

“双碳”目标下地质工作助力绿色低碳高质量发展的研究

李建平 王红燕 马江 严绍文

宁夏回族自治区水文环境地质调查院 宁夏银川 750021

摘要：实现“双碳目标”是解决全球气候恶化，保护我们的地球家园、构建人类命运共同体的重大决策。我们要认识这一重大决策的重要意义，切实贯彻落实党中央的要求。在国民经济和社会发展中发挥能源支撑和保障作用的地质找矿工作，在“双碳”目标下必须调整工作思路、以助力绿色低碳高质量发展。

关键词：双碳目标；地质找矿；低碳发展

随着经济社会的高速发展，人类生产生活产生的CO₂等温室气体是全球变暖的重要原因。中国积极参与全球气候治理，制定了“碳达峰、碳中和”的双碳目标，实现双碳目标必须从开发利用环保、清洁能源，在消费侧关闭高耗能、高排放企业，个人生活应减少碳的消费，提倡低碳出行；还应该从保护生态环境，防治地下水污染、改善土壤质量方面增加植被覆盖率提高生态碳汇的能力，利用人工技术手段（CCUS）捕集利用与封存技术减少大气中碳的含量。

地质工作为经济社会发展提供能源支撑和保证、为国土空间规划、生态环境管控提供数据参考；以地质科学及其地球系统科学为支撑，对地球表层矿产资源、能源、水资源和地质环境、土壤质量、进行地质勘探和调查研究，以满足日益增长物质需求、健康需求和协调人与自然关系的科学技术工作。在新形势下如何实现“双碳目标”助力于绿色低碳发展，地质工作可以从以下几个方面发挥能源支撑和保障作用。

一、加强地热资源的地质调查，从供给侧减少碳排放

1. 开发利用地热资源的必要性

燃烧化石能源排放二氧化碳是造成温室气体增加的主要原因。双碳目标的实现，首先要解决能源供给侧与消费侧从‘高碳’向‘低碳’乃至‘无碳’转型，改善能源供给、转化和利用方式，形成少排碳、不排碳的新模式。地球内部蕴藏的热量是驱动整个地球原动力的原因，归根结底是放射元素的衰变和原本地球演化开始以后传承下来的一些热能综合起来作用的结果。火山、地

震，都是地球内热的表现形式。地热资源是指在现在的技术经济和地质环境基础下，地壳内可以科学、合理地开发出来的岩石里的热能和地热流体等有用的成份。地热资源具有可再生性、环保性、安全性、稳定性和用途多样性，是能够替代常规能源的可再生新型能源。因此进一步加强对它的利用非常重要，从而有效改善能源结构，优化全球环境问题，实现经济、社会与环境的可持续发展。

2. 我国地热资源的分别赋存特征

地热资源丰富的地区主要在各大板块的交界处，因为俯冲带的前端会出现高热流，并且地壳产生剧烈运动的地区一般都是地热异常的地区。由于我国大部分地区处于板块的交界处，因此，我国的地热资源较为丰富，其中大部分为中低温地热资源，主要是在淮海平原、江汉平原和东南沿海等地区。另外，少部分的高温地热资源分布在我国西南部地区、西北地区等位置。

3. 我国地热资源的类型及用途

我国地热资源地热能通常分为浅层地热能、水热型地热能、干热岩型地热能。

浅层地热能是温度25℃以下，蕴藏200m范围内地表的土壤、岩石、水源中的可再生能源。浅层地热能的温度一年四季相对稳定，具有冬暖夏凉的特性，可以在夏天制冷、冬天制热，是非常好的环保洁净能源。淮海平原和长江中下游平原地区最适宜浅层地热能开发利用。

水热型是指埋藏较深的地下热流体（温度≥25℃）中所蕴含的地热资源，是目前地热勘探开发的主体。按温度分级，可分为高温（温度≥150℃）、中温（90℃≤温度<150℃）和低温（温度<90℃）地热资源三级。

干热岩是一种内部不存在流体或仅有少量地下流体的高温岩体。地球内部温升与埋深成正比关系，只要达

作者简介：李建平（1975年5月），男，宁夏平罗人，本科，工程师，主要研究方向：地质钻探、地热资源、生态环境地质。

到一定深度都可以开发出干热岩，因此干热岩是在任何地方都存在的一种资源。目前干热岩开发技术和手段不够成熟，干热岩资源专指钻探技术能够达到深度、温度 $150^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 、有开发经济价值的热岩体。干热岩主要是各种变质岩或结晶岩类岩体，我国干热岩的储量达到17万亿吨，储量可用4000年。

二、增加生态系统碳汇

如期实现“双碳”目标，一个重要方面在吸收侧增加生态碳汇能力，可以借助自然的力量，通过、山、水、林、湖、田、草、生态修复、植被恢复、土壤改良等方式吸收大气中的二氧化碳转换成有机碳储存在植物根系和土壤中从而减少 CO_2 在大气中浓度。这样既能更好地发挥生态功能，又可以有效提升气候应对能力和生态固碳能力。

1. 践行绿色勘查保护植被和土壤、增加生态碳汇

要选用先进的调查、勘查技术方法、树立牢固树立绿色发展理念，坚决守好生态环境底线，坚持“保护中勘查，勘查中保护”原则，全面推进矿产资源绿色勘查，最大限度控制和减少对生态环境的扰动，既可以减少植被破坏又能避免土壤团聚体中有机碳的流失，助力生态保护和地勘行业绿色低碳高质量发展。

2. 服务矿山生态修复和国土空间规划，提升生态固碳能力

新时代地质工作要求我们掌握经济社会发展和生态文明的现状关系，通过自然资源监测与调查工作查清我国自然资源和地理要素的现状和科技分布情况，通过开展历史遗留矿山生态破坏与污染状况调查评价工作，查明矿区生态破坏与环境污染现状，开展生态破坏与环境污染问题评价，建立调查评价数据库，为科学规划国土空间、组织实施历史遗留矿山生态修复和矿山环境污染治理提供依据，提升生态植被的碳汇的能力。

3. 生态水文地质调查固碳增汇的贡献

阳光、大气、土壤和水是生命存在的基本要素，水对植被生长的影响最大，大力推进生态水文地质研究，保护修复水生态、生物多样性恢复，提升水生态系统固碳增汇的“碳库”作用。

地下水是影响我们生存环境的重要因素，地下水与陆生植被生态间相互作用过程和机制是生态水文地质学研究的主要任务。研究包气带水分水质转换机制及其生态效应，包括大气降水补给地下水、地下水通过包气带的蒸发过程和植物蒸腾；分析降雨渗透到地面包气带水再转化为地下水的转化机理。研究潜水含水层中地下水

各种物理化学过程的生态效应，包括土壤盐碱化、沙漠化和荒漠化的形成机制。研究地下水与地表水转换机理和生态效应，提升水生态系统的稳定性和质量，既能提升江河湖泊的净化能力，又能防止土壤盐碱化、沙漠化和荒漠化，从而增强水生态系统的固碳能力。

4. 土壤生态地质调查对固碳增汇的贡献

植物通过光合作用吸收大气中的 CO_2 转换为有机物质，有机质的碳通过根系、枯枝落叶的形式进入土壤，并在土壤微生物的作用下转变为土壤有机质存储在土壤中形成土壤碳汇。土壤碳库包括地上生物量、地下生物量、枯落物和土壤有机质碳库。土壤碳库中60%的碳以有机质的形式存在于土壤之中，巨大的土壤碳贮存量对大气 CO_2 的水平产生重要的影响。土壤的有机碳储量及其固碳能力是评估减缓气候变化和固碳减排潜力的重要依据。开展土壤调查工作实施耕地的“全面体检”，查明土壤资源数量和土壤肥力、土壤健康状况，服务于生态文明建设，助力绿色低碳高质量发展。

(1) 微生物的土壤碳汇

微生物在碳循环中扮演分解者的角色，能加快碳循环的速度，查明土壤微生物的活性和多样性，提出土壤微生物的管理对策，改善微生物生存环境。空气和土壤中的 CO_2 在微生物作用下转变为有机碳实现土壤的碳汇。

(2) 土壤团聚体的固碳能力

通过土壤水稳定大团聚体稳定性测试，改善粘粒含量、有机物的稳定性、菌丝、植物根系、铁铝氧化物的含量，减少人为扰动来增强土壤团聚体的稳定性，可以增加土壤的固碳能力，减少土壤碳流失的现象。

(3) 土壤肥力对生态碳汇的贡献

退化的土壤有机质含量低，土壤团聚体结构遭到破坏，在应对极端旱灾和涝灾等气候灾害时更为敏感，易发生风蚀和水蚀，土壤有机碳更易降解或流失。通过测试土壤肥力和健康指数的调查，增加土壤的生产力和植被的覆盖率，既能增加植物的光合作用吸收更多的 CO_2 又可以减少有机碳的流失，达到良好的土壤生态碳汇效益。

三、人工固碳技术—碳捕集利用与封存（CCUS）

为了实现碳中和目标，除了从根本上减少碳排放源，还需要积极增加碳固定，以达到温室气体净零排放，实现碳中和目标。通过人工技术手段，进行碳捕集利用与封存（CCUS），实现负排放。

1. 二氧化碳捕集利用与封存技术的意义

二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）技术是指将二

氧化碳从生产过程、能源利用或大气中分离出来，直接加以利用或注入地层以实现二氧化碳永久封存的过程，按技术流程分为捕集、输送、利用与封存等环节。“双碳”目标提出后，国家对碳达峰、碳中和工作进行了全面部署，CO₂减排技术在中国的发展迎来了前所未有的战略机遇。作为中国实现大规模化石能源零排放利用的唯一技术选择和煤化工、钢铁、水泥等难减排行业深度脱碳的可行技术方案，CCUS技术是中国实现双碳目标不可或缺的关键技术，在中国具有巨大的发展潜力和应用前景。

2. 二氧化碳捕集利用与封存可以实现负排放

积极开展二氧化碳捕捉、储存、利用相关技术的研发和创新。CO₂地质利用与封存是将CO₂注入地下封存做到深度减排的同时，利用地质条件生产或强化资源开采。该项技术是目前公认的有望实现大规模减排的新兴技术。通过人工技术手段，进行碳捕集利用与封存（CCUS），实现负排放。对燃烧化石燃料排放的二氧化碳进行捕集利用与封存（CCUS），可以避免二氧化碳排放到大气中。如果该技术与生物能源利用相结合，或从大气中直接捕集二氧化碳，还可实现负排放。

3. 碳捕集利用与封存经济效益和社会效益

把二氧化碳排放权作为一种商品来解决二氧化碳为代表的温室气体减排的交易，积极引导企业参与到二氧化碳地质封存减排的示范工程当中，从而实现大规模节能减排的目的，最终通过碳汇交易，产生巨大的经济效益。

要实现碳达峰、碳中和目标，必须寻找能够高效、深度减排的技术方法，而二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）技术是实现低碳减排直接、有效的手段之一。

四、结论

地质工作要抓住当前“双碳”目标、绿色低碳高质量发展发展的机遇，通过对地热资源、开发洁净能源从能源供给侧减少二氧化碳的排放；通过生态水文地质的调查、土壤生态地质调查的研究、矿山生态保护与修复、增加生态碳汇。通过二氧化碳捕集利用与封存人工固碳技术实现负排放，充分发挥地质工作对社会和经济发展的能源保供作用，助力绿色低碳高质量发展。

参考文献：

- [1]周总瑛, 刘世良, 刘金侠. “中国地热资源特点与发展对策[J]. 自然资源学报, 2015, 30 (07): 1210-1221.
- [2]赵宁, 段金平, 杨俊伟. 科技引领, 向地下要热能[N]. 中国自然资源报, 2022.03-28 (007).
- [3]段雯娟. 干热岩: 未来清洁能源“新课题” [J]. 地球, 2014 (11): 56-61.
- [4]周博睿. 我国地热能开发利用现状与未来趋势[J]. 能源, 2022 (02): 77-80.
- [5]国务院第三次全国土壤普查领导小组办公室. 第三次全国土壤普查工作方案[J]. 中国农业综合开发, 2022 (03): 4-8.
- [6]庄贵阳, 周宏春, 郭萍, 钟茂初, 张占仓. “双碳”目标与区域经济发展[J]. 区域经济论坛, 2022 (01): 16-27.
- [7]万力, 曹文炳, 胡伏生, 梁四海, 金晓媚. 生态水文学与生态水文地质学[J]. 地质通报, 2005 (08): 700-703.
- [8]王贵玲, 陆川. 碳中和目标驱动下干热岩和增强型地热系统增产技术发展[J]. 地质与资源, 2023, 32 (01): 85-95+126.