文章编号:0258-7106 (2006) 02-0183-08

广东凡口铅锌矿床控矿构造型式

刘德利,刘继顺,郭 军,周余国,韩海涛
(中南大学地学与环境工程学院,湖南 长沙 410083)

摘 要 文章通过对现有凡口矿区地质资料的研究与分析,结合矿区成矿地质条件及其矿床地质特征,认为凡口矿区的控矿构造型式为逆冲推覆构造体系,从而理顺了矿区内各组断裂构造间的相互关系。F_{203}是区内 I级断裂构造,在以 F_{203}为主推滑面的逆冲推覆构造应力作用下,其推覆体中往往同期形成次一级的叠瓦式逆冲断层组,为区内 II级断裂构造。在 II级断裂构造之间,又有一组近 NE 向的断裂组,为区内 III级断裂构造。上述 3 个不同级次的构造是逆冲推覆构造演化过程中逐次形成的,时间上略有先后。其成生的力学机制相同,即共同处于一个构造应力场之下。岩层在逆冲断层扩展时发生应变,在软弱部位引起褶皱或小褶曲,常形成一定的扩容空间,当矿液沿断裂主通道(主滑面)向上运移时,易于在此部位聚集淀积成为矿体。根据其逆冲推覆构造体系控矿的规律性,指出凡口矿区寻找隐伏矿床的有利部位。

关键词 地质学;铅锌矿床;逆冲推覆;控矿构造;凡口;广东
中图分类号: P618.42;P618.43 **文献标识码**:A

Ore-controlling structure in Fankou lead-zinc deposit, Guangdong Province

LIU Deli, LIU JiShun, GUO Jun, ZHOU YuGuo and HAN HaiTao
(School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China)

Abstract

The fault and fold structure in the Fankou lead-zinc deposit is very complicated, and the relationship between the faults at various levels is not very clear to researchers. Based on an analysis of the available geological data combining ore-forming geological conditions with geological characteristics of this deposit, the authors have reached the conclusion that the ore-controlling structure should belong to the thrust-nappe type, thus clarifying the relationship of all kinds of faults. F_{203} is a Grade Ⅰfault in the ore district. Under the tectonic stress, F_{203} acted as the principal thruststliding plane, and the sub-grade imbricate trust faults called Grade Ⅱfaults were formed among the nappe structures in the same period. There exist a group of approximately NE-trending faults among Grade Ⅱfaults, which are called Grade Ⅲfaults. These three grades of faults were formed successively during the period when thrust-nappe tectonics were developing. They were formed by the same mechanical mechanism, i. e., they lay in the same structural stress field. When thrust faults were developing, rocks strained and formed folds or wrinkles in the soft part, thus resulting in expanded space where mineral liquids were likely to accumulate and precipitate during their upward migration along the principal channel (the principal sliding plane). The new discovery contributes to looking for new concealed ore deposits according to the ore-controlling regularity of the thrust-nappe tectonics in the Fankou lead-zinc ore district.

Key words: geology, lead-zinc ore deposit, thrust-nappe structure, ore-controlling structure, Fankou,

第一作者简介 刘德利,男,1966 年生,高级工程师,中南大学地学与环境工程学院博士研究生,矿产普查与勘探专业,主要从事地质找矿与预测研究。

收稿日期 2005-07-12;改回日期 2005-11-11。张绮玲编辑。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Guangdong

广东凡口铅锌矿是中国最为典型的“一大、二富、三集中、四隐伏"的超大型矿床,位于粤北曲仁构造盆地北缘。凡口矿区各矿床中以水草坪矿床中的金星岭、狮岭和狮岭南 3 个矿段成矿最为集中,占矿区已探明储量的 80 %以上,是目前矿山开采的主要对象。

对凡口铅锌矿矿床的成因认识,除传统的远成低温热液成矿论外,较具代表性的成因观点还有:沉积成岩热水成矿说(赖应[illegible],1988;1990)、海底热泉喷流堆积成矿说(陈学明等,1998)、岩浆热液成矿说(於崇文等,1987)、双源卤水成矿说(吴健民等,1987)、同构造热液充填交代成因(王濮等,1995)等等。但不论成因认识如何,其矿体均受断裂构造控制是无可辩驳的事实。凡口铅锌矿区断裂、褶皱构造发育,构造型式繁杂,各级断裂构造之间的关系一直未系统的理顺。笔者在进行广东凡口铅锌矿 Sh-650 m 标高以下成矿地质条件及找矿远景评价过程中,通过对凡口矿区地勘、生产、科研等成果资料的认真研究与分析,结合本区的成矿地质条件及其矿床地质特征,提出凡口矿控矿构造体系为逆冲推覆构造控矿体系。旨在通过控矿构造体系的确立,从构造控矿角度,特别是逆冲推覆构造体系控矿角度分析矿体产出规律,根据其构造控矿的规律性,指导矿区深部及周边隐伏矿床(体)的定位预测。

1 区域地质和矿区地质特征

1.1 区域地质

凡口铅锌矿区位于粤北曲仁上古生界断陷盆地北缘。曲仁构造盆地为一近于等轴状的复式向斜。其周边广泛出露前泥盆纪浅变质岩系,南北两端有大片花岗岩体出露,其内侧分布有晚古生代至新生代地层。曲江构造盆地北段,元古界至新生界基本出露完整。构造盆地外围的前泥盆纪地层,按层序自西向东分布。西面有震旦纪乐昌峡群砂页岩组成瑶山复背斜的轴部,成为构造盆地的西部界线;寒武纪八村群砂页岩出露在乐昌、仁化以北的广大山区,构成构造盆地的北部边缘;东南面分布着奥陶纪下黄坑组砂页岩和龙头寨群砂页岩、大理岩,是构造盆地的东部边界。

晚古生代和中、新生代地层分布在构造盆地范围之内,其中以晚古生代地层分布最为广泛。桂头组与下伏前泥盆纪地层呈显著角度不整合接触;测水段、壶天群、龙潭阶等在构造盆地北缘与其下伏地层呈平行不整合或微不整合接触,致使石磴子段、梓门桥段和茅口阶在部分地区缺失。下侏罗统、马梓坪群及南雄群,均以显著角度不整合覆盖于其下伏地层之上;丹霞群与南雄群间亦呈微不整合接触。区内许多内生金属矿产大多赋存于晚古生代地层里。中、上泥盆统和下石炭统碳酸盐岩是本区铅锌-多金属矿床最主要的赋矿层位。

1.2 区域构造

区域性大断裂在粤北地区相当发育,控制了粤北地区中-大型矿床的产出。从构造线方向上看,有 EW 向组、NE-NNE 向组、NS 向组及 NW 向组。凡口超大型铅锌矿床恰位于近东西向的临武—仁化基底大断裂带(粤北地区为凡口—杨柳塘成矿带)和近南北向的凡口—大宝山隐伏基底构造成矿带的交汇处。此外,NE 向韶关深大断裂和 NW 向的大义山—仁化大断裂及上述两大基底断裂的次级断裂对矿床的就位起了关键性的作用。近南北向的隐伏断裂在区内最为发育,成生于加里东期,海西期时控制了盆地的形成,在印支期-燕山期再次活动,以逆断层及逆掩断层为主,规模通常较大,与成矿关系密切;燕山后期及喜马拉雅期产生的大多为正断层,其中部分为前期断裂复活而成,形成断陷盆地。近东西向的断裂以平移断层及正断层为主,一般规模较小,往往切断近南北向的断层。

1.3 矿区地质特征

凡口铅锌矿区出露寒武系、泥盆系、石炭系、二叠系等地层,主要岩性为灰岩和碎屑岩。矿区构造复杂,褶皱、断裂构造发育(图 1)。矿体产于一定层位,并明显受断裂构造控制。矿区主要含矿地层为泥盆系,次为石炭系。凡口矿区主要发育有 3 组断裂:NNW 向的 F_{203} 断裂,为矿区内规模最大的断裂;NNE 向的 F_3、F_4、F_5、F_6 等,为矿区内主要的控矿断裂;NE 向的 F_{101}、F_{102} 等,为主要的容矿断裂。这 3 组断裂共同产出,相互依存,形成一套控矿断裂构造体系——逆冲推覆断裂体系。

凡口铅锌矿区之褶皱构造表现为以 NW 向凡口复式倾伏向斜这一主体为主。随着逆冲推覆断裂构造的活动,地层因剪切而形成不对称的褶皱。在断裂上盘褶皱弱,而在断裂下盘褶曲强。狮岭背斜的特点

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

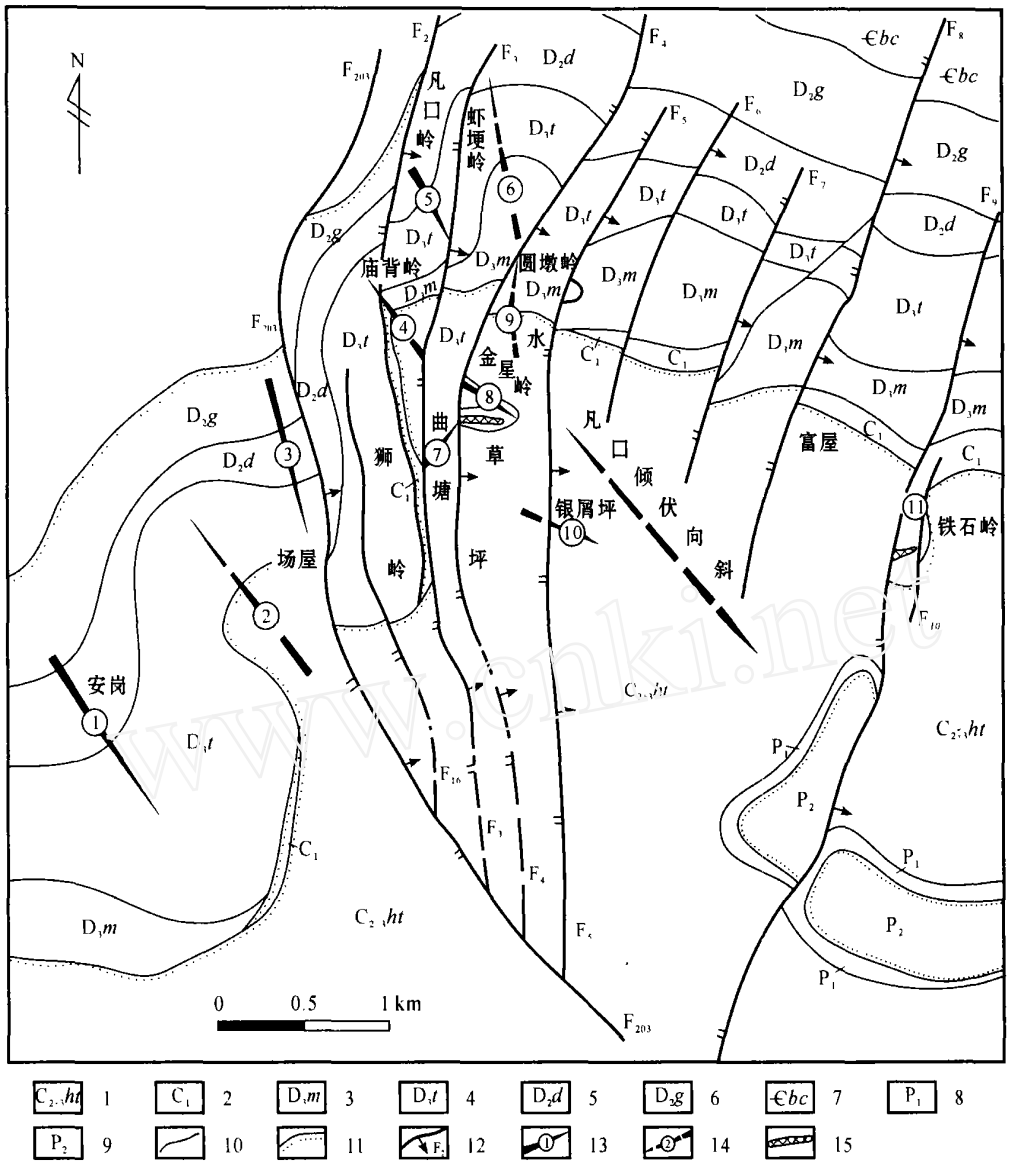


图 1　广东凡口铅锌矿区地质构造略图(据陈尊达,1992 修编)

1 —中、上石炭统壶天群白云岩、灰岩; 2 —下石炭统灰岩; 3 —上泥盆统帽子峰组碎屑岩; 4 —上泥盆统天子岭组灰岩; 5 —中泥盆统东岗岭组灰岩; 6 —中泥盆统桂头组碎屑岩; 7 —寒武系八村群碎屑岩; 8 —下二叠统灰岩; 9 —上二叠统碎屑岩; 10 —地质界线; 11 —不整合界线; 12 —断层及编号; 13 —倾伏背斜及编号; 14 —倾伏向斜及编号: ①安岗背斜, ②田庄向斜, ③狮岭背斜, ④庙背岭向斜, ⑤凡口岭背斜, ⑥虾埂岭向斜, ⑦曲塘背斜, ⑧金星岭背斜, ⑨圆墩岭向斜, ⑩银屑坪向斜, ⑪铁石岭背斜;15 —矿体

Fig. 1　Geological and tectonic sketch map of the Fankou deposit, Guangdong Province(modified after Cheng, 1992)

1 —Dolomite and limestone of Middle-Upper Carboniferous Hutian Group; 2 —Lower Carboniferous limestone; 3 —Clastic rock of Upper Devonian Maozifeng Formation; 4 —Limestone of Upper Devonian Tianziling Formation; 5 —Limestone of Middle Devonian Donggangling Formation; 6 —Clastic rock of Middle Devonian Guitou Formation; 7 —Clastic rock of Cambrian Bacun Group; 8 —Lower Permian limestone; 9 —Upper Permian clastic rock; 10 —Geological boundary; 11 —Unconformity; 12 —Fault and its serial number; 13 —Plunging anticline and its serial number; 14 —Plunging syncline and its serial number; 15 —Ore body

为:轴向 NNW、向 SE 倾伏、轴面略向东倾斜,为波状褶皱。矿区内这些褶皱的发生与逆冲推覆构造的形成有因果关系。

2　凡口矿区成矿构造和控矿构造型式及演化

凡口铅锌矿矿区断裂构造极为发育,呈多组多

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

向产出。按走向方位不同分为:NNW 向、NNE 向、NE 向 3 组断裂。NNE 向、NE 向断裂联合控制金星岭—狮岭—狮岭南主矿带;NNW 向-NNE 向断块间层间剥离,控制了西部矿带。

由于控矿断裂走向方位不同,使主矿带方向自北往南呈北东方向转为北北东方向。西矿带呈北北西向。两矿带往南汇合,与断裂带汇合部位呈同向展布。显示出明显受断裂控制的特征。

2.1 矿区断裂构造型式

凡口铅锌矿矿区范围内的各级断裂构造,从其断层的性质、空间展布和各断层的相互关系、组合特征等方面,以及地质构造、地层结构尤其是其主次滑面的层位、出露的级次、逆冲断层产状等方面的分析,可认定凡口矿区的控矿构造型式是逆冲推覆构造体系,其逆冲断层构造级次分 3 级(体系模式示意见图 2)。即矿区内规模最大的断裂带 F_{203}为主干逆冲推覆断层,在其形成过程中,由于应力的作用派生出次一级的断裂组(F_3、F_4、F_5、F_6 等),为矿区内二级断裂,随后在次级断块之间又会出现更次一级的断层组(F_{100}、F_{101}、F_{102}、F_{103}、F_{111}等)。这 3 个级次的断裂构造型式在空间上相互依存,构成了凡口矿区的控矿构造体系——逆冲推覆构造体系。

(1) NNW 向断裂带

NNW 向断裂主要有 F_{203}、F_{16},发育于凡口复式向斜西南翼的次级褶皱狮岭背斜与田庄向斜交接部位。F_{203}断裂为本矿区规模最大断裂,南起董塘镇建设村庄,向北由矿山医院转向北北东向,北至茶树坪以北,延长达五千余米,倾斜错距最大超过 800 m,破碎带宽度最大可达十余米。倾向 NEE,倾角南部为 50～60°,在中北部(即逆冲推覆构造带的前缘)较

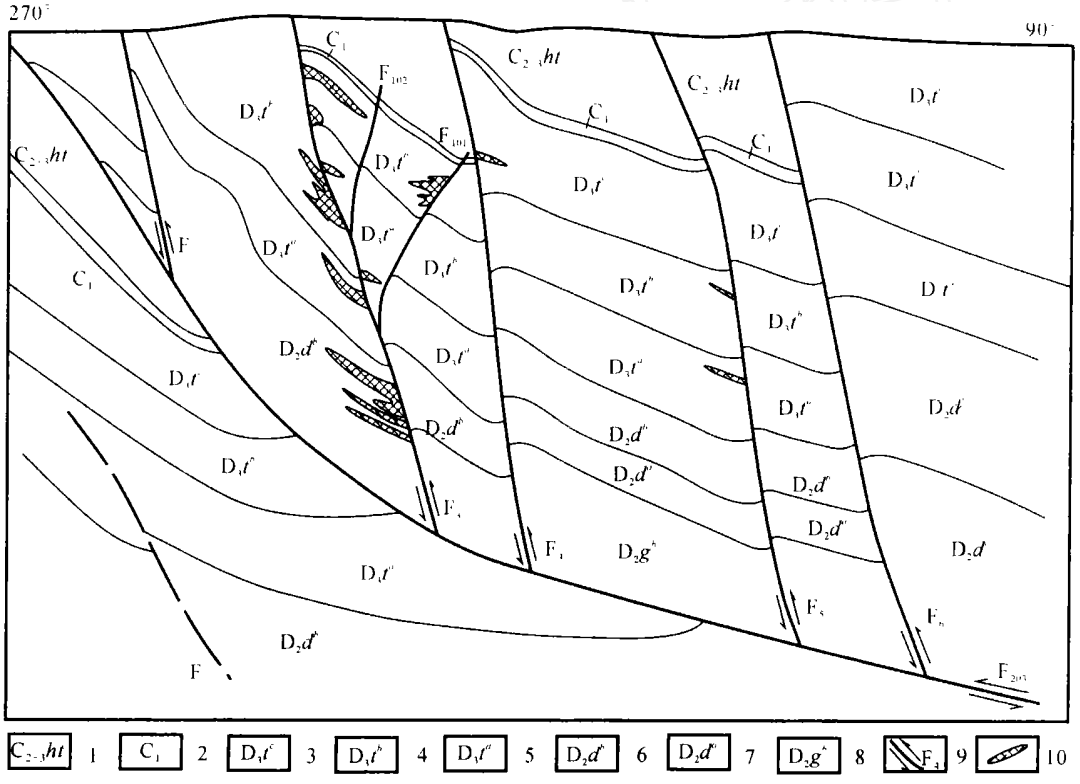


图 2 凡口铅锌矿床逆冲推覆构造模式示意图

1—中上石炭统壶天群白云岩、灰岩;2—下石炭统灰岩;3—上泥盆统天子岭组上亚组灰岩;4—上泥盆统天子岭组中亚组灰岩;5—上泥盆统天子岭组下亚组灰岩;6—中泥盆统东岗岭组上亚组灰岩;7—中泥盆统东岗岭组下亚组灰岩;8—中泥盆统桂头组上亚组碎屑岩;9—断层及编号;10—矿体

Fig. 2 Geological sketch map showing the thrust-nappe structure in the Fankou lead-zinc deposit

1—Dolomite and limestone of Middle-Upper Carboniferous Hutian Group; 2—Lower Carboniferous limestone; 3—Limestone of Upper Subformation of Upper Devonian Tianzilling Formation; 4—Limestone of Middle Subformation of Upper Devonian Tianzilling Formation; 5—Limestone of Lower Subformation of Upper Devonian Tianzilling Formation; 6—Limestone of Upper Subformation of Middle Devonian Guitou Formation; 7—Limestone of Lower Subformation of Middle Devonian Guitou Formation; 8—Clastic Rock of Upper Subformation of Middle Devonian Guitou Formation; 9—Fault and its serial number; 10—Ore body

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

陡，最大达 81°。断裂上盘岩层为中上泥盆统地层（D_2、D_3），在已有钻探控制的狮岭南矿段断裂下盘为中上石炭统壶天群（$C_{2+3}ht$）地层。即逆冲岩席中上泥盆统地层推覆至中上石炭统地层之上，前人工作认为是地层陷落（地层陷落深度至 - 600 m 标高以下）。F_{203}是矿区逆冲推覆构造体系中主干逆冲断层，为 I级断裂，系水草坪矿区在浅部层位的主推覆构造面。此断裂带在狮岭矿段仅于 Sh-650 m、Sh-750 m 中段主巷西侧有所揭露，在狮岭南矿段有钻孔控制。由狮岭南钻孔控制 F_{203}断裂的情况可看出，F_{203}断层面下造成地层的重复，反映为主推覆体下还存在一套容矿岩系。

F_{16}断层位于主逆冲推覆断层 F_{203}的东侧，为 F_{203}断裂派生的次级断裂，由于位于逆冲推覆构造体系推覆方向的前缘，其走向与 F_{203}相近。其构造级次应属于矿区内 II级逆冲断裂组中的一条。断层产状倾向 NEE，从逆冲方向上看处于逆冲推覆构造的最前缘，因此其倾角较陡为 65～80°。F_{16}断层由 F_{203}分叉产出，在深部与主干断裂斜接，这一点可由狮岭南矿段钻孔控制结果得到印证。

(2)　NNE 向断裂带

NNE 向断裂带主要有 F_3、F_4、F_5、F_6 等，为一组平行且近乎等距的逆冲推覆次级断裂。断裂带南北长达 2 000～2 500 m，推测南端与 NNW 向逆冲推覆主干断层 F_{203}斜接。延深 800～1 000 m，倾向南东，倾角 60～80°，局部部位倾角较陡，近乎直立，甚至倾向反转呈北西向。挤压破碎带宽 0.5～15 m，压性片理发育，破碎角砾大小不等，角砾成分为灰岩，胶结物为泥炭质。另外，破碎带中经常见到黄铁矿石的角砾，与之同时被破碎的还有早期白云质角砾岩的角砾。沿断层带还经常见到黄铁矿、铅锌矿化，黄铁矿角砾常为有铅锌矿化的泥质物所胶结，也见到黄铁矿和铅锌矿物集合体同时破碎成角砾。断裂结构面沿走向或倾斜方向均呈舒缓波状，与结构面呈锐角斜交的片理及构造透镜体长轴，指示断裂曾发生斜冲运动。由于逆冲推覆应力的作用，断裂上下盘岩石出现牵引褶区。该组断裂为区内主干逆冲推覆断层 F_{203}的派生分支断层，为区内 II级断裂组，于主干逆冲底板断层面上形成叠瓦式分叉断层组，包括底板逆冲断层都出露于地表，滑动分散到各条分支断层上。分叉产出的叠瓦式次级逆冲断层在各断层围限之间形成断块，断块内的岩层可以成膝折式弯曲，更常常形成拉长的背斜-向斜对。背、向斜拐点处的岩层产状，与次级逆冲断层相近。从断块内的膝折-挠曲式弯曲至褶皱对，反映了变形的加强。

矿区内 II级逆冲推覆断裂组控制着矿体的产出，为一组主要级次的控矿断裂。凡口矿区已探明的绝大多数矿体，特别是全部已知的大规模矿体，其平面分布集中在长不足 2 000 m、宽不足 500 m、呈北东走向延伸的狭长地带。自南向北，矿体从 F_3 断层下盘经 F_{101}、F_{102}断层发展到 F_4 断层上盘，显然受控于矿区内 II级逆冲推覆断裂组。狮岭矿段的矿体多位于 F_3 断层的上、下盘，且在狮岭深部发育的主要工业矿体在控矿断裂下盘明显多于上盘。

(3)　NE 向断裂带

NE 向断裂主要有 F_{100}、F_{101}、F_{102}、F_{103}、F_{111}等，为本区内 II级逆冲推覆断裂组 F_3、F_4、F_5 等断块间更次一级的断层组，为区内 III断裂构造组。断层的产出受限于区内的 II级构造，仅展布于 NNE 向断层之间，延展方向 NNE 向至 NE 向。压性片理发育，破碎角砾大小不等，角砾成分为灰质，胶结物为泥质、炭质。断裂走向 NE15～35°，倾向南东，倾角 65～80°。这组断裂不仅为矿带的展布提供了更有利的空间，同时也限定了矿体的形态和产状。例如狮岭矿段深部主要展布 F_{101}、F_{102}断层，规模比浅部小，向深部延伸有限，因此，该矿段伸部的矿体主要产出于 F_3 断层的上、下盘。

2.2　逆冲推覆构造演化过程

凡口矿区水草坪矿床矿体的空间产出状态明显受断裂控制，其控矿断裂——逆冲推覆构造体系的演化过程为：褶皱造山带活动期产生逆冲推覆构造，当逆冲岩席自低位断坪斜切断坡爬升至高位断坪并继续爬升时，其主滑面即为主干逆冲断层，在本区内表现为 I级断裂构造 F_{203}断裂带。此 I级逆冲断层在扩展时往往发生应变，逆冲推覆作用引起褶皱，使地层局部加厚。主干逆冲推覆断裂构造作用产生过程中，相应的在推覆体内形成次一级逆冲断层，为 II级逆冲断裂构造带，即矿区内展布的 F_{16}、F_3、F_4、F_5、F_6 等断裂，表现一组在空间上呈大致等距的次级叠瓦式逆冲断层。II级逆冲断裂构造组自主滑面分叉产出，各次级逆冲断层向下联结至底板逆冲断层，形成叠瓦式构造。逆冲岩席向上爬升时断层面附近岩层层面间产生不对称褶皱与褶曲及层滑扩容空间，随着深部含矿热液的向上运移，将会在此虚脱空间内聚集淀积形成矿体。

目前，国内外构造地质学家们对逆冲推覆构造

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

作用中次级断层的发育机制和扩展进程等进行了理论分析和模拟实验,并建立了相应模式。逆冲断层形成过程中,在后推力作用下,逆冲岩席中的压应力值自尾部至前端按正弦规律递减,从而造成 2 个压应力最大点,这 2 点分别位于逆冲岩席尾部下角和距尾端一定距离的岩席表面。这 2 个高压点的连线即发生第一条逆冲断层的位置。叠瓦状逆冲断层中的第一条断层形成后,被剪掉后部一段的逆冲岩席继续向前推移,岩席中的应力将重新分配,最后又达到与初始期相似的应力状态,于是在第一条逆冲断层的前方形成了第二条逆冲断层。以此方式继续进行,终于形成叠瓦式构造(朱志澄,1991)。

在此次级逆冲断裂构造之间,即次级断块间,由于构造应力的作用又使断夹块之间形成一些延展有限的更次一级的断裂组,凡口矿区表现为 NE 向的一组断裂,即区内的 Ⅲ级断裂(F_{100}、F_{101}、F_{102}、F_{103}、F_{111}等)。此断裂组的形成加剧了岩层间的应变,这些张性的断裂周边产生扩容空间,有利于矿液的运移和沉淀。因此,该部位积聚了许多矿体,是矿区内主要的成矿有利地段。

逆冲推覆构造在逆冲方向上可分为根带、中带和锋带 3 个主带,以及相应的后缘带和外缘带。根带一般表现为强烈挤压,面理、小褶皱轴面和小断层等构造产状陡峻以至直立,变形性状上塑性增强。自根带进入中带断层则开始分叉构成叠瓦扇和双重逆冲构造,应力状态以单剪为主,次级断层和褶皱产状相对稳定。在整个中带内,近根带变形强,次级断裂和褶皱发育,中部则变形减弱,中带内定向小构造,如膝折、小褶皱和小型双冲构造发育。锋带,挤压作用再度增强。岩层倾角增大,包括邻近断层面的下伏岩系常形成两翼紧闭轴面陡立的小褶皱;岩石碎裂,有时形成碎裂岩带;构造定向性或高或低,一般较根带明显;次级断层发育(朱志澄,1991)。

逆冲推覆构造总是与褶皱伴生,两者在成因上具有统一性,构造运移方向一致,变形强度共同衰减。根据现今逆冲推覆构造的研究,人们对逆冲推覆构造中褶皱的形成机制进行了探索,认识到逆冲推覆构造引起了褶皱作用。构造活动中顺层或沿低角度逆冲断层滑动中,上盘地层因剪切而形成褶皱。受主干断裂强烈挤压冲断牵引形成了一系列不对称的次级褶皱,矿区内狮岭及金星岭背斜均对矿体的空间展布起着一定的控制作用。狮岭深部地段矿体与其上部矿体一样主要赋存在次一级褶皱即狮岭背斜的东翼,此背斜的特点是:轴向 NNW、向 SE 倾伏、轴面略向东倾斜,为波状褶曲。靠近轴部地层产状较陡,向翼部渐缓。断层上盘褶皱颇弱,下盘褶曲颇强,受这些因素控制,使狮岭矿段深部顺层产出的矿体表现为 F_3 断裂上盘矿体产状平缓、下盘矿体产状靠近 F_3 较平缓,远离 F_3 则变陡等特征。在深部断层归并的部位褶皱已不明显,即狮岭背斜在深部已趋于平缓至消失。

3 构造与成矿的关系

矿床是一定地质作用的产物。一个矿床的形成需要多方面有利地质因素的综合,构造是其中的重要因素。在具有成矿物质和含矿流体的前提下,构造对成矿经常起到基本的甚至是主导的作用。凡口铅锌矿几乎所有工业矿体的"根"部都依附在 F_3 断层上,在断层的上、下盘,沿中、晚泥盆系地层顺层逐渐缩小或分枝尖灭,矿体呈透镜状、似层状、燕尾状产出(刘慎波,1999)。矿体依附断裂构造产出的这种地质现象表明,断裂构造活动是成矿的主导因素。

根据以往对凡口矿区主要的容矿与控矿断裂组即矿区内 NNW 向和 NE 向断裂破碎带(Ⅱ、Ⅲ级逆冲推覆断裂组)的研究,其断裂带的微量元素分析结果(表 1)表明:断裂破碎带之破碎物中 Pb、Zn、Sb、As、Hg 含量比容矿地层高 3～5 倍,毗邻矿体之破碎带比远离矿体之成矿元素又高出 1 倍左右,反映了断裂活动与成矿元素的富集有密切关系。表 2 列出了矿区 NNE 向、NE 向断裂构造岩部分元素的有关地球化学参数,从中可以看出断裂构造岩中 Pb、Zn、Cu、Ag、F 等元素的含量与非构造的同类岩石相比较,Pb、Zn、Ag 要高 1～2 个数量级,Cu、F 高 2～7 倍,其 Pb、Zn 平均含量分别高出凡口矿区中上泥盆统碳酸盐岩的 14 倍和 17 倍。浓度克拉克值分别为 70.5 和 22.2;富集系数分别为 125.3 和 87.7。矿化构造岩 Pb、Zn 含量更高(表 2),尤其是 Pb 含量已高达边界品位,说明了 Pb、Zn 等成矿元素明显经过断裂带迁移,且滞留在断裂构造带中(郑庆年,1996)。矿区次级(Ⅱ级)逆冲推覆构造断裂组在作为成矿元素运移和积聚的主要通道之一的同时,其断裂带周边及派生断裂附近岩层中的滑脱构造、层间裂隙、层间滑动构造等虚脱空间在此空前发育,使得富含成矿元素的矿液得以有顺畅的通道和空间在控矿断裂组中迁移,并且在适当的部位聚集沉淀成矿。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　凡口矿区 NNE、NE 向断裂破碎带微量元素含量(w_B/ 10^{-6})

Table 1　Trace element content of NNE-trending and NE-trending faulted shatter zones in Fankou deposit(w_B/ 10^{-6})

	毗邻矿体断裂破碎带				远离矿体断裂破碎带			
	- 40 m	- 120 m	- 160 m	- 200 m	- 40 m	- 120 m	- 160 m	- 200 m
Pb	497.0	685.0	> 1000.0	> 1000.0	176.0	347.0	494.0	520.0
Zn	> 1000.0	638.0	447.0	772.0	200.0	345.0	472.0	391.0
Cu	15.0	12.0	28.0	61.0	15.0	20.0	21.0	20.0
Ag	1.6	5.7	6.4	30.0	1.1	2.4	2.7	4.1
Hg	0.36	0.44	1.93	3.42	0.21	0.65	1.3	1.1
Sb	2.8	12.0	31.0	42.0	4.2	11.8	12.5	10.4
As	14.0	159.0	80.0	740	12.5	4.0	52.0	58.5

据郑庆年,1996。

表 2　凡口矿区 NNE、NE 向断裂构造岩部分元素地球化学参数

Table 2　Geochemical parameters of some elements in NNE-and NE-trending faulted shatter zones in Fankou deposit

	Pb	Zn	Ag	Cu	F
NNE-NE 向断裂碳酸盐岩构造岩					
平均含量	0.1128	0.1841	9.8385	0.0029	0.080
标准偏差	0.1358	0.1964	2.7405	0.0015	0.0584
离散系数	1.2039	1.0668	1.3709	0.5172	0.730
浓度克拉克值	70.5	22.2	140.4	0.62	1.21
凡口中上泥盆统碳酸盐岩平均含量	0.0078	0.0106			
天子岭组近矿碳酸盐岩平均含量	0.0789	0.0920			
矿化断裂构造岩平均含量	0.3417	0.3895			

注:平均含量、标准偏差、浓度克拉克值计量单位:Ag 为 10^{-6},Pb、Zn、Cu、F 为 %。离散系数、富集系数无量纲。离散系数 = 标准偏差/ 平均含量;浓度克拉克值 = 某一地质单元元素(平均) 含量/ 元素克拉克值(维诺格拉多夫,1962),据郑庆年,1996。

凡口矿区内所见围岩蚀变较弱。近矿围岩蚀变有黄铁矿化、白云石化、方解石化、硅化、绿泥石化、绢云母化;远离矿体围岩蚀变则为菱铁矿化。这些蚀变岩石的产状、结构、构造和矿物组合等特征,表明它们是低温热液或侧分泌溶液的产物。

在研究过程中,笔者于凡口铅锌矿狮岭深部(- 650 m 中段、- 700 m 中段及 - 650 m 中段施工的 200/ FK1 和 - 203/ FK1 孔) 针对不同层位及控矿断裂破碎带采取了一些样品测试成矿元素含量。凡口铅锌矿狮岭深部矿段控矿的 I级逆冲推覆断裂 F_{203} 和由其派生的 II级逆冲断裂 F_3 断裂带中成矿元素的含量表明(表 3),主干逆冲推覆断裂带 F_{203}中 Pb、Zn、Ag 的含量低于次级逆冲断裂带 F_3,而 Cu 则相反,正好说明由于构造级次的不同,成矿元素的含量有一定的差异,作为 I级逆冲推覆断裂的 F_{203}是矿液运移的深部通道,而 II级逆冲断裂 F_3 和 III级的断裂 F_{101}、F_{102}等是主要的容矿断裂。

根据逆冲推覆构造控矿的规律,其主断裂面

表 3　凡口矿区狮岭深部矿段不同层位及控矿断裂中成矿元素含量对比

Table 3　Comparison of ore-forming element contents between various beds of the deep ore block and ore-controlling structures in Fankou deposit

层位或断层	样品数/ 个	w_B/ 10^{-6}			
		Pb	Zn	Cu	Ag
东岗岭上亚组($D_2 d^b$)	33	508.935	279.87	22.15	9.72
东岗岭下亚组($D_2 d^a$)	8	336.71	268.76	22.57	5.405
桂头组上亚组($D_2 g^b$)	20	224.14	263.52	40.97	4.40
F_{203}断层	5	238.56	217.38	52.68	4.42
F_3 断层	4	351.55	275.83	48.375	7.27

测试方法:原子吸收光谱法;测试仪器:原子吸收分光光度器;分析测试精度:10^{-9}。测试单位:中南大学地质研究所。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

F_{203}上盘处于相对张性的部位,对成矿有利。现已探明的矿体均处于上层面的上盘,即推覆体之内。因此,对矿区内成矿有利部位——泥盆系-石炭系碳酸盐岩层内,且处于 I级主断裂构造与 II级次生断裂构造交汇部位和 F_{203}断裂层面之下重复出现的含矿层位,是下一步找矿工作的重点靶区。

4 结 论

凡口矿区铅锌硫化物矿床是典型的多因复成矿床(王力等,2003),其控矿因素中占主导地位的应是构造作用。通过分析和研究,笔者提出了凡口铅锌矿矿床的控矿构造为逆冲推覆构造体系,从而理顺了矿区内各组断裂构造间的相互关系。矿区内各级断裂构造是一个统一的体系,几乎是同时形成的,为造山带运动中逆冲推覆构造运动演化过程中逐次形成的,时间上略有先后,其成生的力学机制相同。逆冲推覆构造体系控矿的一个特点是其系统性,它往往兼导矿、布矿、贮矿构造于一体。这样就很好地解释了各组断裂构造之间的空间关系与成因联系,从而进一步揭示出矿体的空间定位规律,对凡口矿区深部及周边隐伏矿体的寻找具有重要的指导意义。

References

Chen X M, Deng J and Zhai Y S. 1998. The physical and chemical environment of the Fankou lead-zinc deposit formed by submarine hot-springs[J]. Mineral Deposits, 17(3): 240～246 (in Chinese with English abstract).

Chen Z D. 1992. Metallogenic characteristics and genesis of Fankou lead-zinc deposit in Guangdong[J]. Guangdong Non-Ferrous Metals Geology, (2): 18～26(in Chinese with English abstract).

Lai Y J. 1988. Genesis of the Fankou lead-zinc deposit[J]. Geological Review, 34(3):220～230(in Chinese with English abstract).

Lai Y J. 1990. Discussion on the fundamental geological factors controlling the scale of some strata-bound deposit in the light of the formation of Fankou lead-zinc deposit[J]. Guangdong Geology, 5(2): 1～9 (in Chinese with English abstract).

Liu S B. 1999. The ore-controlling factors of the Fankou Pb-Zn deposit and its role in the exploration of the Shiling section[J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 8(6): 450～453 (in Chinese with English abstract).

Wang L, Peng S L, Long Y Z and Shu G L. 2003. Polygenetic compound mineralization of Fankou Pb-Zn ore deposit, Guangdong[J]. Journal of Guilin Institute of Technology, 23(2): 149～153 (in Chinese with English abstract).

Wang P, Wong L B and Chen D Z. 1995. Genesis, metallogenetic epoch, model and prospect of Fankou lead-zinc ore deposit northern Guangdong province, China[J]. Geoscience, 9(1): 60～68 (in Chinese with English abstract).

Wu J M and Zhang S Y. 1987. A discussion on the Metallogenic and double source brine metallogenic model of the Fankou lead-zinc deposit in Guangdong[J]. Mineral Resources and Geology, 1(1): 22～26 (in Chinese with English abstract).

Yu C W and Luo T C. 1987. Regional Geochemistry in Nanling area [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 68～92(in Chinese).

Zheng Q N. 1996. Fankou lead-zinc ore deposit, Guangdong[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 1～143 (in Chinese).

Zhu Z C. 1991. Thrust-nappe tectonics[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press. 1～113 (in Chinese).

附中文参考文献

陈学明,邓 军,翟裕生. 1998. 凡口铅锌矿床海底热泉喷溢成矿的物理化学环境[J]. 矿床地质, 17(3): 240～246.

陈尊达. 1992. 广东凡口铅锌矿床的成矿特征及矿床成因[J]. 广东有色金属地质, (2): 18～26.

赖应[illegible]. 1988. 凡口铅锌矿床的成因[J]. 地质论评, 34(3): 220～230.

赖应[illegible]. 1990. 从凡口铅锌矿床的成因探讨控制某些层控矿床规模的基本地质因素[J]. 广东地质,5(2):1～9.

刘慎波. 1999. 凡口铅锌矿狮岭深部矿段的控矿规律及其应用[J]. 有色金属矿产与勘查, 8(6): 450～453.

王 力,彭省临,龙永珍,舒广龙. 2003. 广东凡口铅锌矿多因复成成矿作用[J]. 桂林工学院学报,23(2): 149～153.

王 濮,翁玲宝,陈代璋. 1995. 粤北凡口铅锌矿床的成因、成矿时代、成矿模式与找矿[J]. 现代地质,9 (1):60～68.

吴健民,张声炎. 1987. 论广东凡口铅锌矿床成矿作用及双源卤水成矿模式讨论[J]. 矿产与地质,1(1):22～26.

於崇文,骆庭川. 1987. 南岭地区区域地球化学[M]. 北京:地质出版社. 68～92.

郑庆年. 1996. 广东凡口铅锌矿[M]. 北京:冶金工业出版社. 1～143.

朱志澄. 1991. 逆冲推覆构造[M]. 第 2 版. 武汉:中国地质大学出版社. 1～113.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net