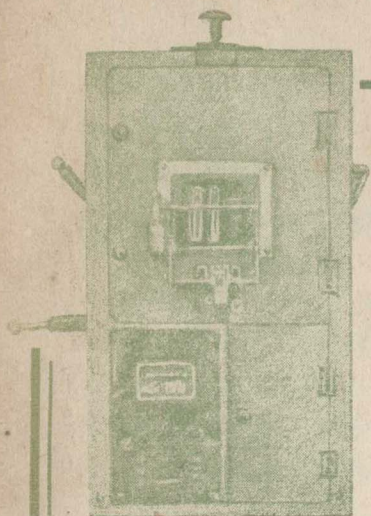




螢光分析法 在鑽井地質剖面 對比上的應用

石毓程編著

石油工業出版社

目 录

序 言

第一节	苏联和我国应用發光-瀝青分 析方法的簡史·····	3
第二节	螢光分析的基本原理·····	5
第三节	我国所应用的地層对比方法·····	6
第四节	我們所選擇的研究对象·····	9
第五节	我們所采用的螢光分析法·····	11
第六节	研究的結果·····	27
第七节	基本結論·····	34
参考文献	·····	36

序 言

調查和勘探油气藏所应用的發光-瀝青分析方法^①是一种直接法，用它可以調查油气藏的直接标誌。

这种方法最初应用于油藏的地面調查。將調查的結果同其它地質資料相配合，就可很方便地找出可能儲油的油气聚集帶。正因为如此，所以这种方法在很短的期間內就获得了很大的發展。

随着發光-瀝青分析方法的發展，它的应用范围也就逐漸扩大。目前我們可以应用發光-瀝青分析法来解决下面的課題：

1. 沿着鑽井地質剖面确定生油層；
2. 确定瀝青異常帶；
3. 确定含油气層；
4. 进行地質剖面的对比。

因为油田水中含有环烷酸鈉皂等物質，所以利用发光-瀝青方法分析油田水对于調查油气藏及在勘探設計中选择井位佈置是具有重大意义的。

發光-瀝青分析方法是最近十几年来新兴的地球化学勘探法之一。因为它是一种直接的勘探方法，而且操作技术并不复杂，化錢也不多，同时精确性又很高，所以，在今日我国进行大规模石油勘探工作中，广泛地、正确地应用發光-瀝

① 發光-瀝青分析法也称为瀝青的螢光分析法。

青分析法，將會促進我國石油工業的發展。

這篇文章主要是介紹發光-瀝青分析法在鑽井地質剖面對比上的應用。它的理論基礎就是測量地質剖面各層系所具有的分散狀瀝青。一般來講，同層系中所沉澱的瀝青性質是相同的，所以我們有理由認為應用這種方法對比地質剖面是能獲得良好效果的。

由於作者工作經驗有限，分析試驗作得較少，對現場情況又掌握得不夠，本文所敘述的，只能算是利用螢光分析資料對比鑽井地質剖面工作的初步結果。因此誠懇地希望地質界的前輩們指正。

完成這篇科學論文，我們的老師——蘇聯專家П.П.札巴林斯基教授無論在方法上或理論上都給了具體的指示和幫助，謹此致謝。

第一节 苏联和我国应用發光-瀝青分析方法的簡史

一、苏 联

1939年苏联学者H.A.什列辛盖尔首先在薩拉托夫倡議应用螢光分析方法寻找岩層中分散的石油和瀝青。1941年，M.X.克列因曼和B.H.福罗洛夫斯卡婭也都提出应用这种方法調查石油。

因此，在苏联应用發光-瀝青分析法至今已有十六年的历史。苏联的地球化学家們在这方面已获得了很大的成就。这里，我們不能不指出：这种方法能首先在苏联获得像今日这样的成就，是社会主义制度的优越性的表现，是苏維埃国家对科学和文化特別关怀的結果。

目前，苏联已拟出了下列各种發光-瀝青分析法：

1. 点滴分析(包括半定性和定性);
2. 标准液分析(或称試管分析);
3. 毛細管分析;
4. 組份分析;
5. 色層分析;
6. 發光-显微鏡分析等。

發光-瀝青分析法的应用范围包括：

1. 路綫測量;
2. 区域性詳細測量;

3. 标准井及探井的岩心研究;

4. 油田水(地下水)的研究;

5. 利用岩屑及泥漿的測井。

由于螢光分析方法的迅速發展,最近已有人把它用来进行沉积岩層的分層和地質剖面的对比。

二、我 国

我国应用螢光分析法,是在解放后苏联先进經驗傳播到我国以后才开始的,因此在这方面所做的工作还比較少。但由于各地工作同志們努力向苏联学习,我国目前也获得了初步的成績。

我国应用螢光分析的方法,最初是为了調查油气藏。1953年春季,我国著名的地質学家謝家荣、翁文波兩位先生在河北省开平盆地調查油气苗时,第一次应用了这种方法。此后根据翁文波先生的建議,又在石油管理总局地球物理實驗室开始进行發光-瀝青分析的試驗工作。当时只做出标准液分析,所采用的方法为攝影法,以依紅(Eosin)作标准系列。該實驗室为了試驗,曾研究过酒泉盆地白楊河等構造的部分岩心,但因所应用的方法不妥及其它原因,結果未获得地質解釋。

1954年新疆石油公司开始进行地層剖面的螢光分析,曾获得了良好的結果。

1955年地質部地球物理勘探司也开始建立化探队,其中有專門技术人員从事螢光分析的工作。

1954年2月,苏联專家П.П.札巴林斯基教授来北京石油学院講学,又把这种方法的实践經驗具体地教給了中国学

生，这为發光-瀝青分析法的正确应用和广泛地开展这方面的研究工作奠定了新的基础。

第二节 螢光分析的基本原理

瀝青的發光能力是瀝青發光分析的基础。現將瀝青的發光原理簡單介紹如下。

發光現象是物質自行發冷光的現象。这种現象是由于物質吸收了能量，而自身处于不稳定的状态，需要把吸收的能量以光能的形态放出来，以恢复其原来的状态时發生的。

苏联已故C.И.瓦維洛夫院士曾对發光現象下过确切的定义。他認為当物体热輻射的过剩輻射最終持續時間超过發光振动週期时，發光現象就是热輻射的过剩放射。

根据能量的来源，發光現象可分为：摩擦發光、化学發光、光激發光、X光激發光等等。

对瀝青的發光分析來講，光激發光最有意义。

光激發光通常分为螢光和磷光。如为螢光，当光能停止激發时，瀝青立即停止其發光現象；如为磷光，当光能停止激發时，瀝青在一定的時間內还持續其發光現象。

瀝青能溶解在中性的有机溶液中，并在一种特定的光的照耀下，能發射出可見的光能，这种光能一般以螢光的形式表現出来。

瀝青之所以能發光是同它本身的化学結構有关的。至于瀝青中哪些成分具有發光性質，目前还没有肯定的結論。不过一般研究家認為發光現象是芳香族化合物的特性，飽和烴

化合物完全不發光。几乎所有的瀝青都含有芳香族化合物，因此几乎所有的瀝青都能發光。

瀝青的發光强度決定于溶液中瀝青的含量，瀝青的含量愈多，則瀝青的發光强度也愈大。但应指出，这种关系只在一定濃度的範圍①內成立，超过此濃度就会产生消光現象。

瀝青的發光性質取決于其中餾分的組成，瀝青的發光光譜系由各个餾分的發光光譜所組成。表 1 根据B.H.福罗洛夫斯卡婭和米尔科夫的数据，指出某些石油餾分的發光顏色。

石油餾分的發光顏色 表 1

餾 分	發 光 顏 色
輕 油 类	藍 色
重 油 类	天 藍 色
輕 膠 質	綠 色
重 膠 質	黃 色
瀝 青 質	褐 色
环 烷 酸	淡 紫 色

第三节 我国所应用的地層对比方法

我們可以根据各种标志从沉积盆地的地質剖面确定出生油層系及含油層系的存在。这些标志可能是：

① 發光溶液的强度与其中發光物質濃度的正比例关系仅在一定濃度範圍內成立。根据 B.H. 福罗洛夫斯卡婭的数据約为 1.56×10^{-3} 克/毫升，我們分析老君庙原油时求得的数值約为 1.33×10^{-3} 克/毫升。

1. 这些層系的直接标志;
2. 用对比方法来推测剖面上的生油層系及含油層系;
3. 利用属于生油層系及含油層系的間接标志。

在一般的情况下, 这些層系的直接标志和間接标志是不易找到的。因此利用对比方法来推测剖面上的生油層及含油層比較普遍。

利用对比方法能解决如下的課題:

1. 在勘探阶段, 可以确定含油層系的存在, 以及其在岩性、厚度上的变化;
2. 在油田开采工作中, 运用已鑽井的地質資料作对比, 可以确定層系及地層的岩性、厚度的变化;
3. 已鑽井的資料, 可用来繪制橫剖面圖, 根据它可分析含油气層系及油气藏的成層条件。

另外, 还可利用已鑽井的資料繪制構造圖, 在此圖上可确定油藏的边緣大小及其儲量等。

目前, 沉积岩地質剖面的对比, 除了根据沉积岩岩性对比之外, 主要的还有如下三种方法:

1. 根据动物或植物标准化石对比地層。这种方法是以生物界在時間上的进化为基础, 广泛地应用于大的分層或标准化石分佈較好的地層的对比上。但这个方法也有缺点。由于生物界的进化比沉积岩組成的变化要慢得多, 因此把沉积岩再詳細分層(組)就很困难, 而在实际工作中, 更細致地分層却是必要的。此外, 有些缺少古生物化石的沉积岩層(如酒泉盆地第三紀紅色地層), 是無法利用古生物来对比的。
2. 根据沉积岩中所含不同的矿物成分来划分地層。这种方法的基础, 在于各种不同时代的沉积岩具有不同的矿物組

成，根据普列奥布拉任斯基的介紹，这种方法在苏联某些地区已获得了良好的效果。但应该指出：这种方法，在某些地区的工作中却没有获得令人满意的结果。

目前在酒泉盆地广泛地采用根据矿物組成来对比地層的方法。在理論上可以認為：同一时期的沉积物質因来源相同、沉积环境比較稳定，其矿物成分应该沒有多大变化。也就是說，每一相应沉积岩層中，其矿物成分及含量，理論上应该相同或呈有規律的变化。但是由于古地理沉积环境、沉积物来源以及沉积物搬运距离等等因素的影响，往往不能得到我們理想的情况。因此，在酒泉盆地各構造間根据重矿物特征进行分層是比較困难的。利用这种方法在含油区进行地層对比目前还未得出良好的結果。

另外，我們还試圖根据沉积岩輕矿物成分进行地層对比。这种方法的實質乃是借助显微鏡去观察岩石薄片中造岩矿物(石英、長石、云母)的相对含量。这种方法的缺点是：1)选择岩样的局部性；2)切片的方向对鑑定的結果有很大影响。此法因为具有較大的人为誤差，所以在实际应用中意义不大。

3. 根据电測曲綫进行鑽井地質剖面的对比。此法的實質是在于借助岩石的电阻及自然电位的特性进行構造間或区域間的地層对比。在老君庙油田範圍內，应用这种方法进行井与井之間的地層对比已經得到可靠的結果，而在構造間进行地層对比尚不能得出良好的結果。例如青草灣構造間泉子組地層与老君庙構造間泉子組地層的电測曲綫相仿，而兩地的間泉子組地層的岩性差異很大。老君庙構造間泉子組地層岩性为橘紅色砂岩，分选程度較好，圓度較好，孔隙度与滲透率

均大，而青草灣構造間泉子組地層岩性為灰白色及淺棕色細砂岩，顆粒細，孔隙度與滲透率均小。

電測曲綫對比還有如下的缺點：

1) 岩石導電特性相同，岩性可能不同。很显然，這種電測參數是岩石綜合因素的反映，因為影響它的因素很多。如岩石的組織結構、含水性、含鹽量、致密度和膠結情況等等都是。

2) 電測曲綫是岩石的間接指標，依據它不能區分出岩石的組織結構、成分、顏色、顆粒大小等等。因此單獨應用電測法對比地層是靠不住的。

以上所述的對比方法，尚不能圓滿地完成我國著名含油區酒泉盆地的地層對比的任务。因此改進旧的對比方法及研究新的對比方法，對於石油勘探工作將起積極促進的作用。所以我們試圖把螢光分析方法應用到地層的對比上，來解決尋找含油層的問題。

第四節 我們所選擇的研究對象

為了使這種試驗工作得出良好的結果，選擇什麼地區、什麼構造進行對比便成為問題的關鍵。我們選擇的原則是：哪些具有研究意義的地區和地層，就是我們所要研究的對象。

如眾所知，我國最大的油田之一——老君廟油田，它的含油層是第三紀甘肅系白楊河組地層。因之，酒泉盆地老君廟油田附近是我們進行試驗的最好的地區，而第三紀甘肅系地層則是我們所要研究的地層。應該指出，不僅已知含油的

白楊河組地層對於我們非常有意义，就是疏勒河組地層也是值得重視的。因為，在鑽井過程中一定要經過疏勒河組地層才能達到白楊河組地層，如果充分了解疏勒河組各層之特性，那麼就能獲得較準確的井深指標；另外，疏勒河組地層從岩性上講有可能成為儲油層，如果沿着井身做瀝青測井，我們就說不定會發現新的儲油層。

為了尋找和發現新油藏，研究已知油田鄰區構造的地層，確定其是否具有含油層，乃是一件很有意义的工作。這樣的工作就是構造間地層的對比。因之我們選擇了老君廟鄰區白楊河、青草灣二構造作為共同的研究對象。

在以上三個構造中，選擇的井數是有限的，因此只能選取部分有代表性的井進行試驗。我們是選擇具備下列條件的井作為研究之具體對象。

1. 所鑽穿的岩層最全，而岩屑及岩心保存較多的井；
2. 其它資料（如油氣顯示資料、岩屑遲滯時間計算資料、其它測井資料等）較多的井；
3. 正在鑽進或剛完成的井（如果時間較長，岩心及岩屑中所含瀝青的性質可能有變化）；
4. 泥漿中不混有原油及機器油，最好是未經過卡鑽處理的井。

根據以上的條件，我們在老君廟油田選擇了兩口井湊成一個完整的鑽井地質剖面（ D_9 井及 L_{16} 井），在白楊河構造選擇了白七井，在青草灣構造選擇了青五井。

考慮到探井並不是全部取岩心，在岩心供應上不能滿足我們的需要，因此在以上各井除取部分岩心外，均以取岩屑為主。

第五节 我們所采用的螢光分析法

我們所采用的方法，主要是以B H.福罗洛夫斯卡婭所描述的發光-瀝青分析法为根据，但为了适应我們的工作条件，曾稍微作了一些簡化。下面簡略地介紹一下我們所采用的分析方法。

一、配制标准物

选择标准物正确与否，对于測定的精确度有很大关系，所以正确地选择标准物是保証測定結果精确的条件之一。如果标准物选择不当，就难以測出真正的瀝青含量。

1. 以原油配制标准系列

用原油配制标准系列不仅可确定液态石油或分散狀石油，而在工作初期缺少瀝青标准系列时，也可以以此做为标准物。

配制的方法——首先配制高濃度的原油标准物，把称好的原油样品溶解于适量的氯仿中。較低濃度的标准物是由高濃度溶液冲淡配制的。其具体方法如下：

称0.2克原油样品，以20毫升氯仿冲淡，就可得到原油在氯仿中的原始溶液，1毫升这种溶液中含 $0.2 : 20 = 0.01$ 克原油。为了工作方便，我們取了1毫升溶液中含百万分之一克原油为單位，称它为 $r^{\text{①}}$ 。如0.01克/毫升即为10000 r 。

① 这是地質部工作同志所拟定的單位。

为了工作及計算方便，还取了如下的等級分类。我們將濃度較大的溶液，逐漸冲淡为表 2 所列的濃度。

表 2

标准系列	5 毫升标准液中原油(瀝青)的重量(克)	1 毫升溶液中瀝青(原油)含量(克/毫升)	1 毫升溶液中原油(瀝青)含量(克/毫升)	岩石中瀝青的含量(2 克岩样)	岩石中瀝青的含量(1 克岩样)
				$\frac{A\Delta}{2} \times 100 = \frac{A \cdot 5}{2} \times 100\%$	$A\Delta \times 100 = A \cdot 500\%$
1	0.000005	1	0.000001	0.00025	0.0005
2	0.0000125	2.5	0.0000025	0.000625	0.00125
3	0.000025	5	0.000005	0.00125	0.0025
4	0.00005	10	0.000010	0.0025	0.005
5	0.00010	20	0.000020	0.005	0.01
6	0.00015	30	0.000030	0.0075	0.015
7	0.00020	40	0.000040	0.01	0.020
8	0.00025	50	0.000050	0.0125	0.025
9	0.000375	75	0.000075	0.01875	0.0375
10	0.0005	100	0.000100	0.025	0.05
11	0.001	200	0.000200	0.05	0.10
12	0.0015	300	0.000300	0.075	0.15
13	0.002	400	0.000400	0.100	0.20
14	0.0025	500	0.000500	0.125	0.25
15	0.00375	750	0.000750	0.1875	0.375
16	0.005	1000	0.001000	0.25	0.5

总之，上面的标准系列由濃度0.001克/毫升到0.000001克/毫升共配制了 16 种标准液。如果瀝青样品含量超过这个范围，可适当地冲淡。在岩屑分析实践中，以上濃度范围已足够了。

另外，在野外的条件下，可应用福罗洛夫斯卡娅所描述的标准系列，其配制方法如下：

称原油 0.5 克，以 50 毫升冷氯仿冲淡。1 毫升这种溶液中含 $0.5 : 50 = 0.01$ 克原油，而 5 毫升中则含有 0.05 克原油。把这样的溶液 5 毫升装入对比试管中当做第 15 级标准液，所有其它的标准液都是逐渐冲淡一倍而获得的。如第 14 级标准液便是把第 15 级标准液冲淡一倍获得的；如此一直配制到第一级标准液。

表 3

标准系列	5 毫升标准液中原油(瀝青)的含量(克)	1 毫升溶液中原油(瀝青)含量 A(毫克/毫升)	1 毫升溶液中原油(瀝青)含量 A(克/毫升)	岩石中瀝青的含量 $\frac{A \cdot D}{G} \times 100 = \frac{A \cdot 10}{2 \text{ 克}} \cdot 100 = 500 A\%$
1	0.00000313	0.000626	0.000000526	0.000156
2	0.00000625	0.00125	0.00000125	0.000313
3	0.0000125	0.0025	0.0000025	0.000626
4	0.000025	0.005	0.000005	0.00125
5	0.00005	0.01	0.00001	0.0025
6	0.0001	0.02	0.00002	0.005
7	0.0002	0.04	0.00004	0.01
8	0.0004	0.08	0.00008	0.02
9	0.0008	0.16	0.00016	0.04
10	0.00156	0.312	0.000312	0.08
11	0.00313	0.626	0.000626	0.156
12	0.00625	1.25	0.00125	0.313
13	0.0125	2.5	0.0025	0.625
14	0.025	5	0.005	1.25
15	0.05	10	0.01	2.5

註：A 为 1 毫升中瀝青含量，D 为溶剂量，G 为岩样重量。

毛细管标准物的制作——用已知其组份的原油制备毛细管标准物的方法如下：首先准备些濾紙条并把它們切成一致

規格(寬 7 公厘、長 20 公分)，經過在薩克斯列特(脂肪抽提器)中洗滌後，把這種濾紙條放入事先準備好的、同上述標準系列相當的石油溶液中。然後將這種溶液放在試管中，濾紙之一端浸入溶液中。經過一定的時間(溶液完全蒸發所需要的時間)等所有的溶液蒸發後，按照濃度次序，把紙條貼在專門的、由不發光照像硬紙制作的圖集中。

2. 用含瀝青的岩石配制標準物

在試驗過程中如遇到發光顏色不同的瀝青，最好利用它做出新的標準系列。一般是首先用點滴分析選出同一類型而瀝青含量最高的岩石為材料，用它來配制新的標準系列。制作的方法如下：

稱樣品 30—100 克，磨成粉末，放入帶磨砂口蓋的玻璃瓶中，以 2—3 倍氯仿溶解之。將混合物搖攪 20—30 分鐘，靜置于陰暗處一晝夜。第二天使溶液通過致密的濾紙，倒入量筒中。然後將濾液倒出 15—20 毫升，放在一旁做為制备標準液及毛細管標準物之用，然後測其餘的溶液的體積，隨後用重量法測量筒內溶液之瀝青含量，以所得的瀝青重量和被蒸發的氯仿體積為依據，計算出前面所倒出的準備配制標準物的含瀝青溶液的濃度，然後根據此數據來配制標準系列。

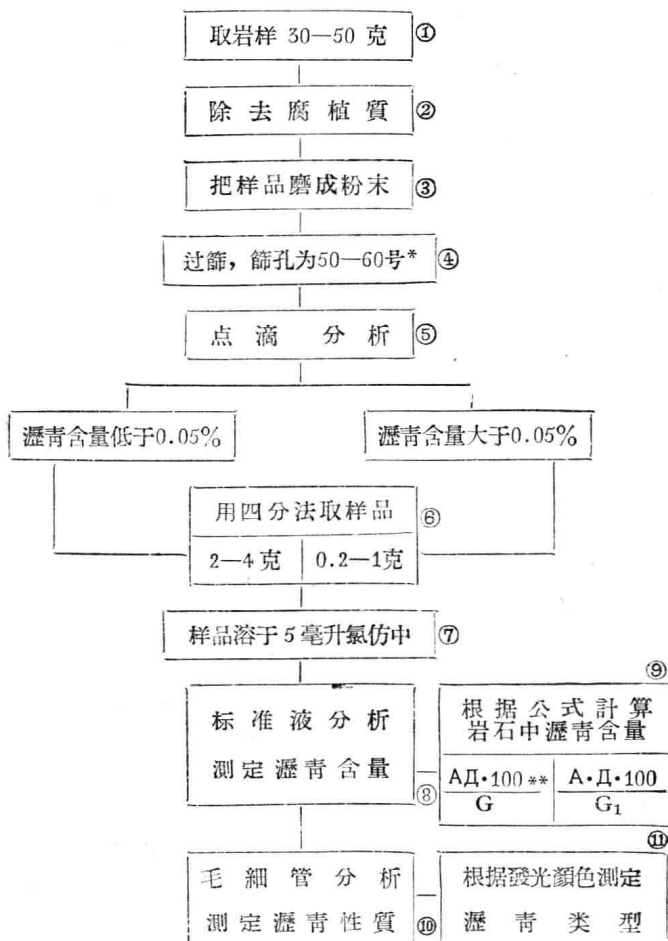
另外還可根據溶液被蒸發後的殘留瀝青制標準物。

二、分析技術

根據工作的需要，我們應用了點滴分析、標準液分析、毛細管分析和組份分析。以上各種方法主要是測定瀝青在某

發光-瀝青分析之一般过程略圖

表 4



* 將样品制成粉末所需用的細篩孔。

** A=1 毫升溶液中瀝青之含量；

D=溶剂量（毫升）；

G=岩样重量（克）。