

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2022.03.001

中国地质调查局西安地质调查中心 60 年 发展回顾与展望

唐金荣, 贺帅军, 谢群, 高晓峰, 计文化, 张俊, 薛强, 张宇轩, 杨博,
唐小平, 王亚磊, 李艳广

(中国地质调查局西安地质调查中心/西北地质科技创新中心, 陕西 西安 710054)

摘要:中国地质调查局西安地质调查中心(以下简称西安地调中心)是国家在西北地区的综合性区域地质调查机构。60 年来,因国家建设需要而创建,因国家发展需求变化而调整,为国家重大战略实施和西北地质科技进步做出了重要贡献。本文分起步与发展、调整与拓展、转型与创新 3 个阶段,系统总结了西安地调中心成立 60 年来所做的主要工作和取得的重大成果成效。面对新形势、新需求和新挑战,西安地调中心将坚持公益性、基础性地质调查和战略性矿产勘查的基本定位,坚持全力支持能源、矿产、水和战略性资源保障,精心服务生态文明建设和自然资源管理的工作定位,按照聚焦大需求、立足大地质、调查大资源、服务大生态、做好大支撑、实现大发展的工作思路推进转型发展和创新发展,践行扎根西部、争创一流、报效祖国、服务人民的价值理念,提出聚焦水资源安全、能源资源安全、生态安全、国土安全、自然资源管理中心、发展动力变革、开放合作、提升国际化水平等 8 方面开展工作,努力向世界一流新型区域综合地质调查研究机构迈进,为国家和社会生态文明建设和生态文明建设做出新的更大贡献。

关键词:西北地区;地质调查;地质科技创新;60 周年;发展;展望

中图分类号:P5 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-6248(2022)03-0001-14

Review and Prospect of Sixty Years Development of Xi'an Center of China Geological Survey

TANG Jinrong, HE Shuaijun*, XIE Qun, GAO Xiaofeng, JI Wenhua, ZHANG Jun, XUE Qiang,
ZHANG Yuxuan, YANG Bo, TANG Xiaoping, WANG Yalei, LI Yanguang

(Xi'an Center of China Geological Survey / Northwest China Center for Geoscience Innovation, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Xi'an Center of China Geological Survey (Abbreviated as Xi'an Center) is a comprehensive regional geological survey institution in Northwest China. Over the past 60 years, it has been established for the needs of national construction and adjusted for the changes of national development needs, making important contributions to the implementation of major national strategies and the progress of geological science and technology in Northwest China. This paper is divided into three stages: start and development, adjustment and expansion, transformation and innova-

收稿日期:2022-02-14;修回日期:2022-05-18;网络发表日期:2022-08-15;责任编辑:吕鹏瑞

基金项目:中国地质调查局项目“全国地质调查项目组织实施费”(DD20221837)资助。

作者简介:唐金荣(1978-),男,博士,研究员,主要从事地质科技情报和战略研究。E-mail:jinrongt@163.com。

tion. It systematically summarizes the main work and major achievements of Xi'an Center in the past 60 years. Facing the new situation, new demands and new challenges, Xi'an Center will adhere to the basic positioning of public welfare, basic geological survey and strategic mineral exploration, adhere to the working positioning of fully supporting the protection of energy, minerals, water and strategic resources, carefully serving the construction of ecological civilization and the work of the natural resource management center, and focus on big needs, based on big geology, investigate big resources, serve big ecology, and do a good job in big support. The working idea of achieving great development promotes transformation and innovative development, practices the value concept of taking root in the west, striving for first-class, serving the motherland and serving the people, and proposes to focus on water resources security, energy resources security, ecological security, land security, natural resources management center, development power reform, opening up and cooperation, and improving the level of internationalization, strive to become a world-class new-type regional comprehensive geological survey and research institution, and make new and greater contributions to national and regional economic and social development and ecological civilization construction.

Keywords: Northwest China; geological survey; geological science and technology innovation; sixty years; development; prospect

在迎接党的二十大胜利召开之际,西安地调中心迎来成立 60 周年。回望走过的 60 年,经历了从专业地质研究机构到集地质调查、科学研究和项目管理及社会服务于一体综合研究机构的演变,从一个侧面反映国家地质工作体系的改革发展脉络。但是,无论机构如何调整,西安地调中心致力于摸清西北地质资源家底、报效祖国、服务人民的初心始终没有变,追求一流业务水准的价值理念始终没有变。

西安地调中心前身是 1962 年在国家“调整、巩固、充实、提高”的大背景下,由原地质部将陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆等五省(区)地质局的地质研究所合并成立的西北地质科学研究所,1978 年更名为国家地质总局西安地质矿产研究所。1999 年西安地质矿产研究所(以下简称西安地矿所)划归国土资源部中国地质调查局,被赋予负责统一组织实施西北地区基础性、公益性地质调查和战略性矿产勘查的职责,以及开展公益性社会化服务等工作。2006 年更名为中国地质调查局西安地质调查中心,加挂西安地质矿产研究所牌子。进入新时代,为进一步加强区域地质创新支撑引领作用,2017 年经中央编办批复同意将西安地质矿产研究所牌子更名为西北地质科技创新中心。

60 年来,西安地调中心先后完成国家和地方各类地质调查与科学研究项目 850 余项,获科技奖项

160 余项,专利 60 余项。其中,获得国家科技进步特等奖 1 项,全国科学大会成果奖 8 项,省部级科技奖一等奖 13 项、二等奖 33 项,中国地质调查局地质科技奖(地质调查成果奖)一等奖 10 项、二等奖 7 项。

回顾西安地调中心风雨兼程的 60 年,大致可划分为起步与发展、调整与拓展、转型与创新等 3 个阶段。本文以这 3 个阶段为主线,概要介绍服务国家、区域经济社会发展和促进地质科技进步等方面取得的主要成果成效,以便从中汲取宝贵的经验、做法,传承优良的品格和作风,为建成世界一流新型大区地质调查机构提供指引。

1 起步与发展阶段(1962~1998 年): 聚焦国家急需,打造专业特色

1962 年,为贯彻落实全国科学工作会议精神和中共中央《关于加强科学研究的十四条意见》,地质部党组研究在全国 6 大区建立大区地质科学研究机构。1962 年 10 月 1 日,地质部西北地质科学研究所正式办公。此后 30 多年里,西北地质科学研究所和更名后的西安地质矿产研究所按照“以区域性为主,与专业性相结合,贯彻重点突出、各具特色的方针”,履行核心职责,在大地构造理论、海相火山岩及

成矿基性-超基性岩与铬、铁、铜、镍等急需矿产成矿规律与找矿研究方面形成独特优势。

1.1 建立西北构造、岩浆岩和地层格架,解决了制约找矿的重大地质问题

新中国大规模经济建设的初期,地质工作凸显了在国民经济社会发展中的先行作用和基础作用,主要任务是铁、铜、石油等重要资源能源普查和勘探,但是区域地质构造格架和成矿地质背景成为制约资源能源勘探开发的瓶颈,西北地质科学研究所据此开展地质研究工作。

(1)率先引进板块构造理论,促进中国大地构造理论研究与发展。1973年李春昱先生在国外板块构造理论诞生不到10年内,发表了《试谈板块构造》和《再谈板块构造》文章,将板块理论率先引入到国内。同时,将板块理论应用于祁连山的地质研究,提出祁连山造山带自晋宁期以来存在2种构造体制(裂谷和板块构造)和3种造山作用(俯冲造山、碰撞造山、陆内造山)。其中,“中朝板块南缘北祁连山蓝片岩及其板块动力学研究”成果(吴汉泉等,1990)在1996年第30届国际地质大会上成为主题报告,并成功举办在祁连山区设置的4条地质考察路线之一T392蓝片岩、榴辉岩和蛇绿岩的野外实地考察(冯益民等,1997)。

(2)海相火山岩岩石成因及成矿机制研究形成特色方向。基于西北地区广泛分布的、记录着古生代洋-陆构造演化过程海相火山岩,以宋叔和院士等为代表的岩石学家对细碧角斑岩系的成因、组成和分类命名等提出了系统见解,对该岩石类型与铜多金属矿的成因关系进行了总结,为海相火山岩及成矿理论的研究奠定了基础。20世纪80~90年代,开展以秦岭-祁连山海相火山岩组合特征及重点矿田(床)成矿模式、成矿背景研究,确认了北祁连构造带沟-弧-盆地体系,将祁连造山带及其邻区划分成4个一级单元、6个二级单元和10个三级单元(夏林圻等,1991;冯益民等,1996)。

(3)开展西北地区地层古生物综合研究。自20世纪60~80年代,在总结古生物群的基础上,组织并联合中国科学院南京地质古生物研究所等多个单位编纂《西北地区古生物图册》,开展了甘肃北山方山口南部肃北盐池湾地区石炭纪-二叠纪地层、大巴山西段早古生物代地层(李耀西等,1975)、西秦岭古生代地层、西秦岭区早泥盆世地层及古生物群、徽

成盆地陆相中生代地层与古生物、北山地区前寒武系、陕西紫阳志留纪地层及古生物(傅力浦等,1986)等研究,进一步细化了西北地区地层古生物的综合研究,建立了西北地区地层区划和地层系统(张二朋等,1998)。发现并研究了陕西南部紫阳晚特里奇阶,在世界上是最完整的笔石带谱系的演化(傅力浦,1985),为后期发现以三叶虫为代表的紫阳动物群(王健等,2019),建立该地高分辨率地层区域数据库和世界上发育最好的特列奇期-文洛克期笔石相剖面奠定了基础。发现并建立了陕西宁强晚震旦世晚期高家山生物群,丰富了震旦纪生物群的组合面貌(张录易,1986),并与西北大学开展联合研究,取得了突破性进展,高家山生物群被称为震旦纪“五大生物群”之一(张录易等,2001)。

(4)编制地质等专题图件支撑区域找矿工作。针对复杂的构造体系交汇区、成矿有利地区编制完成了西安幅、玉门幅、兰州幅、宝鸡幅等4幅1:100万地质图及说明书,作为参与单位完成的全国编图总成果荣获1978年全国科技大会奖。

1.2 开展铬、铁、铜等成矿与找矿科研攻关,保障国家急需矿产需要

为了保障国家工业化建设所急需的铬、铁、铜等金属矿产,西北地质科学研究所和西安地质矿产研究所聚焦国家急需,开展专项攻关研究工作。

(1)20世纪60年代初,以国家急需铬铁矿资源为主攻矿种,重点对北祁连玉石沟铬铁矿进行评价,率先提出该地区铬铁矿矿体的矿石质量符合工业要求,铬铁比值为2.47~3.96,岩浆分异充分,成矿潜力好,为支撑中国铬铁矿的勘查部署提供了科学依据。

(2)开展岩浆岩及成矿理论研究。宋叔和院士等提出中国岩浆岩主要类型及成矿特征(宋叔和等,1978),并以北祁连山白银厂块状硫化物铜多金属矿床为重点开展国家紧缺的火山岩型铜矿研究。夏林圻、夏祖春等提出新的海相火山岩分类方案,使得海相火山岩及成矿理论研究得到了进一步深化,建立了海相火山岩浆-热卤水对流循环成岩成矿理论模式和岩浆演化序列(夏林圻等,1996,1998);郭介人等对西北海相火山岩地区块状硫化物矿床进行了研究(郭介人等,1994),为西北地区铜的找矿发现奠定了理论基础。

(3)系统开展西北地区基性-超基性岩体分布规

律、赋矿特征、成矿条件研究。初期重点在秦岭-祁连造山带开展了铬铁矿成矿条件和评价预测研究,在甘肃金川和青海德尔尼等地开展部分钒钛磁铁矿、硫化铜-镍和铜-钴矿床评价研究,后期全面着眼整个中国大陆不同类型基性-超基性岩和有关系列矿产进行研究(李行,1992)。首次将新疆基性-超基性岩划分为绿岩建造型、类暗色岩建造型和蛇绿岩建造型3种建造类型,整体提高了西北地区基性-超基性岩成岩铜镍成矿理论研究水平(杨星等,1993;李行等,1995;董显扬等,1995)。通过该时期针对铬、铁、铜等矿床的专项科技攻关,建立了一系列的勘查标志,有效引领了西北地区的矿床勘查部署。

1.3 强化技术引领,开发和研制多项技术方法和多种国家一级标准物质

围绕找矿需求和资源开发利用难题,开展科技创新和研发,开发和研制多项技术方法和多种国家一级标准物质。

(1)率先研制了超基性岩(D Σ -1、D Σ -2)、铬铁矿(DCr-1、DCr-2)4个标准物质,为金川铜镍矿会战提供了有力支撑。20世纪70年代,与国内8个科研单位联合承担了“甘肃金川特大型硫化铜镍矿床中铂族元素综合利用”科研项目,该项目研究了铬铁矿和超基性岩分析方法,攻克了Os、Ir、Ru、Rh等痕量元素的分析方法。陈济梓等人以铬铁矿和超基性岩分析方法技术为依托,研制了2个铬铁矿、2个超基性岩的标准样品,成为中国首批国家一级地质标准物质,出版了国内第一本铬铁矿分析方面的专著(许大兴,1977),填补了中国地质部门标准样品的空白,为金川铜镍矿采选冶工艺流程制定提供可靠的科学依据。

(2)首次在地质矿产系统引进法国Jobin-Yvon公司生产的激光拉曼光谱仪,满足了成岩、成矿条件研究工作对大型仪器的需求,为后期相关成岩、成矿成果奠定基础。皖西南变质岩中柯石英的发现与研究证实了华中高压-超高压变质带的存在;北祁连硬柱石-蓝闪石矿物组合的识别使北祁连蓝片岩带成为中国岩石矿物组合最全、最典型的高压低温变质带。此外,首次提出拉曼散射截面标准化因子与分子振动轨道重叠积分变化成正比的理论模式(徐培苍,1996),建立了气、液和熔融包裹体定量分析方法,对矿藏形成条件研究和流体地质理论的深化具有重要意义。

2 调整与拓展阶段(1999~2013年):坚持中央“野战军”定位,引领公益性与拉动商业性地质工作相结合

顺应国家改革开放和市场经济发展的需要,1999年国家推进地质工作公益性与商业性改革,组建中国地质调查局,负责统一组织实施国家公益性、基础性地质调查和战略性矿产勘查。同年,西安地质矿产研究所划归中国地质调查局,主要负责组织实施陕、甘、宁、青、新等西北地区地质调查研究和项目管理等。自此,西安地调中心进入快速发展轨道,业务领域不断调整与拓展,实现了从专业研究机构向大区综合地质调查研究与业务管理机构的转变,在提升西北基础地质调查研究程度、支撑国家找矿突破战略行动、保障水资源安全和服务减灾防灾等领域做出了重要贡献,为后续的转型与创新奠定坚实基础。

2.1 快速提升西北基础调查工作程度,编制系列西北地质图件

秉承基础地质工作先行的总体思路,全面展开基础调查工作,编制系列西北地质图件,快速提升西北基础调查工作程度。

(1)组织开展西北地区基础调查工作。截止2013年底,西北地区共完成1:25万区域地质调查,总面积148.47万km²,占西北地区面积的48.5%;1:5万区域地质(矿产)调查,完成115.51万km²,占比37.7%;1:25万~1:20万区域重力测量,完成169.59万km²,占比55.4%;1:5万航磁测量,完成90.5万km²,占比29.6%;1:25万~1:20万区域化探扫面,完成184.23万km²,占比60.2%;1:20万水文地质调查,完成167.3万km²,占比54.7%。完成了青藏高原北部空白区1:25万基础地质填图,基本实现了西北地区基岩区中大比例尺地质调查全覆盖。同期,为解决关键地质问题,部署造山带中大比例尺填图(北祁连、阿尔金、天山等)、关键问题区矿产地质调查(北山、东昆仑、西昆仑等)及灾害地质调查(延安、礼县、晋陕峡谷、勉略等)示范工作。

(2)编制完成西北地区6大成矿带主要地质图件。完成1:50万、1:100万和1:150万西北地区及重要成矿带系列地质图和构造相图编制和出

版,系统总结西北地区4个构造演化阶段构造-建造特征,为区域找矿奠定了坚实的基础(徐学义等,2008;王永和等,2020)。

(3)为建立西北地质构造格架发挥重要作用。基于特提斯构造域南北向分布不同时代蛇绿岩的地质现象,通过梳理,建立青藏高原北部构造-地层格架、青藏高原及邻区前寒武纪地层时空格架和构造热事件序列,以及恢复区域上古生代各阶段岩相-古地理图(李荣社等,2012;何世平等,2012),提出了“一个大洋和两个陆缘”系统的认识(李荣社等,2008)。

(4)创新性提出天山石炭纪—二叠纪大火山岩省观点(Xia et al., 2004, 2008)。在火山岩研究基础上,认为天山及邻区广泛分布的石炭纪—二叠纪火山岩及同时产生的侵入岩形成于大陆裂谷环境;在此基础上提出鉴别岛弧火山岩和大陆火山岩地球化学标准(Xia et al., 2014),系统总结了我国中西部及邻区大陆板内火山作用。

2.2 积极构建省部地质合作新机制,推动西北重要成矿带实现找矿新突破

为支撑服务国家西部大开发战略,充分挖掘和发挥西北地区的资源优势,西安地调中心积极发挥大区中心优势,探索建立中央公益性与地方公益性联动新机制,通过机制创新、科技创新,首次建立了国家级整装勘查区遴选和评估技术方法,遴选出26个整装勘查区,促进了西北一大批重要矿床发现与开发。同时,部署研究与组织实施西北地区地质调查项目2000多项,开展西北各省区地质调查队伍业务培训与能力建设,为国家战略性矿产资源基地形成与勘查开发奠定了基础。

(1)率先启动并组织实施新疆“358项目”,探索建立了“统筹部署、政策保障、创新引领、整体推进、持续突破”的新疆“358”新机制,引领了全国找矿突破战略行动。项目实施8年来,在新疆新发现矿产地219处,新形成全国有影响的10个资源开发基地,奠定了新疆矿产勘查开发的资源基础,使新疆原以油气、煤炭等能源矿产为主的优势矿种分布格局改变为能源和大宗矿产并重的优势矿种分布格局,将新疆原以北疆东天山—阿尔泰地区为主的资源开发空间分布格局改变为北疆—南疆近于均衡的资源开发空间分布格局。

(2)组织实施了青藏高原(青海片区)地质矿产调查与评价专项,取得了东昆仑镍矿、金矿、柴达木

盆地深部钾盐、油气及玉树、沱沱河铜钼铅锌银找矿为代表的系列找矿新突破,促进了4大新资源基地的形成,分别是祁漫塔格千万吨级铁铜镍铅锌资源勘查开发基地、东昆仑千吨级金矿勘查开发基地、柴北缘30亿吨级煤炭勘查开发基地和木里-热水35亿吨煤炭勘查开发基地。

(3)围绕西北地区7大成矿带深入开展典型矿床成矿过程、成矿地质背景、区域成矿规律与矿产资源潜力等综合研究。经过充分总结,提出了地幔柱和板块构造叠加控制着新疆北部大规模岩浆作用与成矿、俯冲碰撞-造山后伸展转换阶段为特提斯构造域大规模成矿的动力学机制;丰富和发展了“小岩体成大矿”等一系列成矿理论认识(李文渊等,2012)。先后编著并出版《西北地区矿产资源找矿潜力》(西安地质矿产研究所,2006),《西北地区重要矿产概论》(杨合群等,2017),《西北地区重要矿产资源潜力分析》(董福辰等,2018)等重要专著和图件,显著提升和促进了西北地区重要成矿带研究程度及找矿突破。

2.3 全面开展西北缺水地区地下水勘查,满足了国家能源基地建设和人民群众饮水用水等需求

为保障国家西部能源化工基地建设,查明鄂尔多斯盆地地下水资源与开发利用潜力,促进区内资源优势转变为经济优势。1999年,中国地质调查局将“鄂尔多斯盆地地下水勘查”列为新一轮国土资源大调查首批启动项目,西安地调中心负责组织开展勘查与研究,并后续滚动至西北重要盆地多轮项目。

(1)探明了鄂尔多斯盆地地下水资源总量和开发利用潜力,建立了全盆地三维地质结构模型及白垩系地下水流模型,阐明了大型盆地地下水循环模式,定量揭示了不同深度地下水循环机理和可更新能力,为地下水合理开发利用提供了理论基础(侯光才,2008)。

(2)先后开展了陕北、内蒙、陇东、宁东4个国家能源基地地下水勘查等部省(区)合作项目,划定了18处地下水富集区和161处水源地,水源地累计供水能力达22亿 m^3/a ,为国家能源化工基地规划建设提供了水资源保障。采用“探采结合”的方式,为当地成井350多眼,合计出水量约60万 m^3/d ,解决了20多个城镇和上百个乡村近60万人的生活饮水问题,为改善革命老区和少数民族地区人民群众生活条件,促进地方经济发展和加强民族团结做出了

重要贡献。

(3)开展西北大中盆地地下水资源与环境调查,取得重要进展。先后开展柴达木盆地、新疆伊犁、塔里木盆地地下水资源与环境调查,查明了地下水赋存条件与分布规律、地下水与植被生态的关系,圈定具有供水前景的富水地段,评价地下水资源及其开发利用的生态环境效应,为柴达木循环经济区、新疆等缺水地区的社会经济发展提供用水保障。

(4)总结形成了一套旱区生态水文地质调查评价技术方法体系。通过地质调查深化了对旱区地下水与植被生态互馈机制的认识,查明了植被用水的策略与季节变化特征,发现了植被水分胁迫形成与解除的机理,编制了《西北干旱-半干旱区1:5万生态水文地质调查技术指南》,丰富和发展了生态水文地质学理论(Yin et al., 2015),为西北地区水资源开发利用、生态保护修复与国家能源基地建设提供了重要支撑。依托相关成果,推广交流了生态水文地质野外调查、综合研究和评价的技术方法,累计组织举办国内外培训会议10余次,培训来自30多个国家的300余技术人员和政府管理人员。

2.4 科技创新助力防灾减灾,服务保障人民财产和生命健康

2005年以来,西安地调中心围绕国家和地方政府防灾减灾重大需求,瞄准黄土地质灾害成灾规律和风险控制关键科技问题和难点,在黄土地质灾害调查评价、成灾规律和风险控制技术等方面取得了一系列创新研究成果。

(1)开展西北黄土高原区地质灾害调查评价。通过延安宝塔区地质灾害详细调查示范、监测预警示范、风险管理示范,组织开展西北黄土高原区地质灾害调查评价,发现地质灾害隐患点14161处,首次系统揭示了黄土高原区地质灾害成灾规律,建立了递进式地质灾害调查技术方法体系和示范,形成递进式《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1:50000)》、《集镇滑坡崩塌泥石流勘查规范(1:10000)》和《滑坡防治工程勘查规范》(1:5000~1:500)3套规范,引领完成了全国丘陵山区1728个县(市)地质灾害详细调查(张茂省等,2008,2011;唐亚明等,2008)。

(2)研发了黄土斜坡“含水率-吸应力-局部安全系数-失稳概率”的耦合模型,构建了基于水文过程的黄土滑坡精细化监测预警体系。该预警体系后期分别在陕西延安、甘肃黑方台3次成功预警黄土滑

坡,避免了400余人伤亡(Tang et al., 2015;薛强等,2018)。

(3)结合黄土渗透性低的特点,建立了以控“水”为主线,以虹吸排水、混合井排水、廊道排水等为核心技术的黄土地质灾害风险管控技术,拓展了地质灾害风险防控解决方案。

(4)积极支撑服务地质灾害应急抢险救灾。在“5.12”汶川地震、“4.14”玉树地震、“7.22”岷漳地震、“8.12”陕西山阳滑坡、“7.3”延安暴雨灾害等20余起地质灾害应急抢险救灾中发挥了重要技术指导作用,及时撤离受威胁群众,有效降低了人员伤亡和财产损失。

2.5 积极拓展国际交流合作,促进地质学科发展和科技创新平台建设

进入21世纪以来,通过联合举办国际学术研讨会、双方互访、野外联合考察等交流方式,西安地调中心与国际原子能机构、法国、澳大利亚、加拿大、荷兰、美国、挪威、英国、奥地利、蒙古国、韩国、日本和中亚西亚等国家和地区地学机构开展广泛合作交流。在国际合作交流中,提升科技水平和解决地质问题的能力,助力1个国际研究中心(中国-上海合作组织地学合作研究中心)、2个自然资源部重点实验室(岩浆作用成矿与找矿、黄土地质灾害)、1个中国地质调查局业务中心(造山带地质研究中心)、2个中国地质调查局重点实验室(干旱-半干旱区地下水与生态、北方古生界油气地质)和1个陕西省工程技术研究中心(陕西省水资源与环境工程技术研究中心)的建设,使地下水与生态、黄土地质灾害防治、造山带填图与构造演化、中亚和西亚成矿规律与找矿研究等优势学科或领域走向世界舞台。

(1)水文地质领域:与国际原子能机构、法国、澳大利亚、联合国教科文组织水资源学院建立合作关系,联合举办“鄂尔多斯盆地地下水勘查国际学术研讨会”,展示了鄂尔多斯盆地地下水勘查研究取得的最新进展和成果,在澳大利亚自流水盆地和美国丝兰山的水文地质及数值模拟方面开展交流对比,联合开展鄂尔多斯盆地地下水与生态关系研究,扩大了水文地质领域国际影响力。

(2)黄土地质灾害领域:与挪威岩土工程研究所开展地质灾害风险减缓合作研究,与美国科罗拉多矿业大学开展黄土水敏性及其灾变力学机制合作研究,对西北黄土高原区典型地质灾害进行了野外联

合考察。承办中国地调局与国际滑坡协会(ICL)在西安联合举办的地质灾害高级研讨班,交流黄土高原地质灾害研究最新进展。

(3)地质填图合作方面:先后开展中澳1:25万、1:10万地质填图技术合作填图试点项目和中加1:2.5万现代地质填图试点项目,通过开展地质填图,完善区域地质图成图技术方法体系,支撑建立中国地质调查局区调新标准和推动中国地质填图改革,培养多名地质填图专业人才,大大提升了地质填图水平,在全国区域调查优秀图幅展评中获得特优图幅2幅,优秀图幅3幅。

(4)自2003年开始,全面开启中亚西亚地区境外合作地质调查研究工作。整体上掌握丝路沿线,尤其是一带一路“中国-中亚-西亚”、“中-巴”两大经济走廊的地质构造格架、区域地质背景、巨型成矿带时空展布规律与优势矿产资源分布(吕鹏瑞等,2020),为中国资源勘查与矿业开发及相关规划制定等奠定了区域图件资料基础,也为梳理和聚焦重大基础地质科学问题、关键矿产勘查等打下了良好基础。

3 转型与创新阶段(2014年~):以国家和区域重大需求为引领,推进地质调查工作战略性结构调整

党的十八大以来,为更好地适应国家经济社会发展和生态文明建设发展的需要,中国地质调查局新一届党组要求,按照“需求结构决定业务结构,业务结构决定经费结构和组织结构”思路推进地质调查战略性结构调整。党的十九大之后,局党组提出“全力支撑能源、矿产、水和战略性资源保障,精心服务生态文明建设和自然资源管理中心工作”的工作定位。遵照中国地质调查局党组的要求,西安地调中心加快转型发展与创新发展的步伐,业务部署更加突出低碳清洁能源和战略性矿产调查评价,更加突出对生态文明建设和自然资源管理支撑,更加突出对国家重大战略和重大工程的服务,更加注重信息化建设、科技创新及人才的培养,更加突出地质服务社会和对地方公益地质工作的引领。特别是2017年加挂了经中央编办批复的西北地质科技创新中心后,进一步聚焦制约资源、环境、灾害、生态和地球系统科学问题,集中攻关。

3.1 支撑服务国家油气体制改革,积极拓展氦气战略资源调查新领域

为贯彻落实国务院《关于深化石油天然气体制改革的若干意见》和《矿业权出让制度改革方案》等相关要求,西安地调中心积极开展西北新区、新层系、新领域油气及战略资源地质调查,取得了一系列新认识与新发现。

(1)发挥基础地质优势,创新地质认识,取得油气调查突破。提出了银额盆地白垩系、侏罗系、石炭系—二叠系等3套油气系统和6个分区的整体认识,并在蒙额参3井发现多层系、多类型油气资源。明确了深化居延海拗陷、拓展苏宏图拗陷、探索尚丹拗陷的布局。银额盆地取得油气发现和成藏理论创新认识,引领了中国北方叠合盆地深层油气勘查与突破,服务国家能源资源安全保障。

(2)确定了一批油气成藏远景区,优选出额济纳旗南部、芨芨海子、务桃亥、温图高勒苏木、苏宏图北部和银根苏木等6个有利勘查区块,有力地支撑了油气体制改革。在务桃亥、温图高勒苏木和苏宏图北部等3个区块获得油气发现,其中务桃亥和温图高勒苏木区块获得高产工业油气流。根据中国石化数据,务桃亥区块中的拐子湖凹陷估计石油资源量4.61亿t,巴丹吉林油田三级储量规模已达到5000万t,已提交石油探明储量461.25万t,有望建成一个新的原油生产基地(蔡勋育,2020)。联合各大油公司建立了资料共享、深化合作的机制,实现了以公益性地质调查对商业性油气勘探的拉动。

(3)创新提出富氦天然气成藏理论及氦气调查评价技术方法体系。提出渭河盆地水溶气广泛分布,富氦天然气局部富集的新认识,圈定了3个氦气成藏远景区(李玉宏等,2017,2018),为构建中国氦气资源基地打下良好基础。支撑中国首个氦气探矿权在渭河盆地设立,带动陕西、山西、江苏等省地勘基金及相关企业氦气勘查投入。提出的中国氦气资源保障建议,推动了全国新一轮氦气资源调查和开发利用。按财务部要求完成氦气资源调查评价与开发利用示范专项实施方案编制。2021年获批国家重点研发计划“变革性技术关键科学问题”重点专项课题《复杂地质介质中氦气运聚及富氦气藏封盖机制研究》。

3.2 服务国家战略性矿产供应安全保障,开展西北地区地质找矿和靶区优选

为贯彻落实新发展理念,统筹做好安全与发展,

西安地调中心大力推进矿产资源调查评价转型升级,在战略矿产找矿和大型资源基地综合评价等方面取得系列成果。

(1)组织实施南疆大型矿产资源基地调查工程,支撑实现南疆地区重大找矿突破。工程在总结区域成矿规律基础上,提出了昆仑古特提斯洋陆转化与锰、锂、镍、钴成矿系统认识,重建了古特提斯构造演化和关键矿产的成矿响应,创建了西昆仑锂、锰、铅锌成矿模式,引领和促进形成大红柳滩百万吨级锂矿、火烧云千万吨级铅锌矿、玛尔坎苏亿吨级富锰矿、乌拉根-萨热克铅锌矿等4处国家大型资源基地,提交了11处新发现矿产地和91处找矿靶区。开展和田火烧云-大红柳滩地区矿产资源地质潜力、开发条件和环境影响“三位一体”综合调查评价试点工作,为南疆地区绿色矿业发展提供了规划依据和科学支撑。

(2)重建了西北地区南华纪-二叠纪的构造-地理格局与演化史,探索以陆(地)块为核+侧向/垂向不规则增生造山带构造单元划分的新理念,提出古亚洲大洋盆残迹位于北天山-康古尔塔格-红石山一带的新观点和秦-祁-昆早古生代弧-盆系属于特提斯构造域的新认识,深化了西北地区成矿地质背景(计文化等,2020)。

(3)支撑国家战略矿产供应安全保障,启动西北地区新一轮找矿突破战略行动。优选了61个重点调查区,部署了河西走廊-河套盆地油气区块优选调查评价、天山-东准噶尔钨、锡、铌、钽、锰多金属矿区块优选调查评价、昆仑地区锂、锰、镍多金属矿区块优选调查评价、秦岭-祁连山铍、钨多金属矿区块优选调查评价、北大巴山铁、镍多金属矿区块优选调查评价,圈定找矿靶区,提交勘查区块。

3.3 支撑自然资源部水资源管理职责履行,深化西北大型盆地地下水资源评价及水循环理论研究

全力支撑自然资源部履行“两统一”职责中水资源管理等职责,在中国地质调查局统一部署下,西安地调中心组织完成西北干旱内陆盆地地下水统测和资源评价,创新水循环理论和评价生态需水量,服务南疆水与生态安全保障。

(1)完成西北干旱内陆盆地地下水资源评价,初步摸清西北地区自然资源重要组成部分水资源家底,为水资源开发利用与生态保护提供科学依据;建立了西北地区地下水年度监测网,全面掌握了该区

地下水流程和埋深的空间分布和动态变化规律;完成西北干旱内陆盆地地下水统测和资源评价。首次查明西北地区地下水储量,构建地质调查支撑水资源管理“四体系一机制”。

(2)地下水循环理论创新取得突破。首次利用实测数据成功识别了地下水流系统的多级嵌套结构(Zhang et al.,2021);在鄂尔多斯盆地首次发现超过20万年的地下水,在塔里木盆地首次发现大于18万年古水,更新了前人对西北大型盆地地下水循环规律的传统认识,为水资源可持续利用提供最新依据。

(3)完成银川盆地地下水与湖泊湿地历史演化研究和黄河宁蒙段河谷国土空间开发利用状况调查;解答湖泊萎缩并非由地下水开发利用引起等关键环境地质问题,服务黄河流域生态保护。

3.4 支撑服务西北地区生态文明建设,探索开展矿山环境修复和生态地质调查等工作

为贯彻落实生态文明建设理念,西安地调中心积极发挥地质专业优势,加快推进转型发展,拓宽地质服务新领域,在矿山环境生态修复和重要生态系统保护修复中进行了大量的探索与实践。

(1)基于矿山环境治理与修复调查研究成果,积极主动服务矿山地质环境保护与废弃矿山地质环境综合治理工作。先后为河南省灵宝市、陕西省铜川市、潼关县人民政府申报资源枯竭型城市矿山地质环境治理中央财政专项资金8.6亿元提供技术服务,为消除矿山地质灾害、土地复垦、生态修复发挥了重要科技支撑作用。2021年完成安康紫阳县蒿坪河流域废弃石煤矿区环境污染现状调查及环境风险评估,提交矿山污染治理的总体方案,为生态环境部门实施南水北调汉江水源涵养区废弃矿山污染综合治理提供了重要依据。

(2)创新形成矿山地质环境问题分类体系、调查评价及编图方法、矿渣型泥石流防治技术、土壤重金属累积预警方法及基于矿洞冷暖风温度调节系统及方法、矿产资源绿色勘查开发全过程一体化的理论。

(3)完成黄河上游生态地质调查。在黄河上游建立“黄河源冻土生态系统野外监测站”,构建了高寒生态功能区生态地质调查技术方法体系,持续服务黄河源区生态保护;在黄河中游干旱沙盖黄土区开展生态修复试验,以及沙地土壤涵养剂实验及保水效果监测,为有效地提高旱地和沙地、盐碱地土壤可耕种性提供科学依据。

(4)开展自然资源综合调查和支撑督察执法等工作。发挥多学科集成优势,完成1:100万尺度的基础地质数据库和相关属性库建设,在榆林、芦河流域开展自然资源综合调查试点工作,积极谋划部署山、水、林、田、湖、草、沙等自然资源一体化地质调查工作。支撑完成西北五省、新疆生产建设兵团耕地保护督察及国家级综合分析研判、青海省矿产资源督察、黄河宁夏段河道内乱占乱建问题及国务院第8次大督查等工作。

3.5 支撑服务区域协调发展和城市群建设,深化西北地区地质安全评价研究

立足于中国黄土高原和西北主要城市群,面向国家对黄土滑坡综合防控的重大需求和城市高质量发展需求,在深化黄土地质灾害致灾机理和防治研究、关中城市群地质调查和国土空间规划方面取得系列成果。

(1)深化黄土地质灾害防治研究。围绕黄土地区地质灾害重大关键科技问题,先后组织实施了国家自然科学基金重点项目“黄土水敏性的力学机制及致滑机理”、国家重点研发计划“黄土滑坡失稳机理、防控方法研究与防治示范”等重大科研项目;揭示了黄土遇水后发生崩解、湿陷、滑动等力学行为本质,建立了水致黄土地质灾害6种典型演化模式并揭示了其诱发机理,更新了原有认识;创新提出以吸应力为核心的黄土水敏性力学机制,为黄土地质灾害防控提供了科学依据(张茂省等,2016,2017; Tang et al.,2020)。构建了黄土滑坡精准探测与早期识别技术体系,建立了典型黄土斜坡多参数综合感知系统和黄土滑坡综合防控示范基地,为黄土滑坡孕灾机理和面向坡体的精细化预警提供了依据;提升了黄土滑坡“何时发生”的科学预判能力(张茂省等,2021; Tang et al.,2022)。在普适性地质灾害监测预警实验、汛期地质灾害应急防御工作中发挥了重要科技支撑。

(2)打造的“精准对接需求,精准解决问题,精准提供服务”的延安城市地质工作模式得到社会广泛认可。围绕延安城市发展空间不足、革命旧址保护、水资源短缺等问题开展综合地质调查。完成延安城市地下空间开发潜力评价,支撑城市地上地下空间合理开发利用;研制黄土双聚脱敏增强材料与革命旧址绿色修复技术,有效解决了延安宝塔山、中共中央西北局等革命旧址黄土边坡地质灾害和工程病害

等问题。

(3)开展西安、关中平原城市群国土空间规划研究。评价了“引汉济渭”重大工程环境响应、城市内涝、黄土湿陷与地面塌陷等地质安全风险。全方位支撑西安市国土空间规划,评价地面沉降地裂缝风险,支撑西安地铁安全运营,地下空间探测与建模,支撑西咸一体化资源环境承载力评价,提交《加强城市地质工作,支撑“地上地下两个西安”的工作建议》,推进“中央引导,地方主导”的城市地质工作模式(董英等,2019)。

(4)完成宁夏沿黄生态经济区银川市、吴忠市、石嘴山市和中卫市等4个地级城市综合地质调查;总结城市自然资源优势,评价城市地质安全性,研究城市环境地质问题,并提交地方政府,有效支撑了区域城市高质量发展。

3.6 主动服务国家重大战略和地方经济发展,积极发挥地质工作专业性优势

聚焦国家和区域重大需求,科学部署地调科研工作任务,积极服务国家重大战略和地方经济发展。

(1)积极服务黄河流域生态保护和高质量发展。研究编著出版《中国黄河中上游自然资源图集》,供有关决策部门参阅;开展黄河上中游生态调查研究,评价黄河上游水源涵养和中游土壤保持生态功能,为三江源等国家公园提供保护与修复建议。

(2)积极服务南疆脱贫攻坚战。深化了自然资源部“地质调查+扶贫模式”,大力推进资源优势转换为经济优势,探索出国家公益性地质工作主动服务地方经济社会发展和产业扶贫的“克州模式”,并在和田等地区形成带动示范效应,为南疆地区民族经济发展、脱贫攻坚、富民固边和民族团结进步事业做出了重要贡献。2019年,南疆地区大型资源基地调查团队获国务院“全国民族团结进步模范集体称号”。

(3)服务乡村振兴战略成效明显。全面摸清西北地区土地质量生态状态,查明西北地区富硒耕地基本情况。新发现富硒耕地943万亩,富硒农牧产品33余种。在青海省、新疆焉耆县、陕西韩城地区、陕西商洛红岩村等地圈定富硒土地,新发现富硒农牧产品,编制富硒资源开发利用建议,为地方政府推进富硒特色土地资源开发利用提供科学依据;发现南疆“硒腰带”,牵头编制新疆首部富硒标准《富硒含硒食品硒含量分类标准》;在新疆焉耆县建立“富硒资源高效利用试验示范基地”,支撑“新疆维吾尔

自治区焉耆县五号渠乡头号渠村天然富硒地块”入选全国首批认定的30个天然富硒土地。

(4)积极服务国家川藏铁路重大工程建设。开展波密地区1:5万廊带专项地质填图,填绘和建立了工作区内重点区段的构造地层格架,厘定了工作区第四系成因类型;运用多学科综合手段,以构造岩石属性为依据调查评价工程地质条件,为川藏铁路规划建设提供了翔实可靠的地质基础性支撑数据。

3.7 支撑服务国家“一带一路”倡议,深化中亚-西亚地区国际交流合作

积极响应国家“一带一路”倡议,按照“三服务一促进”要求,推进境外地质调查转型。

(1)建立和拓展政府间地学合作新机制,促成地调局与吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、巴基斯坦、伊朗、土耳其等地矿机构签署MOU或合作协议近40份,为150余家国内矿业企业、地勘单位提供了资料、技术及信息咨询服务。

(2)建立“西安地调中心+合作国地矿机构+境外中企”的工作模式。搭建了境外中资矿企业与投资国地矿机构合作交流渠道,支撑了境外中企矿山增储、外围找矿靶区圈定与找矿突破、矿权申办等工作,满足了合作国地质调查科技合作的诉求,实现了“三方共赢”。

(3)建强中国-上海合作组织国际地学合作研究中心。定期举办“丝绸之路经济带国际地学合作研讨会”和“一带一路国际地学合作与矿业投资论坛”等国际会议,深化国际合作和信息服务。举办“上合组织国家地质青年交流实践营”,协助举办各类国际培训班20多期,培训学员400余人次;联合中国地质大学(武汉)成立了“中国-上合组织地学中心武汉学院”;联合陕西地质调查院等单位成立了“中国-上合组织地学研究中心卫星遥感应用中心”,丰富了上合组织地学中心的合作内涵,打造了其区域国际性地学人才交流和培训高地;30余位国外高级访问学者来西安学习交流,40余位参与合作项目的国外优秀青年被推荐来华深造,攻读硕士博士学位。

(4)积极向省、市政府建言筹建西安国际矿业权交易所,助力陕西融入“一带一路”大格局和西安“国际化大都市”建设。

3.8 聚焦关键理论技术方法攻关,大力推进科技创新和信息化建设

顺应国家科技改革要求和信息技术革命带来的

变化(杨宗喜等,2013;施俊法等,2014),西安地调中心将科技创新与信息化建设摆在非常重要的位置,全面提升了解决制约资源、环境、生态、灾害和地球系统科学问题的创新能力。

(1)创新建立现代地质填图方法。通过中-澳、中-加合作填图、高山峡谷区地质试点填图等,总结现代地质试点填图经验,建立了造山带(蛇绿)构造混杂岩带填图方法(李荣社等,2016)、高山峡谷区填图技术方法(辜平等,2018)等,提出“构造-岩性”实体表达理念,建立多学科集成应用的地质填图技术体系,推动了中国地质调查地质填图实质性改革落地。

(2)研发多项地球物理勘查技术方法。提出重磁地下空间快速成像与构造边缘识别方法技术体系,实现了重磁由平面空间解释向地下三维空间异常体立体识别转变;建成了山区位场校正与异常分离技术,解决复杂山区重磁综合校正与应用问题;建立了复杂山区“空-地-井”协同三维勘查与大数据融合处理方法技术体系,实现了透明化矿山与地球物理-地质三维填图;创建基于微扰动理论的电阻率-含水率转换监测方法,实现了对含水率微弱变化的分离与提取,建成了全天候2D/3D含水率(电阻率)监测系统。

(3)创建西北特殊景观区“空-天-地”一体化自然资源与灾害遥感探测与监测技术体系。创建西北高寒深切割区的遥感快速提取赋矿信息技术,成功引领西昆仑大红柳滩超大型锂矿找矿突破,加速阿尔金西段锂铍、萤石矿找矿新发现;首次实现无人机高光谱遥感技术与土壤地球化学调查技术协同,在绿洲平原区快速圈定和评价了盐渍化土地的分布和强度;建立高分和多光谱遥感应应用技术,有效支撑高山峡谷区、戈壁荒漠区等特殊景观区的岩性分类;建立基于人工智能的黄土高原区地质灾害遥感识别技术,实现了隐蔽性黄土地质灾害的早期识别和监测预警。

(4)创新建立现代地学分析测试技术方法。建立了斜锆石、独居石和榍石U-Pb定年方法及一套矿物U-Pb、Hf同位素及微量元素同时测定的分析方法(李艳广等,2015;汪双双等,2016;Li et al., 2021);解决了基性-超基性岩定年和珍、稀、小等样品不满足多次测试难题;创新建立磷灰石、榍石、单斜辉石、斜长石等多种矿物的微区原位Sr-Nd同位素分析方法,有效支撑岩石、矿床成因分析等研究。

(5)建成“地质云”西北节点。自主研发了地学

大数据管理软件,初步建成西北地区地质大数据服务资源池。基于树论自主研发了具自主知识产权的地质大数据管理与服务基础软件,解决了海量地质学数据管理与网络地质图服务发布被商业软件“卡脖子”的问题;基于此建成了“地质云”西安地调中心共享服务子系统、上合地学中心信息服务系统等;为西北地区地质调查资料共享及服务境外中资矿企提供有力保障。与中国地质调查局发展研究中心信息化团队合作在阿尔金成矿带成功试点以在线数据采集、云端数据存储分析与共享、互联网端及时服务为特征的中国地质调查第一朵云—阿尔金“地质云”,支撑建立了中国地质调查在线化工作体系。

(6)西安地调中心主办的《西北地质》期刊水平逐年提高。《西北地质》连续多年被《中文核心期刊要目总览》(中文核心)、《中国科学引文数据库》(CSCD)、《中国期刊全文数据库(CJFD)》(CNKI)、《国家工程技术数字图书馆》(NETL,ISTIC)、《中国核心期刊(遴选)数据库》(万方数据)、《中文科技期刊数据库(CSTJ)》(维普期刊),以及荷兰《文摘与引文数据库》(Scopus)、《地学数据库》(GeoBase)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、英国《动物学记录》(ZR)、《日本科学技术振兴集团(中国)数据库(JSTChina)》等国内外数据库收录;与日本地质调查所月报、美国地质调查局专业论文、澳大利亚博物馆(资料)、加拿大地质调查局(资料)、日本东京国立科学博物馆(资料)、德国大学及联邦研究所(自然资源及开发)等58个国外地区和单位有交换关系;荣获国家新闻出版署首批A类期刊、首届《CAJ—CD规范》执行优秀期刊、陕西省优秀科技期刊(连续六届)等。

4 展望未来:以地球系统科学为指导,建设世界一流的新型大区综合地质研究机构

站在新的历史起点上,面对党和国家对地质工作的强劲需求和结构变化的多重叠加,面对科技革命尤其是大数据、云计算等信息技术的快速发展(施俊法,2020),国家地质工作的服务方向、指导理论、发展动力也正在经历着从量变到质变的跃升。西安地调中心作为中央驻陕负责组织实施西北地区基础性、公益性地质调查和战略性矿产勘查的大区中心,

将积极履行国家赋予的新职责、新使命。

以地球系统科学为指导,在工作部署和空间布局上,西安地调中心将以“一河一区一带”(黄河上中游、新疆维吾尔自治区和丝绸之路经济带)为重点,紧紧围绕西北地区的优势能源资源供应区、重要水涵养区和补给区、黄土地质灾害易发区、历史遗留矿山污染区、生态环境脆弱区、人口密集的城市开发区和自然资源保护区等重点区开展调查、评价、监测与服务工作。重点做好以下8个方面工作。

(1)聚焦水资源安全,统筹做好地下水与地表水调查与应用研究;开展西北干旱—半干旱大型盆地的地表水与地下水资源调查与监测,深化西北大型盆地地下水循环与生态效应研究,努力为西北水资源管理和生态保护,以及各类能源资源生产用水提供解决方案。

(2)聚焦能源资源安全,做好支撑关键矿产增储保供工作;组织实施好新一轮找矿突破战略行动,紧紧围绕西北地区优势的油气、氦气、钾盐、铜镍和地热及高纯石英等关键矿产开展调查勘查,做好重要能源资源基地资源的地质潜力、技术经济和环境影晌“三位一体”调查评价工作,全面提升公益性地质工作对商业矿产勘查的拉动作用。

(3)聚焦生态安全,做好重要生态系统的调查、评估、监测与保护修复;针对黄河上中游、祁连山、贺兰山、秦岭等重要生态系统或子系统,开展自然资源综合调查,强化多专业、多门类资源开发经济性评估技术联合攻关,构建区域与场地全天候生态要素探测与监测方法技术体系,形成西北典型地区生态系统监测网。

(4)聚焦国土安全,构建地质灾害监测系统和矿山生态环境修复技术中心;深化黄土地质灾害的成灾机理、预警预报和防治技术的攻关研究,指导西北各地方建立地质灾害监测网络;加强矿山生态环境修复技术的研发,针对西北历史遗留矿山生态环境影响评价较大的地区开展示范性应用,为打赢水、土污染防治攻坚战提供技术支撑;开展西安等国际化大城市地质调查,为地下空间安全使用提供支撑和示范。

(5)聚焦自然资源管理中心工作,做好自然资源督察、执法支撑服务。要逐步完善支撑自然资源部执法局、用途管制司、督察西安局的“四体系一机制”,打造过硬的技术支撑队伍体系;同时,开展典型流域、重要城市群国土空间规划研究,全面评价重要

战略区资源环境承载能力和国土空间开发适宜性,建立国土空间规划实施监测评估技术体系,为建设绿色、低碳、美丽的国土提供技术服务。

(6)聚焦发展动力变革,形成科技创新和信息化双擎驱动的工作模式。将以北方石炭系—二叠系油气成藏与勘查开发技术、早区大型内陆盆地水循环过程与生态效应、岩浆作用与成矿理论及大型资源基地绿色评价方法和黄土地质灾害防治与城市地下空间评价关键技术等优先创新方向;联合国内外科研院所开展科技攻关,不断完善以各专业数据体系为核心内容的地球科学信息系统的建设,着力打造数据驱动型的地质调查研究工作体系。

(7)聚焦开放合作,着力推进中央与地方公益地质工作体系构建。按照“互利共赢、共同发展”的原则,深化与高校科研院所的合作深度和广度,通过科技合作、技术指导,联合策划、共同实施,学术交流、人才培养等多层次合作,不断深化中央与地方公益地质队伍合作,引领和带动地方公益性队伍转型升级,更好服务地方经济社会发展和生态文明建设。

(8)聚焦国际化水平提升,打造区域国际地球科学创新中心和学术交流中心。充分发挥中国-上合组织地学合作研究中心平台作用,加强中亚-西亚地质调查和科技合作,重点加快推进与沙特、阿富汗、巴基斯坦等“一带一路”沿线的重点、热点国家的地质调查合作,不断深化中亚西亚矿业研究,为中资企业走出去提供更为有效的技术服务、数据服务和信息服务等;努力使西安成为国际矿业权交易中心、国际地球科学交流和国际化人才的培养高地。

砥砺奋进六十载,继往开来铸辉煌。面对新形势、新需求和新挑战,作为“中央军”“国家队”的西安地调中心将始终如一牢记“国之大者”,心系“国家事”、肩扛“国家责”,“坚持基础性、公益性和战略性地质工作”的基本定位,坚持“全力支撑能源、矿产、水和其他战略资源安全保障,精心服务生态文明建设和自然资源管理中心工作”的工作定位,践行“扎根西部、争创一流、报效祖国、服务人民”的价值理念,按照聚焦大需求、立足大地质、调查大资源、服务大生态、做好大支撑、实现大发展的工作思路推进地质调查工作转型发展,加快推进世界一流的新型区域性综合研究机构建设步伐,全面提升服务、成果、科技、人才、装备、管理水平,努力成为西北区域地质调查中心、区域地质科技创新中心、区域地球科学数据中心、中亚西亚地学合作与矿业研究中心、区域国

际地质人才培养中心,为国家、区域经济社会发展和生态文明建设做出新的更大贡献。

致谢:本文介绍的成果是中国地质调查局西安地质调查中心集体智慧的结晶,撰写过程中得到了夏林圻、朱生英、张建中、凌进中、周志强、张二朋、冯益民、杜玉良、樊钧、李荣社、侯光才、杨合群、李文渊、李志忠、李建星、王香萍、王洪亮、陈雄军、蔺志永、滕家欣、王永和、刘拓、徐友宁、马中平、贾群子、李向民、何世平、程秀花、唐亚明、李玉宏、党学亚、魏建设、王国强、康磊、吕鹏瑞等专家、领导和同事的大力支持 and 帮助,在此表示衷心感谢!谨以此文庆祝中国地质调查局西安地质调查中心成立60周年,同时也值此机会对长期以来支持和带领我们走过艰苦与欢乐岁月的各级领导表示衷心感谢,对各个时期信任和支持中心发展的相关部门、兄弟单位、各级政府、科研院所和各类企事业单位及国际机构和友好人士表示衷心感谢,对不同时期为中心发展付出辛勤劳动、汗水与智慧的广大职工及家属表示衷心感谢!

参考文献(References):

- 蔡勋育,刘金连,赵培荣,等.中国石化油气勘探进展与上游业务发展战略[J].中国石油勘探,2020,25(01):11-19.
- CAI Xunyu, LIU Jinlian, ZHAO Peirong, et al. Oil and gas exploration progress and upstream development strategy of Sinopec[J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(01): 11-19.
- 董福辰,谭文娟,姜寒冰,等.西北地区重要矿产资源潜力分析[M].武汉:中国地质大学出版社,2018.
- 董显扬,李行,叶良和,等.中国超镁铁岩[M].北京:地质出版社,1995.
- 董英,宋友桂,张茂省,等.关中盆地城市群发展中几个关键基础地质问题[J].西北地质,2019,52(02):12-26.
- DONG Ying, SONG Yougui, ZHANG Maosheng, et al. Several Key Basic Geological Problems on the Development of the Guanzhong Urban Agglomeration [J]. Northwestern Geology, 2019, 52(02):12-26.
- 冯益民,何世平.祁连山大地构造与造山作用[M].北京:地质出版社,1996.
- 冯益民.祁连造山带研究概况——历史、现状及展望[J].地球科学进展,1997,12(04):307-314.
- FENG Yimin. Investigatory Summary of the Qilian Orogenic Belt, China: History, Presence and Prospect[J]. Advance in Earth Sciences, 1997, 12(04): 307-314.
- 傅力浦,宋礼生.陕西紫阳地区(过渡带)志留纪地层及古生物[J].西北地质科学,1986,(14):1-198+251-281.

- 辜平阳,陈锐明,胡健民,等.高山峡谷区1:50 000填图方法指南[M].北京:科学出版社,2018.
- 何世平,李荣社,于浦生,等.青藏高原及邻区前寒武纪地质图[M].北京:地质出版社,2012.
- 侯光才,张茂省,刘方,等.鄂尔多斯盆地地下水勘查研究[M].北京:地质出版社,2008.
- 计文化,李荣社,陈奋宁,等.中国西北地区南华纪-古生代构造重建及关键问题讨论[J].地质力学学报,2020,26(5):634-655.
- JI Wenhua, LI Rongshe, CHEN Fenning et al. Tectonic reconstruction of northwest China in the Nanhua Paleozoic and discussions on key issues[J]. Journal of Geomechanics, 2020, 26(5): 634-655.
- 李荣社,计文化,陈守建,等.青藏高原及邻区古生代构造-岩相古地理图[M].北京:地质出版社,2012.
- 李荣社,计文化,辜平阳,等.造山带(蛇绿)构造混杂岩带填图方法[M].武汉:中国地质大学出版社,2016.
- 李荣社,计文化,杨永成,等.昆仑山及邻区地质[M].北京:地质出版社,2008.
- 李文渊,汤中立,张照伟,等.对小岩体成矿的认识及其找矿意义[J].西北地质,2012,45(04):61-68.
- LI Wenyuan, TANG Zhongli, ZHANG Zhaowei, et al. The Concept of Mineralization of the Small Rock Mass and Prospecting Significance [J]. Northwestern Geology, 2012, 45(04): 61-68.
- 李行,邹湘华,杨忠堂,等.扬子地块北缘和西缘前寒武纪镁铁层状杂岩及含铂性[M].西安:西北大学出版社,1995.
- 李行.基性、超基性岩及矿产研究概述:庆祝地矿部西安地质矿产研究所建所30周年[J].西北地质科学,1992,13(02):121-127.
- LI Hang. Outline progress and prospect of basic and ultrabasic rocks and related mineral resources[J]. Northwest Geoscience, 1992,13(02): 121-127.
- 李艳广,汪双双,刘民武,等.斜锆石LA-ICP-MS U-Pb定年方法及应用[J].地质学报,2015,89(12):2400-2418.
- LI Yanguang, WANG Shuangshuang, LIU Minwu, et al. U-Pb Dating Study of Baddeleyite by LA-ICP-MS: Technique and Application[J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(12): 2400-2418.
- 李耀西,宋礼生,周志强,等.大巴山西段早古生代地层志[M].北京:地质出版社,1975
- 李玉宏,张文,王利,等.亨利定律与壳源氦气弱源成藏—以渭河盆地为例[J].天然气地球科学,2017,28(04):495-501.
- LI Yuhong, ZHANG Wen, WANG Li, et al. Henry's Law and accumulation of crust-derived helium: A case from Weihe Basin, China[J]. Natural Gas Geoscience, 2017, 28(04): 495-501.
- 李玉宏,周俊林,张文,等.渭河盆地氦气成藏条件及资源前景[M].北京:地质出版社,2018:1-289.
- 吕鹏瑞,姚文光,张辉善,等.特提斯成矿域中新世斑岩铜矿岩石成因、源区、构造演化及其成矿作用过程[J].地质学报,2020,94(8):2291-2310.
- LÜ Pengrui, YAO Wenguang, ZHANG Huishan, et al. Petrogenesis, source, tectonic evolution and mineralization process of the Miocene porphyry Cu deposits in the Tethyan metallogenic domain[J]. Acta Geologica Sinica, 2020, 94(8):2291-2310.
- 施俊法,唐金荣,周平,等.世界地质调查工作发展趋势及其对中国的启示[J].地质通报,2014,33(10):1465-1472.
- SHI Junfa, TANG Jinrong, ZHOU Ping, et al. Development trend of international geological survey and its implications to China [J]. Geological Bulletin of China, 2014, 33(10): 1465-1472.
- 施俊法.21世纪前20年世界地质工作重大事件、重大成果与未来30年中国地质工作发展的思考[J].地质通报,2020,39(12):2044-2057.
- SHI Junfa. The major accomplishments and geological events during the past two decades in the world and their implications for geological work in China in the next thirty years[J]. Geological Bulletin of China, 2020, 39(12): 2044-2057.
- 宋叔和,李先梓,侯世军,等.中国岩浆岩主要类型及其成矿特征[J].西北地质,1978,(03):1-9.
- 唐亚明,张茂省,薛强.陕西延安市虎头岭滑坡社会风险评估[J].地质通报,2008,27(11):1782-1786.
- TANG Yaming, ZHANG Maosheng, XUE Qiang. Social risk assessments of the Hutoumao landslide in Xi'an City, Shaanxi, China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(11): 1782-1786.
- 汪双双,韩延兵,李艳广,等.利用LA-ICP-MS在16 μ m和10 μ m激光束斑条件下测定独居石U-Th-Pb年龄[J].岩矿测试,2016,35(04):349-357.
- WANG Shuangshuang, HAN Yanbing, LI Yanguang, et al. U-Th-Pb Dating of Monazite by LA-ICP-MS Using Ablation Spot Sizes of 16 μ m and 10 μ m[J]. Rock and Mineral Analysis, 2016, 35(04): 349-357.
- 王健,华洪,王欣,等.紫阳动物群:华南一个早奥陶世斜坡相化石库[J].科学通报,2019,64(22):2342-2350.
- WANG Jian, HUA Hong, WANG Xin, et al. Ziyang Fauna: A slope facies fossil lagerstätte of Early Ordovician in South China[J]. Chinese Science Bulletin, 2019, 64(22): 2342-2350.
- 王永和,高晓峰,孙吉明,等.西北地区大地构造环境与成矿[M].武汉:中国地质大学出版社,2020.
- 邬介人,任秉琛,黄玉春,等.西北海相火山岩地区块状硫化物矿床[M].武汉:中国地质大学出版社,1994.
- 吴汉泉,冯益民,霍有光,等.北祁连山中段甘肃南奥陶系变质硬柱石蓝闪片岩的发现及其意义[J].地质论评,1990,(03):277-280.
- WU Hanquan, FENG Yimin, HUO Youguang, et al. The

- discovery of Ordovician La Wsonite-Glaucophane schist in the middle section of the northern Qilian mountain in Sunan County, Gansu Province and its significance[J]. *Geologic Review*, 1990, (03): 277-280.
- 西安地质矿产研究所. 西北地区矿产资源找矿潜力[M]. 北京:地质出版社,2006.
- 夏林圻,夏祖春,任有祥,等. 祁连秦岭山系海相火山岩[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991.
- 夏林圻,夏祖春,任有祥,等. 祁连山及邻区火山作用与成矿[M]. 北京:地质出版社,1998.
- 夏林圻,夏祖春,徐学义,等. 北祁连山海相火山岩岩石成因[M]. 北京:地质出版社,1996.
- 徐培苍,李如璧,王永强,等. 地学中的拉曼光谱[M]. 陕西:陕西科学技术出版社,1996.
- 徐学义,何世平,王洪亮,等. 中国西北部地质概论——秦岭、祁连、天山地区[M]. 北京:科学出版社,2008.
- 许大兴. 铬铁矿石分析[M]. 北京:地质出版社,1977.
- 薛强,张茂省. 延安淹土安滑坡监测预警及变形特征[J]. *西北地质*,2018,51(2):220-226.
- XUE Qiang, ZHANG Maosheng. Monitoring Early Warning and Deformation Characteristics of Yantu'an Landslide in Yan'an[J]. *Northwestern Geology*, 2018, 51(2): 220-226.
- 杨合群,姜寒冰,谭文娟,等. 西北地区重要矿产概论[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2017.
- 杨星,李行. 中国含铂基性超基性岩体与铂(族)矿床[M]. 西安:西安交通大学出版社,1993:1-184.
- 杨宗喜,唐金荣,周平,等. 大数据时代下美国地质调查局的科学新观[J]. *地质通报*,2013,32(9):1337-1343.
- YANG Zongxi, TANG Jinrong, ZHOU Ping, et al. Earth science research in U. S. Geological Survey under the Big Data Revolution[J]. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(9): 1337-1343.
- 张二朋,顾其昌,郑文林. 全国地层多重划分对比研究 西北地区区域地层[M]. 1998,中国地质大学出版社.
- 张录易,华洪,谢从瑞. 新元古代末期高家山生物群研究新进展与展望[J]. *中国地质*, 2001,28(09):19-24.
- 张录易. 陕西宁强晚震旦世晚期高家山生物群的发现和初步研究[J]. *西北地质科学*,1986,(13):67-88+99-102.
- ZHANG Luyi. A Discovery and preliminary study of the late stage of late Gaojiashan biota from simian in Ningqiang County, Shaanxi [J]. *Northwest Geoscience*, 1986, (13): 67-88+99-102.
- 张茂省,胡炜,孙萍萍,等. 黄土水敏性及水致黄土滑坡研究现状与展望[J]. *地球环境学报*,2016,7(4):323-332.
- ZHANG Maosheng, HU Wei, SUN Pingping, et al. Advances and prospects of water sensitivity of loess and the induced loess landslides[J]. *Journal of Earth Environment*, 2016, 7(4): 323-332.
- 张茂省,李同录. 黄土滑坡诱发因素及其形成机理研究[J]. *工程地质学报*,2011,19(4):530-540.
- ZHANG Maosheng, LI Tonglu. Triggering factors and forming mechanism of loess landslides[J]. *Journal of Engineering Geology*, 2011, 19(4): 530-540.
- 张茂省,校培喜,魏兴丽,等. 延安宝塔区滑坡崩塌地质灾害[M]. 北京:地质出版社,2008.
- 张茂省,薛强,贾俊,等. 地质灾害风险管理理论与实践[M]. 北京:科学出版社,2021.
- 张茂省,朱立峰,胡炜,等. 灌溉引起的地质环境变化与黄土地质灾害[M]. 北京:科学出版社,2017.
- Jun Zhang, Xusheng Wang, Lihe Yin, et al. Inflection Points on Groundwater Age and Geochemical Profiles Along Wellbores Light up Hierarchically Nested Flow Systems[J]. *Geophysical Research Letters*, 2021, 48(16): 1-10.
- Li Yanguang, Song Shuguang, Yang Xiaoyong, et al. Age and composition of Neoproterozoic diabase dykes in North Altyn Tagh, Northwest China: implications for Rodinia break-up [J]. *International Geology Review*, 2021, doi: 10.1080/00206814.2020.1857851.
- Lihe Yin, Yangxiao Zhou, Jinting Huang, et al. Interaction between groundwater and trees in an arid site: Potential impacts of climate variation and groundwater abstraction on trees [J]. *Journal of Hydrology*, 2015, 528: 435-448.
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi, et al. Relative contributions of crust and mantle to the generation of the Tianshan Carboniferous rift-related basic lavas, orthwestern China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, 31(4-6): 357-378
- Xia Linqi, Xu Xueyi, Xia Zuchun, et al. Petrogenesis of Carboniferous rift-related volcanic rocks in the Tianshan, northwestern China[J]. *GSA Bulletin*, 2004, 116(3-4): 419-433.
- Xia Linqi. The geochemical criteria to distinguish continental basalts from arc-related ones [J]. *Earth-Science Reviews*, 2014, 139: 195-212
- Yaming Tang, Fan Feng, Zizheng Guo, et al. Integrating principal component analysis with statistically-based models for analysis of causal factors and landslide susceptibility mapping: A comparative study from the Loess Plateau area in Shanxi (China) [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 277(10): 230-250.
- Yaming Tang, Zizheng Guo, Li Wu, et al. Assessing debris flow risk at a catchment scale for economic decision based on LiDAR DEM and numerical simulation[J]. *Frontiers in Earth Science*, 2022, 10(2): 23-42.
- YM Tang, Q Xue, ZG Li, et al. Three modes of rainfall infiltration inducing loess landslide [J]. *Natural Hazards*, 2015, 79(10): 137-150.