

# 青海锡铁山 隐伏铅锌矿床预测

袁奎荣 肖垂斌 陈儒庆 主编

中南工业大学出版社

# 青海锡铁山隐伏铅锌矿床预测

袁奎荣 肖垂斌 陈儒庆 等编著

中南工业大学出版社

## 内 容 提 要

本书在总结锡铁山铅锌矿床含矿岩系和成矿构造特征基础上,分析了矿床的成矿地球化学特征,提出了矿床成因的新观点。在认识到构造—热液对金属成矿具有重要的控矿作用后,采用了相应的有效方法包括找矿矿物学方法、数字图象处理技术、岩石地球化学异常法、微重力法、铅同位素打靶法和地电提取法对矿区深部及外围进行了系统的找矿预测研究工作,提出了有望的成矿预测区;并依据大理岩与矿体之间的密切空间关系和相邻剖面的对比,圈定了数十万吨的金属储量,为矿山提供了重要的后备基地。

本书可供找矿勘探者,矿床学、地球化学、地球物理学、遥感地质研究人员及大专院校地质专业师生阅读和参考。

### 青海锡铁山隐伏铅锌矿床预测

袁奎荣 肖垂斌 陈儒庆 等编著

责任编辑:文 刀

\*

中南工业大学出版社出版发行

核工业中南230研究所印刷厂印装

湖南省新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:8.5 字数:209千字

1996年5月第1版 1996年5月第1次印刷

印数:001—500

\*

ISBN 7-81020-860-8/P·040

定价:20.00元

---

本书如有印装质量问题,请直接与生产厂家联系解决

## 前 言

青海锡铁山铅锌矿是我国重要铅锌矿石生产基地之一。由于发现碳酸盐型锌矿(菱锌铁矿—菱铁锌矿)矿石目前不能为工业所利用,而使已探明可供开采的矿石储量减少了约三分之一,缩短了矿山服务年限。锡铁山矿务局为寻找新的矿体,扩大矿山远景储量,延长矿山开采寿命和生产年限,委托桂林工学院开展矿区深部及外围隐伏铅锌矿多金属矿床预测研究。1990~1994年,袁奎荣、肖垂斌、陈儒庆作为项目负责人,先后三次组织实施了自野外地质调查、化探采样、物探测量至室内测试、分析、资料整理和报告编写全过程的各项工作,主要取得下列成果和新认识。

1. 构造研究表明,矿区经历了早期韧性变形、中期和晚期脆性变形,形成一同斜构造,以纵向逆冲剪切断裂占优势。矿区变质岩群展布空间是挤压剪切构造带,绿片岩是构造变形变质作用产物,大理岩是构造挤压剪切形成的透镜体。

2. 同位素、稀土元素和含矿溶液性质表明,矿床形成经历了三个阶段:原始矿源层形成、构造—热液成矿作用、后期热液的改造,其中以第二阶段为主。韧性剪切作用使原始矿源层内的成矿元素变得十分活泼,同构造的火山期后热液流体使这些元素重新迁移富集而成矿。

3. 应用数字图象处理技术,处理了化探原生晕数据资料。编制了Cu、Pb、Zn元素原生分散场增强显示处理解译图和Zn元素原生分散场灰级构造地球化学解译图;增强显示出三元素异常展布和线性构造分布,将矿区和外围三元素地球化学场充分地揭示出来,为进一步找矿预测和构造研究提供新视野和依据。提出两个一级铜成矿远景预测区和一个一级铅锌矿床成矿远景预测区。

4. 完成了“锡铁山矿区中间沟矿段Pb、Zn、Cu、Ag、F、Cl、Hg、Be等元素的异常分布图”,发现多个有望的有矿异常区。同时,Z20线东西两侧发现了一宽约100m的构造拗陷带,该带控制着东西两侧矿体的空间分布。

5. 建立了锡铁山铅锌矿区的铅同位素成矿靶区,结合地质、地球化学资料对靶区内、外的投点进行了成矿分析,发现了多个与岩石地球化学有矿异常相吻合的成矿靶区。

6. S3勘探线的Cu、Pb、Zn电提取离子异常与已知铅锌矿体赋存部位相吻合;Z0线和Z12线的Cu、Pb、Zn离子异常,可能与浅部绿片岩中的小规模矿体有关。

7. 进行了较为深入的矿区找矿矿物学研究,系统地探讨了黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、石英和方解石的标型特征和分布规律。对于判断成矿机制、期次、矿液流动方向、成矿物质来源、矿床类型划分以及隐伏矿床预测和远景评价诸方面提供基础资料。

8. 将矿区大理岩划分为上部大理岩透镜体(①号)和下部大理岩透镜体(②号)。上部大理岩透镜体,塑性变形弱、方解石粒度小但随深度增加有变粗的趋势,与规模大、品位低的矿体关系密切;下部大理岩透镜体,塑性变形强、方解石粒度大,斑晶含量较高的下部大理岩透镜体与规模小、品位高的矿体关系密切。自西往东,整个大理岩透镜体逐渐向下侧伏。



9. 坑道微重力测量表明, 已知矿体的空间位置、产状、规模与人机联作反演结果相吻合, 在 3142 m 中段还发现了 3 个有矿异常体; 人机联作反演结果表明, S3 线矿体与推断的矿体相吻合, 并且发现了 2 个有矿异常体; 在 Z0 线上推断了 3 个有矿的重力高异常体。

10. 根据矿体和与矿体成因关系密切的大理岩透镜体的空间展布特征, 将矿区划分为 I 和 II 两矿带。通过编制预测勘探线剖面图集、矿体预测综合地质图和矿带预测纵投影图, 将两矿带的空间展布形象地立体地表现出来, 为矿区进一步勘探和隐伏矿床预测提供了资料。

11. 指出 S9~S13 线和 S5~S7 线两预测区, 深部存在可供工程验证的隐伏铅锌矿床, 预测 Pb+Zn 金属储量约 5.20( $S_1+S_2$ )吨。

全书由袁奎荣、肖垂斌、陈儒庆等编, 引用了他们自己多年来的工作成果《锡铁山矿区深部及外围隐伏矿床预测研究(第一、二阶段)》的大量资料。主要部分的编写分工为, 前言(袁奎荣、肖垂斌、陈儒庆); 第一章(肖垂斌、李少游、陈振强、徐建平、刘生); 第二章(吴虹); 第三章(陈儒庆、袁奎荣); 第四章(袁奎荣、陈儒庆); 第五章(罗先熔); 第六章(陈振强、邓燕华); 第七章(陈儒庆、袁奎荣、肖垂斌); 第八章(陈贻祥); 第九章(尹全七、袁奎荣、陈儒庆、肖垂斌、郭福祥)。全书初稿由陈儒庆整理修改后, 经袁奎荣、肖垂斌最后审定。参加过研究工作的尚有桂林工学院的刘文龙、浦路平、雷威、肖可佳、苏仁魁和锡铁山矿务局的邢乐恩、向世全、保吉欢、王久儒、李义邦、应积叶、郭小先、陈红军、王春龙、王惠敏、王峰、许光清等。

由于研究条件所限, 错误在所难免, 敬请读者指正。

作 者

1996 年 1 月

# 目 录

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 第一章 矿区地质 .....                | (1)  |
| 1.1 地 层 .....                 | (1)  |
| 1.2 构 造 .....                 | (4)  |
| 1.3 矿床地质 .....                | (7)  |
| 1.4 成矿地球化学特征及矿床成因 .....       | (8)  |
| 第二章 化探数字图象处理及找矿预测 .....       | (25) |
| 2.1 概 述 .....                 | (25) |
| 2.2 图象处理 .....                | (26) |
| 2.3 图象分析及解译 .....             | (27) |
| 2.4 图象分析确定的隐伏矿床预测区 .....      | (31) |
| 2.5 构造地球化学解译 .....            | (31) |
| 第三章 中间沟矿段岩石地球化学异常研究 .....     | (33) |
| 3.1 概 述 .....                 | (33) |
| 3.2 成矿元素的岩石地球化学异常 .....       | (33) |
| 3.3 挥发性元素的岩石地球化学异常 .....      | (44) |
| 3.4 铁族元素的岩石地球化学异常 .....       | (49) |
| 3.5 其它元素的岩石地球化学异常 .....       | (53) |
| 3.6 电导率(Cs)异常特征 .....         | (58) |
| 第四章 中间沟矿段铅同位素打靶法的找矿预测研究 ..... | (60) |
| 4.1 成矿靶区的建立 .....             | (60) |
| 4.2 铅同位素打靶法在找矿预测中的应用 .....    | (60) |
| 第五章 地电提取法寻找隐伏矿体的试验研究 .....    | (68) |
| 5.1 方法基本原理及野外工作方法 .....       | (68) |
| 5.2 方法找矿可行性试验研究 .....         | (70) |
| 5.3 中间沟矿段的试验找矿预测结果 .....      | (71) |
| 5.4 认识与存在问题 .....             | (73) |
| 第六章 典型矿物标型特征及找矿矿物学初步研究 .....  | (75) |
| 6.1 黄铁矿标型特征及分布规律 .....        | (75) |
| 6.2 闪锌矿标型特征及分布规律 .....        | (88) |
| 6.3 方铅矿微量元素标型 .....           | (94) |
| 6.4 石英标型 .....                | (95) |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 6.5 方解石标型 .....            | ( 96 ) |
| 第七章 锡铁山铅锌矿区大理岩的岩石学特征 ..... | ( 99 ) |
| 7.1 上部大理岩透镜体的岩石学特征 .....   | ( 99 ) |
| 7.2 下部大理岩透镜体的岩石学特征 .....   | (100)  |
| 第八章 微重力法寻找隐伏矿体的初步研究 .....  | (103)  |
| 8.1 概 况 .....              | (103)  |
| 8.2 地质概况和地球物理前提 .....      | (103)  |
| 8.3 物探测地工作 .....           | (104)  |
| 8.4 微重力方法 .....            | (104)  |
| 8.5 物探异常的地质解释 .....        | (108)  |
| 8.6 结论与存在问题 .....          | (114)  |
| 第九章 深部及外围隐伏铅锌矿体预测 .....    | (116)  |
| 9.1 深部隐伏铅锌矿体预测 .....       | (116)  |
| 9.2 中间沟矿段找矿预测研究 .....      | (128)  |
| 参考文献 .....                 | (130)  |

# 第一章 矿区地质

## 1.1 地 层

锡铁山地区如图 1 所示,发育地层由老至新为:下元古界达肯大坂群( $Pt_1dk$ )主要分布于北部,为白云石英片岩、二云片岩、斜长片麻岩及混合岩化斜长角闪岩系;上奥陶统滩间山群( $O_3tn$ )是本区分布最广,发育较好的区域变质岩系,主要为一套浅海相基性—酸性火山喷发熔岩、火山碎屑岩夹碎屑沉积岩及少量碳酸盐岩的绿色片岩系,按其岩性组合特征可划分为 4 个组(详见表 1),其下部为锡铁山铅锌矿床的赋存层位。沿锡铁山沟至断层沟一带持续分布有上泥盆统阿木尼克组( $D_3a$ )紫红色复成分砾岩、细砾岩夹砂岩透镜体和下石炭统穿山沟组( $C_1c_1$ )红色、黄色粉砂岩、细砂岩夹砂质鲕状灰岩、生物碎屑灰岩、含砾砂岩及砾岩。前者不整合于  $O_3tn$  之上,后者则与  $D_3a$  呈平行不整合接触。本区南西侧为柴达木盆地北缘,断续分布有第三系(N)砖红色、黄褐色砂岩、含砾砂岩及砾岩,其次为大片第四系覆盖层。

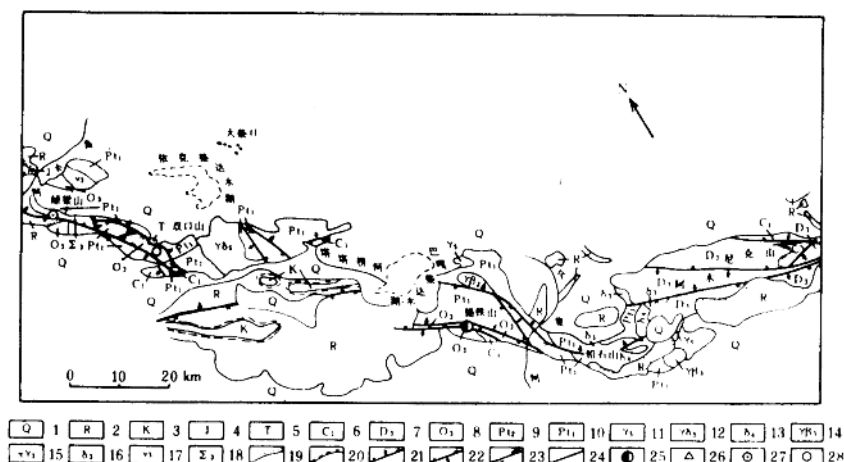


图 1 锡铁山矿区区域地质图(转引自青海省第五地质队,1988)

1—第四系;2—第三系;3—白垩系;4—侏罗系;5—三叠系;6—下石炭统;7—上泥盆统;8—上奥陶统绿片岩系;9—中元古界;10—下元古界;11—印支期斜长花岗岩;12—印支期花岗岩闪长岩;13—海西期闪长岩;14—加里东期黑云母花岗岩;15—加里东期更长环斑花岗岩;16—加里东期闪长岩;17—加里东期辉长岩;18—加里东期超基性岩;19—不整合界线;20—平行不整合界线;21—正断层;22—逆断层;23—平移断层;24—性质不明断层;25—铅锌矿床;26—含铜黄铁矿床;27—铜铁矿床;28—铅矿点



表 1 锡铁山矿区综合地层表

| 界           | 系   | 统     | 地方性地层名称    | 符 号        | 厚度(m)                               | 岩 性 描 述                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                     |
|-------------|-----|-------|------------|------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 古<br>生<br>界 | 石炭系 | 下统    | 穿沟山组       | $C_{1c_1}$ | $>13$<br> <br>609                   | 上部黄褐色、杂色粉—细砂岩夹砂质鲕状灰岩、生物碎屑灰岩, 产有 <i>Cystophrentis</i> sp. <i>Syringopora ramulosa</i> Goldfuss, <i>stereophrentis</i> sp. <i>Lophophyllum</i> sp. 等化石。下部紫红色、黄色长石石英砂岩、细砂岩、粉砂岩夹含砾砂岩、砾岩。底部有一层黄褐色底砾岩。 |                                                                                                                                     |
|             |     | 泥盆系   | 阿克木尼组      | $D_{3a}$   | $>7\sim98$                          | 暗紫红色复成分砾岩(以绿色片岩和大理岩砾石为主)、紫红色复成分细砾岩(主要为石英砾石)、含砾砂岩夹砂岩透镜体。                                                                                                                                          |                                                                                                                                     |
|             | 奥陶系 | 上统    | 滩间山群       | 上部基性火山段    | $O_{3tn^{d-4}}$                     | $>82$<br> <br>407                                                                                                                                                                                | 灰绿—深灰绿色变玄武岩夹斜长角闪片岩、绿泥片岩、少量变凝灰岩、变晶屑凝灰岩、变火山角砾岩、变安山玄武岩、斜长片岩, 上部有变辉长闪长岩。                                                                |
|             |     |       |            | 上部碎屑性岩火段   | $O_{3tn^{d-3}}$                     | 220<br> <br>641                                                                                                                                                                                  | 灰绿—深灰绿色斜长角闪片岩、绿泥片岩、阳起片岩、斜长片岩夹变凝灰岩、变晶屑凝灰岩、少量变玄武岩、变安山岩、变辉长闪长岩、绿泥石英片岩、白色薄层大理岩。底部夹变沉凝灰岩。                                                |
|             |     |       |            | 正碎屑沉积岩火段   | $O_{3tn^{d-2}}$                     | $>151$<br> <br>431                                                                                                                                                                               | 灰绿—深灰绿色绢云石英片岩、白色薄—厚层状大理岩夹钙质片岩、绢云石英斜长片岩、斜长角闪片岩、少量绢云片岩、变中细粒石英砂岩、阳起片岩, 底部夹有紫红色含铁石英岩、硅质岩。                                               |
|             |     |       |            | 下部碎屑性岩火段   | $O_{3tn^{d-1}}$                     | $>106$<br> <br>447                                                                                                                                                                               | 中、上部为深灰绿色绿泥片岩、斜长角闪片岩、变凝灰岩夹少量阳起片岩、绿泥石英斜长片岩、绢云片岩、钙质片岩。下部为灰绿—深灰绿钙质条带斜长绿泥片岩和斜长绿泥石英片岩夹少量变玄武岩、变安山岩、白色薄层大理岩。                               |
|             |     |       |            | 紫砂红岩组      | $O_{3tn^c}$                         | $>34$<br> <br>263                                                                                                                                                                                | 灰紫色、紫红色变粉—细砂岩夹灰绿色变粉—细砂岩和紫红色变含砾砂岩。底部见有细脉浸染状铅锌矿化。                                                                                     |
|             |     |       |            | 中碎屑性岩火段    | $O_{3tn^b}$                         | $>33$<br> <br>91                                                                                                                                                                                 | 深灰绿色、灰绿色含钙质条带斜长绿泥片岩夹含钙质条带绿泥斜长片岩、石英绢云片岩、绢云石英片岩、含炭绿泥绢云石英片岩与少量变安山岩、白色薄层大理岩。底部有层状似层状铅锌矿体、含铜石英脉和细脉浸染状矿化组成的铅锌矿体。                          |
|             |     |       |            | 下部火山—沉积岩组  | $O_{3tn^{a-2}}$                     | 67<br> <br>298                                                                                                                                                                                   | 灰黑色、黑绿色含炭绿泥石英绢云片岩、含炭绢云石英片岩、白色薄—厚层状大理岩、青灰色条带状大理岩。底部为石英斜长片岩夹白色薄层大理岩, 大理岩中产 <i>Ambalodus</i> cf. <i>triangularis</i> Branson and Mehl. |
|             |     |       |            | 基性岩火段      | $O_{3tn^{a-1}}$                     | 21<br> <br>272                                                                                                                                                                                   | 上部灰绿—深灰绿色石英斜长片岩夹绿泥石英片岩及少量绿泥片岩、绿帘片岩、石英绢云母片岩、变英安流纹岩、白色薄层大理岩。下部深灰绿色斜长角闪片岩与浅灰绿色变英安流纹岩、浅肉红色变流纹斑岩互层夹少量白色薄层大理岩、灰绿色绿泥石英片岩、变流纹质凝灰岩。          |
| 下元古界        |     | 达肯大坂群 | $Pt_{1dk}$ |            | 浅黄色白云石英片岩、二云片岩、斜长片麻岩、混合岩化深灰绿色斜长角闪岩。 |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                     |

上奥陶统滩间山群在锡铁山地区, 呈 NW-SE( $315^{\circ}\sim 135^{\circ}$ ) 狭长带状展布, 北西端位于黄羊沟之西, 南东端位于全集河口之东, 出露长约 20 km, 宽为 1~1.7 km, 在锡铁山至中间沟一带出露最宽可达 2.4 km, 黄羊沟、绿石岗以东变窄, 仅 100~200 m, 前人对本区滩间山群的进一步划分意见不一, 据青海省第五地质队<sup>①</sup>(1988)按沉积环境、火山作用、岩石组合及岩性特

注: ①青海省第五地质队, 1988, 青海省锡铁山铅锌矿床地质特征及成矿规律(内部)

征对比,将其自下而上划分为下述四个岩组:

(1) 下部火山—沉积岩组( $O_3tn^*$ )

分两个岩性段:

①基性和酸性火山碎屑岩互层段( $O_3tn^{*-1}$ )

下部为深灰绿色斜长角闪片岩与浅灰绿色变英安流纹岩、浅肉红色变流纹斑岩互层夹少量白色薄层大理岩、灰绿色绿泥石英片岩及变流纹质凝灰岩。上部主要为灰绿—深灰绿色绿泥石英片岩及少量绿帘片岩、石英绢云片岩、变英安流纹岩、白色薄层大理岩。与下伏达肯大坂群( $Pt_1dk$ )为角度不整合接触,部分地段为断层接触,厚度 21~271 m。

②正常沉积岩段( $O_3tn^{*-2}$ )

岩性为灰黑色、黑绿色含绿泥石英绢云片岩、含炭绢云石英片岩、白色薄—厚层状大理岩、青灰色条带状大理岩,底部为石英斜长片岩夹白色薄层大理岩,在大理岩中产 *Ambalodus cf. triangularis Bransan and Mehl* 三角脊牙形刺相似种化石。锡铁山沟西侧,见具同心圆构造的大理岩,似迭层石。该岩性段是锡铁山铅锌矿床的主要赋存层位,即主要含矿层位。在锡铁山矿段 21 勘探线(老线)以西和断层沟矿段以东见有含铁锰质大理岩及锰矿化点分布。该岩性段下部局部岩石及矿石中有铁质宇宙尘物质。厚度 67~298 m。

(2) 中基性火山碎屑岩组( $O_3tn^b$ )

由深灰绿色、灰绿色含钙质条带斜长绿泥片岩夹含钙质条带绿泥斜长片岩、石英绢云片岩、绢云石英片岩、含炭绿泥绢云石英片岩与少量变英安岩、白色薄层大理岩组成。底部有小的层状、似层状铅锌矿体、含铜石英脉和细脉浸染状铅锌矿体产出,是本矿床的次要含矿层位。在中间沟—断层沟一带沿底部层间断续分布有菱镁蛇纹岩。与下伏地层整合接触。厚度大于 33~94 m。

(3) 紫红色砂岩组( $O_3tn^c$ )

主要为灰紫色、紫红色变粉砂—细砂岩夹灰绿色变粉砂—细砂岩(局部见含铜砂岩型矿化)和紫红色变含砾砂岩。底部偶见细脉浸染状铅锌矿化。与下伏地层大部分为断层接触,局部见整合接触。厚度大于 34~263 m。

(4) 上部基性火山岩组( $O_3tn^d$ )

分 4 个岩性段:

①下部基性火山碎屑岩段( $O_3tn^{d-1}$ )

下部为灰绿—深灰绿色钙质条带斜长绿泥片岩和斜长绿泥石英片岩夹少量变玄武岩、变安山岩、白色薄层大理岩;中上部为深灰绿色绿帘绿泥片岩、绿帘斜长角闪片岩、变凝灰岩夹少量绿泥绿帘阳起片岩、绿泥石英斜长片岩、绢云片岩及绿泥绢云钙质片岩。与下伏地层为整合或断层接触。厚度大于 105~447 m。

②正常沉积碎屑岩段( $O_3tn^{d-2}$ )

主要为灰绿—深绿色绢云石英片岩、白色薄—厚层状大理岩夹钙质片岩、绢云石英斜长片岩、斜长角闪片岩、少量绢云片岩、变中细粒石英砂岩、绿泥绿帘阳起片岩。底部夹有紫红色铁石英岩、硅质岩,并见重晶石脉带,形成小型重晶石矿床。厚度大于 151~431 m。

③上部基性火山碎屑岩段( $O_3tn^{d-3}$ )

岩性为灰绿—深灰绿色绿帘斜长角闪片岩、绿帘绿泥片岩、阳起片岩、斜长片岩夹变凝灰岩、变晶屑凝灰岩,少量变玄武岩、变安山岩、变辉长闪长岩、绿泥石英片岩、白色薄层大理岩底

部夹变沉凝灰岩。厚度 220~641 m。

#### ④基性熔岩段( $O_3tn^{d-e}$ )

主要为灰绿—深灰绿色变玄武岩夹斜长角闪片岩、绿泥片岩,少量变凝灰岩、变晶屑凝灰岩、变火山角砾岩、变安山玄武岩及斜长片岩。上部有变辉长闪长岩不规则穿插,属次火山岩。顶部被第三系或第四系覆盖,出露不全。厚度 82~407 m。

## 1.2 构造

锡铁山所处的大地构造位置为南祁连加里东褶皱带,矿床赋存于柴达木盆地北缘的北西向锡铁山—绿梁山—赛什腾山绿片岩带中。绿片岩带形成于晚奥陶世的古裂谷,岩性为海相基性火山喷发—沉积岩相。

矿床构造以断裂构造为主,矿体受控于绿岩带。绿岩带北与下元古界达肯大坂群花岗质片麻岩,南与上古生界碎屑岩均呈断层接触。矿区发育多组断裂构造。但主要为北西向的大型压扭纵向断裂和北东向的张剪性横向或斜向断裂。纵向断裂属长期活动断裂,它经历过韧性剪切变形和脆性断裂变形阶段,对矿床有重要控制作用。横向或斜向断裂多属后期断裂,以脆性变形为主,常对矿床有轻微的破坏作用。矿区绿片岩内虽未见完整的大型褶皱构造,但各种小形褶皱十分发育,分布范围广,数量多,且小型褶皱的枢纽产状十分一致,这表明区内绿片岩确实经历过褶皱作用。绿片岩中片理发育,产状基本一致,但在一些大块大理岩透镜体附近,片岩产状常与之斜交。矿体形态多为钩状、肠状、褶曲状、透镜状、似层状,也见细脉状、角砾状等。反映成矿的多期性。

绿片岩之上的上古生界为盖层构造,矿区为向斜构造,主要经历后期的浅层次挤压变形,与主要成矿作用关系不大。

### 1.2.1 褶皱构造

前人对矿区绿片岩有无褶皱构造争论较大,一种观点认为矿区的控矿构造为倒转背斜,其证据主要为,在锡铁山沟东侧,即  $S_{12} \sim S_{15}$  线的位置,大理岩组成一个向南东倾伏的钩状闭合构造,且两侧产状倾向不同;另一种观点认为矿区没有倒转背斜存在,产状的不同是断层引起的,其主要证据是矿区北侧不存在片岩型矿体(■矿带),因此,控矿构造是单斜构造,矿体的分布受大理岩岩相控制;还有一种观点认为矿带均赋存于绿片岩内的构造带——由断裂和柔皱组合而成的挤压带中(马永铨,1984),我们对后一种观点表示一定的赞同。

通过在矿区锡铁山沟、中间沟、红柳沟和无名沟等实地调查和对已有资料的分析,具有如下认识。

(1) 矿区绿片岩中小型褶皱十分发育,分布范围广泛,类型多样,规模不一。从岩石类型上看,有大理岩型、绿片岩型、石英脉型和矿体型;从规模上看,大理岩型和矿体型最大,绿片岩型次之,石英脉型最小,级别在 0.5~100 m 范围,属中小型构造;从褶皱转折端形态看,大理岩型、矿体型多为圆弧状,绿片岩型多为尖棱状和圆弧状,而石英脉型多为肠状及挠曲状等。

(2) 绿片岩带中各类褶皱的产状规律性很强,枢纽倾伏向  $320^\circ \sim 340^\circ$ ,倾伏角为  $30^\circ \sim 50^\circ$ ,这些小褶皱的枢纽可代表褶皱的枢纽产状。因此,绿片岩中确实存在过大型褶皱,事实上我们在统计中间沟小褶皱时,确实找到了它们与稍大级别的褶皱的关系,根据小褶皱与大褶皱的关

系,应存在一个枢纽产状向北西倾状的褶皱。

(3) 如果按沉积岩的观点,通过寻找对应层的方法来确定矿区更大一级的褶皱构造,肯定是比较困难的。因为绿片岩是一种强烈构造置换作用下的产物,现在所见到的片理均为构造作用形成的挤压剪切片理。尽管大部分片理产状与层理产状是一致的,但并不是说片理产状就是岩层的原始产状。我们认为矿区的大理岩是较硬的能干岩层,它能保留褶皱的转折端形态。矿区中的片理尽管与条带状或层状大理岩(透镜体)是基本平行的,但在钩状、肠状大理岩的矿体部位,它们之间是斜交的,也就是人们常见大理岩和矿体不完全受片理控制,有穿层现象,马永铨(1984)曾提供了许多实例。另外,从地质图和各中段平面图上也可看出存在许多钩状、褶曲状大理岩和矿体,它们有可能就是褶皱的转折端,而似层状条带状大理岩和矿体是翼部拉断的产物。但是对于地质图上大规模出露的大理岩,我们认为其形态并不完全是这样。实际上可能是许多大理岩块由于挤压剪切作用而组合在一起的,它们的形态是比较复杂的。因此,过去只认为存在一个大型的向南东倾伏的完整倒转褶皱的观点,并不一定可取,我们认为褶皱是存在的,且还不只是一个褶皱。锡铁山沟东西两侧有可能是褶皱转折端较集中的地方,北侧和南侧的褶皱可能是北西方向倾伏下去,而中间部分可能是向南东方向倾伏,矿体的形态产状也有这种特征。原锡铁山倒转背斜轴部位置为一纵向挤压剪切断裂。这在坑道中表明尤为明显,往往表现为矿体与大理岩的接触带——以片理化破碎带为特征。所以矿体主要集中在锡铁山至无名沟之间,而无名沟以东、锡铁山沟以西几乎无大型矿体,绿片岩带宽度在锡铁山沟附近变宽并不完全是火山喷发—沉积作用形成的原始堆积厚度。而且也包含有构造置换作用造成转折端加厚的结果。甚至还包括断裂构造作用的叠加增厚结果。原片岩型矿带(Ⅲ矿带)实际上是断裂成矿作用形成的同构造成矿带,而Ⅰ矿带北侧已是绿片岩边界,且断裂构造又不如南侧发育,因而就未形成矿带。关于矿区的褶皱构造特征,我们认为要真正搞清楚,必须要抓住大理岩的分布特征及其形态产状,这需要用新的变质岩区填图观点进行大比例尺的修图工作。

### 1.2.2 断裂构造

断裂构造在矿区特别发育,可以毫不夸张地说,矿区绿片岩带的范围就是断裂带的宽度。绿片岩就是经断裂变质作用形成的断裂变质岩。矿区主要断层为纵向逆冲剪切性质,具长期活动的特点,现在仍有活动,1991年9月二矿区发生5.4级地震,充分说明本区构造的活动性。本次工作由于并非填图性质,所以我们的工作方法主要采取横穿构造带剖面法。虽未逐条追索断层,但从几条主要断层的验证情况来看,原来的结论基本上是正确的。现就我们的工作来谈谈断裂构造特征。

我们在对4条剖面和坑道的地质调查中,共记载了47条断裂或挤压破碎带,为4个方向组:(1)北西向组,共34条,其走向为 $300^{\circ}\sim 350^{\circ}$ ,倾向不定,向北东倾的有9条,向南西倾的有25条,倾角一般都较大, $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ,个别小于 $40^{\circ}$ 或大于 $80^{\circ}$ 。这组断裂带与绿岩带延伸一致,为纵向断裂,其断裂规模大,性质复杂,活动时间长,为矿区的主要断裂,对成矿有重要控制作用。断裂带中既有破碎带型的条带状、似层状、透镜状矿体,也有角砾状、片理状矿化。这些断裂既是矿体与围岩的接触带,也是大的岩性单元的接触带,如绿片岩与片麻岩,绿片岩与沉积岩的接触均以这种纵向大型压扭断层为界。(2)北东向组,共5条,走向 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ,倾向以南东为主,倾角陡直,多为张性,规模一般较小,与构造线垂直,为横向断层。常使矿体有一定的错动。(3)近东西向组,共6条,走向 $70^{\circ}\sim 100^{\circ}$ ,倾向变化不定,倾角一般也较陡,规模也较大,一

般几十米到几百米,为矿区第二重要的断裂,断裂性质以扭张为主,常错断矿体。但错距一般均不大。(4) 近南北向组,共3条,走向 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ,规模较小,为张扭性,产状较陡,也使矿体发生错动。

纵向断裂构造具有长期活动、变形性质复杂的特点。以往所确认的纵向断裂,实际上只是后期脆性断裂,多表现为挤压片理带、柔皱带、角砾破碎带等。由于岩石松散,易风化,多见断层泥,形成沟谷等负地形,因此较易识别,但对于绿片岩中早期韧性断层认识不清。其实在绿片岩中某些“纹层构造”、“片理构造”,在大理岩中某些“条带构造”、“片状构造”,片麻岩中某些“片麻理构造”和“条带构造”等,都是韧性断层带中的定向构造,其岩石是韧性断层岩——即糜棱岩类岩石。在长英质片麻岩中,常见各种长石的眼球构造、透镜体、拉长的石英条带、片理褶曲,同构造分异的石英脉等。在绿片岩中,常见构造形式为网格状、豆夹状,即变形强烈的片理化条带包围着变形较弱的透镜状岩块。这是早期的块状或层状岩石经受不均匀的剪切变形作用发生构造变形分解作用的结果。强变形带与弱应变域有规律的相向的出现。矿区的糜棱岩类岩石主要有三种类型:长英质糜棱岩,如绢云母石英片岩、云母石英片岩等,变形石英脉(透镜体)也具有糜棱岩化特征;钙质糜棱岩,如片状大理岩、条带状大理岩等;角闪质糜棱岩,如斜长角闪片岩,阳起石角闪片岩等。从野外地质情况来看,这些纵向断层至少经历过三至四次的性质不同的变形,早期为逆冲挤压性质,中期为近水平的左旋韧性剪切,晚期又为脆性挤压剪切性质,最后为重力滑脱性质。其中,前两期构造作用是成矿期主构造,对成矿有十分重要的作用,后期构造作用与脉状和角砾状矿化有关,而重力滑脱作用则与成矿关系不大。因此,主成矿期的构造作用应该在泥盆纪以前的加里东晚期裂谷封闭阶段。

### 1.2.3 节理构造

矿区内节理构造比较发育,主要存在于大理岩透镜体和石英透镜体中,我们对矿区节理进行了统计。总的来看,矿区节理主要有三组,分别为 $NE10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ , $NE40^{\circ}\sim 70^{\circ}$ , $NW310^{\circ}\sim 340^{\circ}$ 。我们重点研究了共轭剪切节理,从7个点的统计资料投影到吴氏网,并经过岩层产状恢复后,其应力场结果为,中间沟 $\sigma_1=240^{\circ}/1^{\circ}$ , $\sigma_2=36^{\circ}/77^{\circ}$ , $\sigma_3=149^{\circ}/2^{\circ}$ ,反映 $NE60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 方向的水平挤压作用;锡铁山沟反映有两期,第一期 $\sigma_1=57^{\circ}/12^{\circ}$ , $\sigma_2=180^{\circ}/67^{\circ}$ , $\sigma_3=324^{\circ}/19^{\circ}$ ,也代表 $NE60^{\circ}$ 左右的水平挤压作用,第二期 $\sigma_1=224^{\circ}/56^{\circ}$ , $\sigma_2=25^{\circ}/40^{\circ}$ , $\sigma_3=125^{\circ}/11^{\circ}$ ,反映 $NE45^{\circ}$ 方向的具有垂直作用的特点( $\sigma_1$ 倾角较陡);坑道3182m中段节理资料(未作恢复)的结果为,第一期 $\sigma_1=50^{\circ}/38^{\circ}$ , $\sigma_2=258^{\circ}/49^{\circ}$ , $\sigma_3=151^{\circ}/14^{\circ}$ ,也反映存在 $NE$ 方向的作用力。第二期 $\sigma_1=343^{\circ}/18^{\circ}$ , $\sigma_2=221^{\circ}/60^{\circ}$ , $\sigma_3=70^{\circ}/26^{\circ}$ ,反映存在有 $NE$ 方向构造作用。从以上情况看,节理所反映出的 $NE$ 向挤压力与断裂构造及其褶皱构造所反映的挤压方向是一致的(图2)。

### 1.2.4 其它小型构造

除了矿区普遍存在的绿片岩中的片理构造外,还有断裂带片理和小柔折,一般规模都很小,且分布严格受断层带控制。在绿片岩中还存在许多较小的石英透镜体,断裂带中小石英透镜体的节理发育,可指示断层滑动方向。小型线理大多以小型褶皱的枢纽为代表,形态多样。在一些大型透镜体和片理面上也见有很细的滑痕线理,片岩中还存在有许多小型膝折,规模一般不大,多为 $n\sim n\times 10\text{ mm}$ 。

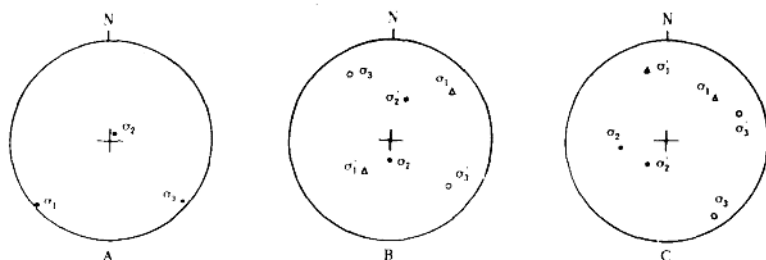


图2 利用共轭节理所求的压力赤平投影图(下半球投影)

A—中间沟:  $\sigma_1 = 240^\circ \angle 1^\circ$ ,  $\sigma_2 = 36^\circ \angle 77^\circ$ ,  $\sigma_3 = 149^\circ \angle 2^\circ$ ; B—锡铁山沟:  $\sigma_1 = 57^\circ \angle 12^\circ$ ,  $\sigma_2 = 180^\circ \angle 67^\circ$ ,  $\sigma_3 = 324^\circ \angle 19^\circ$ ;  $\sigma'_1 = 224^\circ \angle 56^\circ$ ,  $\sigma'_2 = 25^\circ \angle 40^\circ$ ,  $\sigma'_3 = 125^\circ \angle 11^\circ$ ; C—3182 m 中段:  $\sigma_1 = 50^\circ \angle 38^\circ$ ,  $\sigma_2 = 258^\circ \angle 49^\circ$ ,  $\sigma_3 = 151^\circ \angle 14^\circ$ ,  $\sigma'_1 = 343^\circ \angle 18^\circ$ ,  $\sigma'_2 = 221^\circ \angle 60^\circ$ ,  $\sigma'_3 = 70^\circ \angle 26^\circ$

### 1.3 矿床地质

#### 1.3.1 含矿地层

锡铁山铅锌矿床的主要含矿层位为  $O_3tn^{a-c}$  组, 其次为  $O_3tn^b$  组。前者位于滩间山群第一次火山喷发旋回上部, 原岩是正常碎屑沉积岩系, 赋存绝大部分整合型矿体, 后者则位于滩间山群第二次火山喷发旋回, 原岩为基性火山碎屑岩, 其中分布有细脉浸染型矿体。

含矿岩系以沿走向、倾向的岩性变化大为其特征, 含矿地层的特点如下:

(1) 含矿地层之下普遍为绿泥石英斜长片岩, 原岩为快速堆积的火山碎屑岩, 由底部向上绢云母化趋于增强。

(2) 主要含矿地层均普遍含有炭质, 并与下伏地层呈渐变过渡关系, 下部火山物质居多, 中、上部正常碎屑增加, 属正常沉积岩, 火山物质减少。岩性相变显著, 由中部沿走向两侧, 含炭质岩石和大理岩减少、火山物质增多, 底部岩层含元古界达肯大坂群的锆石等重矿物。厚度在中部大(S10~S11 线厚约 200 m), 向两侧逐渐减薄(黄羊沟及中间沟至断层沟为  $n \times 10 \sim n \times 100$  m)。

(3) 主要含矿地层的片岩类, 下部  $Na_2O > K_2O$  向上部则变为  $K_2O > Na_2O$ ; 大理岩类的 MgO 含量较低(平均 0.41%), 但由中部向两侧趋于增高, 在中间沟—断层沟一带见出露菱镁大理岩, 从下向上各层位大理岩 MgO 含量亦有增高的态势。

(4) 次要含矿地层的基性火山碎屑岩, 岩性稳定, 东段底部见顺层分布的滑石菱镁蛇纹岩, 其中的铅、锌矿体含量较高。

(5) 含矿地层中的绢云母化多产于下部层位和底板岩石中, 上部含矿地层中则无斜长石的绢云母化。

矿床中层状或透镜状矿体的近矿围岩特征为: 矿化集中在含炭质片岩和碳酸盐岩发育的地段; 似层状矿体产于含炭片岩与大理岩的界面上或者是大理岩相变的片岩层位内, 富而厚的透镜状矿体主要产于大理岩中; 位于大理岩下盘的似层状矿体, 底板主要为含炭石英钠长片岩



夹薄层大理岩和含炭绢云母石英片岩,直接顶板具层纹状薄层含锌菱铁石膏岩系,直接底板则多为菱铁矿、黄铁矿的含炭绢云母石英片岩。其余位于大理岩中的透镜状矿体或位于大理岩上盘的似层状矿体,同样表现出直接顶、底板多与层纹状含锌菱铁石膏岩薄层伴生的密切关系。

### 1.3.2 矿床构造及矿体产状、形态特征

鉴于含矿岩系滩间山群绿片岩总体上受古裂谷构造控制,与区域构造线呈NW-SE展布,但同生、后生各种构造变位、变形作用复杂,故矿床构造依地段不同其特征差异变化较大。但走向断裂构造对矿床的控制作用是普遍性的特征。

按青海省第五地质队<sup>①</sup>(1988)的矿床构造类型可划分为:似层状透镜状型,细脉浸染型,似脉状型三种不同的矿体产出类型。

(1) 似层状透镜状矿体 多赋存在主要含矿层位的中、上部,产状随围岩产状同步变化。是锡铁山矿床中最主要的矿体类型,品位高,规模大,占已探明储量的90%以上,此类矿体依在围岩产出部位及岩性的不同,可分为:①产于厚层大理岩底部与含炭绢云母石英片岩间的矿体;②产于厚层大理岩中的矿体,矿体个数多,品位高,矿量集中,具有明显沉积改造的组构;③产于厚层大理岩底部与含炭绢云母石英片岩界面上的矿体,多为规模较小的扁豆状、似层状;④产于片岩中的矿体,规模小且以贫矿为主。

(2) 细脉浸染状矿体 主要见于含炭质片岩内或底部砂岩中,矿体形态不规则,与围岩界线不清,呈脉状(黄铁矿化、方铅闪锌矿化及含铜石英脉)与片理呈交角产出,品位低、矿量少。

(3) 似网脉状矿化体 产于断裂两侧的围岩中,主要为细脉或网脉状方铅矿、闪锌矿、黄铁矿或磁黄铁矿化(断层沟一带),局部可达矿石标准。

### 1.3.3 矿石类型及组合特征

可分为硫化矿石和氧化矿石两类。原生硫化矿石可按主要成因类型分为沉积型、变质型及热液改造型。主要金属硫化物可分为二种系列:胶状黄铁矿—黄铁矿—磁黄铁矿系列及菱铁矿—磁铁矿系列。在各类矿石中胶状黄铁矿多见有沉积组构的残留,广泛受到后期的破碎改造及交代作用的影响。

## 1.4 成矿地球化学特征及矿床成因

### 1.4.1 稳定同位素特征

#### 1.4.1.1 硫同位素特征

1. 郭介人等(1987)对本区方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、胶黄铁矿的硫同位素测试表明,4种硫化矿物总的变化范围是 $\delta^{34}\text{S}$ 为1.0‰~5.5‰。其中方铅矿为1.0‰~2.0‰,闪锌矿为2.2‰~3.9‰,胶黄铁矿为1.0‰~3.2‰,黄铁矿为3.6‰~5.5‰。

2.  $\delta^{34}\text{S}$ 总体显示低正值,离差小,均一化程度高,呈靠近陨石值的较明显的塔式分布(图3)。

注:①青海省第五地质队,1988,青海省锡铁山铅锌矿床地质特征及成矿规律(内部)

3. 本区重硫富集顺序是黄铁矿(平均  $\delta^{34}\text{S}=4.48\%$ )>闪锌矿(平均  $\delta^{34}\text{S}=3.23\%$ )>方铅矿( $\delta^{34}\text{S}=1.61\%$ )。

4. 由图 4 可以看出,本区硫同位素组成与湖南热液型矿床及白银厂斑岩型多金属矿床极为相似。

综上所述,本区主要金属矿物的硫源是一致的,其特征反映了硫来源于上地幔。

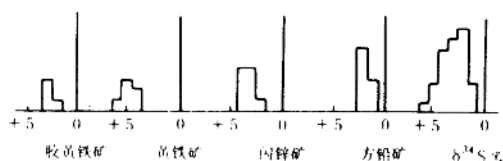


图 3 锡铁山矿区硫同位素  $\delta^{34}\text{S}$  值分布图  
(赵统, 1986)

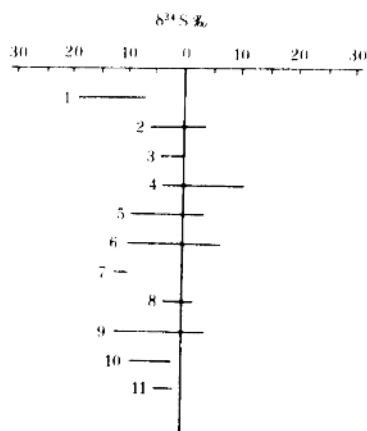


图 4 锡铁山矿床与其它硫化物矿床的硫同位素对比

1—黄沙坪; 2—宝山; 3—铜山岭; 4—香花岭; 5—东坡; 6—水口山; 7—金塘岭; 8—鲢鱼山; 9—七宝山; 10—白银厂; 11—锡铁山

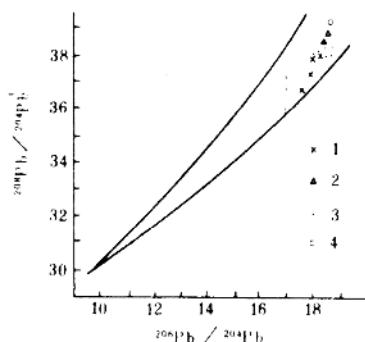


图 5 矿石铅同位素的  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  图解(二曲线间为正常铅范围)

1—脉型矿石; 2—条带状矿石; 3—块状矿石及磁黄铁矿胶黄铁矿矿石; 4—锡铁山沟剖面岩石

#### 1.4.1.2 铅同位素特征

本区铅同位素组成  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=36.927\sim39.30$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.16\sim15.813$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.65\sim18.467$ (表 2),  $^{208}\text{Pb}$  变化明显, 而  $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  变化甚微。

##### 1. 矿石铅

①由图 5、图 6 可以看出,锡铁山矿床的矿石铅同位素均落入正常铅的范围。

②在卡农三角图上(图 7),各种类型矿石 Pb 同位素组成投点均落于正常 Pb 演化曲线附近,但有些差异。细脉状矿石在正常 Pb 演化曲线左侧铀型 Pb 区域,条带状矿石偏入右侧钍型 Pb 区域,块状 Pb—Zn 及胶黄铁矿、磁黄铁矿矿石落在正常 Pb 区域,表明矿石正常 Pb 中混入了少量的异常 Pb。

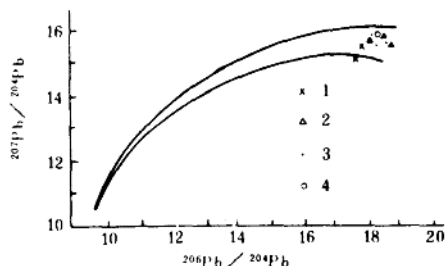
③在  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  坐标图上(图 8),表 2 样品投点大部分在岛弧 Pb 与地幔 Pb 平均演化线之间及岛弧 Pb 演化线附近,另外有少量的地壳 Pb 加入。

④按矿石类型来看,块状 Pb—Zn 矿石及块状磁黄铁矿胶黄铁矿矿石基本上无异常 Pb 加入,硅质条带状矿石以上地壳 Pb 为主,脉状矿石是地幔 Pb 与下地壳 Pb 按一定比例混合的结果。

表 2 锡铁山矿床中矿石及岩石铅同位素组成<sup>①</sup>

| 序号 | 测定矿物 | 采 样 位 置                                | 岩石、矿石类型      | 同 位 素 组 成                         |                                   |                                   |
|----|------|----------------------------------------|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|    |      |                                        |              | $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ |
| 1  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 含铅锌石英脉       | 17.947                            | 15.328                            | 37.365                            |
| 2  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 似条带状铅锌黄铁矿    | 17.650                            | 15.106                            | 36.927                            |
| 3  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 硅质条带状铅锌矿     | 18.338                            | 15.725                            | 38.837                            |
| 4  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 硅质条带状铅锌矿     | 18.467                            | 15.813                            | 39.206                            |
| 5  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 硅质条带状铅锌矿     | 18.35                             | 15.75                             | 38.84                             |
| 6  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 粗晶块状铅锌矿石     | 18.250                            | 15.587                            | 38.368                            |
| 7  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 粗晶块状铅锌矿石     | 18.225                            | 15.545                            | 38.309                            |
| 8  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 粗晶块状铅锌矿石     | 18.234                            | 15.56                             | 38.31                             |
| 9  | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 粗晶块状铅锌矿石     | 18.319                            | 15.627                            | 38.476                            |
| 10 | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 粗晶块状铅锌矿石     | 18.335                            | 15.644                            | 38.551                            |
| 11 | 方铅矿  | 3282 m 中段                              | 粗晶块状铅锌矿石     | 18.185                            | 15.550                            | 38.257                            |
| 12 | 黄铁矿  | ZK206 孔                                | 磁黄铁矿胶黄铁矿     | 18.134                            | 15.403                            | 38.067                            |
| 13 | 磁黄铁矿 | ZK206 孔                                | 磁黄铁矿胶黄铁矿     | 18.071                            | 15.428                            | 38.082                            |
| 14 | 方铅矿  | ZK206 孔                                | 磁黄铁矿胶黄铁矿     | 18.101                            | 15.508                            | 38.110                            |
| 15 | 闪锌矿  | ZK206 孔                                | 磁黄铁矿胶黄铁矿     | 18.201                            | 15.599                            | 38.366                            |
| 16 | 白铅矿  | 3222 m 中段                              | 白铅矿矿石        | 18.218                            | 15.527                            | 38.202                            |
| 17 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 Pt <sub>4</sub> dk              | 二云石英片岩       | 18.799                            | 15.548                            | 38.314                            |
| 18 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 O <sub>3</sub> tn <sup>-1</sup> | 斜长角闪片岩       | 18.169                            | 15.521                            | 38.207                            |
| 19 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 O <sub>3</sub> tn <sup>-1</sup> | 英安质凝灰岩       | 18.204                            | 15.604                            | 38.316                            |
| 20 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 O <sub>3</sub> tn <sup>-1</sup> | 经泥石英斜长片岩     | 18.704                            | 15.523                            | 39.455                            |
| 21 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 O <sub>3</sub> tn <sup>-2</sup> | 含石榴石绿泥石英斜长片岩 | 18.217                            | 15.568                            | 38.285                            |
| 22 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 O <sub>3</sub> tn <sup>4</sup>  | 变玄武岩         | 18.528                            | 15.637                            | 38.660                            |
| 23 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 O <sub>3</sub> tn <sup>4</sup>  | 变次辉长闪长岩      | 18.693                            | 15.676                            | 38.739                            |
| 24 | 岩石铅  | 锡铁山沟剖面 O <sub>3</sub> tn <sup>-2</sup> | 条带状大理岩       | 18.353                            | 15.389                            | 38.459                            |

注:①青海第五地质队,1988,青海省锡铁山铅锌矿床地质特征及成矿规律(内部)

图 6 矿石铅同位素的  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 

图解(二曲线间为正常铅范围)

1—脉型矿石;2—条带状矿石;3—块状矿石及磁铁矿胶黄铁矿;4—锡铁山沟剖面岩石

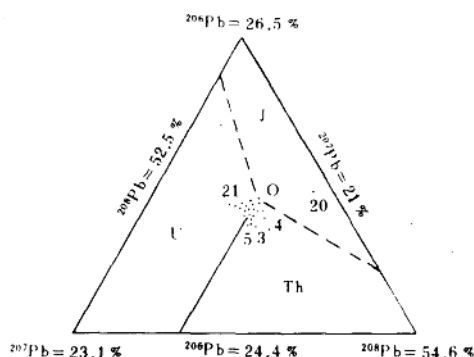


图 7 卡农三角图

(图上数字意义与表 2 序号相同)