

一个褶皱控矿的典型—— 厚婆坳银多金属矿床成矿构造浅析

郑庆年

(广东有色金属矿产地质研究所·广州)

广东潮州厚婆坳银多金属矿床,是一个成矿裂隙严格受褶皱控制的典型。矿区内含矿裂隙带与褶皱要素,如层面、劈理面、轴面、枢纽以及某些显微构造等,具有密切的空间展布和相同的应力与应变关系,褶皱构造地球化学控制成矿逆分带。文中讨论成矿构造展布规律与找矿的指导意义。

关键词 褶皱构造 层间滑动 破劈理 含矿构造

层面是成层岩石最基本的成分不均一面、构造不连续面和结合薄弱面,在构造变动过程中,必然首先发生错动移位。如果说构造运动有继承性,层面应该是连续错动面,应该见到很多(据王嘉阴)。在褶皱过程中还会伴生一系列与其有生成联系的破裂构造。这类构造破裂,不论如何错动,上层荷载总是存在,因此结构面总是以压扭性为主。当发生在成矿期,往往成为容矿构造,对矿体就位起决定性的控制作用。厚婆坳矿床就是这类构造控矿的典型。

矿床赋存于北东向的丽水—海丰壳断裂带东侧的潮安—普宁断裂与北西向的古巷断裂、水美—洋铁岭断裂及王房—潮安东西向构造三者交接部位。矿区由上三叠统碎屑岩构成一个轴向近东西、两翼不对称的楼梯坑—马肚山复式背斜构造(图1)。北翼由几个与区域构造线一致的次级褶皱组成,自西北到东南依次为轴向北东—北北东的松柏山倾伏背斜、蜈蚣岭南向斜、马肚山北构造鼻状倾伏背斜。工业矿体的成矿裂

隙展布与这些褶皱的密切关系,表现在以下几方面:

1. 矿体群总体展布格式与主褶皱空间关系

由北东和北西两组走向的含矿裂隙构成的矿区4组主要工业矿体群,在楼梯坑—马肚山主背斜的南、北翼各展布两组,总体构成菱形分布格式(图1)。

2. 褶皱翼部的含矿裂隙(脉)带与地层走向一致

赋存于马肚山背斜北翼东段至倾伏端的 V_{40} 脉组,含矿裂隙总体走向与所在翼之地层走向一致,皆为北西 $310 \sim 320^\circ$ 。而赋存于北翼西段的 V_{45} 脉组,含矿裂隙与该翼次级褶皱,松柏山背斜北西翼地层走向一致,都是北东 $65 \sim 70^\circ$,倾向北西(图2)。

3. 褶皱轴部的含矿裂隙带

(1)裂隙带的总体走向与褶皱枢纽一致
赋存于马肚山背斜轴部的中区 V_{70} 脉组,含矿裂隙总体走向北东 80° ,与背斜的

1992年3月收到,1993年7月改回,林镇泰编辑。

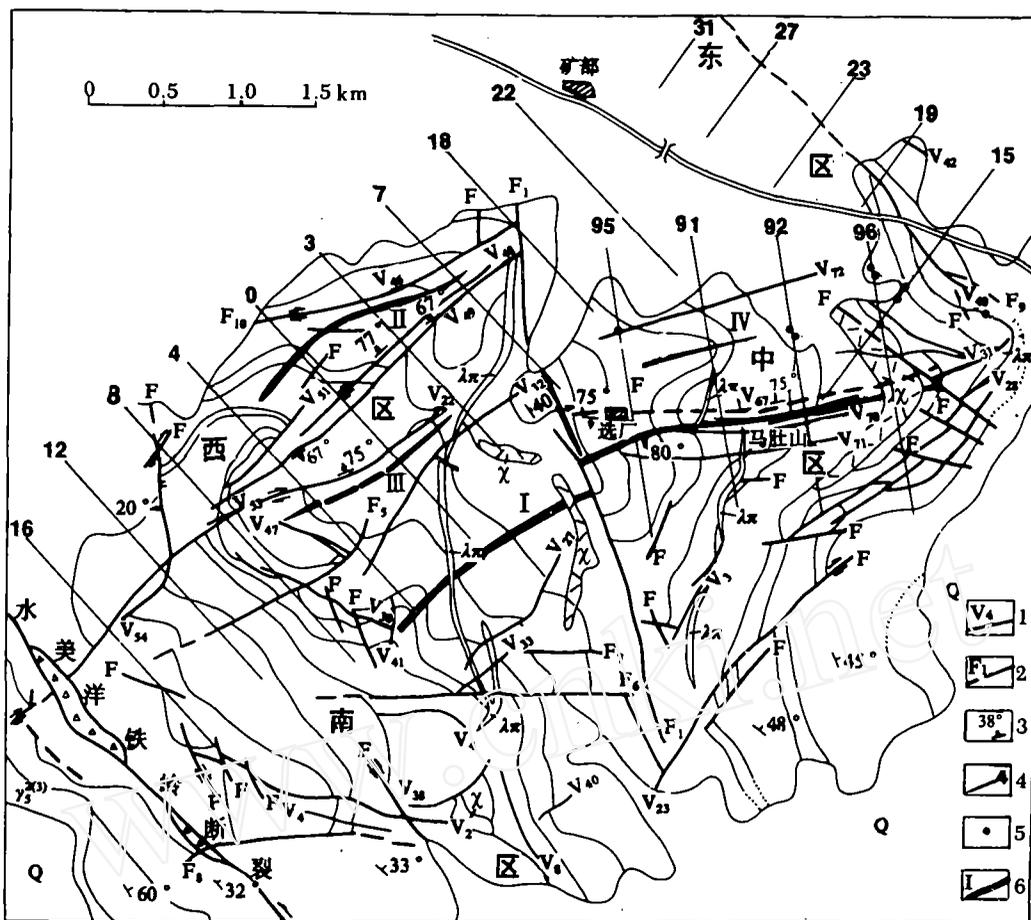


图1 厚婆坳矿区综合地质图

(据 912 队资料略修改)

Q—第四纪残积、冲积层； χ —煌斑岩脉； $\lambda\pi$ —石英斑岩； γ_3^0 —燕山三期中粒黑云母花岗岩；
1—矿脉及编号；2—断层及编号；3—岩层产状；4—勘探线及编号；5—钻孔；6—褶皱轴及编号

精确枢纽走向北东 78° 一致。赋存于蜈蚣岭南向斜轴部的 V_{22} 脉组，含矿裂隙走向与该向斜枢纽一致。东区 V_{40} 脉，含矿裂隙总体走向北西 310° ，与其所在弯褶皱翼同期滑动牵引小褶皱枢纽一致（图 3）。

(2) 裂隙带产状与褶皱轴面产状一致

赋存于马肚山背斜轴部的中区 V_{10} 等矿脉，含矿裂隙产状北东 80° ，倾向北北西，倾角 $70 \sim 80^\circ$ 。与背斜精确褶皱轴面产状北东 82° ，倾向北北西，倾角 80° 一致（图 3）。东区 V_{40} 脉含矿裂隙南东段，产状北西 $310 \sim 320^\circ$ ，倾向南西，倾角

$60 \sim 80^\circ$ ，与该翼内小褶皱轴面产状北西 $300 \sim 320^\circ$ ，倾向南西，倾角 $70 \sim 80^\circ$ 一致。

4. 含矿裂隙沿褶皱翼部层间滑动面及破裂理延伸

马肚山背斜北翼地表和坑内，可直接看到 V_{40} 矿脉，在岩层产状陡倾段（倾角 $> 70^\circ$ ）沿层间滑动面充填，在岩层产状变缓段，沿层内破裂理（图 4）穿层充填，总体构成沿倾向、随岩层产状陡缓变化，顺层间滑动面或层内破裂理交替充填交代，形成走向比较稳定、倾向比较复杂、甚至出现反倾

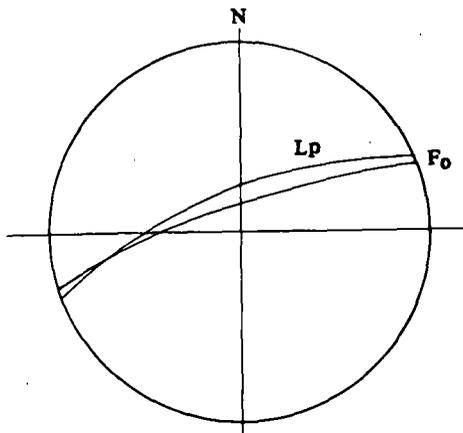


图2 含矿构造与褶皱层面关系

Lp—松柏山背斜北西翼层面投影大圆；

Fo—V₄₅含矿裂隙投影大圆

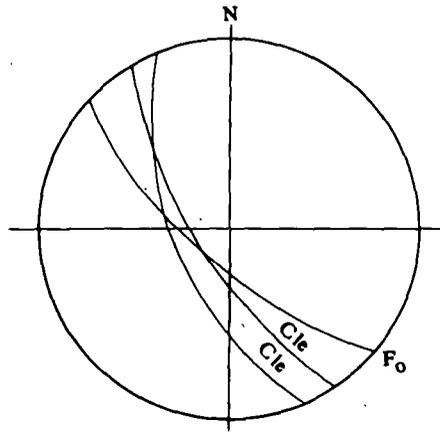


图4 含矿构造与劈理

Fo—V₄₀含矿裂隙投影大圆；Cle—破劈理投影大圆

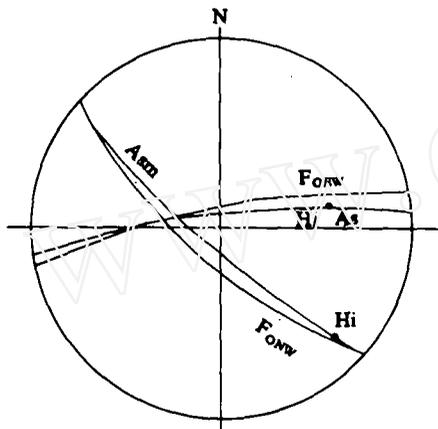


图3 含矿构造与褶曲枢纽、轴面关系

As—马肚山背斜轴面投影大圆；F_{onw}—V₆₇、V₇₀含矿裂隙投影大圆；Asm—马肚山背斜北翼小褶曲轴面投影大圆；F_{onw}—V₄₀含矿裂隙投影大圆；

Hi—枢纽投影

斜的复杂的似脉状矿体。

5. 含矿裂隙带的侧伏方向与褶皱枢纽倾伏方向一致

中区V₆₇、V₇₀脉含矿裂隙带，随马肚山背斜枢纽向东倾伏而侧伏（见图3），且裂隙间距有逐渐向背斜倾伏端轴部靠拢之势。翼部V₄₀脉含矿裂隙，则随背斜翼部地层向褶皱倾伏端轴部会聚倾伏而侧伏。西

区V₂₂脉含矿裂隙，则随松柏山背斜向北东倾伏而侧伏。

6. 含矿裂隙带与褶皱岩层层间剪切方向一致

东区V₄₀脉体，沿走向由一系列衔尾相接，末端朝顺时针方向弯曲尖灭、侧幕再现的裂隙组成（图5）。根据平移断裂（裂

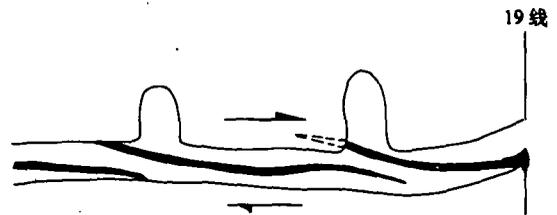


图5 V₄₀含矿裂隙侧幕形式
(东区-48m中段)

隙)末端有朝后退盘弯曲的规律(据徐嘉炜, 1984), 指示V₄₀含矿裂隙带, 曾作水平右行剪切, 这恰与马肚山背斜北翼倾伏端岩层面擦脊所指示的剪切性质和方向一致, 符合弯褶曲翼部倾伏平面应力状态和剪切方向。

7. 受弯褶曲制约翼部含矿裂隙具挤压逆冲性质

在某些剖面上(图6、7), 反映弯褶曲机制的垂向层间逆冲剪切作用下, 在产状(岩层或构造破裂空间)变缓段形成的滑脱

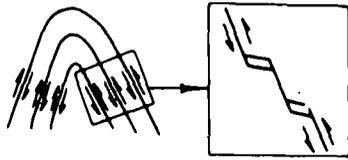


图6 弯褶皱层间滑动机制及滑脱空间
右图示翼部产状变缓段形成的滑脱空间

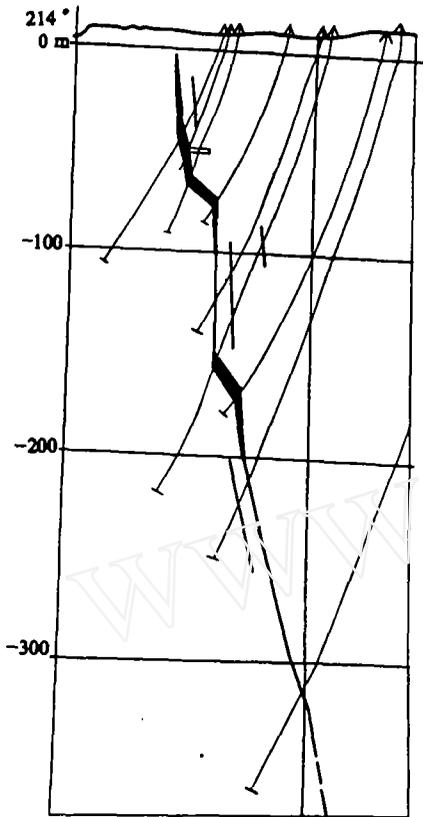


图7 厚婆坳矿区 25 线剖面图
(据 931 队资料修改)

空间内，充填厚度大而富的矿体。

8. 含矿裂隙与褶皱应力场一致

东区北西走向的 V_{40} 脉含矿裂隙产状，符合马肚山背斜褶皱构造应力场中一组剪裂角等于 38° ，呈右行剪切的剪裂面（图8）。而加神坑北东走向的含矿裂隙产状，恰与该褶皱的另一组剪裂面一致。中区 V_{67} 、 V_{70} 脉含矿裂隙则与该褶皱应力场中走向近东西的主挤压面一致。矿区 3 组不同方向的含矿裂隙，能如此完好地统一于褶皱应力

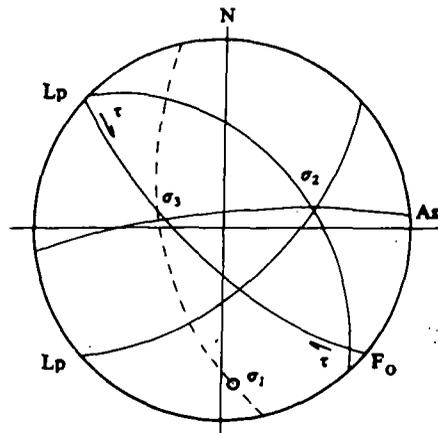


图8 含矿构造与褶皱要素关系

Lp—褶皱两翼投影大圆；
As—马肚山背斜轴面投影大圆；
Fo— V_{40} 裂隙投影大圆； σ_1 、 σ_2 、 σ_3 —三个应力主轴；
 τ —剪切应力

场。绝不是偶然的，其形成无疑直接与褶皱构造有关。

9. 含矿裂隙地球化学受褶皱构造控制

众所周知，背斜构造属氧化地球化学环境，向斜构造属还原地球化学环境。锡元素在岩石圈上部表现亲氧和亲硫的两重性，正四价的氧化态比正二价稳定，在氧逸度较高的环境中，易形成正四价氧化物——锡石聚集。铅元素的正四价氧化态不稳定，正二价则是稳定的，易在氧逸度较低的含硫环境中形成正二价硫化物——方铅矿聚集。在本区 Sn、Pb 共存的成矿体系中，成矿元素的分带富集，明显受构造地球化学控制。西区蜈蚣岭脉组北东段属侧伏延深部位，照理环境应该较还原，但是由于靠近蜈蚣岭背斜轴部，属氧化性质的地球化学环境。以富集 Sn 元素为主，且以锡石形式产出。相反，含矿裂隙的南西段，虽是裂隙的上翘端浅部，由于它延入向斜褶皱内，故属还原性质的地球化学环境，相对富集 Pb(Zn) 元素，形成方铅矿聚集，总体形成所谓的侧向逆分带。受同一背斜构造控制的东区 V_{40} 脉组和中区 V_{70} 脉组，矿化分带则表现受构造位的深浅

制约, V_{40} 脉组北西段和 V_{70} 脉组西段, 属翘起端的浅构造位, 氧逸度较高, 环境较氧化, 相对富集 Sn, 并形成锡石。脉组的南东段和东段, 属随背斜倾伏而侧伏的延深端, 构造位较深, 氧逸度较低, 环境较还原, 相对富集 Pb(Zn)、Ag 元素, 形成硫化物——方铅矿等。整体表现褶皱倾伏方向、含矿裂隙带侧伏方向与矿化侧向逆分带方向三者一致性特点。

10. 含矿裂隙旁显微构造受褶皱控制

中区 V_{67} 脉含矿裂隙上盘和 V_{71} 支脉下盘, 含粉砂炭泥质板岩垂直 b 轴切片中, 发育一组与层理面近直交的显微裂隙, 其内斜列生长的纤柱状石英晶体, 长轴与裂隙壁成 $45 \sim 58^\circ$ 斜交 (图 9)。这种同构造结晶的纤柱状石英, 晶体延长方向的法线, 指示主应力 σ_1 , 与层面呈 $45 \sim 32^\circ$ 斜交, 显微裂隙是这个 σ_1 作用下, 顺层面剪切滑动形

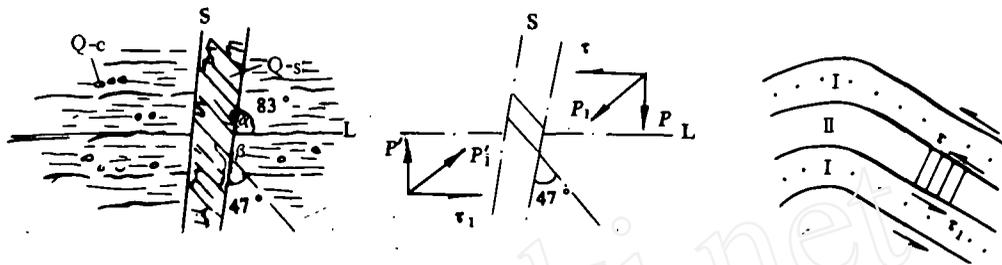


图 9

A—显微剪切裂隙示意图 (镜下): L—显微层理; S—显微剪裂面; Q—c—石英粉屑; Q—s—斜裂式生长的柱状石英; B—应力作用方式解释: P—P'—平面正应力; τ — τ_1 —层间剪应力; P_1 — P'_1 —压结晶作用产生石英形体斜列式的应力分量; C—弯褶曲层间剪切作用产生破劈理应变方式: I—强硬层; II—软弱层

成的剪破裂。在 V_{70} 脉下盘泥质石英砂岩垂直 b 轴切片中, 石英颗粒发生与层面一致的压扁现象, 普遍具波状消光。某些颗粒具沙钟状构造, 多数颗粒具两组、甚至两组以上变形纹, 其中有一组变形纹与颗粒的压扁方向一致, 另一组与其呈锐角斜交并在钝角方向上, 发育一组追踪性张裂隙 (图 10), 其内也有纤柱状石英呈斜列式生长。石英在高温 (1500°C)、高压 (20 kbar) 下变形试验中, 可以出现 3 组变形纹 (E.W. 斯宾塞), 其中最发育的一组方位与 a 轴平行, 次发育的一组与 a 轴呈 $20 \sim 60^\circ$ 交角, 第三组与 c 轴大致平行。上述本矿区砂岩中石英颗粒内最主要的一组变形纹与颗粒压扁方向一致, 与褶皱构造 a 轴所在面平行, 次要的一组与其呈约 40° 斜交, 表明石英变形纹是颗粒受褶皱构造挤压产生的。综合上述, 显微构造组合方式及反映的应力场, 说明本

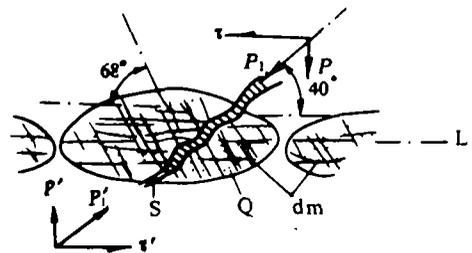


图 10 石英砂岩的显微构造示意图

Q—压扁平行层理排列的石英; dm—石英颗粒内的两组变形纹, 一组平行压扁颗粒方向, 另一组与其呈 68° 角斜交; L—层理; S—显微张裂隙, 生长有垂直脉壁的石英; τ — τ' —层间剪切应力; P—P'—层面正应力; P_1 — P'_1 —产生变形纹和张破裂的挤压应力

区北西和东西两组含矿裂隙旁侧岩石的变形, 主要是岩层褶皱过程中层间挤压剪切产生的, 显微构造和含矿裂隙同属褶皱系统内不同尺度的两类破裂。

11. 不同脉组走向延伸的预测

东区 V_{40} 脉组与中区 V_{70} 脉组向东延

伸趋势如何?是目前找矿急待解决的问题。从矿区构造应力场研究可知,北西走向的 V_4 脉组和北东走向的加神坑脉组,分别与褶皱应力场的两组剪裂面吻合,最有可能通过交汇部位,各自继续延伸。而中区东西走向的 V_7 脉组,因属褶皱轴面构造,很可能随背斜倾伏而向东侧伏。

上述事实表明,矿区含矿构造并非几组简单断裂,其形成和发展主要受褶皱构造控制。一类是由岩层物性差异在褶皱过程中,层间滑动面与层内破裂理相互迁就、利用发展起来的复杂压剪性破裂构造,如背斜翼部脉组。另一类是由背斜轴面劈理发展起来的压剪性轴面破裂构造,如马肚山背斜轴部 V_7 脉组。因此,它们都具压剪性质,单条构造沿走向、倾向皆呈频繁斜列侧幕、尖灭侧现、膨缩交纽、断续延伸,形态及局部产状变化极其复杂,严格地说,矿体形态应称

为似脉状更确切。由于北东、北西及东西3组含矿构造,分别受3组同向区域性断裂体系的迭加加剧,大大增强了构造空间的规模和延伸的稳定性。

这类受褶皱控制的构造裂隙的出现,往往不是单一孤立的,常是成组成群分布,故一旦识别出它,就有重要的矿产勘查意义。由于矿体与褶皱的某一特定构造要素一致,因此寻找隐伏矿体即转变为在褶皱的不同部位,寻找特定的褶皱构造要素,无疑将可大大提高找矿的预见性和准确性。厚婆坳矿区找矿远景和扩大储量的潜力还很大,例如马肚山背斜轴部 V_7 脉北侧及 F_1 断裂以西背斜轴部西段,寻找与褶皱轴面一致的平行隐伏矿体。在北翼 V_4 脉之北东侧、南翼加神坑脉组的南东侧,寻找与褶皱翼走向一致的平行隐伏矿体,皆可望取得较大的突破。

A Typical Example of Mineral Deposits Controlled by Folding —Analysing on the Metallotectonics of Ag-Polymetallic Deposit at Houpoao

Zeng Qingnian

The Ag-Polymetallic deposit at Houpoao of Chaozhou, Guangdong Province, was a typical case in which metallogenetic cracks were strictly controlled by folding. In the field, there are close space configuration and identical stress-strain relationship between orebearing crack belts and folding elements, the elements include bedding plane, cleavage, axial plane, hinge and some microstructures etc. The inverse zoning of ores was dominated by the geochemistry of fold tectonics. The space configuration of metallotectonics and its significance in prospecting are discussed in this paper.

(上接第22页)

由封闭体系转变为半封闭体系。热量的耗损、压力的降低、硫逸度的增高,使矿液由酸性转变成弱碱性。围岩蚀变早期为酸性蚀变(硅化),晚期为碱性蚀变(冰长石代)也说明了热液性质从酸性向碱性转变。而隐爆带和沸腾面附近正是这种变化最强烈的地

带,因而也是矿化最强的地带。

总之,矿源层(矿源)、古火山湖(水源)、次火山岩(热源)、诱导隐爆断裂(成矿空间)、古地震触发(力源),都是形成支家地热水液隐爆银矿床的重要条件。