

ICS 29.160.20

K52

T/CEEMA

中国电力设备管理协会标准

T/CEEMA—002—2022

煤电机组发电机节能、供热和灵活性改造 技术导则

Technical guide for energy conservation, heating, flexibility retrofits of coal-fired power
generators

2022-05-16 发布

2022-05-16 实施

中国电力设备管理协会 发布

目 次

目 次	I
前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	3
5 发电机节能改造	3
6 发电机灵活性改造	4

前 言

本导则按照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》、国家发展改革委、国家能源局印发《全国煤电机组改造升级实施方案》等标准规范起草。

本导则主要规范了以下内容：

煤电机组发电机节能、供热、灵活性改造相关术语和定义。

煤电机组发电机节能、供热、灵活性改造的总体和具体要求。

本导则由中国电力设备管理协会提出。本导则的发布机构不承担识别专利的责任。

本导则由中国电力设备管理协会归口和解释。

本导则主要起草单位、编审人员：

上海电气集团股份有限公司：蔡侃、谢雪望、蔡华芳、夏鲜良、咸哲龙、陈福龙、张吉春

中国电力设备管理协会：刘斯韵、赵毅、陈继录、刘迪

本导则主要参编单位及人员：

哈尔滨电气集团有限公司：黄浩、曹凤波、靳慧勇、鲁宏、朱志佳

中国东方电气集团有限公司：冉燊铭、鲁佳易、李小荣

西安热工研究院有限公司：高海东、金国强、田爽

本导则其他参编单位：中国华能集团有限公司、中国大唐集团有限公司、华电电力科学院有限公司、国家电力投资集团有限公司、国家能源集团有限公司、华润电力控股公司。

本导则在执行中若有意见和建议，请反馈至中国电力设备管理协会标准化管理办公室，电子邮箱：
emiunted@163.com。

煤电机组发电机节能、供热、灵活性改造技术导则

1 范围

本导则规定了在役煤电机组发电机节能、供热、灵活性改造的原则性技术要求。

本导则适用于300MW等级及以上煤电机组发电机及其附属系统。其它汽轮发电机可参照执行。

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导则必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本导则；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本导则。

- GB/T 1.1 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则
- GB/T 755 旋转电机 定额和性能
- GB/T 1029 三相同步电机试验方法
- GB 3836 爆炸性环境
- GB/T 6075.1 机械振动 在非旋转部件上测量评价机器的振动 第1部分：总则
- GB/T 6075.2 机械振动 在非旋转部件上测量评价机器的振动 第2部分：功率50MW
- GB/T 7064 隐极同步发电机技术要求
- GB/T 11021 电气绝缘 耐热性和表示方法
- GB/T 11348.1 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第1部分：总则
- GB/T 11348.2 机械振动在旋转轴上测量评价机器的振动 第2部分：功率大于50MW，额定工作转速1500 r/min、1800 r/min、3000 r/min、3600 r/min陆地安装的汽轮机和发电机
- GB/T 20140 隐极同步发电机定子绕组端部动态特性和振动测量方法及评定
- GB/T 20160 旋转电机绝缘电阻测试
- GB/T 20835 发电机定子铁心磁化试验导则
- GB/Z 29626 汽轮发电机状态在线监测系统应用导则
- GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
- DL/T 596 电力设备预防性试验规程
- DL/T 651 氢冷发电机氢气湿度技术要求
- DL/T 705 运行中氢冷发电机用密封油质量
- DL/T 838 燃煤火力发电企业设备检修导则
- DL/T 1164 汽轮发电机运行导则
- DL/T 1766.1 水氢氢冷汽轮发电机检修导则第1部分：总则
- JB/T 6204 高压交流电机定子线圈及绕组绝缘耐电压试验规范
- JB/T 6227 氢冷电机气密封性检验方法及评定
- JB/T 6228 汽轮发电机绕组内部水系统检验方法及评定
- JB/T 6229 隐极同步发电机转子气体内冷通风道检验方法及限值
- JB/T 7608 测量高压交流电机线圈介质损耗角正切试验方法及限值
- JB/T 7784 透平同步发电机用交流励磁机 技术条件
- JB/T 8446 隐极式同步发电机转子匝间短路测定方法
- JB/T 8991 发电机锡焊接头检测方法

JB/T 10392 透平型发电机定子机座、铁心动态特性和振动试验方法及评定

JB/T 10499 透平型发电机非正常运行工况设计和应用导则

IEC 60034-1 旋转电机 第1部分: 额定值和性能 (Rotating electrical machines-Part 1: Rating and performance)

IEC 60034-3 旋转电机 第3部分: 由汽轮机或燃气轮机驱动的同轴发电机和同步调相机技术要求 (Rotating electrical machines-Part 3: Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines and for synchronous compensators)

3 术语和定义

3.1

灵活性运行方式 flexibility operation mode

发电机组灵活性运行方式是指频繁、快速、深度调峰运行, 热备盘车、长期停备, 调压调频, 是不同于基本负荷稳定运行的灵活变化方式。

3.2

频繁变负荷 frequent load variation

频繁变负荷是指发电机组出力频繁地变化, 每天至少一个周期。

3.3

快速变负荷 rapid load variation

快速变负荷是指发电机组出力快速地变化, 负荷升降速率满足锅炉要求。

3.4

深度调峰 deep peak load regulation

发电机组深度调峰是受电网负荷峰谷差较大影响而导致发电机组降出力、超过基本调峰范围 (50%~80%Pe) 进行调峰的一种运行方式, 发电机组出力低于50%Pe。

3.5

热备盘车 hot standby cranking

热备盘车是指发电机组处于转子盘车状态, 热运转备用、能随时启机投入运行。

3.6

长期停备 long-term shut down and reserve

长期停备是指发电机组停机时间超过 30 天, 处于冷态备用状态。

3.7

调压调频 voltage and frequency regulation

调压调频是指为保持电网电压和频率的稳定，发电机组自动调整出口电压和频率。

4 总则

为满足新环境下现役煤电机组发电机节能、供热和灵活性运行要求，以发电机所受影响为基础，给出相应的结构升级改造、优化检修等措施，实现煤电机组优化升级。

- a) 通过发电机组等煤量增容改造、效率提升，实现煤电机组节能提效升级和清洁化利用。
- b) 优化已投产热电联产机组运行，实施发电机灵活性改造，满足供热改造要求。
- c) 发电机灵活性改造以通用性改造升级和运维检修优化技术，满足煤电机组频繁快速深度调峰、热备盘车、长期停备和调压调频需求，实现煤电由基本负荷电源向调节负荷电源转变。

5 发电机节能改造

5.1 发电机增容改造

根据发电机组的等煤量增容改造后的实际出力，对发电机各项参数及零部件重新设计计算，对超过设计限值的系统和部件进行升级改造，需要核算的部件包括：

- a) 必要时更换定子线圈，升级绝缘和接头结构；
- b) 必要时对定子槽内布置结构进行升级改造；
- c) 必要时对定子端部固定结构进行升级改造；
- d) 必要时转子返制造厂进行全面解体检查、清理，更换绝缘；
- e) 必要时转子绝缘升级为H级；
- f) 应更换氢气冷却器，提高容量；
- g) 应更换水冷却器，提高容量；
- h) 必要时更换励磁变压器，提高容量；
- i) 必要时对励磁系统进行更换升级；
- j) 必要时对氢油水系统进行升级改造；
- k) 必要时对监测系统进行升级改造。

5.2 发电机效率提升

- a) 如条件具备时，更换线圈，优化绝缘系统，增大铜截面，提升效率；
- b) 宜配备氢气提纯净化装置。

6 发电机灵活性改造

煤电机组灵活性运行，会对发电机的各部件造成不同程度的影响，详见下图。发电机进行灵活性改造前，应结合机组检修开展发电机本体及附属系统的全面状态评估，对存在隐患的零部件或系统进行相应的升级改造或检修、更换，以保证机组的安全稳定运行。

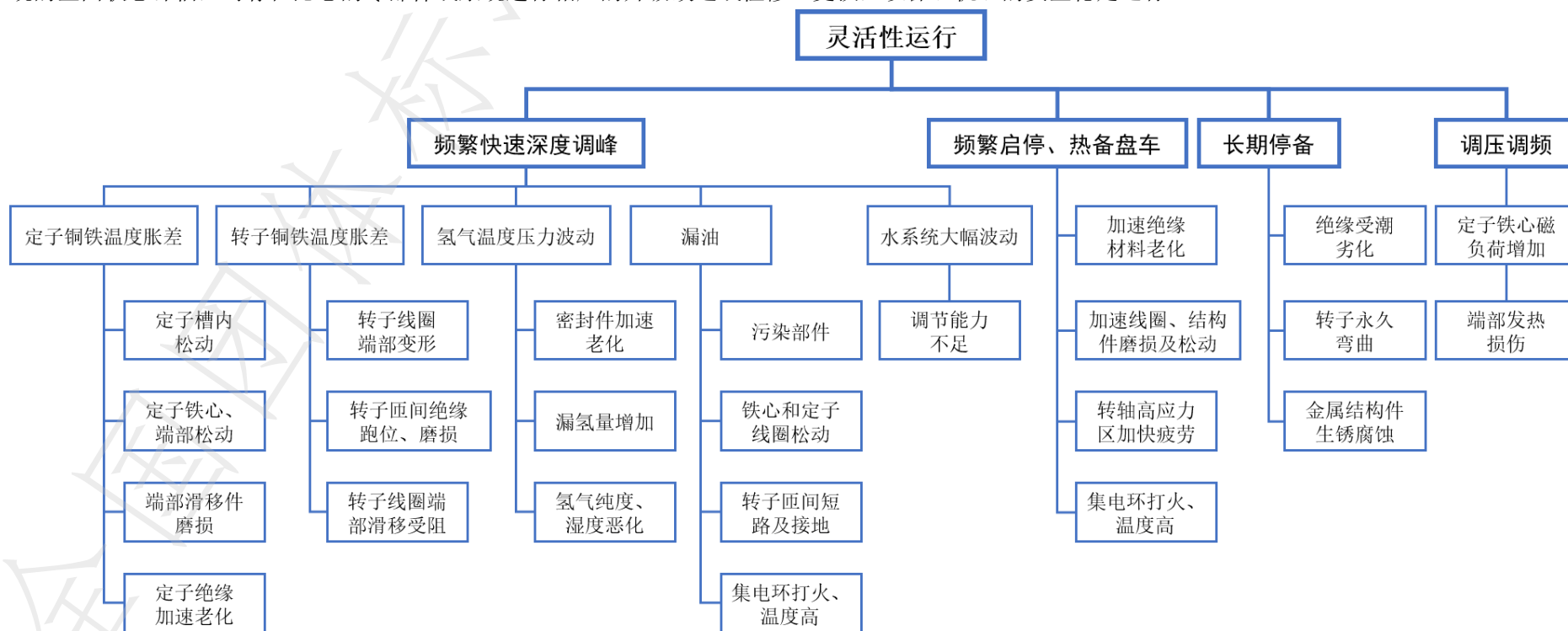


图 6-1 灵活性运行对发电机的影响

6.1 定子

6.1.1 定子线圈

定期检查定子线圈，评估和诊断绝缘状态，必要时更换或升级。

6.1.2 定子线圈槽内固定

- a) 应增加槽楔紧固状态检查频次；
- b) 必要时改进槽楔固定结构，宜采用有空间补偿量的改进槽楔结构。

6.1.3 定子端部固定

- a) 根据定子端部固定结构实际情况进行适应性改造；
- b) 未改造前应增加定子端部固定检查频次，对松动、磨损等及时处理；
- c) 对定子线圈没有槽口垫块的机组，宜增加槽口垫块固定；
- d) 宜加装定子线圈光纤测振装置。

6.1.4 定子铁心

- a) 定期检查定子铁心松紧度和片间绝缘；
- b) 定期对铁心端部状态、结构件进行专业检查，必要时对铁心端部结构进行改造。

6.1.5 定子其他部件

- a) 定期更换油密封座、挡油盖、人孔门等密封件；
- b) 定期检查绝缘引水管、冷却器、出线套管、电流互感器；
- c) 检查测温元件穿墙密封状态，泄漏及时更换，宜采用新型穿墙密封接头。

6.2 转子

转子应每10~15年返制造厂进行全面解体检查、清理和保养。

6.2.1 转子绝缘

- a) 应增加转子匝间绝缘状态检查频次，必要时对匝间绝缘结构进行升级改造；
- b) 应加装转子线圈匝间短路监测装置。

6.2.2 转子固定

- a) 线圈固定应采用整体弹性滑移技术。护环绝缘和楔下垫条应设滑移层，端部应采用弹性固定结构；
- b) 定期检查端部线圈情况，对变形线圈应整形或更换；
- c) 频繁启停和热备盘车时，易产生同匝线圈股间磨损，宜采用股间粘结固定结构；
- d) 定期更换转子导电螺钉等处橡胶密封件；
- e) 转子引线和导电杆应设置柔性连接。

6.2.3 转子高应力机械部件

增加对转轴、槽楔、护环、风扇和叶片等部件高应力区无损检测频次；

6.3 集电环

- a) 定期检查滑环表面粗糙度，必要时磨削或更换；
- b) 定期检查碳刷电流分布；
- c) 大修时更换恒压弹簧；
- d) 应采取轴承防渗漏油措施，宜采用接触式油挡、加装排油烟管；
- e) 宜配备碳粉收集装置；
- f) 必要时对集电环刷架进行升级改造；
- g) 宜加装集电环温度、电流监测装置；

6.4 励磁机

- a) 定期检查定转子和整流盘；
- b) 应采取轴承防渗漏油措施，宜采用接触式油挡、加装排油烟管；
- c) 评估励磁系统适应灵活性运行的能力，必要时进行升级改造。

6.5 氢油水系统

6.5.1 氢气系统

- a) 应配备氢气循环风机；
- b) 宜配备氢气提纯净化装置；
- c) 宜增加氢气系统压力自动调节装置；
- d) 宜对氢气干燥器进行升级改造；
- e) 宜对氢气纯度、湿度、漏氢等在线监测设备进行升级改造；
- f) 宜对氢气系统进行集成式改造。

6.5.2 油系统

- a) 定期检查油密封环，必要时更换；
- b) 宜采用接触式油挡或改进型迷宫式油挡；
- c) 应采用高精度的压差阀和平衡阀；
- d) 宜进行密封油油箱、回油箱液位控制改造。

6.5.3 水系统

- a) 应对冷却水系统进行升级改造，包括定子水系统二次水流量和氢气冷却器水流量控制；
- b) 应配备智能气表，在线监测定子线圈内冷水系统氢气泄漏；
- c) 宜配备定子冷却水加碱装置。

6.6 监测系统

6.6.1 配备以下在线监测设备

- a) 应配备局部放电监测装置；
- b) 应配备转子线圈匝间短路监测装置；
- c) 应配备绝缘过热监测装置；
- d) 应配备轴电流轴电压监测装置；

- e) 应配备发电机组轴系扭振监测装置；
- f) 宜配备定子线圈光纤测振装置；
- g) 宜配备集电环温度、电流监测装置；
- h) 对氢冷出线套管宜配备红外测温装置。

6.6.2 监测系统

宜配备发电机智能诊断专家系统，通过远程在线、远程离线和就地在线等模式加强状态监测。

6.7 寿命件更换

常规运行含基本负荷运行（80%~100%Pe）和基本调峰运行。在灵活性运行时，发电机零部件寿命等效运行时长为常规运行时长的1.5倍。主要零部件宜以下表为基础，计算零部件寿命，结合状态评估，定期更换。

表 6-1 主要零部件设计寿命和建议更换周期

零部件	常规运行设计寿命/年	灵活性运行建议更换周期/年
定子线圈	30	20
冷却器	30	20
绝缘引水管	20	15
出线套管	20	15
电流互感器	20	15
转子绝缘（含槽绝缘、匝间绝缘、滑移层和端部弹性结构件等）	20	10~15
轴瓦	20	15
风扇	30	20
动叶片	20	15
静叶片	20	15
励磁机整流组件、熔断器、阻容元件和励磁调节器板件等	15	10

6.8 发电机增加调相功能

针对关而不拆、作为应急备用电源的发电机，建议增加调相功能：

- a) 对励磁系统进行适应性的升级改造，宜用静态励磁系统；
- b) 增加SFC变频启动装置；
- c) 转子增加轴向止推装置；
- d) 对润滑油、冷却水、盘车等配套辅助系统进行适应性的升级改造；
- e) 应对发电机定子、转子进行适应性的升级改造；
- f) 必要时加装飞轮，提高转动惯量和储能。

6.9 煤电机组关停发电机再利用改造

针对淘汰关停的煤电机组，建议将发电机改造为调相机：

- a) 对励磁系统进行适应性的升级改造，宜采用静态励磁系统；
- b) 增加SFC变频启动装置；
- c) 转子增加轴向止推装置；
- d) 增加测速齿轮和相应测量装置；
- e) 新增调相机用润滑油、外冷水、除盐水系统；
- f) 对内冷却水、盘车等配套辅助系统进行适应性的升级改造；
- g) 应对发电机定子、转子进行适应性的升级改造，对临近寿命期的应进行延寿改造；
- h) 必要时加装飞轮，提高转动惯量和储能。

6.10 长期停备

针对长期停备发电机，建议主要措施如下：

- a) 对于水内冷定子，每周运行水系统至少一次，每次至少8小时，确保冷却水电导率恢复合格，运行时，关闭水冷却器的两次冷却水；
 - b) 对于氢冷发电机，应定期运行氢气循环风机和氢气干燥器；
 - c) 对于空冷发电机和集电环、励磁机，应定期运行空气加热器；
 - d) 转子应每两周旋转180°。
-