

Key Technologies of Design and Operation on
Green Building

绿色建筑

设计及运行关键技术

张宝刚 刘 鸣 编著



化学工业出版社

绿色建筑

张宝刚 刘 鸣 编著

 化学工业出版社

化学工业出版社

· 北 京 ·

本书基于绿色建筑全寿命周期的角度，从节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量、运营管理六个方面阐述绿色建筑设计及运营阶段需要解决的关键技术，并相应地给出关键技术的实例，为设计师提供基础理论与实际案例。为了配合《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2014) 的实施，本书按照该标准中每个条目提到的关键技术进行理论与实例讲解，涉及规划与设计方法、模拟分析、关键技术分析等内容。

本书涉及专业广泛，包括建筑节能、给排水、建筑设备、建筑设计、城市规划、景观设计等；面向对象广泛，适合上述专业的研究人员、设计人员、政府职能人员、企事业单位阅读使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色建筑设计及运行关键技术/张宝刚，刘鸣编著.
北京：化学工业出版社，2018.2
ISBN 978-7-122-31272-3

I. ①绿… II. ①张…②刘… III. ①生态建筑-建筑设计-研究 IV. ①TU201.5

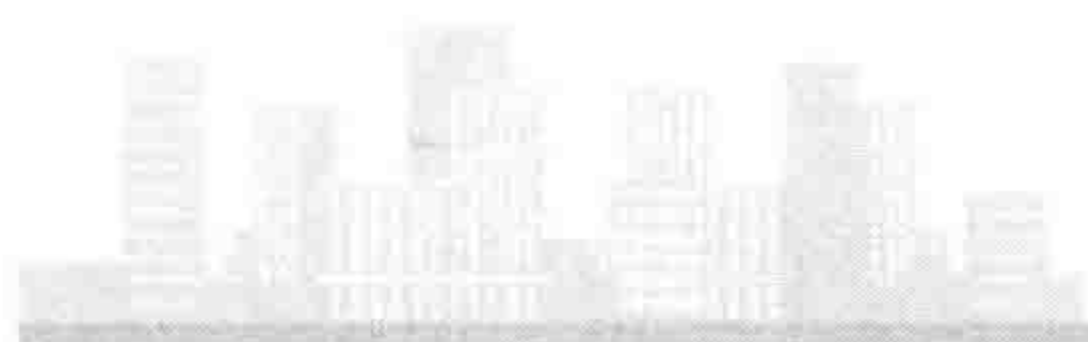
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 330452 号

责任编辑：王 斌	文字编辑：汲永臻
责任校对：王素芹	装帧设计：关 飞

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：三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 420 千字 2018 年 8 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：78.00 元	版权所有 违者必究
-------------	-----------



前言

绿色建筑是指在全寿命周期内最大限度地节能、节地、节水、节材，保护环境和减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。

国家发改委、住房和城乡建设部《绿色建筑行动方案》提出大力促进城镇绿色建筑发展：直辖市、计划单列市及省会城市的保障性住房以及单体建筑面积超过2万平方米的机场、车站、宾馆、饭店、商场、写字楼等大型公共建筑，自2014年起全面执行绿色建筑标准。

为配合《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2014)的实施，本书按照标准中每个条目提到的关键技术编排理论与实例讲解。

本书主要从节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量、运营管理六个方面阐述绿色建筑设计及运营阶段需要解决的关键技术问题，并相应地给出关键技术的实例，为设计师提供基础理论与实际案例。

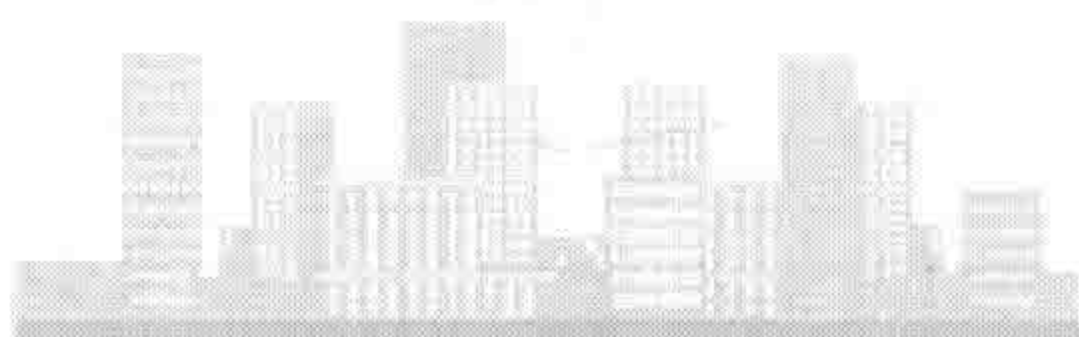
本书内容包括9个章节：第1章绪论，介绍建筑节能以及如何合理利用气候参数进行绿色建筑设计；第2章能源利用技术，主要介绍通风与供热、供冷关键技术；第3章土地组织与环境控制，从场地组织与室外环境控制方面提出关键设计方法与技术评价指标；第4章建筑水资源利用，主要讲述雨水、中水以及如何节水的相关关键技术与评价指标；第5章建筑结构体系与建筑材料使用，介绍结构与材料选择优化设计与技术；第6章室内环境质量，从建筑声光热环境进行室内环境质量的评价与分析；第7章绿色建筑运营管理，全面介绍绿色建筑的成本、管理与运行问题；第8章预制装配式建筑，对土建装修一体化以及预制构件进行阐述；第9章增量成本效益及生态效率分析，对绿色建筑进行了增量效益分析并且通过构建模型阐述了生态效益的计算法则。

本书涉及专业广泛，包括建筑节能、给排水、建筑设备、建筑设计、城市规划、景观设计等，涉及上述专业的研究人员、设计人员、政府职能人员、企事业单位均可参考使用。

参与本书编写的人员：第1章由大连理工大学刘鸣、葛小榕、何治能负责编写；第2章由大连理工大学张宝刚、刘鸣、王天旭负责编写；第3章由大连都市发展设计有限公司姚强、黄海晨负责编写；第4章由大连市排水设计院有限责任公司王颖、王晓丹、潘睿负责编写；第5章由大连理工大学刘鸣、吕琳、李维珊、谷红磊负责编写；第6章由大连理工大学刘鸣，大连市建筑设计研究院有限公司郝岩峰、张志刚、车国平、曲波负责编写；第7章由大连理工大学张宝刚、郝文刚、陈庆周负责编写；第8章由中海文旅设计研究(大连)股份有限公司孙智敏、李铁军负责编写；第9章由大连理工大学刘鸣、孙畅、任静薇负责编写；全书由大连理工大学张宝刚、刘鸣负责统稿。

本书难免有不妥之处，敬请专家、读者指正。

编著者



目 录

第1章 绪 论 / 1

1.1	绿色能源	1
1.1.1	可再生能源介绍	1
1.1.2	清洁能源介绍	7
1.2	建筑气候设计	9
1.2.1	气候设计	9
1.2.2	建筑设计中的气候分析方法	10
1.2.3	建筑气候设计因素	12

第2章 能源利用技术 / 17

2.1	供暖、通风与空调	17
2.1.1	自然通风	17
2.1.2	排风热回收	24
2.2	能源综合利用	29
2.2.1	蓄冷空调	29
2.2.2	热泵系统	35
2.2.3	分布式能源系统	49
2.2.4	免费供冷技术	54

第3章 土地组织与环境控制 / 57

3.1	土地节约与组织	57
3.1.1	场地的交通组织布局	57
3.1.2	地下空间的利用	70
3.2	室外环境的控制	83
3.2.1	场地内噪声防治	83
3.2.2	绿化布局	91
3.2.3	透水地面及场地内水径流的布置	116

第4章 建筑水资源利用 / 123

4.1	非传统水源利用	123
4.1.1	雨水资源利用	124
4.1.2	中水回用技术	136
4.1.3	海水利用技术	141
4.2	节水其他措施	141
4.2.1	合理设计热水和开水供应系统	141
4.2.2	设置用水计量水表	142
4.2.3	管道系统和洁具	142
4.2.4	合理利用市政管网余压	144
4.2.5	真空卫生排水节水系统	144

第5章 建筑结构体系与建筑材料使用 / 146

5.1	资源消耗和环境影响小建筑结构体系	146
5.1.1	建筑结构体系概述	146
5.1.2	资源消耗和环境影响小的建筑结构体系	149
5.1.3	建筑结构体系设计原理	154
5.1.4	新型绿色建筑结构体系在设计中的应用	159
5.2	可循环建筑材料的使用	161
5.2.1	建筑材料概述	161
5.2.2	传统建筑材料的再生	163
5.2.3	新型可循环建筑材料	166
5.2.4	旧建筑材料再利用的设计手法	166
5.2.5	新型建筑材料在建筑设计中的应用	169

第6章 室内环境质量 / 171

6.1	室内空气品质	171
6.1.1	室内空气品质的概念	171
6.1.2	室内空气污染物的种类及成因	172
6.1.3	影响室内空气品质的污染源和污染途径	173
6.1.4	室内空气污染物综合控制技术	173
6.2	室内热环境	175
6.2.1	室内热环境建筑类型分类	175
6.2.2	室内热环境评价方法	175
6.3	室内声环境	176
6.3.1	室内声环境的评价标准	176
6.3.2	建筑吸声材料	179

6.3.3	建筑隔声材料	182
6.4	室内光环境	184
6.4.1	可调节遮阳系统	184
6.4.2	室内光环境分析模型	202
6.4.3	光线之源	202
6.4.4	控制光线	203
6.4.5	遮阳实例	207
6.5	室内风环境	207
6.5.1	通风评价指标	207
6.5.2	通风评价方法	208
6.5.3	目前的通风设计规范和标准	210
6.5.4	室内自然通风影响因素	210

第7章 绿色建筑运营管理 / 221

7.1	绿色建筑运营管理概念	221
7.2	人工设施运营管理的分析	221
7.3	绿色建筑的运营管理分析	223
7.4	绿色建筑的运行成本分析	223
7.5	提高绿色建筑运营水平的对策	224
7.6	绿色建筑技术管理定义	225
7.7	绿色建筑运营管理技术措施	225
7.7.1	智能化系统	225
7.7.2	分户、分类计量	226
7.7.3	管道维修	226
7.7.4	空调清洗	226
7.7.5	设备检测与管理	227
7.7.6	物业档案记录	227

第8章 预制装配式建筑 / 228

8.1	土建与装修工程一体化设计施工	228
8.1.1	预制装配式建筑类型	228
8.1.2	预制构件设计精细化	230
8.2	预制装配式建筑的优势	235
8.2.1	设计多样化	235
8.2.2	功能现代化	235
8.2.3	制造工厂化	236
8.2.4	施工装配化	236
8.2.5	时间最优化	237
8.2.6	技术可持续化	237

第 9 章 增量成本效益及生态效率分析 / 239

9.1	绿色建筑全寿命周期增量成本的测算	239
9.1.1	测算原则、步骤和方法	239
9.1.2	准备阶段	241
9.1.3	施工阶段	242
9.1.4	运营使用	244
9.1.5	拆除回收	244
9.2	绿色建筑全寿命周期增量效益分析	245
9.2.1	构成分析	245
9.2.2	计算规则	246
9.2.3	经济效益	247
9.2.4	环境效益	250
9.2.5	社会效益	251
9.3	绿色建筑全寿命周期增量成本效益的生态效益分析	252
9.3.1	方法选择	252
9.3.2	模型构建	252
9.3.3	计算规则	253
9.3.4	结果讨论	253

参考文献 / 255



第1章 绪论

1.1 绿色能源

1.1.1 可再生能源介绍

1.1.1.1 太阳能

太阳是一个巨大的能源，其总辐射能量约为 3.75×10^{20} MW。虽然太阳辐射到地球大气层的能量仅为总辐射能的 22 亿分之一，但却高达 1.73×10^{11} MW，相当于每秒 5×10^6 t 标准煤燃烧产生的热量。我国太阳能资源非常丰富，各地太阳年辐射总量在 $3340 \sim 8400 \text{ MJ/m}^2$ 。

太阳能有光电和光热两种利用形式。

(1) 太阳能光电

太阳能板利用光电转换单元将光能转换为电能并向用电负荷供电，太阳能电池板产生的直流电通过逆变器转变为交流电，然后向用电负荷供电，同时多余的电量又通过控制器向蓄电池组充电，如图 1-1、图 1-2 所示。太阳能发电可应用于单户或大型公共建筑。过去，光电技术费用较高，然而 2012 年 10 月 26 日，国家电网发布了《关于做好分布式光伏发电并网服务工作的意见》。自 2012 年 11 月 1 日起，国内分布式光伏发电项目可享受全程免费的并网服务。该服务的适用范围包括位于用户附近、所发电能就地利用、余量上网、以 10kV 及以下电压等级接入电网且单个并网点总装机容量不超过 6MW 的情况。

以德国的 Helitrope 为例，如图 1-3 所示，该项目的最大特点为房子自身可以绕中轴随太阳旋转 360° ，采用太阳能光电系统，在正常的太阳日下，该住宅自身每天能产生 $120 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的电能，而维持住宅运行每天所需的能耗仅为 $20 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，这远远低于住宅所产生的能源。Schlierberg 的能源过剩住宅（图 1-4）距 Helitrope 不远，该建筑中太阳能光电系统的模块铺满朝南的每一寸屋顶，住宅每年能制造 $5700 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的能

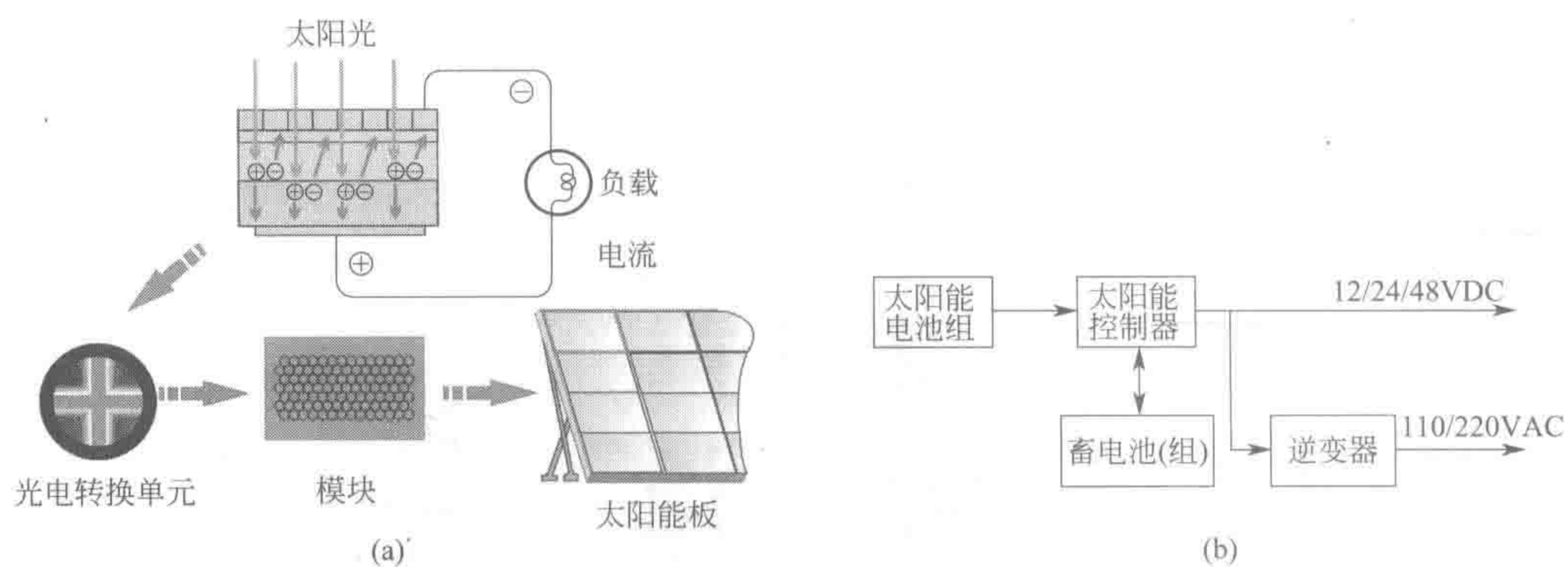


图 1-1 太阳能光电利用原理

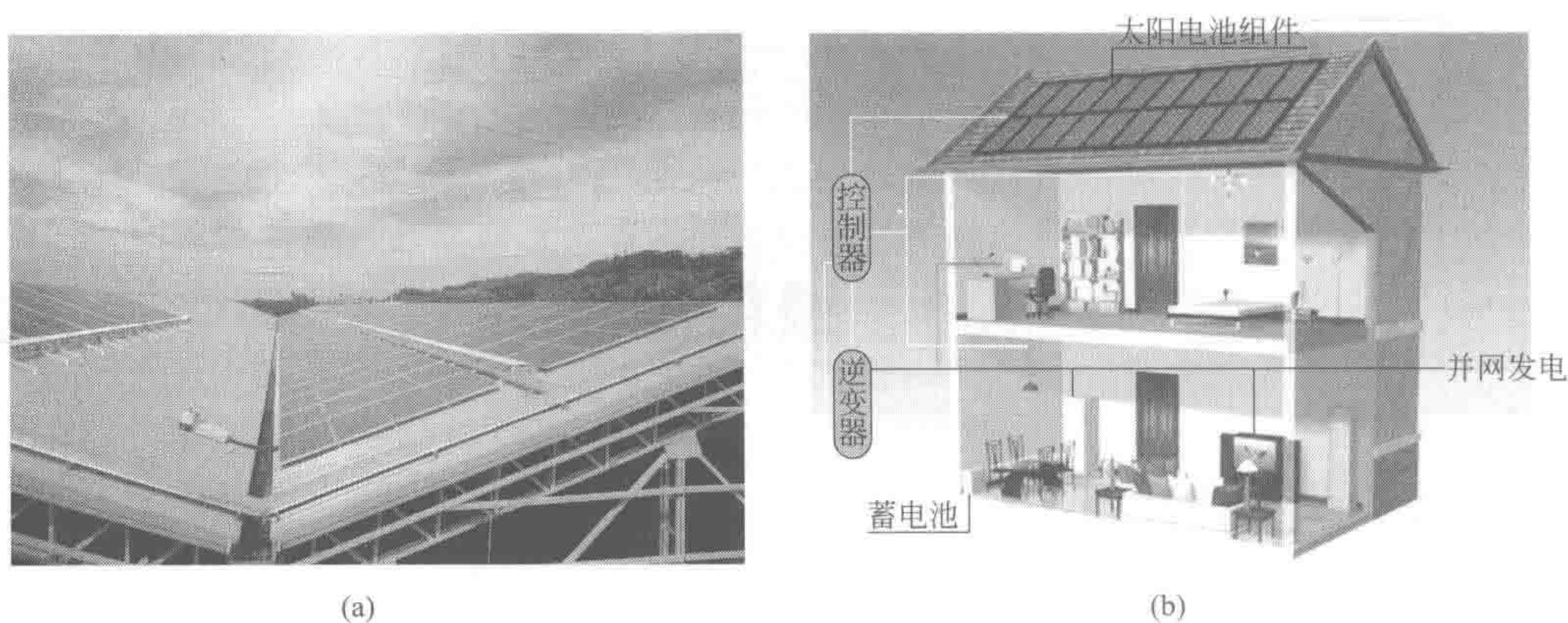


图 1-2 太阳能光电利用系统

源，远远超出了住宅自身的能耗。尽管太阳能光电系统造价很高，但从长远看，它的经济效益是可观的。在一个 4 口之家，一年的基本能耗，包括基本的供暖、热水和用电为 $3400\text{kW}\cdot\text{h}$ ，而用太阳能光电系统每年制造 $5700\text{kW}\cdot\text{h}$ 的能源，这样，每年就有 $2300\text{kW}\cdot\text{h}$ 的过剩能源。



图 1-3 Helitrope



图 1-4 Schlierberg

(2) 太阳能光热技术

太阳能光热技术分为太阳能热水（如图 1-5 所示）和太阳能供暖，其中太阳能供暖也可分为主动式和被动式。太阳能光热技术利用集热器充分收集太阳能加热循环管路中的水进而进入用户用水口，集热器包括不同的结构形式。目前集热器包括平板型太阳集热器（如图

1-6 所示)、真空管太阳集热器 (如图 1-7 所示) 等。

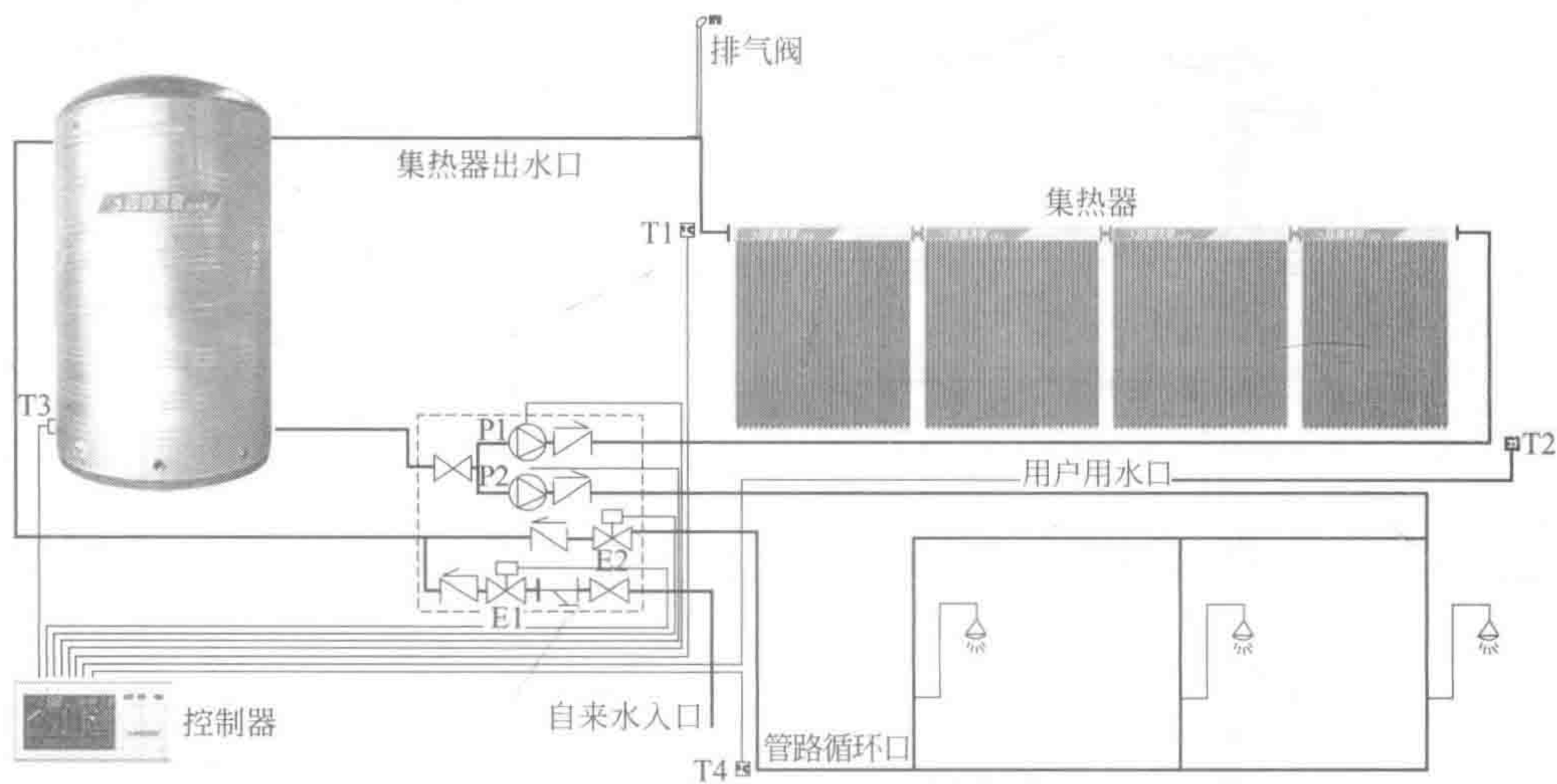


图 1-5 太阳能热水系统

采用太阳能热水器可节约煤、电等能源，并能相应减少以上商品所带来的直接或间接的 CO_2 排放量，通过计算可得，集热器面积为 8960m^2 ，其年减排量达到 13000t CO_2 ，该数据充分反映了利用太阳能所带来的生态效益。

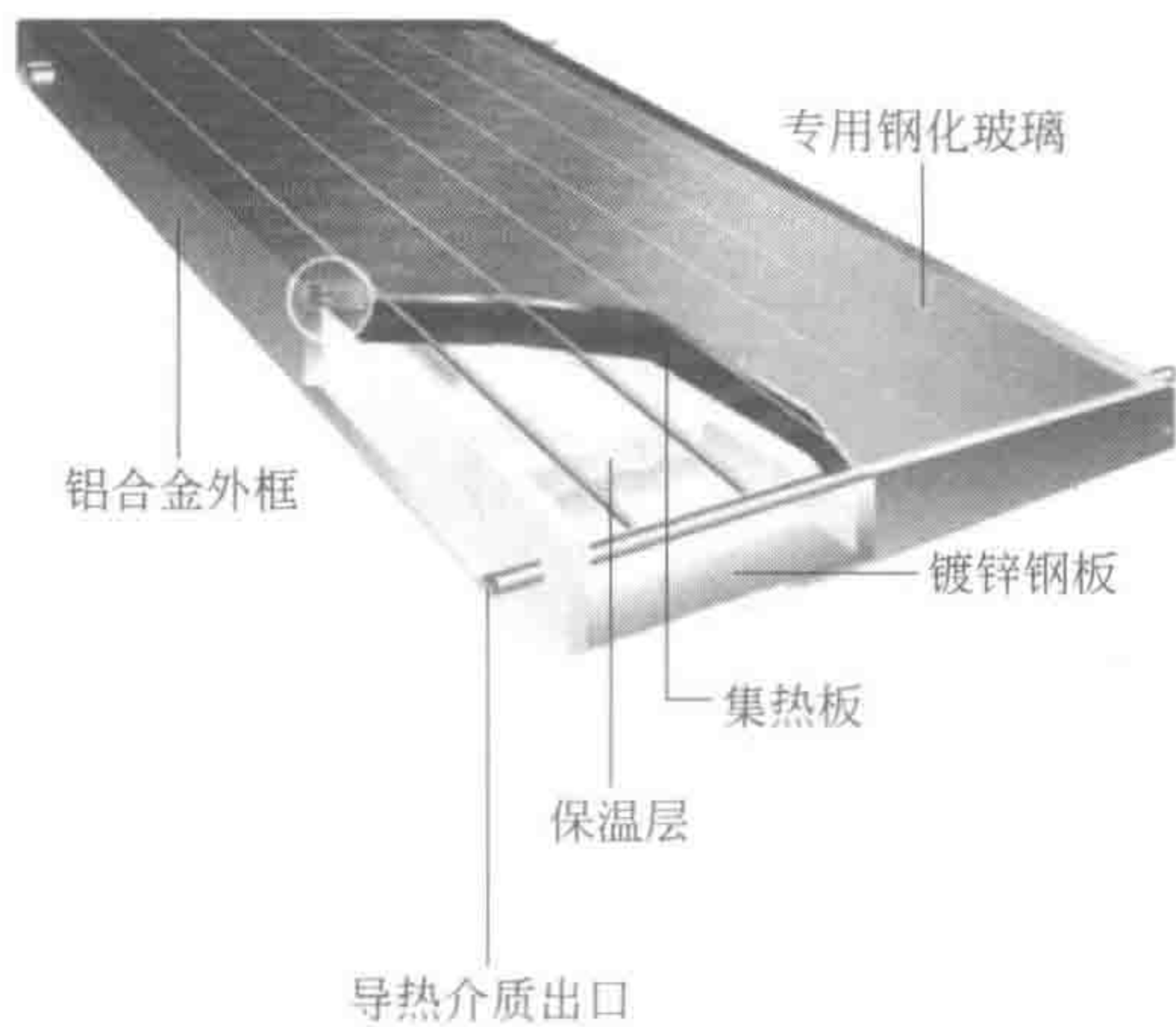


图 1-6 平板型太阳集热器

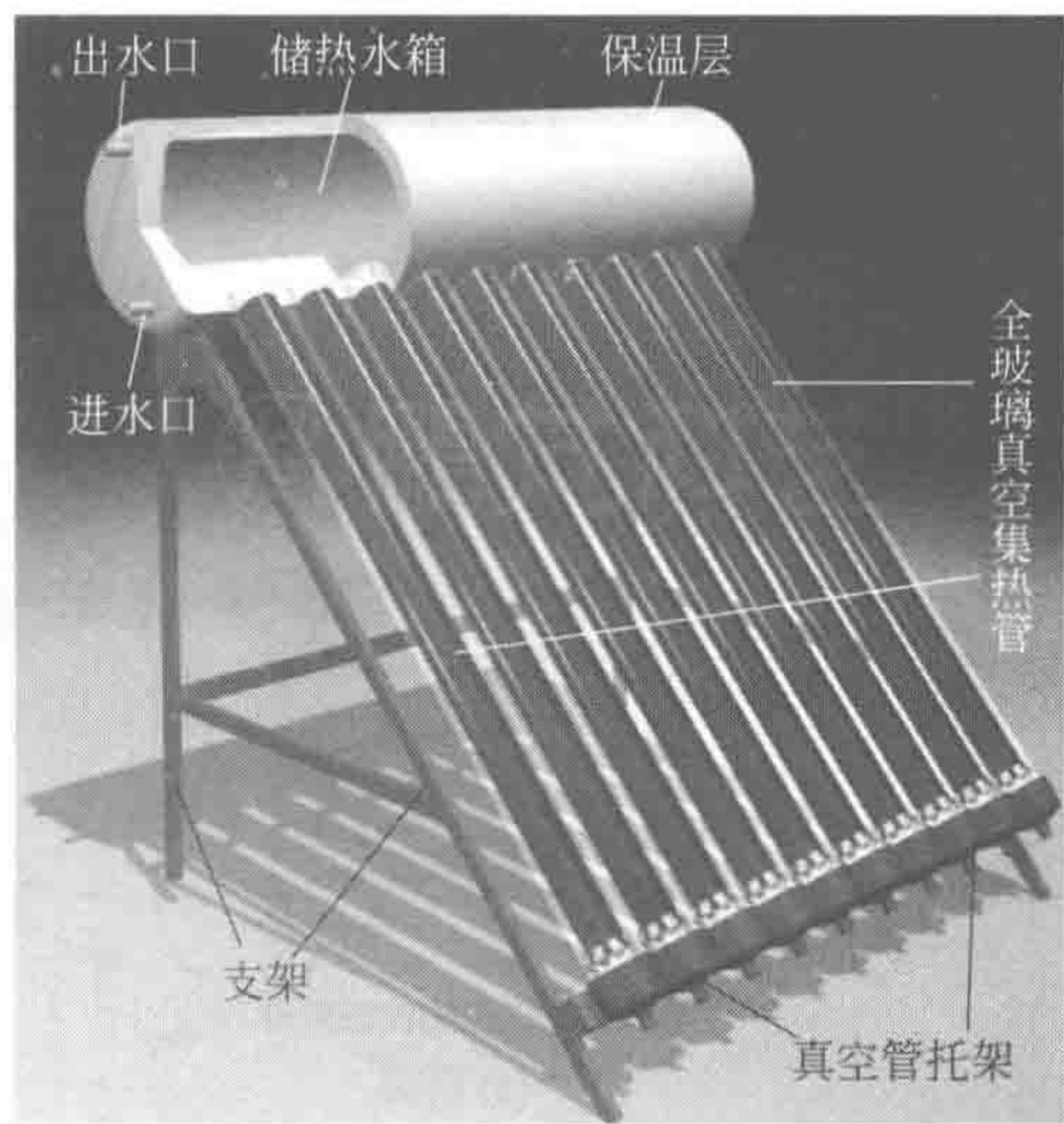


图 1-7 真空管太阳集热器

利用太阳能供暖的主要形式包括主动式和被动式。被动式太阳房常见类型：直接受益式 [图 1-8(a)，图 1-8(b)]；集热蓄热墙式 [图 1-8(c)，图 1-8(d)]；附加阳光间式 [图 1-8(e)，图 1-8(f)]；屋顶集热蓄热式 [图 1-8(g)]；热虹吸式 [图 1-8(h)]。

① 直接受益式 直接受益式是被动式太阳房中最简单也是最常用的一种。它是利用南窗直接接受太阳能辐射。太阳辐射通过窗户直接射到室内地面、墙壁及其他物体上，使它们表面温度升高，通过自然对流换热，用部分能量加热室内空气，另一部分能量则储存在地面、墙壁等物体内部，使室内温度维持在一定水平（如图 1-9 所示）。

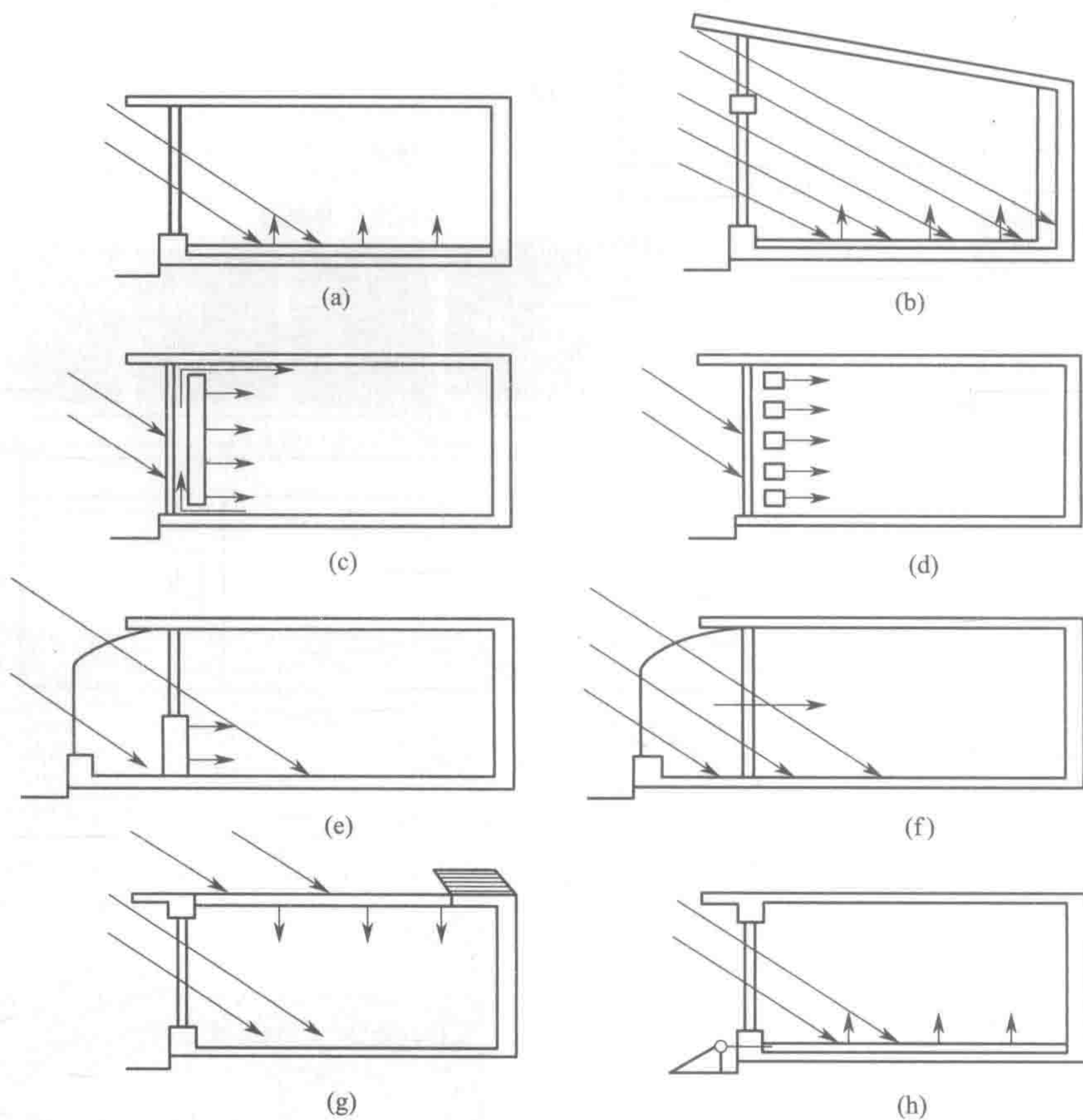


图 1-8 被动式太阳房常见类型

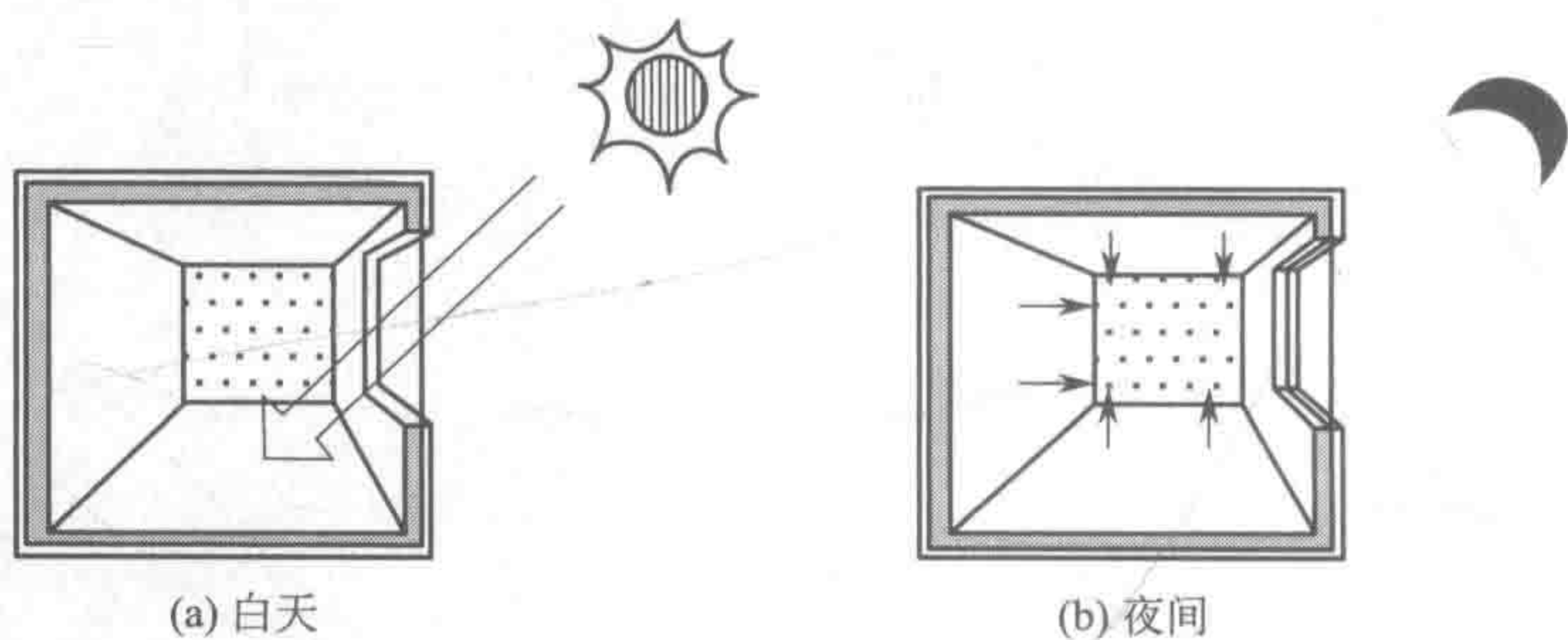


图 1-9 直接受益式太阳房

为了使采暖房间在冬季有较高的室内平均温度和较小的气温波动，采用这种方法时，房屋南向安装较大面积的玻璃窗，同时要求门窗密封性能较好并配有保温窗帘。另外，外窗结构选用具有较大热阻、蓄热性能较好的材料，方便收集太阳能并减少热损失。

② 集热蓄热墙式 集热蓄热墙式被动太阳房是利用南向垂直集热蓄热墙吸收透过玻璃的太阳辐射热，并通过传导、对流及辐射等方式，将热量传入室内。集热蓄热墙通常是由蓄热性能好的混凝土、砖、土坯等装置构成。墙的外表面一般有一层黑色或某种暗颜色材料，以便有效地吸收太阳光。集热蓄热墙的形式有很多，有实体式、花格式、水墙式以及相变材料集热蓄热墙式等（如图 1-10 所示）。

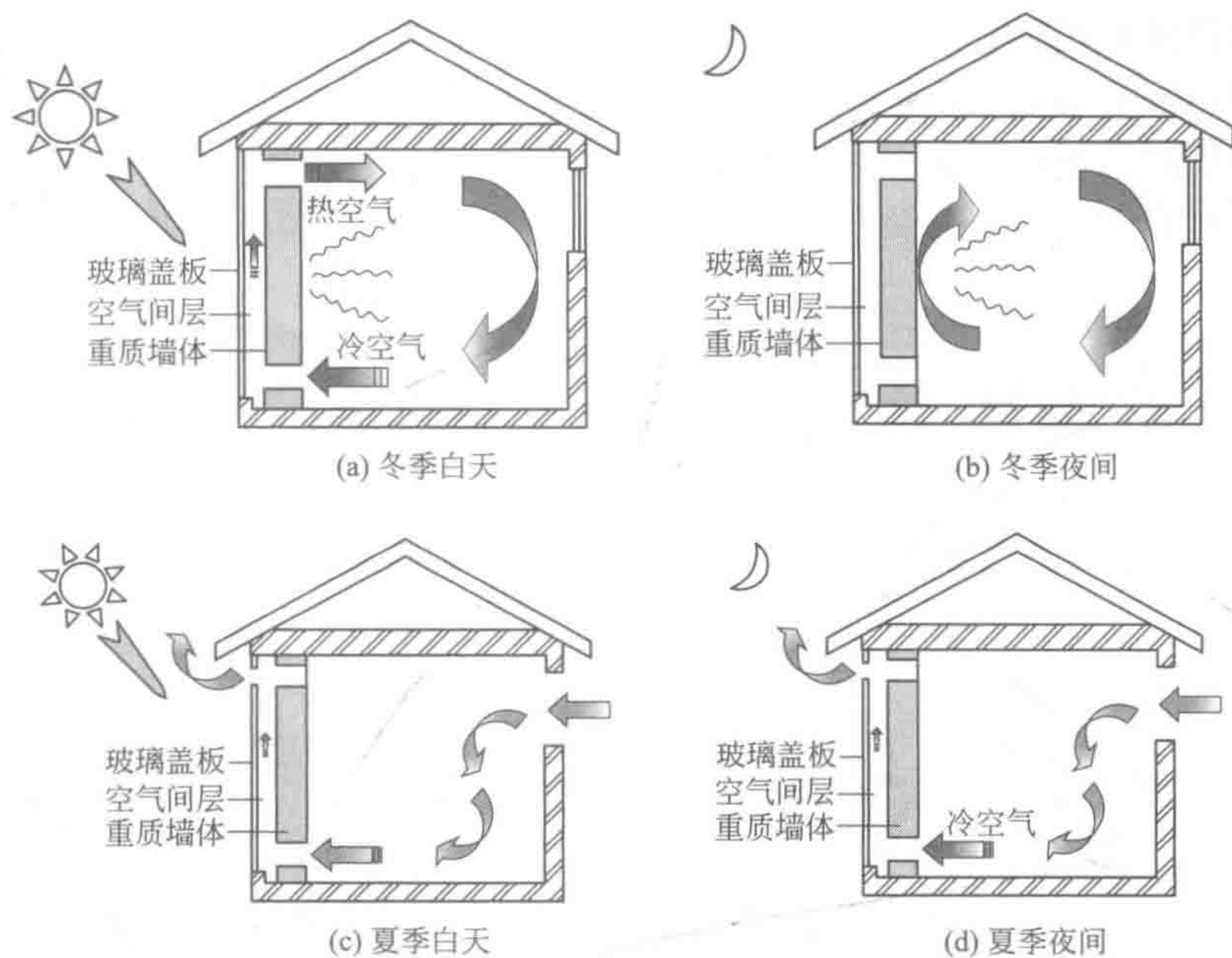


图 1-10 集热蓄热墙式——特朗布墙

有的蓄热墙体上、下两侧分别开有通风孔。集热蓄热墙通过两种途径将太阳辐射热传入室内：其一是通过墙体热传导，热量从墙体外表面传入墙体内表面，然后通过墙体内表面与室内空气的对流换热把热量传给室内空气；其二是由被加热后的夹层空气通过和房间空气之间的对流，把热量传给房间。两种途径都可以达到采暖的目的。

③ 附加阳光间式 附加阳光间式被动太阳房是直接受益式和集热墙式太阳房技术的混合变形。其建筑的基本结构是将阳光间附建在房间南侧，因此称为“附加阳光间式被动太阳房”。它由两部分组成，即阳光间和主体房间，中间隔墙为蓄热墙。白天，太阳辐射透过阳光间的玻璃，一部分直接透过隔墙上的门窗开口进入主体房间，另一部分照射到墙上存储起来以热传导和对流换热的方式将热量传递到相邻的房间；晚上，关闭门窗或者孔洞、拉上窗帘后，热量传递方式就仅有热传导。附加阳光间如图 1-11 所示。

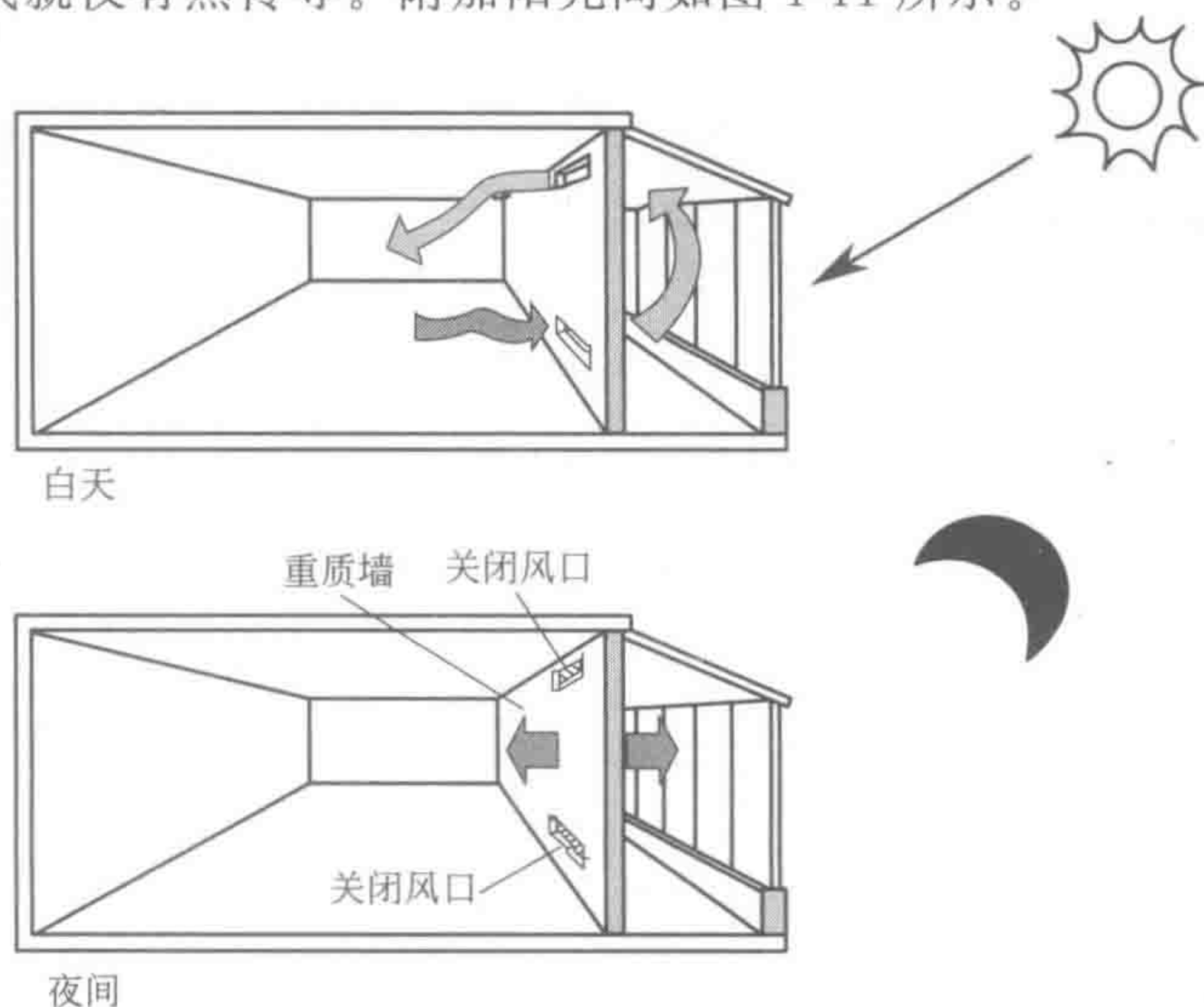


图 1-11 附加阳光间

主动式太阳能系统是靠常能（泵、鼓风机）运行的系统，由集热器、蓄热器、收集回路、分配回路组成，通过平板集热器，以水为介质收集太阳热。吸热升温的水，储存于地下水柜内，柜外围以石块，通过石块将空气加热后送至室内，用以供暖。如将蓄热器埋于地层深处，把夏季过剩的热能储存起来，则可供其他季节使用，如图 1-12 所示。

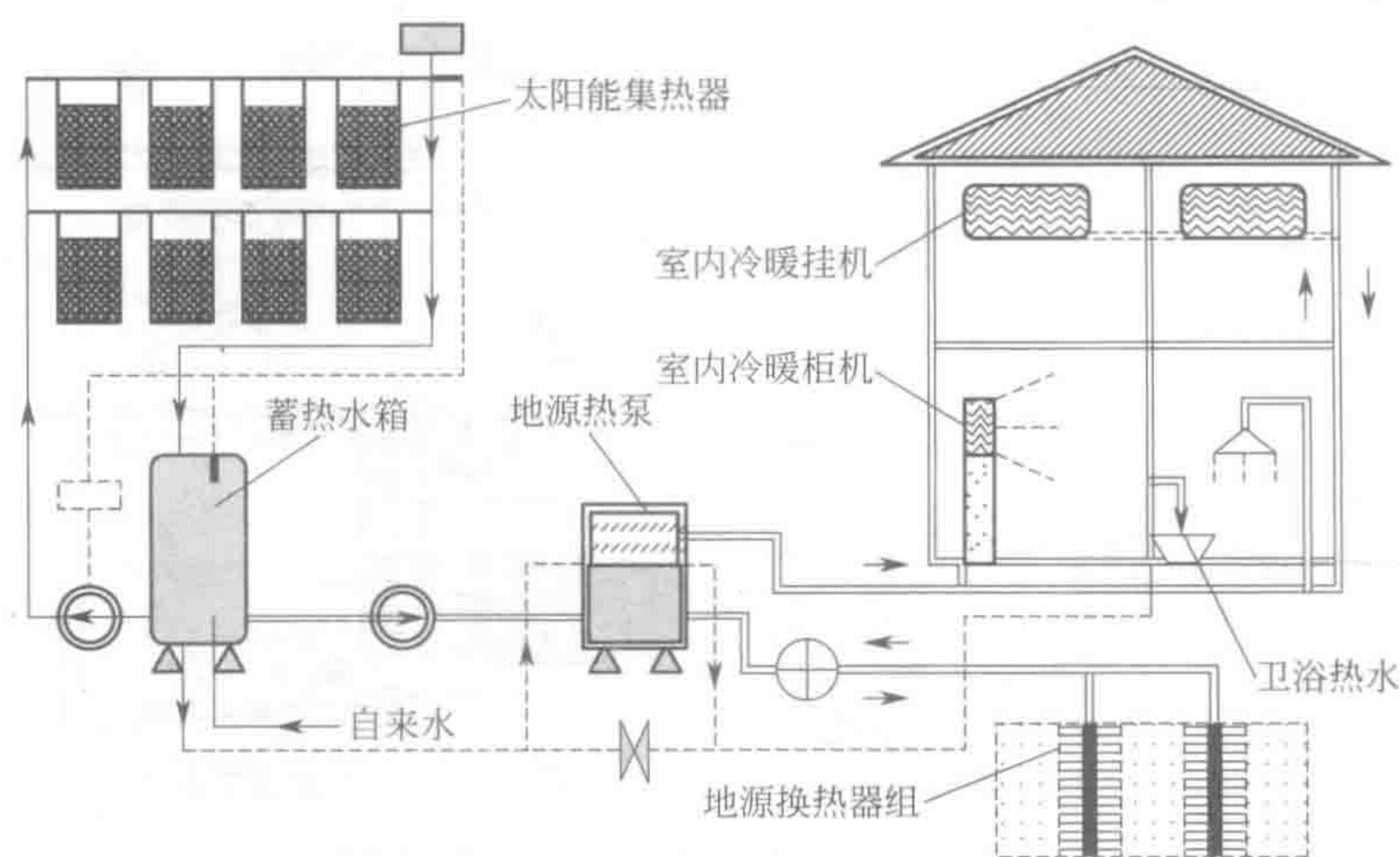


图 1-12 太阳能与地源热泵结合采暖系统

太阳能溴锂真空超导系统是利用太阳能为热源,以溴锂真空超导暖气片、溴锂超导空调为散热体,其工作原理是太阳能集热管把水加热,热水进入超导暖气片内激发超导暖气片内的超导介质气化,以声速传递热能,3~5min即可将整个系统加热到80℃以上(温度可自控),同时可提供生活热水,节省能源,使用寿命可长达50年,如图1-13所示。

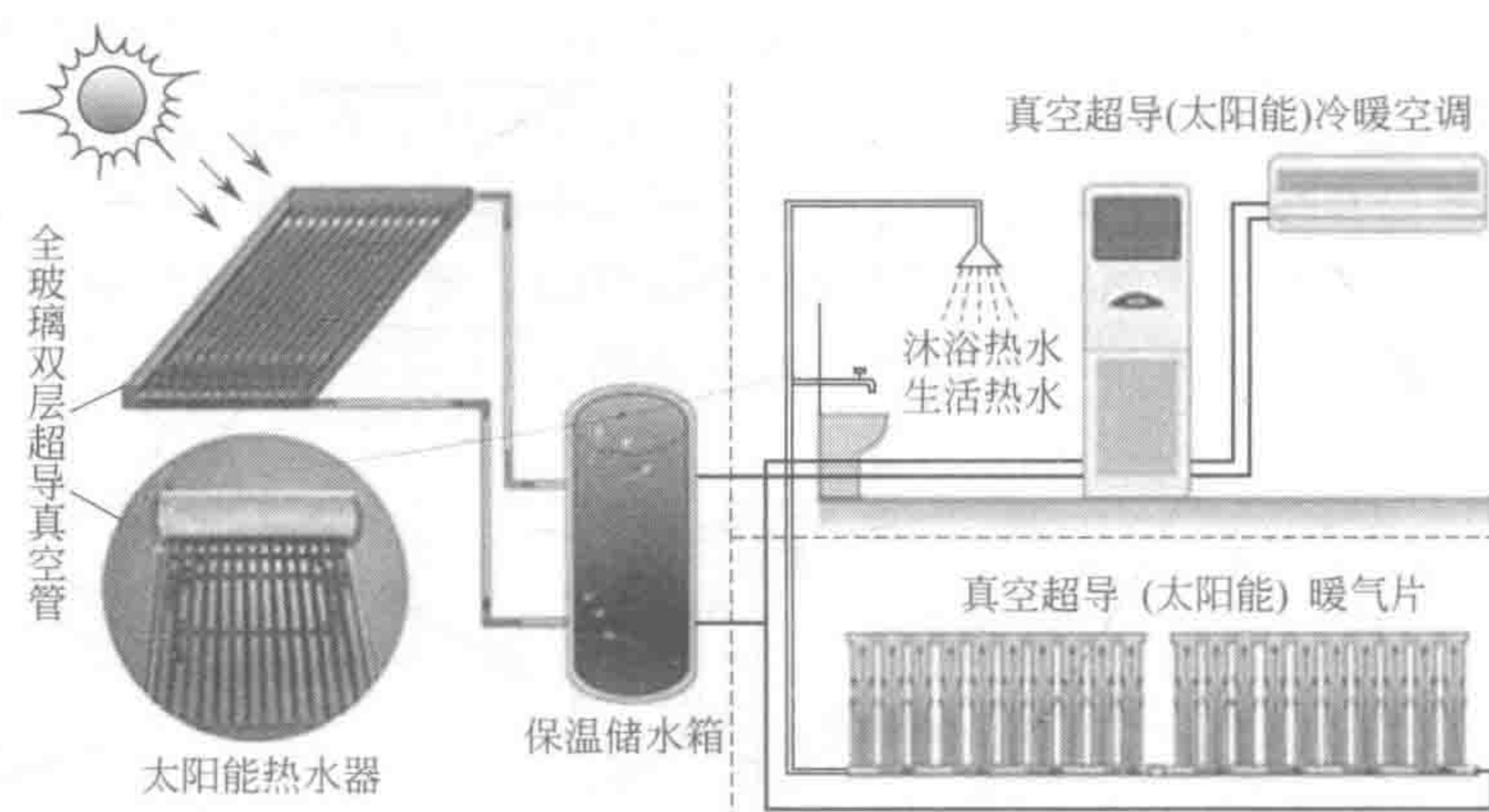


图 1-13 真空超导(太阳能)采暖、冷暖空调、生活热水系统

1.1.1.2 风能

风能 (Wind Energy) 是因空气流做功而提供给人类的一种可利用的能源, 属于可再生能源 (可再生能源包括水能、生物能等)。风能资源取决于风能密度和可利用的风能年累积小时数。风能密度是单位迎风面积可获得的风的功率, 与风速的三次方和空气密度成正比关系。

大连地区地处第三类风功率密度, 风能密度在 $100 \sim 150 \text{ W/m}^2$, 大于等于 3 m/s 和 6 m/s 的风速全年累积时数分别为 $5000 \sim 7000 \text{ h}$ 和 3000 h 。以辽宁地区风资源最差的明阳为例, 若在当地沿海使用支架高 10 m 、直径 10 m 的小型风力机作为工农业生产的动力, 假设每台风

力机对风能的利用率为 0.3，则每台风力机产生的电量将为 $16658.3(\text{kW} \cdot \text{h})/\text{a}$ 。因此在辽宁地区利用风能的潜力是巨大的。

1.1.2 清洁能源介绍

东北农村地区的生物质能资源丰富，它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用，可转化为常规的固态、液态和气态燃料，取之不尽、用之不竭，是一种可再生能源，同时也是唯一一种可再生的碳源。

生物质材料的主要来源如图 1-14 所示。



图 1-14 生物质材料的主要来源

生物质能利用技术包括：直接燃烧技术（如图 1-15 所示）、气化技术、热解技术、厌氧发酵沼气技术等。

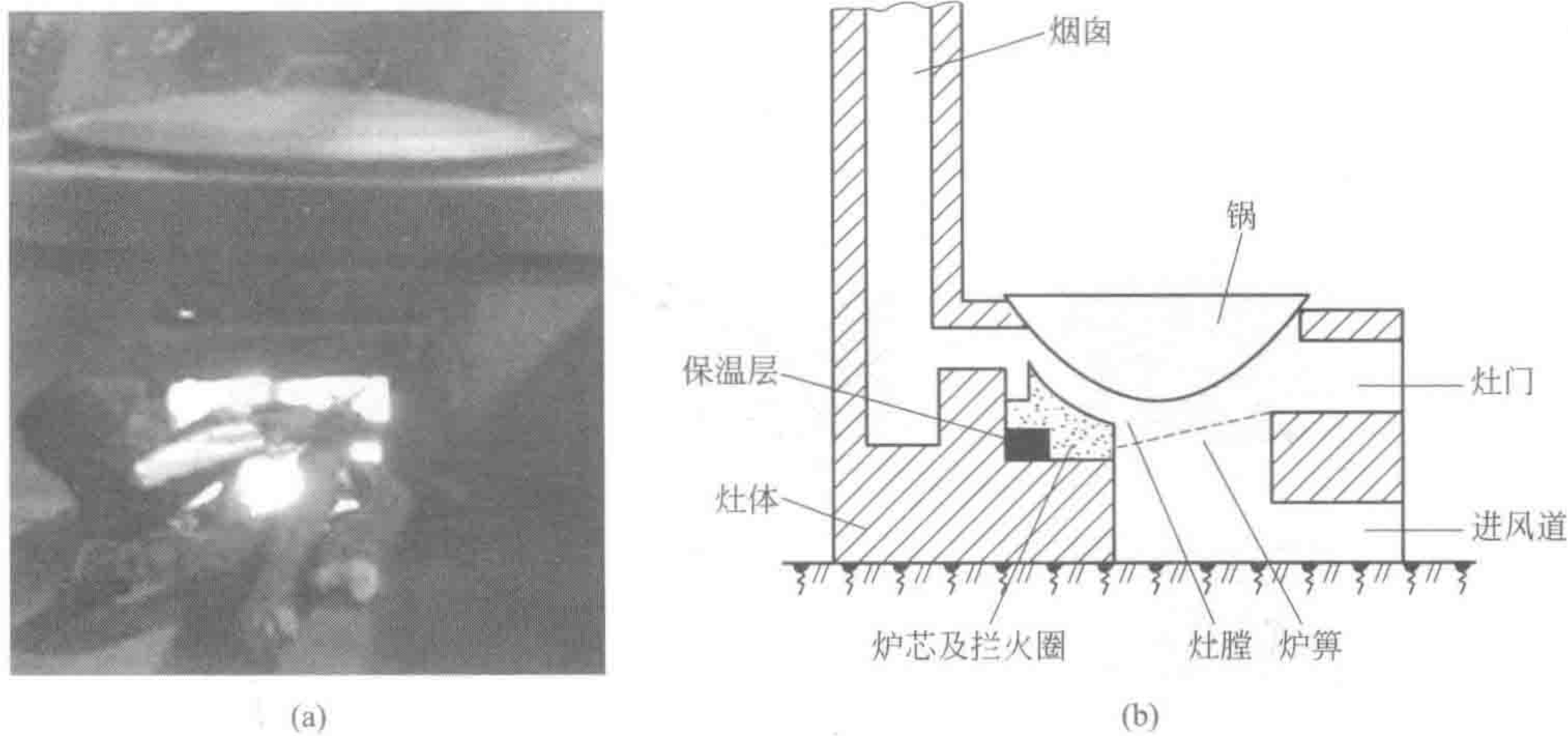


图 1-15 生物质能直接燃烧

生物质气化技术清洁、效率高，可同时为炊事、生活热水和供暖提供燃料和热量，如图 1-16 所示。

生物质热解技术是在反应器中完全缺氧或只提供有限的氧以使气化过程不至于大量发生的条件下进行的热化学反应（如图 1-17 所示），热解产生的生物油和木炭作为商品能源出售。生物油的用途如图 1-18 所示。

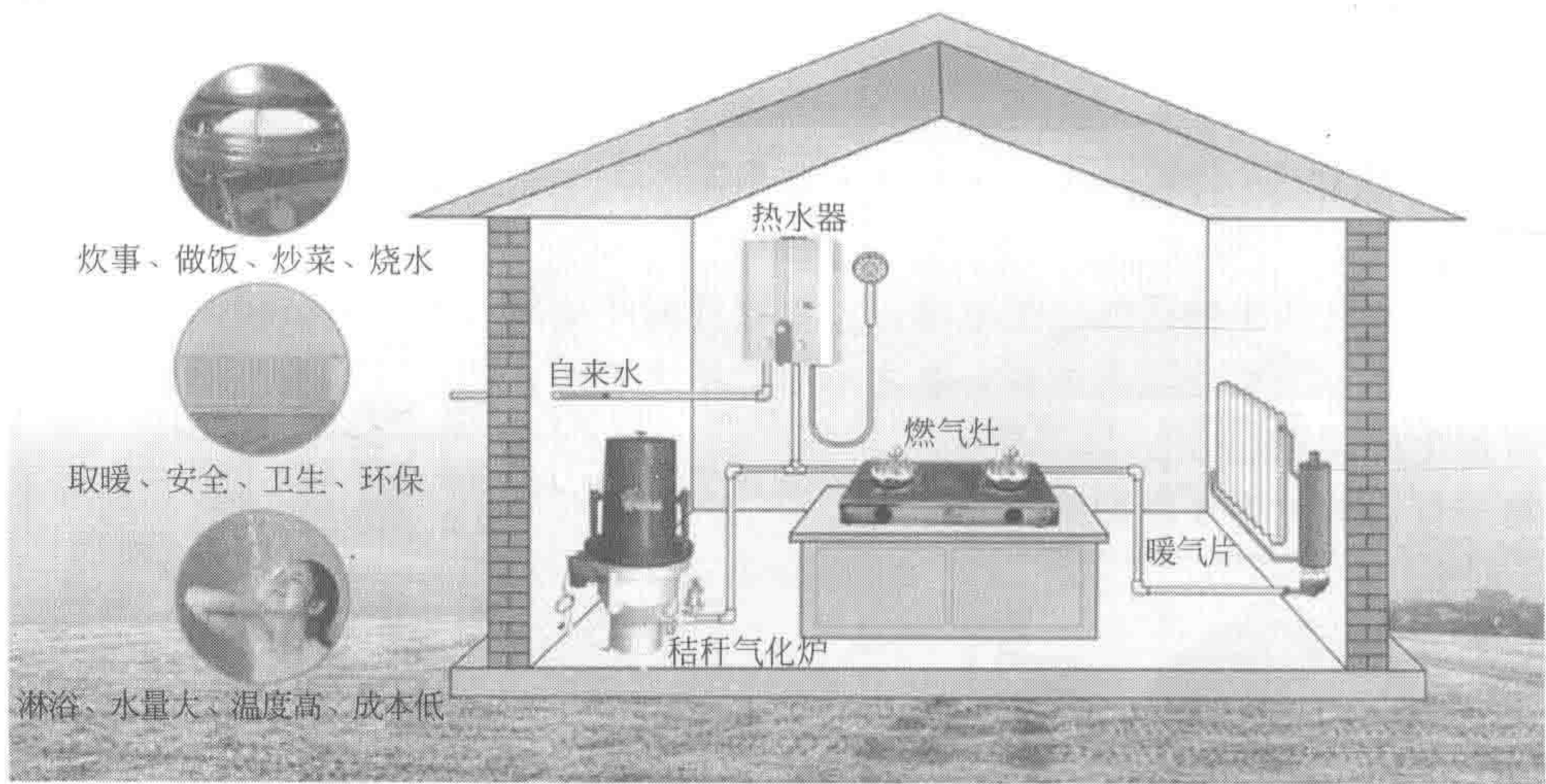


图 1-16 生物质气化技术

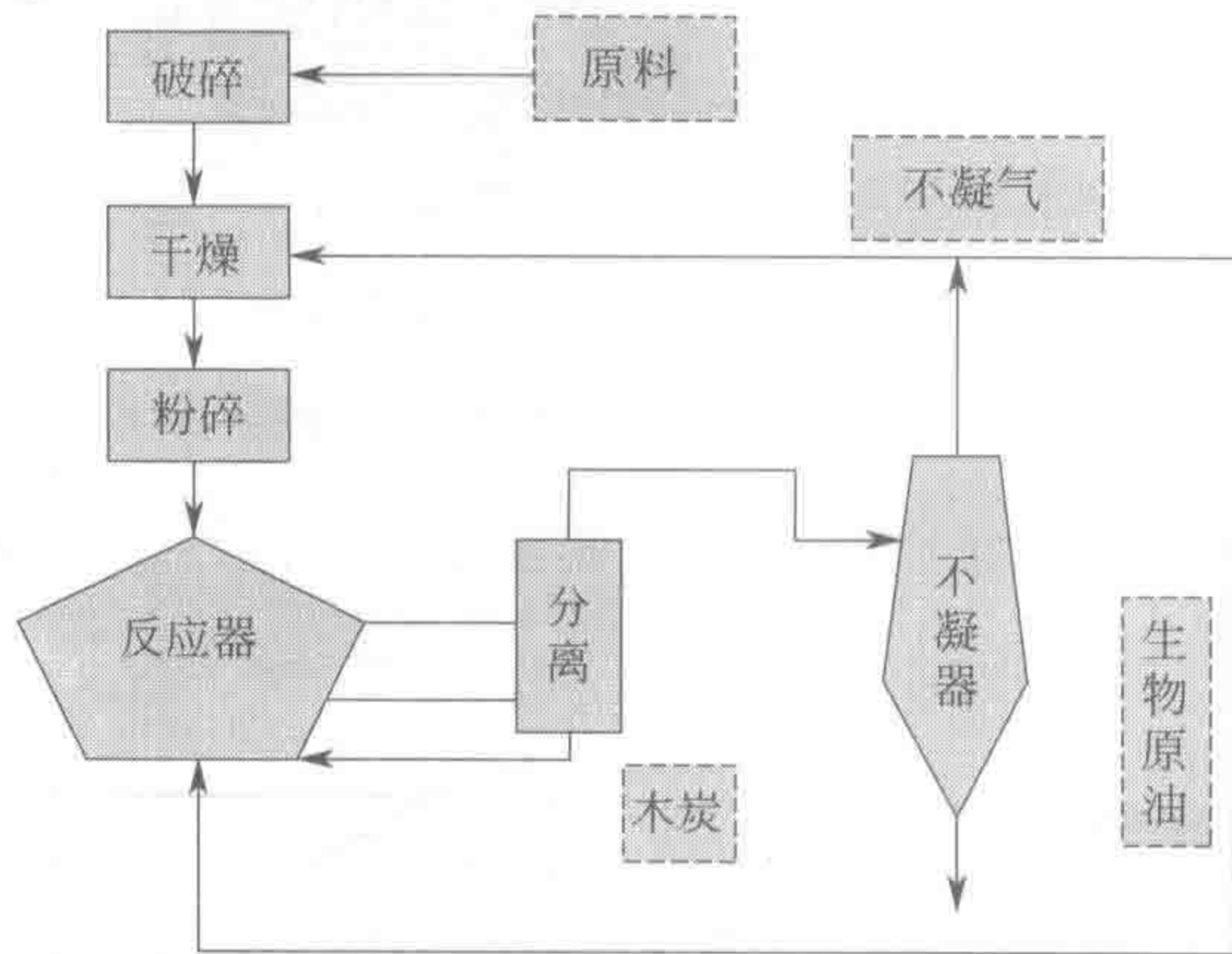


图 1-17 生物质热解流程

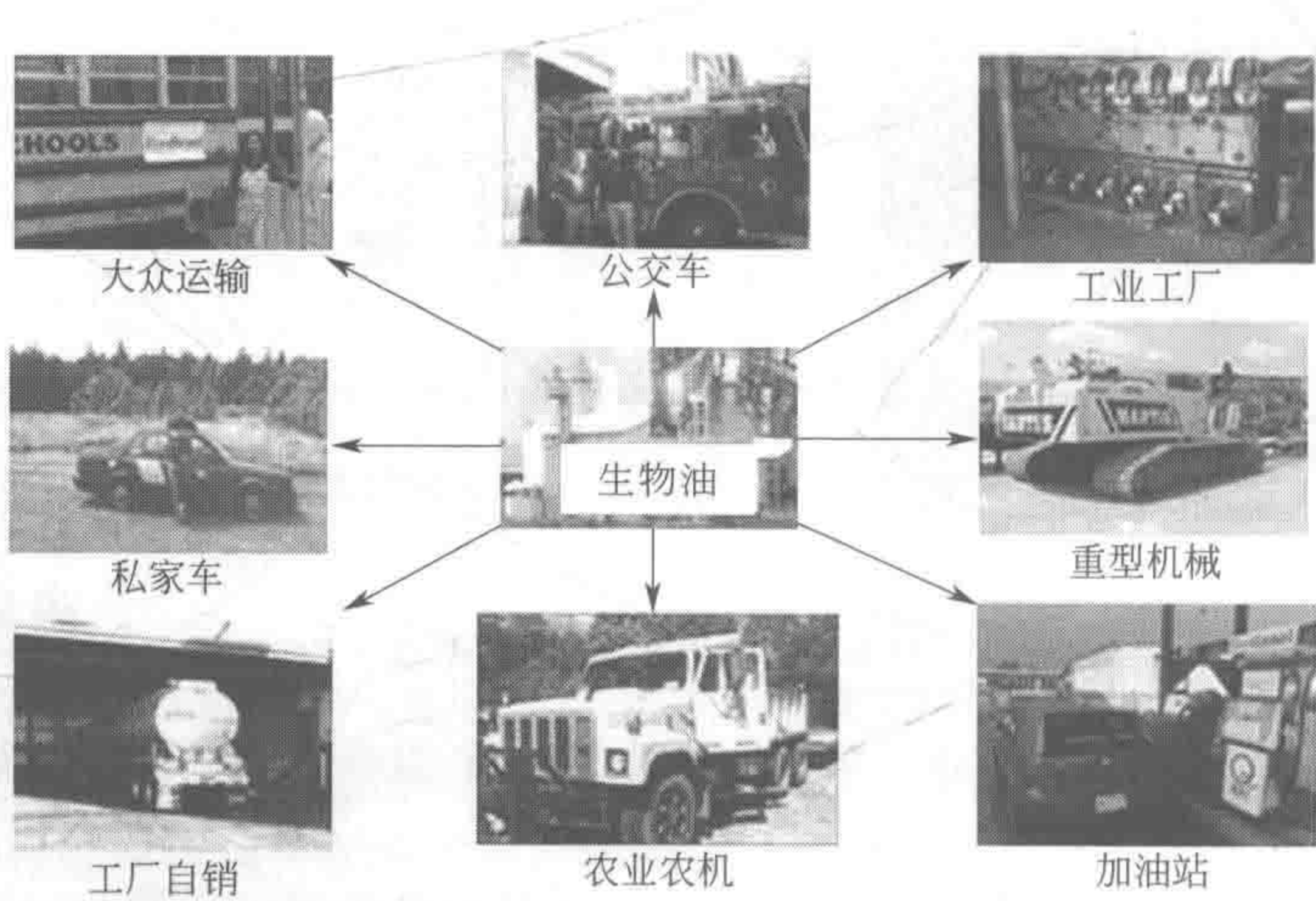


图 1-18 生物油的用途

生物质能与沼气技术是相辅相成的，利用生物质能、养殖废物等进行厌氧发酵产生沼气，沼气中产生的沼液也可可为植物提供肥料，形成循环系统，如图 1-19 所示。

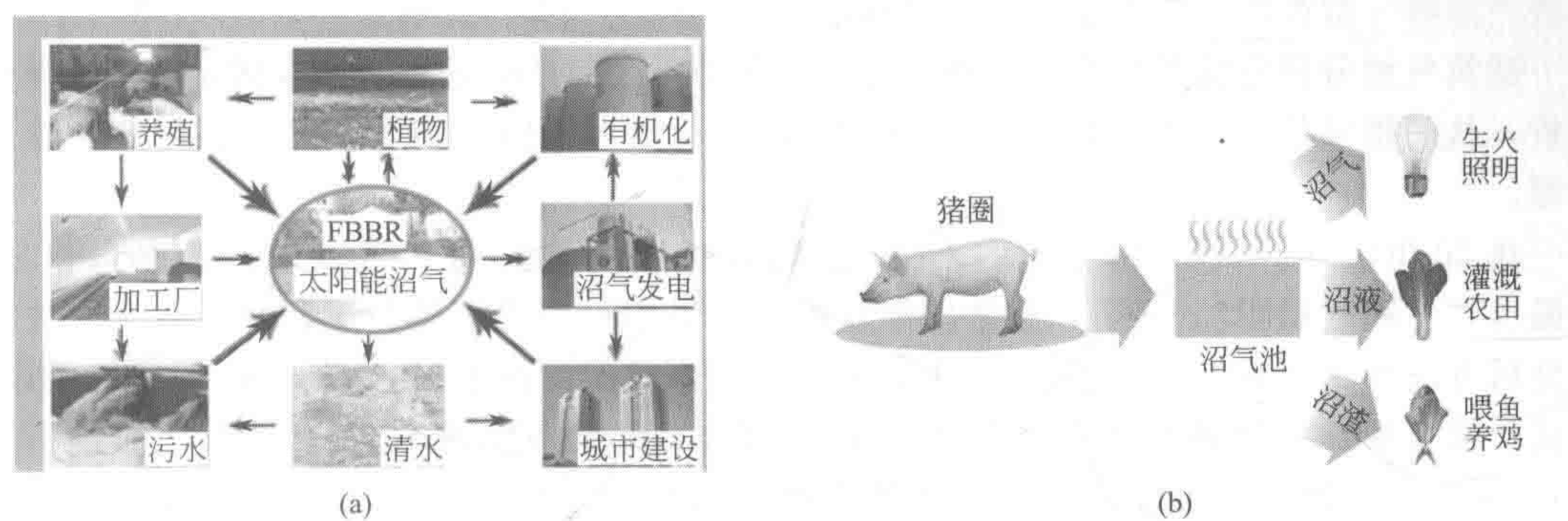


图 1-19 生物质沼气技术

1.2 建筑气候设计

1.2.1 气候设计

气候是天气现象的长期平均状态，或者说，气候是某一地区的大气物理性能相当长时期内的统计平均。它是太阳辐射、大气环流和地理环境等几方面因素相互作用的结果。

1.2.1.1 气候设计基本原理

从古至今，创造舒适的室内气候环境始终是建筑的基本目的之一。从某种意义上讲，建筑生物气候设计的历史就是人类尝试如何维持一个合适的室内小气候去取悦人体的历史。世界上大部分地区的室外环境都未能达到人类对热舒适度的要求，人类试图将室外气候环境与人类对热舒适的差距缩小所采取的手段称为“气候调控”。调控手段又可分为主动式的调控手段和被动式的调控手段。主动式的调控手段是人类利用环境设备来创造舒适宜人的室内环境；被动式的调控手段是通过建筑自身调节来创造人类满意的居住使用场所。本着经济、绿色、节能、环保的理念，被动式的建筑自身调控方法将是本节的主要研究范畴。气候设计的目的是在不降低舒适度的前提下降低能耗，通过资源的合理利用和对当地气候的合理分析，降低不利因素的影响，减少设备的使用。

1.2.1.2 被动式气候设计基本原理

由于材料生产技术水平还处于发展阶段，施工工艺还有待提高，创造舒适的室内环境还需要环境设备的调控方法，但是被动式的一些技术策略能够在一定气候状况下提高室内的舒适度。被动式建筑设计就是通过规划、设计，利用材料的物理性能、环境等来顺应自然界的阳光、风、气温、湿度等的变化来改善和创造舒适的生活居住环境，减少对常规能源的使用。被动式的气候设计方法需要了解建筑室外环境与人体需要的舒适环境之间的关系，即确定两者的偏差程度，这是气候设计的首要问题。气候设计包括三个方面的问题，首先是对所研究地区的气候环境分析；然后是居住者对热舒适度的要求；最后是通过设计建筑所能达到的能耗标准。其中涉及气候学、环境学、建筑学、生理学等多方面的问题。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com