

江西省九瑞地区黄龙组层、相、位对层控矿床的控制

刘 凤 美

(江西地矿局赣西北地质大队)

一、概述

九瑞地区位于扬子准地台下扬子台坳之西段,南北分别与江南台隆、淮阳隆起毗邻,处于构造转折部位。已知矿床主要有斑岩型、矽卡岩型和层控型,其中层控型矿床的空间分布受区域地质背景中特定地层、岩相及构造部位的控制,具层、相、位控矿特点。

矿床周围有大片志留系、石炭系、二叠系、三叠系地层出露,局部出露奥陶系地层。前奥陶系、侏罗系、白垩系地层分布于西南及东南边缘。

区内构造发育史可分为三个阶段,即地槽发展阶段、准地台发展阶段和大陆边缘活动阶段,具多元结构特点。晋宁运动使前震旦纪地槽型沉积褶皱回返转为准地台,形成近 EW 向褶皱,出现南隆北拗和 NE、NWW 向“x”型断裂的菱形格状基底概貌,并使震旦纪后不同时期的海盆总体呈近 EW 向分布;印支运动使震旦系—三叠系地层发生褶皱,形成近 EW 向盖层褶皱和 NE、NW 向“x”型断裂;燕山运动使基底 NWW 向和盖层 NW 向断裂活化成为区内重要的导岩导矿构造。

二、地层对成矿的控制

1. 区内各时代地层赋矿情况

本区矿产丰富,矿种繁多,据 23 个 Cu、Au 矿产地数理统计结果(图 1),90%左右矿产分布于奥陶系—三叠系中。主要赋矿地层为石炭系黄龙组,Cu 储量占 42.5%,Au 储量占 84.5%。次要赋矿地层为二叠系栖霞组、茅口组,Cu 储量占 38.6%。其他赋矿地层有三叠系,Cu 储量占 6.1%。志留系、奥陶系地层仅见零星小矿体。

2. 黄龙组含矿岩系岩石特征

区内已知层控矿床主要分布于石炭系黄龙组中。含矿岩系主要由碎屑岩、白云岩、灰岩组成。主要含矿层位为海侵层序底部碎屑岩向白云岩过渡的白云岩一侧和中下部白云岩中;其次为中上部白云岩向灰岩过渡部位和顶部灰岩与二叠系栖霞灰岩之间,具多层性控矿特点(图 2)。矿床的产出与含矿岩系三岩段岩石特征关系密切。

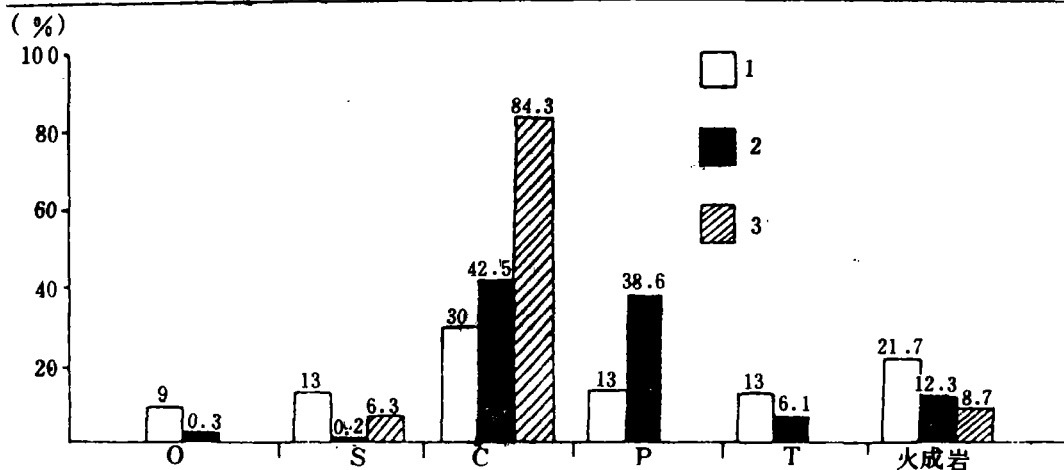


图1 九瑞地区各时代地层、岩体中铜、金矿产地数及储量百分比

1-矿产地数百分比; 2-铜储量百分比; 3-金储量百分比

Fig 1 Percentages of copper and gold mineral occurrences and reserves in the strata of different ages in the Jiurui region

1= mineral occurrence percentage; 2= copper reserve percentage; 3= gold reserve percentage

岩性段	厚度 (m)	柱状图	岩 (矿) 性 简 述	金属矿物	沉积相
灰岩段	0-15.5		黄铁矿矿石、碳酸盐岩矿石	黄铁矿、黄铜矿	浅海盆地
	>10		大理岩、角砾状大理岩、含黄铁矿角砾大理岩	黄铁矿	
白云岩段	0-6.9		黄铁矿矿石、碳酸盐岩矿石	黄铁矿、黄铜矿	障壁岛
	1.7-2.7		石英砂状白云岩、局部见垮塌角砾岩	菱铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	
	0-3.4		上部为灰质石英，下部为纹层状付残余粒屑含石英砂微晶白云岩		
	0-3.5		层纹状付残余粒屑硅质泥晶白云岩		
	22-38		层纹条带状石英砂状微晶-粗粉晶白云岩偶夹层纹状泥质白云岩		坪—海湾盆地
	0.8-55		层纹状矿石	菱铁矿、白铁矿、黄铁矿、黄铜矿	
	0-2.2		层纹状含燧石条带付残余生物屑微晶白云岩		
	0-5		粉床状、块状矿石	黄铁矿、胶黄铁矿、白铁矿	
碎屑岩段	>6		含砾中-粗粒石英砂岩、顶部见含白云质砂岩和砾核状、透镜状黄铁矿	黄铁矿	滨岸

图2 武山黄龙组含矿剖面结构柱状图

Fig. 2 Ore-bearing columnar section of the Huanglong Formation in Wushan

碎屑岩段：主要由渗透性较好的含砾石英砂岩(石英岩状)、白云质砂岩及岩屑质石英砂岩组成，局部夹杂砂岩和粘土岩。矿化普遍，由下往上增强，矿化厚一般为几厘米至几米，主要有黄铁矿化，次有方铅矿闪锌矿化。金属矿物大多沿石英粒间充填，呈星点状、结核状、薄层条带状产出。顶部与白云岩接触部位可构成贫 Cu、Au 黄铁矿层(或矿化层)。岩层厚 9—45m。

白云岩段：由准同生白云岩、成岩交代白云岩和矿化白云岩组成。底部夹碎屑岩，顶部夹灰岩，与上下岩段呈过渡关系。其中准同生白云岩为泥(微)晶—粉晶结构，层纹状、角砾状构造，鸟眼和干裂纹发育，含陆源碎屑和石膏假晶；成岩交代白云岩为自形一半自形粉—细晶结构，缝合镶嵌接触，交代特征明显，晶体污浊，具雾心环带，残余生物屑、砂屑常见；矿化白云岩常与黄铁矿、胶黄铁矿、菱铁矿、方铅矿、闪锌矿等密切共生，金属矿物沿白云石晶间孔隙、成岩裂隙、层纹、干缩纹、缝合线等充填交代，局部呈结核状、透镜状产出，白云石晶粒大小不一，色略深，含气液包体。与准同生白云岩、成岩交代白云岩对比，在矿物特征，碳、氧同位素组成等方面均存在差别。岩层厚 32—50m。

灰岩段：由灰—深灰色含生物屑、砂屑灰岩、灰泥灰岩组成，矿化微弱，岩层厚 24.8—66.9m。

3. 黄龙组主要成矿元素的分布、分配与成矿关系

本区黄龙组成矿元素含量按元素本底值分类分级(贵阳地化所章振根, 1985)其含量级别见表 1。其中无矿剖面的 W、Mo、Pb、Cu、Ag 含量普遍达 A—B 级，属最有远景—有远景地区，Au 为 D 级，属一般含量地区。含矿剖面中元素又有进一步浓集趋势，成矿元素 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、S、Fe 均明显高于无矿剖面，分别为无矿剖面的 1.7、9.4、2、6、13、2、1.8 倍，主要在下部碎屑岩段和白云岩段中浓集，与矿床的空间赋存部位一致。表明矿床的形成可能与黄龙组元素的分布、分配有内在联系。

表 1 九瑞地区黄龙组主要成矿元素含量(ppm)及含量级别

Table 1 Contents of the main ore-forming elements from the Huanglong Formation in the Jiurui region (in ppm)

剖面名称	岩性段	样品数	Au		Ag		Cu		Pb		Zn		W		Mo		S%		Fe	
无矿	灰岩	12	0.0063	D	0.404	B	30.38	B	125.42	A	40.85	D	39.65	A	21.67	A	0.02	-B	1050	-C
	白云岩	15	0.0068	D	0.469	B	29.82	B	155.17	A	56.83	D	41.23	A	25.33	A	0.04	-D	4118	D
	碎屑岩	8	0.010	D	0.370	B	58.30	B	43.30	B	28.00	D	47.60	A	30.00	A	0.07	D		
	平均		0.0077		0.42		39.24		109.89		42.64		42.83		25.75		0.044		2754.4	
含矿	灰岩	50	0.0056	D	2.39	A	58.71	A	502.00	A	340.12	A					0.03	-D	3257	-D
	白云岩	12	0.038	13	6.80	A	125.75	A	689.50	A	1465.80	A					0.29	D	12600	C
	碎屑岩	2	0.047	A	25.30	A	301.80	A	4112	A	1333	A					0.81	A		
	平均		0.013		3.93		78.88		649.97		582.21						0.10		5065.30	
世界各类岩石平均值(涂里干和穆德波尔, 1961)	页岩		0.00n		0.07		45		20		95		1.8		2.6		0.24		47200	
	砂岩		0.00n		0.0n		n		7		15		1.6		0.25		0.024		9800	
	碳酸盐岩		0.00n		0.0n		4		9		20		0.61		0.4		0.12		3800	

4. 黄龙组沉积黄铁矿层对成矿的控制

黄龙组沉积黄铁矿在本区主要有碎屑岩段的结核状、薄层条带状黄铁矿和白云岩段的胶状、层纹一条带状、结核状、角砾状胶黄铁矿(黄铁矿)。矿化层厚一般为几厘米至几米,断续延伸长达8—10km,地表均已氧化为含Au褐铁矿,局部已构成铁帽型Au矿床。黄铁矿结核的长轴方向、层纹一条带状矿石的层纹理产状与矿体及地层产状基本一致。黄铁矿含Cu 143—2656ppm, Au 0.048—2.37g/T, 富有机质, 其中胶黄铁矿有机碳含量高达0.38%, 接近成岩期沉积黄铁矿理论值(0.4%)。

由于黄铁矿富硫富有机质, 为“贱金属固定剂”, 对溶液中的亲硫元素起还原屏蔽和硫化物结晶场作用, 为后期热液叠加成矿的有利化学空间。此外, 黄铁矿的高有机碳是Au的吸附剂, 对溶液中Au的滞留、吸附和Au的络合物的还原富集具有重要意义。因此, 黄龙组沉积黄铁矿在控制Cu等贱金属的叠加成矿同时也控制了Au的叠加富集, 从而形成了城门山、武山等大型层控Cu(Au)矿床和洋鸡山中型层控Au矿床, 导致在同一矿区, 甚至同一构造岩浆条件下矿体分布的不均匀性, 尤其是Au储量的85%左右分布于该矿床中。已知层控矿床中后期改造较弱部位普遍可见同生沉积胶黄铁矿(黄铁矿)层, 显示了没有黄龙组同生沉积黄铁矿层(矿化层)的存在就没有本区大而富的层控Cu(Au)矿床和Au矿床。

三、威宁期岩相古地理环境对成矿的控制

1. 含矿层位岩相古地理环境

晚石炭世威宁期, 九瑞地区遭受长期剥蚀后, 海水自北东、北西方向侵入, 开始了黄龙组以碳酸盐岩为主的台地相沉积。威宁早期水体较浅, 气候炎热, 海水蒸发作用强烈, 盐度较高, 含矿层位的沉积环境由障壁岛潮坪和海湾盆地相组成。

经白云石包体测定结果: 盐度大多为3—5.7%wt, 部分达10.5%wt, pH值为7.5, Eh值+130mv, 属于盐度较高的偏碱性环境, 白云化溶液为卤水(据A·B·卡彭特等, 1985)。通过含矿剖面和无矿剖面白云岩碳氧同位素对比结果: 含矿剖面白云岩碳氧同位素组成偏轻, $\delta^{18}\text{O}$ 值为20.99‰(SMOW), $\delta^{13}\text{C}$ 值为1.10‰(PDB), 与海水碳酸盐岩一致。岩石的碳同位素组成自远离矿区→矿区外围→矿区, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值由2.1‰→1.94‰→1.10‰(PDB), 呈明显降低趋势。一般认为碳同位素组成主要受介质氧化还原条件控制, ^{13}C 的富集程度随碳原子的氧化程度增加而增加, 即 $\delta^{13}\text{C}$ 的偏负(轻)程度指示了环境闭塞程度和还原强度, 反映了含矿剖面白云岩形成于微地貌相对低洼、水体相对静止、有机质作用强烈的较还原环境。随着白云化的进行, $\delta^{13}\text{C}$ 值降低和 H_2S 的不断浓集, 有利于黄铁矿的沉积。

2. 岩相古地理环境对成矿的控制

(1) 古地理的控制

威宁期, 本区处于九岭陆北侧的拗陷盆地。盆内近EW向次级小隆起(障壁滩岛)发育, 沉积物由粒屑含量高以及其他渗透性好的岩石组成; 滩外浅海(海湾)盆地相为下陷部分, 由粒屑含量低以及渗透性差岩石组成。隆拗之间同沉积断裂发育, 为有利成矿的地球化学障壁系统, 对本区黄龙组沉积黄铁矿层或矿源层及石炭纪后层控矿床的形成均具有重要意义。已知沉积黄铁矿和层控矿床(点), 如城门山、武山、羊鸡山等均位于障壁岛潮坪(次级隆

起)与海湾盆地(拗陷)过渡部位,可能是滩缘斜坡带,明显受古地理的制约(图3)。

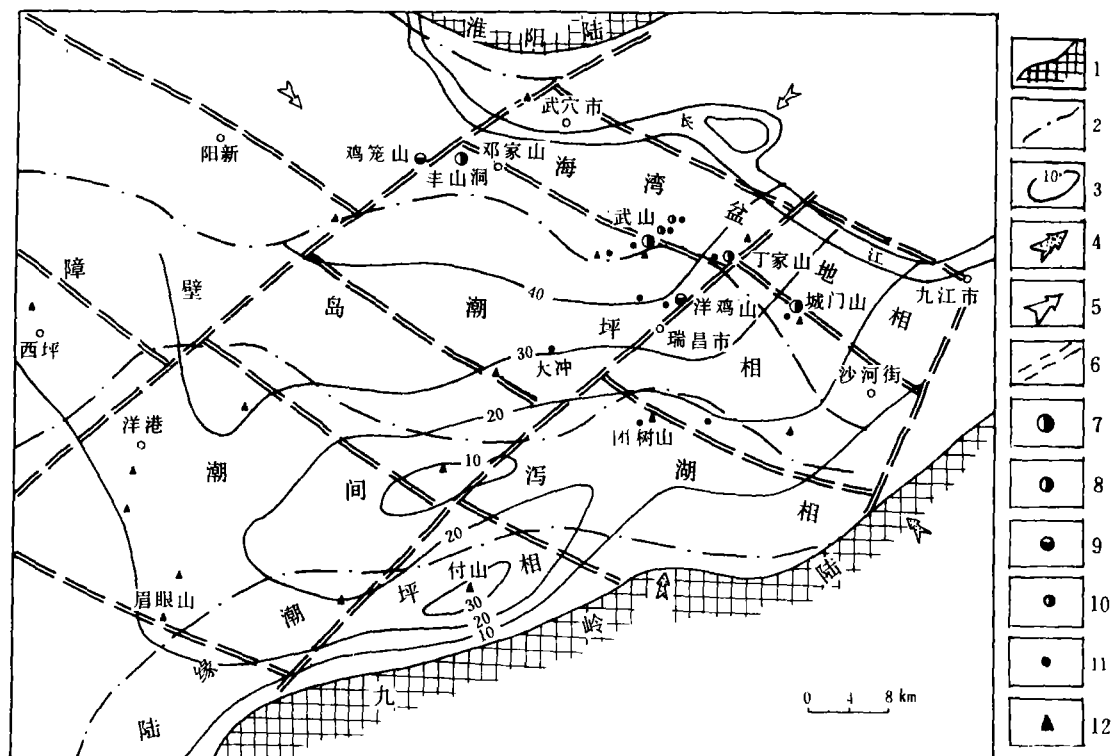


图3 九瑞矿带晚石炭世威宁期早时岩相古地理图

1-剥蚀区; 2-相带界线; 3-地层等厚线; 4-陆源方向; 5-海侵方向; 6-基底断裂; 7-大型铜矿床;

8-中型铜矿床; 9-中型金矿床; 10-铜矿点; 11-沉积黄铁矿层; 12-实测剖面位置

Fig. 3 Early Weiningian (Late Carboniferous) sedimentary facies and palaeogeographic map of the Jiurui ore belt

1=denuded area; 2=facies belt boundary; 3=isopachous line; 4=provenance direction; 5=transgression direction;

6=basement fault; 7=large-sized copper deposit; 8=medium-sized copper deposit; 9=medium-sized gold deposit;

10=copper mineral occurrence; 11=sedimentary pyrite horizon; 12=measured section

(2) 相变带的控制

本区沉积黄铁矿及层控矿床的分布尚受有利的岩相序列控制。矿化主要位于不同沉积相带的过渡部位,垂向上矿床(体)大多位于黄龙组下部滨岸碎屑岩相向台地白云岩相过渡部位;平面上定位于碳酸盐岩局限台地障壁岛潮坪与海湾盆地交接部位,严格受相变带的制约。碳酸盐岩中主要成矿元素在白云岩中浓集,具明显的相类型专属性,其中Cu、Pb、Zn主要在局限台地相中浓集;Cu含量以障壁岛相最高;Zn以障壁岛边缘相最高;Pb以陆缘潮坪相最高;海湾盆地相中各成矿元素含量急剧下降。元素在不同相带中的分配与矿床(体)的空间分布基本吻合,反映了古地理控相,相变带控矿的特点。

(3) 有利岩性及岩性组合的控制

区内层控矿床的形成与含矿岩系中存在有利容矿岩性及岩性组合关系密切。经黄龙组

不同岩石类型孔隙率、吸水率测定结果(见表2),其中白云岩的孔隙率、吸水率分别为灰岩的2.5倍和4倍,表明灰岩白云化后渗透性增强,特定环境下形成的矿化白云岩又比其增高4倍左右。因此,在其他条件相同的情况下,白云岩优于灰岩,矿化白云岩又优于白云岩,为成矿最有利岩性。岩石的渗透性与其组构关系密切,粒屑含量高的颗粒灰岩优于灰泥灰岩,结构较粗的砂岩优于细砂岩,表明组构不均匀的岩石渗透性较好。同理,白云岩中的砂(砾)屑结构,角砾状、层纹一条带状构造等由于其成分与组构的非均质性对矿液的渗透交代显然也十分有利;而重结晶的大理岩、石英岩状砂岩则由于结构变得致密而渗透性变差,对矿液运移不利。

表2 黄龙组不同岩石类型孔隙率、吸水率(%)测定结果

Table 2 Determinations of total porosity and percent sorption for various rock types from the Huanglong Formation (in %)

岩石类型	样品数	总孔隙率		吸水率	
		平均值	变化范围	平均值	变化范围
矿化大理岩	2	0.74		0.16	
灰泥灰岩	4	0.80	0.73—1.28	0.12	0.12—0.16
生物屑 砂屑灰岩	2	1.22	1.10—1.28	0.18	0.17—0.19
颗粒灰岩	1	1.46		0.18	
石英岩状砂岩	2	1.68	1.48—1.88	0.44	0.35—0.52
中细粒 石英砂岩	1	5.28		1.90	
细砂岩	1	0.73		0.16	
白云岩	3	2.54	1.77—4.01	0.57	0.14—1.45
矿化白云岩	3	10.80	6.04—13.75	2.25	0.92—2.66
矿化灰岩	1	1.10		0.19	

元素在容矿围岩中的液相迁移尚与有利岩性组合有关。金属矿床同样具有类似油气生储盖组合特点。赋存于黄龙组中的矿床明显受含矿岩系有利岩性组合(石英岩状砂岩-白云岩-灰岩)控制,其中容矿岩石由渗透性好的白云岩组成;上下岩层由渗透性较差的灰岩和石英岩状砂岩组成,对矿液的渗透运移起障碍屏蔽作用,从而迫使上升或下降流体局限在白云岩层中运移沉淀。尤其是白云岩层中的沉积黄铁矿的层状展布和良好的导热性促使了含矿流体的渗透、运移,从而形成了严格受白云岩岩性和岩性组合控制的平卧式层状、似层状矿床。区内层控矿床中主矿体均分布于白云岩中,成矿作用与有利溶液活动的岩石渗透性有关。由于黄龙组三岩段物-化性质上的差异,导致了矿床的多层性特点。

四、北西西向构造部位对成矿的控制

区内NWW向基底断裂发育,并具长期继承性活动的特点,早期控制了本区晚石炭世

威宁期的岩相古地理, 晚期是本区控矿的主要断裂, 也是层控矿床形成和分布的重要因素之一。其中沙河街-半山洞基底断裂的活动, 使断裂两侧威宁期沉积厚度和沉积相发生了明显变化, 北东侧城门山-武山一带厚度较大 (74—128m), 为一套近滨相碎屑岩沉积和浅海(海湾)盆地相碳酸盐岩沉积; 南西侧厚度较小 (30—52m), 为一套前滨相、河口湾相碎屑岩沉积和障壁(滩)岛相碳酸盐岩沉积。断裂附近断续可见滩缘斜坡相垮塌角砾岩, 角砾大小悬殊, 成分主要有碳酸盐岩、砂岩、泥(页)岩和黄铁矿(局部含量达 35%), 胶结物成分在白云岩段为白云石, 其 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 13.54—16.13‰ (SMOW), 与下伏砂岩层中石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 13.93—17.1‰ (SMOW) 接近, $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -0.521—0.451‰ PDB (属沉积成因); 灰岩段为微晶方解石胶结(大理岩化后为含黄铁矿角砾大理岩)。断裂两侧黄龙组中微量元素含量差异明显。以上表明 NWW 向构造控制了威宁期的岩相古地理, 为有利成矿的构造岩相部位。

由于断裂活动本身产生的热以及传递深部热能等, 使附近的同沉积溶液可以受到比正常地热增温更迅速有效的加热。经断裂附近城门山、武山矿床矿化白云岩均一温度、盐度测定结果: 白云石包体均一温度为 142—310℃, 明显高于正常海相沉积; 包体盐度较高, 为 3—10.5%wt; 白云岩 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 1.33‰ PDB, 与海水碳酸盐岩一致; 反映白云化溶液已具热卤水性质。

热卤水具有较强的溶解和搬运金属组分的能力。沉积物在沉积-成岩过程中, 盐水下沉, 通过沉积岩到达一定的深度, 与埋藏压实过程中的孔隙水、埋藏水等汇合, 并与围岩发生剧烈反应。在地下水压力驱动下, 在地层中渗透、循环、加热, 沿途溶滤或萃取岩石中的金属组分。白云岩下伏岩层渗透性好、矿化较强、成矿元素含量较高。据研究, 地下水含盐度随深度增加而提高。因此, 这种经过渗透循环后的同沉积溶液将是盐度、矿化度较高的溶液。在地下水压力驱动下, 溶液沿着同沉积断裂(减压带)上升回到黄龙组并与海水混合, 不断补充白云化所需 Mg^{2+} ; 在此同时, 金属组分将在有利岩相部位, 在有机质丰富的较还原环境与海水中 HS^- 结合形成金属硫化物沉淀(图 4), 矿化具多阶段性。

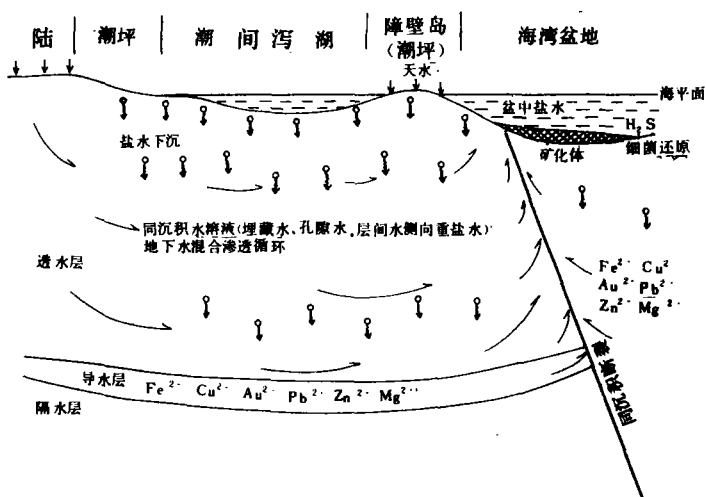


图 4 黄龙组白云岩成岩成矿模式图

Fig. 4 Diagenesis and mineralization model of the dolostones from the Huanglong Formation

石炭纪后,由于 NWW 向沙河街-丰山洞断裂的继承性发展,又受到燕山期岩浆热液成矿作用所叠加。含矿热液沿断裂上升后,在黄龙组有利部位,尤其是在原沉积黄铁矿层基础上进一步叠加改造富集,从而造成了本区黄龙组有利层位、威宁期有利岩相古地理环境、NWW 向有利构造部位和九瑞矿带在空间上的吻合,相互间既密切联系又互相制约,显示了黄龙组层、相、位联合控矿的特点。

主要参考文献

- 桑雄秋, 1984, 我国沉积岩成岩作用研究新动向, 岩相古地理资料选编-1。
翟裕生等, 1985, 长江中下游地区铁铜矿床的成矿特征和成矿系列, 国际交流地质学术论文集。
胡受奚, 1987, 层控矿床研究现状及其成因和分类问题, 地质出版社。
伍文渐等, 1987, 江西九江—瑞昌地区石炭纪沉积作用、沉积相及其对矿产的控制, 南京地质矿产研究所所刊第三期增刊。
周怀玲等, 1988, 层、相、位对广西北山银、锌、镉、黄铁矿矿床的控制作用, 岩相古地理第五期。
《沉积地球化学应用》讲座编写组, 1988, 稳定同位素在白云岩研究中的应用, 岩相古地理第一期。
《沉积地球化学应用》讲座编写组, 1988, 稳定同位素在古环境研究中的应用, 岩相古地理第三、四期。

CONTROLS OF STRATA, SEDIMENTARY FACIES AND TECTONIC SETTINGS ON THE STRATABOUND DEPOSITS IN THE HUANGLONG FORMATION IN THE JIURUI REGION, JIANGXI

Liu Fengmei

(Northwest Jiangxi Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

On the basis of the detailed study of the main host strata (Huanglong Formation) and their sedimentary facies and palaeogeography in the Jiurui region, Jiangxi, the present paper discusses the principal features of combined ore control of strata, sedimentary facies and tectonic settings in the Huanglong Formation, and demonstrates that the important controls of the formation and distribution of the stratabound deposits in the study area include the Upper Carboniferous Huanglong Formation and its sedimentary pyrite horizons, Weiningian (Late Carboniferous) sedimentary facies and palaeogeographic environments and NWW-trending tectonic settings.