

ICS 27.100

P 60

备案号: J2979—2021

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5622—2021

太阳能热发电厂储热系统设计规范

**Technical code for the design of thermal storage
system of solar thermal power plant**

2021—11—16 发布

2022—05—16 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

太阳能热发电厂储热系统设计规范

Technical code for the design of thermal storage
system of solar thermal power plant

DL/T 5622—2021

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2022年5月16日

中国计划出版社

2021 北 京

国家能源局 公告

2021 年 第 5 号

根据《中华人民共和国标准化法》《能源标准化管理办法》，国家能源局批准《地热井井身结构设计方法》等 326 项能源行业标准（附件 1）、《Code for Seismic Design of Hydraulic Structures of Hydropower Project》等 19 项能源行业标准外文版（附件 2）、《水电工程水工建筑物抗震设计规范》等 3 项能源行业标准修改通知单（附件 3），现予以发布。

- 附件：1. 行业标准目录（节选）
2. 行业标准外文版目录（略）
3. 行业标准修改通知单（略）

国家能源局

2021 年 11 月 16 日

附件 1：

行业标准目录（节选）

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
.....							
211	DL/T 5622-2021	太阳能热发电 厂储热系统设计 规范			中国计划 出版社	2021-11-16	2022-05-16
.....							

前 言

根据《国家能源局关于下达 2015 年能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2015〕283 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容有:总则、基本规定、储热工艺系统、储热系统主要设备、辅助系统、设备及管道布置、储罐基础和其他技术要求。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业发电设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司负责解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计标准化管理中心(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮政编码:100120,邮箱:bz_zhongxin@eppei.com)。

本标准主编单位:中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

本标准参编单位:电力规划总院有限公司
中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

中广核太阳能开发有限公司

本标准参加单位:江苏太阳宝新能源有限公司
百吉瑞(天津)新能源有限公司

本标准主要起草人员: 闫 凯 李惠民 田增华 田景奎
赵丽霞 马欣欣 李 斌 祝 芳
李 栋 杨 菁 张 玮 张纯岗

薛晶晶	陈 明	崔娟娟	孙 政
陈永辉	孙即红	李 博	张俊春
宋江文	韩 伟	邱河梅	傅振彪
本标准主要审查人员:赵晓辉	任德刚	林 磊	方 联
王 坚	刘学军	毕建惠	张加蓉
张乐群	郭凯凯	阎占良	张俊峰
王志勇	董慧遐	惠 超	刘 斌

目 次

1	总 则	(1)
2	基本规定	(2)
3	储热工艺系统	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	导热油传热介质储换热系统	(3)
3.3	熔盐传热介质储热系统	(5)
4	储热系统主要设备	(7)
4.1	熔融盐储罐	(7)
4.2	熔盐泵	(8)
4.3	导热油-熔盐换热器	(8)
4.4	管道及附件	(9)
5	辅助系统	(11)
5.1	储热介质	(11)
5.2	熔融盐初始熔化	(11)
5.3	熔盐注入系统	(12)
5.4	防凝系统	(12)
5.5	疏放系统	(12)
5.6	氮封系统	(13)
5.7	熔盐事故应急处理措施	(13)
6	设备及管道布置	(15)
7	储罐基础	(16)
7.1	一般规定	(16)
7.2	隔热材料选择	(17)
7.3	隔热结构设计	(18)

7.4 构造措施	(18)
8 其他技术要求	(19)
8.1 仪表与控制	(19)
8.2 电气系统	(19)
8.3 土建结构	(20)
8.4 供暖、通风与空气调节	(21)
8.5 消防	(21)
8.6 安全防护要求	(22)
8.7 保温	(23)
本规范用词说明	(24)
引用标准名录	(25)
附:条文说明	(27)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Basic requirements	(2)
3	Process system of thermal storage system	(3)
3.1	General requirements	(3)
3.2	Thermal storage and exchanging system for heat transfer fluid(oil)	(3)
3.3	Storage system for heat transfer fluid(molten salt)	(5)
4	Main equipments of thermal storage system	(7)
4.1	Molten salt storage tanks	(7)
4.2	Molten salt pump	(8)
4.3	HTF-molten salt heat exchanger	(8)
4.4	Piping and accessories	(9)
5	Auxiliary and ancillary system	(11)
5.1	Storage fluid	(11)
5.2	Melting of molten salt	(11)
5.3	Filling of molten salt	(12)
5.4	Anti-freezing system	(12)
5.5	Draining system	(12)
5.6	Nitrogen blocking system	(13)
5.7	Molten salt system emergency measurement	(13)
6	Arrangement of equipments and pipes	(15)
7	Infrastructure design of storage tank	(16)
7.1	General requirements	(16)
7.2	Insulation material selection	(17)

7.3	Insulation structure design	(18)
7.4	Construction measures	(18)
8	Other technical requirements	(19)
8.1	Instrument and control	(19)
8.2	Electrical system	(19)
8.3	Civil structure	(20)
8.4	Heating, ventilation and air-conditioning	(21)
8.5	Fire fighting	(21)
8.6	Safety and protection requirements	(22)
8.7	Insulation	(23)
	Explanation of wording in this code	(24)
	List of quoted standards	(25)
	Addition: Explanation of provisions	(27)

1 总 则

1.0.1 为规范太阳能热发电厂储热系统设计,满足安全可靠、技术先进、经济适用的要求,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于太阳能热发电厂储热系统的设计,也适用于太阳能热发电与其他发电方式互补项目中太阳能热发电储热系统的设计,及采用本标准中涉及的同类储热技术的非太阳能热发电项目中储热系统的设计。

1.0.3 本标准适用于双罐熔融盐储热系统,包括以导热油作为传热介质、熔融盐作为储热介质的储热系统,以熔融盐作为传热介质和储热介质的储热系统。

1.0.4 太阳能热发电厂储热系统设计除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 基本规定

2.0.1 储热系统设计方案应综合考虑太阳能热发电厂总体规划、太阳能资源、储热介质、电力系统条件、辅助燃料来源等因素,通过技术经济比较后确定。

2.0.2 储热系统的设计应积极采用经运行实践检验或工业试验证明的新技术、新工艺、新材料和新设备。

2.0.3 储热系统的设计宜采用全厂统一的标识系统。

3 储热工艺系统

3.1 一般规定

3.1.1 储热系统宜采用双罐储热系统。经技术成熟性和可靠性论证合理时,也可采用其他储热方式。

3.1.2 储热介质宜采用质量比 6 : 4 硝酸钠和硝酸钾的二元盐,也可采用其他多元熔盐。

3.1.3 储热系统额定容量宜结合电站在电力系统中的定位、集热系统容量配置、汽轮发电机组额定功率及运行模式,经技术经济比较后确定。

3.1.4 储热介质总质量应根据储热系统容量、储热介质工作参数、运行工况下罐壁受热膨胀后熔盐泵最低液位要求、运行工况下设备及管道充满度、相关基础及泵支撑的沉降或变形等因素计算确定。

3.2 导热油传热介质储换热系统

3.2.1 系统设计范围应符合下列规定:

1 储热系统导热油入口隔离阀至出口隔离阀范围内的导热油-熔盐换热器及管道、附件、阀门;

2 高温熔融盐储罐系统,包括高温熔盐罐、高温熔盐泵及管道、附件、阀门;

3 低温熔融盐储罐系统,包括低温熔盐罐、低温熔盐泵及管道、附件、阀门;

4 上述系统范围内的辅助系统。

3.2.2 导热油传热介质储热系统设计应能满足储热工况和释热工况下汽轮发电机组各种运行负荷的要求,并应符合下列规定:

1 根据熔盐总量及储罐加工制作工艺,合理确定熔融盐储罐容积,可采用单列、双列或多列熔融盐储罐,冷热储罐数量可不相同;

2 可设置一套或多套导热油-熔盐换热器,换热器数量宜与熔融盐储罐配置相对应,每套导热油-熔盐换热器中各级换热器数量配置宜通过经济技术比较后确定;

3 每个熔融盐储罐上应设置不少于 2 台熔盐泵,其中 1 台备用,宜采用变频调速泵。

3.2.3 冷熔融盐的工作温度应与集热系统进出口温度、导热油-熔盐换热器端差、蒸汽发生系统相匹配,对储热发电工况和释热发电工况分别进行计算,并经技术经济比较后确定。

3.2.4 储热系统导热油侧管道设计压力应结合所有可能出现工况的水力计算确定。选取原则应符合下列规定:

1 设计压力取用导热油最高工作压力加上安全阀整定压力与工作压力的差;

2 最高工作压力取集热场来油管道和释热工况油盐换热器来油管道的较大值;

3 较高位置布置的设备,其内部液柱产生的静压。

3.2.5 储热系统导热油侧管道设计温度应取用各运行工况下计算管段导热油最高工作温度加温度偏差值,如无特殊要求时,温度偏差值可取 5℃。

3.2.6 储热系统熔盐侧管道设计压力的取用应符合下列规定:

1 熔盐泵出口管道,从熔盐泵出口至第一个关断阀的管道,设计压力应取泵在额定转速特性曲线最高点对应的压力与进盐侧压力之和,扣除泵吐出口与最大工作液位标高之差对应的静压;从泵出口第一个关断阀至下游熔融盐储罐进口区段的管道,应取泵在额定转速及设计流量下泵提升压力的 1.1 倍,扣除泵吐出口与最大工作液位标高之差对应的静压;

2 熔盐管道设计压力,应计入熔盐泵进盐温度对压力的

修正。

3.2.7 储热系统熔盐侧管道设计温度取各工况下各计算管段熔融盐最高持续工作温度与最大温度偏差值之和。最大温度偏差值,可取 5℃。

3.2.8 每套导热油-熔盐换热器的导热油进出口管道应设置动力操作关断阀,进口或出口管道上应设置双向流量测量装置,阀门和流量测量装置宜采用焊接型式。

3.3 熔盐传热介质储热系统

3.3.1 系统设计范围应符合下列规定:

1 高温熔融盐储罐系统,包括高温熔盐罐、高温熔盐泵及管道、附件、阀门;

2 低温熔融盐储罐系统,包括低温熔盐罐、低温熔盐泵及管道、附件、阀门;

3 高温熔盐泵出口至蒸汽发生系统熔盐入口隔离阀间的管道、附件、阀门;

4 上述系统范围内的辅助系统。

3.3.2 熔融盐传热介质储热系统设计应能满足储热工况和发电工况下汽轮发电机组各种运行负荷的要求,并应符合下列规定:

1 应根据熔盐总量及储罐加工制作工艺合理确定熔融盐储罐容积,可采用单列、双列或多列熔融盐储罐,冷热储罐数量可不相同;

2 每个熔融盐储罐上应设置不少于 2 台熔盐泵,其中 1 台备用,宜采用变频调速泵;

3 低温熔融盐储罐上应设置不少于 2 台调温泵,其中 1 台备用,宜采用变频调速泵。

3.3.3 采用熔融盐作为传热介质时,宜采用同一熔融盐作为储热介质。

3.3.4 熔融盐管道设计压力应符合下列规定:

1 熔盐泵出口管道,从上游熔融盐泵出口至第一个关断阀的管道,设计压力应取泵在额定转速特性曲线最高点对应的压力与进盐侧压力之和,扣除泵吐出口与最大工作液位之差;从泵出口第一个关断阀至下游吸热器/蒸汽发生系统进口区段的管道,应取泵在额定转速及设计流量下泵提升压力的 1.1 倍,扣除泵吐出口与最大工作液位标高之差对应的静压;

2 熔融盐管道设计压力,应计入熔盐泵进盐温度对压力的修正。

3.3.5 熔融盐管道设计温度应取各工况下各计算管段熔融盐最高持续工作温度与最大温度偏差值之和。最大温度偏差值可取 5°C 。

4 储热系统主要设备

4.1 熔融盐储罐

4.1.1 大型熔融盐储罐宜选用立式圆筒形储罐,设计应符合现行国家标准《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341 中的有关规定,应考虑启动和运行过程可能出现的不利因素的影响,并宜结合有限元分析对储罐整体进行应力分析。

4.1.2 熔融盐储罐罐体设计温度,取用储罐中介质最高工作温度和储罐预热温度的较大值,并加 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 温度裕量;罐体内部分配管及浸没式加热器(若有)套筒等其他部件,设计温度应结合该部件可能承受的最高温度确定。

4.1.3 熔融盐储罐设计压力,取用储罐内氮气覆盖压力和储罐最高工作压力的较大值。

4.1.4 当设计温度不高于 425°C 时,熔融盐储罐宜选用优质碳素钢,当设计温度高于 425°C 时,熔融盐储罐宜选用奥氏体不锈钢。

4.1.5 熔融盐储罐附件应符合下列规定:

1 顶部管嘴宜设置补偿热位移的波纹管或高温织物补偿器,以减少管嘴处的热损失;

2 对于采用惰性气体覆盖罐内气侧空间的储罐系统,应设置气侧压力平衡接口;所有储罐应设置超压保护、预热接口、注盐口、人孔,宜设置罐内爬梯、储罐预热辅助系统及罐底熔盐放空辅助系统等;

3 罐内应设置带分配孔或喷嘴的熔盐分配管及其支架等附件;

4 应设置熔盐防凝电加热装置,并考虑冗余;

5 所有接口应设置保温。

4.1.6 熔融盐储罐顶部应设置平台、扶梯、步道等。

4.1.7 熔融盐储罐安装完毕后应按规定进行充水试验,可参考《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》GB 50128 等相关试验规定。

4.2 熔 盐 泵

4.2.1 熔盐泵的选型应满足太阳能热发电厂工艺系统的要求。

4.2.2 熔盐泵应选用立式悬吊式泵。

4.2.3 熔盐泵材质的选择应考虑熔盐的工作参数、物性参数及腐蚀性等。

4.2.4 熔盐泵应根据轴承密封、冷却、防凝等要求,设置必要的氮气密封、冷却系统、电伴热等。

4.2.5 熔盐泵的设计温度宜与储罐设计温度相同。

4.2.6 对于采用熔盐为储热介质的槽式太阳能热发电厂,熔盐泵的流量、扬程选择宜执行现行国家标准《槽式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51396。高温熔盐泵最小流量应满足导热油-熔融盐换热器和蒸汽发生系统的要求。低温熔盐泵最小流量应满足导热油-熔融盐换热器的要求。

4.2.7 对于熔盐塔式太阳能热发电厂,熔盐泵的流量、扬程选择宜执行现行国家标准《塔式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51307。低温熔盐泵的最小流量应满足吸热器的要求,高温熔盐泵的最小流量应满足蒸汽发生系统的要求。

4.3 导热油-熔盐换热器

4.3.1 导热油-熔盐换热器的设计温度应符合下列规定:

1 设计温度不应低于元件金属在工作状态下可能达到的最高温度;

2 换热器的各程设计温度应按各自可能出现的最高工作温度确定;各部分在工作状态下的金属温度不同时,可分别设定设计

温度；

3 对于同时受两侧介质温度作用的金属元件,设计温度宜取各运行工况下设备入口导热油可能达到的最高温度。

4.3.2 导热油-熔盐换热器的导热油侧设计温度应按本规范第 3.2.5 条选取;熔盐侧设计压力应按本规范第 3.2.6 条熔盐泵出口第一个关断阀至下游熔融盐储罐进口区段管道设计压力选取。

4.3.3 导热油-熔盐换热器设计应符合现行国家标准《压力容器》GB 150 和《热交换器》GB/T 151 的有关规定。

4.3.4 导热油-熔盐换热器宜选用管壳式热交换器,换热器设备不设备用,换热设备换热面积留有裕量。导热油应在管侧流动,熔盐宜在壳侧流动。

4.3.5 导热油-熔盐换热器面积应按储热工况和释热工况分别计算,取较大值,并留 10% 的面积裕量。

4.3.6 当设计温度不高于 425℃ 时,导热油-熔盐换热器宜选用优质碳素钢,当设计温度高于 425℃ 时,导热油-熔盐换热器宜选用奥氏体不锈钢。

4.4 管道及附件

4.4.1 储热系统中的导热油管道及附件应根据导热油品质、导热油温度、导热油系统进行设计,熔盐管道及附件应根据熔盐介质特性、温度、熔盐系统进行设计。

4.4.2 储热系统中的管道的介质流速宜为 2m/s~4m/s,熔盐管道管径不宜小于 DN100。

4.4.3 储热系统管道的直管壁厚计算可按现行国家标准《电厂动力管道设计规范》GB 50764 中的相关规定执行。其中腐蚀和磨损要求的附加厚度取值可根据介质的特性确定。

4.4.4 储热系统管道及附件的选择应符合现行国家标准《压力管道规范 工业管道》GB/T 20801 和现行行业标准《压力管道安全技术监察规程——工业管道》TSG D0001 中的相关规定,并应符合

合下列规定：

- 1 应采用锻钢或铸钢阀门,不得采用铸铁阀门;
 - 2 导热油管道及阀门的法兰垫片(若采用法兰连接时)应选用耐油耐热垫片,不得使用塑料垫片、橡皮垫片和石棉垫片;
 - 3 导热油管道宜采用焊接连接;
 - 4 导热油管道法兰应采用内外双面焊接。
- 4.4.5 导热油管道材料选择应符合下列规定:
- 1 当设计温度不高于 425℃时,宜选用优质碳素钢;
 - 2 当设计温度高于 425℃时,宜选用合金钢。
- 4.4.6 熔盐管道材料选择应符合下列规定:
- 1 当设计温度不高于 425℃时,宜选用优质碳素钢;
 - 2 当设计温度高于 425℃时,宜选用奥氏体不锈钢。
- 4.4.7 储热系统中的导热与管道和熔盐管道的检验和试验应符合现行国家标准《压力管道规范 工业管道》GB/T 20801 中的相关规定。

5 辅助系统

5.1 储热介质

5.1.1 固态硝酸钠和硝酸钾的品质宜满足现行国家标准《太阳能熔盐(硝基型)》GB/T 36376 的要求,应符合下列规定:

- 1 宜分批次以颗粒状形式运送至现场;
- 2 应采用满足环保和硝酸钠及硝酸钾的特性要求的专用包装袋;
- 3 包装袋上应有相关信息标签。

5.1.2 固态硝酸钠和硝酸钾的采购、运输等应符合《危险货物品名表》GB 12268、《危险货物分类和品名编号》GB 6944 的有关规定。

5.1.3 固态硝酸钠和硝酸钾的现场储存应根据太阳能热发电厂总平面布置合理规划,并应符合《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 和《危险化学品储存管理规定》的有关规定。

5.2 熔融盐初始熔化

5.2.1 熔融盐初始熔化可选用燃料加热方式或电加热方式,当采用燃料加热时,燃料宜采用天然气。

5.2.2 熔盐初始熔化设备宜选用成熟产品。

5.2.3 熔盐初始熔化设备容量及数量宜根据项目投运时间、熔盐总量、设备化盐能力等因素合理确定。

5.2.4 熔盐初始熔化设备宜布置在熔融盐储罐附近,预留足够场地,确保配套化盐用燃料和供电条件。

5.2.5 熔盐炉应符合现行行业标准《熔盐炉技术规范》HG/T 20658,污染物排放应执行现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB

16297 二级标准和当地环保标准。

5.2.6 熔盐初始熔化进入储罐的液态熔盐温度应结合储罐预热温度、固体熔盐品质、化盐工艺流程等合理确定。

5.3 熔盐注入系统

5.3.1 注盐前,应对储盐罐预热,宜采用空气加热方式,应保证罐体在预热过程中的均匀受热,满足罐体工艺和结构要求。

5.3.2 预热之前应做好罐内清洁,预热过程宜监测罐底板及基础温度,满足注盐条件。

5.3.3 储罐预热过程中,应按照储罐设计要求控制升温速率。

5.3.4 注盐系统熔盐泵宜配置备用泵。

5.4 防凝系统

5.4.1 防凝系统应保证在各种工况下,储罐、设备、管道、阀门等内部熔盐不发生凝结,管道、阀门及附件的防凝宜采用电伴热方案;导热油宜采用介质循环实现防凝。

5.4.2 管道和阀门电伴热的功率应综合设计要求时间内预热空载盐管道指设计温度,维持熔盐管道温度以及解冻时间要求。

5.4.3 熔盐罐的防凝宜采用浸没式电加热器,也可采用其他防凝形式。加热器的总容量应根据罐体保温后的散热量来确定;电加热器的数量根据保温后的总的散热功率和单只电加热器最大容量来确定。

5.4.4 电伴热系统设计宜符合下列规定:

- 1 伴热电缆宜按不低于 100% 冗余设置;
- 2 伴热电缆宜采用矿物绝缘电缆;
- 3 伴热启动温度设定值宜为熔盐析晶温度加 30℃。

5.5 疏放系统

5.5.1 对于导热油传热介质储换热系统,疏放系统设计应符合下

列规定：

1 导热油管道及导热油-熔盐换热器导热油侧高位点应设放气系统,低位点应设放油系统；

2 导热油系统上的放气管道和放油管道应接至导热油冷凝器进行冷却回收；

3 熔盐管道及导热油-熔盐换热器熔盐侧高位点应设放气系统,低位点应设疏盐系统,放气和疏盐管道可接至熔融盐储罐或疏盐罐。

5.5.2 对于熔盐传热介质储换热系统,疏放系统设计应符合下列规定：

1 熔盐管道高点宜设置放气系统,低点应设置疏盐系统,并可接至熔融盐储罐或疏盐罐；

2 当蒸汽发生系统布置在高低温熔融盐储罐之间时,储热系统宜与蒸汽发生系统合并设置熔盐疏放系统。

5.5.3 疏盐罐容量应根据管道及设备容积确定。

5.5.4 储热系统中安全阀排气应排至安全区域。

5.5.5 熔融盐系统宜设置事故疏放系统。

5.5.6 事故疏放系统的管道、阀门及仪表管等应设置伴热系统,事故熔盐排放槽或排放池可不设置伴热系统。

5.6 氮封系统

5.6.1 导热油传热介质储换热系统应设置氮气系统,熔盐吸热介质储换热系统可不设置氮气系统。

5.6.2 储热系统的氮气系统宜与全场氮气系统合并。

5.6.3 高温熔盐储罐与低温熔盐储罐之间应设置氮气平衡管。

5.6.4 接至熔盐储罐的氮气管道应设置流量测量装置。

5.7 熔盐事故应急处理措施

5.7.1 应设置熔盐事故应急处理措施,保证在紧急故障下能够通

过疏放系统将熔融盐安全疏放到疏盐罐。

5.7.2 熔盐储罐的事故疏盐系统可采用预留虹吸管及接口,接口通过堵头封闭的方式,也可采用预先连接好所有系统,将熔盐罐事故疏盐虹吸管引至疏盐罐。事故疏盐管道宜设置两道截止阀。

5.7.3 对于采用预留虹吸管及接口通过堵头封闭的熔盐罐事故疏盐系统,可采用真空泵创造真空法建立虹吸效应,也可采用高液位法通过专业堵头破坏器建立虹吸效应。

5.7.4 对于采用真空泵创造真空法建立虹吸效应的疏盐系统,当熔盐储罐需要事故疏盐时,应在液位低于虹吸管出口位置后,切割掉堵头,分两路连接真空泵和疏盐管道、阀门及附件,通过真空泵制造真空使虹吸管启动。

5.7.5 对于采用高液位法通过专业堵头破坏器建立虹吸效应的熔盐罐事故疏盐系统,当熔盐储罐需要事故疏盐时,虹吸管出口应低于储罐最低液位,在连接好专业堵头破坏器、疏盐管道及附属系统后,通过专业堵头破坏器破坏堵头,建立虹吸效应启动疏盐。

5.7.6 当采用预先连接好事故疏盐系统的方案时,在需要事故疏盐情况下,应在储罐液位满足下列条件时开启事故疏盐系统,将储罐内的熔盐疏到疏盐罐,再通过疏盐泵将其打回至状态完好的储罐中。

- 1 储罐液位应高于熔盐泵允许最低液位;
- 2 储罐液位应高于疏盐管启动允许最低液位。

6 设备及管道布置

- 6.0.1** 对于有导热油传热的储热系统,设备及管道宜露天布置,可参照《火力发电厂汽水管道设计规范》DL/T 5054 执行。当采用熔盐作为传热流体时,应结合当地气象条件考虑运维检修等需求,可采用封闭换热器布置的方案。储罐宜露天布置。
- 6.0.2** 储热系统的设备及管道宜集中布置,各设备的相对位置应适应工艺流程的要求,并应满足安装、运行、检修的需要,应做到设备布局 and 空间利用紧凑、合理;管线连接短捷、整齐;巡回检查通道顺畅。
- 6.0.3** 储热系统的设备及管道的布置应能够安全、便捷地疏放设备及管道内的介质。
- 6.0.4** 储热系统的导热油管道各个工况下的坡度不应小于 0.003。
- 6.0.5** 储热系统熔盐管道各个工况下的坡度不应小于 0.01。
- 6.0.6** 疏盐罐的疏盐进口标高应低于熔盐管道及设备各疏盐点接口标高,并应满足疏盐管道的放坡要求。
- 6.0.7** 储热系统各设备应有检修空间、运输通道、运行和检修通道。
- 6.0.8** 检修起吊设施的起重量应根据检修时起吊的最重件选择,露天布置的设备可根据周围的条件设置移动或固定式起吊设施。
- 6.0.9** 运行维护平台应符合现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053 的规定。
- 6.0.10** 熔盐阀门的布置应按照供货方要求,宜布置在水平管道。主要阀门及其执行机构应能正常操作和便于维修,必要时应设置操作、维修平台。
- 6.0.11** 在不便设置固定维护检修平台的地方可设置移动升降检修设施。

7 储 罐 基 础

7.1 一 般 规 定

- 7.1.1 储罐基础的结构设计使用年限应为 50 年。
- 7.1.2 储罐基础的地基基础设计等级应为甲级。
- 7.1.3 储罐基础设计输入资料应包括建设场地的岩土工程勘察报告及相关工艺设计资料。
- 7.1.4 储罐基础的设计除应满足地基承载力、变形、稳定、基础强度、抗裂、抗震、温度作用等计算和验算要求外,尚应满足耐久性、防腐蚀等使用要求,并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《构筑物抗震设计规范》GB 50191 等的相关规定。当天然地基的承载力、变形或稳定不能满足设计要求时,应采用人工地基。
- 7.1.5 储罐基础应进行抗震设计,并应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。罐体与基础之间应采取适当的结构措施,防止地震作用下罐体位移或倾覆。
- 7.1.6 熔融盐储罐容积小于 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时,基础抗震设防类别为丙类;大于或等于 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时,基础抗震设防类别为乙类。
- 7.1.7 储罐基础所在场地存在饱和砂土或饱和粉土时,应进行液化判别和处理。
- 7.1.8 储罐基础宜设置在同一持力层上。应避免直接建在软硬不均匀的地基上,无法避免时,应采取有效处理措施。
- 7.1.9 未经处理的人工填土、工业废料等稳定性差的土层,不应作为储罐基础的持力层。
- 7.1.10 储罐基础选型应根据储罐的形式、荷载、地基条件、经济合理性等因素综合考虑。

- 7.1.11** 储罐基础宜采用外环墙式基础。当修正后的地基承载力特征值小于基底平均压力,且地基变形不满足要求时,可采用圆板式钢筋混凝土基础。
- 7.1.12** 储罐基础应考虑保温隔热措施,基础与罐体之间应设置隔热层。
- 7.1.13** 储罐基础除设置隔热层外,宜采取在基础中设置通风管等通风散热措施。
- 7.1.14** 储罐基础宜在储罐底部与基础隔热层之间设置砂垫层,以满足储罐底部对变形的要求。
- 7.1.15** 储罐基础环墙可采用钢筋混凝土结构,也可采用钢质环板结构。
- 7.1.16** 储罐基础应进行地基变形计算,沉降及沉降差的允许值应符合现行行业标准《石油化工钢储罐地基与基础设计规范》SH/T 3068 的有关规定。
- 7.1.17** 储罐基础应设置沉降观测点,并应进行沉降观测。沉降观测点的数量和观测要求应符合现行行业标准《石油化工钢储罐地基与基础设计规范》SH/T 3068 的有关规定。
- 7.1.18** 储罐应设置防止泄漏时熔盐扩散的设施,宜采用下沉式布置或周边设置围堤。围堤宜采用黏土耐火砖砌体等耐高温材料。

7.2 隔热材料选择

- 7.2.1** 隔热材料应采用无机材料。
- 7.2.2** 隔热材料应采用隔热性能好、导热系数小、线膨胀系数小、具有足够抗压强度且耐久性好的材料。
- 7.2.3** 隔热材料宜选用整体性好、不易破损的憎水性制成品。非憎水性材料应考虑湿度对导热性能的影响,对于部分需要长期检修的部位,宜采用预制成型隔热材料。

7.3 隔热结构设计

7.3.1 隔热层厚度应根据计算温度差、工艺要求的热损失速率、隔热材料的导热系数等计算确定。

7.3.2 憎水性隔热材料可按干燥状态时的导热系数取值。

7.3.3 非憎水性隔热材料应取水饱和状态时的导热系数值,并按式(7.3.3)确定。

$$\lambda = 1.25[\lambda_0 + \rho(0.5 - \lambda_0)] \quad (7.3.3)$$

式中: λ_0 ——隔热材料在干燥状态时的导热系数;

ρ ——隔热材料在饱和状态时的吸水率(体积比),当 $(0.5 - \lambda_0) < 0$ 时,取 $(0.5 - \lambda_0) = 0$ 。

7.3.4 储罐基础中混凝土的材料导热系数应取干燥状态的数值。

7.3.5 隔热材料的热工计算指标,如重力密度、对应不同温度的导热系数、线膨胀率、吸水率等,应按照实际试验资料确定,并应采用压实后的导热系数。

7.3.6 非耐热混凝土基础隔热层下的基础温度不宜超过 90°C 。

7.4 构造措施

7.4.1 储罐基础埋深不宜小于 600mm,当地基土有液化可能时,埋深不宜小于 1000mm,在寒冷地区,储罐基础埋深应满足冻土深度要求。

7.4.2 钢筋混凝土环墙宽度不应小于 300mm,储罐壁至环墙外缘尺寸不宜小于 100mm。

7.4.3 储罐基础的混凝土强度等级不应低于 C25。

7.4.4 储罐基础的砂垫层宜采用质地坚硬的中粗砂,亦可采用最大粒径不超过 20mm 的砂石混合料;不宜采用细砂,不应采用粉砂或冰结砂,不应含有草根等有机杂质,含泥量不得超过 5%。

7.4.5 放置罐底的储罐基础顶部至少应高出周围地面 300mm。

8 其他技术要求

8.1 仪表与控制

- 8.1.1 储热系统应纳入机组主控制系统监视与控制。
- 8.1.2 储热系统检测仪表和执行装置的设置应满足运行人员在就地人员的巡回检查和少量操作的配合下,在集中控制室内通过操作员站实现储热系统的启停、运行工况监视和调整、事故处理等的要求。
- 8.1.3 储热系统电子设备间可根据太阳能热发电厂工艺设备的布置情况,与其他系统电子设备间合并设置,也可在储换热系统区域分散布置。
- 8.1.4 储热控制系统宜采用与机组主控制系统相同硬件的控制系统。
- 8.1.5 储热系统仪表、控制设备与机组同类型仪表设备的选型宜统一,并应满足机组运行、自动化系统的功能和接口要求。
- 8.1.6 储热系统仪表与控制系统设计还应符合现行行业标准《太阳能热发电厂仪表与控制及信息系统设计规范》DL/T 5594 的相关规定。

8.2 电气系统

- 8.2.1 储热系统高、低压厂用电电压等级,厂用电系统中性点接地方式应与光热电站主体工程一致。
- 8.2.2 储热系统高、低压负荷可设高、低压工作母线,也可直接接于就近的高、低压工作母线段。
- 8.2.3 储热系统高压厂用工作电源应从就近的高压厂用工作母线引接。
- 8.2.4 储热系统低压厂用工作电源可单独设置低压厂用工作变

压器,也可从其他低压工作母线上引接。

8.2.5 储热系统应设置备用电源,高压备用电源宜由主体工程高压备用变压器低压侧引接,低压备用电源可从主体工程低压备用段引接,当有 2 台及以上工作变压器时也可采用 2 台工作变压器互为备用的方式。

8.2.6 当工艺设备需要时,储热系统可设置交流保安电源,储热系统交流保安电源可与光热电站主体工程合用,也可单独设置。

8.2.7 储热系统直流负荷宜由机组直流系统供电。当供电距离较远时,宜与邻近区域的直流负荷统筹考虑设置独立的直流电源系统。

8.2.8 直流系统的设置应符合现行行业标准《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044 的规定。

8.2.9 储热系统装置交流不停电负荷宜由机组交流不间断电源系统供电。当供电距离较远时,宜与邻近区域的交流不停电负荷统筹考虑设置独立的交流不间断电源系统,其直流供电回路宜由储热直流系统引接,也可考虑 UPS 自带蓄电池组。

8.2.10 储热系统电气设备或元件宜纳入机组 DCS 系统监控,与 DCS 系统宜采用硬接线连接。

8.2.11 储热系统高压、低压厂用备用电源宜装设备用电源自动投入装置。

8.2.12 储热系统装置高压工作电源回路、备用电源回路保护应符合现行行业标准《火力发电厂厂用电设计技术规程》DL/T 5153 的规定。

8.2.13 其他二次线要求应符合现行行业标准《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》DL/T 5136 和《火力发电厂厂用电设计技术规程》DL/T 5153 的规定。

8.3 土建结构

8.3.1 储热建(构)筑物结构设计应满足相关设备正常使用要求。

8.3.2 屋面、楼面、平台的荷载取值及荷载组合应符合国家现行

标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022 的相关规定。

8.3.3 储热建(构)筑物基础设计应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022 的相关规定。

8.3.4 储热建(构)筑物地基处理应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的相关规定。

8.3.5 换热器支架宜采用钢支架。

8.3.6 换热器支架地震作用计算和抗震构造措施应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的相关规定。

8.3.7 当换热器布置在储热罐上方时,换热器支架基础应与储热罐基础统筹设计。

8.4 供暖、通风与空气调节

8.4.1 建(构)筑物供暖、通风与空气调节设计应符合国家现行标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035 的有关规定。

8.4.2 供暖、通风和空气调节系统的防火及防排烟措施,应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251 及《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229 的有关规定。

8.4.3 控制室及电子设备间应设置空气调节装置。

8.4.4 在风沙较大的地区,通风系统应采取防风沙措施;在粉尘较大的地区,通风系统应采取防粉尘措施。

8.4.5 在严寒及寒冷地区,配电装置室应采取防寒措施。

8.5 消 防

8.5.1 储热系统消防设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行

有关标准的规定。

8.5.2 储热系统的消防设计应与发电厂主体设计同步进行。

8.5.3 储热系统中生产或储存的火灾危险性应根据生产储存中使用或产生的物质性质、数量等因素分类,分类应符合现行国家标准《塔式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51307 和《槽式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51396 的相关规定。

8.5.4 储热系统中建(构)筑物、储罐(区)的防火间距应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

8.5.5 储热系统中建(构)筑物构件的燃烧性能和耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

8.5.6 储热装置灭火器的配置设计应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的规定。

8.5.7 熔盐储罐区宜布置在发电站区域内,且宜单独布置。

8.5.8 熔融盐储存/换热系统区域四周应设置 1.8m 高的围栅。当利用厂区围墙作为储热区的围墙时,该段厂区围墙应为不低于 2.5m 高的不燃烧实体围墙。

8.5.9 储热系统中熔融盐储罐区应设置防火堤或下沉布置,堤内或下沉区域的有效容积不应小于最大一座熔融盐罐的设计容积。防火堤宜按熔融盐泄露后的最高允许温度设计。防火堤的设计应符合现行国家标准《储罐区防火堤设计规范》GB 50351 的规定。

8.5.10 熔融盐区域宜采用灭火剂或砂土覆盖,不应采用水和泡沫灭火。

8.5.11 储热系统中设备及管道的保温材料,应采用不燃烧材料。

8.6 安全防护要求

8.6.1 储热系统的安全设施设计应以安全预评价为依据,并应符合现行行业标准《火力发电厂职业安全设计规程》DL 5053 的规定。

8.6.2 储热系统的职业病防护设施设计应以职业病危害预评价

为依据,并应符合现行行业标准《火力发电厂职业卫生设计规程》DL 5454 的规定。

8.6.3 安全标志的设置应符合现行国家标准《安全标志及其使用导则》GB 2894 的规定,安全标志的色带颜色应符合现行国家标准《安全色》GB 2893 的规定。

8.6.4 对于储热系统的有毒物质的防护设施设计应符合现行国家职业卫生标准《工业企业设计卫生标准》的规定。

8.6.5 职业病危害警示标识的设置应符合现行国家职业卫生标准《工作场所职业病危害警示标识》的规定。

8.6.6 储热系统设备区个人防护用品的配备应符合现行国家标准《个体防护装备选用规范》GB/T 11651 和《个体防护装备配备基本要求》GB/T 29510 的规定。

8.6.7 储热系统中导热油及熔盐的鉴别应按现行国家标准《危险货物品名表》GB 12268、《危险化学品重大危险源辨识》GB 18218 执行,并采用必要的安全防护措施。

8.7 保 温

8.7.1 储热系统设备及管道保温设计除应符合本标准要求外,尚应符合现行行业标准《发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072 的有关规定。

8.7.2 环境温度不高于 27℃ 时,熔盐管道、导热油管道、储热系统内的热交换器设备表面温度不应超过 45℃。

8.7.3 除对空排放管道及其疏放管道外,其他管道的保温层厚度应按允许散热损失法进行计算。

8.7.4 熔盐管道、导热油管道的保温,可在保温层内或保温层与保护层间敷设反射膜。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》GB 50128
- 《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140
- 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229
- 《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341
- 《储罐区防火堤设计规范》GB 50351
- 《电厂动力管道设计规范》GB 50764
- 《槽式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51396
- 《塔式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51307
- 《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251
- 《塔式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51307
- 《槽式太阳能光热发电站设计标准》GB/T 51396
- 《压力容器》GB 150
- 《热交换器》GB/T 151
- 《安全色》GB 2893
- 《安全标志及其使用导则》GB 2894
- 《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053
- 《危险货物分类和品名编号》GB 6944
- 《个体防护装备选用规范》GB/T 11651

《危险货物品名表》GB 12268
《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
《大气污染物综合排放标准》GB 16297
《危险化学品重大危险源辨识》GB 18218
《压力管道规范 工业管道》GB/T 20801
《个体防护装备配备基本要求》GB/T 29510
《太阳能熔盐(硝基型)》GB/T 36376
《工业企业设计卫生标准》
《工作场所职业病危害警示标识》
《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022
《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035
《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044
《火力发电厂汽水管道设计规范》DL/T 5054
《火力发电厂职业安全设计规程》DL 5053
《发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072
《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》DL/T 5136
《火力发电厂厂用电设计技术规程》DL/T 5153
《火力发电厂职业卫生设计规程》DL 5454
《太阳能热发电厂仪表与控制及信息系统设计规范》DL/T 5594
《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
《熔盐炉技术规范》HG/T 20658
《石油化工钢储罐地基与基础设计规范》SH/T 3068
《压力管道安全技术监察规程——工业管道》TSG D0001

中华人民共和国电力行业标准

太阳能热发电厂储热系统设计规范

DL/T 5622—2021

条文说明

制 定 说 明

《太阳能热发电厂储热系统设计规范》DL/T 5622—2021,经国家能源局 2021 年 11 月 16 日以第 5 号公告批准发布。

本标准编制过程中,编制组进行了广泛的调研,对太阳能热发电厂储热系统的关键技术进行了专题研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准,并在广泛征求意见的基础上,对太阳能热发电厂中,以导热油作为传热介质、熔融盐作为储热介质的储热系统和以熔融盐作为传热介质和储热介质的储热系统的设计做出规定。

本标准的编制主要遵循的原则:

1. 对本标准规定范围内的太阳能热发电厂储热系统工艺系统、主要设备、辅助系统、设备及管道布置、储罐基础设计及其他技术要求等提出设计的基本要求;
2. 设计应遵循安全第一的原则,并采取成熟可靠的技术;
3. 注意了解和借鉴国外关于以熔盐为吸热介质的太阳能热发电厂储热系统先进的设计方法和理念;
4. 注重与国内现行相关标准的协调,本标准中涉及的内容与国家或现行行业标准有重复的部分,采用引用的方法。

为便于广大设计、制造、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明和解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握条文的参考。

目 次

3	储热工艺系统	(33)
3.1	一般规定	(33)
4	储热系统主要设备	(34)
4.1	熔融盐储罐	(34)
4.2	熔盐泵	(34)
5	辅助系统	(35)
5.1	储热介质	(35)
5.2	熔融盐初始熔化	(35)
6	设备及管道布置	(36)
7	储罐基础	(37)
7.1	一般规定	(37)
7.3	隔热结构设计	(37)
8	其他技术要求	(39)
8.2	电气系统	(39)
8.5	消防	(39)

3 储热工艺系统

3.1 一般规定

3.1.1 太阳能热发电储热技术可分为直接储热和间接储热两大类,储热介质可以是固体、液体或者相变材料。按储热方式可以分为潜热储热、显热储热和化学反应储热,具体形式有双罐间接储热、双罐直接储热、单罐斜温层储热、三罐储热、饱和水储热、混凝土/陶瓷固体储热等。

目前已商业运行带储热的太阳能热发电厂中,槽式采用双罐熔盐间接储热,塔式多采用双罐熔盐直接储热,从技术可靠性、成熟度、应用的广泛性等方面考虑,本标准仅适用于双罐熔盐储热系统描述。

双罐熔盐储热系统,可设置单列、双列或多列熔融盐储罐,单列指由一个低温熔融盐储罐和一个高温熔融盐储罐组成,双列指由两个低温熔融盐储罐和两个高温熔融盐储罐组成,依次类推。已运行的太阳能热发电项目中,摩洛哥 NOOR II 200MW 槽式电站单个熔融盐储罐有效容积约 23000m^3 ,智利 Cerro Dominador 110MW 塔式光热发电项目单个低温熔融盐储罐有效容积约 30000m^3 。随着储罐容积的加大,加工制作难度、发生泄漏的风险也增加,尤其对于塔式太阳能热发电站,高温熔融盐储罐工作温度高、罐体壁厚、焊接难度大,智利 Cerro Dominador 项目和中电工程哈密 50MW 项目等采用一个 100% 低温熔融盐储罐和两个 50% 高温熔融盐储罐,以减少熔盐泄露风险。

4 储热系统主要设备

4.1 熔融盐储罐

已运行的大型太阳能热发电厂,熔融盐储罐均为立式圆筒形单层壁罐,优点是结构简单、施工周期短、造价低,缺点是罐顶失稳风险较高、发生泄漏后危险程度高,美国新月沙丘电站和西班牙 Gemasolar 电站均采用了单层熔融盐储罐,在 2016 年、2017 年先后出现了熔盐罐泄漏问题。目前在建的项目有选用立式圆筒形双壁夹套熔融盐储罐,熔盐盛装在内罐中,内罐承受高温和熔盐的静压力。外罐不接触熔盐,外罐壁内侧衬有隔热保温材料,不受高温的影响,外罐壁温接近常温。内外罐壁间有一定的距离,除被外罐壁内侧安装的隔热材料使用外,还留有一定间隙为空气层,内罐壁可自由向外膨胀,优点是结构相对稳定、熔盐不易泄漏至周边环境,缺点是结构复杂、施工周期长、造价高,因尚未投运可靠性尚未得到验证。

因太阳能热发电厂中熔融盐储罐设计温度高于《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341 中规定的设计温度上限 250℃,在设计中仅能参考 GB 50341、美国石油学会标准 API 650《焊接石油储罐》,美国机械工程师协会标准 ASME 第八章第一部分、第二部分和 ASME B31.1 中的有关规定,并建议对罐体进行流场模拟和有限元分析,进行稳态应力分析、疲劳分析及材料高温蠕变影响分析等。

4.2 熔 盐 泵

目前在太阳能发电厂中大多选用悬吊式泵,安装在熔融盐储罐顶部的平台上。

5 辅助系统

5.1 储热介质

5.1.1 主要从运输、储存和控制进厂盐的杂质含量等角度控制进场熔盐品质。

5.2 熔融盐初始熔化

5.2.6 控制化盐后的熔盐温度为 350°C 是为了充分去除熔盐中的氯离子、镁离子并满足冷盐罐的温度限制需求,补充塔式熔盐镁离子 $480^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 二次析出说明(槽式、塔式分述)。

(1)槽式导热油电站,为避免导热油与空气接触,膨胀溢流系统、耗散系统、油盐换热系统、熔盐储热系统等均需设置氮封系统。氮气系统通过母管连通,充盐前须先充氮气,冷热熔盐罐的氮气互相倒换。

(2)西班牙的槽式光热电站氮封系统的氮气来源均为液氮,现场气化。

6 设备及管道布置

6.0.1 结合国外太阳能热发电项目工程经验,储热系统设备一般采用露天布置。露天布置不仅能节约投资,还可以缩短建设周期。

7 储 罐 基 础

7.1 一 般 规 定

7.1.6 本条参照现行行业标准《石油化工钢储罐地基与基础设计规范》SH/T 3068—2007 第 5.1.2 条,考虑到熔盐的密度较大,如对于二元太阳盐,400℃时,密度为 $1.853 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,同样容积的熔融盐储罐基础荷载远大于油罐基础,近似于油罐基础荷载的 2 倍,因此将储罐容积的分界线修改为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

7.1.13 应根据当地地下水位等地质条件,确定是否设置通风管,以确保特殊情况下高温隔热基础的安全。

7.1.14 设置砂垫层的作用,主要是砂子容易形成罐底轮廓,提供与罐底的最大接触面积,使罐底压力分布均匀,满足罐底变形要求,调整和减少不均匀沉降。同时避免了罐底与较大的点接触可能引起的电化学腐蚀,导致出现腐蚀坑或罐底过早实效。

参照现行国家标准《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341 和美国石油协会标准 API 650《焊接石油储罐》,砂垫层的最小厚度可取 75mm~100mm。

7.1.18 静流水源地的确定依据是建设场地的环境评价报告,本条是防止熔盐泄露对环境造成污染。

7.3 隔 热 结 构 设 计

7.3.3 本条参照现行电力行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022—2012 第 8.3.7 条第 1 款。

7.3.5 材料的热工计算指数离散性较大,应按所选用的材料实际试验资料确定。当生产厂家无法提供产品性能指标试验资料时,可参考表 1。

表 1 材料在干燥状态下的热工计算指标

材料种类	最高使用温度 (°C)	重力密度 (kN/m ³)	导热系数 [W/(m·K)]
高温陶粒	1450~1550	6~7.4(堆积密度)	0.18
隔热泡沫玻璃	450	1.6~5	0.058+0.00026T
黏土耐火砖砌体	1400	19	0.93+0.0006T
耐热混凝土	1200	19	0.82+0.0006T

7.3.6 本条参照现行行业标准《石油化工钢储罐地基与基础设计规范》SH/T 3068—2007 第 9.1.19 条规定,当储罐内储存介质最高温度高于 90℃时,与罐底接触的罐基础表面应采取隔热措施。钢材及焊缝的强度设计值、钢材的弹性模量、钢筋的强度标准值在不大于 100℃时均不降低,混凝土的轴心抗压强度标准值及弹性模量在不大于 100℃时均不低于 20℃时的 75%。对于部分采用天然地基,不设置混凝土承台的设计方案,隔热层下地基土的温度可以略高。

8 其他技术要求

8.2 电气系统

8.2.2 储热系统是否设置独立的高、低压工作母线,应根据储热系统用电负荷情况并结合光热电站的整体布置考虑。

8.2.6 储热系统一般情况下没有需要紧急启动和停机的设备,故不需要设置保安电源,但若电站处于极端偏远地区,且位于电网末端,存在长期停电的可能性时,在技术经济合理的条件下可考虑设置应急电源,维持储热介质最低温度需求,确保储热介质的稳定性。

8.2.7 现行行业标准《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044—2014 第 3.1.5 条规定,当单机容量为 300MW 级及以上,发电厂辅助车间需要直流电源时,应设置独立的直流电源系统。当供电距离较远时,其他发电厂的辅助车间宜设置独立的直流电源系统。根据上述规定,当储热系统装置布置远离主厂房时,同时考虑到储热系统直流负荷较小,本条规定了与其临近区域的直流负荷统筹考虑设置独立的直流电源系统。

8.2.9 当储热系统装置远离主厂房,由机组不间断电源供电有困难时,同时考虑到储热系统装置交流不停电负荷较小,本条规定了与其临近区域的交流不停电负荷统筹考虑设置独立的交流不间断电源系统。

8.5 消 防

8.5.10 根据现有工程的实施情况,认为导热油储罐事故泄漏后,流散至防火堤内的液体可以按油类火灾的灭火措施考虑,宜采用低倍数泡沫灭火系统。



DL/T 5622—2021

中华人民共和国电力行业标准
太阳能热发电厂储热系统设计规范
DL/T 5622—2021

☆

中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 1.625 印张 37 千字

2022 年 4 月第 1 版 2022 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—1500 册

☆

统一书号: 155182·0950

定价: 17.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换