

湖南清水塘铅锌矿区的复合构造 及其对矿化的控制作用

岳东生

(中南工业大学·长沙市)

结合区域地质条件,对矿区的面理、线理等的赤平投影分析,发现区内复合构造很发育,清水塘等穹窿构造就是复合褶曲隆起和岩浆侵入隆起联合作用的结果。这类复合构造是该区控岩、控矿的最佳构造。

关键词 赤平投影分析 复合褶曲 穹窿构造 硅化破碎带

清水塘铅锌矿区处在东西向构造、南北向构造和北东—北北东向构造的交汇部位,产在关帝庙穹窿西端的清水塘复背斜(穹窿)内。区内构造活动频繁,褶曲、断裂构造发育,脉状铅锌矿体就赋存在硅化破碎内的裂隙中,矿化直接受复合构造的控制。若要查明这些矿化的形成和分布规律,不能不对这类构造进行分析研究。

矿区岩层层理(S_0)的 构造分析

区域内三大构造层发育较为齐全:早古生代地槽构造层广泛出露于矿区,构成矿体围岩,其中深色板岩含铅 $100\sim 195\times 10^{-6}$ 、Zn $290\sim 428\times 10^{-6}$,高出这些元素地壳丰度值几至几十倍。因遭受加里东运动等影响,岩层内发育东西向褶曲和轻度变质。地台构造层包括上古生界、下三叠统等海相、海陆交互相地层;它们不整合覆盖于早古生代地层之上,仅分布于矿区周边和外围,在印支等构造运动的作用下,形成近南北向的褶断系统;由上三叠统、侏罗系、白垩系等地层组成的地洼构造层,主要分布在矿区外围山

间盆地内,因受燕山等运动的影响,以断裂变动为主,并形成北东—北北东向宽展型褶曲(图1)。

矿体围岩因构造变动、变质作用等因素的影响,一部分岩层的原生层理受到不同程度的破坏,有些已被板劈理(S_1)等所置换。所以,岩层在 S_1 与 S_0 基本平行、重叠或被强烈变动等地段,有时很难将二者区分开来。为了避免因此引起的测量误差,我们只选择在岩性变化较明显,有特殊夹层(例如硅质层、炭质层等),构造变动较弱的地段对岩层产状进行了系统测量,并将其极点投影到赤平面上^①(图2),发现绝大部分岩层的极点呈大圆环带分布,其拟合圆就是 π 圆,显示出矿区围岩早期被褶曲呈圆柱状, π 圆的极点 β_1 为该褶曲的枢纽,测得其产状为 $290^\circ\angle 22^\circ$,与金矿岩背斜的轴向一致。因而说明矿区早期的褶皱是北西西(近东西)向的圆柱状褶曲。

我们在金矿岩背斜的南、北两翼的对称部位,分别测得不整合面下下志留统周家群(Szh)的产状($210^\circ\angle 65^\circ$; $195^\circ\angle 60^\circ$)和不整合面上中泥盆统跳马涧组的产状

本文1992年8月收到,张旭明编辑。

①本文采用下半球极射赤平投影。

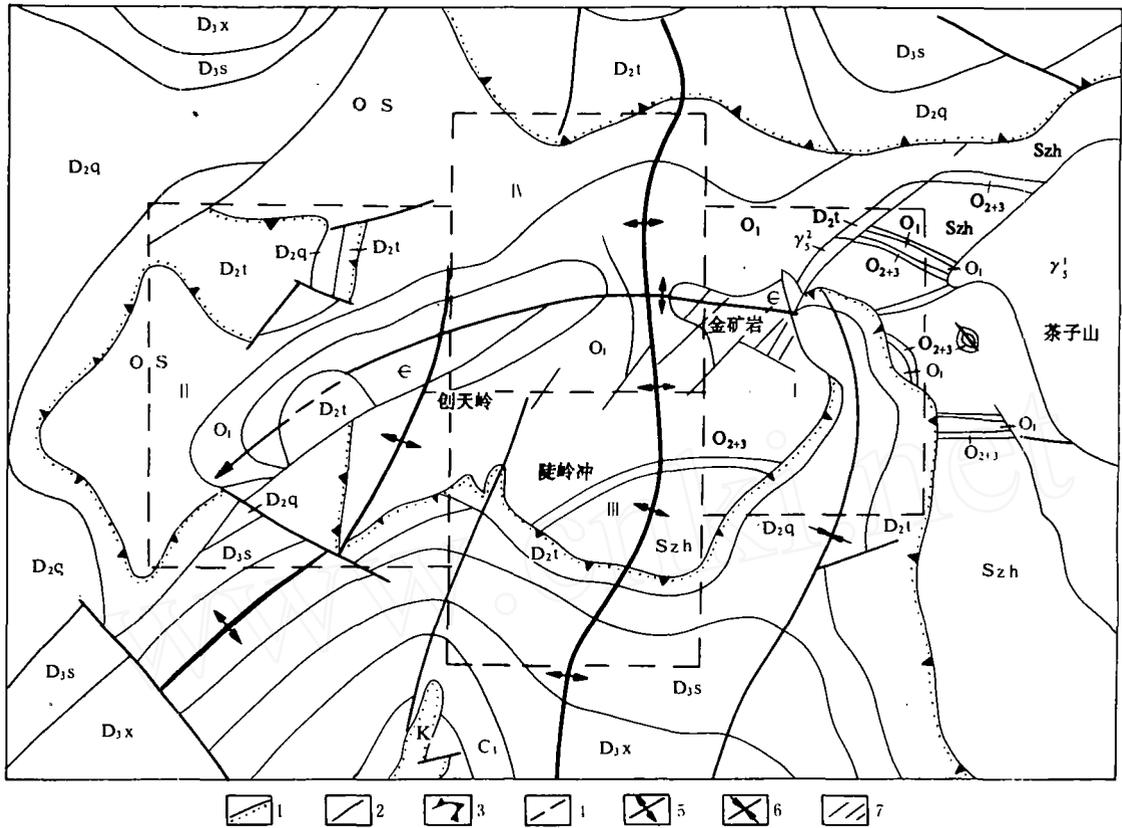


图1 清水塘铅锌矿田地质略图

K—白垩系；C₂₊₃—中上石炭统壶天群；C₁—下石炭统；D_{3x}—上泥盆统锡矿山组；D_{3s}—上泥盆统余田桥组；D_{2q}—中泥盆统棋梓桥组；D_{2t}—中泥盆统跳马涧组；Sz h—下志留统周家溪群；O-S 奥陶—志留系；O₂₊₃—中上奥陶统；O₁—下奥陶统；ε—寒武系；γ₃²—燕山期花岗岩；γ₃¹—印支期花岗岩；1—不整合接触界线；2—地质界线；3—穹窿构造界线；4—断层；5—背斜；6—向斜；7—矿脉及编号

($235^{\circ} \angle 45^{\circ}$ ； $260^{\circ} \angle 17^{\circ}$)；通过赤平投影求得两翼 Sz h 的“原始产状”分别为 $180^{\circ} \angle 28^{\circ}$ 和 $356^{\circ} \angle 54^{\circ}$ 。再用它们求得矿区早期褶曲枢纽的产状是 $267^{\circ} \angle 2^{\circ}$ ，与前述 β_1 的产状近似，只是由于后期褶曲（晚古生代地层又被褶曲，详见后述）的叠加，改变了其原始状态。尽管有后期构造变动的干扰，但仍能看出矿区早期褶曲的轴向是近东西向的，在后期近东西向压力作用下，发生了逆时针偏转，导致金矿岩背斜轴的西段弯向南西（见图 1），罗家院背斜轴也因此呈波状弯曲。

如果将矿区划分为东（I）、西（II）、

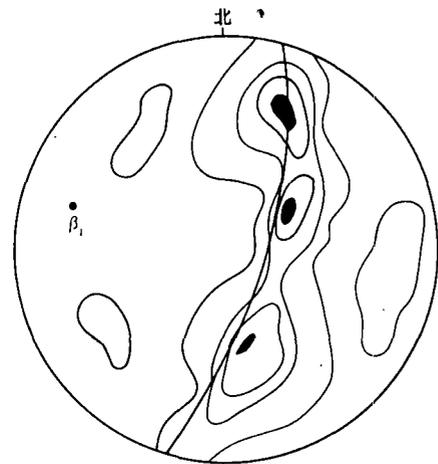


图2 矿床围岩层理(S₀)等面积赤平投影图(共203个极点)
等值线为每1%面积内0.3%~1%~3%~5%~>7%

南(Ⅲ)、北(Ⅳ)4个小区(见图1),并在各小区分别测得岩层的产状,将它们投影到赤平面上(用投影大圆表示,图3),结果发现,其投影大圆在各小区与矿区滑劈理 S_2 (详见后述)相交,交点 b_1^1 、 b_2^2 、 b_3^3 、 b_4^4 等显示各小区岩层已分别绕它们又褶曲了,它们就是褶曲轴。这些轴一方面绕同一大圆(S_2)作规律变化,另一方面又都向清水塘穹窿外围倾伏,说明这些褶曲受控于 S_2 ,在它们与金矿岩背斜的复合部位,再次引起岩层向上隆起,由于穹窿受到上升岩浆热力的影响,上覆岩层多以塑性变形为主,因此在清水塘采坑内时见板岩和夹于层间的早期无矿石英,变形呈不规则透镜状、膝折状、肠状等,而穹窿边部却以断裂变形为主,其中有些是复活、改造早期的断裂。

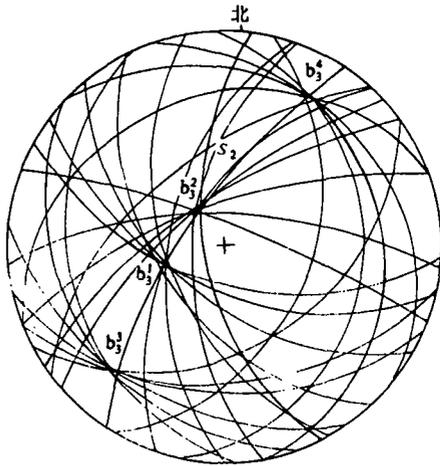


图3 金矿岩背斜各小区岩层层理 S_0 的极射赤平投影大圆

(b_1^1 、 b_2^2 ……为交点; S_2 为滑劈理投影)

矿区次生面理和交面线理的构造分析

矿区围岩内发育一种滑劈理(S_2),产状较稳定,裂面平直光滑,且常见滑动痕迹。它们常切错围岩的层理(S_0)和板劈理(S_1),

后者因对盘的牵引而形成拖褶曲、褶皱(图4)。经赤平投影(图5) S_2 的极点集中分布在南东象限内,其对应大圆为矿区滑劈理的平均投影大圆,产状为 $300^\circ \angle 70^\circ$ 。

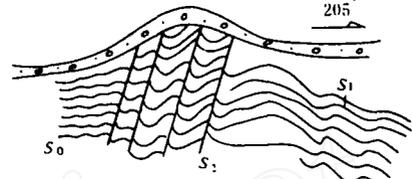


图4 罗家院南侧天然露头素描图

S_0 —层纹; S_1 —板劈理; S_2 —滑劈理

众所周知, S_0 与 S_2 的交线 $\beta_{S_0}^{S_2}$ 是一种平行同期褶曲轴的 b^{\oplus} 轴线理,它们以共面形式围绕 S_2 大圆呈裂开式环带分布(见图5),显示了晚期滑褶曲对矿区先期褶曲的复合作用。其拟合圆与 S_2 的平均大圆吻合,

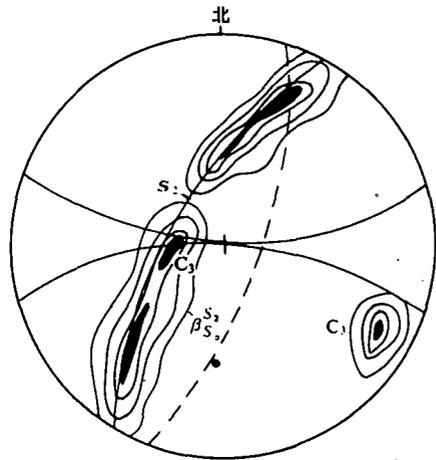


图5 S_2 极点赤平投影和 $\beta_{S_0}^{S_2}$ 的赤平投影

(每1%面积内: 2%~4%~8%~>12%,共257个极点)

证明滑劈理 S_2 是复合褶曲的轴面面理。根据轴面面理和岩层面理的交线($\beta_{S_0}^{S_2}$)与褶曲枢纽平行或近于平行的原理,用二者平均大圆的交点 b_3 (图5)即可近似求得该褶曲枢

⊕a、b、c三轴的定义参照桑德尔的坐标轴定义。

组的平均产状($26^\circ \angle 11^\circ$), 从而找出矿区晚期滑褶曲的总轴向为北北东向。

矿区内最发育的次生面理是板劈理(S_1), 其走向与岩层走向平行或近于平行, 尚见一对“X”节理与其伴生, 其面上时有滑痕。根据它们和一组张性节理的产状(下表)进行节理配套, 并求出主应力轴的方向(图6)。从中可知 S_1 确为该期褶曲的轴面面理, 在主压应力 σ_1 的作用下, 形成了近东西向的金矿岩紧闭型复式背斜和老虎岩、尚家冲等压性断裂。

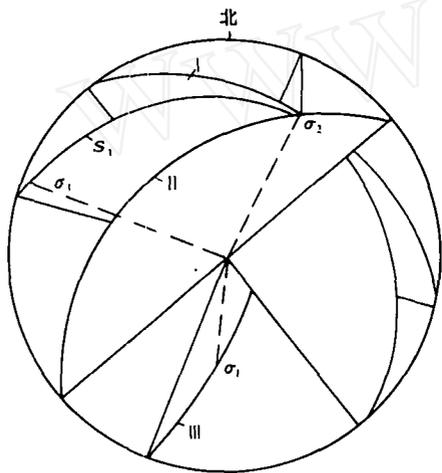


图6 节理配套和主应力轴图解

| 节理组 | 节理的产状 | | | 擦痕的 | | 主应力轴产状 |
|-----------|--------|--------|--------|--------------------|---------------------------------------|---------------------|
| | 走向 | 倾向 | 倾角 | 倾向角 | | |
| 剪节理 I | NW300° | NE30° | 26° | $\angle 3^\circ$ S | $\sigma_1: 184^\circ \angle 61^\circ$ | |
| | II | NE60° | NW330° | 38° | | $\angle 26^\circ$ S |
| 张节理 III | NE16° | SE107° | 79° | | $\sigma_3: 286^\circ \angle 13^\circ$ | |
| 板劈理 S_1 | NE82° | NW352° | 30° | | | |

S_1 与 S_0 的交线 $\beta_{S_0}^{S_1}$ 也是一种平行同期褶曲的 b 轴线理, 它们在赤平面上的投影极点的轨迹呈小圆环带状(图7), 其拟合圆的圆心落在近南、北的基圆外, 说明 $\beta_{S_0}^{S_1}$ 线理受到近南北向的弯褶曲作用。即矿区早期近东西向褶曲经后来的叠加弯褶曲作用, 使 $\beta_{S_0}^{S_1}$ 线理投影轨迹呈小圆弧状。此期构造

运动(主要是印支运动)强烈, 在晚古生代等地层内形成一系列近南北向的褶曲。例如蛤蟆塘—有山院背斜、乔木堂—杨家台向斜等均属这类褶曲。在此期背斜叠加在金矿岩复背斜等早期近东西褶曲的地段, 岩层常被隆起, 初步形成清水塘、关帝庙等穹窿构造。

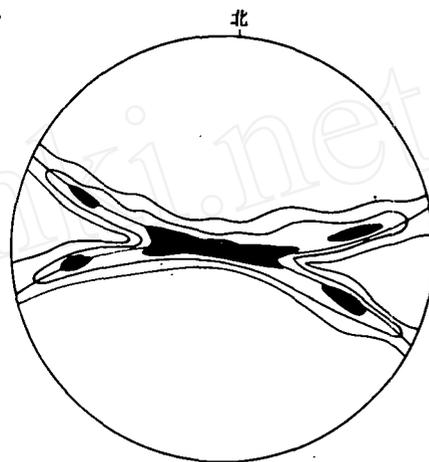


图7 $\beta_{S_0}^{S_1}$ 的赤平投影图

每1%面积内: 2.5%~7.5%~12.5%。共40个极点

还应指出, 滑劈理 S_2 既是叠加褶曲的轴面面理, 又是 ab 构造面, 其中运动轴 a 同时位于 S_2 和 $\beta_{S_0}^{S_1}$ 的轨迹大圆上。故这两个面在赤平面上的交点就是 a_3 轴的投影点(见图5), 测得其产状为 $278^\circ \angle 70^\circ$ 。又因 b_3 轴与 a_3 轴同在 S_2 面上, 且相互垂直, 故可求得 b_3 的产状为 $28^\circ \angle 8^\circ$, 而 S_2 面的法线投影点就是 c_3 轴, 产状是 $120^\circ \angle 20^\circ$ (见图5)。从中可看出 b_3 轴的产状与褶曲 b_3 枢纽十分相似, 说明矿区围岩在南东—北西向近水平(c_3 轴方向)的压应力作用下, 不仅发生了相应的褶曲、断裂等变形, 还沿 a_3 轴方向向上隆起了, 常在岩层剧烈隆起等地段引发岩浆上侵, 这又加剧了岩层的隆起变形, 直至达到新的平衡, 隆起活动才停息, 清水塘等穹窿构造才最终形成。

通过以上分析, 结合矿区地质条件的研

究,发现清水塘等穹窿构造的形成主要是三次褶曲构造复合作用的结果,强大的加里东运动不仅结束了该地区的地槽阶段,造成早、晚古生代地层间不整合接触,并形成一系列近东西向复式紧闭型褶皱。近东西向金矿岩复式背斜等就是这类构造。经过印支等构造运动,在区域古生代地层内,又形成一系列近南北向的背、向斜;其中背斜在与前期背斜叠加的地段,地层常被隆起,有的就形成像清水塘、关帝庙等穹窿构造。它们在燕山运动的强烈影响下,在北东—北北东向褶断带复合作用下,才最终形成。

如前所述,岩层的褶曲隆起可引发岩浆活动。它们的上侵和热力的影响,又促进上覆岩层继续隆起。这种联合作用所形成的穹窿构造既具有较强的方向性,又与岩体有一定的协调性(如关帝庙穹窿),其伴生断裂既是纵弯褶曲的产物,又程度不同的受到横弯褶曲的影响。

复合构造对矿化的控制

矿区已知矿体均赋存在早古生代浅变质岩内的硅化破碎带中,呈脉状、透镜状等产出,断裂构造既提供了矿液运移的通道,又创造了良好的容矿空间,所以它们是矿床形成的必要条件。矿区内断裂构造十分发育,仅含矿硅化带就有130多条,主要矿脉有40余条,多期次不同方向、不同性质的断裂纵横交错,单个矿脉沿一定方向延伸,不同方向的18个脉组略呈放射状分布。

以北东—北北东向主要控矿断裂为例,其间既充填有花岗岩岩墙,各类岩脉、矿化期内又有多次活动(图8),早期断裂面平直,壁上可见反剪硅化近水平擦痕等剪切特征,应归入近东西向金矿岩背斜的一组剪性裂隙,与北西组裂隙共轭。岩脉充填期,断裂在走向自北东向北北东偏转的地段,脉幅常常膨大,在较平直的脉壁上有时也可见到近水平的硅化擦痕等滑动现象。因此,可推

断它们此时可能属近南北向褶曲的一组剪裂面,原北东—北北东向断裂可被复活、叠加改造。矿化早期,硅化破碎带内的围岩角砾大小悬殊,棱角明显,无定向分布等张性特征十分明显,其他方向的硅化破碎带也具有类似的特征。这种多方向断裂同期张开、同被硅化充填的现象,只能用穹窿构造的岩层隆起才能较完满的解释。还应指出,在某些破碎带的局部地段(多在走向自北北东向北东偏转的区段),尚可见到板岩透镜体角砾、矿脉呈舒缓波状等压性特征、显示出北西—南东向的挤压活动痕迹,只是由于后期构造活动的破坏,致使其压性特征保存很少。总之,矿区控矿断裂是个活动期较长、

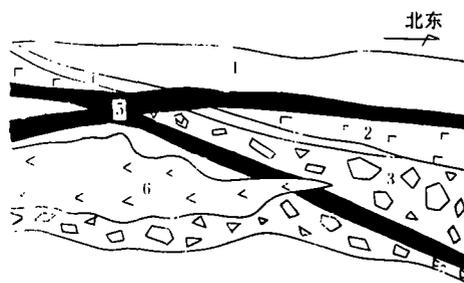


图8 北东—北北东向断裂多次活动素描图

1-围岩; 2-煌斑岩脉; 3-角砾岩带; 4-无矿石英脉; 5-硫化物石英脉; 6-硫化物重晶石脉

性质复杂的复合构造系统,它们主要是在褶曲、复合褶曲之后形成的,又都程度不同的受到岩层隆起变形的影响。岩层的剧烈隆起,还可导致地幔热流的上升,后者又促使基底岩层花岗岩化。这些熔浆又可沿复合断裂等薄弱带活动、成岩,矿区与穹窿构造关系密切的脉岩、隐伏岩体,矿区东侧与关帝庙穹窿形态基本吻合的复式岩体等就是这种活动的结果。在岩浆活动的过程中,其热功力应力场可促进岩层的隆起变形。岩层隆起所形成的减压空间,又为含矿流体的上升创造了有利的条件,在上覆塑性岩层等的屏蔽下,它们又有利于矿液的聚集、分异、富化。

据我们研究^①，矿区成矿的硫源主要是地层内的生物硫，并混有少量幔源硫，而成矿热液主要是由热卤水组成的，其中也含有少量岩浆水，这种异源同归的现象是在前述有利条件下产生的。

岩浆的烘烤作用使围岩环绕岩体自内而外蚀变为角岩、大理岩、斑点板岩等。区域内的矿床也围绕岩体略显水平分带；近岩体多以铅锌铜矿化为主，远离岩体则以砷锑矿化为主。

由上述可见，从矿化物质来源到矿床呈规律性分布等，无不受到复合褶曲、岩浆侵入等引起的地层隆起形成的穹窿构造的控制，而脉状矿体又直接受复合构造破碎带的制约。

F.J.特纳等人根据实验资料指出^②：“作为绿片岩相低级变质构造岩特有特征的板劈理，应当认为出现在温度 300℃~400℃，围压高于 4000Pa 的条件下。”也就是说，矿区板岩形成的深度在 10km 以上，而矿体内闪锌矿流体包裹体捕获压力仅为 19~23 Pa^③，形成深度（按 275Pa/km 计算）不

到 100m，如果不是赋矿的地槽构造层剧烈的隆起、上覆岩层被剥蚀，清水塘的铅锌等矿化是难以实现的。所以，穹窿构造也是本区矿床形成的必要条件。

综上所述，清水塘穹窿是复合褶曲与岩浆活动联合作用的结果，而岩浆活动是岩层隆起所致，岩体、矿化均受穹窿构造的控制，矿体常常直接产在复合构造破碎带（仅指脉状矿体）内。

在经历过多期多方向构造活动的地洼区内的地槽构造层和地台构造层内容易见到复合—联合作用形成的穹窿构造，且往往成群、成带分布（如关帝庙穹窿、清水塘穹窿、新邵的龙山穹窿等），它们是寻找内生金属矿床的良好靶区。

参考文献

- [1]何绍勋，《构造地质学中的赤平极射投影》，地质出版社，1979年。
- [2]刘如琦，地质学报，1976年，第1期，第38~56页。
- [3]武汉地质学院，《构造地质学》，地质出版社，1979年。

The Composite Structure in the Qingshuitang Pb-Zn Mining District, Hunan and Its Mineralization Controlling Effect

Yua Dongshen

An analysis of the stereographic projections of the foliation and lineation of the rocks in this district in combination of a study of the regional geological conditions, it is noted that the composite structure in this area is well developed and the Qingshuitang dome structure, being the result of the joint action of the composite fold and magmatic intrusion, is the best ore controlling structure in this district.

①湖南省祁东县清水塘铅锌矿深边部成矿预测及找矿方向研究报告”，中南工业大学地质系，1991年6月。

②“变质构造岩的构造分析”，周金城等译校，1978年，地质出版社，232页。