

# 中国南方地区碲地球化学特征

程志中<sup>1</sup> 谢学锦<sup>1</sup> 潘含江<sup>1</sup> 杨 榕<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

**摘要:**改进碲的分析测试方法,将碲的分析检出限降到  $0.005 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,从而能准确地测试土壤、水系沉积物和岩石等介质中微量 Te。笔者从全国区域化探扫面副样库中,按每 1:50 000 图幅 1 个组合样的密度,组合成 5 244 件样品,分析其中 Te 等元素的含量,绘制了中国南方地区 Te 地球化学图。从区域地球化学异常结合区域地质背景分析,中国南方地区的滇东和桂西地区发育的规模巨大的 Te 地球化学异常与该地区大面积出露的灰岩区土壤次生富集密切相关,灰岩上方土壤中 Te 的含量高于其他岩石上土壤;郴州、韶关、香格里拉、大冶、铜陵等 Te 异常与该地区发育的铜多金属矿有关。

**关键词:**碲;地球化学异常;碲丰度

**中图分类号:**P595 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)02-295-301-07

碲作为一种稀有分散元素,一直作为伴生组分,从铜镍硫化物等铜矿石中作为综合利用对象被回收。在地壳中碲的丰度很低,F. W. Clarke 等(1924)认为 Te 的地壳丰度值为  $0.001\sim 0.010 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ <sup>[1-7]</sup>,黎彤(1990)<sup>[8]</sup>给出 Te 的陆壳丰度值为  $0.016 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,鄢明才、迟清华(1997)<sup>[9]</sup>给出的中国东部大陆地壳丰度估计值为  $0.006 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。关于地球表生介质中(土壤和沉积物)Te 的丰度值数据较少,中国土壤中 Te 的平均值为  $0.040 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ <sup>[9]</sup>,中国西南地区水系沉积物中 Te 的平均值为  $0.050 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ <sup>[10]</sup>,欧洲表层土壤中 Te 的平均值为  $0.043 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ <sup>[11]</sup>,深层土壤中 Te 的平均值为  $0.044 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。以上这些资料显示,地壳中 Te 的含量较低,平均值一般在  $0.04\sim 0.05 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

由于碲在地壳中含量非常低,以往的分析测试方法均无法准确检测岩石、土壤、沉积物等各种表生介质中 Te 含量,因此,人们通过一些矿床中伴生 Te 的研究,开始了解 Te 的一些地球化学行为<sup>[12-21]</sup>,而对于碲的区域地球化学特征,更是一无所知。

本次研究利用中国南方地区 230 万  $\text{km}^2$  面积的水系沉积物样品,准确分析其中碲的含量,绘制 Te 地球化学图,从区域尺度研究了碲元素的分布规律,

为人们认识碲的地球化学行为提供基础资料。

## 1 样品的采集与组合

研究区涉及江苏、浙江、安徽、江西、福建、湖北、湖南、广东、广西、贵州、云南、四川 12 个省、自治区,总面积约 230 万  $\text{km}^2$ 。中国 20 世纪 70 年代末期至 90 年代开展的 1:200 000 区域化探扫面计划,每平方千米采集 1~2 个水系沉积物样品,在二级水系或一级水系口上,采集小于 60 目以下的细粒物质<sup>[22]</sup>,采样点控制的汇水盆地面积为  $1/3\sim 3 \text{km}^2$ 。

区域化探扫面计划所采集的样品,一部分用于 Au、Ag 等 39 种元素分析测试,另一部分留作副样保存。本次研究工作利用这些水系沉积物副样,按照每个 1:5 万图幅 1 个组合样的密度,从约 300 万件水系沉积物中组合成 5 244 件组合样,经过混匀,粉碎至小于 0.074 mm 粒级用于分析测试。

## 2 样品分析测试

地质样品中 Te 的含量通常很低,土壤中 Te 的含量范围一般在  $7\sim 110 \text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,因此,对分析方法灵敏度的要求较高。以往一般采用原子荧光法、分光光

收稿日期:2011-07-25;改回日期:2012-01-05

基金项目:国土资源部“百人计划”第六批资助项目“中国南方地区稀有分散元素及贵金属元素地球化学特征与成矿预测”资助。

作者简介:程志中,男,1969 年生,教授级高级工程师,从事地球化学填图与标准物质研究;E-mail:zhizhong9@yahoo.com.cn。

度法和极谱法等,但效果不理想。氢化物发生-原子荧光光谱法虽大大降低了检出限,一般为  $0.1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,但还不能满足复杂基体样品测量的要求,过渡元素及可氢化元素之间可能存在一定干扰。等离子体质谱法测量 Te 时,由于 Te 的电离度低于 50%,其检出限也不理想<sup>[23-28]</sup>。韩丽荣和李冰等<sup>[29-30]</sup>在样品消解液中加入乙醇作为增敏剂和干扰抑制剂,采用 ICP/MS 法直接测定地质样品中微量和痕量 Te,方法检出限为  $0.02 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。本次工作在此基础上,采用乙醇增强-高分辨质谱法测定水系沉积物中的 Te,方法检出限达  $0.005 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,操作过程如下:

称取试剂  $0.2500 \text{ g}$  于  $50 \text{ mL}$  聚四氟乙烯烧杯中,用几滴水润湿,加入  $5 \text{ mL}$  硝酸、 $10 \text{ mL}$  氢氟酸、 $2 \text{ mL}$  高氯酸,将聚四氟乙烯烧杯置于  $200^\circ\text{C}$  的电热板上蒸发至高氯酸冒烟约  $3 \text{ min}$ ,取下冷却;再依次加入  $5 \text{ mL}$  硝酸、 $10 \text{ mL}$  氢氟酸及  $2 \text{ mL}$  高氯酸,于电热板上加热  $10 \text{ min}$  后关闭电源,放置过夜后,再次加热至高氯酸烟冒尽。趁热加入  $8 \text{ mL}$  王水,在电热板上加热至溶液体积剩余  $2\sim 3 \text{ mL}$ ,用约  $10 \text{ mL}$  去离子水冲洗杯壁,微热  $5\sim 10 \text{ min}$  至溶液清亮,取下冷却;将溶液转入  $25.0 \text{ mL}$  有刻度值带塞的聚乙烯试管中,用去离子水稀释至刻度,摇匀,澄清。移取清液  $1.00 \text{ mL}$  于聚乙烯试管中,用无水乙醇稀释至  $10.0 \text{ mL}$ ,摇匀,用 ICP-MS 测定 Te 的含量。分析测试工作由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研

究所中心实验室完成,方法的质量参数见表 1。

### 3 碲地球化学异常特征

根据中国南方地区 5 244 件水系沉积物样品分析数据的统计结果(见表 2),水系沉积物中 Te 的含量范围为  $0.027\sim 0.108 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,其背景值(迭代剔除  $X\pm 2S$  后的平均值)为  $0.051 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

中国南方地区以  $0.074 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  圈定了 3 处规模大于  $10\ 000 \text{ km}^2$  的碲地球化学异常(表 3,图 1):衡阳—韶关碲地球化学异常、滇东—桂西碲地球化学异常、香格里拉—大理碲地球化学异常,此外,还发现几处规模和强度相对较小的碲地球化学异常。

#### 3.1 衡阳—韶关碲地球化学异常

该异常位于湖南南部郴州地区和广东北部的韶关地区(图 1 中 1 号点),异常面积约  $36\ 700 \text{ km}^2$ ,异常平均值为  $0.15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,NAP 值为 2314。该异常有两个强度较大的浓集中心,分别位于湖南郴州地区和广东省韶关市南部,异常特点是强度非常大,Te 最大值达  $1.41 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,位于湖南郴州地区。对区内各

表 1 ICP-MS 法测定 Te 的方法质量参数  
Table 1 Quality parameters for the determination of Te with ICP-MS

测定元素	检出限 ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	精密度 (RSD%)	准确度	
			$\bar{RE}\%$	$\Delta\bar{I}G\text{C}$
Te	0.005	11.5	12.0	0.057

表 2 中国南方地区水系沉积物 Te 含量统计参数( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )

Table 2 Statistical parameters of Te in South China

元素	5%值	25%值	中位值	75%值	95%值	剔除 $X\pm 2S$ 前		剔除 $X\pm 2S$ 后	
						平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
						Te	0.027	0.039	0.049

表 3 中国南方地区水系沉积物 Te 地球化学异常特征

Table 3 Geochemical characteristics of Te in South China

异常编号	异常名称	面积/ $\text{km}^2$	平均值/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	离差	NAP 值
1	衡阳—韶关	36 700	0.150	0.13	2 314
2	滇东—桂西南	143 800	0.120	0.032	7 328
3	香格里拉—大理	23 300	0.092	0.024	932
4	安庆—铜陵	8 400	0.082	0.018	299
5	黄石—九江	5 100	0.084	0.023	186

注:NAP 值即标准化面金属量;异常区元素的平均值除以区域背景值乘以异常面积。

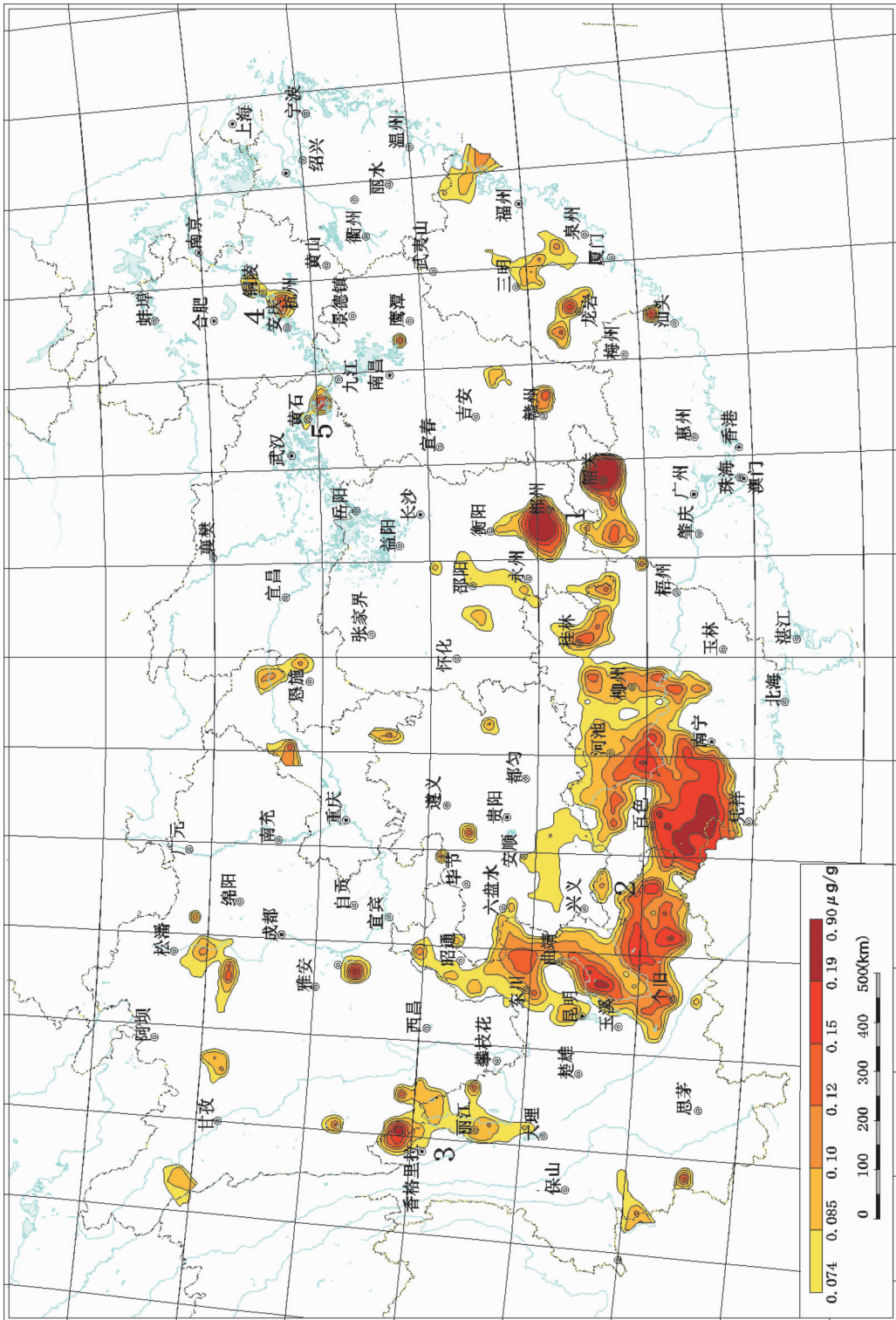


图 1 中国南部水系沉积物碲地球化学异常图  
Fig.1 Geochemical map of Te in South China

种矿石样品分析显示, 湖南水口山铅锌矿石中, Te 的含量达  $85 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 柿竹园多金属矿石中, Te 的含量达  $86 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 达到可综合利用的工业品位。韶关 Te 异常浓集中心内发育有凡口铅锌矿和大宝山铜多金属矿, Te 异常与这些矿床的产出具有密切关系。

### 3.2 滇东—桂西碲地球化学异常

该异常位于云南省东部、广西壮族自治区西部的百色地区(图 1 中 2 号点), 异常规模巨大, 异常面积达  $143\ 800 \text{ km}^2$ 。浓集中心位于桂西的天等县、大新县、德保县和靖西县等地区, 该异常的特点是异常规模巨大, 但异常强度相对较小, 异常浓集中心不明显。异常区发育有大面积的泥盆系、石炭系、二叠系与三叠系灰岩。为研究该 Te 异常的成因, 在广西凌云县境内从泥盆系融县组灰岩至三叠系碎屑岩, 分别采集不同岩性的岩石样品, 同时, 在岩石采样点上方, 采集相对应的土壤样品, 研究灰岩区的次生富集作用, 分析结果见表 4。表中数据显示, 广西地区的融县组、都安组、马平组和茅口组灰岩中的 Te 含量均在  $0.007\sim 0.085 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 而灰岩上方的土壤中, Te 的含量为  $0.188\sim 0.258 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 碎屑岩上方的土壤中, Te 的含量为  $0.052\sim 0.097 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 明显低于灰岩上方土壤中 Te 的含量。桂西、滇东和黔西南大面积灰岩出露、灰岩区 Te 的次生富集作用是桂西和滇东大片 Te 地球化学异常形成的主要原因。

### 3.3 香格里拉—大理碲地球化学异常

该异常位于云南省北部, 呈南北向展布, 从云南与四川交界的香格里拉, 向南经丽江延伸至大理, 异常浓集中心位于云南与四川交界处的香格里拉东北部(图 1 中 3 号点)。异常面积约  $23\ 300 \text{ km}^2$ , 异常平

均值为  $0.092 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , NAP 值为 932。异常浓集中心内发育有香格里拉雪鸡坪铜矿和红河铜矿。该异常浓集中心与这些铜矿的分布具有密切的关系。

### 3.4 安庆—铜陵碲地球化学异常

该异常位于安徽省中部的长江两岸, 从安庆至铜陵(图 1 中 4 号点), 异常面积约  $8\ 400 \text{ km}^2$ , 异常平均值为  $0.082 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , NAP 值为 299。该异常有 3 个异常浓集中心, 分别位于铜陵、池州和庐江地区。该异常位于铜陵矿集区, 长江中下游成矿带的中部, 是中国铜—金—银—硫—铁矿床的重要成矿区域, 矿床类型以矽卡岩型和斑岩型为主。区域地层主要由古生代—早中生代浅海—深海碳酸盐岩和中—新生代陆相碎屑岩和火山沉积岩组成。该地区主要矿床类型以矽卡岩型铜矿和斑岩型铜矿为主, 主要矿床有铜官山铜矿、冬瓜山铜矿、狮子山铜矿、凤凰山铜矿、沙溪铜矿、西马鞍山铜矿、铜山铜矿, 异常浓集中心与这些铜矿吻合程度较好。

### 3.5 黄石—九江碲地球化学异常

该异常位于长江中下游成矿带的西段, 湖北黄石至江西九江之间, 也就是九瑞成矿带。异常面积约  $5\ 100 \text{ km}^2$ , 异常平均值为  $0.084 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , NAP 值为 186。该异常与鄂东南矿集区吻合, 区内发育矽卡岩型铜铁矿, 主要赋矿地层为下三叠统大冶群灰岩和白云岩, 燕山期岩浆活动较为频繁, 岩性主要以石英闪长岩或花岗闪长(斑)岩为主。对该地区的几个矿床中矿石分析显示, 铜录山多金属矿石中 Te 的含量达  $136 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 已达到工业品位。

中国南方地区还发育几个规模较小的 Te 地球化学异常, 分别为赣州、龙岩等 Te 地球化学异常,

表 4 广西凌云县岩石及其上方土壤中 Te 含量  
Table 4 Concentrations of Te in rock and soil of Lingyun County, Guangxi

岩性与土壤	Te/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	岩性与土壤	Te/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
泥盆系融县组灰岩	0.014	合山组碎屑岩	0.075
灰岩上方的土壤	0.224	合山组碎屑岩上方土壤	0.052
石炭系灰岩都安组	0.007	逻楼组泥灰岩	0.028
都安组灰岩上方的土壤	0.188	逻楼组泥灰岩上方土壤	0.097
石炭系马平组灰岩	0.023	百逢组紫色砂岩	0.058
石炭系灰岩上方的土壤	0.198	百逢组灰绿色砂岩	0.059
		百逢组碎屑岩上方的土壤	0.074
二叠系茅口组灰岩	0.085		
茅口组灰岩上方土壤	0.258		

这些异常虽然规模较小,但异常强度较大。

## 4 结 论

Te 分析测试方法的改进,使得我们能检测到地壳表层各种介质(如岩石、土壤和水系沉积物等)中微量的 Te,其检出限能降到  $0.005 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,能满足地球化学填图的需要。通过对中国南方地区 5 244 个水系沉积物组合样的分析测试,圈定了中国南方地区 Te 地球化学异常,从区域上了解了 Te 的分布特征。

在中国南方地球 230 万  $\text{km}^2$  的面积内圈定了 3 处规模巨大的 Te 地球化学异常和多处规模较小的 Te 地球化学异常,其中滇东—桂西 Te 地球化学异常规模巨大,面积达 14 万  $\text{km}^2$ ,对异常区内区域地质特征和典型岩石分析可知,该异常与区域内大面积出露的灰岩区上方土壤次生富集密切相关,区域内从泥盆至二叠的灰岩上方土壤中 Te 含量较高。郴州—韶关、香格里拉—大理、黄石—九江、安庆—铜陵 Te 地球化学异常主要与该地区发育的铜多金属矿有关,湖南的水口山、柿竹园多金属矿、广东大宝山多金属矿等,Te 均已达到工业品位。这些异常与多金属矿空间位置分布的分析可以初步断定,Te 异常主要由这些多金属矿所引起。

从中国南方地区 Te 地球化学异常分布特征推断是两种因素引起了中国南方地区 Te 地球化学异常:一是大规模灰岩出露,灰岩区 Te 的次生富集作用,形成了滇东—桂西规模巨大的 Te 地球化学异常;另一因素是铜多金属矿化引起的 Te 的富集,如柿竹园、水口山、大冶、铜陵等铜多金属矿中富集 Te。这两种因素引起的地球化学异常特征存在一定差异,大面积灰岩引起的 Te 异常规模巨大,但异常强度相对较小;而矿化引起的 Te 地球化学异常规模较小,但强度较大,如郴州、韶关、香格里拉、大冶、铜陵等 Te 地球化学异常。

## 参考文献 (References):

[1] Clarke F W, Washington H S. The Composition of the Earth's Crust [J]. The United States Geological Survey Professional Paper, 1924:127.

[2] Shaw D M, Carmer J J, Higgins M D. Composition of the Canadian Precambrian Shield and the continental crust of the earth [C]// Dawson J B, Carswell D A, Hall J, et al (eds.). The Nature of the Lower Continental Crust, London: Geological Society Special Publication, 1986, 24:275–282.

[3] Waever B L, Tarney J. Major and trace element composition of the continental lithosphere [J]. Physics Chemistry Earth, 1984, 15:39–68.

[4] Taylor S R. The abundance of chemical elements in the continental crust: a new table [J]. Geochimica Cosmochimica Acta, 1964, 28(8): 1273–1285.

[5] Vinogradov A P. Average concentration of chemical elements in the chief types of igneous rocks of the crust of the earth [J]. Geochemistry, 1962(7):555–571 (in Russian).

[6] Wedepal K H. The composition of the continental crust [J]. Geochimica Cosmochimica Acta, 1995, 59(7):1217–1232.

[7] Rudnick R L, Gao S. The composition of the continental crust [J]. The Crust, Treatise and Geochemistry, 2003(3):1–64.

[8] 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, 1990:136.

Li Tong, Ni Shoubin. The Abundance of Chemical Elements in Earth and Crust [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990: 136 (in Chinese).

[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, 1997:18–44.

Yan Mingcai, Chi Qinghua. The Chemical Compositions of the Continental Crust and Rocks in the Eastern Part of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997:18–44(in Chinese with English abstract).

[10] 谢学锦,程志中,张立生,等. 中国西南地区 76 种元素地球化学图集[M]. 北京:地质出版社, 2008: 45–46.

Xie Xuejing, Cheng Zhizhong, Zhang Lisheng, et al. 76 Geochemical Elements Atlas of Southwest China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008:219 (in Chinese with English abstract).

[11] Salminen R, Batista M J, Bidover M, et al. FOREGS Geochemical Atlas of Europe, Part I: Background Information, Methodology, and Maps [M]. ESPOO:Geology Survey of Finland. 2005:1–350.

[12] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社, 1984:407–419.

Liu Yingjun, Cao Liming, Li Zhaoling, et al. Geochemistry of Element [M]. Beijing: Science Press. 1984:407–419(in Chinese).

[13] 涂光炽,高振敏,胡瑞忠,等. 分散元素地球化学及成矿机制[M]. 北京:地质出版社, 2004, 268–317.

Tu Guangchi, Gao Zhenmin, Hu Ruizhong, et al. Geochemistry of Dispersed Elements and Minerogenetic Mechanism [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004, 268–317(in Chinese).

[14] 涂光炽. 初论碲的成矿问题 [J]. 岩石矿物地球化学通报, 2000, 19 (4):211–214.

Tu Guangchi. Preliminary discussion on tellurium metallogenesis [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2000, 19 (4): 211–214(in Chinese).

[15] 陈毓川,毛景文,等. 四川大水沟碲(金)矿床与地球化学[M]. 北京:原子能出版社, 1996.

Chen Yuchuan, Mao Jingwen, et al. Geology and Geochemistry of the Dashuigou Tellurium (Gold) Deposit in Western Sichuan,

- China[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1996: 1-146(in Chinese).
- [16] 银剑钊. 世界首例独立碲矿床的成矿机理及成矿模式 [M]. 重庆: 重庆出版社, 1996: 1-190.
- Yin Jianzhao. The First and Independent Tellurium Deposit in the World [M]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1996: 1-190 (in Chinese).
- [17] 赵振华, 周玲棣, 包志伟, 等. 东坪式金矿——与碱性正长岩有关的改造型金矿床 [C]//第五届全国矿床会议论文集, 北京: 地质出版社, 1993: 312-314.
- Zhao Zhenhua, Zhou Lingdi, Bao Zhiwei. The Dongping-type gold deposits associated with syenites [C]//Papers Presented to the Fifth All-China Symposium on Mineral Deposits. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 312-314(in Chinese).
- [18] 赵振华, 张佩华, 包志伟, 等. 东坪金矿矿石碲、金分布及其相关性[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19 (04): 223-225.
- Zhao Zhenhua, Zhang Peihua, Bao Zhiwei, et al. The distribution pattern of gold and tellurium and their correlation of ore from the Dongping gold mine [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2000, 19 (4): 223-225 (in Chinese).
- [19] 林景仟, 谭东娟, 于学峰, 等. 鲁西归来庄金矿成因[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1997: 1-160.
- Lin Jingqian, Tan Dongjuan, Yu Xuefeng, et al. On Genesis of the Guilaizhuang Gold in Western Shandong [M]. Ji'nan: Shandong Science and Technology Press, 1997: 1-160(in Chinese).
- [20] 杨敏之. 分散元素矿床类型、成矿规律及找矿-综合利用方向[J]. 地质找矿论丛, 2006, 21(1): 1-9.
- Yang Minzhi. Types of disperse element deposit and their forming regularity and their ore-searching and comprehensive utilization direction [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2006, 21(1): 1-9(in Chinese).
- [21] 杨敏之. 分散元素矿床成矿区划、分布规律、找矿-综合利用方向[J]. 地质找矿论丛, 2008, 23(1): 1-10.
- Yang Minzhi. Division, distribution pattern of the disperse element ore deposit and the ore-searching and comprehensive utilization direction [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2008, 23(1): 1-10(in Chinese).
- [22] Xie Xuejing, Sun Huanzhen, Ren Tianxiang. Regional geochemistry -National Reconnaissance project in China [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1989, 33(1/3): 1-9.
- [23] 杨翼华, 杜新军, 朱永昌. 流动注射-氢化物原子荧光法直接测定岩矿中痕量硒和碲[J]. 岩矿测试, 1996, 15(1): 61-64.
- Yang Yihua, Du Xinjun, Zhu Yongchang. Determination of trace selenium and Tellurium in rocks and minerals by flow injection-atomic fluorescence spectrometry [J]. Rocks and Minerals Analysis, 1996, 15(1): 61-64 (in Chinese with English abstract).
- [24] 肖凡, 刘金巍, 王永青. 萃取/反相萃取分离富集-氢化物无色原子荧光法测定负责地质样品中的痕量碲 [J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(4): 1123-1126.
- Xiao Fan, Liu Jinwei, Wang Yongqing. Separation and concentration by extraction and anti-extraction determination of trace Te in complex geological samples by hydrides generation atomic fluorescence spectrometry [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009, 29(4): 1123-1126(in Chinese with English abstract).
- [25] Hall G E M, Pelchat J C. Determination of As, Bi, Sb, Se, and Te in fifty-five reference materials by hydride generation ICP-MS [J]. Geostandards Newsletter, 1997, 21(1): 85-91.
- [26] Hall G E M, Pelchat J C. Analysis of geological materials for bismuth, antimony, selenium and tellurium by continuous flow hydride generation inductively coupled plasma mass spectrometry. Part I: mutual hydride interferences [J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 1997, 12 (1): 97-102.
- [27] 李刚, 李文莉. 氢化物-原子荧光法测定铜矿中微量硒和碲[J]. 岩矿测试, 2002, 21 (3): 223-226.
- Li Gang, Li Wenli. Determination of trace selenium and tellurium in copper ores by hydride generation atomic fluorescence spectrometry [J]. Rocks and Minerals Analysis, 2002, 21 (3): 223-226(in Chinese with English abstract).
- [28] 王菊香, 王亚红, 郭爱武. 断续法氢化物发生-原子荧光光谱法测定地质样品中的微量碲[J]. 光谱实验室, 2008, 25(3): 362-364.
- Wang Juxiang, Wang Yahong and Guo Aiwu. Determination of trace tellurium in geology specimen by means of intermittent flow-hydride generation-atomic fluorescence spectrometry [J]. Chinese Journal Spectroscopy Laboratory, 2008, 25(3): 362-364 (in Chinese with English abstract).
- [29] 李冰, 吴列平, 尹明, 等. 乙醇增强氢化物发生电感耦合等离子体质谱法测定砷锑铋硒和碲的研究 [J]. 岩矿测试, 1999, 18 (2): 101-110.
- Li Bing, Wu Lieping, Yin Ming, et al. Determination of arsenic, Antimony, Bismuth, Selenium and Tellurium by hydride generation inductively coupled plasma mass spectrometry using ethanol as a signal enhancer [J]. Rocks and Minerals Analysis, 1999, 18(2): 101-110 (in Chinese with English abstract).
- [30] 韩丽荣, 李冰, 马新荣. 乙醇增强-电感耦合等离子体质谱法直接测定地质样品中碲[J]. 岩矿测试, 2003, 22 (2): 98-102.
- Han Lirong, Li Bing, Ma Xinrong. Direct determination of tellurium by inductively coupled plasma mass spectrometry with ethanol as a signal enhancer [J]. Rocks and Minerals Analysis, 2003, 22(2): 98-102 (in Chinese with English abstract).

## Geological characteristics of Te anomalies in South China

CHENG Zhi-zhong<sup>1</sup>, XIE Xue-jing<sup>1</sup>, PAN Han-jiang<sup>1</sup>, YANG Rong<sup>1,2</sup>

(1. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang 065000, Hebei, China;*

2. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

**Abstract:** To improve the analytical methods of Te by ICPMS, the authors made the detection limit of Te down to  $0.005 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . For the South China regional geochemical mapping program, about 100 RGNR samples from each 1:50 000 map sheet were combined into a single sample. The resulting 5 244 composite samples were subsequently determined by ICPMS. 3 giant and 2 regional Te geochemical anomalies were delineated in South China. Te anomalies in east Yunnan and west Guangxi are related to the distribution of limestone. Te anomalies in Chenzhou of Hunan Province, Shaoguan of Guangdong Province, Xianggelila of Yunnan Province, Daye of Hubei Province and Tongling of Anhui Province are related to copper polymetallic deposits.

**Key words:** tellurium; geochemical anomaly; abundance

---

**About the first author:** CHENG Zhi-zhong, born in 1969, senior engineer, mainly engages in the study of exploration geochemistry and reference materials; E-mail: zhizhong9@yahoo.com.cn.