

# 黔西北铅锌成矿区镉的赋存状态及规律

周家喜, 黄智龙, 周国富, 刘铁庚, 严再飞, 陈 觅

(中国科学院地球化学研究所/矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

黔西北铅锌成矿区富集多种分散元素(如 Cd、Ge、Se、In 和 Ga 等),特别是 Cd 的含量最高,达  $2906 \times 10^{-6}$ 。利用电子探针(EPMA)和电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)等先进分析设备,本文初步查明了本区代表性矿床分散元素 Cd 的赋存状态及富集规律:

(1) 不同矿物 Cd 富集规律:分散元素 Cd 在闪锌矿中含量最高,其变化范围为  $623 \times 10^{-6} \sim 2906 \times 10^{-6}$ ,方铅矿中 Cd 含量其次,为  $3.62 \times 10^{-6} \sim 40.6 \times 10^{-6}$ ,黄铁矿中 Cd 含量最低,为  $0.023 \times 10^{-6} \sim 11.9 \times 10^{-6}$ ,同一矿床中规律相相同,同一手标本中规律性更明显:

(2) 不同矿床 Cd 富集规律:板板桥铅锌矿床闪锌矿 Cd 含量最高,其变化范围为  $1395 \times 10^{-6} \sim 2906 \times 10^{-6}$ ,均值为  $2027 \times 10^{-6}$ ,筲箕湾和杉树林铅锌矿床闪锌矿 Cd 含量次之,分别为  $758 \times 10^{-6} \sim 1495 \times 10^{-6}$ ,均值为  $1187 \times 10^{-6}$  和  $814 \times 10^{-6} \sim 1565 \times 10^{-6}$ ,均值为  $1070 \times 10^{-6}$ ,天桥铅锌矿床闪锌矿 Cd 含量最低,为  $623 \times 10^{-6} \sim 938 \times 10^{-6}$ ,均值为  $772 \times 10^{-6}$ ;

(3) 不同颜色闪锌矿 Cd 富集规律:浅黄色闪锌矿 Cd 含量最高,变化范围最大,为  $758 \times 10^{-6} \sim 2906 \times 10^{-6}$ ,均值为  $1403 \times 10^{-6}$ ,黄褐色闪锌矿 Cd 含量其次,变化范围为  $670 \times 10^{-6} \sim 2440 \times 10^{-6}$ ,均值为  $1258 \times 10^{-6}$ ,黑色闪锌矿 Cd 含量最低,变化范围为  $623 \times 10^{-6} \sim 793 \times 10^{-6}$ ,均值为  $717 \times 10^{-6}$ 。该特征在同一矿床中表现一致,在同一手标本中更明显。

通过对代表性矿床(青山铅锌矿床、天桥铅锌矿床和银厂坡银铅锌矿床)样品进行的电子探针面扫描分析,显示 Cd 在矿石硫化物和脉石方解石中均匀分布,且均没有发现明显高于本底的富集点,同时可见闪锌矿 Cd 含量明显高于黄铁矿、方铅矿和脉石方解石。结合前人资料及光薄片的系统鉴定,认为本区铅锌矿床中分散元素 Cd 主要以类质同象的形式存在,并主要集中在闪锌矿中,这与质谱分析结果一致。另外闪锌矿中除明显的黄铁矿包体外(显微镜下可以观察),Fe 在闪锌矿中也呈均匀分布。

众所周知,闪锌矿常含有多种杂质元素,其中 Fe 和 Cd 是最常见的微量元素,研究者普遍认为闪锌矿中的 Fe 和 Cd 都是以类质同象形式置换 Zn 而进入闪锌矿晶格(刘英俊等,1984;刘铁庚等,2009)。所获得的数据显示闪锌矿中 Fe 与 Zn 含量具有负的相关趋势,这进一步表明闪锌矿中的 Fe 是以类质同象进入 Zn 而进入闪锌矿晶格(刘英俊等,1984;刘铁庚等,2009)。通过对 Fe、Cd 和 Zn 三者含量的相关分析,发现 Zn 与 Cd 含量呈正相关关系,相关系数为 0.6。前人对铅锌矿石中分散元素 Cd 与 Zn 含量相关性研究表明(涂光炽等,2003),Zn 与 Cd 含量具有明显的正相关关系,这是由于闪锌矿是 Cd 的主要载体矿物,因而矿石中 Zn 与 Cd 呈正相关共变特征。闪锌矿单矿物中 Cd 与 Zn 含量的负相关性被认为是 Cd 与 Zn 类质同象(刘英俊等,1984;刘铁庚等,2009)造成的,所以黔西北铅锌成矿区代表性矿床闪锌矿单矿物中 Cd 与 Zn 含量的正相关性,表明闪锌矿中 Cd 不是类质同象置换 Zn 而进入闪锌矿晶格的。在对闪锌矿中 Fe 与 Cd 含量相关分析中,笔者发现当闪锌矿中 Fe 含量小于 1%时,Cd 与 Fe 含量具有负相关性,而当闪锌矿中 Fe 含量大于 1%时,则呈现正相关趋势,全部样品投点则呈现有趣的“双曲线”型的相关趋势。为对比验证,笔者对整个川滇黔铅锌成矿区前人发表的分散元素数据进行统计分析,投图也具有相似的特征(图 1)。这与刘铁庚等(2009)对国内外大量矿床的统计结果是一致的。

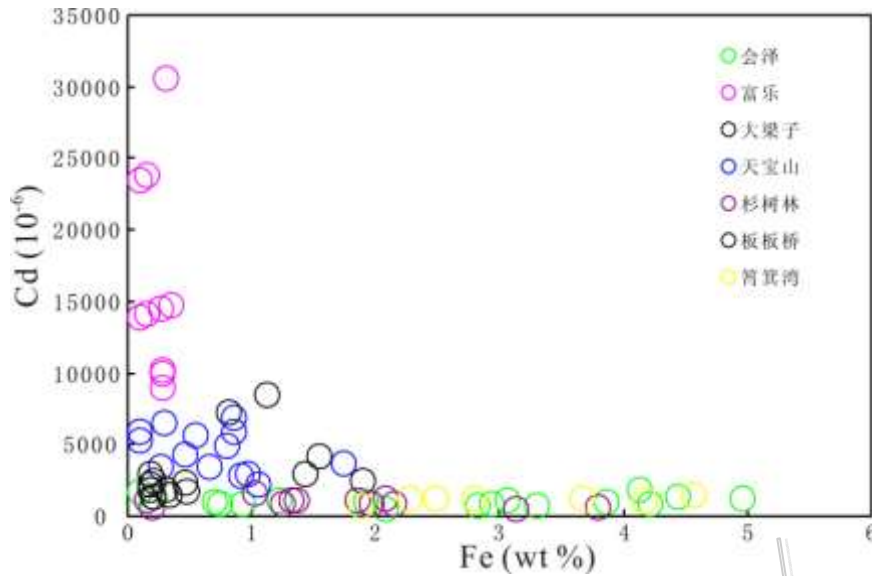


图1 全部样品闪锌矿 Cd 与 Fe 含量相关图解

Cd 和 Fe 也具有十分相似的地球化学性质 (刘英俊等, 1984), 特别是它们的负电性十分相近, 离子半径也相差不大, 这导致了它们相似的地球化学行为, 即在热液成矿过程中 Cd 和 Fe 以类质同象 (刘英俊等, 1984; 张乾等, 2008) 形式进入闪锌矿晶格。由于成矿环境的变化导致成矿流体中它们浓度和置换能力发生变化, 造成闪锌矿中 Cd 与 Fe 含量“双曲线”的相关趋势。进一步解释, 笔者认为在成矿早期成矿流体中具有高的 Fe 浓度, 除形成黄铁矿外, 部分 Fe 还以类质同象的形式进入闪锌矿晶格, 占据 Zn 的位置, 此时, 流体中 Fe/Cd 比值基本是个常数 (张乾等, 2008), 即 Fe 与 Cd 浓度是共变的, 所以当闪锌矿中 Fe 含量大于 1% 时, 闪锌矿中 Fe 与 Cd 含量呈现正相关趋势, 即共同替代 Zn; 随着成矿环境的改变和成矿温度降低, 成矿流体中 Fe 浓度降低, 使得闪锌矿中已存在 Fe 的稳定性降低, 甚至被析出 (闪锌矿中的包体黄铁矿就是例子), 而此时成矿流体中 Cd 的浓度相对增大, 使得置换能力增强, 占据原来 Fe 占据的闪锌矿晶格位置。因此, 当闪锌矿中 Fe 含量小于 1% 时, Cd 替代了闪锌矿中的 Fe, 导致 Cd 与 Fe 含量具有负相关性。可能实际的情况要复杂的多, 但仍然说明闪锌矿中 Cd 替代 Fe 的现象是存在, 这可能是一种新的机制, 需要进一步深入研究。

#### 参 考 文 献

- 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 1984. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社. 360-420.
- 刘铁庚, 叶 霖, 邵树勋, 等. 2009. 闪锌矿中的 Cd 主要置换的是 Fe 而不是 Zn[J]. 矿物学报, 29 (增刊).
- 涂光炽, 高振敏, 胡瑞忠, 等. 2003. 分散元素地球化学性质及成矿机制[M]. 北京: 科学出版社. 1-407.
- 张 乾, 刘玉平, 叶 霖, 等. 2008. 分散元素成矿专属性探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 27(3): 247-253, 283-284.