

# 中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4316—2023

## 分体式温室太阳能储放热利用设施 设计规范

Design specification for solar heat storage and release facilities  
in split greenhouse

2023-02-17 发布

中华人民共和国农业农村部

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 基本要求 ..... 2

5 选址要求 ..... 2

6 工艺设计 ..... 2

7 总体设计 ..... 2

8 集热器设计 ..... 3

9 储放热装置设计 ..... 4

10 适用温室要求 ..... 7

11 辅助加热装置设计 ..... 7

12 控制系统设计 ..... 7

13 支架设计 ..... 8

## 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。

本文件由农业农村部计划财务司提出并归口。

本文件起草单位：农业农村部规划设计研究院、中国农业大学、张家口泰华机械厂。

本文件主要起草人：王海、郭雪霞、刘瑜、冉国伟、王国扣、王鑫磊、赵志清。



# 分体式温室太阳能储放热利用设施设计规范

## 1 范围

本文件规定了分体式温室太阳能储放热利用设施设计的术语和定义、基本要求、选址要求、工艺设计、总体设计、集热器设计、储放热装置设计、适用温室要求、辅助加热装置设计、控制系统设计和支架设计。

本文件适用于分体式温室太阳能储放热利用设施设计。

## 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 700 碳素结构钢  
GB/T 1202 粗石蜡  
GB/T 2518 连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带  
GB/T 3768 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法  
GB/T 3880.1 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分：一般要求  
GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)  
GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第1部分：无缝圆管  
GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件  
GB/T 6424 平板型太阳能集热器  
GB 9448 焊接与切割安全  
GB/T 10801.1 绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料  
GB/T 12467.2 金属材料熔化焊质量要求 第2部分：完整质量要求  
GB/T 12936 太阳能热利用术语  
GB/T 17581 真空管型太阳能集热器  
GB/T 23393 设施园艺工程术语  
GB 50003 砌体结构设计规范  
GB 50009 建筑结构荷载规范  
GB 50017 钢结构设计标准  
GB 50574 墙体材料应用统一技术规范  
GB/T 51183 农业温室结构荷载规范  
JB/T 10296 温室电气布线设计规范  
JB/T 10297 温室加热系统设计规范  
JB/T 10306 温室控制系统设计规范  
JB/T 10594 日光温室和塑料大棚结构与性能要求  
JB/T 11249 翅片管式换热设备技术规范  
NY/T 1145 温室地基基础设计、施工与验收技术规范  
NY/T 1451 温室通风设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**温室** greenhouse

采用透光覆盖材料作为全部或部分围护结构,具有一定环境调控设备,用于抵御不良天气条件,保证作物能正常生长发育的设施。按透光覆盖材料可分为玻璃温室和塑料温室。

[来源:GB/T 23393—2009,3.8]

### 3.2

#### 平板型集热器 flat plate collector

吸热体表面基本为平板形状的非聚光型太阳能集热器。

[来源:GB/T 12936—2007,7.5]

### 3.3

#### 真空管集热器 evacuated tube collector

采用透明管(通常为玻璃管)并在管壁与吸热体之间有真空空间的太阳能集热器。

[来源:GB/T 12936—2007,7.20]

### 3.4

#### 储放热装置 heat storage and release device

用于太阳能集热能量储存和释放的装置。

## 4 基本要求

- 4.1 应符合地面平整、环境条件和日照时长要求。
- 4.2 应符合温室使用功能、产品质量、生产适用性和经济合理性要求。
- 4.3 应符合强度、刚度、使用寿命、安全卫生和性能稳定要求。
- 4.4 应符合抗腐蚀、抗地震、防冻、防过热、防雷电和防火要求。

## 5 选址要求

- 5.1 应光照条件好、太阳能辐射强度高、交通便利、水源和电源充足。
- 5.2 应地势平坦、开阔、远离高大建筑物或其他影响温室采光的设施。
- 5.3 上风向和周边应无严重粉尘、有害气体、放射性物质及其他污染源。
- 5.4 应避开洪涝、泥石流以及多冰雹、雷击和风口等地段。

## 6 工艺设计

- 6.1 应符合“太阳能集热→热能储存→热能释放→温室供热”流程要求。
- 6.2 应符合温室生产工艺、规模化和优质高效生产要求。
- 6.3 应根据温室使用功能和用途,配置工艺条件和设施设备。
- 6.4 应绘制工艺流程图、设施和设备布置图、管道配置图和基础图等设计图纸。
- 6.5 应编制产品名称、规格型号、结构尺寸、运行能力、性能指标、配套动力和生产厂家等设施设计说明和设备清单。

## 7 总体设计

- 7.1 总体设计应提出设计思路、方案设计、主要技术经济指标及结构设计。
- 7.2 设计思路应根据项目任务要求提出需要解决的问题和解决问题的方法。
- 7.3 方案设计应根据项目任务要求提出温室需求方案、设施设备配置方案、太阳能储存和释放方案。
- 7.4 技术经济指标应根据温室规模确定热能需求指标,提出太阳能集热量、储存量和释放量等技术经济指标。
- 7.5 结构设计应提出温室、集热器、储放热装置及配套组件等项目任务总体构成,总体构成见图1、图2。

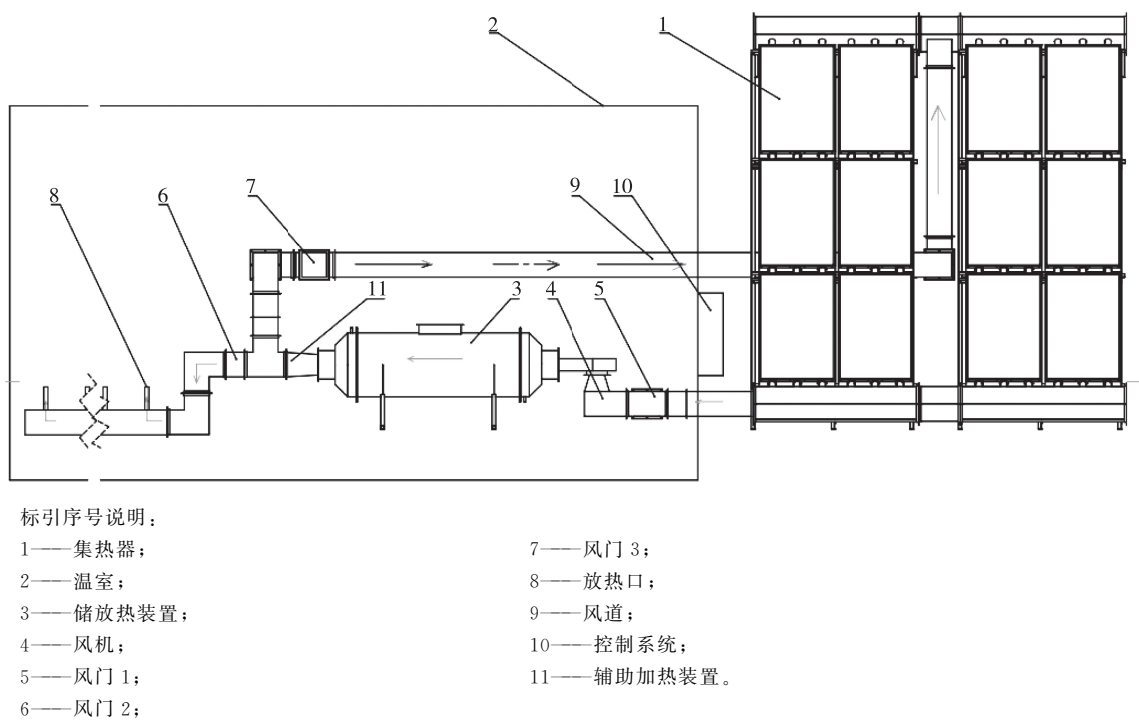


图 1 太阳能光热转换集热及温室加热系统

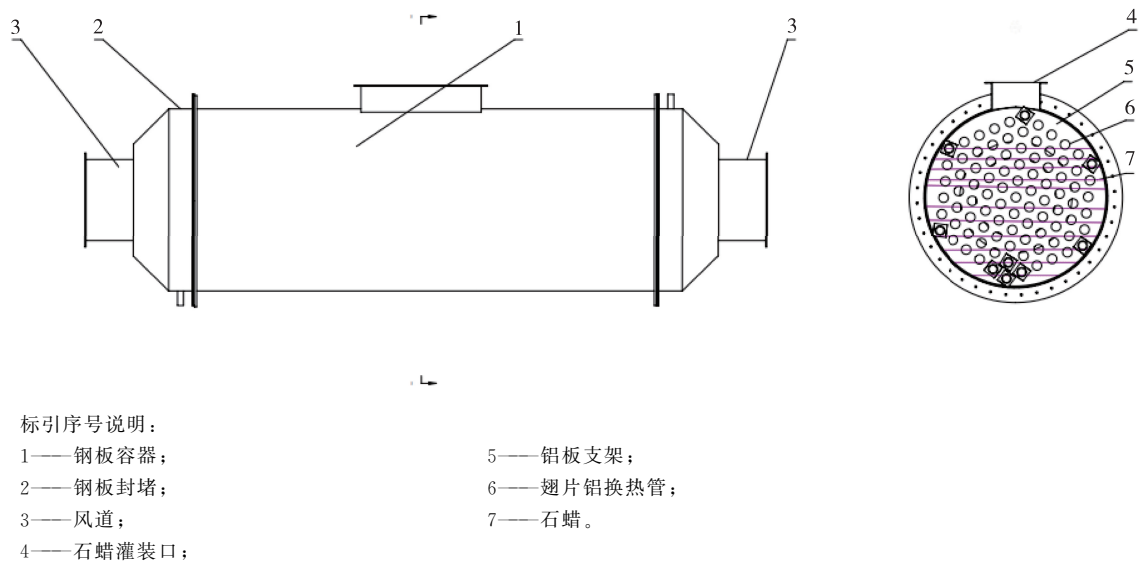


图 2 储放热装置

- 7.5.1 温室应适应拟种植、栽培、生产品种和规模,合理配置温度、湿度、土壤墒情和有效成分等传感器,实现数据自动采集、分析和处理。
- 7.5.2 集热器应根据气候环境选择,寒冷环境宜采用真空管型太阳能集热器,非寒冷环境宜采用平板型太阳能集热器。
- 7.5.3 储放热装置应根据温室所需热能,合理选择储能材料,有效配置太阳能储存量和释放量。
- 7.5.4 辅助加热装置应在太阳能储放热供应不足时,继续为温室提供热能。
- 7.5.5 控制系统应根据温室工艺要求,有效控制温度、湿度、通风和土壤条件等,实现自动化操作。
- 7.5.6 支架应有效支撑和固定集热器,并应符合稳定性、安全性、抗风载和抗雪载要求。

8 集热器设计

8.1 型式

8.1.1 集热器按型式可分为平板型太阳能集热器和真空管型太阳能集热器。

8.1.2 平板型太阳能集热器技术要求应符合 GB/T 6424 的规定。

8.1.3 真空管型太阳能集热器技术要求应符合 GB/T 17581 的规定。

8.2 参数计算

8.2.1 集热器面积按公式(1)计算。

$$F=Q_1/(I\times\eta_1)\cdots\cdots\cdots (1)$$

式中:

$F$  ——集热器面积的数值,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$Q_1$  ——集热器供给有效热量的数值,单位为千焦每小时( $\text{kJ/h}$ );

$I$  ——日均太阳辐射热量的数值,以日照 10 h/d 计,单位为千焦每平方米每小时 [ $\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ];

$\eta_1$  ——集热器效率的数值,单位为百分号( $\%$ )。

注:供给有效热量是指集热器供给的实际热量。

8.2.2 集热器采光面上太阳辐射强度平均值应大于  $700\text{ W}/\text{m}^2$ ,空气在集热器中的流动速度宜为  $3\text{ m/s}$ ,环境温度变动范围应小于  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ,环境风速不应大于  $4\text{ m/s}$ 。

8.3 结构

8.3.1 集热器结构宜包括透明盖板、吸热体、隔热体和壳体。

8.3.2 吸热体结构型式宜采用梯形槽或 V 形槽波纹。

8.3.3 组件连接方式应根据集热效果确定,宜采用串联、并联或串并联连接。

8.3.4 集热器间连接应密封可靠,无泄漏,无扭曲变形,便于拆卸和更换。

8.3.5 集热器与地平面倾角应与当地纬度一致,倾角误差不应大于  $\pm 3^\circ$ 。夏季使用时,倾角宜为当地纬度减  $5^\circ\sim 10^\circ$ ;冬季使用时,倾角宜为当地纬度加  $5^\circ\sim 10^\circ$ 。

8.3.6 集热器应与支架牢靠固定。

8.4 材料

8.4.1 透明盖板材料宜采用厚  $3\text{ mm}\sim 5\text{ mm}$  钢化玻璃,透光率不应低于  $78\%$ ,应防雹、密封、不渗漏,表面无翘曲、破裂或穿孔,允许拼接,与壳体连接应符合热胀要求。

8.4.2 吸热体壳体采用镀锌薄钢板时,应符合 GB/T 2518 的规定;采用薄铝板时,应符合 GB/T 3880.1 的规定。

8.4.3 吸热体应有良好导热性和耐久性,宜采用铝合金板、铝板、不锈钢板或经防腐处理的碳钢板。吸热体表面应为黑色涂料,涂层吸收比不应低于  $0.92$ ,涂层应无剥落、裂纹、起泡等缺陷。

8.4.4 隔热体保温层应采用无毒、无污染和阻燃材料。宜采用矿棉、玻璃棉或泡沫塑料等材料,性能不应低于 GB/T 10801.1 的规定。

8.4.5 外壳宜采用木材、钢板或玻璃钢。

9 储放热装置设计

9.1 一般要求

9.1.1 应确立温室内经历不同时间点的温度值。

9.1.2 应遵循温室内不同时间与温度之间的关系(见图 3)。



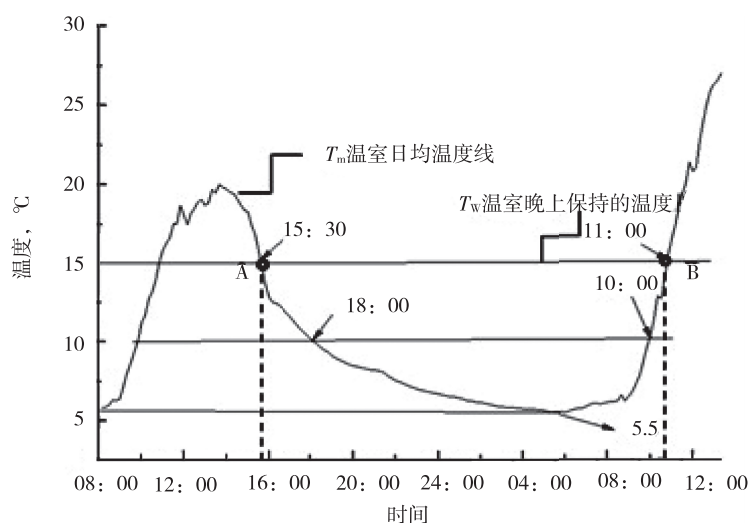


图3 温室内不同时间与温度关系

## 9.2 参数计算

9.2.1 储放热装置供给温室的所需热量按公式(2)计算。

$$Q_x = V_w \times \rho_k \times C_k \times \Delta T \quad \text{..... (2)}$$

其中:

$$\Delta T = \int_{t_A}^{t_B} (T_w - T_m) dt$$

式中:

$Q_x$  —— 温室晚上维护植物生长保持一定温度所需热量的数值,单位为千焦(kJ);

$V_w$  —— 温室体积的数值,单位为立方米( $m^3$ );

$\rho_k$  —— 空气密度的数值,单位为千克每立方米( $kg/m^3$ );

$C_k$  —— 空气比热容的数值,单位为千焦每千克每摄氏度 [ $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$ ];

$\Delta T$  —— 温室夜晚保持温度与日均温度的差的数值,单位为摄氏度( $^\circ C$ );

$T_w$  —— 温室夜晚保持某个时刻的温度的数值,单位为摄氏度( $^\circ C$ );

$T_m$  —— 温室日均时间温度变化的数值,单位为摄氏度( $^\circ C$ );

$t$  —— 时间的数值,单位为小时(h);

$t_A$  ——  $T_w$  与  $T_m$  交点为开始补充热量时间起点的数值,单位为小时(h);

$t_B$  ——  $T_w$  与  $T_m$  交点为终止补充热量时间起点的数值,单位为小时(h)。

9.2.2 储放热装置满足温室需要的实际热量按公式(3)计算。

$$Q_s = B_1 \times Q_x \quad \text{..... (3)}$$

式中:

$Q_s$  —— 满足温室需要热量实际热量的数值,单位为千焦(kJ);

$B_1$  —— 满足温室需要热量的温室安全系数,取 1.3~1.5。

9.2.3 储放热装置释放热量按公式(4)计算。

$$Q_f = Q_s \quad \text{..... (4)}$$

式中:

$Q_f$  —— 储放热装置释放热量的数值,单位为千焦(kJ)。

9.2.4 储放热装置储存热量按公式(5)计算。

$$Q_c = B_2 \times Q_f \quad \text{..... (5)}$$

式中:

$B_2$  —— 满足温室需要热量的储放热装置安全系数,取 1.2~1.5。

9.2.5 储热材料热量按公式(6)计算。

$$Q_c = Q_s + Q_r \dots\dots\dots (6)$$

其中:

$$\begin{aligned} Q_s &= Q_{s1} + Q_{s2} \\ Q_{s1} &= M \times C_g \times (T_r - T_0) \\ Q_{s2} &= M \times C_y \times (T - T_r) \\ M &= Q_c / [C_g \times (T_r - T_0) + C_y \times (T - T_r) + r] \end{aligned}$$

式中:

$Q_s$  —— 储热材料显热的数值,单位为千焦(kJ);  
 $Q_r$  —— 储热材料相变潜热的数值,单位为千焦(kJ);  
 $Q_{s1}$  —— 储热材料固相显热的数值,单位为千焦(kJ);  
 $Q_{s2}$  —— 储热材料液相显热的数值,单位为千焦(kJ);  
 $M$  —— 储热材料质量的数值,单位为千克(kg);  
 $C_g$  —— 储热材料固相比热容的数值,单位为千焦每千克每摄氏度[kJ/(kg·℃)];  
 $C_y$  —— 储热材料液相比热容的数值,单位为千焦每千克每摄氏度[kJ/(kg·℃)];  
 $T_r$  —— 储热材料相变温度的数值,单位为摄氏度(℃);  
 $T_0$  —— 储热材料环境温度的数值,单位为摄氏度(℃);  
 $T$  —— 储热材料液相温度的数值,单位为摄氏度(℃);  
 $r$  —— 储热材料溶解热的数值,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

9.2.6 储放热装置储热容积按公式(7)计算。

$$V_r = V_c + V_g + V_z \dots\dots\dots (7)$$

其中

$$\begin{aligned} V_c &= M / \rho_c \\ V_g &= nL\pi d_o^2 / 4 \\ V_z &= nV_p \end{aligned}$$

式中:

$V_r$  —— 储放热装置储热容积的数值,单位为立方米(m<sup>3</sup>);  
 $V_c$  —— 储热材料容积的数值,单位为立方米(m<sup>3</sup>);  
 $\rho_c$  —— 储热材料在常温下密度的数值,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>);  
 $V_g$  —— 换热管总体积的数值,单位为立方米(m<sup>3</sup>);  
 $n$  —— 换热管数量的数值,单位为个(个);  
 $L$  —— 换热管长度的数值,单位为米(m);  
 $d_o$  —— 换热管外径的数值,单位为米(m);  
 $V_z$  —— 翅片总体积的数值,单位为立方米(m<sup>3</sup>);  
 $V_p$  —— 每个换热管翅片体积的数值,单位为立方米(m<sup>3</sup>)。

9.2.7 集热器有效热量按公式(8)计算。

$$Q_j = B_3 Q_c \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$B_3$  —— 集热器满足储放热装置储热需要热量的安全系数,取 1.1~1.5。

### 9.3 结构

9.3.1 储放热装置结构应由外壳(含储热钢板容器、钢板封堵、风道和石蜡灌装口)和内芯(含铝板支架、翅片铝换热管和石蜡)组成。

9.3.2 外壳应采用整体结构,连接处应密封可靠,无泄露现象。连接结构应便于内芯安装和检修。

9.3.3 内芯结构应采用圆柱形整体结构,应便于装配和拆卸,应具有太阳能储存和热能释放能力的较高潜热。

9.4 材料

- 9.4.1 储放热装置材料宜采用钢板、铝板(管)和石蜡。
- 9.4.2 外壳钢板应具有足够刚度和强度,应符合 GB/T 700 的规定。
- 9.4.3 铝板支架应具有足够支撑能力和抗腐蚀能力,铝板材料应符合 GB/T 3880.1 的规定。
- 9.4.4 翅片铝换热管应具有良好换热性能,翅片与管件表面连接应紧密,翅片管用铝管应符合 GB/T 4437.1 的规定,翅片铝换热管应符合 JB/T 11249 的规定。
- 9.4.5 石蜡应比热容大、导热系数大、相变焓稳定、低温相变性好、腐蚀性小,对人体和环境无危害等。石蜡材料应符合 GB/T 1202 的规定。

10 适用温室要求

- 10.1 地基基础应符合 NY/T 1145 的规定。
- 10.2 结构设计应符合 GB 50017、GB 50003 和 JB/T 10594 的规定。
- 10.3 通风设计应符合 NY/T 1451 的规定,加热系统设计应符合 JB/T 10297 的规定。
- 10.4 墙体材料应符合 GB 50574 的规定,骨架材料应符合 GB/T 700 的规定。
- 10.5 结构荷载应符合 GB/T 51183 的规定,温室砌体部分载荷应符合 GB 50009 的规定。

11 辅助加热装置设计

- 11.1 太阳能无法满足温室供热需求时,应采用辅助加热装置,与温室配套使用。
- 11.2 宜采用电加热装置、热泵作为辅助加热装置,应根据温室供热需求和实际条件确定。
- 11.3 应根据小时供热量选择辅助加热装置,按公式(9)计算。

$$Q_h = K_1 \times Q_d / T_1 \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $Q_h$  ——辅助加热装置小时供热量的数值,单位为千焦每小时(kJ/h);
- $Q_d$  ——最高日耗热量的数值,单位为千焦每日(kJ/d);
- $T_1$  ——辅助加热装置设计工作时间的数值,单位为小时(h),宜选择 12 h~20 h;
- $K_1$  ——安全系数,一般取 1.0~1.5。

- 11.4 辅助加热装置实际供热量应大于设计供热量,其噪声不应大于 80 dB(A),应符合 GB/T 3768 的规定。
- 11.5 辅助加热装置进风面距遮挡物宜大于 1.5 m,控制面距墙面宜大于 1.2 m,顶部出风的上部净空间宜大于 4.5 m,进风面相对布置时的间距宜大于 3.0 m。

12 控制系统设计

- 12.1 应符合温室调控要求,应具有调控温度、湿度、通风、排湿、降温以及土壤水分和养分等功能,应具有过压、过载保护措施。控制系统设计应符合 JB/T 10306 的规定,电气布线设计应符合 JB/T 10296 的规定。
- 12.2 应使用功率匹配的熔断器、断路器、漏电保护器、继电器及交流接触器等,出现异常状况时应报警并停止运行。发生供电设备短路或漏电时,应及时切断电路,查明故障原因后方可恢复。
- 12.3 电气安全应符合 GB/T 5226.1 的规定。电路控制应安全可靠、动作准确,电器线路接头应连接牢固并编号,导线不应裸露。操作按钮应可靠,指示灯显示应正常。
- 12.4 应有可靠接地装置,并有明显接地标志。接地端子与接地金属部件间连接应具有低电阻,电阻值不应超过 0.1  $\Omega$ 。
- 12.5 动力电路导线和保护接地电路间施加 500 Vd.c. 时测得的绝缘电阻不应小于 1 M $\Omega$ 。
- 12.6 试验电压应为 1 000 V,并应施加在动力电路导线和保护联结电路之间至少 1 s 时间,不应出现击

穿和放电现象。

12.7 控制系统外壳安全防护应符合 GB/T 4208 的规定,防护等级不应低于 IP 55 的要求。

### 13 支架设计

13.1 支架设计应具有牢固承载集热器的能力,应符合 GB 50017 的规定。

13.2 支架焊接环境应满足工艺需要,焊接材料特性应与母材特性保持一致,焊接安全应符合 GB 9448 的规定。

13.3 支架焊接部位应牢固、光滑,焊接质量应符合 GB/T 12467.2 的规定。

13.4 支架防锈应采用防锈漆及优质面漆双层保护方法。

---