

内蒙古牧区农村低能耗住宅影响因素探究

郝宇 包明*

内蒙古工业大学, 绿色建筑自治区高等学校重点实验室, 内蒙古绿色建筑工程技术研究中心

摘要: 在低碳节能的环境背景下, 降低建筑也得碳排放是实现“双碳”的重要途径。本文以节能性和经济性为目标, 研究内蒙古牧区农村低能耗住宅的耗能途径现状, 通过研究农村住宅的初期规划、住宅设计、设备运行等几方面的优势与不足, 尝试提出内蒙古牧区农村低能耗住宅适宜的节能降碳策略, 为严寒地区的牧区农村住宅节能设计提供参考。

关键词: 牧区农村住宅; 低能耗; 能源消耗; 策略研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.007

引言

人类生产、生活消耗大量的化石燃料, 排放的二氧化碳导致了严重的环境问题。在此背景下, 低碳城市、低碳建筑等概念相应应运而生。由碳基能源转为低碳甚至是零碳能源, 是我国乃至国际确定的未来战略发展方向。截至2020年, 我国建筑二氧化碳排放量占总排放量的22%, 农村住宅商品能排放二氧化碳占总体建筑排放量的25%, 我国农村人口5.64亿, 农村住宅建筑面积227亿 m^2 , 其中商品能耗总量2.29亿 $tce^{[1]}$ 。因此改善农村住宅的建筑设计及性能, 不仅有助于提高农牧民的生活品质, 同时还可以有效降低建筑能耗。

由“双碳”战略的提出可见, 国家对于建设的要求已变为减排, 发展模式由粗放高速型向集约高效型转变, 以加快生态、低碳、可循环的居住环境建设。截至2021年, 我国累计建成低碳绿色建筑85亿平方米。纵观已经建成的绿色建筑, 从地理位置来看, 低碳建筑多分部在沿海发达省市; 从研究内容来看, 多为设计手法、技术手段、耗能运营、用材优化等; 从研究进度而言, 已经从概念、技术策略逐渐向应用与发展方向进行深入的研究, 从开始的“低碳环保”“设计方法”逐渐转向“节能技术”“BIM技术”“装配式建造”等等。对比而言, 内蒙古地区由于经济基础相对落后, 气候条件相对苛刻, 地理相对隔离, 技术手段相对简单, 造成内蒙古地区的低碳建造及创新数量较少。

一、内蒙古牧区农村住宅现状

内蒙古地处严寒地区, 面积广阔, 其中草原面积占74.6%。这里四季分明, 室内外温差特别是冬季的温差较大。草原牧区居住着约2300万人口, 其中近70%居住在农村牧区。据相关研究统计, 农村住宅在使用过程中除了日常生活能耗外, 采暖能耗在全年能耗占比最

大, 另外还有通风、空调、照明、热水等能源消耗。内蒙古牧区农村的住房相比其他地区, 其分部的区域面积广、住房较为分散, 同时牧区农村住宅建筑维护结构热工性能差, 大部分无保温或保温效果差, 农村住宅长期以来都以高能耗、低舒适性的状态运行, 消耗了大量能源且牧民居住环境并未得到根本改善。



图1 内蒙古牧区农村典型住宅总图



图2 内蒙古牧区农村典型住宅使用现状

金国辉等人, 研究了内蒙古西部农牧区被动式住宅采暖能耗, 对其围护结构的热工性能进行优化, 对比分析优化前后室内热环境和采暖能耗; 马先睿、王奕捷通过对夏热冬冷地区农村住宅, 节能降耗动力因子进行识别和分类, 总结出六个维度, 分别是: 人口因素、经济因素、技术因素、城镇化因素、能源因素和政策因素;

樊慧对内蒙古严寒C区低能耗居住建筑清洁能源供暖平衡进行了研究，进过调研发现农牧民的居住面积已经升高，供暖方式主要以活路、火炕和土暖气为主，而火炕的使用率为100%，大部分室内分区不明，造成舒适度较差。

二、研究方法

针对以上内蒙古农牧区住宅现状，整理目前常用的研究方法得出以下方法进行的研究。

(一) 建筑能耗模拟分析

表1 代表地区概况

城镇	气候分区	计算采暖区						
		天	室外平均温度(℃)	不同朝向平均太阳总辐射照度(W/m ²)				
				水平	南向	北向	东向	西向
图里河	IA	225	-14.4	105	101	33	58	57
博克图	IB	208	-10.3	75	81	26	46	44
锡林浩特	IC	186	-8.6	107	109	35	61	60
呼和浩特	ID	158	-4.4	116	122	37	65	64
额济纳旗	VIC	150	-4.3	128	140	42	75	71

其中度日数计算选取GB/T50824-2013《农村居住建筑节能设计标准》中严寒、寒冷地区农村居住建筑室内计算温度为参照，HDD14与CDD30的计算如下：

$$HDD14 = \sum_{i=1}^{365} (t_b - t_{e,i}) * days$$

式中，HDD14为基准温度等于14℃的采暖度日数，℃·d；t_b取14°；为第i天的室外空气温度日均值。

$$CDD30 = \sum_{i=1}^{365} (t_{e,i} - t_b) * days$$

式中，CDD30为基准温度等于30℃的采暖度日数，℃·d；t_b取30°；为第i天的室外空气温度日均值。

(二) 利用BIM架构用于建筑材料碳足迹的建模

BIM建模可以实现建筑与选材相结合，满足全生命周期内的建筑材料进行预算，同时对材料类型、数量进行快速处理。BIM工具的优势是将建筑信息化，将设计与选材相结合，方便快捷地计算材料的碳足迹，寻找最优的建筑材料碳排放材料组合。

(三) 统计分析法

通过对研究对象进行分析和实测，揭示研究对象的变化规律、发展趋势。本文通过现场实测以及计算机模型模拟牧区农村住宅的耗能情况及规律，得出其影响因素及影响程度。

三、内蒙古牧区农村住宅能源消耗因素

(一) 朝向与窗墙比

依据《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010中规定，北向窗墙比不宜超过0.25，东西向不宜超过0.30，南向不宜超过0.45。

因为窗户的传热系数比墙体大，所以窗墙比越小，

采用建筑能耗模拟软件Energy Plus进行建筑能耗模拟计算，气象数据采用《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014中严寒地区计算采暖期参数表中关于严寒地区典型年的气象数据。

内蒙古地区东西跨度较大，气候差异大，选取5个具有代表性的、在不同气候分区中的城镇进行分析，依据《建筑节能气象参数标准中》这5个地区的典型数据，最冷月平均温度、最热月平均温度、HDD14、CDD30进行计算，结果如表1所示。

窗户的面积相对越小，窗户的热量损失也就越小。现有的农村住宅有两方面问题：其一是窗户面积过大，导致传热散失过多，占建筑热损失的20%，其次窗户施工较为粗糙，接缝处漏风量占建筑热损失的13%。

(二) 外围护结构

农村住宅的外围护结构主要为墙体与屋顶，这两部分是阻隔室内与室外空间的重要结构构件。通过研究发现墙体和屋顶没有保温措施，其产生的损耗占热量损失的47%。由此可见维护结构是否保暖影响建筑冬季的采暖能耗，从而影响住户的居住感受。

(三) 居住者的活动

有学者对固定牧居室内热环境进行测试分析，得出室内的环境温度根据其内部的居民是否从事炊事活动而变化。上下可以浮动10℃左右，由此可见农村住宅的热稳定性不好，也受内部居民活动影响。

四、内蒙古牧区农村住宅节能措施

(一) 可再生能源

内蒙古地区的太阳能资源丰富，由东北向西南呈现逐渐递增的趋势，年照射时长在2600h-3400h，年辐射总量5400-6700MJ/(m²·a)，是全国高值地区之一。太阳能的利用主要分为两类：其一为太阳能转化热能，分被动式应用和主动式应用。被动应用主要指阳光照射蓄热体，比如蓄热外墙，来储积太阳能。主动应用主要指类似太阳能热水器，可以为日常生活提供热水。特别是前几年相对成熟的太阳能地位热水采暖系统的应用，充分利用了农牧区的日照优势，提高了农牧民的生活条件。其二为太阳能转化为电能。例如太阳能光伏系统，通过太阳能电池板进行光电转化。

牧区拥有大面积的草场,地热资源丰富,主要采用两类技术:一、水源型热泵技术,即利用地表水或地下水与住宅的室内温差作为空调冷热源技术,二、地源型热泵技术,热能来源于地下1-2米深的岩土层,其温度相对稳定,将热交换器埋至此层,实现岩土层热量与室内热量的交换。

风能资源丰富是内蒙古的另一个优势,70m高的风能资源技术开发量约为15亿kw,居全国第一,这个产量占全国50%以上,平均风功率密度 $\geq 150\text{W}/\text{m}^2$,区域面积约为101.3万 km^2 ,全区大部分地区70m高度处年平均风速均在6.37m/s以上,且风向稳定,连续性好。这些都是风力发电可利用的理想风速及条件。目前对于风能的开发与利用,主要有风力提水、风力制热以及风力发电等,因风能转化为电能的过程中对环境友好,且就地取材,无需运输,成本降低,使得发展风力发电成为今后的一大趋势。

(二) 设计节能

1) 优化外围护结构,研究表明,如果从外围护结构的热工性能方面研究能耗,可以节约60%-70%的能耗。经济可维持的条件下,选择保温材料使得外墙和屋顶的传热系数降到最低,通常情况下外墙和屋顶的传热系数应该控制在 $0.15\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 左右。常用的材料有:聚苯乙烯泡沫外保温($0.15\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)、聚氯乙烯模板先交混凝土外墙($0.14\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$),还有动态空气复合墙体,其传热系数可降低至 $0.078\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,但因其建造费用较贵,不适宜内蒙古牧区农村。设置外墙的流动空气间层等,包括采用中空玻璃、Low-E玻璃等,控制外窗的气密性,同时窗框选用阻断热桥的隔热材料窗框。

2) 屋内地板:目前的低能耗住宅有关地面的关注较少,但也有一些学者开始关注地板的保温蓄热研究。地板作为住宅有效采暖设备,近年来广受推广,地板通过辐射传播热量,辐射采暖可以逐渐转变为将可再生能源转化为热能。例如可以通过增加保温层降低热量的散失,在基础和室内地板之间加入100mm的保温层及18mm的胶合板进行保温,或者调整地板自身的材料或构造进行热量的储存以及适时的释放。

3) 自然通风,可以在不消耗能源的情况下改善室内空气质量和热环境。自然通风是实现绿色且健康住宅的最直接最经济的方法。通过交换,将新鲜空气引入室内,提高空气质量。关键设计要素包含:房屋的进深、当地气候与房屋朝向,门窗洞口的尺寸,以及周围绿化的导风作用。牧区农村周边水面较少,因此不考虑此因素的影响。

5) 采光遮阳,遮阳的形式大体上可以分为外遮阳和内遮阳,而遮挡式外遮阳是常见的方法,包括水平

式、垂直式、综合式和挡板式。在遮阳设计的时候需要避免挡板对室内采光和通风的产生影响。

6) 阳光间,在住房的南侧附加一个保温性能良好的阳光间,冬季的白天利用太阳热辐射进行取暖,夏季的夜晚可以开启下部,进行凉空气的置换。

7) 节电,用高效节能的荧光灯代替白炽灯,以及在院子里设置声控或光控开关,避免资源浪费。

(三) 草地碳汇

增加碳吸收的方法包括技术固碳和生态固碳,由于技术固碳涉及的碳捕集、利用与封存技术,存在不成熟和成本过高的问题,所以在增加碳吸收方面,更侧重于生态固碳,突出森林、草原、湿地、海洋等生态系统的固碳作用。而在农村牧区有着大面积的草原以及部分耕地等可以为生态固碳发挥显著作用。内蒙古自治区也在《内蒙古自治区气候变化实施计划(2010)》中给出其温室气体减排政策框架,提出加快制定碳核算的方法,通过恢复退化草原和进行草碳汇交易支持碳固存。

(四) 新型建筑结构

采用新型的建筑结构,从建筑本身的建筑材料开始减少对环境的污染与碳排放,如果材料可以循环利用,从长远来说对环境的友好程度更大。例如新型木结构:木材因其天然可再生,每 1m^3 木材可吸收约1t二氧化碳,同时释放0.5t的氧气。在新型木结构体系中运用光伏建筑一体化技术(BIPV)进行新能源的耦合技术。

结论

实现“双碳”目标的基本路径包括减少或控制碳排放和增加碳吸收。对于不可再生资源来说则应尽量少用,转用可再生能源进行替代。除了对资源的保护,对绿色技术的利用与更新也尤为重要。本文通过对于内蒙古牧区农村住宅的低能耗研究,除了从能源、设计、技术几个方面进行降碳,总结出了一些现在可以实施的常用手段或者适宜当地的节能方式。但是除了本文的降碳方式,还有很多技术和方法可以展开深入的后续研究,其研究成果不仅对内蒙古地区的牧区住宅乃至严寒地区的农村住宅都可以有所借鉴。

参考文献

- [1] 宋冰,杨柳.寒冷地区农村住宅建筑能耗影响因素及其经济性分析[J].建筑科学,2020,36(04)
- [2] 周丹丹,胡生荣.内蒙古风能资源及其开发利用现状分析[J].干旱区资源与环境,2018,32(05)
- [3] 金国辉,张东杰,李雨泽,沈强.内蒙古西部农牧区被动式住宅围护结构优化[J].科学技术与工程,2018,18(07):223-227.
- [4] 马先睿,王奕捷.夏热冬冷地区村镇住宅建筑能耗影响因素研究[J].工程经济,2020,30(05):19-23.