

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50364-2018

---

# 民用建筑太阳能热水系统 应用技术标准

Technical standard for solar water  
heating system of civil buildings

2018-07-10 发布

2018-12-01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
国家市场监督管理总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

民用建筑太阳能热水系统  
应用技术标准

Technical standard for solar water  
heating system of civil buildings

**GB 50364 – 2018**

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 8 年 1 2 月 1 日

2018 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

2018 年第 138 号

---

## 住房城乡建设部关于发布国家标准 《民用建筑太阳能热水系统 应用技术标准》的公告

现批准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》为国家标准，编号为 GB 50364 - 2018，自 2018 年 12 月 1 日起实施。其中，第 3.0.4、3.0.5、3.0.7、3.0.8、4.2.3、4.2.7、5.3.2、5.4.12、5.7.2 条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》GB 50364 - 2005 同时废止。

本标准在住房城乡建设部门户网站（[www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn)）公开，并由住房城乡建设部标准定额研究所组织中国工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2018 年 7 月 10 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2011 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2011〕17 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究、认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 建筑设计；5 太阳能热水系统设计；6 太阳能热水系统安装；7 太阳能热水系统调试与验收；8 太阳能热水系统的运行与维护；9 节能环保效益评估。

本标准修订的主要技术内容是：1 调整和补充了太阳能热水系统设计、安装和工程验收及建筑设计的章节及技术内容；2 增加了太阳能热水系统使用与维护、节能环保效益分析章节；3 增加了部分主要城市太阳能资源数据、太阳能集热器年平均集热效率计算方法、部分代表城市不同倾角和方位角的太阳能集热器总面积补偿比及太阳能集热器的结构计算方法等资料。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑标准设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼；邮政编码：100048）。

本标准主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

本标准参编单位：日出东方太阳能股份有限公司

北京太阳能研究所集团有限公司

北京创意博能源科技有限公司  
天普新能源科技有限公司  
北京清华阳光能源开发有限责任公司  
国家太阳能热水器质量监督检验中心  
(北京)  
中国建筑设计院有限公司  
浙江大学建筑设计研究院有限公司  
住房和城乡建设部科技与产业化发展中心  
珠海兴业新能源科技有限公司  
山东力诺瑞特新能源有限公司  
青岛经济技术开发区海尔热水器有限公司  
山东汉霖太阳能有限公司  
国际铜业协会

本标准主要起草人员：张树君 何梓年 郑瑞澄 焦青太  
邹怀松 律翠萍 杨金良 刘 铭  
王耀堂 王靖华 徐玲献 王岩松  
郝 斌 罗 多 亓 琨 郭延隆  
杨宪杰 黄俊鹏

本标准主要审查人员：叶 青 张晓黎 赵士怀 刘振印  
李穆然 鹿 勤 朱 宁 蒋富林  
张昕宇 孙成群

# 目 次

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 1   | 总则 .....           | 1  |
| 2   | 术语 .....           | 2  |
| 3   | 基本规定 .....         | 5  |
| 4   | 建筑设计 .....         | 7  |
| 4.1 | 一般规定 .....         | 7  |
| 4.2 | 建筑设计 .....         | 7  |
| 5   | 太阳能热水系统设计 .....    | 10 |
| 5.1 | 一般规定 .....         | 10 |
| 5.2 | 系统分类与选择 .....      | 10 |
| 5.3 | 技术要求 .....         | 11 |
| 5.4 | 太阳能集热系统 .....      | 12 |
| 5.5 | 供热水系统 .....        | 22 |
| 5.6 | 辅助能源系统 .....       | 23 |
| 5.7 | 电气与控制系统 .....      | 23 |
| 6   | 太阳能热水系统安装 .....    | 26 |
| 6.1 | 一般规定 .....         | 26 |
| 6.2 | 基座 .....           | 27 |
| 6.3 | 支架 .....           | 27 |
| 6.4 | 集热器 .....          | 27 |
| 6.5 | 贮热水箱 .....         | 28 |
| 6.6 | 管路 .....           | 29 |
| 6.7 | 辅助能源加热设备 .....     | 29 |
| 6.8 | 电气与控制系统 .....      | 30 |
| 6.9 | 水压试验与冲洗 .....      | 30 |
| 7   | 太阳能热水系统调试与验收 ..... | 31 |

|      |                                 |    |
|------|---------------------------------|----|
| 7.1  | 一般规定                            | 31 |
| 7.2  | 分项工程验收                          | 31 |
| 7.3  | 系统调试                            | 33 |
| 7.4  | 竣工验收                            | 34 |
| 8    | 太阳能热水系统的运行与维护                   | 36 |
| 8.1  | 一般规定                            | 36 |
| 8.2  | 集热系统的运行与维护                      | 36 |
| 8.3  | 储热系统的运行与维护                      | 37 |
| 8.4  | 管路系统的运行与维护                      | 37 |
| 8.5  | 控制系统的运行与维护                      | 38 |
| 8.6  | 辅助加热系统的运行与维护                    | 39 |
| 9    | 节能环保效益评估                        | 41 |
| 9.1  | 一般规定                            | 41 |
| 9.2  | 系统节能环保效益评估                      | 41 |
| 9.3  | 系统实际运行的效益评估                     | 42 |
| 9.4  | 系统效益的定期检测、长期监测和性能分级评估           | 42 |
| 附录 A | 部分主要城市太阳能资源数据表                  | 43 |
| 附录 B | 太阳能集热器年平均集热效率的计算方法              | 46 |
| 附录 C | 部分代表城市不同倾角和方位角的太阳能集热器<br>总面积补偿比 | 48 |
| 附录 D | 太阳能集热器结构计算方法                    | 64 |
|      | 本规范用词说明                         | 68 |
|      | 引用标准名录                          | 69 |
|      | 附：条文说明                          | 71 |

# Contents

|     |                                                  |    |
|-----|--------------------------------------------------|----|
| 1   | General Provisions .....                         | 1  |
| 2   | Terms .....                                      | 2  |
| 3   | Basic Requirements .....                         | 5  |
| 4   | Design of Architecture .....                     | 7  |
| 4.1 | General Requirements .....                       | 7  |
| 4.2 | Architectural Design .....                       | 7  |
| 5   | Design of Solar Water Heating System .....       | 10 |
| 5.1 | General Requirements .....                       | 10 |
| 5.2 | System Classification and Selection .....        | 10 |
| 5.3 | Technical Requirements .....                     | 11 |
| 5.4 | Solar Collector System .....                     | 12 |
| 5.5 | Hot Water Supply System .....                    | 22 |
| 5.6 | Auxiliary Energy Heating System .....            | 23 |
| 5.7 | Electric and Control System .....                | 23 |
| 6   | Installation of Solar Water Heating System ..... | 26 |
| 6.1 | General Requirements .....                       | 26 |
| 6.2 | Base .....                                       | 27 |
| 6.3 | Bracket .....                                    | 27 |
| 6.4 | Solar Collector .....                            | 27 |
| 6.5 | Water Storage Tank .....                         | 28 |
| 6.6 | Piping System .....                              | 29 |
| 6.7 | Auxiliary Energy Heating Equipment .....         | 29 |
| 6.8 | Electric and Control System .....                | 30 |

|            |                                                                                        |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.9        | Hydrostatic Test and Rinse .....                                                       | 30 |
| 7          | Commissioning and Acceptance of Solar Water Heating System .....                       | 31 |
| 7.1        | General Requirements .....                                                             | 31 |
| 7.2        | Sub-project Acceptance .....                                                           | 31 |
| 7.3        | System Commissioning .....                                                             | 33 |
| 7.4        | Completion Acceptance .....                                                            | 34 |
| 8          | Operation and Maintenance of Solar Water Heating System .....                          | 36 |
| 8.1        | General Requirements .....                                                             | 36 |
| 8.2        | Operation and Maintenance of Collector System .....                                    | 36 |
| 8.3        | Operation and Maintenance of Heat Storage System .....                                 | 37 |
| 8.4        | Operation and Maintenance of Pipe Circulation System .....                             | 37 |
| 8.5        | Operation and Maintenance of Control System .....                                      | 38 |
| 8.6        | Operation and Maintenance of Auxiliary Heating System .....                            | 39 |
| 9          | Evaluation on Energy Efficiency and Environmental Benefits .....                       | 41 |
| 9.1        | General Requirements .....                                                             | 41 |
| 9.2        | Evaluation on System Energy Efficiency and Environmental Benefits .....                | 41 |
| 9.3        | Evaluation on System Practical Operation Benefits .....                                | 42 |
| 9.4        | Periodic Testing, Long-term Testing and Performance Grading Assessment of System ..... | 42 |
| Appendix A | Solar Energy Resource Data for Some Representative Cities .....                        | 43 |
| Appendix B | Calculation Method for Annually Average Thermal Efficiency of Solar Collectors .....   | 46 |
| Appendix C | Solar Collector Gross Area Compensation                                                |    |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ratio at Different Tilt Angles and Azimuths<br>for Some Representative Cities ..... | 48 |
| Appendix D Calculation Method for Structure of Solar<br>Collectors .....            | 64 |
| Explanation of Wording in This Standard .....                                       | 68 |
| List of Quoted Standards .....                                                      | 69 |
| Addition; Explanation of Provisions .....                                           | 71 |

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范太阳能热水系统的设计、安装、工程验收和日常维护，使民用建筑太阳能热水系统安全可靠、性能稳定、节能高效、与建筑协调统一，保证工程质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建、扩建和改建的民用建筑，以及既有建筑增设和改造的太阳能热水系统的设计、安装、验收和运行维护。

**1.0.3** 太阳能热水系统应纳入建筑工程管理，统一规划、同步设计、同步施工，与建筑工程同时投入使用。

**1.0.4** 民用建筑应用太阳能热水系统，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 民用建筑 civil building

供人们居住和进行公共活动的建筑总称。

### 2.0.2 太阳能热水系统 solar water heating system

将太阳能转换成热能以加热水的系统装置。包括太阳能集热器、贮热水箱、泵、连接管路、支架、控制系统和必要时配合使用的辅助能源。

### 2.0.3 集中-集中供热水系统 collective-collective hot water supply system

采用集中的太阳能集热器和集中的贮热水箱供给一幢或几幢建筑物所需热水的系统。

### 2.0.4 集中-分散供热水系统 collective-individual hot water supply system

采用集中的太阳能集热器和分散的贮热水箱供给一幢建筑物所需热水的系统。

### 2.0.5 分散-分散供热水系统 individual-individual hot water supply system

采用分散的太阳能集热器和分散的贮热水箱供给各个用户所需热水的小型系统。

### 2.0.6 太阳能直接系统 solar direct system

在太阳能集热器中直接加热水给用户的太阳能热水系统。

### 2.0.7 太阳能间接系统 solar indirect system

在太阳能集热器中加热某种传热工质，再使该传热工质通过换热器加热水给用户的太阳能热水系统。

### 2.0.8 自然循环系统 natural circulation system

仅利用传热工质内部的密度变化来实现集热器和贮热水箱之

间或集热器与换热器之间进行循环的太阳能热水系统。

**2.0.9 强制循环系统** forced circulation system, mechanical circulation system

利用泵迫使传热工质通过集热器（或换热器）进行循环的太阳能热水系统。

**2.0.10 直流式系统** series-connected system

传热工质一次流过集热器加热后，进入贮热水箱或用热水处的非循环太阳能热水系统。

**2.0.11 真空管集热器** evacuated tube collector

采用透明管（通常为玻璃管）并在管壁与吸热体之间有真空空间的太阳能集热器。

**2.0.12 平板型集热器** flat plate collector

吸热体表面基本为平板形状的非聚光型太阳能集热器。

**2.0.13 集热器总面积** gross collector area

整个集热器最大的投影面积（ $\text{m}^2$ ），不包括那些固定和连接传热工质管路组成部分。

**2.0.14 集热器倾角** tilt angle of collector

太阳能集热器与水平面的夹角。

**2.0.15 贮热水箱** heat storage tank

太阳能热水系统中储存热水的装置。

**2.0.16 缓冲水箱** buffer tank

在集中-分散供热水系统中，设置在集中的太阳能集热器和分散的贮热水箱之间的储存装置。

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

太阳能热水系统的增投资与系统在正常使用寿命内的总节能量的比值，表示利用太阳能节省常规能源热量的投资成本（元/kWh）。

**2.0.18 太阳辐照量** solar irradiation

接收到太阳辐射能的面密度（ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ）。

**2.0.19 太阳能保证率** solar fraction

系统中由太阳能部分提供的热量占系统总负荷的百分率。

**2.0.20 太阳能热水系统与建筑一体化** integration of building with solar water heating system

将太阳能热水系统纳入建筑设计中，使太阳能热水系统成为建筑的一部分，保持建筑外观和内部功能和谐统一。

**2.0.21 日照标准** sunlight standards

根据建筑物所处的气候区，城市大小和建筑物的使用性质决定的，在规定的日照标准日（冬至日或大寒日）有效日照时间范围内，以底层窗台面为计算起点的建筑外窗获得的日照时间。

**2.0.22 日照时数** hours of sunshine

太阳中心从出现在一地的东方地平线到进入西方地平线，其直射光线在无地物、云、雾等任何遮蔽的条件下，照射到地面所经历的小时数。

**2.0.23 平屋面** flat roof

坡度小于 3% 的屋面。

**2.0.24 坡屋面** slope roof

坡度大于或等于 3% 的屋面。

### 3 基本规定

**3.0.1** 太阳能热水系统设计和建筑设计应适应使用者的生活规律，结合日照和管理要求，创造安全、卫生、方便、舒适的生活环境。

**3.0.2** 太阳能热水系统应与建筑一体化设计，并应充分考虑使用、施工安装和维护等要求。

**3.0.3** 太阳能热水系统类型的选择，应根据建筑物类型、使用功能、安装条件、使用者要求、地理位置、气候条件、太阳能资源等因素综合确定。

**3.0.4** 在既有建筑上增设或改造太阳能热水系统，必须经建筑结构安全复核，并应满足建筑结构的安全性要求。

**3.0.5** 建筑物上安装太阳能热水系统，不得降低相邻建筑的日照标准。

**3.0.6** 建筑的主体结构或结构构件应能承受太阳能热水系统传递的荷载和作用。

**3.0.7** 太阳能集热器的支撑结构应满足太阳能集热器运行状态的最大荷载和作用。

**3.0.8** 太阳能热水系统的连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

**3.0.9** 安装在屋面、阳台、墙面的集热器与建筑主体结构通过预埋件连接，预埋件应在主体结构施工时埋入，位置应准确；当没有条件采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并通过试验确定承载力。

**3.0.10** 太阳能热水系统应配置辅助能源加热设备，且辅助能源加热设备应结合运行控制方式配置。

**3.0.11** 安装在建筑上的太阳能集热器应规则有序、排列整齐。

太阳能热水系统配备的输水管和电气管线应安全、隐蔽、集中布置，并应与建筑物其他管线统筹安排、同步设计、同步施工，便于安装维护。

**3.0.12** 太阳能热水系统应安装计量装置。

**3.0.13** 安装太阳能热水系统建筑的主体结构，应符合国家现行建筑施工质量验收标准的规定。

**3.0.14** 太阳能热水系统设计应进行系统节能、环保效益预评估，并宜在系统运行后，进行能耗的定期监测。

## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 应用太阳能热水系统的民用建筑规划、设计，应综合考虑场地条件、建筑功能、周围环境等因素；在确定建筑布局、朝向、间距、全体组合和空间环境时，应结合建设地点的地理位置、气候条件，满足太阳能热水系统设计和安装的技术要求。安装太阳能热水系统的建筑单体或建筑全体，主朝向宜为南向。建筑群体和空间组合应与太阳能热水系统紧密结合，并应为接收较多的太阳能创造条件。

**4.1.2** 应用太阳能热水系统的民用建筑，太阳能热水系统类型的选择，应根据建筑物的使用功能、热水供应方式、集热器安装位置和系统运行等因素，经综合比较确定。

**4.1.3** 太阳能热水系统安装在建筑屋面、阳台、墙面或其他部位，不得影响该部位的建筑功能，并应与建筑一体化，保持建筑统一和谐的外观。

**4.1.4** 建筑设计应为太阳能热水系统的安装、使用、维护等提供必要的条件。

**4.1.5** 太阳能热水系统的管线不得穿越其他用户的室内空间。

**4.1.6** 建筑物周围的环境景观与绿化种植，应避免对投射到太阳能集热器上的阳光造成遮挡。

### 4.2 建筑设计

**4.2.1** 应合理确定太阳能热水系统各组成部件在建筑中的位置，并应满足所在部位的防水、排水和系统检修的要求。

**4.2.2** 建筑的体形和空间组合应避免安装太阳能集热器部位受建筑自身及周围设施和绿化树木的遮挡，并应满足太阳能集热器

有不少于 4h 日照时数的要求。

**4.2.3 安装太阳能集热器的建筑部位，应设置防止集热器损坏后部件坠落伤人的安全设施。**

**4.2.4 当直接以太阳能集热器构成建筑围护结构时，集热器应与建筑牢固连接，与周围环境协调，并应满足所在部位的结构安全和建筑防护功能要求。**

**4.2.5 设置太阳能集热器的平屋面应符合下列规定：**

1 太阳能集热器支架应与屋面固定牢固，当使用地脚螺栓连接时，应在地脚螺栓周围做防水和密封处理；

2 当在屋面防水层上放置集热器时，屋面防水层应上翻至基座上部，并应在基座下部增设附加防水层；

3 集热器周围屋面、检修通道、屋面出入口和集热器之间的人行通道上部应铺设保护层；

4 当集热器设置在屋面构架或屋面飘板上时，构架和飘板下的净空高度应满足系统检修和使用功能要求。

**4.2.6 设置太阳能集热器的坡屋面应符合下列规定：**

1 屋面的坡度宜结合集热器接收阳光的最佳倾角确定，即当地纬度 $\pm 10^{\circ}$ ；

2 集热器宜采用顺坡镶嵌或顺坡架空设置；

3 集热器支架应与埋设在屋面板上预埋件固定牢固，并采取防水措施；

4 集热器与屋面结合处雨水排放应通畅；

5 顺坡镶嵌的集热器与周围屋面连接部位应做好防水构造处理；

6 集热器顺坡镶嵌在屋面上，不得降低屋面整体的保温、隔热、防水等性能；

7 顺坡架空在坡屋面上的集热器与屋面间空隙不宜大于 100mm。

**4.2.7 在阳台设置太阳能集热器应符合下列规定：**

1 设置在阳台栏板上的集热器支架应与阳台栏板上的预埋

件牢固连接；

2 当集热器构成阳台栏板时，应满足阳台栏板的刚度、强度及防护功能要求。

**4.2.8** 设置太阳能集热器的墙面应符合下列规定：

1 低纬度地区设置在墙面的集热器宜有适当倾角；

2 设置集热器的墙面除应承受集热器荷载外，还应采取必要的技术措施避免安装部位可能造成的墙面变形、裂缝等；

3 集热器支架应与墙面上的预埋件应连接牢固，必要时在预埋件处增设混凝土构造柱；

4 当集热器与贮热水箱相连的管线穿墙面时，应在墙面预埋防水套管，并应对其与墙面相接处进行防水密封处理，防水套管应在墙面施工时埋设完毕，穿墙管线不宜设在结构柱处；

5 集热器镶嵌在墙面时，墙面装饰材料的色彩、分格宜与集热器协调一致。

**4.2.9** 贮热水箱的设置应符合下列规定：

1 贮热水箱宜靠近用水部位；

2 贮热水箱宜设置在室内；

3 贮热水箱设置在阳台时，不应影响建筑外观；

4 设置贮热水箱的位置应采取相应的排水、防水措施；

5 贮热水箱上方及周围应留有安装、检修空间，净空不宜小于700mm。

**4.2.10** 集热器与贮热水箱相连的管线穿屋面、墙面、阳台或其他建筑部位时，应在相应部位预埋防水套管，并应对接触处进行防水密封处理。防水套管应在屋面防水层施工前埋设完毕。

## 5 太阳能热水系统设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 太阳能热水系统设计应纳入建筑给水排水设计，除应符合本标准以外，还应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的相关规定。

**5.1.2** 太阳能热水系统设计应遵循节水节能、安全简便、耐久可靠、经济实用、便于计量的原则。

**5.1.3** 太阳能热水系统设计应合理选择其类型、色泽和安装位置，并应与建筑物整体及周围环境相协调。

### 5.2 系统分类与选择

**5.2.1** 太阳能热水系统可由太阳能集热系统、供热水系统、辅助能源系统、电气与控制系统等构成。其中，太阳能集热系统可包括太阳能集热器、储热装置、水泵、支架和连接管路等。

**5.2.2** 按系统的集热与供热水方式，太阳能热水系统可分为下列三类：

- 1 集中-集中供热水系统；
- 2 集中-分散供热水系统；
- 3 分散-分散供热水系统。

**5.2.3** 按集热系统的运行方式，太阳能热水系统可分为下列三类：

- 1 自然循环系统；
- 2 强制循环系统；
- 3 直流式系统。

**5.2.4** 按生活热水与集热系统内传热工质的关系，太阳能热水系统可分为下列两类：

- 1 直接系统；

- 2 间接系统。
- 5.2.5 按辅助能源的加热方式，太阳能热水系统可分为下列两类：
  - 1 集中辅助加热系统；
  - 2 分散辅助加热系统。
- 5.2.6 民用建筑中太阳能热水系统的类型应结合工程实际情况进行选择，类型选择应符合下列规定：
  - 1 有集中热水要求的民用建筑宜采用集中-集中太阳能热水系统。
  - 2 普通住宅建筑宜每单元采用集中-分散供热太阳能热水系统或分散-分散太阳能热水系统。
  - 3 集热系统宜按分栋建筑或每单元建筑设置；当需合建系统时，太阳能集热器阵列总出口至贮热水箱的距离不宜大于 300m。
  - 4 太阳能热水系统应根据集热器类型及其承压能力、集热器布置方式、运行管理条件等因素，采用闭式集热系统或开式集热系统。

### 5.3 技术要求

- 5.3.1 太阳能热水系统及其主要部件的技术指标，应符合相关太阳能产品国家现行标准的规定。
- 5.3.2 太阳能热水系统应采取防冻、防结露、防过热、防电击、防雷、抗雹、抗风、抗震等技术措施。
- 5.3.3 太阳能热水系统应有良好的耐久性能，系统中集热器、贮热水箱、支架等主要部件的正常使用寿命不应少于 10 年。
- 5.3.4 太阳能热水系统的供水水温、水压和水质应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定。
- 5.3.5 太阳能热水系统中的辅助能源加热设备种类应根据建筑物使用特点、热水用量、能源供应、维护管理及卫生防菌等因素选择，并应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定。

## 5.4 太阳能集热系统

### 5.4.1 太阳能集热系统设计应符合下列规定：

- 1 建筑物上安装太阳能集热器，每天有效日照时间不得小于 4h，且不得降低相邻建筑的日照标准；
- 2 安装在建筑物屋面、阳台、墙面和其他部位的太阳能集热器、支架和连接管路，均应与建筑功能和造型一体化设计；
- 3 太阳能集热器不应跨越建筑变形缝设置；
- 4 太阳能集热器的尺寸规格宜与建筑模数相协调。

### 5.4.2 太阳能集热器总面积确定应符合下列规定：

- 1 直接系统的集热器总面积可按下列公式计算：

$$A_c = \frac{Q_w \rho_w C_w (t_{\text{end}} - t_o) f}{J_T \eta_{\text{cd}} (1 - \eta_i)} \quad (5.4.2-1)$$

$$Q_w = q_i m b_1 \quad (5.4.2-2)$$

式中： $A_c$ ——直接系统的集热器总面积 ( $\text{m}^2$ )；

$Q_w$ ——日均用热量 (L)；

$C_w$ ——水的定压比热容 [ $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ]；

$\rho_w$ ——水的密度 ( $\text{kg}/\text{L}$ )；

$t_{\text{end}}$ ——贮热水箱内热水的终止设计温度 ( $^\circ\text{C}$ )；

$t_o$ ——贮热水箱内冷水的初始设计温度，通常取当地年平均冷水温度 ( $^\circ\text{C}$ )；

$J_T$ ——当地集热器采光面上的年平均日太阳辐照量 ( $\text{kJ}/\text{m}^2$ )，可按本标准附录 A 确定；

$f$ ——太阳能保证率 (%)，太阳能热水系统在不同太阳能资源区的太阳能保证率  $f$  可按表 5.4.2-3 的推荐范围选取；

$\eta_{\text{cd}}$ ——基于总面积的集热器年平均集热效率 (%)，应根据集热器产品基于集热器总面积的瞬时效率方程 (瞬时效率曲线) 的实际测试结果，按本标准附录 B 规定的方法进行计算；

$\eta_{\text{L}}$ ——太阳能集热系统中贮热水箱和管路的热损失率，根据经验取值宜为 0.20~0.30；

$q_{\text{r}}$ ——平均日热水用水定额[L/(人·d)，L/(床·d)]，应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的相关规定，并应按表 5.4.2-1 确定；在计算太阳能集热器总面积时，应选用表 5.4.2-1 中的平均日热水用水定额；

$m$ ——计算用水的人数或床数；

$b_1$ ——同日使用率，平均值应按实际使用工况确定，当无条件时，可按表 5.4.2-2 取值。

表 5.4.2-1 热水用水定额

| 序号 | 建筑物类型               |                |              | 单位   | 用水定额 (L) |       | 使用时间 (h) |
|----|---------------------|----------------|--------------|------|----------|-------|----------|
|    |                     |                |              |      | 最高日      | 平均日   |          |
| 1  | 住宅                  | Ⅱ              | 有自备热水供应和沐浴设备 | 每人每日 | 40~80    | 20~60 | 24       |
|    |                     | Ⅲ              | 有集中热水供应和沐浴设备 |      | 60~100   | 25~70 | 24       |
| 2  | 别墅                  |                |              | 每人每日 | 70~110   | 30~80 | 24       |
| 3  | 酒店式公寓               |                |              | 每人每日 | 80~100   | 65~80 | 24       |
| 4  | 宿舍                  | Ⅰ类、Ⅱ类          |              | 每人每日 | 70~100   | 40~55 | 24 或定时供应 |
|    |                     | Ⅲ类、Ⅳ类          |              | 每人每日 | 40~80    | 35~45 |          |
| 5  | 招待所<br>培训中心<br>普通旅馆 | 设公用盥洗室         |              | 每人每日 | 25~40    | 20~30 | 24 或定时供应 |
|    |                     | 设公用盥洗室、淋浴室     |              | 每人每日 | 40~60    | 35~45 |          |
|    |                     | 设公用盥洗室、淋浴室、洗衣室 |              | 每人每日 | 50~80    | 45~55 |          |
|    |                     | 设单独卫生间、公用洗衣室   |              | 每人每日 | 60~100   | 50~70 |          |

续表 5.4.2-1

| 序号 | 建筑物类型       |                       | 单位    | 用水定额 (L) |         | 使用时间 (h) |
|----|-------------|-----------------------|-------|----------|---------|----------|
|    |             |                       |       | 最高日      | 平均日     |          |
| 6  | 宾馆<br>客房    | 旅客                    | 每床位每日 | 120~160  | 110~140 | 24       |
|    |             | 员工                    | 每人每日  | 40~50    | 35~40   |          |
| 7  | 医院<br>住院部   | 设公用盥洗室                | 每床位每日 | 60~100   | 40~70   | 24       |
|    |             | 设公用盥洗室、<br>淋浴室        | 每床位每日 | 70~130   | 65~90   |          |
|    |             | 设单独卫生间                | 每床位每日 | 110~200  | 110~140 |          |
|    |             | 医务人员                  | 每人每班  | 70~130   | 65~90   | 8        |
|    |             | 门诊部、诊疗所               | 每病人每次 | 7~13     | 3~5     |          |
|    |             | 疗养院、休养所<br>住房部        | 每床位每日 | 100~160  | 90~110  | 24       |
| 8  | 养老院、<br>托老所 | 全托                    | 每床位每日 | 50~70    | 45~55   | 24       |
|    |             | 日托                    |       | 25~40    | 15~20   |          |
| 9  | 幼儿园、<br>托儿所 | 有住宿                   | 每儿童每日 | 25~50    | 20~40   | 24       |
|    |             | 无住宿                   | 每儿童每日 | 20~30    | 15~20   | 10       |
| 10 | 公共浴室        | 淋浴                    | 每顾客每次 | 40~60    | 35~40   | 12       |
|    |             | 淋浴、浴盆                 | 每顾客每次 | 60~80    | 55~70   |          |
|    |             | 桑拿浴(淋浴、按摩池)           | 每顾客每次 | 70~100   | 60~70   |          |
| 11 | 理发室、美容院     |                       | 每顾客每次 | 20~45    | 20~35   | 12       |
| 12 | 洗衣房         |                       | 每公斤干衣 | 15~30    | 15~30   | 8        |
| 13 | 餐饮业         | 中餐酒楼                  | 每顾客每次 | 15~20    | 8~12    | 10~12    |
|    |             | 快餐店、职工及学生食堂           | 每顾客每次 | 10~12    | 7~10    | 12~16    |
|    |             | 酒吧、咖啡厅、<br>茶座、卡拉 OK 厅 | 每顾客每次 | 3~8      | 3~5     | 8~18     |
| 14 | 办公楼         | 坐班制办公                 | 每人每班  | 5~10     | 4~8     | 8~10     |
|    |             | 公寓式办公                 | 每人每日  | 60~100   | 25~70   | 10~24    |
|    |             | 酒店式办公                 | 每人每日  | 120~160  | 55~140  | 24       |

续表 5.4.2-1

| 序号 | 建筑物类型  |       | 单位    | 用水定额 (L) |       | 使用时间 (h) |
|----|--------|-------|-------|----------|-------|----------|
|    |        |       |       | 最高日      | 平均日   |          |
| 15 | 健身中心   |       | 每人每次  | 15~25    | 10~20 | 12       |
| 16 | 体育场(馆) | 运动员淋浴 | 每人每次  | 17~26    | 15~20 | 4        |
| 17 | 会议厅    |       | 每座位每次 | 2~3      | 2     | 4        |

注：1 本表以 60℃ 热水水温为计算温度；

2 学生宿舍使用 IC 卡计费热水时，可按每人每日用热水定额 25L~30L；

3 表中平均日用水定额仅用于计算太阳能热水系统的集热器总面积。平均日用水定额应根据实际统计数据选用；当缺乏实测数据时，可采用本表中的低限值。

表 5.4.2-2 不同类型建筑物的  $b_1$  推荐取值范围

| 建筑物类型       | $b_1$   |
|-------------|---------|
| 住宅          | 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 |

表 5.4.2-3 不同资源区的太阳能保证率  $f$  推荐取值范围

| 太阳能资源区划   | 水平面上年太阳辐照量<br>(MJ/(m <sup>2</sup> ·a)) | 太阳能保证率 $f$ |
|-----------|----------------------------------------|------------|
| I 资源极富区   | ≥6700                                  | 60%~80%    |
| II 资源丰富区  | 5400~6700                              | 50%~60%    |
| III 资源较富区 | 4200~5400                              | 40%~50%    |
| IV 资源一般区  | ≤4200                                  | 30%~40%    |

2 间接系统的集热器总面积可按下式计算：

$$A_{IN} = A_C \cdot \left( 1 + \frac{U \cdot A_C}{U_{hx} \cdot A_{hx}} \right) \quad (5.4.2-3)$$

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 ( $m^2$ );

$U$ ——集热器总热损系数 [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ], 对平板型集热器,  $U$  宜取  $(4 \sim 6) W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ , 对真空管集热器,  $U$  宜取  $(1 \sim 2) W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ , 具体数值应根据集热器产品实际测试结果而定;

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

$A_{hx}$ ——换热器换热面积 ( $m^2$ ), 查产品样本得出。

**5.4.3** 当按本标准第 5.4.2 条计算得到的系统集热器总面积大于建筑围护结构表面时, 可按围护结构表面最大容许的安装面积确定集热器总面积。

**5.4.4** 有下列情况之一时, 集热器总面积可采用增加集热器面积的方式进行补偿, 其面积补偿比应按本标准附录 C 选取, 但补偿面积不得超过本标准第 5.4.2 条计算结果的一倍:

1 集热器在坡屋面上受条件限制, 倾角与本标准第 5.4.7 条规定偏差较大时;

2 集热器朝向受条件限制, 方位角与本标准第 5.4.8 条规定偏差较大时。

**5.4.5** 太阳能集热系统储热装置有效容积的计算应符合下列规定:

1 集中集热、集中供热太阳能热水系统的贮热水箱宜与供热水箱分开设置, 串联连接, 贮热水箱的有效容积可按下式计算:

$$V_{rx} = q_{rjd} \cdot A_j \quad (5.4.5)$$

式中:  $V_{rx}$ ——贮热水箱的有效容积 (L);

$A_j$ ——集热器总面积 ( $m^2$ ),  $A_j = A_C$  或  $A_j = A_{IN}$ ;

$q_{rjd}$ ——单位面积集热器平均日产温升  $30^\circ C$  热水量的容积 [ $L/(m^2 \cdot d)$ ], 根据集热器产品参数确定, 无条件时, 可按表 5.4.5 选用。

表 5.4.5 单位集热器总面积日产热量推荐取值范围  $[L/(m^2 \cdot d)]$

| 太阳能资源区划   | 直接系统  | 间接系统  |
|-----------|-------|-------|
| I 资源极富区   | 70~80 | 50~55 |
| II 资源丰富区  | 60~70 | 40~50 |
| III 资源较富区 | 50~60 | 35~40 |
| IV 资源一般区  | 40~50 | 30~35 |

注：1 当室外环境最低温度高于  $5^{\circ}\text{C}$  时，可以根据实际工程情况采用日产热量的高限值；

2 本表是按照系统全年每天提供温升  $30^{\circ}\text{C}$  热水，集热系统年平均效率为 35%，系统总热损失率为 20% 的工况下估算的。

2 当贮热水箱与供热水箱分开设置时，供热水箱的有效容积应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定。

3 集中集热、分散供热太阳能热水系统宜设有缓冲水箱，其有效容积一般不宜小于  $10\%V_{rx}$ 。

5.4.6 强制循环的太阳能集热系统应设循环泵，其流量和扬程的计算应符合下列规定：

1 循环泵的流量可按下式计算：

$$q_x = q_{gz} \cdot A_j \quad (5.4.6-1)$$

式中： $q_x$ ——集热系统循环流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$q_{gz}$ ——单位面积集热器对应的工质流量  $[\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)]$ ，应按集热器产品实测数据确定；无实测数据时，可取  $0.054\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2) \sim 0.072\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ，相当于  $0.015\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2) \sim 0.020\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ；

$A_j$ ——集热器总面积 ( $\text{m}^2$ )。

2 开式系统循环泵的扬程应按下式计算：

$$H_x = h_{jx} + h_j + h_z + h_f \quad (5.4.6-2)$$

式中： $H_x$ ——循环泵扬程 (kPa)；

$h_{jx}$ ——集热系统循环管路的沿程与局部阻力损失 (kPa)；

$h_j$ ——循环流量流经集热器的阻力损失 (kPa)；

$h_z$ ——集热器顶部与贮热水箱最低水位之间的几何高差造成的阻力损失 (kPa);

$h_f$ ——附加压力 (kPa), 取 20kPa~50kPa。

3 闭式系统循环泵的扬程应按下式计算:

$$H_x = h_{jx} + h_j + h_e + h_f \quad (5.4.6-3)$$

式中:  $h_e$ ——循环流经换热器的阻力损失 (kPa)。

**5.4.7** 系统全年使用的太阳能集热器倾角应与当地纬度一致。如系统侧重在夏季使用, 其倾角宜为当地纬度减  $10^\circ$ ; 如系统侧重在冬季使用, 其倾角宜为当地纬度加  $10^\circ$ 。主要城市纬度可按本标准附录 A 采用。

**5.4.8** 太阳能集热器设置在平屋面上, 应符合下列规定:

1 对朝向为正南、南偏东或南偏西不大于  $30^\circ$  的建筑, 集热器可朝南设置, 或与建筑同向设置;

2 对朝南偏东或南偏西大于  $30^\circ$  的建筑, 集热器宜朝南设置或南偏东、南偏西小于  $30^\circ$  设置;

3 对受条件限制, 集热器不能朝南设置的建筑, 集热器可朝南偏东、南偏西或朝东、朝西设置;

4 水平安装的集热器可不受朝向的限制; 但当真空管集热器水平安装时, 真空管应东西向放置;

5 在平屋面上宜设置集热器检修通道;

6 集热器与前方遮光物或集热器前后排之间的最小距离可按下式计算:

$$D = H \times \cot \alpha_s \times \cos \gamma \quad (5.4.8)$$

式中:  $D$ ——集热器与前方遮光物或集热器前后排之间的最小距离 (m);

$H$ ——集热器最高点与集热器最低点的垂直距离 (m);

$\alpha_s$ ——太阳高度角 ( $^\circ$ ), 对季节性使用的系统, 宜取当地春秋分正午 12 时的太阳高度角; 对全年性使用的系统, 宜取当地冬至日正午 12 时的太阳高度角;

$\gamma$ ——集热器安装方位角 ( $^\circ$ )。

**5.4.9** 太阳能集热器设置在坡屋面上，应符合下列规定：

1 集热器可设置在南向、南偏东、南偏西或朝东、朝西建筑坡屋面上；

2 坡屋面上集热器应采用顺坡嵌入设置或顺坡架空设置；

3 作为屋面板的集热器应安装在建筑承重结构上；

4 作为屋面板的集热器所构成的建筑坡屋面在刚度、强度、热工、锚固、防护功能上应按建筑围护结构设计。

**5.4.10** 太阳能集热器设置在阳台上，应符合下列规定：

1 对朝南、南偏东、南偏西或朝东、朝西的阳台，集热器可设置在阳台栏板上或构成阳台栏板；

2 北纬  $30^{\circ}$  以南地区设置在阳台栏板上的集热器及构成阳台栏板的集热器应有适当的倾角；

3 构成阳台栏板的集热器，在刚度、强度、高度、锚固和防护功能上应满足建筑设计要求。

**5.4.11** 太阳能集热器设置在墙面上，应符合下列规定：

1 在高纬度地区，集热器可设置在建筑的朝南、南偏东、南偏西或朝东、朝西的墙面上，或直接构成建筑墙面；

2 在低纬度地区，集热器可设置在建筑南偏东、南偏西或朝东、朝西墙面上，或直接构成建筑墙面；

3 构成建筑墙面的集热器，其刚度、强度、热工、锚固、防护功能应满足建筑围护结构设计要求。

**5.4.12** 安装在建筑上或直接构成建筑围护结构的太阳能集热器，应有防止热水渗漏的安全保障措施。

**5.4.13** 嵌入建筑屋面、阳台、墙面或建筑其他部位的太阳能集热器，应满足建筑围护结构的承载、保温、隔热、隔声、防水、防护等功能。

**5.4.14** 架空在建筑屋面和附着在阳台或墙面上的太阳能集热器，应具有相应的承载能力、刚度、稳定性和相对于主体结构的位移能力。必要时，太阳能集热器应按本标准附录 D 进行结构设计。

**5.4.15** 太阳能集热器之间可通过并联、串联、串并联、并串联等方式连接成集热器组，系统设计应符合下列规定：

1 平板型集热器或横排真空管集热器之间的连接宜采用并联，但单排并联的集热器总面积不宜超过  $32\text{m}^2$ ；竖排真空管集热器之间的连接宜采用串联，但单排串联的集热器总面积不宜超过  $32\text{m}^2$ 。

2 对自然循环系统，每个系统的集热器总面积不宜超过  $50\text{m}^2$ ；对大型自然循环系统，可分成若干个子系统，每个子系统的集热器总面积不宜超过  $50\text{m}^2$ 。

3 对强制循环系统，每个系统的集热器总面积不宜超过  $500\text{m}^2$ ；对大型强制循环系统，可分成若干个子系统，每个子系统的集热器总面积不宜超过  $500\text{m}^2$ 。

4 当全玻璃真空管东西向放置的集热器在同一斜面上多层布置时，串联的集热器不宜超过 3 个，每个集热器联箱长度不宜大于 2m。

**5.4.16** 太阳能集热器耐压要求应与系统的设计工作压力相匹配。

**5.4.17** 在太阳能间接系统中，换热器的设置应符合下列规定：

1 当采用开式储热装置时，宜采用外置双循环换热器；

2 当采用闭式储热装置时，宜采用内置单循环换热器。

**5.4.18** 集热器组之间连接的设计应遵循“同程原则”，使每个集热器传热工质的流入路径与回流路径的长度相同。

**5.4.19** 在冬季环境温度可能低于  $0^{\circ}\text{C}$  地区使用的太阳能集热系统，应进行防冻设计，并应符合下列规定：

1 对于直接系统，可采用回流方法或排空方法防冻；对于集热器有防冻功能的直接系统，也可采用定温循环方法防冻。

2 对于间接系统，可采用防冻传热工质进行防冻；传热工质的凝固点应低于当地近 30 年的最低环境温度，其沸点应高于集热器的最高日晒温度。

3 当采用其他方法防冻时，应保证其技术经济的合理性。

**5.4.20** 太阳能集热系统的循环管路设计应符合下列规定：

- 1 循环管路应短而少弯；
- 2 绕行的管路宜是冷水管或低温水管；
- 3 循环管路应有 0.3%~0.5% 的坡度；
- 4 在自然循环系统中，应使循环管路朝贮热水箱方向有向上坡度，不允许有反坡；
- 5 在使用平板型集热器的自然循环系统中，贮热水箱的下循环管口应比集热器的上循环管口高 0.3m 以上；
- 6 在有水回流的防冻系统中，管路的坡度应使系统中的水自动回流，不应积存；
- 7 在循环管路易发生气塞的位置应设有排气阀；
- 8 在间接系统的循环管路上应设膨胀箱；在闭式间接系统的循环管路上同时还应设有压力安全阀，但不应有单向阀和其他可关闭的阀门；
- 9 当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，应设有辅助阀门；
- 10 在系统中宜设流量计、温度计和压力表；
- 11 管路的通径面积应与并联集热器组管路的通径面积之总和相适应。

**5.4.21** 太阳能集热系统的管路应有组织布置，做到安全、隐蔽、易于检修。新建太阳能热水系统竖向管路宜布置在竖向管路井中；在既有建筑上增设太阳能热水系统或改造太阳能热水系统，管路应做到走向合理，不影响建筑使用功能及外观。

**5.4.22** 太阳能集热系统的管路、配件应采用不锈钢管、铜管、镀锌钢管等金属材质，开式系统的耐温不应小于 100℃，闭式系统的耐温不应小于 200℃。

**5.4.23** 太阳能集热系统的管路保温设计应按照现行国家标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272 和《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175 执行。

**5.4.24** 太阳能集热器支架的刚度、强度、防腐蚀性能应满足安

全要求，并应与建筑牢固连接。

**5.4.25** 太阳能集热系统中泵、阀的安装均应采取减振和隔声措施。

**5.4.26** 在太阳能集热器阵列附近宜设置用于清洁集热器的给水点。

## **5.5 供热水系统**

**5.5.1** 太阳能产生的热能宜作为预热热媒间接使用，与辅助热源宜串联使用；生活热水宜作为被加热水直接供应到用户末端，生活热水应与生活冷水用一个压力源，给水总流量可按设计秒流量计算，并应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定。

**5.5.2** 太阳能热水系统的给水应对超过有关标准的原水进行水质软化处理。当冷水水质总硬度超过 75mg/L 时，生活热水不应直接采用过流式流经真空管及 U 型管等集热元器件；当冷水水质总硬度超过 120mg/L 时，宜进行水质软化或阻垢缓蚀处理，并应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定。

**5.5.3** 直接供热水系统应设置恒温混水阀；间接供热水系统宜设置温度控制装置。两种系统均应保证用户末端出水温度低于 60℃。

**5.5.4** 直接供应生活热水的管路、配件宜采用不锈钢管、铜管等保证水质的金属管材；其他过水设备材质，应与建筑给水管路材质相容。

**5.5.5** 供热水系统的管路应做保温，保温设计应按现行国家标准《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175 和《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定执行，并应符合下列规定：

1 室外埋地管路保温宜采用直埋双层保温构造，内层应采用岩棉、玻璃棉等无机材料，外层可采用 HDPE 保护管壳，并应符合现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T

81 的规定；

2 室外露明管路保温宜采用双层保温构造，内层应采用岩棉、玻璃棉等无机材料，外层可采用镀锌板、铝板保护壳；

3 室内管路保温宜采用 40mm~50mm 厚橡塑或岩棉保温，外缠防护布，橡塑保温适用温度范围为  $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，橡塑保温材料耐火等级为 B1 级。

## 5.6 辅助能源系统

5.6.1 辅助能源设备与太阳能储热装置不宜设在同一容器内，太阳能宜作为预热热媒与辅助热源串联使用。

5.6.2 辅助能源的供热量应按无太阳能时确定，并应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定。

5.6.3 辅助能源宜因地制宜进行选择，集中-分散供热水系统、分散-分散供热水系统宜采用电、燃气，集中-集中供热水系统应充分利用暖通动力的热源，当没有暖通动力的热源或不足时，宜采用城市热力管网、燃气、燃油、热泵等。

5.6.4 辅助能源的控制应在保证充分利用太阳能集热量的条件下，根据不同的供热水方式，选择采用全自动控制、定时自动控制或手动控制。

5.6.5 辅助能源的水加热设备应根据热源种类及其供水水质、冷热水系统型式，选择采用直接加热或间接加热设备。

## 5.7 电气与控制系统

5.7.1 太阳能热水系统的电气设计应满足太阳能热水系统用电可靠性和运行安全要求。

5.7.2 太阳能热水系统中所使用的电气设备应装设短路保护和接地故障保护装置。

5.7.3 系统应由专用回路供电，内置加热系统回路应设置剩余电流动作保护器，其额定动作电流值不应大于 30mA。

5.7.4 太阳能热水系统的电气控制线路应与建筑物的电气管线

同步设计。

**5.7.5** 安装在建筑物上的太阳能集热器、支架和连接管路，应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定。

**5.7.6** 控制系统设计应遵循安全可靠、经济实用、地区与季节差别的原则，根据不同的太阳能热水系统特点确定相应的功能，实现在最小的常规能源消耗条件下获得最大限度太阳能的总体目标。

**5.7.7** 控制系统设计应依据太阳能热水系统设计要求，实现对太阳能集热系统、辅助能源系统以及供热水系统等的功能控制与切换。控制系统功能应包含运行控制功能与安全保护功能。运行控制功能应包含手动控制与自动控制功能。

**5.7.8** 控制系统的技术指标应满足国家现行相关标准的要求。

**5.7.9** 控制系统设计中的传感器、核心控制单元、显示器件、执行机构应符合国家现行相关产品标准的要求。

**5.7.10** 太阳能热水系统的运行控制功能设计应符合下列规定：

1 采用温差循环运行控制设计的集热系统，温差循环的启动值与停止值应可调；

2 在开式集热系统及开式贮热水箱的非满水位运行控制设计中，宜在温差循环使得水箱水温高于设定温度后，采用定温出水，然后自动补水，在水箱水满后再转换为温差循环；

3 温差循环控制的水箱测温点应在水箱的下部；

4 当集热系统循环为变流量运行时，应根据集热器温差改变流量，实现稳定运行；

5 在较大面积集热系统的情况下，代表集热器温度的高温点或低温点宜设置一个以上温度传感器；

6 在开式贮热水箱和开式供热水箱的系统中，供热水箱的水源宜由贮热水箱供应。

**5.7.11** 太阳能热水系统的安全保护功能设计应符合下列规定：

1 太阳能集热系统的集热循环控制应采取防过热措施。

2 当贮热水箱高于设定温度时，应停止继续从集热系统与

辅助能源系统获得能量。

**3** 当在冬季有冻结可能地区运行的以水为工质的集热循环系统，不宜采用排空方法防冻运行时，宜采用定温防冻循环优先于电辅助防冻措施；在电辅助防冻措施中，宜采用管路或水箱内设置电加热器且循环水泵防冻的措施优先于管路电伴热辅助防冻措施；当防冻运行时，管路温度宜控制在  $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$  之间。

**4** 采用主动排空防冻的太阳能集热系统中，排空的持续时间应可调。

**5** 在太阳能集热系统和供热水系统中，水泵的运行控制应设置缺液保护。

**5.7.12** 控制系统的电气设计应满足系统用电负荷要求，器件选择应保证用电安全。

**5.7.13** 控制系统中的电气设备应设置短路保护和接地故障保护装置及等电位连接等安全措施。

**5.7.14** 控制系统设计宜预留通信接口。

**5.7.15** 远程控制时，应有就地控制和解除远程控制的措施。

**5.7.16** 控制系统设计应考虑使用环境的温度与湿度等要求。

## 6 太阳能热水系统安装

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 太阳能热水系统的安装应符合系统设计要求。不应损坏建筑物的结构；不应影响建筑物在设计使用年限内承受各种荷载的能力；不应破坏屋面防水层和建筑物的附属设施。

**6.1.2** 太阳能热水系统的安装应单独编制施工组织设计，应包括与主体结构施工、设备安装、装饰装修等交叉作业协调配合方案及安全措施等内容。

**6.1.3** 太阳能热水系统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、道路等施工准备条件能满足正常施工需要；

5 预留基座、孔洞、预埋件和设施符合设计要求，并已验收合格；

6 既有建筑改造项目中应有经结构复核或法定检测机构同意安装太阳能热水系统的鉴定文件。

**6.1.4** 进场安装的太阳能热水系统产品、配件、材料及性能、色彩等应符合设计要求，且有产品合格证。

**6.1.5** 当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。

**6.1.6** 太阳能热水系统在安装过程中，产品和物件的存放、搬运、吊装不应碰撞和损坏；半成品应妥善保护。

**6.1.7** 分散供热水系统的安装不得影响其他住户的使用功能要求。

## 6.2 基 座

- 6.2.1 太阳能热水系统基座应与建筑主体结构连接牢固。
- 6.2.2 预埋件与基座之间的空隙，应采用细石混凝土填捣密实。
- 6.2.3 在屋面结构层上现场施工的基座完成后，应做防水处理，并应符合现行国家标准《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的规定。
- 6.2.4 采用预制的集热器支架基座应摆放平稳、整齐，并应与建筑连接牢固，且不应破坏屋面防水层。
- 6.2.5 钢基座及混凝土基座顶面的预埋件，在太阳能热水系统安装前应涂防腐涂料，安装中应及时涂刷并妥善保护。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规范》GB 50224 的规定。

## 6.3 支 架

- 6.3.1 太阳能热水系统的支架及其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规范》GB 50205 的规定。
- 6.3.2 支架应按设计要求安装在承重基座上，位置准确，与承重基座固定牢靠，并应设置检修通道。
- 6.3.3 支架应根据现场条件采取抗风措施。其抗风能力应达到设计要求。
- 6.3.4 支承太阳能热水系统的钢结构支架应与建筑物接地系统可靠连接。
- 6.3.5 钢结构支架焊接完毕，应做防腐处理。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规范》GB 50224 的规定。

## 6.4 集 热 器

- 6.4.1 集热器阵列安装的方位角、倾角和间距应符合设计要求，

安装倾角误差为 $\pm 3^{\circ}$ 。集热器应与建筑主体结构或集热器支架牢靠固定，防止滑脱。

**6.4.2** 集热器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。

**6.4.3** 集热器之间非焊接方式连接的连接件，应便于拆卸或更换。

**6.4.4** 集热器连接完毕，应进行检漏试验，检漏试验应符合设计要求与本标准第 6.9 节的规定。

**6.4.5** 集热器之间连接管的保温应在检漏试验合格后进行。保温材料及其厚度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。

## **6.5 贮热水箱**

**6.5.1** 贮热水箱应与底座固定牢靠，底座基础应符合设计要求，无沉降与局部变形。

**6.5.2** 用于制作贮热水箱的材质、规格应符合设计要求。

**6.5.3** 钢板焊接的贮热水箱，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，并应能承受所贮存热水的最高温度。

**6.5.4** 贮热水箱的内箱应做接地处理，接地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。

**6.5.5** 贮热水箱应进行检漏试验，试验方法应符合设计要求和本标准第 6.9 节的规定。

**6.5.6** 现场制作的贮热水箱，保温应在检漏试验合格后进行。水箱保温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规范》GB 50185 的规定。

**6.5.7** 室内贮热水箱四周应留有管路与设备安装与检修所需的必要空间。

## 6.6 管 路

**6.6.1** 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。管路及配件的材料应与设计要求一致，并与传热工质相容，直线段过长的管路应按设计要求设置补偿器。

**6.6.2** 水泵安装应符合制造商要求，并应符合现行国家标准《压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275 的有关规定。水泵周围应留有检修空间，前后应设置截止阀，并应做好接地防护。功率较大的泵进出口宜设置减振喉，水泵与基础之间应按设计要求设置减振垫等隔振措施。

**6.6.3** 安装在室外的水泵，应采取妥当的防雨保护措施。严寒地区和寒冷地区应采取防冻措施。

**6.6.4** 电磁阀、电动阀应水平安装，阀前应加装细网过滤器，电磁阀与电动阀前后及旁通管应设置截止阀。

**6.6.5** 水泵、电磁阀、电动阀及其他阀门的安装方向应正确，并应便于更换。过压及过热保护的阀门泄压口安装方向应正确，保证安全并设置符合设计要求的硬管引流，工质为防冻液的系统应设置防冻液收集措施。

**6.6.6** 承压管路及设备应做水压试验；非承压管路和设备应做灌水试验。试验方法应符合设计要求和本标准第 6.9 节的规定。

**6.6.7** 管路保温应在水压试验合格后进行，保温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。

**6.6.8** 严寒和寒冷地区以水为工质的室外管路，应采取防冻措施。

## 6.7 辅助能源加热设备

**6.7.1** 直接加热的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。

**6.7.2** 供热锅炉及其他辅助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。

## **6.8 电气与控制系统**

**6.8.1** 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规范》GB 50168 的规定。

**6.8.2** 其他电气设施的安装应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的相关规定。各类盘、柜应按说明书中要求放置在合适的环境，其安装应符合《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。设备间应具备防潮和防高温蒸汽的相应措施。

**6.8.3** 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。

**6.8.4** 传感器的接线应牢固可靠，接触良好。传感器控制线应做防水处理。传感器安装应与被测部位良好接触，温度传感器四周应进行良好的保温并做好标识。

## **6.9 水压试验与冲洗**

**6.9.1** 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。

**6.9.2** 各种承压管路系统和设备应做水压试验，试验压力应符合设计要求。非承压管路系统和设备应做灌水试验。当设计未注明时，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 执行。

**6.9.3** 当环境温度低于 5℃ 进行水压试验时，应采取可靠的防冻措施。

**6.9.4** 系统水压试验合格后，应对系统进行冲洗直至排出的水不浑浊为止。

## 7 太阳能热水系统调试与验收

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 太阳能热水工程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。

**7.1.2** 太阳能热水工程的系统调试，应由施工单位负责、监理单位监督、建设单位参与和配合。系统调试的实施单位可是施工企业本身或委托给有调试能力的其他单位。

**7.1.3** 太阳能热水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、设计、监理等单位（项目）负责人进行。

**7.1.4** 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。

**7.1.5** 竣工验收应在工程移交用户前、分项工程验收合格后进行。

**7.1.6** 太阳能热水工程施工质量的保修期限，自竣工验收合格日起计算为二年。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。

### 7.2 分项工程验收

**7.2.1** 太阳能热水工程的分部、分项工程可按表 7.2.1 划分。

**表 7.2.1 太阳能热水工程的分部、分项工程划分**

| 序号 | 分部工程    | 分项工程                                                                                       |
|----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 太阳能集热系统 | 预埋件及后置锚栓安装和封堵, 基座、支架安装, 太阳能集热器安装, 其他能源辅助加热/换热设备安装, 水泵等设备 & 部件安装, 管道及配件安装, 系统水压试验及调试, 防腐、绝热 |
| 2  | 蓄热系统    | 贮热水箱及配件安装, 地下水池施工, 管道及配件安装, 辅助设备安装, 防腐、绝热                                                  |
| 3  | 热水供应系统  | 管道及配件安装, 水泵等设备 & 部件安装, 辅助设备安装, 系统水压试验及调试, 防腐、绝热                                            |
| 4  | 控制系统    | 传感器及安全附件安装, 计量仪表安装, 电线、电缆施工敷设, 接地装置安装                                                      |

**7.2.2** 太阳能热水系统中的隐蔽工程, 在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收, 并应形成验收文件, 验收合格后方可继续施工。

**7.2.3** 太阳能热水系统中的土建工程验收前, 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 太阳能热水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。

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

**7.2.5** 太阳能热水工程的检验、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 系统的冲洗及水质检测;
- 3 系统的热性能检测。

**7.2.6** 太阳能热水系统管道的水压试验压力应为工作压力的 1.5 倍, 工作压力应按设计要求。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 0.1MPa 进行水压试验；闭式太阳能集热系统和供热水系统应按现行国家标准《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。

### 7.3 系统调试

**7.3.1** 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设计要求的实际运行工况进行。联动调试完成后，应进行连续三天试运行，其中至少有一天为晴天。

**7.3.2** 系统联动调试，应在设备单机、部件调试和试运转合格后进行。

**7.3.3** 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、防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。

**7.3.4** 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；
- 3 温度、温差、水位、时间等控制仪的控制区域或控制点应符合设计要求；
- 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。

**7.3.5** 系统联动调试后的运行参数应符合下列规定：

- 1 设计工况下太阳能集热系统的流量与设计值的偏差不应

大于 10%；

- 2 设计工况下热水的流量、温度应符合设计要求；
- 3 设计工况下系统的工作压力应符合设计要求。

## 7.4 竣工验收

**7.4.1** 应建立太阳能热水系统的竣工验收责任制，组织竣工验收的建设单位（项目）负责人、承担竣工验收的施工、设计、监理单位（项目）负责人，对系统完成竣工验收交付用户使用后的正常运行负有相应的责任。

**7.4.2** 竣工验收应提交下列验收资料：

- 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 系统生活热水水质检验记录；
- 7 系统调试及试运行记录；
- 8 系统热工性能检验记录。

**7.4.3** 竣工验收时，系统热工性能检验的测试方法应符合现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 的规定，质检机构应出具检测报告，并应作为工程通过竣工验收的必要条件。

**7.4.4** 竣工验收时，太阳能集热系统效率和太阳能热水系统的太阳能保证率应满足设计要求，当设计无明确规定时，应满足表 7.4.4 的要求。

表 7.4.4 不同地区的集热系统效率和热水系统太阳能保证率

| 太阳能资源区划 | 太阳能集热系统效率        | 太阳能热水系统太阳能保证率 |
|---------|------------------|---------------|
| 资源极富区   | $\eta \geq 42\%$ | $f \geq 60\%$ |

续表 7.4.4

| 太阳能资源区划 | 太阳能集热系统效率        | 太阳能热水系统太阳能保证率 |
|---------|------------------|---------------|
| 资源丰富区   | $\eta \geq 12\%$ | $f \geq 50\%$ |
| 资源较富区   | $\eta \geq 12\%$ | $f \geq 40\%$ |
| 资源一般区   | $\eta \geq 12\%$ | $f \geq 30\%$ |

**7.4.5** 竣工验收时，太阳能供热水系统的供热水温度应满足设计要求；当设计无明确规定时，供热水温度不应小于 45℃，且不应大于 60℃。

## 8 太阳能热水系统的运行与维护

### 8.1 一般规定

8.1.1 太阳能热水系统初次运行之前，应确认太阳能热水系统安装符合设计要求和国家现行相关标准的规定。

8.1.2 太阳能热水系统初次运行之前的准备工作应符合下列规定：

1 运行前应先冲洗贮热水箱、太阳能集热器及系统管路的内部，然后向系统内填充传热工质；

2 在系统处于运行的条件下，对受控设备、控制器和计量装置等应进行调试，保证各组件的运行达到设计要求，并应保证系统的整体运行符合设计要求。

### 8.2 集热系统的运行与维护

8.2.1 太阳能集热器的运行应符合下列规定：

1 应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 应避免太阳能集热器在运行过程中发生液态传热工质冻结现象。

8.2.2 太阳能集热器的维护应符合下列规定：

1 应定期清扫或冲洗集热器表面的灰尘；

2 应定期除去真空管中的水垢；

3 应定期检查真空管集热器不被损坏，并应避免硬物冲击；

4 应定期检查真空管集热器不发生泄漏，并应避免漏水现象发生；

5 如果发生空晒现象，真空管不应立即上冷水。

### 8.3 储热系统的运行与维护

- 8.3.1 应定期检查贮热水箱的密封性；发现破损时，应及时修补。
- 8.3.2 应定期检查贮热水箱的保温层；发现破损时，应及时修补。
- 8.3.3 应定期检查贮热水箱的补水阀、安全阀、液位控制器和排气装置，确保正常工作，并应防止空气进入系统。
- 8.3.4 应定期检查是否有异物进入贮热水箱，防止循环管道被堵塞。
- 8.3.5 应定期清除贮热水箱内的水垢。

### 8.4 管路系统的运行与维护

- 8.4.1 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 管道内应没有空气，防止热水因为气堵而无法输送到各个配水点；
  - 3 系统管道应通畅并应定期冲洗整个系统。
- 8.4.2 阀门日常维护保养应符合下列规定：
  - 1 阀门应清洁；
  - 2 螺杆与螺母不应磨损；
  - 3 被动动作的阀门应定期转动手轮或者手柄，防止阀门生锈咬死；
  - 4 自动动作的阀门应经常检查，确保其正常工作；
  - 5 电力驱动的阀门，除阀体的维护保养外，还应特别加强对电控元器件和线路的维护保养；
  - 6 不应站在阀门上操作或检修。
- 8.4.3 管路系统的支撑构件，包括支吊架和管箍等运行中出现断裂、变形、松动、脱落和锈蚀应采取更换、补加、重新加固、补刷油漆等相应的措施。

#### **8.4.4 水泵的运行应符合下列规定：**

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 应做好启动检查工作，泵轴的旋转方向应正确，泵轴的转动应灵活；

3 应做好运行检查工作，电机不能有过高的温升，轴承温度不得超过周围环境温度  $35^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，轴封处、管接头均应无漏水现象，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。

#### **8.4.5 水泵的维护保养应符合下列规定：**

1 当发现漏水时，应压紧或更换油封。

2 每年应对水泵进行一次解体检修，内容包括清洗和检查。清洗应刮去叶轮内外表面的水垢，并应清洗泵壳的内表面以及轴承。在清洗同时，对叶轮、密封环、轴承、填料等部件应进行检查，以便确定是否需要修理或更换。

3 每年应对没有进行保温处理的水泵泵体表面进行一次除锈刷漆作业。

### **8.5 控制系统的运行与维护**

#### **8.5.1 控制系统的安装运行应符合下列规定：**

1 交流电源进线端接线应正确；

2 应检查水位探头和温度探头，并应做好探头外部的防水；

3 控制柜安放场所应符合国家现行相关标准的规定；

4 控制柜周围应通风良好，以便于控制柜中的元器件更好的散热；

5 控制柜不应与磁性物体接触；

6 安装现场应为控制柜提供独立的电源隔离开关；

7 在强干扰场合，控制柜应接地且不应接近干扰源；

8 现场布线，强弱电应分离；

9 暂不使用的控制柜，储存时应放置于无尘垢、干燥的地

方，环境温度应为  $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

**8.5.2 温度传感器的维护应符合下列规定：**

- 1 热电阻不应受到强烈的外部冲击；
- 2 热电阻套管应密封良好；
- 3 热电阻引出线与传感器连接线的连接不应松动、腐蚀。

**8.5.3 控制系统的维护应符合下列规定：**

- 1 控制系统中的仪表指（显）示应正确，其误差应控制在允许范围内；
- 2 控制系统执行元件的运行应正常；
- 3 控制系统的供电电源应合适；
- 4 控制系统应正确送入设定值。

**8.5.4 执行器的维护应符合下列规定：**

- 1 执行器外壳不应破损，且与之相连的连接不应损坏、老化，连接点不应有松动、腐蚀，执行器与阀门、阀芯连接的连杆不应锈蚀、弯曲；
- 2 执行器的环境温度应正常。

## **8.6 辅助加热系统的运行与维护**

**8.6.1 辅助电加热器的运行应符合下列规定：**

- 1 容器内水位应高于电加热器，低水位保护应正常工作；
- 2 电加热器不应有水垢；
- 3 所有阀门的开闭状态应正确，安全阀应正常工作。

**8.6.2 辅助电加热器的维护应符合下列规定：**

- 1 电加热器元件不应有劳损情况；
- 2 电加热器外表不应有结垢或淤积情况；
- 3 安全阀应能正常工作。

**8.6.3 辅助空气源热泵的运行应符合下列规定：**

- 1 热泵压缩机和风机，应工作正常，机组出风口，必须保证无堵塞物；
- 2 配线配管，应保证接线正确，接地线应保证可靠连接，

应保证电源电压与机组额定电压相匹配，检查线控器，应保证各功能键正常，剩余电流保护器应保证有效动作；

3 进出水口止回阀及安全阀，应保证正确安装。

#### 8.6.4 辅助空气源热泵的维护应符合下列规定：

1 应定期清理水垢；

2 制冷剂内不应有水分；

3 应定期检查压缩机绕组电阻，并应防止含有酸性物质烧毁电机绕组；

4 应定期对水路和阀门等管阀件进行维护保养，并应保证无泄漏。

#### 8.6.5 辅助锅炉的运行应符合下列规定：

1 应检查锅炉本体，保证无严重变形，锅炉外表面应无严重变形，人孔、手孔应无泄漏，炉膛、炉壁的保温层必须保证保温效果良好；

2 管路、阀件，不应有漏水、漏气现象。

#### 8.6.6 辅助锅炉的维护应符合下列规定：

1 风管、除尘设备、给水、循环水泵及水处理设备、通风设备，应保证可靠运行；

2 电路、控制盘、调节阀操作机构及一次性仪表、联锁报警保护装置性能应可靠；

3 水位计、压力表、安全阀应确保无泄漏，转动三通旋塞，压力表指针应能恢复到零，安全阀排气管应畅通；

4 锅炉水质，应严格按照国家现行水质标准要求，防止水质差锅炉结垢，降低锅炉效率。

## 9 节能环保效益评估

### 9.1 一般规定

9.1.1 太阳能热水工程的系统设计文件,应包括对该系统所做的节能和环保效益分析计算书。

9.1.2 太阳能热水系统完成竣工验收后,应根据验收所提供的系统热工性能检验记录进行系统实际运行后的节能效益和环保效益的评估验证。

9.1.3 对已实际工作运行的太阳能热水系统,宜进行系统节能效益的定期检测或长期监测。

9.1.4 设计阶段进行太阳能热水工程节能、环保效益分析的评定指标应包括:系统的年和寿命期内的总常规能源替代量、年节能费用、年二氧化碳减排量、系统的静态投资回收期 and 费效比。

9.1.5 太阳能热水工程实际工作运行的效益评估指标应包括太阳能集热系统的年平均效率、系统的年常规能源替代量、太阳能保证率、年二氧化碳减排量、系统的静态投资回收期和费效比。

### 9.2 系统节能环保效益评估

9.2.1 对太阳能热水系统节能效益进行的计算分析,应以已完成设计施工图中所提供的相关参数作为依据。

9.2.2 太阳能热水系统的年常规能源替代量  $Q_{tr}$  应按现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 中的公式进行计算。

9.2.3 太阳能热水系统寿命期内的总常规能源替代量可按下式计算:

$$Q_{save} = nQ_{tr} \quad (9.2.3)$$

式中： $Q_{\text{save}}$ ——太阳能热水系统寿命期内的总常规能源替代量 (kgce)；

$Q_{\text{tr}}$ ——太阳能热水系统的年常规能源替代量 (kgce/a)

$n$ ——系统的工作寿命 (a)。

**9.2.4** 太阳能热水系统的年节能费用、静态投资回收期 and 费效比可采用现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 中的公式进行计算。

**9.2.5** 太阳能热水系统的年二氧化碳减排量可按现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 中的公式进行计算。

### 9.3 系统实际运行的效益评估

**9.3.1** 太阳能热水系统实际工作运行的年常规能源替代量  $Q_{\text{tr}}$  应按本标准第 9.2.2 条的规定进行计算。

**9.3.2** 太阳能热水系统实际工作运行的太阳能保证率可按现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 的公式进行计算。

**9.3.3** 太阳能集热系统实际工作运行的年平均效率可按现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 中的公式进行计算。

**9.3.4** 太阳能热水系统实际工作运行的静态投资回收期、费效比和年二氧化碳减排量的计算方法与本标准第 9.2 节的规定相同。

### 9.4 系统效益的定期检测、长期监测和性能分级评估

**9.4.1** 系统效益定期检测或长期监测的方法应符合现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 中涉及短期或长期测试的规定。

**9.4.2** 宜按照现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 的规定进行太阳能热水工程的性能分级评估。

# 附录 A 部分主要城市太阳能资源数据表

**A.0.1** 部分主要城市太阳能资源数据可按表 A.0.1 选用。

**表 A.0.1 部分主要城市太阳能资源数据**

| 城市  | 纬度     | 年平均<br>气温<br>(℃) | 水平面                                       |                                           | 斜面                                        |                                           | 斜面修正系数<br>( $K_{ap}$ ) |
|-----|--------|------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
|     |        |                  | 年平均总<br>太阳辐射量<br>[MJ/(m <sup>2</sup> ·a)] | 年平均日<br>太阳辐射量<br>[kJ/(m <sup>2</sup> ·d)] | 年平均总<br>太阳辐射量<br>[MJ/(m <sup>2</sup> ·a)] | 年平均日<br>太阳辐射量<br>[kJ/(m <sup>2</sup> ·d)] |                        |
| 北京  | 39°57′ | 12.3             | 5570.32                                   | 15261.14                                  | 6582.78                                   | 18035.01                                  | 1.0976                 |
| 天津  | 39°08′ | 12.7             | 5239.94                                   | 14356.01                                  | 6103.55                                   | 16722.05                                  | 1.0692                 |
| 石家庄 | 38°02′ | 13.4             | 5173.60                                   | 14174.24                                  | 6336.40                                   | 17360.00                                  | 1.0521                 |
| 哈尔滨 | 45°45′ | 4.2              | 4636.58                                   | 12702.97                                  | 5780.88                                   | 15838.03                                  | 1.1400                 |
| 沈阳  | 41°46′ | 8.4              | 5034.46                                   | 13793.03                                  | 6045.52                                   | 16563.06                                  | 1.0671                 |
| 长春  | 43°53′ | 5.7              | 4953.78                                   | 13572.00                                  | 6251.36                                   | 17127.02                                  | 1.1518                 |

续表 A.0.1

| 城市   | 纬度     | 年平均气温<br>(°C) | 水平面                                       |                                           | 斜面                                        |                                           | 斜面修正系数<br>( $K_{cp}$ ) |
|------|--------|---------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
|      |        |               | 年平均总<br>太阳辐射量<br>[MJ/(m <sup>2</sup> ·a)] | 年平均日<br>太阳辐射量<br>[kJ/(m <sup>2</sup> ·d)] | 年平均总<br>太阳辐射量<br>[MJ/(m <sup>2</sup> ·a)] | 年平均日<br>太阳辐射量<br>[kJ/(m <sup>2</sup> ·d)] |                        |
| 呼和浩特 | 40°49' | 6.7           | 6049.51                                   | 16574.01                                  | 7327.37                                   | 20074.98                                  | 1.1468                 |
| 太原   | 37°51' | 10.0          | 5497.27                                   | 15061.02                                  | 6348.82                                   | 17394.02                                  | 1.1005                 |
| 乌鲁木齐 | 43°47' | 7.0           | 5279.36                                   | 14464.01                                  | 6056.82                                   | 16594.03                                  | 1.0092                 |
| 西宁   | 36°35' | 6.1           | 6123.64                                   | 16777.08                                  | 7160.22                                   | 19617.04                                  | 1.1360                 |
| 兰州   | 36°01' | 9.8           | 5462.60                                   | 14966.04                                  | 5782.36                                   | 15842.07                                  | 0.9489                 |
| 银川   | 38°25' | 9.0           | 6041.84                                   | 16553.00                                  | 7159.46                                   | 19614.97                                  | 1.1559                 |
| 西安   | 34°15' | 13.7          | 4665.06                                   | 12780.99                                  | 4727.48                                   | 12952.01                                  | 0.9275                 |
| 上海   | 31°12' | 16.1          | 4657.39                                   | 12759.98                                  | 4997.23                                   | 13691.05                                  | 0.9900                 |
| 南京   | 32°04' | 15.5          | 4781.12                                   | 13098.97                                  | 5185.55                                   | 14206.98                                  | 1.0249                 |
| 合肥   | 31°53' | 15.8          | 4571.64                                   | 12525.04                                  | 4854.13                                   | 13298.99                                  | 0.9988                 |
| 杭州   | 30°15' | 16.5          | 4258.84                                   | 11668.04                                  | 4515.77                                   | 12371.97                                  | 0.9362                 |
| 南昌   | 28°40' | 17.6          | 4779.32                                   | 13094.04                                  | 5005.62                                   | 13714.03                                  | 0.8640                 |
| 福州   | 26°05' | 19.8          | 4380.37                                   | 12001.02                                  | 4544.60                                   | 12450.97                                  | 0.8978                 |

续表 A.0.1

| 城市 | 纬度              | 年平均气温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 水平面                                                          |                                                              | 斜面                                                           |                                                              | 斜面修正系数<br>( $K_{ap}$ ) |
|----|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|
|    |                 |                                 | 年平均总<br>太阳辐射量<br>[ $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ] | 年平均日<br>太阳辐射量<br>[ $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ] | 年平均总<br>太阳辐射量<br>[ $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ] | 年平均日<br>太阳辐射量<br>[ $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ] |                        |
| 济南 | $36^{\circ}42'$ | 14.7                            | 5125.72                                                      | 14043.06                                                     | 5837.83                                                      | 15994.06                                                     | 1.0630                 |
| 郑州 | $34^{\circ}43'$ | 14.3                            | 4866.19                                                      | 13332.03                                                     | 5313.67                                                      | 14558.01                                                     | 1.0467                 |
| 武汉 | $30^{\circ}38'$ | 16.6                            | 4818.35                                                      | 13200.95                                                     | 5003.06                                                      | 13707.02                                                     | 0.9039                 |
| 长沙 | $28^{\circ}11'$ | 17.0                            | 4152.64                                                      | 11377.08                                                     | 4230.00                                                      | 11589.04                                                     | 0.8028                 |
| 广州 | $23^{\circ}00'$ | 22.0                            | 4420.15                                                      | 12110.01                                                     | 4636.22                                                      | 12701.98                                                     | 0.8850                 |
| 海口 | $20^{\circ}02'$ | 24.1                            | 5049.79                                                      | 13835.05                                                     | 4931.14                                                      | 13509.96                                                     | 0.8761                 |
| 南宁 | $22^{\circ}48'$ | 21.8                            | 4567.97                                                      | 12514.98                                                     | 4647.92                                                      | 12734.04                                                     | 0.8231                 |
| 重庆 | $29^{\circ}36'$ | 17.7                            | 3058.81                                                      | 8684.08                                                      | 3066.62                                                      | 8401.71                                                      | 0.8021                 |
| 成都 | $30^{\circ}40'$ | 16.1                            | 3793.07                                                      | 10391.97                                                     | 3760.96                                                      | 10303.99                                                     | 0.7553                 |
| 贵阳 | $26^{\circ}34'$ | 15.3                            | 3769.38                                                      | 10327.07                                                     | 3735.79                                                      | 10235.05                                                     | 0.8135                 |
| 昆明 | $25^{\circ}02'$ | 14.9                            | 5180.83                                                      | 14194.06                                                     | 5596.56                                                      | 15333.04                                                     | 0.9216                 |
| 拉萨 | $29^{\circ}43'$ | 8.0                             | 7774.85                                                      | 21300.95                                                     | 8815.10                                                      | 24150.97                                                     | 1.0964                 |

## 附录 B 太阳能集热器年平均 集热效率的计算方法

**B. 0.1** 太阳能集热器的年平均集热效率应根据集热器产品的瞬时效率方程（瞬时效率曲线）的实际测试结果按下式进行计算：

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

式中：  $\eta$ ——基于集热器总面积的集热器效率（%）；

$\eta_0$ ——基于集热器总面积的瞬时效率曲线截距（%）；

$U$ ——基于集热器总面积的瞬时效率曲线斜率  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$ ；

$t_i$ ——集热器工质进口温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$t_a$ ——环境空气温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$G$ ——总太阳辐照度（ $\text{W}/\text{m}^2$ ）

$(t_i - t_a)/G$ ——归一化温差  $[(^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2)/\text{W}]$ 。

**B. 0.2** 在计算太阳能集热器的年平均集热效率时，归一化温差计算的参数选择应符合下列规定：

1 年平均集热器工质进口温度应按下式计算：

$$t_i = t_0/3 + 2t_{\text{end}}/3 \quad (\text{B. 0.2-1})$$

式中：  $t_i$ ——年平均集热器工质进口温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$t_0$ ——系统设计进水温度（贮热水箱初始温度）（ $^\circ\text{C}$ ）；

$t_{\text{end}}$ ——系统设计用水温度（贮热水箱终止温度）（ $^\circ\text{C}$ ）。

2 年平均环境空气温度应按本标准附录 A 查得， $t_a$ 应取当地的年平均环境空气温度。

3 年平均总太阳辐照度应按下式计算：

$$G = J_T/(S_y \times 3600) \quad (\text{B. 0.2-2})$$

式中：  $G$ ——年平均总太阳辐照度（ $\text{W}/\text{m}^2$ ）；

$J_T$ ——当地的年平均日太阳辐照量  $[J/(m^2 \cdot d)]$ ，可从本标准附录 A 查得；

$S_y$ ——当地的年平均每天日照小时数 (h)，可从本标准附录 A 查得。

## 附录 C 部分代表城市不同倾角和方位角的 太阳能集热器总面积补偿比

**C.0.1** 当太阳能集热器受条件限制，倾角和方位角与本标准第 5.4.4 条和第 5.4.7 条规定偏差较大时，可采用增加集热器面积的方式进行补偿，面积补偿后实际确定的集热器总面积应按下式进行计算：

$$A_B = A_S / R_s \quad (\text{C.0.1})$$

式中： $A_B$ ——进行面积补偿后实际确定的集热器总面积 ( $\text{m}^2$ )；

$A_S$ ——按本标准公式 (5.4.2-1) 或 (5.4.2-3) 计算得出的集热器总面积 ( $\text{m}^2$ )；

$R_s$ ——面积补偿比 (%), 按表 C.0.1 选取。

**C.0.2** 若太阳能热水系统所在地区不是表 C.0.1 中的代表城市，可选取离所在地区最近的代表城市中的  $R_s$  值。

表 C.0.1 部分代表城市太阳能集热器总面积补偿比  $R_s$  (%)

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

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 |

续表 C.0.1

武汉 纬度  $30^{\circ}37'$

[illegible]

续表 C.0.1

昆明 纬度  $25^{\circ}01'$ 

|     | 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  | 95  | 96  | 95  | 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 |

续表 C.0.1

贵阳 纬度  $26^{\circ}35'$

[illegible]

续表 C.0.1

长沙 纬度 28°12′

|     | 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  | 65  | 66  | 67  | 67  | 67  | 67  | 67  | 67  | 67  | 66 | 65 | 64 | 63 | 62 | 61 |
| 70  | 67 | 69  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 75  | 76  | 76  | 76  | 75  | 75  | 74 | 73 | 72 | 71 | 69 | 67 |
| 60  | 74 | 76  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 82  | 83  | 83  | 83  | 82  | 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 |

续表 C.0.1

广州 纬度  $23^{\circ}08'$

[illegible]

续表 C.0.1

南昌 纬度  $28^{\circ}36'$ 

|     | 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  | 59  | 59  | 59  | 58  | 58  | 58 | 58 | 57 | 56 | 55 | 54 |
| 80  | 61 | 62  | 64  | 65  | 66  | 66  | 67  | 67  | 67  | 68  | 67  | 67  | 67  | 66 | 66 | 65 | 64 | 62 | 61 |
| 70  | 68 | 69  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 76  | 77  | 76  | 76  | 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  | 91  | 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  | 99  | 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 |

续表 C.0.1

上海 纬度  $31^{\circ}10'$

[illegible]

续表 C.0.1

西安 纬度  $34^{\circ}18'$ 

|     | 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  | 61  | 61  | 61  | 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 | 91 |
| 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 |

续表 C.0.1

郑州

纬度  $34^{\circ}43'$

[illegible]