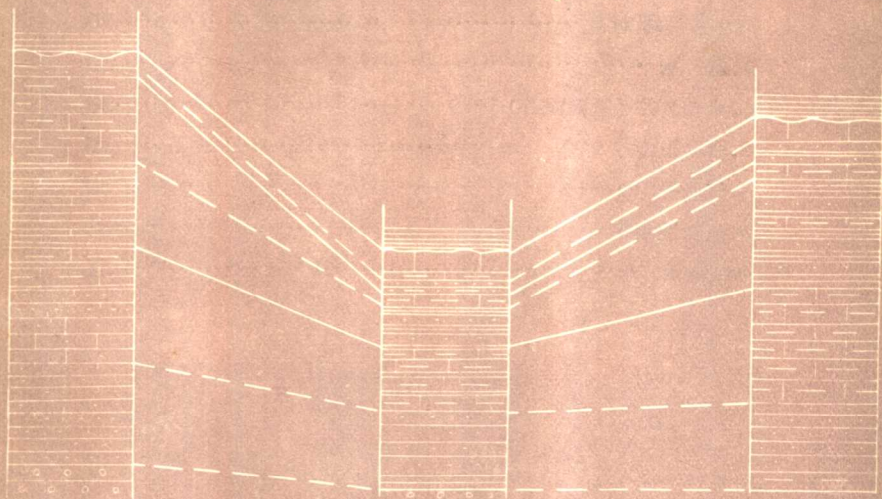


石油工业基本知识丛书

地层对比方法概述

曾 鼎 乾 編 著



基 址

石油工业出版社

一、前 言	1
二、标准剖面	3
三、岩性对比	5
1. 顏 色	5
2. 岩石的組織和結構	8
四、古生物对比	17
五、沉积旋迴对比	24
六 地球化学对比	28
七. 地球物理对比	30
1. 电 测	30
2. 离差测井 (橫向测井)	30
3. 微电极测井	30
4. 气测井	30
5. 放射性测井	31
八、結束語	31

一、前 言

地层对比,是研究地質問題中的一个基本方法。它的含意是把不同区域,不同地点的地层加以比較判断是否相当或相同,並找出它們相互間的关系。因此,地层对比不仅在科学研究上,同时在地質勘探上都具有重要的实际意义。在石油勘探上也不例外,通过对比可以确定儲油层或含油岩系在空間分布的規律以及它們在岩性上变化的規律,使我們能夠知道一个已知含油岩系在另一个地区是否存在,它的儲油岩性变化又如何,或者通过地层对比发现新的含油层,通过对比可以預測鉆探目的层在构造下埋藏深度,可以推断正在鉆进的探井中下一步將遇到什么地层。在进行地层对比之后,由于掌握了岩性变化的規律及其特征,就有条件帮助我們选择区域性的或局部性的标准层。标准层的选择不論在地質測量或探井中都是十分重要的。

在石油勘探中,根据任务不同和需要,可以按整个地层剖面进行对比,也可以用某一个含油岩系为对象进行对比,也可以某一个儲油层为目的单独进行对比。不管进行整个地层剖面或单独的那一层对比,都需要紧密依靠岩石的性質,古生物化石来进行。岩石的性質指的是矿物組成成分,組織与結構情况,岩石中的含有物質以及它的外貌形态和层間的相互关系。同一区域地質条件下形成的沉积岩,它們的性質是相似的。当条件改变之后,虽然岩石的性質有所轉变,但轉变的跡跡还是可以追踪的,所以,在不同岩相的两个地

区，通过地层对比可以搞清它們之間的关系。

在日常工作中用来进行地层对比的方法有下列各种：

一、岩性对比法 包括大岩性和显微鏡下的对比。常依靠岩石的顏色、矿物組成成份、胶結物种类、組織和結構、以及层理发育情况和沉积岩表面形态等特征。

二、古生物对比法 包括大古生物及微古生物。

三、沉积旋迴对比法 利用沉积的週期性进行对比。

四、地球化学对比法。

五、地球物理对比法。

上述各項方法在实际运用上也常受地質条件的限制而並非处处有效。例如在沉积岩对比中依靠古动物或古植物化石来进行是最見效的办法，但也不是在这方面就沒有困难，因为有些地层不含化石，或所含化石极为破碎影响成果鑑定的質量，或者虽含有一些化石但不能作为对比的依据。利用岩性法对比，有时也会遭遇到各种困难，例如象粘土类岩石，运用显微鏡和一般的岩性对比法往往效果不好，甚至不能对比，这就需要采用一套專門为对比粘土类岩石而进行的粘土分析。

地球化学对比法目前尚未大量应用在地层对比上，但应用地球化学方法对比地层就現有資料看来，效果是好的。譬如說用光譜方法就是一个例子。但也不能說在进行地球化学方法对比中就沒有缺点。因此，在进行地层对比时就需要依照对象的不同以及資料获得的程度选择适当有效的方法。虽然針對不同地質条件需要采用不同的方法，但是在可能的条件下，应儘量同时采用不同的方法进行綜合对比，不要單純用一种方法。关于这一点，以后还要談到。对于油矿地質工

作者來說，因为在探井中取心是比較少的，能供給我們直接研究对比的岩样也不多。为此，各种測井曲綫的地質解釋和各种机械录井的資料就成为对比中的主要依据。

不論我們所采用的对比方法如何，都應該注意到以下几点：

1.对比的速度要快，以爭取更多的時間跟上生产的需要。

2.对比的成果应要求精确，在方法上应力求簡便。

今天，在科学技术日新月異的情况下，地层对比的方法也將与日俱新。在这本小册子中只不过敘述一般的和常用到的一些对比的基本方法。

二、标准剖面

在地层对比中，首先应建立标准剖面。所謂标准剖面是在地面上选出有区域代表性的一个露头 或者是一口基准井（或参数井），选择条件应考虑到以下几个基本要求：

1.在区域地层上具有代表性 在大区域对比时，因为选的是标准剖面，所以 首先应选择地槽型、地台型、山間盆地、前緣拗陷或其他类型的标准沉积区，並且在岩性稳定的地段选择。为了掌握各岩层在時間和空間上岩性变化的規律起見，当看到岩性起了改变之后，在岩性改变的地段內再选择一个露头，这样依次推下去。剖面选择的多少視工作性質和任务要求而定，要求愈細，所选择出来进行对比的剖面也愈多，分层亦要求愈細。在局部地段內进行地层对比，剖面

的选择也和大区域一样，只不过剖面間的距离很近而已。局部构造的地下对比，每一口探井应視作一个露头。

2. 地层发育良好，露头完整，但厚度又不太大的地段应选择各个层次均有代表的沉积地带，而且要求在层序上沒有被构造运动所扰乱，或者虽有少数变动，但很容易被我們識別加以恢复看得出它們因錯动而重复的层位（不要选择有缺失的剖面）。如系井下对比，則首先应选择取心較多，資料最完整的井。

3. 化石丰富 古代动物或植物的遺骸随沉积物一同在适宜的地带沉积下来，經石化后成为化石。化石在沉积岩中可以以单相或混合相产出，前者是只有一种化石或夾有极少的其它种化石，例如笔石的产出往往就是这种情况。混合相是各种化石都有，常相伴而生。不論是单相或混合相都要求保存完善，而且在数量上要比較丰富。在混合相的化石羣里，内容不止一种化石，因此，在决定地层时代上可以应用不同的化石相互参考，而不受一种限制。同时通过共生化石的关系，可以推断缺失某一标准化石的另一相当地层的时代。单相化石和混合相化石的出現，实际上它就代表了不同的岩相。

4. 在地理位置上要求便利，並要求在地形上易于观察和进行样品采集的地区。这个条件是比較次要的。

在选择剖面时，决不要看到一个露头或粗略的比較了邻近的几个露头之后就决定。而是應該在比較詳細的研究了一定范围内的地层发育情况之后来决定。这项选择过程如在資料較多的情况下可以在室内，只配合大量野外工作来进行。在相反的条件下，則需要在野外进行一段踏勘。这是指区域

性地层对比建立标准剖面来说的，假如只进行局部区域的对比，就不一定需要这样严格。

在野外进行剖面选择时，无须把每个露头都要走遍，事实上要这样作也不可能。首先把过去资料研究一下，有根据的选定几个比较性的或辅助性的地段。到达野外之后，除了核对过去资料，注意岩性特征、成层顺序、层间关系之外，还要注意地形与岩层的关系（这对于选择工作地点及大量剖面都有用）。经过这样了解之后，就可以有把握的选出各主要地层的工作地点，有步骤、有计划的依照一定的程序进行。

三、岩 性 对 比

岩性对比是地层对比中应用普遍而又较广泛的方法之一。岩性对比中通常所用到的是颜色、岩石组织、成分、结构、层理产状、岩层分层特性及与上下层面间的关系。岩层中所包含的结核、碎屑岩的胶结程度，节理的或缝合线的发育情况等有时也被利用，至于岩层中所含化石以及沉积交替（韵律旋迴）现象在地层对比中非常重要，在这本小册子中也将叙述。

1. 颜 色

颜色是鉴别和对比地层时的一个重要标志之一。从成因上讲，颜色可以分为原生和次生两种。例如在长石砂岩中，因为正长石的出现往往呈现一种肉红的颜色，它是受矿物本

身顏色支配的，因為這種顏色是礦物原來的顏色，對岩石來說可以叫作繼承性的顏色。

原生顏色中的另一種情況是沉積岩在沉積時或者在成岩過程中生成的顏色，例如銅礦顆粒在沉積過程中受風化而形成綠色或藍色的外皮，或者是沉積物中膠結體的顏色等，這是沉積岩在生成時所產生的。為了區別於繼承性的顏色，就把它叫作同生顏色。

次生顏色是後天的，也就是沉積岩形成之後由於風化或地下水等外力作用引起變化而產生的顏色。所以岩石的顏色不僅受組成成分的影響和沉積時環境的支配，同時也與以後的風化、侵蝕作用有密切的關係。因此首先在野外調查時要分別清楚岩石原生和次生的顏色。在進行地層對比時也要加以辨別，才不致混淆造成錯誤。同時對產生這種或那種顏色的成因也要加以分析，不同的成因可以造成不同的顏色，掌握到這些因素就更能提高對比的精確程度。

原生顏色和次生顏色也就是地質人員常用俗語“新鮮面顏色”和“風化的顏色”，風化的顏色從岩石的風化面、節理面和張開的層理面上可以觀察到。例如岩石中的含鐵礦物經化學風化之後形成褐鐵礦，後者隨流水滲入到岩石表面的孔隙中形成深淺不同的棕黃色風化殼，這種現象在野外是最容易看到的。象這樣的情況，假如我們單純用它淺棕黃色的風化顏色來進行對比，就沒有多大意義。所以在地層對比時，應用原生顏色是主要的，次生顏色只能作為參考。

③另一方面，顏色的深淺又受當時氣候的影響。乾燥時的顏色要比潮濕的淺得多，潮濕時的顏色往往要深暗一些。組成岩石顆粒大小的不同也同樣要引起顏色深淺的不一。粗顆粒

組成的比由細顆粒組成的要淺一些，細的緻密的較深。在碳酸鹽類岩石中，細顆粒的顏色要顯得鮮明些。在記錄和對比顏色時，這些因素要考慮進去。

在顏色的描述上目前我們還缺乏統一的标准，同一個顏色有人叫紫紅，而另一個觀察者可以叫暗紅。因此最好在同一地區工作的地質人員就本地地層，在工作正式開展之前，先統一对顏色的命名。這樣就可以在以後的對比中不致造成錯覺。

命名的原則最好採用下列三種方式：（1）單純的顏色命名，也可以叫作單一的命名法，如紅色、深黃、淺綠，等等。

（2）混合顏色的命名法，例如黃綠、紫紅、灰白，等等，前面的一個顏色當作形容詞，如“灰白色”的意義就是它並非純白而帶有灰色。混合顏色的命名比較困難，往往各有所見，難於統一。（3）形容命名法，這是利用現成的各種東西來形容顏色，如咖啡色、乳白色、磚紅、天藍，等等。這種命名法只要形容恰當，一般不會造成錯覺。問題在於有時難以找到適當的而又通俗的東西作為形容詞。在顏色的命名上有了這三種基本方法也就夠了。在石油部門的有些實驗室，過去一度採用了比色計的方法，就是在一小盒子中裝上若干個顏色不同的小岩樣，並各給以顏色的命名，以便攜到野外對照。

顏色之所以被地質工作者所重視，是因為它不僅在野外地質測量時是一個良好的標識，在地層對比時是一個良好的因素。從理論上講，顏色也表示了古地理條件，特別是在繼承性和同生顏色上。例如大量的繼承性顏色的存在，它表示當這些礦物顆粒沉積時幾乎沒有化學風化作用，否則就不會

是原样沉积了。在同生颜色中红色表示氧化铁的存在，往往代表了热带或亚热带的气候。但是红色不一定代表干旱的气候，例如西南三叠纪飞仙关页岩就是暗紫颜色的，但它却是海相沉积。绿色或其他较深的颜色往往代表氧化程度很小，或者是在还原的条件下沉积的。黑的颜色一般均表示有机物的存在（没有被氧化）。白的颜色往往和石灰质有关系，这种关系从岩石的风化外形上也可以看得出来。例如含石灰质的砂岩，当经受风化侵蚀之后，它的外貌往往和石灰岩有相似之处。白色、灰黑色或黑色在岩层中和其它颜色的沉积岩以互层状出现时，它往往代表沼泽湖泊相的存在，假如夹有海相地层的话，则所代表的是泻湖湖泊相。因此，正确描述岩石的颜色和深入细致分析颜色产生的原因以进行对比是十分重要的。

前面说过，颜色和古地理，也就是和沉积条件有关系，所以利用颜色对比地层时是有限制的，在不同岩相的沉积区，利用颜色对比的方法就值得考虑。

2. 岩石的组织 and 结构

在某一定的区域范围内由于地质条件相同——即古地理条件的一致，因此岩石的成份、组织和结构特性也是一致的。在相邻的区域内，因古地理条件不同，在组织和结构上也就有所不同，通过过渡地带剖面的研究，其中变异的关系仍旧可以追踪。

粒度及圆球度（浑圆度） 粒度和浑圆度是研究碎屑岩常用到的术语。粒度是组成沉积岩矿物颗粒的大小，圆球度（或浑圆度）则指的是矿物颗粒在搬运过程中棱角磨蚀的程

度。在砾、砂和粘土三类中，砾、砂又分为粗、中、细三种。石油工业部“地面地质操作规程”中所规定的粗、中、细范围如下：

顆粒直径 (公厘)	岩 石 名 称			
	未 胶 結		已 胶 結	
>100	粗砾石	粗角砾石	粗砾岩	粗角砾岩
100—10	中砾石	中角砾石	中砾岩	中角砾岩
10 — 1	细砾石	细角砾石	细砾岩	细角砾岩
1 — 0.5	粗 砂		粗砂岩	
0.5—0.25	中 砂		中砂岩	
0.25—0.1	细 砂		细砂岩	
0.1—0.01	粉 砂		粉砂岩	
<0.01	粘土(泥土)		泥岩(或粘土岩、泥土岩)	

上表最常用到的是砂岩的粒度分级，这种详细的分级一般是在试验室内通过筛析法来确定的，但便于地质人员作现场观察描述，有时可携带分选好的各级标准砂样，放在一支玻璃管内携至现场，以及在室内对岩样进行肉眼描述时对比之用。有经验的地质工作者，一般不需要标准样品也可以不致发生大的误差。粗颗粒在肉眼观察下可以清楚的看出它们的形状和颗粒的颜色，而中粒则用肉眼观察时就很费力，至于细粒用肉眼观察就根本分辨不出颗粒。粉砂用手指搓揉时有“砂”的感觉，粉砂以下属于粘土范围，不再作粒度描述。

下面叙述几种主要沉积岩的特性及其对比方法。

砾岩 砾岩属于粗屑岩类，在成因上分两种。一种是夹生在某一层系中间的层间砾石；另一种是产生在某一层系底部的底砾岩。二者所代表的地质意义是大不相同的。前者代表局部侵蚀作用，而后者则代表一个地壳运动。

在进行地层对比时，需要运用以下有关资料：（1）同上复及下复岩层的关系。所谓关系指的是某一层系和上、下层系间的接触性质。（2）组织和结构。（3）组成成分。（4）厚度变化。（5）所含化石群。

在进行砾岩对比时，要了解底砾岩和下复岩层的关系，常需要较多的剖面，因此在标准剖面之外，沿走向还要建立

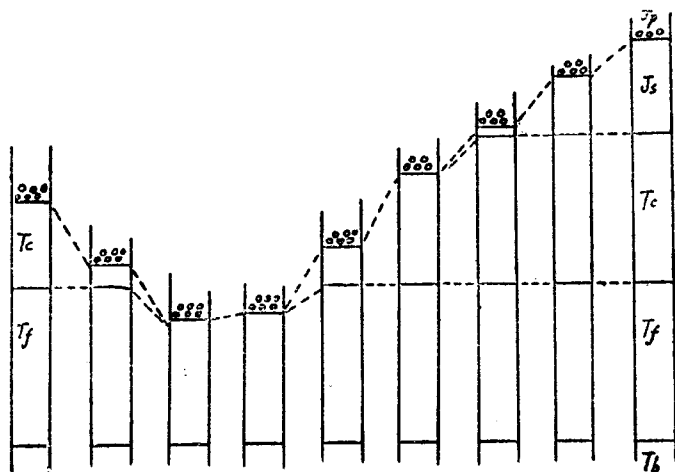


图 1 白田壩煤系和下复地层接触关系
(根据包茨、王国宁原图改繪)

Tb—三疊紀底部石灰岩；Tf—飛仙關頁岩；Tc—嘉陵江石灰岩；Js—須家河煤系；Jp—白田壩煤系。

若干輔助剖面。图 1 是一个实际例子。从图上很清楚的看出由于对上部煤系（白田垠煤系）底砾岩的追踪和对比，阐明了它和各地层在各个剖面上接触的关系，因而确定了它的性质。

砾岩中砾石的成分需要分門別类計算它們所佔的百分数。在同一区域地質条件下。形成砾岩的組成成份應該是相同或极其近似的，所以这种統計数字是对比时的有用材料之一。在砾岩中作砾石成份的統計比較困难，和未胶結的砾石层不同，因为我們不可能把这些砾石——从岩石中取出来。所以在野外工作时，可以选择有代表性的露头，量出一平方公尺的地方。在这一平方公尺的面积内进行統計。在这种过程中，不仅要統計砾石的种类，同时也需要統計一下砾石的大小。

砾石的渾圓度代表了搬运的历史，这是研究砾岩和对比砾岩的一个重要資料。渾圓度愈高，所代表被搬运的距离亦愈远。同一砾岩层，它不会在甲地是渾圓的而在相邻的乙地就成为稜角状的。闡明渾圓度可采用五級鑑定法（參見图 2）。图中：

0 級表示完全沒有被搬运，具有明显的尖角和銳利的邊緣；

1 級是稍經滚动，尖角已消失但仍保有原来的形状，邊緣部分已开始磨蝕而不复有鋒刃；

2 級是半滾圓的砾石，角已成圓

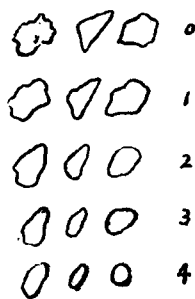


图 2 碎屑的滾圓程度（根据魯欣）

0—尖角狀；1—稜角狀；2—半滾圓狀；3—良好滾圓；4—極為滾圓狀。

形，稜已磨光，但稜的直綫形仍可看出；

3級是良好的滾圓形，仅保存有原来形状的跡象；

4級是滾圓极好的，砾石四週均形成均匀的曲綫形。

除了渾圓度之外，在砾石中我們还要研究它的扁平程度，扁平程度可以用砾石的寬和高之比或者用长加寬与二倍高度之比来表示每一个砾石的扁平度，經過測算之后再求出它在全部中的百分比数。

研究砾石长軸排列方位，从而可以确定物質搬运来源。方向，也有助于对比及古地理研究。主要的方法是根據野外調查的資料作成玫瑰图进行比較。

砂岩 这是沉积岩中最普通的岩石，在石油矿藏中佔有很重要的地位。在进行砂岩层的对比时，可以应用的資料很多，其中最常用的是：它的成分（包括肉眼和显微鏡下的观察鑑定）、粒度、石英和长石含量、重矿物种类及含量碳酸盐含量等等，顆粒較粗时也应用渾圓度分析資料。

砂岩的成分是很复杂的。按矿物組成成分可以分为单矿砂岩、少矿砂岩和复矿砂岩。前者組成砂岩的矿物只是单纯的一种，佔95%以上，例如全由石英顆粒組成的砂岩。少矿砂岩中石英成分佔有绝对多数（75—95%），只有少数的其他矿物，如长石、云母之类。复矿砂岩是由相当量的石英，杂有較多的长石、云母等和其他杂色矿物所組成。单矿砂岩常是經過长期冲刷或多次冲刷而造成的。在分布上单矿砂岩和少矿砂岩往往沿走向分布較寬，而复矿砂岩有的时候只呈凸鏡体出現，四川上侏罗紀砂岩就具有这种性質。

研究砂岩成份进行对比时，需要借助于显微鏡的鑑定。在显微鏡下不仅需要鑑定組成砂岩的矿物成分，給予砂岩以

正确的命名，同时还需要观察顆粒間的关系，胶結物的成分和胶結的方式。这些資料在进行砂岩对比时都有用。

顆粒大小是通过篩析来鑑定的。在野外用肉眼观察是在有标准粒度的比照下描述的，也可以用为对比資料，否則因为肉眼的观察容易发生錯覺而失掉它的真实性。渾圓度的分級和礫岩一样，可用五級法。砂岩組成中的长石含量、碳酸盐含量以及重矿物的鑑定都是在实验室内进行的。地質人員从試驗室取得資料后进行对比。

重矿物分析 利用重矿物分析資料进行地层对比是极可靠而有价值的，因此在各个地質試驗室都建立了重矿物的分析項目。通常这种分析的进行是和篩析連系的，將篩析的砂样用重液漂洗，所用的重液一般是三溴甲烷，它的比重是2.8—2.9，用三溴甲烷可以分出輝石、角閃石、赤鉄矿、磁鉄矿、綠帘石、鈣石、磷灰石、石榴子石、欽鉄矿、电气石和黄鉄矿等。在必要时可以用比重更大的重液如碘化甲烷，分出重矿物中更重的組分。

將重矿物分析成果以剖面为縱坐标，含量百分比为横坐标繪成曲綫，由于重矿物在剖面上各个部分含量的不同，或者某些重矿物只存在于某一固定层位，这种不同的分布情况——規律，就是对比地层的關鍵。虽然重矿物的分析在对比上极有效果，但因为成本高，在時間和人力上的耗費較大，所以在进行重矿物分析之前，需要有选择、有計劃的进行。在新的地区一般先选择一个标准剖面（或用基准井及参数井），在这个剖面上順序作重矿物分析，並將成果繪成曲綫，掌握了重矿物在标准剖面上分布的規律之后，再在其它剖面中只分析这些关键部位（或井段）的岩样，这样可以大大的节约

材料和时间。

漂浮在重液上面的輕矿物也要进行分析，以求得石英和长石含量的百分比。此外，在适当情况下，还要注意研究輕矿物性質的变化。例如对石英來說，需要研究石英种类，以确定它的来源（火成、沉积岩或变質岩的母岩来源），作为对比資料。

把石英、长石含量的百分比、碳酸盐含量的百分比、各种重矿物含量百分比以及粒度分析資料等均繪成曲綫，並和地层柱状图並列在一起，观察这些曲綫相互变化的規律並参照野外的描述，对照各剖面进行对比。

这种方法对于沒有化石或含化石很少的地层特別有用，效果也好。图 3 是一个实例。图中各种曲綫变化的規律不仅在地层划分和对比地层上起到一定的作用，而且由于某些矿物的增多或減少（这种现象不是偶然的，它是在一定的地質条件下形成的），可以推知当时的地質条件就是沉积时的地質背景。

根据砂岩粒度分析資料，不仅可以作出剖面曲綫，而且可以作出同—层粒度大小的平面等值綫图，用这张图可以帮助我們推断沉积物运移的方向。

石灰岩（碳酸岩类） 碳酸岩类基本上可分为石灰岩和白云岩两种主要类型，石灰岩中含有25—50%粘土質的叫泥灰岩。在地层对比时区别石灰岩和白云岩是一件重要的工作。最簡便的方法是用稀的盐酸来滴定。稀盐酸对白云岩是不起作用的，但盐酸加热或用白云岩的粉末进行处理时，反映是很显著的。鑑別石灰岩和白云岩就可以用簡單的化学試驗来鑑定：用10%的氯化鉄溶液和石灰岩（粉末）相作用，除产生大

量的二氧化碳之外，並形成淺褐紅色的半凝固狀的膠狀沉積物。對於白云岩來說，就沒有這種反應，氯化鐵對白云岩發生作用以後，溶液的顏色不變而且是清亮的（但混入泥質或方解石細粒時則少有變化）。

白云岩有原生的，也有次生的，次生白云岩在石灰岩中常以凸鏡狀、脈狀或不定形的囊狀而產出。白云岩在肉眼觀察下的特征是：比重較大、含化石極少或不含化石、孔隙性較強、在風化面上常成刀砍狀縱橫裂紋。

進行石灰岩的地層對比時，除應用古生物資料外，也常利用它的顏色、厚度、成層性質、岩石的表面特征如縫合綫的發育情況，所含各種包體如結核等特性進行對比。有的時候，利用這些特性進行對比達不到預期的效果，因為石灰岩主要是由生物作用或化學作用形成的。因此它和砂岩不同，雖然在組成石灰岩的成分中，也含有微量的重礦物和其它酸不溶解的物質，利用石灰岩中重礦物含量及酸不溶物的含量進行對比的方法是正確的，但因為含量太少，在效果上有時不好，在材料和人力上也耗費很多，因此在石灰岩對比方法上，只有在適當的條件下才採用酸不溶物或重礦物對比的方法。

在對比石灰岩地層時，首先需要野外的詳細記錄，就石灰岩在野外的產狀、岩性變化等實際情況作詳細描述，然後在顯微鏡下觀察薄片。對薄片的顯微鏡下觀察並不需要詳盡的鑑定，主要是重點的把岩石薄片在顯微鏡下進行分類，並觀察它的主要特性，而對於可選為標準層的特征則需要特別加以注意。

石灰岩中一般均富含生物殘體。對這些化石來講，不論