Rhodizite

從富稀有元素的偉晶岩到Londonite—Rhodizite系列：形成、結構、色彩與寶石學觀察。

01 一抹罕見的光，承載久遠的故事	02 晶體學與Rhodizite—Londonite系列	03 地質成因與晶體形貌	04 · 物理與光學性質
05 · 色彩與螢光	06 內含物與晶體生長的紀錄	07 · 礦床與產地圖集	08 馬達加斯加：研究偉晶岩的天然實驗室
09 處理方式與色澤保存	10 稀有性與收藏標準	11 鑑定：交叉比對各項證據	12 光譜學：區分顏色、結構與發光
13 解讀 Ultra Rare 標本	14 方法、結論與參考資料		

01 · 導言

一抹罕見的光，承載久遠的故事

一顆小小的黃色晶體，凝聚了漫長的元素富集歷程。Rhodizite屬鈹鋁硼酸鹽，具立方晶體結構與高硬度，而寶石級材料的產地極為有限。馬達加斯加在其發現與產出史中占有重要地位。

其意義超越刻面寶石的罕見程度。它與Londonite共同展現了同一結構家族中鹼金屬置換的典型實例。肉眼欣賞的是顏色與光澤；礦物學家探究的則是哪些元素占據原子位點，以及哪些生長條件與反應促成了結晶。

可從三種尺度觀察：花崗岩體供應並富集元素；偉晶岩中，礦物組合持續演變；晶體的化學成分與缺陷則記錄部分演化過程。寶石學進一步將這些資訊連結至透明度、顏色及光照下的表現。



典型原礦晶體 · 模擬示意圖。



1.55 克拉 Rhodizite 實物去背照片，已校正偏色。

02 · 結晶學

晶體學與Rhodizite－Londonite系列

多種元素占位的立方骨架

Rhodizite 的理想端元式為 $KAl_4Be_4(B_{11}Be)O_{28}$，Londonite 則為 $CsAl_4Be_4(B_{11}Be)O_{28}$。式中有四個鈹分布在一組位點，另有一個鈹與十一個硼共占另一組位點。這是理想組成，不代表每一顆天然晶體的實測分析。

晶體屬立方晶系，空間群 P4̄3m（第 215 號），晶類 4̄3m，簡單立方布拉菲晶格。Pring 等人對樣品的精修得 a = 7.318(1) Å。下方模型採用該研究的原子座標，並保留鹼金屬位點和 B–Be 共占位點的部分占有率。[1]

含硼或鈹的四面體連結多組 AlO_6 八面體，鹼金屬則占據骨架中的空腔。整體為三維結構；晶體的外部晶面既非獨立的一層，也不代表離子的形狀。 [2]

分類依據	Rhodizite
理想端元	$KAl_4Be_4(B_{11}Be)O_{28}$
晶系／布拉菲晶格	立方晶系 · 簡單晶格 P
晶類／空間群	4̄3m · P4̄3m（第 215 號）
文獻晶胞模型	a = 7.318(1) Å · α = β = γ = 90° · Z = 1
Strunz / Dana	6.GC.05 / 25.08.02.01
座標參考來源	Pring et al., 1986 · AMCSD 0014483





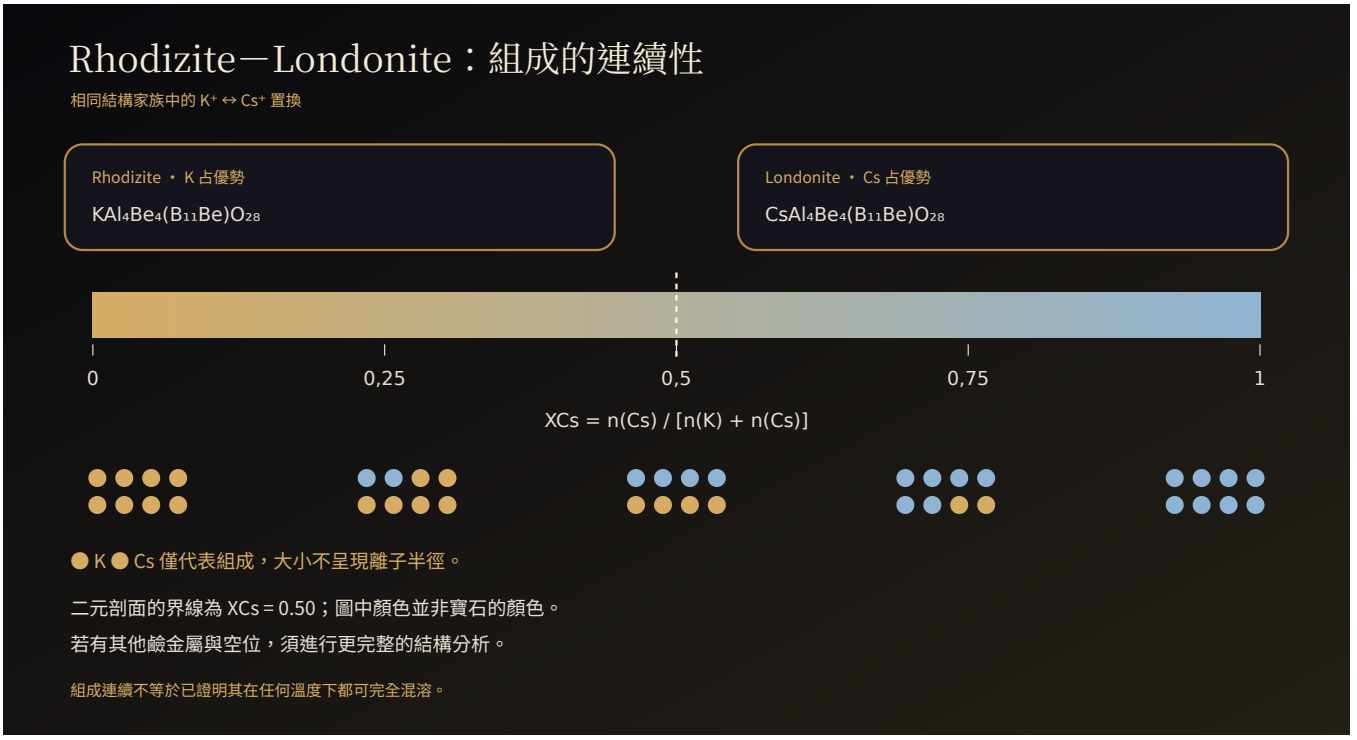


文獻模型：慣用的原始晶胞中顯示 49 個幾何位置，包括一個鹼金屬位點與若干混合占位。球體代表晶格位置，並不等於 49 個占有率皆為 100% 的原子。圖示半徑未依離子半徑等比例繪製。

連續系列中的變化與共通之處

$K^+ \leftrightarrow Cs^+$ 為等價置換：一種一價離子取代另一種一價離子。在理想二元剖面中，鉀占優勢的一側為Rhodizite，銫占優勢的一側為Londonite。從一個礦物種名稱轉為另一個時，不一定能看到顏色或晶形的突變。

此處定義 XCs = n(Cs)/[n(K) + n(Cs)]，在此二元投影中，界線為 XCs = 0.50。n 為原子數量；K_2O 與 Cs_2O 的莫耳質量差異很大，直接比較兩者的重量百分比會得出錯誤判準。



鉀－銫（K–Cs）置換系列：表示原子比例，而非色彩範圍。

元素置換系列與色階是不同概念。兩顆同樣呈黃色的晶體可具有不同成分，甚至同一晶體的不同區域也可有化學差異。示意圖的連續性本身不足以證明在任何溫度下皆可完全互溶，也不表示所有純端元在自然界中都已發現。

超越僅考慮兩種鹼金屬的模型

天然樣品的分析還顯示 Rb、Na、Li、空位及耦合置換。Pekov 等人證實，烏拉山若干歷史標本以 Cs 為主，應歸類為 Londonite。其研究也揭示，實際結構化學比單純的二元置換更加複雜。 [2]

Touretite 為含鋰的類似礦物，理想式為 LiAl₄Be₄(B₁₁Be)O₂₈；產自馬達加斯加 Ambalabe 的偉晶岩，經 IMA 核准，於 2024 年公布。此同構礦物擴展了該礦物群，並非 Rhodizite 的新名稱。K–Cs 二元剖面可用於教學，但應置於更廣的組成變化中理解。[3]

分類：三維骨架硼酸鹽，屬骨架型十二硼酸鹽；Strunz 6.GC.05，Dana 25.08.02.01。這些編碼表示礦物學分類，並非寶石品質等級。

從氧化物分析到礦物種的分界

判斷優勢元素要以原子數為準。若分析結果以氧化物質量百分比表示，鉀的相對量與 2w(K₂O)/M(K₂O) 成正比，銫則與 2w(Cs₂O)/M(Cs₂O) 成正比。兩種氧化物的莫耳質量分別約為 94.20 與 281.81 g・mol⁻¹。因此，氧化物質量相同時，銫原子數約只有鉀原子數的三分之一。

在 Pring 的文獻實例中，若只投影 K 與 Cs，位點占有率 $K_{0.46}$ 與 $Cs_{0.36}$ 得出 XCs ≈ 0.439。完整描述該位點仍須納入 Rb、Na 和空位。二元投影呈現置換關係，結構式則可用來討論實際晶體。

化學成分的連續變化與分帶

固溶體在占位元素改變時，仍可維持相同的結構排列。骨架相同，並不意味所有性質都隨 XCs 線性變化。

。晶格參數、密度及振動也取決於晶位佔據情形與缺陷。以直線連接端元屬於模型假設，不能用作分析校正。

研究分帶晶體時，可從晶核至邊緣分布多個分析點，以對照各生長區的成分。此處所稱的「連續系列」，指已有紀錄的元素置換與中間成分，並非透過實驗建立的完整溫度平衡相圖。要為一顆寶石分類，須選擇具代表性的位置分析，並考量內部成分的不均勻性。

地質成因與晶體形貌

匯集分散的元素

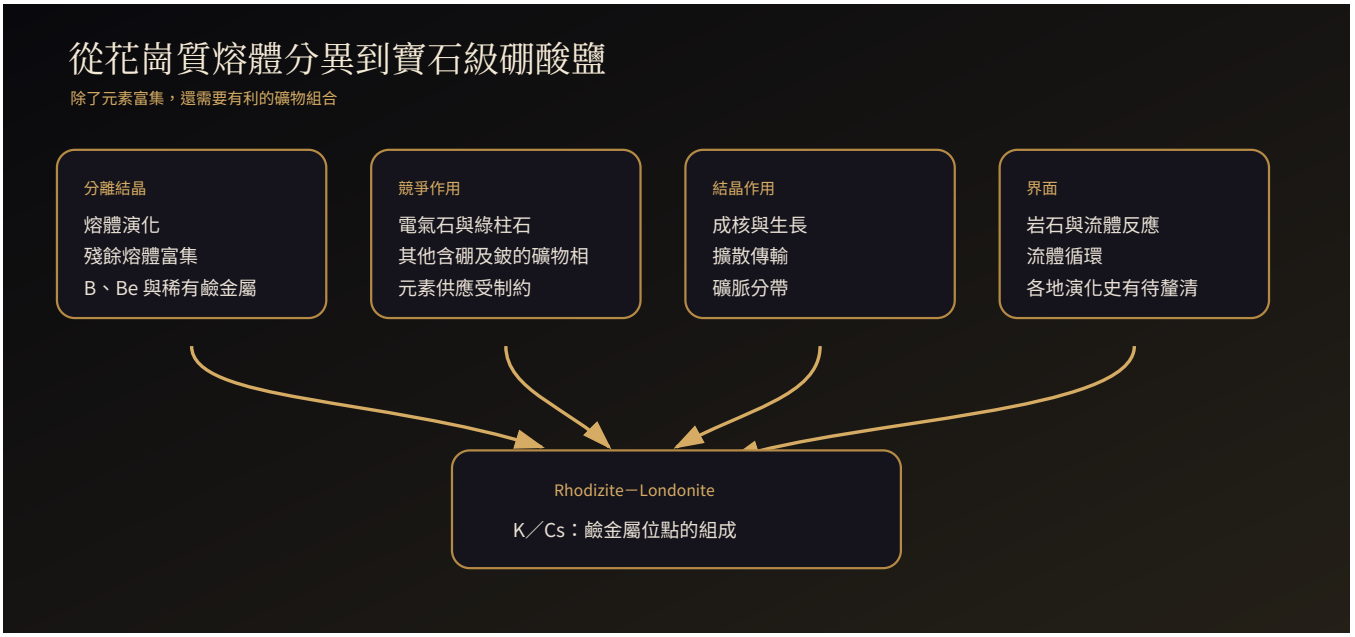
花崗質偉晶岩通常含石英、長石與雲母。富含稀有元素的偉晶岩可發育出更特殊的礦物組合。LCT 系列以鋰、銫、鉭富集為特徵，部分系統也伴隨銣、鈹與硼。這是一種地球化學分類，並非每處 LCT 偉晶岩均產出Rhodizite。 [4]

結晶時，各礦物吸收元素的比例不同。早期礦物較少納入的元素，可能在殘餘熔體中富集。Rhodizite的形成需要硼、鈹、鋁與鹼金屬同時存在，但僅憑這一點仍不充分。其他競爭礦物的穩定性、熔體成分及與圍岩的物質交換，共同決定實際形成的礦物種。

以計算理解分餾作用

瑞利模型寫作 $C^L/C_0 = F^{(D-1)}$，其中 F 是剩餘熔體比例，D 為總體固／液分配係數。僅以 D = 0.1、F = 0.1 為教學例，熔體濃度約為最初的 7.9 倍。計算假設系統封閉，且晶體有效分離；它既非 Antsongombato 的實測分析，也非對該寶石含量的估算。

銫適合用來觀察這類分異作用，但結晶礦物組合改變時，D 值也會改變。若出現容易容納 Cs 的礦物相，銫在熔體中的累積便會受影響。因此，岩石成因模型須將質量平衡與礦物形成順序相連，而不能將同一條曲線無限延伸。 [5]



共同促成此系列形成的因素；箭頭不代表各地皆經歷相同順序。

為什麼大晶體不足以證明冷卻緩慢？

偉晶岩組織也與結晶動力學有關。London 的實驗研究與模型強調過冷、成核、擴散，以及富集晶體生長時排出之組分的邊界熔體所起的作用。少數晶核若能有效獲得物質供應，即可長成大晶體；僅憑大小無法直接推算冷卻時間。 [6]

內部分帶可能反映結晶前緣的推進及鄰近熔體的化學演化。水與助熔元素會影響物質傳輸及結晶條件；大型偉晶岩並不必然是完全由水溶液充滿的空腔。應區分矽酸鹽熔體、自熔體分離出的流體，以及更晚期的轉變。

圍岩與晚期反應的作用

在 Sahatany 谷地的 Manjaka，Novák 等人的研究記載，產於鈣矽酸鹽圍岩中的偉晶岩，含有包括 boralsilite 在內的鋰輝石轉變產物。作者提出，富鈉、鉀、硼與鈹的殘餘熔體參與了演化，並在時間與空間上與Rhodizite—londonite 組合相關。這項解釋特別指出，局部較低的水活度十分重要。 [7]

這個案例說明，即使兩個偉晶岩體均含硼與鈹，仍可能因其與圍岩的反應不同而形成不同的礦物組合。「晚期礦物」指礦物在生成序列中的位置，並無普遍適用的特定溫度。此處沒有可用於典藏標本的地質溫壓計資料。

飽和狀態與化學活度的關係

即使硼含量高，也未必會析出硼酸鹽。硼可能留在熔體內或進入碧璽，鈹則可進入綠柱石、矽鈹石或其他礦物相。當各組分結合形成Rhodizite，在熱力學上較其他分配途徑有利時，Rhodizite才會出現。控制這種競爭的是化學活度，只看全岩含量並不足夠。

對具有分帶的偉晶岩，這項區分格外重要。整體取樣可能沖淡僅數公分寬反應區的訊號。一顆Rhodizite反映的是其生長界面的局部條件。在提出形成反應前，須先以這一尺度研究它與長石、碧璽及含鈹礦物相的接觸關係。

從殘餘熔體到交代反應

兩種過程可能先後發生或部分重疊。岩漿結晶使部分元素從熔體中被帶走，不相容元素則在殘餘熔體中富集。其後的交代作用使既有礦物相溶解，伴隨物質轉移而沉澱出另一相。判讀交代組織可觀察殘留礦物、不規則反應前緣與交切關係，僅憑某種稀有礦物的存在不足以推定交代作用。

可藉岩相觀察重建事件的順序：被包入的礦物相，通常早於包圍它的那一部分形成，而切穿該部分的細脈則形成較晚。遇到再結晶等例外時，必須比對多項觀察。將化學分析放回這些關係中，才能探討鉀、銫比例的變化究竟伴隨晶體生長，還是後期轉變。

壓力、溫度與重建的限制

侵位深度、水含量及熔體成分都會改變固相線與礦物穩定範圍。因此，從另一處偉晶岩取得的溫度區間無法套用到所有Rhodizite礦床。充分鑑定的流體內含物、礦物組合的平衡關係，以及適當的實驗，可用來限定演化路徑；目前沒有本顆寶石專屬的壓力或溫度數值。

這項做法區分了證據較充分的演化歷程——分異、局部富集、結晶及可能的再搬運——與尚需量測才能量化的歷史。形成示意圖展示各作用之間的關係；教學剖面不代表某座真實礦場的地圖。

生長速率如何塑造晶形

晶體通常呈等軸狀，可見菱形十二面體晶面 {110} 與其他修飾晶面。Londonite 的描述記錄了 {221}、{211}、{111} 以及較罕見的 {100}。這些指數表示晶面方位。下方六個模型為晶形的理想化組合，模擬紋理表現生長的不規則性，並非六件天然標本的重製。[8]













Rhodizite－Londonite 系列的六種理論晶形。該系列中已有 {110}、{111}、{100}、{211}、{221} 晶形的記錄，圖中將各晶面的相對發育程度理想化。外形無法區分富鉀與富銫端元。來源：《Handbook of Mineralogy》的 Rhodizite 與 Londonite 條目。

04 · 物理與光學性質

物理與光學性質

下列數值是該礦物種或寶石學系列的文獻參考，個別寶石仍須實際量測。 [9]

折射率	n ≈ 1.689–1.693 · 文獻記錄的變化範圍
雙折射率	理想情況下為零，局部可能出現異常
光性與光性符號	光學均質體；無單軸晶或雙軸晶光性符號
光軸角 2V	不適用
多色性	等向性模型中不呈現

色散	0.018（B–G），Arem 記載、Laurs 等人引述的文獻值；本研究未測量
相對密度	約 3.22–3.44；研究所測寶石級材料為 3.34–3.42
硬度	莫氏硬度 8–8.5
解理／裂理	有不明顯解理的記錄；不應一概解讀為無解理
斷口／韌性	貝殼狀至不規則斷口；具脆性
光澤	玻璃至次金剛光澤

折射、反射與清澈度

光線穿過空氣與寶石的界面時，依司乃耳定律折射；在寶石內部，某些入射角會產生全反射。以折射率 n = 1.69 為例，寶石至空氣的臨界角為 arcsin(1/n)，約 36.3°。切工須引導這些光路：透過桌面所見的明亮區域，可能來自刻面角度與照明，而非內含物。

寶石轉動時，將周圍光線反射至觀察者眼中的刻面不斷更替。移動的閃光使光影有如流動。舊時用「水」形容寶石，指其清澈與透明，並未證實其中有可流動的水。 [10]

硬度衡量抗刮能力，韌性則關乎抵抗斷裂的能力；硬度高的寶石仍可能性脆。鑲座應保護稜線並避免局部受力。

05 · 色彩與螢光

顏色與螢光

黃色與透射光

對黃色寶石而言，到達眼睛的光譜中，某些紫光與藍光成分相對較少。所見色彩取決於照明、光在寶石中的路徑、切工與視覺適應。僅憑這種光譜分布，尚無法指認吸收中心；具體歸因前，須確認微量元素、其電荷狀態及所處晶格環境。

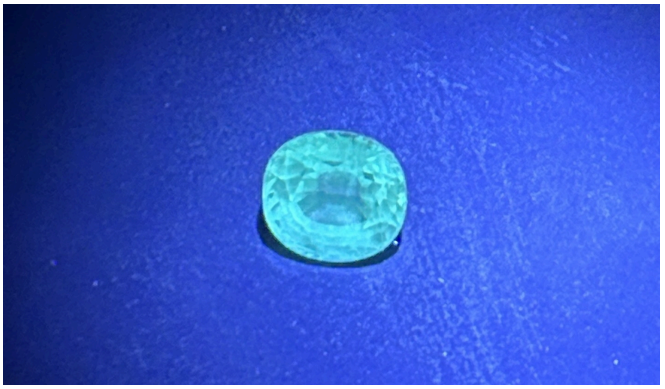
此系列材料可從無色到黃色、黃綠色。文獻已記錄其在輻照及光照下出現顏色變化。因此，更濃的色澤既不能證明鉻含量較高，也不能證明顏色更穩定。

紫外線激發下的發光現象

螢光是物質吸收能量後產生的發光，與反射光及透射光疊加，並非單純把日光下的色彩變亮。須註明光源波長，因為 254 nm 短波與 365 nm 長波紫外光可能以不同方式激發材料中的發光中心。



白光下的 1.55 克拉 Rhodizite。



長波紫外光 • 365 nm。Ultra Rare 觀察到淡藍色螢光；實物攝影。

此現象僅限於這顆 1.55 克拉標本，並非所有 Rhodizite 的共同特徵，也無從據此將發光歸因於某種特定活化劑。紫外光照片亦受燈具、曝光與感光元件影響；欲確定發射峰位置，需進行光致發光量測。

06 • 內含物

內含物與晶體生長的紀錄

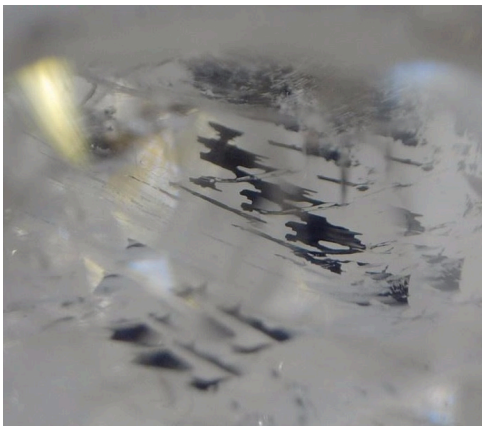
晶體內部的不連續面可透露生長、應力及可能的晚期流體活動。寶石學文獻記載了局部癒合的裂隙與分帶；偏光鏡有時也能顯示異常雙折射區域。這些觀察須分別解讀，光學上的明暗或色彩對比未必是外來物質。



依據有文獻紀錄的內部構造製作的示意圖，均非所售寶石的實物照片。

解讀影像，避免過度詮釋

癒合裂隙可保存由小空腔組成的網絡；稜角分明的面也可能是破裂面或生長界面。鑑定固態內含物不能只看外形，還應綜合突起度、光學性質、拉曼光譜，有時也須進行化學分析。已知某偉晶岩中存在一組共生礦物，並不表示每顆寶石都包入了其中的每種礦物。



一顆重 22 克拉的 Rhodizite 標本之高倍率顯微照片，這件標本預定加入 Ultra Rare 典藏。

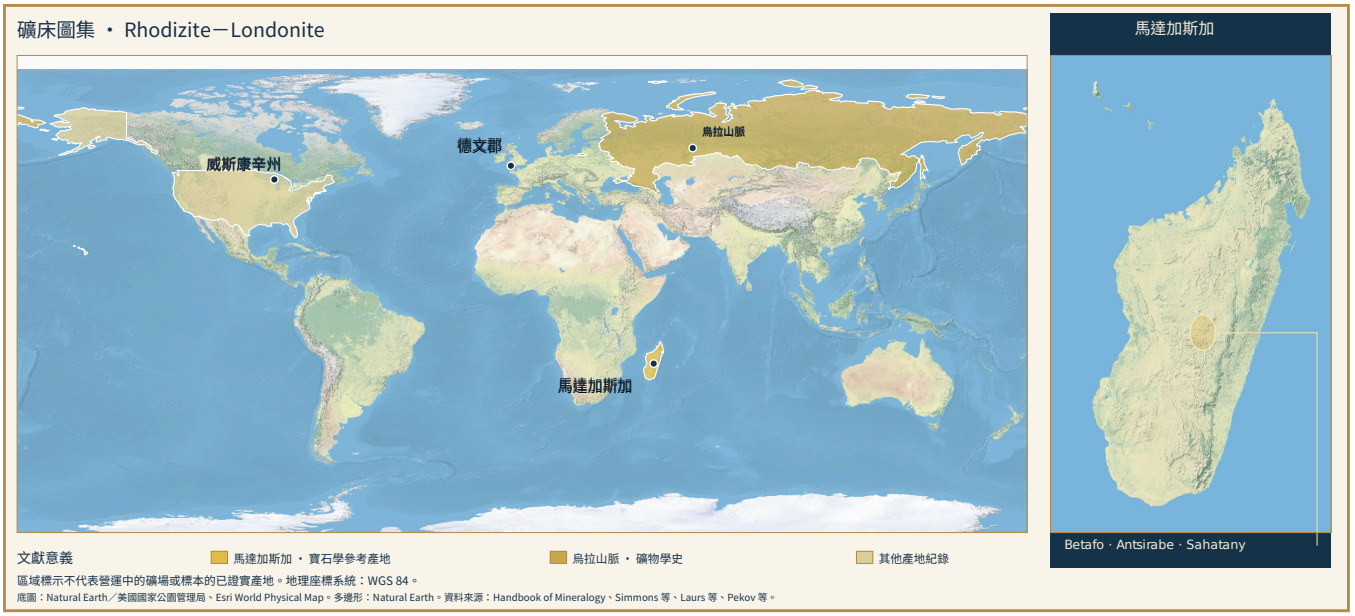
上圖可見稜角分明的形體與對比強烈的界面，可供觀察標本的內部幾何特徵。僅憑影像無法鑑定內含礦物的種類，亦不足以判定是否為液態內含物。圖中並非那顆肉眼潔淨的 1.55 克拉 Rhodizite。

---

07 · 礦床與產地圖集

礦床與產地圖集

礦物的出現地點與可切磨寶石的來源，回答的是不同問題。一國可能曾產出收藏級晶體，卻無穩定的寶石供應。此圖集標示該系列文獻所載的主要區域；顏色代表資料所反映的角色，而非開採量。



Rhodizite–Londonite 系列的文獻產地圖，按已知產地標示，未依當前產量排名。

整體	文獻紀錄
馬達加斯加中部	Betafo–Antsirabe 地區與 Sahatany 的偉晶岩，是認識本系列晶體與寶石的重要參考產地。
烏拉山 · 俄羅斯	歷史產地；部分標本原先標為Rhodizite，經分析後證實為Londonite。
英國德文郡	此處列有歷史產出紀錄，並不表示目前仍有寶石生產。
美國威斯康辛州	文獻已記載此礦物的產出；無法據此推論當地有寶石級材料供應。

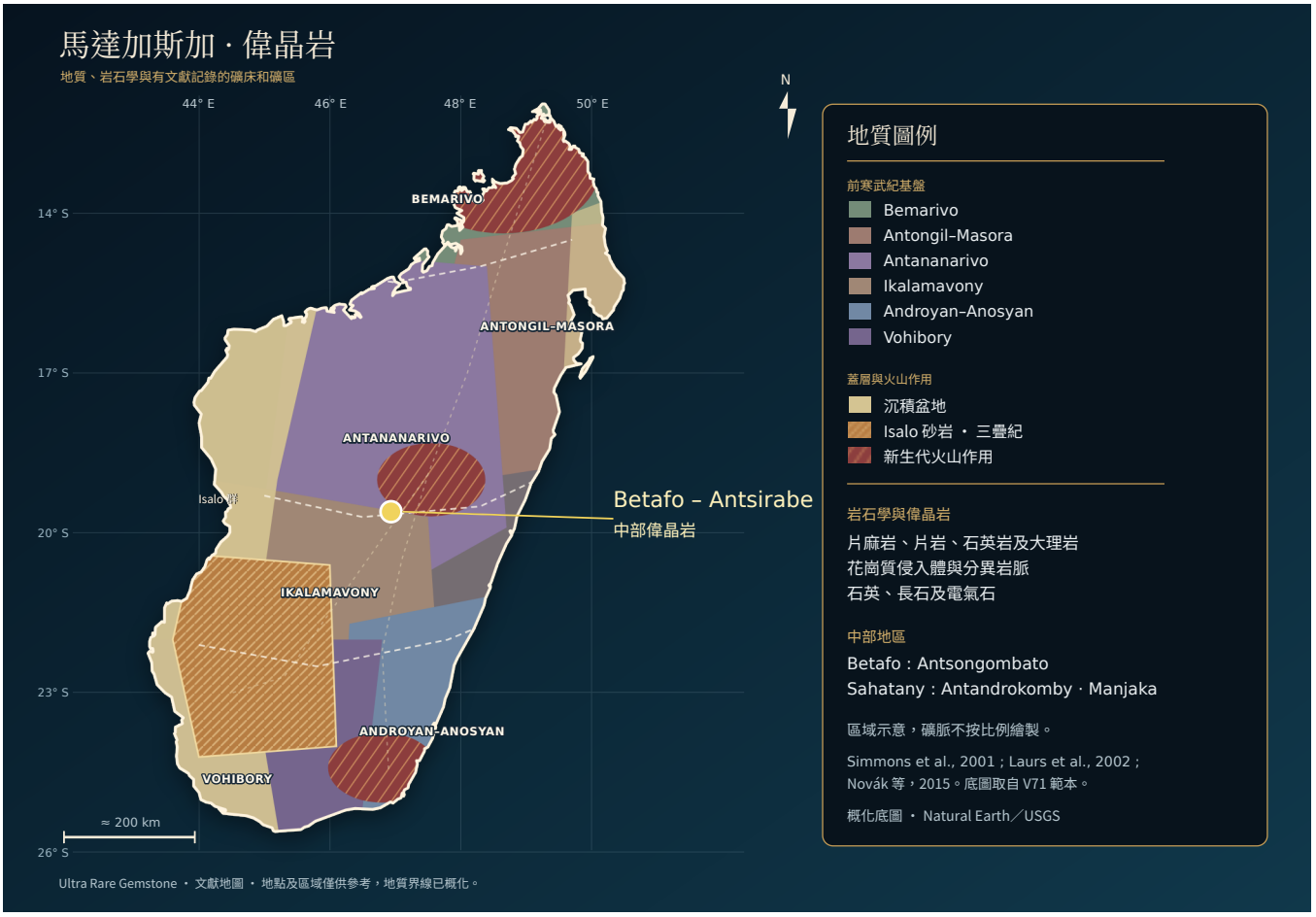
以整個系列為範圍繪製世界產地圖，既能保留歷來的鑑定脈絡，也保有現代礦物種的區分。歷史地名不代表該處目前仍有礦場營運。 [9] [2]

08 · 馬達加斯加

馬達加斯加：研究偉晶岩的天然實驗室

古老的圍岩，較晚形成的侵入岩體

馬達加斯加中部兼有變質地體與花崗岩侵入體。偉晶岩的年代晚於它所切穿的岩石，因此不能從基盤年代直接推算其形成時間。地質圖須區分區域框架、圍岩與偉晶岩體；後者往往過小，在全國尺度的地圖上難以呈現。



馬達加斯加地質與岩相背景。圖中僅標示偉晶岩的區域分布，不能據此證實這顆寶石的產地。

Antsongombato 與 Betafo 地區

Antsongombato 在 1998 年以前便已為人所知；該年是近代開採史上辨認出具潛力新礦體的年份。2002 年的寶石學文獻描述當地偉晶岩產於含片麻岩、石英岩、片岩與大理岩的變質岩系中。研究期間所記載的刻面成品約 300 克拉，是特定地點與時段的歷史數字，並非全球累計產量。 [11]

Antandrokomby 與 Sahatany 河谷

Antandrokomby 是 londonite 首次描述的產地，應與 Antsongombato 分別記載，不應將所有地名合併為同一座礦山。文獻所述的礦物組合包括長石、石英、碧璽，以及多種反映偉晶岩演化的礦物。礦物種的多樣性反映了多種富集機制與不同結晶階段。 [8]

Manjaka：岩石組織所記錄的反應

Manjaka 的例子說明，岩相觀察與礦物名錄同樣重要。鋰輝石附近與長石內部發育了細粒的轉化產物。它們的分布有助於推論反應順序與殘餘熔體的性質。若只列出礦物名稱，忽略彼此接觸與交代的關係，這些資訊便會流失。 [7]

從岩石認識晶體

重建Rhodizite的形成歷程，理想做法是結合它在礦脈中的位置、圍岩描述、共生次序、化學元素分布圖及結構分析，如此才可將鉀、銫變化與生長分帶比對。僅憑一顆晶體的成分，無法讀出絕對年代或指定地理產地。

據 Ultra Rare 提供的資料，這顆 1.55 克拉的 Rhodizite 來自馬達加斯加。未為此寶石指定確切礦區；文中列舉的地點旨在說明該國的礦物學背景。

Antsongombato：單一礦脈尺度的富集

Laurs 等人描述了 Itremo 群白雲質大理岩中的脈體。研究所及的含礦脈體長約 400 公尺，厚度僅 10 至 60 公分。晶體集中在演化程度較高的部位，許多嵌於礦物組合中，而非獨立生長於大型晶洞。部分品質最佳的區域伴生銫榴石與鋰輝石。上述觀察描述的是 2002 年研究的礦床，不代表目前的開採狀況。 [11]

共生組合提供線索，卻不限定單一反應途徑

銫榴石可作為銫的儲庫，鋰輝石則顯示此系統富鋰。它們與Rhodizite－Londonite共生，有助於理解鹼金屬在各礦物相間的分配；這並不代表所有銫榴石均會轉變成Londonite，也不表示銫只進入單一礦物相。評估時須納入長石及其他礦物，考量其豐度、成分與生長次序。

矽酸鹽熔體與大理岩接觸會產生成分梯度，也提供物質交換的途徑。鈣、鎂、二氧化矽及揮發性成分皆可參與局部反應。描述這些梯度有助於提出可檢驗的假說；若要寫出具體的平衡反應式，則須先鑑定、分析實際相互接觸的礦物相。

09 · 寶石處理

處理方式與色澤保存

此系列材料已有以輻照增強黃色的紀錄。實驗也顯示，接受輻照的材料及部分天然呈色樣品，在光照下可能逐漸褪色。特定實驗系列的結果不能直接換算成適用所有樣品的褪色速率。

「未見處理跡象」與日後能否保持穩定，是兩項不同的資訊。實驗室結論針對已進行的檢測，並不代表做過長期光穩定性試驗。依相關文獻，收藏時宜避免長時間曝曬於陽光或紫外光下，也應避免高溫。刻意曝曬來試驗穩定性，反而可能改變寶石。

以溫水與肥皂輕柔清洗，再小心拭乾，可減少寶石受力。撞擊、溫度變化與珠寶加工方式，宜事先與工坊討論。即使達到肉眼潔淨，鑲嵌時仍須妥善保護晶體。

10 · 稀有性

稀有性與收藏標準

產出

Rhodizite需要多項少見條件齊備：分異程度足夠的偉晶岩環境、可供反應的必要組分、合適的礦物組合，以及晶體得以保存。礦物種在地質上的稀有程度，無法僅以市面可見的克拉數衡量。

已知產地數量、開採量與市場上可取得的寶石，三者的統計基礎不同。若要進行地質上的定量比較，須有可相互對照的全球清查資料，本篇並未彙集這類資料。

珍稀之中的珍品

若同時要求有文件支持的礦物身分、悅目的顏色、肉眼潔淨、比例協調的切工，以及超過一克拉的重量，可入選的材料便大幅減少。每一項條件都排除部分原料，這些條件也彼此牽動：為保留較潔淨的區域，有時必須大幅犧牲成品重量。

這個家族中的優質寶石既可佩戴，也值得研究。報告、尺寸、忠實影像與保存下來的歷史，使其稀有性有可供核對的依據；這些資料並非對未來價值的承諾。

評估

根據 Ultra Rare 對稀有程度的數量級估計，Rhodizite 的地質產出約比鑽石罕見 50 萬至 100 萬倍。若將鮮黃色、肉眼潔淨的刻面寶石與超過一克拉且肉眼潔淨的鑽石相比，則估計超過 100 萬倍。

這些倍數是 Ultra Rare 的編輯估計，並非來自全球統計調查或可重現的地質出現頻率計算。文獻記錄了有利地質環境和可供切磨原料的侷限，但並未確立上述倍數。

鑑定：交叉比對各項證據

綜合判讀各項寶石學證據

折射率、比重、光性、顯微特徵與紫外反應可協助判斷身分，但單一測試未必能區分系列內的所有成員。異常雙折射可能反映應力或生長區域的差異，單憑此現象不足以排除立方晶系礦物。

根據化學組成判定礦物種

區分Rhodizite與Londonite須分析鹼金屬的原子比例。若晶體具有分帶，最好同時掌握各區的空間分布。X 射線螢光分析適用於多種元素，但單靠此法難以準確表徵 Li、Be、B 等極輕元素。適當的雷射剝蝕感應耦合電漿質譜（LA-ICP-MS）或其他專門技術可補充化學資料；剝蝕會造成微量損傷，使用前須有充分理由。

平均測值可能掩蓋不同區域的差異。研究時應比較多個分析點、分帶影像與分析不確定度，再依主要成分占位規則命名。繞射可確認晶體結構，但若不同礦物種具有相同骨架，僅憑結構不能決定種名。

為何僅做定性分析仍不足

同時檢出 K 與 Cs，不代表已判定哪一種元素的原子占比居多。X 射線譜線的原始強度受基質、幾何條件與儀器靈敏度影響，必須校正並換算才能得到濃度。輕元素 B 與 Be 的分析另有困難；計算得到的化學計量比雖有參考價值，卻不能當成每項成分的直接量測結果。

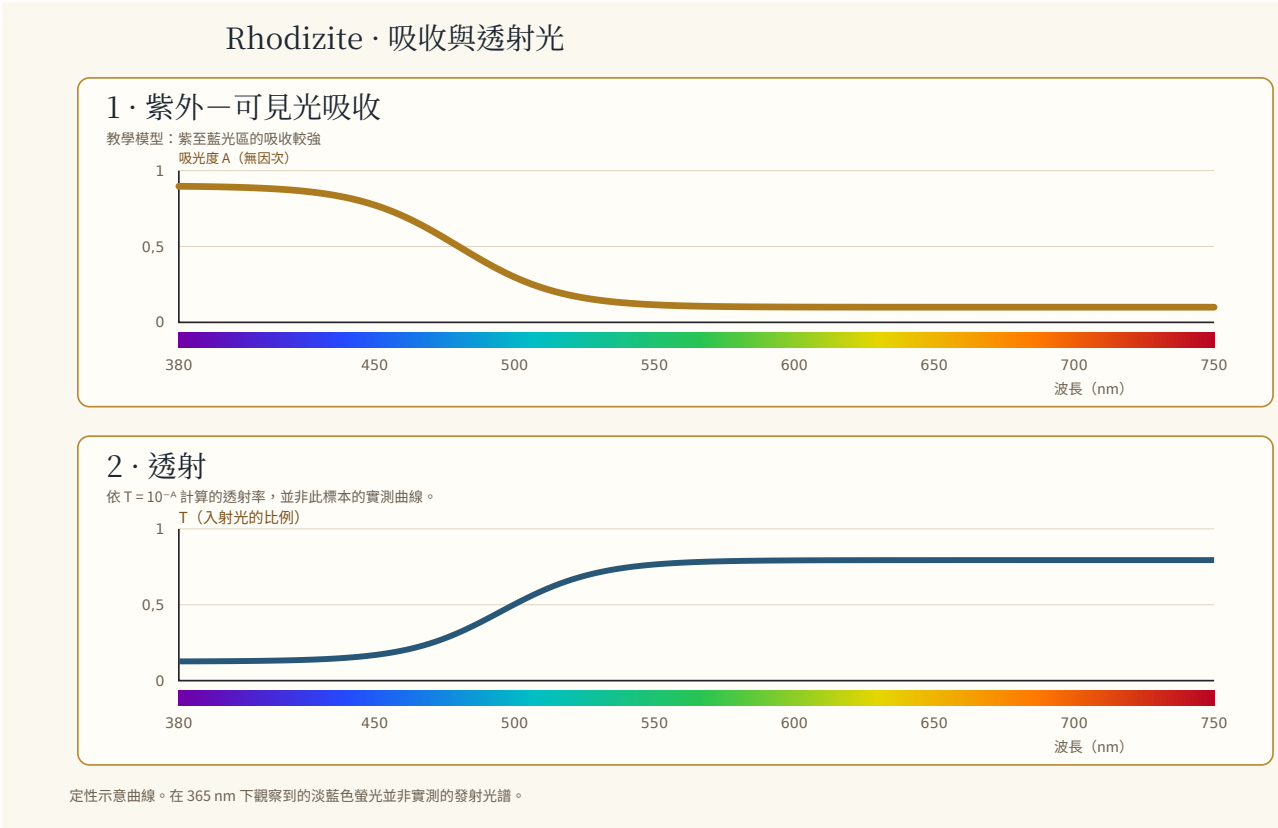
背向散射電子影像有助於辨識成分差異：在幾何條件與取像設定相近時，重元素較多的區域可能較亮。此對比可指引分析點的選擇，實際含量仍需定量量測。對多個區域進行點分析，可避免把單一區域的成分當作整顆寶石的成分。

光譜學：區分顏色、結構與發光

紫外—可見—近紅外

分光光度計量測光強度隨波長的變化。透射率 $T = I/I_0$ 與吸光度 $A = -\log_{10}(T)$ 相互關聯。在均勻光程的簡化條件下，穿透厚度增加時，吸光度也升高。對刻面寶石而言，內部反射及量測幾何會使解讀更複雜。

下圖僅展示紫光至藍光區的吸收增強時，為何會使透射光偏黃。曲線為解說此機制而繪製，並未標示在Rhodizite上實測到的鑑別性吸收帶。



吸收與透射：教學模型示意，非本標本實測光譜。

拉曼與紅外光譜

拉曼光譜分析與振動相關的頻移；紅外光譜量測振動吸收。兩者依不同的選擇定則探索晶體結構。橫軸通常以 cm^{-1} 表示，有別於可見光譜所用的奈米。

Frost 與合著者曾發表一件 Antandrokomby 樣品的振動光譜研究，討論含 B、Be 及 Al 基團的振動模式。研究者在該樣品中未觀察到 OH 伸縮振動的拉曼帶，但此結果無法證明整個系列都不含水或內含物。 [12]

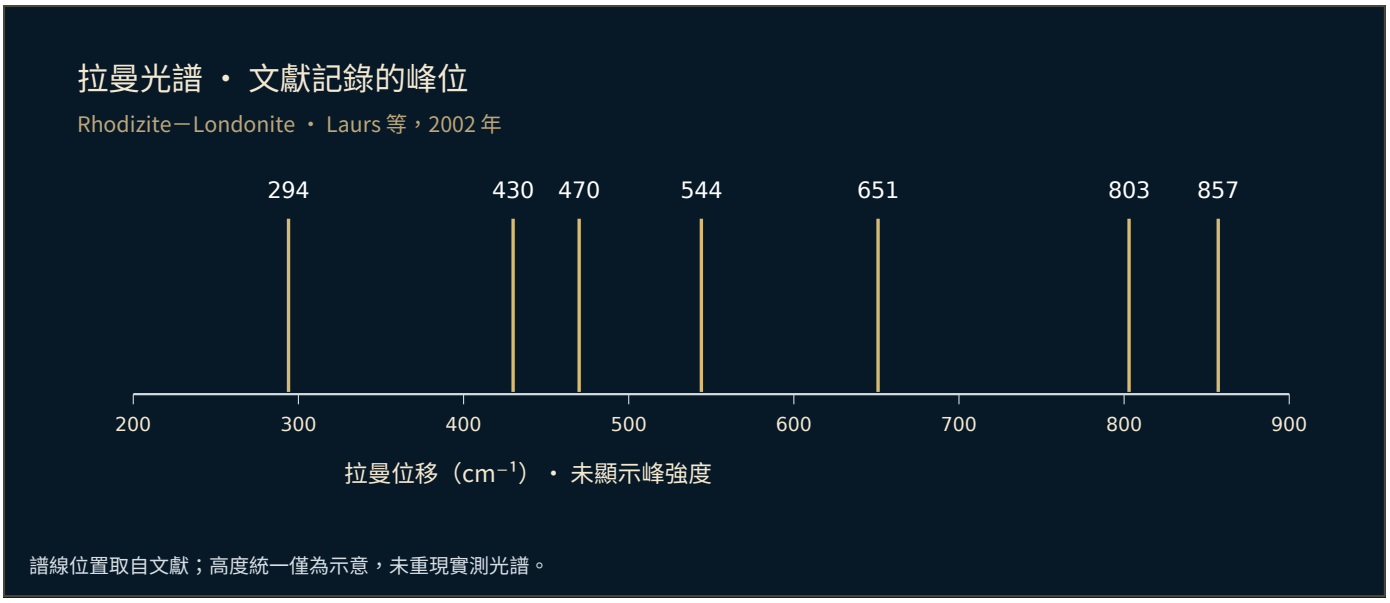
光致發光：

測量發射光譜時，須記錄激發波長、光源濾光條件、偵測器響應及取樣設定。365 nm 激發下肉眼所見的淡藍色，可作為設計量測方法的線索，但無法據此將譜線指定在某一確切波長。此處未在欠缺光譜證據的情況下，將譜線歸於鉻或稀土元素。

吸收光譜、拉曼、紅外與光致發光分析回答互補的問題。發射曲線無法取代鹼金屬成分分析，化學鑑定本身亦不足以預測色澤。

文獻所載的振動特徵

Laurs 等人研究的系列在約 430 與 470 cm^{-1} 處可見拉曼訊號，並在約 294、544、651、803 與 857 cm^{-1} 處伴有較弱譜帶。Rhodizite與Londonite的峰位相近，反映兩者共有的骨架；這些峰位不能代替鉀－銫成分分析。 [11]



依研究問題選擇方法

方法	所查資料	注意事項
UV–Vis–NIR	電子吸收與顏色的成因	光程與雜散光
拉曼	晶體骨架振動；部分內含物的鑑定	取向、背景螢光、解析度
FTIR	振動吸收，以及晶體結構或內含物的貢獻	樣品厚度與吸收帶飽和情況
光致發光：	特定激發條件下的發光光譜分布	濾除激發光並校正偵測器響應
定量微區分析	元素占位與優勢鹼金屬	校正、輕元素與分帶

解讀 Ultra Rare 標本

鮮黃色 Rhodizite · 1.55 克拉

LFG 報告第 406040 號（2023 年 12 月 1 日）鑑定此石為透明、鮮黃色的 Rhodizite，枕形，採明亮式與階梯式切割。尺寸為 6.84 × 6.32 × 4.64 mm；報告結論為「未見處理跡象」。



所示寶石之實拍照片。

據 Ultra Rare 所述，此石產自馬達加斯加，肉眼潔淨。在 365 nm 長波紫外光下觀察到淡藍色螢光。白光影片攝於 6000 K LED 光源下。價格請洽詢。

查看這顆寶石 →

即將加入典藏的 22 克拉標本

「內含物」一節的顯微照片顯示另一顆預定加入典藏的標本，據提供資料重 22 克拉。LFG 406040 號報告以及對 1.55 克拉枕形寶石的觀察結果，均不適用於這顆標本。

方法、結論與參考資料

本篇綜合 Ultra Rare 提供的文字、礦物學文獻及標本文件。生長模型、二元系統剖面與吸收曲線用於教學；晶胞採用已發表的原子座標。實物照片與合成的原石示意圖及珠寶設計構想分別呈現。

Rhodizite將元素富集的地質過程與原子占位的礦物學連結起來。它與 londonite 的親緣關係反而凸顯其身分：有時必須經過細緻分析，才能為寶石正確命名。從偉晶岩到切磨成品，透明石身中保存著肉眼無法完全解讀的歷史。

主要參考文獻與延伸閱讀

1. Pring et al. (1986). The crystal chemistry of rhodizite: a re-examination. Mineralogical Magazine 50, 163–172. 座標：AMCSD 0014483。
2. Pekov et al. (2010). Londonite from the Urals, and new aspects of the crystal chemistry of the rhodizite–londonite series. Canadian Mineralogist 48, 241–254.
3. Bosi et al. (2024). CNMNC Newsletter 80. European Journal of Mineralogy 36, 599–604. Touretite, IMA 2023-003a.

4. Černý & Ercit (2005). The classification of granitic pegmatites revisited. Canadian Mineralogist 43, 2005–2026.

5. London (2022). A Rayleigh model of cesium fractionation in granite–pegmatite systems. American Mineralogist 107, 82–91.

6. London (2014). A petrologic assessment of internal zonation in granitic pegmatites. Lithos 184–187, 74–104.

7. Novák et al. (2015). Boralsilite and Li,Be-bearing “boron mullite”, breakdown products of spodumene from the Manjaka pegmatite, Sahatany Valley, Madagascar.

8. Simmons et al. (2001). Londonite, a new mineral species: the Cs-dominant analogue of rhodizite from the Antandrokomby granitic pegmatite, Madagascar. Canadian Mineralogist 39, 747–755.

9. Handbook of Mineralogy. Rhodizite 與 Londonite。Mineralogical Society of America。

10.《Larousse》「Eau」詞條：珠寶用語，指寶石的清澈與透明。

1. Laurs et al. (2002). Rhodizite–Londonite from the Antsongombato Pegmatite, Central Madagascar. Gems & Gemology 38, 326–339.

2. Frost et al. (2014). The molecular structure of the borate mineral rhodizite — A vibrational spectroscopic study. Spectrochimica Acta A 128, 291–294.

ULTRA RARE GEMSTONE ・ 奢華 ・ 美 ・ 稀有 ・ 科學 ・ 自然 ・ 傳承