

桂西北中三叠统板纳组的沉积地球化学 及金的区域分布

刘金钟

(中国科学院地球化学研究所广州分部)

范德廉 刘铁兵 叶杰

(中国科学院地质研究所)

摘要 桂西北中三叠统板纳组是微粒浸染型金矿的主要含矿层位。地层剖面中金丰度分为原始型、轻度均匀亏损型、中度不均匀亏损型、强烈亏损型、轻度不均匀富集型、中度不均匀富集型 6 类。区域分布上分为原始区、亏损区、富集区。微量元素组合呈亲铁元素贫化、亲硫元素轻度富集、亲石元素富集的特点。江面古陆是金富集区沉积物的主要来源之一。

关键词 金 微量元素 地球化学

第一作者简介 刘金钟 男 35 岁 博士后 地球化学

桂西北地区是我国微粒浸染型金矿集中分布的地区之一, 自 1985 年以来, 已先后发现微粒浸染型金矿床几十处。近年来, 很多研究者对该区中三叠统地层的沉积相、环境等做过研究 (秦建华和吴应林, 1989; 王国田和方道年, 1989^①, 刘宝君等, 1987; 苟汉成, 1985; 张继淹, 1985)。但是对于板纳组地层中金的区域分布及相关的地球化学问题尚未有系统的研究, 随着该地区找矿勘探工作的深入进行, 这个问题已成为迫切需要解决的问题之一。

本文在野外工作及大量分析数据的基础上, 论述了桂西北地区板纳组浊积岩系金的区域分布以及相关的地球化学、沉积学问题。

一、地质背景

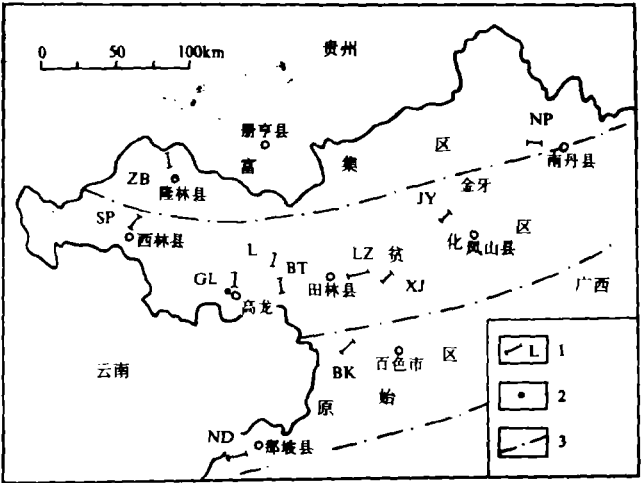
桂西北中三叠世海域属滇黔桂海盆的一部分, 海盆西侧为康滇隆起区, 西南为越北隆起区, 东南为云开隆起区, 东北为江南隆起区, 除康滇隆起区与滇黔桂海盆之间有面积碳酸盐台地阻隔外, 其余三个隆起区皆有可能作为桂西北中三叠统板纳组浊积岩系的物源区^②。

板纳组为陆源碎屑浊积岩系, 厚度 500—5000m, 自下而上一般可分为中薄层泥岩段、

^① 王国田、方道年等, 1989. 桂西北地区微粒浸染型金矿成矿条件及中三叠世岩相古地理研究, 内部资料。

^② 刘金钟, 1990. 桂西北中三叠统板纳组的岩石学及地球化学, 博士学位论文。

厚层砂岩夹中薄层泥岩段、中层砂—泥岩互层段，中薄层砂—泥岩夹薄层泥灰岩段。笔者在 11 个剖面中进行了工作，剖面分布见图 1，剖面的沉积相特征见表 1。



1.剖面位置 2.微粒金矿 3.板纳组含金性分带线
图 1 工作剖面分布及金丰度分区示意图

Fig. 1 Location of ralated sections and regional concentration of gold

表 1 工作剖面板纳组沉积相特征

Table 1 Characteristics of sedimentary facies of Banna Fomation of ralated sections

剖面名称及代号	沉积相
那坡 (NP) 部分层段	斜坡碎屑流相
那坡 (NP) 部分层段	斜坡浊积内扇相
百康 (BK)、潯城 (L)、标屯 (BT)、利周 (ND)、南丹 (ND)、石 (SP)	浊积中—外扇相
高龙 (GL)、金牙 (JY)、者保 (ZB)、下甲 (SJ)	水下台地斜坡相

二、板纳组地层中金的分布特征

对桂西北板纳组的 240 个样品进行了金丰度分析。样品采自 11 个地质剖面，包含了砂岩、粉砂岩、泥岩及泥灰岩等岩类。分析方法采用酸溶—聚胺酯泡沫塑料吸附—原子吸收光谱分析方法，分析精度为 0.1ppb。

分析结果表明，金在不同剖面中的丰度和分布型式有很大的区别。根据金的丰度和变异系数，可将 11 个剖面的含金性分为 6 种类型（表 2）：

表 2 不同剖面的金丰度概率分布型式及地质意义

Table 2 Probabilistic distribution of gold concentration in different sections and its geological significance

参 数	类 型 代 表 剖 面	原始型	轻度 均匀 亏损型	中度 不均匀 亏损型	强烈 亏损型	轻度 不均匀 富集型	中度 不均匀 富集型
		NP, BK	GL, XJ	L, BT SP, LZ	JY	ZB	ND
平均值 (ppb)		4.2-4.3	2.1-2.4	1.2-1.7	0.6	4.6	43.1
变异系数		0.34-0.53	0.16-0.41	0.65-0.84	0.93	1.71	2.67
金丰度概率分布曲线		正态分布双峰	数据集中单峰	对数正态双峰	对数正态单峰	数据离散	对数正态双峰
区域分布		原始区	贫化区	贫化区	贫化区, 矿床外围	富集区	富集区

表 2 中, 各类型地质剖面的岩石学特征有一定区别, 其中原始型地质剖面中, 各岩类所受的碳酸盐化、绿泥石化、硅化等成岩及次生改造作用较轻, 沉积期的金没有受到强烈地改造作用, 而其它 5 种类型的地质剖面中, 大部分岩石受到较强烈的绿泥石化、碳酸盐化、硅化等成岩及改造作用, 部分沉积碎屑物被次生方解石、绿泥石、石英等矿物取代, 其中的金则发生不同程度的活化迁移。

根据剖面所处的位置及金的丰度分布型式, 可将工作区分为三个区 (图 1):

1. 原始区 位于沉积盆地中心、沉积厚度巨大, 剖面中金丰度中等且较为平稳。

2. 贫化区 位于沉积中心与盆地边缘的过渡带, 沉积厚度中等, 金丰度有不同程度的亏损 (与原始型比较)。其中, JY 剖面位于某微粒浸染型金矿床外围, 岩石中金丰度极低, 约有三分之一的样品中金丰度为 0, 反映出岩石中的金已发生强烈地活化迁移。故虽然本区金平均丰度较低, 但在某些有利的部位仍有矿床形成。

3. 富集区 接近沉积盆地北侧边缘, 沉积厚度较小, 金丰度发生不同程度地富集, 变异系数也比其它 4 种类型明显偏高, 该区的成矿可能性较高。

三、金富集区沉积物物源区的探讨

关于沉积区北侧的物源问题存在着不同的认识。有的研究者认为, 沉积区北侧的物源区与中区及南区没有区别, 即为越北古陆或云开古陆 (秦建华, 吴应林, 1989; 苟汉成, 1985), 刘宝君等 (1989) 根据沉积学研究, 认为沉积区北侧的物源区为江南古陆。为了探讨金富集的北区沉积物源与南区是否完全相同, 本文中对金富集区的代表性剖面 ND 剖面的地球化学特征与其他剖面进行了比较。

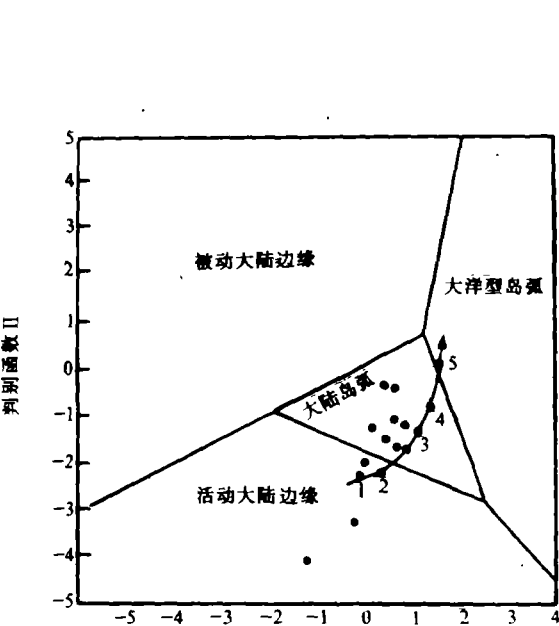
对不同板块构造背景下沉积的现代深海砂进行的物源区分析表明, 砂岩的化学成分受物源区母岩物质成分控制, 并随大地构造位置的不同而变化。Bhatia (1983) 根据现代和古代

不同板块构造部位的大量砂岩的岩石化学数据，归纳出大洋岛弧型、活动大陆边缘型和被动大陆边缘型四种构造背景的沉积盆地中典型的化学成分，并提出了相应的判别图式。本文根据 Bhatia (1983) 提出的判别公式：

$$D_1 = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_{11}x_{11} + c_1,$$
$$D_2 = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_{11}x_{11} + c_2.$$

式中 D_1 为判别函数 I， D_2 为判别函数 II， a_i 、 b_i ($i=1, 2, \dots, 11$) 为相应的载荷， x_i ($i=1, 2, \dots, 11$) 为相应的岩石化学分析数据。

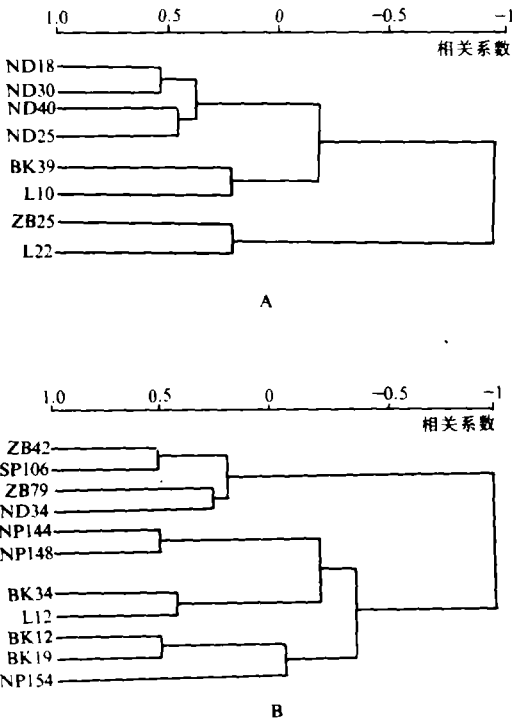
将本区浊积岩化学分析数据代入上式进行计算后，结果投入图 2 中。



(图中数字标注的投影点为 ND 剖面的样品，箭头方向为剖面自下而上的方向。)

图 2 岩石化学与物源区板块构造背景综合判别图 (据 Bhatia, 1983)

Fig. 2 Chemical composition discrimination of rectonic setting of Banna Formation (adapted from Bhatia, 1983). The points with figures are from ND section, direction of arrowhead is from bottom to top of ND section.



(a 为砂岩，
b 为粉砂岩)

图 3 砂岩及粉砂岩的 Q 聚类分析枝状图

Fig. 3 Cluster analysis of Q-type of sandstone and siltstone, a is the figure of sandstone, bis the figure of siltstone

据图 2 可知，ND 剖面的样品，其判别函数的变化极有规律，自剖面底部向上，判别函

数显示物源区板块活动性有增强的趋势,而其它剖面的判别函数在图中的分布则无规律,从一个方面说明 ND 剖面的物源区与其它剖面不完全相同。

ND 剖面中浊积岩的 REE 参数与南部的 NP、BK 剖面浊积岩的 REE 参数有一定的差异(表 3),主要表现为 ND 剖面的 La/Yb 及 $\sum LREE / \sum HREE$ 高于其它剖面,结合其它的地球化学特征,可认为 REE 的特征反映了 ND 剖面物源区与其它剖面的差别。

表 3 部分砂岩的 REE 参数

Table 3 REE parameters of some sandstone

参 数 \ 样 号	ND 剖面平均值	NP143	NP140	BK26	BK39	JY1	JY20
$\sum REE$ (ppm)	116	112	138	124	126	157	122
$\sum LREE$	3.45	2.6	2.8	3.1	3.2	2.1	2.7
$\sum HREE$							
Eu/Eu^*	0.73	0.67	0.64	0.59	0.62	0.69	0.77
La/Yb	16.8	11.6	12.6	15.1	14.9	10.8	12.6

聚类分析是区别不同性质岩石的有效手段之一。不同物源区的碎屑岩,岩石主成分可基本一致,但微量元素特征上却可有很大区别,这样一些岩性及岩石化学主成分基本相同的岩石,利用微量元素的聚类分析方法可加以区分。

本文中对 19 个样品、28 个元素做了 Q 型聚类分析,样品分为细砂岩及粉砂岩两类。分析结果见图 3。

聚类分析结果显示以下规律: 1. 同一及相邻剖面的岩石样品具有较大的相关系数,如图 3b 中 BK12、BK19 及 NP144、NP148,为同一剖面的样品。BK34 与 L12、ZB42 与 SP106 为相邻剖面的样品。2. 图 3a 中所有样品分为北部剖面(ZB42-NP148)及南部剖面(BK34-NP154)两大类。上述两个特点说明自南向北,沉积物中微量元素存在一定的差异。图 3a 中 ND 剖面的样品清晰地聚为一类,从一个侧面说明此剖面在物源上的独特性。

综上所述,ND 剖面的地球化学特征与其它剖面有一定的区别,结合沉积学及岩相古地理特征,可认为沉积区北侧的物源应是江南隆起、云开隆起及越北隆起的混合物源,其中,江南隆起提供的碎屑物可能是金富集区地层中金的主要来源。

四、不同岩类中微量元素的分布特征

利用等离子发射光谱方法分析了浊积岩中的微量元素。岩石样品共计 34 个,分为砂岩、粉砂岩、泥岩、泥灰岩四类。

图 4 是各岩类中微量元素丰度与该元素在地壳中平均丰度的比值(黎彤, 1976)。其中,泥灰岩中泥质的微量元素数据是假设泥灰岩中所有微量元素都赋存在泥质中(换算公式

为: $C_2 = \frac{C_1 \times 100}{100 - wt}$ 式中, C_2 为泥灰岩中泥质的微量元素, C_1 为泥灰岩中的微量元素丰度,

wt 为泥灰岩中碳酸盐含量百分比)。

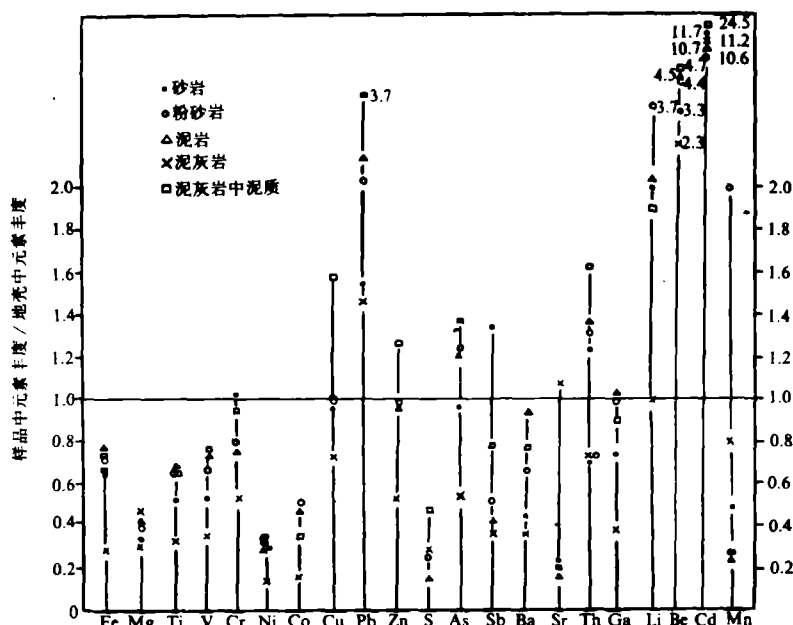


图 4 板纳组各岩类中微量元素与地壳微量元素平均值之比值图

Fig. 4 The ratio of trace elements concentration in Banna Formation to that in the crust

图 4 显示出以下规律:

1. 亲铁元素 (Fe、Mg、Ti、Mn、Co、Cr、Ni、V) 在各类岩石中均贫化, 典型的亲铁元素 Fe、Mg、Ti、Co、Ni 在砂岩、泥岩、粉砂岩和泥灰岩中的泥质中含量十分一致。

2. 亲硫元素 Cu、Zn、As、Sb 接近地壳平均值, Pb 发生一定程度的富集, S 低于地壳平均值。

3. 亲石元素 Li、Be、Th 发生不同程度的富集。尤为引人注目的是 Li、Cd 的富集, 无论是在地层还是矿石中, Li、Cd 的含量都与 Au 的丰度呈正相关²。

4. 泥灰岩中大部分微量元素低于其在碎屑岩中的含量 (Mn、Sr、S 除外)。泥灰岩中泥质的微量元素分为两类。一类为明显高于碎屑岩中平均值的元素, 如 Mn、P、Cu、Pb、Sr、Cd 等; 另一类为与泥岩中丰度相似的元素, 此类元素为大部分亲铁元素及亲石元素, 泥灰岩中泥质的大部分微量元素丰度与泥岩中此类元素的丰度相似, 说明泥灰岩中的泥质与浊积岩系中的泥质为同一物源。

5. 微量元素的组合特征显示出母岩主要是中酸性火山岩及部分花岗岩的岩石组合。

利用 R 型聚类分析研究了微量元素的组合特征及 Au 与其它微量元素的相关性。需要说明的是为了观察微量元素与造岩元素的相关性, 在聚类分析中也引入了部分常量元素。

泥岩及粉砂岩中微量元素组合特征较复杂、相关性较高的几组元素, 其组合规律与元素在岩石中的赋存状态有关, 其中, 在 Al-K-Ga-V-Ba 的组合中, Al、K 是粘土矿物的主要成分, Ga、V、Ba 则被粘土矿物吸附。Fe-Ni-Co; Ca-Sr; Sb-As 的组合是因这些元

素的地球化学性质相似而聚为一类的。砂岩中亲铁元素 Fe、Mg、Ti、V、Co 等聚为一类说明砂岩中微量元素基本保持了物源的特征,这与砂岩的 Q 型聚类分析结果一致。砂岩中 S、As、Sb 有密切的关系,而泥岩及粉砂岩中 S 与 Mn、P 等在海洋沉积物中富集的元素关系密切,说明泥岩中的 S 经过了海水介质的再分配作用,与 As、Sb 等亲硫元素发生了分离。

R 型聚类分析结果显示, Au 与 S 及 Sb、As 的相关性不高,说明了地层中金赋存状态的复杂性。分析表明,金与黄铁矿有关,而且在有机质中丰度也很高,部分剖面中还有自然金存在²。地层及矿石中 Li、Be、Cd 与金的正相关可能是燕山期石英斑岩的侵入作用造成的。汪金榜¹认为,燕山期侵入的石英斑岩提供了使成矿元素活化所必需的热能,同时岩浆演化晚期热液中的 Li、Be、Cd 等可能加入到地层及矿床中,使其丰度与金的丰度呈正相关。

五、讨论

由于金是亲铁元素,故传统上认为金的典型的矿源层是由火山物质经改造形成的石老绿岩带(涂光炽等,1984)。但近年来的研究表明,大多数沉积改造型金矿的矿源层,往往是以陆壳物质为主的中酸性火山碎屑岩或再旋回的沉积岩,其中矿源层中金的背景含量一般只有 2-4ppb (Crocketetal, 1986; 刘英俊等, 1987) 桂西北中三叠世沉积盆地北侧为金的相对富集区,这不仅表现为金的绝对丰度较高,而且变异系数也较大。其中 ND 剖面中金丰度最高,与此剖面的金原始沉积丰度较高有关。沉积学及地球化学研究都表明,此剖面主要物源与其它剖面有明显区别,可能主要接受了江南古陆西南端延伸部分的碎屑物供应。由于靠近盆地边缘的北区的碎屑运移方向为自北东东向南西西方向(刘宝君,叶红专,1987),故 ZB 剖面可能也接受了江南古陆的部分沉积物,使得其金的分布特征与 ND 剖面相似。值得注意的是贫化区的金平均丰度最低,但部分区域的金丰度变异系数较大,说明地层中的金已经过了较强烈的活化改造作用,固而可在某些有利的部位形成矿床。原始区的金丰度虽略高,但变异系数不高,金没有经过较强的活化改造作用,故成矿的可能性较小。现已发现的金矿床及矿点已证明了上述论点。另一方面,地层中金丰度的分布型式也可从一个侧面提供矿床中物质来源的信息。例如桂西北两个典型的微粒浸染型金矿床高龙金矿床和金牙金矿床,因高龙金矿床外围剖面中金未发生明显流失,故金的来源可能以深源为主,而金牙矿床外围剖面中金已发生强烈迁移,故矿床中金的来源以板纳组地层为主,关于上述两个矿床的成矿机制的研究支持了上述观点。¹

结 论

桂西北板纳组金丰度分为原始区、贫化区、富集区,贫化区及富集区是微粒浸染型金矿成矿的有利区域。金的分区性是由沉积物源、成岩作用及后期改造作用等多种因素造成的,

¹ 汪金榜, 1991, 广西金牙超微粒浸染型金矿床中主要含金矿物稀土元素组成特征与矿床成因, 超微粒金矿研究论文集, 冶金工业部西南地质勘查局编, 85-93 页。

金富集区的一部分碎屑物来源于江南古陆。

本文是在范德谦教授的指导下完成的，野外工作中得到广西地矿局地质研究所吴道年、李德清高级工程师、广西地矿局地质二队王国田、李甫安高级工程师的支持和帮助，在此一并致谢。

参 考 文 献

- (1) 刘宝君、张锦泉、叶红专，1987，沉积学报，5卷，2期，1-15页。
- (2) 刘英俊、孙承轅、沙鹏，1987，中国科学，B辑，657-668页。
- (3) 张继淹，1985，广西地质，1期。
- (4) 苟汉成，1985，沉积学报，3卷，4期，95-108页。
- (5) 涂光炯等，1984，中国层控矿床地球化学，第1卷，141-142页。
- (6) 秦建华、吴应林，1989，岩相古地理，3期，1-16页。
- (7) 黎彤，1976，化学元素的地球丰度，地球化学，第3期，167-174页。
- (8) Bhatia, M.R., 1983, Jour Geol., V01.91, P.611-626.
- (9) Crocket, J. H., Fueten, P.M., Clifford, A.Kabir, 1986, Distribution of gold and arsenic in turbidites at Harrigan Cove, Nona Scotia: implications on gold mineralization; in Turbidite-hosted gold deposits, editors: Keppie, J. Duncan, Boyle, R. w. and Haynes, S.J., Geological Association of Canada Special paper 32, P.149-159.

Sedimentary Geochemistry and Regional Distribution of Gold in Middle Triassic Banna Formation in Northwest Guangxi

Liu Jinzhong

(Guangzhou Branch of Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

Fan Delian Liu Tiebing Yiejie

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

This paper deal with trace elements' sedimentary geochemistry and distribution of gold of Banna Formation, Middle Triassic in Northwest Guangxi. The formation is deep sea turbidite, with four petrological parts and 150-5000m thick, main petrologic types are sand stone, silt stone, mud stone and marl. Based on statistics of gold concentration of 240 samples collected from 11 field sections, the distribution of gold in the formation is classified into 6 types original, slightly uneven lean, seriously lean, slightly uneven enriched, middle-degree unevenly lean and middle-degree unevenly enriched type. Regional distribution of gold is classified into original, lean and enriched region. Nandan geological section which is located in the gold enriched region has different characteristics of petrological chemical composition, REE and trace elements from other sections, which indicate that the sedimentary source of Nandan section (and other sections in gold en-

riched region) is different from that of others. Siderophile elements (Fe, Mg, Ti, Co, Cr, Ni, V) in the stratum are lower and lithophile elements (Li, Be, Th) are higher than the mean value in crust, gold concentration correlated with that of Li and Cd in the strata and in the ore of Karlin-type gold ore deposit hosted in the strata. Trace elements in marl mainly concentrated in mud and have the same compositional character as that of detrital rocks, that illustrate that mud in marl had the same source as detrital rocks. Mn, P, Cu, Pb, Sr, Cd are compairly enriched in marl, concentrations of S, As are lower and Sb is near compair with the mean value of the same rocks in the world, but S, As, Sb have much higher variation coefficient than other elements, which show that those elements are mobile and easy to migrate, forming ore deposits or being host elements in Karlin-type gold ore deposits.