主燃料跳闸。

5.8.2 炉膛保护联锁及主燃料跳闸系统

炉膛保护联锁及主燃料跳闸系统如图 2 所示，表 1 为所有入炉燃料中断时的联锁操作。

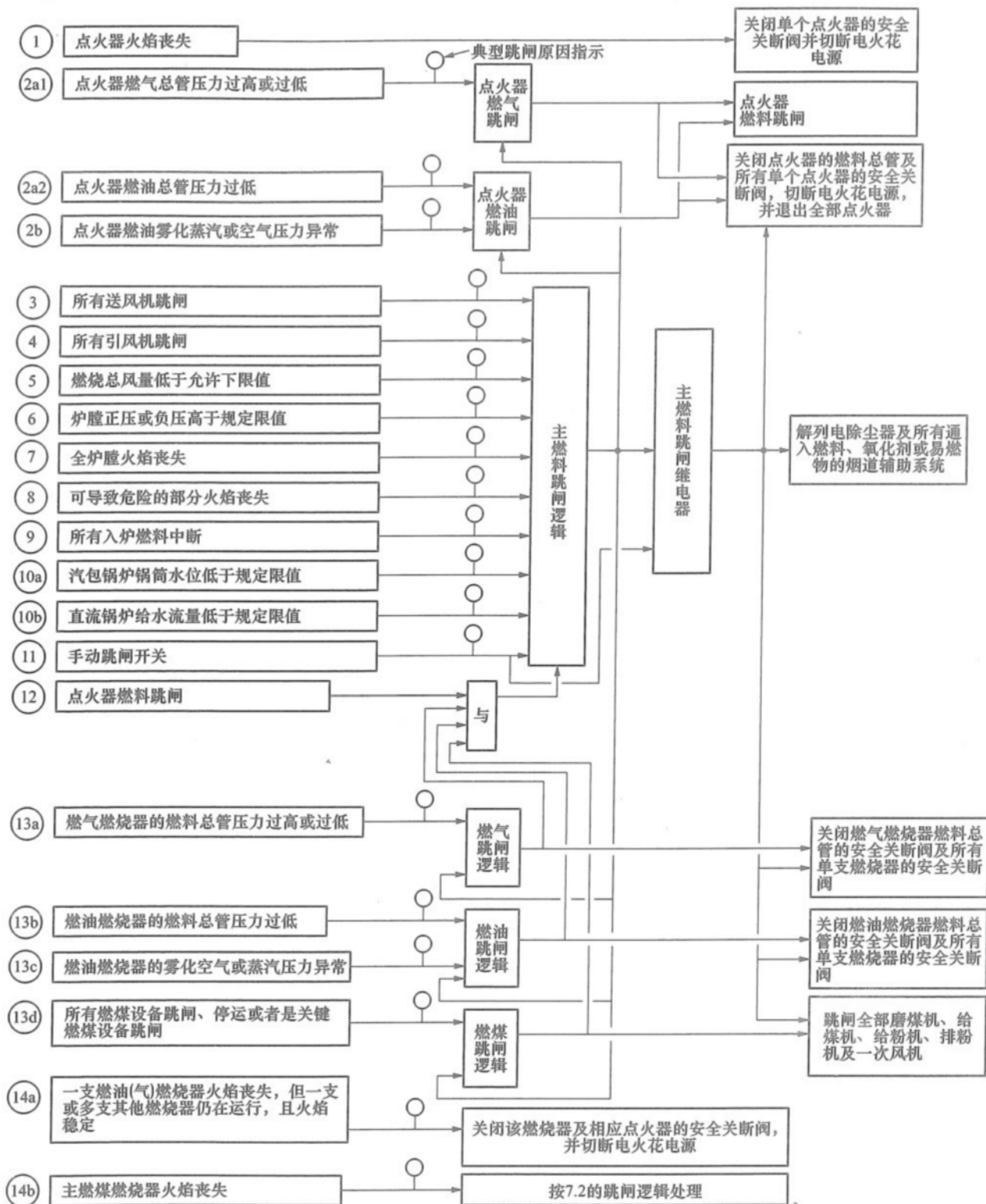


图2 炉膛保护联锁及主燃料跳闸方框图

a) 方框1表示单个点火器火焰丧失时的情况, 此时应完成下列联锁动作:

- 1) 关闭该单个点火器的安全关断阀和切断电火花电源; 对于燃气点火器, 还应打开排气阀。
- 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

否触发主燃料跳闸。

- b) 方框 2a1 表示当点火器燃气总管压力过高或过低时, 应联锁关闭点火器燃气总管及单个点火器的燃气安全关断阀, 同时打开排气阀, 并切断点火器的电火花电源。
- c) 方框 2a2 表示当点火器燃油总管压力过低时, 应联锁关闭点火器燃油总管及单个点火器的燃油安全关断阀, 并切断点火器的电火花电源。
- d) 方框 2b 表示用油作为点火燃料并用空气或蒸汽作为雾化介质, 当其雾化介质压力异常时, 应关闭点火器燃油总管和各单个点火器的燃料安全关断阀, 并切断点火器的电火花电源。
- e) 方框 3~方框 13 表示通过主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。方框 3 表示当所有送风机跳闸时, 应触发主燃料跳闸继电器。
- f) 方框 4 表示当所有引风机跳闸时, 应触发主燃料跳闸继电器。
- g) 方框 5 表示当燃烧总风量低于允许下限值 (低于吹扫风量之值达到满负荷所需风量的 5%) 时, 应触发主燃料跳闸继电器。
- h) 方框 6 表示当炉膛正压或负压超出正常运行范围达到制造商规定的限值时, 应触发主燃料跳闸继电器。
- i) 方框 7 表示全炉膛火焰丧失 (所有燃煤、燃油、燃气火焰均丧失) 时, 应触发主燃料跳闸继电器。
- j) 方框 8 表示当炉膛局部火焰丧失到可能导致仍在运行的燃烧器濒临灭火, 并足以引起未燃燃料有积聚的危险时, 应触发主燃料跳闸。这种特定的跳闸模式, 应由制造商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、联锁系统配置、负荷大小及燃料特性等情况, 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。
- k) 方框 9 表示所有入炉燃料中断时, 应根据表 1 的不同情况触发主燃料跳闸继电器。
- l) 方框 10a 表示当汽包锅炉汽包水位超出制造商规定的限制范围时, 应触发主燃料跳闸继电器。
- m) 方框 10b 表示当直流锅炉水冷壁工质流量低于制造商规定的最小值时, 应触发主燃料跳闸继电器。
- n) 方框 11 表示手动跳闸开关, 由运行人员在紧急情况时操作。手动跳闸指令, 将直接触发主燃料跳闸继电器。
- o) 方框 12 表示点火器燃料跳闸。如果点火燃料是唯一的入炉燃料或者是它被用来稳定唯一的一台磨煤机所对应的主燃料燃烧器 (或唯一的一支主燃料燃烧器) 的燃烧时, 应根据表 1 的不同情况触发主燃料跳闸继电器。
- p) 方框 13a 表示当燃气燃烧器的燃料总管压力高于或低于使火焰稳定的极限时, 应触发燃气跳闸。如果燃气是系统中的唯一燃料, 应触发主燃料跳闸继电器。
- q) 方框 13b 表示当燃油燃烧器的燃料总管压力低于使火焰稳定的最小值时, 应触发燃油跳闸。如果燃油是系统中的唯一燃料, 应触发主燃料跳闸继电器。
- r) 方框 13c 表示当燃油燃烧器的雾化空气或蒸汽压力异常时, 应触发燃油跳闸。如果燃油是系统中的唯一燃料, 应触发主燃料跳闸继电器。
- s) 方框 13d 表示当所有燃煤设备跳闸、停运或者是关键燃煤设备跳闸时, 如果煤粉是系统中的唯一燃料, 应触发主燃料跳闸继电器。
- t) 方框 14a 表示当一支燃油 (或燃气) 燃烧器火焰丧失, 但一支或多支其他燃烧器仍稳定运行且不会带来像 h) 出现的危险时, 应关闭该支燃烧器及相应点火器的安全关断阀, 并切断电火花电源。
- u) 方框 14b 表示当主燃煤燃烧器火焰丧失时, 应按照 7.2 所述要求而建立的跳闸逻辑处理。

表 1 所有入炉燃料中断时的联锁操作

序号	情 况	所 需 动 作
1	之前有燃料投入运行, 但随后所有的入炉燃料中断, 如直吹式制粉系统全部磨煤机或给煤机跳闸, 且总燃油(气)阀或全部燃油(气)支阀关闭; 中间储仓式制粉系统全部给粉机或排粉机(一次风机)跳闸, 且总燃油(气)阀或全部燃油(气)支阀关闭	触发主燃料跳闸继电器
2	一个或多个点火器点火成功, 但燃烧器或磨煤机投运失败, 随后所有的点火器停运	触发主燃料跳闸继电器
3	炉膛吹扫完成后锅炉点火时, 第 1 个(或 1 组)点火器一次或多次点火失败; 第 1 个(或 1 组)点火器在 10s~15s(轻油 10s, 重油 15s, 燃气 10s)内未能建立稳定的火焰	不必触发主燃料跳闸继电器, 应立即关闭其相应的安全关断阀, 查明点火失败的原因并加以消除, 由于风量已维持在吹扫风量, 所以不需要再次吹扫, 但应至少等待 1min 以后, 才可尝试该点火器或其他点火器的再次点火, 但点火次数不应超过 3 次, 否则应触发主燃料跳闸继电器
4	直吹式制粉系统投入的第一台磨煤机(或中间储仓式制粉系统的第一台给粉机)对应的燃烧器点火失败或燃烧器熄火	应触发主燃料跳闸继电器, 在再一次点火之前应再次吹扫并排除点火故障, 除非证实点火失败或熄火的原因是由于磨煤机系统无煤(或给粉机不下粉), 但在恢复供煤(或供粉)前应满足所有点火条件
5	燃油(气)锅炉第一支(或一组)燃烧器点火失败或燃烧器熄火; 油(或气)燃烧器安全关断阀打开且在 5s 内未被点燃	应触发主燃料跳闸, 在再一次点火之前应再次吹扫并排除点火故障。再次启动燃烧器之前应满足所有点火条件
6	一台磨煤机或多台磨煤机已经或正在启动, 点火器尚在运行, 但随后所有磨煤机停运, 系统中无其他主燃料	a) 若是第一台磨煤机如前面所述的点火失败, 应触发主燃料跳闸继电器。 b) 若是运行中的最后一台磨煤机由运行人员以正常操作步骤停运, 点火正常的点火器允许继续运行。 c) 若是运行中的最后一台磨煤机跳闸, 应触发主燃料跳闸继电器
7	燃油(气)燃烧器已经或正在投运, 点火器尚在运行, 但随后所有燃烧器的调风器(或二次风门)关闭, 相应的燃油(或燃气)跳闸阀关闭, 系统中无其他主燃料, 点火器持续待查	a) 若是第一支主燃烧器试图点火失败, 应触发主燃料跳闸继电器。 b) 若是运行中的最后一支主燃烧器由运行人员以正常操作步骤停运, 则应关闭相应的燃油(或燃气)跳闸阀, 点火正常的点火器可继续运行。 c) 若是运行中的最后一支主燃烧器跳闸, 应触发主燃料跳闸继电器

5.8.3 炉膛吹扫程序

5.8.3.1 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连续吹扫。炉膛吹扫的目的是将可能在炉膛和烟道中积聚的可燃性混合物清除掉, 防止点火时引起炉膛爆燃。

5.8.3.2 锅炉炉膛吹扫时, 锅炉通风量(从送风机入口到烟囱出口)需保持在不低于锅炉设计满负荷空气质量流量的 25%(燃煤锅炉还要求不高于 40%, 以防滞积在冷灰斗中的可燃物被突然增大的通风扰动时形成爆燃), 直至吹扫完成。

5.8.3.3 吹扫时间应不少于 5min 或相当于使炉膛及其后部承压部件空间得到 5 次换气的的时间(取两者较大值)。

5.8.3.4 吹扫过程中应该有信号指示, 如吹扫条件许可、正在吹扫、吹扫完成等。

- 一旦吹扫许可条件全部满足, 运行人员可通过手动操作进入吹扫阶段。
- 如果吹扫期间任一吹扫条件失去, 则吹扫中断, 并显示中断原因, 并应在所有吹扫许可条件重新满足后, 重新开始吹扫计时, 直至吹扫完成。

c) 吹扫完成后, 自动复位主燃料跳闸继电器。

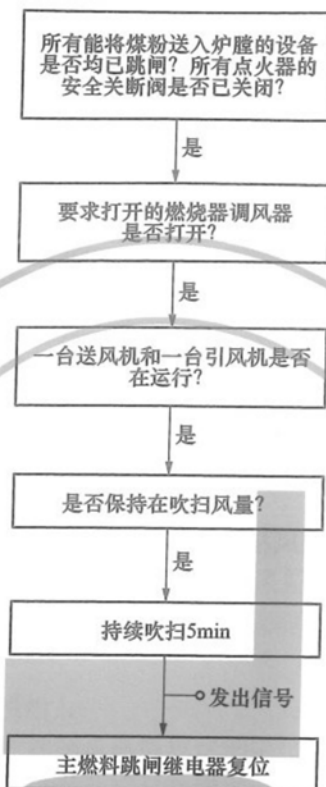


图3 锅炉炉膛吹扫程序

5.8.3.5 炉膛吹扫许可条件应至少包括以下内容:

- a) 无 MFT 条件存在。
- b) 所有点火器的总安全关断阀及单个点火器的安全关断阀的阀门开度均已确认关闭。
- c) 所有风道燃烧器的燃料总管、单支燃烧器及点火器的安全关断阀均已确认关闭, 助燃空气供应系统投入运行。
- d) 对燃煤机组, 需停运所有的给煤机、磨煤机、给粉机 (对中间储仓式制粉系统) 及点火用油; 对燃气 (油) 机组, 所有燃气 (油) 总管及单支燃烧器的安全关断阀均已确认关闭。
- e) 所有进入炉膛或烟气通道的其他可燃物来源均已确认关闭。
- f) 燃油 (气) 泄漏试验成功。
- g) 所有火焰检测器均未检测到火焰。
- h) 所有二次风 (或调风器) 挡板 (包括燃尽风挡板) 全开或在吹扫位置。
- i) 至少一台送风机及配套的引风机在运行。
- j) 锅炉总风量达到吹扫风量的要求。
- k) 所有回转式空气预热器均投入运行 (或根据制造商的建议)。
- l) 烟气再循环风机挡板全关 (若配置)。
- m) 所有一次风机、排粉机及电除尘器均停运 (若配置)。

5.9 报警系统

5.9.1 及时指出有危险的运行工况、误操作及设备故障, 并以声音和视觉 (光电) 信号传递给运行人员, 且不受其他条件的干扰。声音信号可在运行人员听到后将其消除, 而视觉信号应保持到恢复正常

后才能消除。

5.9.2 报警系统的设计, 应使运行人员难以用手动自行解列使其退出运行。如果由于设备故障而应使其退出运行, 则应得到授权, 并记录在运行日志中, 同时将“退出运行”的标志牌挂在该报警信号上。

5.9.3 所有的报警指示灯、按钮和选择器开关都应置于醒目的地方, 且做好标志及保护措施以防误碰。

5.9.4 所有的报警器和指示器应进行分组归类。当使用视频显示器 (VDU) 时, 视频显示的分类应合理且易于操作, 且报警信号应优先传递到视频显示器的屏幕上。

5.9.5 报警项目应根据给定燃料设定报警值。所要求报警的项目, 除图 2 中已示出的主燃料跳闸报警项目外, 还应包括但不限于下列报警信号:

- a) 任意一台一次风机、送风机、引风机跳闸 (非有意识停运)。
- b) 磨煤机跳闸 (非有意识停运)。
- c) 磨煤机断煤或堵煤。
- d) 磨煤机煤量过高或过低。
- e) 风粉混合物温度过高或过低。
- f) 炉膛压力变送器故障。
- g) 运行中燃烧器的调风器 (或二次风挡板) 关闭。
- h) 烟气分析仪故障。
- i) 运行氧量过高或过低。
- j) 可燃物含量或 CO 浓度高。
- k) 火焰检测器故障。
- l) 火焰检测器冷却风压过低。
- m) 燃烧器的安全关断阀关闭失败。
- n) 联锁系统或控制系统失去动力源。
- o) 风机方向闭锁或风机超驰动作。
- p) 轴流风机接近失速线。
- q) 燃油供应压力过低。
- r) 燃油黏度过高。
- s) 燃油加热系统中燃油温度过高。
- t) 燃气供应压力过高或过低。
- u) 燃气供应热值波动大。
- v) 燃气流量表压力过高或过低。
- w) 再燃燃料 (燃气) 压力过高或过低。
- x) 再燃燃料 (燃气) 的安全关断阀关闭失败。
- y) 再燃燃料 (燃油) 供应压力过低。
- z) 再燃燃料 (燃油) 温度过低。
- aa) 再燃燃料 (燃油) 雾化蒸汽或空气压力过低。
- bb) 再燃燃料 (煤粉) 流量过低。
- cc) 再燃燃料 (煤粉) 的输送温度过高。
- dd) 再燃燃料 (煤粉) 制备系统故障。
- ee) 燃料再燃系统烟气中易燃物浓度过高。
- ff) 燃料再燃系统再燃区的炉膛温度过低。
- gg) 风道燃烧器燃料总管压力过高或过低。
- hh) 风道燃烧器的安全关断阀关闭失败。
- ii) 风道燃烧器点火器燃料总管压力过高或过低。

jj) 风道燃烧器出口烟气温度过高。

6 炉膛防内爆保护（平衡通风锅炉）

6.1 设备及系统要求

6.1.1 若环境温度下引风机 T.B 点风压可能超过炉膛结构的瞬态设计压力，为了使炉膛内爆风险降至最小，炉膛结构的设计应符合下列要求之一：

- a) 使炉膛和烟道系统的最大设计压力高于引风机在环境温度下的最大压头，此时与最大设计压力对应的材料许用应力及安全系数需参照风机和地震力计算工况取用。
- b) 炉膛结构的设计压力按本标准 5.1.3 规定的瞬态设计负压取用，但应设置如图 1 所示的炉膛压力控制及防内爆保护系统、配备本标准 5.9 所列的报警项目及本标准 6.1.3 的保护联锁。

6.1.2 机组快速减负荷（RB）功能应可靠投用。

6.1.3 联锁要求。

6.1.3.1 炉膛正压高的联锁：

- a) 当炉膛正压超过正常运行压力达到制造商所规定的限值时，应触发主燃料跳闸。跳闸后若风机仍在运行，则应继续运行，但不应手动或自动增加风量。
- b) 主燃料跳闸后（平衡通风机组），炉膛吹扫结束点火前，若炉膛压力仍超过制造商的规定值，应将所有的送风机跳闸。

6.1.3.2 炉膛负压高的联锁（平衡通风机组）：

- a) 当炉膛负压超过正常运行负压达到制造商所规定的限值时，应触发主燃料跳闸。跳闸后若风机仍在运行，则应继续运行，但不应手动或自动增加风量。
- b) 主燃料跳闸后，炉膛吹扫结束点火前，若炉膛负压仍超过制造商的规定值，应将所有的引风机跳闸。
- c) 在主燃料点燃之前，并在主燃料跳闸之后，如果炉膛负压超过制造商所规定的限值，应将所有的引风机跳闸。此种情况下触发引风机跳闸的负压动作值应高于触发主燃料跳闸时的炉膛负压值。

6.1.3.3 送风机跳闸的联锁：

- a) 每台送风机均应有联锁跳闸逻辑和方式，当送风机处于不能继续运行或其风量达不到需要的风量时，均应跳闸。
- b) 当送风机事故跳闸时，如果还有其他送风机在运行，则跳闸送风机的挡板应关闭。
- c) 当送风机、引风机设有成对启动、停止和跳闸的联锁时：
 - 1) 若跳闸的不是最后在运行的一对送风机、引风机，则一台送风机事故跳闸时对应的引风机也应跳闸，两者相应的挡板也应关闭。
 - 2) 若跳闸的是最后在运行的一对送风机、引风机，则送风机跳闸后，引风机仍应保持在受控状态下运行，相应的送风机挡板应保持在开启位置。
- d) 当所有的送风机都跳闸时，应触发主燃料跳闸，并触发引风机控制装置超驰动作，已开启的送风机挡板应保持在开启状态，所有的送风机挡板在延时一段时间后均应打开。若配置了烟气再循环风机系统，则其挡板应关闭。

6.1.3.4 引风机跳闸的联锁：

- a) 每台引风机均应有联锁跳闸逻辑和方式，当引风机处于不能继续运行或其风量达不到需要的风量时，均应跳闸。
- b) 当引风机事故跳闸时，如果还有其他引风机在运行，则跳闸引风机的挡板应关闭。
- c) 当送风机、引风机设有成对启动、停止和跳闸的联锁时：

- 1) 若一台引风机故障跳闸, 则对应的送风机也应跳闸。
- 2) 若跳闸的不是最后在运行的一对送风机、引风机, 则一台引风机故障跳闸时对应的送风机也应跳闸, 跳闸的送风机、引风机挡板也应关闭。
- 3) 若跳闸的是最后在运行的一对送风机、引风机, 则两者相应的挡板应保持在开启的位置。
- d) 当一台送风机与多台引风机配对时, 若配对的引风机至少还有一台在运行, 则相应的送风机可不跳闸。
- e) 当所有的引风机都事故跳闸时, 应触发主燃料跳闸及所有的送风机跳闸, 缓慢全开所有烟风道挡板, 以建立尽可能大的自然通风。

6.1.3.5 多台并联变速风机的联锁。无论是送风机还是引风机, 当启动第二台和以后的风机时, 在风机启动后, 开启挡板前, 应将风机的转速调到有足够的容量将风量送出。

6.2 运行及维护要求

6.2.1 风机正确的启动与停止步骤, 应由设计、制造及运行维护单位参照本节及本标准第7章~9章相关要求共同确定。

6.2.2 应确保任何运行工况下从送风机入口到烟囱入口的烟风道通畅。在系统设计不便采用宽阔断面时, 其最小空气流通断面应不小于吹扫空气流量所需要的面积。引风机启动前, 应打开足够多的关断挡板、二次风(或调风器)挡板及其他调风挡板。

6.2.3 所有条件下, 启动和停止风机的顺序应是: 先启动一台引风机, 然后启动一台送风机; 停止风机的操作顺序与启动操作顺序相反。

- a) 当只配有单台送风机、引风机时: 引风机启动前, 引风机出口挡板应开启, 调节挡板和进口关断挡板应关闭; 送风机的出口关断挡板应全开, 其调节挡板应开至当其启动时允许的启动电流开度。然后, 先启动引风机, 引风机进口关断挡板联锁开启, 再启动送风机, 随即将送风机、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。
- b) 当配有多台送风机、引风机时: 启动第一台引风机前, 应至少开启一台送风机的调节挡板、出口关断挡板及一台引风机的调节挡板、进出口关断挡板。引风机应在出口挡板开启、调节挡板及进口关断挡板关闭的情况下启动, 启动后进口关断挡板应联锁开启。送风机也应在调节挡板及出口关断挡板关闭的情况下启动, 启动后出口关断挡板应联锁开启。当第一台送风机、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风机、引风机的调节挡板和关断挡板。

6.2.4 应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。

6.2.5 启动和停止风机时, 应尽量减少炉膛压力和风量的波动。一旦条件许可应立即投入炉膛压力自动控制子系统。

6.2.6 当最后一台风机停运时, 其调节挡板应经过一段时间的延迟后再开启或其开度处于被控状态, 以防风机在惰走过程中引起过大的炉膛瞬态正压或瞬态负压。

6.2.7 应加强引风机、脱硫增压风机等设备的检修维护工作, 定期对入口调节装置进行试验, 确保动作灵活可靠和炉膛负压自动调节特性良好, 防止机组运行中设备故障时或锅炉灭火后产生过大负压。

7 燃煤系统

7.1 设备要求

7.1.1 原煤供应系统

7.1.1.1 原煤供应系统的设计和布置, 应在所有运行条件下都能向锅炉连续和稳定地提供充足的燃料,

应有防止燃煤供应中断或给煤不稳定、失控等措施。

7.1.1.2 当所燃用的煤为多煤种，且有严格的比例要求时，应设置混煤筒仓。当有混煤需求，但无严格的比例要求时，宜利用卸煤设施和原煤仓所兼有的混煤功能。

7.1.1.3 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、煤筛、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 或符合制造商规定的要求。

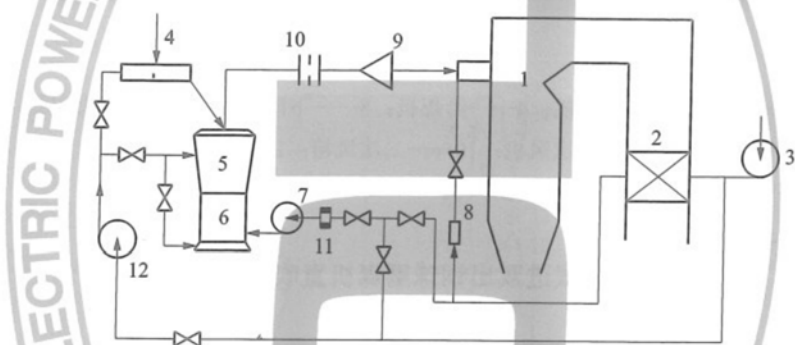
7.1.1.4 给煤机的容量应能适应在燃煤颗粒度、含水量及煤质发热量允许的变化范围内，提供需要的燃煤量。给煤机出、入口管道的设计应保证燃煤在上述规定的粒度及含水量变化范围内煤流畅通，不发生堵塞现象。同时应配置有便于探测或观察煤流的设施，以及为清除障碍和采取煤样的孔门。

7.1.2 制粉系统

7.1.2.1 制粉系统的设计和磨煤机的选型，应与燃用煤种特性和锅炉机组性能安全相匹配，并遵循 DL/T 466、DL/T 5203、DL/T 5121 及 DL/T 5240 的相关规定。

7.1.2.2 在锅炉机组进行跨煤种改烧时，在对燃烧器和配风方式进行改造的同时，必须对制粉系统进行相应配套工作，包括对于干燥介质系统的改造，以保证炉膛和制粉系统全面达到安全要求。

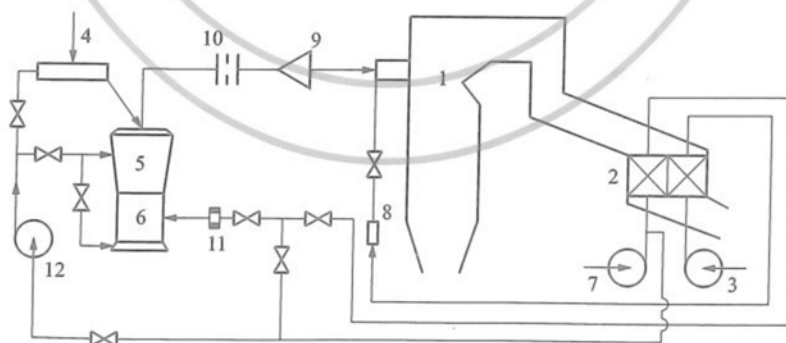
7.1.2.3 图 4~图 12 所示为燃煤锅炉典型的制粉系统原则性布置图。



说明：

1——锅炉；2——空气预热器；3——送风机；4——给煤机；5——粗粉分离器；6——磨煤机；7——一次风机；8——二次风箱；9——煤粉分配器；10——隔绝门；11——风量测量装置；12——密封风机。

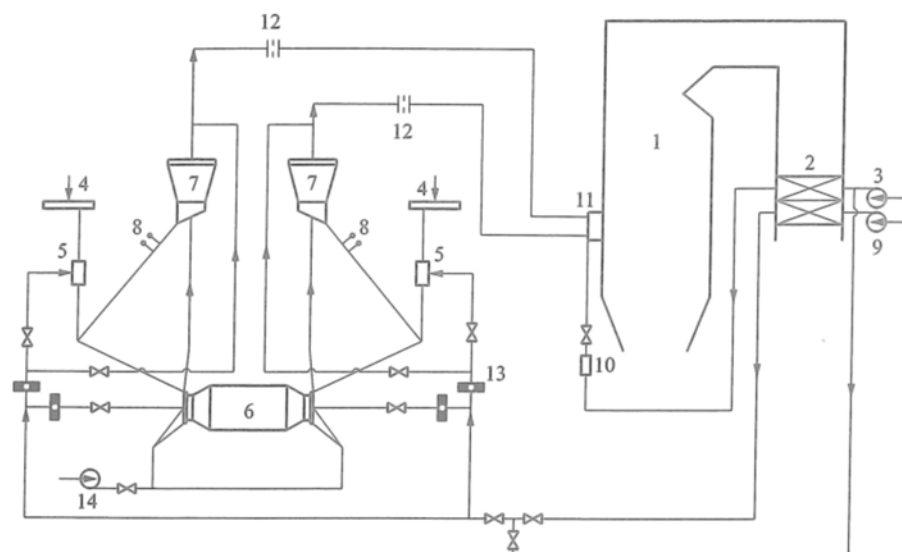
图 4 典型的中速磨煤机直吹式热一次风机制粉系统



说明：

1——锅炉；2——空气预热器；3——送风机；4——给煤机；5——粗粉分离器；6——磨煤机；7——一次风机；8——二次风箱；9——煤粉分配器；10——隔绝门；11——风量测量装置；12——密封风机。

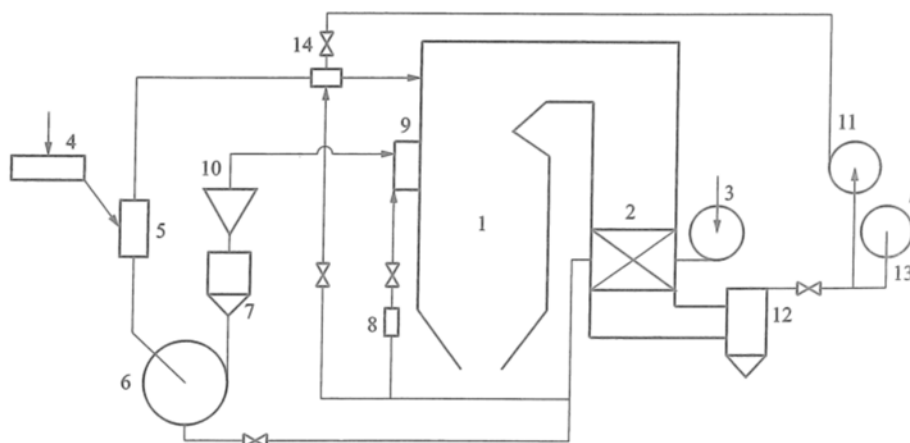
图 5 典型的中速磨煤机直吹式冷一次风机制粉系统



说明：

1——锅炉；2——空气预热器；3——送风机；4——给煤机；5——下降干燥管；6——磨煤机；
7——粗粉分离器；8——锁气器；9——一次风机；10——二次风箱；11——燃烧器；
12——隔绝门；13——风量测量装置；14——密封风机。

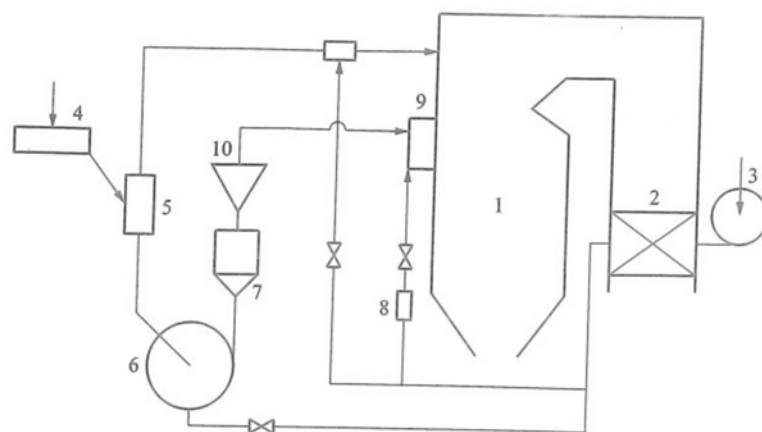
图6 典型的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统



说明：

1——锅炉；2——空气预热器；3——送风机；4——给煤机；5——下降干燥管；6——磨煤机；
7——粗粉分离器；8——二次风箱；9——燃烧器；10——煤粉分配器；11——冷烟风机；
12——除尘器；13——引风机器；14——烟风混合器。

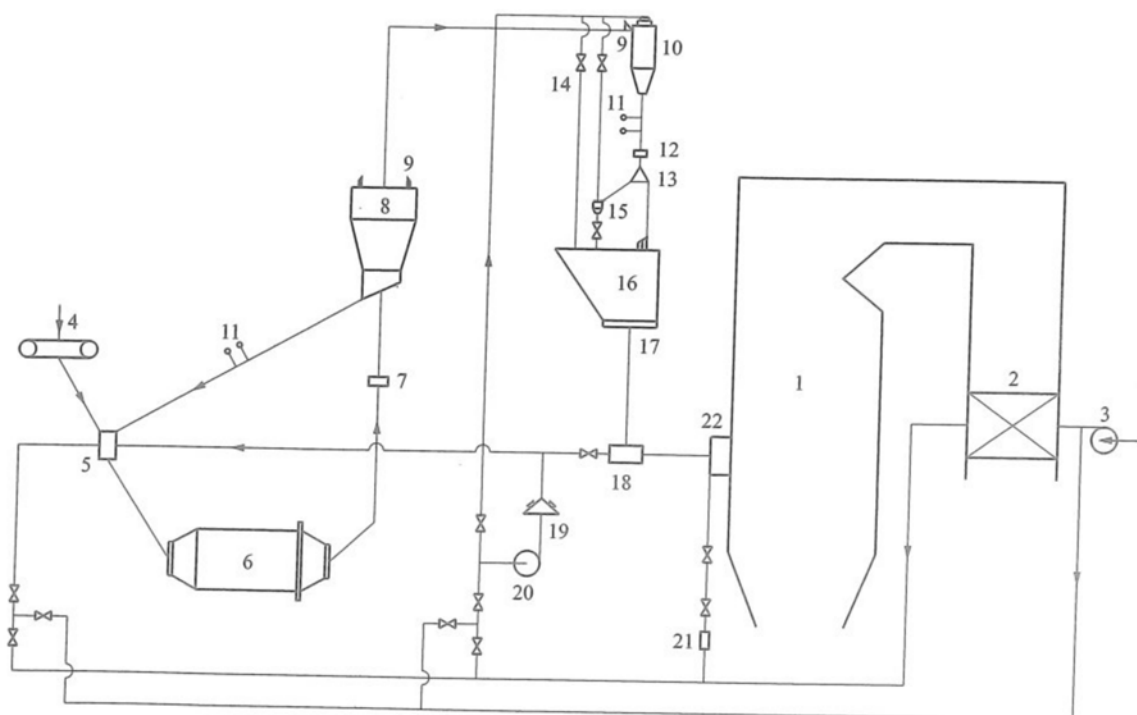
图7 典型的风扇磨煤机三介质干燥直吹式制粉系统



说明:

1——锅炉; 2——空气预热器; 3——送风机; 4——给煤机; 5——下降干燥管; 6——磨煤机;
7——粗粉分离器; 8——二次风箱; 9——燃烧器; 10——煤粉分配器。

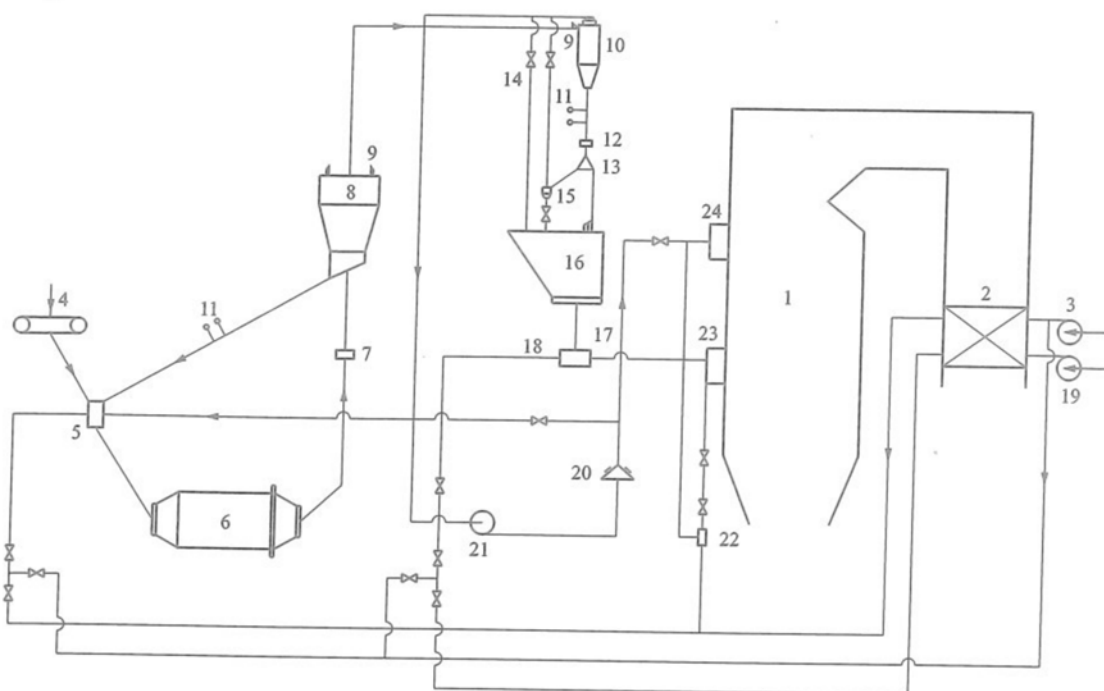
图8 典型的风扇磨煤机二介质干燥直吹式制粉系统



说明:

1——锅炉; 2——空气预热器; 3——送风机; 4——给煤机; 5——下降干燥管; 6——磨煤机;
7——木块分离器; 8——粗粉分离器; 9——防爆门; 10——细粉分离器; 11——锁气器;
12——木屑分离器; 13——换向器; 14——吸潮管; 15——螺旋输粉机; 16——煤粉仓
17——给粉机; 18——风粉混合器; 19——一次风箱; 20——排粉机; 21——二次风箱;
22——燃烧器。

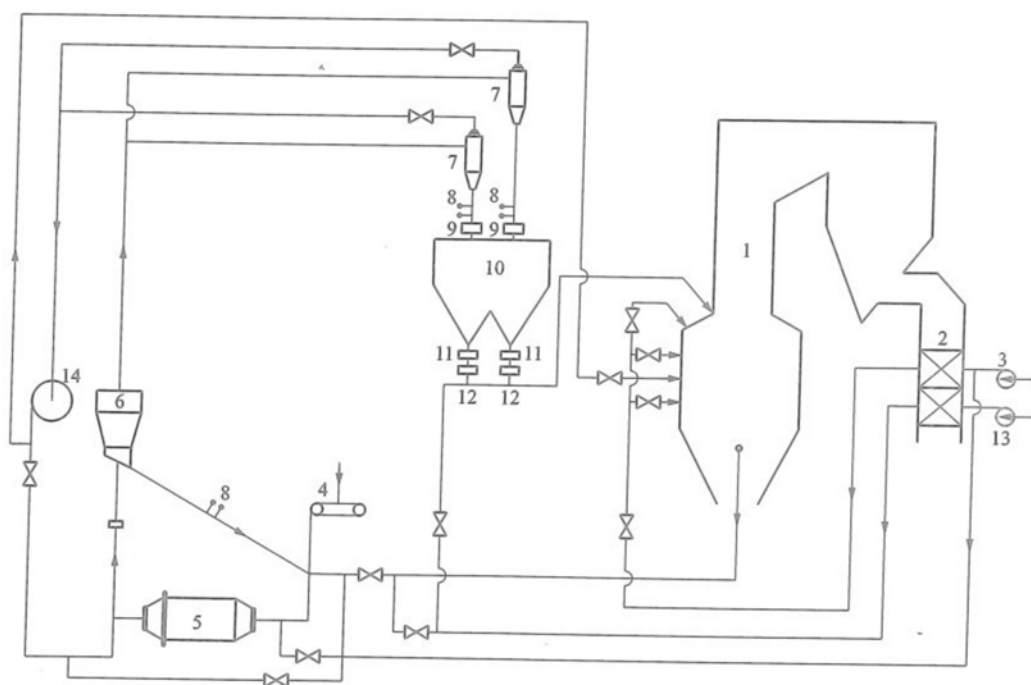
图9 典型的中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉制粉系统



说明:

1——锅炉; 2——空气预热器; 3——送风机; 4——给煤机; 5——下降干燥管; 6——磨煤机; 7——木块分离器; 8——粗粉分离器; 9——防爆门; 10——细粉分离器; 11——锁气器; 12——木屑分离器; 13——换向器; 14——吸潮管; 15——螺旋输粉机; 16——煤粉仓; 17——给粉机; 18——风粉混合器; 19——次风箱; 20——乏器风箱; 21——排粉机; 22——二次风箱; 23——燃烧器; 24——乏器喷口。

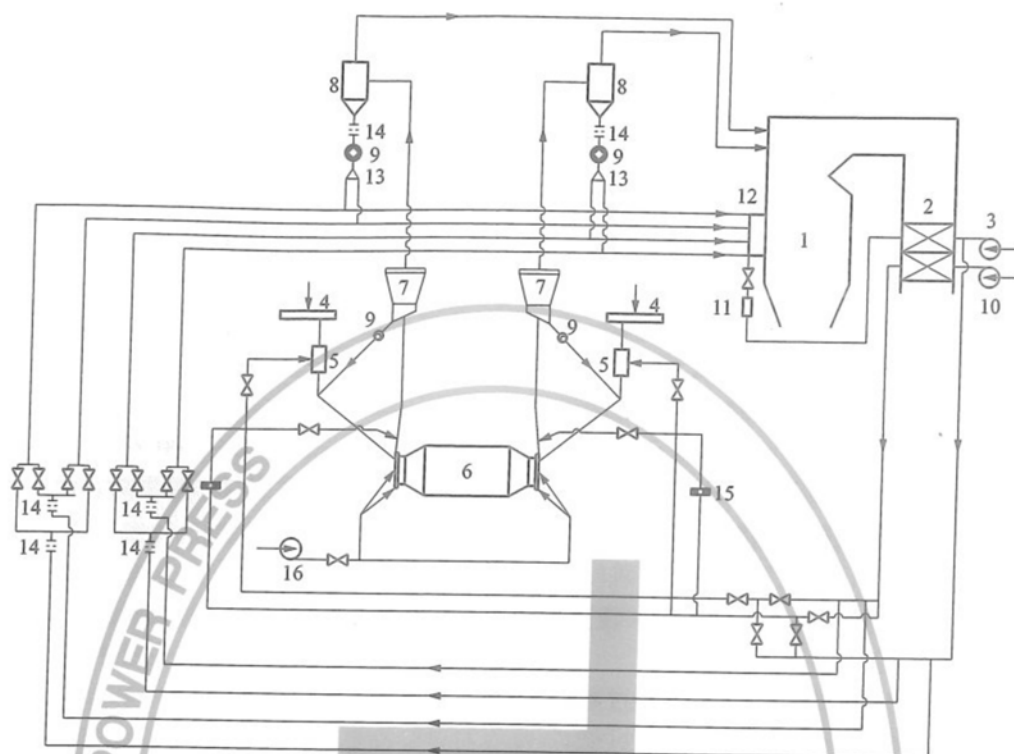
图 10 典型的中间储仓式钢球磨煤机热风送粉制粉系统



说明:

1——锅炉; 2——空气预热器; 3——送风机; 4——给煤机; 5——磨煤机; 6——粗粉分离器; 7——细粉分离器; 8——锁气器; 9——木屑分离器; 10——煤粉仓; 11——给粉机; 12——风粉混合器; 13——次风机; 14——排粉风机。

图 11 典型的中间储仓式钢球磨煤机炉烟干燥、热风送粉制粉系统



说明：

- 1——锅炉；2——空气预热器；3——送风机；4——给煤机；5——下降干燥管；6——磨煤机；7——粗粉分离器；
8——细粉分离器；9——电动叶轮式给粉机（锁气器）；10——次风机；11——二次风箱；12——燃烧器；
13——煤粉分配器；14——隔绝门；15——风量测量装置；16——密封风机。

图 12 典型的双进双出钢球磨煤机半直吹式制粉系统

7.1.2.4 制粉系统的设计，应使其出力有一定的允许变化范围，以便在锅炉负荷变化时尽量减少磨煤机的启、停次数，并应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。

7.1.2.5 制粉系统的所有管道和设备要做到严密、内壁光滑、无积粉死角，要尽量减少水平管段，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。

7.1.2.6 制粉系统设计时，应采取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。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：

- a) 风量偏差不大于 5%。
- b) 粉量偏差：中间储仓式制粉系统不大于 10%；直吹式制粉系统不大于 15%。

7.1.2.7 磨煤机出口最高允许温度 $t_{m,2}$ 、一次风粉混合物的设计温度 t_{PA} 及二次风粉混合物的设计温度 t_{SA} 宜遵循 DL/T 831 的相关规定，并参考 DL/T 5145 中的相关取值。

7.1.2.8 对于直吹式制粉系统，当煤质较为稳定，且通过试验证实所用燃煤的 CO 析出温度与磨煤机出口最高允许温度 $t_{m,2}$ 之间存在较大安全裕量时，应进一步优化磨煤机出口温度的取值，以提高锅炉运行经济性。但提高磨煤机出口温度后，磨煤机进口温度的安全裕量（指 CO 析出温度与热平衡计算的磨煤机入口热风温度之间的差值）宜不小于 10℃，且不超过磨煤机制造商允许的极限温度。

7.1.3 主燃烧器系统

7.1.3.1 燃烧器系统的设计应与所选定的燃料特性和炉膛的结构形式紧密配合，保证能向炉膛提供需要的燃料量和空气量，并保持火焰稳定和在炉内有较好的充满度。

7.1.3.2 在设计炉膛及布置燃烧器时，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(若配置)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。

7.1.3.3 燃烧器及其相关设备所在的位置,应便于接近和维护检修,防止附近管道漏粉、漏油或漏气而引起火灾,并为清除燃烧器喷口结渣提供条件。

7.1.3.4 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。

7.1.3.5 当二次风或一次风被混入烟气(或其他惰性气体)供给燃烧器时,应采取措施使其混合均匀并监测烟气混合物的氧含量,烟气混合物的氧含量不应低于制造商规定的可维持稳定燃烧的最低氧量。

7.1.3.6 应在不投点火器的条件下对每支燃烧器进行火焰稳定极限试验,确定该燃烧器在锅炉负荷运行范围内,燃料量和风量瞬变时是否可形成稳定火焰。燃烧系统改造及煤质变化后,应重新进行试验。

7.1.3.7 当锅炉采用煤粉再燃技术时,应满足如下要求:

- a) 再燃系统应配备再燃区的炉膛温度及气体可燃物浓度监测装置。
- b) 再燃燃料喷入点的炉膛温度应至少比再燃燃料的着火温度高 167℃ (300°F)。
- c) 应在不同的锅炉负荷、燃烧器投运方式、炉膛粘污状况及过量空气系数下对再燃区的炉膛温度进行测量,确定再燃系统可投入运行的条件。
- d) 下列任一条件,将触发再燃燃料跳闸:
 - 1) 主燃料跳闸。
 - 2) 手动跳闸指令。
 - 3) 再燃燃料(燃气)总管压力过高或过低。
 - 4) 再燃燃料(燃油)总管压力过低。
 - 5) 再燃燃料(燃油)雾化介质压力过高或过低。
 - 6) 所有再燃燃料(煤粉)输送装置故障或再燃燃料流量低。
 - 7) 所有再燃燃料(煤粉)供给或制备装置故障。
 - 8) 锅炉负荷过低,不足以保证再燃区的炉膛温度高于再燃燃料的着火温度。
 - 9) 再燃区的炉膛温度低于再燃燃料的着火温度,或者是再燃燃料火检信号低。
 - 10) 用于再燃系统的燃尽风流量过低。

7.2 火焰检测及跳闸系统

7.2.1 对于燃煤的火焰监测,不要求每支燃烧器都能连续检测到火焰信号。

7.2.2 应根据同类型式及容量的锅炉和制粉系统,在燃烧类似燃料的条件下已取得的实践经验,提出本锅炉的跳闸模式,并予以验证或修改。基于火焰检测方式触发有关设备自动跳闸的原则如下:

- a) 单燃烧器火焰检测方式。每支燃烧器都配置有用于检测各自燃烧状况的火焰检测方式。这种方式根据单支燃烧器或燃烧器组的火检信号选择性自动跳闸,当某台磨煤机有规定数量或规定排列方式的燃烧器灭火时,其相关的给煤机或磨煤机应自动跳闸。
- b) 层火焰检测方式。在每两层燃烧器之间布置火焰检测器,用来监视相邻两层燃烧器的燃烧状况的火焰检测方式。当某台磨煤机有规定数量或规定排列方式的燃烧器灭火时,其相应的给煤机或磨煤机应自动跳闸;如果点火器或相邻燃烧器不能对运行中的燃烧器火焰提供足够点火能量,则这支燃烧器灭火时应触发其相应的给煤机或者磨煤机自动跳闸。
- c) 全炉膛火焰检测方式。在最上一层燃烧器的上方布置火焰检测器,用来检测全炉膛燃烧状况的火焰检测方式。采用这种检测方式时,其他任何区域的主燃料应能给检测区域及其相邻的燃烧器提供充分的能量支持;若没有足够的能量支持,应投入点火器,否则触发主燃料跳闸。

7.2.3 当锅炉采用煤粉再燃技术时,若再燃区的炉膛温度低于本标准 7.1.3.7 的规定值时,应根据制造商的操作要求停运再燃系统;当低于规定值 56℃ (100°F) 时,应跳闸再燃系统。再燃燃料火焰丧失时,应根据制造商的要求跳闸整个再燃系统或将其中一部分设备跳闸。

7.2.4 每支风道燃烧器均需配置火焰检测器及相应的跳闸系统。

7.3 运行及维护

7.3.1 冷态启动

7.3.1.1 启动前的检查及对设备状态的要求：

- a) 锅炉启动前要严格执行验收和检查工作。
- b) 锅炉炉膛、制粉系统及烟风管道检修完毕，且无异物遗留在内。
- c) 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聚集。
- d) 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。
- e) 检查所有烟、风挡板的执行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并不造成机组任何部分超压的位置。
- f) 检查所有燃烧器的风门调节挡板或调风器的执行机构全行程调节是否灵活。
- g) 自然循环锅炉已达到在启动时所要求的水位，强制循环锅炉已建立正常的水循环，直流锅炉已建立起启动流量（最小给水流量）。
- h) 氧量计、炉膛压力表及可燃物含量分析仪（若配置）应能正常运行，此时氧量计指示应在最大值，可燃物含量分析仪指示应为零。
- i) 控制系统和安全连锁系统已送电或送气。在大修或重大维修后，安全连锁的全部功能应已做过检查。
- j) 油枪、微油或等离子点火系统必须保证安装正确，新设备和系统在投运前必须进行正确整定和冷态调试。
- k) 检查确认燃油或燃气系统阀门关断严密。锅炉点火前，应进行燃油、燃气泄漏试验，合格后方可点火启动。
- l) 对燃油或燃气点火器，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，点火器电火花电源应切断；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，投入主燃料之前进行全部运行试验。
- m) 直吹式制粉系统及相关设备完好，并已调整到准备启动的状态；中间储仓式制粉系统应准备启动向煤粉仓送粉。制粉系统所有变送器管路已吹扫干净。

7.3.1.2 启动顺序：

- a) 回转式空气预热器、除尘器和烟气再循环风机（若配置）应根据制造商推荐的方式启动。
- b) 确认从送风机入口到烟囱的通道畅通无阻。
- c) 先启动一台引风机，然后启动一台送风机。根据对吹扫风量的要求决定是否需要启动另外的引风机和送风机，如需启动则应按照 6.2 的要求进行操作。
- d) 启动一次风机（若配置）。
- e) 将燃烧器风门挡板（或调风器）置于吹扫位置，并调节通风量至吹扫风量，对锅炉进行吹扫。
- f) 对燃油点火器，如果每个点火器尚未进行全部运行试验，则应在炉膛吹扫后进行试验；如果每个点火器已进行全部运行试验，则开启点火器总安全关断阀，并通过调节阀将点火器燃料压力调整至规定值，确定燃油温度是否正常。采用燃气点火器时，在调整点火器燃料压力之前还应将燃气总管内的气体排空以使燃气能充满整个管道。
- g) 锅炉从启动到带初始负荷，应将所需要的燃烧器的调风器（或二次风）挡板一直处于开启状态，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量、燃料量为止，以保证锅炉在启动期间炉膛一直处于富空气气氛，并建立一个防止可燃物积聚的最低风速。
- h) 装有小油枪微油点火装置或等离子无油点火装置的锅炉点火时，严禁解除炉膛安全监控系统。
- i) 将准备点火的燃烧器风门挡板（或调风器）置于点火开度。燃油和燃气锅炉吹扫和点火时，通常将调风器放至正常运行位置，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；煤粉锅炉需将所有燃烧器风门挡板（或调风器）开到适中位置（点火位置），利用风箱炉膛压差建立吹扫和点火所需要的湍流度，着火后再逐渐开至正常燃烧位置。
- j) 触发准备点火的一支（或一组）燃烧器的点火火花或其他火源，然后打开各点火器的安全关断阀，对燃气点火器还应关闭排气阀。如果第1个（或1组）点火器在10s~15s（轻油10s，重油15s，燃气10s）内未能建立稳定的火焰，则应立即关闭其相应点火器的安全关断阀。对燃气点火器还应打开排气阀，查明点火失败的原因并加以消除，由于风量已维持在吹扫风量，所以不需要再次吹扫，但应至少等待1min以后，才可尝试该点火器或其他点火器的再次点火，但点火次数不应超过3次，否则应触发主燃料跳闸（见表1）。若所有的点火器都能被可靠地监视，允许利用一个点火器的安全关断阀将数个点火器投入运行，但若其中有一个点火器点火失败，则送至该组所有点火器的燃料均应被切断。
 - k) 采用油点火器点火时，应严格监视油枪雾化情况，一旦发现油枪雾化不好应立即停运，并进行清理检修。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（煤粉燃烧器点火能量的要求见7.3.2.1）。如有必要，可在工况稳定后重新调节炉膛送风量，但不应低于吹扫风量。
 - l) 对于直吹式制粉系统，应按照7.4.1.1的要求启动磨煤机，且当采用微油或等离子点火方式启动时，宜先投入点火暖风器直至磨煤机入口温度达到规定值；中间储仓式制粉系统应按照7.4.2.1的要求启动给粉机。对于中间储仓式制粉系统，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大小，一般只需几秒钟；对于直吹式制粉系统，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，这一滞后时间由试验确定。
 - m) 确认从主燃烧器喷入炉膛的燃料已点燃，满意的结果应该是在上述滞后时间之后的10s内被点燃。当直吹式制粉系统投入的第一台磨煤机（或中间储仓式制粉系统的第一台给粉机）对应的燃烧器点火失败或燃烧器灭火时，应触发主燃料跳闸。当采用微油或等离子点火方式启动时，若中速磨煤机直吹式制粉系统任一角在180s内未点燃或中间储仓式制粉系统任一角在30s内未点燃，应立即停止相应磨煤机或给粉机的运行，在再一次点火之前应再次充分吹扫并排除点火故障，除非证实点火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），但在恢复供煤（或供粉）前应满足所有点火条件（见表1）。
 - n) 建立稳定火焰后，可缓慢将风门挡板（或调风器）调整到正常位置，但在调整过程中应注意防止灭火。采用微油或等离子点火方式启动时，应保证入炉煤质，合理控制煤粉细度、一次风速、磨煤机出力及风粉混合物浓度，使着火稳定和燃烧充分，启动后还应注意检查和分析燃烧情况及锅炉沿尘温度、阻力变化情况。
 - o) 对于直吹式制粉系统，第二台和随后的其他磨煤机投运时，如果任何一支燃烧器不管因何种原因点火失败或灭火，应根据设计要求停用该支燃烧器或停运该台磨煤机，采取有效隔离措施停止向该燃烧器供粉，查明原因并消除后，在所有点火满足的条件下方可重新启动。
 - p) 对运行中的直吹式磨煤机，如果还有某支燃烧器尚未投入运行，只有确认该燃烧器的煤粉管道中没有积粉，且煤粉进入燃烧器时不会在内部着火，不会对正在运行的燃烧器的空气/燃料比造成大的干扰时，才可将该燃烧器投入运行。否则，应启动另一台磨煤机，将该台磨煤机停运且抽空其煤粉。
 - q) 根据锅炉负荷需要启动另外一台磨煤机时，其操作顺序与i)~p)相同。送入炉膛的燃料在确认正常燃烧之前，不可将任何燃烧器的点火器投入，以防爆炸。
 - r) 当进入燃烧器和炉膛的燃料量已经足够多而无须点火器助燃时，点火器方可退出运行。点火器停掉后，应检查主燃烧器是否能维持连续的稳定火焰。
 - s) 根据需要，投入燃烧自动控制系统。燃尽风风量的调整不应影响锅炉运行产生不利影响。
 - t) 对于配置了燃料再燃系统的机组，只有当锅炉负荷达到确保再燃燃料的投运不会对燃烧产生不利影响时，再燃系统才允许投运。再燃燃料投运之前，应先开启相应的燃尽风，且再燃区的炉膛温度应满足7.1.3.7的要求。再燃燃料制备和输送设备的启动及再燃燃料的投运，应参照本

标准制粉系统启动及燃烧器投运的相关要求执行，或遵循制造商的规定。

7.3.2 正常运行

7.3.2.1 投入煤粉燃烧器时必须确认具有足够的点火能量，以保证其稳定着火，且相应的二次风门（或调风器）开度应在合适位置。点火能量应遵循制造商的要求，以下任一条件满足可认为点火能量满足：

- a) 对应油（或气）层投运。油（或气）层投运为：同一层的4支油（或气）枪至少有3支投运；或同一层的6支油（或气）枪至少有4支投运；或同一层的8支油（或气）枪至少有6支投运。
- b) 锅炉负荷大于定值（推荐值为30%~50% BMCR 负荷）且相邻煤层投运。煤层投运为：同一层的4支煤粉燃烧器至少有3支投运；或同一层的6支煤粉燃烧器至少有4支投运；或同一层的8支煤粉燃烧器至少有6支投运。
- c) 锅炉负荷大于某一定值（推荐值为60%~80% BMCR）。

7.3.2.2 运行操作应尽量投入自动运行，使手动操作环节最少。正常运行时燃烧自动控制系统应投入运行，并特别注意4.8所述参数的变化。

7.3.2.3 单支燃烧器或整个炉膛区域的输入总热量不应超过制造商给定的最高值；采用多种燃料时，应分别予以核算。

7.3.2.4 燃烧速率的调节应同时增减燃料量和空气量，并保持适当的空气/燃料比。各燃烧器的安全关断阀只能是全开或全关，不可置于中间某一开度用来调节燃烧速率。

7.3.2.5 炉膛吹灰器应在炉膛热负荷较高并足以防止灭火时才能使用。机组启动及低负荷期间应强化对空气预热器及SCR的吹灰：

- a) 机组启动期间，锅炉负荷低于25%额定负荷时，空气预热器及SCR应连续吹灰；负荷大于25%额定负荷时，至少每8h吹灰一次，烟气侧压差增加时应增加吹灰次数。
- b) 当低负荷煤、油混烧时，空气预热器及SCR应连续吹灰。
- c) 采用微油及等离子点火方式启动的机组，在锅炉启动初期，空气预热器及SCR必须连续吹灰。

7.3.2.6 精心做好运行调整工作并加强运行分析，保证燃烧系统各参数正常，使燃烧完全、传热合理。

7.3.2.7 运行中要注意防止炉膛严重漏风、一次风管不畅、送风机不正常脉动、直吹式制粉系统磨煤机堵煤断煤和粉管堵粉、中间储仓式制粉系统给粉机下粉不均或煤粉自流等问题。

7.3.2.8 煤质变差影响燃烧稳定性时，应在确认各燃烧器存在火焰的前提下及时投入稳燃系统稳燃，并加强入炉煤质管理。

7.3.2.9 磨煤机出力和风量控制应遵循制造商的要求并经现场试验确定。

7.3.2.10 直吹式制粉系统一台磨煤机对应的燃烧器应全部投入运行，运行中如须对磨煤机或燃烧器管道进行维修，应采取可靠措施把磨煤机或燃烧器管道与炉膛隔离。

7.3.2.11 低负荷运行时，应当减少磨煤机的投运台数，尽量少投运燃烧器，保持较高的煤粉浓度，且燃烧器应避免隔层或断层运行。当磨煤机的最小出力依然高于锅炉实际需求时，不可使用间歇性断煤的运行方式；运行中磨煤机的出力应保持在另一台磨煤机投入时，其出力不致降到最低值以下。

7.3.2.12 为防止低负荷下沉积在灰斗、受热面上和水平烟道内的未燃尽可燃物被突然增大的通风或吹灰所扰动时形成具有爆炸性的混合物，并减轻水平烟道积灰，应针对实际燃用煤种定出允许低负荷运行的持续时间或采取其他特殊措施。

7.3.2.13 干排渣系统在低负荷燃油、等离子点火或煤油混烧期间，应防止干排渣系统的钢带由于锅炉未燃烧的物质落入钢带二次燃烧，损坏钢带。

7.3.2.14 液态排渣炉的最低负荷应以保持其能连续流渣为准，并应防止有未燃煤粉落入溶渣池引起析铁，破坏炉底及排入粒化箱而引起氢爆事故。

7.3.2.15 如果在低负荷燃油、等离子点火或煤油混烧期间电除尘器在投入，电除尘器应降低二次电压电流运行，防止在集尘极和放电极之间燃烧，除灰系统在此期间应连续输送。锅炉全燃油时，不可投

运电除尘器各电场，只投入振打装置，并保持连续振打。

7.3.2.16 中间储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、搭桥或突然崩塌而影响给粉。低粉位运行时应注意防止煤粉自流。

7.3.2.17 对于配置了燃料再燃系统的机组，再燃燃料的喷射速率应不超出设计范围。增加再燃燃料时应先加空气后加燃料，减少再燃燃料时应先减燃料后减空气。再燃燃料的安全关断阀只能是全开或全关，不可置于中间某一开度用来调节再燃燃料的喷射速率。

7.3.3 正常停炉

7.3.3.1 锅炉停运时，应按照与启动相反的步骤进行。

7.3.3.2 对于配置了燃料再燃系统的机组，再燃燃料制备和输送设备的停运及再燃燃烧器的停运，应参照本标准制粉系统停运及燃烧器停运的相关要求执行，或遵循制造商的规定。

7.3.3.3 将燃烧控制系统由“自动”切换至“手动”。

7.3.3.4 直吹式制粉系统按照 7.4.1 的具体要求停运磨煤机，中间储仓式制粉系统按照 7.4.2 的具体要求停运给粉机及磨煤机。

7.3.3.5 锅炉低于最低稳燃负荷运行时投入稳燃系统。

7.3.3.6 对中间储仓式制粉系统，若粉仓不需要烧空，则给粉机停运前应关闭下粉挡板，使挡板下的煤粉走尽，然后停运给粉机；若粉仓需要清空，则在粉仓排空后关闭下粉挡板，然后停运给粉机。给粉机停运后，应继续运行一次风对一次风管进行吹扫，确认已无煤粉吹入炉膛后，关闭该燃烧器的安全关断阀。

7.3.3.7 当再燃系统及所有磨煤机、点火器均停运后，验证风量确为吹扫风量，对锅炉进行吹扫。

7.3.3.8 吹扫完成后，可根据停炉冷却的要求，确定停止一次风机（若配置）及送风机、引风机的时间。

7.3.3.9 送风机、引风机停运后，可以关闭烟风道挡板，但应留有一定的通风量以防止可燃气体聚集，同时应防止主燃料（或点火燃料）漏入炉膛（或风箱）。

7.3.3.10 回转式空气预热器、除尘器和烟气再循环风机（若配置）应根据制造商推荐的方式停运。

7.3.4 正常热态启动

7.3.4.1 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，要求仍处于热状态时启动，除了不进行有关炉内情况的检查外，其他要求与 7.3.1.1 对冷态启动的要求一致。

7.3.4.2 热态启动顺序与 7.3.1.2 的冷态启动顺序一致。

7.3.5 紧急停炉

7.3.5.1 紧急停炉将引起主燃料跳闸（MFT），触发主燃料跳闸继电器动作的限值及延迟时间，应遵循锅炉制造商的设计规定，并经现场实践予以验证或修改。

7.3.5.2 当炉膛已经灭火或已局部灭火并濒临全部灭火时，严禁投助燃油（气）枪、等离子点火枪等稳燃枪而采用爆燃法恢复燃烧。

7.3.5.3 自动触发的强制性主燃料跳闸，应配备 5.8 节所要求的联锁系统。下列任一情况将自动触发强制性主燃料跳闸：

- a) 所有送风机或引风机跳闸 [见 5.8.2 e)、f)]。
- b) 燃烧总风量低于允许下限值 [见 5.8.2 g)]。
- c) 炉膛正压或负压超过制造商规定的限值 [见 5.8.2 h)]。
- d) 全炉膛火焰丧失（所有燃煤、燃油、燃气火焰均丧失）[见 5.8.2 i)]。
- e) 炉膛局部火焰丧失并足以引起未燃燃料有积聚的危险 [见 5.8.2 j)]。
- f) 所有入炉燃料中断 [见 5.8.2 k)]。
- g) 汽包锅炉汽包水位过高或过低 [见 5.8.2 l)]。

- h) 直流锅炉给水流量低 [见 5.8.2 m)]。
- i) 直流锅炉全部给水泵跳闸。
- j) 强制循环锅炉全部炉水循环泵跳闸或全部炉水循环泵前后压差小或流量丧失。
- k) 空气预热器全部跳闸。
- l) 脱硫请求 MFT。
- m) 汽轮机跳闸且负荷大于旁路容量 (30%~40%) 或汽轮机跳闸且高压旁路全关。
- n) 再热蒸汽温度过高。
- o) 直流锅炉分离器出口蒸汽温度过高。
- p) 直流锅炉主蒸汽压力过高。
- q) 仅煤粉燃烧器投运时, 全部一次风机跳闸 (若配置一次风机)。
- r) 煤粉锅炉失去火检冷却风 (火检冷却风压力低, 或火检冷却风机都停运)。

7.3.5.4 下列任一情况应报警并触发主燃料跳闸, 但无须自动触发:

- a) 燃烧控制系统、炉膛安全监控系统或联锁系统失去电源。
- b) 炉膛吹扫完成后锅炉点火时, 第 1 个 (或 1 组) 点火器点火失败达到 3 次以上 (见表 1)。
- c) 直吹式制粉系统投入的第一台磨煤机 (或中间储仓式制粉系统的第一台给粉机) 对应的燃烧器点火失败或燃烧器熄火 (见表 1)。

7.3.5.5 主燃料跳闸时, 应自动执行下列指令, 但不应触发送风机或引风机跳闸:

- a) 对直吹式制粉系统, 跳闸全部磨煤机及给煤机, 关闭磨煤机出口安全关断阀; 对中间储仓式制粉系统, 还应跳闸全部给粉机及排粉机。
- b) 关闭总燃油 (气) 安全关断阀, 打开总燃气排气阀。
- c) 关闭全部燃油 (气) 点火器安全关断阀, 打开全部燃气点火器排气阀。切断全部点火器的电火花电源, 退出全部点火器 (点火器发生器及点火用的油枪或气枪)。
- d) 关闭所有燃烧器的安全关断阀, 确认后还需关闭燃油系统的送油阀 (若配置) 及回油阀。
- e) 跳闸全部一次风机, 关闭一次风机出口阀, 解列全部烟气再循环风机 (若配置)。
- f) 解列烟道中所有可能产生火源的设备 (如电除尘器及所有通入燃料、氧化剂或易燃物的烟道辅助系统等)。
- g) 闭锁所有吹灰器的运行, 已投入运行的吹灰器应自动退出。
- h) 关闭所有过热器及再热器减温水截止阀。对于直流锅炉, 还应跳闸所有给水泵。
- i) 停止烟气脱硫、脱硝装置的运行。
- j) 如果配有炉膛惰化系统, 该系统应在主燃料跳闸的同时投入运行。

7.3.5.6 主燃料跳闸后, 锅炉炉膛应按照下列要求进行吹扫:

- a) 主燃料跳闸后, 除一次风机或排粉风机外, 尚在运行的风机应保持继续运行, 不应立即用手动或自动去增、减风量。如果风量大于吹扫风量, 可缓慢地将风量降至吹扫风量, 进行灭火后的吹扫; 如果风量小于吹扫风量, 则应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, 按吹扫程序完成灭火后的吹扫。
- b) 因引风机失去导致紧急停炉, 或引风机全部停运时, 应关闭烟气再循环风机挡板 (若配置), 并缓慢全开所有烟风道挡板, 以建立尽可能大的自然通风, 保持这种状态不少于 15min。
- c) 主燃料跳闸继电器应一直保持 “断开” 状态, 直至炉膛吹扫工作完成, 允许复位为止。
- d) 吹扫完毕后, 若机组不再启动, 则应停运送风机和引风机, 但必须保持锅炉有一定的通风量, 防止有可燃性气体在炉内积聚; 若已按规定完成吹扫并符合点火要求, 可重新进行点火。

7.3.6 不需停炉的若干紧急状况及处理

7.3.6.1 当机组配有多台送风机、引风机, 其中任何一台或数台风机跳闸时, 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,否则应强制性跳闸。

7.3.6.2 如果出现炉内严重缺风而燃烧器还能维持火焰,应减少燃料量直至空气/燃料比恢复正常;如果燃料量不能减少,则应缓慢增加风量直至空气/燃料比恢复正常。但应注意采用减少燃料量的方法时,防止炉内在缺风的情况下突然增加风量而增加爆燃的危险,如直吹式制粉系统不能采用关闭单支燃烧器的安全关断阀,中间储仓式制粉系统不能采用停给粉机的方法。

7.3.6.3 直吹式制粉系统出现燃烧不稳定或间歇性燃烧,其严重情况足以威胁到锅炉安全运行时,应投入运行中燃烧器的点火器助燃。若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;如果有规定数量或规定排列方式的燃烧器的火焰不稳定或已熄灭且点火器又未投入,该制粉系统应跳闸。

7.3.7 防止锅炉严重结焦的要求

7.3.7.1 应重视锅炉燃烧器的安装、检修和维护,保留必要的安装记录,确保安装角度及尺寸正确,避免产生贴壁气流。

7.3.7.2 燃烧器改造后应进行冷态炉膛空气动力场试验,检查燃烧器安装角度及尺寸是否正确,确定炉内空气动力场符合设计要求。

7.3.7.3 应采用与锅炉设计相匹配的煤种,加强入厂煤、入炉煤的管理及煤质分析,当煤种改变时应进行相应的配煤掺烧及燃烧调整试验。

7.3.7.4 加强燃烧监视仪表(氧量计、CO 测量装置、风量测量装置及风门挡板、炉膛出口烟气温度探针等)的管理与维护,形成定期校验制度,以确保其指示准确或动作正确。

7.3.7.5 保证空气和燃料的良好混合,避免在炉内形成整体或局部还原性气氛造成结焦。

7.3.7.6 避免锅炉在高负荷工况下长时间缺氧燃烧,应经常从看火孔监视炉膛结焦情况,一旦发现结焦,应及时处理。

7.3.7.7 吹灰器应按规定正常投入运行,防止炉膛沾污结渣造成超温。

7.3.7.8 受热面及炉底等部位严重结渣,影响锅炉安全运行时,应立即停炉处理。

7.4 制粉系统运行及维护

7.4.1 直吹式制粉系统的启动和停运

7.4.1.1 启动顺序:

- a) 根据点火能量要求确定是否需要启动点火系统,若需要启动则还需证实点火系统已着火。
- b) 启动磨煤机润滑油泵、冷却风机等。
- c) 启动磨煤机密封风机,并打开对应的密封风门。
- d) 打开燃烧器进口安全关断阀及磨煤机出口关断阀。
- e) 打开磨煤机进口冷风调节挡板及冷风隔绝门和热风隔绝门。
- f) 如果每台磨煤机均配置独立的一次风机,则启动相应的一次风机(热一次风机)。
- g) 将磨煤机进口热风调节挡板开至合适位置进行暖磨,调整磨煤机出口温度达到要求,并使煤粉管道风速不低于最低允许风速。
- h) 开启给煤机进、出口电动煤闸门,将给煤机转速指令设定在最低。
- i) 启动磨煤机。
- j) 启动给煤机。
- k) 一定延时后,逐渐增加给煤机转速。
- l) 将磨煤机出口温度、一次风量及给煤量投入自动运行。

7.4.1.2 正常停运:

- a) 将拟停的磨煤机的煤量、风量逐渐降低到允许的最低值，将相应燃烧器的风门挡板（或调风器）开度放至启动时的位置，维持燃烧系统稳定运行。
- b) 逐渐关小磨煤机进口热风调节挡板，开大冷风调节挡板，控制磨煤机出口温度在设计范围内。
- c) 通风冷却至磨煤机进口温度小于某一定值后，关闭给煤机进口煤闸门，停运给煤机。
- d) 维持最小风量继续运行一段时间，直至抽空磨煤机及相应燃烧器管道内的煤粉，并将磨煤机出口温度控制在最低值（给煤机停运后，通常需要将热风挡板全关）。
- e) 根据煤质特性，如果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。
- f) 当燃烧器煤粉火焰已经熄灭，磨煤机已经抽空并冷却时，停运磨煤机。
- g) 依次关闭磨煤机进口热风隔绝门及冷风隔绝门、磨煤机出口关断阀、磨煤机进口调节风门及密封风关断挡板。
- h) 关闭相关燃烧器的安全关断阀（制造商有另行规定者除外）。

7.4.1.3 磨煤机跳闸后，相应的给煤机应联跳，磨煤机出口关断阀及进口热风隔绝门应联锁关闭。下列任一条件，将触发磨煤机跳闸：

- a) 主燃料跳闸。
- b) 手动跳闸指令。
- c) 对应的多支燃烧器火焰丧失。
- d) 一次风量低或失去热一次风机。
- e) 所有冷一次风机均停运。
- f) 出口温度高于制造商规定的限值。
- g) 磨煤机润滑油压低。
- h) 失去密封风（密封风机停运或密封风挡板未全开）。
- i) 磨煤机运行但磨煤机出口关断阀或燃烧器进口安全关断阀关闭。
- j) 磨煤机运行但给煤机停运达到一定时间。
- k) RB 信号（部分给煤机跳闸）。
- l) 断煤或堵煤（可选）。
- m) 电动机轴承温度高或绕组温度高（可选）。

7.4.1.4 下列任一条件，将触发给煤机跳闸：

- a) 主燃料跳闸。
- b) 磨煤机故障跳闸或停运。
- c) 给煤机运行且进口煤闸门开启，但给煤机煤量小于规定的最小值。
- d) 给煤机出口挡板关闭（可选）。
- e) 给煤机堵煤或无煤（可选）。

7.4.2 中间储仓式制粉系统的启动和停运

7.4.2.1 给粉机的启动顺序：

- a) 根据点火能量要求确定是否需要启动点火系统，若需要启动则还需确认点火器是否已着火。
- b) 启动排粉机或一次风机。
- c) 打开所有即将要投运的燃烧器的安全关断阀及一次风关断挡板。
- d) 打开对应给粉机的闸板门，并启动给粉机。

7.4.2.2 给粉机的正常停运：

- a) 将拟停给粉机的转速降至最低，调整锅炉燃烧工况，维持燃烧系统稳定运行。
- b) 停运给粉机。

- c) 燃烧器火焰熄灭后, 关闭相应燃烧器的安全关断阀及一次风关断挡板 (若一次风关断挡板为运行中的所有燃烧器供风, 则可不关闭)。
- d) 当最后一个给粉机对应的燃烧器停运后, 停运相应的排粉机或一次风机。

7.4.2.3 磨煤机的启动顺序:

- a) 启动排粉机并确认运行正常后, 开启排粉机出口挡板, 然后逐渐开大排粉机入口及磨煤机入口热风挡板, 并关小磨煤机入口冷风挡板, 调节磨煤机出口温度及入口负压至规定运行范围。
- b) 启动油泵, 调整各轴承的润滑油量, 保持正常油压。
- c) 启动磨煤机。
- d) 启动原煤给煤机 (当采用烟气干燥的系统磨制褐煤时, 为了防止煤粉爆炸, 可先启动给煤机, 再启动磨煤机)。
- e) 给煤正常后, 开大排粉机入口挡板及磨煤机入口热风挡板 (或烟气、热风混合风门), 同时保持一次风压及磨煤机入口负压稳定, 制粉系统通风量正常, 并监视磨煤机出口风温是否正常。

7.4.2.4 磨煤机的正常停运:

- a) 随着磨煤机出力的降低, 逐渐关小磨煤机进口热风挡板, 开大冷风挡板或烟气再循环挡板, 控制磨煤机出口温度在设计范围内。
- b) 通风冷却至磨煤机进口温度小于某一定值后, 关闭给煤机进口煤闸门, 停运给煤机。
- c) 维持磨煤机继续运行一段时间, 直至抽空磨煤机及相应燃烧器管道内的煤粉, 控制磨煤机出口温度在最低值 (给煤机停运后, 通常需要将热风挡板全关), 停运磨煤机。
- d) 停运排粉机。

7.4.2.5 下列任一条件, 应触发给粉机跳闸:

- a) 主燃料跳闸。
- b) 给粉机运行且火焰丧失长达数秒。
- c) 对应的一次风关断挡板关闭。
- d) 一次风机全停 (若配置一次风机)。
- e) RB 信号 (部分给粉机跳闸)。

7.4.2.6 下列任一条件, 应触发磨煤机跳闸:

- a) 主燃料跳闸。
- b) 对应的排粉机停运。
- c) 磨煤机润滑油压力低。
- d) 磨煤机轴承温度高。

7.4.2.7 下列任一条件, 应触发给煤机跳闸:

- a) 主燃料跳闸。
- b) 对应的磨煤机停运。
- c) 对应的排粉机停运。

7.4.3 制粉系统异常情况及处理

7.4.3.1 对于爆炸特性较强的煤种, 无论是直吹式制粉系统还是中间储仓式制粉系统均应配备固定安装的紧急惰化系统和消防系统:

- a) 惰化系统用于制粉系统应急惰化或按惰化气氛设计, 其引入管及接口直径应不小于 25mm (1in)。惰化介质可以是二氧化碳、蒸汽或氮气等, 且应安装流量表, 其流量由可快速动作的阀门 (或挡板) 控制, 这些阀门 (或挡板) 的操控位置应远离制粉系统并可随时手动操作。
- b) 磨煤机及煤粉仓应配置可通入灭火介质的引入管及固定接口, 且直径不小于 25mm (1in)。灭火介质可以是水、干粉或是上述规定的惰化介质, 任何情况下不应使用压缩空气进行灭火。灭火介质应安装流量表。

c) 紧急惰化系统和消防系统应定期进行维护和检查, 确保能随时投入。

7.4.3.2 按惰化设计的制粉系统应有监测和控制氧含量的装置, 在系统启动、切换、停运和正常运行等所有工况下设备内或设备末端湿气混合物中的最高允许氧含量应满足 DL/T 5203 的相关规定。

7.4.3.3 磨煤机惰化规程应由制造商及业主单位根据燃料特性、磨煤机型式、工作温度范围、尺寸及布置等影响因素加以制定。

7.4.3.4 制粉系统的爆炸绝大部分发生在制粉设备的启动和停机阶段, 因此不论是制粉系统的控制设计, 还是运行规程中的操作规定和启停措施, 特别是具体的运行操作, 都必须遵守通风、吹扫、充惰、加减负荷等要求, 保证各项操作规范, 负荷、风量、温度等参数控制平稳, 避免大幅度扰动。

7.4.3.5 当怀疑制粉系统要发生火灾或者运行异常的情况下, 所有人员应撤离出磨煤机、一次风箱、燃烧器管道、给粉机、燃烧器及燃料系统附近的相关区域, 直到警报解除。

7.4.3.6 对于爆炸性指数 K_d 高 (或挥发分高) 和自燃倾向高的烟煤和褐煤, 装设磨煤机 (或分离器) 出口介质中 CO 浓度监测装置和温度变化梯度监测装置时, 当 CO 浓度值和温度变化梯度同时超过规定值时, 应切断制粉系统, 并投入灭火或惰化系统。

7.4.3.7 直吹式制粉系统带负荷跳闸后, 磨煤机及煤粉管道和燃烧器内存有的煤粉应按如下方式处理:

- 如果磨煤机可以再次启动, 在确认内部无自燃或燃烧的燃料后, 应尽快启动磨煤机, 将内部的燃料全部送入炉内烧掉。数台磨煤机同时跳闸时, 只要实际情况允许, 应逐台启动磨煤机将内部存煤清空。
- 如果跳闸磨煤机内的存煤有燃烧或自燃迹象, 或因为磨煤机暂时不能启动, 应向磨煤机内通入惰化介质 (严禁通风), 待冷却到环境温度后, 用人工或机械方法通过石子煤系统清除磨煤机内的存煤。在磨煤机本体及内部燃料冷却到环境温度之前, 不应打开和清扫磨煤机。
- 在磨煤机内的存煤没有清除以前, 应密切监视磨煤机内的温度及可燃气体浓度 (若配置) 变化, 如发生异常, 应立即通入惰化介质进行处理。

7.4.3.8 中间储仓式制粉系统停炉时, 粉仓煤粉是否需要排空取决于停炉目的、停炉时间长短, 以及煤粉在粉仓是否会自燃、是否能防止吸潮结块等。烟煤煤粉在粉仓的存放时间不应超过 3 天, 而且要密切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。

7.4.3.9 制粉系统任何部件的着火都应引起重视, 有着火迹象时, 应立即处理。根据系统类型、着火位置的不同或者根据制造商的要求, 可选择下列方法进行灭火:

- 如果磨煤机惰化介质体积流量可达一次风系统的 50% 以上, 则可通入惰化介质惰化磨煤机内的风粉混合物, 停止供煤, 利用惰化介质将燃料送入炉内烧掉, 切除并隔离磨煤机。
- 切断一次风, 跳闸给煤机和磨煤机, 向磨煤机内通入惰化介质, 不要扰动设备内任何积粉, 待冷却到环境温度后, 用人工或机械的方法通过石子煤系统清除磨煤机内的存煤。
- 当正在运行且存煤量较少的磨煤机内着火时, 应立即切断热风, 开大冷风, 在允许范围内加大给煤量继续运行, 从而进行灭火。
- 禁止使用射水流、灭火器或其他可能引起煤粉飞扬的方法消除或扑灭厂房内部的自燃煤粉层。敞露的自燃煤粉层应采用砂石掩埋或喷雾水来熄灭。

7.5 风道燃烧器

7.5.1 设备要求

7.5.1.1 风道燃烧器燃料供应系统应在去至每支风道燃烧器的燃气管道上设置独立的双关断阀, 采用燃气时还应设置双排气阀, 并在母管上设置独立的主安全关断阀, 与燃烧器系统、点火系统或其他烟道辅助系统的关断阀区分开来。

7.5.1.2 向风道燃烧器提供助燃空气的风机, 应与风道燃烧器相匹配。

7.5.1.3 应采取措施防止助燃空气供应故障时热烟气进入助燃空气系统。

7.5.2 联锁系统

下列任一情况，将触发风道燃烧器的燃料跳闸：

- a) 主燃料跳闸。
- b) 手动跳闸指令。
- c) 风道燃烧器燃料总管压力超限。
- d) 用于风道燃烧器的助燃空气流量过低。
- e) 所有或部分风道燃烧器火焰丧失。
- f) 所有风道燃烧器的安全关断阀关闭。
- g) 风道燃烧器出口烟气温度过高。

7.5.3 运行操作

7.5.3.1 吹扫：

- a) 主燃料跳闸后，风道燃烧器的吹扫应作为锅炉吹扫的一部分。
- b) 一次风系统的风道燃烧器在投运前，应进行吹扫。
- c) 风道燃烧器吹扫时，如果有助燃空气系统，应使用助燃空气对其通风管道进行吹扫。

7.5.3.2 启动：

- a) 确认所有的风道燃烧器及其点火器的安全关断阀处于关闭状态。
- b) 通入空气（或烟气）。
- c) 利用风道燃烧器的安全关断阀对燃料总管进行加压。
- d) 将单支风道燃烧器的点火器投入运行。
- e) 打开燃料调节阀，将燃料压力调至点火所需要的压力。
- f) 打开单支风道燃烧器的安全关断阀，确认在 5s 内被点燃，否则应触发风道燃烧器跳闸，关闭该燃烧器及其点火器的安全关断阀，查明和排除点火故障的原因，利用空气（或烟气）对其进行至少 5min 的吹扫，并至少等待 1min 以后才能再次点火。
- g) 运行稳定后，对应的点火器可退出运行。
- h) 后续风道燃烧器的投运应遵循 d) ~ g) 的要求进行。

7.5.3.3 停运：

- a) 风道燃烧器停运时，应依次关闭各风道燃烧器的安全关断阀。
- b) 最后一支投运的风道燃烧器的安全关断阀关闭时，应触发风道燃烧器的燃料跳闸。
- c) 当风道燃烧器燃料跳闸时，应关闭所有风道燃烧器的安全关断阀。

7.6 烟道辅助系统管道（燃料、氧化剂及易燃物的管道）

7.6.1 设备要求

- a) 向运行中的炉膛及烟道中喷入燃料、氧化剂或易燃物的烟道辅助系统应采取有效措施防止燃料、氧化剂及易燃物泄漏到停运的炉膛或烟道内。
- b) 气体燃料（或易燃物）的供应系统应设置独立的双关断阀和双排气阀。
- c) 液体、固体燃料（或易燃物）及氧化剂的供应系统应设置独立的双关断阀。
- d) 对于气体燃料（或易燃物），可以独立运行的各个烟道喷射系统及其总管均应单独设置双关断阀和双排气阀。

7.6.2 联锁系统

在添加燃料、氧化剂或有其他点火源时，以下任一情况将触发烟道辅助系统跳闸或停止其运行：

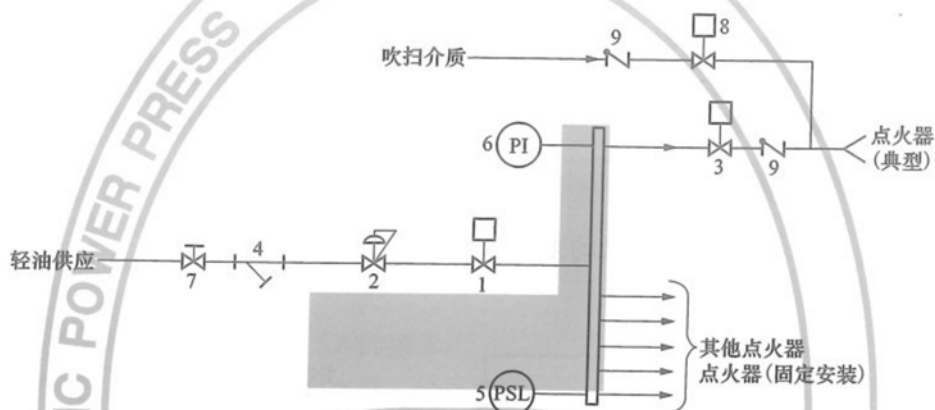
- a) 主燃料跳闸。
b) 未满足制造商所要求的运行条件（具体由烟道辅助系统的类型和应用情况决定）。

8 燃油系统

8.1 设备要求

8.1.1 燃油供应系统

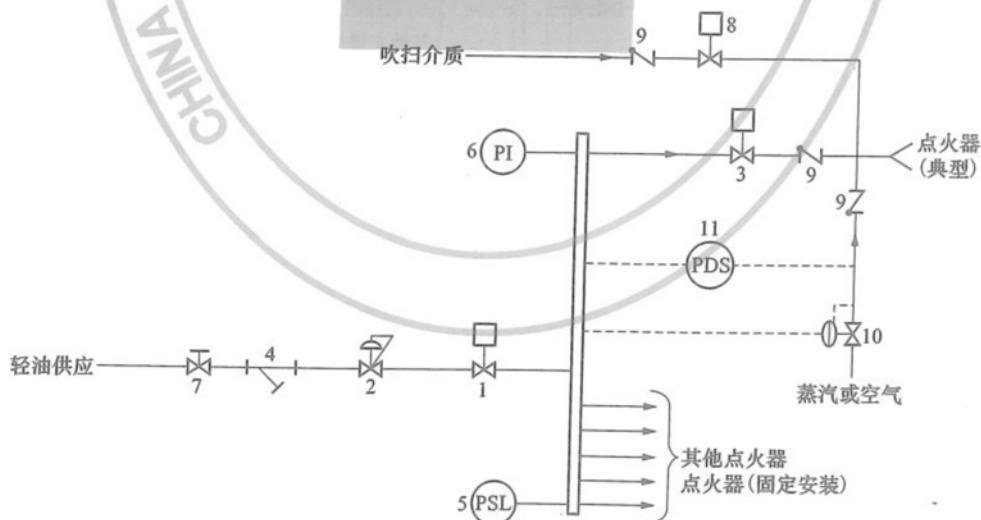
8.1.1.1 燃油管道系统的设计应遵循 GB 50253 及 DL/T 5204 的相关要求。图 13~图 16 所示为典型的燃油系统管道布置图。



说明：

- 1——总安全关闭阀；2——燃料调节阀；3——单个点火器的安全关闭阀；4——清洗器或滤网；
5——燃油压力低报警联锁；6——燃油压力表；7——手动紧急关闭阀；8——吹扫阀；9——止回阀。

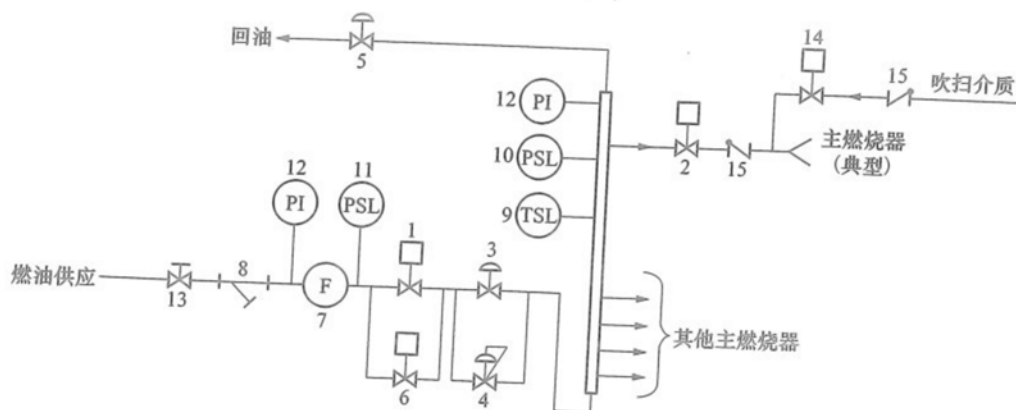
图 13 典型的轻油点火器系统（机械雾化）



说明：

- 1——总安全关闭阀；2——燃料调节阀；3——单个点火器的安全关闭阀；4——清洗器或滤网；
5——燃油压力低报警联锁；6——燃油压力表；7——手动紧急关闭阀；8——吹扫阀；9——止回阀；
10——雾化蒸汽或空气压力调节阀；11——雾化蒸汽或空气压力报警联锁。

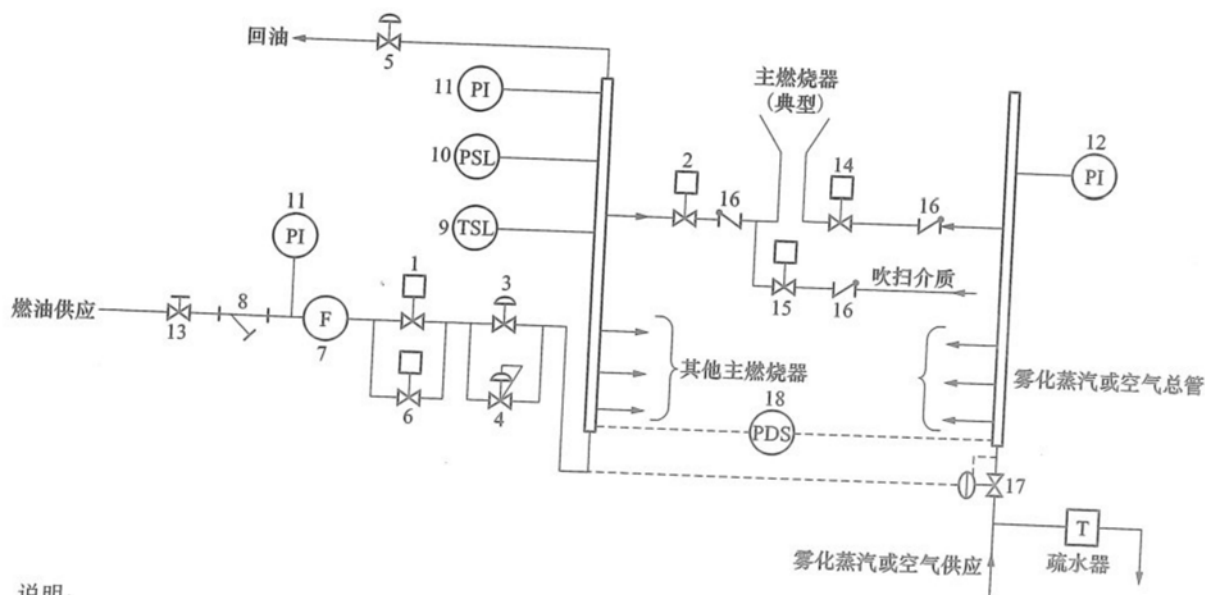
图 14 典型的轻油点火器系统（蒸汽或空气雾化）



说明：

- 1——主燃油安全关断阀；2——单支燃烧器的安全关断阀；3——主燃油调节阀；4——主燃油旁路调节阀（可选）；
5——回油阀；6——送油阀；7——流量表；8——清洗器或滤网；9——燃油温度低或黏度高报警联锁；
10——燃油总管压力低报警联锁；11——燃油供应压力低报警联锁；12——燃油供应压力表；
13——手动紧急关断阀；14——吹扫阀；15——止回阀。

图 15 典型的主油燃烧器系统（机械雾化）



说明：

- 1——主燃油安全关断阀；2——单支燃烧器的安全关断阀；3——主燃油调节阀；4——主燃油旁路调节阀（可选）；
5——回油阀；6——送油阀；7——流量表；8——清洗器或滤网；9——燃油温度低或黏度高报警联锁；
10——燃油总管压力低报警联锁；11——燃油供应压力表；12——雾化蒸汽或空气压力表；
13——手动紧急关断阀；14——单支燃烧器的雾化蒸汽或空气安全关断阀；15——吹扫阀；
16——止回阀；17——雾化蒸汽或空气压力调节阀；18——雾化蒸汽或空气压力报警联锁。

图 16 典型的主油燃烧器系统（蒸汽或空气雾化）

8.1.1.2 燃油供应设备的规模和布置，应在所有运行条件下都能向锅炉连续和稳定地提供充足的燃料。燃油调节阀及安全关断阀应与管道尺寸相匹配，以防燃烧器（或点火器）投入或退出运行时，燃油压力产生瞬变。

8.1.1.3 为防止自由下落产生静电并气化,油箱的注油和回油管路的入口应在液位之下。

8.1.1.4 卸油装置、贮油装置、输油装置、燃油加热装置及油管路的设计和布置应能防止燃油受到污染。应提供相应的滤网、过滤器、分离器、集油槽等用来清除燃油中的有害杂质,不能清除的杂质应通过特殊的操作和维护手段进行处理。

8.1.1.5 所有燃油管道(包括仪表控制管路)的设计应考虑火灾和机械损坏等恶劣外部条件的影响。

8.1.1.6 燃油管道应在最高点设置放气管以防燃油管道超压。放气口应远离点火源、燃烧空气进风口、建筑通风系统,或者是锅炉房或与其相邻建筑物的窗户,禁止对准机械设备、人行过道,同时还需考虑外部环境温度的变化范围,设置伴热装置使其免受机械损伤。

8.1.1.7 应在最低位置设置放油管,放油管出口离地面应有一定高度。

8.1.1.8 应装设手动紧急关断阀,在锅炉房出现紧急情况时可以将其关闭。

8.1.1.9 送至燃烧器(或点火器)的燃油应符合制造商推荐的温度和压力参数要求,以保证正常雾化所需要的黏度。燃油加热时,应保证其不会碳化变质。

8.1.1.10 在点火及随后的运行过程中,应采取适当的再循环措施,配合控制到燃烧器的燃油黏度,以防过热的油进入油泵而引起油蚀,造成供油中断。

8.1.1.11 应采取措施防止燃油通过回油阀进入燃烧器的燃油总管。对于轻油,可在回油管路上安装一个止回阀。

8.1.2 主燃烧器系统

8.1.2.1 燃油燃烧器应满足 7.1.3.1~7.1.3.6 的要求。

8.1.2.2 每支油燃烧器,应配备自己的点火器。每支油燃烧器应使用自己的点火器点火,不应使用另一已经点燃的燃烧器或炽热的耐火砖墙进行点火。

8.1.2.3 应设置吹扫管路,以便对油燃烧器管路进行清扫。

8.1.2.4 当锅炉采用燃油再燃技术时,再燃燃料(燃油)的供应设置独立的双关断阀,防止燃油漏入停运的炉膛;再燃区的炉膛温度需满足 7.1.3.7 的要求。

8.1.2.5 雾化系统的设计需设置必要的清扫和维护措施:

- a) 采用机械雾化时,必须定期对雾化片进行检查、清理,必要时需进行雾化试验。
- b) 采用蒸汽或空气雾化时,应采取措施防止燃油进入雾化介质管路,雾化介质中不能含有引起运行中断的杂质,且其压力应能满足雾化要求。对于蒸汽雾化,还应采取相应的隔离和分离措施,以保证将干蒸汽供给燃烧器。

8.2 火焰检测及跳闸系统

8.2.1 运行中的燃烧器火焰丧失时,应报警,并关闭该燃烧器的安全关断阀。

8.2.2 短时间内多支燃烧器火焰丧失时,应触发主燃料跳闸继电器。

8.2.3 当锅炉采用燃油再燃技术时,若再燃区的炉膛温度低于 7.1.3.7 的规定值,应根据制造商的操作要求停运再燃系统;当低于规定值 56℃ (100°F) 时,应跳闸再燃系统。再燃燃料火焰丧失时,应根据制造商的要求跳闸整个再燃系统或将其中一部分设备跳闸。

8.3 运行及维护

8.3.1 燃油泄漏试验

8.3.1.1 燃油泄漏试验是针对主燃油关断阀、回油阀及单支油燃烧器关断阀的密闭性所做的试验,目的是防止供油管路泄漏(包括漏入炉膛)。燃油泄漏试验的方法应遵循 DL/T 1091 的相关规定。

8.3.1.2 锅炉启动点火前必须进行燃油泄漏试验,燃油泄漏试验应在炉膛吹扫前完成;燃油系统投运

前, 燃油泄漏试验必须成功完成。

8.3.1.3 燃油泄漏试验应至少每年进行一次, 对于连续运行的机组, 如果最近一次试验间隔时间已经超过一年, 则只要机组一停运就需立刻进行燃油泄漏试验。

8.3.2 冷态启动

8.3.2.1 启动前的检查及对设备状态的要求:

- a) 燃油系统启动应满足 7.3.1.1a) ~1) 的要求。
- b) 定期检查燃烧器油枪, 确保燃烧器喷嘴或雾化板正常, 密封垫圈安装到位。
- c) 所有燃烧器的安全关断阀应处于关闭状态。
- d) 检查燃油总管压力表及其压力指示是否正常。
- e) 打开送油阀 (若配置) 或主燃油安全关断阀 (如果没有送油阀), 保证燃烧器燃料总管有热油。

8.3.2.2 启动顺序:

- a) 按照 7.3.1.2 a) ~e) 的顺序依次进行, 将燃烧器风门挡板 (或调风器) 置于吹扫位置, 并调节通风量至吹扫风量, 完成锅炉吹扫。
- b) 确认燃油温度 (或黏度) 是否在正常范围内, 以满足雾化要求。当采取再循环措施调整燃油黏度时, 应确认各燃烧器的安全关断阀关闭, 并打开送油阀 (或主燃油安全关断阀, 如果没有送油阀) 和回油阀。
- c) 在主燃料调节阀关闭的前提下打开主燃料安全关断阀, 然后将主燃料旁路调节阀 (若配置) 开至一定位置, 以维持燃烧器点火所要求的燃油总管压力, 必要时可开启主燃料调节阀, 如有必要可关闭送油阀 (若配置) 及回油阀。
- d) 按照 7.3.1.2f) ~j) 的顺序继续进行操作, 点燃第一支 (或一组) 点火器, 并严格监视油枪雾化情况, 一旦发现油枪雾化不好应立即停运, 并进行清理检修。如有必要, 可在工况稳定后重新调节炉膛送风量, 但不应低于吹扫风量。
- e) 点火器投运后, 开启蒸汽 (或空气) 吹扫阀, 对燃烧器管路进行足够长时间的吹扫 (推荐为 1min~5min)。
- f) 确认点火器已为主燃烧器提供足够的点火能量后, 打开与之相对应的燃烧器的安全关断阀。
- g) 确认油燃烧器安全关断阀打开, 且在 5s 内被点燃。当第一支 (或一组) 燃烧器点火失败或燃烧器灭火时, 应触发主燃料跳闸, 在再一次点火之前应再次吹扫并排除点火故障。再次启动燃烧器之前应满足所有点火条件 (见表 1)。若所有燃烧器都能被可靠地监视, 允许利用一个燃烧器的安全关断阀通过数个点火器将与之对应的燃烧器点燃, 但若其中一个燃烧器点火失败, 则送至该组所有燃烧器的燃料均应被切断。
- h) 建立稳定火焰之后, 缓慢地将风门挡板 (或调风器) 调至正常运行位置, 但在调整过程中应注意防止灭火。在燃烧器自动控制系统中, 风门挡板 (或调风器) 开度可能会和燃烧器的安全关断阀同时开启。
- i) 对于后续投入运行的点火器及燃烧器, 不论何种原因点火失败都应切断该点火器及燃烧器的燃料供应, 查明原因并消除后, 在所有点火满足的条件下方可重新启动。为保证炉膛受热均匀, 油燃烧器的投运应采用间隔投运方式, 间隔时间一般为 5s~15s (四角切圆锅炉一般为先对角后邻角)。
- j) 在主燃烧器点火阶段结束后, 点火器可退出运行。点火器停掉后, 应检查主燃烧器是否能维持连续的稳定火焰。
- k) 根据锅炉负荷需要投运其他层燃烧器时, 其操作顺序与开风门挡板 (或调风器) 点火及投运燃烧器的要求相同。
- l) 根据需要, 投入燃烧自动控制系统。燃尽风风量的调整不应影响锅炉运行产生不利影响。建议在

点火和启动顺序中对燃烧器的燃料/风量比进行自动控制。各燃烧器的燃料流量应与其风量相适应。

- m) 在适量的燃烧器投入运行后,就允许改变燃油总管压力和温度。如果所设计的系统不是连续回油的系统,则应关闭回油阀。燃油总管压力应控制在预定范围内,超出范围时再增加燃料则需要投入某支或数支燃烧器,反之亦然。最好是投入与预计连续负荷相适应的最大数量的燃烧器。
- n) 对于配置了燃料再燃系统的机组,再燃燃料的投运要求与 7.3.1.2 t) 相同。

8.3.3 正常运行

- 8.3.3.1 燃油系统正常运行时应遵循 7.3.2.2~7.3.2.6 的要求。
- 8.3.3.2 将燃油管路中的油吹扫到炉膛中去时,燃烧器的安全关断阀应关闭,点火器应投运且点火成功。油燃烧器投运或停运时,都应进行吹扫。
- 8.3.3.3 燃烧器燃油总管压力可作为维持各燃烧器燃料量的判据,其他燃烧器投运时应自动将该压力维持在预定限值范围内。
- 8.3.3.4 低负荷运行时,燃油总管压力应高于维持稳定火焰的最低限值,如有必要可减少投运燃烧器的数量。
- 8.3.3.5 油燃烧器运行时,应保证油枪根部燃烧所需氧量,以使燃烧稳定完全。
- 8.3.3.6 对于配置了燃料再燃系统的机组,再燃燃料的运行要求与 7.3.2.17 相同。

8.3.4 正常停炉

- 8.3.4.1 锅炉停运时,应按照与启动相反的步骤进行。
- 8.3.4.2 对于配置了燃料再燃系统的机组,再燃燃料制备和输送设备的停运及再燃燃烧器的停运,应参照本标准制粉系统停运及燃烧器停运的相关要求执行,或遵循制造商的规定。
- 8.3.4.3 将燃烧控制系统由“自动”切换至“手动”,逐渐将锅炉负荷减到吹扫风量下的负荷并将各燃烧器的燃料量和风量控制在限值范围内,用于启动和停止顺序的燃烧测量控制装置不必退出运行。
- 8.3.4.4 随着燃料量及负荷的降低,逐个关闭单支燃烧器的安全关断阀,将对应的风门挡板(或调风器)置于试验确定或制造商规定的位置,停运燃烧器。油层停运顺序应与投运顺序相反,间隔时间一般为 5s~15s。各燃烧器的停运步骤如下:
 - a) 将拟停运油燃烧器的点火器投入运行。对油点火器,在点火器吹扫阀开启前应触发点火器的电火花(或其他点火源)。
 - b) 点火器投运后,关闭该燃烧器的安全关断阀及雾化蒸汽(或空气)压力调节阀(若配置)。
 - c) 开启蒸汽(或空气)吹扫阀,对燃烧器管路进行足够长时间的吹扫(推荐为 1min~5min)。
 - d) 吹扫完成后,关闭吹扫阀。
 - e) 将点火器退出运行,退出油燃烧器。
 - f) 将停运燃烧器的风门挡板(或调风器)置于试验确定的或制造商规定的位置。
- 8.3.4.5 随着负荷的降低,按上述要求逐个停运剩下的燃烧器,并将风门挡板(或调风器)开至试验确定或制造商规定的位置。
- 8.3.4.6 当最后 1 支(或 1 组)燃烧器的安全关断阀关闭后,关闭主燃油安全关断阀。
- 8.3.4.7 当再燃系统及所有燃烧器、点火器均停运后,验证风量确为吹扫风量,对锅炉进行吹扫。
- 8.3.4.8 吹扫完成后,可根据停炉冷却的要求,确定停止送风机、引风机的时间。
- 8.3.4.9 送风机、引风机停运后,可以关闭烟风道挡板,但应留有一定的通风量以防止可燃气体聚集,同时应防止主燃料(或点火燃料)漏入炉膛(或风箱)。
- 8.3.4.10 如果在燃烧器总管内建立燃油再循环,应确认各燃烧器的安全关断阀关闭且各燃烧器无火

焰,并打开送油阀(或主燃油安全关断阀,如果没有送油阀)和回油阀。

8.3.4.11 回转式空气预热器、除尘器和烟气再循环风机(若配置)应根据制造商推荐的方式停运。

8.3.5 正常热态启动

8.3.5.1 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,要求仍处于热状态时启动,除了不进行有关炉内情况的检查外,其他要求与 8.3.2.1 对冷态启动的要求一致。

8.3.5.2 热态启动顺序与 8.3.2.2 的冷态启动顺序一致。

8.3.6 紧急停炉

8.3.6.1 紧急停炉将引起主燃料跳闸(MFT),触发主燃料跳闸继电器动作的限值及延迟时间,应遵循锅炉制造商的设计规定,并经现场实践予以验证或修改。

8.3.6.2 当炉膛已经灭火或已局部灭火并濒临全部灭火时,严禁投助燃油(气)枪而采用爆燃法恢复燃烧。

8.3.6.3 自动触发的强制性主燃料跳闸,应配备 5.8 所要求的联锁系统。下列任一情况将自动触发强制性主燃料跳闸:

- a) 当出现 7.3.5.3a) ~p) 的情况时。
- b) 燃油燃烧器的燃料总管压力低于使火焰稳定的最小值且没有其他任何燃料投运[见 5.8.2 q)]。
- c) 燃油燃烧器的雾化蒸汽或空气压力异常且没有其他任何燃料投运[见 5.8.2 r)]。

8.3.6.4 下列任一情况应报警并触发总燃料跳闸,但无须自动触发:

- a) 燃烧控制系统、炉膛安全监控系统或联锁系统失去电源。
- b) 炉膛吹扫完成后锅炉点火时,第 1 个(或 1 组)点火器点火失败达到 3 次以上(见表 1)。
- c) 燃油锅炉第 1 支(或 1 组)燃烧器点火失败或燃烧器灭火(见表 1)。

8.3.6.5 主燃料跳闸时,应自动执行 7.3.5.5b) ~j) 的相关指令,但不触发送风机或引风机跳闸,且不可立即对燃油管路进行吹扫。

8.3.6.6 主燃料跳闸后,锅炉炉膛应按照 7.3.5.6 节的相关要求进行吹扫。吹扫完成后,应将对应的点火器逐支投入运行,对各燃烧器管路进行吹扫,吹扫完成后,退出点火器的运行。

8.3.7 不需停炉的若干紧急状况及处理:

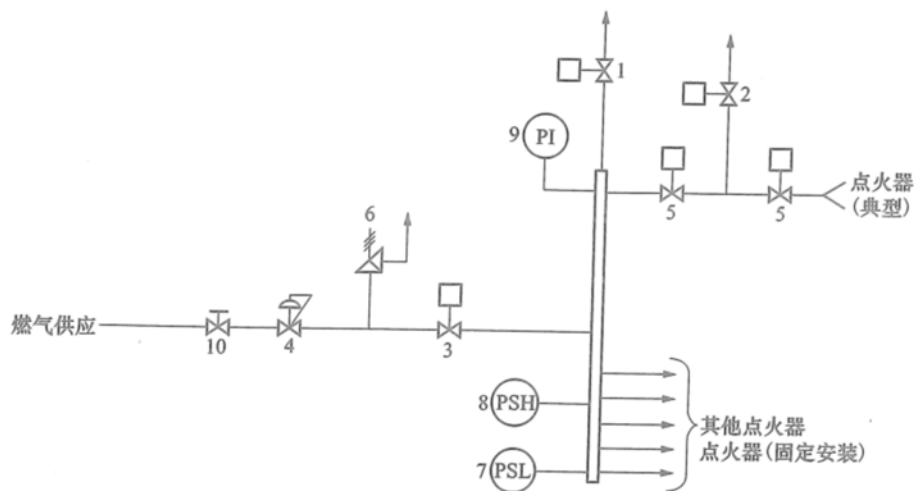
- a) 当机组配有多台送风机、引风机,其中任何一台或数台风机跳闸时,控制系统应能快速减少燃料量,以适应风机跳闸后所能维持的风量,否则应强制性跳闸。
- b) 如果出现炉内严重缺风而燃烧器还能维持火焰,应减少燃料量直至空气/燃料比恢复正常;如果燃料量不能减少,则应缓慢增加风量直至空气/燃料比恢复正常。但应注意采用减少燃料量的方法时,防止炉内在缺风的情况下突然增加风量而增加爆燃的危险,如突然切断某支燃烧器而关闭其风门挡板(或调风器)。
- c) 雾化不良的燃烧器应停运,但如果停运的燃烧器过多而足以引发危险时,应将全部燃料切除。

9 燃气系统

9.1 设备要求

9.1.1 燃气供应系统

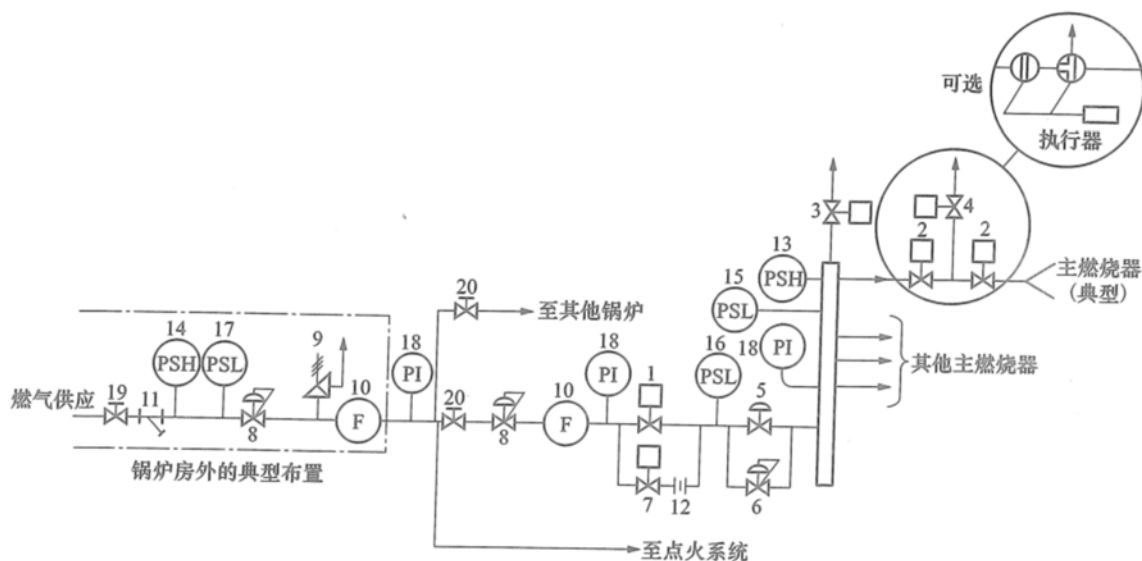
9.1.1.1 燃气管道系统的设计应遵循 GB 50251、DL/T 5204 的相关要求。图 17 和图 18 所示为典型的燃气系统管道布置图。



说明：

- 1——燃气总管排气阀；2——单个点火器的排气阀；3——燃气总管安全关断阀；4——燃气调节阀；
5——单个点火器的安全关断阀；6——泄压阀；7——燃气压力低报警联锁；8——燃气压力高报警联锁；
9——燃料压力表；10——手动紧急关断阀。

图 17 典型的燃气点火器系统



说明：

- 1——主安全关断阀；2——单支燃烧器的安全关断阀；3——燃气总管排气阀；4——单支燃烧器的排气阀；
5——主燃气调节阀；6——主燃气旁路调节阀（可选）；7——充气阀（可选，必须是自动关闭式）；
8——稳压调节器；9——泄压阀；10——流量表；11——清洗器或滤网；12——节流孔板；
13——燃气总管压力高报警联锁；14——燃气供应压力高报警联锁；
15——燃气总管压力低报警联锁；16——燃气总管压力低报警联锁（备用位置）；
17——燃气供应压力低报警联锁；18——燃气供应压力表；
19——手动紧急关断阀；20——手动设备隔离阀。

图 18 典型的燃气锅炉燃料供应系统

9.1.1.2 燃气供应设备的规模和布置，应在所有运行条件下都能向锅炉连续和稳定地提供充足的燃料，

即使在炉膛压力波动时。燃气调节阀及安全关断阀应与管道尺寸相匹配，以防燃烧器（或点火器）投入或退出运行时，燃气压力产生瞬变。

9.1.1.3 在燃料供给设备的设计中，应考虑禁止燃料造成污染。

9.1.1.4 所有燃气管道（包括仪表控制管路）的设计应考虑火灾和机械损坏等恶劣外部条件的影响。

9.1.1.5 锅炉房外燃气供应管道应设置泄压阀，以防燃气管道超压，即使在稳压调节器故障时。泄压阀的排气装置不应与仪表设备、燃烧器、点火器的排气装置及其排气总管交叉连接，需单独走线。

9.1.1.6 燃气管道的最低位置应设计疏水装置。

9.1.1.7 应装设手动紧急关断阀，在锅炉房出现紧急情况时可以将其关闭。

9.1.1.8 燃气供应管道连接处应布置手动设备隔离阀，并且不使用任何工具可以从全开到全关进行操作，且在阀门位置处贴上永久的可视标志。

9.1.1.9 在通至每支燃烧器和点火器的燃气管道上应设置双关断阀和双排气阀。排气口应远离点火源、燃烧空气进风口、建筑通风系统，或者是锅炉房或与其相邻建筑物的窗户，禁止对准机械设备、人行过道。同时，还需考虑外部环境温度的变化范围，设置伴热装置使其免受机械损伤。

9.1.1.10 燃烧器周边应安装固定的燃气泄漏检测装置，进行实时监测并报警。

9.1.2 主燃烧器系统

9.1.2.1 燃气燃烧器应满足 7.1.3.1~7.1.3.5 的要求。

9.1.2.2 每支（或组）主燃烧器应有足够的系统阻力，以使燃料量和空气量不应因炉膛压力波动影响过大而保持稳定。

9.1.2.3 由于气体燃料的性质，从单一来源或从多处来的燃气可能严重地偏离合适的空气/燃料比，而在燃烧器、炉膛或烟囱等处又无法监视。因此，燃烧器控制系统要有防止富燃料混合物生成的保护连锁。

9.1.2.4 当锅炉采用燃气再燃技术时，再燃燃料（燃气）的供应设置独立的双关断阀及双排气阀，防止燃气漏入停运的炉膛；再燃区的炉膛温度需满足 7.1.3.7 的要求。

9.2 火焰检测及跳闸系统

9.2.1 运行中的燃烧器火焰丧失时，应报警并关闭该燃烧器的安全关断阀，打开对应的排气阀。

9.2.2 短时间内多支燃烧器火焰丧失时，应触发主燃料跳闸继电器。

9.2.3 当锅炉采用燃气再燃技术时，若再燃区的炉膛温度低于 7.1.3.7 的规定值时，应根据制造商的操作要求停运再燃系统；当低于规定值 56℃（100°F）时，应跳闸再燃系统。再燃燃料火焰丧失时，应根据制造商的要求跳闸整个再燃系统或将其中一部分设备跳闸。

9.3 运行及维护

9.3.1 燃气泄漏试验

9.3.1.1 燃气泄漏试验是针对主燃气关断阀、排气阀及单支气燃烧器关断阀的密闭性所做的试验，目的是防止供气管路泄漏（包括漏入炉膛）。燃气泄漏试验的方法应遵循 DL/T 1091 的相关规定。

9.3.1.2 锅炉启动点火前必须进行燃气泄漏试验，燃气泄漏试验应在炉膛吹扫之前完成；燃气系统投运前，燃气泄漏试验必须成功完成。

9.3.1.3 燃气泄漏试验应至少每年进行一次，对于连续运行的机组，如果最近一次试验间隔时间已经超过一年，则只要机组一停运就需立刻进行燃气泄漏试验。

9.3.2 冷态启动

9.3.2.1 启动前的检查及对设备状态的要求：

- a) 满足本标准 7.3.1.1a) ~l) 的要求。
- b) 所有燃烧器的安全关断阀应处于关闭状态。
- c) 打开气体燃料系统的排气阀, 并对管道进行疏水及清除凝结水等。
- d) 检查燃气总管压力表及其压力指示是否正常。

9.3.2.2 启动顺序:

- a) 按照 7.3.1.2 a) ~e) 的顺序依次进行, 将燃烧器风门挡板 (或调风器) 置于吹扫位置, 并调节通风量至吹扫风量, 完成锅炉吹扫。
- b) 打开主燃料调节阀及主安全关断阀, 将燃料压力控制在制造商推荐的点火设计压力范围内 (如果有旁路调节阀, 则应关闭)。
- c) 确认主燃料调节阀关闭, 然后将主燃料旁路调节阀 (若配置) 开至一定位置, 以维持燃烧器点火所要求的燃气总管压力。在压力调整之前应将燃气总管内的气体排空, 以使燃气能充满整个管道, 应对排空时间进行评估并尽可能地缩短。
- d) 按照 7.3.1.2 f) ~j) 的顺序继续进行操作, 点燃第一支 (或一组) 点火器。如有必要, 可在工况稳定后重新调节炉膛送风量, 但不应低于吹扫风量。
- e) 确认点火器已为主燃烧器提供足够的点火能量后, 打开与之相对应的燃烧器的安全关断阀。
- f) 确认气燃烧器安全关断阀打开及排气阀关闭, 且在 5s 内被点燃。当第一支 (或一组) 燃烧器点火失败或燃烧器灭火时, 应触发主燃料跳闸, 在再一次点火之前应再次吹扫并排除点火故障。再次启动燃烧器前应满足所有点火条件 (见表 1)。若所有燃烧器都能被可靠地监视, 允许利用一个燃烧器的安全关断阀通过数个点火器将与之对应的燃烧器点燃, 但若其中一个燃烧器点火失败, 则送至该组所有燃烧器的燃料均应被切断。
- g) 建立稳定火焰后, 缓慢地将风门挡板 (或调风器) 调至正常运行位置, 但在调整过程中应注意防止灭火。在燃烧器自动控制系统中, 风门挡板 (或调风器) 开度可能会和燃烧器的安全关断阀同时开启。
- h) 对于后续投入运行的点火器及燃烧器, 不论何种原因点火失败都应切断该点火器及燃烧器的燃料供应, 查明原因并消除后, 在所有点火满足的条件下方可重新启动。为保证炉膛受热均匀, 气燃烧器的投运应采用间隔投运方式, 间隔时间一般为 5s~15s (四角切圆锅炉一般为先对角后邻角)。
- i) 在主燃烧器的点火阶段结束后, 点火器可退出运行。点火器停掉后, 应检查主燃烧器是否能维持连续的稳定火焰。
- j) 当主燃烧器建立稳定火焰后, 关闭燃烧器燃气总管的排气阀。
- k) 根据锅炉负荷需要投运其他层燃烧器时, 其操作顺序与开风门挡板 (或调风器) 点火及投运燃烧器的要求相同。
- l) 根据需要, 投入燃烧自动控制系统。燃尽风风量的调整不应影响锅炉运行产生不利影响。建议在点火和启动顺序中对燃烧器的燃料/风量比进行自动控制。各燃烧器的燃料流量应与其风量相适应。
- m) 在适量的燃烧器投入运行后, 就允许改变燃气总管压力。燃气总管压力应控制在预定范围内, 超出范围时再增加燃料则需要投入某支或数支燃烧器, 反之亦然。最好是投入与预计的连续负荷相适应的最大数量的燃烧器。
- n) 对于配置了燃料再燃系统的机组, 再燃燃料的投运要求与 7.3.1.2 t) 相同。

9.3.3 正常运行

9.3.3.1 燃气系统正常运行时应遵循 7.3.2.2~7.3.2.6 的要求。

9.3.3.2 燃烧器燃气总管压力可作为维持各燃烧器燃料量的判据, 其他燃烧器投运时应自动将该压力维

持在预定限值范围内。

9.3.3.3 低负荷运行时, 燃气总管压力应高于维持稳定火焰的最低限值, 如有必要可减少投运燃烧器的数量。

9.3.3.4 对于配置了燃料再燃系统的机组, 再燃燃料的运行要求与 7.3.2.17 相同。

9.3.4 正常停炉

9.3.4.1 锅炉停运时, 应按照与启动相反的步骤进行。

9.3.4.2 对于配置了燃料再燃系统的机组, 再燃燃料制备和输送设备的停运及再燃燃烧器的停运, 应参照本标准制粉系统停运及燃烧器停运的相关要求执行, 或遵循制造商的规定。

9.3.4.3 将燃烧控制系统由“自动”切换至“手动”, 逐渐将锅炉负荷减到吹扫风量下的负荷并将各燃烧器的燃料量和风量控制在限值范围内, 用于启动和停止顺序的燃烧测量控制装置不必退出运行。

9.3.4.4 随着燃料量及负荷的降低, 逐个关闭单支燃烧器的安全关断阀, 打开相应的排气阀, 将对应的风门挡板(或调风器)置于试验确定的或制造商规定的位置, 按顺序停运燃烧器。

9.3.4.5 当最后一支(或一组)燃烧器的安全关断阀关闭后, 关闭主燃气安全关断阀。

9.3.4.6 打开所有排气阀, 将燃气漏入炉膛及风箱内的可能性降至最低。

9.3.4.7 当再燃系统及所有燃烧器、点火器均停运后, 验证风量确为吹扫风量, 对锅炉进行吹扫。

9.3.4.8 吹扫完成后, 可根据停炉冷却的要求, 确定停止送风机、引风机的时间。

9.3.4.9 送风机、引风机停运后, 可以关闭烟风道挡板, 但应留有一定的通风量以防止可燃性气体聚集, 同时应防止主燃料(或点火燃料)漏入炉膛(或风箱)。

9.3.5 正常热态启动

9.3.5.1 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, 要求仍处于热状态时启动, 除了不进行有关炉内情况的检查外, 其他要求与 9.3.2.1 对冷态启动的要求一致。

9.3.5.2 热态启动顺序与 9.3.2.2 的冷态启动顺序一致。

9.3.6 紧急停炉

9.3.6.1 紧急停炉将引起主燃料跳闸(MFT), 触发主燃料跳闸继电器动作的限值及延迟时间, 应遵循锅炉制造商的设计规定, 并经现场实践予以验证或修改。

9.3.6.2 当炉膛已经灭火或已局部灭火并濒临全部灭火时, 严禁投助燃油(气)枪而采用爆燃法恢复燃烧。

9.3.6.3 自动触发的强制性主燃料跳闸, 应配备 5.8 所要求的联锁系统。下列任一情况将自动触发强制性主燃料跳闸:

a) 当出现 7.3.5.3a) ~ p) 情况时。

b) 燃气燃烧器的燃料总管压力高于或低于使火焰稳定的最小值且没有其他任何燃料投运 [见 5.8.2p)]。

9.3.6.4 下列任一情况应报警并触发主燃料跳闸, 但无须自动触发:

a) 燃烧控制系统、炉膛安全监控系统或联锁系统失去电源。

b) 炉膛吹扫完成后锅炉点火时, 第 1 个(或 1 组)点火器点火失败达到 3 次以上(见表 1)。

c) 燃气锅炉第 1 支(或 1 组)燃烧器点火失败或燃烧器灭火(见表 1)。

9.3.6.5 主燃料跳闸时, 应自动执行 7.3.5.5b) ~ j) 的相关指令, 并打开所有燃气排气阀, 但不触发送风机或引风机跳闸。

9.3.6.6 主燃料跳闸后, 锅炉炉膛应按照 7.3.5.6 的相关要求进行吹扫。

9.3.7 不需停炉的若干紧急状况及处理

a) 当机组配有多台送风机、引风机, 其中任何一台或数台风机跳闸时, 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，否则应强制性跳闸。

- b) 如果出现炉内严重缺风而燃烧器还能维持火焰，应减少燃料量直至空气/燃料比恢复正常；如果燃料量不能减少，则应缓慢增加风量直至空气/燃料比恢复正常。但应注意采用减少燃料量的方法时，防止炉内在缺风的情况下突然增加风量而增加爆燃的危险，如突然切断某支燃烧器而关闭其风门挡板（或调风器）。

附录 A
(资料性附录)
可能引起炉膛爆炸的原因

A.1 可能引起炉膛外爆的原因

A.1.1 锅炉点火操作不当, 主要包括:

- a) 锅炉点火前已有油(气)或煤粉漏入炉膛, 并已形成和达到可爆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时, 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。
- d) 无油点火初期, 煤粉燃烧不完全, 又投油助燃。

A.1.2 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可燃的燃料, 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 因操作不当或其他原因造成炉膛结渣, 当炉膛上部突然掉渣使部分燃烧器失去火焰, 或使全炉膛灭火时, 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 供给燃烧器的燃料或空气或点火源突然中断或短时间内空气/燃料比不当造成瞬间灭火, 但随即又恢复正常, 炉膛或锅炉烟道的各死角积聚的可燃物遇到火源时被点着而引起爆燃。

A.1.5 在一支或多支燃烧器火焰丧失或燃烧不稳定情况下另行再投入燃烧器或油枪等, 也会引起积聚的燃料爆燃。

A.1.6 锅炉熄火停炉后, 油(气)系统阀门关闭不严, 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.1.7 锅炉燃烧恶化且空气动力场组织不好时, 会导致 CO 在局部聚集, 当聚集到一定的浓度并与氧气混合时, 也会发生局部爆燃。

A.2 可能引起炉膛内爆的原因

锅炉灭火、送风机调节装置突然关闭、送风机跳闸或一次风机跳闸时, 炉膛负压可能会超过炉膛设计承压能力, 从而引起炉膛内爆。

附录 B

(资料性附录)

炉膛瞬态设计承压能力的说明

B.1 炉膛结构瞬态承压能力的标准值为 $\pm 8.7\text{kPa}$ ，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 $\pm 21\text{in H}_2\text{O}$ ，瞬态承压能力则为 $\pm 21\text{in H}_2\text{O} \times 1.67 = \pm 35\text{in H}_2\text{O}$ ($\pm 8.7\text{kPa}$) 而提出的。

B.2 其瞬态承压能力 ($\pm 8.7\text{kPa}$) 与美国国家防火协会标准 NFPA 85 是一致的。

B.3 NFPA 85 (2015 年版) 对有关炉膛瞬态设计压力的取值描述见 6.5.1.3.2.1 (瞬态正压) 及 6.5.1.3.2.2 (瞬态负压)，具体如下所述：

- a) 若环境温度下送风机 T.B 点风压等于或高于 8.7kPa ($35\text{in H}_2\text{O}$)，则炉膛瞬态设计正压取值至少为 8.7kPa ($35\text{in H}_2\text{O}$)，但没必要一定超过该值。若环境温度下送风机 T.B 点风压低于 8.7kPa ($35\text{in H}_2\text{O}$)，则炉膛瞬态设计正压取值至少为环境温度下送风机 T.B 点风压，但没必要一定超过该值。
- b) 若环境温度下引风机 T.B 点风压等于或高于 8.7kPa ($35\text{in H}_2\text{O}$)，则炉膛瞬态设计负压取值至少为 -8.7kPa ($35\text{in H}_2\text{O}$)，但没必要一定超过该值。若环境温度下引风机 T.B 点风压低于 8.7kPa ($35\text{in H}_2\text{O}$)，则炉膛瞬态设计负压取值至少为环境温度下引风机 T.B 点风压，但没必要一定超过该值。

B.4 本标准对炉膛瞬态设计压力的取值标准来源于 NFPA 85 (2015 年版)。

B.5 在内爆情况下，对烟气系统来说存在两个负压源：①MFT 工况下因燃料被切断，炉膛内烟气温度下降和水蒸气量迅速减少导致瞬态负压的增大；②MFT 或送风机、引风机误操作情况下，因烟量及系统阻力快速减小使引风机抽吸力增大而导致瞬态负压的增大。当引风机 T.B 点风压小于 8.7kPa 时，前者所产生的瞬态负压是需要控制的因素，故本标准规定，对按较低的引风机选型点风压来作为炉膛设计瞬态承受压力取值标准时宜进行安全性评估。

B.6 当烟气系统中采用引风机与增压风机合并配置方式 (即“引增合一”) 时，引风机在环境温度下的 T.B 点压头 $p_{\text{T.B}}$ 可能明显超出锅炉炉膛瞬态承压能力 $p_{\text{F,mft}}$ 的标准值 $|-8.7\text{kPa}|$ ，在这种情况下要求对炉膛结构设计强度、引风机选型特性、烟道设计、热控保护设施配置标准及控制方式的适应条件进行分析并采取相应措施。本标准明确，通常情况下炉膛瞬态承压能力 $p_{\text{F,mft}}$ 仍可按 $|-8.7\text{kPa}|$ 取值。