

借鉴荷兰经验探寻中国被动式房屋本土化建设策略 ——以西安白庙小区改造为例

王 婷* 任云英

西安建筑科技大学建筑学院 陕西 西安 710055

摘要: 被动式房屋以其超低的能耗量和优越的舒适性成为未来建筑建造的必然趋势之一。本文总结了荷兰被动房建设的先进经验和优秀案例, 以及中国被动式房屋建设情况, 并通过借鉴荷兰被动房屋建设“六原则”对西安白庙小区进行改造, 得出一些针对中国老旧住区的“被动式”改造策略。

关键词: 被动式房屋; 超低能耗建筑; 低碳住区; 绿色基础设施

DOI: <https://doi.org/10.37155/2661-4669-0308-52>

Learning from the Experience of the Netherlands to Explore the Localization Construction Strategy of Passive Housing in China ——Taking the reconstruction of Xi'an Baimiao Community as an example

Ting Wang*, Yun-Ying Ren

Xi'an University of Architecture and Technology, School of Architecture, Xi'an 710055, Shaanxi, China

Abstract: Passive house with its ultra-low energy consumption and superior comfort has become one of the inevitable trends of future building construction. This paper summarizes the advanced experience and excellent cases of passive house construction in the Netherlands, as well as the passive house construction situation in China, and by referring to the “six principles” of passive house construction in the Netherlands to reconstruct the Baimiao Community in Xi'an, some “passive” reconstruction strategies for the old residential areas in China are obtained.

Keywords: Passive houses; Ultra-low-energy buildings; Low carbon residential; Green infrastructure

引言

近年来, 全球气候变暖趋势不断加剧, 大气中的温室气体正以前所未有的速度增加, 人类活动所导致的CO₂排放量增加已被公认为当今全球最大的环境问题之一, 而其中建筑使用能耗占全球能源消耗的40%以上, 温室气体(GHG)排放的三分之一(UNEP, 2007)。1950年前, 约占世界人口的30%居住在城市地区。到2014年, 这一比例上升至54%; 预计到2050年将达到66%(UNDESA, 2014)。在中国, 随着城市化的快速发展, 人们生活水平的提高, 建筑能耗稳步增长(Cai, Wu, Zhong, & Ren, 2009; 世界银行, 2005年)。目前, 我国的建筑运行能耗约占全社会总能耗的20%, 建筑建造能耗约占16%, 合起来约占全社会能耗的三分之一^[1], 所以, 如何降低建筑能源消耗, 减少碳排放成为我国绿色可持续发展所关注的课题。其中被动式房屋——一种低能耗不需要主动采取采暖或者制冷措施就能保持室内温度适宜的房屋, 成为未来发展的趋势。

1 被动式房屋的概念

“被动房”建筑的概念是在德国上世纪80年代低能耗建筑的基础上建立起来的, 1988年瑞典隆德大学(Lund University)的阿达姆森教授(Prof. Adamson)和德国的菲斯特博士(Dr. Wolfgang Feist)首先提出这一概念, 并于

*通讯作者: 王婷, 女, 汉, 1993.02.19, 内蒙古呼和浩特, 博士研究生。研究方向: 低碳城市、绿色基础设施。

基金项目: 十三五国家重点研发计划“城市新区规划设计优化技术”(课题编号: 2018YFC0704604)

1991年由菲斯特博士付诸实践,在德国达姆施塔特(Darmstadt)建立了第一座“被动房”建筑。他们认为“被动房”建筑应该是不用主动的采暖和空调系统就可以维持舒适室内热环境的建筑。1996年,菲斯特博士在德国达姆施塔特创建了“被动房”研究所(Passivehaus Institute,简称PHI),该研究所至今仍是“被动房”建筑研究最权威的机构之一。

被动式房屋(Passive House)是相对于主动式建筑节能技术而言^[2]。指不采用主动的采暖和制冷设备,如暖气、空调等,仅依靠屋内人体与室内电气设备所产生的热量就可维持25度左右的舒适室温,是集高舒适性、超低能源消耗为一体的新型节能建筑。被动式房屋拥有良好的气密性,确保热量不会损失;完善的新风系统,确保室内空气的冷热循环;利用太阳能等新能源,作为房屋能源供给。一栋被动式房屋每年每平方米的采暖能耗不超过1.5公升石油或1.5m³天然气(15kwh),比传统建筑节省90%的能耗。

2 荷兰被动式房屋建设情况

荷兰的被动式房屋建设水平处于世界领先水平,荷兰代尔夫特理工大学的Henk教授和Erwin教授致力于研究被动式房屋建造技术^{[3][4]}和如何平衡各利益相关者间的关系^[5],更好的推动被动式房屋的发展。就以代尔夫特为例,这是世界上少数整个城镇基本都达到被动式房屋覆盖的城市。在荷兰,寒冷而漫长的冬季,和高昂的能源费用,从根本上推动了荷兰被动式房屋的发展,而政府的社会保障制度和政府的补贴则使被动式房屋的建设更加顺利。

经过对荷兰多地的被动式房屋建设情况的总结, Henk教授等将被动式房屋建设经验总结为“六原则”(six principles)(图1):

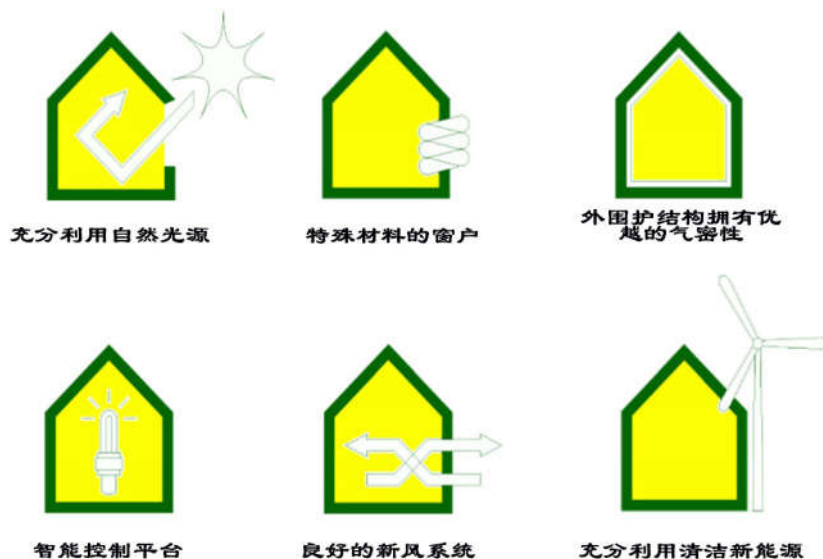


图1 “六原则 (six principles)” 示意图

图片来源:作者自绘

(1) 充分利用太阳光。太阳能在被动式房屋中具有重要作用,收集太阳能的窗户和屋顶设置的太阳能光伏板和太阳能热水器,可以提供居民的生活用水和冬季至少一半的采暖热量。另外,如有多余的热量还可以为电灯、小型家用电器等提供能量。

(2) 特殊材料的窗户。窗户作为被动式房屋围护结构中最薄弱的部分,必须非常重视,应采用高保温性能的材料。在冬季无采暖设备的前提下,窗户表面温度不应低于17℃。所以,在气候较寒冷的条件下,被动式房屋应采用高保温性能的窗框和三层Low-e玻璃,安装后窗户整体U值不应低于0.85W/(m²K)。

(3) 高保温性能的围护结构和优越的气密性。加强围护体系的保温性能是“被动房”建筑设计和建造中最为重要的技术措施^[6]。高保温性的维护措施就像是被动式房屋穿上一件羽绒服一样,同时,在维持高保温性的围护结构同时要注意消除冷热桥,也就是尽量避免热量通过冷热桥散失。另外,优越的气密性在被动式房屋中也十分重要,好的气密性不仅可以最大程度上减少热量的损失,还可以控制室内的湿度和保护建筑结构^[7]。

(4) 良好的新风系统。新风系统在被动式房屋中扮演者重要角色，它不仅可以通过过滤空气中多余的湿气和异味，还可以除去空气中的粉尘，为室内提供新鲜的空气。在寒冷地区，带热回收的新风系统则必不可少，通过热交换器，把建筑所产生的温度较高的排风的热量回收，用以预热室外的新鲜空气并送入室内，从而大大降低了热损失。而在炎热季节或地区，该系统则可反向工作，将预先冷却的新鲜空气输入室内。

(5) 充分利用清洁能源。既然被动式房屋作为超低能耗甚至是“零能耗”建筑，必须要充分利用可再生的清洁能源。传统的化石燃料，不仅有极大地能耗，还对环境有非常大的影响。被动式建筑中常用的清洁能源有地热能、风能、生物能、水能、太阳能等。这些清洁能源的应用，可以满足房屋的供电、热水、制冷采暖等能耗需求，并且为建筑创造美好的景观效果，如屋顶雨水花园、小型风车等。

(6) 创建智能控制平台。随着科技的发展，智能化设备在我们的生活中越来越普遍。将智能化控制平台引入被动式房屋的建设非常有必要，并且对节省能耗起到巨大的作用。创建一个智能控制平台，与家里需要用电的电器进行关联，另一端可以通手机APP控制，例如，LED电灯在人离开五秒后自动关闭。这样的智能控制系统，不仅可以极大降低能耗，还可以使生活更加智能化，符合未来的发展趋势。

另外，Erwin教授团队通过研究各利益相关者的需求，寻求平衡他们的方法，以期达到各利益相关者的共赢（图2）。首先是政策导向，政府应在“被动房”项目中起领导和推动作用，调动起利益相关者们的积极性，例如设置专项基金，专项贷款等。其次是使用者导向，居民才是“被动房”切身的体验者和享受着，提高公众参与性，为业主创造绿色舒适的居住环境是动机及最终目标。最后是商业导向，应积极鼓励企业成为“被动房”项目建设的主体，注重提高创新性，既促进企业自身发展又带来丰厚利益。通过三者的配合，居民获得了舒适的居住环境，政府达成了低碳示范性项目，企业获得到发展及收益，实现了各利益相关者的共赢。

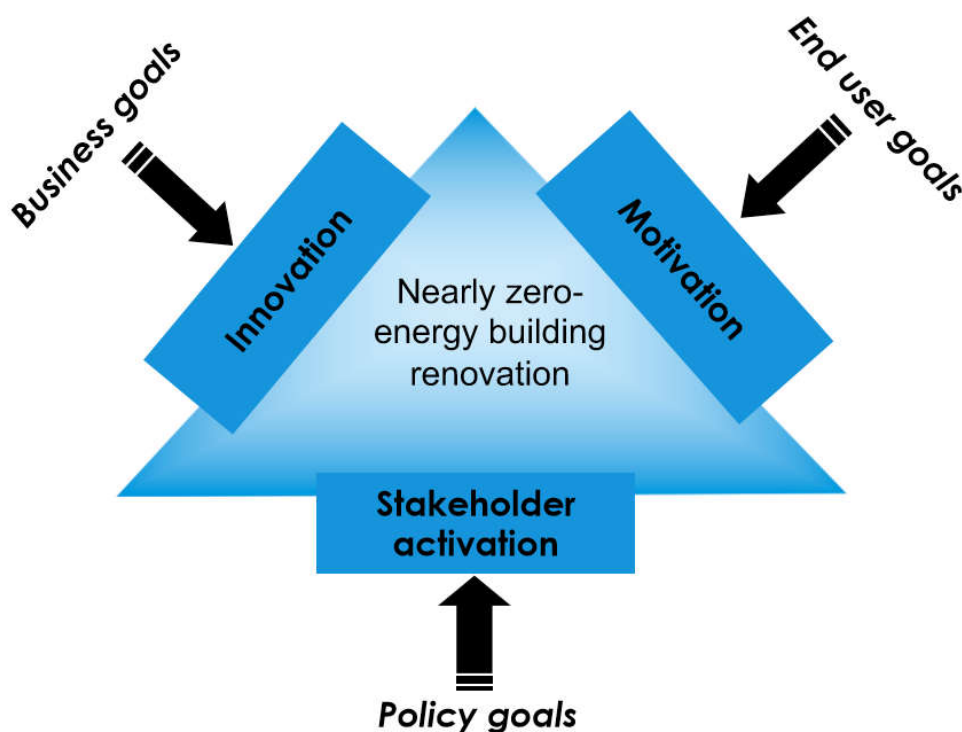


图2 各利益相关者关系图
图片来源：作者自绘

3 荷兰被动式房屋案例分析——罗森达尔“被动房”社会住宅更新

位于荷兰南部城市罗森达尔的“被动房”社会住宅更新项目（图3），正是应用被动房屋理念和技术措施进行社会住宅更新改造的一个优秀案例，同时也是在政府补贴下所建成的一个示范性项目。罗森达尔的社会住宅多为两层高的联排住宅和4~6层高的多层住宅，建筑质量不高，外墙没有保温，在建筑节能方面也非常欠缺，窗户采用的是单层

玻璃和钢制窗框。取暖采用的是暖气片和燃气燃炉，在冬季要消耗大量的采暖能源，花费也非常巨大，大部分居民无法承受，只能采取限制采暖的方法，非常不舒适。

在进行了被动式房屋改造后，在外墙加装了保温层，将窗户改为带保温夹层的木窗框和三层中空玻璃，提高了建筑的保温性和气密性。同时，保留了原来的分户式燃气热水供暖系统，并且在此基础上加装了带有热回收的新风系统，回收了排风热量的新风再通过这些热水预热到合适的温度，从而为房间采暖提供热量^[8]。还在屋顶加装了太阳能光伏板，收集太阳能提供能量，加热水后也可提供采暖。改造后的住宅同时满足了舒适性和超低能耗这两个要求。



图3 罗森达尔“被动房”社会住宅

图片来源：荷兰社会住宅的可持续更新——以罗森达尔“被动房”住宅项目为例

4 被动式房屋在西安白庙小区改造中的应用研究

中国目前的被动式房屋建设较少且多为示范性和实验性建筑，这些建筑是在政府支撑、资金充足、建造环境良好的状态下诞生，具有高品质和低密度的特点。而中国目前面临的严峻的实际问题是大量的高密度、建筑条件差、基础设施陈旧和不完善的老旧小区急需改造。笔者选取西安白庙小区作为实践对象，探索被动式房屋设计理念在高密度、居民年龄偏大、学历偏低、小区环境差、配套设施缺乏等众多问题的住区改造中的应用。

4.1 白庙小区概况

白庙小区位于西安市碑林区，近太白立交、太白南路、二环南路西段。周边有印象城购物中心，西北工业大学、西工大附中、西安电子科技大学等高校和重点高中，离太白南路地铁站直线距离1.4千米。地处繁华地带，地理位置优越。

白庙小区建于1991年，于1994年竣工，该住区属于回迁安置小区，是根据搬迁政策而建的回迁房，原始居民为鼓楼片区的搬迁户。总共有30栋建筑，1648户人家，共有8种户型，面积多为40-60m²，小区内存在居民老龄化多，建筑陈旧，基础设施差，居民收入低等问题，是中国旧城区具有代表性的、问题比较普遍的居住小区。选取该小区作为改造为被动式低能耗住宅小区的对象，旨在建设成为我国老旧住区改造升级的示范性案例。

4.2 白庙小区现存问题

通过调研和走访小区内居民，发现小区内住户主要分为两类，一类是原住居民，年龄都较大，文化水平低，收入低。另一类则是为了孩子在西工大附中读书和在附近工作的租户。所以虽然绝大部分住户都对小区环境及建筑有很大怨言，但并不愿意出钱去做改变。我们经过调研和分析得出小区现存最大的问题和居民认为需要最迫切解决的问题。

4.2.1 建筑环境问题（见图4）

（1）缺少公共交流空间和公共绿地

小区建成年代久远，内部环境较差，没有供居民交流、锻炼的公共开放空间。也没有经过规划的公共绿地，保留了一些原场地的乔木，但对建筑采光遮挡严重。

（2）交通组织混乱

小区内部的交通流线没有科学规范的设计，道路无序且狭窄，没有路标。并且是人车混行，安全性低，只要有车占道，整条路就陷入拥堵。没有消防通道，如发生火灾，后果严重。

（3）停车空间混乱

小区内缺少停车空间，停车位数量严重不够，所以很多住户都将车停放在路边，使本来就狭窄的道路更加拥挤，

甚至有人砍伐树木来做停车空间。

(4) 垃圾倾倒点不合理

小区内垃圾桶数量非常少，并且摆放十分不合理，导致很多住户都随意倾倒垃圾。没有实行垃圾分类，垃圾堆放混乱。



图4 建筑环境现状

图片来源：作者自摄

4.2.2 建筑本体问题（见图5）

(1) 墙体脱落严重，外墙无保温层，建筑气密性差，热量损失严重。电线、网线等十分混乱地挂在墙上，造成非常大的安全隐患，并且电路荷载无法满足居民需求，使用空调同时无法使用其他电器。

(2) 建筑窗户为木质窗框单层玻璃窗户，老旧残破，保温性和安全性都非常差，发生过很多起偷盗事件和火灾。

(3) 建筑无阳台，通风和采光都不达标，小区周边被高层建筑包围，也对采光产生非常大的影响，白天室内也是漆黑一片。

(4) 排水管老旧，口径窄，且为铁质材料，挂于外墙，生锈严重同时也无法满足需求，污水直接排于地面，对环境造成了很大影响。下水道堵塞严重，居民一年平均要疏通5-10次，非常不方便。

(5) 建筑无集中供暖，也无采暖设备，居民冬天没有供暖，生活十分不舒适。

(6) 建筑无电梯，政府计划开展加装电梯，但是收到居民的反对，住户都不愿意出钱。

(7) 屋顶防水层破坏严重，基本都被损毁，屋顶成为堆放杂物的地方，甚至有住户在屋顶养狗，造成很大安全隐患。





图5 建筑本体现存问题

图片来源：作者自摄

4.2.3 居民意愿——最急需解决的问题

根据对小区内居民的走访交谈得出，居民年龄大于60岁的老人占65%，60岁以下的中年人和年轻人仅占35%；初中及以下学历占67%，高中及以上学历占33%；年收入小于5万的居民占40%，5-10万的占50%，大于10万的人仅占10%。可以看出，此小区老龄化严重，且居民普遍为低学历低收入。作者对居民认为的最急需解决的问题进行总结（图6），发现：居民认为最需要解决的问题是供暖问题，对这项改造大家都愿意承担一部分费用，对于线路老化和阳台不封闭所产生的安全问题（火灾、失窃等）都表示很担忧，但很少人愿意承担相应改造费用，而作者调研所认为拥有众多老年人而急迫需要解决的垂直交通问题，反而排在第五，而且绝大多数居民并不愿意出钱加装电梯。

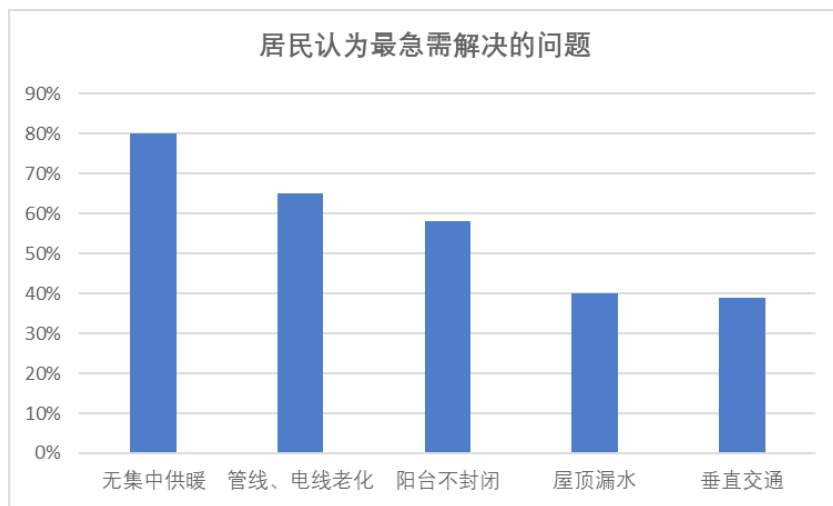


图6 居民急需解决问题总结

4.3 白庙小区改造更新——基于“被动式房屋”建设理念

在白庙小区改造项目中，采用被动式房屋建造的理念，借鉴欧洲被动式房屋的建设经验，以Henk教授和Erwin教授的被动房屋建造“六原则（Six Principles）”为指导进行，在实现建筑“被动式”升级改造的同时，综合考虑业主和居民、开发商、政府间的利益和诉求，实现各利益相关者的共赢。

4.3.1 加强建筑围护结构，增强建筑保温性与气密性

针对建筑的改造首先也是进行围护结构的改造，首先对建筑外墙进行加固，然后在外墙上加装保温层，材料选用岩棉板或新开发的木质纤维板，再在保温层外面覆盖网格布，网格布表面为抹面层，保温层和抹面层共同构成建筑外墙保温系统（WDVS）（图7）。原有的屋架和屋面也置换为岩棉保温层，大大提高了建筑的保温性。同时在建筑内部加装气密层，设计施工气密层时一定要精细，确保有一个完整包裹建筑的围护结构气密层，尽力避免“热桥”，实现“无热桥”，最大化减少热量损失。

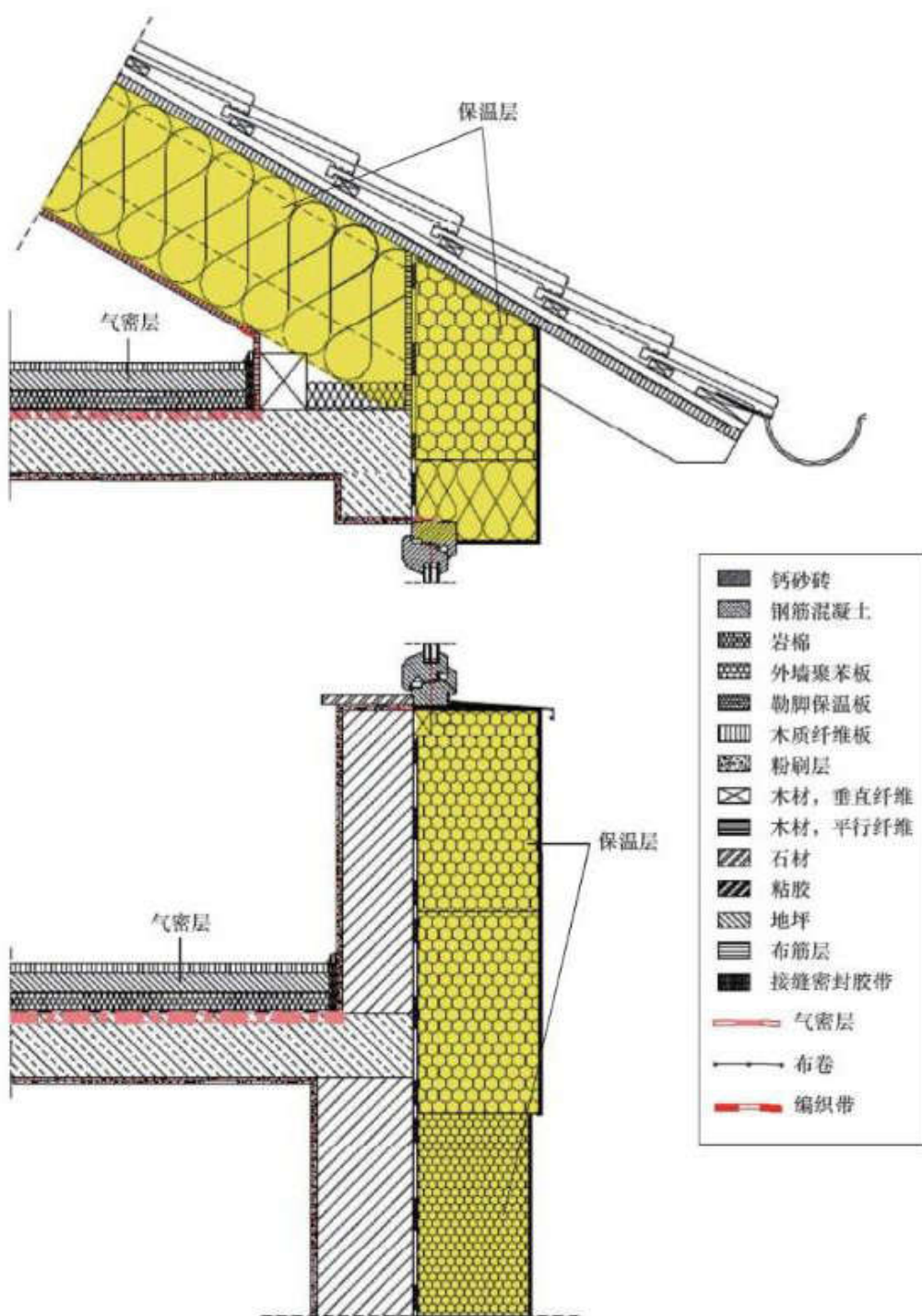


图7 围护结构示意图

图片来源：《德国被动房设计和施工指南》

4.3.2 更换铝木窗框和双层中空Low-e玻璃

窗户是实现建筑良好的保温性和气密性的重要部件，也是最脆弱的部分，90%的热量都容易通过窗户散失，所以高保温性和气密性的窗户在被动房屋改造中十分重要，在白庙小区的改造中选择采用铝包木的结构的窗框和双层中空Low-e玻璃（图8），Low-e玻璃是指玻璃上有一层镀膜，只反射热辐射，所以热量就很难辐射出去，加强了保温性。

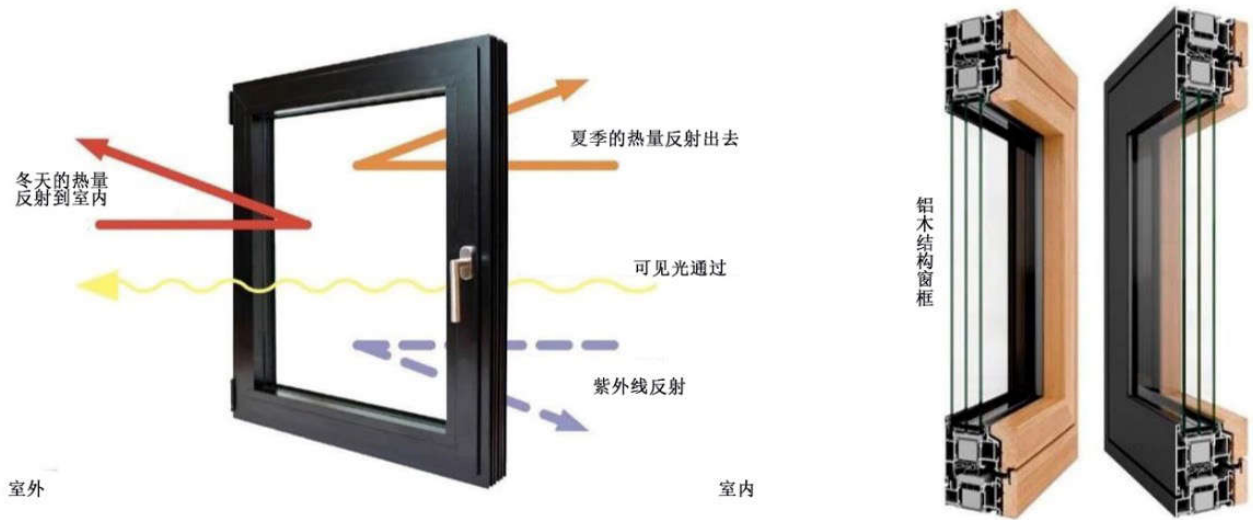


图8 窗户示意图

图片来源：作者自绘

4.3.3 加装带热回收的新风系统，确保室内新鲜空气

在建筑改造中，每栋楼都加装一套带热回收功能的新风系统（图9），收集来自建筑排放的废气的热量，并且对从外面进入房间的新鲜空气进行预热，通风系统中使用的集热器可以回收室内排气中75%的热量，这些收集的热量可以用于采暖。另外，新风系统中的过滤器可以过滤室外空气的尘土，控制空气中的湿度，使空气的质量比自然通风的空气质量有很大的提高。

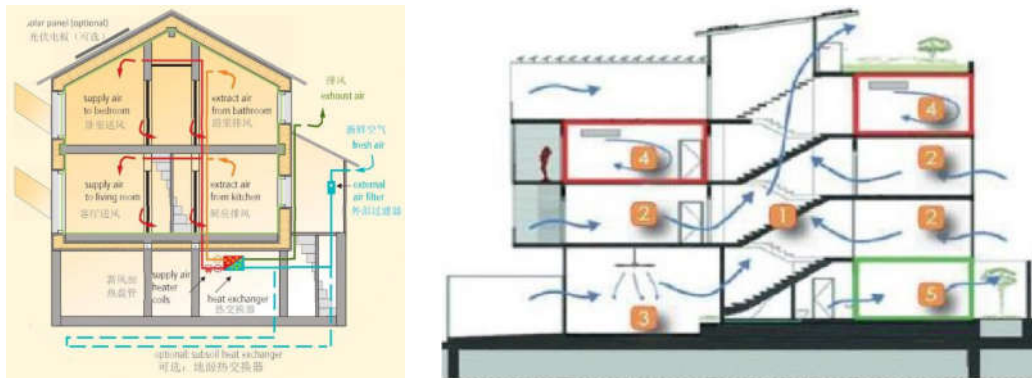


图9 新风系统示意图

图片来源：作者自绘

4.3.4 充分利用太阳光，同时注意遮阳



图10 光伏百叶窗

图片来源：百度图片

首先对白庙小区内的建筑进行日光分析，得出哪些建筑缺少阳光，哪些建筑光照过多，需要遮阴。然后在窗户上加装可以转变角度的太阳能光伏板百叶窗（图10），这个百叶窗可以根据太阳的角度来改变百叶的开合和角度，在缺少阳光的情况下，让更多的自然光照射进室内，而在需要遮阴的时候可以关闭百叶来减少阳光射入。同时百叶窗的材料为太阳能光伏板，最大程度的收集太阳光，转化为太阳能加以利用。

4.3.5 积极利用可再生清洁的新能源

基于化石能源的不可再生性，和对环境的危害，在白庙小区的改造中，积极采用可再生的清洁能源，主要有太阳能、生物质能和雨水收集（图11）。我们在建筑的阳面加装阳台并设计为阳光房，充分利用自然阳光，改善室内采光问题，营造舒适的休闲环境，收集太阳能，还能创造美丽的建筑立面效果。另外，在建筑的屋顶上加装太阳能光伏板，并且设计若干雨水花园和运动场地。雨水花园用以收集雨水，然后进行渗透和储存。它可以提供家庭用水，如冲厕所，洗澡。屋顶运动场地可以为居民提供锻炼和社交的场所，跑道及健身设施均设有能量收集装置，可将人体运动的动能储存为电能，用于屋顶照明及雨水花园灌溉。



图11 新能源利用示意图

图片来源：作者自绘&百度图片

4.3.6 安装智能化节能控制系统

设计和安装一套智能化节能控制系统（图12），实现室内电器的自动化和智能化控制，例如当感应到人离开5秒后，电灯会自动关闭，采暖设备可以检测和记忆人体最舒适温度及最节能温度。并且监测每日所消耗的能源，提高人们的节能环保意识。这套系统还可以通过手机APP控制，使生活更加便捷与智能。

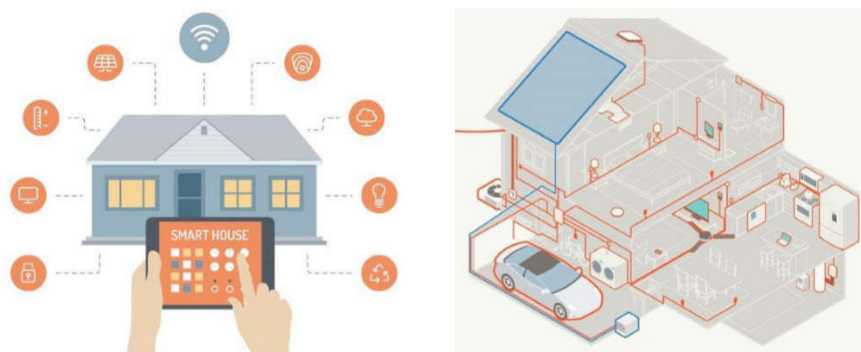


图12 智能控制系统示意图

图片来源：作者自绘

最后,针对建筑周边环境所存在的问题,我们也加以规划与改造,合理规划路线,确保消防通道,增设路标。修建停车楼,实现立体化停车,最大化利用停车空间。设置垃圾回收站,并实行垃圾分类。增加绿地空间与户外活动场所,满足不同年龄人群的需求(图13)。

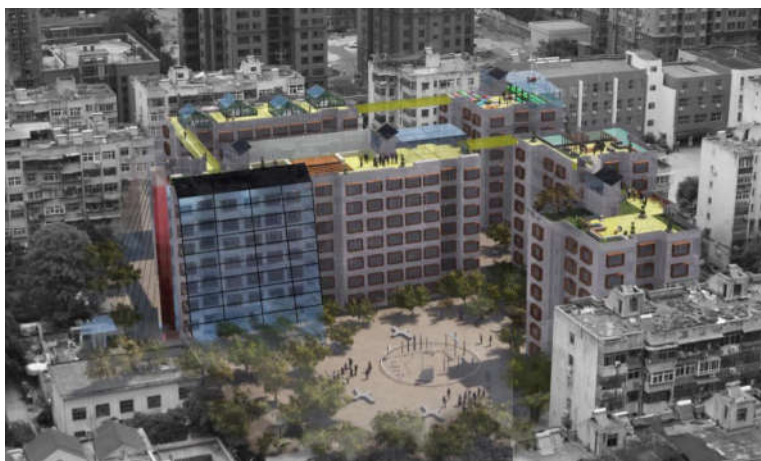


图13 改造后效果示意图

图片来源:作者自绘

在对白庙小区进行“被动式”理念改造的过程中,充分尊重居民少出钱甚至不出钱的意愿,尽可能采用造价较低的材料,最先解决住户最急需解决的问题,如采暖、下水等,在这个过程中使业主和政府做到充分的沟通,提高公众参与度,而不仅是政府采取强制改造,进行加装电梯、粉刷墙面等“面子工程”而未触及到居民的核心需求。另外,增加投资商和开发商的介入,随着资本的注入,不仅缓解了政府的财政压力,更加提升了小区的土地价值,实现居民居住舒适、充满商机、环境友好的超低能耗低碳示范小区。

5 对“被动式房屋”本土化建设的思考

被动式房屋从提出到实践,仅仅过去了20多年,但是由于其优越的节能型与舒适性,得到了世界各国广泛的认同和推广。在欧洲、澳洲,许多国家的被动式房屋设计方法和建造手法都已经成熟,且显示出巨大的优越性。但是,我国被动式房屋理念引入较晚,加之我国气候条件复杂、经济发展水平不一等等因素,使我国被动式房屋发展和普及速度较慢,现在建成的多为参照外国标准的实验性建筑,而众多亟待更新改造的我国老旧住区更应渗透和应用“被动式”房屋理念与方法。本文借鉴荷兰先进的被动房建造经验,探寻中国老旧住区的“被动式”更新改造本土化策略。

5.1 政策方面——提倡政府主导,鼓励企业参与,注重居民参与

首先,绝大部分的中国人对被动式房屋的概念很模糊,甚至都没有听说过,尤其老旧住区的居民以老年人为主,他们不愿意花钱去进行改造或是在这里居住,但是同其它高科技建筑不同,老百姓可通过室内环境感受和用能花费识别出被动房,这需要政府制定相关的优惠政策,开展大力宣传,提高居民的理解程度和接受度。在荷兰,因为能源的价格非常昂贵,所以居民都愿意去对房屋进行“被动式”改造和住在被动式房屋中,但是在中国很多地区,资源相对较为丰富,居民并没有这样的意识去进行改变,所以政府更应该起到推动作用,推进被动式房屋的建设。

其次,通过借鉴罗森达尔“被动房”住宅项目的案例,发现其也是社会性的住宅改造项目,原居住条件差,在政府居民企业共同努力下,用最低的成本实现最大化的效益,中国旧住区的“被动式”改造中,同样应该借鉴该方法。通常中国对既有住宅的改造项目,是以自上而下的模式进行的,政府是改造的发起者和主要投资者,然而除了技术措施外,要实现改造的目标,迫切需要实施多元化的改造机制,调动业主和企业的积极性,协调改造过程。但是现实情况是关于房主的担忧和行为的观点和见解往往被忽视,这要求改造时要确保公众参与,并听取房主的意见,鼓励居民之间的互动。居委会的介入也将大大提高居民参与、合作和动员的程度。同时要鼓励企业的参与,尤其是中小企业,具有强大的生命力,由政府牵头并创造公平竞争的环境,让企业充分参与进来,实现政府、企业和居民三者的共赢。

5.2 建筑方面——应用被动房“六原则”，建设低碳舒适的建筑

首先，针对老旧住区建筑外墙立面破旧、不保温、形式杂乱等问题，应注重改造外围围护结构，增加墙体保温性能，并对外墙进行统一装饰，提高住区建筑的整体和谐统一。针对建筑内部设施老旧、室内采光差、无供暖等情况，应更换更加具有良好保温性和气密性的中空LOW-E窗户，加装新风系统，保证室内空气清新，利用太阳能光伏板，保证室内的采光和遮阴。另外根据老旧住区居民老龄化的现象，改造楼梯扶手和加装电梯也是提高舒适性的重要措施。

其次，除了对建筑本体的“被动式”改造，充分利用太阳能，积极利用清洁能源，也是老旧住区改造中需大力关注的方面，对打造可持续低碳住区具有重要意义。在太阳能利用方面，有太阳能墙、太阳能窗、太阳能光伏板等，将光能转化为热能和电能，在室内的热水和照明中应用。而在清洁能源利用方面，根据住区所在地区的气候，可充分利用自然风能、雨水收集、生物质能等，经过转化应用在照明系统、中水系统等中。

5.3 环境方面——增加绿化面积与种类，营造多种景观环境

首先，老旧住区由于历史性，所在用地面积受到限制，向外扩展绿化面积较难，更多应关注于“存量规划”、“见缝插绿”的形式增加绿化面积，并打造屋顶花园、垂直绿化墙等增加绿化种类。对现有的绿地进行改造，保留参天古木，增加植物种类，形成点状、线状和面状相结合的绿地形式，打造生态功能与美学功能并重的绿色基础设施。

其次，对于老旧住区中公共活动空间不足的情况，通过增加中心广场、屋顶跑到等场所，促进居民间的交往活动，并且在用地紧张的情况下，可利用“口袋公园”来增加绿化密度和户外空间数量。另外，为满足社区中大量老年人的需求，增加适老性设施和景观空间。

最后，超低能耗的被动式房屋是未来建筑发展的必然趋势，是一种兼具零能耗和舒适性的可持续性房屋，在中国应得到大力推广。政府、开发商和居民都应积极参与其中，政府制定优惠政策，开发商建造示范性项目，居民提高节能环保意识，共同推进我国被动式房屋的发展。

参考文献：

- [1]李怀,吴剑林,于震,徐伟.CABR被动式超低能耗建筑节能运行管理实践研究[J].建筑科学,2016,32(10):149-154.
- [2]原颖.建筑科学技术新趋势:“被动式房屋”[J].林业科技情报,2015(4).
- [3]Visscher H, Meijer F, Majcen D, et al. Improved governance for energy efficiency in housing[J]. Building Research & Information, 2016, 44(5-6):552-561.
- [4]Visscher H, Meijer F, Branco J, Housing Standards: Regulation. In: Susan J. Smith, Marja Elsinga, Lorna Fox O' Mahony, Ong Seow Eng, Susan Wachter, Gavin Wood, editors. International Encyclopedia of Housing and Home, Vol 3. Oxford: Elsevier; 2012. pp. 613-619.
- [5]Qian Q, Chan E, Khalid A. Challenges in Delivering Green Building Projects: Unearthing the Transaction Costs (TCs)[J]. Sustainability, 2015, 7.
- [6]Henk Kaan, Isolda Strom, Chiel Boonstra.Passive Houses Worldwide: International Developments. 10th International Passive House Conference 2006: 236-242.
- [7]周正楠.对欧洲“被动房”建筑的介绍与思考[J].建筑学报,2009,(5):10-13.
- [8]周正楠.荷兰社会住宅的可持续更新——以罗森达尔“被动房”住宅项目为例[J].住宅科技,2009,(12).