



移动扫码阅读

步学朋,俞珠峰,王 强,等.煤制油化工建设项目技术经济指标与参数研究[J].煤炭科学技术,2020,48(1): 120-124. doi:10.13199/j.cnki.cst.2020.01.015  
BU Xuepeng, YU Zhufeng, WANG Qiang, *et al.* Research on technical-economic indexes and parameters of coal to liquid and chemical construction project[J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(1): 120-124. doi:10.13199/j.cnki.cst.2020.01.015

# 煤制油化工建设项目技术经济指标与参数研究

步学朋,俞珠峰,王 强,韩一杰,陶 怡,罗 腾,田 华,张 军  
(国家能源技术经济研究院,北京 102211)

**摘 要:**在大量调研讨论基础上,首次构建了包括煤直接液化、煤间接液化、煤制烯烃(MTO)、煤制甲醇 4 种工艺路线的较为完整的煤制油化工建设项目技术经济指标体系。通过实际调研国家能源集团内外企业相关煤制油化工项目运行数据与在建和规划的新建项目设计数据、大量对标分析和专家论证研究,确定了煤制油化工建设项目技术经济指标参数的合理取值。提出了可供决策参考的决策指标与参数,构建了用于投资建设项目评估的建设指标与参数,参数取值充分考虑了国家政策、规范与相关标准对项目建设规模、能效、环保、安全等方面的要求,同时体现了煤制油化工项目建设、生产管理等方面的经验和先进理念。研究成果可为煤制油化工新建和改扩建项目的前期研究、决策及项目建设、项目评估提供支撑依据,也可为国内其他相关企业煤制油化工投资建设项目提供参考。

**关键词:**煤制油;煤直接液化;煤间接液化;煤制烯烃;煤制甲醇;煤化化工建设项目

**中图分类号:**TQ53      **文献标志码:**A      **文章编号:**0253-2336(2020)01-0120-05

## Research on technical-economic indexes and parameters of coal to liquid and chemical construction project

BU Xuepeng, YU Zhufeng, WANG Qiang, HAN Yijie, TAO Yi, LUO Teng, TIAN Hua, ZHANG Jun  
(CHN Energy Technology & Economics Research Institute, Beijing 102211, China)

**Abstract:** On the basis of a large number of investigation and discussion, a relatively complete technical-economic indexes system of coal to liquid and chemical construction project has been established for the first time, including four process routes of direct coal liquefaction, indirect coal liquefaction, coal to olefin (MTO) and coal to methanol. Based on the actual investigation of the operation data of related coal to liquid and chemical projects of domestic and foreign enterprises of National Energy Group and the design data of new projects under construction and planning, a large number of benchmarking analysis and expert argumentation, the reasonable value of technical-economic indexes parameters of coal to liquid and chemical construction projects is determined. The decision-making indexes and parameters for decision-making reference are put forward, and the construction indexes and parameters for investment and construction project evaluation are constructed. The parameter values fully consider the requirements of national policies, specifications and relevant standards on project construction scale, energy efficiency, environmental protection, safety and other aspects. At the same time, they reflect the experience and advanced concepts of coal to liquid and chemical project construction, production management and other aspects. The research results can provide support basis for the preliminary research, decision-making, project construction and project evaluation of the new and reconstruction and expansion projects of coal to liquid chemical industry, and also provide reference for the investment and construction projects of coal to liquid chemical industry of other relevant enterprises in the same industry in China.

**Key words:** coal to liquid; direct coal liquefaction; indirect coal liquefaction; coal to olefin; coal to methanol; coal chemical construction project

收稿日期:2019-12-18;责任编辑:代艳玲  
基金项目:神华集团科技创新资助项目(SHGF-13-99)  
作者简介:步学朋(1964—),男,山东招远人,研究员,博士。E-mail: xuepeng. bu@chnenergy.com.cn

0 引 言

煤制油化工是国家能源集团的重要业务板块之一,国家能源集团率先在国内建成大型现代煤制油化工项目,并取得了举世瞩目的成就。煤直接液化、煤制甲醇、煤制烯烃、煤炭间接液化等数个现代煤化工项目相继投产运行,创造了多个煤炭清洁低碳转化成功典范,为国家能源集团经济发展和效益提升发挥了重要作用,同时起到了行业引领作用。近年来,国家相继出台了一些煤制油化工规模、效率、水耗、环境准入等相关政策及标准,如《煤炭深加工产业示范“十三五”规划》<sup>[1]</sup>、《现代煤化工产业创新发展布局方案》<sup>[2]</sup>等,但相关项目可研编制及设计标准仍然缺乏。目前煤制油化工投资项目的前期工作如建议书、可行性研究等的编制主要参考现有的石油和化工规范。而煤制油化工不同于其他传统行业,有其自身的特点,仅沿用和参考石油化工行业的规范存在一定的局限性,并且国家能源集团在煤制油化工方面的创新、特点等也无法更好地在这些规范标准中反映出来。为此,迫切需要结合煤制油化工项目的特点,以及相关标准规范,研究提出并建立一套适合于煤制油化工建设项目的技术和经济指标及参数体系,用于指导煤制油化工相关项目可研的编制、评估和决策参考。为此,全面启动了煤制油化工建设项目技术经济指标与参数研究工作。研究过程中,广泛调研收集了 24 个国家能源集团内外煤制油化工项目的样本数据,在数据整理、归纳、分析及数十位知名专家讨论的基础上,结合国家能源集团煤制油化工建设项目的总体要求和实际情况,参照国家、行业、地方、集团 121 项相关政策、规范和标准,提出了煤制油化工建设项目技术经济指标参数体系。通过实际调研、对标分析和专家论证,研究确定了煤制油化工建设项目技术经济指标参数的取值及范围。参数取值充分考虑了国家政策与相关标准对项目的要求<sup>[1-4]</sup>,同时体现了国家能源集团在煤制油化工项目建设与管理方面的经验和先进理念。

1 煤制油化工建设项目技术经济指标与参数体系构建

1.1 技术经济指标与参数确定原则

煤制油化工技术经济指标与参数的确定需要遵循如下原则:

1)具备先进性。能充分反映国家能源集团在煤制油化工方面的先进性和先进的管理理念,尽可能涵盖相关标准和规定,有一定的前瞻性。

2)具备科学性。能充分考虑地区类别、项目类型、建设规模、资源条件、工艺技术、环保要求、界区范围等对项目的影响,指标参数取值合理。

3)保证客观性。以国家和行业相关的法规、规章、政策和标准为基础,以国家能源集团所属煤制油化工项目的实际运行数据为客观依据,同时参考同类企业的运行情况。

4)具有适用性。该项目主要为国家能源集团煤制油化工建设前期项目服务,要求指标体系既能反映新建项目的技术先进性,又考虑到技改项目的实用性,为便于对投资项目管控的可操作性,指标要尽可能量化或明确。

1.2 技术经济指标与参数体系构建

根据煤制油化工建设项目的特点及多次讨论研究,确定了煤制油化工指标与参数体系的架构,从考虑指标参数用途出发,将其分为决策指标参数和建设指标参数 2 类。其中决策指标参数是整个项目的关键所在,是从大量建设指标中优选出来的,拟作为决策投资建设项目的参考。建设指标参数适于作为煤制油化工项目可研编制、项目评估等统一量化依据和参考。决策指标参数和建设指标参数均分为技术和经济指标与参数 2 类,其中技术建设指标参数又可分为全厂类、关键单元类和共有单元类 3 种,而经济建设指标参数可分为投资估算类和财务评价类 2 种,如图 1 所示。

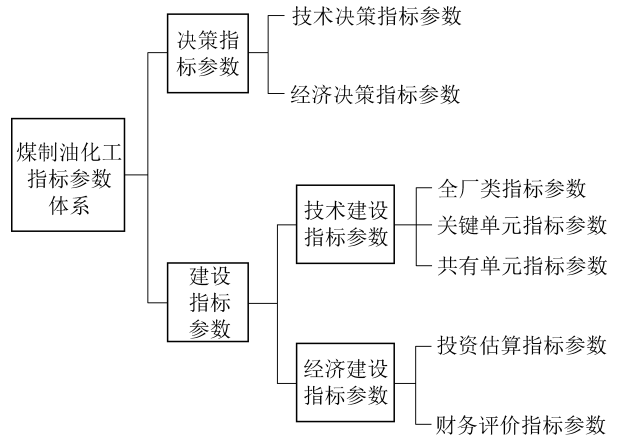


图 1 煤制油化工建设项目技术经济指标体系架构  
Fig.1 Technical- economic indexes and parameters system of coal to liquid and chemical construction project

技术决策指标必须符合国家核准或准入政策、标准,且对 4 种工艺均适用,最终确定的技术决策指标为建设规模、能源转化效率、单位产品综合能耗、单位产品原料煤耗、单位产品水耗、产品方案、关键技术与装置成熟度共 7 个。经济决策指标在于合理控制建设项目的投资,同时满足行业财务评价的相关要求,

最终确定的 4 个经济决策指标分别为单位主产品建设投资、项目报批总投资、项目全部投资税后财务内部收益率(税前/税后)和经济增加值模型(EVA)。

建设指标参数主要为项目建设单位、咨询机构、设计单位、第三方评估机构在编制项目规划、项目建议书、机会研究报告、项目预可行性研究报告、项目可行性研究报告、项目评估报告时提供统一、量化、科学的依据,并对项目后续的设计和建设起到一定的指导和参考作用。建设指标参数也分为技术和经济 2 大类。根据煤制油化工项目的特点,结合专家的讨论,将技术建设指标参数按照工艺流程分为全厂指标,按照工艺单元分为关键单元指标和部分共有单元指标,各类指标中包含二级指标、三级指标若干项。经济建设指标参数包含项目投资估算及财务评价指标,其中包含二级指标、三级指标各若干项。

2 煤制油化工指标与参数的取值

2.1 技术经济指标与参数取值影响因素

影响煤制油化工技术经济指标与参数选择及取值的因素很多,如政策要求、项目类型、建设类别、建设规模、产品方案、工艺技术、原料煤及燃料煤性质、热电中心方案、项目所涵盖的界区范围、环保要求、安全要求、地区类别等。显然,项目类别不同,则项目的规模、核心工艺技术、能源转化效率等是不同的。以项目类别为例,本次研究包括煤直接液化、煤间接液化、煤制烯烃(MTO)、煤制甲醇 4 种工艺路线。以建设项目类别为例,建设类别分为新建和改扩建项目,其中,改扩建是指在原有基础上,通过技术改造等手段,使得煤制油化工项目的生产能力增加或生产水平提高的建设项目。以下该指标参数取值主要适用于新建项目(包括升级示范项目),对改扩建项目需要视具体情况适当调整相关指标取值。

2.2 技术指标与参数取值

煤制油化工投资项目技术指标及参数的取值以国家、行业及地方的相关法规、规章、政策与标准,以及国家能源集团相关规章与标准为基础,以集团所属煤制油化工企业的实际调研数据为主要依据,并参考了国内其他企业相关煤制油化工项目的可研或设计、运行数据,同时参考了《煤炭深加工产业示范“十三五”规划》<sup>[1]</sup>、《现代煤化工产业创新发展布局方案》<sup>[2]</sup>等政策,工业和信息化部/中国工程院《现代煤化工产业发展问题研究》和中国工程院《中国现代煤化工产业可持续发展与区域协调发展重大问题战略研究》、原神华集团《神华煤炭建设项目技术、经济指标与参数》等课题的研究成果。

1)能效、水耗、环保等少数指标参数取值参照国家现有规定。煤制油化工经过十多年的快速发展,国家陆续出台了一些政策和标准,尤其是《煤炭深加工产业示范“十三五”规划》和《现代煤化工产业创新发展布局方案》的发布,为规范和确保产业的可持续、健康发展建立了顶层设计,在国家 and 行业相关政策规范中已有明确要求的,如项目规模<sup>[5-6]</sup>、能效<sup>[7-9]</sup>、水耗、环保<sup>[10-12]</sup>及安全标准<sup>[13-15]</sup>等,基本采用国家要求的值;部分指标如直接液化能源转化效率和水耗等,根据国家能源集团的先进理念,采用了更加先进和严格的取值。每一个指标均包括名称、取值、注释、依据等。以能源转化效率为例说明如下:①取值:新建煤制油化工项目的能源转化效率应满足表 1 规定。②注释:能源转化效率是指煤制油化工项目主要输出能量(产品热值)与输入能量之比,需要满足国家相关要求,然后给出了指标的计算公式和计算范围,需要注意的是不同类型项目能效计算范围会有所差别。③依据:主要是指数据的来源,如政策、标准或生产企业调研、专家讨论等。

表 1 煤制油化工项目能源转化效率

Table 1 Energy conversion efficiency of coal to liquid and chemical project

序号	项目类型	国家政策要求 <sup>[1-3]</sup>		本研究
		基准值/%	先进值/%	建议取值/%
1	煤直接液化	≥55	≥57	≥58
2	煤间接液化	≥42	≥44	≥42
3	煤制甲醇	—	—	≥41
4	煤制烯烃	≥44		≥44*

注:以褐煤等为原料的项目可适度放宽指标要求; \* 根据专家介绍,煤制烯烃达到该值需采取一定的节能措施,如采用废锅气化技术和 IGCC 发电等。

2)绝大多数指标与参数取值来自于调研及讨论。煤制油化工产业仍处于示范和升级示范期,规范和标准体系也处于建设和发展中,因此本研究的大多数技术指标参数取值来自于现场调研、咨询和专家讨论,并适当考虑了相关技术未来的发展空间。其中煤直接液化样本少,主要以鄂尔多斯煤制油分公司一期第一条生产线实际运行数据为主,参考即将建设的第二、三条生产线可研数据。煤间接液化以宁夏煤业公司 400 万 t/a 项目为主,参考了内蒙古伊泰集团有限公司、兖矿集团有限公司、山西潞安矿业(集团)有限责任公司等单位已建和拟建煤间接液化项目。煤制合成气、煤制烯烃和煤制甲醇可借鉴的样本较多,参考了国家能源集团、中国中煤能源集团、中国石油化工集团等公司相关的调研情况,最后取值经专家讨论后确定。



2.3 经济指标与参数取值

经济指标与参数的取值均是依据国家和行业的相关政策和规定<sup>[16-17]</sup>,以大量调研数据为基础,运用科学的统计学方法和数学模型进行分析和测算,再将初步确定的取值与行业相关标准进行对比,并聘请煤化工行业权威的专家进行判别和把关,最终综合确定。采用的方法如下所述。

1)合理的数据预处理。本研究的调研数据涉及及样本较多,由于调研所得的一手数据,其内涵边界、记录年份、分类依据各不相同,不能笼统地直接进行比较分析,通过统一界定指标与参数的范围、运用价格指数进行调整,按不同的影响因素进行分类等方法,对所有的调研数据进行了认真的预处理,保证了经过预处理后的数据具有准确性、可比性。

2)科学的统计分析方法。对于经过预处理的数据,首先通过散点图等统计方法找出指标与参数取值的规律,初步给出其平均值或取值范围;然后运用方差分析等推断统计方法,原则上在置信水平不低于 80%的条件下初步确定了指标和参数的取值或取值范围。

3)客观的模拟测算模型。对于部分无法直接通过数据统计分析得到取值的指标和参数,研究建立了多个客观的模拟测算模型,经过模型的模拟运算,得到了指标与参数的取值或取值范围。

4)公正的数据对标和独立的专家判别。将经过统计、测算得到的指标与参数取值,与收集到的相关法律、法规、标准等多个文件中的相关取值进行了对标,并创新性地提出了现行相关标准中一些还未涉及的重要取值。

3 煤制油化工典型指标与参数说明

3.1 煤制油化工共有工艺单元技术指标与参数

在煤制油化工项目中,有部分单元属于通用或

共有的单元系统,如煤炭气化生产合成气(或氢气)、动力中心、污水处理等,本研究所述共有工艺单元是指空分、煤气化、变换、低温甲醇洗和硫回收,另外增加共有工艺单元的关键技术指标。共有工艺单元的关键技术按照实际情况又分为成熟项目的关键技术/装置可靠性、设备自主化率、创新项目(技术/装置)首次工业示范等 3 个指标,对处于不同阶段的技术提出差异化要求。

以在煤制油化工项目中得到广泛应用、技术成熟的水煤浆进料和干粉进料 2 种气流床气化技术为例,其技术指标见表 2,其取值依据主要来自调研。

表 2 煤气流床气化单元技术指标与参数  
Table 2 Technical- economic indexes and parameters of coal entrained flow gasifier

序号	指标	水煤浆气化	干粉气化
		建议取值	建议取值
1	单炉气化能力/(t·d <sup>-1</sup> )	≥1 500	≥2 000
2	比煤耗/(kgce·1 000 Nm <sup>-3</sup> )*(CO+H <sub>2</sub> )	≤530	≤520
3	比氧耗/(Nm <sup>3</sup> ·1 000 Nm <sup>-3</sup> )*(CO+H <sub>2</sub> )	≤430	≤330
4	备用率	≤1.4	1.0~1.2
5	水煤浆质量分数/%	≥60	—

注:kgce 为千克标准煤,应用基低(位)发热量等于 29.307 6 MJ 的燃料,称为 1 kg 标准煤。

3.2 煤制油化工全厂类技术指标与参数

煤制油化工建设项目全厂类指标包括规模、产品方案、能效及水耗、关键技术装置可靠性、绿色环保、安全及卫生、智能化水平、公用及辅助工程共 8 个指标,每个指标又分为若干三级指标,其中部分指标只能定性进行评价。以单位产品新鲜水耗为例,其取值见表 3。需要说明的是,对不同类型生产工艺(产品),其水耗涉及的供水范围有可能不同,如甲醇水耗包括动力中心,而煤直接液化和间接液化水耗则不包括。

表 3 煤制油化工项目单位产品新鲜水耗  
Table 3 Water consumption of per product for coal to liquid and chemical project

工艺类型	“十三五”规划水耗 <sup>[1-2]</sup> /(t·t <sup>-1</sup> )		国家标准水耗取值/(t·t <sup>-1</sup> )	水耗建议取值/(t·t <sup>-1</sup> )	备注
	基准值	先进值			
煤直接液化	≤7.5	≤6.0	≤6.2 <sup>[18]</sup>	≤6.0	—
煤间接液化	≤7.5	≤6.0	≤7.0 <sup>[19]</sup>	≤7.0	吨标油消耗
煤制甲醇	—	—	≤11.0(9.0) <sup>[20]</sup>	≤7.0	括号内为先进值
煤制烯烃	≤16.0 <sup>[2]</sup>	—	—	≤16.0	国家政策准入值

3.3 煤制油化工关键单元技术指标与参数

根据 4 种煤制油化工工艺发展的情况,本次研究选择的关键核心单元有煤加氢液化、费托合成、加氢精制、加氢裂化等,甲醇合成、甲醇制烯烃、烯烃聚合等。

以甲醇制烯烃(MTO)单元为例,根据调研及讨论,确定的指标与参数包括:①吨烯烃甲醇单耗:在无混合碳四回炼工况下,吨烯烃(乙烯+丙烯)产品消耗甲醇(折百)不大于 3.10 t。②烯烃分离工艺乙

丙烯收率: 烯烃分离精制单元的乙烯收率不低于 99.7%; 丙烯收率不低于 99.9%。③吨烯烃催化剂消耗量不高于 1.0 kg/t。

3.4 煤制油化工投资估算指标与参数

投资估算指标与参数包括单位主产品建设投资、工艺装置单位规模造价、费用计取标准等。以气流床气化装置为例, 经过调研分析, 提出其造价, 见表 4。气化装置单位造价是指生产单位合成气( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) 的气化装置投资, 包括设备购置费、主要材料费、安装费、建筑工程费, 含变电所、机柜间。

表 4 气化装置单位工程造价

Table 4 Project cost of coal gasification unit

装置	单位造价研究建议值/ (元 · Nm <sup>-3</sup> )	备注
干燥煤气化	3 800~4 100	含备煤、气化框架、渣水处理, 不含废锅
水煤浆气化	3 300~3 500	含备煤、气化框架、渣水处理, 不含废锅

注: 以褐煤为原料的项目适当调整。

3.5 煤制油化工财务评价指标与参数

财务评价指标与参数包括成本费用、销售收入、税金及利润估算取值标准, 判据标准及不确定性分析等。以产品价格为例说明: 煤制油化工产品价格应以目标市场价格为基础, 考虑运距和运费, 合理预测和判断产品价格(出厂价)。通常油品价格与国际原油价格挂钩较为紧密, 可以根据国际原油价格走势, 参考中国石油天然气集团、中国石油化工集团最新发布的产品价格体系(华东价格水平), 并考虑项目所在地的地理位置和运费, 进行合理确定。化工品价格则宜根据市场未来的供需情况, 以产品目标市场近几年市场实际平均价格为基础, 并考虑适当的运费, 对项目生产期的平均出厂价格进行合理预测。

4 结 语

自课题启动研究至今, 该项目研究成果已为国家能源集团煤制油化工项目可研编制、项目评估、决策阶段参考、经济指标参数选取提供重要的支撑和参考作用, 并已产生了明显作用和较大经济效益; 同时为集团相关投资项目评价办法制定提供了参考, 这对进一步提高投资管控能力, 提升项目建设水平, 展示煤制油化工建设项目新理念具有重要意义。需要指出的是, 煤制油化工在“十三五”期间仍处于升级示范阶段, 因此, 随着技术水平不断进步, 相关项目实现安稳长满优运行, 各项消耗将不断下降, 能源转化效率不断提升。2019 年 10 月, 中国石油和化

学工业联合会组织对国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 400 万 t/a 煤炭间接液化示范项目进行 72 h 连续运行标定<sup>[21]</sup>, 其中单位产品综合能耗为 2.00 tce/t (tce 为吨标准煤) 油品, 单位产品水耗为 5.72 t/t 油品, 均优于政策标准值, 水耗亦低于本体系建设值。因此, 该煤制油化工技术经济指标与参数今后仍需要不断的补充完善和调整, 以期更加准确和完整, 为煤制油化工产业的健康发展提供更加有效的支持。

致谢: 衷心感谢所有参与本研究的项目组成员(含协作单位), 所有参与讨论的专家, 提供数据支持的企业等。

参考文献(References):

[1] 国家能源局. 关于印发《煤炭深加工产业示范“十三五”规划》的通知(国能科技[2017]43号)[Z]. 2017-02-08.

[2] 国家发展和改革委员会, 工业和信息化部. 关于印发《现代煤化工产业创新发展布局方案》的通知(发改产业[2017]553号)[Z]. 2017-03-22.

[3] 国家发展和改革委员会. 关于做好《石化产业规划布局方案》贯彻落实工作的通知(发改产业[2015]1047号)[Z]. 2015-05-18.

[4] 石油和化学工业联合会. 现代煤化工“十三五”发展指南[EB/OL]. [2016-05-31]. <http://www.coalchem.org.cn/dujia/html/800214/173156.html>.

[5] 国家能源局. 关于规范煤制油、煤制天然气产业科学有序发展的通知(国能科技[2014]339号)[Z]. 2014-07-17.

[6] 国务院关于发布政府核准的投资项目目录(2016年本)的通知(国发[2016]72号)[Z]. 2016-12-12.

[7] GB 29436.1—2012, 甲醇单位产品能源消耗限额第 1 部分: 煤制甲醇[S].

[8] GB 30178—2013, 煤直接液化制油单位产品能源消耗定额[S].

[9] GB 30180—2013, 煤制烯烃单位产品能源消耗定额[S].

[10] 环境保护部. 关于印发《现代煤化工建设项目环境准入条件(试行)》的通知(环办[2015]111号)[Z]. 2015-12-22.

[11] GB31571—2015, 石油化学工业污染物排放标准[S].

[12] GB 31570—2015, 石油炼制工业污染物排放标准[S].

[13] 国家安监总局关于印发《危险化学品建设项目安全设施目录(试行)》和《危险化学品建设项目安全设施设计专篇编制导则(试行)》的通知(安监总危化[2007]225号)[Z]. 2007-11-10.

[14] SH 3039—1999, 石油化工企业卫生防护距离[S].

[15] GB 50160—2008, 石油化工企业设计防火规范[S].

[16] 国家发展改革委员会. 建设项目经济评价方法与参数[M]. 3版. 北京: 中国计划出版社, 2006.

[17] 中石化经济技术研究院. 2017 中国石油化工项目可行性研究技术经济参数与数据[M]. 北京: 中国石化出版社, 2017.

[18] GB/T 18916.34—2018, 取水定额 第 34 部分: 煤炭直接液化[S].

[19] GB/T 18916.33—2018, 取水定额 第 33 部分: 煤间接液化[S].

[20] GB/T 18916.35—2018, 取水定额 第 35 部分: 煤制甲醇[S].

[21] 赵 明. 国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 400 万吨/年煤炭间接液化示范项目顺利通过石化联合会组织的标定[EB/OL]. [2019-10-14] (2019-11-20). [https://mp.weixin.qq.com/s/t5ois7huLq\\_E2sk5tqNl4Q](https://mp.weixin.qq.com/s/t5ois7huLq_E2sk5tqNl4Q).