

斑岩铜矿床的成矿模式 和石英脉金矿床的 成矿信息

孟宪义 著



地质出版社

国家自然科学基金
基金资助项目

斑岩铜矿床的成矿模式 和石英脉金矿床的成矿信息

孟良义 著

海洋出版社

1997年·北京

内 容 简 介

本书是作者根据多年来对斑岩铜矿床成矿模式和石英脉金矿床成矿信息的研究,以内蒙古白乃庙斑岩铜矿床、石英脉金矿床为例,结合江西城门山斑岩铜钼矿床、黑龙江多宝山斑岩铜钼矿床、吉林小西南岔斑岩铜金矿床及其他地区石英脉金矿床撰写而成的。书中对斑岩铜矿床、石英脉金矿床提出了新的认识和见解。作者指出,斑岩铜矿床的蚀变可分为成矿前、成矿时和成矿后三类蚀变,成矿时蚀变主要是硅化,矿化与硅化有关。作者从矿床学、构造学、找矿矿物学和勘查地球化学等四个方面论述了石英脉金矿床的成矿信息。

本书可供有关科研、教学人员和地质工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

斑岩铜矿床的成矿模式和石英脉金矿床的成矿信息/孟良义著.

- 北京:海洋出版社,1997.12

ISBN 7-5027-4421-5

I.斑… II.孟… III.①斑岩矿床:铜矿床-矿床成因论

②石英脉-脉金矿床-矿床成因论 IV.P618.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 22596 号

责任编辑 白燕

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京兰空印刷厂印刷

新华书店发行所经销

1997 年 12 月第 1 版

1997 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5027-4421-5

开本:787×1092 1/16 印张:7.8

字数:200 千字 印数:1—400 册

定价:20.00 元

ISBN 7-5027-4421-5/P·430

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

本书主要以内蒙古白乃庙斑岩铜矿床和石英脉金矿床为例,结合江西城门山斑岩铜钼矿床、黑龙江多宝山斑岩铜钼矿床、吉林小西南岔斑岩铜金矿床及其他地区石英脉金矿床,探讨斑岩铜矿床的蚀变类型、蚀变分带、蚀变与矿化及成矿模式以及石英脉金矿床的成矿信息。

白乃庙铜矿床和金矿床位于内蒙古自治区乌兰察布盟四子王旗境内,大地构造位置,按槽台观点属内蒙—兴安地槽南部中段,如按板块观点,则应是华北板块和西伯利亚板块之间白乃庙地体岩浆带,是我国古构造研究较详细的地区之一。

作者根据多年来对斑岩铜矿床成矿模式和石英脉金矿床成矿信息的研究(此项研究得到国家自然科学基金资助),并参阅了孟良义的白乃庙斑岩铜矿床、石英脉金矿床专题研究报告、孟良义、朱泰天、冯瑞、梁一鸿及周立宏等著的内蒙古白乃庙金矿区成矿远景预测专题研究报告、内蒙古地质矿产局 103 地质队白乃庙铜矿二、三矿段勘探地质报告、内蒙古地质矿产局 103 地质队白乃庙铜矿详细普查地质报告和内蒙古地质矿产局 103 地质队白乃庙金矿 26 号脉勘探地质报告,撰写了本书。鲁守柱、周立宏参加了野外工作和部分室内工作,朱泰天教授级高级工程师、梁一鸿副教授参加了金矿床部分野外和室内工作,曾昭发参加了金矿床电算工作,工作期间与陈琦教授、聂凤军研究员、李德伦副教授、景德武高级工程师及冯瑞副矿长等进行了有益的讨论,白燕编审进行了编辑加工,在此一并致以深深的谢意。

书中缺点和错误,敬请批评指正。

目 录

前 言	(1)
第一章 成矿地质背景	(1)
1.1 地层	(1)
1.2 构造	(5)
1.3 岩浆岩	(12)
第二章 斑岩铜矿床的成矿模式	(19)
2.1 矿床地质特征	(19)
2.2 矿石的矿物成分及结构、构造	(19)
2.3 围岩蚀变	(23)
2.4 矿床地球化学	(31)
2.5 成矿作用	(36)
2.6 成矿模式	(37)
第三章 石英脉金矿床的成矿信息	(41)
3.1 矿床地质特征	(41)
3.2 矿石的矿物成分及结构、构造	(43)
3.3 围岩蚀变	(46)
3.4 金的赋存状态	(48)
3.5 矿床地球化学	(50)
3.6 成矿作用	(57)
3.7 成矿模式	(58)
3.8 成矿信息	(59)
结束语	(114)
主要参考文献	(115)

第一章 成矿地质背景

1.1 地层

1.1.1 区域地层概况

白乃庙铜矿床和金矿床位于内蒙古自治区乌兰察布盟四子王旗境内。该地区区域地层总体近东西向展布,自南向北依次为早元古代五台群,中元古代白音都西群、白乃庙群和白云鄂博群,早古生代温都尔庙群以及零星分布的志留系、石炭系、二叠系、侏罗系、白垩系、第三系及第四系(图 1.1.1)。

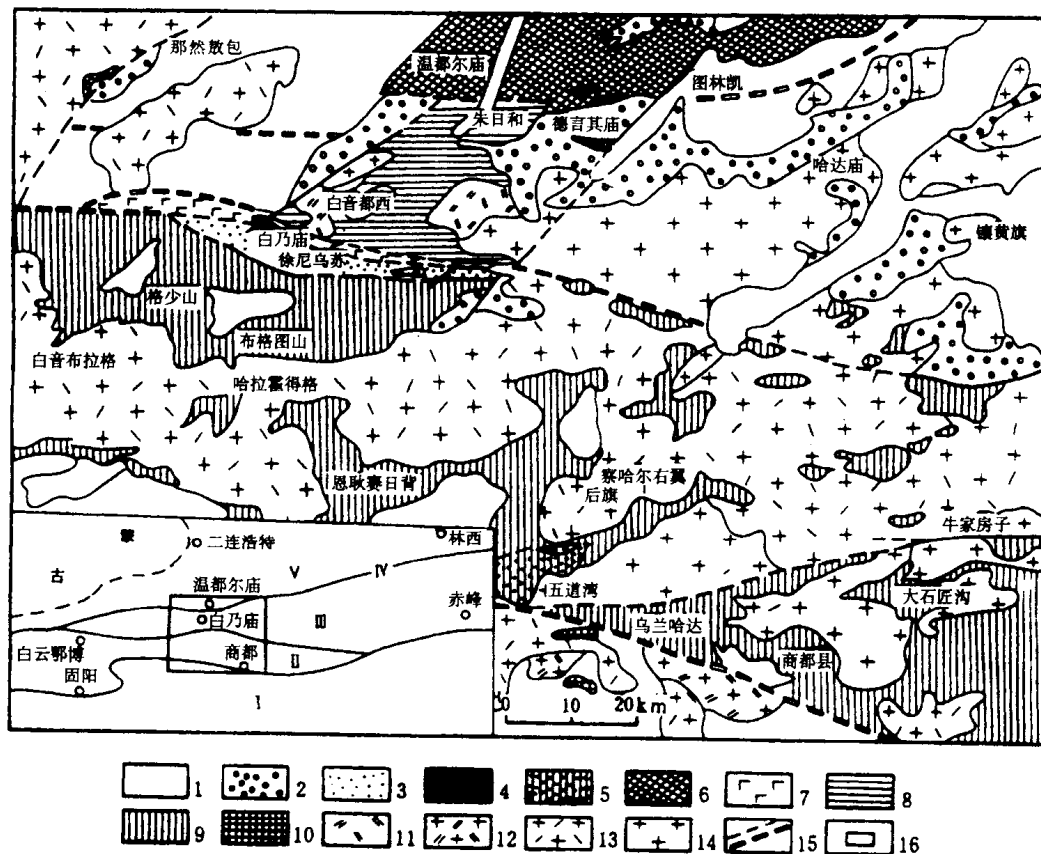


图 1.1.1 白乃庙地区区域地质简图

(据杜玉申等, 1992)

1. 中—新生界; 2. 石炭—二叠系; 3. 中志留世徐尼乌苏组; 4. 晚志留世那清组; 5. 早古生代五道湾组; 6. 早古生代温都尔庙群; 7. 中元古代白乃庙群; 8. 中元古代白音都西群; 9. 中元古代白云鄂博群; 10. 早元古代五台群; 11. 晚元古代石英闪长岩(δ_2); 12. 早古生代花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi_3$); 13. 海西期花岗岩类; 14. 燕山期花岗岩类; 15. 推测断裂及隐伏断裂; 16. 研究区大

地构造位置: I. 华北克拉通区(具 2500×10^6 a 的结晶基底); II. 中元古代大陆裂谷—被动陆缘; III. 晚元古代—早古生代地体—岩浆弧带; IV. 早古生代洋壳残片带; V. 晚古生代构造带

1.1.1.1 下元古界(P_{t_1w})

五台群:零星出露于研究区南部,岩性为黑云斜长片岩、大理岩及石英岩。

1.1.1.2 中元古界(P_{t_2})

白音都西群(P_{t_2by}):主要出露于白音都西—察汉敖包,近北东向展布在百余平方公里的带状地域内。岩性分为三段:上段与下段岩性大体相似,以长英质变粒岩为主,夹少量混合岩;中段则以云母(石英)片岩为主,常含夕线石等特征矿物。三个岩性段总厚度大于 1992m,各岩性段中都可见有少量角闪质岩脉,呈团块及透镜状产出,并有大量斜长花岗岩岩脉侵入。白音都西群为一套中元古代形成的非稳定陆壳上的过渡型陆源碎屑建造,伴随有准同时的一系列小规模基性岩浆侵入事件发生,有后期变质作用,其特征为:低角闪岩相,中—低压相系。

白乃庙群(P_{t_2b}):主要分布于白乃庙矿区内,是白乃庙铜矿床、金矿床的赋矿地层。它由一套区域变质岩石组成,按已被构造置换形成的构造岩性层可分为三个岩性段:第一、第三岩性段为绿片岩;第二岩性段为长英质片岩,为一套绿片岩相的变质岩系。其原岩为海底火山喷发的基性—中酸性火山熔岩、凝灰岩夹少量正常沉积的碎屑岩和碳酸盐岩,属岛弧钙碱性系列火山—沉积建造,总厚约 2032m。

白云鄂博群($P_{t_2}^2$):见于区域南部,南北分别以乌兰哈达大断裂和徐尼乌苏大断裂为界,呈东西向展布,是华北板块北缘中元古代的重要岩石记录,自上而下包括:

都拉哈拉组:变砂岩为主夹板岩,4535m;

尖山组:变砂岩及千枚状板岩,3685m;

哈拉霍格特组:变砂岩、板岩及结晶灰岩,990m;

比鲁特组:板岩、碳质板岩及变砂岩,2085m;

白音宝拉格组:变石英砂岩、板岩夹灰岩,下部夹钠长绿帘阳起石片岩,1660m;

阿牙登组:结晶灰岩、白云质灰岩、砂质灰岩夹变石英砂岩,千枚状板岩,1337m;

阿勒呼都格组:石英岩、千枚岩,厚约数百米,未见顶。

该群的原岩为陆源碎屑—碳酸盐沉积建造,系由大陆裂谷(华北板块北缘裂解)发展为被动陆缘的岩石记录。

1.1.1.3 古生界

早古生代温都尔庙群(P_{z_1w}):广泛分布于温都尔庙大断裂以北地区,岩性为枕状熔岩等变质而成的绿片岩类(部分含蓝闪石、硬柱石),绢云石英片岩夹含铁石英岩和大理岩,厚度大于 1450 m。

以上各群与下伏岩系均主要为断层接触,未见下界面。

中志留世徐尼乌苏组(S_{2x}):主要分布于徐尼乌苏一带,为板岩、千枚岩、变质砂岩夹灰岩透镜体,下部夹安山质火山岩,厚度 1398 m。它不整合于白乃庙群之上。

晚志留世那清组(S_{3n}):仅见于那清附近,为硬砂岩,长石石英砂岩夹泥岩、灰岩,厚度 829 m。它不整合于老岩层之上。

中石炭世海拉斯阿木组(C_2h):海陆交互相的砂、泥岩夹灰岩,厚度 709 m,与下伏岩系呈不整合接触。

晚石炭世阿木山组(C_3):岩性为杂砂岩、凝灰质砂岩夹泥(千枚)岩,上部灰岩较多,总厚度大于 4949 m,与下伏岩层整合接触。

二叠系:零星分布于徐尼乌苏大断裂与温都尔庙大断裂之间的东西向狭长地带中,主要为下统,有四个组:

三面井组(P_{1s}):岩性为硬砂质、凝灰质砂岩夹灰岩,厚度约 1408 m;

呼格特组(P_{1h}):硬砂岩,长石砂岩和泥质板岩夹灰岩,厚度 1223 m;

德言其庙组(P_{1d}):结晶灰岩,厚度为 7136m;

额里图组(P_{1e}):安山岩、中酸性凝灰岩偶夹灰岩扁豆体,厚度 1542m。

1.1.1.4 中生界

侏罗系:下一中统仅见于供济堂南,为砂页岩夹煤线,厚度大于 80m;上统为中酸性火山岩及陆相砂页岩和砂岩,包括三道沟组、张家口组、多伦组、大青山组、西脑包图组,厚度数百米到三千余米,不整合于老岩层之上。

下白垩统:巴彦花组(K_1b)为砂页岩夹煤线,厚度大于 89m,后白音不浪组为砂砾岩,厚度 220m,均与老地层呈不整合接触。

1.1.1.5 新生界

第三系:下第三系为砂页岩、砾岩夹煤线或油页岩,厚度 7170m;上第三系下部为玄武岩夹油页岩及泥灰岩,上部为红色砂岩、泥岩、砾岩及泥灰岩,厚度 665m。

第四系:冲积、洪积及湖积泥、砂、砾石等,数米至数十米。

1.1.2 矿区地层

白乃庙矿区出露的地层有中元古代白乃庙群、晚志留世西别河组、早二叠世三面井组、晚侏罗世大青山组和新生界第三系及新四系(图 1.1.2)。

1.1.2.1 中元古代白乃庙群

白乃庙群是白乃庙矿区出露的最主要地层,也是铜矿、金矿的主要赋矿地层。它是一套浅变质的绿片岩相变质岩,原岩为海底火山喷发的基性、中酸性火山熔岩,凝灰岩夹少量正常沉积的碎屑岩和碳酸盐,属浅海相火山-沉积建造。自下而上可分为三个岩性段:

第一岩性段($P_{t_2b^1}$):分布于白乃庙地区北部,由绿泥片岩、绿泥阳起片岩、角闪片岩、斜长片岩、斜长角闪阳起片岩、绿泥斜长片岩、绿泥绿帘阳起片岩、阳起片岩及绿泥黑云片岩类夹少量绢云母片岩组成;

第二岩性段($P_{t_2b^2}$):分布于白乃庙地区北部和中部,由长英质片岩类组成,主要有绢云石英片岩、绿泥石英片岩、含铁石英岩夹变质砂岩及少量绿泥阳起片岩;

第三岩性段($P_{t_2b^3}$):分布于白乃庙地区南部,由绿泥阳起片岩、绿泥阳起斜长片岩、角闪片岩及斜长角闪阳起片岩夹大理岩透镜体组成。

白乃庙铜矿北矿带赋存于第一岩性段,南矿带赋存于第三岩性段。

白乃庙金矿主要产于第一岩性段,其次为第二岩性段。

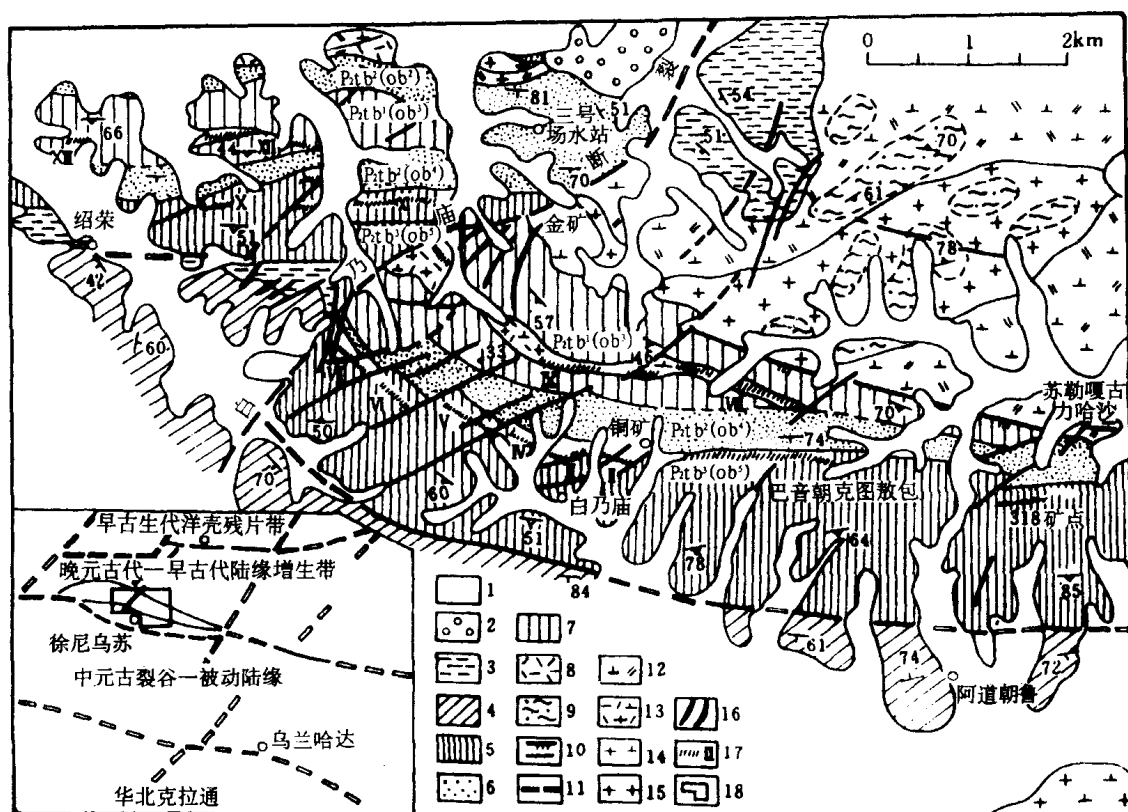


图 1.1.2 白乃庙矿区地质简图

(据 103 地质队改编)

1. 第四系; 2. 侏罗系; 3. 早二叠世三面井组; 4. 中志留世徐尼乌苏组; 5. 白乃庙群第三岩性段; 6. 白乃庙群第二岩性段; 7. 白乃庙群第一岩性段; 8. 斜长角闪岩(原 Ob^1); 9. 中元古代白音都西群; 10. 压性断层及性质不明断层; 11. 推测断层; 12. 晚元古代石英闪长岩; 13. 早古生代花岗闪长斑岩; 14. 晚古生代花岗闪长岩; 15. 中生代斜长花岗岩; 16. 金矿脉; 17. 铜矿带及编号; 18. 矿区大地构造位置

1.1.2.2 晚志留世西别河组(S_{2x})

分布于白乃庙区南部和西部,与前述那清组相当,分为三个岩性段:

第一岩性段(S_{3x}^1):岩性为变砾岩、含砾粗砂岩、岩屑杂砂岩及变质细砂岩、粉砂岩;

第二岩性段(S_{3x}^2):岩性为变含砾粗粒长石杂砂岩、碳质板岩、千枚岩及千枚状板岩夹灰岩;

第三岩性段(S_{3x}^3):由含砾粗砂岩、中粒砂岩、粉砂岩、千枚岩及板岩夹灰岩透镜体组成。

矿区主要出露第一岩性段,与下伏白乃庙群呈角度不整合接触。

1.1.2.3 早二叠世三面井组

主要出露于矿区西部和北部,分为两个岩性段:

火山岩段:由安山质板岩夹粉砂质板岩、硬砂岩组成;

硬砂岩段:由硬砂岩、炭质钙质板岩夹灰岩透镜体组成。

与下伏中元古代白乃庙群、晚志留世西别河组等呈不整合接触或断层接触。

1.1.2.4 晚侏罗世大青山组(J₃d)

仅见于地区北部,与下伏地层呈不整合接触,可分为两段:

上段(J₃d²):玄武岩、安山玄武岩、安山玢岩夹含砾砂岩和泥岩。

下段(J₃d¹):灰白色粗—巨砾岩、砂砾岩,砾石成分以石英为主,砂质、钙质胶结,固结程度较好,岩石坚硬。

1.1.2.5 第三纪通古尔组

为一套砖红色泥岩夹砂砾岩。

1.1.2.6 第四系

分布广泛,主要是砂砾层、松散泥土和风成砂等。

1.1.3 地层含矿性研究

白乃庙金矿、铜矿的赋矿地层主要是绿片岩,金、铜成矿物质主要来自有关岩浆岩。

金矿和铜矿两者的赋矿地层均是绿片岩。研究表明,前者与矿区斜长花岗岩有关,而后者与花岗闪长斑岩有关,两次岩浆活动形成了产于同一岩层中两种不同的矿床类型。显然,矿床的形成与地层无关。

从含金石英脉分布规律来看,除主要产于白乃庙群的绿片岩外,在长英质片岩、石英闪长岩及斜长花岗岩中也有分布,这一产出特征表明,金矿形成并不受特定层位和岩性的控制,即成矿物质不是来自绿片岩。

1.2 构造

1.2.1 区域构造

本区的基本构造格架是在中、晚元古代—早古生代奠定的(陈琦等,1992),晚古生代—中、新生代由活动陆缘转入大陆板块内,使区内地质事件进一步复杂化,但早期构造格架的形迹仍很明显。

构造线按其发育程度主要是东西向,其次是北东向,再次是北西向,这是区域应力场的第一序次构造的基本状况。此外,还有一些其他方向低序次的构造。东西向构造对地层和岩石的形成和变形起着决定性的作用,在中新生代最活跃的北东和北西向构造起次要作用,或仅局部影响较大,但始终未超过东西向构造的影响。

区内有三条东西向大断裂,延展均在50km以上,自北向南为温都尔庙大断裂、徐尼乌苏大断裂和乌兰哈达大断裂(仇甘霖等,1992),这三条大断裂明显地控制着地层的分布、构造变形和岩浆活动,并将全区划分成四个构造单元。

1.2.1.1 华北板块

位于乌兰哈达大断裂以南,出露五台群或更老的岩层,它在太古代—早元古代已是克拉通化的陆块,区内部分属其北部边缘,有大量晚期花岗岩侵入。

1.2.1.2 白云鄂博裂谷带

位于乌兰哈达和徐尼乌苏两大断裂之间,白云鄂博群的分布严格限于这一东西向长条区

域内,这是一个中元古代—早古生代的裂谷,具以下两个特点:

(1) 根据白云鄂博群沉积建造以浅海陆源碎屑沉积为主,陆源碎屑主要是石英,碱性、钙碱性岩浆岩的出现,以及邻区该群不整合于五台群之上等特征,可以断定这个裂谷是在陆壳基底上发展起来的,它的基底应是和华北板块相同的结晶基底;

(2) 白云鄂博群向北层序渐新,再向北上述结晶基底不再出现,说明该裂谷北侧的“肩部”缺失,是一个“半边裂谷”,只有南半边。

此外,白云鄂博群上部具被动陆缘沉积建造特征,说明它是一个被动陆缘裂谷,是“古蒙古洋”形成的先导。它的存在表明其北缘并不是华北板块现在的边界,北面部分已分裂出去了。

在构造变形方面,本单元以对称—歪斜褶皱为主,构造置换发育。

1.2.1.3 白乃庙地体—岩浆弧

位于徐尼乌苏与温都尔庙两大断裂之间,是晚元古代前后华北陆台北缘,由于地体拼贴而形成的增生带,同时也是活动陆缘岩浆弧的所在部位。白乃庙地体是指由白乃庙群和白音都西群构成的两个老岩体,它们以断裂为界。原岩建造及地质历史与南北两侧截然不同,而且也不协调,显然是两个外来地体。

白乃庙群地体可能是“古蒙古洋”中一个具有硅镁基底的成熟岛弧的残块,白音都西群则是一个陆块残片(从西伯利亚或其他克拉通分裂出来的碎块)。由于洋壳俯冲消亡,拼贴到华北板块北缘,推测两者之间是零星出露的“未定斜长角闪岩”是蛇绿岩残片。白乃庙群的强烈韧性剪切可能暗示它们先拼合成一个联合体,然后再拼贴到华北板块北缘,随后石英闪长岩($669 \times 10^6 \text{a}$)或花岗闪长斑岩($466 \times 10^6 \sim 494 \times 10^6 \text{a}$)侵入,标志着活动陆缘岩浆弧的岩浆活动再叠加其上。

本单元构造变形仅限于白乃庙群,并以韧性剪切为主要特征。

1.2.1.4 温都尔庙蛇绿岩带

温都尔庙大断裂以北,主要为温都尔庙蛇绿岩分布地区。在构造变形方面,以塑性变形为主,并以复杂多期的同斜褶皱及广泛的构造置换、较大规模的韧性剪切等为特征。

上述四个单元的划分主要是以晚元古代—早古生代地质记录为基础,晚古生代地质图案叠置在上述格架之上,其中最突出的是 42°N 附近的花岗岩带(石英闪长岩、花岗闪长斑岩)和大体沿白乃庙地体—岩浆弧发展而成的早二叠世后同造山裂谷。中生代则本区已属大陆板块内,主要形成若干受北东和北西断裂继承活动控制的断陷盆地和岩浆活动带,这些图象再次叠加在已有图案之上。

各方向断裂均具有多期活动特点,从元古代一直到新生代,尤其是北东向构造(包括北北东向构造)在中新生代异常活跃,对成矿(金矿)和岩浆活动(斜长花岗岩)起到不可忽视的作用。

1.2.2 矿区构造

区内早期构造变形仅限于白乃庙群,它在遭受了区域变质作用之后,共经历 F_1 、 F_2 、 F_3 三期褶皱变形,各期之间均为共轴叠加,轴面都是近东西走向的(杜玉申等,1992)。在此之后,又经历了一次动力变质作用(周和平等,1992),使许多岩石再次发生叶理化,原区域变质矿物晶体被剪切变形和糜棱岩化,形成一系列平行片理横贯矿区的近东西向韧性剪切带(图 1.2.1)同时韧性剪切作用也影响到晚元古代石英闪长岩和晚古生代花岗闪长斑岩。铜矿是在花岗闪

长斑岩侵位之后,冷凝结晶分出的含矿热液对岩体及其围岩进行充填、交代而成。它的形成与动力变质作用时间相近并部分重叠,这可由含花岗闪长斑岩岩部分具韧性变形特征证实。由上述表明,东西向褶皱及东西向韧性剪切带为铜矿控矿构造。剪切带规模不一,小者仅见于手标本,大者延长数公里以上。在矿区内规模较大的剪切带可区分出6~7条,宽度一般大于20m,最宽300m,剪切带延长一般均在数百米以上。

在韧性剪切作用以后,从晚古生代——中、新生代已由活动大陆边缘过渡为大陆板块内,并发生构造-岩浆活动作用。构造作用转为以脆性断裂为主,而褶皱变形不发育。

金矿的含金石英脉全部受裂隙构造控制。

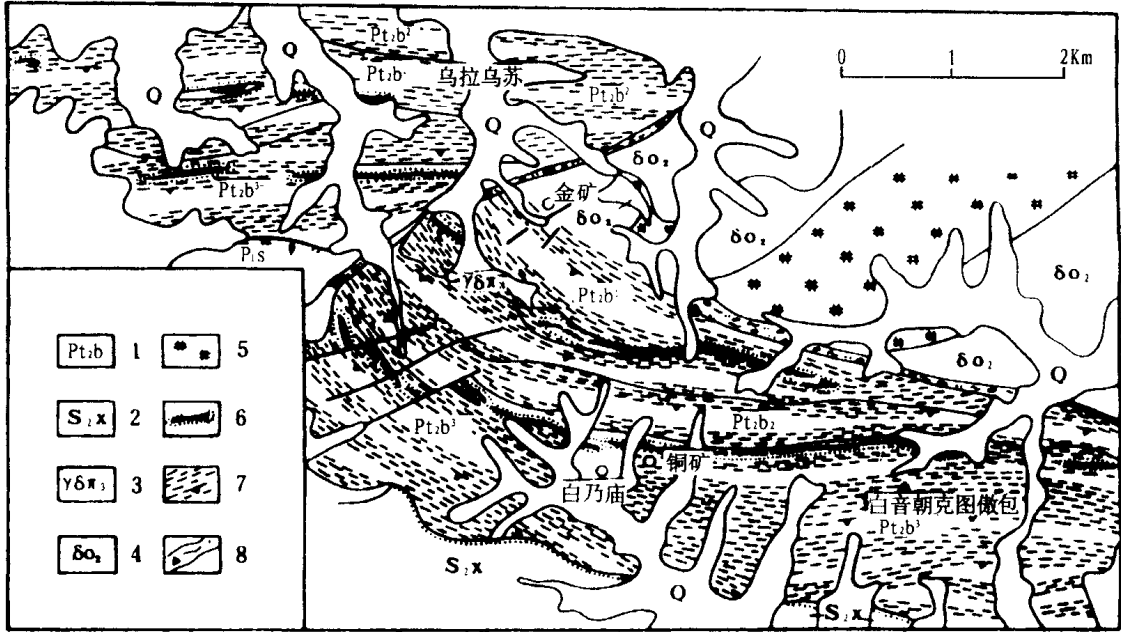


图 1.2.1 白乃庙矿区韧性剪切带分布平面图(据周和平等,1992)

1. 中元古代白乃庙群; 2. 中志留世徐尼乌苏组; 3. 晚古生代花岗闪长斑岩; 4. 晚元古代石英闪长岩; 5. 燕山期斜长花岗质细晶—伟晶岩脉富集带; 6. 铜矿体及矿化带; 7. 韧性剪切带及其叶理产状; 8. 断层带、碎裂、片理化带

1.2.2.1 节理

节理是没有明显位移的断裂,因而认为它可以代表岩石在外力作用下发生初始破裂的方位,可根据共轭节理确定主应力方位以及推测外力作用的方式和方向。

但在矿区内,不同期次的节理交织出现,很难判断节理的共轭性。工作中主要从以下几个方面确定共轭节理的存在。

1. 共轭节理的确定原则

(1) 如果两组节理经常共生,在一定区域内经常组合出现,产状稳定,反映主应力方位与区域上某一特定时期特定产状的褶皱或断裂反映的主应力方位一致,可确定为共轭节理。

(2) 共轭节理应有协调的错列方式:一组为左列,另一组为右列。

(3) 如果在两组节理中出现追踪张节理,则可确定节理的共轭性。

(4) 如果两组节理面上的擦痕和阶步反映出协调一致的运动方式和方向, 而根据擦痕求出的两组节理的 σ_2 与交线方向一致, 可确定为共轭节理。

(5) 节理的性质可作为判定共轭节理的必要条件: 平面共轭节理具走滑趋势, 一组为左滑移, 另一组为右滑移; 剖面共轭节理或为逆滑移趋势, 或为正滑移趋势。

(6) 根据节理与区域构造的关系可判断共轭性: 与正断层、地垒走向平行的共轭节理在剖面上出现, 并有正滑移趋势; 与逆断层或褶皱轴向平行的节理在剖面上出现时, 根据其褶皱关系不同可有正滑移和逆滑移, 后者与褶皱同成因; 与褶皱轴斜交的共轭节理为走滑趋势。

2. 矿区的节理组合

根据上述基本原则, 将矿区内节理划分为以下三个共轭剪切系统(图 1.2.2)。

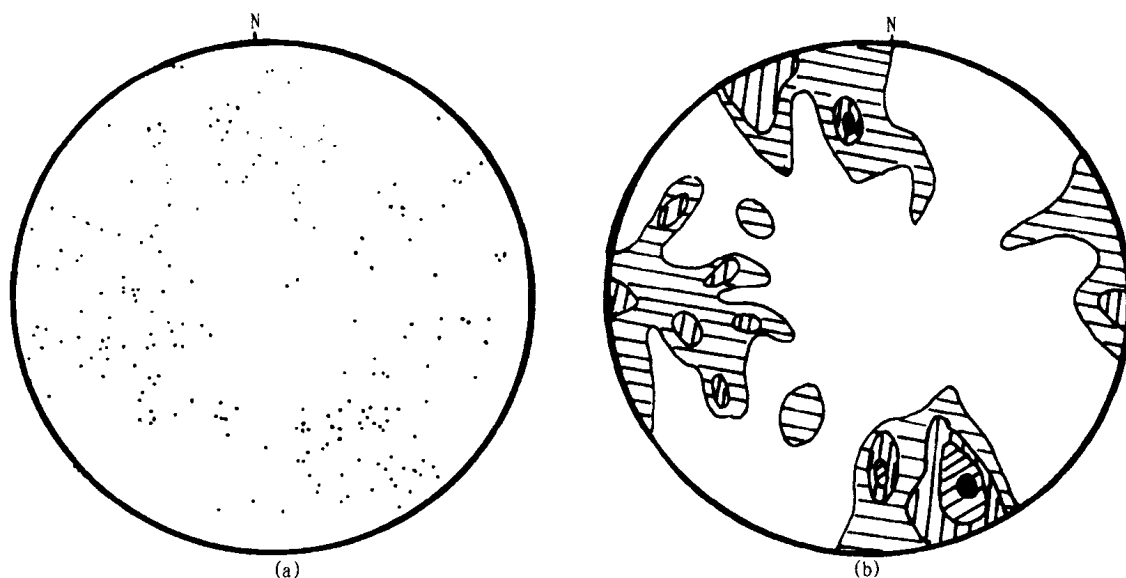


图 1.2.2 节理极点图 210 点(a)

节理等值线图 210 点(b)

<1.4% - 2.6% - 3.6% - 4.7%

(1) 东西向剖面共轭剪切节理

由两组走向近东西的节理组成。一组极密点产状为 $N78^\circ E/69^\circ SE$, 另一组极密点产状为 $N76^\circ W/69^\circ NE$ 。节理面光滑, 可见直立擦痕和阶步, 沿走向略有变化, 但倾斜方向较稳定。 $76^\circ W/69^\circ NE$ 一组走向变化小于 10° , 倾角变化在 20° 左右; $N78^\circ E/69^\circ SE$ 一组倾向和倾角变化均在 10° 左右。向北倾斜的节理在剖面上具左行侧列的特点, 另一组在剖面上为右行侧列。与之伴生的有两组张节理: 一组走向近南北, 倾角近直立, 为规模很小的张性裂口; 另一组近水平, 应属于追踪张节理。根据两组节理的侧列方式、伴生张节理的产状及节理性质, 它们应是近南北向挤压作用下形成的。

(2) 北东—北西向平面共轭剪切节理

由走向北东和走向北西的两组节理组成。一组极密点产状为 $N53^\circ E/80^\circ NW$, 节理面平直、光滑, 有近水平擦痕, 延长、延伸均很稳定, 经常局部密集成带, 发育强度大, 平面上呈左行

侧列。另一组极密点产状为 N43° W/66° NE, 节理面也平直光滑, 具近水平擦痕, 但发育很弱, 平面上具右行侧列的特点。当两组节理同时出现时, 岩块被切割成菱形, 但由于北东向节理较北西向节理发育, 所以显示北东向节理切割北西向节理的现象。与这组节理伴生的追踪张节理呈近南北走向, 因此, 也是近南北向挤压作用下形成的。

(3) 北北东向剖面共轭剪切节理

该共轭剪切系统由走向 N25°~35°E, 倾向 SE 或 NW, 倾角 60°~70°的两组剖面共轭剪切节理组成。节理面都很光滑, 有向南西侧伏的擦痕, 侧伏角 60°左右。这两组节理受挤压作用明显, 经常可见到与该组节理走向垂直的张性节理与之伴生, 表明这对剖面共轭剪切节理是在与节理走向垂直的北西西—南东东向挤压力作用下形成的。但考虑到普遍存在的斜擦痕, 应有一定的平面反时针扭动性质。该两组节理在等值线图上反映不明显, 原因是它们往往利用了早期的北东走向的节理。

上述三对均为共轭剪切节理。在其形成的同时均有张性节理相伴生。其中最发育的一组是走向近南北、倾角近直立的张性节理。该组节理面粗糙不平, 延长、延伸均很小, 有时可见到追踪北东—北西向平面共轭剪切节理。另外一种张节理与剖面共轭剪切节理伴生, 与走向近东西的剖面共轭剪切节理相伴生者的走向为南北, 与走向北北东的剖面共轭剪切节理伴生者的走向为北西西。该种节理延伸往往仅几厘米或几十厘米, 为张性的节理。

局部节理产生在大断层旁侧, 性质也有剪切和张性两种。其中最发育的是北东走向大断层旁侧的节理, 局部平面共轭剪切节理一组走向北北东, 另一组近南北, 其成因是北东向断层滑动过程中低序次应力场所致。

3. 节理的成因及形成顺序

一般情况下, 共轭节理的锐角平分线平行 σ_1 , 钝角平分线平行 σ_3 。由于外力的持续作用或晚期节理利用早期节理, 所以有时共轭节理锐角平分线并不平行 σ_1 而平行 σ_3 。因此, 在利用共轭节理确定主应力轴方位时, 如果只根据节理夹角可能会造成错误。工作中除考虑节理夹角外, 还需注意以下几点: 1) 节理性质: 剖面共轭剪切节理如有逆滑移倾向时, σ_1 在垂直节理走向方向, 当有正滑移倾向时, σ_3 在垂直节理走向方向; 2) 追踪节理的产状: σ_3 总是垂直追踪张节理面; 3) 节理的侧列方式。根据上述原则, 确定出与三组共轭剪切节理对应的主应力轴方位如表 1.2.1。

表 1.2.1 主应力轴方位

节 理	应 力 轴					
	σ_1		σ_2		σ_3	
	倾伏向 (°)	倾伏角 (°)	倾伏向 (°)	倾伏角 (°)	倾伏向 (°)	倾伏角 (°)
EW 向	2	0	91	29	271	60
NE—NW 向	180	32	28	64	279	14
NNE 向	116	3	25	32	209	58

东西向剖面共轭节理对应的 σ_1 近南北向, 表明区域南北挤压构造力的活动。北东—北西

向平面共轭剪切节理对应的 σ_1 也近南北向,但 σ_2 和 σ_3 的产状与前者恰恰相反,前者 σ_2 近水平, σ_3 近直立,而后者 σ_3 近水平, σ_2 近直立。北北东向剖面共轭剪切节理对应的 σ_1 为北西西—南东东方向, σ_2 近水平, σ_3 近直立。这说明它们在总体上是在北西西—南东东方向的挤压力作用下形成的。

根据节理的切割、利用关系,节理面上擦痕的切割关系以及节理与岩脉、矿脉的关系,三对主要共轭节理的形成顺序是:东西向剖面共轭剪切节理——北东—北西向平面共轭剪切节理——北北东向剖面共轭剪切节理。其形成具体时代尚待进一步研究。但从区域资料来看,东西向及北东—北西向节理应早于燕山期,而北北东向节理应为燕山期产物。

1.2.2.2 断层

矿区内断层十分发育。根据走向可分为近东西向断层、北东向断层、北西向断层、北北东向断层和近南北向断层。

1. 断层的地质特征

(1) 近东西向断层

区域内有规模巨大的近东西向的温都尔庙大断裂、徐尼乌苏大断裂及乌兰哈达大断裂。在矿区内,东西向断裂也是最醒目的构造之一。

矿区内近东西断层有 F_{19} 、 F_{13} 以及控制 5 号、6 号、10 号、53 号、17 号、20 号脉的断层。其中以控制 17 号和 20 号石英脉的断层最为典型,该断层走向近东西,倾向北,倾角 70° 左右,断层面局部平直,但总体呈舒缓波状。断层面上发育大量镜面、擦痕及刻槽。擦痕有两组:一组近直立,结合阶步特征表明上盘有上冲趋势;另一组擦痕近水平,切割前者,代表晚期受其他方向的又一次构造活动影响。断裂带较宽,最宽处超过 15m。断裂带内构造角砾岩和构造透镜体十分发育,透镜体长轴平行与近垂直的那组擦痕,也表明断层的逆冲性质。断层旁侧发育一系列与之平行的密集节理带和小断层,密集节理带内发育与之垂直的张性裂隙和与之斜交的两组剪切裂隙,这些均说明,该断裂受平面上为南北向的挤压。断层旁侧变质岩叶理在断裂活动过程中形成牵引褶曲,也表明断层上盘上升的趋势,总之,该断层是具有挤压性质的逆断层。

在矿区内,走向近东西的断层,其倾向有向南的(如控制 10 号脉的断层),也有向北的(如控制 17 号、20 号脉的断层),两者走向相同,倾向相反,性质一致,构成共轭逆断层。

根据与区域构造的关系,该方向的断层与区域上近东西断层为同一成因,是区域南北向挤压作用过程中形成的。但矿区内该方向的断层具有多期活动的特点,如不同方向擦痕相互切割,构造角砾岩再度碎裂,梳状石英脉广泛发育以及石英脉再度破碎等。

(2) 北东向断层

矿区内该方向断裂十分发育,并控制了 21 号、14 号、43 号等脉。该方向断层总体有如下特征:

- 1) 产状 $N45^\circ \sim 55^\circ E/70^\circ NW$ (或 SE);
- 2) 断层面平直,沿走向和倾向延伸稳定;
- 3) 断层面发育近水平擦痕,并多为后期的向南西侧伏的擦痕切割;
- 4) 断层带较窄,但宽度稳定;
- 5) 构造角砾岩大小均匀,磨圆度好,甚至形成浑圆状;
- 6) 小型断层在平面上有错列现象(左列);

7) 在金矿西南的铜矿带,一系列北东向断层为右滑移断层。

在北东向断层旁侧经常出现北北东向断层(如控制 26 号、33 号、34 号脉断层)和北北西或近南北向(如 F_7 、 F_8 断层)的小断层。这些断层发育在北东向断层南侧,不穿过北东向断层;近北东向断层处发育强烈,向远处逐渐尖灭;规模远远小于北东向断层;按固定方位出现。因而认为是北东向断层的低序次构造,是断层左行平移运动过程中形成的低序次剪切断层。其中方向北北东一组与主干断裂夹角较小,也可以据此判定主干断裂的左滑移特征。

北东向断层切割近东西向断层,说明其形成晚于后者。

(3) 北西向断层

矿区内典型的北西向断层是 F_9 断层。走向北西,它切割白乃庙群及其组成的近东西向褶皱轴,使之发生右行平移。因此, F_9 为右滑移平推断层。该方向断层总体发育弱,断层旁侧分支构造很不发育,很少有石英脉充填在该组断层之中。

(4) 北北东向断层

矿区内北北东走向的断层有两种情况:一种是北东向断裂的分支断裂,它位于北东向断裂的一侧,不穿过北东向断裂,在大断裂附近发育强烈向远处逐渐消失,其中都有石英脉或含金石英脉充填;另一种北北东向构造与区域应力场有关,断层走向 $N25^\circ \sim 35^\circ E$, 倾向 SE 或 NW, 倾角 $60 \sim 70^\circ$ 左右,为与构造走向大致相同而倾向相反的剖面共轭断层。这组断层面上多发育向南西侧伏、侧伏角为 50° 左右的擦痕,反映该组断层具有上盘逆时针向斜冲,因此为共轭逆断层。

与区域应力场有关的这种北北东向共轭逆断层切割近东西向断层和石英脉,利用和改造北东向断层及旁侧低序次北北东向断层,使北东向断层内石英脉及低序次北北东向断层中的石英脉发生透镜化。这说明该组断裂形成时晚于北东向及近东西向断层以及晚于成矿作用时期。

该组断层在矿区内很不发育,原因在于它总是利用北东向断层和其低序次的北北东向断层。

(5) 北北西或近南北向断层

矿区内北北西、近南北向断裂均发育在北东向断裂一侧,是北东向断裂的分支断裂(如 F_7 、 F_8)。

2. 断层组合及其与节理关系

近东西向断层有两组:一组倾向北,如控制 17 号、20 号脉的断层。另一组倾向南,如控制 10 号脉的断层,构成共轭逆断层。从平面应力分析,具挤压性质。这两组断层显然与近东西向剖面共轭剪切节理属于同一成因,即均为南北向挤压应力作用下的产物。在野外也可见到沿这对共轭节理进一步发育为共轭小断层的现象。

北西向断层为右滑移平移断层,北东向断层为左滑移平移断层,力学性质均属平面剪切断层,为同时期产物,可从同一外力作用方式(南北向挤压)得到解释。因此,应属同一平面共轭剪切系统,成因上与北东、北西向平面剪切节理相同。

在大型北东向断裂旁侧出现的北北东向断层和北北西、近南北向断层是北东向断层的两盘相对运动过程中形成的低序次构造(图 1.2.3),其中北北东向一组为小角度(理论上 15°)剪裂,可判断主干断裂为反扭。

与区域构造应力有关的北北东向断层为倾向相反的共轭逆断层,平面显示挤压性质。由于断层面上普遍发育有向南侧伏的斜擦痕,表明在北西西—南东东向挤压作用的同时有反时针扭动。因此,成因上与北东向剖面共轭剪切节理成因一致并且与中国东部普遍存在的北北东向断裂构造属同一成因,是太平洋板块相对欧亚板块俯冲兼扭动作用过程中形成的。但在矿区内,由于该方向断裂多利用早期形成的北东向断裂及其北北东向分支,所以它显得不发育。

3. 断层形成的相对顺序

北北东向断层切割近东西向断层,且利用北东向断层及其北北东向分支,因而是区内形成较晚的断层。北东向和北北向断层切割近东西向断层,故其形成时间早于北北东向而晚于近东西向断层,但由于反映 σ_1 方位与近东西向断层相反,所以它们是同一构造运动时期不同阶段的产物。近东西向断层是该区形成最早的脆性构造。

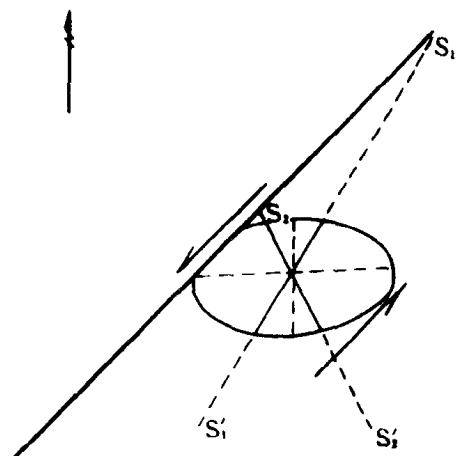


图 1.2.3 北东向断层旁侧低序次构造成因

$S_1 S_1'$ 为 NNE 向; $S_2 S_2'$ 为 NNW 向

1.3 岩浆岩

1.3.1 区域岩浆岩

白乃庙区域岩浆岩分布广泛,主要是花岗岩类岩体,它与金属矿化关系密切。基性岩和中性岩仅以岩枝、岩脉形式产出。本文仅对区内花岗岩类作一简述。

1.3.1.1 前寒武纪花岗岩类

主要分布于乌兰哈达大断裂以南地区,少数岩体可在徐尼乌苏大断裂以北的白乃庙和温都尔庙地区产出。

南部的代表岩体有:转达营子角闪石英二长岩(1130×10^6 a, Pb 模式年龄)、大石匠沟白云母伟晶花岗岩、大石匠沟黑云母钾长花岗岩(895×10^6 a, Pb 模式年龄),它们共同构成吉庆敖包—乌兰哈达—商都中、晚元古代花岗岩带,称为南岩带。

北部的代表岩体有:中德拉图花斑岩(954×10^6 a, Pb 模式年龄)、白乃庙石英闪长岩(669×10^6 a, 锆石 U-Pb 法),称为北岩带。

前寒武纪花岗岩类岩性组合为角闪石英二长岩、石英闪长岩及片麻状花岗岩;白云母伟晶花岗岩、黑云母钾长花岗岩;斜长花岗岩、花斑岩和石英闪长岩等。

1.3.1.2 海西期花岗岩类

主要分布于乌兰哈达深断裂以北和徐尼乌苏大断裂以南的地区,构成斜力查布—土牧尔台—化德岩带,又称中间带。其代表岩体主要有斜力查布黑云母花岗闪长岩(398×10^6 a, Pb 模式年龄),秋气沟—哈达庙石英闪长岩(395×10^6 a, 黑云母 K-Ar 法),太古生庙斜长花岗岩(269×10^6 a, 黑云母 K-Ar 法),哈达庙花岗斑岩和别鲁乌图花岗闪长斑岩(247×10^6 a 黑云母