

青海赛什塘

铜多金属矿床成矿条件与成矿规律

◎ 赖健清 王雄军 毛寅 安江华 等著

地质出版社

青海赛什塘铜多金属矿床 成矿条件与成矿规律

赖健清 王雄军 毛寅 安江华 张普斌 毛先成 著
谷湘平 鞠培姣 刘建平 宋泽友 杨斌 朱谷昌

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以区域成矿地质条件的研究为基础,通过对青海省赛什塘铜多金属矿区岩石和矿石的宏观及微观地质学研究、地球化学分析和矿物流体包裹体测温,将成矿地质作用与成矿作用有机关联,系统总结赛什塘铜多金属矿床的成矿地质作用、矿田(矿床)构造特征、矿产地质与成矿作用特征,开展成矿流体和成矿动力学研究,探讨矿床的成因,建立成矿模式。书中通过矿床地质特征的详细研究,结合锆石 U-Pb 法同位素定年和矿物流体包裹体系统研究,充分论证了赛什塘铜多金属矿床的“多位一体”的成矿特点,提出斑岩+矽卡岩型+后期叠加改造型铜多金属矿床的成因观点。

本书提供了典型矿床成矿规律总结研究方法和研究内容的一个实例,可供有色金属矿床研究、找矿预测和生产单位的技术人员和相关专业院校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

青海赛什塘铜多金属矿床成矿条件与成矿规律 / 赖健清等著.

—北京:地质出版社,2016.11

ISBN 978-7-116-09985-2

I. ①青… II. ①赖… III. ①多金属矿床-成矿条件-研究-青海②多金属矿床-成矿规律-研究-青海
IV. ①P618.201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 225848 号

Qinghai Saishitang Tong Duo jinshu Kuangchuang Chengkuang
Tiaojian yu Chengkuang Guilü

责任编辑:李凯明

责任校对:关风云

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

咨询电话:(010)66554528(邮购部);(010)66554581(编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)66554582

印 刷:北京全景印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10.25

字 数:240 千字

版 次:2016 年 11 月北京第 1 版

印 次:2016 年 11 月北京第 1 次印刷

定 价:50.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-09985-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

本书是在作者承担国土资源部全国危机矿山接替资源找矿项目管理办公室 2008 年下达的“青海赛什塘铜多金属矿床成矿规律总结研究”项目（项目编码：20089942）提交的研究报告的基础上完成的综合研究成果。该项目的技术路线是以典型矿床——青海赛什塘铜多金属矿床为核心，以区域成矿地质条件的研究为基础，以宏观和微观地质学方法、地球化学技术和矿物流体包裹体测试技术为手段，配合定量地质学方法，把成矿地质作用与成矿作用有机关联，建立成矿动力学模式，总结典型矿床成矿规律（图 0-1）。

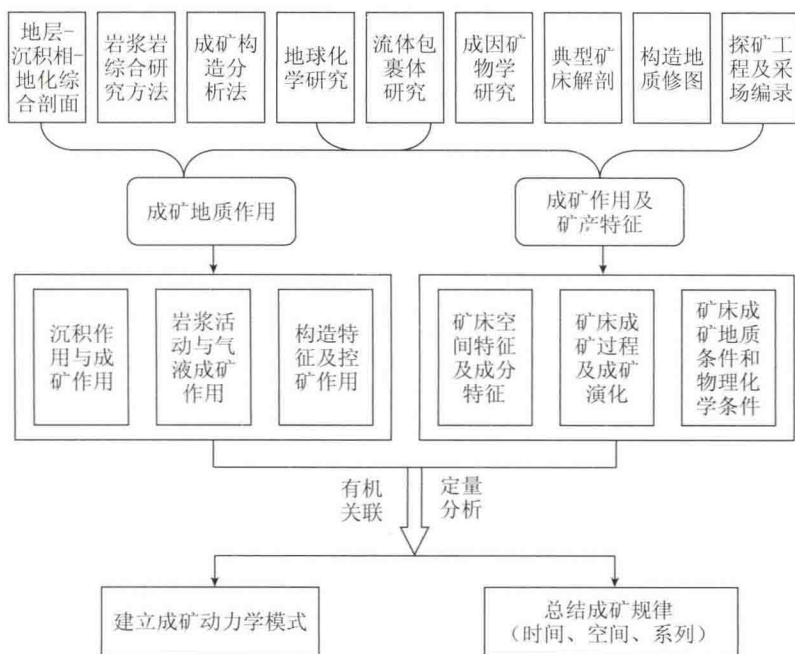


图 0-1 项目技术路线框图

本书系统总结了青海赛什塘铜多金属矿床的成矿地质作用、矿田（矿床）构造特征、矿产地质及成矿作用特征，开展了成矿流体和成矿动力学研究，探讨了矿床的成因，建立了成矿模式。

书中体现的主要研究工作和研究成果如下：

（1）通过对矿区含矿地层—地球化学剖面的实测，绘制了地层—地球化学剖面图、地层综合柱状剖面图，开展了变质岩的岩石学特征研究和原岩恢复，分析了地层的沉积相，探讨了地层中的“硅质岩”和类砂卡岩的成因。

（2）划分了岩浆岩的岩石类型和侵入期次，通过岩石学和岩石化学研究、微量元素和稀土元素特征分析，探讨了主要岩石的成因类型和构造背景，并分析了含矿性。

(3) 完成了矿田构造填图、成矿构造分析和野外构造统计,开展了部分室内整理工作,通过野外构造统计和赤平投影,分析了矿区构造格架,开展了成岩成矿应力场分析,认为中酸性岩浆顺着核部构造薄弱面侵入,矿体受接触带和层间破碎带的控制。

(4) 初步厘定了矿区两种不同的矿床成因类型:一是矽卡岩型成矿作用,包括两种成矿类型,即产于中三叠统千枚岩、浅变质砂岩和大理岩中的似层状硫化物矿体和产于石英闪长玢岩与大理岩接触带的硫化物矿体;二是产于石英闪长玢岩及其有关的隐爆角砾岩中的细脉浸染状铜矿。

(5) 开展了矿床地球化学和矿物流体包裹体研究,分析了成矿作用阶段,探讨了成矿流体的物理化学条件和矿床成因分析,划分了成矿期与成矿阶段,初步建立了矿床的成矿模式。

(6) 通过矿体和围岩的三维建模,探讨矿体分布的空间规律。

本书是集体劳动的成果,本书的编写与出版得到了国土资源部全国危机矿山接替资源找矿项目及中南大学创新驱动项目(2015CX008)的资助。野外工作得到了赛什塘铜矿、有色金属地质调查中心的大力支持和通力合作;室内测试分析得到了中南大学地球科学与信息物理学院、有色金属成矿预测教育部重点实验室、中国五矿长沙矿冶研究院、澳实分析检测集团广州矿物实验室、宜昌地质矿产研究所、中国科学院广州地球化学研究所、中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室、中国地质科学院矿产资源研究所等单位的大力协助;书中引用和参考了大量的前人资料和成果,在此一并致以诚挚的谢意!

目 录

前 言

第 1 章 区域地质背景	(1)
1.1 区域地层	(2)
1.2 区域构造	(3)
1.3 区域岩浆岩	(4)
1.4 区域矿产	(4)
第 2 章 矿床地质特征	(5)
2.1 矿区地质	(5)
2.1.1 矿区地层特征	(5)
2.1.2 地层岩性特征	(7)
2.1.3 矿区构造	(9)
2.1.4 矿区岩浆岩	(13)
2.1.5 变质地层地球化学特征	(16)
2.1.6 围岩蚀变类型	(24)
2.2 矿体特征	(24)
2.2.1 矿体类型及其产状	(24)
2.2.2 矿体空间结构与空间分布规律	(27)
2.3 矿石特征	(30)
2.3.1 矿石自然类型	(30)
2.3.2 矿石化学成分	(30)
2.3.3 矿石矿物成分及矿物组合	(35)
2.3.4 矿石结构构造	(35)
2.4 成矿期和矿化阶段	(39)
2.5 矿化分带研究	(41)
2.5.1 矿化蚀变带	(41)
2.5.2 矿体产出特征	(42)
第 3 章 成矿地质作用及成矿地质体	(44)
3.1 成矿地质条件	(44)
3.1.1 地层条件	(44)
3.1.2 构造条件	(50)
3.1.3 岩浆岩条件	(51)
3.1.4 岩浆岩的地球化学特征	(53)

3.2 成矿地质体的成因特征	(57)
3.2.1 变质岩的岩石学特征	(58)
3.2.2 变质岩原岩类型图解	(60)
3.2.3 矿区沉积相的初步探讨	(64)
3.2.4 岩浆岩源区性质	(64)
3.2.5 岩浆岩形成的构造背景	(65)
3.3 成矿地质体的厘定	(69)
3.3.1 褶皱与成矿的关系	(69)
3.3.2 断裂与成矿的关系	(71)
3.3.3 接触带与成矿的关系	(71)
3.3.4 岩浆岩与成矿的关系	(71)
3.3.5 成矿地质时代	(72)
3.4 成矿地质体的含矿特征	(78)
3.5 成矿深度讨论	(78)
第4章 成矿构造系统与成矿结构面	(79)
4.1 矿区构造基本格架	(79)
4.2 成矿结构面特征	(79)
4.2.1 岩浆侵入构造体系	(79)
4.2.2 褶皱构造体系	(82)
4.2.3 断裂构造体系	(83)
4.2.4 构造应力场演化	(84)
4.3 成矿结构面组合关系分析	(90)
4.4 成矿结构面活动时空机制及构造关系探讨	(91)
4.5 建立成矿/矿田构造体系	(93)
4.5.1 矿体定位的构造条件	(93)
4.5.2 导矿、容矿构造	(94)
第5章 成矿流体及成矿热(动)力学	(96)
5.1 成矿流体的矿物学标志	(96)
5.1.1 围岩蚀变类型	(96)
5.1.2 蚀变分带特征	(98)
5.1.3 地球化学障特点	(100)
5.1.4 围岩蚀变组分变化研究	(100)
5.2 流体包裹体特征	(100)
5.2.1 样品采集及流体包裹体岩相学特征	(100)
5.2.2 流体包裹体显微测温	(104)
5.2.3 流体包裹体成分分析	(109)
5.2.4 讨论	(111)
5.2.5 小结	(115)
5.3 稳定同位素特征	(116)

5.3.1	硫同位素特征	(116)
5.3.2	铅同位素特征	(117)
5.3.3	氢氧同位素特征	(120)
5.4	微量元素及标型矿物特征	(122)
5.4.1	实测地层剖面地球化学研究	(122)
5.4.2	赛什塘矿区地层含矿性的综合评价	(128)
5.4.3	稀土元素地球化学特征	(131)
5.4.4	成矿元素地球化学特征	(134)
5.5	络合物的恢复和物理化学条件	(135)
5.5.1	铜的迁移形式	(135)
5.5.2	铜的沉淀机制	(136)
5.5.3	成矿流体逸度	(137)
5.5.4	成矿流体 pH 值和 E_h 值	(140)
5.6	成矿动力学过程探讨	(142)
5.6.1	成矿动力学背景	(142)
5.6.2	流体演化过程	(142)
第 6 章	成矿模式	(144)
6.1	矿床成因	(144)
6.2	控矿因素分析	(145)
6.3	成矿物质来源	(146)
6.4	成矿深度与温度	(146)
6.5	成矿就位方式	(147)
6.6	成矿机制	(147)
6.7	矿化及蚀变分带	(147)
6.8	成矿模型	(148)
第 7 章	结论	(149)
参考文献		(151)

第 1 章 区域地质背景

赛什塘铜多金属矿床位于青海省兴海县（图 1-1），其大地构造位置位于柴达木准地台东南缘晚古生代弧型褶皱的东南段，东南侧与西秦岭印支褶皱带相毗邻（图 1-2）。按板块构造理论，矿区属柴达木地块东南缘晚古生代裂陷带，沿裂陷带分布一系列北西向的热水沉积盆地。其成矿区划属鄂拉山多金属成矿带（Ⅲ级）的赛什塘-日龙沟亚矿带（Ⅳ级）。目前该带从西北往东南已发现日龙沟锡矿、铜峪沟铜矿、赛什塘铜矿等矿床（图 1-2）。由于本区处于不同大地构造单元的交接部位，自晚古生代地槽褶皱回返后，又经历了印支运动及喜马拉雅运动的改造与影响，因此构造格局复杂，成矿条件优越，具有良好的找矿前景。

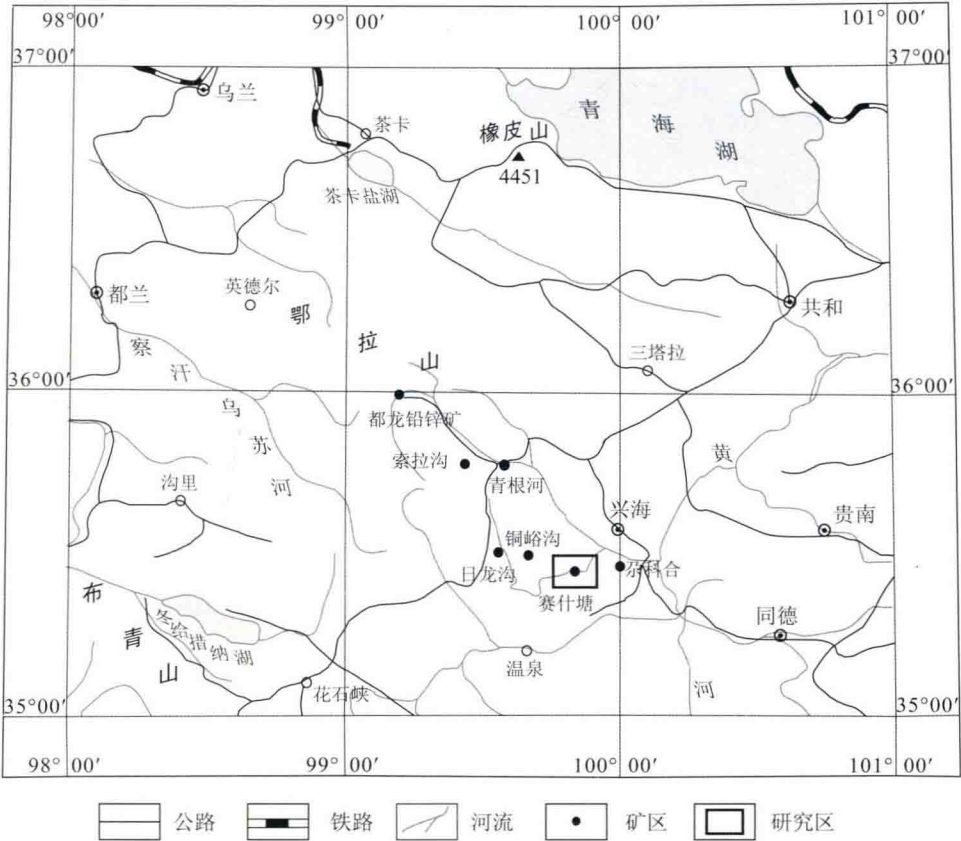


图 1-1 赛什塘矿区交通位置图

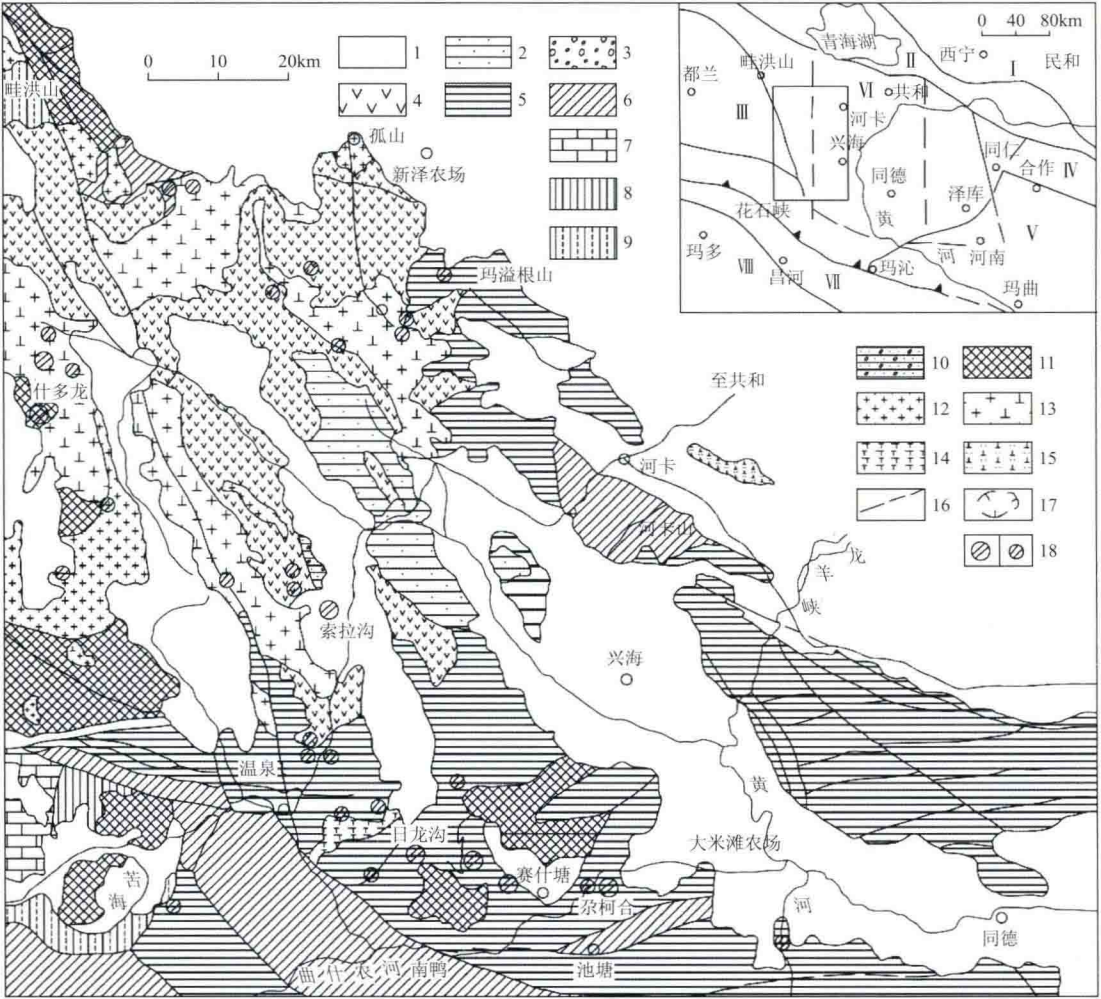


图 1-2 区域地质略图

(据宋治杰等, 1995)

1—新生界; 2—侏罗系含煤沉积; 3, 4—上三叠统粗碎屑沉积和陆相长英质火山岩; 5, 6—中、下三叠统; 7, 8—上、下二叠统; 9—石炭系; 10—上泥盆统磨拉石; 11—古元古界; 12—花岗岩; 13—花岗闪长岩; 14—石英闪长岩; 15—闪长岩; 16—断层和推测断层; 17—推覆体; 18—铜和铜多金属矿床、矿点。小图中, 柴达木板块: I—中祁连隆起; II—南祁连加里东褶皱带; III—柴达木地台。华南板块: IV—中秦岭陆缘华力西褶皱带; V—东昆仑—南秦岭印支褶皱带; VI—海南三叠纪盆地; VII—阿尼玛卿逆冲杂岩带; VIII—巴松地块。断层线带黑框为古板块对接带, 带黑三角为逆冲断层, 虚线为物探推测断裂

1.1 区域地层

区域内出露地层主要为中、下三叠统, 次为下古生界、古近—新近系、第四系。

(1) 下古生界

下古生界主要为一套中—深变质岩石, 主要岩性为片麻岩、混合岩和片岩。平面上呈不规则状分布在智黑奶海、拉届亥以北、赛什塘龙门以北、夏儿岗、夹那嘿北西、年莫沟

• 2 •

北东等地。地层总体呈北东—南西向展布。

(2) 三叠系

鄂拉山地区以上三叠统鄂拉山群为主，主要岩性为安山岩、英安岩和流纹岩等熔岩、熔岩角砾岩和凝灰岩，底部、中部和上部均出现不稳定的砾岩、砂岩、板岩和泥灰岩等正常沉积岩夹层。

鄂拉山以东主要为海相三叠系的下统和中统，不整合在下二叠统或之前的老地层之上，其上为局部出露的上三叠统陆相火山岩型沉积不整合覆盖。

下统——隆务河群

下部：黑灰色粉砂质板岩、黏板岩夹长石岩屑砂岩和砂质砾岩，底部砾岩与下伏地层呈不整合接触。

中部：灰绿色岩屑长石砂岩或长石砂岩夹粉砂质板岩、黏板岩、灰岩或泥灰岩，局部夹砾岩或底部复成分砾岩，超覆不整合于下二叠统或之前的老地层之上。

上部：灰—灰绿色岩屑长石砂岩或长石砂岩与粉砂质板岩、板岩、砂质灰岩互层，夹含砾灰岩或砾状灰岩、泥灰岩，少量为沉凝灰岩及凝灰质硅质岩。

中统——古浪堤群

下部：灰褐色岩屑长石砂岩或长石岩屑砂岩，夹少量砾岩、粉砂质板岩、板岩、含砾灰岩或不纯灰岩、沉凝灰岩。

上部：灰色粉砂质板岩、板岩夹岩屑长石砂岩，向上变为板岩与砂岩的韵律互层，夹砾岩、含砾灰岩或泥灰岩、少量沉凝灰岩。

(3) 古近—新近系

区内古近—新近系大部分出露在赛什塘一带，属断陷盆地的内陆河湖相碎屑沉积建造。岩性主要为砖红色、紫红色砂砾岩。

(4) 第四系

分布在区内沟谷、山坡及河床阶地地带，为冲积、洪积、残坡积、冰水堆积、风积的砾石、亚砂土、冰水堆积物、黄土等。

1.2 区域构造

区域构造形迹，按生成次序、排列方向、构造性质，可归纳为东西向、北北西向的构造体系及推覆构造。

(1) 东西向构造体系

东西向构造体系是本区发生最早、时间延续最长的构造形迹，构成了本区最基本的构造格架，控制着地层的展布。东西向构造形迹主要分布在曲什安河一带及区内东南部的广大地区。曲什安河以北由于受后期北北西向构造的影响，东西向构造受到改造。区内东西向构造主要表现为总体呈东西向展布的裙边褶皱和东西向压性断裂。

(2) 北北西向构造体系

北北西向构造体系主要分布在曲什安河以北的赛什塘至水塔拉脑一带，区内规模较大的褶皱构造为雪青沟复式背斜，次有赛什塘背斜、铜峪沟短轴背斜、哦任向斜、日龙沟背

斜。主要断裂构造有 F_{26} 压扭性断裂带等。

(3) 推覆构造

区内发育着一些巨大的构造推覆体，呈独立的“飞来峰”形式产出。推覆体由古元古界片麻岩系组成，推覆于中三叠统不同层位之上。区内发育的推覆体主要有得勒钦推覆体及夏郎山推覆体等。

1.3 区域岩浆岩

区域岩浆岩以中酸性侵入岩为主，酸性岩、基性熔岩次之，多呈岩株、岩枝、岩脉产出，火山岩不甚发育。岩浆侵入活动有华力西晚期和印支中晚期两个期次。

1.4 区域矿产

区域内已发现的矿种以铜为主，其次为锡、铅、锌，另有与铜、锡矿体等伴生的铅、锌、硫、铁、金、银等。已发现的矿床、矿点共 5 处，分别为铜峪沟铜矿床、赛什塘铜多金属矿床、日龙沟锡多金属矿床、尕科合银砷矿床及拉届亥铜砷矿点。

赛什塘矿区、铜峪沟矿区、日龙沟矿区已分别进行了初勘、详查和普查。根据《青海省鄂拉山地区以铜为主多金属成矿模式研究》（李福东等，1993）的成矿远景预测，铜峪沟—日龙沟—双龙一带（含赛什塘矿区）为 A 类成矿远景区，其预测区的铜峪沟—日龙沟区段恰处于本区，有很大的找矿潜力。

第2章 矿床地质特征

2.1 矿区地质

2.1.1 矿区地层特征

矿区主要地层为中-下三叠统、古近-新近系贵德群和第四系。中-下三叠统岩性主要为细粒长石石英砂岩、灰黑色条带(纹)状绢云母千枚岩夹大理岩,向上变为大理岩夹千枚岩,可能有少量“层砂卡岩”。该套地层时代前人归属于早二叠世,依据青海区测二队(1983)、地质三队(1974, 1984)、西北地质矿产研究所(1991)在矿区地层中所采化石,尤其是 *Subcolumbites* 属是早三叠世晚期一个典型的世界性属,见于我国广西及布尔汗布达山早三叠世晚期地层中,结合其他化石的时代跨度,故认为属早-中三叠世(李福东等, 1993; 张汉文, 2000, 2001)。

含矿沉积岩系按建造性质可分为两部分,即中、下部正常沉积岩系和上部火山-沉积岩系,分别属区域上的中三叠统 b 岩组和 c 岩组下部。二者为整合接触渐变过渡(图 2-1)。

(1) 正常沉积岩系 (T_2^{b4})

按碎屑岩→碳酸盐岩旋回自下而上划分为 3 个岩性段:

第一岩性段 (T_2^{b4-1})

地表未见出露,由钻孔控制厚度 $> 107\text{m}$ 。由纯大理岩和条带状大理岩组成,在西北部夹千枚岩和砂岩,顶部含层砂卡岩和 M3 矿体群。也可能属区域上 T_2^{b3} 顶部层位,推测形成环境与下面要叙及的 T_2^{b4-2-2} 和 T_2^{b4-3-4} 相似。

第二岩性段 (T_2^{b4-2})

第一层 (T_2^{b4-2-1}) 为条纹(带)状粉砂-千枚岩夹黑云母千枚岩和细砂岩,顶部夹层砂卡岩条带,鲍马序列发育,赋存 M7 小矿体群。第二层 (T_2^{b4-2-2}) 由条带状大理岩、砾屑灰岩(浊流碳酸盐岩)和层砂卡岩组成,夹黑云母千枚岩,偶见大于 0.3m 的外来大理岩块。底部为主矿体群 M1 赋存部位。

第三岩性段 (T_2^{b4-3})

共分 4 层:第一层 (T_2^{b4-3-1}) 由长石石英砂岩夹条纹(带)状粉砂-千枚岩组成,东北部夹数层砾屑灰岩、砾岩及外来岩块,顶部夹层砂卡岩并赋存 M2 小矿体群。第二层 (T_2^{b4-3-2}) 由条纹(带)状粉砂-千枚岩夹细砂岩组成,为 M2 矿体群赋存层位。前两层普遍具有鲍马序列、砂球构造、压模构造及滑塌褶曲等构造。第三层 (T_2^{b4-3-3}) 由含钙质条纹(带)状粉砂-千枚岩夹层砂卡岩、不纯硅质岩和条带状大理岩组成,赋存 M4 主矿体群。第四层 (T_2^{b4-3-4}) 由条带状大理岩夹层砂卡岩、黑云母千枚岩组成,赋存有 M5

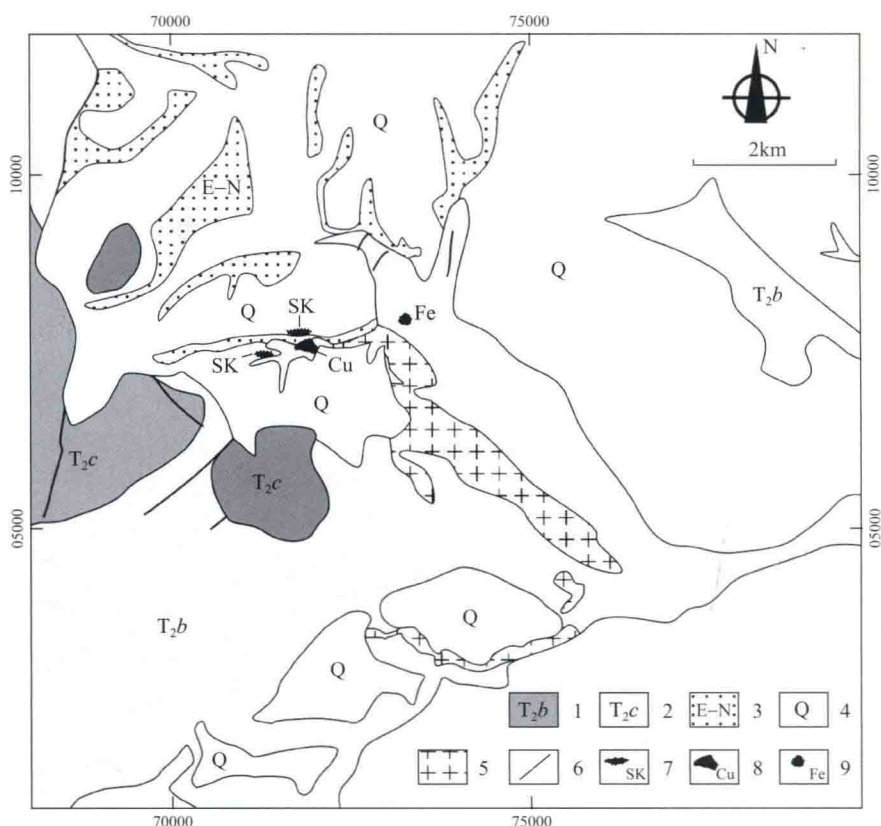


图 2-1 青海赛什塘铜多金属矿区地质图

(据刘建平, 2012)

- 1—中三叠统 b 岩组; 2—中三叠统 c 岩组; 3—古近—新近系紫红色砂岩; 4—第四系堆积物;
5—石英闪长岩岩体; 6—断裂; 7—砂卡岩; 8—铜矿体; 9—铁帽

矿体群。后二层均见有滑塌褶曲。

综上所述, 正常沉积岩系为一套陆源类复理石沉积, 发育有滑塌沉积相、浊流沉积相 (包括浊流碳酸盐岩) 和热水沉积相 (见下)。

(2) 火山—沉积岩系 (T_2^{cl})

矿区仅见 c 岩组下部, 分为上下两部分: 下部 (T_2^{cl-1}) 为条纹 (带) 状粉砂—千枚岩夹层砂卡岩、不纯硅质岩和 M6 矿体群, 绿泥石往往多于黑云母, FeO 含量明显比下部的偏高; 上部 (T_2^{cl-2}) 为片理化凝灰质砂岩 (也称绿泥石英片岩) 夹蚀变凝灰岩和变玄武岩。后者因受南部推覆体影响而呈石香肠状体断续分布, 化学分析表明: $SiO_2 < 50\%$, $Na_2O + K_2O > 3\%$, $Na_2O > K_2O$, 经电子探针分析长石均为钠长石, 经恢复“原岩浆”为碱性—拉斑玄武岩系列。

(3) 古近—新近系 (E—N)

分布较广, 矿区内南薄北厚, 走向东西, 倾向北或北北东, 岩性主要为紫红色砂砾岩, 偶夹含砂砾黏土岩。砂砾成分主要为云母片岩、片麻岩、石英闪长岩、花岗岩、千枚岩、砂岩及大理岩、脉石英等。其与下伏中—下三叠统呈不整合接触。

(4) 第四系 (Q)

分布范围较广，具有冲积、洪积、风积、残积、坡积等多种成因类型，为松散或半固结的堆积物，主要由泥、砂、砾石及腐殖土组成。厚 < 25m。与下伏古近 - 新近系呈不整合接触。

2.1.2 地层岩性特征

赛什塘矿区实测了 5 条地质 - 地球化学剖面，其中 3 条为地层剖面。剖面 I 位于矿区南部的无名沟，穿越 $T_2^{b4-4-1} - T_2^{c1}$ ，长约 3000m。剖面 VIII 位于铜峪沟矿区南部的扎火沟，主要穿越 T_2^{b4-3-4} 层位，长约 3000m。剖面 V 位于雪青沟，穿越 $T_2^{b4-3-1} - T_2^{b4-3-4}$ 层位，长约 2000m。实测剖面图见图 2-2 ~ 图 2-4。

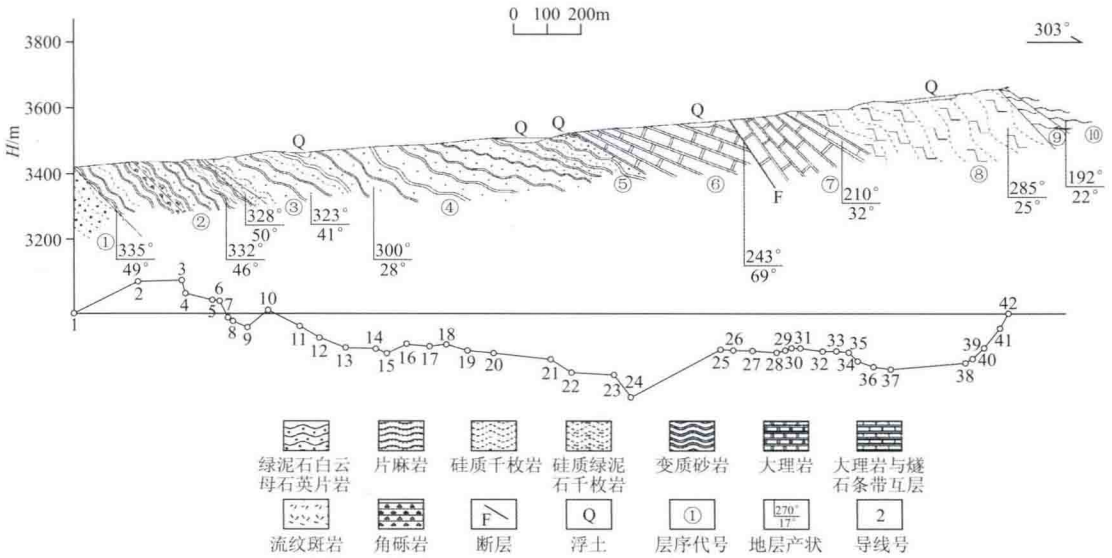


图 2-2 赛什塘矿区剖面 I 实测剖面图

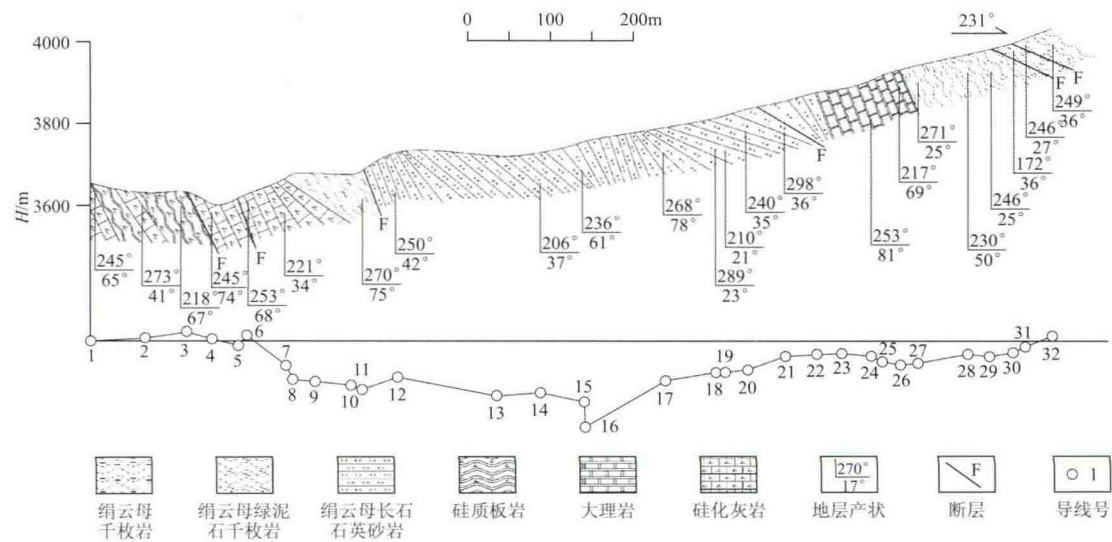


图 2-3 赛什塘矿区剖面 VIII 实测剖面图

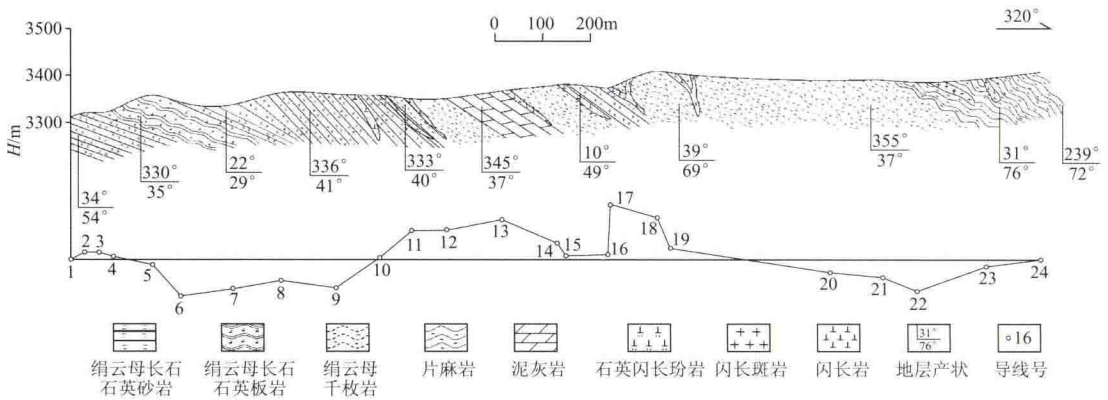


图 2-4 赛什塘矿区剖面 V 实测剖面图

地层中的主要岩石类型为浅变质的绢云母绿泥石千枚岩、硅质板岩、长石石英岩、大理岩、结晶灰岩等，其原岩是一套陆源碎屑岩（图 2-5A）和碳酸盐岩（图 2-5B），局部见燧石条带（图 2-5C、D）。

经过接触热变质作用，浅变质岩石叠加了角岩化作用，使得岩石变得更为复杂，尤其是地层中出现条带状的类砂卡岩。地层中的条带状砂卡岩（类砂卡岩）可见变余条带、条纹状构造（图 2-5E），由透辉石、透闪石、绿帘石组成（图 2-5F），有时可见绿泥石和绢云母、石英等矿物，一般呈等粒状结构，颗粒细小他形，与接触交代型砂卡岩有本质的区别，而是钙泥质岩经热变质作用形成的钙硅角岩，属于岩浆接触热变质岩。

地层中未发现原生的硅质岩，只有成岩期形成的燧石岩和燧石条带（图 2-5C、D）。变质形成的石英岩是石英砂岩和粉砂岩经区域变质和岩浆接触热变质作用的产物，石英颗粒较大，岩石中可见变余砂状和粉砂状结构（图 2-6A）和变余层状构造（图 2-6B）。这种变质粉砂岩经热液交代及成矿后，可见明显的条纹状构造，在矿体中保留围岩的残余（图 2-6C、D），很容易被误认为条纹状硅质岩，并当作喷流沉积成矿的证据。

在铜峪沟剖面中，大理岩层中出现一个厚度达数米的块状层，由角砾状大理岩组成。角砾大小不一，一般呈扁平状，略有磨圆，长轴平行于层面；角砾成分以大理岩为主，个别为硅质岩；胶结物呈暗灰绿色，成分较杂（图 2-6E、F）。

统计了 204 个角砾的长轴直径，以厘米（cm）为单位取常用对数，绘制了概率累积分布曲线图（图 2-7）。从图上可见，角砾粒径变化在 0.1~29cm 之间，变化幅度大，总体呈现对数正态分布，或以 70% 为界大致可分离为两个总体，众数分别为 1.5cm 和 8cm。

从角砾的成分、结构构造特征推断，角砾为一种内碎屑，但未经长距离搬运，属原地沉积；水动力较强，具有突发性、持续时间短、迅速衰减的特征。因此，这种岩石可能代表的是由地震引发的海啸导致原来已经形成的弱固结的石灰岩被打碎并磨圆，然后迅速沉积，被细碎屑胶结形成的震积岩。

沉积岩原岩为砂泥质岩，局部有砾岩（图 2-8A），出现粒序层和泥裂等构造（图 2-8B），所代表的环境为滨-浅海，水深不大。出现的沉积相包括滨海砂砾滩相、泥坪相、碳酸盐台地相等，部分属局限海环境，但不出现深水沉积。

综合以上实测剖面，绘制了赛什塘矿区综合地层柱状图（图 2-9）。



A



B



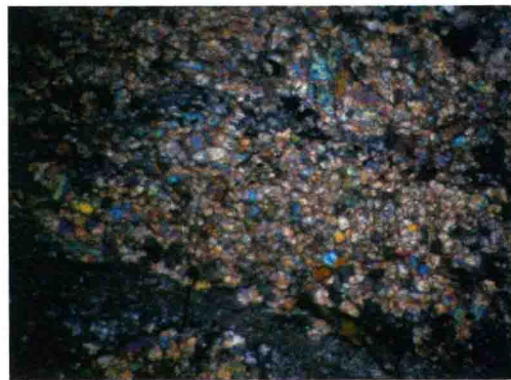
C



D



E



F

图 2-5 地层变质岩特征

A—绢云母变质长石石英砂岩，变余砂状结构（+），II-10-1，×5；B—条带状大理岩（+），Z-3-5，×5；
C—燧石岩；D—燧石条带；E—一条带状砂卡岩野外特征，残留原岩的条纹、条带状构造；F—层纹状砂卡岩镜下
特征，由细粒的绿帘石、透辉石、透闪石等组成，保留原岩的条带（+），S-3-3，×10

2.1.3 矿区构造

矿区有北西向、东西向、南北向、北北东向四组断裂及北西向层间滑动及层间剥离构造。北西向层间滑动及层间剥离构造为主要断裂构造，该组构造控制着矿体的空间分布和