

柴北缘成矿带青山金矿床地质特征及水文地质特征

王学阳¹,王彬^{2*},赖华亮²,戴台鹏¹

(1. 长春黄金研究院有限公司; 2. 青海省第五地质勘查院)

摘要:青山金矿床位于柴北缘成矿带,具有较好的成矿潜力,但其地质特征的系统研究仍不完善,水文地质特征一直未被查清,阻碍了资源的进一步开发利用。矿区内共圈出SB I号~SB V号5条破碎蚀变带,以5条破碎蚀变带为基础划分了5条矿带。其中,I号矿带未发现矿(化)体,在II~V号矿带中圈定56条金、铅、金铅复合矿体,伴生银、锌。通过对区域水文地质特征、矿区水文地质特征、地下水类型及含水层,以及地下水的补给及径流等研究,确定了矿区含水层(组)分为5种主要类型,即松散岩类孔隙水、基岩裂隙水、块状岩类裂隙水、层状岩类裂隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水。按水文地质复杂程度,青山金矿床的水文地质勘查类型属水文地质条件简单的基岩裂隙水充水矿床。研究结果可为同类型金矿床开发利用提供水文地质条件的理论支撑。

关键词:柴北缘成矿带;青山金矿床;水文地质特征;资源开发利用;含水层;矿床地质特征;矿带

中图分类号:TD15 P618.58 P641.1

文献标志码:A

文章编号:1001-1277(2025)06-0086-05

doi:10.11792/hj20250616

引言

柴北缘成矿带是中国西北地区重要的金多金属成矿带之一,其构造演化复杂,岩浆活动频繁,成矿地质条件优越,近年来相继发现了多个大中型金矿床(如五龙沟金矿床、滩间山金矿床等),成为区域矿产资源勘查的热点区域^[1-2]。

尽管前人针对柴北缘成矿带已开展了大量地质学研究,但多集中于区域构造控矿模式及矿床地球化学特征^[3]。已有文献表明,柴北缘成矿带已发现矿床普遍受断裂和岩浆热液活动控制,矿体多赋存于破碎蚀变带内^[4-5],但关于矿带与含水层空间耦合关系、地下水动态对开采的影响等关键问题尚未深入探讨。此外,矿区含水层类型划分、地下水补给、径流机制等基础数据缺失,导致矿山开发面临潜在水文地质风险(如突水),亟须通过精细勘查与综合研究为资源开发提供科学依据。

青山金矿床作为柴北缘成矿带内新发现的中型金矿床,具有显著的成矿潜力^[6-8],但其地质特征的系统研究仍不完善,尤其水文地质条件尚未清晰厘定。本文通过对青山金矿床地质特征的总结,结合区域水文地质概况,对地下水类型、含水层分布,以及补给、径流、排泄条件进行分析,为该矿床的进一步开发利

用提供理论支撑。

1 区域地质特征

青山金矿床位于欧龙布鲁克陆块的丁字口—阿木尼克—牦牛山岩浆弧带和柴北缘缝合带的叠加区域(见图1),成矿区带划分属于柴北缘成矿带,该成矿带是青海省十分重要的成矿带^[9-15]。

区域地层发育,属柴达木地层区中的柴达木北缘地层分区,出露地层主要为古元古界达肯大坂群(Pt_1D)、中元古界万洞沟群(Pt_2W)、寒武系—奥陶系滩涧山群($C-OT$)、泥盆系牦牛山组(D_3m)、石炭系怀头它拉组(C_1h)、三叠系隆务河组($T_{1-2}l$)、侏罗系大煤沟组($J_{1-2}dm$)、白垩系犬牙沟组(K_1q)、早第三系干柴沟组(N_1g)、晚第三系狮子沟组(N_2s)及第四系(Q)。

区域位于丁字口—乌兰断裂和柴北缘断裂之间,这2条断裂均为北西向区域断裂,近于平行。区域发育韧性剪切带,韧性剪切带在滩间山地区可进一步划分出滩间山逆冲型韧性剪切亚带和柴北缘逆冲型韧性剪切亚带。褶皱主要为北西向褶皱,主要有滩涧山复式背斜、青龙沟向斜、金龙沟向斜等。断裂主要为北西向、北东向、近东西向3组。

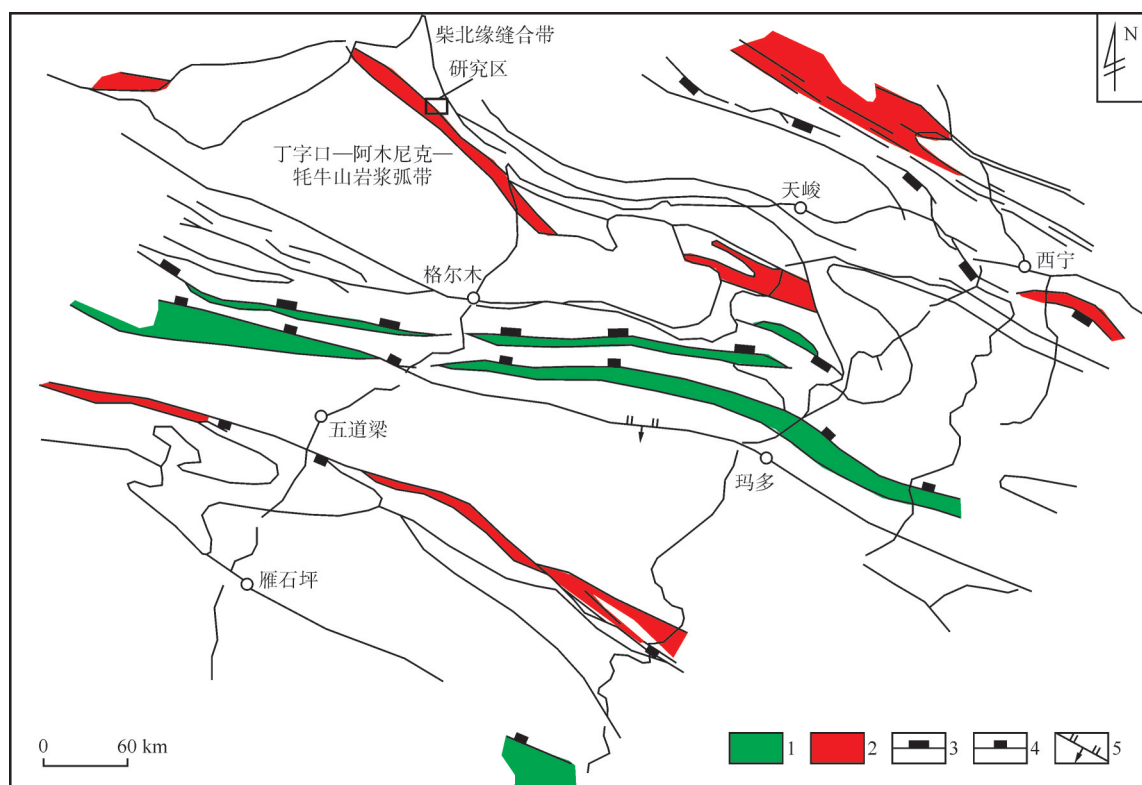
区域内侵入岩发育,岩性从超基性到酸性均有分布,按侵入时代可划分为华力西期和加里东期,且

收稿日期:2024-12-01; 修回日期:2025-03-10

基金项目:中央财政基金青藏高原地质矿产调查与评价专项(1212011121221);青海省地质勘查基金项目(2019048101kc043)

作者简介:王学阳(1990—),男,工程师,硕士,从事矿床地质、矿产勘查研究工作;E-mail:553970726@qq.com

*通信作者:王彬(1989—),男,高级工程师,从事资源勘查与找矿工作;E-mail:511874159@qq.com



1—主缝合带 2—次缝合带 3—新元古代—早古生代缝合带俯冲方向 4—晚古生代—中生代缝合带俯冲方向 5—A型俯冲带

图1 青海大地构造略图

Fig. 1 Simplified map for geotectonics in Qinghai

以华力西期为主。金矿床的形成与华力西晚期至印支早期的岩浆侵入活动关系密切。

区域内矿产丰富,青山金矿床位于四级成矿亚带中的滩涧山 Au、Cu、Mn、Fe 成矿带。该成矿带位于青龙沟—滩间山一带,呈北西向带状展布,其内已发现6处金矿床且均属构造蚀变岩型,具有相似的成矿地质条件;另外还发现有 Au、Cu、Mn、Fe 矿点17处,包括千枚岭金矿点、红灯沟金矿点、胜利沟金矿点、万洞沟金矿点、金红沟金矿点及红灯沟锰矿点、小紫山铁矿点、红旗沟锰矿点、白云滩铅银金矿点、青龙山铜镍矿点、两沟口镍矿点、龙山铜镍矿点、黑山沟铬矿点、黄绿山铁矿点、滩涧山铁矿点、回头沟银铜铅矿点、联合沟南铜矿点等。

2 矿区及矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

矿区出露地层较为简单,主要为古元古界达肯大坂群、中元古界万洞沟群,以及三叠系隆务河组(见图2)。构造以北西向为主,与区域构造线总体方向一致,矿区经历多期构造运动的叠加改造,致使构造十分复杂,总体表现为构造极为发育,岩浆活动强烈,岩脉发育^[6-8,15]。

2.2 矿床地质特征

矿区内共圈出SB I号~SB V号5条破碎蚀变带,

以5条破碎蚀变带为基础相对应划分了5条矿带。其中,I号矿带未发现矿(化)体,在II~V号矿带中圈定56条金、铅、金铅复合矿体,伴生银、锌。矿体真厚度0.83~10.33 m,长89~1 122 m,倾向延伸20~202 m;矿体近平行展布,呈脉状、透镜状,分布于6勘探线—85勘探线,矿体在东段以铅矿体为主,伴生金,西段以金铅复合矿体为主,倾向上地表金铅复合矿体向深部逐渐过渡为以铅矿体为主,其次为金铅复合矿体。各矿带中矿体分布特征如下。

II号矿带内圈出金、铅矿体2条(II-1、II-2),矿体厚度0.85~2.16 m,长度80~196 m。铅矿体均分布于矿带东段。通过验证,矿带向深部延伸稳定,但品位变低。

III号矿带内圈出10条矿体(III-1~III-10),其中,隐伏矿体3条。矿体长度70~272 m,厚度0.32~6.13 m,倾向延伸20~166 m,倾向0°~20°、倾角75°~80°。矿体在矿带东段密集平行展布,以铅矿体为主,金铅复合矿体次之。该矿带施工了7个钻孔进行验证,结果显示,矿体于6勘探线向东无矿化,向西至11勘探线见矿逐渐变弱,仅有矿化显示,矿体规模较小,有向深部延伸的趋势。

IV号矿带圈出9条矿体(IV-1~IV-9),其中,隐伏矿体4条。矿体厚度1.05~4.35 m,长度69~330 m,倾向延伸34.5~80 m,以铅矿体为主,呈平行脉状、

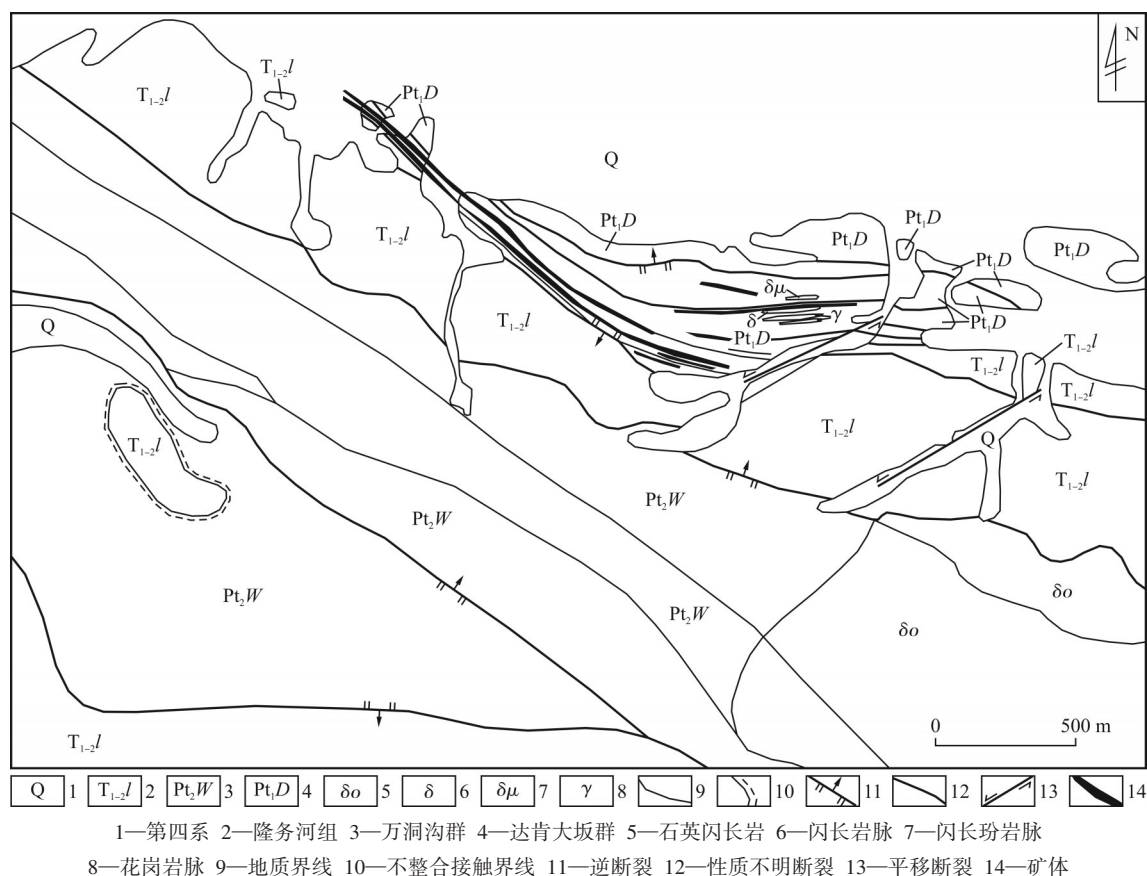


图2 青山金矿区地质图
Fig. 2 Geological map of the Qingshan Gold Mining District

透镜状分布。以往施工的ZK2902钻孔兼顾控制了矿带的西段,见铅矿体1条,矿体向深部有一定延伸,但品位较低,深部矿带规模较小。

V号矿带圈出35条矿体(V-1~V-35),厚度0.51~17.94 m,长度72~1 122 m,倾向延伸36~202 m,矿体多呈脉状,近平行展布于矿带中。矿带东段以铅矿体为主,西段以金铅复合矿体为主,倾向上由地表的金铅复合矿体向深部逐渐变化为铅矿体、金铅复合矿体。主矿体的品位高、厚度较大,自东向西,矿体规模逐渐变大。矿带最东部13勘探线见矿较差,蚀变带倾向延伸稳定,矿化蚀变较弱,类型单一;东段37勘探线见矿较好,虽然矿体在倾向上的规模没有变大,但矿带规模在倾向上变大,且矿化蚀变逐渐变强。西段布设的73勘探线—53勘探线见矿较好。

矿石中金属矿物^[16-19]主要为方铅矿、黄铁矿、褐铁矿,其次为赤铁矿、针铁矿、磁铁矿、黄铜矿,偶见铌铁矿等,矿物生成顺序为黄铁矿(自形—半自形)→黄铁矿(他形)→褐铁矿脉→方铅矿→黄铜矿;贵金属矿物主要为金银矿物;非金属矿物主要为石英、方解石、绢云母等。

矿石结构主要为他形粒状结构、半自形—自形粒状结构、碎裂结构、交代结构、交代假象结构等。矿石

构造主要为稀疏浸染状构造、块状构造等。

矿区内与金矿化关系密切的围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、铁白云石化等。

3 水文地质特征

3.1 区域水文地质概况

青山金矿床地处柴达木盆地北缘。区域内断裂、褶皱发育,形成陡峻的中高山地形,沟谷深切,山体基岩裸露,覆盖少,无植被。主脊分水岭标高一般为3 300~3 800 m,切割深度500 m左右,呈北西向、北北西向延展,长30余km,山体宽度仅5 km。由以万洞沟群变质岩系及华力西期为主的中酸性岩组成。岩体表层剥蚀强烈。区域属构造剥蚀低中山陡坡地形^[20-21]。

区域属于内陆干旱区,气候干燥,昼夜温差悬殊,少雨多风。年降雨量平均75.0 mm,年蒸发量达2 116 mm,雨季主要集中于7—8月,月最高气温20.6℃~23.0℃,月最低气温-30.7℃~-17.1℃,多在12月至翌年2月,年平均气温2.24℃。盆地风沙颇大,春季最大风力8.9级,秋季最大风力8级,各月均以西风和西北风居多。每年11月至翌年2月为冰冻期。

区域上断裂和褶皱错综复杂,北东向断裂,既是控矿也是控水(导水)构造,北西向压扭性断裂虽规模

较大,但控水(导水)意义不大。区域内出露的达肯大坂群、中元古界变质岩、滩间山群、三叠系、华力西期中酸性侵入岩,经过多次构造运动形成了断裂和裂隙,主要接受大气降水的直接补给,形成山区基岩裂隙水,山区年降水量一般不足100 mm(大柴旦气象站多年平均降水量为82.6 mm),下渗补给量少,因此基岩裂隙水极为贫乏。

山前普遍分布第三系隔水层,第三系与万洞沟群多以压性断裂接触,山地(体)与盆地(平原)之间有第三系红层形成隔水屏障,山区基岩裂隙水仅通过河流沟谷或底部潜流实现对盆地(平原地区)的侧向补给。

在山间谷地,第四系砂砾石中赋存微咸的空隙潜水,其含水层厚度一般不超过10 m。富水性中等,水流量100~1 000 m³/d,噶喇河水是上源泄流下渗后至下游地下水溢出而成,在山前补给盆地地下水。

区域内无可供饮用的水源,其生产水源取自噶喇河地表水,噶喇河水为常年性水流,河流在雨季水量较大,雨季水量是枯水季的几倍至十几倍,降雨形成的洪水水流延续时间很短,多在一天后渐渐恢复为正常流量。根据对河水流量进行观测,其最大流量38 275 m³/d,最小流量23 587 m³/d,平均流量30 931 m³/d。

3.2 地下水类型及含水层分布

根据区域地下水的赋存条件、理化性质及水力特征,将矿区含水层(组)分为5种主要类型,分别叙述如下。

松散岩类孔隙水:砂砾石层孔隙潜水,分布在矿区周围的山前平原及噶喇河河谷地段,其补给主要是河流渗入,其次为来自山区的隐蔽式侧向补给。富水程度依所处的地貌及距河远近而异,近河地段水位埋深0~2 m,水量相对丰富,单井涌水量大于1 000 m³/d;远离河流,地下水埋藏深度大,水资源贫乏。富水性中等直至贫乏,沿噶喇河泉水较多,单泉流量0.5~7 L/s。受山区高矿化基岩裂隙水的侧向补给影响,其矿化度较高,一般为1~3 g/L。水化学类型为Cl·SO₄—Na型,水质极硬。

基岩裂隙水:达肯大坂群变质岩系,万洞沟群千枚岩、片岩、大理岩,以及华力西期中酸性侵入岩赋存基岩裂隙水。这些岩石比较坚硬,浅部风化裂隙发育,受北西向反S形断裂、褶皱影响。

块状岩类裂隙水:主要含水层为华力西期中酸性侵入岩,矿区范围内无泉点分布,区域内泉水出露甚少,极个别地段泉水出露于断裂上盘,单泉流量小,为半咸水。

层状岩类裂隙水:主要含水层为达肯大坂群片岩、万洞沟群千枚岩。据区域水文地质普查资料,其水量贫乏,从供水角度出发,没有实际意义。

碳酸盐岩类岩溶裂隙水:含水层岩性为万洞沟群大理岩,在矿区南、北两侧分布,尤其北侧分布面积较大。大理岩富水性较好,虽然水质差不能饮用,但研究其富水性对矿床排水有重要意义。

矿区施工的34个钻孔水文地质观测数据显示,钻孔施工过程供水在正常范围之内,未出现严重的漏水现象。

3.3 地下水补给、径流、排泄条件

万洞沟群炭质绢云千枚岩为主要含矿层位。下部灰白色厚层大理岩是矿区的主要含水层。由此可见,矿与水具间接关系。

矿区构造是褶皱伴随着纵横交错的断裂,使风化裂隙和构造裂隙在地表浅部向地下深处发育延展,形成复杂的裂隙网络系统,为矿液创造了良好的容矿空间,同时也为地下水提供了储存场所。控矿和控(导)水的主要断裂是北东向断裂,宽度一般为数十厘米至2 m,倾角50°~60°,断裂破碎带内岩石破碎,未胶结,是矿区主要导水构造。

第四系砂砾层分布于沟谷,宽度小于10 m,松散岩类为透水而不含水层;基岩区上部多为千枚岩,其次为中酸性侵入岩,由于风化作用强烈,构造裂隙片理发育,气候干燥,年降水量平均82.6 mm,地形利于自然排水,该岩层属于透水而不含水岩层;下部存在着大理岩类岩溶裂隙水,地下水在径流过程中溶解了含盐矿物及硫化矿物,使水质演变成硫酸钠型半咸水,含水层富水性弱,地下水主要为静储量,但不具供水价值,主要通过溶蚀裂隙和构造破碎带进入矿坑。该矿床属于水文地质条件简单的岩溶裂隙充水矿床,底板岩层发育溶蚀裂隙,充水方式为间接进水。

相邻的金龙沟金矿床实地观测了3 378 m(标高)中段平硐。该平硐水文地质工程地质编录结果显示,平硐内干燥,未见自然滴水现象。通过对个别钻孔进行静止水位观测,矿区地下水位埋深126~128 m,水位标高3 252.41~3 254.41 m,故地下水埋藏于当地侵蚀基准面以下,地形有利于自然排水。

据开发利用方案,露天境界最高标高3 500 m,坑底标高3 360 m,封闭圈标高3 400 m。矿区露天境界内封闭圈的汇水面积为56 780 m²,年平均降水量为82.6 mm,蒸发量高达2 375.7 mm,因此露天坑内水的主要来源为大气降水。

综上所述,矿区内含水层主要接受大气降水、冰雪融水补给,含水层富水性主要受断裂、裂隙发育程度和大气降水量控制。虽然矿床内断裂、裂隙等导水构造较为发育,但由于大气降水极度匮乏,水体无法得以补给富集,含水层富水性较差。因此,按水文地质复杂程度,青山金矿床的水文地质勘查类型属水文

地质条件简单的基岩裂隙水充水矿床。

4 结 论

1) 青山金矿区共圈出SB I号~SB V号5条破碎蚀变带,进而划分出5条矿带,在II~V号矿带中圈定56条金、铅、金铅复合矿体,伴生银、锌。矿体近平行展布,呈脉状、透镜状分布。

2) 青山金矿区含水层(组)分为5种主要类型,即松散岩类孔隙水、基岩裂隙水、块状岩类裂隙水、层状岩类裂隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水。

3) 青山金矿床的水文地质勘查类型属水文地质条件简单的基岩裂隙水充水矿床。

[参 考 文 献]

[1] 俞军真,郑有业,王永才,等.柴北缘青龙沟金矿床闪长玢岩锆石年代学、黄铁矿原位硫同位素和微量元素特征及找矿启示[J].黄金,2024,45(11):9-17.

[2] 彭涛,靳杨,李豪,等.青海柴北缘采石沟地区地球化学特征及找矿潜力[J].黄金,2023,44(3):74-80.

[3] 徐永利,郑有业,许荣科,等.基于成矿元素复杂度的地球化学数据处理方法在找矿实践中的应用——以柴北缘造山带绿梁山地区为例[J].黄金,2022,43(11):25-30.

[4] 逯永卓,韩杰,张鑫利,等.柴北缘似玲珑式金矿床构造与成矿的关系及成矿模式——以三角顶金矿床为例[J].黄金,2021,42(11):22-26.

[5] 姜芷筠,赵呈祥,李碧乐,等.柴北缘滩间山金矿田细晶沟花岗斑岩锆石U-Pb年龄与Hf同位素特征及其与金矿化的关系[J].黄金,2020,41(5):3-10.

[6] 赖华亮,李顺庭,王建,等.青海柴北缘青山金矿综合找矿方法研究[J].矿产勘查,2020,11(2):311-320.

[7] 赖华亮,李顺庭,王建,等.青海柴北缘青山金矿的发现及地质特征[J].矿产勘查,2019,10(10):2 493-2 500.

[8] 周云,汪雄武,彭惠娟,等.青山金矿床黄铁矿的标型特征及矿床成因初探[J].有色金属(矿山部分),2009,61(5):19-24,49.

[9] 吴若璞,赵光宝,火统曜.矿山岩体稳定性预测与水文地质问题防治措施研究[J].冶金与材料,2024,44(7):121-123.

[10] 李向红.地质资源勘查中地质工程的作用及其发展浅谈[J].新疆有色金属,2024,47(5):32-33.

[11] 邱凯,陈新卫.江西茅坪钨钼矿水文地质、工程地质及环境地质特征研究[J].科学技术创新,2024(15):5-8.

[12] 郭涵轩,王全荣,潘可欣,等.基于微水试验求解高渗透性承压含水层水文地质参数[J].水文地质工程地质,2024,51(4):108-116.

[13] 焦婷婷,邓亚平,钱家忠,等.基于集合平滑数据同化与直接采样法融合水文地球物理数据刻画裂隙网络分布[J].水文地质工程地质,2024,51(4):88-100.

[14] 王廷.复杂水文地质条件下疏放水钻孔施工参数优化研究[J].陕西煤炭,2024,43(7):105-108,137.

[15] 陈晓琳.青海省大柴旦镇青山金矿矿床成因及找矿方向[D].长春:吉林大学,2019.

[16] 王学阳,杨言辰,刘志宏,等.长江中下游成矿带大金山地区综合信息找矿效果及深部找矿潜力分析[J].吉林大学学报(地球科学版),2025,55(1):125-138.

[17] 王学阳,李慧,郭廷峰,等.吉林夹皮沟金矿田二道沟金矿区地球物理特征、地球化学特征及找矿效果[J].黄金,2022,43(12):26-32,38.

[18] 范文亮,王学阳,刘超,等.吉林夹皮沟金矿区东部找矿预测[J].黄金,2022,43(4):27-32.

[19] 张继武,张建良,董超然,等.黑龙江省大青南山金矿床地质特征及深部探矿效果[J].黄金,2021,42(9):39-46.

[20] 唐名鹰,朱德全,丁正江,等.柴北缘阿日特克山斑岩型铜钼矿床流体包裹体、稳定同位素特征及其地质意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2022,52(5):1 525-1 539.

[21] 岳悦,孙德有,侯可军,等.柴北缘乌兰北部三叠纪辉长岩的年代学和地球化学特征[J].吉林大学学报(地球科学版),2021,51(1):154-168.

Geological and hydrogeological characteristics of the Qingshan Gold Deposit in the Northern Qaidam Margin metallogenic belt

Wang Xueyang¹, Wang Bin², Lai Hualiang², Dai Taipeng¹

(1. Changchun Gold Research Institute Co., Ltd.; 2. The Fifth Qinghai Geological Exploration Institute)

Abstract: The Qingshan Gold Deposit, located in the Northern Qaidam Margin metallogenic belt, exhibits significant mineralization potential. However, systematic studies on its geological features and unclear hydrogeological characteristics have hindered further resource exploitation. 5 fractured alteration zones (SBI to SBV) have been delineated in the mining area, corresponding to 5 ore zones. While no ore (mineralized) bodies were found in Zone I, 56 gold, lead, and gold-lead composite orebodies (with associated silver and zinc) were identified in Zones II–V. Through regional and local hydrogeological investigations, including groundwater types, aquifers, recharge, and flow patterns, the aquifers in the deposit were classified into 5 main categories: loose rock pore water, bedrock fissure water, massive rock fissure water, layered rock fissure water, and carbonate karst-fissure water. Based on hydrogeological complexity, the Qingshan Gold Deposit is categorized as a bedrock fissure water-filled deposit with simple hydrogeological conditions. These findings provide theoretical support for hydrogeological assessments in similar gold deposits.

Keywords: Northern Qaidam Margin metallogenic belt; Qingshan Gold Deposit; hydrogeological characteristics; resource development and utilization; aquifer; geological characteristics of deposit; ore zone