

太阳能与建筑结合技术进展和工程案例

国家发改委能源研究所 胡润青 李俊峰

一、太阳能技术的类型

从应用类型看，太阳能技术可分为三种类型：

一是太阳能发电，它包括太阳能光伏发电和太阳能热发电。

太阳能光伏发电技术成熟，不论是离网光伏发电系统还是与并网光伏发电系统都有较大规模的应用和实践。上个世纪 90 年代以来，并网光伏发电系统特别是屋顶并网光伏发电系统的开发和成功运行，使其成为分散式发电系统的一个良好选择，欧盟、美国、日本等国家相继制定了一系列的计划和规划，并颁布了相应的激励政策促进光伏发电技术的推广和应用。屋顶并网发电模式在国外已得到电力部门的认可，预计 50 年后，仅仅屋顶能源一项就可提供全世界 1/4 的电能。目前，推广应用的主要障碍是发电成本高。

太阳能热发电技术目前尚处于商业化前夕，世界现有的太阳能热发电系统大致有三类：槽式线聚焦系统、塔式系统和碟式系统。近二十年来，美国、西班牙、澳大利亚等国家相继开展了示范活动，美国、欧盟还制定了“太阳能热发电计划”，以推动其商业化进程。预计 2020 年前后，太阳能热发电将在发达国家实现商业化，并逐步向发展中国家扩展。

二是太阳能热利用技术。在中国、希腊、以色列等国家的太阳能热水系统主要供应生活和洗浴热水，而在欧洲、澳大利亚等国家的太阳热水系统主要是作为辅助热源与常规能源系统联合运行在供应生活和洗浴热水的同时，还为建筑供暖。我国的太阳热水系统市场已完全商业化运行，而其他国家的太阳热水系统的发展仍依靠政府的补助和优惠政策，尚未实现商业化运行。

三是太阳能空调技术。世界各国都在加紧进行太阳能空调技术的研究，并开始进入实用化示范阶段。由于已经实现商品化的都是大型的溴化锂吸收式制冷机，目前尚只实用于大中型的中央空调。我国目前也在开展此项技术的研发和试点工作。

二、我国太阳能技术的应用

目前，我国比较成熟太阳能产品有两项，太阳能光伏发电系统和太阳热水系统。

1、太阳能光伏发电系统

1990 年代以来，我国国内光伏发电市场需求旺盛，光伏电池销售量年均增长率在 30% 左右。到 2003 年底，我国光伏电池累计总用量约为 50 兆瓦。光伏发电的应用领域为通信和工业应用（36%）、农村和边远地区应用（51%）、太阳能商品（9%）以及光伏并网发电系统（4%）。并网光伏发电是光伏发电进入电力规模应用的必然结果，也是未来最大的光伏发电市场。我国的并网发电系统刚刚起步，用于通信、工业、农村以及边远地区的离网光伏发电系统仍是我国光伏发电应用的主流，预计并网系统在今后将会有很大的发展。根据专家的测算，到

2010年我国并网光伏发电安装量占光伏发电市场的20%，2020年和2050年将分别上升至60%和80%。

光伏屋顶系统是利用现有建筑的屋顶的有效面积，安装并网光伏发电系统，其规模一般在几个千瓦到几个兆瓦不等。屋顶并网发电是目前世界上最有可能实现商业化发展的光伏发电技术。

2、太阳热水系统

我国太阳热水系统的发展始于上世纪80年代，当时的市场定位是农村或中小城镇的低收入家庭。经过20多年的努力，太阳热水系统已形成系列化、规模化生产，成为世界上最大的太阳热水器生产和应用国。到2003年底，全国具有一定规模的太阳热水器生产厂有1000多家，年产量达1200万平方米，总产值达110亿元。太阳热水器保有量达到5000万平方米，为全国3000多万家庭提供了充足的热热水供应。太阳热水器产品占热水器产品市场的12%，已形成与电热水器和燃气热水器三足鼎立的局面。特别是在农村地区和中小城镇，太阳热水器已经成为改善人民生活质量，全面建设小康的重要技术手段。

为了满足用户的需求和城市景观的要求，太阳热水器开始向实用、美观和与建筑结合的方向发展。与建筑的一体化结合已成为太阳热水器行业的发展目标和努力方向。

三、太阳能与建筑的结合

并网屋顶光伏发电系统和与建筑结合的太阳热水系统的共同点是其太阳能采集部件，光伏系统的太阳电池板和太阳热水系统的太阳能集热器，都可以安装在屋顶上，都需要在屋顶预留安装位置以及电路和水管的进出管路，要注意电池板和集热器的安装对建筑的功能和景观、以及城市景观的影响。相比之下，太阳热水系统与建筑结合的难度要大一些，主要原因是进出水管与屋顶的结合较难处理。

太阳能系统与建筑的结合需做到同步设计、同步建设、同步施工。一体化结合至少有四个方面的要求：1)在外观上，合理摆放光伏电池板和太阳集热器，无论是在屋顶还是在立面上，应实现两者的协调与统一；2)在结构上，要妥善解决光伏电池板和太阳集热器的安装问题，确保建筑物的承重、防水等功能不受影响，还要充分考虑光伏电池板和太阳集热器抵御强风、暴雪、冰雹等的的能力；3)在管路布置上，要建筑物中都要事先留出所有管路的通口，合理布置太阳能循环管路以及冷热水供应管路，尽量减小在管路上的电量和热量的损失；4)在系统运行上，要求系统可靠、稳定、安全，易于安装、检修、维护，合理解决太阳能与辅助能源的匹配以及与公共电网的并网问题，尽可能实现系统的智能化全自动控制。

太阳能与建筑结合的优点和优势包括：1)太阳能技术与建筑的结合能有效地减少建筑能耗，从而有效地减少占总能耗30%的建筑能耗；2)太阳能与建筑结合，电池板和集热器安装在屋顶或屋面上，不需要额外占地，节省了土地资源；3)太阳能与建筑结合，就地安装、就地发电上网和供应热水，不需要另外架设输电线路和热水管道，降低对市政配套的依赖，同时也减少了对市政建设的压力；4)太阳能产品没有噪音，没有排放，不消耗任何燃料，公众易于接受。

由于要实现太阳能与建筑的完美结合必须做到同步设计、同步建筑和同步施工，房地产开发商也就成了推广太阳能建筑的重要一个环节。目前，由于光伏发电系统的高成本，太阳热水系统与建筑的结合的刚刚起步，宣传和推广的力度不够，房地产开发商对太阳能建筑的了解和认识有限，尚需大力宣传太阳能建筑对房地产开发的优点：1)能有效地降低建筑能耗，实现建筑节能的目标；2)具有绿色环保概念：可减少污染物排放，增加楼盘的综合品质，

为楼盘销售增加独特卖点；3) 增加新技术概念：采用新技术提供 24 小时热水供应以及成为小型的独立电站；4) 节约配套设施（锅炉房）的用地,同时能降低配套设施（锅炉房）对周边房产的价格影响；5) 降低物业运营成本，增加物业收益。

四、太阳能建筑的建筑形式

太阳能与建筑结合有如下几种形式：



1、采用普通太阳能电池组件或集热器，安装在倾斜屋顶原来的建筑材料之上



2、采用特殊的太阳能电池组件或集热器，作为建筑材料安装在斜屋顶上



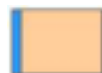
3、采用普通太阳能电池组件或集热器，安装在平屋顶原来的建筑材料之上



4、采用特殊的太阳能电池组件或集热器，作为建筑材料安装在平屋顶上



5、采用普通或特殊的太阳能电池组件或集热器，作为幕墙安装在南立面上



6、采用特殊的太阳能电池组件或集热器，作为建筑幕墙镶嵌在南立面上



7、采用特殊的太阳能电池组件或集热器，作为天窗材料安装在屋顶上



8、采用普通或特殊的太阳能电池组件或集热器，作为遮阳板安装在建筑上

五、与建筑结合对太阳能产品的要求

为了更好地与建筑相结合，除了太阳能产品本身的采集热量供热和发电功能以外，还要考虑其它的功能，包括隔离室内外、防雨、抗风、隔热、隔噪音、遮阳、美观等功能，甚至还包括使其成为建筑材料替代原有的建筑材料，以及将其制造得更便于安装和维护。

为此，太阳能产品的研发和生产制造在以下几个方面开展了工作，并取得了可喜的进展：

- 1) 研发生产出水箱和集热器分离的太阳热水系统，可将水箱放置在阁楼、卫生间、车库、地下室等地方，从而避免将水箱放在屋顶上影响建筑景观和城市景观。

- 2) 将太阳能产品制作成建筑材料，并根据建筑的要求对其零配件进行重新设计。如：将太阳能电池制作成无边框电池、太阳电池瓦，将接线盒设计安装在组件侧面而不是通常的背面；将太阳能集热器制作成屋瓦，替代常规的屋顶材料。
- 3) 制作专用的托架或导轨，方便太阳能产品的安装。
- 4) 研发出不同颜色的光伏电池组件和集热器，使其能更好地与建筑的色调相协调。对于单晶硅电池，可以用腐蚀绒面的办法将其表面变成黑色，安装在屋顶或南立面显得庄重，而且基本不反光，没有光污染得问题；对于多晶硅电池，可以在蒸镀减反射膜的时候加入一些微量元素，来改变太阳电池表面的颜色，变成黄色、粉红色、淡绿色等多种颜色；对于非晶硅电池，其本色已经同茶色玻璃的颜色一样，很是适合做玻璃幕墙和天窗玻璃；太阳集热器的吸收涂层也被设计为各种颜色以配合建筑的色调。
- 5) 通过各种方式增加太阳能产品的透光性，满足其作为天窗、遮阳板和幕墙的要求。将晶体硅电池用双层玻璃封装做成透光电池组件、并通过调整电池片之间的空隙来调整透光量；或在晶体硅电池上打上许多细小的孔，做成透光型电池；将非晶硅制作成茶色玻璃一样的效果，透光效果好、投影也十分均匀柔和；在平板集热器上打上均匀的孔，做成透光的效果。
- 6) 调整太阳能产品的尺寸和形状，满足一些特殊应用场合的要求。目前，平板太阳集热器的外形尺寸能够根据建筑的要求进行设计，其长度可达 9 米；太阳集热器的外形尺寸也开始参照建筑模数来确定；另外，柔性的薄膜电池也能够很好地满足建筑的要求。

六、太阳能建筑工程实例

1、德国汉堡区域供暖项目

该项目位于德国汉堡的 Bramfeld 地区，是一套区域供应热水和季节性供暖系统，覆盖由 124 套别墅组成的几个街区。该套太阳能热水系统被设计为供应小区年平均负荷的 50%，包括集成到屋顶的 3000m²的集热器和一个部分埋在地下的 4500m³季节性贮热池。3000 m²集热器集中安装在 18 个屋顶上与区域供暖系统相连接。

这是一套典型的欧洲太阳热水系统，太阳热水系统作为燃气锅炉的辅助能源系统一起共同保证热水和供暖的供应。



2、澳大利亚 William Buck 中心

William Buck 中心是位于澳大利亚布里斯班市中心的一栋高层建筑，是澳大利亚第一栋

光伏发电系统与建筑一体化结合的建筑，目前已运行二年。该建筑的设计理念是尽可能利用绿色能源，减少能源消耗以及相应的温室气体排放。该建筑在屋顶、9层和4层都安装了太阳能光伏发电系统，总装机容量为56kW_p。光伏发电系统替代了建筑屋顶和遮阳板，减少了建筑投资。由于该建筑的大多数用户是IT公司，光伏系统替代了IT公司必备的UPS系统，减少了UPS系统的投资。由于光伏发电系统的应用以及包括空调系统、照明、建筑朝向、节水等建筑节能措施的实施，该建筑与同类建筑相比，可节约能源38%，每年可减排2640吨二氧化碳，运行成本可降低20万澳元，被SEDA评为温室气体4星建筑。



3、北悉尼奥运游泳馆

北悉尼奥运游泳馆是悉尼奥运会的游泳比赛场地，包括一个露天的50米海水标准泳池和一个室内的25米淡水训练泳池。游泳池的供热系统采用四套系统相配合，太阳能供热系统、水源热泵系统、天然气锅炉和空调系统。其中太阳能热水系统和水源热泵系统的投资为50万澳元，国家补助25万澳元。太阳能热水系统的集热板面积为500m²，集热板放在室内游泳馆的屋顶，伸出部分用作看台遮阳顶。集热板与屋顶的结合非常实用巧妙，如没有游泳馆工作人员的讲解，看不出太阳能集热板置于何处。

夏天，仅用太阳能热水系统即可满足游泳池的需要，冬天，太阳能热水系统可提供约30%的热量，太阳能和热泵系统基本可满足游泳池的供热需求；天然气锅炉只为特殊天气设计的，如冬天特别冷的时候；而第四套供热系统空调系统是为极端天气设计的，是为了保证系统的绝对安全，启动的机会很少。



4、云南丽江滇西明珠项目

滇西明珠是一家五星级酒店，它包括 300 多栋别墅和院落。太阳热水系统和电锅炉系统共同为酒店客房提供热水供应和供暖、并为西餐厅提供热水供应。该项目安装了 3400 平方米的太阳能集热器为 8.7 万平方米的客房和餐厅提供热水供应。太阳集热器与建筑的结合形式有两种，一是平板集热器镶嵌在坡屋顶上，一种是平板集热器替代了常规屋顶，独立构筑了坡屋顶结构。不论哪种结合方式，太阳集热器、进出水管通道以及其他部件都与建筑在功能上和性能上等配合完好，太阳热水系统的安装能与纳西风格的建筑本体相协调，共同构建了完美的建筑环境和风格。

