



第四屆國際石油會議
報告論文集

石油工業出版社



第四屆國際石油會議
報告論文集

第一卷

特

下冊

儲油層地質學，石油的生成與聚集
古生物學與生態學

FOURTH WORLD PETROLEUM
CONGRESS

根据CARLO COLOMBO PUBLISHERS

1955年羅馬版翻譯

統一書号：15037·397

第四屆国际石油會議報告論文集

第一卷

下冊

儲油層地質学，石油的生成与聚集

古生物学与生态学

*

石油工业出版社出版（社址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第083號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{4}$ 开本 * 印張13 $\frac{1}{2}$ * 241千字 * 印1—1,200册

1958年10月北京第1版第1次印刷

定价(11)3.20元

中譯本出版說明

1955年6月在意大利首都——羅馬召开了第四屆国际石油會議。被邀参加會議的有44个国家的著名学者、科学家和工程师。在会上討論了自1951年第三屆国际石油會議以来，石油工業在地質勘探、鑽井、采油、煉制、儲运以及油品应用和分析等方面的發展情况。會議共进行了10天。閉会后，曾將会上所宣讀的專題报告按照專業彙編成集出版。

这个报告論文集的中譯本是根据羅馬版原本并参考莫斯科版俄文本翻譯的。为了便利讀者閱讀，中譯本將分10卷出版：

- 第1卷——地質；
- 第2卷——地球物理勘探及測井；
- 第3卷——鑽井；
- 第4卷——石油及天然氣开采；
- 第5卷——石油及頁岩油的加工(上下册)；
- 第6卷——石油化学加工；
- 第7卷——石油及石油产品的性質和研究；
- 第8卷——油品的应用；
- 第9卷——煉油厂設備、金屬材料及其防腐；
- 第10卷——油品的儲运。

这部报告論文集对于我国的广大石油工作者以及其他有关工業部門中的工程技術人員和科学研究人員，都有很大的参考价值。

目 录

儲油層地質学

- 儲油砂層的膠結作用及其成因.....C.A.福澤尔基尔(1)
根据岩相研究石油聚集的位置.....L.L.史劳斯(10)

石油的生成与聚集

- 地球化学对研究沉积盆地原油轉化所起的作用.....F.別也尼等(21)
关于現代石油生成与聚集的情况.....P. V. 司密斯(35)
密西西比河三角洲近代沉积的砂岩型相.....H. N. 菲士克(48)
含油砂層及砂岩中的原生水.....W. V. 恩格尔哈特(64)

古生物学与生态学

- 沉积学的最近發展及其在石油研究中的应用.....A. 堡当(79)
区域沉积学的發展.....D. J. 多格拉斯(89)
意大利白堊系与始新統的分界.....M. B. 西塔(97)
古生物学的重大进展和趨勢, 包括生态学的近代进展和趨勢.....馬格斯·A·哈納(124)
根据远洋与海底有孔虫比例計算沉积岩的沉积深度.....T. F. 葛利姆特(138)
用微体化石对比古地中海与北極海的上白堊紀和下白堊紀地層.....F. 貝頓斯太特脫等(153)
古地中海地帶白堊-第三紀交界層中微体古生物的研究.....J. 居費列等(174)

儲油層地質學

儲油砂層的膠結作用及其成因

C.A. 福澤爾基爾著

緒 言

1. 膠結作用問題

當石英砂沉積時具有一定的孔隙，孔隙中充滿着水分，其化學成分和沉積環境中的水相同。砂粒被卷埋後，由於流體運動，砂粒間的水分的性質會發生變化，新的或次生的礦物質可以進入並沉積在原生的孔隙中，在這種情況下可以說砂粒被“膠結”起來了。

既然膠結作用能使砂層的原生孔隙的容積減小，砂層的儲集容量就因而減小，滲透率也將改變。所以膠結作用在石油地質學中，不論是在砂層的儲油量方面，或者是石油在砂層中的運動方面，都具有理論上和實際上的重要性。

本文所談的研究的目的是要確定在沉積盆地含油砂層頁岩層剖面中的砂質體里，能否找出任何膠結作用的固定趨向；這種盆地的地層條件應為含油區的典型，並且其中的地層比較平緩且未遭受強烈的造山運動或變質作用。希望對砂層膠結作用的研究能夠查明和砂層沉積後的變化有關的規律，從而找出在別處也適用的膠結作用的機理。

直到近几年以前，砂層膠結作用問題的研究僅只作了一些單純的敘述；確定並且描述了不同類型的膠結物，當遇見砂粒間的孔隙中出現幾種膠結物時，有時也研究過它們的膠結次序。近來也提出了關於砂層中膠結物的成因的一些假設，但是對某砂質體中膠結作用的區域分佈或膠結物的成因沒有進行過系統的觀察和研究。所以膠結作用問題的研究需要花費很長的時間和大量的勞動去詳細研究大批試樣。在對沉積物的來源和沉積環境的基本問題進行徹底的研究以前，是不能解決這一問題的。

近几年来發表了很多篇論述砂層膠結作用的文章：其中應該提出的有瓦爾德史密特(1)，希爾德(2)，和基爾伯特(3)的論文。他們確定了所研究的砂層中的各種膠結物的沉積次序。瓦爾德史密特也提出了結晶質膠結礦物對油氣田壓力的某些可能的影響以及這些礦物對儲油岩層中的流體在膠結作用區和減壓區之間運動時的可能影響。瓦爾德史密特承認膠結作用在石油地質學中的重要性，但對各種膠結物的來源這一重要問題却未作詳細的研究。系統研究膠結作用問題的必要性已由吞豪費爾所強調指出(4)。他指出研究的領域是很廣的，並且研究得還很少。

為了查明透鏡狀砂層中的膠結作用是否有一定的規律，如果有一定規律的話能否就其沉積後的變化說明這種規律，在選擇研究地區時必須注意該地區在地質時期內除正常的沉積作用外其他地質演變過程只起很小的作用。此外當然應該僅研究沒有遭受過近代風化或地下水循環的

砂样。

2. 研究的区域

作者研究过的地区位於委內瑞拉中央东部的果雷科盆地内，其位置表示於圖 1 中。这一地区在委內瑞拉东部大地槽中形成一个海湾，海德别尔格(5)曾对这一地区作过說明。簡言之，它包括一个东西向、長 500 哩、寬 155 哩的沉积凹陷帶，是由一个位於火成变質基岩中，並被中生代和第三紀沉积所填充的凹陷構成的。除了標誌着盆地北界的逆断層帶以外，任何地方的岩層都很平緩。果雷科盆地乃是主地槽中的一个海湾，这里岩層的傾向一般是朝北的。

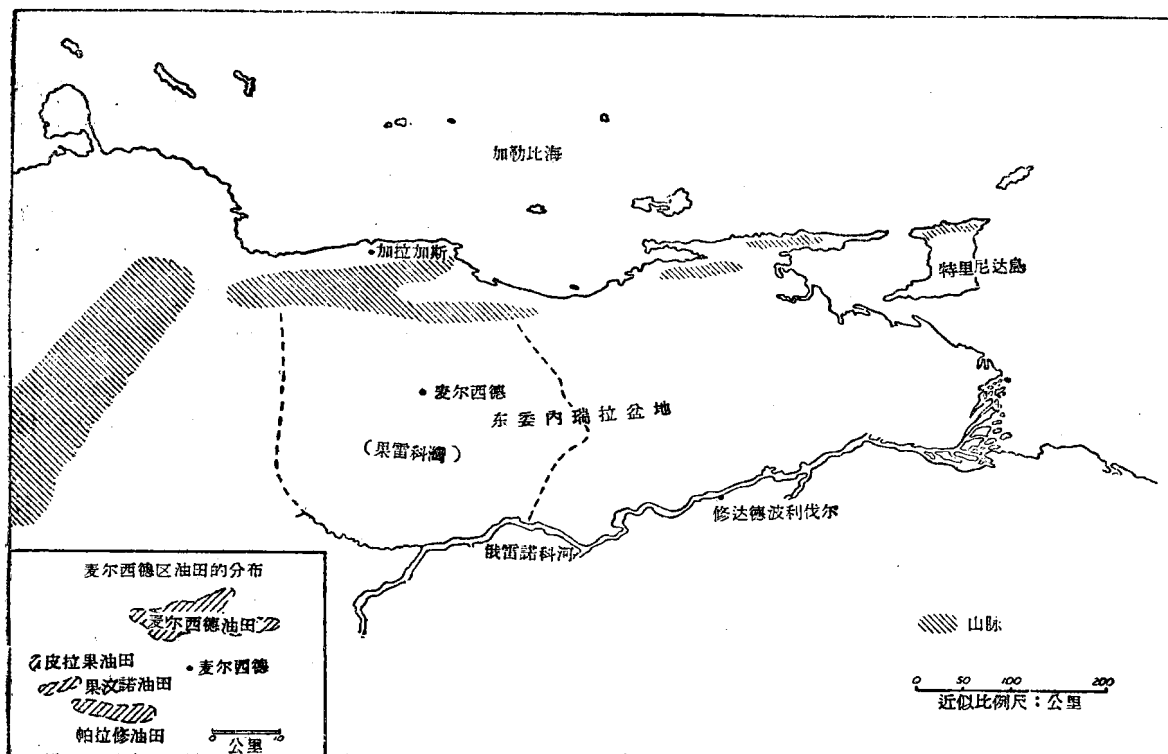


圖 1 委內瑞拉中央东部位置圖

石油系产自白堊紀和漸新世地層中，而最为發育的儲油層是漸新世拉帕斯庫阿組砂層。在所研究的地区中，这一組的厚度約为 500 呎，並且是由一砂層頁岩層系構成，其中包括以字母 A 到 G 命名的 7 个主要砂層和几个次要的砂層，砂層之間隔以頁岩層。

通常这些砂層向麦尔西德油田以北尖灭，且向南在拉帕斯庫阿組剖面中含砂量变多的地方合而为一。

为研究而选定的砂層是 A 和 C 層；这两个砂層是比較簡單的砂質体，它們尖灭的情形如圖 2 和圖 3 所示，而試样的选取仅限于这一地区的砂層取心井，因为對於膠結作用的研究來說，岩屑是不够大的。应该指出，仅在很少的几口取样井中进行了全面取心，但当配合其他岩性和电測井資料研究膠結作用的分佈时，所取的岩心还是足够的。

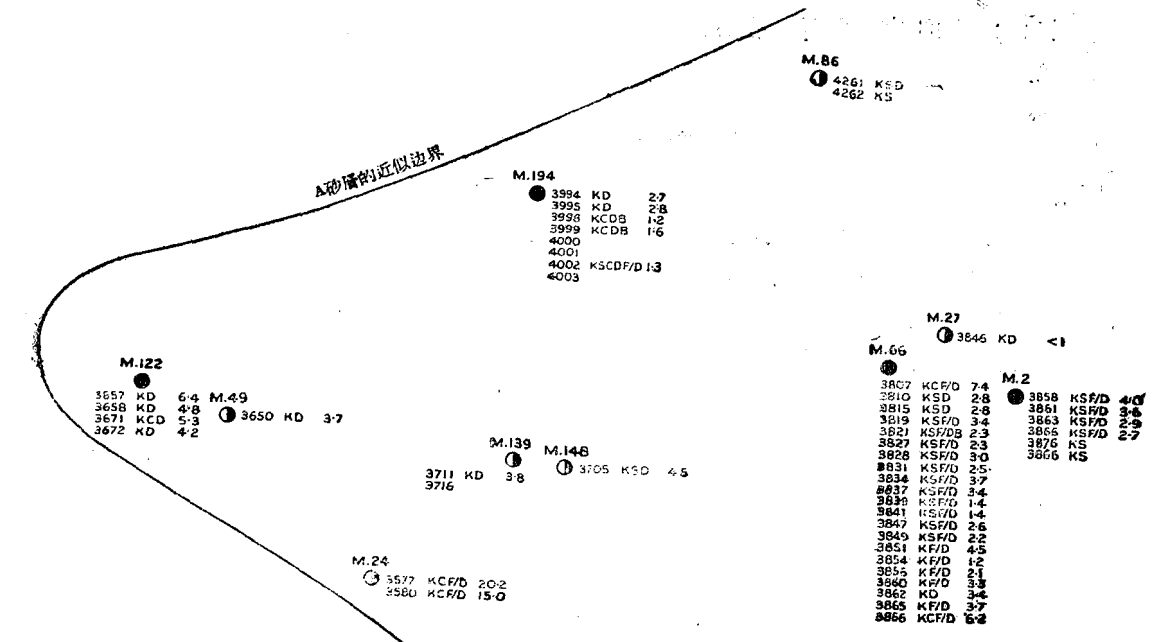


圖2 A 砂層的膠結特征(每一試樣的深度、膠結作用和酸溶解值列在一起)
 K—高嶺土；S—次生石英；D—白云石；F/D—鉄白云石；C—方解石；B—重晶石。
 ●全面取砂样井；①部分取砂样井。

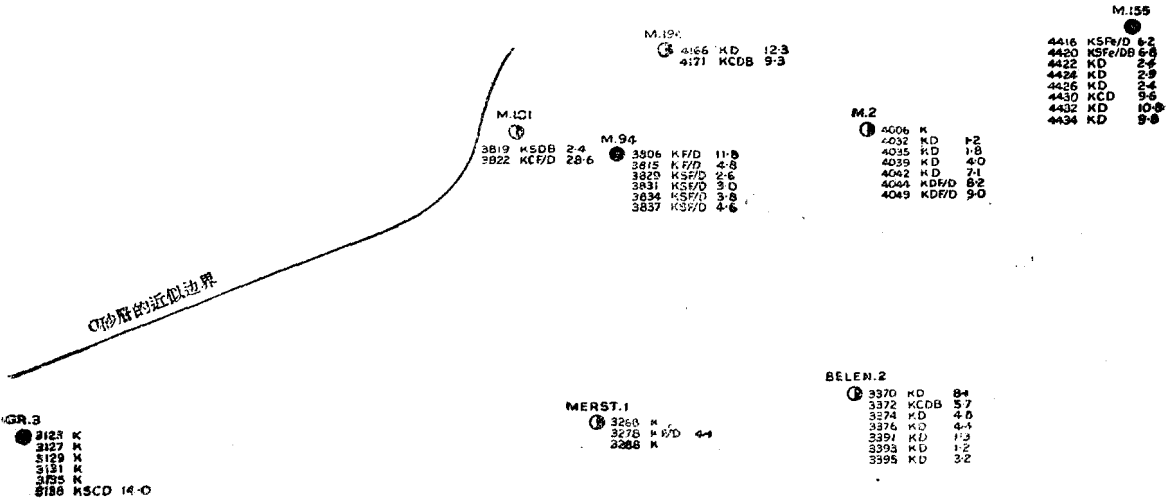


圖3 C 砂層的膠結特征(每一試樣的深度、膠結作用和酸溶解值列在一起)
 K—高嶺土；S—次生石英；D—白云石；F/D—鉄白云石；C—方解石；B—重晶石。
 ●全面取砂样井；①部分取砂样井。

3. 試样的研究

已經研究过的試样約有 100 塊，而鑑定和定量測定砂層中的膠結物所採用的方法就是岩石學研究中通用的那些方法。由於本文篇幅所限，不可能詳細地討論這些方法，不過，可以指出，在這些方法中包括有薄片的詳細岩石學研究以及酸提出物的化學試驗。每一塊試样的碳酸鹽含量是用測定試样在 10% 的 HCl 中的溶解度的方法確定的，而少量試样中次生石英的含量則

用罗斯瓦尔光学法測定。此外，在專門的鑑定中也採用過一些專門的方法，如熱差分析法和色層分析法等。

拉帕斯庫阿砂層的膠結作用

所研究的砂樣系從粉砂到中粒和粗粒的，而孔隙率是中常的。應該強調指出，砂層的膠結程度通常都很低，所以即使是很小的差別也是有意义的。僅很少的原生孔隙被膠結物填充，其數量通常不超過總容積的 5%。所有試樣皆採自深度不到 5000 呎處，並且沒有什麼證據可以認為試樣曾取自比現在的深度更大的地方；此外也不能證明麥爾西德區的拉帕斯庫阿砂層在這樣淺的地方因受壓力而發生膠結作用，所以下面所講的各種膠結物都沉積在沒有因壓力作用而破壞的原生孔隙中。

砂層中發現的膠結物，按照它們的沉積次序，有幾種：高嶺土，次生石英，碳酸鹽類（方解石，白云石，鉄白云石），重晶石，硫化鉄。高嶺土是最先沉積的膠結物，而重晶石是最後一種；硫化鉄在沉積次序中的位置尚未確定。

當砂層中具有幾種膠結物時，要想確定膠結次序，亦即確定膠結物的沉積次序，必需觀察礦物碎屑和膠結物之間的構造關係。假如砂層中的某一孔隙被幾種不同的膠結物填充或部分地被填充時，其膠結次序則很容易確定：靠近孔隙壁的膠結物是最先形成的，後沉積的膠結物則構成先成膠結物的內膜。但是，假如不同的膠結物散佈在整個砂層中，而且在單獨的孔隙中互不相聯，則不能確定膠結次序，此時則需根據其他地方的膠結物的相互關係加以推斷。

現將每種膠結物的性質和分佈討論如下（膠結物在砂層中的分佈表示於圖 2 和圖 3 中）。

1. 高嶺土

高嶺土是最多而且分布最廣的一種膠結物；在很大程度上，高嶺土乃是“原始狀態”的正長石碎屑分解的產物。在薄片中可以看見高嶺土和各種不同分解程度的長石結合在一起，而大塊砂層標本的特點是外表具有由高嶺土礦巢形成的斑點，高嶺土礦巢中通常都包括着少量原生長石。很少有作為砂層孔隙間的結合介質的碎屑粘土物質。雖然在拉帕斯庫阿組(7)中含有薄的高嶺土夾層，孔隙間的粘土物質則常以單獨的高嶺土礦巢而出現，這種高嶺土礦巢通常都位於它們形成的地方。

2. 次生石英

次生石英是砂層中第三種最常見的膠結物（碳酸鹽佔第二位），它們包圍在碎屑顆粒的周圍，這些次生物質和碎屑顆粒具有相同的光性方位，並且石英晶面朝向孔隙里面。這種類型的膠結作用很容易在薄片確定，其根據是次生石英具有平坦的晶面，並且比起經常含有雜質的“沾污的”碎屑顆粒來，它是純潔透明的。

在 A, C 砂層中，在垂直方向上沒有找到高嶺土和次生石英含量的分佈規律，但是從這些礦物經常互相結合來看，砂層中高嶺土的含量似乎可能和次生石英的含量有關。所以研究了某些被這兩種礦物膠結的試樣以及同一砂層剖面中僅含高嶺土的某些試樣的高嶺土和次生石英的含量。曾經確定，高嶺土的含量在含有次生石英的砂層中通常較高，而在沒有被石英膠結的砂層中含量較低。在 13 塊含有次生石英的試樣中，除了一塊以外，其餘 12 塊的高嶺土含量都在

8%以上；而在 10 塊仅含高嶺土的試样中，只有一塊含有 8% 以上的高嶺土。

3. 碳酸鹽类膠結物

碳酸鹽类是砂層中第二种最常見的膠結物，其中包括方解石，白云石和鉄白云石；在这些矿物中，白云石分佈得最为普遍，仅在为数不多的試样中找到了方解石。

方解石或者是碎屑顆粒的一部分基質，或者是部分地填充在孔隙中，相距远近不一的均匀消光体。白云石和鉄白云石出現的形式有好几种，最普通的是具有均匀消光性的集合体或菱形体；它們局部地構成碎屑顆粒的基質，在这种情况下，碎屑顆粒就像“漂浮”在基質中一样。

最重要的研究結果是根据試样酸溶解值的規律查明了碳酸鹽类膠結物發育的規律。測定每一塊試样的碳酸鹽总含量(利用酸溶解值)以及这些数值的分佈規律是極有意义的。

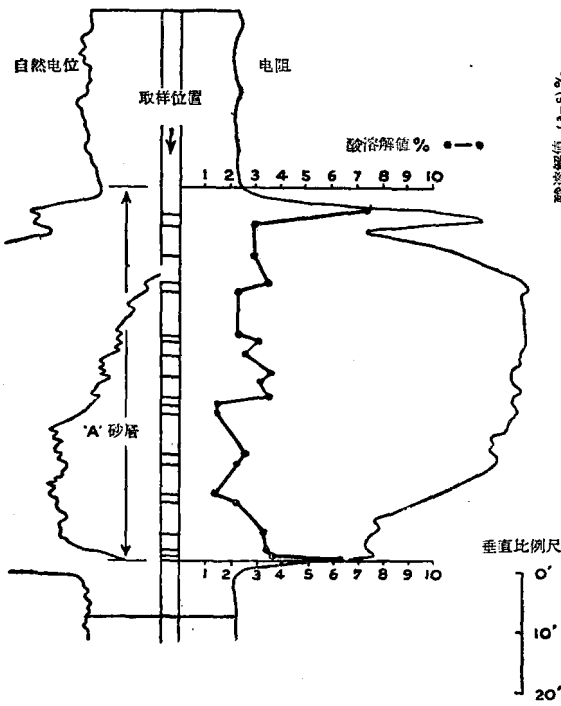


圖 4 M.66 号井 A 砂層測井曲線的对比

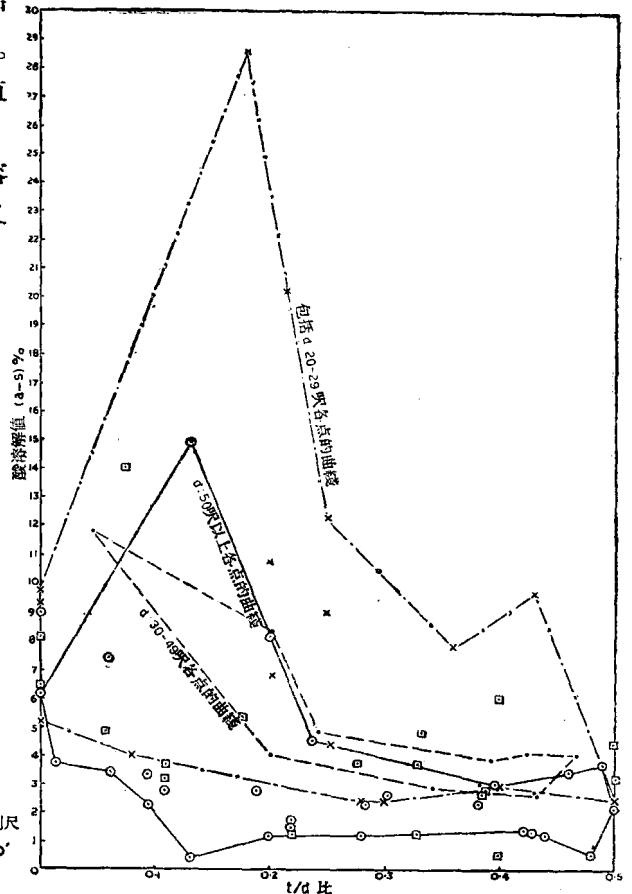


圖 5 A 和 C 砂層含碳酸鹽試样的酸溶解值和 t/d 的关系
砂層厚度 ○ 50 呎及 50 呎以上 × 20—29 呎
符 号 ● 30—49 呎 □ <20 呎

砂層剖面頂部和底部清楚地显示出碳酸鹽膠結物(主要是白云石)含量的增加；这在 A 和 C 砂層中都很明显。在进行过詳細取样的剖面中，亦即 A 砂層的 M.66 号井和 C 砂層的 M. 94 号井中特别明显。在这些剖面中，在靠近砂泥交界处以及剖面頂部和底部碳酸鹽含量增高。圖 4 即为利用电測井曲線表示的 M.66 号井 A 砂層碳酸鹽含量对砂泥分界的分佈規律。

膠結作用圖的研究表明，在曾經研究过試样(即研究过兩塊以上)的 A 砂層的所有剖面中，在砂泥分界处碳酸鹽含量普遍增高；C 砂層的情形也是这样，在取过一系列試样的 6 个剖面中有 4 个剖面的碳酸鹽含量具有同样的分佈規律，並且，有一口井中在剖面底部的一塊試样中碳

酸鹽的含量很高(28.6%)。

根据这种情况可以作出如下的結論：在砂泥分界处(或在其附近)碳酸鹽含量的增高是麦尔西德区 A 和 C 透鏡狀砂層膠結作用的普遍特征，此外也証明(在这里沒有談到)这一地区的其他砂層也具有同样的特征。

砂層膠結作用的这些分佈規律是垂直方向的，但是橫向分佈規律的証据却很少。有証据表明砂層的边緣区可能是膠結作用增强的地帶，这对 C 砂層來說可能性更大，其中接近尖灭处的試样的酸溶解值最大。作者認為砂層剖面中碳酸鹽在尖灭帶附近的含量乃是砂層厚度的函数。为了驗證这一假設，曾用曲綫表示出了砂層中含碳酸鹽試样的酸溶解值和从取样位置到最近砂泥分界处的垂直厚度間隔(t)与取样砂層厚度(d)的比例的关系；亦即酸溶解值和 t/d 的关系。其結果表示於圖 5 中。从圖中可以看出，取自較厚砂層的試样具有比較薄砂層試样低的最大酸溶解值；取自相同厚度砂層的試样，則越接近砂泥的分界酸溶解值越高。

4. 重晶石膠結物

重晶石膠結物較少，成远近不一的均匀消光体，有的填充在孔隙中。它的分佈沒有規律。

5. 硫化鉄

硫化鉄常成少量的結晶或結晶集合体。它的分佈沒有規律，本文不拟詳細討論。

膠結物的来源及膠結作用的規律

虽然不同砂層任一膠結物形成的時間不同，但在这里我們假設任一砂層中的每一种膠結物沉积的時間大致相同。

下面我們按照膠結次序討論一下每种膠結物的来源。

1. 高嶺土和次生石英膠結物的来源

高嶺土形成的時間很可能是在砂粒沉积到海底之后，未被掩埋之前。高嶺土是正長石分解的产物，正長石分解时需要酸性环境。有証据表明長石並未全部分解，由此可以設想分解过程系停留在某一阶段上；这很可能發生在砂層被掩埋和与沉积环境的水隔絕时或在其后不久。

正長石分解的同时，分解出硅。次生石英膠結物的来源可能是在長石大量分解使水的含硅量局部增高的地方，海水中的硅局部富集的原故。这一概念可由砂層中高嶺土含量和次生石英含量的关系得到証实，所以很可能石英是在高嶺土形成之后不久砂層被掩埋之前沉积的。

2. 碳酸鹽膠結物的来源

在說明碳酸鹽类膠結物的来源时必需考慮到膠結作用的規律以及它們和以前沉积的膠結物的時間关系。

碳酸鹽类沉积时的物理化学因素是很复杂的，很多人都研究过这些因素。方解石沉积时的化学条件是大家了解得比較清楚的，但对白云石或含鉄碳酸鹽的沉积条件却知道得很少；但是显然它們都是由於無机作用而沉积的。

我們可以認為碳酸鹽是在砂層被粘土盖層掩埋之后的任一阶段沉积的，而膠結物是在砂層

压实过程中，抑或在其以前，或在其以后沉积的問題还是值得爭論的。

从碳酸鹽的垂直分佈規律来看，碳酸鹽未必是在压实作用以前沉积的；如果碳酸鹽的沉积是在同一环境下，在高嶺土和次生石英沉积之后發生的，它們的分佈实际上應該是均匀的。

似乎垂直运动的水是使碳酸鹽沉积的主要因素，再者，經過压实作用以后的条件是不利於流体垂直运动的，在这种情况下，水的任何运动只能由於靜水压力而發生橫向运动；也就是“水压驅动”。麦尔西德区有一些断層，不过这些断層並不能作为水运动的途徑，此外，由於砂層是不連續的，經過压实作用之后在砂層中水能否發生大規模的橫向运动，似乎仍值得怀疑。

因此，作者認為有各种証据可以表明压实作用阶段就是碳酸鹽类膠結物沉积的时期；並提出它們形成的机理如下：

在压实作用的某一时期，粘土处于半滲透性薄膜状态，它能阻止水中某些离子通过，因此，随着粘土滲透率(以及孔隙率)的逐漸減低，縮小着的离子受到阻碍，靠近砂泥分界面处砂層中的水离子濃度因而增高。从而可以相信，水不断地通过砂泥分界面以減小其体积，所以形成离子濃度梯度，当离子濃度达到相应矿物的溶解度时，碳酸鹽类就因离子的选择滲濾作用而沉淀出来。因此可以求得碳酸鹽膠結作用的規律，即越靠近砂泥接触处膠結物数量越多。

重晶石膠結物的成因可能与此相似，茲討論如下：

离子被阻乃是滲透作用的逆反应；滲透时，水通过半滲透性的薄膜从較弱的溶液流向較强的溶液，如果加压力於溶液以阻止溶剂流过半滲透性薄膜时，則流动方向即將發生改变，溶剂通过薄膜流回，因而由於离子被阻使容器中溶液的濃度增高。麦克凱(8)曾論述过决定薄膜能否讓一定物質通过的因素，並且指出决定性的因素是溶解离子对薄膜有效孔隙^①的大小。

溶解离子的大小变化很明显，所以为了确定不同鹽离子的透过速度，利用人造薄膜进行了实验，在理論上海水的普通陽离子的“阻擋序列”如下：Mg、Ca、Ba、Na、K；亦即鎂的溶解离子最大，鉀的最小。

但是产生了这样的問題：在一定条件下，頁岩和粘土能否处于半滲透薄膜状态。初看起来，的确沒有理由可以認為它們不能成为半滲透性的薄膜；在压实过程中，它們由較易滲透的物体轉变为不易透水的，因此在压实作用的后期，当水通过砂泥分界面时，縮小着的离子可能被阻擋住。

在压实过程中，由於水从孔隙中被排挤出来，粘土的有效孔隙將不断減小，並且可以認為直到压实过程的后期，当有效孔隙減小到像最大溶解离子的大小以前，都不能發生离子滲濾作用。当离子被阻时粘土中实际發生的物理化学作用尚未确定；可能，譬如，粘土和水之間的鹽基交換現象能使砂泥接触处的有效孔隙縮小，因而在这一接触处使部分离子受阻，或者可能某些离子部分地透入粘土薄膜並阻留在其中。实际上，不能設想一个天然薄膜將是一个完善的半滲透薄膜，而關於离子被粘土阻擋的任何假設在目前都只能是臆測的；所以在這裡不拟探討这一問題，並且在这一过程的詳情完全了解以前，大量的深入研究是必要的。

考虑到上述阻擋次序，在压实过程中在薄膜里面 Mg、Ca 和 Ba 陽离子的濃度(按这一次序)將不断增加。溶液中陰离子的离子状态仍值得研究，但似乎它們的“滲透能力”比陽离子高，並且它們和 Na、K 一起，直到压实作用的后期，当最不易溶解的矿物都已經沉淀了的时候仍不能被阻擋。

① 因水的吸附作用不同而改变的实际大小。

从膠結作用的观点来看，值得注意的矿物为：方解石，白云石，石膏(硬石膏)和重晶石。

假如压实作用中水的原始组分是这样的，即当离子被阻时，有关的离子將逐渐集中以参加所有这些膠結物的沉淀作用，因而可以在理論上确定矿物沉积的可能次序(当然，在自然条件下由於水的原始组分有很大差異，是不能作出完整的次序的，譬如，石膏就很少構成砂層的膠結物)。因此，水的原始离子濃度對於确定沉积次序來說一定是很重要的。显然，沉积次序並不一定按照参加沉积作用的陽离子的天然阻擋次序，並且必需考虑到矿物的相对溶解度；譬如 $MgCl_2$ 不会在 $CaCO_3$ 之前沉积，因为虽然 Mg 的濃度按比例比 Ca 增加得快， $MgCl_2$ 的溶解度却比 $CaCO_3$ 高得多。

在理論上可以認為 $MgCO_3$ 比 $CaCO_3$ 沉积得早，因为 Mg 在 Ca 之前被阻；但是在自然界却不常見到 $MgCO_3$ ，並且显然也沒有見到它構成砂層的膠結物。然而却見它和 $CaCO_3$ 結合成复碳酸鹽——白云石；並且原始的白云石都和方解石結合在一起。实际上並不知道是原始的白云石作为复碳酸鹽而沉积的，抑或是 Ca 和 Mg 以氢氧化物的形式沉淀然后再結合成碳酸鹽的。但是，假如参与沉淀的离子，由於 Ca 和 Mg 离子在被阻时的選擇濃縮是唯一的相对濃縮作用，白云石是可能以复碳酸鹽形式沉淀出来的。本文尚不能在理論上确定这些条件，而且空想也是無益的，但是看来 $CaCO_3$ 通常却可以比白云石沉积得早。

根据溶解度可以清楚地看出， $CaSO_4$ 是在 Mg 和 Ca 的碳酸鹽沉积之后沉淀的，並且由於 $BaSO_4$ 比 $CaSO_4$ 难溶解，重晶石將比石膏沉淀得早；另一方面，虽然 $BaSO_4$ 是鹽类中最不易溶解的，Ba 却不是直到后期才被阻留下来的，所以 $BaSO_4$ 需沉淀於碳酸鹽之后。因此，砂層中矿物的沉淀次序可排列如下：方解石——白云石——重晶石——石膏或硬石膏。

在野外找到了足够的証据，証明离子被阻乃是麦尔西德地区砂層膠結作用的因素。首先可以証明和理論上确定的相同的膠結次序；其次，碳酸鹽的分佈規律本身正像根据离子被阻所推知的情況一样。並且还指出通常砂層剖面越厚，整个的总碳酸鹽膠結作用就越低；根据离子被阻的假設这也是可以想像的。

膠結作用和石油的运移

假如膠結作用可以在压实过程中由於离子被阻而發生，則會發生石油从生油層到儲油層的初次运移和膠結作用的相对時間这样的問題。

直到不久以前，近代沉积中不含石油这一事实支持了石油是在細粒沉积中由於極緩慢的轉化作用而形成的說法；但是近几年来，石油可以在沉积之后不久开始形成的見解又得到了發展。实际上史密斯(9)也論述过近代沉积中出現液态碳氢化合物的問題，这些液态碳氢化合物的成分可以与原油相比；所以原油是可以在沉积物堆集后不久形成的，假如果然如此，大部分原油就可以在压实作用的前一阶段被驅入儲油層。

如上所述，离子的被阻需發生在压实作用的后期、有效孔隙縮小到和最大的溶解离子大致相等的时候。离子被阻現象將影响到膠結物在已含原油的砂層中的沉淀，而膠結作用將使供二次运移用的孔隙減小並且可能使石油和水在儲油層中运动的途徑改变。

因此，膠結作用可以是二次运移和聚集作用的輔助因素。而且，当其他因素相同时，砂泥交界面附近砂層中膠結物的濃度可使这些地帶的含油量通常少於(因为这些地帶的剩余孔隙通常將小於)远离分界面的地方。所以，膠結作用不論是对石油运移的基本問題，或者是对採油的實際問題都有着重要的关系。

結 論

碳酸鹽膠結作用的機組已經作了論述，作者認為它似乎是在委內瑞拉麥爾西德地區研究的砂層中碳酸鹽膠結物成因的合理說明。似乎沒有理由可以認為其他地區的碳酸鹽(及其他)膠結物不能以同樣的方式形成。先決條件是砂層需被粘土層隔開，以便在壓實過程中阻擋離子，以及水中富含引起膠結物沉淀所需要的離子。

實際上，粘土隔層的成分可以明顯地影響離子被阻的作用；在麥爾西德地區發現的粘土主要是由膠嶺石和伊利水雲母組成的。

在離子阻擋理論可以肯定作為區域應用之前，顯然深入地研究離子阻擋的物理化學條件以及其他沉積盆地膠結作用的分佈特徵是有必要的，但是作者希望在利用離子阻擋假說解釋某一地區膠結作用的分佈特徵時，能夠引起大家對直到目前仍未得到足夠重視的膠結作用問題的興趣。

參 考 文 獻

- (1) Waldschmidt W. A., Cementing materials in sandstones and their probable influence on the migration and accumulation of oil and gas, *Bull. Am. Assoc. Petroleum Geol.*, 25 1839 (1941).
- (2) Heald M. T., Authigenesis in West Virginian sandstones, *J. Geol.*, 58 624 (1950).
- (3) Gilbert C. M., Cementation of some Californian reservoir sands, *J. Geol.*, 571 (1949).
- (4) Twenhofel W. H., "Principles of sedimentation", New York, 256 (1939).
- (5) Hedberg H. D., Geology of the Eastern Venezuelan Basin, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 61 1173 (1950).
- (6) Patterson J. M. and Wilson J. G., Oilfields of Mercedes region, Venezuela, *Bull. Am. Assoc. Petroleum Geol.*, 37 2705 (1953).
- (7) Patterson J. M. and Wilson J. G., op. cit., 2719.
- (8) Mackay R. A., The control of impounding structures in ore deposition, *Econ. Geol.*, 61 17 (1946).
- (9) Smith P. V., Studies on origin of petroleum: occurrence of hydrocarbons in recent sediments, *Bull. Am. Assoc. Petroleum Geol.*, 38 377 (1954).

丁义和 譯

根据岩相研究石油聚集的位置

L. L. 史劳斯著

緒 言

油气聚集的三个必要条件是生油層、儲油層和構造，一般認為其中只有構造因素容易加以較精确的分析。生油層与儲油層本身的特性是很复杂的，包含了許多不同因素，除了体积与厚度外，其他因素都不能用簡單方法表示出来並加以分析。但是，地質学家的任务就是要从沉积岩的各种复杂情况中，选择出可能与石油聚集有关的条件和因素。用各种不同的岩相分析方法可以簡化这种选择的过程，並加速發現主要的規律。本文的主要内容是介紹岩相的观念以及岩相分析的方法和技术。

岩 相 的 定 义

100年以前，格瑞斯雷發表了他關於侏罗山的牛津層、卡洛文層及有关地層的岩相及古生物变異的論著，从此以后，地質家們一致認為岩相变異是地層研究的一个要素。但是对岩相的研究方法和岩相这个名詞的認識，並不是一致的。有些人認為岩相是指成为任一組地層特点的某些显著的特性而言，如所有紅色地層都可称之为“紅色岩相”，所有鹽沉积都可称之为“蒸發鹽相”。也有一些人認為：岩相是指在垂直方向相連續的，或交錯成層的地層單元，其不同的岩石性質或古生物特性而言。另外，还有一些人把这个名詞用於不同的沉积环境(“瀉湖相”，“深水相”等等)，或沉积地区的大地構造特点(“地槽相”，“盆地相”)。穆尔認為第一种說法是对的，第二种說法不对。他認為若把“岩相”当作形容地層的岩性或生物特性的一般名詞，就降低了或毀坏了这个名詞的意义。他进一步指出：大多数地層在垂直方向的变化和交錯变化，如按正常的地層分类和命名来称呼(如岩系，岩層，或化石帶等等)可能更恰当些。他的結論說：“若給沉积岩相下一个合适的定义，那就是：一个地層單元內某一部分地層与其他部分地層之間显示着不同的特征”。按照穆尔的定义，岩相是某一地質單元在性質上或岩貌上的橫向变化，並且这些岩貌上的变化能在圖上很好的表示出来。本文作者和其他地質家已經積極地对几种表示沉积岩貌的方法加以研究，以便發現哪一种地層單元最适于用哪一种岩相分析方法表示。

沉积岩岩貌的确定

大多数的地層观察是在一个地理点上进行的(如井下資料的取得)，或在極有限的地区内进行的(如露头剖面的測量)，以便將所得資料在圖上画出来。在每一个观测点上，一个已知地層單元(如一个建造，一个統)可能是按某些岩石或生物特性而划分的。沉积岩貌就是这些特性的总和。例如，在一个观测点上的某一地層單元可能完全由中粒碎屑組成，那么，这个地層單元在这一点上的岩貌可以簡單地用“砂岩”表示。如果这个地層單元除腹足类和斧足类貝壳以外，不含有其他类动物的貝壳，在这种情况下，它的岩貌可用“軟体动物層”表示。把許多观测点的資料加以研究，並把岩貌在圖上表示出来之后，这个地層單元岩貌的橫向变化就可以看出来

了，並且可用綫將岩貌不同的地区划分开，这就画成了一張岩相圖。

直接和間接岩貌

显然，我們所研究的每个地層單元都可以用無数的岩貌表示出来。由於研究目的不同，岩貌可分为兩类：1. 直接岩貌，这一类岩貌如繪入岩相圖后，可以直接分析和解釋某些沉积环境的，古地理的或經濟的因素。2. 間接岩貌，这一类岩貌繪入岩相圖后，需进一步加以分析和解釋后才能得到預期的結果。

如果我們根据某些直接岩貌所繪出的岩相圖能够分辨哪个地層有油，哪个地層無油，哪里是生油層，哪里是儲油層，那么我們就可以用这張岩相圖来直接找油了。但是，用这种直接方法来解決找油問題，成功的机会很少。不过，用其他的直接岩貌可以直接解釋沉积环境。例如第三紀微古生物資料可以表示所代表地層的海水深度，因而根据一个地層單元的海深变化就可以画出一張岩相圖，这張岩相圖可以直接解釋沉积环境的海水深度。

一个地層單元在許多观察点上可測量的特征，並不能都算是可直接解釋沉积环境、經濟因素等的岩貌，这种情况更为普遍。因此我們就需要繪出間接岩貌的变化圖，来进一步加以分析，以便得到預期的解釋結果。因为可用来作岩相圖的岩貌几乎是無数之多，因而必須确定岩相分析的最后目的是什么，並用些試驗性的因素来帮助我們在每次岩相分析中，选择关键性的和有意义的岩貌来制圖。表1列出許多間接岩貌及其可能的解釋結果。

沉积岩貌的表示方法

表1观察項目中所列的，是从露头，井内岩屑，岩心和机械录井中可能收集到的实际資料。表中岩貌表示每一項內許多資料的总和，为了繪制岩相圖，用数量来表示岩貌是很适宜的。如果把一个地層單元在許多观测点上的岩貌用数来表示，那么繪制岩相圖的問題就簡單了，只要选择等厚距和極限值就行了。把同岩貌的点用綫連接起来以后，就画成了岩相圖。下面几段简述几种用数量表示岩貌和繪制岩相圖的方法。

岩貌的例子

表1

观察項目	可能的解釋	沉积岩的發生	沉积机械区的能	生油区的構造及沉积形态	沉积媒介物的学	沉积区的深度	沉积区的温度	沉积稳定环境的度	可能的生油層	可能的儲油層	后期沉积的影响
碎屑沉积岩的厚度及种类(礫岩、砂岩、頁岩等)			X	X		?		X	X		
化学沉积岩的厚度及种类(石灰岩、白云岩、蒸發岩、碎石岩)				X	X	X			X		X
結構(顆粒或結晶的大小、分类、形狀及組織等)			X	X		?		?	X	X	
碎屑岩石的矿物(他生或自生要素)	X		?	X	X						X
化学沉积岩的成分(碳酸鹽、硫酸鹽、硅、硅酸鹽等)顏色	?				X				?		
膠結物(类别及数量)					X					X	X
縱向变化(岩性变化的頻率、地層平均厚度、砂層層数等)			X	X				X		X	
有机化石的組成(深海芹足类、漂浮有孔类等的比例)			X		X	X	X		?	X	

單一組分的沉积岩貌 表 2

岩 貌	例 子
某一地層單元特定岩石的真厚度	砂岩真厚度圖
結構	中等顆粒大小
成分	含碳氫化合物
縱向變化	不同砂岩的層數

表示。表 2 中的沉积岩貌自然都应以單一組分法来分析的。圖 6 是一个單一組分岩相圖的例子。

極点的概念 克宁奈和帕德奈二人認為：沉积岩的成分可用岩石中所含某些主要矿物和其他成分的比例来表示，这些成分的比例就是連續变化系的極限(如砂岩中所含的石英、長石和粘土)。虽然这个概念原来是用来解釋一种特殊岩石(如岩石标本或薄片)的極点的，但这也同样可应用于地層單元的岩石組成部分。事实上，地層單元的許多特点都可以当作極点並可用同样的几何形式表示出来。假如这些特点能用数字表現出来，它們就成为研究沉积岩貌的有用数字，因而可据此制成各种不同的岩相圖。

極点百分比 在一些研究岩相的方法中，某一單一極点的橫向变化可以用百分法来表示，这是值得我們注意的。例如可用圖表示以碳酸鹽类为主的地層單元中蒸發岩的百分比，或表示以碎屑岩为主的地層單元中紅地層的百分比。有些人用極点百分比法来繪制各种岩貌圖很有效，但是根据作者的經驗，百分比法的应用范围並不如下面所說的多組分法那样普遍。庫魯濱曾举例說明百分比法已經可与多成分法並用。

二組分法 地層学家在研究大多数的岩相問題时，每当他們在一个已知地区内追踪地層單元时，他們對於两个或两个以上極点間的相互关系是很注意的。这样的相互关系最宜於用比例来表示，比例的分子和分母表示在一个地理观测点上，一个地層單元內两个極点中每个極点的总厚度，見表 3。根据許多观测点把一个已知地層單元的岩貌比例計算好之后，画到一个底圖上，然后再把同岩貌比例的点連接成綫，这样就划清了岩相不同地区的界限。区分相鄰岩相的極限值是根据不同的地質問題来选择的，但經驗証明，許多沉积岩都和指数函数一样有橫向变化的特性；同时，用几何級差来表示岩相極限是最适宜的。

二組分沉积岩貌 表 3

岩 貌	分 子 (厚度)	分 母 (厚度)
砂岩-頁岩比例	砂岩	頁岩和粉砂岩
碎屑比例	碎屑沉积	化学沉积
蒸發岩比例	蒸發岩	碳酸鹽类
杂砂岩比例	杂砂岩	長石砂岩+石英砂岩
白云岩比例	白云岩	石灰岩
生物碎屑比例	生物碎屑碳酸鹽	非生物碎屑硫酸鹽

三組分法 大多数地質学家在研究矿物和岩石的时候，很熟習用三角形圖解法来表示三个組分。地層單元的特性同样也可以用三角形圖解出来，三个变数的百分比画在三角形的三个軸上。由於这三个变数的百分比的总和为 100%，三个軸相交於一点，那么某一地層單元的岩貌就可由三角形上的一点表示出来。再用适当的極限值来重新划分这个三角形，就可以看清三角形內不同岩貌区的范围。根据这些岩貌区在三角形上的位置，就可以画出一張岩相圖。圖 1A 表示三組分岩貌的确定和岩相的分異作用。

作者和庫魯濱近年来曾發明同时用两个比例数来处理三組分法。圖 1B 所示三角形中