

我国电力行业 CO₂ 排放系数和 CO₂ 排放时空特征

宾婵佳¹, 朱 骥¹, 齐永青², 张 丹¹, 和 静³

(1. 石家庄经济学院 资源学院, 河北 石家庄 050031; 2. 中国科学院遗传发育所 农业资源研究中心, 河北 石家庄 050021;

3. 内蒙古自治区矿产实验研究所, 内蒙古 呼和浩特 010031)

摘要: 为了改善与优化我国现存的能源消费结构, 需要开展我国能源消费和能源消费 CO₂ 排放等方面的研究。使用 1980—2007 年期间逐年发电量、单位发电煤耗等统计数据, 计算了不同时期我国单位发电 CO₂ 排放系数。其中, 1980 年电力行业的单位发电 CO₂ 排放系数为 1.07kg/kW·h, 2007 年为 0.78kg/kW·h。基于省级电力消费数据, 结合不同时段和单位发电 CO₂ 排放系数, 得出各地区单位生产总值电耗 CO₂ 排放系数, 分析了我国电力消费所致的温室气体排放的省际空间特征。

关键词: 电力行业; CO₂ 排放系数; 时空特征

中图分类号: X511 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8141(2013)01-0052-04

Temporal and Spatial Characteristics of CO₂ Emission and Its Coefficient from Power Industry in China

BIN Chan- jia¹, ZHU Ji¹, QI Yong- qing², ZHANG Dan¹, HE Jing³

(1. College of Resources, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China;

2. Institute of Genetic and Development Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China;

3. Inner Mongolia Minerals Experiment Research Institute, Hohhot 010031, China)

Abstract: It was important to research on energy consumption and its CO₂ emissions in China for improving Chinese energy consumption structure. This paper, using annual generated energy and coal consumption of unit power generation from 1980—2007 years, the CO₂ emissions coefficients of unit power for different times were obtained in China. The CO₂ emissions coefficients of unit power were 1.07kg/kW·h and 0.78 kg/kW·h respectively in 1980 and 2007. Based on the data of provincial power consumption and its CO₂ emissions coefficient of unit power in different times, CO₂ emission coefficients of unit GDP(gross domestic product) power consumption could be obtained for different regions in China. Otherwise, the authors analyzed the provincial spatial feature of greenhouse gas emission due to power consumption in China.

Key words: power industry; CO₂ emission coefficient; temporal and spatial feature

我国火力发电在电力生产结构中始终占据着主导地位, 煤炭消耗占我国总耗煤量的 50.47%, 是我国最大的 CO₂ 排放源。厘清火力发电的排放特征、排放强度, 对指导节能减排、国民经济可持续发展和应对国际社会的减排核查均具有重要价值。许多学者从能源消费的角度对我国 CO₂ 排放进行了研究分析。师华定等^[1]提出了我国电力行业温室气体清单编制方法体系框架; 王铮等^[2]在省级尺度上对中国 1995—2006 年的碳排放进行了对比; 主春杰等^[3]对中国部分省区能源消费导致的 CO₂ 排放量进行了分解分析; 邹秀萍等^[4]定量分析了 1995—2005 年我国各地区碳排放与发展水平、产业结构、能源效率之间的关系。

本文从我国电力消费的角度, 基于各类统计数据

估算了我国 1980—2007 年的单位发电 CO₂ 排放系数, 并在省级尺度上估算我国 2007 年电力消费的 CO₂ 排放情况, 得出我国电力消费的 CO₂ 排放分布特征, 进而对我国将来的产业格局调整、节能减排规划提供参考。

1 数据与方法

1.1 数据来源

本文利用的数据有 1980—2007 年全国 30 个省市(除西藏、香港、澳门和台湾)的电力消费量, 包括生产电力消费量、居民生活电力消费量、煤炭平衡表、电力平衡表、各地区国内生产总值、各地区人口总数与构成、发电(供电)煤耗等。上述数据均来源于历年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》和各省统计年鉴。

1.2 数据处理方法

供电煤耗是指火力发电厂每向外提供 1kW·h 电能平均耗用的标准煤量, 是火电厂的重要考核指标之一。通常估算的标煤 CO₂ 排放量是按照与标煤的能量比较接近的某种燃料(如焦炭)来计算的, 因此数据会有差异。单位标煤 CO₂ 排放系数是指 1t 标煤排放的 CO₂, 一般 1t 标煤估计排放的 CO₂ 为 2.66—2.72t。

收稿日期: 2012-11-25; 修订日期: 2012-12-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 41001060); 河北省自然科学基金项目(编号: D2010001870); 环境保护部财政专项“温室气体排放统计核算和环境监管能力建设”项目; 石家庄经济学院第八届学生科技基金项目。

第一作者简介: 宾婵佳(1987-), 女, 广西壮族自治区桂林人, 硕士研究生, 主要研究方向为空间信息挖掘与应用。

单位煤耗 CO₂ 排放系数是指由单位供电煤耗所产生的 CO₂ 排放量, 其计算公式为:

$$\text{单位煤耗 CO}_2 \text{ 排放系数} = \text{供电煤耗} \times \text{单位标煤 CO}_2 \text{ 排放系数} \dots\dots\dots (1)$$

电力行业 CO₂ 排放总量是指燃烧用于火力发电的煤炭和原油所产生的 CO₂ 总量, 这里所指的煤炭和原油的量是按照折算系数折算成标准煤的总量, 其计算公式为:

$$\text{电力行业 CO}_2 \text{ 排放总量} = \text{电力行业消耗总标煤} \times \text{单位煤耗 CO}_2 \text{ 排放系数} \dots\dots\dots (2)$$

单位发电 CO₂ 排放系数是指由火力发电所产生的 CO₂ 总排放量与总发电量的比值, 它应是一个变量, 受每年的供电煤耗、火电能源消费结构和电力生产结构的影响, 其计算公式为:

$$\text{单位发电 CO}_2 \text{ 排放系数} = \frac{\text{电力行业 CO}_2 \text{ 排放总量}}{\text{总发电量}} \dots\dots\dots (3)$$

产业电力 CO₂ 排放总量是指一定时期内, 某地区产业因电力消耗所排放的 CO₂ 总量, 其计算公式为:

$$\text{产业电力 CO}_2 \text{ 排放总量} = \text{产业电力消费总量} \times \text{单位发电 CO}_2 \text{ 排放系数} \dots\dots\dots (4)$$

生活电力 CO₂ 排放总量是指某地区生活电力所致 CO₂ 排放总量, 计算公式为:

$$\text{生活电力 CO}_2 \text{ 排放总量} = \text{生活电话电力消费} \times \text{单位发电 CO}_2 \text{ 排放系数} \dots\dots\dots (5)$$

单位地区生产总值电耗 CO₂ 排放量是指一定时期内, 某地区利用电力消费生产一个单位的国内生产总值排放的 CO₂, 可按下式计算:

$$\text{单位地区生产总值电耗 CO}_2 \text{ 排放量} = \frac{\text{产业电力 CO}_2 \text{ 排放总量}}{\text{国内生产总值}} \dots\dots\dots (6)$$

人均生活电力 CO₂ 排放量是指人均生活电力消费量所产生的 CO₂, 公式为:

$$\text{人均生活电力 CO}_2 \text{ 排放量} = \frac{\text{地区生活用电 CO}_2 \text{ 总量}}{\text{地区人口总数}} \dots\dots\dots (7)$$

按照上述公式计算, 将得到各种所需的数据。本文对所得数据进行分析与讨论, 以便发现我国电力 CO₂ 排放的状况与问题。

2 结果与分析

2.1 我国单位煤耗 CO₂ 和单位发电 CO₂ 排放系数

我国火电发电量比重在 80% 以上, 火电比重过大不利于电力系统经济运行。在我国历年供电煤耗中^[5], 2007 年全国供电煤耗为 357g/kW·h, 比 2000 年降低了 35g/kW·h。供电煤耗逐年下降的原因是, 发

机组效率和技术水平的不断提高, 使单位煤耗 CO₂ 排放系数呈现连年下降的趋势。

表 1 1980—2007 年我国单位煤耗 CO₂ 和单位发电 CO₂ 排放系数 (kg/kw·h, 10⁴t)

年份	单位煤耗 CO ₂ 排放系数	单位发电 CO ₂ 排放系数	电力行业 CO ₂ 排放总量	年份	单位煤耗 CO ₂ 排放系数	单位发电 CO ₂ 排放系数	电力行业 CO ₂ 排放总量
1980	1.21	1.07	32240.67	2000	1.05	0.83	111766.94
1985	1.16	0.90	37068.36	2001	1.04	0.79	115509.00
1990	1.15	0.92	57015.87	2002	1.03	0.80	130950.28
1995	1.11	0.91	90610.98	2003	1.02	0.82	155561.22
1996	1.10	0.91	98543.95	2004	1.01	0.84	183864.59
1997	1.10	0.89	100498.88	2005	1.00	0.82	204573.85
1998	1.09	0.86	100106.09	2006	0.99	0.82	233364.60
1999	1.07	0.83	10300.42	2007	0.96	0.78	254242.42

根据本文收集的数据及计算公式 (1)、(2) 和 (3), 得出我国近年来的单位煤耗 CO₂ 排放系数和单位发电 CO₂ 排放系数(表 1)。通过表 1 可见, 我国单位煤耗 CO₂ 排放系数 2000 年比 1980 年下降了 12.5%; 2007 年与 1980 年相比, 其降幅约为 20.4%; 单位发电 CO₂ 排放系数 2000 年比 1980 年下降了 23%, 2007 年比 1980 年下降了 27%。我国电力行业 1980 年的 CO₂ 排放总量仅为 322406700 t, 1990 年为 570158700t, 2000 年 CO₂ 排放总量为 1117669400 t, 2007 年达到 2542424200t。我国火电发电量的逐年增加, 导致电力所耗能源呈上升态势, 致使电力行业 CO₂ 的排放总量也不断攀高。

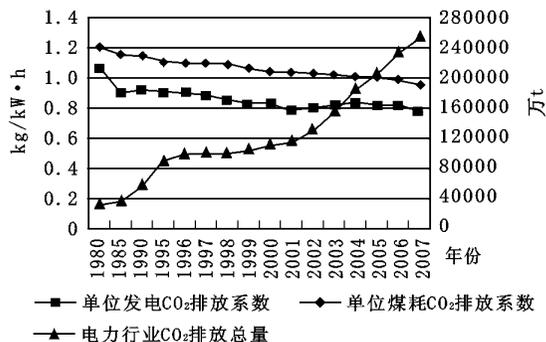


图 1 1980—2007 年我国电力行业 CO₂ 排放量变化趋势图

从图 1 可见, 我国单位煤耗 CO₂ 排放系数和单位发电 CO₂ 排放系数呈降低趋势。其原因, 一方面是因为发电技术和发电机组效率的提高, 使供电煤耗不断下降; 另一方面, 电力结构的变化使火力发电所产生的 CO₂ 在总发电量中所占比重下降, 但电力行业的 CO₂ 排放总量一直呈上升趋势。因此, 在降低单位发电 CO₂ 排放系数和单位煤耗 CO₂ 排放系数的同时, 更应加大力度控制电力行业 CO₂ 排放总量, 以达到节能减排的目的。

2.2 电力消费的 CO₂ 排放特征

我国历年电力消费结构的变化和省级电力消费的空间特征是影响我国节能减排工作的重要因素。通过

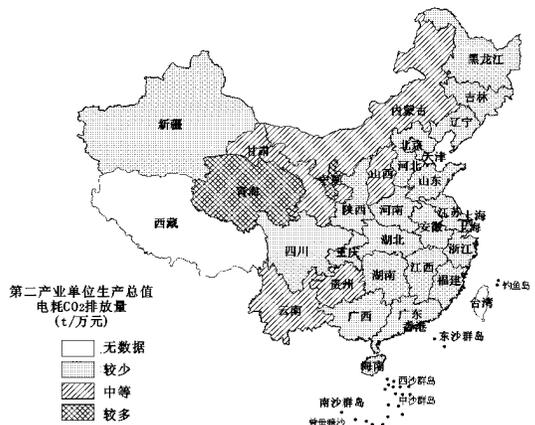
统计相关数据,发现截止到2007年我国第二产业电力消费量仍然占据我国电力消费总量的70%以上,因此调整我国产业结构和提高第二产业生产技术水平对节能减排具有重要意义。

根据相关统计数据 and 公式(4)、(5),可得到2007年我国各地区产业和生活电力CO₂排放总量(表2)。从表2可见,河北第一产业CO₂排放总量最高,中南地区的排放总量也较高,西南地区排放总量较低;华东地区(除江西)第二产业CO₂排放总量整体较高,西北地区整体较低。第三产业CO₂排放总量较高的是广东、上海和北京,排放总量较低的是西北和西南地区。在生活电力CO₂排放总量方面,排放总量较高的是华东和中南地区,较低的是西北地区。

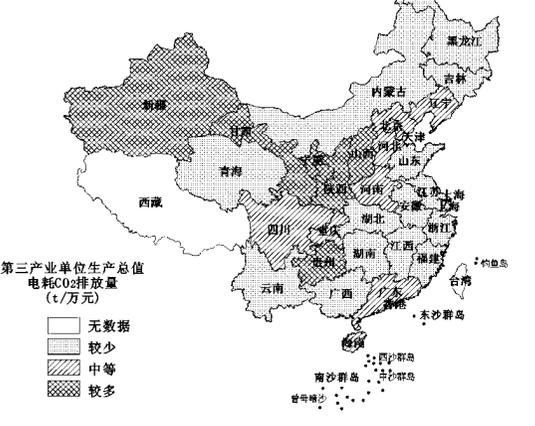
表2 2007年我国各地区产业及生活电力CO₂排放总量(10⁴t)

地区	第一产业	第二产业	第三产业	生活电力	地区	第一产业	第二产业	第三产业	生活电力
华北:					中南:				
北京	104.21	1946.88	782.18	832.10	河南	530.40	10763.06	528.53	1295.19
天津	87.91	2797.78	253.66	370.50	湖北	295.70	5748.76	383.21	1098.55
河北	1119.22	11017.66	568.31	1549.47	湖南	567.37	3605.00	339.77	1265.55
山西	221.36	8474.54	438.44	497.48	广东	576.50	17017.08	1756.72	3218.28
内蒙古	248.12	8121.97	150.62	397.02	广西	136.97	3684.17	180.10	725.48
东北:					海南	46.33	455.75	74.26	110.60
辽宁	194.92	7965.98	474.16	1240.59	西南:				
吉林	68.02	2581.25	199.13	552.63	重庆	15.91	2192.42	220.66	584.92
黑龙江	126.21	3484.10	185.95	817.26	四川	138.06	6095.70	413.32	1259.86
华东:					贵州	41.57	4251.62	219.34	582.66
上海	41.11	5211.34	640.98	1022.74	云南	118.48	4193.67	109.51	675.32
江苏	190.87	17382.53	725.17	1991.81	西北:				
浙江	121.99	12758.46	642.41	1786.36	陕西	280.96	3190.43	391.79	512.93
安徽	93.68	4529.54	220.12	883.43	甘肃	410.67	3444.25	251.39	283.14
福建	83.15	5046.44	349.83	1272.02	青海	5.62	2067.70	27.22	83.30
江西	244.45	2526.34	164.81	649.51	宁夏	80.81	2999.18	60.22	98.51
山东	483.13	16305.74	604.58	2049.06	新疆	295.23	2033.93	233.14	261.54

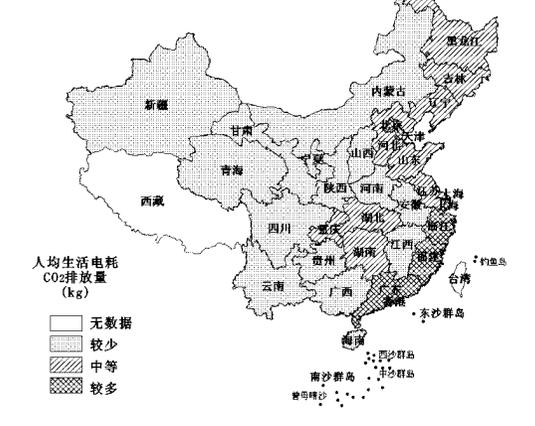
由于各地区的经济发展水平、产业技术水平和居民生活水平不同,CO₂排放总量不能反映所有问题,因此需要根据各地区的国内生产总值和居民总数进行对比分析。根据前面所得计算结果、相关统计数据以及计算公式(6)、(7),可得到2007年省级电力CO₂排放的空间分布特征(图2)。



(b)第二产业CO₂排放特征



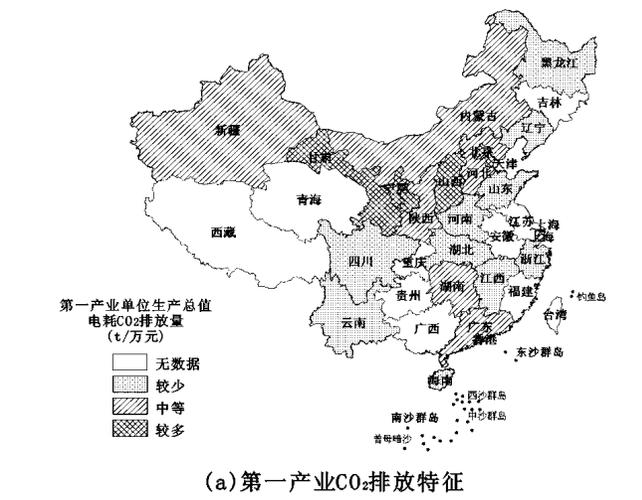
(c)第三产业CO₂排放特征



(d)人均生活电力CO₂排放特征

图2 2007年省级电力CO₂排放的空间分布特征

从图2(a)可见,在2007年各地区第一产业单位生产总值电耗CO₂排放量中,单位排放最大的是甘肃(1.054t/万元),其次是北京(1.023t/万元)和宁夏(0.822t/万元),最小的是重庆(0.031t/万元)。图2(b)中,2007年各地区第二产业单位生产总值电耗CO₂排放最高的是宁夏,较大的是青海和贵州,最小的是北京。图2(c)中,2007年各地区第三产业单位生产总值电耗CO₂排放,排放量最大的是甘肃(0.241t/万元),较大的有山西(0.217t/万元)和陕西(0.202t/万元),最小的是云南(0.062t/万元)。可以看出,第一产业单位



(a)第一产业CO₂排放特征

生产总值电耗 CO₂ 排放较大的主要集中在西部地区一带, 这些地区产业生产总值较低是造成第一产业单位生产总值电耗 CO₂ 排放较高的主要原因; 第二产业单位生产总值电耗 CO₂ 排放较高的是西北和西南地区一带, 主要原因是这些地区的第二产业产能较低, 工业技术水平较落后; 第三产业单位生产总值电耗 CO₂ 排放较大的地区也是主要集中在西部地区, 第三产业生产总值较低是导致其第三产业单位生产总值电耗 CO₂ 排放较大的主要原因。在 2007 年各地区居民人均电耗 CO₂ 排放中(图 2(d)), 人均排放量最大的是上海(550.45kg), 排放量较大的还有北京(509.56kg) 和福建(355.21kg), 排放量最小的是甘肃(108.19kg)。可以看出, 居民人均电耗 CO₂ 排放较大的是东部沿海地区, 主要是因为这些地区经济较发达, 居民生活水平较高, 生活用电器的数量也较多。

3 结论

根据相关数据资料, 得到我国历年单位煤耗 CO₂ 排放系数和单位发电 CO₂ 排放系数。我国 1980 年单位煤耗 CO₂ 排放系数为 1.21kg/kW·h, 单位发电 CO₂ 排放系数为 1.07kg/kW·h; 2007 年的单位煤耗 CO₂ 排放系数为 0.96kg/kW·h, 单位发电 CO₂ 排放系数为 0.78kg/kW·h, 降幅分别为 21% 和 27%。此外, 还发现

(上接第 51 页)

有着不同的理解, 男性老年深度休闲者比女性深度休闲者更容易感受幸福。这与 Stalp^[18] 的研究结果相同, 女性的性别使她们在选择休闲活动和参与休闲活动的阻碍多于男性。

参考文献:

- [1] Stebbins R A. Educating for Serious Leisure: Leisure Education in Theory and Practice[J]. World Leisure and Recreation, 1999, 41(4): 14-19.
- [2] Vitter J. Flow Versus Life Satisfaction: A Projective Use of Cartoons to Illustrate the Difference between the Evaluation Approach and the Intrinsic Motivation Approach to Subjective Quality of Life[J]. Journal of Happiness Studies, 2003, (4): 141-167.
- [3] Sirgy J M, Michalos A C, Ferriss A L. The Quality of Life (QOL) Research Movement: Past, Present, and Future [J]. Social Indicators Research, 2006, (76): 343-466.
- [4] Ruuskanen J M, Ruoppila I. Physical Activity and Psychological Well-being among People Aged 65 to 84 Years [J]. Age and Ageing, 1995, 24(4): 292-296.
- [5] Morgan K, Bath P A. Customary Physical Activity and Psychological Wellbeing: A Longitudinal Study[J]. Age and Ageing, 1998, 27(3): 35-40.
- [6] Murphy H. Exploring Leisure and Psychological Health and Wellbeing: Some Problematic Issues in the Case of Northern Ireland[J]. Leisure Studies, 2003, 22(1): 37-50.

省级电力消费和居民电耗 CO₂ 排放的空间特征。第一产业单位生产总值电耗 CO₂ 排放西北地区相对较高, 第二产业单位生产总值电耗 CO₂ 排放系数以西北和西南地区最高, 第三产业单位生产总值电耗 CO₂ 排放系数东部发达地区比西部地区低。从居民生活用电空间分布来看, 华东地区人均电耗 CO₂ 排放最高, 其次是华北和中南地区, 最低的是西北地区。通过本研究, 明确了我国电力行业 CO₂ 排放的基本特征, 为我国能源利用和资源开发政策的制订提供基础性参考数据, 以便更好地实现节能减排的科学发 展观。

参考文献:

- [1] 师华定, 齐永青, 梁海超, 等. 电力行业温室气体排放核算方法体系研究[J]. 气候变化研究进展, 2010, 6(1): 40-46.
- [2] 王铮, 朱永彬. 我国各省区碳排放量状况及减排对策研究[J]. 战略与决策研究, 2008, 23(2): 109-115.
- [3] 主春杰, 马忠玉, 王灿, 等. 中国能源消费导致的 CO₂ 排放量的差异特征分析[J]. 生态环境, 2006, 15(5): 1029-1034.
- [4] 邹秀萍, 陈劲锋, 宁森, 等. 中国省级区域碳排放影响因素的实证分析[J]. 生态经济, 2009, (3): 34-37.
- [5] 陈洪博, 姜英. 中国单位 GDP 能耗与供电煤耗分析[J]. 煤炭技术, 2009, (1): 43-44.
- [6] 中国统计年鉴[EB/OL]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.
- [7] 国家统计局, 国家发改委. 2007 年中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [7] Lu L, Argyle M. Leisure Satisfaction and Happiness as a Function of Leisure Activity[J]. Kaohsiung Journal of Medical Sciences, 1994, (10): 89-96.
- [8] Siegenthaler K L, Ó Dell I. Older Golfers: Serious Leisure and Successful Aging[J]. World Leisure Journal, 2003, (27): 86.
- [9] Brown C A, McGuire F A, Voelkl J. The Link between Successful Aging and Serious Leisure[J]. The International Journal of Aging and Human Development, 2008, 66(1): 73-95.
- [10] Stebbins R A. New Directions in the Theory and Research of Serious Leisure [M]. Lewiston: Edw in Mellen Press, 2001: 147-149.
- [11] 王苏, 龙江智. 深度休闲: 概念、内涵、研究现状及展望[J]. 北京第二外国语学院学报, 2011, (1): 1-9.
- [12] Diener E. Subjective Well-being: The Science of Happiness and a Proposal for a National Index[J]. American Psychologist, 2000, (55): 34-43.
- [13] Could J M. The Development of the Serious Leisure Inventory and Measure [M]. Clemson University, 2005.
- [14] 邢占军, 刘相. 城市幸福感——来自六个省会城市的幸福指数报告 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2008.
- [15] Nunnally J C. Psychometric Theory [M]. New York: McGraw Hill Press, 1978.
- [16] Aiken L S, West S G. Multiple Regression: Testing and Interpreting Interactions[M]. Newbury Park: Sage, 1991: 60-124.
- [17] Heo J. Daily Experience of Serious Leisure, Flow, and Subjective Well-being of Older Adults[D]. Indiana University, 2007.
- [18] Stalp M C. Negotiating Time and Space for Serious Leisure: Quilting in the Modern US Home[J]. Journal of Leisure Research, 2006, 38(1): 104-132.