

文·圖 莊文星

人眼睛所能看到的光是電磁波的一種，稱為可見光。電磁波依波長由長至短（或頻率由低至高）分為無線電波、紅外線、可見光、紫外線、X射線、射線等，可見光僅是其中極微小的一段（圖1）。當一束光或日光通過三稜鏡的斜面時，由於折射的關係，將日光中的各波長光線分離，產生了彩虹般光帶的光譜。太陽光的光譜中有一小段是人眼睛所能感覺到的光，稱為可見光。這一小段光是紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫。光譜中的紅光到紫光，波長逐漸變短。紫外線的波長小於可見光的波長，而紅外線的波長大於可見光。可見光的波長範圍在380 780毫微米（奈米），即3800 7800Å（埃）。光的波長愈短能量愈強，穿透率愈大。光譜中紫光外側的光波稱為紫外線，它是人眼睛看不到的光，紫外線是一種比可見光（400 700毫微米）波長短的光線，其波長範圍大約在100 380毫微米之間。由於其波長短於可見光中的紫光，習慣上稱為紫外線。根據紫外線的波長範圍劃分，380 300毫微米的稱為長波紫外線，300 200毫微米的稱為短波紫外線，200毫微米以下的光易對人體產生傷害，一般不用。某些物質受到紫外線的照射時，可產生化學變化。人體的皮膚、器官、眼睛等接受過多的紫外線照射，將產生危害。紫外線亦具有殺菌功能，但它可以被玻璃吸收，因此炎夏戴太陽眼鏡有助於眼睛的保護；同時於玻璃櫥窗展示櫃外照射紫外燈，透過玻璃，由於玻璃的阻隔吸收，就失去了功能無法顯示出螢光色彩。礦物的螢光性是指礦物在外來能量的激發下（紫外光或X—光），發出可見光的性質。如果

由螢光礦物漫談夜明珠

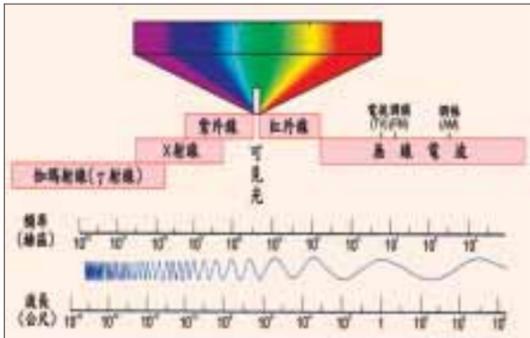


圖1.電磁波波譜示意圖

礦物在外界能量的激發下發光，當激發作用一旦停止，發光現象在瞬間極短的時間（ 10^{-8} 秒）迅速消失，這種發光現象稱為螢光，若在激發作用停止後，發光仍能持續達 10^{-8} 秒以上時則稱為熾光。當紫外線照到螢光物質時，可以激發產生螢光。螢光應用的範圍很廣，如日光燈、螢光燈、映像管等。螢光燈因低壓水銀蒸氣內的弧放電，會產生大量的紫外線，利用此原理在玻璃管內塗上螢光物而製成的螢光燈，所發射出來的螢光，比傳統鎢絲燈泡放出的光，效率大於5倍以上。螢光現象是指物體被高能量，即波長較短的光照射時，表現為不同顏色的色光現象。這種照射通常由紫外線或X—射線（光）等提供（圖2、3）。一般螢光物質，當紫外線等光源的照射停止時，剎那間螢光便立即消失。當光照射停止後，如果物體仍能在一定的時間內繼續發光的話，這種發光現象，稱為磷光現象。磷光現象的應用很廣，如夜光塗料或夜明珠等。

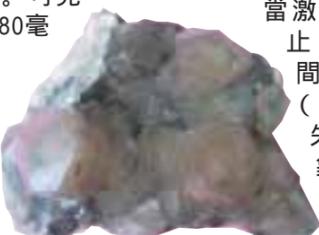


圖2.方解石（白光）

螢光體泛指會發出螢光的物體，如鹼金屬的硫化物、稀土元素的鹽類等。在各種有機物中，



圖3.方解石（短波紫外光254nm），由於方解石中所含雜質微量元素Mn²⁺之不同而具差異極大的螢光現象（方解石結晶體，藍紫色；四周基質方解石，紅色）。



圖5.鋅鐵尖晶石/方解石（短波紫外光254nm）之螢光酷似熾熱熔岩

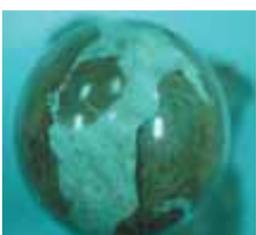


圖6.白光下矽鋅礦（棕色）一方解石（白色）



圖4.鋅鐵尖晶石/方解石（白光）

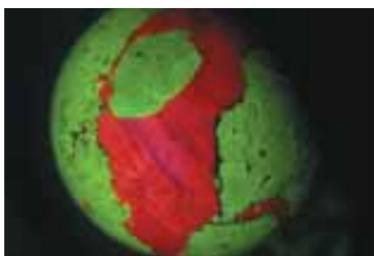


圖7.短波紫外光下矽鋅礦（綠色）一方解石（紅色），現象似地球海陸分布。



圖8.方解石夜明珠（白光）

螢光體的種類繁多，常見的螢光染料或稱螢光漂白劑，指吸收可見光或紫外線而發出藍光的染料。螢光染料將使泛黃的纖維因螢光會補足纖維的散亂光，看起來增加潔白度而產生螢光增白。自然界中有些礦物能產生螢光，稱為螢光礦物，如螢石、方解石、矽鋅礦等（圖2 5）。早在19世紀初期，歐洲史托克斯曾發現並描述當螢石受到強烈陽光照射時會發出藍紫色的光輝。史氏將這種來自螢石的發光現象稱為螢光。事實上，自然界中的螢光礦物並不只侷限於螢石，而且不同產地的螢石螢光現象亦有極顯著的差異。到底螢光是如何產生？常見的螢光礦物有哪些？欲揭開螢光的神秘面紗，必須由物質的基本單元原子談起。原子由質子與中子組成的原子核和圍繞其運轉的電子組成。通常電子所繞行的軌域可分成數個，而每個軌域有固定的能階，而離原子核愈遠愈外圍的能階愈高。

螢光礦物通常含有一些微量的過渡元素，這些微量元素並非組成此種礦物的主要成分，可說是雜質，如方解石（CaCO₃）中的錳（圖3）。微量過渡元素原子中的電子若受到紫外線的照射轟擊，有可能吸收能量而從低能階基態的軌道，提升到高能階激發態的軌道中運行。一般高能階激發態的電子是極不穩定的，因此停止而無外加能量（紫外光等）供應時，電子將瞬間迅速折返回低能階基態軌道並釋放出能量。其所釋放的能量必小於原先所提供的紫外光（或X—光），也就是由波長較短的激發而產生波長較長的光，如剛好落入可見光的範圍，那就產生肉眼所能看見色光的螢光。換言之，波長短能量大的射線可以引發X射線，而X射線或紫外

線可能誘發產生螢光。全世界各地所產重要的螢光礦物約有四、五十種。相同的礦物因產地的差別，其雜質微量元素的不同，激活劑含量的多寡而致螢光效應亦有很大的區別。因此螢光檢查亦可應用於礦物和寶石之鑑定，同樣的天然寶石祖母綠與合成祖母綠在紫外燈光下，由螢光現象之強弱有無，就立見分曉。

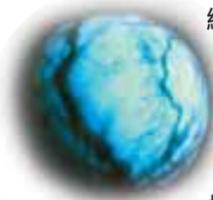


圖9.方解石夜明珠（熾光）



圖10.合成夜明珠與夜光石（白光）

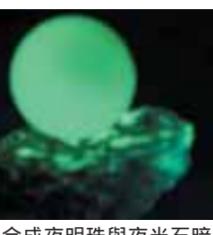


圖11.合成夜明珠與夜光石暗室發熾光

螢光礦物展示構思
螢光礦物展示除展現紫外光下，五顏六色的花花世界與礦物之美外，一些新奇的構思有其必要。例如利用鋅鐵尖晶石一方解石展現熾熱的熔岩（圖4、5），或由矽鋅礦一方解石呈現地球之海陸分布、板塊運動與大陸漂移（圖6、7）。當然展示時最好還是採旋轉式動態的呈現較靜態呈現活潑。

夜明珠

五、六 年代之禁書厚黑學（李宗吾著），有一段描述1928年孫殿英盜慈禧太后及乾隆皇陵之一幕，曾提及一片漆黑的墓穴，夜明珠乍現亮光，十分神奇。有些螢光礦物具有熾光特性（圖8、9），抑或可由熱或敲打撞擊而發光，如螢石、方解石與石英等。

近二年來市售夜光石或夜明珠（圖10、11）膺品假貨充道，考其成分多屬只需短時間自然光或燈光照射即可維持整夜發光之夜光粉或螢光粉材料，如含微量稀土元素Eu、Dy、Nd之SrAl₂O₄化工原料（圖12）。詳細超能夜光粉資料參考下表。

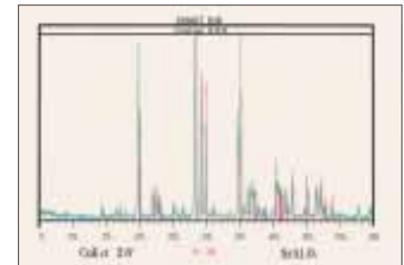


圖12.合成夜明珠或夜光石之粉末X—光繞射圖譜，鑑定為夜光粉原料SrAl₂O₄。

顏色	黃 綠	藍 綠	藍	藍 紫
化學式	SrAl ₂ O ₄ 含微量 稀土元素Eu、Dy	Sr ₂ Al ₂ O ₇ 含微量 稀土元素Eu、Dy	SrAl ₂ O ₄ 含微量 稀土元素Eu、Dy	CaAl ₂ O ₄ 含微量 稀土元素Eu、Nd
光譜主峰	500 ± 4 nm	490 ± 3 nm	520 ± 3 nm	440 ± 3 nm
餘輝持續時間	20小時以上	25小時以上	15小時以上	10小時以上

備註：資料參考 <http://www.colour.com.cn/bg5/yeguanguang.htm>