

ICS

CCS

团 体 标 准

T/JSE XXXX-20XX

煤电机组高温熔盐储热系统 运行技术规程

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

团体标准发布部门 发布

目 次

前 言.....	I
引 言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	3
4 总体要求.....	4
5 运行方式.....	5
6 熔盐储能系统启动.....	6
7 熔盐储能系统运行.....	7
8 熔盐储能系统停运.....	9
9 熔盐储能系统事故预防及处理.....	10
附录 A（资料性） 水、汽、盐管道系统着色规定	12

前 言

本文件按照GB/T1.1—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。

本文件由江苏省能源行业协会提出。

本文件由江苏省能源行业协会归口。

本文件主要起草单位：江苏国信靖江发电有限公司。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

目前，煤电机组高温熔盐储热系统发展迅速，煤电机组与熔盐储能耦合的项目没有相关标准体系。因此，有必要通过增补现行国家、行业标准的最新要求，融合与煤电运行相关的反事故技术措施等编制行业的煤电机组高温熔盐储热运行导则，为煤电企业在高温熔盐储热系统及其附属设备的运行指标控制、维护要求、操作注意事项和事故处理原则等方面提供综合技术指导。

煤电机组高温熔盐储热系统

运行导则

1 范围

本文件规定了煤电机组高温熔盐储热系统的术语和定义、分类、要求、运行和维护规则。

本文件适用于燃煤发电机组中采用高温熔盐储热系统的启动、运行、停运、事故预防及处理等方面原则性技术要求和操作方法。

新建、改建和扩建的煤电机组高温熔盐储热系统，可依据本文件编制现场运行规程。

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 2894 《安全标志及使用导则》

GB/T 18894 《电子文档归档与管理规范》

GB 26860 《电力安全工作规程发电厂和变电站电气部分》

GB/T 31464 《电网运行准则》

GB 38755 《电力系统安全稳定导则》

GB/T 50063 《电力装置的电测量仪表装置设计规范》

GB/T 40090 《储能电站运行维护规程》

GB/T 34133 《储能变流器检测技术规程》

DL/T488 《电能计量装置技术管理规程》

DL/T 516 《电力调度自动化系统运行管理规程》

DL/T 544 《电力通信运行管理规程》

DL/T 572 《电力变压器运行规程》

DL/T 741 《架空送电线路运行规程DL/T 969 变电站运行导则》

DL/T 969 《变电站运行导则》

DL/T 1253 《电力电缆线路运行规程》

DL/T 2528 《电力储能基本术语》

GB/T 151 热交换器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

熔盐 molten salt

不同种类无机盐的熔融体。其固态大部分为离子晶体，在高温下熔化后形成离子熔体，常见的熔融盐是由碱金属或碱土金属与卤化物、硅酸盐、碳酸盐、硝酸盐以及磷酸盐组成。

3.2

深度调峰 deep peak regulation

火电机组在电网负荷峰谷差较大时，降低负荷的一种运行方式，以适应新能源功率的变动。

3.3

调频 frequency modulation

通过调整发电机组有功出力使电力系统频率恢复到目标频率的过程。通过频率偏差自动增减发电机出力，以维持系统频率稳定的过程叫一次调频；通过改变发电机组有功功率输出，使系统频率恢复到额定值的过程叫二次调频。

3.4

储热系统 heat-storage system

储热罐本体、加热系统及附属监控系统的总称。

3.5

储盐罐 salt storage tank

储存熔盐的罐体。包括罐顶、罐壁和罐底，罐内设置浸入式电加热器，以维持在系统停用等情况下熔融盐温度。

3.6

熔融盐换热器 molten salt heat exchanger

将熔盐的热能传递给水或蒸汽的一种设备。采用管壳式换热器，换热器管材为无缝钢管。

3.7

熔盐泵 molten salt pump

用于输送熔融盐的设备，通常采用耐高温、耐腐蚀的材料制造，确保在高温环境下稳定运行。

3.8

熔盐电加热器 molten salt electric heater

加热熔融盐的设备，通常采用电加热元件，确保熔盐在系统中保持适当的温度。

4 总体要求

4.1 一般要求

4.1.1 煤发电机组高温熔盐储热系统装置及其主要部件，应有制造厂的定额铭牌，制造厂提供的产品合格证书、技术规范说明书等，提供的相关数据应与铭牌定额保持一致。

4.1.2 高温熔盐储热系统应按照本单位规定的顺序进行编号，并将名称和序号明显地标示在熔盐储热设备外壳上。熔盐储热系统的附属设备应有相应编号。

4.1.3 按照本文件的有关规定，结合制造商出具的有关技术文件，编制现场运行规程时，如果制造商有明确规定，则按制造商的规定执行；如果制造商没有规定，则按本文件（包含本文件的引用文件相关条文）的规定执行。

4.1.4 每台高温熔盐储热系统至少应有下列备品和技术资料：

- a) 运行维护所必需的备品；
- b) 安装维护使用的技术说明书和随机供应的产品图纸；

- c) 安装、检查和交接试验的各种记录;
- d) 运行、检修、试验的记录 (包括技术文件);
- e) 缺陷和事故的记录;
- f) 现场运行、检修规程;
- g) 设备台账。

4.2 测量、信号、保护和联锁装置

4.2.1 高温熔盐罐、低温熔盐罐应装设必要的液位、温度的测量监视,温度保护装置和各种自动、联锁装置, 并应有参数越限的声光报警显示。

4.2.2 预热蒸发器、过热器应装设必要的液位、温度、压力、盐侧进出口差压的测量监视, 保护装置和各种自动、联锁装置, 并应有参数越限的声光报警显示。

4.2.3 电加热器应装设必要的功率、温度的测量监视; 保护装置和各种自动、联锁装置, 并应有参数越限的声光报警显示。

5 运行方式

5.1 储热环节运行方式

5.1.1 系统高温熔盐泵为驱动力, 采用电加热器, 将来自低温罐的熔融盐加热之后存储到高温罐当中。

5.1.2 电加热器负荷控制单元的功率输出方式分为调频模式和调峰模式, 模式切换是根据煤电机组需求灵活进行。

5.1.3 调频模式

- a) 根据煤电机组调频性能的需要, 设定加热器负荷控制单元初始功率。
- b) 电加热器负荷控制单元跟随煤电机组在AGC控制方式下进行精准调频。

5.1.4 调峰模式

- a) 根据煤电机组调峰负荷缺口或者电加热器负荷, 设定调峰负荷。
- b) 该模式下, 电加热功率能实现在0%~100%额定功率之间稳定输出。

5.2 放热环节运行方式

5.2.1 系统以低温熔盐泵为驱动力，将来自高温罐的熔融盐通过表面式换热器以热交换的方式释放出去。

5.2.2 热量释放的快慢是通过调整高温熔盐流量来实现。

5.2.3 进入换热器的换热介质温度低于熔盐的凝固点温度时，放热环节退出运行或者切换至应急水系统。

6 熔盐储能系统启动

6.1 系统启动应具备的条件

6.1.1 各系统及设备完好，阀门位置正确，传动正常。

6.1.2 热控装置的仪表、声光报警、设备状态及参数显示正常，保护正常投运。

6.1.3 控制系统（DCS）工作正常。

6.1.4 与熔盐联合的煤电机组运行正常，或应急启动系统功能正常。

6.1.5 高、低温熔盐罐有满足系统运行用量。

6.1.6 遇下列情况（不局限于）之一时，禁止熔盐储能系统启动或参与调节：

- a) 设备重大缺陷未消除或影响熔盐储能系统启动的检修工作票未终结。
- b) 有热工或电气保护未投入。
- c) 疏盐系统不能正常工作。
- d) 熔盐电伴热系统不能正常投入。
- e) 主要设备、管道保温不完善。

6.2 系统启动前准备

6.2.1 系统已具备启动条件。

6.2.2 确认煤电机组与储热系统相连的输水系统满足投运条件，阀门状态正确。

6.2.3 合理选择煤电机组与储热系统相连的输电回路，对应系统联锁保护正常投入。

6.2.4 熔盐给水系统、盐水（汽）换热系统、熔盐储热供电系统、熔盐加热系统、电伴热系统、疏盐系统、充氮系统等系统启动前按照系统启动前检查进行全面检查。

6.2.5 投入熔盐电伴热系统，监视温升符合设计规范。

6.2.6 熔盐电加热器投入“预热”模式（蒸汽加热方式的投入蒸汽），进行熔盐加热器预热。

6.2.7 煤机热力系统引出水源，进入预热蒸发器系统，进行系统预热；预热温升不高于设备制造厂规定的温升。

6.3 系统启动

6.3.1 熔盐加热器本体温度高于温度 t ($t=$ 熔盐凝固点 $+20^{\circ}\text{C}$)，启动低温熔盐泵。

6.3.2 控制 20%的小流量或者不低熔盐泵制造厂规定的最低流量运行，便于赶走系统内的空气。

6.3.3 逐渐增加熔盐电加热器功率（或汽量），同步缓慢增加低温熔盐流量，增加过程中确保熔盐加热器温升不高制造厂规定值。

6.3.4 熔盐电加热器出口盐温达到自动控制范围时，投入系统自动。

6.3.5 预热蒸发器系统温度高于熔盐凝固点 20°C 时，启动高温熔盐泵，熔盐分别进入预热蒸发器和过热器。

6.3.6 控制 30%的小流量或者不低熔盐泵制造厂规定的最低流量运行，便于赶走系统内的空气。

6.3.7 通过调整过热器进盐量来控制过热器出口蒸汽温度，蒸汽减温水加以辅助控制。

7 熔盐储能系统运行

7.1 正常运行

7.1.1 监视熔盐储能系统主要参数及其变化值符合规定。

7.1.2 定期进行有关设备的试验及轮换。

7.1.3 按以下原则进行负荷调整：

- a) 对应机组的高厂变功率在其额定容量的90%以下时，熔盐储能电负荷变化率，由系统适应能力决定。对应机组的高厂变功率在其额定容量的90%-95%区间，熔盐储能电负荷变化率不超过机0.05%机组额定负荷。对应机组的高厂变功率在其额定容量大于95%，熔盐储能电负荷切除。

- b) 熔盐储能电加热系统功率在10%~100%额定功率之间变化。
- c) 熔盐加热器出口熔盐温度由熔盐电热器加热功率控制，当电热器表面温度低于熔盐的分解温度10℃时，电加热器以预热功率运行。
- d) 放热环节的放热量是由外部需求决定。通过高温盐流量控制放热介质的温度，使其满足用户需求。
- e) 升压给水泵根据放热介质流量的需求进行控制，一般控制在额定流量的20~100%。

7.1.3 其他参数控制范围应满足表 1 要求：

表 1：熔盐储能系统主要参数控制要求

参数名称		限值
低温熔盐罐 液位	液位低报警值	≤0.7m
	低温熔盐泵停止运行	≤0.5m
	液位高报警（m）	低温熔盐管高度的 90%
高温熔盐罐 液位	液位低报警值	≤0.7m
	高温熔盐泵停止运行	≤0.5m
	液位高报警（m）	高温熔盐管高度的 90%
熔盐加热器 热管表面温 度	表面温度达到温度 t1，触发高温报警，停止增加功率	t1=熔盐的分解温度-20℃
	表面温度达到温度 t2，加热器功率减少至预热功率	T2=熔盐的分解温度-10℃
电伴热温度	电伴热管路检测温度低于 t3，电伴热自动投入	T3=熔盐凝固点温度+20℃
	电伴热管路检测温度高于 t4，电伴热自动退出	T4=熔盐凝固点温度+30℃

7.2 运行中的定期轮换

熔盐储能系统运行中的定期轮换项目应全面，不应有漏项，定期轮换项目见表 2，具体定期轮换项目应根据系统情况而定。

表 2：运行中定期轮换项目

项目	时间间隔
备用低温熔盐泵启停	每周
备用高温熔盐泵启停	每周
备用低温熔盐泵切换	每两周
备用高温熔盐泵切换	每两周
备用给水泵切换	每两周

7.3 特殊运行

7.3.1 对应机组不能提供合格温度的水源时，熔盐储能系统水源切换至应急水系统（有些无此设计），其他参数控制要求不变。

8 熔盐储能系统停运

8.1 停运

8.1.1 操作过程应加强盐泵振动、储盐罐液位、预热蒸发器液位、熔盐温度等关键参数监视。

8.1.2 启动熔盐电伴热系，避免运行过程中熔盐凝固。

8.1.3 退出熔盐储能系统火储联合控制模式。

8.1.4 熔盐储能系统停运过程应符合以下要求：

- a) 停运过程控制高温熔盐罐液位在50%液位。
- b) 降低加热器功率和减少低温熔盐流量同步进行，操作过程中维持熔盐加热器出口温度正常运行范围。
- c) 熔盐电加热器功率为0MW，停运低温熔盐泵。开启低温熔盐泵出口母管再循环阀，排尽低温熔盐泵出口母管内的存盐。

d) 减少进入预热蒸发器进水量与减小高温熔盐流量同步进行，最终停运给水升压泵、高温熔盐泵。开启高温熔盐母管再循环开关阀，排尽高温熔盐泵出口母管内的存盐。

8.2 疏盐

8.2.1 熔盐设备停运后，立即进行疏盐操作。

8.2.2 相应各系统、管道疏盐阀开启，将设备、管道里面的熔盐利用重力自流疏至疏盐罐。

8.2.3 启动疏盐泵，将疏盐罐里的存盐输送至低温熔盐罐。

8.3 停运后保养

8.3.1 熔盐储能设备停（备）用期间，应参照 DL/T 956 进行养护。

8.3.2 对滨海盐雾地区和有腐蚀性的环境，应采取特殊措施，防止设备腐蚀。

8.3.3 对于自然环境温度达到发生冰冻的区域，应预先对停运设备采取有效的防冻措施。盛有液体的容器、管道，要放干净其中的液体。

9 熔盐储能系统事故预防及处理

9.1 事故处理的基本要求

9.1.1 熔盐储能系统运行期间，优先保证机组的运行安全性；当系统无法有效控制时，首先退出熔盐储能系统与机组耦合状态。

9.1.2 根据仪表显示及设备异常现象判断事故发生的部位。

9.1.3 迅速处理事故，首先解除对人身、设备的威胁，防止事故蔓延。

9.1.4 迅速查清原因，消除事故隐患。

9.1.5 事故处理完毕后，应详细记录事故现象、过程及采取的处理措施等，收集事故发生及处理过程中的有关数据资料，进行故障分析并存档。

9.2 典型事故预防及处理

9.2.1 机组高厂变分支过流

a) 主要危害：高厂变分支跳闸，机组运行工况恶化，甚至停机。

b) 主要现象：高厂变分支电流高报警。

c) 主要原因：

1) 机组和熔盐加热器功率均在高负荷阶段。

2) 熔盐加热器功率突增。

d) 处理要点：

1) 高厂变分支电流达到其额定电流的 90%，控制熔盐加热器负荷变化率不高于机组的 0.05%。

2) 高厂变分支电流达到其额定电流的 95%，快速降低熔盐电加热器功率，待机组高厂分支电流恢复正常水平后重新投入自动。

e) 防范措施：

1) 高厂变分支电流过流优先切除熔盐加热器功率。

2) 机组负荷超过 90%额定负荷阶段，控制熔盐加热器初始负荷不高于加热器功率的 10%。

9.2.2 机组熔盐温度超限

a) 主要危害：熔盐里面不稳定成分分解，配比发生变化，熔盐凝固点升高。

b) 主要现象：熔盐温度高报警。

c) 主要原因：熔盐加热器温度控制失常。

d) 处理要点：

1) 降低电加热器功率。

2) 增加低温熔盐流量。

e) 防范措施：

1) 熔盐加热器出口熔盐温度达到温度 t ($t = \text{熔盐分解温度} - 20^\circ\text{C}$)，熔盐温度高报警。

2) 熔盐加热器出口熔盐温度达到熔盐分解温度时，停止熔盐加热。

附录 A
(资料性)
水、汽、盐管道系统着色规定

表 A.1 给出了水、汽、盐系统管道的着色规定。

表 A.1 水、汽、盐管道系统着色规定

管道类别		颜色
熔盐 储热 系统	泵的冷却水管	黑色
	熔盐给水管道	红色
	熔盐蒸汽管道	红色
	熔盐管道	红色
	氮气管道	浅灰色