

# 瓮安磷矿床中球粒状磷灰石显微构造特征

杨海英, 夏勇\*, 肖加飞, 谢卓君, 何珊, 许建斌, 吴盛炜

(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 550081)

## 1 研究意义

瓮安磷矿位于川黔南北构造带的白岩-高坪背斜翼部, 背斜核部地层为新元古界板溪群, 两翼向外依次为南华系、震旦系、寒武系、二叠系和三叠系, 背斜鞍部被近南北向的小坝断层截断, 北部为白岩背斜, 南部为高坪背斜。瓮安磷矿床的厚度和展布状况, 受断裂在板溪群内的基底断裂及这种断裂的差异升降控制, 矿区断裂较发育。受断裂和褶皱影响, 瓮安磷矿主要沿背斜核部呈北东向展布, 分为北部白岩矿区和南部高坪矿区, 白岩矿区又划分为玉华、王家院、大塘、穿岩洞和新桥矿段; 高坪矿区又划分为小坝、英坪、墓坟和大寨四个矿段(贵州省地质局, 1972, 1981)。

前人对沉积磷块岩进行了大量宏观上的研究, 例如含磷岩系时空分布、沉积盆地的岩相古地理、矿石主微量元素、稀土元素和同位素地球化学等研究, 得出较完善的成矿理论, 但缺少对含磷岩系磷酸盐组分内部结构微观上的深入解剖和探讨。因此, 本文利用光学显微镜、电子探针、扫描电镜背散射电子成像分析技术、二次电子成像技术对瓮安磷块岩中球粒磷灰石的微观结构进行研究, 发现在扫描电镜下球粒状磷灰石具有特殊的显微结构, 不同于偏光显微镜下呈均质的结构特征。利用扫描电镜、电子探针对瓮安磷矿区进行磷灰石显微结构分析, 对磷灰石微束分析具有较好的指导意义。

## 2 显微镜下微观构造

在光学显微镜下, 可见磷块岩矿石结构和构造较简单, 以球粒状磷灰石颗粒为主, 在结晶充分的条件下形成的相对完整的磷灰石晶体, 约 200~500  $\mu\text{m}$ , 大者可达 550  $\mu\text{m}$ , 最小者小于 50  $\mu\text{m}$ , 磷灰石颗粒结构又可分为球粒(图 1A)、椭球粒(图 1B)、鲕粒以及生物屑磷灰石颗粒(图 1D), 是最主要的磷灰石矿物结构, 另外, 还可见它形结构磷灰石, 呈不规则状(图 1C)。在显微镜下的磷灰石呈胶状, 通常以(超)微细粒集合体的形式产出, 偏光显微镜下都呈均质特征, 大多学者将之称为胶磷矿, 便认为是胶体化学方式沉积的磷灰石, 这种认为是错误的。在扫描电镜下, 磷灰石颗粒由数个微米级别的微晶磷灰石颗粒组成, 并呈现出特殊的沉积构造, 与织金磷灰石显微构造表现出相似性(刘世荣, 2008)。

## 3 扫描电镜下微观构造

对瓮安磷灰石进行了电子探针微区成分分析, 点分析采用电子束轰击矿物表面, 激发 X 射线, 接受射线信号分析磷灰石的元素组成, 磷灰石矿物成分分析表明, 磷灰石成分为 Ca: 38.31%、P: 17.692%、F: 3.847% (F: 3.84,  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 40.48, CaO: 53.66), 表明矿物为氟磷灰石, 扫描电镜下按形态可将磷灰石分为球状磷灰石、生物碎屑磷灰石及无定型的磷酸盐组分, 球粒状磷灰石占绝大部分, 且本次以其为主要讨论对象。

瓮安砂屑磷块岩背散射电子图像上, 矿物主要为磷灰石(灰白色衬度)和白云石(灰黑色衬度), 磷灰石颗粒粒径较大, 多为自形晶(图 1E), 表现为椭球状、球状、纺锤状, 大部分球粒磷灰石球度高, 球粒状磷灰石颗粒均为内碎屑, 几乎不见陆源碎屑, 其磨圆度较好, 大小相近, 被白云石等胶结。

磷灰石颗粒在背散射图像下磷灰石表面有暗色颗粒, 主要是有机质、石英等碎屑成分, 为磷灰石在形成过程中从周围环境中吸集碎屑成分表现出的微细粒沉积结构(图 1F)。磷酸盐沉积物在成岩作用过程中, 脱水导致体积收缩形成收缩裂纹(图 1G), 主要分布在磷灰石内核, 偶见贯穿内核和外壳的收缩裂纹。

球状/似球状磷灰石外部具有等厚的外壳结构(图 1H), 背散射图像下为均质结构磷灰石, 二次电子图

**基金项目:** 贵州省国土资源厅重大基础性、公益性地质项目(批准号: 2016-09-1)

**作者简介:** 杨海英, 女, 1991 年生, 博士, 主要从事沉积矿床地球化学研究。

\* 通讯作者, E-mail: xiayong@vip.gyig.ac.cn

像下为有序排列的粒状 ( $0.2\sim 0.5\ \mu\text{m}$ )、柱状 ( $0.2\times 5\ \mu\text{m}$ ) 磷灰石颗粒构成, 相互胶结成束纤状, 附着生长在磷灰石颗粒外面, 呈等厚外壳, 厚约  $10\sim 20\ \mu\text{m}$ 。磷灰石等厚壳在显微镜正交偏光下表现为亮晶纤维状磷灰石包壳, 疑似为孔隙水中的磷以纤维状亮晶形式沉积的 (刘魁梧等, 1994)。

颗粒状磷灰石颗粒在偏光显微镜下呈均质结构, 在背散射图像下颗粒内部往往表现出衬度明暗不一的微粒组合, 微粒粒径极小, 约  $1\ \mu\text{m}$ , 磷灰石颗粒表面灰黑色衬度的颗粒不均匀分布形成海绵状结构, 表明磷质沉积在沉积物中发生了强烈的磷酸盐化, 形成的微晶磷灰石 (灰白衬度) 充填在空隙、粒隙中, 形成海绵状构造 (图 1I)。

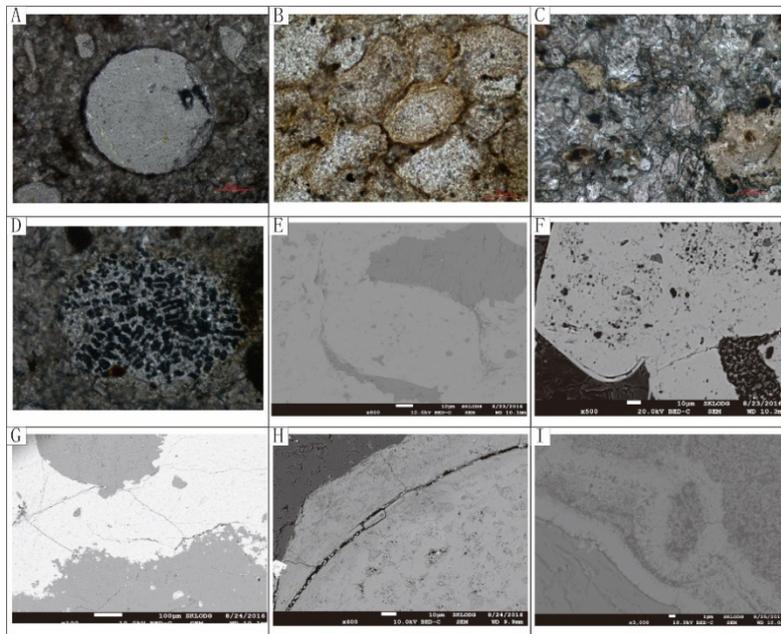


图 1 A-D: 光学显微镜下正交偏光图像, E-I: 扫描电镜下背散射图及二次电子图像

球粒磷灰石内部由小于 1 微米的微晶磷灰石组成, 微晶晶体为颗粒状、六方短柱状、放射状、葡萄状、薄片状等微晶磷灰石等, 偶见石英、长石颗粒, 二次电子图像下立体形貌保留完好, 直观清晰。

#### 4 小 结

磷灰石极高的球度指示砂屑磷灰石可能形成于具有一定海水机械动力的滨海带环境, 这与黔中地区以及扬子板块古地理重建相吻合。古地理重建认为磷酸盐沉积于扬子地块碳酸盐台地凹陷带内的隆起 (吴祥和等, 1999), 并认为区域内坳陷和隆起所决定的深、浅水并存的陆缘海为磷矿富集的最有利场所 (叶连俊等, 1986)。另外, 磷灰石内部的海绵状构造、收缩裂纹、等厚壳构造表明沉积作用结束后经历了成岩作用, 且在成岩阶段, 受孔隙压力和后期改造较小。磷灰石颗粒的显微结构可以直接地揭露磷灰石形成过程, 本次的研究在得出部分成果的基础上, 认为针对陡山沱其磷块岩成矿, 还有更多和更精细的工作可以开展。

#### 参 考 文 献:

- 贵州省地质局. 1972. 瓮安幅地质图.  
贵州省地质局. 1981. 息烽幅地质图.  
刘魁梧. 1985. 沉积磷块岩结构类型、成因及成矿阶段. 沉积学报, (4): 29-41.  
刘世荣. 2008. 织金新华磷矿成矿作用的微束分析研究. 博士学位论文, 中国科学院地球化学研究所.  
叶连俊, 陈其英, 赵东旭, 等. 1989. 中国磷块岩. 北京: 科学出版社, 339.  
吴祥和, 韩至钧, 蔡继锋, 等. 1999. 贵州磷块岩. 北京: 地质出版社, 130.