

区域化探资料在全国矿产资源 潜力评价中的应用

向运川

中国地质调查局发展研究中心

2015年10月22日 天津



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

主要内容

- 化探资料应用基础
- 基础地质问题研究
- 资源潜力评价应用
- 地球化学定量预测
- 应用展望



化探资料应用基础



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

数据基础

一、1:20万及1:50万区域化探资料

自1978年开始，全国范围内开展了区域地球化学勘查(水系沉积物测量)，统一规范，统一标准。30多年来，获得了数百万件样品，分析元素39种完成覆盖面积近700km²，取得了高质量的地球化学数据，是本次潜力评价的重要数据基础。

二、1:25万多目标地球化学调查数据

收集了1999年-2013年，全国多目标区域地球化学调查数据，利用深层土壤样分析数据进行全国39个元素地球化学图平原区部分图件编制的数据库补充。

三、中大比例尺化探资料应用

收集大量1:5万-10万地球化学数据（包括土壤测量和岩石地球化学资料等），主要应用于典型矿床矿区单元素异常图、矿区异常剖析图、典型矿床地球化学异常模式图等图件的编制，以及预测工作区找矿靶区的圈定研究。

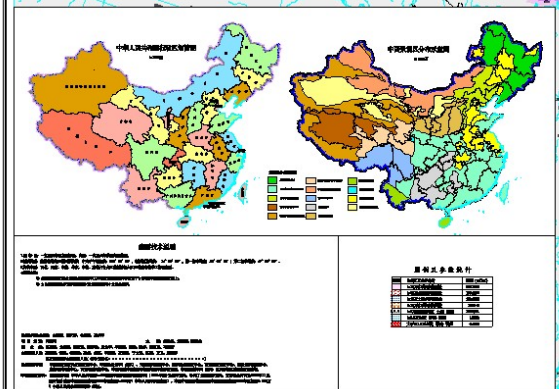
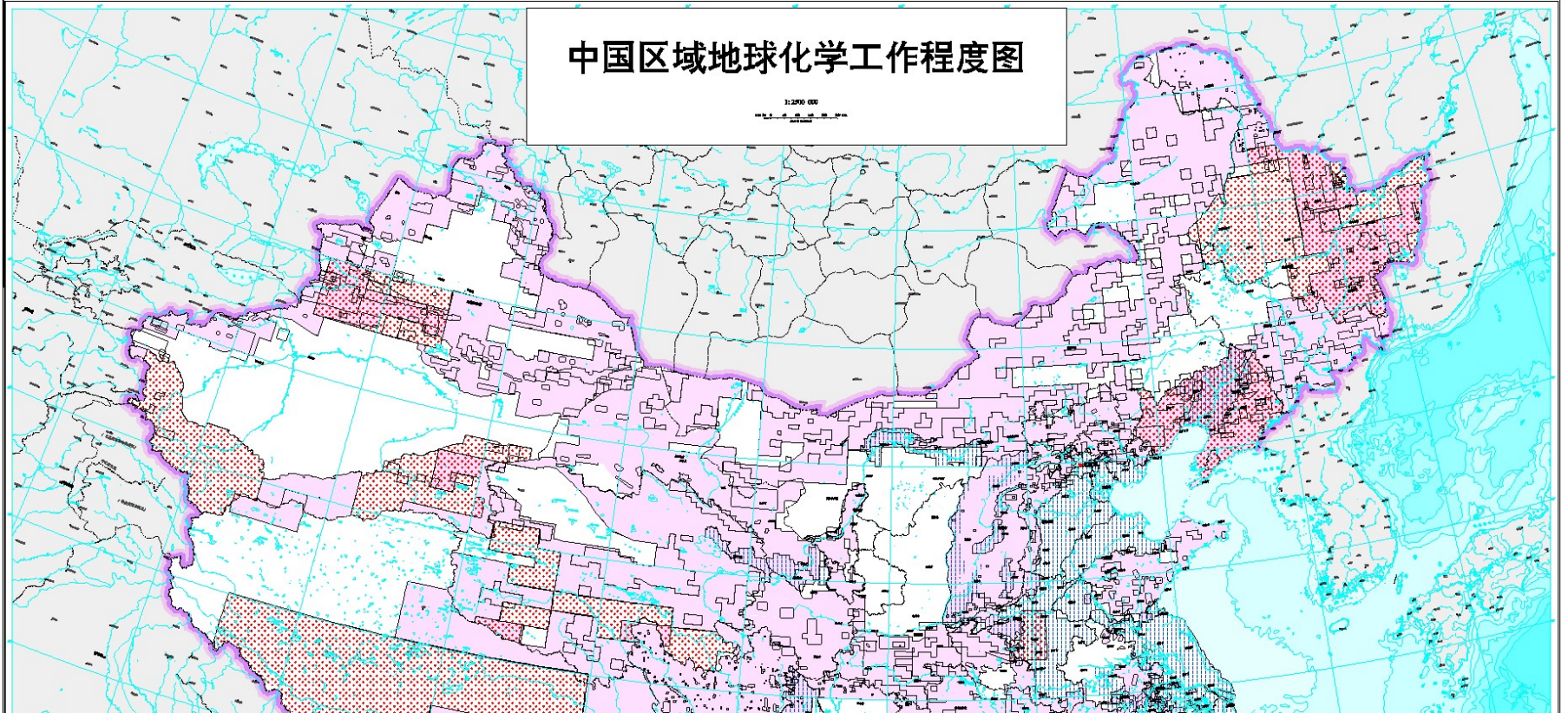
四、其他数据利用

收集了内蒙和新疆北部部分1:100万水系沉积物数据网格化加密后用于全国单元素地球化学图的编制。



中国区域地球化学工作程度图

1:250 000



序号	比例尺及采样介质	覆盖面积 (单位: 万 平方公里)
1	1:20万水系沉积物测量	610
2	1:50万水系沉积物测量	164
3	1:25万土壤多目标地球化学调查	159
4	1:10万水系沉积物测量	23
5	1:5万水系沉积物(土壤)测量	153
6	1:2.5万土壤(岩石测量)测量	1.8
7	大于1:2.5万土壤(岩石测量)测量	4.4

全国地球化学编图数据分布范围



图例

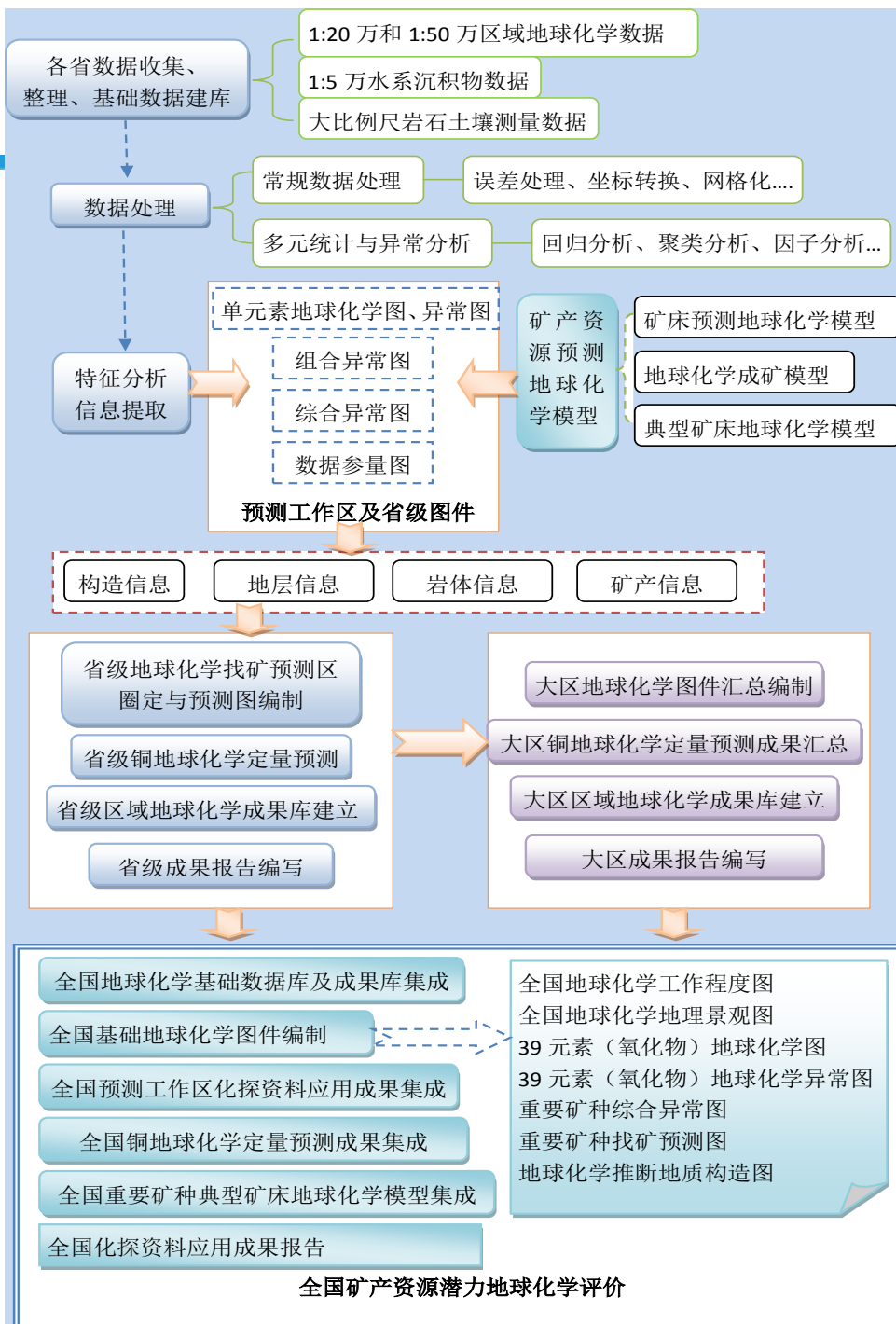
- 1:20万水系沉积物测量
- 1:50万水系沉积物测量
- 1:25万土壤多目标调查
- 1:100万水系沉积物测量

技术思路

编制矿产资源潜力评价化探资料应用技术要求用于统一指导全国化探资料应用的开展，各省全面搜集不同时期不同比例尺化探数据、成果资料，分析其可利用程度，编制地球化学基础性图件，选定与地球化学有关的成矿预测区，根据所显示地球化学的信息要素，研究典型矿床地球化学特征，建立典型矿床地球化学模型（式），圈定找矿预测区和靶区，为省级预测工作区提供地球化学预测要素；开展铜矿的潜在资源量地球化学定量预测。在此基础上，分别完成大区和全国化探资料应用的集成与汇总。



技术流程



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

编图方法技术

统一按照《化探资料应用要求》编制各类图件

1、省级与预测工作区图件

2、大区级图件

3、全国性图件

- ▶ 全国汇总组统一成图，如全国地球化学地理景观图。
- ▶ 全国范围重新成图，主要为全国39个元素的地球化学图。
- ▶ 以各大区编汇的图件为编图基础进行汇编，包括地球化学工作程度图、地球化学单元素异常图、地球化学综合异常图、地球化学找矿预测图等。



基础地质问题研究



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

充分利用各省、大区地球化学数据和编图成果，编制全国性的地球化学系列图件，研究地球化学特征，以及解决基础地质问题和矿产资源潜力评价的应用

- 地球化学地理景观图
- 单元素地球化学图
- 单元素地球化学异常图
- 组合与综合异常图
- 单矿种地球化学找矿预测图
- 多矿种地球化学综合预测图



区域地球化学地理景观特征



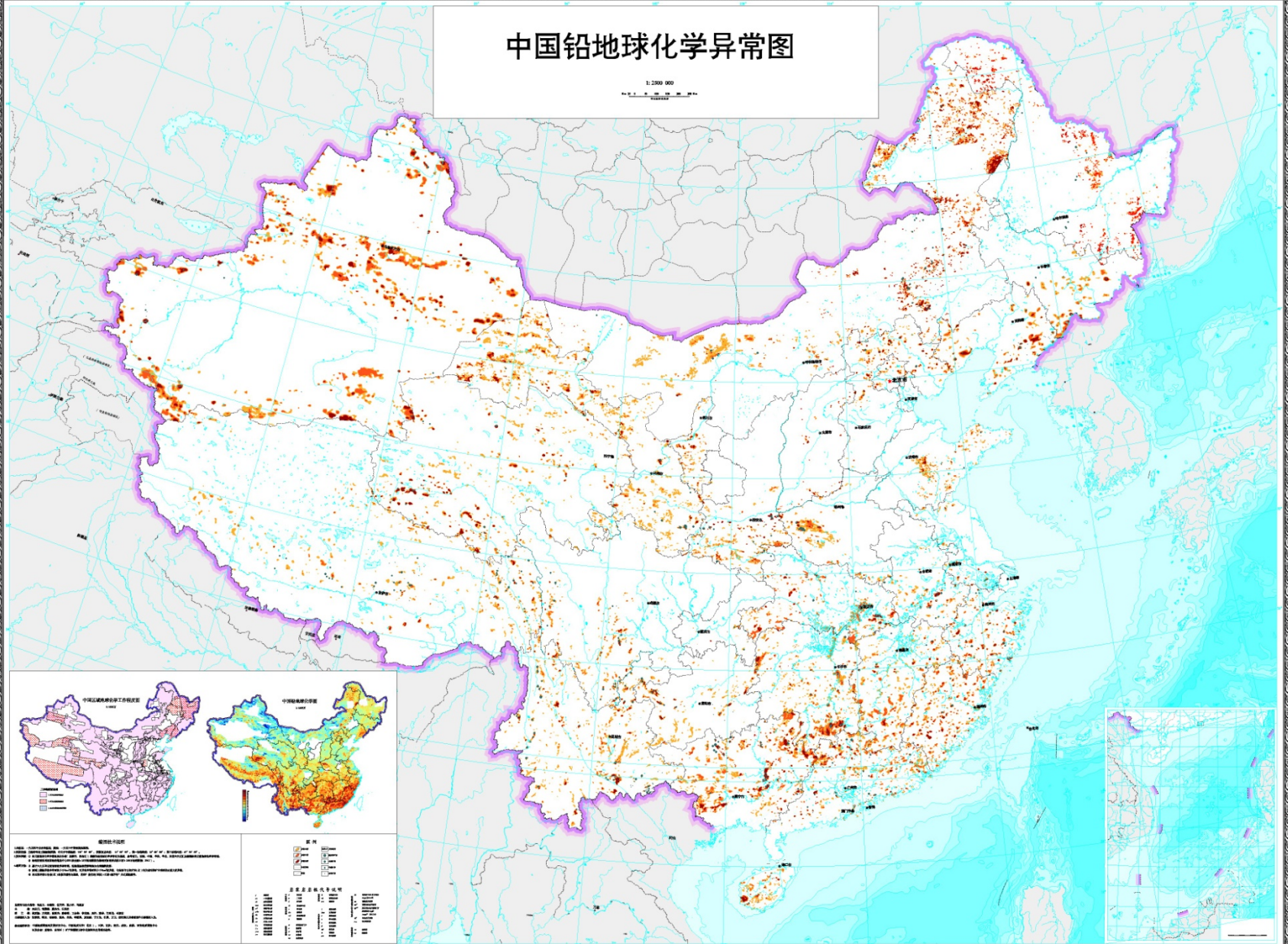
全国划分为14个一级景观区



39元素地球化学异常图

中国铅地球化学异常图

1:2500 000

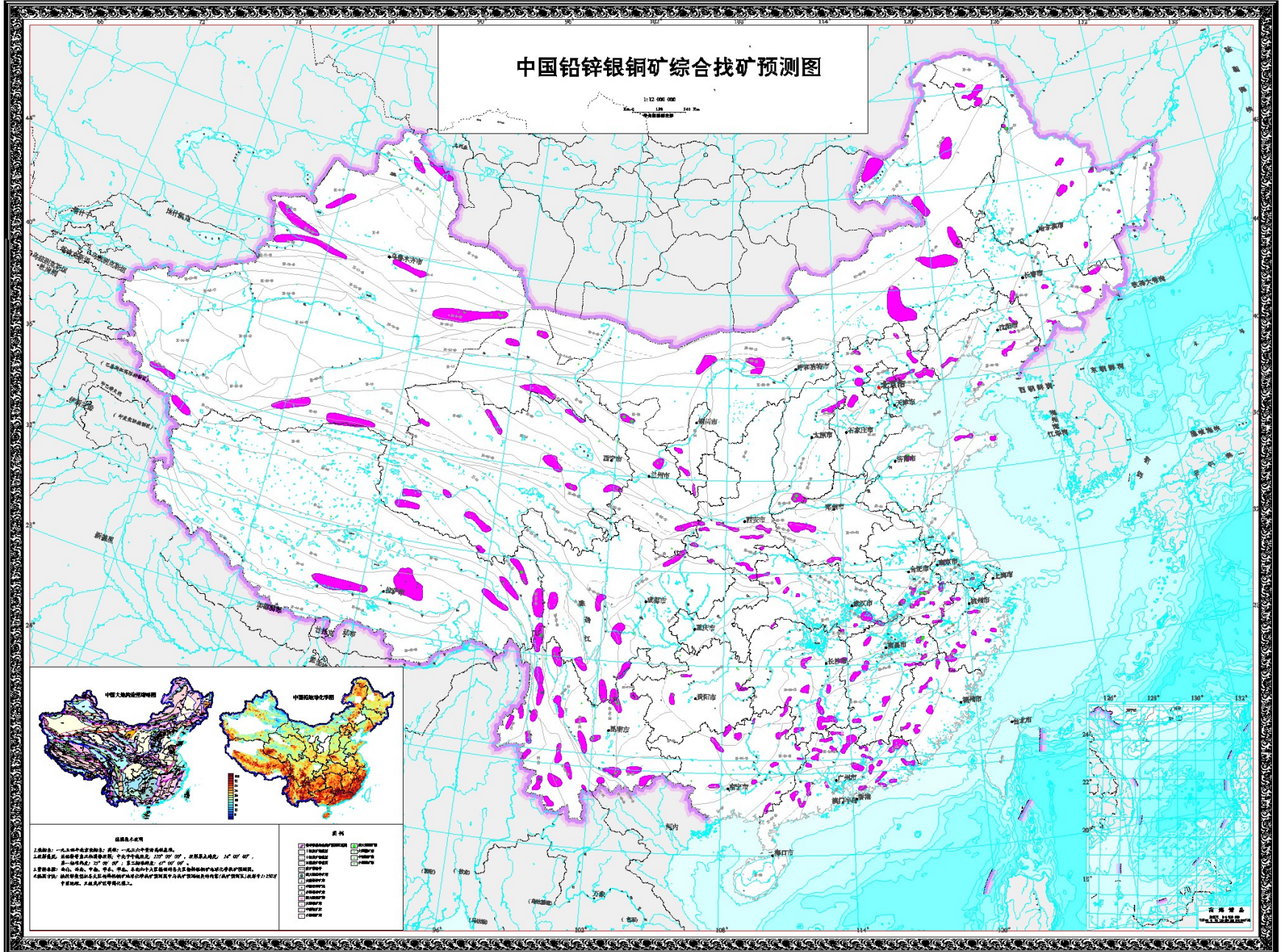


11个单矿种地球化学找矿预测图（组合异常、综合异常）



地球化学综合找矿预测图（基于单矿种找矿预测图）

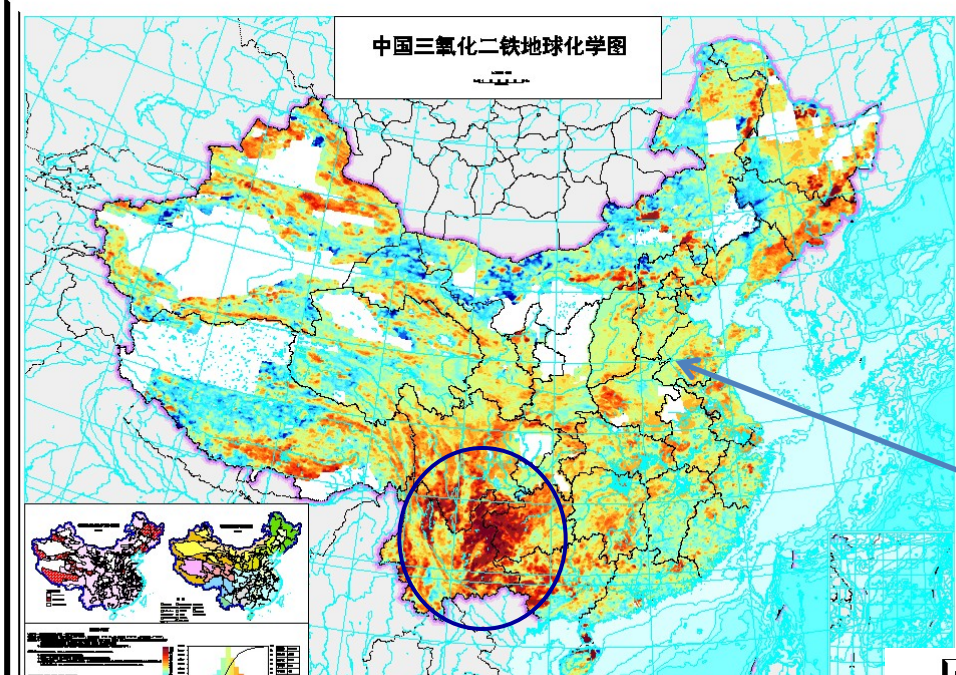
中国铅锌银铜矿综合找矿预测图



中国区域地球化学背景特征

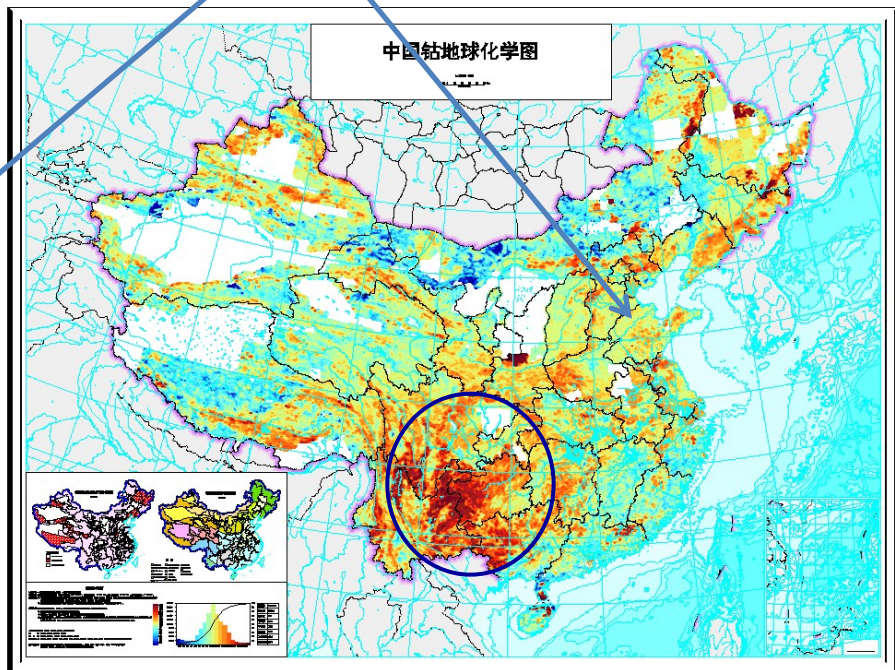
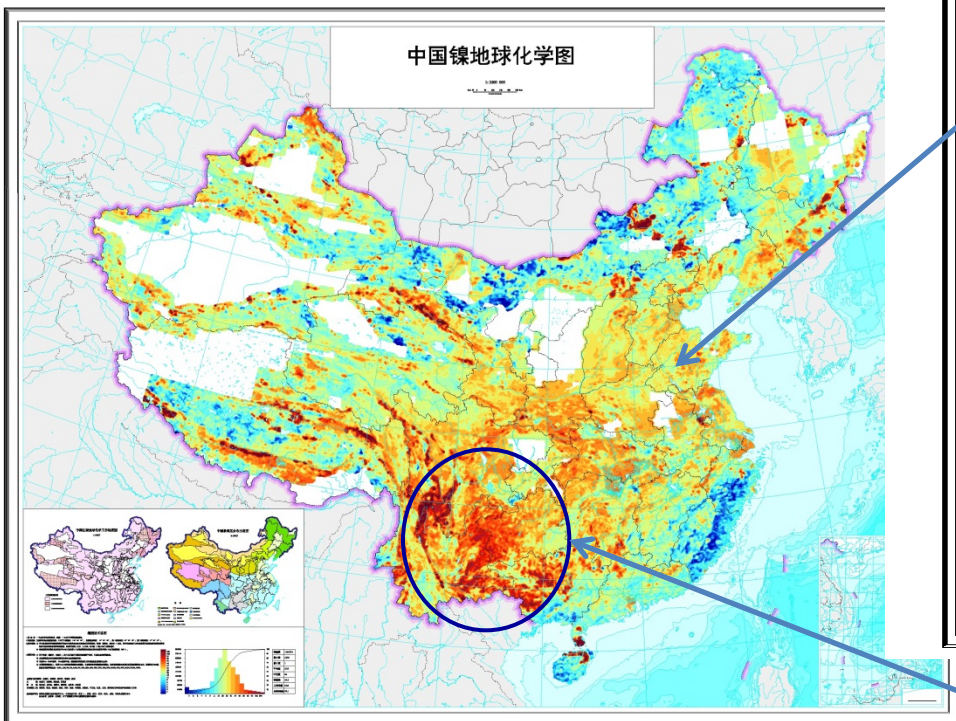


中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY



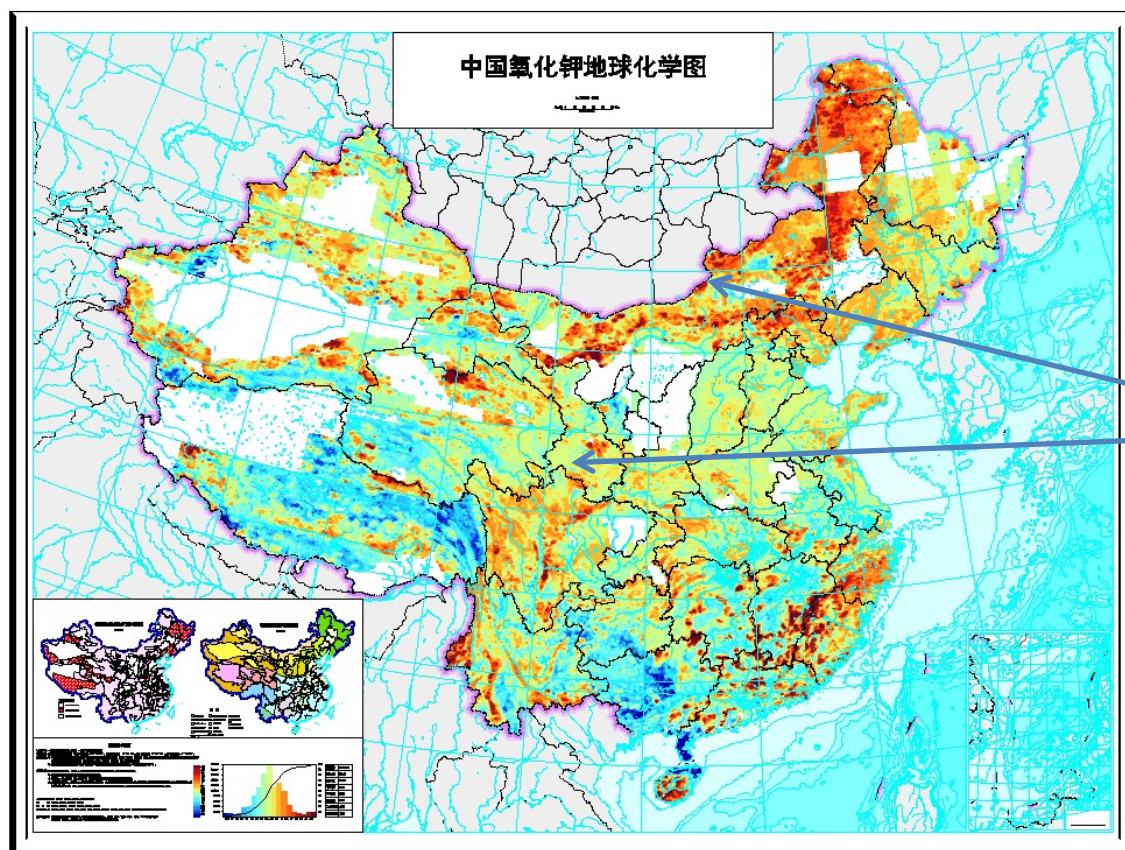
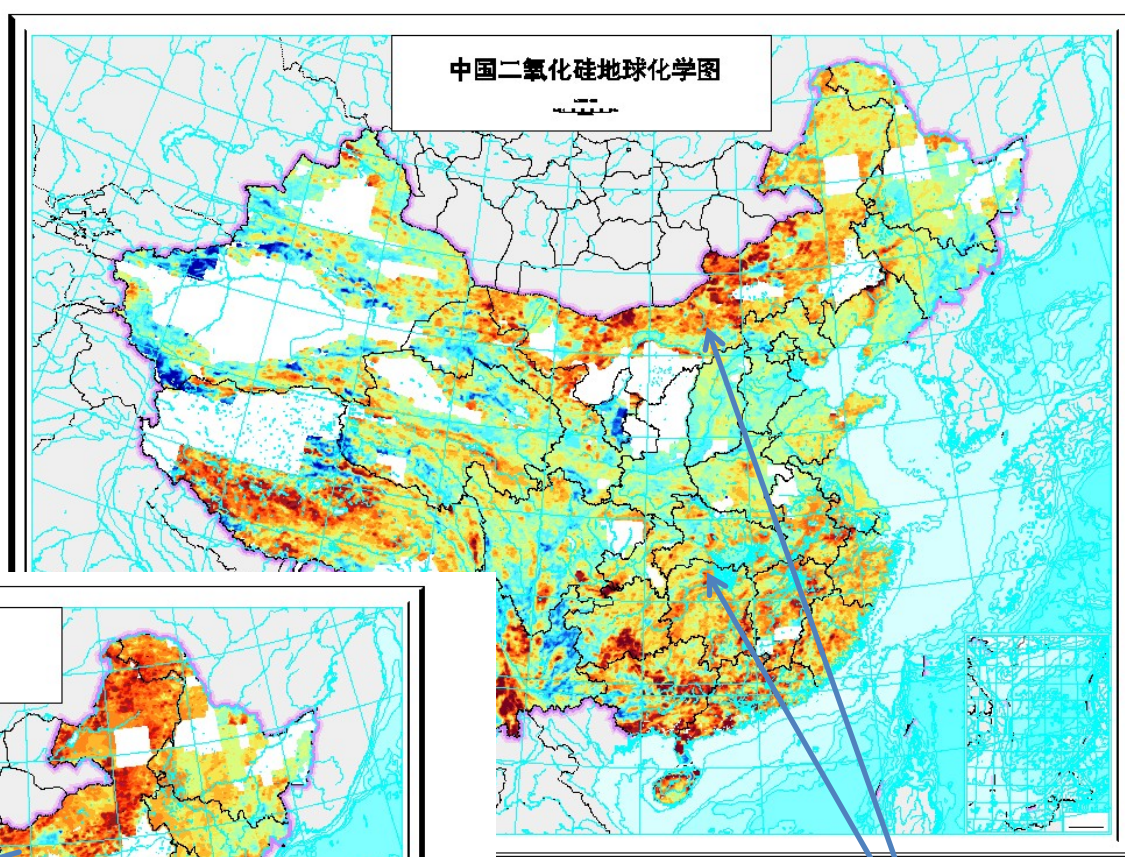
铁族元素 (Fe、Co、Ni、V、Cr、Mn和Ti) 在中国区域地球化学场的分布有三个特点：
 (1) 在古中华陆块群分布区均呈高背景分布；
 (2) 异常带呈近EW向、NE向、NW向和SN向构成立交桥式分布；
 (3) 在川、滇、黔存在一个巨大的铁族元素地球化学域，并分布有规模巨大的Pb、Zn、Mo、U、F、B、As、Sb、Hg等异常带，且具分带现象。

高背景



铁族元素地球化学域

亲壳元素Si、K等在造山带呈高背景域或异常分布。在SiO₂地球化学域内，亲铜元素、钨钼族、放射性及矿化剂元素不仅呈大规模异常分布，而且从东南向西北展现明显的分带现象。Pb、U、Nb、Ag、Mo、Zn异常带分布，与K₂O异常及高背景域分布大致吻合。



高背景及异常分布

区域地球化学分布规律

- 1古亚洲地球化学域 2秦祁昆地球化学域
- 3特提斯地球化学域 4扬子地球化学域
- 5滨太平洋地球化学域

全国二级地球化学省划分方案

基于上述元素空间分布规律，参考中国二级成矿省划分方案和中国地势图，本研究提出中国二级元素地球化学省划分方案。全国共划分出5个地球化学域、25个地球化学省。

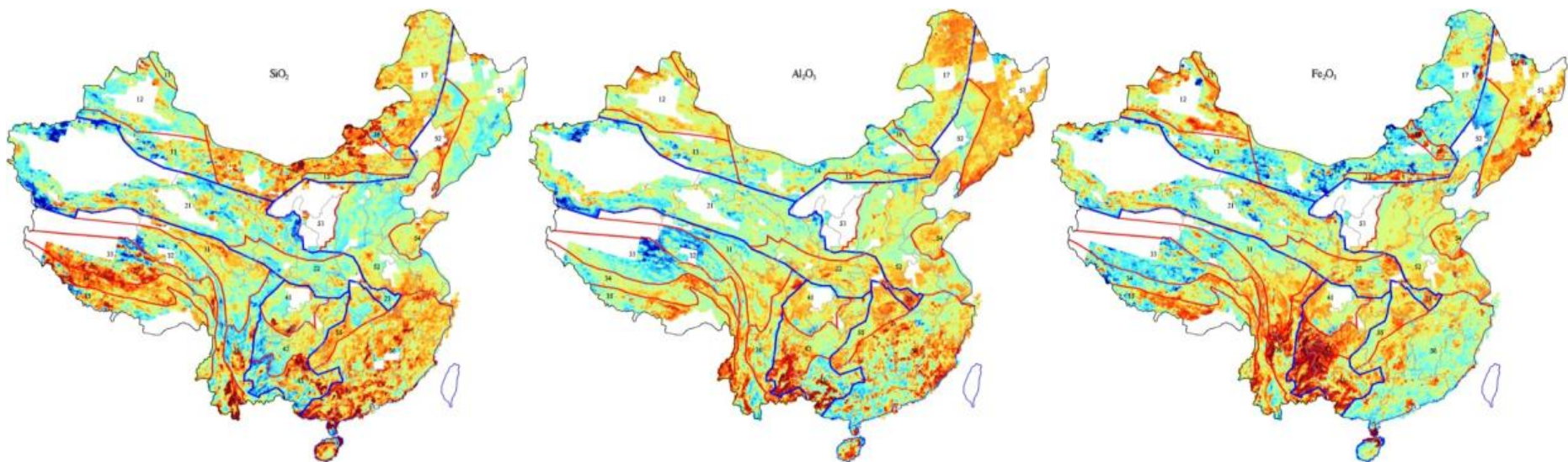


中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

各元素在地球化学省分布规律研究

主量元素 (SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 、 Ti 、 P 、 Mn) 空间分布规律

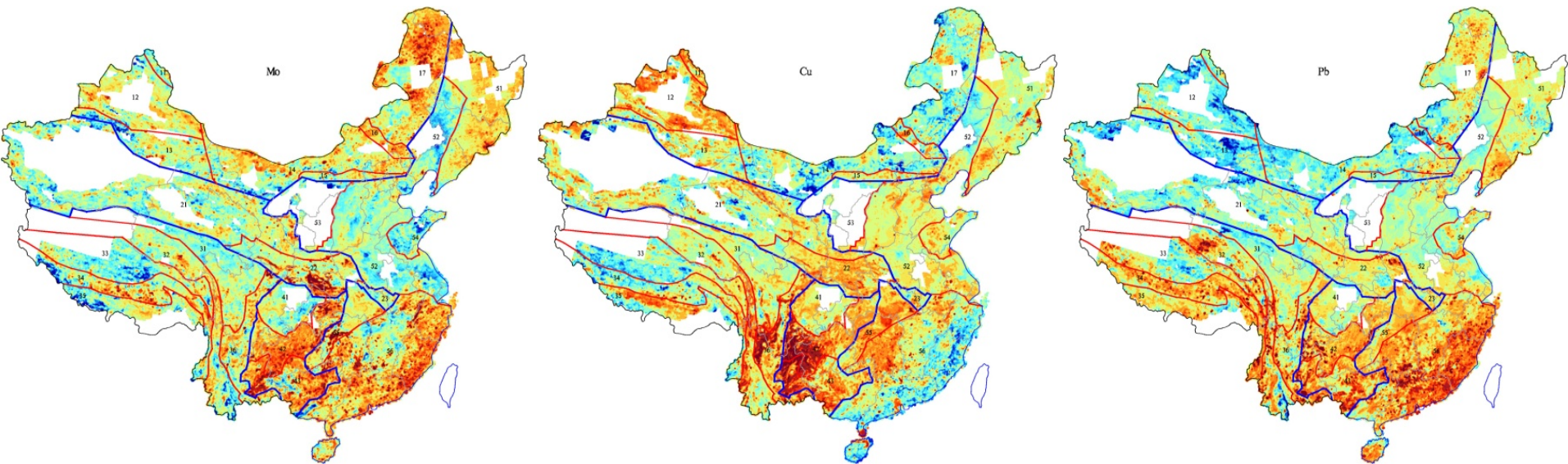
如： Al_2O_3 主要在6个区带内显著富集：(1) 大兴安岭一带，尤其是大兴安岭北段，即大兴安岭成矿省的北段；(2) 长白山一带，即吉黑成矿省的东部和华北成矿省的东北部地区；(3) 怒江-横断山-念青唐古拉山弧形带，即三江成矿省和腾冲成矿省一带；(4) 六诏山-苗岭-乌蒙山一带，即扬子成矿省与华南成矿省的西南部；(5) 四川盆地西缘-大巴山-秦岭-大别山一带，即扬子成矿省与松潘成矿省交界一带和秦岭-大别成矿省东段；(6) 中南与华东区内的湘鄂赣交界区幕阜山、赣西-粤东-闽区内山系发育地带、钦州-梧州-清远-河源-揭西一带，即扬子成矿省东部与中南部区及华南成矿省。



各元素在地球化学省分布规律研究

主要成矿元素 (W、Sn、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn、Cd、Au、Ag、As、Sb、Hg) 空间分布规律

如：Mo元素主要在6个成矿省显著富集：（1）华南成矿省；（2）扬子成矿省的中部和东部；（3）大兴安岭成矿省的北部；（4）吉黑成矿省的东部；（5）冈底斯-腾冲成矿省的南部；（6）秦岭-大别成矿省的中部和南部。



地球化学推断地质构造

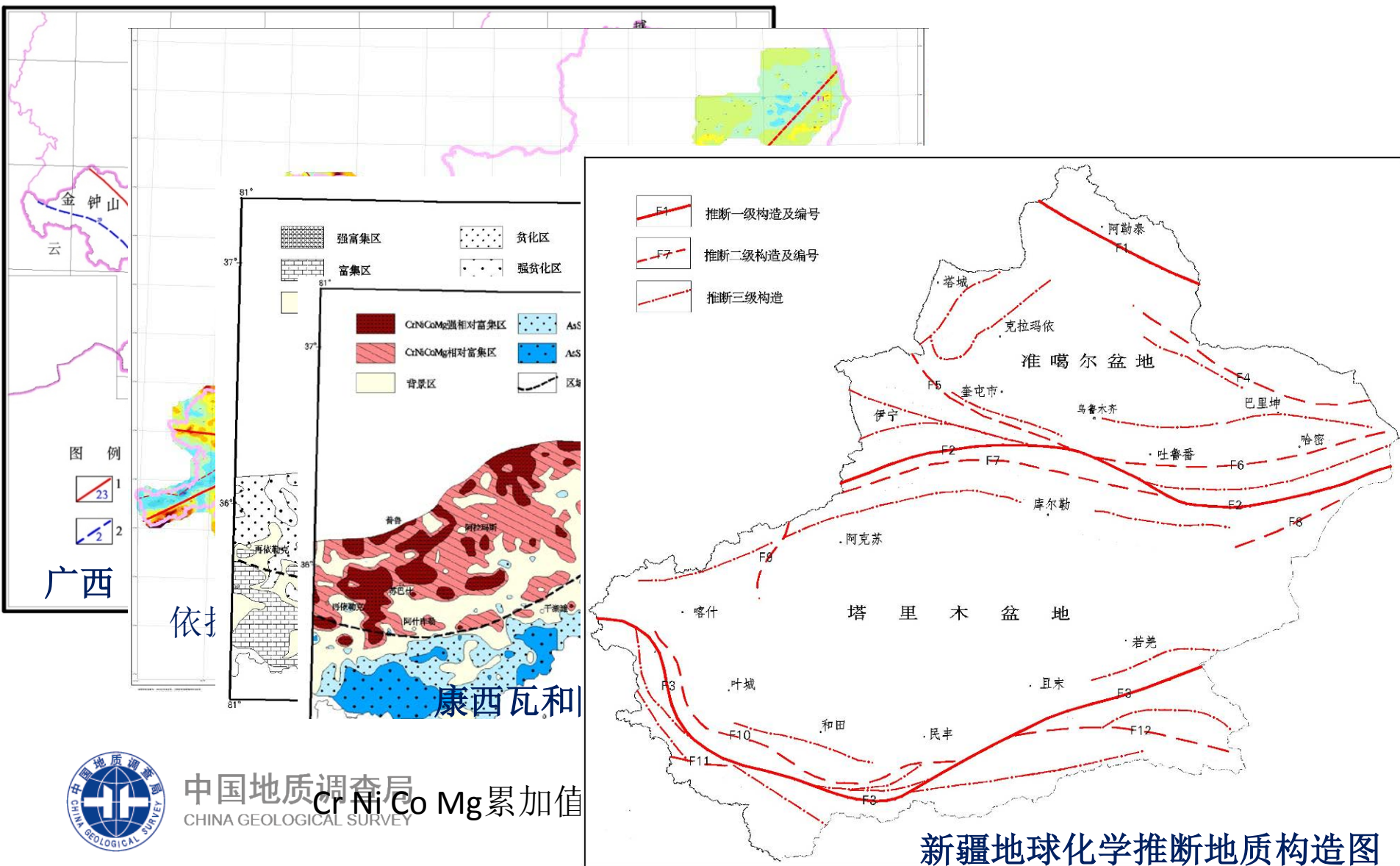
通过研究元素在区域范围内的分布和分配差异以及地球化学异常的几何形态、面积、展布走向、排列组合和元素共生组合相关程度、元素序列及分带性、元素丰度及浓度分带特征等，总结出地球化学反应地质构造特征的指标体系。

地球化学异常及元素的有规律组合并按某种方式呈一定方向的线性(串珠状、等轴状、等距性)分布和特殊排列组合及其变化，是地质构造活动所引起的地球化学活动的结果。伴随着地质构造活动过程，也同时进行地球化学活动。地球化学活动过程，必然贯穿于整个地质构造作用的始终。从这个意义来说，地球化学异常就是地质构造存在的重要形迹。其地球化学场的宏观特征，往往反映区域地质构造存在及其活动方式特征。

推断地质构造采用的指标体系

序号	地球化学类别	具体指标	备注
1	以铁族元素为主的指标	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Mn	普遍采用铁族元素
2		Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、SiO ₂	
3		Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Mn、P	
4		Cr、Ni、Co、V、Cu、Bi	
5		Cr、Ni、Mg、Au	
6		Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Mn、Cu、Nb、Y、SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 、MgO	
7		Fe ₂ O ₃ 、Ni	
8	以中温热液元素为主的指标	Cu、Pb、Zn、Cd	少数采用中温热液元素
9		Cu、Pb、Zn、Ag	
10		Cu、Pb、Ag、As、Hg、B、Ni	
11		Pb、Ag、Bi、As、Sb	
12		Cu、Au	
13		Zn	
14		Cu	
15	以低温热液元素为主的指标	Au、Ag、As、Sb、Hg	多数采用低温热液元素
16		Au、As、Sb、Hg	
17		Ag、As、Pb	
18		As、Sb、B	
19		As、Sb、B	
20		As	
21		Sb	
22	Hg		
23	以矿化剂元素为主的指标	F、B、P	多数采用矿化剂元素
24		F、B、P、Be、Li	
25		F	
26		B	
27		P	
28	其它类型指标	$(Cr+Ni+Co+Mg)/(As+Sb+Li+B)$	个别使用特定
29		$(W+Bi+B)/(Ba+As+Sr+CaO)$	
30		$(W+Sn+Bi+U+Th+La+Nb+Be+Y+F)/(As+Sb)$	
31		As、Sb、Hg、P、Fe ₂ O ₃ 、MgO、Ag	
32		K ₂ O、Na ₂ O、Sr	
33		W、F	
34		Be、Sn、F	
35		Ba、V	
36		Hg、Be	
37		La	

地球化学推断地质构造



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY
Cr Ni Co Mg累加值

新疆地球化学推断地质构造图

地球化学推断岩体

利用不同性质的地质体元素含量及组合等存在明显差异，相同或相似地质体，有相同或相似的地球化学特征。应用“相似类比”理论来进行地质体有无及分布范围推断。

根据区域地球化学分析数据，通过对数据进行不同类型的处理，建立相应中酸性隐伏岩体推断的区域模型，并通过对推断的隐伏岩体进行总结分析，为岩浆岩型矿床的预测提供地球化学资料。

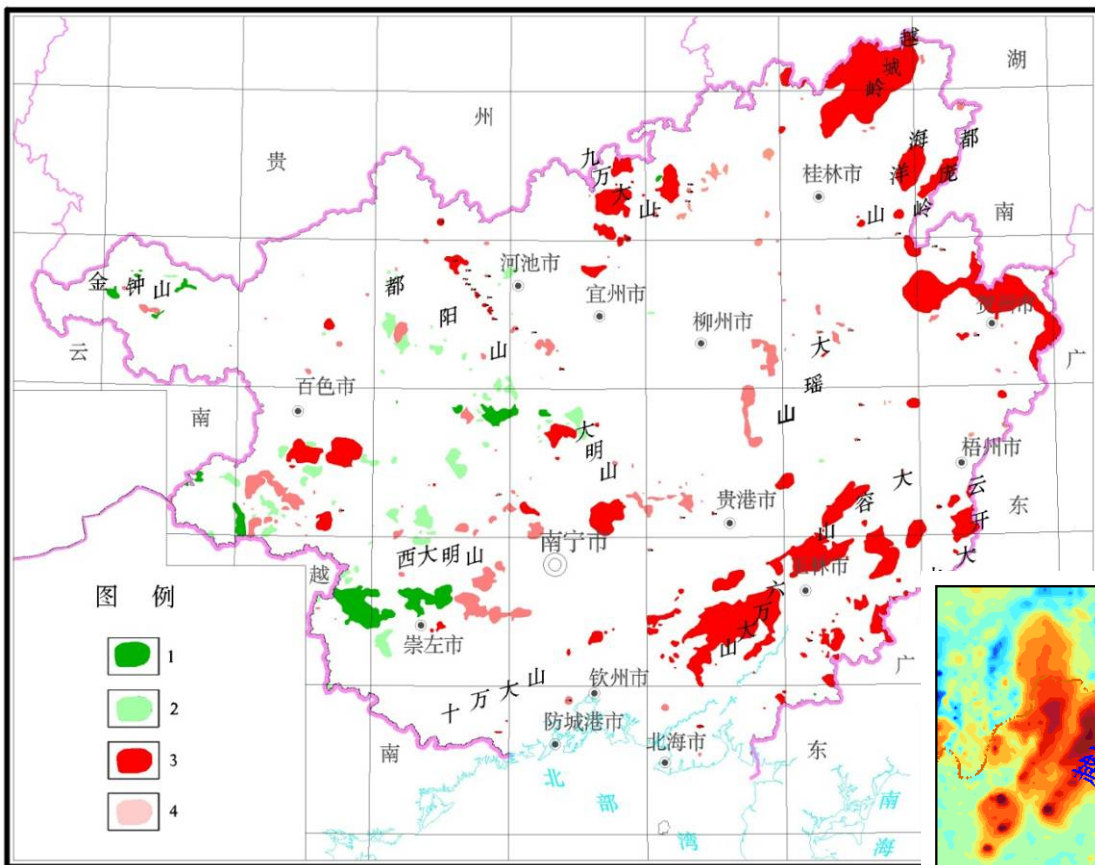


中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

推断地质体采用的指标体系

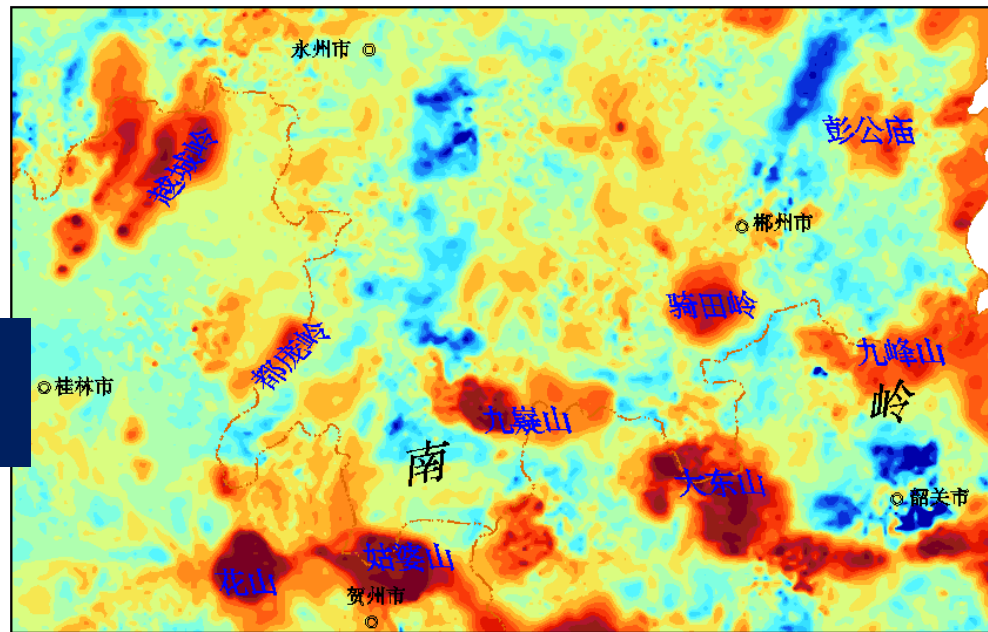
序号	基性-超基性岩	中-酸性岩	富碱侵入岩	绿岩地体(处)
1	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Mn	Ba、Sr、La、Zr、Al ₂ O ₃ 、K ₂ O、Na ₂ O	Na ₂ O+K ₂ O	Cr、Ni、Co、V、MgO、Fe ₂ O ₃
2	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Mn、Cu、P	K ₂ O、Al、Na ₂ O、Th、SiO ₂	Be、Li、Y	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Mn
3	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Zn、Cu	K ₂ O、Al、Nb、La、Th、Y	Zr、Mn、La、Ti、Nb	Cr、Ni、Cu、Fe ₂ O ₃ 、P
4	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Mn、Au	Be、Rb、F、La、Y、U、Th、Nb	La、Th、U、Y、Zr、K ₂ O	Cr、Co、V、Fe ₂ O ₃ 、Mn、Cu
5	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、MgO、P	B、Li、Ca、Na ₂ O、Sr	K ₂ O、Rb、Li、Be、Sn	Co、V、Fe、Ti、Mn
6	Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃	Be、La、Zr、Y、Th	Be、F、La、Mo、P、Rb、Sr、K ₂ O、U	P/Nb+Cr/Nb+Ni/Nb
7	Ni、Co、V、Ti、Fe ₂ O ₃ 、Cd、MgO	La、Th、U、Y、Zr、K ₂ O		
8	Cr+Ni+Co	Nb、Zr、Y、Be、La、Th		
9		Rb、Th、U、K ₂ O、Na ₂ O		
10		F、Be、Sn		
11		SiO ₂ 、K ₂ O、CaO、MgO		
12		Sr、La、Zr		
13		Sr、Na ₂ O		
14		Th、La、Zr		
15		Ba、V		
16		Y、Th、Nb、U、La		
17		Zr、La、Nb、Th		
18		Zr、SiO ₂		
19		U、Th		
20		La		
21		Nb		
22		F、B、P		
23		W、Mo、Sn、Bi、Pb、Zn、Ag		
24		W、Sn、Mo、Bi、Cu、As		
25		W、Sn、Bi、Mo		
26		W、Bi、Be、Mo		
27		W、Sn、Bi		
28		W、Sn、Mo		
29		Ag、As、Pb		
30		(Y+Th+U+Zr+La+K ₂ O+Be+Al ₂ O ₃) / (Fe ₂ O ₃ +V+Ti+Co+Cr+Ni)		
31		Y/Co+Y/Ti/+Y/V		
32		Cd/La+W/La		
备注	采用CaO、MgO；CaO、MgO、Ni；Ba、Sr、CaO、Na ₂ O；MgO、CaO、Sr、P、F、K ₂ O、As、Cd、Zn 四套组合元素推断碳酸盐岩分布区。			

地球化学推断岩体



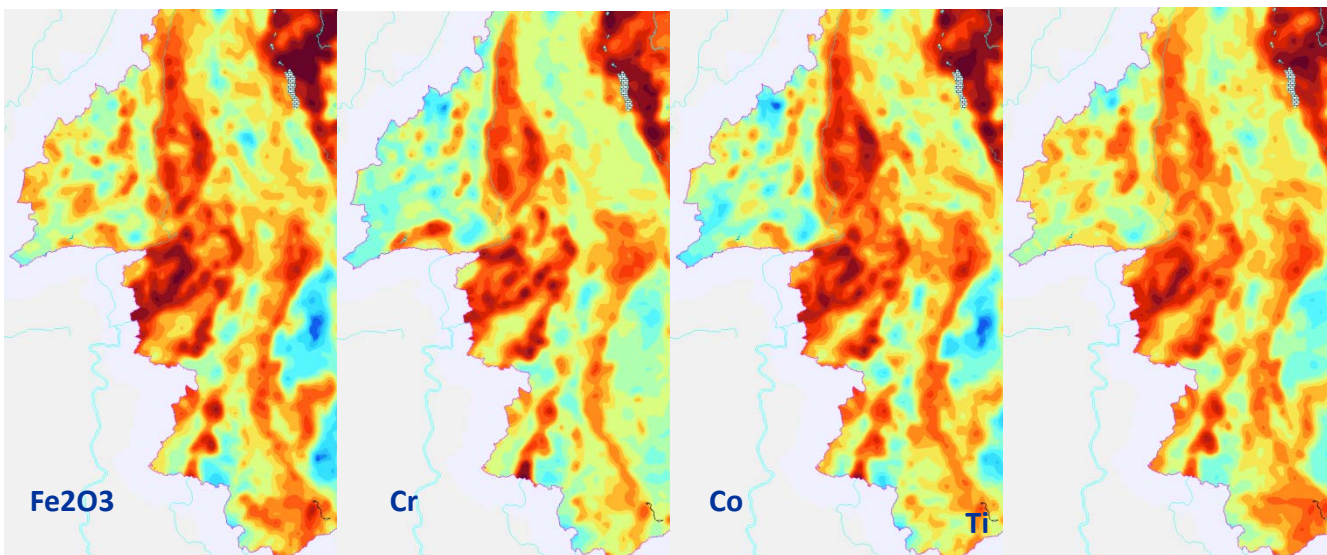
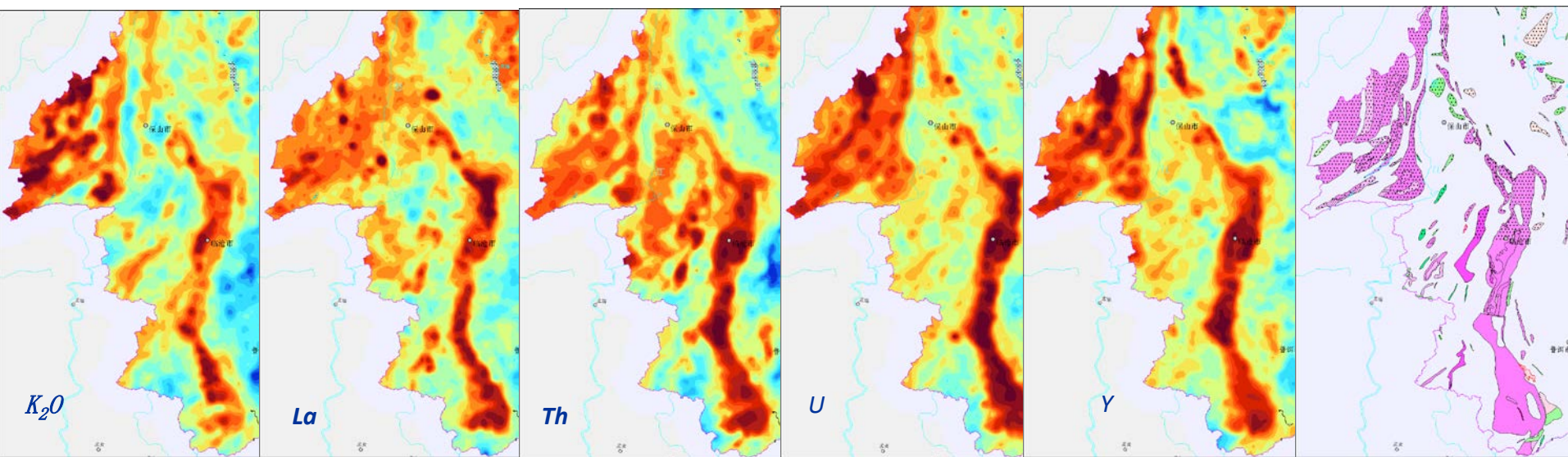
- 1-推断与已知吻合基性-超基性岩体范围
- 2-推断基性-超基性岩浆岩
- 3-推断与已知吻合酸性岩体
- 4-推断酸性岩浆岩（广西）

中南Th地球化学图局部（清晰地反映了岩体出露范围）



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

云南三江酸性岩体球化学推断模型

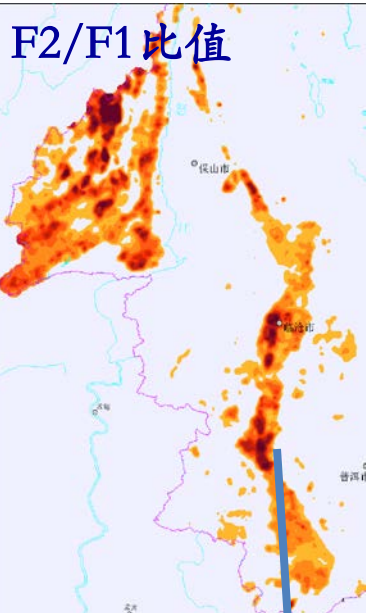
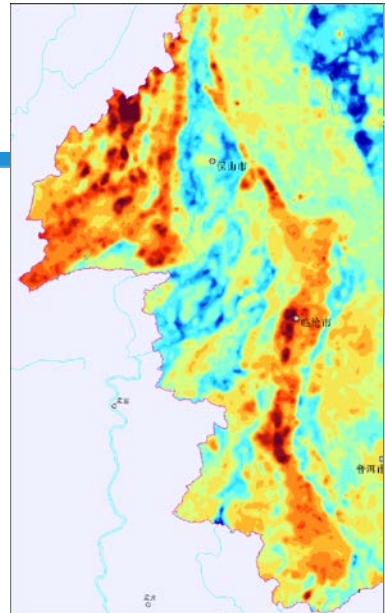


岩体空间展布与 K_2O 、 La 、 Th 、 U 、 Y 等高值区分布相关

与 Fe_2O_3 、 Cr 、 Co 、 Ti 等低值分布区相关

云南三江地球化学元素因子分析结果

变量	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Ag	0.040	0.003	0.420	-0.085	0.004	0.210	-0.416	0.043	0.045	-0.303
As	0.148	0.008	0.185	0.227	0.055	0.096	-0.564	0.042	0.266	-0.262
Be	-0.009	0.530	-0.008	0.498	-0.070	0.274	0.026	-0.002	-0.332	-0.001
Bi	-0.002	0.023	0.032	-0.017	-0.019	0.766	-0.177	0.036	-0.022	-0.031
Cd	0.020	-0.011	0.916	0.035	-0.001	-0.037	0.015	0.018	-0.008	0.067
Co	0.922	-0.082	0.012	-0.012	0.146	-0.012	-0.045	0.047	0.026	0.010
Cr	0.808	-0.046	0.028	-0.046	0.241	-0.003	0.011	-0.058	0.098	0.058
Cu	0.584	-0.106	0.018	-0.088	0.017	0.248	-0.374	0.056	-0.059	-0.180
F	0.071	0.204	-0.010	0.609	0.107	0.207	-0.052	0.209	-0.076	-0.076
Hg	0.018	-0.021	-0.087	-0.020	-0.033	-0.006	-0.638	-0.007	-0.151	0.252
La	0.116	0.670	-0.015	-0.026	0.043	0.016	0.023	0.397	0.070	0.030
Li	0.054	-0.088	0.000	0.698	-0.097	-0.079	-0.165	-0.026	-0.059	0.018
Mn	0.686	-0.070	0.067	0.152	-0.089	-0.060	-0.152	0.152	0.156	-0.121
Mo	0.301	0.031	0.051	0.207	-0.107	-0.017	-0.125	0.077	0.093	-0.374
Nb	0.567	0.322	-0.010	0.056	-0.198	0.055	0.074	-0.051	-0.381	-0.116
Ni	0.795	-0.052	0.016	0.022	0.234	-0.020	-0.022	-0.048	0.160	0.023
Th	-0.123	0.868	0.057	-0.072	0.000	0.092	-0.004	0.003	-0.080	-0.014
Ti	0.925	-0.017	-0.004	-0.101	-0.041	-0.006	0.033	0.075	-0.088	-0.020
U	-0.139	0.766	-0.017	0.112	-0.018	0.047	0.026	-0.084	-0.275	-0.085
V	0.929	-0.054	0.027	-0.008	0.079	-0.023	-0.015	0.080	-0.051	-0.028
W	-0.018	0.137	0.019	0.354	0.048	0.418	0.108	-0.107	0.018	-0.066
Y	0.105	0.863	0.041	0.043	-0.011	0.006	-0.049	-0.017	0.037	-0.006
Zn	0.076	0.004	0.957	0.025	0.001	-0.010	-0.041	0.039	-0.016	0.004
Zr	-0.059	0.765	-0.018	-0.301	-0.061	0.040	0.050	0.098	0.082	0.044
SiO ₂	-0.724	-0.291	-0.023	-0.208	-0.304	0.058	0.030	-0.212	0.040	0.038
Al ₂ O ₃	0.366	0.576	-0.010	0.342	-0.118	-0.111	0.005	0.149	-0.060	0.017
Fe ₂ O ₃	0.945	0.004	0.022	0.022	0.043	0.019	-0.028	0.097	-0.005	-0.023
K ₂ O	-0.274	0.612	-0.017	0.302	-0.135	-0.011	0.027	0.210	-0.271	0.005



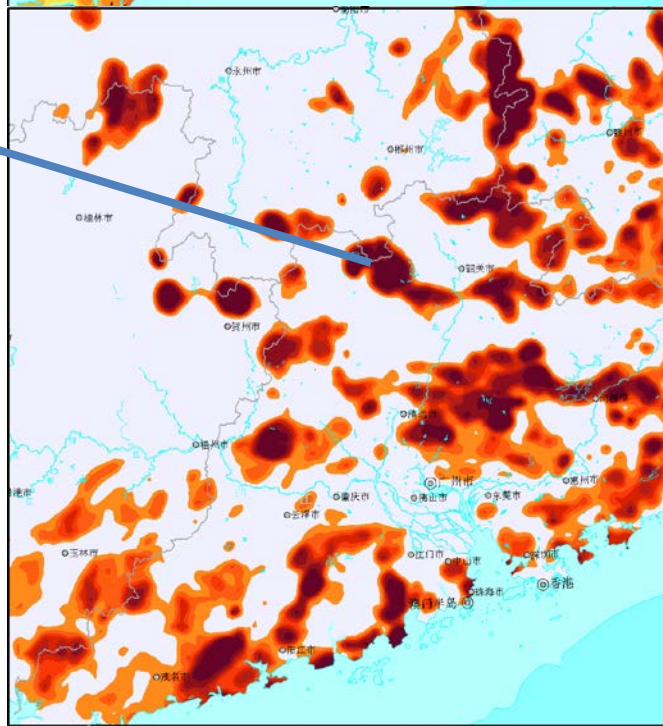
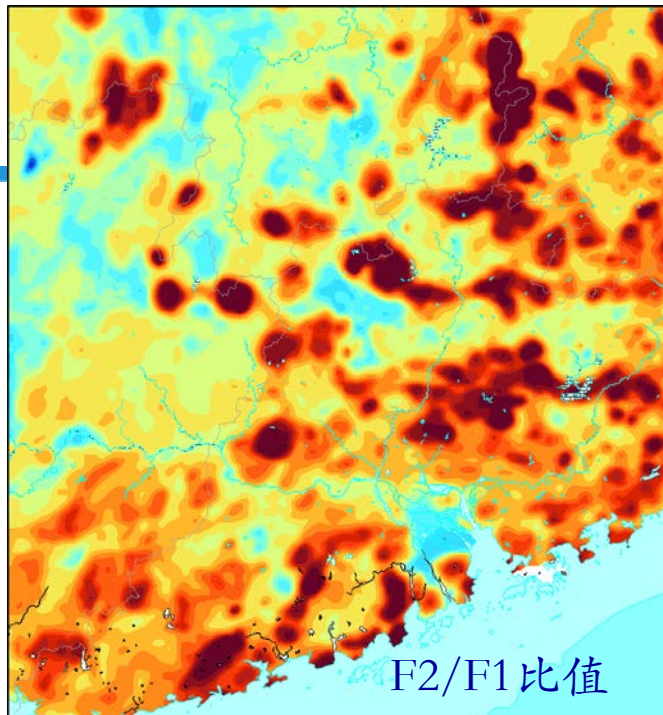
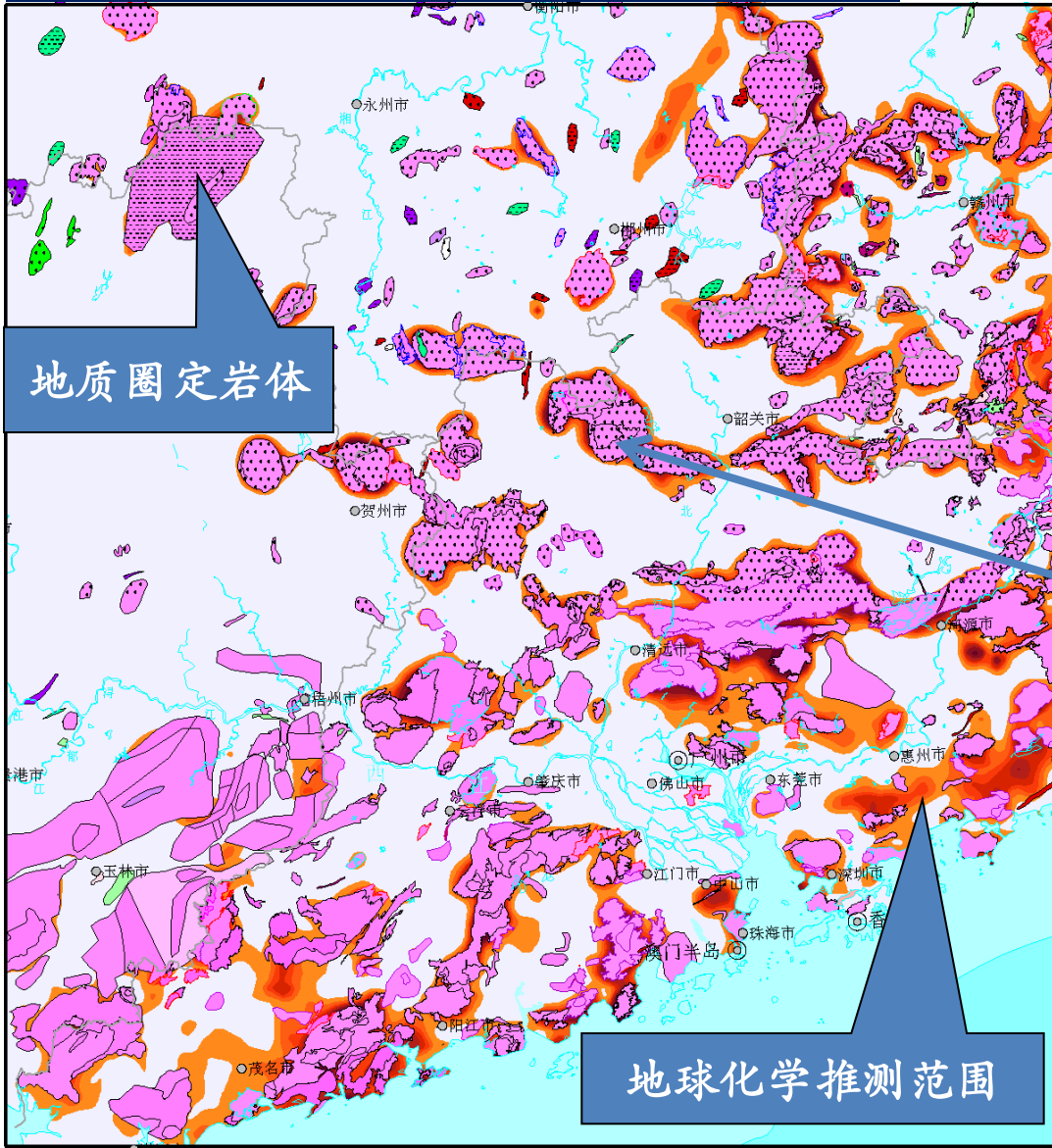
两组指标加权模型

$$F_2 = 0.863Y + 0.868Th + 0.768U + 0.765Zr + 0.67La + 0.612K_2O + 0.53Be + 0.576Al_2O_3$$

$$F_1 = 0.945Fe_2O_3 + 0.929V + 0.925Ti + 0.922Co + 0.808Cr + 0.795Ni$$

全国酸性岩体地球化学推断

华南岩体分布与地球化学推断指标F2/F1



一些地质问题的认识

- (1) 新疆康西瓦与阿尔金南缘断裂是西北地区重要的地球化学界线
- (2) 秦祁昆构造带内部存在着明显的地球化学背景差异
- (3) 塔里木盆地是以三组断裂构造为边界的断陷盆地，在塔里木西南边的羊布拉克达坂-奇普恰普山口一线的化探异常呈北北西向排列，盆地其它几边异常也有类似特征。
- (4) 不同构造单元同一时代岩石地层的地球化学聚散特征进行对比，构建地球化学区域构架、沉积体系域，为成矿过程的地球化学作用指明了方向。
- (5) 华北陆块的线性和环形地质构造推断，地球化学线性构造组合与区内已知的深大断裂吻合程度较高。地球化学异常带对区内重要矿产具有显著的控制作用，表现为控矿导矿特征，在构造交汇处常形成成矿带、矿集区和矿汇等不同成矿密集区域。
- (6) 以Co、Cr、Cu、Mo、Ni、Sn等元素的地球化学急变带就能较好的区分秦祁昆造山系与扬子陆块区、扬子陆块区与江绍-郴州-钦防对接带、江绍-郴州-钦防对接带与武夷-云开造山系的边界。

资源潜力评价应用



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

典型矿床地球化学模型研究

矿床地球化学模型主要依据区域和中大比例尺化探资料及矿床地质资料建立。包括异常模型和成因模型。异常模型主要是从异常形态、展布和元素的垂直分带和水平分带特征；利用微量元素、同位素、流体包裹体等手段研究成矿机理，解决成矿的物质来源、搬运和沉淀机理，为区域性的异常解释和评价提供理论依据。

- 一、典型矿床的地质特征
- 二、典型矿床的地球化学特征
- 三、典型矿床的地质地球化学找矿模型

在典型实例矿床地质特征和地球化学特征研究的基础上，归纳提炼典型矿床的地质地球化学找矿模型。



典型矿床地球化学模型研究

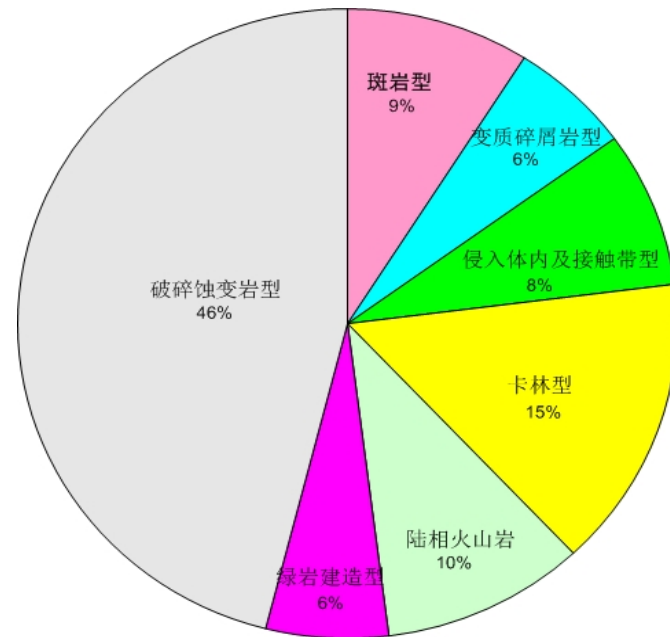
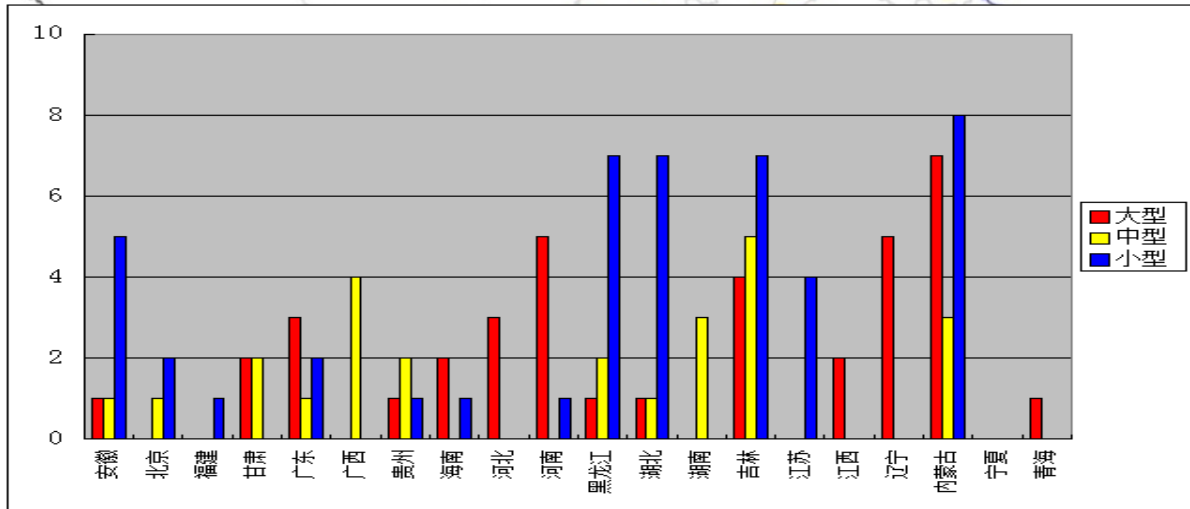
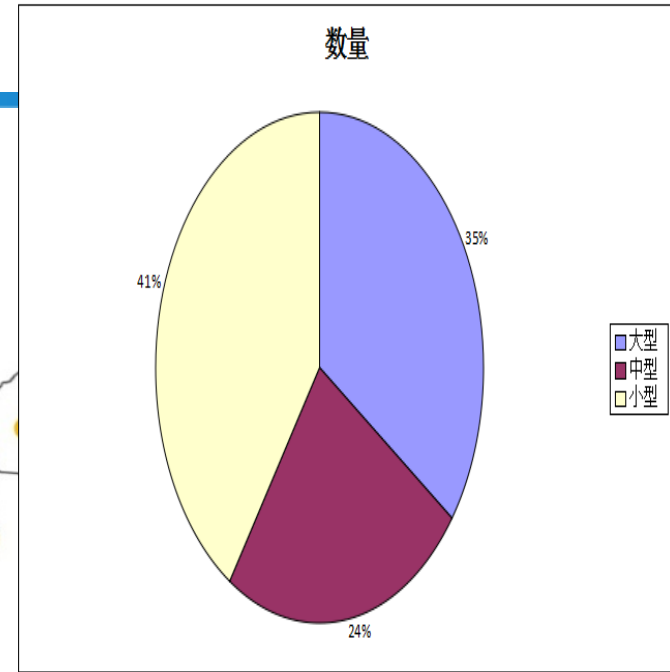
在省级典型矿床研究基础上，围绕化探方法找矿效果显著的钨、锡、钼、铜、铅、锌、金、银、锑、稀土、镍计11个矿种，全国共建立地球化学找矿模型734个。

矿种	总个数	有坐标的个数	超大型	大型	中型	小型	矿种	总个数	有坐标的个数	超大型	大型	中型	小型
钨	45	43	1	19	14	11	铅+锌	135	119	10	55	39	31
锡	51	47	4	14	21	12	金	161	157	7	47	38	69
钼	65	58	9	19	22	15	银	57	54	5	24	14	11
铜	145	142	5	36	36	68	锑	30	30	1	6	14	9
铅	133	117	10	54	39	30	稀土	23	23	5	5	4	9
锌	2	2	0	1	0	1	镍	22	22	0	7	7	8
全国总计：734个													



例：金矿地质地球化学模型

全国金矿地球化学建模矿床分布图



中国主要类型金矿床地质地球化学找矿模式

破碎蚀变岩型金矿床地质地球化学找矿模式

斑岩型金矿床地质地球化学找矿模式

类别	项目名称	项目描述
地质特征	矿区地层与赋矿建造	地质背景 主要产于活动大陆板块边缘弧内侧的构造岩浆活动带、亲弧裂谷及大陆裂谷。
	矿区构造与控矿要素	含矿岩体 赋存于花岗岩、花岗岩斑岩、花岗闪长斑岩以及石英斑岩中或围岩中呈细脉状充填交代。
	矿体空间形态	矿区构造与控矿要素 矿体主要受断裂侵位浅成斑岩体内的网脉状构造、岩体上、下接触构造带、围岩中的构造破碎带以及岩脉发育地段的层间破碎带、裂隙密集带等构造控制，这些都是主要控岩、控矿、储矿构造。
	矿石类型	矿体空间形态 矿体形态严格受接触构造带控制，多呈层状、似层状或板状、透镜状、脉状。
	矿石矿物	矿石矿物 金属矿物有自然金、黄铁矿、白铁矿、毒砂、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、磁铁矿等。脉石矿物有石英、电气石、绢云母、白云母、高岭石等。氧化后见铜兰、孔雀石、浸染状褐铁矿。
	矿化蚀变	矿化蚀变 主要有硅化、钾化、黄铁矿化、绢云母化、高岭土化、绿泥石化，局部有透闪石化、阳起石化、绿帘石化、菱铁矿化、磁(赤)铁矿化和碳酸盐化。
	地球化学特征	区域地球化学异常模式(1:20万)
矿区异常模式(1:5万)		矿区异常模式 内蒙古陈家杖子金矿床：异常元素组合为Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Sn等，各元素异常套合好，浓集中心一致，浓度分带明显。组合元素异常有北东与北西两个方向，北东方向的元素有Au、As、Sb (Ag、Cu、Pb)，北西方向的元素有Au、Ag、Pb、Zn (Sn)，这种方向性反映了异常区内控矿构造的方向。
原生晕特征		原生晕特征 广西贵港市龙头山金矿床：元素组合为Au、Ag、As、Bb、Cu、Pb、Zn、Mo、Bi。前缘晕：As、Ag、Bi、Bb、Au；尾部晕：Zn、Pb、Mo、Cu。
		元素为Co、Ni、Mn。其它为近矿指示元素。



铜、金、银、铅、锌、钨、锡、
钼、镉、镍、稀土 11 个矿种
地质地球化学模型集



全国地球化学找矿预测区圈定与评价

地球化学找矿预测区的圈定与综合评价主要是汇总全国30个省（直辖市、自治区）单元素异常、多元素组合异常和综合异常，结合地质成矿背景，汇编形成全国铜、金、银、铅、锌、钨、锡、钼、锑、镍、稀土11个矿种找矿预测区图及铅锌银铜综合找矿预测区和钨锡钼综合找矿预测区，并汇总了预测区范围内的地球化学找矿靶区（最小预测区）。依据省级和大区找矿预测区成果，全国层次选择重要成矿带进行了地球化学找矿预测综合评价。



全国单矿种地球化学找矿预测区圈定方法

单矿种地球化学找矿预测区的圈定依据

- (1) 区域地球化学图；
- (2) 单元素地球化学异常图；
- (3) 多元素组合异常图；
- (4) 多元素综合异常图；
- (5) 不同成矿类型的典型矿床模型；
- (6) 地质矿产图。

在以上化探资料的基础上，依据地球化学异常分类和评价结果、地球化学组合和综合异常在空间分布规律，预测矿种的矿床类型等综合因素进行预测区的划分。



全国地球化学综合找矿预测区圈定方法

地球化学综合找矿预测区的圈定依据

- 1、以全国单矿种找矿预测区圈定结果为基础，选择矿种组合，如铅锌银铜矿和钨锡钼矿综合预测区，按照选择矿种预测区空间叠合共同部分为第一要素，确定综合预测区的基本空间范围。
- 2、参考组合矿种元素地球化学异常的平面分布和找矿预测区的组合分布，以成矿区（带）划分、成矿成因类型和大中型矿床的分布的为依据，对预测区范围进行修正，最终确定综合找矿预测区。
- 3、按照预测区评级分类方法，对综合预测区分级与综合评价。



全国地球化学找矿预测圈定结果

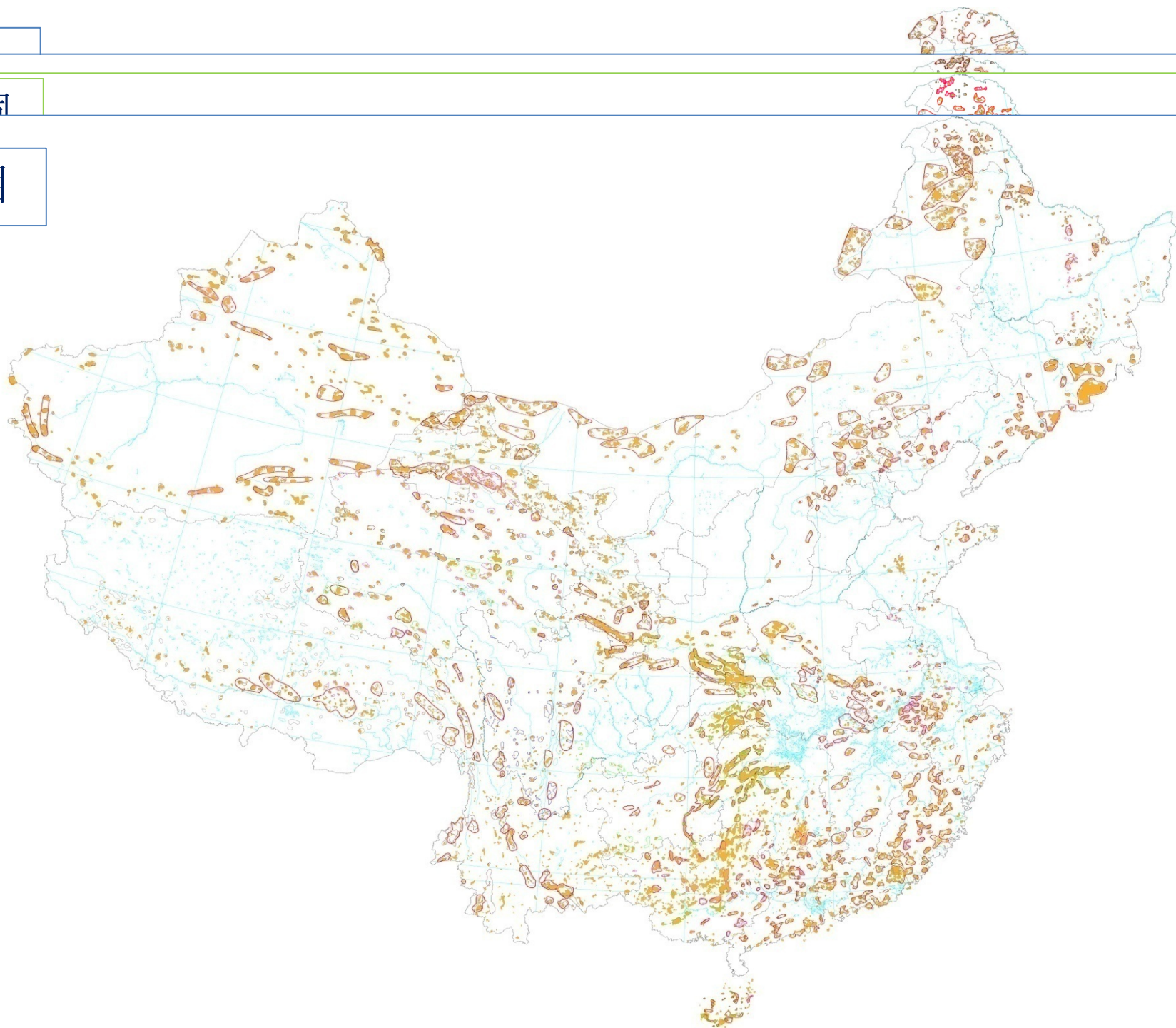
统计全国30个省(直辖市、自治区)利用化探异常结合地质矿产背景圈定了地球化学找矿预测区共计**4941**处。其中A级949个, B级1346个, C级2453个; 找矿靶区共2662个。全国铅锌银铜综合找矿预测区**209**处, 钨锡钼综合找矿预测区**120**处。

金找矿预测区: A级150个, B级186个, C级321个;
银找矿预测区: A级121个, B级154个, C级262个;
铜找矿预测区: A级120个, B级201, C级336个;
铅找矿预测区: A级130个, B级155个, C级283个;
锌找矿预测区: A级102个, B级125个, C级272个;
钨找矿预测区: A级52个, B级97个, C级216个;
锡找矿预测区: A级53个, B级80个, C级140个;
钼找矿预测区: A级107个, B级131个, C级239个;
锑找矿预测区: A级54个, B级73个, C级161个;
镍找矿预测区: A级38个, B级60个, C级174个;
稀土找矿预测区: A级22个, B级78个, C级149个;



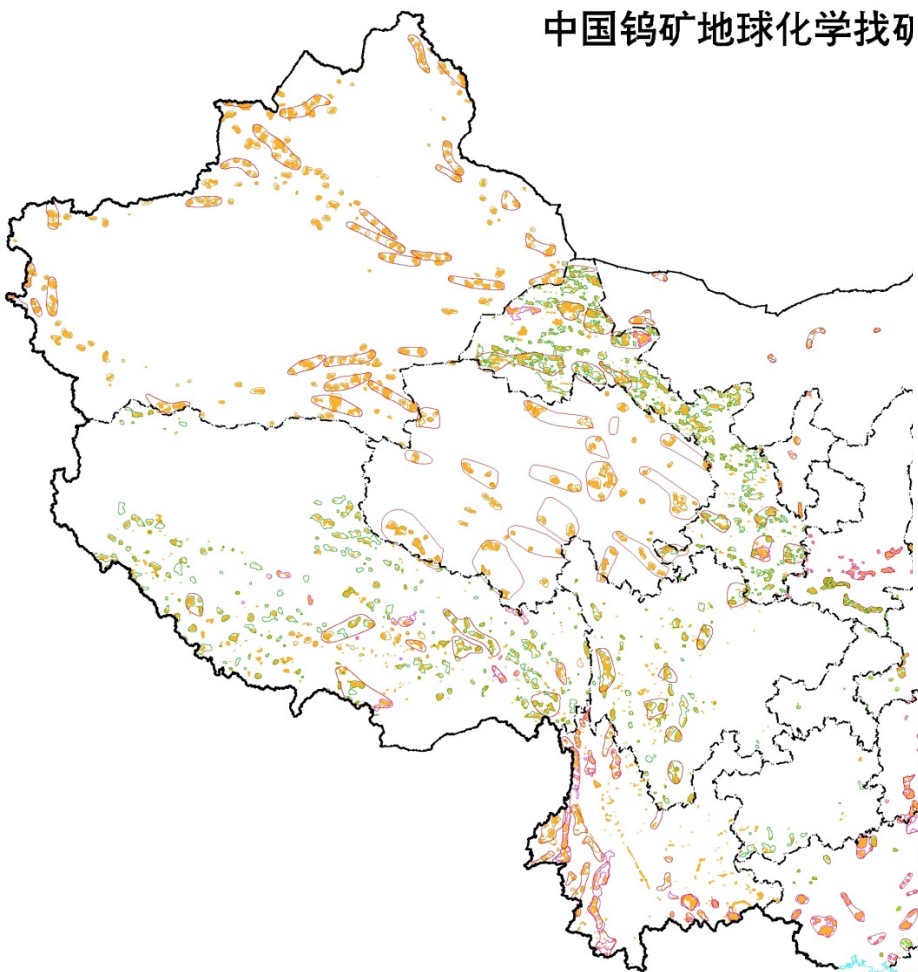
铜

钼



地球化学找矿预测研究

中国钨矿地球化学找矿



新田岭 柿竹园 瑶岗仙

湖南郴州钨矿集区找矿预测研究

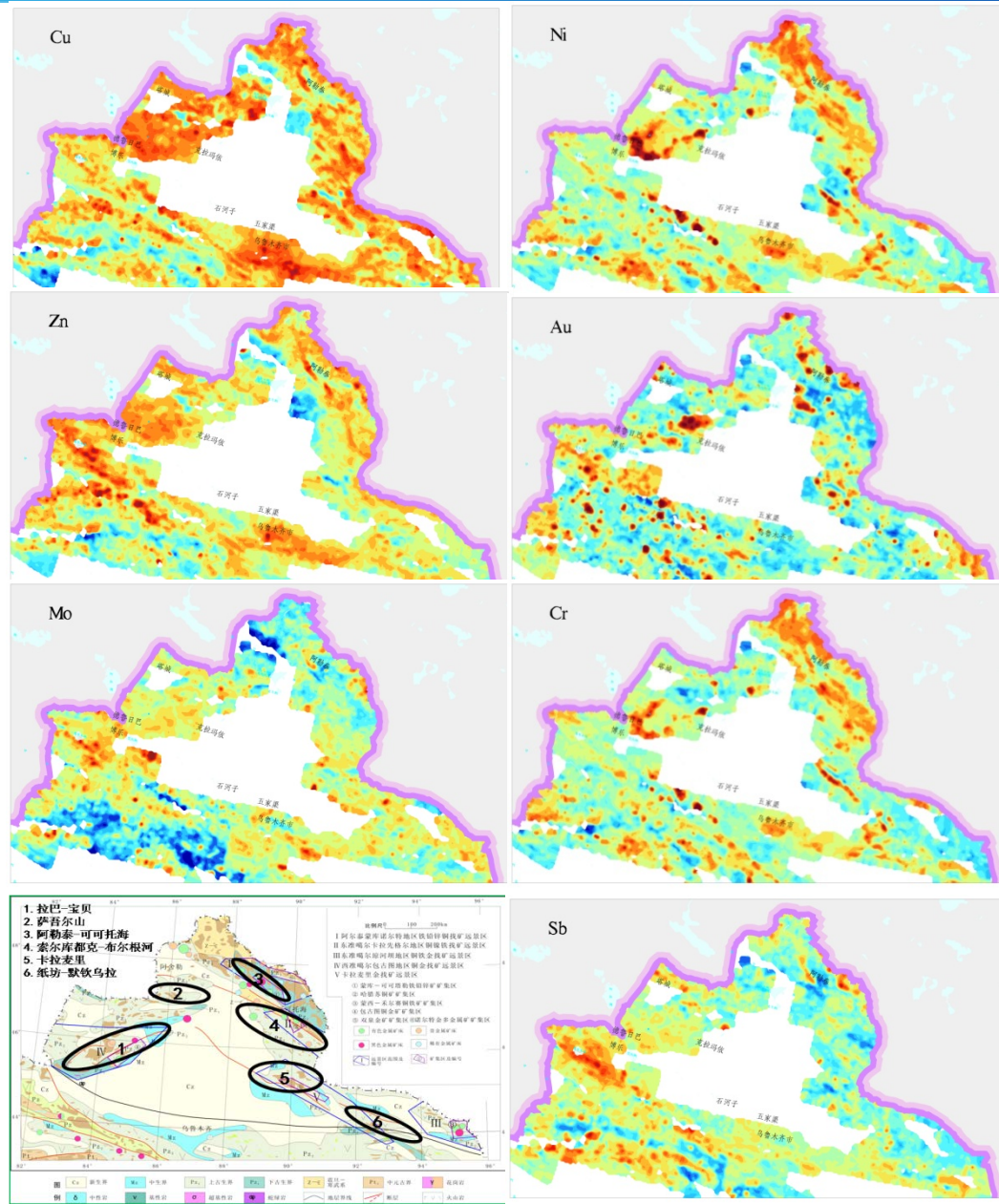
重要成矿带地球化学找矿预测综合评价

新疆阿尔泰和准噶尔成矿带

根据地球化学综合异常分布规律，结合地质背景和已知矿产的分布，该成矿带共圈出9个找矿预测区：主要是诺尔特铅锌铜（金银钨、稀有）预测区，哈巴河铜锌金预测区，阿尔泰铅锌铜金预测区，哈腊苏铜（钼金）预测区，哈图金（铬铜钼银钨）预测区，唐巴勒铜金（铬钼银钨锌）预测区，喀拉麦里金锡铬银（铜钨）预测区，石窑房钨锡（铅锌）预测区，达坂城铜钼银（稀有、铅锌）预测区。

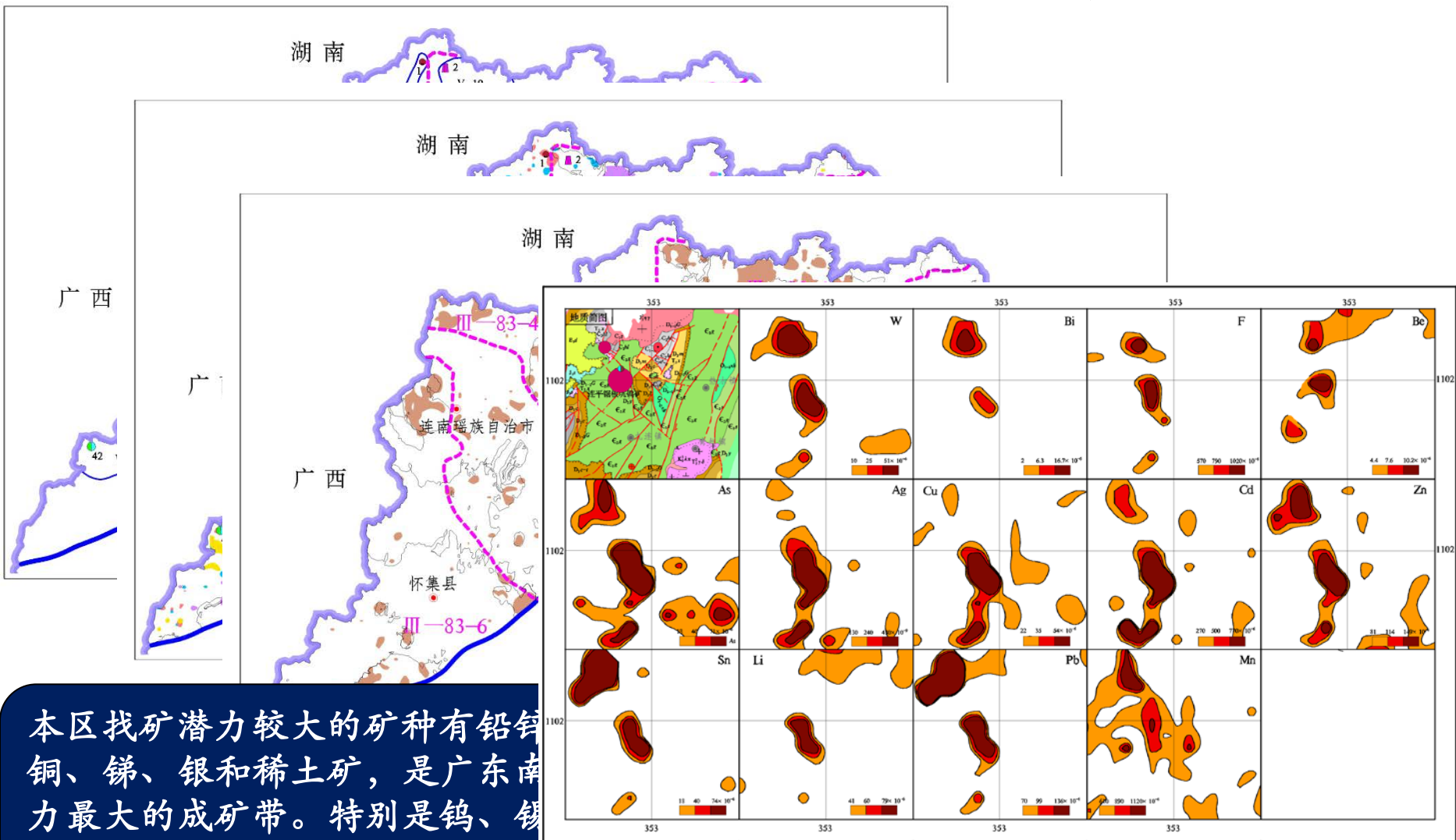
主要矿种资源潜力评价

在所圈定的地球化学找矿预测区内寻找海相火山岩型铜多金属矿，斑岩型铜矿，海相火山岩型和破碎蚀变岩型金矿，夕卡岩型钨锡矿以及伟晶岩型稀有等矿产，具有很大的矿产资源潜力。



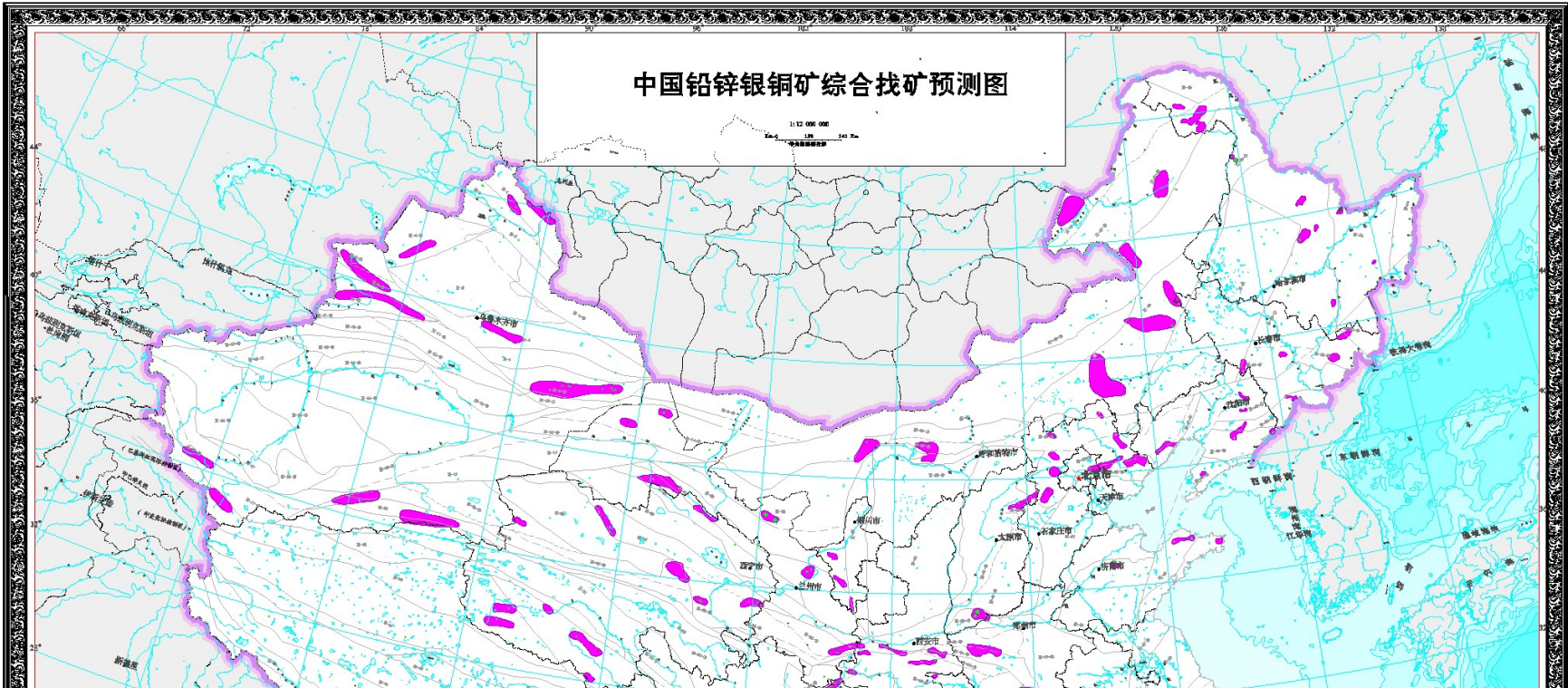
重要成矿带地球化学找矿预测综合评价

广东南岭成矿带(III-83)

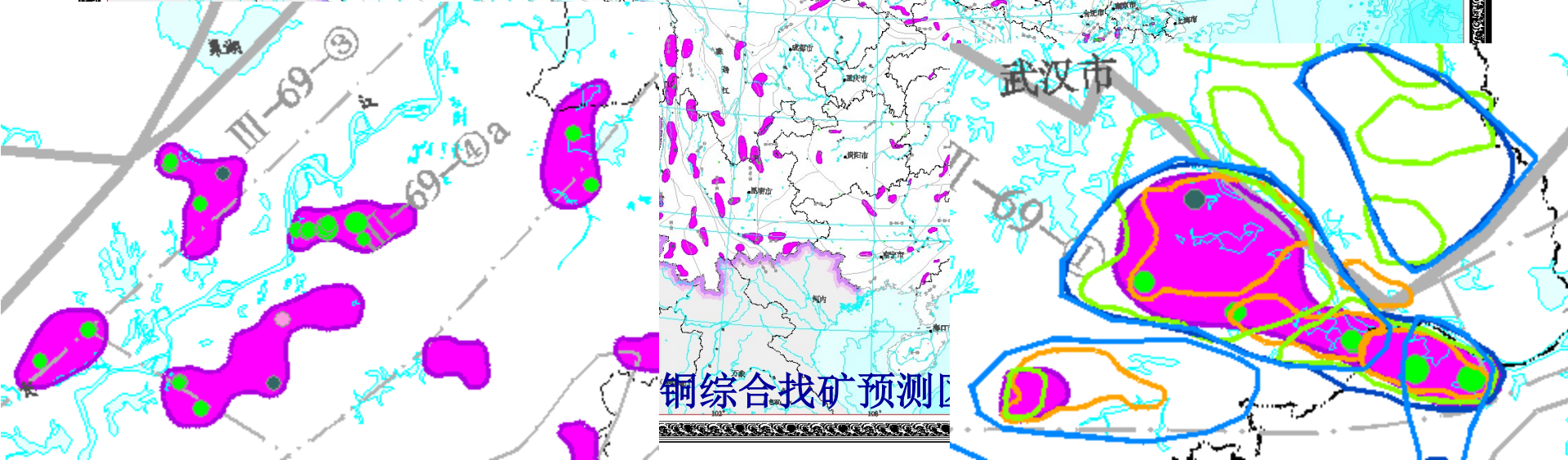


本区找矿潜力较大的矿种有铅、铜、镉、银和稀土矿，是广东南力最大的成矿带。特别是钨、锡矿远景巨大，例如锯板坑大型钨

中国铅锌银铜矿综合找矿预测图



1:12 000 000
比例尺
120 140 160

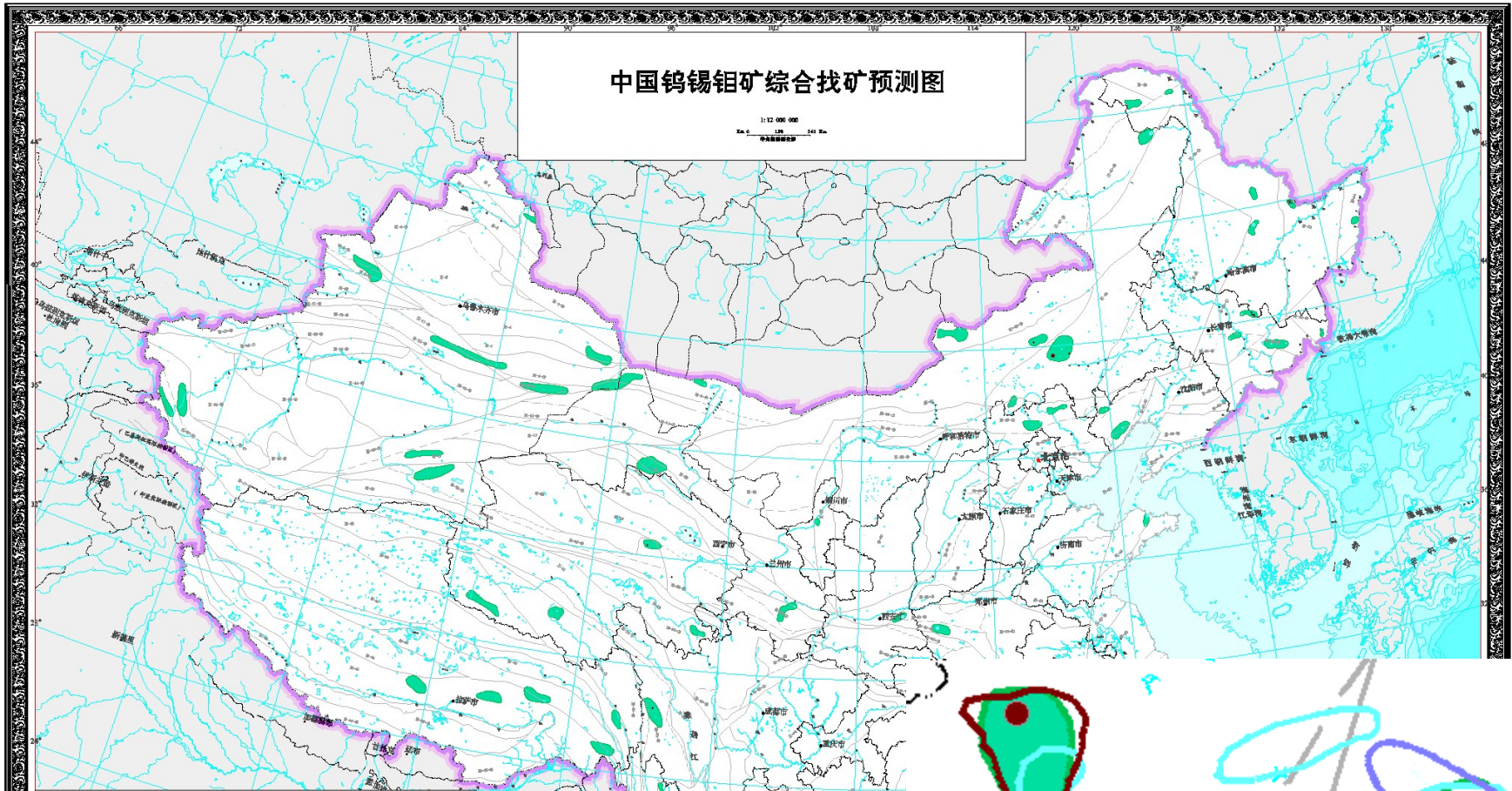


铜综合找矿预测图

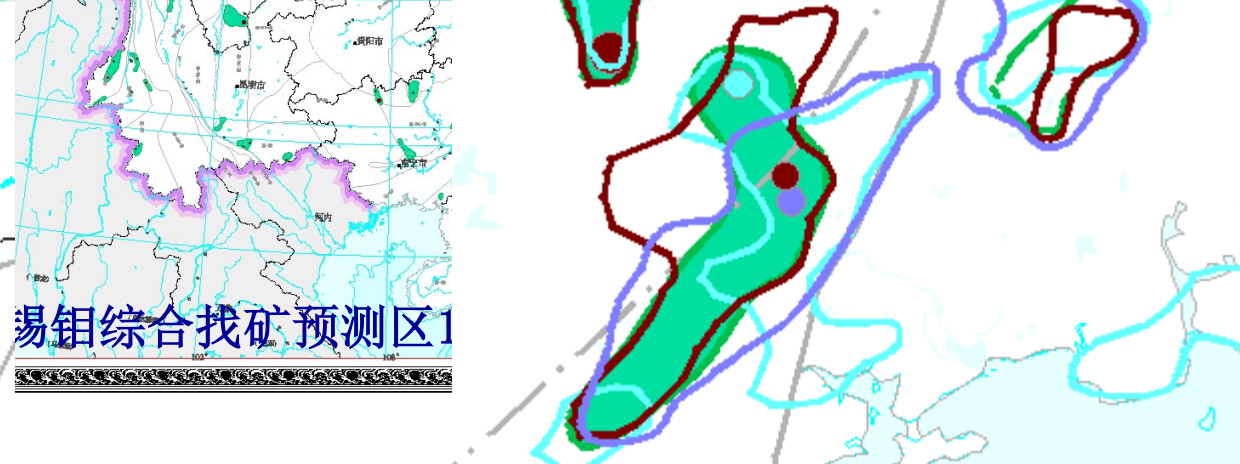
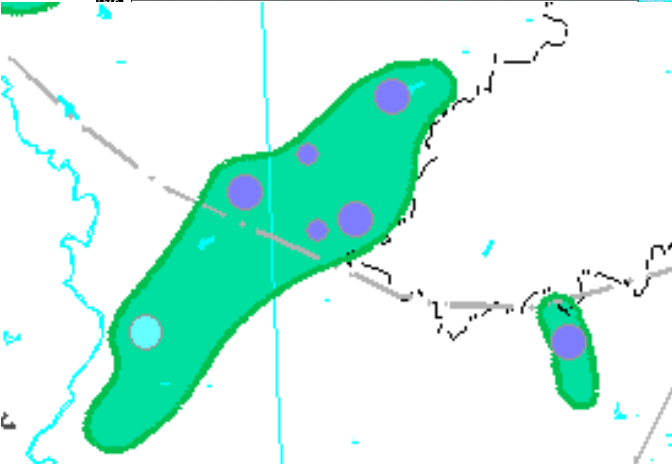
武汉市

中国钨锡钼矿综合找矿预测图

1:12 000 000
比例尺
120 240 Km



锡钼综合找矿预测区1



地球化学定量预测



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

在化探资料应用中，开展了铜地球化学定量预测研究，汇总资料主要有：各省（市、自治区）完成的铜地球化学定量预测成果；长江中下游成矿带、西藏冈底斯成矿带及藏东“三江”成矿带铜地球化学定量预测研究成果。

汇编成果分别从已知铜矿床（参与资源量估算的典型矿床）和铜矿预测区两个方面进行，均以数量、资源量、规模及矿床类型等指标的空间分布特征进行剖析，统计指标分别从行政区划和成矿区带两个单元进行统计分析。最后对铜矿床和预测区的数量和资源量等信息用一张全国铜矿资源潜力预测图的形式表示，同时还讨论了预测区圈定和资源量计算结果的可信程度及预测成果的时空分布特征。



地球化学定量预测流程

典型矿田(矿集区) 矿床地质、地球化学特征(1:5万土壤测量、1:1万岩石测量等)

Ⅲ级成矿带地质、地球化学特征(1:20万、1:50万水系沉积物测量)

地质、地球化学找矿模型

地质特征

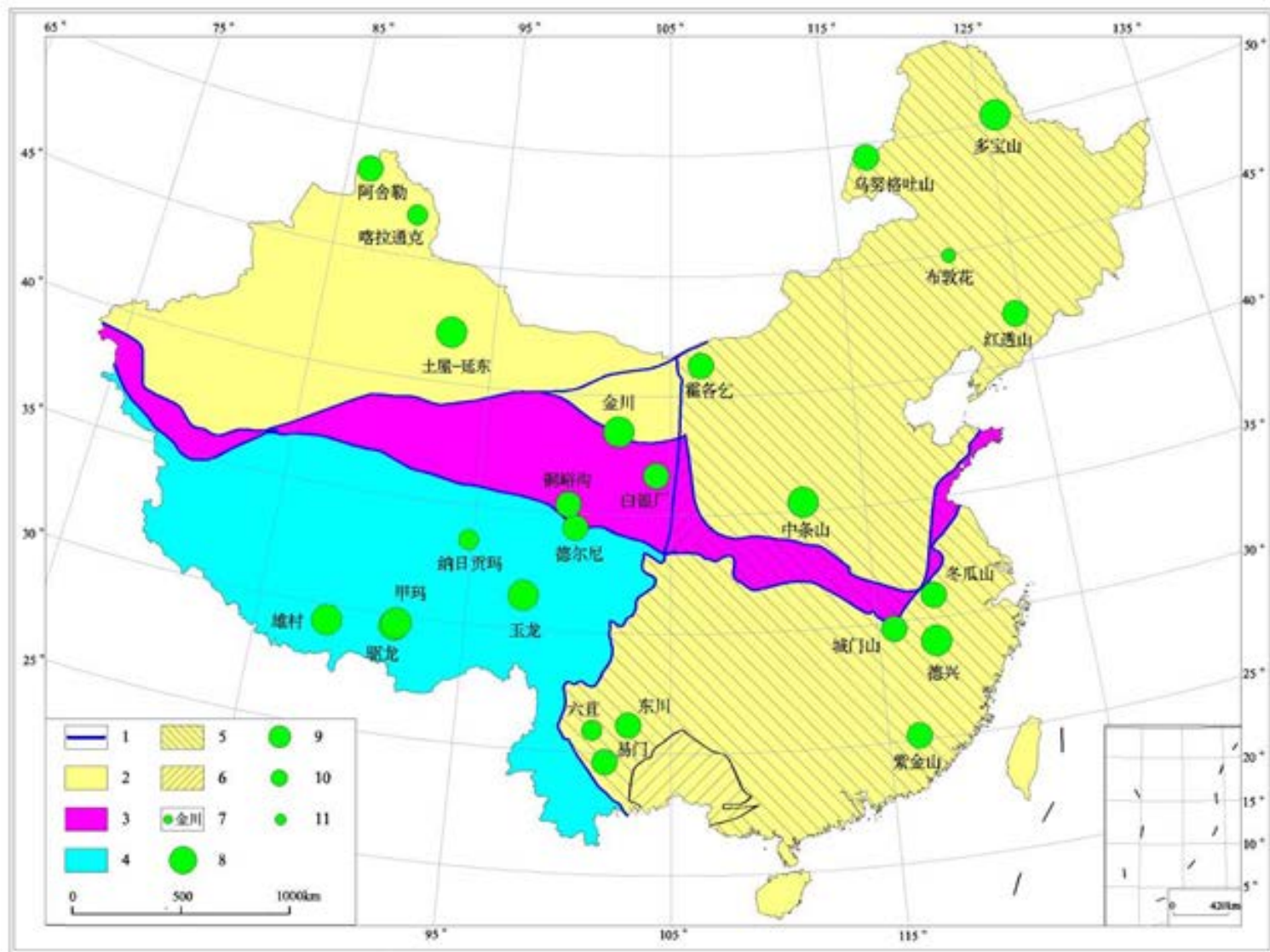
地球化学特征

地球化学预测远景区优选和可信度评价

地球化学资源量估算方法

定量预测结果分析

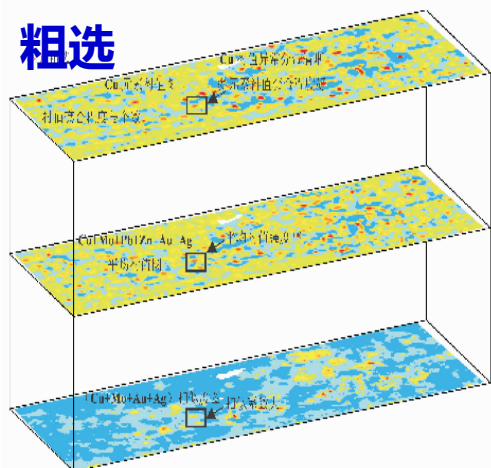
中国25个各类典型铜矿床的空间分布图



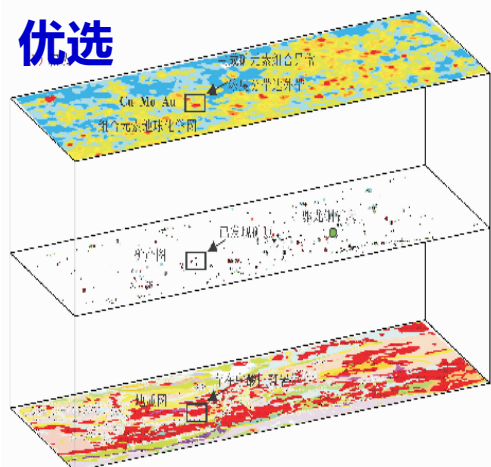
技术方法——圈区

从地球化学异常识别和评价的视角进行预测区的圈定，遵循成岩-成矿-成晕同系统性以及多参数联合示踪的指导原则。

粗选



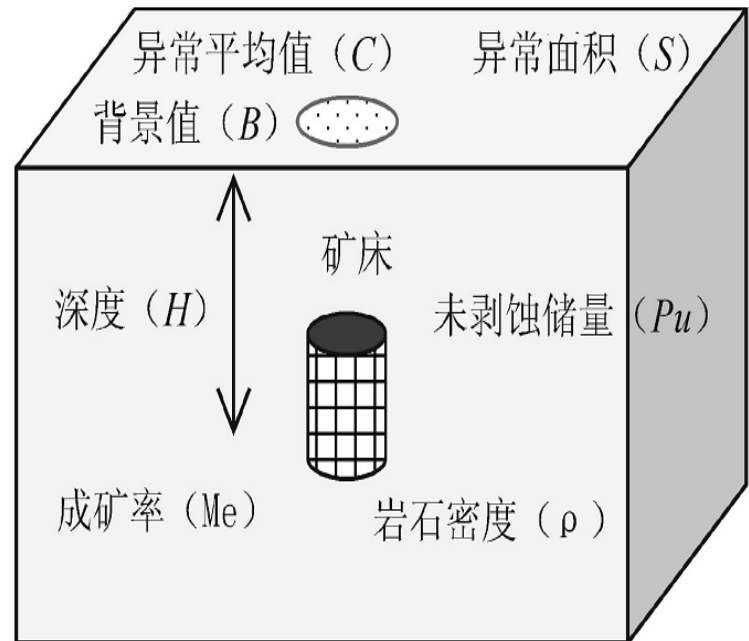
优选



地球化学预测区圈定的依据		可信度分级			备注
		A级	B级	C级	
地球化学异常特征	综合异常图	√	√	√	预测元素综合异常至少具外带
	相似度图	√	√		异常分带清晰，至少两级分带
	预测元素衬值图	√	√	√	预测元素衬值有异常（至少外带）
	多元素平均衬值图	√	√	√	异常分带明显、异常强度较高
	单元素组合衬值图（个数）	$\geq n$	$\geq n$	$\geq n + 1$	有预测元素衬值异常，且多元素衬值异常的套合程度高（重叠面积大）
地质矿产特征	矿产图	√			预测元素对应的矿点或矿化点
	地层				矿源层（“源”、“储”）
	构造				成岩、成矿通道（“动”）
	火成岩				矿质富集（“热源”、“物源”）

技术方法——算量

类比法和面金属量法是地球化学定量预测中两种资源量估算方法，其特色在于重视成矿作用“源”→“动”→“储”→“变”的研究和深入挖掘不同尺度勘查地球化学数据隐藏的成矿信息，强调成矿作用与地球化学信息的关联性分析。并首次把相似系数和剥蚀系数两个参数引入了估算资源量，使估算的资源量与客观实际更加吻合。



铜矿地球化学定量预测

已知铜矿床中最重要的成矿时代是新生代和中生代，无论是铜矿床的数量还是铜资源储量占据绝对位置

主要矿床类型中铜矿床数的分布

成矿时代	不同矿床类型中铜矿床数 (个)					总计
	斑岩型	海相火山岩型	热液型	铜镍硫化物型	矽卡岩型	
元古宙	1	6		1		8
加里东期	1	4				5
华力西期	5	4	1	2	3	15
印支期	3		1	1	2	7
燕山期	11		17		26	54
喜山期	9	1	1		2	13
总计	30	15	20	4	33	102

主要矿床类型中铜资源储量的分布

成矿时代	不同矿床类型中铜资源储量 (万吨)					总计
	斑岩型	海相火山岩型	热液型	铜镍硫化物型	矽卡岩型	
元古宙	388.08	50.84		3.56		442.48
加里东期	1.53	134.80				136.33
华力西期	840.45	65.31	0.37	7.35	12.50	925.98
印支期	453.77		1.45	4.17	54.52	513.91
燕山期	1384.99		91.33		776.79	2253.12
喜山期	3595.33	12.77	37.60		389.00	4034.70
总计	6664.15	263.72	130.75	15.08	1232.81	8306.52



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

中国铜矿资源潜力预测图

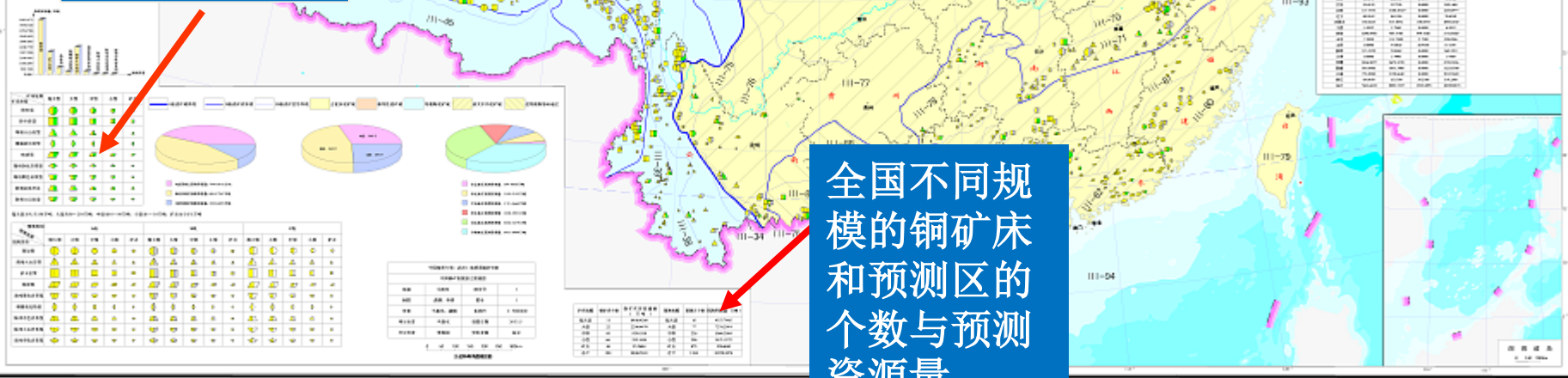
1: 5000000

六大区预测资源储量；
全国预测区个数和资源量及九个预测类型的预测资源量

各III级成矿带和省级行政区不同级别预测资源量

不同矿床类型和矿床规模铜矿床；
不同预测区矿床类型、预测区级别及预测区规模

全国不同规模的铜矿床和预测区的个数与预测资源量



铜矿地球化学定量预测

铜预测区在不同规模中的个数和资源量分布

预测规模	预测区个数	预测资源量(万吨)
超大型	10	4337.7445
大型	77	7274.2014
中型	226	5046.2084
小型	396	1471.1272
矿点	475	129.6061
总计	1184	18258.8874

九类铜预测类型的个数和资源量分布特征

预测类型	预测区计数 (个)	预测铜资源量(万吨)		
		总数	平均值	最大值
斑岩型	282	8493.4753	30.1187	847.15
海相火山岩型	253	4220.0607	16.6801	35
矽卡岩型	226	3461.7775	15.3176	624.14
热液型	226	1057.5129	4.6793	196.67
海相黑色岩系型	18	459.7856	25.5436	88
铜镍硫化物型	23	395.5304	17.1970	149.65
陆相杂色岩系型	27	67.8297	2.5122	80
陆相火山岩型	27	64.8934	2.4035	384.06
海相杂色岩系型	3	38.0220	12.6740	76
总计	1085	18258.8874	—	186.07



全国铜矿地球化学定量预测成果

全国共预测了1184个铜预测区，预测铜总资源量约**1.8亿吨**，预测资源量是180个已知铜矿床(参与资源量估算)9800.5万吨的**1.86倍**。

其中：348个A级预测区、7640万吨，545个B级预测区、8090万吨，291个C级预测区、2520万吨。



应用展望

- 1、全国矿产资源潜力评价的化探资料应用，主要是以基础性的研究为主体，仅仅开展了少量的综合性的研究。今后在地球化学综合研究，地球化学模式的应用，地球化学背景与异常分离等深入研究，将能更好地发挥地球化学在矿产资源找矿预测潜力评价中的作用。
- 2、地球化学调查获得了大量丰富的地学信息，为基础地质、矿产地质、环境地质以及其他地学提供了基础的地球化学资料，地球化学异常系列研究成矿系列有重要的理论及方法意义。基础地质及矿产地质领域地球化学研究方法技术的研究应用，地球化学理论及方法体系研究，具有广阔的前景。
- 3、探索地球化学数据处理和异常定量评价方法技术的创新性研究。地球化学叠加分带模式、弱小异常的识别和解释技术，建立典型矿床的地球化学标志模型，突破地球化学在矿产资源定量预测瓶颈。
- 4、大比例尺地球化学调查数据在地球化学研究和矿产资源评价中的应用，开展区域尺度与大比例尺地球化学数据相结合的开发利用研究，有利提升地球化学资料应用的精确度。



谢谢!



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY