

山西省县域控碳指标体系构建研究

王静 杨嘉悦 李娜

北京恒兴华建科技有限公司

摘要：山西省是践行双碳发展策略的重点区域，县域是我国进行行政管理中基层的完整单位，其控碳指标体系构建将为政府对双碳发展的重要管制手段。本文采用基于“政策管控+地方治理”的思路，对县域层面的控碳指标和因子进行了梳理，同时采用预期性和约束性的方式进行精准分析，以期对政府在双碳管理中有借鉴意义。

关键词：县域；控碳体系；山西

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.09.106

一、引言

山西省大多数县域经济仍然处于工业化中期阶段，碳减排的潜力很大，并且意愿强烈。县域是我国进行行政管理中基层的完整单位，也是同时具有城镇、乡村两种建设形态的重要空间。县域空间由于碳排放强度大的工业行业占比高，是碳减排的主战场；同时随着县城成为农民人口流入的重地，生活方式的改变也成为生活用能方面碳减排的新领地；此外县域旅游、旱作农业、禽畜养殖的大力发展也成为非建设用地空间碳排放管控和优化调整的着力点；伴随着生态修复的持续推进，县域的生态空间是实现碳汇的核心载体。因此以山西的县域为尺度，提出控碳指标体系构建，是政府推进双碳战略绩效考核是主要抓手，就显得极为迫切和重要。

在县域层面，冯源等基于CLUE-S模型对土地利用变化的预测从而获得未来县域碳收支空间格局，通过预测土地利用变化评估未来县域尺度碳排放空间格局对于制定区域减排政策具有重要意义^[1]；刘建等对山西省洪洞县各个乡镇的净碳排放空间差异变化进行总结，分析建设用地和林地的增加结构，提出了响应的减排措施^[2]；

尹倩倩等通过对盐津县的碳排放影响因子和县域尺度碳汇的空间格局进行研究，采取量化的方法对碳排进行测算，对县域层面的镇村体系规划内容的减碳策略进行了分析^[3]。

魏世杰等针对煤炭大省山西推进的煤炭产业转型升级、煤炭流动及碳排放变化的情况，分析了山西山西省煤流图和碳流图，从技术减碳、生活用能及乡村控碳能角度提出了面临能源转型的煤炭资源型省份碳减排措施^[4]。

梁红岩等基于山西省的全要素能源效率的测算与影响因素的分析，对于这个典型的资源型地区，从产业升级、城镇化发展、招商引资、信息化构建和科技创新等方面提出了低碳经济的发展路径^[5]。

本研究将结合政策管控要求和山西省的数据实际和发展要求，构建符合山西县域特征的控碳指标体系，以期山西未来的双碳建设提供建议。

二、上位约束性目标指标

（一）国家层面碳排放约束指标

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》^[6]和《2030年前碳达峰行动方案》^[7]的相关要求，到2025年全国单位GDP能源消耗比2020年降低率在2025年达到13.5%，单位国内GDP二氧化碳排放比2020年下降18%；到2030年，单位国内GDP二氧化碳排放比2005年下降65%以上，以期到2030年前实现碳达峰目标。

（二）山西省碳排放约束指标

《山西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》^[8]有关碳排放的约束指标如下：

表2-1 山西省“十四五”规划碳排放相关约束指标

| 规划要素 | 指标名称 | 2025年目标值 | 属性 |
|------|---------------------------------------|----------------|-----|
| 经济发展 | 常住人口城镇化率（%） | 68 | 预期性 |
| 绿色生态 | 森林覆盖率（%） | 26 | 约束性 |
| | 单位地区生产总值能耗降低（%） | 完成国家下达目标任务 | 约束性 |
| | 单位地区生产总值二氧化碳排放降低（%） | 完成国家考核目标 | 约束性 |
| 安全保障 | 能源综合生产能力（亿吨标准煤） | 10.19 | 约束性 |
| 创新驱动 | 国家实验室/国家级重点实验室/国家级技术创新中心/国家级工程研究中心（个） | 1/10/1/2 | 预期性 |
| | 省实验室/省级重点实验室/省级技术创新中心/省级工程研究中心（个） | 10/200/100/230 | 预期性 |
| 能源 | 电力占终端能源消费比重（%） | 40 | 预期性 |

三、山西省县域控碳指标体系的构建

本文秉承系统性与简洁性相结合、约束性与预期性相结合、整体性与层次性相结合、主观性和客观性相结合、静态与动态相结合、科学性与适用性相结合的原则，立足于山西省县域尺度发展的规律，结合国内外相关碳排的指标体系的研究，对指标体系进行构建。

（一）控碳指标因子构建

指标体系按层次划分共分四个层次：A总目标层、B因子层和C指标层。控碳指标体系总目标为控制县域净碳排放总量。通过对碳排碳汇影响因素的分析，县域净碳排放量与区域经济发展、社会生活、能源利用、生态环境等因素有关。因此，本研究将控碳因子层分为七

项，分别为B1经济发展、B2社会生活、B3能源利用、B4市政设施、B5道路交通、B6生态环境、B7政策管理。每个因子层又分为1-4个指标，共计16个控碳指标。



图3-1 山西省县域控碳指标体系层级框架图

(二) 县域控碳指标层的构建

根据前文县域控碳指标体系构建原则及层级框架，本研究构建了山西省县域控碳指标体系。其中，预期性指标为引导性指标，是期望的发展目标，主要由自主行为来实现；约束性指标主要为上级传导指标，是必须实现、必须完成的目标。如下表：

其中：

C1单位GDP碳排放量。是指一个地区的国民生产总值（GDP）每增加万元，所产生的温室气体排放量。该指标是国家及地方实现“碳达峰、碳中和”的主要指标，为约束性指标。

C2第三产业增加值在GDP中所占比重。由于第三产业耗能少，其占比高，更有利于国家控碳指标的实现。

C3人均碳排放量。指一个国家或地区在一定时期内（一般为一年）碳排放总量与常驻人口的比值。该指标能够较直观的反映一个地区碳排放水平。

C4单位GDP综合能耗。指单位GDP消耗的一次能源供应总量，反映了能源利用的情况，以及产业结构调整与能源利用效率的响应。

该指标是一个能源利用效率指标，能够准确地反映一个国家或一个地区的能源消费水平和节能降耗情况。综合来看，该指标的增加将促使碳排放的增长。

表3-1 山西省县域控碳指标体系

| 因子层 | 指标层 | 单位 | 属性 |
|--------|-----------------------|------------------------|-----|
| B1经济发展 | C1单位GDP碳排放量 | 吨CO ₂ /万元 | 约束性 |
| | C2第三产业增加值在GDP中所占比重 | % | 预期性 |
| B2社会生活 | C3人均碳排放量 | 吨CO ₂ /人 | 预期性 |
| B3能源利用 | C4单位GDP综合能耗 | 吨标准煤/万元 | 约束性 |
| | C5单位能源消耗碳排放量 | 吨CO ₂ /吨标准煤 | 预期性 |
| | C6非化石能源及清洁能源占比 | % | 预期性 |
| | C7单位煤产量碳排放量 | 吨CO ₂ /万吨煤 | 预期性 |
| B4市政设施 | C8工业固废回收利用率 | % | 预期性 |
| | C9生活垃圾无害化处理率 | % | 预期性 |
| | C10生活污水集中处理率 | % | 预期性 |
| B5道路交通 | C11万人拥有公交车数量 | 台/万人 | 预期性 |
| | C12人均小汽车拥有量 | 辆/人 | 预期性 |
| | C13绿色出行比例 | % | 预期性 |
| B6生态环境 | C14人均公共绿地面积 | 平方米 | 预期性 |
| | C15森林覆盖率 | % | 约束性 |
| B7政策管理 | C16节能减排和应对气候变化资金占财政支出 | % | 预期性 |

C5单位能源消耗碳排放量。指每消耗一吨标准煤所产生的温室气体排放量。

C6非化石能源及清洁能源占比。作为碳排放量排放较低或者不排放的能源，该数值占比反映出区域能源结构的变化。

C7单位煤炭产量碳排放量。指每生产一万吨煤炭所产生的温室气体排放。该指标反映煤炭开采及矿后活动等技术的先进性、成熟性和环保性。

C8工业固废回收利用率。是对工业生产过程中产生

的一般工业固体废弃物的再利用，这是环保意识的体现，也符合可持续发展、低碳发展的目标^[9]。

C9生活垃圾无害化处理率。无害化处理的垃圾量占总处理垃圾量的比率，可以是体积比、质量比。指在处理生活垃圾过程中运用先进的工艺和科学的技术，降低垃圾及其衍生物对环境的危害。生活垃圾无害化处理率从某种程度上反映了一个地区的技术程度以及环保意识^[9]。

C10生活污水集中处理率。指达标排放的生活污水

量的占比。

C11万人拥有公交车数量。指每万人配套公交车的数量。反映一个地区公共交通的发展程度。该指标越高,说明一个地区公共交通配套越好。而公共交通的发展能一定程度减少交通碳排放量。

C12人均小汽车拥有量。指人均拥有的小汽车数量。反映一个地区经济发展程度。但该指标的增加又会引起交通碳排放的增加。

C13绿色出行比率。指乘坐公交、步行和骑自行车等出行方式的占比。

C14人均公共绿地面积。指城镇公共绿地面积与当地常住人口数量的比值,也就是平摊到每个居民身上的公共绿地面积。一般情况下,将公共绿地的范围设定为公共人工绿地、天然绿地,以及机关、企事业单位绿地共同组成。随着人均公共绿地面积的增大,周边环境也随之越来越好。

C15森林覆盖率。该指标反映了区域碳汇的水平。

C16节能减排和应对气候变化资金占财政支出,衡量当地政府在节能减排和应对气候变化方面的支出强度。

(三) 各项指标的权重分析

根据对不同权重方法的比较,本研究县域控碳指标体系中,选取最为精确可行的层次分析法确定各项指标的权重值。

本研究结合层次分析法,将衡量尺度划分为9个等级,分别为:极端不重要1/9、十分不重要1/7、比较不重要1/5、稍微不重要1/3、同等重要1/1、稍微重要3/1、比较重要5/1、十分重要7/1、极端重要9/1。

本研究邀请了12名相关专家,对他们进行了山西省县域控碳指标体系22项指标的权重AHP调研,调研过程和结果如下。

调查对象:被调查人员12人,回收调查表11分,回收率为91.6%。被调查人员为山西省内环保及碳排放领域的专家。其中1/2被调查人员来自山西省内大学教授和学者,1/4被调查人员来自规划从业人员,1/4被调查者来自生态环保领域管理部门级从业者。因此,既能理解调查的目的意义,又熟悉本次调查的内容,了解“碳达峰、碳中和”目标的设定背景和控碳体系的基本要求。

调研结果:采用AHP软件,输入专家的调研数据,得到权重计算结果如下表所示:

在专家调查结果中,一致性检验CR在0.0003-0.0041之间,远小于0.1,说明对评价指标的判断是合理的,计算得出的相应权重值也是可信的。观察权重值的分配可以看出,就因子层的7个方面来说,按重要程度依次为:能源利用、道路交通、生态环境、经济发展、社会生活、政策管理和市政设施。由此可见,能源利用是影响区域碳排放最重要的因子,而市政设施相较之下最不重要。

四、结论

本研究采用基于“政策管控+地方治理”的思路,对山西省县域的控碳指标体系进行了研究。构建了以能源利用、道路交通、生态环境、经济发展、社会生活、

表3-2 山西省县域控碳指标权重计算结果

| 目标层 | 因子层 | 指标层 | 权重 |
|------------|--------|-----------------------|--------|
| 区域净碳排放总量控制 | B1经济发展 | C1单位GDP碳排放量 | 0.0711 |
| | | C2第三产业增加值在GDP中所占比重 | 0.0753 |
| | B2社会生活 | C3人均碳排放量 | 0.0757 |
| | B3能源利用 | C4单位GDP综合能耗 | 0.1042 |
| | | C5单位能源消耗碳排放量 | 0.0765 |
| | | C6非化石能源及清洁能源占比 | 0.0987 |
| | | C7单位煤产量碳排放量 | 0.0851 |
| | B4市政设施 | C8工业固废回收利用率 | 0.0102 |
| | | C9生活垃圾无害化处理率 | 0.0095 |
| | | C10生活污水集中处理率 | 0.0078 |
| | B5道路交通 | C11万人拥有公交车数量 | 0.0752 |
| | | C12人均小汽车拥有量 | 0.0523 |
| | | C13绿色出行比例 | 0.0633 |
| | B6生态环境 | C14人均公共绿地面积 | 0.0712 |
| | | C15森林覆盖率 | 0.0851 |
| | B7政策管理 | C16节能减排和应对气候变化资金占财政支出 | 0.0388 |

政策管理和市政设施等因子为主的控碳体系。同时构建了基于政府职能部门的指标,采用约束和预期的方式进行管控,以期对山西省双碳的政府管制工作予以建议。

参考文献

[1]冯源,朱建华,刘华妍,等.基于土地利用变化的县域碳收支空间格局预测[J].江西农业大学学报,2020,42(4):852-862.

[2]刘建,李月臣,曾喧,唐付平.县域土地利用变化的碳排放效应——以山西省洪洞县为例[J].水土保持通报,2015年2月,第35卷第1期:262-267.

[3]尹倩倩,黄东俊,翟辉.基于县城镇村体系规划的盐津县碳系统分析及减碳策略[J].城市建筑2018年12月:98-100.

[4]魏世杰,樊静丽,杨康迪,等.2011年和2016年山西省煤炭流动及碳排放对比分析[J].矿业科学学报,2020,5(3):334-341.

[5]梁红岩,董威励,王静.全要素能源效率变动对资源型地区低碳发展的影响——以山西省为例[J].经济问题,2016年第8期:109-112.

[6]《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》.

[7]《2030年前碳达峰行动方案》.

[8]《山西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》.

[9]舒懿,《湖南省低碳发展指标体系构建及评价》:[D].株洲.湖南工业大学.2016.

基金项目:山西省二氧化碳排放达峰中和自然资源管理领域专项行动方案研究课题。

作者简介:王静(1984-),女,汉族,河北沧州人,毕业于西北大学,区域经济学专业,硕士,工程师,从事区域双碳发展、国土空间规划研究。