

亚临界循环流化床锅炉深度调峰运行 技术导则

Operation Guide for Deep Peak Load Regulation of Subcritical
Circulating Fluidized Bed Boiler

2025 - 04 - 11 发布

2025 - 07 - 10 实施

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 1

5 最低深度调峰出力确定要求及方法 2

6 最低深度调峰出力试验操作 2

7 深度调峰锅炉运行调整 2

8 事故及故障处理 4

附录 A（资料性）亚临界循环流化床锅炉深度调峰期间主要运行参数 6

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。

本文件由山西省市场监督管理局提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省特种设备安全标准化技术委员会（SXS/TC33）归口。

本文件起草单位：国网山西省电力公司电力科学研究院、国家能源集团科学技术研究院有限公司太原分公司、山西省检验检测中心（山西省标准计量技术研究院）、山西世纪中试电力科学技术有限公司、山西格盟安全生产咨询有限公司、太原锅炉集团有限公司、山西国锦煤电有限公司。

本文件主要起草人：刘众元、王兴、邢秀峰、马喜成、刘爱军、王映奇、刘志兵、蔡新春、张志强、邬宇、王磊、郭学良、王晋权、梁五洲、侯建平、聂浩、刘大海、赵明、高杨、原树峰。

亚临界循环流化床锅炉深度调峰运行技术导则

1 范围

本文件规定了亚临界循环流化床锅炉及主要辅机设备在参与深度调峰运行时安全、环保、经济高效运行的原则等内容。

本文件适用于200MW等级及以上亚临界循环流化床锅炉，其它容量等级的循环流化床锅炉可参照执行。

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 13223 火电厂大气污染物排放标准

GB/T 10184 电站锅炉性能试验规程

GB/T 12145 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准

DL/T 964 循环流化床锅炉性能试验规程

DL/T 1322 循环流化床锅炉冷态与燃烧调整试验技术导则

DL/T 1326 300MW循环流化床锅炉运行导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

深度调峰工况 depth peak-load regulation mode

根据电网调度需要，锅炉在低于50%额定出力且无助燃情况下稳定运行的工况。

3.2

锅炉最小设计出力 minimum design output of boiler

在保证锅炉受热面运行安全、主辅机运行安全、大气污染物排放达标的前提下，锅炉长期、连续、稳定运行所能输出的最低过热蒸汽流量。

3.3

升负荷速率 load increase rete

基准负荷上升至目标负荷，负荷上升量 ΔP_e (P_e 为机组额定负荷值，MW)与变化时间 Δt (Δt 为负荷指令下达开始上升负荷至机组达到目标负荷所经历的时间，min)的比值。

3.4

降负荷速率 load reduction rete

基准负荷降低至目标负荷，负荷下降量 ΔP_e (P_e 为机组额定负荷值，MW)与变化时间 Δt (Δt 为负荷指令下达开始下降负荷至机组达到目标负荷所经历的时间，min)的比值。

4 总则

- 4.1 本文件对参与深度调峰运行的亚临界循环流化床锅炉具有通用性和指导性,各使用单位可根据本文件和锅炉制造厂技术文件并结合本单位实际,编制现场运行规程。
- 4.2 锅炉使用单位应结合锅炉制造厂和电力设计院提供包括锅炉铭牌、主要参数、燃料特性、灰渣特性、热平衡、热力性能计算数据、锅炉主要部件及辅机等的制造及设计资料,制定具体的优化运行技术措施。
- 4.3 锅炉使用单位应根据锅炉及相关系统技术改造和运行优化实际,及时更新运行规程中的相关内容并做好培训宣传工作,充分发挥运行规程的生产管理和技术指导作用。
- 4.4 在亚临界循环流化床锅炉机组参与深度调峰前,宜先确定其最低深度调峰出力。

5 最低深度调峰出力确定要求及方法

- 5.1 最低深度调峰出力确定需按照 GB/T 10184 和 DL/T 964 的要求开展。
- 5.2 试验前准备及确认内容如下:
- a) 锅炉宜燃用设计煤种,且运行持续时间大于 72 小时;
 - b) 油枪、气枪等助燃系统可靠备用,助燃燃料充足;
 - c) 机组及辅助设备无重大缺陷,不影响机组正常升降负荷;
 - d) 锅炉燃烧稳定,参数正常;
 - e) 锅炉烟风系统、汽水系统压力、温度、流量等参数以及机组其它运行参数指示准确,满足试验要求;
 - f) 吹灰器能正常投入,并在试验前按照规定进行了吹灰;
 - g) 原煤、飞灰、炉渣采样正常;
 - h) 运行人员熟悉主、辅机的额定运行参数及各参数的保护值,对机组运行状态监视到位。
- 5.3 最低深度调峰出力试验方法为:
- a) 最低深度调峰出力试验需按照锅炉出力下降-稳定-再下降-再稳定的方式直至锅炉出力不能继续下降来确定锅炉的最低深度调峰出力;
 - b) 锅炉需在最低深度调峰出力工况下稳定运行 2 小时;
 - c) 试验过程中主辅设备系统应运行正常,烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度不超标。

6 最低深度调峰出力试验操作

- 6.1 最低深度调峰出力试验需根据调度的负荷指令要求进行降负荷。
- 6.2 降负荷过程中减煤和降风需协调,并加强运行监视。
- 6.3 若降负荷过程中出现床温、床压波动,燃烧不稳定,应暂停降负荷,待燃烧稳定后再根据燃烧情况判断是否需要进一步降低负荷运行。
- 6.4 试验期间应适当调整一次风量,保证床料流化,并维持较高床温。
- 6.5 试验期间合理调节排渣量,维持锅炉床压稳定。
- 6.6 锅炉降负荷期间,根据给水泵的调节特性和锅炉给水控制情况,及时调整锅炉给水调节方式。
- 6.7 锅炉降至最低深度调峰出力工况下定负荷运行时,应注意监视各运行参数,维持燃烧稳定。
- 6.8 锅炉最低深度调峰出力定负荷运行结束后,根据调度的负荷指令要求进行升负荷操作,最低深度调峰出力试验结束。

7 深度调峰锅炉运行调整

7.1 运行基本要求

- 7.1.1 亚临界循环流化床锅炉深度调峰运行应满足 DL/T1322 和 DL/T 1326 要求。
- 7.1.2 亚临界循环流化床锅炉深度调峰期间应按照电网调度要求及时调整锅炉出力，保持良好的燃烧工况，维持正常蒸汽压力、蒸汽温度以及受热面管壁温度等。
- 7.1.3 维持汽包正常水位，保持燃烧强度与给水流量相匹配。
- 7.1.4 炉水和蒸汽品质满足 GB/T 12145 要求。
- 7.1.5 保持循环流化床炉内物料正常流化、燃烧良好，减少热损失，提高锅炉效率。
- 7.1.6 维持合理的炉内床料量及灰循环。
- 7.1.7 烟气粉尘、SO₂，和 NO_x 的排放浓度应满足 GB 13223 的要求。
- 7.1.8 锅炉侧主保护应全部投入。
- 7.1.9 深度调峰期间，相邻两根水冷壁管壁温偏差和单面墙任意两点的温度偏差不超过锅炉设计说明书规定值。
- 7.1.10 深度调峰期间，各主要辅机运行安全，辅机电流应在设计说明书额定范围之内，振动、差压报警值等不超过设计说明书报警值。

7.2 主要参数调节

7.2.1 给煤量调节

- 7.2.1.1 变负荷时应及时按比例调整给煤量和风量，维持燃烧强度与蒸发量的平衡。
- 7.2.1.2 调整应按“先增风后增煤，先减煤后减风”的顺序进行，并遵循“少量多次”的原则，避免床温产生大的波动。
- 7.2.1.3 深度调峰时需关注煤质特性和粒度的变化，宜采用易燃煤并降低入炉煤燃煤粒径，以稳定燃烧。

7.2.2 风量调节

- 7.2.2.1 调整总风量和上、下二次风量配比，使燃烧在较低的过量空气系数下进行，以减少 NO_x 的排放。氧量宜控制在 4%~6% 范围内。
- 7.2.2.2 一、二次风的调节原则为：一次风用于调节床料流化和床温，二次风用于控制总风量，维持正常的炉膛压力和氧量。
- 7.2.2.3 正常运行过程中，一、二次风量均应投入自动控制。
- 7.2.2.4 通过布风板的一次风量任何情况下均应大于临界流化风量，防止流化不良造成炉膛结焦事故。
- 7.2.2.5 锅炉参与深度调峰时，应维持下二次风压不小于锅炉制造厂要求的最低值，防止下二次风口过热变形或烟气反窜。
- 7.2.2.6 在降低二次风量时，当两台风机出现抢风现象时，宜通过关小风机入口调门进行调整，或采取单列运行的方式。
- 7.2.2.7 应加强对回料立管压力及流化风母管压力的监视，防止回料器堵塞。
- 7.2.2.8 应注意监视引风机运行参数，防止发生喘振和失速。引风机可采取单列运行的方式。
- 7.2.2.9 锅炉参与深度调峰时，可投入一、二次风机出口暖风器，提高进入炉膛的一、二次风温度，提高锅炉稳定燃烧能力。

7.2.3 床压调节

- 7.2.3.1 低负荷期间宜保持一定床压运行，保证外循环物料量及外循环稳定性。床压宜控制在 6kPa~9kPa。
- 7.2.3.2 煤质特性发生变化、不能维持最低床压时，可通过床料添加系统补充床料。
- 7.2.3.3 排渣应连续进行，不能连续时宜采取“少量、勤排”的方式排渣，轮换投运冷渣器。

7.2.3.4 密相区床温温差增大时，应适当增加一次风率，使大粒径灰渣及时排出，待床温温差恢复正常后，再将一次风率恢复至正常范围内。

7.2.4 床温调节

7.2.4.1 锅炉参与深度调峰时，运行床温会有所降低，为保证良好的燃烧和传热，宜控制床温不低于750℃。燃烧贫煤和无烟煤时，需维持更高床温。

7.2.4.2 在床温调整锅炉过程中应兼顾蒸汽压力、蒸汽温度、污染物排放等参数的稳定。床温调节应细调微调、分多次缓慢进行。

7.2.4.3 可通过改变一次风率、上下二次风配比、床压、外置流化床换热器灰控阀开度等方式来调节床温。

7.2.4.4 当密相区的下部平均床温低于燃料的燃烧温度时，应投入助燃燃烧器；当床温降到给煤机切除温度时，应自动切除给煤机，防止爆燃。

7.2.4.5 应结合炉膛出口烟气温度及各段烟气温度，判断床温的变化趋势，适时调节床温。

7.2.5 蒸汽温度调节

7.2.5.1 锅炉参与深度调峰时，左右两侧蒸汽温度偏差不应超过20℃，过热蒸汽出口温度与再热蒸汽出口温度之差最大不应超过30℃。

7.2.5.2 对设有外置床的循环流化床锅炉，宜通过调节锥型阀开度(或气动分流流量)来调节进入布置过热器的外置床的灰流量，对过热蒸汽温度进行调节。

7.2.5.3 再热蒸汽温度调节主要以烟气挡板调节为主，减温水调节为辅。

7.2.5.4 受热面积灰严重时，宜通过加强吹灰来提高蒸汽温度。

7.2.5.5 严禁大幅度调整减温水量，应严格控制过热器和再热器各段管壁温度变化在允许范围内，防止温度骤变造成受热面产生较大的热应力或管内氧化皮脱落。

7.2.6 汽包水位调节

7.2.6.1 运行中应向锅炉均匀连续给水，应保持正常水位，并注意蒸汽流量、给水流量、减温水流量、给水压力的变化规律，做到及时调整。

7.2.6.2 运行中若水位过高，可开启事故放水阀进行放水，正常后关闭。

7.2.7 烟气污染物排放控制

7.2.7.1 烟气污染物排放浓度应满足国家、地方环保要求。

7.2.7.2 需协调炉内脱硫与炉外脱硫系统控制SO₂的排放浓度。

7.2.7.3 可通过调节床温、改变一、二次风的配比、调节过量空气系数、脱硝系统喷氨量、煤质及入炉煤粒径等手段控制NO_x排放浓度。

8 故障及处理

8.1 锅炉灭火

8.1.1 锅炉灭火的主要现象是：

- d) 床温低于着火温度且不断下降；
- e) 炉膛出口氧量迅速上升。

8.1.2 锅炉灭火的主要原因是：

- a) 部分给煤的断煤或皮带打滑，燃料供应中断；
- b) 煤质变差；
- c) 一次风量太大，床温过低。

8.1.3 锅炉灭火后需进行如下处理：

- a) 停止给煤，查明灭火原因；
- b) 如具备投油（气）枪条件，投入油（气）枪。

8.2 锅炉流化不良

8.2.1 锅炉流化不良的主要现象是：

- a) 床压波动大；
- b) 局部床温偏差；
- c) 一次风量波动大。

8.2.2 锅炉流化不良的主要原因是：

- a) 一次风量过小；
- b) 煤质变差，粒径增加；
- c) 床压过高；
- d) 风帽堵塞或损坏。

8.2.3 锅炉流化不良需进行如下处理：

- a) 适当增加一次风量，确保风量充足；
- b) 适当降低床压；
- c) 控制入炉煤粒度。

8.3 锅炉结焦

8.3.1 锅炉结焦的主要现象是：

- a) 床温、床压分布极不均匀，局部床温床压测点示值急剧变化；
- b) 炉膛排渣中存在焦块；
- c) 床压正常情况时，水冷风室压力增大；
- d) 燃烧极不稳定，相关参数波动大，偏差大，严重时炉膛负压增大，一次风机电流下降；
- e) 出渣量减少。

8.3.2 锅炉结焦的主要原因是：

- a) 一次风量过小，低于临界流化风量，造成炉内局部流化不良；
- b) 燃烧负荷过大，燃烧室温度过高，灰熔点过低；
- c) 返料器返料不正常或者堵塞时间过长；
- d) 风帽堵塞或有耐火材料等杂物脱落留于炉内；
- e) 煤油混燃时间过长；
- f) 入炉煤粒径较粗，导致流化不良。

8.3.3 锅炉结焦需进行如下处理：

- a) 增大一次风量及加大排渣，适当降负荷并减少给煤量控制结焦恶化；
- b) 加大床料置换(高温结焦加石灰石，低温结焦加砂)，填充新床料；
- c) 更换煤种，控制入炉煤颗粒度；
- d) 如发生炉内严重结焦，应紧急停炉；
- e) 停炉后彻底检查各风帽堵塞情况，清除炉内结焦后方可重新启动。

附 录 A
(资料性)

亚临界循环流化床锅炉深度调峰期间主要运行参数

序号	名称	单位	数值
1	机组电负荷	MW	
2	主汽压力	MPa	
3	主汽温度	℃	
4	再热蒸汽温度	℃	
5	炉膛负压	Pa	
6	总风量	Nm³/h	
7	主汽流量	t/h	
8	给水流量	t/h	
9	入炉煤收到基水分	%	
10	入炉煤干燥无灰基挥发分	%	
11	入炉煤收到基灰分	%	
12	入炉煤收到基低位发热量	%	
13	总煤量	t/h	
14	省煤器入口给水压力	MPa	
15	过热器减温水温度	℃	
16	过热器一级减温水量	t/h	
17	过热器二级减温水量	t/h	
18	过热蒸汽出口压力	MPa	
19	再热蒸汽进口温度	℃	
20	低再出口温度	℃	
21	末级再出口温度	℃	
22	再热器减温水压力	MPa	
23	再热器减温水温度	℃	
24	再热器减温水量	t/h	
25	二次风机变频	%	
26	二次风机电流	A	
27	一次风机变频	%	
28	一次风机电流	A	
29	引风机动叶开度	%	
30	引风机电流	A	
31	一次风量	Nm³/h	
32	二次风量	Nm³/h	
33	风室压力	kPa	

34	床层压力	kPa	
35	床温	℃	
36	空预器入口二次风温	℃	
37	空预器出口二次风温	℃	
38	空预器入口二次风压	kPa	
39	空预器出口二次风压	kPa	
40	空预器入口一次风压	kPa	
41	空预器出口一次风压	kPa	
42	空预器入口一次风温	℃	
43	空预器出口一次风温	℃	
44	省煤器入口烟温	℃	
45	空预器入口烟气温度	℃	
46	排烟温度	℃	
47	空预器入口烟气静压	kPa	
48	空预器出口烟气静压	kPa	
49	高压流化风母管压力	kPa	
50	高压流化风母管温度	℃	
51	高压流化风量	Nm³/h	
52	返料器灰温	℃	
53	炉膛稀相差压	kPa	