

团 体 标 准

T/CECS XXX-202X

光伏热水系统通用技术条件

General technical conditions of photovoltaic hot water systems

(征求意见稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中国工程建设标准化协会 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 系统分类..... 3

5 一般要求..... 4

6 要求..... 6

7 试验方法..... 7

8 检验规则..... 11

附录 A （资料性）系统测试装置示意图..... 13

附录 B （资料性）可能的总辐射日曝辐量..... 14

附录 C （资料性）光伏阵列最佳倾角参考值..... 15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》和 GB/T 20001.10-2014《标准编写规定 第10部分：产品标准》的规定起草。

本文件是根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2023]10号）的要求进行编制。

请注意，本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工程建设标准化协会提出。

本文件由中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会归口。

本文件负责起草单位：江苏迈能高科技有限公司、华东建筑集团股份有限公司。

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

本文件主要审查人：

光伏热水系统通用技术条件

1 范围

本文件规定了光伏热水系统的术语和定义、系统分类、一般要求、要求、试验方法、检验规则等。

本文件适用于储热水箱容水量大于 0.6m^3 ，可与辅助能源相结合的为各类建筑提供生活热水的光伏热水系统。（以下简称系统）

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件。不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求》GB 4706.1

《家用和类似用途电器的安全 储水式热水器的特殊要求》GB 4706.12

《地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型》GB/T 9535

《太阳能热利用术语 第一部分》GB/T 12936.1

《太阳能热利用术语 第二部分》GB/T 12936.2

《地面用薄膜光伏组件 设计鉴定和定型》GB/T 18911

《光伏与建筑一体化发电系统验收规范》GB/T 37655

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《建筑给水排水设计标准》GB 50015

《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019

《建筑物防雷设计规范》GB 50057

《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168

《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169

《电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》GB 50171

《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212

《建筑防腐蚀工程质量检验评定标准》GB 50224

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242

《光伏发电工程验收规范》GB 50796

《光伏电站设计规范》GB 50797

《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368

《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020

《太阳能词汇》ISO 9488

《太阳能光伏系统支架通用技术要求》JG/T 490

《低碳多能源搪瓷储热水箱》NB/T 34023

《光伏发电系统用电缆》NB/T 42073

3 术语和定义

GB/T 12936.1、GB/T 12936.2、GB/T 37655、GB 50796、GB 50797、GB 51368 和 ISO 9488 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏热水系统 photovoltaic water heating system

主要由光伏发电系统、储热水箱和控制系统组成，光伏发电系统直接加热储热水箱中的水，可与辅助能源相结合为各类建筑提供生活热水的系统。

3.2

光伏发电系统安装面积 installed photovoltaic area

光伏发电系统中光伏组件外轮廓面积的总和，单位： m^2 。

3.3

光伏组件光电转换效率 photoelectric conversion efficiency

光伏组件实测功率与标准测试工况（STC）下光伏组件表面累计太阳辐照功率的比值。

3.4

储热水箱名义温升 nominal temperature rise of storage water tank

光伏热水系统在规定条件下以光伏加热模式运行时，折算到水箱在当日太阳辐照量为 $5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 时的温度增加值，单位： $^{\circ}\text{C}$ 。

3.5

单位光伏采光面积名义日有用得热量 nominal daily heat gain per unit area

光伏热水系统在规定条件下以光伏加热模式运行时，折算到单位光伏采光面积在当日太阳辐照量为 $5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 时的得热量，单位： $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 。

3.6

单位光伏安装容量名义日有用得热量 nominal daily heat gain per unit capacity of installation

光伏热水系统在规定条件下以光伏加热模式运行时，折算到单位光伏安装容量在当日太阳辐照量为 $5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 时的得热量。单位： $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{kWp}$ 。

3.7

带辅助能源的光伏热水系统 photovoltaic water heating system with auxiliary energy source

联合使用光伏和辅助能源，并可依赖光伏而提供所需生活热水的系统。

3.8

当地标准温差 local standard temperature difference

当地室外环境空气平均温度与 45°C 差值的绝对值，单位： $^\circ\text{C}$ 。

对于冬季使用且储热水箱放置在室外的光伏热水系统，当地标准温差取当地室外环境空气日平均温度小于或等于 8°C 期间的平均温度与 45°C 差值的绝对值。

对于具有下列条件之一的光伏热水系统，当地标准温差取当地室外环境空气年平均温度与 45°C 差值的绝对值：

- a) 储热水箱放置在室内的；
- b) 储热水箱放置在室外，但冬季不使用的；
- c) 当地室外日平均温度小于或等于 8°C 期间的天数为 0 的地区。

全国各地室外环境空气的年平均温度和室外环境空气日平均温度小于或等于 8°C 期间的平均温度可根据 GB 50019 的规定查取。

4 系统分类

4.1 按光伏热水系统储热方式分类：

- a) 集中发电-分户供热水系统。

光伏组件集中发电，采用分户式储热水箱的光伏热水系统。

b) 集中发电- 集中供热水系统

光伏组件集中发电，采用集中式储热水箱的光伏热水系统

4.2 按光伏与辅助能源联结方式分类：

a) 混合加热系统

光伏和辅助能源两个加热系统共享同一储热水箱，且都对同一储热水箱的水进行加热。两个系统加热存在相互影响的状况。

b) 分级加热系统

光伏和辅助能源两个加热系统不共享同一储热水箱，冷水先由光伏热水系统加热，然后再送入辅助能源加热系统，当储热水箱中水温低于设定温度范围时，再由辅助能源将其加热到需要的温度。

4.3 按照辅助能源设备的类型分类：

a) 锅炉辅助加热系统

通过专门用于光伏热水系统辅助加热的锅炉，进行辅助加热的系统。

b) 换热站辅助加热系统

通过专门用于光伏热水系统辅助加热的换热站，将热力管网的部分热能用于光伏热水系统辅助加热的系统。

c) 电加热辅助加热系统

将电加热器直接安装在光伏热水系统的储热水箱内，进行辅助加热的系统。

d) 蒸汽辅助加热系统

将蒸汽直接或间接对光伏热水系统储热水箱进行辅助加热的系统。

e) 热泵辅助加热系统

通过专门用于光伏热水系统辅助加热的热泵热水机，进行辅助加热的系统。

5 一般要求

5.1 系统安全要求

5.1.1 系统应节能、节水、安全、可靠，生产的生活热水水质、水量、水压和供水温度符合 GB 50015 和 GB 55020 的规定。

5.1.2 系统根据场地面积、形状、遮挡等设计，安装应符合建筑物承载能力。应符合 GB 50009 规定。

- 5.1.3 系统易腐蚀构件的防腐措施应符合 GB 50212 和 GB 50224 的规定。
- 5.1.4 系统如不处于建筑物上避雷系统的保护范围，应按照 GB 50057 的规定增设避雷措施。
- 5.1.5 系统在建筑内的部分应符合建筑电气系统要求，不应采用光伏连接器进行线缆连接。
- 5.1.6 系统管路和泵阀的安装应符合 GB 50242 的规定。
- 5.1.7 系统管路和设备的保温应符合 GB 50242 的规定。
- 5.1.8 闭式热水系统应设置压力式膨胀罐和泄压阀，且符合 GB 50015 的规定。
- 5.1.9 系统应设置防过热措施，且符合 GB50015 的规定。
- 5.1.10 系统应进行检漏试验，试验方法和结果应符合 GB 50242 的规定。
- 5.1.11 系统应留有日常维护维修所必需的空间和通道，安装有供调试、维修所必需使用的仪表、阀门。

5.2 关键部品要求

5.2.1 光伏组件和光伏阵列

5.2.1.1 晶体硅光伏组件和薄膜光伏组件应分别符合 GB/T 9535 和 GB/T 18911 的规定。在标准测试工况（STC）下，光伏组件峰值功率实测值与标称值的偏差应在±3%以内，光电转换效率应符合表 1 的要求：

表 1 光伏组件光电转换效率

序号	光伏组件类型	光电转换效率
1	单晶硅	≥ 20%
2	多晶硅	≥ 17%
3	薄膜	≥ 15%

- 5.2.1.2 光伏阵列用直流线缆应符合 NB/T 42073 的规定，直流线缆的串联应稳固连接。
- 5.2.1.3 光伏组件支架应符合 JG/T 490 的规定，支架倾角应满足产品样本或设计要求。
- 5.2.1.4 光伏阵列宜面向正南，应符合 GB 50796 的规定。

5.2.2 储热水箱

5.2.2.1 储热水箱的电气安全应符合 GB 4706.1 和 GB 4706.12 的规定。

5.2.2.2 采用搪瓷涂层防腐的储热水箱，除本文件 6.4 条另行规定外，其余应符合 NB/T 34023 的规定。

5.2.3 控制系统

5.2.3.1 控制系统电缆线路安装应符合 GB 50168 的规定；

5.2.3.2 电气控制盘、柜的安装应符合 GB 50171 的规定；

5.2.3.3 其他电器设备的安装应符合 GB 50303 的规定；

5.2.3.4 控制系统的接地措施应符合 GB 50169 的规定。

5.2.3.5 电气装置应有剩余电流保护措施，剩余电流保护的動作电流应符合设计要求。

5.2.4 辅助能源设备要求

根据政策法规和用户需求，结合现场条件选定系统辅助能源设备。选定的辅助能源设备应质量合格，并有质检合格证明。

6 要求

6.1 外观

6.1.1 光伏组件应无破损，整体颜色均匀一致，无可视热斑、鼓泡。

6.1.2 储热水箱外部应表面平整，无划痕、污垢和其他缺陷。

6.1.3 电气控制柜包装及密封应良好，设备应无损伤，附件、备件应齐全，产品技术文件应齐全。

6.2 光伏发电系统安装面积和安装容量

6.2.1 光伏发电系统安装面积应符合设计要求。

6.2.2 光伏发电系统安装容量应符合设计要求。

6.3 运行性能

系统连续运行 3d，应工作正常，各项功能达到设计要求。

6.4 储热水箱热水储存性能

6.4.1 储热水箱容水量的实测值不应小于标称值的 92%。

6.4.2 储热水箱静置 10h 后，在当地标准温差下的温降值应符合表 2 要求：

表 2 储热水箱在当地标准温差下的温降值

序号	标称容水量	在当地标准温差下的温降值
1	$V \leq 2\text{m}^3$	$\leq 8^\circ\text{C}$
2	$2\text{m}^3 < V \leq 4\text{m}^3$	$\leq 6.5^\circ\text{C}$
3	$V > 4\text{m}^3$	$\leq 5^\circ\text{C}$

6.5 系统加热性能

系统加热性能试验结束，折算到光伏阵列当日太阳辐照量为 $5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 时，应符合下列要求：

- a) 储热水箱名义温升不低于 25°C ；
- b) 单位光伏采光面积名义日有用得热量应符合表 3 要求；

表 3 单位光伏采光面积名义日有用得热量

序号	光伏组件类型	单位光伏采光面积名义日有用得热量
1	单晶硅	$\geq 0.72\text{ kW}\cdot\text{h} / \text{m}^2$
2	多晶硅	$\geq 0.62\text{ kW}\cdot\text{h} / \text{m}^2$
3	薄膜	$\geq 0.55\text{ kW}\cdot\text{h} / \text{m}^2$

- c) 单位光伏安装容量的名义日有用得热量应不低于 $3.5\text{ kW}\cdot\text{h} / \text{kWp}$ 。

7 试验方法

7.1 外观

视觉检查光伏热水系统外观及标志。

7.2 光伏发电系统安装面积和安装容量

7.2.1 用量具测量光伏发电系统安装面积。

7.2.2 根据光伏组件标称功率和数量，计算光伏发电系统安装容量。

7.3 系统运行性能

系统调试合格后，按照实际工作状态连续运行 3d，检查光伏热水系统运行是否正常，控制系统动作是否正确，各种仪表的显示是否正确等，并记录检验结果。

7.4 储热水箱热水储存性能

7.4.1 储热水箱容水量测量

a) 储热水箱容水量是指储热水箱的水在冷水进水状态下的水量，不包括管路和辅助能源换热器内的水。

b) 在系统的冷水进水管路上安装流量仪表，测量仪表的准确度应为±1%。使用不超过 30℃的水将储热水箱充满，打开排气口或者顶部安全阀，水溢出时停止进水，读出进水流量数值 V_s ，按公式（1）计算储热水箱的容水量偏差率。

$$\Delta V = \frac{V_s}{V} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

ΔV —储热水箱容水量偏差率（%）；

V_s —储热水箱容水量实测值（L）；

V —储热水箱容水量标称值（L）。

7.4.2 储热水箱保温性能试验

7.4.2.1 试验气象条件要求

系统进行试验期间，储热水箱周围平均环境温度 t_{as} 在 8℃~39℃之间，环境空气流动速率不大于 4m/s。

7.4.2.2 试验用水温水量要求

在保温性能试验开始前，应将储热水箱充满不低于或 50℃的热水。关闭储热水箱上所有的阀门，避免储热水箱保温试验受到管路或换热器散热和使用热水等因素的影响。

7.4.2.3 其他要求

该试验只测试储热水箱的保温性能。对于带辅助能源系统，试验期间应关闭辅助能源。

7.4.2.4 试验时间

储热水箱保温性能试验一般应在晚上 8:00 至第二天早晨 6:00，试验时间共计 10h。

7.4.2.5 试验方法

a) 启动储热水箱的混水装置，以不低于 $5 \times V/h$ 的流量进行循环，直到储热水箱上、下部水温差值在 ±1℃以内。

b) 试验开始时, 关闭储热水箱的混水装置, 记录储热水箱上、下部水温并计算它们的算术平均值, 记为平均温度 t_r 。并同时记录时间、储热水箱周围的环境温度 t_{as} 和风速等。以后每隔 1h 记录一次上述数据。

c) 试验结束前 15min, 启动储热水箱的混水装置, 以不低于 $5 \times V/h$ 的流量进行循环, 使试验结束时储热水箱上、下部水温差值在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。当试验时间达到 10h 时, 试验结束。记录储热水箱上、下部水温并计算它们的算术平均值, 记为平均温度 t_f 。

d) 计算试验期间 11 次环境温度 t_{as} 的算术平均值, 得出储热水箱附近的平均环境温度 $t_{as(av)}$ 。

7.4.2.6 储热水箱保温性能计算

储热水箱在当地标准温差下的温降值 Δt_{sd} , 用式 (2) 计算:

$$\Delta t_{sd} = \frac{(t_r - t_f) \times \Delta t_s}{[(t_r + t_f)/2 - t_{as(av)}]} \quad (2)$$

式中:

Δt_{sd} —在当地标准温差条件下, 储热水箱中水的温降值 ($^\circ\text{C}$);

t_r —试验开始时储热水箱中水的平均温度 ($^\circ\text{C}$);

t_f —试验结束时储热水箱中水的平均温度 ($^\circ\text{C}$);

Δt_s —光伏热水系统的当地标准温差 ($^\circ\text{C}$);

$t_{as(av)}$ —试验期间, 储热水箱周围的环境空气平均温度 ($^\circ\text{C}$)。

7.5 系统加热性能试验

7.5.1 系统要求

系统应按原设计要求安装调试合格, 并至少正常运行 3d, 才能进行加热性能试验。

7.5.2 试验用冷水要求

试验用冷水应采用该系统投入正常使用时的实际用水, 冷水水温 t_c 应在 $8 \sim 25^\circ\text{C}$ 之间。

7.5.3 日有用得热量和温升测试

7.5.3.1 试验对气象条件和太阳辐照量的要求

系统进行试验时，气象条件和太阳辐照条件应符合以下要求：

- a) 平均环境温度 t_{as} 在 8°C ~ 39°C 之间；
- b) 环境空气的平均流动速率不大于 4 m/s ；
- c) 在当地太阳正午时前 4h 到太阳正午时后 4h 期间，正南方向与光伏组件同一倾角斜面上的日太阳辐照量应 $\geq 4\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 。

7.5.3.2 其他要求

该试验只测试系统的光伏系统加热部分。对于带辅助能源系统，试验期间应关闭辅助能源。

7.5.3.3 试验起止时间

试验起止时间为当地太阳正午时前 4h 到太阳正午时后 4h ，共计 8h 。

7.5.3.4 试验方法

- a) 打开系统冷水阀门向系统充水，充水过程中，应及时排除系统内的空气。
- b) 在试验开始前 30min ，启动混水装置，以不低于 $5\times V/\text{h}$ 的流量进行循环，至少 5min 内储热水箱上、下部水温差值在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内，记录储热水箱上、下部水温并计算它们的算术平均值，即为储热水箱加热开始时的冷水平均温度 t_b 。启动测试前应停止通水循环，并用阀门来截断旁通回路。
- c) 试验开始时，记录总日射表太阳辐照量读数。
- d) 在工作 8h 后遮挡光伏组件，启动混水装置，以不低于 $5\times V/\text{h}$ 的流量进行循环，将储热水箱底部的水抽到顶部进行循环来混合储热水箱中的水，至少 5min 内储热水箱上、下部水温差值在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内，记录储热水箱上、下部水温并计算它们的算术平均值，即为储热水箱加热结束时的热水平均温度 t_e ；试验结束时，记录总日射表太阳辐照量读数。

- e) 试验期间，连续测量累计的光伏发电量 E_{PV} 。

f) 计算试验结束与试验开始时太阳辐照量读数的差值就是试验期间单位轮廓采光面积的太阳辐照量 H_A 。对于处在不同采光平面上的光伏热水系统，应分别计算试验期间不同采光平面单位轮廓采光面积的太阳辐照量。

7.5.3.5 计算

- a) 系统试验期间单位光伏采光面积名义日有用得热量 q_{A5} 用式 (3) 计算：

$$q_{A5} = \frac{\rho \times C_{PW} \times V_S \times (t_e - t_b)}{3600 \times A_{PV}} \times \frac{5}{H_A} \quad (3)$$

式中：

q_{A5} —换算成日太阳辐照量为 $5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 时的单位光伏采光面积名义日有用得热量 ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$)；

ρ —试验结束时水温对应的水的密度 (kg/m^3)；

C_{PW} —水的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$]；

t_e —储热水箱加热结束时的热水平均温度 ($^\circ\text{C}$)；

t_b —储热水箱加热开始时的冷水平均温度 ($^\circ\text{C}$)；

A_{PV} —光伏发电系统安装面积 (m^2)；

H_A —光伏组件采光面在太阳正午时前 4h 至太阳正午时后 4h 太阳辐照量 ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$)。

b) 系统试验期间单位光伏安装容量名义日有用得热量 q_{P5} 用式 (4) 计算：

$$q_{P5} = \frac{q_{A5} \times A_{PV}}{P_{PV}} \quad (4)$$

式中：

q_{P5} —换算成日太阳辐照量为 $5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 时的单位光伏安装容量名义日有用得热量 ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{kWp}$)；

P_{PV} —光伏发电系统安装容量 (kWp)。

c) 储热水箱名义温升用式 (5) 计算：

$$\Delta t_5 = (t_e - t_b) \times \frac{5}{H_A} \quad (5)$$

式中：

Δt_5 —日太阳辐照量为 $5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 时，储热水箱中水的名义温升值 ($^\circ\text{C}$)。

注：当系统的光伏组件不在同一采光平面时，可根据不同的采光平面的 H_{Ai} 和 A_{PVi} 数据求和处理。

8 检验规则

8.1 检验类别

光伏热水系统性能检验分为验收检验和型式检验。

8.2 验收检验

8.2.1 所有光伏热水系统交接给用户前，应进行验收检验。

8.2.2 验收检验应按本文件 5.1、5.2、7.1、7.2、7.3、7.4 的规定进行检验。若储热水箱热水储存性能有特殊设计要求，则按设计要求进行检验。

8.3 型式检验

8.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 国家质量监督检验机构提出进行型式检验要求的；
- b) 合同双方有争议，有一方要求对系统进行型式检验的；
- c) 由于其他原因需要对光伏热水系统进行型式检验的。

8.3.2 型式检验应按本文件 5.1、5.2、7.1、7.2、7.3、7.4、7.5 规定的方法和要求进行检验。若储热水箱热水储存性能和系统加热性能有特殊设计要求，则按设计要求进行检验。

8.4 判定规则

8.4.1 验收检验的结果应符合本文件第 5、6 章的规定。除 7.1 外，其余指标有一项指标不合格，则系统判定为不合格。

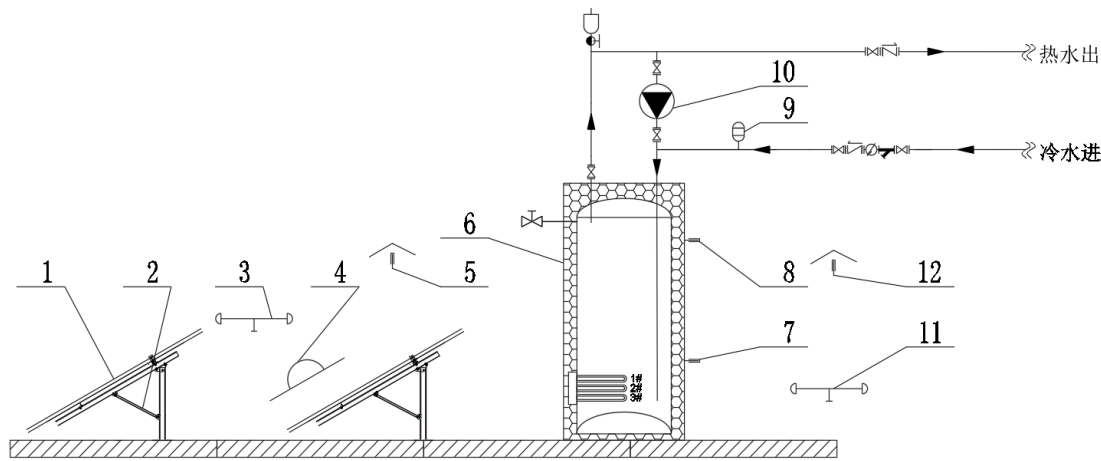
8.4.2 型式检验的结果应符合本文件第 5、6 章的规定。除 7.1 外，其余指标有一项指标不合格，则系统判定为不合格。

附录 A

(资料性)

系统测试装置组成示意图

A1 系统测试装置组成示意图 A1



标引序号说明：

- 1——光伏组件
- 2——光伏安装支架
- 3——风速仪（靠近光伏组件）
- 4——太阳辐射表（光伏组件所在平面）
- 5——环境温度传感器（靠近光伏组件）
- 6——储热水箱
- 7——储热水箱下部水温传感器
- 8——储热水箱上部水温传感器
- 9——膨胀罐
- 10——混水装置（混水循环泵）
- 11——风速仪（靠近储热水箱）
- 12——环境温度传感器（靠近储热水箱）

图 A1 系统测试装置组成示意图

附 录 B

(资料性)

可能的总辐射日曝辐量

B1 可能的总辐射日曝辐量见表 B1

表 B1 可能的总辐射日曝辐量[MJ/m² d]

北 纬	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
90°	0.0	0.0	0.2	14.0	30.7	35.6	33.3	18.1	3.3	0.0	0.0	0.0
85°	0.0	0.0	1.0	14.3	30.6	35.1	32.9	18.4	4.3	0.0	0.0	0.0
80°	0.0	0	2.9	15.1	30.1	35.4	32.2	18.7	5.0	0.6	0.0	0.0
75°	0.0	0.8	5.6	15.4	29.5	34.4	31.0	19.4	8.2	1.9	0.0	0.0
70°	0.0	2.2	8.5	18.4	28.8	33.0	29.9	20.5	10.6	3.8	0.7	0.0
65°	1.0	3.9	11.3	20.4	28.7	32.1	29.5	25.2	13.3	5.1	1.9	0.3
60°	2.5	5.1	13.9	22.5	29.2	32.2	30.0	23.5	15.8	8.5	3.6	1.6
55°	4.4	8.7	15.4	24.3	30.2	32.8	30.8	25.2	18.1	11.0	5.7	3.0
50°	5.8	11.5	18.7	25.0	31.1	33.3	31.7	25.8	20.2	13.6	8.1	5.6
45°	9.4	14.5	21.6	27.4	31.9	33.6	32.1	28.3	22.2	14.4	10.9	8.2
40°	12.4	17.2	23.0	28.5	32.4	33.7	33.0	29.0	23.9	18.5	13.6	11.1
35°	15.0	19.6	24.8	29.4	32.6	33.6	33.1	30.1	25.4	20.6	15.0	13.7
30°	17.5	21.7	25.2	30.0	32.6	33.3	32.9	30.6	25.8	22.6	18.4	15.1
25°	19.8	23.6	27.3	30.3	32.2	32.8	32.5	30.7	27.9	24.4	20.6	18.4
20°	21.8	25.2	28.3	30.3	31.6	32.0	31.7	30.6	28.7	25.0	22.6	20.7
15°	23.7	25.6	29.1	30.1	30.8	30.9	30.8	30.3	29.4	27.2	24.4	22.6
10°	25.4	27.8	29.7	29.8	29.7	29.5	29.6	29.8	29.8	28.2	25.0	24.6
5°	27.7	28.7	30.1	29.4	28.5	28.0	28.3	29.0	29.9	29.1	27.5	25.4
0°	28.4	29.4	30.2	28.7	27.1	25.4	25.8	28.2	29.8	29.7	28.7	28.0

附 录 C

(资料性)

光伏阵列最佳倾角参考值

C1 光伏阵列最佳倾角参考值见表 C1

表 C1 全国各大城市光伏阵列最佳倾角参考值

城市	纬度 ϕ ($^{\circ}$)	斜面日均 辐射量 (kJ/m^2)	日辐射量 (kJ/m^2)	独立系统 推荐倾角 ($^{\circ}$)	并网系统 推荐倾角 ($^{\circ}$)
哈尔滨	45.68	15835	12703	$\phi + 3$	$\phi - 3$
长春	43.9	17127	13572	$\phi + 1$	$\phi - 3$
沈阳	41.7	16563	13793	$\phi + 1$	$\phi - 8$
北京	39.8	18035	15261	$\phi + 4$	$\phi - 7$
天津	39.1	16722	14356	$\phi + 5$	$\phi - 3$
呼和浩特	40.78	20075	16574	$\phi + 3$	$\phi - 3$
太原	37.78	17394	15061	$\phi + 5$	$\phi - 6$
乌鲁木齐	43.78	16594	14464	$\phi + 12$	$\phi - 3$
西宁	35.75	19617	16777	$\phi + 1$	$\phi - 1$
兰州	35.05	15842	14966	$\phi + 8$	$\phi - 9$
银川	38.48	19615	16553	$\phi + 2$	$\phi - 2$
西安	34.3	12952	12781	$\phi + 14$	$\phi - 5$
上海	31.17	13691	12760	$\phi + 3$	$\phi - 7$
南京	32	14207	13099	$\phi + 5$	$\phi - 4$
合肥	31.85	13299	12525	$\phi + 9$	$\phi - 5$
杭州	30.23	12372	11668	$\phi + 3$	$\phi - 4$
南昌	28.67	13714	13094	$\phi + 2$	$\phi - 6$
福州	25.08	12451	12001	$\phi + 4$	$\phi - 7$
济南	35.68	15994	14043	$\phi + 6$	$\phi - 2$
郑州	34.72	14558	13332	$\phi + 7$	$\phi - 3$
武汉	30.63	13707	13201	$\phi + 7$	$\phi - 6$
长沙	28.2	11589	11377	$\phi + 6$	$\phi - 6$
广州	23.13	12702	12110	$\phi + 0$	$\phi - 1$
海口	20.03	13510	13835	$\phi + 12$	$\phi - 3$
南宁	22.82	12734	12515	$\phi + 5$	$\phi - 4$
成都	30.67	10304	10392	$\phi + 2$	$\phi - 8$
贵阳	25.58	10235	10327	$\phi + 8$	$\phi - 8$
昆明	25.02	15333	14194	$\phi + 0$	$\phi - 1$
拉萨	29.7	24151	21301	$\phi + 0$	$\phi + 2$