

# 地球地質歷史的基本特征

地質礦物學博士 П. Н. 克魯淮特金

地球表面的地形在不斷地發生變化，某些地方發生岩石的沖刷，另外一些地方則發生沉積物的堆積。在沉積岩之中，依據它們生成的條件，可以分成海相沉積岩和分布較小的陸相沉積岩，即湖泊、沼澤和河流的沉積物。此外，如上所述，沉積岩還可以根據成因分成四類。這就是：（а）碎屑沉積岩或陸屑沉積岩，由其他岩石的碎屑構成（其中包括大量的砂質沉積物、泥質沉積物和礫質沉積物）；（б）生物沉積岩，主要由動植物遺體堆積而成（石灰岩，煤，可燃性有機岩）；（в）化學沉積岩，由於溶解於海水、瀉湖水和湖水中的鹽的沉淀而堆積下來的（石膏，岩鹽或食鹽，鉀鹽，許多白云石）；（г）火山沉積岩，由火山灰（凝灰岩）或噴出的熔岩產物組成。常常遇到混合成因的岩石，如泥質石灰岩（泥灰岩等）、火山碎屑岩等。

三個最重要的因素——地殼運動、氣候和生物作用——改變着地殼的地形，決定着水底形成的各種沉積岩的性質和成分。地殼運動及與其相聯系的岩漿作用是這些因素中間最主要的。它們決定着地形的基本特點，從而決定着沖刷區和沉積區的位置。生物遺體堆積的可能性，以及海盆地的這些特點，如化學沉積物沉淀所必需的高得不正常的鹽度，都在頗大的程度上決定於這兩個因素。

知道了這一類或那一類沉積物在某一區域如何分布，我們就能夠闡明礦產分布的規律性。例如，某些類型的磷鈣土、鐵礦、錳礦和鋁礦於地槽發育的一定階段沉積在地槽的海盆地里。含鹽沉積和煤產在大陸台邊沿的邊緣拗陷內，即在於鄰近的地槽區交界的地方，並且通常也是在這些拗陷最後干涸以前不久，於它們發育的一定階段沉積下來的。

大部分金屬礦床按其成因與地槽區和陸台褶皺基底的火成岩有關。這里與超基性和基性火成岩侵入體有關的有鉻礦、銀礦和鉑礦，與花崗岩侵入體有關的有含金脈、錳礦、鎢礦、鉬礦、銅礦、鉛礦和鋅礦。某些銅礦和含有汞、銀等金屬的礦床，與地面的火山作用有關，並且形成在不太深的地方。

如上所述，礦床的普查與勘探，是以研究大片地殼的地質構造與地質歷史為基礎的。在研究地質構造

時，我們必須首先確定地層堆積的先后次序。用這種方法可以弄清地層的層序，即該區域或該構造單位所特有的從最老沉積物到最新沉積物的正常順序。這時候，沉積物的地質年代可根據古生物資料，即根據動物遺體（貝殼、骨骼等）和沉積岩中的植物印痕來鑑定。然後，地質學家再去研究岩石產狀的變動，即研究這些沉積物中產生的褶皺和斷層，以及研究火成岩的產狀、礦物成分和化學成分。把所有這些資料綜合起來，就可以十分完整地恢復該區的地質歷史。把整個地球的地質歷史的資料綜合起來的科學叫做歷史地質學。正是這一門歷史地質學提供了一把認識地殼發展及礦產分布的最重要的規律性的鑰匙。

像人類歷史一樣，地殼歷史也按順序分為代、紀和世。地質年代表是用研究地層層序及其中所含的化石的方法制定出來的。根據對放射性礦物的研究，可以算出每紀開始和結束的絕對年代（根據放射性元素分裂的速度）（表1）。形成於20億年以前的最古老的岩石露出於前寒武紀結晶地殼上。

表 1

絕對地質年代表（據馬爾勃里等）

代	紀	開始和結束 (百萬元)	近似的延續時間 (百萬元)
新生代	第四紀.....	0—1	1
	第三紀 } 上第三紀.....	1—23	27
		下第三紀.....	23—60
中生代	白堊紀.....	60—130	70
	侏羅紀.....	130—155	25
	三疊紀.....	155—185	30
古生代	二疊紀.....	185—210	25
	石炭紀.....	210—265	55
	泥盆紀.....	265—320	55
	志留紀.....	320—360	40
	奧陶紀.....	360—440	80
	震旦紀.....	440—520	80
元古代		520—1100	580
太古代		1100—2300	1500

地球形成開始到今天所經過的時間……4000—6000。

地質學家很好地知道寒武紀開始以來即最近5億年的地殼歷史。合起來總稱為前寒武紀的太古代和元古代的歷史研究得還很差，因為在前寒武紀沉積物中幾乎沒有保留下來可供鑑定的古生物的化石。

現在我們極其簡要地來談談從太古代到今天的最重要的地質歷史事件。

前寒武紀沉積在結晶地盾和古生代褶皺系的軸部露出于地表。它們幾乎到處都擠成褶皺，並披花崗岩和其他火成岩的許多侵入體所貫穿。太古代的沉積特別是如此，它以強烈變質的岩石——結晶片岩和片麻岩為代表。雖然如此，但在其中還可以辨認出所有最主要的各類沉積岩——砂質岩、泥質岩、火山沉積岩、灰質岩、與生物作用有關的碳質岩，以及稱為冰積泥的冰川沉積。在太古代末或元古代初的沉積物中常常遇到稀少的生物遺體，這就表示當時存在有各種動物（原生動物、海綿、蠕形動物、軟體動物、甲壳動物）和海藻，即最原始的植物。

所有這些都表明，在5億年以前，地球表面上就已經隆起了高地，當時河流沖刷着它們，把碎屑物質帶入海中，並且表明，當時存在有海洋、冰川和那種使生物得以發育的氣候，這種氣候很可能與現代氣候相差無幾。此外，從生命出現起，必然要經歷一個更為漫長的時期，這樣在太古代末期才能夠存在如此多樣的海生動物群。顯而易見，從地球開始存在起，生命就在地表的水池中出現了。

太古代地層的強烈揉皺，它們的變質和花崗岩侵入體的大量貫入這些岩石，證明現代結晶地盾上于太古代曾存在過地槽褶皺區。太古代地盾中存在有大量的火山岩這一事實與這個推斷相一致。

元古代沉積在某些地區具有與太古代沉積幾乎相同的性質，但在其他地區內則具有平靜得多的產狀。顯而易見，在元古代，現代大陸就已經分成兩類極其重要的構造——陸台和地槽區。但在元古代首次出現的陸台，在規模上要比現代陸台小得多。元古代地槽中的褶皺作用和無數的侵入作用，促使這些稱為“克拉通”的剛性陸台擴大，這種陸台構成了每個大陸的核心或骨幹。在北美、南美、非洲（與阿拉伯）和澳大利亞，我們各發現一個巨大的前寒武紀陸台，而歐亞大陸則包含四個巨大的陸台——東歐陸台（與波羅的地盾和烏克蘭地盾）、西伯利亞陸台、中國陸台和印度陸台，它們之間隔以晚期的褶皺帶。

古生代大約經歷了335 000 000年，此時地球上的生物進一步發展。在古生代的下半期，脊椎動物——水中的魚類，陸上的兩棲類和爬行類——開始起巨大的作用。植物在寒武紀就已經定居陸地，而在石炭紀則達到空前的興盛。它的遺體堆積成巨大的煤礦，因此這一紀便稱為“石炭紀”。古生代十分明顯地分成兩部分，相當於下古生代（加里東）造山旋迴和上古生代（海西）造山旋迴。前寒武紀陸台到了古生代末期

被夷平，變成了低地和不高的平原；由於波及這些陸台的平緩的地殼拗折作用，這些低地或平原時而出海面，時而沉入海面以下。今天為前寒武紀地盾所占的地方，這時也和以後一樣，具有穩定的向上隆起的趨勢。陸台上拗陷的地方，堆積了古生代地層，有的地方厚達幾百甚至幾千公尺（特別在邊緣拗陷內——前烏拉邊緣拗陷、阿巴拉契亞邊緣拗陷等）。

發生海侵的時候，即海岸綫向陸地方面遷移的時候，寒武紀和奧陶紀的海水淹沒了幾乎整個西伯利亞陸台和中國陸台，以及大部分的北美陸台和東歐陸台，而只有地盾沒有被海水侵佔。泥盆紀末期和石炭紀期間，海水廣布於東歐陸台、中國陸台和北美陸台的西南部，而西伯利亞陸台從泥盆紀開始就已成爲陸台，以後除了它的邊緣部分外幾乎不再被海水淹沒了。除了海相沉積外，陸相沉積也大大地發育（例如，莫斯科盆地中的含煤沉積）。

古生代海侵在南面一組陸台——南美陸台、非洲陸台、印度陸台和澳大利亞陸台——上規模不大，僅侵襲了它們的邊緣部分。古生代末期，即上石炭紀和二疊紀，這裡開始堆積厚厚的陸相含煤沉積和冰川沉積。這一時期的冰川作用囊括了南緯 $20^{\circ}$ 和 $30^{\circ}$ 之間的三個南部大陸上和印度境內（北緯 $20^{\circ}$ ）的廣大面積，它是歷史地質學中的疑難之一。很可能，這一冰川作用與前寒武紀地盾的某些地段的暫時隆起有關，當時這些地段大大高出海面，以致在其上面開始堆積了萬年雪。看來，當時經過穿過今天為大西洋和印度洋所占的地方的地峽，在南美、非洲、印度和澳大利亞之間存在有一條陸路。這些陸地在中生代初期還保存着，但在以後就沉入海面以下。

古生代的地槽區除了包括大部分現代地槽區以外，還包括東歐陸台與西伯利亞陸台之間、它們之南以及西歐和北美大西洋岸邊的廣大地區。貝加爾湖附近、薩彥嶺、庫茲涅茨阿拉套山脈、挪威、英吉利、愛爾蘭、紐芬蘭、北美東岸其他地段、格陵蘭等地區內的地槽，由於下古生代（加里東）褶皺旋迴的結果封閉了，也就是不再被海水所淹沒，而變成了大陸陸台。包括發生於泥盆紀、石炭紀和二疊紀的變動的上古生代（海西或華力西）褶皺旋迴，使得烏拉爾、阿爾泰、中哈薩克斯坦、天山、崑崙山、西歐（德國、法國、西班牙）、阿巴拉契亞山脈、南非和東澳山脈等地區內的地槽的廣大面積被疏干。在所有這些地區內，在地槽的位置上產生了褶皺山脈，從而大大地增大了陸地的面積。三個古老的陸台——東歐陸台、西伯利亞陸台和中國陸台——在古生代末期聯合成爲一個巨大的陸塊，而以特提斯海與非洲和印度斯坦區隔開；

特提斯海經過地中海、高加索、伊朗和喜馬拉雅而入印度支那和印度尼西亞地區。

中生代大約經歷了125 000 000年。在動物界中，此時昆蟲類、某些軟體動物（菊石類，箭石類）、脊椎動物中的爬行動物大大地發展起來。出現了鳥類和哺乳動物。在白堊紀出現了顯花植物（被子植物），代替了古生代和中生代初在植物界中占統治地位的樹蕨類、木賊草和松柏類。它們到了中生代末期有了飛快的發展，而在下一個代——新生代里，已經在地面植物的組成中起着主導的作用。

新生代（60 000 000年）——這是哺乳動物的全盛時代，也是地球上人類出現的時代。最後一億年——所謂第四紀——的一個重大事件就是冰川作用，它以整片的冰蓋籠罩了歐洲、亞洲和北美洲的北部。

在中生代和新生代期間，大陸的輪廓和地形的基本特徵日益接近於現代的樣子。同時，大約從中生代中期起，發生了地峽的沉降——這種地峽就是一種山

了孤島。因此，那里還保存着幾百萬年以前在歐亞大陸上滅絕了的有袋動物。

中生代的海水有時淹沒東歐陸台的大部（如在侏羅紀）、西歐古生代地塊的大部、北美陸台的整個西部、非洲和澳洲的北部（在侏羅紀，特別是在白堊紀）以及西伯利亞陸台的東北邊緣。

新生代的海水在下第三紀期間復蓋了東歐陸台的南部、西西伯利亞低地、西歐的大部和北非。

褶皺作用帶着無數的侵入作用和火山作用，在中生代期間特別明顯地出現在廣闊的太平洋帶中——在東北西伯利亞，在印度支那，在北美的落磯山；所有這些地方的地槽都被疏干，造成了山脈。因此，中生代的褶皺旋迴叫做太平洋旋迴。而新生代的褶皺旋迴則叫做阿爾卑斯旋迴<sup>①</sup>。這一旋迴的褶皺作用主要出現在現代地槽區的範圍內；這裡的褶皺作用到現在還在進行。阿爾卑斯旋迴的地槽區，第一，延伸於包圍太平洋的廣大地帶內（堪察加、庫頁島、千島群島、日

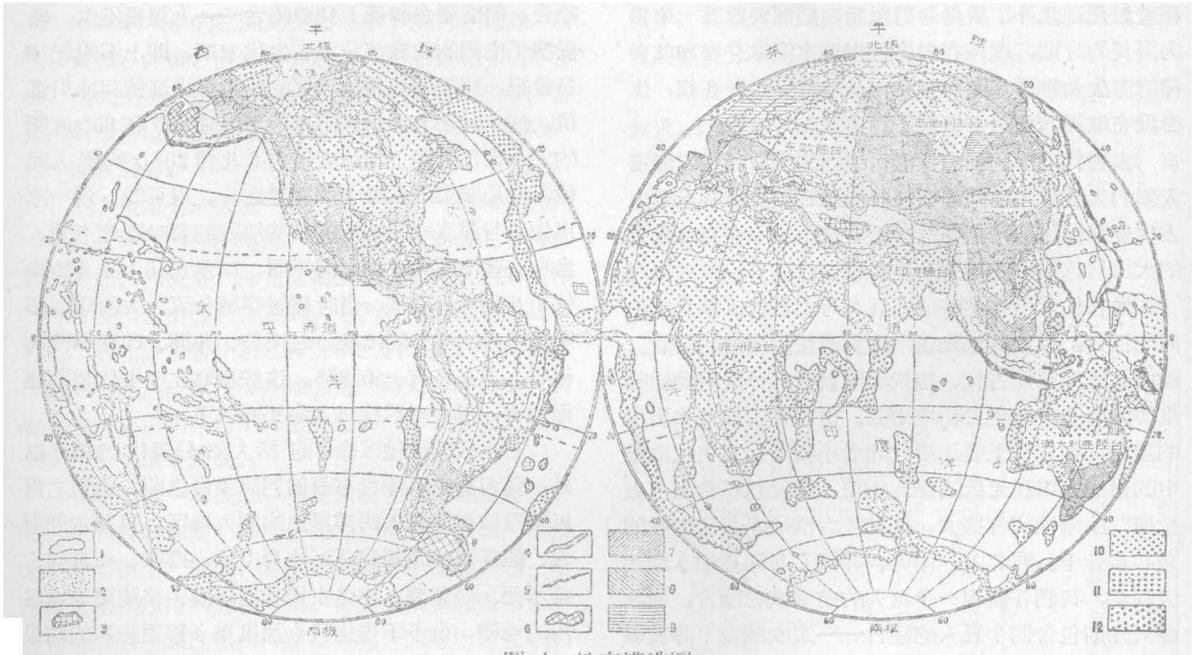


圖 4. 地壳構造圖

1—地壳構造為大洋深部所特有的陸台區（大洋地台）；2—6—現代地槽區，其中包括：2—新生代（阿爾卑斯）褶皺和火山区；3—地壳具大陸構造的中間地塊（古生代和前寒武紀褶皺區）；4—主要產生在前寒武紀陸台上的內部拗陷（山間拗陷）和外部拗陷（邊緣拗陷）；5—主要產生在大洋地台上的外部拗陷（邊緣拗陷）；6—地壳構造與洋底構造相似的內部架盆地的中間地塊；7—11—現代陸台區，其中包含：7—中生代（太平洋）褶皺區（還未完全成形的陸台）；8—上古生代（海西）褶皺區；9—下古生代（加里東）褶皺區；10—基底位於地下的前寒武紀褶皺區（地台）；11—基底位於地面上的前寒武紀褶皺區（結晶地盾）；12—大陸邊緣的拗陷，以及大陸地塊邊緣和水底高地上構造未闡明的地區

脊，它們似乎通過那些我們現在看到所謂水下山脊的大西洋中部和印度洋西部的地段，曾經連結過南美、非洲和印度。同樣地，澳大利亞從第三紀中期也變成

本、菲律賓、新几內亞、新西蘭、南美的安第斯山

① 某些作者把中生代的造山運動也歸入阿爾卑斯旋迴。

脉、西印度群島、北美太平洋沿岸的山脊和凹地)，第二，延伸于包括地中海、高加索、伊朗、喜馬拉雅（与喜馬拉雅山前拗陷）、緬甸高地、馬六甲半島和印度尼西亞群島的几乎东西向的地帶內。这个地帶沿着特提斯地槽延伸。沿着特提斯地槽延伸的海，一直存在到第三紀。随着这个海在喜馬拉雅山前拗陷和伊朗地区內干涸，圍着三个古核——东欧陸台、西伯利亞陸台和中國陸台——成長起來的陸塊与非洲和印度斯坦的陸台結合成为一塊統一的旧世界的陸地。除了这两个阿尔卑斯褶皺帶以外，这种結構的个别地帶还延伸于太平洋的中部和西部、中大西洋水下長垣区和某些其他的地方。

新生代的大規模的隆起和断裂波及了由于古生代褶皺作用（挪威的山脉、天山、阿尔泰山、薩彥嶺、貝加尔湖附近山脉、斯塔諾沃依山脉）和更老的前寒武紀褶皺作用（东非和南非的高地）結果所形成的陸台的廣大地段。由于这些地壳运动，形成了狹窄的下陷帶，它們今天为貝加尔湖、紅海及苏彝士灣、死海、坦噶尼喀湖、尼亞薩湖等凹地所占。

在地槽区的某些地段促使地表干涸和地壳上这些部分变成陸台的造山作用和褶皺作用，毫无疑问地同时也出現在地槽發育階段还远未結束的另外一些地区內。

大部分現代地槽区可能在前寒武紀就已存在，但其中某些地槽区似乎出現得迟些，即在基底沿着太平洋和其他地方的深大断裂發生破碎的时候才出現。

H. C. 沙特斯基用兩句話表述了地壳構造發展的基本規律性：“1. 地槽区的面積在地質时期內由于陸台擴大而依次縮小。2. 地壳的發展是一个不可逆的过程。已經形成的陸台不再重新变成地槽区；只有褶皺区边缘的某些地槽可能是例外；但是这个現象对于地壳發展过程的总方向并没有發生影响”。

H. C. 沙特斯基是根据現代大陸和島嶼上所獲得的地質資料，从計算古代和現代陸台和地槽区的面積出發，來構成自己的結論的。很可能，在实际上，地槽区的面積在它們变成大陸陸台的地方縮小了，但也可能由于侵占大洋的某些部分而擴大。然而这并没有改变地壳大型構造發展方向的总結論。沒有經受过伴有花崗岩侵入的地槽褶皺作用的大洋地台，似乎向我們展示了这样的一个發展階段，即它最接近于地壳的原始状态。A. H. 馬查羅維奇、E. B. 巴甫洛夫斯基、B. A. 馬格尼茨基和本書作者，一致認為其上至今还没有形成花崗岩層的大洋凹地，乃是一种地球原始状态的証明，此时矽鋁圈——今天的基底——的外部还没有被較輕的火成岩和沉積岩層所复盖。“从那时起，

發展的方向就是形成矽鋁圈，这一圈还没有全部形成，而在地球个别地区还看得見岩石圈原始状态的殘余，因此上述的大洋凹地可以認為是原生的。这一点也就可以解釋它們形成的時間久远以及其中分布着自古以來就存在的大洋盆地”，——A. H. 馬查羅維奇指出說。

大洋地台上的深断裂促使深部的岩漿由矽鋁圈噴出地表，它們可能伴随有大規模的变形和褶皺作用，并導致產生矽鋁圈的雛型形态——一系列的火山島及与其相連的拗陷。夏威夷群島的構造，非吉群島-东加群島-克馬德克群島-新西蘭等以及延伸于太平洋中的水下山脊所組成的地帶，就是这样形成的。

下一个發展階段呈现在这样的一些典型的地槽区中，如日本、太平洋边缘的其他地区、印度尼西亞和地中海。正如我們所見，这里在比較寬闊的、堆積有組成島和半島基底的矽鋁物質的地帶中，保存有改造得較少的地段，它們还未失去与大洋地台相似之点。这就是中間（核心）地塊，其中分布有現代地槽区的內部深盆地。古地理資料表明，海盆地从最古老的年代起保存在这样的凹地中，正如保存在大洋深凹地中一样。

地槽区所特有的猛烈的構造运动和岩漿活动，时而在造山时期加强起來，时而在相对宁靜时期緩和下來。它們最后使地槽区的構造完全改观，使矽鋁層加厚，使整个地槽区的平均水准普遍上升，并使海水从其範圍內最后撤退。地槽被疏干并变成低地和山脉的系統。多山的西伯利亞东北部可以作为这种發展階段的范例。随着河流对褶皺山脉的侵蝕和夷平，随着活躍的構造运动的消失，这类褶皺区便漸漸地在几千万年或几億年內变成穩定的陸台了。中哈薩克斯坦（古生代褶皺区位置上形成的陸台）和东欧（俄罗斯）平原便是这类陸台的例子。

然而在某些情況下，例如在隆起和拗陷于新生代發生在天山、阿尔泰山和薩彥嶺的古代（古生代）陸台上的地区內，或在非洲陸台东部所謂大断裂的地帶內，可以看到已經穩定下來而在几个紀中很少活动的陸台分裂成一个个的地塊和滑動地帶。这些上升和下降的地塊和地帶，經受着几乎和地槽区的地向斜和地背斜同样迅速而巨大的位移。

有些地方，这类古陸台上的运动也發生在較早的时期（侏羅紀、泥盆紀等）。陸台上的这些地区叫做“活化陸台”或“次生类型的造山帶”，它們經受着所謂“复活作用”或附加的構造旋迴，有火山活动和地震，矽鋁的“山脉根部”加厚，台地高高升起。在这种情况下，所謂造山帶<sup>①</sup>就指上述典型的地槽区了。

因此，地壳發展的基本方式可以描述如下：

1.大洋地台→2.地槽区→3.陸台

在某些情況下，这个演变过程还添加了两个阶段：

1.大洋地台→2.地槽区（原生类型的造山带）→

3.陸台→4.次生类型的造山带→5.陸台

总的說來，地壳的發展促使活动的地槽区变成比較穩定的、未受褶皺作用的陸台，促使陸台的面積擴大和矽鋁圈——特别是它的組成 陸塊基底的 花崗岩

層——的厚度增大。

这就是刻划在現代構造和地壳起伏中的复雜而漫長的地槽和陸台發展歷史的基本輪廓。在結束这本小冊子的时候，我們应当談談关于地壳运动的机理和構造变动及火山活动的可能原因的問題（參看下期）。

章 剛 譯

①“造山带”这一名詞是奥地利地質学家科别尔于20世紀20年代引用的，它表示山脉生成和成長的区域。

# 發 光 分 析

## 「. 柯 尔 宾 斯 基

試設想一下，如果在裝 50 噸酒精的鐵路油 槽 車里掉了一滴石油。要用普通化学方法，來發現它的踪跡，那將是極很复雜的任务。但是，有这样的方法，它很容易确定甚至那些不可捉摸的髒物。这是用發光分析來做的。

远在上世紀，就會發現，在肉眼看不見的紫外綫作用下，許多物質能放出各种不同色調的可見光。这种在黑暗里也能看見的發光称为發光現象。它是原子在紫外綫或其他能源（电荷、摩擦、加热）的迫使下而“激發”的結果。被激發的原子以肉眼可以察覺的輻射形式放出多余的激發能量。

但是，并非一切物質都具有發光能力。發光理論由于很复雜，直到目前，研究的还很不够。因此，我們还不能預先說出，这种或那种化学物質以什么样的顏色和以多大的强度發光。不过，經過多次的實驗和观察可以看出某些規律性，并可將这些規律性用于实际目的。例如已經确定發光强度同溶液中物質的濃度是相适应的。这些規律性提出以新的方法來确定某种溶液內的物質含量的可能性；只要把这种溶液的發光强度同溶有同样物質并已知其含量的标准溶液相比較就行了。物質的化学組成，以及組成混合物的物質的數量比例，即使發生極不顯著的變化，發光的顏色也会變样。因此，根据顏色，便可以比較各种各样的物質，判斷出它們的異同。

發光研究的高度敏感性和簡單易行，在科学、技術、農業、医学、藝術、商品管理方面，開闢了廣闊应用的途徑。

要進行發光研究，沒有紫外綫來源是不行的。这种來源，可以是陽光、电弧、高能率的热能电灯或專門的水銀石英灯。

研究岩石样品时，地質学家常常使用一种所謂發光顯微鏡。它只有 400 克重。可是，对于复雜的定性与定量研究，有專門的移动實驗室，其中裝設有人工紫外綫來源。

研究岩石中碰到的發光物質微粒时，可应用帶有紫外綫灯的發光顯微鏡。

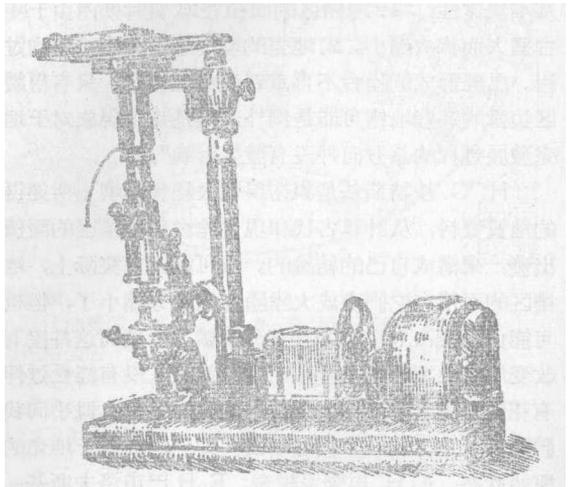


圖 1. 紫外綫顯微鏡与普通顯微鏡不同，它有專門的紫外綫灯，和能通過不同波長的紫外綫的濾光鏡。它的光学系統是由紫外綫容易通過的石英玻璃做的。顯微鏡上面有攝影裝置