

化探数据处理的新技术^①

李长江 麻土华

(浙江省地质矿产研究所, 杭州, 310007)

提 要 本文论述了一种新的空间点数据处理系统(NASSD)在化探数据处理中的应用效果。以 NASSD 处理平均采样密度为每 15000km² 一个, 样品总数为 529 个的泛滥平原沉积物数据, 制作的中国铜和银地球化学图, 可以较清晰地指示出中国已知大型、超大型铜和银矿床的分布。以传统的数据处理方法无论是处理上述的极低密度采样数据还是每 1km²~50km² 一个的区域水系沉积物测量数据, 在制作(以相同含量间隔表示)的全国地球化学图上对大型、超大型矿床都还缺乏良好的显示。因此, 在对大型、超大型矿床进行战略性探查方面, 将 NASSD 技术与极低密度地球化学填图相结合, 可能是一条高效率、低成本的可行途径。NASSD 可与各种 GIS 相连接。在“国际地球化学填图”项目中应用 NASSD, 或许可以有效地促进制作全球地球化学图的进程, 并提高地球化学图在环境研究和全球超大型矿床预测方面的实用价值。

关键词 地球化学填图 空间点数据处理 NASSD 超大型矿床

1 引言

地球化学填图作为地球科学的一项基础性工作, 不仅为地质及成矿理论研究提供新的思路 and 基础性资料, 是进行矿产探查的重要手段之一, 而且在研究人类生存环境上也具有重大的科学价值和实用意义。特别是, Stragliani 1988 年提出“化学定时炸弹”(Chemical time bomb, CTB)的概念以来, 地球化学图在对人类生存环境的研究、治理与保护等方面的巨大价值已日益为人们所重视。Potter(1990a, b)指出, 地球化学图册的制作与分析研究最终将被证明是比地质学中具革命性的板块构造研究更加重要。为此, 地球化学填图将成为地质学及勘查地球化学的新前沿(谢学锦, 1992; Darnley 等, 1995)。然而, 全球陆地面积只有 10% 为地球化学图所覆盖(Darnley, 1990)。并且, 迄今为止, 世界上只有原西德、乌干达、奥地利、芬兰等几个国家正式出版了全国地球化学图集。在面积大于 40 万 km² 的国家中几乎还没有一个正式出版过完整的全国性地球化学图集。谢学锦(1992a, b; 1996)曾深刻分析了国际地球化学填图进展缓慢的原因。我们认为除了谢学锦已指出的那些因素以外, 下列两个方面也一直是阻碍地球化学填图和制作地球化学图进程的重要原因: (1) 由于地球化学填图仅能在有限的离散的位置取样, 所获数据属于空间点数据, 因此对数据的处理, 尤其是进行空间插值, 是制作地球化学图的一个关键环节。然而, 以往的数据处理方法, 如滑动平均法、克里格法以及其它诸如距离倒数的指

① 收稿日期: 1997-09-11

数加权平均等方法,产生的插值一般都介于相邻实测点数据的数值范围内,并且使处理后的数据呈光滑分布。这往往并不符合实际,因为如果在原先的相邻数据点之间进行加密采样获得的实测值通常是起伏变化而超出这个范围。这种情况对于微量元素尤其常见。因此,传统的空间插值技术难以产生出符合自然起伏(跳跃)的插值。(2)由于地理环境的限制和资金上的困难,对于许多地区往往一般难以取得合适的样品,有些地区在过去、现在、乃至将来的很长时间内可能都属于地球化学数据的空白区。因此,对于地球化学填图,尤其是全球地球化学填图,迫切需要一种符合元素含量自然分布特征的空间插值方法。

此外,由于一个现代化国家重要矿业的开发与工业基地的建设必须依托于一些超大型矿床,因此有关超大型矿床的找矿问题近年来一直为世界各地的地质界和矿业界所瞩目。特别是对于一些地质工作程度较低的地区,如何快速和经济地探寻到潜在的超大型矿床靶区,更是人们关注的一个重要课题。

我们(李长江等,1995)发展了一种用于空间点数据处理的新技术,这里简称之为 NASSD^①(Nonlinear analysis system for spatial data)。本文应用 NASSD 对谢学锦提供的基本覆盖全国的 529 个泛滥平原沉积物样品数据进行试验处理,制作的地球化学图在许多方面,尤其是对于快速寻找大型、超大型矿床显示了非常令人鼓舞的结果。

2 数据来源与试验结果

“国际地球化学填图”项目(IGCP259)提出了极低密度(用 $160\text{km} \times 160\text{km}$ 的格子作为采样单元)在全球采集约 5000 个样品的宏大计划,以便在可望的未来制作出全球地球化学图,从而对世界大陆各种元素的分布有一个全局性了解(谢学锦,1992,1996;Darnley 等,1995)。谢学锦 1992 年提出了以泛滥平原沉积物作为全球采样介质的设想,并在 IGCP259 项目的后继项目 IGCP360“全球地球化学基准”中率先在中国进行极低密度地球化学填图实验,于 1993~1994 年间采集了覆盖中国大部分地区的 529 个泛滥平原沉积物样品(图 1)。本文研究使用的地球化学数据即是谢学锦研究小组提供的上述 529 个样品的分析结果。

应用 NASSD 技术对 529 个样品数据进行处理,制作出中国铜地球化学图(图 2)。图 3 是根据 529 个样品数据以距离倒数的平方加权平均进行插值而制作的地球化学图。图 4 是对中国区域化探全国扫面计划(RGNR)水系沉积物测量结果(采样密度每 $1\text{km}^2 \sim 50\text{km}^2$ 一个点,样品数据在数百万以上)以距离倒数的指数加权平均进行插值而制作的地球化学图。图 5 是中国已知主要铜矿床的分布图。对比图 2、3、4 和图 5 可以看出,对于同样的数据,由 NASSD 制作的图 2 比由传统方法制作的图 3 显示了更多、更清楚的元素含量的空间变化细节,在图 3 中出现的一些宽阔的大范围高值区在图 2 中被进一步分解成若干个较小的高值区。在与已知铜矿床分布的吻合程度上,目前已知的 22 个大型、超大型铜矿床中,18 个(占 82%)的图 2 中有

^① 在先前的研究报告中(李长江、麻士华、徐有浪,1995,从低密度采样数据得到高密度地球化学勘查结果——EGCLTH 仿真系统,浙江省地质矿产研究所),我们称这种技术为 EGCLTH。后经谢学锦建议,改称为 NASSD。

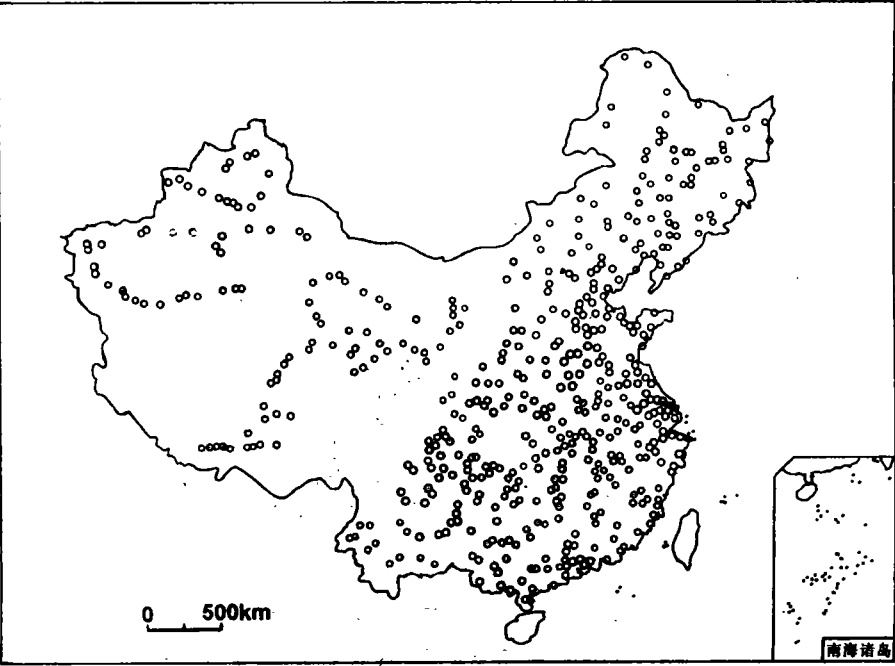


图1 中国极低密度地球化学测量采样位置示意图

Fig. 1 Sampling locations for wide-spaced survey of China

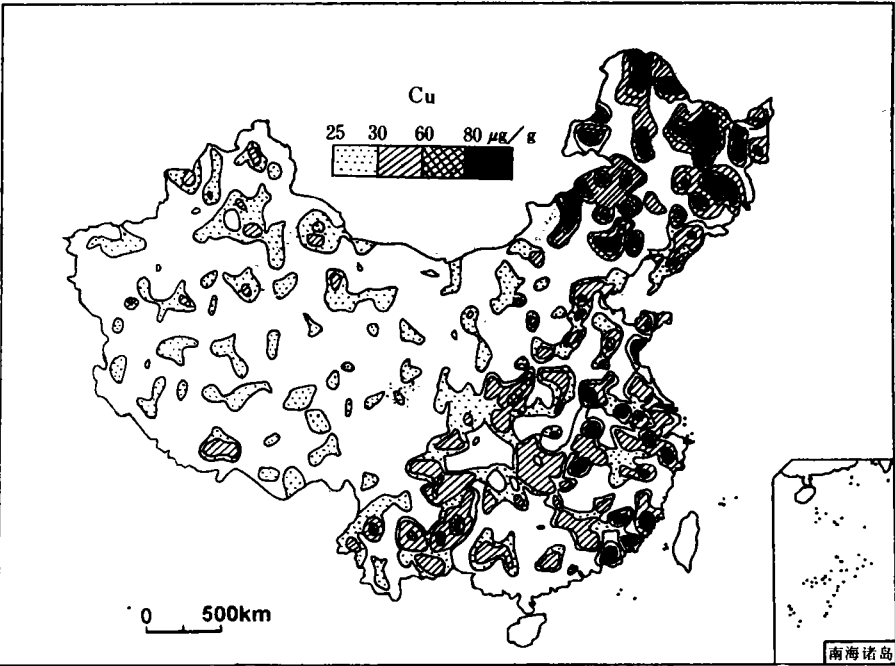
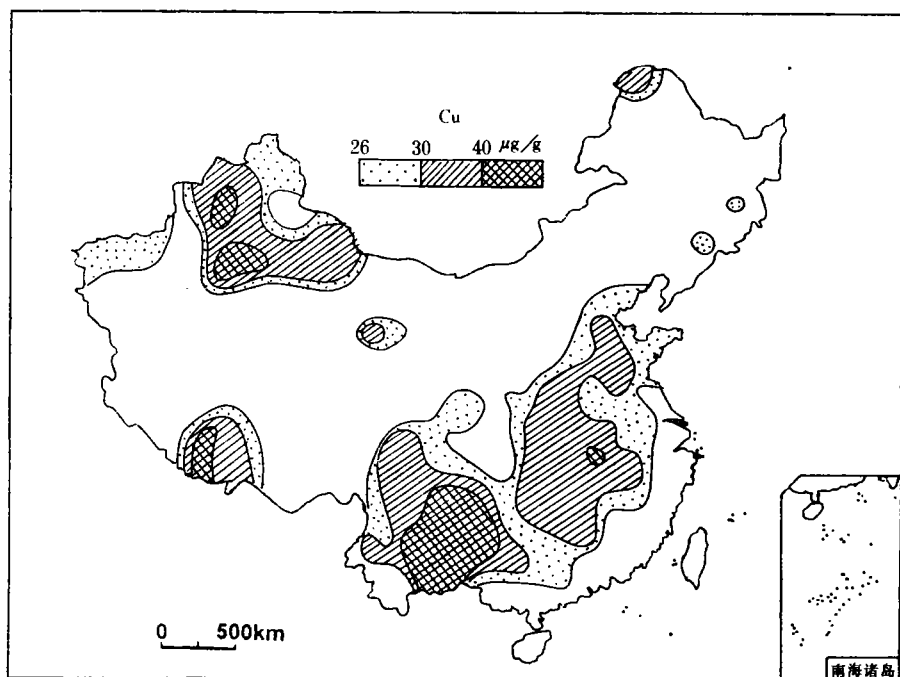


图2 中国铜地球化学图(由 NASSD 成图)

Fig. 2 Copper geochemical map of China (originated from NASSD)

原始数据由谢学锦研究小组提供。泛濫平原沉积物测量结果,平均采样每 15000Km² 一个点,采样位置见图 1。

较明确的显示,而在图3中只有12个(占55%)落在较宽广的铜含量高值区内及其附近。即使在以数百万以上样品数据为基础,采用与图2相同的含量间隔表示的图4中,也仅有15个(占68%)大型、超大型矿床与铜含量高值区基本吻合。更有意思的是,第2、13、19号矿床(图5)所在的区域在图1中是数据的空白区,但在用NASSD制作的图2中,这些矿床都有较好的显示。如果这不是偶然的巧合,那么其中隐含的启示就尤为发人深思了。

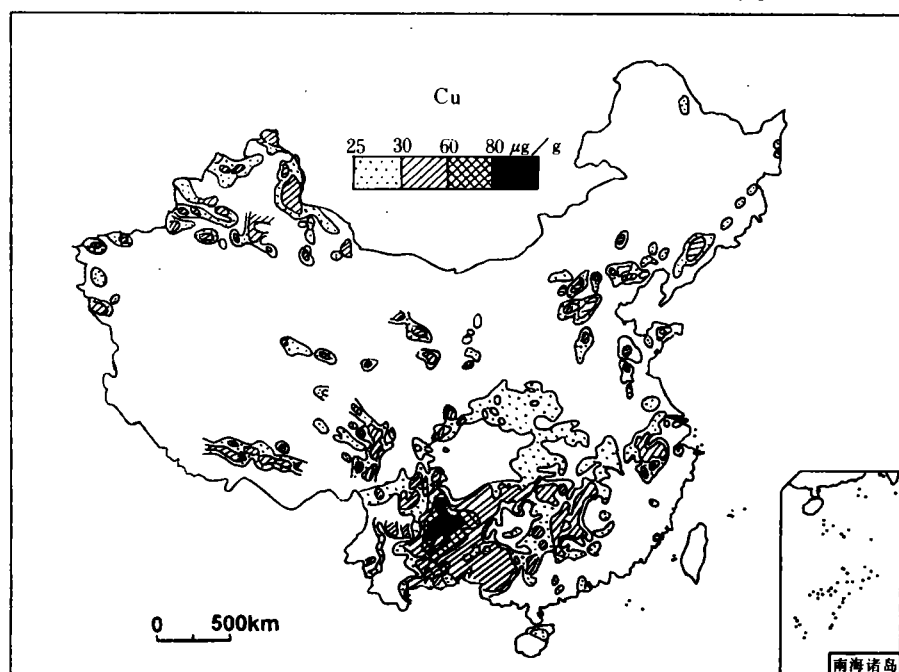


据谢学锦(1996). 泛滥平原沉积物测量结果,平均采样密度每15000Km²一个点,采样位置见图1。

图3 中国铜地球化学图(采用距离倒数的平方加权平均进行插值)

Fig. 3 Copper geochemical map of China (using interpolation procedure for data processing: weighting average method with the second power of reciprocal of a distance)

必须指出的是,如图1所示,大约在东经100°以西的近400万km²地区中仅有80个样品,尚存在一些范围在数十万km²以上巨大的数据空白区。因此,无论是图2还是图3,西部地区地球化学图的可信程度显然低于东部地区。此外,在东经100°以东地区,地质工作的程度远远高于西部地区。因此,在中国西部地区已知的铜矿很少,主要应与该区的地质工作程度较低有关。如果仅考察东经100°以东地区,中国已知的一些大型、超大型铜矿床在图2中几乎都有清晰的显示,而图3和图4与铜矿床分布的吻合程度就要差多了。由此表明,如果在中国西部地区,进行极低密度地球化学填图不仅仅是目前采集的80个样品,而是大于200个样品,然后应用NASSD对这些数据进行处理和制作地球化学图,那么对于快速预测和评价西部地区的大型和超大型矿床找矿靶区将会具有极为重大的意义。此外,既然中国目前已知的一些大型、超大型铜矿床与图2的一些铜含量高值区之间存在良好的对应关系,那么就有可能根据图2对中国东部地区一些潜在的大型、超大型铜矿床分布区进行预测。例如,中国东北部的小兴安岭、张广才岭和长白山一带,以及东南沿海的闽西南—粤东地区,在图2中表现为明显的铜含量高



据谢学锦(1996). 区域化探全国扫面计划水系沉积物测量结果, 采样密度每 $1\text{km}^2 \sim 50\text{km}^2$ 一个点。

图4 中国铜地球化学图(采用距离倒数的指数加权平均进行插值)

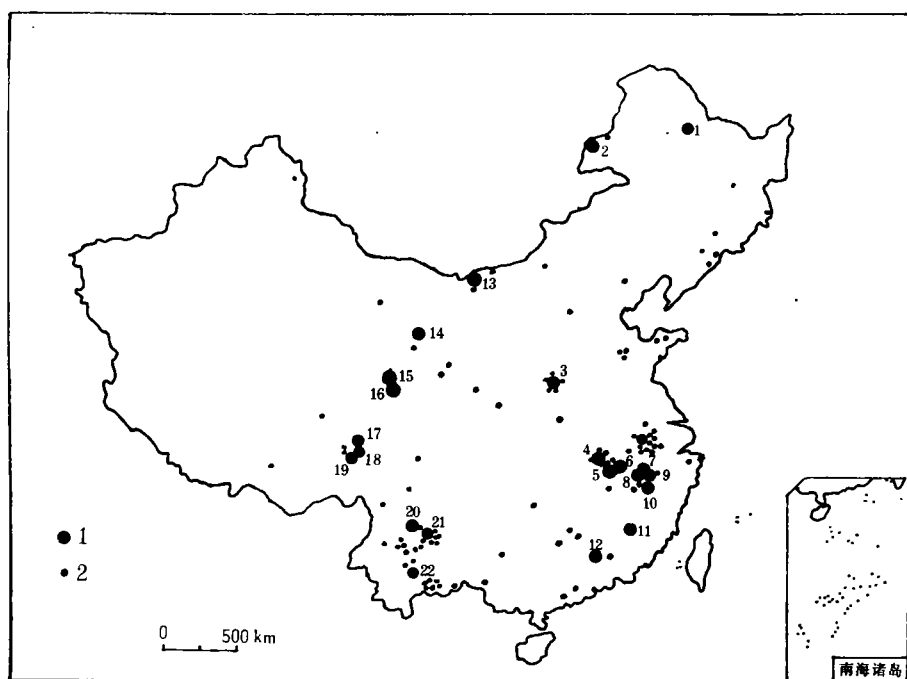
Fig. 4 Copper geochemical map of China (using interpolation procedure for data processing: weighting average method with the n th power of reciprocal of a distance).

值区,在这些地区有希望找到大型、超大型铜矿床。

图6是应用NASSD技术对529个样品数据处理制作的中国银地球化学图。图7是中国已知重要银矿床的分布图。对比这两张图可以看出,中国已知重要银矿床的分布与图6中银含量高值区的吻合也较好,这种对应关系在东经 100° 以东地区是很清楚的。

3 结论与展望

本文研究表明,对于处理像地球化学数据这样的空间点数据,NASSD是一种比传统的其它插值方法更为优越的新技术。使用NASSD处理平均采样密度为每 15000km^2 一个的极低密度泛滥平原沉积物采样数据,可以大幅度提高单位面积的信息量,比使用传统方法揭示出更多细微的元素含量空间变化结构。由NASSD进行空间插值得到的元素含量变化结构已为实际的矿床分布所印证,特别是在指示大型、超大型矿床的分布方面,比传统的数据处理方法显示了更高的有效性。在中国西部的广大地区,地理环境险恶,交通极不为便,常规的地球化学填图计划难以实施。但是,要在该地区进行每 $15000\text{km}^2 \sim 25000\text{km}^2$ 一个样的极低密度地球化学填图,则要容易得多,并可以在较短时间内以非常少量的投资完成,然后,应用NASSD技术对这种极低密度的采样数据进行处理。继而,仅对其所揭示的元素含量高值区进行适当加密采



1. 大型、超大型矿床 2. 中、小型矿床

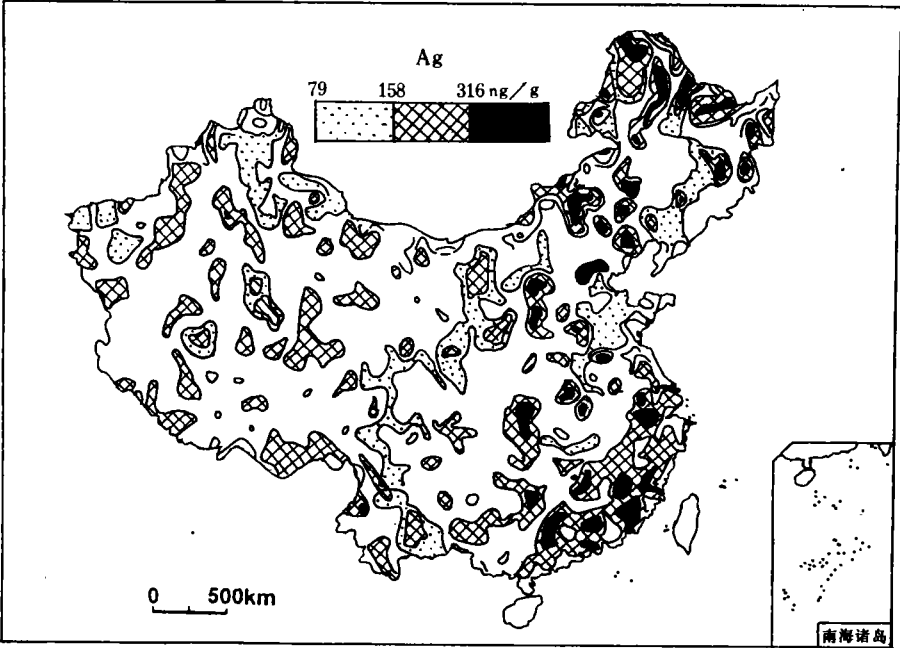
图 5 中国铜矿床分布图

Fig. 5 Schematic map showing the distribution of copper deposits in China.

样,再继续应用 NASSD 对这些经加密采样的小范围地区的数据进行处理。随后再对其中一些范围更小的元素含量高值区增加取样密度……。如此操作,以这种应用 NASSD 技术进行系统追踪的方式寻找潜在的大型、超大型矿床,无疑在找矿效果和经济上都可能比以往的常规地球化学测量和化探数据处理方法要优越得多。尤其是对于目前在中国西部地区进行的寻找大型、超大型矿床的战略性探查,这将可能是一条高效率、低成本的可行途径。当然,在上述的每一步追踪研究中,也应充分使用其它的地质和地球物理资料,以利于对追踪目标的综合评价。

NASSD 可与各种 GIS 相连接,将 NASSD 优异的非线性插值能力与 GIS 强大的空间信息管理和分析功能融为一体。因此,在“国际地球化学填图”项目中,采用 NASSD 不仅可能有效地促进制作全球地球化学图的进程,而且可以将极低密度(以 $160\text{km} \times 160\text{km}$ 格子为采样单元)采样数据的信息量提高数倍以上,使制成的地球化学图在环境研究和全球超大型矿床预测方面更具有实用性。

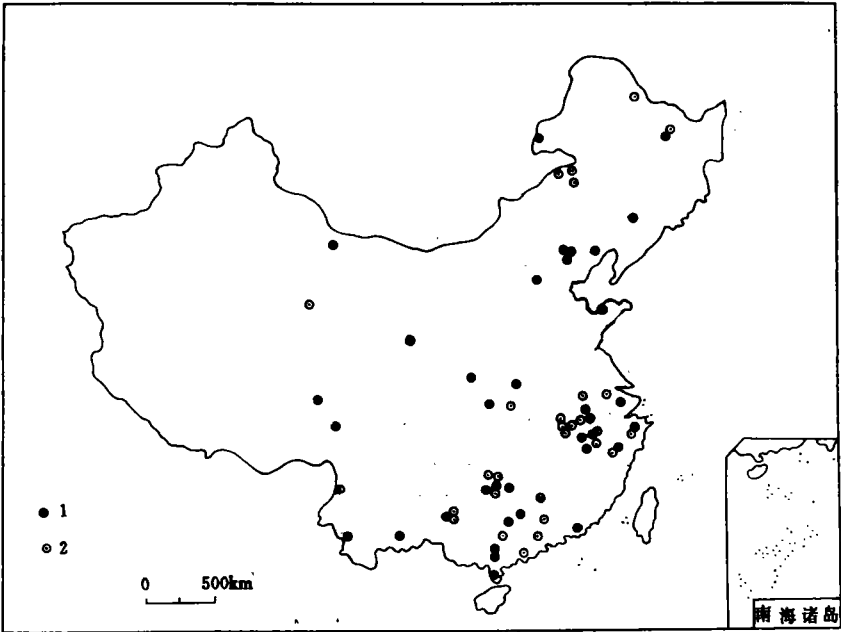
致谢 在 NASSD 技术的发展和试验过程中,中国科学院院士谢学锦教授给予了热情的支持和富有远见的指导,并提供了试验用的 529 个极低密度地球化学采样数据。浙江大学地球科学系柳志青副教授以及我们的同事胡永和高级工程师也提供了许多有价值的建议。本文初稿完成后,承蒙谢学锦教授审阅,并对论文的修改提出了一些极好的建议。在此一并表示衷心的感谢。



原始数据由谢学锦研究小组提供。泛滥平原沉积物测量结果,平均采样密度每 15000Km² 一个点,采样位置见图 1

图 6 中国银地球化学图(由 NASSD 成图)

Fig. 6 Silver geochemical map of China (originated from NASSD)



1. 银矿床 2. 伴生银矿床

图 7 中国银矿床分布图

Fig. 7 Schematic map showing the distribution of silver deposits in China

参考文献

1. 谢学锦. 中国化探走向 2000 年. 物探与化探. 1992, 16(2): 81~85
2. 谢学锦. 勘查地球化学的过去、现在和未来. 物探与化探. 1992, 16(4~5): 20~31
3. 谢学锦. 勘查地球化学的现状与未来展望. 地质论评, 1996, 42(4): 346~356
4. 李长江, 麻士华, 徐有浪. EGCLTH 仿真系统——从 1: 20 万化探扫面数据得到 1: 5 万地球化学测量结果. 浙江地质, 1996, 12(1), 93~94
5. Darnley A G. International geochemical mapping: a new global project. J. Geochem. Explor., 1990, vol. 39, 1~4
6. Darnley A G, et al. A global geochemical database for environmental and resource management. IGCP 259 Final Report. Earth Sciences UNESCO, 1995. 19
7. Potter J F., Editorial; Beneath it all. The Environmentalist, 1990, Vol. 10, 161~162
8. Potter J F. Editorial; Geochemical Atlases. The Environmentalist, Vol. 10, 241~242
9. Stragliani W M, Doelman P, Salmons W, Schulin R, Smidt G R B and Vander Zee S. Chemical time bomb: predicting the unpredictable. Environment, 1991, Vol. 33, 4~30

A NEW TECHNIQUE FOR EXPLORATION GEOCHEMICAL DATA PROCESSING

Li Changjiang, Ma Tuhua

(Zhejiang Institute of Geology and Mineral Resources, Hangzhou, 310007)

Abstract

The paper expounds the results of application of a new spatial point data processing technique (NASSD—Nonlinear analysis system for spatial data) to exploration geochemical data processing. In Chinese Copper and Silver geochemical maps NASSD is applied to the data processing of Cu and Ag contents from 529 flood-plain sediment samples nearly covering the whole land surface of China with average sampling density 1 sample per 15000km². Over 80% known large and superlarge Cu and Ag deposits can be clearly indicated. However, no matter when other traditional data processing methods are applied, either to the above-mentioned data from average sampling density 1 sample per 15000km² or to the RGNR stream sediment survey data from sampling density 1 sample per 1km²—50km², the geochemical maps (in the same isopleth as the geochemical map generated from NASSD) have poor information about the distribution of the large and superlarge deposits. Therefore, in strategic exploring for large and superlarge deposits, it may be a feasible tool with high efficiency and low cost to combine NASSD with the wide-spaced geochemical mapping. NASSD can be combined in various GIS. If NASSD technique has application in the International Geochemical Mapping Project, it is possible to bring about an advance in the preparation of a World Geochemical Atlas and increase the usable values of a global geochemical maps in environmental investigations and the global prediction of superlarge deposits.

Key words geochemical mapping spatial point data processing NASSD superlarge deposits