

T/CES

中国电工技术学会团体标准

T/CESXXXX—2023

火电机组调相工况运维导则

Guideline for operation and maintenance of condensed conditions of thermal power
generating units

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国电工技术学会 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	1
4 缩略语	1
5 运行方式切换	2
6 启动和并网	3
7 运行	6
8 巡视检查和维护	6
9 停机	8
10 设备检修	9
11 异常与故障处理	10
参考文献	13

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。

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。

本文件由南阳鸭河口发电有限责任公司提出。

本文件由中国电工技术学会归口。

本文件起草单位：南阳鸭河口发电有限责任公司、中国电力科学研究院有限公司、上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、国网河南省电力公司、河南豫能控股股份有限公司、河南黄河能源创新中心有限公司、河南省电力公司电力科学研究院、华北电力科学研究院、南京南瑞继保电气有限公司、许继电气股份有限公司、中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司、北京交通大学、清华大学。

本文件主要起草人：杨根、付红军、孙冉、王建波、李戈、李增军、肖洋、何凤军、李志强、王建军、吴方元、张宇珑、史新峰、任宏、王栋材、陈瑞、周云、乔玉峰、王建收、王涛、李程昊、田春笋、刘明洋、武彦浩、申健、鹿俊铭、孟昭阳、温建春、马其汉、贺小光、许根超、杨欲晓、李大横、罗文俊、陈利江、孙军歌、朱智慧、刘唯、贾勳、陈政、于广耀、陈海龙、吴龙、刘腾、李伟力、刘文茂。

火电机组调相工况运维导则

1 范围

本文件规定了火电机组调相工况运维导则的运行方式切换、启动和并网、运行、巡视检查和维护、停机、设备检修、异常与故障处理。

本文件适用于单机容量为 100 MW 及以上的两极隐极式水氢氢冷、自并励励磁方式的火电机组调相机的运行和维护，其他类型和容量的机组可参照执行。

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 7596 电厂运行中矿物涡轮机油质量

DL/T 2078.1 调相机检修导则 第1部分：本体

DL/T 2078.2 调相机检修导则 第2部分：保护及励磁系统

DL/T 2078.3 调相机检修导则 第3部分：辅机系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

调相机 condenser

与电网相连、不通过轴系机电能量转换、仅通过改变励磁电流的方式向电网输送或吸收无功功率的一种大型同步电动机。

[来源：DL/T 2098—2020，3.1]

3.2

汽轮机监视仪表系统 turbine supervisory instruments system , TSI

连续测量汽轮机的转速、振动、膨胀、位移等机械参数，并将测量结果送入控制、保护系统等用作控制变量及运行人员监视的自动化系统。

[来源：GB/T 26863—2022，6.17]

3.3

调变组 condenser-transformer unit

调相机与变压器共同组成的设备。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AVC：自动电压控制（Automatic Voltage Control）

DCS：分布式控制系统（Distributed Control System）

PSS: 电力系统稳定控制 (Power System Stability and Control)

SFC: 静止变频启动装置 (Static Frequency Converter)

TSI: 汽轮机监视装置 (turbine supervisory instruments)

5 运行方式切换

5.1 发电工况至调相工况切换

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 应待汽轮机冷却后脱开低压转子与发电机转子, 保持低压转子与发电机转子对轮轴端安全距离。

5.1.1.2 将集电环轴承及支座进行更换, 投入轴向止推装置。

5.1.1.3 调整发电机润滑油系统、发变组保护、励磁系统、同期装置、厂用电快切装置、DCS 系统等辅助系统设置, 应符合调相工况。

5.1.2 检修切换

5.1.2.1 汽轮机低压转子与发电机转子脱开。

5.1.2.2 固定汽轮机低压转子。

5.1.2.3 励磁机自由端小轴支撑轴承更换为推力支撑联合轴承, 轴承进油节流孔板更换。

5.1.2.4 在励磁机自由端推力支撑联合轴承端盖处安装轴向位移探头、键相探头、转速探头。

5.1.2.5 安装励磁机自由端推力支撑联合轴承前、后测温元件。

5.1.2.6 切换控制室大屏界面为调相工况。

5.1.2.7 将高厂变与发电机封闭母线脱开。

5.1.2.8 同步检查继电器角度由 20° 改为 40° 。

5.1.3 运行切换

5.1.3.1 DCS 选择运行模式为“调相工况”。

5.1.3.2 汽轮机主油泵切换为调相工况交流润滑油泵。

5.1.3.3 将发变组保护柜运行工况开关投入“调相工况”。

5.1.3.4 将发变组保护柜保护定值区选择调相工况保护定值区。

5.1.3.5 将发变组保护柜软压板按照调相工况投入。

5.1.3.6 将发变组保护柜硬压板按照调相工况投入。

5.1.3.7 将厂用电快切装置选择开关投入“调相工况”。

5.1.3.8 将同期装置选择开关投入“调相工况”。

5.1.3.9 将励磁系统参数选择为“调相工况”。

5.1.3.10 退出励磁调节柜 PSS。

5.1.3.11 投入励磁调节柜转子接地保护。

5.2 调相工况至发电工况切换

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 应进行汽轮机转子和发电机找正、复装联轴器, 拆除新增轴向止推轴承及相关辅助系统。

5.2.1.2 将发变组保护、励磁系统、同期装置、厂用电快切装置调整为发电工况。

5.2.2 检修切换

- 5.2.2.1 联接汽轮机低压转子与发电机转子。
- 5.2.2.2 解除汽轮机低压转子固定装置。
- 5.2.2.3 励磁机自由端小轴的推力支撑联合轴承更换为支撑轴承，轴承进油节流孔板更换。
- 5.2.2.4 拆除励磁机自由端推力支撑联合轴承端盖处轴向位移探头、键相探头、转速探头。
- 5.2.2.5 拆除励磁机自由端推力支撑联合轴承前、后测温元件。
- 5.2.2.6 切换控制室大屏界面为发电工况。
- 5.2.2.7 高厂变与发电机封闭母线恢复联接。
- 5.2.2.8 同期装置中同步检查继电器角度由 40° 改为 20°。

5.2.3 运行切换

- 5.2.3.1 DCS 选择运行模式为“发电工况”。
- 5.2.3.2 调相工况交流润滑油泵切换为汽轮机主油泵。
- 5.2.3.3 将发变组保护柜运行模式开关投入“发电工况”。
- 5.2.3.4 将发变组保护柜保护定值区选择发电工况保护定值区。
- 5.2.3.5 将发变组保护柜软压板按照发电工况投入。
- 5.2.3.6 将发变组保护柜硬压板按照发电工况投入。
- 5.2.3.7 将厂用电快切装置选择开关投入“发电工况”。
- 5.2.3.8 将同期装置选择开关投入“发电工况”。
- 5.2.3.9 将励磁系统参数选择为发电工况。
- 5.2.3.10 投入励磁调节柜 PSS。
- 5.2.3.11 投入励磁调节柜转子接地保护。

6 启动和并网

6.1 一般要求

- 6.1.1 调相机的并网、解列、工况转换以及无功负荷调整，应在电网调度机构指令下进行。
- 6.1.2 调相机并网时采用自动准同期方式。
- 6.1.3 停用中的调相机及其全部附属设备，应进行必要的维护和监视，使其处于完好状态，随时可以启动。

6.2 启动条件

- 6.2.1 调相机启动前，检修工作应已全部结束并将工作票全部收回，检查调相机及其相关设备应完好，试验短路线、接地线已全部清拆除，相应接地开关、隔离开关、断路器应在正确状态。确认调试或检修期间调相机各项电气试验、流量试验等结果合格。各种介质检测合格并有相应的检测报告。
- 6.2.2 调相机在启动前检查厂用电系统状态并应运行正常，动力电源、操作电源、信号电源均正常投入，表计信号应指示正确。
- 6.2.3 主变高压侧中性点地刀在合位，主变压器处于热备用状态。
- 6.2.4 调相机本体处于热备用状态。
- 6.2.5 检查润滑油系统、密封油系统、定冷水系统、冷却水系统参数正常，设备状态正常，联锁试验正常。

- 6.2.6 对调相机辅助系统进行检查，润滑油、顶轴油和密封油、冷却水等系统正常投运。
 - 6.2.7 励磁系统定值及运行方式切至调相工况，处于备用状态，无异常报警。
 - 6.2.8 发变组继电保护、同期装置、厂用电快切装置切至调相工况正确投入，无异常报警。
 - 6.2.9 DCS 系统测量与采集系统投运正常。
 - 6.2.10 调相机在线监测系统投运正常。
 - 6.2.11 SFC 启动装置应处于热备用状态。
 - 6.2.12 调相机封闭母线微正压干燥装置应运行正常。
 - 6.2.13 调相机进行检修或停用时间超过 2 周，启动前应测量定子绕组和转子绕组的绝缘电阻，绝缘电阻应满足说明书或行业规程要求。
 - 6.2.14 完成调相机并网开关、灭磁开关、SFC 启动回路开关的合、分闸传动试验及联锁试验。
 - 6.2.15 密封油系统投入运行。
 - 6.2.16 调相机充氢，氢压正常。
 - 6.2.17 定冷水系统投入运行。
 - 6.2.18 润滑油系统投入运行。
 - 6.2.19 冷却水系统投入运行。
- 6.3 调相机启动、并网**
- 6.3.1 SFC 拖动调相机转速至 300 r/min 时，停止升速，检查机组本体振动正常、轴向位移正常后，继续升速至 105% 额定转速。
 - 6.3.2 调相机启机及并网宜采用一键顺控模式，并网顺控流程图见图 1。

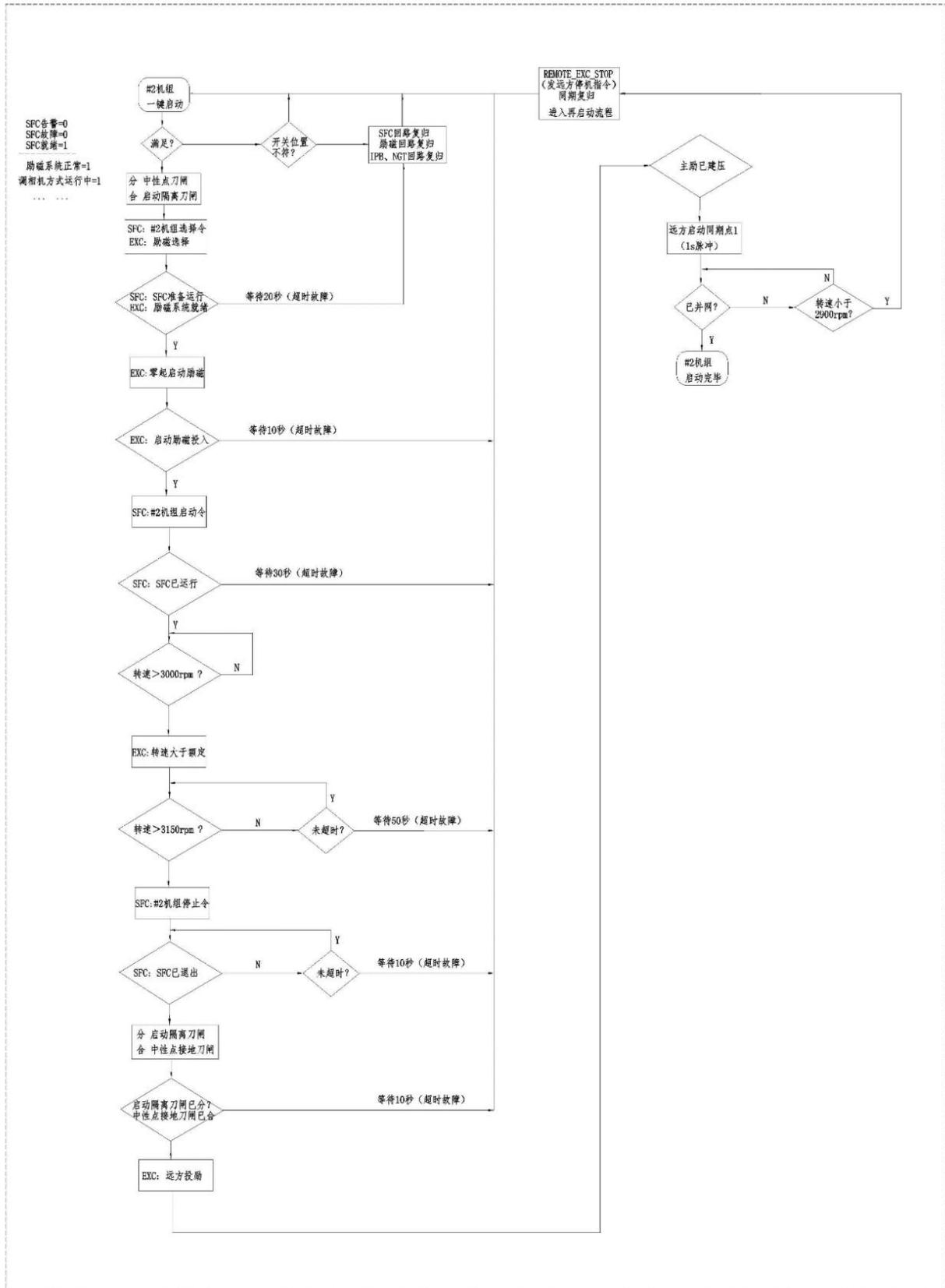


图 1 并网顺控流程图

6.3.3 调相机并网后立即退出误上电保护、启停机保护、断路器断口闪络保护。

7 运行

7.1 调相机可在进相和滞相状态下长期满负荷连续运行。

7.2 调相机运行时，无功负荷应保持在规定范围内。

7.3 当电网发生严重电压跌落故障时，调相机立即进入强励状态。当电网发生严重过电压情况时，调相机立即进入深度进相状态。

7.4 当电压偏差 $\pm 7.5\%$ ，频率偏差 $\pm 4\%$ 时，调相机应能正常运行。

7.5 调相机连续运行的最高允许电压应遵守产品技术规范的规定。

7.6 AVC 系统投入运行，按照调度机构下达的运行策略进行调节。

8 巡视检查和维护

8.1 一般要求

8.1.1 巡视检查应按规定的时间、内容和路线进行，发现设备异常应及时记录和处理。

8.1.2 巡视检查应结合当前运行状况，确定重点巡视部位。

8.1.3 出现下列情况时应增加巡检次数：

- a) 设备新投运或检修后恢复运行；
- b) 运行方式发生重大变化；
- c) 设备运行参数超过规定值；
- d) 同类型设备已发生过故障；
- e) 其他根据现场实际认为应增加巡检的情况。

8.1.4 停用状态下的调相机应进行监视和巡视检查，确保其处于完好状态。

8.1.5 消防系统探测器无报警，灭火介质压力正常、无渗漏。

8.1.6 定期工作应符合下列要求：

- a) 调相机组附属设备应按规定进行定期试验、切换及维护；
- b) 长时间处于停用状态的设备应定期进行启动试验；
- c) 调相机组正常运行期间应按设备说明书开展定期工作，如直流油泵启动、红外测温、励磁系统、备用冷却风机启动、滤网更换等。

8.2 调相机本体的巡视检查和维护

8.2.1 与调相机有关的电气参数、温度指示值应至少每班次记录一次。

8.2.2 调相机定、转子及轴承振动无异常，各部件温度正常，轴承进油压力正常。

8.2.3 调相机运行过程中，定冷水检漏装置发出警报信号，应尽快查明原因。

8.2.4 调相机发生近端外部短路后，应对调相机定、转子进行必要的检查，具体包括：

- a) 分析各部位温度、振动、转速、电压等监测量；
- b) 检查并确认定子绕组端部、槽口等部位无变形、松动等异常现象，绝缘测量正常；
- c) 检查并确认各部位螺栓、销钉、锁片无松动、脱落；
- d) 检查并确认各部位无开裂、绑绳断裂等现象；
- e) 检查并确认挡风圈及固定件无松动、碰磨；
- f) 检查并确认在线监测装置元件、端子无松动、脱落；

- g) 检查并确认轴承绝缘正常，无接地现象；
- h) 再次启动时应检查并确认振动、温度正常，运行无异常。

8.2.5 检查机组大轴接地电刷的接地情况及机组运行时轴电压的大小，发现异常应查明原因，定期检查轴承绝缘是否符合技术规范的要求。

8.3 保护系统的巡视检查和维护

- 8.3.1 继电保护盘柜工作应正常，各自动空气开关、保护连接片位置应正确。
- 8.3.2 电气元件应无过热现象。
- 8.3.3 定期核对继电保护装置的电流、电压、外部开关量变位，并做好记录。
- 8.3.4 继电保护装置动作后，按要求做好记录、复归信号。
- 8.3.5 定期清扫各继电保护盘柜。

8.4 励磁系统的巡视检查和维护

- 8.4.1 励磁盘柜电源投入应正常，控制方式应正确，风机工作应正常。
- 8.4.2 电气元件、各电缆接头、断路器及隔离开关触头应无过热现象，快速熔断器及其他熔断器应无熔断现象。
- 8.4.3 励磁系统应运行稳定，电压、无功应无异常波动，表计指示应正常，无异常报警信号。
- 8.4.4 整流功率柜电流分配应均匀，灭磁开关工作应正常，风机应无异声，滤网应清洁，备用电源在良好备用状态。
- 8.4.5 励磁变压器应无过热、异声，冷却系统工作应正常。

8.5 集电环及电刷的巡视检查和维护

- 8.5.1 在运行中的调相机集电环或其他励磁装置上工作时，工作人员应穿绝缘鞋或站在绝缘垫上，使用绝缘良好的工具并应采取防止短路及接地的措施。当励磁系统有一点接地时，不应进行集电环电刷的维护工作。
- 8.5.2 在维护时不应造成励磁回路接地或正、负极短路。
- 8.5.3 不应同时用两手触碰调相机励磁回路和接地部分或两个不同极的带电部分。
- 8.5.4 定期清除集电环周围及顶部过滤器的灰尘和碳粉。
- 8.5.5 集电环、刷架及刷握表面应清洁，温度正常（不大于 120℃），无变色、过热现象。机组运行中，电刷无跳火、异声、跳动、卡涩、破碎及过度磨损现象。各电刷电流分布应均匀，无过热现象。
- 8.5.6 更换电刷时，在同一时间内，只允许插拔一个刷握，每个刷架上只允许换 1 个~2 个电刷。换上的电刷应事先在与集电环直径相等的模型上研磨好，且新旧电刷型号应保持一致。

8.6 SFC 的巡视检查和维护

- 8.6.1 控制盘柜电源投入正常，无异常报警信号，控制方式应正确，风机工作应正常，滤网应清洁。
- 8.6.2 电气元件应无过热现象。
- 8.6.3 输入变压器无过热、异声，冷却系统工作正常。
- 8.6.4 输入、输出断路器指示应正常。
- 8.6.5 运行时，应无异声、异味。
- 8.6.6 控制盘柜室内温度应正常，清洁干燥。
- 8.6.7 应定期清洗滤网，保证进风顺畅。

8.7 封闭母线、出线罩及中性点接地装置的巡视检查和维护

- 8.7.1 封闭母线外壳温度应正常（不超过 70℃），无过热、变色现象，无异响、变形等情况。封闭母线湿度监测正常。微正压装置或空气干燥循环装置正常投入，工作正常，空气压缩机无频繁启动现象。
- 8.7.2 对于采用集装式中性点接地出线罩装置的调相机，定期检查相关监测装置应无异常，装置表面及与调相机连接处、与封闭母线连接处温度应正常。
- 8.7.3 中性点接地装置运行声音应正常、无异响，引出线接头应无过热现象。
- 8.7.4 接地开关的触头接触应紧密，位置指示应清晰正确，柜内无放电现象，观察孔可见部分应无异常、过热、脏污、异物等。

8.8 氢冷系统的巡视检查和维护

- 8.8.1 氢气冷却器进、出风温度、温差应符合规定，冷却器进水温度、压力应正常。
- 8.8.2 氢气冷却器应无漏水现象。

8.9 辅机关联系统巡视检查和维护

- 8.9.1 润滑油系统应无油泄漏现象，主油箱油位应正常。
- 8.9.2 冷油器工作应正常，系统所有压力、温度表计指示应正确。
- 8.9.3 主油箱排烟风机负压应正常，无漏油。
- 8.9.4 各轴承回油窥视孔油流正常，轴承温度及润滑油温正常。
- 8.9.5 顶轴油泵运行时参数正常。
- 8.9.6 油系统如设有蓄能器，蓄能器应无渗漏油、压力正常。
- 8.9.7 定期检查润滑油油质，油质应符合 GB/T 7596 的规定。根据油质监测情况，及时开启油净化系统进行滤油，必要时对润滑油进行补油或换油。
- 8.9.8 根据油质监测情况对润滑油添加抗氧化剂、防锈剂、破乳化剂及消泡剂等添加剂。

9 停机

9.1 正常停机

9.1.1 一般要求

- 9.1.1.1 调相机转速降低到设备规范要求转速时应连锁启动顶轴油泵，否则应手动启动顶轴油泵。
- 9.1.1.2 在停机过程中应执行停机检查，各项参数应符合相应标准和规程要求。

9.1.2 顺控停机

调相机组宜采用一键停机功能，停机流程见图 2。

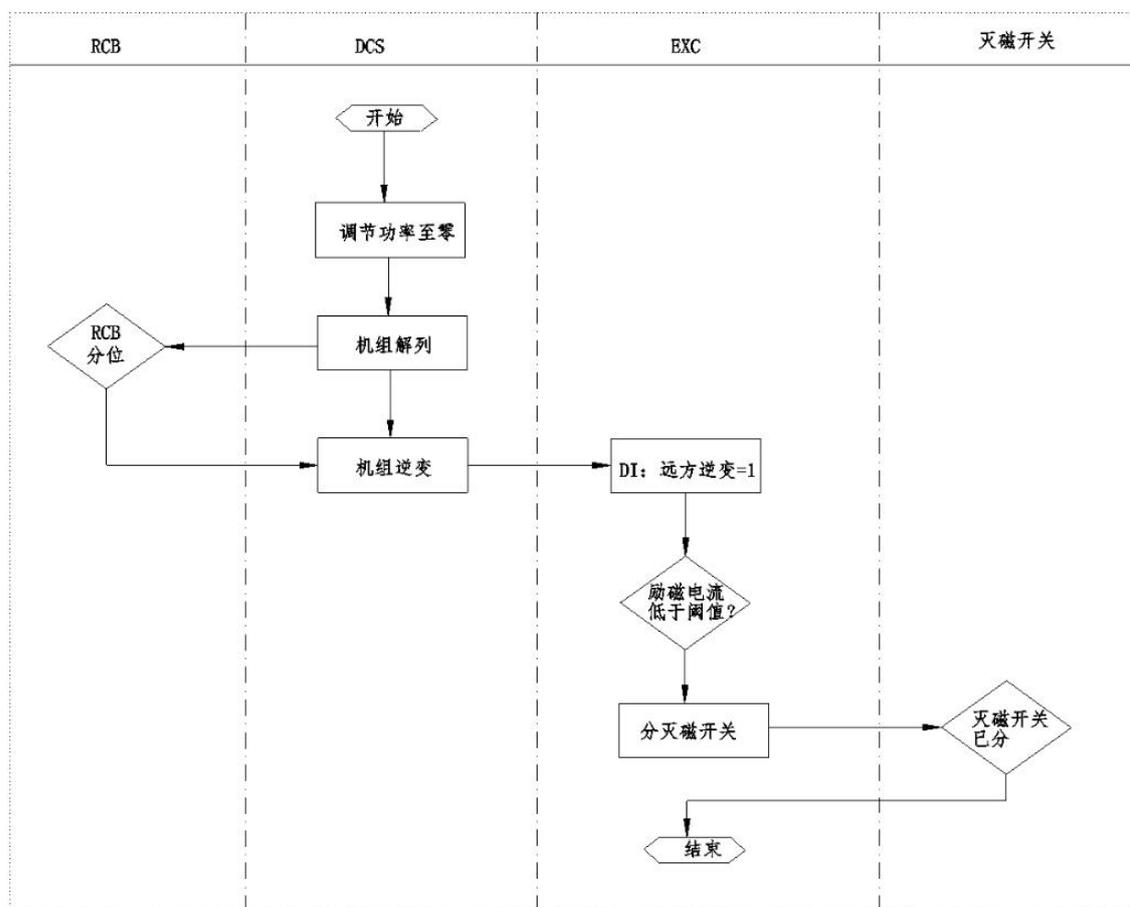


图2 停机流程

9.1.3 手动停机

手动增减无功负荷，当无功负荷至 $-5\text{Mvar} \sim +5\text{Mvar}$ 内时，手动将调相机与系统解列并灭磁。

9.2 异常停机

9.2.1 当调相机及与其相连的设备发生故障时，调变组保护应快速动作将调相机与系统解列并灭磁。

9.2.2 应检查调变组保护动作信号，检查调相机组的具体故障情况。

9.2.3 保护拒动时，应立即执行紧急停机操作。

10 设备检修

10.1 调相机检修

应符合 DL/T 2078.1 的规定。

10.2 励磁系统检修

应符合 DL/T 2078.2 的规定。

10.3 静止变频启动（SFC）系统检修

应符合 DL/T 2078.2 的规定。

10.4 调变组保护系统检修

应符合 DL/T 2078.2 的规定。

10.5 辅机关联系统检修

应符合 DL/T 2078.3 的规定。

11 异常与故障处理

11.1 一般要求

11.1.1 调相机异常或跳闸后，现场运行值班员应立即汇报调度，并根据调度机构指令进行处理。遇下列情况时，应立即紧急停机，解列灭磁：

- a) 调相机冒烟、着火；
- b) 调相机内有摩擦、撞击声；
- c) 发生电气故障但保护拒动；
- d) 发生直接威胁人身安全的情况；
- e) 其他根据现场实际认为应紧急停运的情况。

11.1.2 当调相机由于内部故障导致保护装置动作跳闸时，除检查调相机外观外，还应测量定子绕组的绝缘电阻并进行必要的试验和检查，并对调相机及其有关设备和所有在保护区域内的一切电气回路(包括电缆在内)的状况做详细检查，查明有无烟、火、响声、绝缘烧焦味、放电或烧伤痕迹，以判明调相机有无损伤。此外，应同时对动作的保护装置进行检查，并查明在电网上有无故障。若检查调相机及其回路未见故障，则调相机可重新启动。启动过程中若发现不正常现象，应立即停机，详细检查并消除故障。

11.1.3 调相机失去励磁时，若电网不允许失磁运行，值班人员应立即解开调相机，并汇报值班调度员。

11.2 定子绕组温度不一致

11.2.1 调相机绕组、铁芯、冷却介质的温度、温升、温差与正常值有较大的偏差时，应立即分析、查找原因。

11.2.2 定子水冷的定子线棒层间测温元件的温差达 8°C 或定子线棒引水管同层出水温差达 8°C 报警时，应检查定子三相电流是否平衡，定子绕组水路流量与压力是否异常，此时可降低负荷。若发电机的过热是由于定冷水中断或定冷水量减少引起，应立即恢复供水。

11.2.3 定子线棒温差达 14°C 或定子引水管出水温差达 12°C ，或任一定子槽内层间测温元件温度超过 90°C 或出水温度超过 85°C 时，应立即降低负荷，在确认测温元件无误后，立即停机，进行检查处理。

11.3 定子绕组负荷不平衡

11.3.1 调相机带不平衡负荷运行时，每相定子电流不应超过允许的额定电流。

11.3.2 调相机负序电流超过允许值且不平衡电流允许时间已达到时，应立即将调相机解列。

11.3.3 在调相机不对称运行期间，应加强对温度和振动的监视。

11.4 转子轴振过大

11.4.1 转子发生轴振过大故障时，应进行以下检查：

- a) 冷却器空气出风温度是否均匀；

- b) 振动大小与励磁是否有关；
- c) 振动是否随负荷而变；
- d) 转子接地保护是否报警；
- e) 油挡有无碰磨；
- f) 轴接地电刷位置及与大轴接触情况；
- g) 振动增加与励磁变化是否一致；
- h) 观察振动是渐变还是突变；
- i) 轴承油温；
- j) 调相机外部电气事故消除后振动是否突变；
- k) 转子在线匝间短路监测。

11.4.2 转子振动达到跳闸值保护未正确动作时，应立即将调相机解列灭磁。

11.5 转子接地

转子发生接地故障时，应进行以下检查：

- a) 转子振动是否逐渐增大；
- b) 转子温度是否逐渐增大；
- c) 转子损耗变动迹象；
- d) 维持调相机同样负荷所需的励磁（包括电压或电流）是否逐新有变；
- e) 电刷装置是否有污染、碳粉或其他不正常；
- f) 转轴接地装置；
- g) 随励磁有无变化；
- h) 电缆绝缘情况；
- i) 测转子集电环正负极对地电压。

11.6 转子失去励磁

转子发生失去励磁故障时，应进行以下检查：

- a) 励磁系统报警及信号；
- b) 电刷装置；
- c) 磁开关位置；
- d) 电压调节器控制；
- e) 是否因振动使转子元件松脱；
- f) 事故记录时序；
- g) 整流器冷却介质情况。

11.7 励磁系统强励报警

励磁系统发生强励报警故障时，应进行以下检查：

- a) 系统电压；
- b) 励磁系统强励持续时间；
- c) 保护装置；
- d) 对电力系统有无冲击；
- e) 无功和电压变化曲线；
- f) 电压调节器和电阻控制定值。

11.8 调相机过励磁

调相机发生过励磁故障时，应进行以下检查：

- a) 端电压；
- b) 调相机转速；
- c) 电压调节器状态；
- d) 励磁水平；
- e) 指示仪表；
- f) 调相机定、转子绕组的温度；
- g) 主变压器和辅助变压器的温度；
- h) 强励报警；
- i) 铁芯监测的情况。

参 考 文 献

- [1] GB/T 755 旋转电机 定额和性能
 - [2] GB/T 7064 隐极同步发电机技术要求
 - [3] GB/T 8349 金属封闭母线
 - [4] GB/T 10069.1 旋转电机噪声测定方法及限值 第 1 部分：旋转电机噪声测定方法
 - [5] GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
 - [6] GB/T 26863—2022 火电站监控系统术语
 - [7] GB/T 37762 同步调相机组保护装置通用技术条件
 - [8] DL/T 801 大型发电机内冷却水质及系统技术要求
 - [9] DL/T 1164 汽轮发电机运行导则
 - [10] DL/T 1309 大型发电机组涉网保护技术规范
 - [11] DL/T 2098—2020 调相机运行规程
-