

桂西北地区古地热场特征及其在微细粒浸染型金矿床形成中的作用

庄新国

(中国地质大学, 武汉)

提 要: 本文以右江盆地古地热场特征分析为基础, 并结合岩相和构造研究的成果, 提出了沉积盆地中微细粒浸染型金矿床形成的古地温控制模式: 即海底火山喷发和还原的沉积环境条件对成矿物质初始富集的控制, 盆地的构造深沉降引起古地温升高促使含矿流体形成、运移和圈闭, 盆地的后期构造活动和抬升引起含矿流体层的破裂或降温, 致使含矿流体突破、淀析成矿。

主题词: 右江盆地 古地热场 成矿模式 浸染型金矿床

利用地层中的有机质进行盆地及区域古地热场研究在油、气地质勘探中已得到广泛的应用, 并取得比较好的效果。但在金属矿产勘探中还没有系统的应用, 这主要由金属矿产的成矿特点的复杂性所决定的。内生矿床、表生矿床、变质矿床都有各自不同的成矿规律, 不可能建立一个统一的成矿模式。但对内生矿床和变质矿床来说, 热作用是一个很重要的成矿因素。热作用包括温度、热持续时间、热源类型。对盆地的热作用分析金属矿床学所采用的矿物流体包体测温方法可以确定矿石的成矿温度, 但它不能反映某一个区域的地温场特点, 以及热的持续时间。地层中的沉积有机质是对热最敏感的物质成分, 有机质的光性变化是温度和相应温度的持续时间的函数, 并具不可逆性。有机质在地层中分布比较普遍, 其测试比较简单、快速。通过区域上取样分析能够恢复古地热场特征, 从而解决层控矿床成矿过程中含矿流体的形成、运移和淀析过程, 指导金属找矿。

桂西北地区上二叠统合山组在全区分布比较广泛, 并含有劣质煤层。选其作为该区的等变质界面, 进行古地热场分析, 解决金矿成矿作用问题是比较理想的, 对阐述桂西北地区金矿床(点)的形成起重要作用。

1 桂西北地区古地热场特征

通过对桂西北地区大面积取样, 并进行镜煤反射率测试(图1), 以及与外围贵州、云南的古地热场资料进行对比。在罗槐章(1983)^[1]绘制的滇黔桂地区上二叠统镜煤反射率等值线图基础上, 对桂西北地区进行了补充(图2)。由此可以看出, 桂西北地区上二叠统镜煤反射率(R_0^o)普遍偏高, 镜煤反射率值达4%以上。这个高值区与右江盆地的展布特征基本一致。在桂西北这个异常区内, 从现有控制的取样分布看, 上二叠统镜煤反射率平面变化的规

庄新国, 男, 37岁, 高级工程师, 从事盆地分析及有机岩石学研究。邮政编码: 430074
1993-11-6收稿, 1994-4-19修改回

把乐业上二叠统烟棚煤矿ZK201和ZK202两个钻孔不同地层深度煤层取样测试结果进行线性回归(图3),可以明显看出上二叠统上部镜煤反射率梯度较大,其值每100m可达

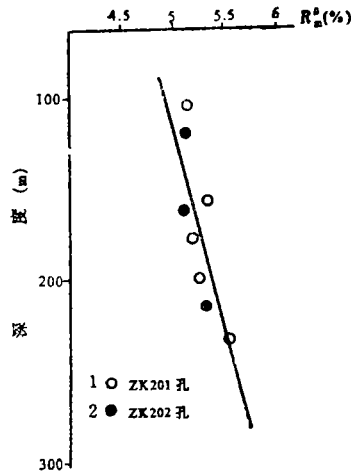


图3 乐业烟棚上二叠统镜煤反射率-深度关系图

Fig. 3. Relationship between reflectances of Upper Permian vitrain and depths in Leyeyanpeng.

表1 桂西北地区牙形石色变指数镜煤反射率古地温对应关系
Table 1. Relationship between color-variation indices of conodont, reflectances of vitrain and paleogeotemperature

牙形石色变指数 (CAI)	镜煤反射率 R_m^0	最高古地温 ($^{\circ}\text{C}$)
1	1.0	100
2	1.5	130
3	2.0	160
4	3.0	200
5	4.0	250
	5.0	300

据周中毅、潘长春, 1992^[2]略作修改

0.46%。而根据不同时代地层的取样测试分析结果,例如金牙矿区,从上二叠统上部到下三叠统镜煤反射率梯度很小;下三叠统到中三叠统下部镜煤反射率有较大的变化,镜煤反射率梯度每100m为0.37%;中三叠统以上镜煤反射率梯度每100m为0.08%。

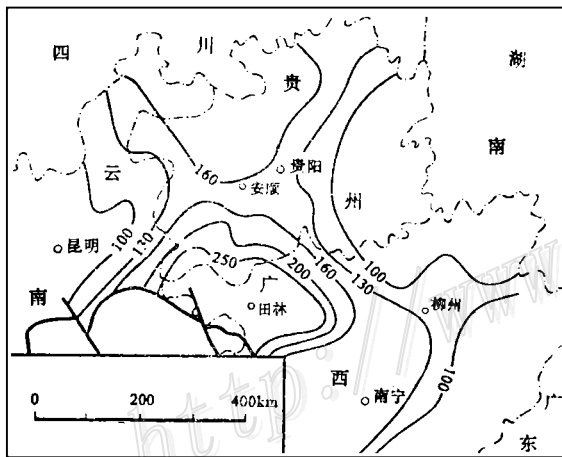


图4 桂西北及其邻区上二叠统古地温($^{\circ}\text{C}$)分布图

Fig. 4. Distribution of Upper Permian paleogeotemperatures in northwestern Guangxi and neighboring areas ($^{\circ}\text{C}$).

周中毅、潘长春等(1992)在《沉积盆地古地温测定方法及应用》一书中对利用镜煤反射率和牙形石色变指数推算古地温,恢复盆地古地热场特征作了比较系统的介绍。Karweil (1955)、Bostic (1971)、Teichmüller (1971)、Hood等(1975)^[8]建立的镜煤反射率、温度、受热时间的关系图; Epstein等(1977)^[9]和周希云(1987)^[3]建立的牙形石色变指数、温度、受热时间的关系图都得到普遍承认和应用。本次研究在上述所建立的关系的基础上,并根据研究区特有的地质条件,建立了本区上二叠统一下三叠统镜煤反射率、牙形石色变指数与古地温的对应关系(表1)。在建立表1的过程中主要考

虑了3个方面的影响因素:从盆地充填特征和构造活动推算上二叠统所达到最高温度持续的时间大致为 $27 \times 10^6 \text{a}$;上二叠统和下三叠统具有强的还原性;下三叠统之上巨厚的盖层作用

致使上二叠统和下三叠统处于封闭的高压环境。这些影响因素都使得有机质的光性特征减弱。根据表1所建立的关系,在图2的基础上编制了桂西北及其邻区的上二叠统古地温分布图(图4)。根据地层剖面中镜煤反射率梯度的变化,推算出上二叠统上部古地温梯度为 $23^{\circ}\text{C}/100\text{m}$;下三叠统到中三叠统下部古地温梯度为 $18.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$;中三叠统下部以上为 $4.8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

2 桂西北地区古地热异常形成机制分析

古地热场是指距今以前某一地史时期的地热场。它包括区域地热场和局部地热场,区域地热场又可称之为深成地热场,是把地球内部作为一个热体,由这个热体向地球表面热扩散形成的地热场。局部地热场可称之为变地热场,它主要受岩浆活动、断裂活动及深部构造演化的影响,往往叠加在区域地热场之上,形成具有特色的局部地热场。这种局部地热场对成矿作用是极其有利的。古地热与现今地壳内部地热的分布状态,即今地热场是有区别的,它们可以有某种联系,也可以没有联系,这主要取决于地壳深部的热活动。

2.1 岩浆活动所反映的深部热活动状况

岩浆活动是地球深部热活动的一种常见形式。它通过岩浆流体的形式将大量的热带到地壳浅层或直接喷出地表。岩浆活动与古地热场的变化密切相关。从区域地层中火山岩分布看,该地区岩浆活动相当频繁,几乎每个时期都有火山活动的记录。但研究区内根据同位素年龄测定,从晚二叠世开始岩浆活动总体可分为三期:晚二叠世—早三叠世K-Ar法 $306 \times 10^6 \sim 312 \times 10^6\text{a}$, Rb-Sr法 $263.1 \times 10^6\text{a}$;侏罗纪K-Ar法 $135 \times 10^6 \sim 195 \times 10^6\text{a}$;白垩纪U-Pb法 $90 \times 10^6 \sim 104 \times 10^6\text{a}$ ^①。晚二叠世—早三叠世的岩浆活动最为强烈,局部地区可延续到中三叠世,主要表现为基性火山岩喷发和侵入,分布面积较大。侏罗纪主要表现为基性辉绿岩的侵入,分布也比较广泛。白垩纪主要有一些小规模酸性岩脉发育。根据航磁和重力异常,以及物化探异常综合分析,认为桂西北地区存在较多隐伏的基性岩体和酸性岩体^②。虽然这些隐伏岩体还没有钻探工程所揭示,但它们可能是侏罗纪和白垩纪的产物。由此可见该区岩浆活动从晚二叠世开始是逐渐减弱的。由岩浆活动引起的古地热场变化也可划分为三期:第一期热活动表现的最为强烈,奠定了该区的古地热场特征;后续的两次热活动从总体强度来看没有超过第一期,仅局部形成一些地热异常,该区的热活动是逐渐减弱的。

2.2 构造沉降对有机质变质作用影响

根据研究区的盆地充填特征,以及研究区与外围区上覆沉积地层厚度的对比,可以看出研究区内盆地的沉降速率较大,因而地层沉积厚度也较大。把区域的上二叠统上覆地层厚度分布(罗槐章,1983)^[1]与上二叠统镜煤反射率分布进行比较可以看出它们是基本吻合,即上覆地层厚度大的地区,镜煤反射率值亦大。可见构造沉降与有机质变质作用有着密切的联系。

① 王国田等,1989,桂西北地区微细粒浸染型金矿床成矿条件与中三叠世岩相古地理研究,广西壮族自治区地矿局(内部资料)

② 广西壮族自治区第二水文地质工程队,地质矿产部航空物探总队908队,1988,桂西—黔南地区高精度航磁测量成果报告(内部资料)

2.3 断裂活动对热活动的控制

断裂活动本身的构造力所产生的热是有限的,但是断裂活动对深部热的扩散和再分配起重要的作用。从桂西北地区火成岩的展布特征看,断裂对岩浆活动起到明显的控制作用。大部分出露的火成岩和火山碎屑岩都分布在田林—巴马断裂和右江断裂附近。

2.4 盆地构造演化和充填特征对古地热场的控制

从泥盆纪开始至早三叠世,盆地深部热活动非常强烈,致使大量岩浆侵入和火山喷发。断裂构造十分发育,早期存在的北西向断裂继续活动,盆地整体处于热扩溶阶段,表面裂隙开始形成,基底差异沉降明显,形成大量断槽和台地,但盆地整体沉降速率仍较慢。台地上沉积一套滨浅海的碳酸盐岩沉积,断槽内主要为一套以海底火山喷发凝灰岩和沉凝灰岩为主夹海相细粒沉积。早三叠世之后,由于区域构造体制转化,在挤压、压扭背景作用下,盆地基底挠曲,快速下陷,整体沉降速率加快,沉积了一套深海、半深海的比较细粒的浊积海底扇和深海泥以及斜坡滑塌沉积,其厚度可达4000~5000m,对下三叠统以下地层构成了明显的盖层。由于盆地构造演化和沉积充填特征的两分性,使古地热场也具有两分性。盖层之下充填物处于较高的古地热场状态,盖层处于相对较低的古地热场状态。由于煤层的导热率很低,所以在含煤段也形成了高的古地温梯度带,实际上由含煤段往下古地温梯度应减少。

3 古地热在微细粒浸染型金矿形成中的作用

从1983年广西第二地质队在桂西北地区进行金矿普查工作开始,先后发现金牙、高龙、逻楼等多处金矿床、金矿化点和金异常(图1)。这些矿床(点)大多属微细粒浸染型,表明桂西北地区是一个具有远景的金成矿区。在此基础上,许多科研单位和院校结合金矿床预测开展了多项专题研究,取得了很多有意义的成果(钱定福等,1988^[4];秦建华、吴应林,1989^[5];汪金榜,1989^[6])。将前人资料总体概括起来,该区微细粒浸染型金矿主要受三个因素控制,即构造、岩相和地热。构造起导矿作用,岩相起控矿作用,地热起活化作用(也可称之为冶矿作用)。只有这三者的统一体才能构成该类型金矿床形成的必然条件。有关构造和岩相在金矿形成中的作用,不同学者从不同角度已做了大量的工作(王国田等,1989;李正海等,1990)^①。本次研究通过对该区所做的古地热工作,将该区的成矿作用划分为三个阶段,即初始成矿物质形成阶段,溶矿阶段和淀析成矿阶段。

3.1 初始成矿物质形成阶段

该阶段主要发生在泥盆纪到早三叠世,由于地幔上隆,地壳拉伸裂陷,深部热活动,大量幔源物质侵入和喷发,带来较多Au元素。由于泥盆纪和早三叠世该区处于半封闭的较还原海湾环境,有机物质相当丰富,特别是几个金矿区,例如高龙、金牙、逻楼和乐业。晚二叠世均发育泥炭沼泽。这些金元素大都被有机质吸附或在还原硫和氮的作用下形成络合物沉淀于沉积物中形成初始富集^①。图5为初始成矿物质形成阶段岩相分布模式图。

从该区区域地层中金的含量分析(表2)可以看出,从晚二叠世到中三叠世地层岩石中的金含量普遍较低,要作为矿源层似乎不可能。但这些Au元素主要以原子态(单质)混入

^① 李正海等,1990,广西凤山县金牙金矿典型矿床研究报告,广西地矿局(内部资料)

物的形式存在于地层的黄铁矿中（李正海等，1990），它们在含烃热液作用下易于活化迁移，为金的富集提供矿质。另根据同位素地球化学、有机地球化学研究都证实这些金矿床的矿质来源于该阶段形成的地层（李正海，1990）。因此该阶段的地层可作为该区金成矿物质的主要矿源层。

3.2 溶矿阶段

主要发生在晚三叠世。由于盆地基底的高速下沉，中三叠世沉积了一套厚度巨大的深海一半深海细碎屑浊积沉积（图6）。这样使矿源层的温度不断增高。根据前面的古地热场分析，当矿源层上覆地层厚度增加到4000m以上时，矿源层的古温度可达250℃以上。热导率（ $10^{-3}\text{cal}/\text{cm}^2\cdot\text{sec}\cdot^\circ\text{C}$ ）由于细碎屑岩（4.7）和泥岩（2.4~3.4）比灰岩（5.3）和凝灰岩

表2 地层中单矿物含金量(10^{-9})对比表
Table 2. Gold content of individual minerals in strata (10^{-9})

样号	层位	黄铁矿 含金量 ^①	岩石含 金量 ^②	比值 ^②
H 75-2	T ₁ ^l	900	0.4	2250
H 77-3	T ₂ ^{b¹}	400	0.3	1333
H111-6	T ₂ ^{b²⁻¹}	600	1.0	600
H131-7	T ₂ ^{b²⁻²}	1400	0.5	2800
H230-1	P ₂	500	1.8	277
H230-2	P ₂	1400	1.8	777
D 494	P ₂	1900	4.9	387
D 370	P ₂	3100	0.98	3163

据王国田等(1989)；^①指同一样品，作全岩分析金，又选出黄铁矿分析金；^②黄铁矿含金量/岩石含金量

(4.9~9)低（据大庆石油研究院），这样在矿源层上部形成了一个相对屏闭的障热层。矿源层在这样高的古地温作用下，一方面沉积有机质发生裂解改变了其原有的化学性质；另一方面地层水被加热，使矿物质溶解度增高，形成地层中含矿热卤水溶液。由于热驱动和动力驱动效应，含金热卤水向台地相运移，在相对隆起的二叠纪灰岩附近形成含金热卤水圈闭（图7）。

3.3 淀析成矿阶段

该阶段发生在晚三叠世以后。由于区域构造背景发生转换，该区开始挤压抬升，基底断裂活动，并在高温高压含矿热卤水圈闭周缘形成应力释放带，从而含矿流体产生突破，并运移到释放带中形成新的平衡。由于高温高压含矿热卤水进入相对低温低压环境，而且背景岩性发生了较大变化，这样致使含矿热卤水的性质发生一系列变化。一方面高温高压条件下有

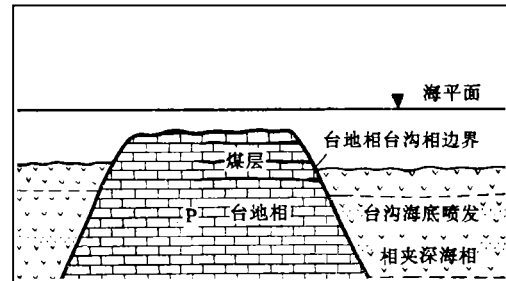


图5 初始成矿物质形成阶段岩相分析模式图
Fig. 5. Model of lithofacies analysis showing formation stages of initial ore-forming materials.

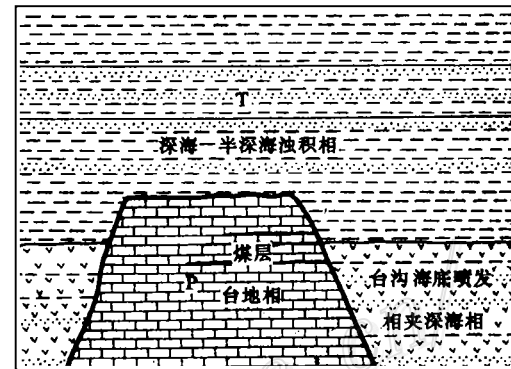


图6 溶矿阶段的基本地层格架和岩相分析模式图
Fig. 6. Model showing basic stratigraphic framework and lithofacies analysis of the ore-dissolution stage.

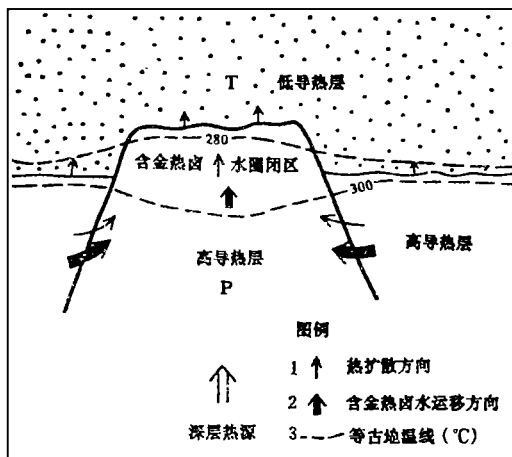


图7 含金热卤水高温高压圈闭形成模式图
Fig. 7. Model showing the formation of high-temperature and high-pressure closed system of auriferous hot brine.

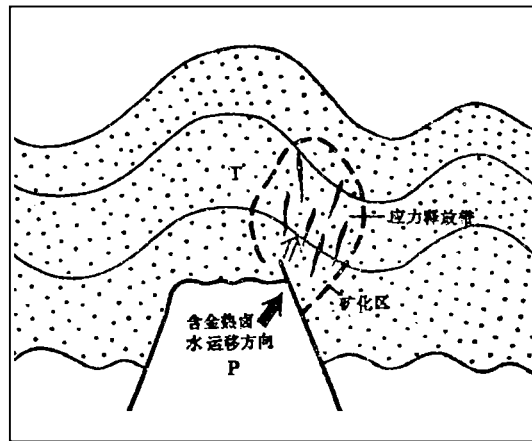


图8 含金热卤水运移淀析成矿模式图
Fig. 8. Metallogenic model showing migration and precipitation of auriferous hot brine.

机质裂解所产生的大量烃类物质逸出改变了成矿热卤水的物理化学性质；另一方面由于温度压力降低含金热卤水的溶解度也随之降低，因而含金热卤水发生淀析作用，并形成矿化带和矿床（图8）。同时深部高温高压含金热卤水继续向上运移，形成新的圈闭，应力再次释放，流体产生突破、运移、形成新的平衡。同时矿物质进一步淀析，使金元素进一步富集。这个过程反复进行直至溶矿带（矿源层）抬升，高温高压含金热卤水圈闭消失。大致时期在晚侏罗世（ 142×10^6 a，李正海，1990）。

4 结 语

把含油气盆地的古地热场分析方法引进到含金盆地进行成矿作用分析是一个初步尝试。通过该项研究初步发现该方法是可行的，它是建立沉积岩系中金属矿床成矿模式的一个重要方面。由于本次研究经费有限，一些观点的提出带有某种推断性，例如：岩石的热传导率问题，没能进行该区的实际系统测定，而是引用地壳中一般性岩性传导率值，另外中三叠统的古地热场背景未能采取有效方法更进一步确定。

本研究是李思田教授负责的“黑色岩系层控金矿床的形成条件和预测”地矿部基础研究项目的一部分，在野外工作期间得到广西地矿局所属二队的大力支持，李甫安高工和黄德保工程师等给予热情帮助，潘有泰高工参加了野外工作。在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 罗槐章，滇黔桂地区煤的挥发分与镜质体反射率的回归关系及上二叠统有机质程度与其成因探讨。石油勘探与开发，1983，（6）：43~49
- 2 周中毅，潘长春。沉积盆地古地温测定方法及其应用。广州：广东科技出版社，1992，1~33，104~114
- 3 周希云。上扬子区二叠系至下三叠统牙形石颜色变化指标及其油气评价。海相沉积区油气地质，1987，1（2）：83~90
- 4 钱定福。金牙金矿床金的赋存状态研究。地质论评，1988，34（4）：261~268
- 5 秦建华，吴应林。黔南桂西中三叠统油积扇、物源及板块构造。岩相古地理，1989，（3）：1~16

- 6 汪金榜. 广西原生金矿床成矿条件的初步认识. 广西地质, 1989, (1)
- 7 李思田, 为了实现油气领域的重大突破——“活动热流体的历史研究”简介. 中国海上油气(地质), 1992, 6(6), 69~70
- 8 Hood D. Gutjahr C. C M, Heacock R. L. Organic metamorphism and generation of petroleum, Bull, AAPG, 1975, 59: 986~996
- 9 Epstein A G et al. Conodont color alteration on index to organic metamorphism, US Geological Survey Professional Paper 1977, 995

THE PALEOGEOTHERMAL FIELD OF NORTHWESTERN GUANGXI: CHARACTERISTICS AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF MICRO-DISSEMINATED GOLD DEPOSITS

Zhuang Xinguo

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Key words: Youjiang basin, paleogeothermal field, metallogenic model, disseminated gold deposit

Abstract

Using vitrain reflectance data, the author made a fairly systematic investigation into the paleogeothermal field characteristics of Late Permian and Early Triassic strata beneath the major auriferous horizon of northwestern Guangxi-Middle Triassic. The results show that the Late Permian and Early Triassic strata had been under the rather high geothermal condition before the uplifting of the basin, and the paleogeotemperature could reach 250~300℃, with the existence of a high paleogeothermal gradient zone between them and Middle Triassic strata. Based on an analysis of tectonic evolution and sedimentary facies distribution in the basin, the paper describes the important role played by the paleogeothermal field in the formation of micro-disseminated gold deposit, and points out the combinational relations of gold source bed, deposits-forming bed and capping bed. On such a basis, the metallogenic mechanism of gold deposits in this area might be divided into three stages: ① the early stage of the basin, during which regional magmatic activities and organism-rich reductive sedimentary facies created favorable conditions for the formation of the source bed; ② the rapid deep subsidence stage of the basin, during which the capping bed was formed, and the temperature of the source bed gradually rose; when the subsidence reached the depth of over 4000 m, the ore-bearing hot fluids came into being and migrated, forming the closed system of the ore-bearing hot brine at the favorable positions; ③ the late stage of the basin; due to the uplifting of the basin and the faulting, the temperature of the ore-bearing hot brine trap got lower and lower, and breakthrough took place along the stress relief belt; as a result, ore-forming materials were unceasingly separated out, eventually leading to the formation of ore deposits.