

团 体 标 准

T/ACEF 173-2024

电站煤粉锅炉高碱煤掺烧技术导则

Technical guidelines for high-alkali coal blending combustion in pulverized coal-fired boiler of power plant

(发布稿)

2024-12-20 发布

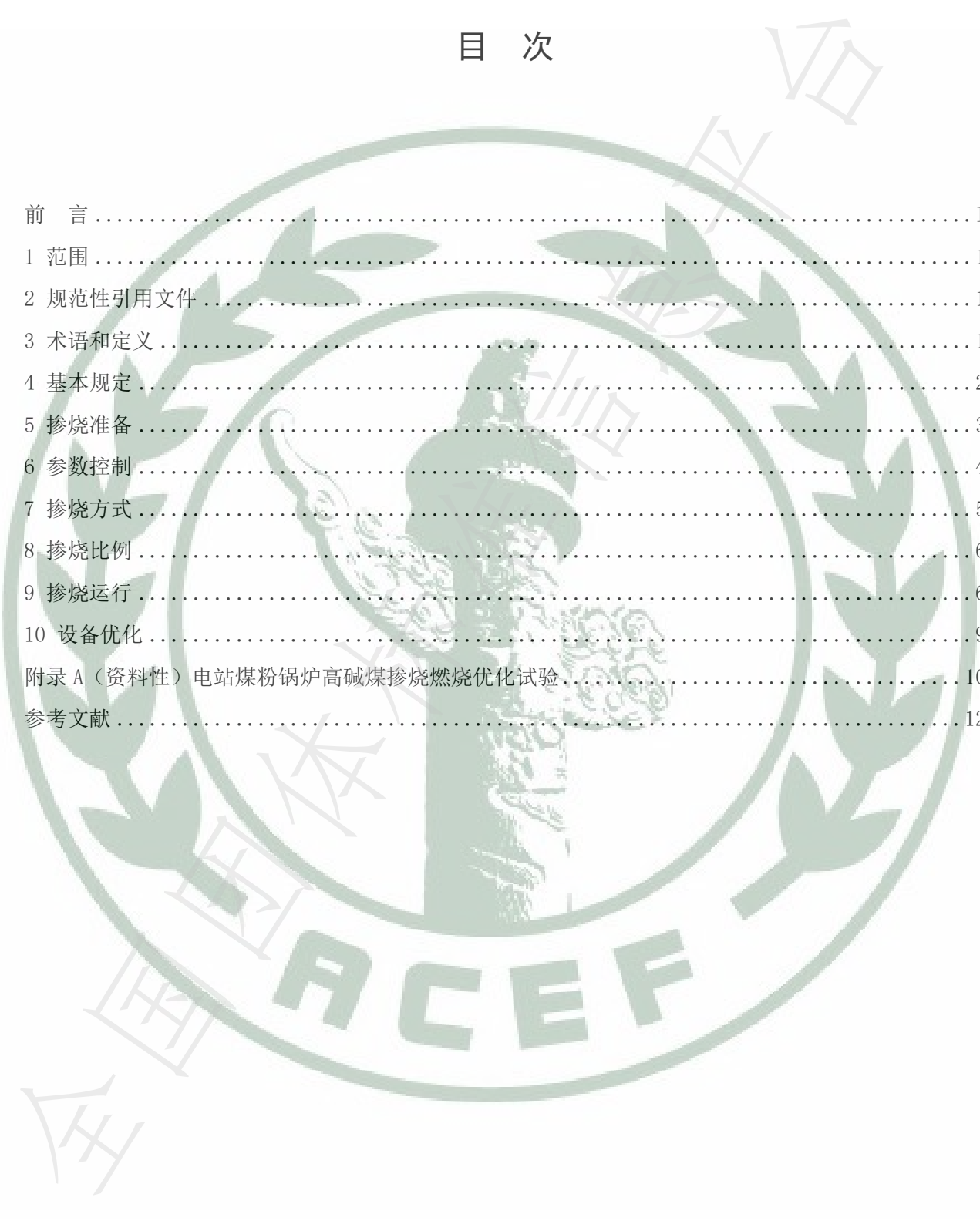
2024-12-26 实施

中 华 环 保 联 合 会 发 布



目次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 掺烧准备	3
6 参数控制	4
7 掺烧方式	5
8 掺烧比例	6
9 掺烧运行	6
10 设备优化	9
附录 A（资料性）电站煤粉锅炉高碱煤掺烧燃烧优化试验	10
参考文献	12





前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主要起草单位：国家能源集团科学技术研究院有限公司、中煤能源新疆煤电化有限公司、华电电力科学研究院有限公司、国家能源集团宁夏电力有限公司、新疆神火煤电有限公司。

本文件参编单位：东方电气集团东方锅炉股份有限公司、北京巴布科克·威尔科克斯有限公司、华能（福建）能源开发有限公司福州分公司、云南电力试验研究院（集团）有限公司、国能神华九江发电有限责任公司、国能宁夏鸳鸯湖第一发电有限公司、宁夏电投银川热电有限公司、上海锅炉厂有限公司、宁夏电力能源科技有限公司、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司、北京永博洁净科技有限公司、北京碧环清洁能源科技有限公司。

本文件主要起草人：马国伟、王海狮、杜宝仓、尹黔昊、王彦林、张贺嘉、王伟、罗昌福、杨博闻、王福宁、李飞、南向东、索涛、宋志凯、蔡新快、黎懋亮、李玉平、王贤、靳会宁、姚振、解国强、党高峰、王明生、王伟、于强、于洪泽、李谦、刘建华、周磊、吕梓扬、吕国、满永刚、丁磊、余建虎、闫凯、张鹏杰、应文忠、关靖宇、马宗凯、何利、张永和、程昌业、刘祥伟、李德意。



电站煤粉锅炉高碱煤掺烧技术导则

1 范围

本文件规定了电站煤粉锅炉高碱煤掺烧的基本原则、掺烧准备、关键参数控制、掺烧方式、掺烧比例、运行方式及设备优化建议等。

本文件适用于现役电站煤粉锅炉高碱煤掺烧。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 3715	煤质及煤分析有关术语
GB/T 5751	中国煤炭分类
GB/T 7562	商品煤质量 发电煤粉锅炉用煤
GB/T 10184	电站锅炉性能试验规程
DL/T 1106	煤粉燃烧结渣特性和燃尽率一维火焰炉测试方法
DL/T 1445	电站煤粉锅炉燃煤掺烧技术导则
DL/T 5145	火力发电厂制粉系统设计计算技术规定

3 术语和定义

GB/T 3715 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高碱煤 high alkali coal

煤灰成分中碱金属（氧化钠+0.66*氧化钾）含量大于 3%的煤种。

3.2

高碱煤掺烧 blending of high alkali coal

现役电站煤粉锅炉在常规燃用煤种的基础上掺烧高碱煤。

3.3

高碱煤掺烧比例 blending ratio of high alkali coal

高碱煤占全部入炉煤的质量分数。

3.4

高碱煤掺烧方式 blending mode of high alkali coal

不同煤种进入炉膛燃烧的方式。

3.5

间断掺烧 coal blended discontinued

锅炉在一定时间内燃用某种煤质后，再燃用另外一种煤种一定时间，如此循环燃烧的方式，称为间断掺烧。

3.6

预混（共磨）掺烧 coal blended outside boiler before burning

通过皮带或者煤场预混的方式，将两种或两种以上煤种掺混，进入同一台磨煤机，再送入锅炉燃烧的方式。。

3.7

分磨掺烧 coal blended with separated mills

不同煤种通过皮带进入不同磨煤机，并由相对应的燃烧器燃用该煤种，在炉内进行燃烧的掺烧方式。

3.8

煤灰酸碱比 RB/A coal ash base - acid ratio

煤灰成分中碱性氧化物 Na_2O 、 CaO 、 K_2O 、 Fe_2O_3 、 MgO 质量含量之和与酸性氧化物 SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 质量含量之和的比值。

4 基本规定

4.1 电站煤粉锅炉燃煤类别划分应按 GB/T 5751 的规定执行。

4.2 高碱煤掺配煤种宜为煤灰中 Al_2O_3 成分不小于 20% 的燃煤。

4.3 高碱煤掺配方式宜遵循取旧存新、取热存冷的原则，宜选择间断掺烧和预混共磨掺烧，试烧期间也可采用分磨掺烧。

4.4 现役锅炉掺烧高碱煤应进行掺烧试验，燃烧调整试验内容见附录 A，燃用煤质指标、结渣沾污性能应与锅炉参数匹配。

4.5 掺烧方案应按本文件及 DL/T 1445 的规定执行。

4.6 当入炉煤煤灰成分碱酸比不小于 0.2 时，应制定锅炉结渣沾污防控技术方案。结渣沾污风险应根据煤灰成分计算指标划分，煤炭结渣沾污风险等级划分应符合表 1 的规定。

表 1 结渣沾污风险等级划分

煤灰成分指标等级	结渣沾污风险等级	固体排渣煤粉锅炉可燃用性
$R_{B/A} < 0.2$	低	受热面结渣沾污轻
$0.2 \leq R_{B/A} < 0.3$	中	较易防控受热面结渣沾污

$0.3 \leq R_{B/A} < 0.5$	高	采用先进技术可持续燃用
$0.5 \leq R_{B/A} < 0.8$	极高 I	按先进技术设计可持续燃用
$0.8 \leq R_{B/A} < 1.5$	极高 II	按先进技术设计可间断燃用
$R_{B/A} > 1.5$	极高 III	现有技术无法单独燃用
备注： $w(\text{Na}_2\text{O})_{\text{ZS}} \geq 7.0\%$ 或 $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \geq 18.0\%$ ，风险等级下移 1 档，最多移至极高 III 级； $w(\text{Na}_2\text{O})_{\text{ZS}} \geq 10.0\%$ 或 $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \geq 30.0\%$ ，风险等级下移 2 档，最多移至极高 III 级。		

5 掺烧准备

5.1 制粉系统

- 5.1.1 应根据机组设计参数、设备状况及负荷预测需求等确定高碱煤掺配比例以及掺配方式。
- 5.1.2 掺烧高碱煤的机组，应开展制粉系统热力计算，分析掺烧高碱煤对制粉系统干燥出力的影响，确定现有制粉系统掺烧比例上限，提高掺烧比例时，应按掺烧试验情况，开展制粉干燥出力提升改造。

5.2 锅炉运行安全性

- 5.2.1 灰成分化验用样制备应采用有效抑制碱金属成分挥发逃逸的方法，宜采用低温灰化法。灰成分检测应符合 DL/T 1037 的规定。
- 5.2.2 掺烧高碱煤过程中，应分析煤灰中 Na_2O 、 K_2O 、 Fe_2O_3 、 CaO 等指标。宜控制 Na_2O 、 K_2O 指标，煤灰中 Fe_2O_3 、 CaO 含量，煤灰中的 Fe_2O_3 和 CaO 不能同时达到高值。 Fe_2O_3 含量不应大于 20%， CaO 含量不应大于 30%。
- 5.2.3 掺烧高碱煤机组应满足燃烧器喷口煤粉气流着火距离要求。
- 5.2.4 掺烧高碱煤机组应监测运行氧量和炉膛出口温度，通过燃烧优化调整抑制锅炉结焦。
- 5.2.5 锅炉宜在水冷壁出口、过热器、再热器装设足够的壁温测点，并应满足对受热面监视的要求，运行操作应监视壁温变化趋势，分析锅炉受热面结渣、沾污变化。
- 5.2.6 吹灰系统应根据试验结果，按合理方式及频率投运。停炉检修期间，应加强吹灰器区域防磨瓦片检查和加固，并对受热面吹损检测和评估。
- 5.2.7 运行时应分析捞渣机系统油压变化，吹灰器投应采取避免焦块掉落的措施。冷灰斗及渣井内灰渣堆积体积超过 5m^3 ，且无法通过扰动或人工清焦处理时，应申请停机处置。
- 5.2.8 锅炉运行安全性分析应开展燃料特性分析和高碱煤比例提升掺烧试验，分析掺烧高碱煤对锅炉运行安全性的影响，制定最佳掺烧比例及方案，并开展燃烧及控制优化调整试验。
- 5.2.9 吹灰不及时或吹灰效果不佳时，应增加吹灰器的频次，应对特殊部位进行标注，选择合理方式及频率投运，避免无效吹灰和过吹，同时还应控制吹灰器调节阀后蒸汽压力处于正常范围。

5.3 锅炉运行经济性

掺烧高碱煤后，应开展燃料特性分析和高碱煤比例提升掺烧试验，确定大比例掺烧高碱煤对锅炉运行经济性的影响，结合实际制定最佳的掺烧比例及方案，并开展燃烧及控制优化调整试验，优化运行控制参数。

5.4 锅炉运行环保性

5.4.1 掺烧高碱煤后，应利用检修机会检测催化剂活性，应避免出现催化剂发生碱中毒失去活性。低负荷尤其深调负荷时应关注脱硝系统的入口烟温，确保催化剂能正常运行。

5.4.2 掺烧高碱煤时，应控制高碱煤中 Cl 的浓度不高于 0.5%。

5.5 锅炉低负荷稳燃能力

掺烧高碱煤后，低负荷下应监测磨煤机差压及出口风速，防止因一次风热风温度低，制粉系统干燥出力不足引起磨煤机堵磨或粉管堵塞等问题，另外还应兼顾炉膛出口烟温，确保脱硝系统能正常投运。

6 参数控制

6.1 入炉煤煤质参数计算

入炉煤煤质参数的目标是调控入炉煤的灰成分及结渣沾污性，使之与锅炉的结渣沾污综合防控能力相适应。应基于入厂煤煤质参数计算并通过输煤和制粉系统调控入炉煤结构及比例。

6.1.1 掺烧高碱煤后，入炉煤煤质参数可按照 DL/T 1445 计算，计算公式见式（1）。

$$MZ = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times C_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

MZ ——入炉煤煤质参数，如水分、灰分、挥发分、发热量、氮、硫等；

P_i ——各单煤 i 的质量分数；

C_i ——各单煤 i 的煤质参数。

6.1.2 掺烧高碱煤后，入炉煤煤灰中的主要成份可按照 DL/T 1445 计算，计算公式见式（2）。

$$MH = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times A_i \times Z_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times A_i} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

MH ——入炉煤煤灰中的主要成份，重点关注 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 等；

P_i ——各单煤 i 的质量分数；

A_i ——各单煤 i 的灰分质量分数；

Z_i ——各单煤 i 的灰分中某组分的含量质量分数。

6.2 关键参数推荐控制值

大比例掺烧高碱煤对锅炉的影响详见第 5 部分，应重点关注掺烧高碱煤后的沾污、结渣特性，关键参数推荐控制值如下：

收到基水分 M_{ar} ，主要影响机组的制粉系统干燥出力，可参考 DL/T 1445 建议值，高碱煤含水率在 22%-30%之间，建议按照锅炉原设计煤种煤的 $\pm 10\%$ 控制，磨煤机出口风粉混合温度按照不低于 60°C 控制。

干燥无灰基挥发分 V_{daf} ，主要影响机组的着火性能、低负荷稳燃能力以及制粉系统的防爆等，可参考 DL/T 1445 建议值，高碱煤挥发分在 30%-49%之间，建议按照锅炉原设计煤种煤的 $\pm 8\%$ 控制。

收到基发热量 $Q_{net,ar}$ ，主要影响机组的带负荷能力等，可参考 DL/T 1445 建议值，建议按照锅炉原设计煤种煤的 $\pm 8\%$ 控制，不应影响机组的带负荷能力。

全硫 S_t ，主要影响机组的受热面、尾部烟道腐蚀以及环保能指标，可参考 DL/T 1445 建议值，建议根据机组脱硫设备的能力确定，混煤掺混后硫分 S_t 不宜大于 1.8%。

收到基灰分 A_{ar} ，主要影响机组的运行安全性和除尘系统等，高碱煤灰分在 5%左右，大比例掺烧高碱煤对除尘系统基本无影响。考虑到高碱煤灰分较低，碱金属含量较高，建议混煤掺混后收到基灰分 $A_{ar} \geq 12\%$ 。

灰成分 (Al_2O_3 、 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 等)。定义 $A_{(新疆)}$ 为新疆高碱煤空干基灰分 (单位%)， $W_{(新疆)}$ 为新疆高碱煤煤灰中 Na_2O 和 K_2O 质量分数之和 (单位%)， $A_{(其它)}$ 为其它煤空干基灰分 (单位%)， $W_{(其它)}$ 为掺配煤煤灰中 Al_2O_3 和 SiO_2 含量之和 (单位%)。 $P_{(新疆)}$ 为新疆高碱煤掺配比例 (单位%)， $P_{(其它)}$ 为其它煤掺配比例 (单位%)，建议混煤后煤灰中的 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 等组分按照如下公式 (3) 进行控制。

$$0.03 \leq P_{(新疆)} \cdot A_{(新疆)} \cdot W_{(新疆)} / (P_{(其它)} \cdot A_{(其它)} \cdot W_{(其它)}) \leq 0.05 \quad (3)$$

混煤后煤灰中的 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 等组分控制可按下列公式计算：

$$R_{B/A} = (\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) \leq 0.3 \quad (4)$$

7 掺烧方式

燃料的掺烧方式参考 DL/T 1445 主要有间断掺烧、预混 (共磨) 掺烧、分磨掺烧三种。碱煤水分高、结焦特性强，可根据掺烧比例的高低来选择掺烧方式，大比例掺烧方式下原则上宜采用预混共磨掺烧，掺烧比例低于 40% 也可以采用间断掺烧和分磨掺烧。

7.1 间断掺烧

7.1.1 高碱煤来源不稳定地区的火电机组，宜采取间断掺烧方式。

7.1.2 间断掺烧方式下高碱煤掺烧比例不宜高于 40%，且高碱煤应放在下层磨掺烧。煤种切换过程中应采取防止煤质参数变化引起灰焦的塌方、掉落或结渣加重的措施。

7.2 预混共磨掺烧

7.2.1 采用皮带掺混时，应按计算的掺烧比例调整斗轮机、叶轮给煤机、给料机等设备上料量，将高碱煤与其它煤按一定比例在皮带上掺混。

7.2.2 采用煤场存储掺混时，应将入厂煤常规煤种摊开，然后在上面按比例覆盖高碱煤，上煤时由横断面取煤。静态混煤可包括分堆组合堆放、对称分层堆放、不对称分层堆放等，具体可参照 DL/T 1445。

7.2.3 采用多磨掺混策略时，宜采用预混共磨掺烧方式。宜采用“阶梯型”共磨掺配策略，在维持总掺配比例不变的基础上，将不同标高的磨煤机分为上中下三组，同组高碱煤掺配比例一致，不同组磨煤机采取不同的高碱掺配比例，多磨掺混策略及约束可按下列规则执行：

$$\text{上组磨：} P_{\text{（高碱煤）-上组磨}} \leq 40\%;$$

$$\text{中组磨：} P_{\text{（高碱煤）-中组磨}} \leq 60\%。$$

8 掺烧比例

8.1 常规煤质参数应确定约束条件，应包括最低入炉燃料热值 $Q_{\text{net,ar}}$ 、最大收到基水分 M_{ar} 、最大干燥无灰基挥发分 V_{daf} 、最大全硫 S_t 、最低收到基灰分 A_{ar} 。高碱煤与煤掺混后的煤质参数应按式(1)、式(2)计算。

8.2 混煤煤灰组分应确定约束条件，应包括 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 等。高碱煤与煤掺混后煤灰的灰组分参数应采用式(2)计算，高碱煤与煤掺混后煤灰的灰组分应满足式(3)和(4)的约束条件。

8.3 高碱煤初步掺烧比例应根据上述约束条件，按高碱煤和其它掺配煤的燃料特性、锅炉设计参数、煤场掺混条件等确定。

8.4 开展高碱煤掺烧试验并评定锅炉最大掺烧比例时，宜安排在机组设备消缺、改造或运行优化后，在确保锅炉正常运行条件下，增大高碱煤掺烧比例，观察锅炉运行参数和现场实际状况，判别锅炉是否可长期适应入炉煤结构比例；每个比例观察检验时间不应少于 72h，或在连续 90%以上锅炉额定负荷运行不应少于 24h；当入炉煤 $R_{90,A} \geq 0.3$ 后，每个比例观察检验时间不应少于 168h，或在连续 90%以上锅炉额定负荷运行不应少于 48h。

9 掺烧运行

9.1 输煤系统运行

9.1.1 大比例掺烧高碱煤应该加强煤场管理，不同风险等级的高碱煤应分开堆储，设置明确的堆储界限，避免不同燃用风险等级的燃料混堆，保障煤场不同燃料的合理堆放与燃料调配。

9.1.2 大比例掺烧高碱煤优先采用皮带掺混的方式进行掺烧，按照计算好的掺烧比例调整斗轮机、叶轮给煤机、给料机等设备的上料量，将高碱煤与其它煤按照一定的比例在皮带上进行掺混，同时完善上料系统，实现高碱煤的精准掺配。

9.1.3 煤场喷淋装置应正常投运，发现超温时应采取降温措施，发现自燃时应及时清理压实，不宜采用

大量喷水方式灭火，不得将带有火种的煤送入输煤皮带。当煤堆温度超过 60℃时，应及时投入煤场喷淋装置，并尽快入炉。定期对疆煤进行倒垛翻烧，做到清场彻底，周期一般不超过半个月。

9.2 制粉系统运行

9.2.1 掺烧高碱煤，应在锅炉检修或技改对燃烧器设备进行修整之后，依据标准进行冷态空气动力场试验。通过使用烟花或飘带示踪、激光定位、钢丝定位、局部测速以及等速线计算等方法，验证四角切圆位置和直径、旋流燃烧器回流状况以及气流分布等关键参数，及时发现并消除潜在的安全隐患。

9.2.2 掺烧高碱煤，应依据国家电力行业标准 DL/T 467，进行制粉系统试验，精确测试磨煤机在不同模式下的关键特性参数，如制粉出力、煤粉细度、均匀性指数、制粉单耗、水分含量和管间煤粉浓度偏差等关键指标，为锅炉燃烧调整优化提供数据支持。

9.2.3 掺烧高碱煤，应重点关注磨煤机出力、电流以及出口风粉温度，防止堵磨，原则上磨煤机出口风粉温度不低于 60℃。

9.2.4 掺烧高碱煤，应根据磨煤机对应煤粉喷口的标高及燃尽距离来调整不同磨煤机的高碱煤掺配比例，原则上下层磨高碱煤比例高。为降低燃烧器区域的热负荷，防止火焰过于集中，高负荷可采用中间某台磨煤机做备用磨煤机的运行方式，尽量降低火焰峰值温度。

9.2.5 掺烧高碱煤，建议综合掺配煤种根据混煤特性按 DL/T 5145 推荐值选取。

9.2.6 掺烧高碱煤，在热态投粉和冷态通风的两种不同条件下，通过调节各台磨煤机的可调缩孔，对一次风管进行风速测量和调平。对于同层磨煤机的一次风速，冷态条件下的偏差应控制在 5%以内，热态条件下的偏差应不超过 10%。磨煤机一次风管缩孔或一次风喷口检修或更换后，要重新做一次风调平试验。

9.2.7 掺烧高碱煤，燃烧器出口一次风喷口风速（热态）宜控制在 24~30m/s 之间。

9.3 燃烧系统运行

9.3.1 掺烧高碱煤，应重点关注总风量和运行氧量，锅炉满负荷出力下运行氧量建议不低于 2.8%，必要时开展燃烧优化调整试验确定不同负荷的最佳氧量。

9.3.2 掺烧高碱煤，应在水冷壁加装贴壁气氛测试孔，重点关注主燃烧器水冷壁区域的贴壁气氛，必要时开展燃烧优化调整，优化配风策略，减少局部区域还原性气氛过高发生碱金属硫酸盐型高温腐蚀。

9.3.3 掺烧高碱煤，应选择较高的一次风速，同时兼顾一次风率，以实现安全稳定的燃烧状态，并尽可能提升煤粉浓度。

9.3.4 掺烧高碱煤，应优化二次风配风策略，在确保整体运行稳定的前提下，适当调节周界风、中心风及其他辅助风的开度，并观察燃烧状况。最终，依据不同负荷条件，确立最优的配风方式，并制定二次风控制函数或者操作台账。

9.3.5 掺烧高碱煤，应优化煤粉细度，将煤粉细度 R_{90} 保持在适当的可靠范围内，一般建议值为 15%~18%。

9.3.6 掺烧高碱煤，应重点关注屏过区域、高温过热器、高温再热器区域烟气温度，必要时可增加烟温测点。不同机组该区域烟温不能高于设计值，必要时开展燃烧优化调整，优化配风策略，在保证锅炉炉膛出口氮氧化物不超标的情况下，降低炉膛火焰中心，控制燃烧区域及屏底温度，减轻锅炉受热面的结渣、沾污程度。

9.3.7 掺烧高碱煤，应提高机组的自动化控制水平，并组织有关运行人员培训高碱煤燃烧调整理念等知识点，掌握高碱煤结焦特性。

9.3.8 掺烧高碱煤后，针对运行中发现的问题，应及时组织专业技术人员沟通、反馈和交流，优化高碱煤掺烧方案和燃烧控制措施。

9.3.9 旋流燃烧方式锅炉掺烧高碱煤，应重点防控燃烧器喷口烧损与结渣及抑制炉膛前后墙燃烧偏差，一般建议弱化二次风旋流强度，合理控制一次风速，保证燃烧器区域侧墙无流渣或冷灰斗浇注料处无大渣堆积现象。

9.3.10 四角切圆燃烧方式锅炉掺烧高碱煤，应重点防控燃烧器喷口结渣和背火侧严重结渣，主要关注燃烧器喷口安装角度和假想切圆直径，建议采用较小的燃烧器喷口假想切圆直径。

9.4 吹灰系统运行

9.4.1 掺烧高碱煤后，应适当增加吹灰频次及吹灰压力，通过吹灰试验确定易结渣区域，在保证基本吹灰频率的基础上，对易结渣区域加强吹灰，必要时通过技改增加吹灰器数量。

9.4.2 吹灰器调节阀后蒸汽压力控制应确保实际吹灰蒸汽压力处于正常范围，炉膛短吹灰器吹灰压力宜为 1.2~1.5MPa，对流受热面长吹灰器吹灰压力宜为 1.8~2.2MPa。

9.4.3 吹灰系统应根据试验结果，按合理方式及频率投运，避免过吹和欠吹。停炉检修期间，应加强吹灰器区域耐磨瓦片检查和加固，并对受热面吹损检测和评估。

9.4.4 蒸汽吹灰系统汽源可选择引自过热蒸汽系统或再热蒸汽系统，管路和减压系统配置应满足 50%至 100%额定负荷段正常投运至少 2 只屏过区域长程吹灰器。

9.4.5 水力吹灰器应对吹扫轨迹调整，投运前后吹扫区域壁温温差不应大于 5℃。

9.5 结渣沾污治理

9.5.1 锅炉出现严重结渣沾污后，应采取降负荷运行、降低高碱煤掺烧比例及提高结焦区域吹灰器频次等缓解结渣沾污程度、降低锅炉运行风险的措施，应开展燃烧调整及配煤掺烧试验、煤炉适应性评估及其他提升高碱煤掺烧比例的技术改造可行性研究。

9.5.2 缓解结渣沾污程度、降低锅炉运行风险宜采取降低入炉混煤 RB/A、增加关键位置吹灰器运行频次、调整燃烧系统参数、降低机组运行负荷等防止结渣沾污持续恶化的措施。

9.5.3 燃烧调整及配煤掺烧试验、煤炉适应性评估及技术改造可行性研究宜通过试验室煤质混烧特性诊断、锅炉冷态动力场试验、高碱煤燃烧优化试验及其他理论计算与分析，优化当前设备运行状态，并诊

断、评估锅炉通过消缺与技术改造适应目标燃料结构比例的潜力，制定可行的技术方案和实施方案。

10 设备优化

10.1 大比例掺烧高碱煤，可基于实际需求，对燃烧系统进行优化设计及改造。根据现有锅炉的炉膛与内置燃烧器的布局空间基础条件，可考虑对原有燃烧器的布局方式和分级送风方式进行优化改造，以适应现有锅炉高比例掺烧高碱煤的需求。

10.2 针对四角切圆燃烧方式的锅炉，大比例掺烧高碱煤，应确保假想切圆尺寸适中，避免炉膛出口温度过高和积灰、结焦问题。二次风配置应避免大角度偏置或过大的反切风，实现适度风包粉效果，确保一次风与二次风混合主要处于层流状态，防止煤粉冲刷水冷壁。

10.3 针对对冲旋流燃烧方式的锅炉，大比例掺烧高碱煤，需重点关注各层燃烧器的旋流强度、内外二次风的配风情况、一次风速以及喷口扩角等关键结构参数，必要时采取针对性的适应性改造措施，以防止煤粉气流直接冲刷炉膛水冷壁。

10.4 关键烟气温度的实时监控。在条件允许的情况下，建议安装全炉膛可视化监测装置、声波或基于其他原理的温度测量系统，以监测重点区域的烟气温度分布情况。

附录 A

(资料性)

电站煤粉锅炉高碱煤掺烧燃烧优化试验

电站煤粉锅炉大比例掺烧高碱煤存在结渣、沾污等潜在的风险，应组织专业技术团队开展大比例掺烧高碱煤燃烧优化试验，保障机组的运行安全性和经济性，具体试验项目如下。

1 基础摸底试验

开展冷态动力场试验，对机组设备状况进行检查。保证锅炉所有风门、烟道挡板启闭灵活，挡板实际位置与就地开关位置、DCS 表计指示一致且同步。直流燃烧器切圆角度、旋流燃烧器旋流扩角检查无偏离设计值，检查同一基准燃烧器各风门的开度偏差应控制在 $\pm 5\%$ 以内。对于可摆动燃烧器各喷嘴在同一摆角下，实际摆角间的偏差应控制在 $\pm 1.5^\circ$ 范围内。

对变负荷过程进行观察，尤其是燃料、总风量、氧量的变化，记录时间，比如负荷变化后，在多少时间内，总风量或者二次风量才有动作，氧量的变化时间等等；类似的，记录一次风母管压力、炉膛风箱差压、磨煤机运行参数随负荷变化的响应幅度、速度等。

在热态条件下，对各台磨煤机进行所有一次风管风速进行测量，测量方法采用靠背管测量动压计算而得，原则上磨煤机出口到燃烧器最远的粉管其缩孔全开，在此基础上进行调节，然后计算每台磨煤机的流量偏差，对流量偏差大于 $\pm 5\%$ 进行一次风调平试验。

2 制粉系统试验

制粉系统试验是燃烧调整优化试验的重要基础，通过制粉系统的试验掌握该型号的磨煤机在不同运行方式下的煤粉细度、均匀性指数、制粉单耗等特性，为锅炉的优化燃烧组织运行提供数据参考与支持。

磨煤机制粉特性试验严格按照行标 DL/T 467 试验规程进行，试验测试磨煤机的出力、煤粉细度、煤粉均匀性指数、煤粉水分、管间煤粉相对浓度偏差等指标。试验测试工况为：

2.1 动态分离器转速试验

固定磨煤机出力不变，确定不同动态分离器转速下对煤粉细度、均匀性指数、制粉单耗的影响。

2.2 磨煤机变加载力试验

调整磨煤机出力，保持反向加载力及风量、分离器频率不变，只改变正向加载力的大小，磨煤机风量按照给定风煤比曲线设置，进行磨煤机变磨辊加载力试验，以确定磨辊最佳加载力曲线。

2.3 磨煤机出力、通风量试验

固定动态分离器转速、不同磨出力、一次风量的变化试验，得出磨出力和煤粉细度等特性。

2.4 分离器出口温度试验

固定的分离器转速、加载力和出力和风煤比，改变分离器出口温度，确定不同动态分离器出口温度下对煤粉细度、均匀性指数、制粉单耗的影响。

3 静/动态燃烧优化调整试验

3.1 变氧量试验

变氧量试验的目的是研究运行氧量对锅炉运行的影响。在典型运行负荷下,维持其它运行参数不变的条件下,仅改变空气预热器入口氧量,测量锅炉的主要运行参数,观察炉内燃烧结焦、汽温等变化情况。

3.2 变一次风速试验

变一次风速试验的目的是一次风速变化对锅炉运行的影响。在典型运行负荷下,维持其它运行参数不变的条件下,改变一次风量,测量锅炉的主要运行参数,观察炉内燃烧结焦、汽温等变化情况。

3.3 变二次风配风方式试验

在典型运行负荷下,在其它运行参数不变的条件下,通过改变各层二次风的比例方式,研究二次风配风方式对锅炉运行的影响。

3.4 变煤粉细度试验

在典型运行负荷下,在其它运行参数不变的条件下,通过调节磨煤机分离器挡板开度改变煤粉细度,研究煤粉细度对炉内燃烧状况、燃烧经济性的影响。

3.5 变辅助风和周界风比例试验

改变辅助风和周界风的比例,对煤粉的燃烧过程和炉内空气动力场将产生一定影响。在典型运行负荷下,保持锅炉的运行氧量稳定,观察辅助风和周界风的比例变化对燃烧工况的影响。

3.6 变燃烧器负荷分配试验

调整不同层燃烧器的负荷分配,可以改变火焰中心高度,从而对炉膛出口烟气温度产生影响。本项试验拟在典型运行负荷下,测量多种燃烧器负荷分配方式对炉内燃烧、以及炉膛出口烟温的影响。

3.7 变燃烧器角度摆动试验

改变燃烧器的摆角,可以改变炉膛火焰中心高度,对炉膛出口烟气温度和汽温产生影响。在典型运行负荷下,保持锅炉的运行参数稳定,改变燃烧器摆角,观察燃烧器摆角变化对锅炉燃烧、汽温特性的影响。

3.8 变OFA风量试验

在保持锅炉其它运行参数不变,仅改变OFA的挡板开度,观察OFA风对炉内燃烧和炉膛温度的影响,确定锅炉最佳的OFA风开度。

3.9 变旋流燃烧器旋流强度试验

在典型运行负荷下,维持其它运行参数的稳定,分别改变内、外二次风挡板开度,测量多种内外二次风配合方式对炉内燃烧、以及炉膛出口烟温的影响。

3.10 吹灰器吹灰效果试验

在典型运行负荷下,维持其它运行参数的稳定,分别投运不同烟道部分的吹灰器,观察空预器进口烟温、排烟温度的变化情况,从而间接了解对流受热面沾污状况,从而得出最佳吹灰器投运方式。

参考文献

- [1] GB/T 3715 煤质及煤分析有关术语
 - [2] GB/T 5751 中国煤炭分类
 - [3] GB/T 7562 商品煤质量发电煤粉锅炉用煤
 - [4] GB/T 10184 电站锅炉性能试验规程
 - [5] GB 25960 动力配煤规范
 - [6] DL/T 467 电站磨煤机及制粉系统性能试验
 - [7] DL/T 611 300MW~600MW 级机组煤粉锅炉运行导则
 - [8] DL/T 831 大容量煤粉燃烧锅炉炉膛选型导则
 - [9] DL/T 1106 煤粉燃烧结渣特性和燃尽率一维火焰炉测试方法
 - [10] DL/T 1429 电站煤粉锅炉技术条件
 - [11] DL/T 1445 电站煤粉锅炉燃煤掺烧技术导则
 - [12] DL/T 1668 火电厂燃煤管理技术导则
 - [13] DL/T 5145 火力发电厂制粉系统设计计算技术规定
 - [14] T/CEC 154 电站煤粉锅炉入炉燃料的分类与选择
 - [15] 国能发安全〔2023〕22号《防止电力生产事故的二十五项重点要求(2023版)》
-