

消费领域用能特征探究

江亿¹, 朱安东², 郭偲悦¹

(1. 清华大学建筑学院, 北京 100084; 2. 清华大学马克思主义学院, 北京 100084)

摘要: 根据使用过程特征, 可以将用能行为分成生产领域用能与消费领域用能。前者提供产品, 后者提供服务。消费领域与生产领域用能存在不同特征, 其评价方法、节能途径、战略政策等也存在差别。考虑到这一领域能耗可能是我国下一阶段能耗增长点, 在节能领域需要对其给予足够的重视。本文在分析消费领域用能特征的基础上, 提出对其的衡量方式和节能途径, 并针对我国目前消费领域用能的现状给出建议。

关键词: 消费领域; 生产领域; 能耗; 特征

中图分类号: C913.3 **文献标识码:** A

Research on Features of Energy Utilized in the Field of Consumption

Jiang Yi¹, Zhu Andong², Guo Siyue¹

(1. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. School of Marxism, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: According to the features of using process, the energy use could be divided into two categories including the energy use in the field of consumption (EUFC) to provide services and the energy using in the field of production (EUFP) to provide products. The feature of EUFC is different with EUFP, including evaluation methods, energy saving approach and developing strategy, etc. Considering its potential to be the main growing sector in the next period of energy consumption, more attention should be paid to EUFC. In this paper, based on the analysis of its features, the measure of EUFC and the energy saving approach are recommended, as well as the suggestions to the present situation in China.

Key words: the field of consumption; the field of production; energy consumption; feature

一、前言

能耗分类是节能领域的重要议题。不同性质的能源消费对社会与经济发展和居民生活的影响不同, 需要采取的节能政策也很不相同。因此对能耗进行科学分类是分析能源消费的特点和确定节能减排途

径的基础。目前已有大量研究从供应或需求侧出发, 对能耗进行各类划分。不同的用能分类方式体现了不同的研究视角, 可得出不同的节能理念与路径。

随着节能工作的不断深入, 更需要对用能过程的特征进行深入分析, 针对不同使用过程的特点采取相应措施。不同类型的用能目的不同, 从而有不

收稿日期: 2015-08-26; 修回日期: 2015-09-07

作者简介: 江亿, 清华大学建筑学院, 教授, 中国工程院院士, 主要研究方向为暖通空调、建筑节能; E-mail:jiangyi@tsinghua.edu.cn

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“生态文明建设若干战略问题研究”(2013-ZD-11)

本刊网址: www.enginsci.cn

同的节能路径与政策。出于不同的研究目的，应当对用能行为有不同的分类方式。本研究根据使用过程的特点，将能耗划分为生产领域能耗与消费领域能耗^[1]，并针对消费领域能耗的用能特点，提出我国消费领域的节能理念。

二、已有能耗分类方法综述

能源统计年鉴中，对能耗主要是根据能源种类、地区、来源、用能部门等进行划分^[2-7]。此外，从能源使用侧出发，不同学者也提出了进一步的用能分类方式。

（一）根据地域划分

根据地域划分的能耗情况可反映不同国家与地区的能耗差别，体现能源使用上的空间差异，并为进行相关宏观分析与比较、提出区域性的能源战略规划提供了可能，是目前最为常用的能源指标之一^[8-10]。但是，这一种划分方法仅能从宏观层面对能耗情况进行分析比较，难以反映能源利用中的实际问题。

（二）根据能源种类划分

依据不同能源种类，可将能源分为煤、天然气、核能等。同时可进一步将能源分为可再生与不可再生能源、化石燃料与非化石燃料、一次能源与二次能源等。不同种类的能源选择可直接影响能源的生产与运输，碳排放量等^[11,12]。但这种划分方式也存在不足，比如在使用电力时，发电来源对消费者没有直接影响，不论是燃煤还是风能得到的一度电在需求侧没有实际差异。

（三）根据能源来源划分

依据不同的来源，可将能源分为本土产能、进口和出口能源与其他能源。这种分类方式也从供给侧出发，对消费者而言没有直接的差异。通过这种能源划分方式得到的进口能源占比是衡量国家能源安全的重要指标，也是制定能源政策与规划的重要参考^[13]。

（四）根据用能部门划分

依据能源使用部门的差异，不同的国家与机构依据不同的统计方法等有不同的区分方式。如国际

能源署（IEA）将用能部门分为工业、交通、其他（住宅、公共设施建设、农业、渔业、其他）与非能源使用^[2]，目前我国能源统计是按照工业生产领域进行报送并据此划分耗能部门^[7]。这种分类方式主要从用能部门入手，易于统计管理，同时可针对不同用能部门进行能耗管理与开展节能工作^[14~16]。但在实际用能中，同一部门的能源消耗行为可能存在极大的差异，比如在交通部门，客运交通与货运交通的性质就完全不同。因此，仅针对不同用能部门制订的节能方式依然存在的问题。

（五）基于投入产出表（I-O表）的能耗划分

基于投入产出表，可将能耗在不同用能部门的基础上分为消费耗能（个人消费、政府消费）、投资耗能与进出口耗能^[17~19]。这种能耗分类方式可较准确地得到各地区的实际用能情况，基于更全面、更公平的方式对各地区或各领域的能耗使用进行评价分析。这种划分方式对能源的划分较细，不易提取不同用能过程中的共通之处，在分析实际情况时难以直接抓住主要问题。

（六）根据消费与能耗关系的划分

仅针对居民消费能耗，可根据能源的使用关系将其分为直接能源消费与间接能源消费^[20,21]。这种分类方式从居民消费行为出发，可以充分考虑居民的消费行为对能耗的影响，能够更全面科学地反映消费行为的用能强度，并从宏观层面对居民消费模式的引导提供依据，但不能反映不同消费行为的差异。

综上所述，已有分类方式主要依据能源自身的特点与使用，而对用能行为的关注较少。但在节能工作中，不同的用能行为是各项政策措施的直接对象，需要具有针对性的研究。因此，本研究从用能特征出发，提出基于使用过程特点的能耗分类方式。

三、消费领域能耗的定义及特点

（一）根据使用过程特点进行能耗分类

基于使用特征的差异，可以将能源消耗分为生产领域用能与消费领域用能。

生产领域能耗指的是物质与信息产品生产过程的能耗。产品的生产，包括制造产品、货物运输能耗均属于该领域用能，比如钢铁生产、农业机械使

用、计算机与通信设备运行、厂房基于生产要求的室内环境控制、货物运输相关的公路、铁路、航空过程等。

消费领域能耗指的是民用建筑运行用能与客运交通用能，即服务业与日常生活消费领域中的直接能源消耗。民用建筑运行用能是指在住宅、办公建筑、学校、商场、宾馆、交通设施、文体娱乐设施等非工业建筑内，为居住者或使用者提供采暖、通风、空调、照明、炊事、生活热水，以及其他为了实现建筑的各项服务功能所使用的能源^[22]。客运交通用能指以乘客为对象各类运输活动用能。

生产领域能耗是用以制造产品，是不可或缺的生产要素，其价值会在制造出来的产品中得到体现，产品的产出可用产量或产值来衡量。而消费领域能耗不直接影响产品，以服务的形式消耗，其效果直接作用于消费者，产出为消费者舒适度的提升，与产值无关。比如钢铁的生产用能是为了钢铁的制造，可以用单位产量或产值的能耗来评价钢铁生产的情况；而建筑中空调的能耗是为了改善室内热环境，提升消费者的舒适度。

人均国内生产总值（GDP）往往与能耗同步增长。但是在生产领域，能耗越多，产出越高，能耗的提高增加了国内生产总值；在消费领域，经济发展带动居民消费水平提升，伴随消费领域能耗的上涨，即能耗的提高是国内生产总值增加导致的。比如对于钢铁生产，产量与能耗的多少成正比，能耗越多，产值也越高；而对于建筑中的空调使用，由于居民生活水平提升、对室内环境要求提高，空调使用量增加，能耗因此上涨。

（二）消费领域能耗的用能特征

1. 产出不可转移性

生产领域与消费领域能耗的另一显著差异体现在其产品的可转移性。不论是生产领域还是消费领域，其产出最终都会被消费者直接或间接消费。对于生产领域，产品的流通会导致消费效用的转移，从而带来能耗的转移，即能耗不由消费地区、而由生产地区承担；而对于消费领域，其能耗的产出都即时被消费者消费了，不会发生转移，即生产地区与消费地区承担的能耗一致。例如，建筑为了采暖、空调、照明所消耗的能源都直接转换成为在场的建筑使用者所享受到的服务，既不能服务于其他任何

产品的生产，也不能为不在场的人员提供服务。

2. 度量与评价指标的不同

由于产出不可转移这一特性差异，评价生产与消费领域能耗就应该完全不同。对于生产领域耗能，应该用单位产品能耗来识别和评价，这就是我们目前常用的“单位国内生产总值能耗”，因为能源消耗产生了产品，创造了国内生产总值。而消费领域能耗并不与任何国内生产总值直接联系。例如住宅建筑能耗，仅仅是消耗能源，并不产生产品，更不能产生国内生产总值。同样，个人出行乘车耗油，也与国内生产总值无关。即不论是乘高能耗的私人轿车还是低能耗的公交工具，其差异不体现在国内生产总值，而仅仅体现在出行者的舒适性。所以衡量消费领域的能耗就不能再看单位国内生产总值能耗。宏观的分析，应该是以为多少人提高服务为指标，因此应该是“人均能耗”；微观地看，则是应该以提供了每件服务项目所消耗的能源来度量和评价，例如每平米建筑的运行能耗和每人千米出行所消耗的交通能耗。

3. 目标可变性

对于生产领域用能，能源消耗的产出来源于实际产品的生产。一定条件下，产品产量可维持在一相对稳定的范围内，因而要减少这一部分的能耗，需要减少生产单个产品的能耗，即提高用能效率。因此，在生产领域中，实行节能的主要工作在于提高能效。我国自“十一五”以来发布大量政策控制该领域能耗，其中技术改造、设备更新与淘汰落后产能等提升能效的措施起到了重要作用^[23]。

对于消费领域用能，能源消耗的产出在于对人员提供的服务。以建筑运行能耗为例，该部分的能耗产出在于室内环境的营造（如空调、采暖、照明、通风能耗）和对室内活动的需求（如生活热水、电器能耗等）。不同人对服务的需求存在较大差异，且个体对服务水平存在一定的可接受区间，这些差别都会对能耗产生极大的影响。因此，要减少这一部分的用能，一方面要提高设备效率，另一方面要将需求控制在合理范围内。已有研究表明，对于建筑运行能耗，与建筑使用者相关的需求侧可引起5~10倍的能耗差异，而与建筑和系统性能相关的供应侧引起的差异一般不超过3倍^[24]。因此，在消费领域中，实行节能除了需要提升技术以外，更需要对需求侧的合理引导。

四、我国消费领域能耗现状与发展

(一) 我国消费领域能耗现状与国际比较

自 2000 年起,我国各项能耗迅速增长,涨幅均在 2 倍以上,三部分用能比例基本稳定(见图 1)。2011 年,我国终端能源消耗总量达到 2.22×10^9 tce (tce 为吨标准煤) 其中生产领域约占 74%, 客运交通约占 8%, 建筑领域约占 18%。

通过与其他国家的横向比较可以发现,我国的人均终端能源消耗量与世界平均水平相当,但远低于

于发达国家水平。同时我国消费领域(建筑、交通)能耗占总能耗的比例较低(见图 2)。

对比我国与其他国家在客运交通、建筑领域的人均终端能耗,可得出我国目前低于世界的平均水平,并远落后于发达国家(见图 3)。具体而言,在客运交通领域我国人均能耗约为美国的 1/16, 日本的近 1/3, 不足世界平均水平的 1/2; 在建筑领域我国人均能耗约为美国的 1/5, 日本的近 1/4, 略低于世界平均水平; 考虑消费领域的总能耗,我国人均能耗约为美国、日本与世界平均水平的 1/7、1/3 和

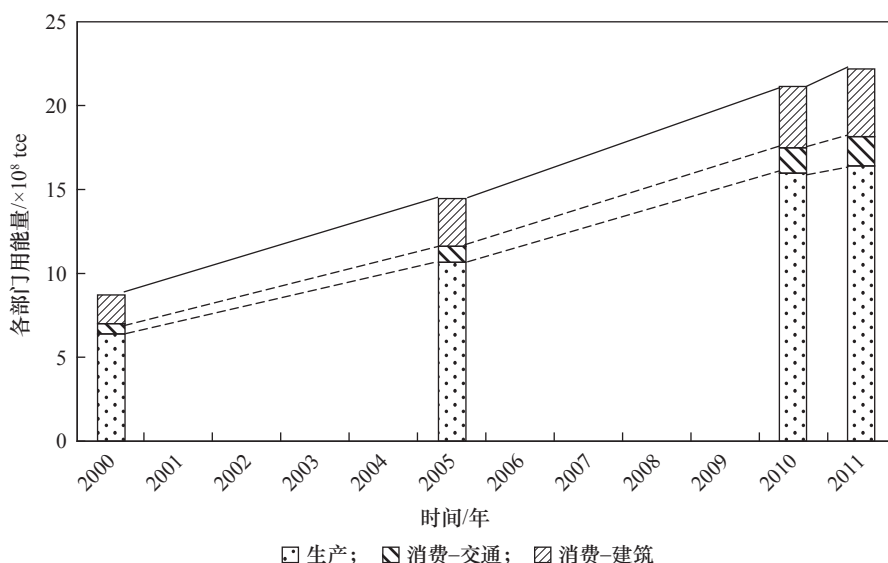


图 1 我国不同领域能耗变化

注: 数据来源于《2013 能源数据》。

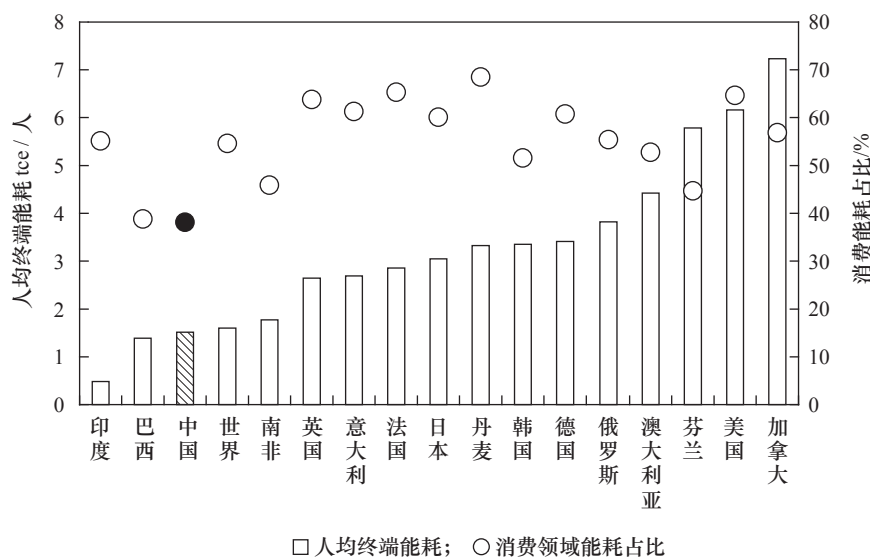


图 2 2011 年世界主要国家和地区人均终端能耗与消费领域能耗占比

注: 数据来源于国际能源署数据库。此处数据计算方法与图 1 不同, 故中国的数据存在差异。

2/3。这一差异的主要原因在于我国消费理念与生活模式的不同。

生活模式的选择可直接影响能耗。以交通出行为例，选择不同的交通工具个人在相同距离下的出行能耗差异可在 10 倍以上^[1]。建筑领域能耗的巨大差异也在于生活模式的不同。图 4 所示为北京市某大学与美国相近气候区大学的建筑能耗对比。从图中可以发现，在相近的气候环境下，我国建筑平均能耗约为美国的 1/4(两个校园建筑能耗仅为电耗)。我国校园建筑的空调系统仅在需要时使用，大量使用自然采光，并且依靠开窗实现换气通风；美国的校园建筑则往往全天 24 h 运行空调系统，较

少采用自然采光，依靠机械系统进行换气通风：就是这些差异导致了巨大的能耗差别。

住宅建筑的情况也是如此。根据五个城市的大规模调研，将个人居住能耗高低排序，各取 10 % 的样本作为平均值，可将各城市的样本分为十类人群。图 5 所示为不同城市这十类人群城市居住能耗与发达国家的比较。从图中可得，我国居住能耗约为日本的一半，远低于美国，目前我国能耗最高的一类人群用能水平已与日本平均水平相当。进一步研究发现，不同生活模式的差别是能耗差异的主要原因^[1, 25]。

进一步地，生活模式的不同也会影响技术的使

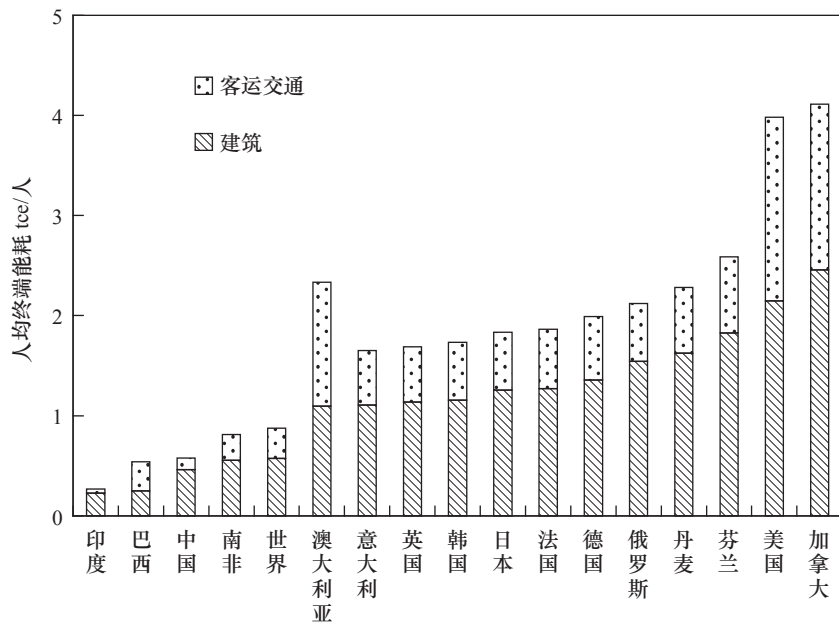


图 3 2011 年世界主要国家和地区人均建筑、客运交通领域能耗
注：数据来源于国际能源署数据库。

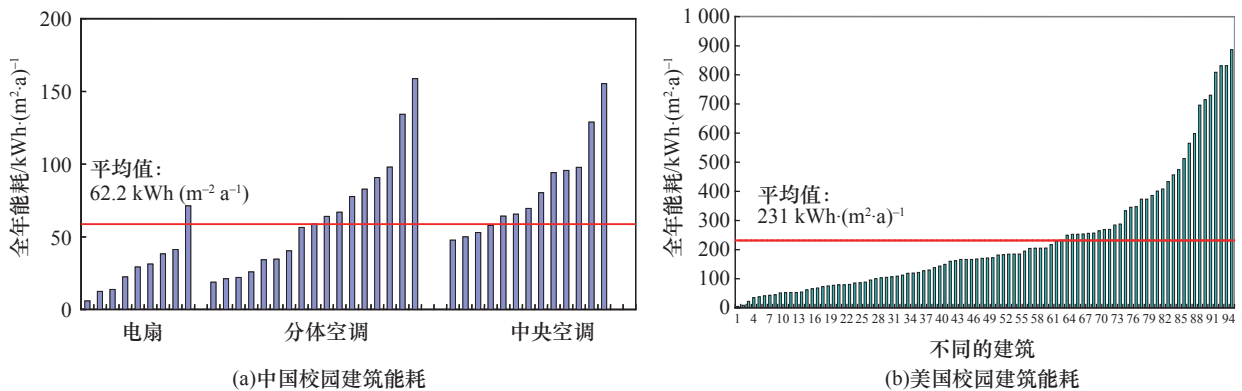


图 4 中美校园建筑能耗对比^[26]

用效果。以住宅中集中空调系统为例。目前，分体空调热能效比（COP）为 2.5~3，集中空调的机组热能效比可超过 5，系统热能效比约为 3~4。从系统能效上看，集中空调的能效应该总体高于分体空调。但实测结果表明，采用中央空调的居住建筑单位面积空调能耗一般为分体空调能耗的 5~10 倍，如图 6 所示。进一步分析发现，造成这一差异的主要原因在于空调的实际使用情况：中央空调提供“全部空间、全部时间”的运行模式，即建筑物内任何空间（走廊、卫生间、厨房）全天 24 h 都使用空调；而分体空调则采用“部分空间、部分时间”的运行模式，即人在房间且觉得温度不合适时才会开启所在房间的空调。图中分体空调的案例实测结果显示，整个夏季住宅中单台分体空调器的平均开启率不超过 10%。正是这样的运行模式差别导致了巨大的能耗差异^[27]。

（二）我国消费领域节能路径选择

考察发达国家的能耗历史可以发现，随着经济的增长，生产领域耗能比例下降，消费领域所占能耗比例上升。图 7 所示为美国、日本近几十年来的消费领域能耗占全国能耗的比例变化以及与中国现状的比较。从图中可得，美国与日本的消费领域能耗占比都远高于我国水平。

目前，我国消费领域人均用能与日本 20 世纪 60 年代末相当，远低于美国 1949 年的能耗水平（见图 8）。考虑到发达国家能耗增长的客观规律以及我国的实际发展状况，消费领域能耗正是我国下一阶段能耗增长的主要部分，其增长情况直接影响我国未来的能源状况，需引起足够的重视。

若我国人均消费领域能耗持续增长至日本现水平，即使人均生产领域能耗与人口数不变，我国总能耗将接近现在的 2 倍；若增长至美国现水平，则

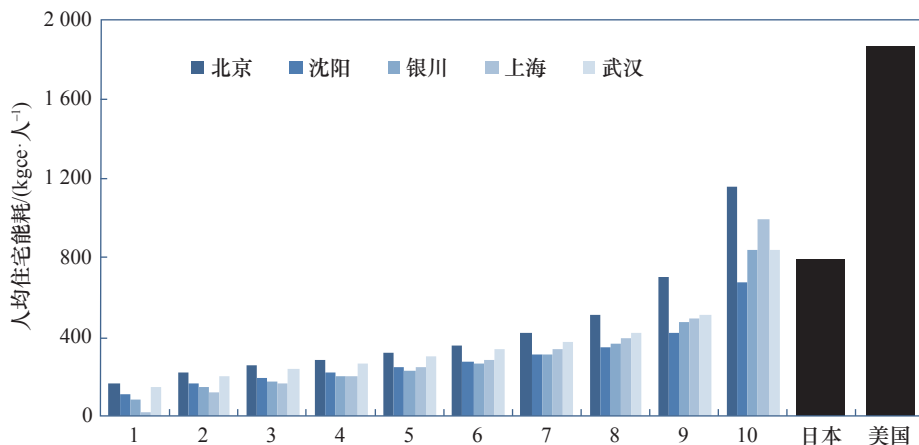


图 5 调研城市居住能耗与发达国家比较（不包括北方城市集中采暖）

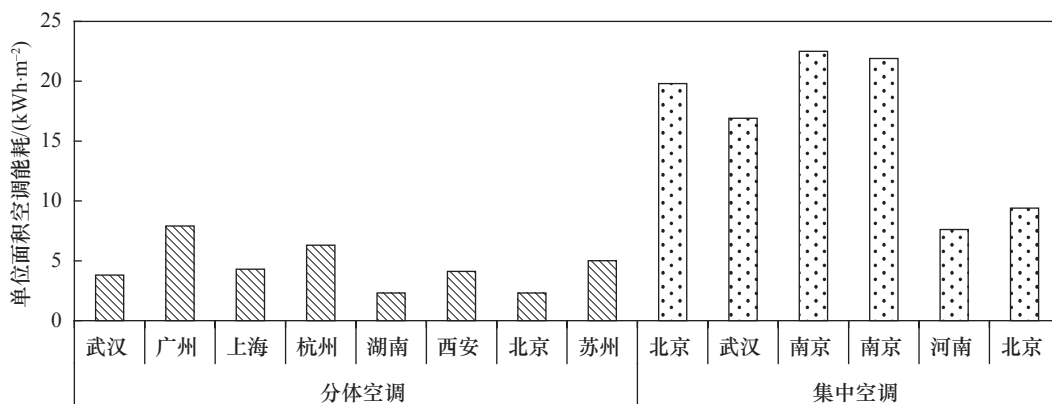


图 6 住宅建筑中分散式空调及集中式空调的能耗结果对比^[27]

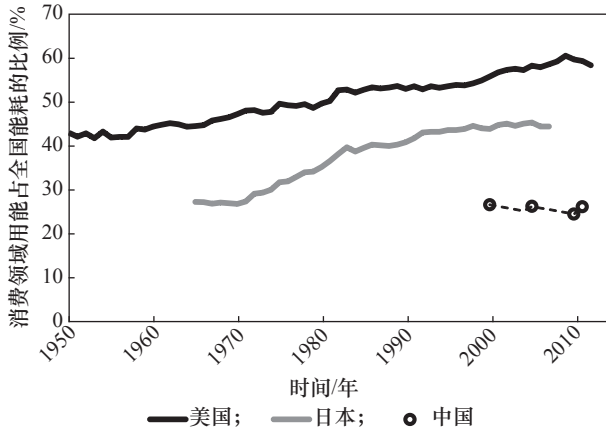


图 7 美国、日本与中国各部门能耗比例

注：美国数据来源于美国能源信息署数据库，日本数据来源于《日本能源经济统计手册》^[28]。

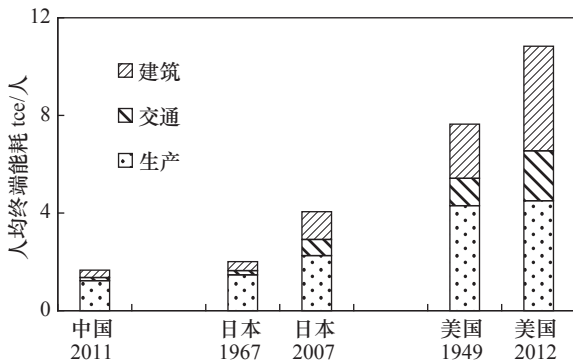


图 8 人均能耗对比分析

相同情景下我国消费领域能耗将超过 2011 年经合组织国家的全部用能总和，约为当年全球能耗的 1/2。若全部非经合组织成员国的人均消费能耗均达到日本水平，则在这些国家人口保持 57 亿（2011 年水平）的情况下，仅消费领域能耗将几乎为 2011 年全球总能耗；达到美国水平，则将为 2011 年全球总能耗的近 2 倍。即发展中国家不可能复制目前发达国家的发展模式，必须走新的发展道路。

已有研究表明，按照我国目前的发展趋势，我国能耗水平可能会发展为介于日本与美国水平之间。但上述分析显示，这样的增长不可支付。因此，我国必须高度重视消费领域的用能情况，并探索出消费领域能耗新的发展道路。

探索新的发展道路需要对消费领域节能路径的进一步认识。由于用能特征差异，消费领域用能的节能途径与生产领域不同。生产领域节能主要需关注技术水平，而消费领域则需兼顾技术水平与服务需求的关系，且服务水平的引导将是节能的关键。

1. 消费领域用能与服务水平之间的关系

已有研究表明，随着服务水平的提高，单位服务水平提升所需的能耗增加，且增长速度与增长基数近似成正比，即对于能耗 E 和服务水平 S 有如下函数关系： $dE/dS=kE$ 。求解可得 $E=c_1e^{kS} + c_2$ ，其函数图像如图 9 所示。

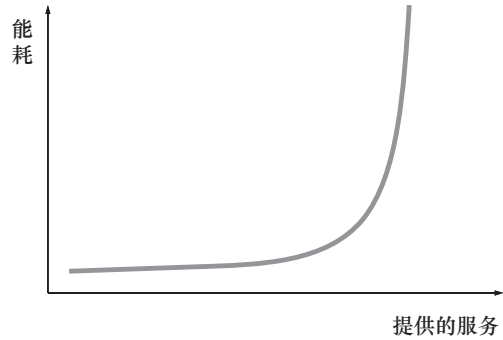


图 9 能耗与服务水平的关系

这一能耗和服务水平之间的指数关系表明，在较高的服务水平下，能耗的增加并不能带来服务水平的显著提高，同时相近的服务水平的能耗差异极大。

宏观统计数据支持能耗与服务水平的指数对应关系。图 10 所示为幸福指数与人均消费能耗的关系，两者呈现出了明显的指数相关水平，同时也可发现，在相近的幸福指数下，不同国家的人均消费能耗有接近 5 倍的差异。

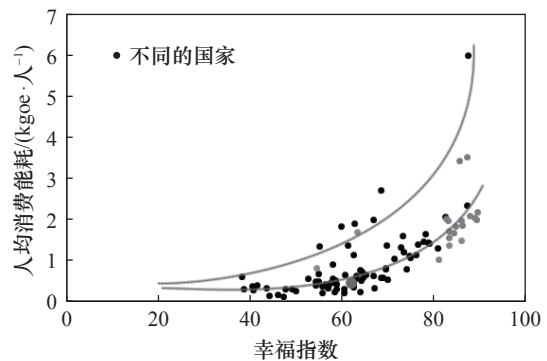


图 10 2009 年幸福指数与人均消费能耗的关系

注：数据来源如下，幸福指数 <http://www.thedailybeast.com/newsweek/2010/08/15/interactive-infographic-of-the-worlds-best-countries.html>；人均消费能耗：<http://www.iea.org/stats/prodresult.asp>。

微观调研数据也支持能耗与服务水平的这一关系。图 11 所示为我国夏热冬冷地区不同居民采暖模式的采暖能耗与用户满意度均值。数据来源为该地区近 1 000 份问卷调研。从图中可以看出，不同

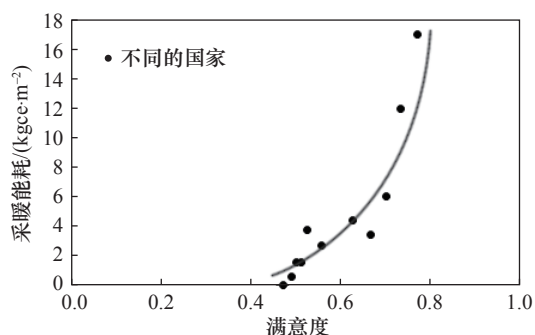


图 11 不同采暖模式的采暖能耗与满意度
注：数据来源于清华大学建筑节能研究中心 2012 年冬季调研结果。

采暖模式有着不同的采暖能耗与满意度水平，能耗较高的采暖方式总体满意度有所提高，但能耗提高的速度明显高于满意度。

2. 我国消费领域用能的路径选择

目前，我国总体尚处在能耗较低、服务水平也较低的水平。我国消费领域能耗正处在选择不同路径的关键点。有两种路线可供选择：一种是保证服务水平，在确定的服务水平下提高能效、降低能耗；另外一种是在确定能耗下发展技术、提升服务水平。不同的节能途径示意图如图 12 所示。

这两种节能途径代表了两种截然不同的节能理念，进而言之，是代表了两种不同的对待自然的理念。目前，人类不断膨胀的需求已与地球有限的资源产生矛盾。若以保证服务水平为前提，则仍是以人的需求为主；若以确定能耗水平为前提，则是以自然环境的容量为主。前者即发达国家主要采用的节能路径。从目前的用能情况来看，如果发展中国

家单纯复制这一发展路径，能耗达到发达国家的现用能平均水平，全球资源难以为继。

人欲望的无限性与物质资源的有限性存在不可调和的矛盾，要持续发展必须选择其一为出发点。工业文明以来，人类发展主要以前者为主，已经不断触碰了物质环境底线。要进一步发展，不能继续以难以逆转的物质资源破坏为代价，且这一代价将随发展水平的提高不断增加。若以自然容量为出发点，可能会产生服务水平下降的问题，但如果能够保证服务水平达到一定标准，进一步的服务水平提升需要与资源代价进行权衡。

我国自中国共产党第十八次全国代表大会以来提出生态文明建设，旨在构建与自然和谐共处的发展模式，指出要进行能耗总量控制，且“在资源开发与节约中，把节约放在优先位置”^[29]，即在持续发展过程中充分重视资源环境容量，在合理的用能范围内提升生活水平^[30-33]。这样的路径即确定能耗、提升服务水平的发展方式。

因此，从全球可持续发展以及我国进一步的建设方向来看，以环境容量为优先考虑，在确定能耗的前提下提升服务水平的发展路径将成为我国乃至发展中国家的选择。因此，我国应当走“确定能耗，在能耗定额下发展技术、提升服务水平”的节能途径，在此理念下控制消费领域用能。

(三) 我国消费领域节能发展建议

综上所述，我国消费领域能耗可能是未来我国能耗主要增长的部分，也应是我国节能工作的重点。

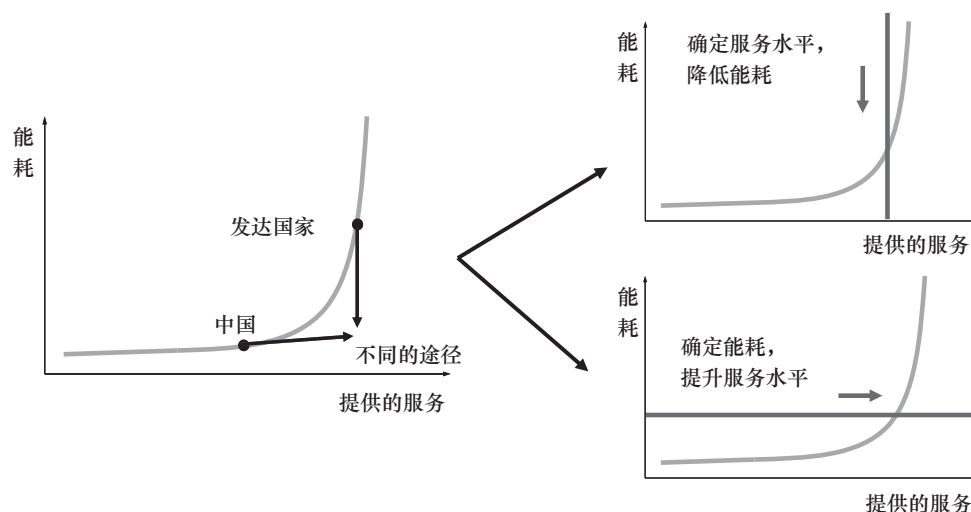


图 12 不同的节能途径示意图

尽管目前我国人均消费领域能耗较低,但考虑到我国人口众多,若不进行适宜规划,可能会对我国能耗情况产生极大的影响。因此,该领域能耗应引起足够的重视,并在各项政策制定中得以充分体现。

消费领域的节能工作不能仅考量能效高低,而应当从能耗总量出发进行约束。目前我国“总量控制”工作中所考核的指标主要包括单位国内生产总值能耗与总能耗,但对于消费领域能耗而言,由于其本身并不产生新的国内生产总值,以单位国内生产总值能耗来衡量并不合理,而应该采用以每人、每户等能耗指标来进行评价与约束。同时,该领域能耗与居民生活模式密切相关,也需重视个人和家庭合理用能方式的引导。

此外,我国统计体系中尚无针对消费领域用能的统计。完善的统计数据是了解实际情况、反映现实问题、规划下一步工作的重要依据。应当建立针对消费领域用能情况的能耗数据平台,为政策制定与相关研究提供足够的数据库支持。也只有给出各部门的实际用能情况,才能将总量控制落到实处,切实开展相关工作。

五、结语

本文从能耗使用过程特点出发,将用能分为生产领域与消费领域用能,前者生产产品,后者提供服务。两者存在巨大的特征差异,需要在节能工作中区分对待。与生产领域能耗相比,消费领域能耗因国内生产总值上升而上升,产出不可转移且目标可变,应当以实际能耗作为评价指标。目前,我国消费领域能耗相对较低,但可能将成为下一阶段的能耗主要增长点。能耗的差异主要是生活模式的不同造成的。消费领域能耗的控制应当以能耗总量为前提,在此基础上发展技术、提升服务水平。建议我国节能工作中提升对消费领域能耗的重视程度,建立完善用能统计与评价体系。

参考文献

[1] 中国城市能耗状况与节能政策研究课题组. 城市消费领域的用能特征与节能途径[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
 [2] 国际能源署. 能源统计手册[M]. 国际能源署, 译. 巴黎: 国际能源署, 2013.
 [3] International Energy Agency. Key World Energy Statistics 2014[M]. Paris: International Energy Agency, 2014.

[4] Lawrence Berkeley National Laboratory. Key China Energy Statistics 2014[M]. USA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2014.
 [5] US Energy Information Administration. Annual Energy Review 2011[M]. Washington D C: US Energy Information Administration, 2012.
 [6] The Energy Data and Modelling Center, The Institute of Energy Economics, Japan. EDMC Handbook of Energy and Economic Statistics in Japan: 2012[M]. Tokyo: the Institute of Energy Economics, 2012.
 [7] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴(2013) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
 [8] Alcántara V, Duarte R. Comparison of energy intensities in European Union countries. Results of a structural decomposition analysis[J]. Energy Policy, 2004, 32(2): 177–189.
 [9] Duro J A, Vicent Alcántara, Padilla E. International inequality in energy intensity levels and the role of production composition and energy efficiency: An analysis of OECD countries[J]. Ecological Economics, 2010, 69(12): 2468–2474.
 [10] Duro J A, Padilla E. Inequality across countries in energy intensities: An analysis of the role of energy transformation and final energy consumption[J]. Working Papers, 2010, 33(3): 474–479.
 [11] Nel W P, Cooper C J. Implications of fossil fuel constraints on economic growth and global warming[J]. Energy Policy, 2009, 37(1): 166–180.
 [12] Mercure J F, Salas P. An assesment of global energy resource economic potentials[J]. Energy, 2012, 46(1): 322–336.
 [13] Brown M A, Wang Y. Forty years of energy security trends: A comparative assessment of 22 industrialized countries[J]. Energy Research & Social Science, 2014: 64–77.
 [14] Kerkhof A C, Benders R M J, Moll H C. Determinants of variation in household CO₂ emissions between and within countries[J]. Energy Policy, 2009, 37(4): 1509–1517.
 [15] Luukkanen J, Panula-Ontto J, Vehmas J, et al. Structural change in Chinese economy: Impacts on energy use and CO₂ emissions in the period 2013–2030[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2014, 94(2015): 303–317.
 [16] Rezessy S, Bertoldi P. Voluntary agreements in the field of energy efficiency and emission reduction: Review and analysis of experiences in the European Union[J]. Energy Policy, 2011, 39(11): 7121–7129.
 [17] Edgar G. Hertwich. The life cycle environmental impacts of consumption[J]. Economic Systems Research, 2011, volume 23(1): 27–47.
 [18] Chen Z M, Chen G Q. An overview of energy consumption of the globalized world economy[J]. Energy Policy, 2011, 39(10): 5920–5928.
 [19] Wang Y, Zhao H, Li L, et al. Carbon dioxide emission drivers for a typical metropolis using input–output structural decomposition analysis[J]. Energy Policy, 2013, 58(9): 312–318.
 [20] 冯玲, 吝涛, 赵千钧. 城镇居民生活能耗与碳排放动态特征分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(5): 93–100. DOI:10.3969/j.issn.1002-2104.2011.05.016.
 [21] 熊华文. 基于投入产出方法的居民消费全流程能耗分析[J]. 中国能源, 2008, 30(7): 17–20. DOI:10.3969/j.issn.1003-2355.2008.

- 07.006.
- [22] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告(2015)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [23] 清华大学气候政策研究中心. 低碳发展蓝皮书: 中国低碳发展报告(2014) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2014.
- [24] Patterson M G. What is energy efficiency? concepts, indicators and methodological issues[J]. *Energy Policy*, 1996, 24(96):377-390.
- [25] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告(2013)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [26] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告(2010)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [27] 周欣, 燕达, 邓光蔚, 等. 居住建筑集中与分散空调能耗对比研究[J]. *暖通空调*, 2014 (7):18-25.
- [28] The Energy Data and Modeling Center. *Handbook of Energy & Economic Statistics in Japan*[M]. Japan: The Energy Conservation Centre, 2009.
- [29] 国务院新闻办公室网站. 中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见 [EB/OL]. [2015-06-02]. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbfh/xczb/xgzc/Document/1436351/1436351.htm>.
- [30] 戴彦德, 朱跃中. 重塑能源实现可持续发展[J]. *中国科学院院刊*, 2013, 28(2): 239-246.
- [31] 曾建平. 消费方式生态化的价值诉求[J]. *伦理学研究*, 2010(5): 89-94.
- [32] 包庆德. 消费模式转型: 生态文明建设的重要路径[J]. *中国社会科学院研究生院学报*, 2011(2): 28-33.
- [33] 吴铀生. 低碳生活是人类应对气候变暖的行为选择[J]. *西南民族大学学报 (人文社科版)*, 2010, 31(1): 98-102.