

DOI: 10.6053/j.issn.1001-1412.2025.04.005

刘旭婕,时光伟,郑晓菲,等.“双碳”战略目标下地热行业碳资产的机遇与挑战[J].地质找矿论丛,2025,40(4):483-489.

LIU Xujie, SHI Guangwei, ZHENG Xiaofei, et al. Opportunities and Challenges of Carbon Assets in the Geothermal Industry under the Strategic Goal of “Double Carbon”[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2025, 40(4): 483-489.

## “双碳”战略目标下地热行业碳资产的机遇与挑战

刘旭婕<sup>1,2</sup>, 时光伟<sup>1,2,\*</sup>, 郑晓菲<sup>1,2</sup>, 孙晓林<sup>1,2</sup>, 贾佩<sup>1,2</sup>

(1. 天津地热勘查开发设计院, 天津 300250; 2. 自然资源部天津中低温野外科学观测研究站, 天津 300250)

**摘要:** 本文围绕“双碳”战略目标, 系统探讨了地热行业碳资产的概念、效益、挑战与管理路径。首先明确了地热行业碳资产的定义, 指出其作为可量化、可交易的碳减排权益, 具备稳定可靠、减排效益可预测等优势。通过方法学AM0072, 以我国主要沉积盆地为例, 分析了地热供暖项目的减排潜力与经济效益, 并以天津为例说明地热资源规模化开发的实践意义。研究指出, 地热行业碳资产面临方法学研究不完善、监测成本高、复合型人才匮乏、数据管理分散及收益风险错配等挑战。为此, 本文提出设立地热碳资产管理部门、构建数字化监测平台、拓展碳金融工具等新路径, 以提升地热行业碳资产的管理与市场化水平。未来研究应聚焦于地热行业碳资产方法学开发、监测技术标准化、碳资产金融化机制创新以及跨区域碳资产协同管理模式构建等, 以推动地热资源在能源转型中发挥更大作用。

**关键词:** 双碳目标; 地热能; 碳资产; 国家核证自愿减排量(CCER); 数字化监测

**中图分类号:** P314; TK52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1412(2025)04-483-7

## Opportunities and Challenges of Carbon Assets in the Geothermal Industry under the Strategic Goal of “Double Carbon”

LIU Xujie<sup>1,2</sup>, SHI Guangwei<sup>1,2,\*</sup>, ZHENG Xiaofei<sup>1,2</sup>, SUN Xiaolin<sup>1,2</sup>, JIA Pei<sup>1,2</sup>

(1. Tianjin Geothermal Exploration and Development-Designing Institute, Tianjin 300250, China; 2. Observation and Research Station of Tianjin Low-Medium Temperature Geothermal Resources, MNR, Tianjin 300250, China)

**Abstract:** This paper systematically discusses the concept, benefits, challenges, and management paths for carbon assets in the geothermal industry, considering the “double carbon” strategic goal. Firstly, the definition of carbon assets in the geothermal industry is clarified, and it is noted that, as a quantifiable, tradable carbon-emission-reduction equity, they offer stability, reliability, and predictable emission-reduction benefits. Using the AM0072 methodology, the emission-reduction potential and economic benefits of geothermal heating projects are analyzed, with Tianjin as an example to illustrate the practical significance of large-scale development. The study points out that the carbon assets in the geothermal industry face challenges such as an imperfect methodology, high monitoring costs, a lack of compound talents, scattered data management, and a mismatch between income and risk. To this end, this paper proposes new paths, such as establishing geothermal carbon management departments, building digital monitoring platforms, and expanding carbon financial instruments, to improve the management and marketization of carbon assets in the geothermal industry. Future research should focus on the development of carbon asset methodology in the geothermal industry, the standardization of monitoring technology, the innovation of carbon asset financialization mechanisms, and the construction of a cross-regional carbon asset collaborative management model, to promote geothermal resources playing a greater role in energy transformation.

收稿日期: 2025-11-02; 修回日期: 2025-12-15

基金项目: 天津市规划和自然资源局财政项目“2024年度天津市地热和矿泉水资源动态监测”(XCSD-2024-317)资助。

作者简介: 刘旭婕(1997-), 女, 工程师, 硕士研究生, 主要研究方向为地热资源开发利用及规划。E-mail: 1371536914@qq.com。

\*通讯作者: 时光伟(1984-), 男, 高级工程师, 学士, 主要研究方向为地热资源开发利用。E-mail: 284918141@qq.com。

**Key words:** double carbon target; geothermal energy; carbon asset; China Certified Emission Reduction(C CER); digital monitoring

“双碳”战略目标,即中国提出的“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的宏伟目标,是我国推动经济社会发展全面绿色转型的国家顶层战略。党的二十大报告作出了“积极稳妥推进碳达峰碳中和”的战略部署。报告强调,实现“双碳”目标是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,必须立足我国能源资源禀赋,有计划分步骤实施。这一论述为我国的绿色低碳转型指明了根本方向,确立了行动总纲(周宏春,2025)。紧随其后,党的二十届四中全会进一步从完善国家治理体系,提升国家治理能力现代化的高度,强调了“健全支持绿色低碳发展的制度和政策体系”。这标志着“双碳”工作已从宏观的战略层面,纵深推进到体制机制创新与治理效能提升的实操层面,对构建包括能源、产业、科技、金融在内的全方位、多层次支撑体系提出了更高、更具体的要求(李伟,2025)。

在此双重背景下,能源结构的清洁低碳转型已成为不可逆转的时代潮流。地热能作为储量大、分布广、稳定可靠的本土可再生能源,其战略价值日益凸显(易荣等,2024)。它不仅是替代化石能源、保障能源安全的“压舱石”,更是构建新型能源体系、助力实现“双碳”目标的关键一环。将地热项目所产生的碳减排效益进行量化、市场化和资产化,形成“地热碳资产”,正是响应中央号召、将生态价值转化为经济价值的创新实践。它能够有效激发市场活力,为地热产业注入新的金融血液,形成“以收益反哺投资、以市场驱动开发”的良性循环。

因此,深入探讨地热行业碳资产的发展路径,不仅是地热行业自身实现高质量发展的内在需要,更是以务实举措推动“双碳”战略目标落地的必然选择。本文旨在系统梳理地热碳资产的概念、效益与挑战,探索其管理新路径,以期地为地热行业发展与决策提供参考。

## 1 地热行业碳资产的概念

要理解地热行业碳资产,首先需厘清碳资产的一般性定义。碳资产是一个在“双碳”目标下衍生出的复合概念。目前,学界对其定义尚未完全统一,但核心要义趋同。广义而言,碳资产是指在碳排放权交易市场、碳税等各种碳约束机制下,由政府分配或通过市场交易获得的,能够为企业带来当前或未来经济利益的,与碳减排相关的各种资源的总称(张春雷,2019)。

基于碳资产的一般性理论,可将地热行业碳资产定义为:在地热资源勘探、开发和利用的全生命周期中,因替代化石能源、实现温室气体减排乃至产生碳汇效应而

形成,能够为地热项目开发者或所有者带来经济、环境及社会效益的各类碳配额、碳信用及相关权益的总和。

地热行业自发展初期便拥有作为碳资产附属的天然禀赋。通过替代化石能源进行发电与供热,地热项目能够避免温室气体排放,这部分“被避免的排放”在经核证后可转化为可交易的碳信用,为企业带来额外收益。由此实现的从“被动减排”到“主动创收”的模式转型,构成了该行业最核心的竞争力(张义军,2010)。

在电力领域,风能、太阳能等可再生能源同样是碳资产的重要来源。然而,其固有的间歇性与波动性限制了减排效能。为保障电网稳定运行,往往需配套建设储能设施或保留部分化石能源机组作为备用,这不仅提高了系统整合成本,也在一定程度上削弱了其净减排效益(陈婧等,2025)。相比之下,地热能具有稳定、连续与可调度的运行特性,其可预测的减排表现更易于量化,从而降低了碳资产收益的不确定性,更易获得投资者与市场青睐。

在规避高碳锁定风险方面,地热项目也展现出显著优势。新建煤电或气电项目将在未来数十年内持续产生高碳排放(马建国等,2024),而地热能作为低碳能源类型,完全契合全球碳中和目标。在碳价上升与政策趋严的背景下,其碳资产不仅不易贬值,反而具备潜在的增值空间。

此外,煤炭与传统电力行业的碳资产开发路径较为单一,主要依赖发电侧能效提升(李锐等,2022)。地热则具备多样化利用方式,除发电外,还可广泛应用于区域供暖、农业温室和工业加工等非电领域。例如,在北方严寒地区推广地热供暖,能够直接替代大量燃煤锅炉,形成明确基准线与较强额外性的减排项目,开发潜力巨大,其运行模式如图1所示。

## 2 地热碳资产实施效果分析

### 2.1 地热碳资产减排量计算

根据方法学AM0072(《CM-022-V01 供热中使用地热替代化石燃料(第一版)》)和相关工具中的要求,对基准线排放量( $BE_y$ )、项目排放量( $PE_y$ )以及泄漏排放量( $LE_y$ )进行计算与分析(丁畅,2020)。

本文以新建地热井及换热站替代燃煤锅炉供暖为例,以各主要沉积盆地的地热供暖项目为研究对象。根据方法学AM0072的要求,各盆地地热供暖项目减排量的基础计算公式为:

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (1)$$

式中: $ER_y$ 为地热供暖项目减排量(第 $y$ 年); $BE_y$ 为基准线排放量(第 $y$ 年); $PE_y$ 为项目排放量(第 $y$ 年); $LE_y$ 为泄漏

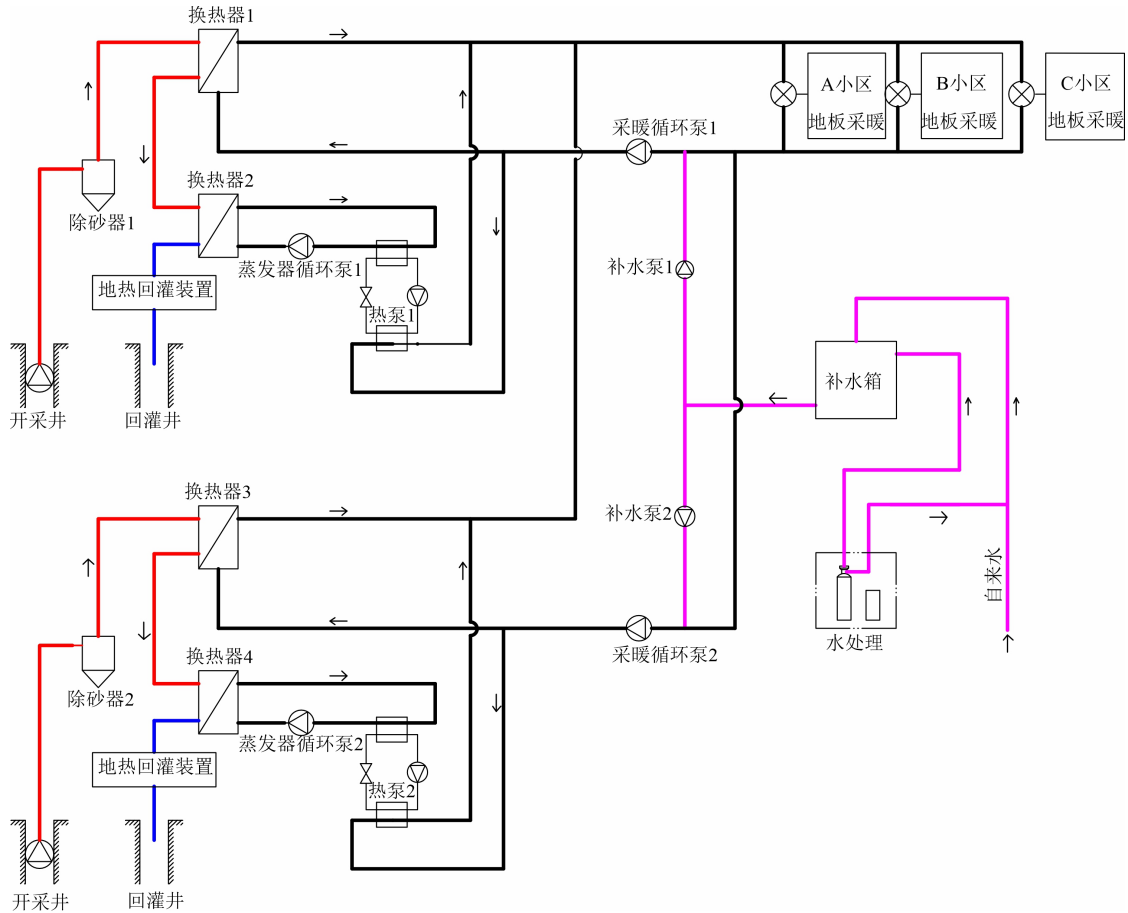


图1 天津市某地热站运行模式图

Fig.1 Operation mode diagram of a geothermal station in Tianjin

排放量(第y年)。

2.1.1 基准线排放量 $BE_y$ 的计算

基准线排放量的计算公式为：

$$BE_y = \sum_i (HS_{i,y}^{BL} \times EF_{CO_2,i} \div \eta_{BL,i}) \quad (2)$$

式中： $BE_y$ 为地热供暖项目第y年所替代的热量产生的基准线排放量， $tCO_2/a$ ； $EF_{CO_2,i}$ 为基准线下供暖技术*i*使用的每单位燃料产生的 $CO_2$ 排放因子， $tCO_2/TJ$ ， $EF_{CO_2,i}$ 使用IPCC的默认值，置信区间最低为95%，该默认值为87300  $kgCO_2/TJ$ ； $\eta_{BL,i}$ 为在没有地热供暖项目的情况下，供暖技术*i*使用化石燃料的净热效率，在考虑替代项目为新建燃煤锅炉的场景下， $\eta_{BL,i}$ 取方法学默认值85%； $HS_{i,y}^{BL}$ 为使用技术*i*的基准线供暖系统在第y年所产生的，在供暖设施端点测量的净热量输出， $TJ/a$ ；由于计算 $HS_{i,y}^{BL}$ 要用温度、流量等监测数据，但这些数据无法事先采集，故在此采用 $H_{CAP}$ (地热供暖项目活动中，由地热资源在第y年提供的净热量， $TJ$ )估算其热量。

2.1.2 项目排放量 $PE_y$ 的计算

计算项目排放量时，需考虑逸散性排放、电力消耗以

及其他化石燃料消耗所产生的排放。逸散性排放是指来自地热孔蒸汽中的不可凝气体所产生的排放，地热供暖项目目前所使用的地热井水温均低于 $150^\circ C$ ，1000 m深处热源温度低于 $150^\circ C$ 或者热焓值低于800  $kJ/kg$ 的系统为低温地热系统，而来自低温地热系统的逸散性排放被视为是可忽略的，故在此对逸散性排放不进行考虑。对于由地热供暖项目活动所增加的耗电量产生的项目排放，相关数据需监测采集，在此使用以往项目的电量监测数据，电力消耗产生的项目排放量为基准线排放量的8%左右。

鉴于化石燃料仅用于项目中的个别调峰设备，为简化计算，相关直接排放不予考虑。

2.1.3 泄漏排放量 $LE_y$ 的计算

根据方法学，在此不考虑泄漏排放量，即 $LE_y=0$ 。

2.1.4 中国主要沉积盆地地热供暖项目减排量的计算

综合以上计算步骤及取值，计算结果如表1所示。计算结果可知，中国主要沉积盆地基准线排放量( $BE_y$ )为 $5.11 \times 10^9 tCO_2/a$ ，项目排放量( $PE_y$ )为 $4.09 \times 10^8 tCO_2/a$ ，地热供暖项目减排量( $ER_y$ )为 $4.70 \times 10^9 tCO_2/a$ 。

表1 中国主要沉积盆地减排量计算表

Tab.1 Calculation table of emission reduction in main sedimentary basins

盆地名称	考虑回灌条件下地热流体可开采热量/(kJ·a <sup>-1</sup> )	地热资源提供的净热量 $H_{CAP}$ /TJ	基准线排放量 $BE_y$ /(tCO <sub>2</sub> ·a <sup>-1</sup> )	项目排放量 $PE_y$ /(tCO <sub>2</sub> ·a <sup>-1</sup> )	地热供暖项目减排量 $ER_y$ /(tCO <sub>2</sub> ·a <sup>-1</sup> )
华北平原	1.24×10 <sup>16</sup>	1.24×10 <sup>7</sup>	1.27×10 <sup>9</sup>	1.02×10 <sup>8</sup>	1.17×10 <sup>9</sup>
河淮平原	9.02×10 <sup>15</sup>	9.02×10 <sup>6</sup>	9.26×10 <sup>8</sup>	7.41×10 <sup>7</sup>	8.52×10 <sup>8</sup>
苏北平原	9.20×10 <sup>14</sup>	9.20×10 <sup>5</sup>	9.45×10 <sup>7</sup>	7.56×10 <sup>6</sup>	8.69×10 <sup>7</sup>
松辽盆地	2.01×10 <sup>15</sup>	2.01×10 <sup>6</sup>	2.06×10 <sup>6</sup>	1.65×10 <sup>5</sup>	1.90×10 <sup>6</sup>
下辽河平原	7.52×10 <sup>13</sup>	7.52×10 <sup>4</sup>	7.72×10 <sup>6</sup>	6.18×10 <sup>5</sup>	7.11×10 <sup>6</sup>
汾渭盆地	3.86×10 <sup>15</sup>	3.86×10 <sup>6</sup>	3.96×10 <sup>8</sup>	3.17×10 <sup>7</sup>	3.65×10 <sup>8</sup>
鄂尔多斯盆地	2.68×10 <sup>15</sup>	2.68×10 <sup>6</sup>	2.75×10 <sup>8</sup>	2.20×10 <sup>7</sup>	2.53×10 <sup>8</sup>
四川盆地	1.59×10 <sup>16</sup>	1.59×10 <sup>7</sup>	1.63×10 <sup>9</sup>	1.31×10 <sup>8</sup>	1.50×10 <sup>9</sup>
汉江盆地	3.64×10 <sup>14</sup>	3.64×10 <sup>5</sup>	3.74×10 <sup>7</sup>	2.99×10 <sup>6</sup>	3.44×10 <sup>7</sup>
河套盆地	9.59×10 <sup>14</sup>	9.59×10 <sup>5</sup>	9.85×10 <sup>7</sup>	7.88×10 <sup>6</sup>	9.06×10 <sup>7</sup>
银川平原	1.43×10 <sup>15</sup>	1.43×10 <sup>6</sup>	1.47×10 <sup>8</sup>	1.17×10 <sup>7</sup>	1.35×10 <sup>8</sup>
西宁盆地	2.09×10 <sup>14</sup>	2.09×10 <sup>5</sup>	2.15×10 <sup>7</sup>	1.72×10 <sup>6</sup>	1.97×10 <sup>7</sup>
总计	4.98×10 <sup>16</sup>	4.98×10 <sup>7</sup>	5.11×10 <sup>9</sup>	4.09×10 <sup>8</sup>	4.70×10 <sup>9</sup>

注:表内“考虑回灌条件下地热流体可开采热量”相关数据来源于文献(王贵玲等,2017)。

## 2.2 经济效益分析

碳资产为地热项目带来了直接的经济收益,并助力提升了融资能力。

### 2.2.1 直接收益

通过在全国碳市场或自愿减排市场出售核证减排量(CCER等),获得额外收入,改善项目现金流,可缩短投资回报周期(李蓉等,2025)。由于我国碳交易市场仍处在发展当中,区域市场发展还不均衡,存在较大的价格波动,参考目前碳价每吨60元,则中国主要沉积盆地碳减排收益预计每年产生利润2 820亿元。

### 2.2.2 融资便利

碳资产可作为无形资产进行抵押,获得绿色信贷、绿色债券等低成本融资,缓解地热项目初期投资高的压力(郭文等,2019)。例如,近日兴业银行西安分行为神木某煤矿企业发放一笔煤矿瓦斯利用CCER开发挂钩贷款1.79亿元,该笔贷款成为CCER重启后陕西省落地的首笔用于煤矿领域CCER开发的贷款业务。该笔煤矿瓦斯CCER开发挂钩贷款业务的落地,极大地调动了煤矿企业开展低浓度瓦斯资源高效利用的积极性,更是对盘活企业碳汇资产、实现生产资源向经济效益转化的有效探索。

### 2.2.3 品牌价值

拥有碳资产彰显了企业的社会责任与绿色低碳形象,有利于企业提升市场竞争力。

## 2.3 社会效益分析

地热行业碳资产的开发充分说明地热能在实际应

用上的绿色清洁属性,符合国家绿色清洁发展和“绿水青山就是金山银山”的发展战略。因此,大规模利用地热资源替代燃煤,能有效减少大气污染物(如SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>)的排放,保障居民健康,更是对保护生态环境和造福未来的贡献(马明伟等,2025)。开发利用清洁地热资源,也能够减少对化石能源的依赖,增强区域能源供应的韧性和安全性(杨晓娇等,2025)。

由于地热行业产业链长,开发地热行业碳资产项目能带动勘探、钻井、装备制造、运营服务等相关产业发展,创造大量就业岗位。在天津、河北、山东、河南等地,已逐步形成地热专用管材、换热设备、监测系统及配套产业集群,实现了经济效益与社会效益的统一。同时,开发地热行业碳资产项目能够降低企业碳排放履约成本,拓宽其融资渠道,提高盈利能力,进而增加企业经济效益。如地热开发企业与周边社区共建节能改造项目,形成“项目盈利-社区共享-环境改善”的良性循环,增强了企业的社会认同,夯实了企业可持续发展基础。

### 2.4 天津地热开发如何发挥标杆引领作用

水热型地热资源是天津开发利用最早、利用规模最大的地热资源类型。自20世纪30年代为解决饮水问题而开凿出第一眼地热井以来,经过多年发展,天津地热开发已从浅到深、从无序到有序、从粗放到集约,逐步形成了以建筑供暖为主导,生活热水、温泉旅游度假、设施农业供热等多元化发展地热产业体系(张森等,2024)。水热型地热资源已形成了一套成熟的地热开发利用、地热回灌、动态监

测核心技术。地热开发联合水源热泵技术、地板辐射采暖梯级利用技术、群井联动技术及地热与燃气或太阳能等多能源结合的地热高效利用模式正逐步推广,目前天津市地热供暖已全部采用地热梯级利用模式。天津市地热回灌方面形成了成熟的回灌技术和理论成果,在孔隙型砂岩热储回灌难题上取得了重大突破,改进了包含粗过滤、精过滤和多级过滤处理工艺,广泛推广应用回灌布井技术、成井技术、回灌系统运行监测技术、地表水回灌技术等,极大提高了天津市地热回灌保护效果。动态监测技术持续改进,自动化程度不断提高,已经实现了流量自动化监测全覆盖,水位及井口流温自动化监测也全面推进,建立了地热监测信息平台。

以天津市2024年供暖期为例,全市地热采矿权中有294眼开采地热井,274眼回灌地热井,地热流体开采量为 $4\,597.85 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,回灌量为 $4\,431.90 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,总体回灌率为96.39%。对比天津市开采量和回灌量变化(图2),整体呈现回灌量持续增加,消耗量不断减少的趋势。

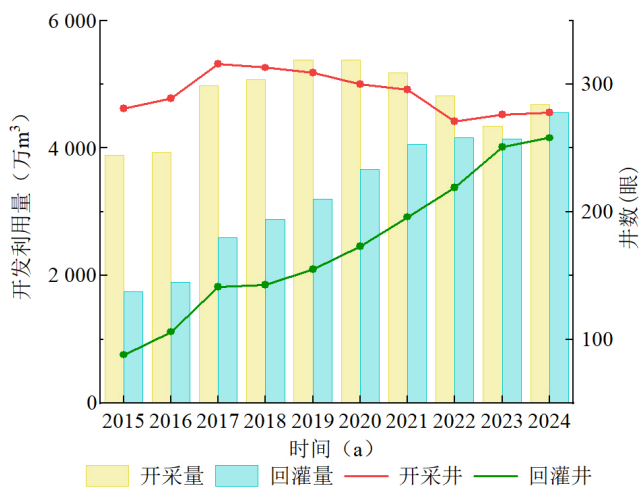


图2 2015-2024年监测周期内天津市在用 地热井数与开发利 用量统计图

Fig.2 A ten-year statistical map of the number of geothermal wells in use and the amount of development and utilization in Tianjin during the monitoring period from 2015 to 2024

近年来,天津市管理部门持续重视地热资源保护,先后出台了补建回灌井、地热井整合、批新井带老井、地热井超采治理等一系列政策措施,开展了地热资源无序开发专项整治行动等,使得回灌量逐年递增,消耗性开采逐渐减少,有效提高了地热资源保护(江国胜等,2025)。天津市在地热回灌技术、地热资源动态监测、采矿权与取水权管理等方面积累了丰富经验,可为全国地热资源的可持续开发和碳资产合规性管理提供模板(胥博文等,2025)。

### 3 地热行业碳资产面临的机遇与问题

从国际上看,《巴黎协定》第六条为国际碳信用交易提供了新的框架,各国自主贡献(NDCs)目标催生了巨大的国际碳信用需求。从国内看,全国碳市场稳步推进,覆盖行业逐步从电力扩展至石化、化工、建材等高耗能行业,对碳配额的需求将持续增长。此外,中国自愿减排市场(CCER)已于2023年重启,为地热等非履约企业的减排项目创造了入市交易的条件(张一林等,2025)。这些政策的调整,为地热碳资产提供了明确的、不断扩大的价值实现渠道。随着碳市场的成熟,针对不同类型可再生能源的碳减排方法学也在不断完善和细化。地热项目(尤其是增强型地热系统EGS、地源热泵等)的特定方法学或已有通用方法学的适用性正在增强。同时,绿色金融体系的快速发展,使得碳资产可以作为合格的抵押品或底层资产,用于获取绿色信贷、发行绿色债券,或设计碳金融衍生品,从而盘活项目现金流,降低融资成本(王天崎等,2025)。在全球范围内,企业的环境、社会和治理(ESG)表现日益受到投资者和消费者的重视。投资或购买地热碳信用,可以帮助高排放企业履行社会责任、中和其供应链碳排放、提升ESG评级。对于地热项目开发商而言,开发地热碳资产不仅能带来经济收益,更是其践行绿色使命、塑造负责任行业品牌形象的有力证明,有助于获得政府支持和社会认可。

当然,地热碳资产的开发之路仍然面临诸多挑战,特别是在管理与技术层面,制约了其潜力的充分释放。首当其冲的是监测方法学缺失与高成本问题。现有通用的可再生能源方法学未能精准契合地热资源的特殊性,其核心难点之一在于对非凝性气体排放的准确监测与核算。地热田的非凝性气体( $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CH}_4$ )排放通量受储层特性、生产速率和回灌策略等多种因素影响,动态变化较大(王贵玲等,2024)。正因如此,目前缺乏成本效益高、标准化的连续监测方案来准确区分项目引发的排放与自然背景值,导致监测成本高昂、数据不确定性大,这一监测难点直接阻碍了项目的审批(朱静慧等,2024)。

碳资产开发是一个跨学科的领域,要求团队同时精通地热地质、温室气体盘查、碳市场规则、金融与项目管理。目前,地热行业普遍缺乏此类“既懂技术又懂规则”的复合型人才,导致项目在开发初期就未能按照碳资产标准进行规划设计。

碳资产的核证极度依赖可追溯、高质量的数据。许多地热开发商的数据管理仍处于分散状态,未能建立覆盖勘探、钻井、生产、回灌全生命周期的统一数据管理平台。流体流量、温度、气体浓度等关键参数记录不完整

或不连续,给后续的减排量计算和核证带来巨大困难,甚至导致核证失败(王郑江,2025)。

碳资产收益通常在项目成功运营数年后才能实现,而地热项目的主要风险(如勘探失败、钻井产能不足)以及资本支出却集中在前期。这种收益与风险的错配,使得碳资产难以在项目最需要资金的早期阶段有效吸引投资。同时,碳市场价格受到政策、宏观经济等多种因

素的影响,波动性较大。以上不确定性使得地热项目难以对长期的碳资产收入做出稳定预测,影响了项目财务模型的可靠性,进而影响投资决策。

### 4 地热碳资产管理的新路径探索

为克服挑战,把握机遇,地热碳资产管理需探索新路径(图3)。

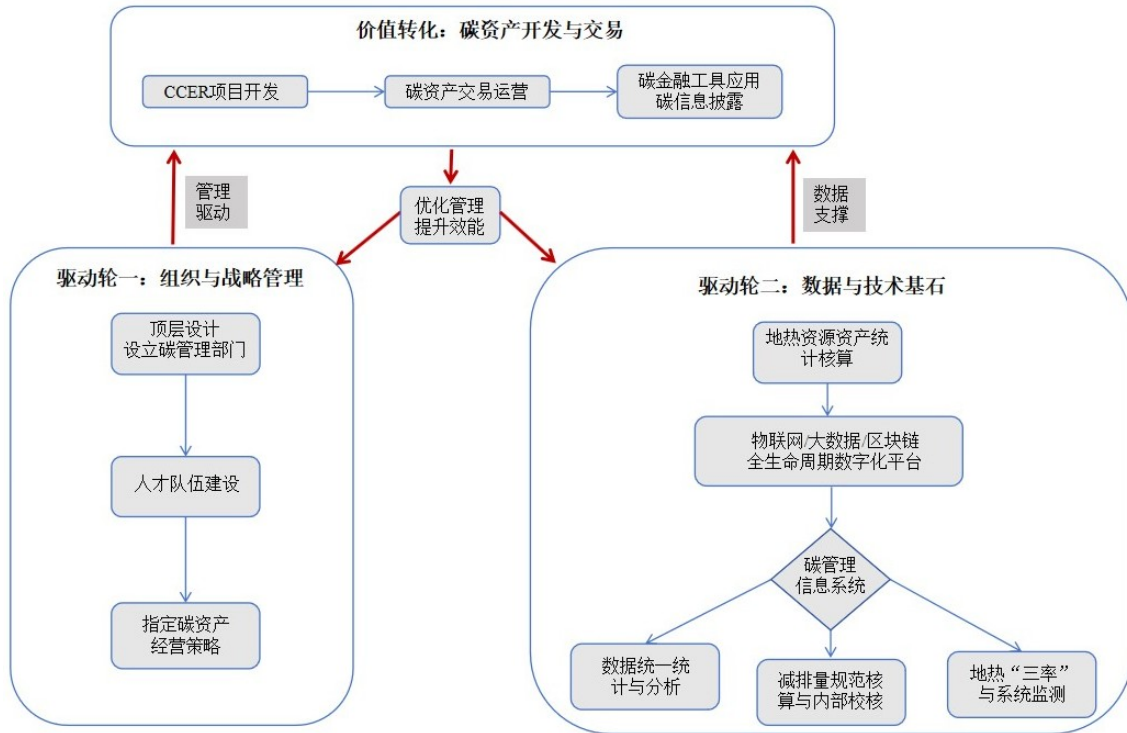


图3 地热碳资产管理路径

Fig.3 Geothermal carbon asset management path

#### 4.1 设立碳管理部门,提升碳资产管理能力

CCER重新启动后,碳管理将成为地热企业的一项常态化工作。建立完善的碳管理体系是地热企业应对CCER碳交易政策变化的重要抓手。首先应从顶层设计入手,在企业层面设立或明确碳管理部门和责任人,负责对企业的碳减排量数据统计核算和碳资产经营进行统筹管理,在摸清企业碳资产家底的基础上,研究制定碳资产经营策略,指导企业的碳资产开发和交易工作。碳管理专业性强且伴随一定风险,是一项新兴的管理职能(袁谋真,2022)。为此,企业必须系统化培养从业人员的碳管理业务能力,使其在低碳发展战略和碳排放交易等领域具备专业能力。地热企业亟需建设复合型碳管理人才队伍,具体可从两方面入手:其一,对公司管理层,应提供低碳政策与碳市场方面的培训,助其理解国家与地方的碳交易机制与发展趋势,从而为实现公司碳管理目标做出精准决策;其二,对业务执行员工,则应开

展碳排放统计核算、第三方核查、碳信用交易及CCER政策法规等实务培训,并通过学习国际经验,有效提升其实操能力(蒋冰,2025)。

#### 4.2 统计地热资源资产,拓展碳资产交易途径

依据全民所有自然资源资产清查制度,完成地热资源资产的统计与核算,并接入统一的资产管理与监管平台。同时应建设企业碳管理信息系统,通过建立内部碳减排量数据库,集成数据报送、碳信用与资产管理和碳交易等核心功能,实现对碳数据的统一统计与分析,从而将碳管理有效融入企业一体化经营,为企业提供全面的信息化支撑。企业应积极了解碳金融创新工具,以拓展碳资产交易途径(杨南等,2025)。融资类工具主要包括碳债券、绿色金融债券、碳配额质押与回购融资、CCER质押贷款及碳排放权法人透支等;投资类工具则涵盖碳基金、碳信托、绿色结构性存款、碳配额托管以及碳排放权场外掉期与借碳交易等。此外,

推进碳信息披露工作,不仅有助于提升企业绿色形象与品牌价值,满足再融资需求并降低融资成本,也能有效促进内部碳管理能力的提升,强化企业对碳资产的统筹与管理水平(塞夫等,2025)。

### 4.3 提升地热监测水平,加强减排量数据管理

利用物联网、大数据和区块链技术,建立地热碳资产全生命周期数字化管理平台。完善地热井出水温度和回灌温度实时监测体系,探索地热能源站能耗监测方法,加强地热利用阶段的系统监测,为地热“三率”指标评价、地热开发利用碳减排量评估及交易夯实基础。为准确掌握碳减排实际情况,企业应建立内部碳减排量核算体系,明确各职能部门在数据统计与核算中的职责,统一数据边界、标准与报送时间,并依据《基于项目的温室气体减排量评估技术规范通用要求》(GB/T 33760-2017)进行规范核算;同时需系统开展数据记录、存档与内部校核工作,由专人负责数据监测、能源台账及相关凭证的归档与备份,定期校验监测设备,加强系统维护与纠错管理,从而全面提升碳数据质量与管理效能。

## 5 结语

作为稳定可靠的清洁能源,地热能在“双碳”进程中具有不可替代的应用价值。本文通过方法学建模与区域案例分析研究,地热行业碳资产不仅具备显著的减排潜力与经济效益,更能带动产业升级与社会协同发展。天津市地热资源的规模化实践应用,已初步验证其在城市级能源替代与碳资产管理方面的可行性与示范意义。

然而,当前地热行业碳资产的发展仍面临监测方法不全、数据基础薄弱、收益实现滞后等现实制约。这些障碍本质上反映出从“能源开发”向“碳价值运营”转型过程中,技术、管理与金融体系尚未完全协同。为此,本文提出的设立专业碳管理机构、构建数字化监测平台、创新碳金融工具等新路径,旨在系统化提升项目的可核证性、可融资性与可持续性。

展望未来,地热碳资产的管理应进一步聚焦“精准化、金融化、协同化”方向;推动形成行业公认的监测与核算标准,降低开发与交易成本;探索碳收益提前变现机制,吸引早期资金介入;构建跨区域、跨行业的数据共享与信用互认平台,提升资产流动性与市场信心。

总之,地热行业碳资产不仅是实现碳减排目标的工具,更是推动地热行业从“资源驱动”迈向“价值驱动”的关键载体。只有通过方法、技术与制度的多维创新,才能真正释放其生态与经济双重效益,使其在中国能源转型与“碳达峰、碳中和”进程中发挥更深层次、更可持续的支撑作用。

## 参考文献(References)

- 陈婧,王佳睿,朱佳盈,等.“双碳”目标下电力大数据碳资产管理方法研究[J].电气技术与经济,2025,(10):236-238+242.
- 湛洋.我国地热能高质量开发利用面临的问题及对策建议[J].水电与新能源,2025,39(5):1-4.
- 丁畅.基于碳资产管理的地热清洁能源创新与创效[J].安全与环境工程,2020,27(6):43-47.
- 郭文,黄可欣.碳排放权交易背景下配额碳资产的价值评估研究[J].商业会计,2019,(17):20-24.
- 江国胜,朱怀亮,杨忠彦,等.数字化录井技术在天津蓟县系雾迷山组地热井中的应用[J].地质找矿论丛,2025,40(2):141-149.
- 蒋冰.“双碳”目标下新能源企业碳资产管理机制优化[J].上海商业,2025,(10):62-64.
- 李蓉,魏旭梦,汪洋,等.油气行业碳资产开发评估模型研究与应用[J].石油石化节能与计量,2025,15(3):62-67.
- 李锐,杨捷,陈灿,等.油气田企业碳资产开发重点方向及路径研究[J].天然气技术与经济,2022,16(6):69-77.
- 李伟.践行“两山”理念赋能转型升级打造能源绿色低碳高质量发展新生态[J].中国煤炭工业,2025,(11):6-8.
- 马建国,刘宏彬,郑重.油气开采企业绿电绿证与碳资产开发技术路径分析[J].石油石化节能与计量,2024,14(7):115-119.
- 马明伟,李蓉,王薇,等.可再生能源制氢的碳资产开发与方法学制定研究[J].石油科技论坛,2025,44(3):96-102.
- 塞夫,魏志国,陈祥,等.全国统一大市场下数据资产与碳交易协同管理研究[J].智慧中国,2025,(10):18-21.
- 王贵玲,蔺文静.我国陆区热状态及控热要素[J].地质前缘,2024,31(6):1-18.
- 王贵玲,张薇,梁继运,等.中国地热资源潜力评价[J].地球学报,2017,38(4):449-450+134+451-459.
- 王天崎,孙青,黄文晓,等.基于碳资产数字化的供应链金融监管机制研究[J].中国商论,2025,34(9):117-121.
- 王郑江.新时代下企业碳资产数字化管理的破困路径[J].销售与市场,2025,(15):19-21.
- 胥博文,寇峤松,李华庆.进一步加大地热资源开发利用促进天津“双碳”目标实现[J].求知,2025,(2):54-56.
- 杨南,孙敏.绿色供应链下碳资产证券化融资创新路径研究[J].产业创新研究,2025,(9):169-171.
- 杨晓娇,何志斌,王盼,等.多维赋能视角下云南地热开发路径优化研究——耦合“双碳”愿景的能源转型新范式[J].能源与环境,2025,(5):83-85.
- 易荣,阎浩,祁民,等.基于城市规划的城市地下空间开发适宜性评价探讨[J].地质与勘探,2024,60(2):339-347.
- 袁谋真.“双碳”战略目标下碳资产专业化管理研究[J].暨南学报(哲学社会科学版),2022,44(8):122-132.
- 张春雷.碳交易市场总量设定和CCER市场风险传导机制分析[J].经济研究导刊,2019(9):154-155.
- 张森,孙世煜,阮传侠,等.天津市地热资源开发利用与管理的成就和展望[J].华北地质,2024,47(4):71-79.
- 张一林,刘鹏超,郁芸君.自愿与强制碳减排市场协同机制研究[J].中国工业经济,2025,(6):43-61.
- 张义军.地热供暖CDM方法学应用研究[D].邯郸:河北工程大学,2010.
- 周宏春.经济社会发展全面绿色转型:价值意蕴、转型路径与实施机制[J].北京行政学院学报,2025(3):108-117.
- 朱静慧,高佳,余欣梅,等.双碳背景下大型能源企业碳资产管理体系构建[J].南方能源建设,2024,11(5):168-177.