

编号: 0258-7106(2011)03-0457-12

河南大别山北麓千鹅冲特大隐伏斑岩型钼矿床地质特征及成矿时代*

李法岭^{1,2}

(1 河南省地矿局第三地质调查队, 河南 信阳 464000; 2 河南省地质调查院, 河南 郑州 450007)

摘要 千鹅冲钼矿是在以往铅锌矿、铜矿找矿的基础上, 近期在大别山北麓发现的特大隐伏斑岩型钼矿床。矿体赋存于泥盆系南湾组中, 主要受隐伏岩体和构造控制, 控矿岩体以富硅、富碱、过铝型以及钾含量高于钠为特征, 岩体与围岩接触变质作用不发育。矿床成矿方式以充填作用为主, 辉钼矿化主要呈浸染状、细脉状、网脉状产出, 有经济意义的矿化有3个阶段。常见的围岩蚀变有硅化、钾长石化、黄铁矿化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、方解石化、磁铁矿化等。选取了主成矿阶段的4件石英细脉型辉钼矿矿石样品进行了Re-Os同位素定年, 获得等时线年龄为 (128.7 ± 7.3) Ma, 模式年龄加权平均为 (127.82 ± 0.87) Ma, 这一年龄与穿插于钼矿体中的花岗斑岩脉年龄 (128.8 ± 2.6) Ma)很接近, 可以界定千鹅冲钼矿床形成时间为早白垩世。

关键词 地质学; 隐伏斑岩型钼矿; 成矿方式; 控矿因素; Re-Os同位素年龄; 千鹅冲; 河南

中图分类号: P618.65

文献标志码: A

Geological characteristics and metallogenic epoch of Qianechong large-size porphyry Mo deposit at the northern foot of Dabie Mountains, Henan Province

LI FaLing^{1,2}

(1 No. 3 Geological Survey Party, Henan Bureau of Geology and Mineral Resources, Xinyang 464000, Henan, China;
2 Henan Institute of geological Survey, Zhengzhou 450007, Henan, China)

Abstract

The Qianechong Mo deposit located in Guangshan County of Henan Province is a superlarge concealed porphyry Mo deposit newly discovered at the northern foot of the Dabie Mountain on the basis of previous prospecting for Pb-Zn and Cu deposits. Ore bodies occur in Devonian Nanwan Formation and are controlled by concealed intrusive bodies and structures. The ore-controlling rock is characterized by rich silica and abundant alkali with high K/Na ratios and aluminum content, and contact metamorphism is not well developed between the rock body and the wall rock. Filling mineralization is dominant in the ore deposit. The main molybdenitized mineralizations include disseminations, veinlets and stockworks, and mineralizations of economical significance can be divided into three stages. The usual alteration types of wall rocks comprise silicification, potassic alteration, pyritization, sericitization, epidotization, chloritization, calcilization and magnetitization. Four veinlet types of quartz Mo-bearing rock samples of the main ore-forming period were selected for Re-Os isotope dating, which yielded the isochron age of (128.7 ± 7.3) Ma and the weighted average model age of (127.82 ± 0.87) Ma, which are consistent with the age (128.8 ± 2.6) Ma of the granitic porphyry dike in the Mo deposit, suggesting

* 本文得到河南九州丰源资源有限公司“河南省光山县千鹅冲(钼)矿地质详查”项目资助

作者简介 李法岭,男,1964年生,教授级高级工程师,主要从事矿产勘查与研究工作。

收稿日期 2010-03-25; 改回日期 2011-02-14。张绮玲编辑。

that the ore deposit was formed in Early Cretaceous.

Key words: geology, concealed porphyry Mo deposit, ore-forming style, ore-controlling factors, Re-Os isotope age, Qianechong, Henan Province

近几年来,在大别山北麓陆续发现了一批钼矿床,千鹅冲钼矿床就是其中之一。千鹅冲一带的地质找矿工作始于上世纪70年代,80年代后期至90年代初进一步在千鹅冲西北部、南部开展了铅锌矿、铜矿、银矿的找矿工作,但均没有大的突破;2006年以后,根据与岩浆岩有关的矿床成矿系列理论,河南省第三地质调查队选择千鹅冲南部地表具钼矿化的构造蚀变带开展钼矿勘查,逐步在岩体上部的围岩中发现了全岩矿化。本文通过对千鹅冲钼矿床地质特征的初步总结,探讨了该区钼矿化富集的必然性,选取主成矿阶段的辉钼矿样品进行了Re-Os同位素定年,获得了成矿时代,希望能够提高对千鹅冲钼矿床的认识及有利于矿区周边的找矿工作。

1 地质背景及矿区地质

千鹅冲钼矿床位于桐柏-大别山造山带的东部,桐(柏)商(城)断裂带北侧的南秦岭变形带之中(图1),属东秦岭-大别山钼成矿带东段西北成矿亚带(罗铭玖等,1991),周边同受桐-商断裂控制的还有肖畹、宝安寨钼矿床和杜家畹、栈板堰、晏湾、枫响山多金属矿床(点)。区域构造格架大致表现为近东西向与南北向2组构造所形成的格子状构造体系,主体断裂对区内地层、岩浆岩、矿产分布起着重要的控制作用(马宏卫,2008)。

矿区地层主要为泥盆系南湾组和震旦系-下奥陶统肖家庙岩组。其中,肖家庙岩组仅见第三岩段,为二云斜长片岩、绿帘斜长角闪片岩等,原岩为变中基性-酸性火山岩;南湾组是矿区的主要赋矿地层,赋矿岩石为黑云斜长石英片岩、绿帘黑云石英片岩、绿帘二云石英片岩和绿帘黑云片岩等变沉积碎屑岩,这些岩石的矿物粒(片)径细小,较为致密,脆性强,钼矿化对围岩的岩性没有明显的选择性。区内断裂构造发育,区域性桐(柏)商(城)断裂带呈北西西向从矿区南部穿过,总体倾角 $50\sim 80^\circ$,出露宽度 $150\sim 300\text{ m}$,沿断裂带形成糜棱岩化及片理化带,其中岩石破碎、劈理发育,波及范围达数百米至千余米。另外,区内还发育次级张性、张扭性断裂构造,长 $300\sim 2\ 000\text{ m}$,近东西向和近南北向断裂规模较

大。脆性断裂是矿区浅部铜、铅锌、银、钼等脉状矿体的主要控矿构造(图1)。矿区地表无大的岩体出露,主要发育闪长玢岩脉、煌斑岩脉、花岗斑岩脉、石英斑岩脉等,它们与多金属矿化无关。经钻探验证,在主矿体下部存在隐伏岩体,由含黑云母花岗斑岩、花岗斑岩、含黑云母二长花岗岩等组成,与钼矿关系密切。主要造岩矿物为斜长石、正长石、石英、黑云母等,约占98%,金属矿物零散分布,主要有黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿及少量的黄铜矿、方铅矿、辉钼矿等,含量 $1\%\sim 2\%$ 。

千鹅冲隐伏岩体赋存于矿区中南部,仅在部分钻孔内有揭露,控制的隐伏岩体面积约 0.26 km^2 。已知顶部标高为 $-512.71\sim -751.29\text{ m}$,岩体呈起伏状与围岩侵入接触,局部有震碎现象。该岩体被认为是矿区钼矿的成矿母岩,其与围岩接触带可见强弱不等的钾长石化、硅化、绢云母化和黄铁矿化,并伴生钼矿化,但矿化强度弱于上部围岩。岩石化学特征(表1)表明,千鹅冲隐伏花岗斑岩与中国花岗岩平均化学成分(史长义等,2008)相比, SiO_2 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 、 FeO 、 MgO 、 P_2O_5 含量较高,而其他氧化物含量稍低;另与本区周边肖畹、宝安寨等控矿岩体的化学成分相比,其主要特征与宝安寨基本一致。隐伏岩体全碱 $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 为8.38%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值为1.33, NK/A (碱铝比值)为 $0.76\sim 0.84$,属钙碱性类; A/CNK (铝饱和系数) $0.94\sim 1.27$,属过铝型; ϕ (里特曼指数)为 $2.02\sim 3.16$,属于钙碱性系列岩石。 AR (碱度率)为3.60。岩体中的标准矿物 $Q/(Q + \text{An} + \text{Ab} + \text{Or}) - \text{An}/(\text{Ab} + \text{Or})$ 图解(图2)显示,大部分样品投影在正长花岗岩范围内;在A型花岗岩与钙碱性花岗岩判别图解中(图3),岩石样品投影点落于A型花岗岩一侧。

2 矿床特征

2.1 矿体的空间分布

矿区分布有铜、钼、铅锌、银等矿体,主要赋存于桐-商断裂北侧的泥盆系南湾组中。以隐伏岩体为中心,北部铅(银)矿体受北北西向断裂构造控制,东部铜矿体主要产于九架岭一带近东西向断裂构造

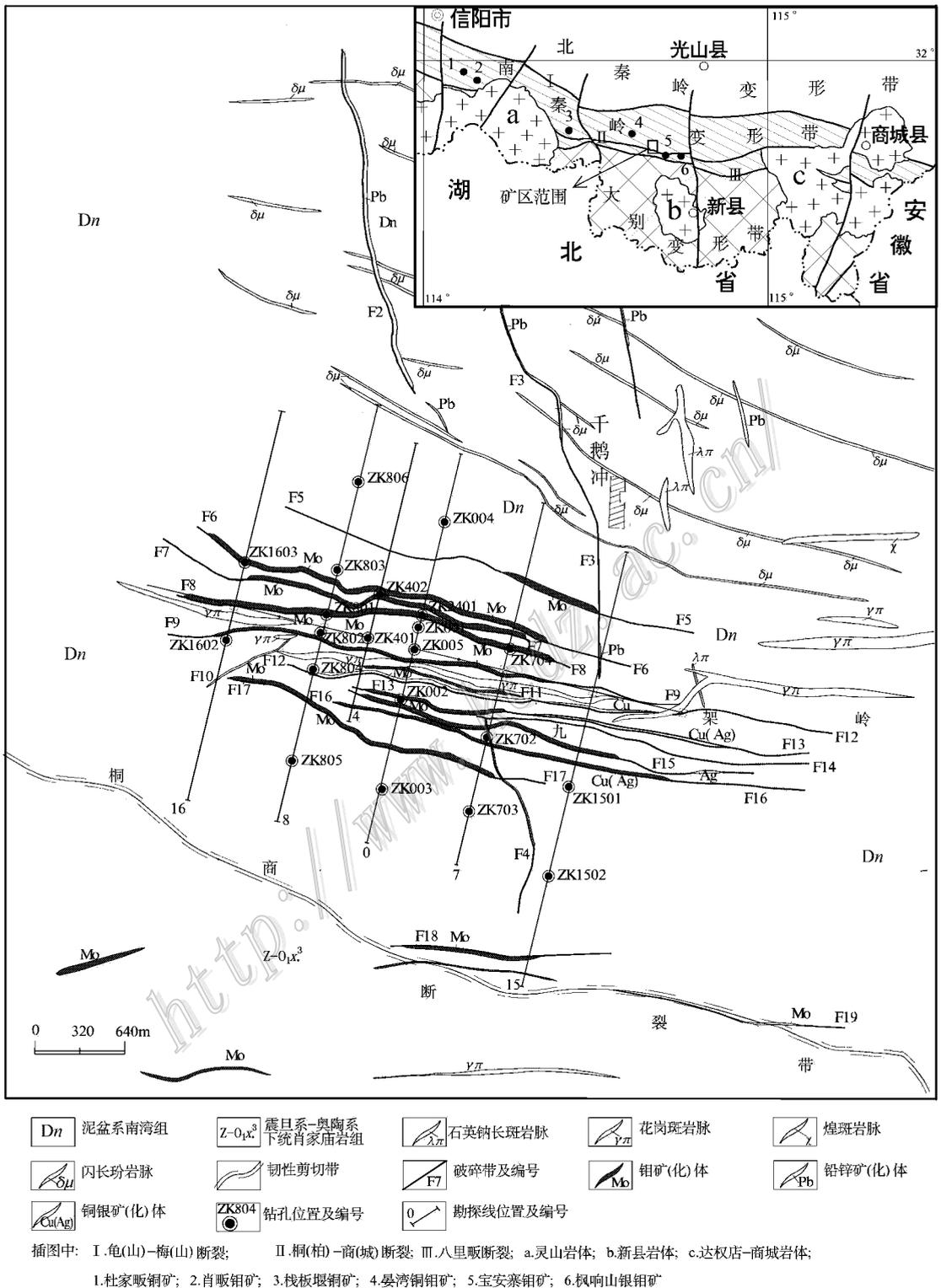


图 1 千鹅冲钼矿区地质图(据河南省地调三队 2009)

Fig. 1 Geological map of the Qianechong Mo deposit (after No. 3 Geological Survey Party, Henan Bureau of Geology and Mineral Exploitation, 2009)

表 1 千鹅冲矿区岩体(脉)主量元素特征表
Table 1 Features of major elements in the Qianchong ore deposit

组分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	HQ-4	QF-1	QF-2	QF-3	QF-4	QF-5	XY-15	XY-18	肖畈	宝山寨
	二长花岗岩	二长花岗岩	二长花岗岩	二长花岗岩	花岗斑岩	花岗斑岩	花岗斑岩	花岗斑岩脉	花岗斑岩脉	花岗斑岩
SiO ₂	68.26	71.82	73.34	71.94	72.04	72.18	73.67	74.93	74.48	71.56
TiO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.241	0.17	0.13	0.24
Al ₂ O ₃	14.8	13.6	12.5	13	14.2	13.9	14.3	14.02	12.06	14.63
Fe ₂ O ₃	2.58	0.81	0.21	0.091	0.21	0.84	1.4	0.787	1.54	0.787
FeO	1.28	2.6	3.05	2.35	1.52	1.5	0.233	0.233	0.78	0.753
MnO	0.056	0.052	0.056	0.055	0.022	0.055	0.021	0.03	0.03	0.049
MgO	0.61	0.49	0.73	0.73	0.85	0.73	0.365	0.22	0.30	0.384
CaO	1.21	0.94	0.81	1.61	1.48	1.48	0.225	0.622	0.35	1.24
K ₂ O	4.95	4.62	4.39	4.6	4.84	4.98	4.88	4.98	6.41	4.96
Na ₂ O	3.99	3.71	3.44	3.59	3.78	3.43	3.38	3.46	2.82	3.64
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.14	0.08	0.56	0.44	0.079	0.046	0.13	0.079
烧矢量	1.62	0.45	0.55	1.25	0.53	1.19				
总和	99.666	99.412	99.416	99.496	100.182	100.875	98.794	99.498	99.03	98.32
K ₂ O+Na ₂ O	8.94	8.33	7.83	8.19	8.62	8.41	8.26	8.44	9.32	8.60
K ₂ O/Na ₂ O*	1.24	1.25	1.28	1.28	1.28	1.45	1.44	1.44	2.27	1.36
A/CNK*	1.05	1.06	1.05	0.94	1.00	1.01	1.27	1.15	0.97	1.07
ANK*	1.24	1.22	1.20	1.19	1.24	1.26	1.32	1.27	1.04	1.29
NK/A*	0.81	0.82	0.83	0.84	0.81	0.79	0.76	0.79	0.96	0.78
AR*	3.53	3.68	3.86	3.55	3.44	3.41	3.64	3.72	6.81	3.37
σ*	3.16	2.41	2.02	2.32	2.56	2.42	2.22	2.23	2.71	2.59

注:XY-15 为地表样品,XY-18 为钻孔样品。* 单位为 1。

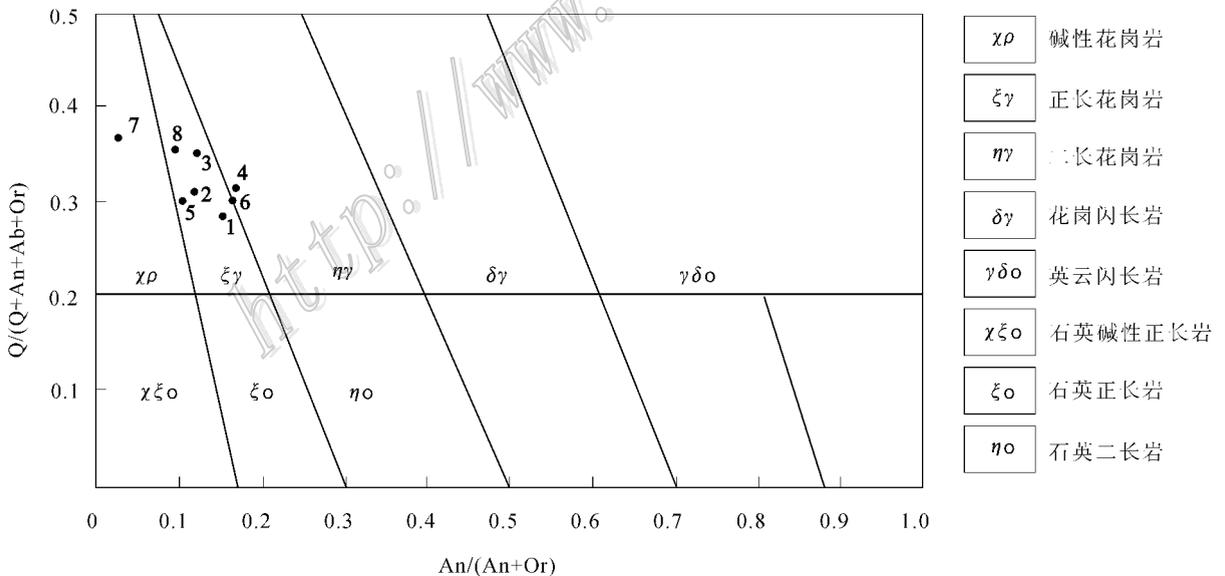


图 2 千鹅冲隐伏岩体的标准矿物 $Q/(Q+An+Ab+Or)-An/(Ab+Or)$ 图解(据 Streckeisen et al., 1979)

Fig. 2 Discrimination diagram of $Q/(Q+An+Ab+Or)-An/(Ab+Or)$ of the concealed rock body in the Qianchong ore deposit (after Streckeisen et al., 1979)

带内,局部形成有银矿体,钼矿主体呈隐伏状赋存于岩体上部(图 4)地表的脉状钼矿体大多沿千鹅冲南部近东西向断裂构造带出露,向东与铜矿体相叠加。

不同矿体和隐伏斑岩体间具有一定成生联系,且钼与铅锌银(铜)之间可互相做为找矿依据(李厚民等, 2008;毛景文等, 2009)。本区除钼矿体之外,其他的

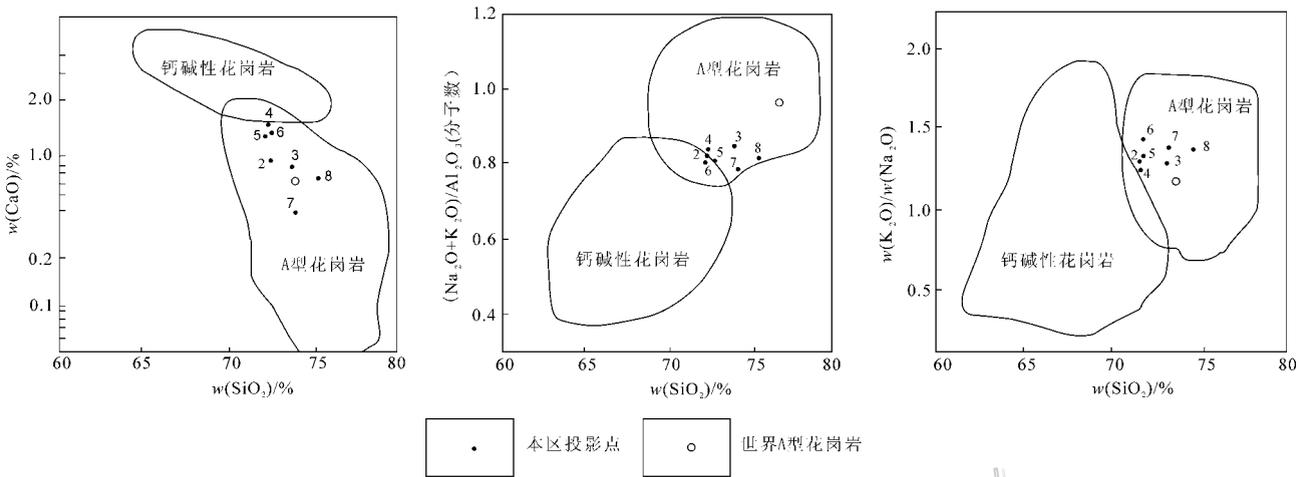


图 3 A 型花岗岩与钙碱性花岗岩判别图解(据邓晋福等 2004)

Fig. 3 Discrimination diagram of Type A granite and calc-alkaline granite (after Deng et al., 2004)

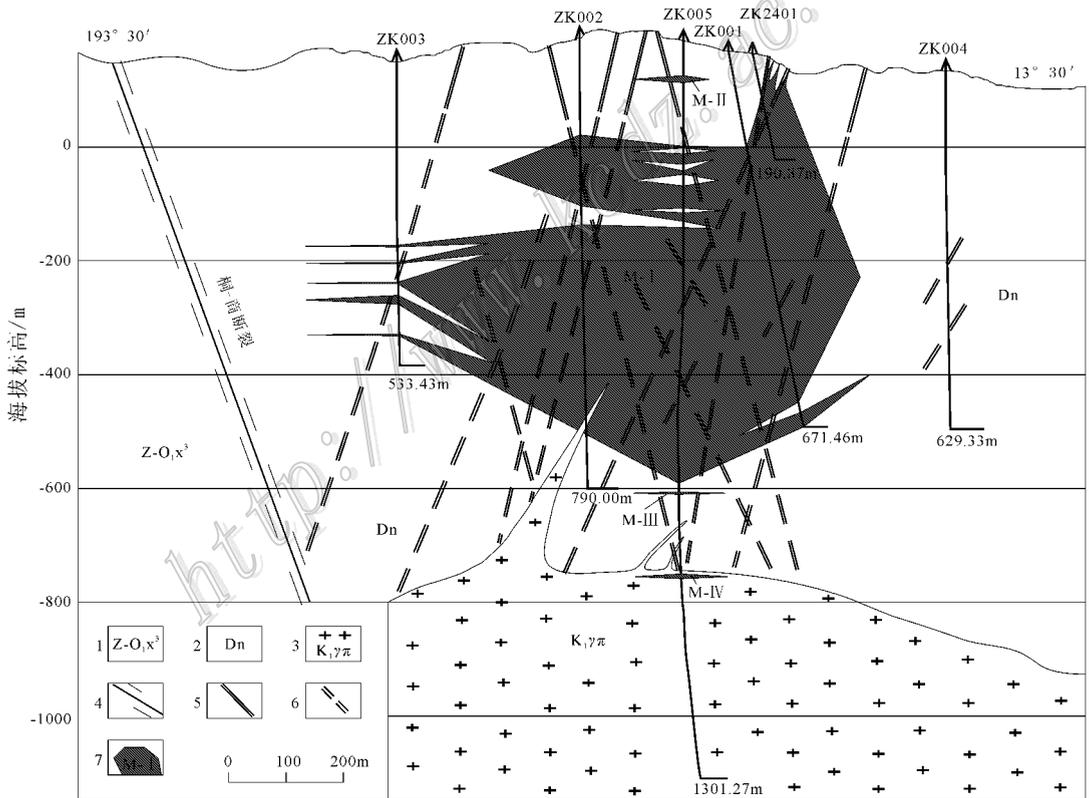


图 4 断裂-隐伏岩体-钼矿体关系示意图(干鹅冲矿区 0 线)

1—震旦系-奥陶系下统肖家庙岩组变中性-酸性火山岩；2—泥盆系南湾组变沉积碎屑岩；3—早白垩世花岗岩斑岩；4—桐(柏)商(城)断裂；5—实测断裂；6—推测断裂；7—钼矿体及编号

Fig. 4 Geological sketch map for the relationship of fissures, concealed rock bodies and Mo ore bodies

1—Intermediate basic-acid volcanic rock of Sinian-Lower Ordovician Xiaojiamiao Formation；2—Sedimentary clastic rock of Devonian Nanwan Formation；3—Early Cretaceous granite porphyry；4—Tongbai-Shangcheng fault；5—Measured fault；6—Inferred fault；7—Mo ore body and its serial number

矿体规模较小。

2.2 钼矿化及钼矿体特征

本区钼矿化普遍,分布于自隐伏岩体顶部向上至地表近千米的范围内。岩体顶部及内外接触带的钼矿化较弱,辉钼矿多为星散状,局部沿裂隙面呈薄膜状产出,少数工程中圈出小规模钼矿体;向上各种含辉钼矿脉体逐渐增多并相互截切,钼矿化增强,大致在-600~50 m 标高范围内可圈出面状矿化的厚大矿体;再向上至地表,钼矿化则趋于减弱,所圈出的钼矿体规模小而贫。

区内圈出的主要钼矿体为 M-I,其资源量占全区的95%以上。钼矿体地表沿蚀变构造带呈脉状分布,向深部逐渐复合,构成一个厚大的似透镜状体,边部常出现分枝并逐渐尖灭,与围岩间无明显界限。M-I 矿体东西长约1600 m,南北宽430~1020 m,长轴方向约130°。工业矿体多分布于0~-500 m 标高范围内,钻孔见矿最大厚度766.26 m,平均厚度332.38 m,矿体钼品位0.03%~1.09%,矿体中部品位高,顶、底部及边部逐渐变贫。

2.3 矿石特征及类型

矿石中金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、赤铁矿,次为磁黄铁矿、金红石、斑铜矿、脆硫锑铅矿等;金属矿物占矿物总量的1%~5%,局部富集,含量可达20%以上。脉石矿物总量85%~98%,以石英、绿帘石、钾长石、黑云母、绿泥石、斜长石、绢云母为主,方解石、萤石、角闪石次之。矿石的矿物组分较简单。

矿石按赋矿岩石可划分为蚀变片岩型矿石和花岗斑岩型矿石。蚀变片岩型矿石是本区钼矿体的主要矿石类型,是由黑云绿帘石英片岩等经热液蚀变而形成的,常具浸染状、细脉-网脉状构造(照片1、2、3、4);花岗斑岩型矿石仅在岩体的内接触带附近零星分布,为花岗斑岩蚀变矿化而形成(照片6),辉钼矿呈稀疏浸染状、细脉状分布,矿石与花岗斑岩无明显界线。按矿石的结构、构造特征划分为浸染状、细脉网脉状、角砾状矿石。浸染状矿石辉钼矿、黄铁矿等金属硫化物以自形-半自形镶嵌分布于石英、钾长石及其他蚀变矿物粒间(照片1);细脉-网脉状矿石为不同期次含金属矿物的钾长石-石英脉、石英脉、方解石-石英脉充填于构造带两侧的节理和裂隙形成的矿石(照片3、4)。角砾状矿石为构造带内原岩或早期形成的矿石破碎成角砾,被石英、碳酸盐、岩粉及金属矿物胶结后形成(照片5)。

显微镜下常见的矿石结构为鳞片(粒)状结晶结构(表现为辉钼矿、黄铜矿多呈他形、半自形晶产出,照片7)熔蚀交代结构(即早生成的矿物被后生成的矿物交代熔蚀,照片8)压碎结构(常见金属矿物在受力作用下产生裂隙、破碎,照片9)固溶体出溶结构(在闪锌矿中多有黄铜矿呈乳浊状出溶物包裹于前者之中,照片10)填隙结构(即他形粒状黄铁矿、黄铜矿集合体填隙在透明矿物或磁铁矿颗粒之间,照片11)脉状穿插结构(早期形成的矿物如黄铁矿破碎后,被较晚生成的硫化物脉体穿插,照片12)。矿石构造常见浸染状构造、脉状构造、角砾状构造、块状构造。

2.4 围岩蚀变、成矿方式及钼矿化

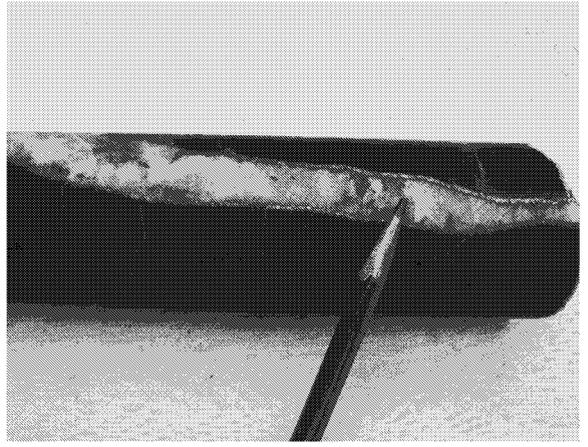
常见的围岩蚀变有硅化、钾长石化、黄铁矿化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、方解石化、磁铁矿化等,多叠加出现。矿床不同部位的蚀变类型及其发育程度、钼矿化强度也因为成矿方式的不同而存在以下2种情形。

其一,本区断裂构造带内成矿方式以充填和交代两种形式并存,各种蚀变也仅限于带内及两边的围岩。其中,钾长石化呈团块状或脉状沿构造带分布,可与早期硅化共同对两侧围岩和角砾等进行交代,伴有磁铁矿、黄铁矿、辉钼矿等;后期的硅化与绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、方解石化等沿断裂构造带也十分发育,常见的金属矿物有黄铁矿、辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。带内辉钼矿呈星散状、脉状、不规则集合体状,分布不均匀,但是,其中钼含量相对较高。

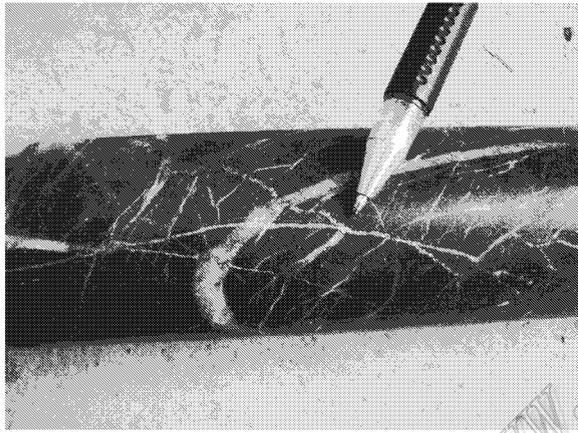
其二,在断裂构造带之间的片岩中,因应力作用派生有大量的节理、裂隙,成矿方式以充填为主,交代作用微弱,主要蚀变脉体(细脉)呈面状分布。由于矿体的厚度巨大,空间上随标高不同,各种蚀变脉体分布及发育程度也不一样。钾长石化主要分布于自隐伏岩体向上至钼矿体的中上部,形成钾长石脉、石英-钾长石脉,伴有黄铁矿化、有弱的磁铁矿化及辉钼矿化,硅化最为普遍,从岩体顶部至矿体的上部均较为发育,形成石英脉或含钾长石或绿帘石的石英脉,伴随明显的辉钼矿化、黄铁矿化;绢云母化多分布于钼矿体中上部的构造蚀变带内,在一些辉钼矿-石英细脉和网脉两侧也可见到,伴有黄铁矿化、辉钼矿化、黄铜矿化、磁黄铁矿化等;绿泥石(绿帘石)碳酸盐化主要出现在钼矿体的中部、上部,伴有绢云母化和硅化,形成方解石-石英脉、绿泥石(绿帘



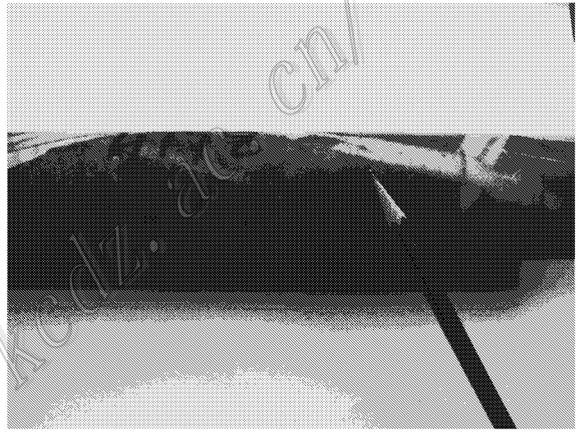
照片1 浸染状构造



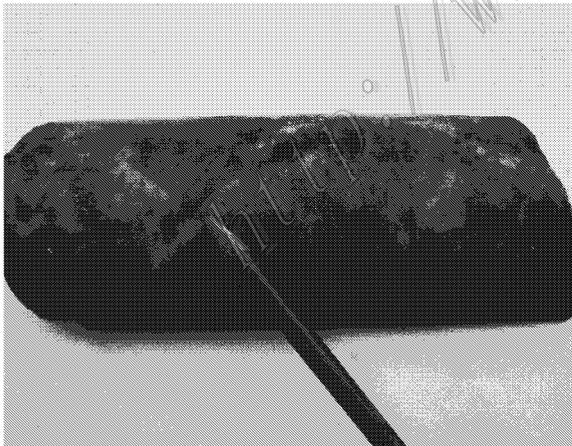
照片2 脉状钼矿石



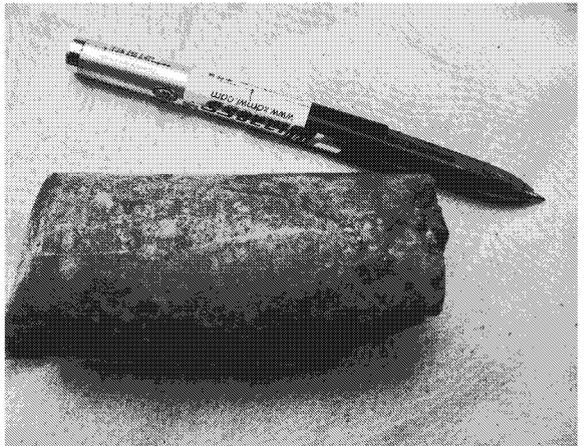
照片3 网脉状钼矿石



照片4 网脉状钼矿石



照片5 角砾状钼矿石



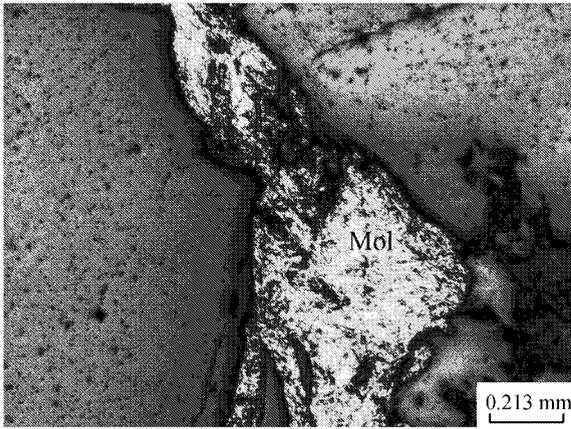
照片6 花岗岩型钼矿石

石)石英脉等,伴有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等硫化物,辉钼矿化相对较弱。单纯方解石化见于矿体中部和上部,是成矿后期的产物,方解石脉中基本不含硫化物。

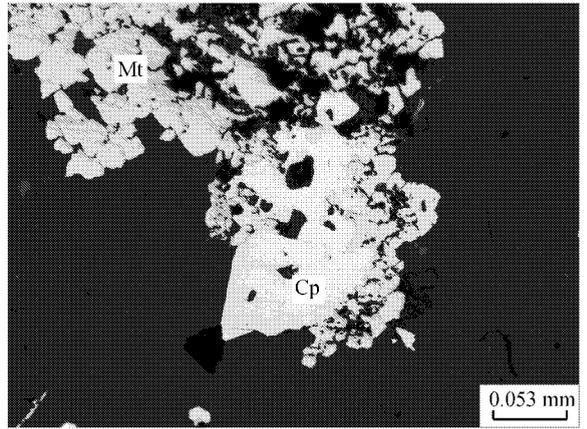
2.5 矿物共生组合及生成顺序

2.5.1 矿物共生组合

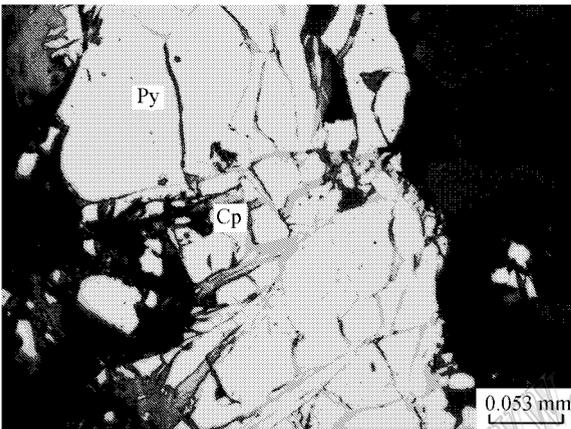
根据区内实地观察研究,光、薄片鉴定资料,并结合钼矿石选矿试验的成果,矿石的主要矿物组合为:① 钾长石-石英-磁铁矿-黄铁矿-辉钼矿;② 石英-钾长石(绿帘石)-辉钼矿-黄铁矿;③ 方解石-石英-辉钼矿;④ 方解石-石英-闪锌矿-方铅矿-黄铁矿(黄铜矿)-辉钼矿。



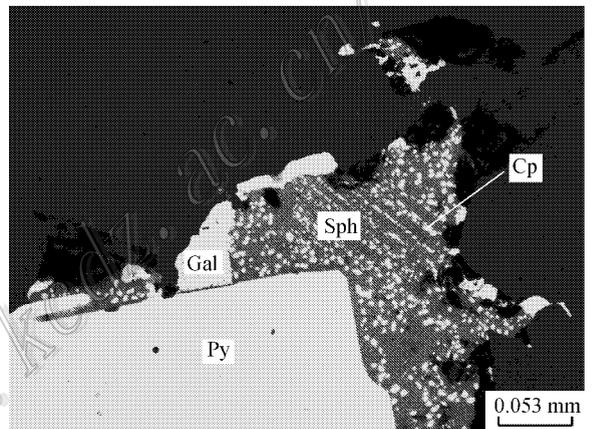
照片7 鳞片(粒)状结晶结构(ZK002-G7-1)
MoI—辉钼矿



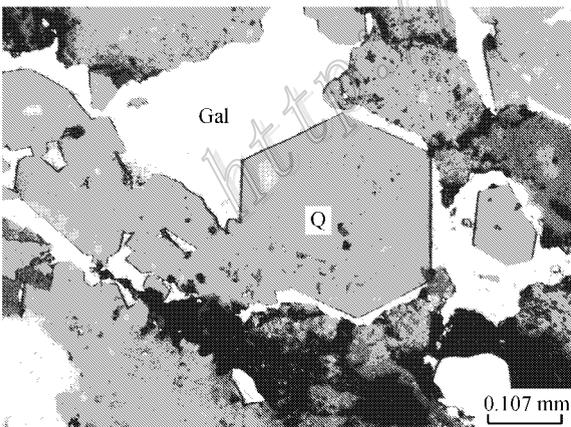
照片8 交代结构(ZK402-G1-5)
Mt—磁铁矿; Cp—黄铜矿



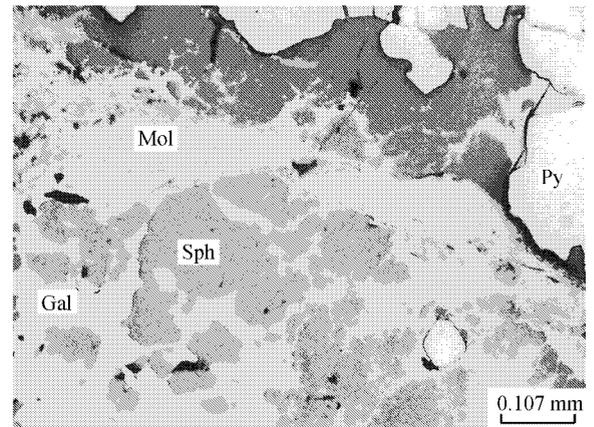
照片9 压碎结构(ZK002-G11-1)
Py—黄铁矿; Cp—黄铜矿



照片10 固溶体出溶结构(ZK002-G1-5)
Gal—方铅矿; Sph—闪锌矿; Cp—黄铜矿; Py—黄铁矿



照片11 填隙结构(ZK401-G3-7)
Gal—方铅矿; Q—石英



照片12 较晚期的束状辉钼矿细脉(ZK401-G3-6)
MoI—辉钼矿; Gal—方铅矿; Sph—闪锌矿; Py—黄铁矿

这4种矿物组合均见于细脉、网脉状矿石及浸染状矿石中,但后一种矿物组合在构造蚀变带中更为集中。

2.5.2 矿物生成顺序与成矿阶段

根据矿石矿物的结晶特点,矿物间的交代、穿插、溶蚀等结构特征及不同脉体的截切关系,将成矿过程分为6个阶段。各成矿阶段主要金属矿物生成顺序大致为:磁铁矿、金红石→赤铁矿→黄铁矿 I →

辉钼矿→黄铁矿Ⅱ→黄铜矿、闪锌矿、斑铜矿、磁黄铁矿→方铅矿、脆硫锑铅矿,详见表 2。

(1) 石英-钾长石阶段:在岩体顶部形成不均匀的面状硅化、钾长石化蚀变、浸染状黄铁矿化及星散状分布的辉钼矿,岩体上部片岩的裂隙中可见含辉钼矿的石英-钾长石(或花岗质)小脉体。这一阶段辉钼矿化很弱,矿物组分有石英、钾长石、斜长石、黑云母(绿泥石)、黄铁矿及少量的辉钼矿。

(2) 辉钼矿-磁铁矿-钾长石-石英阶段:主要是在上部围岩的破碎带及裂隙中形成含磁铁矿、黄铁矿、辉钼矿的钾长石-石英团块或脉体,其中,辉钼矿呈浸染状分布。脉体的矿物组分有石英、钾长石、磁铁矿、黄铁矿、辉钼矿及少量黄铜矿等,有时脉体中仅见石英、磁铁矿、辉钼矿。

(3) 辉钼矿-石英阶段:为主成矿阶段,在岩体上部以出现石英-黄铁矿-辉钼矿细脉为特征,辉钼矿呈小片状分布于脉体边部。岩体与围岩接触部位的局部裂隙面上辉钼矿呈薄膜状。片岩中,该阶段主要形成石英(黄铁矿)-辉钼矿细脉、网脉,其两侧可见有绢英岩化,辉钼矿在脉体中呈线状或集合体沿脉壁分布,局部为辉钼矿细脉。脉体中硫化物为辉钼矿、黄铁矿,脉石矿物以石英为主,次为钾长石、绿帘石、方解石。

(4) 钾长石(绿帘石)-石英阶段:该阶段在岩体顶部形成钾长石-石英团块,黄铁矿呈细粒浸染状或

集合体状,辉钼矿细小而分散,在上部围岩中常见钾长石(绿帘石)-石英脉体,其中的钾长石、石英粒度较大,绿帘石在局部含量较高,呈集合体状产出,脉体中硫化物为黄铁矿、辉钼矿,多呈浸染状,另可见少量磁铁矿等。

(5) 硫化物-方解石-石英阶段:为重要成矿阶段,形成一系列含硫化物的方解石-石英细脉充填于裂隙,切断早期形成的细脉,其中硫化物主要为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉钼矿等,脉石矿物为方解石、绿泥石、绿帘石、石英等,可见少量钾长石、萤石等。在构造蚀变带中方解石-石英-硫化物多以胶结物出现,在构造面上因挤压滑动辉钼矿可形成薄膜状镜面。

(6) 方解石阶段:形成方解石脉、石英-方解石脉,脉体的矿物组分有方解石、石英及少量滑石,含很少或不含硫化物。

本区的辉钼矿化主要形成于(2)(3)(4)三个阶段。

3 成矿时代

本次工作对 M-1 矿体分别在 ZK002 孔 300 m、532 m 处和 ZK402 孔 270 m、520 m 处采集了 4 个石英-辉钼矿细脉型矿石样品,辉钼矿 Re-Os 同位素年龄测定由国家地质实验测试中心 Re-Os 同位素年

表 2 千鹤冲矿区金属矿物生成顺序表

Table 2 Formation sequence of metallic minerals in the Qianchong ore deposit

成矿阶段 矿物成分	石英-钾长石 阶段	辉钼矿-磁铁矿-钾长石-石英阶段	辉钼矿-石英阶段	钾长石(绿帘石)-石英阶段	硫化物-方解石-石英阶段	方解石阶段
磁铁矿						
赤铁矿						
黄铁矿						
辉钼矿						
黄铜矿						
斑铜矿						
闪锌矿						
方铅矿						
磁黄铁矿						
脆硫锑铅矿						

表3 辉钼矿 Re-Os 同位素分析结果表

Table 3 Re-Os isotope analytical data for molybdenite

样号	m/g	$\alpha(\text{Re})(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$		$\alpha(\text{Os})(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$		$\alpha(^{187}\text{Re})(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$		$\alpha(^{187}\text{Os})(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$		模式年龄 t/Ma	
		测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度
ZK402-1	0.05005	15.46	0.11	0.0048	0.0054	9.714	0.071	20.69	0.17	127.7	1.7
ZK402-2	0.05156	18.14	0.14	0.0212	0.0163	11.40	0.09	24.26	0.21	127.6	1.8
ZK002-2	0.05043	18.57	0.14	0.2113	0.0280	11.67	0.09	24.92	0.22	128.0	1.8
ZK002-qec	0.05155	17.44	0.15	0.2592	0.0326	10.96	0.09	23.39	0.19	128.0	1.8

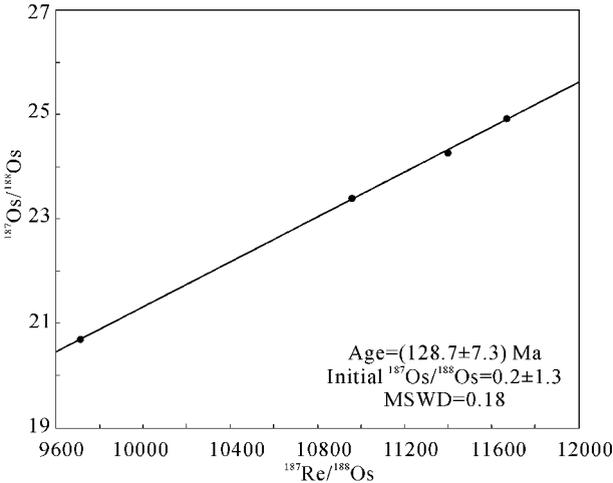


图5 千鹅冲钼矿石辉钼矿 Re-Os 同位素等时线年龄
Fig. 5 Re-Os isochron age for molybdenite from the Qianechong ore deposit

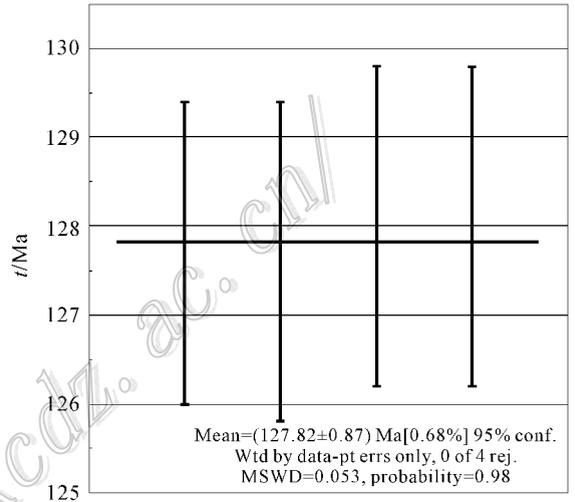


图6 千鹅冲钼矿石辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄加权平均年龄
Fig. 6 Weighted mean of the Re-Os isotope model age for molybdenite from the Qianechong ore deposit

表4 千鹅冲矿区花岗斑岩脉体 Pb 同位素分析结果及计算的初始值表

Table 4 Isotope analytical data and calculated preliminary data for Pb in granite porphyry rock of the Qianechong ore deposit

样号	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	模式年龄	φ	μ	Th/U	$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$	$(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$	$(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$
XY-18(钻孔)	16.477 ± 0.006	15.272 ± 0.001	37.439 ± 0.011	1185	0.691	9.12	4.37	16.348	15.266	37.033
XY-15(地表)	16.934 ± 0.006	15.318 ± 0.007	37.756 ± 0.015	906	0.659	9.11	4.23	16.638	15.304	37.197

代实验室屈文俊研究员完成。测试采用电感耦合等离子体质谱仪(TJA X-series ICP-MS),对测试数据用ISOPLLOT进行处理,获得等时线年龄为(128.7 ± 7.3) Ma,模式年龄加权平均值为(127.82 ± 0.87) Ma(表3,图5、图6)。另外,本次还对穿插于矿体中的花岗斑岩脉采了2个同位素锆石 U-Pb 年龄样品(表4),获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为(128.8 ± 2.6) Ma,它与 M-I 矿体主成矿期的成矿年龄基本一致,说明本矿床形成于早白垩世。这一年龄值与东秦岭

-大别地区存在的3个主要中酸性岩浆活动和钼成矿期的第三期(131 ~ 112 Ma)相当(Mao et al., 2008; 杨泽强等, 2007; 李永峰等, 2005)。

4 矿床控矿因素分析

4.1 断裂构造

千鹅冲钼矿床南距桐-商大断裂约0.5 km。在豫南地区,沿该断裂带两侧或与之交汇的北东向断

裂附近,自西向东还分布有多处钼或多金属矿床(点),说明桐-商断裂对这些矿床(点)的形成、分布起决定性作用。矿区次级北西西向、北北西向张扭性断裂发育,具有多期活动的特点,断裂之间的围岩中派生有杂乱而密集的节理、裂隙,这些断裂和裂隙绝大多数沉淀有辉钼矿,最终形成巨大的钼矿体(图4),而较晚形成的铜、铅锌矿体则主要赋存于脆性断裂带中;说明它们控制了成矿物质的分布,起着导矿、储矿作用。

4.2 隐伏岩体

岩体对矿床的控制首先表现在成矿专属性方面。与千鹅冲隐伏岩体有成因联系的是钼、铅锌(银)、铜(银)等有色金属矿产,这与东秦岭-大别地区中生代与岩浆活动有关的矿床成矿系列是基本一致的。在空间分布上,相关矿化与岩浆岩的关系十分密切,它们围绕侵入体大致形成矿化分带。钼矿体主要产于岩体上部外接触带的围岩一侧,向外,在矿区东南部九架岭一带及北部周庙则形成铜(银)、铅锌(银)等中低温热液矿体。

4.3 岩性

区内赋矿岩石为南湾组黑云斜长石英片岩、绿帘黑云石英片岩、绿帘二云石英片岩和绿帘黑云片岩等,普遍见变余泥质、粉砂状、砂状结构,片状、千枚状构造,组成岩石的矿物粒径细小,一般在0.02~0.1 mm,这些岩石总体较为致密,化学性质不活泼,不利于成矿物质的集中交代、运移。但是,它们脆性较强,受岩浆底劈作用、断裂构造活动及热流体穿插的影响,使岩石中产生大量的节理、裂隙,大大提高了岩石的通透性,对含矿热流体的迁移和聚积起了积极作用,最终使成矿物质以硫化物-石英(钾长石)细脉的形式得到保存。

5 几点认识

(1)千鹅冲钼矿位于桐(柏)-商(城)断裂带旁侧,呈隐伏状赋存于岩体外接触带的片岩中,其外围的北部、东部分布有铅锌(银)矿体和铜(银)矿体,它们围绕隐伏岩体大致形成了一个矿化分带。

(2)千鹅冲特大型钼矿是大别山北麓(河南段)迄今探明最大的钼矿床,矿化主要受下部隐伏岩体和断裂构造控制。控矿岩体以富硅、富碱、过铝型以及钾含量高于钠含量为特征,是钼矿床的成矿母岩,与同受桐(柏)-商(城)断裂控制的保安寨含钼岩体

的化学成分相似,矿区的断裂构造系统则起着导矿、储矿作用。

(3)本区成矿过程大致分为6个阶段,但主要的辉钼矿化发生在辉钼矿-磁铁矿-钾长石-石英阶段、辉钼矿-石英阶段和钾长石(绿帘石)-石英阶段。矿体围岩蚀变有硅化、钾长石化、黄铁矿化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、方解石化、磁铁矿化等,多叠加出现。矿体的不同部位成矿方式差异较大,断裂构造带内以充填和交代两种形式并存,在断裂构造带之间的片岩中,成矿方式以细脉充填为主,特别是在矿体中部,各期钼矿细脉相互交切、分布密集,构成富矿段。

(4)千鹅冲钼矿床形成于早白垩世。由矿床所处的构造位置、隐伏岩体特征、多金属矿化的分布等情况来看,本区成矿活动可大致归属于东秦岭-大别山地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列中早白垩世晚期与花岗岩有关的钼铅锌成矿亚系列。

References

- Deng J F, Luo Z H, Su S G, et al. 2004. Lithogenesis, tectonic setting and ore deposition [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-380 (in Chinese).
- Fu Z G, Jin Y H, Wu F and Zhou M. 2007. Geological characteristics of host rocks of 5 magma Mo deposits in East Qinling-Dabie [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 22, (4): 277-281 (in Chinese with English abstract).
- Li H M, Chen Y C, Ye H S, Wang D H, Guo B J and Li Y F. 2008. Metallogenic series of Mesozoic molybdenum (wolfram), gold, silver, lead and zinc deposits relative to magma action in East Qinling-Dabie orogenic belt [J]. Acta Geologica Sinica, 8(11): 1468-1477 (in Chinese with English abstract).
- Li Y F, Mao J W, Hu H B, Guo B J and Bai F J. 2005. Geology, distribution, types and tectonic settings of Mesozoic molybdenum deposits in East Qinling area [J]. Mineral Deposits, 24(3): 292-304 (in Chinese with English abstract).
- Luo M J, Zhang F M, Dong Q Y, Xu Y R, Li S M and Li K H. 1991. Chinese molybdenum deposits [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press. 1-452 (in Chinese).
- Ma H W. 2008. Geological traits of porphyry-type molybdenum (wolfram and copper) deposits in East Qinling-Dabie orogenic belt [J]. Geology and Exploration, 44(1): 50-54 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Xie G Q, Bierlein F, Qv W J, Du A D, Ye H S, Pirajno F, Li H M, Guo B J, Li Y F and Yang Z Q. 2008. Tectonic implications from Re-Os dating of Mesozoic molybdenum deposits in the

East Qinling-Dabie orogenic belt[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 72(18):4607-4626.

Mao J W, Ye H S, Wang R T, Dai J Z, Jian W, Xiang J F, Zhou K and Meng F. 2009. Mesozoic molybdenum, lead, zinc and wolfram multi-metal deposit model in East Qinlin and mineral exploration evaluation[J]. Geological Bulletin of China, 28(1): 72-79 (in Chinese with English abstract).

Shi C Y, Yan M C, Chi Q H. 2008. Chemical element abundance of Granide in China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-124(in Chinese).

Streckeisen A and Le Maitre R W. 1979. A chemical approximation of the model QAPE classification of the igneous rocks[J]. Neues Jahrbuch fur Mineralogie Abhandlungen, 136: 169-206.

Yang Z Q. 2007. Re-Os isotopic ages of Tangjiaping molybdenum deposit in Shangcheng County, Henan and their geological significance[J]. Mineral Deposits, 26(3): 289-295(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

邓晋福, 罗照华, 苏尚国, 等. 2004. 岩石成因、构造环境与成矿作用

[M]. 北京: 地质出版社. 1-380.

付治国, 靳拥护, 吴飞, 周明. 2007. 东秦岭—大别山5个特大型钼矿床的成矿母岩地质特征分析[J]. 地质找矿论丛, 22(4): 277-281.

李厚民, 陈毓川, 叶会寿, 王登红, 郭保健, 李永峰. 2008. 东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列[J]. 地质学报, 8(11): 1468-1477.

李永峰, 毛景文, 胡华斌, 郭保健, 白凤军. 2005. 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, 24(3): 292-304.

罗铭玖, 张辅民, 董群英, 许永仁, 黎世美, 李昆华. 1991. 中国钼矿床[M]. 郑州: 河南科学技术出版社. 1-452.

马宏卫. 2008. 东秦岭大别山段斑岩型钼(钨、铜)矿床地质特征[J]. 地质与勘探, 44(1): 50-54.

毛景文, 叶会寿, 王瑞廷, 代军治, 简伟, 向君峰, 周珂, 孟芳. 2009. 东秦岭中生代钼铅锌银多金属矿床模型及其找矿评价[J]. 地质通报, 28(1): 72-79.

史长义, 鄢明才, 迟清华. 2008. 中国花岗岩类化学元素丰度[M]. 北京: 地质出版社. 1-124.

杨泽强. 2007. 河南商城县汤家坪钼矿辉钼矿-钼同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质, 26(3): 289-295.

<http://www.kcdz.com/>