

## （三）浙江长兴被动房

导读：近些年来建筑节能技术已成为全世界关注的焦点，是当前国内外节能领域的热点研究课题。西方发达国家建筑能耗占社会总能耗的30%~45%，我国目前建筑能耗已占社会总能耗的20%~25%，正逐步上升到30%，约21%的城市温室气体排放来自建筑。“被动房”技术在运用过程中充分结合区域气候条件，在建筑节能和建筑环境方面有着运营成本低廉、经济效益明显、绿色环保等显著优点。在我国夏热冬冷的浙江长兴地区进行的朗诗布鲁克“被动房”实践，从设计建设到最终检测的全过程都严格遵循各项标准并达到预期效果，对气候环境相近地区的建筑设计具有良好示范效果。

### 一、背景介绍

被动式低能耗建筑，通常简称为“被动房”，是指不通过传统的采暖方式和空调形式来实现冬季和夏季室内环境舒适要求。最早的被动房于1999年在德国建成，每户为90平方米的三居室，主体为木质结构。这种房屋利用太阳能供热、供电，能源方面可自给自足，运行成本低廉，而其实际建筑成本也仅比普通房屋高7%。据统计，被动房全年（2004年）一户的供暖、供水、供电费用仅为114欧元。由于被动房的建筑方式不受楼宇类型的限制，且普通建筑也可以通过改建达到被动房的标准要求，因此具有广泛的实际意义。目前全世界已拥有超过30000套被动式房屋，在德国，建成的被动式房屋已超过16000套。

2013年，浙江长兴与德国被动房研究所、德国能源署合作，采用欧洲先进被动式建筑技术，由朗诗集团设计并修建面积约2500m<sup>2</sup>的朗诗“布鲁克”被动房。其坐落于温暖潮湿的长江以南地区，是中国长三角地区首个按照夏热冬冷气候条件设计建造、并获得德国被动房研究所大型被动房认证，也是中国第一个同时符合绿建三星、德国DGNB和美国LEED认证标准的项目。

### 二、对策和解决方案

德国“被动房”设计的最初目的是满足冬季采暖需求。由于我国江南地区夏热冬冷，被动房建筑需要具备夏季防热、冬季防冷功能，朗诗集团据此提出了适应当地气候条件的建筑设计方案。





### 1. 气候条件

浙江省长兴县地处中国东南沿海，地理位置北纬  $30^{\circ}43' \sim 31^{\circ}11'$ ，东经  $119^{\circ}33' \sim 120^{\circ}06'$  之间。长兴县属亚热带海洋性季风气候，是我国夏热冬冷气候的代表性地区。其典型气候特征是夏季高温潮湿，冬季阴冷潮湿，雨量充足，日照丰富。一般夏季最热月平均气温在  $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，太阳辐射相当强烈，而年平均湿度 75%，夏季高温高湿，使人闷热难受。冬季最冷月平均气温在  $2 \sim 7^{\circ}\text{C}$  之间，相对湿度仍然较高，使人感觉阴冷潮湿。在此地区建造低能耗建筑须充分兼顾冬季保温和夏季隔热以及梅雨季节除湿等多项要求。

### 2. 基于目标节能的评价体系

被动房要实现低能耗的采暖、制冷，必须具有较低的外围传热指标和优良的房屋气密性。根据德国被动房研究所的经验，被动房建筑需要在能耗方面实现两个目标：1) 建筑每年的采暖和制冷能耗总和不超过  $30\text{KWh}/\text{m}^2$ ；2) 建筑每年总能耗（采暖、空调、生活热水、照明、家电）等不超过  $120\text{KWh}/\text{m}^2$ 。为此，在建筑相关分项节能设计指标应达到如下要求：

表 1：目前鞍山市区域供热市场现状

| 项目        | 单位                                     | 性能指标目标值 |
|-----------|----------------------------------------|---------|
| 墙体传热指标    | $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | 0.15    |
| 屋面传热指标    | $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | 0.10    |
| 首层地面传热指标  | $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | 0.30    |
| 外门窗型材传热指标 | $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | 0.72    |
| 外门窗玻璃传热指标 | $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | 1.19    |
| 外遮阳设计     | -                                      | 可调节     |
| 房屋换气次数    | 次 /h                                   | 0.6     |
| 热桥数量      | -                                      | 无热桥     |

### 3. 建筑体型系数





建筑物体形系数是指建筑物接触室外大气的外表面积，与其所包围的体积的比值。同样建筑体积的外表面积越大，散热面积越大，建筑能耗就越高；反之，体形系数越小对建筑节能越有利。具体地讲就是，在其他条件相同的情况下，体积小、体形复杂的建筑，平房和低层建筑，体形系数较大，对节能不利；体积大、体形简单的建筑，多层和高层建筑，体形系数较小，对节能较为有利。通常建筑体系系数在低于 0.3 时有着较为良好的节能效果。

#### 4. 外围护结构传热指标

建筑外墙具有较好的保温隔热性能。当外墙的保温材料厚度从 30mm 增加到 100mm 时，建筑能耗有非常明显的降低；在综合考虑了建筑使用年限、运行费用等诸多因素后，布鲁克被动房最终选择了巴斯夫设计的石墨模塑聚苯乙烯泡沫塑料板（Neopor®），其隔热性能提高了 20%，厚度却减小了 20%，整个墙体的传热指标值达到了  $0.15\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。这个参数远优于公共建筑在夏热冬冷地区的设计规范值。

外门窗是建筑外围护重要的组成部分，一般占据外围护面积的 20%~40%。门窗中占据面积比例较大的是玻璃，玻璃的性能决定了整个门窗产品的保温隔热效果。因此，提升玻璃的保温性能，对降低建筑

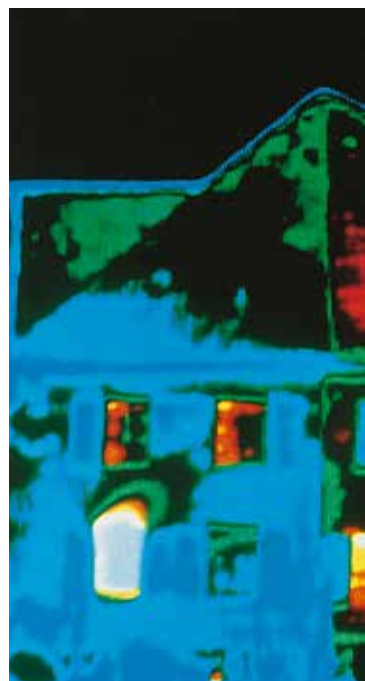




图 1：被动房保温效果可视化示意图



能耗有着至关重要的作用。布鲁克被动房采用三层双中空玻璃的性能最优，其玻璃的传热系数值降低至  $0.6\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，效果非常理想。

### 5. 气密性设计指标

房屋气密性是指在建筑外门窗正常关闭状态时，阻止空气渗透的能力，当建筑外围护中存在的缝隙越多，渗透的空气越多，气密性也就越差。相关研究成果表明，建筑物缝隙渗透损失的能量占建筑总体能耗较大的比重。合理的气密性能对实现被动舒适效果尤为重要。为保证健康通风的要求，室内设置了机械新风系统，以满足室内有源源不断的新风要求，并且外围护缝隙渗透引起的换气次数不超过  $0.6 \text{ 次}/\text{h}$ 。

### 6. 外遮阳设计和选型

外遮阳设施在建筑夏季节能降耗中具有重要作用。在建筑物的南向窗口特别设计了综合式构造遮阳。当夏季高温时，正午的阳光近乎垂直照射，此时窗上口的水平板有效的起到遮挡强烈日光的作用。而在上午和接近傍晚时，斜射的阳光正好被垂直遮阳板挡住。综合式遮阳板起到了非常好的遮阳作用。布鲁克被动房选用的构造式遮阳为金属材质，与墙面是通过预留的螺栓连接，并非是直接与墙面整体现浇而成。这样的做法起到了有效的“断热”作用。同时，这种构造遮阳与建筑物同寿命，大大降低了活动式遮阳的故障风险，减少了维修成本。当这种构造遮阳与外立面的干挂陶棒融合在一起，兼顾了节能设计与美学设计。

### 7. 其他措施

除上述的主要措施外，布鲁克被动房还采用了太阳能热水系统和机械送风及热回收技术，在实现夏季制冷、冬季制热、梅雨季节除湿等主要功能的同时，也保证了室内的空气质量。为实现整个建筑优良的气密性能，建筑外围护的各个细部穿墙节点都进行了优化设计。

## 三、成效

与传统房屋相比，被动房具有诸多优势。从资源消耗来看，可以减少能耗，帮助减少对石化能源的依赖；主要结构都在保护层中，使用寿命长，减少翻修房屋的资源消耗；帮助减少了基础建设投资。



从环境影响来看，被动房克服普通房屋所带来的热岛效应问题；提供了舒适健康的环境，减少心脏病、皮肤病；更少的灰尘也帮助减少了家庭劳动。

被动房高效利用阳光、内部热源和热能回收，在冬天大大减少或彻底摆脱对传统供热系统的依赖。在夏季，被动房可以利用特殊设计的遮荫等被动制冷手段保持室内凉爽。特殊的窗框和建筑维护结构（包括充分隔热的屋顶和地面以及外墙）可以起到良好的隔热效果。

测试结果表明，布鲁克被动房优于被动房在夏热冬冷地区的标准，每年每平方米能耗仅为 69 千瓦时，其屋顶传热系数不大于  $0.1\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ，外墙传热系数不大于  $0.15\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。房屋的换气次数经实测为 0.35 次 /h，低于 0.6 次 /h 的标准要求。经模拟计算出的暖通系统能耗总和为  $26.3\text{KWh}/\text{m}^2$ ，建筑节能率超过 65%。

本项目为长三角地区的气候条件量身定制，为夏热冬冷地区的“被动式”房屋设计开辟了新的途径。

#### 四、启示和建议

建筑是城市的主体，也是能源消耗大户，全球建筑能耗占社会总能耗的约三分之一。在化石能源日渐减少的情况下，能源供给的可持续性将成为未来建筑面临的重要课题。可持续建筑核心理念是在满足生活质量、建造和运营价格合适的前提下，降低环境负荷，与环境融为一体，且有利于居住者健康。其目的在于减少能耗、节约用水、减少污染、保护环境、生态和健康、提高生产力。中国首个按照长三角地区夏热冬冷气候设计建造的被动房所采用的被动式建筑技术不但减少了主动能源投入、努力降低建筑使用成本，也充分体现了全生命周期环境友好的建筑理念，在保证住户健康和舒适的前提下，实现节能降耗。

随着公众对于建筑品质要求的逐步提升，越来越多的开发商开始寻找和选用价格合理、品质上乘的建筑材料。在城市建筑领域中国拥有巨大的潜在消费市场，也是太阳能、风能等可持续能源设备最大制造国和消费国，浙江长兴被动房的成功案例为建设生态城市提供了范本，也为营造绿色节能的工商企业提供了无限商机。

图 2：朗诗布鲁克被动房屋顶保温材料

