广西佛子冲铅锌矿田热水沉积绿色岩和碳酸盐岩建造

Green-Rock and Carbonate Construction Formed by Hot-Water Sedimentation in Fozichong Lead-Zinc Ore Field

杨 斌[1,2] 刘建明[3] 李水如[4]

(1 成都理工大学资源与经济系，四川 成 都 610059；2 中南大学资源环境与建筑工程学院，湖南 长 沙 410083；3 中国科学院地球物理研究所，北京 100101；4 广西地质矿产勘查开发局，广西 南宁 530031)

Yang Bin[1,2], Liu Jianming[3] and Li Shuiru[4]

（1 Chengdu Science and Engineering University, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2 Central South University, Changsha 410083 Sichuan, China; 3 Research Center of Mineral Resources Exploration, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 4 Guangxi Bureau of Geological Survey, Nanning 530031, Guangxi, China）

摘 要 佛子冲矿田一直被认为是典型的夕卡岩型或岩浆热液型矿床。但笔者研究发现，前人所谓的夕卡岩为一套顺层产出的层状绿色岩石（由透辉石，绿帘石、绿泥石等绿色矿物组成）和碳酸盐岩组合，产状与地层一致并同步褶曲，其中保留有典型的同生沉积组构。碳酸盐岩碳、氧同位素组成也不同于正常海相沉积的碳酸盐岩。为避免与传统的“夕卡岩”概念相混淆，笔者提出了 “绿色岩和碳酸盐岩建造”概念，并认为其形成与早志留世区域性热水沉积活动有关。

关键词 绿色岩 碳酸盐岩 热水沉积 佛子冲 广西

1 矿田地质概况

佛子冲矿田在大地构造位置上处于云开隆起西缘,博白-岑溪深大断裂带的北东端。

矿田内主要发育下志留统第四组地层，岩性以浅变质碎屑岩主，上部夹泥灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩。其中碳酸盐岩夹层段是主要赋矿层位，碳酸盐岩夹层大理岩化较普遍，并发育条带状和角砾状构造和具重力滑塌堆积性质。在佛子冲矿田北西约 4 ㎞的白板、大爽一带，下志留统第四组上段夹一套厚度 100 多米的细碧角斑岩。

佛子冲矿田褶皱与断裂构造均十分发育。褶皱以北东向和北北东向为主。断裂有北东向、北北东向和近南北向三组。

佛子冲矿田内燕山期岩浆岩分布广泛（图 1），岩性有花岗闪长岩、英安斑岩和花岗斑岩等。

佛子冲矿田已探明有佛子冲、龙湾、勒寨、牛卫等矿床，矿体多呈层状、似层状产出，产状与地层一致并同步褶曲，直接赋矿围岩为层状绿色岩和碳酸盐岩（图 2）。局部发育脉状、囊状矿体。

2 层状绿色岩和碳酸岩盐建造

对于佛子冲矿田中广泛发育的以层状透辉岩为代表的绿色岩石，传统认为是岩浆期后热液交代碳酸盐

第一作者简介 杨斌，男，1966 年生，博士，中南大学博士后。

http://www.kcdz.ac.cn/

岩的产物，即夕卡岩。但笔者研究发现，在燕山期岩浆岩与碳酸盐岩接触带附近，往往见到的是碳酸盐岩的褪色化现象，很少见有夕卡岩分布。矿田中发育的以透辉岩代表的所谓“夕卡岩”，多顺层呈层状产出，很少与岩浆岩直接接触，其中保留有典型的同生沉积组构，为避免与传统的“夕卡岩”概念相混淆，笔者将此类岩石称为“绿色岩”。由于层状绿色岩与下志留统地层中的碳酸盐岩夹层紧密共生，共同构成层状、似层状矿体的直接赋矿围岩，因此，笔者提出了层状绿色岩和碳酸盐岩建造的概念。

层状绿色岩和碳酸盐岩建造广泛分布于佛子冲和龙湾等矿区，由条带状和纹层状透辉岩、绿帘石透辉岩、绿泥石岩、大理岩化灰岩及它们之间的过渡类型呈互层状构成，其中透辉岩是绿色岩主要构成部分。该建造一般有 3～6 层，最多可达 10 余层，单层厚度稳定，一般 1～4 m，产状与地层一致并同步褶皱，各层之间呈平行相间展布，其间为碎屑岩相隔。层状绿色岩的主要矿物成分为透辉石，次为绿帘石和绿泥石，矿物颗粒细小，肉眼不易辩认，这些矿物与铅锌硫化物紧密共生，共同构成矿体。

层状绿色岩的上、下盘围岩常常是碳酸盐岩，两者也呈渐变过渡关系。绿色岩与碳酸盐岩也可呈互层状产出。向远离矿体方向，层状绿色岩渐变过渡为碳酸盐岩，绿色岩中的透辉石、绿帘石等矿物逐渐减少，矿化减弱。

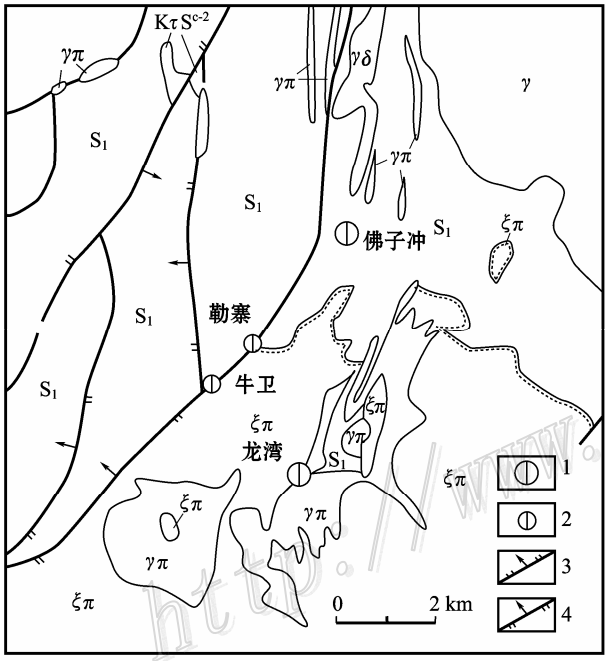

图 1　佛子冲矿田地质略图

1—中型矿床；2—小型矿床；3—正断层；4—逆断层；S_1—下志留统；$K\tau S^{c-2}$—早志留世角斑岩；γ—黑云母花岗岩；$\gamma\delta$—花岗闪长岩；$\gamma\pi$—花岗斑岩；$\zeta\pi$—英安斑岩

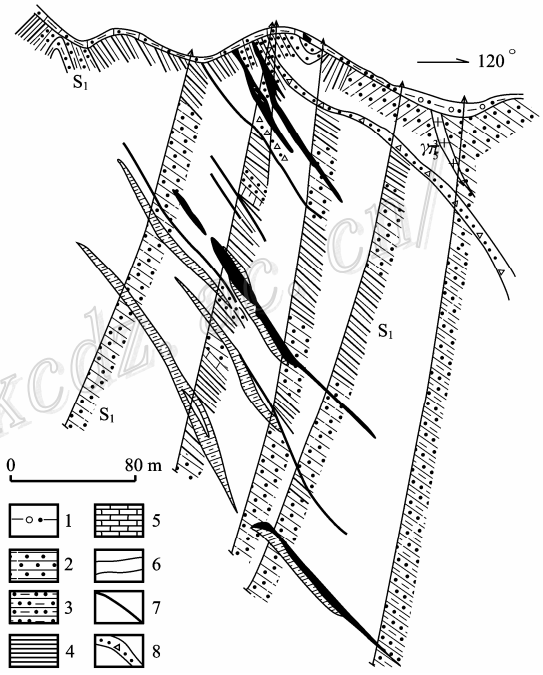

图 2　佛子冲矿床 12 线地质剖面图

1—亚粘土；2—砂岩；3—泥质粉砂岩；4—板岩；5—灰岩；6—层状绿色岩；7—矿体；8—断层破碎带；S_1—下志留统；$\gamma\pi$—花岗斑岩

层状绿色岩及矿石中发育典型的同生沉积组构，主要有：

纹层状构造：由透辉石或透辉石-绿帘石（绿泥石）纹层与浅色闪锌矿-方铅矿纹层呈互层构成，纹层厚度多为 1～10 mm。

顺层条带状构造：深浅不一的绿色矿物条带呈互层状构成，条带宽度 1～10 cm 不等。条带产状与地层产状协调一致。

软沉积滑动变形构造：在层状绿色岩层间，常见条带状绿色岩揉皱现象，系由同沉积时期的沉积软泥在动荡环境下发生滑动变形所致。

同生角砾构造：在层状绿色岩局部发育，顺层出现，角砾成分多为透辉岩，浑园状为主，大小在 1～5 cm 不等。个别角砾呈现变形扭曲现象，胶结物为铅、锌硫化物和绿泥石、碳酸盐矿物等。胶结物中沉积纹层清晰可见。

3 碳酸盐岩和矿石中碳酸盐矿物的碳、氧同位素组成

佛子冲矿田下志留统碳酸盐岩及矿石中方解石的碳、氧同位素测定（表略）。大理岩化灰岩 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值分布于 4.4‰～13.2‰范围，$\delta^{13}C_{PDB}$值分布于-6.1‰～1.9‰之间，其中 $\delta^{18}O_{SMOW}$值大大低于正常海相灰岩（ $\delta^{18}O_{SMOW}$为 22‰～30‰）和大理岩（ $\delta^{18}O_{SMOW}$为 15‰～27‰）。纹层状矿石中方解石 $\delta^{18}O_{SMOW}$值分布于 2.9‰～4.9‰范围， $\delta^{13}C$值分布于-5.0‰～-1.2‰范围，略低于下志留统碳酸盐岩 $\delta^{18}O_{SMOW}$和 $\delta^{13}C_{PDB}$值。

在 $\delta^{18}O$- $\delta^{13}C$图解上（图 3），碳酸盐岩样品投点均远离正常沉积碳酸盐，与岩浆-地幔源碳、氧同位素范围较接近，表明这种大理岩或大理岩化灰岩是一种非正常海相沉积的碳酸盐岩。较低的 $\delta^{18}O$值显示这种碳酸盐岩形成于较高温度，由此导致矿物和水的氧同位素分馏作用随温度增高而降低，推断其成因与同沉积期热水沉积活动有关。纹层状矿石中方解石样品投点与碳酸盐岩样品投点十分接近，表明两者形成环境和物质来源相近。

根据方解石-水的平衡关系：$1000\ln\alpha_{方解石\text{-}H_2O}=2.78\times10^6T^2-3.37$

笔者计算了与矿石中方解石样品平衡的成矿流体 $\delta^{18}O_{H_2O}$值。已测定纹层状矿石中方解石包体均一温度平均值为 140℃，计算 $\delta^{18}O_{H_2O}$值为-8.7‰，与根据矿物流体包裹体实测 $\delta^{18}O_{H_2O}$值相吻合（杨斌等，2000），表明成矿热液主要来自大气水或盆地卤水。

4 成因分析

佛子冲矿田曾一直被认为是典型的矽卡岩型或岩浆热液型矿床（雷良奇，1994；张乾，1993）。但以往的研究存在一些十分突出的问题：① 佛子冲矿田主要矿体呈层状、似层状和透镜状产出，产状与地层一致并同步褶曲，其形态产状特征与典型的岩浆热液矿床有明显不同。② 所谓的佛子冲矿田矽卡岩实际上是一种以透辉岩为代表的层状绿色岩，厚度变化稳定，其分布并不局限于岩体接触带，也不因为距某种岩体的远近而出现分带现象，这用接触交代机制是难以解释的。③ 岩浆热液成矿观点在对成矿母岩的认识上存在明显分歧，有人提出成矿母岩是燕山期花岗闪长岩，有人则认为成矿主要与燕山期花岗斑岩有关。④ 以往研究程度较高的矿区是河三矿区（包括勒寨、牛卫等矿床），而对矿田中规模相对较大且具有代表性的佛子冲和龙湾等矿床缺乏系统深入的研究，因此在对整个矿田的成因认识上存在一定的片面性。

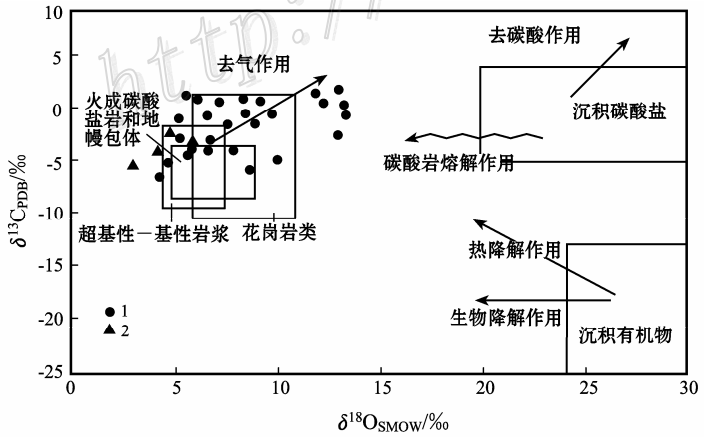

图 3 $\delta^{18}O_{SMOW}$- $\delta^{13}C$图解

1—佛子冲赋矿层位中的大理岩化灰岩；2—佛子冲纹层状矿石的方解石

http://www.kcdz.ac.cn/

笔者通过对分布于桂东南地区的佛子冲、东桃、下水、文龙径等铅锌多金属矿床的区域性调研，发现这些矿床均产于以细碎屑岩为主的下古生界类复理石建造中，矿体主要呈层状、似层状顺层产出，产状与地层一致并随地层同步褶曲，矿体往往呈多层状相间平行产出，直接赋矿围岩为“层状绿色岩和碳酸盐岩建造”，矿石中保留有典型的同生沉积组构。作者认为这些矿床在成因上均与博白-岑溪断裂带早古生代同生断裂活动及区域性海底热水沉积活动有关，并从成矿系列的角度将其归为一类。其中佛子冲矿田与东桃矿床产出层位及赋矿围岩性质十分相似，所不同的是，佛子冲矿田燕山期岩浆活动十分强烈，对矿床影响较大，该矿田较多地表现出复控型层控矿床特征。

博白-岑溪断裂带在早古生代为一同生断裂系统，在拉张环境下沿断裂带形成了一地堑型断陷盆地。同生断裂活动导致了沉积相的显著变化，沿断裂形成的斜坡上发育有大量的重力流沉积和重力滑动构造，并伴有火山活动。

在佛子冲地区，下志留统第四组上段中的碳酸盐岩夹层段为赋矿层位。碳、氧同位素研究表明，这种碳酸盐岩的形成与热水沉积活动有关。该岩性段在矿田中部厚约 100～150 m，最厚可达 170 m，向矿田外围方向有逐渐变薄趋势，对应地层岩性也有所变化。据区调资料分析，从佛子冲→七坪→塘坪→石光逐渐远离矿化中心方向，对应厚度分别为 100～150 m→95 m→37 m→34m，碳酸盐岩中泥质成分逐渐增多，在石光剖面，该岩性段对应地层的岩性已完全变为泥灰岩。

笔者认为，佛子冲矿田的形成与早志留世热水沉积成矿作用有关，层状矿体和层状绿色岩分布地段代表了热水活动中心。在水平方向上，层状绿色岩与碳酸盐岩呈渐变过渡关系，越近矿体，绿色岩中透辉石和绿帘石愈多，稍远离矿体这些矿物逐渐变少，渐渐过渡为灰岩，向矿区外围相应地层中碳酸盐矿物明显减少，地层岩性则变为泥灰岩。

流体包裹体分析显示（杨斌等，2000），佛子冲矿田成矿流体是一种富含钙、镁的还原性、偏酸性流体。含金属的热水溶液在其与喷出中心附近的石化程度很差的沉积物中所含的水溶液相混以及当它流入海水中的时候，会发生巨大的化学变化，温度的下降、溶液的稀释、PH 向中性方向升高、还原硫浓度的增高等，都会使铅和锌从酸性的富氯的热水溶液中沉淀下来。在水-岩界面上，由于物理化学条件的变化，热水携带的二氧化硅及钙、铝、镁等物质也以绿色矿物（透辉石、绿帘石、绿泥石等）、碳酸盐等“喷流物”形式沉积下来。

在距喷口稍远处，含矿流体与海水进一步混合，流体温度大幅降低，浓度也明显减弱，已不利于绿色矿物和铅、锌硫化物的大量生成，主要热水沉积物成为碳酸盐岩，矿化明显减弱。

佛子冲矿田赋矿层位中相间分布的多层绿色岩和碳酸盐岩表明海底热水活动具间歇性脉动特征。由于热水喷溢活动是脉冲式的，时断时续，当热水活动处于高峰期时，绿色矿物大量生成，当热水活动相对减弱时，热水碳酸盐沉积起着主导作用，由此形成了绿色岩与碳酸盐岩互层的现象。广泛发育的软沉积滑动变形构造、同生角砾构造表明热水沉积环境十分动荡并有重力沉积发生。层状绿色岩和矿石结构构造及碳酸盐矿物和岩石的碳、氧同位素组成显示绿色矿物、碳酸岩矿物与金属硫化物属同期产物。

参 考 文 献

雷良奇. 1994. 广西河三铅锌(银)矿床成矿规律及成因[J]. 桂林冶金地质学院学报,14(1).

杨　斌，等. 2 000. 广西东桃铅锌矿床喷流-沉积地球化学特征[J]. 矿产与地质，14(5).

杨　斌，等. 2000. 广西佛子冲铅锌矿田成因刍议[J]. 广西地质，13(1)

张　乾. 1993. 广西河三铅锌矿田同位素和微量元素特征及矿床成因[J]. 有色金属矿产与勘查，2(4).