



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

中温太阳能工业热能系统设计规范

Specifications of medium temperature solar system for industrial applications

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 录

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 符号与单位.....2

5 基本规定.....3

6 集热系统.....3

7 能量需求分析.....3

8 集热系统.....3

9 输配系统.....6

10 蓄热系统.....9

11 供热系统.....10

12 电气控制系统.....12

13 消防.....14

14 安装调试..... 15

附录 A (规范性附录) 符号与单位.....17

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国太阳能标准化技术委员会（SAC/TC402）提出并归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

中温太阳能工业热能系统设计规范

1 范围

本标准规定了中温太阳能工业热能系统的术语和定义、符号与单位、基本规定、气候资源分析、能量需求分析、集热系统、输配系统、蓄热系统、供热系统、电气控制系统、消防、安装调试等内容。

本标准适用于以液体为传热工质、供热温度80℃以上、250℃以下，为工业用热提供热能的太阳能工业热能系统。

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 150 压力容器

GB/T 151 热交换器

GB/T 12936 太阳能热利用术语

GB/T 14821.1建筑物电气装置 电击防护

GB/T 18713 太阳热水系统设计、安装及工程验收技术规范

GB23971 有机热载体

GB/T 29724 太阳能系统能量监测

GB/T 30724 工业应用的太阳能热水系统技术规范

GB 50015 建筑给水排水设计规范

GB 50016 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范

GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工规范

GB 50168 电气装置安装广程电缆线路施工及验收规范

GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

GB 50171 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范

GB50207 屋面工程质量验收规范

GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火规范

GB50235 工业金属管道施工规范

GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范

GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范

GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范

JB/T 4731 钢制卧式容器

JGJ 16 民用建筑电气设计规范

SY/T 0515 油气分离器规范

SY/T 0524 导热油加热炉系统规范

ISO 9488:1999 Solar energy-Vocabulary

3 术语和定义

GB/T 12936和ISO 9488: 1999界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中温太阳能工业热能系统 medium temperature solar system for industrial applications

应用太阳能集热器大型阵列、输配系统、储热系统、换热系统和控制系统等集成技术及设备为工业生产过程提供热能的系统。

3.2

集热场 medium temperature solar collector field

由一定数量集热器及其连接部分组成，用于吸收和传输太阳辐射。

3.3

工作温度 operating temperature

集热器或集热系统在正常运行条件下可以稳定工作的温度。

3.4

油气分离器 oil-gas separator

将有机热载体在系统运行过程中液体与气体分开的设备。

3.5

储热量 design capacity of thermal storage

储热稳定后，在一个储热周期内，提取出来的热量总和。

3.6

储热装置 thermal storage device

用于存放储热材料的容器及辅助部件。

4 符号与单位

本标准使用的符号及单位列于附录A（标准的附录）中。

5 基本规定

5.1 中温太阳能工业热能系统的建设应综合考虑场地规划、环境生态、气候资源、能源价格、用户需求等因素。

5.2 对于直接供热的系统，应在满足用户需求和工艺需求的情况下，通过技术经济性分析确定太阳能保证率、储热和辅助热源的容量、运行方式；对于提供预热热能的系统，应充分考虑与其它能源形式的匹配，在满足技术经济性条件下尽可能提高太阳能保证率。

5.3 系统的设计寿命应不低于15年。

5.4 系统应结合用热终端的需求进行设计，满足终端用热的热源形式、温度、压力、流量的要求。

5.5 中温太阳能工业热能系统及其辅助能源系统的设计及运行控制，应满足工业用热连续性、稳定性的要求，优先充分利用太阳能，宜考虑太阳能的全年综合利用。

5.6 系统宜安装能量计量装置。

5.7 系统应根据集热器类型按照总辐射或法向直接辐射设计。

5.8 系统设计前应结合系统拟建设区域的太阳能资源、地理条件、气候特征和基本气象要素等条件进行可行性分析。

5.9 系统设计宜采用经过运行实践或工业试验证明的先进技术、先进工艺、先进材料和先进设备。

5.10 系统的设计、施工、调试及验收，除本标准外，还应符合现行相关国家标准要求。

6 系统设计用气象参数

6.1 气候资源分析时，应选择系统所在地附近具有太阳能总辐照量、法向直射辐照量、环境温度、风速、风向长期观测记录的参考气象站数据。

6.2 用于系统设计的气象设计参数应为连续数据，宜不少于一个完整年。

6.3 用于系统运行设计及安全性设计的气象信息宜包括如下内容：

a) 连续近10年以上的历年各月水平面总辐照量、散射辐照量、法向直射辐照量、日照时数的观测记录。

b) 连续近20年累年月平均气温、极端最高气温、极端最低气温。

c) 连续近20年累年平均风速、极大风速及发生时间、主导风向。

d) 连续近20年累年灾害性天气，包括年连续阴雨天数、雷暴日数、冰雹次数、沙尘暴次数、强风次数等。

7 能量需求分析

7.1 系统设计应调研分析工业过程的能量需求，包括用热形式，用热量，用热温度、压力、流量等。

7.2 应分析用热工艺过程的特点，工艺技术要求，以确定合理的系统形式，关键设备及控制方案。

7.3 应调研分析工业过程现有能源的情况，包括是否已有在用的常规能源设备、运行成本能源供应情况，以及当地电价、水价、燃气价格及热价情况，以确定中温太阳能工业热能系统采用直接供应终端用热能或提供预热热能的形式，形成经济合理的设计方案。

8 集热系统

8.1 集热器选型

8.1.1 中温集热器的选型应根据终端用热要求、产品性能及特点、安装场地和气候特征等因素确定。

8.1.2 集热器的选型还应考虑系统投资、节能效果、运行费用、使用寿命等因素综合确定。

8.1.3 集热器的选型应能保证系统运行的安全可靠。

8.1.4 集热器设备应满足当地气象条件要求，应能耐受当地极端高温、极端低温条件，并正常运行。非跟踪型集热器应耐受当地最大风载荷、雪载荷和冰雹而无损坏；跟踪型集热器处于保护状态时宜满足在当地最大风速和最大雪载荷下不发生破坏。

8.1.5 集热器设备应满足系统设计寿命期内在正常运行工况下不损坏或不出现严重性能衰减。

8.1.6 集热器支架设计应根据当地气象条件，选用合理的材料和结构方式，满足地震、风载、雪载等要求；跟踪型集热器支架的强度、刚度还应满足聚光与跟踪精度要求。

8.1.7 跟踪型集热器驱动与跟踪系统的精度应根据集热器的整体性能进行技术经济比较确定；驱动装置类型可采用电动驱动方式或其它机械驱动方式。

8.1.8 电气及控制设备应满足控制需求和安全保护需要，具有手动和自动模式，满足自动运行或手动调试、检修等的需要。

8.2 集热面积

8.2.1 非跟踪式直接系统集热器总面积宜使用软件计算，也可根据用户每日用热量按式（8-1）计算：

$$A_G = \frac{Qf}{J_c \eta_{cd} (1 - \eta_L)} \quad (8.1)$$

式中：

A_G —直接式系统集热器总面积， m^2 ；

Q —日均用热量，MJ；

J_c —当地集热器安装倾斜角表面上的月均日太阳总辐照量， $MJ/(m^2 \cdot d)$ ；

f —太阳能保证率，无量纲，根据系统使用期内的太阳辐照、系统经济性及用户要求等因素综合考虑后确定；

η_{cd} —集热器基于总面积的年或月平均集热效率，无量纲，具体取值可根据集热器产品的实际测试结果取值；

η_L —管路及蓄热装置热损失率，无量纲，根据经验值取0.15~0.25。

集热器总面积的估算也可根据国际上通用的f-chart软件或类似的软件进行。

8.2.2 非跟踪式间接系统集热器总面积按式（8-2）计算：

$$A_{IN} = A_c \cdot \left(1 + \frac{U_L \cdot A_c}{U_{hx} \cdot A_{hx}}\right) \quad (8.2)$$

式中：

A_{IN} —非跟踪式间接系统集热器总面积， m^2 ；

A_G ——非跟踪直接系统集热器总面积， m^2 ；

U_L —集热器总热损系数， $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ，根据测试得出；

U_{hx} —换热器传热系数， $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ，可根据换热器类型查询样本得出；

A_{hx} —换热器换热面积， m^2 ；

8.2.3

跟踪式系统集热器总面积可按式(8.3)估算：

$$A_G = \frac{Qf}{I_{IN} \eta_{cd} (1 - \eta_L)} \quad (8.3)$$

$$I_{IN} = \frac{\sum(\xi J_{IN})}{n} \quad (8.4)$$

式中：

A_G —直接式系统集热器总面积， m^2 ；

Q —日均用热量，MJ；

I_{IN} ——跟踪式系统运行期间的月平均日平均直射辐照量，MJ/（ $m^2 \cdot d$ ）；

J_{IN} —当地集热器安装倾斜角表面上的月平均日太阳直射辐照量，MJ/（ $m^2 \cdot d$ ）；

f —太阳能保证率，无量纲，根据系统使用期内的太阳辐照、系统经济性及用户要求等因素综合考虑后确定，一般在0.30~0.80范围内；

η_{cd} —集热器年或月平均集热效率，无量纲，具体取值可根据集热器产品的实际测试结果取值；

η_L —管路及蓄热装置热损失率，无量纲；

ξ —集热器跟踪修正系数，无量纲，通过专用软件计算，或查表，一般取 XX-XX；

n —计算周期，月。

8.3 集热场布置

8.3.1 集热场的选择应避免集热场受到周围烟气、粉尘污染和建筑物的遮挡；集热场的布置在考虑场地范围、集热场年效率的条件下，兼顾做到布局紧凑、合理，管线连接短捷、整齐。

8.3.2 集热场的设计流量应根据太阳能集热器生产企业给出的数值确定。

8.3.3 集热场中各集热器的互相连接可通过并联、串联和串并联等方式连接成集热器阵列，集热器阵列间的互相连接宜按同程原则进行设计，当不得不采用异程连接时，在每个集热器阵列的支路上应安装平衡阀来调节流量平衡。

8.3.4 对于非跟踪式集热场，集热器的主要朝向宜为南向。全年使用的集热器安装倾角宜等于当地纬度；夏季使用，其安装倾角宜等于当地纬度减 10° ；冬季使用，其安装倾角宜等于当地纬度加 10° 。对于跟踪式集热场，全年使用或夏季使用的集热器宜平行于经度方向安装；冬季使用集热器宜平行于维度方向安装。

8.3.5 非跟踪式集热器阵列，为了避免遮挡，集热器前后排间距，按系统侧重全年使用、冬季使用、夏季使用等条件，确定最不利的遮挡日期，由下式计算。

$$S = H \times ctgh \cos \gamma_0 \quad (8.5)$$

式中：

S —集热器前后排间距，m；

H —前方集热器的高度，m；

h —计算时刻的太阳高度角；

γ_0 —计算时刻太阳能光线在水平面上的投影线与集热器表面法线在水平面上的投影线间的夹角。

8.3.6 非跟踪式集热器的布置排列设计，应符合下列要求：

a) 自然循环系统的集热器连接，宜采用并联方式。强制循环系统的集热器连接，可采用串联、并联或串并联方式。

b) 按串联、并联或串并联方式连接的集热器组，应根据集热器性能和流动阻力确定每组集热器的数量。

8.3.7 跟踪式集热器阵列排列设计，应符合下列要求：

a) 菲涅尔式和槽式集热器安装位置应确保集热器的反光面上的日照时数不少于4h，槽式集热器相邻两排的间距宜为4-6米。

b) 集热器的布置应满足集热系统的工艺要求,集热器朝向宜结合地理纬度、直接辐射量DNI的分布和太阳倍数等因素优化确定。

c) 相邻集热器的间距应根据项目所在地地理纬度、直接辐射量DNI、太阳倍数、可利用的土地面积、集热器的开口尺寸、追踪角度和集热器设备价格等因素,经过技术经济综合比较后确定。

d) 集热器回路宜沿分区内的循环介质冷、热母管对称布置。

e) 循环介质回路布置应满足集热器检修、运行和维护的要求。

8.4 安全防护和检修

8.4.1 集热场应满足当地50年重现期的雪压载荷和风压载荷。

8.4.2 集热场应按照GB 50057-2011的相关规定做好避雷。

8.4.3 集热场应设置得当的过热保护措施,确保系统在高辐照条件下可正常运行。

8.4.4 在室外环境温度低于传热介质凝点的地区,集热场应进行防冻设计。

8.4.5 集热场应预留检修场地,检修场地应满足检修车辆和起重设备的停放以及物品临时存放需要。

8.4.6 安装在建筑物屋顶的集热器阵列,建筑主体结构或结构构件,应能承受太阳能热水系统传递的荷载和作用。在既有建筑上增设或改造的太阳能热水系统,必须经建筑结构安全复核,并应满足建筑结构及其它相应安全性要求。

8.4.7 集热系统设计应控制运行压力不超过集热器设计的运行压力,集热回路中应设置安全阀,安全泄压口应连接耐受工质温度压力的管道至安全排放的位置。

8.4.8 集热阵列应设置检修通道,安装在建筑物屋顶的集热器阵列周围应设置安全护栏。

9 输配系统

9.1 传热介质

9.1.1 传热介质的选择应符合下列要求:

a) 凝点、沸点、比热容、运动粘度、导热系数及热膨胀系数等物性参数符合系统设计的要求。

b) 热稳定性和化学稳定性较好。

c) 无毒或低毒,无毒或低毒,无腐蚀或低腐蚀。

d) 泄漏后对环境无危害或危害性较小。

e) 采用水以外的传热介质,使用温度宜高于工艺温度并满足换热温差要求,凝点宜低于当地最低环境温度。

f) 传热介质宜选择热容量大、导热系数高、运动粘度低、热膨胀系数小的材料。

9.1.2 传热介质因与集热器的工作温度相适应,满足系统温度、压力的要求。

9.1.3 以水作为传热介质时,应满足如下要求:

a) 应避免水的汽化,在冬季最低温度低于0℃的地区应设计可靠的防冻措施。

b) 应避免水垢堵塞集热器或管道及阀门,宜使用无盐水或软化水。

9.1.4 采用防冻液作为传热介质时,应满足如下要求:

a) 防冻液应能耐受所在区域的最低环境温度,还能耐受系统的最高工作温度或采取有效措施避免防冻液过热变质。

b) 应避免防冻液与大气相通,出现氧化和变质。

9.1.5 采用导热油作为传热介质时,应满足如下要求:

a) 导热油的工作温度应满足系统供热温度要求。

b) 系统设计时应设置导热油膨胀、储存系统。

- c) 传输系统应设置耗散回收系统。

9.2 辅助设备

9.2.1 泵

9.2.1.1 一般规定

- a) 泵的材质应与传热介质相容，不被腐蚀。
- b) 泵的工作温度应满足系统最高工作温度，并能在规定的温度下长期稳定地运行。
- c) 泵壳体承受的工作压力不得低于泵扬程加静压。
- d) 在循环泵的入口处应装设过滤器，并定期清理。

9.2.1.2 循环泵的选用应满足下列要求：

- a) 循环泵的出口总流量应满足相应热源设备设计流量的110-115%。。
- b) 循环泵的扬程应为设计流量对应下最不利循环管路系统总的沿程阻力、最不利循环管路系统总的局部阻力、最不利循环管路系统内的设备总阻力之和，并考虑10%的裕量。
- c) 循环泵的备用泵应不少于1台。
- d) 对于全年使用的系统，当季节负荷相差较大时，宜选用变频循环泵。
- e) 循环泵的扬程应按工作温度下传热介质的粘度作为设计工况，防冻保护温度下的粘度进行核算，两种工况下的扬程应在循环泵允许的范围內。
- f) 循环泵的工作扬程应能克服循环系统的压力损失，并留有一定裕量。
- g) 循环泵的吸入口压力应合理，应减少吸入管路的阻力损失，以防发生汽蚀。
- h) 导热油循环泵的阀门、法兰、垫片应符合SY/T 0524的要求。

9.2.1.3 采用导热油系统作为传热介质，系统设备宜按户外安装和使用条件设计；在寒冷地区，导热油循环泵宜设计放置在室内。

9.2.2 膨胀罐

9.2.2.1 一般要求

- a) 膨胀罐应根据系统的类型、系统安装地区的气候条件经济性进行选择。
- b) 膨胀罐应满足系统传热工质的温度、压力和防腐的要求。
- c) 封闭膨胀罐应有安全泄压装置。

9.2.2.2 管道膨胀罐

- a) 管道膨胀罐宜设置在循环回液管上靠近循环泵的进口。
- b) 膨胀罐的总容积根据GB 50015-2017的XXXX章节规定的公式计算。

9.2.2.3 高位膨胀罐

- a) 膨胀罐设计应符合JB/T 4731和GB 150的相关规定。
- b) 膨胀罐的最低液位宜比系统所有设备或管道的最高点至少高出0.5m。
- c) 膨胀罐的调节容积不应少于系统中传热介质在运行过程中因热膨胀所增加容积的1.3倍。
- d) 膨胀罐的设计压力不应低于系统内最高压力的1.2倍。
- e) 系统不工作时膨胀罐液位高度一般为最高液位的1/4-1/5。
- f) 系统中至少应有一个膨胀管与膨胀罐相连，膨胀罐的弯曲角度不宜小于120°，膨胀管上不应装阀门，膨胀管径应根据SY/T 0524的相关规定确定。
- g) 膨胀罐设有液位显示装置，设有高/低液位报警系统，及时排/补传热介质。

- h) 膨胀罐应设有溢流口，溢流管的管径不小于膨胀管管径。
- i) 膨胀罐应设有排气管、注油口、膨胀口、安全阀口、压力表口、排油口、回气口、氮封口等。

9.2.3 缓冲罐

- 9.2.3.1 大型中温太阳能工业热能系统宜设置缓冲罐。
- 9.2.3.2 缓冲罐应满足系统传热工质的温度、压力和防腐的要求。
- 9.2.3.3 缓冲罐的容量应设计合理，根据集热阵列额定流量，宜按1~3min缓冲时间设计。
- 9.2.3.4 缓冲罐应设计在集热阵列出口位置。
- 9.2.3.4 缓冲罐设计应符合JB/T 4731和GB 150的相关规定。

9.2.4 储油罐

- 9.2.4.1 采用导热油作为传热介质的系统，应设置储油罐，用于系统检修、维护时储存导热油介质。
- 9.2.4.2 储油罐应设计为卧式容器，并应符合JB/T 4731和GB 150的相关规定。
 - 9.2.4.3 储油罐的容量应不少于整个系统油量的1.2倍。
 - 9.2.4.4 储油箱应满足系统介质的温度、压力和防腐的要求。
 - 9.2.4.5 储油罐应安装在系统中最低位置。
 - 9.2.4.6 储油罐的设计压力不低于0.2MPa。
 - 9.2.4.7 储油罐宜设置人口，导热油注入口，导热油排出口，排污口，放空口，安全阀口，温度计口，液面计口。
 - 9.2.4.8 储油罐宜设置连接至膨胀罐注油口的循环回路。

9.2.5 油气分离器

- 9.2.5.1 采用导热油作为传热介质的系统，应设置油气分离器，以排出系统内残存的气体。
- 9.2.5.2 油气分离器的设计应满足如下要求：
 - a) 油气分离器应满足系统传热工质的温度、压力和防腐的要求。
 - c) 油气分离器设置在循环泵的吸入侧，油气分离器应采用切向侧进液、下部出液、上部排气的连接方式。
 - d) 油气分离器上部连接的膨胀管转弯时，弯角不宜小于120°。
 - e) 油气分离器的外形尺寸应符合SY/T 0515的要求，筒身长度和直径的比值最小为3.0。

9.2.6 水处理设备

- 9.2.6.1 水处理设备的应根据原水水质、用水水质要求、处理水量等因素，技术经济对比确定。
- 9.2.6.2 用于工艺过程的水质，应根据工艺要求配置水处理设备，满足工艺过程的水质要求。
- 9.2.6.3 与锅炉结合的系统须配置水处理设备，且应满足锅炉水质的要求。
- 9.2.6.4 用于蒸汽发生器的水质，应满足锅炉水质的要求。
- 9.2.6.5 用于太阳能系统循环的水质应满足系统设计的要求，应配置无盐水或软化水设备。

9.2.7 管路和阀门

- 9.2.7.1 系统管路、管件的材质及型号选用应与系统传热工质、运行温度、运行压力相匹配。
- 9.2.7.2 管路及配件宜采用焊接连接，采用法兰连接或丝扣连接时，应结合传热介质的特性保证密封良好。
- 9.2.7.3 循环管路应尽量短且少弯，在设计温度下，管道的比摩阻不宜大于 350Pa/m ，流速不宜大于 2.5m/s 。
- 9.2.7.4 管路应充分考虑因温度变化引起的热膨胀，采用合适的热补偿方式，宜采用自然补偿；管路在膨胀量计算的基础上，应根据管材、热补偿方式等确定固定点、非固定点及伸缩接头；
- 9.2.7.5 管路应有 $0.3\%-0.5\%$ 的坡度，以避免气塞现象，在最低处设置排泄阀，在最高处设置排气阀。
- 9.2.7.7 系统中的换热器一般应按逆流方式连接，储水箱内的单循环换热器位于高处进口与系统高温管路相连，位于低处的出口与低温管路相连。
- 9.2.7.8 管路与主要设备（集热器、泵）连接时应采用方便连接且运行可靠的连接件和连接方式；
- 9.2.7.9 管路的通径面积应与并联的集热器或集热器组管路通径面积的总和相适应。
- 9.2.7.10 在管路循环中，易发生气塞的位置应设有排气阀；当用防冻液作为传热工质时，宜使用手动排气阀，需要排空和防冻回流的系统应设有吸气阀。在系统各回路及系统要防冻排空部分的管路的最低点及易积存的位置应设有排空阀，以保证系统排空。
- 9.2.7.11 阀门应能与传热介质的特性、工作温度、工作压力等相适应；
- 9.2.7.12 对于较大的阀门，应设置检修平台。
- 9.2.7.13 在强迫循环系统的循环管路上，必要时应设有防止传热工质夜间倒流散热的单向阀。
- 9.2.7.14 宜设置系统备用泵、旁通管路、手动阀等部件，以便于检修及泵出现问题时保证正常运行。
- 9.2.7.15 间接系统的循环管路上应设膨胀箱。闭式间接系统的循环管路上同时还应设有压力安全阀和压力表，从集热器到压力安全阀和膨胀箱之间的管路应是通畅的，不应设有单向阀和其他可关闭的阀门。
- 9.2.7.16 采用导热油作为传热流体时，集热器对外接口宜采用波纹管等柔性连接方式。

10 蓄热系统

10.1 一般规定

- 10.1.1 蓄热系统设计应根据系统性能、储热量、蓄热周期、储热温度、太阳能保证率、系统投资等进行经济分析，选取合适的蓄热系统；
- 10.1.2 蓄热系统设计应考虑蓄热系统周边的地质情况、基础承重能力、保温防水等，必要时进行基础结构加固、防潮隔热等辅助设计；
- 10.1.3 蓄热介质和蓄热装置应具有相容性，流体蓄热材料应有防漏防渗措施，应尽量减少蓄热材料暴露面积，防止蓄热损失、蒸发损失、污染变质等。
- 10.1.4 蓄热系统主要设备宜露天布置，在极端气候条件的地区，部分设备可室内布置；
- 10.1.5 蓄热系统应设绝热保温、应设防凝设施、蓄热介质泄漏防护设施和蓄热介质疏放系统。
- 10.1.6 以水作为蓄热材料，蓄热水容器慢满足GB/T 30724的要求。

10.2 蓄热材料

10.2.1 蓄热材料应满足以下要求：

- a) 比热容大。
- b) 热稳定性和化学稳定性高。
- c) 导热系数大。
- d) 使用温度范围适当。
- e) 对流换热系数大，能及时地储存或释放热能。

f) 不同状态间转化时，体积变化率小。

g) 液态时，粘度低。

h) 热膨胀系数小。

10.2.2 蓄热材料应具有较好的经济性，且系统已被验证成熟可靠。

10.2.3 相变材料的选择应根据太阳能系统的工作温度确定，相变温度应与系统工作温度相匹配。

10.3 蓄热装置内容暂缺

11 供热系统

11.1 一般规定

11.1.1 供热系统的设计应优先考虑能源的高效利用，采用合理的换热和供热形式。

11.1.2 供热系统应根据工业过程用热的需求设计，满足工业过程包括温度，压力，流量，连续性，稳定性，水质等的要求。

11.1.3 与辅助能源结合的供热系统，应满足辅助设备的运行要求，且不应影响整个系统的供热。

11.1.4 供热系统不应应对工业过程造成污染，应设置相应的安全防护措施和检测手段加以预防。

11.2 换热器

11.2.1 换热器可根据换热负荷参照有关设计规范或厂商说明进行选型，满足系统耐温、耐压和防腐的要求。

11.2.2 宜采用结构简单、维修清洗方便的管壳式或板式换热器换热器。

11.2.3 换热器的设计应符合GB/T 151等相关国标或行业标准的要求。

11.2.4 换热器与传热工质有较好的相容性，不会产生腐蚀或二次污染。

11.2.5 换热器应考虑防垢措施或采用适当的清垢方法。

11.2.6 在间接式中温太阳能工业热力应用系统中，换热器不应该明显降低集热器效率。当集热器的太阳能收益达到可能的最大值时，换热器导致的集热系统效率降低不应该超过10%，如果系统中多个换热器，换热器导致的集热器效率降低的总和不应超过10%。

11.2.7 集热系统的换热功率按式（11.1）计算：

$$Q_z = \frac{kfQ_w}{3600S_y} \quad (11.1)$$

式中：

Q_z —换热功率，kW；

k —太阳辐照度时变系数，无具体资料时可取1.5~1.8，取高限对太阳能利用有利，取底限时对降低投资有利，无量纲；

f —太阳能保证率，无量纲；

Q_w —日平均用热量，单位为千焦(MJ)；

S_y —年平均日日照小时数，单位为小时(h)。

11.2.8 对于导热油系统，换热器设计应符合如下要求：

a) 换热器的设计应符合GB/T 151的规定，并接受TSG 21的监察。

b) 换热器系统由换热器、管道、管件、阀门、法兰、垫片及仪表等设备组成。系统配件应符合相应标准的要求。

c) 换热器可不设备用,采用2台或2台以上换热器时,当其中1台停止运行,其余换热器的容量宜满足75%总计算热负荷的需要。

d) 换热器按供油温度选择合适的宜换热器。换热器导热油的进出口应垂直设立,以便检修时排净导热油。

11.2.9 导热油换热器的安装应符合下列要求:

- a) 应留有检修和抽出换热管的场地。
- b) 与换热器连接的阀门应便于操作和拆卸。
- c) 换热器间的高度应满足设备安装、运行和检修时起吊搬运的要求。
- d) 通道的宽度不宜小于0.7m。

11.3 蒸汽发生器

11.3.1 蒸汽发生器应按照GB 150,GB 151进行设计制造,应符合现行行业标准《锅炉安全技术监察规程》TSG G0001、《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004,并经过压力容器设备备案。

11.3.2 蒸汽发生器的额定蒸发量应与系统的得热量相匹配,根据太阳能系统传热介质的工作压力、工作温度和换热温差特性设计。

11.3.3 蒸汽发生器应配置相应的蒸汽包。

11.3.4 蒸汽发生器应配置安全阀,安全阀应与蒸汽发生器的工作温度、压力相匹配,安全阀出口引管应采用钢管连接至安全的位置,不应有对人体、设备和环境有安全隐患。

11.3.5 蒸汽发生器应选用耐久可靠的水位传感器。

11.3.6 蒸汽发生器的蒸汽出口管道设有关断阀的,应设置相应的泄压旁路装置。

11.3.7 蒸汽发生器宜靠近汽机房和储热罐布置。

11.4 辅助能源设备

11.4.1 辅助能源设备的选型应根据系统供热的需要以及设备生产企业提供的技术规格等资料经技术经济分析后确定;

11.4.2 辅助能源设备选择应考虑能源供应问题,优先选择可再生能源。

11.4.3 辅助能源设备功率,应按太阳能系统最不利的供热能力设计符合工业过程用热需求的容量。

11.4.4 系统与辅助能源系统应采用合理高效的结合供热方式,可采用并联或串联的结合方式,二者可采用手动、半自动、全自动或定时自动等控制方案。

11.4.5 系统与辅助能源系统应能分别独立运行,互不影响。

11.4.6 与锅炉结合的中温太阳能工业热能系统,水质不应影响锅炉的水质。

11.4.7 辅助能源设备宜靠近蒸汽发生器或储热设备布置

12 电气控制系统

12.1 一般规定

12.1.1 电气系统设计应符合国家现行标准的有关规定。

12.1.2 电器设备安全应符合国家现行标准的有关规定。

12.1.3 根据系统运行要求、控制原理及系统操控执行部件设计或选择控制系统,应能满足系统运行控制要求及安全保护要求

- 12.1.4 系统宜采用PLC控制，实现手动/全自动运行，自动控制系统主要包括集热场的运行控制、安全防护、辅助热源与储热系统的切换、泵的运行等，并具备故障报警、停电应急控制等功能。
- 12.1.5 系统宜采用集中控制，远程监控。
- 12.1.6 系统宜设置备用电设备。

12.2 控制系统设计

12.2.1 系统系统设计应包含下列内容：

- a) 监测和控制点表。
- b) 控制器、传感器、执行器以及线缆的选型、位置以及安装要求。
- c) 电控调节阀的选型及流通能力计算。
- d) 控制点参数设计值和工况转换边界条件。
- e) 控制逻辑及策略。
- f) 对于冬季有冻结可能的地区，系统的防冻报警和自动保护。
- g) 通讯接口应采用标准通讯协议。

12.2.2 系统应设置自动控制。自动控制的功能应包括对太阳能集热系统的运行控制和安全防护控制、集热系统和辅助热源设备的工作切换控制。太阳能集热系统安全防护控制的功能应包括防冻保护、防过热保护、故障保护、停电应急保护等。

12.2.3 控制方式应简便、可靠、利于操作；相应设置的继电器、接触器、电气仪表、电磁阀、温度控制阀、压力控制阀、泄水阀、自动排气阀、止回阀、安全阀等控制元件性能应符合相关产品标准要求。

12.2.4 控制系统传感器精度应符合系统运行和控制要求，并符合工业过程控制和计量的精度要求。一般情况下系统传感器应满足下表的精度要求：

表12.1 控制系统传感器精度要求

仪表	精度
总辐照度	一级
直射辐照表	一级
温度传感器	±0.5℃
风速	±0.5m/s
流量传感器	±1.0%
压力传感器	±0.5%
压力表	±1.0%
液位传感器	±0.5%
热量表	二级
电能表	±1.0%
水表	

12.3 监测系统设计

12.3.1 中温太阳能工业热能系统的控制系统宜设置运行监控系统，监测系统应包括下列内容：

- a) 室外环境温度、辐照和风速。
- b) 集热器进出口、储水箱、膨胀箱、换热器、蓄热系统的温度。
- c) 供热温度。

- d) 传热工质循环流量和供热量。
- e) 系统耗电量。
- f) 储水箱、储油箱、膨胀箱的液位。
- g) 系统中太阳能集热器、泵、辅助热源等设备运行状态、故障状态和运动状态参数。
- h) 辅助热源系统运行参数。
- i) 电气系统的运行参数。
- j) 报警防护。

12.3.2 监控系统可通过现场监控和远程监控两种方式实现。

12.3.3 监控系统宜设置故障报警，报警方式可选择闪烁、报警声音、短信中的一种或多种。

12.3.4 数据采集、数据传输和远程监测应符合GB/T 29724的规定。

12.4 节能控制

12.4.1 控制系统宜能根据室外气象参数和供热需求进行供热温度设定值的自动再设定，以达到节能运行的效果。

12.4.2 宜采用变频控制系统，以实现节约系统耗电，提高太阳能的能量利用率。

12.4.3 系统宜采用智能控制策略，应能远程控制启停和设定温度。

12.5 电气安全防护

12.5.1 集热场应设置防雷接地系统，防雷与接地设计除应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的规定外，还应符合下列规定：

12.5.2 系统所有设备金属外壳、金属导管、金属槽盒和线缆屏蔽层，均应可靠接地。

12.5.3 当供电线缆和信号线缆由室外引入室内时，应配置电源和信号室外电涌保护器。

12.5.4 系统电源干扰的防护应符合《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的有关规定

12.5.5 系统配电系统的电击防护应符合《建筑物电气装置电击防护》GB/T 14821.1、《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 以及《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定。

12.5.6 电缆线路施工应符合现行国家标准《电气装置安装广程电缆线路施工及验收规范》GB 50168的规定。

12.5.7 其他电气设施的安装应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303的相关规定。

12.5.8 所有电气设备和与电气设备相连接的金属部件应做接地处理。电气接地装置的施工应符合现行国家标准GB 50169的规定。

12.5.9 传感器的接线应牢固可靠，接触良好。接线盒与套管之间的传感器屏蔽线应做二次防护处理，两端应做防水处理。

13 系统安全防护

13.0.1 系统应有可靠的防冻、防结露、防过热、防渗漏、防雷、抗雹、抗风、抗震等技术措施。

13.0.2 以水作为传热介质时，在寒冷地区使用时应采取防冻措施，如排空、防冻循环、电伴热等。

13.0.3 采用防冻液作为传热介质时，应确保防冻液不发生变质，应避免防冻液因过热高温或与空气直接相通导致的变质情况出现。

13.0.4 系统的防过热措施应保证系统过热保护后回到正常工作状态，避免因系统过热带来的循环工质变质、系统瘫痪等运行问题。

13.0.5 系统的超压保护和过热保护装置应工作正常，保护装置的正常泄压排气不应对人体和环境产生安全隐患。

13.0.6 系统应设置循环工质泄露隔离措施，防止高温介质泄露烫伤人体。

14 消防

14.1 一般要求

14.1.1 系统的消防设计应符合GB 50974和GB 50016的要求，对于传热介质为导热油的系统应符合GB23971和SYT 0524的要求。

14.1.2 消防设计应贯彻“预防为主、防消结合”的方针，消防设计应与系统设计同步进行。

14.1.3 根据系统各部分运行特点进行火灾危险性分类，划分重点防火区域。

14.1.4 低位油箱应采用防爆设计。

14.1.5 循环工质的排放应按照相关要求处理，导热油的废油应集中处理或返厂再生，不应直接排入生产废水管沟系统。

14.2 工艺系统消防

14.2.1 集热场中受到热辐射导致温度高于200℃的部件，应采取防火隔热保护措施。

14.2.2 传热介质的最高运行温度应低于其自燃点，对于传热介质为导热油的的管路宜架空敷设，且应采取防火分隔措施。

14.2.3 集热场的管路应根据运行温度采用相应防火等级要求的保温材料。

14.2.4 当选用燃气或燃油能源作为站区的辅助能源时，燃气或燃油能源部分的消防设计应符合GB 50229的相关规定。

14.3 消防供电及应急照明

14.3.1 自动灭火系统、与消防有关的电动阀门及交流控制负荷，应按保安负荷供电。

14.3.2 火灾自动报警系统的电源必须保证不停电。

14.3.3 在防火区域应设置的灯光疏散指示标志和火灾应急照明灯具。

15 安装调试

15.1 一般要求

15.1.1 应选择具备相应安装资质的工程建设方进行系统施工安装。

15.1.2 安装前应编制安装施工组织方案，并通过批准，包括但不限于主体施工、设备安装、装修装饰等工种的协调配合方案和安全措施等内容。

15.1.3 安装前应确认设计文件齐备、现场水、电、路、基础预留内容、设施条件、场地等都具备并符合施工要求。

15.1.3 安装进场的所有人员、设备、材料、部品、环境安全设施都应具有相应的合格证明资料，并符合施工要求的质量、数量、性能指标。。

15.1.4 安装过程中对涉及到的人员、设备、材料、部品、环境安全设施、周围设施都具有必要的安全防护措施。

15.1.5 安装在建筑物屋顶的中温太阳能工业热能系统，系统施工安装时，不应破坏建筑物的结构、不应削弱建筑物在寿命期内承受任何荷载的能力、不应破坏建筑物的附属设施，建筑防水层遭到破坏的应修复。

15.2 安装要求

15.2.1 集热器的安装

- a) 在屋顶安装的集热器，应做好防水处理，符合GB50207的要求。
- b) 集热器的相互连接应符合产品设计连接方式的要求。
- c) 非跟踪式太阳能集热器的连接应符合GB/T 18713和GB/T 30724的要求。
- d) 跟踪式太阳能集热器的安装应符合厂家的安装说明。

15.2.2 输配系统的安装

- a) 泵应按制造厂家的要求安装，并做好接地保护。
- b) 较大的泵应用螺栓固定在支架或混凝土基础上，并做减震处理。
- c) 泵在室外安装时应采用全封闭型或设有保护罩，在室内安装时应注意防雨、防潮。
- d) 膨胀罐、缓冲罐、油气分离器、储油罐的安装应符合设计规定，传热介质为导热油的系统应满足TSG G001的相关规定。
- e) 管道的安装应符合GB 50235的规定，焊接施工应符合GB 50236的规定。
- f) 管道保温施工应符合GB 50126的规定。
- g) 管道的保温应在系统试运行完毕后进行。
- h) 电磁阀、电动阀宜水平安装

15.2.3 储热、换热、辅热系统安装

- a) 传热装置、换热装置、辅助热源设备的安装应符合制造厂家的要求且满足设计文件要求。
- b) 传热装置、换热装置、辅助热源设备在安装前检漏、试压并对安装基础进行核对。
- c) 与设备相连的平台、支架应进行防腐处理。
- d) 根据GB 50126的规定进行保温。

15.2.4 控制系统安装

- a) 仪表安装前应进行校准，确认符合设计要求。
- b) 仪表安装施工应符合GB 50093的规定。
- c) 电气设施安装应符合GB 50171规定的要求。
- d) 电缆线路施工应符合GB 50168规定的要求。
- e) 安装在室外的仪表、控制设备等应有防护、抗老化等措施。

15.3 调试运行

15.3.1 一般规定

a) 系统安装完毕投入使用前，应进行系统调试，应由施工单位负责，监理单位监督，设计、建设单位与设备厂家共同参与。

b) 系统调试包括设备单机和系统联动的调试，系统联动调试需在设备单机试运行合格后进行。

- c) 调试前应将集热器、换热装置、储热装置、辅助热源等设备与管路内部清理干净。
- d) 设备单机调试主要内容：检查安装、数量、防护措施、阀门密封、仪表灵敏度、设备热性能等。
- e) 系统联动调试主要内容：集热场流量平衡、太阳能与辅助能源的匹配、系统热性能等。

15.3.3 调试运行

- a) 集热场应在无阳光照射的条件下注入传热工质。
- b) 以导热油作为循环工质的系统，按照相应流程进行导热油排气处理。
- c) 调试运行期间应对系统需要控制的参数进行记录，记录频次为正常运行时记录频次的3倍。需要控制的参数应包括温度、流量、压力、液位等。
- d) 记录各单元设备、控制系统、仪器仪表等运行情况。
- e) 调试运行过程中出现的故障应及时排除，当出现的故障必须停止系统运行后才能排除，则试运行时间重新开始计算。
- f) 连续试运行时间达到一周、结果达到设计要求并能无人正常运行，则系统调试完成。

附 录 A

(规范性附录)

表A.1 符号和单位

符号	定义	单位
D	集热器离遮光物或集热器前后排间的最小距离	m
L	遮光物最高点与集热器最低点间的垂直距离	m
α_s	当地春秋分正午 12 时的太阳高度角	°
Q_z	换热量	kw
k	太阳辐照度时变系数	
f	太阳能保证率	
Q_w	日平均用热水/蒸汽量	kg
h_{end}	水的终止焓值	kJ/(kg·K)
h_L	水的初始焓值	kJ/(kg·K)
S_y	年或月平均单日照时间	h
P	辅助热源加热功率	w
Q_d	日均用热水/蒸汽负荷	w
η_a	辅助热源加热设备效率	%
η_L	辅助热源加热系统热损	kg/m ³
T	设计辅助热源的每日加热时间	h
A_h	换热设备的换热面积	m ²
c_r	集热系统热损失系数	-
ε	结垢影响系数	-
Δt_j	热媒与被加热水的温度差	℃
U_{hx}	传热系数	W/(m ² ·K)

附 录 B

（资料性附录）

中温太阳能工业热能系统形式

（待讨论确定）