

Analysis of Influence Factors of Rural Residence Transformation on Residential Energy Consumption

Chenxia Suo¹, Yong Yang², Wei Deng Solvang³

¹School of Economics and Management, Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing

²College of Statistics and Mathematics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou

³Narvik College University, Narvik

Email: suchoenia@bjpt.edu.cn

Received: Mar. 8th, 2014; revised: Apr. 10th, 2014; accepted: Apr. 20th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The problem of rural energy consumption in China is an important issue whether China can develop sustainably. Through investigation, we have collected the data of Beijing rural residential energy consumption and rural residence transformation, then we adopt correlation analysis and factorial analysis to screen and extract the variable information affecting energy consumption, and finally figure out the correlation degree between peasant household residential energy consumption and influence factors. The results show that the family population is a major influence factor of residential energy consumption, and the energy-saving transformation can effectively reduce the energy consumption quantity of peasant household, as well as that the government support remarkably promotes the reduction of usage amount of straw/firewood.

Keywords

Rural Residence, Energy Consumption, Energy-Saving Transformation, Factor Analysis

农村民居改造对生活能源消费影响因素分析

索晨霞¹, 杨 勇², Wei Deng Solvang³

¹北京石油化工学院经管学院, 北京

²浙江工商大学数理统计学院, 杭州

³纳尔维克工学院，纳尔维克
Email: suochenxia@bipt.edu.cn

收稿日期：2014年3月8日；修回日期：2014年4月10日；录用日期：2014年4月20日

摘要

中国农村能源消费问题是关系到中国能否可持续发展的重要问题。通过调研收集到北京地区农村住宅能源消费及民居改造的数据，然后采用相关分析和因子分析筛选并提取了影响能源消费的变量信息，最后通过灰色关联分析计算出农户生活能源消费与影响因素之间的关联度。结果表明家庭人口是生活能源消费的主要影响因素，节能改造可以有效降低农户能源消费量，政府的支持对减少秸秆/柴薪的使用量有明显的促进作用。

关键词

农村住宅，能源消费，节能改造，因素分析

1. 引言

能源是人类发展和经济增长动力，是人类赖以生存的基础。近 30 年来，随着中国农村社会和经济的不断发展，农村能源消费总量大幅度的提高，能源消费结构发生了明显的变化。农村能源消费已经成为中国能源消费的重要部分，其消费总量及消费结构直接影响到农村地区的经济发展和整个国家的能源安全和环境[1]。如何促进国家和农村的可持续性发展是关系到建设和谐社会和全面建设农村小康社会的重要问题。了解影响农村能源消费和影响因素和影响程度就成为一个重要的研究方向。

本文通过调对北京地区农村住宅影响能源消费的影响因素和影响程度的分析，为改善该地区农村能源消费结构、制定农村能源发展战略、改善农村生活环境和生活质量提供研究基础，对推进农村能源建设和发展工作具有重要的现实指导和借鉴意义。

2. 文献综述

随着农村社会经济的不断发展，农村能源消费水平不断提高，农村能源消费结构及其影响因素的研究越来越受到国内外学者的关注。其研究主要包括两个方面，一方面是影响农村能源消费的主要因素包括哪些，另一方面是使用何种方法和模型分析能源消费影响因素较为合理。

对于影响农村能源消费的主要因素的研究，Leach 和 Gowan (1987)的研究显示经济发展水平、城镇化率、工业化程度可以促进商品性能源消费的增加[2]。Foley (1995)认为由于生物质能易得性和农户能源消费行为的路径依赖，农户对使用生物质能源有较强的偏好，社会经济的发展使得农户就地取材的机会减少，进而生物质能源逐渐被商品能源取代[3]。Leach (1992)和 Davis (1998)发现能源设施的分布状况和基础设施的建设对能源消费结构有重要的影响[4] [5]。张力小等认为由于地区的经济发展水平差异对农村能源消费有一定的影响[6]。张翠平重点分析了非农就业的增加有助于改善农村能源消费结构，减少环境污染[7]。金玲认为家庭人口规模主要对传统非商品能源消费有影响，家庭规模不断减小有利于能源消费结构的升级[8]。而范亚雯、徐才华研究表明，家庭规模的规模效应导致人均能源消费量减少[9]。王晶晶 (2010)认为户主学历越高越能促进户主家庭能源结构升级[10]。周中仁等认为农村地区能源消费观念或习惯会影响能源消费结构[11]。Emst Worrell 和 Lynn Price (2001)在回顾了美国针对气候变化而制定的能源

政策时发现, 能源政策也是影响能源消费的一个因素[12]。朱四海(2007)也对中国农村能源政策的演变进行了研究, 结果发现农村能源制度缺乏系统性, 制度间存在挤出效应, 政策实施成本较高[13]。翟辅东(2003)对我国农村能源发展方针的调整进行了探讨, 提出了中国农村能源发展的“十八方针”[14]。娄博杰(2008)认为商品能源价格对传统非商品能源使用与否的影响并不显著, 而对该能源消费结构具有极显著影响, 从各种能源的消费量来看, 液化气价格高低对煤和电使用量有较强的影响, 影响能源消费结构[15]。综上所述, 现有的研究认为农村能源消费影响因素主要包括客观因素和主观因素。客观因素主要包括经济发展水平、城镇化率、工业化程度收入水平、区域特征、基础设施完善程度、能源政策、燃料价格和可替代性等。主观方面的因素主要包括农户能源消费的路径依赖(习惯)、家庭人口规模、家庭成员的受教育程度、农户从事的行业、家庭的收入水平等。

对于农村能源消费影响因素分析方法或者模型方面的研究主要包括王效华等(1999)通过相关分析发现人均能源消费与人均收入存在着正相关关系[16]。陆慧, 卢黎(2006)则利用层次分析法实证分析了农民收入水平对农村家庭能源消费结构的影响[17]。樊艳云、陈首丽借鉴灰色相关分析技术研究产业结构变动与能源费的关系[18]。程胜(2009)认为农村能源消费是一个包含多重因果反馈、非线性机制作用的混沌系统, 采用多元线性逐步回归模型、logit 模型和 Tobit 模型对能源消费的影响因素和影响程度进行了研究[19]。娄博杰通过建立计量经济模型研究了商品能源价格对传统非商品能源使用的影响[15]。张敬伟、宫兴国(2010)利用指数分解及线性回归方法分析了河北省产业结构变动对能源消费的影响[20]。齐志新、陈文颖、吴宗鑫(2007)利用因数分解法研究了工业轻重结构变化对能源消费的影响[21]。刘俊(2012)采用向量自回归(VAR)模型分析了北京市的能源消费与其影响因素之间关系, 用方差分解方法得出各影响因素的变化对北京市的能源消费变化的贡献率[22]。以上就是研究能源消费影响因素的主要方法。

从上述文献综述可以看出, 现有文献对影响农村能源消费的因素和影响程度进行了广泛研究, 然而, 至今为止还没有从住宅节能改造角度对能源消费影响因素和程度影响的定量研究。本文从个体农户出发, 分析北京地区农村住宅生活能源消费影响因素和影响程度变化, 对促进农村住宅节能改造效果、改善农村生活环境和生活质量提供一定的现实指导意义。

3. 方法与模型

3.1. 相关性分析

事物之间的联系总是错综复杂的, 任何事物的变化与其他事物总是相互联系和相互影响的。当事物之间存在一定的关系, 但是又不能用确定函数描述是, 且一个变量取某一定值时, 另一个变量可能有若干个, 那么我们称这种关系为统计关系。统计关系分为线性相关关系和非线性相关关系。测量相关关系强弱的方法叫做相关分析, 相关分析通过图形和数值的方式表示统计关系的强弱。图形表示统计关系虽然直观, 但是不够精确。相关系数用数值表示了变量间线性关系的强弱[23]。

Pearson 简单相关系数是描述两个定距变量间的线性相关性, 公式如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

式中 n 为样本个数, x_i 、 y_i 分别为两个变量值。

3.2. 因子分析

主成分分析法也称主分量分析法, 是由 Hontelling 首先提出的, 其方法原理是利用降维的思想, 把

多指标转化为少数几个综合指标的多元统计分析方法。而因子分析法是主成分分析法的推广。因子分析的基本思想是根据相关性大小把原始变量分组,使得同组内的变量之间相关性高,不同组间的相关性低。在实际应用中,原始变量可以分为两部分,一部分是少数公共因子表示的线性函数,另一部分是于公因子无关的特殊因子[23]。各个因子互不相关,变量是由因子线性组成。设有 n 个样本, p 个变量,公因子为 $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)'$, 随机因子为 $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)'$, 模型如下:

$$\begin{aligned} X_1 &= \alpha_{11}F_1 + \alpha_{12}F_2 + \dots + \alpha_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ &\vdots \\ X_p &= \alpha_{p1}F_1 + \alpha_{p2}F_2 + \dots + \alpha_{pm}F_m + \varepsilon_p \end{aligned} \quad (2)$$

以上为因子模型。组成的矩阵为载荷矩阵,为因子载荷,也是公因子和变量的相关系数。为特殊因子。可以用变量的线性形式表示因子,如下所示:

$$F_i = b_{i1}X_1 + \alpha_{i2}X_2 + \dots + \alpha_{im}X_m \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

3.3. 灰色关联分析

灰色关联分析是根据样本序列曲线的几何形状的相似程度来判断变量之间关系强弱的一种方法,曲线越是相似,相关变量的关系就越强[24]。计算关联系数公式如下:

$$\eta_i(k) = \frac{\min \min |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max \max |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max \max |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (4)$$

其中 ρ 分辨系数,一般取 0.5。关联度的计算公式如下:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \eta_i(k) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

本文使用 Pearson 简单相关系数分析数值变量的线性相关性,使用 Spearman 等级相关系数和 Kendall τ 相关系数分析含有定序变量间的线性相关。使用因子分析法提取变量的主要因子并计算因子得分,根据合成变量的因子得分和相关系数使用灰色关联分析法计算其与能源消费量的关联度。

4. 实证分析

4.1. 影响农村能源消费因素的相关性分析

2011 年课题组对北京市十个远郊区县的 500 农户进行了民居改造项目和生活能源消费的入户问卷调查[25]。本文根据已有的文献研究归纳农户能源消费的影响因素主要为年龄、家庭人口规模、家庭成员受教育程度、农户从事的行业、家庭的收入水平等。但较少考虑农村民居改造对农户生活能源的影响。根据 2011 年课题组北京地区民居改造项目调研数据,通过相关性分析得到民居改造如门窗改造、吊顶改造、外墙改造、地面改造、炊具改造、取暖设施改造等也是农户生活能源消费的影响因素。通过进一步的相关分析,例如研究农户生活能源消费量,以煤(y_1)、电(y_2)、秸秆/柴薪(y_3)和其他能源(y_4)为因变量,以年龄(x_1)、常驻人口数(x_2)、文化水平(x_3)、是否务农(x_4)、家庭收入(x_5)、房屋面积(x_6)、门窗改造(x_7)、吊顶改造(x_8)、外墙改造(x_9)、地面改造(x_{10})、炊具改造(x_{11})、取暖设施改造(x_{12})、政府资金支持(x_{13})等影响因素为自变量进行相关分析。在计算能源消费量与定序变量的相关性时,根据调研的能源消费量分布通过函数转化为定序变量,节能改造项目根据节能改造效果转换为定序变量。本文采用统计分析软件 SPSS19 进行分析,调用 SPSS19 中的因子分析程序标准化处理过的 12 个指标进行相关性分析,并得到各指标之间的相关系数表 1。

从表 1 中可以看出,

Table 1. Correlation coefficient of energy consumption and variables
表 1. 能源消费量与变量相关系数

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
y_1	0.139	0.901	-0.724	-0.654	-0.268	0.924	-0.752	-0.651	-0.768	-0.831	-0.675	-0.841	-0.532
p 值	0.528	0.001	0.001	0.005	0.157	0.000	0.002	0.006	0.000	0.000	0.002	0.000	0.005
y_2	-0.109	0.912	0.821	0.501	0.547	0.821	-0.651	-0.541	-0.632	-0.757	-0.024	-0.651	-0.241
p 值	0.741	0.000	0.002	0.004	0.010	0.000	0.008	0.005	0.007	0.003	0.352	0.004	0.152
y_3	0.204	0.902	-0.642	-0.701	-0.842	0.115	-0.352	-0.442	-0.410	-0.392	-0.925	-0.584	-0.554
p 值	0.448	0.000	0.003	0.005	0.007	0.247	0.010	0.009	0.009	0.010	0.000	0.006	0.001
y_4	-0.267	0.922	0.425	0.418	-0.351	0.254	-0.365	0.255	0.194	-0.267	-0.024	-0.215	-0.151
p 值	0.427	0.003	0.108	0.112	0.021	0.213	0.067	0.131	0.242	0.206	0.368	0.204	0.320

1) 煤的消费量与年龄(x_1)、家庭收入(x_5)相关性不显著,说明在现在的煤价下,煤作为主要能源,收入水平对煤的使用量影响不明显;与常驻人口数(x_2)、房屋面积(x_6)高度正相关,说明常驻人口数和屋面积是增加煤使用量的主要原因,其相关系数分别为 0.901 和 0.924;与文化水平(x_3)、是否务农(x_4)、门窗改造(x_7)、吊顶改造(x_8)、外墙改造(x_9)、地面改造(x_{10})、炊具改造(x_{11})、取暖设施改造(x_{12})、政府资金支持(x_{13})负相关,说明文化水平的提高、务农人口减少、节能改造和政府的支持可以降低煤的使用量。

2) 电的消费量与年龄(x_1)、炊事改造(x_{11})、政府资金支持(x_{13})相关性不显著,说明在农民的炊事活动主要使用煤、秸秆等燃料,不使用电作为炊事使用,政府资金支持对电的使用量的影响不明显;与常驻人口数(x_2)、文化水平(x_3)、家庭收入(x_5)、房屋面积(x_6)高度正相关,说明常驻人口数、文化水平、家庭收入和屋面积是增加电使用量的主要原因;与是否务农(x_4)和家庭收入(x_5)也存在正相关关系,说明生产方式和家庭收入也一定程度的影响电的使用量,与门窗改造(x_7)、吊顶改造(x_8)、外墙改造(x_9)、地面改造(x_{10})、取暖设施改造(x_{12})、负相关,说明节能改造可以降低电的使用量。

3) 秸秆/柴薪的消费量与年龄(x_1)、房屋面积(x_6)相关性不显著;与常驻人口数(x_2)、高度正相关,说明常驻人口数是增加秸秆/柴薪使用量的主要原因;与文化水平(x_3)、是否务农(x_4)、家庭收入(x_5)、房屋面积(x_6)、门窗改造(x_7)、吊顶改造(x_8)、外墙改造(x_9)、地面改造(x_{10})、炊具改造(x_{11})、取暖设施改造(x_{12})、政府资金支持(x_{13})负相关,说明文化水平的提高、农民收入的提高、务农人口减少、节能改造和政府的支持可以降低煤的使用量。

4) 其他燃料和常驻人口数(x_2)正相关,和其他变量相关性不显著,说明其他燃料对农民的生活影响不明显。根据以上分析,剔除相关性不显著的变量(y_4 、 x_1),可以看出大部分变量之间的简单相关系数大于 0.3,说明原始变量之间有较强的相关性,对本问题进一步做因子分析是合适的。

4.2. 因子分析

本文根据变量的实际意义把变量分为家庭因素 F_1 (家庭常住人口、文化水平、是否务农、家庭收入)、房屋保温改造 F_2 (门窗改造、吊顶改造、外墙改造、地面改造)、设备改造 F_3 (炊具改造、取暖设施改造)、住房面积 F_4 和政府资金支持 F_5 五类,除房屋面积和政府资金支持外对剩余三个类别分别进行因子分析。首先通过 Bartlett 球度检验,计算出 KMO 的取值为 0.748,大于 0.50, Bartlett 球度检验值为 39.508, P 值接近 0,说明检测数据适合做因子分析。提取第一主成分累积方差贡献率达 65%,为了进一步做灰色关联分析,只提取一个主因子并计算因子得分,因子得分方程如下所示:

$$F^f = 0.345x_2 + 0.354x_3 + 335x_4 + 0.170x_5 \quad (1)$$

$$F^w = 0.521x_7 + 0.312x_8 + 0.379x_9 + 0.421x_{10} \quad (2)$$

$$F^e = 0.428x_{11} + 0.869x_{12} \quad (3)$$

其中， F^f 表示家庭因素的因子得分， F^w 表示房屋保温改造的因子得分， F^e 表示设备改造的因子得分。

4.3. 能源消费影响因素的灰色关联分析

根据以上得到的因子得分运用灰色系统分析软件得到：

1) 煤的消费量与 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 灰色关联度分别为 $r^c = (0.352, 0.654, 0.782, 0.467, 0.209)$ ，根据关联度大小可知，影响最大的是设备改造，其次是房屋保温改造，第三是房屋面积，最小的是政府资金支持；

2) 电的消费量与 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 灰色关联度分别为 $r^e = (0.641, 0.437, 0.212, 0.519, 0)$ ，根据关联度大小可知，影响最大的是家庭因素，其次是房屋面积，第三是房屋保温改造，最后是设备改造，政府资金支持对电的使用量没有显著影响；

3) 秸秆/柴薪的消费量与 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 灰色关联度分别为 $r^f = (0.325, 0.462, 0.632, 0, 0.547)$ ，根据关联度大小可知，影响最大的是设备改造，其次是政府资金支持，第三是房屋保温改造，最后是家庭因素，房屋面积对秸秆/柴薪的使用量没有显著影响。

5. 结论与建议

5.1. 结论

通过相关分析、因子分析和灰色关联分析对影响农村住宅能源消费影响因素和影响程度做了分析。从相关分析可以看出，影响农村住宅能源使用的主要因素包括：常住人口数、文化水平、是否务农、家庭收入、房屋面积、政府资金支持，这和已有其他学者的研究是吻合的。

在节能改造方面，如门窗改造、吊顶改造、外墙改造、地面改造、炊具改造、取暖设施改造，对农户生活能源使用量的影响也是明显的。说明节能改造是影响农村生活能源消费的重要因素。

从灰色关联分析可以看出，设备改造是影响煤的使用量的主要因素，其次是房屋保温改造。家庭因素对电的使用量影响最大，其次是房屋面积，收入水平的提高和非农人口的增加会增加电的使用量，政府资金支持对电的使用量没有显著影响。设备改造和政府资金支持对秸秆/柴薪的使用量影响显著，房屋面积对秸秆/柴薪的使用量没有显著影响。

总体来讲，家庭人口的增加是增加能源消费的主要影响因素，节能改造可以有效降低农村能源消费量，取暖和炊事的设备改造和政府的支持对减少秸秆/柴薪的使用量有明显的促进作用。

5.2. 建议

为了提高北京地区农村能源消费水平，优化农村能源消费结构，促进该地区可持续性发展提出以下建议：

1) 加大当地政府对住宅节能改造的力度，扩大住宅节能改造试点范围。政府相关部门应积极推进民居改造工程的进程，使民居改造项目惠及更多的农民。

2) 培育多元化的住宅节能改造模式，调动农民参与民居改造的积极性。

目前主要由北京市政府出资进行北京农村民居主要项目的改造，节能民居的改造大部分是按照特定

的方案进行，每个农户改造的项目基本相同，对农户本身需求考虑不足。在民居改造工程上应多听取农民的意见，让农户积极参与其中并且愿意出钱和出力，使民居改造工程更加完善，更好的造福广大农民。

3) 民居改造项目与其他节能项目的结合

课题组在调研的过程中发现，北京大部分农户已安装了太阳能热水器。但由于北京冬季室内温度较低，使得太阳能热水器难以得到充分有效的利用。如果将太阳能热水器和节能民居改造项目相结合，对其卫生间进行改造或者重建，这样能有效提升冬季浴室内的温度，充分发挥太阳能热水器的效用。这两个项目的相互结合既能充分利用太阳能又能解决冬季农户取暖和洗浴的难题。

项目基金

该项目得到北京市哲学社会科学规划项目(10BeJG338)资助。

参考文献 (References)

- [1] 苏亚欣, 毛玉如, 赵敬德等 (2006) 新能源与可再生能源概论. 化学工业出版社, 北京, 1-25.
- [2] Leach, G. and Gowan, M. (1987) Household energy handbook, an interim guide and referenc manual. The World Bank, Washington DC.
- [3] Foley, G. (1995) Photovoltaic applications in rural areas of the developing world. ESMAP Technical Paper 009, Energy See tor Management Assistance Programme, The World Bank, Washington DC.
- [4] Leach, G. (1992) The energy transition. *Energy Policy*, **20**, 116-123.
- [5] Davis, M. (1998) Rural household energy consumption, the effects of access to electricity evidence from South Africa. *Energy Policy*, **26**, 207-217.
- [6] Zhang, L.X., Hu, Q.H. and Wang, C.B. (2011) Rural energy in China: Pattern and policy. *Transactions of the CSAE*, **27**, 1-9.
- [7] Zhang, C.P. (2009) The effect of non-agricultural employment on household energy consumption. Nanjing Agricultural University, Nanjing.
- [8] Jin, L. (2010) Analysis of China's rural energy consumption and affecting factors. Nanjing Agricultural University, Nanjing.
- [9] Fan, Y.W. and Xu, C.H. (2006) Factor analysis and regional research on residential energy consumption in rural China. *Proceedings of MIEM'06*, MIEM, Ma'anshan, 118-123.
- [10] Wang, J.J. (2010) The statistical analysis of Beijing rural energy consumption. Hebei University, Baoding, 1-13.
- [11] Zhou, Z.R., Wang, X.H., Chen, Q., *et al.* (2007) Evolvement of well-off rural household energy consumption structure in Northern China: A case study in Huantai County of Shangdong Province. *Transactions of the CSAE*, **23**, 192-197.
- [12] Worrell, E. and Price, L. (2001) Policy scenarios for energy efficiency improvement in industry. *Energy Policy*, **29**, 1223-1241.
- [13] 朱四海 (2007) 中国农村能源政策: 回顾与展望. *农业经济问题*, **9**, 20-25.
- [14] 翟辅东 (2003) 我国农村能源发展方针调整问题探讨. *自然资源学报*, **1**, 81-86.
- [15] Lou, B.J. (2008) Research on rural household's selection behavior of livelihood energy consumption. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 56.
- [16] Wang, X.H. and Feng, Z.M. (2004) Biofuel use and its environmental problems in rural areas of China. *Journal of Nanjing Agricultural University*, **27**, 108-110.
- [17] Lu, H. and Lu, L. (2006) An empirical analysis of the impact of farmers' income level on the household energy consumption structure in the countryside. *Finance and Trade Research*, **17**, 28-34.
- [18] 樊艳云, 陈首丽 (2010) 北京产业结构调整与能源消费的灰色关联分析. *山西财经大学学报*, **4**, 92-93.
- [19] Cheng, S. (2009) On rural energy consumption and energy policy in China. Huazhong Agricultural University, Wuhan, 1-6.
- [20] 张敬伟, 宫兴国 (2010) 产业结构变动对能源消费的影响研究——以河北省为例. *燕山大学学报*, **3**, 106-110.
- [21] 齐志新, 陈文颖, 吴宗鑫 (2007) 工业轻重结构变化对能源消费的影响. *中国工业经济*, **2**, 35-42.
- [22] 刘俊 (2012) 北京市能源消费与影响因素的实证研究. 首都经济贸易大学, 5.

- [23] 李子奈 (2004) 高级计量经济学. 清华大学出版社, 北京, 33-37.
- [24] 刘思峰 (2009) 灰色系统理论及其应用. 北京科技出版社, 北京.
- [25] Suo, C.X., Yang, Y. and Zhang, Z.H. (2012) Analysis of energy consumption by the full lifecycle of residence renovation in Zhuzhuang. 2012 *International Conference on Materials for Renewable Energy and Environment*, **3**, 1417-1421.