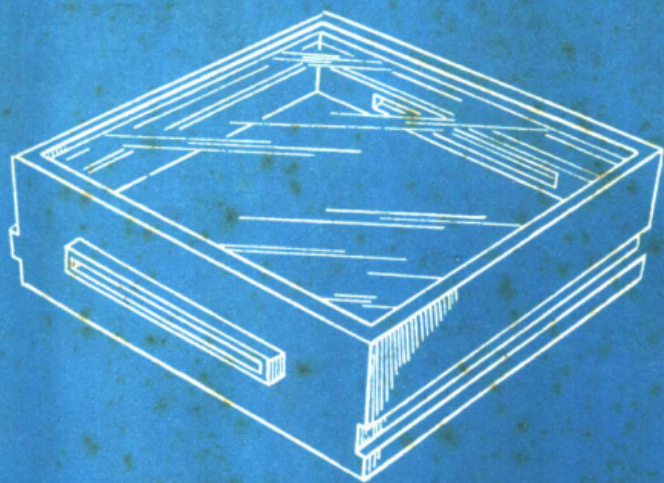




平板型太阳能集热器的 构造和应用

陕西科学技术出版社

平板型太阳能集热器的 构造和应用

(美) J·K·保罗 著

李维材 译

陕西科学技术出版社

平板型太阳能集热器的构造和应用

(美) J.K. 保罗 著

李维材 译

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 西安新华印刷厂印刷

开本850×1168 1/32 印张7.875 字数170,000

印数1—1,300

1982年3月第1版 1982年3月第1次印刷

统一书号: 15202·35 定价: 1.50元

译 者 的 话

本书译自《太阳能采暖与降温——最新进展》一书。原书由引言及九大部分组成，包括1970年至1977年间美国所发布的175个专利。本书仅选译了部分引言及其中三大部分：平板型集热器、涂料和家用热水系统，共67个专利。在太阳能加热系统中集热器是关键，也是价钱最贵的部件，目前世界上使用最多的是平板型集热器，我国也用得较普遍。涂料是集热器中不可缺少的部分。家用热水系统比较切合我国实际。这些资料大体反映了当前美国在这方面的研制状况。它可供我国从事开发和利用太阳能的工作者、基建人员以及技术革新者们在研究、设计时作为参考。本书也是一本利用太阳能的技术交流资料集。书中各章、节的内容并无连续性，译者将其编成章、节仅仅为了分类和查阅之便。但译文中所用图号为了与原书文中保持一致，未作改动。译文除少数略有删节外，尽量保持原文的叙述形式。由于译者水平所限，错误和欠妥之处可能不少，诚恳希望读者批评指正。

本书承蒙国家建工总局设计局技术处张钦楠同志在百忙中加以精心校对，提了不少宝贵意见。同时本书的翻译得到西安市太阳能利用办公室、西北建筑设计院情报组的大力支持和鼓励。译文的插图全部由葛守信同志重新加以绘制。

在此一并表示谢意。

引 言

太阳能是巨大的，并且相对地说是尚未开发的能源，大家都可享受它，但迄今为止仅有少数人利用它。既然美国全部能量消费的25%以上用作建筑物的采暖和降温以及制备热水，那么把从矿物燃料所取得的能量改从其它能源取得，例如从太阳能取得，就会大大地减少国家对矿物燃料的依赖。据预计，到2020年，高达50%的建筑物采暖与降温所需的热能可由太阳能直接提供。虽然新装或重新改造一个太阳能系统要花费不少基建费用，但在大多数地区，这种系统均能节约大部分经常的运转费用，所以人们乐于对这样的系统进行投资；尤其在其它自然资源的价格日益上涨的情况下，更是如此。

正如过去几年所发布的大量专利所示，利用太阳能的技术愈来愈多，最近的发展包括了若干领域。本书就其中两部分加以论述：低温太阳能集热器的构造以及利用这些低温集热器采暖和降温的系统。所讨论的材料是1970年以来发布的175个专利，这些专利阐明了175种方法。

集热器可分为三种基本类型：（1）平板型集热器，它收集但不聚集太阳辐射能。（2）中等性能的聚焦式集热器，它利用曲面把太阳光聚集到热交换装置上，例如聚集到收集管或平板收集器上。这种集热器适用于比平板型集热器略高的温度。

（3）聚集式收集器，它利用大型的曲面聚集器或由许多镜面

组成的聚集器以获得高温，可用于推动蒸汽发电机的涡轮之类。前两种类型可以直接用于建筑物的采暖与降温。本书包括这两种类型的各种构造。平板型集热器相对来说安装简单，但需要大量的集热器才能获得所需的热容量。聚焦式集热器虽略微复杂些，但每单位面积内可供应更多的热量，因此能够更有效的收集太阳能。显然，集热器的选择取决于使用者的需要。

最简单的平板型集热器是由一块玻璃板（或透明板）安装在涂有吸热黑体的平板上构成。透明玻璃的太阳辐射被捕集在平板和玻璃盖之间，并被黑体吸收。黑体吸收后的太阳辐射转化成热能，然后传导给通道中流动着的流体。通道一般布置在透明顶盖和吸收板之间。流体加热后即可用于房屋采暖，制备热水或加热游泳池等。大多数平板型集热器按屋顶安装设计，但其性能仍需不断改进。本书不仅介绍了各种绝热措施、通道布置法和集热器的一些其他用途，还介绍了几种增加吸收性能的方法。此外，本书还包括了几种改善吸收性能的涂料和几种太阳能水加热装置。读者可以从中获得不少启示！

目 录

引言	(1)
----------	-----

第一章 集热器的布置

第一节 分叉细槽式集热器	(1)
第二节 翅状传热板	(5)
第三节 翼板集热器	(8)
第四节 锥形反射体式集热器	(12)
第五节 三棱翅集热器	(15)
第六节 起伏式集热器	(18)
第七节 双层式收集和热交换装置	(21)
第八节 三棱形管式吸收器表面	(25)
第九节 蜂窝夹心板	(27)
第十节 锥形蜂窝集热器	(32)
第十一节 平板上带有间隔部件的集热器	(34)
第十二节 烛心效应的多孔吸热膜	(38)
第十三节 柱状、双壁、带有翅片的金属集热器	(42)
第十四节 柱网支撑的集热器	(45)
第十五节 具有湿度控制装置的集热器	(49)
第十六节 真空室内加支撑的集热器	(55)
第十七节 整体结构的钢制集热器屋面	(60)

第十八节	层压吸收器	(63)
第十九节	从凹凸形渐变成平面形的集热板	(66)
第二十节	轻型吸收器	(69)
第二十一节	异温吸收室	(73)
第二十二节	半柱面的泡沫塑料构造	(78)
第二十三节	平板和聚集相结合的集热器	(81)
第二十四节	平板——焦点式集热器	(83)
第二十五节	置于抛物反射器上的吸收板	(88)
第二十六节	直立吸收器和挑出吸收器同抛物面 反射器的组合	(91)
第二十七节	带有辅助反射器的平板型集热系统	(94)
第二十八节	移动带式的吸收器	(99)
第二十九节	颗粒集热器	(101)

第二章 隔热方式

第一节	适应性强的隔热盖板	(105)
第二节	软、硬绝热体的应用	(108)
第三节	吸热器与管道之间紧密接触的措施	(115)
第四节	透明保温系统	(116)

第三章 管道配置

第一节	用曲线槽定位的管道	(121)
第二节	紧密贴合管道的圆槽	(125)
第三节	倒V形槽	(129)
第四节	盘绕着黑体的管道	(132)

第五节	特定水力半径的输液通道·····	(136)
第六节	用U形曲头钉固定在板上的管道·····	(141)
第七节	使用黑色液体的盘旋式吸收管·····	(144)

第四章 薄膜系统

第一节	液膜式集热器·····	(148)
第二节	基于伯努利原理的液流·····	(150)

第五章 其它

第一节	轻型框座的集热器·····	(153)
第二节	控制对流的装置·····	(157)
第三节	装有透镜的平板集热器·····	(159)
第四节	硅橡胶板或硅树脂板制成的柔性集热器·····	(161)
第五节	具有进、出联结口的标准装置·····	(164)
第六节	玻璃组合板·····	(169)
第七节	邻接式或可伸缩的柱列式布置·····	(172)
第八节	具有分隔室的集热器·····	(179)
第九节	吸收太阳热的管道·····	(183)
第十节	集热器的安装构件·····	(186)
第十一节	可调节的集热板·····	(189)

第六章 涂料

第一节	选择性黑色涂料·····	(190)
第二节	用阳极氧化的铝——硅合金作为吸收体·····	(194)
第三节	板的缺氧的 PbO_2 镀层·····	(196)
第四节	黑镍镀层·····	(199)

第七章 家用热水系统

第一节	装有球面透镜的水加热器.....	(202)
第二节	薄膜式加热“输热液体”的封闭系统.....	(205)
第三节	可在冰冻温度下使用的装有充气弹性管的集热器.....	(209)
第四节	半圆柱型的多元集热器.....	(213)
第五节	贮罐式加热器.....	(216)
第六节	具有存热弯的封闭系统.....	(221)
第七节	柔性拱顶的集热器系统.....	(226)
第八节	水加热装置的差动放大控制系统.....	(230)
第九节	不同温度的太阳能集热器.....	(235)
第十节	活动房屋的遮阳式集热器装置.....	(238)

第一章 集热器的布置

第一节 分叉细槽式集热器

(美国专利4,019,496; R·D·卡明斯;

1977年4月26日)

本装置由于有效地阻止了热能的辐射与对流损失,同时最大限度地把太阳能传送给吸收器,因而实现了太阳能向热能的高效转换。

本法概要:这种太阳能——热能转换器由安装在框座内的太阳能吸收器,一个与吸收器相联接的液体热交换装置(它把所吸收的太阳能以热能方式传输出去)以及一个装在框座上的可透过太阳能的窗等组成。窗与吸收器之间有一定距离,中间装有多壁式热损失减少器,其相邻的壁至少有一部分互相并不平行,构成了第一组向上开口的细长槽与第二组向下开口的细长槽,两者相互交错;壁由可透过太阳能又能吸收热能的材料制成;槽相当窄,以减少热的对流损失;又相当深,以减少热的辐射损失。

在推荐的例子中,热损失减少器是一张折成“之”字形的透明塑料布,相邻折线之间形成细槽。槽的深度至少三倍,但不超过槽的最大宽度的二十倍(最好十倍)。槽的最大宽度不超过0.95厘米。塑料布周边用法兰固定在框座上。第二组槽的闭端折线与窗相接。框座内壁从窗口朝吸收器方向向内收敛。

本法适用于各种温度范围。

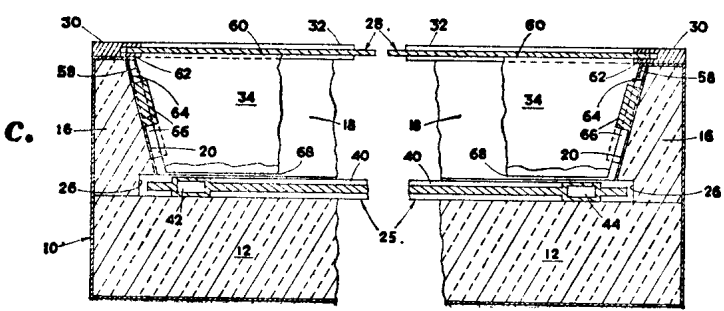
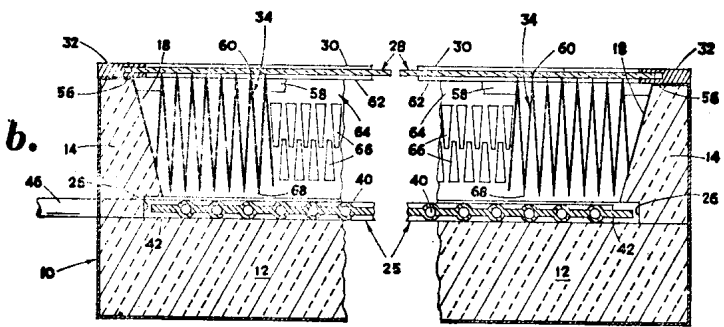
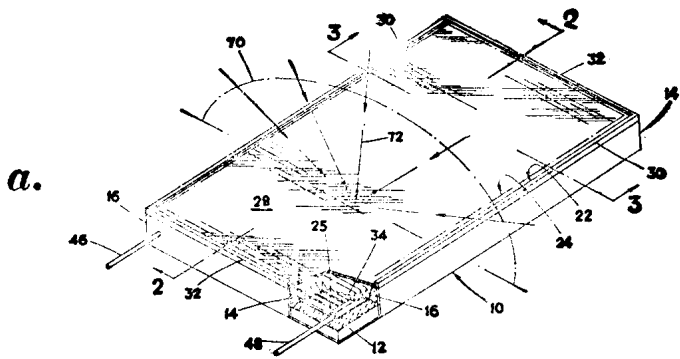
参见图1.1, 1.22米 $\times$ 2.13米矩形框座具有一个隔热底板12和隔热壁14、16, 其内壁18、20倾斜, 使窗面22大于底板的外露面24, 从而提高了效率。吸热器25装在底板12上, 其周边镶嵌在框座凹槽26内。透明窗28与周边槽支撑30、32一起装在窗面22上的框座顶部。褶式捕集器34装在窗与吸收器之间。

吸收器25表面为黑色, 可吸收通过窗口28的太阳能。管道40与总管42和44相接, 后者又和进出口管道46和48连通, 因而液体可流过吸收器把吸收的热量传送到使用处。

捕集器34采用既能高度透过光能, 又能高度吸收热能的塑料制成。它褶叠成一组向窗面28方向开口的楔形槽50, 以及另一组与槽50相交错的向吸收器25方向开口的楔形槽52。末端褶槽54比其它槽浅, 它贴在壁20上, 并有折边56夹于框座与槽32之间。相似的折边58贴在捕集器长边, 并夹于框座与槽30之间。这样一来, 捕集器的顶尖60就抵着窗面28。

在槽30上开小切口62以容纳捕集顶尖60, 定位器64装在壁18上, 它有凸缘66插在相邻的褶片间。定位器与小切口62共同保持捕集器褶片的几何形状。捕集器下端68与吸收器间要有足够的距离, 以使68在工作温度时能自由膨胀。

所示的例子是一种在低温 (例如204℃) 下运行的平板型集热器。槽50的长边延伸方向与太阳在白天掠过天空的弧线70最好安装成大致平行。在运行时大多数入射光线72将以小锐角A射在捕集器34的表面73上。大部分光线将传至吸收器。小量的折射光72a也朝向吸收器, 因为入射角小也即A值小。光线72a将以另一个小锐角B射在对壁74上, 其中大多数光线仍被传送到吸收器, 仅有一小部分72b被反射回73。这种连续的相互



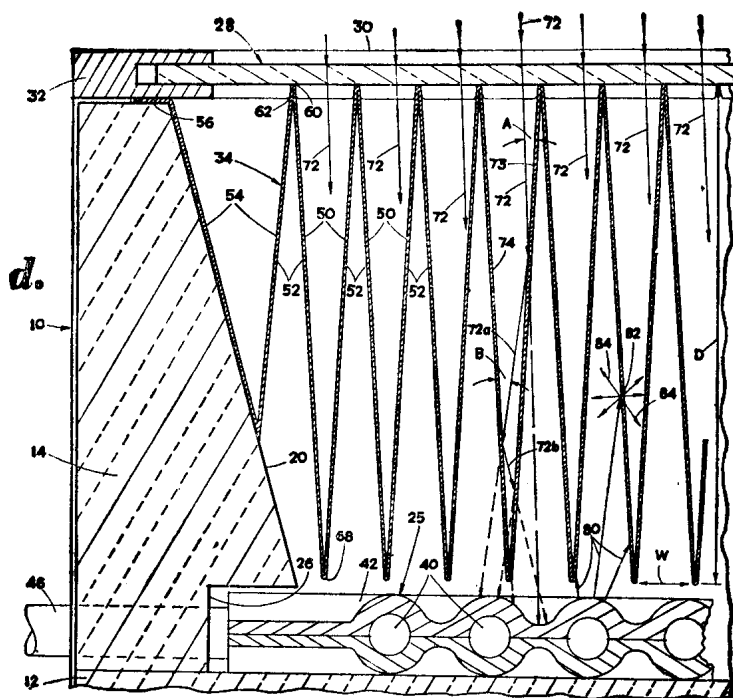


图1.1 分叉细槽式集热器

- (a) 平板集热器的透视图
- (b) (c) 图1.1a的2-2与3-3部分剖面图
- (d) 图1.1b的局部放大图

作用发生在每一个聚集槽50中，直至实际上入射光线的全部能量到达吸收器为止。

当一部分吸收热由吸收器沿线80辐射回槽52时，它为槽壁(例如82)所吸收。82所吸收的一部分热对称地沿线84再辐射，再度被捕集器的壁所吸收。就这样，利用捕集材料的选择性(即按光谱不同，材料吸收光和透过光的性能不同的特性)，加上交错槽的几何形状，使得吸收器能够保留入射光的绝大部

分。此外，捕集器34能够阻止对流也使收集器效率进一步提高。阻止对流的主要原因是：第一，捕集器由连续材料构成，因而在窗面与吸收器之间形成了一道实际上密封的屏障。在这个意义上，它具有第二透明板的优点而没有它的缺点。其次，槽52狭窄的宽度使自然对流的空间很难形成。

第二节 翅状传热板

(美国专利4,019,494; Y·B·萨弗达里;

1977年4月26日)

本专利提供了一种具有翅状吸热传热板的太阳能集热器，它有许多较小的翅片矗立在板面上，组成等距布置的与气流相交的排。其中每排翅片与上一排翅片有一个很小距离的横向位移。

如图1.2a与1.2b所示，本装置由热交换板10构成。热交换板包括平底板11。热交换板的一面装有许多矗立翅片12。底板和翅片均由导热薄板，如铝或其它金属制成。板面需要经过加工（例如抛光），用以提高它对接触气流的导热性。在本例中，翅片系方形或长方形，也可采用其它形状，例如梯形或弓形。这里所谈的翅片尺寸，如翅片长度，指的是平均尺寸。

翅片布置成与气流方向相交的排，最好是垂直相交。虽然每个翅片与底板垂直构成（ 90° 角）最好，但本法也考虑到采用其它的安装角度。翅片排中的每个翅片本身一般都与气流方向相平行，并且在同一排中翅片等距布置。任何一排的翅片（例12）在横向总是位移一个恒值D，位移的方向（即或右或左）在整块板上是不变的。

尽管热交换板上翅片的实际尺寸取决于具体要求，如热负荷、需加热的空气量、空气流所要达到的温度等，但可以确定翅片在板上的间隔与翅片的相对尺寸，如下所述：

当相邻翅片12的间距为 S 时，翅片长度 L 大约是 $0.75S$ 至 $5.0S$ ，最好在 $1.375S$ 至 $4.13S$ 之间；一排翅片与下排翅片间的横向位移约为 $0.1S$ 至 $0.5S$ ，最好在 $0.125S$ 至 $0.375S$ 范围之内。

由图中所示的实例可见，沿空气流方向，一排翅片的边与下一排翅片的边之间并无重叠，即相邻二排翅片的边缘在一条直线上。

由图1.2a可见，底板11的两个相邻边缘上设有连接缘13和14，使许多单个的热交换板可组装起来，只需将底板11的无缘端放在相邻板体的连接缘上即可。这样，就可以把如图1.2a所示的那种板构成任何尺寸的组合热交换面。在图1.2b示出了这种组合体的一个部分，其中每一块板依次用连接缘13和14支撑另一块板或被另一块板所支撑，在这种构造中，可采用任何适当的邻板联接方式，如铆钉、低温焊接、电焊等等。

图1.2c和1.2d绘出一种按本法设计的适用于家庭空调的典型太阳能集热器。如图所示，集热器由侧壁21和底板22所构成的框座及连在框座上的边支撑件23等组成。边支撑件用木材或其它隔热材料制作。

在集热器上部，跨越边壁21之间装一块可透过太阳能的板在板28下装设如图1.2b所示的那种热交换板组件，装置时24（由玻璃、塑料或其它透明材料制成）。板24边沿用隔热垫块26支撑，并用普通螺钉27紧固。在气候较冷的地区，也可以在玻璃板24下很近处设置第二块透明的玻璃或塑料板28。板24与28之间的空气作为一层隔热区，以阻止热量从集热器散失。

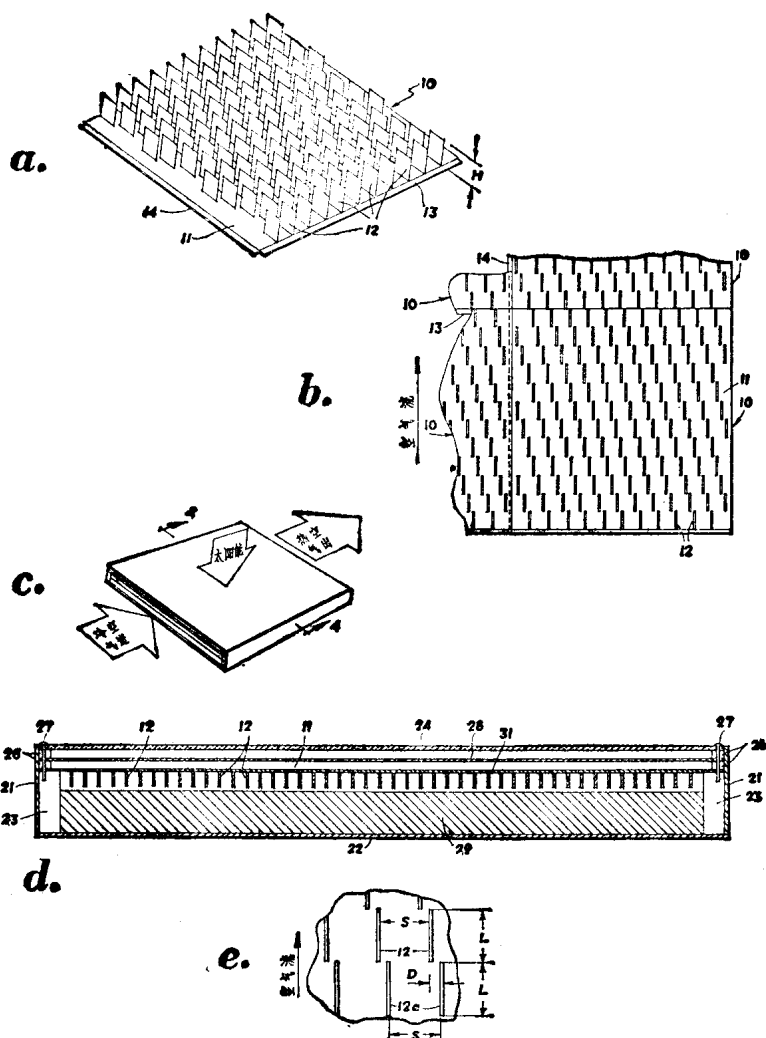


图1.2 翅状传热板

- (a) 热交换等角图
- (b) 板的顶视图
- (c) 太阳能空气加热组件的等角图
- (d) 图1.2c的4—4剖面图
- (e) 板的局部放大详图