

ICS 27.100

CCS F 24

# 团 体 标 准

T/CSEE 0341—2022

---

## 火电机组热工控制系统深度调峰适应性 评估与性能验收技术导则

Technology directives for deep peak regulation assessment and performance  
acceptance of thermodynamic control system in thermal power unit



2022-12-05 发布

2023-03-01 实施

---

中国电机工程学会 发布

团 体 标 准  
火电机组热工控制系统深度调峰适应性  
评估与性能验收技术导则

T/CSEE 0341—2022

\*

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>)

\*

2023年5月第一版 2023年5月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1印张 31千字

\*

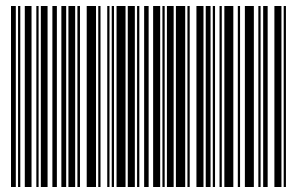
统一书号 155198·4781 定价 25.00元

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



155198.4781

## 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 符号和缩略语	2
5 总体要求	2
6 评估程序	2
7 控制安全性能评估	2
7.1 评估目的	2
7.2 评估条件	3
7.3 评估内容	3
7.4 技术指标要求	4
8 调节性能评估	4
8.1 评估目的	4
8.2 评估内容	4
8.3 技术指标要求	5
9 验收要求	5
附录 A（资料性） 评估流程图	6
附录 B（规范性） 模拟量控制系统性能指标	7
附录 C（资料性） 性能验收参数记录表	9
附录 D（资料性） 适应性评估过程检查记录表	12

## 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：华北电力科学研究院有限责任公司、西安热工研究院有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、内蒙古电力科学研究院、上海电力大学、西安交通大学、华中科技大学、中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司、内蒙古岱海发电有限责任公司、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：康静秋、高海东、李卫华、杨振勇、周俊波、刘磊、高林、张国斌、彭道刚、邢智炜、王立、张江丰、尤默、高明帅、陈振山、赖联琨、苏烨、郭瑞君、庞占州、尚勇、高爱国、李展、马宁、张瑾哲、温昶、刘明、刘帅、桂本。

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)）。

# 火电机组热工控制系统深度调峰适应性评估与性能验收技术导则

## 1 范围

本文件规定了火电机组热工控制系统深度调峰适应性评估与性能验收的总体要求、评估程序、控制安全性评估、调节性能评估和验收要求。

本文件适用于单机容量在 125 MW 及以上燃煤机组热工控制系统深度调峰适应性评估与性能验收，其他类型的火电机组可参照执行。

## 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—2022 火电站监控系统术语
- GB/T 30370—2022 火力发电机组一次调频试验及性能验收导则
- GB/T 31461—2015 火力发电机组快速减负荷控制技术导则
- DL/T 655—2017 火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统验收测试规程
- DL/T 656—2016 火力发电厂汽轮机控制及保护系统验收测试规程
- DL/T 658—2017 火力发电厂开关量控制系统验收测试规程
- DL/T 1210—2013 火力发电厂自动发电控制性能测试验收规程
- DL/T 1309—2013 大型发电机组涉网保护技术规范

## 3 术语和定义

GB/T 26863—2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

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

将锅炉、汽轮发电机组作为一个整体进行控制，通过控制回路协调锅炉与汽轮机组，或在自动状态的工作，给锅炉、汽轮机的自动控制系统发出指令，以适应负荷变化的需要，尽最大可能发挥机组调频、调峰的能力。

[来源：GB/T 26863—2022，7.29.1，有修改]

### 3.2

#### 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—2022，7.29.1.10]

### 3.3

#### 自动发电控制 **automatic generation control; AGC**

通过自动控制程序，实现对控制区内各发电机组有功出力的自动重新调节分配，以维持系统频率、联络线交换功率在计划目标范围内的控制过程。

注：AGC 通常由主站自动控制程序、信息传输通道、信息接收装置（远方终端）、发电机组协调控制系统（3.1）、执行装置、发电机组自动化装置等环节组成。

[来源：GB/T 26863—2022，7.29.8]

### 3.4

#### 一次调频 **primary frequency control; PFC**

通过各原动机调速器来调节各发电机组转速，以使驱动转矩随系统频率而变动。

一次调频需快速响应频率偏差，快速控制秒级负荷变化，通常为有差控制。

[来源：GB/T 26863—2022，7.29.1.5]

### 3.5

#### 深度调峰 **deep peak regulation**

并网电源按电力调度指令超过基本调峰范围进行调节的一种运行方式。

### 3.6

#### 灵活性改造 **flexibility retrofit**

火发电机组通过新增辅助设备或对相关设备进行改造，实现调峰范围、爬坡速率和启停时间等灵活性指标提升的一种改造方式。

## 4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

$P_N$ : 额定功率 (rated power)

$p_0$ : 额定主蒸汽压力 (rated main steam pressure)

FSSS: 炉膛安全监控系统 (furnace safeguard supervisory system)

MCS: 模拟量控制系统 (modulating control system)

OCS: 开关量控制系统 (on-off control system)

## 5 总体要求

5.1 机组完成灵活性改造或供热改造等且影响机组调峰范围和调峰性能的，应在完成控制性能整体优化后，进行热工控制系统深度调峰安全性能评估和调节性能评估试验。

5.2 对于热电联产机组试验，应对供热和纯凝两个工况分别履行评估和验收流程，不同方式下相同的试验项目可不重复进行。性能验证试验的负荷点原则上应涵盖两个工况中的负荷低限值。

5.3 为机组灵活性运行配套的辅助设备，辅助设备与共享该设备的机组应同时进行评估和试验。

## 6 评估程序

6.1 热工控制系统深度调峰适应性评估可分为两个阶段。第一阶段为控制安全性能评估，第二阶段为调节性能评估，评估流程图见附录 A。

6.2 开展安全性能评估和调节性能评估试验，发电企业应提前向所属电网调度机构提出书面申请并按要求履行相关手续，委托有相关资质的第三方试验机构进行评估和试验。

6.3 发电企业负责成立试验组织机构，开展评估和试验过程的组织实施，负责试验期间机组各个系统、设备的稳定运行，并依据系统、设备状态进行运行方式的调整、设备的投退和控制参数的设定等操作。

6.4 试验机构负责试验方案和风险预防措施的制作，开展各项试验，监护试验过程，完成试验数据的采集整理及试验报告的编写。

## 7 控制安全性能评估

### 7.1 评估目的

为确保机组改造后最大或最小出力的变化不会影响控制系统的安全性，应进行深度调峰工况运行的

控制安全性能评估。

## 7.2 评估条件

- 7.2.1 设备层面的改造工作已完成，不存在影响机组深度调峰安全运行的技术性因素。
- 7.2.2 机组主辅设备无故障、安全稳定运行，机组运行主要参数无报警或异常。
- 7.2.3 试验煤质稳定，应避免断煤、堵煤现象发生。
- 7.2.4 锅炉燃烧及水动力安全稳定，汽轮机等相关系统应运行正常，环保系统应全程投入。机组粉尘、NO<sub>x</sub>、氨逃逸、SO<sub>2</sub>等污染物排放指标应满足要求。
- 7.2.5 应完成锅炉油枪或等离子等助燃装置的试运行，确保锅炉深度调峰期间助燃装置可随时投入。
- 7.2.6 已完成机组控制逻辑核查，对相关逻辑、定值和参数开展了必要的修正和优化，应保证深度调峰工况下不受到限制和影响。
- 7.2.7 机组开关量控制系统、锅炉炉膛安全监控系统、汽轮机控制及保护系统等联锁和保护功能均应正常投入，且执行机构调节正常。机组协调控制系统及MCS自动已投入，具备AGC和一次调频功能。机组在深度调峰范围内可正常调节。
- 7.2.8 机组分散控制系统数据库和远动设备应工作正常，远动测点应和电网自动化完成动态联动校验试验。
- 7.2.9 机组首次进行深度调峰RB试验前，为降低试验风险，宜先进行预备性试验。
- 7.2.10 应明确机组最大和最小技术出力分别对应的试验负荷高限和低限，并在该负荷范围连续正常运行不低于72h，在深度调峰负荷区域连续正常运行不低于36h，负荷高限和负荷低限连续运行稳定时间均不低于4h。

## 7.3 评估内容

### 7.3.1 评估范围包括：

- a) 锅炉炉膛安全监控系统功能适应性评估。
- b) 汽轮机控制及保护系统功能适应性评估。
- c) 重要辅机联锁和保护、设备功能组顺序控制等开关量控制系统功能适应性评估。
- d) RB功能适应性评估。
- e) 机组报警逻辑及功能的合理性评估。

### 7.3.2 锅炉炉膛安全监控系统功能适应性评估应包含下列内容：

- a) 锅炉炉膛安全监控系统设计应根据机组深度调峰的改造方式、最小技术出力、机组炉型、火焰检测、助燃方式和燃烧器的要求确定，且应满足长期深度调峰运行的需求。
- b) 触发主燃料跳闸(MFT)动作的风量信号、汽包水位、给水流量等重要测量参数，在机组最小出力变化后应确保测量、补偿和计算的准确性。
- c) MFT动作条件中涉及机组最小出力变化后汽轮机跳闸保护、储水箱液位保护和给水流量低保护(直流锅炉)等条件的适应性。
- d) 评估锅炉点火逻辑中涉及机组燃烧方式改变、助燃方式改变、总风量定值改变后的适应性。评估助燃设备的许可条件和自动投退等功能满足最小出力下的稳燃需求。
- e) 评估燃烧器控制中磨煤机启动允许和跳闸条件中涉及磨煤机运行方式改变后的适应性。

### 7.3.3 开关量控制系统功能适应性评估应包括下列内容：

- a) 开关量控制系统设计应根据机组深度调峰的改造方式，低负荷工况下重要辅机(送风机、引风机、一次风机、给水泵、磨煤机)的运行方式，汽水系统的安全性等要求确定，且应满足长期深度调峰运行的需求。
- b) 评估重要辅机联锁和保护功能的适应性、保护定值等参数的适应性。

- c) 评估疏水系统联锁逻辑的适应性，避免系统积水影响机组安全运行。
- d) 评估锅炉脱硝系统联锁逻辑的适应性，避免低负荷工况下脱硝异常退出。
- e) 对于深度调峰工况需要干、湿态转换的直流锅炉，应评估自动干、湿态转换，全程给水控制（包括自动并退给水泵和给水再循环自动调节等），以及湿态下启动系统控制的适应性。
- f) 对于灵活性改造或供热改造后新增的开关量控制逻辑和定值参数应开展适应性评估。
- g) 评估风烟、燃烧、给水等重要设备功能组顺序控制功能的适应性。

7.3.4 汽轮机控制及保护系统功能适应性评估应包括深度调峰工况下超速保护控制（OPC）、功率负荷不平衡保护、热网保护中涉及最小出力改变后保护条件和定值的适应性。

7.3.5 RB 功能适应性评估应包括机组深度调峰工况主要辅机（送风机、引风机、一次风机、给水泵、磨煤机）跳闸出力快速平衡功能评估，不同工况或新增的 RB 功能的评估内容如下：

- a) 纯凝工况的 RB 控制系统安全性评估应包括 RB 触发、动作及复位等内容，并评估相关运行辅机的逻辑设计合理性，防止主要辅机跳闸后出现设备误动作、参数剧烈波动等现象。
- b) 供热工况的 RB 控制系统安全性评估应包括 RB 功能完备性，以及 RB 触发、动作及复位等内容，确保机组主要辅机跳闸后 RB 正常动作。
- c) 对于灵活性或供热改造后新增的 RB 控制逻辑（例如新增的旁路故障 RB 功能）应开展试验验证。

## 7.4 技术指标要求

7.4.1 锅炉炉膛安全监控系统（FSSS）功能适应性评估应符合 DL/T 655—2017 中 5.2 的规定。

7.4.2 开关量控制系统和重要设备功能组顺序控制功能适应性评估应符合 DL/T 658—2017 中第 5 章的规定。

7.4.3 汽轮机控制及保护系统功能适应性评估应符合 DL/T 656—2016 中 5.5、5.6 和 DL/T 1309—2013 中 4.4 的规定。

7.4.4 RB 功能适应性评估应符合 GB/T 31461—2015 中第 4 章的规定。

## 8 调节性能评估

### 8.1 评估目的

为验证机组长期深度调峰工况运行的各项调节性能，应进行深度调峰调节性能试验。

### 8.2 评估内容

8.2.1 评估范围包括：

- a) MCS 功能及性能评估。
- b) AGC 性能评估及负荷上下限适应性评估。
- c) 一次调频性能评估。

8.2.2 MCS 功能评估应包括下列内容：

- a) 控制参数、设定值和偏差报警设置合理性评估。
- b) 方向性闭锁和超驰控制保护合理性评估。

8.2.3 MCS 性能评估包括下列内容：

- a) 定值扰动试验。应按 DL/T 657—2015 中 6.2 的规定对系统进行定值扰动试验，试验负荷点至少包括  $50\%P_N$  和负荷低限工况。
- b) CCS 负荷变动试验。在机炉协调控制方式下，纯凝工况为  $50\%P_N$  到最小出力对应的负荷低限，供热工况为最大和最小出力对应的负荷高限和低限的机组负荷变化范围内，负荷指令以预定的



变化速率、最小  $10\%P_N$  的负荷变动量进行负荷单向变动试验或三角波试验，验证 MCS 各项性能指标。

- c) AGC 负荷跟随试验。在 AGC 控制方式下，机组负荷变化范围内，负荷指令以预定的变化速率、最小  $10\%P_N$  的负荷变动量开展试验。

#### 8.2.4 AGC 性能评估包括下列内容：

- a) AGC 性能评估前，应完成深度调峰变负荷试验，且性能指标合格。
- b) AGC 性能评估前，应完成 AGC 逻辑、AGC 指令高低限幅值、调度和机组 AGC 通信状态信号的修改和优化，并完成与调度的信号联调试验，保证 AGC 逻辑和信号精度满足要求。
- c) AGC 试验时调节区间应覆盖改造后机组最小出力至最大出力的完整区间。
- d) AGC 性能试验可按照 DL/T 1210—2013 中第 5 章，依据所属电网调度机构要求执行。

#### 8.2.5 一次调频性能评估和试验可按照 GB/T 30370—2022 中第 7 章、第 8 章的要求执行。

### 8.3 技术指标要求

8.3.1 协调控制系统的机组变负荷试验及 AGC 性能指标应符合附录 B 中表 B.1 的规定，负荷偏差应小于  $1.25\%P_N$ 。负荷变动及 AGC 负荷跟随试验机组主要被调参数的动态、稳态品质指标应符合附录 B 中表 B.2 的规定。

8.3.2 MCS 指标应符合 DL/T 657—2015 和主要模拟量控制系统品质指标（附录 B 中表 B.3）的规定。

#### 8.3.3 AGC 性能应满足下列要求：

- a) 应保证深度调峰运行工况下机组 AGC 功能全程投入。
- b) 考虑深度调峰机组负荷调节范围的差异，不同类型机组的 AGC 调节速率不低于附录 B 中表 B.1 的规定，负荷响应纯迟延时间不大于附录 B 中表 B.1 的规定，AGC 调节精度应小于  $1.25\%P_N$ 。
- c) 直流锅炉干、湿态转换过程中 AGC 调节速率应根据干、湿态工况分别计算，转换过程的时间不宜纳入速率计算。

#### 8.3.4 一次调频性能应满足下列要求：

- a) 应保证深度调峰运行工况下机组一次调频功能持续投入。
- b) 一次调频性能应符合 GB/T 30370—2022 中第 5 章的规定。

## 9 验收要求

9.1 按照第 7 章和第 8 章的内容完成深度调峰控制安全性评估和调节性能评估，根据性能验收参数记录表、适应性评估过程检查记录表（见附录 C 和附录 D）完成各项试验内容的记录并形成试验报告。

9.2 试验过程中，应对试验主要参数趋势曲线进行记录。

9.3 应将试验结果作为机组深度调峰热工控制功能的验收条件。

附录 A  
(资料性)  
评估流程图

评估流程图见图 A。

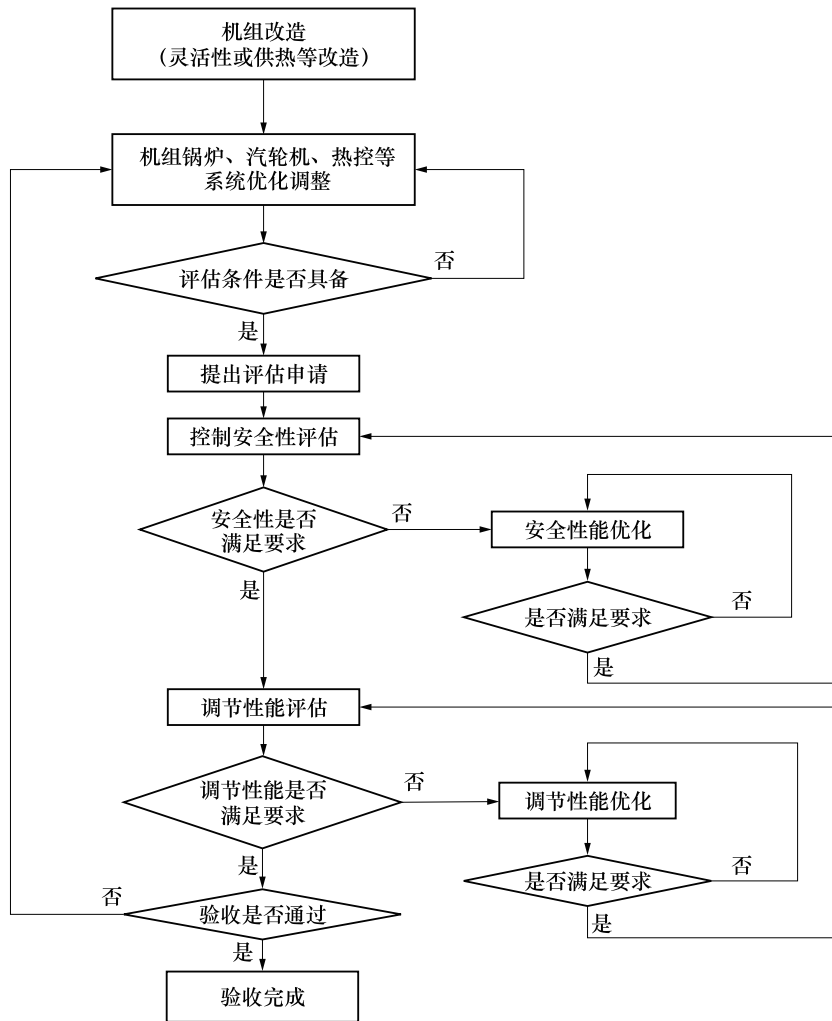


图 A 评估流程图

**附录 B**  
(规范性)  
**模拟量控制系统性能指标**

机组变负荷试验及 AGC 性能指标见表 B.1。

**表 B.1 机组变负荷试验及 AGC 性能指标**

机组类型	$40\%P_N \leq P < 50\%P_N$		$30\%P_N \leq P < 40\%P_N$		$P < 30\%P_N$	
	AGC 调节速率	负荷响应纯延迟时间	AGC 调节速率	负荷响应纯延迟时间	AGC 调节速率	负荷响应纯延迟时间
直吹式制粉系统亚临界机组	每分钟 $1.2\%P_N$	70 s	每分钟 $0.9\%P_N$	75 s	每分钟 $0.6\%P_N$	75 s
中间储仓式制粉系统机组	每分钟 $1.6\%P_N$	60 s	每分钟 $1.2\%P_N$	60 s	每分钟 $0.8\%P_N$	60 s
循环流化床机组和 燃用特殊煤种机组	每分钟 $0.8\%P_N$	95 s	每分钟 $0.6\%P_N$	95 s	每分钟 $0.4\%P_N$	95 s
定压运行超临界机组	每分钟 $0.8\%P_N$	95 s	每分钟 $0.6\%P_N$	95 s	每分钟 $0.4\%P_N$	95 s
其他类型超(超)临界 机组	每分钟 $1.2\%P_N$	70 s	每分钟 $0.9\%P_N$	75 s	每分钟 $0.6\%P_N$	75 s

注： $P_N$  为机组额定功率； $P$  为机组深度调峰实际负荷。

负荷变动及 AGC 负荷跟随试验机组主要被调参数的动态、稳态品质指标见表 B.2。

**表 B.2 负荷变动及 AGC 负荷跟随试验机组主要被调参数的动态、稳态品质指标**

指标类型	负荷变动及 AGC 负荷跟随试验动态品质指标					稳态品质指标
机组类型	直吹式制粉系统亚临界机组	中间储仓式制粉系统机组	循环流化床机组和燃用特殊煤种机组	定压运行超临界机组	其他类型超(超)临界机组	所有类型机组
AGC 调节速率	见表 B.1					—
负荷响应纯延迟时间	见表 B.1					—
负荷偏差	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 1\%P_N$
主蒸汽压力偏差	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 2\%p_0$
主蒸汽温度	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$
再热蒸汽温度	$\pm 12\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 12\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 12\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 12\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 12\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$
中间点温度(直流锅炉)	—	$\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0\text{ }^\circ\text{C}$
床温(流化床机组)	—	—	$\pm 30\text{ }^\circ\text{C}$	—	—	$\pm 30\text{ }^\circ\text{C}$
汽包水位(汽包锅炉)	$\pm 60\text{ mm}$	$\pm 60\text{ mm}$	$\pm 60\text{ mm}$	—	—	$\pm 30\text{ mm}$
炉膛压力	$\pm 250\text{ Pa}$	$\pm 250\text{ Pa}$	—	$\pm 250\text{ Pa}$	$\pm 250\text{ Pa}$	$\pm 100\text{ Pa}$
烟气含氧量	—	—	—	—	—	$\pm 1\%$

主要模拟量控制系统品质指标见表 B.3。

表 B.3 主要模拟量控制系统品质指标

控制系统	被调量	扰动量	稳态偏差	稳定时间	衰减率 $\psi$
除氧器水位控制系统	除氧器水位	$\pm 60$ mm	$\pm 20$ mm	<10 min	0.75~0.9
汽包锅炉给水控制系统	汽包水位	$\pm 60$ mm	$\pm 10$ mm	<5 min	0.75~0.9
直流锅炉给水控制系统	给水流量	$\pm 60$ t/h	$\pm 15$ t/h	<1 min	0.75~0.9
主蒸汽温度控制系统	主蒸汽温度	$\pm 5$ °C	$\pm 3$ °C	<15 min	0.75~0.9
再热蒸汽温度控制系统	再热蒸汽温度	$\pm 5$ °C	$\pm 4$ °C	<30 min	0.75~0.9
炉膛负压控制系统	炉膛压力	$\pm 200$ Pa	$\pm 100$ Pa	<3 min	0.9~0.95
一次风压控制系统	一次风压力	$\pm 500$ Pa	$\pm 100$ Pa	<60 s	0.9~0.95
氧量及二次风控制系统	烟气含氧量	$\pm 1\%$	$\pm 0.5\%$	—	—
	送风量	$\pm 100$ t/h	—	<60 s	0.9~0.95
磨煤机一次风量控制系统	磨煤机入口一次风流量	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	<20 s	0.9~0.95
磨煤机出口温度控制系统	磨煤机出口温度	$\pm 3$ °C	$\pm 3$ °C	<5 min	0.9~0.95
高压加热器水位控制系统	高压加热器水位	$\pm 30$ mm	$\pm 10$ mm	—	0.75~0.9
低压加热器水位控制系统	低压加热器水位	$\pm 30$ mm	$\pm 10$ mm	—	0.75~0.9
直流锅炉中间点温度控制系统	中间点温度	$\pm 5$ °C	$\pm 3$ °C	—	—
脱硝系统出口 NO <sub>x</sub> 控制系统定值扰动	脱硝系统出口 NO <sub>x</sub> 含量	$\pm 20$ mg/m <sup>3</sup>	$\pm 10$ mg/m <sup>3</sup>	<15 min	0.75~0.9

附 录 C  
(资料性)  
性能验收参数记录表

机组变负荷及 AGC 跟踪试验记录表见表 C.1。

表 C.1 机组变负荷及 AGC 跟踪试验记录表

机组类型	深调负荷段	$40\%P_N \leq P < 50\%P_N$		$30\%P_N \leq P < 40\%P_N$		$P < 30\%P_N$	
		AGC 调节速率	负荷响应纯延迟时间	AGC 调节速率	负荷响应纯延迟时间	AGC 调节速率	负荷响应纯延迟时间
直吹式制粉系统亚临界机组	允许值	每分钟 1.2% $P_N$	70 s	每分钟 0.9% $P_N$	75 s	每分钟 0.6% $P_N$	75 s
	实测值						
中间储仓式制粉系统机组	允许值	每分钟 1.6% $P_N$	60 s	每分钟 1.2% $P_N$	60 s	每分钟 0.8% $P_N$	60 s
	实测值						
循环流化床机组和燃用特殊煤种机组	允许值	每分钟 0.8% $P_N$	95 s	每分钟 0.6% $P_N$	95 s	每分钟 0.4% $P_N$	95 s
	实测值						
定压运行超临界机组	允许值	每分钟 0.8% $P_N$	95 s	每分钟 0.6% $P_N$	95 s	每分钟 0.4% $P_N$	95 s
	实测值						
其他类型超(超)临界机组	允许值	每分钟 1.2% $P_N$	70 s	每分钟 0.9% $P_N$	75 s	每分钟 0.6% $P_N$	75 s
	实测值						

注： $P_N$ 为机组额定功率； $P$ 为机组深度调峰实际负荷。

机组协调变负荷过程主要参数记录表见表 C.2。

表 C.2 机组协调变负荷过程主要参数记录表

指标类型		负荷变动及 AGC 负荷跟随试验主要参数动态指标					稳态指标
机组类型		直吹式制粉系统汽包锅炉机组	中间储仓式制粉系统机组	循环流化床机组和燃用特殊煤种机组	超临界定压运行直流锅炉机组	其他类型直流锅炉机组	所有类型机组
实际负荷变化率	允许值	见表 B.1	见表 B.1	见表 B.1	见表 B.1	见表 B.1	—
	实测值						—
负荷响应纯延迟时间	允许值	见表 B.1	见表 B.1	见表 B.1	见表 B.1	见表 B.1	—
	实测值						—
负荷偏差	允许值	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 2\%P_N$	$\pm 1\%P_N$
	实测值						
主蒸汽压力偏差	允许值	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 4\%p_0$	$\pm 2\%p_0$
	实测值						
主蒸汽温度	允许值	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 8\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$
	实测值						

表 C.2 (续)

指标类型		负荷变动及 AGC 负荷跟随试验主要参数动态指标					稳态指标
机组类型		直吹式制粉系统汽包锅炉机组	中间储仓式制粉系统机组	循环流化床机组和燃用特殊煤种机组	超临界定压运行直流锅炉机组	其他类型直流锅炉机组	所有类型机组
再热蒸汽温度	允许值	±12 °C	±12 °C	±12 °C	±12 °C	±12 °C	±5 °C
	实测值						
直流锅炉中间点温度	允许值	—	±10 °C	±10 °C	±10 °C	±10 °C	±5 °C
	实测值						
流化床机组床温	允许值	—	—	±30 °C	—	—	±20 °C
	实测值	—	—		—	—	
汽包水位	允许值	±60 mm	±60 mm	±60 mm	—	—	±30 mm
	实测值				—	—	
炉膛压力	允许值	±250 Pa	±250 Pa	—	±250 Pa	±250 Pa	±100 Pa
	实测值						
烟气含氧量	允许值	—	—	—	—	—	±1%
	实测值	—	—	—	—	—	

火电机组深度调峰期间主要模拟量控制系统扰动试验参数记录表见表 C.3。

表 C.3 火电机组深度调峰期间主要模拟量控制系统扰动试验参数记录表

控制系统	被调量	扰动量	稳态偏差		稳定时间		衰减率 $\psi$	
			允许值	实测值	允许值	实测值	允许值	实测值
除氧器水位控制系统	除氧器水位	±60 mm	±20 mm		<10 min		0.75~0.9	
汽包锅炉给水控制系统	汽包水位	±60 mm	±10 mm		<5 min		0.75~0.9	
直流锅炉给水控制系统	给水流量	±60 t/h	±15 t/h		<1 min		0.75~0.9	
主蒸汽温度控制系统	主蒸汽温度	±5 °C	±3 °C		<15 min		0.75~0.9	
再热蒸汽温度控制系统	再热蒸汽温度	±5 °C	±4 °C		<30 min		0.75~0.9	
炉膛负压控制系统	炉膛压力	±200 Pa	±100 Pa		<3 min		0.9~0.95	
一次风压控制系统	一次风压力	±500 Pa	±100 Pa		<60 s		0.9~0.95	
氧量及二次风控制系统	烟气含氧量	±1%	±0.5%		—		—	
	送风量	±100 t/h	—		<60 s		0.9~0.95	
磨煤机一次风量控制系统	磨煤机入口一次风流量	±10%	±5%		<20 s		0.9~0.95	

表 C.3 (续)

控制系统	被调量	扰动量	稳态偏差		稳定时间		衰减率 $\psi$	
			允许值	实测值	允许值	实测值	允许值	实测值
磨煤机出口温度控制系统	磨煤机出口温度	$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$		$< 5\text{ min}$		0.9~0.95	
高压加热器水位控制系统	高压加热器水位	$\pm 30\text{ mm}$	$\pm 10\text{ mm}$		—		0.75~0.9	
低压加热器水位控制系统	低压加热器水位	$\pm 30\text{ mm}$	$\pm 10\text{ mm}$		—		0.75~0.9	
直流锅炉中间点温度控制系统	中间点温度	$\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$		—		—	
脱硝系统出口 $\text{NO}_x$ 控制系统定值扰动	脱硝系统出口 $\text{NO}_x$ 含量	$\pm 20\text{ mg/m}^3$	$\pm 10\text{ mg/m}^3$		$< 15\text{ min}$		0.75~0.9	

## 附录 D

(资料性)

## 适应性评估过程检查记录表

主要保护功能检查记录表见表 D.1。

表 D.1 主要保护功能检查记录表

检查项目	检查内容	检查结果
FSSS 功能	按照 DL/T 655—2017 执行	
ETS 系统功能	按照 DL/T 656—2016 执行	
主要辅机的保护系统功能	按照 DL/T 658—2017 执行	
RB 相关功能	按照 GB/T 31461—2015 执行	

改造后机组联锁、保护适应性统计表见表 D.2。

表 D.2 改造后机组联锁、保护适应性统计表

机组	保护投入率				保护未投入原因
	设计安装套数	投入套数	改造后修改套数	投入率	
_____号机组					
公用部分					
合计					
联锁、保护具体修改内容	×××联锁修改如下： (1) 联锁原允许条件为_____，修改为_____； (2) 联锁原触发条件为_____，修改为_____				
	×××保护修改如下： (1) 保护原触发条件为_____，修改为_____； (2) 保护原定值为_____，修改为_____				