

新时代 地质工作方略

施俊法 主编

地质出版社

前言

1835年，在工业革命推动下，地质工作率先在英国实现科学化和职业化，并诞生了世界上第一个国家地质调查机构——英国地质调查局。

1916年2月，我国地质先驱，为民族图存、科学救国，在极其艰难条件下，由民国政府农商部设立直属地质调查局。同年10月，地质调查局更名为地质调查所。

中西官方设立地质调查机构的时间不仅相差80余年，真正意义上的科学研究起步则相差了百年以上。

毋庸置疑，新中国成立以来，在中国共产党的坚强领导下，中国在地质科学领域奋力直追，地质工作新潮澎湃跨越发展，区域地质调查全面展开，经过多轮大规模的地质找矿，已经建成全球最完整的地质工作体系和矿业产业链。

随着人类唯一的家园进入新地质时代——“人类世”，极有讽刺意义的是，对地球造成了重大影响的恰恰是我们人类自己。地球已向人类发出无数的拷问——为何臭氧空洞、极地冰融？为何土地沙化、江河断流？为何森林萎缩、生物消失？……作为负责任的大国，中国该怎么回答？

2021年4月10日，美国《科学》杂志公布了125个当前和未来重大科学问题（涉及12个学科）。值得玩味的是，其中不少问题与地学有关联性。列举几例：

——能量储存的未来是怎样的？（化学）

——为什么会发生物种大爆发和大灭绝？能否复活灭绝生物？（生命科学）

——宇宙大爆炸从何处开始？人类有一天会不得不离开地球吗？（天文学）

——我们能把过量的二氧化碳存在何处？我们可以阻止全球气候变化吗？（生态学）

——什么是物质的最小组成部分？物质传热的极限是什么？（物理学）

——我们在火星上如何开发制造系统？（工程材料学）

——我们可以生活在一个去化石燃料的世界中吗？氢能的未来是怎样的？（能源科学）

……

这些问题有趣且深奥，又与地质学“剪不断，理还乱”。可以预判，其中的大部分问题仅靠单门学科恐难攻克。诚然，地质工作是经济社会发展的重要基础性、先行性工作，贯穿经济社会发展的全过程，涉及方方面面，这一点至今没有改变；但未来要攀登更为陡峭的科学高峰呢？恐怕非整合作战不可。地质学只有通过跨界、

交叉、融合、创新才会有生命力，只有和其他学科密切、频繁交融，才能推出革命性的新理论、新科技、新成果，正所谓“燃烧了自己，也照亮了自己”。

从另一方面分析，我们必须充分认识到，未来地质工作的目标体系也应做出某些调整。

“绿水青山就是金山银山”理念的提出，“山水林田湖草沙”一体化保护治理，显示的不仅仅是个生态命题，也是个哲学命题。在地质学的萌芽阶段，希腊哲学家希罗多德、亚里士多德等先哲就关注到地震、火山以及海陆变迁的现象绝非偶然，地质和哲学的“攀亲”，是人类对地球的认知提高到了能够建立一个比较合乎逻辑的完整体系的程度，它的革命性显而易见。所以，新时代地质工作的地位和作用发生历史性、全局性变化也是题中之义。

历史上，地质工作呈现“潮起潮落”周期性特征，它与“矿业周期”紧密相连，这一方面反映传统地质工作在深度和广度上存在着时代的局限，另一方面也反映地质科学与其他学科的渗透和交融仍处在初级阶段。地质工作如何跳出“因矿而兴、因矿而衰”的历史周期律，是我们当前必须要回答的问题。

党的二十大报告指出：“当前世界之变、时代之变、历史之变正以前所未有的方式展开。”全球产业链供应链格局正在深刻调整，科技革命和产业变革蓬勃兴起，人类生存面临水、气候、饥荒、灾害等威胁。中国在向第二个百年奋斗目标进军的新征程上，人们对于美好生活的向往提出了更为迫切的资源、环境、生态安全新需求。这意味着地质工作更大的舞台已经搭成，我们所要做的是在把握历史主动中自我革命，主动拥抱经济社会发展的方方面面，重塑思维方式和工作理念。

第一，地质工作要为社会发展提供能源和矿产资源安全保障。这虽然是句老话，但已赋予了特定时代的内涵——世界变局加剧，地缘政治紧张；科技革命兴起，产业转型加快；全球化被冲击，供应链遭破坏……很多国家已开始重新认识能源资源的安全问题。中国作为世界上最大的发展中国家，又处在高强度消耗能源资源的历史时期，面临的挑战更为严峻：既要开源，又要节流；既要开发效益，又要“双碳目标”；既要内循环的“压舱石”，又要外循环的“一带一路”，执耳“安全”二字，重若千钧。

第二，地质工作要保障人类良好的生存环境。这项使命的确立，是全球性、区域性的人类生存环境日趋恶化所致。加强对地球深部过程研究，了解地球表层系统特征和演化规律，从而建立起地球深部过程与表层系统的联系，认知宜居地球过去、现在与未来，可以尽快掌握地质生态环境兴衰之道。

第三，地质工作要依靠科技创新实现现代化。应该清楚地看到，地质工作要完成神圣的历史使命，乘新一轮科技革命和产业变革的东风，迅速从传统范式向数据密集型范式转变，将会事半功倍。20世纪古地磁学、重力测量、海洋探测的长足进

步，为全球板块构造理论提供了科学依据，并导致著名地质学家魏格纳在1915年提出的“大陆漂移说”被埋没多年后重新复活。

如今，卫星定位、卫星遥感、航空遥感、雷达、传感器等现代监测技术的推广使用，大数据、云计算、人工智能、物联网、区块链、深地和深空探测等新一代信息技术和工程装备的迅猛发展，为地质工作提供了革命性的技术工具。

在宏观空间，地质工作可以深入岩石圈深部，洋壳和大陆坡底的巨厚沉积层的秘密有望揭开，石油开发的边界会继续扩大，搞清洋底含油气地层、金属结核的状况，可开辟能源资源新区；通过深空探测，对月球、太阳及部分行星的地质特征和资源赋存有更多的了解，为合理利用太空资源做好准备……

在微观空间，对人类社会最接近的第四纪地质史的研究将更加精细；实验条件在新技术的支撑下，将模拟出更为复杂的地质作用，地质学中许多假说、未解之谜有望得到验证……

总结中国地质工作百年发展历程时，其中有一条最重要的经验：要时刻聚焦国家的需求，要坦然直面时代的问题，要准确站稳历史的方位。一句话，新时代地质工作应该做什么？为谁做？怎么做？

坚持以人民为中心，以更高站位、更宽视野、更大格局来审视、谋划、推动地质工作。要树立地质大资源观，工作对象要拓展到整个岩石圈，清醒认识地质要素本身就是一种重要资源，不仅要为人类社会提供能源矿产等物质基础，还要提供空间资源、生态资源、文旅资源，等等。要树立地质资源大效益观，资源开发的价值取向正在由高度聚焦经济价值向关注综合价值转变。当今人类已经不满足于资源供应的数量安全，而是追求包括资源效益、环境效益、社会效应在内的综合效益。要树立地质大基础观，立足于资源、环境、工程、灾害、生态、空间等基础国情，丰富基础地质调查的内涵和外延，形成高分辨率、三维立体、无缝相接、交叉融合、定期更新的全国地质一张图，夯实地质工作的源头和基石。

——地质工作要跳出历史周期律，必须牢牢抓住主业，并取得新突破。实施新一轮找矿突破战略行动，增强能源、关键矿产、水等资源保障能力。立足国内、放眼全球，构建多元化资源供应保障新格局，守住国家资源安全底线。扎实开展页岩油气开发、常规油气攻深找盲、煤炭清洁高效利用。立足长远，加强海域天然气水合物、干热岩等清洁能源攻关力度。强化资源综合利用研究，提升资源利用效率。开展资源数量-质量-生态“三位一体”综合评价，开展水资源战略性调查，关注资源储备和应急供应，支撑水资源科学开发、集约利用和有效保护。积极探索海外矿产资源投资开发和基础设施互联互通，提升国际产能合作，以高水平“走出去”服务构建新发展格局。

——地质工作要跳出历史周期律，必须在实施自然资源综合调查评价中夯实新

根基。实施多门类多要素自然资源综合调查评价，强化支撑服务国土空间规划。牢固树立资源整体观，以研究尺度空间化、调查对象整体化、成因机理系统化、数据信息聚合化为战略重点，实施多门类自然资源综合调查评价，使为社会经济服务的张力持续增强。深化城市地质调查，助推城市地下空间等资源高效安全、节约集约利用。提高地质灾害调查精度，加强多重灾害过程的识别和研究，及早研判气候变化，研制预测预警预报模型。加强资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价，支撑全系列和全生命周期国土空间规划。

——地质工作要跳出历史周期律，必须开辟生态地质第二主业。实施生态地质调查，构建生态地质产品体系。实施生态地质、地球化学调查，发现一批生态资源，包括富硒土地资源、地质旅游资源（地质生态景观）、地质遗迹资源，为生态地质资源开发提供依据。构建覆盖重点生态功能区的地球关键带监测网络，建设监测站。加强生态地质安全评价，查清元素迁移规律和扰动条件，强化地质作用过程对生态系统影响的机理研究，为区域生态修复与保护提供地质解决方案。开展全国生态地质区划、地质碳汇区划，提供生态补偿、生态产品价值实现、自然资源资源评估、碳汇交易等自然资源市场活动的依据，实现地质工作融入生态文明建设关键领域。

——地质工作要跳出历史周期律，必须提升地球系统科学的研究新深度。构建“三深一系统”^①新型地质科技创新体系，提高地球认知水平。开展地球深部探测，深化地球发展演化机制研究，厘清不同圈层重大地质事件内在联系，加强深部碳循环和资源环境效应探索研究。加强深海探测研究，深化海洋对资源和气候的影响机制研究，积极探索洋底动力与资源-灾害效应。加强深空探测研究，尤其要对金星、火星、月球与地球的对比研究，探索开发深空矿产资源。强化对地球表层环境演变、生态系统与人类活动的耦合响应、生命-环境-气候间协同演化、生物地球化学和水循环等短中时间尺度上的地球表层系统等问题调查研究。充分运用物探、化探、遥感、钻探等多技术方法开展综合调查研究，提高地质调查工作程度，增强解决复杂地质问题的能力。

——地质工作要跳出历史周期律，必须将信息化水平跃上新高度。运用大数据技术，构建中国版“数字地球”。加快建立“空天地海一体化”地球与自然资源调查和监测技术体系，显著提高地质数据的采集和处理效率，实现多源、多元地球科学数据的动态汇聚与更新，构建地球科学数据“一张图”。加强地质认识的数学表达，建立耦合地质、生态、物理、化学等多种过程的地球系统模式，探索地球系统模拟与预测。构建地球信息服务体系，形成基于多源融合数据的分析、预测、评价、预警业务，形成多元化“地质大数据超市”。聚焦社会需求，提供智慧化地质解决方案，

^①朱日祥，侯增谦，郭正堂，万博. 2021. 宜居地球的过去、现在与未来：地球科学发展的战略概要[J]. 科学通报, 66(35): 4485-4490.

打造“地质+”服务体系。

历史上，地质学是在与神学的斗争中不断发展，它回答了地球从何而来、向何处去的终极问题。数百年来，随着对地球及其各圈层演化的认知不断深化，人类的思维方式和生活方式也发生了巨大改变，地质科学深刻地影响了人类社会的发展进程。正如煤炭推动人类社会进入“蒸汽时代”，石油推动人类社会进入“电气时代”，硅半导体推动人类社会进入“信息时代”，可以预判，地质科学的发展必将触发人类社会发展的新引爆点。

到2050年，地质元素将全面融入人类的生产生活，地质工作将不断催生新兴产业。例如，碳能源将逐渐转向光能源、硅能源、氢能源、可再生能源。基于地质要素规划的国土空间格局，将重构人类社会发展模式。地球生态进一步改善，气候变化趋势逐渐放缓，精准灾害监测预警将更好保障人类生命财产安全。特色土地种植和因土施肥成为农业发展新方向，地下空间将成为城市发展第二极，地质遗迹和生态产品将成为旅游新地标，地质信息将成为人类生活必需品。地质工作将支撑我国形成能源独立、国土美丽、生态安全、科技发达、人地和谐的新发展境界，更将服务全球实现人与自然和谐共生的大同世界，实现从地质大国、矿业大国到地质强国和矿业强国的转变。

本书包括了65篇文章，分成六篇：综合篇，能源、关键矿产和水资源调查篇，自然资源综合调查篇，地球系统科学与基础地质调查篇，生态地质调查篇，地质大数据与资料服务篇。这些文章从不同视角反映新时代地质工作和地球系统科学研究的最新成果和思考，希望对读者有所启迪——鉴往塑今展未来。

目 录

综合篇

- 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
..... 施俊法 (3)
- 世界地质工作新形势新趋势新机遇..... 杨宗喜 贾德龙 方圆 吴林强 王泉 (15)
- 发展深海科技的前景与“陷阱”..... 汪品先 (25)
- 推动地球科学向数据驱动转型的新国际计划..... 成秋明 Roland Oberhansli 赵默雷 (34)
- 以地质调查工作为核心的地学组合梦想——基于长江经济带的考虑..... 方克定 (44)
- 从地球系统圈层演化到关键带：地球系统结构图的重建及意义..... 刘江涛 王泉 施俊法 (48)
- 中国地质调查所的职责定位、成就及启示..... 吴轩 李晨阳 商云涛 孔昭煜 李晓蕾 (59)

能源、关键矿产和水资源调查篇

- 中国油气资源潜力、勘探开发进展及展望..... 潘继平 (69)
- 过去十年全球深水油气勘查重大进展..... 张功成 吴林强 屈红军 (84)
- 天然气水合物勘查开发产业化面临的挑战和建议
..... 吴能友 叶建良 许振强 谢文卫 梁金强 王宏斌 刘昌岭 胡高伟 孙治雷 李彦龙 黄丽 (97)
- 日本天然气水合物技术进展与发展方向..... 张涛 冉皞 徐晶晶 (106)
- 干热岩资源勘查开发现状及前景..... 王贵玲 习宇飞 蔺文静 甘浩男 岳高凡 (112)
- 水热型地热能勘探开发现状与发展趋势..... 陈骥 杨建锋 姚晓峰 马腾 (120)
- 对战略性新兴产业相关关键矿产重大问题的思考与实践..... 王登红 (126)
- 全球氦气产业链分析与我国应对策略..... 唐金荣 张宇轩 周俊林 李玉宏 牛亚卓 (140)
- 发达国家战略性矿产安全保障研究及对我国的启示..... 陈其慎 邢佳韵 龙涛 任鑫 (151)
- 成矿地质体找矿预测理论..... 叶天竺 庞振山 薛建玲 程志中 (158)
- 大型矿床成矿背景与预测..... 杜泽忠 程志中 薛建玲 (166)
- 东盟国家矿业政策动向及对中国企业投资影响分析..... 张伟波 张潮 张福良 (175)
- 拉美主要资源国矿业政策变化趋势、影响及对策..... 王靓靓 李仰春 张福良 (180)
- 关于构建矿产勘查市场要素循环新机制的思考..... 易继宁 李永胜 李晓宇 (185)
- 美国地质调查局水资源调查评价工作进展、趋势与启示..... 杨宗喜 周平 杜晓敏 (194)
- 美国流域水资源调查的经验借鉴..... 杜璨 袁建国 胡雅璐 (200)

自然资源综合调查篇

- 论地质调查与自然资源综合调查的逻辑..... 施俊法 (209)
- 地质调查支撑国土空间规划的技术路径研究..... 乐琪浪 (214)
- 地质多样性：自然资源综合调查的理论基石..... 余韵 杨建锋 (220)
- 源-汇系统理论与自然资源综合调查..... 王涛 (224)
- “地质资源”是自然资源调查的重要要素类别——美国国家公园管理局的经验与启示
..... 夏烨 霍雅勤 孙月 杜璨 胡雅璐 (228)

美国地质调查局多门类自然资源分析及其启示·····	杨宗喜 杜晓敏 杜璨 (232)
地表基质的概念辨析与调查思路·····	姚晓峰 左力艳 张婷婷 陈骥 (239)
地表基质调查试点进展与思考·····	熊茂秋 刘晓煌 付宇佳 张子凡 郑艺文 赖明 李福杰 (245)
自然资源综合管理视角下的上海城市地质调查·····	方圆 (249)
地质调查支撑服务乡村振兴的模式分析与展望·····	左力艳 杨建锋 姚晓峰 吕承训 张婷婷 (254)
矿地融合模式: 地质调查支撑服务国土空间规划探索与实践·····	王泉 施俊法 (261)
基于用户需求的地质工作新模式——以河北省地质调查工作为例·····	董延涛 孟庆丰 (265)

地球系统科学与基础地质调查篇

基于地球系统科学的新时代地质调查工作体系思考——美国地质调查局的做法与启示 ·····	夏烨 孙月 王泉 刘江涛 (271)
我国区域地质调查的现状、问题与思考·····	王涛 袁建国 (278)
地球系统科学时代的勘查地球化学·····	成杭新 彭敏 (284)
深潜、深钻、深网技术发展应用现状和展望·····	吴能友 赵京涛 宋维宇 胡刚 胡邦琦 董贺平 (292)
欧盟海洋探测和观测体系构建现状与发展方向·····	蒋成竹 张涛 徐晶晶 (300)
美国关键带野外监测网建设及对我国的启示·····	刘江涛 张万益 王泉 夏烨 (306)
全球尺度地下水作用与地球系统模式中地下水过程建模进展·····	杨建锋 左力艳 张翠光 姚晓峰 (313)
人类活动对地球系统淡水循环的影响与水行星边界评估·····	杨建锋 左力艳 姚晓峰 马腾 (322)
百年未有之大变局背景下的中美地质调查局对比研究·····	杨宗喜 王泉 吴林强 霍雅勤 (329)
世界一流海洋研究机构发展特点与思考·····	冉皞 吴林强 (337)
河南省地质工作转型发展实践探索·····	杨伯轩 (341)

生态地质调查篇

生态地质学的学科定位与实践应用·····	王泉 (349)
生态风险地质体的重金属特征与作用机理·····	杨忠芳 (355)
生态地质调查与生态修复地质机理诊断·····	袁国礼 (358)
人类活动驱动下金属循环研究进展·····	余韵 杨建锋 姚晓峰 马腾 (361)
碳中和愿景下地质碳汇的概念与类型·····	何庆成 李采 (367)
双碳背景下国际地质碳汇科技布局及对我国的启示建议·····	吴秀平 曲建升 刘燕飞 (372)
海底二氧化碳地质封存发展现状与思考·····	吴林强 张涛 余韵 (378)
健康地质理论与调查方法体系初探·····	张隆隆 齐亚彬 谭科艳 蔡敬怡 刘晓端 盖力强 (383)
美国地质调查局生态系统修复工作及启示·····	夏烨 王尧 刘江涛 杨建锋 (392)
基于自然的解决方案在我国生态保护修复中的应用·····	罗明 (398)
美国湿地保护修复的经验及启示·····	胡雅璐 霍雅勤 郭佳 (401)
关于承德生态文明示范区自然资源综合调查的探索与思考·····	王泉 杨宗喜 (406)

地质大数据与资料服务篇

地质调查信息化的昨天、今天和明天·····	刘园园 陈辉 李丰丹 (415)
大数据时代地质调查工作的思考·····	王斌 郑啸 高振记 李景朝 (421)
求索地质大数据发展应用突围之路——从中国科学院“地球大数据科学工程”谈起 ·····	文敏 刘荣梅 月一 邓锦 (426)
从“十三五”地质资料服务看地质调查工作转型升级·····	吴楚 王成锡 郑啸 (433)
上海市地质资料服务超大型城市高质量发展的思路与实践·····	王黔驹 胡麟臻 姜天阳 (436)

江苏省地质资料管理向市县延伸的实践和思考.....	吴小平 王黔驹 (440)
关于我国地质科学数据出版体系建设的思考.....	吴轩 孟洁 齐钊宇 杨艳 李晨阳 (443)
后记.....	(448)