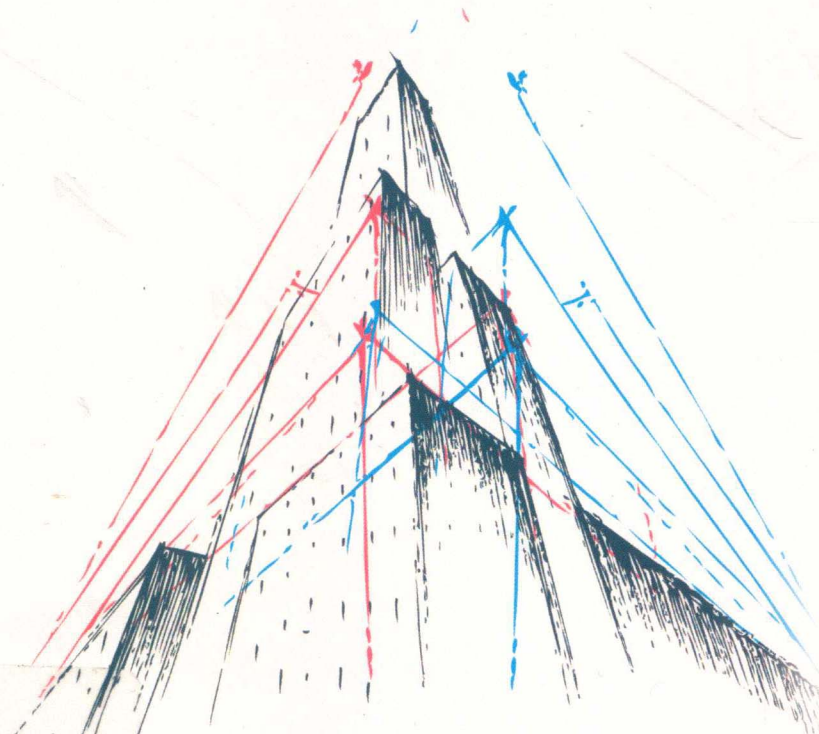


KECHIXIJI ANZHANG SHEJIGAI

可持续 建筑设计概论

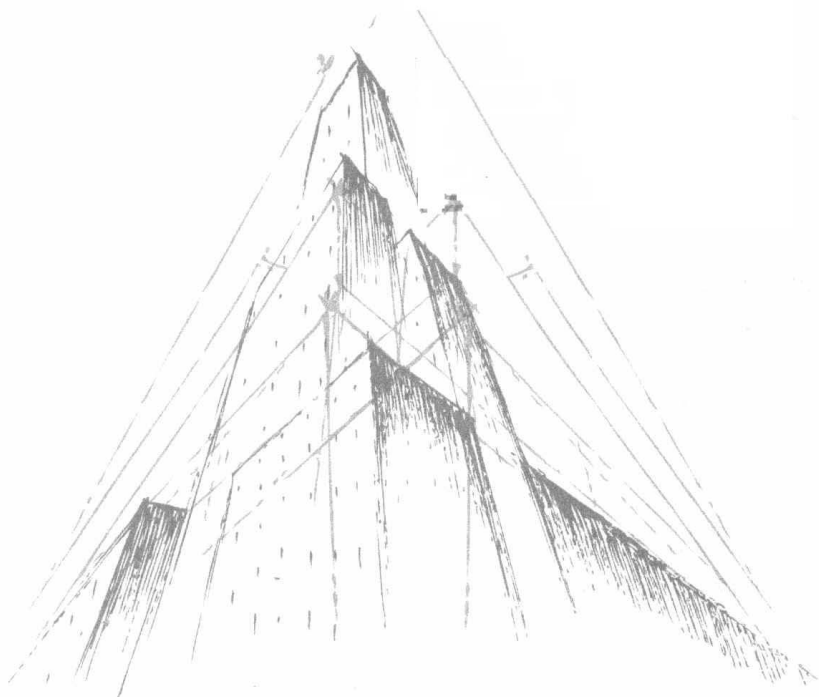
主编 李纪伟 张元文 曹迎春



 燕山大学出版社
 河北大学出版社

可持续 建筑设计概论

主编 李纪伟 张元文 曹迎春
编委 赵 华 徐家兴 高力强



燕山大学出版社
河北大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

可持续建筑设计概论 / 李纪伟, 张元文, 曹迎春主编. — 秦皇岛: 燕山大学出版社, 2018.8
ISBN 978-7-81142-734-9

I. ①可… II. ①李… ②张… ③曹… III. ①建筑设计—概论 IV. ①TU2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 181878 号

可持续建筑设计概论

KECHIXU JIANZHU SHEJI GAILUN

责任编辑: 柯亚莉 刘 婷

封面设计: 杨艳霞

责任印制: 靳云飞

出版发行: 燕山大学出版社 河北大学出版社

印 刷: 河北纪元数字印刷有限公司

开 本: 170mm×240mm 1/16

印 张: 8.25

字 数: 139 千字

版 次: 2018 年 8 月第 1 版

印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81142-734-9

定 价: 28.00 元

前 言

20 世纪 70 年代爆发了一场世界规模的能源危机，人类开始逐渐意识到地球上的物质资源日益匮乏，生态环境持续恶化，可持续发展的观念开始深入人心。进入 21 世纪后，我国的经济开始飞速发展，资源环境状况开始恶化，赤潮频发，冬季雾霾严重，这些已经严重威胁到我国人民的健康和国家的发展。可持续发展理论逐步得到人们的重视，可持续发展追求的是人与自然的和谐发展，在人类发展的同时不影响自然环境。在这种观念的指导下，可持续建筑理论诞生并得到发展。可持续建筑并不单单是一种建筑形式，而是人类对待生活的一种态度，是生存境界的一种追求。

我国目前正处于工业化、城镇化、信息化快速发展的关键时期，农村人口大规模迁移到城市，城市人居环境面临前所未有的压力。党的十八大做出“大力推进城市生态文明建设”的战略部署。2016 年十二届全国人大四次会议，国务院总理李克强作的政府工作报告中提出“十三五”规划中要积极发展建设“绿色生态城市”。“绿色生态城市”包括“绿色观”和“生态观”，这正是可持续发展的核心要素，可持续发展不仅要注重生态层面的发展，同样需要注重人文层面的发展。因此建筑同样需要关注这两方面，在生态方面，建筑面对的是自然环境的可持续性；在人文方面，则是关注影响社会发展的关键问题。我国目前的主要社会问题是人口结构的“老龄化”，因此可持续建筑需要着重考虑这两方面的问题。那究竟什么是可持续建筑？可持续建筑设计到底如何做？这些问题将在本教材中找到答案。

本教材适用于建筑学、景观设计、城市规划等专业的本科教育与学习。

目 录

第一章 概论	(1)
一、可持续发展观产生的背景	(1)
二、可持续发展观	(1)
三、生态建筑、绿色建筑和可持续建筑	(2)
四、设计策略	(3)
第二章 太阳能与可持续建筑设计	(4)
一、太阳能建筑的定义	(4)
二、太阳能建筑的分类	(4)
三、OM 太阳能系统	(5)
四、太阳墙系统技术	(8)
五、光伏发电与建筑一体化设计	(10)
六、太阳能制冷系统	(13)
七、太阳能建筑设计原则	(17)
第三章 其他可再生能源与可持续建筑设计	(28)
一、风力发电与建筑一体化设计	(28)
二、水源热泵技术概况	(33)
第四章 自然采光与可持续建筑设计	(40)
一、建筑自然采光的的历史	(40)
二、建筑自然采光的意义	(42)
三、建筑形式与自然采光设计	(45)
四、窗口形式对自然采光的影响	(46)

五、中庭对自然采光的影响	(59)
六、建筑自然采光设计原则	(60)
第五章 绿化与可持续建筑设计	(68)
一、平屋顶绿化	(68)
二、坡屋顶绿化	(80)
三、建筑立面垂直绿化	(82)
四、室内绿化	(87)
五、建筑立面垂直绿化的基本设计手法	(90)
六、建筑绿化的设计原则	(106)
第六章 老龄化与可持续建筑设计	(112)
一、老龄化社会概述	(112)
二、老龄化与老年宜居环境建设	(113)
三、养老居所室内装饰设计的原则和理念	(114)
四、养老居所室外环境设计的原则和理念	(116)
五、养老居所无障碍设计原则	(118)
参考文献	(120)
后记	(124)

第一章 概论

一、可持续发展观产生的背景

工业革命给我们带来了巨大的进步，使我们的生活发生了翻天覆地的变化，人们用上了电灯、坐上了汽车……但是与此同时，工业社会也给我们带来了深重的灾难，人类居住环境日益被破坏、气候逐年变暖……于是产生了人口、能源、土地、建房、环境五大危机。

截至 2016 年 10 月，世界人口总量已经超过 72 亿，据世界人口基金会统计，平均每秒出生 4.3 个人，每 4 天近 149 万人，每年净增 8000 万人。按照目前的发展速度，预计到 2050 年人口可能超过 120 亿。随着人口的不断膨胀，将会引发一系列的问题。尤其是现代社会，一个人的出生、成长、学习、工作等所涉及物质生活和精神生活需求不断增长，必然连锁反应地出现能源、土地、建房、环境的危机。所以，人类必须自控，以抑制对资源的消耗和环境的破坏，在此背景下，提出了可持续发展观。

二、可持续发展观

可持续发展的概念来源于生态学，针对的是资源与环境，可以理解为保持或延长资源的生产使用性和资源基础的完整性，意味着使自然资源能够永远为人类所利用，不至于因其耗竭而影响后代人的生产和生活。比较完整的定义是：“不断提高人群生活质量和环境承载力的、满足当代人需求又不损害子孙后代满足其需求能力的、满足一个地区或一个国家的人群需求又不损害别的地区或别的国家满足其需求能力的发展。”可持续发展观追求的是人与自然的和谐，其核心思想是关注各种经济活动的生态合理性。

具体来讲可持续发展的观点包括：

(1) 可持续发展需要审计使用能源和原料的方式，力求减少损失、杜绝浪费并尽量不让废物进入环境，从而减少单位经济活动造成的环境压力。

(2) 可持续发展以提高生活质量为目标，同社会进步相适应。而社会进步是以自然资源为基础，同环境承载能力相协调。减少自然资源的耗竭速率，使之低于资源再生速率。

(3) 可持续发展承认自然环境的价值。这种价值体现在环境对经济系统的支撑和服务方面，也体现在环境对生命保障系统的不可缺少的存在方面。

(4) 可持续发展的实施强调“综合决策”和“公众参与”。

可持续发展是一种从生态系统环境和自然资源角度提出的关于人类长期发展的战略和模式。它特别指出环境和自然资源的长期承载能力对发展进程的重要性以及发展对改善生活质量的重要性。可持续发展的概念从理论上结束了长期以来把发展经济同保护环境与资源相互对立起来的错误观点，并明确指出了它们应当是相互联系和互为因果的，也是可以统一协调的。

三、生态建筑、绿色建筑和可持续建筑

生态建筑、绿色建筑和可持续建筑，是现代社会建筑界发展的一个趋势。但其之间究竟有什么联系和区别呢？从定义来看，生态建筑是天、地、人和谐共生的建筑，重点是处理好人与自然、发展与保护、建筑与环境等关系，切入点是生态平衡；绿色建筑是指在建筑生命周期内，消耗最少资源和能源、制造最少废弃物的建筑物，切入点是绿色环保；可持续建筑是指自然资源减量循环再生、能源高效优化组合、人居环境健康安全、生态系统平衡运行的建筑，切入点是资源、能源循环再生。

可持续建筑是指在建造、运营和拆除的全寿命期间，对环境的负面影响最小、经济和社会效益最佳的建筑，它是可持续发展不可分割的一个组成部分。可持续建筑应当立足于综合环境效益的提高，提供给人们一个经济、舒适，具有适宜环境与人文关怀的场所。

可持续建筑的核心内容主要是节能、节地、节水、节材与生态环境保护等。从这个意义上讲，绿色建筑、生态建筑、可持续建筑的基本内涵是相通的，具有某种一致性，是具有中国特色的可持续建筑理念。

根据国际能源机构统计,石油、天然气和煤炭这三种人类使用的主要能源的可开采年限,分别只有40年、50年和240年。所以,开发新能源已成为全球可持续发展的当务之急。

新能源是指以新技术为基础,系统开发和利用的能源。当代新能源是指氢能、太阳能、生物质能、风能、地热能、海洋能等。它们的共同特点是资源丰富、可以再生、没有污染或很少污染。研究和开发清洁且用之不竭的新能源,是21世纪发展的首要任务,将为人类可持续发展做出贡献。

四、设计策略

1993年美国国家公园出版社出版的《可持续发展设计指导原则》提出了可持续发展的生态建筑的设计细则:

- (1) 重视对设计地段的地方性、地域性理解,重视地方场所的文化脉络。
 - (2) 增强适用技术的公众意识,结合建筑功能要求,采用简单合适的技术。
 - (3) 树立建筑材料蕴能量和循环使用的意识,在最大范围内使用可再生的地方性建筑材料,避免使用高度能耗、破坏环境以及带有放射性的建筑材料,争取重复利用旧的建筑材料、构件。
 - (4) 对当地的气候条件,采用被动式能源策略,尽量应用可再生能源。
 - (5) 完善建筑空间使用的灵活性,以便减少建筑体量,将建设所耗的资源降至最少。
 - (6) 减少建筑过程中对环境的损害,避免破坏环境、资源浪费以及建材浪费。
- 本书将从太阳能与可持续建筑设计、其他可再生能源与可持续建筑设计、自然采光与可持续建筑设计、绿化与可持续建筑设计、老龄化与可持续建筑设计五个方面开展。

第二章 太阳能与可持续建筑设计

太阳能建筑是一个古老而又常新的课题。近代对其研究的兴起始于 1973 年的石油危机，在 20 世纪 70 年代末 80 年代初形成高峰。随着太阳能利用科技水平的不断提高，太阳能建筑已经从太阳能采暖建筑发展到可以集成太阳能光电、太阳能热水、太阳能吸收式制冷、太阳能通风降温、可控自然采光等新技术的建筑，其技术含量更高，适用范围更广。

一、太阳能建筑的定义

太阳能建筑是指在一定的太阳能利用技术和建筑技术水平条件下，在建筑设计之初通过合理的布局、巧妙的安排，综合考虑各种因素（地点、气候、太阳能资源、技术条件、材料……）将太阳能利用融入建筑之中，使建筑具有利用太阳能为建筑提供供暖、照明、制冷等全部或大部分能耗能力。

二、太阳能建筑的分类

根据利用太阳能的方式不同，可分为主动式太阳能系统和被动式太阳能系统。根据建筑中使用的太阳能系统的不同，可分为主动式太阳能建筑、被动式太阳能建筑、混合式太阳能建筑。

主动式太阳能建筑是由太阳能集热器、热水槽、泵、散热器、控制器和贮热器等组成的采暖建筑或与吸收式制冷机组成的太阳能空调建筑。它与被动式太阳能建筑一样，围护结构应具有良好的保温隔热性能。

主动式太阳能建筑是通过高效集热装置来收集获取太阳能，然后由热媒将热量送入建筑物内的建筑形式。它对太阳能的利用效率高，不仅可以供暖、供热水，还可以供冷；而且室内温度稳定舒适，日波动小，在发达国家应用非常

广泛。但因为它存在着设备复杂、先期投资偏高，阴天有云时期集热效率严重下降等缺点，在我国长期未能得到推广。

被动式太阳能建筑是通过建筑朝向和周围环境的合理配置以及建筑材料和结构的恰当选择，依靠房屋本身来完成集取、储存和分配太阳能的建筑形式。它的优点是建造技术简单、先期投资少；但它对太阳能的利用效率低，冬季室内温度较低且温度日波动大，室内舒适性差，难以满足人们对房间舒适度的要求；加之所需集热体面积大，浪费建筑空间，无法应用于多层及高层建筑。因此，尽管专家学者一再大力推广被动式太阳能建筑，在城市中却始终无法推广开来。

三、OM 太阳能系统

OM 太阳能空气加热系统，是东京艺术大学名誉教授奥村昭雄于 20 世纪 80 年代发明的一种空气集热式太阳能住宅体系，经过不断地改善，已发展为一套空气加热与热水利用相结合，并与建筑进行一体化设计的完善系统。OM 太阳能系统与我们常说的太阳能热水器、被动式太阳能空气集热系统不同，是一种多功能的太阳能利用系统，能进行建筑采暖、降温 and 提供生活热水，可以与太阳能光电板相结合提供系统中水泵和风扇的动力。该系统与住宅有机地组合成为一个整体，其技术相对于其他常规被动式太阳能采暖系统（如直接受益、集热蓄热墙、日光间等）。虽然较为复杂，但使用简便，在日本已发展成为一项太阳能与建筑一体化的成熟技术，主要应用于住宅、学校、办公、幼儿园等低层建筑中，最近又应用于温室种植、农产品干燥等项目中。OM 系统在国内应用范围还比较小，处于起步阶段。

（一）OM 系统的技术特点

OM 太阳能空气加热系统包括空气加热与热水利用两套分系统，主要有太阳能集热组件、通风系统、热水系统和控制元件四部分。太阳能集热组件主要是深色金属吸热板、玻璃板、绝热层。通风系统包括空气间层、集气道、风道、风扇和进、出风口。热水系统主要由水箱、热媒循环管、水泵、膨胀箱组成。

OM 太阳能集热系统以空气为热媒，避免了以水为热媒时可能产生的荷载大和漏水现象。热量的收集是通过屋顶上的太阳能空气集热系统来完成的。屋面面层与底层之间留有狭窄的通风间层，面层靠近屋檐处采用深色金属吸热板

覆盖空气间层，接近屋脊处则采用钢化玻璃盖板，室外空气从屋檐下的进风口引入，流经间层时首先被深色吸热金属板加热，空气向上流动温度逐渐升高，为减少热损失和提高集热效率，间层的上部采用钢化玻璃盖板，形成类似特朗伯墙的集热方式，最后热空气上升进入屋顶最高处的屋脊集气道，进入空气控制箱。空气控制箱由进气闸、出气闸、热水盘管和风机组成，用来控制空气的流向，冬季打开进气闸可使热空气送入室内进行采暖，夏季打开出气闸可使加热热水盘管后的气流通过出气口直接排向室外。

OM 太阳能空气加热系统与建筑的一体化体现在集热、蓄热、用热三方面：

集热方面 OM 太阳能空气加热系统以轻质龙骨作为连接件，把金属集热板与玻璃板固定在屋顶基层上，横向龙骨架空一定高度，形成空气间层。深色金属集热板自身具有抗压、抗弯、防水、吸收太阳辐射等物理性能，与传统的屋顶构造做法相比，OM 太阳能空气加热系统的集热屋顶可以省掉覆盖层和防水层，金属板屋面同时具有围护、防水、集热三重功能。屋面设有保温层，可以作为屋顶结构的保温层同时作为集热组件的绝热层，既保证冬季建筑内部热量的较少流失和夏季外部热量的流入，同时防止空气间层内热空气热量的流失。

蓄热方面 OM 太阳能空气加热系统中空气本身作为热媒，系统自身没有储热装置。它具有热水利用系统，利用水体来存贮太阳热量，以热水的形式使用；另外蓄热系统与建筑重质结构一体化设计，利用架空地板下面的混凝土层和承重墙体作为蓄热体。日间阳光充足的时候，屋面加热的部分空气沿风道进入底层地板下的架空空间或承重墙体的夹层空间，将热量蓄积于铺设在地面结构层上的混凝土垫层或重质墙体。夜晚，建筑重质结构所储存的热量通过辐射继续向室内放热，提供建筑夜间的全部或部分热负荷。OM 太阳能空气加热系统蓄热组件通过与建筑主体结构一体化设计，利用热惰性较大的楼地板、承重墙体等主体结构，满足 OM 太阳能空气加热系统蓄热方面的要求，节约材料、空间，物尽其用。

用热方面 OM 太阳能空气加热系统主要应用在低层建筑中，在建筑设计之初，就将热空气的分配、风管的设置、出风口的位置结合建筑的使用特点进行一体化设计。在建筑墙体中设置风道或埋管，解决热空气的垂直传送问题，节省室内空间，简化装修。利用建筑底层地板的架空空间，解决热空气的水平传送问题。出风口设置在地板或勒脚等部位，从建筑底部对建筑进行送风，与装修同时设计，使室内设计风格统一、简约，达到太阳能技术与建筑的完美结合。

(二) OM 系统的设计原则

OM 系统已经形成一套完整的设计方法,设计从建筑的热平衡的角度出发,考虑集热、蓄热、保温等三要素。将三要素综合考虑提高建筑物的热性能,协调集热、蓄热、热损失三者的关系。主要可以从下列三方面进行考虑:

(1) 统计获得热量。依据当地太阳能资源可利用的数量,统计能够获得多少热量,计算室内温度。

(2) 选择合理蓄热方式。依据内墙、地板、天花板等均可作为蓄热体使用,考虑这些构件的材料如何选择。

(3) 分析维持建筑所需的基本热量需要应用何种等级的保温系统,选择合适的门窗和保温形式。建筑应根据地域的特殊性和个性设计的要求,灵活变化,从形式、结构、布局上适应当地的环境,满足使用者的需求。

OM 系统有一套计算机模拟设计软件,可以分析建筑的热反应特性。该软件通过收集气象资料,建立建筑材料热性能(包括热桥在内的综合传热系数)的数据库,掌握建筑维护结构的热损失情况,能够迅速准确地分析不同地区的各种建筑用热情况及能源需求。

OM 太阳能系统依靠计算机仿真设计软件作为设计的有力工具,可以从众多的选项中寻找切实可行的解决方案,这是 OM 太阳能设计的核心。在集热蓄热方面这套软件可以计算屋面的集热温度、热水温度,还可以计算出墙壁地板等蓄热体能存储的热量;在保温方面可以对建筑进行严密的保温和气密性的设计,计算出室内各处的温度变化,可以根据室外风环境推算出实际换气量,并且在太阳能辐射量不足时可以预测需要多少辅助采暖。

该软件的计算主要通过三步来完成:

第一步,输入当地的气象资料和建筑设计方案中地板和墙壁等构件的材料,输入窗户的位置和大小及保温性能等相关数据,输入使用者的生活习惯,这些因素都会影响到计算结果。

第二步,进行室内热环境计算,软件依据气象资料 and 设计方案可以计算出住宅的保温性能、房间温度和所得热量,可以计算出从房间各个部位流失到室外的能量,在计算机中模拟显示住宅的热量收支状况和室内热环境,甚至可以显示某一特定时间的房间温度。

第三步,在计算机仿真模拟结果的基础上,设计师将对设计方案进行反复推敲校正,通过多次计算,得到最佳效果。

四、太阳墙系统技术

太阳墙 (solar wall) 系统是由加拿大 Conserval 工程公司发明的一种太阳能空气热利用系统, 该系统于 1982 年首次应用于福特汽车公司加拿大分公司厂房上, 其应用历史已经有 36 年了。这个新颖而独特的太阳能技术已被广泛应用在需要大量通风换气的各类建筑物中, 它是世界上最高效的太阳能收集和利用技术之一。目前大约有 25 个国家和地区使用这种太阳能利用系统。该系统于 2004 年底引入中国, 至今十多年时间, 但是由于设计人员缺乏对该系统的了解, 应用还没有推广开。

(一) 系统组成

该系统由集热和气流输送两部分系统组成。集热系统包括太阳墙板、遮雨板和支撑框架。气流输送系统包括风机和管道。

太阳墙板材是由 1~2 mm 厚的镀锌钢板或铝板构成, 外侧涂有强烈吸收太阳热、阻挡紫外线的选择性涂层, 最常用的是黑色或深棕色。为了使建筑美观或者协调其色彩, 也可以使用其他颜色。当然, 主要的集热板需要采用较深的色彩, 而装饰板或顶部的饰带可以适当采用其他颜色。

墙板的特殊之处在于板材上打有孔洞, 孔洞的大小、间距和数量应根据建筑物的使用功能与特点、所在地区纬度、太阳能资源、辐射热量进行计算和试验确定。这样才能保证通过孔洞流入的空气量和被送入距离最近的风扇的空气量, 以使气流持续稳定均匀并使空气通过孔洞获得最多的热量。接近顶部处或其他不希望有空气渗透的地方, 可使用无孔的同种板材及密封条。

板材一般是由钢框架支撑的, 钢框架使用自攻螺丝或预埋件固定在建筑外墙之上。新风量应根据建筑设计要求来确定。如果不能确定新风量的大小, 则应最大限度地增加南墙面上的集热板面积。一般情况下, 每平方米的太阳墙每小时可以加热 22~44 m³ 的空气。

(二) 系统原理

太阳墙板材覆于建筑外墙的外侧, 与墙体的间距由计算决定, 一般在 200 mm 左右, 形成的空腔与建筑内部通风系统的管道相连, 管道中设置风机, 用于抽取空腔内的空气。

冬季, 太阳墙板在太阳能的加热下升温, 室外空气通过小孔时被墙板加热,

而后受热压作用上升，被风机抽入室内，通过通风系统将加热后的新风送入各个房间，墙板底部不密封，这样可以保持太阳能墙体内腔的干燥，并有利于排水。到了夜间，房间内的热量会通过墙体向外流失，到达太阳墙体后又被吸收，通过风扇运转被重新带入室内，这样既保持了新风量，又减少了建筑的热量损失。

夏季，虽然太阳能板依然会被加热，但是太阳墙上部的通风口会打开，通向室内的风口会关闭，热空气直接从通风孔排出，不会给室内造成多余的热负荷。

（三）系统特点

太阳墙由于使用多孔波形金属板集热与室内送风系统相结合，与传统的被动式集热器相比，有着自己独特的特点。

1. 集热效率高

从一般常识的角度来考虑，风会带走金属太阳墙板吸收的大部分热量。实际上，风反而可以把空气推向集热板，有利于墙板吸收热量。研究人员对这种特殊的集热构件进行了检验和测试，结果表明，风只能带走集热器表面的很薄的一层空气，大部分热量会被金属表面吸收，太阳墙可以利用辐射到表面的太阳能的 80%。

2. 新风系统

目前的建筑为了达到冬季节能的目的，在冬季都是密闭的，这样获取新鲜的空气与保持适宜的室内温度成了一对矛盾。太阳墙系统巧妙地解决了这一矛盾，系统把预热的新鲜空气通过送风系统输送到室内，这样节能与新鲜空气可以同时兼得，更加有利于保持使用者的身体健康。这是比传统的特隆布墙更具优势的地方，另外由于与空调系统结合，新风的风速流量很容易控制，还可以将热空气送到房间的任意一个角落，使得北向房间也能利用到太阳能。

3. 经济效益

太阳墙系统使用的波形金属板可以与建筑外墙装修合二为一，可以节省外装修的费用。与传统采暖方式相比，每平方米集热器可以节省采暖费用 70~200 元。根据实际经验，一般项目的投资在 3~5 年可以收回。

4. 应用广泛

太阳墙系统与建筑一体化程度较高，集热板可以直接作为建筑的外立面；太阳能利用效率高，可以应用于各种需要辅助采暖的房间，特别适合需要补充新鲜空气的建筑，现在已经应用于工业、商业、居住、办公、学校、仓库等多

种建筑之中。该系统由于不需要湿作业，施工简便，非常适合旧建筑的改造。

（四）系统设计原则

1. 太阳墙板的安装位置

一般来说，太阳墙板选择安装在南墙面，可以考虑正南方向偏东或西 20° 以内安装。如果没有合适的南墙面，西墙和屋顶也可以考虑，如果整个建筑耗能较大可以考虑在这三个位置同时应用。如在屋顶安置，坡度不应小于 20° ，经常下雪的地区坡度不应小于 45° ，以便使积雪滑落。

2. 与建筑外观合理协调

墙板的可选色彩比较多，建筑师可以根据设计进行不同的选择，墙板非常具有现代的特色，可以与玻璃幕墙、铝板等现代建筑材料组合使用达到较好的效果。在新建筑中，太阳墙板可以替代传统的外装饰材料，并且具备传统装饰材料很难具备的优越的保温性能优势，而且寿命高达几十年，不需要维护。在旧建筑改造中，太阳墙板集热器可以很方便地安装在原有建筑的墙面和屋顶上。在实际使用太阳墙板时，要尽量注意，所选太阳墙板的颜色与其他外装饰材料颜色的合理搭配以及建筑外貌的和谐统一。

另外，还必须注意，为了能使热空气被距离最近的风机带走，在太阳墙板与建筑外表皮之间必须有一定的空气间层。如果风机吸入口较多，间层厚度可以减小。适应较低气流流速的间层厚度不能适应高的空气流量的需要，因此如果需要较高的空气流量，太阳墙板需要安装得离屋面或外墙稍远一些。

五、光伏发电与建筑一体化设计

（一）太阳能光伏发电概述

光伏技术可直接将太阳的光能转换为电能，用此技术制作的光电池使用方便，特别是近年来微小型半导体逆变器迅速发展，促使其应用更加广泛。

太阳能电池的种类与特点：

1. 单晶硅电池

单晶硅电池效率最高，商业化生产单晶硅电池效率达 $16\% \sim 18\%$ ，实验室效率达 30% ，但生产工艺复杂，成本居高不下。

2. 多晶硅电池

多晶硅电池效率较高，商业化生产多晶硅电池效率达 $14\% \sim 16\%$ ，实验室

效率达 20.3%，生产成本较低，适合大规模生产。

3. 薄膜电池

非晶硅电池是第一个商业化生产的薄膜太阳能电池。成本较低，目前非晶硅太阳能电池及组件达到的最好的稳定转化效率为 10%~12%；商业化生产稳定效率为 6%~7%。

(二) 太阳能光伏发电系统

1. 独立式太阳能发电系统

在独立式系统中，白天产出的多余电能储存在电池组中以备夜间及昏暗多云天气时使用。

2. 并网式太阳能发电系统

当有电网时，就不需电池组储能了。晴朗的白天，多余的光电能出售给公用事业系统；夜间，电网则释放电能。实际上，电网相当于一个大蓄电池，它可使光电系统所有者和许多电力公司都受益，因为时常是酷热晴朗的夏日最需要电网，这样夜间电力公司就有足够的储存能量去出售。

(三) 建筑光电一体化系统 (BIPV)

光电系统为建筑供能有很多种方式：从远离建筑的光电场到作为建筑结构的一部分。一些公用事业公司通过大型中心光电场来增大他们的电能，而另一些电力公司则通过建立靠近用户的小型光电场达到这个目的。有的光电阵列集电板布置在毗邻建筑的地方，有的被置于屋顶上，或者干脆整个结合到建筑的围护结构中。在这种情况下，建筑光电一体化系统就应运而生，简称 BIPV。

1. 光电组件

光电组件有很多型号、样式和颜色。多晶硅元件是美丽的蓝色，与晶状结构结合形成迷人的图案。大多数薄膜光电组件是深褐色的，其中一些很柔软，适合用于曲面表面。目前已有金色、紫色、绿色的组件问世。

2. 光电阵板的朝向和倾角

要想最大限度地获取太阳辐射，必须使集电器与太阳辐射方向垂直。由于太阳的运行轨迹每天和每年都在变化，所以只有双轴跟踪式集电器才能在全年最大限度地达到要求。

通常，最佳朝向为正南方，但这样会损失从东南 20°到西南 20°范围的小部分辐射。然而，日负荷能力会影响到建筑的实际朝向。比如小学上课时间为上午到下午这段时间，光电阵板朝向为东南 30°较为合适，如果上午有雾的话，朝