

ICS 27.060

J 98

备案号: 50088-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1445 — 2015

电站煤粉锅炉燃煤掺烧技术导则

Technical guidelines of burning blended coal in pulverized coal
fired power plant boilers

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 掺烧原则	2
5 与锅炉设备匹配的混煤技术指标与计算方法	2
6 掺烧方式的确定	4
7 掺烧比例的确定	6
8 燃烧混煤时锅炉的运行	6
附录 A (资料性附录) 电厂煤场存储过程中的混煤措施	7
附录 B (资料性附录) 掺烧方式优缺点比较	8
附录 C (规范性附录) 混煤的煤质理论计算	9
附录 D (资料性附录) 锅炉性能预测	11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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归口。

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：姚伟、张喜来、蒙毅、方顺利、杨忠灿、王桂芳。

本标准是首次发布。

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）。

引 言

我国燃煤火力发电厂均可能面临燃煤掺烧问题。由于锅炉适应煤质特性的范围，以及燃煤掺烧出现的煤质特性多样性和变化趋势的不确定性，电厂在实际掺烧过程中缺乏系统、全面的掺烧理论指导，经常出现安全和环保问题，给国家、企业带来了不必要的损失。

现编制《电站煤粉锅炉燃煤掺烧技术导则》技术标准，以便在全国范围内应用。

本标准对涉及煤粉锅炉燃煤掺烧方面的问题进行了规定和解释说明，包含以下内容：术语与定义、掺烧原则、与锅炉设备匹配的混煤技术指标与计算方法、掺烧方式的确定、掺烧比例的确定、燃烧混煤时锅炉的运行。

电站煤粉锅炉燃煤掺烧技术导则

1 范围

本标准规定了在役电站煤粉锅炉燃煤掺烧时对配煤煤种的特性要求及技术指标，掺烧方式与掺烧比例的确定，以及锅炉燃煤掺烧时的运行措施。

本标准适用于燃烧烟煤、贫煤、无烟煤和褐煤的在役电站煤粉锅炉燃煤掺烧方案的制定和实施。

2 规范性引用文件

下列文件对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/T 3715 煤质及煤分析有关术语
- GB/T 5751 中国煤炭分类
- GB/T 7562 发电煤粉锅炉用煤技术条件
- 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 5145 火力发电厂制粉系统设计计算技术规定

3 术语与定义

GB/T 3715 界定的以及下列术语适用于本标准。

3.1

入厂煤 **coal as received**

用于掺烧的单一来源的入厂煤。

3.2

燃煤掺烧 **burning blended coal**

电站煤粉锅炉燃用两种或两种以上的入厂煤。

3.3

煤结渣特性 **coal slagging properties**

煤灰本身所具有的内在结渣性质，属煤质范畴，常用的判别指标有：一维火焰炉结渣指数 S_c （见 DL/T 1106）、灰软化温度 ST、灰成分指标 B/A（碱酸比）等。

3.4

煤质特性 **coal properties**

煤的燃烧、磨损、结渣与沾污等物理化学性质的总称。通常包括煤的组成成分、发热量、可磨性与磨损性、煤灰成分、灰熔点、结渣与沾污特性、煤的着火与燃尽特性等。

3.5

掺烧方式 **coal blending mode**

不同煤种进入炉膛燃烧的方式。主要分为间断性掺烧方式、炉外预混掺烧方式和分磨掺烧方式以及两种及以上掺烧的组合掺烧方式。

3.6

间断性掺烧方式 **coal blended discontinuity**

锅炉在一定时间内燃用某煤种后，再燃用另外一种煤种一定时间，如此循环燃烧的方式，也称周期

性掺烧方式。

3.7

炉外预混掺烧方式 coal blended outside boiler before burning

将两种或两种以上入厂煤预先进行掺混，再送入锅炉燃烧的方式。

3.8

分磨掺烧方式 different coal feed to a boiler with separated mills

不同入厂煤由不同磨煤机磨制，并由相对应的燃烧器燃用该煤种，不同煤种在炉内边燃烧边混合的掺烧方式。

3.9

入炉混煤 coal blended

以炉外预混掺烧方式或分磨掺烧方式燃烧的两种或两种以上入厂煤的混合煤种。

3.10

掺烧比例 blending ratio

掺烧煤种占全部入炉煤的质量分数。

3.11

混煤煤质指标 blended coal properties

按掺烧比例计算（或实测）出的入炉混煤的煤质指标值。

4 掺烧原则

4.1 掺烧入厂煤类别按 GB/T 5751 规定划分。

4.2 设计燃用无烟煤的锅炉宜采用无烟煤、贫煤作为掺烧煤，也可掺烧部分烟煤，不宜以褐煤作为掺烧煤。

4.3 设计燃用贫煤的锅炉宜采用贫煤、无烟煤、烟煤作为掺烧煤，不宜以褐煤作为掺烧煤。

4.4 设计燃用烟煤的锅炉宜采用烟煤、贫煤、褐煤作为掺烧煤，不宜以无烟煤作为掺烧煤。

4.5 设计燃用褐煤的锅炉宜采用褐煤、烟煤作为掺烧煤，不宜以无烟煤、贫煤作为掺烧煤。

4.6 掺烧过程中宜进行燃烧试验；当不同入厂煤挥发分 (V_{daf}) 绝对值相差大于 15% 时，应进行燃烧试验。

5 与锅炉设备匹配的混煤技术指标与计算方法

5.1 入炉煤品质要求

煤粉锅炉入炉混煤的品质应符合 GB/T 7562 的要求。

5.2 入炉混煤煤质指标对锅炉性能的影响

入炉混煤对锅炉性能的影响主要包括锅炉着火、稳燃、结渣、污染物排放、机组带负荷能力和锅炉效率等。应注意混煤灰熔融特性及沾污、结渣特性随掺烧比例的变化关系。入炉混煤煤质指标对锅炉运行性能的影响及推荐控制值见表 1。

表 1 入炉混煤煤质指标对锅炉运行性能的影响及推荐控制值

指标	与机组运行的关系	推荐控制值
干燥无灰基挥发分 V_{daf}	保证燃烧稳定性或防止爆炸	接近锅炉设计煤值
灰软化温度 ST	防止结渣	按 5.3.1 规定执行

表 1 (续)

指标	与机组运行的关系	推荐控制值
煤的收到基水分 M_{ar} 收到基灰分 A_{ar} 收到基发热量 Q_{ar}	保证锅炉带负荷能力以及保证主、辅机在最佳状态下运行	接近锅炉设计煤值
全硫 S_t	环保与安全指标	根据脱硫设备能力确定, 并满足锅炉的安全运行条件
哈氏可磨指数 HGI	制粉出力	接近或大于设计煤值
煤的冲刷磨损指数 K_c	磨煤机磨损	钢球磨不限, 中速磨小于 5, 风扇磨小于 3.5

5.3 入炉混煤煤质要求

5.3.1 入炉混煤灰熔融温度应同时满足式 (1) 和式 (2)。

灰软化温度 ST ($^{\circ}C$):

$$ST \geq \theta_c + 150 \quad (1)$$

式中:

θ_c ——设计炉膛出口温度, $^{\circ}C$ 。

灰熔融温度 FT ($^{\circ}C$):

$$FT \geq \theta_p - 100 \quad (2)$$

式中:

θ_p ——设计屏底温度, $^{\circ}C$ 。

5.3.2 入炉混煤灰分应满足除渣系统、除尘系统能力的要求。

5.3.3 入炉混煤水分应满足制粉系统干燥能力的要求, 按 DL/T 5145 计算。

5.3.4 入炉混煤可磨性指数 HGI 应满足制粉系统制粉出力的要求, 按 DL/T 5145 计算。

5.3.5 入炉混煤发热量应满足制粉系统制粉出力、锅炉带负荷能力的要求。

5.3.6 入炉混煤含硫量应满足脱硫系统能力的要求。

5.4 入炉混煤煤质指标计算方法

入炉混煤的部分煤质参数可根据各掺烧煤种的煤质参数由式 (3) 和式 (4) 计算得到, 但计算值的可靠性有差别, 见表 2。其他不可理论计算的煤质参数应通过试验测试得到。

表 2 入炉混煤煤质指标的计算

计算值 可靠性	指标	计算方法或趋势
较好	水分 M 、灰分 A 、发热量 Q 、挥发分 V 、硫 S 、氮 N	单样参数按质量比例加权平均
	碳 C 、氢 H 、氧 O	单体参数按质量比例加权平均

表 2 (续)

计算值 可靠性	指标	计算方法或趋势
较好	灰成分	单样参数按灰分质量比例加权平均
一般	哈氏可磨指数 HGI	单样参数按质量比例加权平均+1
	灰熔点	单样参数按灰分质量比例加权平均
较差	着火温度	通常混煤介于各单一煤种之间
	燃尽性能	各单一煤种性能差别过大时, 由于易燃煤种“抢风”, 使难燃煤种燃尽更加困难, 导致混煤燃尽性能急剧下降
	结渣性能	由于各煤灰成分不同, 一旦形成共熔体, 混煤的结渣性可能高于所有单一煤种
	原煤磨损指数、自燃特性、 流动特性	介于各单一煤种之间。原煤磨损、自燃特性一般偏向严重的煤种; 流动性则偏向流动差的煤种
	飞灰比电阻	介于各单一煤种之间
	煤粉爆炸特性、沾污特性、 煤的腐蚀特性	介于各单一煤种之间, 爆炸特性偏向严重煤种

5.5 入炉混煤煤质参数计算公式

5.5.1 入炉混煤的煤质参数 MZ (水分、灰分、挥发分、发热量、氮、硫等) 的计算见式 (3)。

$$MZ = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times C_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (3)$$

式中:

P_i ——各单煤 i 的质量分数;

C_i ——各单煤 i 的煤质参数。

5.5.2 入炉混煤煤灰指标 (包括灰熔点和灰成分) MH 的计算见式 (4)。

$$MH = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times A_i \times Z_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times A_i} \quad (4)$$

式中:

A_i ——各单煤 i 的灰分质量分数;

Z_i ——各单煤 i 的灰熔点 ($^{\circ}\text{C}$), 或灰中某组分的质量分数。

入炉混煤灰熔点计算值建议在初步制定掺烧方案时采用, 在确定方案后还应进行直接测量。

5.5.3 计算值可靠性较差的入炉混煤参数, 宜采用试验的方法测试得出。

6 掺烧方式的确定

6.1 煤质特性对掺烧方式的适应性

入厂煤煤质特性对掺烧方式的适应性见表 3。

表3 入厂煤煤质特性对掺烧方式的适应性

入厂煤差异	间断掺烧	预混掺烧	分磨掺烧
挥发分、发热量、灰软化温度相近	√√	√√	√√
挥发分跨等级（或差异绝对值大于15%）	×	√	√√
发热量差异超10%	×	√	√√
灰软化温度差异大，其中有低灰软化温度煤	√	√√	√
掺烧易爆炸煤和流动性差的煤	×	√√	—
掺烧高水分煤	—	√√	—
可磨性相差大	×	√√	√√
注：√√表示适应性好；√表示基本适应；×表示适应性差；—表示不推荐			

6.2 间断掺烧方式

可用于降低炉膛结渣目的的掺烧。若单烧某一煤种一段时间造成比较严重的结渣，可改烧一段时间其他不易结渣煤种，或与其他不易结渣煤种的混煤，待炉膛结渣缓解后再切换回原单烧煤种。应根据炉内结渣情况控制各煤种燃用时间。这种掺烧方式应注意以下问题：

- a) 不宜长期高负荷燃烧结渣煤；
- b) 煤种切换过程中应采取措施，防止由于燃烧温度场和煤灰化学成分的变化引起塌焦或结渣加重等现象。

6.3 炉外预混掺烧方式

6.3.1 在入炉煤上煤过程中掺配

按不同的掺烧比例调整取料机速度，将各单一煤种倒换至同一带式输送机上，通过多次带式输送机转运进行混合，其混合效果较好，但要求有较大的煤场或储煤设施实现煤种分堆（存），属运动过程中的混煤。

6.3.2 电厂煤场储存过程中掺配

将掺烧入厂煤摊开，然后在其上面按比例覆盖另一种入厂煤，入炉煤上煤时由横断面取煤，达到掺烧的目的，属静态混煤，主要有分堆组合堆放、对称分层堆放、不对称分层堆放等，参见附录A。

6.4 分磨掺烧方式

分磨掺烧方式适用于直吹式制粉系统的锅炉。分磨掺烧中，不同入厂煤由对应不同层燃烧器的磨煤机磨制，使燃煤在炉内燃烧过程中混合（可随时根据负荷等调节比例）。应通过燃烧试验确定不同层燃烧器及其对应的磨煤机适合的煤种。

6.5 其他掺烧注意事项

各种掺烧方式的优缺点参见附录B。电厂应根据自身条件选择掺烧方式，同时应考虑机组安全性能，注意如下问题：

- a) 混煤条件不好时，不宜采用炉外预混掺烧；
- b) 磨损性强（ $Ke > 5$ ）的煤，不宜在中速磨上分磨掺烧；
- c) 掺烧高水分煤种时，为保证出力，不宜采用分磨掺烧。

7 掺烧比例确定

- 7.1 应制定约束条件，确定目标值，采用式(3)、式(4)和附录C的计算方法计算混煤煤质参数。
- 7.2 应根据煤质、设计参数、锅炉和煤场掺混条件确定混煤煤种和不同煤的掺烧比例。
- 7.3 应通过掺烧试验验证最佳掺烧比例的合理性，掺烧试验应在锅炉额定负荷或商定负荷下经过168h考核试验。

8 燃烧混煤时锅炉的运行

8.1 制粉系统运行

- 8.1.1 分磨掺烧方式掺烧位置的选择对锅炉运行有较大影响，其影响范围和程度视锅炉不同而有所不同，应通过试验确定。
- 8.1.2 掺烧极易着火煤种，应当采取足够的防爆措施。启停磨煤机时，磨煤机进口一次风温应控制在200℃以下。
- 8.1.3 采用分磨掺烧方式时，对磨煤机出口风温、一次风温的选择应按磨煤机对应煤种进行控制。
- 8.1.4 采用预混掺烧方式时，宜根据实际燃烧效果对煤粉细度进行调整。

8.2 锅炉运行

- 8.2.1 掺烧时应注意炉膛内贴壁气氛，并进行必要的测试和调整，防止高温腐蚀与结渣。
- 8.2.2 对冷灰斗斜坡角度小于或等于50°的锅炉，最下层燃烧器不宜燃用易结渣煤。
- 8.2.3 掺烧难燃煤种，宜适当降低风煤比；掺烧易燃煤种，宜适当提高风煤比。

8.3 掺烧管理

- 8.3.1 掺烧前后应对除渣、输渣和除尘等系统进行出力和效率等评估。
- 8.3.2 采用预混掺烧方式时，应采取可靠措施以达到混合均匀。
- 8.3.3 对于运行中发现的问题，应及时沟通和反馈，以便进一步优化混煤方案和改进调整措施。
- 8.3.4 应加强煤场管理，实现煤场合理堆放与燃料调配，优先燃用易燃煤种，并及时向负责确定混煤方案的人员提供各煤场煤质数据，以及向锅炉运行人员提供入炉混煤煤质数据。
- 8.3.5 应加强入厂煤与入炉煤质监督，建立完善的煤场管理及混煤工作制度并认真执行。
- 8.3.6 应通过现场试烧确定最佳掺烧方案。

8.4 锅炉燃用混煤时性能预测

锅炉燃用混煤时性能预测参见附录D。

附录 A
(资料性附录)

电厂煤场存储过程中的混煤措施

A.1 分堆组合堆放

按图 A.1 所示分小堆堆放，并在堆料过程中在某一小堆中分层堆放不同煤种。这种方式适合取料范围较小的斗轮取料机。

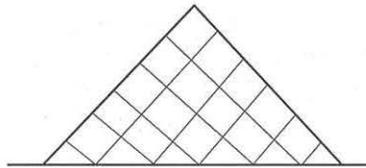


图 A.1 分堆组合堆放

A.2 对称分层堆放

如图 A.2 所示，煤沿煤场中心线分层堆放，并采用横跨煤堆的桥型耙式取料机取煤。采用煤耙将表面的煤翻滚到煤堆底部，再由下面的链条刮板机刮到输煤皮带上，达到混煤目的。

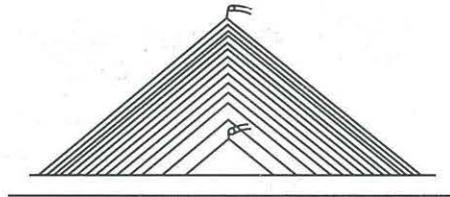


图 A.2 对称分层堆放

A.3 不对称分层堆放

该种方式适合刮板式取料机取样，并有较好的混煤效果，如图 A.3 所示。

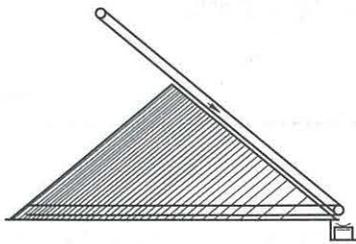


图 A.3 不对称分层堆放及斜面刮板机取料

A.4 煤场混煤措施较多，应根据煤场情况灵活使用，保证配煤的均匀性。

附录 B
(资料性附录)
掺烧方式优缺点比较

表 B.1 几种掺烧方式优缺点比较

掺烧方式	间断掺烧	炉外预混掺烧	分磨掺烧
优点	在电厂供煤比较困难或煤场较小, 不便存放的情况下采用较为方便	对结渣防治较为有效。在掺烧高水分褐煤时采用该方法对防止制粉系统爆炸有效, 并能充分利用各磨煤机的干燥能力, 提高掺烧量	不需专用混煤设备, 易实现, 掺烧比例控制灵活。煤种性能差异较大时, 燃烧稳定性易掌握
缺点	煤种切换周期长, 可能出现高负荷时燃烧结渣煤, 在煤种切换过程出现大量落渣问题。不适合煤种特性差异较大时的煤种掺烧	对混煤设备和混煤控制要求较高, 一般电厂实施困难	一般只能用于直吹式制粉系统。炉内混合存在不均匀的可能。煤种差异较大时对煤场管理要求较高
尽量避免的掺烧煤种	结渣方面应注意掺烧后煤质的特性, 如神华煤不能与高 Fe_2O_3 (原则为大于 8%) 煤掺烧	掺烧煤热值等参数相差较大时, 应注意混合均匀性	烟煤、褐煤锅炉下层磨避免掺烧低挥发分煤和劣质烟煤
应用较为成功的锅炉	大多数电厂受条件所限, 不得不采用该方式, 不出问题的较少	内地及沿海主要大容量机组等	沿海地区电厂
建议	该方法的危险性较大, 尽量少采用。鉴于国内较多电厂煤场较小, 建议采用设施齐备的港口进行配煤	对结渣防治较为有效, 应尽量采用	掺烧位置的选择对机组运行有一定影响, 应注意选择。前后墙对冲旋流燃烧方式尽量不采用。四角切圆燃烧方式应注意炉内混合问题。在操作过程中还应注意煤种在同一磨上的切换结渣加重以及制粉系统防爆问题

附录 C
(规范性附录)
混煤的煤质理论计算

C.1 以收到基为基准时混煤的煤质理论值计算

C.1.1 煤质数据为收到基值时,按式(C.1)进行计算:

$$X_{ar} = X_{ar,1} \times \alpha_1 + X_{ar,2} \times \alpha_2 + \dots + X_{ar,n} \times \alpha_n \quad (C.1)$$

式中:

X_{ar} ——表示混煤的 A_{ar} (%)、 V_{ar} (%)、 $S_{t,ar}$ (%) 或 $Q_{net,ar}$ (MJ/kg);
 $X_{ar,1}$ 、 $X_{ar,2}$ 、 \dots 、 $X_{ar,n}$ ——表示 n 种入炉煤相对应的 $A_{ar,1}$ 、 $A_{ar,2}$ 、 \dots 、 $A_{ar,n}$ (%), $V_{ar,1}$ 、 $V_{ar,2}$ 、 \dots 、 $V_{ar,n}$ (%),
 $S_{t,ar,1}$ 、 $S_{t,ar,2}$ 、 \dots 、 $S_{t,ar,n}$ (%) 或 $Q_{net,ar,1}$ 、 $Q_{net,ar,2}$ 、 \dots 、 $Q_{net,ar,n}$ (MJ/kg);
 α_1 、 α_2 、 \dots 、 α_n —— n 种入炉煤的收到基配煤质量比, %。

C.1.2 煤质数据为干燥基值时,按式(C.2)进行计算:

$$X_d = \frac{X_{d,1} \times \alpha_1 \times (100 - M_{ar,1}) + X_{d,2} \times \alpha_2 \times (100 - M_{ar,2}) + \dots + X_{d,n} \times \alpha_n \times (100 - M_{ar,n})}{\alpha_1 \times (100 - M_{ar,1}) + \alpha_2 \times (100 - M_{ar,2}) + \dots + \alpha_n \times (100 - M_{ar,n})} \quad (C.2)$$

式中:

X_d ——表示混煤的 A_d (%)、 V_d (%)、 $S_{t,d}$ (%) 或 $Q_{gr,d}$ (MJ/kg);
 $X_{d,1}$ 、 $X_{d,2}$ 、 \dots 、 $X_{d,n}$ ——表示 n 种入炉煤相对应的 $A_{d,1}$ 、 $A_{d,2}$ 、 \dots 、 $A_{d,n}$ (%), $V_{d,1}$ 、 $V_{d,2}$ 、 \dots 、 $V_{d,n}$ (%),
 $S_{t,d,1}$ 、 $S_{t,d,2}$ 、 \dots 、 $S_{t,d,n}$ (%) 或 $Q_{gr,d,1}$ 、 $Q_{gr,d,2}$ 、 \dots 、 $Q_{gr,d,n}$ (MJ/kg);
 $M_{ar,1}$ 、 $M_{ar,2}$ 、 \dots 、 $M_{ar,n}$ —— n 种入炉煤的收到基水分, %;
 α_1 、 α_2 、 \dots 、 α_n —— n 种入炉煤的收到基配煤质量比, %。

C.1.3 煤质数据为干燥无灰基挥发分 V_{daf} 时,按式(C.3)进行计算:

$$V_{daf} = \frac{V_{daf,1} \times \alpha_1 \times (100 - M_{ar,1} - A_{ar,1}) + V_{daf,2} \times \alpha_2 \times (100 - M_{ar,2} - A_{ar,2}) + \dots + V_{daf,n} \times \alpha_n \times (100 - M_{ar,n} - A_{ar,n})}{\alpha_1 \times (100 - M_{ar,1} - A_{ar,1}) + \alpha_2 \times (100 - M_{ar,2} - A_{ar,2}) + \dots + \alpha_n \times (100 - M_{ar,n} - A_{ar,n})} \quad (C.3)$$

式中:

V_{daf} ——混煤的干燥无灰基挥发分, %;
 $V_{daf,1}$ 、 $V_{daf,2}$ 、 \dots 、 $V_{daf,n}$ —— n 种入炉煤的干燥无灰基挥发分, %;
 $M_{ar,1}$ 、 $M_{ar,2}$ 、 \dots 、 $M_{ar,n}$ —— n 种入炉煤的收到基水分, %;
 $A_{ar,1}$ 、 $A_{ar,2}$ 、 \dots 、 $A_{ar,n}$ —— n 种入炉煤的收到基灰分, %;
 α_1 、 α_2 、 \dots 、 α_n —— n 种入炉煤的收到基配煤质量比, %。

C.2 以干燥基为基准时混煤的煤质理论值计算

C.2.1 煤质数据为干燥基值时,按式(C.4)进行计算:

$$X_d = X_{d,1} \times \beta_1 + X_{d,2} \times \beta_2 + \dots + X_{d,n} \times \beta_n \quad (C.4)$$

式中:

X_d ——表示混煤的 A_d (%)、 V_d (%)、 $S_{t,d}$ (%) 或 $Q_{gr,d}$ (MJ/kg);
 $X_{d,1}$ 、 $X_{d,2}$ 、 \dots 、 $X_{d,n}$ ——表示 n 种入炉煤相对应的 $A_{d,1}$ 、 $A_{d,2}$ 、 \dots 、 $A_{d,n}$ (%), $V_{d,1}$ 、 $V_{d,2}$ 、 \dots 、 $V_{d,n}$ (%),
 $S_{t,d,1}$ 、 $S_{t,d,2}$ 、 \dots 、 $S_{t,d,n}$ (%) 或 $Q_{gr,d,1}$ 、 $Q_{gr,d,2}$ 、 \dots 、 $Q_{gr,d,n}$ (MJ/kg);
 β_1 、 β_2 、 \dots 、 β_n —— n 种入炉煤的干燥基配煤质量比, %。

C.2.2 煤质数据为干燥无灰基挥发分 V_{daf} 时,按式(C.5)进行计算:

$$V_{daf} = \frac{V_{daf,1} \times \beta_1 \times (100 - A_{d,1}) + V_{daf,2} \times \beta_2 \times (100 - A_{d,2}) + \dots + V_{daf,n} \times \beta_n \times (100 - A_{d,n})}{\beta_1 \times (100 - A_{d,1}) + \beta_2 \times (100 - A_{d,2}) + \dots + \beta_n \times (100 - A_{d,n})} \quad (C.5)$$

式中:

- V_{daf} ——混煤的干燥无灰基挥发分, %;
 $V_{daf,1}$ 、 $V_{daf,2}$ 、 \dots 、 $V_{daf,n}$ —— n 种入炉煤的干燥无灰基挥发分, %;
 $A_{d,1}$ 、 $A_{d,2}$ 、 \dots 、 $A_{d,n}$ —— n 种入炉煤的干燥基灰分, %;
 β_1 、 β_2 、 \dots 、 β_n —— n 种入炉煤的干燥基配煤质量比, %。

C.3 混煤的煤灰熔融特性温度的理论值计算

混煤的煤灰熔融特性温度按式 (C.6) 进行计算:

$$T = \frac{T_1 \times A_{d,1} \times \beta_1 + T_2 \times A_{d,2} \times \beta_2 + \dots + T_n \times A_{d,n} \times \beta_n}{A_{d,1} \times \beta_1 + A_{d,2} \times \beta_2 + \dots + A_{d,n} \times \beta_n} \quad (\text{C.6})$$

式中:

- T ——混煤的灰熔融特性温度, 即 DT、ST、HT、FT, °C;
 T_1 、 T_2 、 \dots 、 T_n —— n 种入炉煤与混煤相对应的灰熔融特性温度, °C;
 $A_{d,1}$ 、 $A_{d,2}$ 、 \dots 、 $A_{d,n}$ —— n 种入炉煤的干燥基灰分, %;
 β_1 、 β_2 、 \dots 、 β_n —— n 种入炉煤的干燥基配煤质量比, %。



附录 D
(资料性附录)
锅炉性能预测

D.1 锅炉最低稳燃负荷率

采用直吹式制粉系统的锅炉，不投辅助燃料，最低稳燃负荷率的推荐值见表 D.1。

表 D.1 各种燃烧方式的推荐值

入炉混煤 V_{daf} (%)	5~10	10~15	15~20	20~25	>25
切向/墙式燃烧 (% BMCR)	60~50	50~45	45~40	40~35	35~30 ^a
双拱燃烧 (% BMCR)	50~40	40~30			

^a 对高水分褐煤约为 40%；对高灰分劣质烟煤为 45%~35%

锅炉最低稳燃负荷率数值除与燃料类别及燃烧方式明显相关外，还与影响燃烧器着火稳燃条件的诸因素有关，例如燃烧器、磨煤机及制粉系统的设计选型与运行性能等。燃用挥发分含量相差较大的混煤，而缺乏可靠的混煤措施时，锅炉最低稳燃负荷预测值宜按最低挥发分煤种选用。

采用储仓式制粉系统的锅炉，其最低稳燃负荷可以比采用直吹式制粉系统的降低 5 个百分点。

锅炉最低稳燃负荷须在混煤掺烧比例确定后经试验确定。

D.2 飞灰可燃物含量及灰渣含碳热损失

煤粉燃烧方式灰渣含碳热损失 q_4 关键在于飞灰可燃物 C_{fa} 和燃煤灰分 A_{ar} 数值。在最佳配风及煤粉细度条件下，额定工况工况的 C_{fa} 优化统计数值随燃煤 V_{daf} 的变化，可按表 D.2 取用，拱式燃烧应取偏高数值。

表 D.2 飞灰可燃物 C_{fa} 随燃煤挥发分 V_{daf} 的变化关系 (额定工况)

V_{daf} (%)	6~10	10~15	15~20	20~30	>30
C_{fa} (%)	10.0~6	9.5~4.5	8~4	7~3	4~1.5

从表 D.2 选定恰当的 C_{fa} 值后，根据入炉混煤质数据，可按 GB/T 10184 计算出灰渣含碳热损失 q_4 预测值。

D.3 炉膛排出烟气中 NO_x 浓度

各种燃烧方式锅炉在额定工况下炉膛排出烟气中的 NO_x 浓度是折算到含氧量 6% 下的干烟气含有量，并假定全部 NO_x 皆按 NO_2 计算。若进行燃煤掺烧，宜采取措施降低 NO_x 排放，满足表 D.3 的要求。

表 D.3 常见的不同容量不同混煤的锅炉排放 NO_x 浓度

V_{daf} (%)	6~10	10~15	15~20	20~30	>30
NO_x (mg/m ³)	800~1200	500~800	400~700	300~400	200~300

炉膛排出的 NO_x 浓度通常是在锅炉尾部烟道 (如有 NO_x 脱除装置，则在其前) 测定 NO 及 NO_2 的体积浓度，再按式 (D.1) 换算为规定条件的质量浓度，即：

$$C_{NO_x} = \left[\frac{2.05 \times (21 - 6)}{21 - O_2} \right] (C'_{NO} + C'_{NO_2}) = \frac{30.75}{21 - O_2} (C'_{NO} + C'_{NO_2}) \quad (D.1)$$

式中：

C_{NO_x} —— 在规定条件下 (标准状态， $O_2=6\%$) NO_x 的质量浓度，mg/m³；

C'_{NO} ——实测的 NO 体积分数（干烟气组分）， $\mu\text{L/L}$ （ppm）；

C'_{NO_x} ——实测的除 NO 外的氮氧化物（ NO_x ）体积分数（干烟气组分）， $\mu\text{L/L}$ （ppm）；

O_2 ——实测干烟气样品的氧气体积分数，%。

如只测量 NO 的体积浓度 C_{NO} 时，可改用式（D.2）计算：

$$C_{\text{NO}_x} = \left(\frac{21-6}{21-\text{O}_2} \right) \times \left(\frac{2.05}{0.95} \right) C'_{\text{NO}} = \frac{32.4}{21-\text{O}_2} C'_{\text{NO}} \quad (\text{D.2})$$

锅炉未设 NO_x 脱除装置时，式（D.1）或式（D.2）计算值也就是机组的 NO_x 排放浓度；如设有 NO_x 脱除装置，则其排放浓度需另外测量。

中华人民共和国
电力行业标准
电站煤粉锅炉燃煤掺烧技术导则
DL/T 1445—2015

*

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>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2015年12月第一版 2015年12月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1印张 27千字

印数0001—3000册

*

统一书号 155123·2685 定价 9.00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

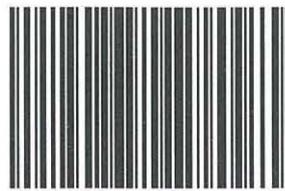
版权专有 翻印必究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2685