

西成矿田中泥盆统碳酸盐岩沉积微相、 微相组及其环境分析

宋春晖 武安斌

(兰州大学地质系)

提要 西成地区中泥盆统碳酸盐岩分布广泛,岩石类型多,相变急剧。本文以结构成因分类为基础,将本区碳酸盐岩归纳为四类 26 种微相,并分析了每种微相的基本沉积条件和形成环境。据区内微相的相邻和共生关系,建立了 10 个主要微相组合,并解释了各种微相组的沉积环境及其演化。根据微相组控矿,提出半开阔台地凹陷盆地和生物滩(层)礁后浅水盆地是本区碳酸盐型铅锌矿成矿的有利环境。

关键词 碳酸盐岩 沉积微相 微相组合 沉积环境

第一作者简介 宋春晖 男 33 岁 讲师、沉积学硕士 沉积学

位于甘肃境内的西成铅锌矿田其控矿地层属于泥盆统安家岔组(D_2^1)和西汉水组(D_2^2),含矿岩系由一套海相碎屑岩与碳酸盐岩组成。由于该矿田包括了众多的大中型层控铅锌矿床,已引起国内外地质界广泛重视。但以往的研究侧重于矿床方面,而沉积岩石学方面,因岩性复杂、岩石类型较多、相变急剧以及变质作用等因素,则研究的较少,特别是对含矿性和发育良好的碳酸盐岩研究得不够。本文在区内十余条实测剖面沉积相研究和几百个碳酸岩薄片、光片鉴定基础上,对碳酸岩进行详细的沉积微相、微相组合及沉积环境研究,以期能弥补这方面的不足。

1 微相类型和其形成环境分析

本文把沉积微相理解为能反映一定沉积条件的岩石单位,是岩石微观的沉积相标志,即叠加有沉积环境意义的岩石类型。西成矿田中泥盆统地层中,碳酸盐岩约占各类岩石总厚度的 40% 左右,它不仅是该矿田最重要的控矿岩石,而且具分布广、种类繁多的特点。以结构成因分类为基础,按其特征,把本区碳酸盐岩归纳为四类、二十六种微相。

1.1 颗粒碳酸盐岩类(MG)

颗粒碳酸盐岩是指由颗粒支架和亮晶或泥晶胶结的灰(云)岩,其中颗粒含量大于 50%。按颗粒的种类和亮晶或泥晶胶结,该类可分为七种微相。

1.1.1 亮晶团粒灰岩(MG_1)

分布于江洛、歇台寺、广金坝等地。呈薄至中层状,具有块状构造或交错层理。团粒由泥晶

团粒和泥晶包壳团粒(贝壳碎屑为藻类泥晶化作用形成)组成,一般浑圆状、粒径 0.5~1mm,含量 50~60%;偶见团块(或葡萄石),其呈似竹叶状,长 1~2cm,含量约 10%。颗粒间主要被亮晶胶结(图版 I,3)。泥晶套和亮晶胶结是潮汐浅滩的标志。该微相类似于威尔逊的 SMF-11 微相。

1.1.2 亮晶鲕粒灰岩(MG₂)

主要分布于矿田西部,呈中至厚层状。鲕粒呈圆或椭圆形(图版 I,1),含量 55~75%,主要粒径为 0.25~0.4mm。在上巷一带,鲕具放射状结构,鲕壳大于鲕核心,属相对低能鲕粒。在店子沟一带具放射状和同心纹结构,层纹 1~3 圈,属高能鲕粒。岩石中含 5~15%生物碎屑,及不定量石英等陆源混入物。粒间主要由亮晶胶结。据其特征,表明形成于潮下浅滩环境。

1.1.3 层孔虫包粒灰岩(MG₃)

仅见于歇台寺一带,呈薄层状,具块状构造或交错层理。层孔虫呈同心园状构成包壳,核心一般为腕足类、珊瑚、海百合茎等生物碎屑,最大者直径可大于 10cm。此外,岩石中也多见腕足类、海百合茎等生物碎屑。包粒和生物碎屑粒间主要由亮晶胶结,显示潮汐浅滩沉积特点。

1.1.4 亮晶砾屑灰岩(MG₄)

中至厚层状,主要由粒径 2~18mm、形状不规则的内碎屑组成,含量 65%左右。砾屑由泥晶灰岩、含生物泥晶灰岩组成。含不定量的珊瑚、棘皮动物碎屑及少量砂屑,胶结物以亮晶方解石为主。代表高能沉积环境。

1.1.5 生物碎屑灰岩(MG₅)

分布较普遍,呈薄至中层状,具波状层理、水平层理及斜层理。岩石中生物碎屑含量 40~50%,主要为棘皮类、腕足类、层孔虫、珊瑚等,含少量球粒、砂屑。上述颗粒具有一定磨圆和分选,粒间以亮晶胶结为主。属潮下高能带(生物滩相)产物。

1.1.6 泥晶内碎屑灰岩(MG₆)

中至薄层状,具微细交错层理、包卷构造、重负荷。内碎屑由泥晶灰岩和含生物泥晶灰岩组成,约占 60~70%。含大量陆源碎屑物质以及不定量藻屑和腕足类、海百合茎等生物碎屑。粒间主要由泥晶充填,呈多粒度支架型结构。“结构退变”现象反映其形成于水动力条件较复杂的环境。据内碎屑颗粒大小,主要分为粉屑灰岩和砾屑灰岩(图版 I,2)。前者主要分布于矿田西部,常与潮间带产物共生;后者见于厂坝、董河等地,属中低能为主的如台地边缘—上斜坡环境产物。在毕家山、页水河等地钙质泥岩中,见薄层扁豆状灰岩,其扁豆体一般长 1~3cm、宽 0.5~1cm,呈似层状平行层面排列,属砾屑灰岩层内再造作用形成。

1.1.7 礁砾屑灰岩(MG₇)

仅分布于董河、石湾下一带,呈深灰色中至厚层状。砾屑含量 40~60%,由生物灰岩和生物骨骼组成,粒径一般 4cm,最大者 15cm,磨圆、分选差,呈杂乱无序结构。填隙物为砂屑和泥晶方解石。该岩石类似于威尔逊的 SMF-6 微相,与生物礁共生,表明形成于台地前斜坡环境。

上述前五种微相的基本特征反映主要形成于浅水高能动荡水动力条件的滩相环境,波浪和潮汐对沉积物强烈扰动以及簸选作用,使颗粒破碎磨蚀,粒间泥晶和细粒物质被冲走,成岩期形成普遍的亮晶胶结。就其沉积能量而言,前五种微相由高到低相对顺序:MG₄→MG₂→MG₅→MG₃→MG₁;而后两种微相的共同结构特征表明,属在水能多变、缺乏持续高能条件的非滩相环境中形成。

1.2 粒泥碳酸盐岩类(GM)

粒泥碳酸盐岩类是由灰(云)泥支架、颗粒含量10~50%的灰(云)岩。它是本区主要岩石类型,按颗粒类型和特征构造分六种微相。

1.2.1 生物碎屑泥晶灰岩(GM₁)

分布较普遍,见于画眉山、草关等地,呈中至厚层状。生物碎屑是破碎的原地生物介壳和骨骸,分选和磨圆差,含量变化甚大,一般15~30%。泥晶基质中常见粉屑状泥晶颗粒。生物介壳和骨骸受微生物钻孔或波浪搅动而破碎,表明形成于正常海水循环的浅水环境。该微相类似于威尔逊的SMF-9微相。

1.2.2 内碎屑含生物泥晶灰岩(GM₂)

分布于画眉山、草关等地,呈中至厚层状。内碎屑由原地泥晶灰岩和含生物泥晶灰岩组成,据内碎屑大小,主要分为砂屑泥晶灰岩和砾屑泥晶灰岩,前者分布较普遍。内碎屑含量变化大(15~30%)。含原地珊瑚、棘皮类、腕足类等化石,具水平、微细交错和小型交错层理。上述特征表明其形成于开阔台地中等能量环境。

1.2.3 碳质生物碎屑泥晶灰岩(GM₃)

分布较广。含碳高呈暗色,中至薄层状,具有水平层理和微细斜层理。主要由泥晶方解石(厂坝~向阳山一带重结晶为粗晶方解石)组成。含10~25%生物碎屑,主要是层孔虫、珊瑚、腕足、棘皮类,呈砂至细砾级,分选和磨圆中等(图版I,10)。常见少量陆源粉砂级物质。岩石具双粒度双模式,表明在高能环境形成的生物碎屑被搬运到低能环境与灰泥一起堆积形成。该微相是厂坝、李家沟、洛坝、毕家山、邓家山等矿床控矿岩石之一。

1.2.4 微层纹生物碎屑泥晶灰岩(GM₄)

分布于洛坝、邓家山、页水河等地,呈中至薄层状。在薄片,见十分发育的微层纹,纹层一般小于1mm,表现为浅色富屑层(粉晶方解石组成)与暗色富藻纹层(泥晶方解石组成)构成微细韵律(图版I,7)。其中含10~30%广盐度原地生物碎屑。藻层纹构造反映地面平坦和浪潮作用微弱的潮坪环境,广盐度生物反映局限环境。该微相类似于威尔逊的SMF-19微相。

1.2.5 含铁白云石生物碎屑泥晶灰岩(GM₅)

因含碳质较高及发生了硅化作用,岩石呈暗色,致密坚硬。生物碎屑主要是层孔虫、珊瑚、棘皮类(图版I,9),含量25%左右。岩石中见锥状的竹节石。基质为泥晶。由于该岩石常与生物滩(层)礁相共生以及本身特征,表明其形成于封闭、能量较低的生物滩、礁后浅水盆地环境。该岩石中含不定量、呈星点状散布和沿缝合线断续分布的铁白云石,其晶形好、具环带构造、表面混浊不清,系成岩后生期白云岩化产物,白云岩化溶液与成矿溶液有关。该微相分布较广,是洛坝、庙沟、邓家山、页水河等矿床重要含矿岩石之一。

1.2.6 团粒泥晶灰岩(GM₆)

分布于江洛、画眉山、草关等地,呈中至薄层状。团粒含量20~25%,分散于泥晶基质中,由泥晶构成,基色暗,不显内部构造。本区团粒存在三种成因类型:①生物贝壳碎屑为藻类泥晶化作用形成;②由蓝绿藻类破碎而成的“藻尘”经过凝聚、加积、滚动形成;③由泥晶质粒被磨蚀形成。该微相形成于低至中能量浅水环境中。

1.3 灰泥碳酸盐岩类(M)

灰泥碳酸盐岩是指由灰(云)泥支架并且颗粒含量<10%的灰岩和白云岩,是本区最主要

的岩石类型。按成分和沉积组构可分为九种微相。

1.3.1 厚层泥晶灰岩(M_1)

分布广泛,具水平层理或块状、条带状构造。主要由泥晶组成,含不定量的正常盐度原地生物化石。表明形成于能量很低的开阔台地环境。该微相在周家庄、磊石山、江洛等地为灰、灰黑色泥晶灰岩,而在吴家山隆起区四周的徐明山、石鼓子、关子沟、海酒山等则为白、灰白色大理岩或结晶灰岩。

1.3.2 白云质灰岩或灰质白云岩(M_2)

呈中厚层状存在于 M_1 微相之间,其中方解石为中~粗晶粒,白云石呈细~中晶粒,其它特征类似于 M_1 微相。该岩石是在准同生成岩期,发生选择性白云岩化形成。

1.3.3 条带状碳质泥晶灰岩(M_3)

中至厚层状,主要由泥晶方解石(重结晶为中晶方解石)组成,含碳质高,具水平层理、小层交错层理、波状层理,发育条带状构造。按条带成分不同分为泥质、碳质和燧石条带三种类型。属台凹低能环境的产物。该微相是厂坝、李家沟、向阳山等矿床主要控矿相之一。

1.3.4 鸟眼泥晶灰岩(M_4)

分布于洛坝、厂坝等地。主要由泥晶方解组成。含少量原地生物碎屑,一般为层孔虫、腕足、棘皮类碎屑和藻屑。鸟眼形状不规则,一般长2~5mm,宽1~2mm,彼此孤立呈蠕虫状,有时彼此相连略显纹状外貌,孔内由中粗亮晶方解石充填。此种鸟眼是藻类被沉积覆盖后,经腐烂充填形成。该微相属潮间带产物。

1.3.5 含竹节石碳质泥晶灰岩(M_5)

分布较广,主要由泥晶组成,含碳质,具水平层理。岩石中见长条尖锥状竹节石、完整介形虫以及海百合茎化石(图版I,5),含量10%,呈单粒度基底型结构。此外,岩石具白云石化和硅化,发育微细缝合线构造。白云石化和硅化与矿床改造期成矿溶液有关。按其组成和化石特征,表明形成于静水低能还原泻湖环境。该微相是洛坝、页水河、邓家山等矿床控矿岩石之一。

1.3.6 含生物粉砂质泥晶灰岩(M_6)

分布普遍,常夹于千枚岩之中,呈薄层状。主要由泥晶方解石组成,含少量完整微体介形虫化石和腕足、棘皮类碎屑。常含15%±的陆源粉砂物质。具有水平层理,条纹、条带状构造,并存在小间断面(图版I,11)和局部生物搅动构造,表明其形成于正常浪底的静水环境。该微相类似于威尔逊的SMF-8微相。

1.3.7 含生物暗色泥晶灰(M_7)

分布较广,呈灰黑色、黑灰色,主要由泥晶方解石组成,含微体完整介形虫化石。具均匀泥晶结构,水平层理。属静水低能环境的产物

1.3.8 块状或层纹状白云岩(M_8)

分布于厂坝、李家沟一带,呈乳白色、具砂糖状断面。白云石含量大于95%,呈细晶、它形粒状为主。偶见石英、透闪石等矿物,缺乏生物化石。具块或层纹状构造(图版I,4)。层纹由碳质、泥质和少量灰质组成,系蓝绿藻捕捉沉积物形成。岩石化学分析表明BaO和MgO含量高。其特征反映形成于低能、高盐度的泻湖环境。

1.3.9 具泥裂白云岩(M_9)

分布于厂坝、李家沟一带,呈薄至中层、致密块状。主要由白云石组成(>90%),呈它形~

半自形,细至中粒状,缺乏生物。具鸟眼构造,其鸟眼边界呈不规则火焰或顺层长扁豆状,系于缩孔充填成因。层面具类干裂构造,呈不规则状,被白云石、石英等充填。其特征反映形成于潮上环境。

1.4 礁灰岩类(R)

礁灰岩是指由原地固着造礁生物支架并且生物含量大于30%的灰岩。按其特征可分为四种微相。

1.4.1 生物骨架岩(R₁)

仅分布于董河一带由块状和板状层孔虫以及群体珊瑚组成坚固的抗浪格架(图版 I, 8),主要附生物为腕足类。生物含量30~60%。骨架间由藻类、泥晶、团粒以及生物碎屑充填。具块状、斑杂状构造。系成礁时期较安静环境缓慢沉积的产物。该微相与威尔逊的SMF-7微相类似。

1.4.2 生物包覆和粘结岩(R₂)

仅见于董河一带。常见两种,其一由层孔虫裹在珊瑚之上,形成层孔虫与珊瑚类的纹层互层;其二为苔藓虫分泌钙质粘结外来物质而形成管室,并与藻粘结同时交替进行,使分散生物碎片粘结在一起。上述包覆与粘结形成的礁灰岩是成礁早期(柘殖阶段)较安静环境缓慢沉积产物。

1.4.3 生物灰岩(R₃)

分布较广。一般由原地固着生长的层孔虫和珊瑚构成骨架,密集处生物含量大于50%,骨架间由泥质、生物碎屑、泥晶充填(图版 I, 6)。按生物种类,主要可划分为珊瑚灰岩和层孔虫灰岩。在焦沟、庙沟等地,粉砂岩、泥质岩夹珊瑚灰岩层序表明,在珊瑚礁发育过程中周期性出现混水沉积,不利于厚大的生物礁发育生长,仅形成小型点礁。在邓家山、页水河、洛坝等地,造礁生物以顺层排列为主要,形成珊瑚灰岩和层孔虫灰岩,而且其生物灰岩以具一定地层层位、厚度不大、延伸较广特点,表明属层礁相的产物。

1.4.4 “瘤状”层孔虫灰岩(R₄)

见于洛坝一带,呈斑杂状、似眼球状,薄至中层。主要由指头状或树枝状单体层孔虫和其碎屑顺层紧密排列成“瘤状”。层孔虫体内由亮晶方解石充填,一般长2~4cm,宽约1cm,含量80%左右。层孔虫间由泥晶、碳质和粉屑充填。按其特征和具一定层位,表明属生物层礁产物。

2 微相组合及其环境解释

由于单微相进行环境分析常有片面性和不确定性,所以笔者又采用微相组合的方法,综合分析解释其沉积环境及其演变。本文对研究区主要存在的微相组合归类为十个基本相组:

2.1 相组 M₁-M₂-M₃(图 1a)

见于吴家山隆起区 D₂组下段。其中以 M₁(结晶灰岩或大理岩)为主,夹数层 M₂。有时 GM₁ 取代 M₂,呈 M₁-GM₁-M₁ 形式。M₁ 无任何波浪标志以及不与其它高能微相共生,显然其形成于正常浪基面之下,但又缺乏任何斜坡环境标志,所以属开阔台地低能环境。从 M₁ 到 M₂ 可视为一个沉积层序,代表了地壳运动,使台地抬升,蒸发作用使浓缩的海水残留在沉积物孔隙和层间,导致上部的 M₁ 准同生选择性白云岩化形成 M₂。因此,该相组代表周期性上升下降的开阔台地环境。

部 GM₁ 可能属礁后滩相的产物。因此,该相组代表了较完整的礁前→礁→礁后环境演化。

2.6 相组 M₆→MG₆→R₃(MG₅)→GM₅(GM₃、M₅)(图 1e 中下部)

主要分布于本区西部矿区的 D₂ 组上段中部,其主体为 R₃(MG₅)-GM₅(GM₃、M₅)交互形式。该相组中 M₆ 与陆源泥质岩构成互层,发育水平层理和细微斜层理,代表低能环境的产物。MG₆(粉屑灰岩)有时被 MG₂ 或 MG₄ 代替,具交错层理、潮汐层理、分选和磨圆好,代表潮汐浅滩环境。R₃ 与 MG₅ 组合具一定地层层位、横向延伸较稳定,属生物滩~层礁环境。GM₅、GM₃ 和 M₅ 组合含有机质高、含完整竹节石和微体介形虫化石以及控制铅锌矿的形成特征,代表静水低能还原盆地环境。因此,该相组代表了生物滩(层)礁~滩后浅水盆地的环境演化趋势。

2.7 相组 M₄(GM₄)-M₇-MG₅(GM₃、GM₅)-M₅(图 1f 下部)

见于 D₂ 组上段中部,广泛分布于洛坝、邓家山等许多矿区。与相组 6 十分类似,并常共生。但 M₄-GM₄-M₇, 代表潮汐作用微弱的潮间潮坪环境。MG₅、GM₅ 和 GM₃ 组合代表潮间高能生物滩环境;M₅ 赋存铅锌矿体,代表滩后浅水还原盆地环境。因此,该相组代表潮间潮坪→潮间生物滩→滩后浅水盆地环境的演变。

2.8 相组 R₄-M₅(图 1f 中部)

分布于洛坝矿区,位于相组 7 之上。其中 M₅ 赋存铅锌矿体;R₄ 具一定地层层位,延伸较稳定,厚度一般不大(1~3m),产于滩后浅水盆地相之中,属生物层礁相产物。所以该相组代表生物层礁~滩后浅水盆地环境组合。

2.9 相组 R₃-GM₃(GM₅)(图 1g 中部)

分布于庙沟、焦沟等地的 D₂ 组上段,其中赋存有铅锌矿体。该相组厚度不大,沿走向及垂向发生急剧相变为陆源细粒碎屑岩。所以该相组代表点礁环境。

2.10 相组 M₆-M₇-M₆(图 1e、f、g 上部)

分布十分广泛,特别是 D₂ 组上段上部,呈夹层产于钙质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩之中,是特殊的碎屑岩与碳酸盐岩组合。其以薄至中层状、陆源混入物多、具生物搅动构造和小间断面、发育水平和波状层理为特征,代表陆棚环境。在局部地区(如毕家山、页水河地区)该相组底部夹 MG₆(扁豆状灰岩),MG₆ 可能属风暴浪高峰期产物。

小结

通过本文的研究,认识如下:

1. 西成地区中泥盆统碳酸盐岩可划分出四类 26 种微相。根据微相的相邻和共生关系,可建立十个主要出现的微相组合,它们分别代表开阔台地、局限台地半开阔台地、礁前→礁→礁后、生物滩(层)礁→滩后浅水盆地、点礁和陆棚等环境。

2. 西成地区中泥盆统主要控矿的碳酸盐岩沉积微相组合反映的有利成矿环境如:半开阔台地凹陷还原盆地和生物滩(层)礁后浅水还原盆地。

3. 西成地区中泥盆统地层中广泛发育的碳酸盐岩以其岩相种类多、纵横向相变急剧为特征,因此,对其深入的认识还需进一步详细的研究,特别是古生物和微体古生物的研究。

本文第一部分 1.1, 1.2 由武安斌执笔。在野外工作中曾得到孙胜利、周少平以及有关矿山和地质队同志的协助,在此谨致衷心感谢!

收稿日期:1991年12月23日

Analysis of Microfacies, Microfacies Associations and Sedimentary Environments of Carbonate Rocks of the Middle Devonian in Xicheng Pb-Zn Orefield

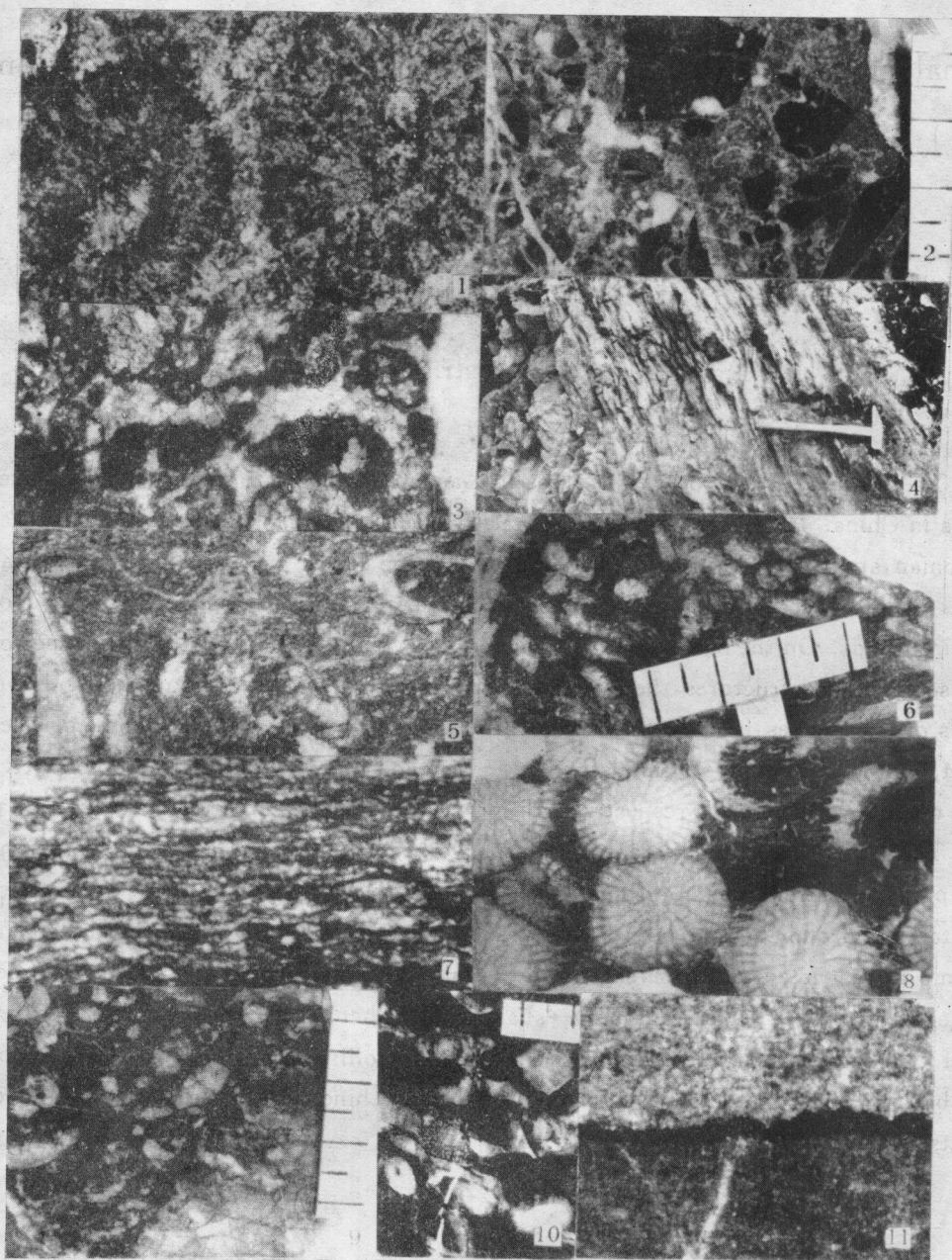
Song Chunhui, Wu Anbin

(Department of Geology, Lanzhou University)

Abstract

The Xicheng Pb-Zn orefield locates in Gansu Province, is one of the most famous orefields in China. Its controlling horizon are Anjiacha and Xihanshui formations of the middle Devonian, and its ore-bearing rocks belong to marine clastic and carbonate rocks. Carbonate rocks characterized wide spreading, multi-rock types, rapid facies changment and good ore-bearing bedds. On the basis of textural origin classification and consulting the types of grains and sedimentary structures, the carbonate rocks can be divided into four types and twenty-six kinds of microfacies: include seven kinds of grainstone ($MG_1 - MG_7$), six kinds of wackestone ($GM_1 - GM_6$), nine kinds of mudstone ($M_1 - M_9$) and four kinds of hermatobiolith ($R_1 - R_4$). The microfacies represent respectively different sedimentary conditions and environments.

Ten kinds of microfacies associations have been established according to neighbouring and paragenetic relationship of micro-facies. Each association corresponds a designated sedimentary environment and its evolution: such as (Fig. 1) open platform, uppertidal zone-swamp in restricted platform, sag basin of semi-open platform, reef-fore \rightarrow reef \rightarrow reef-back, biogenic bank (or stratigraphic reef) \rightarrow shallow basin behind bank \rightarrow shelf and shelf point reef shelf. On the basis of microfacies associations controlling Pb-Zn ore, this paper shows that sag basin of semi-open platform and shallow basin behind the bank are a favourable environments to form Pb-Zn ore.



1. 亮晶团粒灰岩, 单偏光 $\times 45$; 2. 泥晶屑灰岩, 自然光; 3. 亮晶团粒灰岩, 单偏光 $\times 25$; 4. 层纹状白云岩, 野外露头; 5. 含竹节石碳质泥晶灰岩(右上角为完整介形虫, 左边为长条尖锥状竹节石), 单偏光 $\times 25$; 6. 生物灰岩, 自然光; 7. 微层纹生物碎屑泥晶灰岩, 单偏光 $\times 25$; 8. 生物骨架岩, 单偏光 $\times 10$; 9. 含铁白云石生物碎屑泥晶灰岩, 自然光; 10. 碳质生物碎屑泥晶达岩, 自然光; 11. 含生物粉砂质泥晶灰岩(赠为小间断面), 正交光 $\times 25$ 。