

# 学习 SVG 矢量图并应用：模拟硅锌矿晶体中的小角分裂

16307110402 李茜蔓

(Dated: 26 November 2020)

本次课题在学习 Canvas 的基础上学习了 SVG，用 HTML 和 SVG 结合，得到了硅锌矿纤维丝小角分叉的简化分形图。

## I. 前言

陶瓷材料的不同特性和性能取决于不同的化学组成和加工工艺，从微观角度讲，这是由于陶瓷材料内部出现了不同的微观结构，如：晶界、位错、气孔等，对于微观结构中不规则的晶界和位错等，采用传统欧几里得几何学不易处理，但可采用能处理具有自相似性几何形状的分形理论来处理。

分形这个词是由美国 IBM 公司研究中心物理研究部研究院暨哈佛大学数学系教授 Benoit B.Mandelbrot 在 1975 年首次提出，其原意是：不规则的、分离的、支离破碎的物体。这个名词是参考了拉丁文 Fractures 后造出来的，它既是英文又是法文，既是名词又是形容词。1977 年，Benoit B.Mandelbrot 粗版的第一本著作 Fractal: Form chance and Mimension，标志着分形理论的正式诞生。5 年后，他出版了著名的专著 The Fractal Geometry of nature，至此，分形理论初步形成。分形结构的本质特征是自相似性，即把观察对象的一部分沿各个方向以相同的比例放大后，其形态与整体相同或相似。

分形在自然界中广泛存在着，所涉及的领域已遍及物理、化学、材料科学、表面科学、生物与医学、地质和地理学、地震和天文科学以及计算科学等，它具有重大的理论价值和广泛的使用价值。

HTML (Hyper Text Marked Language) 是一种被广泛使用的超文本语言。通过浏览器的识别与翻译，可以形成我们所熟知的网页。相比其他数值建模方法而言，HTML 具有可视化，即时演示的优势。同时 HTML 兼容大多数浏览器，写好的脚本不需要另行下载专门的软件即可在绝大多数电脑上运行。这些优点，使得 HTML 成为了一个理想的物理演示课件开发平台。

SVG 意为可缩放矢量图形 (Scalable Vector Graphics)，基于分形的自相似性质，用 SVG 在网页中演示分形将会取得比较好的效果。

## II. 硅锌矿的生长原理

硅锌矿晶体从釉熔体中析出，就像是所有的高温析晶过程一样，包括晶核的形成和晶体的长大两个部分。目前比较公认的高温核化的分类如图，一次核化，二次核化，非均相核化，均相核化。针对硅锌矿结晶釉，非均相核化又可以分为釉熔体自身残留核和晶种残留核。在加热过程中，釉料中的  $ZnO$  和  $SiO_2$  反应生成  $Zn_2SiO_4$ ，加热温度不够，无法生成，继续加热的话硫酸锌很快全部溶解，因此硅锌矿结晶釉烧制的温度范围非常窄。面对这个烧制温度很窄问题，可以引入硅锌矿、氧化锌晶种，最后残留下来的作为晶种残留核，

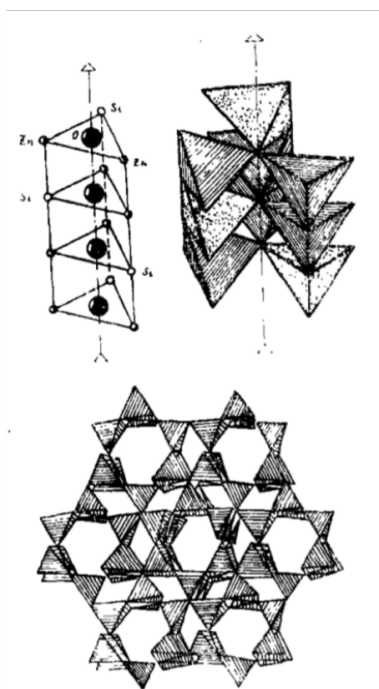


FIG. 1. 硅锌矿晶体结构

成核之后，硅锌矿晶体的生长具有纤维状生长习性和小角分叉能力。纤维状生长习性是由晶体的结构决定。如 FIG.1.: 中间是一个氧原子，沿  $c$  轴硅和锌交错出现。而晶体主要就是沿  $c$  轴生长。从图上可以很清晰的看到纤维状的硅锌矿晶体。生长着的晶体由于扰动会形成一些表面凸起，当表面凸起的尺寸与晶体附近的富杂质层厚度相等的时候，这个凸起就可以稳定的生长。因此当母体纤维端部的突起成长为子纤维而生长方向稍稍偏离的时候，就会产生小角分叉。

实验表明，纤维丝的直径、数量和小角分叉的能力与生长温度有关。随着生长温度下降，纤维丝的直径变细，纤维丝数量增多，分叉能力增加。

硅锌矿晶体的纤维状生长习性和小角分叉能力，在几何学上使得这些晶体的聚集体具有辐射对称性。可以想像，硅锌矿纤维丝在径向等速生长过程中，从两端分叉，数量不断增多，因而在周向扩展成叶片状或者扇形。当很多个晶体聚集在一起的时候，这些多晶聚集体就会呈现球粒状，球粒的形态受到径向生长速度和周向扩展速度的影响，径向生长速度越小，周向扩展速度越大，球粒体越圆。因为结晶是在釉层平面内，因此实际的晶花形状是球粒体的一个切面。

### III. 尝试用 SVG 模拟小角分叉过程

经过构思，尝试用树状分形图来模拟小角分叉过程。通过矢量图线段的缩放、旋转来模拟生长过程。并改变矢量图线段旋转的角度，得到多个图像。

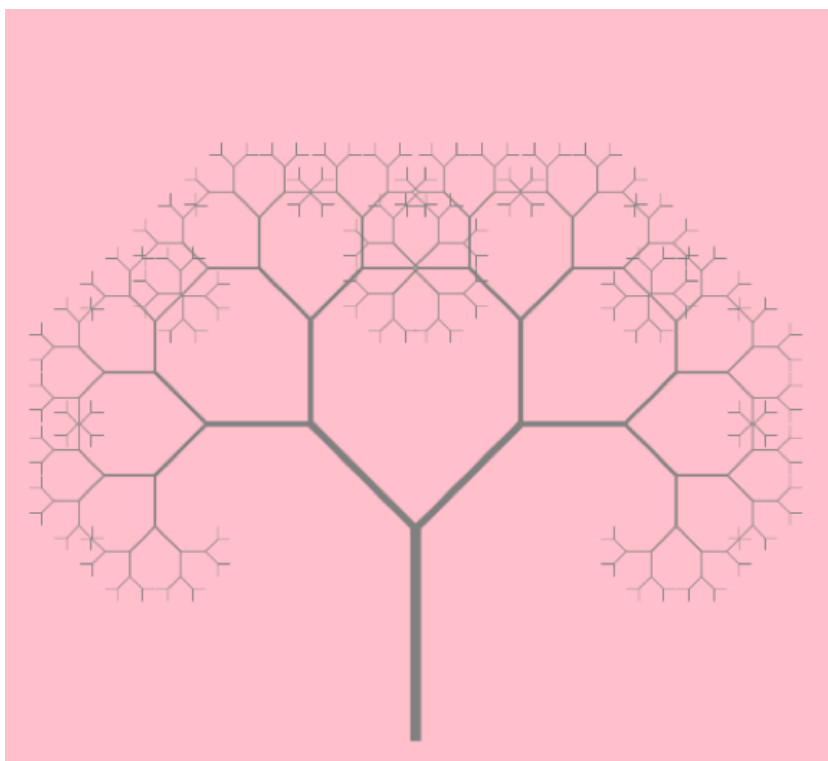


FIG. 2. 小角分叉的角度为 45 度

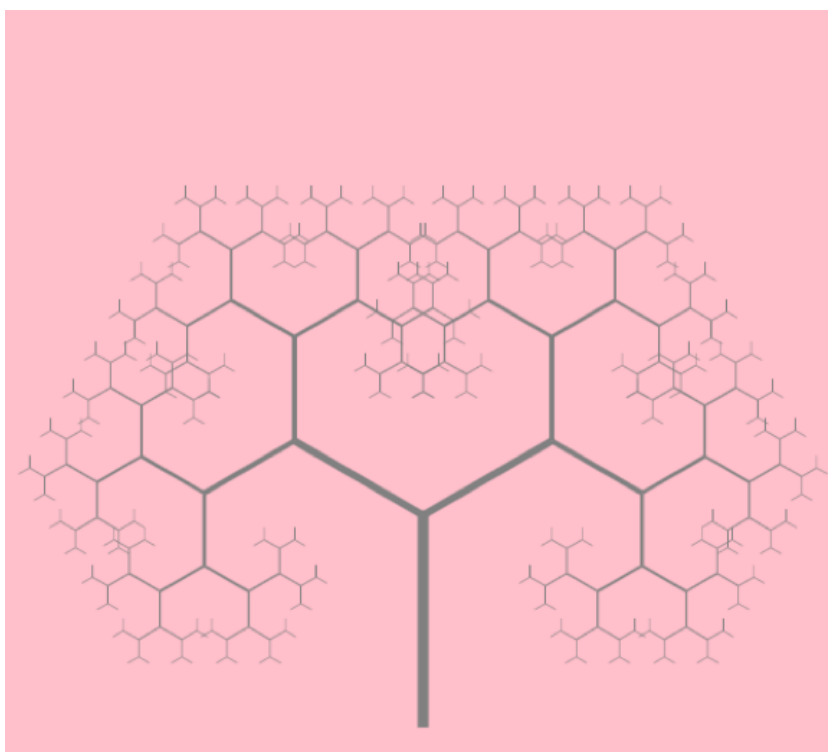


FIG. 3. 小角分叉的角度为 60 度

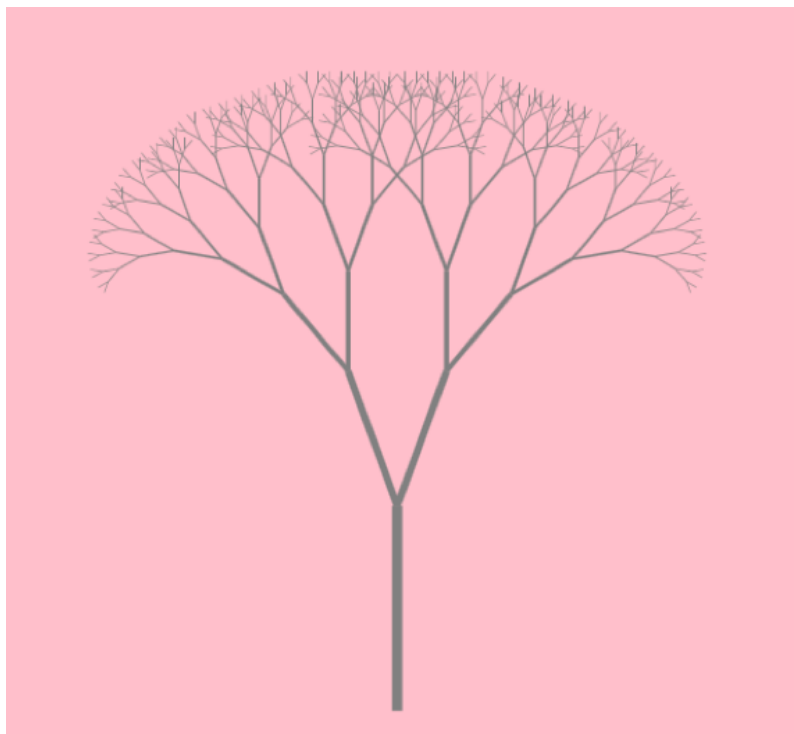


FIG. 4. 小角分叉的角度为 20 度

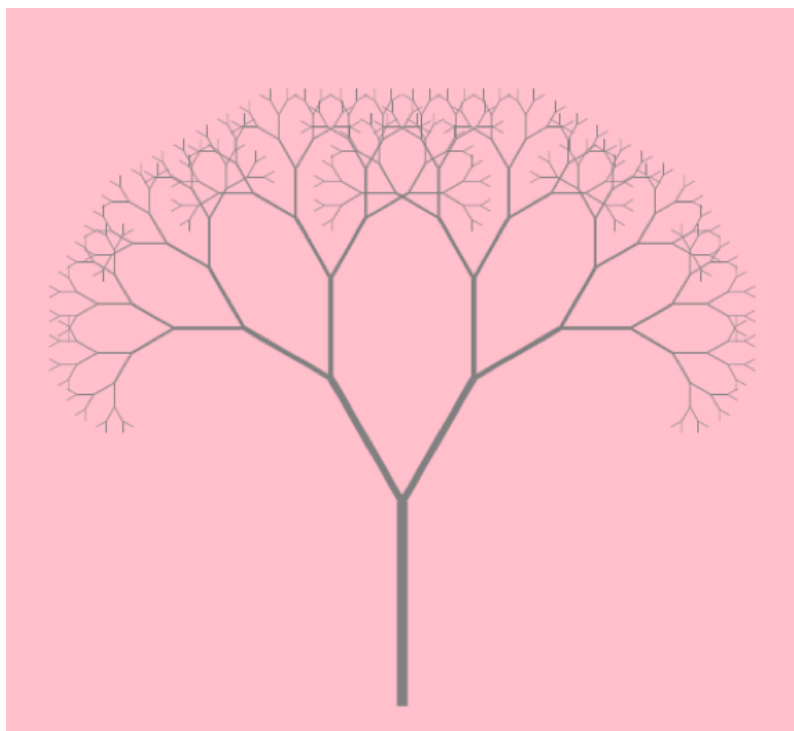


FIG. 5. 小角分叉的角度为 30 度

#### IV. 结论

本次课题在学习 Canvas 的基础上学习了 SVG, 尝试用 SVG、HTML、Javascript 模拟出了胞状晶化中的小角分裂的分形图像。

#### V. 参考文献

- [1] 裴新美, 刘小娟. 低温快烧结晶釉的研制 [J]. 中国陶瓷, 2008(03):55-57.
- [2] 孟杰, 寇海峰. 分形理论在晶体表面形貌中的应用 [J]. 硅谷, 2011(7):125-126.
- [3] 蒲永平 [1], 陈寿田 [2], 朱振峰 [3]. 分形理论在陶瓷材料研究中的应用 [J]. 中国陶瓷工业, 2002(6).
- [4] 马建军, 徐光亮. 分形在陶瓷微观结构中的应用 [J]. 中国陶瓷工业, 2004(01):57-59.
- [5] 赵效忠. 我国硅锌矿结晶釉研究进展 [J]. 硅酸盐学报, 1994(3):270-275.
- [6] 郑乃章, 苗立锋, 黄荣. 分形理论在硅酸锌系结晶釉研究中的应用 [J]. 人工晶体学报, 2010(04):239-245.
- [7] 孔祥明, 邵明梁, 陈化东. 3D 打印技术与分形理论在结晶釉定形定貌及定位研究中的应用 [J]. 中国陶瓷, 2016(8).
- [8] H. D. Keith and F. J. Padden Jr. A Phenomenological Theory of Spherulitic Crystallization Journal of Applied Physics 1963(34-8):2409-2421
- [9] 赵效忠; 张桂英;; 结晶釉定位结晶的研究 [J]; 硅酸盐通报;1985 年 01 期
- [10] 赵效忠; 硅锌矿的生长形态学研究 [J]; 硅酸盐学报;1993 年 01 期
- [11] 王迎军, 刘康时; 结晶釉中硅锌矿晶体的核化与生长 [J]; 中国陶瓷;1986 年 06 期