



可再生能源与 建筑集成示范工程案例集

“十一五”国家科技支撑计划
可再生能源与建筑集成示范工程课题组 著

中国建筑工业出版社

可再生能源与建筑集成示范工程案例集

“十一五”国家科技支撑计划
可再生能源与建筑集成示范工程课题组 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

可再生能源与建筑集成示范工程案例集/“十一五”国家科技
支撑计划 可再生能源与建筑集成示范工程课题组著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-112-16124-9

I. ①可… II. ①十… III. ①再生能源-应用-建筑工程-案例
中国 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 273658 号

责任编辑: 齐庆梅

责任校对: 张 颖 赵 颖

可再生能源与建筑集成示范工程案例集

“十一五”国家科技支撑计划

可再生能源与建筑集成示范工程课题组 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11½ 字数: 280 千字

2013 年 12 月第一版 2013 年 12 月第一次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978-7-112-16124-9

(24884)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编写人员名单

主 编：宋 凌

副主编：张广宇 张昕宇 廉小亲

编 委：仲继寿 何 涛 于重重 张 磊
张晓力 王 岩 曾 雁 赵 羽
肖 萧 刘阿祺 李宏军 冯 健

序

为了切实提高太阳能、浅层地能、生物质能等可再生能源在建筑中的应用效率和比重，实现到 2020 年我国可再生能源在建筑领域消费比例占建筑能耗 15% 的目标，近年来，住房和城乡建设部大力推动可再生能源在建筑领域的应用，在技术方案选择、行业管理和政策调控等方面取得了进展，并积累了经验。

为了促进可再生能源在建筑中更好地应用，应该在认真总结经验的基础上，对可再生能源在建筑中的应用有一个较为全面和清晰的认识，如，在不同自然资源条件下可再生能源技术应用的合理范围是多大，如何选择提高应用效率的技术途径和管理措施等。

本案例集从住房和城乡建设部组织实施的“十一五”国家科技支撑计划项目可再生能源与建筑集成示范中选择了 19 个不同类型的典型案例，从测试方案、技术类型、应用效果和集成方式等方面进行了定量分析，比较客观地反映了当前可再生能源在建筑中应用的实际情况，使我们对可再生能源的应用有了进一步的认识，为合理选择技术类型以求得尽可能大的应用效果，更有效地替代化石能源提供了依据，对相关专业人士有比较好的学习和借鉴作用，对有关方面能够客观地评价和指导可再生能源在建筑中的应用是有益的参考。

住房和城乡建设部建筑节能与科技司

2013 年 5 月 20 日

前 言

为了全面贯彻落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》、《“十一五”国家科技支撑计划发展纲要》以及党中央、国务院关于建设资源节约型、环境友好型社会的重大战略决策，住房和城乡建设部组织实施了“十一五”国家科技支撑重点项目“可再生能源与建筑集成技术与示范”2006BAA04B00，本案例集由该项目课题“可再生能源与建筑集成示范工程”的承担单位住房和城乡建设部科技发展促进中心组织，主要参加单位中国建筑科学研究院、中国建筑设计研究院、北京工商大学共同编制而成。

“十一五”期间，该课题建设并实施了 41 个可再生能源与建筑集成示范工程，示范内容包括太阳能生活热水供应、太阳能采暖、太阳能空调、太阳能光伏照明、地下水源热泵、污水源热泵、土壤源热泵以及上述技术的综合利用等。示范工程涉及全国 18 个省、自治区和直辖市。

本案例集挑选了其中具有代表性的 19 个可再生能源与建筑集成示范工程进行深入分析和评价。全书的主要内容包括：可再生能源建筑应用测评方案、太阳能光热示范工程案例、热泵示范工程案例、太阳能光伏示范工程案例、其他可再生能源与建筑集成示范工程案例、可再生能源与建筑集成示范建筑远程监测系统设计，以及对可再生能源与建筑集成示范工程的总结与展望。

本案例集通过采用科学可行的评价方法和测试方案对典型示范工程案例的运行数据或设计数据进行分析，并通过专家点评的方式指出示范工程中存在的主要优点和缺点，供专业人士参考。同时，通过对示范工程的分析，找出了“十一五”期间可再生能源在建筑中应用存在的主要问题及障碍原因，并提出了下一阶段我国在建筑中发展可再生能源应用的建议和意见。

目 录

1 可再生能源建筑应用测评方案	1
1.1 太阳能热水系统的评价测试方案	1
1.2 太阳能供热系统的评价测试方案	4
1.3 太阳能制冷系统的评价测试方案	7
1.4 地源热泵系统的评价测试方案	11
2 太阳能光热利用工程	14
2.1 华明新家园 1 号地（顶秀欣园）经济适用房	14
2.2 上海三湘四季花城（紫薇苑和玉兰苑）	19
2.3 沛县龙固中三新村	27
2.4 逸泉山庄（大 B 区）低层居住建筑	34
2.5 宁夏“清水湾”住宅区一期工程	42
2.6 辽宁盘锦润诚苑住宅小区	47
3 地源热泵应用工程	53
3.1 南京锋尚国际公寓	53
3.2 浙江省建筑科学设计研究院办公楼	57
3.3 广西大学学生公寓	62
3.4 湖北出入境检验检疫局综合实验楼	65
3.5 河北建设服务中心办公楼	71
4 太阳能光伏发电工程	75
4.1 威海市中玻光电有限公司光伏建筑一体化办公楼	75
4.2 金水·童话名苑	79
5 其他可再生能源建筑应用工程	86
5.1 联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心	86
5.2 常州天合光能有限公司办公楼	90
5.3 新疆昌吉回族自治州人民医院新住院大楼	100
5.4 西藏自治区高原生态节能建筑	105
5.5 青海省高原生态节能建筑	115
5.6 江苏欧贝黎新能源样板房	119
6 可再生能源与建筑集成工程远程监测系统	129
6.1 可再生能源与建筑集成示范工程远程监测系统组成	129
6.2 示范工程监测子系统	130
6.3 数据传输方式	141
6.4 数据中心的设计	147

6.5 数据中心平台功能界面 158

7 总结与展望 167

7.1 可再生能源与建筑集成示范工程实施情况 167

7.2 可再生能源与建筑集成示范工程实施效果分析 168

7.3 可再生能源建筑应用的展望 174

参考文献..... 176

1 可再生能源建筑应用测评方案

为了深入分析可再生能源利用技术在建筑中的应用情况，应针对不同的可再生能源利用技术制定各自适用的评价指标及其测试方案。以下是按照太阳能生活热水、太阳能供热、太阳能制冷、地源热泵四类技术，采用能效评价法提出的评价测试方案，本书中已投入运行的示范工程均按此测试方案开展了测试评价分析。

1.1 太阳能热水系统的评价测试方案

太阳能热水系统应用工程的技术经济评价指标包括以下六类：太阳能保证率、太阳能集热系统效率、太阳能热水系统效率、太阳能集热系统有用得热量、常规能源替代量、室内外环境温湿度。

下面分别对每类指标所需的参数进行说明。

1. 太阳能保证率

太阳能保证率是指系统中由太阳能部分供给的热量除以热用户所得的热量。

$$f = \frac{Q_{brl}}{Q_c} \quad (1-1)$$

式中 f —— 太阳能保证率；

Q_{brl} —— 太阳能集热系统输出热量，W；

Q_c —— 热用户得热量，W。

测试参数：见图 1-1。集热系统进出口水温差 ΔT_1 及水流量 m ($Q_{brl} = cm\Delta T_1$)；热用户端进出口水温差 ΔT_2 及水流量 m ($Q_c = cm\Delta T_2$)。

2. 太阳能集热系统效率

太阳能集热系统效率是指规定时段内，太阳能集热系统输出的能量与输入的能量之比。

$$\eta_l = \frac{Q_{brl}}{H \cdot A + Q_{pl}} \quad (1-2)$$

式中 η_l —— 太阳能集热系统效率；

Q_{brl} —— 太阳能集热系统输出热量，W；

H —— 太阳辐照量，MJ/m²；

A —— 太阳能集热器面积，m²；

Q_{pl} —— 太阳能集热系统内循环泵耗电量，W。

测试参数：见图 1-2。集热系统进出口水温差 ΔT_1 及水流量 m ($Q_{brl} = cm\Delta T_1$)；太

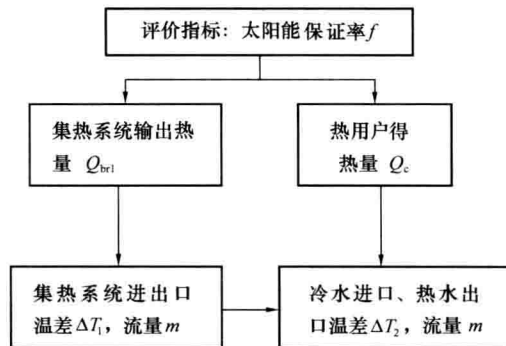


图 1-1 太阳能保证率监测参数示意图

太阳能辐照量 H ；集热系统内循环泵耗电量 Q_{p1} 。

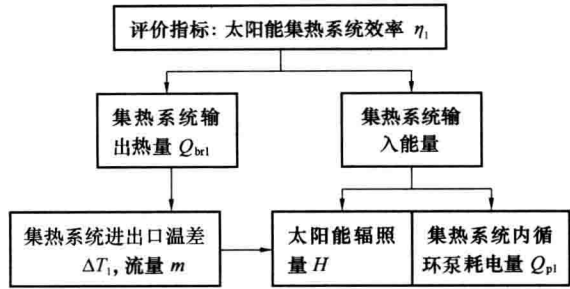


图 1-2 太阳能集热系统效率监测参数示意图

3. 太阳能热水系统效率

太阳能热水系统效率是指规定时段内，太阳能热水系统输出的能量与输入的能量之比。

$$\eta_2 = \frac{Q_c}{Q_{br1} + Q_a + Q_{p1} + Q_{p2}} \quad (1-3)$$

- 式中 η_2 ——太阳能热水系统效率；
 Q_c ——热用户得热量，W；
 Q_{br1} ——太阳能集热系统输出热量，W；
 Q_a ——蓄热水箱辅助能源消耗量，W；
 Q_{p1} ——太阳能集热系统内循环泵耗电量，W；
 Q_{p2} ——热水输送管网耗能量，W。

测试参数：见图 1-3。热用户端进出口水温差 ΔT_2 及水流量 m ($Q_c = cm\Delta T_2$)；集热系统进出口水温差 ΔT_1 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T_1$)；集热系统内循环泵耗电量 Q_{p1} ；蓄热水箱辅助能源消耗量（燃气量或耗电量） Q_a ；热水输送管网耗能量 Q_{p2} ($Q_{p2} = Q_b - Q_c$)。

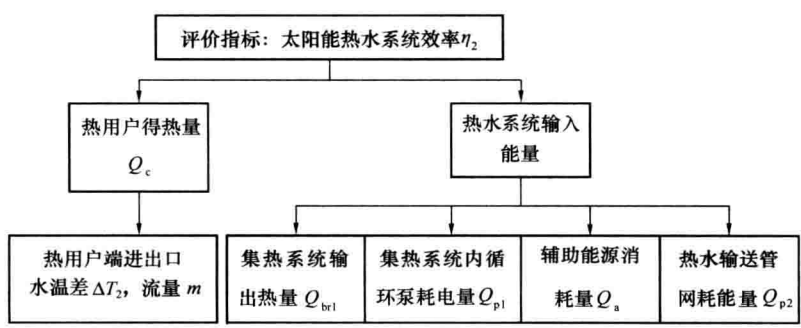


图 1-3 太阳能热水系统效率监测参数示意图

4. 太阳能集热系统有用得热量

太阳能集热系统有用得热量是指在稳态条件下，特定时间间隔内，传热工质从一特定集热系统面积（总面积或采光面积）上带走的能量。

$$Q_{\psi} = Q_{brl} \quad (1-4)$$

式中 Q_{ψ} ——太阳能供热系统有用得热量，W；

Q_{brl} ——太阳能集热系统输出热量，W。

测试参数：见图 1-4。集热系统进出口温差 ΔT_1 及水流量 m ($Q_{brl} = cm\Delta T_1$)。

5. 常规能源替代量

常规能源替代量是指系统净得热量，是系统有用得热量与系统辅助热源（电、燃料、热媒等）的耗能量之差。

$$Q_{\Delta} = Q_{brl} - Q_{pl} \quad (1-5)$$

式中 Q_{Δ} ——太阳能供热系统有用得热量，W；

Q_{brl} ——太阳能集热系统输出热量，W；

Q_{pl} ——太阳能集热系统内循环泵耗电量，W。

测试参数：见图 1-5。集热系统进出口水温差 ΔT_1 及水流量 m ($Q_{brl} = cm\Delta T_1$)；

太阳能集热系统内循环泵耗电量 Q_{pl} 。



图 1-4 太阳能集热系统有用得热量监测参数示意图

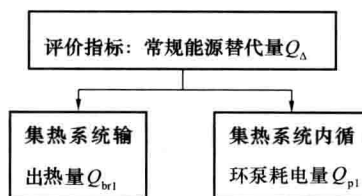


图 1-5 常规能源替代量监测参数示意图

6. 室内外环境温湿度

温度是指用温度计对室内外热的程度或冷的程度的度量；湿度是指室内外空气的干湿程度。

测试参数：见图 1-6。室内外环境温度 K ；室内外环境湿度 φ 。

因此，太阳能热水与建筑集成工程需要测试的参数有：

- 1) 集热系统进出口温差 ΔT_1 及水流量 m ；
- 2) 热用户端进出口水温差 ΔT_2 及水流量 m ；
- 3) 蓄热水箱辅助能源消耗量；热水输送管网损耗量；

耗量；

- 4) 集热器采光面上太阳辐照量 H ；

- 5) 室内外环境温度 K 、湿度 φ ；

- 6) 水泵等其他用电设备耗电量。



图 1-6 室内外环境温湿度监测参数示意图

太阳能热水系统主要数据采集点布置示意图，见图 1-7。

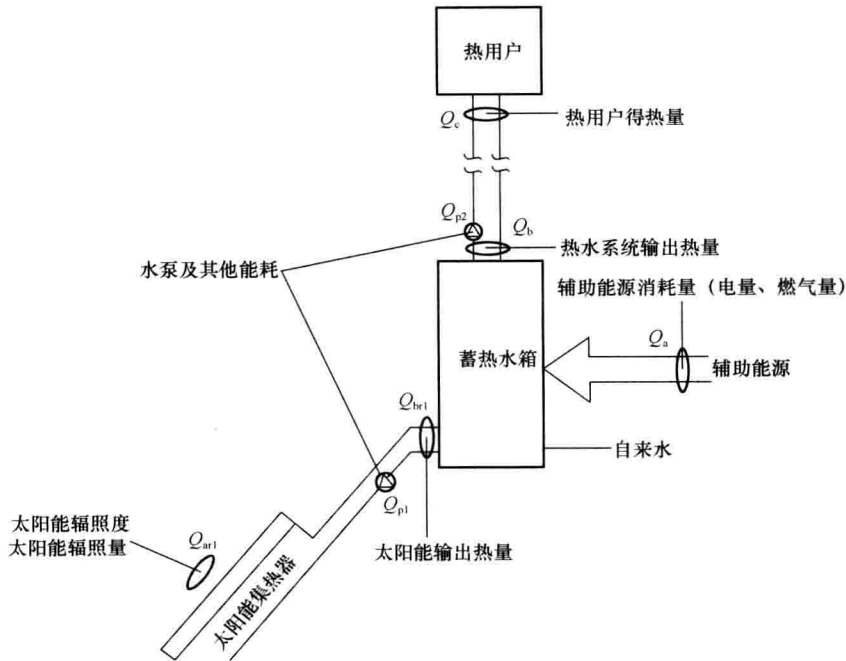


图 1-7 太阳能热水系统主要数据采集设备分布示意图

1.2 太阳能供热系统的评价测试方案

太阳能供热系统应用工程的技术经济评价指标包括以下六类：太阳能保证率、太阳能集热系统效率、太阳能供热系统效率、太阳能集热系统有用得热量、常规能源替代量、室内外环境温湿度。

下面分别对每类指标所需的参数进行说明。

1. 太阳能保证率

太阳能保证率是指系统中由太阳能部分供给的热量除以用户得热量。

$$f = \frac{Q_{br1}}{Q_{c1} + Q_{c2}} \quad (1-6)$$

式中 f ——太阳能保证率；

Q_{br1} ——太阳能集热系统输出热量，W；

Q_{c1} ——热用户采暖得热量，W；

Q_{c2} ——热用户生活热水得热量，W。

测试参数：见图 1-8。集热系统进出口水温差 ΔT 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T$)；

采暖热用户端进出口水温差 ΔT_2 及水流量 m ($Q_{c1} = cm\Delta T_1$)；

生活热水热用户端进出口水温差 ΔT_3 及水流量 m ($Q_{c2} = cm\Delta T_2$)。

2. 太阳能集热系统效率

太阳能集热系统效率是指规定时段内，太阳能集热系统输出的能量与输入的能量



之比。

$$\eta_1 = \frac{Q_{br1}}{H \cdot A + Q_{pc}} \quad (1-7)$$

式中 η_1 ——太阳能集热系统效率；

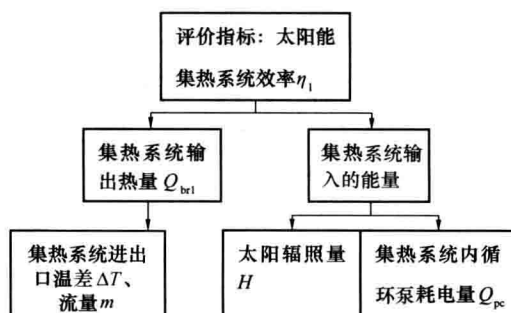
Q_{br1} ——太阳能集热系统输出热量，W；

H ——太阳辐照量，MJ/m²；

A ——太阳能集热器面积，m²；

Q_{pc} ——太阳能集热系统内循环泵耗电量，W。

测试参数：见图 1-9。集热系统进出口水温差 ΔT 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T$)；太阳能辐照量 H ；集热系统内循环泵耗电量 Q_{pc} 。



3. 太阳能供热系统效率

太阳能供热系统效率是指规定时段内，太阳能供热系统输出的能量与输入的能量之比。

$$\eta_2 = \frac{Q_{c1} + Q_{c2}}{Q_{br1} + Q_a + Q_{pc} + Q_{p1} + Q_{p2}} \quad (1-8)$$

式中 η_2 ——太阳能供热系统效率；

Q_{c1} ——热用户采暖得热量，W；

Q_{c2} ——热用户生活热水得热量，W；

Q_{br1} ——太阳能集热系统输出热量，W；

Q_a ——蓄热水箱辅助能源消耗量，W；

Q_{pc} ——太阳能集热系统内循环泵耗电量，W；

Q_{p1} ——采暖热水输送管网耗能量, W;

Q_{p2} ——生活热水输送管网耗能量, W。

测试参数: 见图 1-10。热用户端进出口水温差 ΔT_1 、 ΔT_2 及水流量 m ($Q_{c1} = cm\Delta T_1$, $Q_{c2} = cm\Delta T_2$); 集热系统进出口水温差 ΔT 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T$); 集热系统内循环泵耗电量 Q_{pc} ; 蓄热水箱辅助能源消耗量(燃气量或耗电量) Q_a ; 热水输送管网耗能量 $Q_{p1} + Q_{p2}$ ($Q_{p1} = Q_{b1} - Q_{c1}$, $Q_{p2} = Q_{b2} - Q_{c2}$)。

4. 太阳能供热系统有用得热量

太阳能集热系统有用得热量是指在稳态条件下, 特定时间间隔内传热工质从一特定集热系统面积(总面积或采光面积)上带走的能量。

$$Q_\psi = Q_{br1} \quad (1-9)$$

式中 Q_ψ ——太阳能供热系统有用得热量, W;

Q_{br1} ——太阳能集热系统输出热量, W。

测试参数: 见图 1-11。集热系统进出口温差 ΔT 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T$)。

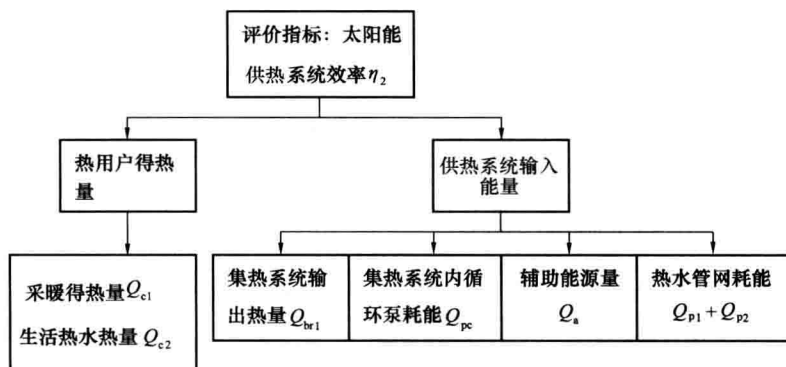


图 1-10 太阳能供热系统效率监测参数示意图



图 1-11 太阳能供热系统有用得热量监测参数示意图

5. 常规能源替代量

常规能源替代量是指系统有用得热量与系统辅助热源(电、燃料、热媒等)的耗能量之差。

$$Q_\Delta = Q_{br1} - Q_{pc} - Q_a \quad (1-10)$$

式中 Q_Δ ——太阳能供热系统有用得热量, W;

Q_{br1} ——太阳能集热系统输出热量, W;

Q_{pc} ——太阳能集热系统内循环泵耗电量, W;

Q_a ——蓄热水箱辅助能源消耗量, W。

测试参数: 见图 1-12。集热系统进出口水温差 ΔT_1 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T_1$); 太阳能集热系统内循环泵耗电量 Q_{pc} 。

6. 室内外环境温湿度

测试参数: 见图 1-13。室内外环境温度 K ; 室内外环境湿度 φ 。

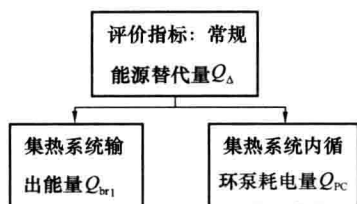


图 1-12 常规能源替代量监测参数示意图



图 1-13 室内环境温湿度监测参数示意图

因此，太阳能供暖与建筑集成工程需要测试的参数有：

- ① 集热系统进出口温差 ΔT_1 及水流量 m ；
- ② 热用户端进出口水温差 ΔT_2 及水流量 m ；
- ③ 蓄热水箱辅助能源消耗量；热水输送管网耗能量。
- ④ 集热器采光面上太阳辐照量 H ；
- ⑤ 室内环境温度、湿度；
- ⑥ 水泵等其他用电设备耗电量。

太阳能供暖系统主要数据采集点布置示意图，见图 1-14。

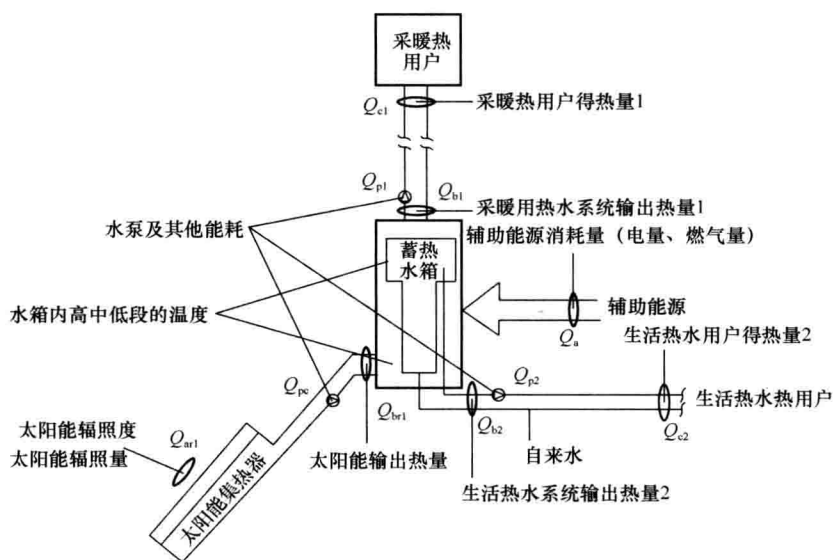


图 1-14 太阳能供暖系统主要数据采集点布置示意图

1.3 太阳能制冷系统的评价测试方案

太阳能制冷系统应用工程的技术经济评价指标包括以下六类：太阳能保证率、太阳能集热系统效率、太阳能制冷系统效率、制冷机组系统效率、太阳能集热系统有用得热量、常规能源替代量、室内环境温湿度。

下面分别对每类指标所需的参数进行说明。

1. 太阳能保证率

太阳能保证率是指系统中由太阳能部分供给的热量除以系统得到的总热量。

$$f = \frac{Q_{br1}}{Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}} \quad (1-11)$$

式中 f —— 太阳能保证率；

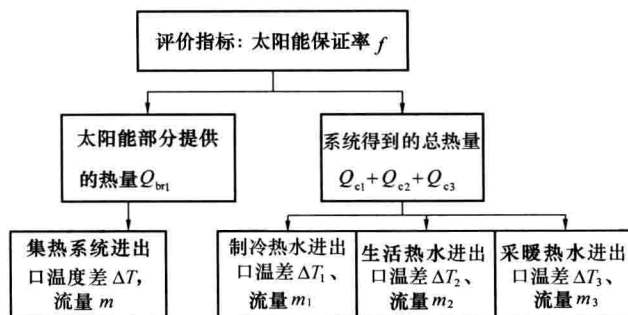
Q_{br1} —— 太阳能集热系统输出热量，W；

Q_{c1} —— 制冷用热水得热量，W。

Q_{c2} —— 生活热水得热量，W。

Q_{c3} —— 采暖热水得热量，W。

测试参数：见图 1-15。集热系统进出口水温差 ΔT 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T$)；热用户端进出口水温差 ΔT_1 、 ΔT_2 、 ΔT_3 及水流量 m_1 、 m_2 、 m_3 ($Q_{c1} = cm_1\Delta T_1$ ， $Q_{c2} = cm_2\Delta T_2$ ， $Q_{c3} = cm_3\Delta T_3$)。



2. 太阳能集热系统效率

太阳能集热系统效率是指规定时段内，太阳能集热系统输出的能量与输入的能量之比。

$$\eta_1 = \frac{Q_{br1}}{H \cdot A + Q_{pc}} \quad (1-12)$$

式中 η_1 —— 太阳能集热系统效率；

Q_{br1} —— 太阳能集热系统输出热量，W；

H —— 太阳辐照量，MJ/m²；

A —— 太阳能集热器面积，m²；

Q_{pc} —— 太阳能集热系统内循环泵耗电量，W。

测试参数：见图 1-16。集热系统进出口水温差 ΔT 及水流量 m ($Q_{br1} = cm\Delta T$)；太阳辐照量 H ；集热系统内循环泵耗电量 Q_{pc} 。

3. 太阳能制冷系统效率

太阳能制冷系统效率是指规定时段内，太阳能制冷系统输出的能量与输入的能量之比。

$$\eta_2 = \frac{Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}}{Q_{br1} + Q_{a1} + Q_{pc} + Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3}} \quad (1-13)$$

式中 η_2 —— 太阳能供热系统效率；

- Q_{c1} —— 制冷用热水得热量, W;
- Q_{c2} —— 生活热水得热量, W;
- Q_{c3} —— 采暖热水得热量, W;
- Q_{br1} —— 太阳能集热系统输出热量, W;
- Q_{a1} —— 蓄热水箱辅助能源消耗量, W;
- Q_{pc} —— 太阳能集热系统内循环泵耗电量, W;
- Q_{p1} —— 制冷用热水输送管网耗能量, W;
- Q_{p2} —— 生活热水输送管网耗能量, W;
- Q_{p3} —— 采暖用热水输送管网耗能量, W。

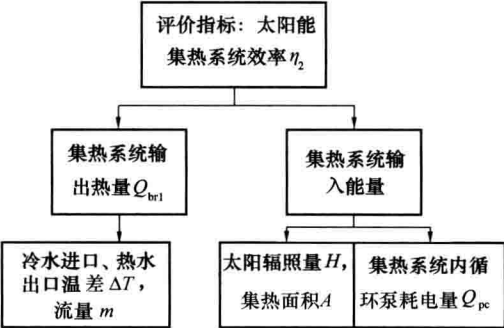


图 1-16 太阳能集热系统效率监测参数示意图

测试参数: 见图 1-17。热用户端进、出口水温差 ΔT_1 、 ΔT_2 、 ΔT_3 及水流量 m_1 、 m_2 、 m_3 ($Q_{c1} = \alpha n_1 \Delta T_1$, $Q_{c2} = \alpha n_2 \Delta T_2$, $Q_{c3} = \alpha n_3 \Delta T_3$); 集热系统进、出口水温差 ΔT 及水流量 m ($Q_{br1} = \alpha n \Delta T$); 集热系统内循环泵耗电量 Q_{pc} ; 蓄热水箱辅助能源消耗量 (燃气量或耗电量) Q_{a1} ; 热水输送管网耗能量 $Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3}$ ($Q_{p1} = Q_{br1} - Q_{c1}$, $Q_{p2} = Q_{c2} - Q_{c2}$, $Q_{p3} = Q_{c3} - Q_{c3}$)。

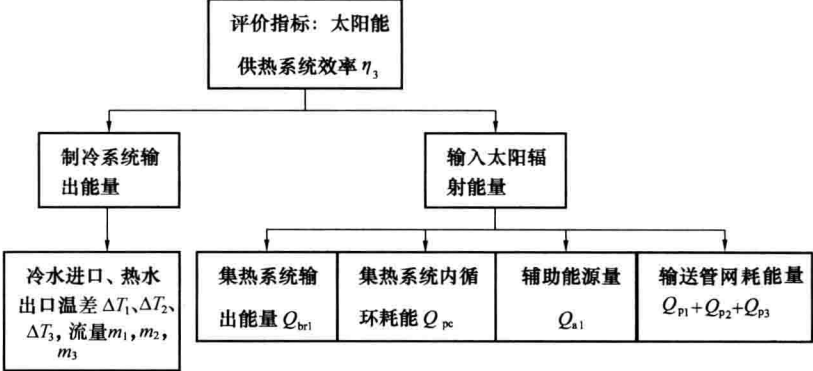


图 1-17 太阳能供热系统效率监测参数示意图

4. 制冷机组系统效率

制冷机组系统效率是指在特定工况下, 制冷系统的制冷量与制冷耗能量之比。

$$EER = \frac{Q_{cl}}{Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{p1} + Q_{pc}} \quad (1-14)$$

式中 EER —— 制冷机组系统效率;