

· 数学地质 ·

# 荆山群的地层结构及野头组含金性研究

林文蔚 赵一鸣 赵国红 徐 珏

(中国地质科学院矿床地质研究所)

赵维刚

(山东省第四地质矿产勘查院)

**提要** 在荆山群建组剖面实地研究的基础上,补测了野头组的禄格庄剖面,考察了荆山区至平度区荆山群的相变规律,采用数学地质方法研究荆山群地层结构及生成环境,得知:荆山群无论在原岩建造、岩性组合、生成的古地理环境均不同于胶东岩群。荆山群形成于不稳定的冒地槽环境,相变剧烈,由荆山区至平度区厚度锐减,火山活动减弱。荆山群在总体上表现为三大周期,对应三个组,各组内部具有不同的沉积韵律和拟周期,野头组火山沉积和禄格庄组的砂泥质沉积是荆山群金的高丰度部位。野头组的火山建造形成于海底裂隙环境,金主要赋存在正常沉积与火山沉积的交变带中。产于进入火山活动和由火山活动转出的历史阶段,属火山喷气—溢流阶段的产物。

**关键词** 荆山群 阶梯函数 调合趋势分析 金矿床 胶东地区

## 1 荆山群的划分

荆山群主要分布于莱阳旌旗山、莱西南墅、平度祝沟、明村等地。它是一套以夕线(蓝晶)石榴黑云片岩(或片麻岩)、黑云变粒岩、浅粒岩、大理岩、石墨透辉变粒岩为主体夹角闪透辉岩、斜长角闪岩的变质岩系。原岩为一套碎屑岩、泥岩,大理岩夹火山物质的沉积岩系<sup>[1]</sup>。荆山群可进一步划分为三个组(表 1)。

## 2 荆山群的相变规律

荆山群相变剧烈,特别是火山物质相变尤其显著,反映它形成于相对不稳定的冒地槽环境。为研究荆山群火山岩系,补测了荆山群野头组的禄格庄剖面。

### 2.1 野头组禄格庄剖面

测于禄格庄南东,始于禄格庄组二段,终于野头组二段,露头良好,剖面连续。

野头组二段

厚度 > 10.0m

36. 大理岩(未测至顶)

> 5.0m

35. 方解斜长角闪透辉岩

5.0m

本文 1997 年 11 月收到,1998 年 11 月改回,张增奇编辑。

表 1 荆山群地层划分简表  
Table 1 Division of Jingshan group

岩石地层单位		岩 石 组 合
组	段	
陡崖组 (Pt <sub>td</sub> )	2	夕线(蓝晶)石榴黑云片岩(或)片麻岩段。该段以厚层状夕线(蓝晶)石榴黑云片岩(片麻岩)为主,夹黑云变粒岩、斜长黑云片岩。此段在荆山地区厚 117.38 米。
	1	石墨透辉变粒岩段。该段下部以石墨透辉变粒岩和石墨黑云变粒岩为主夹蜂巢状透闪石英岩、石墨透闪透辉岩、石墨斜长角闪岩,上部以黑云变粒岩为主夹透辉岩、黑云片岩薄层。蜂巢状透闪石英岩层位稳定,特征明显。本段蕴藏丰富的石墨矿产。在荆山地区本段厚 328.78 米。
野头组 (Pt <sub>ty</sub> )	2	大理岩段。在牟平、莱阳、莱西、平度、安丘有广泛出露。岩性为蛇纹石大理岩、蛇纹金云大理岩、橄榄石大理岩、方柱透闪金云大理岩、方柱透辉大理岩、白云石大理岩夹透辉岩、黑云变粒岩(或片麻岩)。下部以方柱石大理岩为主,中部为白云石大理岩,上部为蛇纹橄榄大理岩。总厚度 633.58 米。
	1	透辉岩、透辉黑云变粒岩段。本段主要为透辉岩、透辉变粒岩、浅粒岩、斜长透闪透辉岩、黑云角闪变粒岩、黑云变粒岩、斜长角闪岩及方柱透闪变粒岩。荆山地区此段厚 867.6 米。
禄格庄组 (Pt <sub>tl</sub> )	2	蛇纹石大理岩段。岩性为蛇纹石橄榄大理岩、含金云透辉橄榄大理岩、白云质大理岩,有时夹片麻岩、斜长角闪岩。厚 256 米。
	1	夕线(蓝晶)石榴黑云片岩段。岩性为夕线(蓝晶)石榴黑云片岩、片麻岩、黑云变粒岩、透辉变粒岩、斜长透辉岩及少量大理岩、长石石英岩。厚 1255 米。

野头组一段(Pt<sub>ty</sub><sup>1</sup>)

厚 930.87m

- 34. 绿帘黑云斜长角闪岩夹绿帘角闪岩 63.34m
- 33. 伟晶岩状混合花岗岩
- 32. 绿帘黑云石英片岩 33.87m
- 31. 绿帘黑云斜长角闪岩、黑云角闪岩、黑云斜长角闪片岩 115.75m
- 30. 绿帘角闪岩 5.89m
- 29. 花岗伟晶岩 (13.83m)
- 28. 黑云角闪斜长片麻岩夹黑云斜长片麻岩,上部为斜长角闪岩夹角闪斜长片麻岩 117.35m
- 27. 伟晶岩状混合花岗岩
- 26. 斜长透辉岩夹黑云斜长角闪岩 44.93m
- 25. 方柱透辉大理岩 3.42m
- 24. 绿帘斜长透辉岩与黑云透辉岩互层,中夹 4m 黑云变粒岩 87.92m
- 23. 绿帘角闪岩脉
- 22. 绿帘透闪透辉岩 24.56m
- 21. 方柱透辉变粒岩 22.52m
- 20. 大理岩 4.47m
- 19. 绿帘黑云变粒岩 11.61m
- 18. 方柱透辉大理岩、金云透辉大理岩夹透闪透辉岩 56.02m
- 17. 金云母镁绿泥石大理岩 16.63m

16. 蛇纹金云大理岩, 下部有 4. 18m 透辉岩。	38. 47m
15. 角闪黑云变粒岩	12. 54m
14. 含透辉石大理岩	42. 81m
13. 伟晶岩状混合花岗岩	
12. 帘石化角闪变粒岩与角闪岩互层	23. 69m
11. 伟晶岩状混合花岗岩, 其中残留体为帘石化角闪变粒岩。出露宽度 68. 87m	
10. 帘石化角闪变粒岩与角闪岩互层, 其下部为黝帘透闪岩, 上部为绿帘斜长角闪岩。	95. 38m
9. 黑云角闪变粒岩	42. 83m
禄格庄组二段 ( $P_{t_1}l^2$ )	厚 > 71. 20m
8. 含直闪石镁绿泥石蛇纹石橄榄大理岩	6. 00m
7. 伟晶岩状混合花岗岩	
6. 帘石化黑云角闪变粒岩, 底部夹两层透辉岩	29. 38m
5. 透辉岩夹透辉非闪岩及薄层状透辉黑云片岩	11. 41m
4. 黑云斜长透辉岩	12. 91m
3. 透辉黑云变粒岩夹蛇纹金云大理岩	11. 50m
2. 绿泥石化碳酸盐化闪长玢岩	
1. 蛇纹石金云母透辉大理岩(未测到底)	

禄格庄剖面与荆山后—陡崖后剖面有较大差异, 在荆山后剖面中野头组一段总厚度 867. 6m。整个剖面以含辉石的岩石为主体, 并且黑云变粒岩由下至上增加。禄格庄组—野头组一段剖面则广泛发育角闪质岩石, 其下部为角闪变粒岩与角闪岩互层, 向上为各种大理岩夹辉石变粒岩, 上部由角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩递变为斜长角闪岩、角闪岩, 顶部为具有明显沉积特征的黑云石英片岩。

## 2.2 平度与荆山地区荆山群的对比

1. 平度—祝沟一带荆山群厚度约为 1829m, 明显小于荆山地区(2941m)。

2. 荆山地区荆山群发育齐全, 做为岩系底部的禄格庄组以砂泥质沉积为特征, 而在平度祝沟等地, 该组未见出露;

3. 荆山地区野头组一段以富含角闪质、辉石质岩石为特征, 或是角闪质、辉石质变粒岩与黑云变粒岩互层, 组成类复理石火山沉积建造, 总厚度 800 余米。而平度地区野头组上部之原岩被厚达 400 余米的陆源碎屑沉积的长石石英砂岩所代替, 它形成于滨海—浅海环境, 火山活动较荆山地区减弱(图 1)。

4. 平度—祝沟一带陡崖组的厚度远大于荆山地区, 并且以石墨大量出现为特征, 这套岩石之原岩形成于滨海潮湿的气候条件下, 促成了有机物的大量繁衍。

综合上述, 平度祝沟地区缺失以粉砂泥质岩为主体的禄格庄组, 野头组火山沉积不如荆山地区发育, 碳酸盐岩中夹有较多泥质及碎屑物质夹层, 这些都反映它形成于滨海—浅海环境。由于新测禄格庄剖面野头组较荆山后—陡崖后剖面完整, 下文将以禄格庄剖面进行讨论。

## 3 荆山群的地层结构与野头组含金性研究

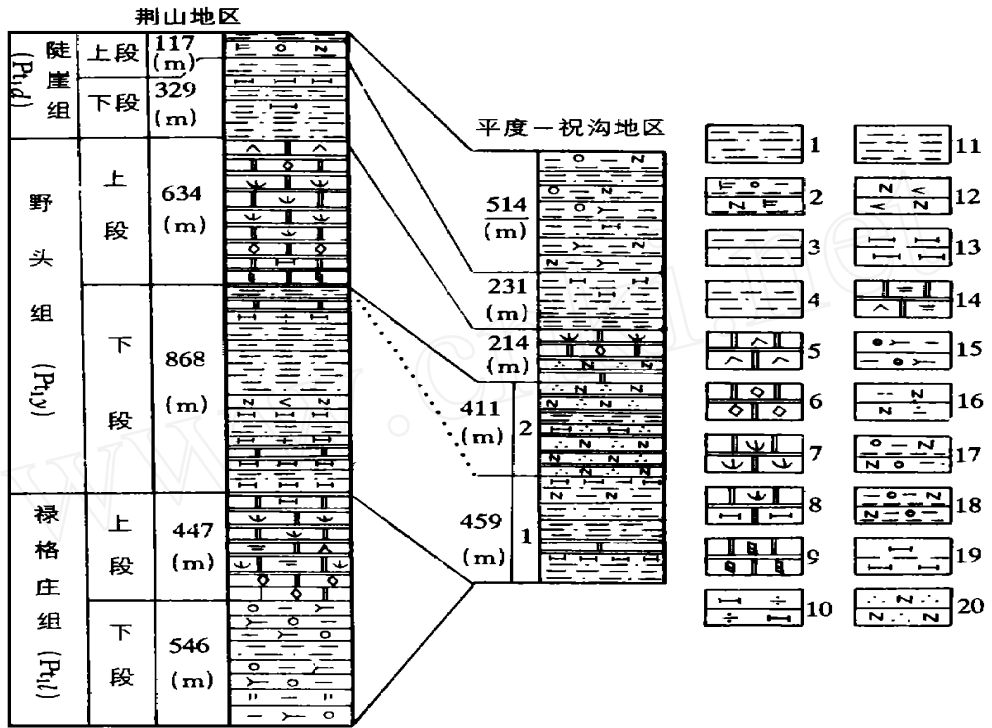


图 1 平度、荆山地区荆山群地层对比柱状图

Fig 1 Contrast column of Jingshan group in Pingdu and Jingshan area

1—黑云变粒岩; 2—蓝晶石榴黑云斜长片麻岩; 3—透辉岩; 4—石墨透辉变粒岩; 5—橄榄石大理岩; 6—白云石大理岩; 7—蛇纹石大理岩; 8—蛇纹透辉大理岩; 9—方柱石大理岩; 10—透闪透辉岩/透辉透闪岩; 11—黑云透辉变粒岩; 12—斜长角闪岩; 13—透辉变粒岩; 14—金云橄榄大理岩; 15—夕线石榴黑云片岩; 16—斜长透辉岩; 17—石墨石榴黑云斜长片麻岩; 18—夕线石墨黑云斜长片麻岩; 19—石墨透辉变粒岩; 20—长石英岩

### 3.1 荆山群及野头组的地层剖面的阶梯函数分析

为揭示荆山群的形成条件, 地层结构与含金性的关系, 首先以阶梯函数来研究地层剖面的内部结构、周期现象。继之以频谱分析技术来对比地层结构的周期性与金赋存的相关关系<sup>[2,3,4]</sup>。

荆山群基本上可分为五种岩石类型: A 类——大理岩, 其原岩为碳酸盐岩; B 类——透辉岩、透闪透辉岩, 其原岩为含钙镁质沉积物的沉基性火山岩或白云质杂砂岩; C 类——斜长角闪岩、角闪变粒岩、黑云角闪变粒岩, 其原岩为基中性火山岩; D 类——黑云变粒岩、黑云片岩、富铝片岩、片麻岩, 原岩为泥质岩或粉砂质泥岩; E 类——石英岩、长石英岩。基于对荆山群建组剖面这五大类岩石厚度统计和分布律检验, 绘制荆山群地层剖面的阶梯函数及其一、二阶函数图象(图 2), 各岩性在纵坐标上的轴矩为: B = - 19. 508, A = - 4. 607, C = 5. 729, D = 17. 474, E = 27. 39。作图参数本剖面取 V = 20, μ = 0. 2。图 2 反映出荆山群可以分为地层结构、沉积性质不同的三组, 即禄格庄组、野头组和陡崖组, 佐证了地层剖面的划分是正确的。在阶梯函数的一阶函数曲线上, 各岩性阶对于纵坐标零位的

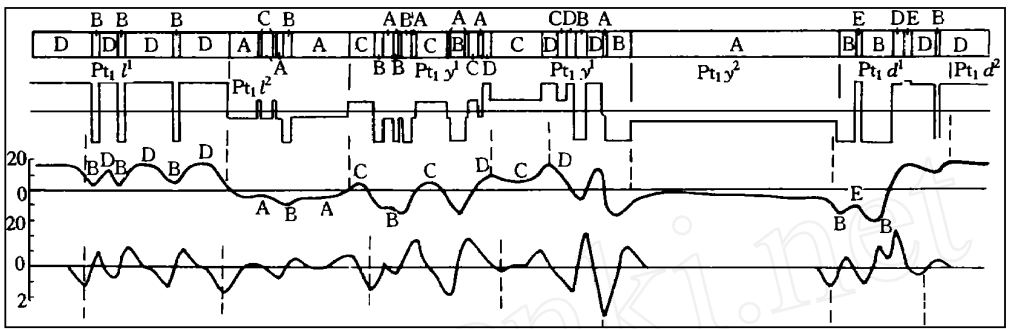


图 2 荆山群地层剖面的阶梯函数图象

Fig. 2 Staircase function figure showing Jingshan group profile

分布,依禄格庄组—野头组—陡崖组的次序的总体规律是 |正,负|正负交替,负|负,正|。说明这三组按岩序剖面有不同的岩石组合。禄格庄组一段主要是D类岩石,其上段为A类岩石为主体的岩石组合,反映出陆源碎屑沉积岩、粘土岩—海相碳酸盐的古地理环境,野头组下段函数图象频繁地正负交替说明在海相碳酸盐沉积背景上加入了火山活动产物,其上段函数图像为稳定的负值,表明为厚度巨大的碳酸盐沉积。陡崖组下部的一阶函数为绝对值较大的负值,以含钙镁质沉积的粉砂质岩类为主,向上过渡到以D类岩石(泥质岩)为主,为一规模不大的海侵,但是缺乏上部碳酸盐岩系的沉积。

各岩段的内部结构不同,禄格庄组下段有两个拟对称,即图中的BDB、DB,上段的拟对称为ABA,因此可以说禄格庄组的形成是发生在正常的碎屑沉积和泥质沉积为主体过渡为以化学沉积岩为主体的地质环境中,是在地壳升降过程中造成的沉积脉动。野头组周期和对称现象不明显,粗略地表现为下部的CBC和DCD对称,这种拟对称是由于正常沉积和火山沉积共同作用的结果,促成岩系对称程度的降低,因此野头组一段突出地显示出两个较大的火山沉积,它是区别禄格庄组、陡崖组的重要标志。陡崖组中仅出现BEB拟对称,反映出钙镁质沉积和碎屑沉积的脉动,火山活动已近结束。

归纳以上现象可以纵览荆山群形成时的古地理环境和沉积岩相的变化,即:滨海相砂泥质沉积—浅海相碳酸盐沉积,少量火山沉积,此阶段主要表现地壳的垂直运动,强度低,其后为海相碳酸盐系中的火山活动旋回,地壳产生裂解,形成拉斑玄武质火山岩流。其后转入滨、浅海相的沉积。按阶梯函数图形可以考虑把陡崖组上下段的界线提前至陡崖组一段的73—74,或77—78层之间<sup>[1]</sup>。野头组阶梯函数分析将于以后叙述。

### 3.2 野头组地层结构与含金性关系的调合趋势分析

为查明地层结构与含金性的关系,我们以实测野头组剖面为依据,按一定间隔(20m)在阶梯函数的一阶函数图中(图3)度取每一点轴矩Y<sub>i</sub>值,共得54点。以剖面中47个样品金的测定值为基础,按内插法估算出上述各点所对应的金含量值<sup>[2,3]</sup>。以一维调合级数展开,分别得到趋势值,傅立叶级数的系数值,振幅谱(功率谱)。对野头组地层剖面的拟合度为94.10%,对金含量的拟合度为91.52%。将野头组地层及金含量傅氏级数拟合的离散功率谱对比如下(表2)。据表2的数据做出各阶调合功率谱平方根对比图(图3)。表2

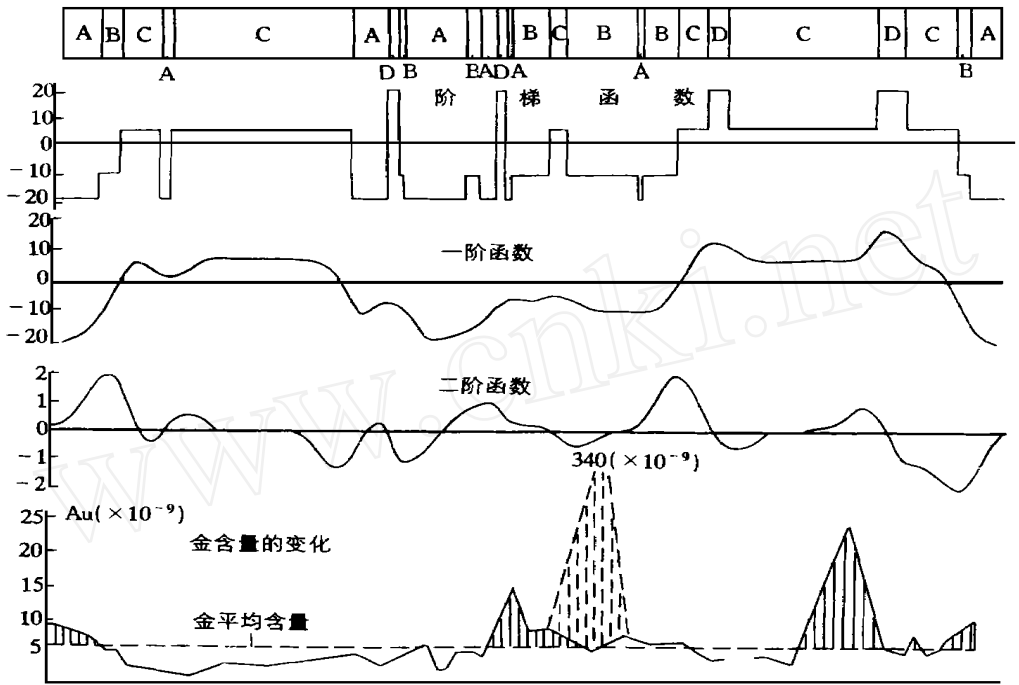


图 3 野头组阶梯函数分析及金的分布

Fig 3 Staircase function analysis and gold distribution in Yetou formation

及图 4 反映出野头组地层功率谱与其金含量的功率谱有一定的相似性, 其相似系数达 0.9008, 其差别主要在于高次谐波。这说明金元素的配布是受着地层结构周期性的制约,

表 2 野头组地层及含金量各阶调合功率谱值平方根

Table 2 Every-stage harmonic amplitude-chart's square root values of the strata and gold contents in Yetou formation

调合阶数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
地层		8.2027	5.8479	4.6640	3.7748	4.3385	1.5585	0.3837	1.0981	1.8704
金含量		2.9583	2.6749	2.6140	1.3766	2.6215	2.5577	1.1912	1.6841	1.2154
调合阶数	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
地层	0.9149	2.5995	0.6237	1.6802	1.9044	1.2909	0.7116	1.4018	0.9796	0.3897
金含量	1.1331	1.3809	0.8566	0.9981	0.6178	0.4448	0.4264	0.4478	0.2751	0.3635
调合阶数	20	21	22	23	24	25	26	27		
地层	0.0973	0.9795	0.4795	0.9314	0.7045	0.7854	0.6472	0.6169		
金含量	0.8952	0.4920	0.9357	0.9159	0.5397	0.7320	0.7080	0.4821		

而这两者又受控于地壳脉动周期所形成的沉积物组合。这两者间相位谱的相似系数仅为 0.2526, 而两向量在 27 维空间呈高角度相交(75.22°), 说明金的最高值并不是地层阶梯函数的一阶函数绝对值的最大值。而在野头组中各岩性的轴矩为 A = -19.2282, B = -9.8839, C = 6.339, D = 21.0398。因此 A 类(大理岩)D 类(泥岩等)不是金的高值岩性。金只能集中于 B、C 类岩石组合中, 或分布与它们相关岩石的互层带中。在图 3 中显示野头

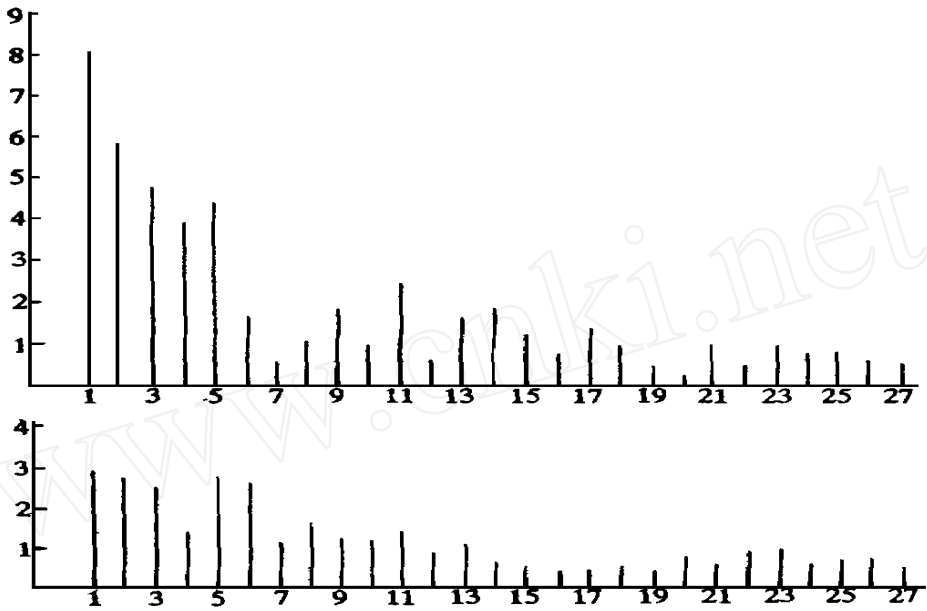


图4 野头组地层(上图)及含金性(下图)各阶调合功率谱对比图

Fig 4 Contrast figures of hamonic amplitude chart's of the strata(up) and gold-bearing characteristics(down) in Yetou fomation

组金含量的平均值为  $6.11\mu\text{g/g}$ , 在剖面的左、中、右出现三个金高值异常区, 在左侧的异常区中金主要出现在ABC三类岩石的互层带中, 向上在厚度很大的C类岩石中(火山岩)金含量却低于其平均值。在剖面中部金有大幅度异常, 其中一个样品含量高达  $340\mu\text{g/g}$ , 为稳妥起见我们把它视为偶然事件。但除此样品外的其它样品所构成的正常分布对应于A—BC—BA—BC的交互沉积带, 在上部的D、C层中金含量却很低, 尽管C(火山岩)的厚度较大, 金的含量却不高, 而金的高值异常区仅发生CD转换处以及野头组上部CBA交互处<sup>[5,6]</sup>。由此可以得出下述认识:

- 1) 正常沉积的海相碳酸盐岩和泥质岩金含量较低, 不是金的富集层位;
- 2) 厚度较大的火山沉积(或基性火山熔岩)中金没有富集;

3) 金的最大富集带发生在ABC、BC、CD、CBA转换带(或互层带)中, 也就是在火山沉积与正常沉积的交互带中, 发生于进入火山活动或由火山活动转出的历史阶段, 有理由推测它可能是海底火山喷气的产物。这种金最大可能是与火山喷气的挥发性组分相结合的活性金, 这种金在变质作用和热液活动中易于活化转移。从而深刻地揭示金在地层中的富集信息, 这是金在野头组下段相对富集的根本原因。

依照上述规律我们推测胶东群中的金分布, 金的高值区应当集中在基、中性火山沉积与正常沉积所构成的韵律层中。其形成可能与海底火山喷气作用有关。金在地幔及其上移途径中曾发生过初始分异。

野外工作期间, 承蒙林润生高级工程师的协助与指导, 在此谨表谢忱。

## 参 考 文 献

- [1] 林润生, 于志臣 山东胶北隆起区荆山群 山东地质, 1998, 14(1): 1~ 19
- [2] 於崇文 数学地质方法与应用 北京: 冶金工业出版社, 1980
- [3] 赵鹏大, 胡旺亮, 李紫金编著 矿床统计预测 北京: 地质出版社, 1983
- [4] 林文蔚 用岩石总基度和C. I.P.W 标准分子恢复变质原岩 矿物岩石地球化学通报, 1995, (4): 231~ 233
- [5] 林文蔚, 赵一鸣, 赵国红, 赵维刚 胶东西北部金矿的控制因素 矿床地质, 1997, 16(2): 107~ 119
- [6] 林文蔚, 赵一鸣, 赵国红, 赵维刚 胶东西北部北区和南区金成矿条件与成矿信息对比 地质找矿论丛, 1997, 12(2): 9~ 20

## STRUCTURE OF JINGSHAN GROUP AND THE STUDY ON GOLD - BEARING OF YETOU FORMATION

L in Wenwei, Zhao Yinling, Zhao Guohong and Xu Yu

(*Institute of Deposits' Geology of Chinese Academy of Geological Sciences*)

Zhao Weigang

(*No. 4 Exploration Institute of Geology and Minerals of Shandong*)

### Abstract

After the on - the - spot study on the profile where Jingshan group established, the profile of Lugezhuang formation has been surveyed. The facies variation regularity from Jingshan area to Pingdu area visited, and the structure and forming environment of Jingshan group studied. By mathematical geological method, some conclusions obtained are as follows: Jingshan group are quite different from Jiaodong group in initial rocks' formation, rocks' association and forming geological environment. Jingshan group was formed in unstable miogeosyncline environment with violent facies variation, and from Jingshan area to Pingdu area, its thickness sharply becomes less and volcanic action becomes weaker. Jingshan group generally demonstrates three geological cycles, equivalent to three formations which possesses different sedimentary rhythm and quasi periodicity of itself. The volcanic sedimentary unit of Yetou formation and arenaceous - pelitic sedimentary unit of Lugezhuang formation are the position with high gold clack value. The volcanic formation of Yetou formation formed in submarine chasmic environment, and gold mainly occurs in the alternative zones of normal sedimentary and volcanic sedimentary formation which formed in the early stage and the end of volcanic action, and belongs to the products of gas - effusion stage of volcanic action.

**Key words:** Jingshan group, staircase function, hammonic trend analysis, Jiaodong, gold deposit