

凡口铅锌矿区含矿碳酸盐岩 沉积相特征及其控矿意义

赖健清 杨楚雄 易诗军

(中南工业大学)

文中对广东凡口铅锌矿区主要含矿地层作了剖析,认为它们属于半局限碳酸盐台地相,并细分为4个微相。对C、O同位素分布特点进行了研究。 Na_2O 的分布特点说明古环境有明显咸化。局限环境造成铅锌富集,这些元素吸附于粘土中,在成岩期释放于孔隙水中,使成岩溶液变为成矿溶液。

关键词: 铅锌矿床; 沉积相特征

位于广东仁化县境的凡口铅锌矿,是我国较著名的层控型铅锌矿床。它具有成矿温度低、矿物组合简单和围岩蚀变弱等特点,严格地受地层层位和沉积相控制,而与火成岩无直接联系。主要含矿地层为中泥盆统东岗岭上亚组及上泥盆统天子岭组,由一套富含陆源组份的碳酸盐岩组成,代表一种浑浊的浅海碳酸盐沉积环境。

本文从研究碳酸盐沉积相入手,探讨沉积相的控矿意义。这一课题虽然经过多方面研究,至今看法不一。笔者通过钻孔剖面及井下矿床特征的观察及大量光、薄片鉴定,结合地球化学资料,对沉积相与矿化的关系作了合理地推断。

地层及岩石学基本特征

1. 地层系统

凡口地区,泥盆系不整合于寒武系八村群浅变质砂页岩之上,包括中、下统桂头群,中统东岗岭组,上统天子岭组和帽子峰组,并以微不整合面与上覆石炭纪地层相接触。桂头群、东岗岭下亚组及帽子峰组皆以碎屑岩为主,基本不含矿,而东岗岭上亚组及天子岭组为主要含矿地层。按古生物组合

及岩性的不同,还可将天子岭组细分为下中上3个亚组。东岗岭上亚组(D_2^{db})和天子岭中亚组(D_3^{tb})以泥质碳酸盐岩为主,天子岭下亚组(D_3^{ta})以及天子岭上亚组(D_3^{te})则以碳酸盐岩为主。

2. 岩石类型

本区含矿岩层由富含泥质组份和少量石英粉砂的碳酸盐岩组成。按泥质组份的含量可分为碳酸盐岩和泥质碳酸盐岩两大类。

(1) 碳酸盐岩类

微晶灰岩:由微晶方解石组成,通常变为微亮晶灰岩。不含生物或仅含叠层藻。

亮晶颗粒灰岩:颗粒包括鲕粒、砂屑、砾屑、藻团粒及生物碎屑,种类混杂,大小悬殊,分选性差。颗粒支撑,亮晶胶结。

生物骨架灰岩:仅见于天子岭组底部,由原地生长的群体珊瑚及块状层孔虫组成格架,其间充填生物屑和砂屑,孔隙由亮晶胶结。

(2) 泥质碳酸盐岩类

泥质白云岩:成层分布于含矿层序的底部。白云石细一粉晶状,晶形不好,边界模糊,表面浑浊。岩石中常见灰质残余。这种白云岩系泥质灰岩经白云石化而成。

泥质灰岩:泛指所有的原定名为条带状灰岩、瘤状灰岩及泥灰岩,分布很广。其中瘤状灰岩还可根据瘤体的形态和成因,分为条带瘤灰岩和碎屑瘤灰岩。前者与条带状灰岩互相过渡,瘤体棱角分明,拼排成条带,并与泥裂构造共同产出,系由灰质韵律条带经暴露干裂而后被泥灰质组份胶结而成。后者瘤体滚圆、棒状或角砾状,有些层位由单个小核形石组成瘤体,不成条带,但见叠瓦状排列,应属同生角砾。

3. 原生沉积构造

(1) 韵律层理 出现在条带状灰岩中,由泥灰质层与泥晶灰岩或颗粒灰岩层互层而成,与透镜状层理和条带瘤状灰岩共生,为潮汐成因。

(2) 水平层理 为本区广泛发育的层理之一,是低能环境的产物^[1]。

(3) 透镜状层理 见于条带状灰岩中,泥灰质组份绕过泥晶灰岩透镜体。它也是潮汐作用的产物。

(4) 粒序层理 见于颗粒灰岩中,整个层序厚仅数cm,为正粒序。

(5) 平行层理 产于颗粒灰岩中,是高能环境的产物。

(6) 波痕 发育于条带状灰岩中,波长1~2cm,波高3~5mm,近于对称。

(7) 冲刷面构造 见于亮晶颗粒灰岩层序的底部,因水动力突然增大所致。

(8) 泥裂 发育于条带状灰岩中,切穿单个灰质条带,干裂缝被上覆沉积物质充填。它是暴露环境的标志。

(9) 层纹石构造 基本层纹近似于水平,富藻层厚0.2~2mm,富屑层厚1~5mm,为低能产物。

(10) 虫孔构造 常见不规则弯曲、分岔状,虫管与层面垂直或斜交。为潮间环境的标志。

4. 古生物特征

凡口地区主要含矿地层中,生物化石含

量虽然不多,并以碎屑为主,但种类繁多,代表着温暖浅海的生物特征。此外,代表陆地及半咸水环境的轮藻藏卵器,以异地埋藏的方式与广盐度及窄盐度生物共同产出,这一事实说明沉积环境具有近岸的性质。

沉积相特征

1. 沉积古环境特点

从岩石学基本特征看,这里的沉积古环境具有以下特点。

(1) 水体清、浊交替,但整体来说,浊度较大。

(2) 水动力弱至中等,潮汐、波浪作用兼而有之。

(3) 生物稀少,盐度不正常。

(4) 没有强烈的蒸发,未见膏盐沉积。

2. 沉积相的划分

沉积相剖面结构,结合湘南和粤北中、晚泥盆世的古地理概况^[2],参照前人对本地区有关沉积相的划分原则,我们认为本区含矿地层属靠近滨海陆屑滩的半局限碳酸盐台地相,并可细分为4个微相,现按从陆到海的顺次描述如下。

(1) 潮坪相 发育于D₂^{db}和D₃^{1c},由微晶灰岩、泥质灰岩和泥质白云岩组成,广泛出现水平层理、韵律层理、层纹石构造、透镜状层理、斜交虫孔、泥裂及条带瘤状构造。生物罕见,以蓝绿藻和轮藻为主。

根据岩石中泥质组份的多寡,还可分为清水潮坪和浑水潮坪两个亚相。前者由微晶灰岩组成,后者则由泥质碳酸盐岩组成。

上述特征表明,该相以细屑沉积为主,陆源物质供应有规律地增多,大量出现潮间及暴露环境的标志。生物罕见,是陆源物质供应较丰富的潮间带上部环境的产物。

(2) 潮滩相 发育于D₂^{db},厚度不大,在个别钻孔中缺失,是一个局部性相体。组成岩石以亮晶颗粒灰岩为主体,层序

上、下部含有泥质条带。原生沉积构造以水平层理、韵律层理、波痕、粒序层理及斜交虫孔为主，局部见层纹石、叠层石及泥裂。生物以其碎屑为主，有腕足类、软体动物、介形虫和棘皮类等。

以204线4号钻孔为例，自下而上分为3段：下部富含泥质条带，颗粒灰岩呈条带和条带瘤状；中部为块状亮晶颗粒灰岩；上部亦富含泥质条带，但未见瘤状构造。

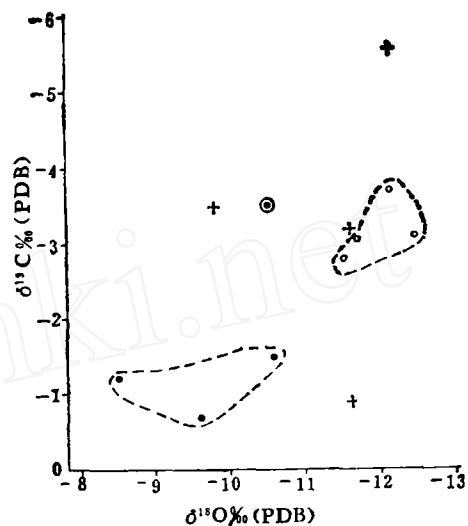
可见，该相代表水动力强弱交替，潮汐波浪作用兼营的潮间带中部环境。它反映在古地理上，应当是一个丘状的隆起，随着时间的演化，由丘后变为丘前，水深逐渐增大。

(3) 泻湖相 分布于 D_2d^b 、 D_3t^a 和 D_3t^b ，由泥质碳酸盐岩组成。岩石组份复杂多变，泥质组份丰富，成条带或与灰泥混合产出。大量出现条带状及碎屑瘤状构造，在层序的下部和上部见有一定厚度的核形石灰岩，其中核形石个体直径2~3cm，混于碎屑瘤中。广泛出现水平层理，生物不发育，以腕足类和枝状层孔虫碎屑为主，并含少量轮藻。

可见，该相以岩性混杂、陆源物质大量聚集，生物不发育，水动力弱为特点，是潮间带下部至潮下带低能环境的产物。

(4) 礁滩相 发育于 D_3t^a ，主要由块状亮晶颗粒灰岩组成，偶夹泥质条带。 D_3t^a 底部见生物骨架灰岩。原生沉积构造有平行层理、水下冲刷面、粒序层理等，局部见竹叶状砾屑呈叠瓦状排列的现象。生物以棘皮类、介形虫、腕足类和软体动物骨屑为主，含量中等，局部富集，唯有 D_3t^a 底部的生物骨架灰岩中，大量出现保持生态的群体珊瑚及块状层孔虫。

综上所述，该相由亮晶颗粒灰岩和生物骨架灰岩组成，水动力较强，出现正常海生物组合，因此，代表一种温暖浅海潮下至潮间下部的高能环境。



C、O同位素关系图

在相分析的同时，我们还注意到，各个相的C、O同位素和微量元素特征都存在差异（见图）。

从图中看出，潮坪相和礁滩相样品相对集中，而泻湖相则很分散。同时，从礁滩相到潮坪相， $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值逐渐增大。这些事实说明，潮坪和礁滩，无论环境特点和物质来源都较为单一，而泻湖则变化显著。从礁滩到潮坪，由于环境的暴露程度逐渐增大，因此重同位素含量有增大的趋势。

此外，Na元素的分布也值得注意。由于成岩作用期间不可避免的淡水活动，使得碳酸盐矿物中 Na^+ 大量流失，因而碳酸盐岩中Na主要集中在粘土矿物中。表1所列，为利用全岩Na含量和岩石酸不溶残渣含量外推估算的粘土组份中Na含量值。

各相粘土组份中 Na_2O 含量估算值，% 表 1

相类型	潮坪相	潮滩相	泻湖相	礁滩相
样品数	8	2	9	6
Na_2O 含量	0.143	0.103	0.077	0.062

全岩 Na_2O 含量由中南工业大学中心分析室分析。

从表1可见,从礁滩至潮坪,Na含量逐渐减少。如果以出现正常海相生物组合的礁滩相代表正常海环境,并以Na含量作为海水盐度的相对标准,则其他各相都带有明显的咸化性质。考虑到潮坪和潮滩可能受暴露和蒸发作用的影响,因此只能确认泻湖环境是一个咸化泻湖。

沉积相与铅锌矿源的关系

大量研究工作早已证实,凡口地区铅锌矿化作用与火成岩无直接关系,而是受含矿地层严格控制。我们试图从沉积岩的角度分析矿源层的形成和演化。

1. 含矿地层本身就是矿源层

未受蚀变的围岩的铅锌含量远远高于克拉克值(表2),说明围岩提供成矿组份的

全岩及酸不溶残渣的Pb、Zn平均

含量与克拉克对比表 表2

	相 体				总平均	酸不溶残渣	克拉克值	
	潮坪	潮滩	泻湖	礁滩			页岩	碳酸盐岩
样品数	13	4	15	8	40	4		
Pb (ppm)	121.2	133.5	190.7	135.4	151.3	33.4	20	9
Zn (ppm)	41.8	43.3	85.1	13.3	52.5	34.7	95	20

分析者:湖南省冶金地质研究所化学分析室。

克拉克值引自Turekian和Wedepohl, 1961年。

潜力是很大的。全岩的铅锌含量高于酸不溶残渣的铅锌含量,特别是铅高出许多倍,说明铅锌主要赋存于碳酸盐矿物中。对比页岩与碳酸盐岩的克拉克值,不难发现,泥质组份比碳酸盐矿物,更容易以吸附或其他方式迫使铅锌沉淀。因此,凡口地区与碳酸盐灰泥一起沉积的粘土中,理应富含铅锌,这一点与事实矛盾。但值得注意的是,铅锌在泥质组份和碳酸盐矿物中的赋存状态,分别以吸附和包含为主,在不破坏矿物结构的条件

下,前者更易于析出。据此推测,泥质组份吸附的大量铅锌组份在成岩作用期间释放到溶液中,成为矿化的一个来源,同时,泥质组份本身的铅锌含量大大地降低了。

2. 沉积环境的局限性是矿源层形成的条件,但泥质组份的存在也不可忽视

由表2可见,泻湖相比其他各相所含的铅锌都要高。钻孔揭露的矿体分布(表3)的表明,矿化分布在泻湖相最为有利。泻湖相是低洼的半局限环境产物。泻湖中的沉积

三个钻孔揭露的矿体真厚度 表3

相型	潮坪	潮滩	泻湖	礁滩
厚度(m)	3.12	0	55.22	4.88
百分比	5.0	0	87.3	7.7

物来自四方,同时海水的浓缩咸化,以及大量的泥质组份的固结作用,加速了成矿物质的原始富集,使泻湖相在成矿过程中的作用成为得天独厚。

3. 矿源层本身在缓慢地演化

围岩中出现了大量黄铁矿化现象。这些黄铁矿以细小(0.003~0.02mm)的自形立方体散布于岩石中,局部成群交代生物骨骼。该类型的黄铁矿的硫同位素值呈逸散型分布, $\delta^{34}\text{S}$ 分布范围为-8.8~+25.4‰,但在+20‰附近相对集中。单矿物的Co/Ni比值小于1。这些特征表明黄铁矿的形成与地层生物作用有关。由此可见,在没有外来条件的作用下,吸附于沉积物中的生物硫和孔隙海水中的硫,可以演化成还原硫的形式,并与金属阳离子结合。

虽然围岩中还无法直接看到铅锌硫化矿物,但从Gibin (1978) 关于60℃和隔绝氧条件下使铅锌交代黄铁矿的实验^[3]可以推断,成岩作用环境,是可以造成铅锌矿化的。

4. 压实作用促进了成矿物质的迁移

在区域古地理图中(吴萍等,1985),凡口与粤北的许多铅锌矿床一样,位于沉积厚度较小的地段。这些地段正是碳酸盐岩成岩作用期间的压力减缩带。

含矿碳酸盐岩中的大量泥质组份,使碳酸盐的胶结作用大大推迟,或甚至无法通过胶结作用达到固结^[5]。因此,当埋藏到一定深度后,压实作用便产生越来越明显的效果。经过一定程度的压实后,泥质层成为隔水层,粒间溶液只能侧向运移^[4],同时,由于盐筛作用,使成岩溶液的盐度逐渐升高^[6],并在向压力减缩带运移的过程中,汲取了周围的成矿组份,从而慢慢地演化为含矿溶液。

本文系在丁传谱教授指导下完成。工作得到凡口铅锌矿及驻矿地质队、湖南冶金地质研究所、本校地质系综合实验室的大力协助,谨致谢忱。

参 考 文 献

- [1] 曾允孚等,《沉积岩石学》,地质出版社,1986年。
- [2] 陈志明等,《地质科研成果选集》第1集,131~140页,文物出版社,1982年。
- [3] 卢家烂,地质地球化学,1980年第6期。
- [4] 真柄钦次(陈荷立译),《压实与流体运移》,123~127页,石油工业出版社,1981年。
- [5] Buxton, T.M. et al., J. Sed. Petrology, 1981, Vol. 51, No.1, p.19.
- [6] Blatt, H. et al., Origin of Sedimentary Rocks, Second edition, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1980, p. 232~234.

Sedimentary Facies of Ore-bearing Carbonate Rocks in the Fankou Pb-Zn Mining District and Its Significance in Ore-controlling

Lai Jianqing Yang Chuxiong Yi Shijun

Main Ore horizons in the Fankou Pb-Zn mining district have been analysed. It is considered that they belong to semi-confined carbonate platform facies and can be subdivided into four micro-facies. The distribution regularity of their isotopes C and O has also been studied. As shown by the distribution of Na₂O its palaeoenvironment was characterized by a distinct saliniferous nature. The confined environment gave rise to the enrichment of lead and zinc, with these ore-forming elements firstly adsorbed by soil and then liberated into fracture water during diagenetic stage in order to change the diagenetic solution into ore-forming ore.

欢迎订阅1990年《地球科学进展》

《地球科学进展》由国家自然科学基金委员会地球科学部、中国科学院地学情报网、中国科学院兰州文献情报中心联合主办。主要刊登地球科学的学科进展情况,提供天地生综合研究资料、报道边缘学科交叉学科信息,以及高技术在地学中的应用;介绍国家自然科学基金项目选题意向,公布基金评审情况,交流基金项目管理经验,宣传基金项目具体内容和研究成果。主要栏目:学科发展与研究;地学与四化建设;基金项目管理与介绍;基金项目成果与应用;新学科、新发展、新考证;学术研究动态;探索与争鸣;国外地学考察散记等栏

目。

《地球科学进展》适宜从事地球科学和资源环境科学方面的科技人员、管理人员、图书情报人员,也可供高等院校的有关师生参阅。

《地球科学进展》双月刊,公开发行,每期定价1.65元,全年定价9.90元,需订购的单位和个人请与中国科学院兰州文献情报中心发行组联系。

地 址:兰州天水路236号

邮政编码:730000

开户银行兰州市科技信用社帐号:01—20