doi: 10.11720/wtyht.2019.0249

刘汉粮,聂兰仕,Shojin Davaa,等.中蒙边界阿尔泰地区汇水域沉积物 69 种元素背景值特征[J].物探与化探,2019,43(6):1163-1172.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0249

Liu H L, Nie L S, Shojin Davaa, et al. Characteristics of background values of 69 elements in the catchment sediments of the Altay area across the boundary between China and Mongolia [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(6): 1163-1172.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0249

中蒙边界阿尔泰地区汇水域沉积物 69 种元素背景值特征

刘汉粮^{1,2,3}, 聂兰仕^{1,2,3}, Shojin Davaa⁴, 王学求^{1,2,3}, 迟清华^{1,2,3}, Enkhtaivan Altanbagana^{4,5}

(1.自然资源部地球化学探测重点实验室,河北廊坊 065000;2.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;3.联合国教科文组织全球尺度地球化学国际研究中心,河北 廊坊 065000;4. Geological Investigation Center, Ulaanbaatar-37 P.box-318, Mongolia;5.中国地质 大学(北京),地球科学与资源学院,北京 100083)

摘要:阿尔泰地区是重要的稀有金属、有色金属、宝石和工业白云母成矿带。以中蒙边界1:100万地球化学填图数据为基础,采用原始数据以 X±3S 为临界值一次性剔除异点后的数据集的中位值作为背景值的估计值,计算了中蒙边界阿尔泰地区及6个大地构造单元的69种元素汇水域沉积物背景值,并探讨其区域分布规律和特征。研究表明,不同的大地构造单元由于不同的地质背景导致元素的地球化学分布模式也不同。这些背景值为进一步深入开发利用中蒙边界地球化学填图数据提供了可供对比的基础数据。

关键词: 69 种元素背景值;汇水域沉积物;阿尔泰地区;中蒙边界

中图分类号: P596; P632 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2019) 06-1163-10

0 引言

地壳、岩石和疏松沉积物的化学组成与元素丰 度是人类开展地质与地球化学调查、生态环境与农 业地球化学调查必不可少的参考数据。地壳及其岩 石的丰度研究由来已久并取得了很多成果^[1-9]。地 球表层沉积物中的元素含量水平与分布特征是复杂 地质过程和人类活动综合作用的结果,是进行资源 勘查、环境评价、生态保护研究的重要基础资料。地 球化学背景值一直被国内外学者所重视^[10-12],长期 以来,地球化学家们一直探索着地球表面各种沉积 物的元素背景值^[13-21]。这些基础数据对于研究地 球表层各种沉积物中元素的地球化学行为和特征具 有重要的意义,而地球化学填图是研究和绘制化学 元素在空间上的分布和变化,为资源和环境问题的 解决提供基础性数据和图件。

阿尔泰地区位于中国、蒙古、俄罗斯和哈萨克斯 坦四国的交界处,是重要的稀有金属、有色金属、宝 石和工业白云母成矿带,其构造位置处于西伯利亚 板块阿尔泰陆缘活动带内,受阿尔泰早古生代深成 岩浆弧和卡尔巴—锡伯渡深成岩浆及震旦纪—早古 生代变质岩控制。阿尔泰地区构造岩浆活动频发且 强烈,具有良好的成矿条件,矿床分布广,且与花岗 岩分布有密切关系^[22]。

围绕国家"一带一路"战略及"两种资源、两个 市场"和产业转移战略对矿产信息的重大急迫需 求,利用中国领先的地球化学填图技术,采集中蒙边 界地区地球化学填图数据,为资源评价和环境变化 提供科学数据,为"一带一路"资源布局和富余产能

收稿日期: 2019-04-29; 修回日期: 2019-07-01

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0600600);中国地质调查局地质调查项目(DD20160116,DD20190451)

作者简介:刘汉粮(1985-),男,硕士,工程师,从事勘查地球化学研究工作。Email:liuhanliang@igge.cn

通讯作者: 汞宁泊数据2-),男,博士,高级工程师,从事境外地球化学填图研究工作。Email:nielanshi@igge.cn

转移提供决策依据。根据中蒙双方签署的"中蒙合 作地球化学填图计划",开展中蒙边界地区1:100万 地球化学填图工作。笔者以中蒙边界1:100万地球 化学填图数据为依托,针对中蒙边界阿尔泰地区统 计了汇水域沉积物 69种元素背景值,为进一步深入 开发利用填图数据和资料提供可供对比的基础数 据。

1 数据来源

本文收集了中蒙边界阿尔泰地区1:100万地球 化学填图数据。中蒙边界阿尔泰地区 1:100 万地球 化学填图以1:25 万或1:20 万地形图作为野外工作 用图,以1:2.5万图幅(经度差7.5'×纬度差5.0',面 积大约100 km²)作为一个采样单元网格,每个网格 采集1件汇水域沉积物样品或组合样品。采样点布 设兼顾样品均匀性与最有效控制汇水域,样品在50 m 范围内多点组合采样(3~5个点),重复样占总样 品数的5%左右,大致均匀布设在整个工作区内。 所有采样点位筛取小于100目的细粒级样品,由于 样品粒度细、介质均匀,因此代表性强,同时细粒级 样品所具有的独特吸附特性,可以将找矿信息捕获 与富集[23-26]。在中蒙边界阿尔泰地区共完成了约 300 000 km² 的国家尺度(1:100 万)地球化学填图工 作,由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究 所和蒙古地质调查中心联合完成,涉及中国境内的 新疆维吾尔自治区哈密市、昌吉回族自治州、阿尔泰 地区以及蒙古的科布多省、巴彦乌列盖省、戈壁阿尔 泰省等,工作范围是东西方向(经度)86°~96°,南北 方向沿边境线向两国境内各延伸约100km,共采集 沉积物样品 2453 件,其中中国境内采集 1165 件样 品,蒙古国境内采集1288件样品。境内外所有样 品均在中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究 所中心实验室加工、分析,采用地壳全元素配套分析 方案及分析质量监控系统,具体配套分析方案见张 勤等[27],以保障样品分析数据的一致性。

2 统计方法

2.1 背景值确定

在勘查地球化学的数据处理中,背景值的确定 目前还没有一个公认的方法。通常情况下地球化学 工作者采用常规的经典统计学中的算术平均值作为 背景值的估计值,在计算过程中为排除离群值的影 响,采用 **衣藻轶译**均值)±nS(标准离差)剔除异点 的方法来计算算术平均值作为背景值。但常规的经 典统计学的数学前提是假设数据服从正态分布,而 勘查地球化学原始数据的复杂性使得它很难满足这 种假设,极端偏离数据主体的少数测量值或小额量 总体可明显地影响估计值,至少部分掩盖数据的固 有信息^[21,28]。EDA 技术中的中位数(50%分位数) 属于稳健统计学参数,具有很强的抵抗"野"数据干 扰的能力^[28-29]。Reimann et al.^[10-11]提出中位数作 为背景值的估计值的观点,史长义等^[21]以 X±3S 为 临界值一次性剔除异点后的数据集的中位数作为背 景值的估计值,计算出了中国 39 种元素水系沉积物 背景值。笔者采用 X±3S 为临界值一次性剔除异点 后的数据集的中位数作为背景值的估计值。

2.2 统计单元划分

本次背景值的计算分2个统计单元进行(图1), 即①中蒙边界阿尔泰地区;②构造单元:阿尔泰构造 带、阿尔泰南缘弧盆系、东西准噶尔弧盆系、准噶尔地 块、戈壁阿尔泰弧盆系、北山—戈壁天山弧盆系^[30]。





3 中蒙边界阿尔泰地区汇水域沉积物背景值

中蒙边界阿尔泰地区汇水域沉积物统计参数见表1,包括原始统计值以及背景值(X±3S为临界值 剔除异点后的数据集的中位数)。RCC(区域浓集

表1 中蒙边界阿尔泰地区汇水域沉积物地球化学参数

Table 1 Geochemical parameters of catchment sediments collected in the Altay area across the boundary between China and Mongolia

			-114 122 124	bl 국 -							
兀素	最小值	P2.5	P25	P50	P75	P85	P97.5	最大值	背景值	地売丰度	RCC
Ag	9.40	32.4	47.0	53.0	64.0	72.0	114	470	53.0	70	0.76
As	0.62	2.12	5.33	8.06	11.3	13.1	25.1	223	7.98	1.7	4.70
Au	0.045	0.21	0.56	0.88	1.42	1.96	6.21	235	0.88	2.5	0.35
В	4.90	18.4	38.8	48.7	60.3	69.9	125	513	48.4	11.0	4.40
Ba	125	263	357	418	482	528	661	1742	417	584	0.71
Be	0.10	1.26	1.70	1.93	2.26	2.49	3.74	18.33	1.93	2.4	0.80
Bi	0.030	0.12	0.22	0.29	0.39	0.48	0.95	18.65	0.29	0.085	3.41
Br	0.20	0.24	1.42	2.53	4.99	7.58	24.9	117	2.49	1.0	2.49
Cd	4.00	60.4	104	136	180	210	350	7279	136	100	1.36
Cl	17.4	29.7	56.0	93.0	263	778	8729	85386	90.7	472	0.19
Co	0.38	6.53	10.1	12.3	15.0	16.5	21.5	34.1	12.3	24	0.51
Cr	4.84	33.0	58.0	71.0	88.0	100	140	797	70.8	126	0.56
Cs	0.12	2.10	3.23	4.50	6.64	8.20	14.4	86.6	4.47	3.4	1.31
Cu	0.95	12.8	22.0	27.7	34.2	38.9	54.7	181	27.6	25	1.10
F	189	294	423	505	607	672	961	3869	505	525	0.96
Ga	1.54	11.4	14.1	15.6	17.2	18.2	21.2	27.0	15.6	15	1.04
Ge	0.16	0.96	1.21	1.34	1.48	1.56	1.79	5.32	1.34	1.4	0.96
Hf	1.30	3.57	5.60	7.07	9.12	10.53	17.1	89.3	7.03	4.9	1.43
Hø	0.50	6.01	11.0	15.5	21.9	26.0	46.4	305	15.5	40	0.39
I	0.01	0.49	1.00	1.43	2.20	2.76	5.40	16.1	1.41	0.8	1.76
In	0.004	0.037	0.054	0.062	0.071	0.079	0.11	1.63	0.062	0.050	1.24
Li	1.03	12.3	19.5	24.7	31.6	36.7	53.2	400	24.6	18	1.37
Mn	152	415	660	789	925	1007	1256	3088	788	716	1.10
Mo	0.10	0.38	0.73	0.96	1 22	1 43	2 74	11 59	0.95	11	0.86
N	59.4	139	277	475	1099	1738	4818	14581	475	60	7.91
Nb	0.40	6.63	11.4	13.8	17.0	19.3	29.3	85.4	13.8	19	0.73
Ni	1.14	12.4	20.3	26.2	36.2	42.2	67.6	392.5	26.1	56	0.47
Р	212	466	716	869	1069	1206	1857	6511	867	757	1.14
Ph	1.94	11.2	15.8	18.1	20.7	22.3	29.2	493.9	18.1	14.8	1.22
Rb	28.0	47.7	62.0	74.0	94.0	107	149	327	74.0	78	0.95
S	6.70	67.0	147	268	659	1695	11970	56400	261	697	0.37
Sb	0.017	0.23	0.50	0.66	0.82	0.96	1.83	25.4	0.66	0.30	2.19
Sc	0.46	7.17	11.6	13.7	16.0	17.4	21.7	40.4	13.7	16	0.85
Se	0.013	0.060	0.12	0.16	0.21	0.25	0.53	3.43	0.16	0.12	1.30
Sn	0.93	1.42	2.02	2.48	3.01	3.33	5.05	78.7	2.48	2.3	1.08
Sr	23.6	102	196	264	321	358	570	3917	262	333	0.79
Та	0.24	0.57	0.90	1.11	1.47	1.79	3.08	26.41	1.10	1.1	1.00
Те	0.002	0.024	0.040	0.050	0.063	0.070	0.14	9.59	0.050	0.005	10.0
Th	0.70	4.80	7.87	10.3	13.2	15.2	26.6	176	10.3	8.5	1.21
Ti	721	2262	3588	4193	4778	5153	6651	19961	4184	4010	1.04
Tl	0.017	0.23	0.34	0.43	0.56	0.64	0.88	2.30	0.42	0.52	0.81
U	0.071	1.42	2.10	2.57	3.31	3.92	9.54	145	2.56	1.7	1.51
V	4.94	43.0	70.5	84.0	99.8	109	141	367	84.0	98	0.86
W	0.16	0.79	1.20	1.61	2.38	3.07	7.45	223	1.60	1.0	1.60
Zn	3.13	35.0	55.0	66.8	79.0	88.0	121	1872	66.5	65	1.02
Zr	51.3	147	223	287	380	445	708	3187	286	203	1.41
Y	9.40	17.1	23.4	27.6	34.3	38.6	56.4	339	27.6	24	1.15
La	1.17	16.8	26.4	32.5	39.5	44.7	65.3	341	32.3	30	1.08
Ce	2.44	32.2	51.6	64.1	77.3	85.9	137	769	63.8	60	1.06
Pr	0.38	4.16	6.53	8.03	9.74	11.0	15.8	91.4	7.99	6.7	1.19
Nd	1.57	16.2	25.3	30.6	37.1	41.7	60.2	348	30.5	27	1.13
Sm	万方数据	3.28	5.31	6.39	7.70	8.68	12.7	69.5	6.38	5.3	1.20

43 考	ż
------	---

										(2	头衣 1)
二書			北見佐	此書土南	DCC						
儿系	最小值	P2.5	P25	P50	P75	P85	P97.5	最大值	「月京徂	地冗干皮	ntt
Eu	0.086	0.85	1.20	1.39	1.60	1.75	2.29	4.98	1.39	1.3	1.07
Gd	0.35	2.72	4.54	5.64	6.90	7.79	11.3	68.5	5.61	4.0	1.40
Tb	0.056	0.46	0.76	0.94	1.15	1.30	1.96	11.1	0.94	0.65	1.44
Dy	0.36	2.82	4.68	5.65	6.82	7.69	11.6	62.0	5.62	3.8	1.48
Ho	0.083	0.60	0.96	1.16	1.38	1.56	2.36	11.5	1.15	0.8	1.44
Er	0.17	1.59	2.61	3.15	3.85	4.37	6.57	31.4	3.14	2.1	1.49
Tm	0.031	0.29	0.45	0.54	0.65	0.74	1.11	4.55	0.54	0.30	1.79
Yb	0.18	1.85	2.82	3.32	4.05	4.58	6.96	27.5	3.31	2.0	1.65
Lu	0.023	0.30	0.46	0.53	0.65	0.72	1.10	4.17	0.53	0.35	1.52
SiO_2	15.8	48.1	58.2	61.7	64.8	66.7	71.6	80.2	61.8	61.7	1.00
Al_2O_3	2.65	10.0	12.0	12.6	13.3	13.7	15.0	20.3	12.6	15.0	0.84
$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	0.59	2.57	4.33	4.98	5.71	6.18	7.70	21.5	4.97	6.17	0.81
MgO	0.28	0.94	1.63	1.99	2.42	2.68	3.66	10.7	1.98	3.67	0.54
CaO	0.46	1.21	2.98	4.16	5.41	6.25	10.4	44.5	4.13	5.39	0.77
Na ₂ O	0.34	1.25	2.04	2.47	2.92	3.16	4.54	17.9	2.46	3.18	0.77
K ₂ O	0.18	1.58	2.05	2.24	2.53	2.70	3.32	4.53	2.24	2.58	0.87
OrgC	0.018	0.087	0.33	0.57	1.04	1.55	4.13	13.6	0.55		
TC	0.048	0.23	0.57	0.91	1.63	2.23	5.72	16.1	0.89	0.19	4.66

注: Ag、Au、Hg含量单位为10⁻⁹,氧化物为%,其他为10⁻⁶; P=百分位数(P50=中位值); 大陆地壳丰度引自 Wedepohl K H, 1995^[6]。

系数)不仅可以清楚地反映出元素分散与富集规 律,表征其空间分布趋势,指出成矿有利地质体,还 可以为确定区域主要成矿元素提供信息。中蒙边界 阿尔泰地区汇水域沉积物背景值与大陆地壳丰 度^[6]相对比(表1):Te、N、As、TC、B、Bi、Br、Sb、Tm、 I,Yb,W,Lu,U,Er,Dy,Tb,Ho,Hf,Zr,Gd,Li,Cd,Cs, Se、In、Pb、Th、Sm、Pr、Y、P、Nd、Cu、Mn 共 35 种元素 RCC>1.1, 表现为富集; Sn、La、Eu、Ce、Ti、Ga、Zn、 SiO₂、Ta、F、Ge、Rb 共 12 种元素 RCC 介于 0.9~1.1 之间;K₂O,Mo,V,Sc,Al₂O₃,Tl,Fe₂O₃,Be,Sr,Na₂O, CaO、Ag、Nb、Ba、Cr、MgO、Co、Ni、Hg、S、Au、Cl 等 22 种元素 RCC<0.9,表现为亏损。其中 RCC>1 的元素 共44种,占63.77%,说明汇水域沉积物中多数元素 较地壳富集,但主成分元素与微量元素不同,主成分 除 SiO₂ 外,其余 K₂O、Al₂O₃、Fe₂O₃、Na₂O、CaO、MgO 均低于地壳丰度:与地壳丰度比较,在汇水域沉积物 中强烈富集的微量元素多属易挥发元素(Te、N、As、 TC、B、Bi、Br、Sb、I等),明显富集的微量元素多属亲 石元素、不相容元素(W、U、Hf、Zr、Li、Cs、Th等)及 稀土元素(Tm、Yb、Lu、Er、Dy、Tb、Ho、Gd、Sm、Pr、Y、 Nd、La、Eu、Ce),亏损的微量元素多属亲铁元素(V、 Cr、Co、Ni)和易溶组分(F、Sr、S、Cl)。地表沉积物 作为上地壳再循环产物,汇水域沉积物化学元素背 景值在总体上充分反映了亲石元素和不相容元素富 集、亲铁元素贫化的基本地球化学特征。

4 中蒙边界阿尔泰地区不同构造单元内汇 水域沉积物背景值

中蒙边界阿尔泰地区不同构造单元汇水域沉积 物背景值见表 2,与中蒙边界阿尔泰地区全区背景 值对比(表 2,图 2~7),总体上阿尔泰构造带、阿尔 泰南缘弧盆系和戈壁阿尔泰弧盆系多元素背景值高 于中蒙边界阿尔泰地区全区背景值;东西准噶尔弧 盆系、准噶尔地块和北山—戈壁天山弧盆系多元素 背景值低于中蒙边界阿尔泰地区全区背景值。

阿尔泰构造带 N、OrgC、TC、Br、Cs、W、Ni、Rb、 Tl、Bi、Li、Hg、S、Cr、Zn、Sn、Cd、U、F、Th、Y、B、Cl、Co、 Ag、Ga、Au、MgO、La、K₂O、Gd、Pr、Nd、Ce、Nb、Ge、 Pb、Tb、Er、V、Fe₂O₃、Dy、Sm、Ta、I、P、Yb、Al₂O₃、Lu、 Be、SiO₂、Cu 52 种元素 RCC1>1。其中 N、OrgC、TC、 Br、Cs、W、Ni、Rb、Tl、Bi、Li、Hg、S、Cr 14 种元素 RCC1>1.2,显著富集;Zn、Sn、Cd、U、F、Th、Y、B、Cl、 Co、Ag、Ga、Au、MgO、La、K₂O、Gd 17 种元素 RCC1> 1.1,富集;In、Sc、Ho、Tm、Ti、Sb、Se、Eu、Ba、Hf、Mn、 Na₂O、As、Mo、Zr、CaO、Sr 17 种元素 RCC1<1,亏损。

阿尔泰南缘弧盆系 N、Br、W、OrgC、Cs、Th、Ni、 Bi、Yb、Tm、Er、Cr、Ho、Gd、Tb、Dy、Sn、Lu、Y、Li、Sm、 Tl、Nb、F、La、Nd、Pr、U、Rb、Sc、Ce、P、Zr、Mn、In、B、 Eu、Co、MgO、Pb、TC、Zn、Ge、Hg、Ta、Be、Fe₂O₃、Ti、

表 2 中蒙边界阿尔泰地区不同构造单元汇水域沉积物背景值

Table 2 Background values of catchment sediments in different tectonic units in the Altay area across

the boundary b	oetween China	and M	Iongolia
----------------	---------------	-------	----------

元素	1	2	3	4	5	6	RCC1	RCC2	RCC3	RCC4	RCC5	RCC6
Ag	59.5	52.0	50.1	55.0	54.0	53.0	1.12	0.98	0.95	1.04	1.02	1.00
As	6.89	5.15	9.62	7.16	10.34	7.52	0.86	0.64	1.21	0.90	1.30	0.94
Au	0.98	0.70	0.94	0.84	0.55	0.78	1.12	0.80	1.06	0.95	0.63	0.89
В	55.1	52.1	46.8	43.0	47.6	25.9	1.14	1.08	0.97	0.89	0.98	0.54
Ba	381	357	444	472	417	543	0.91	0.86	1.06	1.13	1.00	1.30
Be	1.96	2.03	1.86	2.08	2.03	2.00	1.02	1.05	0.96	1.08	1.05	1.04
Bi	0.38	0.35	0.25	0.27	0.24	0.27	1.30	1.21	0.85	0.93	0.81	0.92
Br	4.56	3.56	1.66	1.66	3.03	1.54	1.83	1.43	0.67	0.67	1.22	0.62
Cd	160	121	132	114	160	125	1.18	0.89	0.97	0.83	1.18	0.92
Cl	103	54.3	83.9	771	165	111	1.13	0.60	0.92	8.49	1.82	1.22
Co	13.9	13.2	11.7	11.8	12.5	8.32	1.13	1.07	0.95	0.96	1.02	0.68
Cr	84.9	84.0	65.0	65.0	64.0	45.0	1.20	1.19	0.92	0.92	0.90	0.64
Cs	7.27	5.73	3.51	4.22	3.56	3.60	1.63	1.28	0.79	0.94	0.80	0.80
Cu	27.6	26.6	28.1	28.1	30.2	22.8	1.00	0.97	1.02	1.02	1.09	0.83
F	584	578	460	415	489	406	1.16	1.15	0.91	0.82	0.97	0.80
Ga	17.4	15.9	14.8	14.0	16.6	14.5	1.12	1.02	0.95	0.90	1.07	0.93
Ge	1.42	1.43	1.30	1.24	1.34	1.18	1.06	1.07	0.97	0.93	1.00	0.88
Hf	6.31	6.14	7.71	9.41	8.81	4.79	0.90	0.87	1.10	1.34	1.25	0.68
Hg	19.0	16.5	14.0	10.1	20.0	11.7	1.23	1.06	0.91	0.65	1.29	0.75
Ι	1.46	1.19	1.50	1.43	1.35	1.30	1.03	0.84	1.06	1.01	0.96	0.92
In	0.062	0.067	0.061	0.061	0.070	0.051	1.00	1.08	0.98	0.98	1.13	0.82
Li	31.6	28.6	21.8	27.3	20.8	16.7	1.28	1.16	0.89	1.11	0.84	0.68
Mn	706	855	810	716	957	592	0.90	1.08	1.03	0.91	1.21	0.75
Mo	0.80	0.78	1.08	1.10	1.00	0.89	0.84	0.82	1.14	1.15	1.05	0.94
Ν	1526	731	326	297	590	208	3.21	1.54	0.69	0.63	1.24	0.44
Nb	14.7	15.9	13.0	9.92	16.8	11.0	1.07	1.15	0.94	0.72	1.21	0.80
Ni	38.1	31.8	22.2	26.8	23.0	17.0	1.46	1.22	0.85	1.03	0.88	0.65
Р	888	962	852	716	1141	584	1.02	1.11	0.98	0.83	1.32	0.67
$^{\rm Pb}$	19.2	19.4	17.5	15.1	18.2	19.5	1.06	1.07	0.97	0.83	1.01	1.08
Rb	99.7	83.9	64.6	67.0	67.0	84.0	1.35	1.13	0.87	0.91	0.91	1.14
S	315	197	247	1179	354	151	1.21	0.76	0.95	4.51	1.35	0.58
Sb	0.62	0.51	0.70	0.63	0.70	0.66	0.94	0.77	1.06	0.96	1.07	1.00
\mathbf{Sc}	13.6	15.3	13.4	13.4	16.4	8.9	0.99	1.12	0.98	0.98	1.20	0.65
Se	0.14	0.14	0.16	0.21	0.17	0.16	0.93	0.87	1.05	1.36	1.07	1.00
Sn	2.93	2.90	2.14	1.90	2.66	2.39	1.18	1.17	0.86	0.77	1.07	0.96
\mathbf{Sr}	157	225	299	276	319	295	0.60	0.86	1.14	1.05	1.22	1.12
Ta	1.15	1.17	1.07	0.85	1.32	1.07	1.04	1.06	0.97	0.77	1.20	0.97
Те	0.050	0.045	0.052	0.053	0.050	0.040	1.00	0.90	1.04	1.06	1.00	0.80
Th	11.8	12.6	9.01	8.72	9.15	7.46	1.15	1.22	0.87	0.85	0.89	0.72
Ti	3931	4341	4320	3860	4924	3016	0.94	1.04	1.03	0.92	1.18	0.72
TI	0.56	0.49	0.36	0.50	0.35	0.46	1.32	1.16	0.84	1.18	0.83	1.08
U	3.02	2.90	2.40	2.54	2.28	1.98	1.18	1.13	0.94	0.99	0.89	0.77
V	88.2	84.4	85.0	/5.0	80.4	60.0	1.05	1.01	1.01	0.89	0.96	0.71
W	2.37	2.08	1.29	1.13	1.26	1.63	1.48	1.30	0.81	0.70	0.79	1.02
Zn	79.5	/1.0	61.0	55.5	74.0	47.0	1.19	1.07	0.92	0.83	1.11	0.71
Zr	236	310	320	2/5	306	201	0.83	1.09	1.12	0.96	1.07	0.70
т Т	31.6	52.1 27.0	20.1	21.7	29.3	21.6	1.14	1.16	0.95	0.79	1.00	0.78
La	55.1 20 E	3/.0	29.8	21.5	33.3	21.4	1.10	1.14	0.92	0.85	1.09	0.60
Le D	08.3	/1.1 挥 0.07	39.2 7 45	J/./	/1.0	5 5 1	1.07	1.11	0.95	0.91	1.11	0.62
ΓĽ	/ @ //J &X	」自 ラ.07	1.43	1.19	0.51	5.51	1.08	1.14	0.93	0.90	1.07	0.09

· 1168 ·

物探与化探

. . . .

											(\$	实表 2)
元素	1	2	3	4	5	6	RCC1	RCC2	RCC3	RCC4	RCC5	RCC6
Nd	32.8	34.9	28.6	26.8	33.7	21.4	1.07	1.14	0.94	0.88	1.10	0.70
Sm	6.66	7.41	6.15	5.90	7.14	4.42	1.04	1.16	0.96	0.93	1.12	0.69
Eu	1.27	1.49	1.43	1.54	1.45	1.19	0.91	1.08	1.03	1.11	1.04	0.86
Gd	6.15	6.61	5.24	4.79	6.31	3.31	1.10	1.18	0.93	0.85	1.12	0.59
Tb	0.99	1.10	0.88	0.84	1.07	0.62	1.05	1.17	0.94	0.89	1.14	0.66
Dy	5.87	6.57	5.48	5.25	6.16	3.85	1.05	1.17	0.98	0.93	1.10	0.68
Ho	1.14	1.36	1.15	1.10	1.29	0.82	0.99	1.18	1.00	0.96	1.12	0.71
Er	3.30	3.74	3.03	2.88	3.63	2.09	1.05	1.19	0.96	0.92	1.16	0.66
Tm	0.53	0.64	0.53	0.51	0.63	0.40	0.99	1.19	0.99	0.96	1.18	0.74
Yb	3.38	3.96	3.24	3.11	3.77	2.46	1.02	1.20	0.98	0.94	1.14	0.75
Lu	0.54	0.62	0.52	0.52	0.60	0.39	1.02	1.17	0.98	0.98	1.13	0.73
SiO_2	62.3	61.7	62.0	62.9	59.7	58.9	1.01	1.00	1.00	1.02	0.97	0.95
Al_2O_3	12.9	13.0	12.5	12.9	12.6	12.3	1.02	1.03	0.99	1.02	1.00	0.98
$\mathrm{Fe_2O_3}$	5.21	5.23	4.89	4.38	5.81	3.93	1.05	1.05	0.98	0.88	1.17	0.79
MgO	2.20	2.13	1.88	1.83	2.46	1.47	1.11	1.07	0.95	0.92	1.24	0.74
CaO	2.65	3.38	4.64	3.79	5.03	6.17	0.64	0.82	1.12	0.92	1.22	1.49
Na_2O	2.16	2.31	2.63	2.90	2.60	2.79	0.88	0.94	1.07	1.18	1.06	1.14
K_2O	2.47	2.24	2.16	2.22	2.14	2.55	1.10	1.00	0.96	0.99	0.95	1.14
OrgC	1.31	0.71	0.41	0.51	0.51	0.36	2.39	1.29	0.75	0.93	0.93	0.65
TC	1.82	0.95	0.70	0.53	1.20	0.91	2.05	1.07	0.79	0.60	1.36	1.03

注:1—阿尔泰构造带背景值;2—阿尔泰南缘弧盆系背景值;3—东西准噶尔弧盆系背景值;4—准噶尔地块背景值;5—戈壁阿尔泰弧盆系 背景值;6—北山—戈壁天山弧盆系背景值;RCC1—阿尔泰构造带背景值与全区背景值之比;RCC2—阿尔泰南缘弧盆系背景值与全区 背景值之比;RCC3—东西准噶尔弧盆系背景值与全区背景值之比;RCC4—准噶尔地块背景值与全区背景值之比;RCC5—戈壁阿尔 泰弧盆系背景值与全区背景值之比;RCC6—北山—戈壁天山弧盆系背景值与全区背景值之比;Ag、Au、Hg 含量单位为 10⁻⁹,氧化物 为%,其他为 10⁻⁶。

Al₂O₃、Ga、V 51 种元素 RCC2>1。其中 N、Br、W、 OrgC、Cs、Th、Ni、Bi 8 种元素 RCC2>1.2,显著富集; Yb、Tm、Er、Cr、Ho、Gd、Tb、Dy、Sn、Lu、Y、Li、Sm、Tl、 Nb、F、La、Nd、Pr、U、Rb、Sc、Ce、P 24 种元素 RCC2> 1.1,富集;K₂O、SiO₂、Ag、Cu、Na₂O、Te、Cd、Hf、Se、 Sr、Ba、I、CaO、Mo、Au、Sb、S、As、Cl 19 种元素 RCC2< 1,亏损。

东西准噶尔弧盆系 As、Sr、Mo、CaO、Zr、Hf、 Na₂O、Ba、Au、Sb、I、Se、Te、Ti、Mn、Eu、Cu、V、SiO₂ 19 种元素 RCC3>1。其中 As 的 RCC3>1.2,显著富集; Sr、Mo、CaO、Zr 4 种元素 RCC3>1.1,富集;其余 51 种元素均亏损。

准噶尔地块 Cl、S、Se、Hf、Na₂O、Tl、Mo、Ba、Eu、 Li、Be、Te、Sr、Ag、Ni、Cu、SiO₂、Al₂O₃、I 共 19 种元素 RCC4>1。其中 Cl、S、Se、Hf 4 种元素 RCC4>1.2,显 著富集; Na₂O、Tl、Mo、Ba、Eu、Li6种元素 RCC4> 1.1,富集;其余 51 种元素均亏损。

戈壁阿尔泰弧盆系 Cl、TC、S、P、As、Hg、Hf、 MgO、N、CaO、Br、Sr、Mn、Nb、Sc、Ta、Ti、Cd、Tm、 Fe₂O₃、Er、Tb、Yb、In、Lu、Gd、Ho、Sm、Ce、Zn、Nd、Dy、 Cu、La、Sn、Zr、Ga、Sb、Pr、Se、Y、Na₂O、Mo、Be、Eu、 Ag、Co、Pb、Ge、Ba 50 种元素 RCC5>1。其中 Cl、TC、 万方数据 S、P、As、Hg、Hf、MgO、N、CaO、Br、Sr、Mn、Nb、Sc 15 种元素 RCC5>1.2,显著富集;Ta、Ti、Cd、Tm、Fe₂O₃、 Er、Tb、Yb、In、Lu、Gd、Ho、Sm、Ce、Zn、Nd 16 种元素 RCC5>1.1,富集;其余 19 种元素均亏损。

北山—戈壁天山弧盆系 CaO、Ba、Cl、K₂O、 Na₂O、Rb、Sr、Tl、Pb、Be、TC、W 12 种元素 RCC6>1。 其中 CaO、Ba、Cl 3 种元素 RCC6>1.2,显著富集; K₂O、Na₂O、Rb、Sr 4 种元素 RCC6>1.1,富集;其余 57 种元素均亏损。

总之,不同大地构造单元的汇水域沉积物具有 不同的元素含量特征,这与其所处大地构造背景和 地质背景以及构造岩浆活动密切相关,也反映出区 域地壳的化学成分是不均一的,表明不同大地构造 单元元素含量背景存在悬殊的差异性和不均匀性, 具有显著差异的区域元素地球化学特征,暗示它们 可能经历了完全不同的地质构造演化历史。一些大 地构造单元特别富集某些元素,如阿尔泰构造带和 阿尔泰南缘弧盆系富含锂铍铌钽等稀有金属^[24-26] 及镧铈等稀土元素,为大型矿床的形成提供了充足 的巨量元素供给,为地球化学块体理论、巨量物质聚 集、套合的元素地球化学模式谱系与大型巨型矿床 形成的关系的研究提供了基本的地球化学证据^[31]。









Fig.3 Comparison of regional concentration coefficient in the arc basin system in the southern margin of the Altay







图 5 准噶尔地块区域浓集系数对比





Fig.6 Comparison of regional concentration coefficient in the arc basin system in the Gobi Altay





万方数据

5 结论

本文依托中蒙边界 1:100 万地球化学填图数 据,以 X±3S 为临界值剔除异点后的数据集的中位 数作为背景值的估计值,计算了中蒙边界阿尔泰地 区和中蒙边界阿尔泰地区不同构造单元的 69 种元 素汇水域沉积物背景值,为进一步深入开发利用中 蒙边界 1:100 万地球化学填图数据和资料提供基础 数据,也为利用中蒙边界 1:100 万地球化学填图资 料进行区域成矿预测和生态环境评价提供参考标 准。受大地构造背景和地质背景的控制,不同构造 单元的汇水域沉积物背景值表现出不同的特征,也 反映出区域地壳化学成分的不均一性。

致谢:感谢所有参与样品采集和样品分析测试的工 作者!感谢审稿人和责任编辑提出的宝贵修改意 见!

参考文献(References):

- Clarke F W, Washington H S. The composition of the Earth's crust
 [J]. U. S. Geological Survey Professional Paper, Washington. D. C., 1924:127.
- [2] Turekian K K, Wedepohl K H. Distribution of the elements in some major units of the Earth's curst[J]. Gelogical Society of America Bulletin, 1961, 72(2): 175 - 192.
- [3] Vinogradov A P. Average content of chemical elements in the major types of igneous rocks of the Earth's crust [J]. Geochemistry, 1962,(7): 641-664.
- [4] Taylor S R, Mclennan S M. The continental crust: its composition and evolution [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1985:312.
- [5] Rudnick R L, Gao shan. Composition of the continental crust [M]. Treatise on Geochemistry, 2003: 1-64.
- [6] Wedepohl K H. The composition of the continental crust [J].
 Geochimica Cosmochimica Acta, 1995, 59(7): 1217-1232.
- [7] 黎彤, 倪守斌. 地球和地壳的化学元素丰度[M]. 北京: 地质 出版社, 1990.

Li T, Ni S B. The abundances of chemical elements in the Earth and its crust[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990.

- [8] 史长义, 鄢明才, 刘崇明, 等.中国花岗岩类化学元素丰度及 特征[J]. 地球化学, 2005, 34(5): 470-482.
 Shi C Y, Yan M C, Liu C M, et al. Abundances of chemical elements in granitoids of China and their characteristics [J]. Geo-
- chemica, 2005, 34(5): 470-482.
 [9] 鄢明才,迟清华.中国东部地壳与岩石的化学组成[M].北 京:地质出版社, 1997.

Yan M C, Chi Q H. The chemical compositions of crust and rocks in the Eastern part of China[M]. Beijing: Science Press, 1997.

[10] Reimann C, Filzmoser P, Garrett R G. Background and threshold: 万方数据 Critical comparison of methods of determination[J]. Science of the Total Environment, 2005, 346(1-3): 1-16.

- [11] Reimann C, Garrett R G. Geochemical background-concept and reality[J]. Science of the Total Environment, 2005, 350(1-3): 12-27.
- [12] Salminen R, Gregorauskiene V. Considerations regarding the definition of a geochemical baselines of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology[J]. Applied Geochemistry, 2000, 15(5): 647-653.
- [13] Albanese S, De Vivo B, Lima A, et al. Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy) [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2007, 93(1): 21-34.
- [14] Reimann C, De Caritat P. Establishing geochemical background variation and threshold values for 59 elements in Australian surface soil[J]. Science of the Total Environment, 2017, 578: 633-648.
- [15] Reimann C, Fabian K, Birke M, et al. GEMAS: Establishing geochemical background and threshold for 53 chemical elements in European agricultural soil[J]. Applied Geochemistry, 2018, 88: 302-318.
- [16] Tarvainen T, Kallio E. Baselines of certain bioavailable and total heavy concentrations in Finland[J]. Applied Geochemistry, 2002, 17: 975-980.
- [17] 成杭新,李括,李敏,等.中国城市土壤化学元素的背景值与基准值[J].地学前缘,2014,21(3):265-306.
 Cheng H X, Li K, Li M, et al. Geochemical background and baseline value of chemical elements in urban soil in China[J].
 Earth Science Frontiers, 2014, 21(3):265-306.
- [18] 程志中,谢学锦,潘含江,等.中国南方地区水系沉积物中元素丰度[J].地学前缘,2011,18(5):289-295.
 Cheng Z Z, Xie X J, Pan H J, et al. Abundance of elements in stream sediment in South China [J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(5):289-295.
- [19] 迟清华, 鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京:地质出版社, 2007.
 Chi Q H, Yan M C. Handbook of Elemental Abundance for Applied Geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007.
- [20] 王学求,周建,徐善法,等.全国地球化学基准网建立与土壤 地球化学基准值特征[J].中国地质,2016,43(5):1469-1480.

Wang X Q, Zhou J, Xu S F, et al. China soil geochemical baselines networks: Data characteristics[J]. Geology in China, 2016, 43(5): 1469 – 1480.

- [21] 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.
 Shi C Y, Liang M, Feng B. Average background values of 39 chemical elements in stream sediments of China[J]. Earth Science, 2016,41(2):234-251.
- [22] 邹天人,李庆昌.中国新疆稀有及稀土金属矿床[M].北京: 地质出版社,2006,34-170.

Zou T R, Li Q C. Rare and rare earth metal deposits in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006, 34 – 170.

- [23] Wang X Q, Chi Q H, Liu H Y, et al. Wide-spaced sampling for delineation of geochemical provinces in desert terrains, northwestern China[J]. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 2007, 7(2):153-161.
- [24] 刘汉粮,聂兰仕,王学求,等.中蒙跨境阿尔泰构造带稀有元 素锂区域地球化学分布[J].现代地质,2018,32(3):493-499.

Liu H L, Nie L S, Wang X Q, et al. Regional geochemistry of lithium in the Altay area across the boundary of China and Mongo-lia[J]. Geoscience, 2018, 32(3): 493-499.

- [25] 刘汉粮, 聂兰仕, 王学求, 等.中蒙跨境阿尔泰地区铍区域地 球化学特征[J]. 地质与勘探, 2019, 55(1): 95-102.
 Liu H L, Nie L S, Wang X Q, et al. Regional geochemistry of beryllium in the Altay area across the border between China and Mongolia [J]. Geology and Exploration, 2019, 55(1): 95-102.
- [26] 刘汉粮,王学求,聂兰仕,等.阿尔泰成矿带中蒙边界地区稀 有元素铌和钽区域地球化学特征[J].现代地质,2018,32
 (5):1063-1073.

Liu H L, Wang X Q, Nie L S, et al. Regional geochemistry of niobium and tantalum across the boundary of China and Mongolia in the Altay metallogenic belt[J]. Geoscience, 2018, 32(5): 1063 – 1073.

- [27] 张勤,白金峰,王烨.地壳全元素配套分析方案及分析质量监控系统[J].地学前缘,2012,19(3):33-42.
 Zhang Q, Bai J F, Wang Y. Analytical scheme and quality monitoring system for China Geochemical Baselines [J]. Earth Science Frontiers, 2012, 19(3):33-42.
- [28] 史长义. 勘查数据分析(EDA)技术的应用[J]. 地质与勘探, 1993, 29(11): 52-58.
 Shi C Y. Application of the exploratory data analysis technique [J]. Geology and Exploration, 1993, 29(11): 52-58.
- [29] Kürzl H. Exploratory data analysis: recent advances for the interpretation of geochemical data[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1988, 30: 309 – 322.
- [30] 李俊建,张锋,任军平,等.中蒙边界地区构造单元划分[J]. 地质通报,2015,34(4):636-662.
 Li J J, Zhang F, Ren J P, et al. Tectonic units in China-Mongolia border area and their fundamental characteristics [J]. Geological Bulletin of China, 2015, 34(4):636-662.
- [31] 谢学锦,刘大文,向运川,等.地球化学块体-概念和方法学的 发展[J].中国地质,2002,29(3):225-233.
 Xie X J, Liu Da W, Xiang Y C, et al. Geochemical blocks—Development of concept and methodology [J]. Geology in China, 2002,29(3):225-233.

Characteristics of background values of 69 elements in the catchment sediments of the Altay area across the boundary between China and Mongolia

LIU Han-Liang^{1,2,3}, NIE Lan-Shi^{1,2,3}, Shojin Davaa⁴, WANG Xue-Qiu^{1,2,3}, CHI Qing-Hua^{1,2,3}, Enkhtaivan Altanbagana^{4,5}

(1.Key Laboratory of Geochemical Exploration, Ministry of Natural Resources, Langfang 065000, China; 2.Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, China; 3. UNESCO International Centre on Global-scale Geochemistry, Langfang 065000, China; 4.Geological Investigation Center, Mongolia, Ulaanbaatar-37 P.box-318; 5. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The Altay area is an important rare metal, non-ferrous metal, gemstone and industrial muscovite metallogenic belt. Based on the 1 : 1 000 000 geochemical mapping data across the boundary between China and Mongolia, the authors calculated background values of 69 elements in the catchment sediments. The median values of the dataset after disposable eliminating outliers from the original dataset with $X\pm 3S$ as the critical values were used as estimated values of the geochemical background values. The results show that the geochemical distribution of elements in different geotectonic units is different due to different geological backgrounds. These background values can be used as basic data for comparison for further development and utilization of geochemical mapping data across the boundary between China and Mongolia.

Key words: background values of 69 elements; catchment sediments; Altay area; boundary between China and Mongolia

(本文编辑:蒋实)