

国家“十二五”规划中能源强度与碳排放强度约束指标的比较研究*

刘小敏

〔摘 要〕在中国的国家“十二五”规划中,能源强度与碳排放强度均被当作是节能减排的约束性目标。两者在约束要求上具有一定近似性,如在规划中同时起作用的话,可能会使国家相应节能减排政策的制定与实施出现冲突而增加操作难度。本文采用情景分析法,就能源强度目标与碳排放强度目标作如下分析:首先以“十一五”期间的实际能源消费数据来估算这两个指标变化差别,并探索成因。然后,在设计国家“十二五”产业发展情景的基础上,构造这两个目标的实现途径,并结合国家的能源发展规划要求,分析两个目标内在要求的不一致性。分析结果表明,两个目标在执行时可能产生 9%~10% 能源消费总量或者碳排放总量的约束值的差别,不利于相应政策的制定与执行。就目前的发展阶段而言,应该放弃能源强度目标,而只需一个碳排放强度目标即可。

关键词: 能源强度 碳排放强度 能源结构 情景分析

JEL 分类号: Q40 Q48

一、引 言

国家第十二个五年规划(简称“十二五”规划)明确提出:“要把大幅度降低能源消耗强度和二氧化碳排放强度作为约束性指标,有效控制温室气体排放。其中,能源强度下降 16%,碳排放强度下降 17%”。碳排放强度与能源强度是既有区别、又有联系的两个相关度比较高的指标。相比碳排放强度而言,能源强度较为大家熟知,而且也容易理解。中国政府在制定政策措施时具有较丰富的经验,并形成了较完备的管理体系。碳排放强度随着世界对于碳排放减排问题的重视而不断被关注及研究,但作为国家规划中的约束性指标还是第一次出现。能源强度与碳排放强度在计算方法上只存在碳排放系数的差别,而碳排放系数的变化却受产业终端能源消费结构的影响,它同样受国家能源行业发展规划的影响。因此,将碳排放强度与能源强度同时作为“十二五”规划的约束性指标,是否会存在着明显弊端,是否与能源发展规划的目标相一致,是否会对具体的政策制定与执行造成困难等问题值得我们进一步研究。

如果不考虑能源结构优化,能源强度目标与碳排放强度目标的约束性基本一致,但如果考虑能源结构优化因素,两个目标将会形成不一样的能源总量与碳排放总量的约束。因此,本着使“十二五”规划的指标设置更科学、更有利于操作、更有利于经济持续稳定健康发展的原则,我们建议把设置两个约束性指标的方案调整为只保留降低二氧化碳排放强度作为约束性指标,而把降低能源消耗强度作为指导性指标(即保留一个,放松一个)。

* 刘小敏,北京市社会科学院市情研究中心,助理研究员,经济学博士。

二、相关研究综述

(一)国内外研究进展

碳排放强度问题的提出印证了中国近年来在节能减排与环境保护问题上的一个演变过程,即由最早的能源强度向碳排放量转变,进而向碳排放强度转变的过程,这种转变也反映在国家的“十一五”到“十二五”规划中节能减排由单纯的节能向节能与减排综合性目标的转变。期间,有大量的学者分别作了相关的研究。本文将其归为三类,一是能源强度相关的研究,二是碳排放相关研究,三是碳排放强度以及 2020 年目标的研究。

1.能源强度问题

能源强度的研究始于 20 世纪 90 年代。当时,中国经济表现出持续增长但伴随着能源强度下降的特征,这种异于西方学者经验理解的“反常现象”引起部分学者对中国经济增长和能源消费数据真实性的怀疑,并在中国学者之间引起争论。因此,对中国能源强度变化的理性解释就成为学者的关注焦点。如韩智勇等(2004)对 1980~2000 年的中国能源强度变化作了分解,将其分解为结构份额因素与效率因素,表明中国的能源强度变化趋势是正常的,而且效率因素起到主要作用。而周勇(2006),齐志新(2006)进一步分阶段、分产业作了细分,李力(2008)则专门对制造业进行了分析。这类研究中,尽管细节有所区别,但总体上均认为能源效率的提高是能源强度下降的主因。然而,人们并不满足于对现实的解释,有不少学者尝试挖掘影响能源强度变化的深层次的原因,比如,有叶素云(2010)从外在因素如 FDI 进行分析,如张炎治(2009)以间接的方式、从内在的因素如能源强度的影响进行分析。樊茂清等(2010)将这部分研究进一步拓展到技术变化、要素替代,而樊茂清(2011)从能源价格角度作了探索。这些研究在一定程度上完善了学者对于中国能源强度变化的理解。

2.碳排放问题

碳排放的问题随着国际社会对于温室气体的重视带动了国内学者的研究热忱。他们试图找出碳排放强度下降率与国内生产总值(GDP)的增长率、碳排放增长对 GDP 的弹性、能源消费强度以及能源消费的碳强度等相关关系。总的研究思路可以归结为对中国碳排放的特征分析、碳排放影响因素的分析、以及碳排放强度的影响等几个方面。如王中英等(2005)、胡初枝(2008)、冯相昭等(2008)、张友国(2010)、王金南等(2011)从不同的角度分析中国碳排放的特征与影响因素。

3.碳排放强度问题

研究内容由碳排放转为碳排放强度的转变,起因于 2009 年我国公开承诺 2020 年碳排放强度比 2005 年下降 40%~45% 的目标。该类研究主要侧重于碳排放强度现状,影响因素等,如何建坤(2004)提出碳排放强度指标对于中国的重要性,宋德勇(2009)、孙传旺(2010)、王金南等(2010)对总量控制与碳排强度的关系作了分析,而李全生等(2012)、林卫斌等(2011)则就碳排放问题作了讨论。刘小敏等(2011)对 2020 年碳排放强度目标进行了初步的分析,林伯强等(2011)则通过构建减排模型,分析 2020 年碳排放实现的可能性。该部分的研究对于理解我国的碳排放问题打下了基础,其中刘小敏等(2011)的部分工作是本文的重要前期基础。

(二)研究方法的讨论

要实现对国家“十二五”碳排放强度目标的分析,情景分析是一个较好的选择。自全球变暖、温室气体排放等问题引起学者关注时开始,情景分析就是研究气候问题的重要工具。现有的大量研究均是在不同的情景下展开,国际上如 IPCC 分别于 1990 年、1992 年和 2000 年公布的三个情景(Girod, 2009),另一个关于国际气候政策构造的国际情景是 EMF 22(Clarke, 2009),其它的如

Kram(2000)等开发全球性和地区性温室气体(GHG)排放情景,KeiGomi(2009)利用未来的开放性与不确定性,开发了京都市的低碳情景,Tola(2007)利用 SRES 情景模型开发预测美国未来的情景变化,并预测了最佳的排放量。国外在应用情景分析方法研究碳排放减排问题上积累了丰富的经验,在如何构建情景、情景关键参数的选择、应用情景做行业敏感性分析等方面可资借鉴。

也有大量的中国学者从各个角度利用情景分析工具对中国碳排放问题做了研究,如戴彦德等(2002)、岳超等(2010)、王倩倩等(2009)、戴彦德等(2010)等对未来碳排放量进行了估算。张斌(2009)从行业的角度,陈俊武等(2011)则以碳排放强度为目标进行讨论。

在政策研究工具选择上,有较多的学者采用 CGE 模型来研究各类气候问题。比如,郑玉歆,马纲(1999)等通过构建 PRGEM 模型,分析了用碳税控制中国 CO₂ 排放的影响;贺菊煌(2003)开发了能区分增值税和产值税的 CGE 模型,分析碳税对中国经济的影响;王灿(2003)建立一个中国能源-经济-环境动态 CGE 模型。

以上分析表明,现有能源强度研究主要还是侧重于对能源强度的分解与分析影响的相关因素,而对碳排放与碳排放强度目标的分析,更多的是强调碳排放强度目标实现的途径。

国内首先将两个目标放在一起进行理性思考的是郑玉歆(2011)。他从逻辑与现实角度分析两个目标可能存在的矛盾,从理论上对两个约束性指标放在一起可能存在的问题给予较为充分的表述。本文将在其基础上,通过构造“十二五”社会发展的减排情景,从定量角度来进一步量化两个约束目标可能存在的冲突。

要深入分析这种可能存在的冲突与矛盾,应完成以下两部分工作:第一,总结“十一五”期间能源强度目标实现的途径,并探索其中的基本特征;第二,通过构造相应的情景,实现对“十二五”期间的能源强度目标与碳排放强度目标实现的模拟,并估算出两者在执行时的可能情况。结合国家能源发展优化目标,分析两目标在同时实现时,可能出现的约束性冲突问题。

三、研究方法、参数选择与分解过程

(一)研究方法选择

本文的研究将分两部分用两种方法来进行。第一部分总结“十一五”期间的减排规律,采取分解法将“十一五”的能源强度与碳排放强度下降分解成产业结构(由产业结构变动所带来的节能)与技术进步(行业的能源效率的提高)两个因素,并分析各行业对总减排量的贡献率。第二部分将分析“十二五”能源强度与碳排放强度目标的实现路径。主要利用情景分析法,其中,各情景设计中的参数通过综述的方式得出,然后,结合“十一五”期间的减排基本规律,分别模拟“十二五”能源强度目标与碳排放强度目标的实现过程。最后通过逻辑分析与比较分析方法,对比分析两个强度目标在实现时可能存在的不一致。

(二)情景中的分析结构与参数选择

情景分析是对未来社会经济政策研究最有效的分析方法之一。情景设计时,一般会根据研究需要设计多种情景,就碳排放减排的研究而言,可以有反映基本发展趋势的基准情景(BAU)、表现不同发展预期的高强度减排情景与低强度减排情景等多种情景。考虑到本文的研究需要,我们暂建立一个基准情景。

本文的核心是在一个宏观经济平衡发展的框架内估算能源消费量与碳排放量。主要思路是通过设定相应的社会发展参数,比如 GDP 增长率、产业结构变化趋势、节能减排政策、城市化率以及能源结构的变化等参数,估算出各行业的经济活动规模以及能源消费量,汇总成五大类能源消费,并与各类能源的生产实现供需平衡。具体的分析框架见图 1。

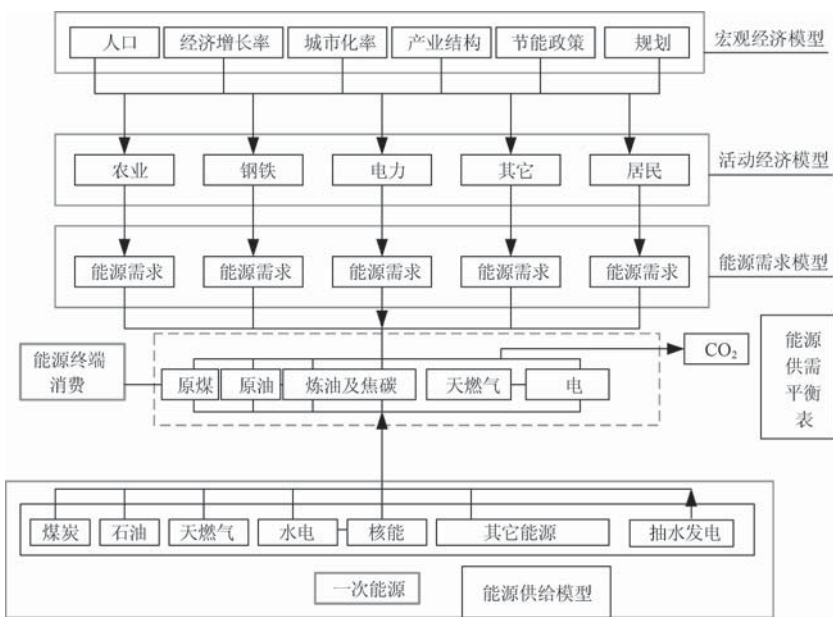


图 1 模型结构

基准情景中的主要宏观参数设定,假定 2011 到 2020 年 GDP 的平增长速度为 8.36%,三产业的结构比例由 2010 年的 11.07%:48.63%:40.3%变化为 2015 年的 10%:43%:47%。根据设定,到 2015 年 GDP 值(以 2005 年可比价)将达到 456050.8 万元。其中,基准情景的主要参数列入表 1。

在基准情景中,各产业结构设计对分析结果的影响很大。为力求相对准确,本文采用趋势外推法,以历史年份产业结构的变动率为基础,外推未来五年的产业结构。为此,总结了自 1995 年以来的投入产出表,形成投入系数的时间系列数据,建立相应外推模型,以此实现对未来产业结构的具体化。由于现有投入产出表中的部门数并不一致,为统

一起见,取最少的 16 部门为基准部门,生成 2011 到 2015 年 16 部门的系列投入产出表。本文的部门分类源自中国能源统计年鉴,共 44 个部门。预测的 16 部门的投入产出表可作为 44 个部门更高大类,并按大类同比例增长原则来生成未来 44 部门投入产出表。该表不但包含了产业结构的信息,同时也包括了未来 GDP 增长率的信息,是下步分析的基础。在整理 2005 年到 2010 年的实际数据的基础上,根据情景中的产业结构的假定,完成 2011 年到 2015 年的产业结构的基本数据(付加锋和刘小敏,2010)。各类能源的碳排放系数是碳排放量估算的关键因素,也是情景设计中的重要参数。合理的碳排放系数能更准确估算碳排放,它受碳排放源的选择与能源物理单位的选择两方面的影响一方面。就碳排放来源而言,现实世界中有多种排放来源,如能源生产过程,能源消耗过程,也有最终产品在使用与废弃时的排放等多种形式,主要排放量还是发生在能源消耗过程中。为简化处理起见,本文只关注各类能源在终端消费时的碳排放系数。

另一方面,在估算碳排放系数时,应注意各类能源物理单位不同,其碳排放系数也不同。一般在能源总量统计分析时,常将各类能源统一转化为标准煤来处理。但是,不同品质的标准煤的排放

表 1 基准情景(单位:%)

基准情景	2010 年	2015 年
GDP 增长率(平均值)	8.36	
三产业结构		
第一产业	11.07	10
第二产业	48.63	43
第三产业	40.30	47
能源结构优化		
煤	67.44	63
石油	18.53	17.1
天然气	4.46	8.3
非化石能源	9.57	11.6

系数也应不同,如单以标准煤乘排放系数,会造成误差。所以在估算时,应以转换前的能源来估算,虽然都是以标准煤为计量单位。

另外,在计算碳排放时,有必要再对碳排放(单位是 C)与二氧化碳(单位是 CO₂)排放量做一个区分。由于二氧化碳的化学原子量是 44,而碳是 12,因此存在着二氧化碳排量=碳排放量×44/12 的计算关系。为简单处理,本文统一采用碳(C)作为计算单位。经换算处理,相应的能源的标煤排放量如表 2。

表 2 碳排放系数

原料名	发热量	碳排放系数	碳排放量 (KgC/kg)	二氧化碳排放量 (KgC/kg)
1kg 原煤	20908 千焦 / (5000 千卡) / 千克	25.8kgC/GJ	0.539	1.978
1kg 原油	41816 千焦 / (10000 千卡) / 千克	20kgC/GJ	0.836	3.067
1kg 天然气	38931 千焦 / (9310 千卡) / 立方米	15.3kgC/GJ	0.596	2.184
1kg 焦炭	28435 千焦 / (6800 千卡) / 千克	29.2 gC/GJ	0.830	3.044
1kg 汽油	43070 千焦 / (10300 千卡) / 千克	19.5 gC/GJ	0.840	3.080

数据来源：中国能源统计年鉴,各种能源折标准煤参考系数。

(三)能源强度变化与碳排放强度变化的分解方法

能源强度下降可分解为两大类因素,一类是基于产业结构变化的节能优化,另一部分是技术进步的能源效率提高。能源强度计算公式分解：

$$EI = \frac{E}{Y} = \frac{\sum E_i}{Y} = \frac{\sum e_i \times Y_i}{Y} = \sum e_i \times y_i \quad (1)$$

其中 EI ; E : 能源消费总量; Y : GDP 值; i : 各行业; y_i : 各行业的占总产出比。

因此,能源强度变化公式:

$$\begin{aligned} \Delta EI &= \sum e_{in} \times y_{in} - \sum e_{i0} \times y_{i0} = \sum e_{in} \times y_{in} - \sum e_{i0} \times y_{in} + \sum e_{i0} \times y_{in} - \sum e_{i0} \times y_{i0} \\ &= [\sum (e_{in} - e_{i0}) \times y_{in} - \sum e_{i0} \times (y_{in} - y_{i0})] \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $i0$: 各行业基年; in : 报告期年。

基于同样的方法对碳排放强度下降做进一步分解,并将其分解为产业结构变动贡献与碳排放强度变动贡献。

$$\begin{aligned} \Delta CI &= \sum c_{in} \times y_{in} - \sum c_{i0} \times y_{i0} = \sum c_{in} \times y_{in} - \sum c_{i0} \times y_{in} + \sum c_{i0} \times y_{in} - \sum c_{i0} \times y_{i0} \\ &= [\sum (c_{in} - c_{i0}) \times y_{in} - \sum c_{i0} \times (y_{in} - y_{i0})] \end{aligned} \quad (3)$$

其中, c_{in} 碳排放强度, i 为终期, 0 为初期。

四、数据处理初步结果

(一)“十一五”期间能源强度与碳排放强度下降幅度比较

“十一五”期间,中国政府实施了大量的节能减排政策,取得了较为明显的成就。尽管“十一五”的能源强度下降的最终目标没能实现,但是客观来讲,考虑到中国正处于工业化的阶段的事实,从最终下降的幅度来说,应该还是不错的。为了分析各产业间的能源强度下降规律,本文暂时剔除居民的能源消费。这并不会影响最后的结论,因为通过将未剔除的能源强度下降率与剔除后的能源强度下降率进行比较发现,两者差别不大。剔除居民能源消费量后发现,“十一五”期间能源强度下

降了 17.75%,而碳排放强度下降了 18.21%,能源强度下降率相应比碳排放强度要低一些,但是没有想象中高。差别仅为 0.5%。具体见表 3。

表 3 “十一五”期间能源强度与碳排放强度下降比较

未考虑居民消费	2005 年	2010 年	下降率(%)	下降量
能源强度(万 tce/万元)	1.1565	0.9512	-17.75	-0.2053
碳排放强度(万 t-C/万元)	0.8170	0.6682	-18.21	-0.1488

数据来源:中国统计年鉴 2011 数据整理。

不难发现,造成这种现象的原因是能源强度与碳排放强度的计算差别。在计算时,碳排放量等于能源消费量乘上碳排放系数,因此,如果碳排放系数变化较小,那么由此计算出来的能源强度与碳排放强度的差别也就较小。碳排放系数是由终端消费的能源结构决定的,如果消费结构中的非化石能源比重较高,则总的碳排放系数相对就会较小。因此,可以说,综合的能源碳排放系数变化率就较小。这一点,我们可以从“十一五”期间的能源消费结构的变化得到佐证,2006 年到 2009 年中煤炭占比保持在 70%以上,直到 2010 年才降为 68%^①,而其它的清洁能源,如水电、核电等保持较平稳的增长,幅度不大。

(二)“十一五”的节能成因分解

我们根据公式(1)-(3),对“十一五”期间的能源强度下降与碳排放强度下降的成因进行了分解,并将其转化为各行业的下降贡献度。农林牧渔业下降了 0.0121tce/万元,其贡献度为 5.897%。另外,化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业属于贡献较大的几个行业,分别贡献了 16.4%、12.8%、13.9%。我们采用类似的方法对于碳排放强度作了分解与贡献度分析,对比分析两组结果,可以看出,能源强度与碳排放强度在各产业的贡献度大小比较近似,主要行业分布也比较近似。但在贡献率上,并没有完全相等,造成这种不相等的原因是不同行业之间的碳排放系数的不同。详细数据因篇幅原因,在此省略。

(三)国家“十二五”规划中碳排放强度目标与能源强度目标实现的途径分析

根据国家“十二五”规划中的目标,我们可以从总量上估算出 2015 年相应的能源消耗量与碳排放量。其中,2015 年,在未考虑居民能源消费与森林时,能源消费量将达 364401.06 万 tce,碳排放量在 252933 万 t-C。如果考虑到居民能源消费,则 2015 年的能源消费量近 407768.02 万 tce,碳排放量达 281831.71 t-C。这两组数值是我们在对未来五年 GDP 增长的情景预测的基础上估算出来的,这个结果同《中国能源发展报告(2011)》中预测值 41 亿吨是比较接近的。有关“十二五”能源强度目标与碳排放强度目标见表 4。

表 4 中有关国家“十二五”能源强度与碳排放强度目标均为总量目标,但是,总量目标的实现需要转化为各行业的分解目标。社会发展的复杂性使得准确预测各行业的减排目标困难较大,为了简化分析,我们假定国家五年的发展基本形式与方向没有根本性的转变,特别是国家整体仍处于工业化阶段的时代特征不会大变,这样,国家“十一五”期间的采用各类节能减排行政管理与财政政策会得到延续,各行业的节能趋势基本保持一致。因此,我们利用前文对“十一五”期间的能源强度与碳排放强度下降趋势估算出来的各行业的贡献率来完成“十二五”的碳排放强度与能源强度下降的模拟。当然,另一假设前提是“十二五”的两个节能约束目标能实现。具体的模拟结果如表 5。

① 数据来源:中国能源统计年鉴 2011。

表4 “十二五”能源强度目标与碳排放强度目标

未考虑居民消费	2010年 初始值	2015年目标值 下降率(%)	折算成 目标值	需要下降 的量值	未来的总量 估算(万 tce)
能源强度(万 tce/万元)	0.95	0.16	0.80	-0.15	364401.06
碳排放强度(万 t-C/万元)	0.67	0.17	0.55	-0.11	252933.95
考虑居民消费	2010年	2015年目标值 (%)	折算成 目标值	需要下降 的量值	未来的量值 (万 tce)
能源强度(万 tce/万元)	1.06	0.16	0.89	-0.17	407768.02
碳排放强度(万 t-C/万元)	0.74	0.17	0.62	-0.13	281831.71

表5 2015年行业的能源强度与碳排放强度估算结果

行 业	能源强度(万 tce/万元)	能耗(万 tce)	碳排放强度(万 t-C/万元)	碳排放量(万 t-C)
农林牧渔水利业	0.1163	5583.28	0.0779	3738.65
煤炭开采和洗选业	2.0841	13548.34	1.4744	9584.86
石油和天然气开采业	0.4388	3668.54	0.2243	1875.39
黑色金属矿采选业	1.2950	2290.74	0.9214	1629.90
有色金属矿采选业	0.8666	1218.99	0.6015	846.06
非金属矿采选业	0.5930	1314.90	0.4022	891.71
农副食品加工业	0.4708	2782.54	0.3284	1941.11
食品制造业	0.6961	1545.61	0.4809	1067.83
饮料制造业	0.4908	1099.60	0.3364	753.70
烟草制品业	0.0364	118.33	0.0223	72.57
纺织业	0.9321	6339.36	0.6448	4385.17
纺织服装、鞋帽制造业	0.2447	875.36	0.1675	599.27
皮革羽毛(绒)及其制品业	0.2097	419.50	0.1437	287.47
木材加工及木草制品业	1.1463	1293.38	0.8003	903.02
家具制造业	0.3385	298.37	0.2262	199.40
造纸及纸制品业	2.6288	3672.17	1.8485	2582.11
印刷业和记录媒介的复制	0.5760	496.16	0.3892	335.24
文教体育用品制造业	0.3775	180.35	0.2454	117.22
石油加工、炼焦等加工业	2.2034	21010.62	1.4541	13865.42
化学原料及化学制品制造业	3.8525	32974.48	2.6419	22612.55
医药制造业	0.5607	1480.36	0.3838	1013.20
化学纤维制造业	1.2808	1182.12	0.8760	808.47
橡胶制品业	1.4968	1690.95	1.0448	1180.32
塑料制品业	0.9337	2698.14	0.6455	1865.33
非金属矿物制品业	2.2772	32467.49	1.6043	22874.18
黑色金属冶炼及压延加工业	4.0876	76283.09	3.2130	59961.00
有色金属冶炼及压延加工业	2.2283	19666.22	1.5773	13921.36
金属制品业	0.6147	5222.66	0.4272	3629.75
通用设备制造业	0.3926	4519.32	0.2785	3206.05

续表

行 业	能源强度(万 tce/ 万元)	能耗(万 tce)	碳排放强度(万 t-C/ 万元)	碳排放量(万 t-C)
专用设备制造业	0.3841	2375.91	0.2682	1659.38
交通运输设备制造业	0.4780	5960.77	0.3291	4104.11
电气机械及器材制造业	0.3637	3267.57	0.2497	2243.03
通信设备及电子设备制造业	0.2889	3817.53	0.2001	2644.70
仪器仪表及文化机械制造业	0.2668	534.90	0.1829	366.60
工艺品及其他制造业	0.4829	1446.26	0.3326	996.15
回收加工业	0.0199	136.68	0.0140	95.97
电力、热力的生产供应业	2.4471	28451.92	1.7165	19957.50
燃气生产和供应业	1.6979	497.54	1.1936	349.79
水的生产和供应业	1.6971	1227.55	1.1817	854.76
建筑业	0.5410	9881.48	0.3329	6080.32
交通运输、仓储和邮政业	0.9955	33684.93	0.5464	18490.19
批发、零售业和住宿、餐饮业	0.2678	8762.95	0.1813	5933.82
其他行业	0.0802	7733.93	0.0539	5198.68
生活消费	0.4635	10680.19	0.3129	7210.64
汇总		364401.06		252933.95

五、“十二五”规划中能源强度与碳强度目标的冲突分析

两个性质较为相近的约束性目标,在制定与执行政策时可能会产生一定的冲突,主要表现在:能源结构优化后两个目标之间存在调控总量的差距;森林碳汇的作用将会加大这种差距;能源强度下降与碳排放强度下降的机理上,将会在部分行业间形成冲突。

(一)能源结构优化后的碳排放强度目标与能源强度目标之间的差距分析

虽然能源消费结构在“十一五”期间没有多大的突破,但是从国家“十二五”能源发展规划来看,能源结构的优化将是“十二五”的重头戏,各类水电核电以及各类新能源将会有较大的发展机会。因此,有必要分析能源结构的优化对两个目标造成的影响。

根据国家“十二五”能源发展规划纲要中的相应要求,假定未来的能源结构优化是可能实现的,经过相应的转化分析,得出具体的能源消费结构,如表 6。

表 6 “十二五”期末规划中能源消费结构

能源品种	2010 年能源消费结构	2015 年能源结构
煤	0.3283	0.3007
油	0.1902	0.1710
天然气	0.0361	0.0830
煤电	0.3595	0.3293
水核电	0.0719	0.0900
其它能源	0.0141	0.0260

数据来源:根据中国能源统计年鉴 2011 及“十二五”能源发展规划整理。

表6说明了能源消费总量结构得到了优化,主要原因是原煤比例由32.83%下降为30.07%。经过折算,火电比也由原来的35.95%下降到32.93%,相应的水电、天然气以及其它能源的比重分别得到了提升。

这种能源消费总量结构的变化转化为各行业的能源消费结构时,是不可能完全一致的。但是基本方向的一致还是值得认可的。因此,可以假定2015年的各行业的用能结构变化同总的能源结构变化保持一致,并估算出2015年各行业的碳排放系数。同时,我们将2015年的碳排放系数同2010年碳排放系数作比较,发现两者相差还是比较大的,具体见表7。

表7 2015年碳排放系数估算与同2010年碳排放系数比较

行业	2010年碳排放系数	规划目标下2015年碳排放系数	能源结构优化后的碳排放系数	优化后碳排放系数的变动率
农林牧渔水利业	0.6737	0.6696	0.6135	-8.37
煤炭开采和洗选业	0.7247	0.7075	0.6593	-6.81
石油和天然气开采业	0.5845	0.5112	0.4997	-2.25
黑色金属矿采选业	0.7129	0.7115	0.6193	-12.95
有色金属矿采选业	0.7031	0.6941	0.5931	-14.54
非金属矿采选业	0.7011	0.6782	0.6211	-8.42
农副食品加工业	0.7126	0.6976	0.6386	-8.46
食品制造业	0.7108	0.6909	0.6370	-7.80
饮料制造业	0.7154	0.6854	0.6460	-5.75
烟草制品业	0.7032	0.6133	0.6058	-1.23
纺织业	0.7096	0.6917	0.6107	-11.71
纺织服装、鞋、帽制造业	0.6977	0.6846	0.6108	-10.77
皮革羽毛(绒)及其制品业	0.6961	0.6853	0.6007	-12.34
木材加工及木草制品业	0.7121	0.6982	0.6264	-10.28
家具制造业	0.6810	0.6683	0.5863	-12.27
造纸及纸制品业	0.7201	0.7032	0.6467	-8.03
印刷业和记录媒介的复制	0.6880	0.6757	0.5787	-14.35
文教体育用品制造业	0.6831	0.6500	0.5844	-10.10
石油加工、炼焦等加工业	0.6435	0.6599	0.5859	-11.21
化学原料及化学制品制造业	0.6926	0.6858	0.6104	-10.98
医药制造业	0.7072	0.6844	0.6183	-9.67
化学纤维制造业	0.7060	0.6839	0.6017	-12.02
橡胶制品业	0.7074	0.6980	0.6096	-12.67
塑料制品业	0.6973	0.6913	0.5908	-14.55
非金属矿物制品业	0.7204	0.7045	0.6759	-4.06
黑色金属冶炼及压延加工业	0.7936	0.7860	0.7521	-4.32
有色金属冶炼及压延加工业	0.7097	0.7079	0.6027	-14.85
金属制品业	0.6998	0.6950	0.5879	-15.41
通用设备制造业	0.7195	0.7094	0.6296	-11.25
专用设备制造业	0.7088	0.6984	0.6179	-11.53

续表

行业	2010 年碳排放系数	规划目标下 2015 年碳排放系数	能源结构优化后的碳排放系数	优化后碳排放系数的变动率
交通运输设备制造业	0.6931	0.6885	0.5899	-14.33
电气机械及器材制造业	0.6885	0.6865	0.5795	-15.59
通信设备及电子设备制造业	0.6886	0.6928	0.5705	-17.64
仪器仪表及文化机械制造业	0.6892	0.6854	0.5803	-15.33
工艺品及其他制造业	0.7064	0.6888	0.5990	-13.03
回收加工业	0.7024	0.7022	0.6262	-10.81
电力、热力的生产供应业	0.7080	0.7014	0.5953	-15.13
燃气生产和供应业	0.6831	0.7030	0.5769	-17.94
水的生产和供应业	0.7021	0.6963	0.5793	-16.81
建筑业	0.6204	0.6153	0.5885	-4.36
交通运输、仓储和邮政业	0.5703	0.5489	0.5564	1.35
批发、零售业和住宿、餐饮业	0.6890	0.6771	0.5941	-12.27
其他行业	0.6767	0.6722	0.5941	-11.62
生活消费	0.6793	0.6751	0.5965	-11.64

可以看出,能源结构优化后的碳排放系数下降比较大,这实际是为碳排放的减排创造了大量的空间。也就是说,在原有的能耗水平下,只需要更小的碳排放量,或者是在同样的碳排放量约束下,可以实现更多的能源消耗量。因此,再回头考察“十二五”规划中能源强度目标与碳排放目标时,就会发现不一致的地方。如果以优化碳排放强度来估算碳排放量,只有 231861.15 万 t-c,相比目标值低了 8.33%。如果以这样的碳排放强度来估算能耗量,要实现 398387.83 能耗空间,须比计划值高出 9.33%。具体见表 8。

表 8 优化碳排放系数计算的碳排放量与能源消费量

2015 年	2015 年目标值(万吨)	以优化碳排放系数计算(万吨)	变化比例(%)
行业能耗量	364401.06	398387.83	9.33
行业碳排放量	252933.95	231861.15	8.33

(二)森林碳汇的影响分析

森林碳汇对于碳排放的减排的作用也是很大的。根据“十二五”规划要求,中国森林覆盖率将由 2010 年的 20.36% 上升到 2015 年 21.66%。根据中国绿色碳汇基金会秘书长李怒云的估算,2010 年实际碳汇量达到 5 亿吨左右,按照这种比例折算,新增的森林覆盖率可实现新增碳汇约 3100 万吨,与未考虑到居民能源消费时的总碳排放量相比,约可减少 1.26% 的碳排放量。因此,由于森林碳汇的作用,能源强度目标与碳排放强度目标的差距会进一步扩大,达到 9%~10%。

(三)能源强度与碳排放强度目标的实施会引起行业间冲突

总的约束目标最终会通过各种方式分解到各行业并形成行业目标来实现。然而,在实施时,能源强度目标与碳排放强度目标会在一些重要的减排行业上产生方向性的冲突。比如,能源强度目标将不可避免地有抑制高能耗行业的发展冲动,而碳排放强度目标的实现,除了节能外,从我国的能源发展规划来看,重点还是在以发展清洁能源为导向的能源结构的改善上,特别是要重点发展

风电、太阳能、水电核电等清洁能源。然而,这些行业却是高能耗行业紧密相关的。像太阳能中的光伏产业,本身是一个资金技术与能源密集性行业,通过先消耗能量再提供能量的方式来运作,以此来获得额外的太阳能,同样存着前期大量能源投入的问题(郑天航,2006)。水电与核电的前期投入更是巨大,需要大量的金属与非金属材料。虽然通过清洁能源、新能源来开发利用来改善国家长期的能源结构是必要的,但是存在着短期的能源投入产出问题,它同在短期内可实现能源强度改善的重点行业具有较大的相关性,能源强度与碳排放强度目标存着行业间的短期发展冲突。

六、结论及政策建议

“十一五”期间能源强度下降幅度与碳排放强度下降幅度差别不大。根据估算,在剔除居民生活消费后,总碳排放强度下降与能源强度下降幅度差别不大,分别为 17.75% 和 18.21%,差别为 0.46%。根据对“十一五”期间终端能源消费结构的分析发现,消费能源结构变动较小是造成两者变动差距不大的主要原因。

“十二五”规划目标中,碳排放强度下降目标与能源强度下降约束目标会存在约 10% 左右的差别。在考虑到“十二五”的能源消费结构优化条件下情景比较分析时,我们发现,能源强度与碳排放强度下降目标两者之间存在着一定的不一致性。比如只考虑单个约束,即在 17% 碳排放强度目标实现时,能源使用量可比原 16% 目标下新增 9.33%;如能源强度目标实现时,碳排放总量将新增 8.33% 的排放空间。如果进一步考虑森林新增碳汇达 3100 万吨的作用,将会进一步分别增加 1.2% 的能源使用或减排量的拓展空间。这样,两个目标约束时的一致性使得政策在执行实施时,存在两难选择:即如果以碳排强度目标达标为约束,那么能源消费总量额度就会比能源强度目标下要小近 10%。

从实际操作角度与经济学角度,两个约束目标同时进行会带来困难。从目标操控角度来看,如果同时把能源消耗强度和碳排放强度大幅度下降作为“十二五”的约束性指标,在政策制定与考核时,可能会出现两个指标不易协调的问题。如果允许能源强度目标达标,则碳排放强度目标会超标,反之,如果碳排放强度目标达标,则会形成能源约束过紧,这与实际的能源需求可能形成矛盾。

从行业的角度,约束目标实现路径之间的差距会在行业发展政策制定上形成冲突。能源强度目标,将会自然地对一些高能耗的产业(或能源强度高的产业)形成抑制。碳排放强度目标,除节能之外主要实现方式是能源结构的优化,而能源结构的优化则需要大量的初期高能高资本的投入,比如水电、核电以及风电、太阳能等,这必然会提高短期的能源需求。因此,两者必然在产业发展上形成一定的冲突。

从经济学角度,效率最高的产业应得到更大的市场份额。由于化石能源的经济成本相比新能源等要低很多,理应得到更多的利用。但是,在总的能源消费量约束下,如果采用相应的行政措施来强制性降低化石能源的比重,从而提升非化石能源的话,须付出相应的经济代价。而且,在实际执行政策时,会存在着各种困难,造成一定的管理与执行成本。

总之,通过对“十一五”期间的能源强度与碳排放强度的变化规律分析发现,两者变化不大,主要原因是该期间能源结构优化不大。在利用情景分析方法对“十二五”的能源强度目标与碳排放强度目标后发现,两个约束性指标将会给我国的节能减排政策的制定与实施带来麻烦,而且也不利于能源发展规划的实现。考虑到碳排放强度目标包含了提高能源效率的要求,因此,放松能源强度目标,以碳排放强度目标约束为我国节能减排政策制定的依据,将可以规避同时设立两个约束性指标所带来的被动以及能耗强度考核指标所带来的种种弊端。这就为更合理、更有效、更主动的能耗规制创造了有利条件。

参考文献

- 陈俊武、陈香生(2011):《中国中长期碳减排战略目标初探(Ⅶ)——中国能源需求暨碳排放情景分析讨论》,《中外能源》,第 11 期。
- 戴彦德、朱跃中(2002):《中国可持续能源发展情景及其碳排放分析》,《中国能源》,第 11 期。
- 戴彦德、朱跃中、白泉(2010):《中国 2050 年低碳发展之路——能源需求暨碳排放情景分析》,《经济研究参考》,第 26 期。
- 樊茂清、任若恩、陈高才(2010):《技术变化、要素替代和贸易对能源强度影响的实证研究》,《经济学(季刊)》,第 1 期。
- 樊茂清、周亚颖(2011):《能源价格变化、技术变化和信息化投资对能源强度的动态影响研究》,《经济问题》,第 5 期。
- 冯相昭、邹骥(2008):《中国 CO₂ 排放趋势的经济分析》,《中国人口、资源与环境》,第 3 期。
- 付加铎、刘小敏(2010):《基于情景分析法的中国低碳经济研究框架与问题探索》,《资源科学》,第 2 期。
- 韩智勇、魏一鸣、范英(2004):《中国能源强度与经济结构变化特征研究》,《数理统计与管理》,第 1 期。
- 何建坤、刘滨(2004):《作为温室气体排放衡量指标的碳排放强度分析》,《清华大学学报(自然科学版)》,第 6 期。
- 贺菊煌、沈可廷(2002):《碳税与 CO₂ 减排的 CGE 模型》,《数量经济与技术经济研究》,第 10 期。
- 胡初枝、黄贤金、钟太洋、谭丹(2008):《中国碳排放特征及其动态演进分析》,《中国人口、资源与环境》,第 3 期。
- 李力、王凤(2008):《中国制造业能源强度因素分解研究》,《数量经济技术经济研究》,第 10 期。
- 李全生、郁璇(2012):《我国碳强度减排的实施路径研究》,《西南交通大学学报(社会科学版)》,第 2 期。
- 林伯强、孙传旺(2011):《如何在保障中国经济增长前提下完成碳减排目标》,《中国社会科学》,第 1 期。
- 林卫斌、俞燕山(2011):《论我国实现碳强度目标的路径选择》,《学习与探索》,第 2 期。
- 齐志新、陈文颖(2006):《结构调整还是技术进步?——改革开放后我国能源效率提高的因素分析》,《上海经济研究》,第 6 期。
- 宋德勇、卢忠宝(2009):《中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究》,《中国人口、资源与环境》,第 3 期。
- 孙传旺、刘希璐、林静(2010):《碳强度约束下中国全要素生产率测算与收敛性研究》,《金融研究》,第 6 期。
- 王灿(2003):《基于动态 CGE 模型的中国气候政策模拟与分析》,清华大学博士学位论文。
- 王金南、蔡博峰、曹东、周颖、刘兰翠(2011):《中国 CO₂ 排放总量控制区域分解方案研究》,《环境科学学报》,第 4 期。
- 王金南、蔡博峰、严刚、曹东、周颖(2010):《排放强度承诺下的 CO₂ 排放总量控制研究》,《中国环境科学》,第 11 期。
- 王倩倩、黄贤金、陈志刚(2009):《基于环境负荷模型的中国碳排放情景分析》,《生态经济》,第 1 期。
- 王中英、王礼茂(2006):《中国经济增长对碳排放的影响分析》,《安全与环境学报》,第 5 期。
- 叶素云、叶振宇(2010):《FDI 对我国地区能源强度影响的经验研究》,《国际贸易问题》,第 9 期。
- 岳超、王少鹏、朱江玲、方精云(2010):《2050 年中国碳排放量的情景预测——碳排放与社会发展 IV》,《北京大学学报(自然科学版)》,第 4 期。
- 张斌(2009):《2020 年我国能源电力消费及碳排放强度情景分析》,《中国能源》,第 3 期。
- 张炎治、聂锐(2009):《我国进出口贸易对能源强度的影响效应》,《中国矿业》,第 4 期。
- 张友国(2010):《经济发展方式变化对中国碳排放强度的影响》,《经济研究》,第 4 期。
- 郑天航(2006):《光伏产业的能耗、投资经济性及其社会效益分析》,《上海电力》,第 4 期。
- 郑玉歆(2011):《节能减排须减少盲目性——关于能源消耗强度指标的若干思考》,《学习与实践》,第 9 期。
- 郑玉歆、樊明太(1999):《中国 CGE 模型及政策分析》,社会科学文献出版社。
- 周勇、李廉水(2006):《中国能源强度变化的结构与效率因素贡献——基于 AWD 的实证分析》,《产业经济研究》,第 4 期。
- Clarke, L. and J. Edmonds (2009): "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios", *Energy Economics*, 31, 64–81.
- Girod, B. and A. Wiek (2009): "The Evolution of the IPCC's Emissions Scenarios IPCC", *Environmental Science & Policy*, 12, 103–118.
- Gomi, K., K. Shimada and Y. Matsuok (2009): "A Low-carbon Scenario Creation Method for A Local-scale Economy and Its Application in Kyoto City", *Energy Policy*, 1, 1–14.
- Kram, T. and T. Morita (2000): "Global and Regional Greenhouse Gas Emissions Scenarios", *Technological Forecasting and Social Change*, 1, 335–371.
- Richard, S. and J. Tola (2007): "Carbon Dioxide Emission Scenarios for the USA", *Energy Policy*, 35, 5310–5326.

(责任编辑:周莉萍)