

可再生能源战略研究方法综述

◎何璇 廖翠萍 黄莹

面对严峻的能源和环境问题,开发利用可再生能源已成为世界各国保障能源安全、应对气候变化、实现可持续发展的共同选择。

气候变化问题已经成为当今国际社会普遍关注的问题,联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)2013年发布的报告预测,如果温室气体以目前排放水平增加,全球气温相比20世纪末将升高4.8℃,而二氧化碳排放是造成气候变化的主要原因。国际能源署(IEA)在2010年《能源技术展望》中指出,目前全球人类活动中产生的二氧化碳中,大约84%是和能源相关,而所有温室气体排放量的65%可以归因于化石能源的使用。面对如此严峻的能源和环境问题,开发利用可再生能源已成为世界各国保障能源安全、应对气候变化、实现可持续发展的共同选择。然而,目前可再生能源领域的相关研究方法还不够丰富,更没有形成一套完整的研究体系。本文旨在对可再生能源领域研究现有的方法进行总结。

可再生能源战略的特点

可再生能源战略是运用各种研究方法对可再生能源涉及的政策、技术、环境和经济问题进行分析,制定可再生能源规划,保障国家能源安全。

开发利用可再生能源已经成为世界能源可持续发展战略的重点,成为大多数发达国家和部分发展中国家21世纪能源发展战略的重要组成部分。与传统能源相比,由于技术的限制、成本较高、产业化程度低,可再生能源的需求是政策创造的需求;可再生能源更多地被赋

予能源安全、环境保护和减缓气候变化的涵义;可再生能源产业已成为新的经济增长点;可再生能源的研究纳入了经济学中的外部性问题;区域可再生能源规划成为重要环节。这些特点注定了可再生能源战略和常规能源战略研究方法的差异。

目前,可再生能源行业能源战略研究的主要任务包括:研究新能源行业的基本面,撰写研究报告,研究行业的未来发展方向;分析、研究、收集宏观经济政策、产业政策、商业、环境、经济等方面信息;整理与分析相关信息与数据,撰写行业分析报告;深入发展行业的研究方法、思路、评级体系。

可再生能源战略研究领域及研究方法

技术领域

中国的可再生能源产业发展证明,技术创新是发展之“根”,核心技术创新是发展之“本”。技术的选择和发展是可再生能源战略的重要指标,而不同国家和地区采用新技术所面临的障碍也是不同的,这就需要对技术进行分析和评价。技术领域的能源战略研究主要分为技术预见、技术评价、技术选择等。

技术预见是对未来较长时期内的科学、技术、经济和社会发展进行系统研究,以确定具有战略性的研究领域,以及选择那些对经济和社会利益具有最大化贡献的技术。常见的技术预见方法主要包括:德尔菲调查法、情景分析法、趋势外推法、技术投资组合法,以及专利分析、文献计量和交叉影响矩阵法等。2003年,伊尼延(S. Iniyen)将德尔菲法应用于印度未来可再生能源技术发展的研究中,得出未来印度可再生能源的技术结构^[1]。

技术评价也称技术评估,是对某种技术可能带来的社会影响进行定性或定量的全面研究,从而对其利

何璇:博士研究生,中国科学院大学,北京100049。

廖翠萍,研究员;黄莹,助理研究员:中国科学院广州能源研究所,广州510640。

He Xuan: Doctoral Degree Candidate, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049.

Liao Cuiping, Research Professor; Huang Ying, Research Assistant: Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640.

可再生能源战略研究模型

模型	研究领域	特点
CCE模型	能源-环境-经济模型	能源贸易、能源环境和能源政策分析方面具有优越性
MARKAL模型	能源经济-环境系统优化模型	限定条件下,给出使能源系统成本最小化的能源供应结构和用能技术结构
LEAP模型	能源、环境核算工具	用于能源政策分析、环境政策分析、项目预投资分析及综合能源规划
MESSAGE模型	技术经济型的优化模型	用于研究中长期能源系统规划、能源政策分析和情景发展
NEMS模型	能源-环境-经济模型	研究范围为全球、国家,并且综合自上而下和自下而上两类模型的优点
EFOM模型	能源投入-产出模型	多用于污染物排放和减排技术的研究
AIM模型	能源-环境模型	可直接评价技术选择的成本,对技术有详尽的描述
3Es-Model 模型	经济-能源-环境模型	预测节能、碳税、促进能源效率等减排方案下,经济、能源、环境的趋势
GEM-E3 模型	能源经济模型	包括气候变化对能源、经济、环境的影响等多个政策分析工具
MACRO 模型	宏观经济模型	研究一系列储备、投资、消费的最优结果

弊得失做出综合评价。1966年,美国众议院科学技术委员会首先提出要开发技术评价。技术评估方法主要包括:专家评估、经济分析、运筹学评价和综合评价四类方法。技术评价并不仅仅涉及技术领域的研究,而是结合了数学模型、经济分析等方法来对技术进行综合评估。2011年,曹卫兵用综合评价的方法对当前可再生能源产业技术进行了经济和政策评价,为北京市可再生能源技术选择提供依据^[2]。新古典经济学中技术选择观点完全依赖利润最大化或者成本最小化的基本原则,而可再生能源战略评价中必须将环境效益的外部性考虑在内,这对技术选择提出了新的挑战。

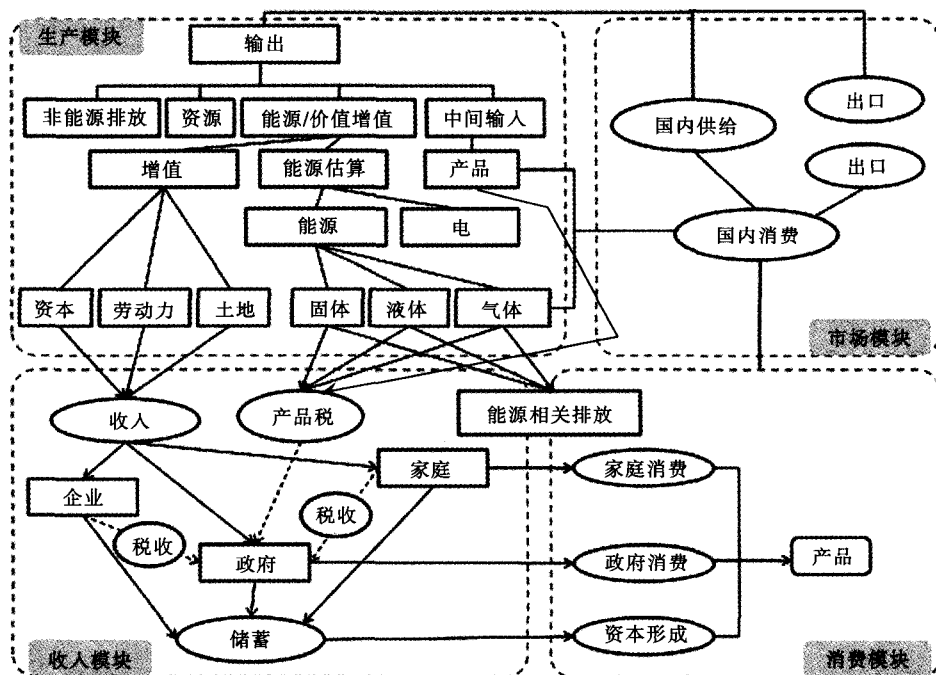
技术选择的主要方法有:德尔菲法、层次分析法、专利分析法、技术路线图和几种方法综合等。2010年,埃默(M. Amer)等人运用技术路线图分析了国家层面、产业和部门层面各自的可再生能源技术的未来选择^[3]。

技术领域所涉及的研究方法既可以单独使用,又可以通过其内在联系对可再生能源相关技术进行综合分析评价。2010年,姜伟、李萌等运用SEE-2R模型采用情景分析法、层次分析法、德尔菲法、可持续发展评价等方法对丽水市可再生能源技术开发的可持续性进

行评价^[4]。

政策领域

可再生能源政策,实质上就是各级政府为了推动可再生能源技术的发展和运用,而采取的一系列有利于可再生能源产业发展的行动和措施。2011年,李靖将新能源政策按产业链延伸顺序分为:新能源研发阶段政策、新能源生产阶段政策、新能源市场化阶段政策和新能源政策效果评估等四个方面,并介绍相关阶段的研究动向^[5]。根据政策设计领域将可再生能源政策分为:经济属性政策、研发支持政策和环境属性政策。即各类政策针对不同目的。



自上而下模型结构图

可再生能源的快速发展离不开一系列的税收激励政策、投资激励政策、上网电价和补贴政策等,这类政策即为经济属性政策,对经济属性政策的研究在国内外也逐渐形成一套系统的方法。2012年,孙一清基于风电产业CGE模型,对征收能源税和风电补贴政策进行模拟,验证其对社会经济影响效应,研究结论验证了作为新能源的风电产业具有较强竞争优势^[6]。

目前国内的可再生能源研发支持政策主要分为两类。一类是为可再生能源技术研发提供专项基金的政策。另一类是国家制定的可再生能源发展计划及指导性政策,如“十二五”规划中的可再生能源发展政策。根据国家的这些指导性政策可以分析未来可再生能源发展潜力和减排潜力,从而评估这些指导性政策具体的实施效果。

可再生能源的环境属性主要指其减排效应。环境属性政策主要包括碳税、碳交易和清洁发展机制(CDM)等政策。2013年,卡尔库尔(M. Kalkuhl)等运用一般均衡模型评估了碳税、可再生能源补贴和上网电价对能源价格和减排目标的影响,为政府制定碳价提供了参考^[7]。除了碳税和碳交易,目前国际上更多的是研究可再生能源技术对环境的影响,缺乏研究可再生能源政策(如补贴和税收激励)对节能减排的影响,后者是未来政策战略研究的一个方向。

在新能源研究发展阶段,适当的国家政策是加快新能源发展的有力工具,而针对新能源产业政策的研究具有较强的现实意义。目前新能源政策研究在理论上、方法上都还不够丰富,需要科研工作者积极探索。

经济领域

近年来随着能源经济学的研究成为热点,在可再生能源领域的经济学方法也趋于丰富。这里仅仅涉及的是些经济学的计算方法,并未将碳税、碳交易等经济理论问题归纳到这部分。目前经济性领域分析主要涉及的研究方法包括:投资回收期法、现值法、收益率法、不确定性分析。根据这些方法衍生出经济分析的一些指标有:边际成本、减排成本、净现值、费用现值和内部收益率等。

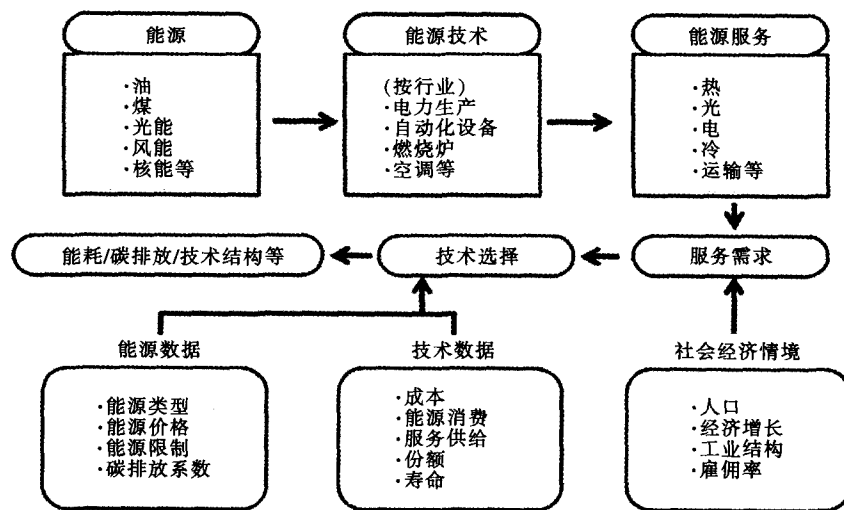
投资回收期是指用投资带来的净收益偿还全部初始投资所需要的时间,投资回收期法主要是用于衡量投资项目的经济效益和风险程度,投资回收期越短,方案的风险越小。投资回收期分为静态投资回收期和动

态投资回收期,两者的本质区别在于动态回收期将资金的时间价值作为重要的影响因素,而静态回收期并不考虑这方面。投资回收期法在能源领域主要用于衡量某项技术或者项目的经济性,或者在拥有多个技术可供选择的情况下,选择投资回收期最短的技术用以获得最大的经济效益。该方法常用于衡量生物质发电项目、太阳能屋顶铺设、地源热泵空调系统等可再生能源技术的经济收益。

现值是考察项目在计算期内的盈利能力的动态指标评价,现值法是指把项目计算期内各年的净现金流量,按照一个给定的标准折现率折算到计算期期初的现值之和。现值法贯穿于可再生能源经济性分析的各个方面,在可再生能源发电技术和传统能源对比中,现值法经常用于折旧费的计算,用以保证发电设备由于寿命年限不同所产生的现金流折算为平等的衡量指标;同时,合同能源管理机制中也将净现值法作为项目评价最重要的方法之一。

收益率法弥补了现值法和动态投资回收期法中不能求解出方案实际投资效率的不足,它包括内部收益率法、增量内部收益率法和外部收益率法。能源的投资收益率能够综合考虑能源、经济和环境因素,并且不论是在宏观还是微观层面上都能够适用于能源经济分析。宏观层面上,通过分析传统能源和可再生能源的能源投资收益率指数,可以确定未来能源发展的最优路径。微观层面,收益率法可以分析可再生能源技术对传统能源技术替代所产生的效益。

不确定性分析的方法主要包括:盈亏平衡分析法、敏感性分析法、决策树分析法、概率分析法和蒙特卡罗模拟法等。可再生能源战略中常用的方法为盈亏平衡分



自下而上模型结构图

析和敏感性分析。

盈亏平衡分析法广泛地应用于预测成本、收入、利润,编制利润计划;估计售价、成本水平变动对利润的影响,为经营决策提供必要的信息;也可以用于投资项目的不确定性分析。而敏感性分析是投资项目常用的一种不确定性分析方法,它是从定量分析的角度研究有关因素发生某种变化对某一个或一组关键指标影响程度的一种不确定分析技术。其实质是通过逐一改变相关变量数值的方法来解释关键指标受这些因素变动影响大小的规律。

上述方法既可以单独使用,又可以综合运用进行项目可行性分析。2006年,樊京春、王永刚等对废弃物发电、秸秆发电、沼气发电和垃圾发电等四大类生物质发电技术的电价敏感性因素进行了定量分析,结论证明鼓励外资进入是加快我国可再生能源技术发展的有效模式^[9]。2012年,黄登对某公司的太阳能发电项目的静态和动态投资回收期、财务净现值、财务内部收益率等一系列财务评估指标进行了计算并对该项目进行了盈亏平衡分析和敏感性分析等不确定性分析,确定其可行性^[9]。

环境领域

可再生能源不仅是一项具有巨大社会效益、经济效益的事业,并且有巨大的环境效益。全球碳捕集与封存研究院(Global CCS Institute)的研究显示,截至2050年,可再生能源技术减排的二氧化碳将占到全球二氧化碳减排量的21%,是第二大减排技术。因此,评估可再生能源对环境的影响显得至关重要。目前针对可再生能源的环境影响的评估方法大部分是定性分析的方法,主要包括比较分析法、指数法和网络法等。定性分析相对于定量分析来说不需要详细大量的数据,但是分析结果的准确性相对较低。

对环境影响评估目前国内外比较成熟的定量分析方法是生命周期分析法(LCA)。生命周期分析是一种对产品及其生产工艺活动给环境造成的影响进行评价的客观过程,它通过对能量和物质消耗以及由此造成的废弃物排放进行辨识和量化,来评估能量和物质利用对环境的影响。2009年,方景瑞以生命周期分析方法为基础构建GREET模型分析新能源汽车的环境效益、能源效益和经济效益,从而促进新能源汽车的发展^[10]。

可再生能源战略研究模型

可再生能源规划作为可持续发展的一个重要环节,有利于充分利用我国丰富的可再生能源资源,推动节能减排进程,提高电源结构低碳化程度,促进智能化绿色电力的发展。区域可再生能源规划需要用到能源模型。能源战略模型的定义为:用各种数学方法建立的,可在计算机上获得定量结果的有关能源系统的各种理论模型。能源模型涉及能源、经济、数学和环境等的交叉领域

的研究。模型既可以用作可再生能源的区域规划,又可以用于可再生能源的评价。

按建模方法主要分为三类:自上而下的模型,自下而上的模型和混合能源模型。自上而下的能源模型以经济学相关理论为出发点,以能源价格、消费弹性等为主要指数,集中地表现它们与能源消费和能源生产之间的关系,此类模型易于进行经济学分析,通过经济指标决定能源需求,适用于宏观经济分析和能源政策规划的制定,但不能详细描述技术,不能控制技术对经济的影响。自上而下模型的构建是直接以人类生活涉及的生产、消费、收入和出口等高级研究对象建立研究模块。

自下而上的模型对以能源消费和能源生产过程中所使用的技术为基础进行详细描述,反映技术的潜力,适用于能源技术选择策略研究、能源技术的成本分析及环境影响分析、能源技术发展战略研究等。但此类模型对能源技术的数据要求较高,难以收集,往往用关键技术代替其他技术,所以常常高估技术进步的潜力。自下而上模型的构建是以具体行业的生产要素、技术等关键点要素进行建模,然后利用这些关键点要素分析更高级别的生产、消费和收入等研究内容。

按建模方法分类,自上而下模型主要包括:CGE模型、MACRO模型、3Es-Model模型。自下而上模型包括:MARKAL模型、EFOM模型、LEAP模型、MEDEE模型、AIM模型。混合模型则结合两类模型的优点,将经济分析和技术研究相结合,现有的混合模型包括:NEMS模型、POLES模型、IIASA-WEC E3模型等。此外,按研究范围分类有:全球能源模型(HASA-WEC E3)、区域能源模型(GEM-E3)、国家能源模型(NEMS,中期)、部门能源模型(LEAP)等。

但是运用模型分析时,需要注意:模型都是在一些特定假设的前提下运行的,因此要根据实际情况选择,不能盲目照搬。能源系统是涉及政治、经济、社会、环境、气候等多领域的复杂系统,综合集成模型将是未来能源政策模型的发展趋势。模型仅仅可以逼近现实的结果,但这一结果一定不是未来能源发展的准确描述。这些模型使用的参数往往带有模型设计者对未来的主观判断,因此,模型研究只能作为参考、预测。

可再生能源研究展望

通过对目前可再生能源战略研究方法分析发现:目前可再生能源战略研究方法的系统框架较少,各研究领域尚未有标准可依,从而也导致了研究方法杂而不精;在已有的研究方法中,针对经济领域和政策领域的研究方法很多,而针对技术和环境领域的研究方法比较缺乏;在已知的能源模型中,所包含的可再生资源种类较

少,大多数还是以传统能源为主,可再生能源涉及较少;研究方法多为在给定技术和资源条件下的经济性最优,而缺乏对技术选择、技术发展的具体指导。由于研究所限,本文中并没有涉及能源战略所使用的数学方法,如回归分析、模糊分析等。

可再生能源战略方法的研究可以为可再生能源战略的发展提供指导,所以在丰富其研究方法的基础上,要构建合理的研究框架,使可再生能源战略研究更加系统、合理。目前来看,可再生能源战略方法的研究未来可以在以下几个方面更加深入:评估可再生能源的方法和模型有待深入研究,并需要深化现有的方法,使其更加准确有效,并最终在可再生能源战略中应用这些先进的方法,为能源规划奠定良好基础;需要发展专门针对可再生能源的分析模型,并建立准确的可再生能源统计年鉴,为模型各指标的设立进行服务;丰富研究方法和模型,不仅使其覆盖可再生能源涉及的技术、政策、经济和环境各个领域,还要适应于各种可再生能源;构建可再生能源战略研究基本框架系统,极大地提高能源战略研究效率,并且使研究方法结构系统化,避免杂乱无章地研究。

- [1] Iniyan S, Sumathy K. The application of a Delphi technique in the linear programming optimization of future renewable energy options for India[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2003, 24(1): 39-50.
- [2] 曹卫兵. 可再生能源产业技术评价与选择研究[D]. 北京:北京交通大学, 2011.
- [3] Amer M, Daim T U. Application of technology roadmaps for renewable energy sector[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2010, 77(8): 1355-1370.
- [4] 娄伟, 李萌. 基于 SEE-2R 模型的可再生能源开发的可持续性评价[J]. *中国人口资源与环境*, 2010, 20(6): 34-40.
- [5] 李靖. 推动我国新能源发展的财税政策研究[J]. *财政研究*, 2011(6): 17-20.
- [6] 孙一清. 风电产业政策分析的 CGE 模型构建及其应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2012.
- [7] Kalkuhl M, Edenhofer O, Lessmann K. Renewable energy subsidies: second-best policy or fatal aberration for mitigation[J]. *Resource and Energy Economics*, 2013, 35(3): 217-234.
- [8] 樊京春, 王永刚, 秦世平. 生物质能发电电价的敏感因素分析[J]. *可再生能源*, 2006(2): 49-51.
- [9] 黄登. A 公司高倍聚光太阳能光伏发电设备项目财务评估研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2012.
- [10] 方景瑞. 新能源汽车能源及环境效益的分析研究与评价[D]. 长春:吉林大学, 2009.

关键词: 可再生能源战略 研究方法 模型

跟踪·扫描

科学家发现 甲状腺激素调控 骨骼肌肌纤维类型 的新机制

[本刊讯] 中国科学院上海生命科学研究所营养科学研究所应浩研究组发现骨骼肌中受甲状腺激素调控的 miR-133a 介导甲状腺激素对肌纤维类型的调控作用, 并提出了 miRNA 可介导甲状腺激素负调控基因表达的新观点。The *Journal of Cell Biology* 2014 年 12 月 15 日在线发表了该研究成果的论文。

哺乳动物骨骼肌肌纤维类型是动态的,它是骨骼肌可塑性的基础。每个单独的肌纤维决定了骨骼肌表型改变的潜能。最初形成的肌纤维受到发育时序的调控,其后发育成熟的肌纤维具有更为强大的适应能力。肌纤维类型很大程度上受神经支配。已有研究显示,甲状腺激素对于骨骼肌肌纤维分型具有决定作

用,然而,甲状腺激素对肌纤维类型调控的分子机制仍不清楚,特别是甲状腺激素对基因负调控的机制一直存在争议。

miRNAs 是近年发现的一类全新的调控因子,它在转录后水平调控基因的表达。一系列的细胞、动物和人体实验表明,miRNAs 在骨骼肌发育过程中起着不可或缺的作用。尤其是一些肌肉特异性 microRNA (myomiRs),它们对骨骼肌的生长、分化和肌纤维类型的决定都有至关重要的作用。很多骨骼肌相关疾病中发现 myomiRs 表达的异常,这在一定程度上也证明 myomiRs 在维持骨骼肌正常功能上的作用。同时,这些 myomiRs 很有可能成为未来病理诊断的一个新指标,甚至成为针对骨骼肌相关疾病的特异性治疗药物。

研究人员在实验中利用一系列体内和体外实验研究甲状腺激素对于骨骼肌肌纤维分型调控的机制。发现 miR-133a1 受到甲状腺激素的直接调控。报告基因分析和染色质免疫沉淀实验表明,这一全新的调

控作用依赖于甲状腺激素受体 (TR) 和 miR-133a1 上游的 TRE 序列。功能研究发现,miR-133a 不仅在快肌中具更高的表达,而且也参与骨骼肌肌纤维分型的调控。通过查询靶基因数据库,发现 TEAD1 这一基因的 3' 非编码区 (3'-UTR) 上具有 miR-133a 潜在的调控位点。进一步的实验表明,TEAD1 确实存在两个 miR-133a 的保守结合位点,而且这两个位点都参与 miR-133a 对 TEAD1 基因表达的调控过程。实验还证实,miR-133a 对骨骼肌肌纤维类型的调控是由转录因子 TEAD1 介导的。

该研究揭示了 miR-133a 和靶基因 TEAD1 在甲状腺激素调控骨骼肌肌纤维类型的过程中所扮演的重要角色,为深入了解甲状腺激素在骨骼肌中的重要功能及作用机制提供了新的线索。同时也提示甲状腺激素对基因表达的负调控作用可通过调控 miRNA 来实现。

(远志)