

# 中国浅表地球化学场基本特征<sup>\*</sup>

任天祥

汪明启

(1 中国地质科学院物化探研究所, 河北 廊坊 065000) (2 中国地质大学, 北京 100083)

**摘 要** 在中国浅表地球化学场中, 亲核亲地幔的铁族元素在古中华陆块群中比较富集, 呈高背景场或异常场分布; 亲壳的 Si 和 K 在造山带中比较富集。依据上述元素的高、低背景场和异常场分布特征, 可以大致划定陆块或地台与造山带的边界以及主要缝合带、深大断裂带的位置。Cu、Pb、Au、W、Sn、Ag、Zn、Mo、Cr、Ni 等成矿元素的分布与中国大陆地壳演化中构造-岩浆-成矿活动密切相关, 其异常场大多集中在陆块和造山带的边缘及各类深大断裂中。根据异常场规模和成因, 划分出许多地球化学域、地球化学省和异常区带。其中, 在中央造山带以南分布的 Cu、Pb、W、Sn 等元素的巨大地球化学域或省最引人注目。依据 20 余个元素浅表地球化学场特征, 暂将中国划分为 2 个一级地球化学区和 13 个二级地球化学区。

**关键词** 地球化学场 地球化学分区

中国从 1978 年开始实施以水系沉积物为主要采样介质、定量分析 39 种元素和氧化物的 1:20 万区域地球化学填图(区域化探全国扫面)计划。水系沉积物是世界上公认的区域地球化学填图中最具代表性的采样介质。它是汇水域内各种岩石风化产物理想的天然组合, 其元素分布与含量对已出露基底和盖层岩石的地球化学特征以及各种地质、地球化学与成矿作用留下的地球化学印迹有良好的显示和继承性。中国区域地球化学填图采样密度较大, 多数地区每平方公里采 1~2 个样, 样品主要采自上游一、二级水系, 用 4 km<sup>2</sup> 的组合样进行分析, 这使得中国区域地球化学填图不仅丰富了基础地质信息, 而且还捕获了非常丰富的各种矿化信息。1997 年谢学锦、任天祥等依据已获取的区域化探全国扫面资料(约 450 万 km<sup>2</sup>), 将原始分析数据按 1:2.5 万图幅(约 100 km<sup>2</sup>)进行组合, 用平均值编制了 39 种元素 1:500 万全国地球化学图, 并建立了相应数据库。尽管在中国西部和东北部尚留有较大空白区, 但这份资料仍为我们研究中国浅表地球化学场特征提供了基本依据<sup>①</sup>。

地球化学场是由地壳原始物质组成不均一性和地壳演化过程中各种地质地球化学作用所形成的化学元素含量分布特征和组合特征在时空中的展现。浅表地球化学场是指近地表地壳(表壳)所形成的地球化学场, 在空间上其深度与已出露的基底、盖层、岩浆岩的厚度或延伸有关。由于有些表壳物质来源于深部(下地壳、地幔等), 因此在一些空间部位也反映深部地球化学场的某些特征。地球化学场是不均一的, 在一定范围, 有些元素呈正常模式或背景场分布, 有些元素呈异常模式或异常场分布。根据异常场规模和成因, 可将其分成 4 个级次: 地球化学域、地球化学省、区域地球化学异常(或地球化学异常区、带)和局部地球化学异常(谢学锦等, 1999)。地球化学域是一种规模十分巨大的地球化学异常, 面积达数十万至上百万平方千米, 它是在全球尺度上由地壳原始物质组成不均一性引起, 与成矿域相关。地球化学省, 规模较地球化学域要小, 范围一般达数千至数万平方千米, 它是一种与地壳平均值显著不同、富含某种或某些元素的地壳块段。它可由地壳原始组成物质不均一性引起(原生), 也可由大规模造山运动中由深部

<sup>\*</sup> 本文受中国地质调查局综合研究项目“中国成矿体系与区域成矿评价”(K.14)资助

第一作者简介: 任天祥, 男, 1937 年生, 教授级高工, 从事区域地球化学和地球化学勘查方法技术研究。

① 谢学锦、任天祥等。1997。中华人民共和国地球化学图及说明书(1:500 万)。地矿部地球物理地球化学勘查研究所。

物质大量、多次带入引起(后生)。与大规模成矿活动往往有成因联系,与地质上划分的成矿省密切相关(陈毓川等, 1999)。区域异常,一般由地壳形成与演化中的各种区域地质地球化学作用、区域成矿作用引起,与区域成矿活动关系密切,范围一般几十至近千平方千米,成矿区、带多与这类规模的异常有关(陈毓川等, 1999)。

为了描述中国浅表地球化学场特征,本文使用了低背景域、高背景域、一级异常域、二级异常域、三级异常域等参数(见表 1)。域值是这样确定的:将全部编图数据(每个元素 44 422 个)从小到大排列,按累积频率区间划分域值。累积频率 40%~60%区间的含量为正常背景域, <30%区间的含量为低背景域, 70%~90%区间的含量为高背景域, 90~95%、95~99%和>99%的区间含量分别为一、二、三级异常域值。

表 1 本文使用的部分地球化学参数

Table 1 Some geochemical indexes cited in the paper

| 元素                             | 低背景域        | 高背景域        | 一级异常域       | 二级异常域        | 三级异常域   |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------|
| $w_B/\mu g \cdot g^{-1}$       |             |             |             |              |         |
| Au*                            | 0.8~1.3     | 2~2.8       | 2.8~5       | 5~9          | >9      |
| Ag*                            | 65~85       | 110~130     | 130~200     | 200~300      | >300    |
| Cu                             | 13~20       | 25~35       | 35~55       | 55~92        | >92     |
| Pb                             | 18~22       | 28~38       | 38~50       | 50~85        | >85     |
| Zn                             | 55~70       | 90~110      | 110~135     | 135~200      | >200    |
| W                              | 1.4~1.9     | 2.8~4.5     | 4.5~6       | 6~15         | >15     |
| Sn                             | 2.5~3.2     | 4.2~5       | 5~9         | 9~18         | >18     |
| Mo                             | 0.7~0.9     | 1.3~1.8     | 1.8~25      | 2.5~5        | >5      |
| Cr                             | 30~55       | 75~100      | 100~180     | 180~250      | >250    |
| Ni                             | 15~22       | 31~40       | 40~65       | 65~100       | >100    |
| Co                             | 8~10        | 15~19       | 19~25       | 25~40        | >40     |
| Ti                             | 3 000~4 000 | 5 000~6 200 | 6 200~8 000 | 8 000~12 000 | >12 000 |
| V                              | 56~75       | 96~120      | 120~180     | 180~300      | >300    |
| P                              | 400~540     | 650~920     | 920~1 300   | 1 300~1 700  | >1 700  |
| Nb                             | 12~16       | 20~26       | 26~35       | 35~45        | >45     |
| Sb                             | 0.36~0.6    | 1.3~2.5     | 2.5~5.8     | 5.8~14       | >14     |
| As                             | 5.5~9       | 15~25       | 25~40       | 40~60        | >60     |
| Hg*                            | 12~30       | 70~130      | 130~250     | 250~450      | >450    |
| U                              | 1.7~2.3     | 3.5~5.2     | 5.2~7.5     | 7.5~12       | >12     |
| Mn                             | 480~650     | 850~1 200   | 1 200~1 350 | 1 350~1 750  | >1 750  |
| F                              | 350~450     | 600~750     | 750~960     | 960~1 200    | >1 200  |
| B                              | 25~45       | 70~90       | 90~100      | 100~130      | >130    |
| $w_B/ng \cdot g^{-1}$          |             |             |             |              |         |
| SiO <sub>2</sub>               | 57~62       | 68~72       | 72~78       | 78~82        | >82     |
| K <sub>2</sub> O               | 1.7~2.2     | 2.7~3.3     | 3.3~3.8     | 3.8~4.3      | >4.3    |
| MgO                            | 0.63~1.25   | 2~2.5       | 2.5~3.5     | 3.5~5        | >5      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.2~4.2     | 5.3~6.5     | 6.5~8.5     | 8.5~12       | >12     |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.24~0.98   | 1.95~2.7    | 2.7~3.3     | 3.3~3.9      | >3.9    |

\*单位为 ng/g。

## 1 一些重要元素分布的基本特征

### 1.1 铁族元素(图 1)

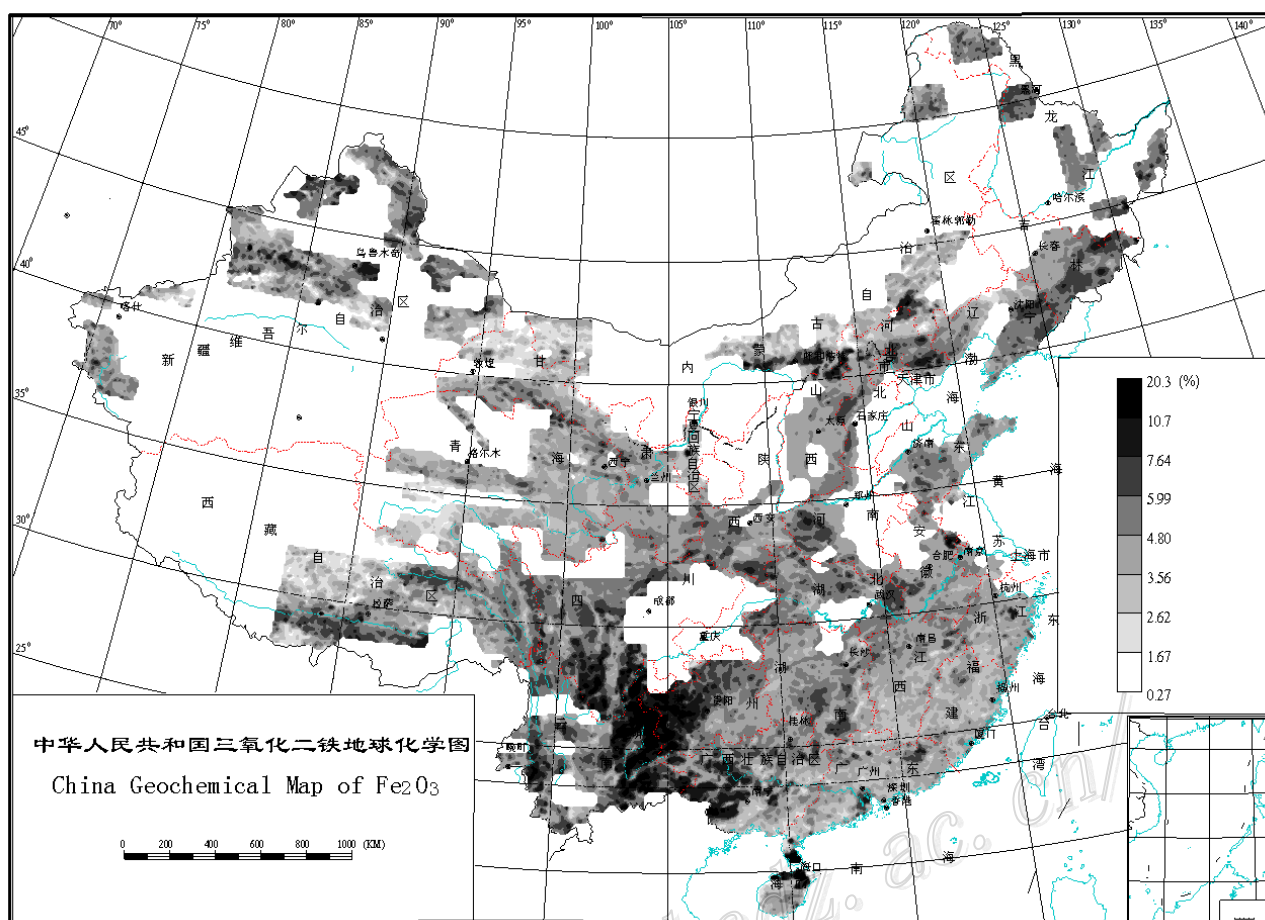


图 1 三氧化二铁的地球化学图

Fig. 1 Geochemical map of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 

亲核和亲地幔元素 Fe、Ni、Cr、Co、Mn 以及 V、Ti 等的分布有三大特点：

(1) 在古中华陆块群分布区（任纪舜等，1999）呈高背景分布。其中华北、扬子准地台等较大的陆块，这些元素的中、高背景域几乎覆盖全区，并可大致圈出陆块的范围。

(2) 这些元素的异常带贯穿中国南北和东西呈近 EW 向、NE 向、NW 向、SN 向立交桥式分布。异常带呈近 EW 向的从北向南有：①天山-华北地台北缘异常带（在西天山分为三支，与北天山缝合带、纳曼-贾拉依尔缝合带、乌拉尔-南天山缝合带位置相当）；②昆中-商丹异常带；③班公措-怒江异常带；④雅鲁藏布江异常带；⑤宜山-全南异常带；⑥雷琼异常带。异常带呈 NE 向的从东向西依次为：①丽水-莲花山异常带；②敦化-密山、鲁中南、阳新-修水-铜鼓、长寿街-双牌、南宁异常带；③大兴安岭南段-太行山、南阳-恩施-贵阳、弥勒-师宗带；④龙门山异常带。异常带呈 NW 向的从北向南依次为：①额尔齐斯和纳尔曼德异常带；②北祁连-北秦岭-大别山异常带；③金沙江-红河异常带；④右江异常带；⑤崇左-那坡-富宁异常带。呈 SN 向的异常带有：①鄂尔多斯西缘-天水异常带；②小江、安宁河、绿汁江异常带；③雅江-木里异常带。这些异常带的物质主要来自深源，沿着缝合带、转换断层及走滑断层带、大陆壳消减带及其它深大断裂分布，展示了我国大陆构造格架的基本格局（任纪舜等，1999）。

(3) 在中国西南部川、滇、黔、桂分布着一个巨大的亲核亲地幔元素 Fe、Cu、Cr、Ni、Co、V、Ti、Mn、Zn、Nb 的地球化学域，面积近 30 万  $\text{km}^2$ 。由 3 部分组成：①分布在扬子地块西南隅的川、滇、黔地球化学块体（亚域），是这个地球化学域的主体和核心。面积近 20 万  $\text{km}^2$ ，呈楔形分布。块体内 Cu、Fe、

Co、Ti、V、Nb 异常浓度高达三级, Cr、Ni 主要呈一、二级浓度异常分布; 异常带呈 SN 向、NE 向分布。块体内主要分布二迭纪大陆溢流玄武岩。②甘孜-木里地球化学块体, 与川、滇、黔块体紧密相连, 分布在松潘-甘孜造山带的东南部, 该块体的特征是 Cr、Ni 呈高浓度(三级)异常分布, 其它铁族元素多呈一、二级异常浓度分布; ③桂西 Fe、Cu、Cr、Ni、Co、V、Ti、Mn、Nb 异常区。

在川、滇、黔地球化学域内及边缘和外侧, 分布有规模巨大的 Pb、Zn、Mo、U、F、As、Sb、Hg、B 异常带, 并具有分带现象, 从里向外依次为 Pb、Zn、Sb、B、F→Mo、As、U、Hg (Pb、Zn), 其中以 F、Mo、Hg 异常带规模最大。

### 1.2 $\text{SiO}_2$ (图 2) 和 $\text{K}_2\text{O}$

亲壳元素 Si、K 等在造山带(任纪舜等, 1999)呈高背景域或异常分布。利用亲壳元素和亲核亲地幔元素(或氧化物)  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、Cr、Ni、Co 等的高、低背景域和异常分布, 可以大致划定陆块与造山带的边界以及主要缝合带、大陆壳消减带和深大断裂带的位置。

在全国地球化学图上,  $\text{SiO}_2$  的异常区带主要分布在滇越-华南造山系、藏滇造山系, 北山-内蒙古-兴安造山带、祁连造山带, 喜马拉雅造山带; 但在秦岭造山带、东昆仑造山带和南北天山造山带中几乎无  $\text{SiO}_2$  异常显示。 $\text{K}_2\text{O}$  的分布与  $\text{SiO}_2$  略有不同, 其异常带主要分布在华南造山带、改则-密支造山带和天山-内蒙古-兴安造山带。

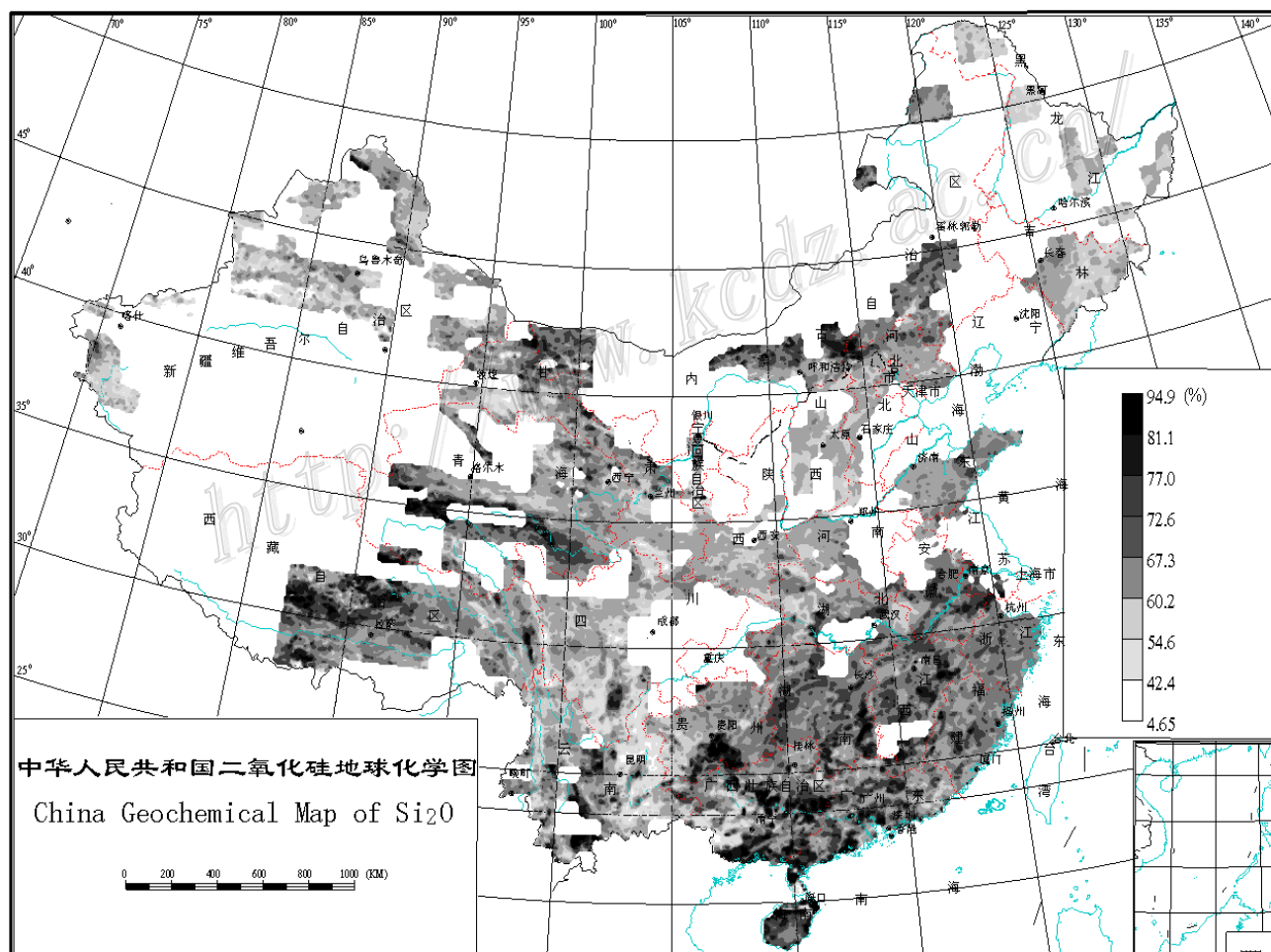


图 2 二氧化硅的地球化学图

Fig. 2 Geochemical map of  $\text{SiO}_2$

在中国华南地区分布着一个巨大的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  的地球化学域，占据几乎整个滇越-华南造山系，并跨越扬子陆块的东部和东南部，分布在贵阳-武陵山以东至东南沿海，面积达 140 万  $\text{Km}^2$ 。在这个域内分布着一系列 NE 向和近 EW 向（部分 NW 向）的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  的异常带。其中  $\text{K}_2\text{O}$  异常分布的范围和规模要比  $\text{SiO}_2$  小， $\text{K}_2\text{O}$  的高背景域和异常主要分布在我国东南沿海，与东南沿海高钾钙碱性火山岩系分布区基本一致，主体异常带呈 NE 向分布在武夷山-浙南丽水一带。 $\text{SiO}_2$  异常区、带主要集中分布在东南沿海以西的广大地区，在  $\text{K}_2\text{O}$  异常分布区  $\text{SiO}_2$  异常相对较弱、规模较小，甚至仅为高背景域。 $\text{SiO}_2$  异常区带的分布明显受构造的控制，与燕山期中酸性侵入岩体以及加里东期中酸性侵入岩体的分布基本一致。仅右江北侧（贵阳-桂平）NW 向  $\text{SiO}_2$  异常带目前地表尚未见有规模的中酸性侵入岩体分布。巨大规模的、跨越大地构造单元的  $\text{SiO}_2$  地球化学域的形成，可能与北美和西太平洋古陆相继与古亚洲大陆碰撞导致燕山造山运动，使亚洲东部诸陆块最终焊合（任纪舜等，1999），并引发该区地壳-上地幔强烈活化，发生大规模构造-岩浆-成矿作用有关。

在  $\text{SiO}_2$  地球化学域内亲铜元素、钨钼族元素、放射性元素、矿化剂元素等不仅呈大规模异常分布，而且具有明显的分带现象。从东南向西北呈现  $\text{Pb}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Mo}$ → $\text{Sn}$ 、 $\text{W}$ → $\text{Sb}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{F}$  的异常分带。

$\text{Pb}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Zn}$  异常带的分布还与  $\text{K}_2\text{O}$  异常及高背景域分布大致一致。

### 1.3 Cu (图 3)

我国浅表地球化学场中  $\text{Cu}$  总的分布趋势是南高北低，中间高周边低。在准地台和陆块中呈高背景分布，在造山带（活动带）呈低背景分布。利用  $\text{Cu}$  的高、低背景值可大致圈出陆块与造山带的边界。

(1)  $\text{Cu}$  的高值区、带和异常主要分布在陆块和地块的边部或边缘。多连片或呈带状分布。且主要分布在其中的元古界地层区及太古宙地层区。

但不同陆块和地块  $\text{Cu}$  的背景含量有明显差异。其中以中、晚元古末固结的扬子陆块  $\text{Cu}$  含量最高，晚元古代末或稍晚固结的陆块如羌北-昌都-思茅微陆块、羌中南-唐古拉-保山陆块及准噶尔地块次之，早元古代末固结的华北陆块  $\text{Cu}$  含量最低。

(2) 在造山带上  $\text{Cu}$  呈低背景或负异常分布，但不同造山带仍有明显差异，其中南华造山带  $\text{Cu}$  含量最低，为大片低背景和负异常，而松潘-甘孜造山带则略高。在同一造山带上，天山-赤峰造山带、准噶尔-兴安造山带西段高于东段。昆仑-秦岭造山带和冈底斯-腾冲造山带东段高于西段。

在造山带上， $\text{Cu}$  异常或高值区仅呈孤岛状或串珠状分布。

(3)  $\text{Cu}$  的正、负异常区带和高、低背景区带的分布与我国主要断裂构造分布一致，并基本展示出我国主要断裂构造的分布格局。如展示东西向（EW）断裂构造分布的有华北地台北缘、东昆仑、雅鲁藏布江、梧州—梅州等异常带。展示北东（NE）向断裂构造分布主要有东南沿海一系列负异常和近似等间距分布的孤岛状正异常，苏州-德兴-吉安异常带、南京-九江-郴州异常带、鸭绿江-日照-九江负异常带、密山-抚顺-营口-烟台-郯城-黄石-平江-郴州异常带、大兴安岭-太行山异常带、弥勒-师宗-贵阳-吉首异常带、龙门山异常带等。展示南北（SN）向断裂的有银川-庄浪和石棉-个旧等异常带。展示北西（NW）和北北西（NNW）向断裂构造的异常主要分布在我国西部，如天山-祁连山-秦岭、昆仑-秦岭、西南三江及广西红水河等地。

(4) 从全国地球化学图上大致可划分出以下一些  $\text{Cu}$  的地球化学域、省和区带：

川、滇、黔地球化学域、西南三江地球化学省、冈底斯东段异常带、扬子陆块东南缘巨型异常带、华北陆块北缘异常带、秦巴地球化学省、天山异常带、祁连异常带等。其中川滇黔  $\text{Cu}$  地球化学域与前述川、滇、黔、桂铁族元素地球化学域的主体一致，域内已发现许多  $\text{Cu}$  和多金属矿床，仍有巨大找矿潜力；西南三江  $\text{Cu}$  地球化学省，由两个重要异常区带组成：一为巴塘-玉龙-纳日贡玛-可可西里布喀达板异常带，另一个为中甸-德钦-竹瓦根异常带。区域  $\text{Cu}$  异常在异常带上呈等间距分布，是极具寻找大型斑岩型（包括矽卡岩型、热液型）铜和多金属矿床潜力的异常带。冈底斯东段  $\text{Cu}$  异常带也极具找斑岩铜矿前景。

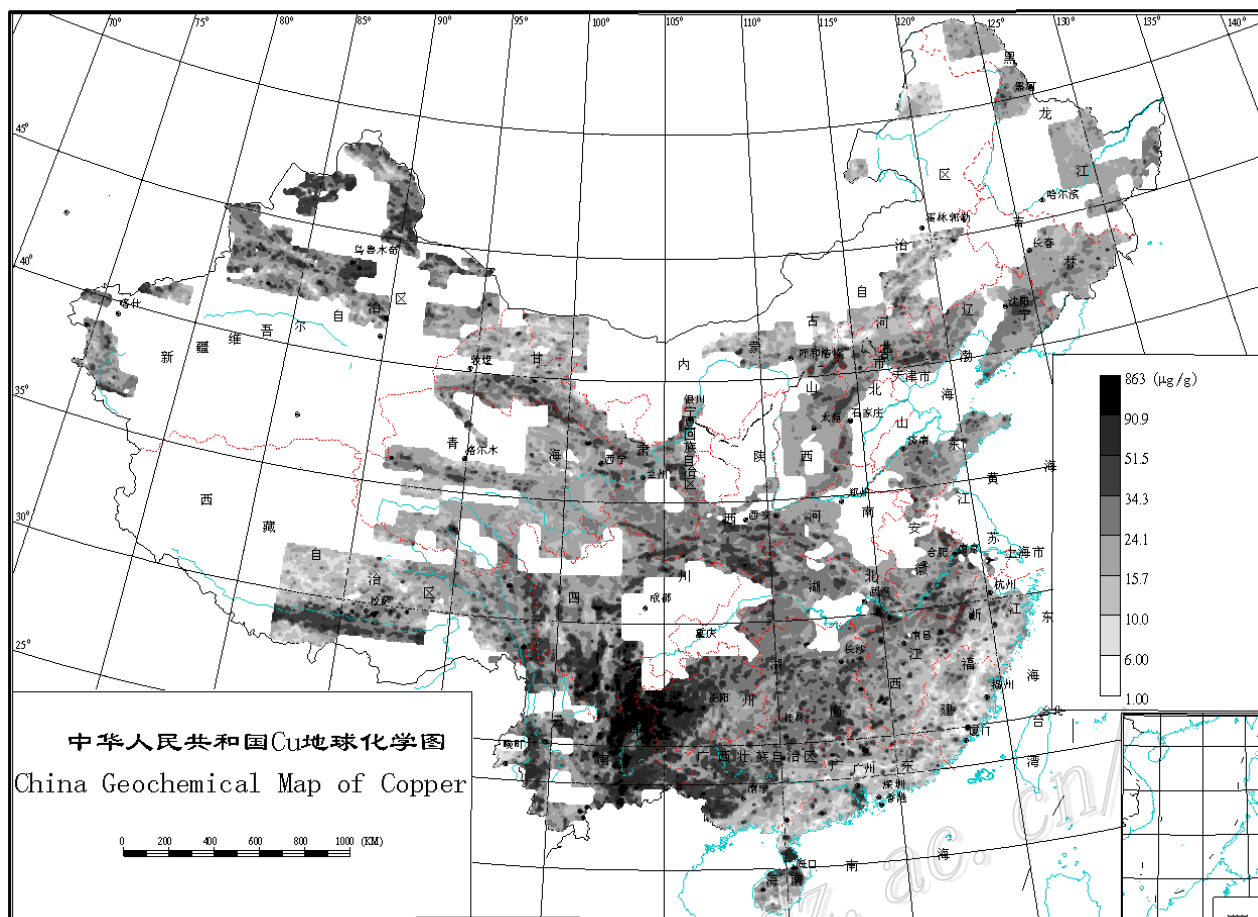


图 3 铜的地球化学图

Fig. 3 Geochemical map of copper

#### 1.4 Pb(图 4)

我国 Pb 分布与 Cu 不同, 主要分布在东南沿海和中国的西南部。在很大程度上受控于构造岩浆活动。

(1) Pb 的高背景和高值区一般分布在构造岩浆活动强烈的造山带。其中华南造山带最为突出,  $>35 \mu\text{g/g}$  的 Pb 几乎包容了整个造山带并清楚地勾绘出造山带与陆块的边界。Pb 异常不仅强度高、规模大, 还清晰地展示出了主要和重要断裂带的分布。其它造山带, 如冈底斯-腾冲造山带、昆仑-秦岭造山带的东段, Pb 都明显增高, 并出现规模不等的 Pb 异常。

(2) Pb 的异常分布与深大断裂密切相关。Pb 的异常分布揭示了以下一些深大断裂形迹: 长白山-蓬莱-郯城-庐江 NE 向断裂带, 大兴安岭-太行-河南午阳-湖北兴山-湖南花垣-贵州玉屏-广西河池、凭祥贯穿中国南北的 NE 向深大断裂带, 雅安-个旧 SN 向深大断裂带, 雅安-昭通-南丹-桂林-郴州-宁都-金华-绍兴弧形大断裂带, 哀牢山-金沙江中北段 NW 向断裂带, 澜沧江 NW 向断裂带, 雅鲁藏布江北至怒江南的那木丁-拉萨-边坝-八宿近 EW 向“S”形断裂带, 东昆仑-秦岭近 EW 向断裂带, 祁连山 NW 向断裂带, 西天山 NW 向断裂带等。

(3) 从全国地球化学图上大致可划分 8 个以上的地球化学省或域。华南 Pb 地球化学域, 面积达 75 万  $\text{km}^2$ , 几乎包容了整个华南造山带, 域内一般 Pb 含量均大于  $40 \mu\text{g/g}$ , 为陆壳 Pb 平均含量的 3 倍; 扬子陆块西缘 Pb 地球化学域, 面积 24 万  $\text{km}^2$ , 呈近南北向分布在扬子陆块的西南边缘; 西南三江-冈底斯东段

Pb 地球化学域，面积约 38 万  $\text{km}^2$ ；其它还有湘西-黔东地球化学省、秦岭地球化学省、辽东地球化学省、大兴安岭中南段-太行北段地球化学省以及长江中下游地球化学省等。

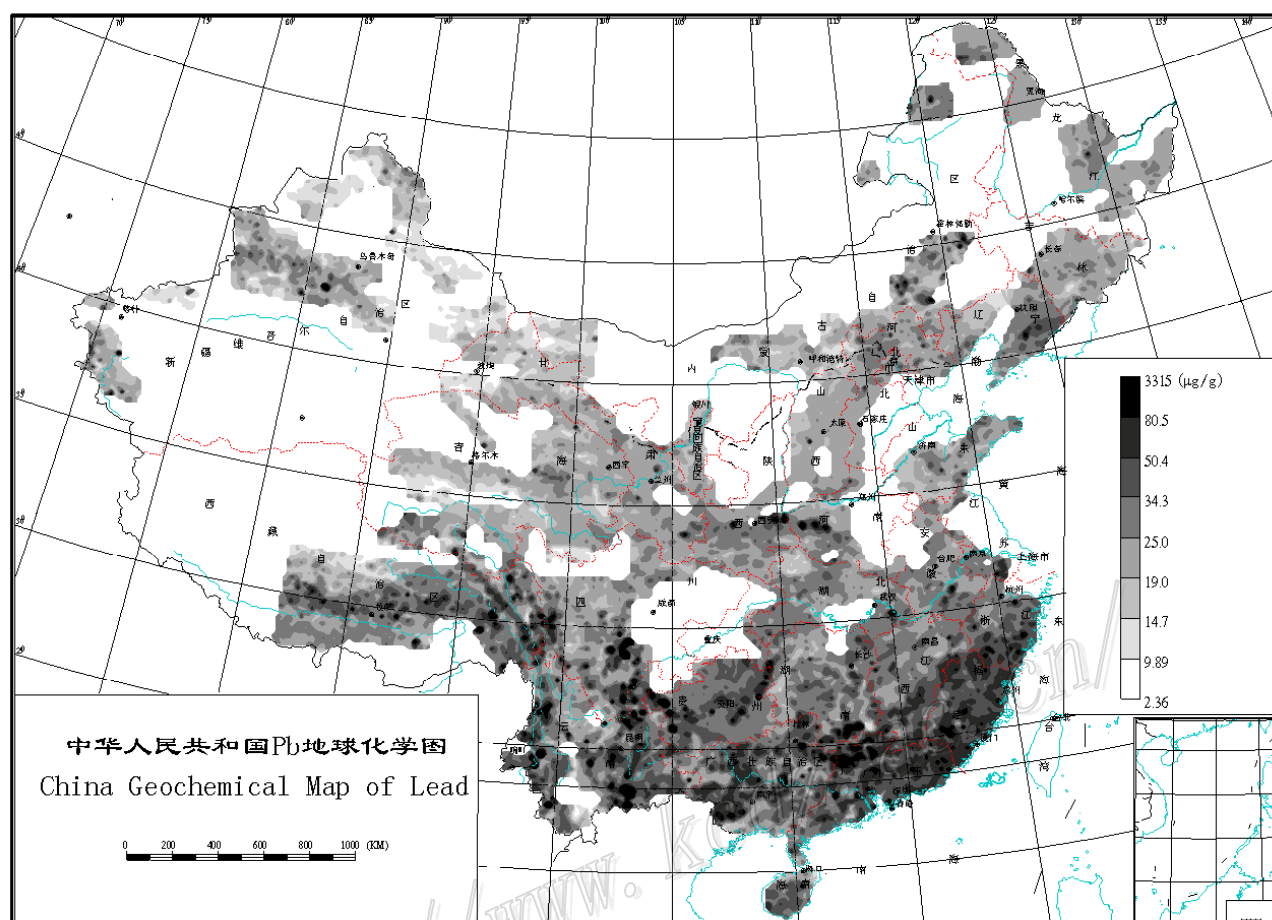


图 4 铅的地球化学图

Fig. 4 Geochemical map of lead

### 1.5 Au

(1) 我国 Au 的分布大致呈现南高北低的趋势。以烟台-西安-拉萨一线为界，其南基本为高背景区，其北基本为低背景区。

(2) Au 的高值或异常区主要分布在陆块的边缘及原岩为基性、超基性火山岩的太古宙地层分布区。在陆块中 Au 异常多呈“面状”连片、连带分布。

(3) Au 的低背景和低值区多分布在造山带。在造山带中 Au 异常多呈孤岛状、串珠状分布，较少连带成片。

(4) 在中国东部，Au 异常多呈 EW 向、NE 向和 NEE 向分布。其中 EW 向连带成片异常最引人注目，如冀北、胶东、东秦岭、湖南沅陵-常德-平江、云开、海南和吉林夹皮沟等。它反映了与 Au 矿成矿有关的一些东西向基底构造。我国东部著名的一些大型、特大型 Au 矿几乎都分布在这些东西向 Au 异常带上。我国西部 Au 异常多呈 NW、NNW 向分布，仅东昆仑和雅鲁藏布江一带 Au 异常呈 EW 向分布。这与我国主要断裂构造分布格局基本一致。

(5) 在全国地球化学图上可划分出 3 个域和一些地球化学省

为叙述方便，这里按郭文魁先生（1987）划分的成矿域对 Au 的地球化学模式予以简述：

滨太平洋域: Au 异常最为突出,其特点是 Au 丰度高、异常多、规模大。我国主要金矿大多分布在这个域中。这个域中大致可划分出 11 个地球化学省:冀北、胶东、东秦岭、苏南-皖南-赣东北-浙西、湘北-沅资、湘西、粤西-桂东(云开)、海南、滇黔桂、川西和陕甘川。

在这个域内,扬子陆块和华南造山带 Au 异常星罗棋布。特别值得指出的是,在扬子陆块,环绕四川盆地、贵州和湘西北,形成了一个巨大的环状金异常带,包容了湘西、粤西-桂东、滇黔桂、川西、陕甘川等五个地球化学省,面积达 80 万  $\text{km}^2$ ,构成了一个独特的金地球化学模式。

古亚洲域:该地球化学域 Au 的背景明显偏低,异常规模相对较小,多呈孤岛状、串珠状。但目前在古亚洲域也发现许多著名金矿,如阿希、萨瓦亚尔顿、寒山、大水、五龙沟、滩间山、团结沟等。

特提斯—喜马拉雅域:主要分布在西南三江和西藏。大地构造位置为藏滇造山带。Au 的丰度介于前两个域之间,Au 异常多呈串珠状呈 NW 向、NNW 向分布,雅鲁藏布江一带呈近 EW 向和 NE 向分布。大致可划分为 2 个地球化学省:

A 西南三江 Au 地球化学省:它包括金沙江中上游 Au 异常带、怒江中上游 Au 异常带和三江南段 Au 异常区;

B 鲁藏布江 Au 地球化学省:它包括雅鲁藏布江南 Au 异常带和拉萨-嘉黎 Au 异常区。

#### 1.6 W、Sn

我国 W、Sn 丰度较高。其高值区主要分布在华南与西南地区。大致可划分出两个大的地球化学域和一些地球化学省及异常区、带。

##### (1) 华南 W、Sn 地球化学域

位于华南造山带和扬子陆块的南缘。分布在皖南、福建、江西、广东、桂东北和湖南的沅江以南,面积约 60 万  $\text{km}^2$ 。中心地带在赣南、湖南和粤北。该域内 W 一般  $>4 \mu\text{g/g}$ , Sn  $>7 \mu\text{g/g}$ 。高出陆壳含量三倍以上。域内 W、Sn 异常大面积、连片分布,总体走向 NE,部分呈 NW 向分布。我国许多著名的 W、Sn 矿多分布在该省内,其中仅大型矿床达 20 余处。

##### (2) 藏滇 W、Sn 地球化学域

该域 W、Sn 的高值区主要分布在怒江—雅鲁藏布江之间的冈底斯—腾冲活动带和义敦岛孤。域内 W、Sn 异常带呈 NW 和近 EW 向分布,长约 1000 km,宽 200 km,面积约 20 万  $\text{km}^2$ 。

##### (3) 滇东南与桂西南 W、Sn 地球化学省

滇东南地球化学省以 Sn 为主,Sn、W 丰度显著增高;桂西南地球化学省 W 丰度较高,而 Sn 异常较弱。成矿特征与之对应,滇东南已发现个旧、马关、卡房等多处大型 Sn 多金属矿床,桂西南已发现的主要是 W 矿、如大明山大型 W 矿床。

(4) 此外还有内蒙大兴安岭南段 W、Sn 地球化学省、阿尔泰 W 地球化学省、西天山 W(Sn) 异常带、祁连-秦岭 W、Sn 异常带、川西环四川盆地 W、Sn 异常带等。

#### 1.7 Na、Ca、Mg、Sr 等碱和碱土金属元素

这些元素因在我国南方水系沉积物中大量淋失贫化(水系沉积物与基岩中元素含量比值很低,多在 0.0n~0.4 之间),对岩石分布特征已不具有继承性(任天祥等,1998),不能提供相应的基础地质信息,本文不再予以论述。

中国大陆是一些小克拉通、众多微陆块和造山带组合的复合大陆。众多小、微陆块的软碰撞、多旋回缝合作用以及由此产生的多旋回造山带、多旋回构造-岩浆-成矿作用,给中国大陆浅表地球化学场的形成、发展和元素分布都带来巨大影响。上述一些重要元素的分布特征,基本上反映了我国大陆表壳物质原始组成及其演化过程中形成的构造-岩浆-成矿活动特征。我国 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、W、Sn、Cr、Ni 等矿化活动大多或基本上都是在铁族元素和  $\text{SiO}_2$  异常所揭示的陆块和造山带边缘及各类深大断裂带中进行。Pb、W、Sn、Au、Ag 异常特别 Pb、W、Sn 异常的分布格外引人注目,在华南造山带和藏滇造山带形成巨大的地球化学域或地球化学省,并套合分布许多高强度的区域异常和局部异常,反映了中、新生代以来环太平洋

和特提斯造山运动的矿化活动特征。

## 2 地球化学分区

依据已获取的地球化学资料和前述一些重要元素在水系沉积物中的分布特征，暂将中国大陆浅表地球化学场划分为 2 个一级地球化学区，13 个二级地球化学区。

### 2.1 一级地球化学区：

以中央造山带（姜春发，2002）为界可将中国大陆浅表划分南、北 2 个大区。

**I-1 中国北部地球化学大区：**分布在东昆仑、秦岭-大别以北地区。总体特征是，除  $K_2O$  外，所研究的 20 余种元素中几乎所有亲核亲地幔元素、亲壳元素和成矿元素，其含量分布均比南部低，其异常规模和强度均比南部小和弱。没有出现亲核亲地幔元素和亲壳元素的地球化学域或巨省，也未出现成矿元素的地球化学巨省。铁族元素和  $SiO_2$  的异常带基本沿地台和造山带的边界分布，成矿元素异常的分布明显受断裂构造控制。

**I-2 中国南部地球化学大区：**分布包括东昆仑、秦岭-大别在内的以南地区。总体特点是：几乎所有的元素都呈高背景分布，铁族元素和  $Cu$  等在其西南部形成引人注目的地球化学域， $SiO_2$  在东南部构成巨大的地球化学域， $W$ 、 $Sn$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ 、 $Ag$ 、 $Au$ 、 $U$ 、 $Hg$ 、 $As$ 、 $Sb$ 、 $Mo$ 、 $F$  等都形成规模巨大、强度极高的地球化学省或异常区带。

这里需要说明的是，表生作用对中国南北元素含量的差异产生一定影响，但地质作用仍为主导因素。

### 2.2 二级地球化学区

根据已有资料暂将我国大陆浅表划分为 13 个二级地球化学区(图 5)：华北陆块(II-5)、秦岭-大别(II-6)、祁连(II-7)、东昆仑(II-8)、下扬子(II-9)、上扬子(II-10)、华南(II-11)、西南三江中段(II-12)、雅鲁藏布江中段-怒江上游(II-13)以及尚不完整的阿尔泰-准噶尔(II-4)、天山(II-3)、霍林郭勒-多伦(II-2)、吉林长白(II-13)。

#### (1) 华北陆块(地台)二级地球化学区(II-5)

可划分为华北陆块北缘亚区和华北陆块南缘亚区。陆块中部由于大片覆盖、资料较少，暂未划分。

其基本特征是：①  $Au$  呈高背景分布，铁族元素( $Fe_2O_3$ 、 $Ti$ 、 $V$ 、 $Cr$ 、 $Ni$ 、 $Co$ 、 $Mn$ 、 $P$ )和  $Cu$ 、 $F$ 、 $MgO$  等呈中高背景分布；②  $As$ 、 $Sb$ 、 $Hg$ 、 $W$ 、 $Sn$ 、 $Mo$ 、 $U$ 、 $Nb$ 、 $B$  和  $SiO_2$  等呈低或中低背景分布；③ 区域性异常和异常区主要分布在华北地台的南北缘，其次是分布在太行山断裂带南、北两段。地台南、北缘具有大致相同的异常元素组合： $Au$ 、 $Ag$ 、 $Cu$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ 、 $Mo$ 、 $F$ 、 $U$ 、 $Nb$ 、 $Hg$  以及  $Cr$ 、 $Ni$ 、 $Co$ 、 $P$ 、 $Mg$ 。主要金属成矿元素为  $Au$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ 、 $Ag$ 、 $Cu$ 、 $Mo$ ；但南北缘也有些差异，南缘  $Mo$ 、 $W$ 、 $Pb$ 、 $Nb$  异常更显著；北缘出现  $B$ 、 $K_2O$ 、 $SiO_2$  异常。

#### (2) 秦岭-大别二级地球化学区(II-6)

也可分为秦岭和大别两个亚区。其基本特征是：①  $Cu$  和铁族元素呈高背景分布；② 秦岭亚区除南秦岭  $Sn$ 、 $W$  呈低背景分布外，其它元素均呈高背景域分布；大别山亚区  $Ag$ 、 $Zn$ 、 $W$ 、 $Sn$ 、 $As$ 、 $Mo$ 、 $Sb$ 、 $B$ 、 $F$ 、 $Mg$  等均呈低背景分布；③ 区域异常呈带状分布在深大断裂带上，其中秦岭亚带在整个造山带中异常元素组合最为复杂多样，且异常强度高、规模大。

#### (3) 祁连二级地球化学区(II-7)

祁连地球化学区  $Cu$ 、 $Co$ 、 $Cr$ 、 $Ni$ 、 $Mg$  等亲铁族元素呈高背景分布； $Ag$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ 、 $Hg$ 、 $B$ 、 $Sn$ 、 $W$ 、 $Nb$ 、 $Ti$  等呈低背景分布。在这个区里呈异常分布的元素有  $Cr$ 、 $Ni$ 、 $Cu$ 、 $Au$ 、 $Ag$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ 、 $W$ 、 $Mo$ 、 $Mn$ 、 $As$ 、 $Sb$ 、 $F$  等。其中  $Cr$ 、 $Ni$  异常强度高（三级浓度）、异常连续，其它元素均为呈带状分布的不连续或孤岛状异常，且强度较低（一级浓度）。值得注意的是  $Au$ 、 $W$  在西段异常规模较大、强度较高； $Cu$ 、 $Zn$ 、

Pb、Ag、Mo 等元素异常在中东段大致呈等间距分布,与呈 NW 向分布的断陷盆地的分布基本一致,异常多在盆地边缘。

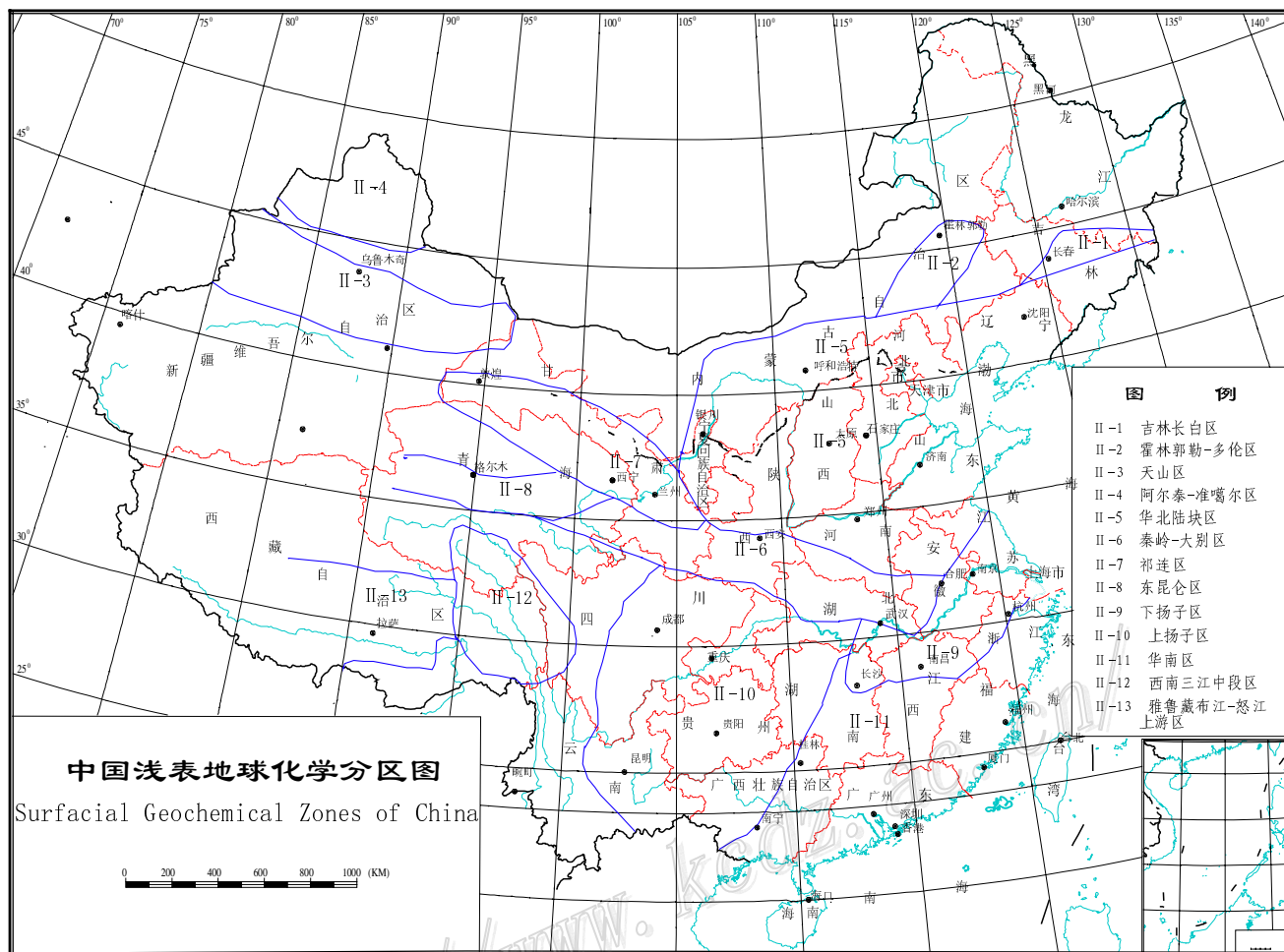


图 5 中国浅表地球化学分区图

Fig. 5 Surficial geochemical zones of China

高强度 Cr、Ni 异常的分布与北祁连缝合线基本一致。可将其作为圈定缝合线的地球化学标志。

#### (4) 东昆仑二级地球化学区 (II-8)

该区与祁连地球化学区显著不同的特点是,铁族元素呈低背景分布;与祁连基本一致的是 Ag、Pb、Zn、Hg、B、Sn、Nb、Ti 等元素均呈低背景分布。该区主要异常元素为 Cu、Au、As、Sb 和 W、Sn。但多为弱异常,且一般规模较小。仅 W、Sn 异常在地球化学区的东段规模较大,有多个浓集中心。

#### (5) 下扬子二级地球化学区 (II-9)

分布在扬子地台长沙~武汉以东地区。在该区铁族元素呈中高背景分布, Au 呈高背景分布,与华北地球化学区一致。与华北陆块地球化学区明显不同的是 Cu、Pb、Zn、Sn、W、Hg、Sb、As、Ag、Mo、B 等元素和 SiO<sub>2</sub> 的含量明显增高,呈高背景或中高背景分布; F、P 明显降低,呈中低背景分布。

该区异常元素多,组合比较复杂,异常多成片、成带分布,且规模较大。主要有长江中下游 Cu、Au、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Mo 异常带,浙西-赣东北 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag、Ni、As、F、Au、U、Sb、Sn、W 异常带,皖南-赣东北 Au 异常区、皖-浙-赣 Sn 异常区等。

#### (6) 上扬子二级地球化学区 (II-10)

包括扬子地台的长沙以西地区和右江造山带。

这个区的突出地球化学特征是，铁族元素呈高背景（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、Cr、Mn）或异常（Co、Ni、V、Ti）分布；Cu、Zn、Hg呈异常分布。上述元素的平均值在全国各区最高。此外Au、Pb、As、Sb、Sn、U、B、F、Mo、Nb、P也呈高背景分布；仅 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 呈低和中低背景分布。

该区铁族元素及Cu、Zn、Hg、Mo、Sb、F、Nb、Pb等元素异常在区内成片、成带分布，强度高，规模巨大。Au、Ag等异常环绕四川盆地周边，向东南扩至右江造山带和华南造山带，呈巨形环状分布。

#### （7）华南二级地球化学区（II-11）

华南地球化学区的突出特点是铁族元素（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、Cr、Ni、Co、Mn、V、Ti）和Cu、Zn等呈低背景域分布； $\text{SiO}_2$ 、Sn、W、Pb、Nb、U、Sb、Mo、Au、Ag、Hg呈高背景分布，其中W、Sn、Pb的平均值已达异常域值；W、Sn、Nb、 $\text{SiO}_2$ 为全国各区中最高。As、Ag、 $\text{K}_2\text{O}$ 为中高背景。

呈高背景或中高背景分布的元素，在华南区均有大规模的区域异常分布。其中Sn、W、U、Pb、Nb、F等已形成规模巨大的地球化学巨省或独具特色的地球化学异常集中区。Cu等呈低背景分布的元素，异常规模较小，强度较弱，往往呈串珠状或孤岛状分布在低背景带中。

#### （8）西南三江中段二级地球化学区（II-12）

铁族元素呈高背景（Cr、Ni）和中高背景（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、Co、Mn、V）分布； $\text{SiO}_2$ 呈低背景分布。

该区呈高背景分布的金属元素有Cu、Au、Pb、Zn、Ag、W、Sn、As、Sb、U、Hg，其中Pb、Sn的算术平均值已达一级异常浓度。该区几乎没有呈低背景分布的元素。

该区Cu、Ag、Pb、Zn、Au、U、Sn、W、Sb、As已形成地球化学省，在这个省中这些元素异常带沿金沙江、澜沧江、怒江缝合带和昌都地块分布，长达数百千米。

#### （9）雅鲁藏布江中段-怒江上游二级地球化学区（II-13）

该区 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 呈高背景；铁族元素除Cr、Ni外均呈低背景。呈高背景和中高背景的金属元素有Au、Pb、W、As及Sb、Sn、U等。

该区异常多呈近EW向和NEE向分布，具有明显的分带性，大致可划分为两个大的异常区：雅鲁藏布江缝合带铁族元素（Fe、Cr、Ni、Co、V）及Cu、Zn、Au、Hg、As、Sb异常区，改则-那曲造山带中段Cu、Au、Pb、Zn、Ag、U、W、Sn、Mo、As异常区。

Cr、Ni、Hg异常带沿雅鲁藏布江南岸呈EW向和沿怒江北岸呈EW-NW向分布。它们可作为雅鲁藏布江缝合带和班公措-怒江缝合带显示的地球化学标志。

#### （10）阿尔泰-准噶尔二级地球化学区（II-4）

呈高背景域分区的元素为Cu、Fe族元素、W、U和 $\text{K}_2\text{O}$ ，其余元素呈低背景分布。沿额尔齐斯、纳尔曼德和伊利克得断裂有Cr、Ni、Cu、W、Au、U异常分布。

#### （11）天山二级地球化学区（II-3）

在西天山呈高背景分布的元素有 $\text{K}_2\text{O}$ 、As、F、Cu、U、Ni等。Au、Cu、Pb、Zn、Ag、As、Mo、Sn、W、U、F、Cr、Ni、Mn等元素异常沿NW向断裂带串珠状分布。东天山和北天山，呈高背景分布的元素为Mo、Cu、Au、 $\text{K}_2\text{O}$ 。并分布有Cu、Au等异常。

#### （12）霍林郭勒-多伦二级地球化学区（II-2）

位于北山-内蒙古-吉林造山带的中东部。呈高背景分布的元素为 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、Pb、Zn、As、Sb、Mo。其显著特点是：W、Sn、Pb、Ag、Zn、As、Mo、Cr、Ni、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{SiO}_2$ 异常呈NE向分布，其中Sn、Pb、As、Zn、Ag、Mo、W异常带具有相当规模。

#### （13）吉黑长白二级地球化学区（II-1）

目前该区黑龙江的资料较少，暂以吉林资料为主做一简要概述。该区呈高背景分布的元素为铁族元素和Mo、Hg、Ag。呈异常分布的元素有Cu、Ni、Cr、Co、Au、Ag、U等。

## 3 结论

依据 1997 年 1:500 万中国地球化学图编图数据, 本文对中国浅表地球化学场特征作了初步研究。由于中国区域化探全国扫面计划还在进行中, 随着资料的积累, 这项研究将会进一步深入。从目前已获得的资料研究可以看出:

(1) 亲核亲地幔的铁族元素主要在古中华陆块群中富集。其中扬子准地台富集程度最高, 并在其西南隅形成一个规模巨大的铁族元素和 Cu 的地球化学域。亲壳元素 Si 和 K 主要在造山带中富集, 其中在华南造山带形成了一个面积达 140 万  $\text{Km}^2$  的 Si、K 地球化学域。铁族元素和 Si、K 元素的高、低背景场和异常场分布, 展现出了中国大陆构造格架的基本格局。

(2) Cu、Au 的高值区、带和异常主要分布在陆块的边缘或边部, 及原岩为基性、超基性火山岩的太古宙地层分区 (主要为 Au) 和元古宙地层分布区 (主要为 Cu)。Pb、Ag、W、Sn 等元素的高值区、带和异常主要分布在构造岩浆活动强烈的造山带。上述元素划分出的不同级次的地球化学异常与已知成矿省、成矿区带有较好的对应关系, 可以作为划分成矿省、成矿区带及圈定新的成矿远景区带的重要依据。

(3) 以中央造山带为界将中国大陆浅表划分为南、北 2 个大的一级地球化学区。依据 Fe、Cr、Ni、Co、Mn、Si、K、Cu、Pb、Zn、Ag、Au、W、Sn、Mo、Nb、U、B、Hg、F、P、As、Sb 等 20 余个元素的含量分布与组合特征, 进一步划分出 13 个二级地球化学区。二级地球化学区的分区可为中国成矿省的划分提供地球化学依据。

#### 参 考 文 献

陈毓川. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社. 88~95, 119~495.

郭文魁. 1987. 中国内生金属成矿图及说明书[M]. 北京: 地质出版社. 39~42.

姜春发. 2002. 中央造山带几个主要地质问题及研究进展[J]. 地质通报. 21 (8-9): 453~455.

任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 等. 1999. 中国及邻区大地构造图及简要说明[M]. 北京: 地质出版社. 9~34.

任天祥, 伍宗华, 羌荣生. 1998. 区域化探异常筛选与查证的方法技术[M]. 北京: 地质出版社. 8~15.

谢学锦. 1999. 矿产勘查的新战略[A]. 见: 谢学锦, 邵跃, 王学求. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社. 3~7.

## Basic Characteristics of Surficial Geochemical Fields in China

Ren Tianxiang<sup>1</sup> and Wang Mingqi<sup>2</sup>

( 1 Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang 065000, Hebei, China; 2 China University of Geosciences, Beijing 100083, China )

#### Abstract

In surficial geochemical fields of China, nucleophile and mantlephile iron group elements are concentrated in paleo-Sino landmass groups and show distribution of high background or anomalous fields, whereas crustphile Si and K are comparatively concentrated in orogenic belts. Based on the distribution of high and low background fields as well as anomalous geochemical fields, we can roughly determine the boundaries of landmasses, platforms and orogenic belts, and indicate positions of the main suture zones and major deep faults. The

distribution of such ore-forming elements as Cu, Pb, Au, W, Sn, Ag, Zn, Mo, Cr and Ni is closely related to faults, magmatism and ore-forming activities, and most anomalous fields of these elements are concentrated on the edges of landmasses, orogenic belts or major deep faults. According to sizes and origins of the anomalies, several geochemical domains, provinces and zones can be distinguished, among which the giant Cu, Pb, W, Sn domains or provinces are extremely remarkable. On the basis of the surficial geochemical features of more than 20 elements, China can be tentatively divided into two first-grade geochemical areas and thirteen second-grade geochemical areas.

**Key words:** geochemical field, geochemical zone

<http://www.kcdz.ac.cn/>