

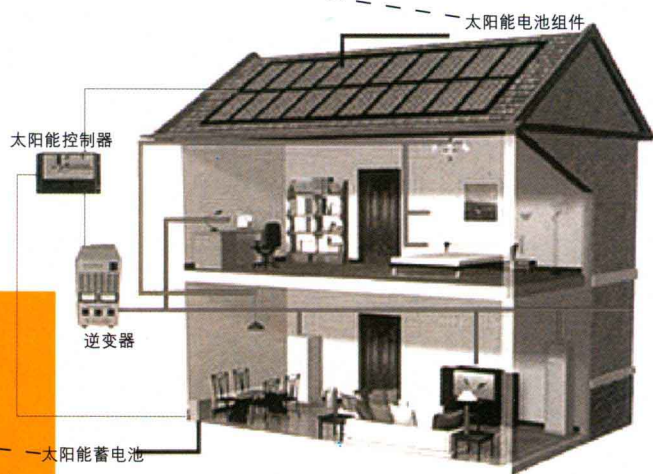
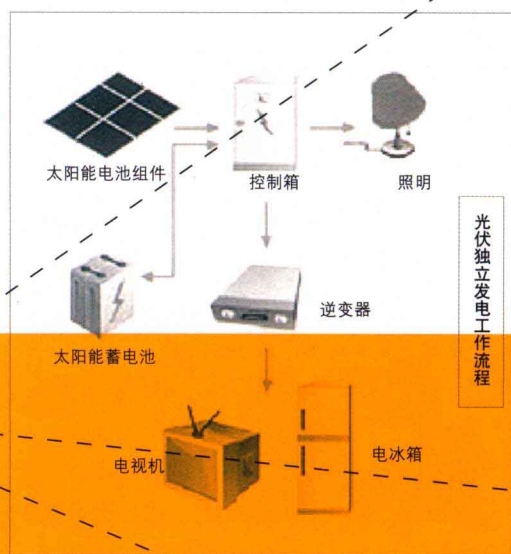
太阳能

建筑一体化工程 案例集

太阳能建筑系列丛书

Solar Energy

Solar Energy



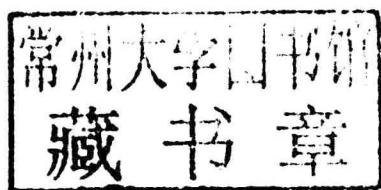
宋 凌 主编

中国建筑工业出版社

太阳能建筑系列丛书

太阳能建筑一体化工程案例集

宋 凌 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能建筑一体化工程案例集/宋凌主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2013. 3
(太阳能建筑系列丛书)
ISBN 978-7-112-15188-2

I. ①太… II. ①宋… III. ①太阳能建筑—建筑
工程—案例—中国 IV. ①TU18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 039189 号

本书是太阳能建筑系列丛书之一, 主要内容是针对“十一五”期间建设的 14 个在建筑中应用太阳能供热(水)系统和太阳能光伏发电系统的示范工程, 包括联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心、嘉兴国际中港城·商贸城、武汉理工大科技园研发中心、逸泉山庄(大B区)低层居住建筑、宁夏“清水湾”住宅区一期工程、辽宁盘锦润诚苑住宅小区、华明新家园1号地(顶秀欣园)经济适用房项目、上海三湘四季花城、沛县龙固中三新村、金水·童话名苑、威海蓝星科技工业园有限公司办公楼、保定商务会议中心、广东科学中心、广东省立中山图书馆等项目, 并从项目所在地的气候和地域特点、系统设计施工说明、建筑一体化设计要点、系统应用评价等几个方面进行了分析和评议。

本书主要针对建筑师群体编写, 开发商、设备厂商以及建筑设计院其他专业工程师均可从本书中获得丰富的启迪。

* * *

责任编辑: 王 跃 陈 桦 杨 琪
责任设计: 张 虹
责任校对: 姜小莲 陈晶晶

太阳能建筑系列丛书

太阳能建筑一体化工程案例集

宋 凌 主编

*

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

北京天佑书香文化传媒有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 5 $\frac{1}{4}$ 字数: 140 千字

2013 年 4 月第一版 2013 年 4 月第一次印刷

定价: 25.00 元

ISBN 978-7-112-15188-2
(23060)

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)

《太阳能建筑系列丛书》编委会

组织编写机构：国际铜业协会

住房和城乡建设部科技发展促进中心

清华大学建筑设计院绿色建筑工程设计所

中国建筑科学研究院上海分院

中国建筑工业出版社

编委会委员：	郑瑞澄	栗德祥	杨西伟	李峥嵘
	罗振涛	霍志臣	文林峰	孙大明
	仲继寿	代彦军	郝斌	宋凌
	林武生	娄立平	叶国栋	曾雁
	黄献明	匡菴	李荆	李涛
	邱晨怡	黄俊鹏	陈桦	

本书编委会

主编：宋凌

编委：张昕宇 张广宇 李宏军
赵羽 肖潇 马欣伯

本书支持：国际铜业协会 黄俊鹏

本书示范工程技术支撑

联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心

开发单位/技术支撑单位：联合国工业发展组织国际太阳能技术促进转让中心及甘肃自然能源研究所 喜文华 张兰英

设计单位：清华大学建筑设计院栗德祥、联合国工业发展组织国际太阳能技术促进转让中心及甘肃自然能源研究所 喜文华

嘉兴国际中港城·商贸城

开发单位：浙江中成实业有限公司

设计单位：中国水电顾问集团华东勘测设计研究院

技术支撑单位：浙江大学建筑设计及其理论研究所

武汉理工大学科技园研发中心

开发单位：武汉理工大科技园股份有限公司 陈文 温家伶

设计单位：武汉理工大设计研究院 林红 洪学新

技术支撑单位：湖北奥莱佳新能源工程有限责任公司及武汉领辉新能源系统有限责任公司 姚博

逸泉山庄（大B区）低层居住建筑

开发单位：广州城建开发景城房地产有限公司 王华 傅建伟

设计单位：广州珠江外资建筑设计院 黄泰赞 李琼

技术支撑单位：中国科学院广州能源研究所 舒杰

宁夏“清水湾”住宅区一期工程

开发单位：宁夏住宅建设发展（集团）有限公司 蔺建民 王银花

设计单位：宁夏现代建筑设计院（有限公司） 孙中华 张恒

技术支撑单位：北京创意博能源科技有限公司 邹怀松 唐轩

辽宁盘锦润诚苑住宅小区

开发单位：盘锦辽河石油房地产开发有限公司 俞树荣 王罡

设计单位：盘锦东飞科技发展有限公司 李东方 魏东

技术支撑单位：盘锦东飞科技发展有限公司 王炳章 李长元

华明新家园1号地（顶秀欣园）经济适用房项目

开发单位：天津顶秀置业有限公司 孟强 白建明

设计单位：北京市建筑设计研究院 林爱华 许娜
技术支撑单位：北京市太阳能研究所有限公司 颜凯 盛国刚

上海三湘四季花城

开发单位：上海三湘（集团）有限公司 刘晓燕 肖强
设计单位：上海城乡建筑设计院有限公司 陈波 盛以军
技术支撑单位：上海交通大学 胡昊 黄继红

沛县龙固中三新村

开发单位：沛县村镇建设综合开发总公司 李天杰 袁守俭
设计单位：中国矿业大学建筑设计研究院 马全明 彭伟
技术支撑单位：徐州工程学院 唐翔 张志军

金水·童话名苑

开发单位：安徽省金水房地产开发有限公司 李峻 任俊超
设计单位：安徽建筑工业学院建筑设计研究院 章琳
技术支撑单位：安徽云龙科技发展有限公司 张晓云 张克

威海蓝星科技工业园有限公司办公楼

开发单位：威海蓝星科技工业园有限公司 葛言凯 解欣业
设计单位：威海市规划设计研究院有限公司 庄晓亭 徐荣盛
技术支撑单位：威海中玻光电有限公司 吴军 王迎德

保定商务会议中心

开发单位：保定源盛融通发展有限公司 王胜利 魏保忠
设计单位：保定天威英利新能源有限公司 于波 张亮
技术支撑单位：保定天威英利新能源有限公司 赵建平 刘晓亮

广东科学中心

开发单位：广东科学中心 易和 林群夫
设计单位：中南建筑设计院 袁培煌 张行彪
技术支撑单位：广东省建筑科学研究院 杨仕超 吴培浩

广东省立中山图书馆

开发单位：广东省立中山图书馆 李昭淳
设计单位：广州市设计院 胡世强 郭建昌
技术支撑单位：广州市亮建节能科技有限公司 贺西南 杜刚



前言

P R E F A C E

开发利用可再生能源作为建筑用能，是解决我国日益严重的建筑高能耗的有效途径。按照《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》，到“十一五”期末，建筑节能要实现节约1亿t标准煤的目标。其中，通过发展可再生能源在建筑中应用，要替代1100万t标准煤的常规能源。

中国拥有得天独厚的太阳能资源，太阳能年辐照总量超过502万kJ/m²，每年地表吸收的太阳能约相当于17万亿吨标准煤，资源优势十分明显；而且，太阳能作为无污染的绿色清洁能源，更具有其特殊的环保优势。目前，中国太阳能产业发展迅速，尤其是太阳能热水器，其保有量更是居世界第一位，并以每年平均25%的速度增长，通过国家“十五”科技攻关的研究，解决了一部分太阳能热水器建筑一体化结合和系统优化设计的问题，对太阳能利用技术在建筑上的应用提供了技术支持。

然而，我国太阳能在建筑中的应用仍然存在很大问题：一是城镇太阳能热水技术与建筑结合水平仍然较低；二是中高层建筑中的太阳能应用关键技术尚待发展；三是标准规范执行率低。

在“十一五”结束之后，本书针对“十一五”期间建设的14个在建筑中应用太阳能供热（水）系统和太阳能光伏发电系统的示范工程，从一体化程度、设计合理性、应用前景等方面进行了分析和评议，以期对建设行业内相关建设人员、设计人员、技术人员和管理人员有所裨益。

编者

2012年10月

目 录



C O N T E N T S

第 1 章 概述	1
1.1 我国的太阳能资源	1
1.2 我国太阳能光热技术在建筑中应用的发展	1
1.3 我国太阳能光热技术在建筑中应用存在的问题	2
第 2 章 工程案例分析	3
2.1 联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心	3
2.2 嘉兴国际中港城·商贸城	7
2.3 武汉理工大科技园研发中心	13
2.4 逸泉山庄（大 B 区）低层居住建筑	21
2.5 宁夏“清水湾”住宅区一期工程	24
2.6 辽宁盘锦润诚苑住宅小区	29
2.7 华明新家园 1 号地（顶秀欣园）经济适用房项目	35
2.8 上海三湘四季花城	44
2.9 沛县龙固中三新村	49
2.10 金水·童话名苑	52
2.11 威海蓝星科技工业园有限公司办公楼	61
2.12 保定商务会议中心	66
2.13 广东科学中心	71
2.14 广东省立中山图书馆	76
第 3 章 结论与展望	83

第1章 概述

按照《建设事业“十一五”技术公告》要求，到 2010 年底，在建筑中要完成新增安装量 8000 万 m² 太阳能集热器，减少二氧化碳（CO₂）排放量 1896 万 t。

光热利用技术是通过转换装置把太阳辐射能转换成热能的利用技术。如：太阳能热水器、太阳房、太阳灶、太阳能温室、太阳能干燥系统、太阳能土壤消毒杀菌技术，以及太阳能热发电等。

1.1 我国的太阳能资源

我国具有丰富的太阳能资源，年日照时数在 2200h 以上地区约占国土面积的 2/3 以上，年辐射量超过 600MJ/m²，每年地表吸收的太阳能相当于 17 万亿 t 标准煤的能量，约等于上万个三峡工程发电量的总和。表 1-1 列出了我国太阳能资源的分布情况，其中前三类地区占国土面积的 76%；四川西南、贵州北部最低值：3340MJ/m²；西藏南部最高值：9200MJ/m²。

我国不同类别地区的太阳能年辐射照量（单位：MJ/m²）表 1-1

地区类别	一类地区	二类地区	三类地区	四类地区
年辐射照量	>6700	5400~6700	4200~5400	<4200
主要省份	宁夏北、甘肃西、新疆东南、青海西、西藏西等	京、津、晋北、内蒙古及宁夏南、甘肃中东、青海东、西藏南、新疆南等	鲁、豫、晋南、新疆北、吉林、辽宁、云南、陕北、粤南、湘、桂、赣、浙、沪、皖、鄂等	川、黔、渝等

1.2 我国太阳能光热技术在建筑中应用的发展

如此丰富的太阳能资源使我国较早就开始进行太阳能利用。太阳能在建筑中的应用，主要可分为光热利用和光电利用。光热利用又可分为两类：被动式光热利用和主动式光热利用。最近几年，太阳能科技突飞猛进，太阳能产品已不断升级换代。我国太阳能建筑领域中技术最成熟、应用范围最广、产业化发展最快的是家用太阳能热水器（系统），其次是被动式采暖太阳房。

其中太阳能热水器，已发展出标准化的建筑构件类产品，在可靠性得到显著提高的前提下，可为建筑直接供应低温采暖热水、中温洗浴热水和高温制冷热水。

截至 2009 年底，中央财政一共已支持了 1529 万 m² 的太阳能光热建筑一体化应用示范建筑的建设。



1.3 我国太阳能光热技术在建筑中应用存在的问题

我国太阳能热水技术在建筑中的应用已发展多年，较为成熟，但发现的问题和障碍也较多。

一是城镇太阳能热水技术与建筑结合水平仍然较低。目前，安装太阳能热水系统的建筑中，考虑太阳能热水系统的建筑设计仍占市场较小的比例。大部分没有实现一体化设计，安装的太阳能热水系统经常会导致系统低效、无效甚至发生安全问题。例如，太阳能循环管线有的布置在建筑排气管中，有的直接外露在外墙上，对建筑物外观和房屋相关使用功能造成影响和破坏；部分产品在安装中未考虑建筑承载、防风、避雷等安全措施，存在安全隐患。

二是关键技术与国外存在距离。按照我国国情和建设行业现状，中高层太阳能热水系统将是重点的应用方向。但国内目前的状况是：中高层太阳能热水系统和太阳能建筑技术仍处在研究和示范阶段，技术水平有待进一步提高。因此，与建筑结合的太阳能技术产品的系统集成度低，产业化水平不高，难以通过通用设计形成规模化应用。

三是标准规范执行率低。太阳能热水系统的建筑一体化存在着认识上的误区，太阳能热水器生产企业对建筑一体化的认识也还停留在概念上，并没有投入实质性的努力，大规模工程实践不足，缺乏必要的基础设计参数；应用技术的标准化配套工作执行率低，太阳能系统施工验收规程、施工工法等应用技术规范不完备，缺乏工法、应用图集，使得建筑设计主体的各专业建筑设计院基本上还难以开展太阳能热水系统的设计。

因此，本书通过对 14 个示范工程的技术、经济和一体化应用介绍，对太阳能在建筑中不同应用的推广价值进行了分析。

第2章 工程案例分析

本书所列工程案例均为“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”中立项的太阳能供热（水）系统应用工程和太阳能光伏发电系统应用工程，其中有在高层住宅、中高层住宅、低层住宅和公共建筑中的应用；也有不同系统形式的应用。

这14个案例包括了4个不同气候区：严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区和夏热冬暖地区；还包括了5类建筑类型：低层住宅、中高层住宅、高层住宅、办公建筑和商业建筑；其中还包含1个新农村建设项目。

本章通过对14个案例的设计依据、设计参数、系统原理、建筑一体化应用要点、增量成本概算以及回收期的系统分析，评价了目前我国典型的太阳能光热利用技术在建筑中的应用情况及其推广应用前景。

2.1 联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心



图 2-1 联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心

开发单位：甘肃省科学院自然能源研究所

设计单位：清华大学建筑设计研究院

技术支撑单位：甘肃省科学院自然能源研究所

联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心（图 2-1）的科研教学综合楼占地面积约 23638m^2 ，总建筑面积 13976m^2 ，其中行政办公用房 2494m^2 ，研发实验用房 4150m^2 ，



会议及培训用房 1600m^2 ，设备用房 973.6m^2 ，人防 458.4m^2 ，接待用房 4300m^2 。地下 1 层，地上 5 层。

工程主要由国际会议厅、办公、实验研发和会议、技术培训、接待服务四大功能组成。考虑到不同功能组成的不同使用特性，把国际会议厅独立设置于东南侧形成标志性的“倒圆锥”建筑外形；由办公、实验研发和接待服务共同组成中心主楼，其中实验研发与会议接待分别位于主楼的东西两侧，可分可合，便于使用；办公则集中设置在主楼的三层，有益于提高办公效率，人防及辅助性设备机房设在接待部地下层。

工程在结合成熟的太阳能技术的同时，集中考虑了从被动太阳房设计到地源热泵系统、光伏发电系统、太阳能热水器系统、屋顶绿化、生物污水处理系统等多种绿色建筑设计策略，在会议中心屋顶安装 50kW 光伏并网发电系统，生态中庭顶部设置太阳能热水系统 250m^2 ，太阳能热水系统与地源热泵结合提供空调制冷与供热。

2.1.1 项目所在地的气候和地域特点

工程所在地甘肃省兰州市，地处北纬 $36^\circ 03'$ ，东经 $103^\circ 53'$ ，属中温带半干旱大陆性气候，有温差大、降水量少的特点。年平均降水量 360mm ，年平均气温 9.1°C ，最冷月为 1 月份，最冷月平均气温 7.3°C ，最低日平均温度 -15.8°C ，冬季室外平均风速 0.6m/s ，全年日照时数平均 2446h ，冬季日照率 63% 。兰州市属于寒冷地区，冬季需采暖，冬季采暖室外计算（干球）温度为 -11°C ，因此做好围护结构保温可以获得很好的节能效果。

工程大部分建筑外表采用挂贴石材的外装饰材料，具体做法是首先在建筑结构体预留结构挂件，围护墙体为 200mm 厚陶粒混凝土砌块，外贴 90mm 厚聚苯板保温层，最外侧干挂石材。由于在挂板与保温层间形成约 30mm 厚的空气间层，有利于墙体保温与隔声。所有外窗均为双层中空断桥铝合金窗，气密性不低于 4 级；玻璃幕墙采用双层中空 Low-E 玻璃，气密性不低于 3 级。并且，总平面布置兼顾城市空间塑造与自然采光、通风方面要求。受建设地域限制，以南偏东 40° 为建筑的主要朝向，通过室内中庭、内院等要素的设置，以求室内各主要功能房间都可充分利用自然通风和天然采光，从而达到节能的目的，较大地提升建筑自身的节能效果。

就太阳能资源而言，兰州地处甘肃省中部，理论上属于太阳能资源二类地区，即“太阳能资源丰富地区”。年平均太阳辐照量为 $514\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，年日照小时为 2600h/a 。但是城区由于大气污染严重，尤其在冬季，到达地面的太阳能量大幅度衰减。所以，根据气象部门实际测量，兰州太阳能年辐射总量相当于三类“较丰富地区”的水平。其 12 月份的辐射量为全年总辐射量的 4.6% ，相当于全年平均值的 55.6% ，为辐射量最大的六月份的 40% 。实际上由于冬季灰尘覆盖的影响，兰州城区太阳能热水器在冬季特别是 12 月和 1 月，其得热量仅为夏季时的 $1/3$ 。

工程以小进深设计，结合室内生态中庭设计，所有空间都能充分利用自然通风和天然采光，北侧不利朝向在满足基本的采光通风的基础上，以封闭形象为主，采用高性能外保温结构，降低不利朝向的热损耗；在建筑的南侧，通过大面积高性能的玻璃和外遮阳系统，形成直接受益式太阳房系统，充分利用太阳能资源，使整个建筑达到节能的目的，最大限度地实现建筑自身节能。



2.1.2 系统设计施工说明

1. 设计依据

本工程遵照以下国家和行业标准完成系统设计和施工：

《地源热泵系统工程技术规范》GB50366—2005

《供水管井技术规范》GB50296—99

《室外给水设计规范》GB50013—2006

《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》GB/T50364—2005

《建筑一体化光伏屋面板验收规范》ICC AC365

2. 设计参数及设备选型

(1) 系统冷热负荷计算

经估算，冬季热负荷为 1118.08kW，夏季冷负荷为 978.32kW。

(2) 设计参数及设备选型

太阳能集热器的总采光面积 189.28m²，集热器规格型号为 $\phi 70 \times 1900 \times 20$ 支的热管式真空管太阳能集热器，总组数为 56 组，贮热水箱的设计容积为 8m³。

3. 系统原理

供热的原则是以地源热泵系统为主，太阳能供热系统为辅助热源，但在运行控制上，优先采用太阳能，其原理如图 2-2 所示。

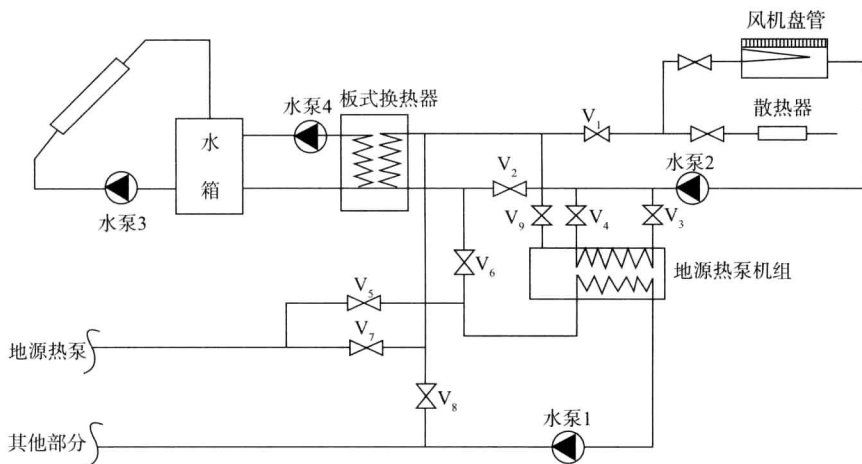


图 2-2 太阳能热水系统与地源热泵串联供热方式系统原理图

4. 控制系统设计

太阳能热水与地源热泵耦合系统的运行模式如下：

(1) 在供暖时期，室外温度较高，采暖负荷较小，太阳能热水系统产生的热水温度 T_g 较高，当 $T_g > 50^\circ\text{C}$ 时，可以直接利用，阀门 V_1 、 V_2 开启，其余阀门关闭，水泵 2、3、4 开启，水泵 1 关闭，热泵机组关闭；

(2) 当 $40^\circ\text{C} < T_g < 50^\circ\text{C}$ 时，太阳能热水系统产生的热水不能直接应用，但与热泵机组串联，进入热泵机组的冷凝器，阀门 V_2 、 V_3 、 V_5 、 V_9 开启，其他阀门关闭，水泵都开启，热泵机组开启；



(3) $30^{\circ}\text{C} < T_g < 40^{\circ}\text{C}$ 时, 太阳能不能直接利用, 用以预热土壤侧地埋管换热器, V_3 、 V_4 、 V_6 、 V_7 开启, 热泵机组开启;

(4) 当 $15^{\circ}\text{C} < T_g < 30^{\circ}\text{C}$ 时, 太阳能热水器热水不能直接利用, 可进入热泵机组的蒸发器, V_3 、 V_4 、 V_6 、 V_8 开启, 其他阀门关闭, 热泵机组开启;

(5) $15^{\circ}\text{C} > T_g$ 时, 太阳能系统停止运行, V_3 、 V_4 、 V_5 、开启, 其他阀门关闭, 水泵 1、2 开启, 3、4 关闭, 热泵机组开启。

2.1.3 建筑一体化设计要点

该工程采用的太阳能热水与地源热泵耦合系统, 在建筑应用中的集成设计要点如下:

(1) 本技术对太阳能集热器的类型没有特别的要求, 设计选型时只需考虑建筑物所在地域和建设方对集热器的要求即可。

(2) 太阳能热水系统的运行设计采用温差控制的强制循环, 不采用自然循环的工作模式。

(3) 系统设计时应对当地的采暖参数尽可能地掌握, 以便预设自控设备所需的参变量。

(4) 由于建筑物的总采暖热负荷通常都比全天的太阳辐照量大, 因此太阳能集热器的采光面积应按屋面可安装的最大量进行设计。

(5) 自控设备预设集热防过热保护参数, 可根据地域不同进行调节。

(6) 防冻最好采用自动落空的方式; 若必须使用电伴热带防冻时, 应在自控系统中设计对电伴热带工作的控制模式。

2.1.4 技术经济分析

1. 增量成本概算

该示范工程的成本增量估算为 967.0 万元, 其中 50kW 光伏并网发电系统 418.2 万元, 太阳能热水系统 48.45 万元, 地源热泵系统 469.2 万, 其他不可预见的费用 31.15 万元。

2. 回收期分析

根据静态回收期计算公式:

$$T_{\text{静}} = C_+ / NV$$

式中 $T_{\text{静}}$: 静态回收期;

C_+ : 投资增额;

NV : 投资每年带来的净收益。

$$T_{\text{静}} = 1087.82 / 60.06 = 18.11 \text{ 年}。$$

如果不考虑光伏并网发电系统, 太阳能热水系统与地源热泵系统的投资增额为 669.62 万元, 每年带来的净收益为 50.06 万元, 静态回收期只有 13 年。

2.1.5 项目评价

本项目采用太阳能与地源热泵结合的系统形式满足建筑供热供冷需求, 在系统运行控制方面, 充分体现了优先利用太阳能的控制策略, 本项目还采用了与建筑结合的光伏发电系统, 起到了发电、遮阳的双重作用, 项目结合主被动结合太阳能利用技术, 结合地源热泵技术, 降低了建筑物的能耗水平, 适合在寒冷地区推广应用。



2.2 嘉兴国际中港城·商贸城



图 2-3 嘉兴国际中港城

开发单位：浙江中成实业有限公司

设计单位：中国水电顾问集团华东勘测设计研究院

技术支撑单位：浙江大学建筑设计及其理论研究所

嘉兴国际中港城（图 2-3）位于嘉兴市南湖区，地处浙江省北部杭嘉湖平原，分为娱乐城、商贸城、住宅和五星级酒店。其中商贸城建筑面积为 25.55 万 m^2 ，建筑呈“人”字造型，南向主入口尺度恢弘，东西两翼流线型展开，舒展大方。建筑总高度为 40m，地上 6 层，地下 1 层。

国际中港城·商贸城的东西区及南区的办公综合用房的生活热水系统尽最大可能地利用可再生能源——太阳能加热，太阳能热水系统覆盖的面积为 27403 m^2 。同时，将太阳能热水技术与空气源热泵热水技术、峰谷电加热蓄热技术相结合，以期最大限度地节约能源和运行费用。

2.2.1 项目所在地的气候和地域特点

该工程所处的嘉兴市南湖区属于夏热冬冷地区。气候温和，雨水充沛，日照充足，四季分明，属典型的亚热带季风气候。年平均气温 15.5~15.8 $^{\circ}\text{C}$ 。最热月（7 月）平均气温 28.1~28.4 $^{\circ}\text{C}$ ；最冷月（1 月）平均气温 2.7~3.3 $^{\circ}\text{C}$ 。无霜期 230 天左右。年平均降水量 1100~1200mm，年日照时数 2000~2100h。

该工程节能设计遵照国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005 执行，围护结构热工性能均优于夏热冬冷地区中所列各项的规定值，空调系统设计亦满足标准要求。通过建筑围护结构热工性能权衡计算和设备能效比指标估算，工程建成后达到节能 65%。



就太阳能资源而言,嘉兴市日照充足,具有春湿、夏热、秋燥、冬冷的特点,年平均太阳辐照量为 $4353\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,年日照小时为 2017h/a ,其中以 7、8 月最多,月平均日照分别为 239、241 小时,1、2 月最少,月平均日照分别为 134、124 小时;但因地处中纬度,夏令湿热多雨的天气比冬干天气短得多,年平均降水量 1168.6mm ,最多年降水量 1720mm 出现在 1954 年;最少年降水量 757mm 出现在 1978 年。全年有 3 个明显的降水时段即 4~5 月的春雨;6~7 月的梅雨和 9 月的秋雨;1 月是下雪最多的月份。

该工程采用太阳能—空气源热泵热水系统,考虑到太阳能资源的不稳定性,选用空气源热泵和电热水器作为辅助热源。

2.2.2 系统设计说明

太阳能—空气源热泵热水系统采用强制循环直接加热系统(双贮水装置)。该系统特点是集热系统采用强制循环、直接加热方式加热。采用闭式水罐作为贮热水箱,闭式水罐供热水。辅助热源采用空气源热泵及外置电加热系统,并配备智能化的控制系统,保证合理使用辅助热源。采用防超温、超压和防冻措施。

五、六层办公综合用房热水及商场公共卫生间热水采用先进的分体承压式太阳能热水系统,东区和西区分别设独立系统。其中,东区太阳能集热器集热面积 600m^2 , 10m^3 贮热水箱 3 只, 40kW 电加热器 3 台,最大功率 22kW 空气源热泵 2 台;西区太阳能集热器集热面积 730m^2 , 12m^3 贮热水箱 3 只, 45kW 电加热器 3 台,最大功率 26kW 空气源热泵 2 台。

太阳能热水系统设太阳能集热器、太阳蓄热水罐、循环水泵、膨胀罐、空气源热泵等设备。太阳能热水系统的集热效率为 50% ,管道系统的集热效益 80% ,综合设计转换率 η 为 40% 。全年可再生能源产生的热水量占总生活热水量的比例为 48.3% 。

同时,选用空气源热泵及外置电加热系统作为辅助热源,作为太阳能热水系统的补充。

1. 东区太阳能热水系统

东区综合用房面积 12279m^2 ,按 $25\text{m}^2/\text{人}$,考虑使用人数 492 人。

(1) 设计小时耗热量 Q_h

$$Q_h = K_h \frac{mq_r C(t_r - t_l) \rho_r}{86400}$$

$$Q_{h1} = 3.297 \times 492 \times 80 \times 4187 \times (60 - 5) \times 1.0 / 86400 = 346 \text{ (kW)}$$

(2) 设计小时热量 q_{rh}

$$q_{rh} = \frac{Q_h}{1.163(t_r - t_l) \rho_r}$$

$$q_{rh1} = 346 \times 1000 / (1.163 \times 55 \times 1.0) = 5.41 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

(3) 商场公共卫生间热水

$$q_{rh2} = 60\text{L/h} \times 40 \times 15\% \times (35/60) = 0.21 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$q_{rh} = 5.41 + 0.21 = 5.62 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

(4) 集热采光面积(直接式)

$$A_c = \frac{q_{rd} \times c \times \rho_r \times (t_c - t_l) \times f}{J_T \times \eta \times (1 - \eta_{\text{L}}) \times 1000}$$

$$A_c = \frac{(490 \times 60 + 210 \times 10) \times 4.187 \times (60 - 15) \times 0.5}{12.415 \times 50\% \times (1 - 0.2) \times 1000} = 600\text{m}^2$$



(5) 集热系统和供热系统的贮热水容积

$V_{\text{集}} = A_c \times B_1 = 600 \times 50 = 30\text{m}^3$, 取 10m^3 贮水罐 3 只。

$V_{\text{供}} = 0.5 \times (5.41 + 0.21) = 2.81\text{m}^3$, 按 2.8m^3 计, 取 3m^3 贮水罐 1 只。

水加热器的加热能力按 $20\text{min}Q_h$ 计, $1/3 \times (346 + 13.4) = 119.8$ (kW), 按 120kW 计, 取 40kW 电加热器 3 台。

2. 西区太阳能热水系统

西区办公综合用房面积 15124m^2 , 按 $25\text{m}^2/\text{人}$, 考虑使用人数 605 人。

(1) 设计小时耗热量 Q_h

$$Q_h = K_h \frac{mq_r C(t_r - t_l) \rho_r}{86400}$$

$$Q_{h1} = 3.20 \times 605 \times 80 \times 4187 \times (60 - 5) \times 1.0 / 86400 = 413 \text{ (kW)}$$

(2) 设计小时热量 q_{rh}

$$q_{rh} = \frac{Q_h}{1.163(t_r - t_l) \rho_r}$$

$$q_{rh1} = 413 \times 1000 / (1.163 \times 55 \times 1.0) = 6.46 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

(3) 商场公共卫生间热水

$$q_{rh2} = 60\text{L/h} \times 40 \times 15\% \times (35/60) = 0.21 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$q_{rh} = 6.46 + 0.21 = 6.67 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

(4) 集热采光面积 (直接式)

$$A_c = \frac{q_{rd} \times c \times \rho_r \times (t_e - t_{l.}) \times f}{J_T \times \eta \times (1 - \eta_{l.}) \times 1000}$$

$$A_c = [(605 \times 60 + 210 \times 10) \times 4.187 \times 1 \times (60 - 15) \times 0.5] / [12.415 \times 0.5 \times (1 - 0.20) \times 1000] = 728.5\text{m}^2, \text{取 } 730\text{m}^2$$

(5) 集热系统和供热系统的贮热水容积

$V_{\text{集}} = A \times B_1 = 730 \times 50 = 36.5\text{m}^3$, 取 12m^3 贮水罐 3 只。

$V_{\text{供}} = 0.5 \times (6.46 + 0.21) = 3.34\text{m}^3$, 取 4m^3 贮水罐 1 只。

水加热器的加热能力按 $20\text{min}Q_h$ 计, $1/3 \times (413 + 13.4) = 142.1$ (kW), 按 140kW 计, 取 45kW 电加热器 3 台。

3. 全年可再生能源产热量占生活热水消耗量的比例

嘉兴地区年太阳辐射量: $4373000\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;

$(600 + 730) \text{ m}^2$ 的太阳能集热器可提供热水热量为:

$$4373000 \times (600 + 730) \times 0.5 \times (1 - 0.20) = 2326.4 \times 10^6 \text{ (kJ)};$$

年热水总耗热量:

$$[(492 + 605) \times 60 + (210 \times 10 \times 2)] \times 4.187 \times (60 - 15) \times 1 \times 365 = 4815.4 \times 10^6 \text{ (kJ)};$$

年可再生能源产热量占总生活热水量的比例为 48.3%。

4. 系统原理图

太阳能热水器采用强制循环直接加热系统 (双贮水装置)。该系统特点是集热系统采用强制循环、直接加热方式加热。采用闭式水罐作为贮热水箱, 闭式水罐供热水。辅助热源采用空气源热泵及外置电加热系统, 并配备智能化的控制系统, 保证合理使用辅助热