

全球地球化学填图

谢学锦

(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:作者指出了 1973 年至今世界上 50 余项地球化学填图计划中普遍存在的缺陷大都涉及分析问题。1988~1992 年实施的国际地质对比计划 IGCP259 项目旨在使全世界地球化学填图方法标准化。在此项目中对分析问题提出了若干规定,主要是要求今后的填图计划应统一分析 71 种元素,痕量及超痕量元素的检出限必须低于相应的地壳丰度值及采用中国的 GSD 和加拿大的 STSD 标样系列,以使全球数据可以对比,在其后开始延续至今的全球地球化学填图计划 IGCP360,旨在用极低密度采样早日覆盖全球大陆。讨论了正在实行的两种极低密度采样方案,并提出通过极低密度采集地极少量样品示范性地实现 IGCP259 项目对分析要求的具体建议。

关键词: 勘查地球化学; 地球化学填图; 极低密度采样

中图分类号: P596 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2003)01-0001-09

1 绪言

1962年 H.E.Hawkes 与 J.S.Webb 在《矿产勘查的地球化学》一书中首次指出地球化学填图的重要意义^[1]。1973年 J.S.Webb 等出版了世界上第一部地球化学图集《北爱尔兰地球化学实验图集》^[2]。

从 1973 年至今,世界上共有 50 余项区域性及国家性地球化学填图计划已完成,或正在进行。但由于测定的元素很不一致,痕量或次痕量元素信息不够,以及取得结果不能全球对比,使得绝大部分地球化学图未能达到 Hawkes 与 Webb 预言的那样,其重要意义尚不能与地质图并驾齐驱。

表 1 列举了 38 项地球化学填图计划中分析元素的统计^[3]。从表 1 可看到,过去大多数地球化学填图计划都缺乏远见与慎重考虑,以及相互协调。重要元素在相当多计划中都未分析。以 Zn 这样最为普遍的元素为例,竟还有 3 项填图计划未分析。

从表 2 可看到,过去许多所谓“高水平”的地球化学填图计划中一些非常重要的痕量或次痕量元素如 Ag、As、Au、Bi、Cd、Hg、Mo、Sb、Se、Sn、W 等检出限都太高^[3],这样的数据或图,所提供的信息量少(图 1),这可能是国外许多地球化学填图计划未能在战略性矿产勘查中发挥重要作用的重要原因。

表 1 38 项各国地球化学填图计划中分析元素的统计

Table 1 Statistics of the elements analyzed in 38 geochemical, mapping projects

30 个以上填图计划都分析的元素	Zn(35), Pb(33), Cu(32), Ni(31), Mn(31), Co(30)
20~29 个填图计划分析的元素	Mo(25), As(23), Fe(23), Cr(22)
10~19 个填图计划分析的元素	Sn(19), Ag(17), V(17), W(17), Ba(16), Ti(16), Sr(15), U(15), Zr(13), Li(12), Nb(12), Bi(11), Be(11), Mg(11), Sc(11), Ca(10), K(10)
5~9 个填图计划分析的元素	La(9), Cd(9), Sb(8), Th(8), Al(7), Au(7), B(6), Hg(6), Na(5), P(5), Rb(5), Si(5)
1~4 个填图计划分析的元素	Ga(4), Cs(2), Dy(2), Eu(2), F(2), Hf(2), Lu(2), S(2), Ta(2), Cl(1), Se(1), Tb(1), Yb(1)

注:括号内数字是填图计划数。

收稿日期:2002-10-29; 改回日期:2002-11-28

基金项目:国家重点基础研究项目(G1999043214); 中国地质大调查项目(1212010330206)资助。

作者简介:谢学锦,男,1923年生,中国科学院院士,主要从事勘查地球化学和环境地球化学领域方面的研究; E-mail:xuejing@public.bta.net.cn。

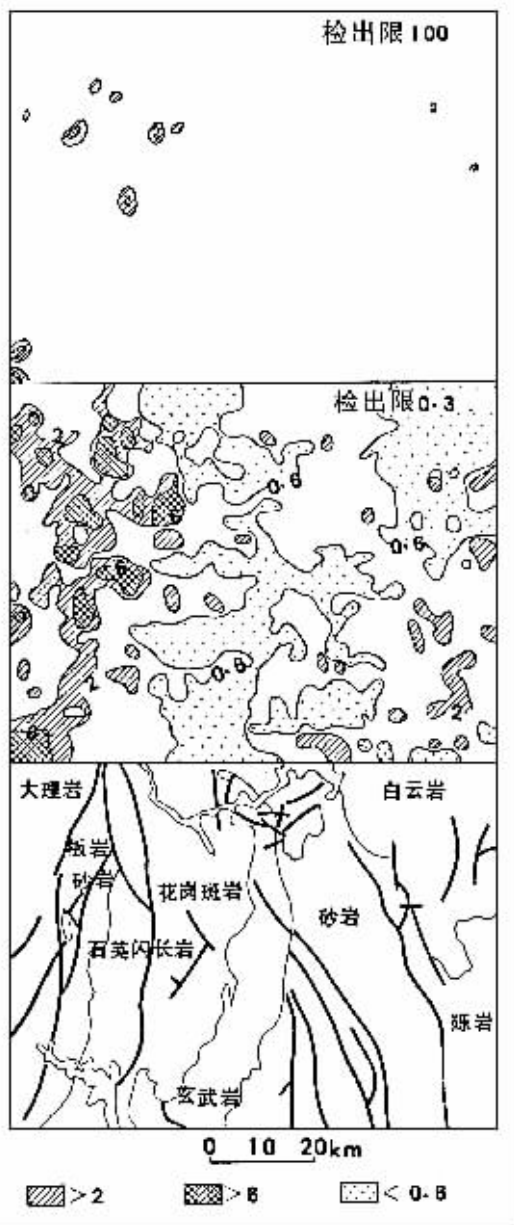


图 1 中国某地金地球化学图(含量单位: 10^{-9})

用 0.3×10^{-9} 的检出限圈出的地球化学图显示了一条南北向分布的金的高异常带,该异常带与位于南北向的构造带、砂岩板岩大理岩与石英闪长岩的接触带上的产金带一致,而中部与东部的低值区与玄武岩和白云岩有关;但是用 100 ng/g 检出限只能圈出零星的几个高值点

Fig. 1 Gold geochemical map of a certain area in China (Unit 10^{-9}) A large N-S-trending gold high anomaly belt is delineated in sandstone using a 0.3×10^{-9} detection limit. This anomaly belt is coincident with the gold belt occurring in a contact zone between sandstone, slate and marble along a N-S-trending fault belt and quartz diorite. Low-value zones in the central and east parts are associated with basalt and dolomite. However, with a detection limit of 100×10^{-9} , only some scattered high-value points can be obtained

勘查地球化学家长期忽略分析的准确度^[14]。分析者之间、方法之间、实验室之间、批次之间的分析偏倚过去很少受到关注,许多勘查地球化学家认为异常是相对背景而言,并不需要绝对的“准确”^[15],这种传统思路在区域性及国家性地球化学测量中越来越成问题。由于过去国际上大多数地球化学填图计划都未使用标准样品,致使取得的数据无法全球对比,其科学价值亦大大降低。

2 地球化学填图方法标准化

1998年在联合国教科文组织的国际地质对比计划(IGCP)中批准了“国际地球化学填图计划”(IGCP259)这项计划最初旨在作出统一规定使世界各国各行其是的填图方法标准化,其后在笔者及芬兰的 A. Bjorklund 与挪威的 B. Bolviken 坚持下,又纳入另一项内容,即研究一项极低密度全球地球化学填图的可行性与必要性,这项建议拟用约 5000 个采样格子覆盖全球大陆以取得 71 种元素全球地球化学分布。IGCP259 研究项目的成果最终以联合国教科文组织特殊出版品 51 号在 1995 年发表^[16]。

2.1 采样

IGCP259 最终报告对世界不同地理气候区的采样方法与采样介质有着系统的叙述,并援引了大量过去 20 余年在这方面的研究成果。水系沉积物采样经过多年在全球范围内的考验已证明它是在温带及亚热带山区及丘陵地区可广泛适用的标准方法。至于其他不适用范围的水系沉积物测量的景观区如厚层冲积物、冰积物、风积物及永冻土覆盖区,尽管 IGCP 最终报告对过去这方面的大量研究工作也作了总结(表 3),但这些地区的工作方法还有待进行更多研究才能妥善解决。

2.2 分析

实际上地球化学填图最严重的问题在于分析^[3, 17, 18]。

过去各国地球化学填图计划分析的元素项目及种类差别都极大(表 1),应统一分析多少元素,这个问题经过多次讨论,IGCP259 计划终于作出决定,从资源与环境两方面的问题考虑,今后地球化学填图需分析周期表内绝大部分元素(图 2)^[3]。

同时根据中国的经验,IGCP259 计划已决定痕

表2 某些过去及正进行的地球化学填图计划中地壳丰度 $< 3 \times 10^{-6}$ 元素的检出限Table 2 Detection limits for elements with crustal abundances $< 3 \times 10^{-6}$ in some past and ongoing geological mapping projects. Data with () indicate that the detection limits are higher than the crustal abundances of those elements

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IGCP259 要求首批分析的元素												
Au	0.001	0.002	--	--	--	0.001	--	(0.05)	--	--	0.0003	--
Bi	0.0085	0.05~0.1	--	--	--	0.1	--	(5)	0.3	--	--	(4)
Se	0.05	0.02	--	--	--	--	--	(5)	--	--	--	--
Ag	0.075	0.02	(0.5)	--	--	0.02	(0.1)	(5)	--	(0.8)	(2.0)	(0.7)
Hg	0.085	0.01~0.05	--	--	--	0.05	(10)	--	--	(0.8)	--	--
Cd	0.15	0.05~0.1	--	(1.0)	--	0.1	--	--	--	--	(0.8)	--
Sb	0.2	0.04	--	--	--	0.2	--	1	--	--	0.1	--
Mo	1.2	0.5	0.4	0.5	1.0	0.5	1	--	--	1	1.0	--
W	1.25	0.2~0.5	1.0	--	--	1.0	2	(15)	(2)	--	2.0	--
As	1.8	0.5~1.0	1.0	(4.0)	--	1.0	--	5	--	--	0.3	--
Sn	2.3	1~2	(5.0)	(10)	--	(1.0)	--	(10)	--	--	(100)	--
U	2.7	0.05	--	--	--	1	--	0.01	--	0.1	0.3	--
Be	3.0	0.5	--	--	--	0.5	--	--	--	--	--	0.3
Ta	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--
IGCP259 第2批分析的元素												
Pt		0.001	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	0.015	0.0005	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Te		0.01~0.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
In	0.25	0.05~0.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
I	0.45	0.2~0.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Tm	0.52	0.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Tl	0.85	0.1~0.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ho	1.3	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ge	1.5	0.5~1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Eu	2.0	0.5~1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ta	2.0	1.0	--	--	--	--	--	1.0	--	--	--	--
Hf	3.0	1.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

注:1-地壳丰度 2-IGCP 建议的分析检出限; 3-N.Sumatra 填图中的检出限^[4]; 4-英国 Wolfon 图集的检出限^[5]; 5-英国 Shetland 填图计划中的检出限^[6]; 6-中国区域化探扫面计划中的检出限^[7]; 7-加拿大国家填图计划中的检出限^[8]; 8-Alaska 填图计划中的检出限^[9]; 9-原西德地球化学图中的检出限^[10]; 10-Nordkallot 填图计划中的检出限^[11]; 11-芬兰地球化学图中的检出限^[12]; 12-英国南苏格兰地球化学填图中的检出限^[13]

括号内数字表示元素检出限超出了地壳丰度

量元素与次微量元素的分析检出限必须低于地壳丰度。

这些规定都已明文载于 IGCP259 的最终报告 (UNESCO 特殊出版品 51 号)^[14]中,但在报告发表后开始启动的一些国家的地球化学填图计划,虽然都表明是按 IGCP259 的要求进行,但分析的元素数目及分析检出限仍远未达到 IGCP259 的要求(表 4)。

2.3 数据的全球对比

在 IGCP259 最终报告中完全采纳了中国对这

一问题的作法:“实验室间与实验室内批次间的分析偏倚必须降低,以使取得的数据可以全球对比。办法是挑选最好的分析方法,并在日常分析质量监控中使用标准样。中国的 GSD 及加拿大的 STSD 系列的标准样是国际上广泛认可的标样,建议用它们来作为地球化学填图的一级标准样。一级标准样还可在地球化学填图计划启动前用来选择合适的分析方法,合适的分析方法产生的数据应与标准推荐位最

表 3 在不适用水系沉积物采样的地区的采样介质^[16]

Table 3 Sample media used in regions where conditions are unfavorable for the collection of stream sediment samples

不适用水系沉积物采样的地区	采样介质
北美冰积物覆盖区	湖积物或底砾物
欧洲及亚洲冰积物覆盖区	底砾物或湖积物
荒漠山区	干河床内的粗粒及细粒物质
荒漠平原区	粗粒及细粒物质

接近”(引自 IGCP259 最终报告)^[16]。

2.4 全球极低密度地球化学采样的可行性

由 A.Bjorklund, B.Bolviken 及谢学锦倡议的全球极低密度地球化学填图, 准备在全球部署 5 000 余个采样格子, 采集组合样品, 分析其中 71 种元素含量以制作全球大陆的地球化学图, 这也许是人类在可予见的未来能了解的周期表上几乎所有元素在全球表层分布的唯一办法。笔者认为这项工作对全球矿产资源潜力评估, 找寻巨型矿床及对生命演化都能提供极有价值的基础资料, 但许多勘查地球化学家不仅对其重要意义而且对整个作法的可行性都提出质疑。在 IGCP259 计划执行中, 通过讨论与辩论, 这项内容终于被采纳, 但对其作用与意义, 在 IGCP259 最终执行报告^[16]上还是提出了这样妥协的说法:

“……

(a) 在全球大陆表层均匀分布的地点上提供权

表 4 1995 年以后开展的某些地球化学填图计划中痕量及次痕量元素检出限^[19]

Table 4 Detection limits of trace and sub-trace elements in some geochemical mapping projects commenced after 1995

元素	Taylor	Yan	IGCP259	匈牙利	斯拉夫克	波兰 I	俄罗斯
Au	(0.04)	0.00075	0.0002				
Bi	(0.0085)	0.12	0.05-0.1	0.002	-	1	0.1
Se	0.05	0.06	0.02	2.0-	0.1	-	100
Ag	0.075	0.005	0.02	-	0.05-0.1	-	-
Hg	(0.15)	0.0075	0.01-0.05	0.3	0.04	-	0.1
Cd	0.2	0.074	0.05-0.1	0.02	0.01-0.03	0.05	0.1
Sb	1.5	0.14	0.1	-2	0.1	0.5	1000
Mo	1.5	0.55	0.5	-	0.1	-	1000
W	1.8	0.6	0.2-0.5	-	0.2	-	10
As	2.0	1.5	0.5-1.0	0.2	5	-	100
Sb	2.0	1.4	1-2	-	0.1	5	-
I	2.7	1.4	0.05	-	1	-	10
Be	3.0	1.5	0.5				
Pt		0.0005	0.001				
Pd	0.015	0.0005	0.0005				
Te		0.006	0.01-0.02				
In	(0.25)	0.045	0.05-0.1				
I	(0.45)	0.23	0.2-0.5				
Tm	0.52	0.30	0.5				
Tl	(0.85)	0.50	0.1-0.5				
Hg	1.3	0.70	1.0				
Ge	1.5	1.2	0.5-1.0				
Eu	2.0	1.22	0.5-1.0				
Ta	2.0	0.75	1.0				
Hf	3.0	4.5	2.0				

要求首批分析的元素																		第二批分析的元素	
H																		He	
Li	Be												B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	Ac																	
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Mb	No	Lw			

图 2 元素周期表上国际地球化学填图要求分析的元素

Fig. 2 Recommended list of elements in IGCP259

威性的有关各种地表物质组分的资料。

(b)提供地区性的标准样品为该地区使用。

(c)为国家性地球化学数据库的规范化提供参考点。

(d)为制作全球地球化学图集,布置基准点框架。

(e)为其他研究如同位素分析、种型分析、有机污染物分析提供样品。

(f)为未来重返采样格子进行环境变化的监控。...”(引见 IGCP259 最终报告)^[9]

3 全球地球化学填图计划

在 IGCP259 项目完成后,所有 IGCP259 指导委员会的成员一致同意作为 IGCP259 的延续项目“极低密度全球地球化学填图”是最佳的选择,结果国际地质对比计划(IGCP)执行局批准了“全球地球化学基准”(Global Geochemical Baseline IGCP360)项目,这一项目旨在启动几个国家的极低密度地球化学填图,作为范例以便进一步推动全球地球化学填图。该项目在 1997 年完成,其活动在国际地科联(IUGS)新建立的全球地球化学基准工作组中继续进行。

3.1 全球采样格子(GRN)的部署

IGCP259 指导委员会经讨论将全球采样格子的大小规定为 160 km×160 km,格子的划分从赤道上格林威治 0°子午线开始向上下左右扩展。为方便

起见,采样格子南北方向的界限规定为 1.5 纬度(大致为 166 km)。为保持每个采样格子为 25 600 km²,采样格子的东西方向界限在不同纬度带有所错动,这样划分的格子不致有交会重叠,因为它们最后都进入太平洋。芬兰的 Gustavsson 与 Everett 已制作了全球采样格子图及计算机软件^[10]供各方使用,图 3 是这种全球采样格子(GRN)在中国的部署。

3.2 在 GRN 格子中的采样方案

在 IGCP360 项目中提出了两种采样方案^[16,19]。一种是英国人提出的,我们称之为小盆地多样品方案(图 4)。一种是作者提出的,可称之为大盆地单样品方案。第一种方案(图 4)是在每个 GRN 格子中随机选择 5~8 个小盆地(<100 km²)。在盆地汇流点采集河水及水系沉积物,在其附近采集残积土及腐殖土。假设汇流水系沉积物中元素含量大致与盆地中金属平均含量相当,则这种方案对整个 GRN 格子的覆盖度亦不会超过 3%。第二种方案(图 4)在每个 GRN 格子内挑选 4~8 个大汇水盆地(1000~6000 km²),在每个盆地口的汇流点上采集两个泛滥平原沉积物,一个表层样(25 cm),一个深部样(80~100 cm)。假设这个泛滥平原沉积物中元素含量接近整个汇水盆地中元素含量平均值,则其在整个采样格子中的覆盖度可达 50%~90%。作者在国际会议上几次希望讨论这两种方案的采样代表性与可行性问

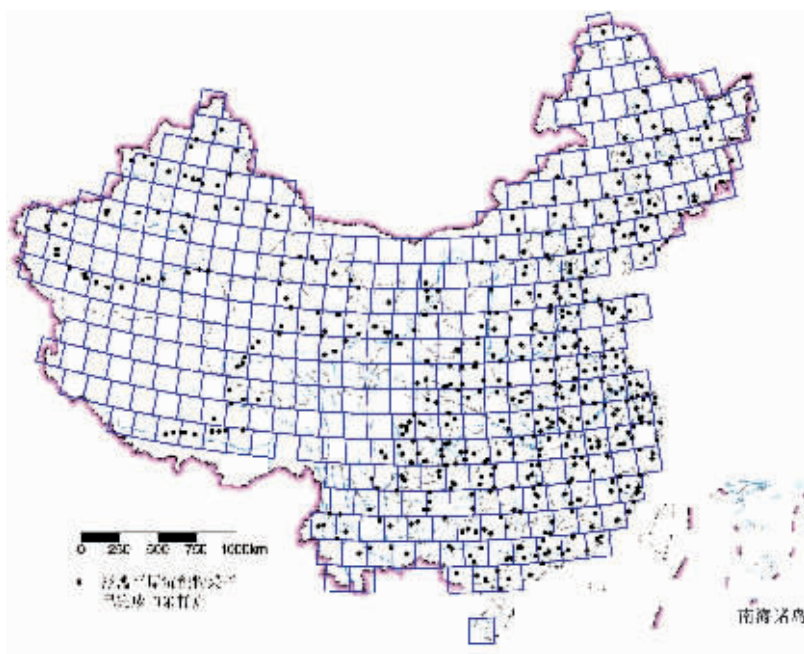


图 3 位于中国境内的 GRN 采样格子

Fig. 3 GRN sampling cells in China

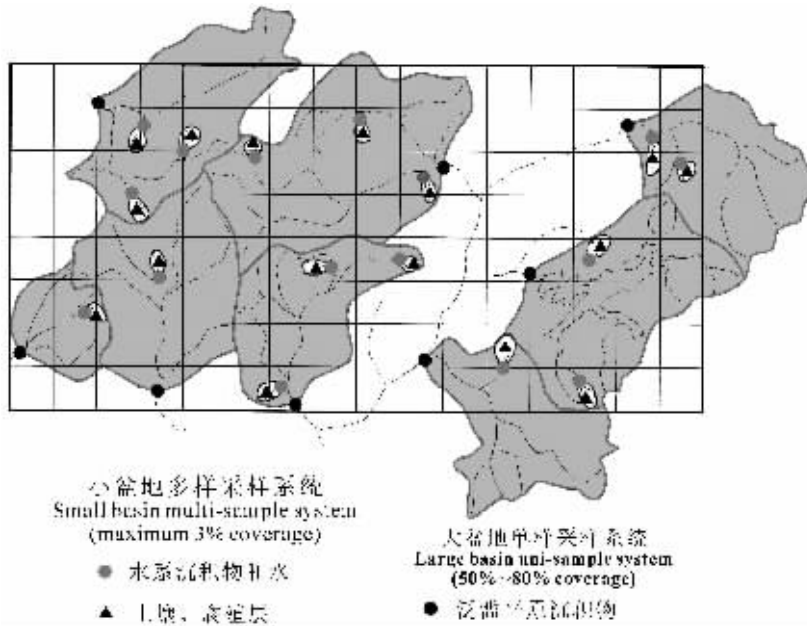


图 4 全球地球化学填图中建议的 GRN 格子中的采样系统

Fig. 4 Sampling system in GRN cells suggested in global geochemical mapping

题,其他国家的勘查地球化学家则只想回避这一问题,例如欧洲 26 国在 1994 年开始的欧洲地质调查所论坛地球化学基准计划 (FOREGS Geochemical Baseline Programme)就作出妥协,同时采集两种方案要求采集的样品^[20]。

3.3 大盆地单样品采样方案(LBUS)的可行性

此方案是以全中国作为试点,通过“环境地球化学监控网络”研究项目(1993~1995)而给以肯定的^[21,22]。由于受到经费及其他限制,采样点的分布还不够均匀,不能完全按照 IGCP259 采样格子的要求,在西部还遗留许多空格(图 3),但所得结果非常成功。图 5B 是用覆盖全国 529 个泛滥平原沉积物表层样品所制作的 Cu 的全国地球化学图。图 5A 是利用区域化探全国扫面计划数以百万水系沉积物样品制作的地球化学图。为在同等条件下进行比较,将两套数据都纳入 GRN 格子之中,取每个格子中的平均值来作图,(每个 GRN 格子中有数千个水系沉积物数据来取平均值)。从图 5 上可看到这两种图的相似性甚好。

3.4 LBUS 地球化学图对全球环境监控研究的意义

用 LBUS 方案制作的地球化学图对全球环境监控的意义可由图 6 加以显示,这是表层样品 Hg 分析结果与深层样品 Hg 分析结果的比值在全国的分布图,明显看到近 50 年工业化以及金矿开采对中国东部地区造成的汞的污染。

3.5 LBUS 地球化学图对找巨型矿的作用

图 7 示中国 Pt 的地球化学图,这可能是全世界首次看到的在如此大面积上 Pt 的分布,这当然得益于极低密度地球化学填图的思想,从图上看到中国有 3 个找寻 Pt-Pd 矿床最有远景的地区:川滇黔桂、甘新及西藏,预计在这些地区应该有可能找到大型至巨型 Pt-Pd 矿床。

4 有待解决的关键问题

前文已述及全球地球化学填图最严重的技术问题在于分析^[3,17,18],根据 IGCP259 的要求,各国地球化学填图第一批应分析的元素为 51 种,第二批为 20 种(图 2)。分析检出限必须低于地壳丰度,数据必须全球可以对比。这些要求如果不能全部满足,地球化学图的质量与意义将大大降低,遗憾的是各国许多承担地球化学填图项目的科学家对这一问题的严重性认识不足,从而迁就各自的分析设备与条件,而不少国家的分析设备与经验实际上达不到 IGCP259 所提出的要求。在 IGCP360 的多次工作会议上,大家都认为这些样品应交由高水平的能满足 IGCP259 分析要求的少数实验室统一分析,但一涉及具体是哪些实验室时,大家都保持沉默,不愿发言。

针对这样的困难,作者在 1995 年芬兰召开的一次 IGCP360 工作会议上提出分析工作分 3 个阶段

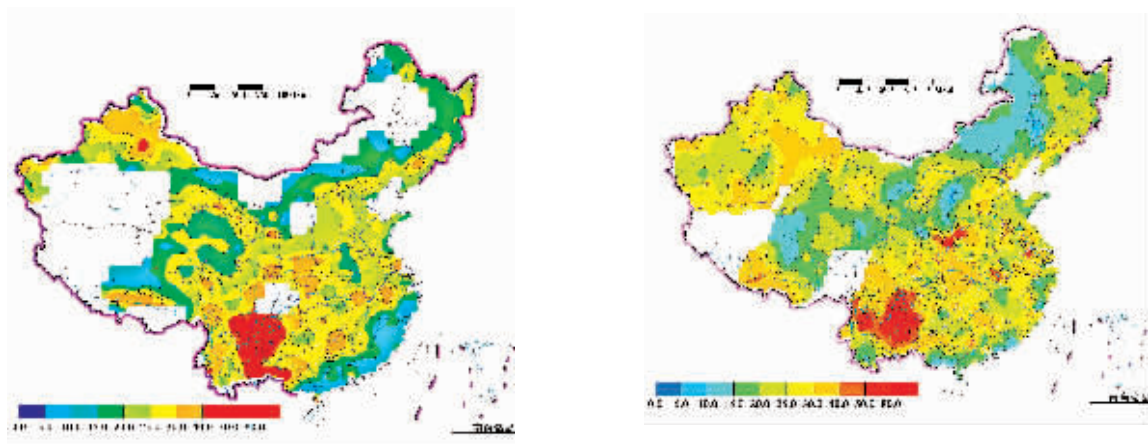


图 5 中国两个填图计划中的铜地球化学图

Fig. 5 Copper geochemical map in RGNR and EGMON Projects in China

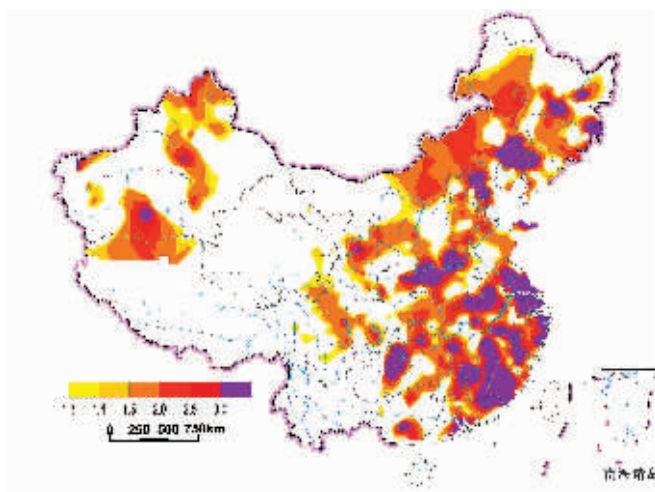


图 6 中国汞表层与深层含量比值图

Fig. 6 Ratio of Hg contents on the surface and at depths

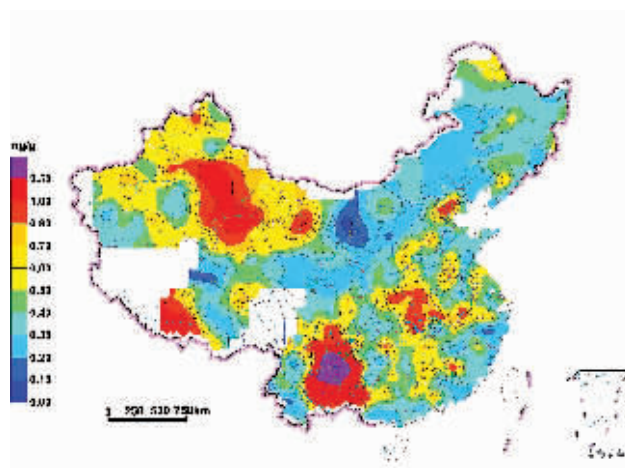


图 7 中国铂地球化学图

Fig. 7 Platinum geochemical map of China

进行的建议,第一阶段各国要努力尽自己之所能,利用本国设备与条件分析采来的样品,特别是各国国家性的地球化学填图计划中采集的大量样品,第二阶段在一个大区中各国可将样品通过组合适当缩减数量送交所谓“区域实验室”(Regional laboratory)进行统一分析。区域实验室并非地理概念,例如如果中国的分析价格与质量能为南美国家认可,中国也可充当南美“区域实验室”的角色。第三阶段,全球5 000余组合样须由一“全球实验室”(Global Laboratory)统一分析,全球实验室是通过前二阶段的竞争而得到公认的。这一建议当时得到各国科学家的赞赏,但在7年后的今日,看来它须作一些大的修改方可能付诸实施。首先所谓“全球实验室”所需的分析质量与条件看来也只有中国能够胜任,另外区域性或全球性组合样的72种元素分析经费是个难以解决的问题,通过科技部经费的支持,中国与哥伦比亚 INGEOMINAS 达到的协议有可能找到一条具体解决这一问题的途径,哥伦比亚全国面积约100余万平方千米,共有57个GRN格子,笔者建议每个GRN格子划分为4个80 km×80 km的二级格子,每个80 km×80 km格子中选择2~3个汇水盆地采集泛滥平原或河漫滩沉积物。采样工作及所需费用由 INGEOMINAS 承担,80 km×80 km二级格子中的组合样(约300余个)则由物化探研究所的实验室分析71种元素,分析费用拟由中国的全球矿产勘查项目中支付,取得的资料双方共享。这项工作如果取得成功,即可在南美其他国家中推广,这样中国实际上就取得了南美“区域实验室”的地位。INGEOMINAS 的这项全球采样计划是与他们的全国性地球化学填图计划套合进行的。将来全国性地球化学填图计划的大量样品中部分元素可在中国专家指导下,在他们本国进行,至于一些难分析元素则可由中国实验室收费承担。

5 结 语

国际上有识之士早已看到地球化学填图将对预测资源潜力、勘查未发现的矿床及对环境的管理起日益显著的作用,故芬兰的 K.Kauranne 在1988年就写道:“地质学为了面对当今社会的需求,最迫切、最重要的任务就是制作地球化学图。”^[23]

英国的 I.Thornton 在“20世纪90年代环境地球化学与健康——全球观点”^[24]一文中写道:“由于

地球化学图与图集继续覆盖更大面积,90年代将为科学家提供一个激动人心的机会。那就是可以开始用全球眼光去研究那些过去只能在局部和区域尺度上研究的问题。”

进入21世纪,更多国家都在纷纷开展新的区域性或全国性地球化学填图计划,他们也已逐渐认识到在分析上存在的严重问题,故纷纷向中国求助。笔者认为要解决国际上普遍存在的分析难题,需要以全球地球化学填图的眼光来带动各国的国家性地球化学填图,亦即在进行国家性地球化学填图计划之前,先按国际规定的GRN格子进行极低密度或超低密度采样,迅速覆盖全国,或者将国家性地球化学填图计划的采样工作与GRN格子采样同时开始套合进行。GRN格子的样品送中国的实验室免费分析,资料共享,这样如果得到国内经费支持,中国国土资源部所属的实验室能担当起“全球实验室”的角色,充其量分析约20 000~30 000个80 km×80 km GRN格子样品中76个元素含量,这些样品可作为各国实验室二级标样使用。至于各国国家性地球化学填图采集的大量样品中一部分元素可由各国实验室在中国专家指导下进行,一部分元素可付费由中国实验室分析。

根据这样取得的全球76种元素分布的资料可有效指出在各国找大型巨型矿床最有远景的地区,大大减少在国外找矿的盲目性。多年来我国一直强调两种资源、两个市场的矿产资源可持续供应战略,但缺少新思路与方法技术来更有效地实现这种战略。中国这二十余年中发展起来的全球地球化学填图思路与方法技术为实现这种战略提供新的可实现的有效途径。

参考文献(References):

- [1] Hawkes H E, Webb J S. Geochemistry in Mineral Exploration [M]. New York: Harper & Row, 1962.
- [2] Webb J S, Nichol I, Foster R, et al. Provisional Geochemical Atlas of Northern Ireland [M]. London: Applied Geochemistry Research Group, Imperial College of Science and Technology, 1973.
- [3] Xie Xuejing. Analytical requirements in international geochemical mapping [J]. Analyst, 1995, 120: 1497~1504.
- [4] Stephenson B, Ghazali S A and Widjaja H. Regional geochemical Atlas series of Indonesia: Northern Sumatra [M]. Oxford: Institute of Geological Sciences. 1982.
- [5] Webb J S. The Wolfson geochemical atlas of England and Wales [M]. Oxford: Oxford University Press, 1978.
- [6] Bowie S H U and Plant J. Regional geochemical atlas, Shetland [M].

- London: Institute of Geological Science, 1978.
- [7] Xie Xuejing and Ren Tianxiang. A decade of regional geochemistry in China—the National Reconnaissance Project [A]. In: Trans [C]. IMM, 1991, B 100, 57~65.
- [8] Weaver T A, Freeman S H, Broxton D E M and Bolivar S L. Geochemical atlas of Alaska [M]. New Mexico: Los Alamos National Laboratory, 1983.
- [9] Coker W B and Ellwood D J. National geochemical reconnaissance, 1:2 000 000, Coloured compilation map series [M]. Ottawa: Open files 730–749 Inclusive, Geological Survey of Canada, 1981.
- [10] Bolviken T. Geochemical atlas of Northern Fennoscandia [M]. Nordic Council of Ministers, 1986.
- [11] Fauth H, Hindel R and Siewers U. Geochemical atlas of the Federal Republic of Germany [M]. Hannover: Federal Office for Geosciences and Raw Materials, 1985.
- [12] Koljonen T. The geochemical atlas of Finland, Part 2: Till [M]. Espoo: Geological Survey of Finland, 1992.
- [13] Simpson P R. Regional geochemical atlas, Southern Scotland [M]. Nottingham: Institute of Geological Sciences, 1993.
- [14] Webb J S and Thompson M. Analytical requirements in exploration chemistry [A]. In: Strashein A et al(ed.). Analytical chemistry in exploration, mining and processing of materials [C]., Oxford.: Pergamon Press, 1978. 1507~1518.
- [15] Fletcher W K. Analytical methods in geochemical prospecting, Handbook of exploration geochemistry [M]. Amsterdam: Elsevier, 1981: 11.
- [16] Darnley A G, Bjorklund A, and Bolviken B, et al. Final report of IGCP259—A global geochemical database for environmental and resource management [M]. Ottawa: Love Printing Service Ltd., UNESCO, 1995.
- [17] Xie Xuejing. Some problems, strategic and tactical in international geochemical mapping [J]. J. Geochem. Explor., 1990, 39: 15~33.
- [18] Xie Xuejing, Mu Xuzhan and Ren Tianxiang. Geochemical mapping in China [J]. J. Geochem. Explor., 1997, 60(1): 99~113.
- [19] Xie Xuejing and Cheng Hangxin. Global geochemical mapping and its implementation in the Asia–Pacific region [J]. Applied Geochemistry, 2001, 16: 1309~1321.
- [20] Salminen R. FOREGS geochemical mapping field manual [M]. Geological Survey of Finland, ESPOO 1998.
- [21] Xie Xuejing and Cheng Hangxin. The suitability of floodplain sediment as global sampling medium: evidence from China [J]. J. Geochem. Explor., 1997, 58: 51~62
- [22] Cheng Hangxin, Shen Xiachu, Yan Guangsheng, et al. Wide– spaced floodplain sediment sampling covering the whole of China: pilot survey for international geochemical mapping [A]. In: Xie Xuejing (ed.), Proc. 30th Int. Geol. Congr. Geochemistry [C]. International Science Publishers, 1997. 89~109.
- [23] Darnley A G. International geochemical mapping—a review [J]. J. Geochem. Explor., 1995, 55: 5~10.
- [24] Thornton I. Environmental geochemistry and health in the 1990s: a global perspective [J]. Applied Geochemistry, Supplementary Issue No. 2, 1993, 203~210.

Global geochemical mapping

XIE Xue-jing

(*Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang 065000, Hebei, China*)

Abstract: The deficiencies in more than 50 national and regional geochemical mapping projects in the world carried out from 1973 to present are all analytical in character. The IGCP259 Project under the aegis of UNESCO's IGCP Program carried out from 1988 to 1992 aimed to standardize geochemical mapping methods used in the world. This project advances several analytical requirements for forthcoming geochemical mapping projects, which mainly include the following: 71 elements should be analyzed in the future mapping projects; the detection limits of trace and ultratrace elements must be lower than the corresponding crustal abundances and the Chinese GSD and Canadian STSD standard sample series should be used for the correlation of global data; the aim of the IGCP360 Project (Global Geochemical Mapping Project) is to use 5000 composite samples taken at very low sampling densities to cover the whole Earth's land surface. Besides social, political and economic problems, the main bottleneck is the difficulties to meet IGCP259 analytical requirements by many countries. The best way to solve this bottleneck is proposed in the present paper.

Key words: exploration geochemistry, geochemical mapping, extremely low density sampling.