

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

栖霞山铅锌矿区古岩溶发育及其控矿性

肖振民 郭晓山

(江苏冶金地质勘探公司八一〇队)

南京东郊栖霞山矿区,五十年代还只是一个小型的氧化锰矿床。经过多年的找矿勘探,现已探明为一大型铅锌锰多金属矿床。区内断裂是重要的控矿构造。据近年来的勘探和地质研究,笔者发现除断裂以外,古岩溶对于控矿构造的形成起着重要作用,它不但在碳酸盐岩地层中形成了一些特有的容矿空间,而且扩大加宽了古岩溶以前印支期所形成的断裂和裂隙,使之成为良好的容矿构造。根据古地文条件分析,古岩溶还具分带性,它对容矿构造的发育程度、空间分布及矿体形态均有影响。

一、矿区地质概况

矿区位于南京-镇江褶断带的西端。出露地层为志留系至侏罗系,可分为上下两个构造层。下构造层为志留系至三叠系海相碳酸盐岩及碎屑沉积岩,夹陆相砂页岩及海陆交互相沉积。其中,中石炭统至下二叠统的碳酸盐岩厚约300米。上构造层为中下侏罗统象山群陆相碎屑沉积岩。上下构造层之间呈高角度不整合接触。下构造层由于印支运动的强烈挤压,褶皱断裂发育,为一倒转的紧闭同斜的复背斜。断裂有北东向纵断裂和北西向横断裂两组。纵断裂以上泥盆统或下石炭统砂页岩与中石炭统或下二叠统灰岩之间的 F_2 逆冲断裂最为发育。上构造层象山群砂页岩呈开阔平缓的背斜不整合覆盖于下构造层之上。矿区勘探范围内尚未发现侵入岩体,但在矿区以西7公里处有石英闪长岩出露。

矿区主矿体东部赋存于象山群砂页岩与石炭二叠系灰岩之间的破碎不整合面及其下伏灰岩中的溶塌角砾岩带和岩溶裂隙带中;西部赋存于下构造层中被古岩溶所扩大的 F_2 纵断裂及横断裂中。其它矿体赋存于邻近不整合面的其它断裂破碎构造和灰岩内的裂隙中。矿石矿物主要是闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、菱锰矿和钙菱锰矿,脉石矿物以方解石、石英为主。矿石构造常见角砾状、浸染状、网脉状和块状。矿石中含大量的银、金,它们在硫化物的包裹体中分别呈超显微粒状的辉银矿、深红银矿和自然金等矿物产出。矿体围岩蚀变极其微弱,仅见灰岩局部硅化、碳酸盐化和退色。矿床形成于燕山中晚期,部分角砾状矿石中硫化物胶结中下侏罗统象山群砂页岩角砾,以及少量硫化物呈细脉穿插象山群砂岩便是佐证。

二、古岩溶的发育条件和标志

矿区不整合面及其下伏的石炭二叠系灰岩,在印支运动以后,即晚三叠世至早侏罗世象山群沉积初期,在古地文和古构造有利的地段发育了古岩溶。虽然,当时区域上未经受有利于古岩溶发育的准平原化过程,但矿区具备如下的有利条件:(1)印支运动以后,矿区为遭受剥蚀时间较长的陇岗地形,缺失中三叠统黄马青组和上三叠统范家场组陆相沉积,象山群底部还缺失如南京紫金山一带发育的河流相厚层砾岩,仅发育厚度小的坡积、洪积相沉积,故下构造层灰岩中古地

下水位有一段相对稳定的时期,利于古岩溶的发育;(2)矿区古地貌东高西低,古冲沟发育,有较好的古地下水径流发育条件;(3)下构造层灰岩中印支期形成的断裂发育,特别是 F_2 纵断裂,其一盘为碳酸盐岩含水层,另一盘为砂页岩隔水层,利于古地下水的循环和岩溶作用;(4)晚三叠世时湿润多雨,因为矿区以东10公里处的上三叠统范家场组陆相碎屑岩中发育含煤沉积建造。

矿区不整合面下伏灰岩中的岩溶角砾岩和溶填砂岩即是古岩溶存在的标志。

1. 岩溶角砾岩

矿区岩溶角砾岩可分为两种:溶解塌陷角砾岩(溶塌角砾岩)和溶解交代角砾岩(溶代角砾岩),以前者为主。溶塌角砾岩为灰岩中古溶洞内就地及近源碎屑堆积物。角砾成分以石炭二叠系灰岩为主,有少量的古溶洞近侧下石炭统或上泥盆统砂页岩。灰岩角砾多半为次棱角状,具溶蚀边,分选性极差,大者长至1米以上,小者几厘米。其成因系石炭二叠系灰岩被古地下水溶解成洞穴、溶斗或大裂隙以后,洞壁的灰岩不断塌陷形成角砾,随之溶洞近侧的下石炭统或上泥盆统的砂页岩也发生崩落下塌,加上古地下水的冲刷作用,亦呈角砾堆积于洞内,而后被古地下水携带的泥钙质胶结成岩。溶代角砾岩即为灰岩被古地下水溶解成网状裂隙后又被次生碳酸钙交代并胶结,成岩良好,灰岩角砾大小较均一,基本上未位移。

岩溶角砾岩与断层角砾岩形态产状明显不同,后者沿断裂呈线状或带状产出,而岩溶角砾岩呈洞穴状、漏斗状或不规则裂隙状,而且,其分布与不整合面有关,位于不整合面及其以下100—150米范围的灰岩地段,在此以下便不发育。如矿区东部(12—18线)—125米中段离不整合约60米垂距,角砾岩发育,长150米,宽50米,但再向下50米至—175米中段,角砾岩即趋于尖灭,

这说明岩溶角砾岩的形成受古地下水位的控制。

2. 溶填砂岩

溶填砂岩指灰岩被古地下水溶解成孔洞或裂隙后又被泥砂质充填形成的灰黑色砂岩或钙质砂岩(图1),即古溶洞中的异地碎屑沉积物。外形呈不规则团块状或透镜状,大小为1米至数米不等,一般切穿灰岩层理,成岩良好。其成因系印支造山运动以后,当岩溶作用进行到一定阶段,夹带泥砂的地表水进入岩溶裂隙或小洞穴,随着水动力的减弱所携带的泥砂逐渐沉积而形成含有有机质的灰黑色砂岩、粉砂岩,有时含灰岩砾石。

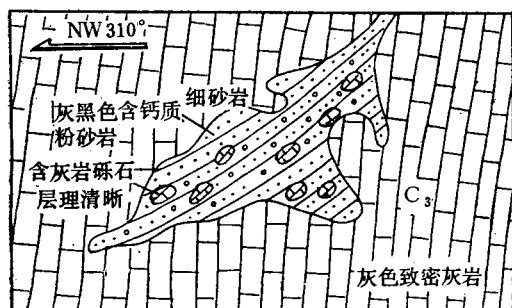


图1 溶填砂岩素描图(约1:100)

产于—63米中段6304穿脉上石炭统船山组灰岩中

其边部钙质较多,有的为次生泥灰岩。溶填砂岩形成于该时期的依据是:(1)其自身的沉积层理与不整合面大致平行,而与灰岩的层理方向相交(图1);(2)分布范围均在不整合面以下灰岩的小洞穴或裂隙中;(3)成岩程度极好,致密坚硬,说明非近代岩溶的产物;(4)边圈常有细粒黄铁矿化,表明砂岩形成于热液成矿的燕山期之前。

三、古岩溶的分带性及其控矿意义

1. 古岩溶分带性和古地文分析

矿区古地下水在灰岩中的活动方式与现代水文地质研究成果一样,具分带性^[1]。从古地表向下依次为垂直下渗带,水平流动带,全饱和带和深循环带(图2)。前三个带岩溶发育特征明显,可通称为浅部带,即不整合面向下至古溶蚀基准面之间的地段。该带古地表水沿裂隙下渗,然后沿古潜水面作水平运动,古水位随季节变化而上下波动。在雨量充沛、构造发育、泄水良好

的条件下易发生古岩溶。在深循环带，古地下水沿断裂裂隙下渗溶解，可称之为“构造-岩溶”作用。

根据矿区不整合面等高线图 and 上覆象山群底部的岩相分析，可以大体恢复矿区不整合面的古地貌。如图 3 所示，矿区古地貌基本上为陇岗地形，东高西低，在印支期断裂 F_2 部位被侵蚀成一个古断裂谷，其内沉积有象山群山间河流相沉积，岩性为含砾砂岩、细砂岩、粉砂岩和级岩，韵律发育，常见交错层理，相变较大。

象山群底部的砾岩更能反映古地文特征。底砾岩分布于古断裂谷底部，位于18—34线，形态呈不规则的长锥形，厚0—30米。相变明显，东部砾石砾径大（3—15厘米），次棱角状或次圆状，分选差；向西砾径变小（2—5厘米），分选性和磨圆度亦变好，再向西渐变为砾石分选和圆度均好的含砾砂岩。故底砾岩的沉积相相当于一个小型的冲积锥，即山间沟谷与大河谷交汇处的洪积相沉积，锥顶向东。古断裂谷横剖面的形态东部呈“V”字形，向西逐渐开阔，亦表明古断裂谷东高西低。因此古地下水通过陇岗地形的灰岩露头及其内部的断裂接受补给，径流方向由两侧流向古断裂谷，并由东向西泄水，冲积锥的锥顶附近相当于当时古地下水的一个小泄水

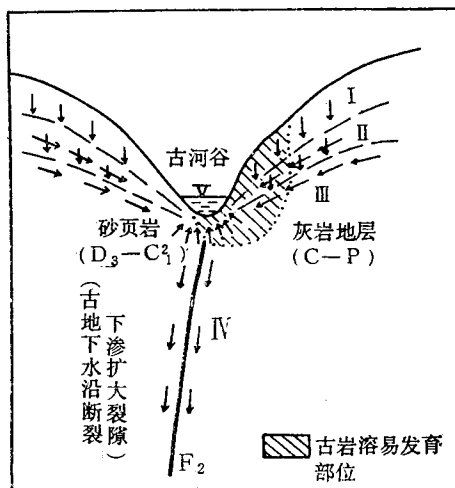


图 2 古地下水活动方式分带示意图

I—垂直下渗带；II—水平流动带；III—全饱带；IV—深循环带

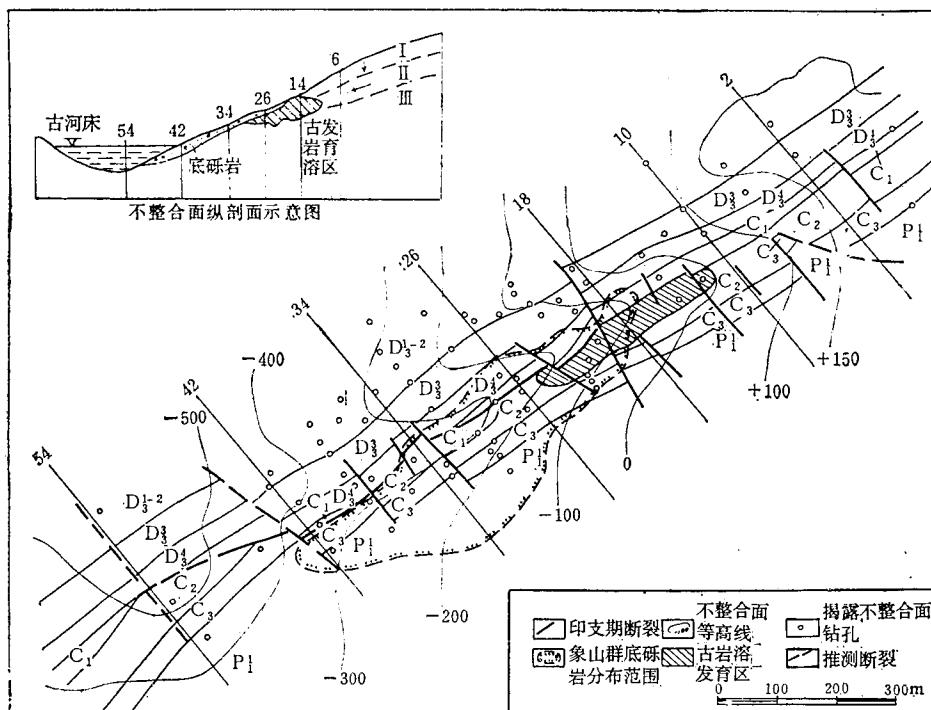


图 3 矿段不整合面等高线图及下构造层地质简图

P_1 —栖霞组灰岩； C_3 —船山组灰岩； C_2 —黄龙组灰岩； C_1 —和州组泥灰岩、高丽山组砂页岩、金陵组灰岩； D_3^1 、 D_3^2 、 D_4^{1-2} —五通组砂页岩

口,故岩溶特别发育(图3)。而其西部即位于古地下水位以下,相当于深循环带。所以,矿区东部和西岩部的古岩溶特征、控矿构造和矿体形态均有差异。

2. 古岩溶在控矿构造中的作用

矿区东部相当于古岩溶的浅部带,在泄水口附近易发育岩溶,形成溶洞和溶塌角砾岩,故该处控矿构造除了燕山运动造成的破碎不整合面和断裂以外,古岩溶还在灰岩中形成了一些特有的

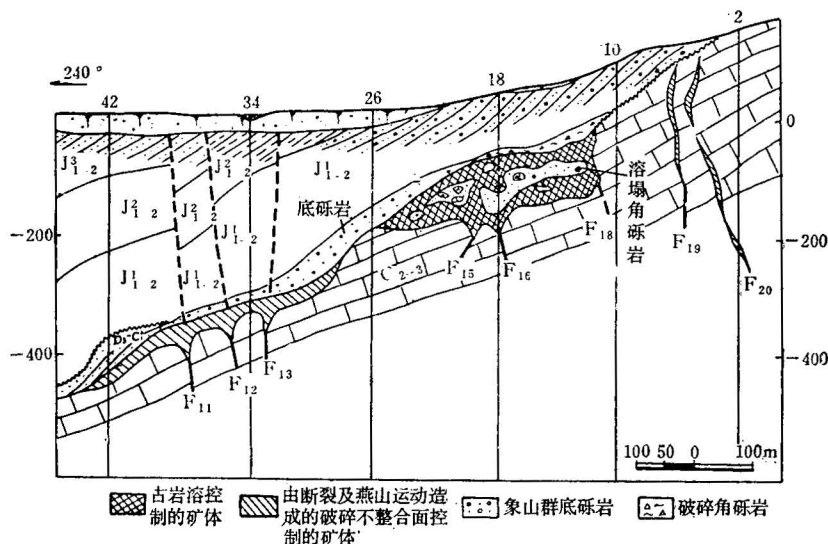


图4 矿段地质纵剖面示意图

容矿空间。古岩溶控矿表现如下:(1)矿体均产在不整合面及其以下100—150米范围的灰岩地段(图4),向下即消失(受断裂控制的除外)。如12'剖面在不整合面上基本上无矿,但在不整合面以下100米左右的-125米中段出现45米宽的矿体,至-175米中段又消失(图5);(2)矿体形态较复杂,边部弯曲多变,还出现一些特殊形态,如袋状、漏斗状和分叉管状等;(3)矿体与溶塌角砾岩密切伴生,矿体外圈轮廓与溶塌角砾岩边界大体吻合,矿石中多见角砾状构造,常含1米以上的灰岩大角砾;(4)矿体边部时而见有与溶洞壁或裂隙壁平行的,由碳酸锰和硫化物相间而成的似条带状构造。

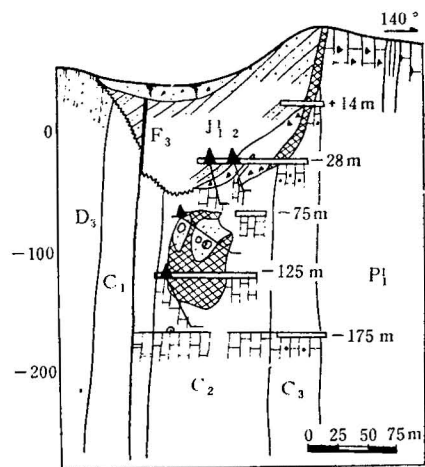


图5 12'线地质剖面图

矿区西部由于处于深循环带,古地下水沿着F₂和横断裂下渗,扩大裂隙,使印支运动形成的断裂破碎带经溶解后又叠加发育了一些溶塌角砾岩,因而在灰岩层位的破碎带中出现了砂页岩角砾,这是由于古地下水将灰岩上盘的上泥盆统或下石炭统砂页岩角砾冲刷运移而来的。该处的矿体形态虽然基本轮廓仍受断裂控制,然而,其厚度和规模比区域上类似断裂中赋存的矿体大2—3倍,可见,构造-岩溶作用对于控矿构造发展的重要性。

矿区象山群第一段沉积由山间河流相变为平地河流相,至第二段过渡为湖泊沼泽相,由此说明地壳渐渐下降,没有回升。因而,上述由古地下水位控制的分带性才易保存下来。

四、成矿过程探讨

对矿床成因曾有岩浆远成中低温热液、火山热液和沉积改造等观点, 笔者认为可能属渗流热卤水成矿, 矿床除明显具有热液成矿的特征外, 还具多源层控特征。矿体主要赋存于石炭、二叠系碳酸盐岩中的断裂和古岩溶构造中, 矿体围岩蚀变极其微弱, 矿体产出不受侵入体的接触带控制。矿床成矿物质为多来源。锰来源于石炭系碳酸盐地层, 矿体底板和夹石中常见含生物碎屑结构的含锰灰岩, 矿体中锰矿物显示出沉积改造的特征, 可分为三个阶段: (1) 沉积形成的含锰灰岩中的微粒含锰方解石; (2) 重结晶的锰方解石, 这两种锰碳酸盐均呈块状或角砾被后期硫化物浸染或胶结; (3) 脉状的粗粒菱锰矿、钙菱锰矿, 与后期硫化物共生。铅锌来源据矿区 9 个样品矿石铅同位素资料, 铅为正常铅, 模式年龄 5.34—8.31 亿年, 属前寒武纪地层铅。硫则显示多源特征, 矿石中除大量热液成因的黄铁矿以外还有少量沉积残留的草莓状黄铁矿, 胶黄铁矿及粉砂状黄铁矿 (黄铁矿均匀散布于粉砂岩中), 故硫同位素离散度较大, δS^{34} : +14.1—-27.4‰, 负值居多, 说明生物硫的存在。但闪锌矿、方铅矿中 δS^{34} : -5.2—4.5‰, 说明以深源硫为主。因此, 矿床的形成显示了多源复成的特征, 经历了多阶段的演化:

(1) 前寒武纪基底岩层中铅的沉淀;

(2) 晚泥盆世至早二叠世含锰硫碳酸盐岩及砂页岩地层的沉积;

(3) 印支运动使下构造层强烈隆起, 并发生褶皱断裂, 此后在古构造、古地文条件有利的地段发育了古岩溶, 并扩大了印支期形成的断裂及裂隙, 成为良好的容矿构造。由于构造—岩溶作用, 亦使石炭系地层中的锰、硫等成矿元素活化转移。

(4) 燕山运动对矿床的形成起了决定性的作用。燕山期时, 区域上强烈的中酸性岩浆活动和断块运动, 使古地下水剧烈升温, 成为一种渗流热液, 促使前寒武纪地层中的铅锌等成矿元素活化转移, 并很可能与深部的岩浆热液混合, 获得深源硫, 从而演化成一种多源的含矿热液, 然后向上运移至石炭、二叠系碳酸盐赋矿地层中有利的断裂和古岩溶中沉淀成矿, 同时对赋矿地层中的锰碳酸盐及黄铁矿进行叠加改造。从矿石建造中含重晶石和硫同位素组成呈不典型塔式分布的特征分析, 这种渗流热液很可能是渗流热卤水^[2];

(5) 第三纪以后, 本区上升, 浅部碳酸锰转化成氧化锰。

五、几点认识

(1) 对于碳酸盐岩中的铅锌矿, 特别是与不整合面有关的矿床, 古岩溶对于控矿构造所起的重要作用具有普遍意义。国内外碳酸盐岩中的铅锌矿, 许多矿床 (如四川天宝山、大梁子, 辽宁柴河, 美国密西西比流域^[3], 意大利撒丁岛阿雷纳斯铅—重晶石矿床^[4]) 与不整合构造有关, 其原因可能是控矿构造与古岩溶有关。有些甚至成矿作用与古岩溶有关, 形成岩溶矿床。

(2) 对于这类矿床, 寻找不整合面或古剥蚀面以下碳酸盐岩地层中的断裂构造是重要的找矿方向, 应以“构造—岩溶作用”的观点来认识这些控矿构造的成生。地下水 的活动 对于碳酸盐岩层中控矿构造的发展具有重要意义。

(3) 由于古岩溶的分带性造成了碳酸盐地层中容矿构造的复杂程度有所不同, 随之矿体的形态产状亦有不同。因此, 根据不整合面的古地形及其上覆沉积岩底部的古岩相特征, 根据岩溶角砾岩的分布特征, 分析研究古地文, 掌握古岩溶的分布规律, 这对找矿勘探是很有意义的。

参 考 文 献

- [1] 南京大学地质系水文地质教研组, 肖楠森等, 1961, 水文地质学. 人民教育出版社.
- [2] 姜齐节等, 1982, 论渗流热卤水成矿作用的意义与找矿标志. 地质与勘探, 第1、2期.
- [3] Rioge, J. D., 1968, Ore Deposits of the United States. Chap. 14, 17, 19, 20, 21, PP. 257—459.
- [4] Wolf, K. H., 1976, Handbook of Stratabound and Stratiform Ore Deposits. Vol. 3.

PALEOKARST DEVELOPMENT AND ITS CONTROL OF ORES IN THE QIXIASHAN LEAD-ZINC ORE DISTRICT, NANJING

Xiao Zhenming and Guo Xiaoshan

(*Metallurgical-Geological Team 810, Jiangsu Metallurgical-Geological Exploration Corporation*)

Abstract

In the Qixiashan lead-zinc polymetallic ore deposit, Nanjing, fractures are the main ore-controlling structures. According to geological studies in recent years, it has been found that paleokarst has played an important role in the formation of ore controlling structures. It not only gave rise to some particular ore-hosting space in the Permo-carboniferous carbonate rocks in the ore district, but also enlarged pre-karst fractures or fissures formed during the Indosinian movement and made them become good ore-conducting-hosting structure. The karst breccia and solution-filling sandstone in limestone underlying the unconformities in the district can be regarded as an indication of paleokarst. The former is a kind of autochthonous clastic or proximal deposit in paleokarst caves or fissures; and the latter is a kind of allochthonous clastic deposit, i. e. greyish-black sandstone originating by filling of argillo-arenaceous material in openings or fissures resulting from dissolution of limestone by ancient groundwater. The paleokarst exhibits zoning. According to the relief of unconformable surfaces and the rock facies at the base of the overlying Jurassic sediments as well as the distribution characteristics of the karst breccia, the paleokarst can be divided into two zones, shallow zone and deep zone. The former, lying between the unconformable surfaces and the ancient solution base level, shows marked karst features; while the latter, i. e. the deep circulation zone, is characterized by characteristic "structural-karst" processes. This zoning has effects on the development degree and spatial distribution of ore hosting structures and the forms of ore bodies.

This paper also discusses the multisource, stratabound character of the ore deposits and the relation between them and ore-forming process. The authors suggest that a large number of Pb-Zn ore deposits in carbonate strata at home and abroad are associated with unconformable structures, and it is of universal significance that paleokarst played an important role in the formation of ore-controlling structures. It is advisable to study these ore-controlling structures from an view-point of "structural-karst" processes.