

The Sustainable

Architecture in China and Overseas Series

中外可持续建筑丛书

中国建筑工业出版社

住宅建筑太阳能热水系统整合设计

Integration Design for Solar Water Heating System in Dwelling

国家住宅与居住环境工程技术研究中心 著

The sustainable

environmental

ENVIRONMENTAL

THE JOURNAL OF THE ENVIRONMENTAL SOCIETY

VOLUME 10 NUMBER 1

中 外 可 持 续 建 筑 丛 书

住宅建筑太阳能热水系统整合设计

国家住宅与居住环境工程技术研究中心 著

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

住宅建筑太阳能热水系统整合设计/国家住宅与居住环境
工程技术研究中心著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006
(中外可持续建筑丛书)
ISBN 7-112-08030-4

I. 住... II. 国... III. 太阳能水加热器—设计
IV. TK515

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008019 号

本书是在大量调查研究、试验检测的基础上, 介绍了住宅建筑太阳能热水系统工程整合设计。主要包括: 太阳能作为热水热源的可行性研究; 太阳能热水系统的建筑整合设计、水系统整合设计、结构整合设计与施工技术、技术经济评价和热水器的改型设计等。各部分列有大量的数据、图表及实例。本书是我国普及住宅太阳热水利用技术一部较实用的指导性读物。

本书可供与太阳能热水系统工程相关的建筑设计、系统设计、施工安装、研究与制造、房地产开发及政府主管人员阅读。

* * *

执行主编: 仲继寿 张 磊

责任编辑: 唐 旭

责任设计: 赵 力

责任校对: 张景秋 刘 梅

中外可持续建筑丛书
住宅建筑太阳能热水系统整合设计
国家住宅与居住环境工程技术研究中心 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 880 × 1230 毫米 1/16 印张: 19½ 字数: 603 千字

2006 年 3 月第一版 2006 年 3 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 48.00 元

ISBN 7-112-08030-4

(13983)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

序

这是一本实用技术书籍。首次针对建筑行业工程化推广太阳能热利用技术的需要,从住区规划、建筑结合、系统整合、结构安全、技术评价、改型研究、工程实践等多个角度,就如何设计和建设住宅建筑太阳热水系统工程进行了全方位深入的探讨。

中央政府把资源节约作为“十一五”规划的重点工作,并提出要建立资源节约型和环境友好型社会;中国第一部《可再生能源法》从2006年1月1日正式实施,大连、天津等地相继出台实施细则;既有建筑节能改造成为建设规划的重头戏;与建设社会主义新农村密切相关的农村节能问题和清洁能源利用再次成为社会热点……,等等信息表明,我国的房屋建设及其能源问题已经成为影响全局的重大问题。

我国在太阳能热利用领域技术最成熟、应用范围最广泛、产业化发展最兴旺的是太阳热水器/系统,并因为具有较可靠的技术性能以及明显的经济性能,正日益为广大居民所接受,并为许多机关、学校等企事业单位所关注,由于住宅生活热水能耗占到建筑总能耗的10%~20%,所以我们完全可以预见,太阳热水系统在减少常规能源消耗,改善居民生活质量,满足企事业单位生活热水的需求,促进环境可持续发展等方面将发挥巨大的作用。

太阳能热利用产品(系统)的生产企业、工程与系统集成企业、研究开发单位为此做出了卓越的贡献,同时也从另一个侧面反映出太阳能热利用技术需要跨行业、跨专业的应用技术开发,才能适应居民日益提高的生活水平和建筑审美需求。

尽管我国是太阳能热水器生产的第一大国,也是民用建筑发展最快、规模最大的国家,但人均集热面积不到0.06平方米,仅相当于日本、以色列等国的1/20。因此,我们不仅要关注太阳热水器产量的快速增长,更需要在太阳热水器与建筑系统的整合发展中寻求突破,扩大太阳能在建筑中的应用规模,从而真正成为太阳能热利用大国。

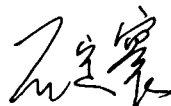
太阳能热水器在我国城市建筑中的应用还处于起步阶段,而且与国外发达国家在经济技术水平及建筑形式等方面存在显著的差异。如国外大多数为独立式或联排式低层住宅,而我国则以多层、小高层、高层集合住宅为主,因此发达国家的太阳能热水系统技术在我国并不完全适用,需要我国从事太阳能热利用的广大科技工作者、生产企业和建筑行业的广大工程技术人员及企业加强合作,不断开拓创新,走出符合中国国情的太阳能建筑的新路。为此,国家住宅工程中心投入大量的人力、物力,组织了全国范围的住宅建筑调查、居民热水使用调查、太阳热利用工程调查、太阳热水器(系统)产品调查等等。这样大规模的住宅建筑太阳热水利用实态调查在国内尚属首次,获得的第一手资料非常宝贵。同时,经过近5年的潜心研究开发与工程实践,形成了成套的住宅太阳热水系统工程技术成果。

将这样一本指导住宅建筑太阳热水系统设计,并将理论与工程实践相

结合的专业书籍呈现给广大的读者，是及时的，必要的，代表了我国建筑行业在主动与太阳能行业相结合的道路上迈出了令人欣喜的一大步。

可以相信，随着资源节约型社会的发展，太阳能热利用与建筑相结合的技术水平与产业的水平的不断提高，住宅太阳热水系统将像电视电话系统、信息网络系统那样成为社会利益各方（包括国家、开发商、设计师、业主以及广大公众）的自然选择，国家责任和全民义务相结合将成为必然趋势。

中国可再生能源学会理事长



二〇〇六年三月

目 录

序

综述

第1章 住宅建筑太阳能热水系统整合设计研究	5
1.1 概述	6
1.2 太阳能作为住宅热水热源的可行性研究	13
1.3 住宅太阳能热水系统整合设计综述	22
第2章 建筑整合设计	37
2.1 概述	38
2.2 建筑整合设计	43
2.3 住宅建筑太阳能热水器安装图例	65
2.4 接口技术	71
第3章 系统整合设计	79
3.1 太阳能热水系统的选用原则	80
3.2 方案设计流程及设计要点	90
3.3 施工图设计流程及设计要点	92
3.4 住宅太阳能热水系统优化	112
第4章 结构整合设计	119
4.1 概述	120
4.2 设计原则	121
4.3 集热器（热水器）尺寸与重量的确定	122
4.4 集热器（热水器）连接件的设计	124
4.5 安装部位原结构的设计校核	131
4.6 安装施工方法及注意事项	133
4.7 维护与检修	135
第5章 技术经济评价	151
5.1 候选指标的选择	152
5.2 指标体系的构建原则	153
5.3 指标体系的构建方法	153
5.4 住宅太阳能热水系统整合设计评价体系	155
第6章 太阳能热水器改型设计	179
6.1 现状产品分析	180
6.2 改型设计要素	194
6.3 集热器改型设计及配套部件开发	197
6.4 热水器改型及配套部件开发参考案例	199
6.5 太阳能热水器的发展方向	205
第7章 试点工程应用技术与分析	207
7.1 概述	208

7.2	北京清上园住宅小区	209
7.3	青岛胶州锦源·新街坊住宅小区	220
7.4	北京平谷区张家台村新农村新民居	228
7.5	杭州江南春城·竹海水韵南区	234
7.6	云南丽江滇西明珠别墅区	250
7.7	杭州政苑小区	258
第8章	国内优秀工程案例集锦	263
8.1	学校集中浴室太阳能热水工程（全玻璃真空管型集热器）	264
8.2	学生公寓集中太阳能热水工程（U型管—真空管型集热器）	268
8.3	小区集中太阳能热水工程之一（热管—真空管型集热器）	272
8.4	小区集中太阳能热水工程之二（光热瓦集热器）	274
8.5	小高层住宅集中热水工程之一（平板型集热器）	278
8.6	小高层住宅集中热水工程之二（全玻璃真空管型集热器）	280
8.7	多层住宅单元集中太阳能热水工程（平板型集热器）	282
8.8	多层住宅局部太阳能热水工程之一（平板型集热器）	286
8.9	多层住宅局部太阳能热水工程之二（全玻璃真空管型集热器）	292
8.10	多层住宅局部太阳能热水工程之三（阳台拦板式真空管型集热器）	294
8.11	别墅太阳能采暖/热水工程（平板型集热器）	296
8.12	别墅分体式太阳能热水工程之一（分体式）	298
8.13	别墅太阳能热水工程之二（分体式）	300
后记		305

综 述

近几年开展的住宅性能调查、住宅太阳热水利用调查以及小区集中热水供应调查,涉足了全国除西藏、四川、贵州、重庆、台湾、海南以外的 26 个省市。结果表明:

从能源角度,居民生活舒适度的提高与我国能源紧缺的矛盾凸显。当配以适当辅助能源时,太阳能能够成为居民生活热水的稳定热源。

从建设角度,开发建设单位一般将太阳热水应用作为后置设备或待定项目。产品策划与规划设计甚至土建施工不能同步进行。

从设计角度,太阳能热水系统一般由给排水设计专业人员完成。设计过程往往缺少建筑师的参与,没有与结构安全相关的计算,缺乏与各专业相关的通用设计图集和应用技术规范。

从产品角度,能够满足与建筑结合的太阳能热水产品和服务还没有形成。建筑师、政府管理部门、开发建设企业以及物业管理单位不愿接受。

从施工角度,甚至包括系统设计在内,一般都由厂家或工程公司进行。由于更多地关注产品性能和价格,容易忽视其他性能要求,如出水温度确定、贮热水箱容积、冷热水压平衡、接口技术、结构安全等问题,缺乏能够指导安装设计与施工的规范。

从评价角度,主要采用太阳能热水系统热性能和经济性能评价方法。对于系统的综合性能,包括建筑结合、结构安全、使用功能等评价很少,缺乏节能与减排相关的激励指标体系。

在太阳能热水工程化推广的过程中,建筑设计人员经常出现的问题是:住宅中能否使用和如何使用太阳能热水系统?太阳能热水系统设计从何入手?这不仅是建筑设计人员的困惑,而且已经成为住宅太阳能热水系统推广的障碍。

因此,对于住宅太阳能热水系统而言,仅仅关注太阳能热水器与建筑结合已经不能适应住宅太阳能热水系统的技术现状和工程需求。迫切需要将住宅太阳能热水系统作为一个“专业”或“工程环节”来系统地研究与开发,而其中的关键技术就是整合设计,也是本书的重点。

住宅太阳能热水系统整合设计,指在住宅建筑中,采用太阳能(或与其他能源组合)作为热源的住宅太阳能热水系统设计,包括从策划定位、施工图设计到安装设计与施工、验收评价的整个过程,涵盖建筑、结构、设备等各个专业,使太阳能热水系统符合住宅工程的设计要求。因此,应综合考虑地区资源条件、住宅类型、居民的经济能力、平面布局、建筑外观、热水用量与使用工况、集热器型式与性能、系统配置、运行方式、安装方法、接口形式与尺寸、安全性、维修以及经济技术等因素。整合设计原则包括,优先、充分利用太阳能的节能原则,提供稳定热水供应的使用原则,统筹考虑建筑、设备、部件的安装和接口的适配性原则,以及安全可靠、维修方便的安全性原则。

本书以住宅太阳能热水系统工程整合设计为主线,共分 8 章,包括住宅建筑太阳能热水系统整合设计研究、建筑整合设计、系统整合设计、结构整合设计、技术经济评价、太阳能热水器改型设计、试点工程应用技术与分析、国内优秀工程案例集锦。

在“住宅太阳能热水系统整合设计研究”中,从实态调查、理论计算及工程实践的角度,论证了太阳能作为我国住宅生活热水稳定热源的可行性;明确了住宅太阳能热水系统工程设计必须采用整合设计方法;制定了住宅太阳能热水系统整合设计原则;提出了贯穿于住宅全寿命周期的整合设计流程和设计细目。

在“建筑整合设计”中,通过对住宅实态调查结果的统计分析,首次获得了与住宅建筑整合设计相关的基本数据;提出了建筑整合设计的概念、原则、技术措施和接口技术;按照集热器的不同安装位置(坡屋面、平屋面、平台、檐口、阳台和外墙)编制了住宅建筑太阳能热水器应用图例和工程实例;绘制了住宅建筑太阳能热水系统关键部位的节点详图并研究了日照对建筑规划和整合设计的影响。

在“系统整合设计”中,根据分类要素和设计要求,结合集热性能、水质影响、防冻要求、与建筑的适配性、对环境的适应性以及价格等因素,系统总结了每种形式太阳能热水系统的选用原则;明确了太阳能热水系统的设计流程和设计要点;提供并优化了多层、高层和别墅等类型住宅的太阳能热水系统,可供设计人员参考选用;重点研究了热水系统设计的技术要点及设计方法,包括供水温度的选择、集热系统热水负荷的计算、日平均热水用量的取值等,提出了更为可行的住宅热水系统贮水容积的计算方法和计算公式;研究总结了辅助热源加热系统的设计方法与启停控制方式,集热系统的运行控制、防冻控制和防超温控制的设计方法,以及管道系统的设计方法。

在“结构整合设计”中,通过对主要生产企业的调研,获得了安装设计的基础数据;首次针对坡屋面叠合型/一体型,平(坡)屋面支架型,外墙、阳台、檐口等各种安装方式,确定了连接件安装设计的荷载等级、荷载组合和简化计算方法,并给出了计算公式和算例;提出了太阳能热水系统的安装施工方法、后锚固技术以及维护检修技术。

在“技术经济评价”中,从建筑工程整合设计的角度,基于整合设计性能指标和经济性能指标,初步建立了住宅太阳能热水系统整合设计的二维评价方法;重点研究了系统设计、建筑结合、结构安全和使用功能等四个关键指标框架体系和评价方法,涉及18个一级指标和62个二级指标。不但适用于太阳能热水系统的运行评价,更适合方案设计、施工图设计和施工安装阶段的预评估。

在“太阳能热水器改型设计”中,通过研究国内外产品及其应用情况,分析了太阳能热水器改型设计和配套部件开发的要求和技术要素,提出了集热器改型设计的三项基本原则,指出了集热器产品系列和部品体系的发展方向。

第7章和第8章为我国建筑太阳能热水系统整合设计较为成功的案例。国家住宅工程中心根据全国不同地区的资源条件、建筑形式,建立了6个实验工程基地,并部分应用了本书的技术成果。另外,专门从事太阳能的企业为本书精心整理了国内不同地区、不同建筑类型的13个典型工程案例,并对系统设计和技术经济进行了定量分析,读者可以更为直观的了解我国建筑太阳能热水系统工程的技术水平。

本书由仲继寿、张磊主编。其中综述和第5章由仲继寿撰写,第1章和第3章由张磊撰写,第2章、第4章和第6章分别由王贺、娄霓和何建清撰写。刘燕辉、王靖华、朱培世、潘明升、魏曦、李齐颖、张广宇、陈振祖、林建平等参与了第7章的编写。杨家华、刘立新、巢阳、张载新、杨德山、朱培世、文哲亮、齐心、周新龙、韩培学和房峰杰等撰写了第8章国内典型工程案例集锦。

本书的主要内容取材于科技部2002年度科研院所技术开发研究专项资金项目(2002EG231202)“太阳能在住宅建筑热水供给中的应用技术开发”研究报告。由建设部组织的项目验收意见指出,“项目针对太阳能在住宅建筑热水供给中的应用技术进行开发研究,选题及时、准确,对于指导我国住宅太阳能热水系

统整合设计，促进工程化推广具有现实意义。项目以住宅建筑和热水系统实态调查为基础，开展太阳能热水系统与建筑结合、系统设计、安装施工等关键技术的研究，提出住宅太阳能热水系统的整合设计方法和技术要点，建立整合设计的技术经济评价指标体系，填补了国内空白。集热器的系列安装图例、接口节点设计、热水负荷的设计参数、贮水容积的计算方法、设备连接件的结构设计，操作性和实用性强。在项目研究过程中，建立多个工程实验基地和产品研发基地，加快了研究成果的验证和转化过程，对全国住宅建筑的太阳能利用具有示范作用；明确了热水器与建筑结合的改型设计方向，有利于太阳能产品的工程化和产业化；提出了在建筑设计中增加太阳能利用率指标的建议。项目研究成果总体上达到国内领先水平。其中整合设计技术达到了国际先进水平。完成了项目预期的任务，达到了目标，通过验收。”

在众多领导和专家的激励和支持下，课题组将主要研究成果和国内众多工程案例集结出版。书中不当之处，恳请广大读者批评指正。

第 1 章

住宅建筑太阳能热水系统整合设计研究

1.1 概 述

居民生活舒适性的提高,使得常规能源供应与住宅生活热水耗能的缺口日益增大,建筑行业开始向以太阳能为代表的可再生能源利用方式寻求解决的新途径。在太阳能热水工程化推广的过程中,建筑设计人员对住宅中能否使用和如何设计太阳能热水系统存在疑问。本章通过对调研资料的研究,分析太阳能作为住宅热水热源的产品基础、节能性、经济性以及与居民用热水习惯的适应性,论证了当配以适当的辅助热源时,太阳能可以成为稳定的热源。同时,提出住宅建筑太阳能热水系统整合设计的原则、流程。

1.1.1 国外太阳能热水系统的应用现状

1.1.1.1 国外太阳能热水系统的使用情况

全球 100℃ 以下低温热能的消耗占总能耗的一半以上,而把煤炭、天然气等一次能源和电能等二次能源降级使用,转换过程中损失太大。从人们将太阳能作为“近期急需的补充能源”和“未来能源结构的基础”以来,就积极探求太阳能在建筑中的应用,并得到了各国政府的重视和扶植。日本 1974 年就制定了“阳光计划”;1997 年美国、德国分别启动了“百万太阳能屋顶计划”,丹麦由欧共体能源计划支持的赫尔弗 Aesler 项目以及日本东京都住宅公团支持的太阳城计划,等等,虽然规模和侧重点不尽相同,但都涵盖了太阳能建筑应用这个范畴。已经建成了多项太阳能利用技术集成的低能耗建筑示范(图 1-1)。目前,已经或正在建立太阳能建筑应用研究的国家和地区包括意大利、西班牙、德国、美国、日本、韩国、新加坡和我国香港等。

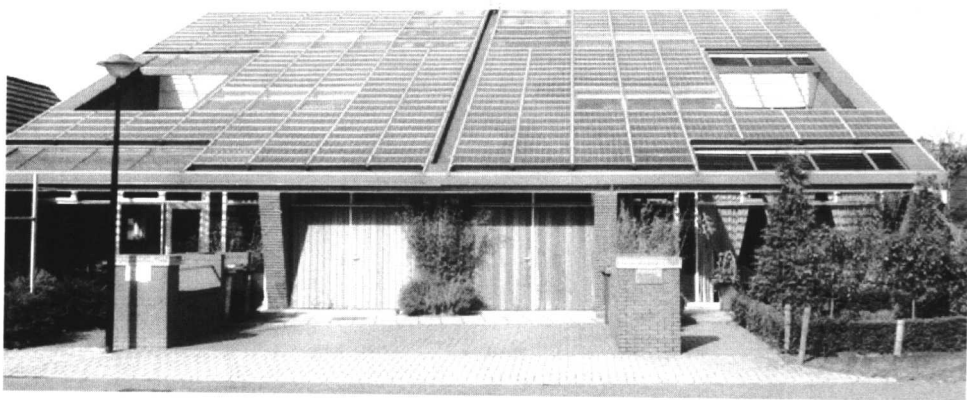


图 1-1
荷兰零排放住宅

近十年来,发达国家在以太阳能为主的再生清洁能源用于建筑领域的技术开发已进入实际工程应用阶段。在太阳能热利用方面,太阳能热水器应用技术最成熟,市场化进程最快。许多国家的使用比例已非常之高,比如日本和以色列的太阳能热水器用户比例分别为 20% 和 80%。图 1-2 是国际能源机构(IEA)统计的 2001 年各成员国每千位居民占有的集热器面积。

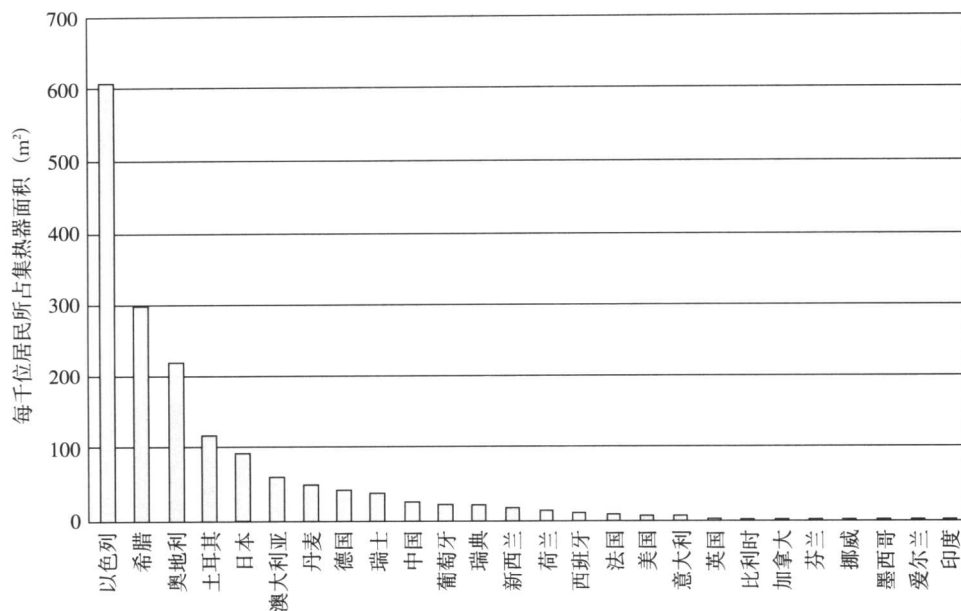


图 1-2
国际能源机构 (IEA) 成员
国 2001 年每千位居民占有的
集热器面积

1.1.1.2 国外太阳热水技术现状

太阳能热利用已经发展成为一项成熟、可靠的技术。目前已经开发出各种类型的太阳能热水系统,并根据不同的需要和全球气象条件进行有效调整。

(1) 自然循环、直接换热、紧凑式太阳能热水器

这种方式是太阳能热水器中出现最早,也是最简便的系统。适用于没有霜冻问题的低纬度地区,比如南欧国家、以色列和澳大利亚。这类热水器安装在平屋顶建筑上,贮热水箱高于集热器,对建筑外观有一定的影响;不设置循环泵,运行方式简单,无须专门的维护管理。图 1-3 为希腊使用的自然循环、直接换热、紧凑式太阳能热水器。



图 1-3 希腊使用太阳能热水器情况
(摘自参考文献 [4], 8)

(2) 强制循环、二次换热、分离式太阳能热水系统

在有霜冻问题的地区，如中北欧，多采用此种系统。集热器设置在建筑屋面上，贮热水箱设置在房屋内部；集热系统通过循环泵，以电力驱动传热介质（水/防冻液）在管路中循环；通过贮热水箱中的换热器将集热系统获得的热量传递到水中，使水升温。该系统符合建筑美观与使用功能的要求，又适用于不同气候条件，在国外普遍采用。集热器的安装位置可选择为：屋面（图1-4）、墙面（图1-5）、遮阳板（图1-6）等。



图1-4 集热器安装在屋面上
(桑普公司提供)



图1-5 集热器安装在墙面上
(摄影 张磊)



图1-6 集热器安装在遮阳板上
(摄影 张磊)

(3) 集中太阳能采暖和供热水系统

以德国为代表的欧洲国家早在 20 世纪 80 年代就已经开始在工程中应用集中太阳能采暖和供热水技术。在一些住宅小区中,将大型太阳能加热系统与社区热力网相连接,通过增大系统的规格,实现系统性能的提高及成本的降低。到目前为止,根据系统的蓄热能力已开发出当天蓄热、一周蓄热、季节蓄热三种主要系统,均采用强制循环、二次换热的运行方式。

1) 当天蓄热系统

该系统主要用于提供生活热水,集热器单位采光面积的蓄热容积范围一般为 $50 \sim 75 \text{ L/m}^2$ 。贮热水箱的容积按照集热器一天可收集的热量选取。在德国、荷兰和奥地利都安装有此类系统。图 1-7、图 1-8 为德国老年公寓的当天蓄热系统。



图 1-7
当天蓄热系统 (一)
(摄影 苏容)



图 1-8
当天蓄热系统 (二)
(摄影 张磊)

2) 季节性蓄热系统

在一些冬天漫长且日照时间短的国家,“季节性蓄热”的大型中央太阳能