

# 低碳社会的评价指标体系构建

任福兵<sup>1,2</sup> 吴青芳<sup>2,3</sup> 郭强<sup>2</sup>

(1 华东理工大学科技信息研究所, 2 华东理工大学人文科学研究院, 3 华东理工大学商学院, 上海 200237)

**摘要:**低碳社会是在全球气候变化和能源危机下产生的新型的发展方式,是人与自然协调发展的基本要求和必然趋势。为促进低碳社会建设,本文从发展低碳社会的内涵和特点出发,按照指标体系的构建原则,依据一定的方法和依据,建立了多层次多指标的低碳社会评价指标体系,利用 Delphi 法确定各层次相关指标的权重,综合评价低碳社会的发展水平,并指出存在的问题和障碍。

**关键词:**低碳经济;评价指标;构建

**中图分类号:**C915

**文献标志码:**A

## 一、引言

“低碳社会”是人类应对国际社会大量消耗化石能源、大量排放二氧化碳引起全球气候灾害性变化而提出的新社会发展方式和社会形态,是以低能耗、低污染、低排放、低碳含量和高效能、高效率、高效益以及环境优化、人与自然和谐发展基本特征的经济社会发展模式。即通过低碳技术和能源技术创新和制度创新,优化能源结构,节约能源,提高能效,开发低碳产品,从根本上转变生产、消费和生存观念。相对于高碳社会,低碳社会要求摒弃传统经济社会发展模式,实施高碳社会向低碳社会转型,即以低碳发展方向的绿色社会发展模式<sup>[1]</sup>。同时,改变传统的生产方式、消费方式和生活方式,充分发掘生产、消费和生活领域节能减排的巨大潜力。

低碳社会是一种新的经济社会发展模式,是我国建设资源节约型、环境友好型社会,实现可持续发展的最现实、最基本的路径。通过循环经济制度、能源产业技术和制度以及金融财税制度的创新来保障、支撑,以实现低碳社会发展。

## 二、低碳社会的研究现状

自从2003年英国提出发展低碳经济以来,国内各个领域的学者研究成果主要集中在以下四个方面:

1. 发展低碳经济的重要性。胡鞍钢等阐释了低碳经济“绿猫”模式的内涵及其经济发展模

式;提出了低碳经济发展战略<sup>[3]</sup>;邹骥等将低碳经济的发展提到了国家核心竞争力的高度,主张积极应对低碳经济全球挑战<sup>[4]</sup>;牛文元等指出低碳经济是社会发展的一个重要突破口和新经济增长点<sup>[5]</sup>;吴晓青等则认为低碳经济是新工业革命、新经济增长点,是占领经济发展制高点的重要契机,提出了加快研究制定国家低碳经济战略,并提出了中国发展低碳经济的若干建议<sup>[6]</sup>;李俊峰认为低碳经济是规制世界发展格局的新规则,关乎中国在世界经济格局中的地位,应该积极争取国家发展的更大空间<sup>[7]</sup>。

2. 发展低碳经济的路径和策略。庄贵阳认为中国在国际气候制度构建中面临着巨大的国际压力,需要跨越许多市场和制度障碍,要加强能源技术创新和制度创新<sup>[8]</sup>;潘岳呼吁发展低碳能源技术,建立低碳发展模式和消费模式<sup>[9]</sup>;吴昌华指出低碳经济涉及政府、企业和公众等相关利益群体,是政策、制度安排、生产方式和消费模式的大变革和结构重构<sup>[10]</sup>;周宏春认为发展低碳经济需要优化产业结构,发展低碳农业,建设低碳城市和基础设施<sup>[11]</sup>;任力认为发展低碳经济的措施:如实施低碳发展战略,调整产业与能源结构,加强低碳技术创新与制度创新,建立碳交易市场,促使企业承担低碳社会责任等<sup>[12]</sup>。付允等强调低碳城市的发展路径研究是基底低碳、结构低碳、方式低碳和支撑低碳<sup>[13]</sup>。

3. 低碳技术研究。金涌提出低碳发展应从产业和能源结构调整、科技创新、消费过程优化

及政策法规支持等方面着手<sup>[14]</sup>;何建坤认为发展低碳经济关键在于低碳技术创新,需大力发展碳埋存技术和煤基液态燃料技术创新,尽快形成低碳能源技术的大规模产业化的体系,外争合理碳排放空间,内求积极应对<sup>[15]</sup>;洪芳柏研究了低碳经济温室气体核算意义和方法<sup>[16]</sup>。

4. 低碳金融及其平台研究。成万棣指出,与低碳经济直接相关的新型金融——碳金融开始出现和迅速发展,给各国金融业带来了巨大的发展机会<sup>[17]</sup>。庄贵阳指出低碳经济是碳生产力达到一定水平的经济形态,它的着眼点是未来国际竞争力和低碳技术产品市场<sup>[18]</sup>;还有学者研究了低碳技术和交易的国际合作。

5. 低碳经济和消费方式关系。张一鹏认为低碳生活是一种简单、简约、俭朴和可持续的生活方式,低碳经济仅依靠先进技术是不够的,必须依托于“低碳生活”才能实现减排的目的<sup>[19]</sup>;吴晓江强调低碳经济需要“公民运动”,即养成低碳经济的生活方式<sup>[20]</sup>。

6. 低碳经济的制度建设研究。金乐琴等指出低碳经济作为新经济发展模式,发展中国家应在发展战略、政策机制、技术创新等方面积极做好向低碳经济转型的准备<sup>[21]</sup>;王利认为推动低碳经济的发展应加快完善中国相关的法律与政策,建立一个有利于低碳经济发展的政策法律体系<sup>[22]</sup>。

7. 国外低碳经济现状。章宁分析了丹麦“能源模式”看低碳经济特征;任力研究了国外发展低碳经济的政策及其对中国的启示<sup>[23]</sup>。另外,剑桥大学尼克·巴特勒研究了中国向低碳经济过渡的优势和政府应采取的措施<sup>[24]</sup>。

上述研究都为低碳社会评价指标体系的构建创造了良好的条件和必要的知识准备。

### 三、低碳社会的评价指标构建原则

低碳社会的评价指标体系是对低碳经济社会发展程度的客观评价与反映,因此构建评价指标体系一方面要遵循构建指标体系的一般原则,另一方面,还要根据影响低碳社会的主要影响因素来确定。具体来说,低碳社会评价指标体系的构建应遵循以下原则:

1. 科学性和可操作性相结合原则。指标评

价体系的设计要符合低碳社会的客观规律和要求,既要科学地概括低碳社会的基本特征,又能对发展现状进行评价,为科学发展决策提供客观依据。

2. 全面性与主导性原则。一套指标体系不可能涵盖所有碳指标,但必须全面反映当前我国经济社会发展中迫切需要解决的高碳排放的主要问题。因此,选取指标时需选择那些有代表性、信息量大的指标。

3. 整体性与层次性原则。指标体系作为一个整体,应该较全面反映低碳社会发展的具体特征,即反映社会文化、经济产业、政策法律、科学技术发展的主要状态特征及动态变化、发展趋势。确定各方面具体指标时,必须依据一定的逻辑规则,体现出合理的结构层次。

4. 定性分析与定量计算原则:指标体系和评价体系应具有可测性和可比性,定性指标应有一定的量化手段,评价指标应尽可能采用量化的指标,但有些指标很难量化,可将它分成若干个等级,将定性指标定量化。

5. 动态性与稳定性原则。建设低碳社会是动态过程。这主要表现在两方面:一是指标设置的动态性,即指标应随着经济、社会、科技的发展作适当的调整;二是指标权重动态性。所以,设计指标体系需兼顾静态指标和动态指标平衡。既反映社会发展的现状,又反映其动态变化性。

6. 3R原则:低碳社会重点是通过节约能源、提高能效、提高物质循环利用率、降低碳排放或零排放,促进人与自然协调发展。因此,3R原则是构建低碳社会指标体系中必须遵循的原则。

### 四、评价指标的选取方法和依据

由于碳排放的来源渠道不同,它不仅来源于产业运行过程,也来源于社会消费过程,不仅受到生产过程中生产技术、生产企业、产业链条耦合度的影响,还受到员工低碳意识和外部政策等因素的影响。因而指标的选取依托于如下方法和依据:

1. 指标选取的方法。本研究分别沿两条路径进行选取评价指标:

(1)根据产业链路径来确定碳排放的指标,即按照横向路线:原料燃料生产碳排放——生产

过程碳排放——消费碳排放——废弃物处理碳排放,碳排放主要集中在这一路径上;

(2)根据对横向路线各环节产生影响的外部因素,本文选取主要评价指标包括科学技术、政策法规、意识认同等。

横向路径(1)和纵向路径(2)指标选取如下图所示:

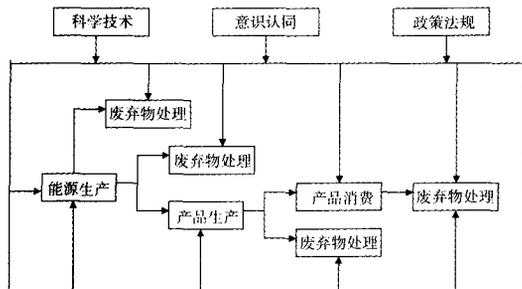


图1 低碳指标选取路径系统

2. 指标选取领域主要依据。二氧化碳作为最主要的一种温室气体主要来源于化石燃料的燃烧,与能源的生产与利用密切相关。其主要依据是中国的能源比重和全球 CO<sub>2</sub> 排放源。

(1)根据我国 2005 年相关数据,一次能源消费量为 22 亿吨标准煤,其中煤、油、气、水电的比重分别为 68.7%、21.2%、2.8%、7.3%。估算的二氧化碳排放量为 51 亿吨,其中约 50% 来自能源加工转换部门(主要是电力),约 35% 来自终端工业部门,约 15% 来自农业、交通、服务业与居民生活。

(2)根据国际能源署(IEA)2009 年二氧化碳报告(CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights 2009 Edition Page 13)中 2007 年碳排放总量饼图,各主要碳源排放量占全球总排放量的比例如下:居民 6%、工业 20%、交通 23%、热电 41%、其他 10%(商业、公共服务、其他能源)<sup>[25]</sup>。

### 五、低碳社会的指标体系构建

虽然目前低碳研究是热点问题,但以往的研究主要是从各个领域多角度地进行分析,对低碳社会的评价指标研究几乎是空白。本指标体系通过对上述研究成果总结和分析,研究并概括了低碳社会的核心要素,对 CO<sub>2</sub> 排放的主要来源、影响 CO<sub>2</sub> 排放的主要因素进行考察,参照国际能源局 2009 年二氧化碳报告(CO<sub>2</sub> Emissions from

Fuel Combustion Highlights 2009 Edition)和国际上衡量低碳社会发展水平的各种可能指标包括人均碳排放水平、碳生产力水平、技术标准、清洁能源占一次能源消费比例、碳排放弹性以及进出口贸易等,以上述指标构建原则为基础,构建了低碳社会发展水平的衡量指标体系。

低碳社会指标体系分为目标层、准则层和指标层三个层次。第一层目标层为低碳社会社会发展水平(A),第二层准则层则由能源利用结构(A<sub>1</sub>)、产业社会(A<sub>2</sub>)、农业发展(A<sub>3</sub>)、科学技术(A<sub>4</sub>)、建筑(A<sub>5</sub>)、交通(A<sub>6</sub>)、消费方式(A<sub>7</sub>)和政策法规(A<sub>8</sub>)八个方面构建低碳社会统计指标体系。第三层指标层在上述八个方面核心要素项下设立若干个评价目标,最终构成设立终极指标。通过借鉴国内外相关研究文献及专家建议,对低碳社会统计指标进行了初选与完善,最后构建的低碳社会统计指标体系由 52 项指标组成。其框架如表 1 所示。

### 六、低碳社会的评价方法

1. 统计指标的正向化和无量纲化处理。在建立的评价指标中,由于各指标的产生方法不同,量纲不同,不能进行简单的综合运算,需要对其进行标准化处理。由于有些指标是正向指标,有些是逆向指标,同时各个指标之间的量纲不同,如果直接运用这些指标对低碳社会进行评价就存在不合理性,因此,有必要对这些指标进行正向化和无量纲化处理。具体步骤如下:

(1)指标的正向化处理。根据所选择的低碳社会评价指标,指标不可能取值为零,因此,对逆向指标可以通过如下公式进行正向化处理:

$$x^* = \frac{1}{x'}$$

公式中 x' 逆向指标的原始数值, x\* 为该指标的正向化指标值。对于适度指标,则可以运用下面公式进行正向化处理:

$$x^* = \sqrt{(x' - x^0)^2}$$

公式中 x' 逆向指标的原始数值, x\* 为该指标的正向化指标值。x<sup>0</sup> 为该指标的适度值。通过上述数值正向化处理,所有的指标就能体现出该指标的数值越大,反映该区域低碳社会发展水平越高。

表 1 低碳社会评价指标体系

低 碳 经 济 社 会 发 展 水 平 A	准则层	指标层		指标方向	权重
		能源利用结构 指标 A <sub>1</sub> (0.180)	化石能源占总能源比例 A <sub>11</sub>	0.28	负
		洁净煤占煤能源比例 A <sub>12</sub>	0.34	正	0.0612
		新能源再生能源占总能源比例 A <sub>13</sub>	0.38	正	0.0684
	产业社会发展指标 A <sub>2</sub> (0.140)	万元 GDP 碳排放量 A <sub>21</sub>	0.15	负	0.021
		传统产业低碳改造率 A <sub>22</sub>	0.12	正	0.0168
		高新技术产业 GDP 比重 A <sub>23</sub>	0.14	正	0.0196
		现代服务业 GDP 比重 A <sub>24</sub>	0.13	正	0.0182
		再生能源产业 GDP 比重 A <sub>25</sub>	0.13	正	0.0182
		环保产业 GDP 比重 A <sub>26</sub>	0.14	正	0.0196
		生产流程改造率 A <sub>27</sub>	0.09	正	0.0126
		资源循环利用率 A <sub>28</sub>	0.12	正	0.0168
	农业发展支撑指标 A <sub>3</sub> (0.070)	土地植被覆盖率 A <sub>31</sub>	0.23	正	0.0161
		单位面积碳排放量 A <sub>32</sub>	0.21	负	0.0147
		优良品种普及率 A <sub>33</sub>	0.17	正	0.0119
		低碳农药化肥使用率 A <sub>34</sub>	0.25	正	0.0175
		农业副产品废弃物资源化率 A <sub>35</sub>	0.19	正	0.0133
	科学技术支持指标 A <sub>4</sub> (0.160)	低碳技术 R&D 经费占 GDP 比重 A <sub>41</sub>	0.14	正	0.0224
		清洁煤高效利用技术 A <sub>42</sub>	0.12	正	0.0192
		再生能源及新能源技术 A <sub>43</sub>	0.13	正	0.0208
		高性能电力存储技术 A <sub>44</sub>	0.09	正	0.0144
		重污染行业清洁生产技术 A <sub>45</sub>	0.13	正	0.0208
		智能节能技术 A <sub>46</sub>	0.08	正	0.0128
		生态产品设计技术 A <sub>47</sub>	0.10	正	0.0160
		CO <sub>2</sub> 捕获与埋存技术 A <sub>48</sub>	0.09	正	0.0144
		新型动力汽车相关技术 A <sub>49</sub>	0.10	正	0.0160
	建筑支撑指标 A <sub>5</sub> (0.124)	单位面积碳排放量 A <sub>51</sub>	0.21	负	0.02604
		建筑碳零排放率 A <sub>52</sub>	0.19	正	0.02356
		隔热保温环保建材使用率 A <sub>53</sub>	0.17	正	0.02108
		低碳装饰材料利用率 A <sub>54</sub>	0.13	正	0.01612
		太阳能利用率 A <sub>55</sub>	0.14	正	0.01736
		建筑生态设计率 A <sub>56</sub>	0.17	正	0.02108
	交通支撑指标 A <sub>6</sub> (0.146)	万里行程碳排放量 A <sub>61</sub>	0.17	负	0.02482
		公交承担客流量比重 A <sub>62</sub>	0.23	负	0.03358
		新能源汽车所占比重 A <sub>63</sub>	0.14	正	0.02044
		步行骑自行车人数比重 A <sub>64</sub>	0.14	正	0.02044
		私家车年行程公里数 A <sub>65</sub>	0.14	负	0.02044
		公交系统便捷程度 A <sub>66</sub>	0.16	正	0.02336
	消费方式指标 A <sub>7</sub> (0.088)	户均年碳排放量 A <sub>71</sub>	0.16	负	0.01408
		低碳意识认同度 A <sub>72</sub>	0.15	正	0.01320
		低碳手册告知度 A <sub>73</sub>	0.09	正	0.00792
		绿色出行居民比率 A <sub>74</sub>	0.16	正	0.01408
		家电节能标识 A <sub>75</sub>	0.18	正	0.01584
		节能消费习惯 A <sub>76</sub>	0.14	正	0.01232
		节能社区管理系统 A <sub>77</sub>	0.12	正	0.01056

政策法规指标 A <sub>8</sub> (0.092)	政策法规完善度 A <sub>81</sub>	0.18	正	0.01656
	绿色信贷率 A <sub>82</sub>	0.10	正	0.0092
	碳信息披露制度 A <sub>83</sub>	0.10	正	0.0092
	碳排放累进税制 A <sub>84</sub>	0.14	正	0.01288
	低碳产品标准 A <sub>85</sub>	0.16	正	0.01427
	低碳产品排行榜 A <sub>86</sub>	0.10	正	0.0092
	碳交易金融市场体系 A <sub>87</sub>	0.12	正	0.01104
	高碳产业市场限入政策 A <sub>88</sub>	0.12	正	0.01104

(2) 指标的无量纲化处理。通过对区域社会发展评价指标的正向化处理,各个指标的离散程度发生了很大的变化,同时,由于各个指标之间量纲的不同,也就是各个指标之间的数值大小缺乏可变性。为了使各个指标数值有可比性,需要对所有的评价指标进行无量纲化处理。对指标无量纲化处理,本文选用归一化方法对指标进行无量纲化处理。

$$X = \frac{x^* - x^* \min}{x^* - x^* \max}$$

其中, X 为指标归一化后的指数; x\* 为该指标的正向化指标值, x\* max 和 x\* min 为该指标区域各评价个体的最大值和最小值。

2. 指标权数的确定。评价指标的权重是对各个评价指标在整个评价指标体系中相对重要性的数量表示,权重确定的科学合理与否对综合评价结果和评价工作质量有决定性的影响。因此,权数的确定过程是综合评价过程中的核心环节。由于各评价指标在指标体系中的重要程度不同,需要根据各指标对目标层的影响程度赋予其权重。本文采用德尔斐法(Delphi),通过多方相关咨询专家意见,确定了低碳社会评价指标体系中各个指标的权重。

特尔斐法是一种以定性分析为主的预测方法,实践证明具有丰富知识和经验的人的见解和判断往往是极有价值的,特尔斐法的基本思路就是充分利用各领域专家的判断力,实现预测的目的。本研究邀请了 20 位有关专家对本指标体系中的指标分别赋予权重。通过调查专家对指标多轮评价,反复征询、分析归纳、修改完善,最后形成专家基本一致的权重数。具体指标权重见表 1。

3. 指标值的综合合成方法。指标值的综合合成方法有许多,常用的有:线性加权和法、乘法

合成法、加乘混合合成法等,本文采用线性加权和法,以 X 表示发展程度,则

$$X = \sum X_{ij} Y_{ij}$$

式中 X<sub>ij</sub> 为标准化后的无量纲指标, Y<sub>ij</sub> 为相应指标权重。

4. 结果判断。本研究在参考国内外相关碳排放资料的基础上,咨询专家,建立起低碳社会评价等级标准。根据指标值综合合成方法计算出 X 值,再与评价等级标准相比较,判断低碳社会的发展水平。低碳社会的评价等级标准如下:

表 2 低碳社会的评价等级标准

等级	指标值	基本特征
I	X ≥ 0.85	总碳排放量绝对数下降,生态吸碳效应明显
II	0.75 ≤ X < 0.85	总碳排放量绝对数下降,生态吸碳效应一般
III	0.60 ≤ X < 0.75	总碳排放量绝对数持平,无生态吸碳效应
IV	0.45 ≤ X < 0.60	总碳排放量绝对数上升,相对数下降
V	X < 0.45	总碳排放量绝对数上升,相对数上升

## 七、存在的问题和困难

作为一种新社会发展模式,低碳社会始于发达国家开始的应对全球气候变化和能源危机。目前进行低碳社会发展水平评价还存在很多问题和困难,如各国社会发展和科技水平悬殊,民众低碳意识和认识水平相去甚远,许多发展中国家相关统计资料严重欠缺,或者缺乏相应的计量手段,另外各国关于碳排放的统计方法和统计标准严重不一,所有这些问题都有待解决。只有当这些问题得到解决,才能为低碳社会的客观评价铺平道路。从中国低碳社会发展水平的评价来看,需要加强统计的方法和标准的统一,与国际先进标准接轨,完善碳排放量的统计,以便为国家为碳减排的科学决策提供客观依据,发挥正确引导作用。

## 参考文献:

- [1] 付允等. 低碳经济的发展模式研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008(3): 14-19.
- [2] 苑德军. 建立适应低碳经济发展的碳金融制度 [N/OL] [2009-09-28] <http://finance.jrj.vnet.cn/people/2009/09/1410256047032.shtml>
- [3] 胡鞍钢等. 低碳经济方兴未艾:“绿猫”模式的新内涵[J]. 世界环境, 2008(2): 26-28.
- [4] 黄勇, 邹骥. 应对低碳挑战 中国胜算几何? [N/OL] [2009-07-20] <http://www.bjelf.com/ONEWS.asp?id=434>.
- [5] 牛文元. 低碳经济是落实科学发展观的重要突破口[J]. 中国科技奖励, 2009(3): 19.
- [6] 吴晓青等. 将加快研究制定国家低碳经济发展战略[J]. 创新科技, 2008(5): 5.
- [7] 李俊峰, 马玲娟. 低碳经济方兴未艾: 低碳经济是规制世界发展格局的新规则[J]. 世界环境, 2008(2): 17-20.
- [8] 庄贵阳. 中国经济低碳发展的途径与潜力分析[J]. 太平洋学报, 2005(11): 79-87.
- [9] 潘岳. 低碳经济是建设生态文明的突破口 2009/2/1/09:36 来源: 国际能源网.
- [10] 吴昌华. 城市引领中国低碳经济转型[J]. 中国投资, 2009(2): 116.
- [11] 周宏春. 中国低碳经济的发展重心[J]. 绿叶, 2009(1): 65-68.
- [12] 任力. 低碳经济与中国经济可持续发展[J]. 社会科学家, 2009(2): 47-50.
- [13] 付允等. 低碳经济的发展模式研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008(3): 14-19.
- [14] 金涌等. 低碳经济: 理念·实践·创新[J]. 中国工程科学, 2008(9): 4-13.
- [15] 何建坤. 发展低碳经济, 关键在于低碳技术创新[J]. 绿叶, 2009(1): 46-50.
- [16] 洪芳柏. 低碳经济与温室气体核算[J]. 杭州化工, 2009(1): 4-6.
- [17] 成万颢. 我国发展“碳金融”正当其时[J]. 上海投资, 2008(7): 33-37.
- [18] 庄贵阳. 节能减排与中国经济的低碳发展[J]. 气候变化研究进展, 2008(5): 303-308.
- [19] 张一鹏. 低碳经济与低碳生活[J]. 中外能源, 2009(4): 12-15.
- [20] 吴晓江. 转向低碳经济的生活方式[J]. 社会观察(上海), 2008(6): 19-22.
- [21] 金乐琴. 中国如何理智应对低碳经济的潮流[J]. 经济学家, 2009(3): 100-101.
- [22] 王利. 低碳经济: 未来中国可持续发展之基础——兼谈中国相关法律与政策的完善[J]. 池州学院学报, 2009(2): 17-21.
- [23] 章宁. 从丹麦“能源模式”看低碳经济特征全球科技[J]. 经济瞭望, 2007(12): 50-51, 56.
- [24] 尼克·巴特勒. 中国如何向低碳经济过渡? [J]. 中国企业家, 2008(20): 44-45.
- [25] IEA CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights 2009 Edition. [http://www.iea.org/publications/free\\_all.asp](http://www.iea.org/publications/free_all.asp) [2009-9-28].

(责任编辑 焦德武)