

# 碳捕获、利用与封存技术项目投资成本—效益评价

## ——基于全生命周期理论对燃煤电厂降低碳排放量的分析

**内容提要:**碳捕获、利用与封存(CCUS 技术)的使用有助于燃煤电厂降低碳排放量,在实现双碳目标的道路上发挥重要作用。本文基于全生命周期理论,以某燃煤电厂 CCUS 项目投资的经济效益为研究对象,通过对二氧化碳的捕集、利用与封存环节进行成本分析,并对其经济效益进行评价研究,计算利润总额与投资净现值。通过研究发现:项目净现值大于零,在运营期间能够获得可观的盈利能力和经济效益,可以考虑投资。根据研究结果,企业应该攻克技术难题,创新拓宽收益的途径;政府应该加大扶持力度,建立更加完善的碳市场,促进燃煤电厂 CCUS 健康发展。

**关键词:**燃煤电厂 CCUS 碳捕集 经济效益

DOI:10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2022.08.450

2020年9月,国家主席习近平在第75届联合国大会宣布:“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”。我国在富煤、贫油、少气的基本国情下,短期内难以改变以煤为基础的能源结构,需要借助CCUS<sup>①</sup>这一关键减排技术,大力推动发展CCUS示范项目,建成低成本、低能耗、安全可靠的CCUS技术体系和产业集群,为节能减排提供技术保障,为发展绿色经济提供技术支撑。

燃煤电厂CCUS项目投资经济效益研究在传统研究的基础上进一步拓展范围,一方面,可以使投资效果得到量化,更加直观地体现项目的盈利能力,丰富现有CCUS项目投资的理论体系;另一方面,有助于帮助投资者判定投资效益,有效规避风险,同时为企业的发展提供参考,有利于逐步实现CCUS技术的规模化应用,带动相关低碳产业的发展和壮大。

### 一、相关研究文献评述

CCUS对于减缓气候变化至关重要,在碳减排中发挥重要作用。在碳中和对于能源转型的影响方面,林卫斌等(2021)从能源消费总量和结构两个维度对能源转型路线图进行探讨,发现从加大节能力度和推进能源结构调整两个方面进行调整可以满足碳中和要求的能源转型。在燃煤电厂CCUS项目的盈利能力及竞争优势方面:刘牧心等(2021)利用净现值法和相关软件对百万吨级的某超临界燃煤电厂碳捕集项目进行评估,发现在油价和碳价均属于较低水平的情况下,缺乏完善商业模式的高附加值

项目仍有盈利的可能性。魏世杰等(2021)对比燃煤电厂CCUS和可再生能源储能技术在2020-2030年期间的平准化度电成本的变化,发现燃煤电厂CCUS仍然具有竞争优势。在CCUS的运输方式及成本方面:徐冬等(2021)从运输特点、发展现状以及经济性等多个角度,对管道、船舶、公路槽车和铁路4种二氧化碳的运输方式进行比较分析,提出构建共享基础设施架构的骨干管网或产业集群、改造现有油气管道、技术创新和风险管理三种降低运输成本的方式。在CCUS的技术进步方面:Owebor K等(2022)对碳捕集与存储的综合电力系统建模,从能量和经济学的角度进行热经济性和环境分析该系统,有利于提升碳捕集与存储技术。在投资价值和经济性方面:Lin Boqiang和Tan Zhizhou(2021)研究发现:在目前的经济环境下引入碳交易机制可以明显降低投资失败的概率,提高项目的投资价值。Jingqi Jin等(2020)提出一种基于燃煤电厂CCUS改造净现金流的定量经济评价方法,发现碳市场机制下的免费碳配额比例不影响燃煤电厂CCUS改造的经济性。

综上所述,现有文献对于CCUS技术成本层面的研究主要集中于二氧化碳的捕集运输阶段,且量化程度不高,加上国内外CCUS技术发展水平存在差异,一些国外的研究经验和数据在国内并不完全适用。鉴于此,本文考虑到资金的时间价值和投资风险,选择适用性较强的净现值法进行研究,并通过具体案例数据量化分析燃煤电厂CCUS项目的投资成本及经济效益,可以更加直观地体现项目的盈利能力。

## 二、燃煤电厂 CCUS 项目投资评价的理论分析

在目前的“双碳”目标政策背景下,CCUS 技术已成为备受关注的热点概念。根据全生命周期理论,可以把燃煤电厂 CCUS 项目分成三个阶段:碳捕集阶段(Carbon Capture)、碳利用阶段(Utilization)和碳封存阶段(Storage),简称“CCUS”。这三个关键环节形成燃煤电厂 CCUS 项目的全生命周期,项目中的投资成本和效益因阶段的不同会发生变化。因此,可以借助全生命周期理论对项目各个阶段的成本效益进行连续系统的分析。

燃煤电厂 CCUS 项目投资需要以成本核算为依托,将项目运行期间的各项成本费用按照不同的类型分为投资成本、捕集成本、运输成本和封存成本分别进行核算,能更加具体反映该项目的成本情况,有利于燃煤电厂的成本控制和管理,为后续的工作提供经济技术资料,同时为燃煤电厂 CCUS 项目的投资利润提供基础数据资料,便于分析盈利能力和经济效益。

对燃煤电厂 CCUS 项目的经济效益评价也是判断是否投资的重要因素。根据项目的收益来源,本文在研究燃煤电厂 CCUS 项目的经济效益时主要考虑 5 种收益,分别是 CO<sub>2</sub> 销售收益、原油销售收益、碳配额交易收益、低碳制氢收益和基础设施收益。通过经济效益的细分能更加细致全面地了解不同收益的数值大小以及在经济效益中的占比多少,方便投资者分析投资利润构成,有助于燃煤电厂对 CCUS 项目做出提高经济效益的针对性措施。

在燃煤电厂 CCUS 项目的投资中,可以将投资利润总额和财务净现值作为经济效益评价指标。由于目前国内的碳市场不够完善,对应的碳税政策也暂未形成规范的制度体系,故本文暂不考虑碳税和其他税费对燃煤电厂 CCUS 项目投资价值的影响,仅考虑主要的成本费用与经济效益。利润总额作为一项衡量项目经营业绩的重要经济指标,反映项目在一定时间内的盈亏情况。当利润总额为负时,说明项目在运营期内的效益抵不上其成本支出,即该项目发生亏损;当利润总额为零时,说明项目在运营期内的效益正好与成本支出相等,投资该项目不亏也不赚,即盈亏平衡;当利润总额大于零时,说明此时项目的效益大于其成本支出,投资该项目能够获得利润。财务净现值法是一个项目在经营期间的净现金流量按照基准收益率或者设定的折现率折算到基准年份的现值总和,该数值的正负大小反映出不同的效果,且较为灵活地考虑到资金的时间价值和投资风险。当数值为正数时,表明该项目是能够为投资者带来收益的,数值越大表明该项目带来的收益越大。针对燃煤电厂 CCUS 项目,本文选取成本和效益两类参数展开具体研究,最后通过净现值指标直观评价项目的盈利能力,对投资方案的可行性和项目决策

开展评估,判断投资 CCUS 项目的获利情况,为投资者做出决策提供参考。

## 三、燃煤电厂 CCUS 项目投资成本—效益参数设置

为了更加直观地分析燃煤电厂 CCUS 项目的经济效益,本文选取项目成本、经济效益、投资利润总额和净现值作为研究指标,通过相关参数对项目的投资效益与盈利能力进行研究<sup>①</sup>。

### (一)成本参数

1.CCUS 项目投资成本( $C_n$ )。CCUS 的投资成本主要指燃煤电厂 CCUS 项目的前期投资,如 CCUS 相关设备的购买安装成本和项目的占地投资成本等。随着技术水平持续的创新与进步,初始投资成本也会随之下降,假设第  $n$  年投资 CCUS 项目的成本为  $C_n$ 。

#### 2.CCUS 项目运营成本。

——捕集成本( $C_{B,n}$ )。对于大多数成熟的捕获技术而言,将捕获率提高到 90% 以上没有任何技术障碍,且捕集成本会随着技术进步而降低。根据《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2021)》,预计至 2030 年,CO<sub>2</sub> 捕集成本为 90-390 元/吨,2060 年为 20-130 元/吨。

——运输成本( $C_{V,n}$ )。CO<sub>2</sub> 的运输成本与运输距离呈正向关系。现假设燃煤电厂每年能够捕集的二氧化碳量基本一致,记为  $B$ 。

——封存成本( $C_{F,n}$ )。碳封存是指将运输到储存地的二氧化碳注入废弃油气田、地下盐水层、煤矿等可以储藏二氧化碳的地质结构层中。二氧化碳封存技术的成本因技术水平、气源来源、源汇距离等不同而差异较大。

综上所述,燃煤电厂 CCUS 项目第  $n$  年的总成本  $C_{T,n}$  可以表示为各项成本费用之和。

现阶段,我国燃煤电厂 CCUS 项目建设还未形成规模效应,很难根据现有的部分数据进行精准的预测和估算,参考《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2021)》,CO<sub>2</sub> 管道运输是未来大规模示范项目的主要输送方式,预计 2030 和 2060 年管道运输成本分别为 0.7 元/(吨·千米)和 0.4 元/(吨·千米),封存成本分别为 40-50 元/吨和 20-25 元/吨,并假设捕集设备的总投资成本每年降低 2.02%。

### (二)效益参数

1.CO<sub>2</sub> 销售收益( $R_{CO_2,n}$ )。CO<sub>2</sub> 销售收益是指燃煤电厂将捕获后的 CO<sub>2</sub> 销售给相关利用企业而获得的收益。将国际碳交易市场上的单位碳排放量的价格作为 CO<sub>2</sub> 的单位销售价格,为简化分析,CO<sub>2</sub> 的销售量可以通过捕获量减去封存量所得。

2.原油销售收益( $R_{oil,n}$ )。原油销售收益是指根据已有的技术经验,将捕获到的 CO<sub>2</sub> 直接注入油层

①各项参数表示及公式计算详见《价格理论与实践》网站(<http://www.price-world.com.cn/>)附件。

获得的新增原油用于销售的收入,该收益为CO<sub>2</sub>利用量与油价的乘积。

3.碳配额交易收益(R<sub>ca,n</sub>)。碳配额交易收益是指实施CCUS项目后所产生的盈余碳配额在全国碳交易市场上出售而获得的收益。

4.低碳制氢收益(R<sub>hc,n</sub>)。通过合理的价格机制可以使CCUS技术更具经济性。在一定的条件下,通过CCUS技术与制氢技术进行耦合,不仅可以有效降低碳排放量,还具有一定的成本优势。

5.基础设施收益(R<sub>Equip,n</sub>)。CCUS技术可以一定程度避免大量的基础设施搁浅成本。利用CCUS技术对基础设施进行改造,一方面,能够大规模降低现有设施的碳排放,避免碳约束下大量基础设施因为提前退役而产生高额搁浅成本;另一方面,能够减少因建设其他低碳基础设施而产生额外投资,从而显著降低实现碳中和目标的经济成本。

综上所述,燃煤电厂CCUS项目第n年的经济效益R<sub>T,n</sub>可以表示为各项收益之和。

(三)CCUS项目投资价值参数

1.投资利润总额(P<sub>T,n</sub>)。由于全国碳市场尚处于起步阶段,没有形成规模化的二氧化碳市场,且碳税政策不够明确,无法从经济上合理衡量该部分减排能力和相关收益。因此,本文暂不考虑碳税和其他税费对CCUS项目投资价值的影响,仅考虑相关的成本费用与经济效益。

2.投资净现值(NPV)。假设燃煤电厂CCUS项目预计运营时间为N,因为项目运营期间较长,为提高数据的可信度且考虑到货币的时间价值,本文选取净现值作为分析指标,则该项目投资的净现值可以表示为:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{NCF_n}{(1+i)^n}$$

式中:N是项目运营周期;i是折现率。

当NPV>0时,说明投资该项目具备盈利能力,可以投资;当NPV=0时,说明该项目的投资报酬率刚好达到所要求的投资报酬,可以考虑投资;当NPV<0时,则不考虑投资。

四、燃煤电厂CCUS项目投资实例分析

(一)项目概况

案例项目关键数据情况<sup>①</sup>:目前有2台1000MW的燃煤机组,发电设备年平均运行时间为8760小时,项目前期静态投资共计744327万元。假设在2030年扩大投资,发生增量投资成本共计106000万元。此时,二氧化碳的捕集成本、运输成本和封存成本将会因为技术进步而有所降低。根据《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2021)》合理假设下降幅度分别为2.02%、2%、3%。

(二)成本效益分析

1.投资成本。燃煤电厂前期的初始成本I<sub>0</sub>为

744327万元,装机容量V<sub>0</sub>为2000MW,捕集设备的初始投资成本C<sub>BI</sub>为10054万元,运输设备的初始投资成本C<sub>YI</sub>为5600万元,封存设备的初始投资成本C<sub>FI</sub>为7000万元。该燃煤电厂CCUS项目的占地面积共计393997平方米,当地平均土地价格为259.4元/平方米,那么该项目的占地投资成本C<sub>D</sub>可以表示为:

$$C_D = 393997 \times 259.4 = 1022028218(\text{元})$$

通过计算可知第一年投资该燃煤电厂CCUS项目成本C<sub>1</sub>为77.72亿元。

2.捕集成本。燃煤电厂加装CCUS项目可以捕获90%的碳排放量,该项目的单位CO<sub>2</sub>捕集成本C<sub>B,g</sub>为450元/吨,单位电力煤炭消耗量θ为258.61g/kWh,燃煤电厂全年满负荷运行的小时数为8760h,单位煤炭所消耗的CO<sub>2</sub>排放量φ为0.67吨,则燃煤电厂的煤炭消耗量F<sub>1</sub>可以表示为:

$$F_1 = 258.61 \times 2000 \times 8760 = 45308472(\text{万吨})$$

年碳排放量F<sub>T,1</sub>可以表示为:

$$F_{T,1} = 0.67 \times 45308472 = 3035667624(\text{万吨})$$

计算可得投资该项目第一年的捕集成本C<sub>BI</sub>为12294.45亿元。

3.运输成本。假设项目主要以管道运输为主,且运输的二氧化碳量为前一阶段捕集到的二氧化碳总量,二氧化碳的单位运输成本为0.9元/吨·千米,管道运输距离为200千米,则该燃煤电厂CCUS项目的二氧化碳运输成本C<sub>Y,1</sub>为4917.78亿元。

4.封存成本。从联合国政府间气候变化专门委员会发布的特别报告可知:燃煤电厂捕获的二氧化碳20%用于销售,剩下的80%用于封存,根据报告假设投资当年单位封存成本为85元/吨,则该项目的封存成本C<sub>FI,1</sub>为1857.83亿元。

除上述成本,本文考虑了运营维修成本,项目的单位运营维修费用为13.78元/兆瓦时,燃煤电厂在投资当年的煤炭消耗量F<sub>1</sub>为200万吨,煤炭价格P<sub>1</sub>为703.28元/吨,假设未发生非经常性成本支出,则燃煤电厂投资当年的各项成本明细如表1所示。

表1 燃煤电厂CCUS项目成本明细表

成本参数	投资成本	捕集成本	运输成本	封存成本	其他成本	总成本
单位(亿元)	77.72	12294.45	4817.78	1857.83	14.07	19161.85

5.CO<sub>2</sub>销售收益。将投资当年当地碳交易市场上的均价作为CO<sub>2</sub>的单位销售价格,即P<sub>S,1</sub>为54.22元/吨。为简化分析,CO<sub>2</sub>销售量可以通过捕获量减去封存量所得,则可以计算出燃煤电厂CCUS项目CO<sub>2</sub>的销售收益R<sub>CO<sub>2</sub>,1</sub>为296.27亿元。

6.原油销售收益。该燃煤电厂CCUS项目在投资当年总的年原油产量为172.41万桶,二氧化碳驱油比为12.8%,投资当年原油价格P<sub>oil,1</sub>为808元/桶,则原油销售收益R<sub>oil,1</sub>为13.93亿元。

①关键数据表详见《价格理论与实践》网站(<http://www.price-world.com.cn/>)附件。

7. 碳配额交易收益。假设该燃煤电厂在实施CCUS项目后所产生的盈余碳配额 $Q_{pc,1}$ 为150万吨,投资当年的碳交易价格 $P_{e,1}$ 为50元/吨,则计算可得碳配额收益 $R_{ct,1}$ 为0.75亿元。

8. 低碳制氢收益。假设案例项目在实现碳减排的同时通过制氢获得减排收益,且二氧化碳利用率为20%,制氢的能源转换效率为10%,氢气的市场价格为2元/立方米,密度约为0.09千克/立方米,则可以获得当年的低碳制氢收益 $R_{hc,1}$ 为12142.67亿元。

根据上述已知条件和假设,燃煤电厂CCUS项目投资当年的经济效益明细如表2所示。

表2 燃煤电厂CCUS项目经济效益明细表

经济效益参数	CO <sub>2</sub> 销售收益	原油销售收益	碳配额交易收益	低碳制氢收益	总收益
单位(亿元)	296.27	13.93	0.75	12142.67	12453.62

9. 基础设施收益。项目将因减少煤运通道的基础设施建设产生的成本费用作为一项收益,以现有煤运通道投资价值为参考,假设该项目的基础设备原值为16亿元,处置基础设施所需的费用 $C_{f,1}$ 为1500万元,设备运行年限为25年,采用直线法计提折旧,设备净残值率为10%。由于设备处置一般都在项目运营期最后一年发生,因此这项收益只在最后一年考虑,可以获得的基础设施收益可以表示为:

$$R_{Equip,1} = 160000000 \times 10\% - 15000000 = 1.45(\text{亿元})$$

### (三) 项目投资利润总额分析

根据上述参数计算,投资当年项目的利润总额 $P_{T,1}$ 可以表示为:

$$P_{T,1} = R_{T,1} - C_{T,1} = -6708.23(\text{亿元})$$

假设燃煤电厂的年碳排放量按当年当地的GDP增速8%的比例逐年增加,相应的各项成本费用与经济效益也会随之发生变化,计算项目在运营期间前十年的投资利润情况<sup>①</sup>。由计算结果可知,该燃煤电厂CCUS项目前五年的投资利润均小于零,说明该阶段项目的盈利能力较弱,主要原因是:前期投入成本较大,各环节都需要一定的时间进入正常运营状态。从第六年开始项目投资利润为正值,可以算出项目的静态投资回收期为5.34年,此时开始具备盈利能力,而且越往后利润额数值越大,说明项目经济效益不断增强,相应获利能力和投资效益也逐渐提高。

### (四) 项目投资净现值分析

考虑到资金的时间价值,应对现金流量进行合理折现,假设该燃煤电厂CCUS项目的运营时间为25年,折现率为8%,则项目净现值可以表示为:

$$NPV = \sum_{n=0}^{25} \frac{NCF_1}{(1+i)^n} = 13967818(\text{亿元})$$

从计算结果可知,项目净现值大于零,说明未来报酬总现值大于投资现值,可以考虑投资,而且项目实际报酬率大于所要求报酬率,不仅能够收回成本,还能获得额外的收益。

## 五、结论与建议

本文从二氧化碳的捕集、运输和封存环节出发,以某燃煤电厂CCUS项目为例分析成本与经济效益构成,并计算利润总额和净现值,研究发现:该燃煤电厂CCUS项目净现值大于零,可以考虑投资。虽然前期投资成本巨大、盈利能力不明显,但运营一段时间后可以获得较为可观的投资报酬,且经济效益也在不断增强,能够为燃煤电厂开展CCUS项目的投资决策提供参考。根据上述研究结论提出以下建议:

1. 加大扶持力度,攻克技术难题。燃煤电厂CCUS项目成本过高,一部分是CCUS项目投资额达数亿,投资成本巨大;另一部分是二氧化碳的捕集成本比重较高,而且安装的碳捕集装置会产生额外运行维修费用,增加成本负担。政府应加大扶持力度,积极出台相关的补贴政策与税收优惠,激励企业开展相关研究,努力攻克技术难题,降低相应的成本费用,促进CCUS技术进步与发展。

2. 创新收益途径,健全市场体制。密切关注燃煤电厂CCUS项目的效益来源,在维持优势效益的前提下,寻求获取经济效益的新途径,如通过注入二氧化碳去置换多种不同的产品,通过获得的额外减排收益抵消部分成本实现经济性,在合理的碳价水平下达到盈利的可能性。同时,积极推进“碳政策”的建立,如监管杠杆、市场框架和公共采购等,为实现长期的能源和气候目标奠定基础。

3. 抓住发展机遇,加强企业合作。目前国内碳市场发展还不够成熟,CCUS技术尚处于工业化示范阶段,国内企业应该注重国际合作,密切跟踪全球CCUS先进技术。在碳达峰和碳中和等政策的大环境下,抓住发展机遇,准确把握前沿技术方向,加快布局技术和装备研发,依托国内市场,集中展开技术攻关,降低成本,缩短投资回收期,提高获利能力。

参考文献:

- [1]林卫斌,吴嘉仪.碳中和目标下中国能源转型框架路线图探讨[J].价格理论与实践,2021(06):9-12.
- [2]刘牧心,梁希,林干果.碳中和背景下中国碳捕集、利用与封存项目经济效益和风险评估研究[J].热力发电,2021,50(09):18-26.
- [3]魏世杰,樊静丽,杨扬,贾莉,张贤.燃煤电厂碳捕集、利用与封存技术和可再生能源储能技术的平准化度电成本比较[J].热力发电,2021,50(01):33-42.
- [4]徐冬,刘建国,王立敏,魏宁,高腾飞,杨阳,陈焕军.CCUS中CO<sub>2</sub>运输环节的技术及经济性分析[J].国际石油经济,2021,29(06):8-16.
- [5]Owebor K,Diemuodeke E.O.,Briggs T.A.Thermo-economic and environmental analysis of integrated power plant with carbon capture and storage technology [J/OL].Energy,2022,240.
- [6]Lin Boqiang,Tan Zhizhou.How much impact will low oil price and carbon trading mechanism have on the value of carbon capture utilization and storage (CCUS) project? Analysis based on real option method[J].Journal of Cleaner Production,2021,298:126768.
- [7]Jingqi Jin,Feng Xue,Bin Cai,Xinxin Yang,Yening Lai,Dalin Jiang,Yalin Mao,Yi Tao. Economic Evaluation of CCUS Retrofitting of Coal-fired Power Plants Based on Net Cash Flow[J].E3S Web of Conferences,2021,237:02021.

(作者单位:东北电力大学经济管理学院)

(英文翻译详见第114页)

<sup>①</sup>项目在运营期间前十年的投资利润情况详见《价格理论与实践》网站(<http://www.price-world.com.cn/>)附件。

率在均衡水平上基本稳定,更好地发挥汇率稳定进出口作用,弱化外部因素对国内通胀造成的冲击。

3.加强对国际大宗商品价格的跟踪监测和预警,做好国内大宗商品价格调控。俄乌冲突、全球能源转型、美联储加息路径扰动以及发达经济体衰退风险等多重因素影响下,近几年国际大宗商品价格波动性显著增强。因此,要做好对国际大宗商品价格的监测,特别是农业和能源类大宗商品,提高应对极端情况的能力。在保障粮食和能源供应稳定的前提下,通过投放国家储备、增加市场供给等措施对我国农产品和能源产品价格进行调控,减弱或延缓国际市场向国内市场的传导,以保供稳价提振市场参与主体的信心。

参考文献:

- [1]李夏珍,申之峰,陈利霞.人民币汇率波动与物价水平的传递效应研究——基于大宗商品价格指数等8种相关价格指数的实证检验[J].价格理论与实践,2021(05):49-52.  
 [2]常清,张立莉,颜林蔚,常覆子.货币宽松与商品价格关系的初步研究[J].价格理论与实践,2021(05):16-19.  
 [3]马翠.开放经济条件下货币及汇率因素对我国通货膨胀影响的研究[D].山东财经大学,2021.

- [4]谭小芬,邵涵.国际大宗商品价格波动对中国通货膨胀影响的实证研究[J].金融评论,2019,11(02):38-60+124.  
 [5]Y. Chen, Yang S. Time-varying effect of international iron ore price on China's inflation: A complete price chain with TVP-SVAR-SV model [J/OL]. Resources Policy, 2021, 73 (C).  
 [6]Thu Anh Thi Pham,Thong Trung Nguyen,Muhammad Ali Nasir,Toan Luu Duc Huynh. Exchange rate pass-through: A comparative analysis of inflation targeting & non-targeting ASEAN-5 countries [J]. The Quarterly Review of Economics and Finance,2020,87: 158-167.  
 [7]Yilmazkuday H. Drivers of Turkish inflation [J]. The Quarterly Review of Economics and Finance, 2022, 84:315-323.  
 [8]Zivkov D., Uraskovic J., Manic S. How do oil price changes affect inflation in Central and Eastern European countries? A wavelet-based Markov switching approach [J]. Baltic Journal of Economics, 2019,19(1):84-104.  
 [9]Amiri H., Sayadi M., Mamipour S. Oil Price Shocks and Macroeconomic Outcomes: Fresh Evidences from a scenario-based NK-DSGE analysis for oil-exporting countries[J]. Resources Policy, 2021, 74(5):102262.  
 [10]Yildirim Z., Arifli A. Oil price shocks, exchange rate and macroeconomic fluctuations in a small oil-exporting economy[J/OL]. Energy, 2021,219(Mar.15).  
 [11]TFOAB C,AEOA D,AAA C,NL E. Oil price shocks and inflation rate persistence:A Fractional Cointegration VAR approach- ScienceDirect [J].Economic Analysis and Policy, 2021,70:259-275.

(作者单位:王晓宇、汪玲玲,内蒙古财经大学金融学院;孙竹,中国石油大学(北京)经济管理学院)

## Research on the Time-varying Relationship between Commodity Prices, Exchange Rates, Interest Rates and Inflation

—Analysis based on TVP-VAR model and wavelet coherent model

**Abstract:** It is of great significance to analyze the impact of commodity prices, exchange rates and interest rates on China's inflation. This paper adopts TVP-VAR model to study the time-varying relationship among international commodity prices, RMB exchange rate, interest rate and inflation, and uses wavelet coherent model to analyze the impact of each variable on inflation. The results show that: commodity prices and exchange rates have a significant positive impact on inflation. Before 2014, the impact of the two on inflation was synergistic, but after the outbreak of the COVID-19 epidemic, the long-term impact of the two deviated. There is a lag in the regulation of interest rates on inflation, and the impact is relatively small. Therefore, in the future, it is necessary to further enhance the forward-looking and preciseness of monetary policy, maintain the two-way floating of the RMB exchange rate within a reasonable range, strengthen the monitoring and early warning of international commodity prices, do a good job in domestic commodity price regulation, and ensure the stable development of China's economy.

**Keywords:** commodity prices; exchange rate; interest rate; inflation; time-varying relationship

(韩洁平英文翻译)

## Cost Benefit Evaluation of Carbon Capture, Utilization and Storage Technology Project Investment

—Analysis of reducing carbon emissions in coal fired power plants based on the whole life cycle theory

**Abstract:** The use of carbon capture, utilization and storage (CCUS) technology can help coal-fired power plants reduce their carbon emissions and plays an important role on the road to achieving the "carbon peaking and carbon neutrality" goal. Based on the whole life cycle theory, this paper takes the economic benefits of investment in a coal-fired power plant CCUS project as the research object, analyzes the cost of carbon dioxide capture, utilization and storage, evaluates its economic benefits, and calculates the total profit and the net present value of investment. Through the research found: If the project net present value is greater than zero during the operation period, then it can obtain considerable profitability and economic benefits, can consider investment. According to the research results, enterprises should overcome the technical difficulties and innovate ways to broaden the income; The government should give more support to establish a more complete carbon market and promote the healthy development of CCUS of coal-fired power plants.

**Keywords:** coal-fired power plant; CCUS; carbon capture; economic benefits