

多联产太阳能系统：城市光伏

-源自欧洲第六框架下的意大利/以色列合作项目“Upp-Sol”

一般信息:

- 技术开发者:
 - Shap s.p.a. – 太阳能热/电 (意大利)
 - 佛罗伦萨大学 – CREAR (意大利)
 - 特拉维夫大学 (以色列)
- 示范项目开发者:
 - CRR – Consorzio Roma Ricerche (意大利)
 - Shap s.p.a. – 太阳能热电 (意大利)
 - Besel (西班牙)
 - Di.S.P.- 分布式太阳能发电有限公司 (以色列)
 - 特拉维夫大学 (以色列)
 - 佛罗伦萨大学 – CREAR (意大利)
 - Fraunhofer 太阳能研究所 (德国)
 - Colleferro 城 (意大利)
- 示范项目地点: Colleferro (意大利)
- 示范项目开始时间: 2007年6月
- 示范项目状态: 运行中

项目简介:

光伏技术通过吸收太阳辐射发电，发电成本通常高出常规燃料发电成本2-4倍。造成光伏发电成本高的原因有2个：发电需要大量昂贵的半导体材料；电力转换效率较低。第一个问题可以通过高聚光来解决：由大面积的镜子和透镜收集太阳辐射，聚光到小面积的光伏电池上。近年来专家提出了几种聚光系统，并应用于不同尺寸和级别的聚光技术测试。第二个问题是电力转换效率：硅电池仅能将所吸收辐射的10-20%转化为电能，而应用更加成熟的（非常昂贵）多结电池的转换效率可以接近40%。

大部分收集到的太阳能流失到了周围环境中。提高总效率的一个途径是同时收集流失的热能，额外加以利用。现在通过光电/热集热板，提高了效率，但这种方式提供的热能温度较低，约为40-60℃。仅适合于提供室内热水或空间加热等用途。根据目前的终端用能数据，很多建筑制冷供热消耗的能量占总用能的50-70%。然而，在许多日照充足地区，空调和制冷是主要用能设备，无法由低温热供能。

项目描述:

高聚光光伏系统（CPV）可以同时解决上述两个问题。CPV系统能极大地降低电池需求面积，并能在高于平板集热器的温度下运行。图1中UPP-Sol项目的CPV/热（CPVT）系统可以同时提供电力和中温热量。收集的中温热量应用范围较广，包括吸收制冷、空调、提供蒸汽、海水淡化和工业供热。

典型的CPVT系统包括一组小型集热器和电、热组件，如图1所示。通过调节冷却剂流速，简单的调节CPV热交换组就可以得到较宽的温度范围。因此，CPVT系统可以作为多联产系统——提供电力、供热、制冷和例如蒸汽或海水淡化的其它产品。

CPVT多联产系统的一个主要需求是安装太阳能集热器的场地。因为热能不能远距离传输，集热器需要安装在终端用户附近，因此集热器要体积小以便与城市居住环境配套，例如可以安装在终端用户建筑的屋顶。小型建筑可以模块化形式安装，甚至安装在一些建筑物可以利用的不规则空间上。图2为安装在典型屋顶的小型CPVT集热器。集热器安装在终端用户端的另一个好处是太阳能发电方式取代了以零售价购买的传统能源，而零售价比生产成本高出许多。因此，普通的太阳能技术与实用电站相比没有竞争力，但在终端用户端有竞争力。另外，终端用户还可享受政府给可再生能源系统的激励政策，这增强了系统竞争性。

图 1

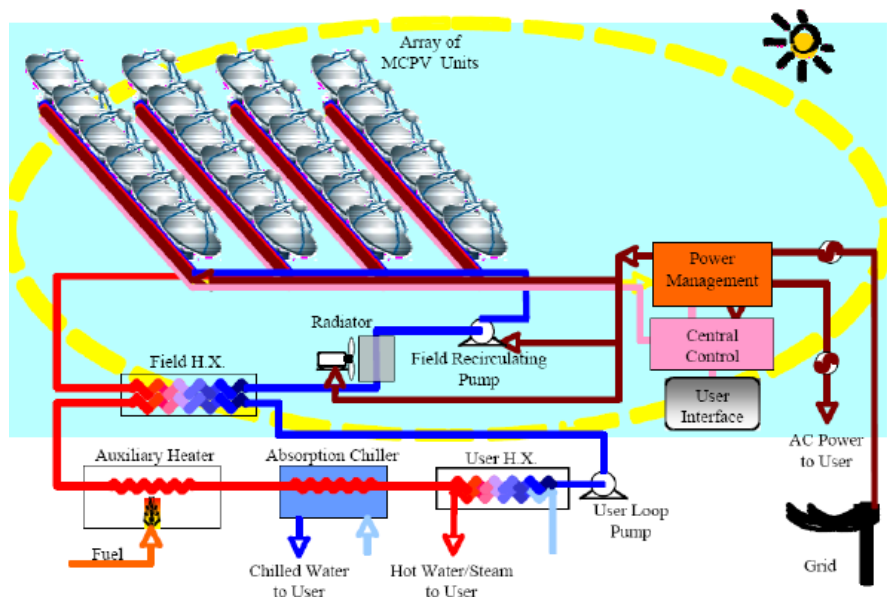




图 2



图 3

技术简介:

Upp-Sol项目的小型集热器直径约1米，可与建筑一体化安装。聚光装置仅占集热器面积的百分之几，所以PV电池需要的面积就比集热器面积小得多。一般效率为35%的三结电池可获得尽可能高的系统效率。对于硅电池，这种电池可以在较高温度下运行。

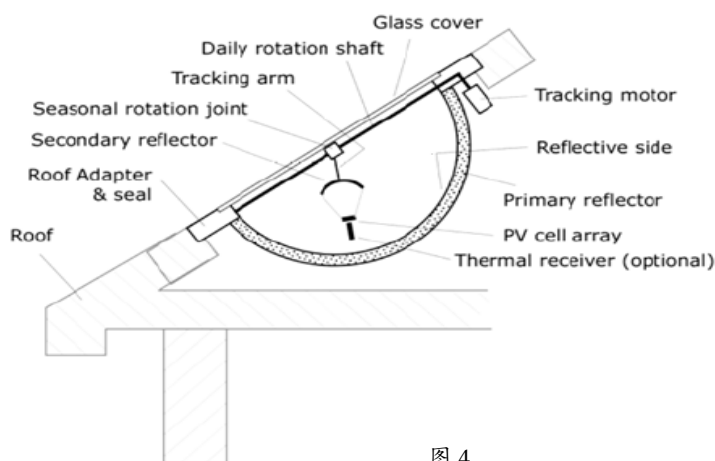


图 4

与建筑一体化设计的球形集热器有着不同的几何形状，便于安装在不同类型的建筑物上。一种是与屋顶一体化安装的固定式集热器，另一种是旋转抛物面集热器。

BISC 项目研制的 BISC 装置由意大利环境部与以色列共同资助，基于以下原理（图 4-5）介绍了收集太阳能的新概念：

- **固定式球面一级反射镜：**降低跟踪太阳位移的需要
- **小型集热器单元：**适于屋顶安装（约 1 米）
- **包含低于光圈水平的集热器结构：**可与屋顶或门面直接安装。
- **二级反射镜：**收集球形像差并提供高聚光
- **发电多联产与中温热量，高级 PV 电池**
- **集热器组件适合低成本大规模生产**

非跟踪一级反射：太阳能聚光系统需要跟踪太阳的明显位移，这导致了高成本与复杂的技术。BISC 可以通过移动接收器而不是反射镜来跟踪太阳位移。屋顶一体化新型设计无需改变屋顶轮廓，也无需移动外部元件。反射镜与跟踪装置不受环境影响。

接收器：一组特殊的聚光 PV 电池-热交换器一体化安装在基板，提供电气连接和制冷。电池的占用空间做到最小化（图 5）。电气与冷却剂线路布置在接收器后部以尽可能遮光。

冷却系统和多联产：冷却系统提供冷流来冷却 PV 阵列、二级发射器（如果需要）和如有安装的热接收器。系统包括一台泵和至少一台用于散热的热交换器。系统包括一台泵和至少一台用于散热的热交换器。

冷却剂可以是水或其它热交换流体。系统包括一台可变速冷却剂泵，一台液-气热交换器向环境散热，一个流体控制阀和一个流量计。温度、压力和流速都由安装在冷却剂系统的计算机控制的数据采集模块测量。

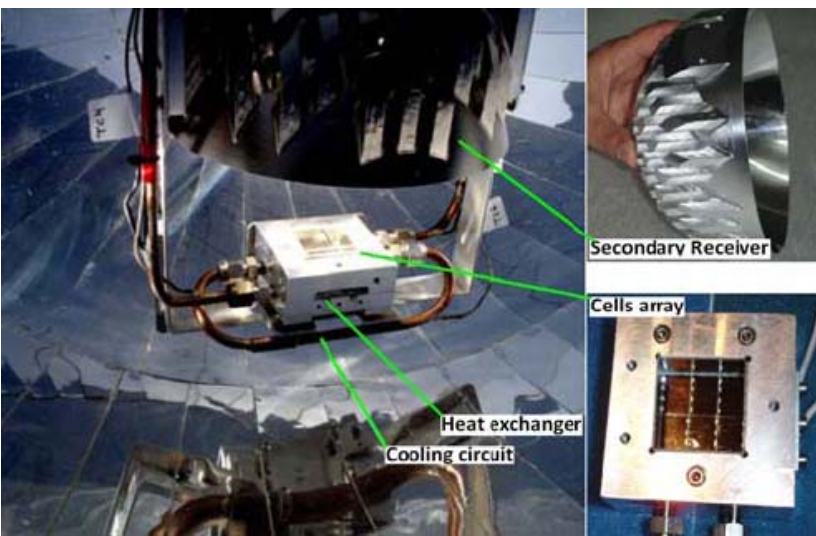


图 5

BISC 系统也可以安装在单幢建筑的平坦屋顶。这时二级反射器可以永久性地安装在屋顶结构和内部跟踪系统，用于移动 CPV 接收器和一个小型二级反射器。也许由于球形几何面的对称分布：无论太阳辐射的入射方向如何，光学效应相同。太阳焦点的位置随着太阳位移移动，跟

项目的目的在于推广和传播欧洲创新的研究成果及示范项目成果，以及建筑领域的生态可持续性标准，包括：

- 未商业化的创新节能建筑材料；
- 创新的供热/制冷设备和供电技术、以及可再生能源利用技术在建筑领域的应用；
- 最佳欧盟示范生态建筑

多联产太阳能系统：城市光伏

-源自欧洲第六框架下的意大利/以色列合作项目“Upp-Sol”

创新技术

-高聚光型太阳能技术
-多联产系统

踪系统需要随着焦点轨迹移动接收器。为了使 CPV 接收器高度聚光，二级反射器修正一级反射器的球面像差。图 6 为以色列特拉维夫大学研制的 BISC 集热器。佛罗伦萨大学研制了在设计细节上有所差异的相似集热器。

结论和成果：

正常条件下，一台集热器可以发出 70W 电力和 160W 热能。由于某一时间内仅有部分反射区域有效工作，在同一光圈范围内，固定式集热器收集和转换太阳辐射的数量小于完全跟踪集热器。然而，相同光圈范围内，固定式集热器的成本低于完全跟踪集热器，而能量消耗接近。下表为评估电力峰值和热力峰值的 2 个案例。

	单位	商业化	原型
几何聚光率	-	405	405
模块平均入射通量	kW/m ²	254	193
估计电力输出	W (DC)	59	48
活跃地区电力效率峰值	%	17.3	14.1
估计热力输出	W	152	114
热效率	%	44.6	33
CHP 效率	%	62	47



Figure 6

图 6

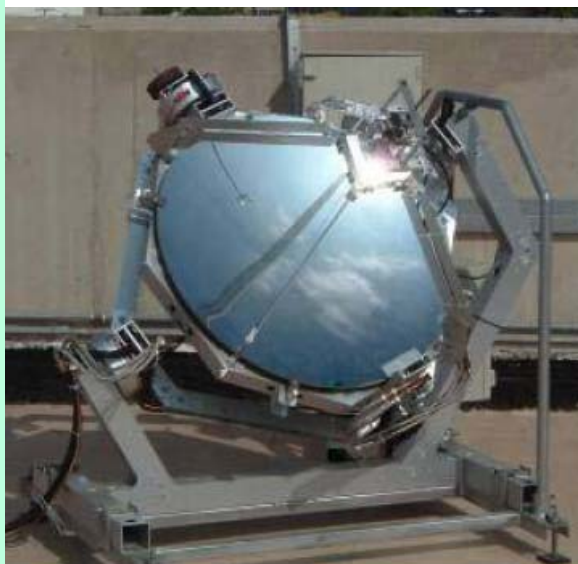


图 7

第一个例子是大规模生产的集热器，介绍了商业化集热器的性能。另一个是非标准工业方式生产的当前集热器的性能评估，因而性能有限。两个案例都是单台集热器的数据。商业化集热器和原型集热器评估的电力输出分别是 59W 和 48W。热力输出分别是 152W 和 114W。

此外，第二个 CPVT 系统：微聚光光伏 (MCPV) 单位，由特拉维夫大学和分布式太阳能电站公司共同研制的独立碟式集热器 (图 7)。该集热器包括一个聚光玻璃镜，一个跟随太阳位移轨迹的跟踪仪器，和一个 CPV 接收器 (带有三结高效电池和收集热能的热交换器)。CPV 电池的工作效率通常在 32% 或更高。

每个集热器的孔径面积约 1m²，可发电 200W，热力 480W。热力可作为供热直接利用，或者转化为其它用途，例如用吸收冷却剂发出 330W 的制冷功率。在一个最新分析中，与单个吸收式制冷机连接后，通过电网计量可以评估 CPVT 系统的制冷成本。

成本分析：

成本分析的结果见右表。估计单位生产成本是 \$283，或者仅考虑发电时是每瓦峰电 \$4。如果同时考虑热力的话，每瓦电是 \$1.3。在用热力代替电力消耗时，有一些案例的相关测量数据。例如在以色列几乎所有的备用热水系统都是电力的。因而太阳能集热器提供的能量直接代替了电力。

估计的单位成本高值与低值分别约为 182\$ 和 367\$。仅考虑发电时，相关数据为 \$2.7 - 5.4/W，就总能量来说是 \$0.8 - 1.6。低值具有相当的竞争力。如果我们只比较基于发电的专项成本，与其它可选的可再生能源系统相比，高值不具有竞争力。但如果考虑生产的热力的话，即使高值也具有吸引力。对于某些能得到可替代能源的特殊消费者而言，这取决于应用类型和热能的特殊价值。

	名义	低	高
组件			
一级反射器	27.0	19.0	30.0
二级反射器	7.0	3.0	9.0
玻璃顶	10.0	9.0	12.0
跟踪系统	80.0	34.0	105.0
PV 电池	48.0	41.0	54.0
控制	20.0	14.0	24.0
结构	50.0	35.0	65.00
冷却系统	15.00	10.0	20.0
OEM 总成本	257.0	165.0	319.0
配件	10.0%	10.0%	15.00%
总制造成本	282.7	181.5	366.9
仅考虑发电时 \$/Wp	4.2	2.7	5.4
总 \$/Wp	1.3	0.8	1.6

总之，由于制冷的需求与有效日照联系紧密，这套创新系统对于太阳能多联产是很好的选择。与通过平板集热器进行太阳能制冷一样，这套系统的制冷成本与传统电压缩机具有竞争性。太阳能制冷成本与传统制冷相比贵很多，但当 CPVT 多联产系统的安装成本低于\$4.5/Wp (€ 3.75/ Wp) 时，这套系统的制冷成本会更适宜。

一些最新分析估计，当大规模生产时，CPV 系统的成本将达到\$1—3/Wp。因而即使没有政府激励政策，这套系统的潜在竞争力与常规能源相比也非常乐观。

项目开发商信息：

在国家和两国计划下，项目参与者研发了应用于城市的 CPVT 集热器技术。

<p>SHAP SpA via Attilio Gritti snc, 00131 Rome, Italy <i>Eng. Stefano Bisceglia</i> Tel. +39 06 41230097 E-mail: stefano.bisceglia@shap.it</p>	<p>University of Tel Aviv School of Mechanical Engineering Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel <i>Prof. Abraham Kribus</i> Tel. +972-3-6405924 E-mail: mailto:kribus@eng.tau.ac.il • http://www.eng.tau.ac.il/~kribus/</p>
<p>BESEL. S.A. Edificio CEEI, Módulo 1, Oficina 1.09. Parque Tecnológico de Boecillo 47151 BOECILLO (Valladolid) - Spain <i>Eng. David Pocero Málaga</i> Tlf: +34 - 983 54 82 4 Fax: +34 - 983 54 65 19 E-mail: dpocero@besel.es</p>	<p>Università di Firenze- Centro Ricerche Energie Alternative e Rinnovabili c/o Dipartimento di Energetica "S.Stecco" via Santa Marta, 3, 50139 Florence Italy <i>Dr. Alberto Reatti</i> Tel: +390554796565 • E-mail: alberto.reatti@unifi.it</p>
<p>Di.S.P. - Distributed Solar Power Ltd. P.O. Box 73, Migdal HaEmek, 23100, Israel <i>Mr. Daniel Kaftori</i> Tel. +972-4-6544814 Fax +972-4-6543082 E-mail: danny@disp.co.il</p>	<p>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany <i>Dr. Andreas Bett</i> Tel: +49 761 4588-5257a E-mail: andreas.bett@ise.fraunhofer.de</p>

论文由 ISNOVA 提供，参考了以下信息：

- www.shap.it/ENG/concentrating_photovoltaic_systems.htm
- www.uppsol.eu/

发布日期：2008 年 12 月

- 研究成果的市场潜力分析和国际生态可持续建筑理念；
- 建筑与能源领域国际专家直接交流的机会；
- 可行性的评估，推广自身研究成果的各种活动；