

中德被动式低能耗住宅建筑设计及防火设计初探

Architecture and Fire Protection Design on the German Passive House in China

撰文 全艳时 秦皇岛市公安局消防支队

摘要 对中国首家被动房屋——秦皇岛“在水一方”C区12号住宅楼设计的技术要点进行阐述，详细说明了房屋围护结构、保温隔热、气密性、防热桥处理等方面的具体做法及带热回收的通风换气系统，分析了该类型建筑物存在的火灾危险性 & 需要改进的地方，希望对相关领域的建筑设计及其他消防监督审核人员有所借鉴。

关键词 被动房 保温隔热 防火

“十二五”期间，我国提出节能减排的长远战略方针，被动房屋以低耗能优点而被大力研究发展。被动房屋目前还没有一个准确的定义，一般认为是一种超低能耗建筑，它充分利用太阳能、地热能等可再生能源，使得采暖能源消耗不超过 $15\text{kW}/\text{m}^2$ ，极大地提高了建筑保温隔热性能和气密性，并通过热（冷）回收装置将室内废气中的热（冷）量回收，从而显著降低能源需求，实现室内舒适的居住环境，是当前被认为能量效益最佳的房屋。

1 被动房屋简述

据资料显示，被动房屋的概念始于1996年，普遍认为最早的“被动房”建于1991年德国的黑森州。“被动房”是一种节能方式，它不受建筑方式、建筑类型和使用功能的限制，可以作为办公楼、住宅楼、体育馆以及工业用房等建筑使用。经研究，普通建筑也可以通过改建达到“被动房”的标准要求，因此具有广泛的实践意义。尽管“被动房”在德国、奥地利、瑞士和意大利已经大量投入使用，但在我国目前仍处于起步阶段。“汉堡之家”是中国境内首座获得认证的“被动房”，是上海世博会德国汉堡市城市最佳实践区案例馆。

“被动房”的节能主要是由吸收太阳能、保温和密闭、空调热回收系统三者的有效结合才得以实现的。为了最大限度地吸收太阳能的热量，“被动房”的向阳部分要有大量的玻璃窗。而超厚的保温隔热层能防止热能从墙壁、屋顶和地板流失。

我国目前“被动房”墙壁厚度可达50cm，其中间10cm为实墙层，两侧各加20cm厚的隔热纤维材料。“被动房”窗户也将过去的两层隔热玻璃改为3层，并在夹层中充入氩或氪等稀有气体来减少导热。但我国目前还不能生产被动房窗户，需要在奥地利、德国、瑞士、捷

克和比利时生产。“被动房”的空调热回收系统是我国研发的“可控室内通风装置”，即将室内的空气由一个小热泵调节，使室内废气中的80%以上可以转换为热能，供应给新风。在建设“被动房”过程中还特别要注意的是，尽可能完全杜绝导热桥，包括所有缝隙的密封。

2 秦皇岛“在水一方”小区案例

秦皇岛市“在水一方”住宅小区是“中德被动式低耗能房屋”示范项目，该项目启动于2011年，由德国能源团负责安排德国专家提供设计咨询、施工质量控制等。

本文介绍的“被动房”为“在水一方”小区内的某栋住宅楼，地上18层，地下1层，建筑面积 6467.3m^2 ，基地面积 367.52m^2 。一个单元，共36户，设两部电梯、一部楼梯，属于二类高层居住建筑（图1）。

德国被动房与国内65%节能房屋各项技术参数比较详见表1。



图1 住宅楼平面图

表1

各项指标	德国被动房标准	国内65%节能标准 (≥9层)
传热系数K (屋面)	$0.15\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$	$0.45\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$
传热系数K (外墙)	$0.15\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$	$0.45\sim 0.6\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$
传热系数K (不采暖地下室顶板)	$0.15\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$	$0.5\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$
传热系数K (外窗外门)	$0.8\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$	$2.35\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$
体形系数限值	$0.4\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$	$0.26\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$
房屋气密性	$n_{50}\leq 0.6/\text{h}$	只对外门、外窗气密性有要求，对房屋气密性无明确要求
结构热桥处理	无热桥结构	用传热系数修正热桥造成的热损失
室内温度	$20\sim 25^\circ\text{C}$	18°C
空气相对湿度	$40\%\sim 60\%$	无要求
房间内表面温度	不低于室内温度 3°C	门窗洞口室内侧墙面内表面温度不低于室内温、湿度条件下的露点温度
室内CO ₂ 浓度 (居住空间)	$600\sim 1\ 000\text{ppm}$	对住宅无要求
废弃热量回收率	$\geq 75\%$	无要求
室内噪音控制	$\leq 25\text{dB}$	昼间 $\leq 45\text{dB}$ ，夜间 $\leq 37\text{dB}$

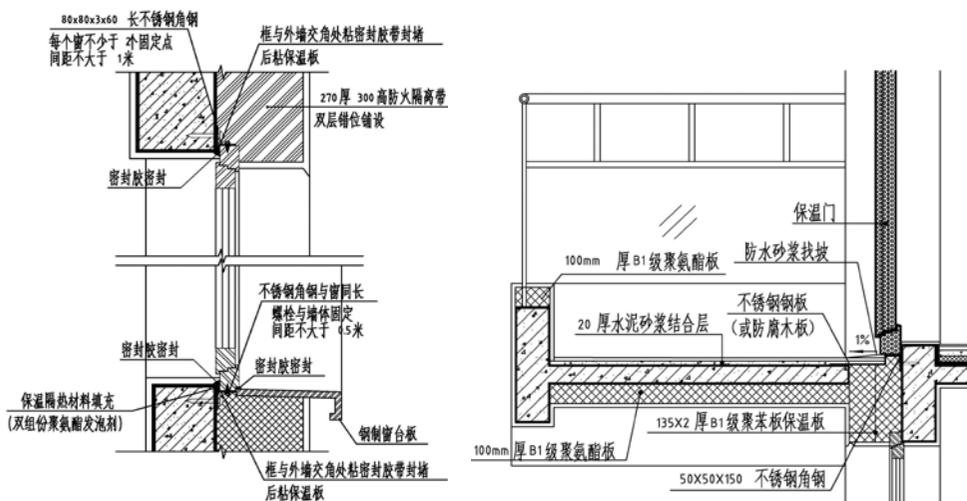


图2 窗与结构连接处、阳台与结构连接墙板处隔断热桥处理节点做法

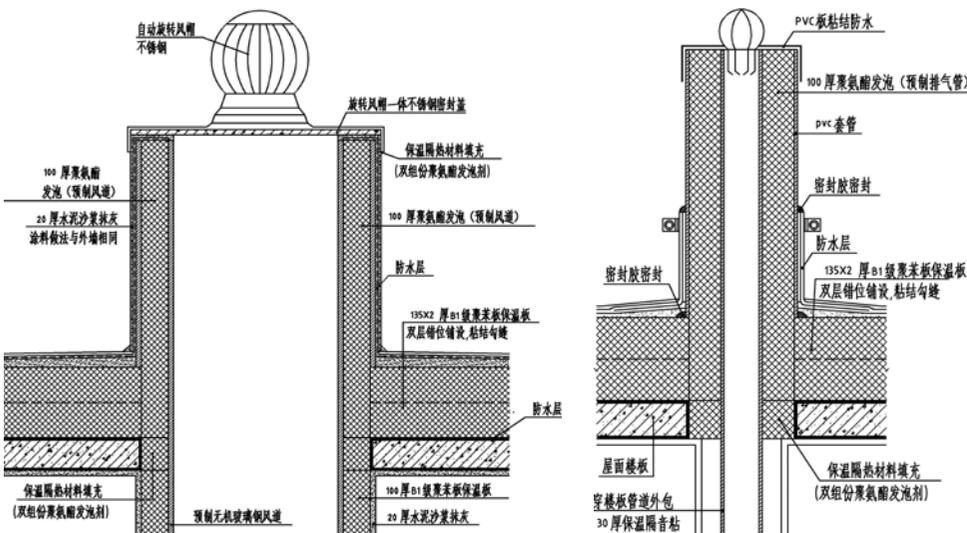


图3 出屋面烟道、排水气管穿屋面楼接隔断热桥处理节点做法

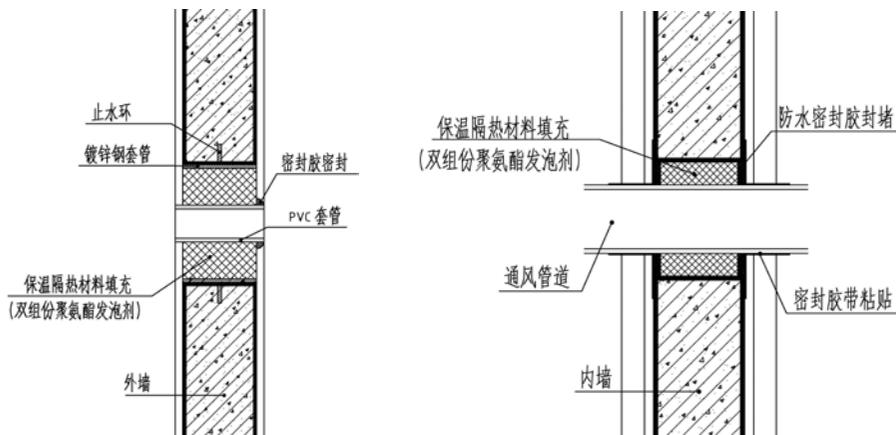


图4 地下室各种管线穿外墙隔断热桥、密封节点做法

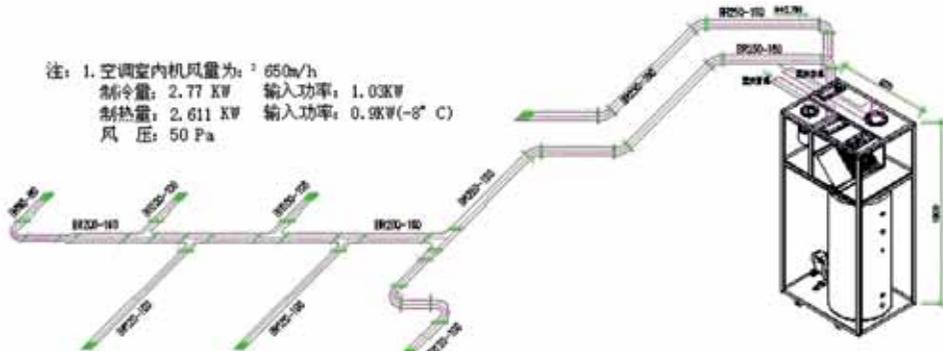


图5 户内空调系统图

该房屋具体参数为:

(1) 外保温层选用 B1 级聚氯乙炔聚苯板, 且对厚度要求严格, 屋面、外墙、地下室顶板保温板厚度不小于 270mm;

(2) 对每户门隔热有特殊要求, 要选用 $K \leq 0.8W/(m^2 \cdot k)$ 的被动房专用保温门, 门、窗与墙面连接固定需做防漏气密封处理, 门、窗框用角钢安装在外墙上;

(3) 外窗选用的上海维卡 82 系列塑钢节能型材, 玻璃采用中空-真空玻璃 (5+12A+5+0.15V+5) mm, 传热系数 $K=0.8W/(m^2 \cdot k)$;

(4) 整个围护结构采用气密性好的钢筋混凝土剪力墙结构;

(5) 电线管穿完电线后, 将入户管内采用密封胶封堵, 穿楼板、外墙、屋面的烟道、排水立管采用密封胶封堵;

(6) 窗口、门口、填充墙等交接处采用专用密封胶带封堵;

(7) 易产生热桥的部位有: 门、窗与结构的连接处, 阳台、空调板与结构连接梁板处, 出屋面烟道、排水通气管穿屋面楼板处等。以上各处均做隔断热桥处理, 具体做法如图 2~4 所示。

(8) 通风换气系统: 根据“被动房”的标准要求, 新风换气热回收率要大于 75%。“在水一方”小区开发了一台专为被动房住宅配备的空气源热泵热回收节能冷暖空调一体机, 每户配置一台专用设备 (图 5)。

从前面介绍中可以了解到被动房节能的核心技术充分体现在该楼中, 该建筑外墙外保温采用的是厚度达 27cm 的聚苯板; 为了保证围护结构的保温隔热性能和气密性, 窗口、门口填充墙交接处, 甚至穿墙的各种管线都采用了专用的密封胶带封堵起来; 阳台和外墙之间也进行了保温分隔, 并采用节能性较好的真空三层隔音保温塑钢窗; 几乎所有冷桥的地方全部被保温材料隔绝。

3 关于“被动房”消防技术要求的几点思考及在施工过程中需要解决的问题

(1) “被动房”核心技术之一就是内外保温屋地大量运用, 如表 2 所示。

而我国在实施保温节能政策以来, 已经有诸如央视大火、上海教师公寓等由于外保

表2

	屋顶 (cm)	外墙 (cm)	地面 (cm)
低能耗房屋	16-18	14-16	10
被动房	24以上	18以上	16以上



图6 防火隔离带



图7 甲级防火门里加三玻门

保温材料引燃整栋大楼的火灾。“被动房”使用的保温层更厚，使用地点更多，给建筑物增加了火灾荷载，一旦着火，损失更大。所以对“被动房”的外保温应该有更加严格的要求。

建议首先改革保温做法。对于高层建筑，改外保温做法为内保温做法，将保温层做在室内和墙体夹层。因为对于住宅建筑，每家每户都是一个相对独立单元，着火后最大限度控制在每户内，不会出现由于外保温材料的迅速蔓延导致的立体火灾。

另外要更加严格控制外保温材料的燃烧级别，防火设计除必须满足国家现行的《建筑设计防火规范》外，还应满足如下规定：

(a) 保温材料应采用防火等级为 B1 以上的材料。

(b) 防火隔离带的基层应是烧砖、加气混凝土等砌体或钢筋混凝土墙体。

(c) 当采用 B1 级保温材料时，应设置环绕型防火隔离带或在门窗洞口三侧设置防火隔离带。当采用环绕型防火隔离带时，外墙外保温层中应每层设置环绕型的岩棉防火隔离带。岩棉防火隔离带宽度至少为 200mm，过梁下沿与防火隔离带下沿之间的最大距离不得超过 50cm。如果位于防火隔离带区域的窗户在高度上有位移，可以通过“下移”下沉窗户处的防火隔离带来确保其与过梁之间的距离不超过 500mm；而对于上方延伸的窗户必须将防火隔离带围绕窗洞上移，移动的高度不得超过 1 000mm。当采用在门窗洞口三侧设置防火隔离带时，必须在其三侧即上侧和双侧满粘至少 200mm 高 / 宽的符合标准规定的岩棉条。门窗、百叶窗或卷帘窗与防火隔离带节点处可能会出现保温性能低于其他外围护结构的情况，应而室内一侧不得出现结露现象，且室内一侧任何一点的表面温度不应低于室内其他内表面温度 3℃。

(d) 防火隔离带应由遇火时结构足够稳定且不可燃的岩棉材料组成（图 6）。

(2) “被动房”具有高气密性的要求，户门应为三玻门，而现行规范要求户门应为甲级防火门。为了既满足规范要求，又满足“被动房”技术要求，“在水一方”小区“被动房”采用了甲级防火门里再加三玻门的方法（图 7）。但实际这样既浪费空间，又不好用。所以各科研机构应研究密封保温性能好、能满足“被动房”要求的甲级防火门，以便适应市场的需要。

(3) 为了不破坏“被动房”的高气密性，防止业主自行装修、随意打孔，被动房一般都是精装修，每一步装修都在被动房设计师考虑范围内。所以，类似这种建筑防火设计审核时要一并考虑内部装修做法，在施工时加强施工队伍的技术培训和施工全过程（包含精装修过程）的严格把控。在对此类房间审核时应应对被动房的内部装修材料进行比现行规范较高一级别的要求。

(4) “被动房”配置高效带热回收的通风换气系统满足室内空气的清新度，也给建筑物带来火灾隐患。前面已经对被动房通风系统进行了介绍，可以看出虽然“被动房”不是中央空调新风系统，是每户局部中央空调，但仍比普通意义上没有新风系统的住宅的火灾危险性要大。所以，建议规范中对“被动房”新风系统的管道材质、管道布置与连接以及防火阀的安装进行严格要求。

4 结语

综上所述，“被动房”还是一个新型的建筑，被动房屋设计在我国是个新课题。本文通过对“在水一方”小区被动房设计施工过程中遇到的防火难点进行分析，指出了该类型建筑物存在的火灾危险性及其需要改进的地方，认为主要在于设计师在细节设计上应多加注意，并加强施工队伍的技术培训和对施工全过程（包含精装修过程）的严格把控。科研机构应不断开发保温绝密性能好的新型消防产品，这样才能保证中国式被动房的消防安全。■

参考文献

[1] GB50045《高层民用建筑设计防火规范》[S].

[2] GB50016《建筑设计防火规范》[S].

[3] 孙建慧. 中德被动式低能耗建筑示范项目——秦皇岛“在水一方”住宅楼技术研究[J]. 建设科技, 2012(08).