

附件 1

ICS

XXXX

备案号：

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T XXXXX—XXXX

代替 DL/T 1616-2016

火力发电机组性能试验导则

Performance test guide of fossil fired power plant

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家能源局 发布

目 次

前 言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....3

4 试验要求及项目.....3

5 试验准备.....4

6 试验内容及要求.....5

7 试验报告.....24

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。
本文件代替DL/T 1616-2016《火力发电机组性能试验导则》，与DL/T 1616-2016相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了本文件适用范围（见第1章）；
- b) 更改了部分规范性引用文件（见第2章）；
- c) 更改了试验要求的部分内容（见3.1）；
- d) 更改了锅炉辅机性能试验条目（见3.2.2）；
- e) 增加了汽轮机辅助设备及系统性能试验条目（见3.2.5）；
- f) 更改了燃气蒸汽联合循环机组性能试验条目（见3.2.6，2016年版的3.2.5）；
- g) 更改了锅炉热效率试验的试验条件（见5.1.1，2016年版的5.1.3.1）；
- h) 增加了掺烧生物质燃料、高炉煤气或污泥等其它燃料时的要求（见5.1.2）；
- i) 增加了循环流化床锅炉入炉燃料和脱硫剂粒径的要求（见5.1.3）；
- j) 增加了空气预热器设置旁路时，锅炉效率测试要求（见5.2.3.4）；
- k) 增加了余热利用系统对锅炉效率的计算方法（见5.2.3.5）；
- l) 更改了锅炉额定出力试验的部分要求（见5.2.4，2016年版的5.1.6）；
- m) 删除了锅炉断油（气、等离子）最低稳燃出力中燃烧器不同编组的要求（见2016年版的5.1.7.5）；
- n) 增加了空气预热器性能试验（见5.3.1）；
- o) 增加了风机性能试验（见5.3.3）；
- p) 增加了循环流化床锅炉燃烧制备系统性能试验（见5.3.4）；
- q) 增加了汽轮机辅助设备及系统性能试验（见5.6）；
- r) 增加了联合循环机组余热锅炉效率试验（见5.7.10）；
- s) 增加了深度调峰试验（见5.8.2）；
- t) 删除了多分仓空气预热器漏风率修正方法（见2016年版的附录A）。

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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业火电建设标准化技术委员会（DL/TC 44）归口。

本文件起草单位：。

本文件参加起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件与其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2016年首次发布为DL/T 1616-2016；

——本次为第一次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈到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）。

火力发电机组性能试验导则

1 范围

本文件规定了考核新建、扩建、改建火力发电机组性能验收时试验要求及项目，试验准备，试验内容及要求，试验报告。

本文件适用于火力发电机组，不适用背压机组、资源利用机组和垃圾焚烧发电机组。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所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 536 液体无水氨
GB/T 2440 尿素
GB/T 2888 风机和罗茨鼓风机噪声测量方法
GB/T 3216 回转动力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级
GB 5468 锅炉烟尘测试方法
GB/T 6075（所有部分） 机械振动 在非旋转部件上测量评价机器的振动
GB/T 6719 袋式除尘器技术要求
GB/T 7441 汽轮机及被驱动机械发出的空间噪声的测量
GB/T 8117.1 汽轮机热力性能验收试验规程 第1部分：方法A 大型凝汽式汽轮机
高准确度试验
GB 8978 污水综合排放标准
GB/T 10184 电站锅炉性能试验规程
GB/T 11348（所有部分） 机械振动 在旋转轴上测量评价机器的振动
GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 13223 火电厂大气污染物排放标准
GB/T 13922.4 水处理设备性能试验 除氧器
GB/T 13931 电除尘器 性能测试方法
GB/T 14100 燃气轮机 验收试验
GB/T 14669 空气质量 氨的测定 离子选择电极法
GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB 16297 大气污染物综合排放标准
GB/T 17357 设备及管道绝热层表面热损失现场测定 热流计法和表面温度法
GB/T 18929 联合循环发电装置 验收试验
GB/T 21508 燃煤烟气脱硫设备性能测试方法
GB 26164.1 电业安全工作规程 第1部分：热力和机械
GB/T 29529 泵的噪声测量与评价方法

GB/T 37753 表面式凝汽器性能试验规程

GB/T 50050	工业循环冷却水处理设计规范
GBZ 2.1	工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素
GBZ 159	工作场所空气中有毒物质监测的采样规范
GBZ/T 192.1	工作场所空气中粉尘测定 第1部分:总粉尘浓度
GBZ/T 192.2	工作场所空气中粉尘测定 第2部分:呼吸性粉尘浓度
DL/T 244	直接空冷系统性能试验规程
DL/T 260	燃煤电厂烟气脱硝装置性能验收试验规范
DL/T 414	火电厂环境监测技术规范
DL/T 467	电站磨煤机及制粉系统性能试验
DL/T 657	火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程
DL/T 799 (所有部分)	电力行业劳动环境监测技术规范
DL/T 839	大型锅炉给水泵性能现场试验方法
DL/T 904	火力发电厂技术经济指标计算方法
DL/T 932	凝汽器与真空系统运行维护导则
DL/T 997	燃煤电厂石灰石--石膏湿法脱硫废水水质控制指标
DL/T 998	石灰石--石膏湿法烟气脱硫装置性能考核试验规范
DL/T 1027	工业冷却塔测试规程
DL/T 1141	火电厂除氧器运行性能试验规程
DL/T 1150	火电厂烟气脱硫装置验收技术规范
DL/T 1213	火力发电机组辅机故障减负荷技术规程
DL/T 1224	单轴燃气蒸汽联合循环机组性能验收试验规程
DL/T 1427	联合循环余热锅炉性能试验规程
DL/T 1929	燃煤机组能效评价方法
DL/T 2051	空气预热器性能试验规程
DL/T 2142	间接空冷系统性能试验规程
DL/T 5145	火力发电厂制粉系统设计计算技术规定
DL/T 5437	火力发电建设工程启动试运及验收规程
HJ 533	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法
HJ 534	环境空气 氨的测定 次氯酸钠-水杨酸分光光度法
HJ 2001	氨法烟气脱硫工程通用技术规范
JB/T 5862	汽轮机表面式给水加热器 性能试验规程
ASME PTC 4	蒸汽锅炉 (Fired Steam Generators)
ASME PTC 4.2	磨煤机 (Coal Pulverizers)
ASME PTC 4.3	空气预热器 (Air Heaters)
ASME PTC 4.4	燃气轮机余热锅炉 (Gas Turbine Heat Recovery Steam Generators)
ASME PTC 6	蒸汽轮机 (Steam Turbines)
ASME PTC 6.2	联合循环蒸汽轮机 (Steam Turbines in Combined Cycles)
ASME PTC 12.1	闭式给水加热器性能试验规程 (Closed Feedwater Heaters)
ASME PTC 12.3	除氧器性能试验规程 (Deaerators)
ASME PTC 22	燃气轮机 (Gas Turbines)
ASME PTC 46	全厂性能试验规程 (Performance Test Code on Overall Plant Performance)

ISO 11042-1 燃气轮机 废气排放 第1部分：测试和评估（Gas turbines-Exhaust gas emission-Part 1: Measurement and evaluation）

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 试验要求及项目

4.1 试验要求

4.1.1 机组性能试验应按 DL/T 5437 的规定执行，与机组带负荷能力相关的试验项目可在机组整套启动试运期间完成，全部试验应在考核期内完成。

4.1.2 需要分季节进行的验收项目应在机组投产后满足条件的第一个季节内完成。

4.1.3 试验前建设单位或总承包单位宜协同设备供应商将机组运行性能调整到最佳状态。

4.1.4 试验前确定试验的工况点及其计量基准。

4.2 试验项目

4.2.1 锅炉本体性能试验应包括：

- a) 锅炉热效率试验。
- b) 锅炉额定出力试验。
- c) 锅炉最大连续出力试验。
- d) 锅炉断油（气、等离子）最低稳燃出力试验。

4.2.2 锅炉辅机性能试验宜包括：

- a) 空气预热器性能试验。
- b) 制粉系统性能试验。
- c) 一次风机性能试验。
- d) 送风机性能试验。
- e) 引风机性能试验。
- f) 循环流化床锅炉燃料制备系统性能试验。

4.2.3 锅炉环保系统性能试验应包括：

- a) 除尘器性能试验。
- b) 脱硫装置性能试验。
- c) 脱硝装置性能试验。

4.2.4 汽轮机组性能试验应包括：

- a) 汽轮机热耗率试验。
- b) 汽轮机组额定负荷热耗率试验。
- c) 汽轮机组额定出力试验。
- d) 汽轮机组最大出力试验。

- e) 汽轮发电机组轴系振动试验。

4.2.5 汽轮机辅助设备及系统性能试验宜包括：

- a) 汽动给水泵组性能试验。
- b) 电动给水泵性能试验。
- c) 凝结水泵性能试验。
- d) 循环水泵性能试验。
- e) 表面式凝汽器性能试验。
- f) 冷却塔性能试验。
- g) 直接空冷系统性能试验。
- h) 间接空冷系统性能试验。
- i) 表面式加热器性能试验。
- j) 除氧器性能试验。

4.2.6 燃气蒸汽联合循环机组性能试验应包括：

- a) 联合循环机组出力、热耗率、和厂用电率试验。
- b) 联合循环机组轴系振动试验。
- c) 联合循环机组污染物排放测试。
- d) 燃气轮机出力、效率试验。
- e) 汽轮机出力试验。
- f) 余热锅炉出力和烟气侧压降试验。
- g) 余热锅炉效率试验。
- h) 联合循环机组脱硝性能试验。

4.2.7 机组整体性能试验宜包括：

- a) 机组煤耗试验。
- b) 深度调峰试验。
- a) 机组 RB 试验。
- b) 烟气污染物排放测试。
- c) 散热测试。
- d) 噪声测试。
- e) 废水排放测试。
- f) 粉尘测试。

5 试验准备

5.1 机组性能试验应由建设单位组织，由试验单位主持，与总承包单位、设备供应商、生产单位等相关各方共同完成。

5.2 试验单位应根据购货合同、技术协议、相关技术标准及本文件，编制机组性能试验措施或方案，完成审批流程并正式出版，试验前试验措施或方案应报电网调度部门备案。

5.3 试验措施或方案的技术内容应由各方讨论后共同确定，包括：目的、依据、项目、方法、应具备条件及要求、测点、仪器、试验计划、持续时间、数据处理方法、测试结果有效性判据、组织机构、各单位责任及分工、过程危险点和应急处理原则等内容。

- 5.4 建设单位应按照试验标准和试验措施或方案的要求，在设计阶段组织试验、设计、制造、安装单位等相关方共同确定测点位置、数量、形式和规格尺寸；在设备安装阶段组织试验、设计、制造、安装单位等相关方完成试验使用的孔板、喷嘴、热电偶（电阻）套管、仪表阀门、仪表接头、电压互感器（PT）和电流互感器（CT）等测量元件的装设。
- 5.5 所有性能试验涉及的试验仪表和在线表计应校验合格。
- 5.6 试验前建设单位应组织总承包单位、试验单位、设备供应商共同确定试验用仪器仪表的型号、规格、安装规范、数量和精度，试验单位应对试验中的操作要求进行交底。
- 5.7 试验前应按照试验措施规定的范围进行系统隔离。试验措施中应有针对无法隔离系统的试验方法，数据测量及修正方法。
- 5.8 试验前建设单位应组织总承包单位、试验单位、设备供应商共同确定试验结果的修正依据和方法，宜采用合同约定性能试验标准中推荐的曲线和方法，也可采用设备供应商提供的修正曲线。采用设备供应商修正曲线应由建设单位、总承包单位、试验单位和设备供应商等相关方签字确认。
- 5.9 试验临时设施应符合 GB 26164.1 规定，并验收合格。

6 试验内容及要求

6.1 锅炉侧性能试验条件

6.1.1 应准备足够的、符合试验规定的燃料和脱硫剂。试验前应对燃料和脱硫剂取样、化验分析，并由试验各方对结果进行确认，根据 GB/T 10184 的规定，试验用煤与设计煤种或商定煤种的偏差、炉内脱硫剂与设计值的偏差应满足表 1 的规定。

表 1 试验燃料及脱硫剂的主要指标与设计值间允许变化范围

参数		允许变化范围
试验燃料	干燥无灰基挥发分	±5% (绝对值，煤粉锅炉)
		±2% (绝对值，循环流化床锅炉)
	全水分	±4% (绝对值，煤粉锅炉)
		±2% (绝对值，循环流化床锅炉)
	收到基灰分	±5% (绝对值)
	收到基全硫分	±0.5% (绝对值，循环流化床锅炉)
	收到基低位发热量	±10% (相对值)

脱硫剂	全水分	±0.5%(绝对值)
	收到基碳酸钙含量	±3%(绝对值)

- 6.1.2 入炉燃料含有生物质燃料、高炉煤气或污泥等其它燃料时，试验各方可根据实际情况协商确定燃料的变化范围。
- 6.1.3 根据 GB/T 10184 的规定，循环流化床锅炉入炉燃料和脱硫剂粒径组成应符合设计特性分布曲线，入炉燃料和脱硫剂的中位径 d_{50} (筛余量为 50%对应的粒径) 与设计值的偏差应在 10%(相对值) 之内，超过最大粒径颗粒的质量百分率应不超过 5%(绝对值)。
- 6.1.4 锅炉按约定或事先商定的出力运行，主要运行参数与设计值偏差范围应满足标准或设计要求。
- 6.1.5 锅炉主、辅机应正常运行，热工控制系统正常投入，保护联锁正常投入。
- 6.1.6 机组无明显泄漏，主、辅机能正常运转并满足试验要求。
- 6.1.7 所有受热面在开始试验前均保持正常运行时的清洁度。
- 6.2 锅炉本体性能试验
- 6.2.1 试验项目
- 锅炉本体性能试验应包括：
- a) 锅炉热效率试验。
 - b) 锅炉额定出力试验。
 - c) 锅炉最大连续出力试验。
 - d) 锅炉断油（气、等离子）最低稳燃出力试验。
- 6.2.2 试验可按 GB/T 10184 或 ASME PTC 4 标准实施。
- 6.2.3 锅炉热效率试验
- 6.2.3.1 锅炉热效率试验前，建设单位或总承包单位宜和设备供应商组织锅炉燃烧优化调整，确定运行工况。
- 6.2.3.2 试验前，锅炉运行持续时间应大于 72h，测量前锅炉在试验负荷及条件下稳定运行时间应不小于 2h。添加脱硫剂的循环流化床锅炉，应在脱硫剂投入量和 SO_2 排放浓度达到稳定后 2h 开始试验。
- 6.2.3.3 试验测试期间，过热蒸汽流量、压力和温度、再热蒸汽压力和温度、给水压力和温度、锅筒水位、过量空气系数、循环流化床锅炉床压和床温、燃料量、脱硫剂流量等主要参数的允许波动范围应符合 GB/T 10184 或 ASME PTC 4 的要求。
- 6.2.3.4 锅炉热效率应按反平衡试验方法进行，试验时需要测试空气预热器进、出口的烟气温度、进口空气温度和进、出口烟气成分等数据。测试要求如下：
- a) 试验时，应记录可以表征锅炉整体运行状态的运行参数，记录频率宜每 15min 记录 1 次。

- b) 空气预热器进、出口烟气成分应当采用等截面网格法测量，烟气成分测试至少应包含 O_2 和 CO 浓度，烟气成分分析仪表应满足精度要求，并在法定计量单位检验的有效使用期内。
- c) 空气预热器出口烟气温度应和烟气成分取样同点测量。
- d) 飞灰、炉渣、原煤宜每 30min 取样 1 次。
- e) 如果各原煤仓煤种不同，进磨煤机原煤应当分别采样、分别化验，按给煤量加权平均后作为入炉煤成分。
- f) 空气预热器进口一次风、二次风空气温度应分别测量，按一次风量、二次风量加权平均计算后作为锅炉进风温度。
- g) 应在送风机进口附近避风遮阳处测量大气压力、空气湿度和温度。
- h) 炉内脱硫锅炉应对脱硫剂、灰渣进行采样和化验。
- i) 空气预热器设置旁路烟道时，可分别测量旁路入口烟气流量、温度，和空气预热器出口烟气流量、温度，按流量加权计算排烟热损失。

6.2.3.5 锅炉在空气预热器前的烟道或一次风/二次风热风道中配置有余热利用系统加热凝结水/给水时，应按公式（1）对锅炉效率进行增减。

$$\eta_B = \eta_B^t - 100 \sum \frac{D_w(h_w^* - h_w^{'})}{BQ_{ar,net}} \quad (1)$$

式中： η_B 、 η_B^t —— 实际锅炉效率和现场采用反平衡法测定的效率，%；

h_w^* 、 $h_w^{'}$ —— 余热利用系统进、出口水焓，kJ/kg；

D_w —— 余热利用系统水量，kg/s；

B —— 锅炉燃料量，kg/s；

$Q_{ar,net}$ —— 燃料低位发热量，kJ/kg。

6.2.3.6 试验期间，煤粉锅炉的制粉系统与配风方式，循环流化床锅炉的床压和床温、燃料量、脱硫剂流量应保持稳定，锅炉不进行吹灰、负荷调节、床料层调整或定期排污等对工况有扰动的操作。

6.2.3.7 锅炉辐射对流损失的测试或取值方法应在试验前由各方商讨确定。

6.2.3.8 试验结果应对试验条件偏离设计或保证条件的因素进行修正，并以修正后的结果作为最终结果。

6.2.3.9 锅炉热效率应以燃料低位发热量作为锅炉唯一输入热量的原则进行计算。

6.2.3.10 试验期间受热面金属管壁温度不应出现超温现象。

6.2.3.11 正式试验之前应做预备性试验，满足要求的预备性试验可作为正式试验。

6.2.3.12 锅炉热效率正式试验应进行两次，当两次效率试验值偏差不大于 0.5%（绝对值）时，取其算术平均值作为最终试验结果，否则应再次进行试验。

6.2.4 锅炉额定出力试验

6.2.4.1 单元机组锅炉额定出力试验以机组出力达到额定为基准，母管制机组锅炉额定出力以锅炉主蒸汽量达到额定值为试验基准。

6.2.4.2 额定出力试验应在自动控制系统投入情况下，包括燃烧器不同编组和高压加热器不同投运方式。试验期间保持锅炉出口蒸汽压力和温度为设计值，保持试验出力稳定运行 2h，期间进行煤种取样，并测量和记录锅炉主要运行参数。

5.2.4.3 高压加热器全切额定出力工况宜在机组整套启动试运期间进行。

6.2.5 锅炉最大连续出力试验

6.2.5.1 试验应基于额定出力工况开展，额定工况下主、辅机运行正常并有调节裕度，汽轮机、发电机运行稳定时，可进行锅炉最大连续出力试验。

6.2.5.2 增加燃煤量提高锅炉出力的过程应满足设备要求，期间调整并保持过热蒸汽压力和温度、再热蒸汽温度达到或接近设计值，主要参数波动满足 GB/T 10184 或 ASME PTC 4 的要求，试验期间进行燃料取样、测量和记录锅炉主要运行参数，并对锅炉给水、炉水、蒸汽品质进行分析。

6.2.5.3 锅炉在最大出力工况下应保持连续稳定运行 2h。

6.2.5.4 锅炉最大连续出力试验宜与汽轮机最大出力工况（VWO）试验同时进行，以汽轮机试验测量计算得到的蒸汽流量为锅炉最大连续出力。当汽轮机所有调节阀已全开，锅炉仍未达到最大连续出力时，以汽轮机的最大进汽流量为锅炉最大连续出力试验结果。

6.2.5.5 宜按照等焓值法将试验蒸汽参数修正到设计条件，得到最终试验结果。

6.2.6 锅炉断油（气、等离子）最低稳燃出力试验

6.2.6.1 试验前应完成下列准备工作：

- a) 根据锅炉燃烧优化调整及制粉系统试验结果，确定合理运行参数。
- b) 检查炉膛与燃烧器火焰检测系统，确认功能正常，保护正常投入。
- c) 确保燃油、燃气及等离子助燃系统完好，处于热备用状态。

6.2.6.2 锅炉应从高负荷逐渐下降，试验过程中蒸汽温度不应低于运行规程规定值，避免快速下降。

6.2.6.3 试验工况有较大波动时应暂时停止减燃料，调整燃烧至稳定后，再继续进行试验。

6.2.6.4 锅炉出力降低至接近设备供应商设计的断油（气、等离子）最低稳燃出力时，宜放缓负荷下降速率，每降低 3% 的出力，观察 10min-20min，直至达到设计值或保证值。达不到最低设计或保证出力的锅炉，以安全稳定运行时能达到的出力作为最低出力试验结果。

6.2.6.5 试验持续时间应不少于 2h。

6.2.6.6 试验中应保证如下条件：

- a) 炉膛压力正常。
- b) 燃烧稳定。
- c) 火焰检测正常。

- d) 炉膛出口氧量正常。
- e) 汽水侧参数稳定、正常。
- f) 受热面管壁金属温度及温度偏差正常。

6.3 锅炉辅机性能试验

6.3.1 空气预热器性能试验

6.3.1.1 试验项目应包括：

- a) 空气预热器漏风率。
- b) 空气预热器热力性能。
- c) 空气预热器烟风侧阻力。

6.3.1.2 试验可按 GB/T 10184、DL/T 2051 或 ASME PTC 4.3 标准实施。

6.3.1.3 空气预热器性能试验宜与额定负荷锅炉热效率试验同时进行。

6.3.1.4 空气预热器漏风率试验：

- a) 应采用等截面网格法同时测量空气预热器进、出口烟气成分。
- b) 应记录试验所需要的运行参数，飞灰、灰渣和原煤取样与热效率试验要求相同。试验时应记录或测量空气预热器出口烟气压力及入口一、二次风压力。
- c) 空气预热器漏风率宜按 DL/T 2051 或 ASME PTC 4.3 规定的方法修正到设计条件下。

6.3.1.5 空气预热器热力性能试验：

- a) 应采用等截面网格法同时测量空气预热器进、出口烟气温度，计算空气预热器传热效率。
- b) 宜按 DL/T 2051 或 ASME PTC 4.3 规定的方法将排烟温度修正到空气预热器的设计条件。

6.3.1.6 空气预热器烟风侧阻力试验：

- a) 烟风侧阻力应采用差压法进行测量，测点布置可根据 DL/T 2051 或 ASME PTC 4.3 确定。
- b) 烟风侧阻力的修正计算可根据 DL/T 2051 或 ASME PTC 4.3 提供的计算方法来确定。

6.3.1.7 每台空气预热器性能应单独测量计算，各空气预热器间烟气流量的分配根据 DL/T 2051 或 ASME PTC 4.3 确定，并在试验前各方达成一致。

6.3.1.8 试验期间应保持空气预热器工况稳定，磨煤机调温风挡板和漏风控制装置应处于自动状态。

6.3.1.9 空气预热器性能试验应进行两次，当两次漏风率试验值偏差不大于 1%（绝对值）时，取其算术平均值作为最终试验结果，否则应再次进行试验。

6.3.2 制粉系统性能试验

6.3.2.1 试验项目应包括：

- a) 磨煤机出力。
- b) 磨煤机、排粉机单耗。

6.3.2.2 试验可按 DL/T 467、DL/T 5145 或 ASME PTC 4.2 标准实施。

6.3.2.3 试验条件：

- a) 试验前建设单位或总承包单位应协同设备供应商完成制粉系统调整试验，确定系统运行参数。
- b) 试验前应对给煤机进行标定，带电子皮带秤的给煤机称重精度应不低于 0.5%，其他给煤机按容重法校验。
- c) 试验煤质应为设计煤种或事先商定煤种。
- d) 在试验前清空石子煤箱，并准备称重或计量用仪表。

6.3.2.4 磨煤机出力试验：

- a) 应以磨煤机带额定出力和最大出力为主要考核工况。
- b) 在稳定运行期间应测试煤粉细度并取原煤样做煤质分析，内容应包含水分、灰分和可磨性系数。
- c) 试验期间磨煤机应不堵煤、通风量合理，振动、出口温度和石子煤排放正常。
- d) 应在输粉管道上采用多点等速法取煤粉样，每点取样时间应相等，时长根据每台磨煤机的一次风管数和每根管内取样点数确定。
- e) 试验时应记录机组负荷、磨煤机的温度、风压、风量、挡板开度（动态分离器转速）、电流和电功率等值，每 10min 记录 1 次。
- f) 磨煤机达到额定出力且煤粉细度达到设计要求时，进行磨煤机额定出力测试试验，测试试验应持续 2h。
- g) 磨煤机达到最大出力且稳定运行时，进行磨煤机最大出力测试试验，测试试验应稳定持续 2h。
- h) 对试验期间石子煤进行称重、取样，每个试验工况 1 次。试验期间石子煤排量大于磨煤机额定出力的 0.05%时应测定石子煤发热量，石子煤发热量应不大于 6.27MJ/kg。
- i) 中间储仓式制粉系统试验除化验原煤样外，还应化验煤粉样，每 30min 取样 1 次。
- j) 出力试验结果应根据煤质水分、灰分、细度和可磨性系数修正到设计条件，修正计算方法参照 DL/T 5145 或 ASME PTC 4.2。

6.3.2.5 磨煤机出力试验过程中应同时测量磨煤机、排粉机的功率，并计算磨煤机的单耗，磨煤机、排粉机功率计量装置准确度应不低于 0.2%。

6.3.3 风机性能试验

6.3.3.1 试验项目应包括：

- a) 风机单耗。
- b) 风机全压升。
- c) 可进行风机效率的测定。

6.3.3.2 试验可按 DL/T 469 或 ASME PTC 11 标准实施。

6.3.3.3 试验要求如下：

- a) 试验前应检查风机工作状态满足试验要求。
- b) 测量面与风机之间的管道应无泄漏现象，风机的进、出口之间不应有气体再循环。

- c) 宜在 100%、75%和 50%额定负荷下分别开展风机性能试验。
- d) 静压测量位置应尽可能靠近风机的进、出口。
- e) 工质流量测量截面应选择在风道截面积不变、无障碍物的直管段上。
- f) 试验期间锅炉应保持稳定运行，不进行吹灰操作。
- g) 试验风机宜在手动控制方式下运行。

6.3.4 循环流化床锅炉燃料制备系统性能试验

6.3.4.1 试验项目应包括：

- a) 破碎机、筛分设备出料粒径。
- b) 破碎机、筛分设备出力。

6.3.4.2 试验条件：

- a) 制造厂应提供其设备的出力计算公式、图表或曲线，并经各方确认。
- b) 检查破碎机锤头、破碎板磨损情况，碎煤机转子与筛板的间隙应符合要求。
- c) 试验前应对输煤皮带、给煤机进行标定，皮带秤的称重精度应不低于 0.5%。
- d) 筛分设备、破碎机等工作正常，筛分设备旁路处于关闭状态。

6.3.4.3 出料粒径试验：

- a) 在筛分设备进料口取样，并测量原煤中最大颗粒的粒径。
- b) 对筛分设备筛下物进行取样和筛分分析，获取粒径分布及最大粒径。
- c) 对破碎机出口产物进行取样和筛分分析，获取粒径分布及最大粒径。
- d) 应采用多点均匀的方式取样，并满足代表性和试验分析用量的要求。
- e) 进行制备系统入口燃料的煤质化验，内容至少应包含水分、灰分和可磨性系数。

6.3.4.4 出力试验：

- a) 在制备设备出料粒径满足要求的前提下，逐步增加设备出力至额定出力并维持稳定运行 1h，并记录电流、振动等各项运行参数，每 10min 记录一次。
- b) 配置两级燃料制备系统的，两级制备设备的出力试验宜同时进行。
- c) 进料无称重计量的，可采用出料（下游）输煤皮带的皮带秤计量；筛分设备排出系统的筛出物应进行单独称重统计。
- d) 输煤系统无称重计量的，可采用统计一定时段内卸料量进行间接测量。

6.4 锅炉环保系统性能试验

6.4.1 除尘器性能试验

6.4.1.1 试验项目应包括：

- a) 除尘效率试验。
- b) 本体漏风率试验。
- c) 本体压力降试验。
- d) 除尘器进、出口烟尘浓度（固体颗粒物浓度）试验。

6.4.1.2 试验可按 GB 13223、GB/T 6719、GB/T 13931 和 GB/T 16157 标准实施。

6.4.1.3 试验条件：

- a) 电场冷态升压试验及单项试验合格。
- b) 湿式电除尘器的供水及循环水应满足设计要求。
- c) 袋式或电袋复合除尘器试验期间滤袋应无破损泄漏。
- d) 袋式或电袋复合除尘器使用的喷吹压缩空气品质应满足工艺要求。
- e) 低低温电除尘器试验期间电除尘器入口烟气冷却器应正常投运,入口烟温符合要求。
- f) 试验期间电除尘器电场应全部投入(有停电场或供电分区要求的除外),电源控制调整至最佳状态。
- g) 试验期间电除尘器集尘极及放电极振打系统程控应正常投入。
- h) 试验期间袋式除尘器滤袋喷吹系统应运行正常。
- i) 试验期间除灰系统应输送正常,除尘器灰斗无积灰。
- j) 试验期间锅炉应保持额定出力,允许其波动范围在 $\pm 5\%$ 以内。
- k) 试验期间两侧引风机出力应基本平衡。
- l) 试验期间锅炉不应吹灰。

6.4.1.4 试验方法与要求:

- a) 除尘器性能试验可与锅炉性能试验同时进行。
- b) 应在除尘器前、后烟道上同时进行等速采样。
- c) 试验期间应记录机组及除尘器的主要运行参数。
- d) 应采集入炉煤样,并进行煤质工业分析。
- e) 对偏离设计或保证条件的因素应进行修正,以修正后的结果作为最终结果。

6.4.2 脱硫装置性能试验

6.4.2.1 试验项目应包括:

- a) 不同脱硫系统均应测试如下项目:
 - 1) 原、净烟气 SO_2 浓度及脱硫效率。
 - 2) 原、净烟气固体颗粒物浓度。
 - 3) 除雾器出口处雾滴含量。
 - 4) 回转式气气换热器(GGH)或其他类型换热器的泄漏率。
 - 5) 水耗量。
 - 6) 烟气系统阻力。
 - 7) 电耗。
 - 8) 原、净烟气温度。
- b) 钙基湿法脱硫还应测量如下项目:
 - 1) 石膏品质。
 - 2) 吸收剂品质。
 - 3) 吸收剂耗量。
 - 4) 脱硫废水水质。
- c) 海水脱硫还应测量如下项目:
 - 1) 原海水消耗量。
 - 2) 原海水水质测试[pH值、温度、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、碱度]。
 - 3) 排放海水水质测试[pH值、温度、DO、COD、重金属成分、悬浮物等]。
- d) 氨法脱硫还应测量如下项目:
 - 1) 净烟气 NH_3 、硫酸铵排放浓度。

- 2) 氨回收利用率。
- 3) 氨耗量。
- 4) 副产物硫酸铵纯度和氯离子含量。
- 5) 浆液中氯离子含量。

6.4.2.2 试验标准：

- a) 钙基湿法脱硫按 GB/T 21508 和 DL/T 998 、DL/T 997、DL/T 1150 标准实施。
- b) 氨法脱硫按 GB/T 21508、DL/T 1150、HJ 2001 和 HJ 533 标准实施。
- c) 炉内脱硫按 GB/T 10184 或 ASME PTC 4 标准实施。
- d) 其它脱硫工艺参考实施。

6.4.2.3 试验条件：

- e) 锅炉主、辅机和脱硫装置运行稳定，试验前应由建设单位、承包商（或特许经营单位）和试验单位共同确认试验条件。
- f) 脱硫自动控制系统应投运可靠，分布式控制系统（DCS）各参数显示正常，烟气连续排放监测系统（CEMS）经过标定满足试验要求。
- g) 脱硫系统采用的吸收剂品质、浆液细度和密度应满足设计要求。
- a) 试验负荷与设计工况负荷偏差应在 $\pm 5\%$ 以内。
- b) 脱硫吸收塔入口的烟气条件应满足脱硫系统的设计要求。
- c) 湿法脱硫吸收塔的液位、pH 值和浆液密度等应控制在设计范围内并保持稳定。

6.4.2.4 试验要求：

- a) 试验期间应记录机组及脱硫系统的主要运行参数。
- b) 应采集入炉煤样，并进行煤质工业分析和全硫分析。
- c) 单塔双循环脱硫系统应进行两个浆池的化学分析。
- d) 双塔双循环吸收塔系统、串联吸收塔系统的脱硫装置应进行分级的效率、阻力和吸收塔浆液分析等的测试。
- e) 脱硫吸收塔与湿式电除尘器一体化的脱硫系统应增加湿式电除尘器部分除尘效率、进出口烟尘浓度、电耗和阻力等测试。
- f) 对偏离设计或保证条件的因素应进行修正，以修正后的结果作为最终结果。

6.4.3 脱硝装置性能试验

6.4.3.1 试验项目应包括：

- a) 选择性催化还原法（SCR）工艺测试项目：
 - 1) 进、出口 NO_x 浓度分布及平均值。
 - 2) 脱硝效率。
 - 3) 氨逃逸浓度。
 - 4) 还原剂消耗量。
 - 5) 电耗。
 - 6) SO₂/SO₃ 转化率。
 - 7) 烟气系统阻力、烟气温降。
 - 8) 烟气量。
- b) 选择性非催化还原法（SNCR）工艺测试项目：

- 1) 锅炉出口 NO_x 浓度。
- 2) 脱硝效率。
- 3) 氨逃逸浓度。
- 4) 还原剂消耗量。
- 5) 电耗。

6.4.3.2 试验应按 GB/T 14669、GB/T 16157、DL/T 260、HJ 533、HJ 534 标准实施。

6.4.3.3 试验条件：

- c) 试验应在机组 100%、75%、50%额定负荷工况下进行。
- d) 试验前建设单位或承包商（或特许经营单位）宜先通过燃烧调整使锅炉出口 NO_x 浓度达到设计值或小于设计值，并对脱硝装置进行喷氨优化调整。
- e) 液氨应符合 GB/T 536 的要求，尿素应符合 GB/T 2440 的要求，氨水浓度满足设计要求。
- f) 脱硝装置应运行稳定，试验期间不得进行较大干扰运行工况的操作。
- g) 脱硝自动控制系统应投运可靠，DCS 各参数显示准确，CEMS 正常投运，数据显示正常。
- h) 还原剂制备系统应正常投运。
- i) 脱硝装置运行工况及设备状态经过建设单位或总承包单位、承包商（或特许经营单位）和试验单位确认后，方可进行性能考核试验。

6.4.3.4 试验要求：

- a) 采用 SNCR 脱硝工艺的锅炉，炉内反应区的实际烟气温度应在 SNCR 的设计范围内。
- b) 试验期间应记录机组及脱硝系统的主要运行参数。
- c) 应采集入炉煤样，并进行煤质工业分析和元素分析。
- d) 应对偏离设计或保证条件的因素进行修正。

6.5 汽轮机组性能试验

6.5.1 试验项目

汽轮机组性能试验应包括：

- a) 汽轮机热耗率试验。
- b) 汽轮机组额定负荷热耗率试验。
- c) 汽轮机组额定出力试验。
- d) 汽轮机组最大出力试验。
- e) 汽轮发电机组轴系振动试验。

6.5.2 试验可按 GB 8117.1、ASME PTC 6、GB/T 6075、GB/T 11348 标准实施。

6.5.3 试验条件

- a) 建设单位应在主蒸汽、冷再热蒸汽、热再热蒸汽和给水管道设计阶段组织总承包单位、试验单位及设计单位，讨论确定测点清单和布置要求，供应商应在管道出厂前将性能试验专用压力测点管座和温度测点套管安装到位。
- b) 试验专用主流量测量装置，应按照试验标准要求进行设计采购、加工并校验合格，宜在试验前安装到位并调试正常。

- c) 试验所用数据采集系统应校验合格。
- d) 试验期间，机组运行稳定，其运行参数偏差和波动范围应满足试验标准要求。
- e) 机组主蒸汽调节阀能够调整到试验规定阀位上，油动机行程指示正常，符合设计曲线，试验期间应保持阀位不变。
- f) 汽轮机及辅助设备应运行正常、稳定、无异常泄漏。
- g) 轴封系统应运行正常。
- h) 汽轮机组真空严密性应合格。
- i) 机组热力系统应按标准实施隔离，系统不明泄漏率满足标准要求。
- j) 试验期间停止向外排污、排水、排汽，不吹灰，不补水，停止化学取样，隔离辅汽。
- k) 辅助性流量宜实际测量。

6.5.4 汽轮机热耗率试验

6.5.4.1 试验应以阀点为基准，如有协议以负荷为基准时可与汽轮机额定负荷热耗率试验合并。

6.5.4.2 他励的机组应扣除励磁所消耗的功率。

6.5.4.3 主油泵为电动的机组应扣除主油泵消耗的功率。

6.5.4.4 正式试验前应进行预备性试验，检验试验测点、测量仪器、采集系统及热力系统等，并确保其符合试验要求。

6.5.4.5 汽轮机热耗率试验应进行两次，当两次试验值修正到相同的设计条件后其结果相差不大于 0.25%时，取其算术平均值作为最终试验结果，否则应再次进行试验。

6.5.4.6 每次试验正式计时时长不低于 2h。

6.5.4.7 应根据 GB/T 8117 或 ASME PTC 6，将试验热耗率修正到设备供货商设计性能保证条件。

6.5.5 汽轮机组额定负荷热耗率试验

6.5.5.1 汽轮机组额定负荷热耗率试验应以汽轮机负荷为基准，以机组设计阀门控制方式、额定主再热蒸汽参数稳定运行 2 h。

6.5.5.2 额定负荷热效率试验热耗率进行环境温度、主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热蒸汽温度、排汽压力（或循环水温度）、过热减温水流量、再热减温水流量和发电机功率因数等因素的修正后，作为设计条件下汽轮机组额定负荷热耗率。

6.5.6 汽轮机组额定出力试验

6.5.6.1 汽轮机组额定出力试验包括高压加热器全切额定出力工况、高背压额定出力工况试验。

6.5.6.2 汽轮机组额定出力试验应以负荷为基准，以机组设计阀门控制方式、额定主再热蒸汽参数运行。

6.5.6.3 机组运行稳定，各辅机运行正常并有调节裕度时，可进行汽轮机额定出力试验。

6.5.6.4 试验期间测量和记录汽机主要运行参数，应按试验要求进行修正。

6.5.7 汽轮机组最大出力试验（VWO 工况）

6.5.7.1 机组运行稳定，各辅机运行正常并有调节裕度时，可进行汽轮机最大出力试验。

6.5.7.2 本试验宜与锅炉最大连续出力试验同时进行，汽轮机所有进汽调节阀保持全开，实测并记录凝结水流量（或给水流量），计算主蒸汽流量，保持试验负荷时间 2 h。

6.5.7.3 机组达到最大出力并稳定后，应记录汽轮机主蒸汽参数、再热蒸汽参数、各段抽汽参数、轴承振动、支撑及推力轴承温度、机组膨胀及胀差等数据。

6.5.8 汽轮发电机组轴系振动试验

6.5.8.1 轴系振动试验宜在机组启动调试阶段进行。

6.5.8.2 机组升速过程中，应记录机组轴系振动数据。

6.5.8.3 机组满负荷时，应记录机组轴系振动数据。

6.5.8.4 机组超速试验时，应记录升、降转速时的振动数据。

6.5.8.5 机组停机惰走过程中，应记录振动数据。

6.5.8.6 机组振动的观测仪器可使用运行表计，也可采用振动测量分析仪。

6.5.8.7 机组振动以轴振为主，宜同时记录瓦振。

6.6 汽轮机辅助设备及系统性能试验

6.6.1 汽动给水泵组性能试验

6.6.1.1 试验项目应包括：

- a) 给水泵扬程。
- b) 给水泵流量。
- c) 给水泵效率。
- d) 给水泵汽轮机效率。

6.6.1.2 试验可按 GB/T 3216、DL/T 839 标准实施。

6.6.1.3 试验要求

- a) 试验持续时间应不少于 1h。
- b) 试验前应核算泵的汽蚀裕量。
- c) 试验时应关闭给水泵的抽头，无法关闭时根据 DL/T 839 考虑抽头的影响。
- d) 给水泵密封水、辅助流量等可采用超声波流量计进行测量。
- e) 宜采用 DL/T 839 推荐的热力学法测量给水泵效率。
- f) 给水泵扬程、流量及效率验收等级和容差系数值，可根据 GB/T 3216 标准进行选取。

6.6.2 电动泵性能试验

6.6.2.1 试验项目应包括：

- a) 流量。
- b) 扬程。

- c) 总效率。
- d) 可进行泵效率测试。

6.6.2.2 电动泵主要包括：电动给水泵、凝结水泵、循环水泵等。

6.6.2.3 试验可按 GB/T 3216、DL/T 839 标准实施。

6.6.2.4 试验要求

- a) 试验持续时间应不少于 1h。
- b) 试验前应核算泵的汽蚀裕量。
- c) 试验应至少取 5 个流量点。
- d) 试验时应关闭给水泵的抽头，无法关闭时根据 DL/T 839 考虑抽头的影响。

6.6.3 表面式凝汽器性能试验

6.6.3.1 试验项目应包括：

- a) 凝汽器压力。
- b) 凝汽器水侧阻力。
- c) 总体传热系数。
- d) 运行清洁系数。

6.6.3.2 试验可按 GB/T 37753、DL/T 932 标准实施。

6.6.3.3 技术要求

- a) 不凝结气体泄漏量应满足 GB/T 37753 的要求。
- b) 试验期间凝汽器不补水，系统为正常运行方式，机组负荷稳定。
- c) 每个试验工况采集数据时间不小于 1h。
- d) 凝汽器热负荷可由循环水的吸热量计算，也可采用热平衡方法确定。

6.6.4 冷却塔性能试验

6.6.4.1 试验项目应包括：

冷却塔冷却能力。

6.6.4.2 试验可按 DL/T 1027 标准实施。

6.6.4.3 试验要求

- a) 试验工作宜在夏季接近设计的气象条件或气温较高季节的晴朗白天进行。
- b) 机械通风冷却塔的环境平均风速不应大于 4.5m/s，阵风每分钟平均风速不应大于 7.0m/s；自然通风冷却塔的环境平均风速不应大于 3.0m/s，阵风每分钟平均风速不应大于 5.0m/s。
- c) 进入冷却塔的循环水水质应符合 GB/T 50050 的有关规定。
- d) 单格机械通风冷却塔试验时间不宜小于 30min，机械通风冷却塔群和自然通风冷却塔的不应小于 1h。

6.6.5 直接空冷系统性能试验

6.6.5.1 试验项目应包括：

- a) 直接空冷系统热力性能。
- b) 空冷风机功耗。

6.6.5.2 试验可按 DL/T 244 标准实施。

6.6.5.3 试验要求

- a) 试验应在无雪、无雨的天气下进行,环境温度应不低于 5℃。
- b) 汽轮机组真空系统严密性良好。
- c) 直接空冷凝汽器的外表面应保持清洁。
- d) 空冷风机应根据空冷系统技术协议规定的方式运行。
- e) 每一试验工况有效时间内,空冷凝汽器上边缘上方 1m 处的平均环境风速不应超过 5m/s,超过 10m/s 的峰值 1h 内发生次数不应超过 20 次。
- f) 每一试验工况至少连续 1h 稳定运行有效时间。

6.6.6 间接空冷系统性能试验

6.6.6.1 试验项目应包括:

- a) 间接空冷系统冷却性能(散热量或出口水温)。
- b) 水侧阻力。
- c) 机械通风冷却塔的风机功耗。

6.6.6.2 试验可按 DL/T 2142 标准实施。

6.6.6.3 试验要求

- a) 试验应在无雪、无雨、无雾,且无大气温度逆变的天气下进行。
- g) 汽轮机组真空系统严密性良好。
- b) 空冷散热器外表面应保持清洁。
- c) 试验有效时间段内,离地面 10m 高度处,平均环境风速不应大于 4m/s,且超过 8m/s 的峰值 1h 内发生次数不应超过 20 次。
- d) 间接空冷系统散热量应根据热流体侧的测量参数确定。
- e) 每一试验工况应至少连续 2h 的稳定运行时间,试验计算取 1h 的有效时间。

6.6.7 表面式加热器性能试验

6.6.7.1 试验项目应包括:

- a) 端差。
- b) 水侧温升。
- c) 水侧压降。

6.6.7.2 试验可按 JB/T 5862、ASME 12.1 标准实施。

6.6.7.3 试验要求

- a) 加热器汽侧的凝结水量应连续排放并保持正常的水位。
- b) 加热器汽侧不应积聚非凝结气体。
- c) 水侧流量、抽汽压力与设计值的偏差不应超过 $\pm 10\%$ 。
- d) 试验记录应不少于 30min 稳定运行时间。

6.6.8 除氧器性能试验

6.6.8.1 试验项目应包括：

- a) 端差。
- b) 剩余溶解氧量。

6.6.8.2 试验可按 GB/T 13922.4、DL/T 1141、ASME 12.3 标准实施。

6.6.8.3 试验要求

- a) 试验开始之前，必须确定除氧器出力不超过其额定出力。
- b) 试验过程中除氧器排气率应保持不变。
- c) 除氧器端差应在 1℃ 以内，除氧器排气管路没有阻碍不凝结气体排出的急转弯或存水弯管。
- d) 试验记录应不少于 30min 稳定运行时间。

6.7 燃气蒸汽联合循环机组性能试验

6.7.1 试验项目

燃气蒸汽联合循环机组性能试验应包括：

- a) 联合循环机组出力、热耗率和厂用电率试验。
- b) 联合循环机组轴系振动试验。
- c) 联合循环机组污染物排放测试。
- d) 燃气轮机出力、效率试验。
- e) 汽轮机出力试验。
- f) 余热锅炉出力和烟气侧压降试验。
- g) 余热锅炉效率。
- h) 脱硝性能试验。

6.7.2 试验可按 GB/T 6075、GB/T 11348、GB/T 14100、GB/T 18929、DL/T 1224、DL/T 1427、ASME PTC 4.4、ASME PTC 6.2、ASME PTC 22、ASME PTC 46 标准实施。

6.7.3 试验条件

- a) 试验用天然气流量测量装置，应按照试验标准要求进行采购、校验合格，在试验前安装到位。
- b) 试验用发电机出口 PT、CT 应校验合格，其精度应满足标准要求，在机组建设期间安装到位。
- c) 试验所用数据采集系统应校验合格。
- d) 性能测试前，空气进口滤网、凝汽器冷却管应确保干净，压气机应离线水洗。
- e) 汽轮机组真空严密性应合格。
- f) 建设单位或设备供应商可对机组进行调整，以确保机组达到最佳的运行工况。
- g) 余热锅炉、汽轮机及辅助系统应经过隔离，无异常泄漏。
- h) 试验期间，机组运行稳定，其参数波动范围满足应试验标准要求。

6.7.4 联合循环机组出力、热耗率和厂用电率试验

- 6.7.4.1 联合循环机组试验前应进行预备性试验，检验试验测点、测量仪器及热力系统，确认燃料特性、化验热值在允许的范围内。
- 6.7.4.2 试验应以燃气轮机温控模式为基准。
- 6.7.4.3 测试试验工况下的出力、热耗率。性能保证工况、ISO 工况、夏季工况、冬季工况等均以试验工况为基础，修正到相应工况设计边界条件。
- 6.7.4.4 在联合循环试验时，应同步测量厂用电量，计算联合循环机组净出力和净热耗率。
- 6.7.5 联合循环机组轴系振动试验应按本文件 6.4.8 实施。
- 6.7.6 联合循环机组污染物排放测试
- 6.7.6.1 在联合循环试验时，应同时测量污染物排放。
- 6.7.6.2 宜在100%和75%额定负荷性能保证条件下，测试联合循环机组NO_x、CO、挥发性有机化合物（VOC）的排放量。
- 6.7.6.3 污染物排放应在余热锅炉出口处进行测量。
- 6.7.6.4 应依据ISO 11042-1的规定进行测试。
- 6.7.7 燃气轮机出力、效率试验
- 6.7.7.1 对燃气轮机带有独立的发电机时，宜进行燃气轮机出力、效率试验；对单轴燃气-蒸汽联合循环机组的燃气轮机，不宜进行该项试验。
- 6.7.7.2 试验结果应修正到相应工况设计边界条件。
- 6.7.8 汽轮机出力试验
- 6.7.8.1 对联合循环汽轮机带有独立的发电机时，宜进行汽轮机出力试验；对单轴燃气-蒸汽联合循环机组的汽轮机，不宜进行该项试验。
- 6.7.8.2 试验结果应修正到相应工况设计边界条件。
- 6.7.9 余热锅炉出力和烟气侧压降试验
- 6.7.9.1 联合循环试验时，宜同时进行余热锅炉出力和烟气侧压降试验，测试100%负荷性能保证条件下余热锅炉的蒸汽参数、出力、烟气阻力和受热面汽水侧压降。
- 6.7.9.2 试验期间应保持工况稳定，参数允许波动范围符合标准要求。
- 6.7.9.3 应在余热锅炉进、出口用等截面网格法测量进、出口烟气温度。进、出口网格法测点根据烟道形状确定，应符合标准要求。
- 6.7.9.4 试验结果应修正到相应工况设计边界条件。
- 6.7.10 余热锅炉效率
- 6.7.10.1 测试前需要先确定散热损失和外来热源等参数的计算方法。
- 6.7.10.2 应在余热锅炉进、出口用等截面网格法测量进、出口的烟气温度、压力和烟气成分。
- 6.7.10.3 应分别在主燃料和补燃燃料（若有）入口管道的合适位置进行燃料取样。
- 6.7.10.4 烟气流量宜通过燃气轮机热平衡法或余热锅炉热平衡法间接计算，也可通过烟气成分分析结果根据燃料燃烧化学反应式进行计算。
- 6.7.10.5 余热锅炉效率可采用热损失法或输入输出法计算。采用输入输出法计算锅炉效率时，余热锅炉的输出热量应采用其所带汽轮机的性能试验计算结果。

6.7.10.6 试验结果应修正到相应工况的设计边界条件。

6.7.11 联合循环机组脱硝性能试验应按本文件 6.4.3 实施。

6.8 机组整体性能试验

6.8.1 机组煤耗试验

6.8.1.1 机组煤耗试验工况应根据设计条件安排。

6.8.1.2 机组供电煤耗试验时，锅炉热效率、汽轮机组热耗率和厂用电率应同时测量，根据 DL/T 904 标准采用反平衡法计算机组发电煤耗、供电煤耗。

6.8.1.3 计算煤耗所用锅炉效率应修正到设计空气预热器风温条件下，汽轮机热耗率应修正到设计环境温度条件下由汽轮机凝汽器、水塔等设备构成的冷端系统可实现的实际背压，送风机和一次风机厂用电率应按 DL/T 1929 修正到设计温度条件下。

6.8.2 深度调峰试验

6.8.2.1 机组深度调峰不应降低发电设备基本安全裕度，不应采取直接外排有用能降低出力等非经济运行方式。机组协调控制系统及联锁保护应正常投入。

6.8.2.2 环保设施应正常投入，环保排放应满足国家及当地环保要求。

6.8.2.3 供热机组宜在纯凝工况和供热工况分别进行验收试验。

6.8.2.4 深度调峰各项试验应符合属地政府及电网调控机构的要求。

6.8.3 机组 RB 试验

6.8.3.1 试验可按 DL/T 1213 标准实施。

6.8.3.2 试验条件：

- a) 主要设备和系统均应处于正常运行状态，热力和控制系统无影响 RB 试验的重大缺陷。
- b) 机组已达满负荷稳定运行的能力，各运行参数达到设计或实际运行的要求。
- c) 锅炉过热器、再热器安全门、排汽压力释放阀（PCV）校验合格，汽包紧急事故放水阀动作正常。
- d) 锅炉炉膛、燃烧器及各受热面无结焦、堵灰现象，试验前锅炉至少完成一次吹灰。
- e) 在机组运行条件下，进行等离子拉弧、油枪（微油枪）点火试验，确保助燃系统能够正常投运。
- f) 锅炉断油最低稳燃负荷和燃烧调整等试验已完成。
- g) 单侧风机、单台磨煤机、单台给水泵等辅机设备的最大出力试验宜完成。
- h) 参与 RB 试验的主要辅机电气过电流保护设置正确。
- i) 汽动给水泵汽源切换试验，高、低压调节阀切换正常，符合设计和运行要求。
- j) 协调控制系统已投入，变负荷试验已完成，调节品质满足 DL/T 657 的要求。
- k) 机电炉大联锁保护以及机组和重要辅机的联锁、保护均已正常投入。
- l) 试验前完成安全和技术交底，运行人员已经制定运行操作规程和反事故措施，试验期间各监视、操作画面、重点监视参数等均已明确人员分工。
- m) 通信设施齐全、联络畅通。

6.8.3.3 应检查 RB 试验逻辑：

- a) RB 的触发逻辑，主要辅机设备跳闸信号应可靠、一致。
- b) 检查 RB 的投入、切除与复位逻辑。
- c) 检查 RB 目标负荷计算回路与 RB 负荷下降速率设置。
- d) 检查主蒸汽压力设定值计算回路和变化速率。
- e) 检查停运燃烧器的顺序与间隔时间，投入助燃设备的条件、顺序与间隔时间。
- f) 送风机、引风机和一次风机的调节系统应设置过电流闭锁增逻辑或最大输出限制，给煤机、给水泵转速的调节系统应设置最大输出限制。
- g) 送风机、引风机、一次风机和给水泵 RB 动作时设置有超驰动作回路的，应预先正确设置超驰动作的幅度和速率。
- h) 对重要控制回路(如送风、引风、一次风压、燃料、给水、主蒸汽压力和温度等调节系统)设置 RB 期间屏蔽被控量与设定值、实际反馈与输出指令偏差大切手动的逻辑，以确保模拟量控制系统在机组 RB 时处于自动调节状态。

6.8.3.4 RB 功能静态模拟试验应包括：

- a) 送风机、引风机、一次风机和给水泵超驰动作回路模拟试验。
- b) RB 触发、投入和复位回路模拟试验。
- c) 燃烧器的停运顺序和间隔时间模拟试验。

6.8.3.5 RB 功能动态试验应包括：

- a) 机组达到额定出力后，根据设计的 RB 功能应分项进行动态试验，记录各被调量的动态曲线。
- b) 在正式试验前，可在额定负荷的 70%~80%进行 RB 预备性试验。
- c) RB 正式试验应按照设计的项目分别在 90%以上额定负荷进行。
- d) 重要辅机停运后，RB 相关的控制系统应动作准确，机组 RB 动作过程全部自动完成，在达到目标负荷且 RB 复位前未进行人工干预。
- e) 机组 RB 试验过程中及结束后，参数波动范围应不危及机组安全且未引起机组保护动作跳闸。

6.8.4 烟气污染物排放测试

5.6.4.1 测试项目应包括：

- a) NO_x 浓度。
- b) SO₂ 浓度。
- c) 固体颗粒物浓度。

6.8.4.1 试验应按 GB 5468、GB 13223、GB/T 16157、DL/T 414 标准实施。

6.8.4.2 测试条件：

- a) 机组应在额定出力工况。
- b) 机组及环保设施应正常稳定运行。
- c) 污染物的排放浓度测定宜在机组脱硫、脱硝装置性能试验后进行。

6.8.4.3 NO_x 排放浓度测试：

- a) 应对脱硝系统进行冷、热态优化调整后测定烟气中 NO_x 浓度。
- b) 测点应布置在进入烟囱前的直烟道或烟囱的适当位置，满足 GB/T 16157 要求。

6.8.4.4 SO_2 排放浓度测试

- a) 试验期间应记录机组及脱硫系统的主要运行参数。
- b) 应采集入炉煤样，并进行煤质工业分析和全硫分析。

6.8.4.5 固体颗粒物排放测试

- a) 采样和测点布置位置应满足 GB/T 16157 要求。
- b) 机组烟尘排放限值低于 30 mg/m^3 时，单个烟尘采集样的采样体积不宜小于 1 m^3 。

6.8.5 散热测试

6.8.5.1 试验项目包括主要设备及管道保温结构的外表面温度，每处至少选 5 点，应包括

- a) 锅炉炉墙、炉顶部、汽包或汽水分离器、燃烧器区域、空气预热器、锅炉烟风道。
- b) 汽轮机高、中、低压缸。
- c) 主蒸汽管道、再热蒸汽管道、给水管道的。
- d) 给水泵组、除氧器、加热器、抽汽管道。

6.8.5.2 试验应按 GB/T 17357 中的表面温度法实施。

6.8.5.3 试验条件

- a) 机组应在 90% 额定负荷以上运行。
- b) 室外散热测试应在无雨、无雪且风速小于 0.5 m/s 的气象条件下进行；室内测试时对气象条件不做要求。测试时应避免日光直接照射或周围其它热源的辐射影响。

6.8.6 噪声测试

6.8.6.1 测试项目应包括：

- a) 设备噪声。
- b) 生产性噪声。
- c) 厂界噪声。

6.8.6.2 测试应按 GB/T 2888、GB/T 7441、GB 12348、GB/T 29529、DL/T 799.3 标准实施。

6.8.6.3 测试位置及条件

- a) 设备噪声应照合同或汽轮发电机、泵、风机、加热器、凝汽器、磨煤机、阀门、空冷岛、冷却塔等设备噪声测试标准实施。
- b) 生产性噪声测试按 DL/T 799.3 实施，宜在主厂房、汽轮机各轴承、发电机、励磁机、给水泵、锅炉风机、磨煤机、燃烧器、输煤栈桥、碎煤机室、空压机房、灰浆泵房、除尘器、脱硫装置、脱硝装置等噪声设备处作业场所及主控室、操作间、其他现场值班室等作业场所进行布点和测试。
- c) 厂界噪声应按 GB 12348 布点和测试，于昼间和夜间两个时间段分别进行测试。
- d) 噪声测试应在机组大于 90% 额定出力或设备运行时进行。
- e) 厂界噪声应按环评批复要求进行评价。

6.8.7 废水排放测试

6.8.7.1 试验项目应包括：

- a) pH 值。
- b) 悬浮物。
- c) COD。
- d) 油。
- e) 氟化物。
- f) 砷。
- g) 硫化物。

6.8.7.2 试验应按 GB 8978、DL/T 414 标准实施。

6.8.7.3 试验方法和要求

- a) 废水集中外排的，检测取样点应设在总排口处。
- b) 多路外排的，取样点应设在各外排口处。
- c) 宜在排放管（架）出口处的水流中部取样。
- d) 检测悬浮物的水样应在不同深度取样按比例混合后进行检测。
- e) 取样的同时应对排水量进行测量，计算外排污染物总量。

6.8.8 工作场所粉尘浓度测试

6.8.8.1 试验应按 GBZ 159、GBZ/T 192.1、GBZ/T 192.2、DL/T 799.2 标准实施。

6.8.8.2 试验要求

- a) 机组出力应大于 90%额定负荷。
- b) 宜在煤场、输煤栈桥、给煤机、碎煤机室、筛煤机室、输煤系统值班室、炉侧运行平台、磨煤机、燃烧器、主控室、电除尘间零米、干排渣平台、灰仓及排灰阀平台、脱硫石灰石卸料间、石膏下料口等工作场所布设测点。
- c) 粉尘浓度结果应符合 GB 16297、GBZ 2.1 要求。

7 试验报告

7.1 试验报告宜包括如下分类：

- a) 锅炉本体性能试验报告。
- b) 锅炉辅机性能试验报告。
- c) 锅炉环保系统性能试验报告。
- d) 汽轮机组性能试验报告。
- e) 汽轮机辅助设备及系统性能试验报告。
- f) 燃气蒸汽联合循环机组性能试验报告。
- g) 机组整体性能试验报告。

7.2 试验报告宜包括如下内容：

- a) 设备简介。
- b) 试验目的。

- c) 性能保证值及条件。
- d) 试验采用的标准。
- e) 试验测点、仪表、采集系统说明。
- f) 试验条件。
- g) 试验过程说明。
- h) 试验数据处理方法。
- i) 试验主要数据及结果。
- j) 试验结果评价及建议。
- k) 试验原始数据表。
- l) 试验测点图。
- m) 仪表校验报告。
- n) 试验用修正曲线。
- o) 性能设计参数或图表。

7.3 试验报告应由试验单位编写，于现场试验结束后 45d 内完成。

附件 2

《火力发电机组性能试验导则》DL/T 1616

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2025 年 9 月

目 录

1、工作简况	2
1.1 任务来源	2
1.2 制定背景	2
1.3 修订工作过程.....	2
2、标准修订原则和主要内容	4
2.1 修订原则	4
2.2 标准修订主要技术内容	4
3、预期效益	5
4、与国际、国外同类标准技术内容的对比.....	5
5、采用国际国外标准情况.....	5
6、与有关法律、行政法规及相关标准的关系.....	5
7、重大分歧意见的处理经过和依据.....	5
8、涉及专利的有关说明.....	5
9、标准实施建议	5
10、其他应当说明的事项。	6

1、工作简况

1.1 任务来源

根据国家能源局综合司《国家能源局综合司关于下达 2024 年能源领域行业标准制修订计划及外文版翻译计划的通知》(国能综通科技〔2024〕115 号)的安排,《火电机组性能试验导则》DL/T 1616-2016的修订任务由电力行业火电建设标准化委员会(以下简称“火标会”)负责管辖,由中国电力建设企业协会(“下称中电建协”)和河北电力科学研究院有限责任公司(“华北电科院”)牵头完成。

1.2 制定背景

《火电机组性能试验导则》DL/T 1616-2016(以下简称“性能试验导则”)是规范新建火电机组的性能试验工作的技术指导性文件,对火电机组调试的质量具有非常重要的作用,自2016年修订后发布实施,已近十年时间。

近十年来,我国发电行业发展迅速,1000MW、600MW等级超(超)临界机组成为主流,火电机组地位发生了很大的变化,火电灵活性成为最主要的研究热点,原有标准中规定的条款与当前火力发电建设工程不相适用。

为了更好地做好机组建设的性能试验工作,火标会安排中电建协和华北电科院组织国内电力建设方面的优势力量组成《火力发电机组性能试验导则》的修订工作组以期水平完成标准修订工作,全部工作将于 2025 年完成。

1.3 修订工作过程

第1阶段：成立标准修订工作小组

中电建协和华北电科院联系了国内专业设置全面、调试技术力量比较雄厚的中国

能源建设集团西北电力试验研究院有限公司，西安热工研究院有限公司、杭州意能电力技术有限公司、广州粤能电力科技开发有限公司、上海电力建设启动调整试验有限公司、中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司、江苏方天电力技术有限公司、辽宁东科电力有限公司、兰州陇能电力科技有限公司等单位作为主要力量成立标准修订工作小组。

第2阶段：调研和资料收集等前期准备工作

为做好标准的修订工作，准确合理地反映最新发展技术要求、行业发展新形式和新趋势，工作组对国内机组建设情况进行调研分析，最后经过整理，初步形成标准修订的方向、范围、框架和提纲，完成启动会准备工作。

第3阶段：启动会及前期准备工作确认

在火标会组织下，标准修订工作启动会于2025年5月22日-23日在英德市召开，对前期工作进行了确认，主编单位代表修订编制组对工作组成员、标准发展历史、新型电力系统下机组角色转变、对性能试验的新要求、欲修订内容、修订计划等内容进行了汇报，各参编单位对项目主编单位提出的工作思路进行了充分的讨论会议同意了修订编制组的安排，修订大纲、框架和编写思路进行了深入讨论达成了一致，并确定了分工。

第4阶段：标准修订初稿讨论会

启动会确认工作完成后，编制组各单位根据启动会的要求对标准的条文进行了深入的研究，提出确切修改意见，汇总到主编单位，由主编单位完成标准工作修订形成标准修订初稿。

2025年8月13 - 14日火标会组织标准编制组在河北石家庄召开《火力发电机组性

能试验导则》初稿讨论会，工作小组对初稿内容进行了充分讨论，对标准初步修订内容进行了确认。

第5阶段：标准修订二稿讨论会

根据初稿讨论会的意见，各单位对于标准内容重新进行了研究，并由主编单位对修订内容进行汇总，形成修订二稿。

2025年9月17 - 18日火标会组织标准编制组在陕西省西安市召开《火力发电机组性能试验导则》二稿讨论会，对二稿内容进行了充分讨论和确认，形成征求意见稿。

2、标准修订原则和主要内容

2.1 修订原则

本次修订的总体原则是要充分适当我国当前电力建设的需要，反映我国电力建设国际领先的水平，具体包括：

1) 广泛调查深入研究，认真总结实践经验，严格遵守国家标准和法律法规，在广泛征求意见的基础上，按满足未来五到十年发展趋势的要求修订本标准，具有前瞻性、先进性，体现电力建设工程技术的创新的要求。

2) 作为火电建设工程机组性能试验工作的关键指导性行业标准，本标准的技术要求要不低于国家标准，并纳入到基于《火力发电建设工程机组启运试运规程》(DL/T 5437)等火电建设标准构建的技术体系中。

3) 标准内容能够适应新思想、新技术、新工艺、新流程、新装备、新材料的发展需要，条款规定工作清晰无歧义，满足规范化、通用化的要求，以确保可操作性，真正成为能提升火电机组建设工程整体技术水平的利器。

2.2 标准修订主要技术内容

本次修订工作按GB/T 1.1-2020要求,在充分吸收国内电力建设工程经验的基础上进行修订,主要工作如下:

- a) 更改了本文件适用范围(见第1章);
- b) 更改了部分规范性引用文件(见第2章);
- c) 更改了试验要求的部分内容(见3.1);
- d) 更改了锅炉辅机性能试验条目(见3.2.2);
- e) 增加了汽轮机辅助设备及系统性能试验条目(见3.2.5);
- f) 更改了燃气蒸汽联合循环机组性能试验条目(见3.2.6, 2016年版的3.2.5);
- g) 更改了锅炉热效率试验的试验条件(见5.1.1, 2016年版的5.1.3.1);
- h) 增加了掺烧生物质燃料、高炉煤气或污泥等其它燃料时的要求(见5.1.2);
- i) 增加了循环流化床锅炉入炉燃料和脱硫剂粒径的要求(见5.1.3);
- j) 增加了空气预热器设置旁路时,锅炉效率测试要求(见5.2.3.4);
- k) 增加了余热利用系统对锅炉效率的计算方法(见5.2.3.5);
- l) 更改了锅炉额定出力试验的部分要求(见5.2.4, 2016年版的5.1.6);
- m) 删除了锅炉断油(气、等离子)最低稳燃出力中燃烧器不同编组的要求(见2016年版的5.1.7.5);
- n) 增加了空气预热器性能试验(见5.3.1);
- o) 增加了风机性能试验(见5.3.3);
- p) 增加了循环流化床锅炉燃烧制备系统性能试验(见5.3.4);
- q) 增加了汽轮机辅助设备及系统性能试验(见5.6);
- r) 增加了联合循环机组余热锅炉效率试验(见5.7.10);
- s) 增加了深度调峰试验(见5.8.2);
- t) 删除了多分仓空气预热器漏风率修正方法(见2016年版的附录A)。

3、预期效益

本导则作为电力建设机组性能试验工作的关键技术标准,发布实施后,将全面覆盖我国各种容量、各种型号的火电机组,充分满足未来五到十年的火电机组性能验收的要求,提升机组的安全性、环保性与技术先进性,扩大新型电力系统建设和新能源电力的消纳。标准将对我国电力企业转型升级具有引领作用,具有显著的经济效益、社会效益和生态效益。

4、与国际、国外同类标准技术内容的对比

国际上并无同类标准。

5、采用国际国外标准情况

标准无采用国际、国外标准。

6、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准在修订过程中充分考虑了与国家现行有效法律法规之间的协调，所有技术条款均严格遵守国家法律法规和政策的要求，无与其它标准相抵触的条款。

7、重大分歧意见的处理经过和依据

标准修订过程中无重大分歧意见。

8、涉及专利的有关说明

标准不涉及专利。

9、标准实施建议

本标准发布后经过 6 个月左右的过渡期即可实施。

10、其他应当说明的事项。

无。

附件 3

征求意见回函表

标准名称:

填表单位:

填表人: 联系电话: 电子邮箱:

序号	章节或页码	原条文内容	建议修改内容	修改理由
1				
2				
3				
4				
...				

填表时间: 202*年 月 日

注: 1. 本纸不够可另附纸。2. 手写或打字均可。