

中国能源效率及节能潜力分析

李建武, 王安建, 王高尚

中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心, 北京 100037

摘 要: 本文对比了中国、发达国家及全球平均的主要能源效率指标, 明确了中国当前的总体能源效率水平。通过对比产业和部门能源效率指标, 分析产生指标差距的原因和影响因素, 找出了能源效率差距所在, 并运用相关规律对一些能效指标的未来变化趋势进行判断, 进而确定了我国节能的潜力和主要领域。研究表明, 我国节能工作已取得巨大成就, 但仍有很大潜力。不同部门节能空间不同, 不同部门的能效指标会有不同表现。因此, 节能措施选择和目标设定要针对具体情况区别对待。

关键词: 能源效率; 效率指标; 节能

中图分类号: TK01; F206 文献标志码: A 文章编号: 1006-3021(2010)05-733-08

An Analysis of China's Energy Efficiency and Energy Conservation Potential

LI Jian-wu, WANG Aan-jian, WANG Gao-shang

Research Center for Strategy of Global Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037

Abstract: This paper deals with the level of China's overall energy efficiency based on comparing its general energy efficiency indicators with those of the developed countries and the global averages. By comparatively studying the indicators of industries and various departments and analyzing the affecting factors, the gap between China and the advanced countries in energy efficiency is found out. With the application of related rules, the trends of some indicators are determined, with which the potential and the major fields of energy conservation are identified. The results show that, though great achievements have been made, there is still potential for further improvement. The space of improvement varies from department to department, and some indicators will move in different directions in the future. Therefore special consideration must be given to specific departments in adopting measures and setting goals.

Key words: energy efficiency; efficiency indicator; energy conservation

节能作为提高能源安全保障程度和减少 CO₂ 排放的重要手段, 已为各国所重视。我国《“十一五”规划纲要》中提出了单位国内生产总值(GDP)能源消耗较 2005 年下降 20% 的约束性指标。然而执行过程中发现该任务异常艰巨。据测算, 若要实现此目标, “十一五”的最后一年 2010 年我国单位 GDP 能耗要比 2009 年降低 6.375%, 远高于前四年 1.79%、4.04%、4.95% 和 5% 的下降幅度(何祚庥, 2010)。“十一五”节能目标的实现何以如此之艰难? 经过近 20

年的节能减排, 我国的能源效率在国际上处于何种水平? 今后我国节能的潜力有多大? 节能应采取何种方式? 这些都是我们需要解答的问题。

节能, 即提高能源效率, 是指在服务或活动水平不变的条件下减少能源消耗量, 可通过技术创新、优化组织管理和改善部门经济条件来实现(WEC, 2008)。其评价指标主要有能源消费强度、能源转换效率、部门单位增加值能耗、单位产品(服务)能耗、单位能源产品(煤炭等)能耗、发电厂效率、再生能源

本文由地质调查项目(编号: N0702)资助。

收稿日期: 2010-07-18; 改回日期: 2010-08-29。

第一作者简介: 李建武, 男, 1967 年生。副研究员, 博士。主要从事矿产资源战略研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号。电话: 010-68999512。E-mail: jwli67@126.com。

占消费比例等(王彦彭, 2009, 2010)。

目前关于中国能源效率影响因素的研究有许多。有学者认为经济结构制约着能源消费强度的变化(尹敬东等, 2009; 张意翔等, 2009), 而有学者通过研究认为技术进步是提高能源效率的主要因素(郑畅, 2009); 有学者从波动角度分析了中国能源效率的变化(吴利学, 2009), 也有人用 DAE 模型对中国的能源效率趋势进行了分析(何文强等, 2009), 也有学者从能源消费、经济增长和能源效率的关系入手, 并根据经济惯性原理, 发现了能源效率的变化趋势(曾胜等, 2009)。

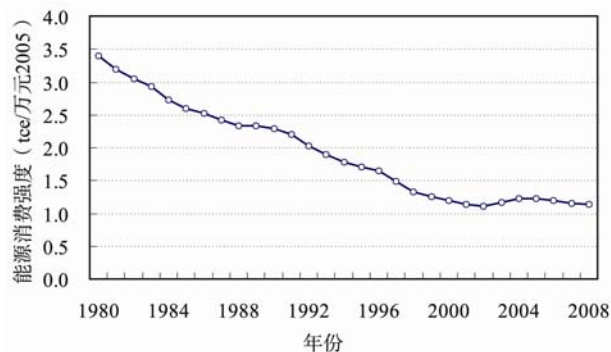
本文通过中国与先进国家和地区的若干指标对比, 首先对我国能源效率总体水平做出判断, 然后依据能源消费与社会经济发展之间的规律, 对主要耗能部门的能源效率趋势进行分析, 对其节能潜力做出判断。

1 我国能源效率的总体状况

自 1980 年以来, 我国的节能减排取得巨大成效, 是全球能源消费强度下降最快的国家(IEA, 2008a, b)。按 2005 年不变价格计算, 1980 年我国一次能源消费强度为 3.405 tce/万元, 到 2002 年降至 1.08 tce/万元, 22 年间平均年降幅为 5%。从 2003 年开始, 我国一次能源消费强度的下降趋势发生逆转, 连续三年出现小幅攀升。2006 年, 国家将能源消费强度降低 20% 作为“十一五”期间的约束性指标, 采取了诸多强力措施, 使消费强度再次下降, 但下降幅度明显变小, 表明节能难度加大(图 1)。

2 我国能源效率总体水平分析

能源消费强度是反映一个国家或地区整体能源效率水平的综合性指标, 表示的是生产单位 GDP 所



注: GDP 按 2005 年不变价计算; 数据来源: 中国统计年鉴(历年)。

图 1 我国一次能源消费强度变化趋势

Fig. 1 Trend of China's energy consumption intensity

消耗的能源数量(WEC, 2008)。为在国家间进行比较, 本文所使用的 GDP 数据为世界银行按购买力平价(PPP)折算的 2005 年国际美元数据。另外, 为消除经济结构对能源消费强度的影响, 更准确地比较各国能源效率的差异, 本文使用了统一经济结构的能源消费强度指标, 即使用本国的产业能源消费强度和欧盟的经济结构比例来计算消费强度。能源消费强度分为一次能源消费强度和终端能源消费强度两类。

2.1 一次能源消费强度分析

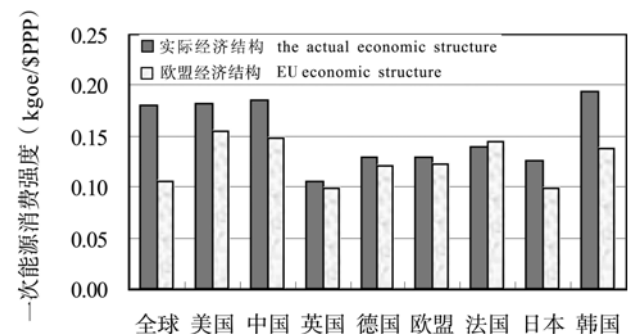
一次能源消费强度表示生产单位 GDP 所消耗的一次能源数量。图 2 是中国与世界主要国家和地区的一次能源消费强度对比。

2007 年, 中国一次能源消费强度略高于世界平均水平, 但与欧洲发达国家相比差距较大。2000 年中国的一次能源消费强度为 0.2 kgoe/\$PPP, 是欧盟的 1.37 倍, 英国的 1.77 倍; 去除经济结构的影响之后, 该指标降为 0.159 kgoe/\$PPP, 是欧盟的 1.14 倍, 英国的 1.35 倍。2007 年, 中国的一次能源消费强度降为 0.186 kgoe/\$PPP, 但与发达国家的差距加大, 达到欧盟的 1.44 倍。由于缺乏相关的数据, 我们无法准确计算 2007 年修正经济结构后中国与欧盟的差距, 根据各方面因素估算, 应在 1.5~2 倍之间。

2.2 终端能源消费强度分析

由于一次能源消费强度指标受能源结构和转换效率等因素的影响较大, 为更准确地了解中国的终端能源使用效率, 需要使用终端能源消费强度指标进行国家间的比较(图 3)。

中国的终端能源消费强度略高于世界平均水平, 2000 年为 0.136 kgoe/\$PPP, 是能效最好的英国的 1.58 倍; 修正经济结构后, 该指标降为 0.114 kgoe/



数据来源: 法国能源统计公司 ENERDATA, 2010; 按欧盟经济结构计算的中国能源消费强度为推导数据。

图 2 2007 年中国及主要国家和地区一次能源消费强度
Fig. 2 Primary energy consumption intensity of China and other countries or regions in 2007

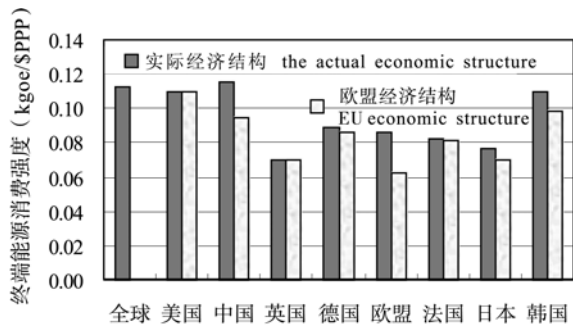


图3 2007年中国及主要国家和地区终端能源消费强度 (数据来源: ENERDATA, 2010)

Fig. 3 Final energy consumption intensity of China and other countries or regions in 2007 (Source: ENERDATA, 2010)

\$PPP, 是英国的 1.36 倍。2007 年, 中国的一次能源消费强度降为 0.115 kgoe/\$PPP, 是英国的 1.64 倍, 修正经济结构后估计应为英国的 1.5 倍左右。

2.3 对比评述

对比发现, 尽管我国的节能降耗已取得巨大成就, 但总体能源效率水平与世界先进国家相比仍有较大差距(王安建等, 2010; 王安建, 2010; 王高尚, 2010; 王高尚等, 2002; 李玉喜等, 2009)。指标数据表明, 我国终端能源消费强度与先进国家的差距要小于一次能源消费强度, 这与我国能源整体转换效率偏低有关。另外, 消除经济结构影响之后的指标表现要好于未消除经济结构影响的指标, 表明我国当前的经济结构对能源消费强度有负面影响。需要指出的是, 由于缺乏相关数据, 我们只能消除宏观经济结构的影响, 而无法消除工业内部结构的影响。目前我国钢铁、水泥、有色、化工等高耗能行业所占比例较高, 这无疑会对指标表现造成负面影响。据此判断, 我国总体能源效率与世界先进水平之间的实际差距要小于指标数据所显示的差距。

3 我国产业能源效率分析

为深入了解我国能源效率水平, 确定差距之所在, 需要对各产业、产业内部主要部门的能源消费强度(产业或部门能源消费量与增加值之比)进行比较、分析。图 4 是我国与世界主要国家工业、农业和服务业能源消费强度的对比。

图 4 表明, 中国的工业能源消费强度低于世界平均水平, 与欧盟水平接近; 农业能源消费强度与世界平均水平相当, 但低于发达国家; 服务业能源消费强度高于主要发达国家。总体而言, 中国分产业的能源消费强度指标好于总体能源消费强度指标。

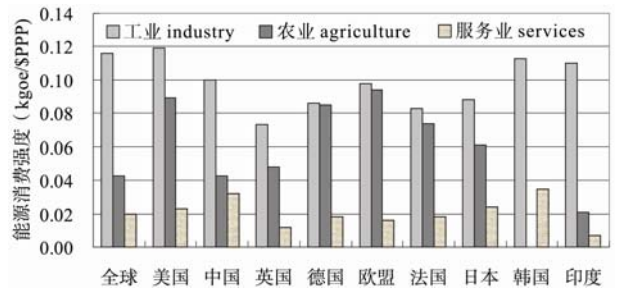


图4 2007年中国及主要国家和地区分产业终端能源消费强度 (数据来源: ENERDATA, 2010)

Fig. 4 Final energy consumption intensity (by industry) of China and other countries or regions in 2007 (Source: ENERDATA, 2010)

3.1 工业能源效率分析

工业是能源消费的主体, 2007 年我国工业能源消费占全国总量的 71.6%, 因此工业部门的能源效率在很大程度上决定着整体能源效率。2007 年, 我国工业能源消费强度为 0.1 kgoe/\$PPP, 比世界平均水平低约 14%, 但高于英国 37%, 与欧盟平均水平基本持平, 其表现优于一次能源和终端能源的消费强度。我国不同阶段工业能源消费强度与其它国家的差距见表 1。

在工业部门内部, 制造业是最大的能耗部门。2007 年, 中国制造业占工业能耗总量的 82.1%, 占全国能耗总量的 58.8%。中国不同阶段制造业消费强度与其它国家的差距见表 2。

2007 年我国制造业能源消费强度为 0.131 kgoe/\$PPP, 比全球平均水平低 23.84%, 比欧盟平均水平低 5.07%, 但较英、法、德、日等国要高, 其表现较工业能源消费强度更优。

表1 中国工业能源消费强度与部分国家差距(%)
Table 1 Difference of industrial energy consumption intensity between China and other countries (%)

国家	1980	1990	2000	2007
全球	180.70	76.40	-21.05	-13.79
美国	135.29	91.46	-23.36	-15.97
英国	428.93	278.31	31.25	36.99
德国	297.52	170.69	15.38	16.28
欧盟	247.83	127.54	-5.41	2.04
法国	276.47	173.04	-0.94	20.48
日本	392.31	237.63	12.90	13.64
韩国	229.90	132.59	-28.08	-11.50
印度	156.00	64.40	-26.57	-9.09

注: 表内数值计算公式为:
(中国指标-对比国指标)/对比国指标*100;
数据来源: ENERDATA, 2010

表 2 中国制造业能源消费强度与部分国家差距(%)
Table 2 Difference of energy consumption intensity in manufacturing sector between China and other countries (%)

国家	1980	1990	2000	2007
全球	NA	33.10	-31.34	-23.84
美国	85.95	50.39	-30.65	-25.14
英国	434.93	235.09	14.05	12.93
德国	279.13	152.98	17.95	22.43
欧盟	206.27	96.91	-11.54	-5.07
法国	244.05	146.45	-4.83	10.08
日本	319.89	182.96	6.98	9.17
韩国	130.38	72.85	-31.00	-12.08
印度	70.52	15.06	-42.50	-30.69

注: 表内数值计算公式与数据来源同表 1

考虑到我国当前的工业内部经济结构, 我国工业和制造业能源消费强度已经处于很低的水平。由于中国目前处于重工业化阶段, 各种原材料消费量极高, 使得我国钢铁、有色、建材、化工、石化等高能耗产业极为发达(王安建等, 2002)。而西方发达国家大都已经步入后工业化时代, 高能耗产业或已萎缩、或已转移到国外。工业内部结构的差异使得中国工业能源强度很难达到或低于英、法等老牌工业化国家的水平。未来二十年, 中国仍将处于快速工业化时期, 工业内部结构很难发生根本性改变, 因此工业能源消费强度很难再像 2000 年以前那样大幅下降(于汶加等, 2010; 邹愉等, 2010; 李铭等, 2010; 刘占成等, 2010; 徐铭辰等, 2010; 李晓明等, 2010)。但对于个别部门而言, 可以通过技术进步和淘汰落后产能等方式取得一定的节能成果。

以耗能大户钢铁部门为例, 2007 年, 我国吨钢能耗为 0.45 toe/t, 比全球第二钢铁大国日本高出 23.68%, 比美国高出 50%(图 5)。通过改进炼钢工艺、增加电炉钢比例和扩大企业规模等方式, 仍可进一步提高部门能源效率。

3.2 服务业能源效率分析

服务业的主要经济活动包括公共管理、商品流通以及其它服务性经济活动, 能源消耗以电能为主。因此其能效评价指标除能源消费强度外, 还有电能消费强度(即服务业电能消费量与产业增加值之比)。

2007 年我国服务业能源消费强度和电能消费强度分别比 2000 年增长了 60%和 101%, 达到 0.032 kgoe/\$PPP 和 157 kWh/\$PPP。这一变化虽符合全球整体趋势, 但与发达国家的差距却骤然加大。2000 年我国服务业能源消费强度仅比欧盟高 11%, 到

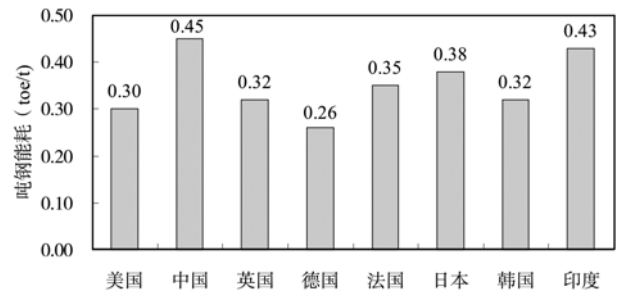


图 5 2007 年主要国家吨钢能耗

(数据来源: ENERDATA, 2010)

Fig. 5 Energy consumption per ton of steel (Source: ENERDATA, 2010)

2007 年这一差距增大到 101%(图 6)。

2007 年中国服务业能源和电能消费强度急剧增长的重要原因是服务业内部结构的升级。随着经济的发展, 传统的劳务型服务活动所占比重逐渐缩小, 新兴的专业技术型如信息、金融等服务活动所占比重逐渐增加, 其结果一是能源消费的增加, 二是能源结构向优质能源方向调整。

我国服务业的两项指标与发达国家存在较大差距。2007 年我国电能消费强度比全球、欧盟和日本分别高 29%、80%和 21%, 能源消费强度差距更大。消费强度受不同国家服务业内部结构差异及其它诸多因素的影响, 不完全代表能源效率的差异, 但差距如此之大足以表明我国服务业的能源效率偏低, 应有一定的节能空间。但由于服务业的内部结构升级仍在进行中, 消费强度仍有上升的可能, 节能效果不一定能在消费强度指标中得以体现。

3.3 农业能源效率分析

我国农业部门能源消费所占比例很小, 2007 年农、林、牧、渔业仅占全国能源消费总量的 3.1%。我国农业能源消费强度较低, 2007 年为 0.043 kgoe/\$PPP, 与世界平均水平相当, 为美国的 48%, 欧盟的 45%和日本的 70%。中国农业能源消费强度低于发达国家的一个重要原因是我国农业机械化程度较

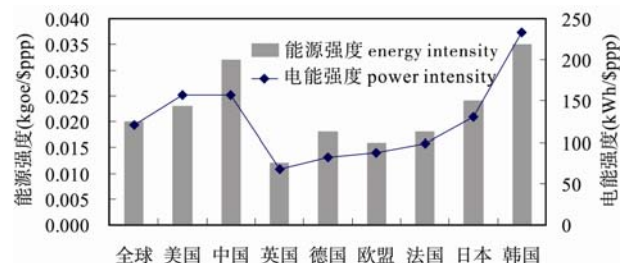


图 6 2007 年中国及主要国家和地区服务业能源消费强度

(数据来源: ENERDATA, 2010)

Fig. 6 Service energy consumption intensity of China and other countries or regions in 2007 (Source: ENERDATA, 2010)

低,大量劳动由人工完成。据世界银行统计,2007年我国每百平方千米耕地拥有拖拉机146.7台,美国、英国、法国、德国分别拥有276台、673台、615.7台和646台。随着我国经济的发展、农业机械化程度的提高,农业能源消费强度将会上升,农业节能的关键是农机能效的提高。

3.4 交通部门能源效率分析

交通部门正逐渐成为一个重要的能源消费部门。2007年我国交通邮电业占一次能源消费总量的7.8%,根据部门终端能源消费递进规律,这一比例仍有增长之势(王安建等,2008,2010)。

比较不同国家的交通能源效率极为困难。由于交通能耗中有一部分并不产生经济增加值,或者其增加值因无法分离而计入了其它部门,因此能源消费强度不能完全反映其能源效率。需要其它指标如百公里油耗加以辅助。

我国交通能源消费强度处于很低的水平(图7)。2007年,我国交通能源消费强度为0.012 kgoe/\$PPP,仅为全球平均水平的36%、美国的24%、欧盟的43%和日本的55%。这与我国机动车(特别是私家车)普及率低、公共交通普及和集中运输有密切的关系(王安建等,2008)。据世界银行统计,2007年我国每千人机动车拥有量为32辆,同年美国为820辆,英国为527辆,德国623辆,法国600辆,日本595辆。

从百公里油耗来看,2007年美国的百公里油耗最高,为9.5升左右,欧盟和日本燃料经济性最高,日本一直维持5升的最低水平,欧洲国家平均在6升以下,中国处于中等水平,大约为7升(IEA,2008a,b)。

我国交通能源消费强度已经处于很低的水平,进一步大幅下降的可能性不大,随着私家车拥有量的增加,消费强度甚至有上升的可能。目前我国新产汽车燃油经济性与世界先进水平相当,造成我国

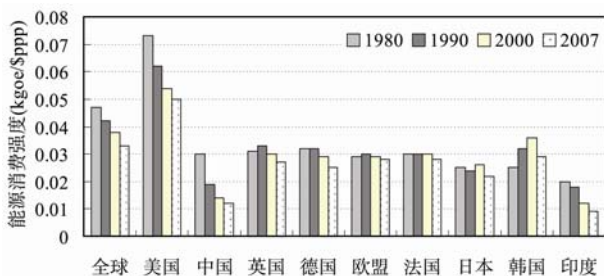


图7 中国及主要国家和地区交通能源消费强度 (数据来源于: ENERDATA, 2010)

Fig. 7 Energy consumption intensity in transport sector of China and other countries or regions (Source: ENERDATA, 2010)

百公里能耗较高的一个重要因素是上路车辆中有相当一部分为老旧车型。通过政策和立法提高燃油效率以及加速淘汰老旧车辆,我国百公里能耗仍有下降空间。

3.5 家庭能源消费分析

不同国家和地区家庭能源消费的用途相差较大,很难进行效率比较。家庭能源消费强度通常指家庭能源消费量与私人消费额之比,而我国私人消费在GDP中所占比例明显低于发达国家,因此该指标的比较意义不大。考虑到家庭能源消耗以电力为主,本文选用人均家庭电力消费量这一指标进行国家间对比。需要指出的是这一指标所表示的不是能源效率,而是能源消费量。图8是我国与主要国家和地区人均家庭电力消费量。

我国人均家庭电力消费仍处于一个很低的水平。2007年为283 kWh/人,是全球平均水平的42%,美国的6%,与能源效率极高的欧盟和日本相比,也仅达到其人均消费量的17%和13%。历史数据表明,人均家庭电力消费量将随着经济的发展而增长,这主要与家庭拥有的家用电器数量有关。1990年,我国每百户城镇居民空调拥有量为0.34台,2000年为30.8台,2007年增加到95.08台,17年增加了278倍。可以肯定,尽管家电产品的能源效率将会随着技术进步而提高,但我国人均家庭电力消费量将会随着经济发展而增长。

3.6 能源转换部门效率分析

由于能源转换总效率受一次能源消费结构的影响较大,国家间的可比性较差,本文不对此指标进行比较。能源转换部门的主体是电力部门,我国电力生产以煤炭为主,2007年约占83%,因此,影响中国电力工业节能降耗的最主要因素是燃煤发电企业的效率问题以及电网的线损问题(张安华,2006)。表3是中国及世界主要国家电力能效指标。

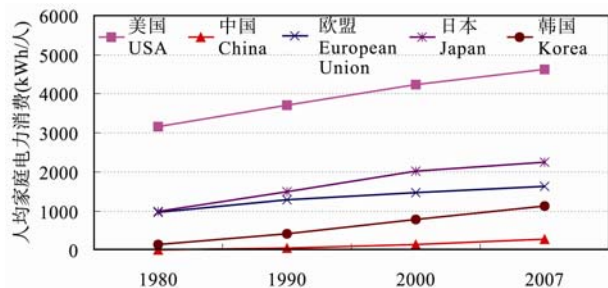


图8 中国及主要国家和地区人均家庭电力消费量 (数据来源于: ENERDATA, 2010)

Fig. 8 Average electricity consumption of households per capita in China and other countries or regions (Source: ENERDATA, 2010)

数据表明,我国热电效率偏低,2007年为30.8%,仅为全球平均水平的89.8%,欧盟的80.2%,日本的70.8%。同为发展中国家、电力生产同样以煤炭为主的南非2007年的热电效率为33.4%,高于中国2.6个百分点。因此,通过加快淘汰单机容量在100 MW以下的常规燃煤凝汽火电机组和单机容量在50 MW以下的常规小煤电机组和燃油发电机组,推广应用超临界和超临界煤电机组,我国热电效率将会得到提高(韩新阳等,2009)。

我国输配电损失率低于全球平均水平2.4个百分点,低于欧盟0.2个百分点,处于较先进水平。但与日本、德国和韩国相比尚有一定差距,虽有改善空间,但潜力不大。

3.7 产业部门能源效率评述

我国工业以及其中的制造业能源消费强度已经处于较低水平,而且在未来二十年左右的时间内,我国仍将处于快速工业化、重工业化阶段,工业内部结构不会发生大的改变,因此工业能源消费强度下降空间有限。但某些具体产业部门(如钢铁部门)仍有很大的节能潜力,可通过技术和管理手段取得节能成效。

我国农业能源消费强度处于较低水平,但随着我国农业机械化程度的提高,这一指标有上升趋势。由于农业能耗占总能耗的比重较小,因此不会对总体能效产生重大影响。

我国服务业的能源效率偏低,应有一定的节能潜力,但节能空间将面临内部结构升级所带来的压力。

在主要能耗部门中,交通部门的能源消费强度

有上升的可能,而百公里能耗则有下降空间;家庭能源消费中人均耗电量将会上升,而且所消耗能源不会直接产生GDP。

我国能源转换的总体效率偏低,原因之一是煤炭在能源结构中所占比例过大,其二是热电效率低下。提高能源转换效率应是今后我国节能的一个重要方向。另外,能源转换效率低也是我国终端能源效率高于一次能源效率的一个重要原因。

4 结论

基于以上分析,可以得出如下一些认识和判断:

(1) 经过多年节能减排,我国能源效率已经得到很大提高。2007年一次能源消费强度仅比全球平均水平高3%,工业部门能源消费强度比全球平均水平低14%,比美国低16%,仅比欧盟高2%。

(2) 我国节能的难度在逐渐加大。当前我国正处在重工业化阶段,高能耗产业比重大,短期内全国总体能源消费强度和工业能源消费强度很难有较大程度的下降,某些产业或部门如服务业、农业和交通部门的消费强度甚至会上升。

(3) 我国工业部门能源效率的提高将主要依靠新技术应用和内部结构调整,这是一个循序渐进的过程,短期内难以取得重大成效。

(4) 我国节能的重点一是高能耗产业部门如钢铁、有色、水泥等,可通过新技术应用和淘汰落后产能等方式来降低单位产品的能耗;二是能源转换部门,可通过增加水电和天然气发电的比例和淘汰低效发电机组等方式来提高整体转换效率。

表3 我国及主要国家和地区电力工业能源效率

(数据来源:ENERDATA,2010)

Table 3 Energy efficiency of electrical industry in China and other countries or regions
(Source: ENERDATA, 2010)

年代	热电厂效率(%)				输配电损失率(%)			
	1980	1990	2000	2007	1980	1990	2000	2007
全球		32.1	34.4	34.3	8.3	8.5	8.9	8.7
美国		35.7	36.8	37.5	8.8	9.2	5.7	6.9
中国	23.4	27	30.5	30.8	8.1	6.9	6.9	6.3
英国	33.4	36.5	43.1	43.4	7.5	7.8	8.3	7.2
德国	32.0	32.3	37.6	36.8	4.5	4.3	5.9	4.5
欧盟	32.5	32.3	37.4	38.4	6.9	6.7	7.1	6.5
法国	35.8	38.3	34.8	33.2	6.7	6.6	5.6	5.7
日本	40.0	42.6	43.9	43.5	4.4	4.8	4.4	4.6
韩国	37.3	32.7	41.4	39.5	6.5	3.4	4.3	3.8
印度	39.1	24.7	13.8	17.1	17.9	19.5	27.6	25.6

参考文献:

- 韩新阳, 吴鹏, 郭利杰, 陈磊, 谭显东, 单葆国. 2009. 2008 年电力行业节能分析[J]. 电力技术经济, 21(6): 55-58.
- 何文强, 汪明星. 2009. 全要素能源效率的 DEA 模型评价——基于中国 1991-2007 年数据的实证检验[J]. 上海商学院学报, 10(5): 92-96.
- 何祚庥. 2010. 我国节能减排的压力与对策[J]. 天然气技术, 4(2): 1-3.
- 李铭, 王高尚, 于汶加, 刘占成. 2010. 中国石油资源安全评价[J]. 地球学报, 31(5): 686-692.
- 李晓明, 王安建, 于汶加. 2010. 基于能源需求理论的全球 CO₂ 排放趋势分析[J]. 地球学报, 31(5): 741-748.
- 李玉喜, 张道勇, 朱杰. 2009. 我国油气储量、产量增长趋势影响因素分析[J]. 地球学报, 30(6): 855-867.
- 刘占成, 王安建, 于汶加, 李铭. 2010. 中国区域碳排放研究[J]. 地球学报, 31(5): 727-732.
- 王安建, 王高尚, 陈其慎, 于汶加, 周凤英, 韩淑琴, 闫强, 张照志, 牛建英, 汪莉丽, 耿诺. 2008. 能源与国家经济发展[M]. 北京: 地质出版社.
- 王安建, 王高尚, 陈其慎, 于汶加. 2010. 矿产资源需求理论与模型预测[J]. 地球学报, 31(2): 137-147.
- 王安建, 王高尚, 张建华, 周凤英, 韩淑琴, 陈宣华, 殷秀兰, 韩梅. 2002. 矿产资源与国家经济发展[M]. 北京: 地震出版社.
- 王安建. 2010. 世界资源格局与展望[J]. 地球学报, 31(5): 621-627.
- 王高尚, 韩梅. 2002. 中国重要矿产需求预测[J]. 地球学报, 23(6): 483-490.
- 王高尚. 2010. 后危机时代矿产品价格趋势分析[J]. 地球学报, 31(5): 629-634.
- 王彦彭. 2009. 我国节能减排指标体系研究[J]. 煤炭经济研究, (2): 31-33.
- 王彦彭. 2010. 我国节能减排进程的评价与比较[J]. 技术经济与管理研究, (3): 116-121.
- 吴利学. 2009. 中国能源效率波动: 理论解释、数值模拟及政策含义[J]. 经济研究, (5): 130-142.
- 徐铭辰, 王安建, 陈其慎, 杜雪明. 2010. 中国能源消费强度趋势分析[J]. 地球学报, 31(5): 720-726.
- 尹敬东, 代秀梅. 2009. 单位 GDP 能源消耗与产业结构特征[J]. 产业经济研究, (5): 67-73.
- 于汶加, 王安建, 王高尚. 2010. 中国能源消费“零增长”何时到来[J]. 地球学报, 31(5): 635-644.
- 曾胜, 黄登仕. 2009. 中国能源消费、经济增长与能源效率——基于 1980-2007 年的实证分析[J]. 数量经济与技术经济研究, (8): 17-28.
- 张安华. 2006. 中国电力工业节能降耗影响因素分析[J]. 电力需求侧管理, 8(6): 1-4.
- 张意翔, 刘捷, 成金华. 2009. 我国能源效率变化趋势及调整政策——基于产业结构重型化视角的实证分析[J]. 管理学报, 6(6): 818-822.
- 郑畅. 2009. 能源效率的地区差异及其影响因素分析[J]. 江西社会科学, (9): 101-104.
- 邹愉, 王高尚, 于汶加, 林建. 2010. 典型国家部门石油消费轨迹及对中国的启示[J]. 地球学报, 31(5): 666-672.

References:

- ENERDATA. 2010. Global Energy Intelligence[EB/OL].[2010-02-25] <http://www.enerdata.net/evaluation/1230.asp>.
- HAN Xin-yang, WU Peng, GUO Li-jie, CHEN Lei, TAN Xian-dong, SHAN Bao-guo. 2009. Analysis on Energy Conservation of Electricity Power Industry in 2008[J]. Electric Power Technologic Economics, 21(6): 55-58(in Chinese with English abstract).
- HE Wen-Qing, WANG Ming-xing. 2009. Evaluation for the DEA Model in Calculating Total-Factor Energy Efficiency——An Empirical Test Based on China's Data from 1991 to 2007[J]. Journal of Shanghai Business School, 10(5): 92-96(in Chinese with English abstract).
- HE Zuo-xiu. 2010. Pressure of Energy Conservation and Emission Reduction and China's Counter measures[J]. Natural gas technology, 4(2): 1-3(in Chinese with English abstract).
- IEA. 2008a. World Energy Outlook 2008[R]. Paris: International Energy Agency.
- IEA. 2008b. Worldwide Trend in Energy Use and Efficiency[R]. Paris: International Energy Agency.
- LI Ming, WANG Gao-shang, YU Wen-jia, LIU Zhan-cheng. 2010. An Evaluation of China's Oil Security[J]. Acta Geoscientica Sinica, 31(5): 686-692(in Chinese with English abstract).
- LI Xiao-ming, WANG An-jian, YU Wen-jia. 2010. A Trend Analysis of Carbon Dioxide Emissions Based on the Energy Demand[J]. Acta Geoscientica Sinica, 31(5): 741-748(in Chinese with English abstract).
- LI Yu-xi, ZHANG Dao-yong, ZHU Jie. 2009. Factors that Affect the Increasing Trends of China's Oil and Gas Reserves and Products[J]. Acta Geoscientica Sinica, 30(6): 855-867(in Chinese with English abstract).
- LIU Zhan-cheng, WANG An-jian, YU Wen-jia, LI Ming. 2010. Research on Regional Carbon Emissions in China[J]. Acta Geoscientica Sinica, 31(5): 727-732(in Chinese with English abstract).
- PHILIP A S. 2009. China's ongoing energy efficiency drive: Origins, progress and prospects[J]. Energy policy, 37(4): 1331-1344.
- WANG An-jian, WANG Gao-shang, CHEN Qi-shen, YU Wen-jia, ZHOU Feng-ying, HAN Shu-qin, YAN Qiang, ZHANG Zhao-zhi, NIU Jian-ying, WANG Li-li, GENG Nuo. 2008. Energy and national economic development[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- WANG An-jian, WANG Gao-shang, CHEN Qi-shen, YU Wen-jia.

2010. The mineral resources demand theory and the prediction model[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(2): 137-147(in Chinese with English abstract).
- WANG An-jian, WANG Gao-shang, ZHANG Jian-hua, ZHOU Feng-ying, HAN Shu-qin, CHEN Xuan-hua, YIN Xiu-lan, HAN Mei. 2002. Mineral resources and national economic development[M]. Beijing: Earthquake Press(in Chinese).
- WANG An-jian. 2010. Global Resource Structure and its Perspective[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(5): 621-627(in Chinese with English abstract).
- WANG Gao-shang, HAN Mei. 2002. The Prediction of the Demand on Important Mineral Resources in China[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 23(6): 483-490(in Chinese with English abstract).
- WANG Gao-shang. 2010. Mineral Commodity Prices Trend in the Late Crisis Times[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(5): 629-634(in Chinese with English abstract).
- WANG Yan-peng. 2009. A study on the indicator system of energy conservation and emission reduction of China[J]. *Coal economic research*, (2): 31-33(in Chinese with English abstract).
- WANG Yan-peng. 2010. The Evaluation and Comparison of Realization Degree on the Energy Saving and Emission Reduction of China[J]. *Tech-economics and management study*, (3): 116-121(in Chinese with English abstract).
- World Bank. 2010. World Development Indicators[EB/OL]. [2010-7-15] <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>.
- World Energy Council. 2008. Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation[R]. London: World Energy Council.
- World Energy Council. 2010. World Energy Efficiency Indicators[EB/OL]. [2010-6-20] http://www.worldenergy.org/publications/energy_efficiency_policies_around_the_world_review_and_evaluation/1230.asp.
- WU Li-xue. 2009. The Fluctuations of China's Energy Efficiency: Theoretical Explains, Numerical Simulations and Policy Experiments[J]. *Economic Research*, (5): 130-142(in Chinese with English abstract).
- XU Ming-chen, WANG An-jian, CHEN Qi-shen, DU Xue-ming. 2010. Trend Analysis of China's Energy Consumption Intensity[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(5): 720-726(in Chinese with English abstract).
- YIN Jing-dong, DAI Xiu-mei. 2009. Unit GDP Energy Consumption and Industrial Structure of Jiangsu[J]. *Industrial Economics Research*, (5): 67-73(in Chinese with English abstract).
- YU Wen-jia, WANG An-jian, WANG Gao-shang. 2010. A Prediction on the Time of Realizing Zero Growth of Energy Consumption in China[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(5): 635-644(in Chinese with English abstract).
- ZENG Sheng, HUANG Deng-shi. 2009. Energy Consumption, Economic Growth and Energy Efficiency on China[J]. *Quantitative Economics and Tech-economics Research*, (8): 17-28(in Chinese with English abstract).
- ZHANG An-hua. 2006. An analysis on factors of the energy conservation and consumption reduction in China's power industry[J]. *Electricity demand side management*, 8(6): 1-4(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yi-xiang, LIU Jie, CHENG Jin-hua. 2009. Changing Trends and Adjusting Policies of China's Energy Efficiency: An Empirical Analysis from the Perspective of Heavy Industrial Structure[J]. *Chinese Journal of Management*, 6(6): 818-822(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Chang. 2009. Analysis on the differences in energy efficiency among areas and the affecting factors[J]. *Jingxi Social Science*, (9): 101-104(in Chinese with English abstract).
- ZOU Yu, WANG Gao-shang, YU Wen-jia, LIN Jian. 2010. An Analysis of Sectorial Oil Consumption Track in Typical Countries and Its Implications to China's Trend[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(5): 666-672(in Chinese with English abstract).