

中国能源、环境与气候变化问题回顾与展望

李俊峰¹, 李广²

(1. 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心, 北京 100035;

2. 中国人民大学国际关系学院, 北京 100872)

【摘要】 能源是人类文明进步的动力源泉, 人类在其文明发展的进程中不断扩大能源的使用范围和规模, 在创造出光辉灿烂的人类文明的同时, 也由于过度开发利用各种能源资源, 造成了严重的生态环境问题。尤其是人类工业化的250多年里, 大量消耗化石能源, 不仅产生了诸如酸雨、大气污染等传统的环境损害, 还造成了大气中温室气体浓度的增加, 导致气候变化, 使人类赖以生存的地球大气、水循环系统面临重大损害的威胁。因此, 能源、环境和应对气候变化成为当今世界相互关联的三大焦点、热点和难点问题。本文对中国能源、环境和气候变化问题的发生、发展和解决方案进行了历史性的回顾, 对能源、环境和应对气候变化协同治理的前景进行了展望。

【关键词】 能源; 环境; 气候变化; 可持续发展; 生态文明建设

中图分类号: X21 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2020)05-0008-10 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202005008

能源、环境和气候变化(以下简称能源、环境和气候)问题是伴随着工业文明的进步而发生和发展的。尤其是研究气候变化问题, 需要追溯全球工业化的整个进程, 才能厘清不同国家或国家集团的历史责任。因此研究中国的能源、环境和气候问题, 也必须从研究中国的工业化进程入手。本文以中国的工业化发生和发展的四个阶段为时间坐标, 分析了中国能源、环境和气候问题发生和发展的历史进程和政策演变。

1 中国工业化的历史进程与能源、环境和气候问题的回顾与展望

中国的工业化进程大体上可以划分为四个阶段。第一阶段是萌芽阶段(1861—1949年)。此阶段重要的工业化行动主要包括清朝政府时代的洋务运动、中华民国初期军阀割据时代的地区工业化运动, 以及抗日战争时期和解放战争时期的工业建设。这一时期历时近90年, 中国的工业化进程时进时退、起伏跌宕, 一直没有改变中国是一个农业大国这一历史状况。第二阶段是初步工业化阶段(1949—1976年)。此阶段我国工业化进程不断前行, 直到1976年基本完成了中国工业化的初级阶段, 其标志是我国初步建成了门类齐全的工业体系, 工业增加值稳定地超过了农业, 成为国民经济发展的主要支柱。第三阶段是中国工业化快速发展的阶段(1977—2012年)。在这一阶段中国开始了以经济建设为中心的国家发展路线, 全力推进工业化的进程。到2012年底, 中国的工业化进程基本完成, 其基本标志是, 中国成为全球第一制造大国, 已经成为全球主要工业制成品的供应中心, 也是全球工业产业链的中心环节。第四阶段是中国的后工业化阶段(2013年至21世纪中叶)。这一阶段以中国共产党第十八次全国代表大会将生态文明建设

纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局为标志, 中国的工业化进程进入收尾阶段或者后工业化阶段, 工业化有了新的属性: 工业的现代化是国家全面现代化的重要方面, 工业的高质量转型成为经济高质量发展转型的重要内容, 控制工业过程的各种污染物排放成为促使生态环境质量根本好转的首要任务。尽早实现工业过程的二氧化碳排放达峰, 进而实现工业过程的“近零排放”成为应对气候变化、实现低排放发展的重要任务。不同的时期和阶段, 中国能源、环境和气候的问题有着根本性的差异。

1.1 工业化萌芽阶段(1861—1949年)的能源、环境和气候问题

如果说以瓦特发明蒸汽机为标志, 人类开始进入了工业文明的新阶段, 那么到今天为止, 已经经历了250年的发展历程。中国的工业化萌芽的第一个高潮, 应该从1860年的洋务运动开始算起。洋务运动可以称作中国的工业化萌芽, 不仅开创了中国的工业化先河, 也为中国的工业化积累了经验和人才, 奠定了中国工业化的基础。即使是工业化萌芽阶段, 也需要能源的支撑。1871年开平煤矿建成投产; 1882年7月26日上海电光公司所属的乍浦路电灯厂开始发电, 点亮了上海外滩第一盏路灯, 这些都是中国现代能源工业的萌芽。同期, 中国的铁路建设也有了很大的发展, 京张铁路、京汉铁路和津浦铁路等也都在清朝的后期建成通车, 不仅方便了人们的出行, 也对能源运输, 特别是煤炭运输发挥了重要的作用。中国工业化萌芽的第二个高潮出现在辛亥革命成功、中华民国建立之初。全国虽然出现了军阀割据的混乱局面, 但各地军阀利用军事割据实现了经济独立, 都在努力兴办工业、开发矿山、发展经济, 尤其是在广东、云南、四川、湖南、湖北、山西和东北三省,

都形成了一批自成体系的工业基础，国民政府实际控制的苏浙沪地区也成为中国民族工业的重要摇篮。时至今日，苏浙沪地区也是我国工业发展的重心。在此期间建成且至今还有强大生命力的还有湘潭电机、抚顺露天煤矿、延长油田、玉门油田等。1937年抗日战争爆发，中国工业受到了极大摧残，但是并没有中断。当时的国民政府实施了工业转移，在不到一年的时间里，将在沿海地区已经初具规模的工业设施部分搬迁至西南大后方。抗日根据地也发展了独立自主的工业体系，支持了全面抗战。不论是洋务运动还是民国初期军阀割据时代的工业化进程，都因国内动乱和外强入侵的严重干扰，一直没有形成相对完整和独立的工业体系。一直到1949年中华人民共和国成立，中国仍是一个十分落后的农业国家，工业只是这个国家的点缀。根据1952年我国发布的一份统计资料分析，当时中国农业占GDP的比重高达82%，工业的比重还不到5%。当时中国煤炭消费量还不到3000万吨，石油生产量只有20多万吨，人均商品能源消费量仅为36千克标煤。发电量只有42亿千瓦时，人均用电量只有7千瓦时，不及当时世界平均水平的1%。当时的能源消费对生态环境以及气候形成的影响基本上可以忽略不计。

1.2 工业化初级阶段(1949—1976年)的能源、环境和气候问题

1949年中华人民共和国成立之后，百废待兴，恢复生产和生活秩序都需要发展经济和供应能源，两者都需要工业化水平的支撑。1952年中华人民共和国发展国民经济的第一个五年计划开始实施，拉开了新中国工业化的序幕，其目标是通过156个大型工业项目以及与之相配套的900多项辅助工程，建立新中国的重工业、国防工业和能源工业基础，初步建成国家的工业经济体系和与之相配套的能源供应体系。这些在当时看来可以称之为“巨无霸”的大工程，实际施工建成了150项。其包括军事工业企业44个；冶金工业企业20个，其中钢铁工业企业7个、有色金属工业企业11个；化学工业企业7个；机械加工企业24个；能源工业企业52个，其中煤炭工业企业和电力工业企业各25个、石油工业企业2个；轻工业企业和医药工业企业3个。该项计划在中国工业发展和能源发展中的历史地位是不容抹杀的。通过规划项目的建设和运行，我国不仅初步建成了门类齐全、体系完整的工业体系，还为我国大规模的工业化积累了经验，培养了大批人才。新中国中央政府的工业部门、重要企业的第一代掌门人和第一代中国工程院院士大都有参与156项大型工程建设的背景。“156项工程”半数以上在东北三省，这也奠定了东北三省在我国工业化进程中的历史地位。经过5年的建设，我国的工业生产能力获得了极大的提高。按照当时的需要量，钢材的自给率已达86%，机械设备的自给率达60%以上。我国的工程技术力量、工业技术水平和劳动生产

率也都有了很大的提高。“一五”时期的工业赢得了高速度的发展，到1959年建国十周年时，我国钢产量由世界第26位升至第7位；煤、油产量从第9位升至第3位；发电量由第25位升至第11位。

但是，中华人民共和国建立之后的工业化进程不全是“156工程”那样的成功，由于先后被各种因素所干扰，其进展并不顺利。即使如此，我国的工业化进程也没有被打断。1964年开始中国迅速发起了“大三线”和“小三线”建设，将具有“防御性国防特色”的重工业重心由沿海向中西部转移，中东部省份的工业也向腹地纵深转移，实现了继抗日战争之后中国工业发展中心的再一次大转移，形成了西南、西北和中南地区一批重工业基地，建成了一批以“大三线”和“小三线”建设为基础的新型工业城市，诸如四川的绵阳、攀枝花和贵州的六盘水等。“大三线”和“小三线”建设从1964年至1978年历时14年，若包括1958—1964年前期调整时期的6年则共20年，其核心时间段为1964—1972年共计8年。横贯三个五年计划的“三线建设”中，国家在中西部地区主要是13个省和自治区投入了2000多亿元资金，涉及600多家企事业单位的重建、搬迁、合并，整个工程规模史无前例。几百万工人、干部、知识分子、解放军官兵和成千上万的民工的建设者来到祖国大西南、大西北的深山峡谷和大漠荒野，建起了星罗棋布的1100多个大中型工矿企业、科研单位和大专院校。同时也在中、东部山区等腹地建成了一批新型的工业化城镇。

总之，轰轰烈烈的156项重点工程和波澜壮阔的“大三线”“小三线”建设两项世纪工程，帮助中国完成了自身工业化的初级阶段。其标志是到1976年，我国工业附加值已经稳定地超过农业，成为支撑起国民经济的重要支柱。这一时期，能源、环境和气候之间的关系比较简单，国家的首要目标还是发展经济，满足经济发展和人民生活水平逐步提高对能源的需求是问题的核心。当时国家把能源开发作为重中之重，针对我国贫油的问题，提出了以煤炭为基础、电力先行的发展思路，在电力行业中坚持“水火并举”。直到20世纪60年代发现大庆油田，石油开发成为国家能源供应的重要方面。从中华人民共和国成立到1976年，虽经各种波折，但我国的能源供应状况有了极大的改善。到1976年，我国能源消费量已经达到4.7亿吨标煤，占全球能源消费量的5.5%。其中，煤炭消费量为3.3亿吨，是1949年的10多倍，占全球煤炭消费量的14.6%；石油消费量为7800万吨，是1949年的200多倍，占全球石油消费量的2.7%。化石能源消费排放的二氧化碳约为11.83亿吨，仅占全球排放量的6.9%，尤其是人均二氧化碳排放量只有1.2吨，仅相当于美国人均排放量的1/15，对全球温室气体排放的贡献也十分有限。因此，当时人们对能源、环境和气候问题的认识还不深，此类问题尚

未引起人们的足够重视。

1.3 工业化快速发展阶段(1977—2012年)的能源、环境和气候问题

1976年全国上下开始一心一意搞经济建设,当时口号是“把十年浪费的时间抢回来”。1977—1978年我国引进了一批国际一流水平的钢铁、重化工生产线,建设和改造了一批现代化的重型工业基地,诸如宝山钢铁公司、武汉钢铁公司等,开创了我国工业与世界接轨的先河。1978年中国共产党十一届三中全会确立了以经济建设为中心的发展总方针,确立了改革开放的总基调,中国的工业化进入了新的阶段。这一时期工业化的特点是传统工业与现代工业齐头并进,落后工业与先进工业竞相发展。从传统工业来看,钢铁、水泥、电解铝、玻璃、化肥工业产能和产量快速扩张,而现代工业中的家用电器、汽车、计算机、电气装备、工程机械等行业也快速扩展。中国一方面承接了国(境)外的一批高能耗(钢铁、有色、建材等)、高污染(诸如制药、电解、电镀、农药、化肥等)等产能的产业转移,另一方面大力发展诸如新能源、半导体、电子、通信、精细化工、生物制药等先进制造业,不仅形成了一大批国际化的大企业,还形成了星罗棋布、遍布全国城乡的中小型企业。1976年中国还没有一家企业进入世界500强,到2012年进入世界500强的中国企业已有100多家。到2012年中国工业产品产量占据世界第一位的约有400多种,其中200多种占全球产量的50%以上。高污染、高排放和高能耗的钢铁、水泥、平板玻璃和电解铝的产量都超过全球产量的50%。至此,历经33年的快速发展,中国工业化的进程基本完成。

同期,我国能源消费突飞猛进地增长。到2012年底,我国能源消费总量已接近42亿吨标煤,是1976年9倍多,占全球能源消费总量的比重也提高到22%,是1976年的4倍多。其中石油超过5亿吨,是1976年的6.3倍,占全球石油消费量的比重也提高到15%以上,是1976年的4.3倍;煤炭消费量更是接近40亿吨,是1976年的12倍,约占全球煤炭消费量的51%,是1976年全球占比的3.5倍。化石能源消费所排放的二氧化碳达到90亿吨,是1976年的7.6倍,占全球二氧化碳排放量的28%,比1976年提高了20个百分点,是1976年全球占比的4倍多,人均排放量也超过了6.5吨,是世界人均排放量的1.5倍,超过了欧盟人均排放水平。同时,在2012年底和2013年初,我国大气污染状况出现了严重恶化的局面,能源、环境和气候问题变得十分严峻。

1.4 中国的后工业化阶段(2013年至21世纪中叶)能源、环境和气候问题

以2013年开始的经济新常态为标志,我国的工业化进程从高速发展转向高质量发展,开启了传统工业的升级换代和工业化与信息化的融合。同时,严格的环境

治理以及为应对气候变化所采取的治理“散、乱、污”企业和淘汰落后产能措施进一步提升了中国的工业化质量和水平。尤其是2013年下半年开始实施《大气污染防治行动计划》(简称《大气十条》),有效地控制了工业生产过程中的各种污染物排放,工业化所产生的各种环境污染和温室气体排放得到了进一步的遏制。严格的生态环境保护政策和应对气候变化的措施推动了能源的结构优化和转型。2019年与2012年相比,煤炭消费实现了零增长,煤炭在我国能源消费中的占比从2012年的68%下降到2019年的57.7%,6年降低了10个百分点,为打赢“污染防治攻坚战”和控制温室气体排放的过快增长做出了重要贡献。2020年以后,随着工业的高质量转型,我国工业化进程对环境的影响将逐步减小。从2020年开始,能源、环境和气候实施协同治理,工业生产过程中的各种污染物将实现负增长,温室气体排放将逐步实现零增长,力争二氧化碳排放2030年前达峰,到2035年生态环境根本好转,包括二氧化碳在内的温室气体排放实现稳定达峰之后,将开始逐步下降,实现能源、环境、气候和经济的可持续发展,努力争取2060年前实现“碳中和”。

2 我国能源、环境和气候政策的演变

我国能源、环境和气候政策的演变大体上可以划分为三个阶段:独立的能源政策阶段,环境发展和应对气候变化对能源提出约束性要求阶段,即相对独立的能源政策阶段以及能源、环境和气候协同治理阶段。第一阶段从我国工业化的初期,一直延续到中国工业化的第二个阶段,即1861—1978年,严格意义上是从1952年国民经济的第一个五年计划的实施算起,一直到1978年这一个阶段。因为在此之前,国家还没有统一的能源环境政策。在这一时期,国家对能源发展的主要要求或者重点任务就是保障能源供应安全,满足国民经济发展对能源的基本需求。第二阶段以1979年中国第一部环境保护法(试行)颁布为标志,能源发展开始逐步受到环境问题的约束,对能源发展的任务要求已不仅仅局限于保障供应安全,也开始关注环境质量问题。第三阶段以2009年中国正式提出单位GDP碳排放下降要求为标志,能源发展开始被逐步放入生态环境的笼子里面,开始了能源、环境和气候协同治理。在后面这两个阶段,对能源发展的政策要求是:既要满足社会和经济对能源供应安全的需要,还要受到环境保护因素和应对气候变化因素的约束。

2.1 抛开环境和气候问题看能源政策的演变

由于能源在社会和经济发展中发挥的基础性作用,我国政府一直高度重视能源的发展工作,把保障能源供应安全放在十分突出的位置,建国初期就在中央政府层面设立了煤炭部、石油部、电力部等能源部门,并在国民经济综合管理部门一直设立能源管理机构,负责制定

国家的能源发展战略、政策和计划(或规划)。不论战略、政策还是规划计划,其核心是保障能源安全。

在计划管理经济的年代,强调综合平衡,能源供应实行计划供应,能源开发项目的安排与经济需求的能源需求高度相关,经济发展的总量往往受到能源供应能力的制约,譬如钢铁生产的安排要与煤炭,特别是焦炭生产的能力相匹配,纺纱的锭数数量要与供电能力相适应等,城市发展的规模大小也要考虑能源的供应能力等等。

改革开放之后,我国经济快速发展,能源需求快速增加,为了解决能源供应安全问题,国家尝试组建国家能源综合管理部门。在1978—1982年,经历了第一次和第二次石油危机,国家对能源供应安全问题更加重视,在保留煤炭部、石油部和水电部的基础上组建了国家能源委员会,统筹能源安全供应问题,直到1982年撤销国家能源委员会。1988年首次大部制改革,国家撤销了煤炭部、石油部和电力部,成立国家能源部。1993年撤销国家能源部,直到2005年,国家又设立由国务院总理担任主任、国务院各部委领导作为成员的国家能源委员会,其办公室主任由国家发展改革委主任担任,迄今已有15年的历史,负责综合协调国家能源问题,说明国家对能源问题的高度重视。

我国能源政策有高度的连续性。中华人民共和国成立之初,从资源禀赋的角度考虑,制定了以煤为主、电力先行的能源发展战略,其影响甚远。从1952年国民经济的第一个五年计划安排的52个能源项目(其中有25个煤炭项目,23个煤电类的电力项目)中,可以看出中央贯彻国家能源发展战略的决心和意图。直到2007年,以煤为主、电力先行的国家能源发展战略才修正为以国内为主、以电力建设为中心的国家能源战略。其实在“富煤贫油少气”的背景下,坚持国内为主,仍然是坚持以煤为主。中华人民共和国成立70周年的时候,回顾我国能源建设的成就,以煤炭和电力最为耀眼。2019年我国煤炭产量和发电量分别高达38.6亿吨和7.5万亿千瓦时,分别是1949年的120多倍和1500多倍,分别是世界总量的47%和28%,是我国GDP世界占比的3倍和2倍左右。相对于我国石油消费量和生产量的国际占比(分别是14.6%和4.3%)以及天然气消费量和生产量的国际占比(分别是7.4%和4.5%)而言,我国煤炭和电力,不论是生产量还是消费量在全球的角度来看都是高水平的。

即使不考虑环境和气候问题,我国的能源政策也不是一成不变的。在第一个、第二个五年计划期间,由于能源供应增加的困难很大,在能源消费方面,除了实施计划分配之外,突出了一个“省”字,提倡节约办一切事业。同时推动能源替代,比如农村生产和生活燃料,包括村办企业的燃料消耗,主要是以生物质能为主,并且鼓励有水电资源条件的农村开发小型水电站等。农村

生产生活的燃料主要依靠生物质能的政策,在一定程度上缓解了能源供应之不足,但是对生态环境,尤其是水土保持造成了损害。

改革开放初期,面对我国经济快速发展、能源消费快速增加和能源供应增加有限的局面,国家在能源领域提出了“节约和开发并重”的能源发展总思路,随后从节约和开发并重逐步调整为节约优先,把节约能源作为国家能源政策的重要一环。国家在制定发展国民经济的第六个五年计划纲要的时候,针对能源供应之不足,提出了“一翻保两番”的口号,即到2000年,GDP与1980年相比增长四倍,而能源消费只增长2倍,据此安排和组织能源生产和消费。这一方针持续了四个五年计划,到2000年我国的GDP的确比1980年增长了四倍多,能源仅从1980年的6亿吨标煤增加到2000年的14.6亿吨标煤。因此,能源总量管理和能源节约制度为确保我国能源供应安全做出了重要贡献。

在计划经济年代,包括改革开放初期,我国能源供应的增长一直相对缓慢。比如1980—2000年,20年间,我国煤炭产量只增加了7.6亿吨,平均每年只能增加3000万吨左右,同期全国发电量增加了10000亿千瓦时,平均每年500亿千瓦时,不适应经济发展的要求。2002—2003年能源体制改革打破了垄断,极大地焕发了投资主体和能源生产企业的积极性。第十个五年计划的5年间我国煤炭产量净增12亿吨,是过去20年间增量的1.6倍;5年间发电量增加了1.5万亿千瓦时,是过去20年发电量增加总和的1.5倍。

在制定发展国民经济的第十个五年计划纲要的时候,经济专家和能源专家都认为,2001—2020年间,我国可以继续延续“一翻保两番”的势头,即到2020年,在能源消费总量控制在30亿吨标煤左右的基础上,满足我国经济总量比2000年再翻两番的能源需求。但是能源供应能力的快速增长打破了原有经济、能源发展协同的轨迹,能源消费量在2007年就达到了31亿吨标煤。这就迫使国家在制定发展国民经济的第十一个五年计划规划纲要时提出了对能源消费总量和能源强度的双控,国家开始对能源供应的增加加以限制,以期控制能源消费的过快增长。

能源“双控”制度的确控制了能源消费过快增长势头,“十五”“十一五”“十二五”时期和“十三五”前四年我国能源消费的增量分别是11.4亿吨标煤、9.7亿吨标煤、7.4亿吨标煤和5.6亿吨标煤,与“十五”期间的增量相比较,后三个五年规划期间,能源消费量分别减少了1.5亿吨标煤、3.9亿吨标煤和5.7亿吨标煤,相当于2019年少用能源总量超过11亿吨标煤。估计2020年我国能源消费量可以控制在50亿吨标煤以内,但是仍比原来的预期值高出了20亿吨标煤。至此,我国能源供应持续紧张的局面得到了初步缓解,出现了相对宽松的局面,也就有了能源供给侧改革的机会:淘

汰落后产能、调整能源结构、减少煤炭消费和增加清洁能源供应。

2.2 环境、气候约束下的能源转型

1979年,全国人民代表大会常务委员会通过并颁布了《中华人民共和国环境保护法(试行)》,并于1989年正式实施,社会各界对环境保护问题的重视程度不断提高,尤其是对大气污染治理的呼声日益高涨。但是,此时的环境保护对能源的约束很有限,只是在末端治理上提出一些要求,比如煤炭燃烧的烟尘治理、脱硫脱硝等措施,还没有从全产业链、全生命周期关注能源生产和消费过程中的环境问题。从2013年大气污染防治攻坚战开始,环境政策对能源有了实质性的额外约束。

其实,我国能源生产和消费的过程中都产生了严重的环境影响。1949—1978年期间的能源消费低增长时期,主要的破坏在于对生态环境的直接破坏,比如植被破坏、水土流失等。2002年国务院常务会议决定实施退耕还林,我国森林面积退化、萎缩和植被破坏、水土流失的局面得到有效遏制。1978—2012年的34年间,我国能源生产和消费对生态环境的破坏,从对生物质能源的过度开发和小水电无序发展造成的对生态环境的破坏,转化为化石能源生产和消费对生态环境的破坏。化石能源消费给全国造成了大气污染环境损害,同时能源生产过程对生态环境系统的破坏也十分严重,为我国提供了70多年煤炭供应的山西省,近15%的国土面积是采煤之后的塌陷区和面临塌陷威胁的煤矿采空区,几乎所有的土壤和水源都遭受到不同程度的污染和破坏。松辽地区维持了大庆油田等石油企业50多年的石油高产稳产,也带来了严重的地下污染,这些地区都已经成为我国土壤和地下水污染治理的难点。

2012年末和2013年初,我国采取了“壮士断腕”的措施治理大气污染,部分地区能源发展受到了“环境保护的约束”。在此之前,不是能源、环境政策等方向上出了问题,而是落实不到位。1988年第三次全国环境保护会议提出,同时实行污染物排放浓度控制和总量控制。1996年8月,《国务院关于环境保护若干问题的决定》中首次提出“要实施污染物排放总量控制,建立总量控制指标体系和定期公布制度”,标志着我国污染物排放管理开始由浓度控制向浓度控制和总量控制相结合转变。我国的总量控制制度从形成到目前已经经历了4个五年规划,经历了不断探索、逐步发展的过程,实施成效明显。我国通过《“九五”期间全国主要污染物排放总量控制计划》,要求废气或废水中排放的烟尘、二氧化硫、粉尘、化学耗氧量、石油类、氰化物、砷、汞、铅、镉、六价铬和工业固体废物排放量12项指标实现排放总量下降10%~15%的目标,并明确提出了“一控双达标”的考核目标,即2000年全国实现污染物排放总量控制目标,47个重点城市实现环境功能区达标和全国工业企业排放达到污染物排放标准。在国内生产总值年均增长

8.3%的情况下,减排目标基本完成。但这一时期我国的环境形势已经发生了重大转变,环境污染随着国内生产总值的增长同步高速增长,积累下来大量的环境问题。面对日趋严重的环境恶化局面,2003年党的十六大提出走一条新型工业化发展道路,建设资源节约型和环境友好型社会,希望从根本上解决环境污染问题。

能源体制改革极大地提高了能源供应能力,推动了经济超预期发展和结构变化,环境保护滞后于经济发展的差距进一步拉大。“十五”期间,由于化石能源消费快速增长,导致我国工业废气、废水排放量和固体废物产生量进入迅速增长阶段,年均增速分别达到22%、8.5%和17%。虽然制定了二氧化硫、尘(烟尘和工业粉尘)、化学需氧量、氨氮、工业固体废物排放量减少10%~20%的目标,但是在能源总量几乎五年翻一番的大背景下,污染物总量控制指标无法落实。这种情况迫使国家除了对各类污染物实行总量控制之外,还对能源总量和GDP的能源强度实施管理,“十一五”期间,能源、环境总量协同控制被提升到国家战略的高度。我国的环境保护规划实现了由软约束向硬约束的转变。其中,二氧化硫和化学需氧量为两项“刚性约束”指标,计划到2010年,其排放量在2005年基础上削减10%。这一时期总量控制在制度设计、管理模式和落实方式上进行了大量的创新,突破了有总量、有控制的制度关键,在三大措施、三大体系、八项制度的有效支撑下,化学需氧量和二氧化硫双双超额完成了减排任务。但是“十一五”期间能源的增速仍然十分可观,尤其是煤炭消费、燃煤发电和城市汽车出现了前所未有的高速度发展,从而导致了2012年末和2013年初期大气污染凸显。

2013年9月《大气十条》发布实施,其核心内容就是控制煤炭消费、提高油品质量,控制工业化过程和机动车的污染物排放量。2011年我国煤炭消费量高达38亿吨,是2000年的3倍多,其中2/3是非发电用煤,仅氮氧化物一项的排放量,就超过了经济合作与发展组织(OECD)国家的总和。

可以开展一个简单的比较:中国和美国都有900多万平方千米的国土面积,2012年美国的煤炭消费量为8亿吨,而我国的煤炭消费量接近40亿吨,是美国的5倍。当时美国国家标准中规定柴油中硫的含量不超过10ppm,而我国当时的国标是2000ppm,甚至一些非道路机具使用的柴油含硫量高达1%以上,分别是美国的200倍和上万倍。如果把煤炭消费量降下来,把油品质量提上去,我国的大气污染治理就可以取得明显的成效。

在2018年全国生态环境保护大会上,就打好污染防治攻坚战问题,习近平总书记明确提出了“调整能源结构、减少煤炭消费、增加清洁能源供应”的要求。大气质量改善等环境问题的硬约束,迫使不少地方开始采

取以电代煤、以气代煤等治理散煤的措施，国家也鼓励更多的煤炭用于发电，从而推动能源的结构转型和高质量发展。到2019年底我国煤炭在能源消费中的比例已经下降到57.7%，比2012年下降了10多个百分点，困扰我国多年的煤炭消费能源占比一直维持在70%左右的局面得到了初步扭转。即使2018年和2019年煤炭消费反弹，2012—2019年七年间煤炭总消费量基本上实现了零增长。与此同时，我国燃煤发电量增加了1.16万亿千瓦时，相当于近5亿吨非发电用煤转向发电，到2019年底我国电煤的比重达到50%以上，比2012年提高了10个百分点，为大气污染治理做出了重要的贡献。从2013年的大气污染治理开始，出现了环境治理与能源转型相互促进的互动局面。我国蓝天保卫战和污染防治攻坚战的经验表明，环境治理必须以推动增长方式、能源系统和生活方式的绿色转型为根本。

2.3 应对气候变化推动的能源转型

1992年《联合国气候变化框架公约》达成了到21世纪末将地球温度的变化控制在2摄氏度以内的政治共识，并提出了控制温室气体排放的目标和路线图，即到2050年全球由于化石能源燃烧所排放的二氧化碳比1990年减少50%，并要求发达国家率先减排，为发展中国家做出表率，到2050年其二氧化碳排放量要比1990年减少80%~85%。据此，1997年《京都议定书》达成，制定了1990—2020年发达国家减排三项行动，即发达国家内部的自行减排、联合减排与发展中国家帮助发达国家减排的清洁发展机制和具体目标：2020年要比1990年平均减排20%。虽然美国拒绝签订《京都议定书》，干扰了《京都议定书》的实施，但是总体而言，发达国家减排的努力还是展示了其效果。欧盟2019年排放量比1990年减少了23%，美国将其减排目标修正为与2005年相比较减排17%，到2019年减排已经达到15.5%。2015年达成、2016年生效的《巴黎协定》改变了《京都议定书》发达国家率先减排的制度安排，要求所有缔约方按照共同但有区别的责任和各自能力的两项原则自愿减排，都要按照21世纪末要把全球的升温较工业化初期的变化控制在不超过2摄氏度，并为将其控制在1.5摄氏度而努力的要求，提交自己面向2030年国家自主贡献的强化目标并制定面向21世纪中叶的国家低排放战略。

虽然全球各个方面对《联合国气候变化框架公约》《京都议定书》和《巴黎协定》的理解有很多差异，甚至不少阴谋论者对其充满怀疑，但是应对气候变化问题推动了全球能源的低碳转型。全球能源转型的两驾马车，一个是提高能源效率，另一个是发展可再生能源。

从OECD国家来看，1992年《联合国气候变化框架公约》颁布27年以来，基本上实现了能源的零增长和温室气体排放的负增长，前者依靠提高能源效率，后者依靠发展可再生能源。欧盟是能源转型的主要推动者。在

1997年《京都议定书》达成之后，欧盟率先提出了到2050年温室气体排放减半和可再生能源占比提高至50%的战略目标。为此，在2002年约翰内斯堡联合国可持续发展世界首脑会议上，时任德国总理施罗德提出了全球可再生能源发展联盟，要求所有的国家都要制定可再生能源发展目标和鼓励发展可再生能源的政策。

德国和欧盟发展可再生能源的政策对我国能源政策的变化产生了实质性的影响。在2004年的波恩国际可再生能源大会上，中国代表团向世界承诺将制定法律和发展规划，支持可再生能源的规模化发展。2005年2月颁布、2006年1月实施的《可再生能源法》，推动了中国非水可再生能源的快速发展。尤其是在2005年召开的北京国际可再生能源大会上，时任国家主席胡锦涛同志提出了“加强可再生能源开发利用，是应对日益严重的能源和环境问题的必由之路，也是人类社会实现可持续发展的必由之路”的著名论断。在2009年纽约联合国气候峰会上，胡锦涛同志再一次向全球宣布：今后，中国将进一步把应对气候变化纳入经济社会发展规划，并继续采取强有力的措施。一是加强节能、提高能效工作，争取到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年有显著下降。二是大力发展可再生能源和核能，争取到2020年非化石能源占一次能源消费比重达到15%左右。三是大力增加森林碳汇，争取到2020年森林面积比2005年增加4000万公顷，森林蓄积量比2005年增加13亿立方米。四是大力发展绿色经济，积极发展低碳经济和循环经济，研发和推广气候友好技术。中国作为第一个发展中国家中自愿承诺控制温室气体排放的国家，从第十一个五年规划开始，将提高能源效率和发展非化石能源的目标，以及逐步降低GDP能源强度和碳强度的要求，作为重要的约束性目标列入国民经济发展规划纲要。

2014年为了推动《巴黎协定》的达成，中美两国领导人多次会晤，各自提出了面向2030年和2025年应对气候变化的设想，成为全球各国提出国家自主贡献的“模板”。2014年张高丽同志作为习近平主席的特使出席了纽约联合国气候峰会并在大会上致辞，提出：中国将尽快提出2020年后应对气候变化的行动目标，碳排放强度要显著下降，非化石能源比重重要显著提高，森林蓄积量要显著增加，努力争取二氧化碳排放总量尽早达到峰值。这是中国首次提出争取二氧化碳排放总量达峰的目标，为中美两国领导人就气候变化问题发表联合声明进行了铺垫。

2015年9月，在中美两国国家领导人的联合声明中，宣布中国正在大力推进生态文明建设，推动绿色低碳、气候适应型和可持续发展，加快制度创新，强化政策行动。中国到2030年单位国内生产总值二氧化碳排放量将比2005年下降60%~65%，森林蓄积量比2005年增加45亿立方米左右。中国将推动绿色电力调度，

优先调用可再生能源发电和高能效、低排放的化石能源发电资源。中国承诺将推动低碳建筑和低碳交通，到2020年城镇新建建筑中绿色建筑占比达到50%，大中城市公共交通占机动化出行比例达到30%。中国将于2016年制定完成下一阶段载重汽车整车燃油效率标准，并于2019年实施。中国将继续支持并加快削减氢氟碳化物行动，包括到2020年有效控制三氟甲烷(HFC-23)排放。至此，应对气候变化的政治承诺，成为推动我国能源转型的重要推动力。

截至2019年，我国非化石能源占一次能源消费比重达15.3%，其中可再生能源占一次能源消费比重达13.1%，占非化石能源比重达85%。从2005年至2019年，我国煤炭消费占比由67%降低到57.7%，下降了9.3个百分点，可再生能源消费占比提升了7个百分点，填补了煤炭下降率的75%。在发电量方面，2019年我国煤电占比60.8%，较2005年下降了17.2个百分点，可再生能源电力由16.1%上升到27.9%，提高了11.8个百分点，非水可再生能源的贡献率高达85%。尤其是发展可再生能源成为落实能源安全新战略、构建清洁低碳安全高效能源体系的重要内容，成为推动能源转型、实现经济高质量发展的重要贡献力量，同时也是我国作为应对气候变化国际合作的参与者、贡献者、引领者的靓丽名片。

我国特别是在落实“绿色电力调度，优先调用可再生能源发电和高能效、低排放的化石能源发电资源”方面成效显著。截至2019年底，全国主要可再生能源发电装机容量7.94亿千瓦，占全部电力装机容量的39.5%，相比2005年提高了16.2个百分点，其中非水可再生能源发电装机容量占比由2005年的0.6%提高到2019年的21.8%。2019年，全部商品化可再生能源利用折合6.4亿吨标准煤，占全国一次能源消费量的13.3%，相比2005年提高约7个百分点。其中可再生能源发电量2.04万亿千瓦时，占全部发电量的27.9%，相比2005年提高11.8个百分点，非水可再生能源发电量占比由2005年的0.1%提高到2019年的10.1%。

我国的能源转型不仅展示了中国政府应对气候变化的努力，也为大气污染治理做出了重要贡献。“十五”“十一五”“十二五”和“十三五”期间我国能源消费的增量中电量的占比分别是35%、45%、63%和85%。能源增量中的污染压力不断减少，能源发展的高质量转型为减少大气污染物排放贡献显著。这些数据说明，能源、环境、气候是可以协同治理的。

3 我国能源转型的趋势与能源、环境和气候协同治理

能源、环境和气候协同治理的目标是推动能源转型，逐步减少能源生产和消费过程中对环境和气候的损害。

3.1 我国能源转型的历史回顾

中华人民共和国成立以来，特别是改革开放40多年以来，中国从一个人口大国转变为一个经济大国，也成为一个能源生产和消费大国。“富煤贫油少气”是中国能源资源禀赋的特征，也是中国制定能源政策不得不考虑的国情。中国的能源转型大体经历了三个阶段。

3.1.1 坚持以煤为主的阶段

建国初期，20世纪50年代，全球就开始了煤炭向油气时代的过渡，中国由于“富煤贫油少气”的能源资源特征，以煤为主成为自然的选择。20世纪70年代，全球经历了两次石油危机(1973年、1979年)后，开始考虑从资源依赖向技术依赖转移。中国恰恰在这个时期发现了包括大庆油田在内的几座大油田，于是开始了由煤炭时代向油气时代的过渡。但到了20世纪80年代，中国又开始了又一个历时27年的以煤为主的时期。

3.1.2 坚持以国内为主的阶段

2007年中国宣布了新的国家能源战略方针，要求中国能源发展坚持立足国内的基本方针和对外开放的基本国策，以国内能源的稳定增长，保证能源的稳定供应，促进世界能源的共同发展。虽然能源结构仍然以煤为主，但同时中国的能源发展逐渐走向开放——开启了天然气进口之先河，不再惧怕较高的石油对外依存度，2007年中国的石油对外依存度不到30%，2019年这一比例已经上升至70%。更重要的是，发展非化石能源被列入议事日程。自2006年《可再生能源法》实施以来，中国的可再生能源便进入了快速发展时期。2007年8月发布的《可再生能源中长期发展规划》提出到2020年使可再生能源消费量达到能源消费总量15%的目标，其中水电装机容量达到3亿千瓦，风电装机达到3000万千瓦，太阳能装机达到180万千瓦。此后，中国的可再生能源发展目标逐步提高，2016年发布的《能源发展“十三五”规划》已经将2020年风电装机目标定到2.1亿千瓦以上，太阳能发电装机规模达到1.1亿千瓦以上，远超2007年的目标值。同时，2007年中国也实施了雄心勃勃的核电发展计划，“十一五”期间，40多座核电站开工建设。

3.1.3 树立清洁低碳安全高效能源体系的阶段

2014年，在中央财经领导小组第六次会议上，国家主席习近平提出了中国能源革命的五大任务——推动包括能源消费、能源供给、能源技术和能源体制四个方面的“革命”，并全方位加强国际合作，实现开放条件下的能源安全。“能源革命”已经成为中国能源发展的长期战略，其目的就是要逐步减少对化石能源的依赖。2017年党的十九大报告正式确立了构建清洁低碳安全高效能源体系的能源战略总方针，能源工作的主基调成为：调整能源结构、减少煤炭消费、增加清洁能源供应，真抓实干干出成效。

在这一阶段，中国的能源安全出现了两个重要转

变：一是在理念上，由专注国内能源安全转向开始在全球范围内考虑能源安全问题；二是在实践上，2014年以后中国新增的能源主要由非化石能源提供，间接地缓解了国家能源安全的压力。

3.2 能源转型的本质，对全球两次能源转型的再认识

20世纪50年代以前，煤炭是世界的主导能源，各国的能源供应基本上能够自给自足。然而，接连发生在美国宾夕法尼亚州、英国伦敦等地的煤烟型污染事件，推动了发达国家从煤炭向石油和天然气的第一次能源转型。此次能源转型的本质是实现能源的清洁化，解决能源的环境安全问题。到了20世纪60年代末，美国、西欧和日本已经基本实现了由煤炭向油气的过渡，但同时也形成了对中东廉价石油的过分依赖。1973年10月第四次中东战争爆发，阿拉伯主要产油国为了打击以色列及支持以色列的国家，宣布石油禁运，中断出口，引发了第一次石油危机。

危机发生后，各国开始意识到能源供应安全的重要性，并寻求各种可能的途径以应对能源危机，其中，发展非化石能源成为新的战略重点。时任美国总统尼克松向国会提出《能源独立计划》，并拨款110亿美元开发新能源；法国全面调整国家能源政策，制定了发展核电的雄心计划；日本相继发布“阳光计划”和“月光计划”，全面系统地制定了可再生能源发展计划，在积极推动核能和天然气利用的同时，也强调了对太阳能和风能的利用，并鼓励探索利用地热能、氢能、潮汐能等新型能源发电。对非化石能源技术的重视和发展，标志着人类开始了从资源依赖向技术依赖过渡的第二次能源转型。

20世纪80年代，气候变化问题开始引起各国的关注，而后演变为影响人类可持续发展的全球性问题，也成为推进第二次能源转型的重要力量。当1992年各国聚集在一起探讨共同应对气候变化问题时，虽然控制温室气体排放成为全球的共识，但当时人类并不能提出具体的解决方案。直到2015年的《巴黎协定》，旷日持久的应对气候变化谈判在政治家那里仍未达成一致。但是，科学家、企业家们已经形成了一种共识——可以通过低碳能源甚至零碳能源来解决气候变化问题，并且在技术上已经具备了可行性。这意味着人类的能源系统可以从过去的资源依赖转向技术依赖，技术的进步使人类看到了应对气候变化的希望，更是实现能源转型的最大推动力。

2002年，由于美国退出《京都议定书》，国际应对气候变化的进程陷入僵局。为此，时任德国总理施罗德绕开《京都议定书》的羁绊，发起“全球可再生能源联盟计划”，凝聚了全球包括美国、中国、印度等大国在内的大多数国家的共识，提倡通过发展可再生能源减少温室气体排放，实现应对气候变化的目标。此后，连续召开了8届国际可再生能源大会，推动全球175个国

家制定了发展可再生能源的目标，并建立了国际可再生能源机构。2002年至2019年，全球可再生能源的比重提高了6个百分点，欧盟总的能源消费减少了800万吨油当量，可再生能源供应却增加了1.3亿吨油当量；OECD国家新增的能源主要依靠可再生能源来满足；中国的煤炭占比下降了13个百分点，降到57.7%，煤电占比下降了15个百分点，可再生能源发电量提高了12个百分点，其中非水可再生能源提高了10个百分点。并且，在这17年期间，全球没有发生大的能源安全问题，可再生能源已经成长为推进能源转型的主力军。

1973年的石油危机，推动了人类开始思考，从资源依赖走向技术依赖。在这个过程中，美国和欧盟选择了两条截然不同的道路，也诠释了两种截然不同的能源安全理念。美国在能源危机后便致力于“能源独立”，随着技术的进步和页岩油气的开发，美国已经成为世界上最大的石油生产国，基本实现了能源自给自足；欧盟则通过发展非化石能源和深度脱碳的能源进程，减少了对石油进口的依赖。目前这两种路径都基本实现了各自的能源安全目标，为世界能源发展的方向提供了不同的选择。2015年，《巴黎协定》的签署和七国集团领导人在第41届年度首脑会议上作出的“在本世纪末结束前终止使用化石能源”的承诺，以事实证明了欧盟的能源转型之路是符合世界各国能源发展的明智选择——从资源依赖走向技术依赖。

第一次能源转型虽然实现了油气对煤炭的替代，但只是完成了一种不可再生的能源资源对另外一种不可再生资源的替代，走的仍旧是一条依赖资源的发展路径，并没有解决好罗马俱乐部在《增长的极限》中提出的发展资源瓶颈问题。在资源依赖型的能源体系中，不可再生的化石能源难以满足日益增加的能源需求；并且由于石油和天然气资源在地理分布上过于集中，导致了大多数国家的能源供应安全对少数国家的依赖。这种资源分布的地域依赖导致地缘政治冲突频发，威胁能源进口国的供应安全；依赖能源出口的国家也受到“资源诅咒”，国内往往有更多的腐败、政治独裁、压迫、不平等和过度军事化等现象；那些资源贫瘠的穷国也因难以支付石油账单而无法实现经济发展，能源贫困和不公平现象严峻。另外，化石能源开采的难度和成本逐年增加，对化石能源的依赖更导致了大气污染、气候变化等环境安全问题。

然而，第二次能源转型是以技术为导向的。在技术依赖型的能源体系中，由于技术具有不断进步、可叠加、可积累、永不退步的属性，从而导致技术不断更新，技术发展的成本不断下降，最终实现可持续发展。技术依赖与资源依赖最大的不同在于，资源是有限的，资源的利用严格排他，而技术没有有无之分，只有先进和落后的区别。落后的技术经过不断地发展，可以成为可用的技术和先进的技术，同时技术也可以模仿和学

习。因而,技术依赖型的能源系统将可能重塑国际能源关系:能源供应将不再是少数国家的专长,技术突破使每个国家都有了实现真正的能源独立和安全的希望。竞争所带来的结果也迥然不同:资源依赖框架下各国强调对能源的占有和控制,竞争的本质是零和博弈;技术则可以分享、模仿和学习,竞争将推动技术不断向前发展,即便各国的发展水平存在差异,但仍有益于人类整体的进步。

能源系统由资源依赖向技术依赖转型将可能成为稳定“能源三角”的最有力工具。依托技术,人类就可以将优质丰富、清洁低碳的可再生能源转化为源源不断的能源供应,进而保障能源可及性与安全和环境可持续性。并且,非化石能源作为技术密集型产业,生产和运营成本随时间推移而下降,具有显著的技术扩散和经济乘数效应,已经成为各国拉动投资和就业的战略性新兴产业。自2002年联合国开始可再生能源行动计划以来,全球可再生能源领域就业人数从不到100万人,至2018年已经超过1000万人,增长了10倍多。预计到2050年化石燃料行业会减少740万个工作岗位,但在可再生能源、能源效率、电力行业等新创造的岗位将达到1900万个,净增1160万个就业机会。技术依赖型非化石能源产业的发展,将为世界经济增长与发展带来新动能。由此,从资源依赖走向技术依赖将能够很好地平衡“能源三角”各维度之间的关系,促进能源系统向更经济、更环保和更安全的状态转型。

在实践中,技术进步已为能源的发展划定了三条红线:美国的页岩油气技术成本的下降,为全球的油气价格划了一条红线,高油价时代一去不复返了;中国光伏发电成本的下降,为未来的发电价格划了一条红线,电力价格只能是单向的下降趋势;电动汽车的出现与发展给燃油汽车的发展划了一条红线,燃油汽车被电动汽车所替代只剩下时间问题了。

3.3 未来中国能源转型问题的思考与挑战

展望未来,应如何看待中国能源转型的中期目标(2035年)和长期目标(2050年)?面对这一问题,有两个思考的维度:一是国内美丽中国建设的要求,2035年美丽中国目标基本实现,生态环境根本好转,2050年建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国;二是国际碳排放的要求,力争2030年前碳排放达峰和努力争取2060年实现“碳中和”。这两个维度都要求中国的能源要同时向清洁化和低碳化迈进,高比例发展非化石能源成为中国能源中长期发展必然的战略选择。与此同时,高比例的非化石能源也将会化解国家能源安全的诸多矛盾。

遵循这一路径,中国已经设定了三个不同阶段的能源转型目标:到2020年,非化石能源达到15%(仍有差距,但可以实现),天然气消费占比不低于10%(2018年只有8%,仍有较大差距,实现难度较大),煤炭消费

占比不高于60%(已经完成);到2030年,非化石能源占比达到20%,二氧化碳排放力争达峰,煤炭消费占比达到45%左右;到21世纪中叶,非化石能源占比超过50%,非化石能源发电比例达到80%,煤炭消费占比降至25%以下。

按照《巴黎协定》的目标,全球21世纪下半叶要实现人类活动排放的温室气体与大自然吸收的温室气体相平衡,即所谓的“碳中和”。《联合国气候变化框架公约》全部缔约方在2020年底,都需要向联合国提交面向21世纪中叶的低排放发展战略,几乎所有的发达国家提出的选择是与1990年相比温室气体减排80%~85%,或者在2050年实现“碳中和”。作为全球第一排放大国,中国如何争取2060年前实现“碳中和”,这是中国能源环境和气候工作者需要提交的一份答卷,也是中国政府必须直面的一个重要问题,应对气候变化可能成为倒逼中国能源转型的重要推手。因此,中国的能源转型仅仅是能源方面的努力还是不够的,还需要环境和气候问题的“加持”。虽然中国能源、环境和气候的协同治理面对诸多挑战,就发展的角度而言,机遇大于挑战。

(1)技术进步克服了历史上能源转型的逐步推高成本、加大环境污染的问题。历史上第一次能源转型是煤炭替代了传统的生物质能,开启了能源商品化的历史,从能源零成本向能源低成本过渡。第二次能源转型是油气取代煤炭(全球不含中国煤炭占比不到15%,油气占接近70%),推高了能源消费的成本增加了3~4倍。这一次能源转型是非化石能源,或可再生能源取代化石能源。目前来看,由于技术进步,非化石能源的开发成本远远低于化石能源,尤其是可再生能源因其成本已经大幅度下降,从而成为最廉价的能源。以光伏发电为例,2020年7月有两个典型的发电项目,一个是在阿联酋,一个是在西班牙,其上网价格分别是每千瓦时1.35美分和1.34美分,这两个数值都不及燃煤发电燃料成本的1/2。总之,技术进步已经清除了能源转型成本升高的障碍。

(2)技术进步使得每一个国家和地区都可以实现能源独立,解决困扰每一个国家的能源安全问题。能源安全是每一个国家的核心利益,实现能源独立是大多数国家的梦想,包括美国这样的超级大国在内。1973年为了应对石油危机,时任美国总统尼克松提出了让美国能源独立的梦想。时隔47年,美国能源的生产量通过技术进步已经超过了其消费量,同时大幅度改善了能源结构,其煤炭占比不足12%。2002年,为了应对气候变化和国家能源安全,德国总理倡导了能源革命,以可再生能源取代化石能源。2020年上半年,德国的可再生能源发电量占比已经从2002年的不到4%提高到42%,提高了10多倍。依靠技术进步,中国能不能实现能源独立?由于资源因素的制约,依靠化石能源,特别是加大油气的开发力度是不可能的,中国的希望在于非化石能

源，特别是可再生能源。2019年我国各类非化石能源发电量新增约2000万千瓦时，折合6000多万吨标煤。如果提高到3000亿千瓦时，就相当于1亿吨标煤。如果从“十四五”开始我们下决心将可再生能源发电量年均新增3000亿千瓦时，坚持30年就是30亿吨标煤的能源，加上现有的非化石能源，2035年左右中国就可以实现能源独立，2060年中国也可以实现“碳中和”。同时，由于化石能源消费所产生的环境问题将迎刃而解。如果中国这样的煤炭消费大国能源转型都能成功，世界上还有什么样的国家做不到？

(3) 技术进步让人类的发展可以告别资源依赖，走向技术依赖。从化石能源向非化石能源转型，是人类摆脱资源依赖的发展模式而走向技术依赖的一种尝试。不论是煤炭、石油、天然气还是核电，都是资源依赖型的能源系统，这种系统有多种限制性的因素，资源不可再生，越用越少。按照市场经济的价值规律，稀缺的资源只能越来越昂贵，资源依赖型的发展是不可持续的。而对于技术支撑的发展模式，由于技术的进步，技术不会

退步，因而技术的成本只能单调下降，人类可以通过不断的创新推动技术的进步，从而使得人类消费能源的成本不断降低。并且技术支撑的能源系统是可以学习和模仿的，从而使得人类的能源关系变得简单，从竞争、争夺到学习、借鉴、合作，也许人类命运共同体可以从能源做起。

国内外的经验都证明，能源、环境和气候可以协同治理、相互推进。建议国家在吸收国际先进经验的同时，总结珠江三角洲地区能源结构优化与环境治理的低碳发展经验，扩大协同治理的理念和范围，努力控制高污染能源的使用，对煤炭和石油消费进行总量管理，取得控制化石能源消费总量、减少环境污染和减少温室气体排放的多重效益。希望从“十四五”开始我国的能源、环境和气候可以走向协同治理，为构建“清洁低碳安全高效的能源体系”以及未来我国实现“碳中和”，尤其是加强生态环境保护、建设美丽中国做出制度性安排。这样做不仅符合全中国人民的核心利益，也有助于人类命运共同体的构建。

Review and prospect of energy, environment and climate change in China

LI Junfeng¹, LI Guang²

(1. National Center of Climate Change Strategy and International Cooperation, Beijing 100035, China;

2. School of International Studies, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Energy is the empower resources of the progress of human civilization. Human beings in the process of the development of its civilization constantly expand the scale of the use of the energy and in creating a brilliant civilization at the same time, due to excessive exploitation and utilization of all kinds of energy resources, also caused serious eco-environmental destruction, especially in the stage of industrialization. A large amount of consumption of fossil energy, not only increased the traditional environmental damages such as acid rain, atmospheric pollution, but also caused the increase of greenhouse gas concentrations in the atmosphere, contributing to climate change. Human survival of atmosphere and the water cycle system of the earth has faced the threat of major damage. Therefore, today, energy, environment and coping with climate change have become the three major focal points, hot spots and difficult problems in the world. This paper has a historical review of the occurrence, development and solutions of energy, environment and climate change, and looks forward to the future of coordinated governance of energy, environment and climate change in China.

Keywords: energy; environment; climate change; sustainable development; ecological civilization construction