

编 号: (81)015

出国参观考察报告

意大利的太阳能利用和研究情况



科学技术文献出版社

出国参观考察报告

意大利的太阳能利用和研究情况

编辑者：中国科学技术情报研究所

出版者：科学技术文献出版社

印刷者：中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

※

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：4 字数：102千字

1982年6月北京第一版第一次印刷

印数：1—3,650册

科技新书目：24—53

统一书号：13176·136 定价：0.62元

目 录

前言	(1)
一、概况	(1)
二、太阳能热利用	(3)
(一) 太阳能热水器	(3)
(二) 太阳能热水器的效率测定及性能鉴定	(21)
三、太阳能制冷与热泵	(23)
(一) CNR制冷技术研究室的太阳能制冷及辐射 冷却研究	(23)
(二) 太阳能辅助热泵	(28)
四、太阳房——太阳能采暖与空调	(29)
(一) 概况	(29)
(二) 主动式太阳能采暖系统	(31)
(三) 被动式太阳能采暖系统	(37)
(四) 太阳能空调	(45)
五、太阳能中央塔式热发电站	(51)
(一) 概况	(51)
(二) 太阳能电站效率及系统概况	(52)
(三) EURELIOS 1 兆瓦太阳能发电站的技术参数	(58)
六、太阳能电池	(59)

意大利的太阳能利用和研究情况

中国科学院太阳能考察组

前 言

根据中意有关协议,中国科学院太阳能考察组一行六人(中国科学院能源研究委员会王世中、中国科学院化学研究所朱秀昌、中国科技大学葛新石、中国科学院广州能源所王泰全、农业部农业工程研究设计院屠云璋、北京太阳能研究所王沛霖),应意大利 CNR(国家研究委员会)的邀请,于1980年10月25日到11月7日对意大利太阳能利用情况进行了考察。考察组先后参观访问了意大利罗马、维罗纳(Verona)、帕多瓦(Padova)、佛罗伦萨(Firenze)、米兰(Milano)、西西里岛的卡塔尼亚(Catania)等地的九个单位的太阳能利用设施,并进行了一些技术交流,此外,还应邀做了“中国能源及太阳能利用研究的有关情况”的报告。现将参观和交流中了解到的情况概述如后,供参考。

一、概 况

太阳能作为一种无污染和取之不尽的巨大能源,正日益为世界各国所重视。虽然目前在许多场合下,太阳能利用的经济性能尚不能与常规能源相竞争,但必须看到,全世界矿物燃料正在逐年减少,其价格年年上涨,而太阳能利用装置的成本则因不断采用新技术和新材料而逐年下降。因此,可以预料,在不远的将来,随着化学燃料(特别是石油)危机的加剧,在许多场合,太阳能将替代常规能源而发挥其重要的作用。

意大利是一个缺煤和缺油的国家,所以,在大力发展核能的同时,非常重视太阳能利用的研究。在西欧诸国中,意大利和法国都是开展太阳能利用研究较早的国家。早在二十年前,意大利米兰的一家公司就生产过一种名为“Somor”的太阳水泵;六十年代后半期,意大利热那亚大学 G. Francia 教授设计并建成了世界上第一座实验性的小功率中心塔式太阳能热力站。基于这个热力站而改进并发展的 G. Francia 型太阳汽锅已为美国佐治亚理工学院的50千瓦太阳能热力试验站所采用。近年来,在历次国际太阳能学术会议上,意大利都提出了相当多的科研报告。

和美、法、西德等国一样,意大利有自己的太阳能发展的国家计划。这个计划由意大利国家研究委员会(CNR)所属全国能源委员会的太阳能计划组所制定。全国太阳能计划负责人是威森汀教授(R. Visentin)。

意大利的全国太阳能研究计划,旨在通过一系列的研究工作,在太阳能的转换和储存等有关科学技术问题方面,取得有益的情报资料,以有利于太阳能利用的发展。参加国家太阳能研究计划的既有国家研究委员会所属的各研究所,也有大学、国营工业部门和私营企业。

这些单位或者个别承担，或者以联合方式共同参加某个项目的研究。凡从事属全国太阳能研究计划的研究项目，国家都给予一定的资助。各单位通过分工协作，发挥各自的特长来完成各种重大计划。鉴于太阳能是一门多学科的综合性的科学技术，因此，国家研究计划的根本目的在于把分散在全国各地的有关力量组织起来，促进它们的合作，避免不必要的重复，及时总结成果，为新技术和新发明尽早投入实用而奠定基础。

近四年来意大利的太阳能研究经费不断增加，具体数字如下：

年份	1976	1977	1978	1979
经费(百万里拉)	230	669	2424	3881
折合人民币(万元)	38.3	111.5	404	646.8

意大利的太阳能国家研究计划目前共有93个项目，其中既有密切结合意大利本国情况的应用课题，也有对太阳能利用发展起重大作用的基础研究。93个项目可归纳为十个方面：

1. 材料和热物性。重点研究吸热板和透明盖板的热辐射性能及储热材料的热物理性质。共13个项目。

表 1

序	单位名称	地点	主要研究内容
1	城市服务总局 AGSM	维罗纳 Verona	1. 各种热水器的效率测定；2. 热水系统的效率测定； 3. 以太阳能为热源的热泵系统；4. 以主动加热为主、 被动加热为辅的太阳能游泳池；5. 以太阳能热水器— 热泵为主、被动加热为辅的温室。
2	国家研究委员会 制冷技术研究所 LATEF	帕多瓦 Padova	1. 气象、日照资料的观测及研究；2. 太阳能制冷和 辐射致冷；3. 太阳能热水器的效率规定。
3	技术情报研究中心 CISE	米兰 Milano	1. GaAs光电池；2. 带聚光器的GaAs光电池性能的 自动测试装置。
4	米兰大学太阳能 研究室	米兰 Milano	1. 太阳能空气加热器；2. 太阳能空气加热器在农业 上的应用。
5	比莱利工业公司 Pirelli Industries	米兰 Milano	1. 橡胶吸热板热水器；2. 以不同方式组合的热水器的 性能试验。
6	Controlcei 公司	米兰 Milano	单晶硅光电池板。
7	伽利略公司 “Galileo”	佛罗伦萨 Firenze	1. 单晶硅电池板；2. 带聚光器的光电池板。
8	欧洲共同体1兆瓦 (电)太阳能电站	卡塔尼亚 Catania	1兆瓦(电功率)中心塔式太阳能电站。
9	欧洲共同体 PHOEBUS 太阳能试验基地	卡塔尼亚 Catania	1. 各种平板型太阳能热水器的效率测定及性能评价； 2. 被动式太阳房；3. 太阳能空调。

2. 太阳房的设计和性能控制。共13个项目。
3. 部件和系统研究。共10个项目。
4. 太阳能冷却。共5个项目。
5. 利用热力学原理将太阳能转换成机械能或电能。共5个项目。
6. 气象、日照数据汇总及处理。共6个项目。
7. 光电转换, 单晶硅。共8个项目。
8. 光电转换, 化合物半导体工艺及测量。共13个项目。
9. 示范性装置。共21个项目。
10. 编制气象及日照资料图表。共3个项目。

意大利对太阳能利用研究的国际协作十分重视。正在西西里岛东南部沿海城市卡塔尼亚兴建的1兆瓦(电功率)中心塔式太阳能热电站及欧洲最大的太阳能利用研究试验中心就是最明显的例子。其中1兆瓦热电站由西德、法国和意大利三国联合投资, 根据三国各自专长负责电站中有关分系统的工程技术项目。这座太阳能热发电站原计划于1981年上半年运行发电。上述试验基地丰巴斯(PHOEBUS)由欧洲共同体投资建造。建成后, 它将拥有当代最先进的手段来研究诸如集热器、太阳房、生物质能、太阳能热发电和光电转换以及太阳能在农业上的应用等太阳能利用中种类繁多的不同课题。意大利是地中海国家太阳能利用协作组织的发起者之一, 国际上著名的意大利科学家 G. Francia教授(业已于1980年5月去世)曾是这个协作组织的主席。主席一职可能由意大利的R. 威森汀教授承担。国际间的协作可以加快意大利太阳能利用研究的发展, 在经济和技术上也使意大利获益不少。

参观考察的九个单位的主要研究内容如表1。

二、太阳能热利用

(一) 太阳能热水器

1. 概况

太阳能热水器是太阳能利用设备中使用最普遍的设备之一。考察组在意大利看到不少家庭、宿舍、住宅、企业、城镇, 甚至离城较远的村镇都有使用太阳能热水器的。不少企业、研究单位、大学都在研究改进太阳能热水器, 以便进一步降低造价, 延长使用年限, 提高热水器的效率。市场上有商品化的太阳能热水器出售, 有些工厂专门生产太阳能热水器。

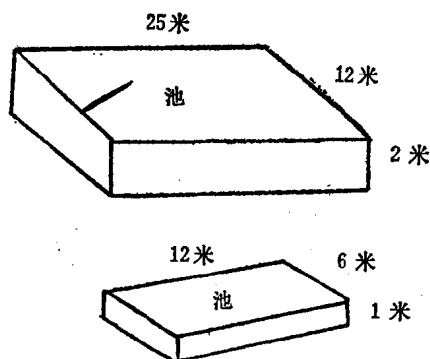


图 2-1

考察组在维罗纳市城市服务总局(AGSM—General Agency of Municipal Services), 参观了它的研究测试中心。这里正在进行各种型式的太阳能热水器试验, 包括西德、法国、荷兰、瑞士、日本以及意大利本国制造的热水器, 共12种型式, 分11组进行对比试验。其中有金属管板式、真空管式、热管式、热压吹胀型、塑料圆管型、瓦楞型等等。这里的热水器外壳有用铝合金的, 也有用塑料的。透明覆盖层有用

一层玻璃、二层玻璃，也有用透明塑料(聚酯和聚碳酸酯)做盖板的。所有的测试项目均自动记录，每十五分钟记录一次。一盒磁带可自动记录二天。

考察组参观了维罗纳市郊新建的实验性太阳能室内游泳池。它所用的太阳能热水器既用来提高冬季游泳池的水温，又提高游泳池室内的空气温度，还可以向运动员提供热水洗澡。游泳池集热器面积为320平方米，用聚酯玻璃纤维板作太阳能集热器的面板，有大小二个游泳池，见图2-1。用太阳能加热后，每年节省汽油25吨。

维罗纳市的一个太阳能花房，一年四季均种植各种鲜花，珍贵的植物，价值较高的蔬菜及部分水果。这所花房是采用温室型与太阳能热水器相结合的方法。花房的集热器面积为20平方米，进水水温18℃，因在低温下工作，效率非常高。它所用的太阳能热水器既向温室供暖，也能提供适量的热水作为生活上使用。同时还可提供发展热水器所需的科学数据。

在帕多瓦市，考察组参观了国家研究委员会(CNR)的制冷研究所(The Laboratory for Refrigeration of the Research Council of Italy)。这里除了开展太阳能制冷的研究外，对太阳能热水器，也做了大量的研究工作。太阳能集热器的试验台也比较完善，测试水平较高。该所自己安装了一台流动式测试台，将所有测试仪器设备、计算机、数据处理机、自动记录器等均安装在一部汽车上。根据测试的需要，可以开到任何地方进行测试及数据整理分析。

米兰大学物理研究所所有作为教学示范用的太阳能热水器与太阳能空气加热器。罗马大学太阳能研究室有大学生和研究生自己动手制作的比较精致的太阳能热水器。

意大利国家研究委员会太阳能计划负责人维森汀教授(Visentin)所在的卡拉布利亚大学的太阳能利用研究中心(CIRAES——CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RICERCA E APPLICAZIONI DELL'ENERGIA SOLARE)也在开展太阳能热水器的研究工作。他们除了研究平板式太阳能热水器外，还在实验室范围内进行高温抛物面聚光型热水器的研究。通过装在实验室顶部的太阳能光源模拟装置提供的模拟光源进行试验。

欧洲共同体在意大利西西里岛卡塔尼亚兴建了一个太阳能利用研究中心——丰巴斯(Phoebus)。该中心对西德、法国、瑞士、荷兰、意大利、美国、日本等国送来的集热器进行一系列的精密试验。研究中心的集热器试验场可容纳五十台集热器同时进行试验。这是考察组考察期间看到的规模最大、测试设备最完善的一个研究单位。

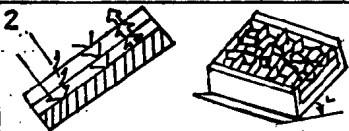
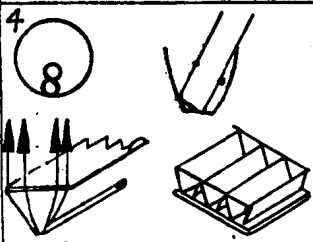
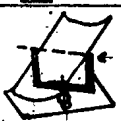
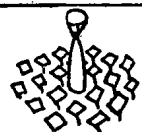
近年来，在意大利投入使用的太阳能热水器较多。考察组在罗马参观了一座正在安装的大型热水器。它是由CIAB公司(Cooperativa Idrici ed Affini Bologna Soc. Coop. a. r. l.)设计的。这座太阳能热水器面积为500平方米，装在十层高楼顶的平台上，可向7000平方米的私人住房提供热水，并且在冬天还可提供室内的部分暖气。这个供热水和供采暖的联合系统备有一个辅助热源，以备阴雨天之用。整个系统的控制台、水泵、主要供热水管道、配电盘等均设在这座建筑大楼的地下室内。自动控制各水箱的温度，并可任意选择所需的热水温度。

太阳能热水器除了供城市的家庭、企业、社会福利事业等使用之外，目前在意大利正开始向农业方面发展。考察组在罗马和一家太阳能农业应用公司(CESA——Cooperativa Energia Solare Agricoltura)座谈得知，这家公司在全国不少城市有它的分公司，专门负责研究太阳能在农业方面的应用。他们已使用太阳能热水器来养猪、牛、羊和鸡。一方面，可以提供饲养中所需要的热水。另一方面从实验中表明，在冬天用太阳能热水器来提高猪圈、牛栏、羊舍内的温度，可减少饲料的需要量，使猪、牛、羊增肥，在相同条件下每天产的

牛、羊奶量或鸡蛋数目均有显著的增加,从而大大降低了牛、羊奶、鸡蛋和肉类的生产成本。例如:采用了太阳能热水器,使一千头母羊每个月稳定地产四千头小羔羊。实验研究表明,在这种太阳能牛栏、羊舍、猪圈、鸡场中生活的牛、羊、猪、鸡,在一般的情况下发病率也大大降低。小牛、小羊羔、小猪仔、小鸡仔的成活率显著提高。

有些公司、企业、研究设计部门、大专院校根据本身的需要自行设计加工制造太阳能热水器。此外,也有专门生产太阳能热水器的工业公司。如米兰的皮莱里公司(Pirelli—Industrie Pirelli S.P.A.)就生产了一种有发展前途的橡胶热水器。意大利已初步形成自己的太阳能工业。

表 2 各种型式集热器比较表

图	集 热 器 型 式	工作温度℃
1 	平板集热器 (用水或空气)	30—50
2 	平板集热器 (具有双层盖或具有选择性涂层)	40—80
3 	真空管集热器	60—100
4 	真空管集热器 (具有聚光型), CPC 型, 菲涅尔透光镜型, V型槽集热器	65—120
5 	浅抛物槽式集热器——单转动轴	70—150
6 	抛物槽式集热器——双转动轴	100—250
7 	抛物底盆式聚光集热器	200—500
8 	定日镜中央接收式装置	400—1000

2. 太阳能集热器型式

太阳能集热器是太阳能利用中的关键部件。所使用的集热器效率如何, 结构是否合理, 材料是否适宜, 使用寿命长短、经济性能好坏等等都直接关系到太阳能利用的发展前途。

意大利和欧美各国一样, 在使用集热器前也很注重对各种型式的太阳能集热器进行全面的经济技术分析比较, 对于用于不同地方和不同目的就选用不同型式的太阳能集热器。

欧洲共同体在意大利卡塔尼亚兴建的太阳能发电站, 在进行设计方案论证时, 就曾经对各种型式的太阳能集热器进行过详细的分析比较。平板集热器(用水或空气), 其适宜的运行工作温度为 30°C 至 50°C 。(参见表2中图1)。具有双层盖板或具有选择性涂层的平板集热器(表2中图2), 其适宜的运行工作温度为 40°C 至 80°C 。表2中图3为真空管集热器, 其运行工作温度为 60°C 至 100°C 。表2中图4为具有聚光型真空管集热器、CPC型集热器, 菲涅尔透镜型集热器, V型槽集热器, 其运行温度为 65°C 至 120°C 。表2中图5为浅抛物槽式集热器——单轴转动式, 其运行温度 70°C 至 150°C 。表2中图6是双转动轴抛物槽式集热器, 其运行温度为 100°C 至 250°C 。表2中图6是抛物底盆式聚光集热器, 其运行温度为 200°C 至 500°C 。表2中图8为定日镜中央接收式, 其运行温度为 400°C 至 1000°C 。各种集热器的比较见表2、表3。欧洲共同体委员会根据太阳能发电站功率为1兆瓦, 并考虑到系统的效率及尽可能减少占地面积的原则, 最后选用了定日镜中央接收式。参加方案比较的几种太阳能集热器见表2、表3及图2-2~图2-9。

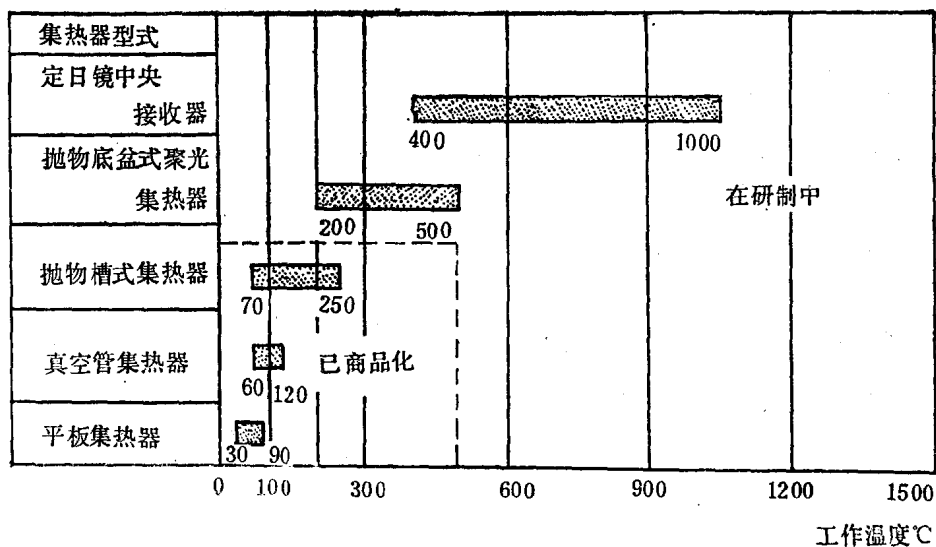
对太阳能集热器进行分析比较时, 他们往往根据当地太阳能辐射量, 要求集热器全年能收集到最多的太阳能作为基准。

维罗纳市城市服务总局研究测试中心在进行各种集热器对比试验时, 是以意大利气象局测得的该地区(北纬 45°)从一月份到十二月份太阳能辐射量为依据的, 见图2-10。

佛罗伦萨市伽利略公司(GALILEO)在进行太阳能利用研究和测试时, 是以意大利全国各地从一月份到十二月份所能接收的太阳能为参考的, 见图2-11。

在意大利卡塔尼亚兴建的欧洲共同体太阳能利用研究测试中心丰巴斯。他们测试的范围较广, 除了欧洲几个国家如法国、西德、瑞士、意大利、希腊及荷兰等国外, 对于美国、日本、

表3 各种集热器的比较



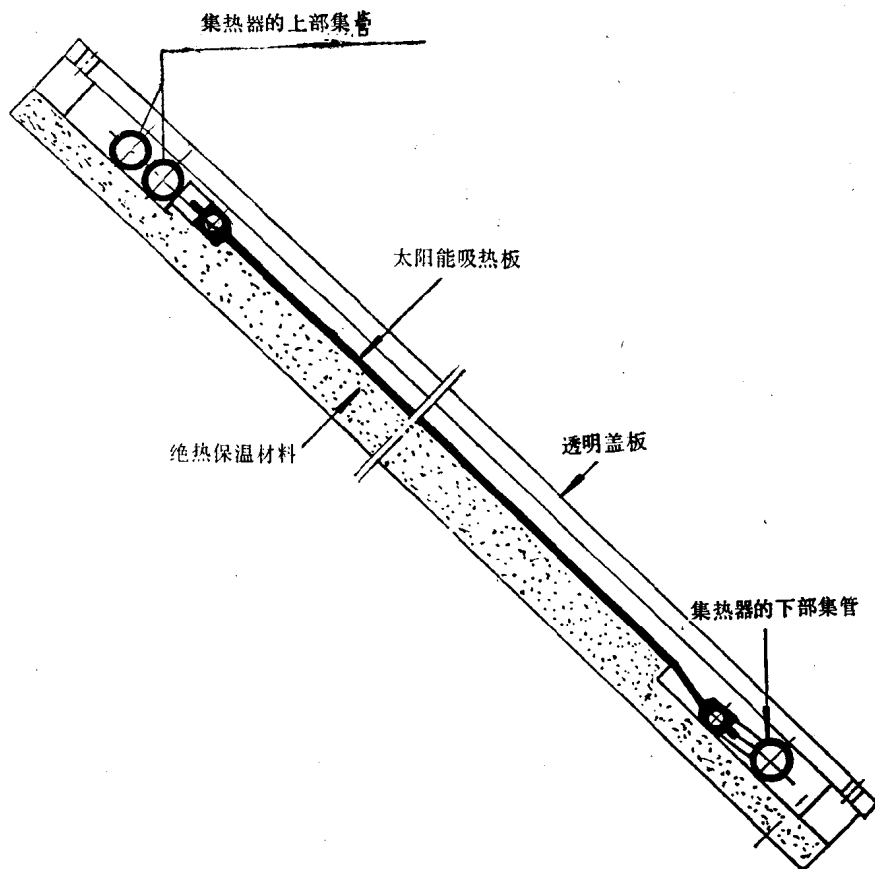


图2-2 太阳能平板集热器

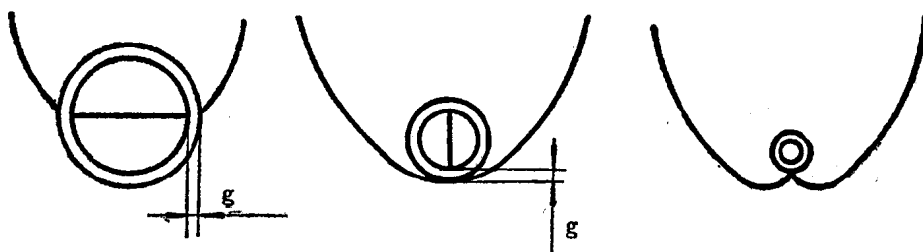


图2-3 真空玻璃管集热器

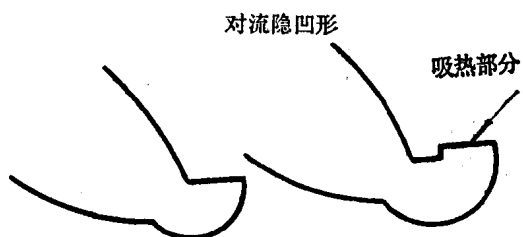


图2-4 抛物型集热器顶部结构

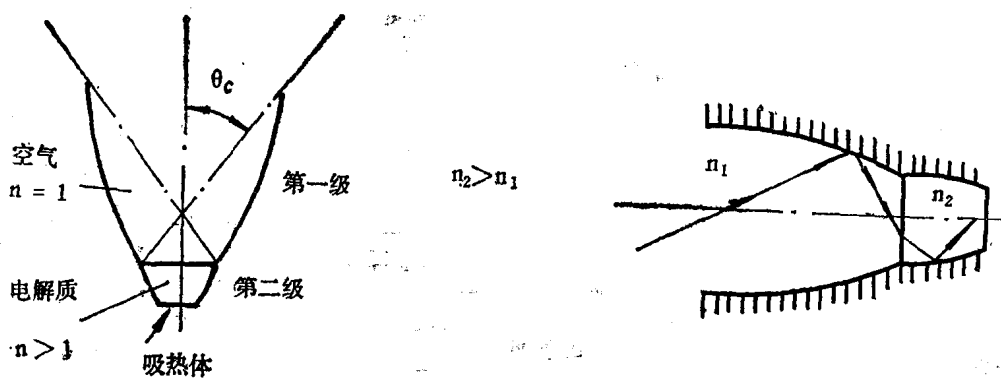


图2-5 聚光式太阳能集热器

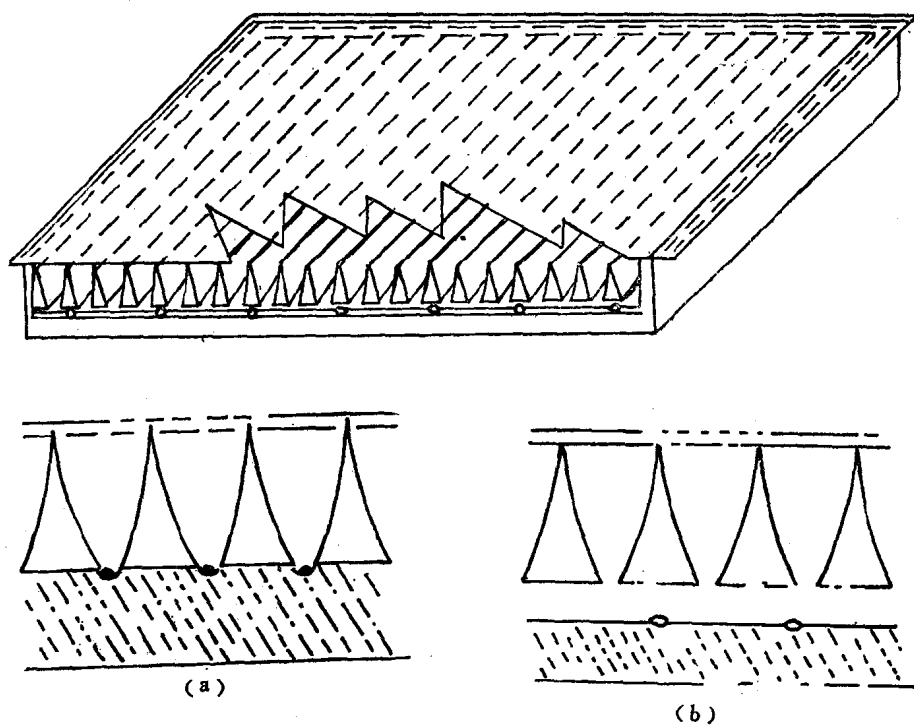


图2-6 CPC型太阳能集热器

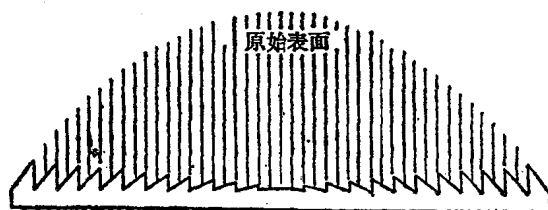


图2-7 菲涅尔 (Fresnel) 透镜型集热器

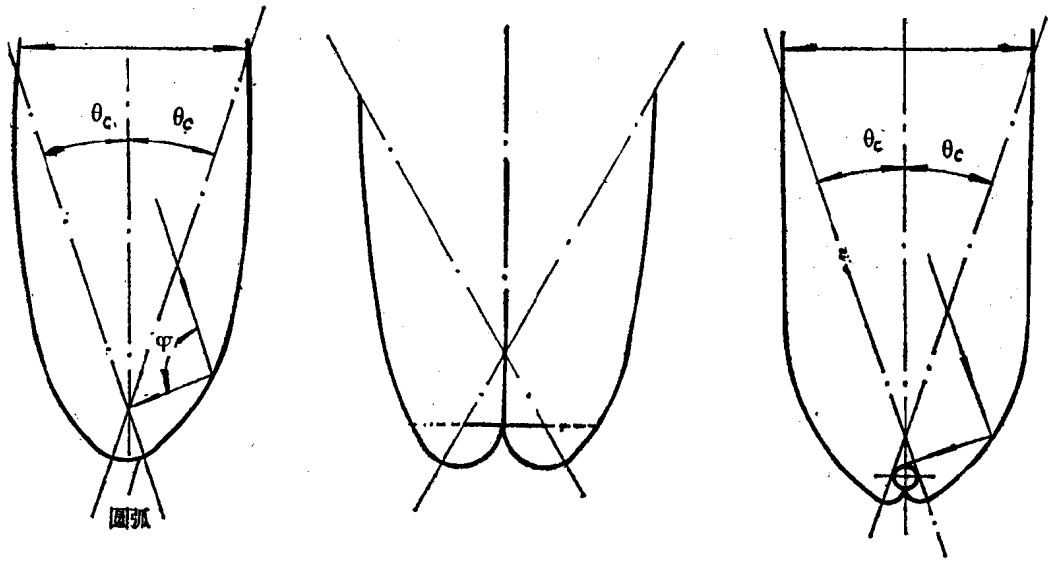


图 2-8 抛物型集热器

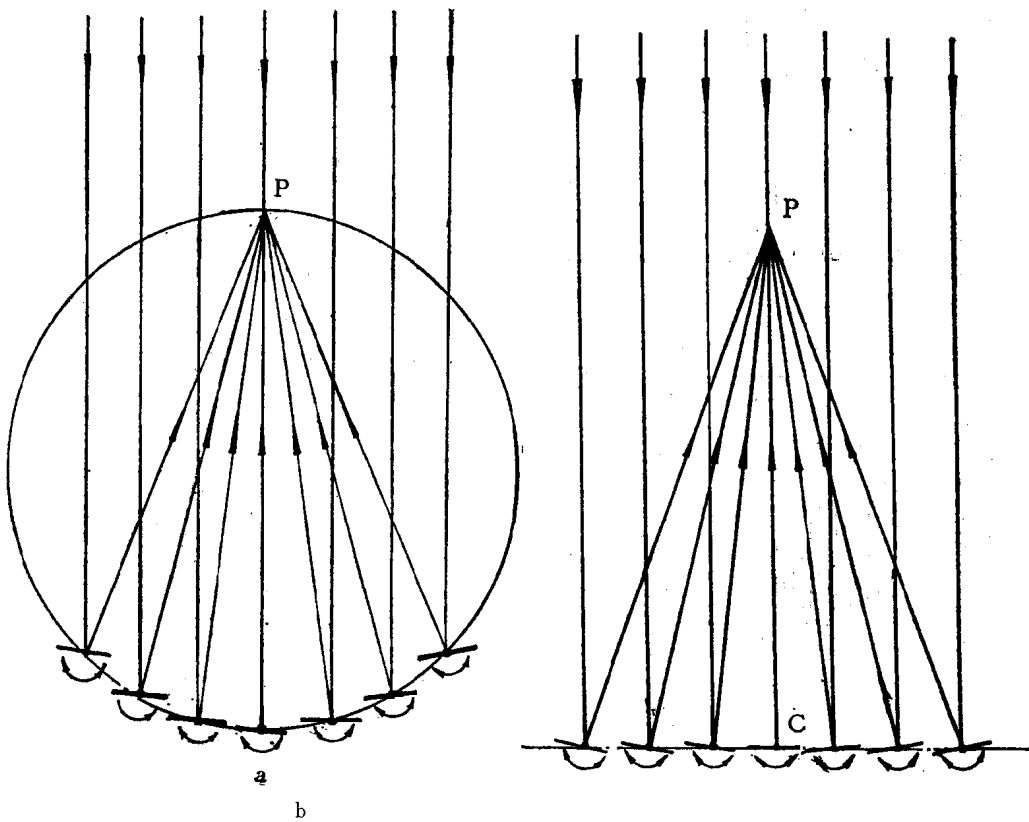


图2-9 聚光式集热器

a. 管式布置;

b. 板式布置。

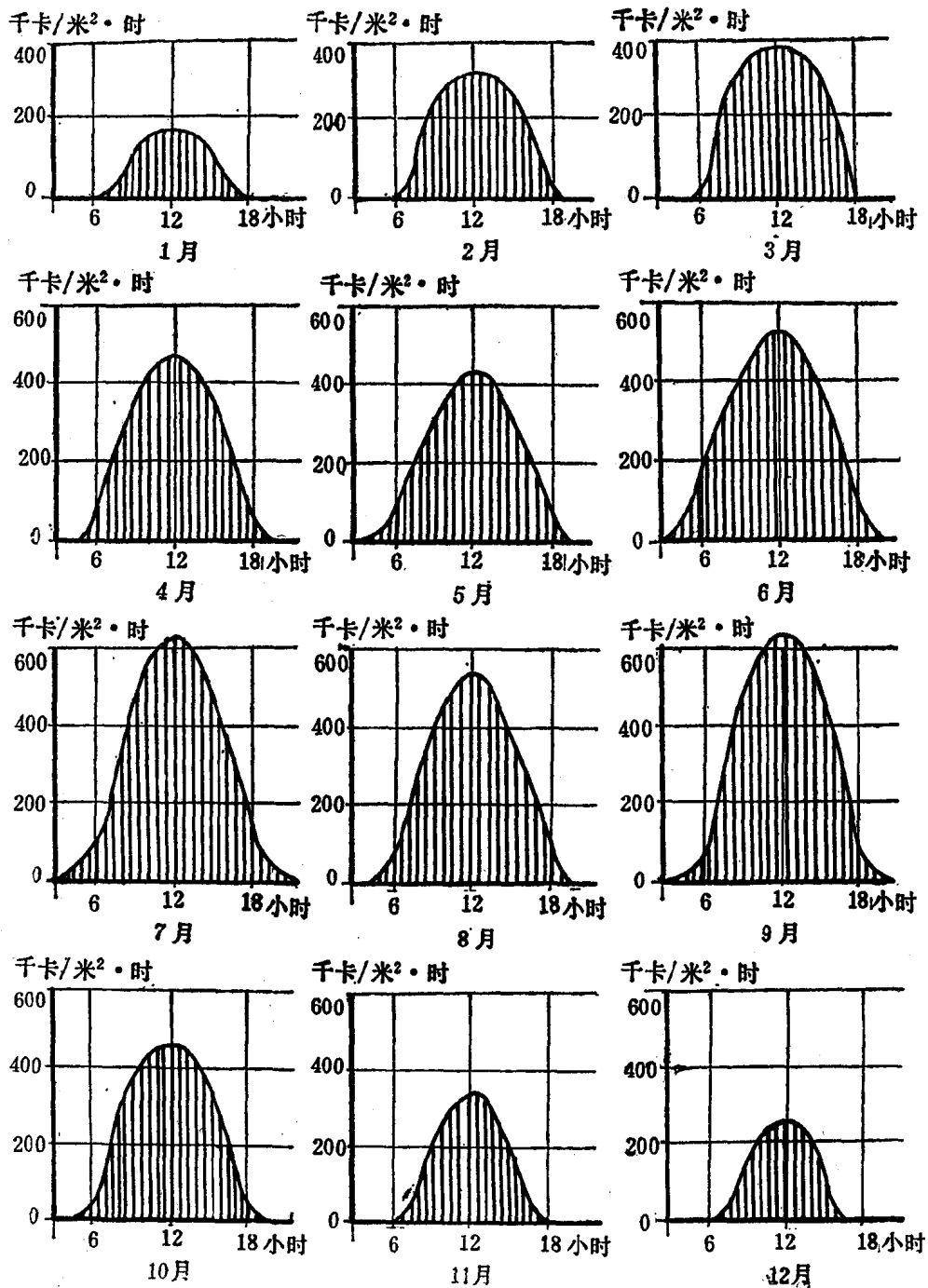


图2-10 维罗纳市(北纬45°)从1月到12月各月平均太阳能辐射

印度等国送来的太阳能集热器也予以对比试验。因此，他们参考了全世界范围内太阳能全年辐射值，见图2-12。

各种太阳能集热器的优缺点及主要特性见表4。

3. 平板式太阳能集热器

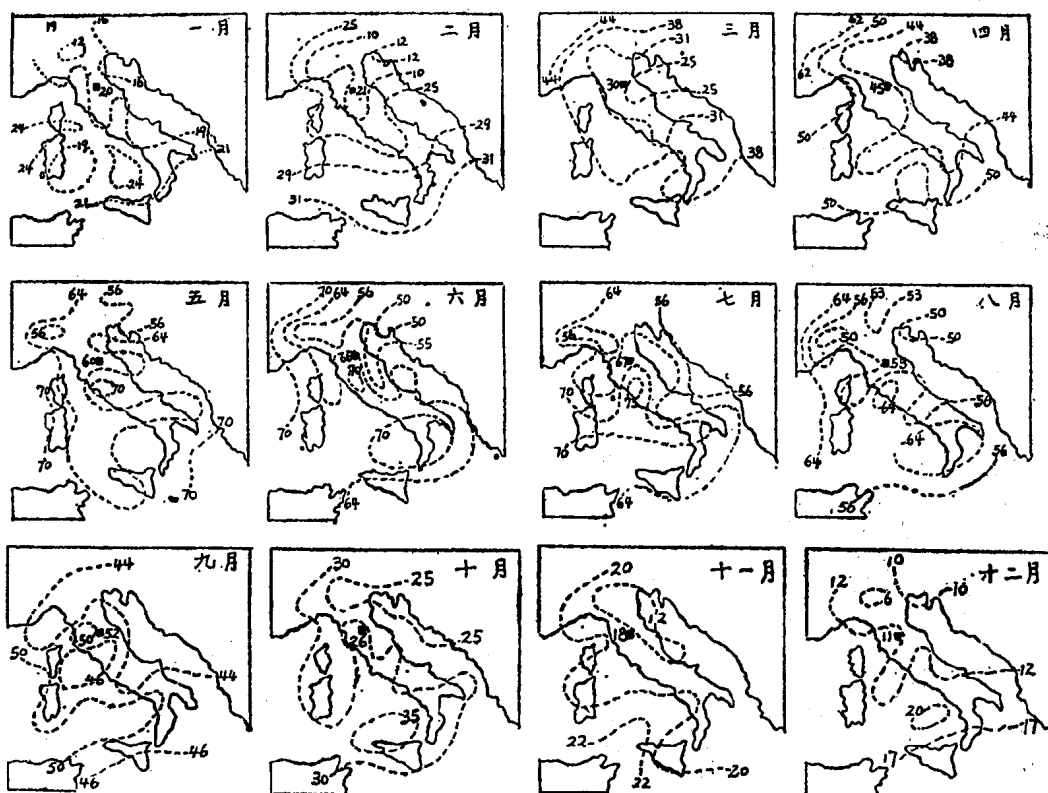


图2-11 意大利各月份接收的太阳能量 (千焦耳/厘米²)

表 4 各种集热器特性比较

型 式	平 板 式	中 等 聚 焦 式	高 聚 焦 式—— 反 射 镜 跟 踪	高 聚 焦 式—— 吸 收 面 跟 踪
热 损 失	大	中等	小	小
吸收效率	低	中等	高	高
卡诺效率	低	中等	高	高
接收辐射	直射及散射	直射及部分散射	直射及少量散射	直射及少量散射
发电能力	低	中等	高	高
贮热能力	差	好	好	好
大容量应用	没有	有一些	好	很好
通孔运动	无	不常动	连续动	无
吸收面运动	无	不常动	无	连续动
流体温度	低	中等	高	高
与建筑物一体化	很好	可能	困难	很好
单位集热面积价格	中等	中等	高	低
单位输出能量价格	高	中等	中等	低

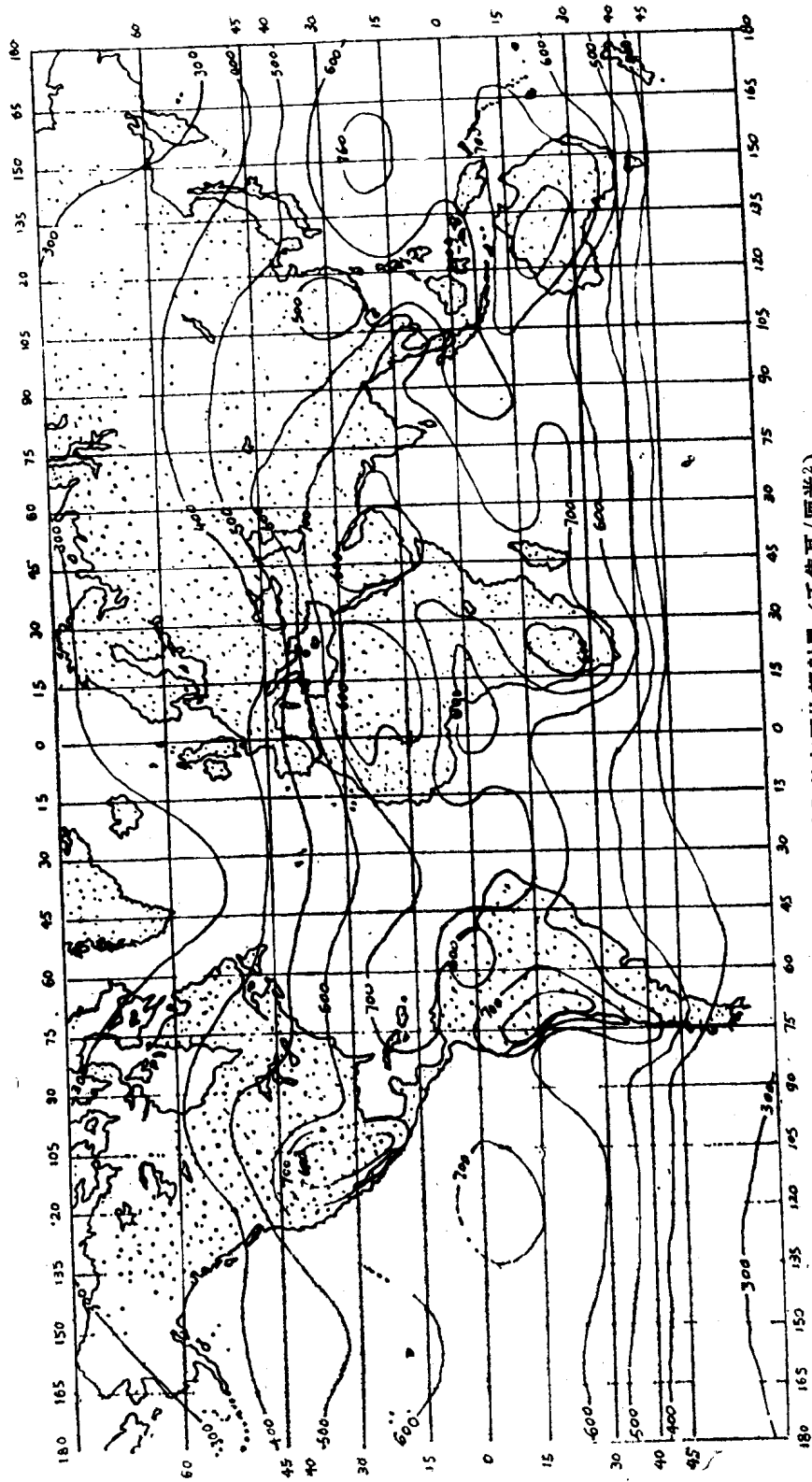


图2-12 世界各地太阳能年平均辐射量 (千焦耳/厘米²)

平板式太阳能集热器是太阳能利用系统中用得最广泛的主要部件。它将太阳能直接辐射与散射辐射能量都收集吸收起来，再传给作用流体，并应用到各种转换装置中。这种集热器不需要跟踪太阳的装置，并能充分利用周围环境的散射辐射，其结构简单，维护方便，运行操作简便，故障少；因此，在意大利已广泛地应用到太阳能热水器、太阳能干燥器、太阳能空气加热器、太阳能蒸馏器、太阳能采暖、太阳能制冷、太阳房等各种装置中。

太阳能集热器在太阳能利用系统中所占费用最多。因此，人们特别重视选择适宜的材料，改善加工工艺水平，提高集热器性能和效率，延长其使用年限，进一步降低其成本。

考察组在意大利看到的平板式集热器的结构，大体上是由三部份组成的。

(1) 透明盖板。在意大利看到的集热器透明盖板一部分是用透明玻璃。它要求透明度高，太阳辐射的透过系数好，要求玻璃的强度大。为此，多数玻璃板均经过钢化处理。安装前，均需经过机械冲击试验，合格者才能投入使用。一部分盖板是用透明的有机玻璃或透明塑料（聚酯和聚碳酸酯）做成。除要求有较高的透过系数外，还要有较高的抗老化性能。经太阳曝晒后不易老化变黄，透过率降低得要尽可能慢。

在维罗纳城市服务总局研究测试中心看到西德、法国、瑞士、荷兰及意大利等国正在进行试验的12种型式集热器，其中有不少是采用有机玻璃或透明塑料作为覆盖面的。一般塑料透明盖的寿命为五年以上。维罗纳市太阳能游泳池所用的太阳能平板集热器的盖板，采用聚酯玻璃纤维透明板，由于添加了抗紫外线剂，使其性能大为改善，据说，寿命可达十五年。

维罗纳太阳能花房太阳能集热器的盖板也采用聚酯玻璃纤维瓦楞板（聚对苯二甲酸乙二醇酯玻璃纤维瓦楞板），透明度大，寿命长，盖板的机械强度高，经得起冰雹的冲击。

米兰大学用聚酯和聚碳酸酯做面板，使用的效果也较好。

(2) 吸热部件。目前，集热器的吸热部件多数由涂黑色的金属管板或黑色的非金属板构成。在意大利看到的吸热部件有用金属压制不同截面形状的黑色吸热体；有用热压吹胀型金属黑色吸热板（在丰巴斯试验的集热器）。制冷研究所用特种黑色塑料做吸热体。AG-SM研究测试中心有一组荷兰的集热器，采用真空尼龙管作吸热体。也有用特种黑色橡胶制成的吸热部件，如皮莱里公司生产的黑色乙烯丙烯三聚橡胶集热器吸热部件。

(3) 绝热部件。意大利的太阳能集热器用的绝热保温材料多为玻璃纤维棉或泡沫塑料，没有采用棉花的。在农村，也没有采用谷壳作保温材料的。

(4) 集热器外壳。多采用铝合金板构成。用铝合金钢作为四周框架，夹紧绝热部件、吸热部件及面盖构成整套集热器。在丰巴斯和AGSM研究测试中心也有一部分是用硬塑料压制而成或硬型料板和部件组合而成的。

4. 太阳能橡胶热水器

考察组在意大利考察期间看到许多太阳能热水器和集热器，其中有西德、瑞士、荷兰、法国、日本、美国等国家拿到意大利测试的集热器，但最有特色的是意大利米兰皮莱里工业公司（Industrie Pirelli S.P.A）生产的橡胶集热器。这种集热器是以橡胶为吸热材料，用太阳能来加热水，也可以用来加热空气或加热其他流体。所加热的温度一般达70℃，视太阳能集热器本身的复杂程度而定。

这种集热器目前在意大利已用于太阳能热水器，为居民提供日用热水，洗澡及生活设施热水；也能为集体单位全年提供所需的热热水。

这种热水器用于冬季房屋采暖已引起人们的兴趣。使用这种热水器可在冬季的几个月里

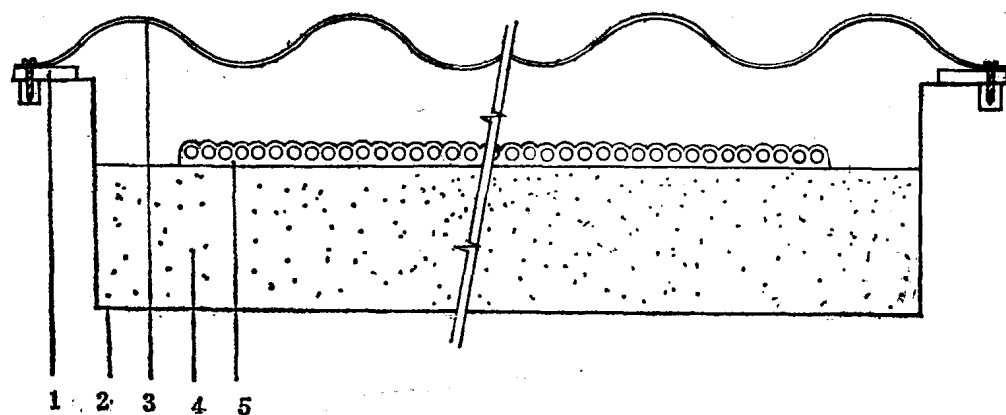


图2-13 以挤压橡胶作为吸热板的太阳能集热器

1. 密封材料；2. 外壳；3. 透明盖板；4. 绝热保温材料；5. 橡胶吸热部件。

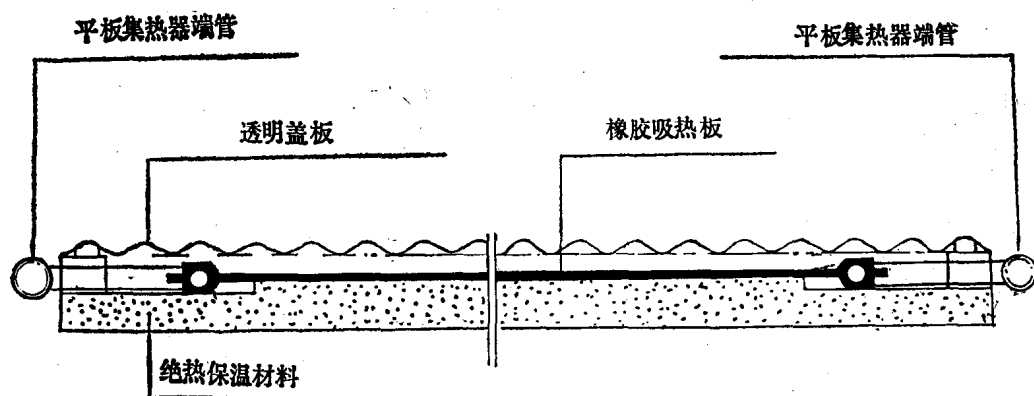


图2-14 橡胶吸热部件的太阳能平板集热器剖面图

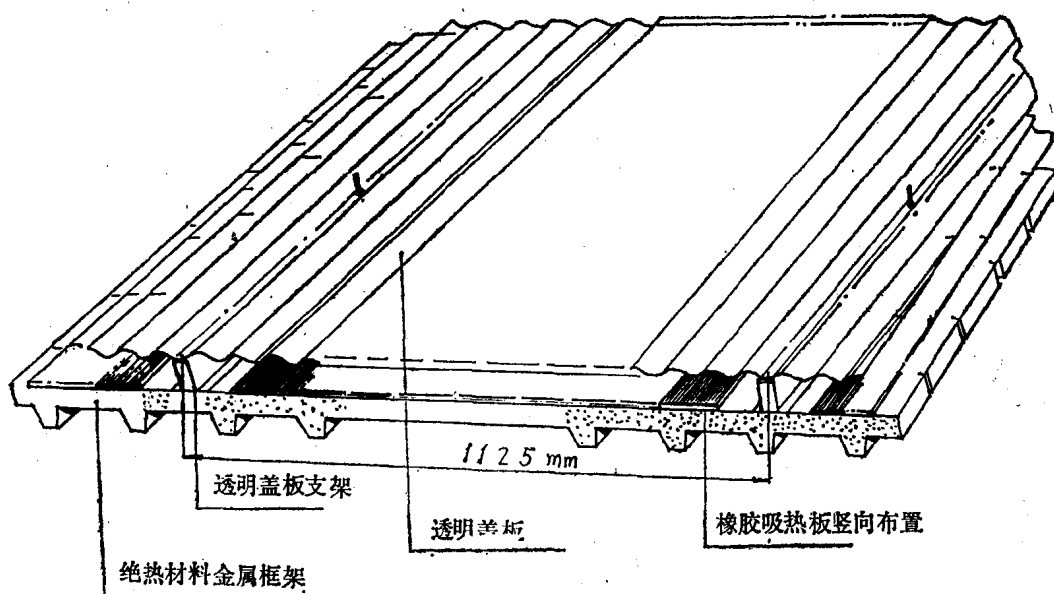


图2-15 竖向布置的橡胶太阳能平板集热器结构图