

ICS 27.100

F 23

备案号: 24189-2008

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1091 — 2008

火力发电厂锅炉炉膛安全监控 系统技术规程

Technological code for furnace safeguardsupervisory system
in fossil fuel power plant

2008-06-04 发布

2008-11-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

第一章、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 总则	3
5 煤粉锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计	8
6 循环流化床锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计	14
7 燃油锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计	17
8 燃气锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计	21
附录 A (资料性附录) 推荐的燃油系统泄漏试验步骤	26

第二章、 前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2007 年行业标准修订、制定计划的通知》（发改办工业〔2007〕1415 号文）的要求制定的。

本标准是在对我国各类火力发电厂 FSSS 应用研究的基础上编写的 FSSS 技术规程。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业热工自动化标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：浙江省电力试验研究院、西安热工研究院有限公司、徐州燃烧研究院。

本标准主要起草人：陆政、贾强邦、李军、杨启昌。

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中心（北京市白广路二条一号，100761）。

第三章、 火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统技术规程

1 范围

本标准规定了锅炉炉膛防内爆/外爆、燃烧器管理、燃烧控制系统的逻辑设计以及对监控设备的要求。

本标准适用于火力发电厂蒸发量为 410t/h~1900t/h 级燃煤锅炉炉膛的安全监控，也适用于燃油、燃气和循环流化床蒸发量为 410t/h~1050t/h 级的多燃烧器炉膛的锅炉的安全监控。其他容量的锅炉可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

DL/T 435 电站煤粉锅炉炉膛防爆规程

DL/T 655 火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统验收测试规程

DL/T 701 火力发电厂热工自动化术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

储仓制系统 bin system; storage system

燃料制成粉后储入粉仓，然后从粉仓通过给粉机供给炉膛燃烧的一种系统。

3.2

直吹制系统 direct-fired system

燃料制成粉后直接从磨煤机送入燃烧器的一种系统。

3.3

燃烧控制系统 combustion control system

自动调节炉膛燃料和风量的控制系统，确保锅炉在指令负荷范围内能维持适当的空气/燃料比，维持炉膛负压在规定范围内，以保证锅炉的连续燃烧和火焰稳定。

3.4

锅炉炉膛安全监控系统 furnace safeguard supervisory system (FSSS)

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，跳闸相关设备或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：国外也使用术语燃烧器管理系统（burner management system，简称 BMS）。燃烧器控制系统（burner control system，简称 BCS）、燃料燃烧安全系统（fuel-firing safety system，简称 FSS）包含在本定义中。

3.5

火焰检测器 flame detector

检测有无火焰并提供信号的装置。

[DL/T 435—2004 定义 2.2]

3.6

点火器 ignitor

能在一瞬间提供足够的点火能量去点着主燃烧器燃料的固定安装设备。

3.7

惰性化 inerting

将惰性气体或蒸汽充入到空气/燃料混合物中，使其氧含量减少而避免爆炸的可能。

3.8

连锁 interlock

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。

3.9

总燃料跳闸 master fuel trip (MFT)

一旦出现危及锅炉安全的危险工况时，由人工操作或保护信号指令动作快速切断所有入炉燃料，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。

3.10

燃油跳闸 oil fuel trip (OFT)

由人工操作或保护信号指令动作，快速关闭主燃油跳闸阀，切断进入锅炉炉膛的燃烧用油。

3.11

炉膛吹扫 purge

使空气流过炉膛、锅炉烟井及与其相连的烟道，以有效清除任何积聚的可燃物，并用空气予以置换的过程。亦可用惰性气体进行吹扫。

3.12

炉膛外爆 furnace explosion

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，此现象即为炉膛外爆。

[DL/T 435—2004 定义 2.25]

3.13

炉膛内爆 furnace implosion

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。

[DL/T 435—2004 定义 2.26]

3.14

风机超驰作用 override action of fan

检测到炉膛压力有足够大的偏差时的一种控制作用，其使引风机的控制装置向减少偏差的方向动作。

3.15

点火器安全关断阀 ignitor safety shutoff 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。

[DL/T 435—2004 定义 2.10]

4 总则

4.1 对制造、设计、安装和运行维修的一般要求

4.1.1 本标准对逻辑设计提出了最低限度的要求，随着发电厂自动化水平的提高及锅炉设备类型的多样化，监控系统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，以使运行人员能迅速作出反应。
- c) 系统应具备系统功能在线检查和维护的功能，并不影响控制系统整体可靠性。
- 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。

4.1.2 火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统的设计，应采用可靠性高的设备和成熟的技术。新产品和新技术应经过试用和考验，经实践证明合格后方可在设计中采用。

4.1.3 在系统和仪表未安装完毕、试验合格并投入运行前，不能启动锅炉。

4.1.4 应编写详细的运行操作规程，清楚叙述所有的手动和自动功能，列明所有的操作顺序和检查要点。

4.1.5 保护装置应投入闭环运行，未经批准不能撤出运行。保护动作或撤出应作好记录。

4.1.6 设计时不应考虑为方便操作设备而取消任一连锁功能。因故连锁装置需退出运行时，应在运行日志中加以记录，并应采取其他措施监测该连锁功能。

4.1.7 保护、连锁系统在安装、调整和测试时应验证其是否符合设计要求及定值、定时的准确性。重要的保护、连锁系统应定期进行测试和维护。

4.1.8 应制定系统与设备的定期试验和维护、维修计划，维修后应进行相关系统的保护及连锁验证试验。

4.1.9 连锁保护试验中，需要改变或产生信号时应尽可能在源头（一次元件或设备）进行。

4.1.10 所有油燃烧器的安全关断阀，应尽量靠近点火器安装，使得阀后燃油管燃油的残留量减至最少。阀门的关断速度要尽可能快（燃油总管的安全关断阀关断时间宜小于 1s，油燃烧器的安全关断阀关断时间宜小于 2s）。

4.2 对锅炉炉膛安全监控系统操作的设计要求

4.2.1 在控制盘（台）上应设置独立并可直接动作（可经确认或加避免误动的保护罩）的 MFT 紧急按钮，其回路应独立于分散控制系统的控制器及模件，并由硬接线实现。

4.2.2 应设置吹扫条件、点火条件、火焰检测、吹扫失败、点火失败、MFT、MFT 首出原因、燃烧器启动条件、磨煤机启动条件、磨煤机跳闸首出原因等专用显示画面。

4.3 关键设备的基本设计要求

4.3.1 炉膛安全监控系统设备

4.3.1.1 炉膛安全监控系统应根据不同的炉型、制粉系统和燃烧器的要求进行设计，应将单个模件的故障对整个系统的影响程度降至最低。

4.3.1.2 系统应能判明故障类型，至少包括：

- a) 电源故障；
- b) 通信故障；
- c) 处理器故障；
- d) 输入和输出模件故障；
- e) 信号中断、漂移、恢复、瞬态干扰。

4.3.1.3 系统的设计还应包括下列功能：

- a) 系统故障诊断功能；
- b) 防止未经授权的逻辑修改；
- c) 系统内任何个别部件故障，不能妨碍强制性的 MFT；
- d) 系统的响应时间应足够短，以防止由于反应不及时而造成故障、事故的扩大或误动作；
- e) 系统具有较强的抗干扰能力，以防止误动作；
- f) 在系统失电时，I/O 和继电器动断、动合触点的设置应保证其所控设备处于安全状态或机组安全运行所需的工作状态。

4.3.1.4 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。

4.3.2 火焰监控和跳闸系统设备的设计要求

4.3.2.1 火焰监控：

- a) 容量为 670t/h 等级及以下的锅炉可采用全炉膛火焰监视和灭火保护。容量为 1000t/h 等级以上的锅炉，应对各燃烧器（包括主燃烧器和点火燃烧器）单独进行监视，一旦检测到某个燃烧器火焰熄灭，应自动关闭该燃烧器的安全关断阀。
- b) 火焰检测器对燃烧器的视角在炉膛设计时就应考虑，最后通过现场试验确定，并应对视角的有效角度范围进行校核。
- c) 应提供清洁空气，保证火焰检测器镜头的清洁和冷却。
- d) 火焰检测器应具有自检查功能，以排除火焰检测器或感应元件自身故障造成对火焰的误判。

4.3.2.2 跳闸系统：

- a) 触发 MFT 动作的检测元件和回路，除火焰检测器和在模拟量控制系统（MCS）进行预处理的风量信号、汽包水位外，应独立于其他控制元件和回路。
- b) 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），三取二或三取中的信号中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。
- c) MFT 跳闸系统在失电时应产生锅炉跳闸信号以使机组处于安全状态。
- d) 炉膛压力保护应采用过程压力直接驱动的压力开关，应有三个独立取样的“压力高”开关和三个独立取样的“压力低”开关，压力保护动作信号应按“三取二”逻辑产生。
- e) 炉膛压力取样孔应与吹灰器和看火孔有足够的距离，并应采取适当的防堵措施，防堵措施不能影响炉膛压力的取样精度。
- f) 跳闸条件中的汽包水位保护信号应按“三取二”逻辑设计。
- g) 触发 MFT 的跳闸信号应采用硬接线接入，需要通过逻辑运算产生的 MFT 信号应在处理逻辑中采取冗余或表决的方式提高可靠性。
- h) MFT 跳闸输出指令应以硬接线接入其他系统（如 MCS、OCS、ETS 等）和相应动作设备的跳闸回路，以保证足够的可靠性。
- i) 应防止因跳闸连锁系统电源中断或恢复引起系统的拒动作和误动作。

4.3.3 燃烧控制系统设备

4.3.3.1 本标准对燃烧控制系统的设计要求仅涉及保证炉膛安全运行的要求，并不包括其他控制系统对燃烧控制系统提出的要求。

4.3.3.2 锅炉启动状态时，风量应保持在吹扫流量（不小于 25% 满负荷风量，对燃煤锅炉要求不大于 40% 满负荷风量）。在整个运行期间，其空气容积流量应等于或大于吹扫流量。

4.3.3.3 燃料和空气子系统应提供设定最大和最小极限的能力，以防止燃料和风量超过使火焰稳定燃烧的极限。

4.3.3.4 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。风量控制在手动时，禁止将燃料量控制投入自动。

4.3.3.5 控制系统设计应防止产生富燃料混合物，允许采用燃料量变化期间对空气量变化的超前或滞后的措施，来保证空气量的暂时富余。当空气/燃料比低于预定值时，应闭锁增加燃料量和减少空气量的控制动作。

4.3.3.6 对于平衡式通风炉膛，炉膛压力应保持在设定值。炉膛压力控制在手动时，禁止将风量控制投入自动。

4.3.3.7 应提供磨煤机煤/空气混合物温度控制手段。

4.3.3.8 应提供保证输送所需煤粉的一次风调节手段，并有限制一次风低于危险值的措施。

4.3.3.9 应提供煤量、风量、油量等计量装置，必要时进行压力、温度补偿，以便测定总燃料量和总风量之比例。

4.3.3.10 应提供氧量或燃烧产物表计，以显示燃烧情况。

4.3.3.11 应保证来自炉膛安全监控系统的指令优先于燃烧控制系统指令的执行。

4.3.3.12 对配置了脱硫系统的锅炉，应采取有效措施防范因脱硫设备故障跳闸而对炉膛压力造成的影响。

4.3.4 动力源的设计要求

4.3.4.1 应提供系统所有控制和安全设备无故障动力（电源和气源）。

4.3.4.2 系统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 UPS。

4.4 功能配置要求

4.4.1 本标准第 5 章～8 章对煤粉锅炉、循环流化床锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉的炉膛安全监控系统应设计的功能提出了基本要求。对燃烧器不同布置方式（墙式对冲、四角切圆、W 型火焰等）、燃烧器不同数量、不同制粉制（直吹制、储仓制）、锅炉本体及主要辅机的不同类型和工艺等，应根据制造厂和锅炉专业的要求，设计相应的逻辑功能。

4.4.2 炉膛安全保护功能：

4.4.2.1 锅炉炉膛安全保护应包括但不限于以下功能：MFT、炉膛吹扫、油泄漏试验、锅炉点火、全炉膛火焰监视和灭火保护功能、MFT 首出原因和 RB 等。

4.4.2.2 一旦检测到炉膛内部分火焰丧失达到危险程度或全部火焰丧失时，或者制造厂设计并经现场试验验证的跳闸原则满足时，应触发 MFT。

4.4.2.3 MFT 时，应切断一切进入炉膛的燃料供应和点火器电源，并解列制粉系统。如装有炉膛惰性化系统，应同时投入炉膛惰性化系统。

4.4.2.4 MFT 各跳闸动作值及延时时间应由锅炉厂提供设计依据，运行中在征得制造厂同意情况下可进行修正。

4.4.2.5 MFT 后，应指示跳闸首出原因。

4.4.2.6 储仓制系统中应考虑给粉机总电源切换时可能产生给粉机运行状态瞬间失去（全炉膛燃料丧失）误信号的影响。

4.4.2.7 可将燃烧器设备的动作情况引入火焰信号的判断，以便更准确地反映火焰状态。

4.4.3 连锁保护功能：

4.4.3.1 连锁保护功能应监视燃烧设备的启动、停止过程和运行情况，以确保设备的安全操作顺序和安全运行。

4.4.3.2 当设备安全受到危险时，应按适当顺序使最小数量的设备跳闸。

4.4.3.3 主要设备跳闸后应能指出跳闸的首出原因。

4.4.3.4 一旦检测到可能导致未燃烧燃料堆积的严重燃烧问题或失去锅炉控制、燃烧器管理、连锁系统的电源时，应自动停运有关设备。

4.4.3.5 引起跳闸的任何连锁信号或动作应报警。

4.4.4 报警功能：

4.4.4.1 报警系统应向操作员提供尽快的听觉和视觉报警，指示超限情况以便其及时地作出响应。应提供手段将听觉警报消除，而保持视觉报警指示直到工况恢复正常。

4.4.4.2 当燃烧出现不稳定时，应有引起运行人员注意的警示信息，以便及时采取补救措施。

4.4.4.3 用于跳闸的火焰熄灭信号一旦发生运行燃烧器或火焰包络的火焰熄灭情况，都应报警通告运行人员。

4.4.4.4 对所有设计的基本燃料，均应提供该特定燃料燃烧系统的报警。除连锁系统跳闸报警外，还应包括但不限于以下报警信号：

- a) 点火器燃油总管压力（高和低）。
- b) 点火器雾化蒸汽或空气压力低。
- c) 燃气燃烧器总管压力（高和低）（适用于燃气锅炉）。
- d) 燃油燃烧器总管压力（低）（适用于燃油锅炉）。
- e) 磨煤机跳闸（非有意识停运）。
- f) 一次风机跳闸（非有意识停运）。
- g) 磨煤机断煤。
- h) 风粉混合物温度高。
- i) 炉膛压力（高）。
- j) 炉膛负压（高）（适用于平衡通风炉膛）。
- k) 炉膛风量（低）。
- l) 连锁装置失去动力源。
- m) 控制系统电源丧失。
- n) 火焰丧失。
- o) 汽包水位（高和低）。
- p) 风机开（关）闭锁或风机超驰作用。
- q) 火检冷却风压低。

4.4.5 参数监视与记录功能：

4.4.5.1 锅炉炉膛安全监控系统至少应包括如下监视信号：

- a) 火焰监视。
- b) 系统设备状态。
- c) 启停顺序及运行监视。
- d) 报警信号及跳闸原因。

4.4.5.2 作为最低要求应提供以下参数：主汽流量、给水流量、总燃料量、总风量、汽包水位、主汽温度、主汽压力、一次风压、磨煤机出口温度、雾化气蒸汽压力、燃油压力及炉膛压力等。

4.5 防止炉膛内爆的控制逻辑设计要求

4.5.1 本节描述负压通风炉膛，在其压力超过炉膛结构忍受能力的情况下，将其危险降至最低限度的控制逻辑设计要求。

4.5.2 炉膛压力控制系统（内爆保护）。

4.5.2.1 功能要求：炉膛压力控制系统，应控制炉膛压力在要求的定值点上。

4.5.2.2 系统要求：

- a) 三台炉膛压力变送器按三选中发出信号，每台变送器应单独取样，并有适当的监控系统，以便使机组在炉膛压力测量有故障的情况下能安全运行。
- b) 系统应设计代表锅炉空气需求量的前馈信号，该信号可以是燃料量信号、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，但不应是测得的空气量信号。

- c) 在自动/手动切换站后, 当炉膛负压误差大时, 使用超驰动作或直接闭锁。
- d) 在自动/手动切换站后, 由总燃料跳闸启动前馈动作, 以将压力偏差降至最低。
- e) 使用轴流风机时, 应避免失速状态运行, 以避免空气或烟气量的不可控变化。

4.5.2.3 设备要求。

炉膛压力控制执行机构应满足以下要求:

- a) 工作速度应不超过控制系统的灵敏度和定位能力, 避免自动控制时发生振荡或过调。过快速度将破坏下游负压瞬态过程, 过快速度对手操控制也是不适宜的。
- b) 引风控制设备的工作速度, 应不低于送风流量控制设备的工作速度。
- c) 为保证得到满意的响应速率, 当采用变速或轴流风机时, 对炉膛负压控制系统的设计应给予特殊的考虑。

4.5.3 风机启停顺序控制的要求。

4.5.3.1 风机正确的启动与停止步骤, 应由制造厂、工程顾问及运行单位确定。这些步骤应与本节所规定的顺序相协调。

4.5.3.2 在所有运行工况下, 应确保从送风机入口到烟囱有一个通畅的气流通道。在系统设计不允许使用全开空气通道之外, 其最小空气通道断面积应不小于风机运行时吹扫空气流量要求所需要的面积。因此应满足下列要求:

- a) 当装有多台引风机或送风机时, 启动第一台引风机前, 风机所有流量控制装置和关断挡板应打开。此外, 还应打开足够的隔离挡板、风箱挡板、调风器和其他控制挡板, 以确保从送风机入口到炉膛、引风机和烟囱, 有一个通畅的气流通道, 除非用其他方式提供通畅的气流通道。
- b) 当装设单台引风机或送风机时, 在风机启动期间, 根据需要应允许将与引风机有关的控制装置和关断挡板关闭。与送风机有关的流量控制装置和关断挡板, 应置于确保该风机启动时可以接受的启动电流的位置。在风机运行期间, 流量控制装置和关断挡板应置于确保吹扫空气流量的位置。
- c) 在风机制造厂推荐的界限内, 停运风机的所有流量控制装置和关断挡板应保持开启, 直到第一台引风机和第一台送风机投入运行去保持炉膛压力条件以及通畅的流量通道为止。

4.5.3.3 在所有条件下, 启动和停止风机的顺序应是:

- a) 先启动一台引风机, 然后启动一台送风机。随后的引风机启动, 应按 4.5.3.4 的要求进行。
- b) 停止风机的顺序, 应按 4.5.3.3 a) 的相反要求进行。

4.5.3.4 启动和停止风机时, 使用的方法和有关控制设备的操作, 都应尽量减少炉膛压力和风量波动。一旦情况允许, 应尽快投入炉膛压力控制系统, 并使其保持自动控制。

4.5.3.5 不论什么原因, 在最后一台风机停运后, 风机挡板的开启应经过延迟或处在被控状态, 以防风机在惰走过程中, 在炉膛内引起过分的瞬态正压或瞬态负压。

4.5.4 风机连锁的功能要求。应设置下列连锁装置和保护逻辑。

4.5.4.1 炉膛压力高的连锁要求:

- a) 当炉膛压力超过正常运行压力达到制造厂规定的限定值时, 应启动总燃料跳闸。若跳闸后风机仍在运行, 则应继续运行, 但不应手动或自动控制增加风量。
- b) 在 MFT 后点火前, 如果炉膛压力仍超过制造厂的规定值时, 应将各送风机跳闸。

4.5.4.2 炉膛负压高的连锁要求(平衡通风式机组):

- a) 当炉膛负压超过正常运行负压达到制造厂所规定的限值时, 应触发总燃料跳闸。若跳闸后风机仍在运行, 则应继续运行, 但不应手动或自动控制增加风量。
- b) 在 MFT 后点火前, 如果炉膛压力仍低于制造厂的规定值时, 应将各引风机跳闸。此跳闸值应大于 4.5.4.2 a) 中的跳闸值。

4.5.4.3 送风机事故跳闸的连锁要求:

- a) 每台送风机均应有连锁跳闸逻辑和手段, 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，应关闭跳闸送风机相应的挡板。
- c) 当引风机、送风机设有成对启动、停止和跳闸的连锁系统时，当一台送风机故障跳闸时，应将相关的引风机跳闸；如果它们不是最后在运行的一对送、引风机，跳闸的送、引风机挡板也应关闭。如果它们是最后在运行的一对送、引风机，则送风机跳闸后，引风机仍应保持在被控制的运行状态下，相应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，应触发总燃料跳闸。所有送风机挡板在延时一段时间后均应打开，以避免在风机惰走过程中对风道内产生较高的风压。如果有烟气再循环风机系统，则挡板应关闭。

4.5.4.4 引风机故障跳闸的连锁要求：

- a) 每台引风机均应有连锁跳闸逻辑和手段，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) 当引风机故障跳闸时，如果还有其他引风机在运行，应关闭跳闸引风机相应的挡板。
- c) 当引风机、送风机设有成对启动、停止和跳闸的连锁系统时，当一台引风机故障跳闸时，应将相关的送风机跳闸。如果它们不是最后在运行的一对引、送风机，跳闸的送、引风机挡板也应关闭；如果它们是最后在运行的一对引、送风机时，则两者的挡板应保持在开启位置。
- d) 当所有的引风机都故障跳闸时，应触发总燃料跳闸及所有送风机跳闸。所有引风机挡板在延时一段时间后均应打开，以避免在风机惰走过程中对烟道内产生较大的负压。如果有烟气再循环风机系统，则挡板应关闭。

4.5.4.5 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，在风机启动后、开启挡板前，应有条件判断风机的转速已调整到有足够的能力将风量送出。

5 煤粉锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计

5.1 燃油系统控制

5.1.1 当以下条件均满足时，主燃油跳闸阀允许开启：

- a) 燃油供油压力正常；
- b) 无任何关闭或跳闸指令。

5.1.2 燃油跳闸（OFT）条件（OFT发生后主燃油跳闸阀应跳闸关闭）：

- a) MFT；
- b) 运行操作站或备用盘上操作主燃油跳闸阀关闭按钮；
- c) 任一油跳闸阀未关，雾化蒸汽（或压缩空气）压力低（有延时）；
- d) 任一油跳闸阀未关，燃油母管压力低（有延时）；
- e) 主燃油跳闸阀开启或关闭故障（开启或关闭信号发出10s后未到位）或状态故障（开状态和关状态同时触发，延时5s）；（可选）
- f) 任一燃烧器检测无火，而一段时间内对应的油跳闸阀不能关闭。（可选）

5.1.3 OFT复位：MFT复位后，运行人员通过“开主燃油跳闸阀”操作复位OFT。

5.1.4 油泄漏试验：

5.1.4.1 燃油系统泄漏试验的目的是证实油系统的各部分是严密的，判断主燃油跳闸阀和各油跳闸阀之间是否密闭。如有泄漏，应指出泄漏的原因。

5.1.4.2 油泄漏试验成功是炉膛吹扫条件之一。如果锅炉点火方式为轻油点重油、重油点煤粉，则应分别对轻油及重油系统做油泄漏试验。

5.1.4.3 燃油系统泄漏试验逻辑应包括以下内容（推荐试验步骤参见附录A）：

- a) 通过逻辑控制对油系统各部分加压；
- b) 设计有检测所有泄漏情况的仪表和判别逻辑；
- c) 向运行人员提供泄漏试验过程和结果的相应信息或报警。

5.2 炉膛吹扫

5.2.1 锅炉点火之前都应对炉膛进行吹扫。

5.2.2 炉膛吹扫的目的是将炉膛和烟道中可能积聚的可燃性混合物清除掉，防止点火时引起炉膛爆燃。吹扫时应开启送风机、引风机并保持一定的风量，维持一段时间的吹扫以保证所有可燃混合物从炉膛和烟道中吹扫出去。在吹扫过程中，如果某一吹扫条件不满足，则吹扫中断，经处理使吹扫条件满足后，重新开始吹扫计时，直至吹扫时间周期完成。吹扫时间应按照 5.2.3 c) 的规定确定，推荐为 5min~10min。

5.2.3 吹扫条件的基本原则：

- a) 所有进入炉膛的燃料输入被切断；
- b) 炉膛内无火焰；
- c) 炉膛的通风量一直保持相当于额定负荷通风量 25%~30% 以上的吹扫风量，吹扫时间应不少于 5min 或相当于炉膛（包括烟道）换气 5 次的时间（取二者较大值）。

5.2.4 吹扫时应满足的条件：

- a) 无 MFT 跳闸条件；
- b) 油泄漏试验成功；
- c) 两台回转式空气预热器运行；
- d) 任一送风机运行；
- e) 任一引风机运行；
- f) 炉膛压力正常；
- g) 所有火检均未检测到火焰；
- h) 所有磨煤机停运；
- i) 所有给煤机停运；
- j) 主燃油跳闸阀关闭；
- k) 所有油燃烧器的油跳闸阀关闭；
- l) 火检冷却风压力正常；
- m) 所有二次风挡板全开或在吹扫位；
- n) 锅炉总风量大于定值（25%~40% 额定风量）；
- o) 所有给粉机停运（储仓制系统）；
- p) 汽包水位正常（汽包炉）；
- q) 任一炉水循环泵运行（强制循环汽包炉）；
- r) 两台一次风机均停运（若配置一次风机）；
- s) 所有排粉风机均停运（若配置排粉风机）；
- t) 两台电除尘器均停运（若配置电除尘器）；
- u) FSSS 系统硬件正常（包括主模件及电源系统）。（可选）

5.2.5 当炉膛吹扫条件均满足时，通过运行人员手动操作进入吹扫阶段。在吹扫时间内，所有吹扫条件全部满足，发出吹扫完成信号。如吹扫期间任一吹扫条件失去，则发出吹扫中断信号，并显示中断原因。应在所有吹扫条件重新满足后，运行人员重新手动启动吹扫，直至吹扫完成。

5.2.6 因引风机失去导致紧急停炉时，或引风机全部停运时，应将风烟通道上所有挡板在规定时间内调节到全开位置，以建立尽可能大的炉膛自然通风，保持这种状态不少于 15min。

5.2.7 MFT 复位：吹扫完成后，吹扫完成的信号自动复位 MFT，不应设置 MFT 复位按钮。

5.3 锅炉点火

5.3.1 炉膛点火许可条件：

- a) MFT 已复位；
- b) 风箱/炉膛差压正常；
- c) 火检冷却风压正常；
- d) 锅炉风量合适（在点火风量，定值推荐为 25%~80% 额定风量）或有煤层投运；
- e) 火检系统运行无异常。（可选）

5.3.2 油点火许可条件：

- a) 炉膛点火许可；
- b) OFT 已复位；
- c) 主燃油跳闸阀打开；
- d) 燃油压力正常；
- e) 燃油温度正常；
- f) 雾化蒸汽（或压缩空气）压力正常。（可选）

5.3.3 油燃烧器投运条件：

- a) 油点火允许；
- b) 油燃烧器无火焰检测到；
- c) 油跳闸阀组关闭；
- d) 清扫阀关闭。

5.3.4 油燃烧器投运步骤：

- a) 伸进油枪；
- b) 伸进点火枪；
- c) 点火器打火；
- d) 开始打火后打开油跳闸阀组；
- e) 当油枪伸进且油跳闸阀组打开且检测到有火信号，则认为油燃烧器投运。

注：如锅炉厂家要求点火前必须清扫油枪，则在伸进油枪后开清扫阀，清扫油枪一段时间（推荐为 60s）后，关闭清扫阀，再伸进点火枪并向下执行其他步骤。

5.3.5 油燃烧器跳闸条件：

- a) 手动跳闸；
- b) MFT；
- c) OFT；
- d) 油跳闸阀组打开且未检测到火焰达 5s~15s；
- e) 油燃烧器投运后设备故障（如油跳闸阀组未在开位、油枪未在进位等）；
- f) 油燃烧器点火失败（包括油枪未及时伸进、点火枪未及时伸进、油跳闸阀组未及时打开等）。

5.3.6 油燃烧器停运步骤：

- a) 关闭油跳闸阀组；
- b) 油燃烧器清扫步骤（按 5.3.7 进行）。

5.3.7 油燃烧器清扫步骤：

- a) 点火枪伸进；
- b) 点火器打火（打火时间推荐为 30s）；
- c) 打开清扫阀（清扫时间推荐为 1min~5min）；
- d) 清扫完成后退出油枪、点火枪。

在油枪清扫过程中出现以下条件，则清扫中断：

- a) 油燃烧器跳闸；
- b) 清扫蒸汽压力低。

注：如油枪清扫中断，则油枪不退出，但并不影响下一次油燃烧器点火。

5.3.8 油层顺序投运步骤：应按照厂家推荐顺序，但应是间隔一只油燃烧器启动，保证炉膛的受热均匀，之间的时间间隔一般为 5s~15s（四角切圆锅炉一般为先对角后邻角）。

5.3.9 油层顺序停运步骤：停运顺控应与投运顺控顺序正好相反，后启先停，之间的时间间隔一般为 5s~15s。

5.3.10 同时使用轻油、重油或者设计有低负荷油的锅炉，其重油、低负荷油的控制逻辑应参照本节规定。

5.4 煤燃烧器控制

5.4.1 中速磨直吹制系统

5.4.1.1 磨煤机启动允许条件:

- a) 炉膛点火允许。
- b) 任一一次风机运行。
- c) 煤层点火能量满足。煤层点火能量的判断全部宜以层为单位。以下任一条件满足，认为煤层点火能量满足：
 - 1) 对应油层（或天然气）投运。其中油层投运为：同一层的 4 支油枪至少有 3 支投运（每层配置 4 支油枪）；同一层的 6 支油枪至少有 4 支投运（每层配置 6 支油枪）。
 - 2) 锅炉负荷大于定值（推荐 30%~50%）且相邻煤层投运。其中煤层投运为：同一层的 4 支煤粉燃烧器至少有 3 支投运（每层配置 4 支煤粉燃烧器）；同一层的 6 支煤粉燃烧器至少有 4 支投运（每层配置 6 支煤粉燃烧器）。
 - 3) 锅炉负荷大于定值（推荐值：60%~80%）。

注：如果锅炉厂对点火能量有特殊要求时，以锅炉厂的要求为准。

- d) 磨煤机出口温度正常。
- e) 磨煤机润滑油系统正常（任一台润滑油泵运行且油压正常）。
- f) 磨煤机无跳闸条件。
- g) 磨煤机密封风控制挡板开启。
- h) 冷、热风隔离挡板开启。

5.4.1.2 磨煤机跳闸条件:

- a) MFT;
- b) 失去火焰跳闸（如同一磨煤机对应的 4 个煤粉燃烧器中，有 3 个及以上失去火焰；或同一磨煤机对应的 6 个煤粉燃烧器中，有 4 个及以上失去火焰）；
- c) 失去磨煤机润滑油；
- d) 磨煤机一次风量低；
- e) 磨煤机运行且磨煤机出口门关闭；
- f) 磨煤机运行且给煤机停运达到一定时间；
- g) 磨煤机出口温度高；
- h) 磨煤机的密封风失去（风机停运或密封风挡板未全开）；
- i) 运行人员手动跳闸指令；
- j) 一次风机均停运；
- k) Run Back 信号（部分磨煤机）；
- l) 磨煤机断煤、堵煤；（可选）
- m) 磨煤机及其电机的保护（如轴承温度高、线圈温度高等）。（可选）

5.4.1.3 磨煤机跳闸后相应的给煤机联跳，磨煤机出口挡板、热风隔离挡板应连锁关闭。

5.4.1.4 给煤机启动条件:

- a) 磨煤机在运行；
- b) 给煤机出口挡板开启；
- c) 给煤机转速指令在最低；
- d) 磨煤机启动条件满足。

5.4.1.5 给煤机跳闸条件:

- a) MFT;
- b) 磨煤机跳闸或停运；
- c) 给煤机运行且进口挡板开启，给煤机煤量小于规定值；
- d) 给煤机出口挡板关闭；（可选）
- e) 给煤机堵煤或无煤。（可选）

5.4.1.6 煤层顺序启动步骤（根据相关设备可控条件，确定进入顺序启动的步骤）：

- a) 启动磨煤机润滑油泵、冷却风机等。
- b) 启动磨煤机密封风机，并打开对应密封风门。
- c) 建立一次风进入磨煤机及风粉进入炉膛的通道（打开磨煤机入口风门、磨煤机出口门、冷风调节挡板等）。
- d) 暖磨（调整磨煤机出口温度达到要求）。
- e) 开启给煤机进、出口挡板；给煤机转速指令设定在最低；给煤机就地控制开关切换至遥控位置。
- f) 磨煤机启动条件（见 5.4.1.1）满足，启动磨煤机。
- g) 给煤机启动条件（见 5.4.1.4）满足，启动给煤机。
- h) 延时后释放给煤机转速指令设定在最低指令。

5.4.1.7 煤层顺序停运步骤（根据相关设备可控条件，确定进入顺序停运的步骤）：

- a) 将给煤机转速减至最小，并关闭热风调节挡板、开启冷风调节挡板；
- b) 冷却至磨煤机进口温度小于一定值后，关闭给煤机进口挡板；
- c) 停运给煤机；
- d) 给煤机停运后，磨煤机吹扫一段时间以排空磨煤机内的煤粉，停运磨煤机；
- e) 依次关闭热风隔离挡板、冷风隔离挡板、磨煤机出口门、磨煤机入口风门、密封风隔离挡板。

5.4.2 储仓制系统

5.4.2.1 储仓制系统的控制相对独立，进入 FSSS 控制的设备有给粉机、给粉机出口一次风门。（磨煤机、给煤机等设备的逻辑可在 OCS 系统中实现，本节对其启动、跳闸设计提出基本要求）

5.4.2.2 给粉机启动允许条件：

- a) 无给粉机跳闸条件；
- b) 炉膛点火允许（参考 5.3.1）；
- c) 对应煤层点火能量满足（参考 5.4.1.1 c））。

5.4.2.3 给粉机跳闸条件：

- a) MFT；
- b) 失去火焰跳闸（给粉机运行且失去火焰达数秒）；
- c) 给粉机出口一次风门关闭；
- d) 一次风机全停（若配置一次风机）；
- e) Run Back 信号（部分给粉机）。

5.4.2.4 磨煤机启动条件：

- a) 磨煤机润滑油压正常；
- b) 磨煤机轴温正常；
- c) 磨煤机冷风门全开；
- d) 相应侧排粉机已运行。

5.4.2.5 磨煤机跳闸逻辑：

- a) MFT；
- b) 相应侧排粉机停运；
- c) 磨煤机润滑油压低；
- d) 磨煤机轴承温度高。

5.4.2.6 给煤机启动条件：相应侧磨煤机运行。

5.4.2.7 给煤机跳闸逻辑：

- a) MFT；
- b) 相应侧磨煤机停运；
- c) 相应侧排粉机停运。

5.5 总燃料跳闸（MFT）

5.5.1 MFT 动作条件：

- a) 手动“MFT”按钮。
- b) 炉膛压力高。
- c) 炉膛压力低。
- d) 锅炉总风量低（推荐为低于 20%~30%）。
- e) 送风机全停。
- f) 引风机全停。
- g) 失去全部燃料：所有磨煤机全停，并且主燃油跳闸阀关闭或所有单个油跳闸阀关闭（直吹制系统）；所有给粉机全停或给粉机电源中断，并且主燃油跳闸阀关闭或所有单个油跳闸阀关闭（储仓制系统）。

注：“油层投运（见 5.4.1.1c）”才能触发此 MFT 动作条件。

- h) 多次点火失败（MFT 复位后，3 次~5 次点火都不成功）。
- i) 延时点火（MFT 复位后，5min~10min 内炉膛仍未有任一油枪投运）。
- j) 失去全部火焰：煤粉及油燃烧器均失去层火焰信号。

注 1：“油层投运”才能触发此 MFT 动作条件。

注 2：失去层火焰信号指同一层如配 4 支燃烧器火焰少于 3 个，或同一层如配 6 支燃烧器火焰少于 4 个等。

即无煤层投运信号，也无油层投运信号。

- k) 汽轮机跳闸且负荷大于旁路容量（30%~40%）或高压旁路未打开。
- l) 汽包水位高（汽包炉）。
- m) 汽包水位低（汽包炉）。
- n) 所有炉水泵停运（强制循环汽包炉）。
- o) 主蒸汽压力高（直流炉）。
- p) 断水保护（直流炉）。
- q) 主汽温度低（直流炉）。
- r) 两台一次风机停运且油枪都未投运（直吹制系统或热风送粉储仓制系统）；所有排粉机跳闸且油枪都未投运（乏气送粉储仓制系统）。（可选）
- s) 失去火检冷却风（火检冷却风压低，或火检冷却风机都停运）。（可选）
- t) 失去临界火焰（适用于直吹制或半直吹制系统）：至少三层煤投运且运行的煤粉燃烧器中部分火焰失去（四角切圆燃烧锅炉，其定值推荐为 50%；W 型火焰锅炉，其定值推荐为 50%）。（可选）
- u) 失去角火焰（适用于直吹制或半直吹制系统、四角切圆燃烧锅炉）：至少三层煤投运且某一角从上到下所有燃烧器（煤、油）都失去火焰。（可选）

5.5.2 MFT 发生后，应连锁动作以下设备：

- a) 跳闸汽轮机（300MW 机组及以上）；
- b) 关闭所有过热器减温水截止门；
- c) 关闭所有再热器减温水截止门；
- d) 关闭主燃油跳闸阀；
- e) 切除所有油燃烧器；
- f) 跳闸磨煤机；
- g) 跳闸给煤机；
- h) 打开高压旁路；
- i) 跳闸除尘器；
- j) 锅炉吹灰器全部退出；
- k) 跳闸两台一次风机（若配置）；
- l) 跳闸所有排粉风机（若配置）；
- m) 跳闸所有给粉机及给粉机电源（若配置）；
- n) 跳闸所有给水泵（直流炉）。

6 循环流化床锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计

6.1 燃油系统控制

6.1.1 燃油系统控制主要包括主燃油跳闸阀、燃油回油阀的开启和跳闸逻辑、燃油泄漏试验及燃油跳闸，功能要求参见 5.1。

6.1.2 对于有风道燃烧器和启动（床上）燃烧器的循环流化床锅炉，应对风道燃烧器和启动（床上）燃烧器分别进行油泄漏试验。

6.2 炉膛吹扫

6.2.1 循环流化床锅炉启动点火之前应进行吹扫。吹扫时，应使足够的风量进入炉膛并保持一段时间，将可燃性混合物从炉膛带出，同时要防止一切燃料入炉。

6.2.2 吹扫时应满足的条件：

- a) 无 MFT 跳闸条件；
- b) 任一引风机运行；
- c) 任一高压（增压）风机运行；
- d) 任一二次风机运行；
- e) 任一次风机运行；
- f) 风量大于 30%；
- g) 床温低于一定值；
- h) 所有给煤机停运；
- i) 所有油跳闸阀关闭；
- j) 主燃油跳闸阀关闭；
- k) 回油总阀关；
- l) 所有火检均未检测到火焰；
- m) 石灰石给料泵停运；
- n) 所有二次风挡板全开；
- o) 汽包水位正常。

6.2.3 当炉膛吹扫条件均满足时，启动吹扫程序，进入吹扫周期（吹扫周期见常规煤粉锅炉）。一个吹扫周期完成后，系统自动发出吹扫完成信号，同时复位 MFT、OFT 和跳闸首出记忆。如吹扫期间任一许可条件失去，则发出吹扫中断信号，并显示中断原因。应在所有吹扫条件重新满足后，系统重新启动吹扫周期，直到吹扫完成。

6.3 锅炉点火

6.3.1 炉膛点火许可条件：同常规煤粉锅炉炉膛点火许可条件，参见 5.3.1。

6.3.2 油点火许可条件：同常规煤粉锅炉油点火许可条件，参见 5.3.2。

6.3.3 油燃烧器启停控制：

6.3.3.1 大型 CFB 锅炉一般采用热烟气床下点火方式。油燃烧器的布置为在床下风道布置有风道燃烧器，同时在密相区和二次风口还设置有助燃用的启动燃烧器或称床上燃烧器。

6.3.3.2 不同 CFB 机组的油系统管路的布置不尽相同，既有在风道燃烧器和启动（床上）燃烧器的总油管路上设置一个主燃油跳闸阀的，也有分别在风道燃烧器油管路和启动（床上）燃烧器油管路设置燃油跳闸阀的，应根据具体情况判断各个油阀的状态。

6.3.3.3 风道油燃烧器投运条件：

- a) 油点火允许；
- b) 油燃烧器无火焰检测到；
- c) 无油燃烧器跳闸条件；
- d) 床温低于一定值。

6.3.3.4 启动（床上）油燃烧器投运条件：床温达一定值。

6.3.3.5 油燃烧器投运步骤：

- a) 伸进油燃烧器。
- b) 伸进点火枪。

- c) 点火器打火，同时开进油快关阀及回油快关阀（若配置）。
- d) 油燃烧器点火考核计时（推荐 10s），计时内下列条件应满足：
 - 1) 进油快关阀开；
 - 2) 回油快关阀开；
 - 3) 进油吹扫阀关；
 - 4) 回油吹扫阀关；
 - 5) 火检有火；
 - 6) 油燃烧器进入。
- e) 燃烧器启动成功。
- f) 停点火枪。

注：在油燃烧器启动后一定时间（推荐 120s）内，若油燃烧器启动未成功，应复位油燃烧器启动。

6.3.3.6 油燃烧器停运步骤：

6.3.3.6.1 油燃烧器停止逻辑宜分为两步：油燃烧器吹扫、油燃烧器停止。首先关进油快关阀及回油快关阀，进油快关阀及回油快关阀关闭后进入油燃烧器吹扫阶段。

6.3.3.6.2 吹扫逻辑。在吹扫阶段，应首先检测下列条件：

- a) 进油快关阀关；
- b) 回油快关阀关；
- c) 无启动指令；
- d) 无 MFT 条件。

上述条件满足后，发出启动点火枪指令；点火枪运行，发出开进油吹扫阀及回油吹扫阀指令；吹扫阀开到位后，进行油燃烧器吹扫计时（推荐 60s）；计时结束后，吹扫结束。在吹扫计时中，若有任一条件失去，则吹扫故障，发出吹扫阻塞信号，停点火枪、关吹扫阀，停止吹扫。若条件重新满足后，可进行停操作，复位吹扫阻塞，重新进行吹扫。吹扫结束后，停点火枪，关进油吹扫阀及回油吹扫阀。

6.3.3.6.3 油燃烧器停止逻辑：吹扫阀关后，发出退油燃烧器指令；油燃烧器退出后，油燃烧器停止控制逻辑结束。

6.3.3.7 油燃烧器跳闸控制逻辑：

- a) 油燃烧器停操作；
- b) 进油阀或回油阀关；
- c) 点火失败（6.3.3.5 d) 所述条件在计时时间内未满足）；
- d) MFT；
- e) 油燃烧器无火。

6.4 给煤控制

6.4.1 煤点火允许：

- a) 炉膛点火允许；
- b) 任一一次风机运行；
- c) 任一高压（增压）风机运行（若配置）；
- d) 二次风温大于定值（此信号表示锅炉负荷已达到一定程度）；
- e) 床温大于一定值。

6.4.2 给煤机启停控制：给煤机系统一般包括皮带给煤机、刮板给煤机、给煤口给煤装置（例如旋转给料阀）、给煤机进/出口煤闸门等。不同工艺的 CFB 机组给煤系统不尽相同。应按不同的给煤机制造厂的控制要求设计控制逻辑。

6.4.2.1 由于 CFB 锅炉的给煤方式多采用多级给煤机给煤方式，因此给煤机的启停均应设计顺控逻辑。

6.4.2.2 给煤机启动允许条件：

- a) 一次风流量大于最小值；

- b) 足够的床上燃烧器运行（例如 3/4）；
- c) 无 MFT 条件。

6.4.2.3 给煤机跳闸条件：

- a) MFT；
- b) 给煤机断链、断煤、堵煤延时若干秒；
- c) 给煤口给煤装置关闭；
- d) 下一级给煤机跳闸。

6.5 总燃料跳闸（MFT）

6.5.1 MFT 动作条件：

- a) 手动“MFT”按钮；
- b) 汽轮机跳闸且机组负荷高于旁路系统卸载能力；
- c) 一次风机全停；
- d) 二次风机全停；
- e) 引风机全停；
- f) 炉膛压力高；
- g) 炉膛压力低；
- h) 汽包水位高；
- i) 汽包水位低；
- j) 一次风流量低或总流化风量（相应风量之和）低；
- k) 高压（增压）流化风机跳闸（若配置流化风机）；
- l) 回料流化风母管压力低低；
- m) 过热器保护；
- n) 再热器保护；
- o) 床温或炉膛出口温度超出正常范围；
- p) 床温低于一定值；
- q) 燃料丧失（主燃油跳闸阀关闭或所有油跳闸阀关闭，且给煤机全部停运）；
- r) 多次点火失败（MFT 复位后，3 次~5 次点火都不成功）；
- s) 点火延迟（吹扫完成后，延时 5min~10min 时间后，不点火）；
- t) 火检冷却风压力低低。（可选）

6.5.2 MFT 发生后，连锁动作以下设备：

- a) 跳闸汽轮机；
- b) 关闭所有过热器减温水截止门；
- c) 关闭所有再热器减温水截止门；
- d) 关闭主燃油跳闸阀；
- e) 切除所有油燃烧器；
- f) 跳闸给煤机；
- g) 跳闸石灰石给料泵；
- h) 停飞灰再循环；
- i) 打开高压旁路；
- j) 锅炉吹灰器全部退出。

7 燃油锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计

7.1 燃油泄漏试验

7.1.1 燃油泄漏试验是针对主燃油跳闸阀、母管回油阀、油管路及单个油燃烧器跳闸阀的密闭性所做的试验，目的是防止燃油供油管路泄漏（包括漏入炉膛）。

7.1.2 燃油泄漏试验条件：

- a) 主燃油跳闸阀关闭；
- b) 油燃烧器跳闸阀关闭；

- c) 燃油回油阀关闭;
- d) 燃油母管压力正常;
- e) MFT 发生。

7.1.3 燃油泄漏试验过程:

- a) 油母管回油阀和油燃烧器跳闸阀泄漏试验: 首先开启主燃油跳闸阀, 保持一定时间后自动关闭, 进入油母管回油阀和油燃烧器跳闸阀泄漏试验周期, 10s~20s 内无主燃油跳闸阀前后差压大信号出现, 说明各油燃烧器跳闸阀关闭严密, 自动打开回油阀, 10s 后再关闭回油阀。如在 10s 内主燃油跳闸阀前后差压不大, 则油母管回油阀和油燃烧器跳闸阀泄漏试验成功; 如 10s 内主燃油跳闸阀前后差压大, 说明油母管回油阀和油燃烧器跳闸阀有泄漏现象, 泄漏试验失败, 则应消除漏点后重新做泄漏试验。
- b) 主燃油跳闸阀泄漏试验: 打开油母管回油阀泄压, 再关闭油母管回油阀, 60s 内燃油母管压力低, 说明主燃油跳闸阀关闭严密, 泄漏试验成功; 如 60s 内燃油母管压力高, 说明主燃油跳闸阀有泄漏现象, 泄漏试验失败, 则应消除漏点后重新做泄漏试验。

7.2 炉膛吹扫

7.2.1 在燃料进入炉膛燃烧之前(锅炉点火前或在锅炉跳闸之后), 应对炉膛完成一次成功的吹扫。

7.2.2 炉膛吹扫的目的是有效地清除掉在炉膛、烟井及其相连的烟道中可能积聚的任何可燃物体(绝大部分是燃料和空气的混合物), 以防在点火时发生炉膛爆炸; 否则, 保护系统阻止任何燃料燃烧设备启动。炉膛吹扫应保证满足下列三个基本条件:

- a) 所有进入炉膛的燃料输入被切断;
- b) 炉膛内无火焰;
- c) 炉膛内保持一定的通风量。

在三个条件基本满足后, 需用相当于炉膛体积 3 倍~5 倍的新鲜空气予以更换, 在风量大于 30% 的前提下, 应吹扫 5min 以上。

7.2.3 吹扫时应满足的条件:

- a) 无 MFT 跳闸条件;
- b) 油泄漏试验成功;
- c) 主燃油跳闸阀关;
- d) 所有油燃烧器跳闸阀关;
- e) 任一送风机在运行;
- f) 任一引风机在运行;
- g) 送风机入口至炉膛、烟道尾部及烟囱的通道应敞开;
- h) 锅炉总风量合适(推荐为 25%~40% 额定风量之间);
- i) 所有火检均未检测到火焰;
- j) 火检冷却风压力正常;
- k) 汽包水位正常;
- l) 炉膛负压在正常限值之内。

7.2.4 当炉膛吹扫条件均满足时, 进入吹扫周期, 5min 后系统自动发出吹扫完成信号, 同时复归 MFT 和首出原因。如吹扫期间任一许可条件失去, 则发出吹扫中断信号, 并显示中断原因。应在所有吹扫条件重新满足后, 系统重新启动 5min 吹扫周期, 直到吹扫完成。

7.2.5 MFT 及停炉后的吹扫。在锅炉 MFT 和停炉后均不宜马上停送风机、引风机, 应保证有一定的空气量进行燃烧后的吹扫, 只有在完成燃烧后的吹扫, 并在炉膛压力超过限值时才能停风机。停炉后吹扫条件如下:

- a) 主燃油跳闸阀关;
- b) 所有油燃烧器跳闸阀关;
- c) 所有火检显示无火。

7.2.6 因风机失去导致 MFT, 或者风机已停运, 则应缓慢地将风烟通道上所有挡板开至

全开位置，以便最大限度地进行自然通风，保持这种状态不少于 15min，然后按规定重新顺序启动风机，将风量逐渐调整到吹扫风量，完成灭火后吹扫。

7.2.7 MFT 复位：吹扫完成后，吹扫完成的信号自动复位 MFT，不应设置 MFT 复位按钮。

7.3 锅炉点火

7.3.1 炉膛点火许可条件：

- a) 炉膛吹扫完成；
- b) 燃油压力正常；
- c) 雾化介质温度正常（介质雾化时）；
- d) 主燃油跳闸阀打开；
- e) 火检冷却风压力正常；
- f) 无 MFT；
- g) 风量大于吹扫值。

7.3.2 油燃烧器投运条件：

- a) 炉膛点火允许；
- b) 油燃烧器无火焰检测到；
- c) 油跳闸阀组关闭；
- d) 清扫阀关闭。

7.3.3 油燃烧器投运步骤。

7.3.3.1 油燃烧器启动：

- a) 推进油燃烧器；
- b) 推进点火枪；
- c) 打开吹扫阀；
- d) 启动点火器，10s 后关吹扫阀（打火时间推荐为 30s）；
- e) 吹扫阀关到位后同时打开油燃烧器跳闸阀和雾化阀；
- f) 油火焰有火，油燃烧器启动程序结束。

7.3.3.2 中断油燃烧器启动的条件：

- a) 油燃烧器正常启动时间到；
- b) MFT 发生；
- c) 燃油雾化压力太低；
- d) 油跳闸阀组打开且未检测到火焰达 5s~15s；
- e) 油燃烧器点火失败（包括油枪未及时伸进、点火枪未及时伸进、油跳闸阀组未及时打开等）。

7.3.4 油燃烧器停运步骤。

7.3.4.1 油燃烧器停运：

- a) 推进点火燃烧器；
- b) 关油燃烧器跳闸阀、雾化阀；
- c) 启动点火器，打开吹扫阀（打火时间推荐为 30s）；
- d) 吹扫完成后关吹扫阀（吹扫时间推荐为 1min~5min）；
- e) 退出油燃烧器。

7.3.4.2 油燃烧器停运的触发条件：

- a) 正常停止油燃烧器；
- b) 油燃烧器火焰丧失。

7.3.4.3 正常情况下退出油燃烧器时，应对油燃烧器进行吹扫。

油燃烧器吹扫允许条件为：

- a) 燃烧器逻辑不处于燃烧器点火方式；
- b) 油燃烧器已到伸进位；
- c) 油燃烧器跳闸阀关闭；
- d) 炉膛点火允许；
- e) 无 MFT 条件；

f) 吹扫介质压力正常。

当吹扫条件满足时，吹扫指令将按下列顺序启动油燃烧器吹扫：

- a) 启动点火器；
- b) 证实点火器投运后，打开吹扫阀（吹扫时间推荐为 1min~5min）。

任一油燃烧器吹扫过程中断或启动失败，应给出“油燃烧器吹扫闭锁”报警信号。

7.3.4.4 下列任一条件出现时，闭锁油燃烧器吹扫，退出点火器，关闭吹扫阀：

- a) 油燃烧器吹扫期间，油燃烧器不到位、点火器未进到位、吹扫阀未打开；
- b) MFT 动作；
- c) 油燃烧器吹扫期间，吹扫介质丧失。

7.3.5 油燃烧器跳闸。

7.3.5.1 油燃烧器跳闸条件：

- a) 运行人员跳闸；
- b) MFT；
- c) 燃烧器火焰丧失；
- d) 雾化介质压力低。

7.3.5.2 发生油燃烧器跳闸后自动进行：油燃烧器跳闸阀关闭并退出点火燃烧器。

7.3.6 油层（组）自动启动逻辑：应按照厂家推荐顺序，但应是间隔一只油燃烧器启动，保证炉膛的受热均匀，之间的时间间隔一般为 5s~15s。（四角切圆锅炉一般为先对角后邻角）

7.3.7 油层（组）自动停运逻辑：停运顺控应与投运顺控顺序正好相反，后启先停，之间的时间间隔一般为 5s~15s。

7.3.8 油层（组）紧急跳闸。

当出现下列条件之一时形成油层（组）跳闸指令，同时停掉该油层（组）所有运行中的油燃烧器，油燃烧器不进行吹扫：

- a) MFT 动作且至少一个油角阀未关；
- b) 主燃油跳闸阀未打开；
- c) 所有导致主燃油跳闸阀关闭条件之一。

7.3.9 油层（组）跳闸指令发出后，应触发下列动作：

- a) 立即终止油层（组）启动或停运程序；
- b) 发出油层（组）后备跳闸指令；
- c) 当不满足后备跳闸吹扫许可条件时，直接关闭各油角阀；
- d) 当满足后备跳闸吹扫许可条件时，按正常停运油燃烧器步骤进行（见 7.3.4）。

7.3.10 主燃油跳闸阀、回油阀的控制。

7.3.10.1 主燃油跳闸阀开启条件：

- a) 油燃烧器跳闸阀全关；
- b) 燃油压力正常；
- c) 燃油回油阀开启；
- d) 无 MFT 或无任何关阀指令。

7.3.10.2 主燃油跳闸阀关闭条件：

- a) MFT；
- b) 操作员关闭主燃油跳闸阀；
- c) 油泄漏试验关闭主燃油跳闸阀指令。

7.3.10.3 回油阀开启条件：所有油燃烧器跳闸阀全关。

7.3.10.4 回油阀关闭条件：

- a) 任一油燃烧器跳闸阀在全开位置（带回油的油燃烧器系统除外）；
- b) 燃油泄漏试验进行中关闭回油阀指令。

7.4 全炉膛灭火及火检冷却风机的控制

7.4.1 全炉膛灭火

7.4.1.1 油火焰有火的判据为：油燃烧器火焰检测器有火（灭火延时 3s）和油燃烧器跳闸阀开同时存在。

7.4.1.2 在锅炉进入一定的负荷运行阶段（如油燃烧器投入运行数量为总数 1/3 以上）后，每层（组）3/4 油燃烧器灭火，发出全炉膛灭火脉冲信号，触发 MFT。（各个燃油锅炉的燃烧器数量及布置各不相同，具体逻辑应根据具体情况确定）

7.4.2 火检冷却风机的控制

冷却风机控制逻辑为：当探头冷却风出口与炉膛的压差小于最小设定值，系统自动启动一台风机，数秒后，若仍小于最小设定值，再启动另一台风机；当压差大于最大设定值时，停一台风机，数秒后，若仍大于最大设定值，再停另一台风机。如果风机或压力丧失时间超过数秒，应发出冷却风丧失报警。

7.5 总燃料跳闸（MFT）

7.5.1 MFT 动作条件：

- a) 手动紧急停炉（应采用双按钮）；
- b) 送风机全停；
- c) 引风机全停；
- d) 炉膛压力高；
- e) 炉膛压力低；
- f) 汽包水位低；
- g) 汽包水位高；
- h) 燃料丧失（所有油燃烧器跳闸阀关闭或主燃油跳闸阀关闭）；
- i) 全炉膛灭火（参见 7.4.1）；
- j) 延时点火（MFT 复位后，5min~10min 内炉膛仍未有任一油枪投运）；
- k) 燃油压力低；
- l) 燃油温度低；（可选）
- m) 雾化蒸汽（或压缩空气）压力低（如果采用蒸汽雾化或压缩空气）。（可选）

7.5.2 MFT 发生后，连锁动作以下设备：

- a) 关闭主燃油跳闸阀；
- b) 关闭油燃烧器跳闸阀；
- c) 所有点火燃烧器切除并退出；
- d) 关闭过热器和再热器的减温水阀；
- e) 关闭汽轮机自动主汽门；
- f) 送风调节切手动；（可选）
- g) 引风调节切手动。（可选）

7.6 燃油锅炉系统的特殊要求

7.6.1 供油系统应尽可能地位于锅炉之外。应装设手动紧急关断阀，在锅炉房失火时可以将其关闭。

7.6.2 应按照制造商推荐的温度和压力参数将燃油送至燃烧器，以保证进行正常雾化所需的黏度。

7.6.3 如果需要对油进行加热，则应在没有污染和焦化的情况下完成加热工作。

7.6.4 在点火以及随后的运行过程中，应采取适当的再循环措施，以配合控制到燃烧器的燃油黏度。这些系统应能防止过热的油进入油泵而引起油蚀，造成供油中断。

7.6.5 应采取防止燃油通过再循环阀进入燃烧器燃油总管，特别要防止另一台锅炉的供油系统的油进入。当发生总燃料跳闸时，燃油系统主燃油跳闸阀（关断时间 $\leq 1s$ ）和燃烧器跳闸阀（关断时间 $\leq 2s$ ）应迅速关闭进入炉膛的油燃料。经实践证明，在燃用重油的系统中，采用止回阀来防止上述情况是没有效果的。

7.6.6 当燃油要用其他介质雾化时，所供的介质中不能含有能引起运行中断的杂质。对于蒸汽雾化，应采取相应的隔离措施和分离措施以保证将干蒸汽供给燃烧器。

8 燃气锅炉炉膛安全监控系统逻辑设计

8.1 燃气泄漏试验

8.1.1 燃气泄漏试验是针对主燃气跳闸阀、母管回气阀、气管路及单个气燃烧器跳闸阀的密闭性所做的试验，目的是防止燃气供气管路泄漏（包括漏入炉膛）。

8.1.2 燃气泄漏试验成功是炉膛吹扫条件之一。在锅炉点火进行炉膛吹扫前，应进行燃气泄漏试验（燃气泄漏试验建议采用压力变送器）。

8.1.3 燃气泄漏试验条件：

- a) 主燃气跳闸阀关闭；
- b) 气燃烧器跳闸阀关闭；
- c) 燃气排空阀关闭；
- d) 燃气管母管压力正常；
- e) MFT 发生。

8.1.4 燃气泄漏试验过程：

a) 燃气管母管回气阀和气燃烧器跳闸阀泄漏试验：首先开启主燃气跳闸阀，保持一定时间自动关闭，进入燃气管母管回气阀和气燃烧器跳闸阀泄漏试验周期，10s~20s 内无主燃气跳闸阀前后差压大信号出现，说明各气燃烧器跳闸阀关闭严密，自动打开回气阀，10s 后再关闭燃气管母管回气阀。如在 10s 内主燃气跳闸阀前后差压不大，则燃气管母管回气阀和气燃烧器跳闸阀泄漏试验成功；如 10s 内主燃气跳闸阀前后差压大，说明燃气管母管回气阀和气燃烧器跳闸阀有泄漏现象，泄漏试验失败，则应消除漏点后重新做泄漏试验。

b) 主燃气跳闸阀泄漏试验：打开燃气管母管回气阀泄压，再关闭燃气管母管回气阀，60s 内燃气管母管压力低，说明主燃气跳闸阀关闭严密，泄漏试验成功；如 60s 内燃气管母管压力高，说明主燃气跳闸阀有泄漏现象，泄漏试验失败，则应消除漏点后重新做泄漏试验。

8.2 炉膛吹扫

8.2.1 在燃料进入炉膛燃烧之前（锅炉点火前或在锅炉跳闸之后）应对炉膛完成一次成功的吹扫。

8.2.2 炉膛吹扫的目的是有效地清除掉在炉膛、烟井及其相连的烟道中可能积聚的任何可燃物体（绝大部分是燃料和空气的混合物），以防在点火时发生炉膛爆炸。否则，保护系统阻止任何燃料燃烧设备启动。炉膛吹扫应保证满足下列三个基本条件：

- a) 所有进入炉膛的燃料输入被切断；
- b) 炉膛内无火焰；
- c) 炉膛内保持一定的通风量。

在三个条件基本满足后，需用相当于炉膛体积 3 倍~5 倍的新鲜空气予以更换，在风量大于 30%前提下，应吹扫 5min 以上。

8.2.3 吹扫时应满足的条件：

- a) 无 MFT 跳闸条件；
- b) 燃气泄漏试验完成；
- c) 主燃气跳闸阀关；
- d) 所有气燃烧器跳闸阀关；
- e) 任一送风机在运行；
- f) 任一引风机在运行；
- g) 送风机入口至炉膛、烟道尾部及烟囱的通道应敞开；
- h) 所有火检均未检测到火焰；

- i) 汽包水位正常;
- j) 炉膛负压在正常限值之内;
- k) 锅炉总风量合适 (推荐为 25%~40% 额定风量之间)。(可选)

注: 对于不同类型的锅炉, 除应设计上述基本吹扫条件外, 还可设计其他吹扫条件, 不限于上述条件。如吹扫时送风机可以不运行, 或者减小送风量, 维持炉膛内负压状态, 以便吹扫死角内的可燃混合物。

8.2.4 当炉膛吹扫条件均满足时, 进入吹扫周期, 5min 后系统自动发出吹扫完成信号, 同时复归 MFT 和首出原因。如吹扫期间任一许可条件失去, 则发出吹扫中断信号, 并显示中断原因。应在所有吹扫条件重新满足后, 系统重新启动 5min 吹扫周期, 直到吹扫完成。

8.2.5 MFT 及停炉后的吹扫: 锅炉 MFT 和停炉后均不应该马上停送引风机, 应保证有一定的空气量进行燃烧后的吹扫, 只有在完成燃烧后的吹扫, 并在炉膛压力超过限值时才能停风机。停炉后吹扫条件如下:

- a) 主燃气跳闸阀关;
- b) 所有气燃烧器跳闸阀关;
- c) 所有火检显示无火。

8.2.6 因风机失去导致 MFT, 或者风机已停运, 则应缓慢地将风烟通道上所有挡板开至全开位置, 以便最大限度地进行自然通风, 保持这种状态不少于 15min, 然后按规定重新顺序启动风机, 将风量逐渐调整到吹扫风量, 完成灭火后吹扫。

8.2.7 MFT 复位: 吹扫完成后, 吹扫完成的信号自动复位 MFT, 不应设置 MFT 复位按钮。

8.3 锅炉点火

8.3.1 炉膛点火许可条件:

- a) 炉膛吹扫完成;
- b) 燃气压力正常;
- c) 主燃气跳闸阀全开;
- d) 火检冷却风压力正常;
- e) 无 MFT;
- f) 风量大于吹扫值。

8.3.2 气燃烧器启动顺序。

8.3.2.1 气燃烧器启动:

- a) 推进气燃烧器 (气燃烧器多为固定式, 可选);
- b) 推进点火燃烧器和点火枪;
- c) 关闭排空阀;
- d) 启动点火器 (打火信号保持一定时间);
- e) 打开点火燃烧器跳闸阀, 点火燃烧器火检有火;
- f) 同时打开气燃烧器两个跳闸阀;
- g) 气火焰有火, 气燃烧器启动程序结束。

如顺控执行中断, 气燃烧器、点火枪应自动退出, 否则人为干预。

8.3.2.2 中断气燃烧器启动的因素:

- a) 气燃烧器正常启动时间到;
- b) MFT 发生。

8.3.3 气燃烧器停运顺序。

8.3.3.1 气燃烧器停运:

- a) 关气燃烧器跳闸阀;
- b) 打开排空阀;
- c) 退出点火燃烧器。

8.3.3.2 气燃烧器停运的触发条件:

- a) 正常停止气燃烧器;
- b) 气燃烧器火焰丧失。

8.3.4 主燃气跳闸阀的控制。

8.3.4.1 主燃气跳闸阀开启条件：

- a) 气燃烧器跳闸阀全关；
- b) 排空阀开；
- c) 燃气压力正常；
- d) 无 MFT。

8.3.4.2 主燃气跳闸阀关闭条件：

- a) MFT；
- b) 操作员关闭主燃气跳闸阀。

8.3.5 排空阀的控制。

8.3.5.1 排空阀开启条件：

- a) 气燃烧器跳闸阀全关；
- b) MFT。

8.3.5.2 排空阀关闭条件：

- a) 气燃烧器点火；
- b) 正常关闭排空阀。

8.3.6 气燃烧器跳闸阀的控制。

8.3.6.1 气燃烧器跳闸阀跳闸条件：

- a) 主燃气跳闸阀在打开后又关闭；
- b) 燃烧器火焰丧失；
- c) 运行人员跳闸；
- d) MFT。

8.3.6.2 发生以上跳闸信号时，自动关闭气燃烧器跳闸阀并退出点火燃烧器。

8.4 全炉膛灭火及火检冷却风机的控制

8.4.1 全炉膛灭火

8.4.1.1 气火焰有火的判据为：气燃烧器火焰检测器有火（灭火延时 1s）和气燃烧器跳闸阀开同时存在。

8.4.1.2 在锅炉进入一定的负荷运行阶段（如气燃烧器投入运行数量为总数 1/3 以上）后，每层（组）3/4 气燃烧器灭火，发出全炉膛灭火脉冲信号，触发 MFT。（各个燃气锅炉的燃烧器数量及布置各不相同，具体逻辑应根据具体情况确定）

8.4.2 火检冷却风机的控制

冷却风机控制逻辑为：当探头冷却风出口与炉膛的压差小于最小设定值，系统自动启动一台风机，数秒后，若仍小于最小设定值，再启动另一台风机；当压差大于最大设定值时，停一台风机，数秒后，若仍大于最大设定值，再停另一台风机。如果风机或压力丧失时间超过数秒，应出现冷却风丧失报警。

8.5 总燃料跳闸（MFT）

8.5.1 MFT 动作条件：

- a) 手动紧急停炉（应采用双按钮）；
- b) 送风机全停；
- c) 引风机全停；
- d) 炉膛压力高；
- e) 炉膛压力低；
- f) 汽包水位低；
- g) 汽包水位高；
- h) 燃料丧失（所有气燃烧器跳闸阀关闭或主燃气跳闸阀关闭）；
- i) 全炉膛火焰丧失（参见 8.4.1）；
- j) 燃气压力低；

- k) 燃气压力高;
- l) 延迟点火 (MFT 复位后, 5min~10min 内炉膛仍未点火)。

8.5.2 MFT 发生后, 连锁动作以下设备:

- a) 关闭主燃气跳闸阀;
- b) 关闭气燃烧器跳闸阀;
- c) 打开排气阀;
- d) 所有点火燃烧器切除并退出;
- e) 关闭过热器和再热器的减温水阀;
- f) 关闭汽轮机自动主汽门;
- g) 送风调节切手动; (可选)
- h) 引风调节切手动。 (可选)

8.6 燃气锅炉系统的特殊要求

8.6.1 由于气体燃料的性质, 从单一来源或从多处来的燃气, 使其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, 燃烧控制系统要有防止富燃料混合物生成的保护连锁。

8.6.2 燃气管道的维护和检修可能是危险的, 应在检修前后采用适当的方法进行吹扫和再充气。

8.6.3 燃料供给系统应防止燃料燃烧系统中出现过高的燃气压力。通常系统提供能排放全容量燃料至安全地点的装置, 但如果不能安装此装置, 则应提供燃气压力高跳闸的装置。在炉膛压力波动时, 燃料供给设备也应能够连续地提供适当的燃料量。

8.6.4 应对主燃气跳闸阀、每个燃烧器的一组跳闸阀 (一般配置两个) 以及相应的排放阀进行定期的密封试验。在燃气管道上应提供永久性的、现成的手段, 以便进行简便易行、精确的泄漏试验, 以及进行相应的维修。

附录 A

(资料性附录)

推荐的燃油系统泄漏试验步骤

A.1 燃油泄漏试验宜分两步进行：首先试验主燃油跳闸阀，然后试验油母管回油阀及单个油跳闸阀。操作员直接在运行操作站上发出启动油泄漏试验指令。

A.2 测点配置：主燃油跳闸阀前压力开关 1 个（编号：压力开关 A）、油母管压力开关 4 个（编号：压力开关 B、C、D、E）。

A.3 试验过程。

A.3.1 试验条件：

- a) 试验前主燃油跳闸阀前压力开关 A 动作（油压大于定值 1，此定值表示供油压力到达点火压力以上）；
- b) MFT 发生；
- c) 主燃油跳闸阀关闭；
- d) 回油阀关闭；
- e) 各单个油跳闸阀关闭；
- f) 油调节阀打开（如果有调节阀配置）。

A.3.2 主燃油跳闸阀泄漏试验：

打开回油阀给油母管泄压，10s~20s 后或压力开关 B 动作（油压小于定值 2，此定值较低，表示油母管基本无油），关闭回油阀。如果在规定时间（推荐为 1min~2min）内压力开关 C 保持动作（油压小于定值 3，此定值较定值 2 稍高，表示油母管油压未显著升高），表示油泄漏试验成功；如果规定时间内压力开关 C 复位，表示油母管压力升高，油泄漏试验失败。

A.3.3 油母管回油阀及单个油跳闸阀泄漏试验：

先打开油母管跳闸阀给油母管充压，10s~20s 后或压力开关 D 动作（油压大于定值 4，此定值与定值 1 相当，表示油母管充油完成），关闭主燃油跳闸阀。如果在规定时间（推荐为 1min~2min）内压力开关 E 保持动作（油压大于定值 5，此定值较定值 4 稍低，表示油母管油压未显著降低），表示油泄漏试验成功；如果规定时间内压力开关 E 复位，表示油母管压力降低，油泄漏试验失败。

A.4 在试验过程中，运行人员可以手动停止油泄漏试验，油泄漏试验失败信号也会自动停止油泄漏试验。

A.5 当 MFT 跳闸后，油泄漏试验成功信号自动复位，下一次启动锅炉时应重新进行油泄漏试验。