

文章编号: 1000- 6524 (2003) 02- 0177- 04

小秦岭金矿含金石英脉中石英晶体微形貌研究

张良钊, 雷 威, 李东升, 赵淑霞

(桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004)

摘 要: 利用微分干涉显微镜等手段对小秦岭金矿含金石英脉中不同成矿阶段的石英晶体微形貌进行了研究。石英晶体 $\{10\bar{1}1\}$ 、 $\{01\bar{1}1\}$ 、 $\{10\bar{1}0\}$ 单形晶面上不同特征的微形貌对了解石英晶体的生长机理、生长速率、生长环境的变化及成矿溶液的过饱和度具有重要意义, 同时也可提供成矿阶段划分及晶体生长时热力学条件的信息。

关键词: 含金石英脉; 石英晶体; 微形貌; 环境条件; 小秦岭金矿

中图分类号: P578. 4⁺ 94; P572

文献标识码: A

A study of micromorphology of quartz crystals from auriferous quartz veins in the Xiaqingling gold deposit

ZHANG Liang_ju, LEI Wei, LI Dong_sheng and ZHAO Shu_xia

(Department of Resource and Environment Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The micromorphology of quartz crystals formed at different ore-forming stages in auriferous quartz veins are studied by means of differential interference microscope. The micromorphologic characteristics of quartz crystal faces of $\{10\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}1\}$ and $\{10\bar{1}0\}$ help to understand the mechanism and the rate of crystal growth, the oversaturation of ore-forming solution, and the variation of the growth environment, and can also provide information for the division of ore-forming stages and the thermodynamic condition for crystal growth.

Key words: auriferous quartz vein; quartz crystal; micromorphology; environment condition; Xiaqingling gold deposit

虽然前人对石英晶体形态的研究历史悠久, 但其工作主要集中在对现象的观察和描述以及对结构的探索和研究上, 与成因的联系较少。与宏观形态的研究相比较, 石英晶体单形晶面的微形貌研究起步较晚。Seager 于 1953 年在菱面体上观察到了三角形生长丘, Prage 和 Wills 于 1952 年在石英晶体的柱面上观察到了生长斜丘, 1968 年 Sunagawa 等对人工水晶与天然水晶微形貌的比较表明, 在过饱和度低的条件下, 生长层台阶高度比在过饱和度高的条件下的小, 生长层的形状更趋呈多角形。国内对水

晶微形貌的研究起步也较晚, 从事这方面研究工作的主要有仲维卓(1994)、王文魁等(2001), 他们认为天然水晶主要由于螺旋生长机制或层生长机制在菱面体的面上生长, 所以在菱面体上可普遍看到自由发育的三角形生长层。现阶段仍着重于水热合成水晶生长习性、晶体表面结构以及生长过程的物理化学条件的研究, 对于晶体微形貌特征与内部结构及外界生长条件之间的联系则研究较少。本文在前人研究的基础上对小秦岭金矿金洞岔矿区含金石英脉的5个矿化阶段(张良钊, 1987)的石英晶体 $\{10\bar{1}1\}$ 、

收稿日期: 2002- 10- 31; 修订日期: 2003- 03- 15

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(桂科自 0229054)

作者简介: 张良钊(1949-), 男, 硕士, 教授, 矿物学专业。

{0111}、 $\{10\bar{1}0\}$ 单形晶面上微形貌特征进行了研究。

1 地质概况

金铜盆矿区属于小秦岭金矿,位于文峪花岗岩(\vee_2^2)岩体南部接触带约3 km处。矿区出露地层为太华群中段(Arb),近东西向压性及压扭性断层为主要的控矿构造。矿区共发现大小含金石英脉89条,仅9号脉具工业价值(张良钜,1987)。9号脉是一条近东西向缓倾斜单脉型含金石英脉,倾向 $190^\circ\sim 210^\circ$,倾角 $15^\circ\sim 35^\circ$,沿走向出露约1 680 m,矿脉厚度最小为0.09 m,最大可达4.92 m,一般为0.4~1.5 m。根据矿物共生组合、矿石结构构造以及黄铁矿、石英晶体的形貌和矿石的含金性等特征,9号矿脉热液期可划分为5个阶段(张良钜,1987),即黄铁矿-石英阶段(I)、石英-黄铁矿阶段(II)、石英-粗粒多金属硫化物阶段(III)、石英-微粒金属硫化物-氧化物阶段(IV)和石英-碳酸盐阶段(V)。金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿,其次为黄铜矿、磁铁矿、自然金、微量自然银、碲铋矿等。脉石矿物为石英、方解石、白云石等。不同阶段的石英晶体形态、颜色、光泽、包裹体成分、单形晶面上的微形貌均表现出一定差异。

2 石英晶体微形貌特征

2.1 $\{10\bar{1}1\}$ 单形晶面上的微形貌特征

该单形晶面上有3种完全不同的生长花纹:

(1) 钟乳状螺旋生长丘 该石英晶体为矿体第5阶段无色透明石英,为由 $m+r+z$ 3种单形晶面组成的聚形晶体(潘兆鲁,1993),其长宽比为3:1~4:1。晶体的 $\{10\bar{1}1\}$ 晶面上发育极漂亮的钟乳状螺旋生长丘(图1a)。生长丘的中轴线大致垂直 $\{10\bar{1}1\}$ 面,各丘间基本呈平行生长关系。生长丘的上部、顶部各自分隔,而下部、根部则互相紧密相连。生长丘大小不一,常常大生长丘超复小生长丘之上或小生长丘部分被包容在大生长丘内,这可能与晶体生长时各晶芽的取向有关:晶芽轴线取向与 $\{10\bar{1}1\}$ 垂直时,生长丘发育较大;晶芽轴线取向与 $\{10\bar{1}1\}$ 面斜交时,生长过程中晶芽则可能被淘汰或发育较小。单个生长丘的丘顶、丘面都极为圆滑,丘面陡直,丘高与丘底宽之比约为2:1。每个生长丘都是由一系列生长台阶间隔极窄的螺旋生长纹叠堆而成,且越近

丘顶螺旋纹越明显、越密,螺位错露头不位于丘顶中心,而是偏向丘顶一侧,为偏心钟乳状螺旋状生长丘,其位错露头可指示晶体生长时溶液流动方向或溶液补给方向。这种微形貌特征表明晶体开始生长时溶液过饱和度大,形成许多结晶中心,生长螺旋纹不清晰;随着结晶作用的进行,溶液过饱和度不断降低,生长速度加快,导致越近丘顶生长螺旋纹越密且越明显。因此,晶体初始生长时,以层生长机制为主,其后则逐渐被螺旋生长机制替代。

(2) 蚌壳状螺旋生长丘 该晶体为第2阶段的强油脂光泽石英, $\{10\bar{1}1\}$ 面上发育一系列超复叠瓦状蚌壳形螺旋生长丘(图1b),全部生长丘都向右侧倾斜并定向排列。定向排列可能指示晶体是在溶液流动过程中发育生长的,并指示溶液的流动方向。生长丘的高与宽之比为1:3~1:2,为低矮开阔微倾斜生长丘。每个生长丘都是由细而密的生长螺旋纹堆积而成,螺位错露头都偏向“蚌壳”后根部较陡一侧的端头部位,是偏心螺旋生长丘。蚌壳状螺旋生长丘表明晶体一开始就以螺旋生长机制方式发育生长,并控制整个生长过程。丘面粗糙并有许多溶蚀小孔,表明晶体形成后受到一定的溶蚀作用。

(3) 三角形生长锥 该晶体为第3阶段石英,晶体内包含有较多的方铅矿。石英晶体为乳白色,强油脂光泽, $\{10\bar{1}1\}$ 面上发育一系列尖锥指向一致的三角形生长锥(图1c、1d)。各生长锥下部彼此相连,而尖端则相互分隔,构成齿状弧线。锥底直接与 $\{10\bar{1}0\}$ 面上水平横纹相连(图1d),二者的接触界线可能为构造应力作用的产物,并且同一生长锥下部与上部由于错断也有微位移现象,说明晶体形成后曾经受过构造应力作用的影响,与其共生的该阶段的粗粒方铅矿的解理纹常被弯曲或发生位移错动,也表明该阶段在成矿过程中曾受到多次构造应力活动的影响。生长锥的锥面光滑,放大后显示它们都由等腰三角形生长层叠堆形成。三角形生长层的底边台阶平直规整,但台间隔窄,这种窄台阶可能是由于生长时受到 $\{10\bar{1}0\}$ 面限制所造成的。三角形生长层两腰台阶呈微弯曲弧线状,且台间隔较窄,这些特征表明 $\{10\bar{1}1\}$ 单形晶面的生长受层生长机理所制约。

2.2 $\{01\bar{1}1\}$ 单形晶面上的微形貌

矿区不同阶段石英晶体 $\{01\bar{1}1\}$ 面上的花纹不如 $\{10\bar{1}1\}$ 面上的微形貌丰富,显得比较单调,主要有熨斗状生长丘(图1e)及叠瓦式熨斗状生长丘(图1f)两

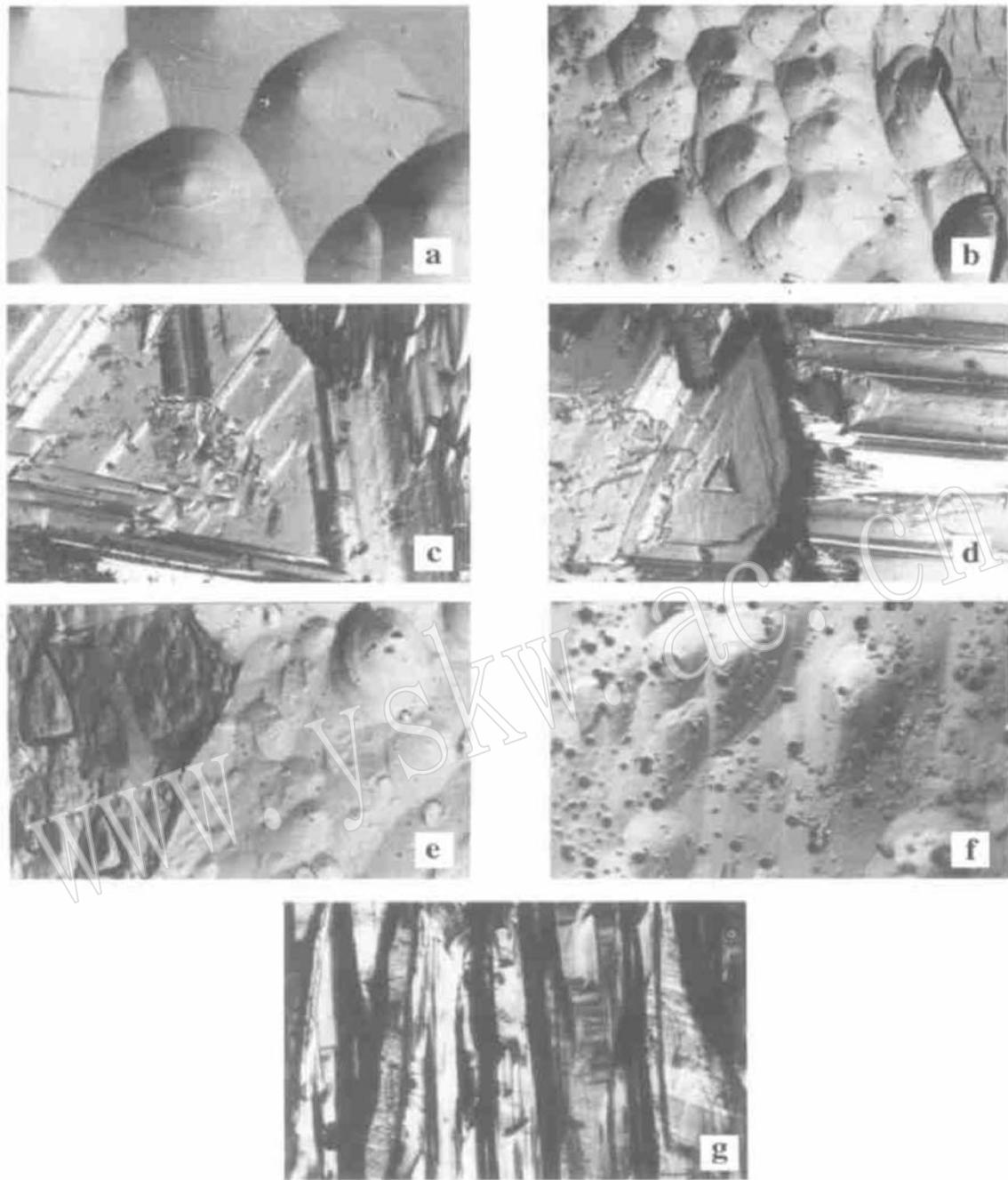


图1 石英晶体的微形貌照片

Fig. 1 Micromorphologic photographs of quartz crystal

a— $\{10\bar{1}1\}$ 面上的钟乳状螺旋生长丘, $\times 200$, 微分干涉; b— $\{10\bar{1}1\}$ 面上的蚌壳状螺旋生长丘, $\times 200$, 微分干涉; c— $\{10\bar{1}1\}$ 面上取向排列的等腰三角形生长层, $\times 100$, 微分干涉; d—c 中三角形生长层右侧边部与 $\{10\bar{1}0\}$ 面上的水平条纹相接, $\times 150$, 微分干涉; e— $\{01\bar{1}1\}$ 面上, 左侧为熨斗状生长丘, 右侧为蚌壳状螺旋生长饼, $\times 50$, 微分干涉; f— $\{01\bar{1}1\}$ 面上取向一致的熨斗状生长丘, $\times 100$, 微分干涉; g— $\{10\bar{1}0\}$ 面上的不规则的长方形生长层, $\times 50$, 微分干涉

a—stalactitic screw growth hillock on a $\{10\bar{1}1\}$ face, $\times 200$, DIC; b—shell-like screw growth hillock on a $\{10\bar{1}1\}$ face, $\times 200$, DIC; c—oriented triangular growth layer on a $\{10\bar{1}1\}$ face, $\times 100$, DIC; d—triangular growth layer in photo c connected with horizontal striations on a $\{10\bar{1}0\}$ face, $\times 150$, DIC; e—iron-shaped growth hillock(left) and shell-like screw growth cake(right) on a $\{01\bar{1}1\}$ face, $\times 50$, DIC; f—oriented iron-shaped growth hillock on a $\{01\bar{1}1\}$ face, $\times 100$, DIC; g—irregular rhomboid growth layer on a $\{100\}$ face, $\times 50$, DIC

种,二者形态基本上相同,每个生长丘都由许多密集螺旋堆叠形成,螺位错露头都位于生长丘的后根部,生长丘的尖端指向相同。生长丘顶部较平坦(图1e),生长台阶多角化明显,“熨斗”后根部位的台阶陡直。图1f的生长丘的台阶间隔较窄,棱边呈圆滑状,每个生长丘都是由密集清晰的螺旋堆叠形成。根据生长丘的形态特征(王文魁,1985),可以判断图1f为左形晶,图1e为右形晶,且图1e为道芬双晶,它是由左侧的右形晶及右侧的左形晶穿插形成的,其缝合线为曲线。

2.3 $\{10\bar{1}0\}$ 单形晶面上的微形貌

矿体中石英晶体的柱面上多数只出现垂直 c 轴的水平条纹,但第3阶段石英晶体的 $\{10\bar{1}0\}$ 面上发育有不规则长方形生长锥,锥的延伸方向垂直晶体的 c 轴,即水平方向。生长锥是由巨厚的生长层叠堆形成,它们的长边台阶与 $\{10\bar{1}1\}$ 面上尖锥状三角形生长丘底边台阶方向一致。上述特征表明该阶段的石英晶体是在较高的过饱和度及较高温度条件下形成的,因为矿体中与该阶段石英晶体共生或包于石英晶体内的粗粒方铅矿其铋的含量高达1.46%,并且在方铅矿中有定向排列的碲铋矿,与其共生的闪锌矿呈褐棕色,其 $FeS=5.36\%$ (王濮等,1984),表明该阶段的成矿温度为300℃左右。

3 几点认识

小秦岭金矿金铜盆矿区9号含金石英脉中不同阶段石英晶体的 $\{10\bar{1}1\}$ 、 $\{01\bar{1}1\}$ 、 $\{10\bar{1}0\}$ 面上的微形貌特征可提供如下信息:

(1) $\{10\bar{1}1\}$ 面上的生长机制主要受溶液的过饱和度和所制约。过饱和度高时,晶体生长受二维成核层生长机理制约;反之,则受螺旋生长机理所制约。 $\{10\bar{1}1\}$ 面上的微形貌特征可提供晶体在生长过程中溶液过饱和度的变化情况:晶体开始生长时主要以二维成核层生长机理为主,随着结晶作用的进行,由于石英晶体的不断晶出,溶液的过饱和度不断降低,逐渐被螺旋生长方式所取代,因而可见到同一生长丘的下部多为生长层,往上逐渐过渡为螺旋纹,且越近丘顶螺旋纹越细密清晰。

(2) 晶体 $\{10\bar{1}1\}$ 面上的微形貌远比 $\{01\bar{1}1\}$ 面丰富,可提供环境条件的变化信息,同时它的发育程度也制约着 $\{01\bar{1}1\}$ 、 $\{10\bar{1}0\}$ 单形晶面发育的大小与晶体形貌。

(3) $\{01\bar{1}1\}$ 单形晶面上的生长丘形态特征可提供判断石英晶体的左、右形的标志。

(4) $\{10\bar{1}1\}$ 、 $\{01\bar{1}1\}$ 面上的花纹形态及排列方向可提供有关生长环境与晶体生长时热动力学条件的信息,如溶液的流动和补给的方向。

(5) 菱面体面上的缝合线的形状及缝合线两侧的微形貌特征可帮助鉴定石英晶体的双晶类型。

(6) 石英晶体的微形貌特征也可提供相应成矿阶段的成矿温度以及成矿阶段划分等方面的信息。

因此,在研究晶体形态的同时应更多地注意晶体表面微形貌的特征,把晶体宏观形态和微形貌研究有机地结合起来,使晶体形貌的研究与矿物成因紧密结合起来,才能更好地为找矿服务。

Reference

- Pan Zhaolu. 1993. Crystallography & Mineralogy (Part 1) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 88 (in Chinese).
- Seager A F. 1953. The surface structure of crystals [J]. Miner. Mag., 30: 1~25.
- Sunagawa and Endo Y. 1968. Macro and Micro morphology of Quartz and Pyrite [M].
- Wang Pu, Pan Zhaolu, Wong Lingbao, et al. 1984. The System of Mineralogy (Part 1) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 263 (in Chinese).
- Wang Wenkui. 1985. Silica Minerals [M]. Wuhan: Press of Wuhan College of Geology, 54 (in Chinese).
- Wang Wenkui, Wang Jiyang, Zhao Shanrong. 2001. Crystal Microtopography [M]. Wuhan: Publishing House of China University of Geosciences (in Chinese).
- Zhang Liangju. 1987. Study on mineralogy of pyrite, iron and gold in Jingdongcha ore district, Xiaoqinling gold deposit [D]. Wuhan: China University of Geosciences (in Chinese).
- Zhong Weizhuo. 1994. Synthetic Quartz Crystal (second edition) [M]. Beijing: Science Press (in Chinese).

附中文参考文献

- 潘兆枢. 1993. 结晶学与矿物学(上册)[M]. 北京:地质出版社, 88.
- 王濮, 潘兆枢, 翁珍宝, 等. 1984. 系统矿物学(上册)[M]. 北京:地质出版社, 263.
- 王文魁. 1985. 二氧化硅矿物[M]. 武汉地质学院出版社, 54.
- 王文魁, 王继扬, 赵珊茸. 2001. 晶体形貌学[M]. 武汉:中国地质大学出版社.
- 张良钊. 1987. 小秦岭金矿金铜盆矿区黄铁矿、自然铁、自然金等矿物学研究[D]. 武汉:中国地质大学.
- 钟维卓. 1994. 人工水晶(第2版)[M]. 北京:科学出版社.