

天然鑽石的誕生

3,500 萬年前，一顆巨無霸的隕石撞擊在西伯利亞北部，地球上最大的鑽石礦床瞬間誕生，儲量是目前全球已知鑽石的 10 倍。

■ 黃武良

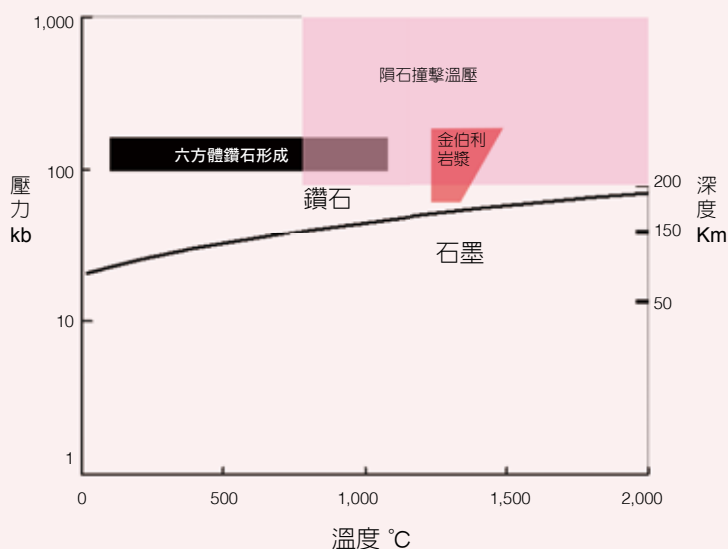
西元 2012 年 9 月，俄羅斯科學院宣布一個可能蘊藏幾萬億克拉的鑽石礦床，儲量是目前全世界已知儲量的 10 倍，而且所生產鑽石的硬度是一般鑽石的 2 倍。這消息震撼了全世界鑽石業和科學界，如此豐富的鑽石礦床從何而來？它的硬度為何特別高？地球上其他地方是否可再發現類似的礦床？未來對世界鑽石業的影響為何？便宜的珠寶級鑽石時代是否即將來臨？

根據俄羅斯地質學家的研究，這鑽石礦床隱藏在西伯利亞北部的玻普蓋 (Popigai) 隕石坑中，和典型火山型的金伯利岩 (kimberlite) 鑽石礦床完全不同。早在 1960 年代末，礦物學家在這隕石坑的岩石中就已發現鑽石並展開調查研究，科學研究的初步結果陸續發表於學術期刊，但俄國對於這鑽石礦床的蘊藏量一直保密。

在隕石坑發現鑽石，不禁讓人聯想鑽石是否來自太空？抑或是隕石撞擊時形成的？這發現引發地質界在全球隕石坑尋找類似隕石鑽石的潮流，隨後三、四十年來，西伯利亞其他地區、歐洲、美洲、亞洲等地的隕石坑也陸續發現類似鑽石。然而到目前為止，一般認為隕石坑鑽石不僅量少顆粒也小，並無經濟效益，但為何唯獨玻普蓋隕石坑鑽石礦床蘊藏著巨量的鑽石？隕石坑鑽石和典型的鑽石在成因及特性上有何異同？這些疑問在在引起科學家的好奇。

鑽石的真面目及變形

西元 1915 年，英國布拉格父子 (W.H. Bragg 及 W.L. Bragg) 以 X 光的繞射揭開鑽石等晶體的面紗，因而同獲諾貝爾物理學獎。他們發現構成晶體的基本單位—晶胞 (unit cell) 一是由特定數目和種類的原子作規律排列組成，例如鑽石的晶胞是由 18 個碳原子構成的立方晶格，其中 8 個碳在晶格的 8 個角，6 個在晶格的 6 個面的中心，4 個碳在晶格的內部。這些無數的小晶格重複性的堆砌就成為鑽石晶體。



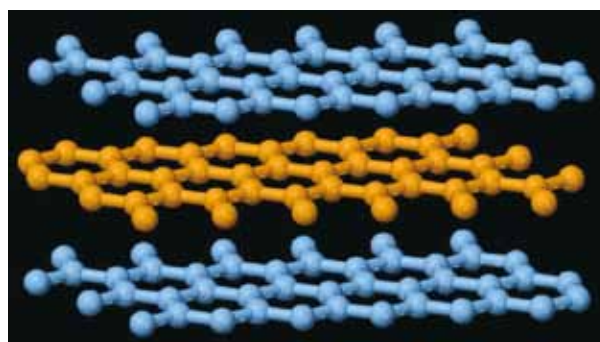
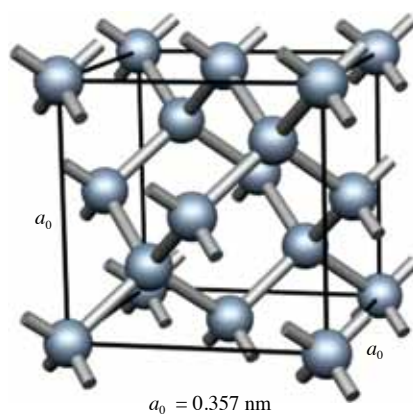
鑽石要在幾萬大氣壓下才能形成，而石墨適應於較低壓力。金伯利岩漿源頭深度的壓力溫度（紅色區域）在鑽石的穩定範圍內；西伯利亞隕石撞擊時的壓力溫度範圍（粉紅色區域）涵蓋六方形鑽石的生成條件。

鑽石中每一個碳原子和周圍臨近的4個碳原子彼此間以共價鍵鏈結，形成正四面體的網狀超穩固結構，是造成鑽石超高硬度的主因。

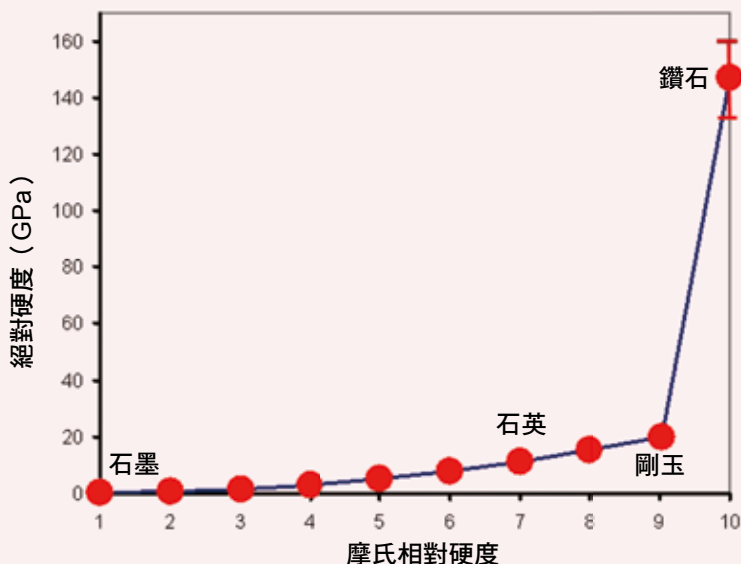
另外一種和鑽石互稱為同素異構體的石墨，雖然同是純碳，但它的晶體結構和性質與鑽石有天壤之別。石墨具有像雲母般的層片狀結構，每一層中碳原子彼此間是以強力的共價鍵鏈結，因此石墨的碳層本身十分強韌，但碳層之間僅仰賴微弱分子鍵相吸，彼此很容易滑動導致低硬度。

鑽石與石墨在自然界中的穩定條件（壓力和溫度）也不同，鑽石要在幾萬大氣壓下才能形成，而石墨適應於較低壓力。倘若把石墨加壓到鑽石的穩定範圍，石墨就會轉換成鑽石；反之在較低壓力下，鑽石就傾向於變形成石墨。

或許你會問：既然鑽石在高壓下才穩定，為何地表常壓下，鑽石可以存在呢？鑽石在地球深處 50 Kb 高壓（約 5 萬大氣壓力）和高溫攝氏 1,200 度以上生成後，經由火山噴出，溫壓降到石墨的穩定範圍內（約 30 Kb 以下），照理說應該轉換成石墨。但



（上）鑽石中每一個碳原子與臨近4個碳原子彼此間以共價鍵鏈結，形成正四面體的網狀超穩固結構（圖片來源：Steve Sque, <http://www.stevesque.com/>）；（下）石墨是層片狀結構，每一層中碳原子彼此間的共價鍵鏈結十分強韌，但碳層之間僅仰賴微弱分子鍵相吸。（圖片來源：Benjah-bmm27）



礦物常用的摩氏硬度是相對值，與實際維氏絕對硬度比較，鑽石與剛玉摩氏硬度只差 1，但比剛玉硬 8 倍。

倘若在岩漿上升過程中冷卻速率太快，來不及轉換，鑽石就可以亞穩定 (metastable) 狀態存在於地表；但若冷卻緩慢，以至於在石墨的穩定範圍 (高溫低壓) 停留時間夠長，鑽石就有變形成石墨的危機。

許多人常說「鑽石是永恆的」，小心，鑽石在空氣中像炭一樣可以燃燒，若放置於無氧的高溫爐中，鑽石就可能轉變成石墨。

新結晶構造鑽石的發現

西元 1967 年，哈佛大學團隊在美國亞利桑那州的戴布洛峽谷 (Canyon Diablo) 的隕石中，發現一種類似鑽石，也是純碳但結構不同 (同素異構) 的新礦物—隆司代石 (Lonsdaleite)，是以英國結晶學家 Kathleen Lonsdale (1903-1971) 命名。它的碳原子排列屬於六方晶系，有異於常見的立方晶系的鑽石，因此俗稱為六方體鑽石。幾乎同時，美國工業界在實驗室中，以高溫高壓或爆破波成功合成六方體鑽石，這是美國奇異公司自 1954 年合成鑽石後取得的重大成果。

六方體鑽石是在何種條件下生成的？實驗研究認為是在比形成鑽石更高的壓力但較低的溫度下生成的，這也說明為何六方體鑽石在地球上甚少見，而僅出現在受超高壓撞擊的隕石坑中。最近在西伯利亞北部的隕石坑發現的巨大鑽石礦床中，除一般鑽石外，也發現大量的六方體鑽石。據悉尚發現含有另一種鑽石的新同素異構礦物，但目前這新構造的鑽石是否真的存在尚未確認。

鑽石兄弟的較勁

許多人撿到一塊礦物或一顆石子，常會以小刀或另一礦物刮刮看，比試硬度，誰被刮出痕跡來誰的硬度就低。硬度是礦物的重要特性，10 種常見礦物依硬度從 1 至 10 排序稱為摩氏相對硬度，其中滑石是 1，鑽石最硬是 10，石墨硬度介於 1 至 2 間，石英是 7，而紅藍寶石的礦物剛玉是 9。

在材料科學上，硬度則以實際測試的絕對硬度去衡量。目前常用的量測方法是維氏硬度法，是用指定的力量以錐狀的鑽石

針壓樣品，壓出凹痕越淺或面積越小的材料就越硬；反之越軟。維氏硬度是以 Hv 值或壓力（百萬帕（MPa）或十億帕（GPa））為單位。

測試鑽石的硬度用鑽石針去壓不是有點矛盾嗎？的確，有時壓不出痕跡，即使可以壓出痕跡，所量測出的值誤差也相當大，因為即使最完好最硬的鑽石針和鑽石樣品的硬度差異仍然很小，致使量測困難。目前材料科學上正在發展使用比鑽石更硬的奈米富勒烯（fullerite）聚合體做的錐針去量測，以減小誤差。

不同鑽石所量測的絕對硬度差異很大，除量測造成的誤差外，個別鑽石硬度不同也是原因。鑽石硬度依純度、結晶缺陷和生長的條件而異，甚至同一顆鑽石不同晶面的硬度也略有不同，例如八面體的（111）面比立方體的（100）面約硬 3 成。澳洲新南威爾斯州科伯頓（Copeton）礦產的鑽石大多數比其他地方產的鑽石硬，而且強韌，常用來切磨其他一般的鑽石，超硬的原因是這些鑽石純度高，而且是在連續與均勻度高的條件下結晶生長的。

高純度、結晶度好的鑽石，硬度的 Hv 值約在 13,200 和 17,400 之間，相當於 130 到 170 GPa，約為剛玉的 8 倍，石英的 15 倍。鑽石硬度是以抵抗外界壓縮和拉張力量的強度而定，原子和原子之間的鍵結力量越強，硬度越大。因此，鑽石的硬度除了直接量測外，也可以根據量子力學理論估算。

鑽石的硬度雖然超高，但不能敲擊，因為容易破裂。材料破裂的難易是決定於它的韌性度（toughness）而不是硬度，韌性是以材料被破壞前吸收能量多寡而定。天然鑽石韌性雖可比擬寶石或玉石，但比一般的金屬材料低很多。工業上鑽石做為特殊工具時為了增加韌性，有時會把鑽石



鑽石原石常見的八面體外形，其錐面硬度較大，圖中是美國 Smithsonian 國家自然歷史博物館收藏的奧本海默鑽石（253.7 克拉）。

粉末燒結成複晶質的聚合體使用。天然形成的黑鑽石（carbonado）就是具有較高韌性的這種複晶。

有些天然鑽石的顆粒是由兩個以上的晶體嵌合而成，因此不易沿某特定方向（解理面）破裂。前面提到澳洲科伯頓的鑽石的結晶，就具有特殊雙晶或複晶結構，造成強韌的性質。據說西伯利亞新發現礦床的鑽石也有類似的特性。

比鑽石更硬的礦物？

鑽石是已知最硬的物質，但它的硬度寶座最近受到嚴峻的挑戰，前面提到的六方體鑽石的硬度就超過了鑽石。2009 年，上海交通大學和美國內華達大學的物理學團隊以理論模擬計算，發現六方體鑽石若以錐狀針模擬壓測，它的硬度可達鑽石的 1.58 倍。西伯利亞新礦床就含有大量六方

由奈米或微米鑽石經人工燒結而成鑽石聚合體的硬度，不但可比擬甚或超過單晶的鑽石，並且具有較強可抗破裂的韌性。



目前占全球鑽石產量約 1 / 4 的俄羅斯雅庫提亞的米爾內礦，露天開採金伯利岩中的鑽石，留下直徑達 1,200 米，深約 525 米的筒狀礦坑。（圖片來源：Sergey Dolya, www. Sergeydolya.livejournal.com）

體鑽石，這可能是俄羅斯宣稱其鑽石比一般鑽石硬 2 倍的依據之一。

其實，以理論計算所得超硬 1.58 倍，嚴格說並非六方體鑽石本身真實的硬度，而是六方體鑽石被錐狀針施壓時，它的碳原子結晶構造改變（相變）所造成，因此應該是新結晶構造物，而不再是原先的六方體鑽石的硬度。這新型結構在錐針壓力釋放後是否仍然穩定？是否會轉變回六方體鑽石，目前尚不清楚。

六方體鑽石在工業實用上，能否真能表現如理論計算出的超硬度？現在仍然是未知的問題，因為它的硬度目前尚無法以精確量測驗證，主要原因是缺乏足夠大而

且完美的六方體鑽石樣品，使得量測誤差大。不過，目前一些初步實測顯示，六方體鑽石硬度似乎並不比鑽石高，可能是樣品含有雜質或結晶缺陷的緣故。俄羅斯新發現號稱超硬的鑽石資源，對未來鑽石工業影響為何，仍有待進一步對六方體鑽石硬度的研究。

世界上還有哪些材料可比擬或超過鑽石的硬度？材料科學的研究發現，由奈米或微米鑽石經人工燒結而成鑽石聚合體的硬度，不但可比擬甚或超過單晶的鑽石，並且具有較強可抗破裂的韌性。

另外，俄羅斯專家發現，人工高壓高溫燒結的奈米富勒烯聚合體的硬度可超越

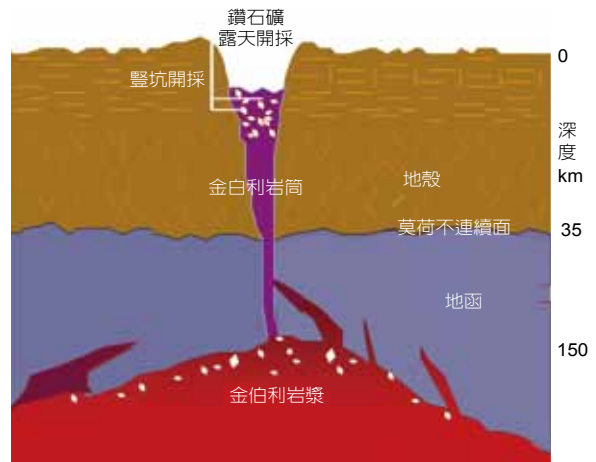
鑽石，不過它們是聚合體不是單晶，也無天然產出。那麼碳質以外是否有可比擬鑽石硬度的物質？結晶構造極類似六方體鑽石的人工合成纖維型氮化硼，經實驗和理論計算，認為它的硬度可超越鑽石，不過和六方體鑽石同樣是施壓中鍵結性質轉變所造成相變所致。鑽石的硬度寶座到目前應仍確保無疑。

鑽石的身世

地球深處千錘百鍊的鑽石 西元1905年，南非金伯利地區（Kimberly）的Premier鑽石礦經理在一天的勞累後，在礦場附近散步，腳上無意中踢到一塊石頭，看起來平常無奇，走過後心裡突然有一種莫名的感覺，讓他回頭再看它一眼，地球上最大的3,106克拉Cullinan鑽石原石奇蹟般地被發現。這鑽石礦經過一、二百年的開採後，目前留下筒狀露天的深礦坑。

世界上的天然鑽石主要都產在這種筒狀的金伯利岩中，其他為人熟知的還有俄羅斯雅庫提亞（Yakutia）的鑽石礦。另外，鑽石原礦受侵蝕搬運後沉積在附近的沖積層或海砂中，可形成砂積礦床。例如，以「血鑽」聲名狼藉的非洲獅子山國，主要開採河流沖積物的礦床；南非和納米比亞則開採大西洋海岸的海砂鑽石礦。此外，加拿大、澳洲都是鑽石重要產地。

金伯利岩經常以深達地函的筒狀或稱為蘿蔔形垂直豎立的火山岩呈現，多數噴發在幾十億年前的古老地塊的內陸，海洋板塊或大陸邊緣很少發現金伯利岩。鑽石為何多數存在於金伯利岩中？為何由地函上來的其他岩漿，例如玄武岩或安山岩中甚少發現鑽石？讓我們先了解鑽石的生成條件。



鑽石產於筒狀的金伯利岩中，是由地函內的金伯利岩漿噴發帶到地表。鑽石首先經由露天開採後，再進一步以坑道開採。

鑽石是在高壓下才穩定的碳質礦物，溫度越高所需的壓力也越高，在地函溫度範圍（攝氏 1,200 度以上）生成鑽石所需壓力大約在 50 Kb（約 5 萬大氣壓）以上。科學家依據地球內部壓力隨深度遞增的關係，估計金伯利岩漿源頭深度至少 150 公里，而在其他研究裡，甚至認為它的深度可達 400 公里。

鑽石生成的條件除壓力外，需有純碳質存在。地函中雖不乏二氧化碳，但必須量多，並有適當的條件把它還原成碳，才能形成鑽石。倘若還原能力太強，就會形成甲烷，因此適當氧化還原狀態的環境也是關鍵。

岩石學家研究認為，金伯利岩漿可能是碳酸質岩漿和地函矽鎂鐵質的岩石相互作用的產物，過程中產生大量的流體（二氧化碳、水蒸氣等），其中局部若具有適當還原條件，就可生成鑽石。金伯利岩漿生成的深度（壓力）較大和含有流體等條件，都有利於生成常見顆粒大，外形良好而透明的鑽石，地函岩石中含量較高的鐵質也有催化作用。



隕石掠過天空的景象，本圖取景於 2012 年 4 月 22 日美國內華達州雷諾天空。（圖片來源：Lisa Warren 攝，NASA）

金伯利岩漿庫的流體壓力累積得足夠大時就會爆發，這等岩漿特有的爆發力可讓岩漿幾乎沒停頓，而直接上升至近地表，因快速冷卻，使鑽石來不及因為減壓變成石墨，有助於保留鑽石的狀態。

由地函深處上來的金伯利岩、擄獲岩或挾帶的鑽石，也是科學家研究地函的重要材料。鑽石做為寶石時，其中的內含物（雜質）越少越有價值。但對於科學研究，鑽石中的內含物（礦物學稱為包裹體）可以提供地函的組成物質和周遭環境的重要線索。擄獲岩和鑽石因此是岩石學家探索地球內部的窗口，例如從鑽石中微米大小的液態包裹體的光譜研究，證實鑽石形成時的壓力在 40 至 70 Kb，也就是在 150 公里地函深處生成。

瞬間誕生的鑽石 3,500 萬年前的始新世晚期，一顆巨無霸隕石掠過西伯利亞天空，撞擊在北部的玻普蓋地區，造成一個巨大隕石坑。1960 年代末，科學家在地質調查時，驚奇地發現這隕石坑的岩石中含有大量的鑽石。這些鑽石被認為是隕石撞擊，產生高壓時由石墨轉變而成的。



俯瞰西伯利亞玻普蓋隕石坑，經歷 3,500 萬年的侵蝕等地質作用，隕石坑的圓形外形依稀可見。（圖片來源：NASA 衛星照片）

地球形成至今漫長的地質年代裡，屢受外太空來的隕石的撞擊，但不是所有隕石撞擊都會產生鑽石。事實上，隕石撞擊成的鑽石在世界各地隕石坑中發現不多，即使有，一般顆粒小產量也少。然而在西伯利亞的隕石坑中，根據日前俄羅斯官方



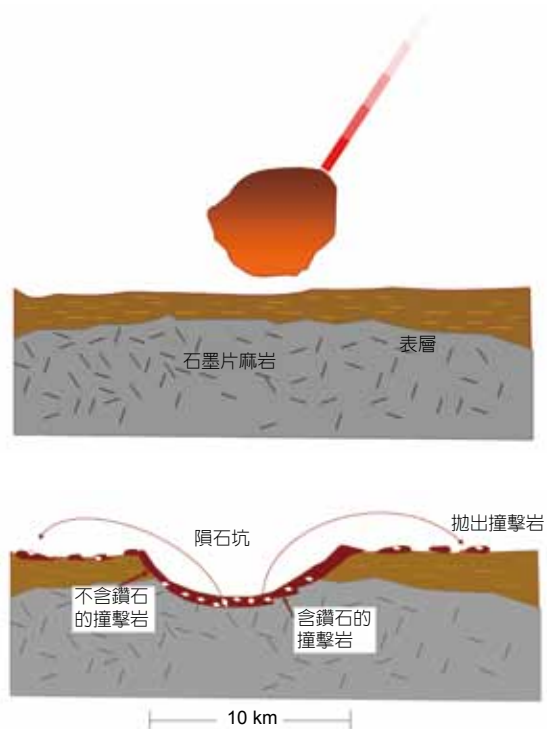
鳥瞰美國亞利桑那隕石坑，雖經歷 5 萬年的侵蝕等地質作用，隕石坑外形保留完整。（圖片來源：NASA 空照圖）

宣布，蘊藏巨量鑽石，研究也顯示除一般常見的鑽石外，還有大量超高硬度的六方體鑽石。為何如此特殊？是天時地利人和使然？

首先，隕石須夠大可以產生超高壓，估計這隕石坑直徑達 100 公里，所受撞擊力之大可想而知。其次，撞擊剛巧發生在含石墨的地層上，西伯利亞玻普蓋隕石坑的地下原是極其堅硬的石墨片麻岩地層，類似台灣中央山脈變質帶的石墨片岩。

依據撞擊的特徵和其他礦物變質程度估計，撞擊時的壓力約 340 至 900 Kb，這極高的壓力是形成鑽石所需壓力的 5 至 10 倍，可能是能夠形成六方體鑽石的主因。而溫度則部分高達攝氏千度以上，足夠把大區域變質岩部分熔化或震碎，形成玻璃質和角礫混合的岩石，鑽石就產在這混合的撞擊岩（*impactite*）內。

最特別的是，這類鑽石顆粒的長相和典型的天然八面體或立方體鑽石單晶相差很大，顆粒類似原來片麻岩中石墨的外形，大小約 0.2 ~ 1 公分。在電子顯微鏡下，每一鑽石顆粒含有無數小於 1 ~ 5 微米的鑽



（上）西伯利亞隕石撞擊前當地含有石墨的地層；
（下）隕石撞擊後，在隕石坑內形成一層撞擊岩，部分撞擊岩也濺出隕石坑邊緣，撞擊岩中的石墨變形為鑽石或六方體鑽石。

石和六方體鑽石的小晶體，也就是說顆粒並不是單晶而是天然的多晶質，因此它的韌性可能比目前工業用鑽石更耐磨損。整體來說，也比工業用鑽石的顏色較淡較透明，可惜很少達到寶石級的品質。

礦物學家認為這些鑽石小晶體是在撞擊瞬間，就地從石墨中結晶出來，但顆粒外形仍保持石墨顆粒原先的外形和特徵。就像大家所熟悉惟妙惟肖的矽化木，是由無數的石英小晶體構成的，是礦物取代的傑作。不同的是，矽化木是外來的矽質取代木質纖維，並且經漫長的時間完成，而鑽石是現地由石墨碳質瞬間轉換成的。

地質調查顯示含鑽石的撞擊岩，多數存在於隕石坑中原有含石墨片麻岩受隕石撞擊的部位，或部分被拋出坑外。目前地球上已知超過直徑達 100 公里，比玻普蓋還大的隕石坑，並沒有發現類似的大量鑽石，可見當地是否有含石墨的岩層是關鍵。

此外，撞擊後的熔岩的溫度太高，可以使原已生成的鑽石燃燒；或當冷卻太慢時，鑽石會變回石墨，有些鑽石顆粒的邊緣常有被熔岩溶蝕的痕跡，就是如此造成的。由此看來，西伯利亞的鑽石新礦床是在相當微小機率下誕生的，可能是地球上唯一僅有的，因此被聯合國 UNESCO 列為世界地質公園。

太空來的鑽石 許多人可能會問，隕石坑尋覓的鑽石會不會是隕石從太空帶來的？事實上，並非所有隕石坑中發現的鑽石是由撞擊高壓高溫產生的。

1981 年，美國華府史密斯尼博物館研究團隊就在南極 Allan Hills 的鐵質隕石中發現鑽石，研究結果認定鑽石是在隕石進入地球大氣層之前就已存在，是從天而降的。1995 年，芝加哥大學團隊從 7 種沒受撞擊變質作用的球狀隕石中發現鑽石，並認定



西伯利亞隕石坑所以能產生大量鑽石，是因為撞擊在石墨片麻岩上，類似台灣中央山脈變質岩帶的石墨片岩（如圖片所示）。

來自太空。此後，在隕石中陸續發現太陽系形成以前就已生成的太空鑽石，引發天文學家對浩瀚太空中可能有鑽石或鑽石星球的臆測。

西元 2004 年，天文學家發現距離地球約 40 光年的恆星中有一顆行星巨蟹 55 e (55 Cancri e)，它的半徑約為地球的 2 倍，質量約為地球的 8 倍。原先認為它的組成類似地球，一直到 2011 年，經由美國航空暨太空總署的史匹哲太空望遠鏡，才觀測到這行星凌日它的母恆星的現象。配合這行星最新的質量等資料，2012 年 10 月耶魯大學研究團隊認定這行星主要由碳所構成，並推測它的內部至少 1/3 是鑽石，相當於地球 3 倍的質量。他們認為這行星具有石墨的外殼，而它的內部在高壓力和溫度下可能出現鑽石。

有關「太空鑽石」，其實早在 1969 年就由加州大學柏克萊分校團隊從紅外線吸

含微鑽石超高壓變質帶的發現， 對地體構造作用力和大陸地殼演化有著重大的意涵。

收光譜的研究，提出鑽石可能存在於星際間的塵埃中。2006年，我國中央研究院團隊發現太空中許多星系發出的紅光，和實驗模擬太空環境的奈米鑽石螢光光譜幾乎一致，推測奈米鑽石於太空中可能無所不在。2008年，英美研究人員利用太空望遠鏡接收到一顆距離地球 1,200 光年的星球（Wasp 12b）的輻射熱，獲悉它的組成元素中碳多於氧，並推測這白矮星中可能有大量的鑽石和石墨。

隨後美國天文學家於 2010 年觀測到一顆距地球約 50 光年的白矮星（BPM 37093），並藉由星球輕微的顫動探知它的內部可能由高密度的鑽石構成。最近，太空鑽石星球巨蟹 55 e 的認定，更證明宇宙中確實有豐富的碳元素和鑽石或石墨的星球。

源自生物的鑽石 地球上有一類非常特殊的微小鑽石，它的產量雖少，但在地質科學的研究中十分有價值。西元 1980 年初期，岩石學家在大陸地殼相碰撞的超高壓變質帶中，首次發現微鑽石，因為其在地體構造上的重要性，引發近三十多年的熱烈研究。

這類鑽石有異於典型的地函鑽石，顆粒微小，多數被包裹在其他礦物中，在顯微鏡下才能觀察到。微鑽石含有較輕的碳同位素（碳同位素 C^{13} / C^{12} 比值低於地函來源的碳）顯示，它的來源部分是地表生物性的有機碳，而它周圍岩石的前身也是接近地表的來源。

這類鑽石的出現曾讓地質學家相當困惑，在超高壓下才能形成的鑽石，為何出

現在地殼的岩石中？是否意味著這地殼曾經隱沒入另一大陸地殼下的地函深處至少 100 公里，在深處高壓下，這地表岩石經由千錘百鍊把碳質轉換成鑽石後再返回地表？如果這是事實，似乎違反傳統的地體構造理論的思維。以往認為陸源的岩石密度較小，無法隱沒至大密度地函深處，這在何種情況下才會發生？因此，含微鑽石超高壓變質帶的發現，對地體構造作用力和大陸地殼演化有著重大的意涵。

此外，地表生物性的有機碳可以轉變為鑽石的事實，告訴我們地球碳的循環不只是發生在地殼，而且可深入地函，再返回地表，這驗證吾人從火山噴出的二氧化碳的研究結果。

台灣附近可不可能發現鑽石？如果以過去鑽石礦只存在於大陸地塊內部的金伯利岩中的思維，位於大陸和海洋板塊接觸邊緣的台灣是不可能的。那麼有沒有可能經由海洋地殼隱沒產生鑽石呢？

過去認為海洋地殼在隱沒過程中，雖然壓力增加，但同時被高溫的地函快速地加溫，致使溫度過高，無法達到鑽石的溫壓穩定範疇以形成鑽石。然而近年來，地質學家在海洋板塊隱沒到大陸地殼之下的鄰近地區（例如前面提到的澳洲新南威爾斯州科伯頓），出乎意料地發現鑽石礦，但不是金伯利岩成因，這發現推翻了昔日認為鑽石只出現在古老的大陸地塊中心的認知。

目前認為大陸邊緣地區之所以出現少數鑽石礦，是因為該處隱沒的海洋地殼較

鑽石似乎無所不在地存在於浩瀚宇宙中， 發現由鑽石構成的星球已不再是天方夜譚。

古老而且厚重，因此受地函加溫較緩慢，得以造成超高壓低溫的條件，適合鑽石的生成。隨後，這超高壓帶的岩石和鑽石被附近岩漿擄獲帶到地表。

黑鑽石身世之謎 鑽石家族中有一種非常特殊的黑鑽石，是由許多微小鑽石構成的複晶體，因此它不是礦物名稱。它的顆粒有如黑豆般大小，有時顆粒中有許多小孔隙，顏色黑灰，因此俗稱黑鑽石，除工業用途外，最近也做為珠寶。黑鑽石出身至今仍是個謎，只有在中非、巴西等少數地區發現，主要產在沖積扇地層中，附近地表並無金伯利岩體，鑽石中的包裹體也無金伯利岩鑽石中常含有的地函礦物，因此被認定成因與金伯利岩無關。

黑鑽石中倒是有地殼中不易見到，但可能存在於隕石中的礦物，例如碳化矽、鐵、鎳、矽等包裹體。加以黑鑽石有點像隕石撞擊的鑽石，因此推測可能是撞擊產生的鑽石，但因無石墨外形也無撞擊鑽石常見的六方體鑽石，而且到目前尚未找到它們的源頭隕石坑，隕石撞擊成因說受到挑戰，科學家因而尋求其他可能成因。

2006年，美國科學家發現黑鑽石的紅外線吸收光譜和隕石帶來的太空鑽石非常相近，因而推測黑鑽石可能是含鑽石隕石掉落到地球形成的。解開黑鑽石身世之謎有待更多類似的鑽石，或更多樣性的撞擊鑽石的發現。

結語 最近西伯利亞發現的鑽石巨大礦床，是由超大隕石撞擊含石墨地層而生

成的，這礦床鑽石蘊藏量之大遠超過傳統的地函來源鑽石，推翻過去認為地表見到的鑽石多數源自地球深處的思維。

根據目前已發表的研究，這類礦床中很少出現寶石品質的鑽石，因此對於寶石鑽石市場影響甚微。然而其蘊藏量之大和含有高硬度的六方體鑽石，對工業用鑽石市場的衝擊無庸置疑，但影響程度視開採的技術和經濟效益，或和人造鑽石的競爭力而定。這類巨大鑽石礦床的存在相當偶然，地球上再發現類似大礦床的機率甚小。

除兩類成因不同的鑽石外，地球上尚有獨特的微鑽石。它是地表生物殘留的碳，經由地殼板塊隱沒入大陸板塊形成鑽石後再返回地表，產量雖少但價值不亞於他類鑽石，是研究地球地殼變動的珍寶。

另外，鑽石似乎無所不在地存在於浩瀚宇宙中，發現由鑽石構成的星球已不再是天方夜譚，只是人類欲利用太空鑽石資源仍遙遙無期。倒是近年來人造鑽石工業的發展神速，寶石級鑽石不再是富人專用的時代指日可待。除天然鑽石外，人造鑽石也是目前人類主要工業鑽石資源，有興趣的讀者可參閱本刊2007年409期。

黃武良

臺灣大學地質科學系