

地 史 學 講 義

(1955年)

地史及古生物教研室

北京地質學院

第一章 緒 言

(一) 地史學的對象及任務。人類有關自然科學的知識是從對自然界的鬥爭中逐漸積累總結的成果。地質科學在人們採掘和探尋有用礦物的生產實踐中成長，它對於生產建設和地下資源探勘工作有直接的實際意義。而在社會主義國家和人民民主國家的優越社會制度下，地質探勘工作突飛猛進又推動了地史科學進一步的向前發展。

地史學是研究地殼發展歷史的科學，它的課題牽涉到廣泛的地質現象，應用到廣泛的地質概念和知識，所以在地質學中它是一門綜合性的學科。它的主要目標是探討和闡明地殼外層及地球表面在過去地質時代中的經歷和發展，總結出地殼演變的一般規律。

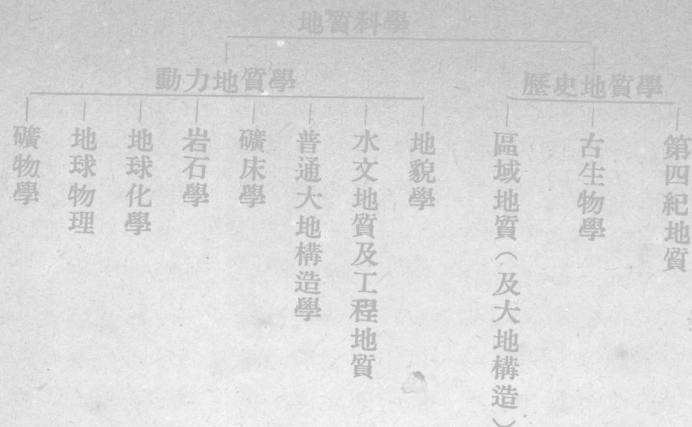
地史學研究的對象是地球的整體。它的觀察範圍是地殼表面的全部。地表各部份的現象和經歷是相互聯系的，而不是孤立的，如果不具有全面的觀點，不從一般性的規律出發，就很難正確地了解局部。例如中國東部沿海在中生代後期發生了猛烈的火山活動。假如我們曉得，中國東部是當時環太平洋地帶的一部份，當時環太平洋帶或多或少都在經歷這樣的變化，我們對這一區域變動的性質和意義，就會有更深刻的了解。同樣，地史學講明地殼的歷史，地殼各部的現象都是在它歷史發展的基礎上發生的。中國東部沿海在中生代後期發生強烈的火山活動但並未造成強烈複雜的褶曲，這是由於這一區域從很早的地質時代就已形成一個穩定的古陸，這個古陸在中生代時重又失去穩定性，但它雖然發生變動，却因歷史的經歷不可能造成強烈的褶曲。由此可見，在地史學中，和其他科學一樣，辯證唯物主義和歷史唯物主義的觀點具有重要的意義，它貫串着這一學科的全部內容。這就是社會主義國家和人民民主國家科學的優越性，這種優越性保證我們的科學健全發展，保證我們的科學必能超越任何資本主義國家的水平。

地史學以地球的全部為其研究對象，但我們的觀察範圍，却限於地殼表層在大陸上露出的部份。因此根據現代地殼大陸部份的組成及構造情況，我們就可以得到地史學的基本對象和具體方法的概念。

地殼上多數大陸地區都由三種岩石構成。分佈極廣而厚度不大的是成層的沉積岩。在這個成層的岩系之下，普遍存在着遭受過褶曲變動和變質的成層岩石。此外還有面積廣大的侵入岩體，以及規模較小的侵入到成層岩石中的岩床岩脈等。例如山西西北部呂梁山區，常見平整的沉積岩系，其下為厚度很大，強烈褶曲的變質成層岩系，也有侵入的花崗岩體，及各種岩脈。這些事實說明地殼已經渡過漫長的歷史，在其現在的構造組成中留下了各種記錄。地史學研究的任務就是要根據這些記錄再造地殼的歷史經歷，並揭示地殼發展中的固有規律。具體說來。地史學的基本任務首先是決定組成地殼的成層岩石的時代順序及其劃分方法。這就是狹義的地層學，是地史學中的基本知識。其次，這些成層的岩石各具特性，代表不同的地質意義，有的是淺海沉積，有的是內陸盆地的充填。它們的性質和分佈往往說明當時的地理環境和海陸關係。根據地層性質再造當時的自然地理環境，就是狹義的古地理學。再次，地殼各處成層岩石的產狀並不一致。河套地區成層岩石平整蓋覆，而秦嶺山系中岩層均經劇烈褶曲與變質。岩層的變形是地質經歷的記錄，根據地表各區地質歷史經歷和構造變動的不同類型，劃分地殼構造單位，闡明其發展歷史與相互關係，就是大地構造史，在地殼變動中必然有火山活動與變質現象，也是地史研究的範圍。

(二) 地史學與其他地質課程的關係：由上所述可知地史學的基本任務是依據地質記錄，再造各地質時代的地質現象闡明其構造經歷。地質現象和構造變動，都是動力地質學的

範圍。動力地質一般地講述地質作用及地質現象的規律，而地史學則着重於地質現象的發生、發展、消亡的歷史，具體分析地質作用及其結果，闡明其地質的意義。因此動力地質學和地史學都是綜合地質學科。其他如礦物學，岩石學，地貌學等，則是深入地質研究一個方面的問題。蘇聯學者斯特拉霍夫院士的意見。地質科學各科的關係可以下表表示：



(三)地史學發展簡史，早在第十一二世紀，我們的祖先對地質現象就已有獨到的觀察和敘述。北宋沈括在夢溪筆談裏寫著：「……山崖之間往往銜蚌殼石子如鳥卵者，橫亘石壁如帶。此乃昔之海濱，今東距海已近千里，所謂大陸，皆濁泥所湮耳。」南宋朱熹對於生物化石的形成及地勢的變化也有精闢的論述：「嘗見高山有螺蚌殼或生石中。此石即舊日之士，螺蚌即水中之物，下者却變而為高，柔者却變而為剛。」但是沈括朱熹的成就並未發展成為系統的科學知識。這是由於中國社會的長期落後性所規定的。在西方古代希臘學者在地質學方面的貢獻不多。丕達哥拉曾提出地表不斷變化，海陸時常變遷的看法，但這些意見多由推論而得，很少觀察事實的根據。西方學者最早認識化石的地質意義的是達芬奇（L. da Vinci）晚於朱熹約400年。最早根據自然營力說明地質作用，利用自然因果解釋自然界現象的是偉大的俄國學者羅曼諾索夫，（Ломоносов 1711—1785）。羅曼諾索夫在其「論地層」一書中，確認地質作用是引起地表變化的原因，又正確地劃分地質作用為內在的外在的兩類，同時他也明確的指出，認為一切都是上帝創造的創世說只能危害科學和生產事業的發展。

十八世紀後期的維爾納（Werner 1762—1817）第一個使地質學形成一門系統科學。他創立了礦物岩石的系統分類，確定了岩層的新老順序。但他把一切岩石都解釋為沉積所成，把花崗岩認成原始海水中溶有過量礦物質的沉澱產物。故稱水成論者。另一學派以蘇格蘭的郝屯（J. Hutton 1726—1797）為代表，指出岩脈貫穿沉積岩的現象及侵入岩的接觸烘烤作用，經過長期爭論，推翻了水成派的錯誤理論。稱為火成派。郝屯的功績還在他第一個指明變質岩的正確成因和地層上不整合的現象及意義。

十九世紀初期斯密士（W. Smith 1769—1839）在英國南部研究了沉積岩層，發現根據地層中所含生物化石就可以決定各地地層是否同時生成。這個發現非常重要，因為地史學的基本任務之一是地層時代的確定，而斯密士的結論就為地史研究奠定了基礎，是地史科學的真正的萌芽。與斯密士同時，法國學者居維耶研究了巴黎附近的第三紀地層及其動物羣。居維耶在脊椎古生物學和比較解剖學上的功績是肯定的，但在地史學和古生物學觀念方面，他卻是個反動的代表，不同的地質時代的生物界，各有特點，彼此不同。但居維耶從這個正確的事實，却得出錯誤的推論。他認為每一地質時期結束時，地表上都發生普通性的突變，使生

生物全部絕滅，而每一時期的生物界都是新的創造。這種帶有強烈宗教色彩的，反動的理論，曾經成為生物進化論發展中的主要敵人。直到十九世紀中葉，達爾文的偉大著作出現，才被澈底粉碎。

現代地質學的建立與萊伊爾 (C. Lyell 1797—1875) 的名字是分不開的。萊伊爾證明現在正在進行的各種地質營力作用，完全可以說明地史時期的地質現象，為了正確地理解和解釋過去，就必須全面地認識，研究現代，這就是有名的現實主義原則，萊伊爾的原則在當時有很大的進步意義，特別是對動力地質學的研究起了巨大的推動作用，但是他的學說也有缺點。他過於強調了地質歷史上地質作用和現象的同一性，而忽略了事物隨着時代演變的發展性，因此機械地了解現實主義，認為現代的地質作用的品類規模可以完全適用於過去，而忽略了事物的向前發展，而不是簡單重複的原則，就會陷入世界永恒不變的謬論觀點，為反動的勢力所利用。

初期的地史學的唯一內容就是地層學，也就是古代地層的年代學。到十九世紀的八十年代為止，在歐洲和北美，已經聚積了不少地層資料。使得大區域的地層綜合對比有了可能，地史學研究也就進入了一個新的階段。根據地層及其所含化石的特點，再造當時沉積的自然地理條件，是地史學研究中的新方向，這個觀念可稱為岩相論。把一個時期的地理環境，在地圖上綜合表現出來，就是古地理圖的方法。從事這些研究工作的著名學者在十九世紀末二十世紀初有休士 (E. Suess,) 哥羅金斯基 (Головкинский), 卡賓斯基 (А. П. Карпинский) 等人。

地槽的名字在十九世紀中期已經出現丹納 (J. Dana)。而系統地提出地槽陸台的觀念，並據以作地殼區域劃分的則以奧格 (E. Haug) 為始，在奧格以後，關於地槽陸台的觀念，又幾經發展。但是以地表上兩種構造區域的消長變化為地史發展中的決定因素的觀念却一直是地史學中的主導觀念。因為正是地表構造的演變控制了岩層沉積及生物的發展的一般情況。近代把地殼構造發展的觀點應用到地史分析的卓越的工作者在蘇聯有阿漢蓋爾斯基，斯特拉霍夫。我國學者李四光黃汲清根據構造史的研究，劃分中國大地構造單位，也有卓越的成績。

第二章 地史學的基本概念和方法——地質年代學

(一) 地層學的方法與岩層間的相互關係。地層學是地史學的基礎，它的主要內容是確定岩層的年代，岩層的劃分及其相互對比。岩層的劃分及對比建築在其生成年代的基礎上。所以岩層年代的確定是地層學的基本任務。

在地層剖面中遇到的實際問題是那些岩層比較老些，那些岩層比較新些，也可以說是地層相對年齡確定的問題。在未受劇烈變動，保持正常順序的剖面中，岩層老者在下，新者居上，道理非常顯明。但由於上下兩組岩層之間，存在有長時間的間斷，或者發生了侵蝕褶曲等作開，兩組岩層之間就形成了不同的接觸關係。在沉積岩系中每個層面都代表一個短暫的時間間隔，和沉積間斷。這個間斷的造成可能由於氣候的變更，由於岩層供應的突然減少，或者由於沉積基盤的微度上升。但是只要沉積環境沒有突然的變化，沒有造成長時期的間斷，那麼各層之間都可稱為連續的沉積關係。例如冰川紋泥是季節性氣候變化的產物，河床上層沖積層是定期泛濫的產物，層次清晰，沉積關係是連續的。淺海沉積中有時由砂岩而頁岩由頁岩而灰岩，逐層變異，也是連續的沉積。如果第一組岩層沉積之後，經歷長時期的沉積間斷，發生上升及侵蝕的作用，然後地盤再度下降，接受第二組岩層的沉積，那麼兩組岩層的接觸面，就成為一個不規則的侵蝕面，兩者之間在岩性及所含化石方面，常會有突然的變化，有時也會保存底部礫岩，兩者的關係就是不連續的關係。例如中國北方奧陶紀灰岩與上覆的石炭紀含煤系間就是這種關係。雖然在廣大的範圍中，兩組岩層的傾角有些差異，但在小的區域裏，它們的關係是平行的，這種關係可稱平行不整合或侵蝕不整合（圖版Ⅱ，圖4(1)）。如果在長時期的間隔中，不只有了侵蝕現象，而且發生了褶皺作用，兩組岩層之間就有顯著的角度差異，與褶皺作用有關的岩漿侵入及變質作用，也只能影響下面一組岩層。這種有顯著角差的接觸關係可稱不整合（圖版Ⅱ，圖4(2)）（這種不整合的現象說明侵蝕作用和褶皺作用發生在第一組岩層沉積之後，第二組岩層沉積以前，在地史上有重要的意義。由沉積岩火成岩的前後順序，也可推知侵入岩與沉積岩系的相對年代關係。如火成岩體衝入下面一組岩層，就會使被切穿的岩層發生變質現象，而上面一組岩層沉積在火成岩體固結之後，其底部常會包含火成岩的碎塊，而不可能有烘焙現象。火成岩體對下面一組岩層說是侵入接觸關係（圖版Ⅱ，圖4(4)），對上面一組岩層說是沉積接觸關係（圖版Ⅱ，圖4(3)），火成岩體的生成時期較下面一組岩層為新，較上面一組岩層為老。

不整合或侵蝕面往往代表一個古老的陸面。當這個古老的陸面，再度下沉，接受沉積的時候，由於陸面各部下沉的前後不一致，首先下沉的部份，接受的沉積就比較老些，陸續下沉的部分接受的沉積就比較新些，這樣就造成同一侵蝕陸面上不同地帶為不同時期的沉積層所覆的情況。如圖版Ⅱ，圖2所示，古陸面的右方首先下沉，海水侵入，形成沉積，然後中部及左方逐漸下降，海水亦徐徐向左方推進，形成的沉積也就愈左愈新。時代較新的C層，其分佈範圍超越了時代較老的a及b層，而直接覆蓋於古老陸面之上，這種關係叫做地層的超覆。隨著海水自右而左，向着古陸的浸漫，地層也就形成自右而左的超覆。我國雲南東部震旦系地層，沉積在由變質岩系昆陽系組成的古陸面上。在澂江附近，震旦系下部有很厚的澂江砂岩，自澂江向西北砂岩漸薄，至於消失，砂岩上的冰磧層直接覆於變質岩系之上，再西至昆陽的海口，震旦系上部的砂質灰岩就直接與變質岩系接觸，冰磧層也不見。震旦紀上部灰岩對古陸面的關係講，就是清晰的超覆關係。

與上述情況相反，如果海水自古陸的左方向右方退掉，新沉積的岩層分佈範圍變小，依

次後退而覆蓋於已成沉積岩層之上，就形成退覆關係，如圖版Ⅱ，圖 3 所示。地層的超覆，退覆顯示當時的海陸關係及海水運動的方向，在再造當時自然環境方面具有重要的意義。

（二）生物地層學的方法。

在不同地區的地層剖面中，用間接的方式確定年代關係，就須依靠岩層中所含的化石。依據化石詳細劃分地層，稱為生物地層的方法。顯然，作為劃分地層的依據的理想條件應該是地區分佈極廣而地層時限極短的化石。分佈廣則易於發現，便於比較，時限短則層位確定，易於鑑別，適合於這種條件的即稱標準化石。

生物與其必要的生活條件是一個不可分割的整體。所謂一種生物的必要生活條件，一方面指其生存的自然地理環境，一方面也包含了與其互相依存的其他生物。生物適應於共同的自然環境條件，相互依存的共生關係，稱為生物組合。生物組合隨地區而異。在海中，淺海的生物與濱海的生物有別，在陸地上，濕熱氣候的生物與乾冷氣候的生物相異。

現代地殼表面有清晰的氣候分帶，是控制生物組合類型的主導因素。同時由於地表上海陸分佈及自然環境條件的比較長期的阻絕，使得生物界在地表上的遷徙現象，受到一定限制因而形成生物的分區現象，這種情況，在任何地質時代都是一樣。

因此，各種生物的組合，及其所形成的化石羣的分佈及保存狀況，必然也顯示了當時的地質環境及條件，許多化石羣只在特定的地質環境中才能保存。與珊瑚礁共同保存的一些化石，代表珊瑚礁式的生物組合，只含筆石化石的黑頁岩代表水流不暢的海灣沉積。這些足以顯示特種地質地理環境的化石羣，可稱指相化石羣。

地層的對比以所含化石為主要的根據。有些岩層並不含有明顯可見的化石，但經過處理以後，常常可以找到微體化石（如有孔蟲苔蘚蟲碎片，海綿骨針等），更常見的是陸相地層中的孢子花粉。沉積岩層的成份組成既然代表一定的地質環境下一定階段的產物，在小區域以內的詳細對比工作，也可以利用礦物重砂分析，和沉積過程中週期現象的分析的方法。這些礦物學岩石學上的方法在地層對比上佔有一定的位置。

（三）地質時代與地層系統。

地質學者對於地質時代的劃分，從一個地區的柱狀剖面作起。經過百餘年的實踐工作，綜合地表上各區的剖面，就逐漸形成了一個完備的地質時代表。同時在如何劃分地質時代和地層系統的原則方面，也建立了國際一致的標準。根據地史演化中地殼變動和生物演化的特徵，我們可以把地史時代及地層層序劃分為平行的，相互對應的兩個系統。依照地層單位，一組連續沉積，而反映其沉積環境的岩性又大體無變化的地層可稱「層」（Formation）命名常以地名及岩性為準，如北方寒武系有昌平灰岩，南方震旦系有南沱砂岩。包括不同岩性單位（層）的連續沉積叫做「統」，「統」內是沒有重要沉積間斷和地殼變動的。例如北方震旦系下馬嶺統含有角礫岩、石英岩、頁岩等，各段岩性不同，代表沉積環境變化，但整個看來，却代表一個連續的沉積過程。地層上更大的單位是「系」和「界」。在岩性組成上系和界都是複雜的，同時系和界的內部都可以包含侵蝕間斷，火山活動和褶皺作用。表現在地層相互關係上就是平行不整合和不整合。例如中國南部的二疊系陽新統與樂平統之間，在東南部為東吳運動分隔，成不整合接觸，在西南部則為峨嵋玄武岩的噴發所劃分。我國的中生界包含了四次比較重要的褶皺運動和不止一次的火山噴發及深成岩侵入。地層系統和時代系統是一個問題的兩個方面。依照生物化石確定層位的觀念，前面已經提過。生物地層學上的對比必須注意到當時生物組合的整體，但在生物組合中，常可選出其中最主要的標準化石為代表，例如中國南方下志留系頁岩中單筆石類極多，而其中某一階段以 *M. Sedgwicki* 為特徵，即稱 *M. sedgwicki* 帶。「帶」（Zone）是生物地層學上的基本單位，常以一種為標

準，與帶相應的地層單位是「位」(horizon)，是較「層」更小的單位。同樣，每一時期都有特殊的生物組合，代表當時生物界的一般性質及其演化的大體階段，我們選出其中有代表性的生物部門，按其出現順序及興衰嬗遞，即可用為劃分代紀世期的標準。例如泥盆紀是魚類興盛的時代，新生代是指生物的一般性質已與現代相似。應該指出，時代劃分和地層劃分是統一的，而大階段的劃分更以生物演化階段為準。如新生代(界)中生代(界)古生代(界)以及前寒武紀的隱生代(界)都是指當時的生物的一般性質而言。

地理環境條件的不同不獨反映在當時的生物羣，同時也反映在當時的沉積性質，因此所有的地層單位都必然顯示橫向的變化，每一地層都成一個扇面狀，而向四週逐漸尖滅，同樣，所有的化石都有其一定的分佈範圍。因此，詳細的地層劃分必然反映區域性的特點，而不可能是舉世一致的。在生產實踐中遇到的問題，也要靠區域性的詳細資料解決。在生物地層學中，除了注意各層生物組合的總的情況以外，根據一種化石的出現及消滅，確定化石分帶，是一個重要的概念，而依照一類化石演化階段的順序，劃分連續的化石帶，更是生物進化觀念在生物地層學上的有效應用。近代資產階級古生物學者，以德國衛德肯(R. Wedekind)為代表，企圖以一地的化石分帶推廣到全世界的範圍，以為生物的階段性發展的特點是全球一致的。顯然，這種觀點違反環境控制生物發展的唯物主義原則，而是一種機械的，假的科學理論。

利用地層學或生物地層學的方法只能確定岩層之間的相對新老關係，而不能計出岩層的實際年齡。根據放射性原素鈾及釷等，以固定不變的速度崩解而轉化為鉛的事實，由含放射性元素的礦物中的鈾鉛比就可計出含有此種礦物的岩石的絕對年齡。用這個方法，加上各種可能的校正，我們已能給出各地質時代的絕對長度。按照蘇聯學者費爾思曼(Д. Е. ферсман)及斯大利克(И. Е. Стари́к)等的最新計算把國際地質時代劃分及其絕對年齡的約數，地殼變動，生物演化以及突出的地質現象綜合起來列為圖表工。

第三章 岩相及古地理的基本概念

(一) 岩相學說及其任務。

現在地表上的自然環境到處不同。在不同的條件下形成的沉積及生物的組合就有不同的類型。岩相的概念：包含岩層的沉積特徵及所含生物的性質及生態兩個方面，代表岩層生成的環境條件的摺體同屬陸上堆積，在山麓地帶形成山麓堆積在沖積平原上形成沖積層；同屬海相堆積，自海岸逐漸入於淺海及半深海，沉積物質內礫砂逐漸變為砂泥質及灰質。由於地形不同，影響岩層的來源與供應速率，形成沉積的性質也各相異。這種同時生成，而因自然地理條件的不同形成性質相異的沉積的橫向變化稱為岩相的變化。

把岩相變化的概念，應用於既成岩層的研究，推定它們當時的生成環境，再造當時的地質現象，就是岩相分析的方法。再造各地質時期的地質現象及環境是地史學的主要任務，所以岩相分析的概念是近代地史學的基本概念之一。

地史學研究中的岩相分析方法，首先是建築在歷史的比較研究方法的基礎上。我們研究現代冰川堆積，知道條痕石和礫泥是冰川堆積的特徵。因此在廬山地區發現條痕石和礫泥，就可斷定在不久以前，廬山地區發生過冰川作用。同樣，在上元古代岩層中許多地區都發現冰磧層，說明當時曾發生冰川廣佈的情況。現代大陸內部乾燥地區如美國落磯山東的地區有鹽湖形成，那麼在古代岩系的鹽層就可能代表大陸乾燥氣候下的產物。許多學者無例外地在將今論古的前提下，進行觀察研究，但第一個標明這個原理，予以充分分析和解說的則是萊伊爾。所以將今論古的學說亦稱為萊伊爾的學說。前章已經指明，必須用辯證的，歷史的觀點理解現實主義，而不能把現代情況與古代資料機械地予以對比。地殼的演變是不斷向前發展的歷程，岩相的變異也是演化的，而不是單純的重複。所以時代愈遠，能直接比較的也就愈少。歷史的比較分析方法是地史研究唯一的方法，是地史研究工作的基礎。因此我們對於現代自然環境與沉積形成的關係必須了解。在下面兩節中將對海相沉積及陸相沉積的類型及特徵作簡要的說明。

(二) 海相沉積的主要類型及特徵。

在古代地層中最常見的是海相沉積，生物遺跡中也以海產化石佔大多數。所以海洋生物的生態與海相沉積各類型的分佈關係是地史研究中應有的重要知識。

海洋生物的生活方式是多樣的。定居在海底或沿海底移動的稱底棲動物，利用運動器官在水中自動行進的稱游泳動物，漂流在海面上，不能自行控制運動方向的稱浮游動物。不同生態的生物各適應於海中一定的環境條件。所以有些化石的出現就足以標誌出當時的地理環境。現代有孔蟲類多見於深海區，所以白堊紀時只含有孔蟲而很少其他化石的白堊大約就是這樣深海的沉積。生物在海中分佈的情況，基本上是為水體的物理化學性質所決定的。溫度，含鹽量，水體中所含的氣體種類及海水深度等，都是控制生物生活條件的因素，而這些因素又受水體在地表上的位置及海底地形的影響。正常的海水中含鹽量為 3.5%，並溶解大量的氧氣，適合動物的生存。含氧量隨深度漸減，在中緯度區，深度到 300—700 米以下時，氧氣銳減。生物也顯著減少。因此在正常海中，生物的分佈基本上為海水深度所控制。圖表示海洋生活環境的分帶與海底地形分區的關係。濱海帶經常受浪力的影響，只有固著力很強的生物才能生存。淺海區上部（陸棚的上部 0—100 米）是大多數生物的樂園，而以底棲動物及游泳動物為主。淺海區下部（100—200 米）生物的性質不變，但種類和數量都顯著減少。在半深海區的上部（大陸斜坡的上段 200—600 米）生物愈少，多為小型底棲動

物，更深則因氣壓過大，氧氣缺乏，生物極少或完全絕跡。在海洋的表層上，普遍存在着浮游生物，死後硬殼沉入海底。

顯然，正常海中的生物界以門類繁多為特點。熱帶及亞熱帶海中的生物形體較大，外殼較厚，珊瑚礁發育。但在高緯度溫度較低的海中，有時也有形體極大的動物。利用近代生物在海中的生態分佈推論古代沉積環境，一般講來，第三紀可以直接比較，中生代及上古生代只可作一般的比較，泥盆紀以前就很難對比。從沉積方面講，現代海中的沉澱物除大量的方解石以外，多為不易溶解的礦物如氧化鐵，氧化錳，磷灰石等，較易溶解的碳酸鎂，（白雲石）硫酸鈣（石膏）氧化鈉（食鹽）一般是不會沉澱的。

一般講來，正常海中的沉積不能明顯地反映氣候情況，這是由於在海水面以下，物理化學條件變化不顯的緣故。根據沉積特徵，推論海水深度也有一定的限制。淺海沉積的証據比較可靠，但沒有正面的根據足以判斷深海。利用特種礦物在近代海中的實際分佈，錳狀方解石生成深度自海濱至數米以內，錳狀鐵礦，錳礦，鋁礦約 50—60 米。纖核磷灰石約 50—150 米±，海綠石約 100—300 米。

海相沉積類型的一般分佈規律是愈近岸顆粒愈粗，愈遠愈細。濱海相的特徵在於 1) 在較短距離內，沉積物的粗細及成分變化極速，粗的礫岩，泥砂及石灰岩均有。2) 碎屑岩與生物造岩化學沉積交互成層；3) 水平層與交錯層更疊出現；4) 海相化石與陸相化石的混生。

淺海沉積中，各種岩性，如砂岩，頁岩，灰岩與距岸遠近並無一定不移的關係。由於河流挾帶泥沙的注入，海岸性質及曲直的差異，洋流活動的影響，沉積類型排列常常是錯綜複雜的。

在潮濕氣候條件下，為陸地包圍的內海或海灣，常因雨水自陸上排入，迫使表層海水外溢，形成水體下層含鹽量高密度大，上層含鹽量低，密度小的情況。這種情況久而引起對流的停滯，深海部份構成還原條件，生成 H_2S 加多的反常氣體系統不適於生物的生存。這種淡化海的形成與含氧量的變化特徵可以地中海及黑海的實例說明，如圖版所示。

在淡化海中的生物，數量減少，類型也較單純，有時個體顯著變小。如黑海的動物在主要的八個門類中，按數目計算，只相當於地中海的 12%。在勃海灣中天津附近發見的比較外海中的同類要小。在有 H_2S 積聚的海底，例如黑海 150 米深度以下，底棲動物是不能生存的。這裏常常沉積暗色的淤泥時常含不同量的黃鐵礦粒。並常含有浮游動物的骨骼。

在地史資料中，根據地層化石的特點判斷淡化海的存在，有時是有困難的。在具有還原狀態的海底可以生成黑色淤泥，以後形成黑色頁岩，但淡化海不一定造成反常的氣體系統，所以由沉積本身往往無法確定淡化海的特徵。在雲南東部中志留系馬龍統的上部有 55 米厚的薄層豆狀灰岩，偶夾鈣質頁岩含有豐富的化石，如小型珊瑚礁 *Favosites*, *Gladopora*, 石燕類 *Eospirifer plicatellus*, *Eospirifer* 瓣腮類 *Pterinea mientienensis*, *Praecardium distans*, 腹足類 *Holopea yilungensis*, *Hormotoma Kutsingensis*, 頭足類 *Dawsonoceras* 等。向上變為灰色泥灰岩，紅灰薄層細砂岩與綠色頁岩夾層，不含化石。更上為黑色頁岩微含雲母，夾豆狀灰岩多層，共厚 15 米，為玉龍寺統的開始。化石仍有小型珊瑚及 *Eospirifer*, 瓣腮類中 *Pterinea*, *Praecardium* 不見，出現 *Modiolopsis crypta* 與 *Leda yilungensis*, 一般化石體形也較小。自此層向上，層位愈高，豆狀灰岩愈少，黑色頁岩愈多，化石亦愈少，終變為灰綠頁岩與砂岩互層，僅在灰質頁岩夾層中尋獲形體微小的 *Eospirifer crispus* 及 *Holopea* sp. 再上則為砂頁岩系含魚類骨片及植物碎屑。馬龍統上部化石豐富，種類繁多，是標準的陸棚上淺海沉積。至玉龍寺統開始，黑色頁岩出現，化石的種類，數量變少形體也變小可能代表淡化海的情況。至玉龍寺統上部則變為純粹陸相沉積了。柱狀

剖面。

在乾燥氣候條件下，內海水面上接受雨量很少而全年的蒸發量很大。內海水面降低，引起外海海水的內流。這種不斷的內流與蒸發就是鹹化海生成的原因。這種作用在一定的階段形成複雜的底層對流與海水按照不同密度的分層，因而在鹹化海中，有時也可造成海底缺氧的反常氣體系統。

隨着海水鹽量的增加，正常的海生動物如珊瑚，棘皮動物，苔蘚虫等逐漸消滅。至海水含鹽量達 5.5% 左右時，大型生物就完全死亡。但有些軟體動物在含鹽量稍增時，反而數量增加。由於鹹化海的含鹽度高，在正常情況下易溶的鹽類如石膏，食鹽等也可沉澱而出，同時碳酸鹽大量沉澱，海綠石磷灰石等則絕跡，這就是鹹化海沉積的主要特徵。在古代地層中常有含大量白雲石的碳酸鹽沉積與含石膏的砂泥等，代表鹹化海的沉積。最有名的例子是德意志民主共和國南部 Stassfurt 區的二疊紀含鹽地層。

(三) 陸相地層的主要類型及其特徵。

大陸上的沉積環境與海中沉積環境的主要區別在於大陸各部具有懸殊的地形變化，因而陸相沉積的類型就較海相為複雜。陸相沉積在古老的地質時期發現較少，自古生代後期才開始大量保存。由於我們對現代的陸相沉積觀察較詳，所以我們可以根據古代陸相沉積的岩相分析，推斷其當時的生成環境。

陸相沉積反映地形及氣候的條件，較海相沉積更為明顯，生成方式也就更為複雜，結合氣候和地形的條件，陸相沉積可分三種主要類型，分別敘述如下：

(1) 潮濕氣候平原的沉積類型：

現代的潮濕平原在地表上分佈極廣。一般說來，潮濕平原多為稍被割切的丘陵地，高度變化在 300 米以下，水系發育，湖泊密佈。屬於潮濕平原的沉積岩相有風化殼（殘餘堆積）坡積，河床沉積及湖沼沉積。

風化殼是地表岩石在氣溫及大氣影響下，發生機械的，化學的及礦物成份的變化的產物。主要的變化是矽酸鹽類遭受破壞，可溶的鹼性金屬鉀，鈉及鹼土金屬鈣鎂被淋濾，比較穩定的鐵鋁等形成氧化物及含水氧化物而殘留，形成土狀的，膠質與半膠質體。在現代熱帶區，如南美非洲及澳洲的森林區及森林草原區，風化殼厚度很大，有時經過化學變化的原生岩石部份保留其原有構造，色彩以暗灰，灰白及玫瑰色為主。這種鬆軟的土體可稱亞土壤，亞土壤以上則為砂狀的，無層理的粘土，多具斑狀構造。

在地史記錄中，風化殼的保存機會不多，但在中生代以後，不乏實例，就是古生代有時也有保存。例如中國北方在上奧陶紀以後，石炭紀以前，地盤長期暴露，奧陶紀灰岩因受腐蝕，造成一米以至三四米厚的風化殼，代表一個長期風化的標準平原地區。因為地形遭受割切，鬆軟物質就會受冲刷遷運至其他地區，所以在地形複雜的地區，不易保存風化殼。

一般講來，熱帶的風化殼以含水礬土礦為特徵，溫帶的風化殼究應如何識別，是個困難的問題。因為在現代溫帶地區，大部遭受冰川侵蝕，新鮮岩石暴露未久，尚未形成完好的風化殼。

雨水和雪的作用沿着山坡將岩屑沖下，沉積在山坡下的低處，就形成坡積層。坡積層厚度變化極大，岩屑成份完全受當地岩石露頭的成份的控制，一般呈現為褐色或紅褐色的砂質粘土，中間散佈着大小不等，有稜角的堅硬石塊如燧石，灰岩，泥灰岩等。堆積層不具層理，但常常逐漸過渡為谷地的河流沖積層。兩者之間無明確的界限。在潮濕氣候下，植物繁生，對坡上的泥土有保護的作用，所以坡積層厚度不大。

平原上河流的特點。是具有坡度較小的寬展河谷，及迂緩曲屈的河床。河流沖積層由兩

層構成（圖1）。下層為河床堆積，由一系列的砂質或砂礫質凸鏡體組成，一般長度在數米左右，底部常有礫石層，向上逐漸減滅。上層為河流泛濫的沖積層，主要由粘土及砂質粘土構成，有時亦有小型的砂質凸鏡體。

在寬平的河谷內，河岸底部有泉水流出，使植物滋生。這樣寬廣的河谷就逐漸變為湖沼，沉積泥炭。在較近的地質時期，這是相當常見的現象。在第三紀後期上新世，雲南東部及北部的許多寬緩河谷中，都有褐煤造成，就是明顯的例子。

河床沖積和泛濫沉積在層理上有顯著的不同。河床深處的充填是顯著的交錯層理，河床中的凹陷地區沉積顆粒較粗，底部為粗砂及礫石，分選不著，向上漸變為細砂，有時粗細相間，均成斜層，斜層之上往往為顆粒較細，成層較薄的平層所覆。

河床沉積的斜層，大都有一個主要的方向，而風成交錯層的方向往往改變。這是兩者的主要區別。泛濫沖積層主要成份為砂質粘土，成水平層構造。河床沉積及泛濫沉積中均可包含脊椎動物骨骼及淡水軟體類的外殼。

北京西南長辛店一帶就有相當標準的河床沉積稱長辛店礫石層，時代屬第三紀的早期。

潮濕氣候下形成的湖泊都是淡水湖泊，這種湖泊堆積，以細粒的岩石碎屑及粘土為主，砂礫極少。由於夏秋雨季浮游生物的繁殖和死亡，在湖底沉積中形成多層有機質的間層成為泥灰質與有機質混合的淤泥，含有機質20—40%以上，可稱腐植泥，固結以後就成為可燃頁岩。粘土頁岩及泥灰頁岩中常有豐富的魚類骨骼印痕及昆蟲遺跡。我國陝北侏羅紀白堊紀的某些暗灰頁岩含 *Pholidophorus* 魚化石及昆蟲化石，代表當時的湖相堆積。

與湖泊沉積聯系起來的礦層沉積有沼鐵礦，常成沿湖岸排列的狹長帶狀分佈，有時含錳特富，變為錳礦，以無定形的粘土狀褐鐵礦及豆狀同心圓的結核狀為主。湖沼逐漸為沉積物所充填，滋生植物，形成泥炭的覆蓋層，即逐漸變為沼澤，這也即是湖沼生命的終結。

一般講來，潮濕氣候下形成的沉積，有下列特點：1) 岩性變化複雜；2) 不含易溶的沉積物如岩鹽，石膏等；3) 沉積層以細粒岩層為主，同時厚度不大。(2) 是一個理想的綜合圖，表示潮濕氣候平原上各種沉積類型的分佈和性質。

(2) 乾燥氣候平原的沉積類型

現在大陸上屬於乾燥氣候的地區，約佔大陸總面積25%。這個乾燥地帶的範圍和位置是由空氣因溫度影響的有規律的循環作用形成的，因此在赤道兩側一定的緯度地區形成兩個少雨的乾燥帶。而在地史上乾燥地帶的確立，也就必然有助於當時赤道位置的確定，這就是地史上關於乾燥氣候的研究，對了解古地理的實際意義。

現代的乾燥地區，有時四週為山地圍繞，有時逐漸過渡到潮濕地區。在面積很廣的乾燥地帶，地形一般較為平坦。

乾燥地區沉積類型與潮濕地區有很大的不同。首先風化作用中以物理的崩解為主，而極少化學的腐蝕，所以風化殼不能發育。其次，乾燥地區少雨或無雨，但在乾燥地區週圍的山地，則有集中的驟雨，挾持大量的石塊和岩層傾注到平原上，形成石塊與泥砂混雜的沖積扇。第三，乾燥地區主要的地質營力是風力，沙漠中狂風捲揚着沙粒及塵埃，最後在沙漠邊緣的草地停留下來，形成黃土。在沙漠中的風成沙粒，一般均在一毫米以內，精選均勻，並且由不停的滾動達到高級的圓度。砂粒表面由於強烈的蒸發作用，由氧化鐵表層染成黃褐或紅色。地史上許多的紅色砂岩，如我國西南部侏羅紀上部及白堊紀的砂岩系，歐洲北部的泥盆紀老紅砂岩，都代表乾燥氣候下的產物。北方山西的震旦紀霍山砂岩或可代表風成岩石。

乾燥地區常有多數的，大面積的湖泊，現在如此，地史時代中也是如此。這些湖水是由於乾燥地區周圍山地的積雪和冰川供給的。乾燥地區湖泊的沉積受三種因素的影響，自周圍

山地流入湖盆地的流水多少帶有中粒至細粒的岩屑，為風力攜帶的砂塵也可落入湖水，形成沉積。由於湖水的強度蒸發，溶解在湖水中的鹽質造成一系列的化學沉積。化學沉積的存在，是乾燥地區湖泊沉積的主要特徵。

在湖水蒸發的初期，首先是碳酸鈣達到飽和點，這時湖邊有細砂及泥沉積，中部就形成灰質淤泥，這時也是軟體動物及有孔蟲類大量繁殖的階段。蒸發愈甚，碳酸鹽沉積愈多，湖水成份逐漸接近於硫酸化及鹽酸化，生物就歸滅絕，沉積物中也逐漸出現芒硝 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 石膏 ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 及食鹽 (NaCl)，隨着 NaCl 的沉積，湖水逐漸乾涸，湖泊的生命也即告終結。

我國西部西藏高原上的湖羣。青海的鹽湖，都是周圍山地積雪供應的湖泊，也都在形成各種化學沉澱，而四川雲南侏羅紀白堊紀的鹼水和岩屑也正代表了中生代乾燥氣候下逐漸消亡的湖泊的遺跡。

一般說來，乾燥氣候下形成的沉積類型與潮濕氣候的沉積相比，較為單調，在沙漠中是簡單的砂狀沉積，在乾燥高原上是簡單的岩屑停積。只有在乾燥地區的周圍，才形成複雜的沉積相，在山麓地帶有坡積、洪積、扇形沖積，距山地稍遠的地方有湖泊沉積。

(3) 山間低地充填及山麓堆積類型

山間低地是指位於高峻山嶺之間的，沿山嶺走向延長的低地或盆地。山間低地所佔面積不大，但就沉積類型及其古地理的意義來說，山間低地岩相的分析和確定，具有一定重要性。

山間低地充填及山麓堆積、洪積式的扇形地。在山麓附近形成大小不等的石塊堆積，毫無選擇及水流搬運磨蝕的痕跡。石塊均有稜角，直徑自數厘米至數米不等，距山麓漸遠，漸多夾沙泥粘土，這些粘土層是不透水層，而距山麓較近的粗粒岩石含水量則很高，故常造成湖沼，形成泥炭堆積。

在山間低地上發展的河流，特徵為坡度不均一，水流湍急，形成的沖積層，也以顆粒粗大為特點。

山間低地為周圍的高山峻嶺所圍繞，地形差別極大，同時由於水流湍急，沖刷力量極強，不只沉積物顆粒極粗，而厚度也極大，山麓堆積及山間盆地充填有厚至數千米的。在我國地史上的例子，如震旦紀時雲南東部的澂江砂岩，厚達 1600 米，多為未經選擇及遷運的多稜角長石砂岩。新疆天山南麓的白堊紀塔克拉克統及巴什奇克統厚達 3000 米以上，以山麓堆積，洪積及湖相堆積為主。北京附近長辛店一帶白堊紀的坨里礫岩，也可能代表當時山間低地的急流堆積。

由於地形上的特殊，山間低地充填及山麓堆積表現氣候條件很不明確。即使盆地中屬於乾燥氣候，但周圍山嶺的山腰山頂已達到潮濕的氣候帶，因而沖刷下來的沉積物與潮濕氣候下的沉積相似，甚至在乾燥的盆地中形成大量的湖沼沉積及沼炭，因此乾燥氣候特徵的減弱或消失也是山麓堆積的重要特徵。

(4) 古地理圖及其性質。

根據沉積岩層的分佈及岩性分析，岩層間沖刷面的認識及確定，我們對於地質時代中，海陸分佈的情況，以及古代海洋與大陸的主要性質可以得出概括的推論。把這些推論綜合表現在地圖上，就是古地理圖。

由於海相沉積的大量存在，在地史上出現較遲，古地理的資料，主要來源是關於海相地層的分析。而大陸地區，一般就作為空白的地面。所以古地理圖的第一步工作就是繪出古海水的範圍。

古地理圖的基本任務，第一是確定那些地方是海洋，那些地方是陸地，就是海陸分佈的問題。其次是進一步認識當時陸地海洋的地形特徵，要確定古代大陸的存在及其範圍，就必須分析大陸侵蝕面。如果一個新岩層覆蓋在不同層位的下伏岩層上，形成起伏不平的不整合面，並有底部礫岩存在，我們就可斷定這是一個大陸性的侵蝕面。即使沒有底礫岩及起伏不平的不整合面，如果在短距離內，一個岩層覆於不同時代的地層上，例如雲南東部的泥盆紀砂岩，覆蓋在志留紀至寒武紀的地層上，也說明一個大陸侵蝕面的性質。有時即使上下兩岩系同屬海相地層，但時代相差很遠，雖大體上屬平行關係，也可斷定其中間的接觸面，代表大陸的冲刷面，如北方的石炭系與下伏的奧陶系灰岩的關係。

海相沉積的存在當然說明當時海水到達的範圍，但要確定當時的海岸線位置，就須依靠岩性分析。例如在較近地質時代，保存海濱沉積，就指示出可靠的岸線。但時代愈古，沉積破壞愈多，要從零星的海相沉積露頭，再造整個的海洋，就要用岩相分析和化石對比兩種方法。遼遠地區岩相發育不同，往往借所含的相同的生物羣，確定其聯系的關係，同時利用化石層位的不同，也可確定不同地區岩層超覆的情況。

詳細的岩相分析及地層對比有可能在較小地區繪出精確的，代表一個較短地質時期的海陸分佈圖。這種古地理圖對礦產的探勘有直接的指導作用。例如蘇聯利用對湖沼岸線與成錳礦分佈的規律，確定了岸線位置，發現了重要的錳礦，解決了衛國戰爭時期迫切的煉鋼問題。一般的大區域的綜合性的古地理圖，對資源探勘的方向，也有重要的幫助。這種古地理圖的海陸分佈，往往以一個較長的地質時期中的最大海浸為標準。最初步的古地理圖只是簡單表示了海陸的區分，隨着沉積學的發展，沉積岩相分析有了巨大的成功，古地理圖的內容也就豐富起來，不只海陸的範圍可以確定，同時陸地山脈地形，海底各種沉積類型的分佈及所佔面積都可以確定，如俄羅斯地台上各紀沉積情況的分析，在這方面就獲得光輝成就。

自然地理的情況，陸地及海洋的性質，實際上是長期地質構造發展的反映，所以古地理的研究，不只應注意岩相分析，也要顧到各地岩層基礎的構造性質，也就是古地理與大地構造的結合。地史的研究，地層的分析是大地構造的重要方法，同時大地構造的研究又常常指導了古地理圖的編製，作出對古地理的重要的推論。我國古地理圖的編製還在開始，黃汲清先生關於中國大地構造單位的分析及其與海陸分佈的結合指出了這一方面工作的正確途徑。

第四章 地殼運動類型及地殼構造分區

（一）地殼運動類型的概念及其分析方法。

根據沉積性質及地層相互關係的分析，可以証明地表上許多地區曾經經歷了不止一次由海而陸，由陸而海的變化。這種多次的古地理變化說明地殼上的某些部份會有多次的升降運動，時而沉入海底時而昇為陸面，這種升降運動是地殼運動的基本形式。本章的目的就是說明地殼運動的不同類型和性質，以及這些類型在地殼表面上的有規律的分佈及其相互的關係。

岩層的岩性變化及岩層間的關係是地殼升降運動的反映，現舉一例說明。河北開平地區中震旦系是薄層紋帶狀的燧石灰岩。這個灰岩夾有多數的燧石層，偶而也有泥灰岩層，但以砂質灰岩為主，屬於穩定正常的海相沉積。在灰岩以上有一層角礫岩及砂岩，岩相的橫向變化非常顯著，有些地方是礫塊很大的角礫岩，礫塊以燧石為主，有些地方有角礫狀砂岩，有些地方還夾有泥質灰岩的凸鏡體。再上是純淨白色石英砂岩，具清晰的交錯層及波痕。覆於石英砂岩以上的依次是：（1）薄層泥質砂岩，（2）含海綠石砂岩（3）紫綠紙狀頁岩及（4）含綠薄層泥灰岩。在昌平地區，含綠泥灰岩中曾尋獲少量下寒武紀化石。從上述剖面分析，燧石角礫岩以下的灰岩是在穩定的海中沉積的。但角礫岩層包含了灰岩系中的燧石礫塊，礫塊的排列方向是零亂的。本身的分佈也在一個不平整的面上。由此我們可以推定灰岩系沉積以後角礫岩曾經發生侵略作用。而角礫岩，砂岩，及泥灰岩凸鏡體的劇烈相變，以及砂岩中的交錯層理，只能在海岸地區，部份地在海面以上形成。砂岩層以上的海綠石砂岩和含有海產化石的泥灰岩說明這個地區在震旦紀末期寒武紀初期重又成為淺海。因此這個地區自上震旦紀開始，經歷了一度上昇，遭受海面以上的侵蝕，然後在寒武紀早期重又下沉。

在中國北部一個普遍的情況是奧陶紀灰岩直接為石炭紀含煤系所覆。中奧陶紀馬家溝灰岩往往在數百里以內，岩性很少變化，代表一個廣闊的較深海的沉積。在奧陶紀灰岩頂部，與石炭系的接觸面之下，常保存有2—5米厚的風化殼，同時煤系底部的泥頁岩是填充在一個非常不整齊的喀斯特地形的侵蝕面上。在廣闊的中國北部，東及遼東，西至陝西，在灰岩之上，煤系之下從未見有其他地層。這些事實說明奧陶紀後，深廣的海洋因地殼上昇變為陸地，遭受侵蝕，直到石炭紀時，才重又下沉，開始接受沉積。

在任何一個地質剖面裏，都可看出地殼升降的痕跡。但是升降的幅度和速度的確定，却不是很容易。從理論上講，由岩層生成時海水的深度的岩層的厚度，就可推知海底下沉幅度。岩層生成的深度往往很難確定，一般說來，岩層生成的深度無大變化時，岩層厚度就可代表下降幅度，但上昇幅度的確定更只能根據間接資料。例如中國北部在奧陶紀後有全盤的上昇，但任何地區侵蝕的結果都未把奧陶紀的 300—400 米灰岩完全侵蝕掉，石炭系到處覆於奧陶系灰岩之上，自上奧陶紀起至中石炭紀止的長久時間內，既未發生顯著的侵蝕現象，又未造成沉積的記錄。這說明上昇是緩慢的，上昇幅度也是不大的。上昇之後長期處於穩定情況，甚至中石灰紀始又下沉。

一個地區的高度如在當地的侵蝕基準面以下，就接受沉積，在基準面以上，就遭受侵蝕，所以地殼的升降運動與侵蝕沉積的現象是一個事實的兩個方面。同時，沉積速度與地殼升降速度的不均衡，也必然形成沉積岩層的岩性變異。例如在濱海地區，堆積速度如大於下沉速度，海水外退，形成陸相岩層，反之，堆積小於下沉，海水內泛，形成海成岩層，中國北方石炭系地層是由含植物化石的砂頁岩組成的，但其中夾有 3—5 層厚度極小的海成灰岩，含紡錘虫及珊瑚化石，正說明這種下沉與沉積的消長關係。

在地殼沉降幅度不大，沉降速度緩慢的情況下，形成的岩層厚度不會很大。由於當時大陸和海洋部份都相對穩定，廣大陸面經過長期風化侵蝕，岩層冲刷到淺海中，就形成分選明顯，岩相變化不顯著的淺海沉積，海面以上的波狀平原上也可形成廣佈的湖積層及不厚的沖積層。反之，如果岩層分選不著，厚度極大而橫向變化極速，在一個剖面中，岩性急劇變化，忽為較深海沉積，忽為淺海，忽為陸相。這就說明這一部份地殼曾經經歷迅速而不穩定的時昇時降，而總的是下降過程。由於沉降幅度大，影響範圍也就不可能很廣。例如現在的馬來半島和印度尼西亞諸島，近代生成的珊瑚礁可以上昇到海面上一千餘米，也可以降到一千米深的海底。這種類型的地區在昇起過程中由於急劇運動，引起岩層變形（褶曲）變質及深成岩的侵入，如果這個地區重新下沉，接受沉積，新老岩系之間就形成角度不整合的關係（第二章）。

幅度小，時間漫長緩慢，而影響面積廣大的地殼運動型式屬於穩定的性質，可稱造陸運動（或昇降運動），幅度大，時間短促急劇而面積狹窄的地殼運動型式屬於不穩定的性質，可稱造山運動（或褶皺運動）。這兩種情況是地殼運動的兩種表現。有很多中間型式為之聯系。地殼運動的基本形式應該是昇降運動，當某些地區上昇特速，引起劇烈變形，就發展而為褶皺運動。所以『昇降運動』『褶皺運動』兩個分類名詞是並不確當的。

在地史學上鑑別地殼運動的性質主要的方法是地盤昇降和沉積發育的分析。如以時代為緯，以海面上下的高度深度為經，如圖版Ⅲ，圖 2 所示，就可得出地殼波動的圖解。以俄羅斯陸台上的不同地區與烏拉地槽為例，上面的曲線代表地盤表面高度變化，下面的曲線代表地盤底部的高度變化。如果沉積是連續的，兩條曲線之間的數字就大致代表沉積厚度。當然，沉降過程是很複雜的，海水的深度是時時變化的因此我們不能說岩層厚度就代表海水深度和海底下降幅度，但在一個地域長期沉降的平均數字，仍可用沉積岩柱的厚度作為近似數值。由圖解中可以看出，波羅的海區在志留紀以後即全部昇起未再下沉，沉積岩層也很薄，俄羅斯地台中部及南部都發生緩慢的沉降，地盤高出海面的時代不多。

烏拉地槽區在志留紀前強烈下降，在奧陶紀時形成深海，但自泥盆紀起開始上昇，至古生代末完全高出海面。

（二）地殼構造性質的分區，陸台與地槽的概念。

從構造形態分析，現代地殼大陸表面可以分為兩種不同的類型。廣大的區域，岩層平整蓋覆，未受劇烈變動，地形上雖有山地平原的差別，但是很少高峻的山系。這些地區在較近的地質時代中，只經歷過緩慢的造陸運動，基本上是穩定的。地表上另外一些地區岩層均經強烈的破壞擠壓，緊密褶皺，地形上形成高山，往往成長條狀的分佈。這些地區在最近的地質時代，仍在經歷劇烈的上昇和變形，性質是不穩定的。穩定地區和不穩定地區的地史經歷是不同的，它們在地殼表面上有規律的分佈，是地史發展上的重要特點。

現代大陸的核心及主要部份屬於穩定性質，可稱陸台。

在廣大的陸台範圍內，有些地區自很早的地質時期開始，就長期暴露在海面以上，形成供應岩層的侵蝕區域。在這些地區，古老的岩層直接出露，在地史發展中昇降幅度很小，屬於最穩定的部份輪廓往往是盾形的，故稱地盾。古老岩層多已結晶，又稱結晶地塊。圍繞地盾的區域，或在陸台的中間部份，在地史時期中曾經發生徐緩的昇降運動，在下降時期接受沉積。這些沉積形成地表蓋層，與其下形成基礎的古老岩層之間是一個清晰的不整合的關係。具有結晶的古老岩層基礎和沉積岩覆蓋表層的地區，可稱地台。地台上的沉積表層厚度變化很大，有時在一個狹長的地區，沉積厚度可達數千米，造成顯著的沉降帶。因此陸台是一個面積廣大的，複雜的基本上穩定的地殼構造單位，但由穩定程度不同的部份組

成。如用地殼升降運動的圖解表示，地盾區長期在海面以上，因此地表變化曲線和地盤底部變化曲線是合一的。穩定的地台區升降幅度小，形成沉積蓋層薄，兩線曲線就接近，活動地台區，升降幅度大，沉積蓋層厚，兩條曲線則愈離愈遠。但是地台區的升降是長期緩慢的過程，所以兩條曲線總是逐漸遠離的。（比較圖版 圖），

如前所述，在現代大陸上，目前仍在強烈上昇的高山地區是不穩定的地區，如果我們分析一下這些高山的組成，就會發現其絕大部份都是由厚度很大，岩相變化顯著的成層岩系及深成岩的侵入體所成，有時一系列的岩層厚達數千米，而大部均屬淺海相堆積。這個事實不可避免地導向一個推論。就是說在地史發展中，高山地區曾經是強烈的沉降沉積地帶，在這個地帶中，一方面在迅速的下降，一方面有大量的堆積填充。其地形輪廓是一個狹長的槽狀，故稱地槽。

如果我們橫穿火山系的走向（常常就是岩層走向），就會發現岩相變化極為急劇。濱海相沉積在短距離以內就會變為比較深海的泥灰岩相，泥灰岩相又會迅速地為碎屑岩相所替代。在一般柱狀剖面裏，也會發現岩性的急變，及不止一次的侵蝕間斷，甚至包含角度不整合。這些事實說明：（1）地槽不是一個簡單的凹陷帶，而是由大體平行的隆起及凹陷帶組成的不穩定的狹長地區。隆起部份高出海面，成為島嶼，供應岩屑凹陷部份接受堆積，其情況可以現代的印度尼西亞島海為例。（2）由隆起及凹陷組成的地槽區在接受沉積的階段總的趨向是一個沉降的過程，但是這個沉降的地區在發展的後期，經歷劇烈的上昇和變形，岩層均經褶皺變質，並有深成岩侵入，可以阿爾卑斯山系及希馬拉雅山系為例。所以就其沉降的特性說，這個狹長的不穩定地區可稱地槽，就其與現代山系的關係說，又可稱為造山帶。同時地槽區的發展顯然可以分作兩個大的階段，即下降的或沉積的階段與上昇的或迴返的階段。

這兩個大的階段都是複雜的過程。所以雖然地槽區升降活動是比較急劇的，地槽發展到全部隆起成山依然要經歷很長的地層時期。在圖解中這兩個階段極易劃分，例如烏拉地槽在泥盆紀以後才開始上昇迴返，直到古生代末，地槽的發展才告結束。

地槽區在上昇時期的經歷是複雜的。與地槽相鄰的地區也必然會受到影響。在這個時期最顯著的現象，是地槽的主體開始上隆，因而在其邊緣地區與陸台相接處，則發生相對的陷落。地槽區隆起成山，在靠近山地的一邊，陷落地帶的邊緣，造成粗粒的碎屑沉積，常常達到數千米的厚度。陷落地帶的中央，岩屑漸細，水亦漸深，可成泥灰質沉積，接近陸台的邊緣則成正常淺海沉積。這個凹陷地帶的發生是在地槽本部皺起成山之後，故稱山前凹陷。山前凹陷中的堆積最後也經過褶皺隆起，高出海面，至此，地槽的發展就達到結束的階段。

（三）陸台與地槽的轉化關係。

構成結晶地塊或地盾的岩石，一部份是深成侵入岩，一部份是變質的成層岩系。這些變質成層岩系厚度很大，岩相變化顯著，常夾噴發岩層，屬地槽類型的沉積。地台區域在沉積岩表層之下的結晶變質岩基層也表現同樣的性質。這就說明現在穩定的陸台區，在過去的地質時代裏，曾經處於地槽狀態，接受大量堆積。這些地槽式的堆積上昇以後，遭受褶曲變質及深成岩的侵入，發生了結晶和固化的作用。褶皺變質和深成岩侵入與造山運動是分不開的。這些地區在地史上也必然會形成高山峻嶺，只是由於長期的剝蝕，地形夷平，有的地方接受新的沉積，構成沉積蓋層，形成了陸台的一部份。由此可見，穩定的陸台區在發展歷史中，都曾經歷不穩定的地槽階段。地槽區在迴返以後，經褶皺固結侵蝕夷平而轉化為陸台的一部份，是不容懷疑的事實。

既然陸台都由地槽演變而成，那麼在地史發展中，必有陸台範圍逐漸擴展，地槽範圍漸變狹的趨勢。換句話說，在最早的地質時期，可能地殼表面都處在地槽式的狀態，其中逐漸

固結，陸台陸續形成加大，才演變到現在的情況。這種假說稱為泛地槽論。從地史紀錄推論，在地史發展中，地槽區轉化為陸台的一部份幾乎已是一個固定的規律。但是已成陸台的區域會不會從新轉化為地槽？這是一個極有興趣的問題。以中國東南沿海地區為例這個地區在古生代的大部份時期中都是供給岩屑的古陸，同時，這個古陸向東擴展，可能遠超過現在的海岸線範圍。但在中生代後期，這個地區就發生重要的岩漿活動及火山噴發，同時也有岩層褶皺現象，火山活動及深造岩侵入的規模都可與地槽區相比。俄羅斯地台在下古生代的開始已經固結，但是到了上古生代，在頓巴斯盆地地區都形成了強烈的凹陷帶，造成五千米以上的岩相地槽式的堆積。在地史上可能還有許多例子，現在尚未明瞭。例如太平洋兩岸，亞洲東部及東南部自第三紀至今很可能代表地槽的早期發育階段，如果屬實，這個地區的基礎是否就是古老的陸台區？

上列事實都說明：陸台地區在不同的程度上重新變為不穩定，是不容懷疑的。而在地史上，還沒有明確記錄，證明地槽轉化為陸台以後，再在原有位置轉變為典型地槽。但是事物既是發展的地槽轉化為陸台以後，發展的過程只是告一階段，而決不可能終止。由於地殼深處物質運動及構造變動的控制，陸台區的某些部份，重新趨於活躍，甚至接近地槽的性質，也是完全可能的。

（四）地殼構造時代的分區，地史上褶皺時期的概念。

地台構造的主要特徵，就是具有一個未經劇烈變動的沉積岩蓋層和一個結晶的變質岩基層，兩者之間是清晰的不整合接觸。這個不整合代表的時期就是構造變動或褶皺運動的時期，經過這個變動時期下面的岩層因結晶而固化，形成地台的基礎。

俄羅斯陸台的西部，波羅的海東岸一帶，下古生界地層平整蓋覆於古老岩系之上。中國山西省南部下古生界及上元古界地層覆於變質岩系之上，仍保持水平或徐緩傾斜的位置。這些地區的主要褶皺運動發生在下古生代及上元古代之前，以後從未再出現激烈褶曲及變質的現象，因此這些區域的褶皺時期是寒武紀以前的。嚴格講來，是上元古代以前的。歐洲北部挪威及蘇格蘭地區，地層上主要的不整合位於未變質的泥盆系老紅砂岩與經過褶曲變質的下古生界之間。以下古生代為範圍，而以志留紀和泥盆紀之間的褶皺為主的褶皺時期稱為加里東（Caledonian）期。在亞洲中部阿爾泰山及歐亞交境的烏拉山區，主要的褶皺作用及變質現象發生於古生代末期，中生界地層未受劇烈變動。以上古生代為範圍，而以古生代末褶皺為主的褶皺時期稱為海西（Hereynian）期或華力西（Varsban）期。歐洲中部的阿爾卑斯山區兼有中生代和新生代兩個時期的典型的造山運動。以中生代為主的褶皺時期稱曰阿爾卑斯期，又因在中國東部燕山地區較為突出，可稱燕山期。以新生代為主的褶皺時期稱新阿爾卑斯期，又因在希馬拉雅山區特別顯著，可稱希馬拉雅期。以新生代褶皺為主的希馬拉雅山系及阿爾卑斯山系在現代仍為繼續強烈的上升運動。

地殼表面的構造分區，陸台和地槽的概念，是從現代大陸構造情況出發的。但是地殼演化歷史中，既有多次的褶皺構造分期那麼同屬地台，其結晶變質的基底的褶皺時期就有不同。因此有可能以地台形成時期的不同，作為地表構造分區的標準。地盾區由寒武紀前的結晶變質岩系及侵入岩構成，而且一直未接受大量沉積，其形成時期均屬前寒武紀。沉積蓋層始於寒武系或寒武系以前的地台，其時期亦同屬前寒武紀。一般所稱陸台或古陸台均指前寒武紀的陸台。在前寒武紀時，地殼表面陸台與地槽的分佈情況尚未判明，所以我們不談前寒武紀的地槽。北歐的格羅平地槽在下古生代之末即經褶皺固化成為北歐陸台的一部。格羅平地槽屬加里東期，到泥盆紀時，已經喪失地槽特性，成為『加里東期地台』了。同樣，歐洲中西部，亞洲中部有海西期的地槽，但到古生代末則褶皺固化而成為歐亞陸塊（大陸台）的