

中国地质大学（武汉）



目录

一、 实习概况	3
1.1 实习区地理位置及基础经济情况	3
1.2 本次实习工作概况	3
1.2.1 实习目的, 任务, 内容	3
1.2.2 起队时间, 组队情况, 指导内容	3
1.2.3 工作量	4
1.2.4 主要工作成果	4
二、 区域地质	5
三、 矿区地质	5
3.1 地层	5
3.2 构造	6
3.3 岩浆岩	7
四、 矿体地质 (矿体特征、矿石特征、围岩蚀变、成矿期次)	7
4.1 矿石特征	8
4.2 矿体特征	10
4.3 围岩蚀变	13
4.4 成矿期次	13
4.4.1 砂卡岩期	14
4.4.2 石英硫化物期	14
五、 地质编录及认识	16
六、 矿床成因分析思路及认识	19
6.1 成矿物质来源	18
6.2 成矿热液来源	18
6.3 成矿物质的活化	18
6.4 成矿物质的运移	18
6.5 成矿物质的沉淀富集	18
七、 其它调研矿床认识	18
7.1 铜山口斑岩型矿床	20
7.2 张海金矿	20

一、实习概况

1.1 实习区地理位置及基础经济情况

铜绿山铜铁矿位于长江中游南岸，（见图 1）距大治市区约 3 公里，距市约 30 公里，附近有 106 国道、武一九铁路、大广高速等通过，交通十分便利。矿区面积约 7.8 平方公里，生产区面积 3.5 平方公里，矿山 1958 年建矿，1965 年由冶金部重新上马建设，1970 年试生产。1971 年正式投产，是集采选的现代大型矿山，是全国 6 大铜基地之一。

在 1972 年，三千年的古铜矿遗址被发现，铜绿山矿更是闻名中外。铜绿山铜铁矿是大冶有色金属集团控股下属的主力矿山，近年来矿山铜稳定在 1 万吨左右，铁精矿 30 万 t、金 600Kg、银 5000Kg 左右，等边深部勘探与 XI 号矿体开采工程投产后，年产矿山铜可达 1.5 万吨左右。



图 1 铜绿山 I 号矿坑
Fig.1 Tonglv Mountain Mine

1.2 本次实习工作概况

1.2.1 实习目的、任务、内容

由谭俊老师课题组带头携手湖北省地质局第一地质大队于湖北省黄石市铜绿山地区的矿床实训在六月中旬拉开帷幕。本次矿床实训的重点是对于重点矿床认识与了解（如矽卡岩型铁铜金），其次借助典型的岩芯样品进行编录的学习与体会，再者对于矿床研究的综合分析，如该处矽卡岩型矿床的成因分析，物质来源等等系列问题进行思维发善，引导科研思想的发展。

1.2.2 起队时间时间：

2022.6.16—2022.6.23

表 1 铜绿山矿床实训行程表

Table 1 Training schedule of Tonglv Mountain deposit

时间	地点	工作内容
六月三日	腾讯会议	实习准备及实习安排
六月十四日	主楼教室	实习准备的汇报及实习的详细安排
六月十六日		出队 参观湖北省(黄石)地质博物馆 助教讲解铜绿山矿田和矽卡岩型矿床
六月十七日	马叫岩心库	观察矽卡岩型矿床特征 岩心分层
六月十八日	马叫岩心库	钻孔编录 布置采样 绘制钻孔柱状图
六月十九日	铜绿山古铜矿遗址	观察铜绿山矿体和地层的接触带 参观古人冶金遗址
六月二十日	铜绿山矿床	观察采矿遗址 地质观察
六月二十一日	铜山口矿床	观察岩心 观察采矿遗址
六月二十二日	地质宾馆	休息
六月二十三日	张海金矿	观察张海金矿地质特征
六月二十四日		收队

1.2.3 工作量

表 1 铜绿山矿床实训工作量表

Table 1 Training workload of Tonglv Mountain deposit

工作单位	单位	数量
钻探工程采样记录表	张	3
野簿记录本	本	1
柱状剖面图	张	1
岩心样品	个	3
照片	张	46

1.2.4 主要工作成果

- (1) 完成了解与参观黄石地质博物馆，对黄石地质概况一定程度了解，对铜绿山矿体一定程度了解。
- (2) 完成学习与制作钻探工程采样记录表，详细系统学习地质编录做法，并进行野外考察野簿记录，绘制柱状剖面图。

- (3) 完成了解并参观古代铜绿山采矿遗址，对古代采矿技术一定程度了解，同时观察野外典型接触点露头与地质测绘标准点，并进行野外野簿记录。
- (4) 完成铜绿山、张海等地地质现象野外考察，并进行野外野簿记录。
- (5) 完成铜绿山矿床实训报告一份。

二、区域地质

鄂东南矿集区位于长江中下游成矿带的西南，长江中下游成矿带位于扬子地块东部北缘，与秦岭-大别造山带、华北克拉通和扬子板块相邻，是中国东部重要的矽卡岩型铜多金属矿床的聚集区，南侧与扬子板块相接，以阳新-常州大断裂为限，北侧与秦岭-大别造山带相连，以襄樊-广济大断裂和郯庐大断裂为限。（见图 2）

区内出露的地层较为齐全，从前震旦系到第四系均有发育，仅缺失中-下泥盆统和上石炭统，与成矿较为密切的地层主要是三叠系嘉陵江组和大冶组的灰岩及白云质灰岩，是鄂东南地区铁铜成矿的重要赋矿围岩。

区内的构造主要为褶皱和断裂，按方向大致可以分为 NW-NWW 和 NE-NNE 向 2 组，分别形成于印支期和燕山期。其中，印支期的构造奠定了区内盖层的构造格架，燕山期构造的叠加形成了区内特殊的控岩-控矿构造及大量中酸性岩浆岩。

区内发育大量的中酸性侵入岩，自北向南依次发育鄂城、铁山、金山西、灵乡、阳新、殷祖六大岩体。（2020，谭俊等）

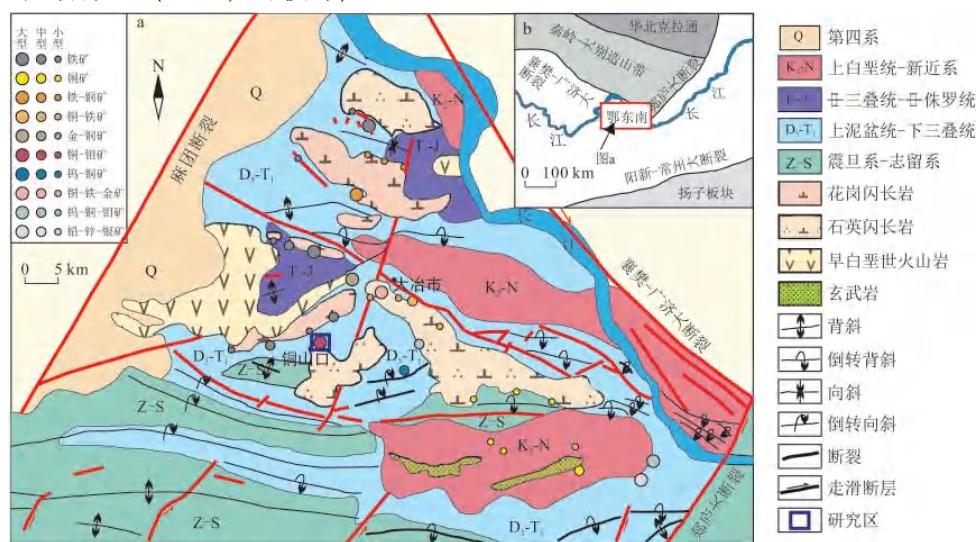


图 2 鄂东南地区地质及矿产分布简图（据 Zhao et.al 2022 改编）

Fig.2 Brief map of geology and mineral distribution in southeast Hubei

三、矿区地质

铜绿山-铜山铜铁金矿区位于鄂东南三角形构造岩浆区的中心，其中铜绿山-铜山是鄂东南地区典型的矽卡岩型铜铁金矿床，阳新岩体的西北端，大冶复式向斜南翼与 NNE 向下陆-姜桥断裂的交汇处。

3.1 地层

铜绿山-铜山铜铁金矿区内地层主要为三叠系大冶组和嘉陵江组，岩性主要是大理岩。嘉陵江组地层主要分布于铜绿山背斜两翼，部分出露于地表，多呈捕获体、残留体的

形式隐伏、半隐伏状分布于岩株体中。大冶组地层在区内仅出露第三、四岩性段，分布于铜绿山背斜核部，全部呈隐伏状态，2组地层均与成矿作用密切相关，矿体主要产于碳酸盐地层与岩浆岩的接触带及接触带附近的层间破碎带内。（见图3）

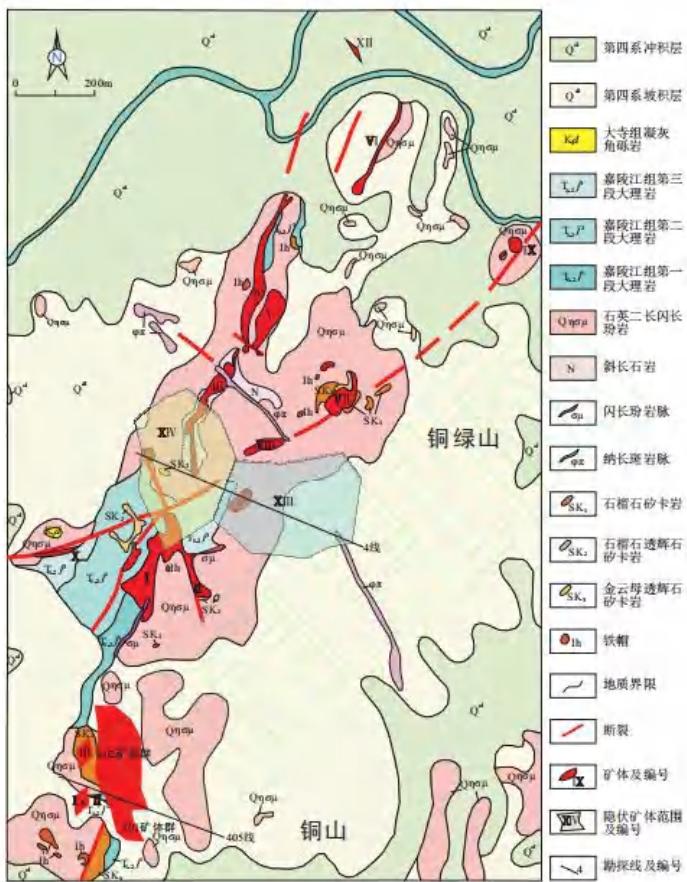


图3 铜绿山—铜山铜铁金矿区地质图（据 Zhao et.al 2022 改编）

Fig.3 Geological map of the Tonglushan-Tongshan Cu-Fe-Au deposit

3.2 构造

铜绿山-铜山铜铁金矿区内的构造主要有2期，在印支期形成大冶复式向斜南翼次级NWW向的褶皱和断裂，燕山期形成NNE向铜绿山背斜和同生NNE向断裂，及NW和NE向次级断裂，其中NNE向构造尤为发育，是矿床的主要控矿构造。区内的构造主要为褶皱和断裂和破碎带构造。（见图4）

褶皱构造：①是北北东向的背斜叠加褶皱，背斜核部地层为大冶组，翼部的地层为嘉陵江组，是主体控矿构造，矿床内的所有矿体分布于核部和两翼。

②北西西向的大冶湖向斜次级褶皱，后期受岩浆岩侵入作用破坏。

断裂构造：主要有3组共13条，为北东向、北北东向和北西向。

①北东向规模大，控制着4个矿体的分布。

②北北东向有4条断裂，北北东向的背斜近轴部位置。

③北西向有4条断裂。

破碎带构造：破碎带主要分布在矿体的顶底板、岩浆岩与围岩的接触带、褶皱的轴部和断裂带的部分区域，较为发育，条带状，与围岩成分相似。破碎带在矿体内部：VIII、XI号矿体的部分是含矿角砾岩。

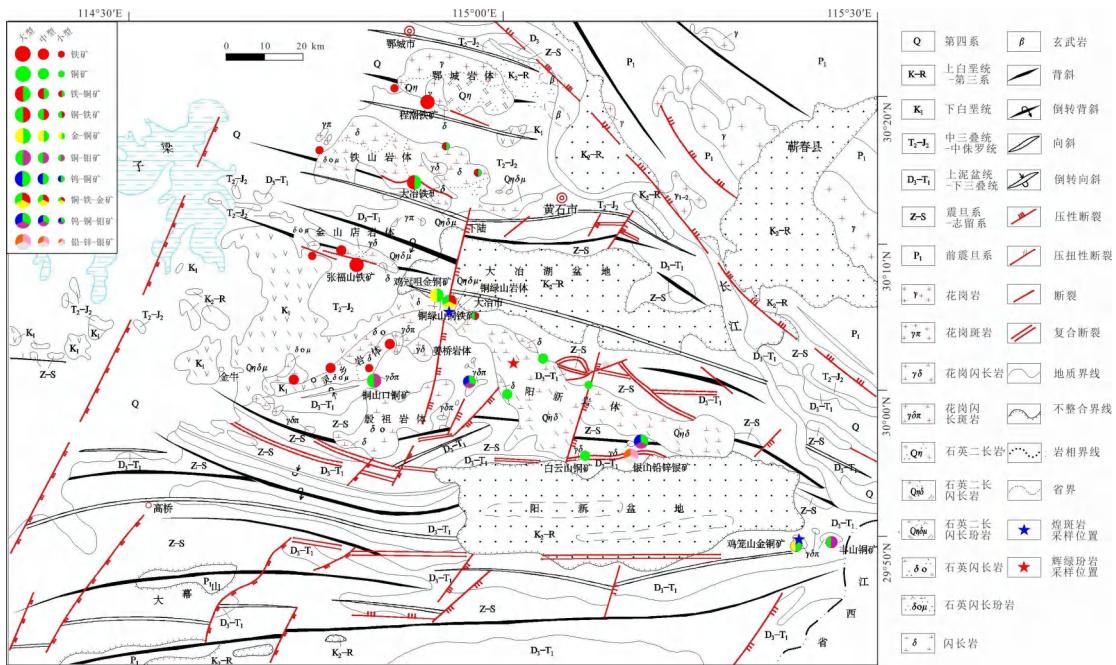


图 4 铜绿山—铜山铜铁金构造纲要图 (据文献[3]修改)

Fig.4 Structure outline map of the Tonglushan-Tongshan Cu-Fe-Au deposit

3.3 岩浆岩

铜绿山-铜山铜铁金矿区内的岩浆岩主要为石英二长闪长岩和石英二长闪长玢岩，二者的形成时代一致，成岩时代约为 141 Ma，均与铜铁金成矿关系密切，主要呈不规则短轴椭圆状侵位于大冶组的碳酸盐岩中。此外，钠长斑岩、闪长玢岩、细晶岩及煌斑岩等后期脉岩广泛分布在石英二长闪长岩体和矿体中。其中铜绿山岩株体，岩株体平面上东西长 4 km，南北宽 3.5 km，呈不规则短轴椭圆状，出露面积约 11 km²。岩株体的东部与阳新主岩体的石英二长闪长岩呈港湾状接触，总体西倾，是一个向南超覆、向南东倾斜的偏心蘑菇状岩株体。（据文献[5]）

四、矿体地质

铜绿山矿区目前已发现的矿体包括 14 个主矿体以及 200 多个小矿体，以铜铁矿体为主，伴生有金，此外还有少部分钼矿体。本文主要围绕铜绿山-铜山铜铁金矿区内的矿体进行概括总结。

4.1 矿体特征

区内现已发现 14 个大小不等的铜铁矿体 (I-XIV号)，其分布主要受北北东向、北东东向两组构造控制，排列呈两个带状，其中北北东向主矿带沿北 22°东延伸，长约 2 100 m，宽约 300 ~ 350 m。（据文献[3]）

其中 I、III、IV、V、VI、XI 和 XII 号这 7 条矿体构成了北北东向矿带，其中 III 号为主矿带。VII、VIII、IX 和 X 号矿体构成了北东向矿带。以矿体规模较小分布不连续为最大特征。第三个矿带由 II 号矿体及 4 线 ~ 6 线间的小矿体所组成。I 号、III 号、IV 号和 XI 号矿体规模较大。（见图 5）

矿体主要赋存在大冶组、嘉陵江组碳酸盐岩和岩浆岩的接触带上，少数赋存于接触带外侧的 大理岩、白云质大理岩中，极少数赋存在接触带内的岩浆岩体内。

大多数矿体主要呈雁列，由铜铁矿石、铜矿石、 铁矿石类型形成的矿体群，矿体在剖面上呈雁行式 斜列，在平面上为平行脉状，分支复合尖灭再现的 现象常见，单个矿脉呈狭长透镜状，倾角 $30^\circ \sim 80^\circ$ ， 部分矿体延深较大， -1100 m 以下仍未尖灭。单钼矿体规模小、品位低，赋存于主要铜铁矿体的顶底板或附近。

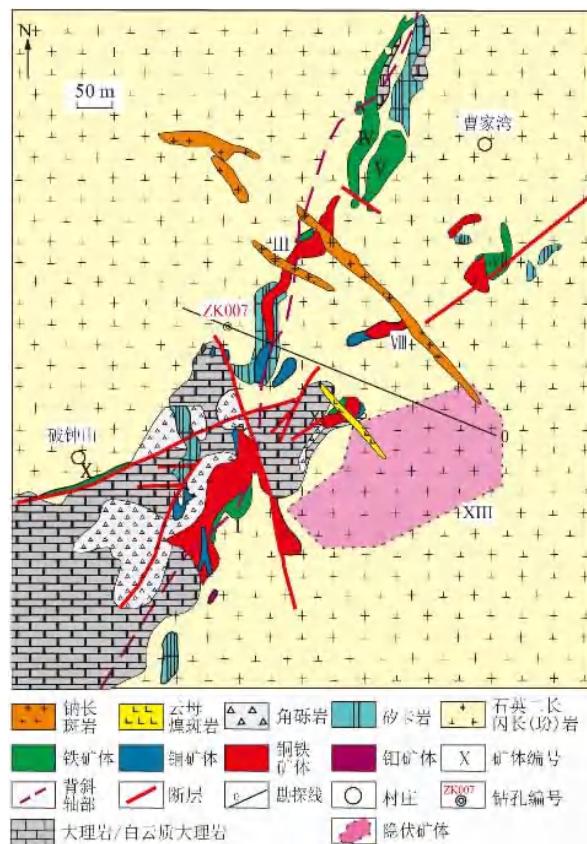


图 5 铜绿山—铜山铜铁金构造纲要图 (据文献[3]修改)

Fig.5 Structure outline map of the Tonglushan-Tongshan Cu-Fe-Au deposit

在地质野外观察中，参观了 I 、 III 、 IV 的采坑，已经进行了尾砂处理。其中在 I 号采矿 (见图 6) 及周围进行了较为详细的地质观察以及记录与照片样品采集。



图 5 采坑遗址 (尾砂处理)

Fig.5 Pit mining site (tailings treatment)

其中在采坑遗址附近观察到了岩体与地层的接触带，采坑遗址近南北向，拍摄接触带现象处于近南北走向，其中地层位于拍摄处北边，岩体位于南边，靠近铜山，岩体中观察到镜铁矿、围岩中有菱铁矿，同时在接触带上发生交代的一些证据，如氧化带赤铁矿。指示着物理化学环境发生变化。（见图 6）



图 6 接触带附近

Fig.6 contact zone

(a—接触带 b—岩体 (可见镜铁矿) c—地层 (可见菱铁矿) d—接触带 (可见氧化赤铁) 矿物

通过不同的野外地质现象观察，以及前人资料的叙述，在采坑附近找到了两期五阶段指示矿物，以及内矽卡外矽卡岩指示矿物，其中包括湿矽卡指示矿物（角闪石，云母）以及内矽卡（石榴子石）对矽卡岩矿床加深了一定理解。（见图 7）



图 7 矿物标本

Fig.8 Specimen

a—云母 b—角闪石 c—石榴子石

同时观察到后期构造作用的叠加对矿体的影响，产生缺乏胶结感的破碎碎石等，以及具有胶结感，但非成矿期作用形成的构造破碎带，断层泥与矽卡岩化混合。（见图 8）

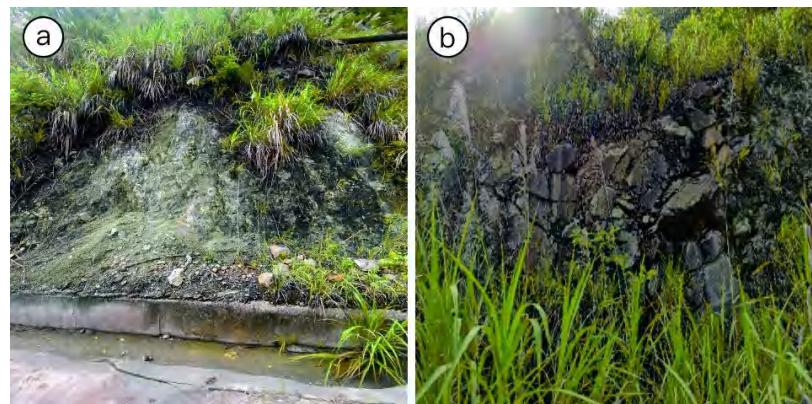


图 8 构造作用

Fig.8 Tectonism

a—构造破碎带（断层泥与矽卡岩化混合） b-构造破碎带（无胶结感）

4.2 矿石特征

铜绿山-铜山铜铁金矿区的矿石类型主要是铜铁矿石，种类几乎达 130 余种。

矿石中的金属矿物主要为磁铁矿和黄铜矿，其次为赤铁矿、黄铁矿、斑铜矿和辉钼矿。非金属矿物主要包括石榴石、透辉石、石英和方解石；还含有少量的绿帘石、阳起石、金云母和透闪石等。

矿石的结构主要为压碎结构、半自形、他形粒状结构和交代结构。

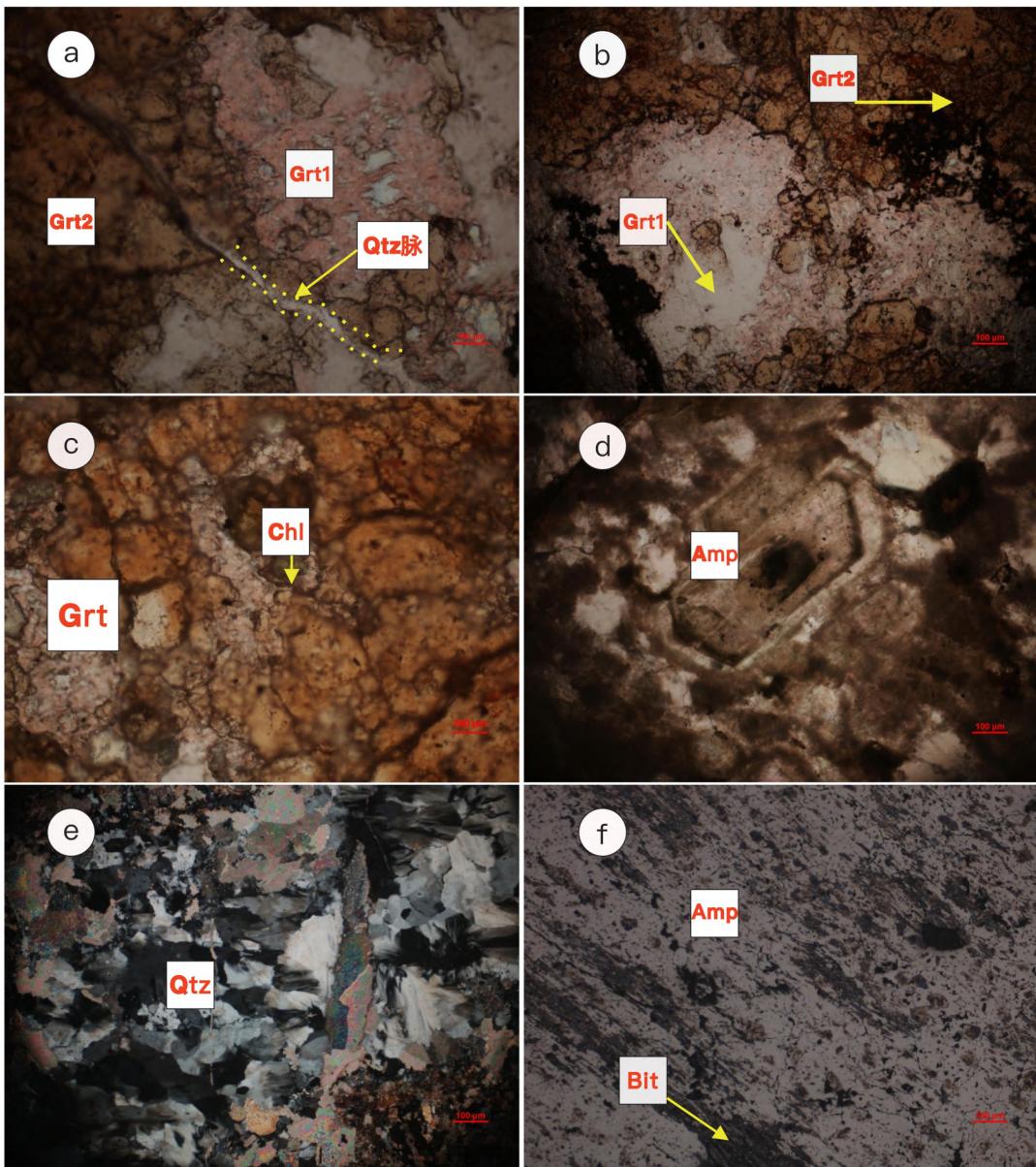


图9 镜下透明矿物

Fig.9 Microscopic transparent mineral

a—石英脉穿插两期石榴子石 b—两期石榴子石 c—石榴子石在后期受热液蚀变成为绿泥石

d—环带生长的斜长石 e—石英硫化物期 f—斜长石与黑云母的蚀变结构

Grt1-第一期石榴子石 Grt2-第二期石榴子石 Amp-斜长石 Qtz-石英 Bit-黑云母 Chl-绿泥石

由图9可见，非金属矿物可见石英脉穿插两期石榴子石（图9-a），两期石榴子石（图9-b）指示早晚两期成矿热液的富集元素不同，，两类共存的石榴石可能是两期成矿热液流体作用的产物，指示该矿床形成具有多起岩浆热液来源，按照鲍文序列变化，石榴子石在后期受热液蚀变或遭受强烈风化作用可蚀变成为绿泥石（图9-c），同时可见斜长石的小尺度环带生长（图9-d）斜长石的小尺度韵律环带起因于自组织过程，而与环境因素无关，其形成对应着相对静态的环境；斜长石的大尺度韵律环带则起因于环境的“周期性”波动，而不可能是自组织成因，其形成过程记录了环带生长岩浆活动的情况。斜长石与云母以及石英的矿物组

合指示，含水矿物蚀变以及金矿化（图9-f）。

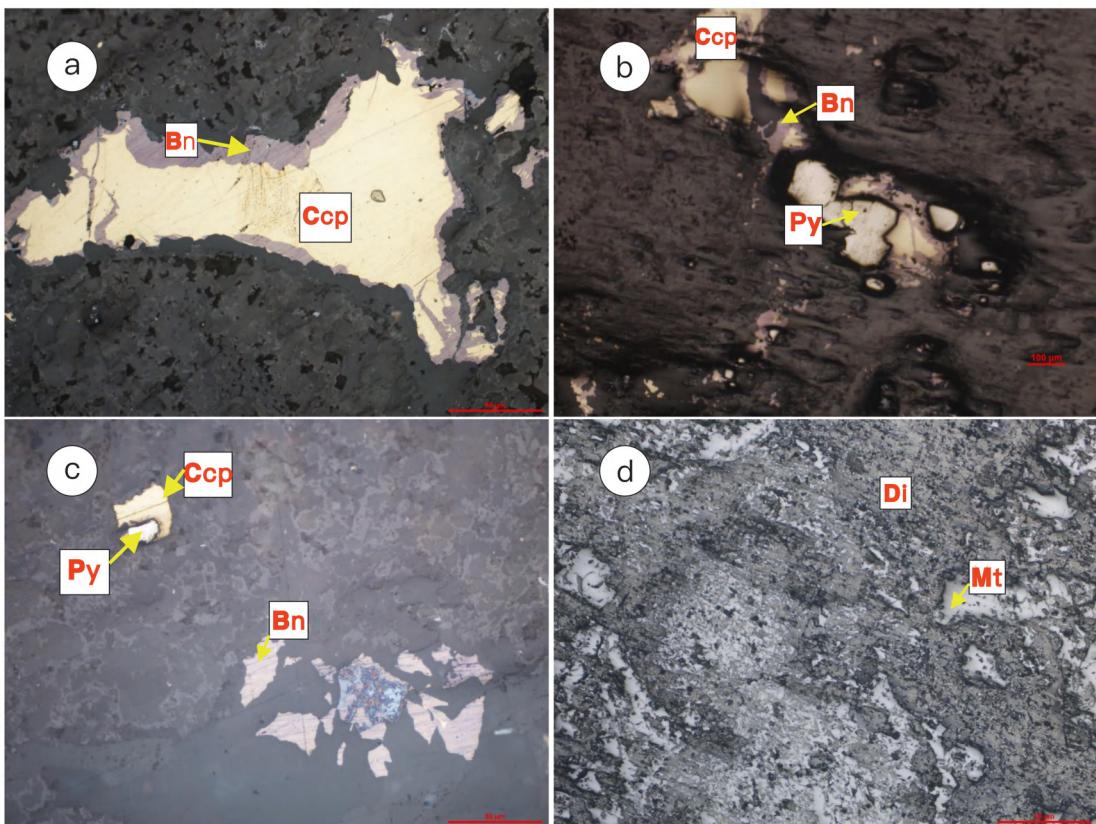


图 10 镜下不透明矿物

Fig.10 Microscopic untransparent mineral

a—黄铜交代斑铜矿 b-后期黄铁交代黄铜，黄铜交代斑铜矿 c—石黄铁交代黄铜

d—磁铁矿穿透透辉石

Py-黄铁矿 Bn-斑铜矿 Ccp-黄铜矿 Mt-磁铁矿 Di-透辉石

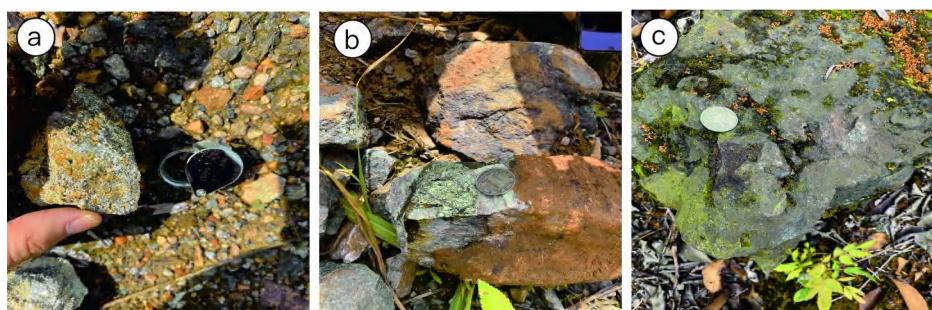


图 11 金属矿物

Fig.11 Metalliferous mineral

a—可见黄铁矿 b-可见黄铜矿 c—可见磁铁矿

Py-黄铁矿 Ccp-黄铜矿 Mt-磁铁矿

结合镜下和手标本情况，磁铁矿(Mt):为矿床各主要矿体最主要含铁矿物。肉眼观察呈深灰色，粒度大小不等。镜下呈灰色、棕灰色，半自形-他形晶粒状（见图11-c）。透辉石早期生成被后期磁铁矿穿插（见图10-d）。

黄铜矿(Cp):为矿床最主要的含铜矿物，呈浸染状及少量细脉状、团块状沿磁铁矿边缘及裂隙交代磁铁矿矿石(见图 10-a)，黄铜矿生成一般晚于黄铁矿(见图 10-b, 图 10-c)，常包裹或交代黄铁矿(见图 10-c)，其边缘或裂隙又常被斑铜矿交代(见图 10-a)。黄铜矿肉眼观察呈黄铜色，在反光镜下呈黄色。

黄铁矿(Py):分布普遍，黄铁矿的晶析出晚于磁铁矿，呈自形-半自形粒状或斑状压碎结构(见图 10-b)。其被黄铜矿、斑铜矿交代熔蚀。肉眼观察呈淡黄色-黄白色，他形-自形晶粒，反光镜下呈黄白色(见图 11-a)。

斑铜矿(Bn):是矿床仅次于黄铜矿的含铜矿物之一。原生斑铜矿常与黄铜矿、黄铁矿等共生(见图 10-c)。次生斑铜矿主要产于混合带和氧化带底部，见斑铜矿沿早世代的黄铜矿边缘和裂隙交代(见图 10-a)。斑铜矿呈不规则粒状、浸染状，少见新鲜面，表面多具蓝紫斑状锖色，反光镜下呈紫玫瑰色-粉红色。

4.3 围岩蚀变

矿区围岩蚀变发育，类型主要为钾化、硅化、钾-硅化、钾-硅-黄铁矿化、绢云母化矽卡岩化、退化蚀变、绿泥石化和碳酸盐化等。由围岩-蚀变矿化中心可划分为：绢云母-绿泥石-钾化带、高岭石-绿泥石-弱矽卡岩化带、皂石-绿泥石-强矽卡岩化带，其中绿泥石在每个带均有发育。

在 1 号采坑接触带附近，围岩处可见大量指示物质的运移和交代，蚀变作用的产生，其中如绢云母化与硅灰石化。其中硅灰石指示着岩体中的硅质元素进入地层，与碳酸盐形成硅灰石。可见绢云母指示着氧化物石英硫化物进入，钙质物质进入内矽卡岩，其中绢云母可用于测定岩体年龄。(见图 12)

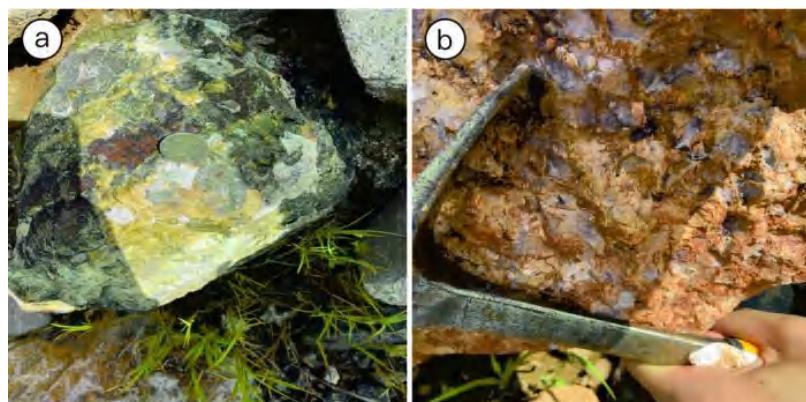


图 12 蚀变交代

Fig.12 Alteration metasomatic

a—绢云母化 b-硅灰石化

4.4 成矿期次

矽卡岩型矿床的形成经历了长期而复杂的过程，成矿具有明显的多期、多阶段特点。根据矿床中脉体的穿插关系、结合前人的文献对于蚀变矿物的共生组合及相互包裹关系、矿石的结构构造等特征的总结等，可以将整个成矿过程划分为 5 个阶段：(据文献[4])

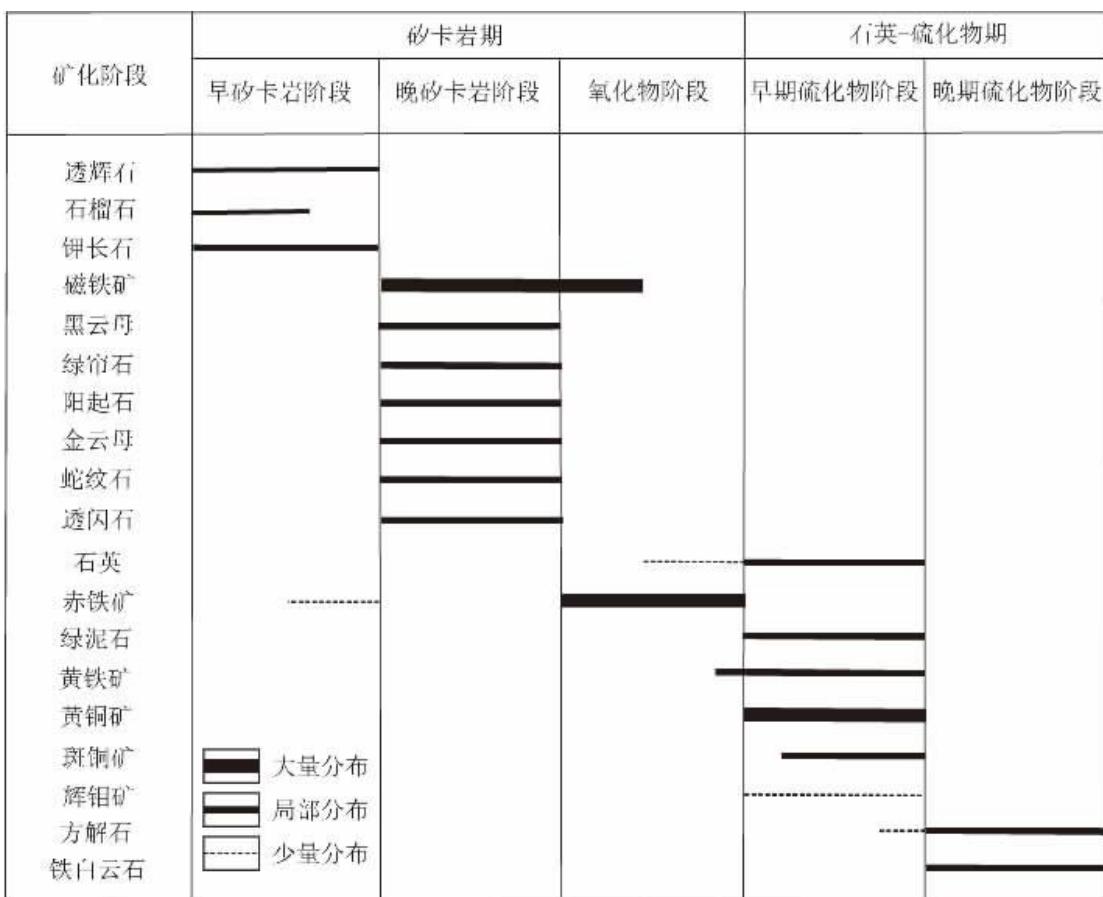


图 13 矿物生成顺序表 (据文献[4])

Fig.13 Table of mineral formation sequence

a—绢云母化 b—硅灰石化

4.4.1 矽卡岩期

①早矽卡岩阶段，发育矽卡岩化，主要蚀变矿物为石榴石和透辉石，此外，岩体发生了较强的钾（一硅）化蚀变；

②晚矽卡岩阶段，生成各种退化蚀变的矿物，主要包括绿帘石、阳起石、金云母、蛇纹石和透闪石，并且生成大量的磁铁矿；

③氧化物阶段，主要矿物为赤铁矿和磁铁矿；

4.4.2 石英硫化物期

①早期硫化物阶段，出现较多的绿泥石化，主要矿物组合为黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、辉钼矿、绿泥石和石英；

②晚期硫化物阶段，发育碳酸盐化，主要矿物为方解石和铁白云石。

矽卡岩的形成是一个动态的交代演化过程，(据文献[7]).其矿物组合和化学反应常受侵入岩的特征、热液流体的成分以及总体温度压力条件所影响 (Guilbert et al., 1974)。

在相对高温的条件下发生矽卡岩早期变质作用及交代作用，随着岩浆热液流体的演化，温度下降，物相发生分离，引起退化蚀变作用 (Meinert et al., 2003, 2005)。

继早期进变质矽卡岩阶段之后，甲玛矿床矽卡岩和角岩普遍发生了强烈的退化蚀变作用，溶液中逐渐富集大量 H_2S 、 CO_2 等挥发组分，并交代早期形成的矽卡岩矿物，形成大量以绿帘石、绿泥石、透闪石、阳起石等为主的含水硅酸盐矿物。

晚阶段的石英和方解石更主要是穿插和胶结早阶段矿物，主要表现为 H_4SiO_4 随着溶

解度逐渐降低而从水中析出形成 SiO_2 , 随着溶液中的 pH 值的升高, 溶液中 Ca_{2+} 和 HCO_3^{2-} 析出生成 CaCO_3 强烈的退化蚀变反应消耗了成矿流体中的 CO_2 和水, 生成大量含水硅酸盐矿物, 后由于 CO_2 的逸出, 引起成矿流体的 pH 值升高, 温度和压力下降, 致使大量的大气降水沿着裂隙系统下渗, 与成矿流体发生了强烈的不混溶作用。

随后热液流体进一步交代进变质卡岩形成退化矽卡岩和 Cu、Mo、Pb、Zn (Au、Ag) 矿化, 矿化的分带同样受到进变质矽卡岩的成分和温度的控制。此外, 迁移至大理岩前缘带的热液流体在合适的张性断层中充填交代形成类似低硫型浅成低温的独立 Au 矿化 (Sillitoe, 2010)。成矿作用晚期, 随着大气水的逐渐增多, 流体温度的逐渐降低, 形成了一些不含硫化物或含少量硫化物的石英-碳酸盐脉, 标志着成矿作用基本结束。(据文献[7])

五、地质编录及认识

原始地质编录：是指对探矿工程所揭露的地质现象，通过地质记录、取样、记录描述、测量等，以取得有关实物和图件、表格和文字记录的第一性原始地质资料的过程。

四个要求：真实性、及时性、统一性、针对性。

整个地质编录过程分为 5 个部分的工作，以下以 ZK1503 的岩心编录作为说明。

第一部分：整体浏览，对从整体浏览 ZK1503 的岩心样品开始，在心里留下大致的从地表到地下的变化情况，同时对岩心样品进行整体完整性与可靠性进行总体的检查，以及整理岩心进行拍照。



图 14 ZK1503 岩心样品整体观察

Fig.14 Overall observation of ZK1503 core sample

第二部分：深入分层，后深入划分层序，同时进行层序深度，分层特征，特殊现象以及基本野薄的记录。在前后发生明显变化出，用分层签将其分开。

共计分层：九层，分层处（见图 15）



图 15 ZK1503 岩心样品分层处

(从上至下, 从左至右依次为 1-9 层, 左下为第五层)

Fig.15 ZK1503 core sample at stratification

第三部分：地质编录，进行地质编录时，小组共计三人，一人测量同时换算换层孔深数据与采取率，一人记录分层数据，回次数据于钻探工程原始地质记录表，一人负责野簿数据及地质现象的描述。

其中要求在工作处理期间，野簿记录者不得与钻探工程原始地质记录表记录着存在数据比对，须在室内资料整理时，统一进行比对以确定数据的准确性。

地质编录过程中，在钻孔施工牌上读取回次数据，自至深度和进尺长度，通过测量一个回次的岩心长度，用岩心长度/进尺长度 $\times 100\% =$ 某一回次采取率。在某一回次分层，则通过测量这一回次开始到分层处的距离得到上半段的长短通过采取率计算到上进尺的长度，再将这段距离加到这一回次开始的孔深，即可得到分层出的换层孔深。层视厚度是这一层开始到分层出的进尺之和，分层内岩心长度是测量得到的岩心长度之和。通过计算岩心长度/层视深度 $\times 100\% =$ 这一层的采取率。在计算层视深度和岩心长度的时候，要避免多算或者少算的情况。从分层处到这一回次的结束为下半段，同是也是下一层的开始。

第一层：共计长 8.28m，采取率 99.16%，换层孔深 1094.27m，以灰白色泥质条带大理岩为主要。

第二层：共计长 9.66m，采取率 100%，换层孔深 1103.93m，以含铜磁铁矿为主要。

第三层：共计长 1m，采取率 100%，换层孔深 1104.93m，以灰白色泥质条带大理岩为主要。

第四层：共计长 9.73m，采取率 99.33%，换层孔深 1114.86m，以含铜磁铁矿为特征。

第五层：共计长 22.38m，采取率 99.9%，换层孔深 1137.05m，以灰白色泥质条带大理岩为主要。

第六层：共计长 14.16m，采取率 99.43%，换层孔深 1151.37m，以含铜磁铁矿为特征。

第七层：共计长 3.6m，采取率 100%，换层孔深 1154.93m，以灰白色泥质条带大理

岩为主要。

第八层：共计长 5.73m，采取率 100%，换层孔深 1160.7m，以含铜磁铁矿为主要。

第九层：共计长 5.73m，采取率 100%，换层孔深 1160.7m，以矽卡岩化石英二长闪长岩为主要。

在分层同时，对每一层的地质现象和特殊现象（如交代，蚀变，矿物与矿物之间对接触关系等）进行描述与记录。其中内容包括但不限于有：颜色、岩性，结构，构造，主要矿物、岩矿心是否含矿、层之间的接触关系及判断依据、出现的特殊现象，测量该处孔深并拍照记录。

其中可见多处蚀变交代或两期五阶段关系现象。（见图 16）

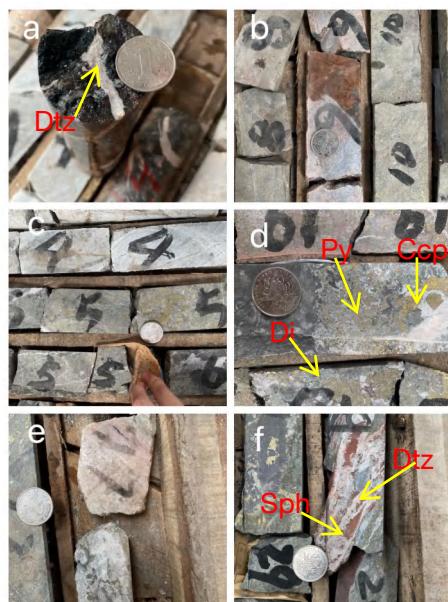


图 16 ZK1503 岩心样品特殊现象处

(a-方解石脉穿插 b 钾化现象 c-黄铁矿脉状穿插，黄铜矿呈浸染状，团块状 b-黄铁矿呈浸染状，黄铜矿呈团块状，同时发生矽卡岩化，具有大量透辉石 e-钾化现象 f-氧化赤铁矿，同时石英脉穿插
Py-黄铁矿 Ccp-黄铜矿 Di-透辉石 Dtz-石英 Sph-赤铁矿)

Fig.16 ZK1503 core sample special phenomenon

第四部分：布置采样，在完成分层工作之后与记录工作完成后，就要按照规范要求的最小可采厚度进行取样，要求取样长度不能超过最小可采厚度。在见矿层的前面，应进行圈边样，即采取一段围岩标本。

在实习过程中，共计采样：4 个，分别位于 376 和 377 回次两个，岩心长度 1m，其中一份样品跨回次采集（湖北地质第一大队中：最小可采厚度为 1.2m）满足规范要求。

第五部分：钻孔资料整理在资料整理的过程中，需要文、图、表 记录数据相符。根据实际资料整理绘制钻孔柱状图。作图是需要注意图名、比例尺、图例、图内容、责任表的齐全。在完成柱状图的绘制工作之后，应当进行原始地质编录小结，进行样品登记，才算初步完成了编录任务。最后，将柱状图交由张铭学长检查后，才可进行上墨工作。

六、矿床成因分析思路及认识

矿床成因模型是建立在矿床描述性模型基础之上（即矿床的系统特征）的一种模型，它不但概括了一类矿床的本质属性，而且还要回答为什么成矿和为什么在那里、在那个时候成矿的问题，即从理论上还要解释该类矿床的成因机制。因此，它是从一个更高的角度上来研究矿床原型对象理论，是矿床学理论研究的升华。

铜绿山-铜山铜铁金矿床从根本意义上为矽卡岩型矿床，因此在矿床成因部分上即围绕矽卡岩型矿床来分析，矽卡岩型矿床为动态成矿矿床，成矿过程中，涉及成矿物质的富集与演化，同时在成矿期后成矿后的构造作用对矿床进行改造和演化，同样，成矿从根本上为酸碱平衡由活动到稳定的过程，也是物理化学条件改变至适宜成矿的过程。因此在以下分析中，以矽卡岩矿床作为基地来分析铜绿山-桐山铜铁金矿床的情况。

基于矽卡岩典型矿床：赵一鸣等总结的矽卡岩型矿床矽卡岩期的矿物中所含流体包裹体的均一温度范围（ $400 \sim 730^{\circ}\text{C}$ ），典型矽卡岩矿床矿物组合形成温度为 $400\text{-}900^{\circ}\text{C}$ 。其次矽卡岩期成矿流体以高温高盐度为特征，显示出岩浆热液的特点，到晚期硫化物阶段成矿流体演化为低温、低盐度流体，该阶段可能有大量大气降水的混入。除此之外，矿物缺陷捕获较均匀的矽卡岩岩浆后，由于温度和压力下降矽卡岩岩浆不混溶形成了矽卡岩矿物和与之共存的碳酸盐矿物。

下面由以下 5 个方面，同时采用多种地球化学等方法进行分析。

方面 1：成矿作用方式

方面 2：成矿物质来源及成矿时空关系

方面 3：成矿流体的来源

方面 4：成矿流体的性质与演化：成矿物质的来源所研究的对象包括矿床的各种金属元素和为其活化、运移提供载体的成矿流体。

方面 5：成矿物质的沉淀与富集

6.1 成矿作用方式

铜绿山矿床主要成矿作用方式为接触交代作用

6.2 成矿物质来源成矿时空关系

由铅同位素，硫同位素分析得，放射性成因铅含量较高，矿石及岩浆岩铅的演化与地幔和造山作用有关，属壳幔混源铅，矿田铅同位素与中生代时限相符，即成矿物质来源主要是深部。

与铜绿山矿床的 $\delta^{34}\text{S} (\text{\textperthousand})$ 值为 $-4.9 \sim 15.2$ ，变化较大，表现出多种类型的硫共存的特点，岩浆同源。与矿床成矿活动密切相关的岩体是铜绿山石英正长闪长玢岩岩体，它是燕山早期第三次侵入活动的产物，岩体同位素地质年龄为 $150 \sim 143\text{Ma}$ ，而铜绿山铜铁矿床矿化年龄为 $145 \sim 115\text{Ma}$ ，这表明在铜绿山石英正长闪长玢岩岩体形成之后，尾随着一次铜铁成矿作用，即富集地幔的经分离结晶作用及下地壳的混染形成的铜绿山石英二长闪长玢岩为成矿提供了物质来源。

6.3 成矿流体的来源

成矿早期阶段的成矿流体主要来源于岩浆热液，有少量天水加入，成矿后期阶段热液中大气降水的比重加大。说明岩浆岩在早期提供主要成矿流体，晚期作为流体循环的驱动力。

6.4 成矿流体的性质与演化

流体包裹体与氢氧同位素分析得：铜绿山矿床矽卡岩期流体包裹体的均一温度范围为401.6~700℃，其中经流体包裹体分析得成矿流体曾发生过沸腾作用（由富气相环境而得）。

矿区发育的爆破角砾岩，可能是沸腾作用的宏观体现，而沸腾作用可能是导致早期硫化物阶段大量成矿物质沉淀的重要体现。除此之外，铜绿山的激光拉曼中得出早矽卡岩阶段石榴石中发现的方解石属于高温熔融体的结晶产物。早期的成矿流体中含有丰富的铁。（据文献[4]）

除此之外，成矿流体的来源一般利用地球化学的方法，其中锶同位素指示花岗质岩石的来源，是解决岩石成因最有效的手段之一。硫同位素的研究，对硫铜金矿的成因十分重要。铅同位素不仅可以探讨成矿物质来源，还可以判别矿床形成的构造环境。结合前人的资料，铜绿山地区已做的地球化学检验包括但不限于：硫同位素，氢氧同位素，铅同位素等。

氢、氧同位素：氢、氧同位素组成变化大，既有大气降水，也有岩浆水，可能还有建造水，表明热液水具有多源性的特点。

6.5 成矿物质的沉淀富集

由激光拉曼分析得，矿床从矽卡岩期到石英—硫化物期，成矿流体从高温、高盐度向低温、低盐度演化。成矿流体经历了沸腾作用，可能是导致Cu和Fe等成矿物质沉淀的重要因素。关于成矿物质沉淀与富集从根本上就是物理化学条件改变而导致的富集与沉淀，因此可以从两个方面进行考虑 1.是从物理状态上：成分的浓度改变而造成的成矿。2.是从热液本身温度、压力、pH值等物理化学条件发生改变，促使稳定的络合物分离沉淀成矿。

综上：在了解该地矿床描述性模型的基础上，即了解该地为矽卡岩型矿床的基础上，进行深度分析，首先对于成矿物质进行追踪，后利用成矿流体等保存下的物理化学状态对成矿作用时的环境进行分析，岩浆提供热量驱动含矿热液的运移以及大气降水循环同时提供成矿物质、发育的构造有利于成矿流体运移的通道，以及有利于成矿的物理化学性质的改变。这些都是成矿物质沉淀的主要因素。

七、其他调研矿床认识

7.1 铜山口斑岩型矿床



图 17 铜山口斑岩型矿床

Fig.17 Tongshankou porphyry deposit

铜山口矿床为综合斑岩-矽卡岩型矿床，整体属于矽卡岩型矿床，局部可见斑岩特征。

在岩心库样本中，大致浏览可见，1.矽卡岩部分：地层-接触带-岩体整体变化关系，同时在可见绢云母化，石榴子石大量产出。其中找到白钨矿，在紫外线照射下呈荧光色。2.斑岩铜部分：不全，但是可见在接触带附近可见极细细脉浸染状黄铜，黄铁矿。

7.2 张海金矿



图 18 张海金矿

Fig.18 Zhanghai golden deposit

张海金矿床位于长江中下游鄂东南矿集区殷祖岩体东南缘，为赋存于沉积岩中的浸染型金矿床。赋矿围岩为志留系下统新滩组含碳质粉砂岩及页岩，金矿体产于殷祖复式背斜核部附近次级北东东向断裂、裂隙和破碎带中，呈脉状、似层状、透镜状产出，总体走向北东东，倾向南南东，倾角 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，走向和倾向最大延伸分别为640 m 和 688 m，上下盘普遍发育闪长玢岩。金矿石类型主要为浸染状和细（网）脉状含金粉砂岩-页岩型，硅化、黄铁矿化、毒砂化等蚀变与金成矿关系密切。

工作目的：张海金矿线路，是在原有前人的资料基础上，进行踏勘，进行找矿潜力的评定，其中在地图上利用现有已探明矿体的等高线，向 NEE, NNE 向进行，结合物探化探一场圈定后，在圈定位置寻找露头进行实地考察。在野外见矿的情况下，寻找可靠证据以对该地区进行开发。

综合分析控矿因素认为，该矿床是具备高金背景、还原环境、含碳质物、相对封闭等特征的地层，背斜核部次级北东东向断裂、裂隙及破碎带，闪长玢岩岩浆活动三者共同作用下的产物，为岩浆热液系统远端浸染型金矿床。对矿区及外围找矿潜力进行评价，分别在张海金矿区和美人尖—张海—凤头金矿带提出 6 个重要找矿方向，为区域金矿勘查提供了新的工作思路。（据文献[8]）

实地考察：通过以上资料在 NEE 向上已经圈出了一个有找靶区，但未进行工作。野外工作中见到了硫化物，但是其周围的破碎是后期构造所产生的，很难确定成矿期的构造，且见到的脉宽度只有 30-40cm，找矿很不乐观。另一处是黑色页岩中有很小的黄铁矿，同样是成矿期的构造难以确定，所以对于找矿的前景不是很好。

八、结束语

八天的矿床实训在大学阶段很短，但是在我的整个大学生活是尤其重要，也是我第一次与大学同学除女生之外有相对亲近的沟通与熟悉，许多年过后我记不得我在大学里参与过

什么活动,打过多少场球, 参加过多少感受, 但是一定会记住这次跟从谭老师出野的经历, 不仅学习到专业知识, 还有人际交往的方法, 很难得能够遇到这样一位大学老师, 同时, 我从大二开始就和谭老师有了接触, 想法很多, 但是谭老师总会耐心的引导我走向正确的道理, 很感谢谭老师, 提供这么一个机会能够让我跟从谭老师学习, 也很感谢这一次的组员们, 大家都很好, 整个矿床实训都不让我干体力活, 而且什么时候都把我喊着, 我也不孤单, 每次下楼的时候都会敲门叫我一块下楼, 又有 5 位同学成为了我的朋友很开心! 在出野之前, 我还在担心不知道怎么和大家交流, 我会不会太孤单, 但是我发现! 完全没有! 谭老师也很好! 一直照顾我, 一直点我! 让我随时都有存在感! 同时生活上学习上都有关心我! 但是我一直会很担心麻烦大家因为我是女生这件事。

同时经过鄂东南实习之旅, 地质热情也重新在心中慢慢重新燃起火花, 当我们站在矿坑的那一刻, 地质情怀未泯, 地质事业任重道远, 前有谭老师领队, 后有我们跟随学习, 中华大地上, 撒落着我们的足迹, 为国家找矿的初心, 大一进校时的初心, 让我不得已感化时间变迁, 但依旧没有迷失当时的稚嫩情怀。

最后, 再次感谢谭老师耗费精力财力等, 提供给我们如此有意义的实习之旅, 感谢您的辛苦付出, 同时您传授给我们的知识, 我一定一丝不漏的时刻铭记, 即使未来不在这行了, 但是我随时能拿的出手的就是您传给我们最专业的方法与思维, 是我一生需要铭记与领悟的。同时谭老师在侧面也一直潜移默化的影响着我们, 习惯和为人处事, 影响着我们向更好发展, 感谢老师这几天的教诲和付出。其次非常感谢张铭学长在整个实习过程的协助与陪伴, 在学习上, 很细致的帮助我们注意细节, 同时不敢找谭老师的事情, 都只能劳烦学长, 同时不止学习上, 还有生活上, 学长也在忙前忙后的帮助我们, 处理琐事, 学长在, 总是很有安全感, 当然谭老师在也是非常有安全感的。最后谢谢李鑫, 董晓亮, 芮然, 杨凯龙, 郑玉龙这六位同学的陪伴和帮助, 很感谢大家, 谢谢大家! 麻烦大家啦!

九、附表附图

附图一



附图 1 野簿记录

Fig at.1 Record

附图二

中国地质大学钻探工程原始地质记录表 工程编号: 2014-001												
编号	孔深(m)	层位	岩性特征	含水性	厚度(m)	地层关系	综合录井数据					页数
							孔深(m)	层位	岩性特征	含水性	厚度(m)	
100	100.0	3	砂砾石	无	1.0		100.0	100.0	3	砂砾石	无	1
110	110.0	3	砂砾石	无	1.0		110.0	110.0	3	砂砾石	无	1
120	120.0	3	砂砾石	无	1.0		120.0	120.0	3	砂砾石	无	1
130	130.0	3	砂砾石	无	1.0		130.0	130.0	3	砂砾石	无	1
140	140.0	3	砂砾石	无	1.0		140.0	140.0	3	砂砾石	无	1
150	150.0	3	砂砾石	无	1.0		150.0	150.0	3	砂砾石	无	1
160	160.0	3	砂砾石	无	1.0		160.0	160.0	3	砂砾石	无	1
170	170.0	3	砂砾石	无	1.0		170.0	170.0	3	砂砾石	无	1
180	180.0	3	砂砾石	无	1.0		180.0	180.0	3	砂砾石	无	1
190	190.0	3	砂砾石	无	1.0		190.0	190.0	3	砂砾石	无	1
200	200.0	3	砂砾石	无	1.0		200.0	200.0	3	砂砾石	无	1
210	210.0	3	砂砾石	无	1.0		210.0	210.0	3	砂砾石	无	1
220	220.0	3	砂砾石	无	1.0		220.0	220.0	3	砂砾石	无	1
230	230.0	3	砂砾石	无	1.0		230.0	230.0	3	砂砾石	无	1
240	240.0	3	砂砾石	无	1.0		240.0	240.0	3	砂砾石	无	1
250	250.0	3	砂砾石	无	1.0		250.0	250.0	3	砂砾石	无	1
260	260.0	3	砂砾石	无	1.0		260.0	260.0	3	砂砾石	无	1
270	270.0	3	砂砾石	无	1.0		270.0	270.0	3	砂砾石	无	1
280	280.0	3	砂砾石	无	1.0		280.0	280.0	3	砂砾石	无	1
290	290.0	3	砂砾石	无	1.0		290.0	290.0	3	砂砾石	无	1
300	300.0	3	砂砾石	无	1.0		300.0	300.0	3	砂砾石	无	1
310	310.0	3	砂砾石	无	1.0		310.0	310.0	3	砂砾石	无	1
320	320.0	3	砂砾石	无	1.0		320.0	320.0	3	砂砾石	无	1
330	330.0	3	砂砾石	无	1.0		330.0	330.0	3	砂砾石	无	1
340	340.0	3	砂砾石	无	1.0		340.0	340.0	3	砂砾石	无	1
350	350.0	3	砂砾石	无	1.0		350.0	350.0	3	砂砾石	无	1
360	360.0	3	砂砾石	无	1.0		360.0	360.0	3	砂砾石	无	1
370	370.0	3	砂砾石	无	1.0		370.0	370.0	3	砂砾石	无	1
380	380.0	3	砂砾石	无	1.0		380.0	380.0	3	砂砾石	无	1
390	390.0	3	砂砾石	无	1.0		390.0	390.0	3	砂砾石	无	1
400	400.0	3	砂砾石	无	1.0		400.0	400.0	3	砂砾石	无	1
410	410.0	3	砂砾石	无	1.0		410.0	410.0	3	砂砾石	无	1
420	420.0	3	砂砾石	无	1.0		420.0	420.0	3	砂砾石	无	1
430	430.0	3	砂砾石	无	1.0		430.0	430.0	3	砂砾石	无	1
440	440.0	3	砂砾石	无	1.0		440.0	440.0	3	砂砾石	无	1
450	450.0	3	砂砾石	无	1.0		450.0	450.0	3	砂砾石	无	1
460	460.0	3	砂砾石	无	1.0		460.0	460.0	3	砂砾石	无	1
470	470.0	3	砂砾石	无	1.0		470.0	470.0	3	砂砾石	无	1
480	480.0	3	砂砾石	无	1.0		480.0	480.0	3	砂砾石	无	1
490	490.0	3	砂砾石	无	1.0		490.0	490.0	3	砂砾石	无	1
500	500.0	3	砂砾石	无	1.0		500.0	500.0	3	砂砾石	无	1
510	510.0	3	砂砾石	无	1.0		510.0	510.0	3	砂砾石	无	1
520	520.0	3	砂砾石	无	1.0		520.0	520.0	3	砂砾石	无	1
530	530.0	3	砂砾石	无	1.0		530.0	530.0	3	砂砾石	无	1
540	540.0	3	砂砾石	无	1.0		540.0	540.0	3	砂砾石	无	1
550	550.0	3	砂砾石	无	1.0		550.0	550.0	3	砂砾石	无	1
560	560.0	3	砂砾石	无	1.0		560.0	560.0	3	砂砾石	无	1
570	570.0	3	砂砾石	无	1.0		570.0	570.0	3	砂砾石	无	1
580	580.0	3	砂砾石	无	1.0		580.0	580.0	3	砂砾石	无	1
590	590.0	3	砂砾石	无	1.0		590.0	590.0	3	砂砾石	无	1
600	600.0	3	砂砾石	无	1.0		600.0	600.0	3	砂砾石	无	1
610	610.0	3	砂砾石	无	1.0		610.0	610.0	3	砂砾石	无	1
620	620.0	3	砂砾石	无	1.0		620.0	620.0	3	砂砾石	无	1
630	630.0	3	砂砾石	无	1.0		630.0	630.0	3	砂砾石	无	1
640	640.0	3	砂砾石	无	1.0		640.0	640.0	3	砂砾石	无	1
650	650.0	3	砂砾石	无	1.0		650.0	650.0	3	砂砾石	无	1
660	660.0	3	砂砾石	无	1.0		660.0	660.0	3	砂砾石	无	1
670	670.0	3	砂砾石	无	1.0		670.0	670.0	3	砂砾石	无	1
680	680.0	3	砂砾石	无	1.0		680.0	680.0	3	砂砾石	无	1
690	690.0	3	砂砾石	无	1.0		690.0	690.0	3	砂砾石	无	1
700	700.0	3	砂砾石	无	1.0		700.0	700.0	3	砂砾石	无	1
710	710.0	3	砂砾石	无	1.0		710.0	710.0	3	砂砾石	无	1
720	720.0	3	砂砾石	无	1.0		720.0	720.0	3	砂砾石	无	1
730	730.0	3	砂砾石	无	1.0		730.0	730.0	3	砂砾石	无	1
740	740.0	3	砂砾石	无	1.0		740.0	740.0	3	砂砾石	无	1
750	750.0	3	砂砾石	无	1.0		750.0	750.0	3	砂砾石	无	1
760	760.0	3	砂砾石	无	1.0		760.0	760.0	3	砂砾石	无	1
770	770.0	3	砂砾石	无	1.0		770.0	770.0	3	砂砾石	无	1
780	780.0	3	砂砾石	无	1.0		780.0	780.0	3	砂砾石	无	1
790	790.0	3	砂砾石	无	1.0		790.0	790.0	3	砂砾石	无	1
800	800.0	3	砂砾石	无	1.0		800.0	800.0	3	砂砾石	无	1
810	810.0	3	砂砾石	无	1.0		810.0	810.0	3	砂砾石	无	1
820	820.0	3	砂砾石	无	1.0		820.0	820.0	3	砂砾石	无	1
830	830.0	3	砂砾石	无	1.0		830.0	830.0	3	砂砾石	无	1
840	840.0	3	砂砾石	无	1.0		840.0	840.0	3	砂砾石	无	1
850	850.0	3	砂砾石	无	1.0		850.0	850.0	3	砂砾石	无	1
860	860.0	3	砂砾石	无	1.0		860.0	860.0	3	砂砾石	无	1
870	870.0	3	砂砾石	无	1.0		870.0	870.0	3	砂砾石	无	1
880	880.0	3	砂砾石	无	1.0		880.0	880.0	3	砂砾石	无	1
890	890.0	3	砂砾石	无	1.0		890.0	890.0	3	砂砾石	无	1
900	900.0	3	砂砾石	无	1.0		900.0	900.0	3	砂砾石	无	1
910	910.0	3	砂砾石	无	1.0		910.0	910.0	3	砂砾石	无	1
920	920.0	3	砂砾石	无	1.0		920.0	920.0	3	砂砾石	无	1
930	930.0	3	砂砾石	无	1.0		930.0	930.0	3	砂砾石	无	1
940	940.0	3	砂砾石	无	1.0		940.0	940.0	3	砂砾石	无	1
950	950.0	3	砂砾石	无	1.0		950.0	950.0	3	砂砾石	无	1
960	960.0	3	砂砾石	无	1.0		960.0	960.0	3	砂砾石	无	1
970	970.0	3	砂砾石	无	1.0		970.0	970.0	3	砂砾石	无	1
980	980.0	3	砂砾石	无	1.0		980.0	980.0	3	砂砾石	无	1
990	990.0	3	砂砾石	无	1.0		990.0	990.0	3	砂砾石	无	1
1000	1000.0	3	砂砾石	无	1.0		1000.0	1000.0	3	砂砾石	无	1
1010	1010.0	3	砂砾石	无	1.0		1010.0	1010.0	3	砂砾石	无	1
1020	1020.0	3	砂砾石	无	1.0		1020.0	1020.0	3	砂砾石	无	1
1030	1030.0	3	砂砾石	无	1.0		1030.0	1030.0	3	砂砾石	无	1
1040	1040.0	3	砂砾石	无	1.0		1040.0	1040.0	3	砂砾石	无	1
1050	1050.0	3	砂砾石	无	1.0		1050.0	1050.0	3	砂砾石	无	1
1060	1060.0	3	砂砾石	无	1.0		1060.0	1060.0	3	砂砾石	无	1
1070	1070.0	3	砂砾石	无	1.0		1070.0	1070.0	3	砂砾石	无	1
1080	1080.0	3	砂砾石	无	1.0		1080.0	1080.0	3	砂砾石	无	1
1090	1090.0	3	砂砾石	无	1.0		1090.0	1090.0	3	砂砾石	无	1
1100	1100.0	3	砂砾石	无	1.0		1100.0	1100.0	3	砂砾石	无	1
1110	1110.0	3	砂砾石	无	1.0		1110.0	1110.0	3	砂砾石	无	1
1120	1120.0	3	砂砾石	无	1.0		1120.0	1120.0	3	砂砾石	无	1
1130	1130.0	3	砂砾石	无	1.0		1130.0	1130.0	3	砂砾石	无	1
1140	1140.0	3	砂砾石	无	1.0		1140.0	1140.0	3	砂砾石	无	1
1150	1150.0	3	砂砾石	无	1.0		1150.0	1150.0	3	砂砾石	无	1
1160	1160.0	3	砂砾石	无	1.0		1160.0	1160.0	3	砂砾石	无	1
1170	1170.0	3	砂砾石	无	1.0		1170.0	1170.0	3	砂砾石	无	1
1180	1180.0	3	砂砾石	无	1.0							

附图3 柱状剖面图

Fig at.3 Record

十、参考资料

- [1] 邵显.湖北大冶市铜绿山铜铁矿地质特征及矿床成因[J].云南地质,2021,40(02):163-169.
- [2] 闫芳,魏克涛,王宇,刘冬勤,朱柳琴,蔡恒安,尚世超,华先录.湖北大冶铜绿山铜铁矿床找矿预测模型及找矿突破思路[J].资源环境与工程,2020,34(04):494-500.DOI:10.16536/j.cnki.is sn.1671-1211.2020.04.002.
- [3] 徐荣华,张国胜,胡清乐,黄智辉,阮启林.鄂东南铜录山矿田构造特征及其控矿规律[J].资源环境与工程,2013,27(S1):118-122.DOI:10.16536/j.cnki.issn.1671-1211.2013.s1.025.
- [4] 何迪,谭俊,刘晓阳,张铭,赵彪,陈杨,赵岩岩.湖北大冶铜山口斑岩-矽卡岩型铜钼矿床包裹体特征及流体演化意义 [J]. 地质科技通报 ,2020,39(05):97-108.DOI:10.1950 9/j.cnki.dzkq.2020.0508.
- [5] 赵岩岩,吴昌雄,石文杰,刘冬勤,魏克涛,张铭,谭俊.鄂东南矿集区铜绿山-铜山铜铁金矿床三维地质建模与深部预测 [J/OL]. 地质科技通报 :1-15[2022-06-29].DOI:10.19509/j. cnki.dzkq.2022.0095.
- [6] 赵岩岩,谭俊,刘晓阳,张铭,陈杨,何迪.湖北大冶铜绿山矽卡岩型铜铁(金)矿床包裹体特征及其地质意义[J].地质科技通报,2020,39(06):64-74.DOI:10.195 09/j.cnki.dzkq.2020.0606.
- [7] 冷秋锋,唐菊兴,郑文宝,唐攀,林彬.西藏甲玛超大型矿床矽卡岩矿物组合及其分带模式[J].地质学报,2022,96(02):574-591.DOI:10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2021045.
- [8] 罗恒,李欢,戴进玲,徐江嫻,陈松林,许杨,孙芳.鄂东南张海金矿床控矿因素及找矿潜力分析 [J].黄金,2021,42(10):8-15.