

能耗电耗现状分析及“十四五”能效发展预判

薛万磊¹,唐伟²,徐楠¹,赵昕¹,李晨辉¹,单葆国²,冀星沛²

(1. 国网山东省电力有限公司 经济技术研究院,济南 250021;

2. 国网能源研究院有限公司,北京 102209)

Analysis of current situation of energy and electricity consumption and prediction of energy efficiency development during the 14th five-year plan

XUE Wanlei¹, TANG Wei², XU Nan¹, ZHAO Xin¹, LI Chenhui¹, SHAN Baoguo², JI Xingpei²

(1. Economic Research Institute, State Grid Shandong Electric Power Co., Ltd., Jinan 250021, China; 2. State Grid Energy Research Institute Co., Ltd., Beijing 102209, China)

摘要:近年来,我国能效水平不断提升,单位GDP能耗、电耗均呈下降趋势,但是两者并不同频,能耗呈现持续下降趋势,而电耗则呈现波动性下降趋势,且各省之间能效水平差异较大。首先,梳理了我国促进能效提升的重要政策法规,对单位GDP能耗、电耗整体及分省发展情况进行了分析,并从不同维度,由表及里分析了单位GDP能耗、电耗走势的影响因素。然后,对影响能效的几个主要因素进行走势研判,对“十四五”期间能效情况进行了展望预判,预计单位GDP能耗、电耗将呈现下降态势。最后,提出了推广以电为中心的综合能源系统等促进能效提升的相关建议。

关键词:单位GDP能耗;单位GDP电耗;分析;预判

Abstract: In recent years, the level of energy efficiency in our country has been rising continuously, the energy and electricity consumption per unit of GDP have shown a downward trend. However, the two are not of the same frequency. The energy consumption has shown a continuous downward trend, while the electricity consumption has shown a downward trend of fluctuation, and the energy efficiency level of each province varies greatly. Firstly, the important policies and regulations of promoting energy efficiency in our country are sorted, the development of energy consumption and power consumption per unit of GDP in China and its provinces is analyzed, and the influencing factors of energy and power consumption per unit of GDP trend from different dimensions are analyzed. Then, the trend of several main factors affecting energy efficiency is analyzed, and the energy efficiency during the 14th five-year plan period is forecasted. The energy and power consumption per unit of GDP is expected to show a decline. Finally, some suggestions are put forward to increase the energy efficiency, such as promoting the electric-centered integrated energy system.

Key words: energy consumption per unit of GDP; power consumption per unit of GDP; analysis; prediction

0 引言

当前,全球环境污染、资源短缺、气候变化等问题日益严重,全球绿色低碳转型加快,能源消费格局发生深刻变化,提高能效成为能源转型的重要内容。同时,我国经济由高速发展转向高质量发展,提高能源效率也是促进经济社会可持续发展的重要途径。我国非常重视能效提升工作,积极开展实施降耗项目,并取得显著成效。学术界也对能源效率的研究较多,如文献[1]—文献[5]从行业发展角度分别研究了建筑、交通、工业等行业能耗发展现状,并提出行业能

效提升建议。文献[6]从宏观层面研究我国能源经济效率长期低于发达国家的根本原因。这些不同维度的研究为提升社会能效水平做出了理论贡献。

一次能源供应总量与国内生产总值(gross domestic product, GDP)的比值为单位GDP能耗。单位GDP能耗、单位GDP电耗是反映能源效率的2个主要指标。深度分析能耗、电耗走势,可准确把脉我国能效发展态势。本文重点研究单位GDP能耗、单位GDP电耗现状及影响因素,并进行预判及展望。

1 提升能效的政策支撑

节能水平直接关系着国家能源利用率的提升。党的十八大报告提出,将生态文明建设纳入“五位一体”总体布局。党的十九大报告提出“推进能源消费革命,构建清洁低碳、安全高效的能源体系”。在国家相关政策指导下,各地方、各部门、各

收稿日期:2020-06-15;修回日期:2020-07-22

基金项目:国网山东省电力有限公司科技项目(52130N18 001G)

This work is supported by Science and Technology Project of State Grid Shandong Electric Power Co., Ltd. (No. 52130N 18001G)

行业采取多种措施,推动我国节能减排、提升能效工作取得积极进展。在政府强有力的节能政策支持下,中国能源效率明显提高^[7]。

2 单位 GDP 能耗变化趋势

单位 GDP 能耗是反映能源消费水平和节能降耗状况的主要指标,可以表征经济活动中对能源的利用程度。

2005—2018年,我国单位GDP能耗由0.95 tce/万元下降至0.55 tce/万元^①,累计下降42%左右,单位GDP能耗年均下降3%左右。2006年前,受高耗能行业发展加速、能源消费向高耗能低附加值产业集中的影响,单位GDP能耗增速为2%;2006年开始进入降速区间,单位GDP能耗增速为负数。据2020年2月底发布的《2019年国民经济和社会发展统计公报》显示,2018年和2019年我国单位增加值能耗降低的百分比分别为3%和2.6%,这意味着近13年来,我国能耗水平持续下降。

各省能效水平不断提升,单位增加值能耗普遍呈现下降趋势,但省间差异较大。根据能源发展“十三五”规划要求,到2020年,单位GDP能耗比2015年降低15%。但是在“十三五”收官之年,有部分省份提出难以完成“十三五”能耗总量指标,而有的省份能耗强度达标而且发展较快。北京、天津、上海、江苏、浙江、福建、广东、安徽等省份的2005年单位GDP能耗数值较低,这些地区的能效水平基础较好。陕西、甘肃、新疆、青海、山西、贵州、宁夏、河北、内蒙古、云南等省份的2005年单位GDP能耗数值较高,虽然在“十一五”以来有大幅度的降低,但是仍与发达地区存在较大的差距。图1为2005—2018年我国单位GDP能耗及增速。

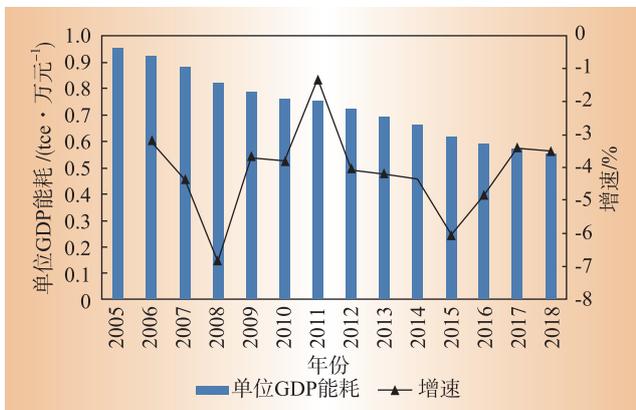


图1 2005—2018年我国单位GDP能耗及增速

Fig. 1 Unit GDP energy consumption and growth of China in 2005—2018

① 涉及GDP均采用2015年价格。

② 单位GDP电耗根据统计局、中电联等公布的数据计算。

3 单位 GDP 电耗变化趋势

随着电能在终端能源消费比重的不断提升,节电在节能工作中的重要性日益凸显,需要在能耗分析的基础上着重对电耗进行相关分析。

单位GDP电耗是反映电力消费水平和节能降耗状况的主要指标,可以表征经济活动中对电力的利用程度。

2005—2018年间,我国单位GDP电耗^②由898 kWh/万元下降至767 kWh/万元。但单位GDP电耗的波动相较单位GDP能耗更为显著。图2为2005—2018年我国单位GDP电耗及增速。

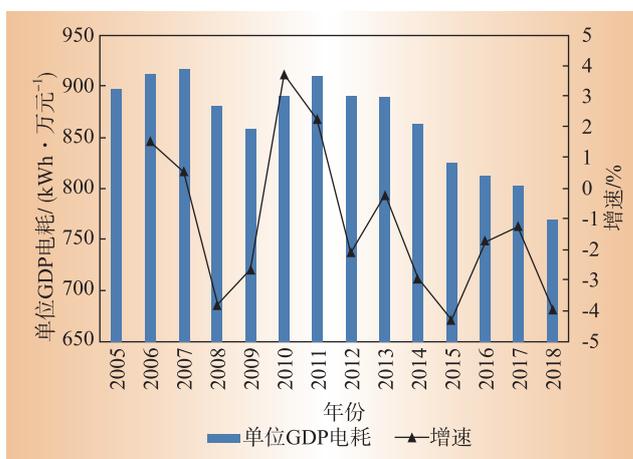


图2 2005—2018年我国单位GDP电耗及增速

Fig. 2 Unit GDP power consumption and growth of China in 2005—2018

各省单位GDP电耗普遍呈现下降态势,但两极分化日趋加大。北京一直是单位GDP电耗最低的地区,而宁夏、青海、甘肃、新疆的单位GDP电耗一直处于较高水平;部分省份的单位GDP电耗呈现波动性下降,即单位GDP电耗下降的同时会出现单位GDP电耗上升的现象。

4 能耗与电耗影响因素分析

4.1 能耗变动的关键影响因素分析

从产业来看,二产的能耗变化趋势决定了整体能耗的走势。近年来,一产、二产、三产和居民能源消费比重平均分别约为2%、66%、20%和12%。由此可见,二产的地位举足轻重,一产、三产能耗均处于低位,二产能耗在整体能耗中起到了主导作用。图3为2010—2017年我国三次产业万元增加值能耗。

从能源供应侧来看,电源结构不断优化,水电、风电等清洁能源发电占比逐年提升。截至2019年底,我国非化石能源发电装机已达8.4亿kW,占比

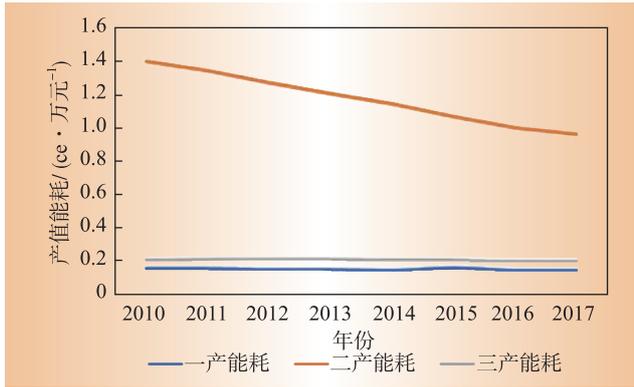


图3 2010—2017年我国三次产业万元增加值能耗

Fig. 3 Energy consumption per 10 000 yuan output value of three industries in China in 2010—2017

达41.9%。2019年,全国发电量达7.33万亿kWh,其中非化石能源发电量占比首次突破30%,达到31.1%。电源侧清洁能源替代可实现节能减排,遏制能源系统的碳排放,降低发电能耗,同时也可提升电能替代在终端能源消费侧的环境成本优势,进一步提高能源效率。图4为1980—2019年三次产业GDP占比情况。

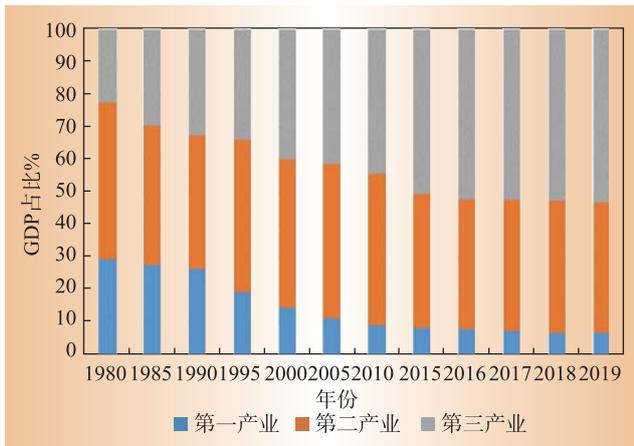


图4 1980—2019年三次产业GDP占比情况

Fig. 4 Proportions of GDP of three industries in 1980—2019

从产业结构调整来看,产业内部新旧动能转换继续加快,产业结构不断优化。虽然目前我国还是以第二产业为主体的产业结构,但第二产业比重在下降。伴随我国整体步入工业化中后期阶段,高端制造业和服务业在国民经济中逐渐占据主导地位,第三产业对经济发展的支撑作用愈加明显,第三产业和居民部门的能源消费保持较快增长,比重在提升。高耗能行业是影响单位GDP能耗的主要部门^[8],能源强度高的产业占比越多,能源消费就越多,而第一、三产业能源消费相对较低。第三产业,尤其是一些高科技产业,能源消费较低,因此增加第三产业在国民经济中的比重会降低能源强度,但会提升能源效率。单位GDP能耗指标与第三产业

比重呈负相关关系,即第三产业比重越高,能耗指标越小,能源利用效率越高。例如北京第三产业比重为80%左右,总能耗处于较低水平。图5所示为2005—2017年我国电气化水平。



图5 2005—2017年我国电气化水平

Fig. 5 Electrification level of China in 2005—2017

由图5可知,从能源消费结构上看,我国电能消费占终端能源消费的比重总体呈上升趋势。我国电气化水平由2005年的14.8%上升到2017年的23.2%,各行业终端电能占比呈上升趋势。其中,服务业、装备制造业、有色金属冶炼和压延加工业电力占终端能源消费的比重较高,而服务业、高端制造业等相应产业占比提高必然导致整体电气化水平的上升。发达国家的经验表明,电能占终端能源消费比重每提高1%,单位GDP能耗就下降4%^[9],因此,深化电能替代,提高电力在终端能源的占比,可有效降低单位GDP能耗。

从用能侧看,以电为中心的综合能源服务业务正逐步发展。综合能源服务系统能够充分发挥电的枢纽作用,实现多种能源的统筹管理和优化互补,实现能源精细利用,从而提升社会整体能效。

从能源政策来看,强化环保约束、实施强制性能耗标准和环保标准,推进产业结构和能源消费结构调整,以及能源消费总量、能源消费强度、煤炭消费总量“三控”等类能源政策,均对能耗下降起到支撑和驱动作用。

4.2 电耗变动的主要影响因素分析

分产业看,二产电耗下降是全社会产值电耗下降的主要贡献者。但是不同于单位GDP能耗逐年明显下降的态势,单位GDP电耗的走势呈平缓、波动性下降的状态。图6所示为2010—2017年我国三次产业万元产值电耗。

电耗的影响因素相较于能耗较为复杂,受到技术水平、经济产业结构、能源消费结构等多因素影响。引起电耗上升的原因主要有以下4个方面。

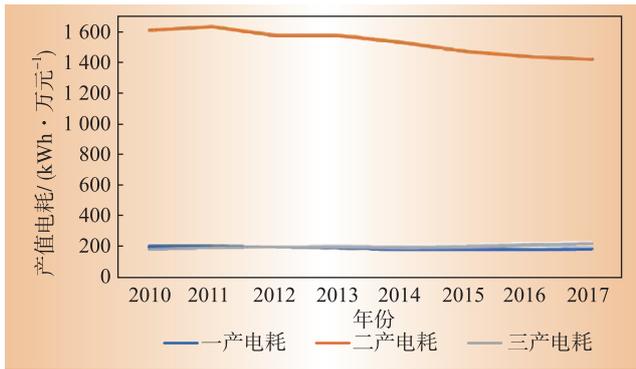


图6 2010—2017年我国三次产业万元产值电耗

Fig. 6 Power consumption per 10000 yuan output value of three industries of China in 2010—2017

一是电力在整个能源消费中的比例提高。用能效率、用能安全、用能增值服务日益成为能源使用者选择用能的关注要点。电能是清洁环保、高效、便捷的二次能源,和其他能源品种相比,电能的终端利用效率最高,可以达到90%以上,经济效率是石油的3.2倍、煤炭的17.3倍^[10];电能的智能化水平高于煤、油、气等化石能源,利于技术节能、管理节能和系统节能转型升级;电能终端能源占比逐步提升,第一产业中畜牧业、渔业用电量及第三产业中信息传输、软件和信息技术服务业,批发和零售业,交通运输、仓储和邮政业等行业的用电量显著增加;同时部分省份因环保约束加强,散煤治理持续推进,推动了电能替代的加速推广。2016—2019年国网经营区电能替代电量逐年增长,累计完成替代电量5335亿kWh,推动电能占终端能源消费比重提高2.5%。

二是非生产性的电力消费的增长较快。伴随着城镇化的发展,居民用电水平提高,冬季居民生活的清洁取暖(包括电采暖等)比例不断提升,如夏季空调电力负荷呈上升趋势,以及智能化全电家居(包括洗浴厨炊)逐步渗透普及。由于居民生活用电消费不直接增加GDP,只是消费能源电力,因此单位GDP电耗会因这类电力消费而提升。

三是某些地区高耗电产业发展快,对电力的拉动作用较为明显,而对经济的拉动不同步。如新疆等省承接了电解铝等高耗电产业转移,高度依赖能源消耗发展经济,经济结构待优化。

四是企业能源管理不到位,技术改造投入不足、行业发展不均衡等其他因素引起电耗上升。

导致电耗下降的原因主要有2个:一是技术进步因素促进电耗下降。技术进步可通过改进能源电力利用技术,提升能源电力的加工和使用等效率,还可通过科学合理的优化配置各环节的资源,节约能源电力并增加产出,最终达到提高能源电力使用效率的目的;二是政策支持下,结构优化及转型升级因

素促进电耗下降。我国近年来陆续出台了节能技术推广和产业结构调整等方面的文件,助推技术进步和结构调整。第二产业中高技术产业和装备制造业增加值增长较快,尤其是高端制造业发展势头较好,战略性新兴产业、数字经济、互联网+及制造业2025相关产业保持了快速增长。从近年来先进制造业与高耗能行业的产值电耗比较看,先进制造业产值电耗约是高耗能行业电耗的三分之一。图7所示为高耗能行业 and 高端制造业平均产值单耗比较。



图7 高耗能行业和高端制造业平均产值单耗比较

Fig. 7 Comparison of average output per unit consumption between high energy consuming industries and high-end manufacturing industries

5 能效发展趋势预测

5.1 能效水平仍有提升空间

伴随着供给侧结构性改革的不断深入,我国的能源强度近年来呈下降趋势,但依然比世界平均水平高,约为日本的2.8倍,德国的2.7倍,美国的2.3倍。我国单位GDP电耗约为美国的2.9倍。我国主要高耗能行业产品的单位产量能耗均呈现逐年下降趋势,但整体水平仍高于国际领先水平。这些国家第三产业占比和节能技术水均高于中国^[11],未来我国能效提升依然存在较大空间。

5.2 “两个替代”不断拓展广度深度

“十四五”期间,我国经济社会发展仍将带动能源需求刚性增长,能源安全供应和高效利用问题成为发展瓶颈。我国能源政策将立足国情和能源禀赋,坚持“电为中心”,大力推进能源生产和消费革命,在发电侧积极推动清洁替代,同时在用电侧大力实施电能替代。推广应用清洁高效电能替代高污染、低能效的散烧煤、直燃油,是降低油气对外依存度、保障国家能源安全、实现绿色发展的有效措施。预计2025年,我国水电、风电、太阳能发电量占比超过30%，“十四五”期间,电能替代潜力超10000亿kWh。

近期,为应对新冠疫情影响和促进经济长远发展,党中央作出加强“六稳”、“六保”,加快“新基建”建设等工作部署,着力推动智慧交通与智慧能源融合基础设施建设,鼓励支持技术创新,催生新技术、新业态快速发展,为电能替代带来新需求和新机遇。未来10年内,电有望超过煤炭成为最主要的终端用能品种,清洁替代和电能替代的发展将进一步提高能效水平。

5.3 产业结构进一步优化,技术创新快速发展

“十四五”期间,我国将继续加大对“三新”产业的扶持力度,交通运输设备制造业、电子设备制造业、机械制造业等高端制造业全要素生产不断提升,通信行业、金融保险业等现代服务业全要素生产率逐年提升。新能源、新材料、节能环保、生物医药、信息网络、高端制造业、新能源汽车、物联网等战略性新兴产业,将逐渐成为我国新的经济增长点。预计“十四五”期间,一批新兴领域将发展壮大成为支柱产业,持续引领产业中高端和经济社会高质量发展。

未来随着风电和光伏发电技术的进步,在全面实现平价上网的基础上,发电方式将逐步发展成为比煤电还经济,分布式电源因地制宜建设技术、源网荷互动、灵活调峰技术等将全面应用。伴随着数字经济产业的加速发展,数据中心、通信基站等领域的电力需求保持强劲增长,需要更大规模、更优质、更可靠的电能予以支撑,电能占据“数字经济”领域主体能源的地位。表1所示为我国主要高耗能产品单位能耗水平概况。

表1 我国主要高耗能产品单位能耗水平概况^①

Table 1 Overview of unit energy consumption level of main high energy consumption products in China

指标	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	国际先进水平
钢 单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	940	923	913	899	898	890	576
电解铝 单位能耗/ (kWh·t ⁻¹)	13 844	13 740	13 596	13 562	13 599	13 577	12 900
铜 单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	451	436	420	372	337	321	360
水泥 单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	140	139	126	125	123	123	97
乙烯 单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	893	879	860	854	842	841	629
合成氨 单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	1 552	1 532	1 540	1 495	1 486	1 463	990

^① 数据来源:《2018能源数据报告》。

考虑技术进步发展潜力、产业结构优化调整潜力等,根据国网能源研究院电力供需实验室相关模型测算,预测2025年电力、有色、钢铁、建材、化工等高耗能行业单位产品能耗将下降3%~16%。表2所示为2025年高耗能产品单位能耗水平预测。

表2 2025年高耗能产品单位能耗水平预测

Table 2 Prediction of unit energy consumption level of high energy consumption products in 2025

指标	2017年	2025年	降幅/%
钢单位能耗/(kgce·t ⁻¹)	890	795	11
电解铝单位能耗/ (kWh·t ⁻¹)	13 577	13 155	3
水泥单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	135	113	16
乙烯单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	841	772	8
合成氨单位能耗/ (kgce·t ⁻¹)	1 464	1 338	9

建筑能效提升潜力较大,主要有以下几个方面原因:一是节能标准加快实施,城镇新建建筑中绿色建筑标准强制执行力度加大,大力发展装配式建筑、零能耗建筑;二是既有建筑绿色改造加快,扩大节能建筑的覆盖范围;三是办公建筑和大型公共建筑能耗监测体系不断完善,既有建筑绿色改造机制不断健全,推动节能运行管理;四是可再生能源应用推广,提升了建筑一体化应用程度;五是结合对现代网络、通讯与生物技术的运用,实现对建筑物的科学调控。从建筑能耗来看,尽管建筑面积增长,但能耗总量的增长明显低于建筑面积的增长,单位面积能耗不断下降。

交通领域也是能效提升潜力较大,主要有以下几个方面原因:一是节能环保交通运输装备,清洁能源车辆加速推广,不断渗透;二是国家正在发展集约高效运输组织方式,推进港口生产组织向“集约高效、节能低碳”模式转变;三是国家正在推进科技引领与智慧交通建设,应用信息技术提高运输组织和行业监管的智能化水平。智慧出行、智慧充电将推进交通领域能源消费的高效化、低碳化和清洁化。预估2020年交通领域能耗为1.09 tce/万元,2025年为0.94 tce/万元。

综上,预计我国万元GDP能耗将由2018年的0.52 tce降至2025年的0.45 tce。未来,需求结构将由能源“直接运用”转向以“电为中心”的能源“转化运用”^[12]。工业部门电气化“步伐稳”,建筑部门电气化“潜力大”,交通部门电气化“速度快”。随着工业、建筑、交通等各领域的电气化、自动化、智能化发展,以及清洁电力供应在经济和环境方面的优势

逐步显现,未来电能占终端能源消费占比、终端电能利用效率将不断提升^[13]。

6 结束语

本文分析了我国单位GDP能耗及单位GDP电耗的现状,并分析了影响能耗与电耗走势的主要因素。通过对能效影响因素的走势以及重点领域能耗水平进行预判,展望“十四五”期间能效发展水平,为政府部门科学合理地制定电能替代、节能节电等能源政策提供理论支撑,促进全社会节能降耗。

为促进能效提升,提出以下几个方面的建议。一是建立以非化石能源为重要来源、以电力为中心的能源结构可极大减少化石能源消费、有效缓解减排压力;二是进一步推广以电为中心、多能互补优化的综合能源系统,促进多能协同与梯级利用及可再生能源的生产和消费,优化能源结构;三是发挥市场对提升能效的作用,培育壮大能效产业;四是建立健全促进能效提升的法律法规和标准体系;五是结合具体措施,鼓励普及高效用能技术,倒逼生产企业提升终端产品能效;六是针对地域差异,开展差异化节能措施。对于西北部能效水平落后地区,加大国家支持力度,鼓励助推西部地区实现“跨越式”发展,加速提升能效水平,缩小差距。D

参考文献:

[1] 俞方英,吴锋,曹帆. 杭州市既有公共建筑能耗现状分析[J]. 浙江建筑,2020,37(3):53-56.
YU Fangying, WU Feng, CAO Fan. Analysis of energy consumption of existing public buildings in Hangzhou[J]. Zhejiang Architecture, 2020, 37(3):53-56.

[2] 王劼. 北方地区某污水处理厂的能耗研究[J]. 能源技术与管理,2019,44(6):143-144,153.
WANG Jie. Study on energy consumption of a sewage treatment plant in northern China[J]. Energy Technology and Management, 2019, 44(6):143-144, 153.

[3] 高东升. 城市轨道交通能耗特性分析及评价指标研究[J]. 电气化铁道,2019,30(6):78-82.
GAO Dongsheng. Energy consumption characteristic analysis and evaluation index research of urban rail transit[J]. Electrified Railway, 2019, 30(6):78-82.

[4] 王一鸣. 水泥企业电耗核查监管系统[J]. 应用能源技术,2019(10):12-15.
WANG Yiming. Power consumption verification and supervision system for cement enterprises[J]. Applied Energy Technology, 2019(10):12-15.

[5] 关伟,魏胜,许淑婷. 中国工业分行业能源效率变化及其影响因素[J]. 生产力研究,2020(6):19-22,67.

GUAN Wei, WEI Sheng, XU Shuting. Energy efficiency change and its influencing factors in China's industrial sectors[J]. Productivity Research, 2020(6):19-22, 67.

[6] 徐成彬. 我国能源发展及其经济效率研究[J]. 宏观经济管理,2020(6):51-60.
XU Chengbin. Study on energy development and economic efficiency in China[J]. Macroeconomic Management, 2020(6):51-60.

[7] 肖婧学. 由国际组织报告的中国能源效率现状——《国际能源署能效市场报告中国特刊》简介[J]. 中国统计,2017(10):34-36.
XIAO Jingxue. The current situation of China's energy efficiency reported by international organizations: a brief introduction to China special issue of IEA energy efficiency market report[J]. China Statistics, 2017(10):34-36.

[8] 张成龙,李继峰,张阿玲,等. 1997—2007年中国能源强度变化的因素分解[J]. 清华大学学报(自然科学版),2013,53(5):688-693.
ZHANG Chenglong, LI Jifeng, ZHANG Aling, et al. Factor decomposition of China's energy intensity change from 1997 to 2007[J]. Journal of Tsinghua University (Natural Science Edition), 2013, 53(5):688-693.

[9] 刘自敏,张娅. 如何深化电能替代实现节能降耗?[J]. 能源,2019(12):76-78.
LIU Zimin, ZHANG Ya. How to deepen the substitution of electric energy to achieve energy conservation and consumption reduction?[J]. Energy, 2019(12):76-78.

[10] 李昭. 产业结构对能源利用效率的影响分析[J]. 中国商论,2019(22):218-219.
LI Zhao. Analysis of the impact of industrial structure on energy efficiency[J]. China Business Theory, 2019(22):218-219.

[11] 王敏. 政策调控下中国能耗降幅减弱因素研究[J]. 华北电力大学学报(社会科学版),2019(6):14-26.
WANG Min. Study on the weakening factors of China's energy consumption decline under policy control[J]. Journal of North China Electric Power University (Social Science Edition), 2019(6):14-26.

[12] 汤芳,张宁,代红才. 两个50%:能源革命背景下的深度解析[J]. 能源,2020(Z1):23-26.
TANG Fang, ZHANG Ning, DAI Hongcai. Two 50%: In depth analysis under the background of energy revolution[J]. Energy, 2020(Z1):23-26.

[13] 邱波. 我国再电气化发展现状及前景研究[J]. 中国电力企业管理,2020(16):48-52.
QIU Bo. Current situation and prospect of reelectrification in China[J]. China Electric Power Enterprise Management, 2020(16):48-52.

作者简介:

唐伟(1977),女,安徽界首人,硕士,高级工程师,主要从事电能替代、节能节电、需求侧管理等工作;

薛万磊(1978),男,黑龙江大庆人,硕士,正高级工程师,主要从事电能替代、能源经济、需求侧管理等工作。

(责任编辑 水 鹤)