

科學圖書大庫

人造寶石

譯者 張志純

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

人造寶石

譯者 張志純

徐氏基金會出版

原 序

本書相信是人造寶石製造法的第一次詳細敘述，因為尚沒有一本專門處理如何以人的機智能產生與大自然產物同樣動人而且甚至更好的礦物的書籍，它是適逢其會。

作者採取的途徑是歷史性技術性兼顧，寶石合成的歷史被認為一重要特色，並就三個歷史方面——初期上釉陶器及玻璃生產的歷史，火焰融合燃爐的發展，及企圖製造鑽石的古代傳說——予以詳細敘述。新式製造法已知細節者亦加討論，但必須記住主要製造廠往往費盡九牛二虎之力保密他們的程序。不過研究本書的讀者應能得到充分的資料，可以在自己實驗室、工廠或工作房中產生動人的寶石。

科學研究及發展對寶石圈子的震撼亦在本書強調若干重點。科學已產生甚多富有吸引力的新材料，大為美化可供消費者選擇的寶石。通常此等新材料，由金紅石至等軸風信子石，乃是若干完全不相干範疇研究的副產物。在迷人的蛋白石例子中，原先認為不可能合成的寶石級蛋白石，由於深入研究天然材料的構造，現在亦有人造者出現。

寶石合成的研究乃一晶體養育者 (crystal grower) 的自然興趣，因寶石是最動人的養育晶體。

本書對象為寶石雕琢師傅，珠寶業者，青年學生，及任何覓求寶石及其製造資料的技術的或非技術的人士。附錄 3「如何養育你自己的紅寶」乃一以紅寶養育作為一種嗜好的簡短指引。好的開始，就是成功的一半，寶石晶體養育，不獨是嶄新的行業，也是賺錢的生意經。

Dennis Elwell

史丹福大學

一九七八年七月

HW 681/10 I

譯 序

本書係「寶石礦成功探採術」的姊妹篇，後者由大自然的寶藏中取得寶石，前者在人間世的洪爐裡製造寶石，是殊途而同歸，今日的晶體養育者，真應了我國固有文化中「巧奪天工」的那一句話。

台灣礦產豐富，但寶石礦種類不多。據民國六十六年礦物統計，主要寶石產值爲：

大理石	新台幣 5,600,000,000 元
白雲石	300,000,000 元
蛇紋石	270,000,000 元
滑石	300,000,000 元
長石	80,000,000 元
石棉	30,000,000 元
軟玉	900,000,000 元

若能從事人造寶石生產，可補大自然之不足，開創珠寶之新機運，因如寶島而無寶石，名實似不相符。希望青年同胞，發奮圖強，研究合成材料，自製人造寶石，不獨可做首飾，亦有裨於科學、工業、國防、對外貿易，及國民生計。真是秀才不出門，能製天下寶，讀本書者，勉乎哉。

張 志 純

民國六十九年三月一日台北市

著者簡介

Dennis Elwell 博士是一個國際知名的晶體養育家。1957年在英國倫敦大學皇家科技學院畢業，獲得物理學士。1968年在撲茨茅斯技術學院主講物理。旋在雪非特大學研究物理，獲得哲學博士。

1976年赴美，在加州史丹福大學材料研究中心擔任高級研究員，他曾任英國晶體養育學會秘書，現任美國晶體養育學會西部分會秘書，1969年擔任以色列科技研究院客座教授，1971年參加IBM Zurich Research Laboratory, 1975-76年係歐洲太空機構晶體養育及材料科學諮詢委員會委員。本書原名：Man-made Gemstones。

引 言

寶石製造是一種有趣而有報酬的科目，不僅對那些生產或使用此等最華美礦石的人為然。

在本書中要說明的材料是合成寶石 (Synthetic gemstones)，此字「合成」表示它們係由其化學組成分子綜合而成，一真正天然發生寶石的合成品有如像天然者的同樣成分，因此性能亦相同，惟由於不純物而小有不同。本書亦敘述甚多在大自然不存在且使寶石家族人丁旺盛的新奇寶石。

關於其他種類的人造寶石 (Man-made gemstones)——模擬品，諸如玻璃製寶石或以一層有色材料結合不同的寶石，及處理寶石 (treated gemstones) 它們的性能係藉染色或照射改變者——本書將僅點到而止。對此一法則的例外，將包括人類最早企圖製造天然寶石的代用品，尤其是在古代埃及，對其歷史上的真實興趣關係重要。亦包括少數現代的模擬材料的例子，特別有趣且具吸引力。

應用於人造寶石的術語，往往引起混淆。一種製成看起來像土耳其石的藍色塑膠顯然是一模擬品，但若製造人利用不良品質天然土耳其石，磨光它，去掉最討厭的瑕疵，再用少量接着劑結合在一起，又如何？它顯然不是一顆天然寶石，雖然它是由天然土耳其石製成。同樣，它不是一顆合成寶石，因接着劑不存在於天然寶石。因此，它是一顆模擬寶石。不過，若土耳其石粉是藉一適當熱處理融合一起 (無化學變化)，該材料將稱為再造寶石 (reconstructed 或 reconstituted gemstones)。

國際首飾，銀器，鑽石，珍珠及寶石同盟 (CIBJO, International confederation of Jewellery, Silverware, Dia-

monds, Pearls and Stones) 對所有人造寶石採一種極保守觀點，甚至惱怒「寶石」(Gem)一字應用於人造製品，按他們的政策，真正寶石乃那些由大自然形成毫無人類插手者。當它被展示時，為描述寶石釐定一項嚴格法則，目的是明確知會消費人士，他買的是什麼。按此一法則，像「超鑽石」(Superdiamond, 我相信是著者自己的發明!) 等商品名稱(Trade names)是被禁止的。

顯然該法則目前還未被遵照，因市場上商品名稱汗牛充棟，在美國一點也不假。不過，該法則可能在歐洲共同市場被採用具有法定拘束力，因而給美國議員以壓力，此等法則如不經過製造人如Carroll F. Chatham等的法律奮鬥似乎不會被接受，他贏得權利稱他的人造視母綠為養殖的(cultured)，同一術語用以描述藉牡蠣下種製成的珍珠。爭論之點為“合成”及“人工”(artifiial)含有一種易於嚇阻一個將要購買人的不利的涵意，過去法律奮鬥冗長而有趣，而在每125個成年男士中有一個律師的英國，可能預期人造寶石將在未來歲月中提供大量的訟爭。

作為一個晶體養育者(Crystal grower)，著者的同情大致趨向製造人，故本書主要論及他們的生意經及產品(而且，間或關於他們的失敗)。亦有對消費者需要的尊重，并支持立法使珠寶業者規定他們報價的寶石性質。最後，著者保留同情和尊敬給珠寶界及寶石鑑定者，對他們代表少數有晶體養育技巧而已出發行騙的人士表示逾時甚久的歉疚。

目 錄

扉頁：女皇的禮物

原序..... I

譯序..... II

著者簡介..... III

引言..... IV

第一章 沿革..... 1

一、寶石是什麼？..... 1

二、寶石的早期用途..... 3

三、最初人造寶石..... 5

四、至中世紀的發達..... 9

五、第十九世紀..... 10

六、參考文獻..... 13

第二章 紅寶藍寶及尖晶石..... 15

一、日內瓦紅寶..... 15

二、奧古特菲紐易..... 18

三、吉發公司..... 22

四、星石..... 29

五、其他方法..... 32

六、參考文獻..... 37

第三章 祖母綠.....	39
一、伊斯比程序.....	39
二、現代商業性製造.....	42
三、水熱型祖母綠.....	46
四、其他方法.....	47
五、參考文獻.....	49
第四章 鑽石.....	50
一、早期合成企圖.....	52
二、第一次成功.....	59
三、寶石級鑽石.....	66
四、石墨直接變鑽石.....	68
五、暫時穩定養育法.....	71
六、鑽石照射.....	73
七、參考文獻.....	74
第五章 鑽石代用品.....	77
一、無色寶石的性能.....	77
二、金紅石.....	79
三、鋁鈦石.....	82
四、石榴子石.....	83
五、等軸風信子石.....	89
六、鋁酸釷.....	93
七、氧化釷.....	94
八、鉍酸鹽.....	94
九、鈦酸鹽.....	95
十、白鈹石.....	95
十一、氧化鎂.....	96
十二、何者是鑽石最佳代用品？.....	96

十三、參考文獻.....	97
第六章 矽石族系.....	99
一、石英.....	99
二、蛋白石.....	104
三、斯洛孔石.....	111
四、參考文獻.....	113
第七章 其他合成寶石.....	114
一、亞歷山大石.....	114
二、珊瑚.....	118
三、青金石.....	122
四、土耳其石.....	123
五、參考文獻.....	123
第八章 未來人造寶石.....	125
一、天然寶石.....	126
二、來自科學界的新寶石.....	133
三、參考文獻.....	134
第九章 寶石的價值.....	136
一、寶石鑑定法.....	137
二、標準鑑定程序.....	138
三、合成寶石鑑定法.....	140
四、寶石作為投資.....	143
五、參考文獻.....	144
附錄 1 普通寶石性能表.....	145
附錄 2 專門術語釋義.....	146

附錄 3 如何養育你自己的紅寶.....	149
附錄 4 人造寶石供應商.....	153
A、製造廠.....	153
B、經銷商.....	154
附錄 5 參考書籍.....	155

第一章 沿 革

一、寶石是什麼？

寶石是因其美麗，耐用及罕見而價值甚高及可能為裝飾佩帶或用以裝潢美術物品的礦物。精確說出一顆寶石的意義是什麼，殊不可能，而時髦胃口年年不同，但是任何岩石，下至一粒卑賤的海灘礫石，若能動人的安裝於首飾上賣得高價者，即可視為寶石。

不同寶石的視覺美感大幅變異。大多數對光線高度透明，其他者，如月光石 (Moonstone) 或虎睛石 (Tiger's eye) 是半透明或霜色外表，而一些少數，如青金石 (Lapis lazuli) 對光線不透明。大多數寶石有色彩，最重要特色并給與寶石視覺美感者，就是甚多諸如紅寶 (Ruby)，視母綠 (Emerald)，蛋白石 (Opal) 或亞歷山大石 (Alexandrite) 等寶石的色彩，無色寶石亦極其流行，鑽石就是傑出的例子。無色寶石的動人處主要依靠兩項性能，稱為「光輝」 (Brilliance) 及「火彩」 (Fire)。

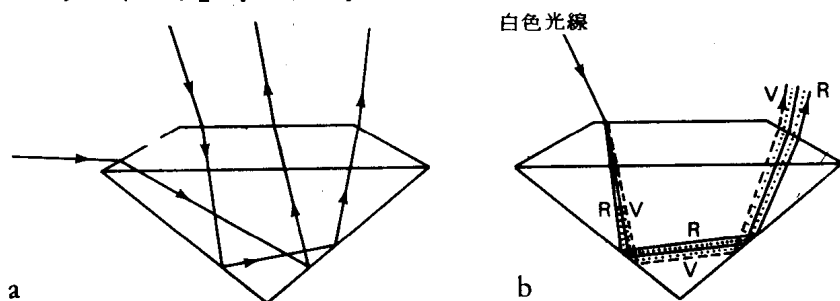


圖 1-1 (a) 光輝依存一晶體反光至眼睛的能力。光輝愈高，反射光線愈多，因此愈少光線穿過該晶體。(b) 火彩是白色光線分散至光譜 (或虹) 的色彩。R 表示紅色光，V 表示紫色光。

火彩乃色彩的展示，當光線分散時它能被看見，並顯示吾人如光譜經由一個稜鏡或無數雨點（那時它們產生一條彩虹）顯現的七彩。光輝為寶石在廣角上聚集光線及反射它到眼睛內的能力。此一效果能藉切磨該寶石並展示其無數由專家切磨成小心選定的角度的小面（facets）大為增長之。當一顆刻小面的寶石移動時，光線由連續變化小面到達眼睛，故寶石的可見美麗將隨其光輝及其光輝與火彩的交流的變異。寶石的動人及價值僅當該石是顆單一晶體時始達其最大限度。

單一晶體（single crystal）的觀念可能對一個非技術讀者難以理解。若有一台「原子顯微鏡」（atomic microscope）可供用以觀察該晶體的內部，可能看出原子係以一相當簡單的原子排列由晶體的任何邊緣至對過邊緣的有規則部署結合。呼應此種對稱，晶體的外部諸面（往往稱為習性面或天然小面）互相形成簡單角度，因此，往往能由其外部形體辨認一種結晶性礦物。此一來自寶石王國的特徵形體的佳例為水晶（Rock crystal，一種原來在歐洲阿爾卑斯山發現並產生 crystal 一字的石英晶體），此字原係希臘文 crystallos，意指水（ice），因古時相信水晶為由水製成水的一種形式，它是由於高山上嚴寒而永久凍結者！

少數寶石不是單一晶體，此群中價值最高者為蛋白石（Opal），它的特性在第六章詳述。聚晶材料（Polycrystalline materials）含形成該材料的微晶（tiny crystallites）間內部境界，而此等境界散開光線，使材料變成半透明或甚至不透明。此乃為何一顆石英（Quartz）晶體，完全透明，若用一把錘搗成極細片屑時，將變成一種頗呆板的白色粉末。另一例子為白堊（chalk），一種碳酸鈣的形式，若生成單一晶體形式，可能完全透明，地質學家就稱之為方解石（calcite）。

玻璃亦屬一透明，並廣泛用於廉價首飾。玻璃與單一晶體之不同，在乎原子沒有排列成有規則的部署，但是我們的「原子顯微鏡」將揭露一種頗較紊亂的構造而無結晶性材料的長程規律性。因缺乏此種規律性，玻璃不可避免的缺乏結晶寶石的光輝而不能與單一晶體形式相比美。

僅在單一晶體中，寶石雕琢師的刻小面作業始能最優化，因寶石上

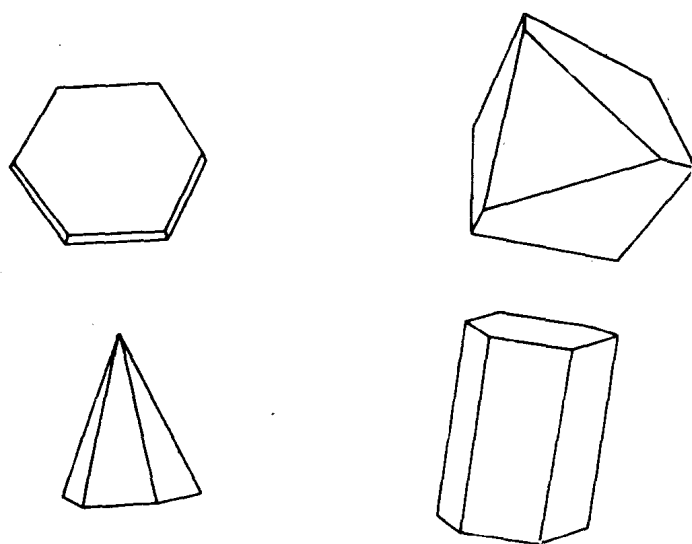


圖 1-2 單一晶體表現一種特徵習性，有界限該晶體的諸分明面。圖示鋼玉晶體。包括紅寶及藍寶的各種可能形式。

小面係按相關該材料的結晶學特性的角度切磨者。所有透明寶石，包括「珍貴寶石」，鑽石，祖母綠，紅寶及藍寶在內，都是單一晶體；因此，此等材料的將來製造人所需的技巧，乃晶體養育者的技巧，此等同樣技巧係由工業界用以製造廣幅晶體適應各種應用，它們很多在Arem[1]的書及晶體養育學派的專籍和雜誌敘述甚詳。

二、寶石的早期用途

為裝飾及作為避邪的護符使用礦物及動物破片，有一甚長遠的歷史。首飾的最初使用或許開始於最末一次冰河時代，約在公元前 40,000 年至 20,000 年間。在中歐 Moravia 發現的彫刻婦人小像或獸形曾測定放射碳年月為公元前 25,000 年左右，而假定有宗教意義的物體彫刻，在後古生期的遊獵人生活扮演一重要角色。穴居人油畫亦為同一文化之一部份，且或許較為人知，因穴居人畫家的創作比同期彫刻或頸圈較戲劇化。

早期彫刻係來自蛇紋石，象牙，石灰岩，骨，赤鐵礦，角及石頭。在已發現的較動人的物體間，為北歐沿波羅的海Maglemose文化的人民所刻琥珀獸形。熊，麋，鹿及其他動物的彫刻亦頗有趣，不僅因藉表面刺孔形成的花樣，但因有規則的小孔，或許藉一弓鑽產生者〔2〕。

在捷克Moravia的Brno地方於1891年發現Aurignacian期原始象獵人的墓中，除由一家牙彫成的男像外，含有一長而精緻的象牙頸圈。若干貝殼手釧及頸圈發現於其他Aurignacian期的墳墓中，最著者為法國南部Monton地方的一兩個兒童的墓。

在設計上相當「摩登」的首飾的發展開始於西部亞洲的Tigris - Euphrates河谷的最初文明，地點主要是現在的伊拉克。在一次大英博物館1976年展覽「7000年來的首飾」中最早一件首飾〔3〕為一只來自Assyria的Nineveh附近Arpachiya的頸圈，時間為公元前5000年的Halaf期。該頸圈含黑曜石（Obsidian），一種火山石，連同若干子安貝殼，一粒暗色黏土珠子及一黑色石墜子。發現人，M. F. L. Mallowan及J. C. Rore〔4〕相信該黏土珠子為一黑曜石的模擬品，此或許乃人類企圖仿造大自然產品的最先已知實例。該子安貝殼原來填滿一種紅色顏料——人類早期企圖改良天然質地。紅與黑乃該期流行色彩組合，經常用於當代陶器。

埃及文明緊緊跟隨美索波塔米人，而其首飾被正當視為提供所有基督前時代首飾的設計及手藝的卓越範例。大多數人士均熟悉在Tutankhatun墓中發現的極精巧首飾，而甚多人認為4000年前埃及首飾的設計及手藝標準從未被勝過。埃及人是高度技巧的金匠，曾使用土耳其石，紅玉髓，青金石及其他寶石製造首飾，它們往往表示社會階級，外加一種裝潢的目的。

第18王朝（公元前1559-1353年）的精美設計，顯然歸功於史前時期原始首飾的根源。石珠子司空見慣於所謂Badarian時期，那時金屬已知，但工具仍用石頭製成〔5〕。Badarians係農民，居住原始茅屋內，但在其象牙雕刻中顯示技術手藝，他們亦利用貝殼，牙齒，種子，角及骨等，鑽孔并穿於繩子上。此一時期進一步企圖改良大自然產品，曾經證實於用一種來自含銅礦的藍顏色釉染珠子的形式中。

由極早日期開始，寶石為一種主要貿易項目，貿易路線遠在公元前5000年。埃及人使用在西奈半島採掘的土耳其石（Turquoise）而他們亦由阿富汗進口祖母綠（Emerald）及青金石（Lapis lazuli）。在Bad-ksban的青金石礦及西奈的土耳其石礦乃世界上已知最老作業的礦區。青金石，一種有金色黃鐵礦斑點的藍色礦物，現仍由阿富汗獲得原石，最早風景畫描繪首飾製作人來自Nebemakhet墓，時間為第4王朝（約公元前2600年）。他們屬於工匠級，社會地位在代書與農人之間〔6〕。

三、最初人造寶石

必須假定，寶石礦物的供應，尤其是進口的青金石，不夠滿足需求。解決此一問題的第一企圖為應用一種釉藥於一種不吸引人的天然材料，塊滑石（steatite），使其酷似孔雀石（Malachite）或青金石。塊滑石，一種含水矽酸鎂乃滑石（Talc）的一種并為最軟天然礦物之一。它是被發現於埃及的Gebel Fatira，距el-Badari不到100哩（Badarian時期即因而得名），易於彫刻或製成珠子。加熱使外部硬化并不熔化它，因此塊滑石乃一種釉的管用底質。一只在Badari挖出的頸圈，年代為公元前4000年左右，係由綠釉塊滑石製成，而一種藍色釉藥約在同一時間發展成功。最早釉藥不真的是玻璃質，但係藉形成一有色糊狀并燒之於珠子上面造成。一種真正上釉珠子的完成僅於發展增加火燒的溫度的科技，或者代以加入苛性鉀或其他材料降低釉藥的融點，變成可能。

產生酷似青金石的珠子的企圖曾被敘述〔7〕為「人類的第一步踏入合成他們需要的礦物的世界」。在稍後階段，塊滑石被一種人造材料代替，它是由粉狀石英製成，并上釉以形成所謂Faience——上釉的缸器或陶瓷，尤其是有高度彩色圖案者——一種流行公元前若干世紀的華美材料。上釉陶器製作的技術細節現尚不完全為人所知，但相當多報導已由來自挖掘，圖畫及模擬品的證據累積不少，上釉陶器生產或許始自約公元前4500年於美索波塔米亞，而Leonard Wooley爵士在伊拉克Ur地方（Ur of the Chaldees'）曾發現一只含Faience珠子

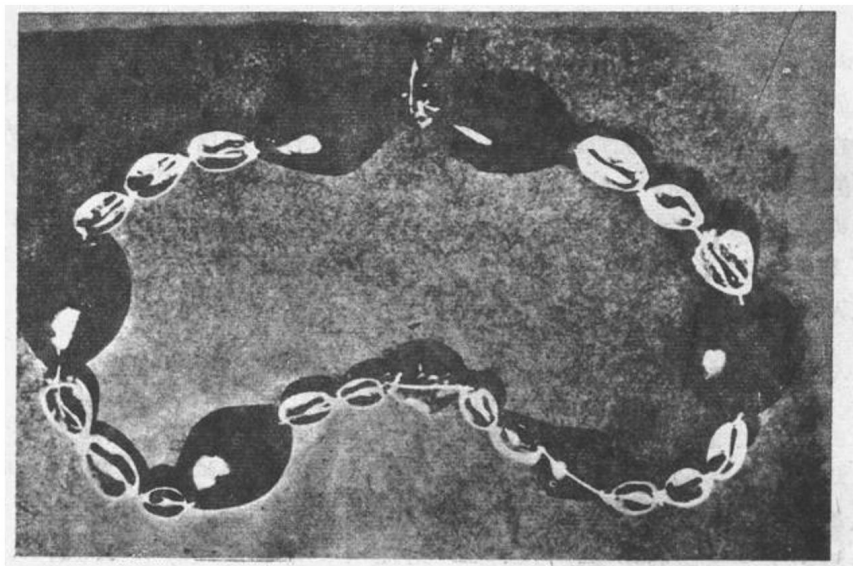


圖 1-3 來自現代伊拉克 Arpachiyah, 時期為公元前 5000 年的頸圈。該頸圈含一模擬黑曜石珠子，用黏土製，連同若干原填滿一種紅色顏料的子安貝殼。

年代約公元前 3000 年的頸圈。不過，上釉陶器製作藝術到達其最高形式者是在埃及。

上釉陶器含 90-99 % 粉狀石英，由搗碎石英岩加入鋁，鈣，鐵，鎂，鉀及鈉的氧化物而成。石英直至 1610°C 的溫度始行熔化，其乃遠非任何早期文明的能力所及，但它在 1000°C 以上軟化，而不純材料可能藉加熱於似乎較低溫度緊凝之。Hodges [3] 建議一種約 950°C 的溫度，比家庭爐火熱得多，需要有些吹空氣於加熱的木炭上的方式。起初「爸爸」(Baba) 或上釉陶器工用一紙草蘆桿，安裝黏土噴口作為一吹管，他的燃爐為一陶器碗，置於架上，裝滿木炭。稍後，在新王朝 (公元前 1559-1085 年) 時代，皮革風箱發明作為產生空氣流動的手段，而火燒實施於較大燃爐，類似用於陶瓷的窯。埃及人所用火燒溫度不會超過 1100°C ，因用以製造玻璃 (并假定亦用於燒釉) 的坩