

# Features of Extensional Structure and Mineralization of Northwest Hunan Huayuan Lead-Zinc Ore Field

Lingbang He<sup>1</sup>, Gonggu Fu<sup>2\*</sup>, Shaoxiang Yang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hunan Province Geology and Mineral Exploration and Development Bureau 405 Geological Team, Jishou Hunan

<sup>2</sup>Geological Bureau of Hunan Province, Changsha Hunan

Email: \*fugonggu@163.com

Received: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2020; accepted: Jun. 17<sup>th</sup>, 2020; published: Jun. 24<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

Most of the geological researchers working in the northwestern Hunan believe that the Zhang (Jia-jie)-Hua (Yuan) fault zone, the Lianghe fault zone and the Malichang fault zone have played an important role in controlling the mineralization of the Huayuan lead-zinc ore field. This article collects a large amount of geological and mineral exploration results, using the extensional structure theory to systematically discuss the influence of the three large fault structures developed in the Huayuan ore field and the four faulted block structures on the lead-zinc mineralization in the ore field. The author believes that the extensional structure of the Huayuan Ore field shows the complete appearance of normal faults, the fractured zone that the extension of ductile rocks in the deep crust thrusts to the surface and the fault block structure with complete rock formation are the prominent features of the extension structure of Huayuan ore field. The formation of lead-zinc deposits is the result of the joint action of the extensional fault zone and the fault block structure generated by its cutting.

## Keywords

Northwestern Hunan, Huayuan Lead-Zinc Ore Field, Extensional Structural Features, Mineralization

# 湘西北花垣铅锌矿田伸展构造特征与成矿

贺令邦<sup>1</sup>, 符巩固<sup>2\*</sup>, 杨绍祥<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖南省地质矿产勘查开发局405队, 湖南 吉首

<sup>2</sup>湖南省地质院, 湖南 长沙

Email: \*fugonggu@163.com

收稿日期: 2020年6月2日; 录用日期: 2020年6月17日; 发布日期: 2020年6月24日

\*通讯作者。

## 摘要

大多在湘西北地区从事地质研究工作者认为,张(家界)-花(垣)断裂带、两河断裂带和麻栗场断裂带对花垣铅锌矿田的成矿起到了重要的控制作用。本文收集了大量地质矿产勘查成果资料,运用伸展构造理论对花垣矿田内发育的规模较大的三条断裂构造及其切割而成的四个断块构造对矿田铅锌成矿的影响进行了较详细系统的论述。笔者认为花垣矿田的伸展构造展现了正断层完整的面貌,地壳深部发生伸展性韧性岩层逆冲到地表的断裂破碎带、岩层较完整的断块构造是花垣矿田伸展构造的显著特征。铅锌矿的形成,是伸展构造的断裂带与其切割而生成的断块构造共同作用的结果。

## 关键词

湘西北地区, 花垣铅锌矿田, 伸展构造特征, 成矿影响

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

伸展构造是指地壳和岩石圈经受拉伸所形成的构造现象及与之相关的构造作用。上盘相对于下盘向下滑动的正断层造成岩石单元的水平伸展,是最为常见的伸展构造,而其他的伸展构造也多与正断层相关。发育于大陆、经受拉伸的地壳为大陆地壳的伸展构造为大陆伸展构造[1]。

伸展构造是最为广泛的一种构造现象,其背后的动力学过程也复杂多样。最早的大陆伸展构造研究应属于有关裂谷的研究(Walter, 1896),随着地球科学的发展而融入大陆漂移、板块边界及大陆裂解等研究领域。到20世纪70年代北美西部拆离断层和变质核杂岩等伸展构造的发现后(Crittenden *et al.*, 1980),大陆伸展构造一直是地球科学一个重要研究内容。在国内,马杏垣先生是中国大陆伸展构造的奠基人,他提出的大陆伸展构造模式[2]有四个基本点,稍后又提出在地壳上部,以断块为特色。从而开创了中国大陆伸展构造研究的新纪元,并将大陆伸展构造研究推向了新的高潮。北京大学地质系是开展伸展构造研究较早的单位之一,从1986年就开始与美国学者合作,开展了云蒙山变质核杂岩的研究[3]。与此同时,国内学者也开展了广泛的研究,先后在北京房山[4]、赤峰娄子店[3]、小秦岭[5]、辽西医巫闾山[6]、内蒙大青山[7]、扬子西缘[8]、湖南衡山[9]和江西武功山[10]等地发现了典型的大陆伸展构造并进行了深入研究。

关于花垣铅锌矿田地质构造,前人多有论述,但运用伸展构造理论来阐述构造对矿田铅锌成矿的影响鲜见。舒见闻等认为花垣铅锌矿田存在一、二级褶皱构造和同生断层[11];高伟利、吕古贤等认为湘西北弧形构造带与铅锌成矿关系密切,为区域控矿控相构造[12];另有学者仅对单条断层的成矿作用进行了论述。本文作者近三十年来一直在湘西北地区从事地质调查研究和矿产勘查工作,曾参与过1:50万、1:20万、1:10万、1:5万、1:2.5万、1:1万、1:5000的矿产地质调查等基础地质工作和多个铅锌矿床的勘查工作,在此工作期间,作者所编的地质成果报告亦多次运用伸展构造理论来阐述湘西北地区的大型构造对铅锌成矿的制约。本文是作者通过研究分析其工作过程中所获得的大量地质成果,运用伸展构造理论讨论湘西北花垣铅锌矿田地质构造对与成矿作用的影响。

湘西北花垣铅锌矿具有“大吨位、低品位、易采选”的显著特征[13]。其矿体平均厚度为3.84 m, Pb + Zn 平均品位为  $3.16 \times 10^{-2}$ 。矿床品位虽然较低,但铅锌矿资源量可达1400万吨之巨(湖南省确定的

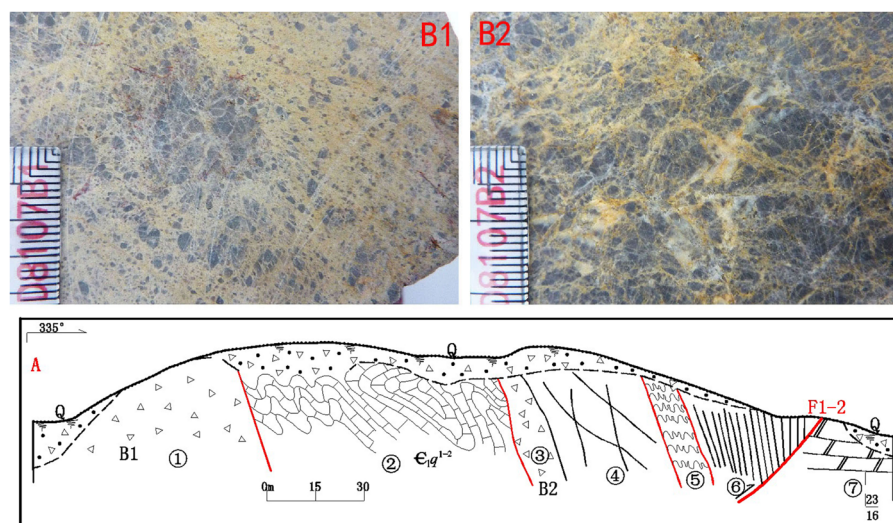


通过对花垣矿田的断裂带和断块构造特性的研究和分析, 矿区构造具有典型的伸展构造特征。

## 2. 张(家界) - 花(垣)断裂带(F1)

### 2.1. 北东段(龙洞 - 团结镇)

杨家寨铅锌矿分布在该断裂带北侧, 大脑坡、排楼铅锌矿分布于南侧。由主干断层 F1、与其大致近于平行的伴生断层 F1-1、F1-2、F1-3、F1-4、F1-5 共同组成断裂破碎带向东延伸出本区外。走向北东东  $70^\circ$ 。断裂带两侧切割地层主要为寒武系下统清虚洞组下亚段灰岩和寒武系中上统娄山关群下段上亚段。由于存在岩溶作用, 主干断层 F1 断面特征在地表不明显; 与之伴生断层 F1-1、F1-2、F1-3、F1-4、F1-5 断面均向北西方向倾斜, 倾角  $45^\circ$ , 上盘上升, 为压性逆断层。在本段断裂破碎带内, 有如下地质特征(图 2): 由南向北可以划分出: ① 角砾岩带: 主要为细角砾岩, 岩石呈褐黄灰色, 角砾成份为粉晶云岩, 呈次圆 - 次棱角状, 砾径 1~5 mm, 较大角砾上二次破裂纹常见, 角砾含量约 35%~40%; 胶结物含量约 60%~65%, 成份为粉晶云岩岩粉, 胶结紧密, 因含泥质物略显浅黄色。该细角砾岩显示的力学性质为压扭性特征; ② 揉皱带: 宽约 70~75 m, 揉皱由深灰色中厚 - 厚层泥云质条带泥晶灰岩构成。泥云质条带呈褐灰色, 宽窄不一, 宽约 1~2 cm。岩层单层厚 20~50 cm, 风化后呈薄层状。褶皱轴面倾向  $335^\circ$ , 倾角  $30^\circ\sim 50^\circ$ ; ③ 角砾岩带: 主要为细角砾岩(图 2(B)), 岩石呈褐黄 - 深灰色, 角砾成份为粉晶云岩, 呈次圆 - 次棱角状, 砾径 3~12 mm, 角砾上普遍具二次破裂纹, 角砾含量约 75%~80%; 胶结物含量约 20%~25%, 成份为粉晶云岩岩粉和乳白色不规则团块状白云石脉, 胶结紧密, 因含泥质物稍高而呈褐黄色。该细角砾岩显示的力学性质为压扭性特征; ④ 节理化构造岩块: 宽 25~30m。由寒武系下统清虚洞组下段第二亚段深灰色中厚 - 厚层泥云质条带泥晶灰岩构成。岩层产状:  $315^\circ\angle 33^\circ$ ; 节理产状:  $135^\circ\angle 87^\circ$ 、 $135^\circ\angle 58^\circ$ ; ⑤ 揉皱带: 宽 5~8 m, 由清虚洞组下段第二亚段深灰色中厚 - 厚层泥云质条带泥晶灰岩构成, 发生揉皱的岩层层理清晰, 岩石破裂明显; ⑥ 劈理化带: 宽大于 20 m (部分为浮土掩盖), 密集发育的板劈理构造几乎垂直岩层层理, 2~5 cm 间隔的劈理使岩石破碎较强烈, 劈理产状:  $135^\circ\angle 75^\circ$ ; ⑦ 正常岩层: 寒武系中上统娄山关群下段下亚段的灰色中厚 - 厚层细粉晶白云岩。靠近劈理化带的一侧, 在该岩层中劈理化也较发育。



① 构造角砾岩; ② 揉皱带; ③ 构造角砾岩; ④ 节理化构造岩块; ⑤ 揉皱带; ⑥ 劈理化带; ⑦ 正常岩层

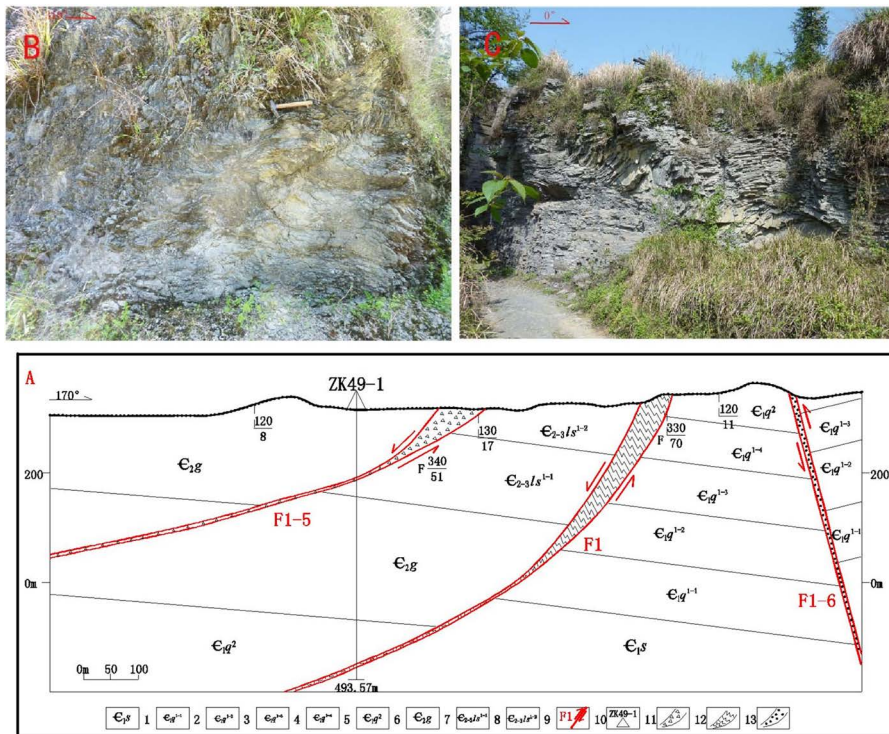
Figure 2. Sketch map of the fault structure of the northeast section of the Zhangjiajie-Huayuan fault zone

图 2. 张家界 - 花垣断裂带北东段断裂构造素描图



### 2.2. 中段(团结镇 - 踏沙)

李梅、芭茅寨、白岩等铅锌矿床分布于该段南侧。由主干断层 F1 和规模较大的伴生断层 F1-5、F1-6、F1-7 组成构造带(图 3(A))。主干断层走向约 70°, 断面倾向约 305°~335°, 倾角 70°。主干断层 F1 的破碎带宽度一般 50~200 m, 分布为构造揉皱带(图 3(B), 图 3(C)), 伴生断层 F1-5 破碎带中分布有构造角砾岩, F1-7 破碎带中分布有构造角砾岩。断层断裂破碎带在平面和剖面上均有膨大缩小现象。主干断层与伴生断层之间, 形成数个长条状构造小岩块, 这些长条状构造小岩块, 有的揉皱发育, 有的岩石层理正常, 没有揉皱。



A-剖面图(杨家寨矿区 49 线剖面图); B-揉皱带中的砂质页岩; C-揉皱带中的薄层灰岩; 1. 寒武系下统石牌组; 2. 寒武系下统清虚洞组下段第一亚段; 3. 寒武系下统清虚洞组下段第二亚段; 4. 寒武系下统清虚洞组下段第三亚段; 5. 寒武系下统清虚洞组下段第四亚段; 6. 寒武系下统清虚洞组上段; 7. 寒武系中统高台组; 8. 寒武系中上统娄山关群下段; 9. 寒武系中上统娄山关群中段; 10. 断层及编号; 11. 钻孔及编号; 12. 构造角砾岩; 13. 揉皱带; 14. 构造角砾岩

Figure 3. The profile of main and associated faults in the middle section of Zhangjiajie-Huayuan fault zone

图 3. 张家界 - 花垣断裂带中段主干与伴生断层剖面图

### 2.3. 南西段(踏沙 - 茶洞)

在该段, 断层走向 55°, 倾向 298°~325°, 倾角 5°。北西盘为寒武系上统娄山关群白云岩, 南东盘为寒武系下统石牌组砂质页岩。断裂破碎带分布的构造小岩块有两种类型: 有的具有揉皱构造(图 4(A)), 有的岩石层理正常(图 4(B))。在该断裂破碎带中还分布有构造角砾岩、破裂岩石等。

构造角砾岩厚度 4~5 m, 砾石砾径 0.2~1.5 cm 左右, 最大可达 4 cm, 次棱角 - 次浑圆状, 分选性较差, 砾石成分一般为白云岩, 岩粉胶结。糜棱岩成分为白云岩。破裂岩石均为白云岩, 节理较发育, 镜面、擦痕常见。

综上所述, 在张(家界) - 花(垣)断裂带中, 压性构造与张性构造并存。张性构造主要表现为岩石层理正常的小岩块、北西盘为寒武系中上统娄山关群地层与南东盘的寒武系下统地层位于同一位置上, 二者

之间的断距为 925 m。压性构造主要表现为具有揉皱构造的小岩块、构造角砾岩。这应该是位于表层的脆性正断层系向下转变为伸展性韧性变形，在后期构造作用下沿张性破碎带上冲到地表所致。是符合伸展断层构造特征的。



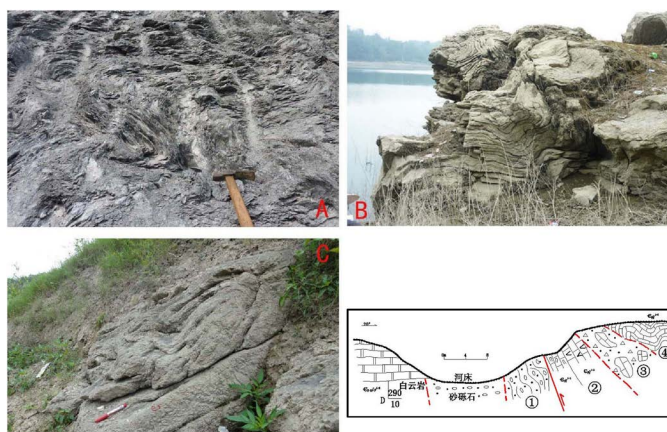
A-断裂带中揉皱薄层灰岩；B-断裂带中的构造小块

**Figure 4.** Photos of the southwest section of the Zhangjiajie-Huayuan fault zone  
**图 4.** 张家界 - 花垣断裂带南西段照片

### 3. 两河断裂带(F2)

#### 3.1. 三塘段(北东段)

该断裂带大致呈走向北东东  $75^\circ$  方向。断裂带所经之处主要切割寒武系下统石牌组、清虚洞组以及中上统娄山关群地层，下部岩层(寒武系下统石牌组砂质页岩、寒武系下统清虚洞组下段第二亚段薄层灰岩组砂质页岩)形成揉皱构造沿破碎带冲出地表(图 5(A)、图 5(B)、图 5(C))。与 F2 伴生有五条小断层，并形成有两个构造断块构造。出露断层破碎带宽约 20 m，从南西向北东方向依次出露(图 5)：① 白云岩构造透镜体带，可见带中岩石层理被卷曲、辗压后形成形态不规则的透镜体；② 陡立岩带，由清虚洞组下段第二亚段的薄层条带状泥晶灰岩和第三亚段的厚层藻灰岩组成；③ 灰岩构造岩块带；④ 揉皱岩带，清虚洞组下段第二亚段薄层条带状粉晶灰岩揉皱强烈。断面倾向不明，南东盘上升，北西盘下降，显多次活动断层特征。



A-寒武系下统石牌组砂质页岩；B-寒武系下统清虚洞组下段第二亚段薄层灰岩；C-寒武系中上统娄山关群中厚层白云岩；① 白云岩构造透镜体带；② 陡立岩层带；③ 灰岩构造岩块带；④ 揉皱岩层带

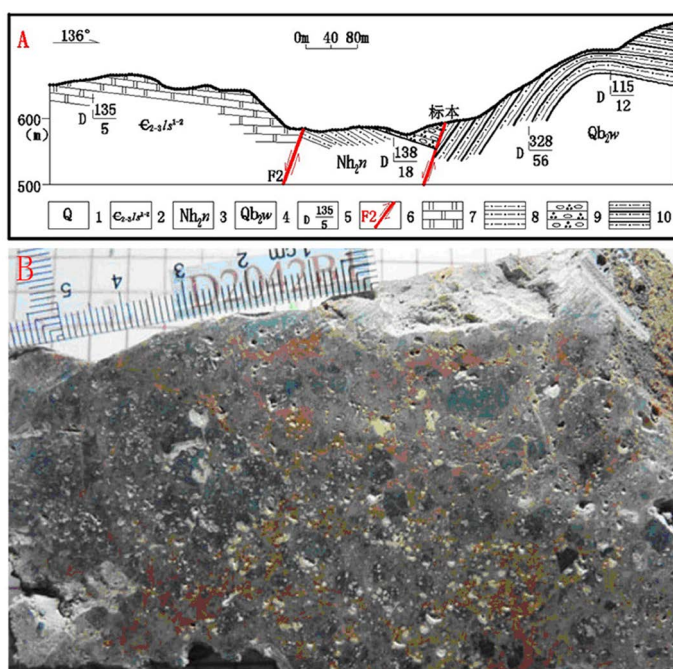
**Figure 5.** Photos and sketches of the outcrop of the broken zone in the northeast segment of the Lianghe fault zone  
**图 5.** 两河断裂带北东段破碎带露头照片和素描图



### 3.2. 两河段(南西段)

在该段, 北西盘为清水塘铅锌矿, 南东盘为民乐锰矿。该断裂走向北东方向  $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ , 矿区内延长 10 km, 断层两端均延伸出矿区外。断面倾向北西, 断面倾角  $70^{\circ}\sim 75^{\circ}$ , 断裂破碎带宽 12~80 m, 断层附近南东盘具牵引褶皱(图 6(A)), 显示出逆冲上升, 北西盘下降, 显正断层特征。清水塘铅锌矿多条勘探线剖面均显示出该断层北西盘的寒武系上统娄山关群与南东盘的青白口系下统马底驿组直接接触, 缺失了青白口系下统五强溪组、南华系、震旦系、寒武系下统及中统地层, 造成两盘岩层的断距约为 1200 m。

该断裂破碎带宽约 40 m, 带中分布有大量砂质页岩、砂质板状页岩及含炭质页岩岩块, 均已风化为疏松状, 仅局部可见有构造碎斑岩分布。构造碎斑岩(图 6(B))中的碎斑含量约 15%, 呈次圆状、圆状, 斑径大小在 3~10 mm 之间。碎斑成分为深灰色泥粉晶灰岩。碎斑的定向性不明显。胶结物为褐红色含铁的钙质岩粉。岩石受压扭性应力作用明显。



A-清水塘铅锌矿床 30 线剖面图; B-构造碎斑岩(标本照片); 1. 第四系; 2. 寒武系中上统娄山关群下段第二亚段; 3. 南华系上统南沱组; 4. 青白口系上统五强溪组; 5. 岩层产状; 6. 断层编号; 7. 白云岩; 8. 泥质粉砂岩; 9. 石英砾岩; 10. 砂质板岩

Figure 6. Structural profile of the southwest section of Lianghe fault zone and specimen photos

图 6. 两河断裂带南西段构造剖面图及标本照片

两河断裂带在其南西段表现为分解五条分枝小断层组成多个小岩块构造, 并向南延伸出区外。由于这个小岩块构造群的抬升, 使本区含矿岩层出露地表。

两河断裂带同样具有伸展断层构造特征。位于表层的脆性正断层系向下转变为伸展性韧性变形, 在后期构造作用下沿张性破碎带上冲到地表所致。

### 4. 麻栗场断裂带(F3)

该断裂带的断裂挤压破碎带宽 20~150 m, 断裂面倾向不明。破碎带中硅化, 角砾岩化及铁染强烈, 常见网状白云石细脉穿插于角砾岩中, 镜下见有复合断层角砾岩, 角砾为前期动力变质岩的碎块, 成分复杂, 为云岩、灰质云岩和其它一些碎块。棱角状至次棱角状, 由白云石脉胶结。该断裂南东盘寒武系

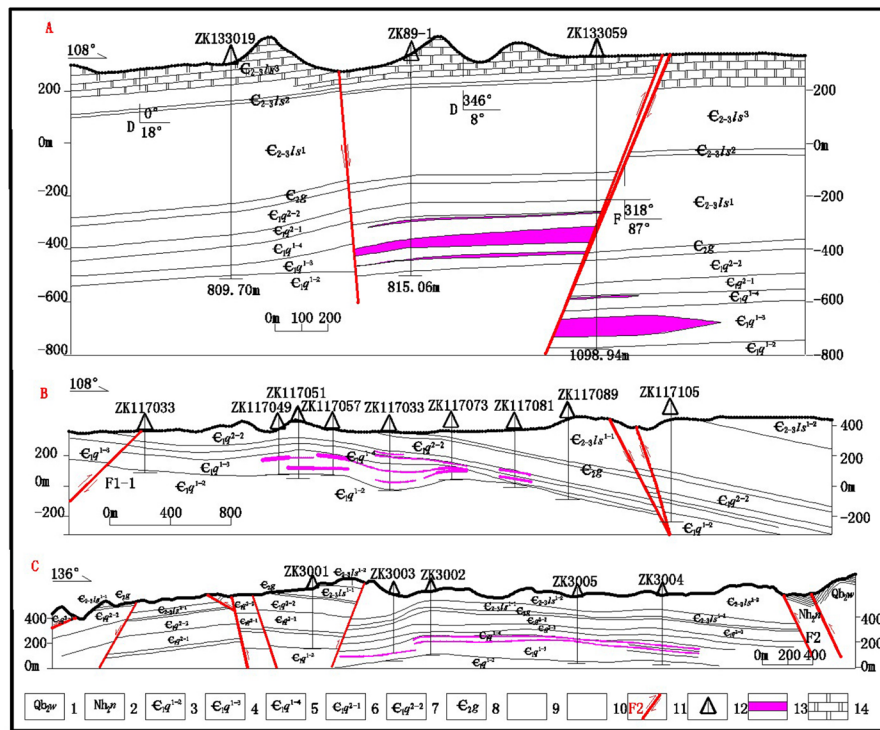
下统石牌组、清虚洞组及中统敖溪组逆掩于北西盘的娄山关群之上，地层断距约 1200 m，且上盘水平挤压强烈，形成一系列的倒转背斜和倒转向斜，在麻栗场一带，断裂附近的南东盘在地貌上形成山峰，而北西盘则形成平缓或低矮的浑圆山包。麻栗场断裂带另一重要特征是控制了区内中晚世地层的沉积。以该断裂带为界，北西盘为娄山关群云岩，属白云岩相区特征，为台地边缘相潮间一潮上带沉积。南东盘以灰岩为主，为斜坡相沉积。

### 5. 矿田断块构造

断块构造，在伸展构造体系中也是重要组成部分。在花垣铅锌矿田，经地表测量和深部钻孔验证的上百条北西西 - 南东东方向的勘探线地质剖面图表明：断块构造内岩层没有明显的褶皱构造，断块内岩层均呈缓波状弯曲，岩层倾角接近于水平，岩层倾向大体呈低角度(5°~15°)向南东东方向倾斜。断块构造内，小规模断裂较为发育，切割岩(矿)层的断距一般为 2~10 m。断块构造如下特征。

#### 5.1. 杨家寨断块构造(F1 以北断块)

杨家寨断块构造位于张(家界) - 花(垣)断裂带(F1)以北、奥陶系地层出露区以南的地带(图 1)。在断块中间有数条规模较小的断层切割。代表性矿床为杨家寨铅锌矿床。从图 7(A)可以看出，岩层向北西方向缓倾角倾斜(4°~16°)，受断层影响，含矿岩层深入地下-700 m。在该断块中，已经查明铅锌资源量 188.24 万吨[17]。由于在断块北部没有发现有均规模较大的断裂带，因此找矿潜力是巨大的。



A-杨家寨断块构造地质剖面图(据杨家寨铅锌矿区 133 线剖面图修改); B-李梅 - 大脑坡断块构造地质剖面图(据排楼铅锌矿区 117 线剖面图修改); C-清水塘 - 老虎冲断块构造地质剖面图(据清水塘铅锌矿区 30 线剖面图修改); 1. 青白口系上统五强溪组; 2. 南华系上统南沱组; 3. 寒武系下统清虚洞组下段第二亚段; 4. 寒武系下统清虚洞组下段第三亚段; 5. 寒武系下统清虚洞组下段第四亚段; 6. 寒武系下统清虚洞组下段下亚段; 7. 寒武系下统清虚洞组上段上亚段; 8. 寒武系中统高台组; 9. 寒武系中上统娄山关群下段下亚段; 10. 寒武系中上统娄山关群下段上亚段; 11. 断层及编号; 12. 钻孔及编号; 13. 铅锌矿体; 14. 白云岩

Figure 7. Geological profile of fault block structure  
图 7. 断块构造地质剖面图

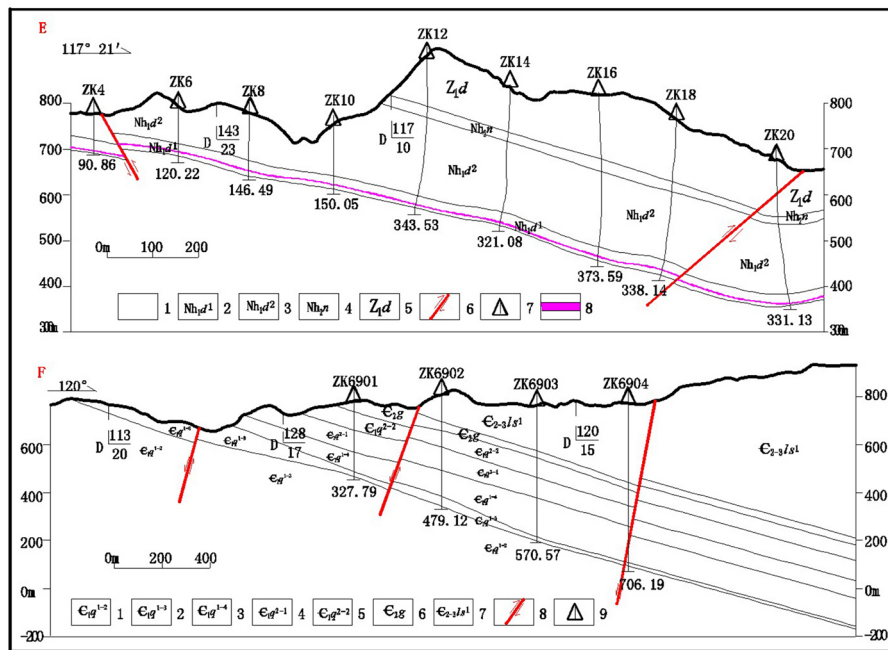


### 5.2. 大脑坡 - 清水塘断块构造(F1 - F2 之间断块)

大脑坡 - 清水塘断块构造夹于张(家界) - 花(垣)断裂带(F1)与两河断裂带(F2)之间, 该断块西侧为木匠坪逆掩断层。在这个断块构造中, 包含了排楼铅锌矿、大脑坡铅锌矿、李梅 - 芭茅寨 - 土地坪 - 长登坡铅锌矿开采区、玉屏山、土地坪、三塘、清水塘铅锌矿。是花垣铅锌矿床的主体部分, 含矿岩层出露面积、铅锌矿资源储量最大的断块、开发利用程度最高的区域。在断块北部白岩、李梅、土地坪一带铅锌矿体埋藏最浅(0~200 m), 断块其它地方矿体埋藏为 200~600 m。从图 7(B)、图 7(C)可以看出, 该断块内岩层近于水平, 呈缓波状弯曲, 靠近断层时, 受断层影响, 岩层倾角略有加大。在该断块中, 已经探明铅锌资源量 1174.91 万吨[18] [19]。

### 5.3. 摩天岭 - 排吾断块构造(F2 - F3 之间断块)

该断块构造夹于两河断裂带(F2)与麻栗场断裂带(F3)之间。分布有民乐、火把冲锰矿和排吾铅锌矿, 锰矿与铅锌矿之间为摩天岭断层分割而形成两个小型断块构造。在该断块构造内, 岩层走向北东, 倾向南东, 为单斜构造(图 8(E)、图 8(F)), 锰矿和铅锌矿含矿岩均出露地表(图 1)。在该断块中, 已经查明铅锌资源量只有 1.95 万吨[20]。



E-花垣民乐锰矿床 5 线剖面图(修改); 1. 南华系下统古城组; 2. 南华系中统大塘坡组下段; 3. 南华系中统大塘坡组上段; 4. 南华系上统南沱组; 5. 震旦系下统陡山沱组; 6. 断层; 7. 钻孔及编号; 8. 锰矿体; F-花垣排吾铅锌矿床 69 线剖面图(修改); 1. 寒武系下统清虚洞组下段第二亚段; 2. 寒武系下统清虚洞组下段第三亚段; 3. 寒武系下统清虚洞组下段第四亚段; 4. 寒武系下统清虚洞组上段下亚段; 5. 寒武系下统清虚洞组上段上亚段; 6. 寒武系中统高台组; 7. 寒武系中上统娄山关群下段; 8. 断层; 9. 钻孔及编号

Figure 8. Geological profile of the Motianling-Paiwu fault block

图 8. 摩天岭 - 排吾断块构造地质剖面图

## 6. 花垣矿田伸展构造

花垣矿田伸展构造的主要形式是发育在浅层次的脆性正断层系向下转变为伸展性韧性变形和与之配套的断块构造为主。

## 6.1. 浅层次的脆性正断层系向下转变为伸展性韧性变形特征

综合上述三条断裂带，具有的共同特点。

1) 主断面产状在地表不清楚。矿田内广泛分布碳酸盐类岩石，由于岩溶作用，使得这些规模较大的断裂破碎带内的主断面在地表很难保留。现在能观察到的只是一些与之伴生的次级断层面。只于这些伴生的次级断层面能否代表主断面，也有很大争议。从断裂带两盘分布的地层来看，正断层特征明显，符合伸展构造特性。

2) 在断裂破碎带中，构造角砾岩、具有揉皱的角砾岩常见，塑性较大的薄层灰岩、页岩形成的揉皱构造较发育。断裂破碎带中局部地段分布有许多构造小岩块，这些构造小岩块，有的具有塑性揉皱构造，有的为正常岩层。出现正常岩层小构造岩块可以说是正断层的典型特征。而发育的揉皱构造和具有揉皱的角砾岩则是下部岩层发生伸展性韧性变形的主要特征。

## 6.2. 断块构造总体特征

1) 断块构造的岩层产状

断块内岩层产状接近于水平，岩层倾角很小体呈低角度( $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ )。断块构造内，小规模张性断裂较为发育。断块构造内岩层没有明显的褶皱构造(前人的矿区褶皱是绘制岩层走向线图确定的，实际上岩层只是呈缓波状弯曲)。

2) 断块构造的含矿性

花垣矿田的断块构造含铅锌矿是最突出的特征。

① 层控性明显：90%以上的铅锌矿分布在清虚洞组下段第三亚段中，第四亚段和清虚洞组上段下亚段中也分布有少量矿体。② 矿体形态：以似层状、透镜状为主，少量脉状、囊状、巢状等，矿体分布具有多层性，2~3层常见，有的达15层之多。③ 含矿围岩：主要含矿岩层寒武系下统清虚洞组下段第三亚段其岩性矿化特征有四个：A) 岩层单层厚度大，多数为厚层至巨厚层，肉眼观察岩性质纯，无明显杂质，岩石表面光滑。在新鲜的钻孔岩芯上可见呈不规则锯齿状的缝合线构造较发育。在镜下观察含矿岩层中普遍含有生物藻屑、藻团粒等。B) 藻灰岩中的藻的种类与形态与铅锌矿化强度关系密切。在排楼矿区钻孔岩心薄片观察，藻的种类与形态主要有网状格架藻类、清晰藻团粒藻屑、模糊藻团粒藻屑三大类。含这三类藻类的岩石与铅锌矿化强度有很大的差异。凡是分布有大片网状格架藻类的含矿围岩，铅锌矿化强度最高，其岩层厚度也是很大的。分布有清晰藻团粒藻屑的含矿围岩，也能分布有规模较大的铅锌矿体，但矿化强度较前一类型要弱很多，本矿区以此类型的含矿围岩占主要地位。分布有模糊藻团粒藻屑的岩层一般不含矿[21]。C) 含矿岩层另一个特征是厚度变化较大，厚度8.60~174.48 m，平均厚度92.91 m。在矿区西部矿体厚度较大的地段，往往也是含矿岩层厚度较大的地段。从西到东，含矿岩层的厚度减薄的趋势明显。

## 6.3. 伸展构造的成矿作用

伸展作用与挤压作用是地质构造发展演化中的两种基本作用。从其应力状态和变形体制看，可以是空间的组合，也可以是时间的交替，还表现为主从关系和因果关系。伸展与挤压，是地壳的水平运动，在一定条件下水平运动与升降运动又互相转化，所以二者之间具有复杂的辩证关系。朱志澄[22]在研究了江西武功山至噪声鄂东南地区的多层次-滑脱拆离构造后，总结出了先推后滑、下推上滑、又推又滑三条地质构造规律。作者认为本矿田的断裂带基本符合又推又滑的挤压作用特征，断块构造应是伸展作用的产物。在断块构造的边缘，所谓“滑”，就是好像发生了一次类似板块俯冲带一样的俯冲作用，当然规模和深度要小得多。

地壳的伸展作用产生了一系列构造组合而使地壳拉薄,也对断块内部造成了大量破损,这也为后期矿液活动造成了良好的通道和空间。在花垣铅锌矿田的伸展构造中的促进了铅锌矿的形成。

李堃、顺昌雄等人[23] (2014年)认为在本地区出露的岩石地层中,较高的Pb、Zn丰度值出现在赋矿围岩以下地层,即下寒武统石牌组和牛蹄塘组,而赋矿围岩的Pb、Zn丰度值仅相当于本区的背景值或略低于背景值,由此推断本区含矿地层下寒武统清虚洞组并不是矿源层,Pb、Zn成矿物质有可能来源于石牌组以下的震旦系-寒武系的黑色页岩,尤其是下寒武统牛蹄塘组这套“多元素富集层”中。

随着伸展拉覆断裂构造作用与断块的形成,破坏了沿深断裂下渗的古海水及地层封存水的平衡,并由于地热梯度加热升温而成为中-高盐度的热卤水,热卤水在沿断裂带上升的过程中,萃取下寒武统牛蹄塘组中的Pb、Zn成矿物质,这些富含金属物质的成矿流体与有机质参与的硫酸盐热化学反应所产生的H<sub>2</sub>S结合,沉淀出金属硫化物,并由于含矿层下部和上部的泥质灰岩、页岩和泥晶白云岩所形成的良好的地球化学障,在孔隙度较大的藻灰者和鲕粒灰岩中富集成矿。

有关研究表明:本地区地质构造格架定型于印支运动。在这个阶段,由于断层的逆冲作用,将地壳深部发生伸展性韧性岩层逆冲到地表的断裂破碎带中[24]。

## 7. 结论

花垣矿田的伸展构造展现了正断层完整的面貌。地壳深部发生伸展性韧性岩层逆冲到地表的断裂破碎带、岩层较完整的断块构造是花垣矿田伸展构造的显著特征。尽管花垣矿田的各断裂带之间和各断块之间有诸多的不同点,但在矿田的铅锌矿的形成过程中,是伸展构造的断裂带与之切割生成的断块构造共同作用的结果。也就是说,矿田的伸展构造是铅锌矿成矿的良好环境之一,为区内形成超大型浅成中低温热液型铅锌矿床奠定了基础,从而改变了对花垣铅锌矿为沉积改造型矿床或变质型矿床的传统认识。因此,开展伸展构造控矿规律研究有重要的意义和前景,同时也为认识花垣铅锌矿床的成矿规律提供了新的思路。

## 参考文献

- [1] 张进江, 黄天立. 大陆伸展构造综述[J]. 地球科学, 2019, 44(5): 1705-1715.
- [2] 马杏垣. 论伸展构造[J]. 地球科学, 1982, 7(3): 15-22.
- [3] Davis, G.A., 于浩, 钱祥麟. 伸展构造研究[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 154-166.
- [4] 宋鸿林. 北京房山变质核杂岩的基本特征及其成因探讨[J]. 现代地质, 1996, 10(2): 149-158.
- [5] 张进江, 郑亚东, 刘树文. 小秦岭变质核杂岩的构造特征、形成机制及构造演化[M]. 北京: 海洋出版社, 1998: 120.
- [6] 马寅生, 崔盛芹, 吴淦国, 等. 医巫闾山变质核杂岩构造特征[J]. 地球学报, 1999, 20(4): 385-391.
- [7] 郑亚东, Davis, G.A., Darby, B.J., 等. 中蒙中生代伸展构造论文集[R]. 北京: 中蒙中生代伸展构造现场研讨会, 2001.
- [8] 颜丹平, 宋鸿林, 傅昭仁. 扬子地台西缘江浪变质核杂岩的出露地壳剖面构造地层柱[J]. 现代地质, 1997, 11(3): 290-297.
- [9] 张进业. 衡山变质核杂岩体西缘构造特征[J]. 华东地质学院学报, 1994, 17(1): 18-22.
- [10] 舒良树, Faure, M. 华南武功山中生代伸展构造[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 1998, 28(5): 431-438.
- [11] 舒见闻. 湖南渔塘铅锌矿床成矿构造初步分析[J]. 大地构造与成矿学, 1985, 9(1): 75-81.
- [12] 高伟利, 吕古贤, 肖克炎, 等. 湘西李梅铅锌矿区矿床地质特征与控矿要素[J]. 地质学刊, 2014, 38(3): 374-379.
- [13] 贺令邦, 符巩固, 杨绍祥. 湘西北杨家寨层控型全隐伏铅锌矿床地质特征及找矿前景[J]. 地球科学前沿, 2020, 10(5): 404-416.
- [14] 刘文均, 郑荣才. 花垣铅锌矿床成矿流体特征及动态[J]. 矿床地质, 2000, 19(2): 173-181.



- 
- [15] 张攀华. 论江南地轴北西缘在湖南的边界[J]. 湖南地质, 1984(2): 57-64.
- [16] 罗卫, 尹展, 孔令, 戴塔根. 花垣李梅铅锌矿集区地质特征及矿床成因探讨[J]. 地质调查与研究, 2009, 32(3): 194-202.
- [17] 曾健康, 贺令邦, 谢富和, 等. 湖南省花垣县杨家寨矿区铅锌矿预查地质报告[R]. 吉首: 湖南省地质矿产勘查开发局 405 队, 2016.
- [18] 曾健康, 毛党龙, 樊昂君, 等. 湖南省花垣县大脑坡铅锌矿普查地质报告[R]. 吉首: 湖南省地质矿产勘查开发局 405 队, 2014.
- [19] 贺令邦, 覃日贤, 罗健谭懿, 等. 湖南省花垣县清水塘铅锌矿普查地质报告[R]. 吉首: 湖南省地质矿产勘查开发局 405 队, 2019.
- [20] 郑日胜, 陈悟丰, 朱仁祥, 等. 湖南省花垣县排吾铅锌矿普查地质报告[R]. 吉首: 湖南省地质矿产勘查开发局 405 队, 2014.
- [21] 贺令邦, 杨霆, 杨绍祥. 湘西花垣铅锌矿床藻礁灰岩含矿性研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(增刊 1): 115-120.
- [22] 朱志澄. 逆冲推覆构造研究进展和今后探索趋向[J]. 地学前缘, 1995, 2(1-2): 51-58.
- [23] 李堃, 吴昌雄, 等. 湘西黔东地区铅锌矿床 C、O 同位素地球化学特征及其对成矿过程的指示[J]. 中国地质, 2014, 41(5): 1608-1619.
- [24] 彭国忠. 湖南花垣渔塘地区层控型铅锌矿床成因初探[J]. 地质科学, 1986(2): 179-186.