金属矿产

辽东玉隆铅锌矿田控矿构造特征与深部赋矿空间分析

李 勇, 孙新胜, 董建军, 王东波
(辽宁省地质矿产勘查局第五地质大队,营口 115100)

[摘 要]辽东玉隆铅锌矿田处于辽吉古裂谷西端中央地带,是区域上重要的铅锌成矿带。区内含矿母岩-大石桥组三段条带状透闪白云石大理岩发育,铅锌矿床成因类型为沉积-变质热液再造矿床,控矿构造为 F_1 次级褶皱、F_2 褶皱转折端和褶皱翼部剪切滑动角砾岩带。文章提出区内存在类似检德铅锌矿床"如云硐"二期向斜的大褶皱转折端,论述了玉隆至烟囱砬子至响水沟二期向斜一线距地表 600~1500m 空间存在铅锌矿工业矿体的地质依据。

[关键词]铅锌矿田 控矿构造 赋存空间 特征 分析
[中图分类号]P613+P618.4 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2010)04-0583-09

Li Yong,Sun Xin-sheng,Dong Jian-jun,Wang Dong-bo. Analysis of features of ore-controlling structures and deep ore-bearing space for the Yulong lead and zinc ore deposit in eastern Liaoning[J]. Geology and Exploration,2010,46(4):0583-0591.

辽东玉隆铅锌矿田位于华北陆块北缘东部,辽吉古裂谷(沈保丰等,2006)西端中央地带(图 1)。处于营口-长白(次级隆起 Pt_1 裂谷)Pb-Zn-Fe-Au-Ag-U-硼-菱镁矿-滑石成矿带(徐志刚等,2008)的西部,青城子大型铅锌矿即位于本区北东 60km,世界著名的检德巨型铅锌矿床即处于裂谷东延的朝鲜境内。玉隆铅锌矿田包含北瓦沟、玉隆矿区及胡家堡子、大荒沟、烟囱砬子等十余处铅锌矿点,历经上世纪八、九十年代多年勘查,地质找矿未能取得大的突破。北瓦沟矿区铅锌矿详查工作结束后,笔者主持了"辽宁省岫岩县北瓦沟-大石桥市玉隆铅锌矿田万分之一比例尺成矿预测"工作,通过近三年的野外实践,尤其通过运用构造解析手段,建立了区内构造演化模式和找矿模型,提出了 F1 次级褶皱、F2 大褶皱转折端及褶皱翼部剪切滑动角砾岩带是铅锌矿体的基本赋存构造空间;通过构造解析认为玉隆至大荒沟至烟囱砬子至响水沟一线为一完整的向斜构造,是类似检德如云硐二期向斜构造(李正哲等,1986;检德地质勘探调查中队,1986),向斜深部的转折端是极为有利的赋矿空间。向斜枢纽产状 290°∠12°,东西延长近 10km,大致圈定了赋矿空间埋深。本文仅在上述工作基础上,结合近年在域内工作所取得的认识加以总结,试图对传统的铅锌成矿带找矿能有所突破,实现"攻深找盲",并提供一些有价值的信息,同时,运用构造方法进行隐伏矿体预测,也是隐伏矿床预测的重要途径之一(刘家远等,2007)。

1 区域成矿地质背景

区域上广泛分布辽河群变质岩系,区域地层自下而上划分为里尔峪组、高家峪组、大石桥组。里尔峪组主要是由富硼钠长石变粒岩、浅粒岩系夹斜长角闪岩及富镁大理岩组成,其原岩为一套海底喷出的火山岩夹火山凝灰岩及白云岩。高家峪组底部为粘土岩、碎屑岩夹火山岩,不含铅锌矿,顶部为火山岩与含碳质的碎屑岩、含碳质碳酸盐岩互层,含有少量层状、似层状铅锌矿。大石桥组底部主要由条纹状含墨大理岩组成,中部变质岩石组合为矽线黑云变粒岩、矽线二云片岩、含墨大理岩、白云质大理岩,上部为厚层含条带状透闪石白云石大理岩、菱镁矿大理岩夹透辉透闪变粒岩等,该层厚度巨大,区域内最大厚度近千米,为菱镁矿、滑石矿、岫玉、铅锌矿赋存层位(张秋生 1984,1986;辽宁省地质矿产局,1989)。

平行原始层理的强塑性变形产生的各种尺度的

[收稿日期]2010-01-05;[修订日期]2010-06-27;[责任编辑]郑 杰。
[第一作者简介]李勇(1963 年-),男,工程师,长期从事矿产勘探与研究工作, E-mail:rose200590@sohu.com。

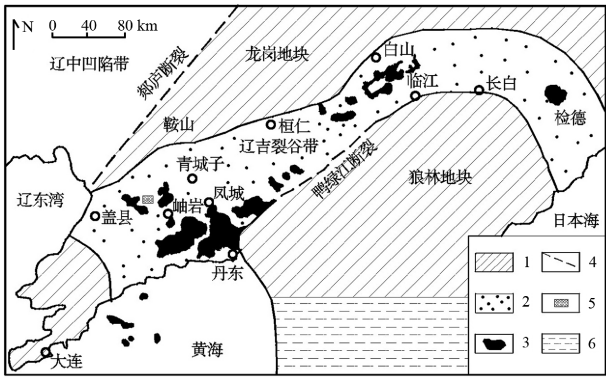


图 1　辽吉古元古代裂谷分布示意图

（据沈保丰等，2006，有修改）

Fig. 1　Sketch map showing distributionof paleoproterozoic rifts in Liaoning and Jilin Province（modified from Shen *et al.*, 2006）

1-太古宙地块；2-辽吉裂谷带；3-同构造花岗岩；4-断裂；5-玉隆至北瓦沟矿田；6-显生宙

1-Archean block; 2-Liaoji rift area; 3-syntectonic granite; 4-fault; 5-Yulong to the beiwagou fields; 6-Phanerozoic

紧闭（平卧）褶皱，在较大尺度平卧褶皱的倒转翼伴有大量推覆构造或进一步演化逆冲断裂，致使局部出现较老岩组（辽吉花岗岩）超覆于较新岩组之上。挤压作用进入高潮时，产生了辽河运动的第二幕变形作用，形成了大规模东西向复式褶皱群，奠定了区域基本构造格架。之后在局部叠加应力场作用下，发生了第三幕变形作用，岩石一般处于韧-脆性状态，在本区表现为宽缓的、轴面近直立的北北西向、北北东向一组共轭褶皱，并出现大量破裂构造。玉隆铅锌矿田处于区域上虎皮峪-红石砬子复背斜西段中部，主要构造格架由一个二期背斜和一个二期向斜组成。褶皱走向北西西向，延长十余公里，控制全区地层、矿产和早元古代花岗岩的分布（图 2）。

众多学者对区域上古元古代花岗岩地质特征、岩石特征、就位机制进行了深入研究（张秋生等，1984；刘永江等，1986；陈树良，2000），积累了丰富的资料。矿田内古元古代花岗岩按其就位构造部位、产出形态，结合同位素年龄可分为三个期次。最早

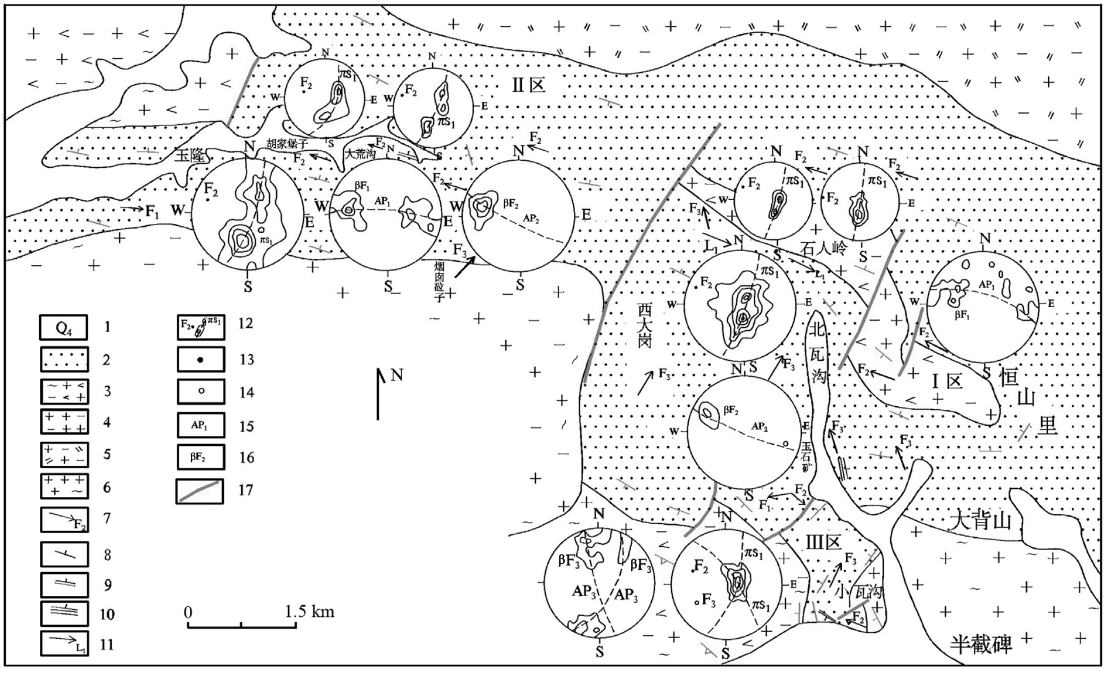


图 2　玉隆-北瓦沟矿田构造解析图

Fig. 2　Structural analysis of Yulong-Beiwagou ore deposit

1-近代堆积；2-下元古界辽河群；3-条痕状黑云母角闪花岗岩；4-含黑云母花岗岩；5-黑云母二长花岗岩；6-条痕状花岗岩；7-褶皱轴倾向；8-S_1 面理；9-F_2 褶皱轴面；10-F_3 褶皱轴面；11-线理倾 向；12-组构图；13-F_2 褶皱轴；14-F_3 褶皱轴；15-轴面；16-褶皱投影大圆；17-断层

1-modern accumulation; 2-Lower Proterozoic Liaohe Group; 3-streak-like biotite hornblende granite; 4-biotite-bearing granite; 5-biotite monzogranite; 6-streak-like granite; 7-fold axis orientation; 8-S_1 foliation; 9-F_2 fold axial surface; 10-F_3 fold axial surface; 11-lineation orientation; 12-group composition; 13-F_2 fold axes; 14-F_3 fold axis; 15-fold axes; 16-fold projecting great circle; 17-faults

的相当于区域上的同匠峪杂岩,同位素年龄值为2100Ma(U-Pb 法,张长捷,1993)。区域分布最为广泛,矿田内出露有石人岭岩体、魏大岭岩体,岩性以条痕状黑云角闪花岗岩为主。石人岭岩体分布北瓦沟区北侧,与里尔峪岩组接触,接触面均内倾,岩体中片麻理发育。条痕状黑云角闪花岗岩中常见有 F_1 片内紧闭同斜褶皱,反映出岩体卷入辽河旋回第一幕变形作用特点(图 3),岩体处于二期向斜核部。

稍晚侵位的为半截碑岩体,出露在北瓦沟矿区东南侧,与高家峪组二段接触,接触产状均外倾,岩体就位于二期背斜核部。岩性为白色细粒花岗岩。

古元古代晚期后松树沟岩体位于玉隆地区南侧,岩性为黑云母二长花岗岩。平面上呈椭圆形,长轴近东西向展布,岩体侵入至高家峪组二段,局部与大石桥组接触,周边接触面均外倾,在岩体南北两侧倾角 50 ~ 70°,岩体东侧倾角 30°±。岩体与地层接触处发育韧性剪切带,运动方向显示岩体相对上升,岩体是伴随第二幕变形构造过程沿 F_2 背斜侵入的,侵位机制属气球膨胀式(辽宁省区调队,1991)。由于后松树沟岩体侵入,使该处南北向应力场进一步增强,迫使玉隆至响水沟一线二期向斜变形加剧,形成相似式紧闭向形构造。岩体同位素年龄值为 1896.5±1.6Ma 和 1904.2±4.9Ma(U-Pb 法,张长捷,1993),这与矿田工业类型矿石(角砾状矿化)同位素年龄 1769±25Ma(熊兰生等,1990)近乎一致,而岩体侵位于二期背斜核部,角砾状矿化产于其北翼和相邻向斜核部,揭示两个事件时空间的一致性。

中生代花岗岩呈较大岩基分布于矿田北侧,与铅锌成矿关系不大。

2　矿田地质特征

2.1　地层岩石特征

矿田出露地层主要为大石桥组和高家峪组,里尔峪组零星分布在石人岭岩体周边。北瓦沟地区发育最全(图 4),层状岩石可划分两套:下部是以酸性火山岩为主体夹基性火山岩的陆源碎屑沉积-火山岩建造;上部为钙镁碳酸盐夹泥质岩为主体的火山岩-碳酸盐建造。区内碳酸盐岩出露面积较大,约占全部地层的四分之三左右,矿田地层归纳起来与铅锌矿有关的有 6 个岩石类型,自下而上分别是:斜

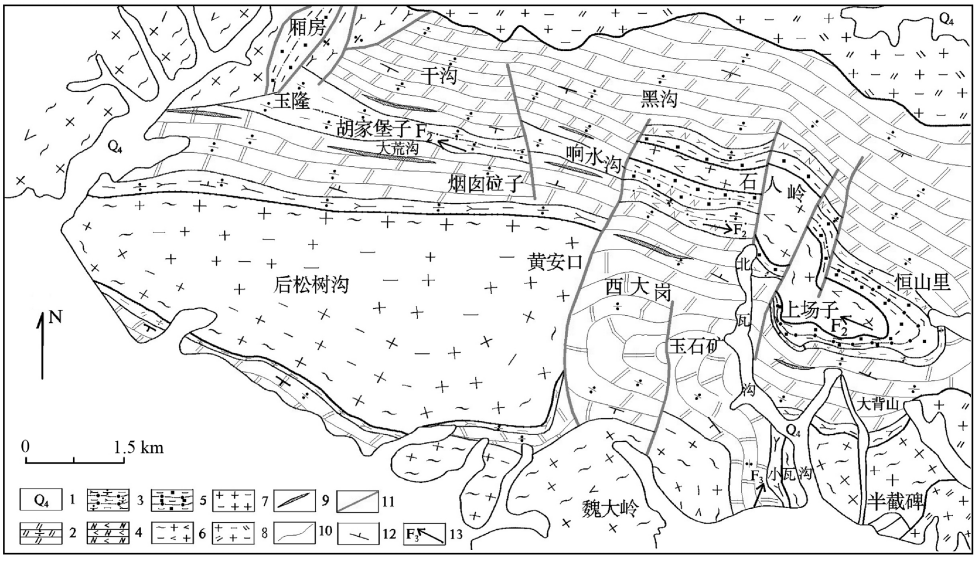


图 3　玉隆-北瓦沟矿田构造岩性图

Fig. 3　Structural and lithologic map of the Yulong-Beiwagou ore deposit

1-近代堆积;2-大石桥岩组透闪白云大理岩;3-高家峪岩组矽线透闪黑云变粒岩;4-高家峪岩组斜长角闪岩;5-里尔峪岩组含磁铁黑云变粒岩;6-条痕状黑云角闪花岗岩;7-含黑云母花岗岩;8-黑云母二长花岗岩;9-铅锌矿带;10-地质界线;11-断层;12-产状;13-褶皱轴倾向

1-modern accumulation;2-rock group thoroughly flash Dashiqiao baiyun marble;3-GaoJiayu rock Group of silicon line penetration flash biotite granulite;4-Gao Jiayu rock Group of plagioclase amphibolite;5-LiEryu rock magnet-bearing biotite granulite;6-streak-like biotite hornblende granite;7-with biotite granite;8-biotite monzogranite;9-lead-zinc belt;10-geological boundary;11-faults;12-occurrence;13-fold axis orientation

长角闪岩、透辉透闪(变粒)岩、黑云片(变粒)岩、含墨大理岩、条带状透闪石白云石大理岩、菱镁大理

岩。其中条带状透闪石、白云石、大理岩分布最为稳定,为区内铅锌含矿层,岩石灰白色,中粗粒状变晶结构,条带状构造,岩石主要由两部分组成:透闪石条带和白云石、大理石,局部含有少量石英、透辉石,镁橄榄石,条带宽窄不等,变化范围 0.5 ~10cm,条带由放射状、束状透闪石集合体组成,含量一般为 5 ~10%,个别达 50% 以上。透闪石条带与白云石大理岩成粗韵律状出现,条带发育部位围岩蚀变较强,最常见的是蛇纹石化、碳酸盐化。透闪石晶体中常会有硫化物包裹体,在矿物的解理缝中常伴有丝状闪锌矿、方铅矿、硫锑铅矿,在后期改造中有硫化物排出聚集的特点。从北瓦沟地区九种类型岩石微量元素分析结果看,条带状透闪白云石大理岩中 Cu、Zn、Pb、Sb、Sn、As 的含量较高,高出本地区平均含量几十至几百倍,其中铅可达 6.95×10^{-4},锌可达 1.277×10^{-3}(高承业等,1990),说明条带状透闪白云石大理岩为本区铅锌矿含矿层(表 1)。

2.2 矿田变形构造特征

野外构造测量解析工作采用较为成熟的工作方法(马杏垣,1978;刘如琦,1982),本区可识别三期褶皱构造(F_1、F_2 和 F_3),分别代表三幕变形构造(即 D_1、D_2 和 D_3)。第一幕(D_1)变形期间岩石处塑性状态,平行原始层理的强塑性变形产生了各种尺度的紧闭同斜(平卧)褶皱构造(F_1),在 F_1 较大规模褶皱翼部产生了一系列顺层剪切滑动构造;第二幕(D_2)变形阶段,岩石本身的力学性质为弹塑性,在弯滑机制作用下(戴立军,1988),产生了轴向北西西向规模宏大的褶皱群,控制该区基本构造格架;第三幕(D_3)构造变形较弱,岩石处于弹塑-脆性状态,产生宽缓的,轴面近直立的褶皱构造和大量破裂构造,该幕变形为局部应力场结果。根据区内构造行迹特征,将全区划分为北瓦沟(I 区)、玉隆(II 区)、小瓦沟(III 区)三个构造均匀区段图(图 2)。

D_1 变形作用是伴随区域角闪岩相变质作用而发生的,在应力梯度作用下,岩石发生了定向塑性流动,形成区域上透入性的 S_1、F_1、L_1 组构。S_1 是广泛发育的片理,是 $S_1\approx S_0$(即 S_1 对 S_0 置换)$//F_1$ 轴向分布。片理是由片、针柱状、板状矿物定向排列而成,这些矿物在变形过程中被压扁、拉长定向排列组成片理;F_1 是以 S_0、S_0'为变形面的各种尺度的褶皱构造,小从手标本,大到各种规模露头尺度的褶皱构造行迹在区内广泛分布。由于后期变形作用的叠加改造、地壳上升剥蚀的结果,使区内(或区域上)大规模的 F_1 平卧褶皱宏观上已无法辨认而忽略它的

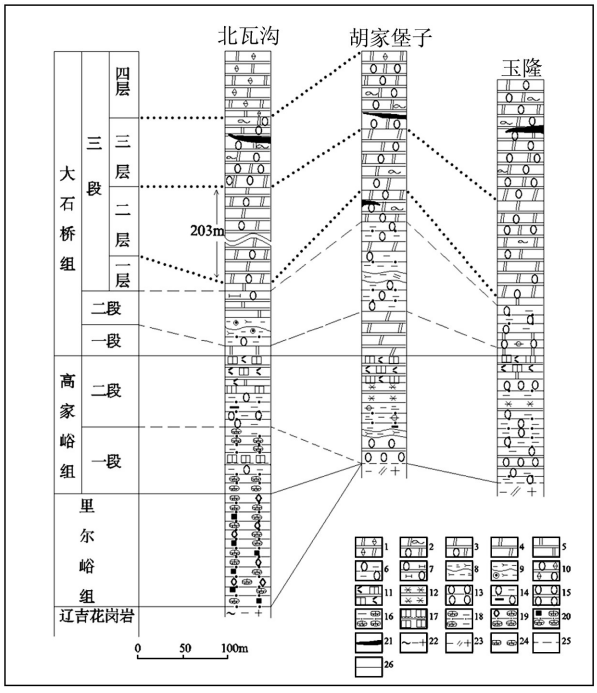


图 4 北瓦沟-胡家堡子-玉隆辽河群地层柱状对比图

Fig. 4 Comparison of stratigraphic columns of the Beiwagou-Hujiabuzi-Yulong Group

1-菱镁大理岩;2-条带状透闪白云石大理岩;3-含透闪白云石大理岩;4-白云质大理岩;5-大理岩;6-黑云透闪变粒岩;7-透辉透闪岩;8-矽线二云片岩;9-石榴矽线黑云片岩;10-绿帘透闪石岩;11-斜长角闪岩;12-阳起石岩;13-透闪变粒岩;14-含墨黑云透闪变粒岩;15-透闪岩;16-含黑云浅粒岩;17-黑云斜长片麻岩;18-浅粒岩;19-电气浅粒岩;20-磁铁浅粒岩;21-矿体;22-条痕状黑云花岗岩(石人岭岩体);23-黑云二长花岗岩(后松树沟岩体);24-岩层界线;25-岩段界线;26-岩组界线

1-magnesite marble;2-striped transparent flash dolomite marble;3-with transparent flash dolomite marble;4-dolomitic marble;5-marbles;6-biotite granulite transparent flicker ;7-transparent diopside amphibolite;8-Silicon Line 2 cloud schist;9-pomegranate silicon line biotite schist;10-epidote tremolite rocks;11-amphibolite rocks;12-actinolite Shiyan;13-transparent flicker granulite;14-with pitch-black cloud penetration flicker granulite;15-transparent amphibolite;16-with biotite leucoleptite;17-biotite plagioclase gneiss;18-leucoleptite;19-electrical leucoleptite;20-magnet leucoleptite;21-orebodies;22-streak-like biotite granite;23-biotite monzogranite;24-rock boundary;25-rock section line;26-rock group boundary

存在,如传统的认识认为恒山里岩体处于正形构造的核部,岩体抬升强力挤入使之由背形演变形成"Ω"形(熊兰生等,1989)。本次工作做了大量的构造测量和构造解析工作,认为在 D_1 变形过程中,产生了大规模的 F_1 平卧褶皱,在褶皱倒转翼伴有一系列逆冲断裂,加剧了处于褶皱核部的条痕状黑云角闪花岗岩进一步超覆于辽河群之上(图 3)。L_1 则

表 1　北瓦沟矿区各种岩石微量元素含量对比表

Table 1　Trace elements contents of rocks in the Beiwagou ore deposit

岩石名称	组段	件数	微量元素平均含量($\times10^{-6}$)										
			As	Sb	Pb	Sn	Bi	Cr	Ni	Cu	Ag	Zn	Co
菱镁白云石大理岩	d_3^4	9	100	0	83	10	0	10	10	10	1	100	10
条带状透闪白云石大理岩	d_3^3	12	300	633	695	10	25	30.8	48	87	6.5	1227	10
白云石大理岩	d_3^2	12	100	0	198	10	0	16.5	11.6	30	1.1	100	10.1
糖粒状大理岩	d_3^1	1	100	0	10	10	0	10	10	10	12.5	100	10
变粒岩	d_3^1	9	100	0	66.6	10	0	53	45.5	26.6	12.5	100	16.6
白云质大理岩	d_3^2	2	100	0	10	10	0	10	10	10	12.5	100	10
矽线黑云片岩	d_2^1	3	100	0	100	10	0	86	80	30	12.5	100	13
含墨大理岩	d_3^4	5	100	0	103	10	0	66	42	16	12.5	100	12
斜长角闪岩	g_2^2	16	100	0	31.2	10	0	60.8	40	25.5	12.5	100	18
石墨透闪变粒岩	g_3^1	9	100	0	178	10	0	30	17.7	17.7	12.5	100	10

分析测试单位:辽宁省第五地质大队化验室,1990。

主要是矿物拉长线理,在区内广泛分布,如透闪石晶体的定向排列,是区内一种透入性构造,其次是石香肠,小褶皱枢纽、杆状构造等。

D_2 变形作用应力场增强,导致抬升作用明显,在本区形成大规模褶皱群。褶皱枢纽走向为北北西-南东东向,大部分北西西倾,倾角 6 ~ 20°,部分近水平,少数南东东倾,倾角小于 10°。D_2 变形幕时温压条件较 D_1 变形幕时明显降低,岩石力学性质表现为弹塑性,因此 D_2 幕变形时的 S、F、L 组构就全区而言为非透入性构造,D_2 变形作用产生的面状构造(S_2)仅在局部可见,主要表现为 F_2 褶皱转折部位的轴面劈理,在胡家堡子北山 11 号矿体底板透闪石白云石大理岩中见到 F_2 轴面劈理充填石英脉、铅锌矿。线状构造(L_2)主要是褶皱线理(小褶皱枢纽)、石香肠构造、窗棂构造及 S_2 在 S_1 面上的交面线理等。就褶皱构造的样式来看,也因岩石力学性质差异,局部应力场的变化而以不同的样式展现,将区内 F_2 褶皱模式化后,在北瓦沟区段(I 区)表现为开阔相似式,在玉隆区段(II 区)表现为紧闭相似式,这些大褶皱控制区内地层、古元古代花岗岩和矿产的分布。在北瓦沟区段有石人岭-恒山里背斜、西大岗-车家堡子背斜;玉隆区段有后松树沟背斜、玉隆-烟囱砬子-响水沟向斜。在玉隆-烟囱砬子向斜北翼的胡家堡子北山见一个次一级向斜构造,11 号铅锌矿体就产在其转折端中(李勇,1993)(图 5)。

玉隆至烟囱砬子至响子沟二期向斜核部为较老地层高家峪组,其两翼为较新的大石桥组,正是由于这样一个地层层序故以往工作认为该处是一背斜构造,对其含矿作用没有深入探讨。

2.3　矿田控矿构造

2.3.1　矿田矿化类型及其空间分布

区内铅锌矿化主要有两种:层纹状矿化,角砾状矿化。

层纹状矿化中铅锌组分常呈不规则集合体产于含碳量高的条带状透闪石白云石大理岩中,宏观上呈条纹状、条带状产出,其产状平行于围岩。

角砾状矿化构成本区的工业矿体,均产在条带状透闪石白云石大理岩中层间剪切应变带发育部位-层间角砾岩带中。这种角砾是层间剪切应变带在滑移过程中形成的隐蔽型角砾;铅锌矿以充填、胶结角砾而存在,角砾为围岩成份;角砾状是层纹状矿活化,铅锌组分充填角砾岩中而形成。从空间分布关系看,层纹状矿、角砾状矿保持了高度的一致性(张秋生等,1989)。

2.3.2　赋矿空间(构造)及其演化

区内铅锌矿床成因类型为沉积-变质热液再造矿床(高承业等,1990),铅锌赋矿空间及演化可分为两个阶段

第一阶段-沉积形成阶段(矿源层就位)

在裂谷接受堆积的过程区内处于次级构造盆地中,地壳深部含矿组分沿断裂上升到海底喷气沉积成层纹状矿化。近年,与海底火山喷气作用有关的铅锌矿床找矿及相关研究工作取得一系列进展,发现一批较大规模的矿床(廖启林,2000;,2000;雷良奇,2002)。

第二阶段-富集成矿阶段

层纹状矿化在辽河群早期变质-变形过程中表现为高塑性,在相伴的热液作用下使金属硫化物活

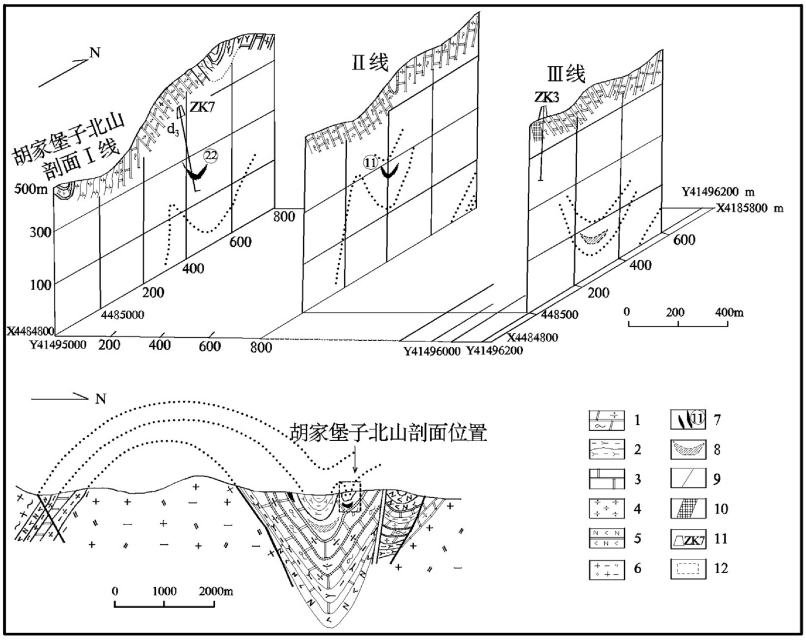


图 5　胡家堡子北山 11 号、22 号矿体控矿模式图

Fig. 5　Model of ore-controlling structures of ores No. 11 and No. 22 in Beishan, Hujiabuzi

1-条带状透闪白云石大理岩;2-矽线黑云片岩;3-大理岩;4-透闪片岩;5-斜长角闪岩;6-黑云二长花岗岩;7-铅锌矿体及编号;8-预测铅锌矿体及矿化带;9-地层与岩体接触界线;10-矿化带;11-钻孔位置及编号;12-胡家堡子北山剖面位置

1-transparent flash banded dolomite marble;2-silicon wire biotite schist;3-marbles;4-transparent flash schist;5-amphibolite rocks;6-biotite-granite;7-Lead zinc body and number;8-forecast body and lead-zinc mineralization belt;9-stratigraphy and rock contact line;10-mineralized zone;11-drilling location and number;12-section location of Hujiabao

化迁移,富集在低应力部位-顺层剪切滑动带内的低压扩容带中。在递进变形过程中(D_2 变形幕),变形和带内热液活动达到顶峰,矿质加剧活化迁移,顺层剪切滑动带达到空前规模并相继产生更大的低压空间-大褶皱转折端,层纹状矿化活化迁移更为彻底,在变质改造过程中形成的热卤水吸取成矿物质形成含矿热液,流体温压条件较高,温度 160 ~ 340℃(张秋生等,1989),压力超过围岩,在应力与流体作用下,使带内岩石发生破裂,有用组分沉淀胶结形成角砾状工业矿体。

2.3.3　控矿构造特征及其分布

① 层向剪切滑动构造带(含矿角砾岩带)对铅锌矿体的控制作用及分布

区内工业铅锌矿体(角砾状矿),均产在条带状透闪石白云石大理岩中的层间韧性剪切滑动带发育部位。矿体呈透镜状、串珠状分布,矿化角砾岩体顶底板均是条带状透闪石白云石大理岩,两者产状基本吻合。角砾组成主要是蛇纹石化白云石大理岩,其次是粗晶-巨晶白云石集合体、黑色蛇纹岩、透闪岩等,角砾直径一般几厘米到十几厘米。胶结物有重结晶白云石脉、杂色蛇纹石脉和闪锌矿、方铅矿等呈极不规则形态充填在角砾之间的间隙中,胶结角砾,角砾与胶结物界线清楚。

含矿角砾岩带分布广泛,规模不等,规模较大的自西向东依次有玉隆、大荒沟、烟囱砬子、吊坎沟,规模较小的区段有胡家堡子南山、大古硐、黑沟一带条带状透闪石白云石大理岩中均有分布,单体呈透镜状产出,整体看呈串珠状严格按层位分布,上述均含程度不同的铅锌矿化。

② F1 褶皱控矿特征

发育在含矿层中的 F_1 次级褶皱直接控制铅锌矿体的分布。北瓦沟矿区上场子矿段 IV 号体侧倾、侧伏特征:侧伏产状 105°∠30°,与 I 区 F_1 枢纽及矿体附近的 L_1(杆状构造、窗棂构造)产状一致;侧倾产状 23°∠64°,其投影大圆与该处 F_1 轴面投影大圆(Ap_1)基本吻合,亦反映了 F_1 褶皱对铅锌矿矿体的控制特征。

③ F_2 褶皱的控矿特征

胡家堡子北山 11 号、22 号铅锌矿体均产在 F_2 次级向斜构造转折部位,在向斜转折端处条带状透

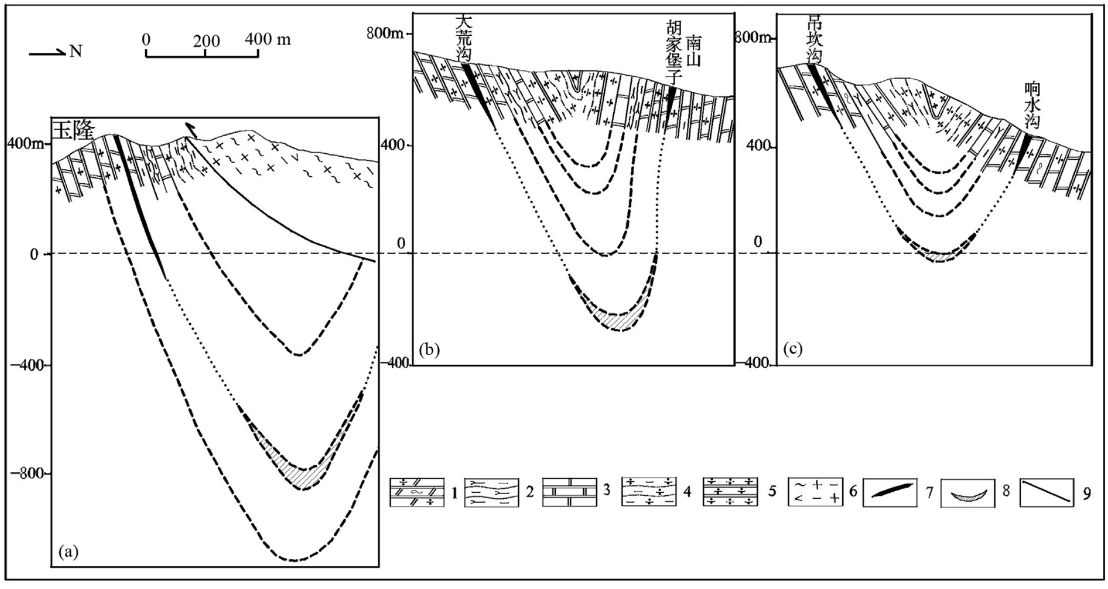


图 6　玉隆矿段(a)、胡家堡子–大荒沟矿段(b)、吊坎沟–响水沟矿段(c)成矿预测图

Fig. 6　Metallogenic prediction map of Yulong (a), Hujiabuzi–Dahuanggou (b) and Diaokangou–Xangshuigou (c) ore sections

1–条带状透闪白云大理岩;2–矽线黑云片岩;3–大理岩;4–黑云透闪变粒岩;5–透闪岩;6–条带状黑云角闪花岗岩;7–铅矿(体)化带;8–预测铅锌矿(体)化带;9–断层

1–transparent flash baiyun marble;2–silicon wire biotite schist;3–marbles;4–biotite granulite permeability flicker;5–transparent amphibolite;6–banded biotite–hornblende granite;7–Pb–mineralization band;8–forecast lead–zinc–based band;9–faults

闪石白云石大理岩(角砾状矿体底板)中发育一组轴面劈理,有细脉状铅锌矿充填,反映 F_2 褶皱过程中铅锌矿化活动是强烈的。矿体延伸方向与 F_2 枢纽产状一致,矿体于褶皱端处最厚,向两翼逐渐变薄直至尖灭或再现。

胡家堡子北山向斜是处于玉隆至烟囱砬子至响水沟二期向斜北翼的次级二期向斜(图 5),该二期向斜与朝鲜检德如云硐二期向斜类似,而上述向斜两翼条带状透闪石白云石大理岩极为发育,所以在其延伸至向斜转折端附近,有可能构成较大规模铅锌矿工业矿体,是区内铅锌矿找矿工作希望所在。

3　玉隆矿田铅锌矿深部赋矿空间分析

如前所述,玉隆至烟囱砬子至响水沟二期向斜深部转折部位的条带状透闪石白云石大理岩层位是区内最有利的赋矿空间。

玉隆至烟囱砬子至响水沟二期向斜褶皱样式为紧闭相似式,处于转折部位的地层厚度增大,统计露头尺度 F_2 褶皱转折端与翼部厚度比为 3:1 左右;向斜枢纽倾向北西西向,倾角 8 ~ 12°±,即向斜转折端埋深有西低、东高的特点,这为我们判断处于转折端的含矿层位埋深提供依据。该向斜构造东西延长近 10km,按地表出露的含矿层位、矿化发育强度可分为三个成矿区段:(1) 玉隆矿段;(2) 胡家堡子至大荒沟矿段;(3) 吊坎沟至响水沟矿段(图 6)。

(1) 玉隆矿段,位于本区最西端,地表只出露向斜南翼。条带状透闪石白云石大理岩极为发育,地表延长 2400m,厚度 135m±。岩石中透闪石条带粗大密集,延续性较好,其中见三条铅锌矿化带、六条有意义矿体,其中 I 号矿化带长 1600m,宽 2 ~ 20m,延深大于 350m,倾向北西 340° ~ 北东 30°,倾角 55° ~ 85°,经钻孔控制深部有变缓趋势。带内最大规模矿体长近 500m,延伸 337m,平均厚度 1.82m,Pb+Zn:2.09%。II 号矿化带长 250m,宽 15 ~ 20m,控制最大延伸超过 500m,产状北倾,倾角 78° ~ 85°。III 号矿化带为一隐伏体见于 ZK702 孔 130m 处,厚度 3.12m。推测其深部成矿远景极佳,隐伏矿体大致赋存标高为-800 ~ -1100m±(图 6a)。

(2) 胡家堡子至大荒沟矿段,位于二期向斜中段,含矿条带状透闪白云石大理岩在向斜两翼均发育,厚度一般为 60 ~ 100m±,向斜南翼地层北倾,倾角 60° ~ 70°±;向斜北翼产状大多南倾,偶见北倾,其中北翼含矿带南倾,倾角 80°±,再向北远离矿化带地层产状变缓,一般 40° ~ 50°。向斜南翼大荒沟

以东地表出露有断续延长达 3000m 的铅锌矿化带，厚度 2 ~ 24m，该带仅做稀疏槽探控制，矿体厚度 0.9 ~ 1.67m，Pb+Zn：3.03%，以铅锌矿化为主。与其相对应的向斜北翼为胡家堡子至大古硐一带铅锌矿化带，该带延长大于 1000m，厚 10 ~ 20m±，带中见七条矿体，以胡家堡子南山 9 号矿体规模最大：矿体长 113m，最大延深 50m，平均厚度 5.13m，Pb+Zn：3.77%，矿体呈透镜状产于含矿层中。向斜两翼矿化带距离 700 ~ 1000m，结合两翼产状和该处褶皱枢纽产状，推测本矿段赋存标高为 -300 ~ -200m 左右（图 6b）。

（3）吊坎沟至响水沟矿段，位于二期向斜东端。向斜两翼含矿层均较发育，平均厚度为 80m±。向斜南翼地层北倾，倾角 40 ~ 60°；向斜北翼南倾，倾角 40-50°±。该处向斜两翼均发育千余米长的铅锌矿化带，其中吊坎沟南山脊一采场处铅锌矿化最强，见厚度 4.2m 的铅锌矿体，Pb+Zn：7% ±。向斜两翼矿化带距离 800m±，结合两翼产状特点，推测该处向斜转折端埋藏较浅，虽然成矿条件不是最为有利，但是验证二期向斜的含矿性应是首选区段。推测矿体赋存标高为 0m±，即距地表 600m 的空间上（图 6c）。

4 结论

玉隆至烟囱砬子至响水沟二期向斜深部转折部位的条带状透闪石白云石大理岩层是矿田最有利的赋矿空间，预测距地表 1500 ~ 600m 以浅部位存在铅锌工业矿体。

致谢 在成矿预测工作中得到了刘如琦教授和贾立学高级工程师的亲临指导，在此深致谢意。

[References]

Chen Shu-liang. 2000. Liaoning proterozoic eon intrusive rock pedigree unit[J]. Liaoning Geology, 17(3): 206-211(in Chinese with English abstract)

Dai Li-jun. 1988. Constructing sequences and structural evolution of beiwagou ore field in Xiuyan[J]. Liaoning Geology, 18(1): 1-6(in Chinese with English abstract)

Gao Cheng-ye. 1990. Detailed geological report for lead zinc ore in beiwagou ore field of Xiuyan manchu autonomous county in Liaoning province[R]. The Fifth Geological Party of Liaoning Bureau Geology and Mineral Resources Exploration: 15-80(in Chinese)

Investing squadrons of jiande geological prospecting party. 1986. Geological structure and ore body distribution characteristics of lead zinc deposit in jiande area[R]. Translations on lead zinc ore geology in Jiande area of north korea: translated by Zhao Zai-zhen. Liaoning Bureau of Geology and Mineral: 52-55(in Chinese)

Li Zheng-zhe, Li Yuan-guo, Li Bo-xue. 1986. On structural features of superimposing folds and prospecting direction in Jiande Area[R] Translations on lead zinc ore geology in Jiande Area of north korea, Translated by Chi Hong-fan. Liaoning Bureau of Geology and Mineral: 31-38(in Chinese)

Liu Jia-yuan, Shan Na-lin, Qian Jian-ping. 2006. Theory and approach for concealed deposit prediction[M]. Beijing Metallurgical industry Press: 1-39(in Chinese)

Liaoning bureau of geology and mineral resources. 1989. Journal on regional geology of Liaoning province[M]. Beijing: Geological Publishing House: 54-708(in Chinese)

Liu Yong-jiang, Li San-zhong. 1996. Early proterozoic granite in Haicheng-Dashiqiao-Jidong area of Liaoning province[J]. Liaoning Geology 49, (1): 10-17(in Chinese with English abstract)

Liu Ru-qi. 1982. Structural analysis of metamorphic[R]. Tianjin Instute of Geolgy and Mineral Resources: 1-120(in Chinese)

Li Yong. 1993. Ore forecast report for Yulong lead zinc ore field at scope from Beiwagou of Xiuyan county to Dashiqiao of Liaoning province (Scale: 1/10000)[R]. The Fifth Geological Party of Liaoning Bureau Ggeology and Mineral Resources Exploration: 1-156(in Chinese)

Liao Qi-lin, Dai Ta-gen, Liu Wu-hui. 2000. Analysis on deposit formation environment of typical vhms in south rim of Altai[J]. Geology and Exploration, 36(6): 23-26(in Chinese with English abstract)

Lei Liang-qi, Song Ci-an, Feng Zuo-hai. 2000. Category and ore formation perspective of concealed lead and zinc deposit in fozichong volcanic Area[J]. Geology and Exploration, 38(1): 9-14(in Chinese with English abstract)

Ma Xing-yuan. 1978. Working procedures for metamorphic rock structure[R]. Hebei Geology of Comprehensive Research Team: 1-44(in Chinese)

Shen Bao-feng, Zhai An-min, Chen Wen-ming. 2006. Precambrian mineralization of China[M]. Beijing: Geological Publishing House: 14-213(in Chinese)

Xu Zhi-gang, Chen Yu-chuan, Wang Deng-hong. 2008. The division scheme on metallogenic belt in China[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-48(in Chinese)

Xiong Lan-sheng. 1990. The control factors on the late-mid proterozoic eon lead-zinc metallogenic belt in Liaoning province[R]. Liaoning Bureau of Geology and Mineral Resources: 152-158(in Chinese)

Zhang Qiu-sheng. 1984. Early precambrian geology and mineralization in China[M]. Chuangchun: Jinlin people's Publishing House: 81-299(in Chinese)

Zhang Qiu-sheng. 1986. Early crust and mineral deposits of Liaotung peninsula[M]. Beijing: Geological Publishing House: 218-391

Zhang Qiu-sheng, Wang You-jue. 1989. Early proterozoic eon lead-zinc metallogenic condition in East Liaoning and prognosis of concealed ore, Changchun university of earth sciences[R]. Liaoning Bureau of Geology and Mineral Resources: 525-622(in Chinese)

Zhu Xin-you, Wang Dong-bo, Wang Shu-lai. 2000. The characteristics of ore-bodies, Tam-Kalangu lead-zinc deposits, arketao county, Xinjiang[J]. Geology and Exploration, 36(6): 32-35(in Chinese with English abstract)

Zhang Chang-jie. 1993. The people´s Republic of China and the geologic

map specification (1:50000), K-51-102-D (JieGuanting)[R]. The Liaoning Provincial Bureau of Mines and Geology: 13-15 (in Chinese)

[附中文参考文献]

陈树良. 2000. 辽宁元古宙侵入岩石谱系单位[J]. 辽宁地质, 17(3): 206-211

戴立军. 1988. 岫岩北瓦沟构造序列及构造演化[J]. 辽宁地质, 18(1): 1-6

高承业. 1990. 辽宁省岫岩满族自治县北瓦沟矿区铅锌矿详查地质报告[R]. 辽宁省地质矿产局第五地质大队: 15-80

检德地质勘探队调查中队. 1986. 检德地区铅锌矿床地质构造及其矿体分布特征[R]. 朝鲜检德地区铅锌矿地质译文集. 赵载镇译. 辽宁省地质矿产局: 52-55

李正哲, 李元国, 李博学. 1986. 检德地区迭加褶皱构造特征及找矿方向探讨[R]. 朝鲜检德地区铅锌矿地质译文集. 池洪范译. 辽宁省地质矿产局: 31-38

刘家远, 单娜琳, 钱建平. 2006. 隐伏矿床预测的理论和方法[M]. 北京: 冶金工业出版社: 1-39

辽宁地质矿产局. 1989. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社: 54-708

刘永江, 李三忠. 1996. 辽宁海城-大石桥-吉洞地区早元古代花岗岩[J]. 辽宁地质, 49(1): 10-17

刘如琦. 1982. 变质岩构造解析[R]. 天津地质研究所: 1-120

李　勇. 1993. 辽宁省岫岩县北瓦沟-大石桥市玉隆铅锌矿田万分之一比例尺成矿预测报告[R]. 辽宁省地质矿产局第五地质大队: 1-156

廖启林, 戴塔根, 刘悟辉, 邱冬生. 2000. 阿尔泰南缘典型块状硫化物矿床成床环境浅析[J]. 地质与勘探, 36(6): 23-26

雷良奇, 宋慈安, 冯佐海. 2000. 佛子冲火山岩区隐伏铅锌矿床的类型归属及成矿远景[J]. 地质与勘探, 38(1): 9-14

马杏垣. 1978. 变质岩构造工作方法[R]. 河北省地质局综合研究大队: 1-44

沈保丰, 翟安民, 陈文明. 2006. 中国前寒武纪成矿地质作用[M]. 北京: 地质出版社: 14-213

徐志刚, 陈毓川, 王登红. 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社: 81-84

熊兰生. 1990. 辽宁省中下元古宙铅锌成矿控制因素[R]. 辽宁省地质矿产局: 152-158

张秋生. 1984. 中国早前寒武纪地质及成矿作用[M]. 长春: 吉林人民出版社: 81-299

张秋生. 1986. 辽东半岛早期地壳与矿床[M]. 北京: 地质出版社: 218-391

张秋生, 王有爵. 1989. 辽宁东部早元古宙铅锌矿床成矿条件和隐伏矿体预测[R]. 长春地质学院, 辽宁地质矿产局: 525-622

, 汪东波, 王书来. 2000. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿体地质特征[J]. 地质与勘探, 36(6): 32-35

张长捷 1993 中华人民共和国和地质图说明书(1:5 万), K-51-102-D (接官厅)[R]. 辽宁省地质矿产局: 13-15

Analysis of Features of Ore-Controlling Structures and Deep Ore-Bearing Space for the Yulong Lead and Zinc Ore Deposit in Eastern Liaoning

LI Yong,　SUN Xin-sheng,　DONG Jian-jun,　WANG Dong-bo

(*Fifth Geological Brigade, Geology and Mineral Resource Exploration Bureau of Liaoning Province, Yingkou*　115100)

Abstract: The Yulong lead and zinc ore deposit of eastern Liaoning, as an important lead zinc belt in the region, is located in the central zone of the western end of the Liaoning-Jilin Paleoproterozoic rift. There is mineral parent rock and stripe-like tremolite dolomite marbles in the third section of the Dashiqiao formation group in this area. The genetic type of the lead and zinc deposit is sedimentation-based and reworked by metamorphic hydrothermal solution. The ore-controlling structures include the second-order fold F_1, turning end of fold F_2, and limb of the fold with shearing slide breccia belts. This paper suggests that there is a second-stage synclinal turn end of large fold, similar to the Ruyun cave of the Jiande lead and zinc deposit existing in this area. The geological evidence shows that industrial ore bodies of lead and zinc might exist in depth range 600-1500m below the earth surface along from Yulong, by Yanconglazi, to the Xiangshuigou second-stage syncline at Xiangshuigou.

Key words: lead and zinc ore deposit, ore-controlling structure, ore-bearing Space, feature, analysis