

# 新疆托克逊县硫磺山铜铅锌多金属矿 地质特征及成因类型浅析

Analysis of Geologic Features and Genetic Type of Liuhuangshan  
Cu-Pb-Zn Polymetallic Mine in Toksun, Xinjiang

杨磊<sup>1</sup>, 李杰<sup>2</sup>, 孙一茂<sup>1</sup>, 王齐金<sup>1</sup>, 李篡峰<sup>1</sup>, 蒋颢<sup>1</sup>, 刘浩<sup>1</sup>

(1. 湖南省核地质调查所, 湖南长沙 410000; 2. 桂林理工大学环境科学与工程学院, 广西桂林 541000)

**摘要:** 硫磺山铜铅锌多金属矿位于南天山地向斜褶皱带, 矿床开采十余年, 矿体形态逐渐明确, 但其成因类型不明。本文结合硫磺山铜铅锌多金属矿区近两年的矿产勘查, 以往地质勘查资料以及区域资料, 从矿床的地质特征、矿体地质特征等方面入手, 结合化探成果资料、成岩成矿的规律对硫磺山铜铅锌多金属矿的成矿模式进行探讨, 确定其成因类型, 为同类型找矿提供思路。初步认为矿床成因属于加里东运动晚期岩浆活动有关的“中-低温热液充填交代”型铜铅锌多金属矿床。

**关键词:** 硫磺山; 铜铅锌多金属矿; 矿床特征; 成矿模式; 矿床成因

**中图分类号:** P611      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-609X(2022)06-0083-06

**Abstract:** The Liuhuangshan Cu-Pb-Zn polymetallic mine is located in the syncline fold belt of the South Tianshan. After more than ten years of mining, the ore body shape is gradually clear, but its genetic type is unknown. Based on the mineral exploration in the past two years, previous geological exploration data and regional data, this paper discusses the metallogenic model of the Liuhuangshan Cu-Pb-Zn polymetallic mine, combined with the data of chemical exploration results and the diagenesis and metallogenic laws, from the aspects such as geologic features of the deposit and the ore body, determines its genetic type, and provides ideas for similar type prospecting. The genetic type is preliminarily considered to be the “medium-low temperature hydrothermal filling and metasomatism” type Cu-Pb-Zn polymetallic deposit related to magmatic activity in the late caledonian movement.

**Key words:** Liuhuangshan; Cu-Pb-Zn polymetallic mine; deposit features; metallogenic model; deposit genesis

## 1 前言

艾尔宾山(残余海盆)Fe-Mn-Cu-Au-W-Sn-Pb-Zn-U-菱镁矿-石墨-硅灰石-红柱石-石棉-滑石-蛇纹岩-硫铁矿-盐类矿带是我国重要的多金属成矿带之一<sup>[1]</sup>。该带内产有小热泉子铜矿<sup>[2]</sup>、彩花沟含铜黄铁矿<sup>[3]</sup>、硫磺山钴铜矿<sup>[4]</sup>、彩虹铜矿<sup>[5]</sup>等多个铜铅锌多金属矿床。硫磺山铜铅锌多金属矿位于该成矿带的中部。本区地质找矿工作始于1957年,在石英斑岩中圈出铅矿体9个。1963年得出“金、银、铅”的氧化矿体为主要工业矿体,深部除锌、铜略在增高外,铅、金等元素较地表贫化,大部分不能构成工业矿体的结论。后经过多年勘查,圈定矿体

49个<sup>[6]</sup>。2018—2020年,继续开展地质工作,在北部发现原生铜铅锌多金属矿体,矿体控制的最大长度为225 m,控制的最大真厚度为11.32 m,平均品位Zn为0.88%;Pb为1.77%;Cu为0.54%。伴生组分:Ag $44.66 \times 10^{-6}$ ;Au为 $1.05 \times 10^{-6}$ ;S为11.78%,Ga为 $29.33 \times 10^{-6}$ 。

硫磺山铜铅锌多金属矿的矿床成因有2种:根据矿体的产出受碳酸盐层控制等资料,认为是层控型铜铅锌多金属矿床<sup>[7]</sup>;根据矿床主要产于石英斑岩体内,认为是斑岩型铜铅锌多金属矿床<sup>[8]</sup>。硫磺山勘查程度较低,成因争议较大。本文试图通过总结硫磺山铜铅锌多金属矿的矿体特征,探讨成矿机理,建立初步的成矿模式,确定其成因类型,希望能为其边深部及国内外其他地区铜铅锌多金属矿产勘查、开发提供思路。

## 2 矿区地质概况

矿床位于新疆托克逊县库米什镇,属于南天山

[作者简介] 杨磊(1988-), 中级工程师, 学士学位, 从事矿产地质工作。

[引用格式] 杨磊, 李杰, 孙一茂, 等. 新疆托克逊县硫磺山铜铅锌多金属矿地质特征及成因类型浅析[J]. 中国矿山工程, 2022, 51(6): 83-88.

地向斜褶皱带,中天山结晶带与塔里木地台之间。区发育的褶皱是阿拉塔格复向斜前缘的次一级的穹窿构造。断裂分为以北西~南东向与近南北向断裂两组,其形成时代为华力西期。近南北向的断裂为北西~南东向断裂的次级断裂。区内岩浆活动频繁,较为剧烈,分布面积广。侵入岩一般呈岩基或岩株状产出,岩性以酸性的花岗岩居多,另有少量的基性岩。金矿、多金属矿床及矿点众多,具备良好的成矿地质条件和找矿前景。

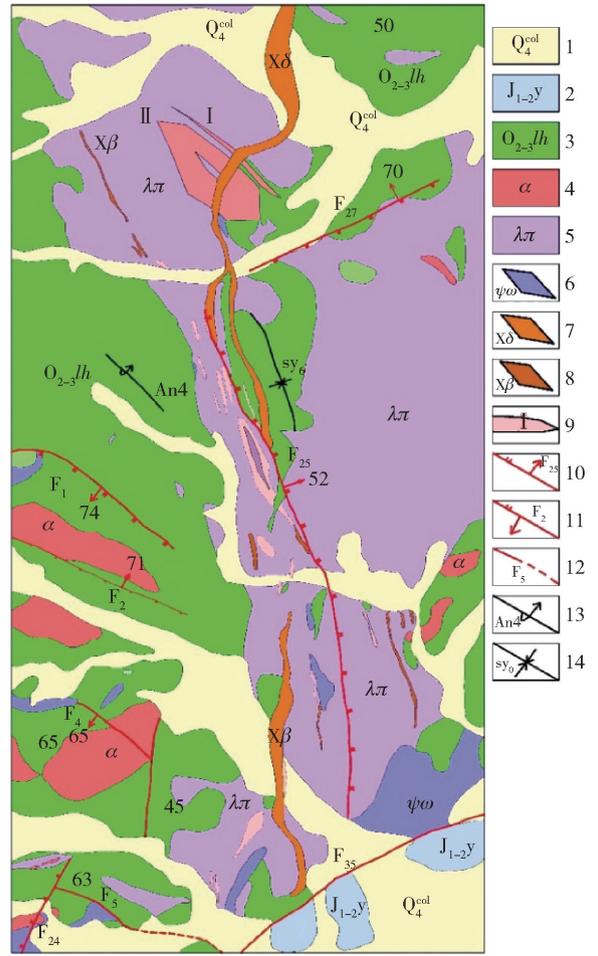
### 2.1 地层

矿区出露的主要地层为中-上奥陶统硫磺山群(O<sub>2-3</sub>lh)、中-下侏罗统杨布拉克组(J<sub>1-2</sub>y)及第四系洪积物,具体如图1所示。中-上奥陶统硫磺山群分布与矿区的西部、东北角及中部,主要以灰岩、粉砂岩、泥岩为主,该地层中的灰岩的层间裂隙带为铜铅锌等多金属的赋存部位之一,根据土壤金属量测量成果分析,本地层 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Bi、Sb、Ba 等元素一般都高于背景克拉克值。中下侏罗统杨布拉克组(J<sub>1-2</sub>y)分布于矿区的西部,厚度大于200 m,为一套陆相碎屑沉积,大部被洪积物掩盖,地表仅有零星出露,主要岩性有泥岩、泥质粉砂岩、砂岩、砾岩,与中上奥陶统为角度不整合接触。第四系(Q)分布于沟谷低凹处,主要为洪积物,各处厚度不等,0.5~10 m 均有。

### 2.2 构造

区内褶皱发育。背斜(An4)为硫磺山主背斜的次一级构造,其规模较小,为一倒转背斜,轴向为北西,轴部地层均为硅质岩夹硅质粉砂岩。向斜(Sy6)矿区整体为一轴向北西-南东向的向斜,轴部地层为中-上奥陶统硫磺山群的灰岩。规模较小。

区内断裂构造较为发育,按其形成时期可以分



1—第四系残坡积风积; 2—中下侏罗系杨布拉克组; 3—中上奥陶统硫磺山群; 4—安山岩; 5—石英斑岩; 6—蛇纹岩; 7—闪斜煌斑岩; 8—云斜煌斑岩; 9—矿体; 10—正断层; 11—逆断层; 12—不明断层; 13—背斜; 14—向斜

图1 新疆托克逊县硫磺山铜铅锌多金属矿地质略图

为三期,按延伸方向可分为北西、北北西-北北东、北东三组方向,具体见表1。其中矿体发育在北北西-北北东断层附近。

表1 矿区断层特征一览表

期	组	编号	性质	产状/(°)		长度/m	主要特征
				倾向	倾角		
早期断层	北西向断层组	F1	逆断层	245	74	360	地层错位,岩石破碎,有褐铁矿化
		F2	逆断层	5	71	212	有褐铁矿化、黄铁矿硫化
		F5	性质不明	走向 115			
第二期	北北西、北北东向断裂	F24	正断层	110	67	114	有蛇纹岩充填
		F25	正断层	65	52	320	有破碎带,煌斑岩充填
第三期	北东向断裂	F27	逆断层	330	70	220	破碎带宽 2 m
		F35	逆断层	160	65	560	5~8 m 破碎带

### 2.3 岩浆岩

区内岩浆发育,分布于矿区的北部、东部及南部。按时期分可分为三期,加里东晚期的次火山岩石英斑岩;海西早期侵入的中性浅成岩-闪长斑岩和超基性侵入岩-蛇纹岩;海西晚期贯入的脉岩-煌斑岩。岩浆岩均受断裂控制,多数已蚀变,局部蚀变强烈。

根据土壤金属量测量成果分析,石英斑岩中 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Bi、Sb、Ba 等元素一般都高于背景克拉克值,为本矿区的主要含矿岩性之一。

### 2.4 变质作用

矿区蚀变主要有绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化、重晶石化、白云石化、黄铁矿化;次生蚀变

有高岭土化,黄钾铁矾,褐铁矿化,明矾石化及石膏化等。矿区整体蚀变强度较好,局部较弱。

## 3 矿床地质特征

### 3.1 矿体地质特征

矿区铜铅锌多金属矿体按矿区分布可分为南北两个矿段,其中7~29号矿体为南矿段,5、6、I~VII号矿体为北矿段。按照矿石类型可以分为氧化矿体(5~29号矿体)与铜铅锌多金属硫化矿(I~VII号矿体)。按照其产出部位可分为斑岩型矿体(5~29号、I~VI号矿体)与层间裂隙带型矿体(VII号矿体)具体剖面如图2所示。

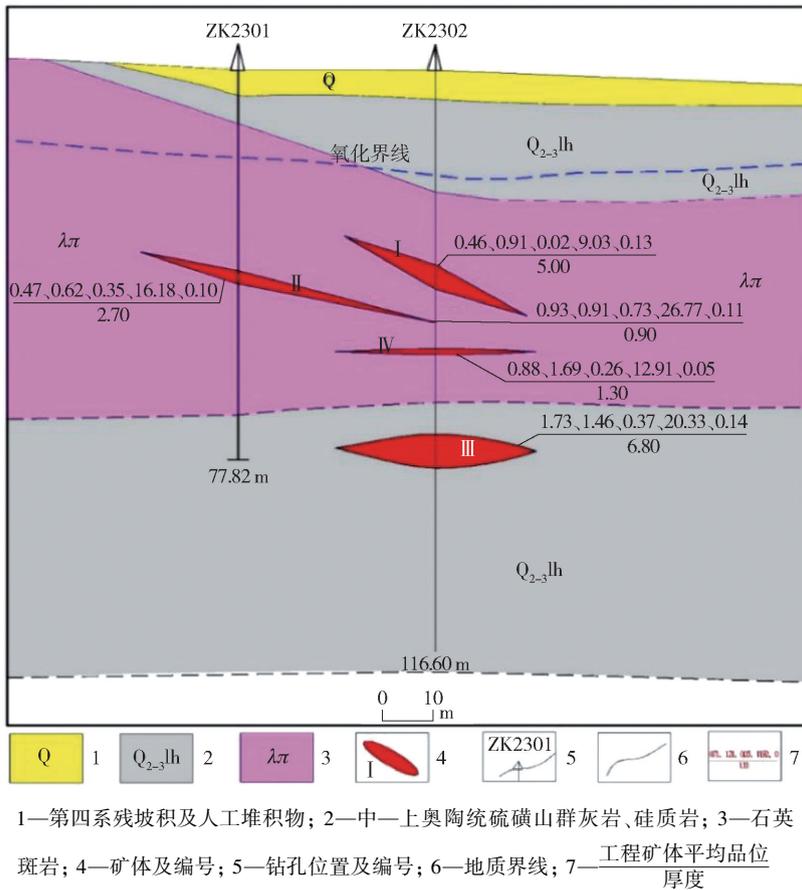


图2 新疆托克逊县硫磺山铜铅锌多金属矿剖面图

1)氧化矿体  
氧化矿体均呈扁豆状,长19~123 m,宽1.05~9.60 m,倾向40°~114°,倾角为32°~73°,与断层走向一致。矿体出露在地表及以下25 m。由于构造作用,原生矿体抬升,矿体经氧化作用形成铅矾、黄钾铁矾等。Zn为1.09%~5.62%;Pb品位为0.55%~19.40%;Cu为0.65%~4.85%;Ag $62.50 \times 10^{-6}$ ~ $1\ 165.61 \times 10^{-6}$ ;Au为 $1.07 \times 10^{-6}$ ~ $6.83 \times$

$10^{-6}$ 。硫磺山铜铅锌多金属矿区氧化矿体如图3所示。  
在气候条件为干旱-半干旱的条件下,地表的金属硫化物矿体中的黄铁矿发生氧化、分解以及铁甲的重新富集形成为黄钾铁矾,是氧化带中常见的矿物<sup>[9-13]</sup>。  
2)层间裂隙带型矿体  
VII号矿体产于灰岩的层间裂隙带中,长25 m,



图3 硫磺山铜铅锌多金属矿区氧化矿体

倾向控制 40.00 m, 厚 6.80 m。矿体水平产出, 产状变化较稳定, 呈单斜产出, 与地层产状一致。矿体平均品位分别为: Zn 为 1.46%; Pb 为 1.73%; Cu 为 0.37%。伴生组分分别为 Ag $20.33 \times 10^{-6}$ 、Au 为  $0.14 \times 10^{-6}$ 、S 为 11.78%、Ga 为  $29.33 \times 10^{-6}$ 。具体如图 4 所示。

### 3) 原生石英斑岩型矿体

I 号矿体产于石英斑岩中, 长 225 m, 倾向控制



图4 铅锌矿化大理岩化灰岩镜下照片(左) + 地表照片(右)  
黄铁矿(Py)、绢云母(Ser)、石英(Q)、方解石(Cc)

80.00 m。厚 1~7.47 m, 平均厚 3.94 m。矿体倾向 44°, 倾角 19°~23°, 产状变化较稳定, 呈单斜产出, 构造复杂程度为简单。矿体平均品位分别为 Zn 为 0.88%、Pb 为 1.77%、Cu 为 0.54%。伴生组分分别为 Ag $44.66 \times 10^{-6}$ 、Au 为  $1.05 \times 10^{-6}$ 、S 为 11.78%、Ga 为  $29.33 \times 10^{-6}$ 。

其他石英斑岩原生矿体特征见表 2。

表2 其他原生矿体特征一览表

矿体号	长度/ m	平均 厚度/m	延深/ m	形态	产状/(°)		平均品位						
					倾向	倾角	Pb/%	Zn/%	Cu/%	S/%	Ga/ $10^{-6}$	Au/ $10^{-6}$	Ag/ $10^{-6}$
II	225	7.84	80	透镜状	44	23	2.46	2.99	0.56	11.78	29.33	0.28	59.28
III	25	1.10	40	透镜状	314	23	1.33	2.24	0.26	11.78	29.33	0	9.90
IV	25	1.28	55	透镜状	314	23	0.88	1.69	0.26	11.78	29.33	0	12.91
V	16	1.59	10	透镜状	314	23	0.47	1.48	0.50	11.78	29.33	0.07	23.63
VI	160	11.32	40	短柱状	314	23	0.37	1.27	0.26	11.78	29.33	0	0

### 4) 矿区矿石品位分布

本矿区矿石中 Pb 品位主要为 1.9% 以上, 次要为 0.3%~1.09%; Zn 品位主要为 2.5% 以上, 次要为 0.5%~1.49%; Cu 品位主要为 0.2%~0.39%,

次要为 1.2% 以上以及 0.40%~0.59%; Ag 品位主要为  $2 \times 10^{-6}$ ~ $39 \times 10^{-6}$ , 次要为  $80 \times 10^{-6}$  以上; Au 品位主要为  $0.1 \times 10^{-6}$ ~ $0.99 \times 10^{-6}$ , 具体如图 5 所示。

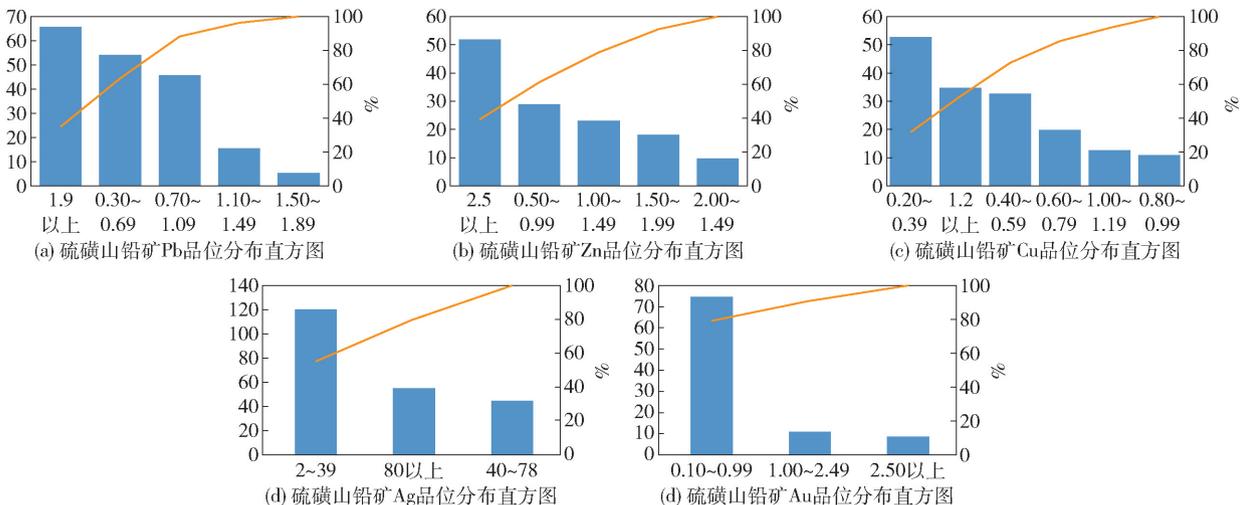


图5 硫磺山铜铅锌多金属矿矿石中 Pb、Zn、Cu、Au、Ag 品位分布直方图

### 3.2 矿石特征

#### 1) 矿石类型及组分特征

区内矿石类型较简单,以氧化矿石和原生矿石共存为其特征,矿石组份由金属矿物和脉石矿物组成,金属矿物含量占矿石的 10% ~ 50%。氧化矿石为他形粒状结构,粉末状构造,主要金属矿物为铅矾、黄钾铁矾、褐铁矿等;非金属矿物以石英、高岭土、重晶石为主,绢云母、绿泥石等次之。原生矿石为半自形-自形粒状结构,星点浸染状构造、斑状浸染构造、裂隙充填交代构造以及脉状构造,主要金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、斑铜矿、辉铜矿、铜兰、孔雀石等,具体如图 6 所示;非金属矿物以石英、斜长石为主,绢云母、绿泥石、白云石、明矾石等次之。

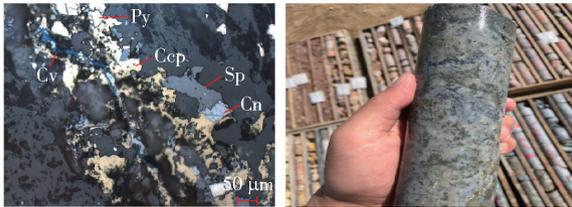


图 6 矿石照片(右)+镜下照片(左)

#### 2) 矿体中金属元素的相关性及形成时期

原生矿体中银、铅、锌、铜、金与硫关系密切,均属正向相关,硫为其金属矿物的主要载体。其中银、铅及锌铜均属正向相关,银、铅相关密切;锌含量相对较富。故首先结晶出的是黄铁矿,而后银、铅、铜、锌依次形成硫化物先后结晶析出,重晶石最后形成。硫化物生成顺序如图 7 所示。

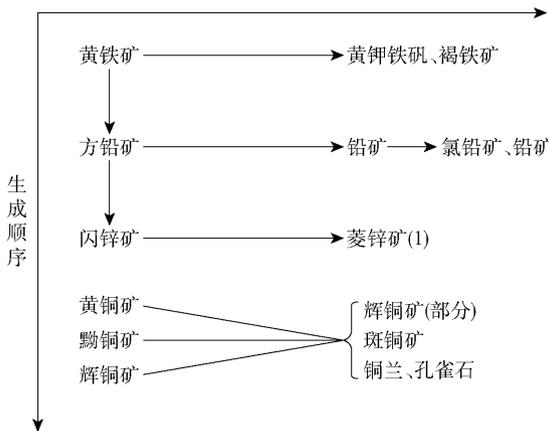


图 7 金属硫化物生成顺序示意图

### 3.3 围岩蚀变及氧化带特征

矿区矿体中所见的蚀变类型有黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化、白云石化;次生蚀变有高岭土化,黄钾铁矾,褐铁矿化等。黄铁矿化产

于石英斑岩中,黄铁矿化与矿体关系密切,并与方铅矿、闪锌矿、黄铜矿共生矿化体与矿体互为渐变,仅有贫富之别。氧化带在本矿区较发育,其深度在 25 m。黄铁矿在地表多被黄钾铁矾和褐铁矿交代而保留黄铁矿假象。方铅矿在地表被氧化为铅矾等。

## 4 矿床成因分析及成矿模式

### 4.1 矿床成因分析

硫磺山矿床是一个铜铅锌多金属矿床,成矿受地层、构造、岩浆岩多因素复合控制。矿床金属矿物的富集与硫密切相关,根据矿物生成顺序及共生组合特征,可以分为两个成矿期和五个成矿阶段。两个成矿期为热液期与氧化期。五个成矿阶段为石英-黄铁矿阶段、石英-方铅矿阶段、石英-闪锌矿阶段、石英-黄铜矿-辉铜矿阶段以及氧化阶段。蚀变类型为中低温热液蚀变。矿石显示充填交代特征。因此本矿床成因类型属“中-低温热液充填交代矿床”。

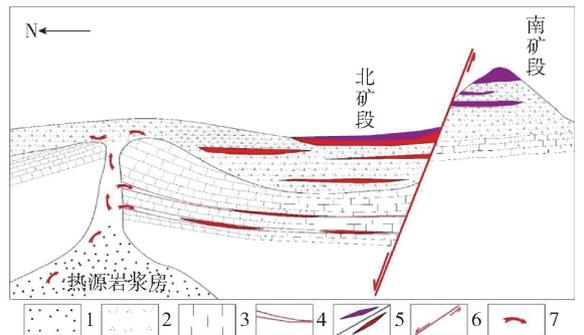
### 4.2 成矿模式

在综合地表和钻孔资料基础上,结合硫磺山铜铅锌多金属矿区的地质特征,与斑岩型多金属矿床、层控型多金属矿床有相似之处,也存在一些差异性。本次根据硫磺山铜铅锌多金属矿区的地质特征及成矿规律初步建立了成矿模式图,具体如图 8 所示。该模式综合如下:

(1) 矿区位于艾尔宾山(残余海盆) Fe - Mn - Cu - Au - W - Sn - Pb - Zn - U - 菱镁矿 - 石墨 - 硅灰石 - 红柱石 - 石棉 - 滑石 - 蛇纹岩 - 硫铁 - 盐类矿带,具有良好的铜铅锌多金属找矿前景。

(2) 矿区地层、岩浆岩中 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Bi、Sb、Ba 等元素具有浓集的特征。

(3) 含矿热液在石英斑岩中的原生节理裂隙带



1—热源岩浆; 2—石英斑岩; 3—灰岩; 4—层间破碎带; 5—氧化矿/原生硫化多金属矿体; 6—断层; 7—热液运移方向

图 8 新疆托克逊县硫磺山铜铅锌多金属矿成矿模式图

以及地层的层间裂隙带成为成矿部位。石英斑岩中的矿体严格受岩体控制,与石英斑岩体无明显界限。大理岩化灰岩中的矿体受地层中层间破碎蚀变带控制。矿体与地层产状一致。矿床形成后经历了长期的强烈的风化剥蚀作用,形成了氧化带亚带<sup>[14]</sup>。

(4)近矿围岩发育程度有多种蚀变:绿泥石化、绢云母化、硅化、白云石化、重晶石化、黄铁矿化,这些蚀变均属中低温热液蚀变。

(5)原生矿石具自形-它形粒状构造,中稀疏浸染状,细脉浸染状不规则团块状构造,显示充填交代特征。

(6)原生矿物的矿石矿物主要有黄铁矿、方铅矿、白锌矿、黄铜矿、黑幼铜矿、辉铜矿及重晶石等,伴生微量元素有铋、锡、锑、钛、锰、钼、镓、铈、钪、钕等,上述矿物和伴生微量元素也属中低温矿物元素相合。

## 5 结论

加里东运动晚期,石英斑岩岩浆富硫高铁并含银、铅、锌、铜、钡及金等造矿元素。岩浆喷出在向斜核部聚集成岩,随着温度降低,压力减少,而当环境适宜,含矿热液便在石英斑岩的脆弱带和地层层间破碎带中充填交代沉淀成金属硫化物矿体。从热液中首先结晶出的是黄铁矿,而后银、铅、铜、锌依次形成硫化物先后结晶析出,重晶石最后形成。其中银和部分铜以类质同象或固溶体和铅矿同时形成,金也以微粒自然金散布于矿体中。本矿床成矿受地层、构造、岩浆岩多因素复合控制,其成因类型属“中-低温热液充填交代矿床”。

### [参考文献]

- [1] 董连慧等. 新疆成矿单元划分方案研究[J]. 新疆地质, 2010, 28(1): 1-15.
- [2] 金向兵, 白权金. 新疆吐鲁番小热泉子铜矿成矿规律与成矿模式探讨[J]. 西部探矿工程, 2014, 26(4): P618. 41
- [3] 闫军武, 刘智, 高保明, 等. 新疆彩花沟含铜黄铁矿矿床地质特征及成因探讨[J]. 西部探矿工程, 2011, 23(9): 618.
- [4] 王伟等. 新疆托克逊县硫磺山钴铜矿地质特征及找矿前景分析[J]. 赤峰学院学报, 2020, 03(3): 41-43.
- [5] 薛巨成, 高保明, 郭燕, 等. 新疆彩虹铜矿物化探异常特征及其找矿效果分析[J]. 资源环境与工程, 2013, 27(3): P632-P618. 41
- [6] 李华芹等. 东天山硫磺山铜多金属矿床成岩成矿作用同位素地质年代学[J]. 地球学报, 2003, 12(6): 555-558.
- [7] 马瑞士, 舒良树, 孙家齐. 东天山构造演化与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [8] 方同辉, 秦克章, 王书来, 等. 浅析卡拉塔格铜金矿成矿地质背景[J]. 矿床地质, 2002, 21(S): 380-383.
- [9] Alpers C N, Brimhall G H. Middle Miocene climatic change in the Atacama Desert, northern Chile: evidence from supergene mineralization at La Escondida [J]. GSA Bulletin, 1988, 100(10): 1640-1656.
- [10] Vasconcelos P M, Brimhall G H, Becker T, et al. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar analysis of supergene jarosite and alunite: implications to the paleoweathering history of western USA and West Africa [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1994, 58(1): 401-420.
- [11] Clark A, Tosdal R, Farar E, et al. Geomorphologic environment and age of supergene enrichment of the Cuajone, Quellaveco, and Toquepala Porphyry Copper Deposits, Southeastern Peru [J]. Economic Geology, 1990, 85(7): 1604-1628.
- [12] Vasconcelos P M. K-Ar and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology of weathering processes [J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 1999, 27(1): 183-229.
- [13] 杨静等. 吐哈盆地硫磺山铜多金属矿床表生黄钾铁矾<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar定年及对风化、地貌演化及古气候的启示[J]. 地质力学学报, 2017, 4(2): 232-242.
- [14] 涂光炽, 李锡林. 干旱和极端干旱气候条件下硫化物矿床氧化带发育特征(以西北五个矿床为例说明)[J]. 地质学报, 1963, 4(4): 361-377.