

碳酸盐岩石中层控 F-(Pb-Zn) 矿床的相控制

张立生 编译

(地矿部成都地质矿产研究所)

关于以碳酸盐岩石为容矿岩石的层控铅锌矿床的成因众说纷纭,莫衷一是。而对于这种矿床与沉积相的关系则谈论得很少。西班牙南部阿尔普贾里德阿尔卑斯三叠系中层控 F-(Pb-Zn)矿床的地质特征表明,这些矿床明显地属于浅水相,其产状受泻湖环境中一定的相组合控制。

一、阿尔普贾里德杂岩三叠系中层控 F-(Pb-Zn)矿床的地质情况

贝蒂克山链是东阿尔卑斯带的最西段,在构造上分为两个带:外带和内带。内带又进一步分为三套叠复构造杂岩:从底到顶称为内华达-菲拉布里德、阿尔普贾里德和马拉吉德(图 1)。

阿尔普贾里德杂岩有不同程度的区域变质作用,其典型的地层层序(图 2)包括一个由云母片岩和石英岩组成的古生代或更老的变质基底和一个底部有千枚岩、顶部有灰岩和白云岩的二叠-三叠纪的盖层,灰岩和白云岩构成 F. Delgado 等(1981)所称的阿尔普贾里德碳酸盐建造。在这套地层的最上部,最近发现了一些侏罗纪的地层。

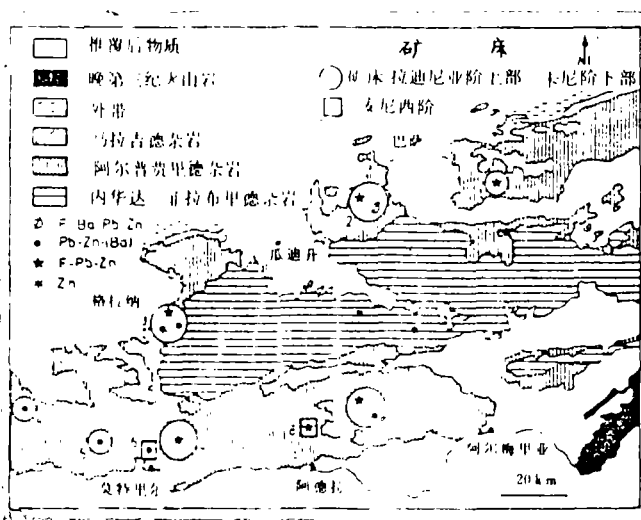


图 1 主要矿区的地理及地质位置

1. 埃斯提西亚斯山脉;
2. 巴萨山脉;
3. 内华达山脉西缘;
4. 特杰达山脉;
5. 阿尔米贾拉山脉;
6. 塞罗德托罗(莫特里尔);
7. 卢贾尔山脉;
8. 图罗恩和贝尼纳尔;
9. 加多尔山脉

阿尔普贾里德碳酸盐建造沉积在非洲板块北部边缘的一个浅水碳酸盐台地上。它代表早期大西洋的第一期海相沉积作用。

从古地理和成矿的观点看,阿尔普贾里德碳酸盐建造构成了迪纳拉造山带、奥地利阿尔卑斯和南阿尔卑斯山所特有的三叠纪浅水碳酸盐台地的西延部分。它们不仅在沉积学和古地理方面,而且在层控矿床方面都很相似;层控矿床实际上是盆地演化的组成部分。

图2 阿尔普贾里德杂岩碳酸盐建造的
详细地层剖面(据 F. Delgado 等,
1981 修改),表示了主要矿床的层位
和主要岩相的垂直分布。注意,矿床
看来总是在泻湖和有关的(潮坪和
障壁岛)、属于蒸发前环境的亚环境
中沉积的地层有关。

1. 千枚岩和石英岩夹碳酸盐岩;2. 灰岩
和白云岩;3. 千枚岩;4. 块状白云岩;5.
薄层状灰岩和泥灰质灰岩;6. 底部含燧
石团块的灰岩;7. 灰岩和层状白云岩;8.
泥灰岩、白云岩、粉砂岩等;9. 白云岩;
10. 灰岩。沉积演化曲线图例:

C. 大陆;L. 泻湖;P. 开阔台地;B. 盆地;t.
潮坪;b. 障壁岛;p. e. 台地边缘。符号图
例:a. 矿床;b. 纹层状石膏层;c. 蒸发盐
(硬石膏和/或石膏)印模;d. 藻席和/或
叠层石;e. 绒枝藻生物微晶灰岩和/或生
物层;f. (泻湖中的)生物礁;g. (外台地/
台地边缘)的生物礁

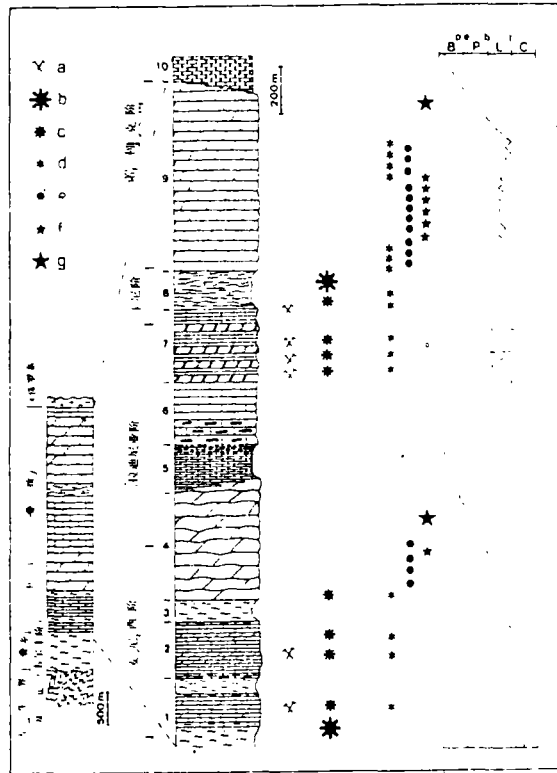


Fig 2

阿尔普贾里德碳酸盐建造厚逾 3000m,其中有为数众多的层控(主要是层状)萤石(重晶石)—Pb—Zn 矿床(图 1 和表 1)。这些矿床有两个非常固定的地层层位,即阿尔普贾里德碳酸盐建造的底部(安尼西阶)和中部(拉迪尼亚阶最上部到卡尼阶最下部)(图 2)。

二、阿尔普贾里德碳酸盐建造的主要地层、 沉积学和岩石学特征

阿尔普贾里德碳酸盐建造的第一段碳酸盐是夹在千枚岩中的海岸和泻湖相沉积物(图 2—1 层和 2 层)。最下面的含矿层产于这两种沉积物的几个层位中(安尼西阶的矿床)。海岸相沉积物(有时白云岩化)为潮坪碳酸盐,含藻席和细粒海滩砂屑灰岩。它们常有丰富的鸟眼构造和蒸发盐印模。泻湖沉积物是基本上没有白云岩化、不含化石的微晶灰岩。

在最有代表性的剖面中(巴萨山脉和卢贾尔山脉),在最主要千枚岩夹层(图 2—3 层)的上面有一段厚层块状白云岩(图 2—4 层)。原生岩相序列到处可见,底部以含有藻席的海岸相为主;之上是泻湖相(绒枝藻生物微晶灰岩),然后是障壁岛相(砂屑灰岩);再往上有一些

表 1 阿尔普贾里德碳酸盐建造中的层控萤石(重晶石)—Pb—Zn 矿床

类型	岩 矿				石		实	例
	沉积环境	主要原生相	现在的岩性	矿 石	矿 物	主要结构		
层 状 的	泻湖内缘 (潮坪亚环境)	藻席和细粒 砂屑灰岩	白云岩	萤石—方铅 矿—(闪锌矿)		成岩结晶韵律层	安尼西阶 图罗恩(6)	拉迪尼亚阶上部卡尼阶下部 本文(图 4b、c)
	泻湖(狭义的) (泻湖亚环境)	微晶灰岩	灰 岩 白云岩	萤石—方铅 矿—(闪锌矿) 闪锌矿—(方铅矿)		成岩结晶韵律层 浸染状、晶洞状 成岩结晶韵律层	贝尼纳尔 (11) 塞罗德托 罗(7)	米纳埃杜瓦尔多(3) 米纳斯德尔阿吉拉(9)
	泻湖外缘 (障壁岛亚环境)	中粗粒砂屑 灰岩	白云岩	萤石—方铅 矿—(闪锌矿) —重晶石		成岩结晶韵律层		卢贾尔山脉(13、14) 巴萨山脉(卡拉尔德圣 巴巴拉)(1、12、16) 加多尔山脉西部(8、2、5)
				闪锌矿—方铅矿— (重晶石—萤石)		浸染状、晶洞状		塞拉约(4)、达利亚(南阿尔米 贾拉)(10)、加多尔山脉东部 (8、2)
古喀斯特的	三叠系内的喀斯特小洞穴, 主要发育在向上变浅的潮缘层序中		白云岩化的 内沉积物	萤石—方铅 矿—(重晶石—闪锌矿)		成岩结晶韵律层 环状、晶洞	图罗恩(6)	南巴萨、南加多尔 南内华达(12)
充填脉的	三叠系内对各种岩相都有影响的脉			萤石—方铅 矿—(闪锌矿)		脉充填的、 角砾状的		南巴萨(卡拉尔德圣何塞)(15)

注: 1. Akin(1974); 2. Alabert(1973); 3. Arana 和 Martin(1975); 4. Arana 和 Martin(1976); 5. Espi(1977); 6. Gervilla 等(1985); 7. Higuera 等(1981); 8. Jacquin(1970); 9. Martin 和 Arana(1976); 10. Martin 和 Torres—Ruiz(1982); 11. Martin 和 Torres—Ruiz(1985); 12. Martin 等(1984); 13. Ovejero 等(1982); 14. Tona(1973); 15. Torres—Ruiz 等(1985).

生物礁——海绵、红藻和珊瑚堆积堤,这反映了从障壁岛向海洋方向沉积环境的发育序列。这些岩石普遍遭受了白云岩化和强烈的重结晶作用。是晚期成岩作用的结果。

底部白云岩(图2—4层)之上是拉迪尼亚期的细纹层状远海灰岩、泥灰质灰岩(图2—5层),和层理很发育的灰岩(6层)覆盖。

最重要的矿床产在拉迪尼亚阶—卡尼阶的过渡部位中,相当于图2中的7层。在这个层位中有四个向上变浅的沉积巨层序。每个巨层序由下列层序组成(从底到顶):(1)白云岩化砂屑灰岩(沙坝/障壁岛沉积物),(2)泻湖相微晶灰岩,和(3)潮缘层序(底部有潮下浅水亚环境中形成的强烈生物扰动微晶灰岩、潮间藻席,此外还有含蒸发盐矿物印模的潮上白云岩)。潮缘层序中常有喀斯特小洞穴。这些巨层序是由于潮缘相经泻湖相微晶灰岩并推进到沙坝和障壁岛砂屑灰岩上而形成的(图3C)。在这个过程中,最终出现的海岸平原可局部被浸蚀和喀斯特化。各巨层序的重叠反映了海平面的反复变动,与影响阿尔普贾里德碳酸盐台地的拉张性构造不稳定性有关。

图3 阿尔普贾里德杂岩中三叠统碳酸盐

沉积模式中的矿床位置(据 Martin & Braga, 1986)。

A. 矿床产于泻湖和有关的(潮坪/障壁岛)亚环境中。主要相类型:a、藻席;b、微晶灰岩和/或生物微晶灰岩;c、交错层砂屑灰岩;d、海绵—珊瑚—藻堤;e、生物碎屑砾屑灰岩和/或砂屑灰岩;f、泥质灰岩、泥灰质灰岩和泥灰岩。B. 矿床的沉积环境。原生灰岩相。1. 有干裂特征和蒸发盐印模的藻席(潮上的);2. 藻席(潮间的);3. 有捕获付粒的藻席(低潮间—高潮下的);4和5. 微晶灰岩和生物微晶灰岩(泻湖);6. 泥粒灰岩(向障壁岛过渡);7. 灰色岩(障壁岛)(据 Martin, 1980)。C. 最复杂的白云岩化模式和由影响障壁岛相的回流机制、影响泻湖底的渗透机理、影响潮坪相的毛细管作用和/或蒸发盐泵送机理联合作用所造成的白云岩体的几何形状示意图(所有这些白云岩化作用也能单独起作用,因为事实上它们在许多情况下可能都起了作用)。白云岩化作用后的相的显微产状:8. 由富含有机质的黑色和半透明的细晶质白云岩石层组成的狭义的白云岩化藻席;9. 白云岩化微晶灰岩(细晶质白云岩);10. 白云岩化生物微晶灰岩(混有粗粒晶体的细晶质白云岩);11. 白云岩化砂屑灰岩(粗晶质白云岩)(据 martin, 1980)。本图还表示了由于泻湖相微晶灰岩推进到障壁岛的砂屑灰岩上和潮缘层序推进到微晶灰岩上所形成的巨层序(据 martin, 等 1984)。

在这种环境中形成同生沉积白云岩和/或早期成岩白云岩,主要是渗透回流作用对障壁岛砂屑灰岩,局部也对泻湖相微晶灰岩产生影响所致。在某些情况下,直接影响海岸区和毛细管作用和/或蒸发盐的泵送作用使藻席相和海滩砂屑灰岩白云岩化(图3C)。白云岩体的几何形态、原生沉积相和所产生的白云岩结构如图3B和3C所示。大体上,砂屑灰岩生成粗晶质白云岩(粒度介于0.2和1mm之间),泻湖相微晶灰岩生成非常细和/或细粒的白云岩(0.015—0.05mm),而藻席生成细纹层状白云岩(<0.05mm)。这些早期成岩阶段的层状白云岩与矿体有密切的空间关系。

在这种环境中形成同生沉积白云岩和/或早期成岩白云岩,主要是渗透回流作用对障壁岛砂屑灰岩,局部也对泻湖相微晶灰岩产生影响所致。在某些情况下,直接影响海岸区和毛细管作用和/或蒸发盐的泵送作用使藻席相和海滩砂屑灰岩白云岩化(图3C)。白云岩体的几何形态、原生沉积相和所产生的白云岩结构如图3B和3C所示。大体上,砂屑灰岩生成粗晶质白云岩(粒度介于0.2和1mm之间),泻湖相微晶灰岩生成非常细和/或细粒的白云岩(0.015—0.05mm),而藻席生成细纹层状白云岩(<0.05mm)。这些早期成岩阶段的层状白云岩与矿体有密切的空间关系。

碳酸盐建造的第二段(图2—8层)属卡尼阶,含有丰富的陆相和海岸相的陆源物质和一些碳酸盐层及纹层状石膏层。

往上是非常厚的诺利克阶白云岩段(图 2-9 层)。它在一些地方厚达 1000m 以上。

在这套以碳酸盐为主的地层中,有两个有纹层状石膏层的蒸发幕。第一个蒸发幕出现在安尼西阶中,夹在陆源物质和/或碳酸盐物质中间(图 2-1 层)。蒸发盐层直接位于第一个含矿层之下。第二个蒸发幕的标志是夹在直接位于最上部含矿层之上的卡尼阶碳酸盐中间的纹层状石膏层(图 2-8 层)。

所有这些纹层状石膏层都是海岸带的水下沉积物。它们证明,在某些地区,在两个固定的地层层位中显然达到了超盐度的蒸发条件。蒸发盐沉积和重要程度不等的陆相、海岸相陆源沉积和海相碳酸盐沉积互为消长关系。

整个阿尔普贾里德碳酸盐建造的相分析表明,层控萤石(重晶石)-Pb-Zn 矿床看来不仅与两个特定的地层层位(安尼西阶和拉迪尼亚阶-卡尼阶过渡部位)有关,而且与一定的沉积环境有关(图 2)。具体地说,这些环境是与广海隔开的、非常局限的泻湖,在泻湖的内缘有非常发育的藻席。

含矿层或者位于从蒸发盐沉积到正常海相沉积的过渡部位(安尼西阶的含矿层),或者位于从正常海相沉积到蒸发盐沉积的过渡部位(拉迪尼亚阶最上部到卡尼阶最下部的含矿层,图 2)。

在潮缘层序中常常有蒸发盐的印模,在泻湖相微晶灰岩中几乎没有化石,含矿层与石膏层有密切的时间空间联系,说明在含矿层沉积期间和早期成岩期间的盐度比海水的盐度(蒸发前环境)要高。蒸发盐印模的产出部位非常靠近萤石层,但又总是不在萤石层中。

应当指出,在生物礁相和斜坡相或晚期成岩的层厚白云岩段(图 2-4 层和 9 层)中没有矿床产出。

三、矿床类型

根据矿体的几何形态可以划分为三个主要矿床类型,即层状矿床、古喀斯特充填矿床和充填脉状矿床。第一类矿床最为重要,分布最广泛。

(一)层状矿床及其相

透镜状的层状矿体长 $n \times 1$ 到 $n \times 100\text{m}$,宽度和长度相等或稍小,厚 $n \times 1\text{cm}$ 到 10—15m。它们总是产在泻湖环境(广义的)中,尤其产在下述亚环境中(图 2、图 3A 和表 1):

泻湖内缘(潮坪/海滩亚环境);

狭义的泻湖(泻湖亚环境,在白云岩化和非白云岩化的相中都一样);

泻湖外缘(障壁岛亚环境)。

1. 泻湖内缘(潮坪/海滩亚环境)的矿床

以图罗恩萤石矿床最典型。矿床由含少量方铅矿和闪锌矿的若干萤石透镜体构成,产于主要由藻席和细粒砂屑灰岩组成的白云岩化潮坪层序到海滩层序的边缘。矿体由成岩结晶韵律层构成。第 I 结晶世代的成岩结晶韵律层(起始层)由与细晶白云石连生的细粒萤石和一些细粒自生石英的深色条带组成。萤石与白云石看来是同时结晶的,或者是在白云石结晶之后立即结晶出的。在第 I 世代的韵律层中还能见到原生结构(细粒砂屑灰岩和藻席);第 II 世代的韵律层由粗晶质萤石组成,有时有白云石;第 III 世代的韵律层(如果有的话)由方解石、白云石或方铅矿组成,偶尔有一些闪锌矿。

2. 狭义泻湖(泻湖亚环境)的矿床

根据泻湖相是否遭受了广泛的白云岩化可以划分为两个主要类型。

(1) 产于非白云岩化泻湖相中的矿床

这类矿床含大量萤石(达75%)和少量方铅矿和/或闪锌矿(达2%)。后两种矿物看来富集在沿透镜状矿体边缘的一些地区。

成岩结晶韵律层是矿体中的主要结构。在这种情况下,起始层即第Ⅰ世代中的萤石呈一种特有的、非常细粒的结构,这种结构继承了原生灰岩的结构。偶见隐藻纹层。第Ⅱ世代由萤石组成。如果有闪锌矿和方铅矿,那它们是分别在第Ⅱ和Ⅲ世代结晶的。

应当指出,尽管透镜状矿体赋存在非白云岩化的泻湖相中,但在透镜状矿体本身中,与细粒萤石(第Ⅰ世代成岩结晶韵律层)连生的碳酸盐(一般只有少量)却是白云石,少数呈菱面体。第Ⅰ世代中一般还有少量自生石英颗粒及分散状的有机质和部分呈莓球状的黄铁矿。

这类矿床有一个有趣的特征:透镜状的矿体在同一层中,在等时相带的同一方向上,即在拉迪尼亚阶上部—卡尼阶下部层位的 $N20^{\circ}E-N30^{\circ}E$ 方向上呈线状排列。

(2) 产于白云岩化泻湖相中的矿床

在产于泻湖相细粒白云岩中的矿床中只有闪锌矿和少量方铅矿的矿物组合。闪锌矿呈浸染状小颗粒产在深色细晶白云岩中,或者比较常见的是以集合体的形式产在第Ⅲ世代的白云岩成岩结晶韵律层、晶洞状结构和其它类似的结构中。 Zn 含量为2—10%,但在某些情况下要高得多。

这类矿床的矿体也平行于相带的总体方向(主要是 $N20^{\circ}E-N30^{\circ}E$)。

3. 泻湖外缘(障壁岛亚环境)的矿床

最重要、最著名的层状矿床产于泻湖外缘障壁岛的白云岩化砂屑灰岩相中。

大多数矿床都有萤石—(方铅矿—闪锌矿—重晶石)矿物组合。它们呈不连续的透镜状矿体产在层状白云岩体的边缘(顶部和底部),这些白云岩体在矿区内可以追索几公里远。

主要矿石结构类型是成岩结晶韵律层。起始层由深色萤石和数量不等的白云石、自生石英及少量细分散的有机质组成。在这个世代以及周围的层状白云岩中,可以见到灰岩原先的砂屑结构和沉积构造,特别是反映高能环境的交错层理。在某些情况下,还能辨认出隐藻纹层。第Ⅱ世代由浅色粗晶质萤石组成,白云石和闪锌矿可有可无。如果有方铅矿,那是在第Ⅲ世代结晶的。白云质的成岩结晶韵律层在层状白云岩体中也很常见,古代矿工用其作为一种找矿标志。

如上所述,主要矿石都是这种矿石类型。所有已知矿床都赋存在拉迪尼亚阶上部—卡尼阶下部。

最后,还应当提到,有少量闪锌矿—方铅矿(重晶石—萤石)矿床也赋存在拉迪尼亚阶上部—卡尼阶下部这个相位(白云岩化障壁岛砂屑灰岩的边缘)中。

(二) 古喀斯特矿床

古喀斯特矿床是三叠系内与局部上升幕有关的喀斯特小洞穴中的充填物。喀斯特洞穴不是出现在向上变浅的潮缘层序中,就是出现在安尼西阶的海岸相层序中。这些洞穴一般都与层理平行或大致不行。萤石是主要的矿石矿物并伴有少量方铅矿、闪锌矿和重晶石。主要结构为成岩结晶韵律层以及环状和晶洞状结构。在第Ⅰ世代成岩结晶韵律层中,萤石看来交

代了喀斯特中的白云岩化沉积物。在成因上,各种洞穴充填物看来都与直接位于其上的巨层序中的层状矿床有关。因此,喀斯特洞穴充填矿床和层状矿床都是同一成矿作用幕的产物。

(三)三叠系中的充填脉状矿床

三叠系中的矿脉在巴萨山脉地区特别丰富,其中充填了和上覆层状矿床及古喀斯特矿床中一样的矿石矿物,据认为是沿开口裂缝的渗透作用和胶结作用的产物。这些开口裂缝似乎与前面提到的拉迪尼亚期张性的构造作用幕有关。

四、讨论

1. 沉积环境

总起来可以说,含矿层的沉积环境与下列相单元有关(前三者规模小,后两者规模大)。

(1)矿层都位于狭窄的、广义泻湖环境的三种亚环境的相带内。值得注意的是,生物礁和斜坡相中没有矿床。

(2)这些泻湖亚环境被砂屑灰岩障壁岛与广海隔并且高度封闭。以蒸发前环境占优势。在潮坪亚环境和部分泻湖及内障壁岛亚环境中,隐藻纹层非常发育。一般有少量分散的有机质保存下来。

(3)泻湖相插入到特征的、向上变浅的巨层序中,这种巨层序在上升作用和喀斯特化作用中部分地出露到地表。还有少量同生沉积的喀斯特洞穴也是含矿的。

(4)考虑到阿尔普贾里德碳酸盐建造的全部演化历史,可以认为,含矿层位于以陆相为主的沉积和海相沉积之间的两个主要岩相过渡带中。

(5)这些过渡带也与从海相沉积到蒸发盐沉积和从蒸发盐沉积到海相沉积的变化相一致。矿层本身不显蒸发环境而显蒸发前环境。

因此,含矿的泻湖亚环境看来构成了很特征的、相当于受大陆影响的沉积和广海沉积之间的过渡相带的一部分。这些过渡相带主要发育在安尼西阶中和拉迪尼亚阶上部—卡尼阶下部,是非洲板块北缘台地沉积的一部分。

2. 成岩演化和成因意义

第 I 世代成岩结晶韵律层中的细粒萤石明显地代表了最早的成岩阶段。这种萤石看来在成岩阶段交代了先前的沉积物。下述观察结果表明,这种交代作用发生在早期成岩阶段。

—矿体产状极为明显地受相的控制。

—矿体形态大多成层状,与早期成岩的白云岩层相似。

细粒萤石与早期成岩的白云石共生,两者之间关系密切。此外,细粒自生石英和部分呈莓球状的细粒黄铁矿也有这种共生关系。

—古喀斯特洞穴中的萤石充填物提供了成矿作用的补充时间限制条件。在一种似乎是与形成上覆层状矿层的作用同时发生的作用中,萤石交代了洞穴内部的沉积物但对围岩却没有影响。

所有这些特征都表明,形成层状萤石矿层(和白云岩层)的成岩作用与受沉积环境控制的水文系统有关,就是说,它们是在早期成岩阶段发生的。这种作用应当包括泻湖底上的卤水渗透作用(泻湖亚环境中的矿床)和障壁岛及潮坪亚环境中的回流机制与毛细管作用机制。

Möller 等人(1980)提出了一个符合上述观察结果的形成早期成岩萤石的化学模式。按照这个模式,萤石的形成是白云岩化促成的。由于白云岩化,孔隙溶液中的 Ca^{2+} 和 F^- 浓度增大了; F^- 是 MgF^+ 络离子离解的产物。Möller 更进一步地认为,“初期形成的萤石应当产在白云岩化的沉积物中”。

层状萤石与白云岩的总的产状是支持这种假说的。在 Möller 等人所研究的德国蔡希斯坦统第Ⅱ旋回的主要白云岩中,所有细粒萤石都产于白云质充填物质中。在阿尔普贾里德碳酸盐中,也有这样一条总的规律。即使在以泻湖相微晶灰岩为容矿岩石的层状萤石矿床中,与第Ⅰ世代中的细粒萤石呈共生平衡状态的碳酸盐也不是方解石而是白云石。

Cook 等人(1985)用单纯建立在蒸发作用基础上的成因模式来解释佛罗里达州始新统白云质岩石中嵌入石膏团块中的早期成岩萤石的产状。他们援引 Kazakov 和 Sokolova (1950)的经典著作作为例子;Kazakov 和 Sokolova 根据实验指出,“萤石能够从体积浓缩了三到四倍(溶解固体总量为 10%)的海水卤水中沉淀出来,尤其是当氟化物有其它外部来源(例如河流和火山来源)的时候。这个卤水浓缩阶段恰好处在石膏沉淀阶段之前。萤石的形成会随进一步的浓缩而中断,因为石膏的沉积消耗了卤水中的钙量。”

应当强调指出,许多以碳酸盐为容矿岩石的矿床与受大陆影响的沉积物和海相沉积物之间的过渡带中的蒸发前潮坪、泻湖和障壁岛沉积物之间的联系,不光是阿尔普贾里德碳酸盐中才有。在其它层控萤石矿床中也已经有过类似的古地理位置和相组合描述(例如 Schneider 1954,等)。对产在从寒武系到第三系的碳酸盐岩石中的许多层控铅锌矿床的详细研究也已经证明,矿床产于一定的浅水相中(例如 Schneider 1964,等)。

此外,已经取得的阿尔普贾里德的矿石和容矿岩石的碳、氧和锶同位素数据为: ^{13}C 值介于 +4 和 +1 之间, ^{18}O 值介于 -6 和 -10 之间,与正常海相碳酸盐的值相吻合; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 介于 0.7077 和 0.7091 之间。然而,成岩结晶韵律层中的放射成因值有逐渐增高的趋势,这可以认为是陆源水流入所造成的;根据前述野外和岩石学资料,这种情况应当发生在早期成岩阶段。

五、结论

西班牙南部阿尔普贾里德三叠系碳酸盐中层控 F-(Pb-Zn) 矿床的产状受泻湖环境中一定的相组合控制。生物礁相和生物礁斜坡相中没有矿床。

在其它矿区提出的以盆地范围内卤水运移为根据的成矿模式与在阿尔普贾里德碳酸盐中所观察到的标志是矛盾的,也与晚期成岩的白云岩中和孔隙度高的生物礁/生物礁斜坡相中没有矿床相矛盾。正相反,矿体及其围岩的几何形态表明,各种成矿作用应当是在地面上联系在一起的。即各种成矿作用实质上与发生沉积作用和早期成岩作用的环境有关。