

火力发电企业

安全性评价标准

查评依据

生产设备分册

中国国电集团公司 编



火力发电企业 安全性评价标准 查评依据

生产设备分册

中国国电集团公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

随着火力发电机组技术、工艺、材料和设备的发展,以及国家标准、规范的更新,中国国电集团公司 2006 年版的安全性评价标准已不能满足实际安全生产工作的需要。为此,集团公司组织对原评价标准进行了修订,编制了 2013 年版的《火力发电企业安全性评价标准》,并同步编制了《火力发电企业安全性评价标准查评依据(安全管理分册、生产设备分册)》。

本书为《火力发电企业安全性评价标准查评依据 生产设备分册》,主要包括锅炉设备、汽轮机设备、电气一次设备、电气二次设备及通信、热工设备、化学设备、燃料储运设备及系统、环境保护及系统(除灰、脱硫、脱硝设备)等内容。

本书供中国国电集团公司所属火力发电企业安全性评价工作人员,以及各级安全生产工作人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

火力发电企业安全性评价标准查评依据. 生产设备分册 /
中国国电集团公司编. —北京: 中国电力出版社, 2013.6
ISBN 978-7-5123-4566-9

I. ①火… II. ①中… III. ①火电厂—生产设备—安
全管理—评价标准—中国 IV. ①TM621.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 121914 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 6 月第一版 2013 年 6 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 60.5 印张 1988 千字

印数 0001—5000 册 定价 185.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编 审 委 员 会

主 任 委 员 于崇德

副 主 任 委 员 王忠渠 刘建民 胡文森 祁智明

主 编 刘穆轩 苗永旗 鹿宇峰

主要编写人员 刘爱军 刘海虹 秦清振 张金林

郑相太 孙连英 李玉刚 王鹏飞

李玉池 孟庆河 胡彦军 薛家凤

曹际恒 万晓林 朱衡山 张国志

为了进一步推动安全性评价工作深入开展,不断提高安全生产管理水平,中国国电集团公司安全生产部委托国电科学技术研究院在修编《火力发电企业安全性评价标准》(2013版)的同时,编制了《火力发电企业安全性评价标准查评依据(安全管理分册、生产设备分册)》。

查评依据根据国家、行业最新发布的法律、法规、标准及集团公司现行的规章制度、规范要求编制而成,内容具体、规范性强、涵盖面广,对火力发电企业开展安全性自查评工作具有重要意义,同时也是专业技术人员学习规范标准的最佳工具之一。

编写工作得到了中国国电集团公司有关企业和技术人员的大力支持,在此表示诚挚的感谢!由于技术水平、时间的限制,疏漏之处在所难免,敬请提出宝贵的意见和建议。

中国国电集团公司

2013年5月

编制说明

1. 本书按照《火力发电企业安全性评价标准》中评价项目的序号编排。
2. 为了检索方便，在编排上评价项目序号采用黑体，引用法令、法规、规范、条例、规定、文件等的名称及内容采用宋体。
3. 同一评价项目的依据，各有关标准和内容按照【依据 1】、【依据 2】……的顺序分别进行编排，同一标准的有关内容仍按原条文序号编排（但可能由于某些条文未选取而造成序号不连续），参照时请注意对同一评价项目的依据进行全面浏览，以免遗漏。
4. 参照查评时，若本依据引用的标准或文件已经修订或作废，请以最新版的标准或文件为准，标准之间有矛盾时，一般以颁发日期较后者为准。
5. 本书中引用的部分查评依据是根据当时特定的事故或技术条件制定的，在参照时可根据查评本单位技术水平和安全管理制度具体掌握。
6. 有些评价项目的查评依据，由于无全国统一的标准性文件，因此本书引用了部分地方性标准或企业标准，供有关单位进行安全性评价时参考。
7. 本书引用的标准内容中又提出参见其他标准的，一般不再编入。
8. 本规范所列查评依据为最低范围，参照查评时包括但不限于此。

前言

编制说明

安全管理分册

1 安全管理	1
1.1 安全生产指导原则及安全目标管理	1
1.2 安全责任制	5
1.3 规程、规章制度与执行	12
1.4 “两措”计划编制及实施	21
1.5 安全例行工作	27
1.6 安全教育与培训	32
1.7 安全监督体系	41
1.8 发包、承包、租赁及临时用工的安全管理	48
1.9 事故调查处理	54
1.10 应急救援	58
1.11 综合管理	74
1.12 安全考核与奖惩	76
2 劳动安全与作业环境	83
2.1 劳动安全	83
2.2 作业环境	196
2.3 防灾、减灾	229
2.4 电力设施保护	235

 生产设备分册

3 生产设备	1
3.1 锅炉设备	1
3.2 汽轮机设备	241
3.3 电气一次设备	340

3.4	电气二次设备及通信.....	508
3.5	热工设备.....	628
3.6	化学设备.....	716
3.7	燃料储运设备及系统.....	775
3.8	环境保护及系统（除灰、脱硫、脱硝设备）.....	850

3

生产设备

3.1 锅炉设备

3.1.1 常规锅炉运行工况（包括其他锅炉通用项目）

3.1.1.1 锅炉燃烧工况是否正常。

【依据 1】《电力工业锅炉压力容器监察规程》（DL 612—1996）

5.33 火室燃烧锅炉的炉膛与烟道应具有一定的承压能力，在承受局部瞬间爆燃压力和炉膛突然灭火引风机出现瞬间的最大抽力时，不因任何支撑部件的屈服或弯曲而产生永久变形。额定蒸发量 220t/h 及以上的锅炉，当采用平衡通风时，炉膛承压能力不小于 $\pm 3.92\text{kPa}$ 。但设计预留有除硫装置的锅炉除外。

5.34 大型锅炉顶部应采用气密封全焊金属结构，在保证自由膨胀的前提下又要有良好的密封。

5.35 水冷壁刚性梁应避免采用搭接焊缝，对接焊缝应有足够的强度。刚性梁与炉墙结构应满足下列要求：

- a) 刚性梁能自由膨胀且不影响水冷壁的膨胀，圈梁局部结构连接可靠；
- b) 正常运行中炉墙无明显晃动；
- c) 炉墙有良好的密封及保温性能；
- d) 在炉膛设计压力下，炉墙各部分不应有凹凸、开裂、漏烟。

13.7 锅炉应保持额定参数运行，不得任意提高运行参数和出力，在运行中出现超温超压情况时，应立即查明原因采取果断措施，并记录超温、超压的数值和时间。

【依据 2】《300MW 级锅炉运行导则》（DL/T 611—1996）

6.3 燃烧调整

6.3.1 燃烧调整的目的要求

锅炉正常燃烧时，燃料的着火距离适中，火焰稳定，且均匀地充满燃烧室，不应直接冲刷水冷壁。各段两侧烟温偏差不得超过设计值，尽量减少不完全燃烧损失，以提高锅炉运行的经济性，保持过热器、再热器不超温。

6.3.2 锅炉良好燃烧应具备的条件

- 6.3.2.1 燃用煤种与设计煤种应相符。
- 6.3.2.2 供给燃料完全燃烧所必需的空气量。
- 6.3.2.3 维持适当高的炉膛温度。
- 6.3.2.4 合理的一、二、三次风配比及良好的炉内空气动力工况。
- 6.3.2.5 合格的煤粉细度。

6.3.3 燃烧调整

6.3.3.1 风量的调整

正常运行时，及时调整送风机、吸风机风量，维持正常的炉膛压力，锅炉上部不向外冒烟气；炉膛出口的过量空气系数 α 值，应根据不同燃料的燃烧试验确定，烟气中的最佳含氧量应由调整试验确定；各部漏风率符合设计要求。值班人员应确知炉前燃料的种类及其主要成分（挥发分、水分、灰分、燃油黏度）、发热量和灰熔点，不同燃料通过调整试验确定合理的一、二、三次风率、风速，控制调整一、二、三次风压，达到配风要求，组织炉内良好的燃烧工况。当锅炉增加负荷时，应先增加风量随之增加燃料量；反之，锅炉减负荷时应先减少燃料量，后减少风量，并加强风量和燃料量的协调配合。

6.3.3.2 燃料量的调整

配直吹式制粉系统的锅炉，负荷变化不大时，通过调整运行中制粉系统的出力来满足负荷的要求；负荷变化较大时，通过启停制粉系统的方式满足负荷要求。配中间储仓式制粉系统的锅炉，负荷变化不大时，

通过调整给粉机转速的方法即可满足负荷的需要；负荷变化较大时，通过投停给粉机的方法满足负荷需要。

6.3.3.3 煤粉燃烧器的组合方式

在锅炉正常运行中，对配中间储仓式制粉系统的锅炉，煤粉燃烧器应逐只对称投入或停用，四角布置、切圆燃烧的锅炉严禁煤粉燃烧器缺角运行；对配直吹式制粉系统的锅炉，各煤粉燃烧器的煤粉气流应均匀；高负荷运行时，应将最大数量的煤粉燃烧器投入运行并合理分配各煤粉燃烧器的供粉量，以均衡炉膛热负荷，减小热偏差；低负荷运行时，尽量少投煤粉燃烧器，保持较高的煤粉浓度，且煤粉燃烧器尽量避免脱层运行；煤粉燃烧器投用后，及时进行风量调整，确保煤粉燃烧完全。

6.3.3.4 结渣的预防

锅炉受热面结渣的主要原因取决于燃煤的结渣特性及燃烧工况。因此，除按上述调整原则组织良好的炉内燃烧工况、注意监视各段工质温度的变化外，还应加强燃料的管理工作，电厂用煤应长期固定；若煤种多变，应加强混、配煤，使其尽量接近设计煤种；运行中加强锅炉吹灰工作，防止受热面积灰、结渣；发现结渣，及时采取措施。对于有严重结渣倾向的锅炉，现场应制定防止结渣的具体措施。

6.5.3.3 在燃烧调整上力求做到不使火焰中心偏斜，避免受热面超温或结渣。

【依据 3】《200MW 级锅炉运行导则》(DL/T 610—1996)

6.2 燃烧调整

6.2.1 燃烧调整应使燃料燃烧工况良好，火焰均匀地充满燃烧室，并中心位置适当。尽量减少受热面结渣和热偏差，减少污染物的排放。

6.2.2 燃料量的调节

6.2.2.1 中间储仓式制粉系统，当汽轮机负荷变动不大时，一般可通过调节给粉机的转速改变燃料量；当负荷变动较大时，可以通过增减给粉机运行台数改变燃料量。

6.2.2.2 直吹式制粉系统，当汽轮机负荷变动不大时，一般通过调节给煤机的煤量来改变燃料量；当负荷变动较大时，可通过启动或停止制粉系统来改变燃料量。

6.2.3 风量的调节

6.2.3.1 通过风量的调节使炉内保持的最佳氧量值，应根据锅炉结构的特点及燃用不同燃料试验后决定。通常固态排渣锅炉燃用烟煤时，炉膛出口氧量值宜控制在 4%~5% (CO₂ 为 14%~15%)，燃油锅炉宜实现低氧燃烧。

6.2.3.2 风量调节方式一般是通过送风机入口挡板开度调节供给炉内的总风量。根据炉内燃烧的工况需要，也可通过分风门开度调节各燃烧器之间风量分配。

6.2.3.3 负荷增加时，应先增加风量，后增加燃料；负荷减少时，应先减少燃料，再减风量。但在低负荷时，因炉内过剩氧量较多，故在增加负荷时应先增加燃料，后加风量；减少负荷时，则应先减少风量，后减少燃料。

6.2.3.4 运行时应保持炉膛负压为正常值，在加负荷时原则上应先增大吸风量，而后应及时地增加送风量和燃料量，在减负荷时应先减少燃料量和送风量，再减少吸风量。

6.2.4 燃烧器运行工况的调节

6.2.4.1 为了使燃烧器运行工况良好，必须保持适当的一、二、三次风配比，使燃烧器出口风粉均匀混合、着火良好和燃烧稳定。在燃用设计煤种时，风量配比宜按制造厂说明书规定，否则对于四角布置的燃烧器可参照表 1 数值予以规定。

表 1 一、二、三次风速值 m/s

直流式燃烧器	无烟煤、贫煤						烟煤、褐煤		
	w ₁	w ₂	w ₃	w ₁	w ₂	w ₃	w ₁	w ₂	w ₃
	18~24	40~45	50~60	20~35	50~55	50~60			

6.2.4.2 燃烧器运行中，应针对煤种、负荷、燃烧器结构的不同，采取不同的运行方式：

a) 负荷较大时，炉膛热负荷较高，燃烧比较稳定，但易结渣，宜多投入燃烧器；当负荷低时，炉内热

负荷低，尤其燃用挥发分低的煤时，易灭火，宜减少燃烧器数量，并应集中投入，以利于稳燃。

b) 四角布置的燃烧器，应对称投入，尽量不缺角运行，严禁把某一角的全部燃烧器停掉。

c) 在调整火焰中心的位置时，可通过改变燃烧器的摆角或增减上下层燃烧器的燃料量和相应的二次风量（或启停燃烧器）进行调节。

d) 采取中间储仓式制粉系统时，为防止粉仓内煤粉自燃或结块，任一燃烧器不能长期停用，应定期切换。同层燃烧器的给粉机转速偏差应不超过 5%。

6.3 蒸汽参数的调整

6.3.1 蒸汽压力的调节

6.3.1.1 机组负荷及燃料性质的变化均可导致蒸汽压力的变化，在一般情况下可通过燃料进行调节。

6.3.1.2 定压方式运行时，负荷变化率不大于 5%/min，若低于 70%时，可采用滑压运行，其负荷变化率不大于 3%/min。

6.3.1.3 在非事故情况下，禁止用开启安全阀和向空排汽阀降低汽压。

6.3.1.4 当停用高压加热器时，锅炉最高负荷应通过试验确定，以防止受热面管壁超温结渣和再热器进口压力升高。

6.5.3 保持受热面清洁

6.5.3.1 锅炉吹灰时要保持燃烧稳定，适当增大炉膛负压，加强对过热蒸汽温度和再热蒸汽温度的监视与调整。若结渣严重时，应做好防止掉大渣造成灭火的预想。

6.5.3.2 锅炉低负荷运行时，一般不宜吹灰，在锅炉发生事故时，应立即停止吹灰。

6.5.3.3 吹灰的间隔周期和方法应根据积灰情况具体规定。

6.5.3.4 经过检修后的吹灰器应进行冷态试验，其性能应良好，并达到备用状态。

6.5.3.5 吹灰器采用的吹灰介质（空气、蒸汽、水）质量、压力、温度应符合规定。

6.5.4 保持锅炉燃烧稳定

6.5.4.1 运行中应根据煤种、负荷和其他运行工况的变化及时调整燃烧。

6.5.4.2 运行中应加强火焰的监视，保持炉内火焰稳定，并不能直接冲刷水冷壁。

6.5.4.3 严格控制燃烧器燃料量的增减速率。保持合理的风粉比。

6.5.4.4 发现燃烧不稳定应及时投入油燃烧器，不投入油燃烧器稳燃时，其最低极限负荷应由试验决定。

6.5.4.5 粉仓的粉位应保持有足够高度，防止给粉机煤粉自流。

6.5.4.6 煤粉细度每班至少化验一次，最佳煤粉细度应由试验确定，当缺少试验数据时，细度选择值见表 2。

表 2 不同煤种的煤粉细度选择值 %

煤种	挥发分 V_{daf}	R_{90}
无烟煤	≤ 10	5~10
贫煤	10~20	12~14
烟煤	10~45	12~35
褐煤	40~50	40~60

6.5.4.7 必须注意实际燃用煤的质量和特性，并应作为燃烧调整的应变措施。

6.5.4.8 加强对储煤场和炉前煤的管理，每天应将燃煤的水分、灰分、挥发分、发热量化验一次。当班运行人员应掌握燃用煤的特性，对不同的煤种应保持合理配比。

【依据 4】《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》（DL/T 435—2004）

3 防止炉膛爆炸的有关要求

3.1 总体要求

总体要求包括：

a) 防止炉膛爆炸的要求, 涉及火力发电厂工程的设计、设备的选型和制造, 以及安装和运行各个环节。因此要求各有关部门紧密配合, 按 3.2 的要求, 对设备作出正确的选择, 特别是业主单位应及早参与有关建设的全过程, 掌握和熟悉各设备的配置情况和性能, 配备能胜任设备的运行与维护工作的人员, 并编制出相应的运行及维护规程。

b) 新建锅炉的各项设备及重要仪器、仪表, 未安装完毕并经验收检验合格前, 锅炉不应启动。安全保护系统在未调试合格前, 锅炉不允许交付生产运行。

c) 随着现代化火力发电厂的设备日趋复杂, 自动化水平应相应提高, 对重大的自动化操作事项, 应配有能连续显示其数据变化的显示器, 以便运行人员能迅速作出判断, 避免不安全工况的发生。

3.2 对设备与相应系统的要求

3.2.1 炉膛结构设计

炉膛结构设计的要求是:

a) 炉膛结构应能承受非正常情况所出现的瞬态压力。在此压力下, 炉膛不应由于任何支撑部件发生弯曲或屈服而导致永久变形。

b) 炉膛设计瞬态压力不应低于 $\pm 8.7\text{kPa}$ 。

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

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

3.2.5 燃烧器系统

燃烧器系统的要求是:

a) 燃烧器系统的设计必须与所选定的燃料特性和炉膛的结构型式紧密配合, 保证能向炉膛提供需要的煤粉量和空气量, 并保持火焰稳定和在炉内有较好的充满度。

b) 供给各燃烧器的燃料与空气的系统, 应有可靠的调节装置, 以满足需要的空气/燃料比。

c) 每个燃烧器煤粉喷口应配有点火器。某些不单独运行的燃烧器煤粉喷口, 其相邻运行的燃烧器煤粉喷口能提供可靠的点火源时, 可不设点火器。

d) 在设计炉膛及布置燃烧器时, 即应根据炉型选定炉膛压力的取样点、火焰检测器、点火器、暖炉油(气)枪的安装地点以及提供能正确观察到燃烧器着火区条件的条件。

e) 燃烧器所在的位置, 必须便于接近和进行维护。防止附近管道漏粉、漏油而引起火灾, 并为清除燃烧器喷口结渣提供条件。

3.2.6 燃烧调节系统

燃烧调节系统的要求是:

a) 燃烧调节系统应在锅炉运行的负荷范围内, 保持输入炉膛的燃料量和空气量与锅炉负荷相匹配, 其空气/燃料比在运行初期可控制在设计的限值内, 然后通过燃烧优化试验予以验证或修正。

b) 锅炉启动状态即可投入的燃烧调节系统, 其空气流量应维持在锅炉规定的吹扫风量, 燃料量应控制在锅炉启动时所规定的要求量。同时, 在运行中, 各燃烧器的燃料量应与其风量相匹配, 防止发生空气与燃料比例失调的现象。

c) 燃烧调节系统在改变炉膛输入燃料量时, 必须同时改变风量, 以保持需要的空气/燃料比。也可以采用在增加负荷时先加空气后加燃料, 减负荷时先减燃料后减空气, 但不允许只使用对燃料调节为自动调节, 而风量调节不自动的这种调节方式。

d) 调节系统的设计应防止锅炉炉膛在富燃料混合物条件下运行, 当空气/燃料比降至预定值以下时, 控制系统对增加燃料和减少空气量的动作应闭锁。此时, 控制系统应减少燃料量或增加空气量, 或者两者同时进行。

e) 对于平衡通风的炉膛, 炉膛运行压力应控制在规定的限值范围内, 并提供有压力越限时的报警和保护。

f) 设备的设计和操作规程的制定应尽可能允许燃烧调节装置能在线维护, 并提供对燃烧调节和相关的连锁装置进行试验和校验用的仪表和有关的装置。

g) 直吹式制粉系统的每台磨煤机应有计量其供煤量的装置, 以控制其总燃料量与总风量之比。对储仓式制粉系统, 应确保给粉量的可控性。

h) 应提供有控制空气煤粉混合物温度的手段, 及足够输送煤粉的一次风量。

3.2.7 点火器和启动油(气)枪

点火器和启动油(气)枪的要求是:

a) 设计时应根据燃料着火特性和运行方式的要求, 确定采用一类或二类点火器。并可在实际的运行试验中予以验证或修改, 如原设计为一类点火器, 而实际试验证明只能为二类, 即应改定为二类, 并按试验得出的条件进行点火。当煤种变换而着火特性有改变时, 应重新进行上述试验, 确定新的点火条件及其功能。

b) 点火器除点火功能外, 在煤质比正常运行的规定值差而影响到锅炉低负荷燃烧稳定性时, 点火器应有助燃功能。如在直吹式制粉系统中, 给煤机工作不正常, 储仓式制粉系统中给粉机供粉不良, 已影响到有关主燃烧器着火时, 点火器应投入助燃。

c) 点火器应固定安装并可伸缩, 并便于维护。所有点火器油(气)系统的安全关断阀应尽可能靠近点火器安装, 使此阀与点火器之间管道内的存油最少, 因为在点火器运行时, 无论由于什么原因使此阀紧急关闭, 其管道内过多的存油可能由于重力的作用而漏入炉膛, 出现不安全因素。

d) 根据煤质和设备特性, 为了满足锅炉启动时暖炉及升负荷的需要, 还可设置一定数量的启动油(气)燃烧器, 必要时应配置相应的点火器。

3.2.10 火焰检测及跳闸系统

火焰检测及跳闸系统的要求是:

a) 火焰检测器是炉膛安全监控系统中的重要组成部分。每个燃烧器, 包括其点火器及启动油(气)枪, 均应配置相应的火焰检测器。

b) 火焰检测器应选用已有运行业绩证实为可靠的类型, 安装时探头应对准火焰的敏感区段, 有最佳的视角范围, 并可调整。

c) 为保证火焰检测器探头工作稳定, 不受烟尘污染的影响, 应有足够风量与压头的专用风机(并有备用)向探头供给经过滤的清洁冷却风, 并保证炉膛在出现正压时, 烟气不会直接接触探头, 使其探头不被污染和温度不超过允许值。

d) 火焰检测器应具有自检功能, 以防止在正常火焰情况下由于火焰检测器自身的故障而导致误跳闸。

e) 当采用低 NO_x 燃烧方法时, 会影响到火焰特性, 因此在选择火焰探测器及其装设位置和视角时, 均应予以特别考虑。

f) 根据火焰检测触发有关设备自动跳闸的原则: 由于燃烧器出口煤粉着火的位置受到很多因素的影响, 因而火焰检测器有可能在某一时刻检测不到火焰, 而火焰实际是存在的, 同时锅炉在运行中都是多台燃烧器在运行, 因此对每个燃烧器可不必仅凭某一时刻检测不到火焰即认为该燃烧器已灭火而触发有关设备自动跳闸。但应发出报警信号, 由运行人员检查、判断是否需要停止该燃烧器运行。

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

3.3.3 正常运行

f) 当锅炉长时间在低负荷下运行时, 由于燃烧不完全, 可能有大量未燃尽的可燃物沉积在灰斗、受热面上和水平烟道内, 如这些可燃物被突然增大的通风或吹灰所扰动时, 将形成具有爆炸性的混合物而爆燃。因此, 应对可使用的各种煤分别定出允许低负荷运行的持续时间。

【依据 5】《燃煤电站锅炉技术条件》(SD 268—1998)

1 总则

1.1 本标准适用于国产 220t/h~2008t/h 电站煤粉锅炉(配 50MW~600MW 汽轮发电机组)。65t/h 及 130t/h 容量的电站锅炉, 可参照执行。

4.11 燃烧室:

4.11.1 燃烧室的几何尺寸及其参数(包括燃烧室容积热负荷、截面积热负荷、燃烧器区域壁面热负荷、出口烟温等)和燃烧器的型式、布置方式等,应根据燃用的煤种及其灰渣的特性来设计,一般应满足:

4.11.1.1 点火方便,燃烧稳定。

4.11.1.2 8h 额定负荷运行时,燃烧室的结渣能用吹灰器吹掉,而不影响锅炉正常运行。

4.11.1.3 燃烧室空气动力场良好,出口温度场均匀,转向室两侧的烟温差不得超过 50°C ,燃烧室的漏风系数在额定蒸发量下不得大于 0.05。

4.11.1.4 受热面不产生高温腐蚀。

4.11.1.5 燃烧室出口的烟温,应保证出口以后的受热面不沾污、积灰,或者积灰时易用吹灰器吹掉。

4.11.1.6 对于液态排渣的燃烧室,应保证不产生严重的析铁和堆渣;锅炉蒸发量在设计流渣临界值以上时,排渣应畅通。

4.11.1.7 燃烧室的吹灰器应能随炉体膨胀。

4.11.2 锅炉燃烧室的承压能力,在负压燃烧时,暂按 $\pm(3\sim5)\text{kPa}$ (约 $300\text{kgf/m}^2\sim500\text{kgf/m}^2$) 设计。对引进型锅炉,在燃烧室突然灭火或通风机全部跳闸、引风机出现瞬间最大抽力时,炉膛烟道、风道及有关设备等任何支撑部件,均不应产生永久变形。

4.11.3 锅炉燃烧室负压测孔,一般应布置在炉顶下 $2\text{m}\sim3\text{m}$ 处;在特殊情况下改变位置时,应规定出相应的负压值。

4.11.4 燃烧室看火孔的布置应便于运行人员观察炉内各燃烧器出口燃料的着火情况;燃烧器区域及其他易结渣的部位应设有观测孔、打渣孔及平台;人孔门的布置应便于检修人员进入各受热面处并设有出入平台。

4.11.5 炉顶应设有专供燃烧室内部检修时装设临时升降机具的预留孔。

4.12 燃烧器:

4.12.1 燃烧器的喷嘴使用寿命应不低于一个大修周期,且便于检修。

4.12.2 燃烧器在热态下,调节装置应灵活可靠,摆动式燃烧器的摆动角度应能达到设计值。

4.12.3 燃烧器的设计、布置应考虑降低燃烧产物中 NO_x 的措施。

4.12.4 燃烧器与水冷壁采用滑动结合时,应保证燃烧器与水冷壁之间正常的胀差移动,并应防止漏风。

4.13 各种循环方式的锅炉水冷壁均应进行传热恶化的验算,并要求发生传热恶化的临界热负荷与设计选用的最大热负荷的比值大于 1.25。燃烧室四角外水冷壁鳍片的连接应有防止因热负荷及管长不同而拉裂水冷壁管的措施。

4.14 UP 直流锅炉膜式水冷壁要作管间温差热应力计算,要考虑水冷壁制造公差引起的水力偏差因素,要合理布置混合器的位置和水冷壁管在联箱上的引入、引出方式,以保证水冷壁管不会因温差过大而发生变形或裂纹;水冷壁节流圈应便于检修中检查、更换,并有防止装错位置的措施。

4.15 蒸发量为 670t/h 及以上的锅炉燃烧室应有火焰检测、防爆保护以及灭火后自动清扫等功能的安全检测系统。

4.16 蒸发量为 670t/h 及以上的锅炉应配备可靠的自动点火装置,并采用程序控制。点火和稳燃用的油喷嘴应保证燃油雾化良好,避免油滴落入炉底或带入尾部烟道。为降低点火及稳燃用油量,应积极采用预燃室一类的稳燃技术。

4.17 根据燃料特性、燃烧方式及受热面的布置,锅炉应配备足够数量和质量可靠的吹灰器。吹灰器的喷嘴与受热面的配合应保证吹灰效果良好,且不损伤受热面(必要时应装设防护板)。蒸发量为 410t/h 及以上的锅炉吹灰器及其系统应采用程序自动控制。

4.18 过热器和再热器:

4.18.1 过热器和再热器的设计应保证各段受热面在启动、停炉、汽温自动控制失灵、事故跳闸以及事故后恢复到额定负荷时不致超温过热。

4.18.2 各段过热器、再热器应进行水力偏差计算,合理选择热力偏差系数,并据此进行管壁温度的计算验证。

4.18.3 过热器、再热器两侧出口的汽温偏差应分别小于 10℃和 15℃。

4.18.4 制造厂应提供各段过热器、再热器管介质出口温度的计算控制指标，温度测点布置图或测点布置说明。

4.18.5 过热器、再热器管排应根据所在位置的烟温有适当的净空间距，以防止受热面积灰搭桥或形成烟气走廊，加剧局部磨损；各管排应固定牢固，防止个别管子出列过热。易损管件应便于检修和更换。

【依据 6】《加强大型燃煤锅炉燃烧管理的若干规定》（电力部安生〔1993〕540 号）

1. 锅炉设计用煤的选择

1-1 大型锅炉前期工作中设计用煤的确定要特别慎重。设计煤种应由计划、建设、生产等有关部门商议，并经主管局总工批准后提出。

1-2 燃用煤种难以做到稳定供应的电厂，在选用校核煤种时，其灰分、发热量应留有适度的裕量，但校核煤种与设计煤种两者可燃基挥发分和低位发热量差别不宜过大。

1-3 需要燃用多种煤时，应先确定不同煤的混烧比例，取该配比的混煤作设计煤种。但不应将煤质相差悬殊的煤种，例如无烟煤与烟煤、褐煤；贫煤与褐煤的混合煤作设计煤种。

1-4 设计煤种和校核煤种应按标准规定取样并取得以下数据：常规分析数据：工业分析、元素分析、可磨性指数、煤灰成分及煤灰熔融温度、飞灰比电阻特性；非常规分析数据：着火特性、燃尽特性、结渣特性、磨损特性等。也可在同类型锅炉上进行试烧取得数据。并根据所取得的数据，对锅炉炉膛设计进行复核。

3. 调整试验

基本建设过程中应分阶段完成锅炉燃烧调整与试验工作。其中：

3-1 冷态调整阶段主要工作有：

3-1-1 炉膛冷态空气动力场校核试验及炉膛与烟风道严密性和水平烟道流场分布试验；

3-1-2 调节风门挡板特性试验；

3-1-3 燃烧器角度的校验和摆动试验；

3-1-4 一次风管风量分配均匀性调整试验；

3-1-5 一次风机（排粉机）、送风机、引风机挡板开度与风量标定及连锁试验；

3-1-6 重力式给煤机砵码校验；

3-1-7 点火油系统检查、点火器发火试验、油枪雾化喷射试验和调风器检查、通风试验；

3-1-8 吹灰器行程动作试验；

3-1-9 热控系统有关冷态调整试验；

3-1-10 其他。

3-2 机组整套启动调试阶段应完成的燃烧调试工作有：

3-2-1 灭火保护及火焰监视系统投入试验；

3-2-2 煤粉细度调整试验；

3-2-3 燃烧器的一、二次风量调整试验，若一次风管内积粉或堵粉现象，应采取措施及时消除；

3-2-4 锅炉油燃烧器燃烧工况检查，不得存在漏油、滴油、水冷壁挂油、排渣系统有油排出、大量冒黑烟等现象，纯烧油时烟气中碳黑浓度不大于每标准立方米 50mg；

3-2-5 程控投吹灰器试验；

3-2-6 投入全部自动调节装置（个别确不能投入的自动装置，须经批准，可到试生产期内投入）；

3-2-7 各运行参数的检查（包括过热器和再热器管壁温度测量仪表在内的各种表计的指示准确）；

3-3 机组试生产结束前应完成以下各项燃烧调整试验，保证锅炉安全、经济运行；

3-3-1 调整过剩空气系数和一、二次风率、风速和风煤比，使煤粉燃烧良好，不在水冷壁附近产生还原性气氛，避免火焰偏斜直接冲刷水冷壁；

3-3-2 确定不同负荷下的最佳过剩空气系数；

3-3-3 确定经济煤粉细度；

3-3-4 确定不同负荷下燃烧器的投运方式；

3-3-5 对燃烧高硫或易结渣煤的锅炉，要测量燃烧器区域的贴壁烟气成分，避免缺氧燃烧造成高温腐蚀或严重结渣；

3-3-6 确定摆动式燃烧器允许摆动范围；

3-3-7 吹灰器及其程控系统的整定试验；

3-3-8 制粉系统调整试验及一次风的含粉量均匀性测量；

3-3-9 锅炉不投油最低稳燃负荷试验；

3-3-10 过热器、再热器温度特性和烟气、工质的热偏差试验；

3-3-11 完成热工自动在各种工况下的调整、整定试验；

3-3-12 制定锅炉在不同负荷下最佳工况运行操作卡；

3-3-13 锅炉热效率试验；

3-3-14 针对锅炉存在的问题，安排有关调整试验。

4. 加强运行维护和管理

4-12 运行中锅炉灭火时，当灭火保护拒绝动作时，要采取有效措施，防止“爆燃”。

4-13 要加强对运行人员培训，认真执行持证上岗制度。

附：煤质允许变化范围

煤种	可燃基挥发分偏差值 %	应用基灰分偏差值 %	应用基水分偏差值 %	应用基低位发热量偏差值 %	灰软化温度（ST）偏差值 %
无烟煤	-1	±4	±3		
贫煤	-2		±3	±10	-8
低挥发分烟煤	±5	±5	±4		
高挥发分烟煤	±5	±5	±4	-10	
褐 煤	±5	±5	±7		

注：挥发分、灰分、水分均为与设计值的绝对值偏差；发热量、ST 为与设计值的相对偏差值。

【依据 7】《中国国电集团公司重大事故预防措施》（国电集生〔2003〕260 号）

8 防止锅炉炉膛爆炸事故

为防止锅炉炉膛爆炸事故发生，应严格执行《大型锅炉燃烧管理的若干规定》、《火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》（DL 435—1991）以及其他有关规定，并重点要求如下：

8.1 防止锅炉灭火。

8.1.1 各电厂要根据本厂设备的具体情况，制定防止锅炉灭火放炮的措施，包括从来煤煤质监督、混配煤到燃烧调整以及低负荷运行，并严格执行。

8.1.2 加强燃煤的监督管理，完善混煤设施。加强配煤管理和煤质分析，并及时将煤质情况通知司炉，做好调整燃烧的应变措施，防止发生锅炉灭火。

8.1.3 新炉投产、锅炉改进性大修后或当实用燃料与设计燃料有较大差异时，应进行燃烧调整试验，以确定一、二次风量、风速、合理的过剩空气量、风煤比、煤粉细度、燃烧器倾角或旋流强度及不投油最低稳燃负荷等。在实用燃料与设计燃料有较太差异时，应首先进行校核计算，在校核计算许可的情况下，还应进行冷态动力场试验和热态调整试验。

8.1.4 当炉膛已经灭火或已局部灭火并濒临全部灭火时，严禁投入助燃油。当锅炉灭火后，要立即停止燃料（含煤、油、燃气、制粉乏气风）供给，严禁用爆燃法恢复燃烧。重新点火前必须对锅炉进行充分通风吹扫，以排除炉膛和烟道内的可燃物质。

8.1.5 加强锅炉燃烧调整，特别是一次风速风压的监视，防止风速过低煤粉堵管而造成的熄火。

8.1.6 100MW 及以上等级机组的锅炉应装设锅炉灭火保护装置。加强锅炉灭火保护装置的维护与管理，防止火焰探头烧毁、污染失灵、炉膛负压管堵塞等问题的发生。

8.1.6.1 定期对灭火保护探头周围打焦清灰工作，认真落实灭火保护定期试验制度，防止因保护设备误动造成锅炉灭火。

8.1.6.2 做好火焰监视系统的维护、管理和改进工作,提高其准确性。

8.1.6.3 灭火保护系统应引入炉膛压力保护。容量为 100MW 及以上机组锅炉的灭火保护系统除引入负压保护信号外,还必须引入火焰检测信号,并且要求灭火后有进行自动吹扫的控制逻辑。

8.1.6.4 300MW 及以上机组的锅炉,应配备功能较全的燃烧安全保护系统以提高大型锅炉的应变能力,系统除了具备上述灭火保护功能外,还应具有喷燃器管理功能和保护装置本身的定时自检功能。

8.1.6.5 炉膛负压测点位置及正负压报警保护定值合理。

8.1.7 严禁随意退出火焰探头或连锁装置,因设备缺陷需退出时,应经总工程师批准,并事先做好安全措施。热工仪表、保护、给粉控制电源应可靠,防止因瞬间失电造成锅炉灭火。

8.1.7.1 给粉控制电源应可靠,应尽量设置为双电源,双电源互为可靠备用。

8.1.7.2 在确定给粉电源失电时,锅炉可能已经灭火或燃烧不稳,此时应防止突然恢复给粉系统电源向炉膛内大量送入煤粉而爆炸。一般应按紧急停炉处理。

8.1.8 加强设备检修管理,重点解决炉膛严重漏风。给粉机下粉不均匀和煤粉自流、一次风管不畅、送风不正常脉动、堵煤(特别是单元式制粉系统堵粉)、直吹式磨煤机断煤和热控设备失灵等缺陷。

8.1.9 加强点火油系统的维护管理,消除泄漏,防止燃油漏入炉膛发生爆燃。对燃油速断阀要定期试验,确保动作正确、关闭严密。

8.1.9.1 锅炉点火系统经常处于可靠备用状态,定期对油枪进行试验检查,确保油枪雾化良好,以便在锅炉低负荷燃烧或燃烧不稳时能够及时投油助燃。

8.1.9.2 严格执行燃油系统的运行规程,锅炉在停炉或备用期间,运行人员必须检查油系统的阀门是否关闭严密。

8.2 防止严重结焦。

8.2.1 采用与锅炉相匹配的煤种,是防止炉膛结焦的重要措施。

8.2.2 运行人员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。

8.2.3 增减炉膛卫燃带时,应做好技术可行性论证。

8.2.4 大容量锅炉吹灰器系统应正常投入运行,防止炉膛沾污结渣造成超温。

8.2.5 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。

【依据 8】《塔式炉超临界机组运行导则 第 1 部分: 锅炉运行导则》(DL/T 332.1—2010)

6.3 调整的主要项目

6.3.1 燃烧调整

通过燃烧调整,确立合理配风,使燃烧工况稳定,经济性提高,同时减少 NO_x 、 SO_x 的生成量,并使燃烧室热负荷分配均匀,减少热偏差;保持炉膛火焰适当的氧化、还原区域,防止受热而结渣、堵灰、高温腐蚀。

1) 直流燃烧器用燃料风(周界风)挡板,旋流燃烧器用内调风器进行适当调节,视煤质状况改变着火位置,改善着火的稳定性。对于切向燃烧方式的直流燃烧器,从背火而观察着火点离喷口应在 $(0.3 \sim 0.5)$ m 范围内;对墙式对冲燃烧方式的旋流燃烧器,着火点应在燃烧器的喉部,并在燃烧器出口约两倍喷口直径范围内,形成火焰为黄色不刺眼的着火区。

2) 改变风箱—炉膛差压即调整辅助风(二次风)量来改变火焰的刚性,使火焰不冲刷水冷壁,对平衡通风的锅炉通常炉膛风压控制在 $-(50 \sim 100)$ Pa,当锅炉出力在 80%BMCR 及以上时,合适的风箱—炉膛差压,对燃用挥发份 $V_{\text{daf}} > 18\%$ 中等以上的贫煤和烟煤约为 $(900 \sim 1000)$ Pa;对挥发份不高的贫煤或无烟煤约为 $(1000 \sim 1100)$ Pa,或按制造厂推荐值。

3) 调整炉膛出口过剩空气系数 α 值来确定较低的排烟温度和飞灰含碳量。在煤粉细度根据煤质已确定,并通过制粉系统调整达到要求(见 9.3.1、9.3.2 节制粉系统启动与调整条款),炉膛和烟道的漏风得到控制之后,用调节送风机进风量改变二次风 S 的方法,对炉膛出口氧量进行设定。通常在锅炉出力达到 75%BMCR 后,氧量到达最低值约 $(2.5 \sim 3.5)\%$,相对应的 α 值约为 1.1~1.2。

4) 调整过燃风,使煤粉实现分级燃烧来遏制炉内 NO_x 、 SO_x 的生成量。在燃烧器组顶部过燃风喷嘴以下,煤粉在空—燃比小于 1.0 ($\alpha \leq 1.05$) 的还原性气氛下缺氧低温燃烧,抑制了燃烧火焰中心 NO_x 、 SO_x