广西高龙金矿成矿地质特征及成矿模式

陈大经，谢世业
(桂林矿产地质研究院，广西 桂林 541004)

摘 要：高龙金矿为产于滇黔桂裂谷中的热水沉积型矿床。中、下三叠统为有利的赋矿层位；右江裂谷带及晚古生代坳陷区中的小隆起为成矿提供了有利的构造环境，生长断裂及其旁侧长兴组中的局部洼陷是有利的控矿构造及矿化富集部位；硅化与金矿化关系密切，矿化富集与黄铁矿、褐铁矿、水云母、毒砂、辉锑矿等矿物及其相应的蚀变关系密切。根据成矿地质特征及成矿作用的研究，建立了成矿模式。

关键词：金矿床；成矿特征；成矿模式；广西；高龙
中图分类号：P612；P618.51 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-1412(2004)04-0228-05

高龙金矿地处广西田林县境内，为一产于滇黔桂裂谷中的热水沉积型矿床[1]。笔者从这一认识出发，研究了矿区的成矿地质特征，建立了相应的成矿模式。

1 矿床地质特征

高龙金矿区为晚古生代坳陷区中的一个小隆起——高龙隆起。出露地层有中、上石炭统、下二叠统、上二叠统合山组和长兴组、下三叠统罗楼群、中三叠统百逢组和河口组。矿床沿高龙隆起边缘分布，受边缘环状生长断裂控制，其中鸡公岩矿段分布于隆起的东部边缘 F_3 断裂及其附近，矿体产于中三叠统百逢组中，金龙山矿段分布于隆起的西部边缘 F_1 断裂及其附近，矿体产于下三叠统罗楼群中(图 1)。以鸡公岩矿段的 6 号矿体规模最大，长达 800 m，宽 15～370 m，厚 0.3～73.52 m，平均厚 18.08 m，品位 $w(Au)=0.76\times10^{-6}$～10.08×10^{-6}，平均 3.71×10^{-6}。鸡公岩矿段的其余矿体长 28～430 m，宽 2～56 m，厚 0.54～9.37 m，$w(Au)$ 多为 1.54×10^{-6}～4.41×10^{-6}。矿体呈透镜状、似层状、层状及脉状产出，具分支复合现象。矿体总体走向 300°～320°，倾向 NE，倾角 10°～50°①。矿石分为硅质岩型、硅化角砾岩型、硅化砂泥岩型及砂泥岩型 4 种类型，具细粒碎屑结构、挤压破碎结构、草莓状结构、交代结构、周边丛生结构及环边包含结构，并具层纹状、角砾状及浸染状构造。矿石中主要矿物成分为石英、水云母及高岭石，金属矿物较少，主要为褐铁矿、黄铁矿、毒砂、辉锑矿、黄铜矿、方铅矿及自然金[2]。

2 控矿地质条件

2.1 地层、岩性与矿化的关系

有利的层位、岩性组合是矿体就位和矿化强弱的重要控制条件。高龙金矿赋矿层位主要为三叠系，但不同矿段有所差异，最主要为中三叠统百逢组三段(T_2b^3)，如鸡公岩矿段。其次为下三叠统罗楼群(T_1ll)，包括金龙山矿段及一工区。而在龙爱矿段则为百逢组二段(T_2b^2)有金矿化产出。但在高龙隆起内部沿 F_9 断裂所见金矿化则是产在上二叠统长兴组灰岩中。这说明本区金矿赋矿层位的特征较明显。这些赋矿层位、岩性组合和岩石特征具有相似之处：①隆起区边缘主要金矿化均产于上二叠统长兴组之上的下、中三叠统层位中；②主要金矿体底板岩石一般都有硅质岩；③含矿岩层在岩性上为含钙的细碎屑岩(粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、泥质条带灰岩等)；④矿化岩石多含有机碳、生物碎屑，并含结核状、草莓状黄铁矿。

收稿日期：2003-12-08； **修订日期**：2004-03-08
基金项目：广西科学基金资助项目(桂科基 0236066)部分研究成果。
作者简介：陈大经(1942-)，男，湖北恩施人，教授级高级工程师，长期从事矿床地质研究工作。
①广西地质二队。广西田林县高龙金矿区鸡公岩矿段勘探地质报告，1990。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

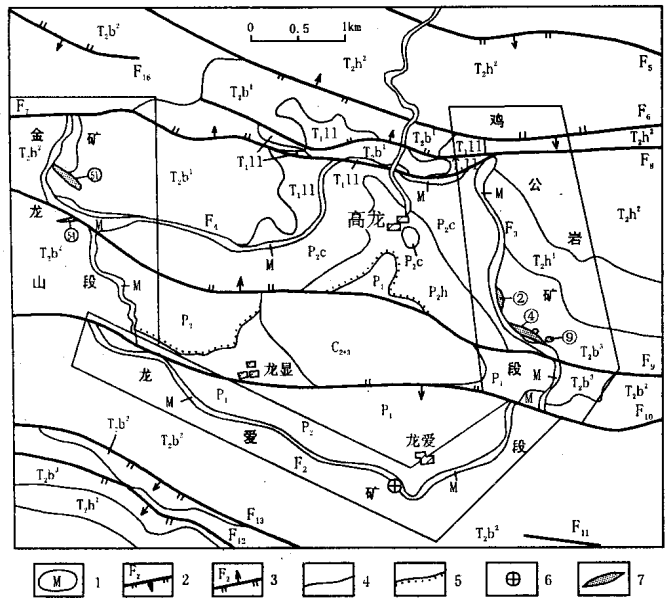


图 1　高龙金矿地质图

Fig. 1　Geological map of Gaolong Au deposit

T_2h^2. 中三叠统河口组二段　T_2h^1. 中三叠统河口组一段　T_2b^3. 中三叠统百逢组三段　T_2b^2. 中三叠统百逢组二段　T_2h^1. 中三叠统百逢组一段　T_1ll. 下三叠统罗楼群　P_2c. 上二叠统长兴组　P_2h. 上二叠统合山组　P_2. 上二叠统　P_1. 下二叠统　C_{2+3}. 中、上石炭统　1. 硅质岩　2. 正断层及编号　3. 逆断层及编号　4. 地层界线　5. 平行不整合界线　6. 金矿点　7. 金矿体及编号

由此看来,无论矿体赋存于什么层位,矿体的底板围岩均为上二叠统长兴组(P_2c)灰岩。这是由于喷流作用沿围限高龙隆起四周的环状生长断裂进行,成矿物质在陆棚斜坡就近沉积。喷流形成的含金、黄铁矿热液石英岩直接覆盖在上二叠统长兴组灰岩的局部洼陷中。由于各区沉降速度不同,其上覆盖层可以是下、中三叠统不同时期形成的地层。而含碳、含结核状、草莓状黄铁矿则反映了还原的沉积环境,即相对封闭的局部洼陷的构造环境和还原性地球化学障环境有利于成矿物质的沉淀和富集,所以含钙、含碳及含结核状、草莓状黄铁矿的细碎屑岩为成矿有利的岩性条件。

本区热水沉积成矿作用的特征决定了在上二叠统长兴组灰岩中也可以形成金矿化,如隆起区内沿 F_9 产出的金矿化,但无论是隆起区内、还是坳陷区的长兴组灰岩中的矿化主要是脉状矿化。

2.2　构造控矿作用

在高龙金矿,构造对金矿的控制作用十分明显,表现为裂谷环境、古隆起边缘、生长断裂及局部洼陷等不同层次的构造对不同级别矿化的控制作用。

2.2.1　裂谷环境的控矿作用

前人研究认为,在滇黔桂地区,晚加里东—印支期为重要的裂谷带发展阶段,在该区域形成了由 NE 向丘北—广南裂谷、NW 向右江裂谷及 NW 向六盘水裂谷组成的三联裂谷系[3],三联裂谷系的交点正处于黔西南地区,使黔西南地区成为目前重要的微细浸染型金矿成矿区。

笔者认为右江裂谷属滇黔桂裂谷的一部分,对桂西金矿有着明显的控制作用,如目前已发现的明山、金牙、罗楼、果提、马雄都产于该裂谷带中。而高龙金矿也受该裂谷带的控制,裂谷环境既控制了矿床的空间分布,在裂谷形成演化过程中,又为成矿作用提供了导矿容矿空间及矿源、热源。笔者研究认为高龙金矿为热水沉积矿床,而热水沉积矿床又主要受引张性裂谷环境控制,因此可以认为裂谷环境是控制本区金矿成矿的有利构造环境。

2.2.2　晚古生代坳陷区中的小隆起区边缘的控矿作用

右江裂谷带从泥盆纪中晚期开始发生,到晚二叠世,发生大规模张裂,形成了隆起与坳陷交错局面。由于大面积坳陷,形成了孤岛、半孤岛状的小隆起区。而这些小隆起区的边缘常为一些生长断裂所围限。由于生长断裂的控制作用,在这些小隆起区边缘又形成了一些次级边缘洼陷。正是这些生长断裂为热水上涌提供了通道。隆起区边缘又是地下热水与海水相遇混合的地带,物理化学条件在这里发生明显变化,有利于成矿物质的沉淀,而次级边缘洼陷又成为热水成矿物质沉淀的有利场所。因此这种晚古生代坳陷区中的小隆起区及其边缘是控制本类型金矿的有利构造条件,可作为找矿靶区的预测依据之一。

2.2.3　生长断裂控矿作用

高龙地区中间为局部古隆起,四周由近 SN 向和近 EW 向的 4 条断裂所围限。这 4 条环状断裂活动时间长,在二叠纪至三叠纪都有其活动的痕迹,具有生长断裂的特征。如东边的 F_3 断裂,在鸡公岩矿段可见到断裂附近的上二叠统长兴组生物碎屑灰岩中有同生角砾状灰岩,角砾有塑性变形特征,由生物碎屑组成,而胶结物中无生物碎屑,全为钙质,颜色较角砾浅。这是长兴组灰岩在沉积成岩过程中,由于 F_3 断裂的活动而形成的同生角砾岩,表明 F_3 断裂为同沉积期断裂。

高龙古隆起四周的环状生长断裂控制了早、中三叠世海底热水成矿作用,从而控制了热水沉积岩——硅质岩及金矿体的分布。金矿体均分布于生长

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

断裂附近,远离环状生长断裂,矿体即尖灭、消失。海底喷流作用沿生长断裂发育并不是连续的,而且其发生时间也是时断时续,从而导致金矿体的分布呈多层状、串珠状,并且有分支复合、尖灭再现等规律。金矿体的产状在不同部位存在明显差异。在生长断裂中及其附近,矿体产状较陡,为脉状矿体;而往外离生长断裂稍远,矿体产状变平缓,为似层状、透镜状。如鸡公岩矿段 6 号矿体就是典型代表。

另外,在生长断裂拐弯处或两条生长断裂交汇部位,喷流作用最强烈,硅质岩最厚,金矿化也最好。如 F_3 断裂拐弯处鸡公岩矿段 6 号矿体、F_3 与 F_4 断裂交汇处的一工区及 F_4 与 F_1 交汇处的金龙山矿段,都是金矿体较厚、金品位较富的地段。

本区生长断裂还具多次活动的特征,后期生长断裂活动使早期形成的热液石英岩及硅质岩型矿石、砂泥岩型矿石发生碎裂,或形成角砾、或形成密集裂隙带,以后被沿后期生长断裂上涌带来的成矿热水溶液充填、交代、胶结,由于生长断裂的多次活动及矿液的多次叠加,从而形成了区内主要的硅化构造角砾岩型矿石及硅化砂泥岩型矿石,矿石中的角砾状构造及砂泥岩型矿石中的石英密集裂隙带即是证据。

2.2.4 生长断裂旁侧长兴组地层中局部洼陷的控矿作用

含金热液流体沿生长断裂喷流到海水中后,需要在一个相对宁静的环境中沉淀。成矿物质一部分沉积在喷流口附近,另一部分随海流或由于重力作用沿陆棚斜坡向海底洼陷迁移。基底层长兴组灰岩层中的洼陷受生长断裂的控制,并发育于生长断裂旁侧,它们对矿质沉淀起重要的控制作用。在局部洼陷处,环境相对平静,并为一相对还原环境,有利于金等成矿物质沉淀,金矿体厚度较大,品位也较高,并且金矿体基本沿生长断裂旁侧分布;而在古基底水下局部隆起部位,环境相对动荡,不利于成矿物质沉淀,金矿体就较薄甚至尖灭。由于这种古基底水下隆起和洼陷既受古构造控制,又受到生长断裂的叠加改造,它们的分布具有一定的规律。在鸡公岩矿段,古基底洼陷的分布具有一定的等距性,两洼陷相隔大约为 250～350 m。反映在金矿体的分布上也具有尖灭再现、分支复合等规律,矿体再现的距离大致也在 250～350 m 之间。

3 近矿围岩蚀变与矿化的关系

高龙金矿近矿围岩热液蚀变现象比较普遍,主要有硅化、黄铁矿化、毒砂化、绢云母化等,局部地段有辉锑矿化,它们与金矿化关系密切。

硅化是最普遍、最主要的热液蚀变,特征为底强顶弱,主要发育于矿体的中、下部。矿体底部,由喷流硅质沉积而成的热液石英岩组成。往上硅化逐渐减弱,金矿体大多分布于硅化强度中等的地段——硅化角砾岩及硅化砂泥岩中。矿体上盘围岩硅化很弱,只有少量石英呈微细脉沿岩石裂隙穿插、充填。研究表明,硅化有多期:早期硅化是喷流作用形成的强硅化体——热液石英岩;中期硅化是石英沿构造角砾间的空隙或岩石裂隙贯入胶结充填,形成硅化角砾岩及硅化砂泥岩,由于与该期硅化有关的矿化是区内的主要成矿活动期,使矿化叠加富集,形成了区内的硅化构造角砾岩型及硅化砂泥岩型等主要矿石类型,因此,硅化构造角砾岩及密集的石英裂隙带、网脉带发育处也常是富矿体发育处;晚期硅化表现为后期的粗晶石英脉穿插。早期硅化形成的热液石英岩分布严格受环状生长断裂控制,通常位于生长断裂中及其附近。金矿体分布与硅质岩有形影相随的关系。硅质岩厚,金矿体也较厚,金品位也较高;反之硅质岩变薄,金矿体也变薄,品位也变低,甚至仅有矿化,而不构成矿体。因此可依据地表出露的硅质岩规模预测深部隐伏金矿体规模及品位高低。

黄铁矿化、毒砂化及绢云母化较强,且与金矿化关系也很密切,主要发育于断裂破碎带附近的硅化角砾岩及硅化砂泥岩中,呈浸染状或细脉状与硅化石英伴生产出。由于微粒金呈微包裹体分布于黄铁矿、毒砂中或吸附在粘土矿物及绢云母周围,因此黄铁矿化、毒砂化及绢云母化强烈部位,也是金矿化最好部位。虽然由于矿石氧化程度较高,金属硫化物一般不复存在,但仍可找到它们曾经存在的证据,包括铁染、流失孔与假像等。反之,若岩石中黄铁矿、毒砂及绢云母化较弱,则金矿化也较弱。

辉锑矿化与硅化、黄铁矿化关系密切,一般伴随硅化、黄铁矿化发生,强度一般较弱。由于辉锑矿化往往位于金矿体一侧或上方,与金矿体形影相随,因此地表及浅部产出的辉锑矿化可作为寻找深部金矿的一种标志。而深部产生的辉锑矿化往往即是矿体产出的部位。

综上所述,硅化、黄铁矿化、毒砂化、辉锑矿化及绢云母化等近矿围岩蚀变与金矿化关系十分密切,在空间分布上,从下往上有如下分带和共存关系:①底部喷流强硅化体:热液石英岩分布于生长断裂中或覆盖于上二叠统长兴组灰岩之上,热液石英岩中

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

有少量黄铁矿、毒砂及绢云母,金矿化一般也较弱,局部地段达到工业利用品位;②硅化角砾岩带:分布于热液石英岩之上,角砾有热液石英岩及上覆砂泥岩,硅化沿角砾边缘裂隙充填胶结,伴随硅化有黄铁矿化、毒砂化、辉锑矿化及绢云母化,金矿化也较强,是金矿体分布的主要部位;③硅化砂泥岩带:硅化沿砂泥岩裂隙及岩石矿物粒间进行,伴随硅化,也发育黄铁矿化、毒砂化及绢云母化,局部地段金矿化较好,是金矿分布的次要地段;④弱硅化砂泥岩带:硅化较弱,仅在砂泥岩中见到石英微细脉,黄铁矿、毒砂及绢云母化也较弱,金矿化较差,仅少量达到工业品位,形成砂泥岩型矿石。

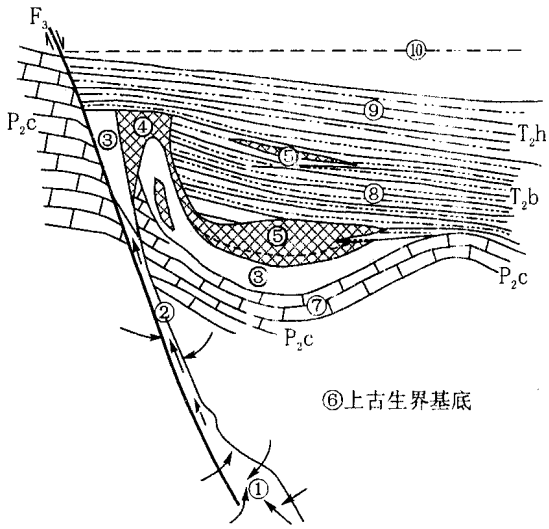


图 3　高龙金矿海底喷流热水沉积成矿模式剖面图

Fig. 3　Profile of sedex model of Gaolong Au deposit

1. 喷流热水库　2. 喷流通道　3. 硅质岩　4. 脉状岩　5. 似层状-透镜状矿　6. 上古生界基底　7. 长兴组灰岩　8. 百逢组　9. 河口组　10. 古海水面

4　成矿模式

根据对区内金矿床地质特征、成矿控制条件及成矿作用[1]的研究,建立了高龙金矿床的理想成矿模式(图 2,图 3)。

(1)该类矿床是在地壳拉张环境下形成。本区处于滇黔桂裂谷的右江裂谷带,于成矿有利。泥盆纪后期开始,右江裂谷带开始发育,到晚二叠世时,区内浅海广布,右江裂谷带也逐渐进入全盛期,地壳大规模张裂,形成隆起、坳陷区。高龙地区属局部的隆起,呈孤岛状存在于坳陷区中。由于地壳拉张,使本区成为陆壳活化区,沿这些断裂形成了一系列局部洼陷。这些洼陷区就成为热水沉积成矿的主要场所,同时洼陷区又继续接受陆源碎屑沉积。这些隆起区边缘的断裂多为生长断裂,它们控制了区内三叠纪岩相的分布及金矿化活动。

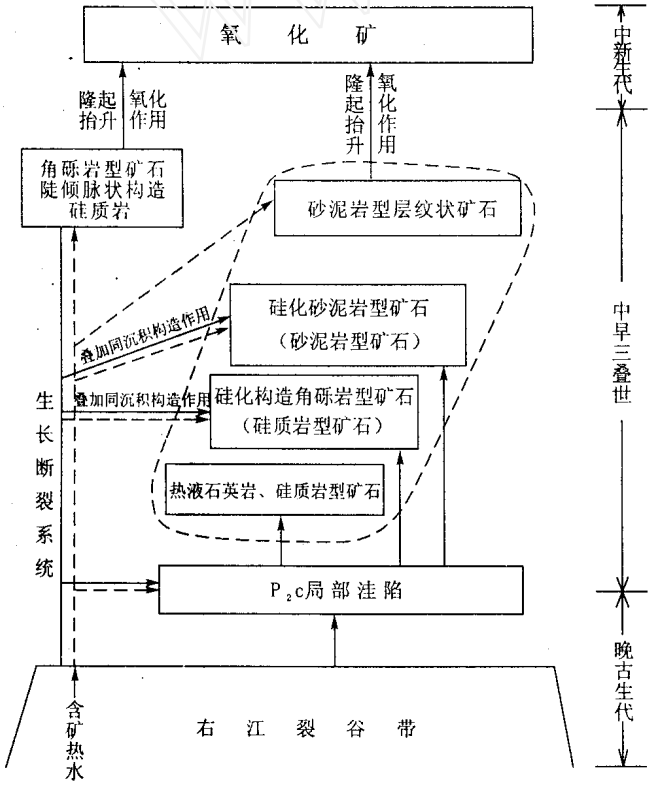


图 2　高龙金矿海底喷流热水沉积成矿模式

Fig. 2　Sedex model of Gaolong Au deposit

由于沿着这些生长断裂发生的断陷沉降幅度的差异,造成了地层上的差异,高龙金矿西部金龙山矿段沉降幅度大,接受了下三叠统罗楼群的沉积及热水沉积的矿化活动;而东部鸡公岩等地区沉降幅度小,在早三叠纪时属相对隆起区,仅接受了从中三叠统百逢组二段开始的沉积及热水沉积的矿化活动。

(2)在裂谷中深海盆及生长断裂旁侧局部洼陷区中的海水,以及大气水及沉积物中的孔隙水等冷水,沿微裂隙系统向地壳深部渗透,在深部受到上隆热地幔的高温影响,使下渗水体受热,并与深部岩浆水混合,在深部地幔热源,岩浆热源及构造动力热源的驱动下发生对流循环,带来了深部地壳-岩浆-热液体系中的金等金属元素,同时在对流循环过程中萃取了周围岩石中的金属元素及造岩元素,最终形成了含矿的地下热水。

(3)由于这些生长断裂也是地下热水上涌的主

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

要通道,这些深部的含矿热水溶液,沿着生长断裂系统上升到浅部的局部洼陷区,以喷气(喷流)或热泉等形式排泄出来,在浅部的通道中及其旁侧的局部洼陷区沉积成矿。在鸡公岩矿段,随含矿地下热水溶液的上升至海底洼陷处发生沉积,形成了沿断裂系统及其旁侧洼陷区分布的热液石英岩及硅质岩型矿石。随着地壳下陷、盆地的加深,热水溶液与海水的混合,以及百逢期带来的大量陆源碎屑的混入,就形成了百逢组的浊流沉积及产于其中的砂泥岩型矿石。

(4)由于同沉积构造活动的多次发生,导致早期形成的矿石破碎,硅质岩型矿石属刚性,多破碎成角砾状,而砂泥岩型矿石则既有破碎成角砾,也有柔皱变形,还有密集裂隙、网状裂隙。随着深部含矿热水的再次活动,沿这些裂隙、角砾间充填、交代、胶结,从而使早期形成的部分硅质岩型矿石及砂泥岩型矿石被改造成为硅化构造角砾岩型矿石及硅化砂泥岩型矿石。同时又形成了浅部产于百逢组上段中具层纹状构造的砂泥岩型矿石。以后随热水活动的减弱,矿化及蚀变也随之减弱,逐渐过渡为中三叠统百逢组上部及河口组的沉积。

(5)中三叠世以后,随着地壳的隆起抬升为陆,矿体受到剥蚀、氧化,形成了高龙金矿的水云母型风化壳及其产于其中的氧化矿,局部地区可能有红土型金矿的形成。

5 结论

高龙金矿为产于滇黔桂裂谷中的热水沉积型矿床。中三叠统百逢组及下三叠统罗楼群为有利赋矿层位,含钙、含碳及含结核状、草莓状黄铁矿的细碎屑岩为有利成矿岩性;右江裂谷带及晚古生代坳陷区中的小隆起为有利的控矿构造环境,生长断裂及其旁侧上二叠统长兴组中的局部洼陷为有利的控矿构造及矿化富集部位;硅化与金矿化关系密切,矿化与黄铁矿、褐铁矿、水云母、毒砂、辉锑矿等矿物及其相应的蚀变关系密切。

致谢:野外地质工作中曾得到广西黄金局及高龙金矿的支持帮助,谨致谢意!

参考文献:

[1] 陈大经,黄有德,谢世业. 广西高龙金矿热水沉积成矿作用研究[J]. 矿产与地质,2003,17(5):583-588.

[2] 国家辉,黄德保,施立达. 桂西北超微粒型金矿及其成矿和找矿模式[M]. 北京:地震出版社,1992.

[3] 刘东升,谭运金,王建业,等. 中国的卡林型金矿床[A]. 见:刘东升,谭运金,王建业,等. 中国卡林型(微细浸染型)金矿[C]. 南京:南京大学出版社,1994. 1-38.

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORE-FORMING MODEL OF GAOLONG Au DEPOSIT, GUANGXI

CHEN Da-jing, XIE Shi-ye

(Guilin Institute of Geology and Mineral Resources, Guilin 541004, China)

Abstract: Gaolong Au deposit is a sedex deposit in Dian-Qian-Gui rift. Middle and lower Permian strata are the favorable wall rock. Small lift in Youjiang rift zone and Late Palaeozoic sag is the favorable structural environment. Au-concentration are controled by the growth faults and local depression in Changxing formation on the either side of the faults. The mineralization is closely related to silicification and the concentration to pyrite, limonite, hydro-mica, arsenopyyite, stibnite and the corresponding alteration assembly. The ore-forming model is set up based on the study of geological characteristics and ore-forming processes.

Key words: Au deposit; ore characteristics; ore-forming model; Gaolong; Guangxi

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net