



TAIYANGNENGFANG
YU SHENGTAI JIANCAI

太阳能房 与生态建材

邹惟前 邱昌兰 编著



化学工业出版社

TU241.91/4

2007



TAIYANGNENGFANG
YU SHENGTAI JIANCAI

太阳能房 与生态建材

邹惟前 邱昌兰 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书较详细地介绍了利用农作物秸秆制作太阳能房和节能房各部件的工艺和关键技术。书中,不仅对农作物秸秆制作墙板、地板等的组成、配方、生产工艺、产品性能、特点等作了详细介绍,而且对太阳能房的结构设计和各配套设施如太阳能热水器的安装和太阳能房各部分的施工方法作了较为详细的介绍。本书所介绍的工艺和技术都经长期实践,所建最早的试验房是二层别墅型,已经应用17年,至今完好。

本书的内容广,材料新,发明专利多,是建筑、建材、太阳能、复合材料及其相关专业的教师、同学的重要参考书,也可供从事类似专业的工厂工程技术人员和从事农房建造的干部、技术人员实际应用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

太阳能房与生态建材/邹惟前,邱昌兰编著. —北京:
化学工业出版社, 2007.9

ISBN 978-7-122-00980-7

I. 太… II. ①邹…②邱… III. 秸秆-应用-太阳能住宅-建筑材料-研究 IV. TU531.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第128332号

责任编辑:王苏平

文字编辑:陈元

责任校对:宋玮

装帧设计:郑小红

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张9 $\frac{3}{4}$ 字数260千字 2007年9月北京第1
版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

序

当前“可持续发展”和“循环经济”理论，正改变着人们的观念，冲击着千百年来在建筑业“秦砖汉瓦”的一统天下。世界上多数中等以上城市都在建造太阳能生态房和节能房，但苦于缺少性能好、价格便宜、来源广、满足太阳能生态房要求的建材，因此几乎都采用价格昂贵的建材，使得房价增高。例如采用具有高保温性能的聚苯板（即聚苯乙烯板，下同）和聚氨酯板等，确使建筑能耗降低，但这些材料的原料是原油，“要消耗 2t 原油才能生产 1t 聚苯板”，因此所建“节能房”并不节约资源，且价格昂贵，寿命短，严重阻碍了在城市和农村的推广应用。目前建筑市场急需一种价格便宜、原料来源广、不消耗化石能源的生态建材。

在建筑上应用几千年的农作物秸秆类生态建材，是一种取之不尽、用之不竭、保温好、节能明显的好材料。虽经世界上众多专家的潜心研究，但由于若干关键技术没有解决，至今仍只能建造低层、简陋和短期使用的住宅。

邹惟前教授早在 20 年前就对这类材料进行系统研究，并解决了其中主要的关键技术，获得专利，在国内建立了十几条生产线，出版了两本专著。在 1991 年曾用这种材料建造了 200m² 的一幢二层别墅型试验楼，历经 17 个春秋，至今仍然完好，证明了利用这种材料建造太阳能生态房和节能房完全可行，目前该技术又进一步和其他相关新技术集成，用于农村生态房的建设。最近又在山东省沂源县建成可在农村推广的 300m² 二层别墅型样板房，这将会对我国农村太阳能生态房和节能房的推广起到很大作用。现在邹惟前教授又将该成果中的一些关键技术编写成书，供同行专家进一步研

究、改进和完善。书中发明专利较多，数据可靠，文字流畅，特再一次推荐给读者。

中国科学院院士

山东大学科学与工程学院院长 教授

材料研究学会副理事长

济南大学 名誉校长

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Professor Wang Zhen, the endorser of the book.

2007 年 6 月 16 日

前 言

本书主要涉及农村太阳能房与农作物秸秆，前者是世界上正在开发的一种新能源，可降低建筑能耗的高新技术，后者却是已被砖瓦材料所代替的古老建材。早期农作物秸秆的用途很广，既能盖房，又是燃料和饲料。随着农村经济的发展，秸秆的这些用途已被有关材料所取代，但秸秆仍然年复一年地产出，实际上是“取之不尽，用之不竭”，堆放田间村头，既占地又污染环境，燃烧秸秆，浓烟严重影响交通，目前已成为农村的“用途不大，弃之成灾”的材料。用来发电，发热量不大，产地分散，收集和运输费用过高，经济上也不合算。

在建设社会主义新农村和建设小康社会中，改善农民的居住条件已成为当务之急，“小康不小康，关键看住房”。农房要改善，给建设部门提出了机遇和挑战，同时令人困惑的事也不断出现。目前农村住房 85% 的材料是砖瓦，房屋结构多半是砖结构或砖混结构，多数房屋在建国前后所建，距今已近 50 年，今后 10~20 年将陆续到达使用寿命，有的要修理，有的要重建。然而国家为保护耕地和环境，已严禁毁田烧砖瓦（烧制空心砖亦同），且农村的砖瓦房也不利于应用太阳能、提高居住质量和节能降耗。有人寄希望于利用固体废弃物制砖，能作建材的固体废弃物远远不能满足农房的需要，20 年后农房修建原材料来自何处？

另一个困惑的问题是要满足“第三个建筑节能标准”，目前只能采用聚苯板或聚氨酯板与新型建材组成的复合墙体，但这类材料价高、老化快、寿命短，最主要的问题是这类板材的原材料是原油。因此虽然建筑节能了，社会终端并不节能。

世界上发达和较发达国家的住房早已不用砖瓦盖房，代之以木

板或木质刨花板，配合轻钢或混凝土框架，制作“别墅型”农房，该房重量轻、节能、建房速度快、居住舒适、符合抗震要求。我国是一个木材较少的国家，利用木材盖房是不可能的，我国又是一个农业大国，每年产出的大量农作物秸秆也在寻找用途，很自然又会利用它来盖农房，但从目前已盖好的农房来看，所盖房屋仍属低等级、功能较少的农房，虽然节能，农民并不欢迎。

早在 20 世纪 80 年代末、90 年代初，我们就在建设部、山东省科技厅和有关部门支持下，自主创新地发明了利用农作物秸秆制造板材技术，并获得国家优秀发明奖和国际发明金奖。先后在国内建厂十数家，板材的性能与木质刨花板相近，产品已进入千家万户。由它与水泥复合生产的板材建造了一幢“板式别墅型试验房”，坐落在济南大学内已 17 个年头（试验房外貌见本书图 6-2），17 年后，经测试房屋的主要性能指标，基本未降低，屋顶还安装了太阳能热水器，试验房基本符合被动直接得热式太阳能房的基本条件。试验房所用材料为利废、环保、循环经济材料，因而受到有关领导和专家的重视和支持。以中科院院士蒋民华教授为领导，集中山东大学、济南大学、山东建筑大学等 5 所大学，山东硅酸盐学会、环保学会、建筑学会和其他有关单位，共 12 所单位共同申报推广山东省成熟的自主创新项目“山东农村生态住宅材料及综合技术示范工程”作为大规模推广项目，其中一个重要的子项目是盖一批样板房。首栋样板房已在山东省沂源县建成，正在进行全面测试。该房以轻钢为骨架，以草泥为芯层，在选择生态建材品种上较试验房又有新进展。书中引用的专利较多，实用性较强，国内外至今尚未见类似著作面世。

深深地感谢以蒋院士为首的各位专家、领导多年来的支持和帮助，也要感谢淄博北辰公司秦沂农董事长为本书提供了样板房的大量测试数据和照片。由于材料新颖，可参阅的资料较少，书中难免有不足之处，敬请专家们指正。

邹惟前

2007 年 6 月 16 日

目 录

第一章 太阳能生态房是 21 世纪住宅的发展方向	1
第一节 太阳能热水器的推广	1
一、太阳能的应用	1
二、太阳能热水器在建筑中应用的几种类型	3
三、太阳能热水器推广的建议	6
四、世界热水器生产和应用概况	18
第二节 太阳光-热在住宅中的应用	19
一、采暖型太阳能房	19
二、节能房	31
三、采暖型生态房的标准	35
四、太阳能空调在生态房上的应用	45
五、太阳热用于窑洞住房的采暖	49
第三节 太阳的光-电在住宅中的应用	54
一、太阳能电池的工作原理	54
二、太阳能电池的分类	56
三、太阳能电池发电系统组成及其在太阳能房上的应用	59
四、太阳能电池在住宅中应用的优缺点	64
五、未来太阳能电池及其在生态房上的应用	65
 第二章 采暖型太阳能房（生态房）总体设计	72
第一节 采暖型太阳能房设计应满足的要求	72
一、住宅的总体设计应满足得热量最大的要求	72
二、住宅壳体设计应达到绝热要求	76
三、太阳能房壳体绝热材料的配置	78

四、正能耗、低能耗、零能耗和负能耗房建筑材料上的 差异	82
第二节 采暖型太阳能生态房的结构设计	84
一、早期太阳能房结构	84
二、近期太阳能房结构	87
三、目前建筑上广泛应用的价格昂贵的节能材料并不节能	95
四、未来太阳能生态房将是薄壳和薄壁结构	98
五、电力墙、智能墙、热水墙体在生态房上的应用	102
第三节 太阳能光-热、光-电的储存	105
一、太阳能储存的类型	105
二、太阳能以热能方式储存	106
三、太阳能以电能方式储存	109
四、太阳能以其他能源方式储存	111
第四节 采暖型太阳能生态房窗户	113
一、窗户既是获得又是损失热能的主要部件	113
二、影响太阳能房外墙窗得热效率的因素	114
三、减少外墙窗热能损失的措施	121
四、用于太阳能生态房外墙上的几种特种窗户简介	125
第三章 太阳能生态房的墙体材料技术与应用	128
第一节 太阳能生态房的墙体材料	128
一、太阳能生态房墙体对材料的要求	128
二、传统建材不合作太阳能生态房的外墙体	129
三、垃圾墙体(房)和墙体垃圾	130
四、制作墙体的生态建材(芯材)品种和特性	132
第二节 利用生态建材制作树脂面板的工艺	141
一、木材工艺不能生产棉秆增强树脂板	141
二、向日葵果壳增强树脂板的制作工艺	148
三、稻草纤维增强树脂板的制作工艺	153
四、棉绒增强磷酸酯薄板特种制板工艺	158
五、防白蚁麻秆复合板的制板工艺	164

第三节 包裹法解决了植物某些成分对水泥的阻凝	167
一、包裹法的内容	167
二、麦草增强水泥板的制作工艺	170
三、甘蔗皮增强水泥板的制作工艺	174
四、热压法生产芦苇增强水泥板的制作工艺	176
五、无宏观缺陷水泥基板材的制作	180
第四节 生态建材制作复合墙体	184
一、墙体内部需通过、安装的零构件	184
二、框架式复合外墙体的制作	185
三、草泥复合墙体的制作	189
四、禾秆段芯层内墙体的制作	192
 第四章 生态建材制作生态房屋顶和地板	195
第一节 利用生态建材制作生态房屋顶	195
一、太阳能生态房屋顶的外形和结构形式	195
二、新型建材在太阳能房屋顶上应用的弊端	197
三、制作生态房屋顶的工艺	200
四、太阳能电池方阵（太阳瓦）系统在屋顶上的安装和 维护	204
第二节 跟随太阳转动的房屋和屋顶	207
一、房屋和屋顶转动的目的和分类	207
二、旋转房及屋顶的结构和材料	208
三、生态建材建造低层旋转房及屋顶	211
四、小模块代替旋转屋顶发电和采暖	212
第三节 生态地板	213
一、地面的组成、结构型式和要求	213
二、常用地板的类型和组成	215
三、太阳能（或浅层地热能）生态地板的功能	217
四、由生态建材制作的几种特殊用途地板	220
第四节 楼板的结构型式和特点	223
一、楼板和地板的差别	223

二、新型建材楼板层的结构及弊端	223
三、生态房楼板层的结构与特点	226
四、轻质快干楼地面的配方和工艺	228
第五章 由生态建材制作的其他构件	231
第一节 生态房的阳台和雨篷材料	231
一、阳台的功用、类型和对材料的要求	231
二、太阳能房阳台的特殊功用	232
三、雨篷在太阳能生态房上的功用	234
四、利用生态建材制作阳台和雨篷的优越性	235
第二节 模压法生产生态房用零构件	236
一、太阳能房隔热板的结构特点	236
二、太阳能房阳光反射板的结构特点	238
三、太阳能房百叶窗的结构特点	241
四、模压法压制生态房用零构件的工艺	243
第三节 太阳能生态房用嵌缝密封材料	247
一、太阳能生态房内嵌缝密封的重要性	247
二、常用嵌缝密封材料的分类	249
三、太阳能生态房上应用的嵌缝密封材料	250
四、太阳能房用玻璃接缝宽度计算	253
第四节 太阳能生态房用装饰材料	256
一、生态房的外墙、内墙和屋顶都需要装饰	256
二、影响居民健康的某些装饰材料	260
三、太阳能生态房应用的负离子涂料	265
四、太阳能生态房应用的纳米建筑涂料	268
第六章 生态建材建造太阳能房的经济优势	273
第一节 从试验房获得的重要启示	273
一、农作物秸秆可以盖现代化太阳能生态房	273
二、生态住宅的结构型式	276
三、工厂化生产现场装配施工	277

四、生态房的推广	278
第二节 生态样板房墙体材料费的估算	278
一、从试验房到生态样板房	278
二、样板房草泥芯外墙体材料费估算	280
三、样板房禾秆芯（垂直安放）内（外）墙体材料费 估算	283
四、外墙体采用其他材料的材料费估算	284
第三节 生态样板房屋顶材料费的估算	285
一、屋顶和墙体的功能不同	285
二、样板房屋顶结构和屋顶板的材料费估算	286
三、样板房屋顶采用其他材料的材料费估算	287
四、屋顶自重减轻将使地震伤害降低	288
第四节 降低太阳能生态样板房的造价	290
一、为降低造价所采取的措施	290
二、造价进一步降低的空间很大	291
三、轻钢-复合板结构的住宅呼之欲出	292
四、轻钢-复合板结构太阳能生态房造价最低	295

参考文献	298
------------	-----

第一章

太阳能生态房是 21 世纪住宅的发展方向

第一节 太阳能热水器的推广

一、太阳能的应用

太阳能是取之不尽、用之不竭的绿色新能源，是既可免费使用，又可不断地再生，无需运输、没有污染物排放、应用中无噪声的清洁能源。因此应用领域广泛，就目前所知，已经应用于多个领域。

(一) 太阳能的应用领域

1. 太阳能建筑、太阳能房

(1) 被动式太阳房 主要根据当地气候条件，把房屋建造得尽量利用太阳的直接辐射能。

(2) 主动式太阳房 一般由集热器、传入流体、储热器、控制系统及适当的辅助能源系统构成（电源不可少）。

(3) 零能式太阳房 完全由太阳能光-电转换装置，优化组合风能、生物质能和其他能源，建筑物内不消耗化石能源。

2. 太阳能发电

(1) 太阳能光伏光电 太阳光-电转换直接发电。

(2) 太阳能集热发电 太阳能间接发电。

3. 太阳能制冷和空调

4. 太阳能热水装置 太阳能热水器是利用太阳辐射能，通过温室效应把水加热的装置，是太阳能利用产业化发展的主要内容之一，经过近 30 年研究，是可再生能源中最具有发展潜力的产品之一。

5. 海水淡化 地球上所有水总量约为 $13.6 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ，其中海水占约 97.3%，而在约 2.7% 的淡水中，只有 0.23% 可为人类生命活动所利用。随着世界经济的快速发展，人类对淡水资源需求也日益扩大。环境恶化和过度开采，使淡水资源供求矛盾更加尖锐，有鉴于此，海水淡化和苦咸水处理技术已经成为有效缓解供水压力的重要成果而受到重视。淡化技术大体有两种方法，即从海水或咸水中通过蒸馏等技术分离出淡水，或者是从盐水中分离出盐，两种方法各有特点，动力也是太阳能。

6. 太阳能干燥器 通常是利用太阳能集热器，将空气加热，用流动热空气将物料干燥，其优点是干燥周期短、效率高、产品品质好，因此在 20 世纪 70 年代后期，太阳能干燥器迅速发展、可干燥各种农产品，经济效益很好。

7. 太阳能炉灶 太阳能炉灶是利用太阳辐射能烹饪食品的一种器具。对广大农村，特别是缺少燃料且日照较好的地区（如我国的西北和西藏地区），有重要现实意义。对缓解农村能源紧缺状况起到了积极作用。

8. 太阳光调控变色 某些材料经太阳光照射后，使其改变颜色。在交通运输、建筑门窗、国防工业及家庭装修中应用较多。

9. 太阳能汽车 充电后可行驶 100~200km，最高速度可达 70km/h。太阳能汽车有两种类型：其一是直接利用光电池将太阳能转化为电能，由电能推动汽车；其二是利用太阳能制取氢气，由氢气作燃料推动汽车。

10. 其他 在空间技术、国防工业、太阳能水泵、太阳能温室（大棚）种植业、太阳能抽水等领域都已广泛应用。

（二）太阳能应用中的优缺点

作为可再生能源的一种，太阳能与其他可再生能源相比，有其独特的优缺点。

1. 优点

（1）太阳能在地球上普及，除南北极圈以外，不论是海洋、高山、有人或无人居住的地方，都有太阳存在，都可就地取材。差别

仅是日照时间长短、雨雪等短时间累加量多少等问题。

(2) 太阳能取之不尽，用之不竭。可以认为是亿万年也不会枯竭的能源。

(3) 太阳能在应用中清洁、无污染、不破坏环境。

(4) 太阳能在建筑上应用的成功，使建筑能耗大大降低，也能达到建筑“零排放”的标准。太阳能的利用技术全面推广，将为高山、草原、海岛、少数民族聚居区和交通不发达地区提供文明社会不可缺少的电力供应。

(5) 太阳能在应用中无噪声、无震动，可长期使用、安全可靠。

(6) 应用太阳能的历史很长，特别是在农村，利用太阳能晒干稻谷，在温室种植花卉和蔬菜。在空间技术和国防工业，特别是在太阳能电池发明以后，太阳能的用途更为广泛。

(7) 可以和风能、地热能、沼气及其他可再生能源配合使用，将大大降低化石能源的消耗，从而使环境污染大大降低。据测算，北京及其周边地区如有 100 万户使用太阳能代替燃煤，则 10 年内将减少 CO_2 排放量 770 万吨、减少 SO_2 排放量 3.5 万吨、减少粉尘 11 万吨、或可节约电力 60 亿度，这对净化北京环境的效果十分明显。

2. 缺点

(1) 太阳能的总能量很大，但密度很低，目前虽已开发出高效集热器（通过在集热上涂覆高效集热材料），但相对于化石能源，密度仍很低，因此集热器的占地面积很大。

(2) 太阳能受季节、昼夜、地区和当时的气候影响很大，不能维持常量，且有明显的间歇性和不稳定性，给应用带来困难。

(3) 初期投资高，随用途、季节、应用地区不同而有差别。目前随着技术进步，成本（初投资）在不断下降，但仍然高于化石能源。

二、太阳能热水器在建筑中应用的几种类型

太阳能热水系统由太阳能集热器、贮热水箱、上下水管道及控

制器等组成,按不同的分类方式可分为如下几种类型。

(一) 按热水器工作特点

(1) 按集热器类型分 平板型、全玻璃真空管型、玻璃-金属真空管型、热管型及闷晒型等。

(2) 按太阳能供应方式分 太阳能直供式、太阳能预热后供应式和太阳能加辅助能源联合供应式等。

(3) 按介质在系统中运行方式分 自然循环系统、强制循环系统和直流式系统。

(4) 按传热介质与空气接触程度分 敞开式、开口式和封闭式。

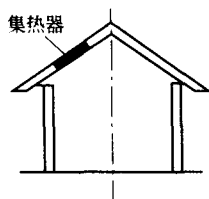
(5) 按取热方式分 顶水法和落水法。

(6) 按集热器在住宅上摆放位置分 屋顶型、阳台拦板型、墙面上雨篷型和遮阳板型。

(7) 按集热器和贮水箱的相互位置分 插入式、分离式和闷晒式等。

(二) 按集热器在住宅上的安放位置

(1) 集热器与建筑物合为一体 与坡屋面合成一体的,如示意图 1-1。



(2) 集热器叠合在建筑物上

① 集热器叠合在坡屋面上,如示意图 1-2(a)。

② 集热器叠合在房屋沿口上,如示意图 1-2(b)。

③ 集热器叠合在阳台上,如示意图 1-2(c)。

图 1-1 集热器与坡屋面合为一体示意图

④ 集热器叠合在墙面上,如示意图 1-2(d)。

(3) 集热器支撑在建筑物上

① 集热器支撑在平屋顶上,如示意图 1-3(a)。

② 集热器支撑在平台上,如示意图 1-3(b)。

③ 集热器支撑在阳台上,如示意图 1-3(c)。

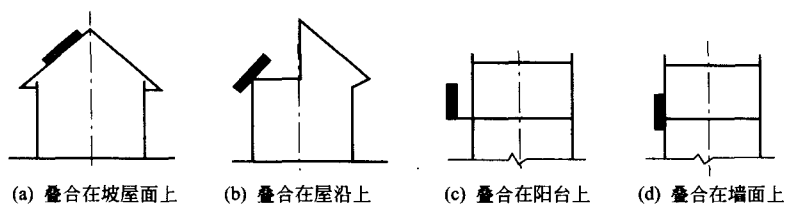


图 1-2 集热器叠合在建筑物上示意

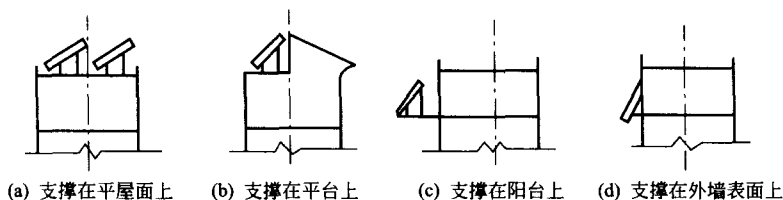


图 1-3 集热器支撑在建筑物上示意

④ 集热器支撑在外墙表面上，如示意图 1-3(d)。

(三) 按热水器在住宅上的安放位置

① 热水器叠合在坡屋面上，如示意图 1-4。

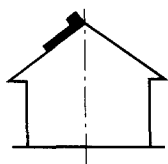


图 1-4 热水器叠合在坡屋面上示意

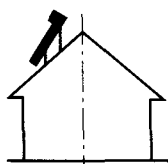


图 1-5 热水器支撑在坡屋面上示意

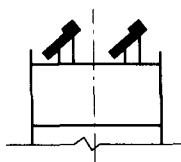


图 1-6 热水器支撑在平屋顶上示意

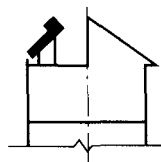


图 1-7 热水器支撑在屋顶平台上示意