

粤北地区一个再沉积同生矿床的探讨

陈魁垣 柴宗仪 杜元树 赵基礼

(广东省化工地质队)

英德马口黄铁矿矿床,发现于1956年,随即进行初勘和开采,1978年为我队补勘。过去一直认为它是“岩浆期后中温热液脉状充填交代矿床”。到70年代中期,这种观点开始动摇,提出了沉积同生论。近年来随着海洋学的发展,碳酸盐的研究也发生了突破性的进展。尤其是巴哈马滩现代碳酸盐的研究,表明机械作用形成的碳酸盐占主要地位^[1]。在这种理论和实践的推动下,我们着重研究了马口黄铁矿矿床含矿层的沉积序列和矿石的组构特征,对矿床成因提出“再沉积”类型的看法,和同行们共同探讨。

本文在编写过程中,承吴磊伯教授、莫柱荪总工程师、阎俊峰付总工程师及李坤荣、余树槐、刘攸歆等工程师的热情指导和支持,谨此表示感谢。

一、基本地质特征

马口黄铁矿位于粤北山字型构造前弧顶端的前缘部分,属北江向斜西翼偏核部的南端,矿区处在次一级向斜构造的东翼,走向断层和横断层均有发现;除顺层产出的辉绿岩墙外,区内无其它岩浆岩。

(一) 含矿层及其岩性 含矿层属中泥盆统棋子桥组的中、上部,为一套富含生物化石的藻礁生物灰岩、白云质灰岩、大理岩和含矿角砾岩。根据岩性特征,自下而上可分为:

1. 灰黑色薄层条带状白云质灰岩夹薄层状细晶灰岩:前者由细小的方解石和白云石晶粒组成,以方解石为主,具细粒结构,平行条带构造,条带之间由泥质物或细晶黄铁矿组成,致使条带状构造更加明显,此外,还有微量石英作机械混入物出现在岩石中。后者全由细晶方解石组成,具细粒结构,薄层状构造,混有微量石英及泥质物。全层厚度不详。

2. 灰色藻礁白云质灰岩、灰黑色条带状细晶灰岩^①:灰色藻礁白云质灰岩由细晶方解石、白云石组成,微含石英碎屑及泥质物,具细粒结构,其中方解石、白云石互呈条带产出。它的下部,出现含黑云母条带的似“片麻状”大理岩薄层,其上为糖粒状大理岩。上部出现薄层生物灰岩,其上以藻为主、珊瑚为次的藻礁灰岩。灰黑色条带状细晶灰岩由细晶方解石组成,具细粒结构,含碳质、泥质等物,分布零星。全层厚50米。

3. 灰色条带状白云质灰岩:细粒结构,条带状构造。条带由大量的细晶方解石呈方向性排列所致。在方解石集合体中,出现细晶白云石及微量的石英颗粒。厚55米。

4. 白色大理岩、灰白色碎裂大理岩及含矿角砾岩(4号矿体):白色大理岩一般由等粒

① 其中含一种黑色柱状矿物,未作鉴定。

他形变晶方解石组成,具细粒至花岗变晶结构,粒径0.05—2毫米,岩石中有少量石英碎屑和白云母片。其上为灰白色碎裂大理岩,岩性与白色大理岩相同,碎裂面基本上是沿缝合线发育的,大致与层面相平行。在灰白色碎裂大理岩的上部,是由角砾状矿石组成的4号矿体。在4号矿体不含矿的下部角砾中,往往出现棕红褐色铁质胶结物。全层厚55米。

5. 灰白色薄层藻礁灰岩、大理岩、含矿角砾岩(3号矿体)及灰色竹叶状含骨屑灰岩:灰白色薄层藻礁灰岩大致呈连续的透镜体出现,其上依次为白色大理岩、含矿角砾岩(3号矿体)、灰色竹叶状含骨屑灰岩。竹叶状灰岩大致是由生物骨屑和灰岩碎屑组成的内碎屑白云质灰岩,具斑状变晶结构。“竹叶状”构造自下而上由“竹叶状”向“长条竹叶状”、薄层状逐渐过渡。“竹叶”的长轴一般为1.5~2.5厘米,多沿层理排列,富含生物骨屑,其中以薄壳腕足类壳片为主。此外,还含有石英碎屑等。在这层的中部偏下为含矿角砾岩(2号矿体,见图1、2)。

6. 灰色藻礁白云质灰岩:由方解石、白云石及生物化石组成。生物化石有藻类、珊瑚、双孔层孔虫、苔藓虫(?),还有少量腹足类、腕足类和其它生物化石。在这层的底部为具角砾状矿石的1号矿体。全层厚度不详。

上述分层所显示的特征主要是所有矿体中的矿石毫无例外地都具有角砾状构造;含矿角砾岩是组成含矿岩层的沉积序列的一个单位,它与藻礁灰岩有着一定的空间关系。其中的灰色竹叶状含骨屑灰岩,因其分布广泛和稳定,可以作为标志层。

(二) 矿体特征 含矿层中已知有四个矿体,自下而上为:

4号矿体:比较薄、矿石质量差。在含矿角砾岩层中,除少量黄铁矿角砾和矿屑(指黄铁矿颗粒,以下同)外,绝大部分由大理岩角砾和岩屑(指大理岩碎屑,以下同)组成。在角砾岩层的中心部分,角砾状构造表现明显,沿走向和倾向逐渐趋向不明显以致消失。其中黄铁矿角砾具明显的磨损现象,而大理岩角砾,则以柔性变形为主,其结构则以缝合线镶嵌为主。在矿层部分,胶结物多为矿屑和岩屑,在无矿部分,胶结物则为红褐色的氧化铁。矿体富集中心大致在1线附近。

3号矿体:角砾成分除黄铁矿外,还有大理岩、灰岩和泥灰岩。磨损程度各不相同,灰岩、泥灰岩角砾磨损十分清楚,黄铁矿角砾次之,而大理岩角砾既有磨损,又有柔性变形。在结构上,多由基底胶结逐渐向接触胶结过渡。富矿中心,多集中在0线的厚大部分。它与4号矿体相距约10米。

2、1号矿体:大致与3号矿体类似,多以粉矿和块状矿为主,但较之更富,后期改造相当明显。矿体均具分支复合现象,两者之间相距约10~15米,2号矿体与3号矿体相距约15~20米。

上述四个矿体和矿体之间的岩层,均能相互对比(图2)。在水平和垂直断面上,大致均呈平行递错的侧幕式产出,形态稳定、规整,呈似层状或透镜状,与岩层基本整合。矿体大小不等,最大的3号矿体延长约500米,延深约400米,厚2~12米;4号矿体最小,延长延深均约150米,厚约2~3米。各矿体的矿石品级与其厚度似成正比关系。矿体底板常为一不平整的水下侵蚀面所隔开。在这个侵蚀面上,矿的富集程度取决于黄铁矿角砾和矿屑堆积的多少。在矿体尖灭处还存在不含矿的角砾岩。值得注意的是在角砾岩层中发现了直径在1米以上的巨大砾块。

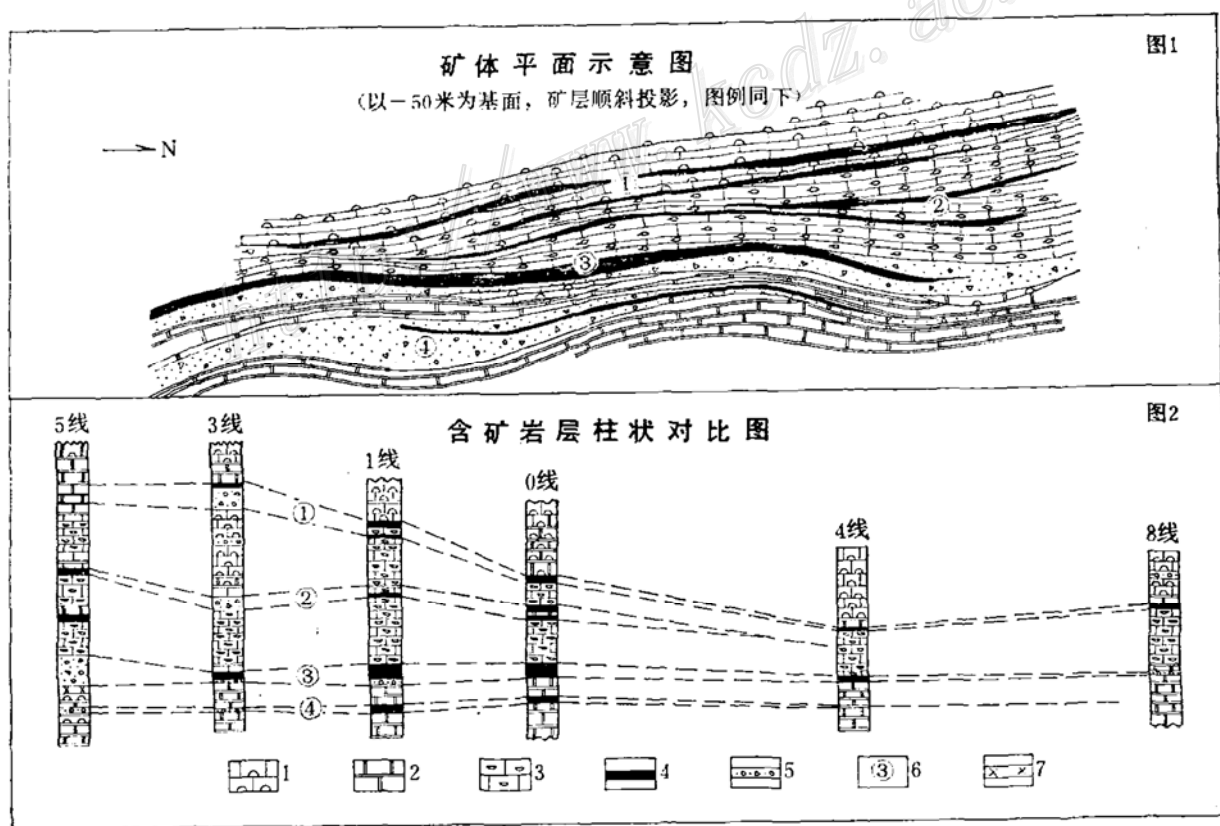
(三) 矿石的组成, 既具分选特征, 又具沉积旋回规律

(1) 矿石在纵向和横向上的分选特征, 表现在: ①黄铁矿角砾和黄铁矿屑一起组成致密的角砾状矿石, 含硫品位极富, 多出现在1、2号矿体的中心部位。②矿屑胶结的大大理岩角砾与小的黄铁矿角砾组成的矿石, 含硫品位中等, 这种矿石为数较多, 且多出现在矿层的上、下部位。③矿屑胶结小的大理岩角砾组成的矿石, 数量和品位中等, 多出现在矿体内部。④由绝大部分矿屑和少部分岩屑组成的“芝麻点”矿石, 品位高、数量少, 它出现在3号矿体的中心部位。⑤为岩屑所胶结的大理岩角砾岩, 微含或不含矿屑, 不具工业意义, 但数量极大, 多出现在矿体的边部, 或非工业矿体中。

(2) 上述矿石具有沉积分选而表现出来的沉积旋回规律: 如0线ZK10孔自下而上为角砾状矿、浸染状矿、块状矿、角砾状矿、块状矿、浸染状矿、块状矿、角砾状富矿、角砾状贫矿。这个剖面包括两个不同的沉积旋回, 即角砾状矿—浸染状矿—块状矿—角砾状矿为一个旋回; 角砾状矿—块状矿—浸染状矿—块状矿—角砾状富矿—角砾状贫矿为另一个旋回。中间的角砾状矿为两个旋回所共有。两个旋回的特性不是简单的重复。

特别引人注目的是: 在这类矿床的矿石中, 已经发现不少部分黄铁矿颗粒有斜层理和粒级层的特征, 也能经常看到呈水平层理的黄铁矿微层。

矿层的围岩, 普遍出现退色现象, 但在矿层的近旁, 不具其它蚀变。在部分黄铁矿角砾的边缘, 常出现呈粗晶的黄铁矿周边; 在有明显边界的大理岩角砾边缘上, 也常见到由黄铁



1—藻礁灰岩; 2—大理岩; 3—竹叶状灰岩; 4—黄铁矿层; 5—内碎屑角砾岩; 6—矿体编号; 7—顺层产出的辉绿岩墙

Fig. 1. Schematic plan of the mining area.

Fig. 2. Correlation of ore-bearing strata.

矿晶粒构成的且较其他黄铁矿颗粒要大的周边,但具柔变的且具不清楚的港湾状边缘者则没有。总之,这个矿床的面貌还或多或少具有一些轻微的变质特征和后生改造特征。

二、矿石的物质成分和结构构造

(一) 矿石的物质成分:

该矿床的矿石矿物成分和化学成分都比较单纯。不同类型矿石,只有富集程度上的不同,很少有成分上的差异。

1. 矿石的矿物成分: 矿石矿物主要有黄铁矿及微量的方铅矿、闪锌矿;脉石矿物有方解石及少量白云母和微量的石英、泥质物。

黄铁矿: 为组成各类型矿石的主要矿物成分,特别在角砾状矿石中,它既组成黄铁矿角砾,又是胶结角砾矿的胶结物。黄铁矿有细晶状、粗晶状和脉状三种,以细晶状黄铁矿为主,常具方向性排列。

方解石: 在各类型矿石中,是普遍存在的主要非金属矿物,大部分呈白色不等粒集合体,组成矿石中的大理岩角砾和胶结物。

2. 矿石的化学成分: 根据全区的半定量光谱分析,除硫外,没有发现其它元素有异常值。矿石含硫品位最高为52.2%,一般为20~40%,平均29.93%;除硫外,尚有微量的铅、锌、铜及砷、氟等元素。12个不同类型黄铁矿单矿物的微量元素分析,其钴、镍、硒、钒的含量如表1。表1说明:①不同特征的黄铁矿,在微量元素含量上差异不大,其中钴、镍、硒含量变化都较小,只有钒的变化稍大一些。②钴的含量很低,近于0;硒的含量也很低;而镍和钒的含量较高。

表 1

实 验 编 号	野 外 编 号	单 矿 物 名 称	采 样 工 程 位 置	含 量 (ppm)			
				Co	Ni	Se	V
284	74	金黄色粗粒黄铁矿角砾	⁰ /ZK ₁₀ 205 米	0	30	0.5	6
285	75	灰色微粒黄铁矿角砾	⁰ /ZK ₁₀ 207 米	0	40	0.3	44
286	77	浅黄色细粒黄铁矿	⁰ /ZK ₁₀ 224.5 米	0	40	0.5	10
287	116	金黄色粗粒黄铁矿角砾	⁶ /ZK ₁₅ 50 米	0	40	0.3	12
288	200	浅黄色细粒黄铁矿角砾	-50米中段 3 号矿体	0	40	0	2
289	201	浅黄色粗粒黄铁矿 (胶结物)	-50米中段 3 号矿体	0	40	0.5	4
290	202	浅黄色细粒黄铁矿	-50米中段 3 号矿体	0	30	0.3	4
291	89	灰黄色粗粒黄铁矿	⁰ /ZK ₉ 152 米	0	80	0.3	4
292	97	松散的胶结物—粗粒黄铁矿	⁰ /ZK ₉ 303.5 米	0	30	0.3	4
293	97	黄色粗粒黄铁矿角砾	无位置	0	40	0.3	4
294	105	黄色粗粒黄铁矿	³ /ZK ₁₄ 424.9 米	0	40	0.8	4
295	65	呈灰色“芝麻点”的黄铁矿	⁰ /ZK ₁₁ 376.6 米	0	40	0.3	4

(二) 矿石的结构构造

主要结构有它形、半自形、自形粒状结构。主要构造有角砾状、致密块状、层状或似层状、条带状和浸染状。整体来说,矿石主要为角砾状、层状或似层状构造。角砾成分比较单

一,且与上、下岩层的成分一致,胶结物(矿屑、岩屑)与角砾成分基本相同。在大理岩角砾中,具长条状的角砾多见柔变现象,有的柔变角砾具方向性排列,部分角砾具镶嵌现象。所有这些,都显示了内碎屑角砾岩的特征。在含矿角砾岩中,普遍出现具有典型的沉积同生特征的细粒条带状黄铁矿角砾和经过重结晶作用的胶状黄铁矿富集体的粗晶黄铁矿角砾。特别具有类比意义的是,在含矿角砾岩中较大的角砾间隙内,还保留着已重结晶的胶状黄铁矿的原生外形和方解石淀晶。在部分大理岩角砾边缘,也往往出现纤维状方解石周边。在不同的角砾状矿石中,也常见到一种显微的黄铁矿脉同时穿过基质和角砾。

呈致密块状、条带状构造的矿石也是比较特征的。它由粗、细粒黄铁矿和岩屑相间组成1—2毫米宽的平行条带。其中粗粒黄铁矿的粒径为0.2毫米,细粒者为0.02—0.05毫米,大致呈半自形晶和立方体晶形。颗粒的垂向分选表现为有规律的极性平行条带,粒级层特征非常鲜明;也有粗、细粒黄铁矿晶粒呈规则排列而组成定序性的高角度上凸下凹形(槽形)斜层理;少部分较贫的矿石,则由矿屑和岩屑组成低角度的上凸下凹形斜层理。这两种斜层理反映了沉积时的水流速度是不同的。不管是粒级层还是斜层理,都具有被机械搬运磨损的黄铁矿晶粒。

呈致密块状或粉状构造的矿石(在1,2号矿体中),主要由粗粒黄铁矿(可能为重结晶的胶状黄铁矿)组成,在近地表部分多转变为粉状构造矿石。呈浸染状构造的矿石,多成不连续的条带状产出。

三、矿床的“再沉积”特征与成矿机理

综上所述,马口黄铁矿在以下方面显示了“再沉积”特征:

(1) 矿床与中泥盆统棋子桥组的藻礁灰岩有着一定的层位和一定的空间联系;矿体稳定、递错与岩层整合产出,矿体之间的岩层走向上完全能相互对比。

(2) 含矿角砾岩的物质成分、结构、构造特征,角砾的滚圆程度、柔性变形和部分流动特征、分选特征、沉积旋回特征,以及角砾为成分相同的胶结物——矿屑和岩屑所胶结,所有这些,无疑地是内碎屑角砾岩(准同生角砾岩)^[2]的典型特征,是“再沉积”的特有产物。

(3) 黄铁矿具有粒级层和斜层理的特征,其中黄铁矿单晶也显示出显著的磨损,这亦是“再沉积”的沉积物的特征,也是机械沉积成矿的直接证据。

(4) 在角砾状矿石中的微粒石英可能是从粗粒的前滨沉积物中被“筛选”出来的“再沉积”产物。

(5) 除含矿角砾岩带的近矿围岩的退色现象外,在角砾状矿石的矿层内的黄铁矿近旁,不具其它任何蚀变。

(6) 黄铁矿单矿物微量元素特征,钴/镍比接近0值,以及低含量的硒和高含量的钒,是硫化矿床同生沉积的重要佐证。不同特征的黄铁矿,其微量元素含量基本相间,说明它们是同源产物。

(7) 28个黄铁矿样品的硫同位素测定结果, δS^{34} 值为+13.3—+18.8‰。无论是脉状黄铁矿、角砾状黄铁矿,还是基质中的各种不同特点的黄铁矿, δS^{34} 值都是非常接近的,这意味着它们同源,或是后期均一化的结果。 δS^{34} 值远离0值,与陨石硫有较大差别,而具沉

积成因特征,但它又集中在很小区间的正值上,似又与沉积成因有别。可能与国外密西西比式铅锌矿的硫同位素组成的特点相近。

基于上述特征,可以基本上确定本矿床为再沉积类型矿床。

本区经过加里东运动之后,基本上结束了地槽活动带的历史,而进入到地台稳定时期。纬向构造和经向构造控制着古地理景观和沉积条件。经过了长时间的沉积间断和剥蚀作用以后,到中泥盆世晚期,才开始发生一次大的海侵,导致在一个半封闭的海域里形成了大面积的陆棚浅海区,从而形成了环海的陆棚藻礁碳酸盐沉积和硫化物的沉淀。在沉积、沉淀过程中,由于华力西期脉动性的振荡运动,导致同沉积断裂和同沉积辉绿岩墙(与岩层整合的“水成岩墙”)(M. Krebs, 1971)的活动,产生热、动力变质,从而使这一地区含矿层的碳酸盐沉积(固结的或未固结的)一部分遭受大理岩化作用和重结晶作用。矿床的形成,主要是严格地受着古地理条件的控制。对藻礁灰岩的有关相的鉴别,是阐明成矿环境的重要前程。在藻礁碳酸盐岩的前缘,化石组合以叠层石、腕足类、腹足类、层孔虫、苔藓虫(?)等为主;在岩石组合上,则具有内碎屑生物灰岩、白云质灰岩和大理岩,且微含陆源碎屑的石英微粒;岩石的颗粒类型,主要为再沉积的骨屑,特别是具有含矿的内碎屑角砾岩,以及在内碎屑角砾岩中,存在着巨大的崩塌岩块(直径在1米以上)。而且它的底界,又为水下侵蚀面所隔开。此外,还具有由黄铁矿所组成的粒级层和斜层理。这些特点足以说明它是礁前斜坡以及陆棚边缘的礁前亚相前缘的特有沉积。

在礁前亚相的前缘部分出现的内碎屑角砾岩中的粗、细粒黄铁矿角砾和矿屑,无疑是礁前斜坡氧化还原界面以下的还原条件下的沉积同生的产物。这一“硫化物层控堆积体,分别发育在活穹丘的侧翼和其顶部”^[3]。这和我们对于粤北地区黄铁矿床赋存的古地理环境所提出的古陆边坡、水下突起边坡、水下平台有利于黄铁矿沉淀的设想是一致的(钱启福,1976;陈魁垣、赵基礼,1978)。当前我们可以这样认为:这种有利于成矿的较稳定的地壳活动背景(叶连俊,1979)已经具备;有利的地质构造格局也已初步形成;海底地形突起的“高地”(藻礁)又相当发育,这就造成了有利于成矿的特殊沉积条件和环境。但“当堆积作用超过泥堆的稳定水平时,同沉积堆的坡度就足以引起崩塌”(Leunay 和 Leenhardt, 1959)。特别是“岩礁高地、钙质岩高地的生长速度比盆地沉积物的沉积速率还快些,崩塌仅仅是由于这样产生的坡度的影响而发生的”(Cahahan, 1964; Gerdemann 和 Meyers, 1972)。也许还有沿礁前斜坡滑落的同沉积断裂——重力断层的活动,会起到促进崩塌的作用。这就清楚地指出了,当含矿层(包括岩层和矿层)沉积了一定厚度而藻礁的生长速度超过其沉积速度的时候,必然会导致周期性的崩塌。这说明了马口黄铁矿床的每一个矿体之所以是以角砾状矿石为特征的根本原因。

随着海平面的升降和藻礁的生长,从而使沉积矿层作有规律的不同位置的更递,相应地也使崩塌下来的内碎屑角砾岩作有规律的相应迁移,导致矿体呈递变的侧幕式分布。

必须指出:礁前斜坡的还原条件,可以说,它不是最有利于成矿的沉积环境和条件,因而形成的矿层,可能是一个不具工业意义的薄而富的不同构造特征的矿层。这只有通过崩塌而进行短距离搬运、分选和富集,从而形成黄铁矿的再沉积类型矿床。在这个再沉积过程中,尽管时间短暂,被搬运的沉积物将会继续在还原环境下接受化学沉淀,导致矿化进一步的富集。含矿角砾岩的角砾间隙中出现的胶状黄铁矿,以及角砾状矿石中的显微黄铁矿脉,

都可能是它的产物。在以后的区域变质过程中,还有可能使分散的矿化趋于集中。大致经过这样的一个复杂过程,才有可能成为当前我们所揭露的、具有工业意义的、小而富的矿床。

四、结 论

马口黄铁矿床既然是与藻礁灰岩有关的“再沉积”类型矿床,它就绝不是一个孤立存在的矿床。在一定的时间和空间的控制条件下的相同沉积环境,都有可能形成相同类型矿床。经过对马口式的“再沉积”类型矿床的内碎屑角砾岩的研究、古地理条件的判断和沉积相的划分,基本上可以肯定:礁前亚相的礁前斜坡前缘是形成“再沉积”矿床的沉积环境。在区域的广大陆棚区分布的环海藻礁灰岩上,既要找礁前斜坡前缘沉积区,更要找礁后亚相一侧的泻湖相沉积区。这是寻找“再沉积”同生矿床的重要成矿区,也是粤北地区今后的重点找矿区。

应当指出:在国内,“再沉积”类型矿床是黄铁矿床的一个新的成因类型。我们首次提出,只是一个初步的尝试,在理论上还有待于进一步充实和提高,希同行们给予热情的指导。

主 要 参 考 文 献

- [1] J. D. 米利曼 1978年 现代沉积碳酸盐 第一卷 海洋碳酸盐 地质出版社
- [2] 何起祥 1978年 沉积岩和沉积矿床 地质出版社
- [3] K. H. 乌尔夫主编 层控矿床和层状矿床 第一卷 217页 地质出版社

AN INVESTIGATION OF A REDEPOSITION TYPE SYNGENETIC DEPOSIT IN NORTHERN GUANGDONG

Chen Kuiyuan, Chai Zongyi, Du Yuanshu and Zhao Jili

(Geological Team of Chemical Industry, Guangdong Province)

Abstract

Located at the forefringe of the forearc vertex of the Northern Guangdong “ ϵ -type” tectonic system, the mining district is also situated on the east flank of a secondary syncline belonging to the Beijiang syncline and positioned on the southern part of its western flank close to its core. The ore-bearing strata are within the middle and upper parts of the middle Devonian Qiziqiao zu, composed of a set of fossiliferous algal reef biolithite, dolomitic limestone, marble and ore-bearing breccia. The last one, formed as a result of the accumulation of the high density detrital flow, makes up the basic unit of the ore-bearing sedimentary sequence.

Some redepositional characteristics have been noticed for this deposit: 1) Certain stratigraphically horizontal and spatial relationships seem in existence between the deposit and the middle Devonian Qiziqiao zu; ore in all the four orebodies is characterized by the brecciated structure and the flexible variation of the breccia; the strata between the orebodies are continuous considerably in strike so that they can be well compared at different positions. 2) The ore-bearing breccia shows redepositional characteristics in composition, structure and texture; the breccia cemented by the same substance as itself has such features as wearing, flexible variation, mobility, sorting and depositional cycle, which are products of redepositional origin, undoubtedly typical of intraclast breccia. 3) Graded bed and diagonal bedding composed of worn crystals of pyrite are characteristic of redeposited sediments and also provide the direct evidence for mechanical sedimentation. 4) Minute quartz in brecciated ore, winnowed out from the foreshore sediments, supplies another proof for redeposition. 5) No alterations have been observed except decolorization of the wall rocks. 6) Minor element analyses of individual pyrite show $\text{Co/Ni} \approx 0$, $\text{Se} \approx 0.8 \text{ ppm}$ and $\text{V} = 2-44 \text{ ppm}$. 7) Sulfur isotope determinations indicate $\delta\text{S}^{34} = +13.3-18.8\%$ and $\text{S}^{32}/\text{S}^{34} = 21.810-21.928$. In the forefringe of the algal reef carbonate rocks, the fossil assemblage consists predominantly of stromatolite, brachiopoda, gastropoda, stromatopora and zoarium(?), while intraclast biolithite, dolomitic limestone and marble make up the major sedimentary rocks. The grains of sediments are mainly redeposited skeleton or ore-bearing intraclast breccia with gigantic slumped blocks in between. Their lowest boundary is separated by the submarine erosional surface. In addition, there also exist graded bed and diagonal bedding made up of pyrite crystals. All this shows convincingly that they are special sediments formed in the environments of fore-reef slope and fringe of shelf and constituting forefringe of fore-reef subfacies. Such a stratabound accumulation of sulfides must have developed on the flank or the top of an acting dome, but when the accumulation exceeded the critical stable level, the gradient of the sediment pile was likely to cause slumping. Especially when the growth rate of the reef highland and the calcareous rock highland was greater than the deposition rate of the basin sediments, slumping might have occurred almost exclusively by the influence of the gradient thus formed. It is conceivable, therefore, that when the deposition of ore-bearing bed reached a certain depth and the growth rate of the algal reef exceeded its deposition rate, periodic slumping was sure to take place. This accounts for the fact that brecciated ore is characteristic of every orebody in the mining district.

It should be pointed out that the reduction environment of the fore-reef

slope is by no means the optimum condition for ore deposition, only through slumping, short-distance transportation, sorting and concentration can small but economically profitable redeposited deposits be formed. This type of deposits are surely not present alone. The fore fringe of the fore-reef subfacies of surrounding-sea algal reef distributed in extensive shelf areas is the place where redeposited deposits form. The lagoon facies on the side of back-reef subfacies is especially promising in search for the syngenetic sedimentary deposit. In northern Guangdong, sufficient attention should also be focused on this sort of areas in mineral exploration.

<http://www.kcdz.ac.cn/>