

农村住宅节能技术集成方案评价与选择研究

——以天津蓟县上仓村宅外围护结构为例

马 辉,王 英,丛 健

(天津城市建设学院,天津 300384)

摘 要:我国农村地区受技术条件以及经济条件落后等客观因素的制约,建筑节能技术在村镇住宅建设中应用较少。为推动节能技术在村镇住宅建设中的应用,本文以寒冷地区村镇住宅的外围护结构为例,研究分析节能技术集成方案的选择方法。首先通过分析北方寒冷地区的气候特征,选择外围护结构中适用的节能技术,然后对蓟县上仓地区的村镇住宅进行模拟,计算各种节能集成方案的建造成本和全生命周期成本,最终找出建造成本与全生命周期成本双重目标下的帕累托最优解。

关键词:村镇住宅;外围护结构;节能技术;技术集成;经济评价

中图分类号: F 282

文献标志码: A

文章编号: 1008-7192(2012)04-0025-05

The Assessment and Selection of the Integrated Project of Energy-saving Technology in Rural Housing

——A case study of Shangcang town's exterior protected construction in Jixian, Tianjing

MA Hui, WANG Ying, CONG Jian

(Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China)

Abstract: Owing to the technical constraint and economic backwardness in the rural area of China, there is little application of energy-saving technology in the rural construction. Based on the case study of the rural housing's exterior protected construction in the cold region, the paper puts forward the approaches to select the integrated projects of energy-saving technology to promote its application in new rural housing. Firstly, the paper analyzes the climate features of the cold region in Northern China and then the option of the energy-saving technology proper for exterior protected construction. Accordingly, the paper makes the calculation of the construction cost of various integrated projects of energy-saving technology and the whole life cycle cost based on the simulation of Shangcang town's rural buildings in Jixian, Tianjin, thus coming up with the Pareto optimal solution under the objectives of both construction cost and whole life cycle cost.

Key words: rural housing; exterior protected construction; energy-saving technology; technology integration; economy evaluation

收稿日期:2012-03-12

基金项目:住房和城乡建设部软课题(2011-R1-27),国家科技支撑计划重大项目(2008BAJ08B20)

作者简介:马 辉(1979-),女,山西太原人,天津城市建设学院管理工程系讲师,博士,研究方向为新农村建设与管理。

引言

在我国农村奔赴小康社会的背景下,农村住宅成了社会主义新农村建设的重要环节,事关我国城镇化发展全局、是提高农民生活质量的关键之一。然而由于我国农村地区受技术条件以及经济条件落后等客观因素的制约,建筑节能技术在村镇住宅建设中应用较少,致使产生大量能耗高且热环境舒适度差的住宅。因而,针对农村地域气候及生活形态的要求,探索出一些满足村镇住宅的节能技术性与经济性要求的建筑节能适宜技术集成方案,为村镇住宅的建设与发展提供技术指导,已成为当前建筑节能和新农村建设的迫切需求之一。本文以寒冷地区的村镇住宅外围护节能技术集成方案的评价与选择为例,探讨村镇住宅节能适宜技术选择与经济性评价的一般方法,并针对具体案例提出了北方村镇外围护结构的节能技术集成方案。

一、村镇住宅节能适宜技术选择原则

村镇住宅节能适宜技术评价应当遵循以下原则:

(1)气候适宜性原则

我国农村地区南北跨度大,因此具有气候多样的特征,针对不同的气候特征,我国制定了中国建筑气候区域划分标准,制定出全国建筑热工设计分区图。将我国各地区大致分为严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、温和地区和夏热冬暖地区五个区域^[1]。节能技术的选择应当结合当地气候特征,符合建筑热工设计标准。

(2)经济适用性原则

节能技术在住宅建设中的应用成本较高是制约其发展的一个重要原因,往往节能性能越好的技术,其建造应用的成本越高。对于价格敏感型的农村居民而言,价格较低、性能达标的节能技术是其建造住宅时的首选。因此,在选择农村住宅节能技术时,应当在节能效果与造价之间寻

找一个平衡点^[2]。

(3)建筑材料易于取得原则

在众多的节能技术中,有一些建筑材料的制造工艺水平相当复杂,制造机械造价相当昂贵。造成了这些材料只有一些技术水平先进、经济实力过硬的大型企业才能够制造出来。因此,广大的农村地区想要获取这些建筑材料就显得较为困难,此类技术也难以在农村地区大面积推广。在选择农村住宅节能技术时,应该考虑就地取材,选择容易获取的材料。

(4)施工技术条件易于掌握原则

农村地区施工技术条件较为落后,那些施工要求复杂、不易掌握的施工技术在农村地区推广难度大。因此选择农村住宅节能适宜技术时,也要考虑施工技术条件易于掌握的原则。

二、寒冷地区农村住宅外围护结构适宜技术选择

1. 外墙保温隔热适宜技术选择

一般来说,外墙的保温隔热要达到设计要求往往有两个途径,一是通过与高效绝热材料复合,形成复合保温墙体。复合墙体保温主要有三个形式,分别为外墙外保温、外墙内保温、和外墙夹心保温等^[3];二是直接采用具有较高热阻和热稳定性的墙体材料,利用材料良好的热工性能,满足规定的节能指标,这样的墙体保温形式称为外墙自保温^[4]。

其中,外墙外保温系统具有使用寿命周期长、有效减少建筑结构的热桥、不影响室内使用面积等优点,广泛适用于新建住宅和老旧住宅改造;外墙内保温系统具有施工不受气候影响,技术难度相对较小,综合造价不高的特点,是一种比较成熟的技术;外墙夹心保温系统会使外墙的厚度增加很多,影响室内外的使用空间,影响建筑墙体的构造柱等结构的设置,因此应用不多;外墙自保温系统其材料要求较高,并且造价较高。因此,除了一些高档的别墅建筑,在普通的民用住宅中较少使用。

通过上述分析,适用北方寒冷地区农村住宅节能建筑的保温形式为常用的外墙外保温系统

和外墙内保温系统。较适合北方寒冷地区应用的外墙保温系统有:无机聚合物保温砂浆外墙内保温系统和挤塑聚苯乙烯泡沫板外墙外保温系统。

2. 门窗保温隔热适宜技术选择

门窗的节能效果主要取决于门窗的窗墙比、传热系数和气密性等因素的制约。在我国古代建筑中北墙体开窗很小,具有较好的保温性能,但采光不足极大影响了室内舒适感。采取适宜的窗墙比并选用具有较好保温隔热性能以及密闭性能的节能门窗是目前主要采用的节能技术^[5]。具体而言包括:窗墙比设计技术、铝合金单框双玻璃推拉窗和外平开门、PVC 塑料单框双玻璃外平开门窗。

3. 屋顶的保温隔热适宜技术选择

屋顶的主要形式分为平屋顶和坡屋顶两种形式。从建筑节能的角度来看,坡屋顶的保温隔热性能远远好于平屋顶^[6]。坡屋顶按照建筑形式划分为单坡、双坡、四坡等。坡屋顶与其投影的平屋顶相比,面积大而且容易受阳光直射,所以必须设置有保温隔热层。对于钢筋混凝土结构层的坡屋顶,保温层设置在结构层之上。从构造上看,分为倒置式保温屋面、正置式保温屋面、和架空隔热屋面等。

倒置式屋面基本构造特点是保温层做在防水

层的上面,对防水层起到了一个屏蔽和保护作用。此种保温屋面构造简单,施工技术容易掌握,日后检修不损材料,方便简洁而且避免浪费;正置式屋面的基本构造是传统的保温层做在防水层之下,保温层面被封闭在防水层里面,其中的水分不易被蒸发。在外界温度变化冷热循环作用下,水和水蒸气交替出现,导致防水层鼓包,因此对于昼夜温差较大的北方地区使用效果不好;架空隔热屋面是在屋面防水层上使用粘土砖、混凝土墩或金属焊接做支座,上面再铺放混凝土预制薄板。此种方法主要作用可以降低屋顶板内表面温度,在不同地区可与以上保温结构联合使用,也可单独使用。但是由于我国北方冬季寒冷、架空屋面的空气流动会起到加速散热作用,不利于建筑物室内保温,固在北方寒冷地区不宜采用^[7]。因此适合北方寒冷地区的屋顶保温隔热适宜技术可选用挤塑聚苯乙烯泡沫板坡屋顶倒置式保温屋面。

三、寒冷地区农村住宅外围护结构节能技术集成组合

根据以上外围护结构各组成部分的节能适宜技术的选择,可以组合成下列几种技术组合方案,如表 1 所示。

表 1 外围护结构节能集成的四种组合方案

组成部分	方案一	方案二	方案三	方案四
外墙	无机聚合物保温砂浆外墙内保温系统	挤塑聚苯乙烯泡沫板外墙外保温系统	无机聚合物保温砂浆外墙内保温系统	挤塑聚苯乙烯泡沫板外墙外保温系统
门窗	PVC 塑料单框双玻璃外平开门窗	PVC 塑料单框双玻璃外平开门窗	铝合金单框双玻璃推拉窗和外平开门	铝合金单框双玻璃推拉窗和外平开门
屋面	挤塑聚苯乙烯泡沫板坡屋顶倒置式保温屋面	挤塑聚苯乙烯泡沫板坡屋顶倒置式保温屋面	挤塑聚苯乙烯泡沫板坡屋顶倒置式保温屋面	挤塑聚苯乙烯泡沫板坡屋顶倒置式保温屋面

四、寒冷地区农村住宅节能技术集成方案经济性比选

1. 外围护结构节能集成方案模拟

本文以天津蓟县上仓地区村镇住宅为例,根据其现有的典型住宅进行节能改造设计,对节能方案的应用进行模拟。住宅的整体形态不变,外围护结构的整体尺寸、坡屋顶尺寸和各个开间的

尺寸也不变,外墙、门窗和屋面分别采用方案一至四的节能技术。东西两个开间的南窗宽度和高度分别由 4 米和 1.5 米调整为 2.5 米和 1.8 米,北窗高度和宽度分别由 1.2 米和 1.5 米调整为 1.5 米和 1.8 米。中间那个开间的南面门的宽度由 1.2 米调整为 1.5 米,高度保持不变为 2.7 米,去掉南门两侧原有的耳朵窗,北门换成宽和高分别为 1.5 米和 1.8 米的窗户。节能集成后的方案平面图和立面图如图 1 所示。

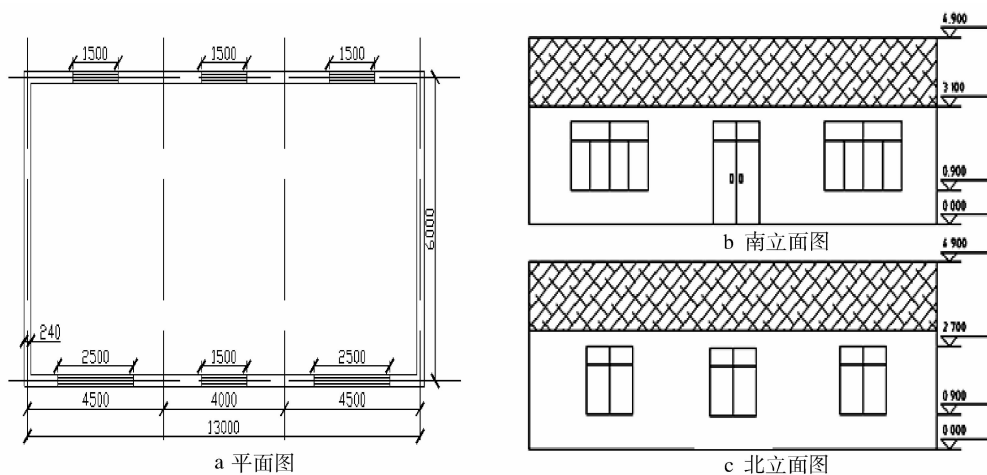


图 1 村镇住宅节能改造模拟方案

节能集成之后的南面窗墙面积比为 0.32,北面窗墙面积比为 0.19。均符合设计标准,并且也可充分利用太阳的光线。

2. 外围护结构节能集成方案经济性比较

(1) 各节能方案的建造成本比较

通过实地调研,获取当地各项节能技术的建造成本,结合住宅的建筑面积、屋顶面积、外墙面积、窗户面积等参数,得到各项技术应用于该住宅的建造成本,如表 2 所示。

表 2 各节能技术建造成本

节能技术	造价(元)
无机聚合物保温砂浆外墙内保温系统	13246.71
挤塑聚苯乙烯泡沫板外墙外保温系统	11486.46
铝合金单框双玻璃推拉窗和外平开门	8947.55
PVC 塑料单框双玻璃外平开门窗	10164.38
挤塑聚苯乙烯泡沫板坡屋顶倒置式保温屋面	75204.66

据此得到各节能集成方案的的建造成本如表 3 所示:

表 3 各种节能集成方案的建造成本

方案 成本 项目	方案			
	方案一	方案二	方案三	方案四
无机聚合物外墙内保温	13246.71		13246.71	
挤塑聚苯板外墙外保温		11486.46		11486.46
铝合金外平开门推拉窗			8947.55	8947.55
PVC 塑料外平开门窗	10164.38	10164.38		
挤塑聚苯板倒置式屋面	75204.66	75204.66	75204.66	75204.66
合计成本	98615.75	96855.50	97398.92	95638.67

从上表可以看出,方案四的建造成本最低,方案二次之,方案一建造成本最高。

(2) 基于全生命周期成本的经济效果比较

从住宅的全生命周期角度来看,住宅的成本不仅包括建造成本,还包括运营阶段以及拆除阶段的成本。相对运营成本来说,拆除成本微乎其微,因此可忽略不计。根据各项节能技术的技术参数,可以获取各项节能技术的传热耗热量,进一步计算产生这些热量所需的采暖成本。节能集成方案的各个节能部位的传热耗热量如表 4 所示。

表 4 各节能技术传热耗热量

节能技术	传热耗热量
无机聚合物保温砂浆外墙内保温系统	2598.99
挤塑聚苯乙烯泡沫板外墙外保温系统	1989.10
铝合金单框双玻璃推拉窗和外平开门	768.28
PVC 塑料单框双玻璃外平开门窗	505.14
挤塑聚苯乙烯泡沫板坡屋顶倒置式保温屋面	963.43

依据各种组合方案的各个部位的组合方式和各个部位的传热耗热量,计算出各种节能集成方案的传热耗热量,各种节能集成方案的传热耗热量如表 5 所示。

则各种节能集成方案的采暖年运行成本如表 6 所示。

利用费用现值法对各节能方案做技术经济分析^[8],结果如下:

方案一: $PC_1 = 98615.75 + 2424.00(P/A, 5\%, 50) = 142868.05$ 元

表 5 各种节能集成方案的传热耗热量				
方案 耗热量 项目	方案一	方案二	方案三	方案四
无机聚合物外墙 内保温	2598.99		2598.99	
挤塑聚苯板外墙 外保温		1989.10		1989.10
铝合金外平开门 推拉窗			768.28	768.28
PVC 塑料外平开 门窗	505.14	505.14		
挤塑聚苯板倒置 式屋面	963.43	963.43	963.43	963.43
合计传热耗热量	4067.56	3457.67	4330.71	3720.81

表 6 各种节能集成方案的采暖年运行成本				
项目	方案一	方案二	方案三	方案四
传热耗热量指标	49.23	41.85	52.42	45.04
空气渗透耗热量指标	8.71	8.71	8.71	8.71
内部得热指标	3.80	3.80	3.80	3.80
建筑耗热量指标	54.14	46.76	57.33	49.95
采暖煤耗量指标	29.34	25.34	31.07	28.20
采暖年运行成本(元)	2424.00	2093.53	2566.93	2329.82

方案二: $PC_2 = 97465.33 + 2093.53 (P/A, 5\%, 50) = 135684.60$ 元

方案三: $PC_3 = 97398.92 + 2566.93 (P/A, 5\%, 50) = 144260.54$ 元

方案四: $PC_4 = 96248.50 + 2329.82 (P/A, 5\%, 50) = 138781.46$ 元

根据技术经济评价结果,方案二全生命周期成本最低,方案四次之,方案三全生命周期成本最高。

(3)各节能集成方案的综合比较

经过建造成本及全生命周期成本分析,各节

能集成方案的成本如表 7 所示:

表 7 节能组合方案成本对比表				
方案	方案一	方案二	方案三	方案四
建造成本	98615.75	97465.33	97398.92	96248.50
年运行成本	2424.00	2093.53	2566.93	2329.82
全生命周期成本	142868.05	135684.60	144260.54	138781.46

从表 7 可以看出,方案四具有最低的建造成本,全生命周期成本略高于方案二(多 3096.86, 每年多 236.29);而方案二具有最低的全生命周期成本,建造成本略高于方案四(多 1216.83)。方案一与方案三的建造成本和全生命成本均劣于方案二与方案四。因此,在建造成本最低与全生命周期成本最低的双重目标下,方案二与方案四达到帕累托最优,可以选为天津蓟县上仓地区村镇住宅的节能技术集成方案。

5、结论

本文通过对蓟县上仓地区的农村住宅的外围护结构进行节能适宜技术选择,节能技术集成与集成方案的经济性比选,确定北方寒冷地区适用的、具有较好经济性的节能技术集成方案,即外墙采用挤塑聚苯板外墙外保温、屋顶采用挤塑聚苯板倒置式屋面、窗户采用铝合金外平开门推拉窗或 PVC 塑料外平开门窗。尽管本文是以北方寒冷地区村镇住宅的外围护结构为例进行的节能适宜技术选择与经济性评价,但其所采用的方法不失一般性,可推广至村镇住宅节能设计的各个领域,为节能技术在农村地区更快的发展与普及奠定基础。

参 考 文 献

[1]刘安田,徐明.建筑节能原理与技术[M].重庆:重庆大学出版社,2008:142-169.

[2]许建刚.浅谈北方农村住宅节能[J].中国住宅设施,2009(3):47-48.

[3]金虹,凌微.寒地村镇节能住宅设计研究[J].建筑学报,2010(8):14-16.

[4]芮玮玮,应迅.村镇住宅建筑节能适用技术研究[J].建筑节能,2010(2):67-70.

[5]陈安生.农村住宅建筑实用节能措施探讨[J].工程建设与设计,2008(7):15.

[6]李雪平.寒冷地区农村住宅建筑节能设计探讨[J].安徽农业科学,2010(38):4899-4909.

[7]顾贵林.小城镇住宅建筑节能浅析[J].建筑节能,2006(1):14-16.

[8]钱付平.村镇住宅建筑节能技术经济分析[J].节能技术,2010(3):154-157.