

我国典型村镇生活用能现状及影响因素分析

王 婧¹, 吴志强¹, 张 旭²

(1. 同济大学 建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2. 同济大学 机械工程学院, 上海 200092)

摘要: 在能源供需日益紧张和大力发展村镇建设的背景下, 关注村镇能源系统的建设, 对我国严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区的 10 个典型性村镇进行实地调查和数据采集, 并归纳当地村镇生活用能种类和特征. 采用软件 Matlab 进行数据处理, 对村镇能源消费做社会因素分析, 得到影响能源消费各个因素的相关性.

关键词: 村镇能耗; 调研; 清洁能源; 影响因素分析

中图分类号: X 24

文献标识码: A

Analysis of Residential Energy Present Situations and Influencing Factors for China Typical Villages

WANG Jing¹, WU Zhiqiang¹, ZHANG Xu²

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200029, China; 2. College of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 200029, China)

Abstract: Under the background of contradiction between demand and supply of energy as well as the policies of developing rural areas, rural energy system construction is emphasized. Investigation data of 10 typical villages from severe cold area, cold area and hot summer and cold winter area are conformed. The categories and characters of local rural residential energy consumptions are generalized. Influencing analysis of rural energy consumption related to the other social factors are computed by software of Matlab, and correlation of each factors are finally acquired.

Key words: rural energy consumption; investigation; clean energy; influencing factors analysis

村镇的能源利用状况及能源系统建设一直是容易被忽视的内容, 其复杂程度丝毫不低于城市. 随着

我国进入全面建设小康社会的新的历史时期, 村镇经济发展也得到了前所未有的重视. 规划村镇能源系统, 首先要调查村镇用能现状和当地资源, 获得各种能源需求和资源总量、用途及其分布; 根据各地村镇能源资源状况、技术特点、市场需求等条件, 研究制定村镇可持续能源系统开发利用的有关规划, 方可进一步实现清洁能源的合理有序开发. 近年来我国逐步加强对农村能源等基础设施建设的重视, 但目前对村镇能源可持续发展和规划缺少跨区域研究和着眼于研究整个能源供应系统的典范. 研究将对三个不同热工分区的十个村镇的能源系统现状进行调研, 涉及地域广、周期长, 对各个村镇社会经济概况、能源需求、供给等现状进行数据归整并进行因素影响分析, 归纳不同村镇的用能特征.

调研所涉及的“村镇”范畴是具有一定规模(主要指人口规模和用地规模), 主要由农业人口构成的、并位于乡村腹地, 且具有特定的经济、社会和自然景观特点的地域综合体, 以基层村、中心村、一般集镇为主, 涉及个别中心镇、建制镇及其所辖的周围空间. 目前村镇能源系统的主要职能是满足农民的生存和生活需求, 因此对村镇能源系统的调查研究主要面向村民的生活用能, 农民家庭产业用电耗处理, 不涉及略有规模的复杂工业用能.

1 村镇居民生活用能调研内容

根据村镇的特征和居民生活特点, 初期调研内容分为三个层次. 第一层包括四项: 社会经济概况(全村人口、户数、效益面积、人均收入、住宅结构等)、资源现状(农作物种植、牲畜及家禽养殖、太阳能、水能、风能等)、能源需求现状(炊事、生活用热水、照明及家用电器、冬季采暖、夏季制冷、农户家庭

收稿日期: 2009-05-05

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAJ11B08, 2006BAC02A03); 上海市博士后基金资助项目(09R21415700)

作者简介: 王 婧(1979—), 女, 工学博士, 博士后, 主要研究方向为低碳建筑与可持续能源规划. E-mail: wangjing20030@gmail.com

副产业能耗等)及能源消费现状(种类、能源价格、年/月消费量、初投资等).数据资料以咨询当地基层政府部门、深入农户了解、调查问卷等形式展开,其他不可获得数据通过文献检索、查询当地县级统计年鉴等手段进行补充.表中能源需求调研始于末端负荷侧,而消费现状调研则始于能源供应侧.

1.1 社会经济及资源概况

根据村镇范畴的定位和《我国建筑气候区划标准》(GB50178—93),在辽宁本溪市、河北辛集县、山东武城县与郯城县、上海市选取了 10 个典型村镇,由北到南分别标以英文字母 A~J 为代号.调研村镇

的类型、人口及人均收入见表 1. 根据农村资源能源特征,可以将农村当地资源分为常规能源与清洁可再生能源两大类.常规能源是指目前包括秸秆柴薪(直接燃烧)、煤炭、液化气、电力;清洁可再生能源包括生物质能(人畜粪便、秸秆等)、太阳能、地热能、水能和风能等.

调研村镇包括基层村、中心村、一般镇、中心镇和建制镇,除建制镇人口达到上万,一般村镇仅拥有 1 000~5 000 人口.从人均收入水平看在研究范围内南方地区村镇较北方地区村镇富裕.但是经济水平对能源消耗量并不一定产生正影响,下面做具体分析.

表 1 村镇分布及概况^[1-7]
Tab.1 Distribution and conditions of each village considered

地域	热工分区	代号	人口/人	住宅形式	人均收入/元	畜牧业	农作物	其他资源
辽宁省	严寒地区	A	1520	单层楼、双层玻璃	3670	牛	玉米等	太阳能资源二类地区
		B	4860	单层楼、单层玻璃	4527			太阳能资源三类地区
河北省	寒冷地区	C	3144	单层楼、单层玻璃	4535	猪、鸡	棉花等	中温地热资源
		D	1765	单层楼、单层玻璃	4905			
		E	2450	单层楼、单层玻璃	3800			
山东省		F	2472	双层楼、单层玻璃	4004			太阳能资源三类地区
		G	1460	双层楼、单层玻璃	3420			
上海	夏热冬冷地区	H	58200	双层楼、单层玻璃	5388	猪、羊		太阳能资源三类地区 风能资源丰富区
		I	60817	双层楼、单层玻璃	7275	猪、家禽		太阳能资源三类地区 低温地热资源(湖)
		J	34233	双层楼、单层玻璃	6758	猪、家禽		太阳能资源三类地区

1.2 村镇能源需求现状

通过调研,我国村镇居民生活能源种类包括冬季供暖、夏季制冷、照明及电器用电、炊事和生活热水.能源统计采用电热当量法,能耗单位为 kWh.村镇生活风俗的地域性很强,从而影响生活用能的地区一致性,因此同一地域不同村镇的能源需求量与村镇人口规模、不同家庭的生活水平有关,采用“修正人均用能量”消除这两个影响因子.

对比以上 2 个图可以归纳大体的南北能耗分布特征,能耗总量由北向南大体呈下降趋势(见图 1).生活热水能耗规律较为明显,具有南高北低的阶梯性特征,这与南北天气差异和洗澡习惯有直接关系;所占比例最均匀的为炊事用能(见图 2),在 20%~43%之间,几乎不受地域限制,说明炊事在村镇生活用能所处的地位比较稳定,但人均炊事能源需求量却较北方地区少,这是由于饮食生活习惯的差异所导致的.严寒地区(横线填充)和寒冷地区(全部填充)村镇能源需求模式较为相似,主要以炊事和供暖为主,严寒地区冬季供热能耗量占总能需求量的比

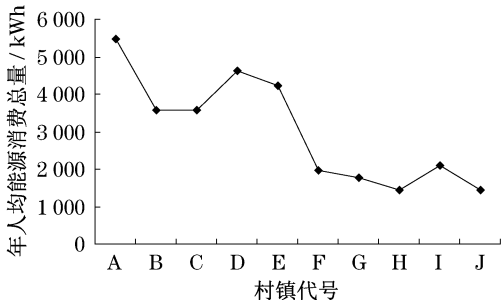


图 1 各村镇年人均能源消费总量

Fig.1 Annual energy demand per capita

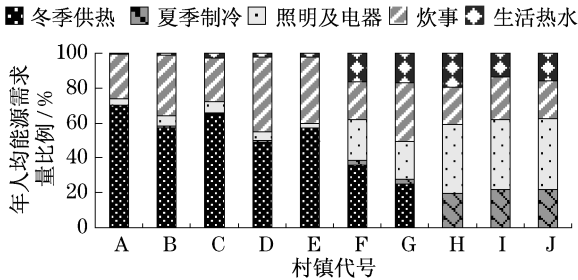


图 2 各村镇年人均能源需求量百分比

Fig.2 Percentage of annual energy demand per capita

例最大为 70%,冬季室内环境是北方地区农村住宅的主要问题,目前冬季室内主要供暖方式是炕与暖气片采暖相结合,冬季室内温度为 11℃~14℃,而夏季供冷能耗几乎为零.寒冷地区冬季供热能耗量占总需求量的 30%~57%,夏季供冷能耗仅占 1%~3%.夏热冬冷地区(斜线填充)冬季没有采暖习惯,冬季供热能耗为零,而夏季供冷能耗比例相对

较高;且该地区村民经济生活水平较高,家用电器拥有率及使用率较其他两个地区高,因此电力需求量和比例都较大,占总需求量的 37%.

1.3 能源消费种类及供应模式

通过调研得到的不同村镇对能源消费的种类和供应模式见表 2.

表 2 村镇能源消费概况
Tab.2 Energy consumption in rural area

能源需求种类	供应模式	使用能源种类	主要消费地区
冬季供暖	煤炉	煤	严寒地区、寒冷地区
	热水锅炉	煤	
	炕	煤、秸秆	
夏季供冷	空调	电	夏热冬冷地区
	电风扇	电	
照明及电器	市政电网	平均发电结构	严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区
	风力发电	风能	
炊事	煤炉	煤	严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区
	燃气灶	液化气、沼气、秸秆气	
	地锅	秸秆	
生活热水	煤炉等	煤	严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区
	太阳能热水器	太阳能	

如图 3 所示,严寒地区及寒冷地区的部分村镇(A,B,C,D)能源消费种类有煤、电、液化气、秸秆柴薪等,煤炭消费量占 80%左右;E 村由于棉花秸秆资源丰富,秸秆直接燃烧为主要能源消费形式,占总量的 70%;夏热冬冷地区村镇(H,I,J)能源消费种类有电、液化气、秸秆柴薪,电力消费为主要能源消费形式,占总量的 50%~70%;F,G 村煤和电的使用比例分别在 44% 和 27%左右,具有明显的地域过渡性质.能源消费占家庭收入比例由北到南基本呈线性下降趋势(见图 4).

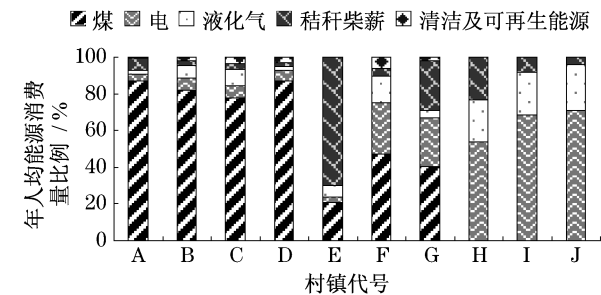


图 3 各村镇年人均能源消费量比例
Fig.3 Annual energy consumption per capita

严寒地区冬季采暖方式以炕辐射采暖为主,农民冬季在室内大部分活动如吃饭、休息等都在炕上完成.寒冷地区偏北部分村镇还保留炕采暖的供热模式,但大部分地区已经过渡到热水锅炉和土暖器

结合为主、煤炉为辅的采暖系统模式.经济收入稍高的农户已基本实现锅炉供暖、燃气灶的能源供应模式.炊事用能种类主要为液化气、煤、农作物秸秆,少数村镇有沼气或秸秆气化示范工程,末端设备主要有煤灶、燃气灶或地锅.个别村镇太阳能热水器的使用已具规模.从分析结果来看,村镇的能源供应系统基本服从以下分配去向(见图 5).

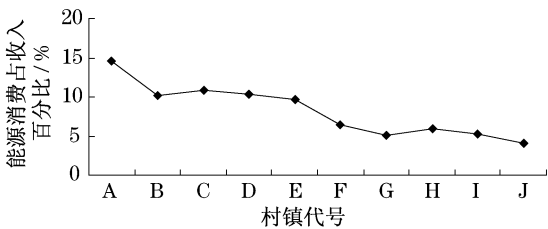


图 4 能源消费占收入百分比
Fig.4 Energy consumption as percent of income

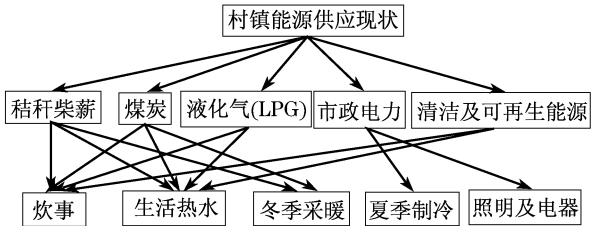


图 5 村镇能源供应现状分析图
Fig.5 Rural energy supply situation

基于以上信息,初步判断可将村镇的生活能耗分为两部分.其一,该种能耗与气候条件紧密相关.如空调能耗、采暖能耗,并认为这部分能耗与气候参数成线性关系,可用采暖度日数和空调度日数作为反映气象特征的主要参数.其二,该种能耗与气候条件无关.终年几乎不变(如用于照明、炊事等系统的能量).当然,有些能耗并不是只与气候条件相关,如生活热水能耗,洗澡次数与天气变化有直接关系,但也与村民生活习惯、经济水平等因素相关,因此要多因素影响分析来判定相互关系的紧密程度.

2 村镇能源系统影响因素分析

社会经济现象的数量变比,有些是受多种因素的影响形成的.在各种因素之间,常常不存在直接的函数关系,这种因变量和自变量之间的关系,成为相关关系.村镇的能源系统是一个庞大复杂的系统,它包括了能源供应输配系统、能源运营系统及末端系统等.影响该系统的因子有很多,如受到村镇人口规模、当地资源条件、经济发展水平、气候条件、生活习惯、政策制约等影响.采用人均能源系统消费量(包含能源系统投入成本)来体现村镇能源系统的综合行为效果,在现有调研数据的基础上进行参数分级:表 1 包括的所有参数为原始数据,即一级数据;经过能量分析计算后所得到的数据为二级数据.影响因子既包括了一级数据也包括二级数据.可以表示村

镇规模指标有全村人口、户数、每户人口;可以表示当地经济水平的参数为人均收入或人均国内生产总值(人均 GDP);所处热工分区可表示气候条件,代表参数有冬季采暖度日(HDD)和夏季制冷度日(CDD)、采暖计算温度、空调计算温度;体现当地生活习惯的参数包括全年各能源使用天数;用各类能源消费量现状表示当地资源现状.气候是影响能源消费的一个重要因子^[8-9],度日(Degree-Day,DD)是一个比采暖日数更敏感的指标^[10].本研究不利用度日数估算能耗,只作为表示气候特征的参数,因此采用了ASHREA度日数标准.采用Matlab软件进行数据处理分析,图 6 和表 3 表示了 25 个村镇能源系统影响因子相关系数和相关性.

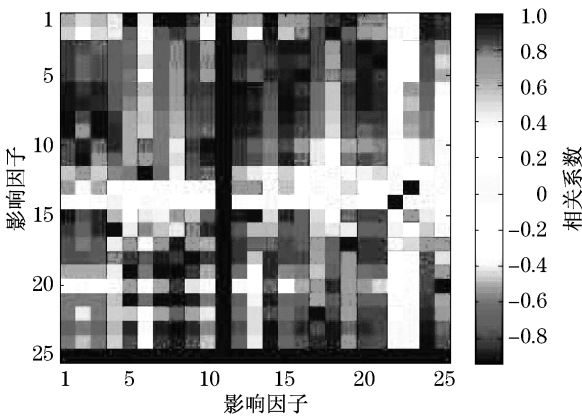


图 6 25 个影响因子两两相关系数

Fig.6 Cross correlation coefficient of 25 factors

表 3 能源总消耗量与各影响因子的相关性
Tab.3 Correlativity of energy consumption with each factor

标号	影响因子	相关性	标号	影响因子	相关性
1	全村人口	中度相关	14	冬季供热能耗	显著性相关
2	人均收入	低度相关	15	夏季制冷能耗	中度相关
3	户数	中度相关	16	照明及电器能耗	中度相关
4	每户人数	中度相关	17	炊事能耗	高度相关
5	采暖度日数	高度相关	18	生活热水能耗	高度相关
6	空调度日数	中度相关	19	煤消耗	高度相关
7	室外采暖计算温度	高度相关	20	电消耗	中度相关
8	室外空调计算温度	高度相关	21	液化气消耗	中度相关
9	供热天数	高度相关	22	秸秆柴薪消耗	不相关
10	供冷天数	低度相关	23	清洁及可再生能源消耗	低度相关
11	炊事天数	不相关	24	总能消耗	显著性相关
12	生活热水天数	中度相关	25	能源消费比例	高度相关
13	每户供热供冷照明面积	低度相关			

由表 3 可以看出,各项能耗中 14-冬季供热是影响总能耗的最大因素($|r| \geq 0.95$ 显著性相关),当然 24-总能耗与自身也是显著性相关.其次是 17-炊事

和生活热水,此外与气候条件有关的参数如 5-采暖度日数、7-室外采暖计算温度、8-室外空调计算温度对家庭总能耗的相关程度都较高($0.8 \leq |r| <$

0.95),说明气候条件是影响村镇生活能耗的最大因素,这与前期的初步预测基本一致.村镇规模、资源条件与总能耗属中度相关水平($0.5 \leq |r| < 0.8$).在调研村镇范围内,规模大、人口多的村镇一般经济较为发达(高度相关),虽然经济水平对家庭总能耗量影响不大,属低度相关水平($0.3 \leq |r| < 0.5$),但在经济较发达地区,农民的人均用电量较大,并且会较多考虑使用夏季空调和生活热水.生活习惯如燃烧秸秆柴薪为生活能源,对家庭能耗的影响最不稳定,但不可忽略.由于假设11-炊事天数为全年不变,因此与其他因子不相关即 r_{i11} 为零.

3 结论

通过对三个不同热工分区十个村镇的调研获得的数据具有真实性,并在此基础上归纳目前典型村镇生活能源供需特征.我国村镇居民生活能源主要为冬季供暖、夏季制冷、照明及电器用电、炊事和生活热水6个方面,其中冬季采暖用能在村镇生活用能中消耗最大.能耗总量由南向北大体呈下降趋势,生活热水能耗具有南高北低的阶梯性特征,炊事用能所占比例最均匀,在20%~43%之间.经济较发达地区农民的人均用电量较大,且较多使用夏季空调和生活热水.能源消费占家庭收入比例由北到南基本呈线性下降趋势.相关分析显示,各项能耗中14-冬季供热是影响总能耗的最大因素,其次是17-炊事和生活热水.气候条件是影响村镇生活能耗的最大因素.村镇规模、资源条件与总能耗属中度相关水平.生活习惯对家庭能耗的影响最不稳定,但不可忽略.

在统计学中本研究在全国村镇研究范围内属于小样本调查,进行统计分析时缺少大量数据,而且采集的数据样本较为凌乱,需要在已有数据基础上进行进一步计算整理,将各地能源资源以同一基准换算为人均能耗数据,建立村镇能源需求、能源消耗、资源估算及能量平衡分析方法,可为从生命周期角度评价村镇能源系统、经济性分析及指标体系研究提供了有力的数据支撑.村镇生活用能与生活习惯与地域性关联性很强.

处于不同热工分区的村镇由于气候条件和居民生活习惯不同,能源需求量及需求种类都不同,因此进行能源系统规划一定要考虑资源能源的“当地

化”,因地制宜,分区制订标准,并以当地村民生活习惯需求为基础.各地区的资源状况不同,开发可再生能源的潜力也有所区别,要根据当地资源条件进行能源供应模式筛选或系统优化设计,改进生物质能的利用效率,推广新型能源利用技术势在必行.

参考文献:

- [1] 崇明县统计局. 崇明统计年鉴(2004)[M]. 北京:中国统计出版社,2005.
County Bureau of Statistics of Chongming. Chongming statistical yearbook(2004)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2005.
- [2] 上海青浦区统计局. 上海青浦区统计年鉴(2004)[M]. 北京:中国统计出版社,2005.
District Bureau of Statistics of Qingpu. Qingpu statistical yearbook(2004)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2005.
- [3] 上海松江区统计局. 上海松江区统计年鉴(2004)[M]. 北京:中国统计出版社,2005.
District Bureau of Statistics of Songjiang. Songjiang statistical yearbook(2004)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2005.
- [4] 本溪市统计局. 本溪市统计年鉴(2005)[M]. 北京:中国统计出版社,2006.
City Bureau of Statistics of Benxi. Benxi statistical yearbook (2005)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [5] 辛集县统计局. 辛集县统计年鉴(2005)[M]. 北京:中国统计出版社,2006.
County Bureau of Statistics of Xinji. Xinji statistical yearbook (2005)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [6] 武城县统计局. 武城县统计年鉴(2005)[M]. 北京:中国统计出版社,2006.
County Bureau of Statistics of Wucheng. Wucheng statistical yearbook(2005)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [7] 郯城县统计局. 郯城县统计年鉴(2005)[M]. 北京:中国统计出版社,2006.
County Bureau of Statistics of Tancheng. Tancheng statistical yearbook(2005)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [8] 袁顺全,千怀遂. 气候对能源消费影响的测度指标及计算方法[J]. 资源科学,2004,6(26):125.
YUAN Shunquan, QIAN Huaisui. Indices and models assessing climatic impacts on energy consumption[J]. Resources Science, 2004,6(26):125.
- [9] Jager J. 气候与能源系统[M]. 北京:气象出版社,1988.
Jager J. Climatic and energy system [M]. Beijing: China Meteorological Press,1988.
- [10] 张家诚,高素华. 我国温度变化与冬季采暖气候条件的探讨[J]. 应用气象学报,1992,3(1):70.
ZHANG Jiacheng, GAO Suhua. Investigation on the relationship between temperature change and winter heating in China[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology,1992,3(1):70.