

蘇聯大眾科學叢書

結晶體

A. И. 凱達哥拉斯基著

高書平 李則新譯



商務印書館出版

(352671)

蘇聯大眾科學叢書 結 晶 體

КРИСТАЛЛЫ

★版權所有★

原 著 者 А.Н.КИТАЙГОРОДСКИЙ

譯 述 者 高 書 平 李 則 新

出 版 者 商 務 印 書 館
上海河南中路二一一號

三聯中華商務開明聯營聯合組織
發 行 者 中 國 圖 書 發 行 公 司
北京鼓樓胡同六十六號

印 刷 者 商 務 印 書 館 印 刷 廠

1952年8月初版

定價 ¥ 3,500

(京)1-2000

目 次

引 言	1
(一)理想而規則的形體	2
(二)雙生結晶體	4
(三)什麼是對稱	6
(四)外形美觀是內部規則的表現	11
(五)談談糊牆壁用的圖案紙	12
(六)看不見的晶架	18
(七)台球像是建築材料	21
(八)原子的堆砌	24
(九)分子的堆砌	29
(十)同樣的原子有不同的結晶體	31
(十一)為什麼雲母是層狀的	33
(十二)結晶與光	37
(十三)壓電性	42
(十四)結晶體是怎樣形成的	45
(十五)結晶體的製備	51
(十六)“硬液”	53
(十七)真正的固體是由結晶體構成的	55

引 言

我們平常都認為結晶體是一些不常見的、好看的“寶石”。它們有不同的顏色，多半都是透明的，特別是它們還有美觀整齊的外形。通常結晶體是多面體，每個面都很平滑，並有筆直的稜。在礦物陳列館裏，我們常能看到結晶面發着燦爛奪目的光芒；其形狀的規則和整齊，看了也令人驚訝。

雖然，我們所說的這些，事實上是正確的，可是，並不是所有的結晶體都像陳列館中陳列的那末珍奇。在我們周圍，就有許多結晶體。我們用來蓋房子，砌台子和日常使用的東西，差不多都和結晶體有關係。

假如我們拿一塊普通的岩石，在顯微鏡下觀察一下，就可以看到，差不多每一種岩石都是由小的結晶體組成的。如圖 1 所表示的，這並不是一堆礫石，而是岩石裏紫水晶碎塊的放大照像。

砂粒和花崗岩，食鹽和砂糖，金剛石和綠柱石，銅和鐵，所有這些都是結晶體。自然界裏有成針狀，板狀，錐狀，柱狀的小結晶體；也有巨大的結晶體，其體積足有人體那麼大（圖 2）。有時能找到單個的結晶體，但也有時結晶

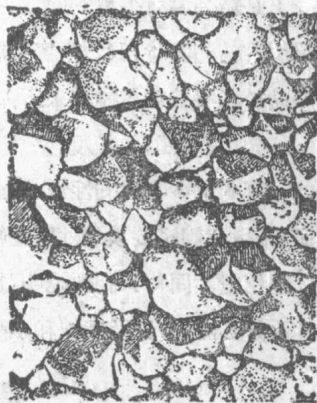


圖 1 岩石裏零散的紫水晶
（在顯微鏡下面）。

體是在一起交錯，疊積着存在的。



圖2 水晶的大結晶體。

我們如何來區別結晶體和非晶體呢？在顯微鏡下看到的鐵的結晶微粒和發光的金剛石之間，有什麼地方一樣呢？我們知道，結晶的基本特徵是：組成結晶體的微粒，排列得非常規則整齊。這個特徵表現在外表上是結晶體有平滑的面，這些平滑的面相交成稜。因而遇到巨形的、單個的結晶體時，我們很容易認識它；但對於極小的結晶體，我們就要藉助於顯微鏡和X射線來研究它們了。

如果對於結晶體沒有一個清楚的概念，就不可能很好的瞭解在我們周圍的很多物質的性質。因此，下面我們就來研究結晶體。在這本小冊子裏，我們將要談到什麼是結晶體，它是怎樣組成的，性質怎麼樣，有什麼用處。同時我們要說明，為什麼關於結晶的知識，對於瞭解物質的性質是必需的；以及鋼塊和水晶之間，有那些地方是一樣的等問題。

一 理想而規則的形體

圖3中有幾個多面體，它們的形態是完整的，即所謂理想的，規則的。

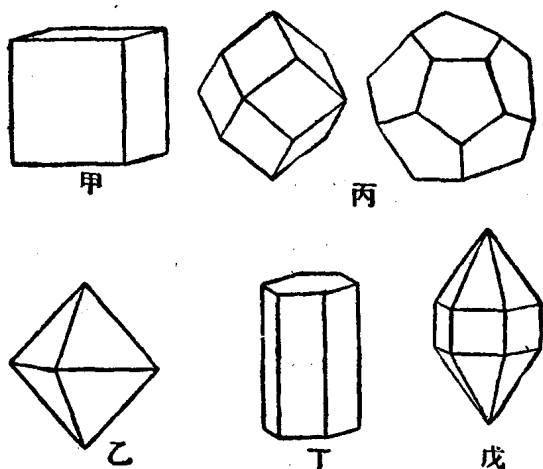


圖 3 多面體：(甲)立方體；(乙)八面體；(丙)兩個十二面體——左爲菱形十二面體；右爲五角十二面體；(丁)六方柱；(戊)帶有兩個六角錐的柱體。

圖 3 裏所畫的多面體，甲叫做立方體，它有六個面、十二個稜和八個隅角。乙叫做正八面體，有六個隅角和十二個稜。丙是兩個不同的十二面體，其中一個叫做菱形十二面體，像圖上那樣，它的面都是菱形，共有十四個隅角及二十四個稜；和它並排的是五角十二面體，也同樣有十二個面，但是這些面是五角形。在已經說過的幾種形體中，每種都只有一種“面”；立方體的面是正方形，八面體的面是等邊三角形，十二面體的面是菱形或五角形。

這些規則的形體，是很簡單的。但另外有一些是比較複雜的：圖 3 丁是六方柱，它的兩個底是正六角形，六個側面是長方形，總共有八個面十八個稜及十二個隅角。和它並排的是一個由兩個六角錐和一個六

方柱合成的美麗的晶體，它有三十個稜，十四個隅角和十八個面；其中十二個面是等腰三角形，六個面是長方形。

我們指出隅角、稜和面的數目，是爲了請讀者注意一個有趣而且重要的定律，這個定律是由著名的俄國科學家，彼得堡科學院院士艾列洛所確定的：“稜的數等於面及隅角之和減2。”在立方體是 $12=6+8-2$ ；八面體是 $12=8+6-2$ ；菱形十二面體是 $24=12+14-2$ ；六方柱體是 $18=8+12-2$ ；圖3戊是 $30=18+14-2$ 。

像我們所講過的那些形體，可以用木材或其它物料製作，顯然，在一定的適宜的條件下，結晶體也能夠長成理想的多面體（在第十節我們要講到這些適宜的條件）。岩鹽結晶呈立方體，天然的金剛石呈八面體，而石榴石呈菱形十二面體。但是大多數的結晶體，不是簡單的形狀，而是由幾種不同的面形成的複雜的多面體。譬如石英的結晶體，常碰到的是圖3戊所畫的那樣，有兩種面——長方形和三角形。

二 雙生結晶體

我們仔細觀察許多同一物質的結晶體，就會發現並不是所有的結晶體都有標準規則的形態。常常有一些是簡單的結晶，另外一些却具有一個或兩個不正常發展的面。圖4中是石英結晶體可能有的形態，我們

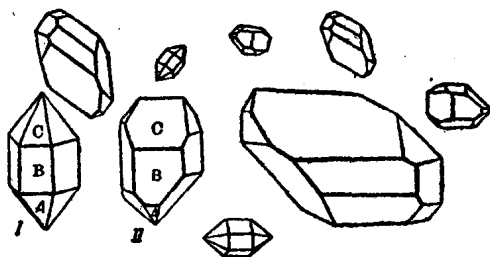


圖4 石英結晶體可能有一些形態。

挑選其中任何一組來研究時，就可以看出：這些結晶體有的是大小不同，假若我們將小的按比例放大，它就能變得和大的完全一樣；同時，也有一些它們在某些地方彼此相似，但是不論按任何比例變化其大小，它們也不會變得相同。

同一物質的不同形態的結晶體，它們面的數目可能不相等，同樣，面的種類也可能不一樣；這些彼此相似的結晶體，却像是很近的親屬或雙生子，那麼到底它們的相似表現在什麼地方呢？在十七、八世紀，許多學者研究了這些“相似”的特點。

羅蒙諾索夫是發現“面角安定定律”的學者之一，這個定律是用來說明同一物質的結晶體間的相似關係的，他在研究寶石的時候，發現了在同一物質的結晶體中，不管形狀一樣與否，它們對應面間的夾角却是一樣的。

請看圖 4 中的石英結晶體的形態，這些結晶體都是很近的親屬。按不同的程度，平行結晶體的面來研磨時，可以將它們磨成完全相同的晶體。很容易看出來，用這樣的方法，可以將結晶體 II 做得和結晶體 I 一樣。就因為在同一物質的結晶體中有“對應面間夾角相等”這個重要的特性才有這種可能；譬如結晶 I 的面 A 和面 B 間夾角，面 B 與面 C 間夾角是和結晶 II 中面 A 與面 B 間夾角，面 B 與面 C 間夾角對應相等的。

這些結晶體的“相似”，在於對應面間夾角的相等。平行於結晶面本身來研磨時，結晶體的形狀改變，但是各對應面間的夾角仍然不變。

當結晶體發育形成的時候，由於各種情況的存在，一種面可能遇到較好的發育條件，而另外的遇到比較不適於其發育的條件，於是結晶體的長成會是不規則的。同一物質在不同條件下形成的結晶體間，其親屬關係可以很不顯著，但是它們對應面間的夾角却永遠是一樣的。結晶體

的形狀是偶然的，但面間夾角却是和結晶體內在性質緊密相關連的（以後要講到原因）。

這個很重要的定律，可以幫助我們認識物質的實質。兩個晶體，外形上可以很不相同，但是，如果測量了它們各對應面間的夾角是相等的，我們就有充分的根據，認為它們是同樣的物質；相反如果夾角不等，那就證明兩個結晶體不是同一物質的結晶。

在這種觀念上建立起來的物質分析，是由近代結晶學的創造者，俄羅斯學者費道洛夫所研究出來的（結晶學是研究結晶體的構造及性質的科學）。費道洛夫不僅指出了按結晶體的形狀來確認物質的可能性，同時還與他的學生一起用了十多年的勞作寫了一本名叫“結晶界”的書。書中講到近代結晶學的原理，記載了許多結晶體面角大小的研究材料。

用費道洛夫的方法分析物質，要用砂粒那麼小的結晶體，在特製的儀器（角度計）上來量它的面角。然後應用費道洛夫定律，來確定我們所研究的結晶體，屬於那一組物質。拿我們量得的角度去和“結晶界”書中所載的數字對照的話，我們就可以知道所研究的是什麼物質了。當然，若是這個物質從來沒有人研究過，或書中沒有關於它的記載的話，就不能用這個方法了。

費道洛夫的分析方法，為工業發展上立下了功勞。譬如在 1938 年，藉角度計的幫助，在烏拉爾流沙中發現了最重要的錫礦石——錫石，在以前却被人誤認作金紅石（二氧化鈦）的。

三 什麼是對稱

什麼是“對稱”？我們最好用例子來說明這個字的意義。

圖 5 甲塑有一個彫刻像，像前面立着一面鏡子，在鏡子裏的像與原彫刻像彼此相合，但並不一樣；就像人們的左手和右手的關係一樣，相合而不相同，這種關係就叫作“對稱”。我們也可以塑兩個像，放的位置就與彫刻像和它在鏡子裏的像一樣（圖 5 乙），這一對塑像彼此是對稱的。——因為它們是彼此完全相合的兩部分。

我們可以這樣想像：在圖 5 乙中，左邊彫刻像的右邊部分和右邊彫刻像的左邊部分彼此相合，這種對稱的關係，很像圖 5 甲，中間有一個鏡面存在着，這個想像中和鏡面相當的平面，叫作“對稱面”，它經過台座的正中間。對稱

面是假想中的平面，但是我們應該正確的意識到它，將它看成是造成對稱的重要因素。

圖 6 和圖 7 舉出了其他有“對稱面”的物體的例子。動物的軀體有對稱面，貫穿人體也可以畫出垂直對稱面，但在動物界只有近似的對

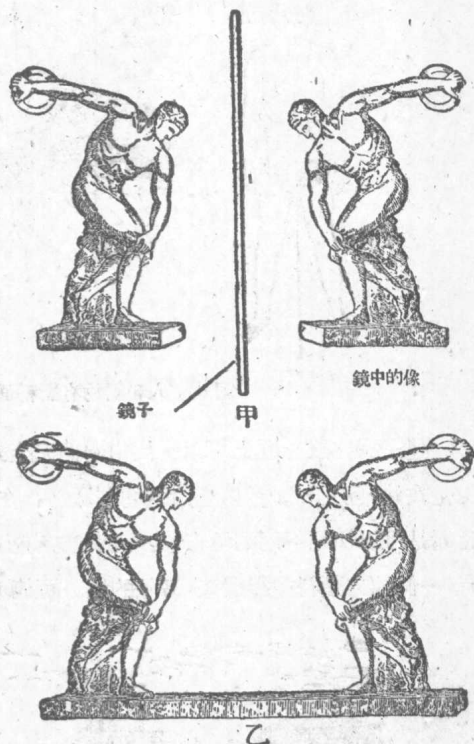


圖 5 (甲)彫刻像和它在鏡中的像；
(乙)由兩部份組成的對稱塑像。

稱，一般的講，理想的對稱實際上是不存在的。

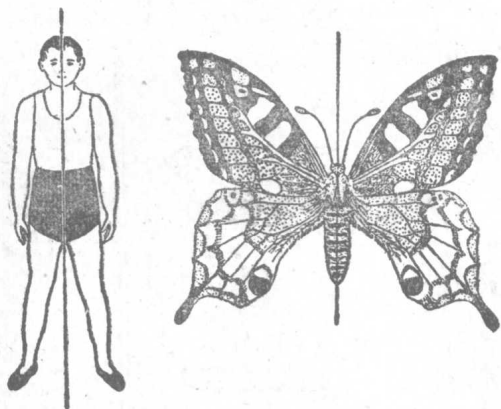


圖 6 人和動物有對稱面。

建築家在設計圖上可以畫出由兩個完全對稱的部分組成的房子，但是在建築房子的時候，無論造的怎樣好，在建築物的兩個對應部分，也還是可以找到不同的地方：在一個地方有小縫隙，在另外的地方就沒有；一個地方顏料塗得濃些，另外的地方可能就塗得淡些……。

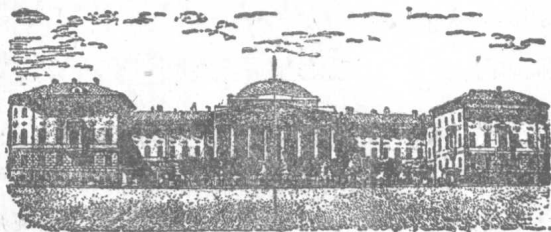


圖 7 國立莫斯科羅蒙諾索夫大學的建築物具有垂直對稱面。

最合理想的對稱，是在結晶界中，但是這裏也不是如完全理想的對

稱一樣，因為可能有人眼所看不到的小裂縫及劃痕的存在，結晶面的對稱部分往往是有些微的不同的。

圖 8 是小孩玩的紙風車，它也是對稱的。但是却找不到對稱面。那麼這個圖的對稱表現在什麼地方呢？首先讓我們看一看：它的對稱部分有多少？顯然是四個。它們相互的位置有什麼規律性？這也不難找出來。我們將小風車轉一個直角，也就是說轉 $\frac{1}{4}$ 圓周，這時翼 1 轉到原來翼 2 的位置，翼 2 轉到翼 3 的位置，翼 3 轉到翼 4 的位置，翼 4 轉到翼 1 的位置。按新的位置排列，其形狀和原來完全一樣。在這種情形下，我們說它有“對稱軸”，並且是“四次對稱軸”。

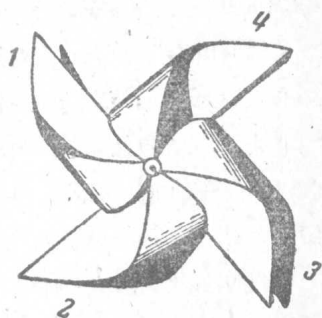


圖 8 紙風車，有四次對稱軸。

所謂對稱軸是一根直線，圍繞這根直線旋轉一定的角度，可以使

物體的形狀與原來的情形相同。所謂四次對稱軸是表示在旋轉時，每轉 $\frac{1}{4}$ 圓周，就重複一次，連續旋轉四次，就恢復到原來的位置。

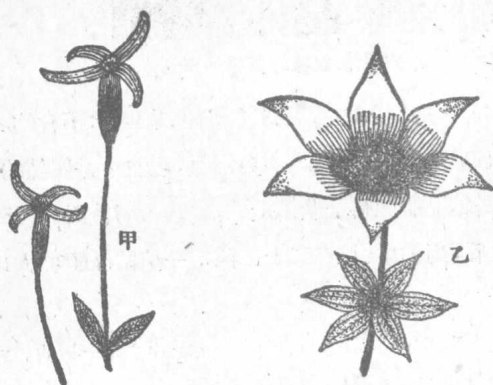


圖 9 花的二次及六次對稱軸。

花有各種的近似對稱軸，圖 9 甲的花有二次對稱軸，每

轉 $1/2$ ，圓周，它自己重複一次；在六次對稱軸情形下(圖9乙)，每轉 $1/6$ ，圓周重複一次；蘋果花、梨花和其他許多花，有五次對稱軸。

圖9甲的花，除有垂直對稱軸之外，還有兩個垂直對稱面，圖9乙中有六個對稱面，讀者請想一想，這些對稱面如何通過這個花呢？

圖10是在自然界遇到的、比較複雜的對稱的例子，圖10甲的有機體，具有一個垂直平面圖的四次對稱軸，平行於圖的平面方向；還有四個二次對稱軸；還有幾個對稱面。

圖10乙的雪花，在垂直於平面的方向有一個三次對稱軸和一組對稱面，在平行於平面的方向有三個二次對稱軸。有許多形狀可以由其對稱來區分。

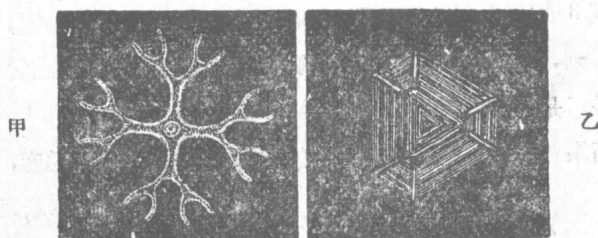


圖10 自然界存在的比較複雜的對稱的例子。

在結晶界能够遇到所有的對稱的情形嗎？經驗告訴我們：不會的。

在結晶體中我們只遇到二、三、四及六次對稱軸，這並不是偶然的。結晶學者證明：這是由於結晶體內格子狀構造的緣故(參考後面)。因而結晶體對稱的型式，即所謂對稱族，只有三十二種；一切結晶體可依其對稱型的種類分爲三十二羣。

(註)圖10甲還有所謂對稱中心，其對稱中心與有機體的中心是一致的。對稱中心的特徵，在於經過對稱中心，無論向任何方向引一條直線，在直線上距中心等距離的點，彼此都是相似又相合的。

四 外形美觀是內部規則的表現

爲什麼結晶體的形狀這樣好看而有規則呢？它的光輝而平滑的面，彷彿是被有技巧的研磨工人琢磨過一樣。結晶體各部分有互相重複再現情形，構成了美麗的對稱的形體。

古時候，人們已經知道了結晶體特有的這種規律性。但是那時候的學者，關於結晶體的記述，却和童話、傳說及詩篇很少差別，完全是描述結晶體的美觀的。他們相信：水晶是由冰造成的，而金剛石是由水晶造成的。並且給結晶體加上了許多神秘的性質：可以治病，可以防毒，可以影響人的命運……。

直到十七、八世紀，才第一次出現了對結晶體性質的科學的見解，圖11是從十八世紀的一本書中抄來的，它表示了那時對結晶的概念。按著者的意見，結晶體是由很小的彼此緊密附着在一起的“磚塊”構成的。這種觀點是非常自然而不足爲奇的。我們用力敲打方解石（碳酸鈣），它就破裂成大小不同的碎塊。仔細觀察一下，就會發現這些碎塊都有和大結晶（這些碎塊的母體）相似的有規則的形狀。確實當時學者們認爲結晶體能繼續分裂成更小的碎塊，直到分裂成很小的，眼睛看不到的，組成該物質結晶體的“磚塊”爲止。這些“磚塊”小到連由它們構成的

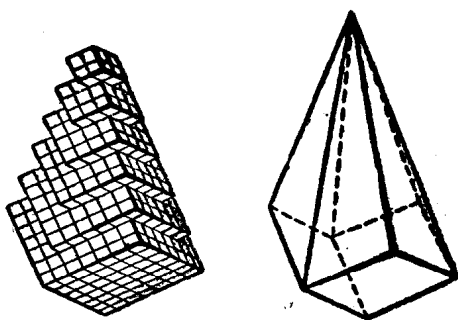


圖11 右爲結晶體，左爲十八世紀學者所想像的結晶構造。

的，組成該物質結晶體的“磚塊”爲止。這些“磚塊”小到連由它們構成的

“階梯”——結晶面，在我們看起來都是無可異議的平滑的。可是再問：最後的“磚塊”又是什麼呢？那時的學者不能回答這樣的問題。這種“磚塊”的理論，給科學上帶來了很大的好處。它解釋了結晶體中筆直的稜，平滑的面生成的原因：像由看不見的石工用手砌成房屋的牆一樣，當結晶體發育時，這些“磚塊”挨着次序排列起來，平滑的結晶面就產生了。

從這個“磚塊”理論的觀點出發，就很容易明白，結晶體的規則形態，是它內部特性的表現。由大的結晶體，譬如岩鹽，可以磨成球體，外面看好像結晶面和稜都消失了，但事實上它們是存在着的，不過它們處於隱蔽狀態而已。如果將岩鹽的球慢慢溶解，我們可以看到，隨着球的溶解，立方體的岩鹽結晶體又形成了，也就是這個物質的結晶體所特有的形態就又出現了。

五 談談糊牆壁用的圖案紙

現在我們給讀者介紹一些現代關於結晶體性質的概念。為此我們首先必須來談談糊牆用的圖案紙。圖 12 中畫着玩球的小女孩，不是一個而是許多，並且都是同樣的形狀。在這個糊牆紙的圖案中，我們可以按照一定的規律畫成許多小塊（將這些小塊簡單排列一下就可以組成整個的牆紙）。爲了分成這樣的小塊，從圖案中任何一點，譬如說自球的中心，可以引兩條綫，這兩條綫來連結已選好的相隣二球，在這兩條綫上可以做成像圖中那樣的平行四邊形；顯然，將許多這樣的小塊，沿最初的兩條綫的方向排列起來，我們就可以組成整個糊牆紙的圖案。

按不同的方法都可以選出類似這樣的小塊：從圖中立刻可以看出，能選出幾種不同的平行四邊形，各包含着不同樣的圖形。但必須指出：在我們所說的情形下，已經選好的小塊中，這個圖形（指一個女孩及一

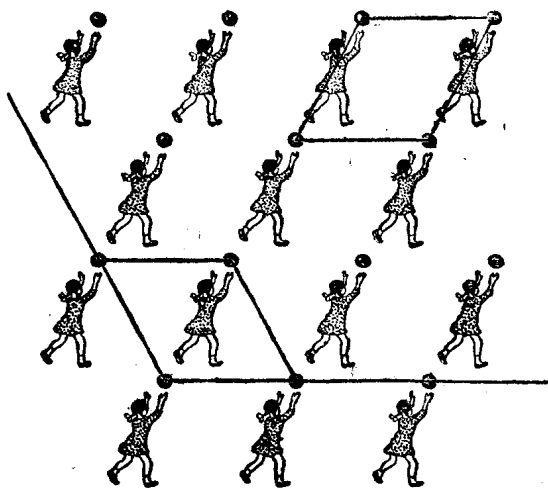


圖12 這一簡單的圖案幫助我們瞭解結晶的格子狀的構造。

個球——譯者)是整體的(指在平行四邊形內有一整個女孩及一球,如圖12中下面的平行四邊形中),或是被平行四邊形的邊分割為幾部分(如圖12中上邊的平行四邊形),對我們研究的目的,是一樣的。

方才例中談到的,是圖形的最簡單,最簡單的排列方式;就是說每一小塊中只有一個圖形,而這些小塊按平行移動來排列。然而除了最簡單的方式外,還有十六種用重複的圖案來組成牆紙的方式,也就是說在平面上,同一圖形的排列有十七種相互不同的方式。如圖13所表示的那樣。

這裏我們所選擇的圖形是比較簡單的,但是和圖12中的圖形一樣,圖形本身是不對稱的,我們可以根據圖形排列方式的不同來區別所構成的各樣圖案。

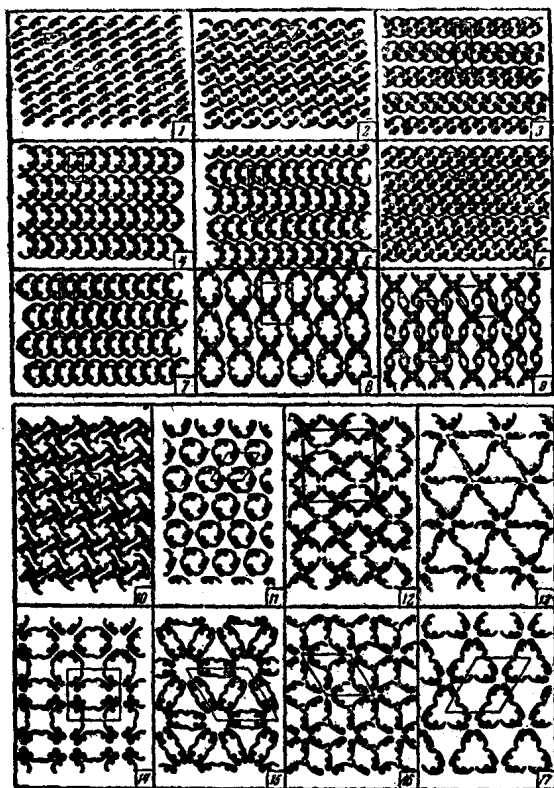


圖13 本面圖案的十七種對稱型，並劃出了“單位細胞”。

譬如，我們在圖13中可以發現，前三種情形下沒有對稱面——不能設置一個鏡子，使圖的這一部分成為對應部分的鏡中像。相反，在4和5中有對稱面，在8,9的情形下，可以放兩個互相垂直的鏡面，在10中有垂直於平面圖的四次對稱軸，在11中有三次對稱軸，在13,15的情形下有六次對稱軸等。