

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

华南晚古生代礁硅岩套的组成和 分类及地质涵义

陈多福 陈光谦 陈先沛 高计元 潘晶铭

(中国科学院广州地球化学研究所, 510640)

内容提要 礁硅岩套是一种重要的含矿岩石组合,它是由生物礁相碳酸盐岩、热水沉积岩(矿)、细碎屑岩和泥灰岩、同层位或相邻地区地层中的火山质岩或潜火山岩,以较为固定的时空有序的状态组合而成。根据生物礁的形成环境和热水沉积作用的产出方式,礁硅岩套可分为盆地型、台地型和过渡型三类。它是在特殊地质背景中,在盆地演化的一定阶段内,由盆地正常沉积作用、盆地中的生物作用、盆下源的热水沉积作用和岩石圈深部岩浆作用综合形成的产物。

关键词 礁硅岩套 热水沉积 晚古生代 华南

陈先沛、涂光炽等在80年代中期研究产于沉积岩中的层状和层控矿床时,认识到一种特殊的控矿岩石组合,主要由4部分组成,并称之为礁硅岩套^[1,2],它是在特殊的地质背景中,盆地演化到一定阶段,在多种地质作用下以固定的时空有序组合而形成的。

1 礁硅岩套的组成

礁硅岩套主要由4部分不同的岩石组成:下部为礁相碳酸盐岩(礁、丘、滩);上部是黑色细碎屑岩;两者之间的过渡部位是以硅岩和金属矿层为突出代表的热液沉积、充填、交代和动力岩(矿),硅岩指非生物沉积成因,具块状、条带、条纹组构的热液沉积成因硅岩(下同);同时地层层序中或相邻地区的相当层位存在同期火山岩、凝灰质岩或准同期的潜火山岩脉,它们的空间结构如图1所示。

(1) 下部礁相碳酸盐:主要为块状碳酸盐岩,由广义生物礁灰岩、生物碎屑灰岩和菌藻灰岩等组成,通常礁相碳酸盐岩的沉积厚度比相邻的岩相为大,被不同岩性的岩石所围绕,呈指状交接的相变关系。礁相碳酸盐岩的分布范围局限,并在地层中呈规模不等的丘状、穹窿状、透镜状或宝塔状等凸出的形态,常显示沉积不整合。礁相碳酸盐岩为盆地演化中期的充填层序,代表了张裂盆地发展的持续稳定下沉阶段内生物沉积作用的产物。

(2) 上部黑色细碎屑岩:常为深色的细粒碎屑岩、泥灰岩等,代表了生物礁形成之后地壳快速下沉,形成较深水盆地相的产物,通常具有较高的有机质含量,主要为盆地上部充填层序沉积。

(3) 中部热水岩(矿),包括热水沉积、充填、交代和动力岩(矿):在上述两部分的过渡部位常发育热水沉积、动力或热水蚀变和充填岩(矿),有时发育于同层位偏盆地相正常沉积岩系

注:本文为国家自然科学基金资助项目(编号 49272111)和中国科学院“九五”重点B项目资助。
本文1997年4月收到,12月改回,萧品芳编辑。

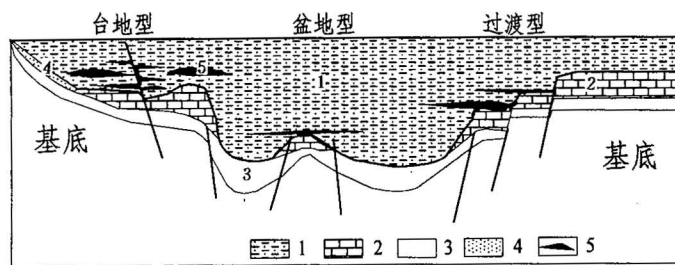


图 1 礁硅岩套的组成和空间结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram showing component and spatial structure of the reef-chert suite

1—盆地上部充填层序(细碎屑岩夹泥晶灰岩为主);2—盆地中部充填层序的碳酸盐岩台地相(含生物礁);3—盆地下部充填层序(中粗粒碎屑岩为主);4—盆地中部充填层序盆地边缘碎屑岩相;5—热水沉积岩和矿体

1—Upper infilling sequence of the basin (mainly fine detrital rocks with micritic carbonate rocks); 2—carbonate facies of middle infilling sequence of the basin (containing reef); 3—lower infilling sequence of the basin (mainly medium to coarse clastic rocks); 4—detrital rock facies of middle basin infilling sequence at basin margin; 5—hydrothermal sedimentary rocks (ores)

积矿床的特征是层状和脉状体共同发育,并有交代作用形成的浸染状不规则矿体伴生。一般层状矿体的形态规整,矿量大,但质量稍差;脉状矿体常不规则,质量较高,但矿量往往不及层状矿体。

(4) 火山岩:区域上在礁硅岩套发育的地层层序中常有双模式的火山岩,基性火山岩常位于盆地岩系的下部,酸性火山岩则位于上部,一般以基性为主。矿区内火山岩的喷出相不发育,而是以准同期的潜火山岩脉和凝灰岩或凝灰质岩为主,它是张裂盆地深部岩浆作用的产物,是盆地中高地热场的标志。盆地中火山岩在地层中所占的比例非常低,远不能和火山岩型块状硫化物矿床(VMS)的火山岩比例相比,且矿体并不产于火山岩中,成矿作用与火山作用没有直接的联系。

这种礁相碳酸盐岩在下,上覆层状、似层状和透镜状的热水沉积岩(矿)层,向上过渡为正常的盆地较深水相沉积,地层旋回中有火山岩、凝灰岩或准同期潜火山岩脉,组成了一个特殊的有序的岩石组合,笔者称之为礁硅岩套。礁硅岩套是在张裂构造背景中盆地演化到一定阶段,由盆地正常沉积作用、盆地中的生物作用、盆下源的热水沉积作用和岩石圈深部的岩浆作用等,综合作用下形成的。

2 礁硅岩套的分类和特征及典型实例

礁硅岩套以生物礁形成的环境和热水作用的方式,分为 3 种类型,即盆地型、台地型及二者间的过渡型。

2.1 盆地型礁硅岩套

主要分布于张裂盆地的次级盆地相中,通常受同生断层的控制。礁相碳酸盐岩一般位于裂

中。热水沉积岩(矿)主要有硅岩、金属硫化物岩、硫酸盐岩、电气石岩、长石岩、二透岩、层状夕卡岩、铁锰质复杂碳酸盐岩和铁锰质氧化物岩等,以硅岩和金属硫化物岩最为常见。一般呈层状和透镜状,具有明显的沉积结构构造,如条带、条纹等,在横向和纵向上常渐变正常沉积岩。热水动力岩是热水沸腾和喷射作用形成的、以角砾构造为代表的各类热水沉积岩(矿)。热水蚀变岩主要为上述热水沉积岩(矿)及交代产物,多发育于矿层底板中,是热水在上升过程中对周围岩石的交代及在热水池中热水对底板的交代产物。有时在层状体之下发育有热水通道相的脉状体,是热水充填和结晶作用的产物。因此,热水沉

陷盆地的地垒之上。礁相碳酸盐的分布范围小,但厚度明显大于周边盆地碎屑岩相正常沉积的厚度,为盆地细碎屑沉积物所包围,相变急剧,指状交接的沉积不整合接触关系明显。热水沉积岩(矿)常分布于礁体顶部或礁体翼部的盆地岩系中,以沉积作用为主,交代和充填作用为次,热水的沸腾现象不明显,总体形成过程的水体较深,礁体上覆岩系以深水的黑色细碎屑岩为主,夹泥质灰岩,区域上火山岩喷出相发育,矿区内常以岩脉和凝灰质岩为主。典型实例有我国广西大厂泥盆纪超大型锡石多金属硫化物矿床。

广西大厂锡石多金属硫化物矿床产于泥盆纪地层,受礁硅岩套的控制,含矿地层泥盆系属张裂断陷盆地型沉积,称为“南丹型”,厚度约2000 m。矿区泥盆纪地层可分出3个主要沉积单元:下部为红色砂砾岩(D_1);中部为黑色页岩、泥灰岩和碳酸盐岩浊积岩(D_{1-2}),局部地区发育礁相碳酸盐岩;上部为硅岩、泥灰岩和条带灰岩(D_3)。中部地层中局部发育的生物礁(龙头山生物礁)是珊瑚、层孔虫为主的礁,礁体总厚度超过800 m,在盆地中呈宝塔状,被黑色页岩所包围,礁体与四周的黑色页岩呈典型的沉积不整合接触,显示清晰的指状交叉的相变关系。礁体附近的盆地黑色页岩中有礁体的垮塌角砾岩和碳酸盐重力流沉积。礁体被厚几十米的沉积纹层泥晶硅岩所覆盖,其分布远比礁体范围为广。硅岩向上与条带状泥灰岩过渡。在礁体附近地层中有潜火山岩脉,区域上同层位有基性火山岩分布^[1]。礁体顶部的硅岩和灰岩中有以锡石和Pb、Zn、Sb多金属硫化物等为主的层状矿和礁体中的脉状及不规则状矿,但两者在矿石质量上有差别。礁体中的脉状和不规则状矿为块状的富矿;硅岩及泥晶灰岩中的矿体以块状、细脉状和浸染状为主,其质量比礁相中的矿石稍差。因此,广西大厂泥盆纪含矿礁硅岩套,是一个发育比较完整的典型盆地型礁硅岩套(图2)。

2.2 台地型礁硅岩套

主要发育于浅水碳酸盐岩台地中,以礁相碳酸盐为主,礁丘较局限。碳酸盐岩台地上覆岩系常为泥灰岩和细碎屑岩,是盆地张裂作用增强,台地破裂下沉转变为较深水的盆地沉积。热水沉积岩(矿)发育于碳酸盐岩与细碎屑岩的过渡部位,同生断裂控制明显,矿体常分布于断裂附近,形成的方式以交代和充填作用为主,沉积作用为次,热水的沸腾现象明显,常有热水动力岩,总体形成过程的水体较浅。区域范围内火山岩发育,矿区内可见潜火山岩。其典型代表有广东凡口泥盆纪超大型铅锌多金属硫化物矿床。

广东凡口铅锌矿床分布于粤北仁化泥盆纪地层中,为张裂构造背景中的沉积岩系,总厚度约2000m。可分为三部分:下部碎屑岩系,包括下泥盆统及中泥盆统下部桂头群,为红色砂砾岩和砂岩层、灰白—灰绿色砂砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩层,属盆地早期的海陆交互相沉积;中部碳酸盐岩系,包括中泥盆统中上部东岗岭组,主要为块状灰岩、白云质灰岩、白云岩,产有较多的叠层藻、腕足类、珊瑚、层孔虫、双壳类等

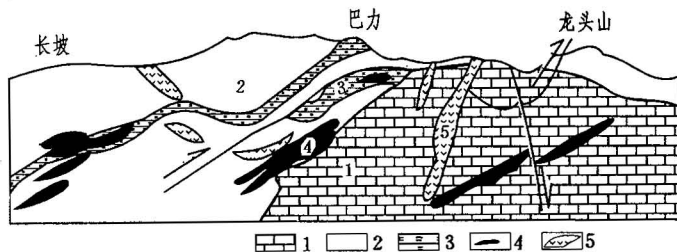


图2 广西大厂泥盆纪控矿礁硅岩套剖面图

Fig. 2 Devonian schematic section of the ore-controlling reef-chert suite in Dachang, Guangxi

1—下部生物礁灰岩;2—上部泥灰岩和细碎屑岩;3—硅岩;
4—矿体;5—潜火山岩脉

1—Lower reef carbonate rocks;2—upper marls and fine clastic rocks;3—siliceous rocks;4—ore body;5—subvolcanic rocks

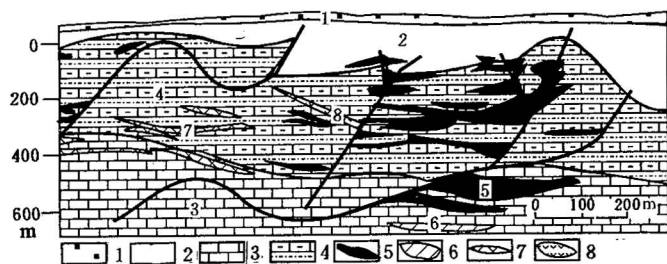


图3 广东凡口泥盆系控矿礁硅岩套剖面图

Fig. 3 Schematic section of the Devonian ore-controlling reef-chert suite in Fankou, Guangdong

- 1—第四系;2—石炭系;3—泥盆系生物块状灰岩;4—泥盆系泥灰岩和细碎屑岩;5—铅锌硫化物矿体;6—黄铁矿矿体;7—菱铁矿矿体;8—潜火山岩脉
1—Quaternary; 2—Carboniferous; 3—Devonian massive biogenic carbonate rocks; 4—Devonian marls and fine clastic rocks; 5—lead and zinc ore body; 6—pyrite ore body; 7—siderite ore body; 8—subvolcanic rocks

生物化石,属生物礁滩相为主的局限台地碳酸盐岩;上部较深水泥灰岩和细碎屑岩岩系,包括上泥盆统天子岭组和帽子峰组,主要为灰岩、泥灰岩和砂页岩,为较深水的盆地沉积岩系。中部和上部地层的过渡带产有形体复杂的铅锌硫化物矿体和层状菱铁矿(图3)。热水沉积矿体与同生断裂关系密切,以地层中的层状和似层状体及沿同生断裂通道相发育的脉状体共存为特点,以铅、锌硫化物为主,层和脉之间相互联通,层状和似层状矿具明显的沉积组构特征,如纹层、矿层顶面的冲刷,矿体内的同生滑塌,矿石的

内碎屑角砾状构造等,特别是在下部脉状体与上部层状体相联接的部位,有多期次的破碎和胶结特征的内碎屑角砾状矿石,由较低温度的浅色闪锌矿碎屑内,存在高温深色闪锌矿碎屑,再为其它硫化物胶结现象所反映^[3],表现出从高温到低温的演化过程。菱铁矿矿体为层状和似层状,产于距脉状铅锌硫化物矿体的较远处,热水沉积岩仅见薄层的黑色石英岩产于金属矿层内。矿区地层中发育基性岩脉、岩床和岩墙,且区域上(大宝山地区)同层位有双模式基性和酸性火山岩层分布。因此,凡口控矿礁硅岩套由中部生物礁相为主的台地碳酸盐岩,上部较深水的灰岩、泥灰岩、砂页岩,二者间过渡带的铅锌硫化物和菱铁矿层,及准同生期的潜火山岩组成。

2.3 过渡类型礁硅岩套

礁相碳酸盐岩分布于碳酸盐岩台地边缘,受同生断裂的影响,碳酸盐岩台地边缘破裂、部分下沉、转变为较深水的盆地环境。因此,台地碳酸盐岩的上覆岩系为细碎屑岩和泥质灰岩,夹碳酸盐岩碎屑流沉积,热水沉积岩(矿)常产于其中,以沉积、交代和充填作用均发育为特征,存在热水沸腾现象,热水动力岩发育。火山岩或潜火山岩发育较差。比较典型的是广东长坑产于硅岩角砾岩和硅化岩中的超大型金、银矿床。

广东长坑超大型金、银矿床,位于粤西的高明晚古生代裂陷环境的碳酸盐岩台地边缘,控矿礁硅岩套的地层属下石炭统^[4,5]。可分两部分:下部碳酸盐岩系,为石磴子组,是以礁滩相为主的厚层块状灰岩,产:珊瑚、腕足类、海百合茎等化石,可见生物生长构造,属台地碳酸盐岩沉积;上部碎屑岩和灰岩岩系,为测水组和梓门桥组,由泥岩、砂岩、粉砂岩、不纯灰岩及灰岩碎屑流组成,为盆地边缘沉积,夹层状、似层状和透镜状热水沉积硅岩角砾岩和硅化岩层,并伴有金、银矿体(图4)。金为微细粒浸染型,银为微细脉型,分别独立构成矿体,均受硅岩角砾岩和硅化岩体的严格控制。硅化岩顶面有时为灰岩碎屑流所侵蚀,在碎屑流底部有硅化岩的角砾,显示为准同生沉积期硅化作用的产物。硅岩角砾岩和硅化岩的地质地球化学研究显示热水沉积特征^[6]。因此,上述的下部礁相碳酸盐岩、上部较深水的细碎屑岩、不纯灰岩、灰岩碎屑流夹

热水沉积岩(矿)、构成了长坑超大型金、银矿床的控矿礁硅岩套,但未见火山质岩。

3 礁硅岩套的地质涵义

从礁硅岩套的组成特征和主要类型可见,礁硅岩套4个主要岩石单元,在空间上呈相对固定有序的状态产出。礁硅岩套是在张裂构造的背景中,盆地演化到持续稳定下沉到剧烈下沉的阶段内,由盆地正常沉积作用、盆地中的生物作用、盆下源的热水沉积作用和岩石圈深部的岩浆作用等综合作用的产物。礁硅岩套的形成与如下地质条件关系密切。

(1) 与张裂盆地的发展阶段和海平面的升降有关:在拉张背景下发育的沉积盆地可划分为三个阶段。初始拉张期,陆地地形反差大、水体浅,以海陆交互的粗粒碎屑沉积为主,属超补偿和负比率的低水位沉积体系域;持续拉张期,海盆面积扩大,陆地逐渐夷平,海水加深,堆积物主要是细碎屑和碳酸盐,属海进沉积体系域,盆地沉降与充填物保持平衡补偿关系,是生物礁发育的最有利时期;继续拉张,盆地沉积物的加厚和海水变深,盆地进入拉张极盛期,以最大海泛面为标志,此时陆地面积最小、海平面最高,沉

降率超过充填率,盆地为非补偿的饥饿盆地,凝缩剖面发育,此时期盆地基底破裂,深部物质(包含上地幔物质)将大量涌入盆地,是热水沉积和火山沉积发育的最佳时期。同时深的水层和沉积物的稀少,为热水系统注入盆地提供了保存的最佳环境,而沉积物的稀少又不至于冲淡热水沉积物,有利于形成高品质的矿层。之后为高水位沉积体系域。可见由这种礁相为主的碳酸盐岩向细碎屑岩过渡时期,是表层与深部物质和能量最强烈交换的时期,非常有利于形成热水沉积矿床。

(2) 与碳酸盐岩盆地底板的物理化学性质及水文地质条件有关:礁相为主的碳酸盐岩的堆积,使得盆地底板固化较早,有利于破裂的发育。碳酸盐岩化学性质活泼,在热水作用下易于破裂延伸、联接、扩展,成为热水运移的稳定和集中的通道,使得成矿流体集中和储集,有利于形成大型和超大型热水沉积富矿床。细碎屑沉积物高孔隙、低渗透、柔韧,成岩缓慢不利于破裂的发育,即使有破裂产生,也很快就会愈合,不利于形成稳定而集中的成矿流体通道,使得成矿流体分散供给,形成品质稍差的矿层。礁体是块状的碳酸盐岩,周边则为层状为主的岩石,在层状地层中流体的活动以横向为主,而在块状礁相为主的碳酸盐岩中流体的活动则是多方位的,因此,两者的结合部位是有利的成矿流体运移的通道,也是热水沉积矿床有利的赋存空间。

(3) 与同生断裂构造有关:礁、丘的存在、含矿岩系中同生滑动、垮塌和碎屑流的发育是同生构造活动的重要标志。联系到洋脊热水喷口自养生物群,北海油田,墨西哥湾现代深部渗漏

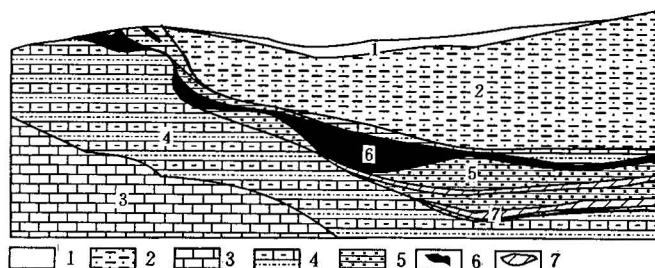


图4 广东长坑早石炭世控矿礁硅岩套剖面图

Fig. 4 Schematic section of the early Carboniferous ore-controlling reef-chert suite in Changkeng, Guangdong

- 1—第四系;2—三叠系;3—早石炭世生物块状灰岩;4—早石炭世泥质灰岩和碎屑岩;5—角砾状硅岩及硅化岩;6—金矿体;7—银矿体
1—Quaternary; 2—Triassic; 3—early Carboniferous massive biocarbonate rocks; 4—early Carboniferous argillaceous limestones and clastic rocks; 5—breccia cherts and silicified rocks; 6—gold ore body; 7—silver ore body

而形成的深水碳酸盐堆积,以及构造活动带的碳酸盐礁丘相对要大些。因此,可认为热水曾为碳酸盐礁丘提供物质和能量(CO_2 、 H_2O 、 CH_4 、 H_2S),礁丘或可作为深部热水环流的先导产物。

上述分析说明沉积主岩中热水沉积矿床的控矿岩石组合——礁硅岩套是呈固定有序的状态产出,与地质构造环境的演变和多种地质作用的综合作用密切相关,是在盆地演化一定阶段内,为高强度热水循环系统的启动、运行和归宿,提供了必要的环境和最佳时空配套的结果。

参 考 文 献

- 1 陈先沛. 初论礁硅岩套——一种重要的含矿岩石组合. 见:中国科学院地球化学研究所编. 地球化学文集. 北京:科学出版社,1986. 37~44 页.
- 2 涂光炽等. 中国层控矿床地球化学(第三卷). 北京:科学出版社,1988. 152~168 页.
- 3 朱上庆,池三川. 层控矿床及找矿. 北京:地质出版社,1992. 1~194 页.
- 4 南颐. 广东长坑金、银矿区赋矿地层及时代. 广东地质,1993,8(3):17~23.
- 5 杜均恩,施纯溪,陈楚湘. 广东长坑金、银矿成矿特征. 广东地质,1993,8(3):1~8.
- 6 夏萍,张湖,王秀璋等. 粤西长坑金银矿区硅质岩成因的地球化学特征和成因探讨. 地球化学,1996,25(2):170~171.

Composition and Classification of the Late Paleozoic Reef-chert Suite in South China and Its Geologic Implications

Chen Duofu, Chen Guangqian, Chen Xianpei, Gao Jiyuan and Pan Jingming

(Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou, 510640)

Abstract

Reef-chert Suite is an important rock assemblage. It is formed as a fixed and orderly suite in space and time, composed of carbonate rocks of reef facies, hydrothermal sedimentary rocks (ores), fine detrital rocks and marls, synchronous volcanic rocks, subvolcanic rocks of the same horizon in mining area or in the neighboring district. Reef-chert suite may be divided into three types: basinal, platformal and intermediate types, based on the paleoenvironment of reef-formation and patterns of hydrothermal process. It is the comprehensive product of normal sedimentary process, biological process in basin, hydrothermal sedimentary process under the basin and magmatic process in the great depth of lithosphere, when basin had evolved to a special stage under a special geological setting.

Key words: reef-chert suite; hydrothermal sedimentation; Late Paleozoic; South China

作 者 简 介

陈多福,男,1962年生。1983年毕业于兰州大学地质地理系,获学士学位。现任中国科学院广州地球化学研究所副研究员。主要从事矿床沉积学和地球化学的研究工作。通讯地址:510640,广州五山中国科学院广州地球化学研究所。