

河北南部重点工业电能替代和节能改造策略研究

文/国网河北省电力有限公司 孙胜博 张凯 崔威
国网河北综合能源服务有限公司 苗立强 王志伟

针对河北省钢铁行业、金属制品行业、化工行业 and 水泥行业等重点高耗能工业的能源消费现状以及存在的问题进行分析，并对相关重点工业提出节能改造和电能替代的技术方案与有效对策，有助于推动实现河北重点工业企业的能源消费结构化升级，促进我国能源产业实现经济、绿色、节能、清洁和高效发展。

“四个革命、一个合作”的能源安全新战略要求我国的能源消费方式必须向大力推动能源生产与消费革命的战略方向转变，以实现我国能源的节能化、清洁化、智能化和绿色化发展趋势。我国能源资源禀赋在于煤炭和可再生能源丰富，可再生能源尤其是太阳能具有较大的开发潜力。据统计，2018年我国能源消费总量居世界第一位，但仍面临着缺油少气的现状，石油的对外依存度高达70%，天然气对外依存度达45%。大量使用化石燃料不仅带来了全球气候变暖的危机，也造成我国华北、华中和华东等多地区出现严重雾霾天气，危害人民的生命健康和安全。由此可见，加快能源消费结构从化石能源向清洁能源转变，已成为当前解决环境问题的根本出路。

电能作为一种清洁、高效且便捷的二次能源，具有终端利用效率高，使用过程清洁及零排放等显著优点。因此，逐步提高电能终端能源消费中的比重，减少化石能源消费量，是我国清洁能源发展的必然趋势。电能替代是指在终端能源消费环节利用便捷、高效、安全且优质的电能代替煤炭、石油和天然气等一次能源，并通过大规模集中转化来提高燃料使用效率、减少污染物排放，从而逐步提升清洁能源的占比。我国作为能源消费大户，能源利用效

率却仅有33%左右，远低于发达国家的平均水平。其中，工业能源消费量占全国能源消费总量的70%左右。河北作为重工业发达和能源消费大省，能源消费模式的结构性转型迫在眉睫，尤其是钢铁行业、金属制品行业、化工行业和水泥行业等重点行业。

本文依据上述能源发展现状与存在的问题，针对河北省南部钢铁行业、金属制品行业、化工行业和水泥行业等重点行业的能源消费现状与问题进行分析，并对此提出节能改造和电能替代的策略性分析。这对实现河北重点工业企业的能源消费结构化升级，促进我国经济绿色、节能、清洁和高效发展具有十分重要的意义。

电能替代技术的发展现状

电能替代技术起源于欧美等发达国家。美国作为世界上最大的能源消耗国，是最早开展能源替代工作的国家，主要通过立法和制定严格的能源消耗标准来促进清洁能源的发展；瑞士为了实现国家的节能减排，规定旅游城市需明令禁止燃油类车辆出入；英国通过清洁能源、可再生能源和生物能源的税收福利和减免政策促进低碳经济行业的发展。我国的电能替代技术发展较晚，2013年，国家电网印发电能替代方案，倡导“以电代煤、以电代油、电从远方来”的能源消费新

模式，要求工业企业不断提高电能终端消费占比，积极响应能源结构的转型升级战略。

电能替代技术主要有“以电代煤”“以电代油”“以电代气”三种方式。在中国重工业电能替代中，常以“以电代煤”为主，“以电代油”为辅。一般来说，我国的电能替代技术包括煤、油、气这3个能源种类、共14种电能替代方式。

“以电代煤”是指将传统的煤炭方法，如工业锅

炉、工业煤窑和住宅供暖转换为电力；“以电代油”是指在城市轨道交通、汽车运输等领域使用电力驱动来减少石油消耗量；“以电代气”是指在餐饮、供暖等领域，使用电力来取代燃气。在工业中，主要使用以电代煤的方式来完成电能替代。下表所示总结了四大高耗能制造业的电能替代技术、能源消费用途、未来替代方向及其优缺点。

表 高耗能制造业的潜在电能替代技术及特点

行业	电能替代技术	用途	替代方向	替代对象	优点	缺点
钢铁	电锅炉技术	加热、电化学、动力	电炉钢、冶金电炉	燃煤、燃气锅炉	污染小、效率高	价格高，技术要求高
金属制品	电弧炉技术	加热、电化学、动力	电窑炉（加热工件、烘干、热处理）	燃煤炉、燃气炉、燃油炉	技术成熟、污染较小	能耗高、电能消费比重大
化工	电弧炉技术	加热、电化学、动力	电窑炉（加热烘干、热处理）	燃煤炉、燃气炉、燃油炉	技术成熟、污染较小	价格高、能耗高
水泥	电弧炉技术、电锅炉技术	加热、动力	电窑炉、电炉钢	燃煤、燃气锅炉	污染较小、效率高	价格高、能耗高

河北省电能替代潜力分析

1. 河北能源消费体量潜力分析

河北省是煤炭、石油和天然气资源大省。据统计，2017年河北省能源生产总值达到6778.5万t标准煤，其中，原煤6 010万t，生产原油465万t，生产天然气5.98亿m³。然而，随着开采力度的加大、能源消费量的不断攀升以及环境污染问题的日益加剧，河北省面临着自有能源资源严重不足，一次能源省外依存度高且逐年扩大，二次能源加工能力不足，输配保障设施不完善以及空气质量急剧恶化等诸多问题。下图所示为2010~2017年河北省煤炭、石油和天然气用量的变化趋势（统一换成标准煤用量）。

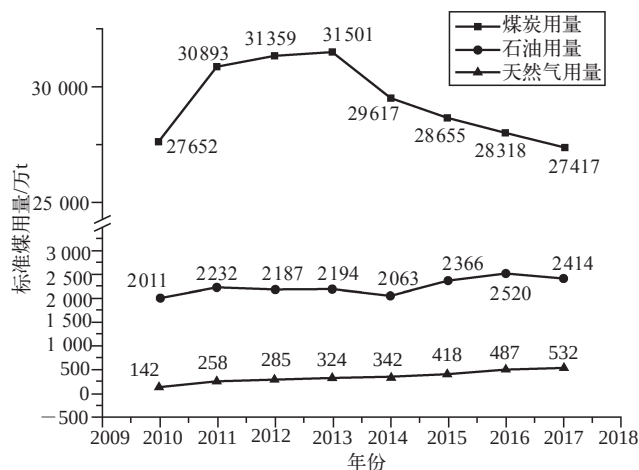


图 2010—2017年河北省煤炭、石油和天然气消费总量的变化趋势

可以看出，河北省的煤、石油和天然气的能源消费体量非常大，必须依靠节能减排的约束性目标，控制能源消费总量。为此，2019年河北省印发了关于优化调整能源结构的相关政策文件，主要有《2019年全省节能降耗工作要点》（冀节减办函〔2019〕2号）、《河北省人民政府办公厅关于印发河北省优化调整能源结构实施意见（2019—2025）年的通知》（冀政办字〔2019〕40号）等。具体提出到2020年，全省电力消费达到3 900亿kW·h，煤炭实物消费量控制在2.6亿t以内，天然气消费比重提高到10%以上，非化石能源占能源消费总量的比重达到7%左右，万元国内生产总值能耗下降17%，“十三五”期间煤炭消费总量下降10%左右等举措。

2. 河北重点工业体量潜力分析

(1) 钢铁行业全国第一

河北省是粗钢生产大省，从2002年起直到现在连续19年，粗钢、生铁和钢材产量均居全国第一。2017年，河北省粗钢、生铁和钢材产量占全国产量的比重分别为22.99%、25.32%和23.42%。因此，钢铁行业的电能替代具有非常大的发展潜力。

(2) 水泥行业规模庞大

自2005年起，河北省的水泥行业产量逐步上升。截至2018年，河北省的水泥产量达到8 936万t，同比增长8%，产能去除313万t。随着“去

产能”的进一步加强，大量水泥企业的转型给电能替代带来巨大的潜力。

(3) 化工企业改造迫在眉睫

河北省作为中国化工园区30强，已成为监控、整改的重点。2018年，河北关停、整顿的化工企业数目为全国第二。环保、绿色和节能减排是化工企业改造的核心和宗旨，电能替代作为“去产能”和环保的重要一环，在化工领域具有非常重要的意义。

(4) 金属制品行业数量庞大

2018年，我国的金属品制造企业达到23 458家，但是金属制造业的毛利率从2011年的13.3%降到2018年的12.3%。河北省作为金属制品行业的重点省份之一，目前面临最大的问题就是能耗高和污染严重。因此，为破解当前的行业难题，电能替代技术在金属制品行业有巨大的发挥潜力。

河北重点工业所面临的电能替代问题

1) 电能替代技术经济性不高。成本问题是用户考虑电能替代的核心问题，尤其是对高耗能制造业来说，通过冶金、电锅炉等方式所需要的冶金材料和原料价格在一定程度上限制了电能替代的使用和推广。

2) 部分电能替代技术相对落后。目前河北省内部分重点企业电炉设备因投产时间较长，使用标准不统一，电弧炉技术和电锅炉技术较为落后，需要进行设备淘汰更换的设备较多，导致某些未经电能替代改造的和部分经过电能替代改造存在标准不一致等问题。

3) 冶金材料稀缺。冶金电炉是替代高耗能、高污染的煤气发生炉的主要方式。主要包括电弧炉、感应炉（中频炉）等。冶金电炉需要的废钢等原材料成本与矿石成本相比较，生产成本冶金电炉生产的主要原动力为电能，而电炉目前在原材料方面存在巨大需求，废钢资源与石墨电极作为短流程生产的主要原材料，当前原材料的价格高、资源少等问题制约了冶金电炉的推广。

4) 政府支持政策不完善。在当前能源价格水平和技术条件中，电能替代各项技术中，只有电动汽车、热泵、电水泵和电窑炉等技术经济性较强，而重工业企业常用的电锅炉等电能替代技术则经济性较弱，政府支持政策也相对较少。

5) 工业电力供需矛盾影响。规模化电能替代负荷的接入对配电网的供电能力要求大幅提升，现有电力调度的调整裕度相对有限，电网运行压力过大。可再生能源的有限和新能源技术的发展缓慢，让电能替代中的“电从远方来”方式实际操作困难。市场的供需矛盾和工业的高效率的产出需求导致电能替代的进一步推广出现困难。

工业电能替代和节能改造的技术方案与实施策略

1. 优化煤电结构，优化煤电结构

建立适合不同企业“节能+电能”模型，推进工业企业的进机组节能和供热改造，利用现役煤电机组汽轮机通流改造、锅炉烟气余热回收利用、电动机变频等综合节能改造；可以淘汰某些工业企业节能设备老旧，集中推进节能设备和技能技术双管齐下，形成以电能带动节能，以节能辅助电能的“节能+电能”模式。利用淘汰落后煤电机组容量，通过等容量、减排替代建设布局热电联产和大型支撑电源；利用其他行业压减煤量，重点用于煤电建设，保持河北省支撑电源规模稳定，保障电力供应安全。

2. 加强电能替代电管家托管服务

布局搭建“四季阳光”电能替代能源托管平台、谋划开展电管家业务，通过“边、端”的泛在物联与广泛感知，以“云端”的“互联网+”为载体，构建一个信息高效处理、应用便捷灵活的业务管理平台。面向河北重点工业企业，提供1对N的“共享电工”服务，即：构建一个平台，打造一支队伍，服务N家客户，以“1对N”的方式通过规模化的服务构造现代化新型营销商业模式。

3. 建立电能替代多能服务领域

根据河北重点产业结构特点，开展大型工业企业综合能源站建设，结合用户变电站建设，扩展打造“以电为中心、多能互补、智慧应用”的企业级综合能源供应站，为企业提供电力供应、电能质量治理、余热回收、冷热供应、工业气体供应及设备运行维护等多元化服务，全面满足客户对电、冷、热、气等多种能源的需求。结合电能替代示范区建设，在建立健全市场前端团队、后台研发支撑团队、工作流程和保障机制上着力，加快实现电能替代工作常态化、制度化，以

优秀业绩争取人员配置，筑牢持续发展基础。

4. 建设智慧能源控制系统

积极搭建智慧能源综合服务云平台，汇集区域内重点工业的多元数据，提供能源数据分析优化的基础平台，引导地区新能源发展，对区域内用户风电、光伏、储能和冷热电三联供等能源形式进行监测，实现多能源系统之间的协调控制，提高能源的利用效率，降低企业的用能成本，在数据全景展示和应用服务的基础上，面向能源需求侧，为产业生态各方参与主体提供互动服务、用户节能与定制服务以及能源优化管理服务，探索面向能源互联网的多方参与、利益共赢的运营模式。

5. 完善标准体系，建立企业联盟

由于我国目前的工业企业的电能替代统一标准尚未健全，不同工业企业的电能替代方式有所差异，河北在推行工业企业电能改革的同时，应该进一步接轨国际标准，按照国家要求制定适合不同企业的标准。与此同时，政府可以搭建工业企业联盟的桥梁，鼓励不同工业企业可以定期开展节能技术、电能替代技术、企业管理模式和经验的交流。通过知识共享、信息互通和技术互鉴等方式共同推进电能替代。

6. 建立“5G物联网+”模式，推动电能替代智能化

建立基于“5G物联网+”的能源物联网模式，利用物联网平台创建大数据，实现多企业、多种能源的转换、分配与有机协调，也可以实现能量产生、转换、分配与传递的过程手段和形式的多样化，构建多元信息交互的综合能源服务平台，深度挖掘源网荷实时数据信息，实现能源互联网的实时感知和信息反馈，在保证区域内电力系统稳定、安全和可靠的前提下，制定分布式能源系统多能互补、优化调度策略，实现整个系统能源利用效率的最大化以及经济效益的最大化。

结束语

河北省作为重工业发达和能源消费大省，能源消费模式的结构性转型迫在眉睫。重点工业企业节能改造和电能替代有助于实现我国重点工业企业的能源消费结构化升级。本文通过对河北省的能源结构的现状和存在的问题进行分析，提出以政策引导、技术引进、企业联盟、“节能+电能”模式、“5G物联网+”和标准制定等方式能够助力河北省电能替代的战略转型，对推动我国电能替代的发展也具有重要的现实意义。EA

(上接第24页)

送通道，为富余可再生能源的外送交易提供基础设施平台，使得藏区丰期富余电力能够合理消纳；另一方面要与符合准入条件的新能源发电企业、电网企业、售电公司和电力用户等市场主体开展稳定的新能源中长期交易，现阶段将优先发电电量视为厂网双边协商交易电量，签订厂网间购售电合同，纳入省间电力中长期交易范畴。

(2) 推进可再生能源互济机制

一方面，加强与青海省、四川省和甘肃省等周边省份的能源互济合作机制，立足多通道、多落点、多交易周期和多交易品种的能源互济，最大化程度消纳丰期多余电力，补足枯期短缺电力；另一方面，探究“政府+电网+用电侧”的新型能源互济模式，建立可再生能源电力交易平

台，通过市场优势降低丰期电力输配价格，充分发挥能源优势互补、劣势互助的机制特色，共同参与维护西北地区的电力平衡。

结束语

在当前经济飞速发展、能源结构亟需转型的背景下，大力推进可再生能源的开发利用必将成为今后能源领域的主流导向。本文以西藏地区可再生能源的概述展开，介绍了西藏地区丰富的水能资源与太阳能资源，并详细介绍了当前西藏地区可再生能源的四个典型应用，从加快电能替代进程与维持丰枯期电力平衡两方面叙述了今后西藏地区的可再生能源发展趋势，为推进西藏地区的可再生能源发展进程提供理论参考。EA