

Tongji University

Bamboo House: Practice of Ecological Solar Residential

“竹屋”——太阳能生态住宅实践

撰文 余中奇 同济大学建筑与城市规划学院

叶曼 上海曼氏建筑设计咨询有限公司

1 “竹屋”策略

2010年7月，太阳能十项全能最后阶段的竞赛展出阶段在马德里皇宫边Manzanares河畔进行，各学校将设计一座投影面积不大于 74m^2 、室内面积不小于 42m^2 的太阳能住宅。作为第一次参加此项竞赛的亚洲队伍，同济大学的参赛作品“竹屋”策略的形成受到了各方面因素的影响：一方面，带着挖掘传统住宅文化的节能要素的初衷，将反曲屋盖和庭院式的布局结合到了作品中；另一方面，传统要素的技术可能性得以与现代太阳能节能住宅技术的需求结合起来，并成功融入场地条件中；在建筑体系层面，这些要素最终被整合到竹结构装配体系中，而其实现的关键因素则是相关特殊材料的使用，尤其是竹材，体现了中国居住文化与现代太阳能住宅材料要求的完美结合。

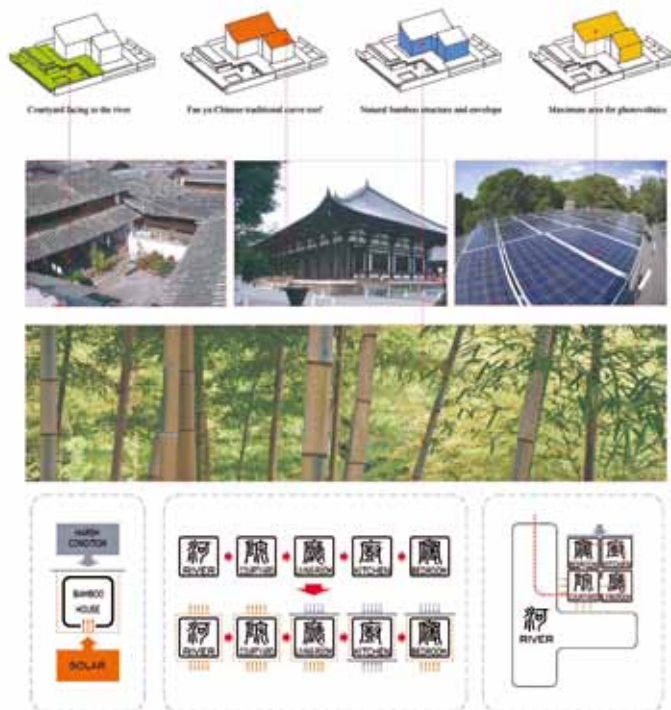
2 反宇能源系统

反宇屋面作为太阳能光伏和光热系统的承载面，是能源系统中最重要的部分，源自中国传统大屋顶的反宇意向。它在中国传统建筑中已然扮演着节能要素的角色，“上反宇以盖载，激日景而纳光；上尊而宇卑，吐水疾而溜远”的描述体现了其在采光排水方面的积极作用。

在这样的原型下，太阳能屋面需要在 74m^2 的投影面积限制下产出尽可能多的电能，同时提供生活所必须的热水，同时通过对太阳能板背面的特殊条件进行回应，提升太阳能板单元能量产出，主动式太阳能和被动式辅助技术的结合被确



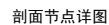
马德里搭建展出现场

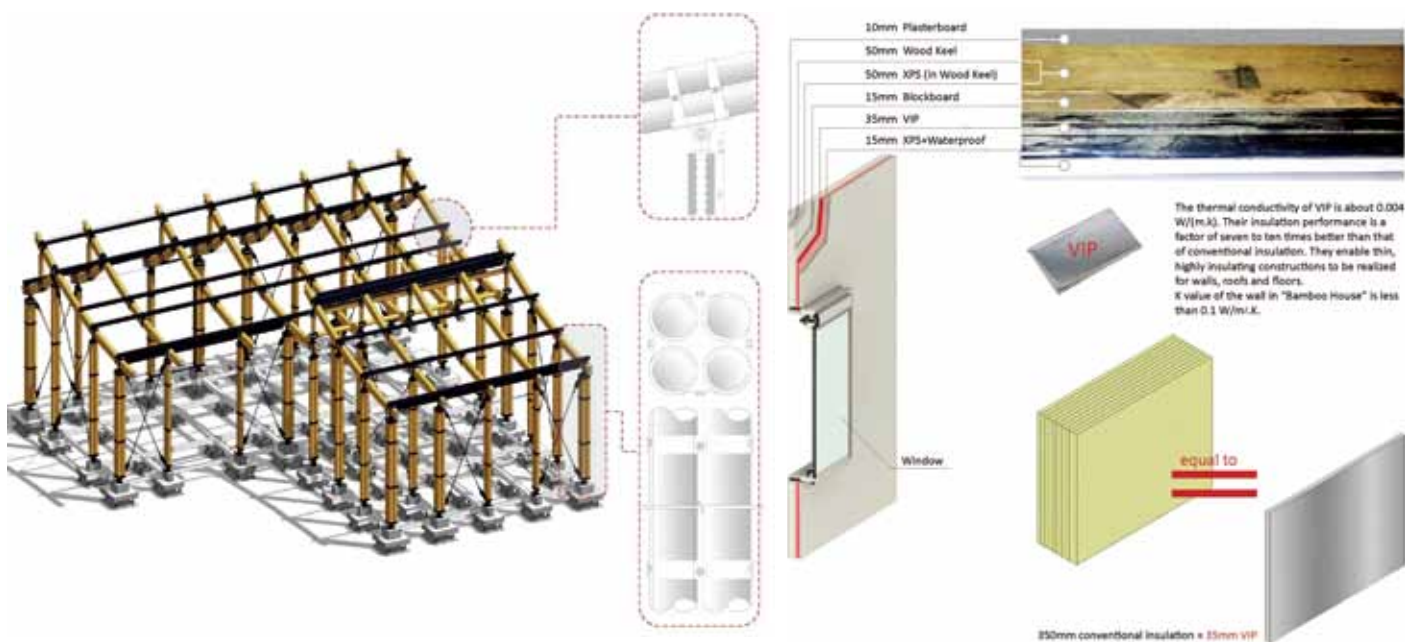


竹屋策略生成

住宅建筑中能源的消费结构一般以空调冷热源、电器、照明几项为主。太阳能十项全能竞赛所依据的西方生活模式略有不同，在烘干机和电磁炉上会增加大量的能源消耗。经过计算，本次设计竹构住宅最终能耗约3kW（其中25%为固有设备耗电），而太阳能发电量平均值需达到11kW以保证足够的能源并入电网，阴雨天也最好能保证3kW以上即自给自足的能源采集。

带入基地条件加以考虑，西班牙本地合理的屋面倾角为 33° 左右。而太阳能利用比例随南北朝向角度的不同有一定的能源衰减，具体数值如下：正南100%，东南、西南约为96%，东西向85%，背面66%。因此屋面布置的方式已经由太阳能利用方式确定。主要能源采集方式也确定为屋面太阳能单晶硅光伏电板为主，局部采用太阳能光热结合光电板





屋顶与墙体结构连接细部

VIP材料的应用

和室内空气热泵废热制备热水。

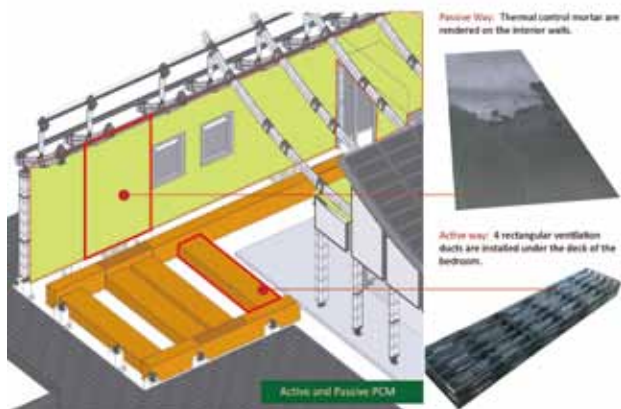
屋面太阳能光电系统分为三个层次：太阳能单晶硅光伏电池板，曲线空腔风道，屋面刚性防水保温体系。来自新奥集团的单晶硅光伏电池板和来自来实集团的刚性直立锁边防水屋面系统之间是太阳能板风冷空腔，能够利用空腔拔风为太阳能板降温从而提高其发电效率，是传统反宇屋顶为太阳能系统做出的一大贡献，而太阳能板背部温度每降低一度，将能够获得0.2%的效率提升，这一结合点有效地提高了太阳能总发电量。在太阳能光热系统方面，HVAC系统将太阳能热水系统和空调系统整合到一起，并且通过回收空调废热来支持日常热水的产出，在光热端有效地控制了能耗。

3 被动式节能

在“竹屋”的设计中，众多被动式节能手段被用来改善能耗状况和住居环境。以气候状况为依据的单元分析给房屋各功能块的设计提供了基本依据，然后结合基地条件，各单元被依照传统布局流线重新组织，重新形成院落式布局。在此基础上，VIP (Vacuum Insulation Panel) 和PCM (Phase Change Material) 这两种新材料被整合到“竹屋”的围护结构中，凭着极强的阻热性能和根据环境温度改变物理形态的特性，它们可以极大地增大房屋的热惰性，减少室外环境对室内的影响。

(1) VIP：竹屋的屋顶、墙面以及地板都采用了这种抽真空保温板，其通过用锡箔将极细玻璃棉包裹起来并抽至真空状态，而获得了极高保温性能的新型材料，其保温能力相当于传统聚苯板保温材料的10倍。从这一意义上讲，其在发挥其保温性能的同时，所节约的保温厚度实际是对用地面积的节省。我们所需要的VIP保温厚度为35mm，而对应的聚苯板则需要350mm才能达到同样的保温效果。以40m的房屋周长计算，一座面积不到75m²的小屋节省下的面积竟达到12.6m²。VIP保温材料又由于其极易破损而失去真空特性膨胀起来，因而在安装时需要特殊的保护措施。我们在设计中以木材作为过渡介质，通过点式的连接方式将保温墙体与竹结构连接，最大程度地减少了冷热桥。

(2) PCM：相变材料，具有较高的固态转换温度储能材料，从而增加室内环境的热惰性，在温度高于其转换温度时，从固态转换为液态从而吸收储存热能，而在温度低于其转换温度时，由液态转换为固态并释放出大量热量。在建筑设计的实际应用中可以有多种表现形式，而我们采用了相变风机和相变石膏板两种。相变风机结合风道被设置在卧室地下，通过与室内空气循环进行热交换，并且在室温不满足要求时优先采用相变风机调节的措施。相变石膏板则是利用背面涂抹了相变砂浆的石膏板进行内装饰，面层采用竹帘以保证相变材料透气从而能与室内进行良好的热交换。

[illegible]

同济大学的竹屋获得了欧洲可持续能源奖，而积累经验之后的新尝试也将在今后的十项全能竞赛中继续展现，这一平台和窗口的激励和鞭策作用无疑是改变我国当前能源紧张和低效使用现状的一道希望之光。AT

叶曼，上海曼氏生态建筑设计事务所主创建筑师。同济大学建筑学硕士，德国包豪斯大学规划学硕士。主要作品：2010上海世博会零碳馆落地工程，上海崇明岛BREEAM生态住宅，北京绿色建筑主题公园规划与评估。