

金顶超大型铅锌矿床成矿条件分析

曾 荣, 薛春纪, 刘淑文, 李永强

(长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 通过对金顶铅锌矿床矿区的区域地质背景、盆地性质以及矿区地质特征的研究, 分析了该矿床的成矿条件, 认为正是由于在动荡的区域地质背景和巨厚的碎屑岩建造中, 在有机质以及蒸发岩中的硫酸岩提供还原硫的环境下, 断裂系统长期继承性的活动, 使得成矿热液能够稳定地向同一空间部位迁移, 并且景星组顶板和云龙组上段的底板均为以泥岩为主的细碎屑岩, 从而形成圈闭, 使得成矿物质沉积下来, 形成超大型矿床。金顶铅锌矿床有可能是以沉积岩为主岩的一种新型矿床。

[关键词] 金顶; 铅锌矿; 碎屑岩建造; 蒸发岩; 有机质; 断裂系统; 云南

[中图分类号] P618.4 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)02-0021-05

[作者简介] 曾荣(1970-), 女, 陕西临潼人, 讲师, 博士研究生, 从事矿产普查与勘探教学与研究。

金顶铅锌矿床是目前中国最大的铅锌矿床, 也是世界上铅锌储量 $> 1\ 000 \times 10^4$ t 的 17 个超大型矿床之一。虽然对它的成矿学研究已有 20 多年的历史, 但在矿床成因上认识分歧仍然很大。金顶铅锌矿床是以沉积岩为主岩的铅锌矿床, 在成因上有别于世界其他地区以沉积岩为主岩的铅锌矿床, 例如密西西比河谷型(MVT)、喷流沉积型(Sedex)及砂岩型(SST)铅锌矿床。

金顶铅锌矿床累计控制储量铅锌为 $1\ 500 \times 10^4$ t, 矿石平均品位铅占 1.29%, 锌占 6.08%, 铅锌比为 1:4.7。预测金顶矿床深部尚有 100×10^4 t 铅锌金属的潜在储量, 此外, 由于第四纪风化剥蚀已有 600×10^4 t 以上的铅锌金属量被剥蚀掉, 实际成矿构成金顶铅锌矿床的总金属量 $> 2\ 200 \times 10^4$ t。同时, 铊(8 167 t), 镉(17×10^4 t), 银(1 722 t), 硫(513×10^4 t), 锑(147×10^4 t)均已分别达到大型矿床规模^[1]。这样一个超大型矿床的形成是多种因素耦合的结果。

1 区域地质背景

金顶矿区位于西南三江褶皱系南段的兰坪中

新生代盆地中。三江地区包括了怒江、澜沧江和金沙江-哀牢山 3 条板块缝合线, 从总体上看, 是由南部冈瓦纳超级大陆与北部劳亚超级大陆之间诸多地体或陆块破碎、裂离, 又相互拼接镶嵌的一个复杂地区, 在大地构造上属于环特提斯构造域的一个重要组成部分, 位于阿尔卑斯-喜马拉雅巨型构造带东段弧形转弯处, 濒临特提斯构造域与太平洋构造域的交接部位。兰坪盆地正是处在澜沧江与金沙江-哀牢山缝合线之间的一个微板块, 即昌都-思茅微板块(图 1), 而三江地区地质构造的形成与发展经历了原特提斯(P_{T3} - P_{Z1}), 古特提斯(D - T_3)和中特提斯(T_3 - E_1) 洋的 3 次打开和闭合, 印支和燕山-喜马拉雅的 2 次强烈碰撞造山作用及盆地(或洋陆)和壳幔的 2 种转换的复杂演化过程, 造成了地球各圈层物质的大循环、大混杂、大汇聚^[2], 为三江地区形成得天独厚的成矿背景创造了条件。特别是喜马拉雅期印度板块与欧亚板块的会聚和碰撞过程, 使本区形成大推覆、逆冲、走滑、区域变质, 使深源与浅成的热气液流体, 沿断裂系统对流, 这是一次重大的热事件, 它对区内金属与成矿物质的迁移和富集影响很大。金顶超大型铅锌矿床正是在这样的区域地质背景下形成的。

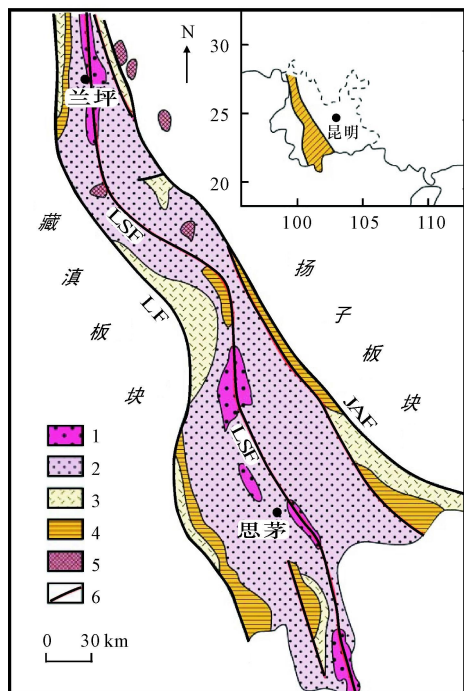
2 盆地性质

兰坪盆地位于澜沧江断裂带和金沙江断裂带

[收稿日期] 2004 07 28

[基金项目] 国家自然科学基金项目(40272050)

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



1 - 第三系; 2 - 侏罗系-白垩系; 3 - 三叠系; 4 - 古生界;
5 - 喜马拉雅期碱性岩; 6 - 断裂; JAF - 金沙江-哀牢山断
裂; LF - 澜沧江断裂; LSF - 兰坪-思茅断裂; 据尹汉辉等

图 1 兰坪中生代盆地地质与构造略图

Fig. 1 Sketch geological and tectonic map
of Lanping Mesozoic Cenozoic Basin

之间, 呈近南北向展布的狭长状沉积盆地, 由于受金沙江洋的俯冲消减和印度板块与欧亚板块持续俯冲的作用, 经历了漫长的演化过程。盆地内先后沉积了海相、陆相碳酸盐岩、火山岩和碎屑岩建造, 地层中有多个含膏岩层位, 并含有大量有机质, 存在多个沉积间断, 以近南北向和北北西向断裂为主, 构成了盆地的断裂系统。

2.1 巨厚的碎屑岩建造有利于形成大矿

1983 年和 1991 年, John W Lydon 和 D F Sangster 分别作过统计, 其注意到以碎屑岩容矿与以碳酸盐容矿和火山岩容矿的层状硫化物矿床的规模不同。碳酸盐容矿和火山岩容矿的块状、层状硫化物矿床, 单个矿床规模小, 成群性好, 其矿床总的金属量可以相当于一个以碎屑岩容矿的超大型矿床^[3], 而金顶矿床所产出的兰坪-思茅盆地正是中生代以红色碎屑岩为主的盆地。

兰坪盆地从三叠系开始沉积了上兰组 (T_{2s})、攀天阁组 (T_{2p})、崔依比组 (T_{3c})、歪古村组 (T_{3w})、三合洞组 (T_{3s})、挖鲁八组 (T_{3w})、麦初箐组 (T_{3m})、漾江组 (J_{1y})、花开左组 (J_{2h})、坝注路组 (J_{3b})、景星

组 (K_{1j})、南新组 (K_{1n})、虎头寺组 (K_{1h})、云龙组 (E_{1y})、果郎组 (E_{2g})、宝相寺组 (E_{2b})、渐新组 (E_3) 和剑川组 (N_{2j}) 等一套地层, 其中中生界厚 18 298 m, 新生界厚 6 931 m, 沉积厚度达 25 km。这些沉积物可以分为火山岩建造、有机质建造、蒸发岩建造和碳酸盐岩建造, 其中无论其岩性变化如何, 各种碎屑岩占其全部建造的 80% 以上, 由此可以说该盆地确为巨厚的碎屑岩盆地。

2.2 盆地中蒸发岩建造与成矿的关系

兰坪-思茅盆地分布有 120 多个盐矿床和矿点, 在厚约 25 km 的沉积建造中, 盐系地层将近 2 km。已证实主要的蒸发岩建造为: 中-上三叠统含盐建造 (T_{2-3}); 中-上侏罗统含盐建造 (J_{2-3}); 古新统云龙组含盐建造 (E_{1y})。在这些蒸发岩建造中, 易溶盐类可以提供高盐度的含矿流体, 而硫酸盐类又是提供还原硫的主要来源。由于可溶盐类溶解时, 其中的金属可以全部进入卤水中, 因此蒸发岩建造还可提供部分铅、锌、镉、钡等金属矿源^[4]。

2.3 有机质对成矿的影响

在金顶矿区主岩及矿体中均见有大量不同类型的有机质, 按其赋存状态可分为 3 种类型:

2.3.1 原生型(干酪根型)

这类有机质主要分布在矿区上三叠统三合洞组 (T_{3s})、麦初箐组 (T_{3m}) 及歪古村组 (T_{3w}) 灰岩及泥灰岩和云龙组 (E_{1y}) 角砾岩中。这类有机质基本未受热液改造, 较好地保存了原生有机质的特征, 因此能真实地反映原岩的沉积特点及演变过程。

2.3.2 热液变质型(焦沥青型)

这类有机质主要分布于含矿地段, 多呈黑色玻璃状焦沥青, 产于灰岩角砾岩型矿石中, 与方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、天青石等密切共生, 这些沥青是经过热液改造后的有机质。

2.3.3 迁移型(重油型)

主要以黑褐色原油的形式产于晚期形成的方解石、天青石晶洞中、灰岩角砾岩的裂隙中和呈包裹体赋存于粗大的方解石、天青石晶体中。此外, 在矿体中还见有沥青细脉, 脉宽约 0.1 ~ 0.3 cm, 由黑色粘稠状沥青组成, 含少量黄铁矿、白铁矿^[5]。

通过对金顶铅锌矿床中硫化物 S 同位素研究发现, $\delta^{34}S$ 全为负值, 为生物硫成因。包裹体测温显示铅锌成矿温度为 270 °C ~ 350 °C^[6], 而微生物生存的温度范围为 -10 °C ~ 150 °C^[5]。显然, 低价硫的产生不是细菌的还原作用, 推测为有机质经过

热变质作用使硫酸盐还原产生的。含矿热液使原生有机质发生热裂解(如 $\text{RCH}_2\text{CH}_2\text{SH} \xrightarrow{\text{热}} \text{RCHCH}_2 + \text{H}_2\text{S}$, $\text{RCH}_2\text{CH}_2\text{SH}$ 为干酪根 I, RCHCH_2 为干酪根 II), 其结果使有机质大量消耗, 形成 CO_2 , CH_4 , H_2O , H_2S 及其他气态、液态烃类^[7]。 H_2S 提供了还原硫; 甲烷以及其他气态、液态烃类还可将硫酸盐还原形成 H_2S (如 $\text{CaSO}_4 + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$), 从而为金顶超大型矿床的形成提供了还原硫以及成矿时的氧化-还原条件。

2.4 盆地断裂系统

兰坪盆地中有金沙江-哀牢山断裂、澜沧江断裂以及盆地中央的穿壳断裂——兰坪-思茅断裂。这3条主要断裂以及与之相关的次级断裂一起, 构成了盆地的基本断裂系统(见图1)。

金沙江-哀牢山断裂带是兰坪盆地东侧的边界断裂, 北段大致沿金沙江延伸, 南段沿哀牢山延出境外。沿断裂挤压破碎及糜棱岩化发育, 断裂带对古生代、三叠纪沉积有明显控制, 东侧为台地沉积, 西侧为槽型沉积, 东西两侧分别发育有深、浅变质带; 石炭纪—早二叠纪沿断裂带有准洋脊火山岩, 表明当时为洋盆环境; 晚二叠世, 火山岩性质转变为火山岛弧型, 反映板块俯冲作用; 印支初期洋盆封闭, 由逆冲推覆转化为平移剪切或走滑运动, 使其构造形迹更为复杂。

澜沧江断裂是盆地西侧的边缘断裂, 大致由沿澜沧江延伸的数条近于平行的主断裂及其间的破碎带组成, 断层面向西陡倾, 沿断裂带出现地壳厚度梯度带和与其平行的航磁异常。断裂东侧, 中、晚三叠世堆积了近5000 m的火山岩, 火山岩由西向东(离开断层)逐渐减少^[8], 表明该断裂对印支期火山活动具有控制作用; 燕山期, 该侧强烈下沉, 形成兰坪中生代坳陷盆地; 在北段, 紧邻断裂的中生代红层遭受线型动力热流变质, 随远离断裂变质程度减弱。断裂西侧, 出露一套中元古代变质岩系, 北段是崇山群, 南段为澜沧群, 变质岩 Sm-Nd 法年龄为 $(409.8 \pm 23) \text{ Ma}$ ^[9], 说明变质岩系卷入了早期的板块俯冲活动; 在海西—印支期该断裂西侧形成了巨大的临沧花岗岩基, 可见澜沧江断裂是一条具有长期活动特征的控盆断裂。

兰坪-思茅断裂呈近南北向的舒缓弧形分布在盆地中央, 断裂面在北部兰坪一带西倾, 在南部思

茅一带东倾。沿断裂带有喜马拉雅期小型侵入体和第四纪玄武岩分布, 并且中新界地层受到挤压破碎, 形成一条由中生代红层组成的线状动力热流变质带——无量山变质带。该变质带的变质特点反映变质作用是深大断裂活动或沿断裂(地幔)深部热流上涌的综合产物^[8], 新近测得该变质带的变质年龄是 $24 \sim 31 \text{ Ma}$ ^[10], 这与该区喜马拉雅期幔源性岩浆侵入和喷出几乎同时。此外, 中轴断裂还控制着三叠纪和侏罗纪的沉积作用, 从而可以看出该断裂从印支—燕山期开始活动, 到喜马拉雅期达到高峰^[9]。尹汉辉等^[6]研究认为: 该断裂为岩石圈断裂, 它与盆地边界断裂一起不仅控制了盆地的形成和演化, 而且也是深源熔体和流体及部分成矿物质向浅部地壳运移的通道, 对盆地内及其周边地区的成岩和成矿作用有重要意义。

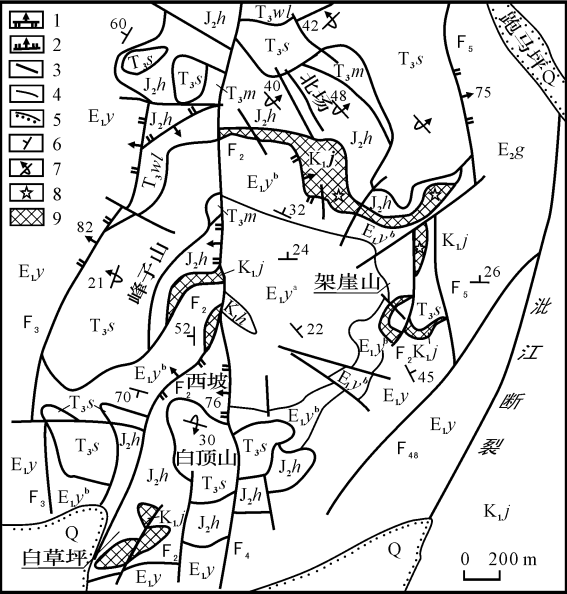
从以上可以看出, 3条大断裂以及它们的次级断裂是长期继承性活动的, 直至到现代。这是因为, 盆地内多发育有现代热泉, 并且沿断裂, 泉华两侧有褪色现象, 反映该区仍是一个地热、地温高异常分布区; 兰坪地区也是地震频发区, 仅1965~1980年, 兰坪盆地发生1~4.2级地震581次, 这些地震主要集中在盆地中央断裂以东及兰坪县河西乡附近, 有的与澜沧江断裂有关^[11]。断裂的这种长期继承性活动有利于成矿热液稳定地(连续或分阶段)向同一空间部位迁移和淀积, 有利于形成大型或超大型矿床。从断裂活动现代仍然在活动推测, 金顶矿床至今有可能仍在成矿。

3 矿区地质特征

金顶矿区位于沱江断裂中部西侧穹隆构造中, 由北厂、跑马坪、架崖山、西坡南厂、白草坪、峰子山矿段组成(图2)。矿区地层系统分为原地系统和外来系统。原地系统由白垩统虎头寺组(K_1h)和古新统云龙组(E_1y)组成, 为正常层序。外来系统地层倒转, 从下到上依次为下白垩统景星组(K_1j)、中侏罗统花开左组(J_2h)、上三叠统麦初箐组(T_3m)和三合洞组(T_3s), 各组岩层之间均分别以次级逆冲断裂接触。外来系统覆盖于原地系统之上(图3)。

铅锌矿体环绕穹隆核心边缘呈不规则环带分布。北西两翼保存较好, 东南两翼因剥蚀残存不全。矿体受构造和岩性控制明显, 主要以板状、层状、似层状产在推覆构造(F_2)中及其上下的景星组

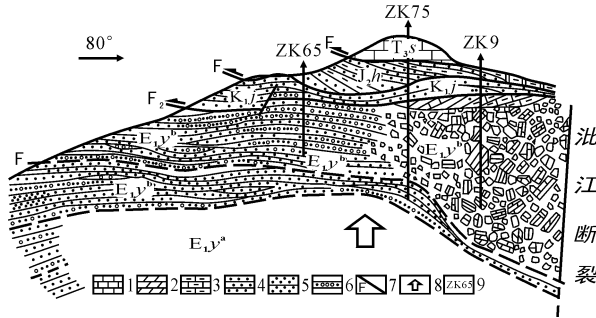
(K_1j)和云龙组上段(E_1y^b), 层位稳定, 与地层整合



Q - 第四系; E_2g - 始新统乐郎组屑石英砂岩; E_1y - 古新统云龙组(未分); E_1y^b - 云龙组上段砾岩和砂岩; E_1y^a - 云龙组下段粉砂泥岩; K_2h - 中白垩统虎头寺组石英砂岩及粉砂岩; K_1j - 下白垩统景星组石英砂岩; J_2h - 中侏罗统花开左组粉砂质泥岩; T_3m - 上三叠统麦初箐组粉砂 - 细砂岩; T_3wl - 上三叠统挖鲁扒组泥岩和粉砂岩; T_3s - 上三叠统三合洞组灰岩夹白云岩; 1 - 逆冲推覆断层; 2 - 正断层 3 - 性质不明断层; 4 - 地质界线; 5 - 不整合界面; 6 - 正常岩层产状; 7 - 倒转岩层产状; 8 - 重点调查和取样位置; 9 - 铅锌矿体; 10 - 勘探线及编号; 据云南地质三大队, 1989

图 2 金顶超大型铅锌矿床矿区地质图

Fig.2 Geologic map of Jinding giant lead zinc ore district



E_1y^b - 古新统云龙组上段; E_1y^a - 古新统云龙组下段; K_1j - 下白垩统景星组; J_2h - 中侏罗统花开左组; T_3s - 上三叠统三合洞组; 1 - 灰岩; 2 - 结晶灰岩; 3 - 泥灰岩; 4 - 砂岩; 5 - 粉砂岩; 6 - 以灰岩角砾为主的砾岩; 7 - 逆冲推覆断裂; 8 - 推覆活动未及隆升; 9 - 钻孔编号

图 3 金顶矿区古新统云龙组上段(E_1y^b)

岩相变化及逆冲推覆构造示意图

Fig.3 Facies change and reversal nappe tectonic map of the upper part of Yunlong group of Jinding ore district

覆滑动面也卷入穹隆中可以判断穹隆构造形成于推覆构造之后, 大约是早第三纪末期, 即云龙组沉积结束, 推覆构造形成之后, 上第三系三营组沉积之前^[13]。由于穹隆孤立出现与区域北北西向的主构造线方向不协调, 且卫星数据解译在矿区及外围发现多级环形构造, 结合区域地质背景, 推测金顶穹隆具有热隆升成因性质, 可能与隐伏岩体有关, 也可能与盐丘的底劈作用有关, 铅锌成矿作用随热隆升的开始而发生, 热隆升可能是成矿的源动力。

4 结语

金顶超大型铅锌矿床的形成是多种因素耦合的结果:

- (1) 动荡的区域地质背景为成矿创造了条件。
- (2) 巨厚的中新世碎屑岩盆地有利于形成大矿。
- (3) 盆地中大量的蒸发岩可以提供高盐度的含矿流体, 并且硫酸盐还可以提供还原硫。
- (4) 大量有机质的存在, 一方面为硫化物矿床的存在提供还原硫, 另一方面也控制了成矿时的氧化-还原条件。
- (5) 长期继承性活动的断裂系统可以使成矿流体稳定地向同一空间部位迁移、淀积。
- (6) 景星组和云龙组上段高孔隙度、高渗透率的岩石利于成矿流体的流动, 而其顶底板的低孔隙度、低渗透率的岩石则可以形成圈闭系统。

[参 考 文 献]

[1] 薛春纪. 金顶铅锌矿床地质—地球化学[J]. 矿床地质, 2002, 21(3): 270 ~ 245.

[2] 李兴振, 刘文均. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论)[M]. 北京: 地质出版社, 1981.

[3] 涂光炽. 中国超大型矿床[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[4] 高建华. 滇西金顶铅锌矿床和蒸发岩建造成因关系的初步探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1989, 14(5): 513 ~ 521.

[5] 胡明安. 有机质的热液成熟作用在云南金顶铅锌矿床形成过程中的意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1989, 14(5): 503 ~ 512.

[6] 尹汉辉, 林舸, 范蔚茗. 云南地洼盆地演化的深部因素及幔壳复合成矿作用[J]. 大地构造与成矿学, 1990, 14(2): 113 ~ 124.

[7] 陈广浩, 尹汉辉, 楚颖, 等. 兰坪思茅盆地第三纪矿床有机质特征及其地质意义[J]. 矿床地质, 1996, 15(4): 71 ~ 78.

[8] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990.

[9] 范承钧, 张翼飞. 云南西部地质构造格局[J]. 云南地质, 1993, 12(2): 101 ~ 110.

[10] 阙梅英, 程敦模. 兰坪—思茅盆地铜矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

[11] 薛春纪. 滇西兰坪盆地构造体制和成矿背景分析[J]. 矿床地质, 2002, 21(1): 36 ~ 44.

[12] 张乾. 云南金顶铅锌矿床成因研究[J]. 地质找矿论丛, 1991, 6(2): 47 ~ 58.

[13] 吴淦国. 云南金顶铅锌矿床构造演化及矿化富集规律初探[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1989, 14(5): 477 ~ 485.

[14] 薛春纪. 云南兰坪盆地第三纪成矿系列研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 2000.

Formation conditions of Jinding giant lead zinc deposit

ZENG Rong, XUE Chun ji, LIU Shu wen, LI Yong qiang

(School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: The Jinding Pb Zn deposit is the largest Pb Zn deposit at present in China. Its ore forming process has been studied for more than twenty years, but there are still many debates. Although the Jinding lead zinc deposit is the sedimentary rock hosted one, its origin is different from the other sedimentary rock hosted Pb Zn deposit type, such as MVT, Sedex and SST. By studying the regional geological setting, basin nature and geologic characteristic of the ore field, this paper believes that firstly, the formation of the Jinding Pb Zn deposit was under the conditions of the unstable regional geological setting and very thick clastic formation; secondly, organic materials and sulphates provided the necessary reducing sulphur; thirdly, the elongate activity of faults made ore fluids stably migrate to the same space; and lastly, the rocks on the Jinxing formation and under the upper part of the Yunlong Formation could have formed the traps suitable to the precipitation of metals and resulted in the formation of the giant Pb Zn deposit.

Key words: Jinding; lead zinc deposit; clastic rock association; evaporite; organic matter; fracture systems; Yunnan Province

[英文审定: 周军]