

關於“沉积相”的概念

岩石教研室 張瑞錫

緒 言

“相”(facies)的字面意义是相貌、面貌等。“相”这一术语在地質学中的最初应用就意味着岩石的外貌特征。

1838年瑞士地質学家克雷斯萊(Gressly)在研究法国东部侏罗紀地層时首先使用了“沉积相”这个术语,說明地層在岩石成分上和化石特征上的側向变化性質。此后,“相”就广泛地应用于地層学、沉积岩石学及其他地質科学中。

自从克雷斯萊建立了“沉积相”这个术语以来,直至二十世紀三十年代这一段时间内,关于“相”的概念及学說並沒有显著的發展,地質学者所沿用的概念一直承襲着克雷斯萊所提出的最初概念,即表示沉积岩的物質成分及古生物特征的均一性。1932年苏联学者Л. В. 納利夫金(Наливкин)在其所著“關於相的学說”⁽¹⁾一書中強調了“相”的自然地理学的概念,並根据自然地理条件把“相”作了系統的分类。此后不久,Л. В. 普斯托瓦洛夫⁽²⁾(Пустовалов)又提出了地球化学相的概念。

二十世紀四十年代以后,由於沉积岩石学的發展以及大規模的沉积矿产、石油的普查和勘探工作的开展,关于“相”的学說引起了大多数地質学者的兴趣与重視。不少学者,如Н. Б. 瓦索耶維奇(Вассоевич)、Б. П. 馬尔科夫斯基(Марковский)、Ю. А. 任竹士尼科夫(Жемчужников)、М. В. 克林諾娃(Кленова)、Л. В. 魯欣(Рухин)、Р. С. 莫尔(Морс)、L. L. 史洛斯(Sloss)以及W. 克魯本(Krumbein)等人均發表了關於相的論文。1948年美国地質学会又召集了討論“地質历史中的沉积相”的專門會議,討論了“沉积相”的概念及使用法。这一时期,不仅是关于相的学說有了更大的發展,而且“相”的概念也日益广泛与复杂了;学者們對於这个术语的理解已从沉积岩的外表特征而逐渐扩大到和外表特征有关的沉积条件等。

虽然“沉积相”或“相”已經成为地質学尤其是地層学及沉积学中所經常使用的术语,但遺憾的是地質学家們对这个术语的理解尚存着頗为混乱的情况。这种混乱情况不仅造成了这个术语在应用方法上的混乱,而且也降低了这个术语的科学价值。因此,建立“沉积相”的統一概念及用法实为地質学界目前的重要任务之一。作者在这篇論文中主要就是討論“沉积相”的概念及其使用范围,並提出了作者对这一問題的某些看法,希望地質界的同志們予以討論及批評。

“沉积相”的概念

1838年瑞士地質学家克雷斯萊在論述法国东部侏罗紀地層时写到:“我所得出的結論

是：每一種沉積體在其水平分佈的範圍內均明顯地表現着一定的變化。這種變化表現在岩石的成分上及古生物特點上，並且服從於一定的規律⁽³⁾。為了表明岩石成分及其所含化石特征的這種側向變化，克雷斯萊使用了“沉積相”這個術語。這就是在地質學中最初出現的關於沉積相的概念。由此可知，最初，克雷斯萊是把“沉積相”理解為沉積岩的成分及所含化石羣的特性的均一性，沉積相的變化就反映了沉積岩成分及所含生物化石特性的變化。這種概念差不多沿用了將近百餘年的歷史，時至今日尚有不少地質學家把“沉積相”理解為沉積岩的成分。

納利夫金於1932年出版了他的巨著“關於相的學說”。這部著作雖然名為“關於相的學說”，實際上卻是一部內容頗為廣泛的偏重於理論的沉積岩石學著作。納利夫金在這部著作中闡述了關於沉積相的概念及學說的發展情況，提出了一個系統的以自然地理環境為基礎的沉積相的分類方法。在這部著作中，納利夫金認為“相——不僅是沉積岩，即不僅具有沉積岩石學的概念；同時也是相類似的一部分陸地或海底，也就是具有地理學或古地理學的概念。”⁽⁴⁾由此可見，納利夫金在頗大程度上強調了沉積相的自然地理學的概念，甚至於認為“相就是地形單位。”⁽⁵⁾他所提出的沉積相的分類方案就完全反映了他的這種觀點，因為他所提出的分類基本上就是自然地理環境的分類，如海相、陸相、瀉湖相、河流相及三角洲相等。

此外，納利夫金根據地質歷史發展的特點又建立了“現代相”（современная фация）及“古代相”的概念；前者系指當代沉積所表現的沉積相，即“具有相同的自然地理條件和相同的動植物羣的一部分地表”；而古代相則為已經石化的沉積相，按照納利夫金的說法，就是“岩石成分相同的並含有相同動植物羣的岩層”。現代相和古代相的主要不同在於（1）所處的大地構造階段不同；（2）空間分佈上的不同，以及（3）二者所受的石化程度不同；這些差異均決定於整個地球的發展情況。

Л. Б. 普斯托瓦洛夫⁽⁶⁾（1933）所提出的地球化學相是把“相”理解為沉積條件中的物理化學及地球化學條件，在概念上比一般所謂的要狹義得多。沉積生成帶中的物理化學條件及地球化學條件不僅表現於現代的地表部分，而且也可以延續相當長的时代，甚至數個地質時代而保存於已生成的沉積岩層中。據此，普斯托瓦洛夫將地球化學相劃分為“現代地球化學相”及“古代地球化學相”，根據普斯托瓦洛夫，現代地球化學相應當理解為“在堆積及形成沉積岩的全部時間內均具有相同的物理——化學及地球化學條件的一部分地表”⁽⁷⁾。相應地，古代地球化學相應當理解為“具有相同的地球化學特性的岩層或岩系”⁽⁸⁾。

1934年美國地質學家 K. E. 卡斯泰爾⁽⁹⁾（Caster）在研究美國賓夕法尼亞州西北部的地層時曾建立了同時相（parafacies）及同性相（magnafacies）兩個案語。卡斯泰爾發現某些在過去曾被認為大致是在同一時期沉積的根據岩性所確立的地層單位，如卡特斯給爾（Catskill）砂頁岩等，如果沿着向西追尋時，其層位則逐漸地上升到剖面的上部；其他在時間上和空間上与之相並列發育着的岩石地層單位也表現着同樣的現象；而且這些岩性相同的岩石地層單位都被時間標誌層所穿過。這種現象說明了同性質的岩石帶是由性質相似而時代不同的沉積岩所組成，顯然這是由於相類似的沉積環境隨着時間的進展而作空間的滑動所致。卡斯泰爾建議用“同性相”這個術語來表示根據岩性所劃分的具有相同成分及古生物特征的沉積岩帶；用“同時相”來表示在同一時間內所建造的而被時間面所間隔的沉積

岩帶。因之，同性相和同时相的关系是相互交錯的。由此可知，卡斯特尔的所謂“同时相”和“同性相”純屬於地層学的概念；而且在意义上完全是和時間地層單位及岩石地層單位相重复的，因此並沒有获得广泛的支持及採用。

M. B. 克林諾娃(1948)在其所著“海洋地質学”中曾論述到“海相”的概念。她認為所謂“海相”就是“具有相同的自然地理条件和相同的动植物羣的一部分海底；这种自然地理条件則系水盆地在地質發展过程中的历史产物。”⁽¹⁰⁾接着她又說：“为了使相确实具有相同的意义，海底部分就必需經歷相同的历史。”⁽¹¹⁾因此，她認為“上升海底的軟泥相在意义上就不同於下降海底的軟泥相。”⁽¹²⁾在評論这个概念时，应当首先指出，这个概念正确地反映了历史發展因素的重要意义；和納利夫金的現代相及古代相以及普斯托瓦洛夫的現代地球化学相和古代地球化学相一样，均指出了现实主义运用於沉积相分析上的可能性及其原則。其次，在这一概念中也显然地說明了地壳运动——大構造和沉积相的不可分割的联系。但是，克林諾娃和納利夫金一样，她在頗大程度上強調了相的自然地理条件的概念而忽視了岩石学的概念。

1948年美国地質学会在紐約召开了關於“地質历史中的沉积相”的討論会。會議的目的是想通过討論对“沉积相”这一术语取得統一的認識及使用方法。然而，會議的成就是不能令人滿意的；討論会除了反映出美国地質学者們對於“沉积相”認識的混乱及落后情况外，並沒有取得显著的成就，反而使討論的問題更加复杂化，建立了更多的不必要的术语。⁽¹³⁾正如大会主席 C. R. 郎威尔(Longwell)所說，“在討論的發言中使討論問題的观点扩大了。”⁽¹⁴⁾

在上述的討論会上，R. C. 莫尔⁽¹⁵⁾从兩種不同的观点出發，給“相”或“沉积相”下了兩個不同的定义。他从地層学的观点所提出的沉积相的第一定义是：“沉积相是任一在成因上相联系的分佈不同、性質不同的部分”。他的这一定义是把“沉积相”或“相”了解为任一地層單位在岩石性質和古生物特征上的側向变化性質；把沉积相这个术语作为地層的側向划分單位。例如塞尔克(Selk)⁽¹⁶⁾(1948)即把美国奥克拉荷馬州的密西西比系奧賽金統(Osagian Series)按照岩性的側向变化划分为白色灰質相、粉砂岩相、砂質相及梅耶——西卡莫尔相(Mayer-sycamore facies)等相。莫尔的这一定义可以說是“沉积相”或“相”的狭义定义。此外，莫尔又从沉积学的观点提出了“沉积相”的第二定义，即把“沉积相”理解为“用来表示沉积环境中每个不同的沉积記錄的术语”。在相同的沉积环境中所生成的相同的沉积物質，不論其时代如何，均謂之同相。例如侏罗紀、三疊紀及第三紀的紅色岩層均可謂之为“紅層相”，各时代的黑色頁岩均可謂之“黑色頁岩相”等。显然，他的第二定义就是把沉积相理解为沉积岩，並不加以地層單位的限制。这一定义可以說是沉积相的广义的定义。

莫尔所提出的關於沉积相的定义可以說是基本上承受了克雷斯萊的最初概念，無論其是否加以地層單位的限制，都是把“沉积相”这个术语理确为由於沉积环境的不同所造成的沉积岩岩石性質及古生物特征上的差異。但是，莫尔从地層学的偏見出發，否定了他的第二定义，主張採用第一定义，即沉积相的狭义定义。他所以要提出第二定义就是为了証实第一定义的正确性，然而他的这种用意却适得其反，他所列举的否定第二定义的理由，不如說是否定第一定义的理由。關於此点，下文还要談到，此处不再贅述。

L. 史洛斯(Sloss)、W. 克魯本(Krumbein)及E. 戴普爾斯(Dapples)⁽¹⁷⁾在他們所共同提出的一篇題目為“綜合相分析”的論文中,雖然聲明同意莫爾的關於“沉積相”的第一定義,但他們卻又提出了一個修正的定義,認為沉積相可以當作“形成一個地層單位的不同性態的區域分異因素的總合”。根據著者們的意見,這些因素包括“物理和生物因素,並且還必需包括沉積同時的和沉積後的變化因素”。他們所謂的物理因素系指源地、搬運介質、沉積環境等;生物因素系指生物對沉積物的影響及對沉積環境的影響等;而沉積後的因素則系指海綠石或黃鐵礦等礦物的生成、石英顆粒的自生加大、膠結作用、結晶作用以及交代作用等。這個概念同樣是以地層學的概念為基礎,在這個基礎上把相理解為地層單位的側向變化;理解為造成地層單位側向變化的而且和沉積體外表特征有關的內在因素的總合。應當指出,沉積後的變化因素固然和沉積岩的外表特征,如礦物成分、結構構造等,有一定的聯繫;但是如果也將其包括於“沉積相”的概念中顯然是不適當地擴大了“沉積相”的概念,使其概括了沉積岩生成及發展過程中的全部因素。

Л. В. 魯欣⁽¹⁸⁾(1953)在批判了“沉積相”的一般概念及命名法之後曾提出了一個比較完全的關於沉積相的定義。他認為沉積相為“能表明沉積條件的沉積物岩性特征和古生物特征的規律性的綜合體”。又說“相是沉積物形成條件的物質表現”。這一概念的點在於既不是把相理解為孤立的沉積岩的成分和古生物特征等外表特征,也不是把相理解為孤立的沉積條件及自然地理條件等,而是把二者有機地聯繫起來,組成“沉積相”的完整概念。但可惜的是在“相”這一術語的實際運用中魯欣完全違背了他自己所提出的這一定義,而將“相”片面地理解為沉積環境及自然地理條件。例如他所提出的相的分類就完全繼承了納利夫金的觀點,將自然地理單位作為相的分類的基礎。

В. В. 別洛烏索夫(Белюсов)⁽¹⁹⁾(1954)在其所著“大地構造基本問題”一書中也談到“相”這個術語,根據他的意見,“相就是岩石的成分”。這個定義顯然是過於簡單了,簡單到使這個術語沒有存在的必要,因為在這種情況下“相”就是“岩石”的同義語。

敘述了沉積相的一般概念及其發展簡史以後,我們可以獲致如下的結論。

根據上述可知,“沉積相”這一術語的最初概念是將其理解為沉積岩的外部特征以及地層的側向分異現象;其後,在沉積相的概念中就逐漸地加入了自然地理學及構造地質學的概念,不僅是把“相”理解為沉積岩的外部特征,同時也把它理解為和外部特征有關的生成條件及因素等。由此可知,沉積相的概念的發展完全體現了人類思維上的從感性認識而到理性認識的發展過程。

雖然如此,但學者們對於“沉積相”這一術語的理解是不一致的,不同的學者提出了不同的定義及概念,因而也造成了“沉積相”在地質學應用上的混亂情況。根據上述,我們可以把現代地質學中所有的關於沉積相的概念歸納為下列四種基本不同的概念,即:

一、把“沉積相”理解為沉積岩的礦物成分及生物成分等外表的特征。如克雷斯萊、莫爾(第二定義)及別洛烏索夫等人的概念即是。

二、把“沉積相”理解為沉積環境及自然地理條件,納利夫金所提出的概念可作為代表。

三、以“沉積相”表明沉積物的物質特征和生成條件的總合特征。如魯欣等人所主張的概念即是。

四、用“沉积相”表示地層單位在岩性上和古生物特征上的側向變異，作為任一地層單位的側向劃分單位。莫爾(第一定義)、史洛斯等人的概念屬之。

這四種不同概念中的前三種概念是把“沉积相”理解為一定的沉积岩類型、沉积環境、沉积條件或與沉积條件有關的自然地理條件等，並沒有加以地層單位的限制，因此這些概念基本上是沉积學的。第四種概念雖然也涉及到沉积岩的某些特征及生成條件等，但其主要是把這個術語作為地層側向劃分的一個單位；因此，這種概念基本上是地層學的。這兩種基本不同的概念就決定了“沉积相”這個術語在近代地質學中的兩種不同的用法。

“沉积相”在近代地質學中的用法

根據 R. C. 莫爾⁽²⁰⁾，“沉积相”或“相”在近代地質學中的用法可概略的分為兩種，即：一、結合地層單位的使用法；二、不結合地層單位的使用法。第一種用法反映了沉积相的地層學的概念，是把“沉积相”或“相”作為側向劃分地層的一個單位，其意義和“層”、“統”及“建造”等並無二致。眾所周知，任一地層單位，無論是岩石地層單位或者時間地層單位，其組成岩石的岩性特征或古生物特征均或多或少地隨着空間分佈的不同而有所變化。根據這種變化就可以劃分許多不同的“相”，地層的這種側向變化就謂之“相變”。第二種用法反映了沉积相的沉积學的概念，按照這種用法，凡是在相同條件、相同環境下所形成的具有類似成分的沉积物，不論其時代及層位如何，均可謂之同相，如“紅層相”、“白云岩相”、“石灰岩相”等均是。這種用法可以說是沉积學的用法，和地層單位無任何關係。

“沉积相”的正確概念及用法

作為一個科學術語(term)的必要條件，不外(一)要有簡短明確而統一的概念；及(二)要有統一的使用方法。如果一個術語的概念及使用方法極為混亂而廣泛，則這個術語顯然便失去了科學意義及應用的價值。作者鑑於“沉积相”在概念上及使用方法上的混亂情況曾經考慮到是不是可以把這個術語拋棄不用。考慮的結果認為這個術語仍有保留而繼續使用的必要，因為，(一)“沉积相”或“相”在地質學中已經是一個根深蒂固的術語，百余年來均廣泛地使用於地質科學中；(二)“沉积相”或“相”的概念雖然頗為混亂，但在各種不同的概念及定義中均有相同的一面。目前的任務是必需建立“沉积相”的統一的地質學的概念及使用方法。尤其是當我國對於地質歷史中“沉积相”的研究尚處於啟蒙階段的時候，更有建立統一的概念及使用方法的必要。

問題在於把“沉积相”結合地層單位使用而作為地層側向劃分的單位使用合理，抑或不結合地層單位使用而僅賦予沉积學的概念合理呢？這個問題首先要從“沉积相”的各種不同概念中的相同的一面去介決。在上節我們曾把沉积相的各種概念綜合為四種不同的概念(參閱上節)，但無論在那一種概念中都肯定地包含着沉积學的概念；不是把“相”理解為沉积岩的成分和所含化石的特征，就是把“相”理解為沉积岩的生成條件及與之有關的自然地理條件。因此，可以說大家都承認“沉积相”的沉积學概念。

其次，在以古生物學為基礎的現代地層學中，地層單位的劃分雖然也參考了沉积岩的

岩性，但這決不意味着地層單位的劃分就相同於沉積單位的劃分。因此，“沉積相”的時間面並不一定和地層單位的時間面相重合，而且任一地層單位可能系由岩性不同、生成條件不同的許多“沉積相”疊積而成。在此種情形下，如果把“沉積相”作為地層的側向劃分單位，就勢必要承認“沉積相”等於該地層單位由上至下所含各沉積相的平均值。很显然這是和實際情形不符的。

R. C. 莫爾⁽²¹⁾在其所著“相的意義”一文中曾經列舉了四點理由來反對“沉積相”這個術語的不結合地層單位的概念及使用法。莫爾寫道⁽²⁰⁾：“如果我們承認了相的第二定義（參閱上述），那就必需承認下列幾點結論：（1）相的字義包含着每種可以遇到的沉積層的岩性和生物意義；（2）任何地方的相都在垂直層序中互相追逐；（3）大多數沉積建造都包括着幾個依次出現的或形成互層的相；（4）除非我們以不同的形式來使用同一個字，那麼把相用於此種意義時，就使我們沒有術語來代表地層單位的側向變化……”（着重點是我加的）。我認為莫爾所說的前三點“必需承認”的結論並不是什麼承認不承認的問題，而是客觀存在着的事實。如果漠視了這些事實，不論如何理解和使用沉積相，總避免不了走上形式主義的絕路。至於莫爾所謂的“必需承認”的第四點結論不僅不能成為反對“沉積相”不結合地層單位使用的理由，相反地，卻說明了莫爾對於沉積相的理解及使用是懷着很大的地層學的偏見的。

根據上述，作者主張拋棄“沉積相”的地層學的概念及結合地層單位的用法，而賦予以沉積學的概念及用法。

在論述到沉積相的正確概念之前應當了解決定沉積岩總合性質的有那些因素。這些因素作者認為可以歸納為下列四個方面，即（一）陸源方面：如地形、氣候、河流以及母岩的成分和結構等；（二）沉積環境方面：陸上的沉積環境和地貌、河流、氣候、地下水位以及升降運動等有關；水中的沉積環境的特性則決定於深度、鹽度、溫度、對流運動以及升降運動等；（三）大地構造方面：近代的研究證明，沉積作用和大地構造有着密切的關係；不同性質的大構造地區具有不同的沉積岩層組合；（四）沉積後的變化方面：例如壓縮作用、再結晶作用、膠體物質的陳化及脫水、自生加大、多形轉變、水化、白云化及矽化作用等。這四個方面的因素均顯著地影響着岩石的成分、顏色、結構及構造等。但是，是不是可以像 L. 史洛斯等人那樣把沉積後的變化因素也概括於“沉積相”的概念中呢？我認為是不可以的。首先因為沉積物質在其沉積後所處的客觀條件顯然是不同於沉積時的條件；其次，如果把沉積後的因素也概括於沉積相的概念中，則“沉積相”這一術語的概念未免失之過廣，廣泛到包括了沉積岩形成和發展的全部歷史過程。在此種情況下，這個術語顯然便失去了存在的價值。眾所周知，研究地質歷史中的沉積相的目的，總不外為重建古地理條件以及闡明沉積岩和有關礦產生成及分佈的規律性。這一問題在頗大程度上就需要從研究和分析沉積岩所反映的沉積前和沉積時的諸種沉積條件和因素來解決；和沉積後的因素僅有很少的關係，甚或沒有關係。因此，我認為在沉積相的概念中不應當包括沉積後的變化因素。

在沉積相的概念中，不僅要包括沉積條件方面的概念，同時也要包括記錄這些沉積條件的沉積物質方面的概念。決不能把“相”片面地理解為沉積岩的成分，否則“相”就變成了“岩石”的同義語而失去了其存在的意義了；也不能把“相”片面地理解為自然地理條件或沉

积条件等, 否則“沉积相”和“沉积环境”等就没有什么区别。

我認為正确的沉积相概念应当把沉积物質和沉积条件有机地結合起来。在这里, 我並不打算提出什么新的沉积相定义, 在上面的敘述中尽可以看出作者对沉积相的概念及定义的一些認識和主張; 如果勉强作者提出一个定义的話, 則我認為沉积相是沉积物質及其所反应的沉积因素的总合性質; 这些因素为陆源、沉积环境以及大地構造等几个方面的因素。“沉积相”是一个概括了沉积岩在石化作用以前的全部發展过程及有关因素的術語。沉积后的变化能使沉积岩的原生特性(成分、結構、構造及顏色等)改觀或穩沒不显, 因此在研究和分析地質历史中的沉积相时, 应当根据沉积后的变化因素加以适当的修正才能获得關於沉积相的正确結論。

註 釋

- (1) Наливкин, Д. В. Учение о фациях, 1932.
- (2) Пустовалов, Л. В. Геохимические фации и их значение в геологии. пр. сов. геол. 1, 57, 1933, ст. 57—78.
- (3) 此段文字引自 Наливкин, Д. В. “Учение о фациях”, 1956, 第五頁。
- (4) 見註(1)。
- (5) 同上。
- (6) 見註(2)。
- (7) 同上。
- (8) 同上。
- (9) Caster, K. E. The Stratigraphy and Paleontology of Northwestern Pennsylvania, Bull. am. Paleont. 21, №. 71, 1934.
- (10) Клинова, М. В. Геология моря, 1948, ст. 187.
- (11) 同上. ст. 187
- (12) 同上. ст. 187
- (13) 这里系指岩境(Lithotope)、岩相(Lithofacies)、構造境(Tectotope)、構造相(Tectofacies)、生物境(Biotope)及生物相(Biofacies)等而言。
- (14) Longwell, C. R. 地質历史中的沉积相討論会主席序言, 見張文佑譯“地質历史中的沉积相”, 1956年地質出版社出版。
- (15) Moore, R. C. 相的意义(Meaning of Facies), 1948, 張文佑譯“地質历史中的沉积相”第18—55頁, 1956年地質出版社出版。
- (16) 此处引自 Krumbein, W. C. & Sloss, L. L. Stratigraphy and Sedimentation, 1951, pp. 263—264.
- (17) Sloss, L., Krumbein, W., Dapples, E. Integrated facies Analysis, 1948, 此处見張文佑譯“地質历史中的沉积相”第122—157頁, 1956年地質出版社出版。
- (18) Рухин, Л. Б. Основы литологии, 1953, 此处見中譯本“沉积岩石学原理”中冊。
- (19) Белоусов, В. В., Основы вопросы геотектоники с. 198; 1954
- (20) 見註(14), 第24—33頁。
- (21) 見註(15), 第32頁。