

内蒙古霍各乞矿区狼山群伸展构造及其控矿作用*

Extensional Tectonics and Ore Control in Hegeqi Ore Area of Inner Mongolia

张明华

王春增

Zhang Minghua Wang Chunzeng

(桂林工学院资源与环境工程系 桂林市建干路 12号 541004)

(Dept. of Resource and Environmental Engineering, Guilin

Institute of Tech., 12 Jianganlu, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要 对内蒙古霍各乞矿区内面理、线理、褶皱、断裂构造进行多层次、多尺度、详细的构造解析发现,内蒙古霍各乞矿区狼山群早期存在明显的伸展变形,广泛出现顺层面理。在狼山群第三岩组中发育韧性剪切带、糜棱岩、顺层掩卧褶皱及石香肠构造。霍各乞矿田含矿岩系实际上是变形较强的顺层韧性剪切带,矿床或矿体最初在韧性剪切带及顺层面理中富集成矿,形成浸染状、层状、条带状、块状矿化。

关键词 地质构造 伸展变形 韧性剪切带 霍各乞矿田 狼山

中图法分类号 P618.410.2

Abstract The structures of foliations, lineations, folds and fractures are analyzed in detail in the Hegeqi Ore Field, Inner Mongolia, north China. There apparently exist extensional deformation and layer-parallel plane in Langshan group in the earliest stage. The ductile shear zone, mylonite, layer-parallel-fying fold and boudinage come out extensively in the third group of Langshan. The ore-contained rock series in the Hegeqi Ore Field are actually layer-parallel ductile shear zones which are strongly deformed. Ores or ore-bodies firstly gather in ductile shear zone and layer-parallel plane, and then form layered, ribboned, massive ore-deposition.

Key words geological structure, extensional deformation, ductile share zone, Hegeqi ore field, Langshan

狼山地区自 50年代以来,已经过多次调查研究及“七五”期间的专题研究,但大多是“重建造、轻构造”,没有详细研究地质构造,特别是早期的变质岩构造的研究一直是一个薄弱环节。因此,我们以这一点为突破口,于 1991年至 1995年对狼山地区开展详细的构造解析及矿区关键地段的填图工作,首次发现了狼山群的伸展构造。

1 区域构造背景

霍各乞地区位于华北板块北部活动大陆边缘西段的狼山一带,以狼山-白云鄂博-赤峰深断裂为界,北接海西期天山-兴蒙造山带,西临塔里木地块,

基底由太古代-早元古代乌拉山群角闪岩相的中-深变质岩组成,盖层为狼山群绿片岩相-低角闪岩相的中-浅变质岩系。

中-晚元古代,狼山地区地壳表现出较强的活动性,出现大规模的裂陷作用,基性岩浆活动强烈,广泛出现构造置换和变质组构重建。中-晚元古代的狼山群的地质、地球化学特征^[1],表现为大陆边缘裂谷带的特点。

狼山裂谷发展到海西期,由于海西运动褶皱造山而封闭。对狼山地区海西运动所形成的区域构造型式,过去有多种观点^[1,2]。我们通过对狼山地区霍各乞、东升庙、固阳、白云鄂博一带狼山群的详细研究发现,狼山群的南北两侧(东升庙及北坡),均出现一套以塑性流变为主要特征的深变质岩,产状与狼山群协调一致,其间以一强变形带(韧性剪切带及混合岩带)

2002-03-01收稿, 2002-05-20修回。

* 国家重点科技攻关项目(85-901-01-05-01)专题的部分成果。

相接触,这套地层变形、变质特征与狼山群相差很大,以塑性流变为主要特征,且侵入其中的前海西期白色花岗岩亦遭受强烈变形,而狼山群中的红色狼山花岗岩无变形,显然这套地层应属基底岩系。这一重要发现反映出狼山地区的区域构造总体上应为一复式向斜构造^[3]。

2 矿区构造序列及其与成矿关系

狼山群是霍各乞矿区的含矿岩系,主要岩性为石英岩、石英片岩、千枚岩、绿泥片岩、变质灰岩等,原岩为一套具复理石特征的浅海相碎屑岩、粘土岩、碳酸盐岩及中基性火山岩。霍各乞矿田产出在狼山群第三岩组中,是一个以铜为主的多金属矿田,由 1号、2号、3号 3个大中型矿床组成,明显受构造控制,具“层控”特点。

对区内面理、线理、褶皱、断裂构造进行多层次、多尺度、详细的构造解析,将狼山群构造变形分为四期(世代)^[4,5](表 1),其中早期的伸展变形特征明显且与成矿关系密切,海西期变形奠定矿区基本构造格架,印支—燕山期变形具有明显继承改造特点。

3 伸展构造及其控矿作用

3.1 伸展作用及伸展构造

中—晚元古代裂陷作用导致的地壳伸展使狼山

表 1 霍各乞矿田构造序列及其与成矿关系

Table 1 Structural sequence and relation with ore-formation of Hegeqi ore field

构造期 Tectonic period	构造世代 Tectonic generation	变形机制 Deformation mechanism	构造样式和特点、变质相、岩浆活动 Tectonic style and feature, metamorphic facies, magmatic activity	成矿期 Period of ore-formation
印支—燕山期 Indosinian—Yanshanian	D ₄	挤压 Compression	北东向褶皱 f_4 及折劈理、破劈理、膝折、挠曲 S_4 , 绿片岩相变质。 Northeast fold f_4 and slip cleavage, fracture cleavage, kink, flexure S_4 , chlorite schist facies metamorphism.	成矿后期 After ore-forming
	D ₃	挤压 Compression	北西向褶皱 f_3 及折劈理 S_3 , 绿片岩相变质。 Northwest fold f_3 and slip cleavage S_3 , chlorite schist facies metamorphism.	
海西期 Hercynian	D ₂	挤压 Compression	复式向斜 f_2 及挤压逆冲、纵向置换, 近南北向线理 L_2 , 劈理 S_2 , 角闪岩相—绿片岩相变质, 中酸性岩浆侵入(狼山花岗岩)。 Synclinorium f_2 , overthrust, longitudinal transposition, S-N lineation L_2 , cleavage S_2 , amphibolite-chlorite schist facies metamorphism, middle-acid magma intrusion (Langshan granite).	成矿后期 After ore-forming
吕梁—加里东期 Luliang—Caledonian	D ₁	伸展 Extension	分层剪切、横向构造置换, 顺层面理 S_1 , 近南北向线理 L_1 , 顺层掩卧、无根钩状褶皱 f_1 , 顺层韧性剪切带、糜棱岩、粘滞型石香肠, 角闪岩相—绿片岩相变质, 基性岩浆活动(侵入、喷出)。 Bedding shear, transversal transposition, bedding foliation S_1 , S-N lineation L_1 , bedding recumbent and rootless hook-like fold f_1 , bedding ductile shear zone, mylonite, adhesive boudinage amphibolite-chlorite schist facies metamorphism, basic magma activity (intrusion, eruption).	成矿期或成矿前期 Ore-forming or before ore-forming

群普遍遭受一次伸展变形。

3.1.1 斜长角闪岩

斜长角闪岩在霍各乞矿区十分发育。野外调查发现,斜长角闪岩的围岩有明显的热接触变质现象,并具分带性,在与围岩接触带上,广泛出现黑云母、石榴石等变斑晶。工程揭露后,见斜长角闪岩为顺层的岩席或岩床,在显微镜下观察,可见斜长角闪岩还残存岩浆岩的结晶结构,部分角闪石中有辉石的残留体(图 1)。同位素测定其年龄为 1492Ma^[6],其时代与狼山群相当。因此,基本上可以确定,斜长角闪岩为侵入岩,是早期地壳强烈拉张期岩浆活动所形成的基性侵入岩——辉绿岩退变质的产物^[5]。



图 1 角闪石中的辉石残留体 ((-) $\times 10$)

Fig. 1 Remains of pyroxene in hornblende((-) $\times 10$)

3.1.2 区域性的面理和线理

狼山群伸展变形的典型特征是发育区域性顺层面理 S_1 及近南北向矿物拉伸线理 L_1 。顺层面理 S_1 很容易被忽略,并误作层理 S_0 。

S_1 面理是霍各乞矿田狼山群中最发育的面理。野外所见的向南倾斜的面理多为 S_1 , 这种顺层面理广泛发育为流劈理, 在不同岩性中表现不同, 在石英岩、含矿条带石英岩、石英片岩、钙质绿泥片岩、变质灰岩、透辉透闪岩中这种顺层面理最明显, 和层理面 S_0 一致 (图 2); 在黑云母石英片岩、二云母石英片岩、红柱石云母片岩、千枚岩、板岩中 S_1 面理往往被后期的折劈理、破劈理置换、改造而掩盖。通过详细的 S_1 面理解析及矿区填图可基本恢复早期面理的面貌 (图 3)。

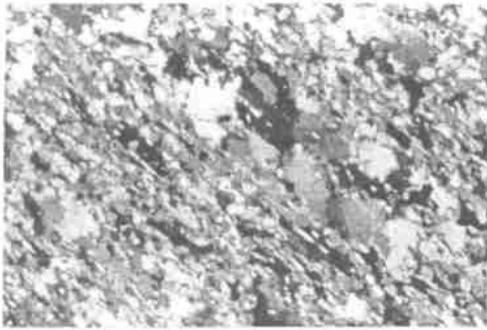


图 2 石英岩中顺层面理 S_1 ((+) $\times 10$)

Fig. 2 Bedding foliation (S_1) in quartzite ((+) $\times 10$)

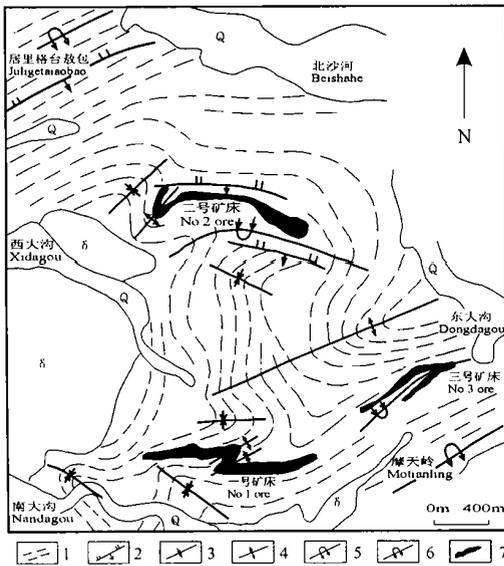


图 3 霍各乞矿田 S_1 面理及构造地质图

Fig. 3 S_1 plane and structural geology map in Hegeqi ore field

1. S_1 面理; 2. 逆断层; 3. 向斜轴迹; 4. 背斜轴迹; 5. 倒转背斜轴迹; 6. 倒转向斜轴迹; 7. 矿体; Q. 第四系; δ . 兴凯期花岗岩
1. S_1 foliation; 2. Reverse fault; 3. Syncline axial trace; 4. Anticline axial trace; 5. Overturned anticline axial trace; 6. Overtruned syncline axial trace; 7. Ore body; Q-Quaternary; δ . Xinkai period granite

拉伸线理表现为 S_1 面理上变质矿物黑云母、绿泥石、绢云母、角闪石等针状、纤维状、柱状矿物大致顺岩层倾斜方向排列。在斜长角闪岩的围岩云母片岩中较明显, 斜长角闪岩侵入围岩而在围岩中形成的热变质矿物黑云母、石榴石变斑晶, 因挤压及剪切作用被拉长变形, 定向排列, 石榴石因挤压发生破碎, 部分甚至被交代, 黑云母变斑晶也多被后期新生的黑云母、绿泥石交代 (图 4)。拉伸线理为近南北向。

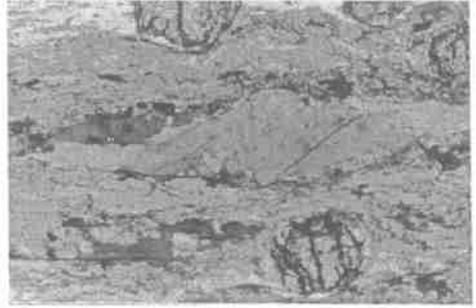


图 4 黑云母和石榴石变斑晶组成的线理 ((-) $\times 10$)

Fig. 4 Lineation made of biotite and garnet metacrysts ((-) $\times 10$)

3.1.3 顺层掩卧褶皱及石香肠

狼山群伸展变形的另一特征是发育有小型顺层掩卧褶皱。顺层掩卧褶皱构造形成于伸展变形早期, 由分层剪切形成, 其褶皱多限于某一岩性层内。褶皱轴面和 S_1 面理平行, 两翼产状与 S_1 面理一致。强烈的横向构造置换, 层理 S_0 几乎为 S_1 完全置换而发育顺层面理, 局部残留小型顺层掩卧褶皱 (图 5)。无根钩状褶皱 (图 6)。在黑云母石英片岩、二云母石英片岩、红柱石云母片岩、绿泥石片岩、千枚岩、板岩等软岩层中的石英岩夹层因挤压或剪切作用而形成不对称的寄生褶皱或粘滞型石香肠 (图 7)。



图 5 石英岩中小型顺层掩卧褶皱 (镜头向南)

Fig. 5 Small bedding recumbent fold in quartzite (camera lens towards south)

3.1.4 顺层韧性剪切带及糜棱岩

霍各乞狼山群 3 个岩组由于岩石能干性及韧性差不同, 伸展变形强度及构造样式差异较大, 形成不同的构造——岩性组合。第一岩组变形弱, 只形成弱的顺层面理; 第二岩组物质横向流动较强, 在区内呈

透镜状分布;第三岩组顺层面理、顺层掩卧褶皱、顺层韧性剪切带发育,横向构造置换强烈。

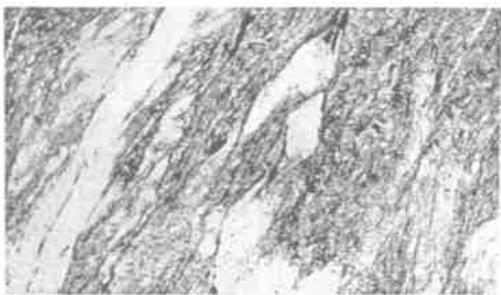


图 6 云母石英片岩中无根褶皱 ((-) 6.3×10)
Fig. 6 Rootless fold in mica quartz schist((-) 6.3×10)



图 7 石英岩中的肠状褶皱(镜头向南)

Fig. 7 Intestines-shape fold in quartzite (camera lens towards south)

狼山群第三岩组总体上能干性差,岩性分层及软硬夹层多,层间韧性差大,因而变形强,顺层韧性剪切带发育,在长英质岩石中表现清楚。云母石英片岩、条带状石英岩等都发育有顺层韧性剪切带。剪切带中以糜棱岩发育为典型特征,云母石英片岩、石榴石透辉透闪岩亦呈典型的糜棱结构和流动构造。韧性剪切带中,矿物以粒内、粒间变形为特征,位错迁移、多边形化、动态重结晶及晶界迁移合并等明显,石英被拉长为长条状、缎带状,呈波状、带状消光,亚颗粒、核幔构造发育(图 8 9 10)。石榴石斑晶形成左旋碎斑系(图 11),透辉透闪石大理岩中方解石、斜长角闪岩中角闪石、云母石英片岩中的黑云母变斑晶发生扭折(图 12)及形成云母鱼。这些指向标志均反映韧性剪切带中剪切指向或物质流动方向均为从南向北流动。

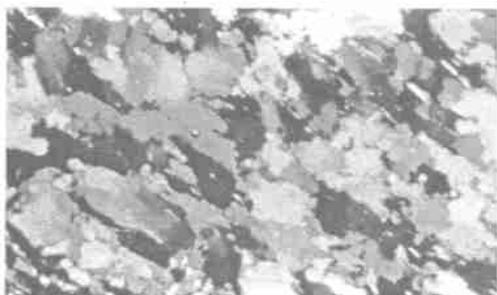


图 8 条带状石英岩中石英动态重结晶 ((-) 6.3×10)
Fig. 8 Dynamic recrystallization of quartz in ribboned quartzite((-) 6.3×10)



图 9 石英岩中石英位错壁(消光带,+) 6.3×10

Fig. 9 Dislocation wall of quartz in quartzite (Extinction strip,+) 6.3×10)

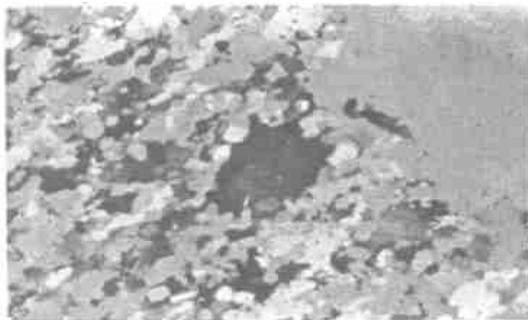


图 10 石英核幔构造 ((-) 5×10)

Fig. 10 Core-mantle texture of quartz((-) 5×10)

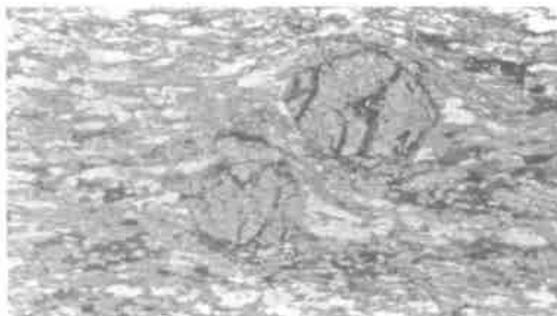


图 11 石英岩中石榴石左旋碎斑系 ((+) 5×10)

Fig. 11 Sinistorse porphyroid of garnet in quartzite ((+) 5×10)



图 12 黑云母扭折 ((-) 5×10)

Fig. 12 Twist of biotite((-) 5×10)

3.2 伸展构造的控矿作用

调查及研究发现,狼山地区早期的地壳伸展作用及伸展构造对成矿有重要的控制作用。

3.2.1 基性岩浆活动与成矿关系

霍各乞矿田基性岩除斜长角闪岩以外,在狼山群第一岩组发育一套钠长绿泥片岩,在狼山地区很稳定,经原岩恢复后,其原岩为一套玄武岩^[6]。霍各乞矿田的这些基性岩与矿床有着密切的关系,空间上,基性岩总是位于矿床的底部,在垂向上,从下到上构成基性喷出岩-基性侵入岩-矿体的分布格局,平面上,这些基性岩发育的地段均有矿化,且基性岩规模越大矿化越强。有利的成矿部位都离不开“斜长角闪岩+容矿岩系”二者的组合,容矿岩系既是有利的岩性组合,更重要的是有利的构造部位(发育韧性剪切带)。

微量元素的地球化学特征为斜长角闪岩、绿片岩中 Cu、Pb、Zn 含量高于维氏值,表明岩性岩浆侵入及喷发过程中,提供成矿物质;矿物地球化学显示霍各乞黄铁矿 Ni/Co > 3,其形成与火山活动有关;同位素地球化学显示, S 的同位素更靠近 0 值分布,反映硫较多地来自于岩浆活动。另外,矿区勘探时,在深部钻孔中发现自然硫,这也反映成矿物质与火山活动相关。

显然,狼山地区早期地壳伸展形成的基性岩,特别是斜长角闪岩是成矿物质的重要来源之一。

3.2.2 S₁ 面理控矿作用

霍各乞矿田 3 个矿床含矿岩系顺层面理 S₁ 较为发育,矿质(硫化铜、硫化铁)常沿 S₁ 面理富集、沉淀,形成层状、条带状、纹层状矿石。显微镜下观察,条带状石英岩、石英片岩中,石英拉长呈丝带状定向排列组成 S₁ 面理,金属硫化物(硫化铜、硫化铁)顺 S₁ 面理充填生长,在黑云石英片岩、二云石英片中,虽受 S₂ 面理的改造,硫化铜、硫化铁颗粒沿 S₂ 面理方向生长,但总体方向仍沿 S₁ 面理展布(图 13)。均反映早期 S₁ 面理的控矿作用。

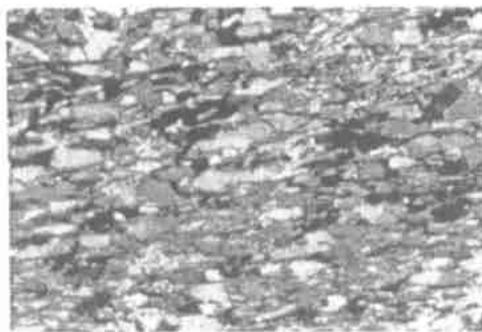


图 13 云母石英岩中 S₁ 面理、S₂ 面理与矿化 ((+) 5× 10)
Fig. 13 Foliations S₁, S₂ and ore-deposition in meroxene quartz-schist ((+) 5× 10)

3.2.3 顺层韧性剪切带控矿作用

霍各乞矿田含矿岩系实际上是变形较强的顺层韧性剪切带,矿床或矿体即是产出在顺层的韧性剪切带中,而形成浸染状、层状、条带状、块状矿化。含矿岩系中矿化条带状石英岩、石榴石透辉透闪岩及矿体顶、底板的云母石英片岩实际上是糜棱岩或变晶(余)糜棱岩。剪切带中的粘滞型石香肠部分成为强矿化的富矿体,反映矿质早期沿剪切带沉淀富集。霍各乞铜矿田 1 号、2 号、3 号矿床早期即是产出在韧性剪切带中的顺层矿体(图 14)。

3.2.4 元古代地壳演化与成矿

中元古代早期,经吕梁运动固结的狼山地区地壳活动性增强,产生了一次较为强烈的拉张作用——近南北向的伸展,沿狼山-白云鄂博-赤峰深断裂带一线形成近东西向展布的狭长的狼山裂谷带,沉积了一套狼山群的类复理石、碳酸盐、中-基性火山岩建造进一步的拉张导致基性岩浆活动,基性岩浆携带成矿物质,在地幔热动力的作用下上涌,并沿深断裂上侵,基性岩浆在上升的过程中,不断与基底交换物质,基底中的成矿元素 Cu、Pb、Zn 活化转移到地壳上部的狼山群中,使成矿物质在狼山群中形成初始富集。

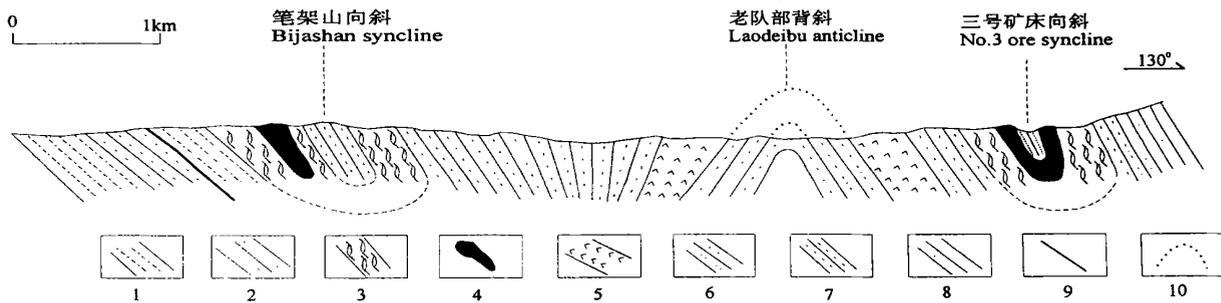


图 14 霍各乞矿田构造剖面图

Fig. 14 Structural section of Hegeqi ore field

1. 千枚岩; 2. 黑云石英片岩; 3. 糜棱岩; 4. 矿体; 5. 斜长角闪岩; 6. 透辉透闪岩; 7. 二云石英片岩; 8. 石英岩; 9. 断层; 10. 推测界线。
1. Phyllite; 2. Biotite quartz schist; 3. Mylonite; 4. Ore body; 5. Amphibolite; 6. Diopside-hornblende; 7. Two-mica quartz schist; 8. Quartzite; 9. Fault; 10. Speculated line of fold limitation

(下转第 197 页 Continue on page 197)

目前,岩溶内涝灾害呈逐年加重的趋势,其原因除降水和溶洼系统结构影响外,主要是人类活动和生态环境破坏所致,因此,防治岩溶洼地系统内涝不能只局限于(隧洞、明渠等)排涝工程,要从整个岩溶生态环境的高度考虑,加强非工程措施和生态工程建设,提高人们的防涝抗灾意识,加强森林保护和建设,充分发挥森林的水文功能和防涝抗灾作用;调整土地利用结构,加强土地整理,促进土地资源的优化配置,特别是水土资源的开发利用与内涝灾害的防治一起抓,改善岩溶生态环境,减少内涝灾害的发生,实现土地利用的可持续发展

参考文献

1 袁道先主编.岩溶学词典.北京:地质出版社,1988.8.

- 2 广西壮族自治区地方志编纂委员会编.广西通志.岩溶志.南宁:广西人民出版社,2000.2.
- 3 裴建国,李庆松.生态环境破坏对岩溶洼地内涝的影响——以马山古寨乡为例.中国岩溶,2001,18(2):297~300
- 4 中国地质科学院岩溶地质研究所.桂林岩溶地貌与洞穴研究.北京:地质出版社,1988.2.
- 5 光耀华,项式均.水库周边岩溶浸没—内涝灾害研究.中国岩溶,1997,14(1):25~33

(责任编辑:邓大玉)

(上接第 192页 Continue from page 192)

中—晚元古代中、晚期,地壳伸展作用使狼山群发生以分层剪切、固态流变为特征的韧性变形,成矿物质在韧性剪切带中富集、成矿。

4 结论

综上所述,一方面,伸展作用提供了成矿的动力、成矿热液、矿质运移通道,及成矿物质来源(斜长角闪岩),另一方面,顺层韧性剪切带及 S₁ 面理控制矿体的产出,是成矿的有利贮集空间。而海西期及印支—燕山期构造的控矿作用是在此基础上对矿体形态的进一步变形改造及破坏。过去认为霍各乞矿床是“层控矿床”,现在看来,“层控”并不是沉积成因,而是受顺层的面理及韧性剪切带控制。

致谢

专题研究过程中,得到项目组王钟副教授、刘康怀教授、巩正基高级工程师的大力支持和帮助,在此一并致谢

参考文献

- 1 池三川,王海明,王思源等.内蒙狼山霍各乞矿田并外围铜多金属成矿控制及找矿研究.北京:中国地质大学,1991.10~14,163~171.
- 2 内蒙有色地质勘查局.内蒙狼山地区铜多金属矿成矿规律找矿方向研究.呼和浩特:内蒙有色地质勘查局,1990.2~5.
- 3 王春增,张明华,曾剑.狼山群的层序划分与霍各乞矿区复式倒转向斜的厘定.大地构造与成矿学,1996,20(3):212~219.
- 4 张明华,王春增.内蒙古狼山霍各乞矿田控矿构造特征.桂林工学院学报,2001,2(1):62~67.
- 5 王春增,张明华.幔源基性岩席在某些层状铜矿成矿过程中的作用及机理.桂林工学院学报,1996,16(4):344~352.
- 6 杨海明,苏尚国.内蒙古狼山北侧中元古代变基性岩特征及其成矿意义.矿床地质,1992,11(2):142~152.

(责任编辑:邓大玉)