

甘肃省野牛滩矿田的成矿模式研究

李大民¹⁾, 梁积伟²⁾, 孙永君¹⁾

1) 甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘查院, 甘肃酒泉, 735000;

2) 长安大学地球科学与资源学院, 西安, 710054

内容提要:自20世纪60年代以来,在甘肃省野牛滩一带陆续发现了塔儿沟钨矿、清河铁矿、刃岗沟铁矿以及石硐沟银多金属等矿床,构成野牛滩矿田。文章从矿田的地质背景入手,通过对野牛滩岩体及矿田内各矿床的特征分析,在总结各矿床控矿因素、成矿作用、成因类型和分析矿质来源的基础上,总结出野牛滩矿田的成矿模式。结果表明,各矿床主要受岩体、地层及断裂构造等因素控制,野牛滩岩体是主控因素,是主要成矿作用的引擎和热动力。野牛滩矿田的形成主要经历了两个大的阶段:第一阶段是在古元古代裂陷环境和早古生代板块活动边缘环境中,通过两次不同时期的火山-沉积成矿作用,形成了矿田内主要的矿源层及矿质的局部富集;第二阶段是晚奥陶世,处在岛弧环境下的矿田区域发生了壳熔型岩浆侵入(459.6~441.97Ma)活动,在岩浆作用下,于岩体接触带相继发生了早期的热液交代成矿作用和晚期结晶充填成矿作用。第二阶段是矿田形成的主要阶段,造就了矿田内各矿床的主体。

关键词:成矿模式;成矿作用;矿质来源;野牛滩矿田;甘肃省

作为含矿的甘肃省野牛滩岩体,很早就被人们所关注。20世纪60年代,在其接触带上发现了中国北方最大的钨矿床——塔儿沟钨矿。随后,在其北东侧接触带上相继发现了两个小型铁矿床:清河铁矿和刃岗沟铁矿。近几年,随着地质工作的深入,又一个大型矿床——石硐沟银多金属矿在它的外接触带上被发现。这一系列找矿成果,使本区形成了以野牛滩岩体为核心,集稀有、有色及黑色金属矿为一体的多金属矿田。同时,也引起地学界的关注。邹治平等^①(1988)最早从成矿元素的生、迁、聚、淀等方面,阐述了塔儿沟钨矿的特征;张作衡等(1998、2002)、毛景文等(2000)进一步对塔儿沟钨矿的成矿流体、稳定同位素以及野牛滩岩体的特征进行了详细研究;白仲吾等(2005)在总结石硐沟银多金属矿床地质特征的基础上,对找矿前景进行了分析。本文通过对野牛滩矿田的大地构造背景、岩体特征以及各矿床的控矿因素、成矿作用、成因类型和成矿物质来源等分析,从矿田角度,提出了野牛滩矿田(塔儿沟钨矿、清河铁矿、刃岗沟铁矿和石硐沟银多金属矿等诸矿床)的形成及演化的地球动力学模式。这

对深化祁连山大地构造演化和成矿作用的认识,总结区域成矿规律,指导成矿预测和找矿勘查,具有一定的理论和现实意义。

1 区域地质背景

隶属于甘肃省肃北蒙古族自治县的野牛滩矿田,位于祁连山腹地托勒山西段南麓。大地构造上处于华北(阿拉善)板块与柴达木板块之间,祁连山造山带之北祁连早古生代接合带的西端南缘(图1)。

区内地层主要是古元古界北大河岩群和中元古界长城系,其次为青白口系、蓟县系、奥陶系、白垩系及第四系,寒武系、石炭系和古近系零星分布。其中,北大河岩群为一套中深变质的火山-沉积岩组合,是古元古代裂陷槽环境下的产物(毛景文等,2003;万天丰,2004),塔儿沟钨矿和石硐沟银多金属矿产于其中。长城系为一套变质基性火山-碎屑沉积含铁建造,形成于洋盆——沟-弧-盆环境(毛景文等,2003),是邻区镜铁山铁矿的含矿层位,但在本矿田区域内,其成矿作用不明。奥陶系阴沟群为一套浅变质中基性火山-碎屑沉积夹碳酸盐岩建造,形成

注:本文为甘肃省地质矿产勘查开发局基金项目(K1.10)的部分成果。

收稿日期:2009-04-10;改回日期:2009-08-11;责任编辑:郝梓国。

作者简介:李大民,男,1971年生。工程师,从事地质调查、矿产勘查及综合研究工作。通讯地址:735000,酒泉市解放路52号,甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘查院;Email:gsjqsbddn@163.com。

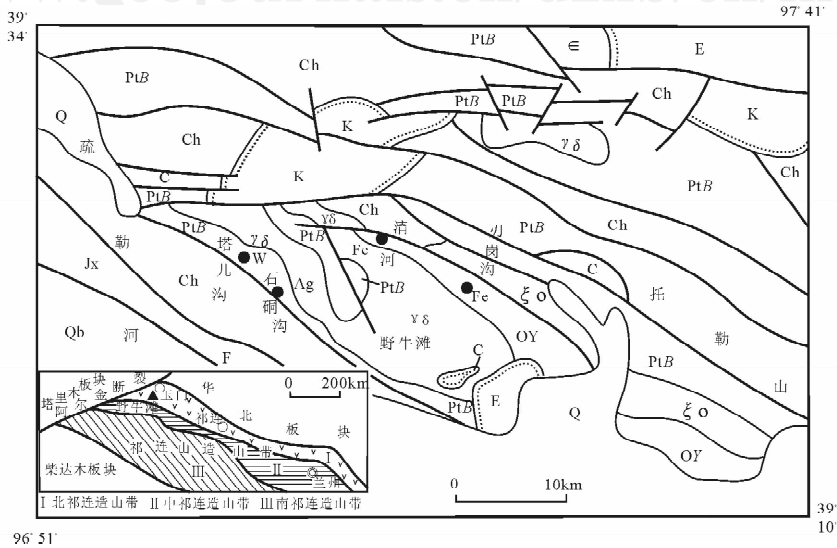


图 1 野牛滩一带区域地质图(据周振环等,1989)

Fig. 1 Regional geologic map around the Yenniutan (after Zhou Zhenhuan et al, 1989)

Q—第四系;E—古近系;C—石炭系;OY—奥陶系阴沟群;∈—寒武系;Qb—青白口系;Jx—蓟县系;Ch—长城系;PtB—古元古界北大河岩群;γδ 奥陶纪花岗闪长岩;ξo—奥陶纪石英正长岩;F—中祁连北缘深大断裂;●W—塔儿沟大型钨矿床;●Ag—石硐沟大型银多金属矿床;●Fe—清河、刃岗沟小型铁矿床

Q—Quaternary;E—Tertiary;K—Cretaceous;C—Carboniferous;OY—Ordovician Yingou group;∈—Cambrian;Qb—Qingbaikou System;Jx—Jixian System;Ch—Great Wall System;PtB—Paleoproterozoic Beidahe rock Group;γδ—granodiorite;ξo—Quartz syenite;F—Deep fault in the north margin of Qilian Mountains;●W—Taergou big wolfram deposit;●Ag—Shidonggou big Ag-enriching metal deposit;●Fe—Qinghe, Renganggou small iron deposit

于沟-弧-盆环境(冯益民等,1996;李佩智等,1999;毛景文等,2003;孙海田等,1997;夏林圻等,2001;许志琴等,1994;左国朝等,1986、1987、1999),是清河铁矿和刃岗沟铁矿的赋矿地层。

矿田位于北祁连早古生代接合带西端,中祁连北缘深大断裂之北侧。古元古界北大河岩群和中元古界长城系是构成区内地层格架和构造格架的主体。区内构造线为 NW 方向,断裂构造发育,尤其是 NW 向的逆断层,将区内地质体分割成一系列近于平行展布的长条状(图 1)。NW 向断裂是区内的控矿或容矿构造,矿田内部分矿床即产于区域性断裂的 NW 向次级断裂破碎带中,如石硐沟银多金属矿床。

区内岩浆活动强烈,有火山岩和侵入岩两部分。火山岩主要产于古、中元古界及下古生界中,均以中基性海相火山-碎屑岩为特征。侵入岩为加里东期的产物(毛景文等,2000b),呈岩基、岩株状产出,以中、酸性花岗岩类为主。主要岩体有野牛滩花岗闪长岩岩基和刃岗沟石英正长岩岩株、刃岗沟北花岗闪长岩岩株等。其中,野牛滩花岗闪长岩岩基是区内规模最大的岩体,处于野牛滩矿田的中心,与矿田

关系密切。

2 野牛滩岩体特征

岩体近似梭形,NW 向展布,与区域构造线方向一致。岩体长约 33km,宽 2~10km,面积约 220km²,属于岩基。岩体中捕虏体及脉岩发育。中部最大的捕虏体长 11km,宽 0.5~3km,由北大河岩群构成(图 1)。脉岩主要有细粒花岗岩脉、电气石伟晶岩脉、石英闪长岩脉及含钨石英脉等。岩体主要由花岗闪长岩组成,其次为二长花岗岩、少量黑云母花岗岩等。岩石低硅偏铝贫碱质组分(表 1),里特曼指数 σ 多在 1.8~2.5 之间,属于钙碱性岩系列。铝质指数 A/CNK 为 0.76~1.26,为偏铝质—过铝质花岗岩类,部分具有强过铝花岗岩的特征。岩体成因类型属 I-S 过渡型,以后者为主,形成于岛弧环境(毛景文等,2000 b)。岩体 SW 侧侵入北大河岩群,NE 侧侵入阴沟群中;东端为石炭系、古近系覆盖,北边被新生代活动断裂所切;有锆石 U-Pb 法 459.6±2.5Ma(毛景文等,2000 b)、Rb-Sr 法 441.97 Ma(邹治平等^①,1988)等同位素年龄,形成时代为晚奥陶世。

http://www.geojournals.cn/xb/ch/index.aspx

表 1 野牛滩岩体岩石化学特征表(%)

Table 1 Lithologic geochemical compositions(%) of the Yeniuatan granite

岩石类型	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	σ	A/ CNK	数据来源
花岗闪长岩	野 E-4	64.94	0.57	14.57	0.56	4.65	0.10	2.03	4.60	2.24	3.54	1.52	0.92	1:20 万 玉门市幅 ^② , 1969
	野 E-54	70.90	0.38	15.47	0.11	2.01	0.04	0.65	3.26	3.73	2.79	1.52	0.96	
	塔 E-53	73.45	0.08	13.55	0.32	1.34	0.03	0.27	1.37	2.78	4.82	1.90	1.10	
	塔 E54	61.95	0.68	14.67	0.38	5.93	0.10	2.73	4.92	2.41	3.16	1.64	0.91	
	塔 E-65	60.70	0.67	15.73	3.09	3.59	0.13	3.28	5.02	2.79	3.22	2.04	0.92	
	15	76.54	0.09	12.54	0.41	0.98	0.05	0.29	0.55	3.29	4.52	1.82	1.11	1:20 万 硫磺山幅 ^② , 1972
	16	76.60	0.31	12.73	0.66	1.10	0.05	0.61	0.50	3.18	4.57	1.79	1.14	
	21	61.00	0.86	18.35	0.17	4.56	0.10	2.45	2.98	4.00	2.26	2.18	1.26	
	1034	70.83	0.29	14.77	0.24	2.43	0.07	1.22	2.28	2.89	4.52	1.97	1.06	
二长花岗岩	塔 57	60.85	0.92	12.86	1.63	5.77	0.17	3.47	6.16	1.64	2.68	1.05	0.76	邹治平等 ^① , 1988
	石硐 3	64.51	0.59	14.96	0.66	3.98	0.09	2.16	3.75	2.30	4.70	2.28	0.95	
	石硐 6	64.31	0.74	15.27	0.71	5.53	0.15	2.70	4.35	2.45	2.60	1.20	1.03	
	石硐 8	61.11	0.78	15.16	0.67	5.83	0.12	2.91	5.40	2.45	4.40	2.59	0.82	
	石硐 10	60.91	0.79	15.40	0.78	5.28	0.13	3.02	5.48	2.45	4.15	2.43	0.83	
	干沟 52	62.71	0.80	14.44	1.01	5.33	0.14	3.15	5.10	2.20	2.12	0.95	1.02	
	干沟 H7	62.61	0.70	15.29	0.68	5.05	0.10	2.80	4.05	2.50	4.45	2.43	0.94	
	野 23	64.70	0.50	14.19	0.55	4.00	0.08	2.64	2.93	2.35	5.50	2.84	0.93	
	野 20	62.99	0.70	14.82	0.23	5.23	0.11	2.53	4.50	2.75	4.20	2.42	0.85	
花岗闪长岩	YM-2	65.63	0.59	15.65	0.74	4.93	0.13	2.19	4.07	3.09	2.29	1.28	1.05	毛景文等, 2000
	YM-8	70.33	0.38	14.76	0.67	3.83	0.09	1.60	2.56	2.61	2.68	1.02	1.25	
	YM-18	62.40	0.69	15.24	1.15	5.87	0.50	2.86	4.60	2.38	6.91	4.45	0.77	
	QH-2	62.46	0.65	14.74	0.80	4.58	0.11	2.61	4.44	2.65	4.19	2.34	0.87	
	QH-9	60.43	0.75	14.70	0.89	5.42	0.14	3.17	5.31	2.38	4.30	2.56	0.81	
	HT-2	63.61	0.68	15.16	1.13	4.54	0.13	2.23	4.14	2.69	4.24	2.33	0.92	

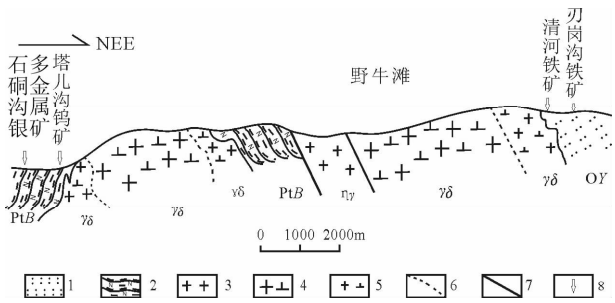


图 2 野牛滩矿田剖面图

(据甘肃省地质矿产局,1969.略有改动)

Fig. 2 The section of the Yeniuatan granite (after Gansu Bureau of Geological and Mineral Resources, 1969 With slight changes)

1—奥陶纪阴沟群(OY)凝灰岩、千枚岩、大理岩;2—古元古代北大河岩群(PtB)黑云斜长片麻岩、片岩、千枚岩、板岩夹大理岩、斜长角闪片岩;3—二长花岗岩($\gamma\gamma$);4—中粗粒花岗闪长岩($\gamma\delta$);5—细粒花岗闪长岩($\gamma\delta$);6—相变界线;7—断层;8—矿床位置指向

1—Tuff, phyllite and marble of Ordovician Yingou group; 2—Palaeoproterozoic biotite-plagioclase gneiss, schist, phyllite, slate with marble and amphibolite of Lower proterozoic group Beidahe group-complex; 3—adamellite; 4—medium-coarse grain granodiorite; 5—fine granodiorite; 6—boundary line of facies change; 7—fault; 8—Ore deposit position

岩体处于野牛滩矿田的中心,热接触交代变质作用强烈,形成较宽的矽卡岩化和角岩化变质带,并在接触带形成强烈的钨、银、铁等矿化(图 2),部分钨矿体(石英脉型黑钨矿)即产于其中。黑云母花岗岩对成矿最为有利(毛景文等,2000a)。

3 野牛滩矿田的特征

目前,野牛滩矿田由 4 个矿床组成:塔儿沟钨矿床、石硐沟银多金属矿床、清河铁矿床和刃岗沟铁矿床。它们均围绕野牛滩岩体分布,其中前两者为大型矿床,位于岩体 SW 侧接触带上,构成矿田的有色及稀有金属矿产分带;后两者为小型矿床,位于岩体 NE 侧接触带,构成了矿田的黑色金属矿分带(图 1、图 2)。矿床的这种分布及分带特征表明,岩体是矿田的主控因素,地层控制着矿田的分带——矿化种类。

3.1 各矿床特征、控矿因素及成矿作用

前人对区域上包括该矿田在内的矿床特征进行过较多的调查和研究(白仲吾等,2005;白祖三等^②, 1994;甘肃省地矿局^②, 1969、1972;毛景文等,1999, 2000, 2003;汤中立等,2000, 2002;杨钟堂等,2004;

表 2 野牛滩矿田矿床特征表

Table 2 The table of deposit geologic characteristics of the Yeniutan ore field

矿床名称	矿床规模	控矿因素	成矿作用	矿床成因类型	赋矿位置	含矿岩性	矿体特征及品位	矿石结构构造	矿石成分	围岩蚀变	有益元素组合	测年数据
塔儿沟钨矿	大型	北大河岩群、野牛滩岩体	(在火山—沉积基础上)高温热液交代成矿	高温热液交代(矽卡岩白钨矿)型	野牛滩岩体与北大河岩群外接触带	透辉石矽卡岩,大理岩,斜长角闪岩,云母石英片岩,板岩,千枚岩	矿体呈层状、似层状,单矿体长数百米,最长千余米,厚数十米,最厚 30 余米,最大斜深 710m。矿体品位: WO_3 0.07% ~ 2.52%,最高 14.4%,品位变化系数 43.96%~380.40%	粒状变晶结构,纤状变晶结构,不等粒花岗变晶结构;稀疏浸染状构造,块状构造	白钨矿,黄铁矿,磁黄铁矿,白铁矿,黄铜矿,方铅矿,毒砂,闪锌矿,锡石,重晶石;透辉石,符山石,石榴子石,角闪石,斜长石,白云石,石英,绿帘石,绿泥石,金云母,方解石	矽卡岩化,萤石化,大理岩化,角岩化	W、Be、Pb、Zn、Ag、Cu	岩体锆石 U-Pb 法 459.6 ±2.5Ma; Rb-Sr 法 441.97 Ma
		野牛滩岩体、断层及节理、北大河岩群	结晶充填成矿	中低温热液结晶充填(石英脉黑钨矿)型	野牛滩岩体与北大河岩群内,外接触带	石英脉、花岗闪长岩等	呈脉状、板状、分枝状。长 100~500m,最长 1870m,厚 0.05~0.3 m,最厚 0.9m,延深 200~600m,最深 880m, WO_3 0.015%~1.383%,最高 50%,变化系数 48.45%~256.05%; BeO 0.001%~0.151%,最高 4.27%	它形粒状结构;梳状构造,放射状构造,稀疏浸染状构造	黑钨矿,白钨矿,锡石,毒砂,磁黄铁矿,黄铁矿,黄铜矿,方铅矿,闪锌矿,辉钼矿,辉铋矿,萤石;石英,白云母,绢云母,绿泥石,方解石,绿帘石,钾长石	电气石化,萤石化,钾长石化,白云母化,黑云母化		
石硐沟银多金属矿	大型	断层、北大河岩群、野牛滩岩体	结晶充填成矿	中低温热液结晶充填型	野牛滩岩体与北大河岩群外接触带	绢云石英片岩、千枚岩、构造角砾岩、大理岩等	有 3 个矿层(带),矿体似层状,主矿层控制矿体长 3600m,宽 2.32 m,平均品位 Ag 175.7×10 ⁻⁶ , Pb 1.37%, Zn 0.86%; 主矿体长 1200m,平均厚 3.37m, Ag 平均 184.3×10 ⁻⁶ ,厚度及品位变化系数分别为 44%、62%	它形粒状结构,压碎结构;角砾状构造,脉状、网脉状构造,细脉浸染状构造,星散状构造	黄铁矿,辉银矿,毒砂,方铅矿,闪锌矿,菱铁矿,少量黄铜矿、自然银,微量金银矿、硫银铁矿、银黝铜矿;石英,方解石,铁白云石,绿泥石,绢云母	主要为硅化,黄铁矿化,菱铁矿化,铁白云石化;次有绢云母化,绿泥石化	Ag、Pb、Zn、Cu	
清河铁矿	小型	阴沟群、野牛滩岩体	(在火山—沉积基础上)热液交代成矿	热液交代(矽卡岩)、结晶充填型	野牛滩岩体与奥陶系阴沟群外接触带	矽卡岩、大理岩、千枚岩、变砂岩、构造角砾岩等	透镜状、扁豆状、似层状、脉状,矿体长 38~200m,厚 1.7~3.47 m, TFe54%~60.99%,隐伏矿 TFe26.2%~65.73%。	细晶结构,交代残余结构;块状构造,角砾状构造,条纹条带状构造	磁铁矿,赤铁矿,镜铁矿,褐铁矿,磁黄铁矿,黄铁矿,黄铜矿;角闪石,石英,方解石,绿帘石,绿泥石,透辉石,石榴子石,绢云母,纤闪石	红柱石、透闪石化,绿帘石化,大理岩化,硅化,矽卡岩化,角岩化,绿泥石化,蛇纹石化	Fe	
刃岗沟铁矿	小型	阴沟群、野牛滩岩体	热液交代、充填成矿	热液结晶充填型	野牛滩岩体与奥陶系阴沟群外接触带	矽卡岩、大理岩、千枚岩、变砂岩、角岩等	有 9 个矿体,透镜状、似层状,长 55~117m,最长 680m,厚 0.25~5.58m,最厚 10.03m, TFe57.09%~67.27%,最高 70.49%, SFe 56.43%~65.90%,最高 69.29%	半自形—它形粒状结构;块状构造	磁铁矿,赤铁矿,褐铁矿,黄铁矿;石英,石榴子石,透辉石,透闪石,方解石,白云石	矽卡岩化,硅化,角岩化,黄铁矿化,碳酸岩化	Fe	

张作衡等,1998,2002;邹治平等^①,1988)。塔儿沟钨矿床的矽卡岩型白钨矿,产于野牛滩岩体 SW 侧外接触带北大河岩群的大理岩中,矿体呈层状、似层状,产状与大理岩一致;石英脉型黑钨矿主体产于外接触带的北大河岩群中,少部分产于岩体内,矿体呈脉状、分枝状,主要沿 295°~315°走向、倾向为 NE 向的节理产出,少量沿 NE 走向节理分布。石硐沟银多金属矿床处于岩体 SW 侧外接触带上、塔儿沟钨矿床的 SE 方向,距离岩体约 2km,赋矿地层北大河岩群,矿体呈似层状、脉状,产于 NW 向区域断裂之次级断裂(走向 315°,倾向 SW)中。清河铁矿床和刀岗沟铁矿床均处于岩体 NE 侧外接触带上,距离岩体较近,赋矿地层为奥陶纪阴沟群,矿体呈透镜状、似层状产出,其分布和产状与大理岩、白云质大理岩及石英岩等一致。构成矿田的各矿床特征、控矿因素及成矿作用等详见表 2。

表 2 表明,各矿床主要受岩体、地层及断裂构造等因素控制,成矿作用有火山-沉积成矿作用、热液交代成矿作用和结晶充填成矿作用 3 种,以后两种为主。其中塔儿沟钨矿床中的矽卡岩型白钨矿及清河铁矿和刀岗沟铁矿,分别受北大河岩群和阴沟群地层的控制作用明显。同一个岩体,接触地层不同,矿源不同,形成的矿化类型也不同,但两地层中的大

理岩是高温热液交代成矿作用的前提,因此均形成了高温热液交代型矿床。石硐沟银多金属矿及塔儿沟钨矿床中的石英脉型黑钨矿,受断裂、裂隙系统等构造因素的控制作用显著,结晶充填成矿作用使矿体产于断裂或节理中,形成中低温热液结晶充填型矿床。对整个矿田而言,野牛滩岩体是主控因素,是主要成矿作用的引擎和热动力。当然,岩浆成矿作用的强弱,也受构造及地层等因素的制约。

3.2 矿质来源分析

作为矿田主控因素的野牛滩岩体,含有丰富的成矿微量元素(表 3)。

由表 3 可见,岩体中 Pb、Zn、Ag、Cu、V 及 Mo、W、Bi、Be、B 等元素含量较高,均在地壳克拉克值(维氏,1962)的一倍以上,其中 Mo 最高达 9 倍,Pb 最高达 23 倍。表明岩体为塔儿沟钨矿床提供了部分矿质来源,是石硐沟银多金属矿床的主要矿源。其较低的 Ni 含量佐证了岩体的壳源成因。

表 2 还表明,矿田的控矿地层主要是北大河岩群和阴沟群。北大河岩群主要岩性为二云石英片岩、绢云千枚岩、大理岩及斜长角闪片岩、石英岩等,其原岩为一套裂陷槽环境下的中基性火山-沉积岩系(毛景文等,2003;万天丰,2004)。岩石中具有很高的 W、Bi 及较高的 Zn、Pb、Cu、Mo、V、Cr 等元素,

表 3 野牛滩岩体微量元素含量表(×10⁻⁶)
Table 3 Trace elements contents of the Yeniutan granite(×10⁻⁶)

元素 岩类	样品个 数(个)	Ba	Be	Sr	B	P	Cr	Mn	Ti	Ni	Co	V	Sc	Zr	Y	Cu	Pb	Zn	Ag	Sn	W	Mo	Bi	As	数据 来源
岩体	39	517	<10	/	26	<500	55	1359	1964	7	19	152	/	205	/	60	35	136	0.1	痕	痕	0.7	/	痕	①
岩枝	6	1317	16	950	<100	<500	400	783	4000	32	13	245	720	63	26	150	43	150	痕	41	/	10	/	/	
岩脉	9	567	<10	/	13	<500	20	900	1844	<5	10	99	/	200	/	53	50	99	<0.1	5	3	0.6	<5	<20	
岩体	/	/	/	500	/	/	60	430	3500	20	15	/	10	170		80	370	70	★	/	/	/	/	/	②
地壳丰度值 (维氏 1962)	/	650	3.8	340	12	930	83	1000	4500	58	18	90	10	170	29	47	16	83	0.07	25	1.3	1.1	/	1.7	

注:① 据邹治平等^①,1988; ② 甘肃省地矿局^②(1:20 万硫磺山幅),1972; ★ 部分样品含银。

表 4 野牛滩地区北大河岩群微量元素含量表
Table 4 Trace elements contents of Beidahe group-complex in the Yeniutan

元素 岩类	样品个 数(个)	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Mo	Bi	W	Sn	Li	Be	Ba	Sr	V
千枚岩-板岩	213	27.12	23.96	102.99	57.08	20.14	156.34	1.78	1.16	60.96	24.83	5.59	0.55	240.6	127.69	96.93
云母片岩	187	33.94	18.53	152.51	62.46	29.48	194.11	1.39	2.0	18.33	12.32	27.60	1.97	311.40	241.60	170.29
斜长角闪岩	48	71.51	41.04	155.83	185.62	15.63	287.50	5.83	3.89	27.78	5.42	5.56	1.74	121.83	335.42	434.92
大理岩	8	10.00	/	33.75	43.75	7.49	75	/	10.00	/	/	/	/	212.5	3137.5	17.49
地壳丰度值 (维氏,1962)		58	18	83	47	16	83	1.1	0.009	1.3	25	32	3.8	650	340	90

注:据邹治平等^①1988 整理,单位:10⁻⁶。

其中 W、Bi 最高分别达地壳克拉克值的 47 倍和 1110 多倍(表 4),构成了本区稀有和有色等金属矿产的矿源层。此外,在塔儿沟钨矿区,有层状白钨矿矿体产于斜长角闪片岩和凝灰质板岩中,产状同地层一致,严格受地层控制^①。可见,北大河岩群是塔儿沟钨矿的主要矿质来源,也为石硐沟银多金属矿床提供了部分矿源。形成于沟-弧-盆环境下的阴沟群(冯益民等,1996;毛景文等,2003),主要由千枚岩、变砂岩、大理岩及变质中基性火山岩等组成。清河铁矿床中矿石的条纹条带状构造,暗示出矿床在形成过程中,曾经发生过沉积成矿作用,表明清河铁矿和刃岗沟铁矿的矿源来自阴沟群地层,而野牛滩岩体主要起了催化、交代、富集矿质的作用。这正是在同一岩体的不同接触带,产生不同类型矿化的主要原因。

4 成矿模式讨论

已有资料表明,古元古代,矿田区域在裂陷作用下发生了壳幔物质的交换。通过火山-沉积成矿作用,其中的有益组分(W、Bi、Ag、Zn、Pb、Cu、Mo 等)进行了初步沉积、富集,形成了区内重要的矿源层和塔儿沟钨矿床中的层状白钨矿体(图 3-a)。这次成矿作用,矿化较弱,但范围广泛。

地史发展到奥陶纪,矿田区域处于沟-弧-盆体制的大陆活动边缘环境,强烈的加里东运动,使富含矿质的地幔岩被转移到祁连洋域中,海水淬取了其中的 Fe 等矿质,在有利的部位沉积、富集起来,形成条纹条带铁矿石,同时形成了矿田内铁矿的矿源层——阴沟群(图 3-b)。

到晚奥陶世[459.6±2.5Ma(毛景文等,2000b)~441.97Ma(邹治平等^②,1988)],祁连洋关闭在即,处在火山岛弧地区的矿田区域发生强烈的壳熔型岩浆作用,岩浆强力侵入,就位于北大河岩群和阴沟群等地层中,以其巨大的热能和高温流体,激活了围岩中的 W、Mo、Ag、Cu、Pb、Zn 及 Fe 等矿质,并与自身携带的有益组分一起,构成了高温含矿热液,在接触到富含钙、镁质的碳酸盐围岩时,发生交代成矿作用,形成矽卡岩型白钨矿(塔儿沟钨矿)和磁铁矿(清河、刃岗沟铁矿)。这是矿田内第一次强烈的成矿作用(图 3-c)。其后,随着岩体的冷却,岩浆热液在大气降水的参与下(张作衡等,1998),更广泛地淬取、交代围岩中的有益组分,从而形成中低温含矿热液,含矿热液沿着断裂和节理、裂隙构造等压应力最小的有利空间迁移,这使矿质远离岩体成为可能。随着物、化条件

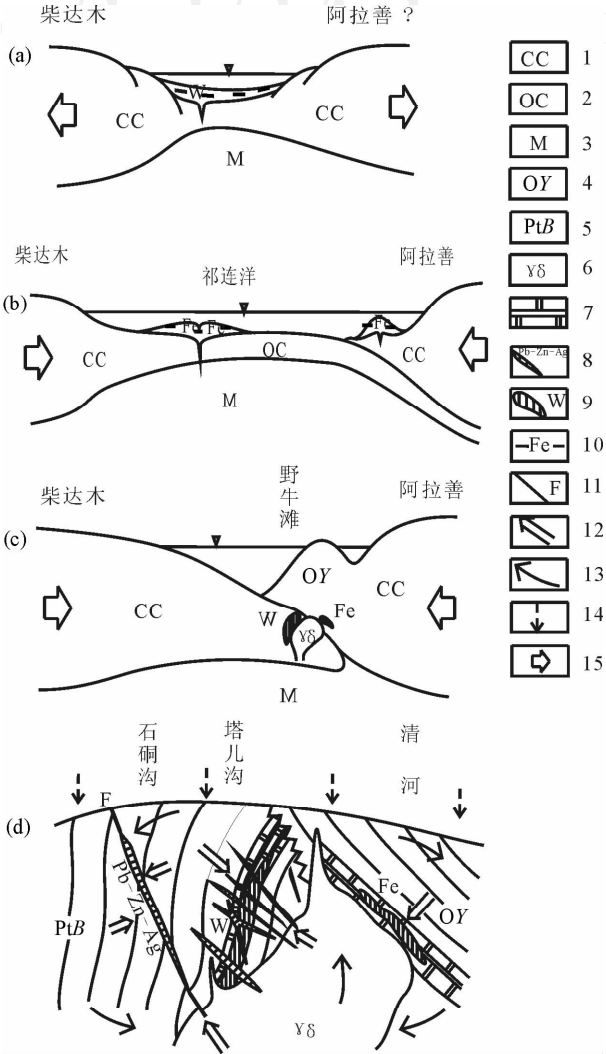


图 3 野牛滩矿田成矿示意图

Fig. 3 Sketch of mineralization of Yentiutan ore field

1—陆壳;2—洋壳;3—上地幔;4—奥陶系阴沟群;5—古元古界北大河岩群;6—花岗闪长岩;7—大理岩;8—结晶充填成矿作用及矿种;9—热液交代成矿作用及矿种;10—火山-沉积成矿作用及矿种;11—断层;12—矿质运移的向量;13—热液循环方向;14—大气降水;15—板块运动方向;(a)—古元古代;(b)—奥陶纪;(c)—晚奥陶世;(d)—晚奥陶世—志留纪
1—Continental crust; 2—oceanic crust; 3—upper mantle; 4—Ordovician Yingou group; 5—Ancient Paleoproterozoic Beidahe rock Group; 6—granodiorite; 7—marble; 8—crystal filling mineralization ores; 9—hydrothermal replacement mineralization and its ores; 10—volcanoes-sedimentary mineralization and its ores; 11—Fault; 12—mineral migration vector; 13—direction; 14—precipitation; 15—plate movement direction; (a)—Paleoproterozoic; (b)—Ordovician; (c)—Late Ordovician; (d)—Late Ordovician-Silurian

的进一步改变,热液中的各种矿质依着各自不同的化学特性和迁移能力,先后发生结晶充填成矿作用,形成了石英脉型黑钨矿和银多金属矿(图 3-d)。至此,

野牛滩矿田的成矿作用基本结束。

5 结论

野牛滩矿田的形成主要经历了两个大的阶段。第一阶段是古元古代和奥陶纪,在两次不同时期的火山-沉积作用下,分别形成了矿田内主要的矿源层及矿质的初步、局部富集;第二阶段是晚奥陶世,在岩浆的侵入作用下,经过早期的高温热液交代成矿作用和晚期结晶充填成矿作用,最终形成了野牛滩多金属矿田。

第二阶段是本矿田形成的主要阶段,高温热液交代成矿作用和结晶充填成矿作用是矿田主要的成矿作用。

构成矿田的有色和稀有元素矿质主要来源于野牛滩岩体和北大河岩群,铁矿的矿源来自阴沟群地层。

野牛滩岩体是矿田形成的主控因素,它不仅提供了矿质来源,而且是矿田的引擎和热动力。

注 释

① 邹治平,黄传俭. 1988. 甘肃省肃北蒙古族自治县塔儿沟钨矿床特征[矿床专著]. 1~171.
② 白祖三,王均授,雷淑国. 1994. 甘肃省北祁连西段铜铅锌金成矿远景区划报告(内部资料).
③ 甘肃省地质局. 1969. 1:20 万玉门市幅区域地质调查报告. 1972. 1:20 万硫磺山幅区域地质调查报告.

参 考 文 献

白仲吾,杨云松. 2005. 甘肃肃北石硐沟银多金属矿床地质特征及找矿前景. 甘肃地质学报,14(1):48~52.
冯益民,何世平. 1996. 祁连山大地构造与造山区作用. 北京:地质出版社. 1~135.
李佩智,任有祥,宋忠宝等. 1999. 北祁连西段奥陶系海相碱性火山岩地球化学与成岩构造环境. 地质论评,45(增刊):1054~1061.
毛景文,杨建民,张招崇. 1999a. 北祁连山小柳沟钨钼矿床 Re-Os 同位素测年及其意义. 地质论评,45(4):412~417.
毛景文,杨建民,张作衡,张招崇,王志良,田锋. 2000a. 甘肃肃北野

牛滩含钨花岗岩岩石学、矿物学和地球化学研究. 地质学报,74(2):142~155.
毛景文,张作衡,简平,王志良,杨建民,张招崇. 2000b. 北祁连西段花岗岩岩体的锆石 U-Pb 年龄报道. 地质论评,46(6):616~620.
毛景文,张招崇,任丰寿,左国朝,张作衡,杨建民,王志良,叶得金. 1999b. 北祁连山西段金属矿床时空分布和生成演化. 地质学报,73(1):73~82.
毛景文,张招崇,杨建民,左国朝,张作衡,叶得金等. 2003. 祁连山西段铜金铁钨多金属矿床成矿系列和找矿评价. 北京:地质出版社. 1~437.
孙海田,李锦平. 1997. 北祁连金属成矿省时空格局、演化及成矿作用. 地质学报,71(2):170~179.
汤中立,白云来. 2000. 华北板块西南边缘大型、超大型矿床的地质构造背景. 甘肃地质学报,9(1):1~15.
汤中立等. 2002. 华北古陆西南缘(龙首山—祁连山)成矿系统及成矿构造动力学. 北京:地质出版社. 1~393.
万天丰. 2004. 中国大地构造学纲要. 北京:地质出版社. 1~387.
夏林圻,夏祖春,任有祥,徐学义,杨合群等. 2001. 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学. 北京:中国大地出版社. 1~296.
许志琴,徐惠芬,张建新,李海兵,朱志直,曲景川,陈代璋,陈金禄,杨开春. 1994. 北祁连走廊南山加里东俯冲杂岩增生地体及其动力学. 地质学报,68(1):1~15.
杨钟堂,肖思云,肖朝阳,李宝强,段永民,苏亮红. 2004. 祁连成矿带钨矿成矿特征及其区域找矿标志. 中国地质,31(3):301~307.
张作衡,毛景文,杨建民,张招崇,王志良. 1998. 甘肃塔儿沟钨矿床成矿流体及氢、氧、硫同位素研究. 矿床地质,17(增):791~794.
张作衡,毛景文,杨建民,王志良,张招崇. 2002. 北祁连加里东造山带塔儿沟砂岩—石英脉型钨矿床地质和成因. 矿床地质,19(1):77~82.
周振环,赵茹石,毛金海等. 1989. 甘肃省区域地质志(中华人民共和国地质矿产部地质专报,一区域地质,第 19 号). 北京:地质出版社. 1~691.
左国朝. 1986. 北祁连地区早古生代碰撞缝合作用[中国北方板块构造论文集(第 1 集)]. 北京:地质出版社. 27~63.
左国朝,刘寄陈. 1987. 北祁连山大地构造演化. 地质科学(1):14~24.
左国朝,吴茂炳,毛景文,张招崇. 1999. 北祁连西段早古生代构造演化史. 甘肃地质学报,8(1):6~13.

Mineralization Pattern of the Yeniutan Ore field, Gansu Province

LI Damin¹⁾, LIANG Jiwei²⁾, SUN Yongjun¹⁾

1) No. 4 Geology and Mineral Exploration Team, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Jiuquan, Gansu, 735000; 2) Institute of Earth Science and Resources, ChangAn University, Xi'an, 710054

Abstract

Since the 1960s, many deposits such as Taergou W deposit, Qinghe Fe deposit, Renganggou Fe deposit and Shidonggou polymetal deposit were successively found in the Yeniutan area of Gansu Province, and all the deposits constitute the so-called Yeniutan ore field. Beginning with the geological background of the ore field, this study analyzed the geological characters of each deposit and rock and summarized the metallogenic models of the Yeniutan ore field in combination with ore-controlling factors, mineralization, genetic types and material origins. The results show that each deposit is controlled mainly by ore-forming factors such as rock, sequence and faulting, with the Yeniutan rock as the dominant engine and dynamic force of mineralization. The formation of the Yeniutan ore field consists of two periods. The first period witnessed Paleoproterozoic rifting environment and Eopaleozoic plate active margin environment, in which two volcano-sedimentary metallogenesis resulted in the formation of ore source layers and ore local enrichment in the ore field. The second period is Late Ordovician, in which the ore field in island-arc setting was intruded by crust-melting magma (459.6 ~ 441.97 Ma). Under such magmatism, early hydrothermally-altered mineralization and late crystal-filling mineralization took place in the contact zone. Therefore, the second period is the main stage for the formation of the ore field as well as each deposit.

Key words: Mineralization model; Mineralization; Mineral source; Yeniutan ore field; Gansu Province