

节能和就业导向下中国中部地区产业结构优化

孙 威¹, 李文会^{1,2}, 张文忠¹, 唐志鹏¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 产业结构优化是人文—经济地理学重要的研究对象,也是政府部门加强宏观调控的作用对象,更是近年来中国步入“新常态”面临的现实问题。研究采用多区域投入产出模型,结合线性规划,构建了节能和就业导向下产业结构整体最优的模型和优化度模型。结果表明:① 节能导向下,安徽的产业结构优化度最高(0.763),山西的产业结构优化度最低(0.662);就业导向下,江西的产业结构优化度最高(0.768),山西的产业结构优化度最低(0.659)。② 节能导向下,产业结构优化度与单位产值能耗、重工业比重负相关;就业导向下,产业结构优化度与国有经济比重、大型企业比重负相关。③ 如果考虑节能和就业不同的目标导向,中国中部6省之间产业结构优化的方向存在明显的差异。④ 整体看,中国中部地区应保持不变或适度提高资源型产业比重,较大提高交通运输设备制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业等现代制造业的比重,适度降低金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业等比重。在服务业方面,较大提高燃气及水的生产和供应业、旅游业等比重,适度降低或较大降低批发零售业和餐饮业的比重,保持不变或适度降低交通运输及仓储业的比重。

关键词: 中部地区;多区域投入产出模型;线性规划;产业结构;就业;能源消费;中国

DOI: 10.11821/dlxb201606007

1 引言

产业结构是指国民经济各产业部门之间以及各产业部门内部的构成,是进行产业分析和区域经济分析最常用的工具^[1-3]。优化产业结构不仅是人文—经济地理学研究和政府文件中出现频率较高的词汇,而且是具有重要现实意义的科学问题。这表现在两个方面:一方面,产业结构优化是实现充分就业并推进新型城镇化的重要前提。根据国家新型城镇化规划(2014-2020年),到2020年中国的常住人口城镇化率将达到60%左右,这意味着中国将努力实现1亿左右农业转移人口和其他常住人口在城镇落户^[4]。推进新型城镇化不是简单的实现人口的城镇化,而必须是产业、人口、土地、社会、农村五位一体的城镇化,要实现就业方式的转换并将农民留在城里有稳定的收入来源,核心是提高产业吸纳就业的能力。另一方面,1978年以来中国持续高速增长的发展模式难以为继,面临着能源安全和国际减排等一系列资源环境问题^[5-6],提高能源利用效率、优化能源利用结构、推进全民节能减排是未来中国可持续能源战略的核心,其中提高能源利用效率的

收稿日期: 2015-07-04; 修订日期: 2015-12-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271146) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41271146]

作者简介: 孙威(1975-), 男, 河南开封人, 博士, 副研究员, 中国地理学会会员(S110008181M), 主要从事区域发展和空间规划研究。E-mail: sunw@igsrr.ac.cn

通讯作者: 唐志鹏(1978-), 男, 四川成都人, 博士, 副研究员, 主要从事区域经济和区域可持续发展等方面研究。

E-mail: tangzp@igsrr.ac.cn

关键是依靠产业结构调整和技术进步^[7], 未来中国依靠产业结构调整实现2020年节能减排目标的潜力非常巨大^[8-9]。因此, 通过优化产业结构, 提高产业的就业吸纳能力和实现节能减排目标, 成为当前区域科学研究和政府宏观经济管理需要解决的重要问题。

但是, 如何优化产业结构, 特别是基于定量化的方法给出系统的解决方案一直没有给予科学回答。根据文献检索, 大部分研究主要是基于配第一克拉克定律从三次产业的角度阐述产业结构的优化方向^[10-11]。由于三次产业结构涉及的产业部门少, 在很大程度上限制了其现实指导价值, 有必要开展包括更多产业部门在内的深入研究。同时, 已有研究以定性分析为主^[12-13], 定量研究相对不足, 难以给出具有可操作性的实施方案。在为数不多的定量研究中, Willett^[14]基于消费者需求行为的显性表达技术, 开发了一个用于识别污染控制政策对经济影响的一般均衡模型。Luptáček等^[15]为解决在环境质量与经济增长之间如何取舍问题, 开发了一个基于多元目标约束下的环境投入产出优化模型, 约束标准分别是国民生产总值的要素成本最小化和特定最终需求水平下净污染最小化。蒋业放等^[16]介绍了水资源可持续利用规划耦合模型和应用实例。王铮等^[17]分析发现, 在调整全国产业结构达到北京的产业结构水平的条件下, 加上适当的开源节流, 中国的可持续发展是可能的。唐志鹏等^[18]利用北京市1987-2007年的地区投入产出表, 在能源消耗总量约束条件下构建了北京市5个时期的投入产出优化模型, 通过产业结构调整的手段来实现经济效益最大化, 提出北京市产业结构未来调整的方向。严婷婷等^[19]以水资源投入产出结构为基础, 结合线性规划和AHP法, 对河北省2010年国民经济用水进行优化配置研究, 制定了4套产业结构调整方案并进行比较分析。刘红光等^[20]在区域间投入产出表的基础上, 利用中国各省市自治区分行业的碳排放系数, 建立了中国区域产业结构调整 CO_2 减排模型, 对各区域各行业的减排效果进行了分析。

以上研究主要集中在水资源或环境约束, 对于能源和就业约束下开展区域产业结构优化的研究还较少。在研究对象上, 已有研究主要集中在单一区域, 但是仅着眼于单一区域的产业结构优化容易忽视与其他省区的相互联系与相互作用, 进而产生把所谓高能耗或不赚钱的“坏”产业转移到其他区域来追求自身优化, 陷入“局部最优”而“整体不优”的失败, 因此, 必须考虑地区间的要素流动, 实现多个地区的整体最优。据此, 本研究采用多区域投入产出模型, 结合线性规划, 构建了节能和就业导向下产业结构整体最优的模型, 研究有助于为中国中部地区进一步调整产业结构、改善以就业为代表的民生质量, 以及制定和完善与之配套的扶持政策提供科学依据。

2 数据来源和研究方法

中国中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南6个省份, 2013年土地面积101.66万 km^2 , 总人口3.61亿人, 国内生产总值127305.7亿元, 以占全国10.6%的土地, 承载了全国26.5%的人口, 创造了全国22.4%的国内生产总值(表1), 是中国的人口大区, 经济腹地和重要市场, 在中国地域分工格局中扮演了重要角色。

2.1 数据来源

中国中部6省份能源消费总量和就业人数分别来自6省2011年统计年鉴, 就业人数为全部从业人员年平均人数。受部门管理的影响, 能源消费总量与全部从业人员年平均人数在分产业部门的标准上存在较大差异。分行业能源消费总量共有45个产业部门, 分行业全部从业人员年平均人数共有54个产业部门。为了保证能源消费总量和就业人数在产业部门上具有可比性, 兼顾全国2010年投入产出表产业部门分类的标准, 将上述产业

部门合并为27个（表2）。

中国从1987年开始第一次全国性的投入产出调查和编表工作。2010年中国投入产出表是最新一期的投入产出表，因此，选取该投入产出表并以2010年为研究时点^[21]。

2.2 研究方法

投入产出分析是区域建模的一个强有力工具，所依据的投入产出表详细反映了该年度地区客观的经济结构，现已被世界多个国家广泛应用。所谓优化其本质就是沿着既定发展目标寻求路径不断靠近的过程，这种目标是具体的，而不是空泛的。由此可见，产业结构优化是具有明确目标导向的。在不同的目标导向下所引起的产业结构优化也必然是有所差异的。因此，根据前面的分析分别设定节能和就业两种不同目标导向，采用多区域投入产出模型，结合线性规划，构建了中国中部地区两种目标导向下产业结构整体最优的模型和优化度模型如下：

2.2.1 节能导向——能源约束下的最大经济效益

目标函数： $\max z = \sum_p A_v^p X^p$

(1)

表1 中国中部地区概况
Tab. 1 Overview of central China

指标项	总量	比重(%)	指标项	总量	比重(%)
土地面积(万 km ²)	101.66	10.59	工业企业利润(万亿元)	1.21	19.32
总人口(亿人)	3.61	26.52	城镇单位就业人员(亿人)	1.81	21.00
城镇人口(亿人)	1.75	23.93	全社会固定资产投资(万亿元)	10.57	23.69
国内生产总值(万亿元)	12.73	22.38	非农化率(%)	0.88	98.01
工业增加值(万亿元)	2.11	27.48	地方公共财政收入(万亿元)	1.20	17.44
规模以上工业企业数(万个)	35.25	20.76	城镇居民人均可支配收入(元)	22736	84.35
人均国内生产总值(元)	35279	84.39	农民人均纯收入(元)	8377	94.16

注：土地面积来自《中华人民共和国行政区划简册》（2014年）；人均国内生产总值的计算方法为6省国内生产总值之和除以6省人口之和；城镇居民人均可支配收入、农民人均纯收入、非农化率的计算方法同上。

表2 中国中部地区国民经济的产业部门和编号
Tab. 2 Industrial departments of the national economy and their codes in central China

编号	产业部门	编号	产业部门
1	农林牧渔业	15	金属制品业
2	煤炭开采和洗选业	16	通用、专用设备制造业
3	石油和天然气开采业	17	交通运输设备制造业
4	金属矿采选业	18	电气机械及器材制造业
5	非金属矿及其他矿采选业	19	通信设备、计算机及其他电子设备制造业
6	食品制造及烟草加工业	20	仪器仪表及文化办公机械制造业
7	纺织业	21	其他制造业
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	22	电力、热力的生产和供应业
9	木材加工及家具制造业	23	燃气及水的生产与供应业
10	造纸印刷及文教体育用品制造业	24	建筑业
11	石油加工、炼焦及核燃料加工业	25	交通运输及仓储业
12	化学工业	26	批发零售业和餐饮业
13	非金属矿物制品业	27	其他服务业
14	金属冶炼及压延加工业		

$$\text{约束条件:} \quad \text{s.t.} \quad \begin{cases} AX + F + U \leq X \\ \sum_p A_v^p X^p \leq \bar{E} \\ X^L \leq X \leq X^H \\ U^L \leq U \leq U^H \end{cases} \quad (2)$$

各地区产业结构的优化比重值:

$$\eta_i^p = x_i^p / \sum_i x_i^p \quad (i = 1, \dots, 27; p = 1, \dots, 6) \quad (3)$$

各地区产业结构的调整比重值:

$$\Delta_i^p = \eta_i^p - \tau_i^p \quad (i = 1, \dots, 27; p = 1, \dots, 6) \quad (4)$$

在上述优化模型变量中:(1)式目标函数 z 为中国中部6省的地区生产总值的模拟值加和最大,表示中国中部地区的经济效益最大,(1)式中 A_v^p 分别为根据2010年区域间投入产出表计算的 p 省份27个产业部门的直接增加值系数的 1×27 行向量; X^p 为 p 省份待求解的出口模拟值的 1×27 向量。在(2)式中分别满足多区域经济系统投入产出、能源消费的约束条件。其中 A 、 U 、 X 、 F 分别为6省投入产出表中 162×162 的直接消耗系数矩阵、 162×1 的出口列向量、 162×1 的总产出列向量、 162×1 的最终需求等其他项; F 在模型中设定为刚性不变的常数项; \bar{E} 为6省实际消费的能源总量作为能源消费的上限约束值。以当年省份生产总值和出口值为基准,分别用各省的地区生产总值和出口的当年和上一年增长率来设定 X 和 U 的上下限约束,上标 L 表示下限,上标 H 表示上限,根据多区域投入产出关系可以确定 X 的上、下限约束。通过求解(3)式中 X^p 向量元素 x_i^p 所占比重来最终确定 p 省份产业结构的优化比重值 η_i^p 。最后根据(4)式中 τ_i^p 为 p 省份产业结构的实际比重值,求解的 Δ_i^p 则为具体的调整比重值。

2.1.2 就业导向——经济总量约束下的最大就业人数

$$\text{目标函数:} \quad \max m = \sum_p A_L^p X^p \quad (5)$$

$$\text{约束条件:} \quad \text{s.t.} \quad \begin{cases} AX + F + U \leq X \\ \sum_p A_v^p X^p \leq \bar{V} \\ X^L \leq X \leq X^H \\ U^L \leq U \leq U^H \end{cases} \quad (6)$$

各地区产业结构的优化比重值:

$$\eta_i^p = x_i^p / \sum_i x_i^p \quad (i = 1, \dots, 27; p = 1, \dots, 6) \quad (7)$$

各地区产业结构的调整比重值:

$$\Delta_i^p = \eta_i^p - \tau_i^p \quad (i = 1, \dots, 27; p = 1, \dots, 6) \quad (8)$$

在上述优化模型变量中:(1)式目标函数 m 为各省的地区从业人员数的模拟值加和最大,表示中国中部地区的就业最大,(1)式中 A_L^p 分别为根据2010年区域间投入产出表中所计算的 p 省份27个产业部门的直接从业系数的 1×27 行向量; \bar{V} 为中部6省实际从业人员总数作为中部地区上限约束值。式(6)~(8)中变量含义均同式(2)~(4)。

2.1.3 整体优化度模型 在上述优化模型中求解出 p 省份产业结构的优化比重值后,还需要比较 p 省份产业结构中各部门实际比重值 $G^p(i)$ 与优化比重值 $G^p(0)$ 的相似程度。尽管单个产业很容易得出与优化值的差距,但是产业结构反映的是多个产业的整体情况,因此需要把多个产业作为整体进行比较来衡量优化程度。依据曲线相似的思想,采用灰色关联度分析来确定两者之间的相似程度,以此确定该省份产业结构的优化度,灰色关联度分析可归纳如下:

设参考数列为 $G^p(0)$ ，被比较数列为 $G^p(1)$ ，且
 $G^p(0)=\{\eta_1^p(0), \eta_2^p(0), \cdots, \eta_n^p(0)\}$ ； $G^p(1)=\{\eta_1^p(1), \eta_2^p(1), \cdots, \eta_n^p(1)\}$ ；
则 $G^p(0)$ 与 $G^p(1)$ 的灰色关联度 $R(G^p(0), G^p(1))$ 定义为：

$$R(G^p(0), G^p(1))=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n r(\eta_k^p(0), \eta_k^p(1)) \tag{9}$$

式中： $r(\eta_k^p(0), \eta_k^p(1))=\frac{\min_1(\min_k|\eta_k^p(0)-\eta_k^p(1)|)+\rho\max_1(\max_k|\eta_k^p(0)-\eta_k^p(1)|)}{|\eta_k^p(0)-\eta_k^p(1)|+\rho\max_1(\max_k|\eta_k^p(0)-\eta_k^p(1)|)}$ ； ρ 为 0 到 1 之间的分辨系数，一般取 $\rho=0.5$ 。

3 节能导向下的产业结构优化

中国中部地区是中国能源消费的密集区，2010 年能源消费量达到 84326 万 tce，占全国能源消费量的 27.38%。根据国家发展改革委《“十二五”节能减排综合性工作方案》和《促进中国中部地区崛起规划》的要求，中国中部地区实现节能减排的目标还任重道远。根据 p 省的优化经济总产值（ g^p ）与实际经济总产值（ \tilde{g}^p ），计算 p 省经济总产值的增长率。采用几何平均值的方法，计算中国中部地区经济总产值的增长率（ λ ）。研究表明，在保持能源消费量不变的前提下，通过产业结构优化，中国中部地区经济总产值提高了 24.13%。

$$\lambda=\sqrt[6]{\prod_{p=1}^6(g^p/\tilde{g}^p-1)} \tag{10}$$

3.1 产业结构优化度

采用灰色关联度分析，比较 p 省份 27 个产业部门的实际比重值与优化比重值的相似程度，得出各省份产业结构的优化度。节能导向下的计算结果表明，中国中部 6 省中安徽的产业结构最优，湖南、江西、河南、湖北紧随其后，山西的产业结构优化度居于末位（表 3）。

采用 SPSS 20.0 软件和 Pearson 相关系数法，研究表明节能导向下产业结构优化度与能源利用效率与重工业比重具有显著相关性（表 4）。

从单位 GDP 能耗分析，江西略低于全国平均值。江西的万元 GDP 能耗由 2005 年的 1.06 吨标准煤下降到 2010 年的 0.67 t 标准煤，比全国平均水平低 4.29 个百分点（表 5）。

表 3 2010 年节能导向下中国中部 6 省产业结构优化度
Tab. 3 Industrial structure optimization of six provinces in central China under energy constraint in 2010

	山西	安徽	江西	河南	湖北	湖南
节能情景	0.662	0.763	0.755	0.752	0.704	0.760

表 4 节能导向下产业结构优化度的 Pearson 相关性分析
Tab. 4 Pearson correlation analysis of industrial structure optimization under energy constraint

	单位 GDP 能耗(tce/万元)	单位工业增加值能耗(tce/万元)	重工业总产值比重(%)
Pearson 相关系数	-0.879*	-0.890*	-0.887*
显著性(双侧)	0.021	0.018	0.018
样本个数	6	6	6

注：*：表示 5% 水平上显著，**：表示 1% 水平上显著。

表5 2005年和2010年中国中部6省单位GDP能耗、单位工业增加值能耗
Tab. 5 Energy consumption of per unit of GDP and industrial added value in six provinces
of central China in 2005 and 2010

	2005年		2010年	
	GDP能耗(tce/万元)	工业增加值能耗(tce/万元)	GDP能耗(tce/万元)	工业增加值能耗(tce/万元)
山西	2.95	6.50	1.83	3.66
安徽	1.21	3.13	0.79	1.83
江西	1.06	3.11	0.67	2.05
河南	1.38	4.02	0.93	2.17
湖北	1.51	3.50	0.95	2.47
湖南	1.40	2.88	0.93	2.51
中部地区	-	-	0.98	2.41
全国	1.22	2.59	0.70	1.92

注: 根据2006年和2011年中国统计年鉴计算而得。

其他5省的能耗水平都高于全国平均水平。2010年中国中部6省单位工业增加值能耗山西省高于全国平均水平, 排名仅次于宁夏, 位居全国第二。根据Pearson相关性分析, 单位GDP能耗和单位工业增加值能耗越高, 产业结构优化度越低。

从轻重工业内部结构分析, 河南、江西、安徽、湖南的重工业比重均低于全国平均水平(71.36%), 而山西的重工业比重高达94.62%, 远远高于全国平均水平(表6)。中国中部地区整体上仍处于资源初加工阶段, 煤炭、电力、冶金、建材等能源原材料基础产业比重大。在技术水平大体一致的前提下, 重工业比重的高低在很大程度上决定了能源消耗水平。根据Pearson相关性分析, 重工业比重越高, 产业结构优化度越低。

3.2 产业结构优化的省际差异

尽管中国中部6省在资源禀赋、交通区位、经济发展水平、工业化阶段等方面具有较强的一致性, 但在节能导向下的产业结构优化方面, 仍存在一定的差异性(图1)。

根据 Δ_i^p 的计算结果, 利用自然间断点分级法, 将产业结构优化分为5种类型(表7), 分别是: 较大提高($2.16\% \leq \Delta_i^p < 5.16\%$)、适度提高($0.18\% \leq \Delta_i^p < 2.16\%$)、基本不变($-2.60\% \leq \Delta_i^p < 0.18\%$)、适度降低($-6.55\% \leq \Delta_i^p < -2.60\%$)、较大降低($-11.74\% \leq \Delta_i^p < -6.55\%$)。

表6 2010年中国中部地区轻重工业的比重
Tab. 6 Proportions of light and heavy industries in six provinces in central China in 2010

	轻工业总产值		重工业总产值	
	绝对值(亿元)	比重(%)	绝对值(亿元)	比重(%)
山西	671.28	5.38	11800.06	94.62
河南	10601.23	30.29	24394.3	69.71
安徽	5566.43	29.72	13165.57	70.28
江西	4143.19	29.84	9739.88	70.16
湖南	5477.86	28.82	13530.97	71.18
湖北	5935.78	27.45	15687.33	72.55
中部地区	32395.77	26.84	88318.11	73.16
全国	200071.53	28.64	498519.01	71.36

注: 根据2011年中国工业经济统计年鉴计算而得。

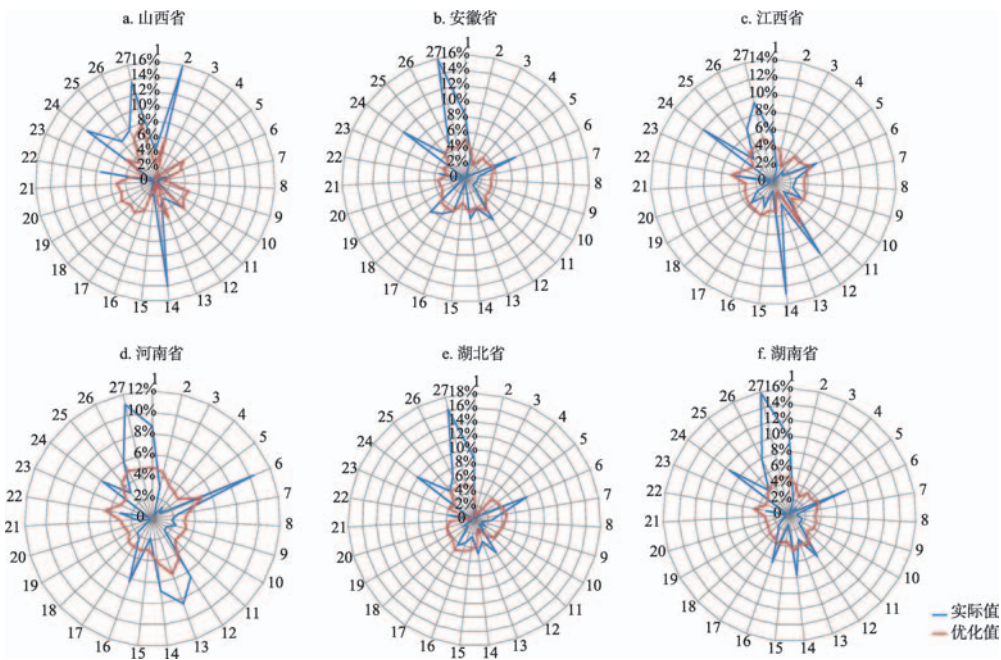


图1 2010年中国中部地区产业结构实际值和优化值的省际差异

Fig. 1 Difference between actual and optimal values of industrial structure in six provinces of central China in 2010

表7 中国中部地区分省优化的产业部门编号

Tab. 7 Codes of optimized industrial departments among six provinces in central China

	较大提高 ($2.16\% \leq \Delta_i^p < 5.16\%$)	适度提高 ($0.18\% \leq \Delta_i^p < 2.16\%$)	基本不变 ($-2.60\% \leq \Delta_i^p < 0.18\%$)	适度降低 ($-6.55\% \leq \Delta_i^p < -2.60\%$)	较大降低 ($-11.74\% \leq \Delta_i^p < -6.55\%$)
山西	5, 9, 10, 13, 17, 18, 19, 20, 21	4, 6, 7, 8, 16, 23	1, 3, 11, 12, 15, 26	22, 24, 25, 27	2, 14
安徽	4, 5, 10, 15, 19, 20, 21, 23	2, 3, 7, 8, 9, 11, 25	12, 13, 14, 16, 17, 18, 22, 26	1, 6	24, 27
江西	5, 15, 20, 21, 23	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 22, 25	1, 6, 13, 26	12, 27	14, 24
河南	3, 19, 20, 23	2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 25	12, 14, 26	1, 6, 13, 16, 24	27
湖北	4, 5, 9, 11, 18, 19, 20, 21, 23	2, 3, 7, 8, 10, 15, 16, 17	13, 14, 25, 26	1, 6, 12, 22	24, 27
湖南	4, 5, 7, 8, 15, 19, 20, 21, 23	2, 3, 9, 10, 17, 18, 22, 25	11, 12, 13, 16	1, 6, 14, 26	24, 27

4 就业导向下的产业结构优化

2010年中国中部地区总人口3.90亿人，约占全国人口的29.00%；城镇人口1.01亿，约占全国城镇总人口的20.03%；城镇单位就业人员0.35亿，约占全国城镇单位就业人员

的27.03%。中国中部地区城镇单位就业人员的比例低于总人口所占的比例，说明在经济发展中产业吸纳就业的能力不强，在推进新型城镇化过程中，必须大力提高人口的就业比例。根据 p 省的优化就业总人口（ h^p ）与实际就业总人口（ \tilde{h}^p ），计算 p 省就业总人口的增长率。采用几何平均值的方法，计算中国中部地区就业总人口的增长率（ γ ）。研究结果表明，在保持经济总量不变的前提下，通过产业结构优化，中部地区就业总人口提高了39.72%。

$$\gamma = \sqrt[6]{\prod_{p=1}^6 (h^p / \tilde{h}^p - 1)}$$

(11)

4.1 产业结构优化度

计算结果表明，在就业导向下，江西的产业结构最优，湖南、安徽、湖北、河南紧随其后，山西的产业结构优化度仍居于末位（表8）。根据Pearson相关性分析，就业导向下的产业结构优化度与产权结构和企业规模结构相关（表9）。

研究表明，国有经济比重越高，产业结构优化度越低。产权结构方面，以工业总产值和从业人员分别计算，山西省国有经济比重都位居中国中部6省首位。河南以工业总产值计算的国有经济比重最低，江西以从业人员计算的国有经济比重最低。需要说明的是，2010年中国中部地区国有及国有控股企业工业总产值占全部工业企业工业总产值的32.64%，高于全国26.61%的平均水平。国有企业从业人员达到29.65%，高出全国平均水平10.41个百分点（表10）。

企业规模结构方面，大型企业比重越高，产业结构优化度越低。以工业总产值和从业人员分别计算大型企业比重，山西依然是位居中国中部地区首位。江西以工业总产值计算的大型企业比重最低，河南以从业人员计算的大型企业比重最低（图2）。

4.2 产业结构优化的省际差异

通过图3可以发现，就业导向下产业结构优化在不同省份之间存在较大差异。就业导向下的产业结构优化标准仍然采用了自然间断点分级法，将产业结构优化分为5种类型（表11），分别是：较大提高（ $2.00\% \leq \Delta_i^p < 3.42\%$ ）、适度提高（ $0.35\% \leq \Delta_i^p < 2.00\%$ ）、基本不变（ $-2.03\% \leq \Delta_i^p < 0.35\%$ ）、适度降低（ $-6.08\% \leq \Delta_i^p < -2.03\%$ ）、较大降低（ $-11.08\% \leq \Delta_i^p < -6.08\%$ ）。

5 产业结构优化的具体路径

根据计算结果，在不同的目标导向下，各省份产业结构优化的具体路径存在明显的

表8 2010年就业导向下中国中部6省产业结构整体优化度
Tab. 8 Optimization degree of industrial structure under employment constraint in 2010

	山西	安徽	江西	河南	湖北	湖南
就业情景	0.659	0.750	0.768	0.740	0.744	0.753

表9 就业导向下产业结构优化度的Pearson相关性分析
Tab. 9 Pearson correlation analysis of industrial structure optimization under employment constraint

	工业总产值国有经济比重	从业人员国有比重	大型企业比重
Pearson相关系数	-0.840*	-0.979**	-0.986**
显著性(双侧)	0.037	0.001	0.000
样本个数	6	6	6

注：*：5%水平上显著，**：1%水平上显著。

表 10 2010 年中国中部地区按经济类型分产值和就业的结构

Tab. 10 Structures of output value and employment classified by economic ownership type in central China in 2010

	工业总产值(亿元)			从业人员(万人)		
	规模以上	国有及国有控股	国有比重(%)	规模以上	国有及国有控股	国有比重(%)
山西	12471.33	6614.18	53.04	219.88	119.16	54.19
安徽	18732	6902.07	36.85	264.87	80.68	30.46
江西	13883.06	3444.72	24.81	199.16	41.21	20.69
河南	34995.53	8453.93	24.16	479.27	131.42	27.42
湖北	21623.12	8619.21	39.86	294.97	79.98	27.11
湖南	19008.83	5364.78	28.22	272.44	60.6	22.24
中部地区	120713.87	39398.89	32.64	1730.59	513.05	29.65
全国	698590.54	185861.02	26.61	9544.71	1836.34	19.24

注：根据 2011 年中国工业经济统计年鉴计算而得。

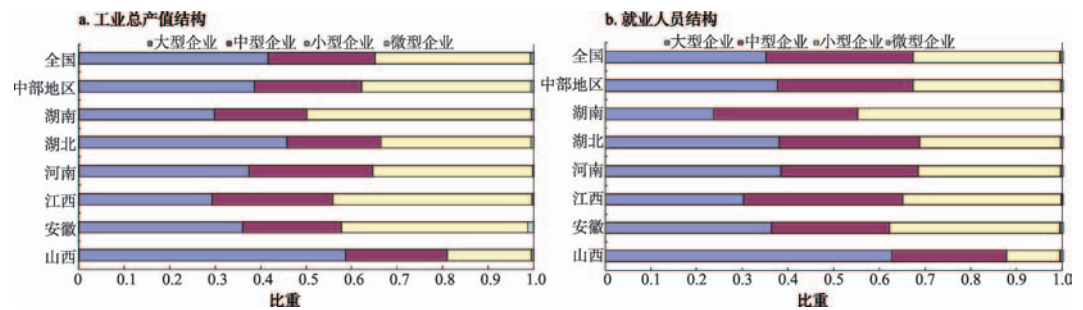


图 2 2010 年中国中部地区按企业规模分工业总产值和就业人员的结构

Fig. 1 The structures of gross industrial output value and employment classified by enterprise scale in central China in 2010

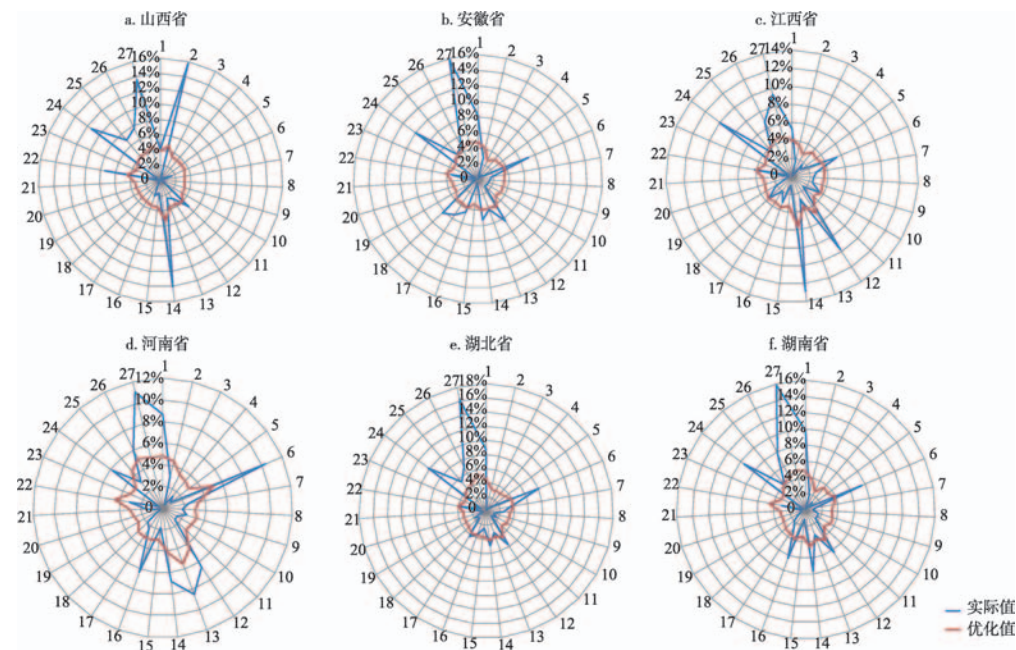


图 3 2010 年中国中部地区产业结构实际值和优化值的省际差异

Fig. 3 Provincial difference of actual value and optimal value of industrial structure in central China in 2010

表 11 中国中部地区分省优化的产业部门编号

Tab. 11 Codes of optimized industrial departments among six provinces in central China

	较大提高 ($2.00\% \leq \Delta_i^p < 3.42\%$)	适度提高 ($0.35\% \leq \Delta_i^p < 2.00\%$)	基本不变 ($-2.03\% \leq \Delta_i^p < 0.35\%$)	适度降低 ($-6.08\% \leq \Delta_i^p < -2.03\%$)	较大降低 ($-11.08\% \leq \Delta_i^p < -6.08\%$)
山西	3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 23	6, 12, 13, 15, 16	1, 11	22, 25, 26	2, 14, 24, 27
安徽	3, 4, 5, 10, 15, 19, 20, 21, 23	2, 7, 8, 9, 11, 22	13, 14, 16, 17, 25, 26	1, 6, 12, 18	24, 27
江西	3, 5, 15, 20, 21, 23	2, 4, 7, 8, 9, 11, 13, 16, 17, 19, 25	1, 6, 10, 18, 22	12, 26, 27	14, 24,
河南	3, 5, 19, 20, 23	2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 18, 21, 22, 25	12, 26	1, 6, 13, 14, 16, 24	27
湖北	2, 3, 4, 5, 9, 11, 18, 20, 21, 23	8, 10, 13, 15, 19, 22	7, 12, 14, 16, 17, 25	1, 6, 26	24, 27
湖南	3, 4, 5, 7, 8, 15, 19, 20, 21, 23	2, 9, 10, 11, 13, 17, 18, 22	12, 25	1, 6, 14, 16, 24, 26	27

差异。为了能够更清楚地说明问题, 将较大提高和适度提高合并为提高类, 将较大降低和适度降低合并为降低类, 选取各省排名前3位的产业作为提高类或降低类的产业类型进行产业结构优化路径的具体阐释。需要说明的是, 基本不变类由于产业部门较少, 这里只选取了排名前两位的产业。

5.1 节能导向下的优化路径

计算表明, 节能导向下山西省应降低煤炭开采和洗选业、金属冶炼及压延加工业、建筑业的比重, 提高通信设备、计算机及其他电子设备制造业、仪器仪表及文化办公机械制造业、其他制造业的比重, 保持石油和天然气开采业、石油加工、炼焦及核燃料加工业的比重基本不变(表12)。

安徽省应降低食品制造及烟草加工业、建筑业、其他服务业的比重, 提高非金属矿及其他矿采选业、仪器仪表及文化办公机械制造业、燃气及水的生产与供应业的比重, 保持非金属矿物制品业、通用专用设备制造业的比重基本不变。

5.2 就业导向下的优化路径

计算表明, 就业导向下山西省应降低煤炭开采和洗选业、金属冶炼及压延加工业、

表 12 节能导向下中国中部地区各省结构优化的产业部门编号

Tab. 12 Codes of optimized industrial departments under energy constraint among six provinces in central China

	提高类 ($0.18\% \leq \Delta_i^p < 5.16\%$)	基本不变 ($-2.60\% \leq \Delta_i^p < 0.18\%$)	降低类 ($-11.74\% \leq \Delta_i^p < -2.60\%$)
山西	19, 20, 21	3, 11	2, 14, 24
安徽	5, 20, 23	13, 16	6, 24, 27
江西	20, 21, 23	1, 6	14, 24, 27
河南	3, 19, 23	12, 26	6, 16, 27
湖北	4, 20, 23	14, 25	1, 24, 27
湖南	5, 20, 23	11, 13	1, 24, 27

其他服务业的比重,提高石油和天然气开采业、仪器仪表及文化办公机械制造业、其他制造业的比重,保持农林牧渔业、石油加工、炼焦及核燃料加工业的比重基本不变。江西省应降低化学工业、金属冶炼及压延加工业、建筑业的比重,提高石油和天然气开采业、其他制造业、燃气及水的生产与供应业的比重,保持造纸印刷及文教体育用品制造业、电气机械及器材制造业的比重基本不变(表13)。

表 13 就业导向下中国中部地区各省结构优化的产业部门编号
Tab. 13 Codes of optimized industry departments under the employment constraint among six provinces in central China

	提高类 ($0.35\% \leq \Delta_i^p < 3.42\%$)	基本不变 ($-2.03\% \leq \Delta_i^p < 0.35\%$)	降低类 ($-11.08\% \leq \Delta_i^p < -2.03\%$)
山西	3, 20, 21	1, 11	2, 14, 27
安徽	5, 20, 23	13, 25	1, 24, 27
江西	3, 21, 23	10, 18	12, 14, 24
河南	3, 20, 23	12, 26	1, 6, 27
湖北	2, 3, 4	7, 16	6, 24, 27
湖南	5, 21, 23	12, 25	1, 24, 27

5.3 综合考虑节能和就业的中国中部地区的优化路径

5.3.1 适当调整第一产业结构 传统的扩大农业规模来增加农业增加值和就业人口的做法并不可取,需要加大内部结构调整,逐步降低种植业比重,提高渔业比重,大力发展林业。积极探索适合各省发展的优质农业,实现江西果业基地、河南优质小麦基地等的特色化、规模化和专业化。大力推进农业产业化经营,提高农业产品附加值,千方百计带动当地劳动力就业。

5.3.2 第二产业内部分异较大 尽管中部地区作为中国主要的能源和原材料基地,采矿业属于赚钱和维护就业的主要行业可以适度提高比重。但从长远来看,对能源和资源类产业的过度依赖容易造成产业结构单一和转型困难,因此,煤炭、石油、天然气、其他采矿业不宜大幅提高比重,可以维持现有规模不变或小幅提高比重。食品制造、纺织、服装等轻工业以及通用和专用设备制造业、交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业、通信设备和计算机及其他电子设备制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业等应适度提高比重。重化工业,特别是金属制品业、非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业、化学工业、电力和热力的生产和供应业等高能耗产业应适度降低比重。石油加工、炼焦及核燃料加工业、燃气及水的生产和供应业可适度提高比重。建筑业的发展由于带动的高能耗产业最多,应适度降低比重。

5.3.3 第三产业应突出重点 中国中部地区地处中原,是全国综合交通运输枢纽,提高交通运输及仓储业的比重有助于提高能源效率和扩大就业人口。安徽、江西、河南、湖南4省的交通运输及仓储业应适度提升比重。中部地区6省均应适度降低批发零售和餐饮业的比重。尽管计算结果显示其他服务业应适度降低比重,但由于中部地区历史文化悠久,名胜古迹众多,发展旅游业有助于带动当地就业并减轻能源消耗的压力。

6 结论与讨论

(1) 在节能导向下,安徽的产业结构最优,湖南、江西、河南、湖北紧随其后,山西的产业结构优化度居于末位。产业结构优化度与能源利用效率与轻重工业比重相关,

能源利用效率越高、重工业比重越低,产业结构的优化度越高。在就业导向下,江西的产业结构最优,湖南、安徽、湖北、河南紧随其后,山西的产业结构优化度仍居于末位。产业结构优化度与产权结构和企业规模结构相关,国有经济比重越高,大型企业比重越高,产业结构优化度越低。

(2) 如果考虑节能和就业不同的目标导向,中国中部6省之间产业结构优化的方向存在明显的差异。例如,在节能导向下,山西省应降低煤炭开采和洗选业、金属冶炼及压延加工业、建筑业的比重,提高通信设备、计算机及其他电子设备制造业、仪器仪表及文化办公机械制造业、其他制造业的比重,保持石油和天然气开采业、石油加工、炼焦及核燃料加工业的比重基本不变。在就业导向下,江西省应降低化学工业、建筑业、金属冶炼及压延加工业的比重,提高石油和天然气开采业、其他制造业、燃气及水的生产与供应业的比重,保持造纸印刷及文教体育用品制造业、电气机械及器材制造业的比重基本不变。

(3) 整体上看,中国中部地区应适度降低农林牧渔业的比重,积极发展优质高效农业,避免走规模扩张式的发展老路。在工业方面,维持或适度提高资源型产业比重,较大提高交通运输设备制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业等现代制造业的比重,适度降低金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、化学工业等比重。较大降低建筑业的比重。在服务业方面,较大提高燃气及水的生产和供应业、旅游业等比重,适度降低或较大降低批发零售业和餐饮业的比重,保持或适度降低交通运输及仓储业的比重。

(4) 需要说明的是,根据节能和就业导向下的优化模型分析,中国中部地区的产业结构调整仍然以加强制造业为主,同时在服务业的优化调整时大多以降低为主,这主要是因为:① 中部地区仍处于工业化中期阶段和在中国主要承担能源原材料基地的定位所决定的。② 中部地区的服务业总体上仍然处于低端零散的消费性服务业为主的阶段。相对于制造业,服务业总体上不具有比较优势。③ 受数据本身的限制,服务业部门无法进一步细分,没有区别出可能具有发展潜力的优质服务业。

参考文献(References)

- [1] Gao Genghe, Li Xiaojian. Spatial analysis on the contribution of industrial structure change to regional economic growth: A case study of Henan province. *Economic Geography*, 2006, 26(2): 270-273. [高更和, 李小建. 产业结构变动对区域经济增长贡献的空间分析: 以河南省为例. *经济地理*, 2006, 26(2): 270-273.]
- [2] Gan Chunhui, Zheng Ruogu, Yu Dianfan. An empirical study on the effects of industrial structure on economic growth and fluctuations in China. *Economic Research Journal*, 2011(5): 4-16, 31. [干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响. *经济研究*, 2011(5): 4-16, 31.]
- [3] Liu Wei, Li Shaorong. Industrial structure and economic growth. *China Industrial Economy*, 2002(5): 14-21. [刘伟, 李绍荣. 产业结构与经济增长. *中国工业经济*, 2002(5): 14-21.]
- [4] The State Council. National New-Type Urbanization Planning. <http://www.gov.cn/>. [国务院. 国家新型城镇化规划. <http://www.gov.cn/>]
- [5] Ye Jing, Wang Yufeng, Liu Weiguo. CO₂ emissions embodied in international trade of China, 1997-2007. *Management Science and Engineering (ICMSE)*, 2010 International Conference in 1906-1910.
- [6] Liu Litao, Shen Lei, Gao Tianming, et al. Evaluation and spatial-temporal evolution of energy security in China. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(12): 1634-1644. [刘立涛, 沈镭, 高天明, 等. 中国能源安全评价及时空演进特征. *地理学报*, 2012, 67(12): 1634-1644.]
- [7] Liu Hongguang, Liu Weidong, Tang Zhipeng. The impact of foreign trade on CO₂ emissions inspired by non-competitive input-output models. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2012, 32(7): 1446-1451. [刘红光, 刘卫东, 唐志鹏. 非竞争型投入产出表在碳泄漏问题中的应用. *系统工程理论与实践*, 2012, 32(7): 1446-1451.]

- [8] Fan Jie, Wang Qiang, Sun Wei. The failure of China's energy development strategy 2050 and its impact on carbon emissions. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2015, 49(9): 1160-1170.
- [9] Wang Wenju, Xiang Qifeng. Adjustment of industrial structure and the potential assessment of energy saving and carbon reduction. *China Industrial Economics*, 2014(1): 44-56. [王文举, 向其凤. 中国产业结构调整及其节能减排潜力评估. *中国工业经济*, 2014(1): 44-56.]
- [10] He Dexu, Yao Zhanqi. Effects of China's industrial structure adjustment, object of industrial optimization and policy supporting system. *China Industrial Economics*, 2008(5): 46-56. [何德旭, 姚战琪. 中国产业结构调整效应、优化升级目标和政策措施. *中国工业经济*, 2008(5): 46-56.]
- [11] Qiu Ling, Fang Chuanglin. Spatio-temporal assessment models and their application to urban industrial restructuring: A case study of Beijing city. *Geographical Research*, 2010, 29(2): 327-337. [邱灵, 方创琳. 城市产业结构优化的纵向测度与横向诊断模型及应用: 以北京市为例. *地理研究*, 2010, 29(2): 327-337.]
- [12] He Ping, Chen Dandan, Jia Xiyue. Study on industrial structure optimization. *Statistical Research*, 2014, 31(7): 31-37. [何平, 陈丹丹, 贾喜越. 产业结构优化研究. *统计研究*, 2014, 31(7): 31-37.]
- [13] Zhang Qin. Research on international industry transfer and industrial structure optimization: An empirical analysis based on Zhejiang province. *Journal of International Trade*, 2010(2): 60-67, 90. [张琴. 国际产业转移与产业结构优化研究: 基于浙江省的实证分析. *国际贸易问题*, 2010(2): 60-67, 90.]
- [14] Willett K. Environmental quality standards: A general equilibrium analysis. *Management and Decision Economics*, 1985, 6(1): 41-49.
- [15] Luptáček M, Böhm B. An environmental input-output model with multiple criteria. *Annals of Operations Research*, 1994, 54(1): 119-127.
- [16] Jiang Yefang, Liang Jiyang. Integrated model of sustainable water resources planning formulation and application. *Geographical Research*, 2000, 19(1): 37-44. [蒋业放, 梁季阳. 水资源可持续利用规划耦合模型与应用. *地理研究*, 2000, 19(1): 37-44.]
- [17] Wang Zheng, Feng Haojie, Xu Shiyuan. Analysis of water resource problem in Chinese economic development. *Chinese Journal of Management Science*, 2001, 9(4): 47-56. [王铮, 冯皓洁, 许世远. 中国经济发展中的水资源安全分析. *中国管理科学*, 2001, 9(4): 47-56.]
- [18] Tang Zhipeng, Liu Weidong, Fu Chengwei, et al. Optimization modeling and evolution analysis of Beijing's industrial structure under energy constraints. *Resources Science*, 2012, 34(1): 29-34. [唐志鹏, 刘卫东, 付承伟, 等. 能源约束视角下北京市产业结构的优化模拟与演进分析. *资源科学*, 2012, 34(1): 29-34.]
- [19] Yan Tingting, Jia Shaofeng. Input-output analysis of water use in industry sectors of Hebei province. *Resources Science*, 2009, 31(9): 1522-1528. [严婷婷, 贾绍凤. 河北省国民经济用水投入产出分析. *资源科学*, 2009, 31(9): 1522-1528.]
- [20] Liu Hongguang, Liu Weidong, Tang Zhipeng, et al. The effect analysis of regional industry structure adjustment for CO₂ emission reduction in China: On the base of inter-regional input-output method. *Areal Research and Development*, 2010, 29(3): 129-135. [刘红光, 刘卫东, 唐志鹏, 等. 中国区域产业结构调整的CO₂减排效果分析: 基于区域间投入产出表的分析. *地域研究与开发*, 2010, 29(3): 129-135.]
- [21] Liu Weidong, Tang Zhipeng, Chen Jie, et al. *Interregional Input-output Table of 30 Provinces in China in 2010*. Beijing: China Statistics Press, 2015. [刘卫东, 唐志鹏, 陈杰, 等. 2010年中国30省市区域间投入产出表. 北京: 中国统计出版社, 2015.]

Industrial structure optimization in central China under energy conservation and employment constraints

SUN Wei¹, LI Wenhui^{1,2}, ZHANG Wenzhong¹, TANG Zhipeng¹

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Optimizing industrial structure is an important research object of human-economic geography, and it is also the object of government departments to strengthen macro-control. This has become even greater problem that China has entered the "new normal" in recent years. The study uses a multi-regional input-output model, with linear programming to build an optimal model of industrial structure as well as a model of optimization degree under the energy constraint. The results show that: (1) Under the constraint of energy conservation, the optimization degree of industrial structure of Anhui province is the highest (0.763), while that of Shanxi is the lowest (0.662). Under the constraint of employment, the optimization degree of industrial structure of Jiangxi is the highest (0.768), while that of Shanxi is the lowest (0.659). (2) Under the constraint of energy conservation, the optimization degree of industrial structure is negatively related to the energy consumption per unit of output value and the proportion of heavy industry. Under the constraint of employment, the optimization degree of industrial structure is negatively related to the proportions of state-owned economy and large enterprises. (3) Considering different orientations of energy conservation and employment, the directions of industrial structure optimization of the six provinces in central China are obviously different. (4) As a whole, central China should maintain or moderately increase the proportion of resource-based industry, greatly raise the proportion of manufacturing including transport equipment and communication equipment, computers and other electronic equipment, moderately reduce the proportion of smelting and pressing of metals and manufacture of non-metallic mineral products. In terms of services, central China should greatly increase the proportions of the production and supply of gas and water industry and tourism, moderately or greatly reduce the proportions of wholesale and retail trade and catering, and maintain or moderately reduce the proportions of transportation and warehousing.

Keywords: central China; multiregional input-output model; linear programming; industrial structure; employment; energy consumption; China