

doi:10.3799/dqkx.2016.018

# 中国水系沉积物 39 种元素系列背景值

史长义, 梁萌, 冯斌

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

**摘要:** 中国以水系沉积物测量为主的区域地球化学调查自 1978 年开始以来, 已覆盖陆地面积约  $690 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 积累了海量的高质量基础地球化学数据。在这些数据的开发利用中不同地区、不同范围间的数据对比是研究元素分散富集、成矿趋势、异常评价的一项重要内容。以全国 1:20 万水系沉积物测量数据为依据, 采用全部原始数据, 以  $X \pm 3S$  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, 使用统一方法计算出了全国范围、9 个大地构造单元、12 个地球化学景观区、19 个成矿带的 39 种元素水系沉积物背景值, 探讨了全国范围、不同构造单元、不同景观区、不同成矿带各元素背景值的区域分布规律和特征。研究表明不同的景观区、不同的成矿带、不同的大地构造单元, 由于地质背景和景观条件不同, 元素的地球化学分布特征也不同, 表现出不同的区域分布特点和分布模式。这些背景值为进一步深入开发利用区域化探数据和资料提供了可供对比的基础数据。

**关键词:** 中位数; 背景值; 水系沉积物; 区域地球化学调查; 地球化学。

中图分类号: P595; P596; P632

文章编号: 1000-2383(2016)02-0234-18

收稿日期: 2015-08-11

## Average Background Values of 39 Chemical Elements in Stream Sediments of China

Shi Changyi, Liang Meng, Feng Bin

*Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, China*

**Abstract:** Large amounts of high quality basic geochemical data covering a land area of about 6 900 000 square kilometers have been gained by regional geochemical survey mainly featuring stream sediment measurement since 1978 in China. The development and utilization of the comparative data in different areas and different ranges is an important part of the research of dispersion of element enrichment, metallogenic tendency, and anomaly evaluation. Based on the total original data of the national 1:200 000 stream sediment survey, background values of 39 elements in stream sediments are calculated for the nationwide 9 tectonic units, 12 landscape areas and 19 metallogenic belts. The median of the data set after disposable eliminating outliers from a data population with  $X \pm 3S$  as the critical value is used as an estimate value of geochemical background values. Different element distributions and characters of background values of the nationwide tectonic units, landscape areas and metallogenic belts are discussed. The results show that geochemical distributions of elements are different among various landscapes, metallogenic belts and tectonic units because of different geological backgrounds and landscape conditions. It shows there are different regional distribution characteristics and the different distribution patterns. These background values can be used as basic data for comparison for further development and utilization of regional geochemical data.

**Key words:** median; background value; stream sediment; regional geochemical survey; geochemistry.

地球化学元素的丰度与分布是人类研究与改造自然和环境所必须掌握的基础资料。元素丰度在矿产勘查、基础地质和成矿规律的研究中具有重要作用。

用。地壳及其岩石的丰度研究由来已久并取得了很多成果 (Clarke and Washington, 1924; Daly, 1933; Turekian and Wedepohl, 1961; Vinogradov, 1962;

基金项目: 地质矿产调查评价专项计划项目。

作者简介: 史长义(1962—), 男, 研究员, 主要从事金属矿地球化学勘查方法技术、标准物质研制和花岗岩类丰度的科研工作。  
E-mail: nkbeans1989@igge.cn

引用格式: 史长义, 梁萌, 冯斌, 2016. 中国水系沉积物 39 种元素系列背景值. 地球科学, 41(2): 234—251.

Beus, 1972; Le Maitre, 1976; Taylor and McLennan, 1985; 黎彤和倪守斌, 1990; Wedepohl, 1995; 鄢明才和迟清华, 1997; Rudnick and Gao, 2003; 史长义等, 2005, 2008).

地球表层各种沉积物化学元素的平均含量不仅可以作为勘查地球化学、生态环境、农业等方面研究水系沉积物、土壤及其他疏松沉积物中元素分散富集特征的对比基础,而且在地学研究中有着广泛的意义。地球化学背景值与基准值的研究不仅一直为国内外学者所重视(Matschullat *et al.*, 2000; Salminen and Gregoriuskiene, 2000; Reimann and Garrett, 2005; Reimann *et al.*, 2005),而且长期以来,地球化学家们也一直探索着地球表面各种沉积物的元素背景值与基准值(Shacklette and Boerngen, 1984; Gough *et al.*, 1988; 缪天成等, 1990; 中国环境监测总站, 1990; 魏复盛等, 1991; Miao *et al.*, 1991; 赵一阳和鄢明才, 1993, 1994; 吴明清等, 1995; 鄢明才等, 1995, 1997; Tarvainen and Kallio, 2002; Cicchella *et al.*, 2005; Salminen *et al.*, 2005; 朱立新等, 2006; Albanese *et al.*, 2007; 曹峰等, 2010; 陈兴仁等, 2012; Matschullat *et al.*, 2012)。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。例如利用沉积物的地球化学特征研究沉积岩物源及构造背景就是一项重要内容(付伟等, 2014; 廖婉琳等, 2015; 朱克超等, 2015)。一般而言, 地球化学背景(geochemical background)是指地质体中元素的正常含量,而背景值是指元素背景含量的平均值(average background value)。

以水系沉积物测量为主的区域地球化学调查(即中国的区域化探全国扫面计划)自1978年开始以来,已覆盖全国陆地面积约 $690 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,完成了约1600个图幅,占全国可扫面积的90%以上,其中1:20(25)万区域地球化学调查工作已完成了约 $620 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,基本实现了中东部地区可扫面积全覆盖和西部地区大部分覆盖,积累了海量的高质量基础地球化学数据。这些资料和数据不仅在我国的资源勘查尤其是金矿勘查中发挥了巨大作用,还为基础地质研究、环境、生态及农业地质的研究提供了新的资料和依据,取得了巨大的经济社会效益和举世瞩目的成就,形成了一套独特的、卓有成效的研究思路、理论和方法技术体系(史长义, 2007)。

以水系沉积物测量资料为基础,不同学者计算了不同范围的水系沉积物元素含量背景值。任天祥等(1993)依据全国区域化探扫面资料,以530个1:20万图幅一个算数平均值数据为基础,计算提出了

中国水系沉积物中39种元素的背景值。林才浩和尤爱珍(1995, 1996)计算了福建省40种元素的水系沉积物背景值并研究了成矿规模。杜佩轩(1996)、杜佩轩和田素荣(2001)分别计算了新疆北部及全新疆水系沉积物39种元素丰度值。任天祥等(1998)又根据各省提供的837幅1:20万水系沉积物资料,以1:2.5万图幅为单元计算了各元素的平均值以及不同景观的背景值。史长义等(2002)提出了中国主要大中型铜多金属矿田的水系沉积物中39种元素异常平均值。程志中等(2011)利用中国南方12个省/自治区水系沉积物测量样品,按每1:5万图幅一个组合样,以5244件组合样的分析数据为基础,计算提出了中国南方地区水系沉积物中76种元素的平均值。刘驰等(2013)统计出了我国森林沼泽景观区水系沉积物39种元素背景值。这些背景值为我国不同地区水系沉积物测量资料的对比、地球化学特征和异常特征研究提供了依据,也为全国和不同区域不同级次地球化学异常特征的研究提供了可对比的资料。但是上述不同范围的水系沉积物元素背景值,或是按一定图幅面积一个平均值作为计算的数据基础,或者是某一省的背景值,或者是单一森林沼泽景观区背景值,还没有利用全部原始数据分不同层次计算全国范围、不同景观区、不同构造单元、不同成矿带的39种元素水系沉积物背景值或丰度值。而且,这些背景值多数是以算数平均值作为背景值的估计值的。

本文以全国区域化探数据为依托,采用全部原始数据(而不是一个图幅一个均值)按不同的统计单元计算出了全国范围、不同构造单元、不同景观区、不同成矿带的39种元素水系沉积物背景值,以期为进一步深入开发利用区域化探数据和资料提供可供对比的基础数据。

## 1 数据来源与代表性

数据来源于全国区域化探扫面数据,数据分布覆盖全国陆地面积约 $690 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,分布在全国30个省市自治区,涉及1300个图幅、干旱荒漠等12个景观区、天山—兴安造山系等9大构造单元(任纪舜等, 1999)、准噶尔北缘成矿带等19个成矿带,数据具有广泛的代表性。

自1978年开始的全国区域化探扫面(即区域地球化学调查)中采样介质以水系沉积物为主,基本采样密度为1~2个样/ $\text{km}^2$ ,按半荒漠区、冲积平原

区、低山丘陵区、干旱荒漠区、高寒湖沼丘陵区、高寒山区、高山峡谷区、黄土覆盖区、热带雨林区、森林沼泽区、岩溶区、沼泽盆地共 12 个景观区特点采用不同的采样方案,全部采用无污染样品加工,研究并使用了统一的多元素多方法配套分析方案,以  $4 \text{ km}^2$  范围内的样品组合后分析测试 32 种元素和 7 种氧化物,统一采用严格的分析质量监控系统,保证了样品的分析质量(中华人民共和国地质矿产部,1986; 谢学锦等,2009),提供了海量的可对比的高质量可靠分析数据,为中国的矿产勘查做出了巨大贡献。据 2012 年中国地质调查局网站统计,区域化探扫面实施 30 a 间,全国发现各类化探异常 6 万余处,通过异常查证发现各类矿床 2 087 处,极大地推动了我国贵金属与有色金属矿产资源的勘查和开发。30 多年的实践证明,全国区域化探扫面的整体数据质量是可靠的。虽然采样、分析、污染等原因造成的系统误差或偶然误差对于跨图幅的区域性或全国性编制

地球化学图会有很大影响,是编图时需要解决的一大难题,而且在计算背景值时,如果采用算术平均值的方法,这些误差的影响也会很大;但是对于采用稳健统计参数中位数来作为背景值的估计值的话,影响就会很小。

## 2 方法

### 2.1 统计单元划分

本次背景值的计算分 4 个统计单元进行(图 1),即①全国范围;②9 个构造单元:滇藏造山系、华南—右江造山带、昆仑—祁连—秦岭造山系、南天山造山带、塔里木准地台、天山—兴安造山系、喜马拉雅造山带、扬子准地台和中朝准地台(任纪舜等,1999);③12 个景观区:半荒漠区、冲积平原区、低山丘陵区、干旱荒漠区、高寒湖沼丘陵区、高寒山区、高山峡谷区、黄土覆盖区、热带雨林区、森林沼泽区、岩

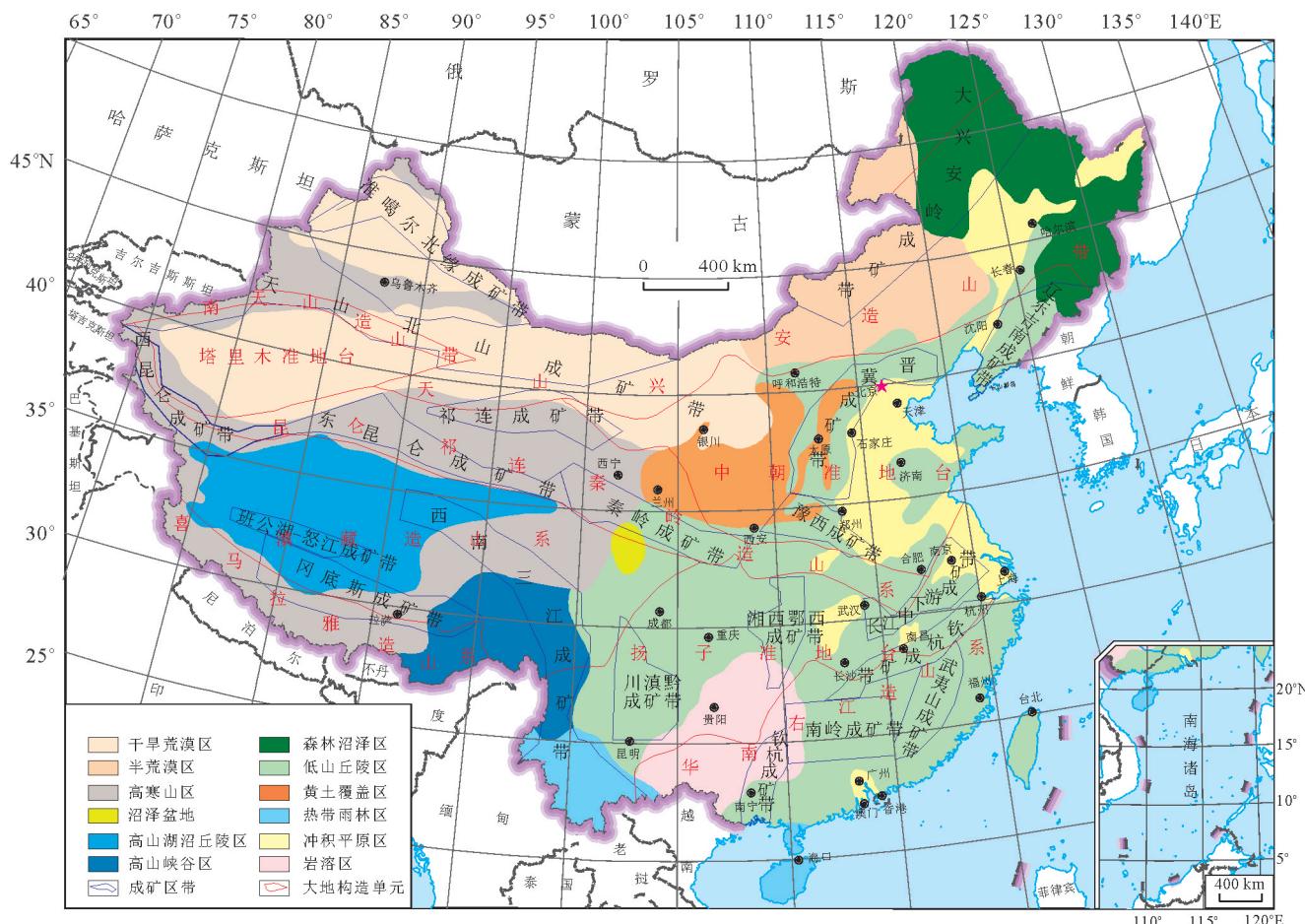


图 1 统计单元示意

Fig.1 Sketch of statistic units

溶区和沼泽盆地;④19个成矿带:班公湖怒江成矿带、川滇黔相邻成矿区、大兴安岭成矿带、东昆仑成矿带、冈底斯成矿带、晋冀成矿带、辽东吉南成矿带、南岭成矿带、祁连成矿带、钦杭成矿带、秦岭成矿带、天山北山成矿带、武夷山成矿带、西昆仑成矿带、西南三江成矿带、湘西鄂西成矿带、豫西成矿带、长江中下游成矿带和准噶尔北缘成矿带。

## 2.2 计算方法与背景平均值确定

在勘查地球化学的数据处理中,背景平均值(简称背景值)的确定目前还没有一个公认的方法。通常情况下化探工作者是采用常规的经典统计学中的算

数平均值来作为背景值的估计值,而且在计算背景值时为了排除异点/离群值(即 outliers)的影响,通常人们还会采用  $X \pm nS$ ( $X$  和  $S$  分别为原始数据的算术平均值和标准差)为临界值剔除异点后的数据集的算数平均值作为背景值。

为了计算本文的系列背景值,笔者用全国区域化探数据中的全部数据分别采用  $X \pm 2S$ 、 $X \pm 2.5S$  和  $X \pm 3S$  一次性剔除和迭代剔除异点进行计算试验,以期取得更接近客观实际的背景值(表 1)。结果表明,分别采用  $X \pm 2S$ 、 $X \pm 2.5S$  和  $X \pm 3S$  一次性剔除和迭代剔除异点后的数据,经过正态分布检验,

表 1 离群值剔除前后参数对比

Table 1 Comparing the arithmetic means, geometric means and medians before and after rejection of outliers

元素	$X_2-X_1$	$X_3-X_1$	$X_4-X_1$	$X_{g2}-X_{g1}$	$X_{g3}-X_{g1}$	$X_{g4}-X_{g1}$	$m_2-m_1$	$m_3-m_1$	$m_4-m_1$
Ag	-28.61	-23.54	-20.18	-11.61	-8.45	-6.14	-6.00	-2.32	-1.00
As	-6.30	-5.16	-4.38	-2.51	-1.74	-1.28	-1.80	-1.08	-0.70
Au	-1.12	-0.95	-0.86	-0.30	-0.19	-0.14	-0.24	-0.16	-0.09
B	-12.06	-6.41	-4.37	-6.55	-2.85	-1.68	-6.30	-2.00	-1.00
Ba	-72.30	-61.02	-46.38	-20.05	-29.40	-21.20	-20.10	-14.00	-8.00
Be	-0.32	-0.30	-0.25	-0.09	-0.10	-0.09	-0.06	-0.06	-0.06
Bi	-0.26	-0.23	-0.22	-0.06	-0.04	-0.04	-0.05	-0.03	-0.02
Cd	-162.72	-146.80	-137.24	-37.45	-31.76	-25.85	-20.00	-10.00	-10.00
Co	-2.39	-1.96	-1.58	-0.97	-0.98	-0.73	-0.70	-0.63	-0.40
Cr	-16.14	-13.61	-11.89	-6.85	-5.36	-4.26	-4.50	-2.90	-2.20
Cu	-7.50	-6.16	-5.20	-3.06	-2.47	-1.86	-2.10	-1.30	-0.80
F	-70.86	-54.27	-40.78	-30.58	-27.72	-18.32	-26.00	-15.00	-10.00
Hg	-508.25	-499.77	-493.16	-15.31	-9.90	-6.39	-12.00	-7.00	-3.00
La	-4.37	-3.47	-2.58	-1.94	-1.96	-1.44	-1.60	-1.00	-0.80
Li	-4.87	-3.30	-2.35	-2.41	-1.84	-1.19	-1.90	-0.90	-0.50
Mn	-141.98	-112.34	-85.59	-51.22	-57.37	-39.27	-45.00	-28.00	-18.00
Mo	-0.51	-0.40	-0.33	-0.22	-0.15	-0.11	-0.16	-0.08	-0.06
Nb	-2.66	-2.39	-1.89	-1.12	-1.32	-1.00	-0.90	-0.80	-0.50
Ni	-7.83	-6.18	-5.10	-3.62	-2.51	-1.84	-2.50	-1.40	-1.00
P	-150.15	-104.68	-70.77	-81.76	-57.81	-34.96	-60.80	-32.00	-17.00
Pb	-9.01	-7.79	-6.68	-3.21	-2.75	-2.04	-1.80	-1.20	-0.60
Sb	-1.05	-0.93	-0.85	-0.26	-0.18	-0.14	-0.17	-0.10	-0.06
Sn	-1.49	-1.37	-1.26	-0.46	-0.40	-0.32	-0.24	-0.14	-0.14
Sr	-58.04	-33.27	-21.11	-31.34	-15.20	-8.34	-31.70	-12.6	-6.00
Th	-2.33	-2.00	-1.64	-0.94	-1.00	-0.78	-0.50	-0.30	-0.20
Ti	-416.02	-632.37	-557.83	172.90	-291.50	-262.35	10.00	-120.00	-89.00
U	-0.83	-0.67	-0.56	-0.40	-0.32	-0.24	-0.26	-0.16	-0.13
V	-13.62	-12.07	-9.83	-4.04	-6.32	-4.80	-3.84	-3.16	-2.22
W	-1.22	-1.10	-1.01	-0.31	-0.26	-0.20	-0.17	-0.15	-0.07
Y	-2.49	-2.34	-2.04	-0.86	-1.16	-1.06	-0.70	-0.60	-0.40
Zn	-12.55	-10.91	-9.17	-3.52	-4.46	-3.26	-3.10	-2.20	-1.50
Zr	-33.74	-29.62	-22.30	-7.97	-16.08	-11.17	-9.20	-7.20	-4.20
$\text{SiO}_2$	1.76	1.68	1.51	2.94	2.65	2.35	0.56	0.53	0.45
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.42	0.04	-0.03	0.91	0.33	0.13	0.22	0.02	0.00
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	-0.46	-0.44	-0.34	-0.09	-0.24	-0.18	-0.15	-0.14	-0.08
$\text{Na}_2\text{O}$	-0.40	-0.09	-0.02	-0.22	-0.05	-0.01	-0.28	-0.05	-0.01
$\text{K}_2\text{O}$	-0.10	-0.09	-0.05	0.06	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.01
$\text{CaO}$	-2.44	-1.80	-1.01	-0.98	-0.61	-0.26	-1.03	-0.57	-0.20
$\text{MgO}$	-0.46	-0.28	-0.21	-0.24	-0.12	-0.08	-0.21	-0.08	-0.05

注: $X_1$ 、 $X_{g1}$ 、 $m_1$  为剔除前算术平均值、几何均值、中位数; $X_2 \sim X_4$ 、 $X_{g2} \sim X_{g4}$ 、 $m_2 \sim m_4$  分别为  $X \pm 2S$ 、 $X \pm 2.5S$ 、 $X \pm 3S$  剔除异点后的算术平均值、几何均值、中位数。

基本都不服从正态分布,只有极少数呈近似正态分布。显然,如果采用上述剔除后的算数平均值作为背景值的估计值是不合适的。其原因是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量,至少部分掩盖数据的固有信息(史长义,1993),它们几乎是不服从正态分布的。所以,算数平均值不适宜作为元素的地球化学背景值的参考值。同时考虑到区域化探扫面 30 多年以来采样、分析以及人为因素(包括污染)等各种原因造成的偶然误差和系统误差的真实存在,仅仅依靠剔除异点的数学方法是不能从根本上排除这些干扰因素对算数平均值的影响的。EDA 技术中的中位数  $m$  属于稳健统计学参数,  $m$  具有很强的抵抗“野”数据干扰的能力(Kürzl, 1988; 史长义, 1991, 1993, 1995; 史长义等, 1999)。因此,应该用中位数  $m$  作为背景值的度量值或估计值。Reimann and Garrett(2005) 和 Reimann *et al.*(2005) 也均提出应该以中位数作为背景值的估计值。

通过对比全部原始数据一次性剔除异点后的中位数、几何均值和算术平均值(史长义等,2008)(表 1)可以看出,绝大多数元素的中位数在剔除离群值前后变化最小,显示中位数很稳定,受离群值的影响很弱。算术平均值的变化最大,几何均值次之。而在中位数中则以  $X \pm 3S$  为临界值一次性剔除异点后的中位数变化最小。所以本文采用  $X \pm 3S$  为临界值一次性剔除异点后的数据集的中位数  $m$  作为背景值的估计值。

另外,笔者通过分析全部原始数据以  $X \pm 3S$  为临界值一次性剔除异点数的情况发现,剔除异点数占全部样品数的比例为 0.6%~11.2%,5% 以上的有 Ag 等 23 个元素,其中 10% 以上的只有 Cd 和 Sb,分别为 11.2% 和 11.1%;5% 以下的有 B 等 16 个元素,其中 Na 为 0.6%,剔除数据最少。显然,剔除异点后的数据占全部原始数据的比例为 88.8%~99.4%,除 Cd 和 Sb 外,其他元素均在 90% 以上,说明异点的剔除并不影响数据的代表性。

### 3 全国水系沉积物背景值

中国水系沉积物统计参数见表 2。研究微量元素的区域分散与富集规律是区域化探工作的一项重要内容。区域浓集系数 RCC(史长义,1994) 可以克服浓度克拉克值的一些弊端,不仅可清楚地反映出元

表 2 中国水系沉积物 39 种元素统计参数

Table 2 Parameters of 39 elements in stream sediments of China

元素	水系沉积物						NSB	RCC
	样品数	X	G	S	m	HS		
Ag	1 261 768	73.0	67.0	29.4	69.0	39.0	80.0	0.86
As	1 231 748	9.0	7.0	5.4	8.0	7.0	10.0	0.80
Au	1 258 124	1.2	1.0	0.7	1.1	0.9	1.4	0.79
B	1 293 203	44.0	34.0	28.1	41.0	42.0	40.0	1.03
Ba	1 290 892	485	439	195	474	249	500	0.95
Be	1 290 475	2.1	1.9	0.7	2.0	0.9	1.8	1.11
Bi	1 221 659	0.3	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.90
Cd	1 186 204	125.8	102.7	69.4	110.0	93.0	90.0	1.22
Co	1 274 999	12.0	10.0	5.4	11.0	7.0	13.0	0.87
Cr	1 267 484	54.0	45.0	27.7	54.0	39.0	65.0	0.84
Cu	1 268 996	20.0	17.0	10.3	20.0	14.0	24.0	0.82
F	1 293 160	475	439	178	460	235	480	0.96
Hg	1 212 945	34.0	25.0	26.1	27.0	35.0	40.0	0.68
La	1 291 519	37.0	35.0	12.7	36.0	16.0	38.0	0.95
Li	1 257 317	31.0	28.0	13.2	30.0	18.0	30.0	1.00
Mn	1 276 560	653	579	291	622	373	600	1.04
Mo	1 229 659	0.8	0.7	0.4	0.7	0.6	0.8	0.88
Nb	1 260 629	15.0	14.0	5.6	15.0	7.0	16.0	0.91
Ni	1 266 472	23.0	19.0	12.6	22.0	18.0	26.0	0.85
P	1 273 624	571	509	262	535	336	520	1.03
Pb	1 258 140	23.0	21.0	8.9	22.0	11.0	23.0	0.94
Sb	1 195 253	0.7	0.5	0.4	0.6	0.6	0.8	0.69
Sn	1 204 077	2.8	2.6	1.2	2.7	1.5	2.5	1.08
Sr	1 285 107	146.0	112.0	96.9	129.0	141.0	170.0	0.76
Th	1 246 041	11.4	10.5	4.3	11.0	5.5	12.5	0.88
Ti	1 265 879	3 835	3 464	1 487	3 881	1 822	4 300	0.90
U	1 190 714	2.4	2.2	1.0	2.2	1.3	2.6	0.86
V	1 273 751	77.0	68.0	33.9	75.0	45.0	82.0	0.92
W	1 233 774	1.7	1.5	0.8	1.6	1.0	1.8	0.89
Y	1 265 332	24.0	23.0	6.6	24.0	8.0	23.0	1.02
Zn	1 302 659	67.0	61.0	27.6	65.0	37.0	68.0	0.96
Zr	1 289 574	253	228	103	248	133	250	0.99
SiO <sub>2</sub>	1 263 781	65.4	64.8	8.7	65.5	11.1	65.0	1.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 291 032	12.6	12.1	3.0	12.8	3.6	12.6	1.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 288 781	4.3	4.0	1.7	4.3	2.2	3.4	1.26
Na <sub>2</sub> O	1 314 093	1.4	0.9	1.1	1.3	1.6	1.6	0.79
K <sub>2</sub> O	1 322 006	2.4	2.2	0.9	2.4	1.0	2.5	0.94
CaO	1 220 629	2.0	1.1	1.9	1.3	2.4	3.2	0.41
MgO	1 279 217	1.3	1.1	0.8	1.2	1.1	1.8	0.67

注: 含量单位: Ag、Au、Cd、Hg 为  $10^{-9}$ ; 氧化物为  $10^{-2}$ ; 其余元素为  $10^{-6}$ ; X. 算术平均值; G. 几何平均值; S. 标准离差; m. 中位数; HS(内散度). 上四分点一下四分点, 为 EDA 参数, 相当于离差; NSB. 中国土壤背景值(鄢明才等, 1997); RCC(区域浓集系数)(史长义, 1994) = m / NSB。

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, 而且还可为人们确定区域主要成矿元素提供重要信息。这是一个规格化的参数, 便于不同元素之间、不同地质体之间、不同地区之间元素含量的对比研究。中国水系沉积物背景值以中位数(m)为估计值, 其与全国土壤背景值(鄢明才等, 1997)相

对比(表2),B、Mn、P、Sn、Y、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的RCC为1.00~1.10显示略有富集,Be的RCC=1.11呈富集,Cd、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的RCC为1.20~1.30呈显著富集,其他元素的RCC均小于1显示贫化.富集元素中以易挥发元素、亲石元素和不相容元素为主.这一特点与土壤中化学元素丰度在总体上亲石元素和不相容元素富集而亲铁元素贫化(鄢明才等,1997)的基本地球化学特征一致.与土壤相比,水系沉积物中多数元素贫化与有些元素在水系沉积物中大量淋失而有些元素在土壤中存在次生富集有关.这从一个

侧面说明了水系沉积物中元素的分布受表生地球化学作用的影响是相当明显的.

#### 4 不同构造单元水系沉积物背景值

各构造单元水系沉积物背景值见附表1([www.earth-science.net/index.aspx](http://www.earth-science.net/index.aspx)).与全国水系沉积物背景值对比(表3),总体上以扬子准地台多数元素的背景值相对高于全国背景值,其次是喜马拉雅造山带和滇藏造山系,以南天山造山带、塔里木准地台、

表3 各构造单元水系沉积物39种元素RCC值

Table 3 Regional concentration coefficient (RCC) values of 39 elements in stream sediments of different geo-units of China

元素	滇藏 造山系	华南—右江 造山带	昆仑—祁连—秦岭 造山系	南天山 造山带	塔里木 准地台	天山—兴安 造山系	喜马拉雅 造山带	扬子准 地台	中朝准 地台
Ag	0.97	1.07	0.90	0.87	0.87	0.90	0.91	1.09	1.06
As	1.56	0.95	1.11	0.76	0.63	0.83	1.70	1.13	0.91
Au	1.00	1.00	1.09	1.00	0.73	0.82	1.18	1.18	1.03
B	1.39	1.24	0.98	0.68	0.58	0.50	1.60	1.45	0.98
Ba	0.87	0.68	1.08	1.20	1.07	1.20	0.84	0.84	1.18
Be	1.10	1.00	1.00	0.85	0.70	0.95	1.28	1.05	1.00
Bi	1.04	1.52	1.04	0.78	0.63	0.78	1.37	1.11	0.78
Cd	1.36	1.18	1.00	0.91	1.00	0.73	1.00	1.59	0.88
Co	1.04	0.88	1.01	0.78	0.66	0.79	1.15	1.24	1.07
Cr	1.07	0.77	1.05	0.73	0.62	0.68	1.01	1.26	1.19
Cu	1.01	0.83	1.09	0.98	0.90	0.81	1.18	1.24	1.08
F	1.12	0.88	1.11	0.98	0.85	0.84	0.98	1.09	1.09
Hg	0.85	2.50	0.65	0.50	0.42	0.48	0.58	2.04	0.85
La	1.00	1.16	0.97	0.79	0.82	0.79	0.98	1.07	1.07
Li	1.26	1.01	0.96	0.73	0.68	0.71	1.39	1.20	0.96
Mn	0.97	0.82	1.01	0.89	0.76	0.97	0.96	1.21	1.04
Mo	0.86	1.29	0.84	1.17	1.10	1.19	0.94	1.03	0.86
Nb	0.98	1.31	0.94	0.73	0.69	0.74	1.06	1.17	1.04
Ni	1.16	0.70	1.12	0.81	0.73	0.68	1.28	1.34	1.17
P	1.12	0.74	1.06	0.96	0.84	1.00	1.08	1.02	1.17
Pb	0.98	1.46	0.96	0.65	0.64	0.80	1.15	1.15	0.97
Sb	1.36	1.13	1.18	0.76	0.60	0.73	1.38	1.45	0.91
Sn	1.11	1.41	0.96	0.54	0.51	0.74	1.09	1.15	0.96
Sr	0.97	0.32	1.36	1.84	2.05	1.67	1.16	0.51	1.47
Th	1.01	1.33	0.94	0.75	0.66	0.82	1.14	1.12	0.95
Ti	0.94	1.03	0.93	0.71	0.59	0.80	1.05	1.17	1.06
U	1.03	1.43	0.90	0.84	0.81	0.81	0.77	1.25	0.84
V	1.02	0.89	0.99	0.74	0.61	0.82	1.17	1.19	1.08
W	1.06	1.63	1.00	0.62	0.53	0.71	1.34	1.06	0.94
Y	1.02	1.11	1.00	0.79	0.71	0.91	1.12	1.08	0.98
Zn	1.09	1.01	0.98	0.85	0.71	0.84	1.10	1.18	0.95
Zr	0.90	1.35	0.86	0.58	0.52	0.70	0.91	1.15	1.12
$\text{SiO}_2$	0.99	1.06	0.97	0.87	0.85	1.01	1.03	1.01	0.93
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.97	1.04	0.96	0.86	0.70	1.01	1.01	1.02	0.99
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.07	0.90	1.00	0.83	0.69	0.86	1.17	1.14	1.01
$\text{Na}_2\text{O}$	0.94	0.14	1.37	1.34	1.11	1.93	1.35	0.32	1.29
$\text{K}_2\text{O}$	1.06	0.85	0.99	1.00	0.85	1.10	1.06	0.92	0.99
$\text{CaO}$	1.30	0.17	2.63	5.00	8.08	1.73	1.05	0.44	1.91
$\text{MgO}$	1.16	0.43	1.44	1.74	1.74	1.03	0.95	1.01	1.42

注:RCC某单元某元素背景值/该元素全国背景值.

天山—兴安造山系多数元素的背景值相对低于全国背景值。滇藏造山系 As、B、Be、Bi、Cd、Co、Cr、Cu、F、Li、Ni、P、Sb、Sn、Th、U、V、W、Y、Zn、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中 F、Ni、P、Sn、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.1$  为富集, Li、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, As、B、Cd、Sb 的  $RCC > 1.3$  为强烈富集(图 2)。

华南—右江造山带 Ag、B、Bi、Cd、Hg、La、Li、Mo、Nb、Pb、Sb、Sn、Th、Ti、U、W、Y、Zn、Zr、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1$ , 其中 Cd、La、Sb、Y 的  $RCC > 1.1$  为富集, B、Mo 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, Bi、Hg、Nb、Pb、Sn、Th、U、W、Zr 的  $RCC > 1.3$  为强烈富集(图 2)。

昆仑—祁连—秦岭造山系 As、Au、Ba、Bi、Co、Cr、

Cu、F、Mn、Ni、P、Sb、Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中 As、F、Ni、Sb 的  $RCC > 1.1$  为富集, Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  为强烈富集(图 2)。

南天山造山带 Ba、Mo、Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中 Ba、Mo 的  $RCC > 1.1$  为富集, Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  为强烈富集(图 3)。

塔里木准地台 Ba、Mo、Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.1$  为富集, Sr、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  为强烈富集(图 3)。

天山—兴安造山系 Ba、Mo、Sr、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中 Ba、Mo 的  $RCC > 1.1$  为富集, Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1.3$  为强烈富集(图 3)。

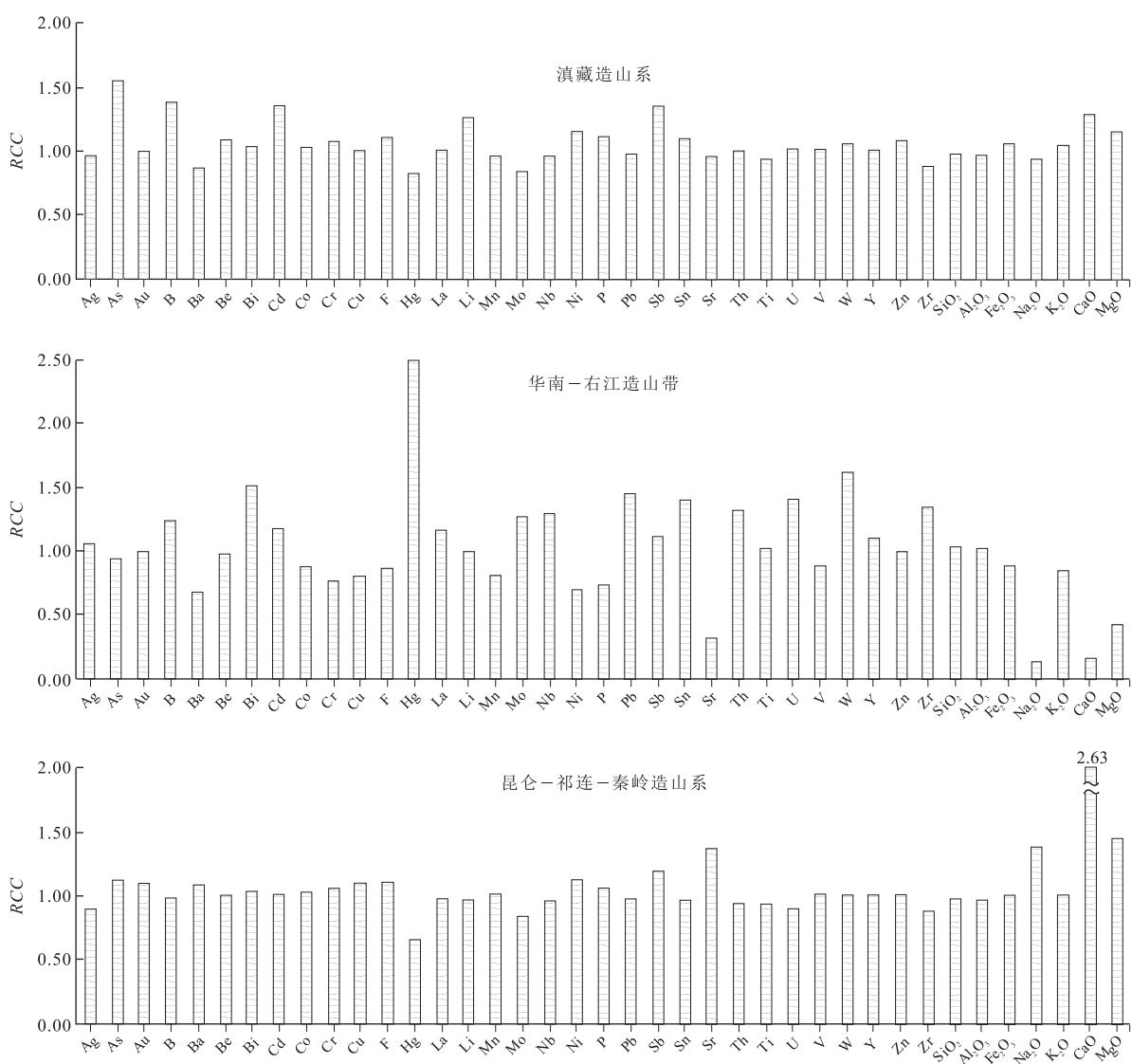


图 2 滇藏造山系、华南—右江造山带、昆仑—祁连—秦岭造山系区域浓集系数对比

Fig.2 Contrast of RCC values of Yunnan-Tibet orogenic series, South China-Youjiang orogenic zone and Kunlun-Qilian-Qinling orogenic series

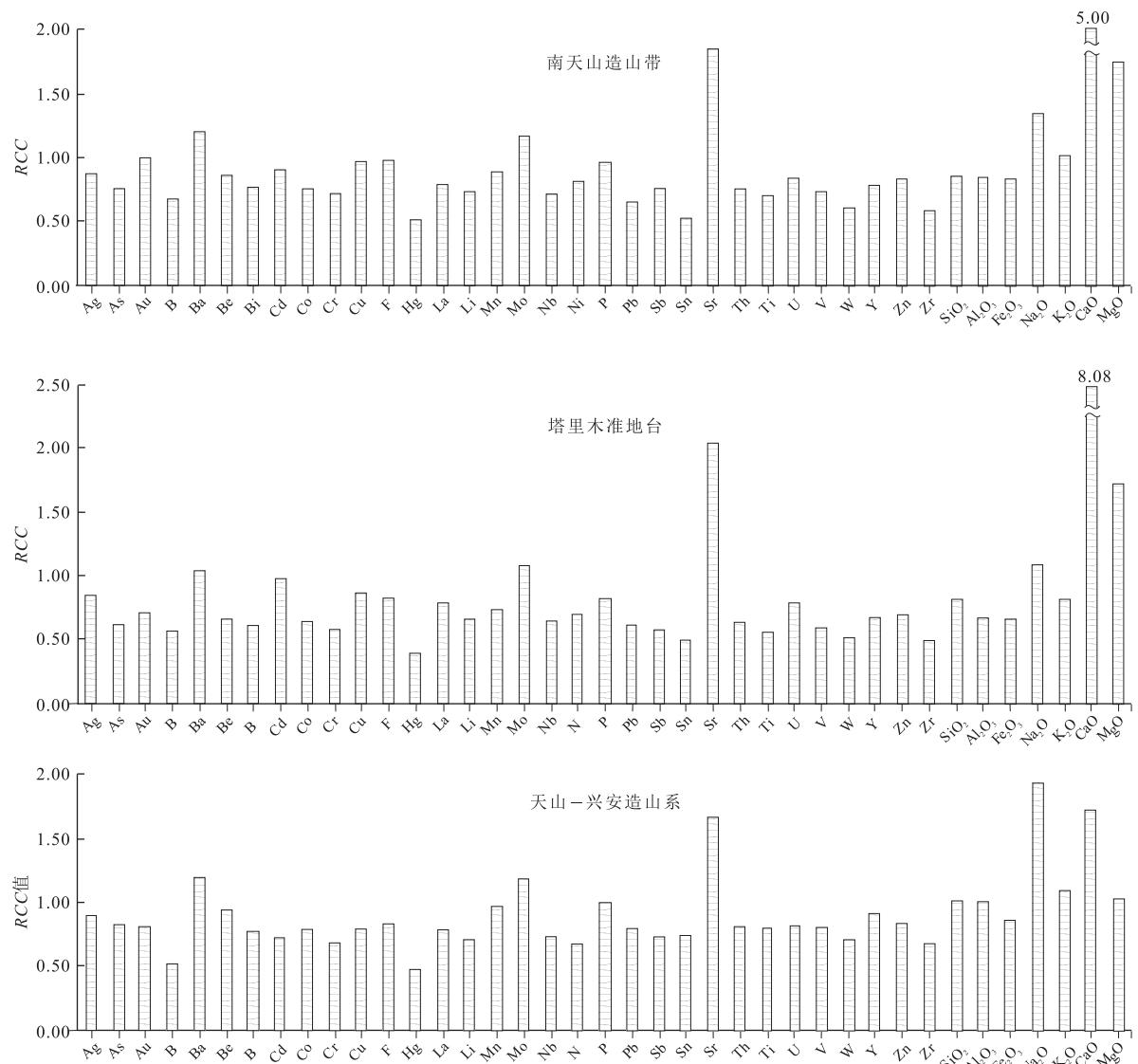


图3 南天山造山带、塔里木准地台、天山—兴安造山系区域浓集系数对比

Fig.3 Contrast of RCC values of South Tianshan orogenic belt, Talimu metaplateau and Tianshan-Xing'an orogenic series

喜马拉雅造山带 As、Au、B、Be、Bi、Co、Cr、Cu、Li、Nb、Ni、P、Pb、Sb、Sn、Sr、Th、Ti、V、W、Y、Zn、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、CaO 的 RCC>1, 其中 Au、Co、Cu、Pb、Sr、Th、V、Y、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的 RCC>1.1 为富集, Be、Ni 的 RCC>1.2 呈显著富集, As、B、Bi、Li、Sb、W、 $\text{Na}_2\text{O}$  的 RCC>1.3 为强烈富集(图 4)。

扬子准地台 Ag、As、Au、B、Be、Bi、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、La、Li、Mn、Mo、Nb、Ni、P、Pb、Sb、Sn、Th、Ti、U、V、W、Y、Zn、 $\text{Zr}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、MgO 的 RCC>1, 其中 As、Au、Bi、Li、Nb、Pb、Sn、Th、Ti、V、Zn、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的 RCC>1.1 为富集, Co、Cr、Cu、Mn、U 的 RCC>1.2 呈显著富集, B、Cd、Hg、Ni、Sb 的 RCC>1.3 为强烈富集(图 4)。

中朝准地台 Ag、Au、Ba、Co、Cr、Cu、F、La、Mn、

Nb、Ni、P、Sr、Ti、V、Zr、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、CaO、MgO 的 RCC>1, 其中 Ba、Cr、Ni、P、Zr 的 RCC>1.1 为富集,  $\text{Na}_2\text{O}$  的 RCC>1.2 呈显著富集, Sr、CaO、MgO 的 RCC>1.3 为强烈富集(图 4)。

不同构造单元间对比看, 亲石元素 Be、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、Zr、Nb、W、Th、U 在华南—右江造山带、扬子准地台含量明显高于其他构造单元, 而在塔里木准地台较其他单元低。CaO 在南天山造山带、塔里木准地台较其他单元高, 在华南—右江造山带较低。Sr 在南天山造山带、塔里木准地台高于其他单元,  $\text{Na}_2\text{O}$  在天山—兴安造山系高于其他单元, Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$  在华南—右江造山带均低于其他单元。Li、B 在喜马拉雅造山带最高, 天山—兴安造山系最低。

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、V、Ti、Co、Cr、Ni、Mn、P 等亲铁元素在

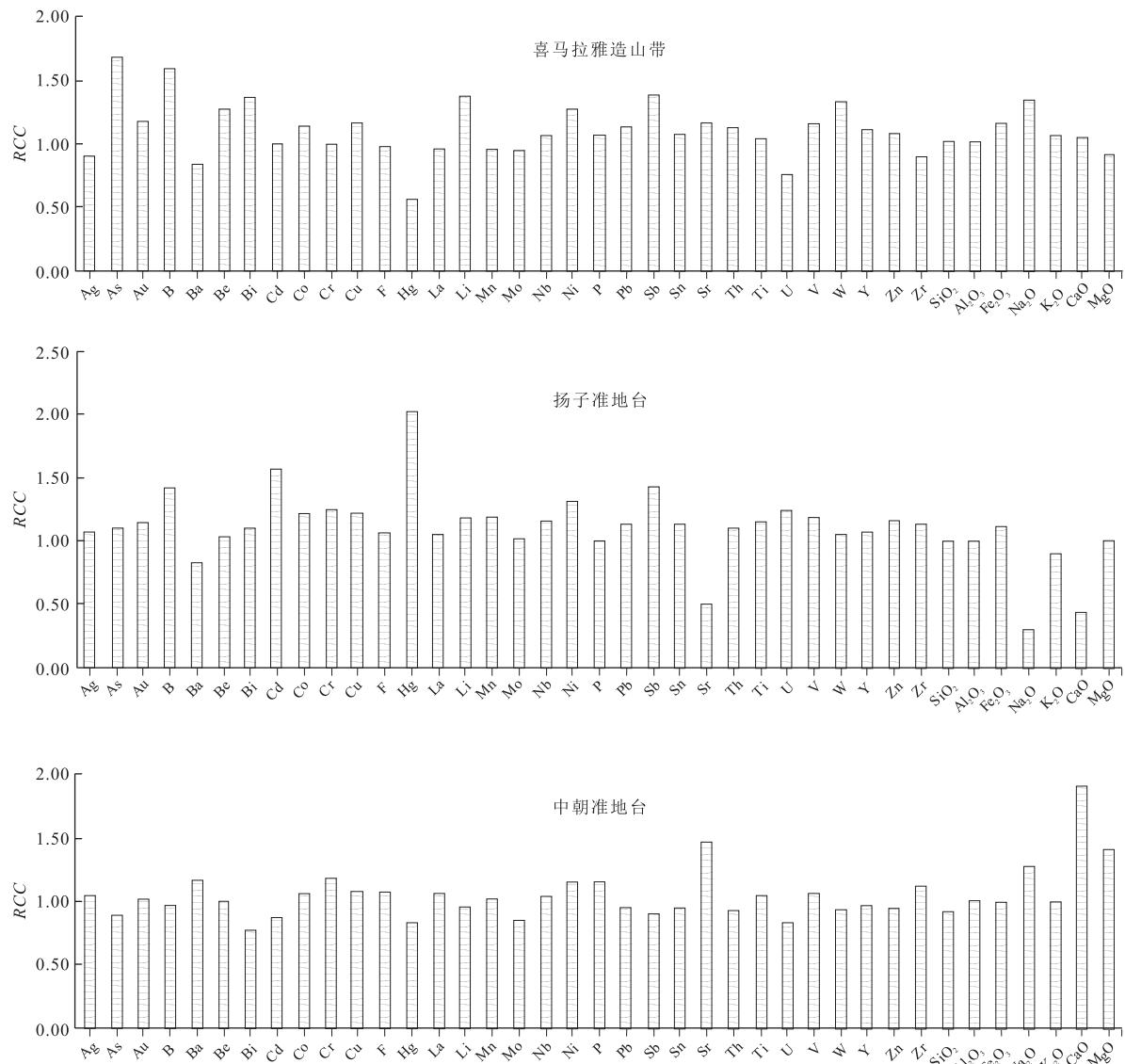


图 4 喜马拉雅造山带、扬子准地台、中朝准地台区域浓集系数对比

Fig.4 Contrast of RCC values of Himalayan orogenic belt, Yangtz metaplatform and Sino-Korean metaplatform

扬子准地台、中朝准地台普遍高于其他单元,而在塔里木准地台较其他单元低. $MgO$  在南天山造山带、塔里木准地台较其他单元高,在华南—右江造山带较低。

亲铜元素中  $Cu$ 、 $Au$ 、 $Zn$ 、 $Ag$  在喜马拉雅造山带、扬子准地台的含量普遍高于其他单元。 $Pb$ 、 $Bi$ 、 $Sn$  含量则在华南—右江造山带最高。 $Hg$  只在华南—右江造山带、扬子准地台富集,而在其他单元贫化。 $Cd$ 、 $As$ 、 $Sb$  在滇藏造山系、喜马拉雅造山带、扬子准地台的含量普遍高于其他单元。 $Au$ 、 $Zn$ 、 $Ag$ 、 $As$ 、 $Sb$ 、 $Pb$ 、 $Bi$ 、 $Sn$  在塔里木准地台含量普遍低于其他单元。

总之,不同的大地构造单元的水系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。

## 5 不同景观区水系沉积物背景值

附表 2 ([www.earth-science.net/index.aspx](http://www.earth-science.net/index.aspx)) 列出了不同景观水系沉积物背景值,为研究各景观区内元素的贫化和富集提供了对比基础。与全国水系沉积物背景值对比(表 4),高山峡谷区、岩溶区、沼泽盆地区、低山丘陵区、冲积平原景观区多数元素的背景值高于全国水系沉积物背景值,高寒湖沼丘陵区、干旱荒漠区、半荒漠景观区多数元素的背景值低于全国水系沉积物背景值,显示不同的景观区元素

表4 不同景观区水系沉积物39种元素RCC值

Table 4 Regional concentration coefficient (RCC) values of 39 elements in stream sediments of different landscapes of China

元素	RCC1	RCC2	RCC3	RCC4	RCC5	RCC6	RCC7	RCC8	RCC9	RCC10	RCC11	RCC12
Ag	0.87	1.19	1.07	0.74	0.78	0.90	1.06	0.99	1.01	1.19	1.01	0.94
As	0.80	1.17	0.92	0.69	1.64	1.28	1.59	1.23	0.69	0.91	1.74	1.31
Au	0.64	1.18	1.09	0.91	0.82	1.00	1.10	1.18	1.09	0.82	1.05	0.89
B	0.44	1.44	1.17	0.49	0.96	1.10	1.32	1.11	1.12	0.44	1.66	1.27
Ba	1.24	1.04	0.96	1.22	0.78	0.98	0.86	1.05	0.70	1.30	0.59	0.95
Be	1.05	1.03	1.05	0.80	0.79	1.00	1.15	0.86	0.95	1.21	1.00	1.05
Bi	0.63	1.15	1.11	0.70	0.81	1.00	1.26	1.04	0.85	0.89	1.48	0.85
Cd	0.56	0.91	1.18	0.73	1.03	1.09	1.36	1.00	0.85	0.73	1.91	1.27
Co	0.52	1.12	1.10	0.69	0.71	0.95	1.18	0.96	1.00	0.99	1.33	0.96
Cr	0.48	1.17	1.13	0.60	0.66	0.95	1.14	1.15	0.94	0.83	1.22	1.07
Cu	0.54	1.08	1.07	0.84	0.76	1.05	1.19	1.10	0.95	0.76	1.33	0.91
F	0.71	1.03	1.04	0.80	0.78	1.07	1.18	1.12	0.90	0.96	1.13	1.03
Hg	0.44	1.85	1.62	0.38	0.65	0.58	1.04	0.62	1.31	1.12	3.65	1.12
La	0.77	1.11	1.10	0.70	0.69	0.93	1.07	0.94	0.97	1.07	1.10	0.97
Li	0.72	1.13	1.10	0.53	1.00	1.02	1.23	0.93	0.90	0.95	1.23	1.21
Mn	0.71	0.98	1.03	0.85	0.73	0.97	1.11	0.95	1.04	1.25	1.32	0.86
Mo	1.03	1.00	1.00	1.03	0.71	0.93	1.00	0.86	0.86	1.63	1.54	0.76
Nb	0.74	1.17	1.15	0.62	0.61	0.88	1.09	0.94	1.05	0.97	1.24	0.96
Ni	0.48	1.17	1.13	0.64	0.84	1.02	1.27	1.21	0.95	0.70	1.31	1.12
P	0.63	0.95	0.97	0.90	0.70	1.05	1.25	1.12	0.86	1.50	1.01	1.35
Pb	0.79	1.11	1.13	0.66	0.83	0.90	1.13	0.94	1.15	1.01	1.29	0.88
Sb	0.75	1.25	1.04	0.69	1.38	1.20	1.45	1.33	0.73	0.67	2.55	1.27
Sn	0.74	1.15	1.15	0.63	0.67	0.92	1.19	0.89	1.15	0.96	1.11	1.14
Sr	1.40	0.85	0.64	1.97	1.36	1.31	0.81	1.55	0.41	1.53	0.41	1.01
Th	0.91	1.12	1.09	0.73	0.74	0.93	1.14	0.94	1.03	0.91	1.34	1.02
Ti	0.58	1.15	1.09	0.67	0.54	0.89	1.02	0.94	1.05	1.09	1.24	0.96
U	0.74	1.17	1.17	0.72	0.85	0.90	1.09	0.85	1.03	1.08	1.35	1.03
V	0.59	1.10	1.08	0.72	0.59	0.95	1.19	1.00	0.99	0.97	1.31	0.92
W	0.73	1.13	1.13	0.54	0.71	0.97	1.19	1.00	1.06	0.96	1.06	1.00
Y	0.85	1.02	1.06	0.85	0.66	0.98	1.04	0.94	0.96	0.97	1.19	1.08
Zn	0.68	0.95	1.07	0.70	0.73	0.97	1.18	0.89	0.91	1.07	1.27	1.02
Zr	0.75	1.21	1.17	0.56	0.57	0.80	0.90	0.96	1.15	0.92	1.22	1.05
SiO <sub>2</sub>	1.08	1.02	1.00	1.01	1.04	0.98	0.97	0.92	1.04	0.96	1.03	1.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.97	1.01	1.02	0.94	0.68	0.94	1.03	0.88	1.08	1.13	1.00	0.98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.66	1.03	1.03	0.76	0.69	0.98	1.19	0.95	1.02	1.08	1.17	0.97
Na <sub>2</sub> O	1.76	0.82	0.57	2.22	0.95	1.32	0.82	1.21	0.24	1.71	0.15	1.37
K <sub>2</sub> O	1.29	0.95	0.98	0.99	0.74	1.02	1.12	0.94	0.98	1.14	0.73	1.02
CaO	1.05	0.76	0.57	2.99	3.56	2.64	0.99	4.35	0.23	0.97	0.34	0.74
MgO	0.53	0.89	0.94	1.30	0.97	1.32	1.17	1.67	0.67	0.95	0.67	1.16

注: RCC.某景观区某元素背景值/该元素全国背景值; RCC1.半荒漠景观区区域浓集系数; RCC2.冲积平原景观区区域浓集系数; RCC3.低山丘陵景观区区域浓集系数; RCC4.干旱荒漠景观区区域浓集系数; RCC5.高寒湖沼丘陵景观区区域浓集系数; RCC6.高寒山区景观区区域浓集系数; RCC7.高山峡谷景观区区域浓集系数; RCC8.黄土覆盖景观区区域浓集系数; RCC9.热带雨林景观区区域浓集系数; RCC10.森林沼泽景观区区域浓集系数; RCC11.岩溶景观区区域浓集系数; RCC12.沼泽盆地景观区区域浓集系数。

的分布具有不同的特点。

半荒漠景观区 Ba、Be、Mo、Sr、SiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、CaO 的 RCC>1, 其中 Ba、K<sub>2</sub>O 的 RCC>1.2 呈显著富集, Sr、Na<sub>2</sub>O 的 RCC>1.3 表现为强烈富集。

冲积平原景观区 Ag、As、Au、B、Ba、Be、Bi、Co、Cr、Cu、F、Hg、La、Li、Nb、Ni、Pb、Sb、Sn、Th、Ti、U、V、W、Y、Zr、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的 RCC>1, 其中

Ag、As、Au、Bi、Co、Cr、La、Li、Nb、Ni、Pb、Sn、Th、Ti、U、W 的 RCC>1.1 表现为富集, Sb、Zr 的 RCC>1.2 呈显著富集, B、Hg 的 RCC>1.3 则表现出强烈富集。

低山丘陵景观区的 Ag、Au、B、Be、Bi、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、La、Li、Mn、Nb、Ni、Pb、Sb、Sn、Th、Ti、U、V、W、Y、Zn、Zr、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的 RCC>1, 其中 B、Bi、

Cd、Cr、Nb、Ni、Pb、Sn、U、W、Zr 的  $RCC > 1.1$  为富集, 仅 Hg 的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

干旱荒漠景观区 Ba、Mo、Sr、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、CaO、MgO 的  $RCC > 1$ , 其中 Ba、MgO 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、CaO 的  $RCC > 1.3$  则表现为强烈富集。

高寒湖沼丘陵景观区 As、Cd、Sb、Sr、 $\text{SiO}_2$ 、CaO 的  $RCC > 1$ , 其中 As、Sb、Sr、CaO 的  $RCC > 1.3$  为强烈富集。

高寒山区景观区 As、B、Cd、Cu、F、Li、Ni、P、Sb、Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、K<sub>2</sub>O、CaO、MgO 的  $RCC > 1$ , 其中 Sb 的  $RCC > 1.1$  为富集, As 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、CaO、MgO 的  $RCC > 1.3$  则表现出强烈富集。

高山峡谷景观区 Ag、As、Au、B、Be、Bi、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、La、Li、Mn、Nb、Ni、P、Pb、Sb、Sr、Th、Ti、U、V、W、Y、Zn、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、K<sub>2</sub>O、MgO 的  $RCC > 1$ , 其中 Be、Co、Cr、Cu、F、Mn、Pb、Sr、Th、V、W、Zn、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、K<sub>2</sub>O、MgO 的  $RCC > 1.1$  为富集, Bi、Li、Ni、P 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, As、B、Cd、Sb 的  $RCC > 1.3$  为强烈富集。

黄土覆盖景观区 As、Au、B、Ba、Bi、Cr、Cu、F、Ni、P、Sb、Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、CaO、MgO 的  $RCC > 1$ , 其中 Au、B、Cr、F、P 的  $RCC > 1.1$  为富集, As、Ni、 $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, Sb、Sr、CaO、MgO 的  $RCC > 1.3$  为强烈富集。

热带雨林景观区 Ag、Au、B、Hg、Mn、Nb、Pb、Sr、Th、Ti、U、W、Zr、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1$ , 其中 B、Pb、Sr、Zr 的  $RCC > 1.1$  为富集, Hg 的  $RCC > 1.3$  为强烈富集。

森林沼泽景观区 Ag、Ba、Be、Hg、La、Mn、Mo、P、Pb、Sr、Ti、U、Zn、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、K<sub>2</sub>O 的  $RCC > 1$ , 其中 Ag、Hg、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、K<sub>2</sub>O 的  $RCC > 1.1$  为富集, Ba、Be、Mn 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, Mo、P、Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.3$  则为强烈富集。

岩溶景观区 Ag、As、Au、B、Bi、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、La、Li、Mn、Mo、Nb、Ni、P、Pb、Sb、Sr、Th、Ti、U、V、W、Y、Zn、Zr、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1$ , 其中 F、Sr、Y、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1.1$  为富集, Cr、Li、Nb、Pb、Ti、Zn、Zr 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, As、B、Bi、Cd、Co、Cu、Hg、Mn、Mo、Ni、Sb、Th、U、V 的  $RCC > 1.3$  则表现出强烈富集, 其中以 Hg 的  $RCC$  值最大, 说明相对于全国背景值, 该景观区所有元素中 Hg 的背景值最高。

沼泽盆地景观区 As、B、Be、Cd、Cr、F、Hg、Li、Ni、P、Sb、Sr、Th、U、Y、Zn、Zr、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、K<sub>2</sub>O、MgO 的  $RCC > 1$ , 其中 Hg、Ni、Sr、MgO 的  $RCC > 1.1$  为富集, B、Cd、Li、Sb 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集, As、P、 $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

各景观区之间对比可知, 亲石元素中 Li、Zr、Nb、Th、U 在岩溶景观区、低山丘陵区和冲积平原区明显比其他景观区高, 而在干旱荒漠和高寒山区景观区最低。Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$  在半荒漠区最高, 在热带雨林区、岩溶区最低。W 在高山峡谷区最高, 干旱荒漠区最低。Mo 在森林沼泽区、岩溶区最高, 高寒湖沼丘陵区最低。Be、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  在森林沼泽区、高山峡谷区明显比其他景观区高。Ba 在半荒漠区、干旱荒漠区、森林沼泽区明显高于其他景观区, 而  $\text{SiO}_2$  在各景观区变化不大。亲铁元素 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、V、Ti、Co、Cr、Ni、Mn 在岩溶区最高, 其次是高山峡谷区, 以半荒漠区最低。Cu、Au、Zn、Ag、Cd、As、Sb、Pb、Bi、Sn 等亲铜元素在岩溶区、高山峡谷区明显高于其他景观区, 而在半荒漠区明显低于其他景观区。

不同景观区元素背景含量的上述变化, 除与不同景观区内地质背景中元素分布不均匀有关外, 主要还与不同景观区元素的淋滤和次生富集密切相关。由于水系沉积物是次生介质, 不同景观区的表生地球化学作用条件对水系沉积物测量结果的影响是显著不同的, 这就给研究以水系沉积物测量资料为基础的区域地球化学特征和区域化探异常的解释造成更大复杂性, 在实际应用中要特别注意景观条件的影响, 只有在同一景观区内进行对比才具有可对比性, 才能反映真实情况。

上述进一步说明, 不同的景观区、不同的大地构造单元或者同一单元的不同大地构造发展阶段, 都具有不同的元素地球化学特征, 主要表现在元素的背景含量变化较大(史长义, 1994)。

## 6 19 个成矿带水系沉积物背景值

附表 3([www.earth-science.net/index.aspx](http://www.earth-science.net/index.aspx))列出了 39 个成矿带水系沉积物背景值, 为各成矿带区域地球化学成矿预测研究提供了对比基础。与全国水系沉积物背景值对比(表 5), 豫西成矿带、湘西鄂西成矿带、秦岭成矿带、辽东吉南成矿带、川滇黔相邻成矿区多数元素的背景值高于全国水系沉积物背景值, 天山北山成矿带、大兴安岭成矿带、班公湖怒

表5 不同成矿带水系沉积物39种元素RCC值

Table 5 Regional concentration coefficient (RCC) values of 39 elements in stream sediments of different ore zones of China

元素	成矿带																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ag	0.72	1.13	1.01	0.81	0.90	1.00	1.74	1.03	0.80	1.14	1.06	0.80	1.30	0.81	1.12	0.89	1.01	1.23	0.87
As	1.97	0.80	0.85	1.13	1.41	1.01	0.81	1.50	1.15	1.48	1.34	0.73	0.38	1.15	1.46	1.38	1.09	1.17	1.01
Au	0.79	1.36	0.82	1.00	0.91	1.00	0.73	1.06	1.18	1.09	1.18	0.91	0.82	0.91	1.15	1.04	1.18	1.43	0.73
B	1.10	1.17	0.39	0.75	0.90	1.12	0.85	1.53	0.78	1.59	1.31	0.47	0.51	0.84	1.37	1.73	1.10	1.67	0.67
Ba	0.68	0.76	1.36	1.05	0.90	1.09	1.27	0.64	1.13	0.64	1.05	1.21	0.93	1.00	0.82	0.94	1.16	0.98	1.01
Be	1.02	1.10	1.25	1.00	1.21	0.96	1.05	1.00	0.85	0.85	1.05	0.80	1.25	1.02	1.02	1.10	1.09	0.95	0.85
Bi	1.04	1.04	0.78	0.93	1.26	0.74	0.93	1.70	1.00	1.48	1.15	0.78	1.48	1.00	1.11	1.33	1.15	1.11	0.63
Cd	0.88	1.82	0.64	1.09	1.00	1.00	1.09	1.55	0.94	1.27	1.02	0.82	1.27	1.00	1.36	2.13	0.82	1.09	0.82
Co	0.57	1.83	0.75	0.73	0.81	1.08	1.27	0.95	1.01	1.01	1.08	0.66	0.81	0.92	1.13	1.27	1.29	1.18	1.04
Cr	1.01	1.55	0.51	0.67	0.70	1.21	1.30	0.90	1.16	1.03	1.12	0.60	0.57	0.80	1.10	1.36	1.24	1.18	0.64
Cu	0.65	2.19	0.56	0.84	0.77	1.12	1.10	1.07	1.15	1.05	1.16	0.84	0.59	1.03	1.16	1.35	1.12	1.18	1.53
F	0.67	1.10	0.90	1.04	0.95	1.20	1.09	1.00	1.12	0.88	1.15	0.80	0.81	1.10	1.11	1.52	1.19	0.83	0.93
Hg	0.69	1.50	0.62	0.42	0.38	0.81	1.46	2.77	0.54	2.69	1.31	0.38	2.19	0.42	1.15	2.65	0.77	2.27	0.50
La	0.62	1.12	0.97	0.85	0.98	1.07	1.33	1.10	0.91	1.05	1.05	0.72	1.44	0.83	0.99	1.02	1.09	1.13	0.70
Li	1.07	1.08	0.87	0.87	1.09	1.00	1.04	1.20	0.76	1.19	1.17	0.55	1.02	0.87	1.15	1.36	1.03	1.11	0.70
Mn	0.46	1.52	0.98	0.80	0.88	1.03	1.36	0.79	1.01	0.81	1.03	0.83	0.82	0.98	1.10	1.31	1.23	1.00	1.32
Mo	0.61	1.31	1.51	1.00	0.86	0.86	1.16	1.26	0.86	1.14	0.74	1.11	1.27	1.04	0.93	1.29	1.00	1.00	1.43
Nb	0.52	1.45	0.83	0.80	0.95	1.04	1.19	1.22	0.83	1.20	0.97	0.63	1.57	0.79	1.03	1.18	1.16	1.23	0.70
Ni	0.94	1.77	0.50	0.75	0.77	1.26	1.17	0.92	1.18	1.02	1.23	0.64	0.52	0.95	1.20	1.47	1.23	1.17	0.86
P	0.57	1.45	0.99	0.89	1.00	1.20	1.83	0.82	0.98	0.81	1.20	0.90	0.74	1.08	1.12	0.99	1.17	0.88	1.60
Pb	0.86	1.12	0.97	0.86	1.07	0.96	1.12	1.44	0.86	1.15	1.06	0.67	1.82	0.83	1.06	1.18	1.15	1.15	0.58
Sb	1.65	1.05	0.67	1.04	1.15	1.09	0.71	2.00	1.31	2.00	1.64	0.76	0.38	1.00	1.44	1.78	1.27	1.27	0.76
Sn	0.70	1.30	0.85	0.85	1.00	0.93	1.11	1.44	0.81	1.22	1.07	0.63	1.85	0.74	1.09	1.13	1.07	1.33	0.63
Sr	1.53	0.54	1.51	1.64	1.32	1.36	1.47	0.29	1.36	0.35	1.29	1.95	0.32	1.87	0.71	0.50	1.12	0.59	2.19
Th	0.79	1.03	0.91	0.80	1.14	1.00	1.04	1.21	0.92	1.15	0.96	0.76	1.61	0.81	0.99	1.20	1.04	1.17	0.60
Ti	0.51	1.69	0.78	0.70	0.83	1.03	1.24	1.02	0.85	1.11	1.00	0.63	1.04	0.70	1.02	1.15	1.17	1.26	1.04
U	0.78	1.26	1.01	0.94	1.17	0.76	0.87	1.35	0.85	1.26	0.90	0.81	1.75	0.94	1.00	1.43	0.92	1.08	0.85
V	0.60	1.76	0.75	0.70	0.85	1.10	1.21	0.98	0.92	1.02	1.01	0.68	0.78	0.86	1.14	1.29	1.19	1.14	1.24
W	0.92	0.88	0.88	0.88	1.47	0.99	0.95	1.88	0.84	1.44	1.18	0.58	1.88	0.81	1.06	1.06	1.11	1.38	0.58
Y	—	1.19	0.88	0.87	1.04	0.94	1.04	1.11	0.91	1.11	1.04	0.85	1.20	0.80	0.99	1.05	1.14	1.06	1.02
Zn	0.60	1.36	0.87	0.78	0.95	0.96	1.22	1.03	0.91	0.96	1.11	0.69	1.09	0.96	1.10	1.22	1.15	0.99	1.07
Zr	0.62	1.33	0.81	0.60	0.90	1.10	1.15	1.23	0.68	1.24	1.02	0.55	1.49	0.58	0.94	1.02	1.15	1.25	0.66
SiO <sub>2</sub>	0.99	0.89	1.02	1.00	1.07	0.94	0.92	1.05	0.96	1.09	0.97	1.00	1.03	0.92	0.98	1.03	0.96	1.09	0.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.65	1.03	1.08	0.90	0.98	1.00	1.13	0.96	0.88	0.93	0.98	0.91	1.13	0.95	1.02	1.00	1.02	0.94	1.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.58	1.63	0.85	0.78	0.89	1.06	1.26	0.93	1.01	0.96	1.01	0.72	0.84	0.96	1.14	1.12	1.09	1.02	1.21
Na <sub>2</sub> O	1.01	0.32	1.89	1.67	1.70	1.19	1.44	0.10	1.27	0.12	1.35	2.08	0.21	1.67	0.61	0.34	1.16	0.48	2.34
K <sub>2</sub> O	0.91	0.85	1.33	1.02	1.18	1.02	1.09	0.83	0.94	0.70	1.00	0.99	1.21	1.03	1.02	1.05	1.02	0.83	1.00
CaO	5.17	0.61	0.79	4.12	1.11	2.92	1.17	0.18	3.66	0.17	2.12	3.35	0.15	4.72	0.61	0.60	2.21	0.40	2.62
MgO	0.93	1.33	0.68	1.33	0.95	1.74	1.28	0.50	2.02	0.50	1.39	1.29	0.42	1.67	1.06	1.42	1.48	0.75	1.65

注:“—”表示数据太少,没有统计意义。1.班公湖怒江成矿带;2.川滇黔相邻成矿区;3.大兴安岭成矿带;4.东昆仑成矿带;5.冈底斯成矿带;6.晋冀成矿带;7.辽东吉南成矿带;8.南岭成矿带;9.祁连成矿带;10.钦杭成矿带;11.秦岭成矿带;12.天山北山成矿带;13.武夷山成矿带;14.西昆仑成矿带;15.西南三江成矿带;16.湘西鄂西成矿带;17.豫西成矿带;18.长江中下游成矿带;19.准噶尔北缘成矿带。

江成矿带多数元素的背景值低于全国水系沉积物背景值,显然不同的成矿区带元素的富集贫化表现出不同的特点。

班公湖怒江成矿带:As、B、Be、Bi、Cr、Li、Sb、Sr、Na<sub>2</sub>O、CaO的RCC>1,其中As、Sb、Sr、CaO的RCC>1.3表现为强烈富集。

川滇黔相邻成矿区:Ag、Au、B、Be、Bi、Cd、Co、

Cr、Cu、F、Hg、La、Li、Mn、Mo、Nb、Ni、P、Pb、Sb、Sn、Th、Ti、U、V、Y、Zn、Zr、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO的RCC>1,其中Ag、B、La、Pb、Y的RCC>1.1为富集,U、Sn的RCC>1.2呈显著富集,Au、Cd、Co、Cr、Cu、Hg、Mn、Mo、Nb、Ni、P、Ti、V、Zn、Zr、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO的RCC>1.3表现为强烈富集。

大兴安岭成矿带:Ag、Ba、Be、Mo、Sr、U、SiO<sub>2</sub>、

$\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  的  $RCC > 1$ , 其中 Be 的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{Ba}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

东昆仑成矿带:  $\text{As}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{As}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Sr}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

冈底斯成矿带:  $\text{As}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Sb}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Be}$ 、 $\text{Bi}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{As}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

晋冀成矿带:  $\text{As}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{B}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Cr}$ 、 $\text{Ni}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{Sr}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

辽宁吉南成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Ba}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{Ag}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

南岭成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{SiO}_2$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Li}$ 、 $\text{Y}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Zr}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{As}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{W}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

祁连成矿带:  $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Ni}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{Sb}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

钦杭成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{SiO}_2$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Ag}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Y}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Cd}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{Zr}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{As}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{W}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

秦岭成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{V}$ 、

$\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Au}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Zn}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Ni}$ 、 $\text{Sr}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{As}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

天山北山成矿带:  $\text{Ba}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Ba}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{Sr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

武夷山成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Y}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Ag}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{Bi}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Zr}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

西昆仑成矿带:  $\text{As}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{As}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Sr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

西南三江成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Ag}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{As}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Sb}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

湘西鄂西成矿带:  $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Nb}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Co}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Zn}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{As}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

豫西成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{Au}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Sb}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

长江中下游成矿带:  $\text{Ag}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的  $RCC > 1$ , 其中  $\text{As}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{V}$  的  $RCC > 1.1$  为富集,  $\text{Ag}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Zr}$  的  $RCC > 1.2$  呈显著富集,  $\text{Au}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{W}$  的  $RCC > 1.3$  表现为强烈富集。

准噶尔北缘成矿带:As、Ba、Co、Cu、Mn、Mo、P、Sr、Ti、V、Y、Zn、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、CaO、MgO的RCC>1,其中V、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的RCC>1.2显著富集,Cu、Mn、Mo、P、Sr、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、CaO、MgO的RCC>1.3表现为强烈富集。

各成矿带之间对比显示不同元素在各成矿带的富集贫化特征不同。

亲石元素:B在湘西鄂西成矿带和长江中下游成矿带较其他成矿带高,在大兴安岭成矿带和天山北山成矿带较其他成矿带低.Mo在大兴安岭成矿带明显高于其他成矿带, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 在各成矿带之间变化不大,Zr、Nb、W、Th、U在武夷山成矿带显著高于其他成矿带,在天山北山成矿带较其他成矿带低.Li在湘西鄂西成矿带较其他成矿带高,在天山北山成矿带较其他成矿带低. $\text{Na}_2\text{O}$ 、Sr在天山北山成矿带和准噶尔北缘成矿带明显高于其他成矿带,而在南岭成矿带较其他成矿带低. $\text{Be}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 在大兴安岭成矿带和武夷山成矿带显著高于其他成矿带.CaO在班公湖怒江成矿带、西昆仑成矿带显著高于其他成矿带,在南岭成矿带、钦杭成矿带、武夷山成矿带显著低于其他成矿带。

亲铁元素:MgO在祁连成矿带、晋冀成矿带、西昆仑成矿带、准噶尔北缘成矿带显著高于其他成矿带,在武夷山成矿带、南岭成矿带、钦杭成矿带显著低于其他成矿带. $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、V、Ti、Co、Cr、Ni、Mn、P在川滇黔相邻成矿区明显高于其他成矿带,Cr、Ni在大兴安岭成矿带明显低于其他成矿带,而 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、V、Ti、Co、Mn、P在班公湖怒江成矿带明显低于其他成矿带。

亲铜元素:Cu含量在川滇黔相邻成矿区、准噶尔北缘成矿带显著高于其他成矿带,在大兴安岭成矿带、武夷山成矿带显著低于其他成矿带.Au在川滇黔相邻成矿区、长江中下游成矿带显著高于其他成矿带,在准噶尔北缘成矿带、辽东吉南成矿带明显低于其他成矿带.Pb、Bi、Sn在武夷山成矿带、南岭成矿带显著高于其他成矿带,在准噶尔北缘成矿带明显低于其他成矿带.Zn在川滇黔相邻成矿区最高,班公湖怒江成矿带最低.Ag在辽东吉南成矿带明显高于其他成矿带,在班公湖怒江成矿带明显低于其他成矿带.Cd、Sb、Hg在湘西鄂西成矿带、南岭成矿带显著高于其他成矿带,Cd、Sb在大兴安岭成矿带明显低于其他成矿带,而Hg在冈底斯成矿带、天山北山成矿带明显低于其他成矿带.As含量在班公湖怒江成矿带最高,在武夷山成矿带最低。

显然,不同成矿带元素的富集贫化特征是不同的,不同成矿带的主要成矿作用和构造岩浆活动不同是造成元素富集贫化特征不同的主要原因。

## 7 结论

本文提供的背景值是依托全国区域化探数据,采用全部原始数据,以稳健统计参数中位数作为背景值的估计值,计算出的全国范围、不同构造单元、不同景观区、不同成矿带的39种元素水系沉积物背景值,更加接近实际、更加客观、更加可靠、更加科学合理,可以为进一步深入开发利用区域化探数据和资料提供可供对比的基础数据,也是利用区域化探资料进行区域成矿预测,以及研究元素区域地球化学特征、基础地质问题、生态环境等需要的一种对比参考标准。

受大地构造背景和地质背景的控制,不同的大地构造单元的水系沉积物背景值表现出不同的特征,也反映出区域地壳的化学成分是不均一的.各成矿带元素的富集贫化具有明显不同的特征.不同的主要成矿作用和构造岩浆活动是造成不同成矿带元素富集贫化特征不同的主要原因。

不同的地球化学景观区元素背景含量是不同的,这种变化除了与不同景观区地质地球化学背景有关外,还与不同景观区元素的淋滤和次生富集密切相关.不同景观区的表生地球化学作用条件对水系沉积物测量结果的影响是明显且显著不同的,这是人们在开发利用水系沉积物测量数据时要特别注意的.这就充分说明元素地球化学背景因景观条件不同而出现很大差异,因此在评价不同景观区地球化学异常时应采用不同的背景值。

总之,地质体中元素含量的分布趋势与其地质背景密切相关.不同的景观区、不同的成矿带、不同的大地构造单元,元素的地球化学分布特征不同,主要表现在元素的背景含量变化较大,尤其是以水系沉积物测量为主的区域地球化学数据,因为其采样介质的特殊性,景观类型对其元素含量的影响则更大。

## References

- Albanese, S., De Vivo, B., Lima, A., et al., 2007. Geochemical Background and Baseline Values of Toxic Elements in Stream Sediments of Campania Region (Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, 93(1): 21–34. doi: 10.

- 1016/j.gexplo.2006.07.006
- Beus, A. A., 1972. Geochemistry of the Lithosphere. Science Publishing House, Moscow.
- Cao, F., Li, R. M., Wang, Y., et al., 2010. Soil Geochemical Baseline and Environmental Background Values in Northern Haihe Plain, China. *Geological Bulletin of China*, 29(8): 1215—1219 (in Chinese with English abstract).
- Chen, X.R., Chen, F.R., Jia, S.J., et al., 2012. Soil Geochemical Baseline and Background in Yangtze River-Huaihe River Basin of Anhui Province. *Geology in China*, 39 (2): 302—310 (in Chinese with English abstract).
- Cheng, Z.Z., Xie, X.J., Pan, H.J., et al., 2011. Abundance of Elements in Stream Sediment in South China. *Earth Science Frontiers*, 18 (5): 289—295 (in Chinese with English abstract).
- China National Environmental Monitoring Centre, 1990. The Background Values of Elements in Soil of China. China Environment Science Press, Beijing (in Chinese).
- Cicchella, D., De Vivo, B., Lima, A., 2005. Background and Baseline Concentration Values of Elements Harmful to Human Health in the Volcanic Soils of the Metropolitan and Provincial Areas of Napoli (Italy). *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 5 (1): 29—40. doi:10.1144/1467-7873/03-042
- Clarke, F. W., Washington, H. S., 1924. The Composition of the Earth's Crust. U. S. Geological Survey Professional Paper, Washington.D.C,127.
- Daly, R.A., 1933. Igneous Rocks and the Depths of the Earth. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Du, P. X., 1996. Background Abundances of 39 Elements in Rocks, Debris and Stream Sediments of Northern Xinjiang. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 20 (1): 76—77 (in Chinese with English abstract).
- Du, P.X., Tian, S.R., 2001. Average Background Values of Elements in Rocks, Debris and Stream Sediments of Xinjiang Region. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 25 (2): 117—122 (in Chinese with English abstract).
- Fu, W., Huang, X. R., Yang, M. L., et al., 2014. REE Geochemistry in the Laterite Crusts Derived from Ultramafic Rocks: Comparative Study of Two Laterite Profiles under Different Climate Condition. *Earth Science*, 39(6): 716—732 (in Chinese with English abstract).
- Gough, L.P., Severson, R.C., Shacklette, H.T., 1988. Element Concentrations in Soil and Other Surficial Materials of Alaska: An Account of the Concentrations of 43 Chemical Elements, Ash, and pH in Soil and Other Unconsolidated Regolith Samples. U.S. Government Printing Of-
- fice, Washington D.C..
- Kürzl, H., 1988. Exploratory Data Analysis: Recent Advances for the Interpretation of Geochemical Data. *Journal of Geochemical Exploration*, 30(1—3): 309—322. doi:10.1016/0375-6742(88)90066-0
- Le Maître, R. W., 1976. The Chemical Variability of Some Common Igneous Rocks. *Journal of Petrology*, 17(4): 589—598. doi:10.1093/petrology/17.4.589
- Li, T., Ni, S.B., 1990. The Abundances of Chemical Elements in the Earth and Its Crust. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Liao, W.L., Xiao, L., Zhang, L., et al., 2015. Provenance and Tectonic Settings of Early Carboniferous Sedimentary Strata in Western Junggar, Xinjiang. *Earth Science*, 40 (3): 485—503 (in Chinese with English abstract).
- Lin, C. H., You, A. Z., 1995. Background Values of Elements in Stream Sediment in Fujian Province. *Fujian Environment*, 12(3): 22—23 (in Chinese).
- Lin, C. H., You, A. Z., 1996. Micro Element Content Characteristics and Minerogenetic Prospect Prediction of Stream Sediment in Fujian Province. *Geology and Prospecting*, 32 (5): 33—36 (in Chinese with English abstract).
- Liu, C., Zhang, H., Tang, Z.J., et al., 2013. Statistics of Series of Geochemical Parameters for the Forest Swamp Landscape in China. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 37 (4): 585—590 (in Chinese with English abstract).
- Matschullat, J., Höfle, S., Silva, J., et al., 2012. A Soil Geochemical Background for Northeastern Brazil. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 12 (3): 197—209. doi:10.1144/1467-7873/10-RA-046
- Matschullat, J., Ottenstein, R., Reimann, C., 2000. Geochemical Background—Can We Calculate It? *Environmental Geology*, 39 (9): 990—1000. doi: 10.1007/s002549900084
- Miao, T.C., Wang, H.Q., Zheng, C.J., 1990. The Research of Environmental Background Values. *China Environmental Science*, 10(4): 255—262 (in Chinese with English abstract).
- Miao, T.C., Wang, H.Q., Zheng, C.J., 1991. Studies on Environmental Background Values in China. *Chinese Geographical Science*, 1 (4): 306—315. doi: 10.1007/BF02664479
- Ministry of Geology and Mineral Resources of China. 1986. Some Regulations Concerning Methods for RGNR. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R. G., 2005. Background and Threshold: Critical Comparison of Methods of De-

- termination. *Science of the Total Environment*, 346 (1—3):1—16.doi:10.1016/j.scitotenv.2004.11.023
- Reimann,C., Garrett,R.G., 2005. Geochemical Background-Concept and Reality. *Science of the Total Environment*, 350(1—3):12—27.doi:10.1016/j.scitotenv.2005.01.047
- Ren,J.S., Wang,Z.X., Chen,B.W., et al., 1999. From Global to Look Over the Chinese Geotectonics—An Outline of the Geotectonic Map of China and Neighbors. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Ren,T.X., Wu,Z.H., Qiang,R.S., 1998. Methods and Techniques for the Regional Geochemical Anomaly Sorting and Follow-Up Survey. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Ren,T.X., Yin,B.C., Liu,R.Y., et al., 1993. The Background Values of 39 Elements in Stream Sediments of China. In: Organizing Committee of 5th National Exploration Geochemistry Symposium, ed., Abstracts of 5th National Exploration Geochemistry Symposium. Geological Publishing House, Beijing, 126—127 (in Chinese).
- Rudnick,R.L., Gao,S., 2003. Composition of the Continental Crust. *Treatise on Geochemistry*, 3:1—64.doi:10.1006/B0—08—043751—6—/03016—4
- Salminen,R., Batista,M.J., Bidovec,M., et al., 2005. Geochemical Atlas of Europe, Part I: Background Information, Methodology, and Maps. Geological Survey of Finland, Espoo.
- Salminen,R., Gregoriuskiene,V., 2000. Considerations Regarding the Definition of a Geochemical Baseline of Elements in the Surficial Materials in Areas Differing in Basic Geology. *Applied Geochemistry*, 15(5):647—653.doi:10.1016/s0883—2927(99)00077—3
- Shacklette,H.T., Boerngen,J.G., 1984. Element Concentrations in Soils and Other Surficial Materials of the Conterminous United States. U.S. Government Printing Office, Washington.D.C..
- Shi,C.Y., 1991. A New Method for the Interpretation of Exploration Data—EDA Technique. *Foreign Geoexploration Technology*, (1):38—41 (in Chinese).
- Shi,C.Y., 1993. Application of the Exploratory Data Analysis Technique. *Geology and Prospecting*, 29(11):52—58 (in Chinese with English abstract).
- Shi,C.Y., 1994. A New Method for Studying Regional Dispersion and Enrichment Regularity of Trace Elements. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 18(3):219—227 (in Chinese with English abstract).
- Shi,C.Y., 1995. A Review of the Anomaly Recognition and Anomaly Threshold. *Foreign Geoexploration Technolo-* gy, (3):19—25 (in Chinese).
- Shi,C.Y., 2007. Some Ideas and Propositions about Developing Inshore Geochemical Survey in China. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 31(4):289—292 (in Chinese with English abstract).
- Shi,C.Y., Yan,M.C., Chi,Q.H., 2008. On Abundance and Distribution of the Chemical Elements in Granitoid of China. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Shi,C.Y., Yan,M.C., Liu,C.M., et al., 2005. Abundances of Chemical Elements in Granitoids of China and Their Characteristics. *Geochemica*, 34(5):470—482 (in Chinese with English abstract).
- Shi,C.Y., Zhang,J.H., Huang,X.M., 1999. Subregion Median Contrast Filtering Method and Recognition of Weak Anomalies. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 23(4):250—257 (in Chinese with English abstract).
- Shi,C.Y., Zhang,J.H., Huang,X.M., 2002. The Models of Spatial Structures of Geochemical Regional Multi-Element Anomalies Over Copper-Polymetallic Orefields and Their Prediction and Evaluation. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Tarvainen,T., Kallio,E., 2002. Baselines of Certain Bioavailable and Total Heavy Metal Concentrations in Finland. *Applied Geochemistry*, 17(8):975—980.doi:10.1016/S0883—2927(02)00003—3
- Taylor,S.R., McLennan,S.M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell Scientific Publications, Oxford.doi:10.1002/gj.3350210116
- Turekian,K.K., Wedepohl,K.H., 1961. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. *Geological Society of America Bulletin*, 72(2):175—192.doi:10.1130/0016—7606(1961)72[175:DOTEIS]2.0.CO;2
- Vinogradov,A.P., 1962. Average Content of Chemical Elements in the Major Types of Igneous Rocks of the Earth's Crust. *Geochemistry*, (7):641—664 (in Russian).
- Wedepohl,K.H., 1995. The Composition of the Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(7):1217—1232.doi:10.1016/0016—7037(95)00038—2
- Wei,F.S., Chen,J.S., Wu,Y.Y., et al., 1991. Study on the Background Contents on 61 Elements of Soils in China. *Chinese Journal of Environmental Science*, 12(4):12—19 (in Chinese with English abstract).
- Wu,M.Q., Wen,Q.Z., Pan,J.Y., et al., 1995. Average Chemical Composition of Loess in China: As a Good Representative of the Upper Continental Crust. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 15(2):127—136 (in English with Chinese abstract).

- Xie, X.J., Ren, T.X., Xi, X.H., et al., 2009. The Implementation of the Regional Geochemistry-National Reconnaissance Program (RGNR) in China in the Past Thirty Years. *Acta Geoscientica Sinica*, 30(6): 700—716 (in English with Chinese abstract).
- Yan, M.C., Chi, Q.H., 1997. The Chemical Compositions of Crust and Rocks in the Eastern Part of China. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Yan, M.C., Chi, Q.H., Gu, T.X., et al., 1995. Average Element Content of Various Sediments in China. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 19(6): 468—472 (in Chinese with English abstract).
- Yan, M.C., Gu, T.X., Chi, Q.H., et al., 1997. Abundance of Chemical Elements of Soils in China and Supergenesis Geochemistry Characteristics. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 21(3): 161—167 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, Y.Y., Yan, M.C., 1993. The Element Abundance of Sediments of the China Shelf Sea. *Science in China (Series B)*, 23(10): 1084—1090 (in Chinese).
- Zhao, Y.Y., Yan, M.C., 1994. Geochemistry of Sediments of the China Shelf Sea. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Zhu, K.H., Ren, J.B., Wang, H.F., et al., 2015. Enrichment Mechanism of REY and Geochemical Characteristics of REY-Rich Pelagic Clay from the Central Pacific. *Earth Science*, 40(6): 1052—1060 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, L.X., Ma, S.M., Wang, Z.F., 2006. Soil Eco-Geochemical Baseline in Alluvial Plains of Eastern China. *Geology in China*, 33(6): 1400—1405 (in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 曹峰,李瑞敏,王轶,等,2010.海河平原北部地区土壤地球化学基准值与环境背景值.地质通报,29(8):1215—1219.
- 陈兴仁,陈富荣,贾十军,等,2012.安徽省江淮流域土壤地球化学基准值与背景值研究.中国地质,39(2):302—310.
- 程志中,谢学锦,潘含江,等,2011.中国南方地区水系沉积物中元素丰度.地学前缘,18(5):289—295.
- 中国环境监测总站,1990.中国土壤元素背景值.北京:中国环境科学出版社.
- 杜佩轩,1996.新疆北部 39 种元素岩石、岩屑、水系沉积物背景丰度值.物探与化探,20(1):76—77.
- 杜佩轩,田素荣,2001.新疆岩石·岩屑·水系沉积物元素背景平均值.物探与化探,25(2):117—122.
- 付伟,黄小荣,杨梦力,等,2014.超基性岩红土风化壳中 REE 地球化学:不同气候风化剖面的对比.地球科学,39(6):716—732.
- 黎彤,倪守斌,1990.地球和地壳的化学元素丰度.北京:地质出版社.
- 廖婉琳,肖龙,张雷,等,2015.新疆西准噶尔早石炭世沉积地层的物源及构造环境.地球科学,40(3):485—503.
- 林才浩,尤爱珍,1995.福建省水系沉积物元素含量本底值.福建环境,12(3):22—23.
- 林才浩,尤爱珍,1996.福建省水系沉积物微量元素含量特征及成矿远景预测.地质与勘探,32(5):33—36.
- 刘驰,张华,汤正江,等,2013.我国森林沼泽景观区地球化学系列参数统计.物探与化探,37(4):585—590.
- 缪天成,王惠琪,郑春江,1990.环境背景值研究.中国环境科学,10(4):255—262.
- 中华人民共和国地质矿产部,1986.区域化探全国扫面工作方法若干规定.北京:地质出版社.
- 任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等,1999.从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明.北京:地质出版社.
- 任天祥,伍宗华,羌荣生,1998.区域化探的异常筛选与查证的方法技术.北京:地质出版社.
- 任天祥,尹冰川,刘如英,等,1993.中国水系沉积物中 39 种元素背景值.见:第五届全国勘查地球化学学术讨论会筹委会编,第五届全国勘查地球化学学术讨论会论文摘要.北京:地质出版社,126—127.
- 史长义,1991.化探数据解释推断的新方法——EDA 技术.国外地质勘探技术,(1):38—41.
- 史长义,1993.勘查数据分析(EDA)技术的应用.地质与勘探,29(11):52—58.
- 史长义,1994.研究微量元素区域分散与富集规律的新方法.物探与化探,18(3):219—227.
- 史长义,1995.异常识别与异常下限之现状.国外地质勘探技术,(3):19—25.
- 史长义,2007.开展中国近海地球化学调查的设想与建议.物探与化探,31(4):289—292.
- 史长义,鄢明才,刘崇民,等,2005.中国花岗岩类化学元素丰度及特征.地球化学,34(5):470—482.
- 史长义,鄢明才,迟清华,2008.中国花岗岩类化学元素丰度.北京:地质出版社.
- 史长义,张金华,黄笑梅,1999.子区中位数衬值滤波法及弱小异常识别.物探与化探,23(4):250—257.
- 史长义,张金华,黄笑梅,2002.中国铜多金属矿田区域地质地球化学异常结构模式及预测评价.北京:地质出版社.
- 魏复盛,陈静生,吴燕玉,等,1991.中国土壤环境背景值研究.环境科学,12(4):12—19.
- 吴明清,文启忠,潘景瑜,等,1995.中国黄土的平均化学成分:上部大陆地壳的一种典型代表.岩相古地理,15(2):127—136.
- 谢学锦,任天祥,奚小环,等,2009.中国区域化探全国扫面计划卅年.地球学报,30(6):700—716.

鄢明才,迟清华,1997.中国东部地壳与岩石的化学组成.北京:科学出版社.

鄢明才,迟清华,顾铁新,等,1995.中国各类沉积物化学元素平均含量.物探与化探,19(6):468—472.

鄢明才,顾铁新,迟清华,等,1997.中国土壤化学元素丰度与表生地球化学特征.物探与化探,21(3):161—167.

赵一阳,鄢明才,1993.中国浅海沉积物化学元素丰度.中国科学(B辑),23(10):1084—1090.

赵一阳,鄢明才,1994.中国浅海沉积物地球化学.北京:科学出版社.

朱克超,任江波,王海峰,等,2015.太平洋中部富REY深海粘土的地球化学特征及REY富集机制.地球科学,40(6):1052—1060.

朱立新,马生明,王之峰,2006.中国东部平原土壤生态地球化学基准值.中国地质,33(6):1400—1405.

\* \* \* \* \*

## 《地球科学》

2016年3月 第41卷 第3期 要目预告

南海东北部陆坡天然气水合物钻探区生物地层与沉积速率	陈芳等
东沙群岛西南泥火山 Chirp 浅剖数据的海底物性反演	陈森等
浙西梅雨滑坡易发性评价模型对比	冯杭建等
连续型致密砂岩气近源累计聚集的特征及成因机制	郭迎春等
洋中脊热液系统中的锇及其同位素	黄威等
渤海东部和黄海北部表层沉积物稀土元素的分布特征与物源判别	蓝先洪等
珠江口盆地荔湾凹陷珠江组关键地质界面SB21的识别及地质意义	刘思青等
扎格罗斯盆地 Buzurgan 背斜斜向逆冲断裂褶皱几何解析及运动学模拟	欧成华等

附表 1 各构造单元水系沉积物 39 种元素背景值

Appendix Table 1 Average background values of 39 elements in stream sediments of different geo-units of China

元素	构造单元									全国背景值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Ag	67 (150 257)	74 (207 057)	62 (130 865)	60 (13 641)	60 (10 207)	62 (269 117)	63 (19 739)	75 (263 435)	73 (154 065)	69
As	13 (147 543)	8 (198 774)	9 (131 934)	6 (13 461)	5 (10 327)	7 (258 526)	14 (18 814)	9 (261 838)	7 (162 967)	8
Au	1.1 (147 992)	1.1 (203 754)	1.2 (130 424)	1.1 (13 534)	0.8 (10 470)	0.9 (264 822)	1.3 (18 669)	1.3 (266 533)	1.1 (157 857)	1.1
B	57 (157 447)	51 (216 003)	40 (130 822)	28 (13 870)	24 (10 731)	21 (258 475)	66 (19 957)	59 (278 670)	40 (162 851)	41
Ba	414 (156 593)	320 (216 358)	513 (127 766)	567 (13 724)	506 (10 405)	571 (261 616)	397 (19 991)	396 (269 342)	558 (156 595)	474
Be	2.2 (157 424)	2.0 (210 540)	2.0 (136 418)	1.7 (13 348)	1.4 (10 761)	1.9 (261 935)	2.6 (19 092)	2.1 (276 512)	2.0 (160 448)	2.0
Bi	0.3 (152 120)	0.4 (201 414)	0.3 (133 917)	0.2 (13 359)	0.2 (10 501)	0.2 (255 499)	0.4 (19 398)	0.3 (266 645)	0.2 (149 597)	0.3
Cd	150.00 (147 884)	130.00 (187 971)	110.00 (130 766)	100.00 (13 500)	110.00 (9 941)	80.00 (255 515)	110.00 (19 503)	175.00 (244 871)	97.00 (152 919)	110.00
Co	12 (158 187)	10 (212 275)	11 (137 285)	9 (13 981)	8 (10 750)	9 (262 275)	13 (20 278)	14 (256 532)	12 (162 981)	11
Cr	58 (156 408)	42 (208 430)	57 (134 165)	40 (13 793)	34 (10 583)	37 (260 077)	55 (19 754)	68 (255 023)	64 (159 249)	54
Cu	20 (153 428)	16 (211 479)	21 (136 136)	19 (13 856)	18 (10 737)	16 (271 646)	23 (20 282)	24 (243 225)	21 (161 120)	20
F	514 (160 552)	406 (213 887)	510 (138 032)	453 (14 004)	389 (10 776)	385 (263 507)	452 (20 250)	500 (265 659)	500 (162 584)	460
Hg	22 (147 393)	65 (195 514)	17 (125 425)	13 (12 735)	11 (10 141)	13 (268 867)	15 (18 386)	53 (258 319)	22 (151 228)	26
La	36 (156 455)	42 (212 326)	35 (136 395)	29 (13 724)	30 (10 529)	29 (266 543)	35 (20 319)	39 (274 976)	39 (161 713)	36
Li	38 (159 771)	30 (213 266)	29 (138 302)	22 (14 004)	20 (10 724)	21 (263 630)	42 (20 144)	36 (270 067)	29 (127 635)	30
Mn	604 (156 579)	509 (206 363)	629 (137 440)	552 (13 899)	472 (10 614)	603 (263 465)	599 (20 243)	751 (273 147)	646 (162 872)	622
Mo	0.6 (149 093)	0.9 (206 235)	0.6 (129 608)	0.8 (13 305)	0.8 (10 053)	0.8 (256 954)	0.7 (19 665)	0.7 (258 244)	0.6 (154 616)	0.7
Nb	14 (158 665)	19 (212 886)	14 (134 961)	11 (13 753)	10 (10 626)	11 (265 033)	15 (20 186)	17 (257 986)	15 (158 546)	15
Ni	26 (154 550)	16 (203 615)	25 (134 898)	18 (13 836)	16 (10 696)	15 (256 575)	28 (19 781)	30 (265 351)	26 (160 113)	22
P	599 (157 142)	397 (211 480)	565 (134 966)	516 (13 745)	451 (10 677)	533 (260 023)	577 (20 071)	543 (267 253)	625 (158 346)	535
Pb	21 (152 250)	32 (213 756)	21 (133 342)	14 (13 673)	14 (10 161)	17 (273 485)	25 (19 804)	25 (265 857)	21 (156 349)	22
Sb	0.8 (147 916)	0.6 (189 118)	0.7 (130 904)	0.4 (13 287)	0.3 (10 488)	0.4 (259 912)	0.8 (18 620)	0.8 (254 426)	0.5 (153 514)	0.6
Sn	3.0 (155 215)	3.8 (198 177)	2.6 (137 290)	1.5 (13 654)	1.4 (10 557)	2.0 (261 221)	2.9 (19 674)	3.1 (261 781)	2.6 (128 246)	2.7
Sr	125 (148 679)	42 (212 931)	175 (132 331)	238 (13 443)	265 (10 452)	215 (261 191)	150 (19 254)	66 (263 762)	190 (156 411)	129
Th	11.1 (155 830)	14.6 (203 220)	10.3 (133 524)	8.3 (13 858)	7.3 (10 686)	9.0 (265 459)	12.5 (20 200)	12.3 (274 051)	10.4 (143 576)	11.0
Ti	3 654 (158 633)	4 006 (209 438)	3 615 (136 133)	2 750 (13 866)	2 290 (10 659)	3 087 (265 737)	4 084 (20 461)	4 544 (242 034)	4 120 (155 201)	3 881

续附表1

元素	构造单元									全国背景值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
U	2.3 (147 888)	3.2 (202 184)	2.0 (135 020)	1.9 (13 868)	1.8 (10 571)	1.8 (254 144)	1.7 (18 840)	2.8 (265 196)	1.9 (118 173)	2.2
V	77 (159 594)	67 (210 062)	74 (136 591)	56 (13 951)	46 (10 742)	62 (265 193)	88 (20 400)	90 (251 087)	81 (161 590)	75
W	1.7 (149 333)	2.6 (203 055)	1.6 (135 042)	1.0 (13 805)	0.9 (10 609)	1.1 (259 297)	2.2 (18 854)	1.7 (266 111)	1.5 (159 153)	1.6
Y	24(149 893)	26 (202 333)	24 (137 398)	19 (13 813)	17 (10 723)	22 (265 841)	26 (14 629)	25 (272 935)	23 (162 690)	24
Zn	71 (157 403)	66 (205 061)	64 (136 329)	55 (14 016)	46 (10 764)	55 (277 620)	72 (20 394)	77 (271 798)	62 (163 064)	65
Zr	222 (159 781)	335 (211 946)	213 (135 511)	145 (13 922)	128 (10 752)	174 (265 267)	225 (20 327)	284 (274 715)	278 (158 288)	248
SiO <sub>2</sub>	64.6 (156 327)	69.2 (215 984)	63.8 (133 527)	56.8 (14 117)	55.5 (10 885)	66.0 (262 473)	67.4 (20 213)	66.5 (280 364)	61.0 (154 350)	65.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.4 (160 364)	13.3 (222 756)	12.2 (134 796)	11.0 (14 110)	9.0 (10 874)	12.9 (255 817)	13.0 (20 416)	13.0 (279 993)	12.7 (152 734)	12.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.6 (161 127)	3.9 (212 004)	4.3 (138 629)	3.6 (14 003)	3.0 (10 841)	3.7 (266 908)	5.0 (20 636)	4.9 (255 126)	4.4 (161 711)	4.3
Na <sub>2</sub> O	1.2 (159 092)	0.2 (194 733)	1.7 (138 823)	1.7 (14 061)	1.4 (10 850)	2.4 (268 468)	1.7 (20 634)	0.4 (255 372)	1.6 (160 931)	1.3
K <sub>2</sub> O	2.5 (162 025)	2.0 (220 658)	2.3 (136 950)	2.4 (14 066)	2.0 (10 867)	2.6 (268 642)	2.5 (20 501)	2.2 (279 300)	2.3 (156 998)	2.4
CaO	1.7 (140 633)	0.2 (187 976)	3.5 (132 237)	6.6 (12 631)	10.6 (10 876)	2.3 (256 408)	1.4 (18 000)	0.6 (230 023)	2.5 (160 562)	1.3
MgO	1.4 (152 676)	0.5 (215 372)	1.7 (133 912)	2.1 (13 098)	2.1 (9 284)	1.2 (260 081)	1.1 (19 103)	1.2 (265 702)	1.7 (158 422)	1.2

注:Ag、Au、Cd、Hg含量单位为 $n \times 10^{-9}$ ;氧化物含量单位为 $n \times 10^{-2}$ ;其余元素含量单位为 $n \times 10^{-6}$ .()中为样品数.1.滇藏造山系;2.华南—右江造山带;3.昆仑—祁连—秦岭造山系;4.南天山造山带;5.塔里木准地台;6.天山—兴安造山系;7.喜马拉雅造山带;8.扬子准地台;9.中朝准地台.全国背景值来自本文(下同).

附表2 不同景观区水系沉积物39种元素背景值

Appendix Table 2 Average background values of 39 elements in stream sediments of different landscapes of China

元素	景观区												全国背景值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ag	60 (64 164)	82 (16 343)	74 (517 343)	51 (125 727)	54 (23 347)	62 (175 103)	73 (57 257)	68 (32 715)	70 (45 882)	82 (106 793)	70 (90 497)	65 (7 518)	69
As	6 (59 731)	9 (16 969)	7 (512 716)	6 (124 499)	13 (22 209)	10 (169 571)	13 (56 716)	10 (39 213)	6 (43 194)	7 (102 928)	14 (90 497)	11 (7 422)	8
Au	0.7 (64 490)	1.3 (16 097)	1.2 (515 086)	1.0 (124 335)	0.9 (23 026)	1.1 (170 603)	1.2 (57 545)	1.3 (38 522)	1.2 (45 703)	0.9 (105 142)	1.2 (91 143)	1.0 (7 364)	1.1
B	18 (64 286)	59 (16 704)	48 (532 503)	20 (126 335)	39 (22 969)	45 (176 817)	54 (61 985)	46 (39 796)	46 (47 408)	18 (98 462)	68 (95 546)	52 (6 750)	41
Ba	589 (65 669)	493 (16 671)	457 (528 525)	578 (127 632)	368 (23 275)	463 (175 995)	410 (61 414)	498 (37 488)	334 (47 561)	615 (98 767)	279 (94 341)	450 (7 594)	474
Be	2.1 (66 638)	2.1 (16 402)	2.1 (524 967)	1.6 (127 855)	1.6 (23 688)	2.0 (175 306)	2.3 (60 808)	1.7 (40 072)	1.9 (47 597)	2.4 (98 382)	2.0 (96 374)	2.1 (7 578)	2.0
Bi	0.2 (63 319)	0.3 (15 242)	0.3 (504 080)	0.2 (122 970)	0.2 (23 199)	0.3 (173 506)	0.3 (56 725)	0.3 (32 600)	0.2 (44 178)	0.2 (97 959)	0.4 (91 833)	0.2 (7 713)	0.3
Cd	62.00 (65 690)	100.00 (15 319)	130.00 (494 173)	80.00 (123 860)	113.00 (22 215)	120.00 (172 477)	150.00 (56 761)	110.00 (32 996)	93.00 (43 337)	80.00 (95 068)	210.00 (74 134)	140.00 (7 427)	110.00
Co	6 (65 407)	13 (16 832)	12 (522 620)	8 (128 924)	8 (23 826)	11 (179 781)	13 (60 106)	11 (39 856)	11 (45 355)	11 (96 690)	15 (94 903)	11 (7 719)	11

续附表 2

元素	景观区												全国背景值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cr	26 (65 453)	64 (16 860)	62 (523 233)	33 (126 581)	36 (22 584)	52 (175 446)	62 (58 606)	63 (39 959)	51 (43 902)	45 (97 615)	66 (90 022)	58 (7 691)	54
Cu	11 (65 652)	21 (16 842)	21 (511 139)	17 (128 081)	15 (23 522)	21 (177 819)	23 (58 473)	22 (39 700)	19 (44 833)	15 (109 704)	26 (91 620)	18 (7 703)	20
F	326 (65 507)	476 (16 776)	478 (531 914)	366 (128 627)	360 (23 772)	491 (180 310)	543 (61 931)	513 (39 495)	414 (47 644)	440 (98 414)	520 (92 940)	472 (7 704)	460
Hg	11 (64 411)	48 (15 102)	42 (491 829)	10 (120 470)	17 (21 654)	15 (167 659)	27 (55 262)	16 (37 327)	34 (43 301)	29 (108 007)	95 (84 727)	29 (6 748)	26
La	28 (65 210)	40 (16 778)	40 (529 796)	25 (129 242)	25 (23 956)	34 (178 977)	39 (61 027)	34 (40 086)	35 (46 439)	39 (99 845)	40 (90 373)	35 (7 719)	36
Li	22 (64 822)	34 (16 511)	33 (505 638)	16 (129 154)	30 (23 372)	31 (178 334)	37 (61 738)	28 (33 439)	27 (47 669)	29 (100 751)	37 (92 431)	36 (7 606)	30
Mn	439 (66 755)	610 (16 749)	640 (529 522)	531 (129 757)	451 (22 892)	604 (178 861)	689 (60 767)	593 (39 882)	645 (46 330)	776 (96 064)	818 (93 187)	538 (7 544)	622
Mo	0.7 (64 809)	0.7 (16 046)	0.7 (502 397)	0.5 (126 001)	0.7 (23 180)	0.7 (171 999)	0.6 (58 105)	0.6 (37 208)	0.6 (44 954)	1.1 (93 810)	1.1 (90 223)	0.5 (7 392)	0.7
Nb	11 (65 526)	17 (16 326)	17 (509 683)	9 (128 793)	9 (24 004)	13 (179 355)	16 (60 263)	14 (40 045)	15 (45 693)	14 (98 055)	18 (94 278)	14 (7 710)	15
Ni	11 (64 182)	26 (16 858)	25 (527 226)	14 (126 031)	19 (22 989)	23 (174 583)	28 (58 712)	27 (39 783)	21 (44 160)	16 (96 031)	29 (94 544)	25 (7 676)	22
P	338 (63 409)	508 (16 391)	521 (525 666)	483 (125 942)	376 (23 937)	562 (178 198)	671 (60 616)	601 (39 674)	458 (46 727)	802 (99 172)	539 (90 942)	724 (7 604)	535
Pb	17 (66 058)	24 (15 719)	25 (516 165)	14 (128 689)	18 (22 926)	20 (176 769)	25 (57 814)	20 (37 774)	25 (46 332)	22 (106 951)	28 (92 776)	19 (7 618)	22
Sb	0.4 (62 129)	0.7 (16 155)	0.6 (493 747)	0.4 (122 026)	0.8 (22 173)	0.7 (170 275)	0.8 (56 118)	0.7 (35 763)	0.4 (40 531)	0.4 (104 964)	0.7 (78 860)	0.7 (7 198)	0.6
Sn	2.0 (64 492)	3.1 (13 812)	3.1 (476 894)	1.7 (125 889)	1.8 (22 929)	2.5 (176 799)	3.2 (58 585)	2.4 (26 065)	3.1 (45 079)	2.6 (98 954)	3.0 (92 583)	3.1 (7 611)	2.7
Sr	180 (63 721)	110 (16 691)	83 (519 754)	255 (127 816)	175 (23 349)	168 (174 769)	105 (57 646)	200 (38 704)	53 (45 230)	198 (96 576)	53 (92 558)	130 (7 103)	129
Th	10.0 (66 650)	12.3 (15 258)	11.9 (498 214)	8.0 (128 405)	8.1 (23 135)	10.2 (178 700)	12.5 (59 685)	10.3 (30 028)	11.3 (43 953)	10.0 (99 980)	14.7 (95 638)	11.2 (7 794)	11.0
Ti	2 244 (65 667)	4 444 (16 566)	4 222 (509 763)	2 590 (128 658)	2 078 (24 068)	3 438 (180 461)	3 940 (59 844)	3 650 (38 695)	4 093 (44 216)	4 234 (99 686)	4 810 (90 280)	3 727 (7 708)	3 881
U	1.7 (63 871)	2.6 (15 287)	2.6 (479 137)	1.6 (126 259)	1.9 (22 978)	2.0 (173 488)	1.6 (55 934)	1.9 (26 690)	2.3 (42 929)	2.4 (96 667)	3.0 (91 060)	2.3 (7 542)	2.2
V	44 (66 152)	83 (16 759)	81 (516 719)	54 (129 642)	44 (23 750)	71 (179 714)	90 (60 999)	75 (39 970)	75 (46 431)	73 (99 311)	99 (93 388)	70 (7 715)	75
W	1.2 (65 644)	1.8 (14 705)	1.8 (504 004)	0.9 (124 839)	1.1 (22 758)	1.6 (171 241)	1.9 (56 398)	1.6 (38 394)	1.7 (44 930)	1.5 (98 912)	1.7 (87 583)	1.6 (7 648)	1.6
Y	20 (67 475)	24 (16 491)	25 (525 487)	20 (128 313)	16 (18 816)	23 (171 164)	24 (59 222)	22 (39 451)	23 (46 461)	23 (99 666)	28 (87 019)	25 (7 728)	24
Zn	45 (66 623)	62 (16 999)	70 (535 277)	46 (130 332)	48 (23 656)	64 (180 171)	77 (60 091)	59 (39 897)	60 (46 550)	70 (110 641)	83 (85 821)	67 (7 661)	65
Zr	187 (67 748)	300 (16 444)	291 (522 477)	138 (126 716)	141 (23 754)	198 (180 417)	223 (60 555)	239 (40 150)	286 (42 517)	229 (99 655)	302 (96 731)	261 (7 605)	248
SiO <sub>2</sub>	71.1 (66 369)	66.5 (15 512)	65.6 (514 946)	66.0 (125 000)	68.0 (22 418)	64.3 (173 324)	63.4 (61 806)	60.0 (35 511)	68.4 (48 769)	62.7 (100 340)	67.7 (97 064)	66.6 (7 665)	65.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.4 (66 744)	12.9 (16 777)	13.1 (540 953)	12.0 (122 199)	8.7 (23 903)	12.0 (176 453)	13.2 (61 747)	11.2 (35 679)	13.8 (48 867)	14.4 (99 454)	12.8 (96 955)	12.6 (7 396)	12.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.8 (66 634)	4.4 (16 901)	4.4 (522 808)	3.3 (130 031)	3.0 (24 045)	4.2 (181 467)	5.1 (61 536)	4.1 (40 210)	4.4 (45 809)	4.7 (99 338)	5.0 (94 854)	4.2 (7 662)	4.3
Na <sub>2</sub> O	2.2 (68 538)	1.0 (16 746)	0.7 (536 299)	2.8 (130 170)	1.2 (24 003)	1.7 (182 167)	1.0 (62 066)	1.5 (38 577)	0.3 (42 123)	2.2 (99 602)	0.2 (87 481)	1.7 (7 747)	1.3

续附表2

元素	景观区												全国背景值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
K <sub>2</sub> O	3.0 (68 529)	2.2 (16 549)	2.3 (539 974)	2.3 (129 436)	1.7 (24 132)	2.4 (179 647)	2.6 (62 812)	2.2 (39 590)	2.3 (48 694)	2.7 (101 070)	1.7 (96 936)	2.4 (7 704)	2.4
CaO	1.4 (63 364)	1.0 (16 357)	0.8 (487 292)	3.9 (121 916)	4.7 (21 512)	3.5 (168 093)	1.3 (53 716)	5.7 (38 427)	0.3 (41 547)	1.3 (97 738)	0.4 (83 378)	1.0 (6 656)	1.3
MgO	0.6 (64 791)	1.1 (16 678)	1.1 (531 789)	1.6 (125 008)	1.2 (23 288)	1.6 (173 714)	1.4 (57 834)	2.0 (38 168)	0.8 (47 210)	1.1 (98 744)	0.8 (91 531)	1.4 (7 669)	1.2

注:Ag、Au、Cd、Hg含量单位为 $n \times 10^{-9}$ ;氧化物含量单位为 $n \times 10^{-2}$ ;其余元素含量单位为 $n \times 10^{-6}$ 。( )中为样品数;1.半荒漠景观区;2.冲积平原景观区;3.低山丘陵景观区;4.干旱荒漠景观区;5.高寒湖沼丘陵景观区;6.高寒山区景观区;7.高山峡谷景观区;8.黄土覆盖景观区;9.热带雨林景观区;10.森林沼泽景观区;11.岩溶景观区;12.沼泽盆地景观区。

附表3 不同成矿带水系沉积物39种元素背景值

Appendix Table 3 Average background values of 39 elements in stream sediments of different ore zones of China

元素	成矿带								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ag	50 (476)	78 (36 135)	70 (80 761)	56 (9 413)	62 (15 700)	69 (40 503)	120 (26 146)	71 (33 748)	55 (25 961)
As	16 (447)	6 (33 993)	7 (78 492)	9 (9 363)	11 (15 189)	8 (42 730)	6 (26 254)	12 (33 650)	9 (25 045)
Au	0.9 (484)	1.5 (37 041)	0.9 (82 667)	1.1 (9 370)	1.0 (15 133)	1.1 (40 607)	0.8 (25 679)	1.2 (34 053)	1.3 (25 218)
B	45 (450)	48 (38 410)	16 (81 079)	31 (9 683)	37 (16 409)	46 (41 891)	35 (25 600)	63 (35 345)	32 (25 928)
Ba	323 (484)	360 (37 369)	644 (81 720)	500 (9 586)	425 (16 302)	517 (40 298)	602 (25 896)	302 (35 704)	536 (25 614)
Be	2.0 (488)	2.2 (38 190)	2.5 (82 436)	2.0 (9 634)	2.4 (16 048)	1.9 (42 072)	2.1 (26 106)	2.0 (31 900)	1.7 (26 232)
Bi	0.3 (481)	0.3 (37 102)	0.2 (80 793)	0.3 (8 998)	0.3 (15 385)	0.2 (39 492)	0.3 (26 267)	0.5 (29 672)	0.3 (25 698)
Cd	97.00 (478)	200.00 (32 531)	70.00 (79 328)	120.00 (9 187)	110.00 (14 994)	110.00 (40 108)	120.00 (26 305)	170.00 (32 517)	103.00 (25 240)
Co	6 (485)	21 (38 851)	9 (81 135)	8 (9 590)	9 (16 323)	12 (41 253)	14 (27 124)	11 (36 451)	11 (25 954)
Cr	55 (478)	84 (36 595)	28 (83 190)	37 (9 362)	38 (16 199)	66 (38 741)	70 (26 439)	49 (36 209)	63 (24 737)
Cu	13 (487)	43 (38 789)	11 (84 971)	16 (9 365)	15 (15 940)	22 (39 869)	22 (26 673)	21 (35 508)	23 (25 813)
F	309 (477)	504 (35 710)	412 (81 083)	480 (9 529)	437 (16 249)	551 (41 109)	500 (27 246)	460 (35 091)	513 (26 178)
Hg	18 (442)	39 (34 877)	16 (83 802)	11 (8 836)	10 (14 549)	21 (38 083)	38 (25 811)	72 (34 114)	14 (23 951)
La	22 (488)	41 (37 526)	35 (82 749)	31 (9 478)	36 (16 049)	39 (41 597)	48 (26 312)	40 (34 924)	33 (26 308)
Li	32 (458)	32 (37 671)	26 (83 316)	26 (9 649)	33 (16 408)	30 (34 619)	31 (11 185)	36 (35 146)	23 (26 067)
Mn	285 (484)	945 (38 377)	607 (79 748)	495 (9 611)	546 (16 287)	639 (40 993)	849 (26 857)	490 (34 415)	627 (25 960)
Mo	0.4 (479)	0.9 (36 760)	1.1 (78 140)	0.7 (9 370)	0.6 (14 754)	0.6 (40 584)	0.8 (25 631)	0.9 (33 939)	0.6 (24 795)
Nb	8 (487)	21 (38 559)	12 (82 579)	12 (9 549)	14 (16 304)	15 (41 269)	17 (25 393)	18 (34 336)	12 (26 075)
Ni	21 (482)	39 (38 553)	11 (81 554)	17 (9 430)	17 (15 961)	28 (40 198)	26 (26 436)	21 (34 925)	26 (24 685)

续附表 3

元素	成矿带								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P	306 (481)	775 (37 795)	530 (79 919)	478 (9 658)	536 (16 005)	641 (40 324)	981 (27 052)	440 (36 452)	522 (26 264)
Pb	19 (490)	24 (35 069)	21 (83 431)	19 (9 475)	23 (15 679)	21 (41 368)	24 (26 492)	31 (34 921)	19 (25 946)
Sb	0.9 (453)	0.6 (32 991)	0.4 (79 947)	0.6 (9 211)	0.6 (16 039)	0.6 (40 520)	0.4 (25 261)	1.1 (32 640)	0.7 (24 818)
Sn	1.9 (466)	3.5 (37 550)	2.3 (82 199)	2.3 (9 271)	2.7 (16 010)	2.5 (20 991)	3.0 (26 177)	3.9 (29 760)	2.2 (25 956)
Sr	198 (470)	70 (36 065)	195 (80 162)	212 (9 549)	170 (15 881)	176 (39 946)	190 (26 104)	37 (35 444)	175 (25 574)
Th	8.7 (484)	11.3 (38 081)	10.0 (83 082)	8.8 (9 510)	12.6 (15 881)	11.0 (36 242)	11.5 (24 925)	13.3 (30 485)	10.1 (26 399)
Ti	1 985 (485)	6 544 (39 000)	3 024 (83 182)	2 729 (9 701)	3 227 (16 793)	3 990 (40 813)	4 803 (26 050)	3 948 (36 238)	3 304 (26 289)
U	1.7 (479)	2.8 (37 396)	2.3 (81 427)	2.1 (9 458)	2.6 (14 880)	1.7 (36 153)	1.9 (10 621)	3.0 (29 498)	1.9 (26 047)
V	45 (482)	133 (38 551)	56 (82 348)	53 (9 579)	64 (16 031)	83 (40 855)	91 (27 030)	74 (35 930)	70 (26 079)
W	1.5 (462)	1.4 (37 109)	1.4 (81 979)	1.4 (9 182)	2.4 (15 756)	1.6 (42 260)	1.5 (26 222)	3.0 (30 893)	1.4 (25 258)
Y	— (37 636)	28 (82 773)	21 (9 598)	20 (9 511)	24 (41 911)	22 (26 051)	24 (34 706)	26 (26 187)	21 (26 187)
Zn	39 (486)	89 (37 225)	57 (85 826)	51 (9 625)	62 (15 953)	63 (41 366)	80 (26 681)	67 (34 701)	59 (26 431)
Zr	154 (487)	329 (38 646)	200 (83 396)	149 (9 557)	224 (16 070)	273 (40 591)	285 (25 479)	306 (35 176)	169 (26 150)
SiO <sub>2</sub>	65.1 (486)	58.6 (39 098)	66.7 (84 252)	65.8 (9 426)	70.2 (16 366)	61.5 (36 694)	60.6 (25 510)	69.0 (35 124)	62.7 (25 972)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.4 (487)	13.2 (38 787)	13.9 (83 170)	11.5 (9 718)	12.5 (16 441)	12.8 (34 207)	14.4 (25 606)	12.2 (36 919)	11.3 (26 167)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5 (479)	7.0 (39 040)	3.7 (83 230)	3.4 (9 654)	3.8 (16 374)	4.6 (40 231)	5.4 (27 117)	4.0 (36 160)	4.4 (26 326)
Na <sub>2</sub> O	1.3 (483)	0.4 (34 305)	2.4 (82 890)	2.1 (9 812)	2.1 (16 635)	1.5 (42 489)	1.8 (27 058)	0.1 (32 165)	1.6 (26 003)
K <sub>2</sub> O	2.1 (488)	2.0 (38 775)	3.1 (83 917)	2.4 (9 795)	2.8 (16 476)	2.4 (41 698)	2.6 (26 993)	1.9 (36 209)	2.2 (25 523)
CaO	6.8 (484)	0.8 (31 206)	1.0 (77 157)	5.4 (9 134)	1.5 (15 150)	3.8 (41 733)	1.5 (26 438)	0.2 (29 140)	4.8 (25 459)
MgO	1.1 (464)	1.6 (37 178)	0.8 (81 781)	1.6 (9 369)	1.1 (15 622)	2.1 (41 411)	1.5 (26 224)	0.6 (35 820)	2.4 (24 378)

元素	成矿带									全国背景值	
	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Ag	79 (34 702)	73 (33 050)	55 (76 124)	90 (21 849)	56 (5 743)	77 (88 063)	61 (18 900)	70 (11 523)	85 (16 688)	60 (20 748)	69
As	12 (35 097)	11 (32 739)	6 (74 237)	3 (21 391)	9 (5 540)	12 (86 822)	11 (20 078)	9 (12 424)	9 (16 650)	8 (20 860)	8
Au	1.2 (35 015)	1.3 (32 529)	1.0 (74 305)	0.9 (21 689)	1.0 (5 665)	1.3 (89 415)	1.1 (19 858)	1.3 (11 612)	1.6 (16 748)	0.8 (20 256)	1.1
B	65 (37 115)	54 (28 614)	19 (76 348)	21 (21 730)	35 (5 646)	56 (93 808)	71 (19 840)	45 (12 208)	69 (18 083)	28 (21 348)	41
Ba	301 (36 068)	498 (34 512)	575 (76 545)	440 (22 494)	473 (5 597)	390 (93 142)	446 (18 710)	550 (12 058)	465 (16 936)	478 (21 720)	474
Be	1.7 (36 840)	2.1 (34 803)	1.6 (74 619)	2.5 (21 755)	2.0 (5 788)	2.0 (93 474)	2.2 (20 582)	2.2 (11 817)	1.9 (17 445)	1.7 (21 428)	2.0

续附表3

元素	成矿带										全国背景值
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Bi	0.4 (35 609)	0.3 (34 467)	0.2 (73 598)	0.4 (20 821)	0.3 (5 544)	0.3 (88 930)	0.4 (20 649)	0.3 (10 565)	0.3 (16 589)	0.2 (21 185)	0.3
Cd	140.00 (30 904)	112.00 (33 124)	90.00 (74 369)	140.00 (21 524)	110.00 (5 241)	150.00 (87 384)	234.00 (17 476)	90.00 (11 702)	120.00 (15 585)	90.00 (20 980)	110.00
Co	11 (37 073)	12 (35 290)	8 (77 896)	9 (22 401)	10 (5 730)	13 (91 963)	14 (20 554)	15 (12 394)	13 (17 955)	12 (21 578)	11
Cr	56 (35 579)	61 (35 125)	33 (76 561)	31 (23 037)	43 (5 529)	60 (89 789)	74 (20 115)	68 (12 212)	64 (17 655)	35 (20 873)	54
Cu	21 (36 657)	23 (35 059)	17 (77 439)	12 (22 583)	20 (5 748)	23 (89 479)	26 (19 970)	22 (12 004)	23 (17 394)	30 (21 508)	20
F	404 (36 258)	530 (35 219)	370 (77 668)	374 (22 531)	505 (5 730)	510 (94 679)	700 (19 213)	547 (12 150)	380 (17 117)	430 (21 521)	460
Hg	70 (34 930)	34 (33 070)	10 (72 334)	57 (21 921)	11 (5 195)	30 (85 684)	69 (19 176)	20 (10 677)	59 (16 802)	13 (20 525)	26
La	38 (36 243)	38 (35 367)	26 (77 838)	52 (22 603)	30 (5 654)	36 (92 743)	37 (20 336)	39 (12 094)	41 (17 580)	25 (21 616)	36
Li	36 (36 957)	35 (35 224)	16 (78 151)	31 (22 249)	26 (5 682)	34 (94 504)	41 (19 436)	31 (12 312)	33 (17 759)	21 (21 617)	30
Mn	504 (35 472)	639 (35 240)	519 (78 162)	510 (22 700)	608 (5 736)	684 (92 087)	814 (20 383)	764 (12 369)	623 (17 606)	822 (21 540)	622
Mo	0.8 (34 047)	0.5 (32 227)	0.8 (75 289)	0.9 (21 742)	0.7 (5 624)	0.7 (90 191)	0.9 (17 828)	0.7 (11 615)	0.7 (16 249)	1.0 (21 331)	0.7
Nb	17 (36 620)	14 (34 477)	9 (77 619)	23 (22 653)	11 (5 768)	15 (92 637)	17 (20 556)	17 (11 030)	18 (17 445)	10 (21 413)	15
Ni	23 (35 515)	27 (35 017)	14 (76 743)	12 (22 724)	21 (5 543)	27 (89 800)	33 (20 180)	27 (12 244)	26 (17 960)	19 (21 030)	22
P	434 (36 907)	640 (35 194)	479 (76 831)	395 (23 048)	576 (5 769)	597 (92 949)	528 (19 248)	624 (12 042)	470 (17 776)	855 (20 953)	535
Pb	25 (35 544)	23 (35 473)	15 (77 207)	39 (22 461)	18 (5 490)	23 (89 089)	26 (20 152)	25 (11 799)	25 (17 468)	13 (21 392)	22
Sb	1.1 (33 926)	0.9 (32 744)	0.4 (72 257)	0.2 (20 886)	0.6 (5 297)	0.8 (84 549)	1.0 (19 770)	0.7 (10 767)	0.7 (16 280)	0.4 (20 760)	0.6
Sn	3.3 (35 334)	2.9 (34 758)	1.7 (75 763)	5.0 (21 381)	2.0 (5 690)	2.9 (87 818)	3.0 (20 520)	2.9 (10 875)	3.6 (16 927)	1.7 (21 051)	2.7
Sr	45 (36 454)	167 (33 997)	251 (76 011)	42 (22 390)	241 (5 518)	92 (91 227)	64 (18 357)	145 (11 685)	76 (17 225)	283 (21 471)	129
Th	12.7 (35 795)	10.6 (33 393)	8.4 (77 835)	17.7 (21 850)	8.9 (5 612)	10.9 (89 629)	13.2 (20 648)	11.4 (10 154)	12.9 (17 362)	6.6 (21 438)	11.0
Ti	4 307 (36 800)	3 890 (33 777)	2 445 (77 874)	4 020 (22 878)	2 726 (5 814)	3 967 (91 794)	4 461 (20 431)	4 546 (12 199)	4 901 (17 851)	4 020 (21 629)	3 881
U	2.8 (35 721)	2.0 (35 237)	1.8 (76 902)	3.9 (22 196)	2.1 (5 572)	2.2 (85 666)	3.2 (19 954)	2.1 (11 748)	2.4 (17 023)	1.9 (20 874)	2.2
V	77 (36 204)	76 (34 931)	52 (77 914)	58 (22 934)	65 (5 836)	86 (93 566)	97 (19 612)	90 (12 296)	86 (17 634)	93 (21 729)	75
W	2.3 (35 395)	1.9 (34 557)	0.9 (74 816)	3.0 (21 658)	1.3 (5 532)	1.7 (88 106)	1.7 (20 666)	1.8 (11 491)	2.2 (16 706)	0.9 (20 951)	1.6
Y	26 (35 540)	25 (34 669)	20 (77 899)	28 (22 427)	19 (5 766)	23 (92 543)	25 (20 339)	27 (12 068)	25 (17 713)	24 (21 111)	24
Zn	63 (34 650)	73 (35 167)	45 (77 700)	71 (22 451)	62 (5 776)	72 (92 094)	80 (19 816)	75 (12 266)	65 (17 414)	70 (21 705)	65
Zr	308 (36 269)	253 (35 083)	137 (77 650)	370 (21 415)	144 (5 805)	234 (90 625)	253 (20 496)	286 (11 820)	311 (17 496)	163 (21 137)	248
SiO <sub>2</sub>	71.1 (37 558)	63.4 (33 239)	65.7 (70 307)	67.3 (22 596)	60.2 (5 254)	63.9 (94 770)	67.2 (20 217)	63.1 (11 009)	71.5 (18 032)	61.4 (21 424)	65.5

续附表 3

元素	成矿带										全国背景值
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.9 (37 600)	12.6 (33 100)	11.6 (78 178)	14.5 (23 516)	12.1 (5 919)	13.1 (95 073)	12.8 (20 439)	13.1 (11 048)	12.0 (18 112)	13.4 (16 501)	12.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.1 (37 059)	4.3 (34 851)	3.1 (78 523)	3.6 (22 845)	4.1 (5 848)	4.9 (93 936)	4.8 (20 532)	4.7 (12 309)	4.4 (17 934)	5.2 (21 848)	4.3
Na <sub>2</sub> O	0.2 (33 566)	1.7 (34 477)	2.6 (78 757)	0.3 (22 092)	2.1 (5 920)	0.8 (89 377)	0.4 (19 442)	1.5 (12 318)	0.6 (17 367)	3.0 (21 855)	1.3
K <sub>2</sub> O	1.7 (37 301)	2.3 (34 395)	2.3 (79 015)	2.9 (23 528)	2.4 (5 905)	2.4 (95 873)	2.5 (20 023)	2.4 (12 247)	1.9 (17 371)	2.3 (21 657)	2.4
CaO	0.2 (31 866)	2.8 (32 444)	4.4 (70 349)	0.2 (21 779)	6.2 (5 064)	0.8 (73 855)	0.8 (16 409)	2.9 (12 291)	0.5 (16 064)	3.4 (21 511)	1.3
MgO	0.6 (36 063)	1.7 (33 932)	1.6 (74 981)	0.5 (22 635)	2.0 (5 588)	1.3 (90 599)	1.7 (18 553)	1.8 (11 905)	0.9 (17 412)	2.0 (21 314)	1.2

注: Ag、Au、Cd、Hg 含量单位为  $n \times 10^{-9}$ ; 氧化物含量单位为  $n \times 10^{-2}$ ; 其余元素含量单位为  $n \times 10^{-6}$ . ( ) 中为样品数.“—”表示数据太少, 没有统计意义. 1.班公湖怒江成矿带; 2.川滇黔相邻成矿区; 3.大兴安岭成矿带; 4.东昆仑成矿带; 5.冈底斯成矿带; 6.晋冀成矿带; 7.辽东吉南成矿带; 8.南岭成矿带; 9.祁连成矿带; 10.钦杭成矿带; 11.秦岭成矿带; 12.天山北山成矿带; 13.武夷山成矿带; 14.西昆仑成矿带; 15.西南三江成矿带; 16.湘西鄂西成矿带; 17.豫西成矿带; 18.长江中下游成矿带; 19.准噶尔北缘成矿带.