

doi:10. 6053/j. issn. 1001-1412. 2016. 01. 020

内蒙兴和曹四夭钼矿床工程地质条件 及其对矿山开发的影响

韩建刚¹, 权知心², 丁军召², 袁征², 张浩², 付治国²

(1. 内蒙古自治区地质调查院, 呼和浩特 010020;

2. 河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院, 郑州 461000)

摘要: 曹四夭钼矿床是目前全国发现并探明的10个超大型钼矿床中唯一以太古宙基底作为赋矿围岩的矿床。太古宇及其岩性为集宁岩群黄土窑岩组浅粒岩和变粒岩; 岩石饱和抗压强度10.56~106.02 MPa, 属软弱-坚硬岩类; 其利于开采而不利支护。岩、矿体整体属中等-稳定岩体, 局部岩体稳定性差, 工程地质勘查类型为第三类第一型。在未来矿山开采过程中应注意局部的软弱夹层, 尤其是在构造破碎带或碎裂岩石区等地段实施坑道作业易发生矿山工程地质问题, 应加强支护; 其余岩段稳固性能尚属良好。

关键词: 曹四夭钼矿床; 矿床充水; 工程地质勘查类型; 抗压强度; 矿山开发; 内蒙古

中图分类号: P641.4; P642.2 **文献标识码:** A

0 引言

内蒙古自治区兴和县曹四夭超大型钼矿床为近年探明的超大型斑岩型钼矿床^[1], 钼金属资源量 132.76×10^4 t, $w(\text{Mo}) > 0.1\%$, 为富矿床。该矿床主要工业钼矿体分布集中, 埋藏浅, 顶板埋深52~173 m, 平均95 m, 适于大规模机械化露天开采^[2]。本文分析了该矿床的水文地质、工程地质特征, 并指出了未来开采可能出现的影响因素, 可为地质勘查及矿山开发设计提供参考。

1 矿区地质概况

1.1 区域地质简述

内蒙古曹四夭钼矿位于华北板块与西伯利亚板

块结合部位, 长期的板块运动及地幔柱活动为巨量钼质的运移提供了物质和能量保证。

曹四夭钼矿属于华北陆块北缘西段钼矿成矿远景区, 该远景区已发现西沙德盖、大苏计、曹四夭3个大型-超大型斑岩钼矿床。曹四夭矿区出露地层及岩性主要为: 中太古界集宁岩群黄土窑岩组含夕线石榴二长浅粒岩(石英岩)、含黑云夕线石榴钾长片麻岩, 底部在黄土窑一带见有透辉大理岩; 中生界侏罗系中统长汉沟组黄褐色灰紫色粉砂岩、粉砂质泥岩。区域上矿区位于大同一尚义NE向构造-岩浆岩带中段, 处于大同一尚义NE向构造-岩浆岩带、岱海—黄旗海NEE向断裂带、商都—蔚县NW向构造-岩浆岩带与呼和浩特—集宁—赤城近EW向深大断裂“米”字型交汇部位西南侧(图1), 属华北地台北缘, 北侧以乌拉特前旗—呼和浩特—集宁EW向深大断裂为界。岩浆岩主要为中生代燕山期晚侏罗世中细粒似斑状黑云母二长花岗岩($J_3\eta\gamma$), 早白垩世多斑花岗斑岩($K_1^1\gamma\pi$)、少斑花岗斑岩

收稿日期: 2015-10-09; 责任编辑: 赵庆

基金项目: 内蒙古自治区地质勘查基金项目(编号: 09-1-KC045)资助。

作者简介: 韩建刚(1961—), 男, 高级工程师, 毕业于中国地质大学(武汉)资源勘查工程专业, 从事地质矿产勘查工作。

通信作者: 付治国(1956—), 男, 教授级高级工程师, 从事地质矿产勘查及研究工作。通信地址: 河南省郑州市郑东新区郑开大道与康庄路交叉口地矿大厦811室; 邮政编码: 451000。

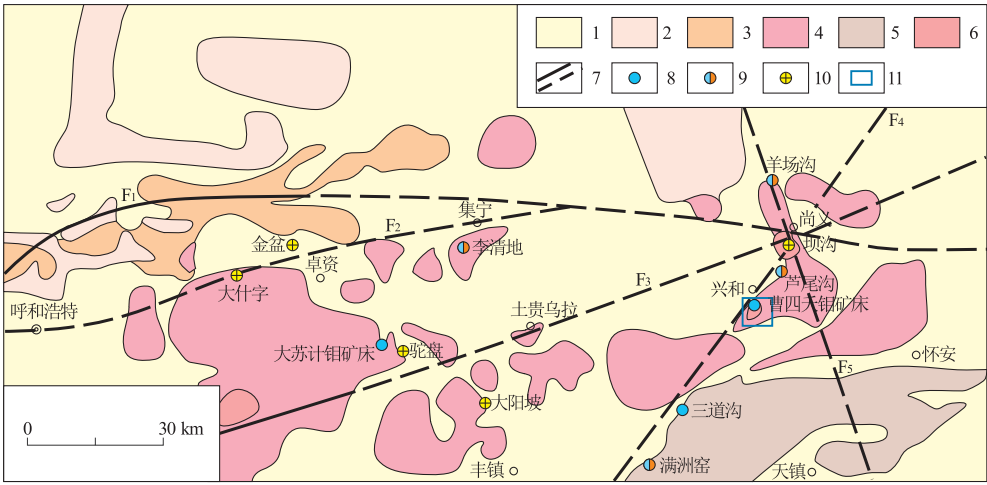


图 1 曹四夭钼矿床区域地质略图

Fig. 1 Geologic skstch of Caosiyao molybdenum deposit

1. 中新界;2. 古元古界二道洼群变质岩;3. 新太古界乌拉山群变质岩;4. 中太古界集宁岩群变质岩;
5. 古太古界兴和岩群变质岩;6. 中生代花岗岩;7. 实测和推测深大断裂(F₁. 固阳—武川—尚义—崇礼 EW 向
断裂;F₂. 临河—包头—呼和浩特—集宁近 EW 向断裂;F₃. 岱海—黄旗海 NEE 向断裂;F₄. 大同—尚义 NE
向断裂;F₅. 商都—兴和—蔚县 NW 向断裂);8. 钼矿床;9. 铅—锌—银矿床;10. 金矿床;11. 曹四夭钼矿区

(K₁²γπ)出露面积都很小,但与本区钼矿成矿关系密切。

1.2 矿区地质特征

矿区出露中太古界集宁岩群黄土窑组,自下而上分 3 个岩段:第一岩段以石榴二长浅粒岩为主;第二岩段主要为夕线石石榴黑云二长片麻岩;第三岩段以石榴二长浅粒岩、二长浅粒岩为主。第四系全新统冲洪积物、新近系上新统宝格达乌拉组、新近系中新统汉诺坝组、新近系中新统老梁底组、古近系渐新统呼尔井组和乌兰戈楚组。矿区处于华北地台北缘桑干断块与集宁断块的结合部,构造以 NE 向断裂为主,属区域深断裂的一部分,岩浆岩主要为中生代燕山晚期花岗斑岩,其锆石样品的 LA-ICP-MS 同位素年龄为134~131 Ma,属早白垩世^[3],岩体兼具 S 型与 I 型花岗岩的双重特征,产状为超浅成微型岩株,为曹四夭超大型钼矿床的成矿岩体。

1.3 矿床地质特征

该矿床为斑岩型钼矿床,工业钼矿体绝大部分赋存于成矿岩体的外接触带,外接触带的赋矿地层和岩石全部为中太古界集宁岩群黄土窑组浅粒岩和变粒岩,矿体就像倒扣于花岗斑岩株顶端的碗状,几乎均为隐伏矿体,其展布状态与花岗斑岩体顶面起伏形态一致,两者基本呈“整合”关系产出(图 2)。对矿床 4 件辉钼矿样品进行的 Re-Os 同位素测试,获得了(128.6±2.4)~(131.9±2.3) Ma 模式年

龄,证实了成矿作用与花岗斑岩具有成因关系。

2 水文地质

2.1 区域水文地质特征

区域位于阴山山脉东段北部。勘查区东部为低山丘陵区,西部为平坦的山间平原。区内沟谷较发育,均为季节性河流,有利于地表径流的排泄^[4]。勘查区属永定河(海河)流域洋河水系。

含、隔水岩层(组)为:①新生界盖层孔隙含水岩层(组);②中太古界集宁岩群黄土窑岩组(Ar₂h)基岩裂隙含水组;③隔水岩组主要由新近系上新统宝格达乌拉组(N₂b)、古近系渐新统呼尔井组和乌兰戈楚组(E₃wl+h)组成。

本区地下水的补给、径流及排泄受区内地层岩性、构造、地形地貌等因素控制。大气降水为地下潜水的主要补给来源。区内沟谷发育,大气降水在地表汇集后形成地表径流而排泄,少部分则缓慢垂直下渗或侧向补给地下水。

2.2 矿区水文地质

矿区出露地层主要为中太古界集宁岩群黄土窑岩组、新生界古近系渐新统呼尔井组和乌兰戈楚组、新近系中新统老梁底组、汉诺坝组及上新统宝格达乌拉组,沿河谷低地发育第四系全新统冲积物。矿

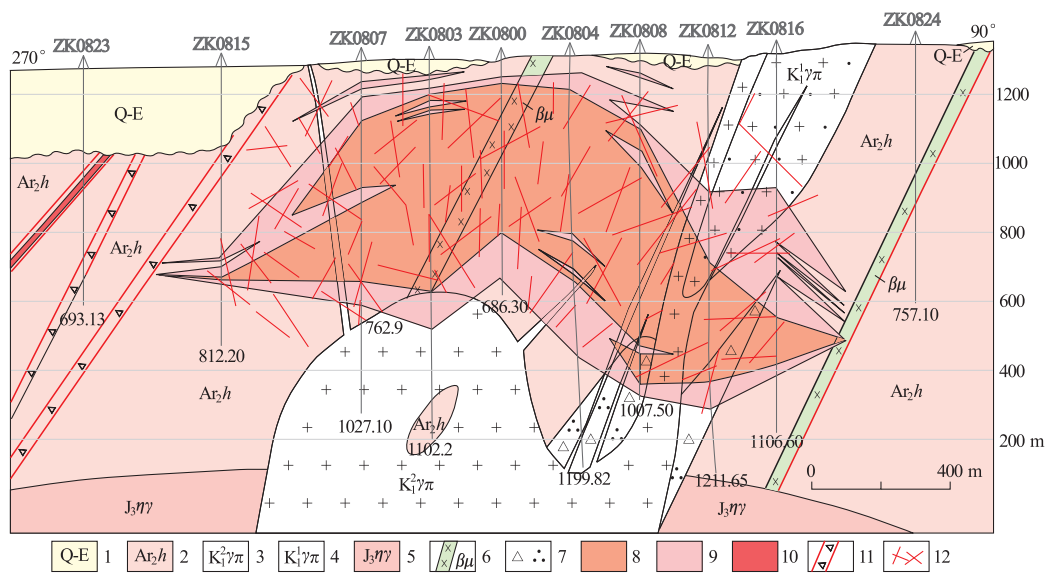


图 2 横 08 勘探线矿体剖面图

Fig. 2 Section of ore body at Line 08

1. 新生界;2 中太古界黄土窑岩组;3. 辉绿岩脉;4. 早白垩世少斑花岗岩;5. 早白垩世多斑花岗岩;6. 晚侏罗世黑云母二长花岗岩;7. 爆破角砾岩;8. 工业钼矿体;9. 低品位钼矿体;10. 铅锌矿体;11. 断层;12. 裂隙

区基岩出露较少,大面积被新生界覆盖。

2.2.1 含、隔水岩组

(1)新生界盖层孔隙含水岩层(组):①第四系全新统冲洪积物孔隙含水层;②新近系上新统宝格达乌拉组孔隙含水层;③新近系中新统汉诺坝组裂隙含水层;④新近系中新统老梁底组孔隙裂隙含水层;⑤古近系渐新统呼尔井组和乌兰戈楚组裂隙含水层。

(2)基岩裂隙含水层(组):分布于新生界沉积物以下,地表局部有少量出露^[5]。基岩风化深度一般0~78.62 m,基岩裂隙含水层富水性中等-强,其富水性与基岩的裂隙分布和发育度有关,具有较强的不均一性,主要富水部位集中在阻水断裂迎水一侧,是将来矿体开采矿坑充水的主要来源。

(3)断裂构造含水性:①NE向构造为区域性断裂,大部分被古近系、新近系地层覆盖。断层带内以碎裂岩为主,发育有构造泥砾岩;②NW向构造为NE向构造的次级断裂,规模一般较小,地表完全隐伏,通过钻孔共控制3组深部断层,分别为F₄,F₅,F₆。

2.2.2 矿床地下水的补给、径流及排泄条件

矿区位于地下水的径流排泄区,裸露区接受大气降水后,一部分蒸发和通过地表径流排泄,一部分补给地下水。排泄方式主要是向地下潜水补给径流和蒸发^[6]。

2.2.3 矿床水文地质特征

矿床位于矿区中部,矿体大部分在风化带以下,矿体顶、底板及围岩主要为太古宇浅粒岩和片麻岩等。矿体基岩裂隙含水层富水性中等-强,直接充水水源为矿体脉状裂隙水和大气降水。

2.2.4 矿床充水因素

(1)主要构造破碎带对矿床充水的影响。矿区内的主要构造分为NE向、NW向2组。断层主要表现为压扭性,断层泥发育,透水性差,对矿床充水影响弱^[7]。但在阻水断裂迎水一侧可能会形成丰富的地下水富集带,开采断裂带附近的矿体时,矿坑涌水量将会增大。

(2)地表水对矿床充水的影响。大气降水可在地表暂时汇集,但大部分已蒸发和随地势而流失;在丰水季节应注意防护暴雨形成的暂时性洪水对矿坑的危害。

2.2.5 矿坑涌水量预测

矿坑日最大涌(排)水量:109 518.38+82 278.26=190 873.77 t/d;矿坑在有降雨期间,正常涌(排)水量:109 518.38+2 621.25=112 110.23 t/d;无降雨期间,矿坑涌水量为109 518.38 t/d。矿坑内排水主要为地下水,降雨期间正常涌(排)水量取单年日平均降水量的最大值为190 873.77 t/d,对矿床稍有影响。

2.2.6 矿床水文地质勘查类型

矿床大部分位于侵蚀基准面以下,主要含水层

为基岩裂隙含水层。基岩裂隙脉状水和大气降水为矿坑主要充水水源,附近地表水不构成矿床的主要充水因素,主要充水含水层、构造破碎带富水性中等-强,水文地质边界较复杂。矿区水文地质类型属以裂隙充水为主的水文地质条件复杂的矿床。

3 工程地质

3.1 矿区工程地质岩组特征

矿区工程地质岩组包括第四系全新统冲洪积物、新近系上新统宝格达乌拉组、新近系中新统汉诺坝组、新近系中新统老梁底组、古近系渐新统呼尔井组和乌兰戈楚组、中太古界集宁岩群黄土窑岩组和岩浆岩。

(1)第四系全新统冲洪积物主要分布于河沟的河床中,由冲洪积砂砾石组成,厚度 0~3.00 m,局部厚>10 m,较散松。含孔隙潜水。对矿床开采影响不大。

(2)新近系上新统宝格达乌拉组岩性为棕红色泥岩、砂砾石,局部夹有薄层泥灰岩。总厚度 50~103.04 m,属松散软岩类,岩石力学性质极差,岩体稳定性差。对矿体开采有一定影响,应注意边坡支护。

(3)新近系中新统汉诺坝组仅出露于曹四夭南一小沟内,岩性主要为灰色气孔状玄武岩、致密橄榄玄武岩夹紫红色泥岩。钻孔穿见厚度 4.20~50.90 m,玄武岩分为 2 层,中间夹紫红色泥岩隔水层。第一层玄武岩厚 3~21.00 m,第二层玄武岩厚 6.00~9.00 m。方解石细脉和气孔发育,含裂隙孔洞水。该岩性在地表易风化,较疏松,工程地质条件差。

(4)新近系中新统老梁底组地表岩性为灰白色砾质岩和杂色粉砂岩、粉砂质泥岩组成,固结程度差,地表均为松散状,含孔隙潜水。岩体稳固性差^[8]。

(5)古近系渐新统呼尔井组和乌兰戈楚组在矿区大面积分布,钻孔中岩性以紫红色粉砂质泥岩为主,夹薄层砂岩和砾岩。属松软岩类,岩石力学性质差,岩体稳定性差。在曹四夭断裂附近对矿床开采影响较大。新生界盖层总体力学性质差,在曹四夭断裂以西较厚,岩体稳定性差;曹四夭断裂以东新生界盖层较薄,对矿床开采影响不大。

(6)中太古界集宁岩群黄土窑岩组。勘查区内

主要岩性为浅粒岩、变粒岩、片麻岩,是矿体和围岩的主体工程地质岩组,岩石结构致密,局部裂隙发育,地下水作用明显。岩石的钻探岩心以短柱状、长柱状为主,块状、碎块状次之。裂隙密度一般浅部 6~7 条/m,局部裂隙发育段可达 8~12 条/m,深部 1~2 条/m。靠近断层部位,裂隙发育,岩石破碎,含脉状裂隙水。近地表岩石风化较强。浅粒岩、变粒岩等岩石饱和抗压强度 10.56~106.02 MPa,属软弱-坚硬岩类;片麻岩饱和抗压强度 4.25~46.29 MPa,属软弱-半坚硬岩类。当其赋存辉钼矿时构成矿体;当其不赋存辉钼矿时,作为矿体的顶底板。靠近断层部位岩石破碎,利于矿石的开采。岩体、矿体整体稳定,局部岩体稳定性差。

(7)岩浆岩。

①黑云母二长花岗岩:在矿区深部呈隐伏岩体产出,岩心坚硬,裂隙密度平均 2~5 条/m, RQD=60%~84%;②多斑花岗斑岩岩组:主要出露于曹四夭村南东约 1 km,纵 16 与纵 24 勘查线之间,呈 NNE 向展布,似岩墙状产出,长约 330 m,宽约 200 m,出露面积约 0.06 km²;深部多斑花岗斑岩倾向约 300°,倾角约 58°,平均厚约 200 m;裂隙发育,平均裂隙密度 6~8 条/m;岩心多呈短柱状、扁柱状、块状, RQD=55%~95%。岩石饱和抗压强度 29.29~55.37 MPa,属半坚硬岩类。当其赋存辉钼矿时,构成矿体;当其不赋存辉钼矿时,为矿体的围岩。靠近断层部位岩石破碎,可开采性好,利于矿石的开采。岩体、矿体整体稳定,局部岩体稳定性差;③少斑花岗斑岩岩组:主要出露于曹四夭村南边,呈小岩株状,形态复杂,出露面积约 0.02 km²,倾向约 220°,倾角约 70°。岩石裂隙发育,平均裂隙密度 8~12 条/m,裂隙多呈闭合状,含脉状裂隙水;岩石饱和抗压强度 48.57~54.09 MPa,属半坚硬岩类。当其赋存辉钼矿时,均成矿体;当其不赋存辉钼矿时,为矿体的围岩。由于该岩组分布区靠近曹四夭大断裂,其岩石破碎,可开采性好,利于矿石的开采。但岩体稳定性差;④爆破角砾岩岩组:岩石致密,力学性质好。

矿区各类岩石的物理试验结果指标见表 1。

3.2 矿体及其顶、底板岩石工程地质特征

矿体主要分布于隐伏花岗岩顶部北东侧,浅粒岩、片麻岩、变粒岩、花岗斑岩和辉绿岩均可成为赋矿岩石。矿体单工程最大厚度(不含氧化矿) 869.72 m。当浅粒岩、片麻岩、变粒岩、花岗斑岩和辉绿岩不赋存辉钼矿时,即作为矿体的围岩或顶、底板。

表 1 岩石物理试验结果
Table 1 The test results of rock mechanics

野外定名	体积密度/(g/cm ³)	软化系数	抗压强度/MPa		饱和抗剪强度	
			干燥	饱和	内摩擦角/(°)	凝聚力/MPa
砂质泥岩	1.95~2.06	0	0.82~2.26	0		
粉砂质泥岩	2.02~2.21	0	0.43~0.97	0		
褐铁矿化多斑花岗斑岩	2.53~2.55	0.45~0.48	29.24~63.39	13.94~28.45	31.4~34.8	2.56~4.05
褐铁矿化石榴斜长浅粒岩	2.47~2.73	0.31~0.55	27.84~72.54	15.26~35.75	36.70~45.8	2.21~4.97
辉钼矿化多斑花岗斑岩	2.48~2.59	0.46~0.73	62.56~90.45	29.29~55.37	32.4~40.6	4.2~15.09
辉钼矿化少斑花岗斑岩	2.70~2.72	0.47~0.68	79.88~102.68	48.57~54.09	36~37.4	8.38~10.18
辉钼矿化含石榴斜长浅粒岩	2.61~2.68	0.20~0.76	53.54~86.90	10.56~65.84	37.1	1.08~6.84
辉钼矿化石榴二长浅粒岩	2.53~2.68	0.5~0.98	52.86~110.07	27.87~106.02	35.7~42.1	5.5~12.77
辉钼矿化石榴斜长浅粒岩	2.55~2.74	0.53~0.75	33.22~76.06	18.58~56.03	33.3~41.3	3.75~13.09
辉钼矿化斜长浅粒岩	2.55~2.58	0.47~0.85	40.2~84.07	18.76~71.28	39~41.3	5.11~11.84
辉钼矿化黑云斜长变粒岩	2.64~2.78	0.47~0.71	26.65~94.69	27.59~48.17	31.1~40.8	3.58~12.01
辉钼矿化黑云斜长片麻岩	2.59~2.64	0.12~0.68	15.94~67.77	4.25~46.29	31.4~41.5	2.7~5.03
辉钼矿化辉绿岩	2.6~2.92	0.43~0.93	51~81.88	25.15~61.26	33.3~44.7	5.65~11.17
石榴斜长浅粒岩	2.55~2.68	0.55~0.67	51.78~101.3	30.15~55.78	33.2~40.1	1.49~11.91
多斑花岗斑岩	2.54~2.58	0.52~0.48	66.63~73.01	34.47~46.34	38.9~40.0	11.32~12.33
辉绿岩	2.72~2.89	0.14~0.69	21.01~126.05	2.22~87.19	33.3~43.4	0.85~9.48
含石榴斜长浅粒岩	2.65~2.7	0.43~0.72	37.54~61.68	24.17~41.2	31.6~43.3	3.3~4.98
石榴二长浅粒岩	2.72~2.78	0.7~0.86	56.37~75.39	48.39~52.56	38.8~42.4	5.66~16.28
黑云斜长片麻岩	2.69	0.31	49.5	15.36	41.7	7.13

矿体及矿体的顶、底板岩石属软弱-坚硬岩石类,以半坚硬岩类居多。由于受气候、地貌特征的影响,该区地表基岩风化,破碎程度较强,具褐铁矿化,表层岩石多被新生界所覆盖。风化后的岩石多呈碎片状、碎屑状及土状,饱和抗压强度 13.94~28.45 MPa,属软弱岩类。岩石风化深度一般<78.62 m。

3.3 断裂及各级结构面工程地质特征

矿区构造以断裂为主。区内新生界覆盖严重,在黄土窑岩组及花岗斑岩出露区断裂较发育,主要为 NE 向、NW 向的 F₁,F₂,F₃,F₄,F₅ 和 F₆ 断裂。

3.3.1 断裂及构造破碎带

(1)F₁ 断裂:属Ⅰ级结构面,在曹四夭村通过,为大一尚义 NE 向断裂带南缘断裂。大部分被古近系、新近系覆盖,区内为隐伏断裂,走向 38°~42°,倾向 308°~312°,倾角 59°~61°,宽 27~62 m,断层带内主要为碎裂岩,发育有构造泥砾岩、角砾岩、挤压片理化带,并充填有少斑花岗斑岩脉,普遍具硅化、高岭土化、褐铁矿化,花岗斑岩脉具辉钼矿化且有强烈破碎现象,碎块为 1~10 cm。由此说明此断层为以张性为主的正断层,至少经历过成矿前、成矿期及成矿后 3 次活动^[9]。

(2)F₂ 断层:属Ⅲ级结构面,主要分布在矿区内小红土窑一带,P2 铅锌矿化带产于其中。断裂带宽

10~30 m,走向 60°,倾向 NW,倾角 75°。该断裂多次活动,带内岩石强烈破碎,构造岩主要为碎裂岩,发育有构造泥砾岩、角砾岩。

(3)F₃ 断层:属Ⅲ级结构面,位于曹四夭西南部约 600 m,完全隐伏。P1 铅锌矿化带产于其中,总体走向 103°,倾向 193°,倾角 79°。矿带沿走向、倾向方向变化较大。带内岩石较为破碎,主要为角砾岩、碎裂岩、铅锌矿化碎裂岩。

(4)F₄ 断层:属Ⅲ级结构面,宽约 1.5~4 m。该断层明显截断 2 组辉绿岩脉,总体呈现逆断层特征。

(5)F₅ 断层:属Ⅲ级结构面,产状 50°~60°∠71°~80°,工程控制长 730 m,主要为碎裂岩及断层泥,碎斑成分与断层上下盘岩石同成分,主要为浅粒岩、黑云斜长片麻岩,粒径一般为 4~8 mm,泥质胶结。岩石受挤压具高岭土化。

(6)F₆ 断层:属Ⅲ级结构面,产状 50°~60°∠71°~80°,工程控制长约 500 m,断层切割了黄土窑岩组及辉绿岩脉,断距约 4 m。断层带内充填黑云斜长片麻岩、浅粒岩碎块及碎裂岩、断层泥。

3.3.2 节理裂隙

区内Ⅳ级结构面为节理裂隙,组数多、密度大。主要发育 3 组(表 2),其力学性质属张性,裂隙面粗糙。裂隙发育程度与所处地段有关^[10],在碎裂岩石区及构造带影响范围内发育。

3.4 风化带特征

矿区基岩出露较少,大部分岩石被新生界松散沉积物覆盖。风化带岩石破碎程度受岩性、产状、地貌特征及其距构造破碎带远近、蚀变类型等因素控制。岩石风化深度一般 0~78.62 m。多斑花岗岩地表风化后具褐铁矿化,岩石饱和抗压强度 13.94~28.45 MPa,属软弱岩类。浅粒岩地表风化后具褐铁矿化,岩石饱和抗压强度 15.26~35.75 MPa,属软弱-半坚硬岩类。片麻岩地表风化后,多呈碎屑状、土状,岩石力学强度低。

3.5 工程地质评价

3.5.1 风化带岩石

在强风化带内,岩石节理、裂隙均较发育,力学强度较低,硅化较强的岩石稍坚硬,稳固性较好。该工程岩组在露采或坑采时,可能会发生坍塌、滑移、崩落等,雨季会发生涌水。

3.5.2 断层(断裂破碎带)

由于受区域大断裂 F_1 的影响,深部断裂破碎带(F_2 — F_6 断层)较发育,多属压扭性断裂,主要由构造泥砾岩、角砾岩及碎裂岩组成,结构疏松,半胶结状态,易风化破碎,遇水会出现松散、泥化等现象,岩石力学强度多<30 MPa,为软弱岩石。开采对,局部断裂破碎带会导致围岩产生一些塌方、崩落、掉块等,在该地段施工时,应采取支护、喷浆、锚固等工程措施加以防护。

3.5.3 围岩

围岩岩体工程地质评价,采用岩体质量系数法和岩体质量指标法。

岩体质量系数法: $Z=I \cdot f \cdot S$, $S=R_c/100$;岩体质量指标法: $M=(R_c/300) \cdot RQD$ 。

其中, Z 为岩体质量系数; M 为岩体质量指标; I 为岩体完整系数; f 为结构面摩擦系数(内摩擦角的正切值); S 为岩块坚硬系数; R_c 为岩块饱和轴向抗压强度; RQD 为岩石质量指标,矿区各种岩性 RQD 值见表 3。

根据该矿区地质及围岩工程地质特征,按岩体质量将矿体及其顶、底板围岩的稳固性分为 3 大类:

表 2 主要节理裂隙要素

Table 2 The main factors of joint fissures

组别	走向	倾向	倾角
1	120°~130°	NE	65°~72°
2	180°~195°	E	64°~75°
3	210°	SE	50°~60°

表 3 各种岩性 RQD 值

Table 3 The RQD value of all rocks

岩石名称	RQD 值
砂质泥岩	0~37
构造角砾岩	0~53
浅粒岩	24~100
变粒岩	56~100
辉绿岩	54~100
花岗斑岩	55~100
片麻岩	0~91

(1)不稳固性岩体:由新生界的含砾砂质泥岩及构造角砾岩、碎裂岩组成。裂隙密度为>6 条/m。岩石松软-半坚硬,岩石质量指标(RQD)0~53%,岩体质量系数(Z)为 0.00,岩体质量等级为极坏。岩体质量指标(M)为<0.01,岩体质量属 V 级,易发生矿山工程地质问题。

(2)较稳固性岩体:主要由浅部易风化的黑云斜长片麻岩、(石榴)斜长浅粒岩、斜长变粒岩和花岗斑岩组成,岩石具褐铁矿化、黄铁矿化。裂隙密度一般 5~10 条/m,岩石半坚硬-坚硬,岩石质量指标(RQD)34%~90%,岩体质量系数(Z)0.03~0.42,岩体质量等级为极坏—一般。岩体质量指标(M)0.02~0.18,岩体质量为差—中等,属 IV—Ⅲ级岩体;局部地段较易发生矿山工程地质问题。

(3)中等稳固性岩体:由风化带以下的斜长浅粒岩、斜长变粒岩、斜长片麻岩、辉绿岩、二长浅粒岩及花岗斑岩组成,岩石多具辉钼矿化。裂隙密度多>5 条/m,含裂隙水。岩石多坚硬,岩石质量指标(RQD)为 54%~100%,岩体质量系数(Z)为 0.34~1.03,岩体质量等级为一般。岩体质量指标(M)0.13~0.35,岩体质量为中等,属Ⅲ级岩体。不易发生矿山工程地质问题。

3.5.4 露天采场边坡

构成露天采场边坡的岩性主要分为新生界松散岩类和中太古界集宁岩群黄土窑岩组变质岩类。主矿体分布区新生界盖层厚 0~37.20 m,平均厚 14.65 m,新生界属松散岩类,岩石力学性质差,其厚度较薄易于剥离;下部为厚层块状变质岩类,岩石饱和抗压强度为 4.25~106.02 MPa,风化和碎裂岩抗压强度较低,属软弱-坚硬岩类。露采边坡工程稳定性较好,局部构造发育地段工程地质性质差。

根据调查,地表风化的片麻岩类在坡向和地层倾向一致的时候,地形坡度大于地层倾角时就构成了不稳定岩体,沿地层倾向产生小型滑塌体^[11]。曹四夭钼矿露采坑东坡和南坡倾向与地层倾向相同,

建议最终边坡角设计为 45°;北坡和西坡倾向与地层倾向相反,建议最终边坡角设计为 50°。

影响露天矿边坡稳定的因素较多,如地层岩石、地质构造、结构面产状、生产爆破等。其中,岩体的岩石组成、岩体构造和地下水是主要因素。此外,爆破、地震、边坡形状等对边坡也会产生一定影响。

3.6 工程地质勘查类型

矿区地层较简单,构造形态复杂,局部新生界盖层较厚,岩石风化作用较弱,岩石为软弱-坚硬岩类。局部有软弱夹层,在构造破碎带或碎裂岩石区以及局部软弱夹层地段,会对矿床开采产生局部影响,其他地段不易发生矿山工程地质问题。岩石整体较坚硬,稳固性较强,局部工程地质性质差。矿区工程地质勘探类型为块状岩类中等型。

4 环境地质

4.1 自然环境地质

地震。本区地震烈度为Ⅵ度区。区域稳定性好。

滑坡、崩塌、泥石流。矿区内曹四夭断裂以西地形地貌为山间冲积平原,地形平缓,被新生界松散沉积物覆盖,不具备滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害发生的条件;曹四夭断裂以东为低丘陵区,新生界盖层厚度不大,冲沟发育,沿冲沟两壁由于雨水侵蚀,形成陡坎,易产生微小型崩塌体,其危害不大。

地表水和地下水。二道河(后河)是兴和县唯一的常年性地表水流,总的来说勘查区地表水和地下水水质良好,不存在大的污染源。矿区水环境质量不超过Ⅲ类。

放射性。通过对矿区环境及钻孔放射性检测,矿区内处于低放射性环境,大部分出露岩体和岩心样品都低于30 μR/h(微伦琴/小时),一般不会对当地环境造成放射污染。

4.2 环境地质评价

矿区内不存在形成大的泥石流及滑坡的条件;地下水水质良好,无重大污染源;矿区处于低放射性环境。因此,矿区环境地质类型为良好。

5 结语

有利于自然排水,矿体大部分位于侵蚀基准面以下,基岩裂隙脉状水和大气降水为矿坑主要充水水源,附近地表水不构成矿床的主要充水因素;②矿床地层较简单,构造形态复杂,局部新生界盖层较厚,岩石风化作用较弱,多为半坚硬岩石,局部有软弱夹层存在,在构造破碎带或碎裂岩石区以及局部软弱夹层地段,易发生矿山工程地质问题;③矿区内不存在形成大的泥石流及滑坡的条件;地下水水质良好,无重大污染源;矿区内处于低放射性环境,大部分出露岩体和钻孔岩心放射性值都低于30 μR/h,一般不会对当地环境造成放射污染。

(2)对矿山开采的建议:①露天采场首采段临河边坡应注意保护,防止洪水及春季冰雪融水向矿坑侧渗和涌入;雨季时应防止沟谷汇水及山洪淹没矿坑;②选矿厂废液是地表水及地下水受污染的主要来源,应采取措施,输送至远离水源地后处理;③露天采场边坡应重视局部构造破碎带的影响;④矿山建设前,应进行矿山建设用地地质灾害危险性评估。

参考文献:

[1] 李永峰,毛景文,胡华斌,等. 东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其地球动力学背景[J]. 矿床地质,2005, 24(3):292-304.

[2] 武大志,阴良魁. 煤矿安全生产数据采集渠道的因素分析及对策研究[J]. 中国矿业,2007,16(7):88-90.

[3] 聂风军,李香资,李超,等. 内蒙古兴和县曹四夭特大型钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及地质意义[J]. 地质论评,2013, 59(1):175-181.

[4] 苗阶,刘帅,刘超. 模糊数学在预测大孤山铁矿深部涌水量中的应用[J]. 地质找矿论丛,2014, 29(2):295-298.

[5] 魏振伟,王永丽,张钧直,等. 内蒙古兴和县曹四夭超大型钼矿床物质组成及选矿新工艺研究[J]. 中国钼业,2014,38(3):18-27.

[6] 徐庆华. 黑龙江争光金矿水文地质特征浅析[J]. 地质找矿论丛,2014,29(2):299-304.

[7] 李水如,魏俊浩,林建辉. 广西铝土矿地质特征及勘查开发的思考[J]. 中国矿业,2007,16(11):75-78.

[8] 何伟民. 矿山常见地质灾害类型及治理对策[J]. 地质灾害与环境保护,2014,25(3):30-34.

[9] 张青宇,沈军辉,陈汶志. 三峡库区某变倾角顺层滑坡形成演化过程及其稳定性[J]. 地质灾害与环境保护,2014,9 25(1):94-97.

[10] 彭松民,崔蓓蕾,张坤,等. 东秦岭竹园沟钼矿床次生晕异常特征及其找矿意义[J]. 中国钼业,2014,38(2):11-15.

[11] 唐亚明,薛强,毕俊攀,等. 陕北黄土崩塌灾害风险评价指标体系构建[J]. 地质通报,2012,31(6):979-988.

(1)矿区工程地质条件综评。①矿床所处地形

Engineering geological condition of Caosiyao molybdenum deposit and the influences on exploitation

HAN Jiangang¹, QUAN Zhixin², DING Junzhao², YUAN Zheng², ZHANG Hao², FU Zhiguo²

(1. Inner Mongolia Institute of Geological Survey, Hohhot 450001, China;

2. No. 2 Geo-exploration Institute Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou 461000, China)

Abstract: Caosiyao molybdenum deposit is hosted by the basement strata-the Archean medium-strong metamorphic rock series of leptite and granulite in Huangtuyao formation of Jining-Huangtuyao group. The saturated and compressive strength of the host is 10.56-106.02 MPa belonging to weak-hard rocks which are conducive to mining but unfavorable to support. The rocks and ore body are generally medium-stable but partially weak. The engineering geological exploration belongs to the third kind of type one. In the future mining, more attention should be paid to the weak intercalation, especially in structurally fractured zone and cataclastic area where engineering geological problems are easily to happen in tunnel and mining works.

Key Words: Caosiyao molybdenum deposit; water filling in deposit; engineering geological exploration type; compressive strength; mine exploitation; Inner Mongolia