

# 京津冀地区推进能源革命的思考与对策

严晓辉<sup>1</sup>, 高丹<sup>2</sup>, 李艳杰<sup>3</sup>

(1. 国家能源投资集团有限责任公司, 北京 100011; 2. 华北电力大学, 北京 102200;  
3. 中国工程院战略咨询中心, 北京 100088)

**摘要:** 京津冀协同发展是党中央国务院在新形势下的重大战略决策部署, 是一项重大国家战略。本文通过分析京津冀三地能源生产、消费和结构比例的演变过程, 认为京津冀地区的能源供需总体呈现偏紧的局面, 虽然区域内可再生能源资源相对丰富, 但是能源消费以化石能源为主, 能源效率总体有待提升。京津冀协同发展战略提出六年多来, 生态环境持续改善, 但形势仍然严峻。能源是经济社会发展的动力来源和血液, 同时又与环境密切相关, 推动能源革命势在必行。为更好推进京津冀区域能源革命, 研究建议: 要继续做好节能增效, 控制能源消费总量; 抓好存量提升增量优选, 优化能源供给结构; 推进能源技术革命, 打造经济增长新动能; 推动体制改革, 构建经济社会发展的良好市场环境; 加快推进农村能源革命, 强化农村点源污染防治, 以便为促进京津冀协同发展生态环境率先突破提供咨询参考。

**关键词:** 京津冀; 能源革命; 协同发展; 生态环境; 经济发展

**中图分类号:** T-9 **文献标识码:** A

## Thoughts and Countermeasures on Promoting Energy Revolution in the Beijing–Tianjin–Hebei Region

Yan Xiaohui<sup>1</sup>, Gao Dan<sup>2</sup>, Li Yanjie<sup>3</sup>

(1. China Energy Investment Group Co., Ltd., Beijing 100011, China; 2. North China Electric Power University, Beijing 102200, China; 3. Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China)

**Abstract:** Beijing–Tianjin–Hebei coordinated development is a major national strategy of China. This study first analyzes the evolution process of energy production, consumption, and structure proportion in Beijing, Tianjin, and Hebei, indicating that the overall energy supply in this region is less than consumption; although the region is rich in renewable energy resources, its energy consumption is mainly fossil energies and the overall energy efficiency requires further improvement. Since the Beijing–Tianjin–Hebei coordinated development strategy was proposed six years ago, the ecological environment in this region has continuously improved, but the situation remains grim. As energy is the power source and blood of economic and social development and it is also closely related to the environment, the promotion of energy revolution becomes imperative. To promote energy revolution within the Beijing–Tianjin–Hebei region, energy efficiency should be further improved to control the total amount of energy consumption; the energy supply structure should be optimized to provide a solid material foundation for the coordinated development; the energy technology revolution should be promoted to create a new driving force for economic growth; the existing energy system should be revolutionized to improve

**收稿日期:** 2020-11-08; **修回日期:** 2020-12-02

**通讯作者:** 严晓辉, 国家能源集团高级工程师, 主要研究方向为科技政策与能源发展战略; E-mail: 20032677@chnenergy.com.cn

**资助项目:** 中国工程院咨询项目“推进能源生产和消费革命(2035)——能源革命推动经济社会发展和生态环境保护战略研究”(2018-ZD-11)

**本刊网址:** www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

the market environment for economic and social development; and the rural energy revolution should be accelerated to strengthen the prevention of point source pollution in rural areas.

**Keywords:** the Beijing-Tianjin-Hebei region; energy revolution; coordinated development; ecological environment; economic development

## 一、前言

京津冀三地地域面积为  $2.16 \times 10^5 \text{ km}^2$ ，总人口超过 1 亿人，地缘相近、人缘相亲，地域一体、文化一脉，有天然的合作优势。2013 年 5 月，习近平总书记在天津调研时提出，要谱写新时期社会主义现代化的京津“双城记”。同年 8 月，习近平总书记在研究河北发展问题时，又提出要推动京津冀协同发展。2014 年 2 月，习近平总书记主持召开座谈会，强调指出：实现京津冀协同发展，是面向未来打造新的首都经济圈、推进区域发展体制机制创新的需要，是探索完善城市群布局和形态、为优化开发区域发展提供示范和样板的需要，是探索生态文明建设路径、促进人口资源环境协调发展的需要，是实现京津冀优势互补、促进环渤海经济区发展、带动北方腹地发展的需要，要坚持优势互补、互利共赢、扎实推进，加快走出一条科学持续的协同发展路子来 [1,2]。

在京津冀区域迅速发展的同时，也面临生态环境持续恶化、城镇体系发展失衡、区域与城乡发展差距不断扩大、能源效率水平存在显著差异等突出问题。能源经济社会发展的物质基础和动力来源，要实现京津冀协同发展，推进能源革命实现能源生产和利用方式的根本性变革是关键途径之一。本文通过介绍京津冀地区能源发展现状及主要特点，分析京津冀协调发展面临的形势与挑战，指出能源革命是推进京津冀生态环保和经济社会协同发展的重要保障，并提出具体的对策建议，为促进京津冀协同发展提供咨询参考。

## 二、京津冀能源发展现状及主要特点

### (一) 京津冀能源发展现状

根据长期统计数据，京津冀不同城市能源的供求特征及变化存在明显的时空差异，但总体来看各

地的能源状况正在逐步改善 [3~5]。

#### 1. 北京市

从能源生产总量来看，总体起伏不大，2010—2017 年的生产总量始终保持在  $3.5 \times 10^7 \sim 4.2 \times 10^7 \text{ tce}$  的区间内，具体趋势走向见图 1 [3]。

在能源消费方面，2010—2017 年，北京市能源消费总量不断上升，2017 年北京市能源消费总量增长到  $7.13284 \times 10^7 \text{ tce}$ ，同比增长 2.4%，创历年来最高水平。在能源生产总量大致保持稳定的情况下，能源消费总量却不断增加，能源供给压力增大。

在消费结构方面，由图 2 可以看出 [3]，天然气和非化石能源等清洁能源消费比重不断上升，超过总体能源消费的 60%，这表明北京市的能源消费结构逐渐优化，目前以消费清洁能源为主。

#### 2. 天津市

在 2010—2014 年，天津市一次能源生产总量从  $5 \times 10^7 \text{ tce}$  下降到  $4.7 \times 10^7 \text{ tce}$ ，但在 2015 年一次能源生产量又出现小幅增加，达到峰值，随后产量又出现下降趋势，到 2017 年，天津市一次能源生产总量为  $4.87 \times 10^7 \text{ tce}$ 。总体来看，如图 3 所示 [4]，

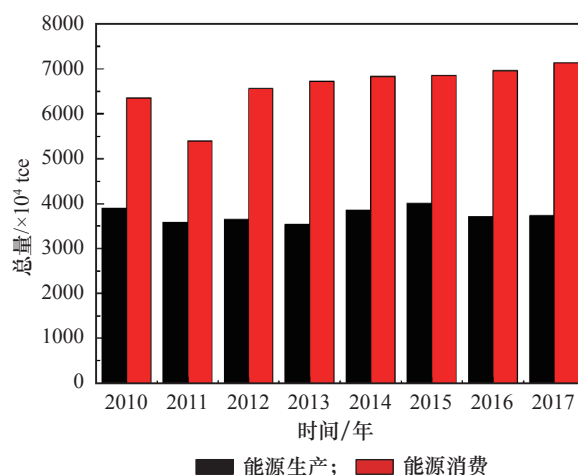


图 1 北京市能源生产和消费总量

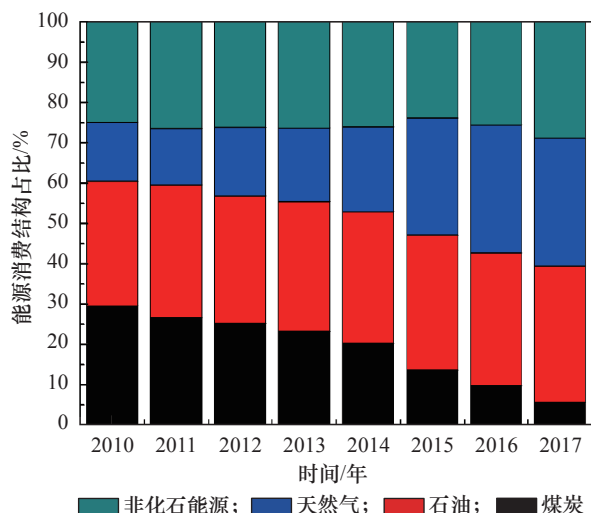


图2 北京市能源消费结构比例

一次能源生产总量维持在  $5 \times 10^7$  tce 左右，趋势较为平稳。同期，天津市能源消费总量约为  $8 \times 10^7$  tce。

天津市能源消费结构日趋良好，但总体来看，天津市能源结构中消费量最多的依然是煤炭和石油。煤炭消费占比逐年下降，到2017年年底，煤炭消费量占能源消费总量的35%，较2010年下降15个百分点。与此同时，天然气和非化石能源的消费占比不断增加，2017年，两者合计消费占比为35.33%，较2010年增加19个百分点，具体如图4所示 [4]。

### 3. 河北省

在能源生产方面，河北省能源资源比较丰富，煤炭、石油、天然气都有相当的储量。如图5所示 [5]，2017年，河北省能源生产总量为  $6.779 \times 10^7$  tce，基本与2016年能源生产量持平。在2012年，能源生产量曾达到  $9.56 \times 10^7$  tce，之后又迅速下降，维持在  $7 \times 10^7$  tce 的生产水平以下。

在能源消费方面，河北省能源消费总量总体呈缓慢上升趋势，2017年的能源消费总量为  $3.038 \times 10^8$  tce，首次突破  $3 \times 10^8$  tce 的界限，是北京市和天津市能源消耗总量的3倍多。

在消费结构方面，河北省的能源结构一直以煤炭为主，天然气等清洁能源的比重过低。河北省煤炭在能源消费中的比重一直高达90%左右，而石油、天然气、非化石能源消费只占很小一部分。如图6所示 [5]，2017年，在河北省能源消费构成中，煤炭占84%、石油占8%，天然气和非化石能

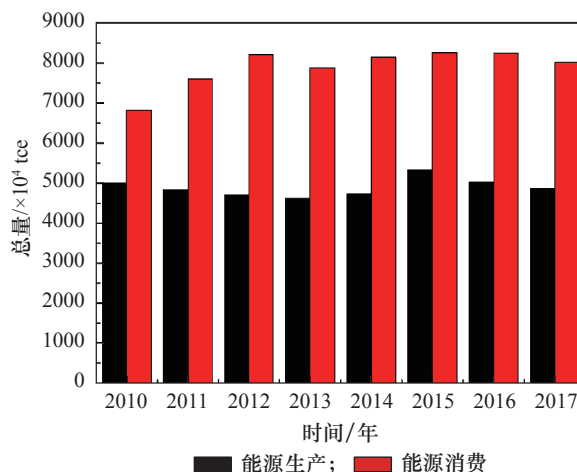


图3 天津市能源生产和消费总量

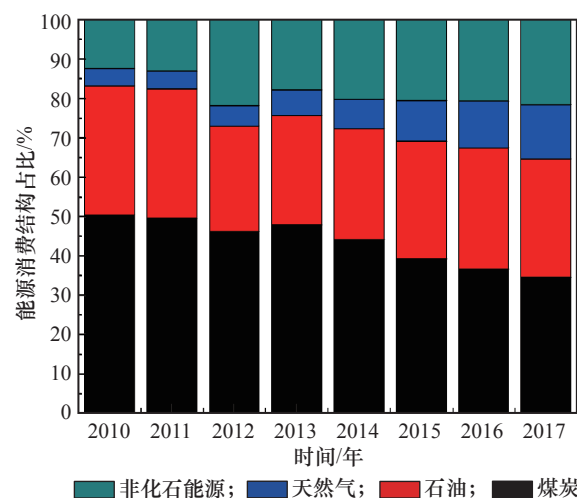


图4 天津市能源消费结构比例

源仅占4%和4%。

## (二) 京津冀能源发展的主要特点

### 1. 化石能源资源贫乏，可再生能源开发潜力大

在化石能源方面，京津冀地区累计探明煤炭储量约为  $2.5 \times 10^{10}$  t，主要分布在河北省和北京市，油气资源较丰富，主要分布在天津市，其拥有渤海和大港两个国家重点开发的油气田，已探明的石油地质储量达  $4 \times 10^9$  t，油田面积超过  $100 \text{ km}^2$  [6~8]。在可再生能源方面，京津冀地区风能技术可开发量约为  $8 \times 10^7$  kW，主要分布在张家口、承德坝上地区；太阳能资源在全国处于较丰富地带，仅次于青藏及西北地区，其中河北北部张承地区年日照小时数为3000~3200 h，为太阳能资源二类地

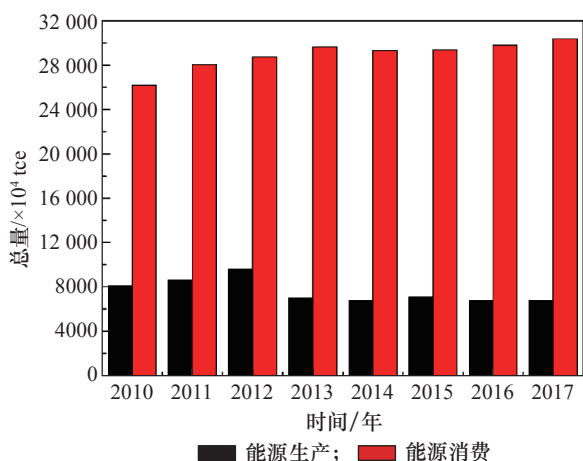


图5 河北省能源生产和消费总量

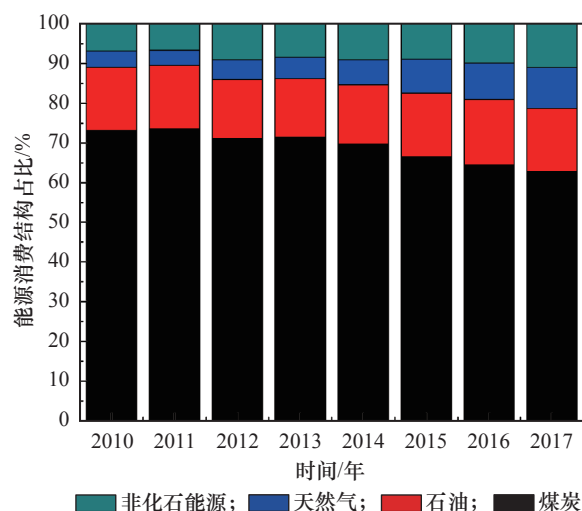


图7 近年来京津冀地区能源消费结构

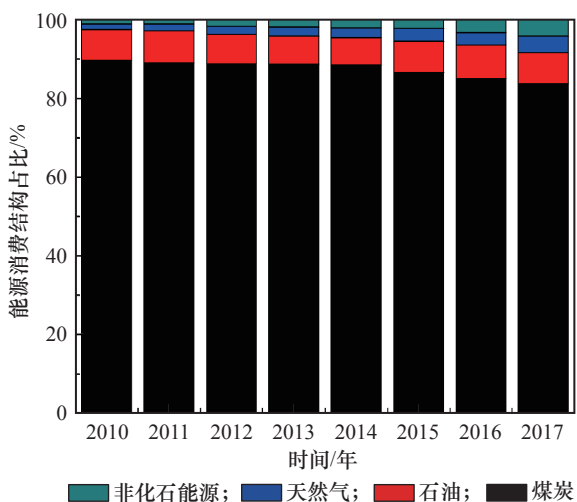


图6 河北省能源消费结构比例

区；北京、天津及河北中东部地区年日照小时数为2200~3000 h，为太阳能资源三类地区；生物质资源丰富，秸秆年产量超过  $4.1 \times 10^7$  t，树木枝条年可利用量约  $2 \times 10^6$  t，人畜禽粪便年产量约  $1.435 \times 10^8$  t；地热能储量可观，仅河北省地热资源量就相当于  $9.4 \times 10^9$  tce [9]。

2. 能源消费结构以化石能源、特别是煤炭为主，清洁能源消费比重低

在京津冀地区能源消费总量中，根据最新统计年鉴数据（见图7），化石能源消费占比长期在88%以上，其中煤炭消费占比超过70%，尤其是河北省，2017年煤炭消费占比为84%，高于全国平均水平近24个百分点。另一方面，近几年由于“煤改气”等政策的执行，区域清洁能源消费占比在持续增加，

但仍较低，有待进一步提升 [10]。

3. 能源利用方式粗放，清洁高效利用水平较低，单位能源产出效率不高

2017年，京津冀每万元地区生产总值能耗约为0.56 tce，略高于全国平均水平，与同时期的珠江三角洲、长江三角洲相比，差距明显。尤其是河北省，2017年每万元地区生产总值能耗为1 tce，比全国平均水平高出近一倍 [10]。此外，农村量大面广且低空排放、无任何环保措施的散煤燃烧污染严重。据不完全统计，京津冀地区每年散煤燃烧量超过  $3.5 \times 10^7$  t，其中灰分、硫份超标的劣质散煤占比高达90%以上，据估计，1 t散煤直燃的污染物排放量是1 t工业燃煤污染物排放量的10倍左右。

### 三、京津冀地区推进能源革命面临的问题和挑战

#### （一）能源资源供给及消费结构有待优化

近年来，京津冀地区经济的快速发展带来能源需求总量持续增长，然而该区域整体能源消费结构偏重，且化石能源尤其煤炭的资源储量很有限，不能满足快速发展的需求，从而加剧区域能源供应对外依赖程度，主要通过外部能源调入以及进口来弥补能源的需求缺口，总体呈现能源资源偏紧的局面。此外，以可再生能源为代表的优质能源在能源消费中所占比例不高，对区域生态



环境造成严重影响，制约了京津冀经济社会的可持续发展。

## （二）外部约束的生态环境因素依然趋紧

京津冀地区作为我国重要的经济发展引擎和能源消费中心之一，同时，也是大气和水污染最严重、资源环境与发展矛盾最尖锐的地区。近年来，在习近平总书记的亲自部署、亲自谋划下，推进京津冀协同发展五年多以来，京津冀地区生态环境在水资源、水环境、大气污染协同治理等方面总体显著改善（见图8 [11~15]），在取得可喜成绩的同时，也要认识到京津冀地区的生态环境形势仍然严峻。

一是大气质量改善任务仍然艰巨。2019年，京津冀及周边区域（“2+26”区域）二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）的单位面积排放强度分别是全国平均水平的1.36倍、1.48倍和2.77倍。根据环境空气质量综合指数评价，2019年环境质量较差的20个城市中京津冀13个地级及以上城市有6个排在污染最重的前20位，且其中5个排在前10位 [12]。

二是水资源状况堪忧，已突破水资源的供应红线。京津冀两市一省以全国2.3%的国土面积、不足1%的水资源，承载了全国8%的人口、9.5%的工业增加值、近26%的钢铁产量，水资源长期处于严重超载状态，是我国最缺水的区域之一 [16]。2017年，京津冀三地的人均水资源量仅相当于全国平均水平的6.85%、5.16%、11.8% [16]。

三是生态系统退化问题严重。森林质量下降，

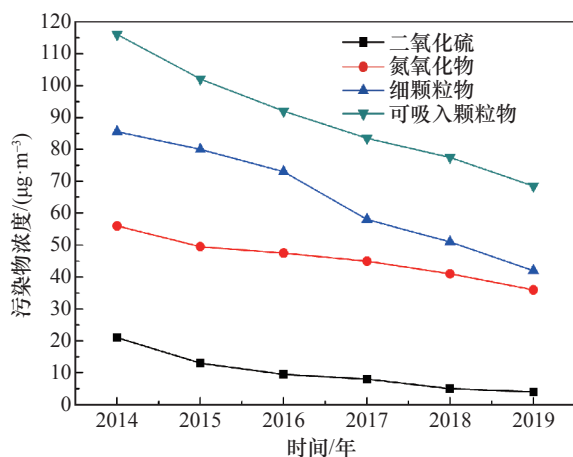


图8 2014—2019年北京污染物浓度变化

草场退化，生态用水被挤占，导致湿地萎缩、功能退化，现存白洋淀、北大港等8大湿地均面临干涸及水污染的困境。地区荒漠化土地面积达到 $4.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占区域面积20.4%。水土流失面积为 $5.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，虽然近年来采取了一些治理措施，但是边治理边破坏现象相当普遍 [17]。

## （三）三地经济社会发展依然不平衡

相比于珠江三角洲和长江三角洲地区，京津冀地区的区域发展差距主要体现为河北省与北京市、天津市的经济发展和居民收入的差距。2019年河北省人均地区生产总值（4.62万元）分别为北京市的28.13%、天津市的51.16%；2019年河北城镇居民人均可支配收入（35738元）相当于北京的48.39%、天津的77.49%。与此相关，由于公共服务水平以及各种优质资源的结合，北京、天津集聚了京津冀地区绝大多数的高等院校、科研机构、发明专利和创新人才，同时由于资源的集聚效应，能够更加有效地汇聚更多的市场化要素。相比之下，河北省的人才资源尤其是高端人才资源则显得十分匮乏。

由此带来的表现现象就是：京津冀地区的紧密化程度相对较低，北京对周围地区的辐射带动效应不明显，而且更多地凸显了虹吸效应，“京津冀贫困带”就是一个明证。

## （四）农村能源协调发展亟需改善

近年来，农村的能源消费总量稳步增加，对于清洁能源的利用也已经引起了社会上极高的重视，但在农村，清洁能源的利用还是较为欠缺，大部分居民仍会选择燃煤。一方面是由于散煤的成本较低，另一方面是农村的能源消费存在分散性，散煤使用起来更加便捷，使得农村居民仍会继续使用散煤。

虽然京津冀地区对于使用清洁能源，如太阳能的行为进行了一定的补贴，但综合考虑用能经济性和技术服务便捷性等因素仍不足以调动农民改用清洁能源的积极性。一些散煤的煤质较差，对空气的污染较为严重，这也是导致京津冀大气污染严重的重要原因之一。同时，农村的除尘装置较为缺乏，也对生态环境造成了严重的影响，甚至会危害人们的身体健康。

#### 四、推进能源革命将助力京津冀协同发展

6年多来,京津冀协同发展取得了显著成绩,但也面临特殊的难题,尤其是资源环境与发展的矛盾仍比较突出,成为全球关注的焦点。究其原因,可以发现:能源是经济社会发展的物质基础,京津冀地区长期的钢铁冶金等高能耗工业粗放型发展方式以及能源结构不合理、利用效率偏低、消费总量大等问题,是造成京津冀地区大气、水资源、土壤等生态环境严重失衡、经济发展质量效益不高的直接原因。总的来看,京津冀能源结构调整的关键在河北,难点也在河北,能源结构存在“一煤独大”问题,电、天然气、煤均依赖区域外供应。京津冀协同发展作为重大国家战略,区域传统能源发展方式已经到了必须加快根本性变革的关键阶段,推动能源革命势在必行。

推动能源革命有利于京津冀地区改善生态环境水平。能源与环境密切相关,能源生产、消费全过程直接或间接对生态环境产生重大影响,推进能源革命可推动能源生产和利用方式的变革,推广节能技术,提高能源利用效率,将有效控制化石能源消费总量,同时,优化能源供给结构,从根本上减少环境污染来源。

推动能源革命有利于京津冀地区转变经济发展方式,实现产业结构优化,促进经济发展提质增效。一方面,推进能源消费革命,促进区域能源生产和消费结构的改善将促进产业链上下游及关联产业的发展,激发发展新动能;另一方面,推动能源技术革命,加大科技创新要素投入,将有助于实现经济发展方式由资源依赖型、粗放扩张的高碳发展方式向技术创新型、内涵提高的低碳发展方式转变,打造“高精尖”的产业结构。

推动能源革命有利于形成经济社会和生态环保发展的良好外部环境。当前,我国能源行业体制约束日益显现,深化改革势在必行。能源行业行政垄断、市场垄断和无序竞争现象并存,价格机制不完善。迫切需要坚持深化改革、充分发挥市场作用,理顺价格机制,构建有利于能源可持续发展的体制机制。

#### 五、京津冀地区推进能源革命的对策建议

按照党中央国务院关于京津冀协同发展的总体

战略部署要求,以习近平总书记能源安全新战略为指引,进一步贯彻落实新发展理念,树立红线(生态红线)意识和底线(环境质量底线)思维,推进能源领域供给侧改革,始终将做好煤炭清洁高效利用作为能源转型的立足点和首要任务,控制能源消费总量,推动区域经济社会发展和生态环境改善,助力京津冀协同发展。

##### (一) 继续做好节能增效,控制能源消费总量

建议各级领导和政府部门率先垂范,通过政策激励和舆论宣传,引导社会各界转变传统用能理念,牢固树立节能意识,抑制不合理能源消费。在京津冀地区,可主要从交通、工业、建筑等领域入手。

一是积极倡导“绿色出行”理念。积极鼓励单位发班车、学校发校车,鼓励合乘,完善各类骑行设施,进一步提高公共交通出行比例。开展将排气量和上一年行驶里程数作为车船税征收依据的试点,利用经济杠杆引导公众少开车。二是继续做好工业节能提升工程。切实提高工业能效标准,改造存量,继续做好现有工业锅炉和电机的综合性节能技术改造工程,优化增量,积极推广高效锅炉和电机产品,推进工业企业余热余压和废弃资源循环利用,提升终端用能产品能效和高耗能行业能效水平。三是大力实施建筑能效提升工程。根据京津冀气候特点,制定城乡建筑节能标准,通过加装保温层等措施,大力推进既有建筑节能改造。考虑城乡差异性,建议要对河北和京津远郊住房进行节能改造、加盖保温层等给予适当补贴,从源头上有效压缩农户取暖对散煤的需求。

##### (二) 优化能源供给结构,夯实协同发展物质基础

一是立足煤炭作为资源和能源的双重属性,继续做好煤炭清洁高效利用;同时,要加强张北地区风电基地建设,发挥冀北地区可再生能源优势,提高区域内清洁能源的供应规模,优先支持区域内清洁和可再生能源如风电、光电、地热和核电的开发、消纳和输出。二是加强能源合作,进一步加大内蒙古、山西等区域外清洁能源的输送力度,加快特高压大容量输电通道、天然气供气管道等能源基础设施建设。针对京津冀地区尤其是河北省压煤、节煤、替煤的现实困难,应尽量把煤炭限在区域外,把清洁能源送进来。

### （三）推进能源技术革命，打造经济增长“新引擎”。

坚持创新驱动，统筹能源技术革命的“三个一批”（应用推广、示范试验、集中攻关），应用推广相对成熟的能源新技术，如燃煤电厂超低排放技术、分布式能源技术、秸秆综合利用技术以及储能技术等，抓住“互联网+”的重要机遇，打造能源互联网和互联网能源“双引擎”，促进各要素的科学合理配置。同时，也要依托京津在国家工程技术研究中心、国家能源研发中心和国家重点实验室等的科技资源优势，充分发挥企业创新主体作用，积极推进“产学研用”的创新联合体建设，在煤层气开发利用、油气资源高效开发、高效清洁发电、特高压输电、大规模间歇式发电并网、智能电网、核燃料后处理等技术领域，部署一批具有战略先导性作用的前沿技术和集中攻关项目，加快重大工程技术示范试验，力争突破制约能源发展的“卡脖子”技术，形成能源产业新经济增长点。

### （四）推动能源体制革命，构建良好外部市场体系

一是要完善政策法规体系。健全能源法律体系，建立以能源法为基础和统领，以煤炭法、电力法、石油天然气法等为主干，以能源行政法规、部门规章、地方性法规和地方政府规章为配套和补充，以标准和规范为技术支撑的能源法律法规体系，依靠“科学立法”促成“全民守法”从而形成用制度规范能源治理、保障能源发展各项预期指标实现的良好局面。二是要健全市场信用体系。建立市场主体信用评级制度，建立企业法人及其负责人、从业人员信用记录，将其纳入统一的信息平台，使各类企业的状况透明，可追溯、可核查。建立市场主体信用评级制度。建立健全守信激励和失信惩戒机制，加强对失信主体的惩戒和约束。三是研究设立“京津冀能源发展基金”。可参考英国和美国等国的做法，部分由国家和三地共同出资，部分按照零售电力价格的合理比例直接提取，部分来自公用事业企业的专门捐款，长期为支持可再生能源研究和开发、提高能效、科学有序去产能和扶持低收入群体提供低息融资，助理产业升级示范。

### （五）加快推进农村能源革命，强化农村点源污染防治

一是要加快推进散煤清洁化替代工程，统一散

煤质量标准，强化加工生产、储运、配送、销售等各环节监管，斩断低质烟煤进入京津冀的流通渠道，保障清洁煤供应；因地制宜发展户用光伏、大中型沼气等清洁能源，鼓励建设地源、空气源热泵以及生物质采暖工程，从根本上变革农民用能结构。二是要加强农村综合能源服务体系建设，加快农村电网改造，建立健全农村能源统计体系，强化农村能源技术培训体系建设，为提升农村清洁能源开发利用水平提供服务体系支撑。

#### 参考文献

- [1] 国务院. 京津冀协同发展规划纲要 [R/OL]. (2018-04-13) [2020-10-25]. <http://www.bjchp.gov.cn/cpqzf/315734/tzgg27/1277896/index.html>.  
The State Council of the PRC. Outline of Beijing-Tianjin-Hebei coordinated development plan [R/OL]. (2018-04-13) [2020-10-25]. <http://www.bjchp.gov.cn/cpqzf/315734/tzgg27/1277896/index.html>.
- [2] 新华社记者. 开辟高质量发展的光明前景——以习近平同志为核心的党中央谋划推动京津冀协同发展五周年纪实 [EB/OL]. (2019-02-25) [2020-10-25]. [http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-02/25/c\\_1124161618.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-02/25/c_1124161618.htm).  
Xinhua News Agency. Open up bright prospects for the development of high quality: The CPC Central Committee, with Comrade Xi Jinping as its core, plans to promote the 5th anniversary record of Beijing-Tianjin-Hebei coordinated development [EB/OL]. (2019-02-25) [2020-10-25]. [http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-02/25/c\\_1124161618.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-02/25/c_1124161618.htm).
- [3] 北京市统计局. 北京市2019年国民经济和社会发展统计公报 [R]. 北京: 北京市统计局, 2020.  
Beijing Municipal Bureau of Statistics. Beijing statistical bulletin of national economic and social development in 2019 [R]. Beijing: Beijing Municipal Bureau of statistics, 2020.
- [4] 天津市统计局. 天津市2019年国民经济和社会发展统计公报 [R]. 天津: 天津市统计局, 2020.  
Tianjin Bureau of Statistics. Tianjin statistical bulletin of national economic and social development in 2019 [R]. Tianjin: Tianjin Bureau of statistics, 2020.
- [5] 河北省统计局. 河北省2019年国民经济和社会发展统计公报 [R]. 石家庄: 河北省统计局, 2020.  
Hebei Provincial Bureau of Statistics. Hebei provincial statistical bulletin of national economic and social development in 2019 [R]. Shijiazhuang: Hebei Provincial Bureau of Statistics, 2020.
- [6] 天津市统计局. 天津概况 [R]. 天津: 天津市统计局, 2020.  
Tianjin Bureau of Statistics. General situation of Tianjin [R]. Tianjin: Tianjin Bureau of statistics, 2020.
- [7] 北京市规划和自然资源委员会. 北京市2018年保有矿产资源储量表 [R]. 北京: 北京市规划和自然资源委员会, 2019.  
Beijing Municipal Commission of Planning and Natural Resources. Table of reserves of Beijing mineral resources in 2018 [R]. Beijing: Beijing Municipal Commission of planning and natural resources, 2019.



- [8] 河北省自然资源厅(海洋局). 河北省矿产资源概况 [R]. 石家庄: 河北省自然资源厅(海洋局), 2019.  
Department of Natural Resources of Hebei Province (Marine Bureau). General situation of Hebei provincial mineral resources [R]. Shijiazhuang: Department of Natural Resources of Hebei Province (Oceanic Bureau), 2019.
- [9] 河北省发展和改革委员会. 河北省新能源产业“十二五”发展规划 [J]. 中小企业管理与科技, 2010 (26): 9-13.  
Development and Reform Commission of Hebei Province. 12th five year development plan of new energy industry in Hebei Province [J]. Management and Technology of Small and Medium Enterprises, 2010 (26): 9-13.
- [10] 河北省统计局. 河北经济年鉴2018 [R]. 石家庄: 河北省统计局, 2019.  
Hebei Provincial Bureau of Statistics. Hebei economic yearbook of 2018 [R]. Shijiazhuang: Hebei Provincial Bureau of Statistics, 2019.
- [11] 生态环境部. 2014中国环境状况公报[R]. 北京: 生态环境部, 2015.  
Ministry of Ecology and Environment of the PRC. State of the environment bulletin of China in 2014 [R]. Beijing: Ministry of Ecology and Environment, 2015.
- [12] 生态环境部. 2019中国环境状况公报 [R]. 北京: 生态环境部, 2020.  
Ministry of Ecology and Environment of the PRC. State of the environment bulletin of China in 2019 [R]. Beijing: Ministry of Ecology and Environment, 2020.
- [13] 北京市水务局. 北京市水资源公报(2018)年度 [R]. 北京: 北京市水务局, 2019.  
Beijing Municipal Bureau of Water Resources. Beijing water resources bulletin (2018) [R]. Beijing: Beijing Water Affairs Bureau, 2019.
- [14] 北京市生态环境局. 2019北京市生态环境状况公报 [R]. 北京: 北京市生态环境局, 2020.  
Beijing Municipal Bureau of Ecological Environment. Beijing ecological environment bulletin in 2019 [R]. Beijing: Beijing Municipal Bureau of Ecological Environment, 2020.
- [15] 北京市生态环境局. 2014北京市生态环境状况公报 [R]. 北京: 北京市生态环境局, 2015.  
Beijing Municipal Bureau of Ecological Environment. Beijing ecological environment bulletin in 2014 [R/OL]. Beijing: Beijing Municipal Bureau of Ecological Environment, 2015.
- [16] 工业和信息化部, 水利部, 科学技术部, 等. 京津冀工业节水行动计划 [R/OL]. (2019-09-18) [2020-10-25]. [http://www.gov.cn/xinwen/2019-09/18/content\\_5430869.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2019-09/18/content_5430869.htm).  
Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Water Resources, Ministry of Science and Technology, et al. Beijing-Tianjin-Hebei industrial water saving action plan [R/OL]. [http://www.gov.cn/xinwen/2019-09/18/content\\_5430869.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2019-09/18/content_5430869.htm).
- [17] 刘晓星. 以环境空间优化区域发展格局 [N]. 中国环境报, 2015-05-12(5).  
Liu X X. Optimizing regional development pattern by environmental space [N]. China Environment Daily, 2015-05-12(5).