

压电石英晶体划线图解

YADIAN SHIYING JING TI HUAXIAN TUJIE



国防工业出版社

压电石英晶体划线图解

思 红

国防工业出版社

内 容 简 介

本书通过图解介绍了天然石英晶体和人造石英晶体中各种切型的定向切线和切割方法。

本书可供从事石英谐振器生产的工人参考。

压电石英晶体划线图解

思 红

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 3⁵/₁₆ 68千字

1979年6月第一版 1979年6月第一次印刷 印数：00,001—10,000册

统一书号：15034·1777 定价：0.30元

前 言

遵照毛主席“要认真总结经验”的教导，根据当前石英谐振器制造工艺的实际需要，总结多年划线的实践经验，编写了这本《压电石英晶体划线图解》（简称“图解”）。

石英谐振器制造工艺分半成品和成品加工两大部分。半成品部分按照制造工艺过程分为划线、切割、X光定向、研磨、改尺寸等工序。成品部分按照制造工艺过程又分为清洗、腐蚀、被电极、调频、上架、封口、测试等工序。划线是整个石英谐振器制造工艺过程的第一道工序，通过这个工序，把各种形状的压电石英晶体原料标划出有规格、有方向的切割线，以完成各种切型的初步定向及毛片。

由于压电石英片在晶体中是一个抽象的空间方位，缺乏直观的反映，所以给学习划线工艺带来了一定的困难。采用“图解”的方法来表达划线工艺的特点，对于初学者起到了直观指导作用，使学习者便于掌握划线工艺操作。但图解不能完全代替划线工艺，只能作为每一个典型工艺的原则依据。

“图解”以一个理想石英晶体外形为基础，作为分析各种切型在石英晶体中的正确方位。“图解”形象地、系统地介绍了各种切型方位、切割方位、定向方法、划线方法、粘胶方法、切割方法等。通过具体举例介绍了Y切族一次转角和两次转角切型的定向和划法；X切族一次转角和两次转角切型的定向和划法。

各种切型的划线和X光测角定向有着不可分割的工艺联系，因为一旦划线位置确定之后，就意味着X光测角位置也被确定了。因此，测角数据都以原先划线正确位置作为定向的出发点。

“图解”中的星芒图象都是象征性的描绘，它和实际星芒图近似，不能把它作为标准星芒图象来应用。

“图解”中列举的只是典型切型的划线方法。由于切割设备的不断改进，人造晶体的广泛应用，各种切型的具体划线方法也就随着改变，因此，在应用“图解”时，要考虑到本单位的具体情况。

作者是从事划线的工人。在编写本“图解”的过程中，得到了领导和技术人员的大力支持和热情帮助，在此仅向他们表示深切的谢意。由于作者水平所限，书中定会存在不少缺点和错误，希望读者批评、指正。

目 录

一、概述	1
二、天然压电石英晶体 X 截板及定向	11
三、各种切型的分类、正负号规定及定向符号	16
四、各种切型在 X 截板中的方位图解	21
五、各种切型在 X 截板和 Z 截板中的切割方位图解	29
六、统一位置的划法和切法	37
七、 Y 切族正切型切角划法图解举例	44
八、 Y 切族负切型切角划法图解举例	50
九、 X 切族正切型切角划法图解举例	53
十、 X 切族 NT、MT 切型切角划法 图解举例	57
十一、 Y 切族正、负切型内圆切割划法图解举例	64
十二、人造石英晶体 $Z0^\circ$ 光轴段 Y 切族 正、负切型切角划法图解举例	67
十三、人造石英晶体 $Y0^\circ$ 棒 Y 切族 正、负切型切角划法图解举例	72
十四、人造石英晶体 $Y+5^\circ$ 棒 $X+5^\circ$ 内圆切割划法图解举例	75
十五、人造石英晶体 $Z0^\circ$ 、 $Z+5^\circ$ 、 $Z+8.5^\circ$ 光轴段 NT、MT 切型切角划法图解举例	78
十六、人造石英晶体 $Z+5^\circ$ 、 $Z+8.5^\circ$ 光轴段 NT、MT 内圆切割划法图解举例	84

十七、人造石英晶体 $Z0^\circ$ 光轴段 FC、RT 外圆切	
割划法图解举例.....	87
十八、人造石英晶体 $Z0^\circ$ 光轴段 $X0^\circ$ 切型内圆	
切割和外圆切割划法图解举例.....	90
十九、手表石英晶体切法简介.....	93
附录.....	96

一、概 述

1. 石英晶体的形状

石英晶体通称水晶，其化学成份是二氧化硅 (SiO_2)，熔点为 1750°C ，密度为 2.65 克/厘米^3 ，莫氏硬度为 7。它的理想形状如图 1 所示。根据外形可见面分布排列 共有 30 个晶

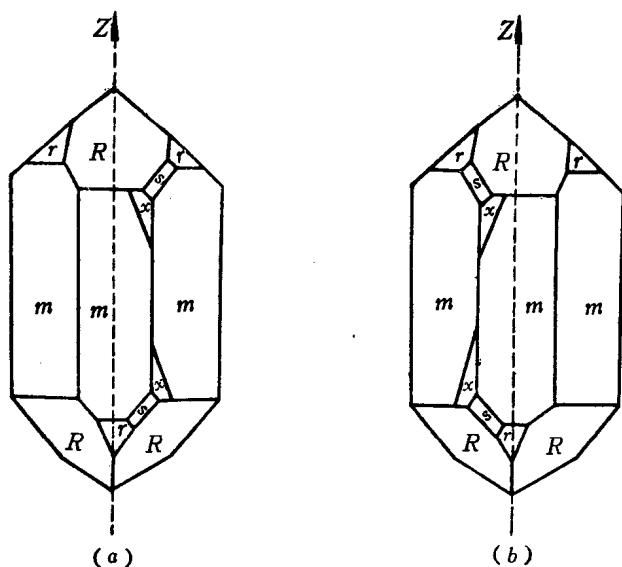


图 1 理想晶体形状

(a) 右旋石英晶体，(b) 左旋石英晶体。

面：6个 m 面（又称柱面）；6个 R 面（又称大菱面）；6个 r 面（又称小菱面）；6个 s 面（又称三方双锥面）；6个 x 面（又称三方偏方面）。

x 面、 s 面在 R 面右下方或 m 面右上方的为右旋石英晶体； x 面、 s 面在 R 面左下方或 m 面左上方的为左旋石英晶体。

理想形状的晶体一般是很少见的。常见的形状有短柱状、长柱状、柱状、宝塔状、板状、圆石状，见图2。

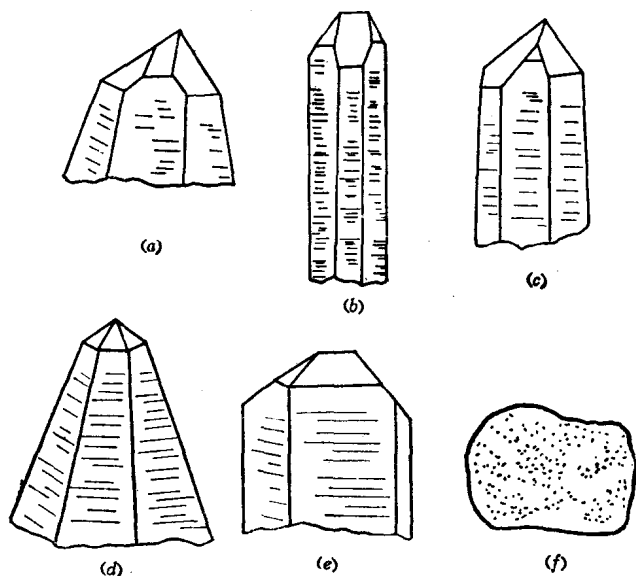


图2 常见晶体形状

(a) 短柱状；(b) 长柱状；(c) 柱状；(d) 宝塔状；(e) 板状；
(f) 圆石状。

2. 石英晶体的对称性

对称的概念普遍存在于日常生活中。例如花冠、蝶翅、

雪花等，都被视为对称的东西。对称的图形和物体必然是由有规律地重复的相等部分构成的。结晶学中，不但重合的图形视为相等，而且互成物与像的关系的图形也视为相等。

石英晶体没有对称中心。所谓对称中心，是指形体内一定点，在通过该点的任意直线上，可向该点两旁找得形体的相同对应点，此定点称为对称中心或反映中心。如图 3，平行四边形对角线的交点 O 为对称中心， M_1 与 M_2 同 O 等距。

石英晶体也没有对称面。所谓对称面，是指具有这种特性的面，它将几何形体对分为反映相等的两个部分，而二者的相互位置恰成物体与其镜像的关系。如图 4， LP 为对称面。

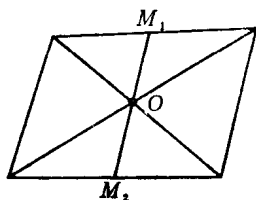


图 3 O 为对称中心

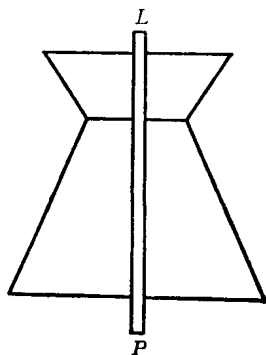


图 4 LP 为对称面

石英晶体只有对称轴。几何形体的相等部分如绕一直线作有规律的重复，则此直线称为对称轴，见图 5。

任何对称轴的基转角 α 的整数倍必等于 360° ，即

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} \quad n \text{ 为 } 1、2、3、4、6 \bullet$$

● 根据空间点阵的对称性，石英晶体无五次对称轴。

式中 n 为轴次。轴次表示形体绕该轴旋转 360° 时与其本身重合的次数。

$$\text{三次对称轴} \quad \alpha = \frac{360^\circ}{3} = 120^\circ$$

$$\text{二次对称轴} \quad \alpha = \frac{360^\circ}{2} = 180^\circ$$

3. 石英晶体的晶轴

石英晶体在 573°C 以下是低温结构, 称 α 石英, 有一个三次对称轴和三个互成 120° 夹角的二次对称轴。如图 6 所示, c 轴为三次对称轴, a_1 、 a_2 、 a_3 为二次对称轴, 它们便是晶体的晶轴。在 573°C 以上称 β 石英, 它有一个六次对称轴和六个互成 60° 夹角的二次对称轴。

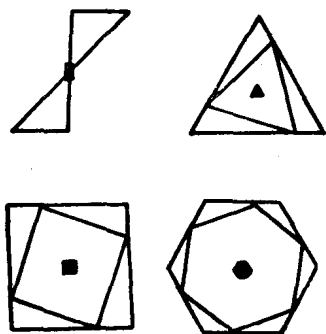


图 5 二次、三次、四次和六次对称轴的图形

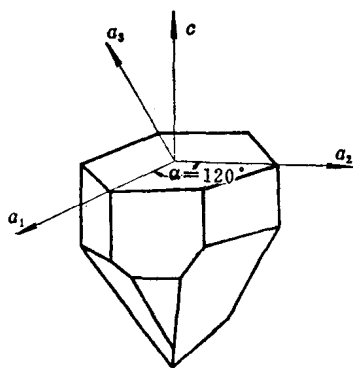


图 6 α 石英的晶轴

4. 石英晶体的直角坐标轴

石英晶体的直角坐标轴如图 7 所示。 Z 轴与晶轴 c 重合, 又称光轴; X 轴与晶轴 a 重合, 又称电轴; Y 轴称机械轴。

由于石英晶体是各向异性体，坐标轴的取向不同，所得结果也不同。目前规定有两种坐标系——右手坐标系和左手坐标系，见图 8。本书采用右手坐标系。按照这个规定，在 X 方向施加压力时，对于右旋石英， X 轴的正向带正电；对于左旋石英晶体， X 轴的正向带负电。

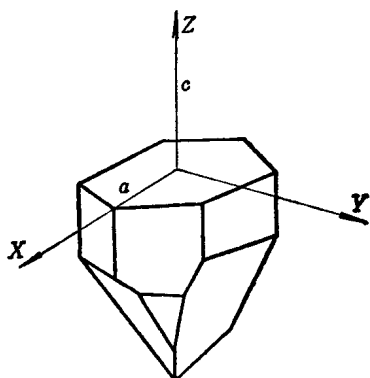


图 7 石英晶体的直角坐标轴

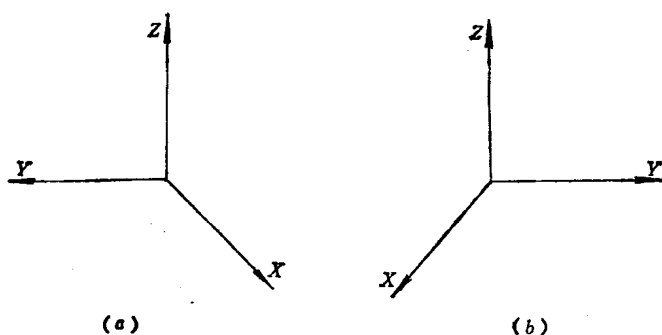


图 8

(a) 左手坐标系；(b) 右手坐标系。

5. 石英晶体的缺陷

(1) 道芬双晶

也叫电双晶或电孪生。它由两个左旋晶体或两个右旋晶体构成。双晶轴 X 轴正端和另一 X 轴负端重合，见图 9。

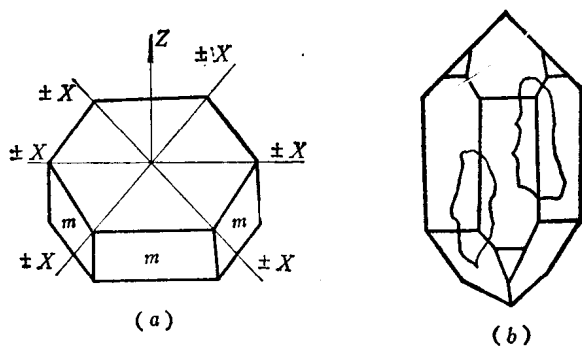


图9 道芬双晶

(a) 电双晶轴正、负重合；(b) 电双晶特征。

(2) 巴西双晶

也叫光双晶或光孪生。它由一个左旋晶体和一个右旋晶体构成，双晶轴 X 轴正、负端相互重合，见图10。

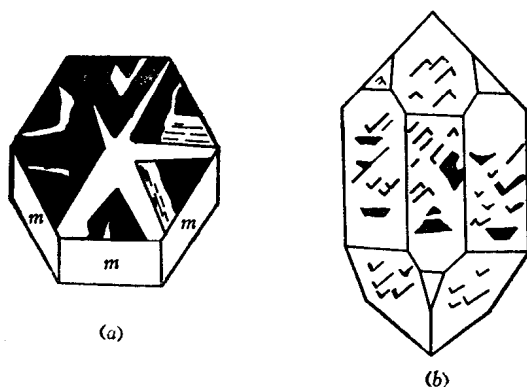


图10 巴西双晶

(a) 光双晶在 Z 面上的特征；(b) 光双晶在 m 面上的特征。

(3) 利比萨双晶

由一个右旋晶体和一个左旋晶体构成，双晶界线与电双晶相同，双晶轴 X 轴正、负端相互重合。

(4) 棉

由许多微小气泡和小裂缝组成，呈白色，如棉花。

(5) 裂隙

由于机械力以及温度变化不匀而造成裂隙。

(6) 幻影

在一些晶体中，可隐隐看出数个晶体的影子，这就叫幻影。它的形成，是由于晶体在生长时中断一段时间，后来又在晶面上继续结晶的缘故，一般不作缺陷处理，见图11。

(7) 节瘤

是由许多小晶块构成的镶嵌结构，这些晶块相对光轴扭转 $1^\circ \sim 3^\circ$ 。构成节瘤石英的各个晶块因受柱面和菱面的限制而变成了多角形状，见图12。

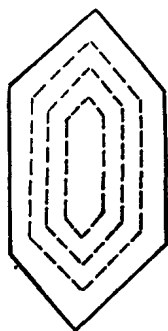


图11 幻影

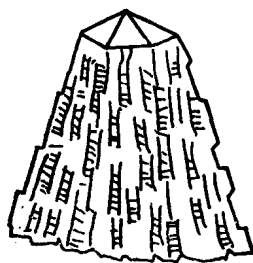


图12 节瘤

(8) 蓝针

蓝针呈蔚蓝色，其各种形式见图13。大形蓝针容易发现。

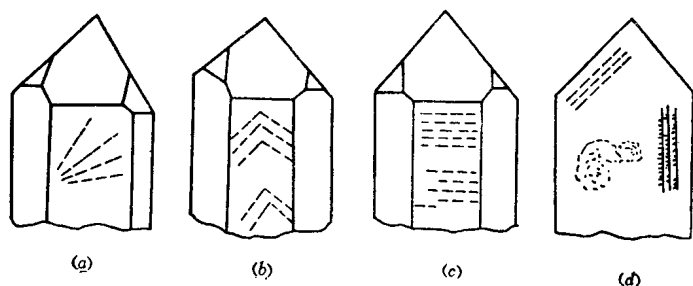


图13 蓝针

(a) 放射形蓝针；(b) V形蓝针；(c) 垂直Z轴蓝针；(d) 云雾形和平行晶面蓝针。

细小蓝针必须在强光下旋转一定的角度才能发现。

(9) 包裹体

晶体中往往存在固体、液体和气体三种包裹体。固体包裹体是混杂在晶体中的其它矿物。液体是水溶液、碳酸和其它混合液。气体是二氧化碳及挥发化合物等。

6. 人造石英晶体

随着我国科学技术的不断发展，石英谐振器的需要量不断增加。过去使用的都是天然石英晶体。尽管石英晶体是地球上分布最广的矿物，然而真正能开掘到的，具有压电效应的大块石英晶体还是不多的。为了解决这个问题，长期以来，各国对于人工生长石英晶体进行了大量研究工作，并获得了成功。

人造石英晶体质量的好坏，是以天然石英晶体为标准的。由于培植人造石英晶体的工艺日臻完善，在使用过程中，人造石英晶体的质量与天然石英晶体的质量一样。目前，人造

石英晶体已大批应用于生产石英谐振器。

由于人造石英晶体是人工培养的,所以有可能通过控制,根据产品和加工的要求,按型号进行对口生长,培养出具有所需要的体积、形状和规格的人造石英晶体。

人造石英晶体基本上有两种形状,如图14。图中(a)为Z块(或称光轴段)形状。这种形状是扁平六方形,Z轴方向短,X轴、Y轴方向长。图中(b)为Y棒形状,Y轴方向长,X轴、Z轴方向短。光轴段形状中又分 $Z0^\circ(X0^\circ)$ 、 $Z+5^\circ(X+5^\circ)$ 、 $Z+8.5^\circ(X+8.5^\circ)$ 三种。Y棒形状中又分 $Y0^\circ(X0^\circ)$ 、 $Y+5^\circ(X+5^\circ)$ 二种。其中角度数值是原来子晶的角度,形状也是由子晶决定的。

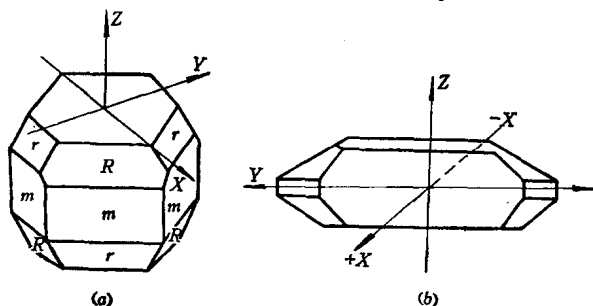


图14 人造石英晶体

(a) Z块形状; (b) Y棒形状。

子晶的角度不会影响晶体的外形晶面。在人造石英晶体上可常见到比较理想的R面、r面和m面。由于这三个晶面是理想的,所以划线、切割时可以利用这些晶面之间的关系找出所要切的位置。这比天然晶体操作方便。

7. 划线

划线是压电石英谐振器制造的第一道工序。晶体从这里

按各种切型的规定角度和规格开始下料。因此，务必按照设计者对压电石英片提出的切型切角、尺寸规格，以及使用天然石英晶体抑或人造石英晶体等要求，选取合适的原料（原料一般由选料组预先已按等级标划好），根据原料的单晶部分及缺陷分布范围进行初步划线定向。

操作者必须熟悉各种切型在晶体中的分布方位、晶体的各种缺陷以及单晶部分分布范围，才能比较正确地划出切割线，充分地利用原料和采用合理的加工方法。

划线的关键是针孔定向，针孔定向是决定各种切型方位的第一步。各种切型的正、负方向是通过针孔定向确定的（大部分人造石英可不采用针孔定向，而是采用晶面定向）。

从下原料到切出截板、截条、截片，要经过粘胶、切割、磨面、腐蚀这几道工序的循环反复，最后才能完成小片毛坯的半成品。

原料加工过程：

原料→截板→截条→条片→小片毛坯。

工序加工流程：

划线→粘胶→切割↔X光定向↔磨面→腐蚀→划线→循环重复到小片毛坯。