

科普丛书（能源之一）

被动式太阳能

THE PASSIVE SOLAR ENERGY BOOK

甘肃省科协普及部 编印
甘肃省科普创作协会

被 动 式 太 阳 能

〔美〕EDWARD MAZRIA 著

王力祖 严溢江 译

刘鸿滨 校

甘肃省科协普及部
甘肃省科普创作学会

一九八三年七月

封面设计：康兴德

被动式太阳能

〔美〕EDWARD MAZRIA 著

王力祖 严溢江 译

刘鸿滨 校

兰州新华印刷厂印刷

前 言

为了做好科学普及和技术推广工作，帮助广大干部、群众学习、掌握和运用科学技术，以适应四个现代化建设的需要，从今年开始，我们组织省科普作协、省级部分学会的会员和科技工作者，将陆续编写农业、林业、畜牧业、水利、医药卫生、能源和遗传学等方面的科学普及读物。简称“科普丛书”。“科普丛书”力求做到理论正确，数据确凿，简明扼要，通俗易懂并具有科学性和实用性。

我们组织翻译的美国EDWARD MAZRIA著的《被动式太阳能》一书，是“科普丛书”能源方面的第一册。本书介绍了太阳能的一般理论和应用，介绍了各种类型被动式太阳能系统的设计和性能计算，提供了被动式太阳能采暖建筑物的设计方法，推荐了合适的材料，提供了为进行精确设计和计算所必需的各种资料和数据。该书深入浅出，通俗易懂，内容丰富，实用性较强，它不仅是一本很好的科学普及读物，而且对于从事太阳能研究的广大科技工作者也有着重要的参考价值。本书由于编印时间仓促，加之对读者的状况缺乏调查研究，难免有不足之处。诚恳希望广大读者，特别是科技工作者给予指正。并踊跃投稿，大力支持《科普丛书》的编写工作。

甘肃省科协普及部

甘肃省科普创作协会

一九八三年八月

目 录

第一章 书的使用	(1)
§ 1.1 这是一本什么样的书.....	(1)
§ 1.2 书的内容.....	(3)
第二章 自然过程	(5)
§ 2.1 太阳和地球.....	(5)
§ 2.2 辐射与物质.....	(12)
§ 2.3 热的特性.....	(19)
第三章 被动式太阳能系统	(26)
§ 3.1 太阳能供暖的方法.....	(26)
§ 3.2 直接收益.....	(27)
§ 3.3 间接收益.....	(38)
§ 3.4 独立收益.....	(50)
§ 3.5 被动式太阳能系统的优点和缺点.....	(52)
第四章 设计方案	(57)
§ 4.1 建筑物的位置.....	(61)
§ 4.2 建筑物的形状和方位.....	(66)
§ 4.3 建筑物的北侧.....	(72)
§ 4.4 内部空间的配置.....	(75)
§ 4.5 出入口的防寒.....	(78)
§ 4.6 窗子的位置.....	(81)
§ 4.7 系统的选择.....	(85)

§ 4.8	适宜的材料	(95)
§ 4.9	太阳窗	(98)
§ 4.10	高侧窗和天窗	(103)
§ 4.11	砖石热储存	(109)
§ 4.12	内部水墙	(121)
§ 4.13	墙壁尺寸的确定	(127)
§ 4.14	墙的细部设计	(133)
§ 4.15	温室尺寸的确定	(144)
§ 4.16	温室的连接	(150)
§ 4.17	屋顶池尺寸的确定	(155)
§ 4.18	屋顶池的细部设计	(161)
§ 4.19	南向温室(独立式)	(167)
§ 4.20	温室的细部设计	(182)
§ 4.21	联合供暖系统	(186)
§ 4.22	阴天的热储存	(190)
§ 4.23	移动式隔热板	(195)
§ 4.24	反射器	(202)
§ 4.25	遮蔽装置	(208)
§ 4.26	外部隔热板	(212)
§ 4.27	夏季冷却降温	(218)

第五章 工具 (218)

§ 5.1	太阳图表	(218)
§ 5.2	太阳辐射计算表	(243)
§ 5.3	遮蔽装置计算表	(251)
§ 5.4	遮蔽掩模的绘制	(254)

附录1.性能计算 (258)

附录2.各种表面吸收太阳辐射能的百分比.....	(303)
附录3.每日平均太阳辐射能量.....	(304)
附录4.北美各地区每日平均温度(°F).....	(318)
附录5.晴天通过不同方位的双层垂直玻璃所获得的太 阳热收益(Btu/平方英尺).....	(330)
附录6.南向垂直玻璃的镜面反射器(反射系数为0.8) 所增加的太阳能收益的百分比.....	(338)
附录7.换算表.....	(340)
结束语.....	(344)

第一章 书的使用

§ 1.1 这是一本什么样的书

本书支持建筑学上一种新的观点。它描述了一种与地点、气候、当地建筑材料及太阳密切相关的建筑形式，这种形式与自然过程有着特殊的关系，它为无穷无尽地供应一种极重要的能源提供了潜力。很明显，这种看法并非完全是新的，因为，自古以来许多地方的房屋建筑总是体现着它与当地气候及太阳变化的特别密切的关系。然而，近年来，出于对一种廉价的、几乎是无穷尽的能源供应的误解，人们在房屋建筑中不再考虑气候和太阳的变化状况了。

二十世纪建筑学的特点，是单纯强调工业技术，而不顾及其它的有利条件。在建筑界，这首先表现在我们所用的诸如塑料和合成材料等建筑材料方面。人们宁愿依靠机械设备来控制室内的环境，也不愿意利用气候和其它自然过程来满足自己对舒适的需要。从某种意义上讲，我们已被复杂的机械系统束缚住了手脚。为了使这些系统能起作用，不得不将窗户关闭起来甚至进行密封。动力和设备的微小故障就会使这些建筑物无法居住。现在，人们很少注意到当地气候和建筑材料的特点和变化。从美国的东海岸到西海岸，人们所看到的基本上是同一种类型的建筑物。

目前，人们对于被动式太阳能供暖和降温系统抱有一种

强烈的、新的兴趣。因为，他们希望生活简单化，而不愿生活复杂化。被动式太阳能系统的概念和使用方法是很简单的，活动部件不多，只需少量的维修工作或者根本不需要维修和保养。同时，这些系统不会产生热污染，因为，它们无需外部的能量输入，也不产生副产品或废物。地球上的各个角落，都能得到一定的太阳辐射量，所以，也就不需要架设昂贵的输电线路和配电网了。

如果建筑物或建筑物的某些部分要配备被动式太阳能系统，那么，在建筑设计的每个步骤中，都要将被动式太阳能的运用包括进去。而一般的主动式太阳能供暖系统却可在某种程度上独立于建筑物的设计建造之外。一旦建筑物设计完成，再想把被动式系统添加到建筑物上去，那将是极其困难的。

迄今为止，建筑师、施工人员和自建房屋者很少使用现有的有关被动式系统的技术资料。因为，这些资料技术性太强，在使用时太麻烦，太费时间。为了实用，这些资料在建筑设计的每一阶段，都需有必要的精确度。这一精确度，将随着设计从计划阶段经过绘制施工详图和制作模型到最后完成设计文件这一过程的进展而不断得到提高。在早期阶段，进行大量的热消耗和收益计算，是没有什么意义的，因为，在完成设计之前，建筑方案还要进行多次的修改。

这本书的主要目的，是使技术资料为所有人都能接受。我们力求把文章写得通俗易懂。我们分别对构成被动式采暖建筑物的各种部件进行解释，并按照易于应用到建筑设计上去的顺序进行了安排。我们想通过书中的插图简单明了地表达技术性很强的资料内容。

这本书不打算用专门的建筑学和工程学的曲线图、符号来代表各种材料和概念，而是用有真实感的插图来说明它们。照片显示了整个系统现在的运用情况，也显示了一些特殊部件的应用情况。

考虑到新的试验和观察可能引起的变化，本书采取了这样的编排方式，它使读者有可能用以后学到的新知识来改进或增加有关被动式系统方面的资料。本书对于被动式系统的每个部份是分别进行论述的，所以，很容易将各种资料补充进去。

在北纬 $28^{\circ}\sim 56^{\circ}$ 之间的任何位置上，均可以使用这本书提供的技术资料。而且，只要将季节简单变换一下，并将真南改成真北，这些资料就能适用于南半球的同一纬度地带。例如在南半球，6月21日是一年中白天最短的一天，12月21日是一年中白天最长的一天。冬季是6、7、8三个月，此时，太阳低低地运行于北方的上空，而不是在南方的上空。

§ 1.2 书的内容

被动式太阳能一书收集了人们为成功地设计被动式太阳能建筑物所需的大部分技术资料，它的内容是按顺序排列的，从有关太阳能的一般理论和应用，到太阳能系统的设计和性能的计算。第二章讲的是太阳能的基本概念、供暖理论和供暖设备。它为理解后面章节提供的资料奠定了基础。第三章介绍了各种类型的被动式太阳能系统。现有的每个系统的建筑实例及其性能数据，为你指出了这些系统对不同气候和地理位置的适应性。第四章提供了被动式太阳能采暖建筑

物的设计方法，目的是使你看了这一章后，能选择可满足你特殊需要的系统，并能确定其尺寸。一旦建筑物及其附属的被动式太阳能系统设计完毕，就可计算它的性能，如果需要的话，还可进行调整。第五章的图表工具涉及到了太阳的方位及其跨越天空的运动，不同方位太阳的光照强度、太阳能收集的障碍以及固定式或移动式遮蔽装置的设计等。最后，在附录中，提供了为精确地设计和计算被动式太阳能系统所需的各种数据。在你阅读本书之前，要切记，一种好的设计常常是由许多种方案综合而成的，而太阳能只是其中的一种。

第二章 自然过程

§ 2.1 太阳和地球

太阳的起源

目前，有关太阳起源的最为流行的理论是：太阳是由一团以氢气为主的气体构成的。

太阳发展的第一阶段是氢粒子的引力收缩。在某个时候，当气团的引力收缩引起了氢粒子间的强烈撞击时，便产生了足够的热，使氢原子核产生聚变，并释放出巨大的能量。氢原子核的聚变或结合会产生氦。这种新的氦原子的质量比先前那些氢原子要小，这是因为，在聚变的过程中，部分质量被转换成了能量的缘故。但释放出来的能量却能够阻碍氢的进一步的引力收缩。气团中第一次的聚变反应，便是太阳的诞生。

太阳的能量输出，要求它以每秒钟 420 万吨氢的速度燃烧，并将质量转换成能量。假定太阳处在氢燃烧阶段已经有 60 亿年了，初看上去，太阳的质量似乎有了巨大的消耗。但仔细观察一下，就会发现，太阳的总质量是 2,200,000,000,000,000,000,000,000,000 吨，而太阳每秒钟的消耗仅仅是其总质量的 0.00000000000000000002%，按照这样的速度，人们可以期望，太阳能够在未来的几十亿年中继续提供辐射能。

太阳辐射

太阳中心部分的热核聚变，以高频率电磁辐射的形式向外释放能量。当前，最为流行的一种理论是，电磁辐射既可以被看作是迅速交替着的电场（或电波）和磁场（或磁波）的组合，亦可以被看作是叫做光子的能量粒子。“辐射”这一词的定义是难于理解和具体化的。但是，上述有关辐射的理论却使我们能够描绘并预言辐射是怎样进行的。辐射能在太阳内核产生时，其温度估计介于华氏18,000,000度~25,000,000度之间（摄氏10,000,000~14,000,000度）。但太阳表面的平均温度却只有100,000°F（5,500℃）。

通过太空传播的能量由不同波长的辐射所构成。电磁辐射是根据其波长来分类的：辐射越强，它的波长越短。辐射以各种各样的波长从太阳表面向外传播，从波长较长的无线电波到波长非常短的X射线和γ射线。

尽管太阳以许多种波长发射能量，但其中某几种波长传播出的能量却比较多。

当平均温度为10,000°F时，太阳以相当高的频率（波长短）辐射出大部分的能量。可见光占从太阳发出的总能量的46%。可见光，亦即人眼能看见的波长，其范围是在0.35到0.75微米（用来测量波长的单位叫微米。它相当于一米的百万分之一或一英寸的0.00004）之间。它是由大家所熟悉的各种颜色组成的，其中有波长较短的紫色（0.35微米），有蓝色、绿色、黄色、橙色，还有波长较长的红色（0.75微米）。百分之四十九的太阳辐射是红外线（在红色以外）。作为一种热可以被人们感受到的红外辐射，是以长于可见光谱中红色末端的波长进行辐射的（长于0.75微米）。太阳辐射的剩余部分以紫外线进行发射，它的波长要比可见光谱中

紫色末端的波长短（短于0.35微米）。所有离开太阳的电磁辐射都以均匀的速度，以辐射射线的形式，通过空间进行传递。它以每秒186,280英里（每秒300,000公里）的光速进行传播。地球与太阳相比，是一个很小的物体，它只不过截取了太阳辐射输出能量的一小部分。可以假设太阳射到地球上来的射线是一组平行光束。地球与太阳相隔约九千三百万英里，它只截取了太阳辐射输出能量的20亿分之一左右，约等于整个人类一年所用总能量的35,000倍。

所谓太阳能常量，就是到达地球大气层外侧的太阳辐射能（即热能），它的数值是每小时每平方英尺 429.2 英国热量单位*（每小时每平方厘米1.94卡）。换句话说，要是我们把一平方英尺的材料放在大气层的外侧，并使其垂直于太阳射线，那么，这一材料每小时就能截获 429.2 英国热量单位的能量。太阳能常量的数值还有着微小的变化，这是因为，尽管地球绕太阳运行的轨道几乎是圆形的，但太阳却不在这个轨道的中心，而稍有偏离。这种微小的变化，对在宇宙空间从事精确计算的科学家来说是重要的，但是，在地球表面上，这一变化显得太微小了，它对于地面建筑物接受太阳热能，几乎没有什么影响。

辐射与地球大气层

地球（包括大气层）所截获的太阳辐射能中，有35%被反射回宇宙空间。一个物体的能量反射被称为该物体的反射率。作为一个整体来看，地球的反射率是35~40%。反射能

* BTU 或 Btu (British thermal unit) — 英国热量单位
(= 252卡)

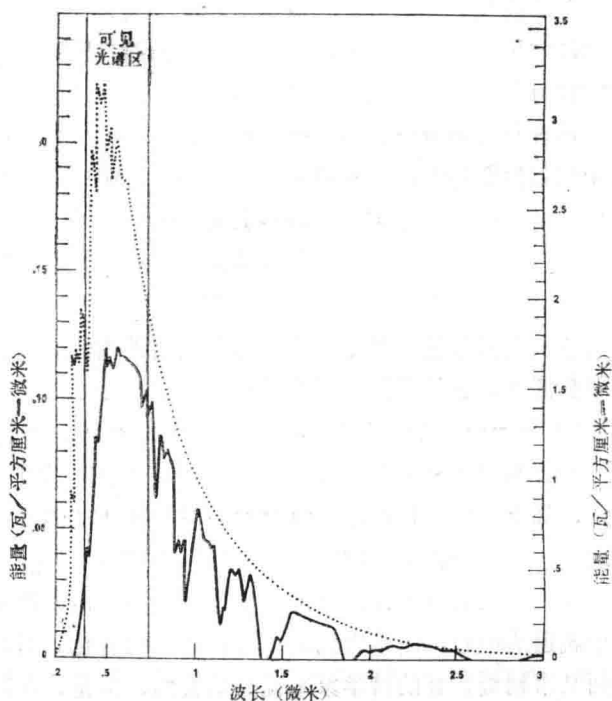


图1 大气顶部和地球表面的太阳辐射波长特性曲线。

量的大部分被云层和大气层中的尘埃反射回了宇宙空间。但是，一部分反射则来自于地球表面上的水、雪和砂。

未被反射的太阳辐射的一部分，当其通过地球大气层时，由于与空气分子和尘埃微粒相互作用而被散射到各个方向，这种被扩散了的辐射的绝大部分，最终又从天空射到了地球上。被扩散的辐射能主要是可见光谱中的蓝色部分，这就是晴朗的天空呈现出蓝色的原因。

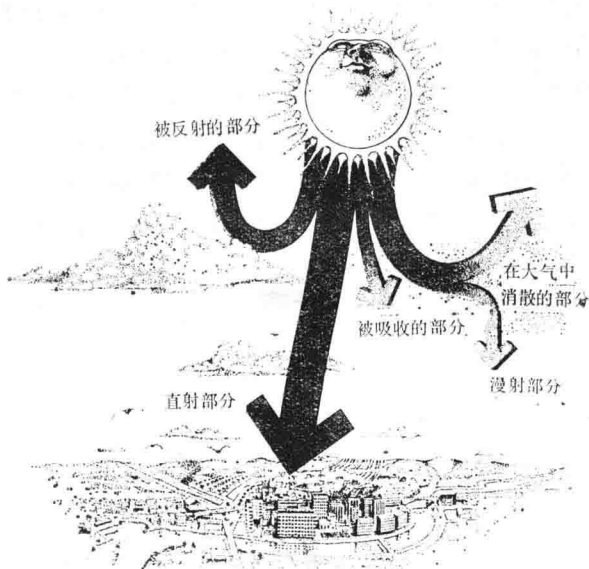


图2 地球大气层截取太阳辐射时出现的情况。

在云层和尘埃扩散和反射了所吸收能量的三分之一的同时，大气中的水蒸气、二氧化碳和臭氧又吸收了另外的10—15%的能量。实际上，在大气层的上部，臭氧将大部分能够到达地球表面的高频率紫外线辐射给消除了。这一点是极为重要的，因为，紫外线辐射能烧伤皮肤，损坏眼睛，甚至中等程度的剂量，就能致人于死命。大气层下部的水蒸气和二氧化碳也能吸收部分辐射能，主要是红外线。

除了大气的组成情况外，决定到达地球表面的太阳辐射能量的最重要因素，是这种辐射所必须穿过的大气层的厚

度。白天，太阳处在头顶上时，其辐射能在到达地表的途中通过的大气层距离最短。当太阳接近地平线（日落）时，辐射能通过大气层的路程就延长了。辐射能必须穿过的大气层或气团越厚，其能量就会因不断增加的吸收和散射而变得越少。当日落时，太阳的辐射能量值非常小，我们甚至能够用肉眼直接观看太阳。随着海拔高度的增加，太阳辐射必须通过的大气层厚度就会减少。因此，高海拔地区的太阳辐射能量值多少要高一些。

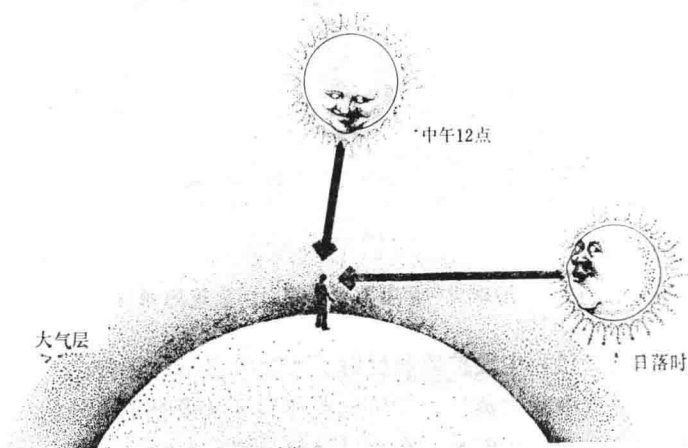


图3 辐射能所穿过的大气层厚度决定着直射阳光的强度

由于地球的倾斜和旋转，太阳辐射所通过的大气层厚度会随着每天的时刻和月份而改变。地球绕太阳旋转的轨道略呈椭圆形，但椭圆程度非常轻微，几乎与圆形没有什么区别。当地球围绕着太阳运行时，每天绕着从北极到南极的轴