

ICS 19.020  
CCS K 85

# 团 体 标 准

T/CSEE 0274—2021

---

## 火力发电厂机组快速甩负荷技术规范

Specification for fast cut back of the unit in fossil fuel power plant



2021-09-17 发布

2021-12-01 实施

---

中国电机工程学会 发布

团 体 标 准  
火力发电厂机组快速甩负荷技术规范

T/CSEE 0274—2021

\*

中国电力出版社出版、印刷、发行

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

\*

2022年6月第一版 2022年6月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 24千字

\*

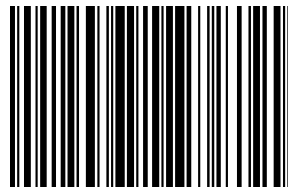
统一书号 155198·4169 定价 19.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.4169

## 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 系统配置要求	2
4.1 热力系统	2
4.2 控制系统	2
4.3 电气系统	2
5 控制要求	2
5.1 总体要求	2
5.2 FCB 触发信号	3
5.3 锅炉侧控制	3
5.4 汽轮机侧控制	3
5.5 旁路及安全门控制	4
5.6 FCB 复位	4
6 FCB 试验	4
6.1 FCB 试验条件	4
6.2 FCB 动态试验	4
6.3 试验记录	5
7 FCB 验收	5
7.1 FCB 的验收条件	5
7.2 FCB 的验收标准	5
附录 A (资料性) FCB 动作过程中机组主要参数记录表	6
附录 B (资料性) 机组总体 FCB 动作/试验情况一览表	8

## 前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会热工自动化专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：上海明华电力科技有限公司、中国电力工程顾问集团公司华东电力设计院、上海外高桥第二发电有限公司、南方电网电力科技股份有限公司、江苏未来智慧信息科技有限公司。

本文件主要起草人：姚峻、祝建飞、沈建峰、侯新建、林磊、刘礼帧、黄卫剑、艾春美、高磊、陈欢乐、潘凤萍、魏湘、宫照海。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。

# 火力发电厂机组快速甩负荷技术规范

## 1 范围

本文件规定了火力发电厂机组实现快速甩负荷（FCB）功能的系统配置、控制要求、试验内容、验收条件和评价指标。

本文件适用于 300 MW 及以上容量且需实现 FCB 功能的燃煤发电机组，其他类型的火力发电厂机组可参照执行。

## 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/T 26863—2011 火电站监控系统术语
- GB/T 31461 火力发电机组快速减负荷控制技术导则
- DL/T 656 火力发电厂汽轮机控制及保护系统验收测试规程
- DL/T 657 火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程
- DL/T 701—2012 火力发电厂热工自动化术语
- DL/T 1213 火力发电机组辅机故障减负荷技术规程
- DL/T 1270 火力发电建设工程甩负荷试验导则
- DL/T 1309 大型发电机组涉网保护技术规范

## 3 术语和定义

GB/T 26863—2011 和 DL/T 701—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**快速甩负荷 fast cut back; FCB**

当汽轮机或发电机甩负荷时，使锅炉不停运的一种控制措施，根据 FCB 后机组的不同运行要求，可分为机组带厂用电单独运行、停电不停机或停机不停炉等运行方式。

[来源：GB/T 26863—2011，6.29.1.10，有修改]

### 3.2

**协调控制系统 coordinated control system; CCS**

当单元机组的负荷指令发生变化时，协调地调整锅炉和汽轮机的负荷指令，使机组的实发功率尽快跟踪负荷指令的变化，同时保证机组的稳定性，称为协调控制。

[来源：DL/T 701—2012，4.19]

### 3.3

**快速减负荷 run back; RB**

针对机组主要辅机故障采取的保护措施，即当机组部分主要辅机（如其中一台给水泵、送风机、引风机）发生故障时，根据辅机故障情况快速降低机组负荷以适应辅机出力的保护措施。

[来源：GB/T 26863—2011，6.29.1.9]

### 3.4

#### 甩负荷 load rejection

汽轮机控制系统功能之一，将汽轮机正常情况下所带的负荷，在发生电气故障的瞬间内全部或部分甩掉。

[来源：GB/T 26863—2011，6.29.4.10]

## 4 系统配置要求

### 4.1 热力系统

4.1.1 旁路容量应按照预期实现的FCB工况来计算选取，计算时宜考虑锅炉压力泄放阀（PCV）对FCB功能的影响。

4.1.2 旁路容量应具备满足锅炉最低稳燃负荷连续稳定运行的能力。

4.1.3 对预期实现100%负荷下FCB工况的机组，高压旁路宜采用100%容量配置。

4.1.4 中压、低压旁路容量配置宜大于锅炉最大连续蒸发量工况下主蒸汽流量的50%。在高负荷发生FCB时，可联合采用再热器安全阀来泄放多余的工质。再热器安全阀宜采用可调节式类型。

4.1.5 旁路阀、减温水调节阀、减温水隔离阀宜采用液动执行机构，以缩短阀门动作时间。

4.1.6 FCB工况高压旁路减温喷水量增大，对于预期实现100%负荷下FCB工况的机组，可增加给水泵最大设计流量以满足工况要求。

4.1.7 当给水泵采用汽轮机驱动时，给水泵汽轮机应具备多汽源切换功能。汽源切换宜采用内切换方式。

4.1.8 采用低温再热蒸汽作为加热汽源的高压加热器，宜增加疏水至除氧器管路。

4.1.9 FCB工况工质泄放量增大，可通过增加除氧器容量来增强工质储备能力，以满足工况要求。

4.1.10 FCB工况低压旁路减温喷水量增大，对于预期实现100%负荷下FCB工况的机组，可增加凝结水泵最大设计流量以满足工况要求。

4.1.11 对于采用变频驱动的凝结水泵，宜具备自动切换至工频运行的功能。

### 4.2 控制系统

4.2.1 FCB触发回路与主汽轮机转速控制回路宜处于同一个控制器内，运算周期不应大于100ms。

4.2.2 FCB信号应通过硬接线方式从数字电液控制系统（DEH）送往分散控制系统（DCS）。

4.2.3 旁路系统的控制宜纳入DCS一体化控制。

### 4.3 电气系统

4.3.1 为实现FCB孤岛运行及再次并网供电，应分别在发电机机端和主变压器高压侧设置同期点。

4.3.2 机组应具备与主网解列后自带厂用电运行的能力。

4.3.3 机组的重要辅机应具备低电压穿越能力，重要辅机保护应满足DL/T 1309的要求。

## 5 控制要求

### 5.1 总体要求

5.1.1 具备FCB功能的机炉电联锁应满足以下要求：

- a) 当机组判断为FCB工况，且出现不影响发电机运行的线路故障时，不联锁跳闸发电机；
- b) 当机组判断为FCB工况，且发电机非保护跳闸或线路故障时不联锁跳闸汽轮机时，汽轮机维持3000 r/min运行；
- c) 出现汽轮机跳闸时不联锁跳闸锅炉。

- 5.1.2 对主要辅机的保护应进行梳理和优化，增加保护动作可靠性，以满足 FCB 工况要求。
- 5.1.3 对调节回路切手动的逻辑判断条件应进行检查，考虑 FCB 工况特点，在 FCB 工况下应避免重要调节回路过程参数偏差大切手动的发生。
- 5.1.4 对快速实现 FCB 工况下能量和工质平衡的控制回路应进行优化，以满足 FCB 工况的要求。
- 5.1.5 对实现 FCB 功能密切相关的下列控制回路，应进行检查和确认，必要时进行功能测试：
- a) FCB 触发信号的生成；
  - b) 机组 RB 控制；
  - c) 汽轮机转速控制；
  - d) 同期并网控制；
  - e) 旁路压力控制；
  - f) 旁路出口温度控制；
  - g) PCV 阀控制（如有）；
  - h) 给水泵汽轮机的汽源切换控制；
  - i) 除氧器水位与压力控制；
  - j) 机组辅汽压力控制；
  - k) 凝汽器水位控制；
  - l) 凝结水补水控制；
  - m) 高、低压加热器水位控制。

## 5.2 FCB 触发信号

FCB 信号的触发，可通过并网断路器开关位置的变化来判断，或者通过负荷突降和功率不平衡来判断。

## 5.3 锅炉侧控制

- 5.3.1 FCB 发生后，锅炉侧控制按 RB 控制方式执行，按照一定时间间隔依次切除磨煤机（给煤机）或给粉机（排粉机），快速减负荷至 50% 左右或更低。
- 5.3.2 FCB 发生后，给水、燃煤、风量等控制回路维持自动方式，给水量、燃煤量、风量跟随锅炉主控自动降低至目标值。
- 5.3.3 FCB 触发跳磨煤机后，应保证炉膛负压不越限，维持锅炉燃烧稳定。

## 5.4 汽轮机侧控制

- 5.4.1 在不停机的 FCB 方式下，汽轮机 DEH 退出遥控模式，从负荷控制模式转入转速控制模式，维持 3000 r/min 或带厂用电负荷；在停机不停炉的 FCB 方式下，汽轮机按照保护停机方式控制。
- 5.4.2 在不停机的 FCB 方式下，若高压缸排汽温度升高，则宜增加高压、中压调节阀差动控制功能。
- 5.4.3 给水泵汽轮机汽源切换：FCB 发生后，给水泵汽轮机应迅速切换至新的汽源（冷再热蒸汽或者辅汽），在汽源切换时应增加进汽调节阀超驰开功能，以提高给水流量控制品质。对于采用汽动引风机的机组，引风机汽轮机也应迅速切换至新的汽源，以提高炉膛负压控制品质。
- 5.4.4 除氧器汽源切换：FCB 发生后，除氧器加热汽源应迅速切换至新的汽源（辅汽或者冷再热蒸汽）。在汽源切换时应增加相应进汽调节阀超驰开功能，以保持除氧器一定的压力和温度。
- 5.4.5 备用凝结水泵自启动：FCB 发生后，凝结水流量大幅增加，应设置大流量联锁开启备用凝结水泵的功能。若运行凝结水泵在变频方式，则切至工频运行。
- 5.4.6 FCB 发生后，宜继续投用冷再热蒸汽作为汽源的高压加热器，关闭该加热器正常疏水，同时打开紧急疏水，控制好加热器水位。
- 5.4.7 FCB 发生后，除氧器、轴封等对辅汽的需求快速增加，应加大冷再热蒸汽至辅汽的供应量，以

保持辅汽母管压力。

5.4.8 FCB 发生后，若再热器安全门或 PCV 阀动作，应及时补水以弥补工质损失，保证凝汽器水位和除氧器水位在正常范围内。

## 5.5 旁路及安全门控制

5.5.1 FCB 发生时，若负荷大于 30%，高压旁路快开，2 s~3 s 后，快开方式结束，转入与锅炉燃烧率相关的压力控制。

5.5.2 FCB 发生后，低压旁路的控制从原先的跟踪模式进入与高压旁路相匹配的压力控制方式，快速将蒸汽排入凝汽器。低压旁路压力设定值不宜过高，以免造成高压缸排汽温度升高。

5.5.3 FCB 发生后，一旦发生再热器超压，则再热器安全门快速动作，泄放多余蒸汽。对于采用调节型再热器安全门的机组，动作压力宜设置为锅炉燃烧率的函数，且高于低压旁路的动作值。

5.5.4 对于配置 PCV 阀的机组，FCB 发生后，一旦超过设定的主蒸汽压力，PCV 阀应快速开启。

## 5.6 FCB 复位

当下列条件满足时，FCB 复位，退出 FCB 状态：

- a) 锅炉负荷接近目标设定负荷且基本稳定，汽轮机带厂用电运行、维持 3000 r/min 或者停机；
- b) 主蒸汽压力、主蒸汽温度等主要参数在机组运行允许的范围内。

## 6 FCB 试验

### 6.1 FCB 试验条件

FCB 动态试验前，应具备下列试验条件：

- a) 机组联锁保护功能已正常投入；
- b) 机组协调控制系统及主要子系统自动投入，控制品质满足 DL/T 657 的要求；
- c) RB 试验全部完成，RB 回路已正常投入，满足 DL/T 1213 和 GB/T 31461 的要求；
- d) 汽轮机超速保护试验成功完成，满足 DL/T 656 的要求；
- e) 机组甩负荷试验成功完成，满足 DL/T 1270 的要求；
- f) 旁路具备全程自动控制功能，已在机组点火冲转、并网、带负荷、甩负荷等过程投入自动运行；
- g) 汽轮机轴封汽源切换试验完成；
- h) 凝结水泵自启动试验完成；
- i) 给水泵汽轮机汽源切换试验完成；
- j) 汽源为冷再热蒸汽的高压加热器，其疏水切换试验完成；
- k) 电气励磁调节试验、厂用电切换试验完成，试验结果正常；
- l) 柴油发电机自启动及带负荷试验正常；
- m) 对于新增同期并网点的机组，已通过假同期试验、同期并网试验验证。

### 6.2 FCB 动态试验

6.2.1 FCB 动态试验宜先安排 50%额定电功率 ( $P_e$ ) 负荷段的低负荷试验，以降低试验风险。

6.2.2 通过 50% $P_e$  的 FCB 试验，检查确认 FCB 相关回路的功能，必要时优化调整控制功能和参数设置。

6.2.3 进行 50% $P_e$  的 FCB 试验，可选择带厂用电方式或者不带厂用电方式。

6.2.4 试验前机组负荷维持稳定运行 10 min~20 min。

6.2.5 50% $P_e$  不带厂用电 FCB 试验步骤如下：



- a) 通过手动分闸发电机出口断路器，发电机-变压器组与电网解列，触发 FCB 信号；
- b) 若 FCB 成功，则继续维持汽轮机在额定转速（3000 r/min）运行 15 min 以上，并应密切观察机组振动、汽轮机排汽温度、轴承温度、轴位移、胀差和机组运行参数的变化。

#### 6.2.6 50% $P_e$ 带厂用电 FCB 试验步骤如下：

- a) 通过手动分闸主变压器高压侧并网断路器，发电机-变压器组与电网解列，触发 FCB 信号，机组自带厂用电运行；
- b) 若机组带厂用电稳定运行，则继续维持机组带厂用电 15 min。应密切观察发电机、主变压器及厂用母线电压、机组振动、汽轮机排汽温度、轴承温度和机组运行参数的变化。

#### 6.2.7 100% $P_e$ 带厂用电 FCB 试验：

在 90% $P_e$  以上进行 FCB 试验，检验机组 CCS、DEH、旁路等系统在 FCB 工况的控制能力。具体试验步骤同 6.2.6。

### 6.3 试验记录

6.3.1 FCB 试验过程中，应对试验相关的主要参数的变化峰值及趋势曲线进行记录，包括 FCB 触发信号、机组负荷、主蒸汽压力、主蒸汽压力设定值、汽轮机转速、汽轮机调节阀指令、汽轮机振动、轴承温度、轴位移、胀差、总燃料量、总风量、总给水量、主蒸汽流量、汽包水位（汽包锅炉）、中间点温度（直流锅炉）、过热度（直流锅炉）、炉膛压力、一次风压、氧量、过热蒸汽温度、再热蒸汽温度、除氧器水位、汽轮机高压旁路压力、汽轮机低压旁路压力等。

6.3.2 汽轮机转速、汽轮机调节阀开度反馈等信号接入录波系统，带厂用电 FCB 试验时，还需增加电气主变压器高压侧电压、发电机机端电压、厂用高压母线电压等信号。

6.3.3 试验过程应对与 FCB 试验相关设备的运行状态与重要参数进行监视，如转速、电流、轴承温度等，保证机组的运行安全。

6.3.4 试验过程参数与试验结果经过整理后，参照 FCB 动作过程中机组主要参数记录表（见附录 A）、机组总体 FCB 动作/试验情况一览表（见附录 B）填写记录表。

## 7 FCB 验收

### 7.1 FCB 的验收条件

FCB 各项试验内容全部完成。原则上以满负荷 FCB 动作后带厂用电的试验结果作为机组 FCB 功能的最终验收条件。

### 7.2 FCB 的验收标准

7.2.1 FCB 试验满足以下条件，即该项 FCB 验收合格：

- a) 机组带厂用电稳定运行、维持 3000 r/min 或者实现停机不停炉；除停机不停炉工况外，汽轮机转速能够较快地稳定。
- b) FCB 发生后，机组动作过程自动完成。
- c) 机组参数波动范围不危及机组和重要设备安全。

7.2.2 FCB 试验验收按照 6.2 的试验内容和要求完成试验，参照附录 A、附录 B 填写记录表，并形成试验报告。

## 附录 A

(资料性)

## FCB 动作过程中机组主要参数记录表

FCB 动作过程中机组主要参数记录表见表 A.1。

表 A.1 FCB 动作过程中机组主要参数记录表

机组名称:									
FCB 触发时间:			FCB 结束时间:			重新并网时间:			
机组参数名称	单位	试验前数值	FCB 过程中最大值		FCB 过程中最小值		FCB 结束后稳态值		参数是否越限 (参照运行规程)
			FCB 触发后时间	数值	FCB 触发后时间	数值	FCB 触发后时间	数值	
燃煤流量	t/h								
总风量	t/h								
总给水流量	t/h								
有功功率	MW								
汽轮机转速	r/min								
炉膛压力	Pa								
高压旁路压力	MPa								
高压旁路出口温度	℃								
低压旁路压力	MPa								
低压旁路出口温度	℃								
辅汽压力	MPa								
主蒸汽压力	MPa								
再热蒸汽压力	MPa								
汽包水位 (汽包锅炉)	mm								
主蒸汽温度	℃								
再热蒸汽温度	℃								
一次风压力	Pa								
中间点温度 (直流锅炉)	℃								
烟气含氧量	%								
除氧器水位	mm								
凝结器水位	mm								
凝结器真空	kPa								

表 A.1 (续)

机组参数名称	单位	试验前数值	FCB 过程中最大值		FCB 过程中最小值		FCB 结束后稳态值		参数是否越限 (参照运行规程)
			FCB 触发后时间	数值	FCB 触发后时间	数值	FCB 触发后时间	数值	
高压缸排汽温度	℃								
汽轮机振动	μm								
汽轮机轴承温度	℃								
汽轮机胀差	mm								
工作人员:		记录人员:			试验日期: 20 年 月 日				

附录 B

(资料性)

机组总体 FCB 动作/试验情况一览表

机组总体 FCB 动作/试验情况一览表见表 B.1。

表 B.1 机组总体 FCB 动作/试验情况一览表

机组名称:				
FCB 项目	机组转速稳定时间	最大转速值	最小转速值	是否成功
50 % $P_e$ FCB				
100 % $P_e$ FCB				
备注:				