

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.006

能源战略下的能源电力发展方向和碳排放问题

潘英

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的] 发展经济和保护环境是各学科学者对社会未来发展关注的重点。在世界能源格局中, 我国的能源战略的指导方针, 能源发展调整的方向, 具体落实到低碳减排、节能的措施等等, 成为了广大处于能源电力行业的人员迫切关注的问题。[方法] 基于对我国能源战略的解读, 阐述了能源革命是一个政策导向的、目标倒逼的过程。在当前国际国内背景下, 考虑资源和环境两大因素, 引入了能源强度、气候强度以及能源技术效率等衡量指标概念, 比照当前的能源结构、效率和碳排放系数, 对能源电力发展的方向做了梳理: 一是提高能源效率, 二是调整能源结构。而对与能源电力发展不可分割的低碳减排问题, 则从减少排放和排放后的集中处理两个方面进行了量化分析和应用前景探讨。[结果] 文章论证了能源发展的关键在于依靠科技创新, 顺应能源结构调整的趋势, 提高能源效率, 大力开发可再生能源、加快从传统能源向清洁能源的转变。[结论] 中国面临从化石燃料推动的经济发展模式向可持续性发展的模式的转变, 低碳能源战略是中国能源的可持续发展之路。

关键词: 能源战略; 能源发展方向; 气候变化与可持续性发展; 碳排放; 低碳节能减排

中图分类号: TK01

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)03-0032-08

Energy Power Development Direction and Low Carbon Emission Under Energy Strategy

PAN Ying

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] Economic development and environmental protection are in the focus of attention of specialists in various disciplines regarding the future development of society. On the globe energy chessboard, all kinds of questions, such as energy strategy, direction of energy development, low carbon and energy saving solutions, become quite confusing and challenging to professionals in the China energy and power industry. [Method] This paper introduced the energy policies and trends of our country, and explained that the energy revolution is a policy-oriented and goal-driven process. Based on the current international and domestic situation regarding resources and environment, this paper sorted out the development direction of energy power: to improve energy efficiency and to adjust energy structure, by the means of clarifying the concepts of some main indicators, such as energy intensity, climate intensity of energy use and energy technology efficiency, and providing the quantitative analysis and comparison for energy structure. Meanwhile, for the problem of low carbon and emission reduction, which is inseparable from the energy development, the quantitative analysis and application prospect are discussed from the two aspects of emission reduction and centralized treatment after emission. [Result] As a result, this paper demonstrates that the key to successful energy development lies in scientific and technological innovation and adjustment of energy structure so as to enhance energy efficiency, develop renewable energy, and accelerate the transformation from traditional energy to clean energy. [Conclusion] This work provides readers with a clear and basic understanding of energy trends for low carbon economy and sustainable social development. China is in the process of changing from fossil fuel-driven economic development model to sustainable development model.

Key words: energy strategy; energy development direction; climate change and sustainable development; carbon emission; low carbon energy; energy saving and emission reduction

收稿日期: 2019-04-19 修回日期: 2019-06-28

基金项目: 中国能建广东院科技项目“节能减排新要求下的广东省能源发展目标及实现路径研究”(EV03251W)

近年来, 中国的社会经济发生了巨大的变化, 国家实力不断增长。按“国内生产总值”作为排名参数, 中国已经超过日本, 成为次于美国的世界第二

大经济体^[1]。然而之前我们走的是一种拼资源、拼人力、高投入、高消耗、高排放的粗放式发展道路，透支了中国的环境和资源。尤其令人惊讶的是现在中国已经超越美国成为最大的温室气体排放国^[2-3]。而我们都知，道，“温室气体排放引起全球气候急剧变化，进而导致生态环境的恶化”是一个全球普遍关注的敏感问题。为应对当前全球性的生态问题，世界各国已经共同制定了可持续发展的两大议程：联合国《2030年可持续发展议程》^[4]和《巴黎气候变化协定》^[5]。出于保护生态环境，以及顺应全球能源发展趋势的考虑，中国必须着手处理排放的问题。

从资源的角度来看，能源是推动社会经济发展的重要物质基础，能源需求的增长是由其经济增长导致的。然而世界石油的消费区域和资源区域是严重错位和失衡的。中国是能源进口大国，缺油少气。不同于北美和欧洲发达国家，中国不但能源消耗量大，而且能源需求仍在迅速增长^[6]。从能源需求以及能源供应的关系上看，我国面临的形势是相当严峻的。“开源节流”是应对能源危机的重要举措。

由此可见，能源革命势在必行，在保证经济发展的前提下，一方面是顺应世界潮流，为了保护地球的生态安全和人类的生存与发展而体现中华民族的责任与担当；另一方面，也是我国实现可持续发展的现实需要，是当前环境和资源问题倒逼下的必然行动。

对此，我国政府已经出台了一系列的政策措施。能源结构的调整 and 行业发展方向的变化对全社会尤其是对能源电力行业提出了新的认识要求，在此背景下，我国的能源战略的指导方针，能源结构调整的方向，具体落实到低碳减排、节能的措施等等，成为了广大处于能源电力行业的人员迫切需要了解的问题。电力企业有了统一的认识，才能落实到行动，发挥节能减排主力军作用，围绕国家能源战略，推动能源的可持续发展。

1 中国能源战略

能源战略是基于国情，综合考虑本国经济发展状况和能源安全储备、能耗效率、未来能源需求预测以及环境条件制约制定的^[6]。中国是当前国际社会能源消费和需求大国。国务院办公厅印发《能

源发展战略行动计划（2014—2020年）》明确提出，要坚持“节约、清洁、安全”的战略方针，重点实施“节约优先、立足国内、绿色低碳、创新驱动”四大战略，加快构建低碳、高效、可持续的现代能源体系^[7]。

1) 节约优先：把节约优先贯穿于经济社会及能源发展的全过程，集约高效开发能源，科学合理使用能源，大力提高能源效率，加快调整和优化经济结构，推进重点领域和关键环节节能，合理控制能源消费总量，以较少的能源消费支撑经济社会较快发展。

2) 立足国内：坚持立足国内，将国内供应作为保障能源安全的主渠道，牢牢掌握能源安全主动权。同时加强国际合作，提高优质能源保障水平，加快推进油气战略进口通道建设，在开放格局中维护能源安全。

3) 绿色低碳：着力优化能源结构，把发展清洁能源作为调整能源结构的主攻方向。坚持发展非化石能源与化石能源高效清洁利用并举，逐步降低煤炭消费比重，提高天然气消费比重，大幅增加风电、太阳能、地热能等可再生能源和核电消费比重，形成与我国国情相适应、科学合理的能源消费结构，大幅减少能源消费排放。

4) 创新驱动：树立科技决定能源未来、科技创新创造未来能源的理念，坚持追赶与跨越并重，加强能源科技创新体系建设，依托重大工程推进科技自主创新，建设能源科技强国，能源科技总体接近世界先进水平。

在这四条战略中，其中一条“立足国内”是属于能源资源的供应、安全储备以及国与国之间能源外交和国际政治合作范畴；其余的三条“节约优先”、“绿色低碳”、“创新驱动”则对我们电力行业明确了提高能源效率，调整能源结构，依靠科技创新的发展方向。

2 能源发展方向

能源革命，不是一个自发的、从容的过程，而是一个政策导向的、目标倒逼的、紧迫的过程。能源的发展要着手于提高能源效率，调整能源结构，从而降低单位GDP产出的能源消耗和二氧化碳排放，实现国家经济的高质量可持续发展。

2.1 提高能源效率

衡量或评价能源效率的方法和指标主要有两类：一类是能源经济效率指标，另一类是能源技术效率指标^[8]。

能源经济效率有个指标参数，即能源强度：单位国内生产总值(GDP)的能源消耗量，可以用下面公式(1)表达。

$$EI = \frac{PEC}{GDP} \quad (1)$$

式中：EI (Energy Intensity) 为能源强度；PEC (Primary Energy Consumption) 为一次能源消耗量。其数字意义是生产 100 万美元的商品和服务所需的石油吨数。能源强度大，表明相应的能源效率小。中国在哥本哈根世界气候大会召开前，承诺能源强度到 2020 年降低 40%，目前已提前三年达到指标。

而能源技术效率 (Energy Technology Efficiency, 简称为 Eff) 包含三个环节：(1) 能源加工转换效率 (Eff₁)；(2) 能源输送、分配、储运效率 (Eff₂)；(c) 能源终端利用效率 (Eff₃)，可以用下面公式(2)表达。

$$Eff = Eff_1 \times Eff_2 \times Eff_3 \quad (2)$$

对于电力行业而言，第一个环节和第二个环节，主要体现在电能的生产、输送和分配。火力发电的重要问题是提高热效率。由于发电过程的热损耗，目前我国常规火力发电厂的热效率往往低于 40%。而发展热能梯级利用技术，能显著提高能源利用率。例如燃气-蒸汽联合循环热电冷三联供系统，统筹考虑用电、制冷、热水等负荷需求，实现生产电能、热能和制冷的联产技术，综合用能效率可高达 90%^[9]。第二个环节关注的是从发电厂出线起到用户止所产生的电能损耗。电的输送、变电和分配的重要挑战是降低网损率这一指标，使得在电能从发电厂传输到客户的一系列过程(输电、变电、配电)中，提高效率，降低电能损耗和损失。目前我国输电产生的电能损耗占到整个输电量的 5%~10%，配电量的电能损耗更是达到一定规模。而加强输配电网升压和设备改造，以及优化输配电网的网络结构可以有效地减少电能损耗。例如 1 000 kV 特高压输电线路单位长度的功率损耗约为 500 kV 超高压输电的 1/16，从而表明特高压输电能实现大功率的中、远距离输电，并降低传输过程中的损耗。第三个环节关注的是终端用能。当前，我国智

能电网和微网已进入了全面建设的阶段。通过智能能量管理系统，不仅对能源侧的管理可以依靠启停运行策略以及储能手段实现削峰填谷，稳定电网安全；而且对用户侧的管理可以依靠分时电价实现削峰填谷，并且对终端用户负荷实时监测、计算，从而通过综合管理与监测，引导企业和个人合理用电，节约能源，在提高能源终端利用效率上起到指导和协调管理的功用^[9]。

2.2 调整能源结构

当谈及一次能源消费结构时，先需要澄清国际上对化石能源、可再生能源、清洁能源、可持续能源这几个概念的定义，因为它们之间往往有叠合，如图 1 所示。

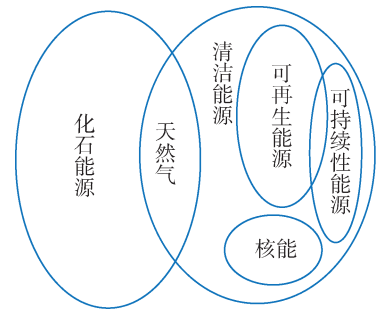


图 1 能源范畴

Fig. 1 Energy category

1) 化石能源(Fossil energy)来自三种化石燃料：煤炭、石油和天然气。

2) 可再生能源(Renewable energy)包括太阳能、水能、风能、生物质能、波浪能、潮汐能、海洋温差能、地热能等。它们在自然界可以循环再生。

3) 清洁能源(Clean energy)，即绿色能源(Green energy)，是指不排放污染物、能够直接用于生产生活的能源，它包括核能和可再生能源。从广义上来说，我国清洁能源的组成也包括化石能源中低污染的天然气^[10]。

4) 可持续性能源(Sustainable energy)在国际能源领域定义为满足当前的需要却不损害未来人类后代需求的能源。一般而言，可再生能源中的太阳能、风能、潮汐能、地热能已广泛接纳为可持续性能源。但是值得注意的是：并不是所有可再生能源都是可持续能源，比如筑坝水力发电，以及砍伐森林作为生物燃料常常成为可持续性发展领域较大的争议问题。另外，核能不能算做可持续性能源，也是尚有很大争议。

总而言之，化石燃料都是不可再生能源，都会排放温室气体。但天然气燃烧时产生二氧化碳明显少于其他化石燃料，相对而言是有助于减缓地球温室效应的清洁能源。可再生能源都是清洁能源，不会排放二氧化碳，继而影响全球气候变化。核能虽然属于清洁能源，但消耗铀燃料，不是可再生能源。

我国优化能源结构的路径是：降低煤炭消费比重，提高天然气消费比重，大力发展风电、太阳能、地热能等可再生能源，安全发展核电^[7]。

如图2所示，2017年我国一次能源消费结构中，煤炭消费比重为61%，石油比重为19%，天然气比重为7%，核电2%，可再生能源(含水电8%)一共占11%^[11]。

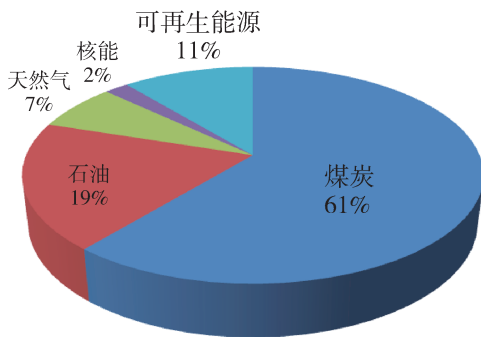


图2 我国一次能源消费结构

Fig. 2 Primary energy consumption structure in China

这个数据比例基本符合国务院《能源发展战略行动计划》明确的发展目标趋势：到2020年，非化石能源占一次能源消费比重达到15%；天然气比重达到10%以上；煤炭消费比重控制在62%以内；石油比重为剩下的13%^[7]。

研讨全球问题的全球智囊组织罗马俱乐部曾预言^[12]：2052年，可再生能源将成为最大的能源来源。届时，世界能源的构成将是：可再生能源(37%)、煤炭(23%)、天然气(22%)、石油(15%)以及核能(2%)。对照我国目前的能源消费结构，如图3所示，我们看到世界的能源消费的趋势：煤炭消费比重大幅下降，可再生能源比重大幅提升，天然气消费比重提高。从发展和调整方向上定性地说，这些趋势是与我国的战略方针一致的。从幅度定量来说，乔根·兰德斯这个预测是令人惊讶，也引人深思的。

我国2017年各类能源发电比例的现状如图4

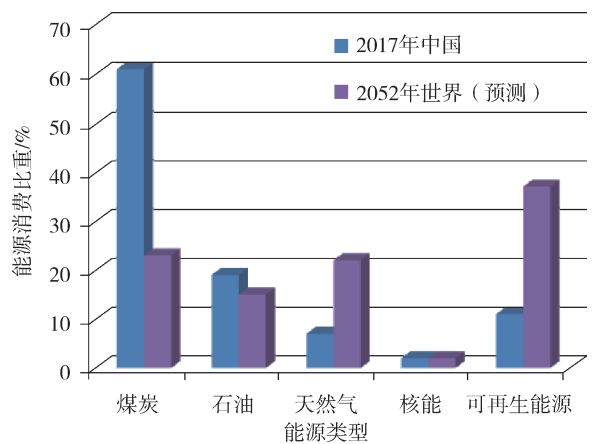


图3 能源结构对比

Fig. 3 Energy structure comparison

所示^[13]。从发电量来看，煤电全年占比高达67%。清洁能源发电量占比过小是目前中国能源结构的突出问题，过于依赖火电会导致中国环境问题日趋严重。

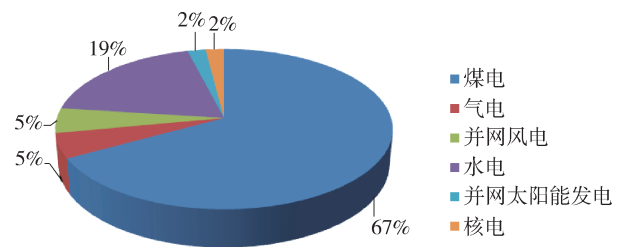


图4 我国各类能源发电比例

Fig. 4 Power generation from various energy sources in China

对比现状，我们可以从种种政策和解读中看到两个趋势特点：

1) 常规化石能源中将从煤炭向天然气转换。逐步降低煤炭和石油的消费比例，提高天然气消费比重。

2) 加快从化石能源向低碳能源转变：大力发展新能源，在新技术基础上加以开发利用可再生能源；大力发展清洁能源，减少工业温室气体排放。

在能源结构调整上，国家能源局还明确：稳步推进陆上风电项目建设，加快推动海上风电和分布式风电发展，有序推进光伏发电项目建设，大力推进分布式能源发展。可以预见：在可再生能源的开发利用中，太阳能、风能的发展研究将最为迅速。传统化石能源面临定位的调整与技术的改造，从而走上清洁高效利用的绿色发展之路。新能源、新技术将得到深入的研究和开发利用。

3 能源与碳排放

碳排放是与能源战略以及能源电力发展密不可分的关注课题。正如前面所述,中国能源战略是绿色低碳的战略。“绿色”是指实现环境友好的能源开发和利用;“低碳”是指明显降低温室气体排放强度并控制温室气体排放的增长。而前面所述的能源电力发展方向中,无论是提高能源效率,还是调整能源结构,以及具体体现在大力发展节能技术,高效利用化石能源,加快发展清洁和可再生能源的等等措施,都无疑与低碳减排的目标一致,强调了碳排放的控制与治理。

3.1 气候变化与二氧化碳排放

气候强度是衡量能源消耗引起的温室气体排放的指标参数^[12],即每单位能源利用所排放的温室气体量,见公式(3)。

$$CI = \frac{GHC}{PEC} \quad (3)$$

式中:CI(Climate Intensity of Energy Use)为气候强度;GHC(Greenhouse gas emission)为温室气体排放量;PEC(primary energy consumption)为一次能源消耗量。

气候变化是全球可持续发展所面临的一个最重要的威胁。而能源消费当中的二氧化碳排放一直是国际社会普遍关注的热点问题。

气候变化与二氧化碳排放存在显著的相关关系。气候不同于天气。天气是一定区域短时段内的温度、降雨量、湿度、大气压等大气状态及其变化的总称。气候是长时间内气象要素和天气现象的平均或统计状态,时间尺度为三十年以上。由于大气中的水蒸气、臭氧、二氧化碳等气体可透过太阳短波辐射,使地球表面升温,同时阻挡地球表面向宇宙空间发射长波辐射,从而使大气增温,与“温室”的作用类似,所以被称为温室气体。而其中的二氧化碳全球排放量大、增温效应高、生命周期长,是对气候变化影响最大的温室气体。

阻止气候变化,减少气候强度的实质是提高能源利用效率和清洁能源比重、追求绿色 GDP 的问题。

能源电力行业,减少二氧化碳的有效的方式包含基于能源战略,开发清洁和可再生能源,研究应用能源智能高效传输、能源高效利用等方面的先进

能源技术。其范围相当广泛,例如开发核电、水力发电,海上风电、生物质、海洋能利用、光伏发电等非化石能源;开发可再生能源制氢,固态储氢,高压储氢、输氢和加氢、先进燃料电池等新技术;海上风电柔直输电、特高压输电及其它新兴输电技术;结合云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能等先进技术手段,开展的智慧能源和能源互联网建设;开发煤炭清洁高效利用技术;发展二氧化碳收集、封存及再利用等等。这些先进能源技术均能减少一次能源消耗中的气候强度指标^[14]。无论是新能源的探寻,还是传统能源的升级改造,依靠科技创新,才能构建出低碳、高效、可持续的现代能源体系,成功实现从化石燃料推动的经济发展模式到向可持续性发展模式的转变。

3.2 碳排放量分析比较

碳排放是关于温室气体排放的一个总称或简称。而温室气体的主要组成部分就是二氧化碳(CO₂)。

关于减排指标-排放系数的计算,必须先阐述几个概念。首先,标准煤亦称煤当量,具有统一的热值标准。我国规定每千克标准煤的热值为7 000千卡(29.306 MJ)。而将不同品种、不同含量的能源按各自不同的热值换算成每千克热值为7 000千卡的标准煤。根据资料分析结果,天然气的平均热值是8 500千卡(35.588 MJ/m³),所以1万m³的天然气的能量相当于12 t标准煤。其次一个概念是,1 J为1 W的机械工作1 s的释放的能量。1度电,即1 kWh的电力能量,相当于3.6×10⁶J,即0.122 8 kg标准煤的热值。继而得出1 MWh的电力能量即0.122 8 t标准煤的热值。考虑到火力发电厂发电过程的热损耗,以30%的热效率计算,每节约1度(千瓦时)电,就相应节约了0.4 kg标准煤,得到国家发改委能源研究所推荐的标准煤的二氧化碳排放系数2.493^[15-17],相当于减少燃烧而排放的0.997 kg的二氧化碳。

再次一个概念是二氧化碳排放量和碳排放量之间是可以转换计算的。1 t碳在氧气中燃烧后能产生大约3.67 t二氧化碳(C的分子量为12,CO₂的分子量为44,44/12=3.67)。减排1 t碳(液碳或固碳)就相当于减排3.67 t二氧化碳。

因此,我们以燃烧煤的火力发电为参考,计算节电的减排效益,可以推算出节约1度电,相当于

减排 0.997 kg 二氧化碳，也相当于减排 0.272 kg 碳；节约 1 kg 标准煤相当于减排 2.493 kg 二氧化碳，也相当于减排 0.687 kg 碳。因此，有了表 1 的碳排放系数供参考，当然随着火力发电厂的热效率的提高，煤耗降低，这个排放系数有一定空间降低。

表 1 碳排放系数

Tab. 1 Carbon emission coefficient

参数	1 kg 标准煤	一度电
碳排放系数/kg	0.687	0.272

碳排放系数可以用于计算碳减排效果的量化研究。由于可再生能源和核能是零碳排放的。借助可再生能源，避免燃烧煤产生碳，每 10 MWh 的绿色发电，相当于节约了 4 t 标准煤，减排 10 t 二氧化碳，也相当于减排 2.7 t 碳。对于天然气，则需折算成标准煤，来计算碳减排效果。按照煤和天然气的热值当量以及考虑两者的热效率的不同，以 GE 颜巴赫内燃机机组为例（其天然气发电的热效率为 48.7%），我们可以得到发出 10 MWh 的电，约需要 0.27 万 m³ 的天然气来替代 4 t 标准煤。通过有关天然气碳排放数据收集，得知 1 m³ 天然气的燃烧会有 1.964 kg 二氧化碳的排放，或则说 0.535 kg 碳排放。天然气产生同样的电力时，天然气的碳排放量比煤炭要低，这里碳排放量仅仅约为煤的 56%。相比燃煤电厂，我们可以得到清洁能源在每 10 MWh 的绿色发电的碳减排量，如表 2 所示。

表 2 每 10 MWh 的绿色发电碳减排量

Tab. 2 Carbon emission reduction for green power per 10 MWh

一次能源形式	碳排放	相比燃煤电厂		
		标准煤 节约量	二氧化碳 减排量	碳 减排量
核能和可再生能源 (太阳能光伏发电、 城市低速风力、水力 发电、地热能发电、 可再生燃料电池、沼 气发电等)	零碳 排放	节约 4 t 标准煤	减排 10 t 二氧化碳	减排 2.7 t 碳
天然气	减排	替代为 0.27 万 m ³ 的天然气	减排 4.4 t 二 氧化碳	减排 1.2 t 碳

因能源技术效率而得到的碳减排效果，可以参考公式(4)和公式(5)。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 度电的多产或结余} &= \text{减排 } 0.997 \text{ kg 二氧化碳} \\ &= \text{减排 } 0.272 \text{ kg 碳} \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{节约 } 1 \text{ kg 标准煤} &= \text{减排 } 2.493 \text{ kg 二氧化碳} \\ &= \text{减排 } 0.687 \text{ kg 碳} \quad (5) \end{aligned}$$

低碳减排是一个综合性的目标。甚至开发、运输、使用能源中的节地、节水、节能、节材都体现了低碳减排。例如某分布式能源站依照分质、阶梯使用的给水原则，经深度处理后的中水可用于空调冷却塔的补水，以及除盐后用于空调冷冻水的补水、汽水循环的补水和闭式热水网的补水等等，均体现了绿色发电碳减排量。

综上所述，节约资源，开发清洁能源，大力提高能源效率，高效使用能源，都是减少碳排放量的有力行动。

3.3 碳集中处理

前面提到二氧化碳在大气中的排放导致地球臭氧层遭受破坏，使得全球灾难性气候变化屡屡出现，严重危害到人类的生存环境和健康安全。但是如果能把二氧化碳集中处理，就能变废为宝，因为二氧化碳其实可以有很多用途：

1) 二氧化碳不能支持燃烧，密度又比空气的大，可以用来阻燃灭火。

2) 二氧化碳也是一种工业原料，可以用在制纯碱、尿素和汽水等工业上。

3) 干冰可用作致冷剂冷藏食物，而且蒸发时没有液体留下，不会使食品潮湿。干冰也可用于人工降雨。

4) 可以用二氧化碳贮藏粮食、水果、蔬菜，利用缺氧和二氧化碳本身的抑制作用。

5) 利用二氧化碳对人体呼吸的有效刺激因素，有医用价值，兴奋呼吸中枢。液态二氧化碳低温手术的用途也较广泛。

6) 植物进行光合作用，需要二氧化碳。在温室里施用二氧化碳作肥料，可以提高农作物的产量。

在全球都有许多非常成功的案例，通过在分布式能源站旁配套建设绿色蔬菜大棚，将分布式能源站排放的 CO₂ 通过管道系统就近引入大棚，分流引导至每株植栽的下面作为光合作用的原料全部消耗掉。引入绿色植物大棚的二氧化碳可以调节作物的糖分、淀粉的含量，提高果菜的抗病能力，大幅提高农作物的产量和质量。而且建设绿色蔬菜大棚可

减少区域二氧化碳排放, 打造“零碳排放”的现代化工业基地, 改善区域空气环境质量。这个办法有效地将现代化工业和农业有机的结合起来, 利用分布式能源建设成现代化的科技农业和工业生产基地。

当然和目前火力发电厂排放的二氧化碳相比, 以上种种只是消耗掉少部分的二氧化碳。而把火力发电厂燃料燃烧产生的二氧化碳, 采用新技术集中处理和隔离储存, 就是全球各国政府、环保组织都非常重视的“碳捕集与封存”项目(Carbon Capture & Storage), 简称 CCS。随着技术的完善和成熟和成本的降低, CCS 在未来将发挥日益重要的作用。IEA 在其“新政策情景”中预测, 到 2050 年, CCS 每年将捕集 80 亿 t 二氧化碳^[12]。人们可以通过给燃煤火力发电厂配备碳捕集与封存设备和技术, 有效减少碳排放。

CCS 简单来说, 就是在需要大量燃烧能源的工厂中, 通过化学或物理的方法, 如溶剂溶液捕集、物理吸附与膜分离等技术, 把排放的二氧化碳废气收集起来, 通过施加压力, 使其变成二氧化碳液体, 再转移到选定的地点进行封存。目前, 全球都在展开地下和深海永久或半永久储存二氧化碳液体的技术研发与项目建设。此外, 封存的二氧化碳液体, 可以注入到油气田或煤层中, 通过二氧化碳压力的作用, 驱赶岩缝中的原油或天然气, 增加开采量。2011 年, 中国石化胜利油田启动了 CCS 开发应用项目, 将液化二氧化碳用于“低渗透油藏二氧化碳驱油”, 成功提高了油采取率^[18]。而由广东省电力设计研究院有限公司 EPC 总承包的亚洲首个碳捕集平台已成功调试, 于 2018 年 12 月成功收集到二氧化碳, 将实现每套装置每天 50 t 的捕集量。

CCS 项目涉及了非常丰富的科学与工程技术, 是目前世界上最先进的环保手段之一。中国一直非常重视 CCS 技术研发与项目建设。在 2015 年, 国家发改委正式发布了《中国碳捕集与封存示范和推广路线图研究》报告, 将中国到 2050 年的碳捕集与封存技术分为了三个阶段, 并将 CCS 列入国家重点推广的低碳技术目录^[19]。

4 结论

低碳能源战略是中国能源的可持续发展之路。本文基于对我国“节约优先、立足国内、绿色低碳、创新驱动”能源战略的解读, 通过引入能源强度、

气候强度以及能源效率等衡量指标概念, 比照当前的能源结构、效率, 对能源电力发展的方向从提高能源效率和调整能源结构两个方面做了梳理; 而对与能源电力发展不可分割的低碳减排问题, 文章则通过引入碳排放系数指标、低碳减排效果的量化分析方法, 以及 CCS 的开发应用, 从减少排放和排放后的集中处理两个方面对低碳减排进行了分析和讨论。总括而言, 文章从能源战略、能源电力发展方向以及碳排放三个方面, 综合叙述了能源行业以及业内人士在实现低碳经济以及社会可持续发展的大潮中应有的认识。

文章论证了在保证经济发展的同时, 关键在于依靠科技创新, 深入推进能源革命, 一方面要大力节能, 提高能源的利用效率, 实现能源强度的不断下降。能源电力上具体体现在提高电能在生产、输送、分配以及终端利用上的效率, 最大可能减少损耗。另外一方面, 要调整能源结构: 对化石燃料, 逐步降低煤炭和石油的消费比例, 而提高天然气消费比重; 对非化石能源, 要大力发展新能源和清洁能源。能源电力要顺应能源结构调整的趋势, 加快传统能源发电的升级改造, 清洁能源大力开发利用的转变。而以上这些节能增效以及结构调整的发展举措都无疑都与降低单位 GDP 产出的能源消耗量和降低二氧化碳的排放度的“资源节约和环境保护”目标一致。另外值得注意的是, 碳捕集与封存技术有能力大量减少煤炭、天然气及其他来源因发电与制造排放到大气中的二氧化碳。

战略决定着能源的发展方向, 科技决定着能源的未来。我国能源电力将按“十三五”能源规划索骥, 加强科技创新, 提高能源效率, 调整能源结构, 大力开发可再生能源、减少二氧化碳排放。能源电力行业作为碳排放大户, 是主要的控排对象, 只有对当前的国际环境和国家能源战略统一认识, 依靠科技提高能源效率和响应结构调整, 全面走低碳减排道路, 才能发挥主力军作用。

参考文献:

- [1] International Monetary Fund (IMF). World Economic Outlook Reports [EB/OL]. (2018-10-01) [2019-04-19]. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO>.
- [2] International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2019 [EB/OL]. (2019-01-24) [2019-04-19]. <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2019>.

- [3] 十二届全国人大四次会议. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要(2016—2020) [EB]. (2016-09-28)[2019-04-19].
- [4] Seventieth Session of the United Nations General Assembly. Agenda for Sustainable Development 2030 [EB]. (2019-02-15) [2019-04-19].
- [5] The Paris Agreement. UN Climate Change Conference [R]. Paris; The Paris Agreement, 2015.
- [6] 申险峰. 世界能源战略与能源外交: 亚洲卷 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2011.
SHEN X F. World energy strategy and energy diplomac: Asian volume [M]. Beijing: Intellectual Property Publishing House, 2011.
- [7] 国务院办公厅. 能源发展战略行动计划(2014—2020年): 国办发[2014]31号 [EB]. (2014-11-20)[2019-04-19].
- [8] International Energy Agency. Energy Efficiency 2018 Analysis and outlooks to 2040 [EB]. (2018)[2019-04-19].
- [9] 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司. 深圳国际低碳城分布式能源项目可行性研究报告[M]. 广州: 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 2014.
- [10] 洪涛. 国际清洁能源产业发展报告(2018): 清洁能源蓝皮书 [M]. 北京: 国务院发展研究中心, 2018.
- [11] 中国产业研究院. 2018—2023年中国天然气行业市场前景及投资机会研究报告 [M]. 北京: 中国产业研究院, 2018.
- [12] 乔根·兰德斯. 2052: 未来四十年的中国与世界 [J]. 博鳌观察, 2014(1): 126.
- [13] 智研咨询集团. 2018—2024年中国新能源发电行业分析及发展趋势研究报告 [M]. 北京: 智研咨询集团, 2018.
- [14] 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司. 粤港澳大湾区能源规划专题研究报告 [M]. 广州: 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 2019.
- [15] 吕丽汀, 王龙, 赵建莉. 温室气体排放量化换算系数的研究 [J]. 山东建筑大学学报, 2013, 28(3): 244-249.
LÜ L T, WANG L, ZHAO J L. Study on quantitative conversion factor of greenhouse gas emissions [J]. Journal of Shandong Architectural University, 2013, 28(3): 244-249.
- [16] 刘韵, 师华定, 曾贤刚. 基于生命周期评价的电力企业碳足迹评估 [J]. 资源科学, 2011, 33(4): 653-658.
LIU Y, SHI H D, ZENG X G. Carbon footprint assessment of electric power enterprises based on life cycle Assessment [J]. Resources Science, 2011, 33(4): 653-658.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 综合能耗计算通则, 中国标准出版社, 2008.
- [18] 程宇婕. 中国石化胜利油田: 绿色发展的胜利实践 [N]. 中国能源报, 2013-08-12.
- [19] 国家发展改革委. 中华人民共和国国家发展和改革委员会公告: [2015]第31号 [EB/OL]. (2015)[2019-04-19]. http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/flfg/flgz/201512/t20151230_769761.html

作者简介:



PAN Y

潘英(通信作者)

1974-, 女, 湖南湘潭人, 美国能源与环境设计先锋认证专家, 美国注册工程师, 美国纽约城市大学博士, 高级工程师, 主要从事能源和电力研究和咨询工作(e-mail)panying@gedi.com.cn。

(责任编辑 郑文棠)

能源知识

能源央企布局粤港澳大湾区

能源是经济发展的引擎。粤港澳大湾区在建设成为富有活力和国际竞争力的一流湾区和世界级城市群进程中, 难以离开能源体系的助力和支撑。一流湾区需要一流能源体系保驾护航。以《粤港澳大湾区发展规划纲要》为蓝图, 大湾区能源结构和布局涉及基础设施支撑保障能力、绿色智慧节能低碳的生产生活、建成智慧城市群、优化能源供应结构、培育壮大新能源等产业、集中集约发展临海石化等诸多方面。面对一幅徐徐展开的恢弘版图, 能源央企迎来前所未有的发展机遇。抢抓机遇大力布局大湾区能源体系建设, 是央企的责任与使命, 更是企业迈向高质量发展征程中的一次高强度锤炼。在坚守中践行使命, 在发展中谋求变革, 能源央企在世界一流湾区建设进程中不断凝聚迈向世界一流的强大动力。

中央企业在粤港澳大湾区能源体系构建中扮演着重要角色, 不仅仅是因为大湾区有着庞大的能源需求, 这也得益于中国领先于世界的技术。以核心技术为支撑, 央企在大湾区能源开放进程中占据着更为重要的地位。在粤港澳大湾区的能源版图上, 一座座央企能源标杆已经树立。身处合作、开放的发展浪潮中, 优势互补, 强强联合、抱团出海正在成为央企变革发展的鲜明旋律。对标世界一流建设湾区能源体系, 筑就能源央企高质量发展之路。

(引自《国资报告》杂志2019年第6期)