

北京市地方标准

DB

编 号：DB11/T 461-2024

---

民用建筑太阳能热水系统  
应用技术规程

**Technical specification for application of solar water  
heating system of civil buildings**

2024—12—26 发布

2025—04—01 实施

---

北京市住房和城乡建设委员会  
北京市市场监督管理局

联合发布

北京市地方标准

民用建筑太阳能热水系统应用技术规程  
**Technical specification for application of solar water  
heating system of civil buildings**

编 号：DB11/T 461-2024

主编单位：北京建筑节能与环境工程协会  
中国建筑科学研究院有限公司  
北京城建科技促进会

批准部门：北京市市场监督管理局

施行日期：2025 年 04 月 01 日

2024 北 京

## 前 言

根据北京市市场监督管理局《2023 年北京市地方标准修订项目计划（第一批）》（京市监函〔2023〕5 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规程。

本规程主要技术内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 太阳能热水系统设计；5 安装与调试；6 验收；7 运行和维护。

本规程主要修订的内容有：

1. 太阳能集热系统新增“转换为电能驱动电加热器的系统”；
2. 修订了集热器性能参数，增加了太阳能光伏热水系统最大功率点跟踪及电热转换效率；
3. 修改了预留检修空间的相关要求；
4. 增加了其他系统设备和部件均应提供一年内由国家认可的检测机构出具的同类型合格产品检验报告；
5. 修订了太阳能热水系统关于产品检测、存放等的技术要求以及抽检数量等内容。

本规程由北京市住房和城乡建设委员会和北京市市场监督管理局共同负责管理，北京市住房和城乡建设委员会归口、组织实施，并负责组织编制单位对标准具体技术内容进行解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至北京建筑节能与环境工程协会（地址：北京市西城区南礼士路头条三号；邮政编码：100045；电话：010-88070912；邮箱：[jjz88070911@vip.sina.com](mailto:jjz88070911@vip.sina.com)）。

本规程主编单位：北京建筑节能与环境工程协会

中国建筑科学研究院有限公司

北京城建科技促进会

本规程参编单位：建科环能科技有限公司

光语者（北京）智能科技有限公司

东晨阳光（北京）太阳能科技有限公司

北京市建筑节能与建筑材料管理事务中心

北京创意博物联科技有限公司

中国建筑第五工程局有限公司

北京城建亚泰建设集团有限公司

北京住总建设安装工程有限责任公司

北京万兴建筑集团有限公司

北京兴坤建筑有限公司

中铁建设集团有限公司

北京城乡建设集团有限责任公司

北京建工集团有限责任公司

北京住总第三开发建设有限公司

北京住总第四建设有限公司

北京住总集团有限责任公司

上海宝冶集团有限公司

本规程主要起草人员：王聪辉 张端桥 张昕宇 周 劲 伍 刚  
尹 强 张德敏 邹怀松 夏寅飞 姬鹏鹏  
刘 小 解江燕 马祎斌 张 娜 吕保明  
陈 帅 谷学东 丁毅涵 陈 雪 高建兵  
王伟升 张海波 陈 杭 张 勐 赵 彤  
赵杰琼 代 云 邵 聪 赵光硕 万 霞  
周子超 侯 博 魏 巍 邵 珺 郭绍刚  
陈丹丹 徐宏祥 韦俊丞  
本规程主要审查人员：严心军 张广宇 谢 卫 黄一品  
袁 梅 那 威 郝挺宇 任雪梅

目 次

1 总 则 ..... 1

2 术 语 ..... 2

3 基本规定 ..... 3

4 太阳能热水系统设计 ..... 4

    4.1 一般规定 ..... 4

    4.2 系统形式选择 ..... 4

    4.3 设计计算 ..... 4

    4.4 太阳能集热系统 ..... 8

    4.5 热水供应系统 ..... 10

    4.6 辅助热源加热系统 ..... 11

    4.7 控制系统 ..... 11

    4.8 电气系统 ..... 12

5 安装与调试 ..... 13

    5.1 一般规定 ..... 13

    5.2 基座 ..... 13

    5.3 支架 ..... 13

    5.4 集热器、光伏组件 ..... 14

    5.5 水箱 ..... 14

    5.6 管路系统 ..... 14

    5.7 辅助热源加热设备 ..... 15

    5.8 控制系统与电气系统 ..... 15

    5.9 水压试验与冲洗 ..... 15

    5.10 系统调试 ..... 15

    5.11 系统试运行 ..... 16

6 验收 ..... 17

    6.1 一般规定 ..... 17

    6.2 检查 ..... 17

    6.3 验收 ..... 17

7 运行和维护 ..... 19

    7.1 一般规定 ..... 19

    7.2 集热、光伏系统 ..... 19

    7.3 水箱 ..... 19

    7.4 管路 ..... 20

    7.5 控制系统与电气系统 ..... 20

    7.6 辅助热源加热系统 ..... 20

    7.7 防冻措施 ..... 21

附录 A 单位集热器采光面积日产热水设计量计算方法 ..... 22

附录 B 北京地区不同倾角和方位角的太阳能集热器面积补偿比 ..... 23

附录 C 常用类型集热器总面积折算系数计算方法 ..... 24

附录 D 间接加热系统热交换器换热面积计算方法 ..... 25

附录 E 北京地区太阳能热水系统设计用气象参数表 ..... 26

附录 F 太阳能集热器月平均集热效率计算方法 ..... 27

附录 G 月平均太阳能集热系统热损失率计算方法 ..... 28

附录 H 太阳能热水系统巡检记录表（一） ..... 29

附录 J 太阳能热水系统巡检记录表（二） ..... 30

附录 K 太阳能热水系统维修记录表 ..... 31

本规程用词说明 ..... 32

引用标准名录 ..... 33

附：条文说明 ..... 34

# Contents

<b>1</b>	<b>General provisions</b>	1
<b>2</b>	<b>Terms</b>	2
<b>3</b>	<b>Basic requirements</b>	3
<b>4</b>	<b>Solar hot water system design</b>	4
4.1	General requirements	4
4.2	System selection	4
4.3	Design calculation	4
4.4	Solar collector system	8
4.5	Hot water supply system	10
4.6	Auxiliary heating system	11
4.7	Control system	11
4.8	Electric and lightning protection system	12
<b>5</b>	<b>Installation and commissioning</b>	13
5.1	General requirements	13
5.2	Base	13
5.3	Bracket	13
5.4	Solar collector and PV module	14
5.5	Water tank	14
5.6	Piping system	14
5.7	Auxiliary heating equipment	15
5.8	Control and electric system	15
5.9	Hydrostatic test and rinse	15
5.10	System commissioning	15
5.11	System running test	16
<b>6</b>	<b>Acceptance</b>	17
6.1	General requirements	17
6.2	Inspect	17
6.3	Acceptance	17
<b>7</b>	<b>Operation and maintenance</b>	19
7.1	General requirements	19
7.2	Heat collection and photovoltaic system	19
7.3	Water tank	19
7.4	Piping	20
7.5	Control and electrical system	20
7.6	Auxiliary heating system	20
7.7	Antifreezing measures	21
<b>Appendix A</b>	<b>Calculation method of daily hot water design production per unit collector aperture area</b>	22
<b>Appendix B</b>	<b>Solar collector gross area compensation ratio at different tilt angles and azimuths for Beijing</b>	23
<b>Appendix C</b>	<b>Total area conversion coefficient calculation method of common type collectors</b>	24
<b>Appendix D</b>	<b>Heat exchanger area calculation method of indirect heating system</b>	25

<b>Appendix E</b>	<b>Meteorological parameters for solar water heating system design in Beijing area.</b>	<b>26</b>
<b>Appendix F</b>	<b>Average monthly collector efficiency calculation method of solar collectors</b>	<b>27</b>
<b>Appendix G</b>	<b>Average monthly heat loss rate calculation method of solar collector system</b>	<b>28</b>
<b>Appendix H</b>	<b>Inspection record of solar hot water system (1)</b>	<b>29</b>
<b>Appendix J</b>	<b>Inspection record of solar hot water system (2)</b>	<b>30</b>
<b>Appendix K</b>	<b>Maintenance descriptive table of solar water heating system</b>	<b>31</b>
	<b>Explanation of wording in this specification</b>	<b>32</b>
	<b>List of quoted standards</b>	<b>33</b>
	<b>Addition: Explanation of provisions</b>	<b>34</b>



## 1 总 则

**1.0.1** 为使民用建筑太阳能热水系统安全可靠、稳定运行、节能环保，规范民用建筑太阳能热水系统的设计、施工、验收及运行维护，保证工程质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于北京市行政区域内新建、扩建和改建民用建筑，以及在既有建筑上增设和改造的太阳能热水系统的设计、施工、验收及运行维护。

**1.0.3** 民用建筑太阳能热水系统的设计、施工、验收及运行维护除应符合本规程外，尚应符合国家和北京市现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 太阳能集中供热水系统 solar collective hot water supply system

采用太阳能集中集热、集中储热的形式向用户提供热水的系统。

### 2.0.2 太阳能集中-分散供热水系统 solar collective-individual hot water supply system

采用太阳能集中集热或收集电能、分散储热的形式向用户提供热水的系统。

### 2.0.3 太阳能分散供热水系统 solar individual hot water supply system

太阳能集热、储热及供热水均分散进行的系统。

### 2.0.4 直接加热式太阳能集热系统 direct heating solar collector system

收集的太阳能热量由集热器直接加热水供给用户的太阳能集热系统。

### 2.0.5 间接加热式太阳能集热系统 indirect heating solar collector system

收集的太阳能热量，在太阳能集热器中加热传热介质后，再由该传热介质经换热器加热水供给用户的太阳能集热系统。

### 2.0.6 太阳能光热热水系统 solar photothermal hot water system

将太阳能转换为热能来加热水的太阳能系统。

### 2.0.7 太阳能光伏热水系统 solar photovoltaics hot water system

通过太阳能光伏发电驱动电加热器，实现热水加热及储存的热水系统。

### 2.0.8 太阳能集热系统热损失率 heat loss rate of solar collector system

太阳能集热系统总损失热量占太阳能总集热量的百分率。

### 2.0.9 平均日太阳能热水设计温升 average daily solar hot water designed temperature rise without auxiliary heating.

无辅助热源补热条件下太阳能热水系统平均每日热水温升的设计值。

### 2.0.10 太阳能保证率 solar fraction

太阳能热水系统中由太阳能供给的能量占加热热水所需的总耗热量的百分率。

### 3 基本规定

**3.0.1** 安装太阳能热水系统的建筑主体结构或结构构件，应能满足太阳能热水系统的荷载及运行要求。在既有建筑上增设或改造的太阳能热水系统，应对建筑的结构安全进行复核，并应满足建筑结构及其他相应安全性要求。

**3.0.2** 太阳能热水系统中的太阳能集热器热性能，应符合下列规定：

- 1 太阳能光热热水系统中的平板型集热器峰值效率不应低于0.75，额定效率不应低于0.47；
- 2 太阳能光热热水系统中的无反射器真空管型集热器峰值效率不应低于0.70，额定效率不应低于0.58；带反射器的真空管型集热器峰值效率不应低于0.62，额定效率不应低于0.54。

**3.0.3** 太阳能集热系统中收集电能驱动电加热器的光伏组件及附属设施，应符合下列规定：

- 1 应具有最大功率点跟踪（MPPT）功能；
- 2 光伏组件光电转换效率不应低于20%；
- 3 电热转换效率不宜低于85%。

**3.0.4** 太阳能集热系统年平均热损失率应低于20%。

**3.0.5** 太阳能集热器、光伏组件进场后，应按照《公共建筑节能工程施工质量验收规程》DB11/T 510 和《居住建筑节能工程施工质量验收规程》DB11/T 1340 中规定的项目和数量，进行施工现场见证取样复验，复验结果应符合设计要求。其他系统设备和部件，均应提供国家认可的检测机构出具的同类型的且在有效期内的检验报告。

**3.0.6** 太阳能热水系统应具备满足建筑设计要求的抗风、抗雹、抗震、防火、防雷击以及电气和燃气安全使用性能，应具备防冻、防结露、防止集热和供热系统过热保护功能。

**3.0.7** 太阳能热水系统运转设备，应采取满足国家标准要求的建筑隔震设计。使用噪声不得超过国家相关标准要求。

**3.0.8** 太阳能热水系统中的与生活热水直接接触的所有设备和部件，均应满足现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015 对生活热水卫生要求的规定。

**3.0.9** 集热器、水箱设计使用寿命均应不少于 15 年，光伏组件设计使用寿命应不少于 25 年。其他组成设备和部件质量应符合国家相关产品标准的规定。

**3.0.10** 竣工验收项目中，应含对太阳能热水系统日热水温升的检测验收。检测值应不小于相同月份平均日热水设计温升的 85%。

**3.0.11** 应根据不同区、县的资源条件、经济发展水平及不同的建筑功能，因地制宜选择适当的太阳能系统形式。

## 4 太阳能热水系统设计

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 太阳能热水系统设计应遵循技术经济合理、便于施工和运行维护的原则进行。
- 4.1.2 太阳能系统设计应与建筑物及周围整体环境相协调。
- 4.1.3 集热器、光伏组件采光面上的日照时数应不低于 4 h。
- 4.1.4 不得因安装太阳能设备而降低相邻建筑的日照标准，且不得对相邻建筑产生光污染。
- 4.1.5 太阳能集热器总出口至储热水箱之间的管道，应按最短原则设计。
- 4.1.6 单位集热器采光面积日产热量，应按附录 A 计算。

### 4.2 系统形式选择

- 4.2.1 太阳能热水系统形式的选择应综合建筑物类型、热水用量、安装条件、项目投资和运营管理方式等因素确定。
- 4.2.2 太阳能集热系统应根据集热器类型、承压能力和集热器布置方式，综合确定太阳能集热系统形式。
- 4.2.3 太阳能储热系统应根据用户需求、投资、供热采暖负荷、太阳能集热系统的形式、性能、太阳能保证率等进行技术经济分析后选取并确定蓄热系统规模。

### 4.3 设计计算

- 4.3.1 太阳能热水系统热水设计用量应按式(4.3.1)计算：

$$Q_w = q_r m b_1 \quad (4.3.1)$$

式中： $Q_w$ ——日均用水量（L）；  
 $q_r$ ——平均日热水用水定额 [L/（人·d）或 L/（床·d）]；  
 $m$ ——计算用水的人数或床位数；  
 $b_1$ ——热水同时使用率，见表 4.3.1-2。

太阳能热水系统平均日热水用水定额应按表 4.3.1-1 取值：

表 4.3.1-1 太阳能热水系统平均日热水用水定额取值表

序号	太阳能热水系统使用场所			单位	平均日用水定额（L）
1	住宅			每人每日	20～70
2	别墅			每人每日	30～80
3	酒店式公寓			每人每日	65～80
4	宿舍			每人每日	35～55
5	招待所、培训中心、普通旅馆 （设公用盥洗室、淋浴室）			每人每日	35～45
	设单独卫生间				50～70
6	宾馆	旅客		每床位每日	110～140
		员工		每人每日	35～40
7	医院	住院部	设公用盥洗室	每床位每日	45～70
			设公用盥洗室 +淋浴室		65～90
			设单独卫生间		110～140
		医务人员		每人每班	65～90
		疗养院、休养所住房部		每床位每日	90～110
8	养老院（全托）			每床位每日	45～55
9	幼儿园	有住宿		每儿童每日	20～40
		无住宿			15～20

续表 4.3.1-1

序号	太阳能热水系统使用场所		单位	平均日用水定额 (L)
10	公共浴室	淋浴	每顾客每次	35~40
		淋浴、浴盆		55~70
		桑拿浴 (淋浴、按摩池)		60~70
11	理发室、美容院		每顾客每次	20~35
12	洗衣房		每公斤干衣	15~30
13	餐饮业	中餐酒楼	每顾客每次	15~25
		快餐店、职工及学生食堂		7~10
		酒吧、咖啡厅、茶座、 卡拉 OK 厅		3~5
14	办公楼		每人每日	5~10
15	健身中心		每人每次	10~20
16	体育场(馆)运动员淋浴		每人每次	15~20

注：1 本表以 60℃为热水设计温度；  
2 学生宿舍使用 IC 卡计费热水时，可按每人每日热水定额 20 L~25 L。

表 4.3.1-2 不同类型建筑物的热水同时使用率推荐取值范围

建筑物类型	$b_1$
住宅、办公楼	0.5~0.9
宾馆、旅馆	0.3~0.7
宿舍	0.7~1.0
医院、疗养院	0.8~1.0
幼儿园、托儿所、养老院	0.8~1.0

4.3.2 太阳能集热器面积应按下式计算：

1 40°倾角正南向放置、直接加热式系统的太阳能集热器采光面积应按下式计算：

$$A_c = \frac{Q_w}{q_v}$$
 (4.3.2-1)

式中： $A_c$ ——40°倾角正南向放置太阳能集热器采光面积 (m²)；

$Q_w$ ——日平均热水设计用量 (L/d)；

$q_v$ ——位集热器采光面积日产热水设计量 [L/ (m²·d)]。

2 根据集热器实际安装角度、朝向以及加热方式为直接或是间接加热，按下式进行集热器采光面积修正计算：

$$A_s = K_e \frac{A_c}{R_s}$$
 (4.3.2-2)

式中： $A_s$ ——集热器采光面积修正值 (m²)；

$K_e$ ——不同太阳能集热系统形式的集热器采光面积修正概算系数；

$A_c$ ——40°倾角正南向放置太阳能集热器采光面积 (m²)；

$R_s$ ——不同倾角和方位角的太阳能集热器面积补偿比 (%)，按附录 B 取值。

3 集热器总面积应按下式计算：

$$A_f = A_s R_g$$
 (4.3.2-3)

式中： $A_f$ ——集热器总面积（ $m^2$ ）；

$A_s$ ——集热器采光面积修正值（ $m^2$ ）；

$R_g$ ——不同类型集热器采光面积与总面积之间折算系数，按附录 C 计算。

#### 4.3.3 驱动电加热器的光伏组件面积应按下式计算：

$$A_f = \frac{Q}{3600 \eta_E T_p W_p} \quad (4.3.3)$$

式中： $A_f$ ——集热器总面积（ $m^2$ ）；

$Q$ ——热水系统日供热量（ $kJ$ ）；

$\eta_E$ ——电加热效率；

$T_p$ ——光伏阵列倾斜面日平均峰值日照时数（ $h$ ）；

$W_p$ ——光伏组件峰值功率（ $W$ ）。

#### 4.3.4 太阳能集热系统循环泵流量和扬程应按下式计算：

##### 1 循环泵流量应按下式计算：

$$q_x = q_{gz} A_s \quad (4.3.4-1)$$

式中： $q_x$ ——集热系统循环泵流量（ $L/s$ ）；

$q_{gz}$ ——单位集热器采光面积对应介质流量 [ $L/(s \cdot m^2)$ ]；

$A_s$ ——集热器采光面积修正值（ $m^2$ ）。

##### 2 开式太阳能集热系统循环泵扬程应按下式计算：

$$h_x = h_p + h_j + h_z + h_f \quad (4.3.4-2)$$

式中： $h_x$ ——循环水泵扬程（ $kPa$ ）；

$h_p$ ——循环水量流经配水管网的阻力损失（ $kPa$ ）；

$h_j$ ——循环水量流经集热器的阻力损失（ $kPa$ ）；

$h_z$ ——集热器与储热水箱最低水位之间的几何高差（ $kPa$ ）；

$h_f$ ——附加阻力（ $kPa$ ），一般取 20  $kPa \sim 50 kPa$ 。

##### 3 闭式太阳能集热系统循环泵扬程应按下式计算：

$$h_x = h_p + h_e + h_j + h_f \quad (4.3.4-3)$$

式中： $h_x$ ——循环水泵扬程（ $kPa$ ）；

$h_p$ ——循环水量流经配水管网的阻力损失（ $kPa$ ）；

$h_e$ ——循环水量流经换热器的阻力损失（ $kPa$ ）；

$h_j$ ——循环水量流经集热器的阻力损失（ $kPa$ ）；

$h_f$ ——附加阻力（ $kPa$ ），一般取 20  $kPa \sim 50 kPa$ 。

#### 4.3.5 太阳能热水系统储热水箱的有效容积应按下列方法计算。

##### 1 太阳能集中供热水的单水箱系统，储热水箱有效容积应按下式计算：

$$V_x = K_T q_v A_c \quad (4.3.5-1)$$

式中： $V_x$ ——储热水箱有效容积（ $L$ ）；

$K_T$ ——太阳能热水系统储热水箱有效容积修正系数，宜取 1.2~1.5；

$q_v$ ——单位集热器采光面积日产热水设计量 [ $L/(m^2 \cdot d)$ ]；

$A_c$ ——40°倾角正南向放置太阳能集热器采光面积（ $m^2$ ）。

2 太阳能集中供热水的双水箱系统，供热用储热水箱有效容积应按现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015 要求计算确定。集热用储热水箱容积的选取应保证双水箱总容积之和不小于  $V_x$ 。

### 3 太阳能集中-分散和分散供热水系统的分户储热水箱有效容积应按下式计算：

$$V_x = \frac{Q_w}{m_a} \quad (4.3.5-2)$$

式中： $V_x$ ——储热水箱有效容积（L）；

$Q_w$ ——太阳能热水系统日平均热水设计用量（L）；

$m_a$ ——太阳能热水系统供热水户数（户），对于集中-分散供热水系统， $m_a$ 取系统供热水户数；对于分散供热水系统， $m_a$ 取1。

4 太阳能集中-分散供热水系统设置的缓冲水箱，其有效容积宜为日平均热水设计用量的5%~10%。

**4.3.6** 间接加热系统热交换器的换热面积，应根据热交换器产品技术参数，按附录D计算。

**4.3.7** 辅助热源加热设备的功率，应根据热水系统设计小时耗热量和设计小时供热量，按照现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015规定方法计算确定。

**4.3.8** 热水供应系统的设计小时热水量和供热用储热水箱有效容积、热水供回水管网和热水供应系统压力膨胀罐的设计计算，应按现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015规定方法确定。

**4.3.9** 太阳能热水系统设计供热量宜按下列步骤计算确定：

#### 1 太阳能热水系统月平均日热水设计温升应按下式计算：

$$\Delta t_{w,i} = \frac{J_{T,i} \eta_{c,i} (1 - \eta_{L,i})}{\rho_r C_p q_v} \quad (4.3.9-1)$$

式中： $\Delta t_{w,i}$ ——无辅助热源补热的太阳能热水系统，第*i*月平均日热水设计温升（℃）；

$J_{T,i}$ ——第*i*月的月平均日集热器表面接收的太阳辐照量 [kJ/（m<sup>2</sup>·d）]，集热器南向40°倾角放置的，按附录E取值；

$\eta_{c,i}$ ——第*i*月太阳能集热系统月平均集热效率，按附录F计算。满足本规程第3.0.2条集热器热性能要求的，可按附录E取值；

$\eta_{L,i}$ ——第*i*月太阳能集热系统月平均热损失率，按附录G计算。满足本规程第3.0.3条集热系统热损失率要求的，可按附录E取值；

$\rho_r$ ——水的密度（kg/L）；

$C_p$ ——水的比热 [kJ/（kg·℃）]；

$q_v$ ——单位集热器采光面积日产热水设计量 [L/（m<sup>2</sup>·d）]。

#### 2 太阳能热水系统月平均日设计供热量应按下式计算：

$$G_{r,i} = Q_w \rho_r C_p \Delta t_{w,i} \quad (4.3.9-2)$$

式中： $G_{r,i}$ ——第*i*月的月平均日设计供热量（kJ/d）；

$Q_w$ ——日平均热水设计用量（L/d）；

$\rho_r$ ——水的密度（kg/L）；

$C_p$ ——水的比热 [kJ/（kg·℃）]；

$\Delta t_{w,i}$ ——无辅助热源补热的太阳能热水系统，第*i*月平均日热水设计温升（℃）。

**4.3.10** 太阳能热水系统污染物减排量应按下列步骤计算确定：

#### 1 燃煤设计替代量应按下式计算：

$$Q_t = \frac{G_r}{q \eta_t} \quad (4.3.10-1)$$

式中： $Q_t$ ——燃煤替代量（kgce/设计供热水周期）；

$G_r$ ——设计供热水周期设计供热量（kJ/设计供热水周期）；

$q$ ——标准煤热值 (kJ/kgce),  $q$  取 29307 kJ/kgce;

$\eta_r$ ——燃煤为燃料的热水系统运行效率 (%), 按实际系统运行效率取值, 缺少实际数据的, 可取 70%。

2 二氧化碳设计减排量应按下列式计算:

$$Q_{CO_2} = Q_t V_{CO_2} \quad (4.3.10-2)$$

式中:  $Q_{CO_2}$ ——二氧化碳减排量 (kg/设计供热水周期);

$Q_t$ ——燃煤替代量 (kgce/年);

$V_{CO_2}$ ——标准煤的二氧化碳排放因子 (kg/kgce), 取 2.6 kg/kgce。

3 二氧化硫设计减排量应按下列式计算:

$$Q_{SO_2} = Q_t V_{SO_2} \quad (4.3.10-3)$$

式中:  $Q_{SO_2}$ ——二氧化硫减排量 (kg/设计供热水周期);

$Q_t$ ——燃煤替代量 (kgce/年);

$V_{SO_2}$ ——标准煤的二氧化硫排放因子 (kg/kgce), 取 0.0074 kg/kgce。

4 颗粒物设计减排量应按下列式计算:

$$Q_{fc} = Q_t V_{fc} \quad (4.3.10-4)$$

式中:  $Q_{fc}$ ——颗粒物减排量 (kg/设计供热水周期);

$Q_t$ ——燃煤替代量 (kgce/年);

$V_{fc}$ ——标准煤的颗粒物排放因子 (kg/kgce), 取 0.0135 kg/kgce。

5 氮氧化物设计减排量应按下列式计算:

$$Q_{NOx} = Q_t V_{NOx} \quad (4.3.10-5)$$

式中:  $Q_{NOx}$ ——氮氧化物减排量 (kg/设计供热水周期);

$Q_t$ ——燃煤替代量 (kgce/年);

$V_{NOx}$ ——标准煤的氮氧化物排放因子 (kg/kgce), 取 0.0016 kg/kgce。

#### 4.4 太阳能集热系统

**4.4.1** 太阳能集热器类型的选择, 应根据集热系统工作压力确定。

**4.4.2** 集热器、光伏组件朝向和安装倾角设置, 宜按下列要求进行:

1 太阳能集热器、光伏组件宜正南朝向设置, 当受建筑本体条件无法正南向设置时, 宜按本规程附录 B 进行面积补偿计算;

2 对于平板集热器或非水平工作的真空管集热器的安装倾角, 系统全年用的宜取 40°; 偏重夏季用的宜取 30°; 偏重冬季用的宜取 50°;

3 横插管式真空管集热器安装倾角可适当减小, 但不宜小于 10°。对于吸热体角度可调或可以水平传热的玻璃-金属真空管集热器, 可水平安装;

4 集热器、光伏组件设置在建筑南立面或阳台栏板上时, 宜有适当倾角。

**4.4.3** 集热器的布置排列设计, 应符合下列要求:

1 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、并联或串并联相结合的方式, 每个强制循环系统的集热器总采光面积不宜超过 500 m<sup>2</sup>。大型强制循环系统可划分成若干个子系统, 集热器之间连接管道应按同程式设计。受场地条件限制不能设计为同程式的, 应在各分支管路增设流量调节阀;

2 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;



3 平板型集热器或横插管式真空管集热器之间的连接宜采用并联，单排内竖插管式真空管集热器之间的连接宜采用串联；

4 每个自然循环系统的集热器总采光面积不宜超过 50 m<sup>2</sup>。大型自然循环系统可划分成若干个子系统；

5 集热器与前方遮挡物之间的最小距离应按下式计算：

$$D = H \cot \alpha_s \cos \gamma \quad (4.4.3)$$

式中：D——集热器与前方遮挡物之间的最小距离（m）；

H——前方遮挡物最高点与集热器最低点的垂直距离（m）；

$\alpha_s$ ——太阳高度角（°）；

$\gamma$ ——集热器安装方位角（°）。

集热器安装倾角在 30°~50°之间的，全年用系统可取  $D=2H$ ；春夏秋三季用系统可取  $D=1.5H$ 。

6 集热器、光伏组件阵列布置不得影响建筑物的逃生通道，且应设置不影响建筑使用功能的集热器检修通道；

7 嵌入建筑屋面、阳台、墙面或建筑其他部位的集热器、光伏组件，应满足建筑围护结构承载、保温、隔热、隔声、防水、防护等功能要求；

8 安装集热器、光伏组件的部位，应设置防止集热器损坏后部件坠落伤人的安全防护设施；

9 太阳能集热器、光伏组件附近宜设置可方便清洁集热器表面灰尘的给水点；

10 集热器附近有行人通道的，应在集热器、光伏组件周围设置隔离措施。

**4.4.4** 集热器、光伏组件之间的连接设计应符合下列要求：

1 集热器之间的连接应采取防止热胀冷缩造成系统损坏的措施；

2 集热器之间的连接件应便于拆卸或更换，并做好保温处理；

3 光伏组件之间和光伏组件与线路之间的连接应采取专用光伏连接插件。

**4.4.5** 集热器、光伏组件支架应按现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 和《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定进行抗风设计，支架所使用材料的刚度、强度、防腐性能应满足建筑安全要求。

**4.4.6** 安装在建筑物上的集热器、光伏组件、支架和连接管路、水箱等，应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定进行防雷设计。

**4.4.7** 水箱设计应符合下列要求：

1 水箱材质、强度和刚度应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的规定；

2 水箱内胆材料应能承受系统最高工作温度。内壁需要进行防腐处理的，防腐材料应能承受储热水箱内壁的最高工作温度；

3 储热水箱及集中-分散供热水系统用缓冲水箱应设置保温。

**4.4.8** 集中供热水系统的储热水箱及集中-分散系统缓冲水箱的设置应按下列要求进行：

1 宜设置在室内且宜设计专用水箱间放置。安装水箱的位置应采取有效排水和防水措施；

2 太阳能储热水箱宜尽量靠近集热器放置；

3 水箱上方及周围应留有检修空间，距离应符合现行行业标准《二次供水工程技术规程》CJJ 140 的规定；

4 自然循环系统中，储热水箱底部距集热器顶部应不小于 300 mm；

5 既有建筑增设或改造时，水箱基础应设置在建筑结构安全复核确定的建筑物承重结构构件上；

6 水箱满水时的荷载不应超过建筑结构设计承载能力，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB 50011 的规定。

**4.4.9** 太阳能集中-分散供热水系统、太阳能光伏热水系统的户内储热水箱设置应按下列要求进行：

- 1 宜设置在室内靠近用水点位置；
- 2 水箱应留有管路及电加热管的安装检修空间；
- 3 横置安装的水箱应设置在建筑物承重墙上，其安装后底部高度宜不小于 1800 mm。

**4.4.10** 太阳能集热系统的管路设计，应符合下列要求：

- 1 太阳能集热器阵列总出口至储热水箱之间的管路，太阳能光伏组件阵列总出线与物联网汇流分配箱应按最短原则设计；
- 2 强制循环系统中，循环管路从系统最高点朝向储热水箱方向应有不小于 0.1% 的坡度；
- 3 自然循环系统中，集热器至储热水箱方向的循环管路不得有反坡；
- 4 强制循环自动排空防冻系统中，设计的管路坡度应使集热器和循环管路中的水可全部自动回流至储热水箱或缓冲水箱中，不积存；
- 5 直线段过长的管路应按现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015 的要求设置补偿器；
- 6 循环管路最高处或易发生气堵的位置，应设排气阀，最低处应设泄水阀；
- 7 闭式间接系统的循环管路上，应设膨胀罐和压力安全阀。膨胀罐、压力安全阀与管路之间不应设置单向阀和其他可关闭阀门；
- 8 集热器阵列为多排或多层集热器组并联时，每排或每层集热器组的进出口管路上均应设辅助阀门；
- 9 太阳能集热系统应使用耐腐蚀、与传热介质相容、耐温不小于 200℃ 的管材。太阳能光伏连接线路应使用光伏专用线缆，配件应耐温、耐寒、抗老化及抗腐蚀；
- 10 集热循环管路均应设置保温，保温材料性能、厚度等应满足现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364 的要求；
- 11 集热器连接处管道保温不应采用耐温小于 200℃ 的保温材料；
- 12 室外保温管路外层宜采用镀锌板、铝板作为保护壳；室内保温管路外层可缠防护布保护。保温材料防火性能应满足建筑防火要求。

**4.4.11** 集热系统的防冻液应选择满足最低使用环境温度要求、导热性能良好、无毒性的环境友好型介质。

**4.4.12** 集热系统应采取以下安全措施：

- 1 开式系统应设置排气阀、泄水阀和集热介质充装系统；
- 2 闭式系统应设安全阀、膨胀罐等防过热、防爆安全设施；
- 3 应根据集热器类型，设计采用自动排空防冻、管道循环防冻、自限式电热带防冻等有效防冻措施；
- 4 集中-分散供热水系统应采取防止热量自分户储热水箱倒流至集中供热管路的措施；
- 5 直接连接集热系统管道或设备的冷水给水管道上应设置过滤及防倒流装置。

## 4.5 热水供应系统

**4.5.1** 太阳能热水系统的热水供水系统设计应符合现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015 和《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020 的相关规定。

**4.5.2** 太阳能热水系统储热水箱为开式非承压水箱的，太阳能产生的热能宜作为预热热媒间接使用，在配水点处的热水给水支管上宜设置止回阀。

**4.5.3** 集中供热水系统的总供热水干管和分户供热水支管上均应安装热水计量装置。

**4.5.4** 当采用直接供热水系统时，热水系统应设恒温混水阀，保证末端出水温度不高于 60℃。

## 4.6 辅助热源加热系统

**4.6.1** 应根据热水使用特点和能源供应、维护管理、卫生防菌等条件，进行技术经济比较后确

定辅助热源种类。

**4.6.2** 有其他热源条件可以利用时，太阳能热水系统不宜直接采用电能作为辅助热源；对于受到热源条件限制必须采用电能时，应符合现行北京市地方标准《居住建筑节能设计标准》DB11/ 891 以及《公共建筑节能设计标准》DB11/T 687 的规定。采用光伏组件驱动电加器的热水系统，当无其他热源条件时，宜采用市政电力作为辅助热源。

**4.6.3** 辅助热源应根据热源种类、系统形式、规模及冷水水质等综合设计。

**4.6.4** 应使用能效等级符合国家和北京市规定要求、质量符合产品检验标准要求的辅助热源设备。

**4.6.5** 应设置性能优良、操作灵活，具有自动启停并保持节能运行的辅助热源加热系统控制装置。

**4.6.6** 宜设置太阳能热水系统辅助热源用量计量装置。

## 4.7 控制系统

**4.7.1** 控制系统设计应符合下列规定：

- 1 控制系统宜包括现场控制系统、物联智能汇流分配器和远程监控系统；
- 2 控制系统应根据太阳能系统形式，实现对太阳能集热系统、太阳能发电系统、辅助热源加热系统及供热水系统的监控。系统运行策略应遵循优先利用太阳能资源、最少使用辅助热源的原则；
- 3 控制系统应具备完善的人机交互功能，能够进行参数设置并即时显示主要运行参数，包括但不限于温度、温差、水位、流量等参数；
- 4 强制循环系统宜采用温差控制，控制温差为系统集热器出口温度与系统储热水箱中下部温度的差值；
- 5 光热控制系统应具备冬季防冻控制功能。防冻温度传感器应设置在太阳能光热热水系统室外最易冻结的部位；
- 6 温度传感器应能承受集热器的最高空晒温度，测量精度不应大于 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；储热水箱用温度传感器量程不应低于 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，测量精度不应大于 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

**4.7.2** 现场控制器应符合下列规定：

- 1 水箱容积大于 $0.6\text{ m}^3$ 的太阳能热水系统，应采用现行国家标准《太阳能热水系统（储水箱容积大于 $0.6\text{ m}^3$ ）控制装置》GB/T 28737 中要求的现场控制器；水箱容积不大于 $0.6\text{ m}^3$ 的太阳能热水系统，应采用满足现行国家标准《家用太阳能热水系统控制器》GB/T 23888 要求的控制系统；
- 2 采用光伏驱动电加热器的太阳能热水系统控制器应实现数据显示、操作设置以及温控、超电压（流）保护、直流供电控制、电路控制等软硬件控制功能。控制器应具有手、自动设定功能和光伏、市电供电模式切换功能；
- 3 应在现场控制器的明显位置标识系统运行原理图和端子接线图；
- 4 控制器内部应有接线编号。对于无法编号的电气线路部分，应按照现行国家标准《太阳能热水系统（储水箱容积大于 $0.6\text{ m}^3$ ）控制装置》GB/T 28737 要求进行颜色区分；
- 5 现场控制器应具有存储功能和通信接口。

**4.7.3** 现场控制器应根据太阳能热水系统设计和使用要求设计，宜具备以下监控功能：

- 1 太阳能集热温差循环、直流定温出水；
- 2 集热器及储热水箱高温保护；
- 3 储热水箱高、低水位保护；
- 4 辅助热源系统定时或定温加热等；
- 5 热水供应系统变频供水、定温供水、定时供水等；
- 6 补水系统定时补水、定温补水；

- 7 设备及水管防冻;
- 8 故障报警;
- 9 其他: 具备手、自动切换功能、出厂恢复功能、断电记忆功能等;
- 10 现场控制器应具备与上位机、远传计量仪表及其他传感器、数据采集设备的通信功能。

**4.7.4 远程监控系统应具备以下主要功能:**

- 1 定时自动和随时手动采集现场控制器数据;
- 2 对采集数据进行比较、判定是否运行正常;
- 3 对采集的实时数据用表格和曲线展示;
- 4 动态显示系统运行状态和操作动作;
- 5 将采集的数据自动生成并储存为通用数据文件, 方便随时查询、调用和下载;
- 6 自动显示故障报警提示并及时将报警信息推送至客户端;
- 7 自动按日、月、年进行数据统计;
- 8 提供针对不同用户的控制权限和远程参数修改授权;
- 9 向有限用户用户提供远程控制服务、并自动记录用户控制过程。

**4.8 电气系统**

**4.8.1** 太阳能热水系统的电气系统设计应能满足太阳能热水系统用电负荷和运行安全要求, 电气设备应符合现行国家标准《国家电气设备安全技术规范》GB 19517 的要求。

**4.8.2** 电气系统应设专用供电回路。内置电加热系统回路应设置剩余电流动作保护装置, 保护动作值不得超过 30 mA。

**4.8.3** 新建建筑的太阳能热水系统电气控制线路应与建筑物的电气管线同步设计。

**4.8.4** 应按照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定, 进行太阳能热水系统防雷设计。

**4.8.5** 太阳能光伏热水系统电安全应符合现行北京市地方标准《分布式光伏发电系统电气安全技术规范》DB11/T 2036 的规定, 在人员可接触或接近光伏发电系统的区域, 应设置安全防护措施。

**4.8.6** 太阳能热水系统机房内电气系统应设置等电位联结装置。

## 5 安装与调试

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 安装作业前，应按设计要求编制太阳能热水系统安装专项施工方案，并应进行安全技术交底。

**5.1.2** 太阳能热水系统安装前应具备下列条件：

- 1 设计文件齐备；
- 2 施工方案已经批准；
- 3 施工场地符合专项施工方案要求；
- 4 现场水、电、场地、道路等施工准备条件能满足正常施工需要；
- 5 为太阳能热水系统预留的基座、孔洞、预埋件和设施应符合设计要求，并已验收合格；
- 6 太阳能集热器、光伏组件已通过进场见证取样复检。

**5.1.3** 既有建筑改造项目应提供设计机构出具的结构复核报告或检测鉴定机构出具的采纳安装太阳能热水系统的鉴定报告。

**5.1.4** 太阳能热水系统产品、配件和材料等的技术性能、色彩等均应符合设计要求。

**5.1.5** 太阳能热水系统安装不应损坏建筑结构。不应降低建筑结构在设计使用年限内承受各种作用 and 环境影响的能力。不应破坏屋面防水层和建筑物的附属设施。

**5.1.6** 安装太阳能热水系统时，应对已完成工程的部位采取保护措施。

**5.1.7** 安装应由专业人员完成。

**5.1.8** 系统的调试应符合下列规定：

1 系统施工完成、投入使用前，应对太阳能热水系统及附属设备设施进行调试。调试所需水、电和燃气输送均应满足设计要求。系统调试应在竣工验收阶段进行。如不具备系统调试条件，经建设单位同意，可延期进行；

2 系统调试由施工单位负责，监理单位监督，设计单位、建设单位参与配合；也可由施工单位委托给有调试能力的其他单位进行。

### 5.2 基座

**5.2.1** 太阳能热水系统用基座应与建筑主体结构应牢固连接。

**5.2.2** 屋面现场制作基座时，基础高度应不小于 200 mm。基座表面应设置与设备连接的预埋件或锚固螺栓，防水处理应符合现行国家标准《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的规定。

**5.2.3** 采用预制集热器、光伏组件基座时，基座应与建筑主体牢固连接，且不得破坏屋面防水层。

**5.2.4** 混凝土基座的预埋件，在集热器、光伏组件支架安装前应涂装防腐涂料并妥善保护。对安装中造成的缺损应及时涂装。防腐施工应符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212 和《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224 的规定。

**5.2.5** 外挂在建筑外墙或阳台栏板上的太阳能热水设备，应与建筑承重构件牢固连接，且具有和建筑本体相同的抗风、抗地震能力。宜在外挂的太阳能热水设备下部设置钢筋混凝土托板，且托板尺寸应大于外挂设备的垂直投影尺寸。严禁在框架填充轻质砌块上或轻质墙板上外挂设备。

### 5.3 支架

**5.3.1** 支架材料应符合设计要求。钢结构支架的焊接应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**5.3.2** 支架应按设计要求安装在基座上，位置准确，角度一致，且与基座固定牢靠。

**5.3.3** 钢结构支架安装时，宜采用有利于自身排水的安装方式。

**5.3.4** 钢结构支架及其各连接件均应做防锈防腐处理，或采用热镀锌或不锈钢材料。防腐施工

应符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212 和《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224 的要求。

**5.3.5** 钢结构支架应与建筑物防雷接地设施可靠连接。当钢结构支架高度超过建筑物接闪网（带）时，应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 安装接闪装置。

## **5.4 集热器、光伏组件**

**5.4.1** 集热器、光伏组件安装倾角和定位应符合设计要求。安装倾角误差应不大于 3°。

**5.4.2** 集热器、光伏组件应与建筑主体结构或集热器支架牢靠固定，防止滑脱。集热器之间的连接方式应符合设计要求，且密封可靠，无泄漏，无扭曲变形。

**5.4.3** 嵌入屋面安装的集热器、光伏组件与四周屋面应做好防水措施。

**5.4.4** 采用排空方式防冻的系统，应保证集热器中的传热介质顺利排空。

**5.4.5** 安装在外墙和阳台栏板外的集热器、光伏组件与建筑主体结构采用后加锚栓连接时，应根据建筑外墙保温层厚度选择锚栓。锚栓锚固深度应从钢筋混凝土基面算起，不应包括保温层、装饰层或抹灰层。后锚固施工不应破坏建筑保温层，并应合理安排施工顺序，做好防渗漏措施。锚栓应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定。

**5.4.6** 集热器、光伏组件与储热水箱连接管路、线路穿过屋面、墙面、阳台或其他建筑部位时，应在相应部位预埋防水套管、预埋线管，并应对接触部位做防水密封处理。防水套管、预埋线管应在屋面防水层施工前埋设完毕。

## **5.5 水箱**

**5.5.1** 水箱应与基座牢靠固定，水箱底部与承重支架或基座之间应设隔热垫。

**5.5.2** 钢板焊接的水箱，内、外壁均应按设计要求做防腐处理。内壁防腐材料应卫生、无毒，且应能承受所储存热水的最高温度。

**5.5.3** 水箱内胆应按现行国家标准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 规定，做接地处理。放置在建筑物顶层的水箱，应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 规定，直接与建筑的防雷网（带）连接。如原建筑物无防雷措施，应对水箱做接地处理。

**5.5.4** 开式水箱应进行灌水试验，承压水箱（罐）应进行耐压试验。

**5.5.5** 现场制作的水箱，保温应在检漏试验合格后进行。水箱保温质量应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程施工质量验收标准》GB/T 50185 的规定。水箱保温层外防护材料搭接处应涂防水耐候玻璃胶，搭接尺寸不得小于 20 mm。水平设备及管道上的纵向搭接应在水平中心线下方 15°至 45°的范围内顺水搭接，防止雨水进入保温层。

## **5.6 管路系统**

**5.6.1** 太阳能热水系统的管路安装应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的规定和设计要求。

**5.6.2** 管道最低处应安装泄水装置，最高点应设排气阀。

**5.6.3** 管道穿过混凝土结构和墙体时，应加装套管。

**5.6.4** 水泵安装应符合现行国家标准《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275 有关规定。水泵周围应留有检修空间，前后应设置阀门，并应做好接地防护。水泵进出口宜设置减振喉，水泵与基座之间应按设计要求设置减振垫等隔震措施。

**5.6.5** 水泵宜安装在室内。安装在室外的水泵，应有遮阳、防雨和防冻措施；安装在室内的水泵，应有防潮及排水措施。

**5.6.6** 电磁阀或电动阀的前后和旁通管上应设检修阀。

**5.6.7** 水泵、电磁阀、电动阀及其他阀门的安装应便于操作和更换。

**5.6.8** 过压及过热保护的阀门泄压口，应设置符合设计要求、保证泄流安全性的引流硬管。介质为防冻液的系统，应设置防冻液收集装置。

- 5.6.9** 压力表、流量计等应安装在便于观察的地方，手动阀门应安装在容易操作的地方。
- 5.6.10** 设备及易发生故障的配附件两端应采用法兰或活接头连接，应留有检修维护空间。
- 5.6.11** 管路保温应在水压试验合格后进行。采用自限式电热带防冻的系统，应先将自限式电热带安装后，再作保温。保温质量应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的规定。

### **5.7 辅助热源加热设备**

- 5.7.1** 电加热管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 的规定。
- 5.7.2** 供热锅炉及其他常规热源设备的安装应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的规定。
- 5.7.3** 辅助热源加热设备的运行噪声，应符合现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096 的规定。
- 5.7.4** 辅助热源的安装位置应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

### **5.8 控制系统与电气系统**

- 5.8.1** 控制用传感器的安装，应满足以下要求：

- 1 管道上的温度传感器安装方法应按照现行国家标准《热量表》GB/T 32224 的规定安装，应保证温度传感器和被测物体有良好接触；
- 2 集热器温度传感器应安装在集热器阵列出口处；
- 3 供热水系统循环用温度传感器应安装在最远端用水点总管道上；
- 4 压力型水位传感器应安装在水箱底部；
- 5 安装在室外的传感器应选用防水防雨型传感器，或者采取防水、防雨措施；
- 6 传感器接线应采用屏蔽线或设置抗干扰措施，接线应采取防老化措施；
- 7 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。温度传感器四周应进行良好的保温并做好标识。

- 5.8.2** 自限式电热带敷设时，应与管道紧密贴合。起止端接线应符合相关电气专业要求。

- 5.8.3** 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 的规定。各类盘、柜的安装应符合设计要求和现行国家标准《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 的规定。安装电气设施的设备间应具备防潮和防高温蒸汽的相应措施。

- 5.8.4** 电气设备和与电气设备相连接的金属部件应做等电位连接。电气接地装置的施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 的规定。

- 5.8.5** 电缆线路施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168 的规定。

- 5.8.6** 光伏系统应设置空气开关、防反装置等，室外控制柜应设置浪涌保护装置。

### **5.9 水压试验与冲洗**

- 5.9.1** 太阳能热水系统安装完毕后，在设备和管路保温之前，应进行水压试验。
- 5.9.2** 太阳能热水系统水压试验和灌水试验应按现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的规定执行。
- 5.9.3** 环境温度低于 5℃进行水压试验时，应采取可靠防冻措施。水压试验结束，应将系统内的水从泄水点排除干净，必要时可采取吹扫措施。
- 5.9.4** 系统水压试验合格后，应对系统进行冲洗，直至排出水目视不浑浊为止。

### **5.10 系统调试**

- 5.10.1** 系统调试应含设备单机调试和系统联动调试。系统联动调试应在设备单机调试和试运转合格后进行。系统联动调试应按照设计要求的实际运行工况进行。

**5.10.2** 设备单机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、防过热等安全保护装置工作正常；
- 7 各种阀门开启灵活，密封严密；
- 8 常规热源加热设备工作正常，加热能力达到设计要求；
- 9 检查线路。

**5.10.3** 系统联动调试应包括下列内容：

- 1 调整水泵控制阀门；
- 2 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；对集热系统的串、并联管路应调整至同程；
- 3 温度、温差、水位、时间等控制仪的控制区域或控制点符合设计要求；
- 4 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；
- 5 调整电磁阀初始参数，使其动作符合设计要求；
- 6 调试数据传输；
- 7 调试数据平台互联互通性。

**5.11 系统试运行**

**5.11.1** 太阳能热水系统联动调试完成后，应进行连续 3 天试运行，其中至少有一天是晴天。

**5.11.2** 试运行前，应按照设计图纸进行下列前期工作：

- 1 按照太阳能热水系统原理图，检查设备、线路及管路安装是否符合设计要求；
- 2 按照太阳能热水系统电气系统原理图，检查电气设备和控制系统是否符合设计要求；
- 3 检查核实储热水箱、集热器及系统管路的内部是否已清洗干净。

**5.11.3** 系统试运行应符合下列规定：

- 1 给系统充装介质，充装速度不宜过快。全玻璃真空管太阳能集热系统应在无阳光照射条件下充装介质；
- 2 在系统工作条件下，对太阳能集热系统、热水系统进行试运行，直至各部件进入正常工作状态，连续正常试运行 24 小时为合格；
- 3 在无日照条件下，启动辅助热源，连续正常运行 4 小时为合格。

**5.11.4** 设计工况下系统试运行参数应符合下列规定：

- 1 太阳能光热集热系统流量与设计值的偏差不应大于 10%；
- 2 太阳能热水供水量和温度应符合设计要求；
- 3 太阳能系统的工作压力应符合设计要求。



## 6 验收

### 6.1 一般规定

- 6.1.1** 太阳能热水系统验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300及相关专业质量验收规范的要求。
- 6.1.2** 新建建筑的太阳能热水系统验收应纳入建筑整体验收程序。
- 6.1.3** 太阳能热水系统的分项工程验收宜根据工程施工特点分期进行。
- 6.1.4** 太阳能热水系统建成后，应先进行自检验评定，合格后提交竣工验收申请报告，并进行工程竣工验收和工程资料的归档。
- 6.1.5** 竣工验收应在工程移交用户前、分项工程验收合格后进行。
- 6.1.6** 太阳能热水工程施工质量的保修期限，应符合现行北京市地方标准《住宅工程质量保修规程》DB11/T 641 的规定。

### 6.2 检查

- 6.2.1** 对于影响工程安全和系统性能的工序，应在本工序完成后进行检查。
- 6.2.2** 太阳能热水系统施工前，应对以下项目进行检查：
- 1 屋面防水工程检查合格；
  - 2 储热水箱、水泵等承重和固定基座检查合格；
  - 3 集热器支架承重和固定基座检查合格。
- 6.2.3** 太阳能热水系统中的隐蔽工程，应在隐蔽前进行检查，合格后方可继续施工。下列隐蔽工程应进行检查：
- 1 预埋件或后置锚栓连接件；
  - 2 基座、支架、集热器及光伏组件四周与主体结构连接节点；
  - 3 预埋在地下、建筑墙体内或暗装在吊顶层（装修装饰层内）的管道、穿线管等；
  - 4 系统防雷、接地连接节点。

### 6.3 验收

- 6.3.1** 系统移交建设单位前，应进行竣工验收。
- 6.3.2** 竣工验收应在满足下列条件下进行：
- 1 工程所含分项工程均已验收合格；
  - 2 质量控制资料完整；
  - 3 工程所含安全和功能的分项工程检验、检测完整；
  - 4 主要功能项目的抽查结果符合国家对应专业质量验收规范的规定；
  - 5 观感质量验收符合要求。
- 6.3.3** 工程的检验和检测应包括下列主要内容：
- 1 承压管道系统和设备及阀门水压试验；
  - 2 非承压管道灌水及通水试验；
  - 3 集热器、储水箱检漏试验；
  - 4 电气路线绝缘强度测试；
  - 5 防雷接地电阻测试；
  - 6 系统热性能、效率检测验收。晴天条件下，使用附录 H 方法检测的系统日热水温升应不小于对应月份日热水设计温升的 85%，光伏组件效率不低于 18%。
- 6.3.4** 验收应做好记录。应在所有验收结果满足设计要求后签署验收文件，并保存归档。
- 6.3.5** 太阳能热水系统工程竣工验收应提交下列资料：

- 1 施工方案、施工资质文件等；
- 2 包括以下内容的设计和施工文件：
  - 1) 设计计算书；
  - 2) 施工图；
  - 3) 施工图纸会审记录、设计变更文件、工程洽商；
  - 4) 竣工图。
- 3 主要材料、设备、成品、半成品、配件和仪表出厂合格证及进场检查记录；
- 4 设备、材料的检验报告以及太阳能集热器进场见证取样复检报告；
- 5 隐蔽工程验收记录和分项工程验收记录；
- 6 有关安全、卫生等功能检查检测记录；
- 7 系统水压或灌水试验；
- 8 管路冲洗记录；
- 9 系统调试和试运行记录；
- 10 系统热性能检测结果；
- 11 观感质量综合检查记录；
- 12 工程使用维护说明书；
- 13 其他需要提交的资料。

**6.3.6** 除满足上述要求，民用建筑太阳能热水系统的竣工验收还应符合现行国家标准《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411 和《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364 的相关规定。

## 7 运行和维护

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 应根据太阳能热水系统各部件功能和特点，制订相应维护计划。

**7.1.2** 太阳能热水系统正式移交给使用单位之前，应由专业人员对使用单位操作人员进行培训。培训内容包括但不限于：

- 1 太阳能热水系统运行原理和 workflows；
- 2 太阳能热水系统运行注意事项；
- 3 系统基本控制原理、控制器参数的正常范围以及参数的读取、设置方法；
- 4 一次仪表的位置和功用，以及参数观察和读取方法；
- 5 控制系统中，强制和手动按钮的使用条件和操作方法；
- 6 常见故障的识别、排除或紧急处理方法；
- 7 明确设备巡检维修周期。指导受培训人员填写本规程附录 H、附录 J 的《巡检记录表》

和本规程附录 K 的《维修记录表》；

8 操作人员应按操作规程执行一次实际运行操作。条件允许时，可模拟常见故障发生情况指导受训人员进行操作处理。

**7.1.3** 应根据项目的系统特点，编制操作规程并悬挂于方便用户查询明显位置。操作规程内容应包括：

- 1 初次运行开机流程；
- 2 短期停机后的开机操作规程；
- 3 运行过程中的关机操作规程；
- 4 长期停用操作规程；
- 5 常见故障的紧急处理流程。

**7.1.5** 太阳能热水系统交付使用后，应制定系统日常维护和故障处理管理办法。

**7.1.6** 太阳能热水系统运行期间，宜每日记录系统主要运行数据，定期进行汇总和分析，并根据分析结果，适时、合理地调整运行参数。

### 7.2 集热、光伏系统

**7.2.1** 太阳能集热器的运行应符合下列规定：

- 1 避免太阳能集热器在运行过程中发生长期空晒和闷晒现象；
- 2 避免太阳能集热器在运行过程中发生液态传热介质冻结现象；
- 3 定期检查光伏热水系统中的光伏组件接地连接，应无松动。

**7.2.2** 太阳能集热器、光伏组件的维护应符合下列规定：

- 1 定期清扫或冲洗集热器、光伏组件表面灰尘；
- 2 定期去除集热器内水垢；
- 3 使用全玻璃真空管型集热器的系统，不得在发生空晒时立即上冷水。定期检查集热器是否存在液体泄漏或破损，排除隐患。每年入冬前，逐根检查真空管，发现真空度失效产品应及时更换；

4 系统维护人员在日常的工作中，应监测太阳能集热器的温度变化，填写本规程附录 J 的《巡检记录表》。

### 7.3 水箱

**7.3.1** 应定期检查水箱的保温状态及密封性，发现破损应及时修补。

**7.3.2** 应定期检查水箱的补水阀、安全阀、液位控制器和排气装置等工作是否正常。

**7.3.3** 应定期清除水箱内的水垢，检查是否有异物进入水箱，防止循环管道被堵塞。

## 7.4 管路

### 7.4.1 管道的日常维护保养应符合下列规定：

- 1 管道保温层和表面防潮层不应破损或脱落；
- 2 管道系统应通畅，并应定期冲洗；
- 3 管道的支撑构件，包括支吊架和管箍等，运行中出现断裂、变形、松动、脱落和锈蚀的，应立即采取更换、补加、重新加固、补刷油漆等措施。

### 7.4.2 阀门的运行和维护应符合下列规定：

- 1 阀门应保持清洁，螺杆与螺母不应磨损；
- 2 应定期转动手轮或手柄；
- 3 电力驱动的阀门的电控元器件和线路应定期维护保养；
- 4 不应站在阀门上操作或检修。

### 7.4.3 水泵的运行和维护应符合下列规定：

- 1 启动前应做好准备工作。轴承的润滑油应充足、良好。水泵及电机应固定良好。水泵及进水管部分应全部充满水；
- 2 应做启动前检查工作。泵轴的旋转方向应正确，泵轴的转动应灵活；
- 3 运行中，电机不应有过高的温升。轴承温度不得高于周围环境温度  $35\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。轴封处、管接头处应无漏水现象，并应无异常噪声、振动、松动和异味。压力表指示应正常且稳定，无剧烈抖动；
- 4 每次停机后的重新开机前，应检查水泵转向是否正常，水泵前后阀门的开度是否符合要求，并应做好水泵排气工作；
- 5 在用泵与备用泵应定期交替运行，交替周期不宜超过一个月；
- 6 发现漏水时，应压紧或更换油封；
- 7 应定期检查清理水泵吸入口过滤器。

## 7.5 控制系统与电气系统

### 7.5.1 现场控制系统的运行和维护应符合下列规定：

- 1 系统正常运行期间，应每月对控制系统进行一次现场检查；
- 2 现场检查时，应手动操作所有控制设备（水泵、电磁阀等），判断是否正常工作，并进行记录，记录表见本规程附录 J；
- 3 应检查现场一次仪表和现场控制器的显示数据是否异常，应对现场一次仪表与现场控制器的数据一致性进行比对；
- 4 应对运行参数进行检查。运行参数出现较大偏离时，应查找原因。对参数进行调整修改时，应进行记录并注明修改原因；
- 5 未设置远程监控功能的系统，应定期从现场控制器将运行数据导出，处理后存档。

### 7.5.2 远程监控系统运行和维护应符合下列规定：

- 1 太阳能热水系统正常运行期间，应至少每月进行一次远程访问，查看控制系统运行状态及控制参数，应对现场控制器和远程监控系统所采集数据的一致性进行比对，及时发现问题，查找原因，排除故障隐患；
- 2 应做好远程监控系统的权限管理工作。

### 7.5.3 应定期测试电气系统的接地电阻。

## 7.6 辅助热源加热系统

### 7.6.1 电加热器加热系统的运行和维护应符合下列规定：

- 1 放置电加热器的水箱低水位保护应正常工作；
- 2 所有阀门的开闭状态应正确，安全阀应正常工作；
- 3 电加热器元件不应有损坏情况；

- 4 定期检查电加热器外表，及时清理结垢或淤积；
- 5 定期检查电加热装置的安全阀是否可正常工作；
- 6 定期检查电气接地是否良好；
- 7 定期检查剩余电流保护装置是否正常工作；
- 8 定期检查线路是否有异常发热和烧损现象。

**7.6.2** 空气源热泵加热系统的运行和维护应符合下列规定：

- 1 定期检查热泵的压缩机和风机是否正常工作。机组出风口及表冷器上应无堵塞物；
- 2 检查机组运行时高低压是否正常。接地线应可靠连接。剩余电流保护器应可有效动作；
- 3 定期检查系统中的水流开关等流量保护装置动作的可靠性；
- 4 定期清理水垢、清理过滤器内杂物；
- 5 定期对水系统管道和阀门等进行维护保养，管道及阀门应无泄漏。

**7.6.3** 燃气热水器的运行和维护应符合下列规定：

- 1 水系统管道及燃气管道、阀门安装符合要求，不应漏水及漏气；
- 2 排烟管出口应保持畅通；
- 3 定期清除水系统管道中的杂质；
- 4 定期对燃气管道、水系统管道及阀门等进行维护保养；
- 5 定期对热水器进行安全检查，发现故障隐患应由专业人员进行维修排除；
- 6 检查控制系统及安全保护装置运行可靠。

## **7.7 防冻措施**

**7.7.1** 每年进入冬季之前，应对系统各项防冻措施进行检查和验证。

**7.7.2** 循环介质为水的太阳能热水系统，冬季长时间不运行的，应将管道和设备排空。

**7.7.3** 冬季运行期间，管理人员应密切注意天气及气温变化情况，在雨雪天气或气温突降时，应加强对系统供电、防冻设施是否正常工作的巡检。

**7.7.4** 应制定冬季紧急情况处理预案。遇到突发情况导致防冻措施失灵或出现冻结事故时，应立即启动紧急情况处理预案。

附录 A 单位集热器采光面积日产热水设计量计算方法

A.0.1 单位集热器采光面积日产热水设计量应按下式计算：

qv = (JT,max ηc,max (1 - ηL)) / (ρ Cp (tr - tl)) (A.0.1)

式中：qv——单位集热器采光面积日产热水设计量 [L/ (m²·d)]；  
JT,max——南向40°倾角集热器采光面上最大日太阳辐照量 [kJ/ (m²·d)]，按表A.0.1取值；  
ηc,max——太阳能集热系统日平均集热效率；  
ηL——太阳能集热系统日平均热损失率；  
ρr——水的密度 (kg/L)，取 1.0 kg/L)；  
Cp——水的比热 [kJ/ (kg·℃)]，取 4.187 kJ/ (kg·℃)；  
tr——热水设计温度 (℃)；  
tl——冷水计算温度 (℃)。

表A.0.1 北京地区南向40°倾斜面逐月最大日太阳辐照量

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
逐月集热器采光面（南向 40°倾角）最大日太阳辐照量 [ MJ/ ( m² · d) ]	19.970	23.805	26.361	26.899	27.079	23.84	23.718	24.543	26.31	25.873	20.463	17.612	23.87

注：“逐月集热器采光面（南向 40°倾角）最大日太阳辐照量”数据，为在中央气象台所公布 1996 年～2000 年间日太阳辐照量最大值基础上进行 5%折减处理后的数值。

附录 B 北京地区不同倾角和方位角的太阳能集热器集热器面积补偿比

表 B 北京地区不同倾角和方位角的太阳能集热器面积补偿比  $R_s$  (%)

	$90\% \leq R_s < 95\%$
	$R_s < 90\%$
	$R_s \geq 95\%$

北京纬度  $39^\circ 48'$

	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

注：数据引自现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364。

## 附录 C 常用类型集热器总面积折算系数计算方法

**C.0.1** 无反射板或集热器外置反射板的平板集热器以及真空管集热器，总面积折算系数  $R_g$  应用下式计算：

$$R_g = L \frac{W}{L_2 W_2} \quad (\text{C.0.1})$$

式中： $R_g$ ——不同倾角和方位角的太阳能集热器面积补偿比；

$L$ ——集热器总长（m）；

$W$ ——集热器总宽（m）；

$L_2$ ——集热器采光面长（m）；

$W_2$ ——集热器采光面宽（m）。

**C.0.2** 无反射板或背部置反光板的真空管集热器总面积折算系数  $R_g$  应用下式计算：

$$R_g = L \frac{W}{L_2 D n} \quad (\text{C.0.2})$$

式中： $R_g$ ——不同倾角和方位角的太阳能集热器面积补偿比；

$L$ ——集热器总长（m）；

$W$ ——集热器总宽（m）；

$L_2$ ——集热器采光面长（m）；

$D$ ——集热器与前方遮挡物之间的最小距离（m）；

$n$ ——真空管支数。



## 附录 D 间接加热系统热交换器换热面积计算方法

**D.0.1** 间接系统热交换器换热面积可按式计算：

$$A_{hx} = \frac{1000 (1 - \eta_L) Q_{hx}}{\varepsilon U_{hx} \Delta t_j} \quad (\text{D.0.1})$$

式中：\$A\_{hx}\$——间接系统热交换器换热面积（m<sup>2</sup>）；

\$\eta\_L\$——储热水箱至热交换器的管路热损失率，取0.02~0.05；

\$Q\_{hx}\$——热交换器换热量（kW）；

\$\varepsilon\$——结垢影响系数，取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，取5℃~10℃。

**D.0.2** 热交换器换热量可按式计算：

$$Q_{hx} = \frac{k f Q}{3600 S_y} \quad (\text{式 D.0.2})$$

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；

\$f\$——太阳能保证率（%）。北京地区全年用系统可取50%，春夏秋季用系统，取65%；

\$Q\$——热水系统日供热量（kJ）；

\$S\_y\$——平均日照小时数（h/d），全年用系统取7.5，春夏秋季用系统取8.2。

**D.0.3** 热水系统日供热量可按式计算：

$$Q = Q_w \rho_r C_p (t_r - t_l) \quad (\text{D.0.3})$$

式中：\$Q\$——热水系统日供热量（kJ）；

\$Q\_w\$——热水系统日平均热水设计用量（L/d）；

\$\rho\_r\$——水的密度（kg/L），取1.0；

\$C\_p\$——水定压比热（kJ/（kg·℃）），取4.187；

\$t\_r\$——热水设计温度（℃）；

\$t\_l\$——冷水设计温度（℃）。

附录 E 北京地区太阳能热水系统设计用气象参数表

表 E 北京地区太阳能热水系统设计用气象参数表

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
水平面月平均日太阳辐照量 [MJ/（m <sup>2</sup> ·d）]		9.143	12.185	16.126	18.787	22.297	22.049	18.701	17.365	16.542	12.73	9.206	7.889	15.26
南向 40°倾斜面月平均日太阳辐照量 [MJ/（m <sup>2</sup> ·d）]		15.081	17.141	19.155	18.714	20.175	18.672	16.215	16.43	18.686	17.51	15.112	13.709	17.2
月平均日照时数（h/d）		6.5	7.2	7.7	8.7	9.4	9.0	7.0	8.0	8.0	7.4	6.4	6.0	7.5
月平均环境气温（℃）		-4.6	-2.2	4.5	13.1	19.8	24	25.8	24.4	19.4	12.4	4.1	-2.7	11.6
地面水月平均温度（℃，模拟计算值）		6.9	6.2	6.9	8.8	11.4	14.0	16.0	16.7	16.0	14.0	11.4	8.8	11.5
地下水月平均温度（℃）		15												15
月 平 均 日 集 热器效率	平板	0.341	0.408	0.438	0.475	0.518	0.55	0.572	0.553	0.527	0.47	0.419	0.343	0.468
	真空管	0.459	0.473	0.503	0.516	0.539	0.551	0.564	0.555	0.54	0.517	0.489	0.46	0.514
集热系统月平均热损失率		0.3	0.29	0.25	0.2	0.15	0.11	0.1	0.11	0.15	0.2	0.25	0.29	0.2
集热系统月平均日热水设计温升（℃）		12	16	21	24	29	30	28	27	28	21	15	11	21
真空管集热系统月平均日太阳热水设计温升（℃）		16	18	24	26	30	30	28	27	29	23	18	15	23

注：1 表中的“地面水月平均水温”为缺少实测数据情况下，综合国内外相关研究，以北京地区地面水年平均温度11.5℃为设定条件进行模拟计算结果；  
2 “地下水月平均温度”为北京地区地下水参考值；  
3 “月平均日集热器效率”仅为针对满足本规程第3.0.2条对集热器热性能规定要求的平板和真空管集热器、使用本表月平均日太阳辐照量、环境以及冷水温度进行计算；  
4 “集热系统月平均热损失率”为依据本规程第3.0.3条对集热系统年平均热损失率20%规定进行逐月平均热损失率回归计算值；  
5 “集热系统月平均日热水设计温升”仅适用于满足本规程第3.0.2和3.0.3条的集热器热性能以及集热系统热损失率规定要求，单位集热器采光面积日产热水设计量取70 L/d，按本表太阳辐照量、环境及冷水温度计算得到的无辅助热源补充下太阳能热水系统月平均日热水设计温升。

## 附录 F 太阳能集热器月平均集热效率计算方法

**F.0.1** 太阳能集热器月平均集热效率，应根据集热器瞬时效率方程（瞬时效率曲线）实际检测结果，按下式计算：

$$\eta = \eta_0 - U \frac{t_i - t_a}{G} \quad (\text{F.0.1})$$

式中  $\eta$ ——基于采光面积的集热器月平均集热效率（%）；  
 $\eta_0$ ——基于采光面积的集热器瞬时效率曲线截距（%）；  
 $U$ ——基于采光面积的集热器瞬时效率曲线斜率 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ]；  
 $t_i$ ——集热器介质进口温度（ $^\circ\text{C}$ ）；  
 $t_a$ ——月平均环境空气温度（ $^\circ\text{C}$ ）；  
 $G$ ——月平均日总太阳辐照度（ $\text{W}/\text{m}^2$ ）。

**F.0.2** 归一化温差计算的参数选择，应符合下列原则：

1 月平均集热器介质进口温度应按下式计算：

$$t_i = \frac{t_l}{3} + \frac{2t_r}{3} \quad (\text{F.0.2-1})$$

式中：  $t_i$ ——集热器介质进口温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$t_l$ ——冷水计算温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$t_r$ ——热水设计温度（ $^\circ\text{C}$ ）。

2 月平均环境气温应取项目所在地气象统计数据。缺少气象资料的应自本规程表 E.0.1 取值。

3 月平均日总太阳辐照度应按下式计算：

$$G = J_T \frac{1000}{3.6 S_y} \quad (\text{F.0.2-2})$$

式中：  $G$ ——月平均日集热器采光面上的总太阳辐照度（ $\text{W}/\text{m}^2$ ）；

$J_T$ ——月平均日太阳辐照量 [ $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]；

$S_y$ ——月平均日照小时数（ $\text{h}/\text{d}$ ）。

## 附录 G 月平均太阳能集热系统热损失率计算方法

**G.0.1** 太阳能集热系统管路单位表面积热损失可按式计算：

$$q_l = \frac{t - t_a}{\frac{D_0}{2\lambda} \ln \frac{D_0}{D_i} + \frac{1}{a_0}} \quad (\text{G.0.1})$$

式中： $q_l$ ——管道单位表面积热损失 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$D_i$ ——管道保温层内径 (m)；

$D_0$ ——管道保温层外径 (m)；

$t_a$ ——月平均环境空气温度 (°C)；

$t$ ——管道外壁温度，金属管道及设备通常可取介质温度 (°C)；

$a_0$ ——保温管道外表面放热系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ]；

$\lambda$ ——保温材料导热系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ]。

**G.0.2** 水箱单位表面积热损失可按式计算：

$$q = \frac{t - t_a}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a}} \quad (\text{G.0.2-1})$$

式中： $q$ ——水箱单位表面积热损失 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$\lambda$ ——保温材料导热系数 [ $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ]；

$a$ ——保温水箱表面放热系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ]；

$\delta$ ——保温层厚度 (m)。

**G.0.3** 管路及水箱热损失率  $\eta_L$  可按式计算：

$$\eta_L = \frac{q_1 A_l + q A_2}{G A_c \eta} \quad (\text{G.0.3})$$

式中： $A_l$ ——管路表面积 ( $\text{m}^2$ )；

$A_2$ ——储热水箱表面积 ( $\text{m}^2$ )；

$A_c$ ——集热器采光面积修正值 ( $\text{m}^2$ )；

$G$ ——集热器采光面上的总太阳辐照度 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$\eta$ ——集热器月平均集热效率。

附录 H 太阳能热水系统巡检记录表（一）

表 H 巡检记录表（一）

验收日期：        年    月    日

工程名称			系统类型		
施工单位			质量负责人		
建筑面积		m²	太阳能集热器类型		
			集热器或光伏组件采光面积（m²）		
			光伏组件峰值功率（Wp）		
序号		分项工程名称	（检验批）数	施工单位检查评定	验收意见
	1	太阳能集热/发电系统			
	2	辅助热源加热系统			
	3	热水供应系统			
	4	控制及电气系统			
	质量控制资料		设计变更文件； 材料、配件出厂合格证书； 进场检（试）验报告； 管道、设备灌水、强度严密性试验记录； 隐蔽检验记录； 通水试验记录； 试运转调试记录； 施工记录		
	安全和供热性能检验（检测）报告		太阳能热水系统热性能快速检测合格报告； 水质检测报告		
	观感质量验收				
	设计单位		（签章）                      责任人：		
	施工单位		（签章）                      责任人：		
	监理（建设）单位		（签章）                      责任人：		

附录 J 太阳能热水系统巡检记录表（二）

表 J 巡检记录表（二）

巡检日期： 年 月 日 时 天气情况： 气温： 巡检人员：

太阳能集热系统	巡检项目	检查结果	备注
	集热器出水温度或光伏组件辅出电压	/V	
	集热或组件有无破损	有□ 无□	
	集热器或组件清洁情况	良好□ 一般□ 差□	
	系统管道有无跑冒滴漏，电线电缆有无破损	有□ 无□	
	电动元件工作情况	正常□ 故障□	
	换热设备工作情况	正常□ 故障□	
	补液或补水装置	正常□ 故障□	
	太阳能循环泵运行情况	正常□ 故障□	
	太阳能循环泵出口压力	MPa	
	太阳能储热水箱温度		
	太阳能储热水箱水位	正常□ 低□ 或 %	
辅助加热系统	能源（电、燃气、热力）供应情况	正常□ 故障□	
	辅助加热设备运行情况	正常□ 故障□	
	辅助加热设备控制装置	正常□ 故障□	
	辅助加热设备出口水温		
	辅助加热系统循环泵工作情况	正常□ 故障□	
	电动元件工作情况	正常□ 故障□	
	系统管道有无跑冒滴漏	有□ 无□	



## 本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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用词，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

1	《建筑结构荷载规范》	GB 50009
2	《建筑抗震设计标准》	GB 50011
3	《建筑给水排水设计标准》	GB 50015
4	《建筑设计防火规范》	GB 50016
5	《建筑物防雷设计规范》	GB 50057
6	《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》	GB 50168
7	《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》	GB 50169
8	《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》	GB 50171
9	《工业设备及管道绝热工程施工质量验收标准》	GB/T 50185
10	《钢结构工程施工质量验收标准》	GB 50205
11	《屋面工程质量验收规范》	GB 50207
12	《建筑防腐蚀工程施工规范》	GB 50212
13	《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》	GB/T 50224
14	《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》	GB 50242
15	《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》	GB 50275
16	《建筑电气工程施工质量验收规范》	GB 50303
17	《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》	GB 50364
18	《建筑节能工程施工质量验收标准》	GB 50411
19	《工程结构通用规范》	GB 55001
20	《建筑给水排水与节水通用规范》	GB 55020
21	《声环境质量标准》	GB 3096
22	《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》	GB/T 17219
23	《国家电气设备安全技术规范》	GB 19517
24	《家用太阳能热水系统控制器》	GB/T 23888
25	《太阳能热水系统（储水箱容积大于 0.6m <sup>3</sup> ）控制装置》	GB/T 28737
26	《热量表》	GB/T 32224
27	《二次供水工程技术规程》	CJJ 140
27	《混凝土结构后锚固技术规程》	JGJ 145
28	《公共建筑节能工程施工质量验收规程》	DB11/T 510
29	《住宅工程质量保修规程》	DB11/T 641
30	《公共建筑节能设计标准》	DB11/T 687
31	《居住建筑节能设计标准》	DB11/ 891
32	《居住建筑节能工程施工质量验收规程》	DB11/T 1340
33	《分布式光伏发电系统电气安全技术规范》	DB11/T 2036

北京市地方标准

民用建筑太阳能热水系统

应用技术规程

**Technical specification for application of solar water  
heating system of civil buildings**

编号：DB11/T 461 -2024

条文说明

2024 北 京

2 术 语

2.0.7 一种新型太阳能热水系统，主要由水箱、光伏组件、控制系统、电加热器组成，光伏组件将太阳能转换为电能，驱动内置在水箱中的电加热器生产热水，其原理如下图所示：

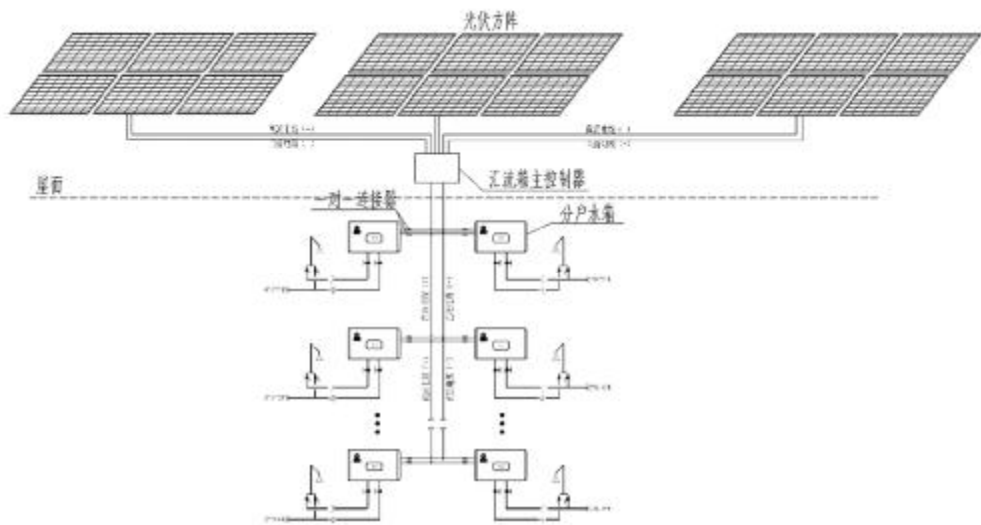


图1 光伏太阳能热水系统原理图

2.0.8 太阳能集热系统热损失率对于集热系统的性能影响较大。太阳能集热系统运行过程中，会存在不同类型的能量损失，造成损失的原因主要有两类：一类为由于工作介质与环境的温差造成的设备及管路散热损失；另一类为不同系统形式造成的集热量损失，如间接式集热系统二次交换造成的热量损失、开式集热系统由于集热器、水箱的排气造成的热量损失。本规程定义的热损失率中的热量损失为第一类损失。

2.0.10 太阳能保证率是衡量太阳能系统性能的重要指标。热水系统中的实际耗热包括两部分，一是用户用水耗热量，即系统热水负荷；另一部分为系统的管道循环热损失量。为了更加真实地反映太阳能系统的运行效果，本规程定义的太阳能保证率为太阳能热水系统中由太阳能供给的能量占系统总消耗能量的百分率。系统总消耗量包括系统热水负荷以及热水系统的热损失。

### 3 基本规定

**3.0.1** 本条对安装太阳能系统的结构安全性作出规定与要求，太阳能热水系统的安装必须以不影响建筑安全性能为前提。

**3.0.2** 对于北京地区太阳能热水系统中采用的太阳能集热器，本条提出了略优于国家标准规定的热性能要求。优良的太阳能集热器热性能可以有效保障太阳能集热量，使得在相同供热需求下的集热器面积数量减少，建筑占用空间亦可随之减少。优良集热器产品的使用，也有利于提升北京地区太阳能热水系统工程质量。

**3.0.8** 本条对太阳能集热系统中一些耐用主要部件正常使用寿命进行了规定。为了使太阳能满足建筑应用需要，结合产品的实际条件，规定为 15 年。这里，允许在正常使用寿命期间主要部件的局部更换和易损件的更换。

**3.0.9** 本条提出的“晴好天气条件下对建成系统所做日热水温升检测值应不小于太阳能热水系统日平均热水设计温升的 85%”要求，基于如下研究确定。“日平均热水设计温升”计算值，是使用月平均日太阳辐照量和环境及冷水温度数据的计算结果，项目检测规定晴天对应的日太阳辐照量均将高于月平均日太阳辐照量，实际冷水温度和环境温度也将高于“日平均热水设计温升”计算阈值，所以对于集热器热性能和集热系统热损失率满足本规程要求的系统，所做日平均热水温升检测结果应优于对应设计值 85% 以上。

## 4 太阳能热水系统设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本条规定目的是要求在太阳能热水系统的相关设备的安装时，应对其安装后对本建筑物及周转相关建筑物造成的影响进行评优，以防止由于太阳能热水系统安装对其他建筑物造成的采光减少、产生光污染等不利影响。

**4.1.2** 尽量缩短太阳能热水系统的集热端和供热端的距离，是本条款设置目的。为的是使太阳能集热量更多用于制备热水而非被系统热损失消耗。

### 4.3 设计计算

**4.3.2** 本条规定了一种根据单位集热器采光面积日产热水设计量计算太阳能热水系统集热器面积的设计计算方法。

在依据现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015 确定了热水系统日平均热水设计用量后，使用本规程设计方法，代入单位集热器采光面积日产热水设计量数据，可以快捷地计算得到太阳能热水系统集热器采光面积设计值。在确定集热器采光面积后，根据实际系统情况（集热器安装倾角和方位角、系统采用直接还是间接加热方式），依本节所给出的修正计算方法，可以方便地确定满足日热水设计用量的集热器总面积配置数量。

单位集热器采光面积日产热水设计量，可根据逐月最大太阳辐照量、环境温度和冷水温度数据，代入对应系统所采用的太阳能集热器热性能和系统热损失率，按附录 A 给出的公式计算确定。

取全年逐月最大太阳辐照量对应日产热量计算结果中的日产热量最大值作为设计取值，是为了最大限度发挥太阳能设备效能的同时，尽可能降低太阳能设备闲置造成的投资浪费。将平板和真空管集热器日产热量做 70 L/d 统一设计取值处理，是为了简化设计。

### 4.4 太阳能集热系统

**4.4.1** 本条强调了应根据集热系统要求的工作压力选用承压能力适宜的太阳能集热器。不同类别的集热器承压能力不同，选用时与系统运行要求的工作压力匹配是太阳能热水系统安全、可靠、稳定使用的重要保证。

平板型太阳能集热器广泛应用于各种低温热水加热领域，但受其自身结构的局限，集热性能受季节和环境影响较大，在需要较高的出水温度或者环境气温较低时，集热效率较差。该类产品以前主要在南方气温较高的地区应用，在北方地区的使用较少。随着生产工艺的提高和新材料新技术的出现以及系统防冻技术的完善，平板集热器的性能也较以前有所提高，逐渐为北方太阳能热水工程设计人员所接受。

因为平板型集热器为金属吸热体，可以承压运行，所以在开式太阳能系统和闭式太阳能系统中都可使用，从外观和结构形式上考虑，平板集热器更容易实现与建筑的结合。

相对于平板集热器，真空管集热器热集热效率高，有效地避免了平板集热器的传导和对流热损失，并且提高了集热器的抗低温能力，同时，还具有较高的抗冰雹（击打）能力，目前广泛应用于各种规模的太阳能热水系统之中，具有很高的市场占有率。

全玻璃真空管集热器承压能力较弱，一般用于不承压运行的开式太阳能系统中。金属-玻璃真空管型集热器具有较高的承压能力和耐热冲击性能，具有较强的适应性，可以用于各种形式的太阳能热水系统之中。

**4.4.2** 有关集热器的朝向，本条提出了集热器的朝向及安装倾角等进行了规范化。给出了不同类型集热器不同安装方法时，应满足的基本安装条件。

根据现行国家标准《太阳能热水系统设计、安装及工程验收技术规范》GB/T 18713 的要求，本款规定了北京地区集热器的最佳安装倾角，系统全年使用的太阳能集热器倾角应与当地纬度一致，安装倾角取 40°；如系统侧重在冬季使用，其倾角为当地纬度加 10°，取 50°；如系统侧

重在夏季使用，其倾角为当地纬度-10°，取 30°。这条要求对于一般情况下的平板型集热器和真空管集热器都适用。

对于东西向水平放置的全玻璃真空管集热器，安装倾角可适当减少，但应能保证冬季太阳高度角降低时不造成集热管之间的遮挡，所以其安装倾角根据集热器真空管管间距大小确定，经计算，在北京地区冬季太阳高度角 30°角时，集热器真空管管间距为 70 mm，真空管东西水平安装，集热器安装角度小于 11°时，就会造成真空管前后挡光，根据目前市场上真空管集热器产品管间距实际情况，本规程规定东西向放置的集热器安装倾角不小于 10°，但对于吸热体角度可调以及可以水平传热的玻璃—金属真空管集热器，如水平热管真空管集热器，直流式真空管集热器，如果管间距足够大，可以完全水平安装。

集热器设置在墙立面和阳台上时，宜有适当倾角，以提高集热效率。

**4.4.3** 集热器可通过并联、串联和串并联等方式连接。对于自然循环的太阳能热水系统，集热器不宜串联，否则因为流动阻力过大，系统难以循环，并联连接时应使系统管道保持适当的坡度，并对集热器数量加以控制。对于强制循环系统，集热器可采用串联或并联方式连接成集热器组。

本条关于单排连接的集热器总面积限制是综合考虑了管路阻力、集热器温升等因素，目的是要避免集热器长时间运行过程中出现局部过高温以及集热效率下降。关于子系统的集热器总面积限制，是要减少因实际情况下的流量分配不均匀而导致大型系统的集热不均匀现象。

集热器之间的连接管道应按同程式设计；受场地条件限制，不能设计为同程式，应在各分支管路增设阀门，以调节管道阻力平衡。

有关集热器前后排的间距，本条给出了较为通用的计算公式，它不仅适用于朝向为正南的集热器，而且适用于朝向为南偏东或南偏西的集热器。合适的间距可以保证前排集热器不对后排集热器的采光产生影响。

在建筑屋面布置集热器阵列时应设置集热器检修通道很有必要。

嵌入建筑屋面、阳台、墙面或建筑其他围护结构的太阳能集热器，应具有建筑围护结构的承载、保温、隔热、隔声、防水等防护功能。

平板太阳能集热器的盖板和真空管集热器的罩管都是易碎的玻璃制品，为了保障太阳能热水系统的使用安全，在安装太阳能集热器的部位，应设置防止太阳能集热器损坏后部件坠落伤人的安全防护设施。

北京地区雨水较少，空气中灰尘含量较多，特别是市区内主要道路附近。空气中的灰尘吸附在太阳能集热器的表面，会严重影响集热器的采光，造成集热效率的下降，所以在太阳能集热器附近设置给水点，便于定期对太阳能集热器的真空管或玻璃盖板表面积灰进行冲洗。

本条有关集热器连接的大部分具体数据都是按照现行国家标准《太阳热水系统设计、安装及工程验收技术规范》GB/T 18713 的规定，并根据多年来积累的实践经验而提出的。

大型系统一般是指集热器总面积大于 500 m<sup>2</sup> 的太阳能系统。

**4.4.7** 本条有关水箱保温技术性能指标和做法的提出，基于国家相关标准规范要求和太阳能热水系统长期运行下的技术经济综合分析结果。保温材料导热系数小于等于 0.04 W/(m<sup>2</sup>·K)。水箱置于室外的，保温层厚度不小于 80 mm；置于无供暖设施室内的，保温层厚度不小于 50 mm。圆形水箱可采用聚氨酯整体发泡；矩形水箱可采用橡塑保温或聚氨酯预制保温模块，保温模块接缝处应采用聚氨酯发泡剂密封。保温层不能有虚空。室外水箱的保温层外防护材料一般可采用 0.4 mm~0.5 mm 不锈钢薄板、彩涂钢板、镀锌铝板等。

**4.4.10** 本条有关管路设计的具体数据和各项要求，均引自现行国家标准《太阳热水系统设计、安装及工程验收技术规范》GB/T 18713 的规定。在自然循环系统中，由于系统是仅利用传热介质内部的温度梯度产生的密度差进行循环的，因此为了保证系统有足够的热虹吸压头，规定应使循环管路朝储热水箱方向有向上坡度，不允许有反坡。在阳台壁挂自然循环系统中，规定储热水箱的下循环管口比集热器的上循环管口至少高 300 mm 是必要的。太阳能热水系统使用的

金属管路、配件、贮水箱及其他过水设备等的材质，均应与建筑给水管路材质相容，以避免在不相容材料之间产生电化学腐蚀。同时，因为太阳能集热系统的出水温度不稳定，在系统安装调试阶段和热水用热较少时，集热系统内循环介质水温有可能达到 70℃ 以上，个别时候甚至会沸腾汽化，所以一般的衬塑复合管或塑料管材不适合太阳能集热系统使用。本条强调了太阳能集热系统管道应采用可耐高温的金属管，如不锈钢管、铜管等。

有关管路保温技术性能指标和做法的规定，基于国家相关标准规范要求和太阳能热水系统长期运行下的技术经济综合分析研究确定。

## 4.6 辅助热源加热系统

**4.6.1** 本条规定了太阳能热水系统中辅助热源的选用原则。辅助能源的选择需要考虑本条规定的几方面影响因素，进行经济和技术分析后综合确定。为了使系统更加节能，太阳能集中供热系统优先利用余热及废热等热源形式，当无此类热源或热源不足时，其次考虑选择其他可以稳定供应的新能源与可再生能源，如热泵等形式。当上述两者均不具备条件时，再考虑设置电力、燃气等传统能源。对于太阳能集中-分散以及分散供热系统在系统末端设置电热水器（或电加热）以及燃气热水器辅助。当采用燃气热水器辅助时，选择具备水力、温度双重控制功能的产品，以保证供水温度的稳定性。

## 4.7 控制系统

**4.7.1** 现场控制器和远程监控系统都属于控制系统，控制系统首先要有现场控制器，以实现实时可靠的现场控制，现场控制器是实现控制的基础，远程监控是现场控制的延伸。由于云计算数据中心平台方式，数据存储量大，可扩展性强，容易维护升级等优点已越来越明显，用户使用计算机、手机和平板电脑通过互联网可以随时随地访问平台和平台项目，实现随时控制和管理项目的功能，非常方便易用，因此建议采用云平台的方式来实现远程监控功能。

**4.7.2** 国家标准《太阳能热水系统（储水箱容积大于 0.6m<sup>3</sup>）控制装置》GB/T 28737 和《家用太阳能热水系统控制器》GB/T 23888 中分别对工程太阳能热水系统控制器和家用太阳能热水系统控制器的安全、结构、材料等要求做了很详细的规定。现场控制器上标识系统运行原理图、端子接线图方、接线编号和颜色区分是方便安装和检修。

现场控制器如果具有存储功能，可以存储一部分连续的运行数据，可以实现对系统运行情况进行分析，也可以在向监控平台上传中断并恢复时实现断点续传，使数据比较完整。

**4.7.3** 本条的系统控制功能是针对太阳能热水系统运行特点而设定，其目的是使太阳能集热系统在比较高效的工况下运行，充分利用太阳能资源加热热水，尽量减少对常规热源的使用，使系统的节能效益达到最大化。并在此基础上，保证热水系统的可靠运行，保证热水供应的舒适性和稳定性，以及实现报警、远程通信等方便维护的功能。

这些功能并不是每个太阳能热水系统都必须具备，也没有包含系统中的所有功能，具体要实现哪些功能需要根据系统形式和使用要求确定。本节列举的控制功能只是太阳能热水系统常用的基本功能，供设计人员设计选型及优化。

## 5 安装与调试

### 5.2 基座

**5.2.1** 与主体结构连接的基座只有在主体结构施工时按设计要求的位置和方法进行埋设，太阳能热水系统的支架安装时才不会发生变形，才能保证太阳能热水系统与主体结构连接牢固的可靠性。

**5.3.5** 为防止雷电通过热水管道系统伤及用户，保护太阳能系统不被雷电损坏，钢结构支架和金属管路系统应与建筑物接地系统可靠连接是必要措施之一。

### 5.5 水箱

**5.5.1** 实际应用中，不少水箱采用钢板焊接。本条对内、外壁，尤其是内壁防腐提出的要求，为的是确保水箱内壁质量，以避免危及人体健康问题出现。



## 6 验收

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 由于太阳能热水系统施工受多种条件制约，本条强调了分项工程验收可根据工程施工特点分期进行。提出了对于影响工程安全和系统性能的工序，必须在本工序完成且质量合格后才能进行下一道工序的要求。否则将较难返工。

## 7 运行和维护

### 7.7 防冻措施

**7.7.1** 太阳能热水系统的集热器和分管道为室外安装，北京地区冬季气温较低，为了保证太阳能热水系统冬季运行安全，每年进入冬季之前，需对系统各项防冻措施进行验证和检查。