

DOI: 10.12401/j.nwg.2023028

地质勘查技术标准体系建设与思考

张振宇^{1,2,3}, 孙跃^{1,2,3,*}, 袁桂琴^{1,2,3}

(1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 自然资源部地球物理电磁法探测技术重点实验室, 河北 廊坊 065000; 3. 国家现代地质勘查工程技术研究中心, 河北 廊坊 065000)

摘要: 随着国家地质调查工作的转型升级与高质量发展, 为适应国家新发展理念, 满足地质调查工作新需求, 地球物理勘查、地球化学勘查、钻探工程等勘查技术各学科工作领域由原来的以矿产勘查为主, 扩展到资源、能源、矿产、生态、灾害、城市等多领域, 全力支持能源、矿产、水和其他战略资源安全保障, 精细服务生态文明建设和自然资源管理中心工作。面对勘查技术应用领域的扩展, 勘查技术标准体系亟待进行修订完善。结合近几年勘查技术领域地质调查工作中的重点布局, 笔者针对现有勘查技术标准进行了调研评估, 对目前应用效果显著的新方法、新技术, 针对特定景观区开展综合地质调查的有效方法技术组合, 以及未来新领域需要研制的相关勘查技术标准进行研究规划, 对地质调查勘查技术标准体系进行了重构。同时, 对目前地质调查勘查技术标准工作提出思考与建议。

关键词: 地质调查; 勘查技术; 标准化; 标准体系; 标准制修订

中图分类号: P624

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2023)05-0120-07

The Technical Standard System for Geological Survey Constructing and Thinking

ZHANG Zhenyu^{1,2,3}, SUN Yue^{1,2,3,*}, YUAN Guiqin^{1,2,3}

(1. State Research Center of Modern Geological Exploration Engineering Technology, Langfang 065000, Hebei, China; 2. Key Laboratory of Geophysical Electromagnetic Detection Technology of Ministry of Natural Resources, Langfang 065000, Hebei, China; 3. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract: With the transformation, upgrading and high-quality development of national geological survey, in order to adapt to the new development concept of the country and meet the new demands of geological survey, geophysical exploration, geochemical exploration, drilling engineering and other fields of exploration technology have expanded from the original mineral exploration to the fields of resources, energy, minerals, ecology, disasters, cities, etc., fully supporting the security of energy, minerals, water and other strategic resources, and finely serving the construction of ecological civilization and the work of natural resources management centers. Facing the expansion of the application field of exploration technology, the exploration technical standard system needs to be revised and improved urgently. In this paper, combined with the key layout of geological survey in the field of exploration technology in recent years, it investigates and evaluates the existing exploration technical

收稿日期: 2022-06-20; 修回日期: 2023-02-07; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目: 中国地质调查局项目“勘查技术方法标准化与标准制修订”([2023]02-24-02)资助。

作者简介: 张振宇(1983-), 男, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为地球物理电磁法理论与应用研究、勘查技术标准化研究。

E-mail: zzhenyu@mail.cgs.gov.cn。

* 通讯作者: 孙跃(1984-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事勘查技术标准化研究。E-mail: sunyue@mail.cgs.gov.cn。

standards, studies and plans the exploration technical standard about the new methods and technologies with remarkable application effects at present, the technical combination of geological survey methods in special landscape areas and the new fields need to be developed. Lastly, it reconstructs the technical standard system of geological survey and exploration. At the same time, it put forwards some thoughts and suggestions on standardization of geological survey and exploration technology.

Keywords: geological exploration; geophysical exploration technology; standardization; standard system; standard preparation and revision

中国地质调查勘查技术标准从无到有,从零散到形成系列,前后经历了几十年的发展历程(袁桂琴等, 2015a, 2015b)。进入21世纪,地质调查工作出现了繁荣期,市场活跃、需求旺盛,强大动力促进了勘查技术行业标准的制定和老标准的修订更新,勘查技术标准制修订工作进程明显加快(张振宇等, 2021)。中国地质调查工作一直高度重视地质调查标准体系的建设(张润丽, 2014; 申文金等, 2014; 温鹏飞等, 2019; 刘朋鸽等, 2021), 2016年发布了国土资源标准体系,为推进地球物理勘查、地球化学勘查、钻探工程相关技术领域的标准化工作提供了科学依据。2018年,自然资源部挂牌成立,中国生态文明建设和自然资源管理进入新的发展阶段,地质调查工作面临新对象、新领域、新需求。随着国家地质调查工作的转型发展,支撑国家实施标准化战略、保障国家能源资源安全、服务生态文明建设等成为服务主线(陈伟, 2019),工作领域由原来的以矿产勘查为主,扩展到资源、能源、矿产、生态、灾害、城市等多领域。勘查技术标准在推进地质行业转型升级和高质量发展、引领服务矿业行业高质量发展中发挥重要作用。因此,面对新时期地质调查新任务,与之相匹配的勘查技术标准体系亟待进行修订完善,急需研制地质调查勘查技术新标准体系,强化勘查技术标准体系的顶层设计,构建勘查技术新发展格局(彭齐鸣, 2016),为新时期地质调查工作提供技术标准支撑(陈光升等, 2022; 冯蔚洁等, 2022)。

1 基本情况

为满足国土资源领域改革发展对标准化工作提出的新要求,原国土资源部组织修订完成了2016版《国土资源标准体系》,勘查技术标准子体系是在以往地质矿产领域标准体系成果进行梳理、总结后的基础上,根据地质矿产领域工作实际需要,开展地质矿产领域标准体系建设研究,依据标准体系的构建原则,

建立了分类科学、结构合理、层次分明的地质矿产标准体系,为地质矿产领域标准化规划和管理提供依据。

勘查技术标准子体系包括地球物理勘查标准、地球化学勘查标准、探矿工程标准、遥感地质调查标准(由中国地质调查局航遥中心负责)4个子体系,每个子体系在标准体系整体层次上分为两层,第一层为通用标准;第二层按不同专业门类进一步划分。地球物理勘查技术标准子体系第一层为地球物理勘查通用标准;第二层即为按重、磁、电、震、放、温、井中物探、物探测井及其他地球物理9个门类标准群。地球化学勘查技术标准子体系第一层为地球化学勘查通用标准;第二层依据采样介质不同划分为岩石地球化学、土壤地球化学、沉积物地球化学、气体地球化学、生物地球化学、水地球化学、综合地球化学、生态环境地球化学及其他地球化学9个门类标准群。钻坑探标准子体系第一层为钻坑探通用标准;第二层为钻探工艺与技术、钻探工程装备、钻探设备与钻具检测、坑探技术、坑探设备与材料、其他钻坑探技术6个门类标准群(周晨, 2021)。

2 勘查技术标准体系研制

2.1 研制需求和依据

随着地质调查工作服务方向由矿产资源向包括矿产资源在内的地、矿、海、水、林、草和湿地等多门类自然资源转变,工作领域由陆域为主向陆海统筹、陆海并重转变,由浅部向浅部深部并重、进军深海深空转变,工作内容由资源调查向资源、环境、灾害、空间等多要素调查转变,由仅注重资源数量向数量、质量、生态“三位一体”综合评价转变,勘查技术标准体系需适应新时期地质调查工作的新要求,保优势、托领域、补短板,需要在新领域超前布局(干勇等, 2021; 龙陆军等, 2021)。

勘查技术标准体系的研制以支撑服务自然资源与国土空间规划和生态文明建设为目的,保障地质调查勘查技术标准供给,结合当前地质调查勘查技术工作任务和未来发展方向,研制地球物理勘查、地球化学勘查和钻探工程标准子体系。

2.2 研制原则

本次勘查技术标准体系的研制,针对现有标准进行了调研评估,对不能满足当前工作要求的提出标准修订建议,对目前应用效果显著且尚无标准的成熟技术,建议尽快开展标准研制工作,力求做到各项标准齐全无遗漏。同时,编制过程中兼顾了本体系内、外部标准和其他子体系之间的协调,避免子体系之间的交叉与重复。标准体系的研制以服务当前及未来一段时期地质调查工作为目标,按专业划分为3个子体系,各子体系以方法技术(或应用)体系分类为依据做进一步细分,使标准体系表收录标准在排序上与方法技术分类体系相匹配,便于标准的查找与使用。标准体系编制充分考虑了各专业技术现阶段和未来发展情况,给出未来可能制定相关标准的位置和制修订时间建议,为今后可能发展的技术与应用预留了空间位置(鲁培耿, 2022)。

2.3 新版勘查技术标准体系结构图

新版勘查技术标准体系结构采用分类层次结构(图1)。其中,第一层为勘查技术通用标准,由地球物理勘查、地球化学勘查、钻探工程3个学科通用的标准组成。第二层第一个子体系为地球物理勘查标准子体系。该子体系中第一层为地球物理勘查通用标准,第二层横向上分为重磁测量技术标准、电法测量技术标准、地震测量技术标准、测井和井中地球物理

勘查技术标准和地球物理综合方法应用标准5个门类标准群。第二个子体系为地球化学勘查标准子体系,该子体系中第一层为地球化学勘查通用标准,第二层横向上分为地球化学测量技术标准、矿产地球化学勘查技术标准、生态地球化学调查技术标准3个门类标准群。第三个子体系为钻探工程标准子体系。该子体系中第一层为通用标准,第二层横向上分为钻探工艺技术标准、钻探装备与材料标准2个门类标准群。

2.4 主要变化

2.4.1 地球物理勘查子体系

(1)结构变化。国土资源标准体系(2016版)中,地球物理勘查子体系按方法划分为重力勘查、磁力勘查、电法勘查、地震勘查、放射性勘查、地温勘查、井中地球物理勘查、测井和其他地球物理技术标准9个门类,其中“其他地球物理技术标准”主要是少量的综合地球物理方法应用标准。本次在门类细分中划分为重磁、电法、地震、测井及井中地球物理、地球物理综合方法应用5个门类,把按测量参数分布于各门类的“井中地球物理标准”与“测井类标准”整合为一类“测井及井中地球物理”,并将少量的核地球物理测量标准归入该类中。

(2)内容变化。从当前解决复杂地质问题所用地球物理方法看,多领域应用、多参数观测、多方法综合应用已经成为地球物理方法技术的优势,未来发展空间巨大。因此,新体系中研究规划了“地球物理综合方法应用”标准,新增了滩涂区、地热、水资源、城市地质调查、干热岩、陆域天然气水合物等多项利用地球物理方法技术组合进行勘查的技术标准,主要支撑国家能源、资源安全、水资源勘查、城市地质等相关领域,拓宽了子体系覆盖范围,以适应地球物理勘查技术转型升级。

2.4.2 地球化学勘查子体系

(1)结构变化。国土资源标准体系(2016版)中,地球化学勘查子体系按6种采样介质和资源勘查、生态环境、其他地球化学测量等划分为9个门类。因地球化学勘查技术现行标准总体数量不多,本次对门类划分进行了整合,调整后划分为地球化学测量方法、矿产地球化学勘查和生态地球化学调查3个门类。

(2)内容变化。结合当前地球化学勘查技术应用发展情况,重点对生态地球化学勘查门类的标准进行了研究规划(关养利等, 2021)。新增了土地质量评价

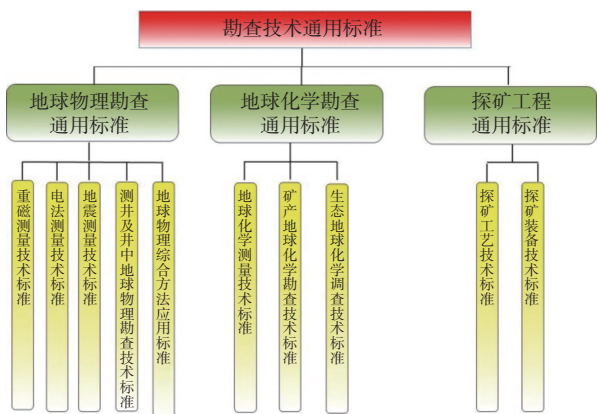


图1 勘查技术标准体系结构图

Fig. 1 The structure diagram of exploration technical standard system

与监测系列标准、土地有益元素地球化学调查与评价系列标准、生态地球化学监测与预警系列标准,以及土壤碳库评价标准;在资源勘查方面,新增了原生晕测量、构造叠加晕测量技术标准以及清洁能源页岩气、干热岩、陆域天然气水合物地球化学勘查技术标准等,主要支撑国家能源、资源安全、生态文明建设和自然资源管理、低碳安全高效的能源战略,支撑地球化学勘查更好地发挥技术优势。

2.4.3 钻探工程子体系

(1)结构变化。国土资源标准体系(2016版)中,钻坑探技术标准子体系包含了钻探工艺与技术、钻探工程装备、钻探设备与钻具检验、坑探技术、坑探设备与材料、其他钻坑探技术,共6个门类。按照当前绿色勘查总体要求,坑探工作很少应用或不再应用,本次未规划坑探标准制修订,产品类标准也不再列入标准体系。钻探工程子体系最终整合为钻探工艺技术、钻探装备与材料2个门类。

(2)内容变化。2016版体系钻探工艺技术类标准只有9项标准,本次大量增加了该类标准,扩充至27项标准,主要体现绿色勘探,包含生态环境调查、地下水污染调查、页岩气、干热岩、陆域天然气水合物、地壳深部探测科学钻探等技术标准,大大拓宽了钻探工程标准子体系覆盖范围。

新版地质调查勘查技术标准体系共收录地球物理勘查、地球化学勘查、钻探工程标准201项。其中,勘查技术通用标准8项、地球物理勘查标准80项、地球化学勘查标准50项、钻探工程标准63项。

3 问题思考

3.1 部分已有单方法标准不完善,需要补充修订

2000年以来,一大批勘查技术标准开展了制修订,对规范地质调查中勘查技术的应用起到重要作用,但仍有部分现行标准不能满足当前工作需求,亟待修订。例如,随着技术和仪器的发展,目前可控源音频大地电磁法数据采集方式、采集参数、处理方法和仪器参数指标都发生了变化,数据采集方式由原来的标量测量发展到张量测量,数据处理方法由原来的视电阻率反演发展到目前的单场反演。目前,发布实施的《可控源音频大地电磁法技术规程》仅涉及标量测量、矢量测量,不包含张量测量的相关内容,数据处理和反演还是模拟大地电磁测深法的相关理论,因此急需

修订。

在近几年的地质调查工作中,一些新的勘查技术方法逐步成熟并得到较好的示范应用,目前尚无相应的技术标准可遵循,不利于新技术方法的全面应用。例如,iFTEM-II型固定翼时间域航空电磁测量系统是由中国地质调查局地球物理地球化学勘查研究所自主研发的时间域航空电磁测量系统,系统技术指标达到国际先进水平,填补了中国自然资源大深度高分辨航空电磁法勘查技术装备空白,目前该方法在内蒙古兴安盟科右中旗高力板、吉林白城-松原研究区开展了以支撑服务水文地质调查为目标的航空电磁测量,应用示范初显成效,对深部断裂、古河道、地下水等方面勘查效果显著。目前急需制定时间域航空电磁法测量相关标准,以便促进该方法技术的发展和推广应用。

部分发布实施的行标急需升级为国标。例如,大地电磁测深法作为一种认识地球内部结构重要的地球物理方法,成熟度高,普及面广,在支撑能源、矿产、水和其他战略资源安全保障,推进地球系统科学发展和地质科技创新,服务生态文明建设方面发挥着巨大作用。

国内,关于大地电磁测深法的相关标准有两项,分别是DZ/T 0173-2022和SY/T 5820-2014,主要代表的是自然资源领域地质调查和能源领域陆域石油勘探两大应用研究方向。随着中国陆域大地电磁基础网建设工作的实施,大地电磁测深工作的目的与自然资源领域、能源领域和其他行业领域所关注的重点有所不同,行业技术标准具有局限性。目前,需要一个更宽泛领域、更具普适性的大地电磁测深法的相关标准来指导。因此,迫切需要制定大地电磁测深法相关国家标准,规范和指导大地电磁测深法在不同领域的相关工作。

3.2 面向多服务领域地质勘查需求,地球物理勘查综合方法技术标准偏少

面对地质调查转型升级新需求,地球物理勘查技术可在能源资源、矿产资源、水资源、工程地质、环境地质、灾害地质、生态地质等多领域发挥作用,但是目前已有或正在研制的地球物理勘查技术标准,仍以单方法技术标准为主,综合技术方法应用的标准偏少,不能充分满足当前地质调查工作的需要。同时,针对特定勘查目标,需要采用多种技术方法进行综合勘查,以达到多维度、多参数、立体勘查的目的。目前,针对特殊景观区开展综合地球物理勘查的技术标准很

少,如清洁能源地热勘查、城市地下空间探测、深部矿产资源探测、水资源勘查、陆域非常规资源勘查等,尚未形成相应的地球物理勘查技术标准(姚震等, 2019)。未来,应思考按照针对不同景观区综合地质调查方法技术和按照解决特定地质问题有效方法技术组合两大类对综合方法应用型标准进行规划研制。

3.3 支撑有益元素土地资源有效利用方面的系列标准尚未建立

全国土地质量地球化学勘查调查工作已全面展开,调查成果服务地方经济发展成效显著。1:5万土地质量地球化学勘查调查工作成果的多项指标得到充分利用,在特色土地资源的评价与开发利用方面潜力无限,尤其是对人生命健康有益元素的土地资源评价,会产生巨大的经济效益。目前,仅建立了天然富硒土地划定标准,尚缺乏其他有益元素土地资源评价系列标准,土地质量综合监测预警技术标准有待建立与完善,支撑土地质量变化预警预报和防治工作。此外,对地球化学勘查技术在土壤碳库、碳达峰、碳中和等方面相关领域动态跟踪还没有系统开展,标准预警研究工作有待起步。

3.4 基础条件保障能力建设和信息化建设标准不足

在基础条件保障能力建设方面,随着基准网络和检验场建设工作推进的需求,配套的技术标准保障能力尚不能完全满足工作需要,进行必要标准的研制或修订应提到议事日程,以适应各类地球物理勘查地球化学勘查基准网、检验场等对地球圈层要素探测、观测和监测技术体系建设需要。勘查技术涉及方法种类多、测量参数多、方法标准多,不同方法应用千差万别。例如,针对即将实施的全国陆域大地电磁基础网建设,完善的大地电磁基础网测量方法技术尚未形成统一的标准。在地球物理勘查地球化学勘查信息化建设方面,面向未来,为适应天-空-地-海一体化地质调查、监测、探测等地质大数据体系建设,尚缺乏基于地质大数据的专业数据库管理、数据链整合等相关标准,不利于地质大数据人工智能信息化管理要求(孙跃等, 2022)。

4 建议

4.1 支撑地质事业转型升级,亟待研制地球物理勘查技术综合应用类标准

结合当前地球物理勘查重点工作任务,在清洁能

源、地下水资源、深部资源、陆域非常规资源、地下空间探测、地质灾害、生态环境等技术方法应用领域,加快研制方法综合应用的技术标准,满足新时期地质调查工作转型发展的需要。加大对综合地球物理勘查方法应用效果的跟踪与研究,及时抓住标准制定最佳时机,开展标准研制工作,支撑地球物理勘查技术在多领域更好地发挥作用。因此,《城市地震勘探技术规范》《滩涂区地球物理勘查技术规范》《地热地球物理勘探技术规范》《水资源地球物理勘查技术规范》《干热岩地球物理勘查技术规范》《深部地球物理勘查技术要求》等相关综合应用类标准需陆续开展研制。

4.2 聚焦社会需求,加强全国土地质量地球化学勘查调查监测系列标准研建

随着人们对健康要求的日益增加,土地质量地球化学勘查调查有益元素评价成果逐渐被广泛关注,对动植物必需的Ca、Fe、Zn、Se、Mn、Si等有益元素通过土壤进入食物链,进而影响人类健康。为更好地推动土地质量地球化学勘查调查成果服务民生、服务百姓、服务经济,助农增收,为支撑生态文明建设——土地资源生态安全,结合土地质量地球化学勘查研究方法研究与应用情况,应加强有益元素土地资源评价与划定系列标准的制定,建立健全土地质量综合监测、评价、预警标准,为准确判断土地质量变化趋势,及时发出预警预报提供支撑。因此,《土地质量地球化学监测技术规范》《土地质量地球化学预警技术要求》《土地有益元素地球化学调查与评价规范》等相关标准亟需制定。同时,跟踪热点,开展碳库研究、碳达峰、碳中和相关课题的研究,拓展勘查地球化学勘查应用新领域,捕捉标准制定最佳时机,及时制定《土壤碳库评价规范》《二氧化碳地球化学测量技术规程》等相关标准,引导技术向绿色勘查新领域延伸,服务国家生态系统的建设和保护。

4.3 拓领域、补短板,提升基础条件建设和信息化建设标准保障能力

21世纪,地球科学发展到“地球系统科学”新阶段,为人类认知地球和绿色可持续发展提供科学支撑。提升基础保障条件和信息化水平,为创新发展提供标准保障。为此,应密切跟踪地球物理勘查地球化学勘查基础条件保障能力建设动态,收集标准化工作需求,有针对性地开展急需标准的制修订工作。例如,当前结合综合地球物理基准网络和观测体系建设,应编制完善《大地电磁基础网测量方法技术要求》《大地电磁

区域调查规范》等配套的技术标准,实现从探测到观测、监测工作范式的跨越。

信息技术与勘查技术领域的深度融合,将推动地质勘查工作模式发生质的转变。在勘查技术信息化建设方面,应建立基于地质大数据的数据库管理、数据计算分析、信息挖掘等相关技术标准,服务于大数据时代云计算、人工智能、信息化管理要求,满足天—空—地—海一体化地质大数据体系建设(魏东琦等,2022)。

5 结语

标准化是自然资源科学管理的技术基础,是推进自然资源治理体系和治理能力现代化建设的重要手段,在支撑自然资源事业高质量发展中发挥着基础性和引领性作用。勘查技术高质量发展的标准体系,是地质调查转型升级和高质量发展的重要保障。新版勘查技术标准体系的研制,在领跑和优势领域积极占位,新兴和交叉领域超前布局,强优势、拓领域、补短板,强化了勘查技术标准化的顶层设计,构建了勘查技术新发展格局,为推进地球物理勘查、地球化学勘查、钻探工程相关技术领域的标准化工作提供了科学依据,同时也为地球物理勘查、地球化学勘查、钻探工程领域未来的发展应用方向指明了方向,为构建地质调查工作新理论、新技术、新方法和新业务体系提供技术支撑。

参考文献(References):

- 陈光升,李兴武.新形势下加快地质调查定额标准体系建设[J]. *经济研究导刊*, 2022, 511(17): 27–30.
- CHEN Guangsheng, LI Xingwu. Speeding up the construction of geological survey quota standard system under the new situation[J]. *Economic Research Guide*, 2022, 511(17): 27–30.
- 陈伟.新时代中国推进生态文明建设的战略选择[J]. *中国软科学*, 2019, 339(03): 1–12.
- CHEN Wei. China's strategic choice to promote the construction of ecological civilization in the new era[J]. *Chinese Soft Science*, 2019, 339(03): 1–12.
- 冯蔚洁,胡彩虹.地方高质量发展的标准体系建设思考——以内蒙古自治区实践为例[J]. *中国标准化*, 2022, 608(11): 20–23.
- FENG Weijie, HU Caihong. Thoughts on the standard system construction of local high-quality development: Take the practice in Inner Mongolia Autonomous Region as an example[J]. *China's Standardization*, 2022, 608(11): 20–23.
- 干勇,尹伟伦,王海舟,等.支撑高质量发展的标准体系战略研究[J]. *中国工程科学*, 2021, 23(03): 1–7.
- GAN Yong, YIN Weilun, WANG Haizhou, et al. Research on the Strategy of Standard System Supporting High-quality Development[J]. *Chinese Engineering Science*, 2021, 23(03): 1–7.
- 关养利,武春雷,董林.基于国家“双循环”发展战略的“十四五”标准化战略重点工作构想[A].第十八届中国标准化论坛论文集[C]. 2021, 11: 1237-1247.
- GUAN Yangli, WU Chunlei, DONG Lin. The key work conception of standardization strategy in the 14th five year plan based on the national "double cycle" development strategy[A]. *Proceedings of the 18th China Standardization Forum*[C]. 2021, 11: 1237-1247.
- 龙陆军,张玉峰,郑翠,等.新时期我国煤炭地质勘查产业技术标准体系建设[J]. *中国煤炭地质*, 2021, 33(S1): 41–43.
- LONG Lujun, ZHANG Yufeng, ZHENG Cui, et al. Construction of China's Coal Geological Exploration Industry Technical Standard System in the New Period[J]. *Coal Geology in China*, 2021, 33(S1): 41–43.
- 刘朋鸽,徐振中,胡柏松.中国标准化战略助力经济高质量发展[A].中国标准化协会,第十八届中国标准化论坛论文集[C]. 2021, 9: 200-208.
- LIU Pengge, XU Zhenzhong, HU Bosong. The China's standardization strategy promotes high-quality economic development[A]. *China Standardization Association. , Proceedings of the 18th China Standardization Forum*[C]. 2021, 9: 200-208.
- 鲁培耿.构建标准体系应注意的几个方面[J]. *标准科学*, 2022, 578(07): 53–56+77.
- LU Peigeng. Several aspects that should be paid attention to in the construction of standard system[J]. *Standard Science*, 2022, 578(07): 53–56+77.
- 彭齐鸣.地勘工作践行新发展理念的思考[J]. *中国国土资源经济*, 2016, 29(05): 7–11.
- PENG Qiming. Thoughts on practicing the new development concept in geological exploration[J]. *China's Land and Resources Economy*, 2016, 29(05): 7–11.
- 申文金,兰井志.循环经济:国土资源标准化战略研究的新理念[J]. *中国国土资源经济*, 2014, 27(07): 32–34.
- SHEN Wenjin, LAN Jingzhi. Circular economies in the new notion with regard to strategic research of standardization of land and

- resources[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2014, 27(07): 32–34.
- 孙跃, 杨少平, 袁桂琴, 等. 中国地球化学勘查技术标准制定和修订工作现状与前景展望[J]. *地球科学与环境学报*, 2022, 44(02): 275–286.
- SUN Yue, YANG Shaoping YUAN Guiqin, et al. Present situation and prospect of the formulation and revision of technical standards for geochemical exploration in China[J]. *Journal of Earth Science and Environment*, 2022, 44(02): 275–286.
- 魏东琦, 杨博, 王占昌, 等. 西北地质调查信息化建设进展与展望——以西安地质调查中心为例[J]. *西北地质*, 2022, 55(03): 224–232.
- WEI Dongqi, YANG Bo, WANG Zhanchang, et al. Progress and prospect of information construction of center geological survey in northwest China[J]. *Northwestern Geology*, 2022, 55(03): 224–232.
- 温鹏飞, 杜子图, 姚震, 等. 国外地质标准化现状及对我国的启示[J]. *中国矿业*, 2019, 28(12): 18–22.
- WEN Pengfei, DU Zitu, YAO Zhen, et al. Present situation of geological standardization abroad and its enlightenment to China[J]. *China Mining Magazine*, 2019, 28(12): 18–22.
- 姚震, 杜子图, 温鹏飞. 地质调查标准化与标准制修订初步思考与建议[J]. *中国矿业*, 2019, 28(09): 15–18+36.
- YAO Zhen, DU Zitu, WEN Pengfei. Preliminary thoughts and suggestions on geological survey standardization and standard revision[J]. *China Mining Magazine*, 2019, 28(09): 15–18+36.
- 袁桂琴, 杨少平, 孙跃. 我国地球物理勘查技术标准体系研究与建立[J]. *地质与勘探*, 2015a, 51(4): 748–756.
- YUAN Guiqin, YANG Shaoping, SUN Yue. Study and establishment of standard systems of geophysical prospecting techniques in China[J]. *Geology and Exploration*, 2015a, 51(4): 748–756.
- 袁桂琴, 杨少平, 米宏泽, 等. 物探化探技术标准体系研究有关问题的探讨[J]. *物探与化探*, 2015b, 39(6): 1267–1270.
- YUAN Guiqin, YANG Shaoping, MI Hongze, et al. Discussion of related problems of standard system for geophysical and geochemical technique[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2015b, 39(6): 1267–1270.
- 张润丽. 中国地质调查科学发展途径与战略研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2014.
- ZHANG Runli. Research on the Development Way and Strategy of Geological Survey Science in China [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2014.
- 张振宇, 袁桂琴, 孙跃, 等. 地质调查地球物理技术标准现状与发展趋势[J]. *物探与化探*, 2021, 45(05): 1226–1230.
- ZHANG Zhenyu, YUAN Guiqin, SUN Yue, et al. Present situation and development trend of geophysical technical standards for geological survey[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2021, 45(05): 1226–1230.
- 周晨. 浅析标准体系构建的共性特征[J]. *中国标准化*, 2021, 597(24): 6–9.
- ZHOU Chen. Analysis on the Common Characteristics of Standard System Construction[J]. *China Standardization*, 2021, 597(24): 6–9.