

[文章编号] 1002-8528(2021)04-0101-10

DOI: 10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2021.04.14

基于围护结构性能差异的乡村住宅空间设计因素节能敏感性分析

邵 腾, 郑武幸

(西北工业大学 力学与土木建筑学院, 陕西 西安710129)

摘 要 建筑节能减排是城乡建设中共同关注的问题,农村住宅高能耗现状对节能设计提出了更高要求。既有建筑节能多关注于围护结构和暖通空调系统性能的量化研究,对空间设计因素的节能设计以定性描述为主,而空间设计因素对建筑能耗影响的量化规律、主次排序和显著性水平也是需要重点关注的问题。本文采用正交试验法和DesignBuilder 模拟软件,基于乡村住宅围护结构热工性能差异的视角,探索不同工况下空间设计因素对建筑能耗的敏感性差异,提出空间要素优化设计路径,并采用多元回归方法构建基于空间设计因素的建筑能耗预测模型,为乡村住宅空间设计要素的参数优选提供决策工具。

关键词 乡村住宅;围护结构热工性能;空间设计因素;节能敏感性;建筑能耗

[中图分类号] TU119 [文献标识码] A

Energy-Saving Sensitivity Analysis of Rural Houses' Spatial Design Factors Based on Difference in Enclosure Performances

SHAO Teng, ZHENG Wuxing

(School of Mechanics, Civil Engineering and Architecture, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: Energy conservation and emission reduction of buildings is a common concern in urban and rural construction, and the status quo of high energy consumption proposes higher requirements for energy saving of rural houses. The existing study on energy conservation of buildings mainly focuses on the quantitative enclosure and HVAC systems performance, and the qualitative description is prioritized for the energy saving design of spatial design factors. However, the quantitative primary & secondary ranking and significance level of spatial design factors on buildings' energy consumption also require more attention. This paper, perspective of thermal performance differences in enclosure of rural houses, based on the DesignBuilder software to explore the sensitivity differences of spatial design factors to energy consumption under different conditions and puts forward the spatial optimization design path. Then the prediction model of buildings' energy consumption is established based on spatial design factors by using multiple regression method, so as to provide a decision-making tool for parameter selection of rural houses' spatial design factors.

Keywords: rural houses, thermal performance of enclosure, spatial design factor, energy saving sensitivity, energy consumption of buildings

0 引 言

在推动城乡一体化发展的背景下,建筑节能减

排是城乡建设中需要共同关注的问题。《中国建筑节能年度发展研究报告

[1]显示, 2020》

2018 年农村

住宅建筑面积 229 亿 m², 运行能耗占全国民用建筑

运行能耗总量的 25%, 碳排放占比 23%, 这一能耗现状对建筑节能设计提出更高要求。既有建筑节能

[收稿日期] 2019-04-17

[修回日期] 2020-05-15

[基金项目] 教育部人文社会科学研究一般项目“基于价值工程理论的西部寒冷地区乡村住宅设计评价及优化研究”

(20YJC760081); 住房和城乡建设部科学技术计划项目“基于多目标协同的寒冷地区农村居住建筑性能优化研究”(2019-K-126); 中国博士后科学基金“基于

SVM 和 PSO 的居住建筑多目标优化方法及设计模式研究”

(C)1994-2021, China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[作者简介] 邵 腾(1989-), 男, 博士, 助理教授

[联系方式]

shaoteng@nwpu.edu.cn

[编辑部收稿邮箱]

bjb365@126.com

研究往往更多的关注围护结构热工性能和暖通空调

系统效率,且在节能设计标准中对围护结构热工性能有明确规定,如《GB/T 50824—2013 农村居住建

筑节能设计标准》^[2]中规定了墙体、屋面、地面、外

窗等围护结构传热系数的限值。而乡村住宅空间设计因素同样与建筑节能密切相关,如建筑朝向、平面长宽比、室内净高、屋顶形式、窗墙面积比、遮阳板尺寸等,这些因素是方案阶段首要考虑的功能性因素。现有标准中对空间设计因素的规定以定量描述为主,虽然对窗墙比进行了限值规定,但当围护结构热工性能、建筑朝向或长宽比等设计因素的参数变化时,窗墙比对能耗的作用规律会发生改变,作为主要的空间设计因素之一,需要和其它因素协同考虑。此外,方案设计过程中涉及诸多空间设计因素,各因素对能耗影响的主次关系和显著性水平也是需要关注的问题,空间设计因素的节能敏感性分析可从新的视角为空间节能设计提供思路。

针对建筑能耗影响因素的敏感性分析问题,已有研究运用正交试验法开展了相关探索,如 Sun H^[3]针对甘南农村藏式传统民居,以通风道尺度等

生土墙体厚度、南向外墙保温层厚度和窗墙比作为节能改造措施,得出各因素的影响程度排序及最优参数组合,并进行了经济性分析李峥嵘等^[4]研究

了夏热冬冷地区超低能耗建筑外墙、屋面、外窗传热系数对供热、制冷及总负荷的影响规律,得出最优围护结构设计方案淦国辉等^[5]以内蒙古农牧区住宅

为例,选择住宅朝向、南向窗墙比、北向窗墙比、透明围护结构材质、保温层厚度、非透明围护结构材质、阳光间进深作为设计因素,得出优选组合方式,并建立了采暖能耗预测模型胡松涛等^[6]针对青岛典型

办公建筑,研究了朝向和窗墙比对建筑负荷的影响,首先得出不同朝向对建筑负荷的影响排序,进而得出适宜各朝向的窗墙比孙铭志等^[7]以上海某医院

建筑为例,得出10个空调系统能耗影响因素的敏感性排序:室内设计温度>新风量>冷水供回水温差>冷源效率>外墙传热系数>水泵效率>外窗遮阳系数

(>风机效率>外窗传热系数>照明密度,并针对影响

程度较大的因素提出节能措施刘立等^[8]针对天津

类型开展了研究。

综上所述,既有研究从地域和建筑类型上,多针对特定气候条件和功能需求,结果表明,不同类型建

筑的设计因素对能耗的作用机理不同,主导影响因素也不同;从研究内容上,通常将空间设计因素、围护结构因素或设备因素相混合,较少将空间设计因素剥离并全面考虑,而设计时围护结构通常根据需求采用标准的规定值,空间设计因素则具有较大的灵活性,因而缺少基于围护结构热工性能差异的乡村住宅空间设计因素节能敏感性研究。

本文以东北严寒地区乡村住宅为研究对象,采用正交试验法和DesignBuilder性能模拟软件,从围护结构热工性能差异的新视角,分析空间设计因素的节能敏感性及潜力(采用极差分析确定各因素对能耗的主次排序和最优参数组合,方差分析判定各因素对能耗的显著性水平),并依据不同工况下空间设计因素对能耗影响机制的差异性,提出空间设计因素的优化路径,以有针对性的(即根据需求采用不同类型围护结构时)通过被动式空间设计手法

在方案阶段降低建筑能耗。同时,基于具有显著性影响的空间设计因素,采用多元回归方法建立建筑能耗预测模型,为乡村住宅空间设计因素的参数优

选提供快速决策方法。

1 建筑模型构建及参数设置

根据东北严寒地区气候特征,冬季采暖能耗是该地区乡村住宅能耗构成的主体。剖析建筑物耗热量指标的理论计算方法,采暖能耗的影响因素可归纳为4类围护结构因素、空间设计因素、室内外环

境因素和设备系统因素。基于4类因素构建乡村住宅建筑模型,并对能耗模拟的参数进行设定。

1.1 围护结构因素确定

围护结构是建筑室内外空间热量交换的动态调节界面,其热工性能能够体现出建筑抵御和渗透室外气候的能力,直接制约着建筑能耗水平。根据东北严寒地区乡村住宅的实态调研分析结果,由于经济条件的差异性,乡村住宅围护结构的构造或材料差别较

点式高层办公建筑,以平面长宽比、建筑朝向、标准层面积、层高、窗墙比、外窗水平遮阳板长度作为设计因素,结合正交试验和列表法获得节能优化设计方案。此外,还有学者针对西安某机械厂房^[9]、拉萨附加阳光间式民居^[10]、康定传统民居^[11]等建筑

大。以外墙为例,如图1、图2所示,外墙的承重材料厚度及保温情况、保温材料的厚度分布不尽相同。同样,屋面、外门窗等元素的构造及材料也因经济条件、个人偏好等多因素的影响而呈多样化特性

基于实态调研结果、居民经济条件的差异性和

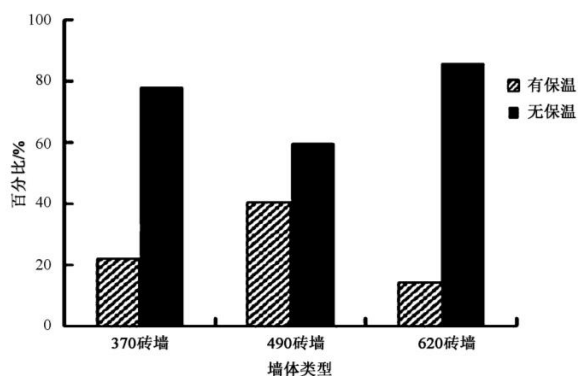


图1 不同墙体类型的保温情况

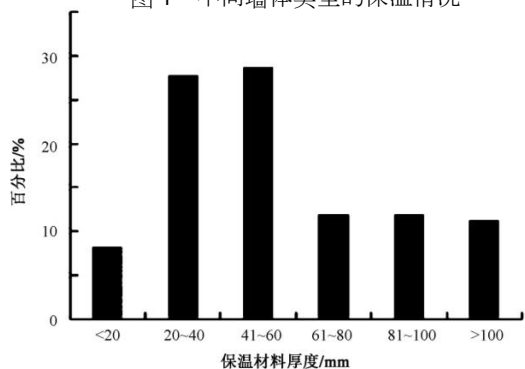


图2 墙体保温材料的厚度分布

乡村住宅的未来发展趋势, 设定4种热工性能递增的围护结构类型。具体如下: 类型I—参照调研获取的乡村传统住宅围护结构构造; 类型II—参照 GB/T 50824—2013《农村居住建筑节能设计标准》的规定, 该标准针对农村地区特点制定了相应的节能设计要求; 类型III—参照 JGJ 26—2018《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》的规定, 该标准主要适用于城市居住建筑, 但可引导乡村住宅逐步提高围

护结构热工性能; 类型IV—参照 GB/T 51350—2019

《近零能耗建筑技术标准》, 在类型III的基础上又进一步提升了建筑性能, 是城市和乡村住宅在未来

发展中需共同实现的目标。4种类型围护结构的主

要部位传热系数如表1所示

表1 4种类型围护结构的主要部

传热系数				单位: W/(m ² ·K)	参考依据
外墙	屋面	外窗	外门		I—东北严寒地区乡村传统住宅
1.58	0.93	4.70	3.50		

1.2 空间设计因素筛选

空间设计因素是方案设计阶段的节能设计中首要考虑的要素, 包括建筑朝向、建筑面积、平面长宽比、室内净高、屋面形式和窗墙面积比等元素。基于调研结果及各元素对建筑能耗影响的定性分析, 筛选纳入正交试验的因素及其水平取值。

1) 建筑朝向。合理的建筑朝向是建筑节能设计的先决条件, 尤其针对乡村地区单层独立式住宅而言, 建筑周围无遮挡, 使建筑在采暖季最大程度的利用太阳辐射。本文以哈尔滨地区的气候条件为例

开展研究, 采用 Weather Tool 工具对该地区的典型气象年资料分析, 得出最佳朝向范围为南偏西 10°~南偏东20°。因此, 以 10°为间隔, 将南偏西10°、正南向(0°)、南偏东10°和南偏东20°作为建筑朝向因素的4个水平(见图3)

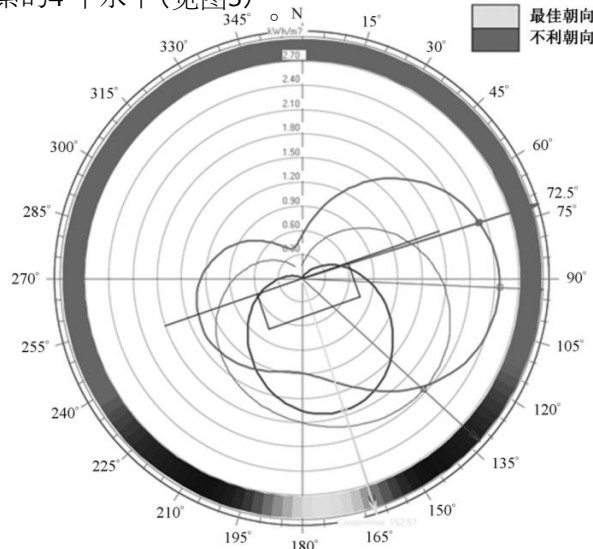


图3 哈尔滨最佳建筑朝向范围

2) 建筑面积。乡村住宅建筑面积决定了功能

布局的完整性和空间使用的舒适性。通过对调研建筑的面积分布情况进行统计, 如图4所示, 将建筑面积划分为

<50 m²、50~70 m²、70~90 m²、90~110 m²和>110 m²的5个区间, 各区间样本占总数的比例

分别为 14.9%、34.4%、31.9%、12.1%和 6.7%, 平均建筑面积

73.14 m²。

随着乡村居民生活条件改善, 室内功能空间

0.50	0.45	2.00	2.00	II—农村居住建筑节能设计标准 [] ²
				III—严寒和寒冷地区居住 建筑节能设计标准 [] ¹²
0.25	0.20	1.40	1.50	
0.10	0.10	1.00	1.00	IV—近零能耗建筑技术标准 [] ¹³

的完善性和独立性要求更高,如设置独立的餐厅、卫生间等。因此,不考虑建筑面积小于²的区
50 m²
60 m²、80 m²

间,考虑人口组成、经济条件等,将

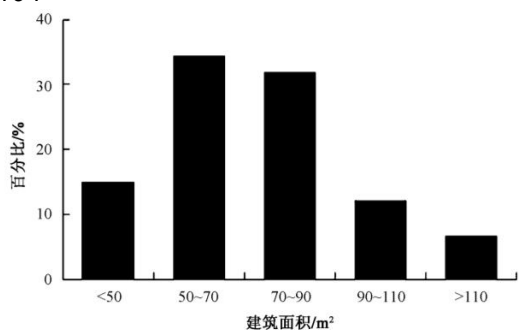


图 4 乡村住宅建筑面积分布

2 作为建筑面积因素的 4 个水平

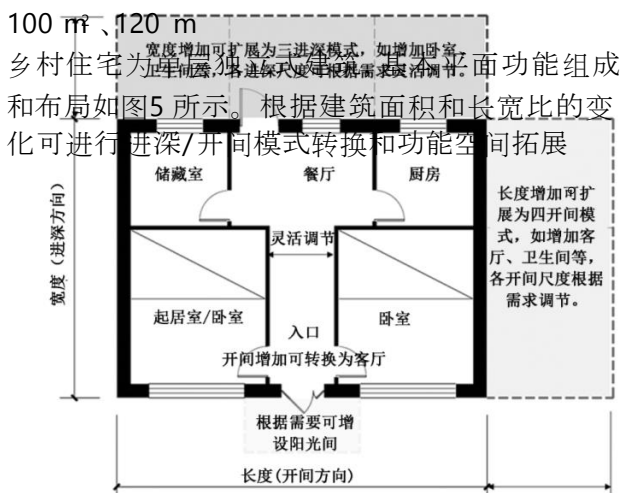


图 5 乡村住宅基本平面布局

3) 屋面坡度。东北严寒地区乡村住宅的屋顶形式主要为坡屋顶，屋面坡度对建筑能耗是否产生影响取决于保温层的位置。当保温层设置在屋面结构层时，在建筑尺度相同的情况下，随着屋面坡度增大，室内采暖体积也随之增加，从而影响建筑能耗；当保温层设置在室内吊顶上部时，屋面坡度变化不会对采暖体积产生影响。考虑到空间完整性和材料节约使用，大部分采用吊顶保温形式，此时屋面坡度不会对建筑能耗产生影响，因此该因素不纳入正交试验。

4) 平面长宽比。随着乡村住宅的不断演变和发展，虽然在功能布局、空间尺度等方面得以提升，但平面形式仍保持集中布置的紧凑式矩形平面，长宽比可作为表征平面形式的指标。从太阳能利用的

角度，相同建筑面积时乡村住宅的正立面面积越大，越能够引入更多的太阳辐射，长宽比不应小于 1。

但长宽比过大容易造成建筑进深过小，不利于形成双进深布局模式，不利于抵御东北严寒地区冬季严寒的气候条件。因此，将 1.0、1.2、1.4 和 1.6 作为长宽比因素的 4 个水平。

5) 室内净高。乡村住宅通常在室内设置吊顶，其有效使用空间为地面到吊顶围合的空间，因此以室内净高作为指标。除了影响住宅使用功能之外，室内净高对居民使用舒适度和控制建筑能耗也具有重要作用。随着室内净高增大，建筑物体积增加，在提高相同采暖温度的情况下，需要消耗更多热量，但也不宜过于低矮，否则会限制开窗位置和高度，不利

于自然采光和通风。调研结果如图 6 所示，室内净高集中分布在 2.6 m ~ 2.9 m (占比 ≥ 10%)，因此将 2.6 m、2.7 m、2.8 m 和 2.9 m 作为室内净高因素的 4 个水平。

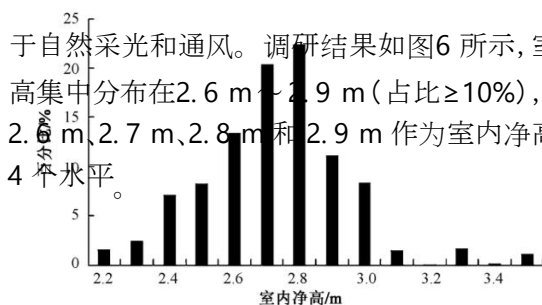


图 6 乡村住宅室内净高分布

6) 窗墙面积比。外窗传热系数往往高于围护结构其它部位，窗墙面积比越大，其传热耗热量越大，但获得的太阳辐射越多。同时，外窗太阳辐射得热具有各朝向相异的特性，应分别调控各朝向的窗墙比。GB/T 50824—2013《农村居住建筑节能设计标准》规定了窗墙面积比限值：南向窗墙比

$$\leq 0.4、$$

北向窗墙比 ≤ 0.25 、东西向窗墙比 ≤ 0.3 。由于乡村居民青睐于明亮、通透的室内环境，调研住宅的窗墙比普遍较大，如图 7 所示，南向窗墙比位于区间

$$41\%$$

~ 60% 的占 53.9%，大于 60% 的占 8.9%；北向窗墙比位于 20% ~ 40% 的占 62.9%，大于 40% 的占

26.7%。兼顾居民实际需求、太阳辐射利用和节能设计要求，南向窗墙比的水平设定为

$$0.3、0.4、0.5$$

和 0.6，北向窗墙比的水平设定为 0.1、0.2、0.3 和

0.4。传统住宅中东西向外墙基本无外窗,但随着空

间布局和平面功能的完善,东西向外墙也应设置外窗,结合节能设计标准规定,将0、0.1、0.2和0.3作

为东、西向窗墙比的4个水平

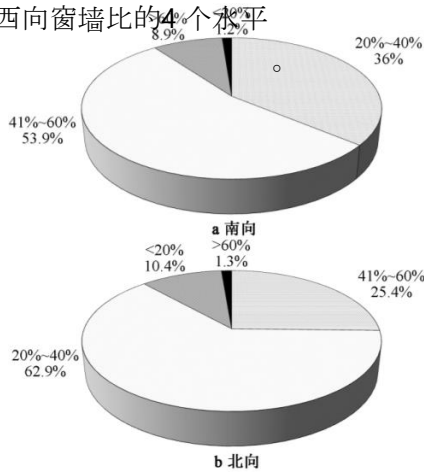


图7 窗墙面积比分布情况

1.3 其它影响因素设定

本文以东北严寒地区的典型城市哈尔滨(严寒B区)的标准年气象数据(CSWD)作为室外环境计

算参数,采暖期为

10月20日—翌年4月12日。

黑龙江省农村居住建筑节能设计标准 DB23/T 1537—2013 《

据

面实验而言减少试验次数的方法,核心思想是根据一定规则从全面试验组合中选出具有代表性的样本

进行试验,是一种高效的试验设计方法。基于

1.2

节分析,确定了纳入正交试验的空间设计因素及水平,如表2所示。正交试验包括8个因素,即:A—建筑朝向(°)、B—建筑面积(m²)、C—平面长宽比、D—室内净高(m)、E—南向窗墙比、F—北向窗墙比、G—东向窗墙比、H—西向窗墙比,还设置了空白列(I),用于估计随机误差。每个因素设置4个水平,生成

3所示(因篇幅限制,仅列L₄(₉)正交试验表,如表32出部分方案)

表2 正交试验的设计因素及水平

因素	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	南偏东 20°	60	1.0	2.6	0.3	0.1	0	0	1
2	南偏东 10°	80	1.2	2.7	0.4	0.2	0.1	0.1	2
3	正南	100	1.4	2.8	0.5	0.3	0.2	0.2	3
4	南偏西 10°	120	1.6	2.9	0.6	0.4	0.3	0.3	4

表

编	3	L ₄
号	(₉)	正交试验表
	32	设计因素

A
B
C
D
E
F
G
H
I
1 南偏西
10°
60
1.
2
2.
8
0.
6
0.
1
0.
1
0.
3
2 南偏东
10°
80
1

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/887100201144006165>