

研究矿床时间谱系的 GIS 途径

池顺都 赵鹏大 刘粤湘

(国土资源部矿产资源定量预测及勘查评价开放研究实验室, 武汉 430074)

摘要: 矿床的时间谱系是成矿多样性的一种表现形式. 以云南澜沧江流域的综合矿种和单一矿种——铅锌矿的矿床时间谱系研究为例, 探讨了应用地理信息系统(GIS)建立矿床时间谱系的途径. 成矿广度指数和成矿强度指数是其主要参数, GIS是其工具, 成矿广度和成矿强度曲线是划分矿床时间谱系的依据. 指出在建立矿床时间谱系时, 定性的成矿学分析和定量的GIS途径相结合的必要性, 并指出矿床时间谱系与空间谱系的有机联系.

关键词: 矿产预测; 地理信息系统; 成矿学; 时间谱系.

中图分类号: P628⁺.3 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2001)02-0180-05

作者简介: 池顺都, 男, 教授, 1941年生, 1982年毕业于武汉地质学院北京研究生部, 获硕士学位, 主要从事矿产勘查学及数学地质学的科研和教学工作.

1 矿床的时间谱系

矿床的时间谱系是成矿多样性的一种表现形式, 即是矿床在时间上的“有序性”. 矿床的时间谱系可以从不同尺度加以研究. Zhao^①在31届地质大会上所作的“成矿多样性与矿床谱系”报告中, 对矿床的时间谱系作了如下概括. 尺度范围: 全球、区域、矿床; 研究对象: 综合矿种、单一矿种、多矿床类型组合、单一矿床类型、成矿元素; 时间间隔: 成矿期、成矿时代、成矿阶段.

从以上资料可以看出, 何种成矿物质在何时、何地以何种方式富集成矿是与地球发展演化历史, 特别是构造—岩浆—沉积—变质等作用的发展演化分不开的. 了解矿床形成的时间谱系, 对评价不同时代的成矿作用, 预测各时代最可能发生的矿床, 特别是超大型矿床具有十分重要的指导意义.

研究矿床时间谱系的途径主要有: (1) 矿床学途径; (2) 地球化学途径, 如研究矿化时间谱系与成矿元素演化动力学的关系^[1]; (3) 研究矿化在不同地质建造中统计分布特征途径^[2], 等等. 下面将以在云南

省澜沧江流域的综合矿种和单一矿种——铅锌矿的矿床时间谱系研究为例, 介绍研究矿床时间谱系的地理信息系统途径.

应用GIS研究矿床时间谱系的主要指标是成矿广度指数和成矿强度指数^[3]. 从成矿分析的角度来考虑, 有大量矿产地出露的地质建造就是重要的成矿地质建造, 与该地质建造相应的时期就是重要的成矿期. 我们设计了矿产当量 N ^[4]作为评价成矿广度的指标——成矿广度指数. 所谓矿产当量, 实际上就是将不同规模的矿产地折算成相当于矿点规模的矿产地的个数, 单位为个. 由于成矿广度指数是根据矿产地的规模大小计算的, 不像资源总量那样有绝对数量概念. 用单位矿产当量 KN ^[4]作为表征成矿强度的指标. 为了使其数值与矿产当量相近, 我们将单位矿产当量乘以1000称作成矿强度指数 KI .

2 云南澜沧江流域综合矿种时间谱系

2.1 与沉积建造有关的矿床时间谱系

在作云南澜沧江流域与沉积建造有关的时间谱系研究时, 其基本思路是: 按形成时代早晚排列的各地层单元序列的成矿强度和广度反映了在地史各时期成矿强度和广度的演变. 根据其成矿强度和广度曲线的变化周期和峰值可确定矿床时间谱系. 在

收稿日期: 2000-11-30

基金项目: 国土资源部矿产资源定量预测及勘查评价开放研究实验室资助项目; 国家自然科学基金项目(No. 40072091).

① Zhao P D. The diversity of mineralization and the spectrum of mineral deposits. 31st IGC report, 2000.

表 1 各成矿期沉积建造综合成矿广度指数和强度指数

Table 1 Calculation values of the multiple ore-forming scope index and intensity index of sedimentary formation in each ore-forming period

时段 序号	地层代号	沉积建造	主要矿产	时代	N		异常面积/km ²	KI	
					数值	排序		数值	排序
1	N ₂	陆相含煤沉积	褐煤、硅藻土、 烟煤	上新世	163		29 724	548	
	N ₁			中新世	10	5	34 845	29	2
	合计			新第三纪	173		64 570	270	
2	E ₁	堑沟中的含盐 沉积	多金属、石盐、 铁矿	古新世	917		241 902	379	
	E			老第三纪	15	1	9 453	159	1
	合计			老第三纪	932		241 355	370	
3	T ₃ ³	含火山岩的浅 海陆源碎屑及 碳酸盐建造	银多金属、菱 铁矿及铋汞金	晚三叠世	365		239 519	141	
	T ₃			晚三叠世	80		387 988	21	
	T ₃ ¹			晚三叠世	65	2	231 135	28	4
	T ₂			中三叠世	132		117 278	113	
	合计			中、晚三叠世	642		985 920	65	
4	P ₁	裂谷火山岩建 造	多金属	早二叠世	130		225 246	58	
	C ₃			晚石炭世	125	4	33 693	371	3
	C ₂₊₃			石炭纪	127		39 228	324	
	合计			石炭、二叠纪	382		298 167	128	
5	Pz ₁	已变质的优地 槽沉积建造	铁矿、多金属、 锡矿	早古生代	138		284 039	49	
	Pt ₂ ch			中元古代	183		372 741	49	
	Pt ₂ ln			中元古代	127	3	87 010	146	5
	Pt ₂ dm			中元古代	18		91 142	20	
合计	前寒武纪	466		834 932	56				

作各时代地层成矿广度和强度分析时,要应用 MAPGIS 作一系列的检索和统计:(1)分别检索出自第四系至中元古界各个地层单元,并统计各地层单元的面积;(2)将矿点(点文件)与各个地层单元作区与点相交操作,可得到属于各个地层单元的矿产地数,并统计不同规模的矿产地数;(3)计算出成矿广度指数和成矿强度指数.对云南澜沧江流域地层的矿床时间谱系作如下分析.

(1)云南澜沧江流域比较强的成矿作用有:①昌宁—澜沧成矿带,与前寒武纪优地槽沉积有关的铁矿;②沿澜沧江与石炭、二叠纪裂谷火山岩有关的铅锌矿;③兰坪—思茅成矿带与澜沧运动后的三叠纪沉积建造有关的菱铁矿、铅锌矿和 Hg—Sb—Au 建造;④古新世堑沟中沉积的石盐、钾盐和铅锌矿;⑤新第三纪陆相盆地中沉积的褐煤.在图 1 的成矿广度曲线和成矿强度曲线都清晰地反映出这一事实,无论是成矿广度指数还是成矿强度指数,在这 5 个时段都出现峰值.除了这 5 个时段,在侏罗—白垩纪,成矿广度指数出现峰值,但成矿强度指数不高.与此相反,在奥陶—泥盆纪出现成矿强度指数的峰值,成矿广度指数却不高.

(2)据图 1,可以定量评价各成矿期与沉积建造

有关的成矿广度和强度,表 1 就是各成矿期沉积建造综合成矿广度指数和强度指数计算表.从成矿广度指数看,在云南澜沧江流域沉积建造的成矿作用排序依次为:①古新世堑沟中沉积的石盐、钾盐和铅锌矿;②兰坪—思茅成矿带与澜沧运动后的三叠纪沉积建造有关的菱铁矿、铅锌矿和 Hg—Sb—Au 建造;③已变质的优地槽沉积建造有关的铁矿、多金属、锡矿;④沿澜沧江与石炭、二叠纪裂谷火山岩有关的铅锌矿;⑤新第三纪陆相盆地中沉积的褐煤.而从成矿强度指数看,则依次为:①古新世堑沟中沉积的石盐、钾盐和铅锌矿;②新第三纪陆相盆地中沉积的褐煤;③沿澜沧江与石炭、二叠纪裂谷火山岩有关的铅锌矿;④在兰坪—思茅成矿带与澜沧运动后的三叠纪沉积建造有关的菱铁矿、铅锌矿和 Hg—Sb—Au 建造;⑤昌宁—澜沧成矿带,与前寒武纪优地槽沉积有关的铁矿.

(3)在建立矿床时间谱系时,应综合考虑成矿广度和成矿强度两个方面,并要考虑不同成矿期之间的联系.例如产在古新世堑沟中的含盐沉积中的多金属矿本身就是本区最为重要的矿产,该成矿期的成矿广度指数和成矿强度指数都是全区最高的.地质研究表明,赋存在该层位中的多金属矿,是以较早

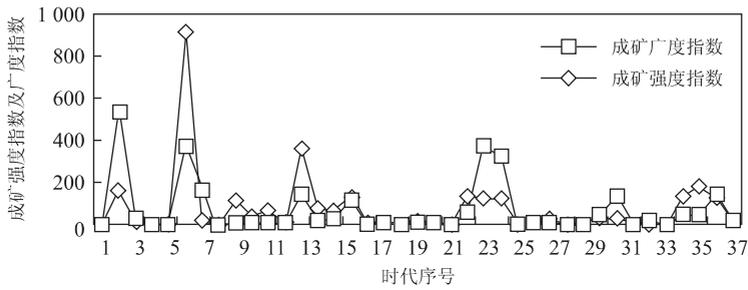


图 1 云南澜沧江流域沉积建造综合成矿时间谱系分析曲线

Fig. 1 Analyzed curves of multiple ore-forming time spectrum in sedimentary formation in Lancangjiang River region, Yunnan Province

1. Q; 2. N₂; 3. N₁; 4. E₃; 5. E₂; 6. E₁; 7. E; 8. K₂; 9. K₁; 10. J₃; 11. J₂; 12. J₁; 13. T₃; 14. T₃; 15. T₃; 16. T₂; 17. T₂; 18. T₂; 19. T₁; 20. P₂; 21. P₁₊₂; 22. P; 23. P₁; 24. C₃; 25. C₂₊₃; 26. C₂; 27. C₁; 28. C; 29. D₃; 30. D₂; 31. D₁; 32. O₁₋₂; 33. O; 34. $\leftarrow m_3$; 35. $\leftarrow m$; 36. Pz₁; 37. Pt₂ch; 38. Pt₂ln

发生在三叠纪含火山岩的浅海陆源碎屑及碳酸盐建造中的铅锌矿化为基础的. 从上面分析可知, 后一成矿期的成矿广度指数在全区各成矿期中也占第二位. 这就说明在 E₁ 层位中超大型兰坪金顶铅锌矿的产出有其丰富的物质基础, 是多次强烈的成矿作用叠加的结果. 此外, 侏罗—白垩纪的成矿广度指数较高, 但其强度指数却甚低, 未出现规模较大的矿床. 在这一成矿强度不大的沉积中, 本身虽无较大的矿床产出, 但对以后的成矿可能会起一定的“矿源层”作用.

通过上述分析可以得出云南澜沧江流域与沉积建造有关的矿床谱系: 前寒武纪已变质的优地槽沉积建造中的铁矿、多金属矿、锡矿成矿时期; 石炭、二叠纪裂谷火山岩建造中的多金属矿成矿时期; 中晚三叠世含火山岩的浅海陆源碎屑及碳酸盐建造中的银多金属矿、菱铁矿及锑汞金成矿时期; 老第三纪坳沟中的含盐沉积中的多金属、石盐、铁矿成矿时期; 新第三纪陆相含煤沉积中的褐煤、硅藻土、烟煤成矿时期.

2.2 与岩浆岩建造有关的矿床时间谱系

云南澜沧江流域与岩浆岩有关的矿床不是太多, 主要有与喜马拉雅早期花岗斑岩有关的铜钼矿化, 与华力西晚期铁质超镁铁岩有关的铂族及铜镍硫化物矿化, 与华力西—印支期二长花岗岩有关的独居石、磷钇矿、钛铁矿砂矿, 这种砂矿富集成矿是在第四纪. 图 2 是云南澜沧江流域岩浆岩建造的成矿广度指数和成矿强度指数曲线. 图中时代序号相应的岩浆岩时代见表 2. 从图表可以清晰地看出岩浆岩矿床谱系有 2 个时期: 喜马拉雅期和华力西—印支期. 这两个成矿期无论是成矿强度还是成矿广

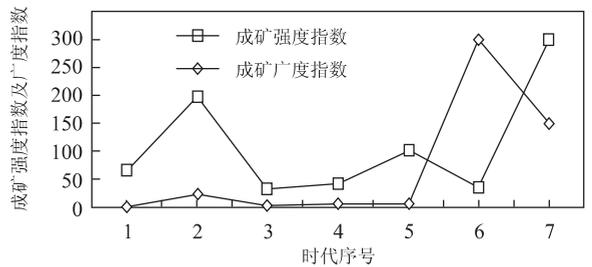


图 2 云南澜沧江流域岩浆岩建造综合成矿时间谱系分析曲线(时代序号见表 2)

Fig. 2 Analyzed curves of multiple ore-forming time spectrum in magma formation in Lancangjiang River region, Yunnan Province

度都远比燕山期强烈. 图中出现了两个明显的峰.

3 云南澜沧江流域单一矿种时间谱系

云南澜沧江流域产出的矿产种类有铁、铅锌、铜、汞锑、石盐、煤等多种. 在此仅对铅锌矿作一简要的分析.

从图 3 和表 3 可以明显地看出, 在云南澜沧江流域铅锌矿成矿主要集中在两个成矿期: 石炭、二叠纪成矿期和中晚三叠纪成矿期. 此外, 在早古生代和白垩纪也有铅锌矿化, 但成矿广度和强度都是很弱. 对于成矿广度指数小于 5 的, 即没有发现小型矿床且矿点数量也很少的没有统计在内. 对于铅锌成矿, 无论是成矿广度或是成矿强度, 石炭、二叠纪成矿期都是最强的, 中晚三叠纪成矿期为其次. 这个结论是根据矿床规模为大、中、小型或矿点, 按矿产当量计算出成矿广度和成矿强度指数获得的. 如果用详细

表 2 各成矿期岩浆岩建造综合成矿广度指数和强度指数

Table 2 Calculation values of the multiple ore-forming scope index and intensity index of each ore-forming period in magmatic formation

序号	代号	岩性	矿种	时代	异常面积/km ²	N		KI	
						数值	排序	数值	排序
1	γ_6^b	花岗岩	Sn	喜马拉雅早期	15.22	1		66	
2	$\gamma\pi_6^b$	花岗岩斑岩	Cu, Mo	喜马拉雅早期	127.45	25	2	196	1
3	x_6	碱性岩	Au	喜马拉雅期	62.27	2		32	
	合计			喜马拉雅期		28		137	
4	$\delta\sigma_3^b$	石英闪长岩	钛铁矿砂矿	燕山晚期	115.78	5	3	43	3
5	γ_3^b	花岗岩	Sn	印支期	58.12	6		103	
6	$\eta\gamma_4$ $\eta\gamma_5^b$	二长花岗岩	独居石、磷钇矿、钛铁矿砂矿	华力西—印支期	7 991.36	298	1	37	2
7	σ_4^b	铁质超镁铁岩	Pt, Pd, Cu, Ni	华力西晚期	2.11	150		71 090	
	合计			华力西—印支期		454		56	
8	Σ	镁质超镁铁岩	石棉	时代不明	35.48	5	3	141	

表 3 各成矿期沉积建造铅锌成矿广度指数和强度指数

Table 3 Calculation values of the ore-forming scope index and intensity index of lead-zinc deposit of sedimentary formation in each ore-forming period

时段序号	地层代号	沉积建造	时代	N		异常面积/km ²	KI	
				数值	排序		数值	排序
1	K ₁	碎屑岩建造	早白垩世	19	3	17 491.86	1.09	4
	T ₃ ²		晚三叠世	134		2 395.19	55.95	
2	T ₃	含火山岩的浅海陆	晚三叠世	11	2	3 879.88	2.89	2
	T ₂	源碎屑及碳酸盐建造	中三叠世	126		1 172.78	107.51	
	合计		中、晚三叠世	271		7 447.85	36.38	
	P ₁		早二叠世	130		2 252.46	57.53	
3	C ₃	裂谷火山岩建造	晚石炭世	125	1	336.93	370.90	1
	C ₂₊₃		石炭纪	127		392.28	324.18	
	合计		石炭、二叠纪	382		2 981.67	128	
4	Pz ₁	浅变质优地槽沉积	早古生代	5	4	8 420.39	1.76	3

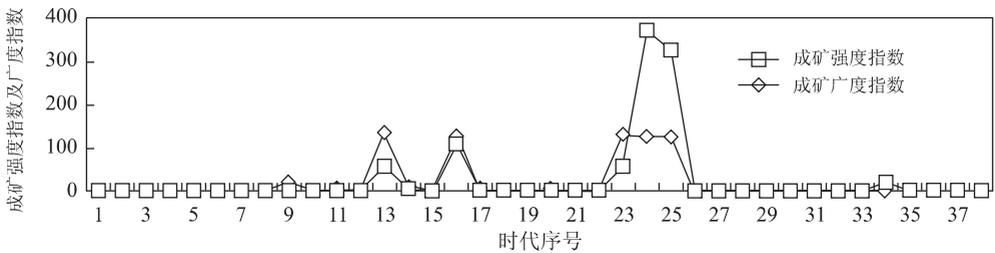


图 3 云南澜沧江流域沉积建造铅锌矿成矿时间谱系分析曲线(时代序号见图 1)

Fig. 3 Analyzed curves of ore-forming time spectrum of lead-zinc deposit in sedimentary formation in Lancangjiang River region, Yunnan Province

的储量资料,计算出成矿广度和成矿强度指数,其数值可能会有变化。

4 结论

(1)建立矿床时间谱系时,可以按照沉积建造和

岩浆岩建造分别建立,并将定性分析方法和定量分析方法相结合.深入的成矿地质分析是建立矿床时间谱系的基础,而正确的定量分析可以将建立矿床时间谱系的工作引向深入.(2)在建立矿床时间谱系时,成矿广度指数可以指示在地质发展历史中最重要的成矿期.而成矿强度指数则可以指示在不同时

代的沉积建造中找到矿床的可能性,或者说对找矿概率的大小作出判断.在相似的找矿工作程度的条件下,成矿强度指数越大,则找矿的概率就越大.(3)矿床时间谱系与不同的地质构造单元存在着有机的联系.换句话说,矿床的时间谱系与矿床的空间谱系之间存在着有机的联系.空间从西往东,时间从早到晚:在澜沧江断裂带以西的昌宁—澜沧成矿带发育前寒武纪的铁矿、多金属矿、锡矿成矿时期;澜沧江断裂带以东的澜沧江成矿带发育石炭、二叠纪裂谷火山岩建造中的多金属矿成矿时期;再往东的兰坪思茅成矿带,依次发育中晚三叠纪含火山岩的浅海陆源碎屑及碳酸盐建造中的银多金属矿、菱铁矿及锑汞金成矿时期,老第三纪堑沟中的含盐沉积中的多金属、石盐、铁矿成矿时期和新第三纪陆相含煤沉积中的褐煤、硅藻土、烟煤成矿时期.

参考文献:

- [1] Драфимовидр Н. Н. Динамика концентраций элементов-индикаторов в эндогенного рудообразования Изв. ВУЗ [J]. Геология и Разведка, 1999, (6): 83~89.
- [2] Роков и др А. Н. Региональноаномальные золото-рудные поля в провинции Куангнам-Данано (Центральный Вьетнам), Изв. ВУЗ [J]. Геология и Разведка, 1999, (1): 70~78.
- [3] 池顺都.应用 GIS 进行成矿强度和广度的定量分析——以云南澜沧江流域地层成矿分析为例[J].现代地质——中国地质大学研究生院学报,1999, 24(1): 493~497.
- [4] 池顺都,周顺平,吴新林. GIS 支持下的地质异常分析及金属矿产经验预测[J].地球科学——中国地质大学学报,1997, 22(1): 99~103.

RESEARCH WAY OF TIME SPECTRUM OF MINERAL DEPOSITS WITH GIS

Chi Shundu Zhao Pengda Liu Yuexiang

(The Open Laboratory of Quantitative Prediction and Exploration Assessment of Mineral Resources, the Ministry of Land and Resources, Wuhan 430074, China)

Abstract: The time spectrum of mineral deposits shows the diversity of mineralization. Former researchers have studied it by way of ore deposit, geochemistry and statistics on a scale of globe, region and mineral deposits. By studying this spectrum of multiple ore kinds in Lancangjiang River region, Yunnan Province, this paper discusses the methods to establish the time spectrum of mineral deposits of multiple ore kinds and single ore kind — lead-zinc deposits using geographic information system (GIS). The ore-forming scope index and the ore-forming intensity index are the main parameters with the GIS analysis as the tool. While the division of this kind of spectrum is based on the curves of the ore-forming scope and the ore-forming intensity. The authors emphasize the necessity to combine qualitative ore-forming analysis with quantitative GIS methods, and point out the inherent relation between the time spectrum and the spatial spectrum of mineral deposits.

Key words: mineral deposit prognosis; geographic information system (GIS); metallogenesis; time spectrum.