

· 学科进展与展望 ·

## 对加强能源软科学研究的思考\*

周德群

(南京航空航天大学经济与管理学院, 南京 210016)

**[摘要]** 在初步界定能源软科学内涵的基础上,本文探讨了能源软科学的学科定位和特点,给出了能源软科学10个主要研究领域的内容框架,对我国能源软科学的未来发展提出了一些政策建议。

**[关键词]** 能源科学,能源硬科学,能源软科学

### 1 引言

能源科学是研究能源的生成、开发、转化、利用和节约等规律及其与环境、社会等方面相互关系的科学,主要包括能源化学、能源地理学、能源经济学、能源计算与测量、储能技术、节能技术、能源系统工程、热力学、工程热物理、动力工程、电工学、水力学、核科学与能源环境学等学科领域<sup>[1]</sup>。其中涵盖了自然科学、工程科学和管理科学、经济科学的相关内容,前两者我们可以统称之为能源硬科学,后两者以及学科交叉部分可称为能源软科学。

因此,能源软科学是相对于能源硬科学而言的,能源软科学的相关研究内容(如能源系统工程、能源系统分析、能源经济学、能源管理学、能源政策科学等)是在20世纪70年代发生“能源危机”和环境运动之后,由西方国家的研究者首先倡导和发展起来的<sup>[2]</sup>。进入21世纪,随着全球性能源与环境问题的日益严峻,各国在大力开展能源硬科学研究与能源技术创新的同时,能源软科学受到愈来愈多的关注。

### 2 我国能源问题面临的五大困境

能源问题是当今世界普遍关注的重大问题。在我国制造业迅速发展和人民生活质量持续改善的背景下,能源问题在历史上没有任何一个时期比现在更引起人们的普遍关注。

当前,我国能源问题主要面临五大困境:

(1) 地区能源分布强度与经济发展水平的矛

盾。我国能源资源总体分布呈现西富东贫、北多南少的格局,能源资源与我国区域经济实力正好呈逆向分布,并由此形成了“北煤南运”、“西煤东调”“西油(气)东输”“西电东送”的基本格局,因此如何从全局和系统的角度科学规划我国能源开发的时空顺序就显得极为重要。

(2) 能源资源总量丰富与人均占有量不足的矛盾。我国能源资源丰富,品种齐全,但由于人口基数大,能源资源人均拥有量和消费量远低于世界平均水平。在推进工业化和城市化的过程中,我国能源供应的瓶颈将会愈来愈突出,人均能源消费不足,在某种程度上已影响我国全面建设小康社会的进程,因此正确处理能源开发、供给与经济的关系,寻求具有中国特色的能源消费模式尤为迫切。

(3) 优质能源需求巨大与国内供给严重不足的矛盾。近年来,我国油气对外依存度逐年提高,油气等过度依赖进口的局面加上复杂的国际地缘政治,对我国的能源安全进而经济安全构成严重威胁,因此需要重新审视能源资源分布的地理区位特征与国家安全的关系。

(4) 能源短缺与能效低下的矛盾。中国是能源消耗大国,同时也是节能潜力较大的国家之一。低效率的能源使用不仅产生严重的环境问题,而且还加剧了我国能源紧张状况,因此如何立足于科学发展观,在积极开源的同时,大力开展节能减排工作就显得特别重要。

\* 国家自然科学基金资助项目。

本文于2008年10月6日收到。

(5) 环境污染严重与致污性能源结构的矛盾。化石能源特别是煤炭在我国能源构成中占据主导地位,根据国家的能源战略,这种能源构成估计在今后几十年时间内不会有大的改变。化石能源特别是煤炭的开采和利用不仅对地表、植被、地下水环境造成严重的影响,而且这些常规化石能源直接应用于火力发电,形成硫氧化物、氮氧化物、固体废物、水污染和热污染等。因此探索一条基于中国背景的能源与环境协调发展的道路将是一项长期任务。

由此可见,能源问题纷繁复杂,涉及到多学科多领域。江泽民先生撰文指出,能源问题不仅是重大的经济问题和社会问题,而且涉及重大的外交、环境问题和安全问题<sup>[3]</sup>。因此,要解决好中国复杂的能源问题,必须研究和处理好能源与经济的关系,能源与环境保护的关系,能源与国际政治的关系,能源与国家安全的关系,能源与可持续发展的关系。所有这些不仅需要能源硬科学的大力发展,而且更需要能源软科学的有力支撑。

### 3 能源软科学的学科特点与体系

综前所述,能源科学可以划分为能源硬科学与能源软科学两大类,能源硬科学侧重解决能源领域的技术与工程问题,并给出相应的解决方案,从它的知识体系来看,几乎涉及工程技术的所有领域,核心是解决能源开发、加工、转换、储存、传输、使用的效率问题。能源软科学是以能源资源系统为研究对象的一门交叉学科,它以能源资源优化配置与高效利用为目标,是一门为了合理地规划、开发、利用能源资源以及解决与能源开发、利用相关的环境、经济、管理、社会问题而采用的思想、理论与方法体系的总称。

#### 3.1 能源软科学的学科特点

(1) 能源软科学是涉及许多学科知识的交叉性学科,能源软科学的基础理论主要建立在经济学、管理学、政治学、系统科学等有关学科基础之上。在能源软科学研究中,需要广泛应用自然科学、工程技术以及政治、经济、社会和管理等社会科学领域的各种理论,强调多学科知识的集成运用;

(2) 能源软科学的研究对象是“能源复杂系统”,即一个由多种能源组分(传统的化石能源与广义上的新能源)和相关要素(经济的、社会的、环境的)构成的复杂巨系统。能源软科学研究不仅关注不可再生能源资源的有效利用问题,而且更加关注可再生能源资源的开发与利用,关注能源资源的可

持续利用;

(3) 能源软科学着重研究能源资源的优化配置与有效利用问题。优化配置具有空间与时间上的双重含义,而空间又具有区域与人口的双重特征,如何根据区域和人口特征在效率与公平的基本原则下优化配置广义能源资源将是能源软科学研究的永恒课题。而有效利用既具有效益的含义,也具有效率的含义,前者关注单位能源的产出极大化问题,后者关注能源系统本身无功损耗的极小化问题;

(4) 能源软科学强调定性分析与定量分析的有机结合,特别是针对人类社会对能源资源利用的伦理道德与可持续性原则的落实方面,以及面对未来可能存在的不确定性问题(如技术的、需求的)时,定性分析与思辨分析必不可少,而定量分析与实证研究有助于人们深化对能源资源利用效果与效率的认识,从方法论的角度考虑,能源软科学特别强调从定性到定量的综合集成方法的运用;

(5) 能源软科学旨在通过多学科的协同研究,为区域和组织提出有科学依据的一揽子能源解决方案。因此,学科之间的协同是能源软科学的重要特征,通过学科协同,达到能源解决方案的整体最优性要求,从而实现能源、经济与环境的协同发展目标。

#### 3.2 能源软科学的学科体系

借鉴钱学森的学科体系结构理论<sup>[4]</sup>,能源软科学的学科体系可分为四个层次:

第一层次是学科基础,主要包括经济学、管理学、系统科学、控制论、生态学、生物学、政治学、社会学等基础学科。

第二层次是核心知识,包括系统工程、运筹学、计算机仿真、技术经济学、资源经济学、环境经济学、产业经济学、金融工程、经济法学、地缘政治学等多学科的知识。

第三层次是技术方法,包括规划方法、动态优化方法、仿真方法、计量经济学方法、博弈论方法、技术经济评价方法、系统评价方法、投入产出分析、一般均衡模型、系统动力学、能效分解、工业代谢分析、预测与决策分析、网络分析技术等具体技术方法。

第四层次是能源软科学的应用,包括国家及区域能源规划、能源产品及其衍生物的定价、能源政策的分析评价、能源产品贸易、能源市场及政府管制、能源风险管理、能源储备、节能减排、能源税收、能源外交等具体应用。

### 4 能源软科学的主要研究内容

能源软科学的主要研究内容应包括以下分支:

能源经济学、能源技术经济学、能源系统工程、能源环境学、能源法学、能源金融工程、能源战略学、能源地缘政治学、企业能源管理、能源城市学。各分支的研究对象、所属学科、主要研究内容归纳于表 1。

表 1 能源软科学的学科分支

| 学科分支    | 所属学科           | 研究对象                  | 研究内容  |
|---------|----------------|-----------------------|---|
| 能源经济学   | 应用经济学(产业经济学)   | 能源经济问题                | 研究能源与经济发展的关系,能源的供求规律,能源消费,能源价格与税收,能源市场(完全市场与不完全市场)与政府管制,能源贸易,能源的内部替代与外部替代、能源的外部性问题等   |
| 能源技术经济学 | 技术经济学(工程经济学)   | 能源技术的经济及创新问题          | 着重研究能源技术领域的经济问题和经济规律,研究能源技术方案、技术政策的经济评价方法、社会评价方法,研究能源技术进步与经济增长之间的相互关系,以及如何通过能源技术创新发展  |
| 能源系统工程  | 系统工程           | 复杂能源系统                | 侧重对能源系统进行政策评价、市场预测、供需平衡、全国和区域能源规划以及对各种能源问题的系统分析   |
| 能源环境学   | 能源科学与环境科学的交叉学科 | 能源开发、加工与利用中引致的环境外部性问题 | 研究能源开发利用与环境污染的关系,重点是量化与评估能源开发与利用的环境影响,研究能源污染减排措施、标准和政策,以及清洁能源技术运用与激励政策等   |
| 能源法学    | 法学(经济法)        | 与能源相关的一系列法律关系         | 跨国能源环境影响和旨在削减能源环境影响的国际法;全球能源公平利用与可持续利用问题;关乎国家能源安全的诸多法律关系;促进单位和家庭提高用能效率的政策;促进耗能商品提高效率的最低能效标准;促进能源行业节能减排的法规、标准;促进可再生能源开发利用的税收政策等。 |
| 能源金融工程  | 管理科学与工商(金融工程)  | 能源贸易中的风险              | 能源及其金融衍生品定价机制与能源价格的传导机制,能源期货市场,能源商品和衍生资产的运营特征、评估及优化,能源供应链中的金融模式,能源风险管理体系,针对新能源技术的金融问题。  |
| 能源战略学   |                | 国家和地区能源战略             | 影响一个国家和地区中长期能源供需的环境因素、资源因素、经济因素、财政因素、技术因素、社会因素等,在此基础上探讨能源中长期发展战略的制定方法,包括能源供给战略的制定、能源开发战略的制定、能源利用战略的制定。                          |
| 能源地缘政治学 | 政治学(地缘政治学)     | 与区域能源资源相关的国际政治关系      | 能源资源分布的地理、区位特征与国家安全,全球化过程中的国家能源战略,世界军事格局变化对能源市场产生的影响,石油输入国的能源外交动向与能源安全评估,资源国政治经济风险,石油输出国组织的作用,全球油气贸易体系等。                        |
| 企业能源管理  | 企业管理学          | 企业能源系统                | 能源供应链管理、能源需求预测管理,能源效率分析,企业能源诊断,节能规划与循环经济等,其中核心是节能与效率问题  |
| 能源城市学   | 城市经济学(应用经济学)   | 以能源资源开采、加工与利用为主要特征的城市 | 着重研究这类城市的经济与社会演变规律,研究和评估能源开发对这类城市产生的经济、社会与环境影响,研究资源枯竭型城市的产业选择、产业接续、经济转型以及可持续发展战略等。  |

## 5 加强能源软科学研究促进能源决策的科学化

近年来,我国能源软科学研究呈现繁荣态势,一些科研院所的研究机构纷纷成立,据统计,有关能源软科学研究成果呈现逐年上升趋势。但总体现状还不乐观,主要表现在:研究投入不够,研究学科割裂,研究资源短缺,研究手段落后,研究队伍分散,研究力量薄弱,研究规范缺失,研究视角封闭,最终导致研究成果层次不高,指导意义不大。因此,大力开展能源软科学的研究,任重而道远。当前,需要着力从以下几方面入手:

(1) 增加研究投入。与能源硬科学研究投入相比,我国在能源软科学方面的研究投入更加严重不足。据统计,“十五”期间,国家自然科学基金、国家社会科学基金、国家软科学基金立项的能源软科学

基金项目总共不超过 90 项。随着国家西部大开发战略的实施,国家自然科学基金委员会在“十五”期间启动了重大研究计划“西部能源开发与利用若干重大问题的研究”,在这个研究计划中,首次将西部能源开发利用中能源软科学研究的几个重要问题,如能源战略、能源环境评估列入其中。但总体来看,我国在能源软科学研究方面的投入与能源问题的极端重要性是不相适应的,对能源软科学研究的重视远远没有达到其应有的程度。“十一五”期间,国家除了继续保持现有研究投入渠道不变的同时,建议设立能源软科学研究专项,使能源软科学研究工作成为国家知识创新体系的重要组成部分。

(2) 重视基地建设。在能源软科学研究方面,国内普遍存在研究资料缺乏、研究条件与手段落后、研究资源短缺或有限资源被垄断、研究力量分散的问题。除少数研究机构有相对集中的研究力量和较

好的研究条件外,国内大部分从事能源软科学研究的人员分散在各个高校和科研院所,研究条件相对较差,一些研究机构缺乏基本的能源数据库和能源软科学研究专业软件。为了推动能源软科学研究,建议在全国范围内培养、遴选一批能源软科学研究基地,国家在资金与条件上给予重点支持,同时组织研究机构对我国专业能源数据库进行开发与建设,重视能源软科学研究网络平台的建设,重视与国外能源研究机构的交流与合作,快速提升我国能源软科学研究的水平。

(3) 促进学科交叉。综上所述,能源软科学是涉及自然科学、社会科学等多学科知识的交叉型学科,能源问题的解决需要多学科的协同攻关。从现实来看,我国能源领域缺乏不同学科专家之间的有效沟通,往往是自然科学领域的专家因为研究范式的差异大多不愿接受社会科学领域专家的研究成果,怀疑其科学性,而社会科学领域的专家因为研究方法的过分“刚性”而又对自然科学领域专家的研究成果难以认同。因此,从能源问题总体目标出发,打通不同学科研究的边界,综合集成不同学科的知识,创造性地开展研究,已经到了刻不容缓的地步。在实际操作层面,可以借助类似于“西部能源开发与利用若干重大问题的研究”这样的跨学科课题研究的成功做法,吸收不同学科领域专家共同参与。

(4) 加速人才培养。在能源软科学方面的研究滞后与实际能源决策与管理工作的不到位,归根结底是能源软科学专业人才的短缺。从人才需求来看,目前专门从事能源经济分析、能源规划与计划、能源管理的人员大多不具备能源软科学的知识背景,许多人由一般的技术专业改行而来。从人才供给来看,目前除了个别大学在研究生招生专业目录里出现“能源系统工程”、“能源经济”、“能源-经济-

环境”、“电力技术经济”等研究方向外,能源软科学方面研究生、本科生的系统培养在我国还几乎是空白。实现我国全面建设小康社会的奋斗目标,能源工作是基础,人才培养是保证,我们应该将能源软科学人才培养作为一项重要的战略来实施,当前需抓紧制定出符合我国国情的能源软科学人才培养方案,可先在有条件的高校进行试点,取得经验后逐步推广。

(5) 推动政、产、学、研联合。我国能源软科学研究存在政、产、学、研相互脱节的现象,一方面,政府能源政策制订前的大部分研究工作“内部化”,各主要能源产业部门均设有各自独立的研究机构,彼此之间缺少有效沟通机制。另一方面,高等学校与科研院所不了解政府与产业部门的真实需求,要么选题难以立项,要么在象牙塔里无病呻吟,研究成果往往束之高阁。基金管理部门立项由于过分强调基础性与理论性,也使得研究成果的实际指导意义大打折扣。改变这种现状已经到了刻不容缓的地步,建议政府与产业部门针对能源软科学课题定期向社会公布招标,国家科学基金管理部门立项时也把是否与政府与产业部门联合申请作为一条否决性指标,以此促进政、产、学、研的有机融合,推动能源软科学的健康发展。

#### 参 考 文 献

- [1] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金“十一五”发展规划. <http://www.nsf.gov.cn>.
- [2] 何建坤,苏明山. 21世纪能源科学将向何处去. 百科知识, 1999(7):7-9.
- [3] 江泽民. 对中国能源问题的思考. 上海交通大学学报, 2008, 42(3):345-359.
- [4] 钱学森等. 论系统工程(增订本). 长沙:湖南科学技术出版社,1988.

## DISCUSSION ON THE RESEARCH OF SOFT ENERGY SCIENCE

Zhou Dequn

(College of Economics & Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

**Abstract** In this paper, the definition and science nature of soft energy science (SES) is discussed. Research framework of 10 main branch research areas is given. The suggestions about SES development are also put forward.

**Key words** energy science, hard energy science, soft energy science