



## 沙特阿拉伯地质调查发展演化及中沙合作展望

何学洲<sup>1,2</sup>, 陈秀法<sup>1</sup>, 张伟波<sup>1</sup>, 李玉龙<sup>1</sup>, 高爱红<sup>1</sup>, 王秋舒<sup>1</sup>, 王杨刚<sup>1</sup>

1. 中国地质调查局 发展研究中心, 北京 100037;

2. 中国地质大学(武汉) 国家地理信息系统工程技术研究中心, 湖北 武汉 430074

**摘要:** 为摆脱单一的石油经济依赖, 破解制约工业发展的资源瓶颈, 沙特阿拉伯于 2016 年提出“2030 愿景”, 提升矿业对国家经济发展的贡献, 使之逐步成为该国工业转型的第三大支柱, 为此沙特地质调查机构做出了一系列矿产资源勘查战略部署安排。沙特地质调查局主管沙特矿产资源勘查开发工作, 并多次组团来我国开展合作洽谈, 多年间与中国核工业集团、中国地质矿业总公司、中国石油化工集团等单位开展合作, 推动了沙特阿拉伯地盾水系沉积物及重砂样品高精度地球化学勘查项目、沙特岩心库建设项目、沙特铀钍资源调查项目、Al Masane 铜-锌-金矿山项目、沙特廷布冶炼厂项目等多个项目的合作。2020 年, 中国地质调查局成功中标沙特地球化学调查和岩心数据库建设项目, 中国地质调查技术方法再次被国际认可, 也为推进中沙两国地调机构的实质性合作奠定了坚实基础, 丰富了共建“一带一路”倡议下合作新内涵。

**关键词:** 沙特; 地质调查; 一带一路; 2030 愿景; 国际合作

## DEVELOPMENT AND EVOLUTION OF GEOLOGICAL SURVEY IN SAUDI ARABIA AND PROSPECTS FOR ITS COOPERATION WITH CHINA

HE Xue-zhou<sup>1,2</sup>, CHEN Xiu-fa<sup>1</sup>, ZHANG Wei-bo<sup>1</sup>, LI Yu-long<sup>1</sup>, GAO Ai-hong<sup>1</sup>,

WANG QIU-shu<sup>1</sup>, WANG Yang-gang<sup>1</sup>

1. Development Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China;

2. National Engineering Research Center for Geographic Information System, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

**Abstract:** To get rid of the sole dependence on oil economy and break the resource bottleneck restricting industrial development, Saudi Arabia put forward “Vision 2030” in 2016 to enhance the contribution of mining to national economic development and made it gradually become the third pillar of the country’s industrial transformation. Therefore, Saudi Geological Survey has made a series of strategic deployments for mineral resource exploration. Saudi Geological Survey, responsible for the mineral exploration and development in Saudi Arabia, has sent a few delegations to China for cooperative negotiation and has collaborated with several organizations including China National Nuclear Corporation(CNNC), China National Geological and Mining Corporation (CGM), and China Petroleum and Chemical Corporation (SINOPEC) over the years, which has promoted the cooperation in multiple projects such as the high-precision geochemical survey of steam sediments and heavy minerals in Saudi Arabic Shield, the construction of Saudi rock core library, the uranium-thorium resources investigation in Saudi Arabia, the Al Masane copper-zinc-gold mine, and the Thimphu smelter. In 2020, China Geological Survey won the bid of geochemical survey in Saudi Arabia and

收稿日期: 2022-01-13; 修回日期: 2022-04-08. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局项目“‘一带一路’资源与环境信息采集及产品开发”(DD20190455); “战略性矿产资源政策与投资环境评价”(DD20211404).

作者简介: 何学洲(1982—), 男, 满族, 博士研究生, 高级工程师, 从事境外地质矿产信息和国际地学合作研究相关工作, 通信地址 北京市西城区阜成门外大街 45 号, E-mail/hexuezhou2001@163.com

construction of core database, conforming again that China's geological survey techniques and methods are recognized internationally, which has laid a solid foundation for the substantive cooperation between geological survey organizations in both countries and enriched the cooperation connotation under the Belt and Road Initiative.

**Key words:** Saudi Arabia; geological survey; Belt and Road Initiative, Vision 2030; international cooperation

## 0 引言

沙特阿拉伯王国(以下简称“沙特”)位于亚洲西南部的阿拉伯半岛,东濒波斯湾,西临红海,与约旦、伊拉克、科威特、阿拉伯联合酋长国、阿曼、也门、巴林、卡塔尔等国接壤,是连接亚欧非三大洲的重要枢纽,也是中东地区和阿拉伯国家中面积最大( $225 \times 10^4 \text{ km}^2$ )的国家,人口约 617 万<sup>[1]</sup>。沙特具有“石油王国”的美誉,石油储量和产量均居世界首位。虽然沙特矿产资源丰富,但固体矿产开发不够活跃。石油经济在沙特占据主导性,石油产业收入约占政府收入的 75%,导致沙特经济过度依赖石油,产业结构极不合理,抵御风险能力差<sup>[2]</sup>。为摆脱过度依赖石油的局面,发展多元经济,2016 年 4 月,沙特正式发布了“沙特阿拉伯 2030 愿景”(Saudi Arabia's Vision 2030,以下简称“2030 愿景”)和“国家转型计划”(NTP),标志着沙特经济转型再次起航,其中沙特能源战略转型是“2030 愿景”背景下沙特经济转型的重要内容<sup>[3-5]</sup>。

沙特作为“一带一路”关键性节点国家,矿产资源丰富,与沙特地质调查局开展地学合作不仅对中沙双方有利,同时也能带动阿拉伯半岛周边国家和阿拉伯世界其他国家共同参与、积极响应,共同搭建“一带一路”地质、矿业合作桥梁。中国地质调查局与沙特地质调查局于 2010 年签署了地学合作谅解备忘录,并于 2016 年 8 月续签了合作谅解备忘录。在此框架下,2020 年中国地质调查局成功中标沙特阿拉伯地球化学勘查项目和岩心数据库建设项目,标志着双方实质性合作正式开启。2022 年,中国地质调查局成功中标沙特阿拉伯地盾精细地质填图项目,是中沙地学合作具有里程碑意义的标志性事件。为深化双方合作,本文从沙特地质调查历史演化、沙特地质调查主管机构、业务组织等方面介绍沙特地质调查总体情况,并提出与沙特地质调查局合作的后续建议。

## 1 沙特地质矿产调查历史演化

沙特地质调查与采矿业开始于 1931 年,美国地质

学家 Karl S. Twitchell 受邀开始在沙特进行地质勘查与找矿工作;1933 年,沙特财政部成立石油与矿业联络处,负责监督矿产勘探,并发现一些矿床;1934 年,美国、英国和沙特合资成立 SAMS 矿业公司,并开展矿山的运营与开发;1954 年,沙特成立石油与矿产事务总局(Directorate-General of Petroleum and Mineral Affairs),隶属于沙特王国财政部,负责监督沙特矿业部门和采矿工作;1956 年,沙特组织开展了区域地质调查,并编制了 21 幅 1:50 万区域地质图,标志着国家规划的系统性的地质调查工作开始;1960 年以后,石油与矿产事务总局变更为沙特王国国家级行政部门,并更名“石油与矿产资源部”(Ministry of Petroleum and Mineral Resources),成立矿产资源总局(Directorate-General of Mineral Resources),负责沙特矿产资源勘查开发等业务。1961 年,沙特与加拿大狩猎调查公司签署地球物理航空调查协议,开展地质调查与矿区调查,并邀请美国、日本、法国等发达国家对沙特进行援助,帮助沙特开展系统的矿产资源勘查开发及技术方法与人员的培训。与美国协助沙特开展区域地质与地球化学填图及资源潜力评价不同,日本主要援助沙特开展矿床的具体研究工作<sup>[5]</sup>。1963 年,法国地质调查局(BRGM)在沙特执行了系统性地质勘查项目,沙特地球物理调查公司(ARGS)与沙特钻探公司(ADC)参与了该项目具体的物探与钻探工作。1968 年,沙特与法国 CGG 公司签署钻探协议,为沙特重点地区进行矿业勘探工作。1970—1980 年间,英国 Reuvenex 公司、加拿大 WGM 公司、法国 Minatum 公司、荷兰壳牌公司等与沙特签署勘探和矿产资源咨询服务协议,为沙特矿业勘查提供指导、培训,其间开展了多个地区的地质调查、地质图编制和金属资源勘查等工作,这一时期制作了 2800 余幅相关图件,为沙特地质勘查与找矿奠定了基础。1999 年,沙特石油与矿产资源部机构改革,由当时矿产资源总局(Deputy Ministry for Mineral Resources,副部级)的调查和勘查部门、利雅得航空勘测部门、美国 and 法国援助沙特工作组联合组建沙特地质调查局

(Saudi Geological Survey), 从而代替外国地质调查机构开展地质调查工作, 国外地质调查机构主要提供咨询和技术指导. 沙特地质调查局隶属于沙特石油与矿产资源部, 总部设在吉达(沙特第二大城市). 2016年5月, 沙特王宫颁布法令, 重新组建石油与矿产资源部, 并更名为能源、工业与矿产资源部 (Ministry of Energy, Industry and Mineral Resources), 沙特地质调查局隶属该部. 2019年8月, 为推进沙特“2030愿景”, 助力矿业发展, 根据皇家法令成立工业和矿产资源部 (Ministry of Industry and Mineral Resources), 原有工业与矿产资源相关责权与石油部剥离, 该机构于2020年1月1日正式运行<sup>[6-9]</sup>(图1).

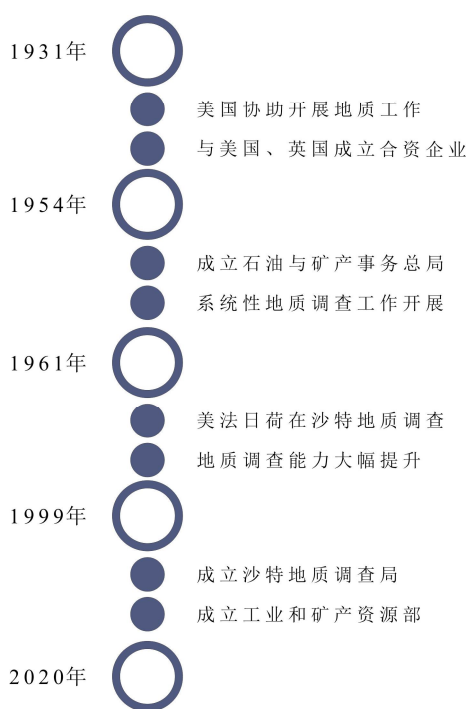


图1 沙特地质调查与采矿发展脉络

Fig. 1 Geological survey and mining development history in Saudi Arabia

## 2 主管机构与目标

自1999年成立以来, 沙特地质调查局一直负责本国基础地质、物化遥、水文地质和环境地质调查等相关工作, 现有员工总数达800人左右. 现任CEO为Abdullah bin Muftar Al-Shamran, 董事会主席是现工业和矿产资源部部长Bandar bin Ibrahim Al-Khorayef. 根据沙特地质调查局内部机构设置情况, 现有行政与财

务管理部、技术服务部、地震与火山研究中心、Zam Zam 泉研究中心、信息与通信技术部和利雅得办事处等主要部门(图2).

技术服务部主要负责沙特地调局5个实验室(岩石实验室、化学实验室、工程地质实验室、水文地质与环境地质实验室、工业应用实验室)和物流运输. 信息与通信技术部主要负责整个地调局信息化建设、地质信息系统建设、数据库系统维护、地理信息及遥感、网络安全建设、图书馆(档案)管理以及项目管理. 行政与财务管理部负责沙特地调局财务管理、物资采购、人力资源建设和生产安全. 地质技术事务部主要负责沙特地质勘查、矿业开发、应用地质(水文地质、工程地质、环境地质和地质灾害等)、战略研究以及沙漠研究等.

沙特地质调查局作为沙特唯一的地质调查行业政府部门, 与中国地质调查局一样肩负着沙特王国公益性、战略性地质调查任务与行业指导的相关责任, 保护国家矿产资源、水资源和自然环境, 减轻自然灾害的有害影响, 为政府和相关单位提供科学建议. 沙特地质调查局按照现有的业务布局与促进“2030愿景”规划目标, 制定了7项核心目标.

(1)提供地质信息和图件产品, 为矿产资源勘查提供服务, 并辅助政府决策: 完成沙特境内1:10万、1:25万和1:50万比例尺地质填图, 更新出版图件和技术报告; 编制沙特矿产资源系列图件; 利用地球物理、地球化学方法开展矿产资源勘查; 发展航空摄影测量、全球定位系统和高分辨率卫星技术方法.

(2)促进沙特矿产资源的安全供给与可持续开发利用: 优先开展战略性矿产资源调查, 进行区域矿化带调查, 开展水资源调查; 利用地球物理、地球化学技术进行矿产资源勘查, 圈定矿产资源潜力区; 对岛屿、海底、海岸带矿产资源进行调查; 对已有的矿山进行评估, 优化矿产资源利用方式; 建立标准体系, 开展矿床的分类, 增加外部投资机会.

(3)监测、控制地质灾害, 减少地质灾害的影响, 为减灾提供建议和措施: 监测最易受火山活动和地震活动影响地区的火山活动和地震活动; 确定和了解引起自然灾害的地质过程之间的相互关系; 建立地质灾害监测网络, 更新发展地质灾害监测和管理技术.

(4)研究城市扩张过程中的生态环境问题: 研究污

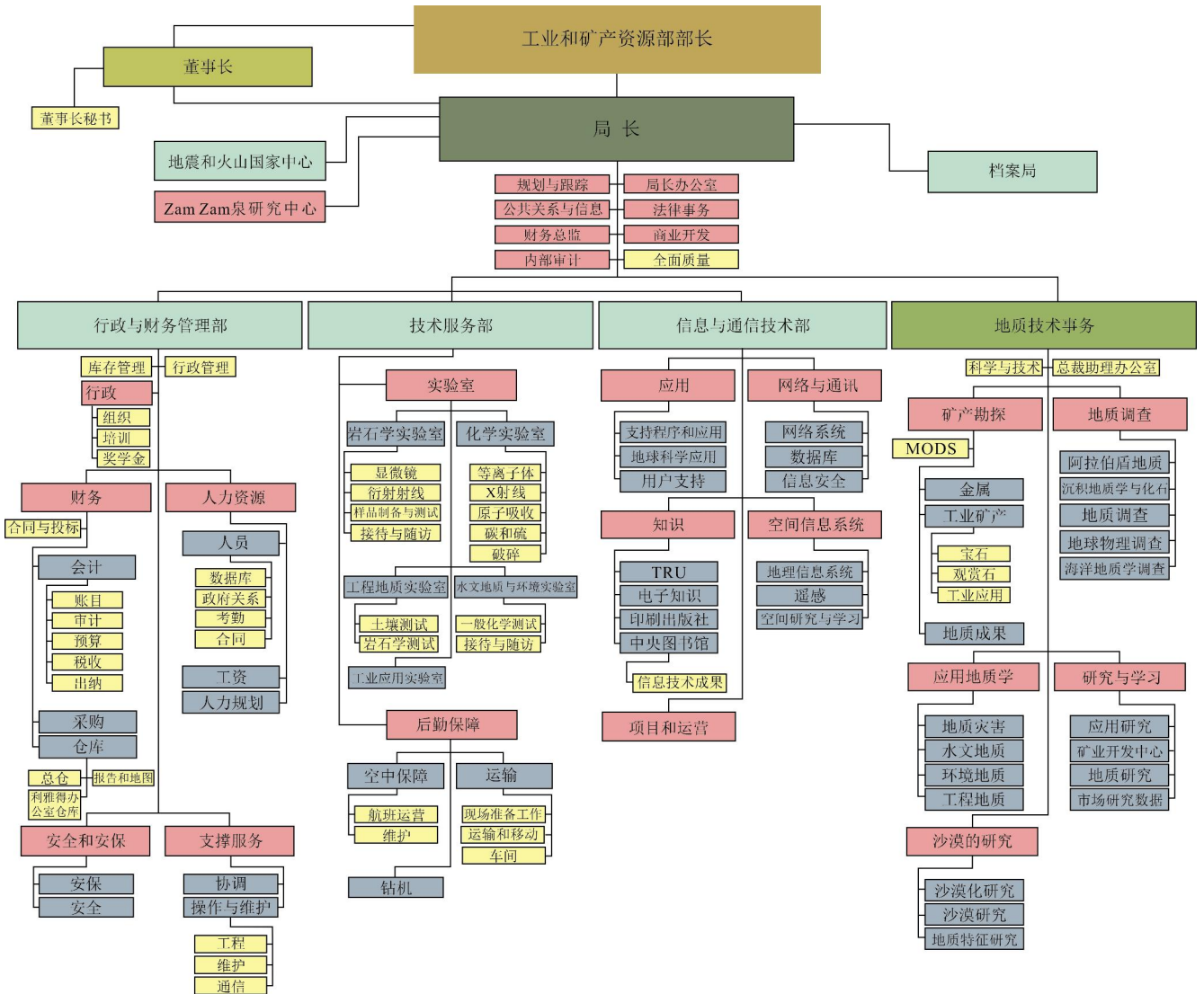


图 2 沙特地质调查局组织结构

(据文献[8])

Fig. 2 Organizational structure of Saudi Geological Survey

(From Reference [8])

染和环境退化对生物多样性的影响;研究、分析过去和现在的气候和地质条件,并查明它们对沙特阿拉伯生态系统的影响。

(5)开展工程和地质研究,支持城市建设与工程施工管理:编制工程地质标准与相关规范;建立工程地质数据库;开展工程项目的地质问题咨询服务。

(6)建设和发展沙特国家地球科学数据库:整合基础地质、矿产资源、物化遥、钻探、环境地质、地质灾害等领域数据资料,以便及时便捷获取相关信息。

(7)为政府和企业提供地球科学咨询建议:为政府机构、大学和研究机构提供基础和应用地质信息;共同

参与政府和企业相关项目,开展咨询研究。

3 地质调查成果

3.1 基础地质

结合遥感、航拍及地形测绘等手段,沙特地质调查局目前正在开展沙特地区 1:25 万基础地质调查,建设区域地质图数据库,并公开出版阿拉伯地质图,为社会提供科学研究咨询及服务。目前,沙特地质调查局主要在阿拉伯地盾的西部部署了调查工作,并完成了瓦迪锡尔汉幅地质图、苏莱伊迈幅地质图等部分图幅的编制出版,其余图幅正在推进中。待所有 25 万地质图

成果编制完成以后,计划利用 1:25 万地质图成果编制沙特 1:100 万全境地质图。

2009 年,沙特地质调查局成立了国家海洋地质中心,致力于红海东部和阿拉伯海湾西部区域的海洋沉积和海水资源方面的调查研究工作,包括沉积环境研究、珊瑚研究、海域矿产资源勘查等方面工作。目前该中心拥有一艘科学船和 10 余名研究人员,已经发表了有关珊瑚礁健康评价、红海滨岸沉积学特征、水文地质勘查等方面的多篇系列研究成果。

### 3.2 水工环地质

1960—1980 年间,沙特开展了全国航空放射性调查工作,基于航放数据目前正在开展放射性元素分布图编制工作。通过重新解译这些基础数据,并以伽马色谱光谱仪辅助,来监测显示地区的放射性元素情况。目前,沙特已经开展 1:200 万阿拉伯地盾区和 1:400 万盖层和未固结沉积地区的环境地质编图。通过地理信息技术,将现有勘查检测数据与下伏地质资料对比,从而分析氡的来源和迁移富集途径。

沙特地质调查局已经开展了众多地区的工程地质调查工作,如 Wadi Al Asla 大坝工程地质情况调查、麦加-穆卡拉玛圣城工程地质制图、利雅得固体废弃物处理场的现场调查、斯木地区穆代赖季-布廷市土壤稳定性工程评价等。未来,还将在延布工业城两个工厂的选址和塔伊夫市工程地质等项目中开展工程地质工作。

在水文地质调查方面,沙特地质调查局负责向外部提供水文地质图、水文化学图、水资源分布图等综合图件,并提供水设施规划监管、钻井设计、大坝选址、水资源供应等方面咨询研究工作。目前,沙特地质调查局水文地质部门正在实施沙特 1:25 万水文地质和水文化学图的编制工作。

### 3.3 火山地震研究

沙特地质调查局在红海沿岸和亚丁湾设立了地震与火山国家研究中心,主要开展天然地震学、区域与勘探地球物理学和火山学 3 个研究方向。主要职能包括:沙特国家地震网(SNSN)的维护、建设和更新,地震数据监测与分析处理,地震风险分析与灾害评估,火山活动的监测,地热研究,地球物理技术方法勘查应用,以及在地震、火山和地球物理学方面开展相关的学术交流与研究。

### 3.4 技术服务

与早期的美国地质调查局机构设置类似,沙特地质调查局设置了实验室、工程钻探、测绘、遥感等专业队伍,并为基础地质与矿产开发提供基础技术服务。主要包括化学实验室、岩石实验室、水实验室、工业实验室和工程实验室,并具备较为完善的装备仪器。大地测量工作作为基础性地质工作的前期基础,也由沙特地质调查局组织实施,开展地形勘测、水准网布设、地面控制点建立及 GPS 地形校正等工作,截至目前,已经在沙特建立了国家大地测量网络,绘制了覆盖全国的多种比例尺地形图。在地球物理勘查方面,沙特地质调查局还组织实施包括重力测量、磁法勘查、电法勘查、放射性勘查和地震雷达等多种勘查工作,并对沙特西部地盾区出露的前寒武系岩石进行了全国范围的航磁勘查工作。

### 3.5 信息化建设

沙特地质调查局十分重视数据库建设、GIS 和信息化应用。通过现代化的网络技术、地理信息技术和遥感技术等的应用,已经建立起了部门内部的 GIS 应用平台,目的是将现有的各类产品资料在一体化的平台上进行全面的查询、浏览、测量等工作,实现了基础地质、地形及矿产勘查开发数据信息化初步建设。与此同时,沙特地质调查局已经建立了岩石数据库、地学化学勘查数据库、洞穴数据库、地质图数据库、矿业开采数据库、气候数据库、水资源数据库、地震数据库、地球物理勘查数据库、钻井数据库等。2021 年 12 月,沙特国家地球科学数据库系统正式发布启用,对外提供基础地球科学信息与服务。

## 4 启示

(1)沙特不仅石油、天然气等能源资源非常丰富,固体矿产资源也分布广泛,其中金、锌、铜等金属矿产主要分布在沙特西部阿拉伯地盾前寒武系岩石地层,磷酸盐、硅砂、高岭土等非金属矿产分布在沙特王国中部和北部<sup>[10-12]</sup>。目前,在沙特已探明 48 种矿产,其中至少有 15 种工业矿物具有商业开采价值;发现 5400 余处矿点,但绝大多数矿点未进行详细勘查与资源潜力评价<sup>[13-15]</sup>。

(2)受发达国家援助的影响,沙特地质工作程度相对较高,20 世纪 90 年代以前物探、化探、地质填图等

勘查工作就普遍开展,地质调查机构组织体系较为完善,为沙特后续地质调查部署与矿业开发提供了基础。

(3)沙特地质调查技术人员素质高,受过良好的教育,对于国际勘查开发和技术发展趋势较为了解,具备较为广阔的国际视野。

(4)为推进“2030 愿景”,沙特政府鼓励矿产资源开发,并制定了优惠的政策,2020 年发布了最新的矿业法规,为实现沙特经济多元化发展提供支持<sup>[16-18]</sup>。

## 5 合作展望

(1)抓住沙特“2030 愿景”有利时机,深化与沙特在地球化学填图和岩心数据库建设方面的合作,积极拓展在地质填图、地质数据模型与数据库建设等领域合作;利用我国先进的地质勘查理论与技术方法,圈定有利成矿靶区,服务沙特国内矿产资源勘查和中沙矿业开发合作。

(2)合作开展阿拉伯地盾成矿地质背景对比研究,深化阿拉伯地盾成矿规律认识。对沙特 5400 余处矿点进行分选,利用物化遥等资料优选矿点进行资源潜力评价,为沙特矿业勘查开发提供依据与建议。

(3)共同搭建全球地学海岸带合作网络与监测站点,在海岸带地质演化、生态环境效应、滨海湿地地质环境监测、生态环境治理、生物多样性等方面开展深层次合作,提出红海及阿拉伯海域应对全球气候变化解决方案。

(4)发挥我国地质填图的经验与技术,统一标准,与沙特共同开展沙特王国存量地质图整合、多尺度地质图融合及编图工作。

(5)发挥我国在地质遗迹资源调查与评价等方面的经验,与沙特联合开展沙特境内重要地质遗迹资源调查、分类与评价,并协助其申报世界地质公园,扩展世界地质公园网络(Global Geoparks Network, GGN)<sup>[19-20]</sup>。

## 参考文献(References):

[1]中华人民共和国外交部. 沙特阿拉伯国家概况[EB/OL]. [https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq\\_676201/gj\\_676203/yz\\_676205/1206\\_676860/1206x0\\_676862](https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676860/1206x0_676862). 2023-03-02.  
Ministry of Foreign Affairs of the People's Republic of China.

Overview of Saudi Arabia [EB/OL]. [https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq\\_676201/gj\\_676203/yz\\_676205/1206\\_676860/1206x0\\_676862](https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_676860/1206x0_676862). 2023-03-02. (in Chinese)

[2]胡旭,江涵,张锐. 沙特能源转型及氢能发展展望[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(7): 2354-2365.  
Hu X, Jiang H, Zhang R. Energy transition and hydrogen development prospects in Saudi Arabia[J]. Energy Storage Science and Technology, 2022, 11(7): 2354-2365.

[3]Arab News [EB/OL]. <http://www.arabnews.com/saudi-arabia/news/915306>. 2016-04-25

[4]任重远,邵江华.“沙特阿拉伯 2030 愿景”下的中沙油气合作展望[J]. 国际石油经济, 2016, 24(10): 53-59.  
Ren Z Y, Shao J H. The prospect of China-Saudi Arabia oil & gas cooperation under “Saudi Arabia’s Vision 2030” [J]. International Petroleum Economics, 2016, 24(10): 53-59.

[5]王然.“2030 愿景”背景下沙特能源战略转型[J]. 当代世界, 2017 (11): 69-72.  
Wang R. Energy strategic transformation under “Saudi Arabia’s Vision 2030” [J]. Contemporary World, 2017(11): 69-72. (in Chinese)

[6]王超,于汶加,龙涛,等. 低油价背景下沙特产业结构转型及资源产业合作机遇探析[J]. 中国矿业, 2017, 26(8): 13-17, 29.  
Wang C, Yu W J, Long T, et al. Analysis of Saudi Arabia industrial structure transformation and opportunities for resource industry cooperation in under the background of low oil prices [J]. China Mining Magazine, 2017, 26(8): 13-17, 29.

[7]Saudi Arabia Government. Vision 2030 of Saudi Arabia [EB/OL]. <https://www.vision2030.gov.sa>. 2022-04-06.

[8]Saudi Geological Survey [EB/OL]. <https://www.sgs.org.sa>. 2022-04-06.

[9]Ministry of Industry and Mineral Resources. About us [EB/OL]. <https://mim.gov.sa/mim/about-itr.html>. 2022-04-06.

[10]USGS. Minerals yearbook [EB/OL]. <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country>. 2022-04-06.

[11]Australian Trade and Investment Commission. Mining to Saudi Arabia trends and opportunities the market [EB/OL]. <https://www.austrade.gov.au/australian/export/export-markets/countries-and-economies/saudi-arabia/industries/mining>. 2022-04-06.

[12]USGS. 2014 Minerals yearbook: Saudi Arabia. [EB/OL]. <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/mineral-pubs/country/2014/myb3-2014-sa.pdf>. 2022-04-06.

[13]Adel Zein Bishta. Assessing utilization of multi-resolution satellite imageries in geological mapping, a case study of Jabal Bani Malik area, eastern Jeddah City, Kingdom of Saudi Arabia [J]. Journal of King Abdulaziz University: Earth Sciences, 2010, 21(1): 27-52.

- Wang X M. Application prospect of cobalt in new energy vehicle power lithium battery[J]. *Advanced Materials Industry*, 2021(3): 50-54. (in Chinese)
- [16]王利俊, 田德, 王海宽, 等. 稀土永磁发电机的发展现状及其在风力发电机上的应用[J]. *农村牧区机械化*, 2006(4): 42-45.
- Wang L J, Tian D, Wang H K, et al. Development status of rare earth permanent magnet generator and its application in wind turbine [J]. *Mechanization of Rural and Pastoral Areas*, 2006(4): 42-45. (in Chinese)
- [17]王玉国. 浅谈稀土永磁材料在风电产业中的应用前景[J]. *新材料产业*, 2010(12): 11-14.
- Wang Y G. The application prospect of rare earth permanent magnet materials in wind power industry[J]. *Advanced Materials Industry*, 2010(12): 11-14. (in Chinese)
- [18]郭晓茜, 李建武. 国外研究机构关键矿产评价方法综述[J]. *中国矿业*, 2017, 26(9): 25-32.
- Guo X Q, Li J W. An overview of critical mineral resource evaluation by foreign institutions[J]. *China Mining Magazine*, 2017, 26(9): 25-32.
- [19]郭娟, 闫卫东, 徐曙光, 等. 中国关键矿产评价标准和清单的探讨[J]. *地球学报*, 2021, 42(2): 151-158.
- Guo J, Yan W D, Xu S G, et al. A discussion on evaluation criteria and list of critical minerals in China[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2021, 42(2): 151-158.
- [20]Giovanni B, Blagoeva D, Dewulf J, et al. Assessment of the methodology for establishing the EU List of Critical Raw Materials [R]. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (European Commission):2017, 10.2760/130462.
- [21]于宏源, 邵律. 欧盟资源政治经济战略和对中国的启示[J]. *上海经济*, 2017(1): 41-47.
- Yu H Y, Shao L. EU's resource political economy strategy and its enlightenment to China[J]. *Shanghai Economy*, 2017(1): 41-47.
- [22]武秋杰, 吕振福, 曹进成, 等. 国内外镓资源分布供需及镓产业链发展现状研究[J]. *矿产综合利用*, 2021(5): 38-44.
- Wu Q J, Lv Z F, Cao J C, et al. Study on distribution and supply of gallium resources domestically and abroad and the present situation of the industry Chain of gallium[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(5): 38-44.
- [23]侯增谦, 陈骏, 翟明国. 战略性关键矿产研究现状与科学前沿[J]. *科学通报*, 2020, 65(33): 3651-3652.
- Hou Z Q, Chen J, Zhai M G. Current status and frontiers of research on critical mineral resources[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2020, 65(33): 3651-3652.
- [24]陈其慎. “战略性矿产研究”专辑特邀主编寄语[J]. *地球学报*, 2021, 42(2): 129-136.
- Chen Q S. Guest editor's preface to the "Strategic Mineral Resources Research" [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2021, 42(2): 129-136.
- [25]成金华, 刘凯雷, 徐德义, 等. 战略性关键矿产资源可供性研究现状与展望[J]. *河北地质大学学报*, 2021, 44(1): 95-103.
- Cheng J H, Liu K L, Xu D Y, et al. Review of the research on strategic and critical mineral resources availability [J]. *Journal of Hebei Geo University*, 2021, 44(1): 95-103.

(上接第 160 页/Continued from Page 160)

- [14]马鸿霖, 贾伟洁, 付长亮, 等. 沙特阿拉伯吉达东北部地质构造与蚀变信息提取及找矿有利部位预测[J]. *国土资源遥感*, 2019, 31(3): 174-182.
- Ma H L, Jia W J, Fu C L, et al. Extraction of geological structural and alteration information and the prediction of metallogenic favorable locations in northeastern Jeddah, Saudi Arabia[J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2019, 31(3): 174-182.
- [15]王洪作, 王丹, 张云龙, 等. 沙特阿拉伯 Jabal Twalah 地区铀/钍矿化特征与成矿机制[J]. *地质学报*, 2021, 95(12): 3828-3841.
- Wang H Z, Wang D, Zhang Y L, et al. Characteristics and genesis of uranium-thorium mineralization in Jabal Twalah, Kingdom of Saudi Arabia[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2021, 95(12): 3828-3841.
- [16]于瑞, 张伟波, 陈秀法, 等. 沙特阿拉伯矿业政策变化与投资环境分析[J]. *国土资源情报*, 2022(3): 16-23.
- Yu R, Zhang W B, Chen X F, et al. An analysis on mining policy changes and investment environment in Saudi Arabia [J]. *Natural Resources Information*, 2022(3): 16-23.
- [17]中华人民共和国商务部. 对外投资合作国别(地区)指南: 沙特阿拉伯(2019 版)[EB/OL]. <https://www.baogaoting.com/info/12400>. 2020-04-12/2021-02-23.
- Ministry of Commerce of the People's Republic of China. Foreign Investment Cooperation Country (Region) Guide: Saudi Arabia (2019). [EB/OL]. <https://www.baogaoting.com/info/12400>. 2020-04-12/2021-02-23. (in Chinese)
- [18]World Economic Forum. The global competitiveness report 2019 [EB/OL]. <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2019/>. 2021-02-23.
- [19]赵志中, 龙长兴, 袁小虹, 等. 非洲与阿拉伯世界潜在的地质公园——第一届非洲和阿拉伯地质公园国际大会综述[J]. *地质通报*, 2012, 31(8): 1359-1362.
- Zhao Z Z, Long C X, Yuan X H, et al. Potential geoparks in Africa and Arabian world: A review of the First International Conference of African and Arabian Geoparks [J]. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(8): 1359-1362.
- [20]Fu H, Fu B H, Shi P L, et al. International geological significance of the potential Al-Medina volcanic UNESCO Global Geopark Project in Saudi Arabia revealed from multi-satellite remote sensing data[J]. *Heritage Science*, 2021, 9(1): 149.