

ICS 27.100

F 22

备案号: 13597-2004

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 852 — 2004

锅炉启动调试导则

Guide for boiler start-up commissioning test

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 规范性引用文件	1
3 总则	1
3.1 编写目的	1
3.2 组织形式	1
3.3 调试资质	1
3.4 计量管理	2
3.5 方案或措施	2
3.6 工作程序	2
4 分部试运	2
4.1 通则	2
4.2 分部试运控制要点	4
4.3 锅炉系统调试	6
5 机组整套启动时的锅炉调试	9
5.1 锅炉启动通则	9
5.2 锅炉点火、升温、升压	10
5.3 带负荷调试	11
5.4 满负荷试运	12
6 锅炉停运	13
6.1 锅炉停运分类	13
6.2 正常停炉操作要点	13
6.3 紧急停炉操作要点	13
6.4 锅炉停运后的保养	14
7 锅炉事故处理	14
7.1 事故处理原则	14
7.2 锅炉紧急停炉	14
7.3 锅炉请示停炉	15
8 调试简报和报告	15
8.1 调试简报内容	15
8.2 调试报告内容	15
8.3 调试简报和报告提交	15
附录 A (资料性附录) 转动设备监视数值限额	16
附录 B (资料性附录) 分部试运调试记录表	17
附录 C (资料性附录) 推荐的煤粉细度 (R_{90}) 及均匀性指数 n 值计算	22
附录 D (资料性附录) 安全阀校验数值	23
附录 E (规范性附录) 新建机组试运期间汽水质量标准	24
附录 F (资料性附录) 停(备)用设备防锈蚀方法选择	25

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于确认 1998 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》国经贸电力司 [1999] 40 号的安排进行制定的。随着我国电力事业的发展, 100MW 级以上的新建、扩建和改建机组(包括供热和凝汽式)已成为主导机组, 制定本标准对规范锅炉启动调试阶段的工作程序, 科学、合理地制定调试要领, 提高锅炉及其辅机设备各调试项目的可操作性, 使锅炉在较短时间内有条不紊、高质量地完成调整试运工作, 早日进入安全、稳定、经济、满负荷的试生产阶段, 是十分重要的。

在总结国内外大型锅炉启动调试和运行实践的基础上, 本标准阐明了锅炉及其辅机设备分部试运的控制要点、系统调试的工作内容及方法、机组整套启动时的锅炉调试项目、锅炉停运的要领以及事故处理的原则, 并提出了规范的要求, 以提高我国电站锅炉的调试水平和调试质量。

本标准的附录 E 是规范性附录。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 F 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由中国电力行业电站锅炉标准化技术委员会归口。

本标准起草单位: 上海电力建设启动调整试验所。

本标准起草人: 陈模嘉、杨永德。

锅炉启动调试导则

1 范围

本标准规定了新建、扩建和改建火电机组的锅炉和主要辅机设备分系统试运和机组整套启动阶段即锅炉的点火、升温、升压、带负荷调试的操作要领和技术指南。

本标准适用于国产 400t/h (100MW 级) 及以上容量的锅炉; 对于其他类型和容量的锅炉机组, 可参照本标准执行。

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。

GB 12348 工业企业厂界噪声标准

GB/T 16507 固定式锅炉建造规程

GB/T 12145 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量

DL/T 461—2004 燃煤电厂电除尘器运行维护导则

DL/T 468—2004 电站锅炉风机选型和使用导则

DL/T 561 火力发电厂水汽化学监督导则

DL/T 610 200MW 级锅炉运行导则

DL/T 611 300MW 级锅炉运行导则

DL/T 794 火力发电厂锅炉化学清洗导则

DL 5031—1994 电力建设施工及验收技术规范 (管道篇)

DL/T 5047—1995 电力建设施工及验收技术规范 (锅炉机组篇)

DL/T 5054 火力发电厂汽水管道设计技术规定

电建 [1995] 504 号 关于电力工程调试单位资质管理办法 中华人民共和国电力工业部 1995

3 总则

3.1 编写目的

火力发电厂锅炉启动调试是保证锅炉高质量投运的重要环节。为适应电力工业的发展, 规范锅炉的启动调试工作, 特制定本导则。

3.2 组织形式

- a) 机组启动调试工作由试运指挥部全面组织、领导、协调, 锅炉启动调试应由锅炉调试专业小组负责具体调试项目的开展;
- b) 锅炉专业调试小组应由调试、施工、生产、建设、监理、设计及制造等单位的工程技术人员组成, 由调试单位任组长。

3.3 调试资质

- a) 锅炉主体调试单位必须具备相应的资质, 按电建 [1995] 504 号文件的规定执行。
- b) 锅炉专业小组主要负责人应具有三台 400t/h 或以上容量锅炉的调试经验, 按业主要求参加初步设计审查和施工组织设计审查等工作, 对首次采用的新产品, 宜参与工厂的监造工作, 根据以

往调试中的经验教训，结合本工程的特点，提出改进意见，以利于调试工作的顺利进行。

- c) 调试人员在调试工作中应具备示范操作、指导操作和监督操作的能力，当锅炉进入启动试运阶段时应参加值班工作，具体落实调试措施和解决、处理调试中出现的问题。

3.4 计量管理

调试采用的仪器、仪表均必须执行计量管理的相关规定，经过有相应资质的计量单位校验，且备有表示其在有效期内的校验合格证书。现场使用的仪器、仪表必须有产品标识及其状态标识，确保仪器、仪表在有效期内使用。

3.5 方案或措施

锅炉分系统及机组整套启动时的锅炉调试方案、措施宜经过运行、施工、设计、制造、监理等单位讨论，经有关单位审批后实施。

3.6 工作程序

- a) 按照建设单位的要求，参加对锅炉部分的初步设计及施工图纸的会审，并收集、熟悉、掌握锅炉设备、系统的详细资料。
- b) 参加编制《启动调试大纲》的锅炉部分，明确锅炉调试项目及工作任务，并制定相应的调试工作计划和质量、安全管理措施。
- c) 按照《启动调试大纲》及按与业主签订的合同要求，确定锅炉部分调试项目，并编写相应的调试措施。措施的主要内容为：设备概况、规范、特性参数；调试前必须具备的条件；调试项目及工艺；所采用的调试仪器、仪表的型号、规格；验收控制的技术标准；安全措施；组织分工；附录（根据设备系统调试需要或业主要求编写）。
- d) 调试措施的会审（交底）的主要内容：试验应具备的条件，调试工艺，并解答会审单位提出的问题。根据会审单位的建议和修改意见，对调试措施进行增补和修改，成为调试措施正式稿，在项目调试中遵照执行；并在调试措施实施前，对参加该项目的有关人员进行技术交底。
- e) 按照措施要求进行调试准备，主要包括调试仪器、仪表的准备，设备系统的检查验收。
- f) 按照调试大纲及合同，编制调试项目质量验收评定划分表，确定调试验收项目、参加评定的单位等。
- g) 对照调试措施进行设备系统调试，并形成调试记录。
- h) 结合质量监督活动，按照国家标准和行业标准对调试的各项参数、指标进行检查验收。对不合格项进行整改。
- i) 编写调试简报和总结报告。

4 分部试运

4.1 通则

4.1.1 试运条件

- a) 相应的建筑和安装工程已完成，记录齐全，并经验收合格；
- b) 相关设备、系统的阀门已挂牌；
- c) 试运设备、系统保护整定值已确定。

4.1.2 试运内容

- a) 锅炉分部试运是锅炉启动调试的重要组成部分，认真做好这项工作就是锅炉顺利启动的保证，是从厂用电受电开始到机组首次整套启动前必须完成的关键工作。
- b) 分部试运包括单机试转和分系统试运两部分。单机试转是指锅炉各辅机设备单台试转（包括相应的电气、热控保护）；分系统试运是指锅炉各辅机设备按系统对其动力、电气、热控等所有设备及其系统进行空载和带负荷的调整试运。

4.1.3 试运程序

- a) 编写调试方案或措施;
- b) 组织学习、讨论及审批方案或措施;
- c) 建立分部试运文件包;
- d) 设备单机静态检查验收;
- e) 单机试转;
- f) 单机试转验收签证;
- g) 系统静态检查验收;
- h) 分系统试运;
- i) 分系统试运验收签证(质量评定表);
- j) 调试简报(根据下一步调试工作的需要编写);
- k) 移交生产单位代保管(根据工程需要)。

4.1.4 单机试转

4.1.4.1 试转条件

- a) 校验电动机本身的保护合格,并具备投入运行的条件;
- b) 机械部分安装结束,安装质量符合该设备安装说明书的要求。

4.1.4.2 试转要点

辅机设备在首次试转时对能与机械部分断开的电动机,应先将电动机单独试转,并确认转向、事故按钮、轴承振动、温升等正常。

4.1.4.3 试转标准

试转时间以各轴承温升达到稳定(15min 温升不大于 1°C),且轴承温度在限额之内为准,同时测量轴承振动在限额之内,见本标准附录 A 的表 A.1 和表 A.2 或按制造厂的规定执行。

4.1.4.4 形成文件

形成辅机单体试转记录,移交分系统试运单位。

4.1.5 分系统试运

4.1.5.1 试转条件

- a) 由安装单位汇集单体试转记录、静态检查验收记录及其签证,形成分系统试运文件包,见本标准附录 B。
- b) 试运前必须校验系统保护合格,并投入运行。
- c) 试运前必须冲洗冷却水系统和润滑油系统至合格。
- d) 试运前必须清理辅机本体及其出入口通道(包括回转式空气预热器散热片),并确认无任何杂物;确认辅机的进出口阀门(风门挡板)开关方向正确,并与就地开度指示一致。

4.1.5.2 试运要点

除锅炉水循环泵、磨煤机等特殊辅机外,试运中电动机电流不应超过额定电流,宜按电流数值改变负荷工况试运考验。

4.1.5.3 试运标准

- a) 试运时间除锅炉水循环泵、磨煤机等特殊辅机外,以不同工况下各轴承温升达到稳定(15min 温升不大于 1°C),且轴承温度在限额之内为准,同时测量轴承振动和设备噪声在限额之内,见本标准附录 A 的表 A.1、表 A.2 和表 A.3 或按制造厂的规定执行。
- b) 在试运时,辅机的计算机程控系统均应投用。试运包括辅机启停、负荷调节。若由于供货、安装、调试等因素,使进度不相适应而采用某些临时措施启停和调整,则不能认为该辅机试运验收合格。

4.1.5.4 形成文件

建立分系统试运记录并完成验收签证,分部试运记录表见本标准的附录 B。

4.2 分部试运控制要点

4.2.1 仪用空压机及其系统

- a) 仪用空压机试运时，应同时调试干燥装置等设备；
- b) 仪用压缩空气系统投运之前，必须进行系统吹扫、检漏工作，参照 DL 5031—1994 的 6.1 规定执行；
- c) 仪用压缩空气系统投运之前，必须校验系统安全阀和卸荷阀动作正常，热工、电气连锁保护装置动作正常，且与仪用压缩空气系统同时投运。

4.2.2 回转式空气预热器

回转式空气预热器在首次启动前，应先启动盘车装置，检查转子密封无卡涩，动静部分无撞击现象，启动主电动机后电流值应稳定，无异常摩擦声。首次投入间隙自动控制装置应在制造厂的指导下进行，并在投入运行初期，严密监视主电动机电流，如有电流异常增大或晃动且幅度超过额定电流的现象，则应切除自动密封装置的运行，分析原因，处理问题结束后方可重新投用。

4.2.3 风机及其系统

- a) 严禁风机带负荷启动，风机启动前必须确认离心风机的进口调节挡板，轴流风机的动、静叶和出口隔绝挡板在关闭位置且动作方向正确。
- b) 首次启动时应进行瞬动试转，记录启动电流、启动时间、空载电流并确认转动部分无异响。其启动电流值应为（6~8）倍的空载电流值，启动时间应在 25s 之内。
- c) 风机带负荷试运时，应注意炉膛风压，宜控制在正常运行数值范围之内，最高不得超过制造厂所规定的限值，否则应采取开启风道和炉膛人孔门的措施。
- d) 风机并联运行见 DL/T 468—2004 中第 7 章的有关规定。对并列运行后的风机，应注意电动机的电流值保持一致，使负荷分配大致相同。
- e) 轴流风机试运期间，应对喘振保护开关进行校验并投入运行。
- f) 对于配置正直吹式制粉系统的锅炉，一次风机试运时，应先启动密封风机，对各点进行密封。
- g) 对供给炉膛火检探头和炉膛火焰电视探头冷却风的冷却风机，必须进行备用风机的自启动连锁实机校验并确认出口挡板自动切换的动作正确。试运风机时，记录入口滤网差压，作为清洁滤网的依据。
- h) 对装在风道内全封闭型的点火风机，必须判别旋转方向正确无误后方可封闭。
- i) 在正常工况下，对以热风和烟气为流体的风机，冷态带负荷试运调节时，应严密监视风机的电流，防止电动机超电流运行。
- j) 烟气再循环风机启动前和停运后必须进行盘车启动试验。

4.2.4 除尘器

- a) 电除尘器振打装置在试投时应进行振打运作方式确认，观察振打角度及锤头动作周期符合设计要求。
- b) 电除尘器极板应进行空负荷升压试验，电压值必须符合设计要求，试验前应进行电除尘器内部的清理验收。
- c) 调试单位应在调试阶段配合制造厂完成电除尘均部试验，并要求制造厂提供均布试验报告。应按照 DL 461—2004 中附录 C 气流分布均匀性试验规定，第一电场进口截面测得各点速度的相对均方根值： $\sigma' \leq 0.25$ 为及格； $\sigma' \leq 0.15$ 为良； $\sigma' \leq 0.1$ 为优；当 $\sigma' > 0.25$ 时，需进行均流孔板的调整。
- d) 若采用湿式除尘器，则应进行通水和水膜均匀性观察试验。
- e) 对于袋式除尘器，在投用前应在冷态通风条件下进行阻力、清灰功能的检查。

4.2.5 锅炉水循环泵

- a) 锅炉水循环泵一次冷却水系统投用之前，必须通过 1.5 倍汽包额定工作压力的超压试验，试验

范围应包括仪表管路、疏放水管路、一次阀门、过滤器等所有承压部件。水压试验方法参见 DL/T 5047—1995 的 3.7。

- b) 锅炉水循环泵试运之前，应对一次水系统进行水冲洗，直到放水管水质目视无色透明、无可见杂质，冲洗水进水与排水 pH 值相差 0.3 之内为合格。
- c) 为了使锅炉水循环泵一次冷却水供水方便、可靠，调试阶段可增设专用注水泵直接向锅炉水循环泵提供化学补给水，用凝结水或主给水作备用水源。
- d) 试运前，应完成热工仪表、报警、信息系统及各项保护试验。

4.2.6 燃油泵及其系统

- a) 在油库进油之前，除设备、系统验收合格外，油库区的消防设施及系统必须验收合格，能正常投用。
- b) 在油系统通油之前，油管路必须经水压试验合格。
- c) 在油系统进油之前，油管路必须进行蒸汽或压缩空气变流量吹扫。吹扫范围应包括自燃油泵出口至油枪入口的整个管系。为了吹扫彻底宜分段进行，并将管系内所有的调节阀门门芯、过滤器滤网、流量表等拆除或旁路。对雾化蒸汽（空气）系统和蒸汽伴热管道也应进行吹扫，直至排出口排汽（气）目视清晰。管系吹扫结束后剩水应排尽。
- d) 在进行油系统的蒸汽吹扫前必须将被吹扫的油系统和压力油系统可靠地隔绝，防止蒸汽倒入油库或压力油倒入蒸汽系统。
- e) 螺杆泵严禁在无油或出口阀门关闭的状态下试运。

4.2.7 制粉系统

- a) 对于碾磨部件相接触型式的磨煤机如球磨机、“E”型中速磨、“MPS”型中速磨等带磨空负荷试转时间宜控制在 2min 左右。
- b) 对新装球磨机首次带磨空负荷试转时，应进行钢球装载量试验，试验装球量宜为最大装球量的 70%~75%，待热态运行后视磨出力和制粉经济性予以调整确认。
- c) 中速磨煤机在初次试转前应按设计要求进行风环间隙、加载压力等方面的调整；对碾磨部件非接触型的中速磨煤机在带磨空负荷试转时，应按照制造厂的规定值进行碾磨部件之间的间隙调整。
- d) 对旋转式分离器，在试转时应进行调速测定，核对表盘转速指示与实际转速之间的误差在 5% 之内，且转速调节平滑、灵敏，调速范围符合设计要求。
- e) 带有折向门的粗粉分离器应做折向门开度均匀性检查，核对内部开度一致，开度误差应在 5% 之内。
- f) 带有计量装置的给煤机，在单体试转期间均应进行称量装置的标定试验，并对转速调节或煤层厚度改变装置均一一核对。
- g) 给料机在试转时应进行调速测定，核对表盘转速指示与实际转速之间的误差在 5% 之内，且转速调节平滑、灵敏，调速范围符合设计要求。

4.2.8 卸煤、输煤系统

- a) 卸煤、输煤设备试转合格之后，应进行整个系统的联动试验，并同时实机校验其连锁保护动作的正确性。
- b) 对配有计算机程控的输煤系统，在投用前应进行计算机程控操作试验。
- c) 在输煤系统正式投运前，应完成相关设备的调试工作，如配煤、混煤设备，筛、碎煤机，磁铁、木块分离器，金属监测装置，自动称量，自动采样，喷淋、除尘等。

4.2.9 灰渣、石子煤系统

- a) 除灰、除渣系统的灰浆泵、冲灰水泵、水力喷射器、轴封水泵，输灰空压机、捞渣机、碎渣机等设备在进行单机试转后还必须进行联动试验。

- b) 对配置有计算机程控的灰渣系统, 在投用前还应进行计算机程控操作试验。
- c) 对水(气)力除灰、除渣系统应进行通水(气)联动试验及严密性试验, 同时进行仓泵(正压系统)、气化风机、灰库排风机、湿式搅拌机、输灰螺旋输送机、灰库袋式除尘器及其加热装置的试投和渣门、隔离阀的动作试验。
- d) 应对中速磨石子煤排放系统进行严密性检查, 对石子煤输送系统应进行各设备间的联动试验, 以及模拟检查石子煤斗高料位信号发送的正确性。

2.10 蒸汽吹灰系统

- a) 测定吹灰器动作时间应符合制造厂的规定;
- b) 观察吹灰器运行平稳, 限位器动作程序、进汽和疏水阀门开关时间符合设计要求;
- c) 墙式吹灰器喷嘴伸入炉膛内的距离及喷嘴启转角度必须符合锅炉厂的技术要求;
- d) 在蒸汽吹灰系统投入正常运行前, 应完成安全阀和减压阀的整定, 并投入运行;
- e) 空气预热器吹灰器的调试工作必须在锅炉燃油点火之前结束, 保证锅炉燃油阶段可以正常投用。

3 锅炉系统调试

3.1 冷态通风试验内容和标准

- a) 送风系统流量表的标定。在通风工况下, 通过对测速元件的输出压差与标准测速管或经严格标定后的测速装置的输出压差的对比测量, 求得该元件的速度修正系数。当标定结果与制造厂提供的设计数据偏差超过 $\pm 5\%$ 时, 应复核流量测量装置安装的正确性和传压管的严密性, 并配合热控专业使表计正确。
- b) 一次风的测量和调平试验。在同一通风工况下, 测量同一层(切向燃烧)、对称布置(墙式或拱式燃烧)的一次风喷口或管内风速, 求得它们间的偏差值应控制在 $\pm 5\%$ 的范围内。当偏差值超过该范围时, 应检查一次风管内是否堵塞, 或隔绝门开度是否一致, 对装有固定节流孔圈的应确认孔径编号是否与设计一致。在经确认无误的情况下, 需对节流孔径进行调整, 禁止用一次风管上的隔绝门进行风速调整。
- c) 风挡板动作试验。通风试验前应对风挡板进行动作试验, 以对挡板动作位置的准确性进行确认。挡板动作试验分以下几步进行: 确认挡板轴端刻度与挡板实际开度一致; 确认轴端刻度与就地指示一致; 确认就地指示与计算机指令一致, 同时检查反馈信号。切向燃烧方式同一层燃烧器风门开度间的偏差应控制在 $\pm 5\%$ 以内; 对其他燃烧方式的锅炉, 同一基准的各风门或调风器的开度, 偏差也应控制在 $\pm 5\%$ 以内。
- d) 通风阻力特性试验。不同的通风量工况下, 记录烟风系统的压力、流量、温度等特性参数, 得出制粉系统、空气预热器、烟风道的通风阻力特性, 并对风压表的准确性进行确认。对于正压制粉系统, 必须通过通风试验确认各点密封风畅通, 且压力足够。
- e) 燃烧器摆角位置的调整。对于切向燃烧的锅炉, 点火前应进行燃烧器摆动喷嘴的摆角试验。同一摆角下, 各喷嘴实际摆角间的偏差应控制在 $\pm 1.5^\circ$ 的范围内, 超过则应进行调整。
- f) 在通风试验过程中, 调试单位根据工程实际情况, 有选择地进行冷态空气动力场试验。

3.2 燃油或燃气试点火

- a) 在进行点火燃烧器动作试验时, 必须确认点火器与油(气)枪间的距离符合设计要求。
- b) 在进行燃烧器试点火时, 必须确认锅炉水冷壁内有水且炉底水封投入。
- c) 在炉膛吹扫风量保持在 30% 左右锅炉满负荷时的空气质量流量的条件下进行点火试验。如果第一个点火器在 $10s$ 内不能建立稳定的火焰, 则应停止点火试验, 并确认安全断阀已自动关闭, 查明点火失败的原因并加以消除。若点火期间一直维持在吹扫风量时, 可不必须进行再次吹扫, 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原因之前就试图重新点火。

- d) 初次点火宜采用就地控制方式（有就地控制箱时），应逐根对油（气）燃烧器进行点火试验，点火后应及时观察着火情况，迅速调整至良好的燃烧状况，必要时对点火油量、点火风压、点火器的发火时间进行调整。若冒黑烟或火炬点燃后，油雾化质量差或气—空气混合不好，喷射至水冷壁，10min 内无法改善应停止试点火，检查原因并予以消除。
- e) 必要时，可在现场进行简易的油枪雾化和油量测定试验。

4.3.3 化学清洗

4.3.3.1 依据

锅炉化学清洗工作按 DL/T 794 的要求进行。

4.3.3.2 职责

化学清洗工艺应在化学专业调试人员的指导下，由锅炉、汽轮机、热控专业调试人员配合进行。

4.3.3.3 系统

- a) 化学清洗回路的划分，应力求流速均匀，防止各回路间短路并要求临时管道短。系统应尽量简化，便于操作，布置合理，能有效地处理清洗废液。
- b) 被清洗的设备和临时系统接口处，应避免死区，并尽量减少接口的数量。
- c) 化学清洗泵的入口侧应装滤网，滤网孔径应小于 5mm，有效流通面积应大于入口管截面积的 3 倍。
- d) 为了防止被化学清洗液污染，汽包锅炉的水位计应予以隔离，装临时水位计，并设液位报警信号或专职监视。当化学清洗需要升温、升压时，必须考虑临时水位计的耐温、耐压问题。
- e) 化学清洗泵宜选用耐腐蚀泵，且系统中泵和阀门不应有铜质部件，防止化学清洗阶段被腐蚀。
- f) 对化学清洗临时管道系统的焊接工作必须予以高度重视，应由合格的焊工施焊，除排放管外，化学清洗循环系统内的管道宜采用氩弧焊接工艺。
- g) 化学清洗所用的临时阀门压力等级必须高于化学清洗时相应的压力等级，阀门经水压试验合格。
- h) 对不参加化学清洗的系统必须进行有效的隔离，应有防止清洗液进入过热器的可靠措施。
- i) 临时系统包括取样监视管段、过滤器、流量计阀门、压力表一次阀门等，应经 1.1 倍化学清洗工作压力下的热水水压试验。在碱洗结束、进酸之前，宜再进行一次酸洗工作压力、温度下的热水水压试验。

4.3.3.4 加热方式

为了尽可能地缩短自化学清洗结束到锅炉蒸汽吹管的时间间隔，确保清洗效果并简化防腐保护措施，有条件时宜采用锅炉点火加热，提高炉膛受热面和锅炉水的温度，以缩短进酸后的升温时间。在锅炉进酸后不允许采用炉膛点火加热方式，以防明火而引发氢气爆炸和产生局部过热、腐蚀，此时应在清洗箱、加热器等设备中采用蒸汽加热的方式。

4.3.4 蒸汽吹管

4.3.4.1 吹管系统

- a) 临时管道系统的设计应根据工程实际情况按照 DL/T 5054 进行设计计算。在保证吹管质量的前提下，尽量减少临时管道的长度、弯头、分叉管等，使系统阻力降低。
- b) 为了简化吹管系统，方便吹管过程中的系统切换，缩短吹管时间和节约燃料，宜采用过热器和再热器串吹即全系统吹洗一次完成的方案。但在再热器进口必须加装集粒器，防止蒸汽将过热器内杂物带入再热器。

4.3.4.2 吹管方式及参数选择

- a) 汽包炉宜采用降压吹管的方式，一般采用燃油或燃气的方式；
- b) 直流炉宜采用稳压吹管的方式，一般采用油煤混烧的方式。

4.3.4.3 注意事项

- a) 吹管系统和汽轮机应进行有效隔离，防止蒸汽进入汽轮机，并视隔离情况，投入汽轮机盘车，

真空系统备用。

- b) 吹管开始前对吹管临时阀上游管段的临时系统应进行吹管工作压力下的水压试验（汽包炉为吹管时汽包最高压力，直流炉为吹管时过热器出口最高压力）。
- c) 正式吹管前应进行 1 次~2 次试吹管，压力为吹管压力的 50%~75%，以检查临时系统的支撑、膨胀、泄漏等情况，同时逐步掌握吹管给水流量的控制方式，为正式吹管做准备。
- d) 若吹管过程中再热器处于干烧状态，必须掌握燃料量，限制燃烧率，严格控制炉膛出口烟温，对装有壁式再热器的锅炉，控制炉膛出口烟温不应超过 535℃或按照制造厂家的规定执行。
- e) 稳压吹管期间，吹管临时阀全开后的持续时间主要取决于补水量，一般为 15min~30min，同时还必须注意蒸汽温度保持在临时管道、阀门、集热器、再热器、消声器等部件材料的允许温度之内。必要时投用喷水减温。
- f) 在吹管过程中，对汽包压力降，应严格控制其对应的饱和温度降小于 42℃，最低水位应保持在水位计的可见范围内，汽包的最高水位以不使蒸汽带水至过热器为原则。过热器出口气温不宜降低 15℃以上，以免集箱受到过大的热冲击。
- g) 首次吹管时，应放入靶板，一方面检查系统的脏污程度，另一方面检查靶板装置的可靠性。
- h) 采用一阶段吹洗方式时，在吹管初期应加强集粒器的内部清理。
- i) 过热器、再热器的减温水系统，吹灰蒸汽母管，高压旁路系统和汽动给水泵的汽轮机高压蒸汽系统，均应列入吹管的工作范畴，通常应在主蒸汽系统吹管基本合格后进行。
- j) 对未参与吹管的部位，应严格进行机械及人工清理，恢复焊口应采取防止异物进入的安全措施。
- k) 吹管期间，定期对锅炉的膨胀进行检查、记录，发现异常时应查明原因，采取措施后方可继续升压。
- l) 吹管期间，定期对空气预热器进行吹灰，以保证空气预热器的安全。
- m) 吹管时为了降低排汽口的噪声，应在该处装设消声器，同时保证厂界噪声符合 GB 12348 的规定。
- n) 用于降压吹管的吹管临时阀开启和关闭时间应小于 60s，稳压吹管不限，每小时吹管次数不宜超过 4 次。
- o) 靶板应安装在尽量靠近永久管道的临时管上，其上游侧应保持不小于 4 倍~5 倍管道直径的直管段、下游侧不小于 2 倍~3 倍管道直径的直管段长度，保证靶板处流场均匀、稳定。
- p) 吹管工作结束后，宜进行主给水及减温水特性试验，并应对系统进行疏放水。
- q) 吹管工作结束后，应对冷灰斗及空气预热器受热面进行检查，若有油渣或油垢沉积，应予以清除。

4.3.4.4 验收标准

- a) 以铝为吹管的靶板材质，其长度不小于临时管内径，宽度为临时管内径的 8%。
- b) 吹管系统各段吹洗系数大于 1。
- c) 斑痕粒度：没有大于 0.8mm 的斑痕，0.5mm~0.8mm（包括 0.8mm）的斑痕不大于 8 点，0.2mm~0.5mm 的斑痕均匀分布，0.2mm 以下的斑痕不计。
- d) 吹管过程要求：中间停炉冷却次数至少一次，冷却时间大于 12h，连续两次靶板合格。降压吹管次数不少于 30 次。
- e) 对采用钢或其他材质的靶板，验收标准参照制造厂的要求执行。

4.3.5 蒸汽严密性试验

当锅炉升压至工作压力时，进行蒸汽严密性试验，注意检查锅炉受热面的焊口、仪表管接头、阀门、人孔门和法兰等部位的严密性及汽水管道的膨胀、支吊状况。

4.3.6 安全阀校验

4.3.6.1 安全阀校验的准备和条件

- a) 安全阀校验必须遵守 GB/T 16507 的相关规定;
- b) 锅炉的压力应随时可调, 按试验要求进行升压和降压;
- c) 锅炉向空排汽阀和压力控制阀 (PCV) 应可操作, 并置于手动操作位置, 保证在安全阀校验时能可靠排汽泄压;
- d) 就地压力表安装完毕, 安全阀校验时以就地压力表为准, 压力表的精度应在 0.4 级以上, 并有校验合格的偏差记录, 在调整值附近的偏差大于 0.5% 时应作偏差修正;
- e) 现场照明充足, 人行通道畅通, 通信设施良好, 满足试验的要求;
- f) 仔细检查安全阀排汽管、疏水管、就地压力表管的焊口, 宜进行解体检验, 阀内阀芯和阀座的接触面积应符合设计要求;
- g) 对装有微孔消声器的安全阀, 在消声器安置之前必须将排汽管吹扫干净, 去除管内锈皮、焊渣等杂物, 对拆装不方便的管道可在安装前预清理, 以保证管道内部清洁;
- h) 压力控制阀的压缩空气系统必须吹扫干净, 控制部分供电供气正常, 动作可靠;
- i) 在调整脉冲安全阀之前, 应先将脉冲安全阀前后管道吹扫干净;
- j) 利用专用锁紧装置压紧所有的安全阀;
- k) 安全阀校验时, 必须制定专门的安全措施, 制造、安装、运行和调试负责人及锅炉监察工程师应在场, 现场必须有专人负责统一指挥。

4.3.6.2 安全阀的校验工作

- a) 安全阀的校验顺序应按照其设计动作压力, 遵循先高压后低压的原则。
- b) 当锅炉压力升至 70%~80% 额定工作压力时, 拆除校验安全阀的锁紧装置, 手动操作开启安全阀 10s~20s, 对安全阀管座进行吹扫。
- c) 将锅炉压力升至安全阀起座压力, 进行安全阀校验, 并记录其起座压力、阀芯提升高度及回座压力。
- d) 在安全阀调整过程中, 根据需要进行安全阀起座压力、回座压力、前置现象的调整。
- e) 当采用液顶升装置校验安全阀时, 通常在 75%~80% 额定压力下进行。校验后可视情况选择同一系统起座压力最低的一只安全阀进行实际起座复核, 二者起座压力的相对误差应在 1% 范围之内, 超出此范围应重新校验。
- f) 脉冲式安全阀校验时, 应先调整脉冲阀的起座压力符合要求后, 再对主安全阀的起座压力和回座压力进行整定。

4.3.6.3 验收标准

- a) 安全阀的起座压力与设计压力的相对偏差: 过热蒸汽压力大于 6.90MPa, 允许相对偏差为整定压力的 $\pm 1\%$; 再热蒸汽压力一般为 2.08MPa~6.90MPa, 允许相对偏差为 $\pm 0.069\text{MPa}$ 。
- b) 安全阀的回座压力一般比起座压力低 4%~7%, 最大不得比起座压力低 10%, 见本标准的附录 D 或按制造厂的规定。
- c) 实际起座复核安全阀实际动作值与整定值的误差应控制在 1% 的范围内, 超出此范围应重新校验。

5 机组整套启动时的锅炉调试

5.1 锅炉启动通则

5.1.1 锅炉启动任务

锅炉启动是机组整套启动的组成部分, 它是指设备和系统在分部试验验收合格后, 炉、机、电第一次整套启动时, 自锅炉点火开始至完成机组满负荷试运并移交试生产为止的启动调试工作。

5.1.2 锅炉启动阶段

锅炉启动分“锅炉点火升温、升压; 带负荷调试; 满负荷试运”三个阶段。

5.1.3 调试措施、方案

锅炉启动调试措施应包括以下内容：设备概况、规范、特性参数；锅炉启动前必须具备的条件；启停步骤；操作要领；制粉系统及燃烧初调整试验内容；验收技术标准；安全措施；组织分工；附录（内容根据设备系统调试需要或业主要求编写）；锅炉纵向、横向连锁保护及越限报警定值，校验表见本标准附录 B 的表 B.2；启动升温、升压曲线；配备调试仪器仪表的精度、量程；启动记录表格；启动质量检验及评定表。

5.1.4 试验现场条件

- a) 试运机组与施工机组及其有关系统之间已有可靠的隔绝或隔离；
- b) 露天布置锅炉辅机的电气和热控设备应有可靠的防雨措施；
- c) 根据地区的气候特点，对设备管道及仪表管道等应有防冻或降温措施；
- d) 上、下水道畅通，保证满足供水和排水的需要，且排放能符合环保的要求；
- e) 妨碍运行，影响膨胀和有着火危险的手车架及障碍物已拆除，沟道盖板、楼梯平台栏杆齐全，地面平整清洁，使调试、运行人员能安全通行；
- f) 具备充足可靠的照明、通信及消防设施，消防系统经消防部门验收，电梯经技术监督部门验收合格后投入使用。

5.1.5 设备系统条件

- a) 机组电气、热工连锁保护校验验收合格，并已做出厂用电丧失、计算机失电或出现“死机”等事故状态下的锅炉保护措施。
- b) 锅炉所有系统（汽水，烟风，燃油，制粉、上煤、除灰、除渣，压缩空气等系统）经过分部试运验收合格。
- c) 锅炉水压、化学清洗、冷态通风试验、蒸汽吹管、安全阀校验等工作结束，验收合格（其中安全阀校验允许在机组空负荷及带负荷试运前期进行校验）。
- d) 机组运行必需的公用系统投入运行，如照明、通信、消防、辅助蒸汽、冷却水等系统。
- e) 检查锅炉的支吊牢固，并确认膨胀裕度。
- f) 控制循环汽包炉进水前应确保锅炉水循环泵电动机腔室已注满水。

5.2 锅炉点火、升温、升压

5.2.1 锅炉点火前的工作要点

- a) 向锅炉上水水质应为合格的除盐水，上水温度及上水时间可参照相应的运行规程或锅炉技术文件的规定。上水温度与炉内厚壁金属的温差小于 50℃；上水流量控制在 40t/h~80t/h（或上水时间控制在 2h~4h），冬天上水时间宜适当长些。
- b) 锅炉首次启动前，应对凝结水系统、低压给水系统、高压给水系统及锅炉本体依次用除盐水进行冷态水冲洗，机组试运期间汽水质量标准应符合本标准附录 E 的表 E.1 的规定。
- c) 锅炉首次启动前应进行一次工作压力的水压试验，检查锅炉汽水承压部件的严密性。汽包炉为汽包额定蒸汽压力，直流炉为过热器出口蒸汽压力。对过热器出口无截止阀的系统，水压试验的范围延伸到汽轮机主汽门入口，此时主蒸汽管的弹簧吊架应予以固定或采取临时加固措施，再热器及其管道系统可不进行工作压力试验。
- d) 直流锅炉水动力试验工作结束。
- e) 锅炉点火之前 12h~24h 投入电除尘的放电极绝缘子室、放电极振打瓷轴室及灰斗的加热装置；点火前 1h~2h 投入烟尘连续监测系统；点火前 0.5h 投入各振打装置。

5.2.2 点火、升温、升压的调试操作要点

- a) 锅炉点火前，应用 30% 左右锅炉满负荷时的空气质量流量吹扫炉内 5min~10min。
- b) 初次点火应在锅炉吹扫结束后，采用就地控制方式（对安装有就地控制箱的点火系统），点火后应及时就地直接观察着火情况，迅速调整并保持良好的燃烧状况。若冒黑烟或火炬点燃迟后，

油雾化质量差，燃料—空气混合不好，喷射至水冷壁，10min 内无法改善应停用并检查原因。此时电视观察炉膛火焰只能作为辅助手段。

- c) 锅炉点火后应及时投入空气预热器的蒸汽吹灰系统。
- d) 在燃用局部燃烧器的状况下，为使炉内热负荷均匀，应对称投用，宜每隔 30min 左右更换一次。
- e) 对设有高、低压旁路系统的机组，可利用其控制升温、升压的速度。对无高、低压旁路系统的机组，可利用锅炉 5%旁路和过热器、主蒸汽疏水门的开度进行调节。
- f) 高、低压旁路未开启之前，应严格控制燃料量，使炉膛出口烟温不超过 535℃。
- g) 升温、升压过程中，定期检查锅炉膨胀系统，各处膨胀间隙正常，膨胀均匀，膨胀不受障碍；膨胀指示应安装正确、牢固，在冷态下调整到零位；检查汽包、联箱、汽水管路的膨胀情况及其支座、吊架、弹簧的受力、位移和伸缩情况。
- h) 当蒸汽参数达到汽轮机冲转数值时，锅炉应保持燃料量稳定燃烧，尽可能维持蒸汽参数，配合机组空负荷调试。
- i) 锅炉升温、升压过程中，应按制造厂提供的启动曲线控制升温、升压速率，并使得汽包任意两点间的温差小于 50℃。间断进水时应确保省煤器再循环门动作正确，进水时省煤器再循环门关闭，停止进水后省煤器再循环门开启。
- j) 在锅炉压力上升时，应按制造厂要求的锅炉压力及时切换锅炉水循环泵的冷却水为自循环运行方式，严密监视电动机腔室温度及系统的严密性。这对锅炉首次启动时尤为重要。
- k) 直流锅炉应严格控制进水符合水质要求，点火前建立大于锅炉最小流量的炉水循环，点火后严格控制水冷壁温升不大于 2℃/min，同级各管屏出口介质温度的温差小于 40℃。
- l) 对设有外置式分离器的直流锅炉，切除分离器应采用“等焓切换”或按制造厂的要求进行。切除分离器时，配有自动切换装置的应采取自动切除方式运行，在切除启动分离器的过程中，燃料量的增减应用燃油量控制，以防止蒸汽温度的大幅波动。

5.3 带负荷调试

5.3.1 锅炉带负荷调试要点

- a) 当机组并网以后，锅炉升温、升压及蒸发量的提高应和机组的运行相匹配，蒸汽参数的提高速率仍必须在制造厂技术文件的规定范围之内。
- b) 在锅炉蒸发量逐渐提高的过程中，必须服从化学专业人员对汽品质监督所提出的要求，如锅炉热态清洗，锅炉定期排污和连续排污量，在不同压力阶段洗硅等项目需采取的措施，指标要求应符合本标准附录 E 中的表 E.1 和表 E.3。
- c) 当热风温度达到 200℃时，可以启动制粉系统（燃用无烟煤时应更高些），最初煤量应保持较低的数值，之后，视磨煤机出口温度上升程度逐渐增加煤量。
- d) 初次投煤粉燃烧器时，应至现场直接观察煤粉的着火情况。对无法进行现场观察的锅炉，应根据炉膛压力，烟气、蒸汽温度及蒸发量的变化，判断煤粉的着火情况。
- e) 锅炉投粉后，若发现煤粉气流不着火，应立即停止投粉，加强通风 5min~10min，待炉膛温度升高后再投粉，若两次不着火，应停止投粉，分析原因，严禁盲目试投。
- f) 为符合环保要求，在电除尘器制造厂无特殊规定的情况下，自锅炉燃用煤粉开始，应适时投入电除尘器电场。
- g) 调节风、煤量时应采取同时增、减的方式；或采取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。
- h) 以燃煤的元素分析和工业分析报告的各项指标，作为带负荷调试的依据。

5.3.2 制粉系统初调整内容

- a) 对煤粉细度进行测定。最佳细度应由燃烧细调整试验确定，在未进行该试验之前细度暂根据煤的灰分、挥发分等因数近似求取，见本标准附录 C。细度不符时应用粗粉分离器折向门的开度

或旋转分离器的转速来调节，在测定煤粉细度的同时应求得煤粉均匀性指数 n 值。

- b) 逐步掌握磨煤机不同运行工况下与锅炉蒸发量的关系，同时测量磨煤机满负荷运行工况下本体最大的差压数值（风扇磨煤机的出口最低风压或最大电流值）。
- c) 对中速磨系统确定较合适的风煤比例；对钢球磨煤机确定合适的筒体风速或三次风率；对风扇磨煤机确定合适的通风压头。

5.3.3 燃烧初调整内容

- a) 观察燃烧器喷口的着火状况。用燃料风（周界风）或调风器进行适当的调节，改善着火的稳定性，改变着火点的位置，从背火面观察满意的着火点离喷嘴口应在 0.3m~0.5m 之间；
- b) 通过改变风箱与炉膛的压差来调整火焰的刚性，使炉内火焰不冲刷水冷壁；
- c) 测量炉内温度分布和炉膛出口两侧烟温的偏差值，并采取调整措施，尽可能减少偏差；
- d) 调整炉膛出口的过量空气系数 α 值来确定较低的排烟温度和飞灰含碳量；
- e) 逐步掌握炉内吹灰器、喷水减温器及燃烧器摆角对锅炉受热面、汽温和排烟温度的影响。

5.3.4 锅炉运行特性试验内容

- a) 蒸汽压力的调节与滑压运行的配合状况及燃料量的匹配；
- b) 过热蒸汽和再热蒸汽温度控制方式和各调温手段的调节特性；
- c) 汽包锅炉水位的变化规律和控制特性；
- d) 汽水品质和锅炉排污量的变化关系；
- e) 煤燃烧器全部投入（除中间储仓制备用给粉机所带的燃烧器或直吹式备用磨煤机所带的燃烧器之外）时，不投油的最低稳燃负荷和停用部分燃烧器时不投油的最低稳燃负荷的数值；
- f) 掌握锅炉各级受热面吹灰器投用的周期和投用效果。

5.3.5 其他配合调试项目

- a) 配合进行汽水品质调试，自动控制装置热态调整投用，汽轮机冷热态启动，厂用电切换试验，甩负荷试验，协调控制及变负荷试验；
- b) 带负荷调试期间，高压加热器、低压加热器、暖风器、蒸汽发生站等一次系统设备的疏水回收质量标准应符合附录 E 中表 E.3 的规定。
- c) 对汽包锅炉应分不同的压力阶段进行蒸汽洗硅。

5.4 满负荷试运

5.4.1 开始条件

- a) 发电机达到铭牌额定功率值；
- b) 燃煤锅炉断油；
- c) 投高压加热器；
- d) 投电除尘器；
- e) 汽水品质合格；
- f) 主要热控自动装置的调节品质应达到设计要求，自动投入率达到 80%；
- g) 机组能进入 168h（72h）满负荷连续试运。

5.4.2 考核验收标准

- a) 机组连续运行不得中断，300MW 及以上的机组应完成连续运行 168h，300MW 以下的机组一般分 72h 和 24h 两个阶段进行考核，连续平均负荷率应在 85% 以上。
- b) 完成整套满负荷试运的机组上报有关部门审批后，宣布满负荷试运结束。
- c) 如因系统或其他原因不能带至满负荷时，由有关部门确定最大的允许负荷；168h（或 72h）满负荷试运开始后，若因电网调度等外界原因暂时需降负荷运行，应由有关部门确定。
- d) 锅炉满负荷试运期间蒸汽品质标准应符合附录 E 中的表 E.4。

5.4.3 其他调试项目

- a) 配合自控专业投用各种方式的协调控制和进一步改善调节品质；
- b) 满负荷试运行期间，除了进行表盘常规参数的记录外，还应测定飞灰含碳量，记录过热器、再热器管壁温度（利用原有测点）。

6 锅炉停运

6.1 锅炉停运分类

锅炉停运一般分为正常停炉和紧急停炉两大类，正常停炉可参照 DL/T 610 和 DL/T 611 的有关规定，根据机组停运计划选择定参数或滑参数停炉。

6.2 正常停炉操作要点

- a) 停炉前应进行缺陷统计，以便停炉后的检修。
- b) 停炉前应确认点火燃烧器能可靠投用。
- c) 停运时间较长或对易自燃的高挥发分煤种，应烧尽煤仓和粉仓的燃料。
- d) 停炉过程中的降温、降压速率应按制造厂的规定执行。
- e) 对直吹式制粉系统，将拟停磨煤机煤量、风量逐渐降低到允许的最低值，燃烧器的调风挡板开度放到启动时的位置，确认拟停各燃烧器存在火焰，然后将其点火燃烧器投入；对贮仓式制粉系统，在停给粉机前，应先关闭下粉挡板，走尽挡板至给粉机间的煤粉后停给粉机，之后对一次风管吹扫 1min，再予以隔绝。在此过程中，相应的点火燃烧器应处于投用状态。
- f) 在停磨煤机之前，应先停给煤机，维持足够的通风量，对磨内吹扫 5min 以上，将磨煤机及相连接管道系统内的煤粉抽空。
- g) 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），将锅炉风量减到不低于吹扫风量为止。
- h) 停运后的油燃烧器应进行吹扫，但不得向熄火后的炉膛进行吹扫。
- i) 锅炉熄火后，应以 30% 的额定风量进行炉膛吹扫 5min 后停止送风机及引风机，电除尘器应在停用全部煤粉燃烧器后停用各电场或按制造厂规定停用，振打装置应继续运行 2h~3h 后停运，此时应继续排灰，直到灰斗排空后停止卸灰系统运行，烟尘连续监测系统应在引风机停运后继续运行 0.5h，对空气预热器、火检冷却风机和锅炉水循环泵需连续运行至制造厂允许停运的温度。

6.3 紧急停炉操作要点

- a) 对非属炉本体承压部件损坏的事故停炉仍应控制降温、降压速率，保持良好的水循环和水动力工况，确保运行安全。
- b) 由于某些原因发生总燃料跳闸（MFT）锅炉停运后，尚在运行的送、引风机应保持继续运行，并缓慢地将其调节到吹扫风量再维持 5min，作灭火后的吹扫，如由于失去引风机导致紧急停炉时，则应缓慢地把所有烟风挡板调到全开位置，建立尽可能大的自然通风不少于 15min。
- c) 用压力控制阀或高低压旁路来控制蒸汽压力。防止系统超压或降压过快。
- d) 当 MFT 复置后，应及时进行炉膛吹扫。对于配直吹式中速磨制粉系统的锅炉，如果机组较长时间内不能启动，在锅炉设备允许点火的条件下，应启动点火燃烧器将磨煤机内的煤粉排尽，在对主油枪进行吹扫后退出。如在短期内不能满足锅炉点火时，应启动磨煤机（不通风）将磨内的剩煤排入石子煤斗后清理干净。
- e) 当厂用电中断引起 MFT 后，应及时对下列设备的状态进行确认：
 - 1) 回转式空气预热器的辅助电机能正常投运，使预热器转子处于盘车状态，否则应尽快进行手动盘车；
 - 2) 对配有直流电动机的火检冷却风机，应自启动提供冷却风，必要时可将火检探头抽至炉外冷却；

- 3) 对炉膛火焰观察电视探头, 备用冷却风源应投入, 必要时可抽出电视探头;
- 4) 锅炉水循环泵二次冷却水备用水源应投入, 在锅炉未放尽炉水及未冷却至制造厂规定的温度之前, 禁止排放一次冷却水, 并应严密监视电动机腔室温度。

6.4 锅炉停运后的保养

6.4.1 保养方法

锅炉停运后的保养方法可参照附录 F 执行。

6.4.2 操作及控制标准

- a) 操作要领及工艺要求可参照附录 F 执行。
- b) 在锅炉启动调试期间, 若停运时间在 10d 以内, 可采用热炉放水余热烘干的方法。同时, 由于能彻底排尽炉水包括省煤器放水, 对今后较快地改善炉内汽水品质是有利的。
- c) 锅炉短期停运 (3d 之内) 在不需要进行本体承压部件消缺的情况下, 采用缓慢降压利用锅炉残余汽压防止空气漏入的办法有利于缩短下次启动的时间以节约燃料量。
- d) 对于停水需一个月的控制循环锅炉若采用氨水或氨—联胺湿保养的方法, 锅炉水循环泵电机必须用密封水可靠地隔绝, 防止药液腐蚀电机内的铜质部件。

7 锅炉事故处理

7.1 事故处理原则

- a) 锅炉启动调试期间, 由于热控、电气保护整定值的不合理或保护逻辑的误动作所引起的跳闸事故会较频繁地出现, 要求每发生一次跳闸事故, 均应依靠现有的检测手段及时进行认真分析, 制定有效对策, 防止事故重复发生。
- b) 锅炉事故处理可参照 DL/T 610 和 DL/T 611 的有关内容。

7.2 锅炉紧急停炉

7.2.1 保护拒动时手动操作 MFT

- a) 汽包锅炉水位高于或低于制造厂规定的保护值。
- b) 炉膛压力高于或低于制造厂规定的保护值。
- c) 汽包锅炉锅炉水循环不良或锅炉水循环泵全停; 直流锅炉给水中断或在一定时间内给水量小于规定值。
- d) 在具有汽轮机旁路的机组中, 当锅炉负荷高于旁路容量而无 FCB (快速切回) 功能时, 汽轮机跳闸。
- e) 风烟系统不能正常工作, 锅炉总风量小于锅炉额定风量的 25%; 两台引风机、两台送风机或两台空气预热器全停; 锅炉断油运行工况下, 一次风机全停。
- f) 锅炉燃料丧失。
- g) 炉膛熄火。
- h) 再热器的保护丧失。
- i) 锅炉安全监控系统失去电源。

7.2.2 紧急事故时手动操作 MFT

- a) 汽包锅炉所有水位计损坏; 直流锅炉所有流量计损坏。
- b) 主给水、过热蒸汽、再热蒸汽管道发生爆破。
- c) 炉管爆破, 威胁人身及设备安全。
- d) 锅炉蒸汽压力升高至安全阀动作值而安全阀拒动; 或安全阀动作后不回座, 蒸汽压力下降, 温度降低至汽轮机不允许运行的温度。
- e) 锅炉烟道内发生爆炸, 使主要设备损坏或尾部烟道发生二次燃烧。
- f) 锅炉范围内发生火灾, 直接危及锅炉安全运行。

g) 热控仪表电源故障, 锅炉重要参数无法正常监视和调整。

7.2.3 MFT 动作后的处理

- a) 检查 MFT 动作后, 自动装置联动动作正常, 如未动作则手动操作强制动作:
 - 1) 制粉系统控制切为手动;
 - 2) 辅助风和燃料风挡板全开并切至手动;
 - 3) 风量控制切至手动;
 - 4) 关闭过热器和再热器减温水截止阀和调节阀, 并将再热汽温控制切至手动;
 - 5) 燃油系统所有角阀关闭, 安全关断阀关闭;
 - 6) 具体联动项目视机组保护设计情况而定。
- b) 检查辅机运行情况, 并根据故障状态, 确认锅炉进行后吹扫 (不是风机引起的 MFT); 电动给水泵在汽动给水泵跳闸后, 自启动正常。
- c) 吹灰器全部停止, 吹灰蒸汽隔绝门关闭。
- d) 电除尘器各电场停止运行。
- e) 按照故障可能消除的时间, 确定锅炉是否马上进行热态启动或是正常停炉处理。

7.3 锅炉请示停炉

- a) 锅炉承压部件泄漏, 运行中无法消除;
- b) 锅炉汽品质严重恶化, 经处理无效;
- c) 受热面金属严重超温, 经调节无法恢复正常;
- d) 蒸汽温度超过允许值, 经采取措施无效;
- e) 炉膛严重结渣或严重堵灰, 难以维持正常运行;
- f) 锅炉安全阀有缺陷, 不能正常动作;
- g) 集控室可监视的汽包水位指示全部失去, 且短时间内无法恢复。

8 调试简报和报告

8.1 调试简报内容

- a) 调试过程简介;
- b) 调试主要数据汇总;
- c) 试验评价;
- d) 主要问题建议。

8.2 调试报告内容

- a) 系统及其设备介绍;
- b) 调试实际进度;
- c) 调试工艺、流程;
- d) 系统及其设备特性评价;
- e) 存在的问题及建议;
- f) 附录 (试验记录)。

8.3 调试简报和报告提交

报告在机组移交后的 45d 内提交, 对于在调试中急需的参照数据应在该项目调试结束后的 7d 内以简报的形式提出。

附 录 A
(资料性附录)
转动设备监视数值限额

A.1 辅机试运中轴承振动的测量方法

用便携式机械指针型或电子液晶数显型振动表进行测量。
在每个测量点宜进行垂直、水平和轴向三个方向振动值的测量。

A.2 辅机试运中的噪声测定方法

- a) 采用普通便携式声级计距离设备 1.0m、距设备基础 1.5m 高处进行测定；如在室内则应距离反射墙 2m~3m 以上。
- b) 通常宜位于设备四周不少于 4 点均布位置作为噪声测定处，若相邻测点的声级相差 5dB (A) 以上，应在其间增加测点，最后取它们的算术平均值。
- c) 对噪声大的设备如吹管排汽口、安全阀消声器噪声测点应与设备相距 5m~10m。
- d) 对环境噪声的修正。当环境噪声低于所测设备噪声达 10dB (A) 时不需要进行修正，小于 10dB (A) 时应在设备噪声测定值中扣除修正值。

A.3 轴承振动数值限额见表 A.1。

表 A.1 轴承振动数值限额

额定转速 r/min	750	1000	1500	1500 以上
振动值 mm	0.12	0.10	0.085	0.05

A.4 轴承温度数值限额见表 A.2。

表 A.2 轴承温度数值限额 ℃

轴承类型	测量点	允许限额
滚动轴承	轴承金属温度	≤80
		≤70
滑动轴承	回油温度	≤65

A.5 设备噪声的测定见表 A.3。

表 A.3 设备噪声的测定

设备噪声与环境噪声的差值 dB (A)	3	4~5	6~9
修正值 L dB (A)		2	1

说明:

- a) 转动设备的试运时间视各轴承等处温升达到稳定后即 15min 温升不大于 1℃, 且不超过允许的温度限额后结束。若此时尚未达到稳定, 某点温度仍在缓慢上升, 应予以延长, 直至稳定。
- b) 考虑到在分部试运阶段各转动设备的热工测量、施工或调试工作尚未结束, 各轴承温度测点和表计可能不全, 为此可在转动设备的金属表面临时加装温度测点, 用 0℃~100℃的水银温度计, 借助于油灰或防水塑料等可塑物进行粘结固定或采用点温仪对各点进行测量。
- c) 大气温度的测量是作参比温升计算用的, 它应在距离转动设备周围约 1m 的位置测量, 且该处没有阳光或其他热源直接照射。
- d) 在启动前应将原始状况记录在案, 即大气温度、设备各点温度、环境噪声、厂用电压等数据。
- e) 设备噪声通常是在距离设备 1m 的周围测量。
- f) 当设备转动以后的第一小时内可以每间隔 10min 测量记录一次温度, 之后可每隔 15min 记录一次, 直到变化稳定; 噪声、振动和转速数值可在每次负荷改变稳定之后测量记录一次。

3.3 新设备分部试运前静态检查见表 B.3。

表 B.3 新设备分部试运前静态检查

装置名称: _____		电动机电气部分
铭牌: 制造厂 _____	_____	型号 _____
出厂日期 _____	_____	编号 _____
电压 _____ V	电流 _____ A	周率 _____ Hz
功率 _____ kW	转速 _____ r/min	
连接型式 _____	防护型式 _____	
装置名称: _____		旋转机械装置部分
铭牌: 制造厂 _____	_____	型号 _____
出厂日期 _____	_____	编号 _____
风压 (或扬程) _____ kPa (m)	转速 _____ r/min	
流量 _____ m ³ /h		
不符合 ×	符合 √	
1. 外观检查	设备清洁度 <input type="checkbox"/> 铭牌完整 <input type="checkbox"/> 符合设计 <input type="checkbox"/>	评价:
2. 接地	搭接片及螺钉检查合格 <input type="checkbox"/> 搭接片对接地连接截面合格 <input type="checkbox"/>	
3. 三相对地绝缘		
4. 设备系统检查	系统完整性 <input type="checkbox"/>	
	加油点及油位 <input type="checkbox"/>	
	冷却水及密封水 <input type="checkbox"/>	
	对轮连接及保护罩 <input type="checkbox"/>	
	空载盘运灵活无卡涩 <input type="checkbox"/>	
5. 现场条件	转动机械进出口及内部清洁 <input type="checkbox"/>	
	调节门或挡板位置正确 <input type="checkbox"/>	
	照明充足 <input type="checkbox"/>	
	通道畅通 <input type="checkbox"/>	
	通信满足 <input type="checkbox"/>	
	盖板齐全 <input type="checkbox"/>	

施工单位填表人: _____ 监理单位会签人: _____

B.4 新设备分部试运行申请单见表 B.4。

表 B.4 新设备分部试运行申请单

申请单位：_____

序号	项 目	一次系统草图（范围、规格等数据）
1	设备名称：	
2	要求试运日期：	
3	申请人（施工单位）：	
4	试运负责人（施工或调试）：	
5	验收签证： (1) 施工单位签名：（已明确的单位负责人） (2) 工程监理签名：（已明确的单位负责人） (3) 验收检查组签名：（已明确的负责人）	
6	本次试转电气、热工保护投入状态确认（附表）	
7	试运专业组确认： 试运指挥部批准：	
8	运行组签名： 收到日期： 年 月 日	
<p>注 1：申请单传递：由 4 试转负责人送→5 会签后再送→7 试转专业组签证，重要调试项目由试转专业组送试转指挥部批准，命令运行组签证执行试转送电与操作。</p> <p>注 2：调试项目重要与一般，由试运专业组长权衡决定。</p>		

附录 C
(资料性附录)

推荐的煤粉细度 (R_{90}) 及均匀性指数 n 值计算

C.1 煤粉细度 R_{90} (%) 的计算

按式 (C.1) 选取, 即

$$R_{90} \leq (K + 0.5nV_{daf}) \quad (C.1)$$

式中:

n ——煤粉颗粒总体均匀程度的指数, 取决于粗粉分离器的型式;

V_{daf} ——干燥无灰基挥发分, %;

K ——常数。

离心式分离器, $n=1.1$; 旋转式分离器, $n=1.2 \sim 1.4$ 。 $V_{daf} > 25\%$ 的烟煤, $K=4$; $V_{daf}=25\% \sim 15\%$ 的煤类, $K=2$; $V_{daf} < 15\%$ 的煤类, $K=0$; 褐煤, $R_{90}=35\% \sim 50\%$ (V_{daf} 高时取大值, V_{daf} 低时取小值)。

对高灰分低热值烟煤 (灰分为 A_3 级, 热值为 Q_4 级), R_{90} 按式 (C.2) 选取, 即

$$R_{90} = 5 + 0.35V_{daf} \quad (C.2)$$

C.2 煤粉细度分析后均匀性指数 n 值按式 (C.3) 计算, 即

$$n = \frac{\lg \ln \frac{100}{R_{200}} - \lg \ln \frac{100}{R_{90}}}{\lg 200 - \lg 90} \quad (C.3)$$

式中:

R_{90} 、 R_{200} ——筛孔孔径 $90\mu\text{m}$ 和 $200\mu\text{m}$ 上的剩余量占总量的百分比。

式 (C.3) 适用于 $R_{90} \leq 30\%$ 的煤粉; 对 $R_{90} > 30\%$ 的煤粉, $200\mu\text{m}$ 筛孔可改用 $500\mu\text{m}$ 或 $1000\mu\text{m}$ 的筛孔。

附录 D
(资料性附录)
安全阀校验数值

安全阀校验数值见表 D.1。

表 D.1 安全阀校验数值

安装位置		起座压力	
汽包锅炉的汽包和 过热器出口	汽包锅炉工作压力 $p < 5.88\text{MPa}$	控制安全阀	1.04 倍工作压力
		工作安全阀	1.06 倍工作压力
	汽包锅炉工作压力 $p > 5.88\text{MPa}$	控制安全阀	1.05 倍工作压力
		工作安全阀	1.08 倍工作压力
直流锅炉过热器出口	控制安全阀	1.10 倍工作压力	
	工作安全阀		
再热器	1.10 倍工作压力		
启动分离器			
注 1: 安全阀的回座压力大致比起座压力低 4%~7%，最大不得低于起座压力的 10%。 注 2: 脉冲式安全阀的工作压力指冲量接出地点的工作压力，对其他类型安全阀指安全阀安装地点的工作压力。 注 3: 过热器出口安全阀的起座压力应保证在该锅炉一次汽水系统所有安全阀中最先动作			

附 录 E
(规范性附录)

新建机组试运期间汽水质量标准

E.1 锅炉点火,主蒸汽管吹扫和安全门整定期间,对给水、锅炉水、蒸汽质量标准暂不作规定。但锅炉点火前,热力系统应冲洗至出水澄清。

E.2 汽轮机冲转时过热蒸汽的二氧化硅含量应不大于 $100\mu\text{g/L}$ 。

E.3 机组在联合启动过程中,带50%额定负荷及以上时给水质量应按表E.1执行。

表 E.1 给水质量标准

蒸汽压力 MPa	汽包炉	直流炉			备 注
	≤ 13.7	13.7~18.3	18.3~22.5	> 22.5	
溶解氧 $\mu\text{g/L}$	< 30	< 20	< 10		机组带 1/3 额定 负荷后
铁 $\mu\text{g/L}$	< 80	< 50	< 30	< 20	
硬度 $\mu\text{mol/L}$	≈ 0				
pH 值	8.8~9.3			9.0~9.2	
联氨 $\mu\text{g/L}$	10~50			20~50	
二氧化硅 $\mu\text{g/L}$	< 60	< 50	< 30	< 20	
电导率(25℃, 氢离子交换) $\mu\text{S/cm}$	< 0.4		< 0.3		

E.4 机组联合启动时,根据汽包运行压力汽包炉锅炉水质量应按表E.2执行。

表 E.2 汽包炉锅炉水质量标准

汽包压力 MPa	处理方式	含盐量 mg/L	二氧化硅 mg/L	铁 $\mu\text{g/L}$	磷酸根 mg/L	pH 值
13.7~15.6	磷酸盐处理	≤ 50	≤ 1.50	≤ 400	2~8	9~10
15.7~18.3	磷酸盐处理	≤ 20	≤ 0.25	≤ 300	0.5~3	
> 18.3	挥发性处理	≤ 2.0	≤ 0.20			

E.5 机组联合启动时,对于无凝结水处理设备的机组,凝结水回收应以不影响给水质量为前提,一般应按表E.3执行。

表 E.3 回收凝结水、疏水质量标准

外 状	铁 $\mu\text{g/L}$	溶解氧 $\mu\text{g/L}$	二氧化硅 $\mu\text{g/L}$	硬度 $\mu\text{mol/L}$
无悬浮物	≤ 80	≤ 30	≤ 80	≤ 10

E.6 机组联合试运进入72h或168h后,汽水质量参照GB/T 12145有关规定执行。

附录 F
(资料性附录)

停(备)用设备防腐蚀方法选择

停(备)用设备防腐蚀方法选择见表 F.1。

表 F.1 停(备)用设备防腐蚀方法选择

防腐蚀方法	适用状态	适用设备	防腐蚀方法的工艺要求	停用期限					备注	
				小于 3 天	小于 1 周	小于 1 个月	小于 1 个季度	大于 1 个季度		
干 法 防 锈	热炉放水, 余热烘干	临时检修、小修	锅炉	汽压降至 0.5MPa 左右放尽锅炉水, 系统严密。放水门、空气门无缺陷	√					应无积水, 湿度小于 70%
	负压余热烘干法	大、小修		热炉放水后抽真空(真空度 0.053MPa 以上), 加速排湿气, 系统严密, 并配有抽汽系统			√			
	邻炉热风烘干法	冷备用, 大、小修		热炉放水后微开烟风挡板, 用邻炉 200℃~300℃热风送入本炉风道			√			
	热风干燥法	冷备用	锅炉、汽轮机	备有热风系统, 当热炉放水后连续供给热风			√			湿度 < 70%
	干燥剂去湿法	冷备用, 封存		放尽炉水后, 设备内部放干燥剂, 使空气相对湿度不高于 70%~80%, 系统严密				√		应无积水, 湿度 ≤ (70~80)%
	锈	充氮法	冷备用	锅炉, 高压加热器	汽侧充氮, 炉水用氨-联胺处理。汽侧保持氮压 0.03MPa~0.05MPa。汽水侧充氮: 当汽压降至 0.5MPa 后充氮, 顶压排水, 之后保持氮压 0.03MPa~0.05MPa				√	
气相缓蚀法		冷备用, 封存	要配置热风气雾化供气系统, 热炉放水后将缓蚀剂气体用 > 50℃ 的压缩空气输入					√		应无积水
湿 法 防 锈	氨水法	冷备用, 封存	锅炉, 高压加热器	放尽炉水, 用加药系统将含氨 500mg/L~700mg/L 溶液输入锅炉内			√			
	氨-联胺法	冷备用, 封存		放尽炉水, 用加药系统将含联胺 200mg/L, pH 为 10~10.5 的氨-联胺溶液输入锅炉内				√		
	蒸汽压力法	热备用	锅炉	停炉后关闭各烟风挡板, 逐渐降压, 最后保持汽压大于 0.5MPa						
	给水压力法	冷、热备用		停炉后保持汽包最高可视水位, 用除氧后的给水处理锅炉水至锅炉水澄清, 磷酸根小于 1mg/L, 最后用水压保持 0.5MPa~1.0MPa	√					

注: 表中划“√”者表示在该停炉期间适用的防腐蚀方法