

湘中地区的泥盆系基底断裂、 岩相和层控矿床

刘文均

(湖南地质科学研究所)

湖南中部地区,泥盆系发育良好,岩相变化显著,蕴藏有丰富的层控铅锌矿、黄铁矿矿床,著名的具有层控矿床特征的锡矿山锑矿床也出现于该层位中。本文试图在讨论本区加里东期构造背景、泥盆系岩相变化及层控矿床特点的基础上,说明基底断裂、岩相和层控矿床之间的联系。这种关系在国内外其它层位的层控矿床中,也是具有普遍意义的。在我国,除湘中地区外,湘西、桂北、黔西、秦岭等地的许多层控矿床,均与基底断裂控制的不同岩相带有关。在国外,H. Skall(1975)曾详细论证了北东东向深大断裂与著名的加拿大派因帕因特铅锌矿床的岩相和矿化作用的关系。M. J. Russell(1968)也指出爱尔兰石炭系中的层控贱金属矿床受该区南北向的加里东断裂的控制。

区域地质构造概貌

湘中地区位于江南地轴东南侧的华南加里东—印支褶皱系中。该区是在加里东运动后进入稳定发展阶段的,印支—燕山运动也较为强烈,大部分断裂构造具继承性活动特点,次级构造单元包括雪峰山边缘褶皱带和祁阳弧形构造两部分(图1)。

雪峰山边缘褶皱带位于本区西部,由一系列北北东—北东向的加里东期断裂和褶皱组成,卷入地层以下古生界为主,印支—燕山期有断裂活动发生并伴有岩浆活动。印支运动中出现的祁阳弧形构造涉及本区的大部分,卷入了从泥盆系到中三叠统的全部地层,组成一系列弧顶向西突出的褶皱和断裂构造。它的北翼穿插有几个轴向北东并呈东西向排列的穹窿构造,或称龙山—白马山东西向构造带。其南翼也有一近北东向排列的穹窿。此外,区内还有两组纵贯全区的北东向断裂带,即城步—新化断裂带和新宁—邵阳断裂带,它们分别与龙山—白马山东西向构造及弧形构造的南翼斜交。

湘中地区的基底断裂及其继承性活动特点

本区的基底断裂,系指加里东运动中出现的区域大断裂而言。它们常具继承性活动特点,对后期构造有明显的影响。对于它们的鉴别,常借助于基底地质构造形态分析、岩浆作用、成矿作用,以及物探、地震、卫片影象等资料的综合分析。

根据区域地质资料的初步分析,湘中地区在加里东运动后,西面、北面为江南地轴(古

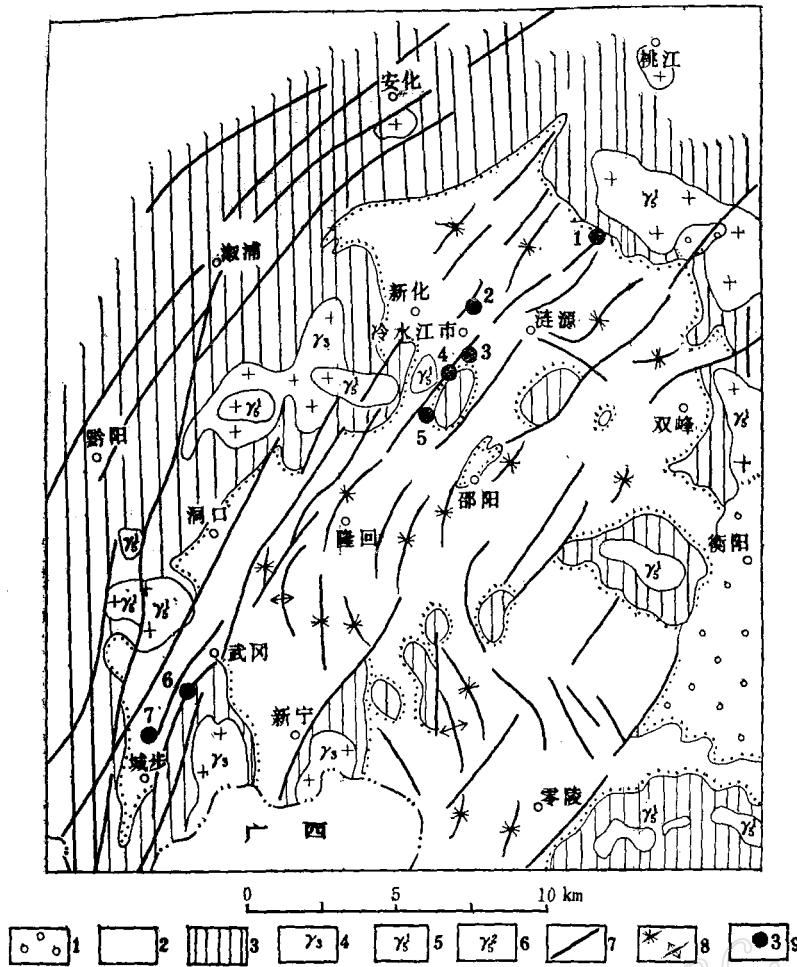


图 1 湖南中部地区构造简图

1—中生界；2—上古生界；3—前泥盆系；4—加里东期岩体；5—印支期岩体；6—燕山期岩体；7—重要断裂；8—向斜、背斜；9—矿床及编号（1为青山冲，2为锡矿山，3为禾青，4为洪水坪，5为白云铺，6为西岩，7为铺头）

Fig. 1. Schematic geological map showing structures of central Hunan.

1—Mesozoic-Cenozoic; 2—Upper Paleozoic; 3—Pre-Devonian; 4—Caledonian intrusive body; 5—Indosinian intrusive body; 6—Yanshanian intrusive body; 7—Major fracture; 8—Syncline and anticline; 9—Ore deposit and its serial number (1—Qingshanchong; 2—Xikuangshan; 3—Heqing; 4—Hongshuiping; 5—Baiyunpu; 6—Xiyao; 7—Putou).

陆)所包围,东部有衡阳-株洲隆起,形成北东向展布的拗陷区。区内存在有以北东方向为主、北西方向次之的两组基底断裂。它们互相交错、互有升降,形成若干菱形断块。在海西期、印支期、燕山期,甚至喜山期均有继承性活动,并以不同的方式在泥盆纪沉积相及盖层构造中显示其存在。它们的主要特征及不同时期的活动证据见表1。现以具代表意义的城步-新化断裂带详述如下。

该断裂带由若干北西倾的大断裂组成,走向北东30°左右,延长300余千米,宽几千米到十余千米,切割了上古生界及部分下古生界。它的南段为位于猫儿山背斜西侧的城步断裂

表1 湘中地区基底断裂特征一览表

Table 1. Characteristics of basement fractures in central Hunan

方位	名称	一般特点	不同构造期活动特点			其他
			加里东期	海西-印支期	燕山期	
北 东 向	城步-新化断裂带	走向北东30°左右, 延长近300km, 断裂带宽10余km, 断面北西倾	断裂以西发育有早志留世复理石槽地, 以东无志留纪沉积	影响泥盆纪沉积, 切穿上古生界并限制祁阳弧形构造的发育, 断裂两侧构造形态不同	以断裂活动为主, 反钟向扭动, 形成若干次级入字型构造	卫片影象清楚, 有重力和航磁异常
	新宁-邵阳断裂带	走向北东30°左右, 延长近500km, 北西倾	控制了北东向加里东期的越城岭岩体, 在岩体西侧形成片麻岩带	影响泥盆纪沉积, 切穿上古生界	以断裂活动为主, 切穿印支期的沙山岩体, 限制白垩系分布	有卫片影象和重力异常, 为近期地震活动带和地热异常带
	零陵断裂带	走向北东30°-35°, 断面北西倾, 延长甚远	影响和控制寒武系、奥陶系的沉积相和厚度, 以东厚度显著增大	影响泥盆纪沉积, 切穿上古生界	限制白垩系分布, 在燕山期岩体边缘形成片麻岩带	卫片影象清楚
北 西 向	双峰-涟源断裂	隐伏断裂带, 北西300°方向延伸		影响和限制印支期构造形态, 沿断裂线向斜构造同步扬起	在印支期褶皱上形成北西向横跨褶皱	断裂两侧航磁异常有明显差别
	祁阳-邵阳(白仓)断裂	北西300°-305°方向延伸, 形成若干北西向平行斜列且密集成带的断裂和褶皱		影响泥盆纪沉积, 切穿了上古生界, 限制侏罗纪地层分布	限制白垩系分布, 断裂带、侏罗系、白垩系均被卷入新的断裂	卫片影象较清晰

带, 武岗以北, 控制侏罗纪地层沿断裂带分布。中段为大乘山背斜西侧的龙溪铺断裂带, 部分切入印支期的天龙山岩体。冷水江市以北, 断裂带经新化、锡矿山, 抵安化大福坪后逐渐消失于板溪群中。该断裂带南段在卫片上影象清晰, 有明显的重力异常, 沿龙溪铺断裂还有明显的磁异常显示。此外, 武岗-洞口-新化, 是近代地震震中分布带, 也是一个低温热水异常带。这些资料表明, 该断裂带在燕山期以来的活动是明显的。

下述事实则可以说明它是在加里东运动中出现的具有多期活动的基底断裂带:

(1) 以大断裂为界, 两侧的下古生界变化很大。西侧, 大片志留系呈北东向分布, 属地槽型复理石建造, 由浅变质的粉砂岩、粉砂质页岩和页岩组成明显的韵律层, 层面上的冲刷、拖曳痕及槽形印模等屡见不鲜。其厚度仅下统已达2500m以上。而在断裂带以东的湘中以至湘南的大片地区内, 至今没有发现志留系。因此, 该断裂带在志留纪时是雪峰山边缘冒地槽的东界。

(2) 新邵龙溪铺附近, 大断裂东西两侧跳马涧组底部不整合面以下, 分别出露了震旦系一寒武系和志留系, 两者走向不一, 平面距离仅2000m左右, 其间地层缺失甚多, 应有断裂通过。

在泥盆纪, 它的存在直接影响和控制了沉积岩相古地理(详见后述)。印支运动中, 它对上古生界的构造形态有着明显的影响。北段, 在断裂带以西, 盖层构造以断裂为主, 褶皱紧闭; 以东则以宽缓的向斜和紧闭的背斜相间排列, 断裂较少。南段在隆回、武岗一线上, 祁阳弧形构造的弧顶部分受到它的限制, 以西不复存在。

燕山运动中, 该断裂最终形成今日的面貌, 西盘以反钟向扭动为特点, 东盘出现许多北东向的“人”字型断裂及褶曲, 许多层控矿床都出现在这些次级构造中。

基底断裂与泥盆系岩相古地理

某一地史时期的岩相古地理特点, 都要受到构造环境(盆地性质、基底断裂以及同沉积构造活动等)的影响和控制。反之, 岩相古地理特征及其演化, 又可作为认识和判断构造环境特点的重要标志。因此, 岩相古地理特征和构造背景之间, 常常是互相印证的, 特别是在一次区域性造山运动之后的盖层沉积中, 基底断裂的同沉积活动较为强烈, 岩相分异较为明显, 更能直接反映基底断裂的特点。

湘中地区, 加里东基底断裂及其同沉积活动, 对泥盆纪不同世期(中世跳马涧期、棋梓桥期; 晚世佘田桥期、锡矿山期)沉积相的影响是十分明显的, 而且两组构造方向各具特色。

首先, 从跳马涧期的岩组图上(图2)可以看出, 本期沉积物可分三种组合, 即砂砾岩组、砂岩组和粉砂岩-泥岩组。它们的空间分布图象, 清楚地显示了本区的构造背景。盆地中心粉砂岩-泥岩组的分布, 显示了坳陷中心的位置, 也反映了北东向构造的影响, 其西界则与城步-新化断裂带大致重合。它的西南端以及衡阳-株洲隆褶带上的砂砾岩组的南端, 也正好与祁阳北西向断裂带重合。

棋梓桥早期, 本区以开阔浅海环境为主, 开始接受含大量广海底栖生物的泥灰岩、微晶灰岩、生物屑微晶灰岩等碳酸盐沉积。

棋梓桥晚期, 区内的岩相古地理面貌发生了明显分异, 出现了两类不同的岩相古地理单元, 即碳酸盐岩台地和台沟, 其特点对比如表2。

以上特点表明, 前者是在海水受到局限, 盐度增高, 潮汐作用影响显著, 能量中等的浅水(几米到十几米)环境下形成的; 后者则主要是在海域通畅, 盐度正常, 海水较深(几百米), 能量较低的环境下形成的。在空间上, 台地和台沟呈北东向相间分布(图3)。特别是在城步-新化一线上, 台沟呈线状延长达数百千米, 纵贯湘中, 南延入桂, 而其宽度仅10km。台沟所在位置, 正是大断裂带经过的地方。两类岩相间的过渡关系可以在部分地方见到。在城步西岩的钻孔中, 棋梓桥组上段出现了特殊的岩石类型和生物组合, 即在暗色具水平层理的含大量浮游生物的台沟相沉积物中, 出现若干含枝状层孔虫的亮晶砂屑灰岩薄夹层, 有的还具韵律性特点, 层间为突变关系并有冲刷断面存在, 偶夹砾屑灰岩层。暗色层中还出现有同生变形层理。这些特点, 应属深水台沟边缘斜坡上的重力流沉积(包括碎屑流或

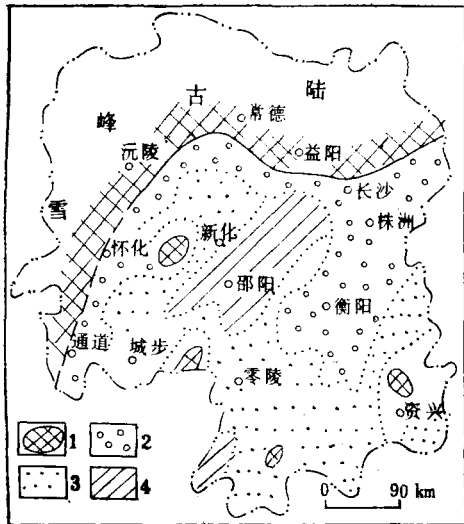


图2 湖南中泥盆统跳马涧组岩组略图
1—古剥蚀区；2—砂砾岩区；3—砂岩区；4—粉砂岩-泥岩区
Fig.2. Schematic lithological map of Middle Devonian Tiaomajian Formation in Hunan.
1—Ancient denudated area; 2—Sandstone-conglomerate area; 3—Sandstone area; 4—Siltstone-mudstone area.

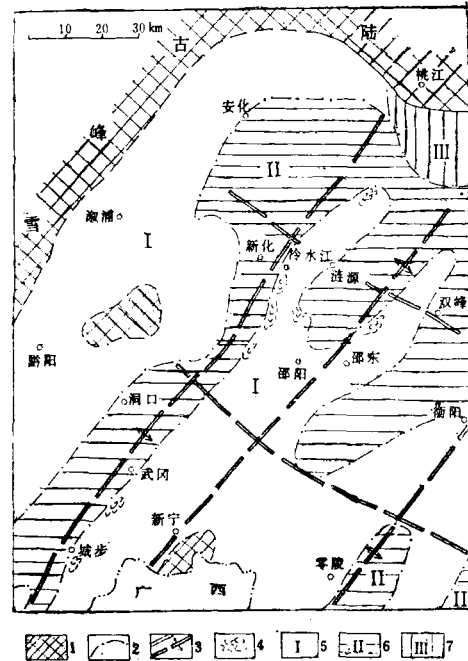


图3 湘中中泥盆世棋梓桥晚期岩相古地理略图
1—古陆；2—相界；3—同沉积断裂；4—生物礁滩；5—台地相；6—台沟相；7—三角洲相
Fig.3. Diagrammatic lithofacies-paleogeographic map of Late Qiziqiao stage of Middle Devonian in central Hunan.
1—Old land; 2—Boundary of lithofacies; 3—Syndimentary fracture; 4—Bioherm beach; 5—Platform facies; 6—Platformal trough facies; 7—Delta facies.

表2 湘中泥盆系棋梓桥组不同岩相区特征比较表

Table 2. Characteristics of different lithofacies areas of Devonian Qiziqiao Formation in central Hunan

	台地	台沟
岩石类型	粒屑泥晶灰岩、粒屑灰岩、球粒灰岩、鲕粒灰岩、核形石灰岩、藻灰岩、白云质灰岩、白云岩、生物礁灰岩	泥晶灰岩、泥晶泥质灰岩、含生物屑泥晶灰岩、泥灰岩、硅质岩、硅质灰岩
颜色	灰白色、灰色	深灰色、灰黑色
结构构造	厚层块状、纹层状，具鸟眼、干裂、冲刷痕、垂直虫孔等	中薄层水平层理、透镜状及瘤状，具水平虫迹
生物组合	层孔虫及蓝绿藻发育，少量小个体腕足、珊瑚、棘皮等	浮游及游泳生物为主，放射虫、竹节石、瓣鳃等，少量珊瑚、腕足
厚度	300—600 m	100—200 m

浊流)。在新邵定河冲剖面上,深水和浅水沉积成互层,浮游和局限环境生物共生,也夹有多层砾屑灰岩,呈韵律层出现。重力流的出现,表明台沟和台地间的沉积基面是倾斜的,其触发机制则可能与同沉积构造活动有关。平面上,台沟东侧的台地边缘上,尚有呈线状断续分布的生物滩或泥丘,在涟源雷鸣桥,冷水江禾青、洪水坪,新邵巨口铺、白云铺,城步西岩等地均可见及。生物滩式泥丘间则为暗色深水沉积物,呈锯齿状分布关系。具有方向性的线状台沟与基底断裂在空间上的一致性,以及台沟边缘斜坡上重力流的存在,表明这些台沟是基底断裂同沉积期活动的产物。其活动方式应以张性扩张为特点,因此在比较平坦的浅水碳酸盐台地上,造成一些宽度不大的线状地堑式台沟。在其它几条北东向基底断裂带上,也有

类似的台沟出现,但由于祁阳北西向断裂的存在引起南部隆起带的上升,这些台沟未能南延。

棋梓桥期末,本区有短暂的海退发生,北部古陆边缘出现有破坏性三角洲沉积。随后构造活动增强,台沟继续加深,沉积了含大量放射虫和浮游生物的深水硅质岩层,其中常含分散的莓球状黄铁矿,局部形成工业矿床(城步铺头)。而在台地上仍保持浅水局限环境,并有大量白云岩出现。

余田桥期的古地理面貌继续保持北东向台沟分割的局面。台地渐趋开放,祁阳北西向断裂以南出现了高能环境下形成的亮晶鲕粒滩和核形石滩。冷水江市以北,古陆边缘夹持于两条断裂带间的三角洲相继续向南推进,并在其前缘与台地上的碳酸盐形成砂泥质的混合潮坪。台沟边缘仍可见重力流沉积。晚期,随着构造活动再次趋于缓和,台沟逐渐得到补偿,海水变浅,底栖生物逐渐丰富,能量增高,碎屑成分渐次增多,台沟也就逐渐消失了。

到锡矿山期,北东向台、沟相间的局面已基本消失,整个湘中地区以开放的潮坪环境为主,晚期有广泛的海退发生,出现大面积的碎屑沉积,从而结束了泥盆纪的沉积历史。

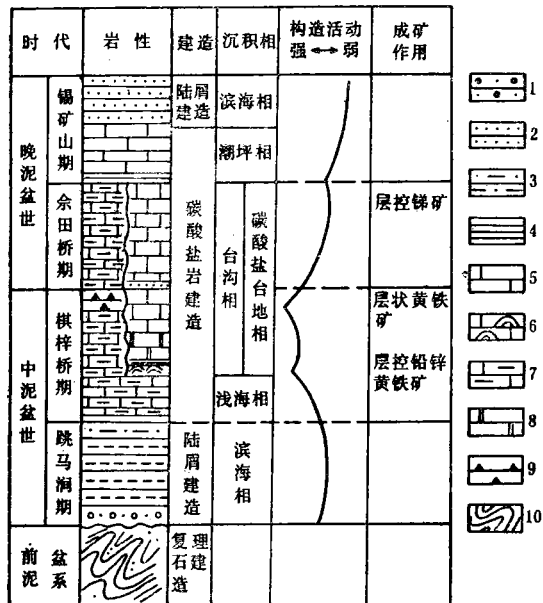


图 4 湘中泥盆纪岩相、构造活动及矿化柱状图

- 1—砂砾岩; 2—砂岩; 3—粉砂质页岩; 4—页岩;
- 5—灰岩; 6—礁灰岩; 7—泥质灰岩; 8—白云岩;
- 9—硅质岩; 10—浅变质岩

Fig.4. Integrated column illustrating lithofacies, structural activities and mineralization of Devonian in central Hunan.

- 1—Sandstone-conglomerate; 2—Sandstone; 3—Silty shale; 4—Shale; 5—Limestone; 6—Bioherm limestone; 7—Argillaceous limestone; 8—Dolomite; 9—Siliceous rocks; 10—Low-grade metamorphic rocks.

总之可知,湘中地区泥盆纪的岩相古地理面貌,是由加里东基底的北东向和北西向断裂的同沉积期构造活动所控制的。因而岩相变化在空间上与之一致,具有明显的方向性和线状分布特点。这种由于同沉积构造活动所引起的岩相分异带,特称为构造-岩相带。基底断裂的活动方式,北东向断裂主要以张性扩张为特点,形成线状地堑(台沟),北西向断裂主要

以升降活动为特点。基底断裂在时间上的活动特点也具有全区的一致性和明显的节奏性（图4）。棋梓桥早、晚期的分界是以*Stringocephalus—Endophyllum*组合的结束和*Illmenella—Ambocoelia*组合的大量出现为界，区内台地和台沟的分异也是与此界限相当的。棋梓桥期末和余田桥期初，是本区的最大海侵时期，也是构造活动的高潮期，台沟中表现为海水加深和硅质岩系的普遍出现，台地上则普遍出现具有间歇性暴露标志的潮上环境和白云岩化。至锡矿山期，全区自北向南西有大规模的海退发生，构造活动趋于低潮，台沟分割的局面也就结束了。

显然，只有在统一的构造应力场作用下，才可能使岩相变化具有同时性，空间上具有方向性。这就是本区基底断裂的同沉积活动对岩相古地理的影响和控制。

基底断裂与层控矿床

湘中地区，产于泥盆系中的层控矿床有铅锌-黄铁矿矿床和铋汞矿床等两种组合。它们主要分布于城步-新化构造-岩相带上，彼此叠置，组成同一成矿带。工业矿床自北而南计有：青山冲黄铁矿矿床、锡矿山铋矿床、禾青铅锌矿床、洪水坪黄铁矿矿床、白云铺铅锌矿床、周山铅锌矿床等。早期成岩阶段形成的铺头黄铁矿矿床也位于此带上。该成矿带上的铅锌、黄铁矿矿床有如下共同特点：

1. 这些矿床均位于大背斜构造的翼部或转折端。主要控矿构造是城步-新化断裂带及其在燕山期形成的“入”字型构造（图5）。如禾青矿区的F断裂，白云铺矿区的渡头桥断裂，均属城步-新化基底断裂带的一部分，大多数矿体均限于这些断裂及其次级“入”字型断裂所限定的范围内。洪水坪矿区则直接位于龙溪铺断裂下盘的层间破碎带中。周山矿床也与城步断裂下盘的层间破碎带有关。可见大断裂带及其次级断裂是这些矿床的导矿和容矿构造。

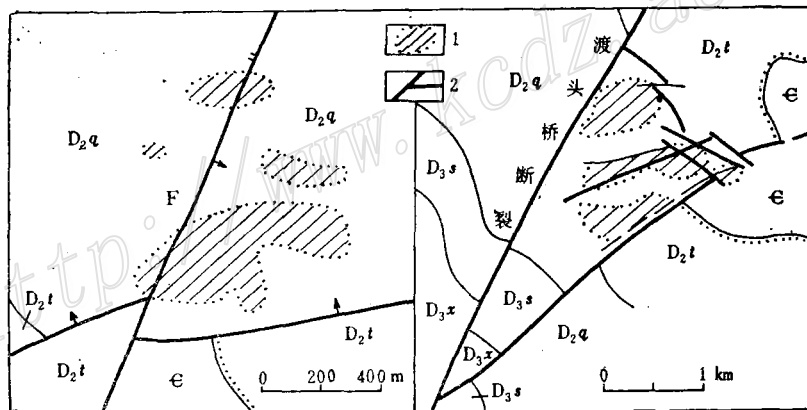


图5 禾青（左）白云铺（右）铅锌矿区地质略图

D_{3x}—锡矿山组；D_{3s}—余田桥组；D_{2q}—棋梓桥组；D_{2t}—跳马涧组；ε—寒武系；1—铅锌矿体；2—断裂

Fig.5. Schematic geological map of the Heqing (left) and the Baiyunpu (right) lead-zinc ore district.

D_{3x}—Xikuangshan Formation; D_{3s}—Shetianqiao Formation; D_{2q}—Qiziqiao Formation; D_{2t}—Tiaomajian Formation; ε—Cambrian; 1—Lead-zinc orebody; 2—Fracture.

2. 矿体呈层状、似层状与地层整合产出。矿化层位全区可以对比，主要出现在棋梓桥组上段下部，控矿岩相为生物礁相及其上部的局限台地相，通常为礁灰岩或白云岩（图4）。在古地理位置上，已知矿床均位于碳酸盐台地边缘（图6）。例如在大乘山背斜西翼的台地边缘，由于断续分布的生物礁（滩）的存在，边缘形态呈锯齿状，其间为台沟相或斜坡相沉积物，禾青、洪水坪、白云铺等矿床，分别位于三个台地边缘的生物礁组合中（图7）。

3. 矿石组分简单。金属矿物以黄铁矿、闪锌矿、方铅矿为主；脉石矿物为方解石或白

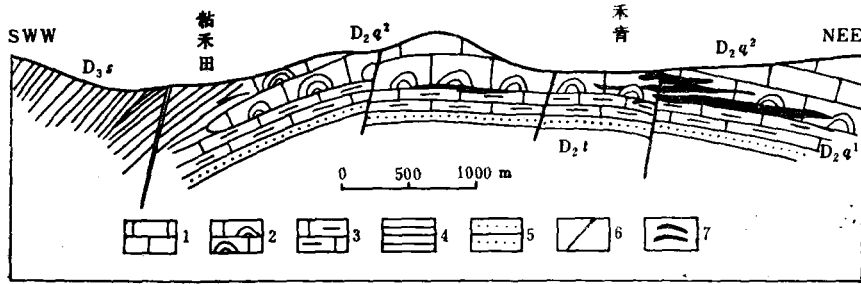


图6 禾青铅锌矿区岩相、矿化剖面图

D_{3s} —余田桥组； D_{2q^2} —棋梓桥组上段； D_{2q^1} —棋梓桥组下段； D_{2t} —跳马涧组；1—台地相灰岩；2—台地相生物礁灰岩；3—浅海相泥质灰岩；4—台沟相泥灰岩；5—砂岩；6—断裂；7—矿体

Fig. 6. Geological section of the Heqing lead-zinc ore district showing lithofacies and mineralization.

D_{3s} —Sherianqiao Formation; D_{2q^2} —Upper member of Qiziqiao Formation; D_{2q^1} —Lower member of Qiziqiao Formation; D_{2t} —Tiaomajian Formation; 1—Limestone of platform facies; 2—Bioherm limestone of platform facies; 3—Argillaceous limestone of neritic facies; 4—Marlite of platform-trough facies; 5—Sandstone; 6—Fracture; 7—Orebody.

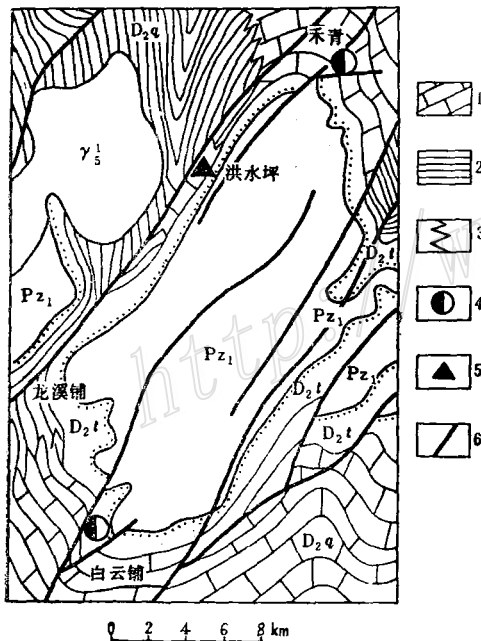


图7 湘中中泥盆统棋梓桥组中层控矿床及其与构造、岩相的关系略图

D_{2q} —棋梓桥组； D_{2t} —跳马涧组； Pz_1 —下古生界； γ_5^6 —印支期岩体；1—台地相；2—台沟相；3—相变界线；4—铅锌矿床；5—黄铁矿床；6—断裂

Fig. 7. Sketch map illustrating relationship of stratabound ore deposits in Middle Devonian Qiziqiao Formation of central Hunan to structures and lithofacies.

D_{2q} —Middle Devonian Qiziqiao Formation; D_{2t} —Tiaomajian Formation; Pz_1 —Lower Paleozoic; γ_5^6 —Indosinian intrusive body; 1—Platform facies; 2—Platform-trough facies; 3—Boundary of lithofacies; 4—Lead-zinc deposit; 5—Pyrite deposit; 6—Fracture.

云石(随围岩成分而异),偶有重晶石。矿石中 $Pb:Zn=1:2.5$,伴生组分中Cd高Ag低,微量元素组合为Mo、Co、Ni、V、As、Mn,黄铁矿中Co/Ni比值 <1 。

4. 黄铁矿矿石以微细粒结构和纹层状、变胶状构造为特点。变胶状黄铁矿的同心环状核心中常有莓球状黄铁矿出现。此外,也发现有黄铁矿交代生物化石、藻丝体及核形石等现象。铅锌硫化物多晚于黄铁矿并与之呈交代结构。

5. 硫同位素组成以离散范围较大、富集 ^{32}S 为特点(表3),组成特征与台沟中早期成岩阶段形成的铺头黄铁矿矿床,以及泥盆系中分散黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值相似,反映它们具有相同的来源和成因,即具有生物成因硫的特点。不同硫化物之间均未达到同位素平衡,不能计算平衡温度,一般情况是 $\delta^{34}S_{Sp} > \delta^{34}S_{Gn} > \delta^{34}S_{Pyo}$ 。

表3 湘中泥盆系层控及沉积矿床的硫同位素组成

Table 3. Sulfur isotope compositions of Devonian stratabound and sedimentary deposits in central Hunan

矿区	样数	$\delta^{34}S$ 值变化范围 (‰)	平均值(‰)		
			黄铁矿	闪锌矿	方铅矿
白云铺	50	-24.8—33.3	2.5	3.5	1.8
禾青	31	-27.0—4.5	-20.9	-10.0	-20.6
周山	5	-21.5—-13.5	-17.6	-16.7	-14.9
青山冲	15	-16.5—0.2	-8.5		
洪水坪	16	-26.4—-5.3	-22.3		
铺头	40	-28.0—-17.4	-23.4		
地层中分散黄铁矿	4	-13.2—-4.7	-9.3		

6. 据41个铅同位素样品分析结果,矿带上铅同位素的组成: $^{206}Pb/^{204}Pb$ 的比值为17.01—18.48; $^{207}Pb/^{204}Pb$ 比值为14.75—16.11; $^{208}Pb/^{204}Pb$ 比值为35.01—40.07。其中绝大部分为正常铅,少数为异常铅,具混合类型铅的特点。据多伊和斯塔西的模式年龄计算结果统计,全部年龄数据明显地存在三个峰值,即以5—7亿年为主,3—4亿年次之,少量为1—2亿年。说明成矿物质有多重来源,大部分来自震旦系、寒武系,部分与泥盆系有关。

7. 近矿蚀变围岩和矿区外围未蚀变的棋梓桥组灰岩,以及矿床中方解石脉的氧、碳同位素组成十分近似(表4),说明它们的来源是相同的。

8. 均一法测温结果(表5)说明,这些矿床的形成温度很低。利用均一温度和方解石

表4 湘中泥盆系层控矿床的氧碳同位素组成

Table 4. Oxygen and carbon isotopic compositions of Devonian stratabound deposits in central Hunan

矿区	样品	样数	$\delta^{18}O_{SMOW}$ (‰)	$\delta^{13}C_{PDB}$ (‰)
白云铺	方解石	4	13.38—19.74	-0.18
洪水坪	方解石	4	17.52—19.08	-0.2—0.12
	蚀变灰岩	7	14.87—20.01	-1.0—1.5
	棋梓桥组未蚀变灰岩	11	19.13—24.40	-0.9—0.9

脉的 $\delta^{18}O$ 值计算出成矿溶液的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值为 -0.22 — -4.25% ，可见成矿溶液来源是建造水或大气降水。据个别矿区晚期方解石脉中包体的冷冻资料，含盐度为 0.55 — 1.65% ，推测早期

表5 湘中泥盆系中层控矿床的成矿温度

Table 5. Ore-forming temperatures of Devonian stratabound deposits in central Hunan

矿区	矿物	平均温度	变化范围
白云铺	方解石		110—220 °C
白云铺	重晶石		90—170 °C
禾青	方解石	154 °C	137—170 °C
青山冲	方解石	115 °C	90—120 °C
洪水坪	方解石	135.5 °C	

含矿溶液的含盐度也不是很高的。

9. 湘中地区有关地层中微量元素分析资料(表6)表明,本区泥盆系棋梓桥组以及寒武系、奥陶系中, Pb、Zn、Co、Ni、Mo、V、As的含量都比较高,其中尤以寒武系碳质板岩中的含量最高。这一元素组合又与矿石的微量元素组合相似,可见成矿物质来源与泥盆系和寒武系有关。

以上的特点表明,这些铅锌、黄铁矿矿床具有相同的物质来源和成矿控制因素,应属同一成矿系列的产物。它们的形成共同经历了沉积-成岩阶段和后生阶段,成矿金属元素主要来源于下伏的震旦—寒武系,部分来自泥盆系,

硫来自泥盆系(主要是台沟相)的生物成因硫,成矿溶液来自大气降水或建造水,为低温低盐度含矿卤水,部分黄铁矿形成于早期成岩阶段,铅锌矿主要形成于后生阶段(燕山期)。成矿主要控制因素是层位、岩相和多旋回基底断裂,即北东向构造-岩相带控矿。构造-岩相带

表6 湘中泥盆系及有关层位中微量元素含量表(据林兵, 1984)

Table 6. Minor element contents of various horizons of Devonian strata in central Hunan

层位	岩性	样数	元素平均含量(ppm)								
			Pb	Zn	Mn	Co	Ni	Mo	V	As	Sb
D ₂ q ²	灰岩、白云岩	172	120.9	57.5	442	10.8	11.7	20.3	30.5	8.0	9.3
D ₂ q ¹	灰岩、泥灰岩	20	112	237	1029	15.9	8.9	17.0	35.5	6.1	1.1
D ₂ q ¹	页岩	17	50.1	70.8	542	13.6	17.8	7.7	31.5	16.7	2.8
D ₂ f	砂岩	44	13.3	68.4	502	6.3	8.6	1.6	11.5	24.7	20.3
O	板岩	9	20.7	159	1081	20.4	27.5	3.2	23.4	13.6	19.2
ε	碳质泥岩	26	130	130	1868	13.7	38.9	24.6	24.5	113	66.4
	地壳碳酸盐岩 ^①		9	20	1100	0.1	20	0.4	20	1	0.2
	地壳泥质岩 ^①		20	95	85	19	68	2.6	130	13	14

① 据图尔基安(1961)

的控矿机制是:

(1) 北东向基底断裂在棋梓桥期的同沉积扩张活动,控制了沉积相的空间分布。台沟中的深水还原环境和台地上的局限环境,为生物成因硫和成矿金属元素的部分富集提供了有利条件。在台地边缘形成的厚度较大具有良好孔隙度和渗透性能的生物礁(丘)和白云岩层,为后生阶段成矿提供了有利的岩性和容矿空间,台地边缘的锯齿状岩相过渡带,也为后生成矿造成了良好的物理障壁和化学障壁,有利于成矿物质的富集。

(2) 基底断裂带在印支—燕山期的继承性活动,使下伏的震旦—寒武系遭到多次破坏,提高了其中所含的成矿元素被溶滤析出的可能性。建造水或大气降水在渗流过程中从不同的

层位中淋滤出大量成矿元素并逐渐增温。

(3) 棋梓桥组是地台盖层的第一个碳酸盐岩建造, 基底断裂带的多次活动也改善了它的储集性能。当深循环的含矿热液沿断裂带上升到达棋梓桥组时, 溶液的物理化学条件发生了变化, 因而在断裂附近的有利构造和岩性组合中优先就位富集成矿, 使棋梓桥组成为本区主要的控矿层位。

总之, 基底断裂的多期活动, 早期控相, 晚期控矿, 既是矿液循环通道, 又造成有利的岩性、构造空间, 形成有利成矿的构造-岩相带, 使基底断裂、沉积相和成矿带形成三位一体的空间关系(图8)。

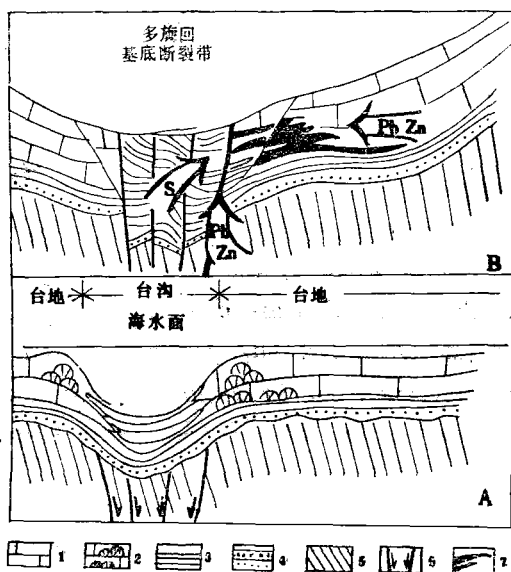


图8 基底断裂、岩相、成矿作用关系示意图

A. 沉积阶段; B. 后生阶段; 1—台地相灰岩; 2—台地边缘礁灰岩; 3—泥灰岩、泥质灰岩; 4—砂岩; 5—浅变质岩; 6—断裂; 7—矿体

Fig.8. Diagrammatic geological section illustrating relationship between basement fracture, lithofacies and mineralization.

A—Sedimentation stage; B—Epigenetic stage; 1—Limestone of platform facies; 2—Bioherm on the margin of platform; 3—Marlites; 4—Sandstone; 5—Low-grade metamorphic rocks; 6—Fracture; 7—Orebody.

主要参考文献

- [1] 涂光炽等 1984 中国层控矿床地球化学 第1卷 科学出版社
- [2] 陈好寿 1978 我国层控多金属矿床的铅同位素特征及矿床成因意义 科学通报 第10期
- [3] 刘文均 1984 湖南城步铺头黄铁矿床的沉积环境 沉积学报 第1期
- [4] 刘文均 1984 我国东部地区产于碳酸盐岩中层控矿床的区域地质特点 矿床地质 第3期
- [5] 湖南地质研究所 1982 湘中泥盆系层控铅锌黄铁矿床控矿因素及成因探讨 湖南地质 第1期
- [6] 林兵 1984 湘中大乘山地区地层地球化学特征及其演化规律探讨 湖南地质 第3期
- [7] Skall. H., 1975, The paleoenvironment of the Pine Point Lead-Zinc district. Econ. Geol., Vol. 70, pp. 22—49.
- [8] Russell. M. J., 1968, Structural controls of base metal mineralization in Ireland in relation to continental drift. Trans. Instn. Min. Metall., 77: B117—B 128.

FUNDAMENTAL FRACTURES, LITHOFACIES AND STRATABOUND ORE DEPOSITS IN DEVONIAN SYSTEM OF CENTRAL HUNAN

Liu Wenjun

*(Institute of Geological Sciences, Bureau of Geology and
Mineral Resources of Hunan Province)*

Abstract

The spatial correlation between the fundamental fractures, lithofacies and the stratabound ore deposits is illustrated in this paper, with special reference to the stratabound ore deposits in Devonian System of Central Hunan.

Following the Caledonian orogeny, a group of NE-trending great fractures occurred in this region (Fig. 1), which are characterized by prolonged inheritance of activities. During Middle Devonian Qiziqiao time, their synsedimentary expansion influenced and governed the paleogeographical landscape of sedimentary facies; as a result, there appeared NE-trending linear basins of moderate depth (troughs) along the fracture line in the shallow-water carbonate platform with bioherms distributed discontinuously on its margin. The Devonian stratabound Pb-Zn deposits and pyrite deposits of the area both occur in the reef limestone or dolomitite at the margin of the carbonate platform of Qiziqiao time (Fig. 6), and are also controlled by the NE-trending great fracture and its secondary structures (Fig. 5 and 7). Investigation shows that these ore deposits were formed in Yanshanian period with the metallogenic materials derived from the Devonian and the underlying pre-Devonian strata. The ore-forming fluids probably moved along the fracture zone and were then concentrated in favourable lithological environment.

Thus a conclusion is reached that the fundamental fractures controlled the lithofacies at their early-stage activities and the mineralization at late stage. Fundamental fractures and lithofacies seem to be closely related to stratabound ore deposits in space as a trinity.