

兰坪盆地北部白秧坪铅锌铜银多金属矿床地质特征

王晓虎¹, 宋玉财¹, 侯增谦¹, 张洪瑞¹, 王哲², 庄天明², 张羽³, 张天福²

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 3. 东华理工大学, 江西南昌 330013)

摘要: 兰坪盆地白秧坪铅锌铜银多金属矿床由数条矿脉构成, 进而划分为多个矿段, 过去对不同矿段的矿床地质及矿体矿化特点缺乏研究。本文在分析前人资料基础上, 结合野外地质调查显示, 矿区主要发育中生代地层和呈近南北向、北西向、北东向 3 组断裂。不同矿段矿体均受断裂控制, 对围岩岩性的选择性不强, 矿体直接赋存于断裂带内(主要), 局部容矿于裂隙、劈理和热液岩溶垮塌形成的空间中, 后生充填成矿, 形成角砾状、块状、脉状、浸染状矿石。不同矿段矿物组成和元素组合有差别, 李子坪和吴底厂矿段以闪锌矿、细硫砷铅矿、方铅矿、灰硫砷铅矿、雄黄、雌黄为主, 构成 Pb-Zn-As-Sb-Ag 组合, 富隆厂矿段矿石矿物以闪锌矿、灰硫砷铅矿、方铅矿、黝铜矿系列矿物、车轮矿、辉银矿、汞银矿为主, 构成 Pb-Zn-Cu-Ag 组合, 白秧坪矿段矿石矿物以黝铜矿系列矿物、辉铜矿、黄铜矿、灰硫砷铅矿、辉砷钴矿、硫钴镍矿、含钴毒砂、方铅矿、闪锌矿等为主, 构成 Cu-Co-As-Zn-Pb 组合。综合分析认为, 白秧坪矿区发生过两次热液成矿事件, 一期为古新世末—始新世初期以铜为主的矿化, 另一期是始新世末—渐新世早期以铅锌为主的矿化, 含铅锌成矿流体活化前期铜矿化在富隆厂和白秧坪矿段形成铅锌铜等多金属组合, 成矿很可能出现在区域强烈挤压后的应力转换阶段, 此阶段围岩开放空间发育, 成矿流体灌入成矿。

关键词: 兰坪盆地; 白秧坪; 铅锌多金属; 矿床地质

中图分类号: P618.42; P618.43

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2011)03-0507-12

Geological characteristics of the Baiyangping Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit in northern Lanping basin

WANG Xiao-hu¹, SONG Yu-cai¹, HOU Zeng-qian¹, ZHANG Hong-rui¹, WANG Zhe²,
ZHUANG Tian-ming², ZHANG Chong³ and ZHANG Tian-fu²

(1. Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China; 2. Faculty of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China)

Abstract: The Baiyangping lead-zinc-copper-silver polymetallic deposit in Lanping basin is composed of a few ore veins and can be divided into several ore blocks. Researches on ore geological features and mineralization characteristics of different ore blocks of the ore deposit have been very insufficient. Based on an analysis of data available in combination with field geological survey, it can be concluded that the strata in the ore district comprise mainly Mesozoic sedimentary rocks. Three main cross-cutting fault systems are observed in the ore district, namely nearly north-south-striking faults, NWW-striking faults and NE-SW-striking faults. Ore bodies are evidently controlled by faults in different ore blocks and have no obvious affinity with any special strata and litholo-

收稿日期: 2011-02-23; 修订日期: 2011-04-11

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BA01A08) 973 资助项目(2009CB421008); 国家自然科学基金资助项目(U09336051); 国土资源大调查资助项目(1212010818096)

作者简介: 王晓虎(1983-), 男, 矿床学专业博士研究生, E-mail: wangzykc@yeah.net; 通讯作者: 侯增谦(1961-), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 长期从事海底与大陆成矿作用研究, E-mail: houzengqian@126.com。

gy; they primarily occur in the fault zone, with some in fractures, cleavages and space of wall rock collapse. There are breccia ore, massive ore, veinlike ore and disseminated ore, suggesting they were formed by filling epigenetic mineralization. In different ore blocks, mineral composition and association of elements are somewhat different: in Liziping and Wudichang ore blocks, the main minerals include sphalerite, gratonite, galena, jordanite, realgar and orpiment, comprising the Pb-Zn-As-Sb-Ag element assemblage; in Fulongchang ore blocks, the main minerals include sphalerite, jordanite, galena, tetrahedrite series minerals, bournonite, argentite and kongsbergite, composing the Pb-Zn-Cu-Ag element assemblage; in Fulongchang ore blocks, the main minerals include tetrahedrite series minerals, chalcocite, chalcopyrite, jordanite, cobaltine, siegenite, cobalt-bearing arsenopyrite, galena and sphalerite, composing the Cu-Co-As-Zn-Pb element assemblage. A comprehensive analysis reveals that there were two mineralization events in the Baiyangping ore district, one responsible for the main copper mineralization between late Paleocene and early Eocene, the other for main lead and zinc polymetallic mineralization in late Eocene-early Oligocene period. The lead and zinc ore-forming fluids activated early copper element and formed the Pb-Zn-Cu polymetallic assemblage in Fulongchang and Baiyangping ore blocks. The mineralization probably occurred at the stage of short-term stress relaxation after strong extrusion when the wall rocks supplied open space, and ore-forming fluids poured into the space to form ore deposit.

Key words: Lanping basin; Baiyangping; lead-zinc polymetallic deposit; geological feature

兰坪盆地位于“三江”中段,产有我国最大的铅锌矿床——金顶超大型铅锌矿,是我国重要的矿产资源基地。白秧坪矿集区位于兰坪盆地北部,位于金顶矿床向北约30 km处,是一个超大型Pb-Zn-Cu-Ag多金属矿集区(图1,田洪亮,1997)。该矿集区由东、西两个矿带构成(朱大岗等,2002;邵兆刚等,2002,2003;陈开旭等,2004a,2004b;何明勤等,2004;陈开旭,2006),其中西矿带发育多个矿段,包括白秧坪矿段、富隆厂矿段、吴底厂矿段、李子坪矿段等,本文将这4个矿段统称为白秧坪铅锌铜银多金属矿床。

国内学者在白秧坪铅锌铜银多金属矿床开展了大量研究,包括矿物特征及元素赋存状态(陈开旭等,2004a;李志明等,2004;徐仕海,2005;刘家军等,2010)、成矿流体(杨伟光,2003;陈开旭等,2004b;薛伟等,2010)、同位素及元素地球化学(王峰,2003a,2003b;李志明等,2004,2005;刘家军等,2004;王彦斌等,2004;徐启东等,2004;徐仕海等,2005;张尔新,2005;范世家等,2006)、成矿年龄(薛春纪等,2003;何明勤等,2006)研究等。相对而言,过去对矿床地质的描述较少,仅少数报道介绍了相关工作(田洪亮,1997;薛春纪等,2001),对不同矿化段的矿体特点、赋矿围岩、构造控制、矿物金属组合、矿化特点缺乏详细的描述,不同矿化段之间的矿床地质特征有什么相同和不同之处,不是很清楚,从而大大制约了对地球化学数据的解释和矿床成因的理解。本文主要通过野外地质调查,试图阐明白秧坪铅锌铜银

多金属矿床不同矿段矿体的构造控制、赋矿围岩、矿石矿化特点等地质与矿化特征,并对成矿过程进行简单讨论。

1 区域地质概况

兰坪盆地位于青藏高原的东缘,呈南北向带状展布,向南与思茅盆地相接,向北趋于尖灭,东至通甸-乔后断裂一线,西抵兔峨-旧州。盆地边界断裂之外分别出露元古宙变质基底,盆地内主要出露中生代陆相红色碎屑岩,新生代的岩浆岩仅在盆地南缘永平-巍山一带和盆地外金沙江-红河一带有出露。盆地内构造格局以新生代逆冲推覆构造最为醒目,并形成两侧向盆地中心对冲的格局(图1,何龙清等,2004)。兰坪盆地铅锌多金属矿床分布在东、西两套逆冲推覆系统内,在西部逆冲推覆带内,发育富隆厂、白秧坪、李子坪、吴底厂等Pb-Zn(-Cu-Ag)矿段(图1)。

2 矿区地质

2.1 地层

矿区主要发育中、新生代地层,包括侏罗系花开佐组,白垩系景星组、南星组,古新统云龙组。主要的含矿地层为中侏罗统花开佐组(J_2h)及下白垩统的景星组(K_1j)及南新组(K_1n) (图2),结合1:5万河

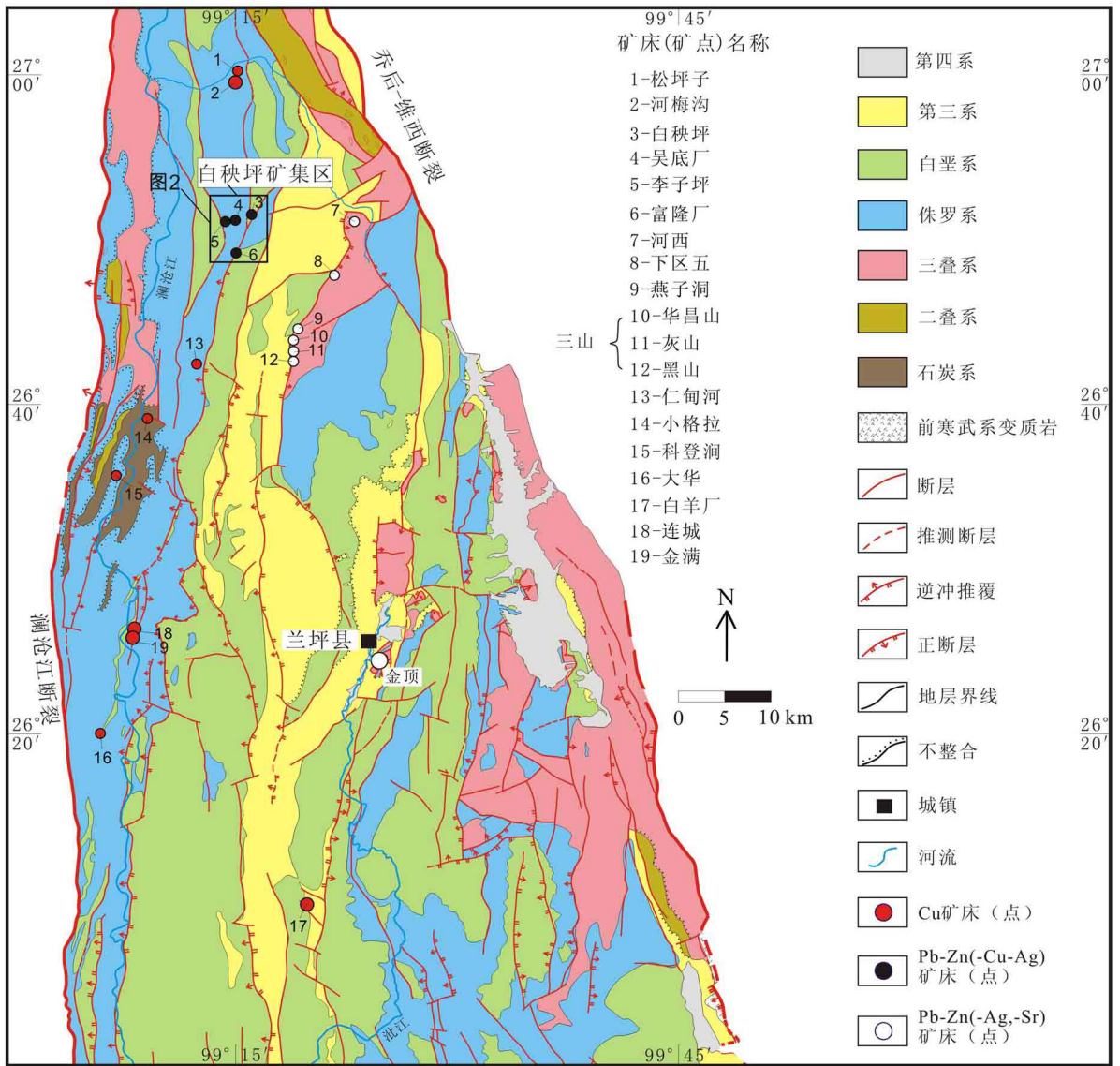


图1 青藏高原东缘兰坪盆地北部区域地质简图及主要矿床、矿点分布(据1:20万矿产图维西幅^①、兰坪幅简化^②)

Fig. 1 Geological sketch map of northern Lanping basin and its main deposits, Yunnan province (simplified after 1:200 000 Geological and Mineral Resources Maps of Weixi Sheet^① and Lanping Sheet^②)

西幅、安乐街幅地质图^③对矿区地层描述如下:

花开佐组(J_2h)分为上、下两个岩性段。下段主要分布于矿区西南部及北部,下段一亚段(J_2h^{1-1})下部为紫红色岩屑砂岩与粉砂岩、粉砂质泥岩的韵律层,夹少量钙质砾岩,上部为紫红色岩屑砂岩与粉砂质泥岩的近等厚韵律层,底部为一层厚约3~5 m的灰白色细粒石英砂岩,局部可见0.5~1 m的底砾

岩。砂岩中发育楔状、槽状交错层理、平行层理,粉砂岩、泥岩具水平层理、沙纹层理,砂岩底部冲刷面、波痕较发育。下段二亚段(J_2h^{1-2})下部为灰色、灰白色厚层状细砂岩夹紫红色钙质砾岩,具平行层理、楔状交错层理,底部见冲刷现象;中、上部为紫红色粉砂质泥岩、泥岩,夹细砂岩及少量泥灰岩,为吴底厂矿段含矿围岩。花开佐组上段(J_2h^2)分布于矿区西

① 云南省地质矿产局区域地质调查队, 1984. 1:20万维西幅区域地质调查报告(G-47-X).

② 云南省地质局, 1974. 1:20万兰坪幅区域地质调查报告(G-47-X VI).

③ 云南省地质局, 1995. 1:5万地质图(河西幅、安乐街幅)及地质图说明书.

北部,为杂色粉砂岩、粉砂质泥岩夹灰黑色页岩、深灰色泥灰岩、生物碎屑灰岩。

景星组(K_{1j})分为上、下两段,其中下段又分为3个亚段:下段一亚段(K_{1j}^{1-1})为灰白、灰紫色中-厚层石英细砂岩、紫红色粉砂岩、水云母泥岩组成的韵律层;下段二亚段(K_{1j}^{1-2})下部为紫红色、灰白色细砂岩与粉砂岩的韵律层,向上为厚层粉砂质泥岩、钙质泥岩及粉砂岩,中部为石英砂岩夹钙质砾岩、粉砂岩、泥岩,上部为粉砂岩与水云母泥岩的韵律层,夹石英砂岩;下段三亚段(K_{1j}^{1-3})为紫红色、灰白色石英细砂岩与紫红色粉砂岩、水云母泥岩的韵律层。景星组上段(K_{1j}^2)为紫红色泥岩、粉砂岩夹少量薄层细砂岩。

南新组下段(K_1n^1)下部为紫灰、紫红色石英砂岩或岩屑砂岩、粉砂质泥岩等厚互层,夹多层钙质砾岩透镜体;上部为岩屑砂岩或含白云质砂岩与粉砂质泥岩或含粉砂泥质粉晶白云岩的韵律层,夹石英质砾岩透镜体。砂岩具板状斜层理、平行层理、楔形交错层理。上段(K_1n^2)紫灰、紫红色岩屑砂岩与粉砂岩、泥质粉砂岩或含粉砂质粉晶白云岩组成以砂岩为主的韵律层,夹多层石英质砾岩透镜体。砂岩中具平行层理、板状斜层理及低角度交错层理,层面上具不对称波痕,底部为灰色块状岩屑砂岩。

第三系云龙组下段(E_{1y}^1)为紫红、砖红色钙质泥岩、粉砂岩夹细砂岩,下部夹泥砾岩,上部夹石膏层;云龙组上段(E_{1y}^2)为紫红、砖红色泥岩、粉砂岩夹杂色泥岩、粉砂岩。

2.2 断裂构造

矿区主要发育近南北向、北西西向及北东向等3组断裂(图2)。

其中近南北向的有:由西至东,咪里断裂、吴底厂东断裂、瞎眼山断裂、四十里箐断裂。咪里断裂为西倾的正断层(1:20万维西幅^①),吴底厂东断裂为向东陡倾的正断层,瞎眼山断裂为东倾正断层,上盘景星组,下盘花开佐组;四十里箐断裂为逆断层,产状 $280^\circ\angle 35^\circ$,下盘南星组、云龙组,上盘景星组(图2)。

北西西向断裂主要是茅草-丫口断裂和元宝山断裂。茅草-丫口断裂的断层活动较为复杂,显示先发育逆断层,后在逆断层基础上伸展形成正断层,产

状 $210^\circ\sim 240^\circ\angle 20^\circ\sim 40^\circ$,为控矿断裂;元宝山断裂性质未明,切断瞎眼山断裂(1:5万河西幅^②),推测其性质和茅草-丫口断裂类似。这两期断裂均切穿近南北向断裂,显示形成在近南北向断裂之后。

北东-南西向断裂主要为富隆厂断裂和控制白秧坪矿段矿体的断裂。这些断裂早期具右行压扭性特征,随着应力方向的改变,晚期转变为左行张扭性,被认为是近南北向的逆冲断裂派生的次级断裂体系(田洪亮,1997)。其中,富隆厂断裂显示右行走滑特征,产状 $150^\circ\angle 83^\circ$,局部反倾。

3 矿床地质

3.1 矿体的构造控制

矿区范围出现大量矿化,形成诸多脉状矿体。总体看来,这些脉状矿体在平面上展布方向主要有3组:北西向、北东向、北西西向(图2)。北东向矿体,以透镜状为主,倾向北西,倾角在 70° 左右,局部反倾,波状弯曲;北西向矿体,主要呈透镜状,倾向北东,倾角 30° 左右;北西西向矿体,脉状,倾向南南西,倾角 $20^\circ\sim 40^\circ$,而且在倾角缓处矿体相对较厚,在倾角陡处矿体相对较薄。

其中,李子坪矿段矿体受北西西走向茅草-丫口断裂控制,顺断裂产出,以铅锌矿体为主,矿体厚度在不同部位不等,见30~50 cm厚的矿体,亦有厚达数米的矿体,铅锌品位可达40%以上;吴底厂矿段矿体受北西向和北东向破碎带控制,以铅锌为主,铜次之,脉状、似层状、透镜状产出,铅锌品位相比李子坪矿段较低;富隆厂矿段主矿体受北东向富隆厂断裂控制,产出铅锌及铜,呈脉状、似层状、透镜状顺断裂产出,产状与断裂一致;白秧坪矿段矿体也受北东向断裂控制,以铜矿物为主,铅锌次之,呈脉状、透镜状产出,矿体近直立,富矿石Cu品位可达20%以上,贫矿石Cu在3%左右,铅锌品位可达20%。

3.2 容矿构造

在白秧坪铅锌铜银多金属矿区,充填和交代是基本的成矿方式,矿脉充填于围岩断裂、裂隙中,局部见围岩呈角砾裹入硫化物脉中。目前已识别出4类主要容矿空间:①张性断裂(图3a),显示先挤后张特征,如北西西向茅草-丫口断裂,此类空间较大,

① 云南省地质矿产局区域地质调查队,1984. 1:20万维西幅区域地质调查报告(G-47-X)。

② 云南省地质局,1995. 1:5万地质图(河西幅、安乐街幅)及地质图说明书。

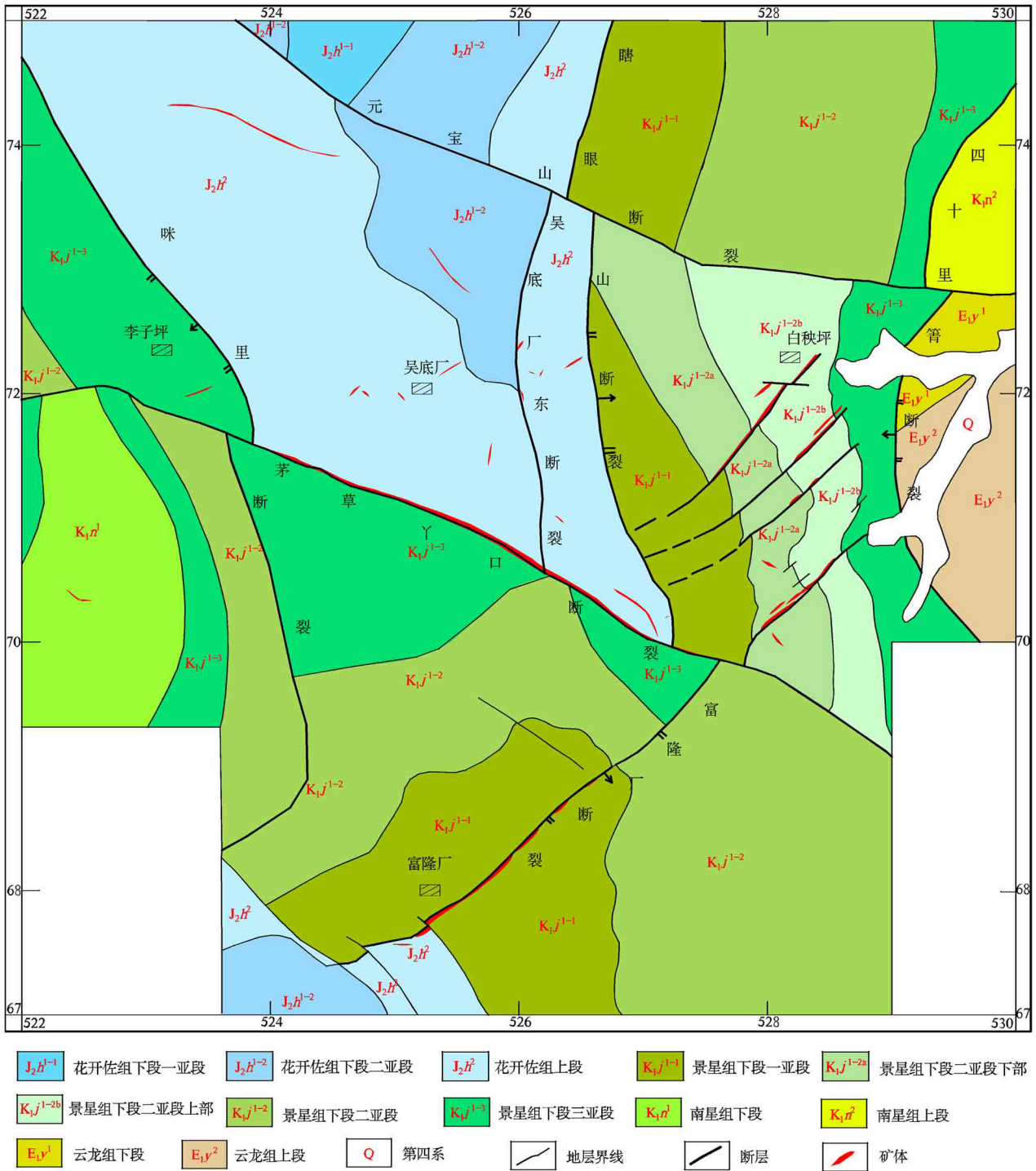


图 2 白秧坪铅锌铜银多金属矿床矿区地质及矿体分布图(据云南省地质调查院矿产调查所^①及宁夏有色金属矿产地质研究院^②资料修编)

Fig. 2 Geological map of the Baiyangping Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit, showing distribution of ore bodies (modified after No. 3 Geological Party of Yunnan Province^① and Ningxia Institute of Geological Exploration for Non-ferrous Metals^②)

① 云南省地质调查院矿产调查所. 2004. 1:1 万吴底厂铅锌银铜矿地形地质图.

② 宁夏有色金属地质勘查院. 2009. 1:1 万云南省兰坪县富隆厂银铜铅锌多金属矿区地质图.

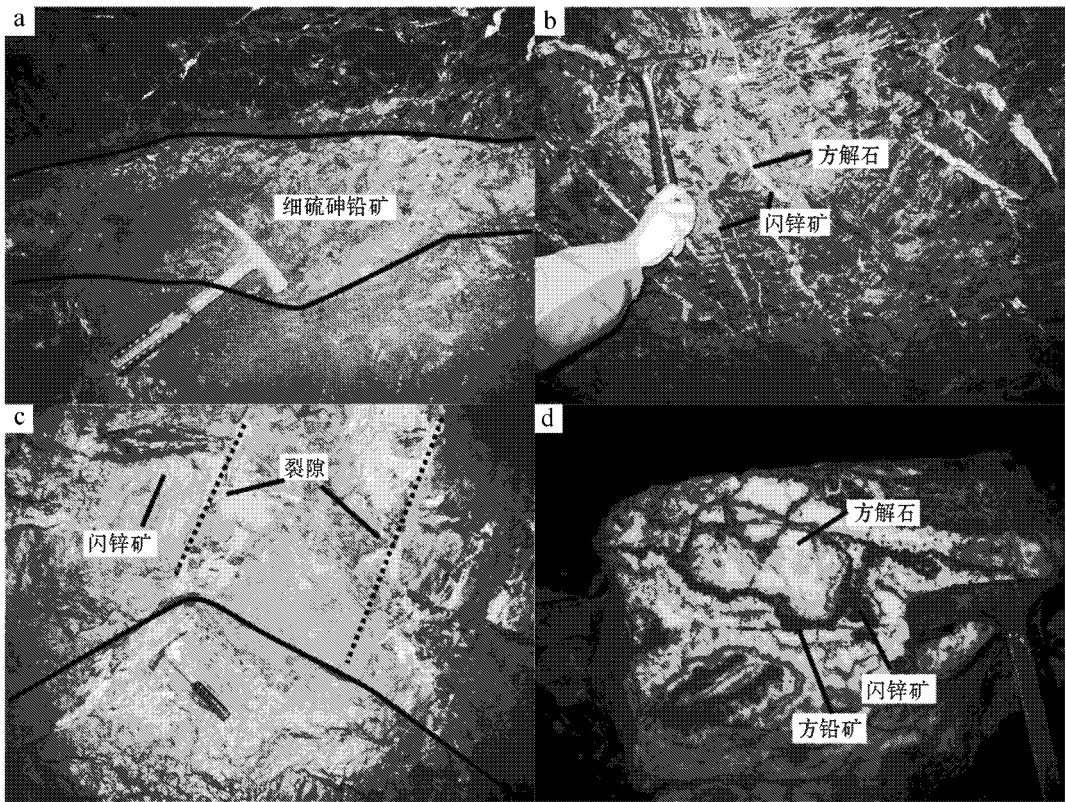


图3 白秧坪铅锌铜银多金属矿床容矿空间类型

Fig. 3 Types of host structure space in the Baiyangping Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit

a—张性断裂中的细硫砷铅矿；b—北东向裂隙中的闪锌矿、方解石脉；c—褶皱形成劈理中的闪锌矿；

d—热液溶解垮塌形成的闪锌矿、方铅矿、方解石矿石

a—gratonite in tensional fracture；b—sphalerite and calcite veins in NE-trending fractures；c—sphalerite in cleavage caused by fold；

d—sphalerite, galena and calcite ore formed by karst collapse

形成大脉状、块状铅锌、铜矿体，品位较高；②张性裂隙（图3b），北东向、北西向展布，这类赋矿空间分布广，在整个矿区普遍存在，但规模相对不大，矿体呈脉状、透镜状；③劈理（图3c），伴随小褶皱形成，这类空间中的矿体规模不大，仅局部可见；④热液垮塌构造，这类构造伴随成矿过程形成，局部矿段可见（图3d）。

3.3 赋矿围岩

由于矿体主要受断裂控制，故赋矿围岩可以是矿区的各种岩性。

李子坪矿段赋矿围岩为中侏罗统花开佐组泥灰岩和生物碎屑灰岩，少量赋存于下白垩统景星组，以生物碎屑灰岩为主，围岩发生方解石化；吴底厂矿段赋矿围岩为中侏罗统花开佐组泥灰岩和生物碎屑灰岩；在富隆厂矿段，矿体主要赋存在下白垩统景星组钙质砂岩中，局部赋存在中侏罗统花开佐组灰岩和

泥灰岩内；白秧坪矿段赋矿围岩为下白垩统景星组钙质砂岩。矿区围岩蚀变主要有硅化、白云岩化、方解石化，其中在砂岩中主要发生硅化和方解石化，在灰岩中发生方解石化和白云石化。

3.4 矿石特征、矿物组合、成矿期次

矿床矿物组成复杂，主要有硫化物、硫酸盐矿物、碳酸盐矿物、硫酸盐矿物及氧化物（图4、图5）。按矿石的自然类型，可以划分为氧化矿石和原生矿石，氧化矿石见于地表或淋滤带，主要锌矿物为菱锌矿，铜矿物为孔雀石和蓝铜矿，伴生有褐铁矿，呈细脉—条带状构造或皮壳状、薄膜状、蜂窝状构造（图4a）。原生矿石按构造细分为块状、角砾状、浸染状、脉状矿石，显示热液成矿特征，其中角砾状矿石在北西西向、北西向、北东向矿体中均有分布，块状矿石大都分布于北西西向矿体中，浸染状矿石多分布于北东向矿体中，脉状矿石位于细小裂隙中。在灰岩



图 4 白秧坪铅锌铜银多金属矿床矿石类型

Fig. 4 Ore types of the Baiyangping Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit

a—皮壳状的菱锌矿矿石，褐铁矿化；b—李子坪矿段块状闪锌矿、细硫砷铅矿矿石；c—李子坪矿段泥质灰岩中的闪锌矿、方解石脉；d—李子坪矿段闪锌矿胶结灰岩角砾；e—吴底厂矿段块状闪锌矿、细硫砷铅矿矿石；f—吴底厂矿段泥质灰岩中的闪锌矿脉；g—吴底厂矿段闪锌矿、细硫砷铅矿胶结泥质灰岩角砾；h—富隆厂矿段方铅矿、闪锌矿胶结砂岩角砾；i—富隆厂矿段浸染状砂岩型矿石；j—富隆厂矿段砂岩中的闪锌矿、方铅矿细脉；k—白秧坪矿段砂岩中的黝铜矿脉；l—白秧坪矿段块状黝铜矿矿石

a—crustified smithsonite ore, limonitization; b—massive ore of sphalerite and gratonite in Liziping ore block; c—sphalerite and calcite vein in marl of Liziping ore block; d—sphalerite cementing limestone breccia in Liziping ore block; e—massive ore of sphalerite and gratonite in Wudichang ore block; f—sphalerite vein in limestone of Wudichang ore block; g—sphalerite and gratonite cementing marl breccia in Wudichang ore block; h—galena and sphalerite cementing sandstone breccia in Fulongchang ore block; i—disseminated sandstone-type ore in Fulongchang ore block; j—galena and sphalerite in sandstone of Fulongchang ore block; k—tetrahedrite vein in sandstone of Baiyangping ore block; l—massive tetrahedrite ore in

Baiyangping ore block

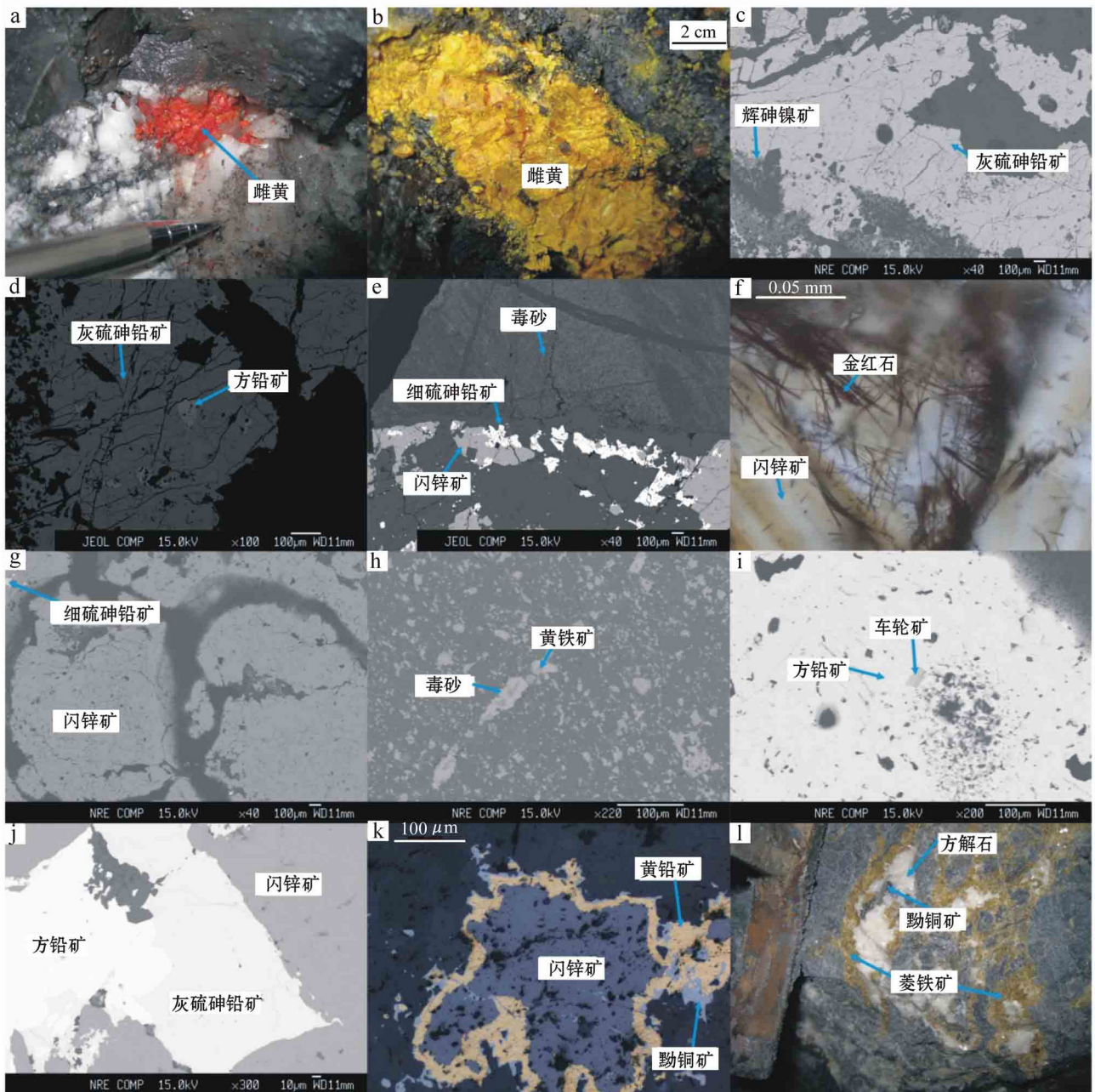


图 5 白秧坪铅锌铜银多金属矿床矿物组成

Fig. 5 Mineral composition in the Baiyangping Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit

a—雄黄、方解石脉；b—雌黄脉；c—灰硫砷铅矿、辉砷镍矿共生；d—方铅矿、灰硫砷铅矿共生；e—细硫砷铅矿、闪锌矿共生；f—闪锌矿中针状金红石；g—细硫砷铅矿、闪锌矿共生；h—黄铁矿、毒砂共生；i—方铅矿、车轮矿共生；j—方铅矿、灰硫砷铅矿、闪锌矿共生；k—黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿共生；l—方解石、黝铜矿、菱铁矿共生

a—realgar, calcite vein; b—orpiment vein; c—jordanite and gersdorffite association; d—galena and jordanite association; e—gratonite and sphalerite association; f—acicular rutile in sphalerite; g—gratonite and sphalerite association; h—pyrite and arsenopyrite association; i—galena and boumonite association; j—galena, jordanite and sphalerite association; k—chalcopyrite, sphalerite and tetrahedrite association; l—calcite, tetrahedrite and siderite association

中主要以角砾状、块状矿石为主；在砂岩中以角砾状、浸染状矿石为主。

李子坪矿段以闪锌矿、细硫砷铅矿、方铅矿、灰

硫砷铅矿、雄黄、雌黄为主，少量辉砷镍矿、毒砂等，构成 Pb-Zn-As-Sb-Ag 元素组合。矿石呈块状(图 4b)、脉状(图 4c)或角砾状(图 4d)。热液矿化期次

大致分三期：最早期出现无矿方解石脉，稍晚见硅化，以无矿石英±方解石脉形式出现；中期出现闪锌矿、方铅矿、细硫砷铅矿、灰硫砷铅矿、雄黄、雌黄、方解石系列矿物，是主成矿阶段，以闪锌矿+方解石脉、纯闪锌矿脉、纯灰硫砷铅矿或细硫砷铅矿脉、闪锌矿+方铅矿/细硫砷铅矿+方解石脉等几种脉体形式出现，晚期无矿方解石作为脉体再次出现，胶结早期形成的矿石角砾。

吴底厂矿段矿石矿物以闪锌矿、细硫砷铅矿、灰硫砷铅矿、方铅矿、雄黄、雌黄、毒砂、黄铁矿为主，同样构成 Pb-Zn-As-Sb-Ag 组合，另外在闪锌矿中还发现包裹有金红石。矿石类型有块状（图 4e）、脉状（图 4f）、角砾状（图 4g）。热液矿化期次大致分两期：早期出现闪锌矿、方铅矿、细硫砷铅矿、灰硫砷铅矿系列矿物，伴有方解石，是主成矿阶段，呈闪锌矿+细/灰硫砷铅矿+方解石脉、纯细硫砷铅矿/灰硫砷铅矿/闪锌矿脉、闪锌矿+细/灰硫砷铅矿胶结围岩角砾，晚期为无矿方解石脉。后进入表生氧化阶段。

富隆厂矿段矿石矿物以闪锌矿、灰硫砷铅矿、方铅矿、车轮矿、黝铜矿、白铅矿为主，陈开旭等（2004a）鉴定有辉银矿、汞银矿，为主要载 Ag 矿物，故构成 Pb-Zn-Cu-Ag 元素组合；富隆厂矿段矿石主要以角砾状、浸染状和脉状产出，角砾状矿石发育于灰岩和砂岩中，为方铅矿、闪锌矿胶结砂岩或灰岩角砾，角砾大小不一（图 4h），浸染状矿石见于砂岩内（图 4i），脉状矿发育于砂岩裂隙中（图 4j），热液矿化期次大致分三期：早期出现无矿方解石脉，以细脉形

式出现；中期出现闪锌矿、方铅矿/细硫砷铅矿、黝铜矿系列矿物，伴有方解石，出现这几种硫化物和少量方解石胶结围岩角砾、纯的方铅矿或闪锌矿脉以及纯的方铅矿+闪锌矿脉，是主成矿阶段，晚期无矿方解石作为胶结破碎的矿化角砾出现。

白秧坪矿段矿石矿物以黝铜矿、辉铜矿、黄铜矿、菱铁矿、方铅矿、闪锌矿、灰硫砷铅矿、辉砷镍矿、含钴毒砂、孔雀石、蓝铜矿等为主，成矿元素构成 Cu-Co-As-Zn-Pb 组合。矿石类型以角砾状（图 4k）、块状（图 4l）为主。热液矿化期次大致分三期：早期出现无矿方解石脉或石英脉，以细脉形式出现；中期出现闪锌矿、方铅矿/灰硫砷铅矿、辉铜矿、黄铜矿、黝铜矿系列矿物，伴有方解石，出现方铅矿+闪锌矿+方解石脉、黝铜矿±菱铁矿+方解石脉、黝铜矿±黄铜矿+毒砂+方解石脉、黝铜矿+黄铜矿+闪锌矿脉、结晶良好的黝铜矿在方解石晶洞内、黝铜矿±方解石胶结砂岩角砾，是主成矿阶段，晚期无矿方解石作为胶结破碎的矿化角砾出现。后进入表生氧化阶段。

4 讨论与结论

表 1 所示，白秧坪矿床不同矿段矿体均受断裂控制，呈脉状，不同矿段成矿流体性质与硫化物 S-Pb 同位素组成一致（宋玉财等 2011），显示矿床内不同矿段是同一流体活动的产物。然而，不同矿段在矿物和金属组合方面有明显的差异，主要表现在李子

表 1 白秧坪铅锌铜银多金属矿床不同矿段成矿特征

Table 1 Mineralization characteristics of different ore blocks in the Baiyangping Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit

矿段	李子坪	吴底厂	富隆厂	白秧坪
主要金属组合	Pb-Zn-As-Sb-Ag	Pb-Zn-As-Sb-Ag	Pb-Zn-Cu-Ag	Cu-Co-As-Zn-Pb
矿体形状	脉状	脉状	脉状	脉状
控矿构造	南东东-北西西向断裂	近东西向破碎带	北东向断裂	北东向断裂、近东西向断裂
赋矿围岩	泥质灰岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩	泥质灰岩、灰岩	灰岩、砂岩	砂岩
围岩蚀变	白云岩化	硅化	硅化	
主要金属矿物	闪锌矿、细硫砷铅矿、方铅矿、灰硫砷铅矿、雄黄、雌黄	闪锌矿、细硫砷铅矿、方铅矿、灰硫砷铅矿、雄黄、雌黄	闪锌矿、灰硫砷铅矿、方铅矿、黝铜矿系列矿物、车轮矿、辉银矿、汞银矿	黝铜矿系列矿物、辉铜矿、黄铜矿、灰硫砷铅矿、辉砷镍矿、硫钴镍矿、含钴毒砂、方铅矿、闪锌矿
主要脉石矿物	方解石	方解石/白云石	方解石/白云石、少量石英	方解石、石英
矿石特点	矿石呈块状、脉状、角砾状，以各种硫化物±硫盐矿物±方解石以脉出现在断裂中，少量呈细脉充填于围岩裂隙，局部出现在热液溶解垮塌空间内	矿石有块状、脉状、角砾状，各种硫化物±硫盐矿物±方解石以脉出现在断裂中，少量呈细脉充填于围岩裂隙中	矿石有浸染状、脉状、角砾状，硫化物±硫盐矿物±方解石±石英出现在断裂中呈胶结围岩角砾状，或以浸染状分布于砂岩中，少量呈细脉充填于围岩裂隙中	矿石以块状、角砾状为主，各种硫化物±硫盐矿物±方解石±石英出现在断裂中呈胶结围岩角砾状，少量呈细脉充填于围岩裂隙中

坪和吴底厂以 Pb-Zn 为主,含 As、Sb、Ag,而富隆厂和白秧坪富除含 Pb-Zn 外,还含 Cu、Co 和 Ag,表明成矿流体在活动过程中的路径不同,萃取的成矿物质有差异。笔者通过对比前人在白秧坪矿区的定年数据(薛春纪等,2003;何明勤等,2006)和位于盆地西矿带内的金满 Cu 矿床定年年龄(刘家军等,2003;徐晓春等,2004),发现用同种方法——石英 Ar-Ar 快中子活化法测得的两个矿床成矿年龄在误差范围内基本是一致的,结合笔者在矿区李子坪、吴底厂、富隆厂矿段的闪锌矿 Rb-Sr 定年和方解石的 Sm-Nd 定年年龄(30~29 Ma,王晓虎等,另文发表)及野外地质特征,认为白秧坪矿区发生过两次热液成矿事件,一期为古新世末—始新世初期形成的类似金满

矿床的以铜为主的矿化,另一期也就是始新世末—渐新世早期以铅锌为主的矿化,形成了白秧坪矿床。在后期含铅锌成矿流体活动期间,局部活化了前期铜矿化内的铜,从而在富隆厂和白秧坪矿段形成了铅锌铜等多金属组合。

白秧坪矿床的控矿断裂多显示出先挤压后张开的特征(图6),根据年龄资料(30~29 Ma,王晓虎等,另文发表),整个区域此期间处于印度板块—欧亚板块碰撞的转换阶段(Hou and Cook,2009)。“三江”地区出现大规模走滑构造,因此推测白秧坪矿床成矿很可能出现在区域强烈挤压后的应力转换阶段,此阶段围岩开放空间发育,成矿流体灌入成矿。

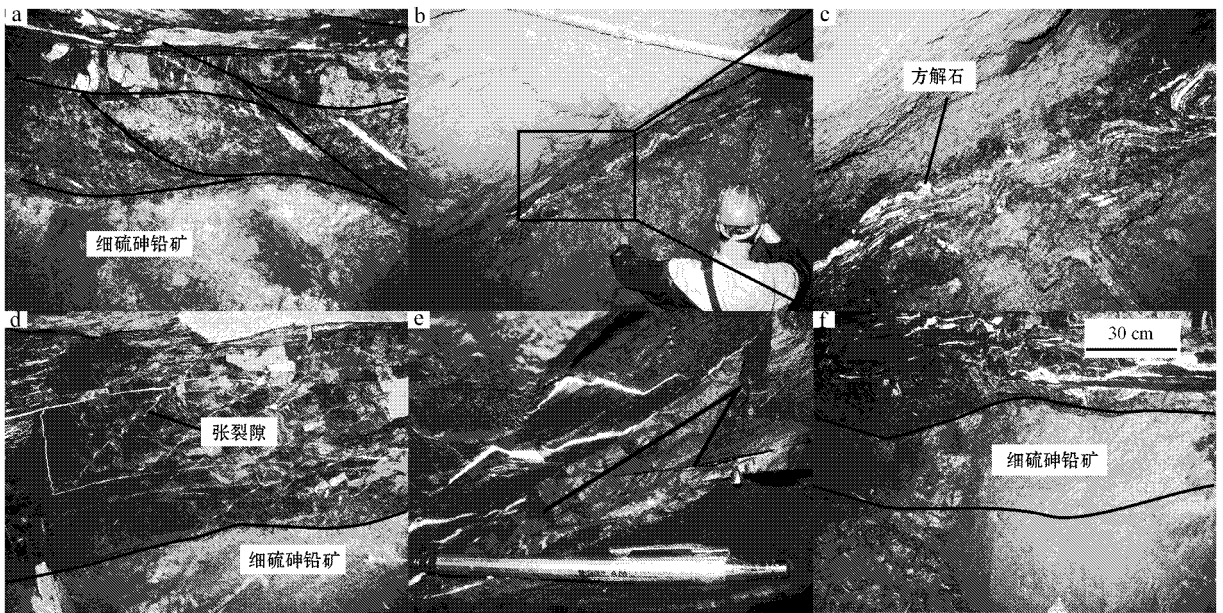


图6 白秧坪铅锌铜银多金属矿床铅锌成矿期控矿特征

Fig. 6 Ore-control characteristics in the Baiyangping Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit

a—灰岩中的挤压透镜体,显示围岩经历挤压;b、c—泥岩中顺层的方解石受到挤压变形;d—灰岩中张裂隙;e—擦痕和阶步显示断层为正断层;f—矿体无挤压变形,显示后期灌入

a—lens with compressional structure in limestone;b,c—bedding calcite subjected to compression deformation in mudstone;d—tension crack in limestone;e—normal fault shown by slickenside and step;f—no compression deformation in ore body, showing late stage entrance of ore-forming fluid through pouring in

References

Chen Kaixu. 2006. The Forming Mechanism of Copper-Silver Polymetallic Ore Concentration Area in the North of Lanping Foreland Basin in Yunnan Province[D]. Beijing: Dissertation for the Doctor Degree of China university of Geosciences, 1~160(in Chinese with

English abstract).

Chen Kaixu, He Longqing, Wei Junqi, et al. 2004a. Preliminary study on the characteristics of ore minerals and the occurrence states of silver and cobalt in the Baiyangping ore-concentrated field, Yunnan province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 24(1):61~67(in Chinese with English abstract).

Chen Kaixu, Yao Shuzhen, He Longqing, et al. 2004b. Ore-forming

- fluid in Baiyangping silver-polymetallic mineralization concentration field in Lanping, Yunnan province[J]. Geological Science and Technology Information, 23(2): 45~50(in Chinese with English abstract).
- Fan Shijia, Wang Anjian, Liu Hanbin, *et al.* 2006. A discussion on the helium and argon isotopic evidences for genesis of the Baiyangping copper-cobalt deposit in the Lanping basin[J]. Geological Review, 52(5): 628~635(in Chinese with English abstract).
- He Longqing, Chen Kaixu, Yu Fengming, *et al.* 2004. Nappe tectonics and their ore-controlling of Lanping basin in Yunnan Province[J]. Geology and Prospecting, 40(4): 7~12(in Chinese with English abstract).
- He Mingqin, Liu Jiajun, Li Chaoyang, *et al.* 2004. Fluid Mineralization Mechanism of a Large Copper-Lead-Zinc Ore-Concentrated Area in Lanping Basin-Taking Baiyangping Copper-Cobalt Polymetallic Area as the Example[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~117(in Chinese).
- He Mingqin, Liu Jiajun, Li Chaoyang, *et al.* 2006. ^{40}Ar - ^{39}Ar dating of ore quartz from the Baiyangping Cu-Co polymetallic mineralized concentration area, Lanping, Yunnan[J]. Chinese Journal of Geology, 41(4): 688~693(in Chinese with English abstract).
- Hou Z and Cook N J. 2009. Metallogensis of the Tibetan collisional orogen: A review and introduction to the special issue[J]. Ore Geology Reviews, 36: 2~24.
- Li Zhiming, Liu Jiajun, Qin Jianzhong, *et al.* 2004. C, O and H isotope compositions of polymetallic deposits in Lanping basin, western Yunnan province and their geological significance[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 34(3): 360~366(in Chinese with English abstract).
- Li Zhiming, Liu Jiajun, Qin Jianzhong, *et al.* 2005. Ore-forming material sources of the Baiyangping copper-cobalt-silver polymetallic deposit in Lanping basin, western Yunnan province[J]. Geology and Prospecting, 41(1): 1~6(in Chinese with English abstract).
- Liu Jiajun, He Mingqin, Li Zhiming, *et al.* 2004. Oxygen and carbon isotopic geochemistry of Baiyangping silver-copper polymetallic ore concentration area in Lanping basin of Yunnan province and its significance[J]. Mineral Deposits, 23(1): 1~10(in Chinese with English abstract).
- Liu Jiajun, Li Zhiming, Liu Yuping, *et al.* 2003. The metallogenic age of Jinman vein copper deposits, western Yunnan[J]. Geoscience, 17(1): 34~39(in Chinese with English abstract).
- Liu Jiajun, Zhai Degao, Li Zhiming, *et al.* 2010. Occurrence of Ag, Co, Bi and Ni elements and its genetic significance in the Baiyangping silver-copper polymetallic concentration area, Lanping basin, southwestern China[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(6): 1646~1660(in Chinese with English abstract).
- Shao Zhaogang, Meng Xiangang, Feng Xiangyang, *et al.* 2002. Analysis on the ore-forming geodynamics of the Baiyangping Ore-concentrated Field, Yunnan Province[J]. Acta Geoscientia Sinica, 23(3): 201~206(in Chinese with English abstract).
- Shao Zhaogang, Meng Xiangang, Feng Xiangyang, *et al.* 2003. Tectonic characteristics of the Baiyangping-Huachangshan ore belt, Yunnan province and its ore-controlling effect[J]. Journal of Geomechanics, 9(3): 246~253(in Chinese with English abstract).
- Song Yucai, Hou Zengqian, Yang Tiannan, *et al.* 2011. Sediment-hosted Himalayan Pb-Zn, Cu base metal deposits in Sanjiang area, SW China: Characteristics and genetic types[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 30(3): 351~376(in Chinese with English abstract).
- Tian Hongliang. 1997. The geological features of the Baiyangping polymetallic deposit[J]. Yunnan Geology, 16(1): 105~108(in Chinese).
- Wang Feng and He Mingyou. 2003a. Geochemistry of the trace elements from the Baiyangping silver polymetallic deposit in Lanping, Yunnan[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 23(4): 103~107(in Chinese with English abstract).
- Wang Feng and He Mingyou. 2003b. Lead and sulfur isotopic tracing of the ore-forming material from the Baiyangping copper-silver polymetallic deposit in Lanping, Yunnan[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 23(2): 82~85(in Chinese with English abstract).
- Wang Yanbin, Zeng Pusheng, Li Yanhe, *et al.* 2004. He-Ar isotope composition of Jinding and Baiyangping mineral deposit and its significance[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 24(4): 76~80(in Chinese with English abstract).
- Xu Qidong and Zhou Lian. 2004. Ore-forming fluid migration in relation to mineralization zoning in Cu-polymetallic mineralization district of northern Lanping, Yunnan: Evidence from Lead isotope and mineral chemistry of ores[J]. Mineral Deposits, 23: 452~463(in Chinese with English abstract).
- Xu Shihai. 2005. Mineralogy characteristic and the genetic significance of tennantite-tetrahedrite from Ag-Cu-Co-Ni polymetallic deposits in Lanping basin, Yunnan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology(Science & Technology Edition), 32(6): 556~564(in Chinese with English abstract).
- Xu Shihai, Gu Xuexiang, Tang Juxing, *et al.* 2005. Stable isotopic geochemistry of three major type of Cu-Ag polymetallic deposits in the Lanping basin, Yunnan[J]. 24(4): 309~316(in Chinese with English abstract).
- Xu Xiaochun, Huang Zhen, Xie Qiaoqin, *et al.* 2004. Ar-Ar isotopic ages of Jinman and Shuixie copper polymetallic deposits in Yunnan Province, and their geological implications[J]. Geological Journal of China University, 10(2): 157~164(in Chinese with English abstract).
- Xue Chunji, Chen Yuchuan, Wang Denghong, *et al.* 2003. Geology and isotopic composition of helium, neon, xenon and metallogenic age of the Jinding and Baiyangping ore deposits, northwest Yunnan, China[J]. Science in China, Series D, 33(4): 315~322(in Chinese with English abstract).
- Xue Chunji, Yang Jianming, Chen Yuchuan, *et al.* 2001. Copper-silver multimetallogenic characteristics of Baiyangping, Lanping[A]. Chen Yuchuan and Wang Denghong. Study on Himalayan Endo-

- genic Mineralization[C]. Beijing: Seismological Press, 69~83(in Chinese with English abstract).
- Xue Wei, Xue Chunji, Chi Guoxiang, *et al.* 2010. Study on the fluid inclusions of Baiyangping poly-metallic deposit in Lanping Basin, northwestern Yunnan, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(6): 1773~1784(in Chinese with English abstract).
- Yang Weiguang. 2003. Geology and Geochemical Conditions of Mineralization and Ore-forming Mechanism in Baiyangping Cu-Ag Polymetallic Ore Concentration, Yunnan Province[D]. Doctoral dissertation of China University of Geosciences(in Chinese with English abstract).
- Zhang Erxin. 2005. On the genesis of ore deposits in west metallogenetic zone of Baiyangping Cu-Ag polymetallic ore concentration area, Lanping[J]. Yunnan Geology, (24): 282~289(in Chinese with English abstract).
- Zhu Dagang, Meng Xiangang, Feng Xiangyang, *et al.* 2002. Characteristics of tectonic structures at Baiyangping, Yunnan province and their control over the minerogenesis of polymetal deposits in the minging area[J]. Geology and Geochemistry, 30(1): 28~33(in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 陈开旭. 2006. 云南兰坪前陆盆地北部 Cu、Ag 多金属矿集区形成机制[D]. 北京: 中国地质大学博士论文, 1~160.
- 陈开旭, 何龙清, 魏君奇, 等. 2004a. 云南白秧坪矿化集中区矿石矿物特征及银、钴赋存状态的初步研究[J]. 矿物学报, 24(1): 61~67.
- 陈开旭, 姚书振, 何龙清, 等. 2004b. 云南兰坪白秧坪银多金属矿集区成矿流体研究[J]. 地质科技情报, 23: 45~50.
- 范世家, 王安建, 刘汉斌, 等. 2006. 论兰坪盆地白秧坪(钴)矿床成因的氩同位素证据[J]. 地质论评, 52(5): 628~635.
- 何龙清, 陈开旭, 余凤鸣, 等. 2004. 云南兰坪盆地推覆构造及其控矿作用[J]. 地质与勘探, 40(4): 7~12.
- 何明勤, 刘家军, 李朝阳, 等. 2004. 兰坪盆地铅锌铜大型矿集区的流体成矿作用机制——以白秧坪铜钴多金属地区为例[M]. 北京: 地质出版社, 1~117.
- 何明勤, 刘家军, 李朝阳, 等. 2006. 云南兰坪白秧坪铜钴多金属矿集区矿石中石英的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄[J]. 地质科学, 41(4): 688~693.
- 李志明, 刘家军, 秦建中, 等. 2004. 滇西兰坪盆地多金属矿床碳、氧、氢同位素组成及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 34(3): 360~366.
- 李志明, 刘家军, 秦建中, 等. 2005. 兰坪盆地白秧坪铜钴银多金属矿床成矿物质来源研究[J]. 地质与勘探, 41(1): 1~6.
- 刘家军, 何明勤, 李志明, 等. 2004. 云南白秧坪银铜多金属矿集区碳氧同位素组成及其意义[J]. 矿床地质, 23(1): 1~10.
- 刘家军, 李志明, 刘玉平, 等. 2003. 滇西金满脉状铜矿床成矿年龄讨论[J]. 现代地质, 17(1): 34~39.
- 刘家军, 翟德高, 李志明, 等. 2010. 兰坪盆地白秧坪银铜多金属矿集区中银、钴、铋、镍的赋存状态与成因意义[J]. 岩石学报, 26(6): 1646~1660.
- 邵兆刚, 孟宪刚, 冯向阳, 等. 2002. 云南白秧坪矿化集中区成矿构造动力学分析[J]. 地球学报, 23(3): 201~206.
- 邵兆刚, 孟宪刚, 冯向阳, 等. 2003. 云南白秧坪—华昌山矿带构造特征及其控矿作用[J]. 地质力学学报, 9(3): 246~253.
- 宋玉财, 侯增谦, 杨天南, 等. 2011. 三江喜马拉雅期沉积岩容矿赋金属矿床基本特征与成因类型[J]. 岩石矿物学杂志, 30(3): 355~380.
- 田洪亮. 1997. 兰坪白秧坪铜银多金属矿床地质特征[J]. 云南地质, 16(1): 105~108.
- 王峰, 何明友. 2003a. 云南白秧坪银多金属矿床微量元素地球化学特征[J]. 沉积与特提斯地质, 23(4): 103~107.
- 王峰, 何明友. 2003b. 云南白秧坪铜银多金属矿床成矿物质来源的铅和硫同位素示踪[J]. 沉积与特提斯地质, 23(2): 82~85.
- 王彦斌, 曾普胜, 李延河, 等. 2004. 云南金顶和白秧坪矿床 He, Ar 同位素组成及其意义[J]. 矿物岩石, 24(4): 76~80.
- 徐启东, 周炼. 2004. 云南兰坪北部铜多金属矿化区成矿流体流动与矿化分带——矿石铅同位素和特征元素组成依据[J]. 矿床地质, 23(4): 452~461.
- 徐仕海. 2005. 兰坪盆地银铜钴镍多金属矿床铜系列矿物学特征及其成因意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 32(6): 556~564.
- 徐仕海, 顾雪祥, 唐菊兴, 等. 2005. 兰坪盆地三类主要铜银多金属矿床的稳定同位素地球化学[J]. 矿物岩石地球化学通报, 24(4): 309~316.
- 徐晓春, 黄震, 谢巧勤, 等. 2004. 云南金满、水泄铜多金属矿床的 Ar-Ar 同位素年代学及其地质意义[J]. 高校地质学报, 10(2): 157~164.
- 薛春纪, 陈毓川, 王登红, 等. 2003. 滇西北金顶和白秧坪矿床: 地质和 He, Ne, Xe 同位素组成及成矿时代[J]. 中国科学 D 辑, 33(4): 315~322.
- 薛春纪, 杨建民, 陈毓川, 等. 2001. 兰坪白秧坪 Cu-Ag-Co 多金属成矿学特征[A]. 陈毓川. 喜马拉雅期内生成矿作用研究[C]. 北京: 地震出版社, 66~80.
- 薛伟, 薛春纪, 池国祥, 等. 2010. 滇西北兰坪盆地白秧坪多金属矿床流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 26(6): 1773~1784.
- 杨伟光. 2003. 云南兰坪白秧坪铜银多金属矿集区成矿作用的地质-地球化学条件和成矿机制[D]. 中国地质大学博士论文.
- 张尔新. 2005. 兰坪白秧坪铜银多金属矿集区西矿带矿床成因[J]. 云南地质, 24(3): 282~289.
- 朱大岗, 孟宪刚, 冯向阳, 等. 2002. 云南白秧坪多金属成矿区构造特征及其控矿作用[J]. 地质地球化学, 30(1): 28~33.