



信息资料页

## 碳捕集利用/封存 (CCU/S) 的激励制度

作为一项气候保护措施,碳捕集利用/封存 (CCU/S) 的推广应用需要激励机制。由于当前二氧化碳排放的定价普遍较低,难以覆盖碳封存成本,而作为一种资源,市场对二氧化碳的需求非常有限。在此背景下,本信息资料页介绍欧洲正在推行的各类激励措施,并分析它们在能源转型过程中的作用。

### 为何需要激励机制来部署和推广碳捕集利用/封存 (CCU/S)?

二氧化碳排放会对环境和社会造成外部负面影响。为了确保在投资决策和资源分配的过程中满足可持续发展目标要求,在政策制定时需要考量这些外部性损害。政策制定者需要构建一个**市场框架,确保污染技术与绿色技术之间的公平竞争,从而推动脱碳进程。**

除少数情况外(如碳酸饮料或尿素产品的生产),**目前市场几乎没有对捕集的二氧化碳的使用和生产需求。**因此,需要构建一个合适的市场框架,以扩大捕集碳在利用和封存应用上的规模。

**碳捕集与封存技术 (CCS) 仅仅是用来阻止二氧化碳排放或者清除大气中的二氧化碳 (碳移除技术CDR)。**相比之下,碳捕集与利用技术 (CCU) 不仅能帮助避免二氧化碳排放(如:合成燃料),还能用于生产新产品。因此,设计相关激励措施要与这些目标一致。

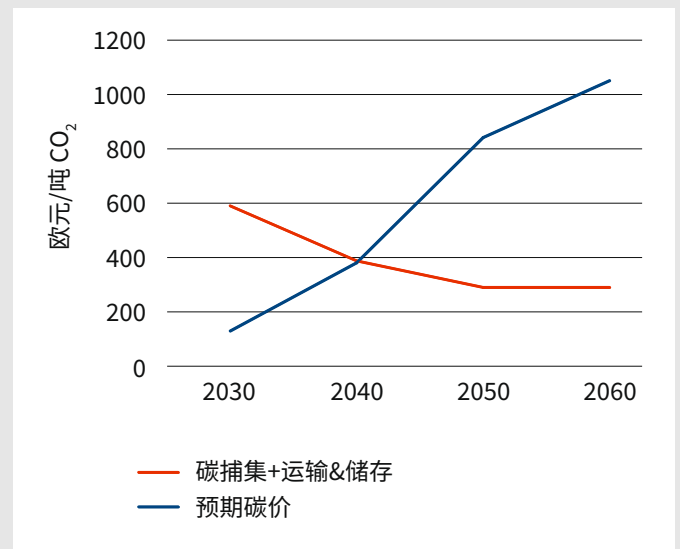


图1:减排成本与碳价的比较  
来源:亚洲开发银行 (2022)

**碳定价是有效的减排激励措施之一。**碳排放费用的支付可以是自愿的(如:自愿碳市场),也可以是强制的(如:合规市场)。在价格的设定上可以是固定费率,如碳税;也可以由供需关系决定,如配额交易体系。

当前,欧盟已经建立了配额交易系统,即**欧盟排放交易体系(EU ETS)**,在这一体系下,企业需要购买用于交易的碳排放配额。随着配额的逐渐减少,如果没有更加经济实惠的替代方案,那么二氧化碳价格将会逐渐上涨,最终达到一个使得CCS技术具有成本效益的价格水平。**目前,中国与欧洲的碳价均低于CCS技术的实施成本(见图1<sup>1</sup>)。预计到2030年,EU ETS的碳价将突破每吨100欧元,2039年停止新配额发放后,碳价将进一步大幅上涨。企业可以预见成本的进一步上升,并尽早投资CCS。<sup>2,3,4</sup>**

然而,在欧盟排放交易体系下,碳定价会受政治活动与决策的影响,因此,**未来碳价的高低对于企业来说存在一定的不确定性。**对于新启动的大型工业项目,工程初期往往面临更高的成本压力,而“后来者”则能从这些先行企业的经验中获益,以减少风险或降低成本,在这种情况下,“新技术”对企业来说吸引力下降。

为了鼓励各领域,尤其是那些“稳赚不赔”的企业尽早开始使用CCS技术,**欧盟正在讨论出台更多的激励政策。**除了碳定价机制外,欧盟还计划通过出台监管政策和激励措施来推进CCU/S技术的进一步应用,以实现以下目标:<sup>5</sup>

#### 对先行企业高成本的经济补偿机制

最先使用新技术的那些企业通常面临更高的成本和不确定性,**通过为项目提供专门的、有针对性的支持,可以有效缓解这些不利因素带来的影响;**同时,能够鼓励更多企业参与早期项目的投资布局,从而推动CCU/S技术的进一步发展和成本的降低。

#### 降低碳价走势的不确定性

EU ETS体系为温室气体减排领域的投资提供了强有力的价格信号,然而投资的安全性依赖于未来碳价走向的可预测性。EU ETS体系(以及各国补充性的定价机制)的发展,取决于政策层面上减排目标的设定与实施的力度。通过引入补充性政策工具,可以有效降低未来碳价的不确定性并提高气候保护措施的盈利能力。

#### 在碳价不足以起到激励作用时,增加激励措施

**在EU ETS所传递的市场信号不足以激励减排时,额外的支持机制可确保相关投资的经济可行性,**这对于实现国内气候目标的关键性投资尤为重要。此外,产业政策或其他考量也可在碳价之外提供额外激励。

#### 激励措施概述

可以采取多种激励措施来推动气候保护的有效性,并支持CCU/S技术的规模化应用。以下是当前服务于CCU/S的相关政策概述,**这些监管和支持机制的设计需综合考虑多种因素:**

- 供给侧或需求侧工具
- 货币或非货币工具
- 技术中立原则或特定技术方法
- 针对特定的目标群体(例如:按地区、行业或公司规模划分)
- 根据目标群体进一步细化条件
- 义务的约束力

1 亚洲开发银行(2022):中国碳捕集利用和封存示范和部署路线图更新。

2 Sandbag(2024)-碳价查看器,<https://sandbag.be/carbon-price-viewer/>,访问日期04/12/24。

3 Kopernikus-Projekt Ariadne

波茨坦气候影响研究所(PIK)(2021)-为实现欧洲2030年气候目标所需的二氧化碳定价,[https://www.kopernikus-projekte.de/lw\\_resource/data-pool/systemfiles/cbox/1828/live/lw\\_datei/2021\\_11\\_ariadne\\_hintergrund\\_co2-preisentwicklung\\_november21.pdf](https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/data-pool/systemfiles/cbox/1828/live/lw_datei/2021_11_ariadne_hintergrund_co2-preisentwicklung_november21.pdf),访问日期04/12/24。

4 Euractiv(2024)-专家:工业和电力行业的二氧化碳排放配额将在2039年前耗尽,<https://www.euractiv.de/section/finanzen-und-wirtschaft/news/experten-co2-zertifikate-fuer-industrie-und-strom-bis-2039-aufgebraucht/>,访问日期04/12/2024。

5 以下解释基于《德国碳管理战略》中的部分专家报告。



图2: CCU/S 各类激励措施概览 来源: 德国能源署 (dena)

### 需求侧工具

在需求侧监管方法的货币工具包中, 税收、专项征收和特定费用的支付是最重要且使用频率最高的政策工具。非货币类的需求侧工具包则包括标准制定、法规约束和配额设置, 这些措施是监管法律的经典构成部分。对于CCU/S而言, **最关键的工具有配额设定、绿色引领市场的构建和监管措施的完善**。<sup>6,7,8</sup> 当前, 欧盟已对可持续航空燃料 (SAFs) 的使用配额进行明确规定, 即: **至2050年, 配额将从2%提升至70%**。SAFs包括由生物质资源生产的非化石燃料, 或基于二氧化碳或循环碳生产的燃料。此外, 欧盟**“碳捕集与封存 (CCS) 指令”**对碳封存提出了多项要求, 例如责任期限的界定和监管方案的设计 (见图2)。

### 供给侧工具

关于支持CCU/S技术的供给侧政策, 首先应对主动支持政策和基于申请的支持政策加以区分, 支持期限也是关键因素。就现有支持CCU/S的工具而言, 这种区分可适用于投资成本资助, 这类资助通常是一次性给付 (例如: **欧盟的创新基金**)<sup>9,10</sup> 相比之下, **碳差价合约 (CCfDs)** 的支持期限更长, (通常**10-15年**)。<sup>11</sup>

税收激励可以直接由政府提供, 也可以通过简化折旧法实现, 例如, **美国**用于支持CCU/S的**“45Q”**计划就采用了这种激励方法。<sup>12</sup> 企业可根据设施的规模和碳利用或封存的目标, 获得固定费率的补贴。

**非货币型的支持工具涵盖信息与咨询服务、公众宣传以及能力建设等方面**, 这些工具对于财政支持机制和监管措施的有效性至关重要。下文将不再对非货币支持方式进行深入探讨, 只会阐述并分析CCU/S领域中最具相关性的政策工具。

6 欧盟委员会 (2024) - 可持续航空燃料 (REFuel EU Aviation), [https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation_en), 访问日期 04/12/2024。

7 欧盟委员会 (2024) - 立法框架, [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/industrial-carbon-management/legislative-framework\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/industrial-carbon-management/legislative-framework_en), 访问日期 04/12/24。

8 德国联邦经济和气候保护部 (2024) - 气候友好型基础材料引领市场 (BMWK), <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/leitmaerkte-fuer-klimafreundliche-grundstoffe.html>, 访问日期 04/12/2024。

9 欧盟委员会 (2024) - 何为“创新基金”? [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/what-innovation-fund\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/what-innovation-fund_en), 访问日期 04/12/2024。

10 欧洲理事会 (2024) - 欧洲地平线计划, <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/horizon-europe/>, 访问日期 04/12/2024。

11 清洁空气工作组 (2024) - 碳差价合约的设计, <https://www.catf.us/resource/designing-carbon-contracts-for-difference/>, 访问日期 27/11/2024。

12 美国国会研究服务部 (2023) - 45Q 税收抵免-适用于碳封存, <https://sgp.fas.org/crs/misc/IF11455.pdf>, 访问日期 04/12/2024。

## 针对中国情况的概述

**EU ETS是欧洲气候保护体系结构中提供减排激励的首要工具**, CCS也被纳入该体系下。然而, 仅凭EU ETS这一单独工具并不能充分地促进CCU/S的发展和使用的。

### 起步阶段

欧洲经验表明, **当前低于100欧元/吨的碳价水平是不足以覆盖并推动CCS项目投资**。尽管对先行企业的投资补贴有助于缓解初期成本压力, 但资金规模和补贴成效往往是不够的, 尤其当项目面临意料之外的障碍而导致成本超支时, 这一局限性更为凸显。(典型案例如荷兰的波尔托斯项目和挪威的Hafslund Celsio项目)<sup>13,14</sup>。

**挪威的政策模式为如何成功地推动实施首批CCS项目提供了可借鉴的范例**。挪威政府承诺在**10年内承担CCS项目约80%的成本支出 (CAPEX) 与运营支出 (OPEX)**。尽管初始成本高昂, 但受益于此类政策支持, 挪威成功推动了布雷维克与北极光项目的落地。

### 规模化阶段

当前, CCS技术尚未进入规模化应用阶段, 项目仍处于规划或即将投运的早期阶段。同时, 欧洲也正着手制定激励措施以推动CCS的规模化发展。目前, **德国、荷兰和丹麦已经开始采用基于碳差价合约 (CCfDs) 的资助模式**。该模式既可专门用于对CCS项目的支持, 也可跨行业应用。例如, 德国将补贴集中于战略重要性更高的应用领域, 为减排困难的行业提供CCS支持。

碳价收入可以为CCfDs提供资金支持。此外, **建议对终端产品征收附加费**, 将部分成本转嫁给消费者, 这种设计既可以**引导市场选择低碳产品, 同时也能减轻公共财政负担**。对主要依赖本土化生产、盈利的企业(如: 水泥厂、石灰厂和垃圾焚烧厂)而言, 这种机制尤为重要, 因为这些行业未来需长期依赖CCS技术来实现减排目标。

### 成熟阶段

在CCS领域, 欧洲尚未完全从起步阶段过渡到规模化发展阶段, 如何推动市场迈入成熟阶段仍是当前的重要任务。在这一探索过程中, 碳定价将与其他配套性政策工具一同发挥关键性作用。**德国提出的“绿色引领市场”(green lead markets)概念旨在确保市场对绿色产品有充足的需求, 在减少对补贴的长期依赖的前提下实现长期、绿色的商业发展模式**。然而, 在实施层面仍面临着诸多挑战, 绿色产品认证与标识体系的复杂性大大增加了落地难度。**中国可以借鉴这一思路, 政府的采购要求与标准(尤其是对于国有企业)或许可以成为推动绿色市场发展的关键力量**。

在CCU领域, **欧盟已为通过CCU技术生产的非化石燃料(非生物来源的可再生能源(RFNBOs))设定了配额目标, 并计划在2050年前逐步提高配额比例, 这一措施同样适用于海运和航空领域**。

上文对欧洲在推动CCU/S规模化发展的政策框架进行了概述。于中国而言, 相关战略的制定需要考虑当地的经济条件和政策优先事项, 以确保CCU/S实施效果与国家气候目标保持一致。例如, 国有企业能凭借其资本优势成为该领域的先行者。一般来说, CCU/S技术的发展不仅需要足够的资金支持, 还需要合理的**战略规划、政策背书以及稳定的运营环境, 以确保项目在落地后能长期运行**。

13 Carbon Herald (2024) – 荷兰波尔托斯的CO<sub>2</sub>捕集项目面临成本上升的挑战, <https://carbonherald.com/rising-costs-challenge-dutch-co2-capture-project-porthos/>, 访问日期 05/12/2024.

14 温室气体管理公司 (2024) – 2024年秋/挪威温室气体管理公司 (Gassnova SF) 向外交部提交的二氧化碳管理现状报告, [https://gassnova.no/app/uploads/2024/11/Fall-2024\\_Status-of-CO2-Management.pdf](https://gassnova.no/app/uploads/2024/11/Fall-2024_Status-of-CO2-Management.pdf), 访问日期 05/12/2024.

# 资本支出 (CAPEX) 资金支持<sup>15</sup>

为了大幅削减工业碳排放量, 需要将碳捕集与利用/封存 (CCU/S) 技术引入到减碳困难的行业中 (尤其是水泥、石灰和废物的能源转化几个领域)。适当的市场框架和激励措施有助于解决资金缺口问题。

## 概述

<p><b>作用机制</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>政府为企业 提供投资补助金拨款</li> <li>补助金数额可以占投资总额的一定百分比, 也可以根据新设备与先前使用的设备间的成本差额确定</li> </ul>	<p><b>对国家的影响</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>加重政府预算负担</li> <li>用于支付必要成本的税收或其他来源 (例如: 碳排放交易收入)</li> </ul>
<p><b>在转型中的作用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>克服投资障碍</li> <li>覆盖开创性项目的初始成本</li> <li>支持研发</li> </ul>	<p><b>风险</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>如果没有对各资助计划做好协调工作, 则可能会出现重复资助的情况</li> <li>资金不足时, 激励效果较为有限</li> <li>在不需要补贴的情况下获得暴利</li> </ul>

## 国家提供资金, 以覆盖项目的创成本

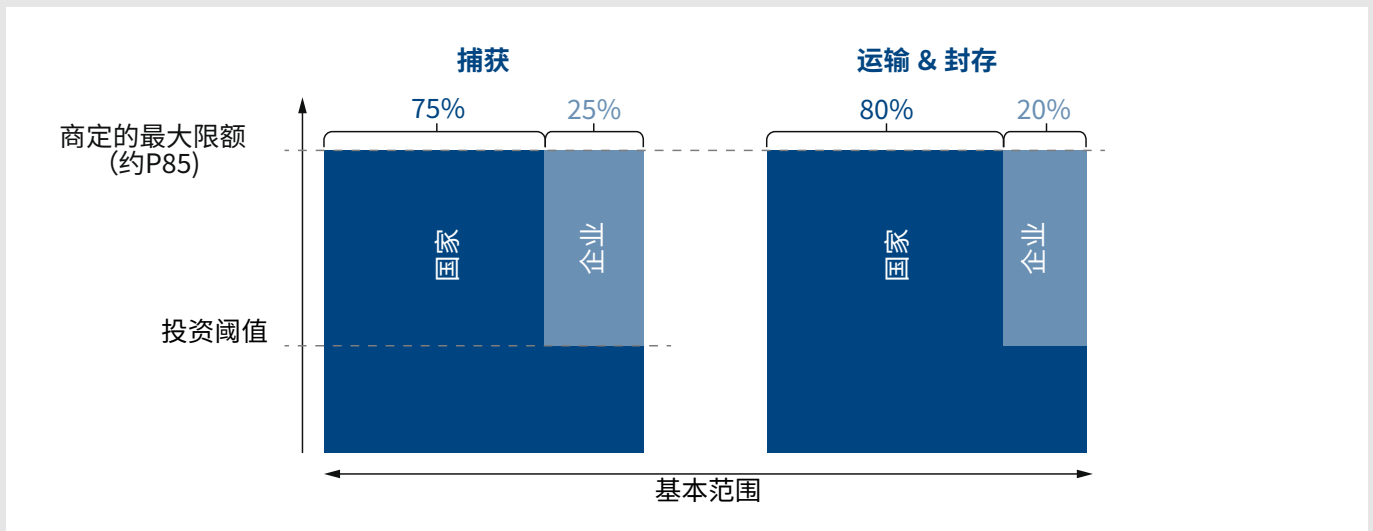


图3: 挪威资本性支出 (CAPEX) 共享机制概述

来源: Rosjorde & Carpenter

15 BDI (2021) – Klimapfade 2.0, <https://bdi.eu/themenfelder/energie-und-klima/klimapfade>, 访问日期 27/11/24.

dena (2024) - 碳捕集利用/封存 (CCU/S) 助力中国工业转型, [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Themen\\_und\\_Projekte/Energiesysteme/Entrans/240301\\_Report\\_CCS\\_final.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Themen_und_Projekte/Energiesysteme/Entrans/240301_Report_CCS_final.pdf), 访问日期 28/11/24.

## 案例研究: 挪威资助案例<sup>16</sup>

挪威政府为整个二氧化碳的处理链提供资金。例如, 为确保北极光项目的可行性, 国家承担了项目初期阶段80%的资本支出(CAPEX)。对于运营支出(OPEX), 同样也设有类似的资助计划和分担机制, 国家为项目初期前十年的运营提供支持, 其余成本则由企业自行出资。在国家完成对项目初级阶段的资金支持后, 其余资金将完全由项目自行承担。

对于 布雷维克(水泥)和 Hafslund Celsio(废物的能源转化)项目而言, 资金支持方式极为相似。据统计, 这些项目的总资本支出为186万美元, 运营支出约占4%–5%。在这种资助模式下, 政府通过提供补助金能够减少项目的不确定性, 并降低创新性项目高昂的初始成本。

## 案例研究: 德国“联邦工业与气候保护基金(BIK)”<sup>17</sup>

德国的新资助计划: “联邦工业与气候保护基金”(BIK)对碳捕集与利用/封存(CCU/S)技术提供支持。截至2024年, 难以避免排放的行业(如水泥和石灰行业以及热废物处理)的CCU/S项目有资格获得资助。该基金通过以下方式提供资助:

- **为企业使用CCU/S技术提供资金支持:** 资助范围不包括与二氧化碳运输(专用基础设施除外)和储存有关的费用。对于专用基础设施, 每个项目的资助额度最高2500万欧元; 对于其他投资项目, 资助额度最高3000万欧元, 并承担最高30%的合格成本(eligible costs)。
- **为创新和研发提供资金支持:** 为实验研发提供最高25%的资助; 为工业研究和可行性研究提供最高50%的资助。每个项目所获得的资金最高3500万欧元。

目前还无法确定这些资金能够在多大程度上支持CCU/S项目。对于较小的项目和研究, 一般来说资金是充足的; 对于较大的项目, 则需要额外支持, 如碳差价合约(CcFdS)。在德国还存在另一个问题: 由于热废物处理不满足气候保护合约条件, 因此没有足够的资金支持该技术。



16 KEI (2024) – “工业脱碳”资助计划指南, <https://www.klimaschutz-industrie.de/foerderung/dekarbonisierung-in-der-industrie/>, 访问日期 27/11. Rosjorde & Carpenter (n.y.) – 挪威的CCS全面计划项目, [https://netl.doe.gov/sites/default/files/netl-file/20CCUS\\_Carpenter.pdf](https://netl.doe.gov/sites/default/files/netl-file/20CCUS_Carpenter.pdf), 访问日期 27/11/24.

17 参见前一脚注

# 碳差价合约 (CCfDs) <sup>18</sup>

为了大幅削减工业碳排放量，需要将碳捕集与利用/封存 (CCU/S) 技术引入到减碳困难的行业中 (尤其是水泥、石灰和废物的能源转化几个领域)。适当的市场框架和激励措施有助于解决资金缺口问题。

## 概览

<b>作用机制</b> <ul style="list-style-type: none"><li>对二氧化碳价格和二氧化碳减排成本之间的差额提供补贴</li><li>合约期限为10年或以上</li><li>适用于终端产品或所涉及的能源载体</li></ul>	<b>对国家的影响</b> <ul style="list-style-type: none"><li>与传统融资方式相比，通过个性化设计的资金合约需要投入更多的努力</li><li>须定期监控项目进展，并不断调整资金额度</li></ul>
<b>在转型中的作用</b> <ul style="list-style-type: none"><li>为先行的企业提供商业案例以克服投资障碍</li><li>提高规划的确定性，以扩大示范之后的项目规模</li><li>促进向绿色引领市场的过渡</li></ul>	<b>风险</b> <ul style="list-style-type: none"><li>对个别项目的特殊待遇可能会导致市场扭曲</li><li>成本结构的不透明带来资金过剩的风险</li></ul>

## CCfDs能够缩减差距

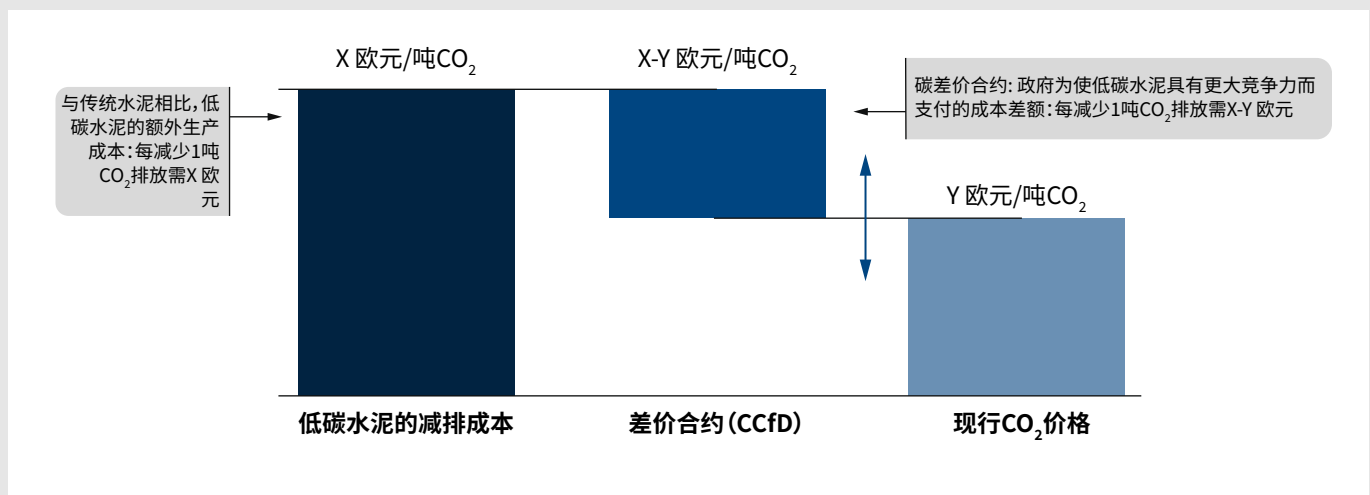


图4:碳差价合约 (CCfDs) 运作情况概览

来源:德国能源署 (dena)

18 BDI (2021) – 气候路径 2.0, <https://bdi.eu/themenfelder/energie-und-klima/klimapfade>, 访问日期 27/11/24 . BMWK (2024) – Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge dena (2024) - Facilitating China's Industrial Transformation with CCU/S, [https://climateandenergypartnerships.org/fileadmin/global/publications\\_docs/Facilitating\\_China\\_s\\_Industrial\\_Transformation\\_with\\_CCUS\\_EN.pdf](https://climateandenergypartnerships.org/fileadmin/global/publications_docs/Facilitating_China_s_Industrial_Transformation_with_CCUS_EN.pdf), 访问日期 28/11/24

## 案例研究: 德国“气候保护合同”<sup>19</sup>

2023年, 德国政府推出了气候保护合同 (“Klimaschutzverträge”), 该合同属于碳差价合约的一种。在该合同框架下, 那些受欧洲排放交易体系 (EU ETS) 约束的排放密集型企业能够参与拍卖, 这些企业可以提交投标书, 并表明每减少一吨二氧化碳排放所需要的政府支持资金数额 (成交价)。如果实际二氧化碳价格比申报价格高, 企业则需要将额外收益返还给政府。如果申报价格高于二氧化碳价格, 政府为企业提供差额补贴, 企业的申报价格也将根据每年能源价格的变化进行调整。

原则上, 所有用于减排的技术都有资格获得资助。对于CCU/S技术, 只有那些在工业生产中产生排放且无法通过其他方式避免碳排放的设施才会使用并获得资助。德国气候保护合同的期限是15年, 合同的资助对象即签订方为每吨减排成本最低的投标者。在首轮资助中, 一共有15家公司获得了总计约28亿欧元的资助。

这些获得资助的项目必须满足以下基本要求:

- 从合同第三年起, 企业温室气体 (GHG) 排放量需要比系统参考值减少至少60%
- 在合同期内, 企业减排量需要至少达到系统参考值的90%, 并且需要在合同到期前的12个月内实现这一目标

## 案例研究: 丹麦资助计划<sup>20</sup>

2023年, 欧盟委员会批准了丹麦的一项采用了碳差价合约设计的CCS支持计划, 面向包括能源和废物处理行业在内的所有工业部门设施, 资金将通过招标方式提供。然而由于资金有限, 该计划只能资助一个中标企业或联合体。

中标者将对整个CCS价值链负责, 即二氧化碳的捕集、运输和永久封存, 包括与运输公司、封存运营商等相关分包商签订协议。从2026年开始, 这份为期20年的合约规定了中标企业每年需要至少捕集、运输并封存40万吨二氧化碳。

在丹麦模式下, 合约覆盖了合同期内捕集和封存每吨二氧化碳的预估总成本与中标者从捕集和封存中获得的预期收入或节余之间的差额, 该差额包括未使用的ETS配额可能带来的节余或收入。每吨二氧化碳的补助金则用于弥补这一差额。资助以中标者的报价为基础, 根据每年实际的通货膨胀率、ETS配额价格以及实际免去支付二氧化碳相关税收时所节省的费用进行调整。

19 清洁空气工作组(2024) - 碳差价合约的设计, <https://www.catf.us/resource/designing-carbon-contracts-for-difference/>, 访问日期 27/11/2024.

20 参见前一脚注

# 排放上限与交易体系<sup>21</sup>

为了大幅削减工业碳排放量，需要将碳捕集与利用/封存 (CCU/S) 技术引入到减碳困难的行业中 (尤其是水泥、石灰和废物的能源转化几个领域)。适当的市场框架和激励措施有助于解决资金缺口问题。

## 概览

<b>作用机制</b> <ul style="list-style-type: none"><li>政府通过拍卖或免费分配的方式，向企业发放一定量的可用于交易的排放配额</li><li>通过降低排放上限，推动配额价格上涨，从而激励企业主动减排</li></ul>	<b>对国家的影响</b> <ul style="list-style-type: none"><li>国家通过配额拍卖的方式获得收入，获得的资金可指定用于特定用途 (如: 项目资助)</li><li>排放上限的数值由政府决定</li></ul>
<b>在转型中的作用</b> <ul style="list-style-type: none"><li>没有技术限制的减排激励措施</li><li>为了应对未来配额价格的波动，需要引入额外的政策工具</li><li>逐年减少新配额发放以推动净零排放目标的实现</li></ul>	<b>风险</b> <ul style="list-style-type: none"><li>过高的上限可能无法有效促进减排工作的开展</li><li>政府对上限的政治承诺和实施意愿不足</li><li>在其他国家碳定价较低的情况下，可能会导致碳泄露</li></ul>

## 排放交易是转型过程中的重要工具

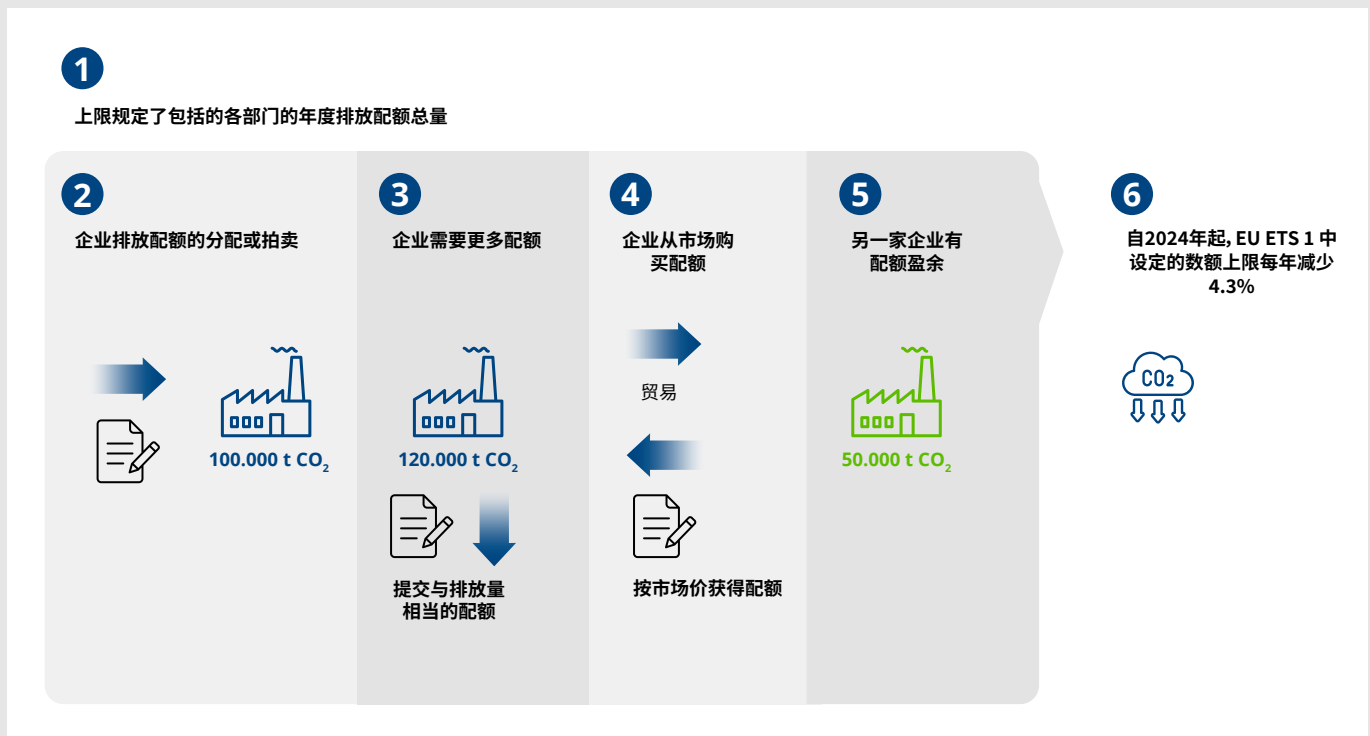


图5: 欧盟排放交易体系概览  
来源: 德国能源署 (dena)

21 dena (2024) - 碳捕集利用/封存 (CCU/S) 助力中国工业转型, [https://climateandenergypartnerships.org/fileadmin/global/publications\\_docs/Facilitating\\_China\\_s\\_Industrial\\_Transformation\\_with\\_CCUS\\_EN.pdf](https://climateandenergypartnerships.org/fileadmin/global/publications_docs/Facilitating_China_s_Industrial_Transformation_with_CCUS_EN.pdf), 访问日期 28/11/24.

DEHSt (2024) - 欧盟排放交易体系 (EU ETS) 信息 I, [https://www.dehst.de/DE/Themen/EU-ETS-1/EU-ETS-1-Informationen/eu-ets-1-informationen\\_node.html](https://www.dehst.de/DE/Themen/EU-ETS-1/EU-ETS-1-Informationen/eu-ets-1-informationen_node.html), 访问日期 27/11/24.

## 案例研究: EU ETS & CBAM<sup>22</sup>

欧盟排放交易体系 (EU ETS) 以“上限与交易”为运作原则, 是欧盟实现减排目标的主要工具。在该体系下, 欧盟逐年降低排放上限数额, 最终达到取消配额发放的目标, 从而在2050年实现各部门的气候中和。

碳泄露指企业将生产转移到碳定价较低或没有碳定价的国家, 为了防止这一现象的发生, 某些行业目前可以免费获得部分配额 (免费分配)。当前, 企业能获得的免费配额上限为其行业内效率最高的10%的设备的排放水平。

自2026年起, 欧盟将针对特定行业 (如: 钢铁、铝和化肥) 引入碳边境调节机制 (CBAM), 以确保进口商品支付的碳成本与在欧盟生产的产品相同。随着CBAM的实施, 免费配额政策将被逐步取消, 直至2034年完全取消。

碳捕集与封存 (CCS) 被纳入EU ETS体系意味着捕集并永久封存的二氧化碳不需要上交配额。如果二氧化碳价格超过了实施CCS的成本, 就会为投资CCS技术提供直接的经济激励。因此, EU ETS会利用市场信号来促进私营部门对减排进行投资, 而不需要政府的直接补贴或额外的公共开支。



22 联邦环境署 (2023), 欧盟碳边境调整机制 (CBAM) 简介, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfuehrung-eines-co2-grenzausgleichssystems-cbam>, 访问日期 27/11/24.

# 终端用户附加费<sup>23</sup>

为了大幅削减工业碳排放量，需要将碳捕集与利用/封存 (CCU/S) 技术引入到减碳困难的行业中 (尤其是水泥、石灰和废物的能源转化这几个领域)。合适的市场框架和激励措施能帮助解决资金缺口的问题。

## 概览

<p><b>作用机制</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>用于基础材料行业的减排技术 (如CCU/S) 的成本会通过法规或收费转嫁给终端消费者</li> </ul>	<p><b>对国家的影响</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>减少对政府直接补贴或政府主导的资金的需求</li> <li>根据国家援助法律审查该工具，并为其实施引入相应的法规</li> </ul>
<p><b>在转型中的作用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>将碳成本纳入市场价格，并为去碳化提供市场驱动的激励机制</li> <li>可以与碳差价合约 (CCfDs)、排放交易体系 (ETS) 和绿色引领市场等工具相结合</li> </ul>	<p><b>风险</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>实施过程中可能会遇到法律和实操层面的障碍</li> <li>需要强有力的监管措施来确保合规性和数据的准确性</li> <li>可能会导致消费者成本增加，并引发政治上的反对</li> </ul>

## 挖掘终端产品的较低减排成本潜力



图6: 对基础材料工业的成本与最终产品的成本份额的比较  
来源: Roussanaly 等 (2024)

23 Roussanaly, Simon; Gundersen, Truls; Ramirez, Andrea (2024) – 碳捕获与封存的成本和收益分析: 多部门多产品分析. Rootzén, Johan; Johnsson, Filip (2016) - “水泥行业二氧化碳减排成本管理”,《气候政策》第1-20页.

## 案例研究: 瑞士: 废物转化为能源的部门<sup>24</sup>

瑞士正在讨论在垃圾发电行业对终端用户征收附加费, 并将这笔费用用于支持CCS在垃圾焚烧设施中的应用。CCS技术的应用成本将被转嫁到垃圾处理费上(废物处置费)。

当前, 废物焚烧设施运营商协会负责选择确定哪些工厂需要进行CCS改造, 之后这些工厂将逐一进行升级。CCS技术应用所需的成本将通过在全国征收废物处理费的方式来覆盖。然而, 到目前为止, 上述构想仅停留在讨论层面。

## 案例研究: 其他应用领域<sup>25</sup>

热废物处理厂的优势在于这一行业并不存在真正的国际竞争, 因此, 也不存在将企业业务转移到国外的风险(碳泄露)。在水泥、钢铁、化工等领域, 由于存在国际市场, 因此需要更详细的评估。国家可以通过不同的方式对终端用户征收附加费。对此, 下文提出了一种可行的方法, 但仍需对这一方法进行审查, 例如是否符合国家援助法律等。

与碳差价合约(CCfDs)的模式相似, 企业可以获得一定的补偿, 从而弥补ETS交易价格与实际成本之间的差额。然而, 这些资金并不由国家提供, 而是通过对相应的终端产品征收附加费来筹集。

这种附加费可以通过税收的形式征收, 征收金额以ETS交易价格与实际成本之间的成本差额为基础。为了建立有效的激励机制, 需要通过某种形式的补偿(如气候红利或其他机制)来减轻消费者负担。其中, 确定哪些产品将被征收附加税, 以及如何在实施的过程中尽量减少官僚主义是重点关注的问题。



24 Rootzén, Johan ; Johnsson, Filip (2016) , “钢铁的全部成本—钢铁行业减少二氧化碳排放的成本分析”, 《能源政策》, 第98卷, 第459-469页.

25 参见前一脚注

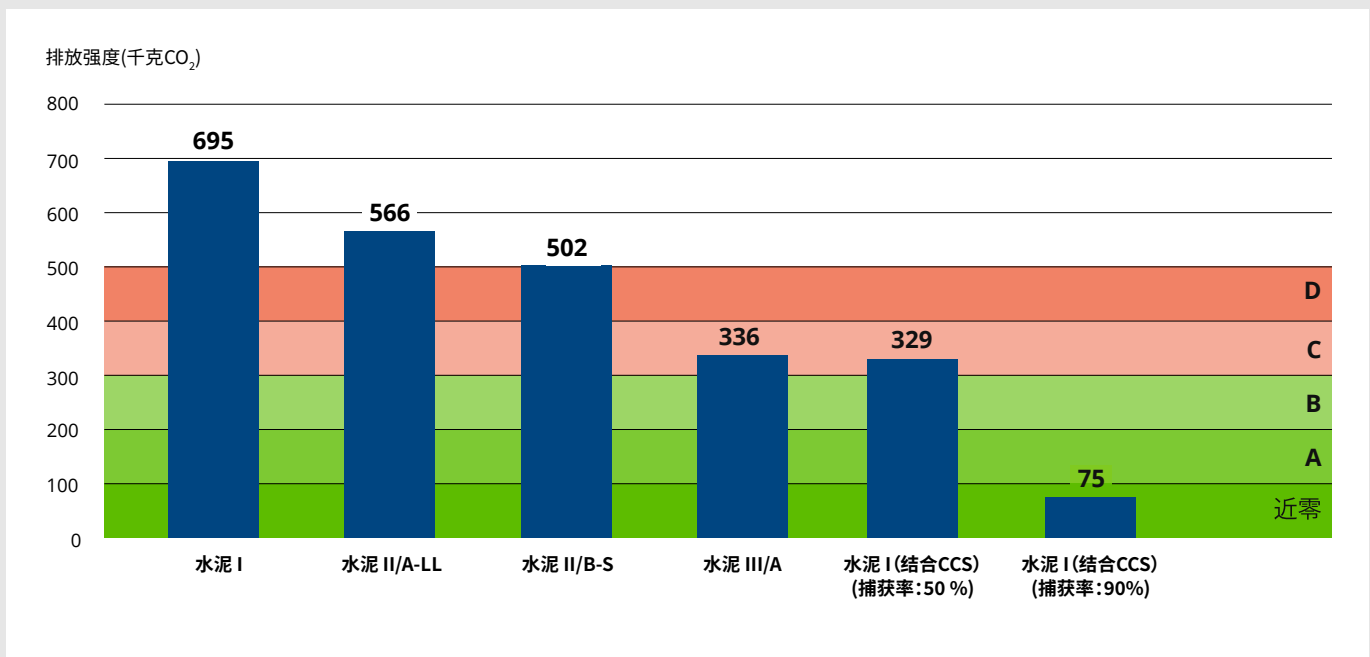
# 绿色引领市场<sup>26</sup>

为了大幅削减工业碳排放量,需要将碳捕集与利用/封存 (CCU/S) 技术引入到减碳困难的行业中 (尤其是水泥、石灰和废物的能源转化几个领域)。适当的市场框架和激励措施有助于解决资金缺口问题。

## 概览

<p><b>作用机制</b></p> <p>绿色市场通过以下方式建立对低排放产品的需求:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>对生产或采购中的具体排放标准进行规定,或</li> <li>承诺公共采购需要遵循某些可持续性标准</li> </ul>	<p><b>对国家的影响</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>可能会一定程度上增加政府采购的成本</li> <li>绿色产品与原材料认证程序的必要性</li> <li>实施的复杂性取决于现行对终端产品的要求和规定</li> </ul>
<p><b>在转型中的作用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>通过确保需求的稳定性和可预测性,提高生产者的投资安全性</li> <li>随着市场自我维持能力的提高,逐步减少对补贴的需求</li> </ul>	<p><b>风险</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>在绿色材料需求增加的阶段,当没有足够的绿色材料来满足配额需求时,可能出现短缺情况</li> <li>如果进口的绿色材料在认证中缺乏严格的认证标准或透明度,则可能会发生“洗绿”或“碳泄露”现象</li> </ul>

## 绿色引领市场推动市场自我维持能力的提升



**图7:** 德国绿色引领市场概念文件中提出的当前和未来水泥类型及技术排放阈值建议  
**来源:** Guidehouse, 弗劳恩霍夫系统与创新研究所 (Fraunhofer ISI), 伍珀塔尔研究所 (Wuppertal Institute) (2024)

26 BDI (2021) – 气候路径 2.0, <https://bdi.eu/themenfelder/energie-und-klima/klimapfade>, 访问日期 27/11/24. BMWK (2024) – 环保原材料的领先市场, 联邦经济和气候保护部 (BMWK) 的概念, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/leitmaerke-fuer-klimafreundliche-grundstoffe.html>, 访问日期 04/12/2024.

## 案例研究: 德国: “绿色引领市场” 概念<sup>27</sup>

2024年5月, 德国联邦经济和气候保护部 (BMWK) 提出了“气候友好型基础材料引领市场” (通常称为“绿色引领市场”) 的概念, 倡议通过扩大钢铁、水泥、化工等低碳基础材料的市场需求, 刺激、鼓励企业对新工业技术和工艺的投资。

当前, 企业和消费者普遍难以追溯商品全生命周期的碳足迹。为此, “绿色引领市场” 联合相关机构共同制定了一套行业定义与评估标准, 并依据国际规范 (DIN EN ISO 14024) 推出官方认证标签。

相关标准以各特定行业生产全流程为前提, 设定了碳排放强度的阈值基准, 其核算范围不仅包含企业直接排放 (范畴1), 还涵盖间接排放 (范畴2和范畴3的部分排放)。

钢铁行业 - 2024年4月, 德国钢铁联合会 (WV Stahl) 推出了针对低碳钢的“低排放钢铁标准 (LESS)”, 这是面向所有钢铁生产企业的自愿性认证体系, 涵盖热轧钢碳排放的计算与认证规则。核算采用质量平衡法, 既考虑生产环节的局部转型, 又可避免重复计算。LESS认证由独立机构 (如TÜV Nord或DNV) 负责执行。

水泥行业 - 在德国“绿色引领市场”概念中, 气候友好型水泥的定义参考了国际能源署 (IEA) 的建议, 并基于广泛认可的环境产品声明 (EPD) 进行了优化, 涵盖了水泥及其原料在生产过程中能源消耗与生产环节的碳排放, 并设定了五档低碳等级, 每档以每吨100千克二氧化碳当量为增量划分。具体而言, 碳排放低于每吨100千克二氧化碳当量的水泥生产可以被视作“净零排放”, 而低于每吨500千克二氧化碳当量的则被归为低碳水泥, 并进一步细分为A到D四个等级。

化工行业 - 德国“绿色引领市场”概念对气候友好型基础化工材料 (尤其是氨和乙烯) 提出了碳排放阈值要求, 这对新生产工艺以及使用低排放原材料与能源的生产至关重要。以乙烯为例, 其气候友好水平分类拟设定六档排放阈值, 每档以每吨700千克二氧化碳当量为增量划分。具体而言, 碳排放低于每吨700千克二氧化碳当量的乙烯可以被视作“净零排放”, 而低于每吨4200千克二氧化碳当量的则被视作低碳乙烯, 并进一步细分为A到E五个等级。

27 Guidehouse, 弗劳恩霍夫系统与创新研究所 (Fraunhofer ISI), 伍珀塔尔研究所 (Wuppertal Institute) (2024) - 环保原材料的领先市场, 科学随附文件, 由联邦经济和气候部委托, <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/40e0c267-2dc1-4a54-9076-0c2136166d1a>, 访问日期 28/11/24.

## 出版信息

### 发行方:

中德能源转型研究项目  
德国国际合作机构 (GIZ)  
北京市朝阳区亮马河南路14号,  
塔园外交办公大楼2-5,  
邮编: 100600  
markus.wypior@giz.de  
www.energypartnership.cn

### 协调与翻译:

刘雪玲, 陈彦霖

### 作者:

Leon Flöer (第一作者),  
Martin Albicker,  
Leon Podehl,  
Astrid Weyand,  
德国能源署 (dena)

### 设计和排版:

Heimrich & Hannot GmbH

最后修订: 2025年6月

本信息资料页是中德能源转型研究项目 (EnTrans) 成果, 该项目是中德能源与能效合作伙伴的一部分, 旨在为中国政府和相关能源政策智库提供建议。

德国国际合作机构 (GIZ) 为EnTrans项目牵头机构, 与德国能源署 (dena)、德国智库Agora能源转型论坛、电力规划设计总院 (EPPEI) 和中国南方电网能源发展研究院 (CSG EDRI) 联合负责项目实施。

### 委托方



### 执行机构



### 联合执行机构

