



墨西哥纳亚里特州 La Yesca 锰银多金属矿床地质特征及找矿远景

刘登锋, 毕启尊, 韩天成, 魏 远

河南省地质矿产勘查开发局 第一地质勘查院, 河南 郑州 450000

摘 要: 墨西哥纳亚里特州 La Yesca 银多金属矿床位于墨西哥马德里造山带东南端, 是近年来发现的大型银锰多金属矿床。矿床产于新生代中—酸性火山碎屑岩组中, 矿体形态、规模、产状严格受新生代岩浆活动和北西向断裂构造控制。水系沉积物测量圈定出 3 个综合异常, 经地表探槽和钻探验证, 在其中 2 个异常区内均发现工业矿体。通过对区域地质背景、矿床地质特征及控矿因素的分析研究, 认为该矿床为与新生代火山活动有关的浅成低温热液银锰多金属矿床, 且矿床深部及外围仍具有较大的找矿潜力, 具有发现特大型浅成低温热液型银多金属矿床的可能。

关键词: 地质特征; 控矿因素; 找矿标志; 银锰多金属矿; La Yesca; 墨西哥

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTING POTENTIAL OF LA YESCA MANGANESE-SILVER POLYMETALLIC DEPOSIT IN NAYARIT, MEXICO

LIU Deng-feng, BI Qi-zun, HAN Tian-cheng, WEI Yuan

The First Geological Institute, Henan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zhengzhou 450000, China

Abstract: La Yesca silver polymetallic deposit, located in the southeast of Madrid orogenic belt in Nayarit, Mexico, is a large Mn-Ag polymetallic deposit discovered in recent years. The deposit is occurred in the Cenozoic acid intermediate-intermediate pyroclastic rock formation, with shape, scale and occurrence of orebodies strictly controlled by Cenozoic magmatism and NW-trending faults. Three comprehensive anomalies are delineated by stream sediment survey, from two of which, industrial ore bodies are found by surface trenching and drilling verification. Through analysis of regional geological background, geological characteristics and ore-controlling factors of deposit, it is considered that the deposit is an epithermal Ag-Mn polymetallic one related to Cenozoic volcanic activity, and there is still great prospecting potential in the deep and periphery of the deposit, with the possibility of finding super-large epithermal Ag polymetallic deposit.

Key words: geological characteristics; ore-controlling factor; prospecting indicator; Ag-Mn polymetallic deposit; La Yesca; Mexico

0 前言

墨西哥作为拉美经济大国和世界重要的矿产品生

产国, 白银产量长期位居世界第 1 位, 号称“白银王国”^[1-5]。纳亚里特州 La Yesca 银多金属矿床是近年来

收稿日期: 2020-10-09; 修回日期: 2020-11-17. 编辑: 李兰英.

基金项目: Infini Resources S.A. de C.V. Mexico (墨西哥英菲尼资源有限公司)“墨西哥纳亚里特州 La Yesca 矿区银多金属矿普查”项目.

作者简介: 刘登锋(1982—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事矿产资源勘查工作, 通信地址 河南省郑州市高新区莲花街 56 号, E-mail/liudengfeng99@qq.com

新发现的一大型银多金属矿床. 矿床位于纳亚里特州东南部 La Yesca 市西约 3 km. 由于矿床的研究程度较低, 因此对矿床的基础地质特征的研究显得尤为重要, 正确认识这些问题对总结矿床的控矿因素、成矿预测和寻找同类型矿床以及该矿床今后的开采工作十分必要. 同时, 这些问题的解决对于矿床成因问题的研究也具有重要的指导意义.

1 区域成矿地质背景

La Yesca 银多金属矿床位于墨西哥马德里造山带东南端, 其大地构造隶属于墨西哥二级构造单元西马德里岛弧带^[6-8](图 1). 区域内出露地层主要为新近系 Tm 组, 岩性主要为安山岩—安山质凝灰岩、安山岩—玄武岩、流纹岩—流纹质凝灰岩. 区域上构造发育, 褶皱和断裂并存, 以断裂构造为主^[9-10]. 受太平洋板块挤压影响, 主要发育北西向和北东向断裂构造, 其中北西向区域性断裂与成矿关系密切, 区内发现的矿床(点)多位于北西向断裂带内或附近^[11-12]. 区域上褶皱构造

不甚发育, 以平缓开阔褶皱类型为主. 区域上中生带岩浆活动强烈, 大面积出露新近纪火山喷出岩, 侵入岩(次火山岩)不甚发育, 仅局部见小面积出露. 构造、岩浆活动为矿质活化、运移、富集提供了热动力条件, 同时提供了优越的储矿空间^[13].

该矿床位于墨西哥西马德里造山带斑岩型铜—钼—金成矿带东南端和中部火山岩带岩浆热液型、浅成低温热液型金—银—铜成矿带西北端的交汇部位, 以上 2 个成矿带是墨西哥主要的金属矿产矿集区^[14-15]. 区域上成矿条件优越, 区内已发现多个大型、特大型金属矿床.

2 矿区地质特征

矿区内出露地层比较简单, 主要出露新近系 Tm 组及第四系. Tm 组广泛分布于整个工作区, 为一套中—中酸性火山岩, 主要岩石类型有凝灰岩、岩屑晶屑凝灰岩、火山集块岩、火山角砾岩、安山岩、多斑英安岩、流纹岩. 区内矿化蚀变带多产于该组英安岩中.

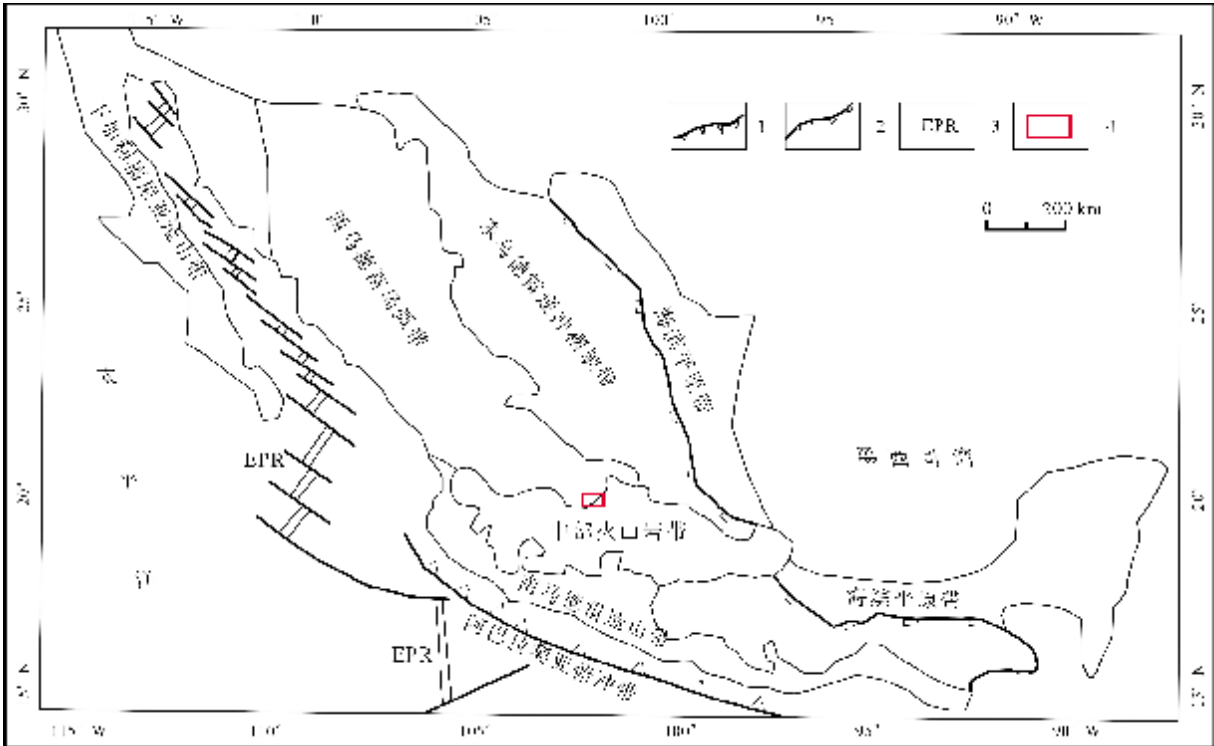


图 1 墨西哥大地构造单元图
(据文献[12]修改)

Fig. 1 Geotectonic sketch map of Mexico
(Modified from Reference [12])

1—板块俯冲带(plate subduction zone); 2—板块结合带(plate junction zone); 3—东太平洋隆升带(East Pacific Ocean uplift belt); 4—研究区(study area)

区内构造线总体呈北西向,主要发育有北西向和北东向两组断裂构造,以北西向构造为主。北西向断层多为高角度正断层,为本区主要控矿构造。区内发现的矿(化)体的规模、形态、产状均严格受该组断裂控制。北东向断裂亦多为正断层,该组断裂形成稍晚,对成矿构造有一定的破坏^[5]。

矿区内岩浆岩有喷出岩和侵入岩两类。其中新生代喷出岩大面积出露,主要为新近纪喷出岩,为一套中酸性火山岩,主要岩石类型有安山岩、英安岩、流纹岩及与之成分相当的火山碎屑岩,如集块岩、火山角砾岩、凝灰岩等。侵入岩零星出露,在矿区南东约3 km见花岗岩株。区内以脉岩形式呈现,主要见花岗闪长岩、闪长岩。

矿区内1:2.5万水系沉积物测量显示较强的以银锰铅锌为主的地球化学异常。共圈出3个呈带状的以银锰铅锌为主的综合异常,强度高、面积大、元素套合好、浓集中心明显。矿区内发现的矿体均分布于以上综合异常带中。

3 矿体地质

3.1 矿化蚀变带特征

受区域构造和火山活动的控制,矿区内发育大小不等的矿化蚀变带27条(图2)。蚀变带长度几十米到2 km不等,出露宽度几米至上百米,多呈北西向或近南北向展布,倾向北东或南西,规模、形态、产状严格受北西向断裂控制。

区内矿化蚀变显示一定分带特征,以矿体为中心向两侧呈现硅化、锰矿化→硅化、黄(褐)铁矿化→硅化、绿泥、绿帘石化→绢云母化、碳酸盐化分带特征,其中硅化在整个蚀变内均可见,但呈现逐渐变弱趋势。

硅化、锰矿化呈条带状分布于矿体中或附近,与银矿化密切相关,高品位矿体多附存于强硅化、锰矿化带内。硅化、黄(褐)铁矿化一般分布于硅化、锰矿化带外,呈条带状、透镜状,带内银品位逐渐降低。硅化、绿泥石、绿帘石多分布于矿体顶板附近,呈灰绿色、灰白色,局部见高岭土化,岩石质地较软,带内局部见较强银矿化。

绢云母化、碳酸盐化呈条带状、透镜状分布于矿体顶板上部,该带内基本无银矿化。

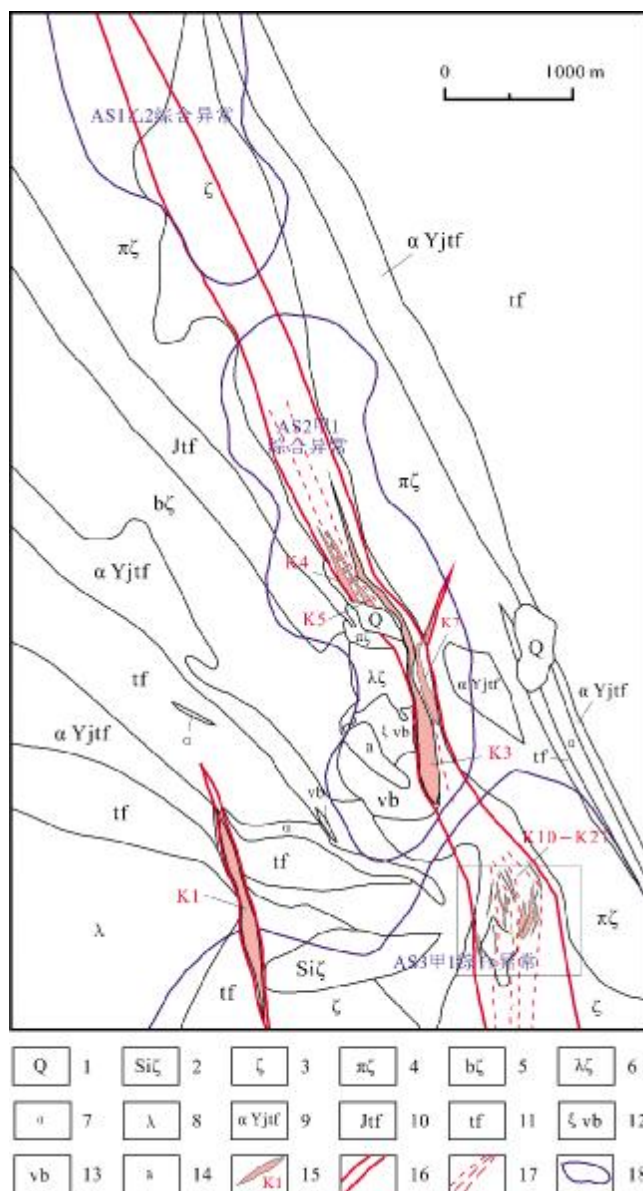


图2 矿化蚀变带分布略图

Fig. 2 Distribution sketch map of mineralized alteration zone
1—第四系(Quaternary); 2—硅化英安岩(silicified dacite); 3—英安岩(dacite); 4—多斑英安岩(dosemic dacite); 5—含岩屑角砾英安岩(lithic breccia dacite); 6—流纹英安岩(rhyodacite); 7—安山岩(andesite); 8—流纹岩(rhyolite); 9—安山质岩晶屑凝灰岩(andesitic lithic-crystal tuff); 10—晶屑凝灰岩(crystal tuff); 11—凝灰岩(tuff); 12—英安岩屑角砾岩(dacitic lithic breccia); 13—火山角砾岩(volcanic breccia); 14—集块岩(agglomerate); 15—矿带位置及编号(location and number of ore belt); 16—构造蚀变带(structural alteration zone); 17—羽状断裂(feather fault); 18—水系沉积物测量综合异常(stream sediment anomaly)

3.2 矿体特征

矿体主要产于北西向构造矿化蚀变带内,矿体

形态、规模、产状基本同矿化蚀变带一致。区内共圈定规模不等的矿体 30 余条,多呈似层状、脉状、透镜状等产出。矿体在构造蚀变带内沿走向和倾向局部地段具分支复合、尖灭再现特征,一般在构造破碎发育地段赋存厚大的锰银矿体。区内主要矿体有 K1-1、K1-2、K3-1、K3-2、K4-1、K5-1。

K1-1 矿体:赋存于 K1 矿化蚀变带内,矿体总体走向近南北,倾向东,平均倾角 30° 。控制走向长度为 1 061 m,控制最大斜深 524 m,矿体最厚 19.20 m,最薄 1.08 m,平均厚度 4.45 m。矿体呈脉状、似层状,沿走向和倾向局部有分支复合及膨缩现象,两侧围岩为英安岩,矿体与围岩产状基本一致,受断裂构造影响,局部与围岩斜交。矿体银品位最高 1590×10^{-6} ,平均品位 280.06×10^{-6} 。该矿体估算银金属量 324.13 t,锰金属量 11.2×10^4 t。

K1-2 矿体:位于 K-1 矿体上部,与 K1-1 近平行产出,区内控制走向长度 662 m,控制最大斜深 502 m,矿体最厚 10.44 m,最薄 0.82 m,平均厚度 3.42 m。矿体呈似层状、透镜状,两侧围岩为英安岩。矿体银品位最高 879×10^{-6} ,平均 248.36×10^{-6} 。该矿体估算银金属量 325.89 t,锰金属 7.5×10^4 t。

K3-1 矿体:赋存于矿区中北部的 K3 矿带内,矿体南部呈近南北走向,北半部扭动成北西向,倾向西或南西,矿体倾角一般 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$,平均 55° ,自地表至深部产状有变缓趋势。控制走向长度 1 683 m,控制最大斜深 688 m,矿体最厚 17.82 m,最薄 1.01 m,平均厚度 5.07 m。矿体呈脉状、似层状,沿走向和倾向局部具分支复合及膨缩现象,两侧围岩为英安岩,矿体与围岩产状基本一致(图 3)。矿体银品位最高 $2 421 \times 10^{-6}$,平均品位 234.21×10^{-6} 。该矿体为区内规模最大,估算银金属量 1 656.41 t,占矿区总资源量的 37.51%,锰金属量 69.7×10^4 t。

K3-2 矿体:产于 K3 矿带内,位于 K3-1 矿体下部,与 K3-1 近平行产出,平均倾角 51° 。控制走向长度为 992 m,控制最大斜深 570 m,矿体最厚 14.39 m,最薄 1.0 m,平均厚度 3.02 m。矿体呈脉状、似层状。矿体银品位最高 583×10^{-6} ,最低 48.9×10^{-6} ,平均品位 204.02×10^{-6} 。该矿体估算银金属量 594.67 t,锰 17.8×10^4 t。

K4-1 矿体:分布于矿区西北部 K4 矿带内,矿体

呈北西走向,倾向南西,矿体倾角 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$,平均 54° ,区内控制走向长度 565 m,控制最大斜深 553 m,矿体最厚 16.75 m,最薄 1.98 m,平均厚度 7.79 m。矿体呈脉状、似层状,两侧围岩为英安岩。矿体银品位最高 519×10^{-6} ,平均品位 150.96×10^{-6} 。该矿体估算银金属量 383.96 t,锰 12.6×10^4 t。

K5-1 矿体:分布于 K4 矿带东部 K5 矿带内,矿体总体走向北西,与 K4-1 矿体近平行,倾向南西,平均倾角 52° ,控制走向长度 764 m,控制最大斜深 678 m,矿体南部厚度大,最厚 11.92 m,北部较薄,最薄 0.87 m,平均厚度 4.42 m。矿体呈脉状、似层状、透镜状,两侧围岩为英安岩。矿体中单样银品位最高 $1 119 \times 10^{-6}$,最低 12.5×10^{-6} ,平均品位 252.61×10^{-6} 。银平均品位 283.82×10^{-6} 。该矿体估算银金属量 548.83 t,锰金属量 17.6×10^4 t。

3.3 矿石特征

矿石矿物主要为软锰矿、硬锰矿,次为褐铁矿,少量方铅矿、闪锌矿、辉锑矿等。脉石矿物主要为他形粒状石英,次为方解石、长石、高岭石、云母等。

矿石的结构主要有半自形粒状板状结构、粒状集合体结构、次生交代结构、结状结构、凝灰结构、碎裂结构、隐微晶结构—胶状结构(图 4)。矿石构造主要为块状构造,其次为脉状构造,少量条带状、胶状构造。

3.4 成矿期次及矿物共生组合

根据矿体、围岩蚀变和矿石中脉体等特征,结合矿物的共生组合关系,可将区内矿化及蚀变划分为成矿期前、成矿期和成矿期后 3 个阶段^①,每个期次都有其特定的蚀变矿物组合。

成矿期前:主要表现为岩石的区域变质作用,蚀变矿物组合主要是绢云母、绿泥石、绿帘石,其次是石英、方解石,金属矿物主要为黄铁矿。

成矿期:该阶段表现为强烈断裂构造活动和热液蚀变,热液沿构造裂隙运移形成矿体。蚀变矿物组合主要为石英、绢云母、绿泥石化、绿帘石化,金属矿物组合主要为自然银、银锰矿、方铅矿、闪锌矿,少量黄铁矿、黄铜矿等。

成矿期后:为氧化和次生交代期,主要蚀变为硅化、碳酸盐化、高岭土化,金属矿物组合为褐铁矿、软锰矿等。

① 卢守卿,等.墨西哥纳亚里特州 La Yesca 矿区银多金属矿普查报告.河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院.2018.

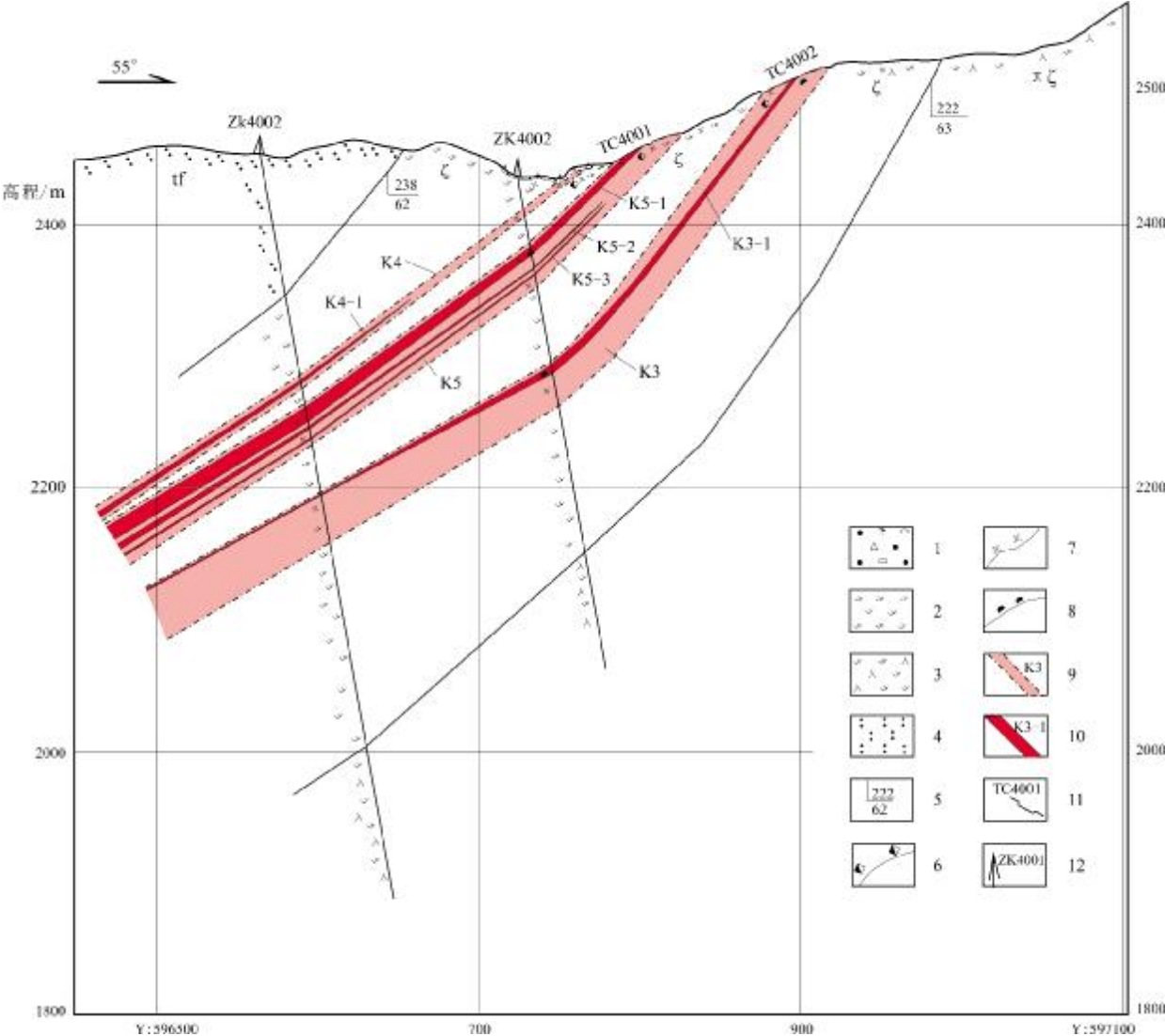


图 3 La Yesca 锰银多金属矿 400 线剖面图

Fig. 3 Profile along No. 400 exploratory line of La Yesca Mn-Ag polymetallic deposit

1—第四系(Quaternary); 2—英安岩(dacite); 3—多斑英安岩(dosemic dacite); 4—凝灰岩(tuff); 5—产状(occurrence); 6—褐铁矿化(ferritization); 7—硅化(silicification); 8—锰矿化(manganese mineralization); 9—矿化带位置及编号(mineralized belt and number); 10—矿体位置及编号(ore body and number); 11—探槽位置及编号(exploratory trench and number); 12—钻孔位置及编号(borehole and number)

4 控矿因素及找矿标志

4.1 控矿因素

1)地层因素:矿区出露地层主要为新近系 Tm 组火山岩,1:25 万、1:5 万区域化探发现在该组地层中 Au、Ag、Pb、Zn、Mn 等元素浓积特征明显,区域上圈定出多个以 Au、Ag、Pb、Zn、Mn 等元素为主的综合异常,目前发现的矿体多赋存于该组地层中.

2)构造因素:区内发现的矿体均位于断裂构造带内,尤其是北西—北东向断裂构造严格控制着矿体的形态、规模及产状,断裂发育地带是富集成矿的有利部

位.

3)岩浆岩因素:区域上中—新生代以来发生了强烈的岩浆活动,矿区东南部出露有新近系花岗岩体,该花岗岩体 Ag、Pb、Zn、Mn 等元素丰度值较高,岩浆活动为金属矿产的形成提供了物质来源及热动力条件.

4.2 成因类型

矿床赋存于新近系 Tm 组地层中,受区域断裂和岩浆活动控制.中、新生代以来,区域上构造活动强烈,并伴随强烈的岩浆活动,发生多次火山喷发事件.构造活动形成了区域上的断裂构造,为矿液运移提供

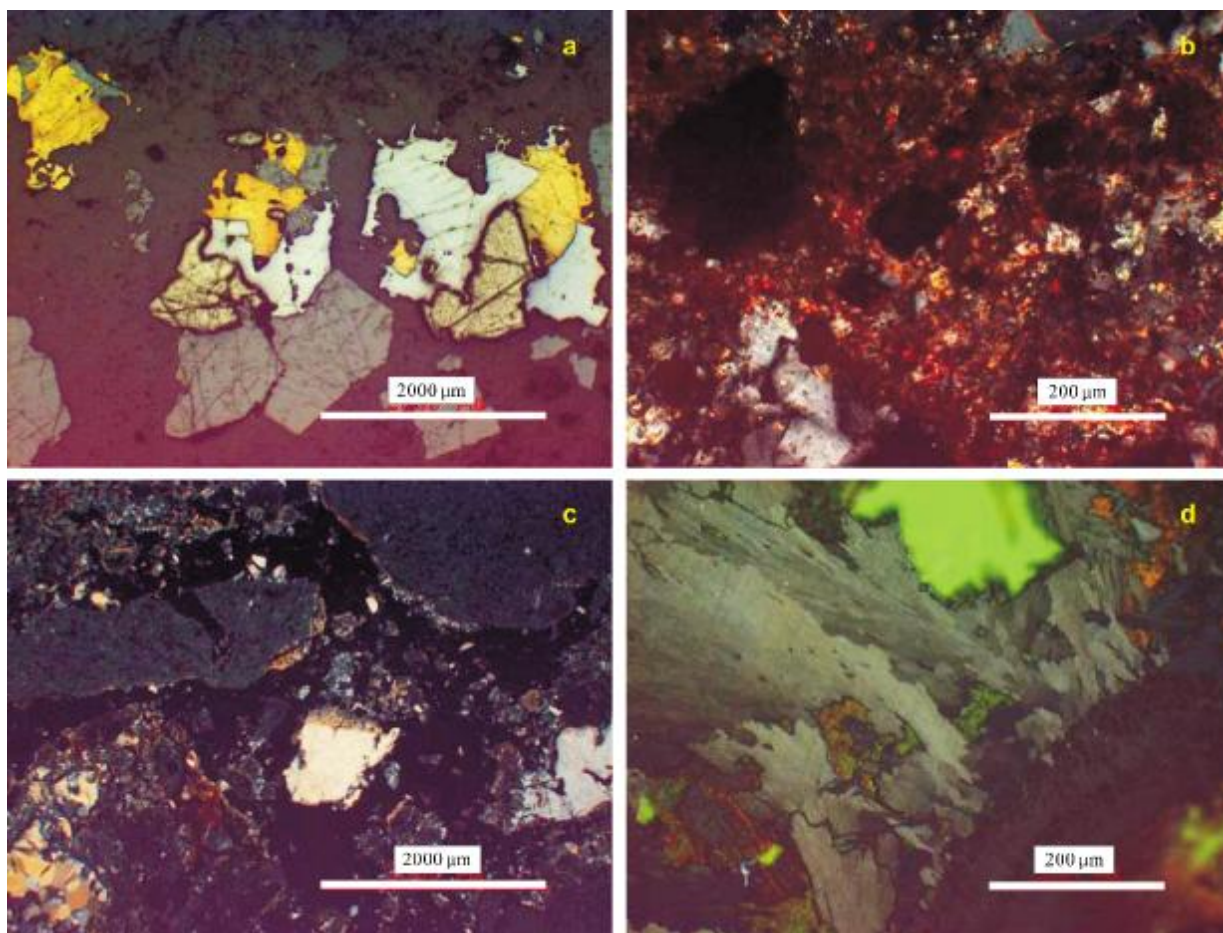


图 4 矿石的结构

Fig. 4 Texture of ores

a—他形-半自形粒状结构、结状结构(xenomorphic-hypidiomorphic granular texture, knot texture); b—隐微晶结构、交代结构(idioblastic/metasomatic texture); c—碎裂结构、凝灰结构(cataclastic/tuffaceous texture); d—胶状-板状结构(colloform-tabular texture)

了通道,并提供了储矿空间.岩浆活动为含矿岩中的矿质活化、迁移、富集提供了充足的热源和动力.含矿热液沿断裂构造带运移,在近地表、温压条件达到一定条件下沉淀富集成矿.结合前人对矿床成因特征描述^[16-19],综合分析认为该矿床为与新生代火山活动有关的浅成低温热液型锰银多金属矿床.

4.3 找矿标志

1)构造标志:矿床内矿体主要受断裂构造控制,特别是北西向断裂,断裂构造破碎带一般为赋矿的有利部位,其中多组构造交汇部位易形成规模大、品位富的矿体.

2)矿化蚀变标志:区域上该类型矿床主要发育硅化、绿泥石化、绢云母化、铁锰矿化.地表发育铁帽的特征明显,是寻找该类矿床的直接标志.

3)地球化学标志:区域上已发现的同类矿床多位于1:25万、1:5万水系沉积物测量地球化学异常区内,研究区所发现的矿体均位于1:2.5万水系沉积物测量综合异常区内.因此化探异常是良好的找矿标志.

5 矿床远景评价

墨西哥马德里造山带为环太平洋成矿带主要组成部分,有得天独厚的成矿条件.在区域上已发现多个多金属矿床,如绍西托(Saucito)银矿、弗雷斯尼洛(Fresnillo)银矿等^[20-21].La Yesca 锰银多金属矿床位于西马德里造山带斑岩型铜-钼-金成矿带东南部和中部火山岩带岩浆热液型、浅成低温热液型金-银-铜成矿带西北部的交汇部位,成矿地质条件优越,矿床周边已发现多个银多金属矿床(点),显示了该区带内具

较大的银多金属矿找矿潜力。

该矿床阶段性勘查工作估算银资源量已达大型规模(银金属量 4 416.18 t),但目前发现的大部分矿体在走向和延深方向尚未封闭。例如 K3 矿化带,地表出露长大于 2 000 m,目前工程控制仅 1 600 m,进一步工作有望扩大矿体规模。另外,在矿区中北部圈定出 AS1 乙 2 综合异常,该异常以银、锰、铅、锌元素为主,异常区面积达 2.4 km², Ag 的极大值 20.0×10⁻⁶,且异常元素套合好,该区地质特征与 K3 矿化带特征基本一致,具有巨大的找矿潜力。

参考文献(References):

- [1] 吴荣庆. 墨西哥金属矿产简介[J]. 中国金属通报, 2009(36): 34-35.
Wu R Q. Brief introduction of metallic minerals in Mexico[J]. China Metal Bulletin, 2009(36): 34-35. (in Chinese)
- [2] 宋国明. 墨西哥矿产资源开发与投资环境[J]. 国土资源情报, 2010(11): 16-21.
Song G M. Development of mineral resources and investment environment in Mexico[J]. Land and Resources Information, 2010(11): 16-21. (in Chinese)
- [3] 刘增洁. 墨西哥矿产资源概况[J]. 资源与人居环境, 2010(3): 36-38.
Liu Z J. Overview of mineral resources in Mexico Resources [J]. Inhabitant and Environment, 2010(3): 36-38. (in Chinese)
- [4] 刘登锋, 邓志会, 卢守卿, 等. 墨西哥矿业发展现状[J/OL]. 中文科技期刊数据库(文摘版)自然科学, 2016(17): 142-143.
Liu D F, Deng Z H, Lu S Q, et al. Mining development status of Mexico [J/OL]. EPUB.CQVIP.COM (Natural Science), 2016(17): 142-143.
- [5] 张亮, 杨卉芃, 冯安生, 等. 全球银矿资源概况及供需分析[J]. 矿产保护与利用, 2016(5): 44-48.
Zhang L, Yang H P, Feng A S, et al. Study on general situation and analysis of supply and demand of global silver resource [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2016(5): 44-48.
- [6] 李双林, 张生银. 墨西哥及墨西哥湾盆地构造单元及其演化[J]. 海洋地质动态, 2010, 26(3): 14-21.
Li S L, Zhang S Y. Tectonic units and their evolution in Mexico orogen and Gulf of Mexico basin[J]. Marine Geology Letters, 2010, 26(3): 14-21.
- [7] 姚春彦, 姚仲友, 李汉武, 等. 墨西哥西马德雷山脉中-新生代构造、岩浆演化及成矿特征[J]. 地质通报, 2017, 36(12): 2124-2133.
Yao C Y, Yao Z Y, Li H W, et al. The tectonics, magmatic evolution and metallogenic characteristics in Mexican Sierra Madre Occidental during the Mesozoic-Cenozoic period[J]. Geological Bulletin of China, 2017, 36(12): 2124-2133.
- [8] 王军, 曹锦元, 智铎强. 墨西哥哈利斯科州 Cinco Minas 银金矿区构造与成矿关系[J]. 矿产勘查, 2014, 5(1): 90-95.
Wang J, Cao J Y, Zhi D Q. Relationship between structure and mineralization in Cinco Minas silver-gold deposit area in Jalisco, Mexico[J]. Mineral Exploration, 2014, 5(1): 90-95.
- [9] 柴世刚, 丁汉铎, 李中峰, 等. 墨西哥西部航磁特征与勘查地球化学研究[J]. 地球物理学进展, 2013, 28(4): 2104-2115.
Chai S G, Ding H D, Li Z F, et al. Geochemical exploration and evaluation for mineral potential in the western Mexico[J]. Progress in Geophysics, 2013, 28(4): 2104-2115.
- [10] 鲁正清, 柴世刚, 刘建华, 等. 墨西哥哈利斯科州多金属矿区地球化学异常特征及找矿前景分析[J]. 资源导刊(地球科技版), 2015(7/8): 19-22.
Lu Z Q, Chai S G, Liu J H, et al. The analysis of abnormal geochemical characteristics and the vision of future prospecting in multiple-metal Mine Area in Jalisco State, Mexico [J]. Resources Guide (Earth Science and Technology), 2015(7/8): 19-22.
- [11] 闫兴虎. 墨西哥哈利斯科州 Plomosa 银铅锌矿床地质特征及找矿潜力分析[J]. 矿产勘查, 2014, 5(3): 505-510.
Yan X H. Geological characteristics and prospecting potential of the Plomosa Ag-Pb-Zn deposit in the Jalisco State of Mexico[J]. Mineral Exploration, 2014, 5(3): 505-510.
- [12] 姚飞, 黄浩, 柳玉龙. 墨西哥哈利斯科州 Ameca 地区地质、物化探特征及找矿标志[J]. 矿产勘查, 2013, 4(2): 211-218.
Yao F, Huang H, Liu Y L. Geological, geochemical and geophysical characteristics and prospecting criteria of Ameca Jalisco area, Mexico [J]. Mineral Exploration, 2013, 4(2): 211-218.
- [13] 智铎强, 王居松, 张志军. 墨西哥锡那罗亚州圣胡安银矿地质特征及矿床成因[J]. 世界有色金属, 2018(9): 156-157, 159.
Zhi D Q, Wang J S, Zhang Z J. Geological characteristics and genesis of gold and silver deposits in San Juan, Sinaloa, Mexico[J]. World Nonferrous Metals, 2018(9): 156-157, 159.
- [14] Scheubel F R, Clark K F, Porter E W. Geology, tectonic environment, structural controls in the San Martin de Bolanos District, Jalisco[J]. Economic Geology, 1988, 83(8): 1703-1720.
- [15] Moore G, Marone C, Carmichael I S E, et al. Basaltic volcanism and extension near the intersection of the Sierra Madre volcanic province and the Mexican volcanic belt[J]. Geological Society of America Bulletin, 1994, 106(3): 383-394.

(下转第 442 页/Continued on Page 442)

- 地区两期蛇绿岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及其构造意义[J]. 地质学报, 2011, 85(2): 185-194.
- Liu Z Q, Pei X Z, Li R B, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb geochronology of the two suites of ophiolites at the Buqingshan area of the A'nyemaqen orogenic belt in the southern margin of East Kunlun and its tectonic implication[J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(2): 185-194.
- [18]李瑞保, 裴先治, 李佐臣, 等. 东昆仑南缘布青山构造混杂带得利斯南 MOR 型玄武岩地质、地球化学特征及岩石成因[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2015, 40(7): 1148-1162.
- Li R B, Pei X Z, Li Z C, et al. Geological and geochemical features of Delisitannan basalts and their petrogenesis in Buqingshan tectonic mélange belt, southern margin of East Kunlun orogen [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2015, 40(7): 1148-1162.
- [19]郭世珍, 赵寿, 保正岳, 等. 马尼特金矿控矿因素及找矿前景分析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2010, 28(2): 47-53.
- Guo S Z, Zhao S, Bao Z Y, et al. Analysis on the ore-controlling factor and ore-searching prospect in the Manife gold deposit [J]. Journal of Qinghai University (Nature Science), 2010, 28(2): 47-53.
- [20]周红智, 徐崇文, 张松涛, 等. 青海都兰沟里金矿整装勘查 1:100 000 地质矿产数据集[J]. 中国地质, 2019, 46(S1): 93-104.
- Zhou H Z, Xu C W, Zhang S T, et al. The 1:100 000 Mineralogical Dataset of the Gouli Gold Deposit Integrated Exploration Area in Dulan County, Qinghai Province[J]. Geology in China, 2019, 46(S1): 93-104.
- [21]李欢, 徐国志, 孙璐, 等. 化探综合异常图定量编制方法及应用[J]. 地质通报, 2019, 38(6): 1062-1070.
- Li H, Xu G Z, Sun L, et al. A quantitative method for integrated anomaly map of geochemical prospecting and application[J]. Geological Bulletin of China, 2019, 38(6): 1062-1070.
- [22]严己宽, 玉强忠. 地球化学勘查固体样品采集的野外质量评价指标[J]. 物探与化探, 2018, 42(6): 1112-1115.
- Yan J K, Yu Q Z. The field quality evaluation index of solid sampling in geochemical exploration [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(6): 1112-1115.
- [23]柳坤峰, 冯昌荣, 翟黎明, 等. 新疆乌恰县吾合沙鲁地区水系沉积物地球化学特征与找矿远景[J]. 现代地质, 2019, 33(4): 759-771.
- Liu K F, Feng C R, Zhai L M, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting direction in the Wuheshalu area, Wuxia County, Xinjiang[J]. Geoscience, 2019, 33(4): 759-771.
- [24]史长义, 梁萌, 冯斌. 中国水系沉积物 39 种元素系列背景值[J]. 地球科学, 2016, 41(2): 234-251.
- Shi C Y, Liang M, Feng B. Average background values of 39 chemical elements in stream sediments of China[J]. Earth Science, 2016, 41(2): 234-251.
- [25]迟清华, 鄯明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 1-148.
- Chi Q H, Yan M C. Handbook of elemental abundance for applied geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007: 1-148.
- [26]戴慧敏, 鲍庆中, 宫传东, 等. 因子分析法对内蒙古查巴奇地区水系沉积物地球化学分区的应用研究[J]. 现代地质, 2010, 24(2): 245-251.
- Dai H M, Bao Q Z, Gong C D, et al. Study of applying factor analysis method to the geochemical division in stream sediments in the Chabaqi area of Inner Mongolia[J]. Geoscience, 2010, 24(2): 245-251.
- (上接第 449 页/Continued from Page 449)
- [16]翟裕生, 邓军, 李晓波. 区域成矿学[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 30-44.
- Zhai Y S, Deng J, Li X B. Essentials of metallogeny [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 30-44.
- [17]王筱箐, 吕骏超, 胥嘉, 等. 黑龙江六九山铜银矿床地质特征[J]. 地质与资源, 2016, 25(2): 137-143.
- Wang X Z, Lyu J C, Xu J, et al. Geological characteristics of the Liujishan copper-silver deposit in Heilongjiang Province[J]. Geology and Resources, 2016, 25(2): 137-143.
- [18]王景昕, 胥嘉, 余何, 等. 内蒙古满洲里地区哈拉胜大型银铅锌矿床地质特征及成矿时代[J]. 地质与资源, 2019, 28(1): 18-24, 97.
- Wang J X, Xu J, Yu H, et al. Geological characteristics and metallogenic age of the large silver-lead-zinc deposit in Halasheng of Manzhouli area, Inner Mongolia[J]. Geology and Resources, 2019, 28(1): 18-24, 97.
- [19]宋国学, 秦克章, 李光明, 等. 中疏型浅成低温热液金多金属矿床基本特征、研究进展与展望[J]. 岩石学报, 2018, 34(3): 748-762.
- Song G X, Qin K Z, Li G M, et al. Basic characteristics and research progresses of intermediate sulfidation type epithermal gold poly-metallic deposits, and prospects[J]. Acta Petrologica Sinica, 2018, 34(3): 748-762.
- [20]王力圆, 邱瑞照, 王翠芝, 等. 墨西哥中生代岩浆活动规律及成矿研究[J]. 地质找矿论丛, 2017, 32(4): 667-675.
- Wang L Y, Qiu R Z, Wang C Z, et al. Mesozoic-Cenozoic magmatism and mineralization in Mexico [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2017, 32(4): 667-675.
- [21]王翠芝, 雷华, 姚仲友, 等. 墨西哥中-新生代成矿系列和成矿带划分及其大地构造意义[J]. 地质通报, 2017, 36(12): 2116-2123.
- Wang C Z, Lei H, Yao Z Y, et al. Classification of the Mesozoic-Cenozoic metallogenic series and belts in Mexico and its tectonic significance[J]. Geological Bulletin of China, 2017, 36(12): 2116-2123.