

# 目 次

1 总则 .....	2
2 术语 .....	2
3 太阳能供热采暖系统设计 .....	3
3.1 一般规定 .....	3
3.2 供热采暖系统选型 .....	4
3.3 太阳能集热系统设计 .....	7
3.3.1 一般规定 .....	7
3.3.2 太阳能集热器的设置 .....	7
3.3.3 太阳能集热器面积确定 .....	7
3.3.4 太阳能集热系统的设计流量 .....	8
3.4 蓄热系统设计 .....	8
3.4.1 一般规定 .....	8
3.4.2 液体工质蓄热系统设计 .....	9
3.4.3 卵石堆蓄热设计 .....	10
3.4.4 相变材料蓄热设计 .....	10
3.5 自动控制设计 .....	10
3.5.1 一般规定 .....	10
3.5.2 系统运行控制 .....	10
3.5.3 防冻、防过热控制 .....	11
3.6 末端供暖系统设计 .....	11
4 太阳能供热采暖系统施工 .....	11
4.1 一般规定 .....	11
4.2 太阳能集热系统施工 .....	12
4.3 太阳能蓄热系统施工 .....	12
4.4 控制系统施工 .....	13
4.5 末端供暖系统施工 .....	13
5 太阳能供热采暖系统的调试、验收与效益评估 .....	13
5.1 一般规定 .....	13
5.2 系统调试 .....	14
5.3 系统验收 .....	15
5.4 系统效益评估 .....	15
6 太阳能供热采暖系统的运行与维护 .....	15
6.1 一般规定 .....	15
6.2 太阳能集热系统运行维护 .....	16
6.3 自动控制系统运行维护 .....	16
附录 A 代表城市的设计用气象参数 .....	17
附录 B 太阳能集热器集热效率计算方法 .....	20
附录 C 太阳能集热系统管路、水箱热损失率计算方法 .....	22
附录 D 不同地区太阳能集热器的补偿面积比 .....	23
附录 E 间接系统热交换器换热面积计算方法 .....	34
附录 F 太阳能供热采暖系统效益评估计算公式 .....	35
附录 G 常用相变材料特性 .....	37

## 1 总则

- 1.0.1 为使太阳能供热采暖工程设计、施工及验收，做到技术先进、经济合理、安全适用，保证工程质量，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于在新建、扩建和改建民用建筑中使用太阳能供热采暖系统的工程，以及在既有建筑上改造或增设太阳能供热采暖系统的工程。
- 1.0.3 太阳能供热采暖系统应纳入建筑工程建设的规定程序，统一规划、同步设计、同步施工、统一验收、与建筑工程同时投入使用。
- 1.0.4 太阳能供热采暖系统应做到全年综合利用，采暖期为建筑物供热采暖，非采暖期向本建筑物或相邻建筑物提供生活热水或其他用热。
- 1.05 设置太阳能供热采暖系统的新建供暖建筑物，其建筑热工与节能设计必须符合所在气候区国家、行业和地方建筑节能设计标准和实施细则的要求；建筑围护结构热工设计参数取值应优于所在气候区国家、行业和地方建筑节能设计标准和实施细则规定的指标。
- 1.0.6 在既有供暖建筑物上设置太阳能供热采暖系统，应同时按照所在气候区国家、行业和地方建筑节能设计标准和实施细则的要求，增加建筑围护结构的保温措施。
- 1.0.7 太阳能供热采暖工程设计、施工及验收除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 太阳能供热采暖系统 solar heating system

将太阳能转换成热能，供给建筑物冬季采暖和全年其他用热的系统，系统主要部件有太阳能集热器、换热蓄热装置、控制系统、辅助能源加热设备、泵、连接管道和末端供暖系统等。

### 2.02 短期蓄热太阳能供热采暖系统 solar heating system with short-term heat storage

仅设置具有短期贮热容量设备的太阳能供热采暖系统。

### 2.0.3 季节蓄热太阳能供热采暖系统 solar heating system with seasonal heat storage

设置的贮热设备容量，可贮存在非采暖期获取的太阳能量，用于冬季供热采暖的太阳能供热采暖系统。

### 2.0.4 液体工质太阳能集热器 solar liquid collector

吸收太阳辐射并将产生的热能传递到液态传热工质的装置。

### 2.0.5 太阳能空气集热器 solar air collector

吸收太阳辐射并将产生的热能传递到空气传热工质的装置。

**2.0.6 液体工质集热器太阳能供热采暖系统 solar heating system using solar liquid collector**

使用液态工质太阳能集热器的太阳能供热采暖系统。

**2.0.7 空气集热器太阳能供热采暖系统 solar heating system using solar air collector**

使用太阳能空气集热器的太阳能供热采暖系统。

**2.0.8 直接式太阳能集热系统（直接系统） solar direct system**

在太阳能集热器中直接加热水供给用户的太阳能集热系统。

**2.0.9 间接式太阳能集热系统（间接系统） solar indirect system**

在太阳能集热器中加热液态传热工质，再通过换热器由该种传热工质加热水供给用户的太阳能集热系统。

**2.0.10 开式太阳能集热系统（开式系统） solar open system**

循环管系与大气相通的太阳能集热系统。

**2.0.11 闭式太阳能集热系统（闭式系统） solar closed system**

循环管系不与大气相通的太阳能集热系统。

**2.0.12 太阳能保证率 solar fraction**

太阳能供热采暖系统中由太阳能部分供给的热量占系统总热负荷的百分率。

**2.0.13 系统费效比 cost / benefit ratio of the system**

太阳能供热采暖系统的增投资与系统在工作寿命期内的总节能量的比值（元 / KWh），表示利用太阳能节省每千瓦小时常规能源热量的投资成本。

**2.0.14 建筑物耗热量 heat loss of building**

在采暖期室外平均气温条件下，为保持室内设计计算温度，建筑物在单位时间内消耗的、需由室内供暖设备供给的热量（W）。

**2.0.15 采暖热负荷 heating load for heating of building**

在采暖室外计算温度条件下，为保持室内设计计算温度，建筑物在单位时间内消耗的、需由供热设施供给的热量（W）。

## **3 太阳能供热采暖系统设计**

### **3.1 一般规定**

**3.1.1 在既有建筑上增设或改造太阳能供热采暖系统，必须经建筑结构安全复核，并应满足建筑结构及其他相应的安全性要求。**

**3.1.2 太阳能供热采暖系统类型的选择，应根据所在地区气候、太阳能资源条件、建筑物类**

型、使用功能、业主要求、投资规模、安装条件等因素综合确定。

3.1.3 太阳能供热采暖系统设计应充分考虑施工安装、操作使用、运行管理、部件更换和维护等要求，做到安全、可靠、适用、经济、美观。

3.1.4 太阳能供热采暖系统应根据不同地区和使用条件采取防冻、防结露、防过热、防雷、防雹、抗风、抗震和保证电气安全等技术措施。

3.1.5 太阳能供热采暖系统应设置其它能源辅助加热/换热设备，辅助热源应根据当地条件，选择城市热网、电、燃气、燃油、工业余热或生物质燃料等，加热/换热设备选择各类锅炉、换热器和热泵等，做到因地制宜、经济适用。

3.1.6 太阳能供热采暖系统中的太阳能集热器应符合《平板型太阳能集热器》GB / T 4271 和《真空管型太阳能集热器》GB / T 17581 中规定的性能要求，其余组成设备和部件的质量应符合国家相关产品标准规定的要求。

3.1.7 太阳能供热采暖系统中所采用的设备和产品，正常使用寿命不应少于 15 年。

### 3.2 供热采暖系统选型

3.2.1 太阳能供热采暖系统由太阳能集热系统、蓄热系统、末端供暖系统、热水系统、自动控制系统和其它能源辅助加热/换热设备集合构成。

3.2.2 太阳能供热采暖系统按所使用的太阳能集热器类型可分为下列两种系统：

- 1 空气集热器太阳能供热采暖系统；
- 2 液体工质集热器太阳能供热采暖系统。

3.2.3 太阳能供热采暖系统按所使用的末端供暖系统类型可分为下列四种系统：

- 1 低温热水地板辐射太阳能供暖系统；
- 2 水—空气处理设备太阳能供暖系统；
- 3 散热器太阳能供暖系统；
- 4 热风采暖太阳能供暖系统。

3.2.4 太阳能供热采暖系统按蓄热能力可分为下列两种系统：

- 1 短期蓄热太阳能供热采暖系统；
- 2 季节蓄热太阳能供热采暖系统。

3.2.5 太阳能供热采暖系统按集热系统的运行方式可分为下列两种系统：

- 1 直接式太阳能供热采暖系统；
- 2 间接式太阳能供热采暖系统。

3.2.6 太阳能供热采暖系统的类型应根据建筑气候分区和建筑物类型按表 3.2.1 选择。

表 3.2.1 太阳能供热采暖系统选型

建筑气候分区			严寒地区			寒冷地区			夏热冬冷、温和地区		
建筑物类型			低层	多层	高层	低层	多层	高层	低层	多层	高层
太阳能供热采暖系统类型	太阳能集热器	空气集热器	●			●			●		
		液体工质集热器	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	末端供暖系统	低温热水地板辐射	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		水—空气处理设备	—	—	—	—	—	—	●	●	●
		散热器	—	—	—	—	—	—	●	●	●
		热风采暖	●	—	—	●	—	—	●	—	—
	系统蓄热能力	短期蓄热	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		季节蓄热	●	●	●	●	●	●	—	—	—
	集热系统运行方式	直接系统							●	●	●
		间接系统	●	●	●	●	●	●			

注：表中“●”为可选用项目。

3.2.7 液体工质集热器太阳能供暖系统可用于国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 中规定采用热水辐射采暖、空气调节系统采暖和散热器采暖的各类建筑。空气集热器太阳能供暖系统用于建筑物内需热风采暖的区域。

3.2.8 太阳能供热采暖系统的负荷应按如下原则计算：

1 太阳能供热采暖系统的供暖热负荷为建筑物耗热量，建筑物耗热量应按下式计算：

$$Q_H = Q_{HT} + Q_{INF} - Q_{IH} \quad (3.2.7-1)$$

式中： $Q_H$ ——建筑物的耗热量，（W）；

$Q_{HT}$ ——通过围护结构的传热耗热量，（W）；

$Q_{INF}$ ——空气渗透耗热量，（W）；

$Q_{IH}$ ——建筑物内部得热（包括照明、电器、炊事和人体散热等），（W）

1) 通过围护结构的传热耗热量应按下列式计算：

$$Q_{HT} = (t_i - t_e) (\sum \varepsilon K F) \quad (3.2.7-2)$$

式中： $Q_{HT}$ ——通过围护结构的传热耗热量，（W）；

$t_i$ ——室内空气计算温度，按《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 中规定范围的低限选取，（℃）；

$t_e$ ——室外空气计算温度，按采暖期室外平均温度取值，（℃）；

$\varepsilon$ ——围护结构传热系数的修正系数，

$K$ ——围护结构的传热系数，[ W / (m<sup>2</sup> · °C) ]；

$F$ ——围护结构的面积，（m<sup>2</sup>）；

2) 空气渗透耗热量应按下列式计算：

$$Q_{INF} = (t_i - t_e) (C_p \cdot \rho \cdot N \cdot V) \quad (3.2.7-3)$$

式中： $Q_{INF}$ ——空气渗透耗热量，（W）；

$C_p$ ——空气比热容，取 0.28 W · h / ( kg · K )；

$\rho$ ——空气密度，取  $t_e$  条件下的值，（ kg / m<sup>3</sup>）；

$N$ ——换气次数，（次 / h）；

$V$ ——换气体积，（m<sup>3</sup>）；

2 太阳能供热采暖系统的热热水供应负荷为建筑物的日平均用热量。日平均用热量应按下列式计算：

$$Q_W = m q_r \quad (3.2.7-4)$$

式中： $Q_W$ ——日平均用热量，（L）；

$M$ ——用水计算单位数，（人数或床位数）；

$q_r$ ——热水用水定额，根据《建筑给水排水设计规范》GB50015 规定，按热水最高日用水定额的下限取值。（ L / 人 · d 或 L / 床 · d ）；

3 常规能源加热/换热设备的供热量应按现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 规定的采暖热负荷计算；在标准规定可不设置集中采暖的地区或建筑，宜根据当地的实际情况，适当降低供热量标准。

### 3.3 太阳能集热系统设计

#### 3.3.1 一般规定

- 1 建筑物上安装太阳能集热系统，不得降低相邻建筑的日照标准。
- 2 太阳能集热系统应有防过热安全技术措施，应具有与使用地区冬季最低环境温度匹配的安全防冻技术措施。
- 3 直接式太阳能集热系统宜在冬季环境温度较高，防冻要求不严格的地区使用；冬季环境温度较低的地区，宜采用间接式太阳能集热系统。
- 4 太阳能集热系统的循环管道应选用耐腐蚀和安装连接方便可靠的管材、可采用薄壁铜管、薄壁不锈钢管、塑料热水管、塑料和金属复合热水管等。

#### 3.3.2 太阳能集热器的设置

- 1 太阳能集热器宜朝向正南，或南偏东、偏西 30 度的朝向范围内设置；安装倾角宜选择在当地纬度 $\pm 10^\circ$ 的范围内；受实际条件限制时，可以超出范围，但应按附录 D 进行面积补偿，合理增加集热器面积，并进行经济效益分析。
- 2 放置在建筑外围护结构上的太阳能集热器，在冬至日集热器采光面上的日照时数应保证不少于 4h。前、后排集热器之间应留有安装、维护操作的足够间距，排列整齐有序。
- 3 某一时刻太阳能集热器不被前方障碍物遮挡阳光的日照间距应按下式计算：

$$S = H \cot h \cos \gamma_0 \quad (3.3.2-1)$$

式中：S——日照间距，（m）；

H——前方障碍物的高度，（m）；

h——计算时刻的太阳高度角；

$\gamma_0$ ——计算时刻太阳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之间的夹角。

- 4 太阳能集热器不得跨越建筑变形缝设置。

#### 3.3.3 太阳能集热器面积确定

- 1 直接系统太阳能集热器总面积应按下式计算：

$$A_c = \frac{86400 Q_H f}{J_T \eta_{cd} (1 - h_L)} \quad (3.3.3-1)$$

式中：A<sub>c</sub>——直接系统集热器总面积，（m<sup>2</sup>）；

Q<sub>H</sub>——建筑物的耗热量，（W）；

J<sub>T</sub>——当地集热器采光面上的采暖期平均日太阳辐照量，J/（m<sup>2</sup>•日），按附录 A 选取；

f——太阳能保证率，%，按附录 A 选取；

$\eta_{cd}$ ——基于总面积的集热器集热效率，%，按附录 B 方法计算；

$\eta_L$ ——管路及贮热装置热损失率，%，按附录 C 方法计算。

2 间接系统太阳能集热器总面积应按下式计算：

$$A_{IN} = A_C \cdot \left( 1 + \frac{U_L \cdot A_C}{U_{hx} \cdot A_{hx}} \right) \quad (3.3.3-2)$$

式中： $A_{IN}$ ——间接系统集热器总面积， $m^2$ ；

$A_C$ ——直接系统集热器总面积， $m^2$ ；

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

$U_{hx}$ ——换热器传热系数， $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ，查产品样本得出；

$A_{hx}$ ——间接系统换热器换热面积， $m^2$ ，按附录 E 方法计算。

### 3.3.4 太阳能集热系统的设计流量

1 太阳能集热系统的设计流量应按下式计算：

$$G_s = g A \quad (3.3.4-1)$$

式中： $G_s$ ——太阳能集热系统的设计流量， $m^3/h$ ；

$g$ ——太阳能集热器的单位面积流量， $m^3/(h \cdot m^2)$ ；

$A$ ——太阳能集热系统中的太阳能集热器总面积， $m^2$ ；

2 太阳能集热器的单位面积流量  $g$  与太阳能集热器的特性和用途有关，应根据太阳能集热器生产企业给出的数值确定。在没有企业提供相关技术参数的情況下，根据不同的系统，宜按下表给出的范围取值。

表 3.3.4-1 太阳能集热器的单位面积流量

系统类型		太阳能集热器的单位面积流量 $m^3/(h \cdot m^2)$
小型太阳能 供热系统	真空管型太阳能集热器	0.054—0.072
	平板型太阳能集热器	0.072
大型集中太阳能供暖系统（集热面积大于 $100m^2$ ）		0.021—0.06
小型独户太阳能供暖系统		0.024—0.036
板式换热器间接式太阳能集热系统		0.009—0.012
太阳能空气集热器		36

3 宜采用自动控制变流量太阳能集热系统，设太阳辐照感应传感器（如光伏电池板等）或温度传感器，根据太阳辐照条件或温差变化控制变频泵改变系统流量，实现优化运行。

## 3.4 蓄热系统设计

### 3.4.1 一般规定

1 应根据太阳能集热系统形式、系统性能、系统投资，供热采暖负荷、太阳能保证率进行技术经济分析，选取适宜的蓄热系统。



2 太阳能供热采暖系统的蓄热方式，应根据蓄热系统形式、投资规模和当地的地质、水文、土壤条件及使用要求按下表进行选择。

表 3.4.1-1 蓄热方式选用表

系统形式	蓄热方式				
	贮热水箱	地下水池	土壤埋管	卵石堆	相变材料
液体工质集热器 短期蓄热系统	●	●	—	—	●
液体工质集热器 季节蓄热系统	—	●	●	—	—
空气集热器 短期蓄热系统	—	—	—	●	●

注：表中“●”为可选用项目。

3 短期蓄热液体工质集热器太阳能供暖系统，宜用于单体建筑的供暖；季节蓄热液体工质集热器太阳能供暖系统，宜用于较大建筑面积的区域供暖。

4 蓄热水池不应与消防水池合用。

### 3.4.2 液体工质蓄热系统设计

1 根据当地的太阳能资源、气候、工程投资等因素综合考虑，短期蓄热液态工质集热器太阳能供暖系统的蓄热量应能满足建筑物 1—5 天的供暖需求。

2 各类太阳能供热采暖系统对应每  $\text{m}^2$  太阳能集热器采光面积的贮热水箱容积范围宜按下表选取，根据设计蓄热时间周期和蓄热量等参数计算确定。

表 3.4.2-1 各类系统贮热水箱的容积选择范围

系统类型	小型 太阳能供热系统	短期蓄热 太阳能供热采暖系统	季节蓄热 太阳能供热采暖系统
贮热水箱容积范围	40~100L / $\text{m}^2$	50~150L / $\text{m}^2$	1400~2100L / $\text{m}^2$

3 应合理布置太阳能集热系统、生活热水系统、供暖系统与贮热水箱的连接管位置，实现不同温度供热 / 换热需求，提高系统效率。

4 为保证贮热水箱的水温分层，水箱进、出口处流速宜小于  $0.04 \text{ m/s}$ ，必要时宜采用水流分布器。

5 设计地下水池季节蓄热系统的水池容量时，应校核计算蓄热水池内热水可能达到的最高温度；宜利用计算机软件模拟系统的全年运行性能，进行计算预测。常压水池的最高水温应低于  $95^\circ\text{C}$ ，承压水池的最高水温应比与水池内压力相对应的水的沸点低  $5^\circ\text{C}$ 。

6 地下水池应根据相关国家标准、规范进行槽体结构、保温结构和防水结构的设计。

7 季节蓄热地下水池应有避免池内水温分布不均匀的技术措施。

8 贮热水箱和地下水池宜采用外保温，其保温设计应符合国家现行标准《采暖通风与空气

调节设计规范》GB 50019 及《设备及管道保温设计导则》GB8175 的要求。

9 设计土壤埋管季节蓄热系统之前，应进行地质勘察，确定当地的土壤地质条件是否适宜埋管；宜与地埋管热泵系统配合使用。

### 3.4.3 卵石堆蓄热设计

1 空气蓄热系统的蓄热装置——卵石堆蓄热器（卵石箱）内的卵石含量为每平方米集热器面积 250kg；卵石直径小于 10cm 时，卵石堆深度不宜小于 2m，卵石直径大于 10cm 时，卵石堆深度不宜小于 3m。卵石箱上下风口的面积应大于 8 % 的卵石箱截面积，空气通过上下风口流经卵石堆的阻力应小于 37 Pa。

2 放入卵石箱内的卵石应清洗干净，卵石大小应均匀，直径范围宜在 5—10cm 之间；不应使用易破碎的石头，如石灰石、砂石等，大理石、白云石等可与水和二氧化碳起反应的石头也不宜使用。卵石堆可水平或垂直铺放在箱内，水平卵石堆适宜于地下狭窄、高度受限的地点，无热分层；垂直卵石堆有热分层，蓄热性能更好，宜优先选用。

### 3.4.4 相变材料蓄热设计

1 空气集热器太阳能供暖系统采用相变材料蓄热时，热空气可直接流过相变材料蓄热器加热相变材料进行蓄热；液态工质集热器太阳能供暖系统采用相变材料蓄热时，应增设换热器，通过换热器加热相变材料蓄热器中的相变材料进行蓄热。

2 应根据太阳能供热采暖系统的工作温度，选择确定相变材料，使相变材料的相变温度与系统的工作温度范围相匹配。常用相变材料特性见附录 D。

## 3.5 自动控制设计

### 3.5.1 一般规定

1 太阳能供热采暖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和防过热保护。

2 控制方式应简便、可靠、利于操作；相应设置的电磁阀、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。

### 3.5.2 系统运行控制

1 太阳能集热系统宜采用温差循环运行控制。在集热系统工质出口和贮热装置底部分别设置温度传感器 S1 和 S2，当二者温差大于设定值（宜取 5~10℃）时，通过控制器启动循环泵或风机，系统运行，将热量从集热系统传输到贮热装置；当二者温差小于设定值（宜取 2~5℃）时，循环泵或风机关闭，系统停止运行。

2 太阳能集热系统和辅助热源加热设备的相互工作切换宜采用定温控制。在贮热装置内的

供热介质出口处设置温度传感器，当介质温度低于“设计供热温度”时，通过控制器启动辅助热源加热设备工作，介质温度高于“设计供热温度”后，控制辅助热源加热设备停止工作。

### 3.5.3 防冻、防过热控制

1 使用排空和排回防冻措施的直接和间接式太阳能集热系统宜采用定温控制。当太阳能集热系统出口水温低于设定的防冻执行温度时，通过控制器启闭相关阀门完全排空集热系统中的水或将水排回贮水箱。

2 水箱防过热温度传感器应设置在贮热水箱顶部，防过热执行温度应设定在 80℃ 以内；系统防过热温度传感器应设置在集热系统出口，防过热执行温度的设定范围应与系统的运行工况和部件的耐热能力相匹配。

3 为防止因系统过热造成运行故障或安全隐患而设置的安全阀应位置适当，并配备相应措施，保证在开启工作进行泄压时，排出的高温蒸汽和水不会危及周围人员的安全；其设定的开启压力，应与系统可耐受的最高工作温度对应的饱和蒸汽压力相一致。

## 3.6 末端供暖系统设计

3.6.1 液态工质集热器太阳能供热采暖系统可采用低温热水地板辐射、水—空气处理设备和散热器等末端供暖系统。

3.6.2 空气集热器太阳能供热采暖系统应采用热风采暖末端供暖系统，宜采用部分新风加回风循环的风管送风系统，系统运行噪声应符合国家相关规范的要求。

3.6.3 太阳能供热采暖系统的末端供暖系统设计应按照国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、行业标准《地面辐射供暖技术规程》JGJ 142 进行。

## 4 太阳能供热采暖系统施工

### 4.1 一般规定

4.1.1 太阳能供热采暖系统的施工安装不得破坏建筑物的结构、屋面防水层和附属设施，削弱建筑物在寿命期内承受荷载的能力。

4.1.2 太阳能供热采暖系统的施工安装应单独编制施工组织设计，并应包括与主体结构施工、设备安装、装饰装修等相关工种的协调配合方案和安全措施等内容。

4.1.3 太阳能供热采暖系统施工安装前应具备下列条件：

- 1 设计文件齐备，且已审查通过；
- 2 施工组织设计及施工方案已经批准；
- 3 施工场地符合施工组织设计要求；

- 4 现场水、电、场地、道路等条件能满足正常施工需要；
  - 5 预留基础、孔洞、设施符合设计图纸，并已验收合格；
  - 6 既有建筑经结构复核或法定检测机构同意安装太阳能供热采暖系统的鉴定文件。
- 4.1.4 太阳能供热采暖系统连接管线、部件、阀门等配件选用的材料应能耐受系统可达到的最高工作温度。

## 4.2 太阳能集热系统施工

- 4.2.1 太阳能集热器应按照设计要求的方位安装，使用罗盘仪确定方位。
- 4.2.2 太阳能集热器的相互连接以及真空管与联箱的密封应按照产品设计的连接和密封方式安装，具体操作应严格按产品说明书进行。
- 4.2.3 安装在平屋面专用基础上的太阳能集热器，应按照设计要求保证基础的强度；应做好防水处理，防水制作应符合国家标准《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的规定要求。
- 4.2.4 埋设在坡屋面结构层的预埋件应在结构层施工时同时埋入，并按设计要求准确定位。
- 4.2.5 太阳能集热系统管线穿过屋面、露台时，应预埋防水套管。
- 4.2.6 太阳能集热系统的管道防腐应符合国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242、《通风与空调工程施工及验收规范》GB 50243 的规定要求。

## 4.3 太阳能蓄热系统施工

- 4.3.1 用于制作贮热水箱的材质、规格应符合设计要求；钢板焊接的贮热水箱，水箱内、外壁应按设计要求作防腐处理，内壁防腐涂料应卫生、无毒、能长期耐受所贮存热水的最高温度。
- 4.3.2 贮热水箱制作应符合相关标准的规定；贮热水箱保温应在水箱检漏后进行，保温制作应符合国家标准《工业设备及管道绝热工程质量检验评定标准》GB 50185 的规定要求；贮热水箱内箱应做接地处理，接地应符合国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 的规定要求。
- 4.3.3 贮热水箱和支架间应有隔热垫，不宜直接刚性连接。
- 4.3.4 蓄热地下水池现场施工制作时，应符合下列规定：
- 1 地下水池必须满足系统承压要求，并应能承受土壤等荷载；
  - 2 地下水池应严密、无渗漏；
  - 3 地下水池及内部部件应作抗腐蚀处理，内壁防腐涂料应卫生、无毒、能长期耐受所贮存热水的最高温度；
  - 4 地下水池选用的保温材料和保温构造做法应能长期耐受所贮存热水的最高温度。

#### 4.4 控制系统施工

4.4.1 系统的电缆线路施工和电气设施的安装应符合国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 和《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的相关规定。

4.4.2 系统中全部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国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 的规定。

#### 4.5 末端供暖系统施工

4.5.1 末端供暖系统的施工安装应符合国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242、《通风与空调工程施工及验收规范》GB 50243 的相关规定。

4.5.2 低温热水地板辐射供暖系统的施工安装应符合行业标准《地面辐射供暖技术规程》JGJ 142 的相关规定。

### 5 太阳能供热采暖系统的调试、验收与效益评估

#### 5.1 一般规定

5.1.1 太阳能供热采暖系统安装完毕投入使用前，应进行系统调试。系统调试应在竣工验收阶段进行；不具备使用条件时，经建设单位同意，可延期进行。

5.1.2 系统调试应包括设备单机、部件调试和系统联动调试。系统联动调试应按照实际运行工况进行，联动调试完成后，应进行连续 3 天试运行。

5.1.3 太阳能供热采暖系统工程的验收应分为分项工程验收和竣工验收。分项工程验收应由监理工程师（建设单位技术负责人）组织施工单位项目专业质量（技术）负责人等进行；竣工验收应由建设单位（项目）负责人组织施工单位、设计、监理等单位（项目）负责人进行。

5.1.4 分项工程验收宜根据工程施工特点分期进行，对于影响工程安全和系统性能的工序，必须在本工序验收合格后才能进入下一道工序的施工。

5.1.5 竣工验收应在工程移交用户前，分项工程验收合格后进行；竣工验收应提交的资料包括：

- 1 设计变更证明文件和竣工图；
- 2 主要材料、设备、成品、半成品、仪表的出厂合格证明或检验资料；
- 3 屋面防水检漏记录；
- 4 隐蔽工程验收记录和中间验收记录；
- 5 系统水压试验记录；

- 6 系统水质检验记录;
- 7 系统调试和试运行记录;
- 8 系统热性能检验记录。

5.1.6 太阳能供热采暖工程施工质量的保修期限, 自竣工验收合格日起计算为二个采暖期。在保修期内发生施工质量问题的, 施工企业应履行保修职责, 责任方承担相应的经济责任。

## 5.2 系统调试

5.2.1 太阳能供热采暖工程的系统调试, 应由施工单位负责、监理单位监督, 设计单位与建设单位参与和配合。系统调试的实施可以是施工企业本身或委托给有调试能力的其它单位。

5.2.2 太阳能供热采暖工程系统的联动调试, 应在设备单机和部件调试和试运转合格后进行。

5.2.3 设备单机、部件调试应包括下列内容:

- 1 检查水泵安装方向;
- 2 检查电磁阀安装方向;
- 3 温度、温差、水位、流量等仪表显示正常;
- 4 电气控制系统应达到设计要求功能, 动作准确;
- 5 剩余电流保护装置动作准确可靠;
- 6 防冻、过热保护装置工作正常;
- 7 各种阀门开启灵活, 密封严密;
- 8 辅助能源加热设备工作正常, 加热能力达到设计要求。

5.2.4 系统联动调试应包括下列内容:

- 1 调整系统各个分支回路的调节阀门, 使各回路流量平衡, 达到设计流量;
- 2 调试辅助热源加热设备与太阳能集热系统的工作切换, 达到设计要求;
- 3 调整电磁阀使阀前阀后压力处于设计要求的压力范围内。

5.2.5 系统的联动调试应符合下列规定:

- 1 额定工况下太阳能集热系统和供热采暖系统总流量的测试结果与设计流量的偏差不应大于 10%;
- 2 额定工况下太阳能集热系统和供热采暖系统供热水温度与设计供热水温的偏差不应大于 5℃;
- 3 额定工况下太阳能空气集热器系统和热风采暖系统总风量的调试结果和设计风量的偏差不应大于 10%。

### 5.3 系统验收

5.3.1 太阳能供热采暖系统中的隐蔽工程，在隐蔽前必须经监理人员验收及认可签证。

5.3.2 太阳能供热采暖系统的土建工程验收前，应在安装施工中完成下列隐蔽项目的现场验收：

- 1 安装基础螺栓和预埋件；
- 2 基座、支架、集热器四周与主体结构的连接节点；
- 3 基座、支架、集热器四周与主体结构之间的封堵及防水；
- 4 太阳能供热采暖系统与建筑物避雷系统的防雷连接节点或系统自身的接地装置安装；

5.3.3 太阳能集热器的安装方位角和倾角应满足设计要求，安装误差应在 $\pm 3^\circ$ 以内。

5.3.4 太阳能供热采暖系统工程的检验和检测应包括下列主要内容：

- 1 压力管道、系统、设备及阀门的水压试验；
- 2 供暖系统的冲洗及测试；
- 3 系统的热性能检测。

5.3.5 太阳能供热采暖系统管道的水压试验压力应为工作压力的 1.5 倍，工作压力应符合设计要求。设计未注明时，开式太阳能集热系统应以系统顶点工作压力加 0.1 MPa 作水压试验；闭式太阳能集热系统和供暖系统应按 GB 50242《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》的规定进行。

### 5.4 系统效益评估

5.4.1 太阳能供热采暖系统设计完成后，应进行系统节能、环保效益预评估；系统工作运行后，宜进行系统节能、环保效益的长期监测。

5.4.2 太阳能供热采暖系统宜设计安装用于系统节能、环保效益监测的计量装置。

5.4.3 太阳能供热采暖系统节能、环保效益的分析评定指标应包括：系统的年节能量、年节能费用、费效比和二氧化碳减排量。

5.4.4 计算太阳能供热采暖系统的年节能量、系统寿命期内的总节能费用、费效比和二氧化碳减排量，应采用附录 F 中的推荐公式。

## 6 太阳能供热采暖系统的运行与维护

### 6.1 一般规定

6.1.1 太阳能供热采暖系统投入使用后，应根据系统的特性和工作状况进行管理和定期的维

护，保证太阳能供热采暖系统的持续正常工作。

6.1.2 太阳能供热采暖系统通过工程验收并交付使用后，应依据验收材料准备初次运行工作，根据组成太阳能供热采暖系统各部件的不同功能制订运行维护计划，并按照该计划进行日常的运行管理。

## **6.2 太阳能集热系统运行维护**

6.2.1 太阳能集热系统的维护包括太阳能集热器维护和管路，水箱及附件的维护。

6.2.2 应经常清除积灰，保持平板型集热器透明盖板和真空管型太阳能集热器真空集热管的清洁，注意保护透明盖板和玻璃真空集热管不受损坏。

6.2.3 应定期除垢，及时修补损坏的部件。

## **6.3 自动控制系统运行维护**

6.3.1 应对集热器进出口水温、贮水箱出口水温的变化情况和其他设备的工作情况进行及时监测，以确认自动控制系统是否正常工作。

6.3.2 应经常检查温度传感器热电阻套管的密封性情况，热电阻引出线与传感器连接线的连接情况，及时处理松动、腐蚀等情况。避免温度传感器受到强烈的外部冲击。



## 附录 A 代表城市的设计用气象参数

表 A.0.1 代表城市的设计用气象参数

城市名称	纬度	H <sub>ha</sub>	H <sub>La</sub>	H <sub>ht</sub>	H <sub>Lt</sub>	T <sub>a</sub>	S <sub>y</sub>	T <sub>d</sub>	S <sub>d</sub>	资源区
北 京	39° 56′	14.180	16.014	7.889	13.709	12.9	7.5	-2.7	6.0	III
哈尔滨	45° 45′	12.923	15.394	5.162	10.522	4.2	7.3	-15.6	4.7	III
长 春	43° 54′	13.663	16.127	6.112	13.116	5.8	7.4	-12.8	5.5	III
伊 宁	43° 57′	15.125	17.733	5.774	12.225	9.0	8.1	-5.8	4.9	II
沈 阳	41° 46′	13.091	14.980	6.186	11.437	8.6	7.0	-8.5	4.9	III
天 津	39° 06′	14.106	15.804	7.328	12.610	13.0	7.2	-1.6	5.6	III
二连浩特	43° 39′	17.280	21.012	7.824	18.150	4.1	9.1	-16.2	6.9	II
大 同	40° 06′	15.202	17.346	7.977	14.647	7.2	7.6	-8.9	5.6	II
西 安	34° 18′	11.878	12.303	7.214	10.200	13.5	4.7	0.7	3.1	III
济 南	36° 41′	13.167	14.455	7.657	13.854	14.9	7.1	1.1	5.5	III
郑 州	34° 43′	13.482	14.301	7.781	12.277	14.3	6.2	1.7	5.0	III
合 肥	31° 52′	11.272	11.873	7.565	10.927	15.4	5.4	4.5	4.8	IV
武 汉	30° 37′	11.466	11.869	7.022	9.404	16.5	5.5	6.0	4.5	IV
宜 昌	30° 42′	10.628	10.852	6.167	7.833	16.6	4.4	6.7	3.2	IV
长 沙	28° 14′	10.882	11.061	6.811	8.712	17.1	4.5	6.7	3.7	IV
南 昌	28° 36′	11.792	12.158	8.027	10.609	17.5	5.2	7.8	4.7	III
南 京	32° 00′	12.156	12.898	8.163	12.047	15.4	5.6	4.4	5.0	III
上 海	31° 10′	12.300	12.904	8.047	11.437	16.0	5.5	6.2	4.7	III
杭 州	30° 14′	11.117	11.621	7.303	10.425	16.5	5.0	6.8	4.6	IV
福 州	26° 05′	11.772	12.128	8.324	10.860	19.6	4.6	13.2	4.2	III
广 州	23° 08′	11.216	11.513	10.528	13.355	22.2	4.6	15.3	5.5	IV
韶 关	24° 48′	11.677	11.981	9.366	11.689	20.3	4.6	12.1	4.7	III
南 宁	22° 49′	12.690	12.788	9.368	11.507	22.1	4.5	14.9	4.1	III
桂 林	25° 20′	10.756	10.999	8.050	9.667	19.0	4.2	10.5	3.9	IV
昆 明	25° 01′	14.633	15.551	11.884	15.736	15.1	6.2	8.2	6.7	III
贵 阳	26° 35′	9.548	9.654	5.514	6.421	15.4	3.3	7.4	2.1	IV
成 都	30° 40′	9.402	9.305	5.419	6.302	16.1	3.0	7.3	1.7	IV
重 庆	29° 33′	8.669	8.552	3.210	3.531	18.3	3.0	9.3	0.9	IV
拉 萨	29° 40′	19.843	22.022	15.725	25.025	8.2	8.6	-1.7	8.7	I
西 宁	36° 37′	15.636	17.336	10.105	16.816	6.5	7.6	-6.7	6.7	II
格尔木	36° 25′	19.238	21.785	11.016	20.910	5.5	8.7	-9.6	7.6	I
兰 州	36° 03′	14.322	15.135	7.326	10.696	9.8	6.9	-5.5	5.1	III
银 川	38° 29′	16.507	18.465	9.095	15.941	8.9	8.3	-6.7	6.8	II
乌鲁木齐	43° 47′	13.884	15.726	4.174	7.692	6.9	7.3	-9.3	3.1	III
喀 什	39° 28′	15.522	16.911	7.529	11.957	11.9	7.7	-4.2	5.3	II
哈 密	42° 49′	17.229	20.238	7.748	16.222	10.1	9.0	-9.0	6.4	II
漠 河	52° 58′	12.935	17.147	3.258	10.361	-4.3	6.7	-28.0	4.0	III
黑 河	50° 15′	12.732	16.253	4.072	11.340	0.4	7.6	-20.9	5.4	III

佳木斯	46° 49′	12.019	14.689	4.847	10.481	3.6	6.9	-15.5	4.6	III
阿勒泰	47° 44′	14.943	18.157	4.822	11.030	4.5	8.5	-14.1	4.4	II
奇 台	44° 01′	14.927	17.489	4.990	10.150	5.2	8.5	-13.2	4.9	II
吐鲁番	42° 56′	15.244	17.114	6.443	11.623	14.4	8.3	-7.2	4.5	II
库 车	41° 48′	15.770	17.639	7.779	14.272	11.3	7.7	-6.1	5.7	II
若 羌	39° 02′	16.674	18.260	8.506	13.945	11.7	8.8	-6.2	6.5	II
和 田	37° 08′	15.707	17.032	9.206	14.512	12.5	7.3	-3.2	5.9	II
额济纳旗	41° 57′	17.884	21.501	8.040	17.390	8.9	9.6	-9.1	7.3	II
敦 煌	40° 09′	17.480	19.922	8.747	15.879	9.5	9.2	-7.0	6.9	II
民 勤	38° 38′	15.928	17.991	9.112	16.272	8.3	8.7	-7.9	7.7	II
伊金霍洛旗	39° 34′	15.438	17.973	8.839	16.991	6.3	8.7	-9.6	7.1	II
太 原	37° 47′	14.394	15.815	8.234	13.701	10.0	7.1	-4.9	5.4	III
侯 马	35° 39′	13.791	14.816	8.262	13.649	12.9	6.7	-2.3	4.8	III
烟 台	37° 32′	13.428	14.792	5.960	9.752	12.6	7.6	1.5	5.2	III
葛 尔	32° 30′	19.013	21.717	12.827	20.741	0.4	10.0	-11.1	8.6	I
那 曲	31° 29′	15.423	17.013	13.626	21.486	-1.2	8.0	-13.2	8.0	II
玉 树	33° 01′	15.797	17.439	11.997	19.926	3.2	7.1	-7.2	6.5	II
昌 都	31° 09′	16.415	18.082	12.593	20.092	7.6	6.9	-2.0	7.0	II
绵 阳	31° 28′	10.049	10.051	4.771	5.940	16.2	3.2	6.7	2.0	IV
峨眉山	29° 31′	11.757	12.621	10.736	15.584	3.1	3.9	-3.5	5.1	III
乐 山	29° 30′	9.448	9.372	4.253	4.702	17.2	3.0	8.7	1.5	IV
威 宁	26° 51′	12.793	13.492	9.214	12.293	10.4	5.0	3.4	5.4	III
腾 冲	25° 01′	14.960	16.148	14.352	19.416	15.1	5.8	9.0	8.1	II
景 洪	22° 00′	15.170	15.768	11.433	14.356	22.3	6.0	16.5	5.1	II
蒙 自	23° 23′	14.621	15.247	12.128	15.230	18.6	6.1	12.3	6.5	III
南 充	30° 48′	9.946	9.939	4.069	4.558	17.3	3.2	8.0	0.9	IV
万 县	30° 46′	9.653	9.655	4.015	4.583	18.0	3.6	9.1	1.1	IV
泸 州	28° 53′	8.807	8.770	3.358	3.612	17.7	3.2	9.1	1.2	IV
遵 义	27° 41′	8.797	8.685	4.252	4.825	15.3	3.0	6.7	1.5	IV
赣 州	25° 51′	12.168	12.481	8.807	11.425	19.4	5.0	10.3	4.7	III
慈 溪	30° 16′	12.202	12.804	8.301	11.276	16.2	5.5	6.6	4.8	III
汕 头	23° 24′	12.921	13.293	10.959	14.131	21.5	5.6	15.5	5.7	III
海 口	20° 02′	12.912	13.018	8.937	10.792	24.1	5.9	19.0	4.4	III
三 亚	18° 14′	16.627	16.956	13.080	15.360	25.8	7.0	22.1	6.2	II

注:

$H_{ha}$ : 水平面年平均日辐照量,  $MJ/m^2 \cdot d$ ;

$H_{La}$ : 当地纬度倾角平面年平均日辐照量,  $MJ/m^2 \cdot d$ ;

$H_{ht}$ : 水平面十二月的月平均日辐照量,  $MJ/m^2 \cdot d$ ;

$H_{Lt}$ : 当地纬度倾角平面十二月的月平均日辐照量,  $MJ/m^2 \cdot d$ ;

$T_a$ : 年平均环境温度,  $^{\circ}C$ ;

$T_d$ : 十二月的月平均环境温度

$S_y$ : 年平均每日的日照小时数,  $h$ ;

$S_d$ : 十二月的月平均每日的日照小时数,  $h$ 。

表 A.0.2 不同地区太阳能供热采暖系统的太阳能保证率的推荐选值范围

资源区划	短期蓄热系统太阳能保证率	季节蓄热系统太阳能保证率
I 资源丰富区	40%~60%	60%~80%
II 资源较富区	20%~40%	40%~60%
III 资源一般区	10%~20%	20%~40%
IV 资源贫乏区	$\leq 10\%$	10%~20%

## 附录 B 太阳能集热器集热效率计算方法

B.0.1 太阳能集热器的集热效率应根据选用产品的实际测试效率方程进行计算。

B.0.2 太阳能集热器产品的实测效率方程分为一次方程和二次方程，由检测机构根据实测参数的拟合情况选择。

1 一次方程  $\eta = \eta_0 - UT^*$  (B.0.2-1)

式中： $\eta$ ——以  $T^*$  为参考的集热器热效率，%

$\eta_0$ —— $T^* = 0$  时的集热器热效率，%

$U$ ——以  $T^*$  为参考的集热器总热损系数， $W / (m^2 K)$

$T^*$ ——归一化温差， $(m^2 K) / W$

2 二次方程  $\eta = \eta_0 - a_1 T^* - a_2 G (T^*)^2$  (B.0.2-2)

式中： $a_1$ ——以  $T^*$  为参考的常数

$a_2$ ——以  $T^*$  为参考的常数

$G$ ——总太阳辐照度， $W / m^2$

3 方程中的归一化温差  $T^* = (t_i - t_a) / G$  (B.0.2-3)

式中： $t_i$ ——集热器工质进口温度， $^{\circ}C$

$t_a$ ——环境温度， $^{\circ}C$

B.0.3 短期蓄热太阳能供热采暖系统计算太阳能集热器集热效率时，归一化温差计算的参数选择应符合下列原则：

1 直接系统的  $t_i$  取供暖系统的回水温度，间接系统的  $t_i$  等于供暖系统的回水温度加换热器的换热温差。

2  $t_a$  取当地 12 月的月平均室外环境空气温度。

3  $G = H_d / (3600 S_d)$  (B.0.3-1)

式中： $H_d$ ——当地 12 月集热器采光面上的太阳总辐射月平均日辐照量， $MJ / (m^2 d)$

$S_d$ ——当地 12 月的月平均每日的日照小时数，h

B.0.4 季节蓄热太阳能供热采暖系统计算太阳能集热器集热效率时，归一化温差计算的参数选择应符合下列原则：

1 直接系统的  $t_i$  取供暖系统的回水温度，间接系统的  $t_i$  等于供暖系统的回水温度加换热器的换热温差。

2  $t_a$  取当地的年平均室外环境空气温度。

3  $G = H_y / (3600 S_y)$  (B.0.3-1)

式中： $H_y$ ——当地集热器采光面上的太阳总辐射年平均日辐照量， $MJ / (m^2 d)$

$S_y$  ——当地的年平均每日的日照小时数, h

## 附录 C 太阳能集热系统管路、水箱热损失率计算方法

C.0.1 太阳能集热系统管路单位表面积的热损失可按下式计算：

$$q_l = \frac{p(t-t_a)}{\frac{1}{2p} \ln \frac{D_0}{D_i} + \frac{1}{aD_0}} \quad (\text{C.0.1-1})$$

式中： $q_l$  ——管路单位表面积的热损失，

$D_i$  ——管道保温层内径，m；

$D_0$  ——管道保温层外径，m；

$t_a$  ——保温结构周围环境的空气温度，℃；

$t$  ——设备及管道外壁温度，对于金属外壁设备及管道，通常可取介质温度，℃；

$a$  ——表面散热系数，W / (m<sup>2</sup> · ℃)；

C.0.2 贮水箱单位表面积的热损失可按下式计算：

$$q = \frac{(t-t_a)}{\frac{d}{l} + \frac{1}{a}} \quad (\text{C.0.2-1})$$

式中： $q$  ——贮水箱单位表面积的热损失，

$d$  ——保温层厚度，m，对于管道保温：

$l$  ——保温材料导热系数，W / (m<sup>2</sup> · ℃)；

对于圆形水箱保温：

$$d = \frac{D_0 - D_i}{2} \quad (\text{C.0.2-2})$$

C.0.3 管路及贮水箱热损失率  $\eta_L$  可按下式计算：

$$\eta_L = (q_l + q) / (J_T \eta_{cd}) \quad (\text{C.0.3-1})$$

附录 D 不同地区太阳能集热器的补偿面积比

D.0.1 太阳能集热器的面积补偿应按下式计算：

$$A_B = A_S / R_S \quad (D.0.1-1)$$

式中：A<sub>B</sub> ——进行面积补偿后实际确定的太阳能集热器面积，  
A<sub>S</sub> ——按集热器方位正南，用本规范公式（3.3.3-1）、（3.3.3-2）计算得出的太阳能集热器面积，  
R<sub>S</sub> ——太阳能集热器补偿面积比；

D.0.2 代表城市的太阳能集热器补偿面积比 R<sub>S</sub> 可选用表 D.中的对应值。表 D 中未列入的城市，可选用与该表中距离最近，而且纬度最接近的城市的 R<sub>S</sub> 对应值。

表 D 代表城市的太阳能集热器补偿面积比 R<sub>S</sub>

	R <sub>s</sub> 大于 90%的范围
	R <sub>s</sub> 小于 90%的范围
	R <sub>s</sub> 大于 95%的范围

北京	纬度	39.48																	
	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	52%	55%	58%	61%	63%	65%	67%	68%	69%	69%	69%	68%	67%	65%	63%	61%	58%	55%	52%
80	58%	61%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	78%	78%	77%	76%	73%	71%	68%	65%	61%	58%
70	63%	67%	71%	75%	78%	81%	83%	85%	86%	86%	86%	85%	83%	81%	78%	75%	71%	67%	63%
60	69%	73%	77%	81%	84%	87%	89%	91%	92%	92%	92%	91%	89%	87%	84%	81%	77%	73%	69%
50	75%	78%	82%	86%	89%	92%	94%	96%	97%	97%	97%	96%	94%	92%	89%	86%	82%	78%	75%
40	79%	83%	86%	89%	92%	95%	97%	98%	99%	99%	99%	98%	97%	95%	92%	89%	86%	83%	79%

30	83%	86%	89%	92%	94%	96%	98%	99%	100%	100%	100%	99%	98%	96%	94%	92%	89%	86%	83%
20	87%	89%	91%	93%	94%	96%	97%	98%	98%	99%	98%	98%	97%	96%	94%	93%	91%	89%	87%
10	89%	90%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%
水平面	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

武汉 纬度 30.35

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	54%	55%	57%	58%	58%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	58%	58%	57%	55%	54%
80	61%	62%	64%	65%	66%	67%	68%	68%	68%	69%	68%	68%	68%	67%	66%	65%	64%	62%	61%
70	68%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	77%	77%	77%	77%	76%	75%	74%	73%	71%	70%	68%
60	74%	76%	78%	80%	81%	82%	83%	84%	84%	84%	84%	84%	83%	82%	81%	80%	78%	76%	74%
50	80%	82%	84%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	91%	91%	90%	89%	88%	87%	86%	84%	82%	80%
40	86%	88%	89%	91%	92%	93%	94%	95%	95%	95%	95%	95%	94%	93%	92%	91%	89%	88%	86%
30	91%	92%	93%	95%	96%	97%	98%	98%	98%	99%	98%	98%	98%	97%	96%	95%	93%	92%	91%
20	94%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	94%
10	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	97%
水平面	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%

昆明 纬度 25.01

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	52%	54%	56%	57%	58%	59%	59%	60%	60%	60%	60%	60%	59%	59%	58%	57%	56%	54%	52%
80	59%	61%	63%	65%	66%	67%	68%	69%	69%	69%	69%	69%	68%	67%	66%	65%	63%	61%	59%
70	66%	68%	70%	72%	74%	75%	76%	77%	78%	78%	78%	77%	76%	75%	74%	72%	70%	68%	66%
60	73%	75%	77%	79%	81%	82%	84%	85%	85%	85%	85%	85%	84%	82%	81%	79%	77%	75%	73%



50	79%	81%	83%	85%	87%	89%	90%	91%	91%	92%	91%	91%	90%	89%	87%	85%	83%	81%	79%
40	85%	87%	89%	90%	92%	93%	95%	95%	96%	96%	96%	95%	95%	93%	92%	90%	89%	87%	85%
30	90%	91%	93%	94%	96%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	96%	94%	93%	91%	90%
20	93%	94%	96%	97%	98%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	98%	98%	97%	96%	94%	93%
10	96%	96%	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	97%	96%	96%
水平面	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%

贵阳 纬度 26.07

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	54%	56%	57%	58%	58%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	58%	58%	57%	56%	54%
80	61%	63%	64%	65%	66%	67%	68%	68%	68%	68%	68%	68%	68%	67%	66%	65%	64%	63%	61%
70	68%	70%	71%	73%	74%	76%	76%	76%	77%	77%	77%	76%	76%	76%	74%	73%	71%	70%	68%
60	75%	77%	78%	79%	81%	82%	83%	84%	84%	84%	84%	84%	83%	82%	81%	79%	78%	77%	75%
50	81%	83%	84%	86%	87%	88%	89%	90%	90%	90%	90%	90%	89%	88%	87%	86%	84%	83%	81%
40	87%	88%	90%	91%	92%	93%	94%	95%	95%	95%	95%	95%	94%	93%	92%	91%	90%	88%	87%
30	91%	93%	94%	95%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	95%	94%	93%	91%
20	95%	96%	97%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	97%	96%	95%
10	97%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	97%
水平面	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%

长沙 纬度 28.06

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	54%	55%	56%	57%	57%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	57%	57%	56%	55%	54%

80	61%	62%	63%	64%	61%	66%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	66%	61%	64%	63%	62%	61%
70	67%	69%	71%	72%	73%	74%	75%	75%	75%	76%	75%	75%	75%	74%	73%	72%	71%	69%	67%
60	74%	76%	78%	79%	80%	81%	82%	83%	83%	83%	83%	83%	82%	81%	80%	79%	78%	76%	74%
50	81%	82%	84%	85%	87%	88%	89%	89%	90%	90%	90%	89%	89%	88%	87%	85%	84%	82%	81%
40	86%	88%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	89%	88%	86%
30	91%	92%	94%	95%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	95%	94%	92%	91%
20	95%	96%	97%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	97%	96%	95%
10	97%	98%	98%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	99%	98%	98%	97%
水平面	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%

广州 纬度 23.12

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	53%	54%	55%	56%	57%	57%	58%	58%	58%	57%	58%	58%	58%	57%	57%	56%	55%	54%	53%
80	60%	61%	63%	64%	65%	66%	66%	67%	67%	67%	67%	67%	66%	66%	65%	64%	63%	61%	60%
70	67%	69%	70%	72%	73%	74%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	74%	73%	72%	70%	69%	67%
60	74%	75%	77%	79%	80%	81%	82%	83%	83%	83%	83%	83%	82%	81%	80%	79%	77%	75%	74%
50	80%	82%	84%	85%	86%	88%	89%	89%	90%	90%	90%	89%	89%	88%	86%	85%	84%	82%	80%
40	86%	87%	89%	90%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	90%	89%	87%	86%
30	91%	92%	93%	95%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	95%	93%	92%	91%
20	95%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	95%
10	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	97%
水平面	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%

南昌 纬度 28.42

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
--	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---

90	54%	55%	56%	57%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	57%	56%	55%	54%
80	61%	62%	64%	65%	66%	66%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	66%	66%	65%	64%	62%	61%
70	68%	69%	71%	72%	73%	74%	75%	75%	76%	76%	76%	75%	75%	74%	73%	72%	71%	69%	68%
60	74%	76%	78%	79%	81%	82%	82%	83%	83%	84%	83%	83%	82%	82%	81%	79%	78%	76%	74%
50	81%	82%	84%	86%	87%	88%	89%	89%	90%	90%	90%	89%	89%	88%	87%	86%	84%	82%	81%
40	86%	88%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	89%	88%	86%
30	91%	92%	94%	95%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	95%	94%	92%	91%
20	95%	96%	97%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	97%	96%	95%
10	97%	98%	98%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	99%	98%	98%	97%
水平面	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%

成都 纬度 30.35

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	57%	57%	57%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%
80	65%	65%	65%	66%	66%	66%	66%	65%	65%	65%	65%	65%	66%	66%	66%	66%	65%	65%	65%
70	72%	72%	72%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	72%	72%	72%
60	78%	79%	79%	79%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	79%	79%	79%	78%
50	84%	85%	85%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	85%	85%	85%	84%
40	89%	90%	90%	91%	91%	91%	91%	92%	92%	92%	92%	92%	91%	91%	91%	91%	90%	90%	89%
30	94%	94%	94%	95%	95%	95%	95%	96%	96%	96%	96%	96%	95%	95%	95%	95%	94%	94%	94%
20	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	99%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%
10	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	99%
水平面	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

纬度 31.08

上海

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	55%	56%	57%	58%	59%	60%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	60%	59%	58%	57%	56%	55%
80	61%	63%	65%	66%	67%	68%	69%	69%	70%	70%	70%	69%	69%	68%	67%	66%	65%	63%	61%
70	68%	70%	72%	73%	75%	76%	77%	77%	78%	78%	78%	77%	77%	76%	75%	73%	72%	70%	68%
60	75%	77%	78%	80%	82%	83%	84%	85%	85%	85%	85%	85%	84%	83%	82%	80%	78%	77%	75%
50	81%	83%	84%	86%	88%	89%	90%	91%	91%	91%	91%	91%	90%	89%	88%	86%	84%	83%	81%
40	86%	88%	90%	91%	92%	94%	94%	95%	96%	96%	96%	95%	94%	94%	92%	91%	90%	88%	86%
30	91%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	96%	95%	94%	92%	91%
20	94%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	94%
10	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	97%
水平面	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%

西安

纬度 34.24

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	55%	57%	58%	60%	61%	62%	62%	62%	63%	63%	63%	62%	62%	62%	61%	60%	58%	57%	55%
80	62%	64%	65%	67%	68%	69%	70%	71%	71%	71%	71%	71%	70%	69%	68%	67%	65%	64%	62%
70	68%	71%	72%	74%	76%	77%	78%	79%	79%	79%	79%	79%	78%	77%	76%	74%	72%	71%	68%
60	75%	77%	79%	81%	82%	84%	85%	86%	86%	86%	86%	86%	85%	84%	82%	81%	79%	77%	75%
50	81%	83%	85%	86%	88%	89%	91%	91%	92%	92%	92%	91%	91%	89%	88%	86%	85%	83%	81%
40	86%	88%	90%	91%	93%	94%	95%	96%	96%	96%	96%	96%	95%	94%	93%	91%	90%	88%	86%
30	90%	92%	93%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	93%	92%	90%
20	94%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	94%
10	96%	97%	97%	98%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	98%	97%	97%	96%
水平面	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%

郑州

纬度 34.51

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	55%	57%	58%	60%	83%	62%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	62%	83%	60%	58%	57%	55%
80	62%	64%	66%	67%	69%	70%	71%	72%	72%	72%	72%	72%	71%	70%	69%	67%	66%	64%	62%
70	68%	70%	72%	74%	76%	77%	79%	79%	80%	72%	80%	79%	79%	77%	76%	74%	72%	70%	68%
60	75%	77%	79%	81%	83%	84%	85%	86%	87%	87%	87%	86%	85%	84%	83%	81%	79%	77%	75%
50	81%	83%	85%	87%	88%	90%	91%	92%	92%	93%	92%	92%	91%	90%	88%	87%	85%	83%	81%
40	86%	88%	90%	91%	93%	94%	95%	96%	96%	97%	96%	96%	95%	94%	93%	91%	90%	88%	86%
30	90%	92%	93%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	93%	92%	90%
20	94%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	94%
10	96%	96%	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	97%	96%	96%
水平面	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%

青岛

纬度 36.16

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	54%	56%	58%	60%	62%	63%	64%	65%	66%	66%	66%	65%	64%	63%	62%	60%	58%	56%	54%
80	60%	63%	65%	67%	70%	71%	73%	74%	75%	75%	75%	74%	73%	71%	70%	67%	65%	63%	60%
70	67%	69%	72%	75%	77%	79%	80%	82%	82%	83%	82%	82%	80%	79%	77%	75%	72%	69%	67%
60	73%	76%	78%	81%	83%	85%	87%	88%	89%	89%	89%	88%	87%	85%	83%	81%	78%	76%	73%
50	79%	81%	84%	87%	89%	91%	92%	94%	94%	95%	94%	94%	92%	91%	89%	87%	84%	81%	79%
40	84%	87%	89%	91%	93%	95%	96%	97%	98%	98%	98%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	84%
30	88%	90%	92%	94%	96%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	99%	98%	97%	96%	94%	92%	90%	88%
20	92%	93%	94%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	94%	93%	92%
10	94%	95%	95%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	95%	95%	94%
水平面	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%

兰州

纬度 36.03

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	54%	56%	58%	60%	61%	62%	63%	64%	64%	64%	64%	64%	63%	62%	61%	60%	58%	56%	54%
80	60%	63%	65%	67%	69%	71%	72%	73%	73%	73%	73%	73%	72%	71%	69%	67%	65%	63%	60%
70	66%	69%	72%	74%	76%	78%	80%	81%	81%	82%	81%	81%	80%	78%	76%	74%	72%	69%	66%
60	72%	75%	78%	81%	83%	85%	86%	88%	88%	89%	88%	88%	86%	85%	83%	81%	78%	75%	72%
50	78%	81%	84%	86%	89%	90%	92%	93%	94%	94%	94%	93%	92%	90%	89%	86%	84%	81%	78%
40	83%	86%	88%	91%	93%	95%	96%	97%	98%	98%	98%	97%	96%	95%	93%	91%	88%	86%	83%
30	88%	90%	92%	94%	96%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	99%	98%	97%	96%	94%	92%	90%	88%
20	91%	93%	94%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	94%	93%	91%
10	94%	95%	95%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	95%	95%	94%
水平面	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%

济南

纬度 36.43

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	53%	56%	58%	60%	62%	63%	64%	65%	65%	65%	65%	65%	64%	63%	62%	60%	58%	56%	53%
80	60%	62%	65%	67%	69%	71%	73%	74%	74%	74%	74%	74%	73%	71%	69%	67%	65%	62%	60%
70	66%	69%	72%	74%	77%	79%	80%	82%	82%	83%	82%	82%	80%	79%	77%	74%	72%	69%	66%
60	72%	75%	78%	81%	83%	85%	87%	88%	89%	89%	89%	88%	87%	85%	83%	81%	78%	75%	72%
50	78%	81%	84%	86%	89%	91%	92%	94%	94%	95%	94%	94%	92%	91%	89%	86%	84%	81%	78%
40	83%	86%	88%	91%	93%	95%	96%	97%	98%	98%	98%	97%	96%	95%	93%	91%	88%	86%	83%
30	88%	90%	92%	94%	96%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	99%	98%	97%	96%	94%	92%	90%	88%
20	91%	93%	94%	95%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	95%	94%	93%	91%
10	93%	94%	95%	96%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	96%	95%	94%	93%

水平面	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

太原 纬度 37.42

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	54%	56%	59%	61%	63%	64%	66%	66%	67%	67%	67%	66%	66%	64%	63%	61%	59%	56%	54%
80	60%	63%	66%	68%	70%	72%	74%	75%	76%	76%	76%	75%	74%	72%	70%	68%	66%	63%	60%
70	66%	69%	72%	75%	77%	80%	81%	83%	84%	84%	84%	83%	81%	80%	77%	75%	72%	69%	66%
60	72%	75%	78%	81%	84%	86%	88%	89%	90%	90%	90%	89%	88%	86%	84%	81%	78%	75%	72%
50	77%	81%	84%	86%	89%	91%	93%	94%	95%	95%	95%	94%	93%	91%	89%	86%	84%	81%	77%
40	82%	85%	88%	91%	93%	95%	96%	98%	98%	99%	98%	98%	96%	95%	93%	91%	88%	85%	82%
30	87%	89%	91%	93%	95%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	99%	98%	97%	95%	93%	91%	89%	87%
20	90%	92%	93%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	99%	99%	98%	97%	96%	95%	93%	92%	90%
10	92%	93%	94%	95%	95%	96%	96%	97%	97%	97%	97%	97%	96%	96%	95%	95%	94%	93%	92%
水平面	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%

天津 纬度 38.56

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	53%	56%	58%	61%	63%	65%	66%	67%	68%	68%	68%	67%	66%	65%	63%	61%	58%	56%	53%
80	59%	62%	65%	68%	71%	73%	75%	76%	77%	77%	77%	76%	75%	73%	71%	68%	65%	62%	59%
70	65%	68%	72%	75%	78%	80%	82%	84%	85%	85%	85%	84%	82%	80%	78%	75%	72%	68%	65%
60	71%	74%	78%	81%	84%	86%	88%	90%	91%	91%	91%	90%	88%	86%	84%	81%	78%	74%	71%
50	76%	80%	83%	86%	89%	91%	93%	95%	96%	96%	96%	95%	93%	91%	89%	86%	83%	80%	76%
40	81%	84%	87%	90%	93%	95%	97%	98%	99%	99%	99%	98%	97%	95%	93%	90%	87%	84%	81%
30	85%	88%	90%	93%	95%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	99%	98%	97%	95%	93%	90%	88%	85%
20	89%	91%	92%	94%	95%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	98%	98%	97%	95%	94%	92%	91%	89%

10	91%	92%	93%	94%	94%	95%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	95%	94%	94%	93%	92%	91%
水平面	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%

抚顺

纬度 41.55

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	南	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	54%	57%	60%	63%	66%	68%	70%	72%	73%	73%	73%	72%	70%	68%	66%	63%	60%	57%	54%
80	59%	63%	67%	70%	73%	76%	78%	80%	81%	81%	81%	80%	78%	76%	73%	70%	67%	63%	59%
70	65%	69%	73%	76%	80%	83%	85%	87%	88%	88%	88%	87%	85%	83%	80%	76%	73%	69%	65%
60	70%	74%	78%	82%	85%	88%	91%	92%	94%	94%	94%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%
50	75%	79%	83%	86%	90%	92%	95%	96%	98%	98%	98%	96%	95%	92%	90%	86%	83%	79%	75%
40	80%	83%	86%	90%	92%	95%	97%	99%	100%	100%	100%	99%	97%	95%	92%	90%	86%	83%	80%
30	83%	86%	89%	92%	94%	96%	98%	99%	100%	100%	100%	99%	98%	96%	94%	92%	89%	86%	83%
20	86%	88%	90%	92%	94%	95%	97%	97%	98%	98%	98%	97%	97%	95%	94%	92%	90%	88%	86%
10	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%
水平面	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%

长春

纬度 43.40

	东	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	South	10	20	30	40	50	60	70	80	西
90	52%	56%	59%	63%	66%	69%	72%	74%	75%	75%	75%	74%	72%	69%	66%	63%	59%	56%	52%
80	57%	61%	66%	70%	73%	77%	80%	82%	83%	84%	83%	82%	80%	77%	73%	70%	66%	61%	57%
70	62%	67%	71%	76%	80%	83%	86%	89%	90%	90%	90%	89%	86%	83%	80%	76%	71%	67%	62%
60	67%	72%	77%	81%	85%	88%	91%	94%	95%	96%	95%	94%	91%	88%	85%	81%	77%	72%	67%
50	72%	76%	81%	85%	89%	92%	95%	97%	98%	99%	98%	97%	95%	92%	89%	85%	81%	76%	72%
40	76%	80%	84%	88%	91%	94%	97%	98%	100%	100%	100%	98%	97%	94%	91%	88%	84%	80%	76%
30	80%	83%	86%	89%	92%	95%	97%	98%	99%	99%	99%	98%	97%	95%	92%	89%	86%	83%	80%



20	83%	85%	87%	89%	91%	93%	95%	96%	96%	96%	96%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	83%
10	84%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	91%	92%	92%	92%	91%	91%	90%	89%	88%	87%	86%	84%
水平面	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%

## 附录 E 间接系统热交换器换热面积计算方法

E.0.1 间接系统热交换器换热面积可按下式计算：

$$A_{hx} = (1 - \eta_L) Q_{hx} / (\varepsilon \times U_{hx} \times \Delta t_j) \quad (E.0.1-1)$$

式中：  $A_{hx}$ ——间接系统热交换器换热面积，  $m^2$ ；

$\eta_L$ ——贮热水箱到热交换器的管路热损失率，一般可取 0.02~0.05；

$Q_{hx}$ ——热交换器换热量， kW；

$\varepsilon$ ——结垢影响系数， 0.6~0.8；

$U_{hx}$ ——热交换器传热系数，按热交换器技术参数确定；

$\Delta t_j$ ——传热温差，宜取 5~10℃，集热器热性能好，温差取高值，否则取低值。

E.0.2 热交换器换热量可按下式计算：

$$Q_{hx} = (k \times f \times Q) / (3600 \times S_y) \quad (E.0.2-1)$$

式中：  $Q_{hx}$ ——热交换器换热量， kW；

$k$ ——太阳辐照度时变系数，取 1.5~1.8，取高限对太阳能利用有利，但会增加造价；

$f$ ——太阳能保证率，%，按附录 A 选取；

$Q$ ——太阳能供热采暖系统负担的采暖季平均日供热量， kJ；

$S_y$ ——当地的年平均每日的日照小时数， h。

E.0.3 太阳能供热采暖系统负担的采暖季平均日供热量可按下式计算：

$$Q = Q_H \times 86400 \quad (E.0.3-1)$$

式中：  $Q$ ——太阳能供热采暖系统负担的采暖季平均日供热量， kJ；

$Q_H$ ——建筑物耗热量， W。

## 附录 F 太阳能供热采暖系统效益评估计算公式

F.0.1 太阳能供热采暖系统的年节能量可按下式计算：

$$\Delta Q_{save} = A_c \cdot J_T \cdot (1 - h_c) \cdot h_{cd} \quad (F.0.1-1)$$

式中：  $\Delta Q_{save}$  ——太阳能供热采暖系统的节能量，MJ；

$A_c$  ——系统的太阳能集热器面积， $m^2$ ；

$J_T$  ——太阳能集热器采光表面上的年总太阳辐照量， $MJ/m^2$ ；

$h_{cd}$  ——太阳能集热器的年平均集热效率，%；

$h_c$  ——管路和水箱的热损失率。

F.0.2 太阳能供热采暖系统寿命期内的总节能费可按下式计算：

$$SAV = PI(\Delta Q_{save} \cdot C_c - A \cdot DJ) - A \quad (F.0.2-1)$$

式中：  $SAV$  ——系统寿命期内的总节能费用，元；

$PI$  ——折现系数；

$C_c$  ——系统评估当年的常规能源热价，元 / MJ；

$A$  ——太阳能热水系统总增投资，元；

$DJ$  ——每年用于与太阳能供热采暖系统有关的维修费用，包括太阳集热器维护，集热系统管道维护和保温等费用占总增投资的百分率；一般取 1%。

F.0.3 折现系数可按下式计算：

$$PI = \frac{1}{d - e} \left[ 1 - \left( \frac{1 + e}{1 + d} \right)^n \right] \quad d \neq e \quad (F.0.3-1)$$

$$PI = \frac{n}{1 + d} \quad d = e \quad (F.0.3-2)$$

式中：  $d$  ——年市场折现率，可取银行贷款利率；

$e$  ——年燃料价格上涨率；

$n$  ——分析节省费用的年限，从系统开始运行算起，取集热系统寿命（一般为 10～15 年）。

F.0.4 系统评估当年的常规能源热价可按下式计算：

$$C_c = C'_c / (q \cdot \text{Eff}) \quad (F.0.4-1)$$

式中：  $C'_c$  ——系统评估当年的常规能源价格，元 / kg；

$q$  ——常规能源的热值，MJ / kg；

$\text{Eff}$  ——常规能源水加热装置的效率，%。

F.0.5 太阳能供热采暖系统的费效比可按下式计算：

$$B = A / Q_{SAVE} \quad (F.0.5-1)$$

式中：B——系统费效比，元 / kWh

Q<sub>SAVE</sub>——太阳能供热采暖系统寿命期内的总节能量

F.0.6 太阳能供热采暖系统的二氧化碳减排量可按下式计算：

$$Q_{\text{co}_2} = \frac{\Delta Q_{\text{save}} \times n}{W \times \text{Eff}} \times F_{\text{co}_2} \times 44 / 12 \tag{F.0.6-1}$$

式中：Q<sub>co<sub>2</sub></sub>——系统寿命期内二氧化碳减排量，kg；

W——标准煤热值，29.308 MJ / kg；

F<sub>co<sub>2</sub></sub>——碳排放因子，按表 F.0.6 取值。

表 F.0.6 碳排放因子

辅助常规能源		煤	石油	天然气	电
碳排放因子	kg 碳/kg 标准煤	0.726	0.543	0.404	0.866

# 附录 G 常用相变材料特性

表 G.0.1 常用相变材料特性

相变材料	熔点 ℃	熔化潜热 kJ / kg	固态比重 kg / m <sup>3</sup>	比热 kJ / kg °C	
				固态	液态
6 水氯化钙	29.4	170	1630	1340	2310
12 水磷酸二钠	36	280	1520	1690	1940
N- (碳) 烷	36.7	247	856	2210	2010
粗石蜡	47	209.2	785	2890	
聚 乙 烯 乙 二 醇	20-25	146	1100	2260	
10 水碳酸钠	33	251	1440		
10 水硫酸钠	32.4	253	1460	1920	3260
5 水硫代硫酸钠	49	200	1690	1450	2389
硬脂酸	69.4	199	847	1670	2300
三硬脂	56	109.8	862		

## 本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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”；  
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”。

中华人民共和国国家标准

# 太阳能供热采暖工程技术规范

GB50XXX—200X

条文说明

# 目 次

1 总则 .....	2
2 术语 .....	2
3 太阳能供热采暖系统设计 .....	3
3.1 一般规定 .....	3
3.2 供热采暖系统选型 .....	4
3.3 太阳能集热系统设计 .....	7
3.3.1 一般规定 .....	7
3.3.2 太阳能集热器的设置 .....	7
3.3.3 太阳能集热器面积确定 .....	7
3.3.4 太阳能集热系统的设计流量 .....	8
3.4 蓄热系统设计 .....	8
3.4.1 一般规定 .....	8
3.4.2 液体工质蓄热系统设计 .....	9
3.4.3 卵石堆蓄热设计 .....	10
3.4.4 相变材料蓄热设计 .....	10
3.5 自动控制设计 .....	10
3.5.1 一般规定 .....	10
3.5.2 系统运行控制 .....	10
3.5.3 防冻、防过热控制 .....	11
3.6 末端供暖系统设计 .....	11
4 太阳能供热采暖系统施工 .....	11
4.1 一般规定 .....	11
4.2 太阳能集热系统施工 .....	12
4.3 太阳能蓄热系统施工 .....	12
4.4 控制系统施工 .....	13
4.5 末端供暖系统施工 .....	13
5 太阳能供热采暖系统的调试、验收与效益评估 .....	13
5.1 一般规定 .....	13
5.2 系统调试 .....	14
5.3 系统验收 .....	15
5.4 系统效益评估 .....	15
6 太阳能供热采暖系统的运行与维护 .....	15
6.1 一般规定 .....	15
6.2 太阳能集热系统运行维护 .....	16
6.3 自动控制系统运行维护 .....	16
附录 A 代表城市的设计用气象参数 .....	17
附录 B 太阳能集热器集热效率计算方法 .....	20
附录 C 太阳能集热系统管路、水箱热损失率计算方法 .....	22
附录 D 不同地区太阳能集热器的补偿面积比 .....	23
附录 E 间接系统热交换器换热面积计算方法 .....	34
附录 F 太阳能供热采暖系统效益评估计算公式 .....	35
附录 G 常用相变材料特性 .....	37
1 总则 .....	4
2 术语 .....	5
3 太阳能供热采暖系统设计 .....	6
3.1 一般规定 .....	6
3.2 供热采暖系统选型 .....	7



3.3 太阳能集热系统设计.....	10
3.3.1 本条规定了太阳能集热系统设计的基本要求。.....	10
3.3.2 本条是太阳能集热器的设置规定.....	11
3.3.4 本条规定了太阳能集热系统设计流量的计算方法。.....	12
3.4 蓄热系统设计.....	13
3.4.2 本条规定了液体工质蓄热系统的设计原则和相关设计参数。.....	14
3.4.3 本条规定了卵石堆蓄热方式的设计原则和设计参数.....	15
3.4.4 本条规定了相变材料蓄热方式的设计原则和设计参数.....	15
3.5 自动控制设计.....	16
3.5.1 本条规定了太阳能供热采暖系统自动控制设计的基本原则。.....	16
3.5.2 系统运行控制.....	16
3.5.3 防冻、防过热控制.....	16
3.6 末端供暖系统设计.....	17
4 太阳能供热采暖系统施工.....	18
4.1 一般规定.....	18
4.2 太阳能集热系统施工.....	18
4.3 太阳能蓄热系统施工.....	19
4.4 控制系统施工.....	19
4.5 末端供暖系统施工.....	20
5 太阳能供热采暖系统的调试、验收与效益评估.....	20
5.1 一般规定.....	20
5.2 系统调试.....	20
5.3 系统验收.....	21
5.4 系统效益评估.....	21
6 太阳能供热采暖系统的运行与维护.....	22
6.1 一般规定.....	22
6.2 太阳能集热系统运行维护.....	22
6.3 自动控制系统运行维护.....	22
附录 A 代表城市的设计用气象参数.....	24
附录 B 太阳能集热器集热效率计算方法.....	25

# 1 总则

1.0.1 制定本规范的宗旨。随着我国国民经济的持续发展，城乡人民居住条件的改善和生活水平的不断提高，建筑能耗快速增长，建筑用能占全社会能源消费量的比例已接近 30%，从而加剧了能源供应的紧张形势。在建筑能耗中，供热采暖用能约占 45%，是建筑节能的重点领域。为降低建筑能耗，既要节约，又要开源，用可再生能源替代常规能源，并努力增加可再生能源在建筑中的应用范围。

太阳能是永不枯竭的清洁能源，是人类可以长期依赖的重要能源之一，利用太阳热能为建筑物供热采暖可以获得非常良好的节能和环境效益，长期以来，一直受到世界各国的普遍重视。近十余年来，欧洲、北美发达国家的太阳能供热采暖规模化利用技术快速发展，建成了大批利用太阳能的区域供热采暖工程，并编写出版了相应的技术指南和设计手册；我国的太阳能供热采暖技术近几年来也成为可再生能源建筑应用的热点，各地陆续建成一批试点示范工程，并形成进一步推广应用的发展趋势。

国内目前完成的太阳能供热采暖工程，基本上是依据太阳能企业过去做太阳能热水系统的经验，系统设计的科学性、合理性较差，更做不到优化设计，使系统建成后不能发挥应有的效益；太阳能供热采暖系统需要的太阳能集热器面积较多，如何与建筑围护结构结合，既要保证尽可能多的接收太阳光照，又要保证其安全性；这些问题都需要通过技术规范加以解决。因此，为了规范太阳能供热采暖系统的设计、施工和验收，确保太阳能供热采暖系统安全可靠运行并更好发挥节能效益，特制订本规范。

本规范侧重于为实现太阳能供热采暖而设置的太阳能集热、蓄热系统部分的规定，对建筑物内系统仅做简要规定。

1.0.2 规定了本规范的适用范围。太阳能供热采暖系统的应用并不只限于城市，也适用于乡镇、农村的民用建筑；工厂车间等工业建筑一般具有较大的屋顶面积，要求的供暖室温低，同样适合太阳能供热采暖，并具有良好的节能效益。规范中涉及到系统设计方面的内容，针对新建、扩建、改建和既有建筑同等有效；但对系统设置安装、工程施工的要求规定，针对新建和既有建筑扩建、改建有所不同。

1.0.3 目前我国太阳能热水器的安装使用总量居世界第一，但大多作为建筑的后置部件在房屋建成后才购买安装，由此造成了对建筑安全和城市景观的不利影响，为解决这一问题，国家建设行政主管部门提出了太阳能热水器与建筑结合的发展方向，并在已发布实施的国家标准 GB50364《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》中对系统与建筑结合做出了规定。与太阳能热水系统相比，太阳能供热采暖系统的集热器面积更大，技术的综合性更强，因此，更需要严格纳入工程建设的规定程序，按照工程建设的要求，统一规划、设计、施工、验收

和投入使用。

1.0.4 由于建筑物的供暖负荷远大于热水负荷，为满足建筑物的供暖需求，太阳能供热采暖系统的集热器面积较大，如果在设计时没有考虑全年综合利用，就会导致非采暖季产生的热水无法使用，从而浪费投资、浪费资源，以及因系统过热而产生安全隐患；所以，必须强调太阳能供热采暖系统的全年综合利用。可采用的措施有：适当降低系统的太阳能保证率，合理匹配供暖和供热水的建筑面积（同一系统供热水的建筑面积应大于供暖的建筑面积），以及用于夏季的空调制冷等。

1.05 鉴于目前我国节能减排工作的严峻形势，各级建设行政主管部门已严格要求新建建筑必须执行建筑节能设计标准，设置了太阳能供热采暖系统的新建供暖建筑物更不能例外；而且，由于太阳能在单位面积上能量密度低的特点，要降低太阳能供热采暖系统的增投资，提高系统的太阳能保证率，首先就必须从改善围护结构的保温措施着手，大幅度降低建筑的采暖耗热量，所以，提高对设置太阳能供热采暖系统新建供暖建筑物围护结构保温指标的要求，能够更好发挥太阳能供热采暖系统的节能效益，有利于太阳能供热采暖技术的推广应用，同时也可以为今后进一步提高建筑节能设计标准的规定指标积累经验。

1.0.6 我国过去建成的大量建筑物都不符合建筑节能设计标准的要求，随着建筑节能水平的进一步发展和提高，将开展对既有建筑进行大规模的节能改造，其重要措施之一就是加强对围护结构的保温措施；因此，对设置太阳能供热采暖系统的既有建筑供暖建筑物增加保温措施，既符合形势要求，又是保证太阳能供热采暖系统节能效益的必要措施。如果不对设置太阳能供热采暖系统的既有建筑供暖建筑物加强保温，建筑物的采暖耗热量过大，将造成太阳能供热采暖系统完全不能发挥应有的节能作用。

1.0.7 太阳能供热采暖工程应用是建筑和太阳能应用领域多项技术的综合利用，在建筑领域，涉及到建筑、结构、暖通空调、给排水等多个专业，本规范只能针对太阳能供热采暖工程本身具有的特点进行规定和要求，不可能把所有相关的专业技术规定都涉及到，所以，与太阳能供热采暖工程应用相关的其他标准都应遵守执行，尤其是强制性条文。

## 2 术语

2.0.2 根据我国大部分采暖地区的气候特点，冬季连阴、雨、雪天的时段均在一周以内，因此，短期蓄热太阳能供热采暖系统通常具有一周的贮热设备容量；这并不排除根据当地气象条件、特点适当加大贮热设备容量，延长蓄热时间，但短期蓄热系统的贮热周期一般不超过15天。

2.0.13 该参数在国外文献资料中称之为太阳能热价（Solar cost），是评价系统经济性的重要

参数；为能够更直观地反映其实际含义，通俗易懂，将其中文名称定为系统费效比，该定义名称已在评价国内实施的示范工程时使用。

## 3 太阳能供热采暖系统设计

### 3.1 一般规定

3.1.1 该条为强制性条文，目的是确保建筑物的结构安全。由于既有建筑建成的年代参差不齐，有的建筑已使用多年，过去我国在抗震设计等结构安全方面的要求也比较低，而太阳能供热采暖系统的太阳能集热器需要安装在建筑物的外围护结构表面上，如屋面、阳台或墙面等，从而加重了安装部位的结构承载负荷量，如果不进行结构安全复核计算，就会对建筑结构的安全性带来隐患；特别是太阳能供热采暖系统中的太阳能集热器面积较大，对结构安全影响的矛盾更加突出。

结构复核可以由原建筑设计单位或其他有资质的建筑设计单位根据原施工图、竣工图、计算书进行，或经法定检测机构检测，确认不会影响结构安全后，才能够实施增设或改造太阳能供热采暖系统，否则，不能进行增设或改造。

3.1.2 太阳能是一种不稳定热源，会受到阴天和雨、雪天气的影响，当地的太阳能资源、室外环境气温和系统工作温度等条件对太阳能集热器的运行效率有影响，选用的系统形式和产品档次会受到业主要求和投资规模的影响，建筑物的类型（多层、高层住宅、公共建筑、车间等不同种类建筑）会影响太阳能集热系统的安装条件，所有这些影响因素都需要在进行系统设计选型时统筹考虑。

选择的系统类型应与当地的太阳能资源和气候条件，建筑物类型和投资规模相适应，在保证系统使用功能的前提下，使系统的性价比最优。

3.1.3 由于太阳能供热采暖系统中的太阳能集热器是安装在建筑物的外围护结构表面上，会给系统投入使用后的运行管理维护和部件更换带来一定难度；太阳能集热器的规格、尺寸须和建筑模数相匹配，做到与建筑结合，其施工安装也与常规系统有所不同；在既有建筑上安装太阳能集热系统，不能破坏原有的房屋功能，如屋面防水等，以及如何保证施工维修人员的安全等问题；如果在设计时没有予以充分重视，不但带来了安全隐患、破坏建筑立面美观等系列问题，还会影响系统不能发挥应有的作用和效益。

目前国内已发布实施了与太阳能供热采暖技术相关的各类国家建筑标准设计图集，进行系统设计时，可以直接引用和参照执行。

3.1.4 该条为强制性条文，目的是确保太阳能供热采暖系统投入实际运行使用后的安全性。大部分使用太阳能供热采暖系统的地区，冬季最低温度低于 0℃，安装在室外的集热系统可

能发生冻结；即使考虑了系统的全年综合利用，也有可能因其他偶发因素，如住户外出度长假等造成用热负荷量大幅度减少，从而发生系统的过热现象；强风、冰雹、雷击、地震等恶劣自然条件也可能对室外安装的太阳能集热系统造成破坏；如果用电作为辅助热源，还会有电气安全问题；所有这些可能危及人身安全的因素，都必须在设计之初就认真对待，设置相应的技术措施加以防范。

3.1.5 太阳能是间歇性能源，在系统中设置其它能源辅助加热/换热设备，其目的是既要保证太阳能供热采暖系统稳定可靠运行，又要降低系统的规模和投资，否则将造成过大的集热、蓄热设备、设施和过高的初投资，在经济性上是不合理的。

对选用辅助热源的种类没有限制，但应和当地使用的实际能源种类相匹配，特别是要与设置太阳能供热采暖系统建筑物用于其他用途的常规能源类型和设备相匹配或相一致，比如配有管道燃气供应的建筑物，其太阳能供热采暖系统的辅助热源就不应再使用电。应特别重视城市中工业余热的利用，以及乡镇、农村中的生物质燃料应用。

3.1.6 为保证太阳能供热采暖系统能够安全、稳定、高效地工作运行，并维持一定的使用寿命，必须保证系统中所采用设备和产品的性能质量。太阳能集热器是太阳能供热采暖系统中的关键设备，其性能、质量直接影响着系统的效益；我国目前有两大类太阳能集热器产品——平板型太阳能集热器和真空管型太阳能集热器，已发布实施的两个国家标准：GB / T 6424 《平板型太阳能集热器》和 GB / T17581 《真空管型太阳能集热器》，分别对其产品性能质量做出了合格性指标规定；其中对热性能的要求，凡是合格产品，在我国大部分采暖地区环境资源条件和冬季供暖运行工况时的集热效率可以达到 40%左右，从而保证系统能够获得较好的预期效益，标准对太阳能集热器产品的安全性等重要指标也有合格限的规定；因此，要求在太阳能供热采暖系统中必须使用合格产品。

太阳能集热器的性能质量是由具有相应资质的国家级产品质量监督检验中心检测得出，在进行系统设计时，应根据供货企业提供的太阳能集热器全性能检测报告，作为评价产品是否合格的依据。

太阳能集热器安装在建筑的外围护结构上，进行维修更换比较麻烦，正常使用寿命不能太低，目前我国较好企业生产的产品，已经有使用 15 年仍正常工作的实例，因此，规定产品的正常使用寿命不应少于 15 年。

## 3.2 供热采暖系统选型

3.2.1 虽然在太阳能供热采暖系统中可以使用的太阳能集热器种类很多，但按集热器的工作介质划分，均可归到空气和液体工质两大类中，这两大类集热器在太阳能供热采暖系统中所使用的末端供暖系统类型、蓄热方式和主要设计参数等有较大差别，适用的场合也有所不同，

在进行太阳能供热采暖系统选型时,需要根据使用要求和具体条件选用适宜类型的太阳能集热器。当然,工作介质相同的太阳能集热器,其材质、结构、构造和规格、尺寸等参数不同时,其性能参数也会有所不同,但不同点只是在参数的量值上有差别,不会影响到供热采暖系统的选型,因此,按选用的太阳能集热器种类划分系统类型时,将现有的各类太阳能集热器归于空气和液态工质两大类型。

3.2.2 太阳能供热采暖系统与常规供热采暖系统的主要不同点是使用的热源不同,太阳能供热采暖系统的热源部分是收集利用太阳能的太阳能集热系统,常规供热采暖系统的热源是使用煤、天然气等常规能源的锅炉、换热器等设备;两种系统使用的末端供暖系统并无不同,目前常规供热采暖系统使用的末端供暖系统都能在太阳能供热采暖系统中使用,所以,在按末端供暖系统分类时,这些常规末端供暖系统均包括在内。但从提高系统运行效率、性能和适用合理性的角度分析,太阳能集热系统与末端供暖系统的配比组合对系统的工作性能、质量有较大影响,应在系统选型时予以充分重视。

由于目前市场上的液态工质太阳能集热器多是低温热水地板辐射为供生活热水而设计生产,冬季的工作温度较低——一般在 40℃左右,所以现阶段最适宜的末端供暖系统是低温热水地板辐射供暖系统;但随着高效太阳能集热器新产品的开发和工作温度的不断提高,今后与其它类型的末端供暖系统相匹配也是适宜的。

3.2.3 太阳能的不稳定性决定了太阳能供热采暖系统必须设置相应的蓄热装置,具有一定的蓄热能力,从而保证系统稳定运行,并提高系统节能效益;虽然目前国内基本上是应用短期蓄热系统,但国外已有大量的季节蓄热太阳能供热采暖系统工程实践,和十多年的工程应用经验,技术成熟,太阳能可替代的常规能源量更大,可以作为我们的借鉴;因此,将短期蓄热和季节蓄热两种太阳能供热采暖系统都包括在本规范中。

应根据系统的投资规模和工程应用地区的气候特点选择蓄热系统,一般来说,气候干燥、阴、雨、雪天较少地区的短期蓄热系统,可以选择蓄热能力较低和蓄热周期较短的蓄热设备;而冬季寒冷、夏季凉爽、不需设空调系统的地区,更适宜选择季节蓄热太阳能供热采暖系统,以利于系统全年的综合利用。

3.2.4 太阳能集热系统的运行方式和系统安装使用地点的气候、水质等条件和系统的初投资等经济因素密切相关,由于太阳能供热采暖系统的功能是兼有供暖和热水,所以通常采用的运行方式是间接式太阳能集热系统;但我国是发展中国家,为降低系统造价,在气候相对温暖和软水质的地区,也可以采用直接式太阳能集热系统。

3.2.5 按不同分类方式划分的太阳能供热采暖系统,对应于不同的建筑气候分区和不同的建筑物类型使用时,其适用性是不同的,需在系统选型时综合考虑。设计太阳能供热采暖系统的主要目的是供暖,建筑物的使用功能——公共建筑、居住建筑或车间等,对系统选型的影响

响不大，而建筑物的层数对系统选型的影响相对较高，因此，表 3.2.1 中的建筑物类型是按低层、多层和高层来进行划分。

空气集热器太阳能供热采暖系统主要用于建筑物内需要局部热风采暖的部位，有庞大的风管、风机等系统设备，占据较大空间，而且，目前空气集热器的热性能相对较差，为减少热损失，提高系统效益，空气集热器离送热风点的距离不能太远，所以，空气集热器太阳能供热采暖系统不适宜用于多层和高层建筑。

太阳能集热器的工作温度越低，室外环境温度越高，其热效率越高，严寒和寒冷地区冬季的室外温度较低，对集热器的实际工作热效率有较大影响，为提高系统效益，应使用低温热水地板辐射采暖末端供暖系统；而在夏热冬冷和温和地区，冬季的室外环境温度较高，对集热器的实际工作热效率影响不大，可以选用工作温度稍高的末端供暖系统；特别是在夏热冬冷地区，夏季普遍有空调需求，系统的全年综合利用可以冬季供暖、夏季空调，冬夏季使用相同的水—空气处理设备，从而降低造价，提高系统的经济性。夏热冬冷和温和地区的供暖需求不高，相对负荷较小，短期蓄热即可满足要求，夏热冬冷地区的系统全年综合利用可以用夏季空调来解决，所以，在这两个气候区，不需要设置投资较高的季节蓄热系统。

3.2.6 液体工质集热器太阳能供暖系统的热媒是水，与热水辐射采暖、空气调节系统采暖和散热器采暖的热媒相同，所以，可用于国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 中规定采用这些采暖方式的各类建筑。空气集热器太阳能供暖系统的热媒是空气，可以直接供给建筑物内需热风采暖的区域。

3.2.7 本条规定了太阳能供热采暖系统的负荷计算原则。由于太阳能供热采暖系统要做到全年综合利用，系统负担的负荷有两类：供暖热负荷和供热水负荷，所以，同时规定了这两类负荷的计算原则，给出了计算公式。

1 规定了由太阳能供热采暖系统负担的供暖热负荷为建筑物耗热量。即：太阳能供热采暖系统所负担的只是建筑物在采暖季的平均供暖负荷，而不是建筑物的最大供暖负荷。这样做的好处是降低系统投资，提高系统效益；否则会造成系统的集热器面积过大，系统效率反而降低。

2 规定了由太阳能供热采暖系统负担的供热水负荷为建筑物的日平均用热量。这是世界各国普遍遵循的设计原则，也与我国的国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》GB 50364 的规定相一致。否则系统设计偏大，某些时段会热水过剩造成浪费，或系统过热造成安全隐患。

给出的计算公式中，计算日平均用热量选取的热水用水定额是《建筑给水排水设计规范》GB50015 中规定范围的下限值，这一点与《建筑给水排水设计规范》GB50015 的规定一致。

3 太阳能供热采暖系统只负担建筑物在采暖季的平均供暖负荷，超出平均水平的负荷则由

常规能源加热/换热设备承担，在不利的阴、雨、雪天气条件下，太阳能集热系统完全不能工作，建筑物的全部供暖负荷都需依靠常规能源加热/换热设备供给，所以，常规能源加热/换热设备的供热能力和供热量应能满足建筑物的最大供暖负荷，即：按现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 规定计算得出的采暖热负荷。

在国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 规定可不设置集中采暖的地区或建筑，例如在夏热冬冷、温和地区的居住建筑，居民对冬季室内环境温度的要求普遍不高，一般居室温度达到 14~16℃就足够满意，并不一定要求达到规范要求的 16~24℃，对这些地区或建筑，就可以根据当地的实际情况，适当降低供热量标准；从而减小常规能源加热/换热设备容量，降低系统投资，提高系统效益。

### 3.3 太阳能集热系统设计

3.3.1 本条规定了太阳能集热系统设计的基本要求。

1 本款为强制性条文。目前我国的情况，开发商为充分利用所购买的土地获取利润，在进行规划时确定的容积率普遍偏高，从而影响到建筑物的底层房间只能刚刚达到规范要求的日照标准；所以，虽然在屋顶上安装的太阳能集热系统本身高度并不高，但也有可能影响到相邻建筑的底层房间不能满足日照标准要求；此外，在阳台或墙面上安装有一定倾角的太阳能集热器时，也有可能影响下层房间不能满足日照标准要求，必须在进行太阳能集热系统设计时予以充分重视。

2 本款为强制性条文。为保证太阳能供热采暖系统工作运行的安全性，太阳能集热系统应设置防过热安全防护措施和防冻措施。

当系统在 0℃以下环境工作时，会产生冻结现象使系统不能运行甚至破坏管路、部件。过热现象分为水箱过热和集热系统过热两种；水箱过热是当用户负荷突然减少、例如长期无人用水时，贮热水箱中热水温度会过高，甚至沸腾而有烫伤危险，产生的蒸汽会堵塞管道或将水箱和管道挤裂；集热系统过热是系统循环泵发生故障、关闭或停电时导致集热系统中的温度过高，而对集热器和管路系统造成损坏，例如集热系统中防冻液的温度高于 115℃后具有强烈腐蚀性，对系统部件会造成损坏等。因此，在太阳能集热系统中应设置防过热安全防护措施和防冻措施。

3 直接式太阳能集热系统中的工作介质是水，冬季气温低于 0℃时容易发生冻结现象，如果温度不是过低，处于低温状态的时间也不长，系统还可能再恢复正常工作，否则系统就可能被冻坏；因此，以冬季最低环境温度-5℃为界，在低于-5℃的地区，采用间接式太阳能集热系统，可使用防冻液工作介质，从而满足防冻要求。



### 3.3.2 本条是太阳能集热器的设置规定

1 太阳能集热器采光面上能够接收到的太阳光照会受到集热器安装方位和安装倾角的影响,根据集热器安装地点的地理位置,对应有一个可接收最多的全年太阳光照辐射热量的最佳安装方位和倾角范围,该最佳范围的方位是正南,或南偏东、偏西 10 度,倾角为当地纬度 $\pm 10^{\circ}$ ;当安装方位偏离正南向的角度再扩大到南偏东、偏西 30 度时,集热器表面接收的全年太阳光照辐射热量只减少了不到 5%,所以,推荐的集热器最佳安装范围是正南,或南偏东、偏西 30 度,倾角为当地纬度 $\pm 10^{\circ}$ 。

由于建筑物的朝向不可能完全朝向正南,或在南偏东、偏西 30 度的朝向范围内,对于受实际条件限制不能按最佳范围安装的系统,由本条给出了解决方法,即按附录 D 进行面积补偿,合理增加集热器面积;从而放宽了对应用太阳能供热采暖系统建筑物朝向的限制,使建筑师的设计有了更大的灵活性,同时又能保证太阳能供热采暖系统设计的合理性。

2 如果系统中太阳能集热器的位置设置不当,受到前方障碍物或前排集热器的遮挡,不能保证太阳能集热器采光面上的太阳光照的话,系统的实际运行效果和经济性都会大受影响,所以,需要对放置在建筑外围护结构上太阳能集热器采光面上的日照时间做出规定,冬至日太阳高度角最低,接收太阳光照的条件最不利,规定此时集热器采光面上的日照时数不少于 4h,是综合考虑系统运行效果和围护结构实际条件而提出的;由于冬至前后在早上 10 点之前和下午 2 点之后的太阳高度角较低,对应照射到集热器采光面上的太阳辐射度也较低,即该时段系统能够接收到的太阳能热量较少,对系统全天运行的工作效果影响不大;如果增加对日照时数的要求,则安装集热器的屋面面积要加大,在很多情况下不可行,所以,取冬至日日照时间 4h 为最低要求。

除了保证太阳能集热器采光面上有足够的日照时间外,前、后排集热器之间还应留有足够的间距,以便于施工安装和维护操作;集热器应排列整齐有序,以免影响建筑立面的美观。

3 本款给出了某一时刻太阳能集热器不被前方障碍物遮挡阳光的日照间距计算公式。公式中的计算时刻应选冬至日(此时赤纬角 $\delta = -23^{\circ}57'$ )的 10:00 或 14:00;公式中的角 $\gamma_0$ 和太阳方位角 $\alpha$ 及集热器的方位角 $\gamma$ (集热器表面法线在水平面上的投影线与正南方向线之间的夹角,偏东为负,偏西为正)有如下关系,见图 3.3.2。

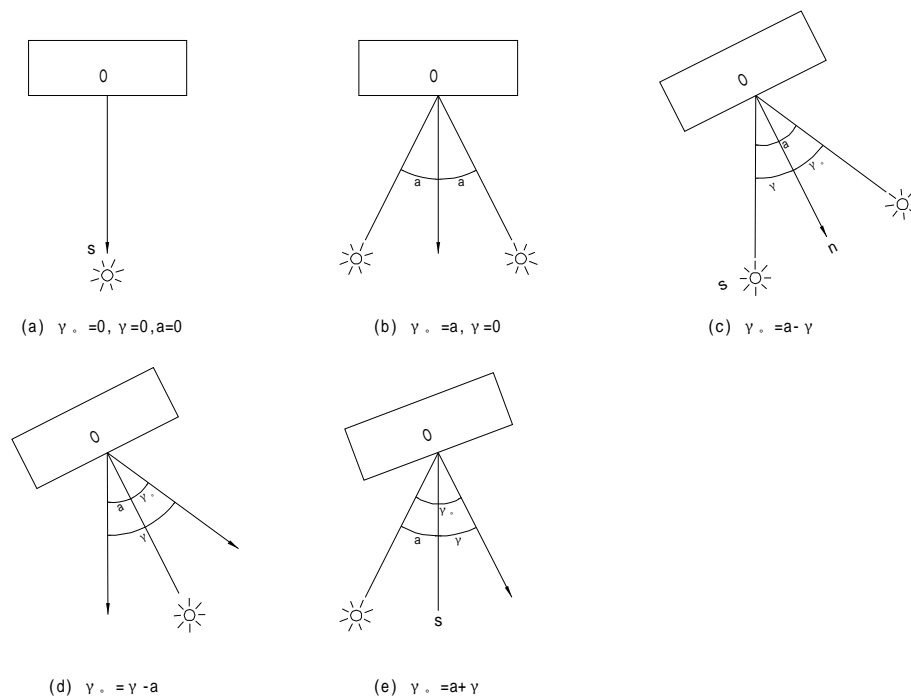


图 3.3.2 集热器朝向与太阳方位的关系

4 建筑物的变形缝是为避免因材料的热胀冷缩而破坏建筑物结构而设置，主体结构在伸缩缝、沉降缝、抗震缝的变形缝两侧会发生相对位移，太阳能集热器如跨越建筑物变形缝易受到破坏，所以不应跨越变形缝设置。

3.3.3 本条规定了确定系统中太阳能集热器面积的计算方法。

1 本款规定了直接系统太阳能集热器总面积的计算公式。一般情况下，太阳能集热器的安装倾角是在当地纬度 $\pm 10^\circ$ 的范围内，所以公式中的  $J_f$  可按附录 A 选取；选取时，针对短期蓄热和季节蓄热系统应选用不同值；短期蓄热系统应选用  $H_{L1}$ ：当地纬度倾角平面十二月的月平均日辐照量，季节蓄热系统应选用  $H_{L2}$ ：当地纬度倾角平面年平均日辐照量；其原因是季节蓄热系统可蓄存全年的太阳能得热量用于冬季采暖，太阳能集热器面积可以选的小一些，而短期蓄热系统的太阳能集热器面积应稍大，以保证系统的供暖效果。

2 本款规定了间接系统太阳能集热器总面积的计算方法。由于间接系统换热器内外需保持一定的换热温差，与直接系统相比，间接系统的集热器工作温度较高，使得集热器效率稍有降低，所以，确定的间接系统集热器面积要大于直接系统。其中的计算参数  $A_c$  用公式 (3.3.3-1) 计算得出， $U_L$  和  $U_{hx}$  可由生产企业提供的产品样本或产品检测报告得出， $A_{hx}$  则用附录 E 给出的方法计算。

3.3.4 本条规定了太阳能集热系统设计流量的计算方法。

1 本款规定了太阳能集热系统设计流量的计算公式。其中的计算参数  $A$  是用式 (3.3.3-1) 或式 (3.3.3-2) 计算得出，而优化系统设计流量的关键是要合理确定太阳能集热器的单位

面积流量。

2 太阳能集热器的单位面积流量  $g$  与太阳能集热器的特性和用途有关，对应集热器本身的热性能和不同的用途，单位面积流量  $g$  的选取值是不同的。国外企业的普遍做法是根据其产品的不同用途——供暖、供热水或加热泳池等，委托相关的权威性检测机构给出与产品热性能相对应、在不同用途运行工况下单位面积流量的合理选值，并列入企业产品样本，供用户使用；而我国企业目前对产品优化和性能检测的认识水平还不高，大部分企业的产品都缺乏该项检测数据；因此，表 3.3.4-1 中给出的是根据国外企业产品性能，由《太阳能住宅供热综合系统设计手册》——《Solar Heating Systems for Houses, A Design Handbook For Solar Combisystems》等国外资料总结的推荐值，可能并不完全与我国产品的性能相匹配，但目前国内较好企业的产品性能和国外产品的差别不大，引用国外推荐值应该不会产生太大的偏差。当然，今后应积极引导企业关注产品检测，逐渐积累我国自己的优化设计参数。

3 太阳能的特点之一是其不稳定性，太阳能集热器采光面上接收的太阳辐照度是随天气条件不同而发生变化的，所以在投资条件许可时，应积极提倡采用自动控制变流量太阳能集热系统，根据太阳辐照条件的变化直接改变或因太阳辐照不同引起的温差变化间接改变系统流量，从而实现系统的优化运行，提高系统效益。

### 3.4 蓄热系统设计

3.4.1 本条对太阳能供热采暖系统中蓄热系统的设计做出了基本规定。

1 目前在太阳能供热采暖系统中主要应用三种蓄热系统：液体工质集热器短期蓄热系统、液体工质集热器季节蓄热系统和空气集热器短期蓄热系统，太阳能集热系统形式、系统性能、系统投资，供热采暖负荷和太阳能保证率是影响蓄热系统选型的主要影响因素，在进行蓄热系统选型时，应通过对上述影响因素的综合技术经济分析，合理选取与工程具体条件最为适宜的系统。

2 目前太阳能供热采暖系统的蓄热方式共有 5 种——贮热水箱、地下水池、土壤埋管、卵石堆和相变材料。表 3.4.1-1 给出了与蓄热系统相对应和匹配的蓄热方式，决定该对应关系的主要因素是系统的工作介质和蓄热周期；其中，相变材料蓄热方式目前的实际应用较少，但考虑到这是太阳能应用长期以来一直关注的一种重要蓄热方式，近年来也不断有运用相变原理新型材料的科研开发成果出现，所以仍将其列入选项，但因投资相对较大，不宜用于季节蓄热系统；对应于同一蓄热系统形式，有两种以上可选择项目的蓄热方式时，应根据实际工程的投资规模和当地的地质、水文、土壤条件及使用要求综合分析选择；一般来说，地下水池的蓄热量大、施工简便、初投资低，是性能价格比最优的季节蓄热系统；土壤埋管蓄热施工较复杂，初投资高，但优点是能与地源热泵供暖空调系统联合工作，特别是在冬季从土

壤的取热量远大于夏季向土壤放热量的地区，可以通过向土壤蓄热来弥补负荷的不平衡。国外还有几种已应用于实际工程的蓄热方式，如利用地下的砂砾石含水层蓄热和利用地下的封闭水体蓄热，因适用条件过于特殊，故本规范中没有列入，但如当地恰好有这种适宜的水文地质条件，也可以参照国外相关工程经验，利用来进行季节蓄热。

3 季节蓄热液体工质集热器太阳能供暖系统的设备容量较大，需要较大的机房面积，投资比较高，只应用于单体建筑有些得不偿失，所以比较适用于较大建筑面积的区域供暖；为提高系统的经济性，对单体建筑的供暖，采用短期蓄热液态工质集热器太阳能供暖系统更为适宜；但对某些地区或特定建筑，比如常规能源缺乏的边远地区，或高投资成本建设的高档别墅，也不排除采用季节蓄热系统。

4 蓄热水池中的水温较高，会发生烫伤等安全隐患，不能同时用作灭火的消防用水。

3.4.2 本条规定了液体工质蓄热系统的设计原则和相关设计参数。

1 短期蓄热液态工质集热器太阳能供暖系统的蓄热量是为满足在连续阴、雨、雪天时的供暖需求，加大蓄热量会增加蓄热设备容量和集热器面积，同时增加投资，所以需要在蓄热量和设备投资之间作权衡，选取适宜的蓄热周期。我国冬季大部分地区的连续阴、雨、雪天一般不超过一周，有些地区则可能会延长至半个月左右，如果要求蓄热量能够完全满足全部连续阴、雨、雪天时的供暖需求，则系统设备会过于庞大，系统投资过高，所以，规定短期蓄热液态工质集热器太阳能供暖系统的蓄热量只须满足建筑物 1—5 天的供暖需求，当地的太阳能资源好、环境气温高、工程投资高，可取高值，否则，取低值。

2 太阳能供热采暖系统对应每  $\text{m}^2$  太阳能集热器采光面积的贮热水箱容积与集热器的性能特性有关，我国目前只有针对热水系统的经验数据，所以表 3.4.2-1 中给出的短期和季节蓄热太阳能供热采暖系统的贮热水箱容积配比范围，是参照《太阳能住宅供热综合系统设计手册》——《Solar Heating Systems for Houses, A Design Handbook For Solar Combisystems》等国外资料提出；在具体取值时，当地的太阳能资源好、环境气温高、工程投资高，可取高值，否则，取低值。

3 贮热水箱内的热水存在温度梯度，水箱顶部的水温高于底部水温；为提高太阳能集热系统的效率，从贮热水箱向太阳能集热系统的供水温度应较低，所以，该条供水管的接管位置应在水箱底部；根据具体工程条件，生活热水和供暖系统对供水温度的要求是不同的，也应在贮热水箱相对应适宜的温度层位置接管，以实现系统对不同温度的供热 / 换热需求，提高系统的总效率。

4 如果贮热水箱接管处的流速过高，会对水箱中的水造成扰动，影响水箱的水温分层，所以，水箱进、出口处的流速应尽量降低；国外的部分工程经验，该处的流速远低于  $0.04 \text{ m/s}$ ，但太低的流速会过分加大接管管径，特别对循环流量较大的大系统，在具体取值时需要综合

考虑权衡；这里规定的  $0.04 \text{ m/s}$  是最高限值，必须在接管处采取措施使流速低于限值。

5 季节蓄热系统地下水池的水池容量将直接影响水池内热水的蓄热温度，对应于一定的水池保温措施、周围土壤的全年温度分布、集热系统供水温度和水池容量等，有一个可能达到的最高水温。设计容量过大，池内水温低，既浪费了投资，又不能满足系统的功能要求；设计容量偏小，则池内水温可能过高，甚至超过水池内压力相对应的沸点温度而蒸发汽化，形成安全隐患；因此，必须对水池内可能达到的最高水温做校核计算。进行校核计算时，选用动态传热计算模型准确度最高，所以，有条件时，应优先利用计算机软件做系统的全年运行性能动态模拟计算，得出蓄热水池内可能达到的最高水温预测值；为确保安全，该最高水温预测值应比与水池内压力相对应的水的沸点低  $5^{\circ}\text{C}$ 。

6 地下水池的槽体结构、保温结构和防水结构的设计在相关国家标准、规范中已有规定，参照执行即可。

7 季节蓄热地下水池一般容量较大，容易形成池内水温分布不均匀的现象，影响系统的供暖效果，所以，应采取相应的技术措施，例如设计迷宫式水池、或设布水器等方法，避免池内水温分布不均匀。

8 保温设计在相关国家标准中已有规定，可参照执行。

9 工程建设当地的土壤地质条件是能否应用土壤埋管季节蓄热的基础，对土壤埋管季节蓄热系统的性能和实际运行效果有很大影响，因此，在进行设计前，应进行地质勘察，从而确定当地的土壤地质条件是否适宜埋管，同时又可对系统设计提出土壤温度等相关基础参数。土壤埋管季节蓄热系统的投资较大，其蓄热装置——地下埋管部分与地源热泵系统的地埋管换热系统完全相同，在特定条件（夏季气候凉爽、完全不需空调）的地区，用地源热泵机组做辅助热源，与地埋管热泵系统配合使用，可以提高系统的运行效率和经济效益。

### 3.4.3 本条规定了卵石堆蓄热方式的设计原则和设计参数

1 规定了空气蓄热系统的蓄热装置——卵石堆蓄热器（卵石箱）的基本尺寸和容量。推荐参数参照国外工程经验。

2 放入卵石箱内的卵石应清洗干净，以免热风通过时吹起灰尘。卵石大小如果不均匀，或使用易破碎的石头等，会减小卵石之间的空隙，降低卵石箱内的空隙率，使阻力加大，影响系统效率。卵石堆的热分层可提高蓄热性能，所以，宜优先选用有热分层的垂直卵石堆。

### 3.4.4 本条规定了相变材料蓄热方式的设计原则和设计参数

1 液态工质与相变材料直接接触换热，使相变材料发生相变时，相变材料有可能与液态换热工质混合，而使本身的成分、浓度等产生变化，从而改变相变温度等关键设计参数，并影响系统的总体运行效果，所以，液态工质不能直接与相变材料接触，而必须通过换热器间接换热。

2 使太阳能供热采暖系统的工作温度范围与相变材料的相变温度相匹配，是相变材料蓄热系统能够运行工作的基础，必须严格遵守。

### 3.5 自动控制设计

3.5.1 本条规定了太阳能供热采暖系统自动控制设计的基本原则。

1 太阳能供热采暖系统的热源是不稳定的太阳能，系统中又设有常规能源辅助加热设备，为保证系统的节能效益，系统运行的最重要原则是优先使用太阳能，这就需要通过相应的控制手段来实现，而太阳辐照和天气条件会在短时间内发生的剧烈变化，几乎不可能通过手动调节系统来适应变化，因此，应设置自动控制系统，保证系统达到预期的节能效益。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和防过热保护。

2 为保证自动控制系统能长久、稳定、正常工作，必须确保系统部件、元件的产品质量，性能、质量符合相关产品标准是最低要求，进行系统设计时，应予以充分重视。目前我国大部分物业管理公司的设备运行和管理人员，其技能普遍不高，如果控制方式过于复杂，使设备运行管理人员不易掌握，就会严重影响系统的运行效果，所以，自动控制系统的设计应简便、可靠、利于操作。

#### 3.5.2 系统运行控制

1 根据集热系统工质出口和贮热装置底部介质的温差，控制太阳能集热系统的运行循环，是最常使用的系统运行控制方式。其依据的原理是：只有当集热系统工质出口温度高于贮热装置底部温度（贮热装置底部的工作介质通过管路被送回集热系统重新加热，该温度可视为是返回集热系统的工质温度）时，工作介质才可能在集热系统中获取有用热量；否则，说明由于太阳辐照过低，工质不能通过集热系统得到热量，如果此时系统仍然继续循环工作，则可能发生工质反而通过集热系统散热，使贮热装置内的工质温度降低。

2 为保证太阳能供热采暖系统的稳定运行，当太阳辐照较差，通过太阳能集热系统的工作介质不能获取相应的有用热量，使工质温度达到设计要求时，辅助热源加热设备应启动工作；而太阳辐照较好，工质通过太阳能集热系统可以被加热到设计温度时，辅助热源加热设备应立即停止工作，以实现优先使用太阳能，提高系统的太阳能保证率；所以，应采用定温（工质温度是否达到设计温度）自动控制，来完成太阳能集热系统和辅助热源加热设备的相互工作切换。

#### 3.5.3 防冻、防过热控制

1 使用水做工作介质的直接和间接式太阳能集热系统，常采用排空和排回措施，将全部工作介质从安装在室外的太阳能集热系统排至设于室内的贮水箱内，以防止冻结现象发生；所

以，当水温降低到某一定值——防冻执行温度时，就应通过自动控制启动排空和排回措施，防止水温继续下降至 0℃ 产生冻结，影响系统安全。防冻执行温度的范围通常取 3~5℃，视当地的气候条件和系统大小确定具体选值，气温偏低地区取高值，否则，取低值。

2 贮热水箱中的水一般是直接供给供暖末端系统或热水用户的，所以，防过热措施应更严格。过热防护系统的工作思路是：当发生水箱过热时，不允许集热系统采集的热量再进入水箱，避免供给末端系统或用户的水过热，此时多余的热量由集热系统承担；集热系统安装在户外，当集热系统也发生过热时，可以任由集热系统中的工质沸腾或采取其他措施散热。因此，水箱的防过热执行温度应设定在 80℃ 以内，水箱顶部温度最高，防过热温度传感器应设置在贮热水箱顶部；而集热系统中的防过热执行温度则根据系统的常规工作压力，设定较为宽泛的范围，一般常用的范围是 95~120℃，当介质温度超过了安全上限，可能发生危险时，用开启安全阀泄压的方式保证安全。

3 本条为强制性条文。当发生系统过热安全阀必须开启时，系统中的高温水或蒸汽会通过安全阀外泄，安全阀的设置位置不当，或没有配备相应措施，有可能会危及周围人员的人身安全，必须在设计时着重考虑；例如，可将安全阀设置在已引入设备机房的系统管路上，并通过管路将外泄高温水或蒸汽排至机房地漏，以及安全阀只能在室外系统管路上设置时，通过管路将外泄高温水或蒸汽排至就近的雨水口等。

如果安全阀的开启压力大于与系统可耐受的最高工作温度对应的饱和蒸汽压力，系统可能会因工作压力过高受到破坏；而开启压力小于与系统可耐受的最高工作温度对应的饱和蒸汽压力，则使本来仍可正常运行的系统停止工作，所以，安全阀的开启压力应与系统可耐受的最高工作温度对应的饱和蒸汽压力一致，既保证了系统的安全性，又保证系统的稳定正常运行。

### 3.6 末端供暖系统设计

3.6.1 本条规定了太阳能供热采暖系统中可以和液态工质集热器配合工作的末端供暖系统。可用于常规供暖、空调系统的末端设备、系统——低温热水地板辐射、水—空气处理设备和散热器等均可用于太阳能供热采暖系统。选用时须根据具体工程的条件，只设置供暖系统的建筑，应优先选用低温热水地板辐射；拟设置集中空调系统的建筑，应选用水—空气处理设备；在温和地区只设置供暖系统的建筑，或使用高效集热器的单纯供暖系统，也可选用散热器采暖；以降低工程初投资，提高系统效益。

3.6.2 本条规定了太阳能供热采暖系统中可以和空气集热器配合工作的末端供暖系统。空气集热器太阳能供热采暖系统的系统工质为空气，所以末端供暖系统为在常规供暖、空调系统中通常采用的热风采暖系统。部分新风加回风循环的风管送风系统中，应由太阳能提供新风部分的热负荷，从而提高系统效率，得到更好的节能效益。

3.6.3 太阳能供热采暖系统的末端供暖系统与常规供暖、空调系统的末端设备、系统完全相同，其系统设计在现行国家标准、规范中已作详细规定，遵照执行即可，不需再作另行规定。

## 4 太阳能供热采暖系统施工

### 4.1 一般规定

4.1.1 本条为强制性条文。进行太阳能供热采暖系统的施工安装，保证建筑物的结构和功能设施安全是第一位的，特别在既有建筑上安装系统时，如果不能严格按照相关规范进行土建、防水、管道等部位的施工安装，很容易造成对建筑物的结构、屋面防水层和附属设施的破坏，削弱建筑物在寿命期内承受荷载的能力，所以，必须作为强制性条文提出，予以充分重视。

4.1.2 目前国内现状，太阳能供热采暖系统的施工安装通常由专门的太阳能工程公司承担，作为一个独立工程实施完成，而太阳能供热采暖系统的安装与土建、装修等相关施工作业有很强关联性，所以，必须强调施工组织设计，以避免差错、提高施工效率。

4.1.3 本条的提出是由于目前太阳能供热采暖系统施工安装人员的技术水平参差不齐，不进行规范施工的现象时有发生；所以，着重强调必要的施工条件，严禁不满足条件的盲目施工。

4.1.4 本条规定了太阳能供热采暖系统连接管线、部件、阀门等配件选用材料的应能耐受温度，以防止系统破坏，提高系统部件的耐久性和系统工作寿命。

### 4.2 太阳能集热系统施工

4.2.1 太阳能集热器的安装方位对采光面上可以接受到的太阳辐射有很大影响，进而影响系统的运行效果，因此，应保证按照设计要求的方位进行安装；推荐使用罗盘仪确定方位，罗盘仪操作方便，是简便易行的定位工具。

4.2.2 太阳能集热器的种类繁多，不同企业产品设计的相互连接方式以及真空管与联箱的密封方式有较大差别，其连接、密封的具体操作方法通常都在产品说明书中详细说明，所以，在本条规定中予以强调，要求按照具体产品所设计的连接和密封方式安装，并严格按产品说明书进行具体操作。

4.2.3 平屋面上用于安装太阳能集热器的专用基础，其强度是为保证集热器防风、抗震及今后运行安全，通过设计计算提出的关键指标，施工时应严格按照设计要求，否则，基础强度就得不到保证；基础的防水处理做不好，会引发屋面漏水，影响顶层住户的切身利益，在既有建筑屋面上安装时，需要刨开屋面面层作基础，会破坏原有防水结构，基础完工后，被破坏部位需重做防水，所以，都应严格按国家标准《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的规定要求进行防水制作。



4.2.4 本条是对埋设在坡屋面结构层预埋件的施工工序的规定，对新建建筑和既有建筑改造同样适用。

4.2.5 本条是防止因太阳能集热系统管线穿过屋面、露台时造成这些部位漏水的重要措施，应严格执行。

4.2.6 管道防腐在国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242、《通风与空调工程施工及验收规范》GB 50243 中已有详细的规定要求，严格执行即可。

### 4.3 太阳能蓄热系统施工

4.3.1 贮热水箱内贮存的是热水，在设计时会根据贮水温度提出对材质、规格的要求，购买或施工制作时应严格遵照设计要求；钢板焊接的贮热水箱容易被腐蚀，所以，特别强调按设计要求对水箱内、外壁的防腐处理，为确保人身健康，同时要求内壁防腐涂料应卫生、无毒、能长期耐受所贮存热水的最高温度。

4.3.2 本条规定了贮热水箱制作的程序和应遵照执行的标准，以保证水箱质量。

4.3.3 本条规定是为减少贮热水箱的热损失。

4.3.4 本条规定了蓄热地下水池现场施工制作时的要求，以保证水池质量和施工安全。

- 1 地下水池施工时，除必须按照设计规定，满足系统的承压和承受土壤等荷载的要求外，还应在施工过程中，严格施工程序，防止因土壤等荷载造成安全事故。
- 2 应严格按设计要求和相关标准规定的施工工法，进行地下水池的防水渗漏施工，保证水池的防水渗漏性能质量。
- 3 为保证地下水池的工作寿命，减轻日常维护工作量，避免危及人员健康、安全，应严格按设计要求和相关标准规定的施工工法，选择内壁防腐涂料，进行地下水池及内部部件的抗腐蚀处理。
- 4 地下水池需要长期贮存热水，为尽可能延长水池的工作寿命，选用的保温材料和保温构造做法应能长期耐受所贮存热水的最高温度，所以，除现场条件不允许、如利用现有水池等特殊情况下，一般应采用外保温构造做法。

### 4.4 控制系统施工

4.4.1 系统的电缆线路施工和电气设施的安装在国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 和《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 中有详细规定，遵照执行即可。

4.4.2 为保证系统运行的电气安全，系统中的全部电气设备和与电气设备相连接的金属部件应做接地处理。而电气接地装置的施工在国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收

规范》GB 50169 中均有规定，遵照执行即可。

#### 4.5 末端供暖系统施工

4.5.1 末端供暖系统的施工安装在国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242、《通风与空调工程施工及验收规范》GB 50243 中均有规定，遵照执行即可。

4.5.2 低温热水地板辐射供暖是太阳能供热采暖用的最多的末端供暖系统，其施工安装在行业标准《地面辐射供暖技术规程》JGJ 142 中有详细规定，应遵照执行。

### 5 太阳能供热采暖系统的调试、验收与效益评估

#### 5.1 一般规定

5.1.1 本条根据太阳能供热采暖工程的特点和需要，明确规定在系统安装完毕投入使用前，应进行系统调试。系统调试是使系统功能正常发挥的调整过程，也是对工程质量进行检验的过程。根据调研，凡施工结束进行系统调试的项目，效果较好，发现问题可进行改进，未作系统调试的工程，往往存在质量问题，使用效果不好，而且互相推诿、不予解决，影响工程效能的发挥；所以，做出本条规定，以严格施工管理。一般情况下，系统调试应在竣工验收阶段进行；不具备使用条件，是指气候条件等不合适时，比如，竣工时间在夏季，不利于进行冬季供暖工况调试等，但延期进行调试需经建设单位同意。

5.1.2 本条规定了系统调试需要包括的项目和连续试运行的天数，以使工程能达到预期效果。

5.1.3 本条为《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的规定要求，在此提出予以强调。

5.1.4 太阳能供热采暖系统的施工受多种条件制约，因此，本条提出分项工程验收可根据工程施工特点分期进行，但强调对于影响工程安全和系统性能的工序，必须在本工序验收合格后才能进入下一道工序的施工。

5.1.5 本条规定了竣工验收的时间及竣工验收应提交的资料。实际工程中，部分施工单位对施工资料不够重视，所以，在此加以强调。

5.1.6 本条参照了相关国家标准对常规暖通空调工程质量保修期限的规定。太阳能供热采暖工程比常规暖通空调工程更加复杂，技术要求更多；因此，对施工质量的保修期限应至少与常规暖通空调工程相同，负担的责任方也应相同。

#### 5.2 系统调试

5.2.1 本条规定了进行太阳能供热采暖工程系统调试的相关责任方。由于施工单位可能不具备系统调试能力，所以规定可以由施工企业委托有调试能力的其它单位进行系统调试。

5.2.2 本条规定了太阳能供热采暖工程系统设备单机、部件调试和系统联动调试的执行顺序，应首先进行设备单机和部件的调试和试运转，设备单机、部件调试合格后才能进行系统联动调试。

5.2.3 本条规定了设备单机、部件调试应包括的内容，以为系统联动调试做好准备。

5.2.4 为使工程达到预期效果，本条规定了系统联动调试应包括的内容。

5.2.5 为使工程达到预期效果，本条规定了系统联动调试结果与系统设计值之间的容许偏差。

### 5.3 系统验收

5.3.1 太阳能供热采暖系统中的隐蔽工程，一旦在隐蔽后出现问题、需要返工的涉及面广、施工难度和经济损失大，因此，必须在隐蔽前经监理人员验收及认可签证，以明确界定出现问题后的责任。

5.3.2 本条规定了在太阳能供热采暖系统的土建工程验收前，应完成现场验收的隐蔽项目内容。进行现场验收时，按设计要求和规定的质量标准进行检验，并填写中间验收记录表。

5.3.3 本条规定了太阳能集热器的安装方位角和倾角与设计要求的容许安装误差。检验安装方位角时，应先使用罗盘仪确定正南向，再使用经纬仪测量出方位角。检验安装倾角，则可使用量角器测量。

5.3.4 为保证工程质量和达到工程的预期效果，本条规定了对太阳能供热采暖系统工程进行检验和检测的主要内容。

5.3.5 本条规定了太阳能供热采暖系统管道的水压试验压力取值。一般情况下，设计会提出对系统的工作压力要求，此时，可按国家标准 GB 50242《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》规定，取 1.5 倍的工作压力作为水压试验压力；而对可能出现的设计未注明的情况，则分不同系统提出了规定要求。开式太阳能集热系统虽然可以看作为无压系统，但为保证系统不会因突发的压力波动造成漏水或损坏，仍要求应以系统顶点工作压力加 0.1 MPa 作水压试验；闭式太阳能集热系统和供暖系统均为有压力系统，所以应按 GB 50242《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》的规定进行水压试验。

### 5.4 系统效益评估

5.4.1 太阳能供热采暖系统最显著的特点是能够充分利用太阳能，替代常规能源，从而节约供热采暖系统的能耗，减轻环境污染。因此，在系统设计完成后，进行系统节能、环保效益预评估非常重要，预评估结果是系统方案选择和开发投资的重要依据，当业主或开发商对评估结果不满意时，可以调整设计方案、参数，进行重新设计，所以，效益预评估是不可缺少的设计程序。

发达国家通常都对太阳能供热采暖工程进行系统效益的长期监测，以作为对使用太阳能系统用户提供税收优惠或补贴的依据；我国今后也有可能出台类似政策，所以，本条建议有条件的工程，宜在系统工作运行后，进行系统节能、环保效益的长期监测。

5.4.2 我国正在加快推进供暖热计量和供暖收费改革，太阳能供热采暖作为一项节能新技术进入供暖市场，更应积极响应国家政策要求，所以，凡是有条件的工程，宜在系统中设计安装用于系统节能、环保效益监测的计量装置。

5.4.3 本条规定了对太阳能供热采暖系统做节能、环保效益分析的评定指标内容。所包括的评定指标能够有效反映系统的节能、环保效益，而且计算相对简单、方便，可操作性强。

5.4.4 本条规定了计算太阳能供热采暖系统的年节能量、系统寿命期内的总节能费用、费效比和二氧化碳减排量的计算方法——本规范附录 E 中的推荐公式。

## 6 太阳能供热采暖系统的运行与维护

### 6.1 一般规定

6.1.1 由于大部分物业管理和暖通空调系统的运行操作人员不熟悉太阳能供热采暖系统，所以，在本规范中纳入太阳能供热采暖系统运行维护的内容，以保证太阳能供热采暖系统的持续正常工作。

6.1.2 本条规定了太阳能供热采暖系统通过工程验收并交付使用后，应依据验收材料进行初次运行，强调了根据组成太阳能供热采暖系统各部件的不同功能制订运行维护计划的重要性，要求按照运行维护计划进行日常的运行管理。

### 6.2 太阳能集热系统运行维护

6.2.1 本条规定了对太阳能集热系统进行运行、维护的对象，应包括对系统主要部件——太阳能集热器的维护，以及对集热系统管路，贮存太阳能热水的水箱和附件的维护。

6.2.2 集热器外表面积灰后，将极大影响对阳光的透过率，降低集热器效率，所以，应经常清除积灰，保持平板型集热器透明盖板和真空管型太阳能集热器真空集热管的清洁；同时，注意保护透明盖板和玻璃真空集热管不受损坏，例如采取防护措施，防止硬物冲击。

6.2.3 在水质较硬地区使用的太阳能集热系统容易结垢，为保证系统正常运行，应定期除垢；同时对损坏的部件及时修补，如修补脱落的腻子，更换损坏的密封垫等。

### 6.3 自动控制系统运行维护

6.3.1 自动控制系统的工作状态可从集热器进出口水温、贮水箱出口水温的变化反映出来，

因此，经常对这些参数进行校核监测，可以了解自动控制系统是否工作正常，同时，应监测其他设备的工作情况，保证系统正常运行。

6.3.2 温度传感器是自动控制系统中的关键部件，如有损坏会发出错误信号，影响系统正常运行，甚至导致自动控制系统瘫痪，所以应经常进行检查，特别是注意密封、连接等薄弱部位，防止外部冲击。

## 附录 A 代表城市的设计用气象参数

表 A.0.2 太阳能保证率  $f$  是确定太阳集热器面积的一个关键性因素，也是影响太阳能供热采暖系统经济性能的重要参数。实际选用的太阳能保证率  $f$  与系统使用期内的太阳辐照、气候条件、产品与系统的热性能、用户使用热水的规律和特点、热水负荷、系统成本和开发商的预期投资规模等因素有关。本表主要根据不同地区的太阳能辐射资源给出，具体选值时，需按当地的辐射资源和投资规模确定，太阳辐照好、投资高的工程可选相对较高的太阳能保证率，反之，取低值。

## 附录 B 太阳能集热器集热效率计算方法

B.0.1 强调太阳能集热器的集热效率应根据选用产品的实际测试效率方程计算得出。

B.0.2 太阳能集热器产品的国家标准规定，太阳能集热器实测的效率方程可根据实测参数拟合为一次方程或二次方程，无论是一次还是二次方程，均可用于设计计算。

B.0.3 在我国大部分地区，基本上可以用 12 月的气象条件代表冬季气候的平均水平，所以，短期蓄热太阳能供热采暖系统的设计选用 12 月的平均气象参数进行计算。

B.0.4 季节蓄热太阳能供热采暖系统是将全年收集的太阳能都贮存起来用于供暖，所以其系统设计是选用全年的平均气象参数进行计算。