

美国能源结构演进

吴剑奴

(中国人民大学 商学院 北京 100872)

【摘 要】美国的能源来源主要是化石燃料——煤炭、天然气和石油。美国一直是“新”型能源方面先驱者,首先商业化开发利用石油、天然气和核能。其能源结构演进过程和规律,对我国未来能源结构演进最具有参照意义。美国的能源结构演进可以简单总结为,1885年煤炭取代木材成为主要能源,第一次世界大战之后,石油成为国家重要战略资源,需求迅猛增涨,并穿越经济周期,于1949年超过煤炭成为美国第一大能源。在开发石油的过程当中,产生了大量的副产品天然气,廉价、充足的天然气在长输管道建立起来之后,需求迅速释放,成为继石油之后的穿越经济周期的能源,于1956年超越煤炭成为美国第二大能源。与此同时,20世纪60年代煤炭也开始复兴,两次石油危机也巩固了煤炭复兴的地位,煤炭在能源结构中的占比最终和天然气接近。核电技术的发展,也使得核电成为化石能源之后的第一大能源。其他可再生能源在能源结构中的影响不大。

【关键词】美国 能源结构 演进

【中图分类号】F4712.62 【文献标识码】A 【文章编号】1004-2768(2012)07-0178-03

一、能源演进的规律

在不同时期技术约束下,使用便捷、充足易获取的能源是发展方向,从这个角度来看,液体能源和电力是未来最需要的能源形式,从可供使用的资源角度来看,可以预见的未来,依然是以化石能源为主,化石能源中未来越来越依赖天然气和煤炭,可再生能源只能是起辅助作用,未来还有两个关键因素,首先是世界环境政策,其次是公众对核武器威胁及核污染态度,从这个角度来看天然气的发展必然成为首选,煤炭液化技术成本相对于非常规油气资源的开发成本以及通过电力转化的技术途径发展快慢,则决定了未来煤炭在能源结构中地位是上升还是下降,此外还要观察环境约束和能源需求之间的博弈。

1880年前后煤炭取代木材成为主要能源。同样是固体,面临同样的运输条件的限制,但煤炭比木材能量密度高,价格较便宜(木材在匮乏的情况下价格较高),1712年蒸汽机的发明和用于矿井排水解决了煤炭供应的充足性问题,故而煤炭逐渐取代了木材成为主要能源。弗里斯(Freese, 2003)总结的:“一旦得到了煤和水,世界将向你开放。”最先大规模使用煤炭的英国、美国重构了世界经济政治力量。

1960年前后原油取代煤炭成为主要能源。内燃机使得液态原油比固态的煤炭使用更便捷。蒸汽锅炉使用煤炭更依赖铁路、港口基础设施来补给。而且原油热值更高。1859年开始钻井开采石油逐渐解决原油的充足性问题。在石油替代煤炭之前,石油价格比煤炭便宜。

内燃机加上石油再次改变了人们的生活方式,这种生活一直延续至今(车轮时代)。同时也再次促进现代新型军事技术的发展,下一次的促进则是由核能完成。石油由此登上国家战略资源的地位宝座,进而政治密不可分。核能的命运则有所不同,对于核弹大规模的杀伤力和核废料污染的担忧,制约其在能源体系的贡献。

二、美国能源结构的参考意义及其演进

(一)美国的能源结构变化最具参照意义

世界上能源大国中(美国、俄罗斯、澳大利亚和加拿大),美国的能源结构演进过程和规律,对国内未来能源结构演进最具有参照意义。首先,美、澳、中国面临的资源约束类似,富煤、贫油、少气,适合拿来作比较,加拿大能源资源禀赋较为均衡,俄罗斯则油气资源丰富,其次,澳大利亚是农业大国,所以只剩下美国可以拿来作案例参照,最后一个锦上添花的因素就是美国具有最详细的历史数据资料。

(二)美国在国际能源利用领域的地位

美国一直是“新”型能源方面先驱者,最早商业化开发石油、天然气和核能。虽由于其他国家后发跟进,出现能源产量占比下降的局面,但无人能撼动其能源第一大国的地位。

1.煤炭。1900年美国的煤炭产量就超越英国成为第一大国,从20世纪20年代到50年代其产量占全世界产量50%以上,并将煤炭第一大国的地位一直保持到20世纪80年代初,1984年起中国才超越美国成为煤炭生产第一大国。美国2010年产量在全世界占比14.8%,仅次于中国48.3%,遥遥领先于排名第三的澳大利亚6.3%。

2.石油。自1859年美国进行商业化开采石油之后,到1923年世界石油产量达10亿桶,美国产量占比60%以上,整个50年代中期以前,美国石油产量占比均50%以上。此后1960年OPEC成立,其产量迅猛增长,美国产量占比逐渐下降,只在石油危机期间产量占比有所回升,其他时间均逐步下降。美国2010年产量占全世界石油产量比例8.7%,全球第三,仅次于俄罗斯和沙特。

3.天然气。直到1960年左右,美国是世界上唯一生产、运输和消费大量天然气的国家。1950年,美国天然气产量占世界天然气产量的90%,1960年为75%。此后前苏联的天然气产量迅

【收稿日期】2012-02-17

【作者简介】吴剑奴(1980-),女,江苏南京人,中国人民大学商学院博士研究生,研究方向:产业发展史、产业政策。

速增加,1970年美国和前苏联产量之和占全世界总产量的75%以上,到1983年前苏联产量已经赶上甚至超过了美国。到2010年,前五大天然气生产国(依次美国19.3%、俄罗斯18.4%、加拿大5%、伊朗4.3%和卡塔尔3.6%)产量之和占全世界总产量50.7%。

4.核电。核能作为发电能源始于美国艾森豪威尔总统。核能技术在20世纪60年代得到显著发展,推动了世界上许多国家60年代晚期和70年代核电站的建设和核工业的发展。由于美国在核电方面处于领先地位,70年代晚期之前,核电在全球占比直线上升。1979年三哩岛事件之后,产生了很大的社会反对压力,自1978年后美国就没有批准新的核电站。随着其他国家新建的核电站投产,美国核电占比逐渐下降。最近几十年来,多数国家对发展核电的态度有所转变。主要核电大国发电量都基本稳定。美国核电发电量基本维持30%左右。

5.水电。美国利用水电较早,六七十年代美国水电发电量全球占比20%以上,由于适合建设大坝的地点是有限的,到70年代以后水电发电量增长缓慢,而巴西、中国这增长迅猛,所以美国水电发电量到目前下降至8%左右。

(三)美国能源生产使用情况

50年代以前,美国能源需求能够自给自足。50年代晚期,需求超过自给能力,开始进口能源。60年代末开始,国内能源产量增幅缓慢,需求增加部分主要靠进口来弥补,对外依存度直线上升,1977年上升至23%,上升趋势被第二次石油危机中断,进口才大幅下降至危机前水平,80年代初下降至10%左右。此后恢复主要由进口来弥补需求缺口的模式,对外依存度直线上升,2005年达到30%,此后有所回落,因国内经济增长失速,需求下降,对外依存度下降至22%。进口能源当中90%~95%是石油产品。

美国的能源来源主要是化石燃料——煤炭、天然气和石油。石油和天然气的产量分别于1952年和1958年超过煤炭。20世纪60年代,煤炭产量开始恢复生产,80年代中期,煤炭的产量重新上升到第一的位置。70年代开始,油气资源产量开始下降。石油产量下降趋势不可恢复。而非常规天然气的开发,使得天然气产量出现缓慢增长,并有加快增长的趋势,产量几乎赶上煤炭产量。70年代核电开始快速增长,但由于1978年以后几乎无新的核电站批准,21世纪以来核电贡献平稳。2001—2010年,生物质能产量增长64%,并在工业应用中超过煤炭。从20世纪50年代到现在,水电是主要的可再生能源,木材次之。21世纪以来,生物燃料和风电增长迅猛。2010年可再生能源贡献了相当于13亿桶石油的能量。

工业部门消耗能源最多,并且波动最大。20世纪70年代开始,美国工业部门能源消耗受石油危机影响较大,分别于1975年,1980—1982年大幅下降。直到90年代才恢复到石油危机时水平。并受经济危机影响于2001年、2008年、2009年出现下降。其他部门能源消耗受危机影响较小。石油危机之后交通部门和商业部门能源需求恢复直线增长趋势。

工业部门对石油和天然气的消耗量于1958年超过煤炭消耗量,电力的使用于1983年超过煤炭消耗量。煤炭在工业部门中的消耗量直线下降。

交通部门的能源需求增长非常强劲。当然,受石油危机和经济危机影响,分别于20世纪80年代、2008—2009年能源需求下降。交通部门的能源需求的增长主要由石油来满足。2010年,交通部门的能源需求的93%由石油提供,剩下的由天然气和其他生物燃料满足。

20世纪50年代,煤炭还是居民和商业用户重要的能源,但

很快被石油、天然气和电力超过。石油在居民和商业部门的消费在1972年达到顶峰,在随后的几十年里基本保持稳定。天然气的使用也是在70年代达到顶峰,此后有所下降,最近几十年缓慢下降。电力作为最为方便使用的能源形势,需求一直呈线性增长趋势。

2007—2010年火电发电量耗煤下降了8%,但依然是1949年以来主要的发电能源。2006年天然气成为第二大发电能源,取代了核电。2010年,化石能源贡献了发电能源的70%,核电贡献了20%,可再生能源贡献了剩下的10%。水电占可再生能源发电量的60%。

三、美国能源结构演进规律

美国的能源结构演进可以简单总结为,1885年煤炭取代木材成为主要能源,于1910年在能源结构中占比达到最大76.8%,第一次世界大战之后,石油成为国家重要战略资源,需求迅猛增长,并穿越经济周期,于1949年超过煤炭成为美国第一大能源。在开发石油的过程当中,产生了大量的副产品天然气,廉价、充足的天然气在长输管道建立起来之后,需求迅速释放,成为继石油之后的穿越经济周期的能源,于1956年超越煤炭成为美国第二大能源。与此同时,20世纪60年代煤炭也开始复兴,两次石油危机也巩固了煤炭复兴的地位,煤炭在能源结构中的占比最终和天然气接近。核电技术的发展,也使得核电成为化石能源之后的第一大能源。其他可再生能源在能源结构中的影响不大。

(一)技术进步带来新的用途

与生产、生活方式契合的越深,这种能源形式就越有生命力。煤炭替代木材,石油替代煤炭,可以归因为技术进步带来的生产、生活方式和能源使用方式的转变。石油替代煤炭实际上是内燃机逐步替代蒸汽机的过程。天然气的崛起实际是铸轧、冶金和焊接技术的进步以及气体燃料比固体燃料更方便利用的结果。煤炭通过电力的复兴实际是第二次科技革命(电气化)的延伸。

蒸汽动力更多改变了人们的生产方式,并由此产生了巨大的能源需求。蒸汽机同时也解决煤炭供应的问题,蒸汽动力广泛的应用于火车、轮船拉动煤炭供给增长。而木材的再生速度远远跟不上需求,且能量密度小。以铁路建设为代表,美国第一条铁路于1830年建成,到1849年累计铺轨只有11853公里。19世纪50年代后,伴随着版图和市场的扩大,美国加大了对铁路建设的投资,迎来了第一个铁路发展高潮。从1850—1860年,美国铁路里程从14518公里增加到49302公里,年均增长率达到了13%。铁路运输增长一直延续到20世纪20年代达到顶峰,在此之前70%的运输由铁路完成。

运输动力用途和工业燃料需求(炼钢为代表)使得煤炭需求增长比钢铁产量趋势更加平滑,少受经济周期的影响。煤炭作为新兴能源的“红利”被完全释放,这样的趋势持续至20世纪第一个十年。20世纪第二个十年开始,煤炭这一“新能源”与需求之间相当长时间“蜜月期”已成过去,作为工业乃至全社会能源需求的主要来源,50年代中期以前,煤炭的需求开始和经济周期密切相关。两次世界大战之后,经济均出现增长放缓,并难以自拔的走向衰退,而煤炭的需求量也相应出现下降。“大萧条”使得煤炭需求下降至世纪之交的水平。二战之后的经济衰退则再次使得煤炭需求下降至世纪之交的水平。直到1960年煤炭需求量才开始复苏——新的主要用途火力发电。50年代中后期,煤炭依然主要用于工业和居民供暖以及燃煤蒸汽火车轮船。60年代开始,大部分煤炭用于发电。2010年,电煤消耗占全美煤炭消耗的93%。

(二) 产业结构转型

技术进步是推动产业结构调整的动力,产业结构演变总是向技术进步快且需求收入弹性较高的成长产业转换,成长产业和衰退产业的转变是由于技术和需求的变化而产生的。从这个角度来讲,产业结构调整其实与前文能源结构演变是契合的。从产业结构调整的角度来分析能源结构演变,可以了解能源结构调整和具体行业同时成长的过程。

美国经历了较为完整和独立的工业化进程,分别经历轻工业——重工业(基础原材料和装配及深度加工)——技术节约化。能源结构的演变主要发生在工业化(19世纪初到20世纪20年代)及工业后期(20世纪20年代至50年代)。70年代以后的能源结构基本成型。轻工业化向重工业化的转变当中,能源结构演变为煤炭为主,取代木材,因木材能量密度低、总供给量少。以铁路工业为标志的重工业化的到来,标志着高能耗行业对煤炭需求的高速增长期,煤炭从而脱离经济周期的影响。当步入技术集约化阶段时,高能耗的重工业发展速度减慢,能源结构演变为石油和煤炭并驾齐驱,汽车和公路运输的发展使得石油需求脱离经济周期的影响束缚。铸轧、冶金工业的进步和巨大的市场需求拉动天然气管道建设浪潮,使得天然气供给和市场得以连接,天然气得以广泛地运用于工业和发电,廉价充足的天然气供应增长也超越了战后经济衰退的影响。随着产业结构软化和城市化进程,生产和生活电气化趋势,电力需求拉动煤炭行业复兴。最终形成石油、天然气、煤炭为主要能源的能源结构一直持续到现在。

(三) 价格、地缘政治

从能源可比较的价格角度来观察能源结构过程也是一个非常有意思的补充。通过观察发现在能源不能广泛替代时,各自有供需背景,各自价格走势不太相关。当能源之间在某些重要领域可以广泛替代时,价格出现趋同或联动规律。尤其在最近几十年油气之间联动更加明显。

廉价、充足的油气资源供应是它们在能源结构中比重上升的重要基础之一。煤炭价格波动比石油价格波动小。在重工业化阶段(20世纪20年代以前)工业燃料和蒸汽动力主要使用煤炭,需求稳定增长,因此价格波动较小。两次世界大战和能源危机使得煤炭价格出现大幅度波动。20世纪三四十年代在交通运输领域面临廉价、充足的液体石油的竞争,在居民使用领域面临廉价充足的天然气的竞争,能源之间价差逐渐缩小,这时的趋同是资源稀缺性和政治因素没有关系的,完全是替代和供需面的影响。

石油需求几经变化,从电灯发明以前(1882年以前)的照明需求,到主要为内燃机提供燃料,早期需求未必成规模,同时大规模商业化开采蔓延至全球,供给充足也是20世纪70年代以前实际石油价格大幅向下波动的主要原因,廉价的石油也成为小汽车普及的、公路运输追赶铁路运输的基础保证。

70年代以前,勘探石油发现的伴生的充足天然气供应使得其价格非常低廉,也是刺激需求的重要因素,价格管制的弊端并未引起人们的重视,直到70年代出现天然气短缺,价格开始逐步放开,油气价格联动更加明显,并且经常价格非常接近。60年代以后煤炭通过电力的形式再度复兴,其中有两次“石油危机”带来的全球性的分散能源结构的因素,更与电力作为一种更受欢迎的能源形式在居民和商业用户中的广泛运用分不开。

两次石油危机之后使得石油享受“地缘政治”溢价,同时也使各国开始寻求能源结构多元化,提高可替代能源价格之间的关联性。能源价格大幅飙升带来的需求衰退的副作用、八九十年代非常规天然气的开发、90年代委内瑞拉大量供给石油以及亚洲金融危机等因素,使得90年代末这三种主要能源价格再次趋近。此后伊拉克战争再次将石油价格推上风口浪尖。同时日益引起国际关注的“温室效应”使得天然气作为最为清洁的能源相对于煤炭也开始享受“溢价”。

四、国际能源结构展望

从可供使用的资源角度来看,可以预见的未来,依然是以化石能源为主,化石能源中未来越来越依赖天然气、非常规油气和煤炭,可再生能源只能是起辅助作用。未来还有两个关键因素,首先是世界环境政策,其次是公众对核武器威胁及核污染态度,从这个角度来看天然气的发展必然成为首选。煤炭液化技术成本相对于非常规油气资源的开发成本以及通过电力转化的技术途径发展快慢,则决定了未来煤炭在能源结构中地位是上升还是下降。

我们从资源可用性的角度来定性分析未来能源结构走向。能源结构有以下几个主要因素影响:资源储量、人口增长、经济发展、技术进步、环保政策和可替代能源价格。我们无法去预测不同能源的价格进而分析未来能源结构,因为能源之间的竞争主要体现在经济性上。而且价格与供需之间的关系还有很多内容,价格受太多不可预测事件的影响。

运输工具的燃料不会匮乏。在很长一段时间内,石油仍将是液态燃料的主要来源。常规石油的产量将会在21世纪的某个时候达到峰值,但非常规石油资源,如油砂、油页岩和很多天然气藏中的天然气液仍储量巨大。如果煤和天然气转换成液体的技术进步使这些燃料具有竞争力,那么用于运输的液体燃料的供应将更能得到保证。因天然气资源量巨大而且正在增长,煤也在许多国家中有巨大的储量。

快速增长的电力需求将主要以煤、天然气为燃料和水为能源的电厂来供给。如果核污染的问题得以解决,或者公众对核污染、核扩散和核安全的担忧得以克服,环保和全球变暖的问题越发严重,核能将成为更加重要的发电能源。地热能、太阳能特别是风能也正在用于发电,但在可预见的将来,他们的贡献并不重要。

21世纪能源资源量不会成为全球范围能源供应的限制,但地理、环境、政治和财政因素可能成为某段时间某些国家的能源可用性、消费和供给的限制。其中显而易见的是能源地理分布不均,石油储量的65%分布于波斯湾地区,常规天然气储量的71%分布于前苏联和波斯湾地区,煤炭储量的60%分布于美国、前苏联和中国。适合于做水电站的坝址场所有严格的地理限制。获取、生产和运输的高成本,将是世界上某些地区能源消费水平的决定因素。

【参考文献】

- [1] [美] 罗伯特·布莱特. 能源独立之路[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [2] 王锋, 冯根福. 优化能源结构对实现中国碳强度目标的贡献潜力评估[J]. 中国工业经济, 2011(4).
- [3] 厦门大学中国能源经济研究中心. “十二五”规划前期研究——能源发展战略[R]. 厦门大学中国能源经济研究中心, 2009.

(责任编辑 L 校对 F)