

水工环地质

水系沉积物地质资料二次开发利用的应用浅析

陈明桂¹,田兴磊¹,王景云¹,赵伟¹,夏传波¹,姜云¹,李先军¹,郑建业¹,赵庆令²,周付彬²,张泽国^{3*}

(1. 山东省地质科学研究院,山东 济南 250013;2. 山东省鲁南地质工程勘察院(山东省地质矿产勘查开发局第二地质大队),山东 济宁 272100;3. 山东省地质矿产勘查开发局第五地质大队(山东省第五地质矿产勘查院),山东 泰安 271000)

摘要:在新一轮找矿突破战略行动中实物地质资料的二次开发利用具有重要意义。1978年以来开展的全国区域化探扫面工作取得巨大的找矿成就,保留了数以百万计的水系沉积物副样及其相关地质资料。本文讨论了水系沉积物地质资料的资源现状和二次开发利用情况,并对水系沉积物地质资料的二次开发利用方向进行了分析。研究发现:①已建成全国区域化探数据库,基础资料完成了数字化;制定了系列实物地质资料管理规范,建成了省级地质资料实物库,实行分类筛选和分级管理,水系沉积物副样保存规范、良好;②找矿新理论和新方法应用于水系沉积物原始数据取得新的找矿认识;运用大型仪器和分析方法,对“三稀”、铂族、贵金属元素等战略性关键金属元素进行补测,助力新一轮找矿突破战略行动。下一步,应加强对原始资料和数据开展新理论和新方法的创新研究,通过交叉学科手段和人工智能技术,充分挖掘全国区域化探扫面水系沉积物地质资料,结合成熟的测试分析方法,促进地质找矿、基础地质研究、健康地质和生态环境评价等多角度发展。

关键词:区域化探;水系沉积物;地质资料;二次开发利用

中图分类号:G203

文献标识码:A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.09.005

0 引言

全国区域化探扫面(水系沉积物测量)工作是地质调查的重要组成部分,其成果广泛应用于矿产资源勘查、环境保护、农业生产和基础地质研究等领域,为国家资源安全保障、生态环境保护和经济社会发展提供了重要支撑。我国自 1978 年开展区域化探扫面以来,覆盖了超 760 万 km²^[1],采集了大量的水系沉积物样品,积累了数以百万计的实验室副样^[2-3]。

水系沉积物副样及其相关地质资料是实物地质资料的重要组成,与岩矿心、岩屑、标本、样品、光薄片等实物及其配套相关资料等共同称为实物地质资料^[4-5],是原始的、唯一的、不可再生的,并且易损毁

的,具有可重复利用性的重要资源《地质资料管理条例》。地质工作是一项基础性、探索性、专业性很强的工作,它的一个主要自然规律就是循序渐进。实物地质资料的二次开发即对已有实物地质资料进行再次系统全面的分析^[6-8],还包括运用新分析测试手段获取新的数据信息^[9]。实物地质资料在地质工作中始终起到基础性的作用,伴随科技和时代发展,响应国家新一轮找矿突破战略行动需求,实物地质资料的二次开发利用具有重大意义。

岩矿分析技术是地矿勘查事业和地质科学研究的重要支撑,现代高精尖分析仪器在地学领域的广泛应用拓宽了地质找矿和地学研究的深度和广度。原全国 1:20 万化探水系沉积物要求检测分析 39 种元素,检测元素当年能够基本满足找矿要求,并且发挥了巨大的找矿作用^[2]。但值得提出的是,在深部

收稿日期:2025-02-26;修订日期:2025-03-21;编辑:王敏

基金项目:本文得到“山东省地质勘查研究项目:山东省泰安幅 1:20 万水系沉积物样品二次分析与应用研究(鲁勘字[2025]12 号)、山东省自然科学基金面上项目:华南地区奥陶纪生物大辐射典型剖面地层中生命微量元素的富集亏损规律研究(ZR2022MD001)、山东省自然科学基金青年项目:山东淄博典型天然富硒地土壤中硒的来源及其富集机理研究(ZR2024QD217)”联合资助

作者简介:陈明桂(1992—),女,山东临沂人,工程师,主要从事实物地质资料二次开发利用工作;E-mail:mgchenan@163.com

* 通信作者:张泽国(1973—),男,山东济南人,高级工程师,主要从事地质勘查施工、安全生产管理等工作;E-mail:lawyzg@163.com

找矿和三稀(稀有、稀散、稀少)元素找矿、环境评价和健康地质(硒、碘、锗)等元素的关注相对缺乏^[3],还不能满足现在发展需求,因此,对全国区域化探扫描面水系沉积物副样及其基础资料的二次开发利用是一条投资少、见效快的路径。本文针对水系沉积物地质资料二次开发利用进行了总结,对应用方向进行了分析,以期最大化发挥地质资料的潜在作用。

1 资源现状

自 1978 年,谢学锦院士提出《区域化探全国扫面规划(草案)》,提出区域化探全国扫面计划样品应测定的 39 种元素及各元素分析的检测限和精密度的要求、质量监控及制备标准样等,检测元素包括 Ag、As、Au、B、Be、Ba、Bi、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、La、Li、Mn、Mo、Nb、Ni、P、Pb、Sb、Sn、Sr、Th、Ti、U、V、W、Y、Zn、Zr、Al、Ca、Fe、K、Mg、Na、Si,全国区域化探扫面工作被纳入到国家计划之中,其中的主要工作在 2000 年以前完成^[2],取得了巨大的找矿成果(表 1),截至 2015 年见矿 3 972 处,达到大、中型规模的矿产 70 多处^[1]。在开展区域化探扫面工作中有明确规定建设专业样品库保存副样,确保长时间利用^[3]。

表 1 区域化探全国扫面工作成果

五年计划	见矿数	能源矿产	黑色矿产	有色矿产	贵金属矿	其他矿产
“六五”(1981—1985)	679	7	7	317	192	156
“七五”(1986—1990)	689	25	4	167	319	181
“八五”(1991—1995)	756	0	0	46	214	1
“九五”(1996—2000)	782	0	0	30	165	9
“十五”(2001—2005)	443	0	1	63	42	8
“十一五”(2006—2010)	411	0	19	273	29	90
“十二五”(2011—2015)	212	0	0	167	38	7
总计	3972	32	31	1063	999	452

注:1981—2005 年数据引自奚小环^[10],2007—2015 年数据引自中国地质调查局网站 https://www.cgs.gov.cn/ddztt/jqthd/lhfjkwzz/dqhxdcgg/201607/t20160705_337541.html。

中国地质调查局建成全国区域化探数据库(<http://dcc.cgs.gov.cn/>),涵盖了全国区域化探工作 30 多年来 28 个省(自治区、直辖市)的 1:20 万和 1:50 万区域化探 39 种元素和氧化物的 142 万个点

位的近 5 540 万测试数据^[10]。

国家制定了一系列的法规和技术要求,如《地质资料管理条例》《地质资料管理条例实施办法》《实物地质资料管理办法》和《实物地质资料馆藏管理技术要求》等规范实物地质资料管理工作^[5],目前,我国各省以自有库房、省级分库、长期租用等形式建成省级地质资料实物库,构建了“分类筛选、分级管理”的实物地质资料管理模式,为落实地质资料的规范化管理提供了基础保障^[11]。如山东省对实物地质资料管理工作高度重视,建设有山东省鲁南实物地质资料中心库(兖州)、山东省实物地质资料中心临沂库(蒙阴)等,对区域化探(水系沉积物)副样进行规范化保存(样瓶、标签、标准箱、样品库),并将 40 年前的原始数据进行了数字化。

2 二次开发利用现状

为助力新一轮找矿突破战略行动,河南、新疆、甘肃、云南等地已经开展了对区域化探(水系沉积物)地质资料的二次开发利用,并取得了新的找矿认识,成功助力了新一轮找矿突破战略行动。

2.1 运用新理论新方法对原始数据进行二次开发

地质资料信息在被完全开发利用前,其价值一直是潜在的,随着新成矿理论和新勘查找矿方法的发现,对水系沉积物原始数据的二次分析能够助力找矿突破。如王旭辉^[12]运用新的方法和思路对辽宁省义县幅 1:20 万水系沉积物原地球化学数据进行二次分析,采用分类标准化方法消除不同地质背景对异常圈定的影响,圈定马氏距离综合异常,运用最优化算法中的线性规划法圈定单矿物异常和矿物综合分区异常,利用重点考虑常量元素综合异常和矿物综合分区异常,重新圈定了该区域的找矿远景区和找矿优选区。

人工智能(AI)成为新一轮科技革命和产业变革的驱动力量,深度融合知识驱动和数据驱动是当前矿产预测和勘查领域的研究前沿。在矿产资源勘查中的应用有“探矿者”软件,利用 AI 技术,形成集空间数据管理、地质勘查计算机制图、三维地质建模、资源量估算和三维立体预测 5 个功能模块,大大提高了地质工作者的工作效率和矿产资源评价的准确性^[13]。左仁广^[14]提出的“创新的数据-知识双驱动模型”将 AI 技术与矿产系统方法相结合,借助 AI

的强大数据处理能力,从海量数据中提取有价值的信息,在预测新矿床位置时更加准确和可靠。自然资源部地质调查主流程信息化团队编写的《AI 地质图生成技术与方法——基于地质路线深度学习》建立了使用人工智能生成地质图的新方法,能够更好地利用遥感、地球物理、地球化学等多模态数据的互补性,提取跨模态数据的高维空间特征^[16],为水系沉积物地质资料数据的二次开发利用提供了重要的参考依据。

2.2 通过元素补测获得新的找矿信息

在全国区域化探工作时,由于“三稀”及个别元素没有成熟的检测手段,或者检测方法灵敏度不能满足待测元素地壳丰度值的要求,使地球化学研究和找矿方向受到限制。近年来,随着大型仪器电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)、电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)、先进的 X 荧光光谱仪的引进,以及分析检测方法提升和改进,分析检测元素范围得到扩展,检出限大幅的降低及测定稳定性的提高,极大提高了分析检测效率以及测定的准确性,使各元素检测报出率满足规范要求,能更好的服务区域地球化学调查,甘肃、河南、云南^[16]、新疆^[17]、河北^[18]等地开展了元素补测工作,并取得了丰硕的找矿成果。

甘肃省地质调查院对甘肃省白龙江地区普查区 1:20 万区域化探副样进行了铂、钯、金等元素的补充测试,研究了铂、钯、金等贵金属元素在区内的分布、分配、时空演化特点以及富集规律。圈定铂、钯、金成矿远景区,发现了一系列金-铂(族)等贵金属、稀有金属元素综合地球化学异常,对其成矿有重要的控制作用,找矿远景良好。

河南岩石矿物测试中心从 2008 年开始持续开展了对历史区域化探副样的二次开发利用工作,先后对栾川幅、鲁山幅、新县幅、商南-洛南幅、洛宁幅、三门峡幅等图幅进行了“三稀”和铂族元素等元素补测工作,获得了工作区系列的稀土、稀有、分散元素及铂族元素的地球化学数据,编制了补测元素地球化学图,为基础地质,环境地质及其他领域应用提供了地球化学依据。填补了工作区稀土、稀有、分散元素及铂族元素的地球化学找矿信息,提高了地球化学工作程度,成功的完成了地质资料的二次开发利用。依托这些项目,新发现单元素异常区多个,综合地球化学异常多处,圈出多处找矿预测区,有些项目

中成功划分出了 B 级和 C 级找矿远景预测区,并对各预测区的找矿方向做出了初步评价,为以后的地质找矿工作部署提供了依据。

云南省腾冲—瑞丽地区位于云南省西部边陲横断山脉之南西缘,属高黎贡山的南延部分,该地区矿产丰富,种类多,已知有 10 余种矿种。2015 年,云南省地质调查院对该区内副样的“三稀”、锡钨等 20 种成矿元素进行定量测试分析,编制了研究区内的地球化学图、单元素异常图、组合异常图,在组合异常图的基础上编制了综合异常图,初步认为主元素以“三稀”及放射性元素的综合异常有 41 个,其中以 Th(U)为主的综合异常有 9 个,其余 32 个综合异常中的主元素都有“三稀”元素,为研究区内寻找新的矿种及矿产提供了较好的找矿信息,为该地区下一步勘查选区提供地质地球化学依据^[16]。新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局地球物理化学探矿大队建成了新疆区域化探副样实物资料库,为新疆区域化探副样二次开发利用奠定了实物基础。利用副样资料,在阿尔金地区的区域化探副样 5 505 件单点样品开展了二次分析,获得了该地区 76 种元素区域化学背景值和分布特征。成功圈出以 Li-Be-Ta-W-Sn-F-Cs-B 元素组合为主的异常带 13 km,并发现多处锂铍矿(点)和萤石矿(点),并进行了异常查证核实^[17]。

河北省地球物理勘查院对河北承德红石砬—娘娘庙一带找矿研究时,利用以往 1:20 万水系沉积物样品重新组合测试,通过改进分析测试技术,降低 Pt、Pd 元素测试难度大、分析成本高的难点,获得大批 Pt、Pd 元素测试数据,结合 50 km² 的 1:5 万水系沉积物测量及少量岩石剖面测量,建立 Pt、Pd 元素的成矿模式和找矿模型,同时也建立 Pt、Pd 元素异常查证的工作思路和综合评价,查明终点异常的原因及找矿意义,圈定找矿靶区,实现贵金属找矿工作的重大突破^[18]。

2.3 建立多元素综合分析方法

谢学锦院士在推动开展全国区域化探工作时就提出该项工作将提高我国区域地球化学分析技术发展^[2]。中国地质科学院从 2000 年在我国西南五省市区利用 20 世纪 80 年代中后期完成的 1:20 万区域化探副样开展了 76 种元素地球化学填图试验工作,一方面,解决了一些困难元素的分析方法,建立了一套 76 种元素分析方法,为地球化学填图提供强

有力的支持;另一方面,编制出世界上首份 76 种元素地球化学图,为该地区基础地质调查、矿产勘查、区域成矿规律研究、生态环境评价等提供了资料^[19]。河南岩石矿物测试中心以保存的化探副样为测试对象,利用 ICP-MS、X 射线荧光、原子荧光等大型精密仪器为分析手段,建立了“三稀”和铂族元素的系统分析方法^[20],为基础地质、矿产勘查等

提供了分析测试手段。

通过对全国区域化探工作和目前所用的测试方法及其检出限和检出限要求数据(表 2),可以发现,随着测试方法革新和先进仪器的使用,检测的元素数量显著增加,76 种元素均可测,并且检出限明显降低,能更好的测定痕量和超痕量元素的含量,获得更全面的元素信息。

表 2 分析方法、检出限、检出限要求的对比

序号	分析元素	当时分析方法 ^a	当时检出限 ^a	当时检出限要求 ^b	现在分析方法	现在检出限	现在检出限要求 ^c
1	Ba	等离子光谱	33	50	电感耦合等离子体质谱法 ^c	1.1	5
2	Be		0.33	0.5		0.006	0.2
3	Cu		1	1		0.6	1
4	Ni		5	1~10		0.6	1
5	Sc		3.3	—		0.6	1
6	Sr		3.3	5~50		0.4	5
7	La		3.3	30	封闭酸溶-电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.05	1
8	Y		6.6	10		0.03	1
9	Yb		0.66	—		0.01	0.1
10	Ti		100	100	电感耦合等离子体原子发射光谱 ^c	2	50
11	V		3.3	20		0.3	0.1
12	Mn		3.3	30		0.02	10
13	MgO		0.19	—		0.004	0.05
14	CaO		0.30	—		0.003	0.05
15	Cr		3.3	15		0.2	5
16	Al ₂ O ₃		1.56	—	粉末压片-X 射线荧光光谱法 ^c	0.03	0.05
17	Nb		5	5	电感耦合等离子体质谱法 ^d	0.01	2
18	Zr		3.3	10		0.05	5
19	Ag	原子吸收	0.015	0.02	交流电弧-发射光谱 ^c	0.06	0.06
20	Cd		0.03	0.1	电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.02	0.02
21	Co		1	1		0.02	1
22	Li		0.1	5		0.06	1
23	Hg		0.005	0.01	蒸汽发生-冷原子荧光光谱法 ^c	0.005	0.005
24	Zn		5	10	感耦合等离子体原子发射光谱 ^c	0.03	5
25	Na ₂ O		0.10	—		0.001	0.10
26	Fe ₂ O ₃		0.05	—		0.003	0.05
27	K ₂ O		0.10	—		0.001	0.05
28	Bi	原子荧光	0.02	—	电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.015	0.05
29	Sb		0.05	0.2		0.02	0.05
30	As		0.09	1	氢化物发生-原子荧光光谱法 ^c	0.2	1
31	B	撤样光谱	1	10	交流电弧-发射光谱法 ^c	1	2
32	Sn		0.3	1~3		0.6	1
33	Pb		1	1~10	电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.5	2
34	W	极谱法	0.2	0.5	碱融-电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.03	0.3
35	Mo		0.01	0.5	电感耦合等离子体质谱法 ^d	0.2	0.2

续表 2 分析方法、检出限、检出限要求的对比

序号	分析元素	当时分析方法 ^a	当时检出限 ^a	当时检出限要求 ^b	现在分析方法	现在检出限	现在检出限要求 ^c	
36	SiO ₂	中子活化	0.01	—	粉末压片-X射线荧光光谱法 ^c	0.05	0.10	
37	Au	化学光谱	0.3	0.3	泡沫塑料富集-石墨炉原子吸收光谱法 ^c	0.1	0.2	
38	F	离子选择电极	100	100	离子选择电极法 ^c	20	100	
39	P	比色法	100	100	电感耦合等离子体原子发射光谱 ^c	3	10	
42	Ce	—	—	—	封闭酸溶-电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.05	2	
43	Pr	—	—	—		0.01	0.1	
44	Nd	—	—	—		0.05	0.1	
45	Sm	—	—	—		0.02	0.1	
46	Eu	—	—	—		0.01	0.1	
47	Gd	—	—	—		0.05	0.1	
48	Tb	—	—	—		0.03	0.1	
49	Dy	—	—	—		0.02	0.1	
50	Ho	—	—	—		0.03	0.1	
51	Er	—	—	—		0.01	0.1	
52	Tm	—	—	—		0.03	0.1	
53	Lu	—	—	—		0.02	0.1	
40	Th	—	—	—	电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.003	2	
41	Cs	—	—	—		0.003	0.5	
54	Tl	—	—	—		0.003	0.1	
62	I	—	—	—		0.2	0.5	
55	Pt	—	—	—	火试金富集-电感耦合等离子体质谱法 ^c	0.02	0.2	
56	Pd	—	—	—		0.06	0.2	
57	Se	—	—	—	氢化物发生-原子荧光光谱法 ^c	0.01	0.01	
58	Ge	—	—	—		0.07	0.1	
59	C	—	—	—	燃烧-红外吸收光谱法 ^c	30	0.1	
60	Cl	—	—	—		10	20	
61	Br	—	—	—	离子色谱法 ^c	0.3	1	
63	N	—	—	—		凯氏蒸馏-容量法 ^c	20	20
64	S	—	—	—	电感耦合等离子体质谱法 ^d	燃烧-碘量法 ^c	50	50
65	Ga	—	—	—		0.2	2	
66	Rb	—	—	—		1.0	1	
67	U	—	—	—		0.003	0.2	
68	Hf	—	—	—		0.01	1	
69	Ta	—	—	—		0.05	0.2	
70	In	—	—	—		0.005	0.01	
71	Re	—	—	—		0.2	0.2	
72	Te	—	—	—		5	5	
73	Rh	—	—	—		0.02	0.02	
74	Ru	—	—	—	电感耦合等离子体质谱法 ^e	0.01	0.02	
75	Ir	—	—	—		0.02	0.01	
76	Os	—	—	—		0.02	0.02	

注:1. a 数据来自《山东省 1:20 万泰安幅、章丘幅地球化学图说明书》;b 数据来自《区域化探分析方法及质量监控》;c 数据来自于《区域地球化学样品分析方法》(DZ/T 0279—2016);d 数据来自《硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分:44 个元素量测定》(GB/T 14506.30—2010);e 数据来自谢学锦^[19]。

2. 检出限数据来源与对应现在分析方法来源一致。

3. Al₂O₃、CaO、SiO₂、Fe₂O₃、K₂O、MgO、Na₂O 以%计量,其元素测定当时分析方法检出限、检出限要求以 Al、Ca、Si、Fe、K、Mg、Na 计算,Au、Ir、Os、Pd、Pt、Re、Rh、Ru、Te 以 ng/g 计量,其他以 μg/g 计量。

3 地质资料二次开发利用应用方向

3.1 利用新理论新方法助力地质找矿

为了保障国家资源安全、提升矿产资源供应能力,我国开展新一轮找矿突破战略行动,其中基础调查区、重点调查区、重点勘查区和重要矿山深边部^[21]是重要的找矿阵地。为快速有效地支撑服务国家战略性矿产资源供应安全重大决策,实现战略性矿产资源找矿突破,亟需对这些全国区域化探(水系沉积物)副样及其基础资料再利用开发。依托全国区域化探的数据,根据实际找矿成果,利用新理论和新方法进行地质资料二次开发利用,利用大数据、人工智能等计算机技术对已有的海量水系沉积物地质资料数据进行挖掘,运用智能化综合信息地球化学数据处理系统,进行地球化学异常筛选和评价,开展资源潜力评价系统研究。

3.2 开展元素补测助力地质找矿

前期各地开展的全国区域化探(水系沉积物)副样三稀元素、贵金属和铂族元素补测工作,取得了丰硕的找矿成果。随着测试分析技术的革新和新仪器设备的研发,水系沉积物元素检测范围扩展,检出限降低,分析精度提高,有统一的质控标准,不同实验室直接的数据误差缩小,为元素补测提供了巨大的发展空间。通过元素补测,可以获得新的地球化学信息,可为基础地质研究、地质找矿、成矿理论提供更多的指示,助力地质找矿。

3.3 开展元素补测助力健康地质

中国地质调查局国家地质实验测试中心通过分析“全国区域化探扫面计划”获得的砷数据,开展了砷中毒研究,在地质环境与人类健康直接的相互作用方面进行了卓越的贡献^[22]。李家熙等^[23]运用全国 28 个省(自治区、直辖市)的 1:20 万区域化探扫面数据,结合水、土、人发的数据资料,研究居民膳食中元素摄入量和癌症的关系,开展健康地质方向的研究,解决人民健康问题。

我国将人民健康放在优先发展的战略地位,明确提出实施“健康中国”行动,推进“健康中国”建设。健康地质是一门新兴学科,涵盖地质学、环境地球化学、生态学、医学、农学等,指查明区域地质环境中岩石、土壤、水、大气、生物多介质的有益或有害元素含量水平、组合特征、生态效应,结合地形地貌、气候条

件等因素,评价地质环境对人体健康、宜居性的影响程度^[24-25]。全国区域化探(水系沉积物)副样及地质资料为开展健康地质调查和研究提供了实物基础和数据基础,结合对与生命健康相关元素的补测,可助力特色农业开发和乡村振兴,促进健康地质研究,服务“健康中国”战略。

3.4 作为地球化学背景值助力生态环境监测

全国区域化探扫面(水系沉积物测量)工作主要在 20 世纪 80 年代开展样品采集,距今已有 40 年左右。伴随着改革开放和工业化发展,环境污染问题愈发引起大家的关注,当年的数以百万计的水系沉积物样品具有的环境价值愈发重大。水系沉积物中的重金属是影响河流地表水和流域农田土壤生态环境的潜在威胁^[26]。以区域化探扫面(水系沉积物测量)的副样及地质资料为基础,反映一个地区的地球化学环境背景值^[27],结合生态环境地球化学评价方法可以对现在该地区的生态环境进行评价^[28],还可以通过再次采集水系沉积物进行 2 个不同时间节点的对比评价环境污染变化程度和规律。

4 结论和建议

全国区域化探扫面(水系沉积物测量)工作从 1978 年开始历经 30 余年取得了巨大的成就,留下了数以百万计珍贵的水系沉积物副样和原始资料。利用这些水系沉积物副样及其基础资料进行二次分析、元素补测,深挖更深层次的数据信息,在支撑基础地质研究、地质找矿、健康地质、环境评价等方面具有广阔的应用前景,也取得了较好的进展。本文提出以下结论和建议,利用全国区域化探扫面水系沉积物地质资料,进行合理的二次开发利用将助力新一轮找矿突破战略行动。

(1) 通过对全国区域化探扫面(水系沉积物测量)现状的梳理发现,已建成全国区域化探数据库;制定了《地质资料管理条例》《地质资料管理条例实施办法》《实物地质资料管理办法》和《实物地质资料馆藏管理技术要求》等规范;以“分类筛选、分级管理”的模式建成省级地质资料实物库;水系沉积物副样保存良好,基础资料进行了数字化。

(2) 各地重视水系沉积物地质资料的二次开发利用,运用新理论新方法和人工智能在 AI 技术制图、地质勘查等方面的优势对水系沉积物原始数据

进行二次分析获得新的找矿认识;依托大型仪器和分析测试手段获得新的元素数据,提供“三稀”、铂族、贵金属元素地球化学找矿信息;建立多元素综合分析方法,为基础地质调查、矿产勘查、区域成矿规律研究、生态环境评价提供可行的测试手段。

(3)下一步,以全国区域化探扫描面水系沉积物地质资料为基础,应加强对原始资料和数据进行新理论和新方法的创新研究,利用人工智能技术获取更多的地质找矿信息;开展三稀、铂族、贵金属和其他环境相关元素的补测,为战略性关键金属元素找矿和健康地质研究助力;作为一个地区的地球化学环境背景值,结合生态环境地球化学评价方法评价环境污染变化程度和规律。

参考文献:

- [1] 向运川,牟绪赞,任天祥,等.全国区域化探数据库[J].中国地质,2018,45(增刊1):32-44.
- [2] 谢学锦,任天祥,奚小环,等.中国区域化探全国扫描面计划卅年[J].地球学报,2009,30(6):700-716.
- [3] 张森,王楠,赵艳军,等.实物地质资料在新一轮找矿突破战略行动中的集成研究与应用浅析[J/OL].地质论评,1-10[2025-02-24]. <https://doi.org/10.16509/j.georeview.2024.10.065>.
- [4] 杨涛,夏浩东,邓会娟,等.论实物地质资料管理[J].贵州地质,2008(1):70-73.
- [5] 姜文利.国家实物地质资料馆服务研究[D].北京:中国地质大学(北京),2014.
- [6] 邓吉牛.地质资料二次开发在矿山找矿中的作用[J].有色金属矿产与勘查,1999(6):623-626.
- [7] 张慧敏.河北省地质资料二次开发利用与找矿新突破[C]//第六届全国地质档案学术研讨会论文集.2008:107-108.
- [8] 陈孟茜,侯恺伦.浅析内蒙古地质资料二次开发[J].西部资源,2016(1):86-87.
- [9] 汪艳芸,邓晃.岩矿分析技术发展方向及其在实物地质资料中的应用浅析[J].中国矿业,2017,26(增刊2):374-376.
- [10] 奚小环.多目标的地质大调查:21世纪勘查地球化学的战略选择[J].物探与化探,2007(4):283-288.
- [11] 张蕾,易锦俊,王楠,等.省级实物地质资料管理与服务现状研究[J].地质论评,2024,70(2):807-811.
- [12] 王旭辉.辽宁省义县幅水系沉积物地球化学异常筛选及评价[D].长春:吉林大学,2009.
- [13] 尹世滔,李楠,肖克炎,等.基于人工智能的地质矿产勘查软件系统开发与应用[J].中国矿业,2024,33(12):31-37.
- [14] ZUO R G, YANG F F, CHENG Q M, et al. A novel data—knowledge dual—driven model coupling artificial intelligence with a mineral systems approach for mineral prospectivity mapping [J]. Geology, 2024. doi: <https://doi.org/10.1130/G52970.1>
- [15] 李超岭,李丰丹,刘畅,等. AI 地质图生成技术与方法:基于地质路线深度学习[M].北京:地质出版社,2024.
- [16] 谢尚锐,杨功,杨天仪,等.云南省腾冲—瑞丽地区“三稀”及放射性元素地球化学异常特征[J].云南大学学报(自然科学版),2017,39(增刊2):7-11.
- [17] 卢慧林,夏海江,张玉龙,等.新疆区域化探副样二次开发利用研究[J].新疆地质,2023,41(增刊1):96.
- [18] 陈康,张蕾,邓会娟,等.地球化学副样在河北承德红石砬-娘娘庙一带铂钯找矿方向研究中的应用[C]//第十一届全国地质档案学术研讨会论文集.北京:地质出版社,2018:399-403.
- [19] 谢学锦,程志中,张立生.中国西南地区 76 种元素地球化学图集[M].北京:地质出版社,2008.
- [20] 李振,于亚辉,闫红玲.“三稀”和铂族元素测试方法的应用[J].矿产勘查,2016,7(4):676-682.
- [21] 刘子锐,张翔.甘肃省新一轮战略性矿产资源找矿突破措施与对策[J].甘肃地质,2023,32(2):1-5.
- [22] 吴正昌,王会敏,徐喆.健康地质调查 地质人新的使命与担当[C]//江西地学新进展.2022:300-307.
- [23] 李家熙,吴功建,黄怀曾,等.区域地球化学与农业和健康[M].北京:人民卫生出版社,2000.
- [24] 居字龙,胡尚军,陈思,等.健康地质调查研究进展及其评价方法[J].资源环境与工程,2022,36(5):594-603.
- [25] 刘大文,汤奇峰,张隆隆.大地质与健康中国[J].地球,2024(1):1-4.
- [26] 康桂玲,徐佳,平艳丽,等.鲁西莱阳茌梨产地小流域沉积物重金属生态风险评价及来源分析[J].山东国土资源,2023,39(1):30-39.
- [27] 史长义,梁萌,冯斌.中国水系沉积物 39 种元素系列背景值[J].地球科学,2016,41(2):234-251.
- [28] 张应娥,唐伟,陶耐,等.基于水系沉积物地球化学背景特征的生态环境评价[J].黑龙江环境通报,2024,37(7):86-88.

Secondary Development and Utilization Strategy Geological Data of Water System Sediments

CHEN Minggui¹, TIAN Xinglei¹, WANG Jingyun¹, ZHAO Wei¹, XIA Chuanbo¹, JIANG Yun¹, LI Xianjun¹, ZHENG Jianye¹, ZHAO Qingling², ZHOU Fubin², ZHANG Zeguo³

(1. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2. Lunan Geo-engineering Exploration Institute (No. 2 Geological Brigade of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources), Shandong Jinan 272100, China; 3. No. 5 Geological Brigade of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources (No. 5 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources), Shandong Tai'an 271000, China)

Abstract: The secondary development and utilization of physical geological data is of great significance in the new round of prospecting breakthrough strategy. Regional geochemical prospecting work carried out since 1978 has made great achievements in prospecting, and millions of stream sediment subsamples and related geological data have been preserved. In this paper, present condition and secondary development and utilization of geological data of stream sediments have been discussed, and the directions of secondary development and utilization of geological data of stream sediments have been analyzed. The national regional geochemical exploration database has been built, and basic data has been digitized. A series of physical geological data management standards have been formulated. Provincial physical geological data databases have been built, and classification, screening and management at different levels have been implemented. Stream sediment sub-samples have been preserved in a standard manner. New prospecting theories and methods have been applied to original stream sediment data to obtain new prospecting knowledge. By using large instruments and analytical methods, strategic key metal elements, such as rare earth elements, rare metals, scattered elements, platinum group, and precious metal elements have been retested. It will provide great assistance in the new round of prospecting breakthrough strategy. In the next step, the innovative research on original data with new theories and new methods should be strengthened. By means of interdisciplinary approaches, artificial intelligence technologies and mature analysis methods, regional geochemical scanning surface stream sediment geological data should be fully leveraged. It will promote the development of geological prospecting, basic geological research, health geology and ecological environment assessment.

Key words: Regional geochemical exploration; stream sediment; geological data; secondary development and utilization