

地热流动规律可以显示多孔隙性貯油带

这种方法的理論依据是石灰岩孔隙度、液体含量的变化影响地热、矿化度的变化。

油藏种类根据地层圈閉条件分为三种：

- 1、由于孔隙度变化而封閉的油藏(如果对油层的上表面繪图，等高綫可以不閉合)；
- 2、由于褶曲和孔隙度改变共同影响而封閉的油藏；
- 3、由于断裂和孔隙度改变的共同影响而封閉的油藏。

黑湖油田是第一种油藏的例子，它是由向东南延伸的鼻状构造上的8000呎深的下白垩系佩提特地层礁脉中的孔隙带所組成，孔隙带的厚度在0—135呎之間变化，油田的平均孔隙度是16%，平均渗透率是108达西，生产面积达16600英亩。

黑湖油田勘探历史

黑湖油田是一个1亿2千万桶儲量的油田。由于地层圈閉性质良好和儲量巨大，所以黑湖油田对油气工业非常有意义。

黑湖地区的勘探早在1947年。当时在目前油田的东南6哩处打了野貓井，深达9428呎，并在佩提特地层礁脉的薄孔隙层中發現水。

在以后的16年中，就在这里鑽了7口以上的干井，都位于油田生产边界半哩到4哩內。其中三口試驗井在油田东面，它們鑽遇了一个薄的孔隙礁脉层。三口干井在北面和西面，那里沒有发现佩提特礁脉层。这样就找到了地层圈閉带。然后这里进行了地球物理測量，測量結果明显地发现了鼻状构造，但不封閉。

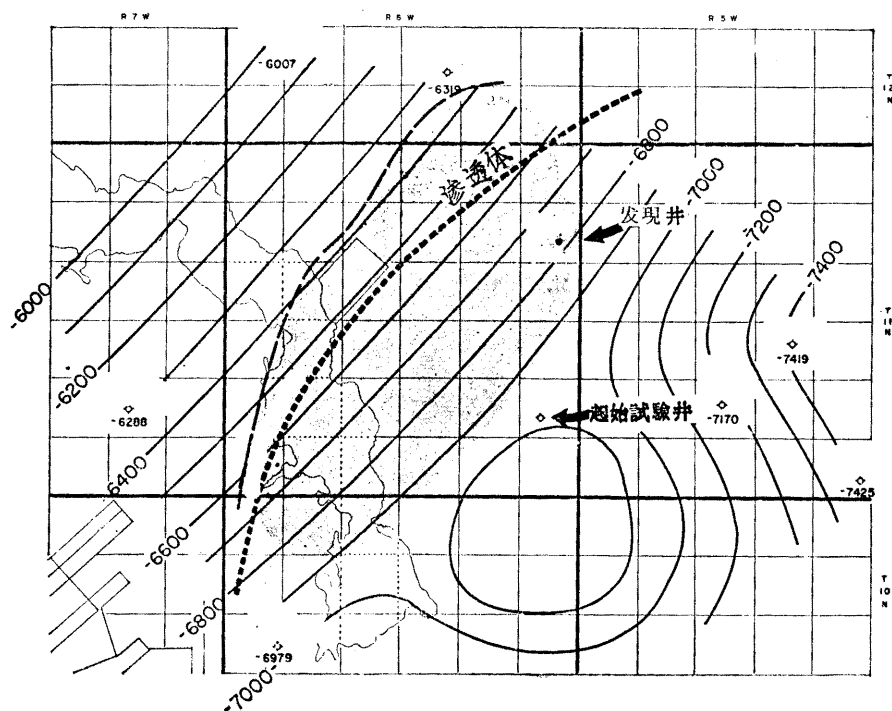


图1 黑湖地区預备开发图。它表示了硬石膏层底面的等高綫，預測了渗透边界的位置；开始的試驗井和发现井的位置；以及渗透边界和油田生产区的实际位置

图1是这地区前期发现的构造图，等高綫反映硬石膏层底面的形态。該图表示了1947—1959年所鑽的試驗井的地点以及推测的渗透边界的位置。开始的試驗井、发现井的位置，和油田現在的生产面积均表示在图上。

开始的試驗井是干井，以后的发现井距油田的油水接触面小于半哩（这是由于对从附近干野貓井和地球物理資料所获得的地下資料未加以足够重視的結果）。

油气工业中面临的主要問題是在今后寻找多孔隙性油藏时能不能用更少的時間和打更少的干井？这个問題可以通过本文所述岩性改变研究得到回答（岩性改变研究即指对成岩后岩石的結構、成分及应变等次生变化所做的研究——譯注）。

黑湖地区的岩性改变研究

岩性改变研究概念是从地球溫度这个物理資料得到的，它的理論依据和作为一种地下界面的作图方法的实际应用已在以前有了較詳細的討論。

1965年5月，作者对黑湖地区进行了一定的試驗測量，企图确定能否通过岩性改变研究，来寻找油田渗透边界和說明观测資料与生产的佩提特多孔隙性油藏之間的关系。

虽然岩性改变研究已主要用在地下构造的作图、断裂和礁脉的确定。通过一定量的工作已經証明，在一定的条件下，探测地层油藏，尤其是黑湖类型的多孔隙性油藏是可能的。德里油田的断裂已根据岩性改变观测資料作了图。有的油田的岩性改变研究已經表明，它能作出与生产的白云岩油藏相邻的无孔隙石灰岩地区的輪廓图，也有的地区，在礁脉厚度小于20呎的地方，通过岩性改变研究作出复杂的礁脉构造图。

根据岩性改变研究的概念（地表沉积岩的化学变化是由于地质断面中热导率不同所引起的地球溫度变化而产生的）可以認為，因为在地层不規則的条件下，地层的横向范围、厚度和岩性都能影响热导率，这种变化可以通过地表岩性改变的观测进行探测。黑湖的佩提特层多孔隙性油藏充分滿足了检查此理論的全部要求。

一、第一条試驗測綫

起始研究是黑湖地区长为10.5哩的測綫，具体位置見图2。取样間距平均1850呎，总共取样28个。

沿着測綫在大約4呎深处取样，为了与研究中所提出的取样程序一致，在每个取样点上都要得到一个普通地区的取样“特征”。由于在部份地区，地形有相当的起伏，所以取样尽可能在同样的高度取。样品的物理特征变化要注意与沿着測綫的地形条件一起考虑。

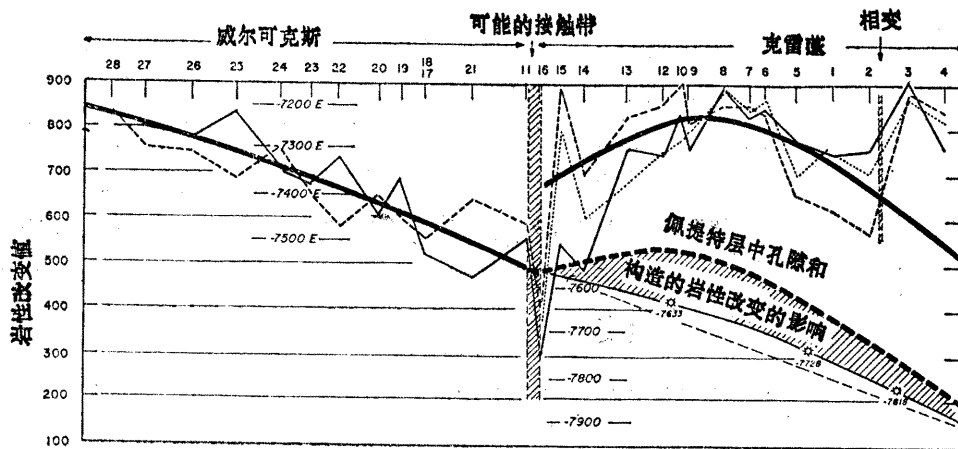
图2表明：

1、測綫位置；

2、油田产区的西面地段的各个取样点上的两个岩性改变参数的原始值沿測綫的剖面图和油田产区內的各个取样点上三个岩性改变参数值沿測綫的剖面图；

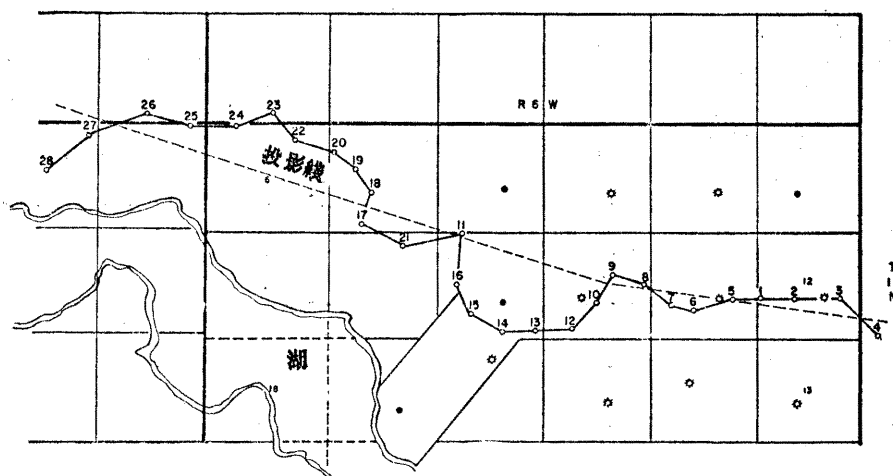
3、油田西面，由岩性改变研究資料得到的佩提特层的单斜构造的解释；

4、由生产井得到的資料所做的油田內佩提特层的构造；



沿测线的剖面图

- } 测线上取样点的岩性改变值
- } 岩性改变资料的解释
- } 消除地层变化影响以后, 校正的岩性改变值的解释
- 取样点是沿 N W—S E 线投影的
- 佩提特层上的地下界面示于东部地区的生产区, 而且地下界面估计在正东地区



测线的平面位置图

图 2、沿着横跨黑湖油田的东西向测线的岩性改变研究试验结果图

5、黑湖油田的岩性改变资料的解释;

6、校正由于表层地层的变化(从威尔可克斯到克雷蓬层)而引起的影响, 和该区东部由于岩相变化引起的影响以后的岩性改变资料的解释。

如图 2 所示, 岩性改变研究指出了油田西面取样点 28 到 11 和 16 的正东倾斜, 岩性改变值的突然变化出现在取样点 11 和 16 附近。在取样点 6、7、8 与 11 和 16 之间是西倾或倒转, 取样点 2 和 3 上岩性改变值的变化说明在这个地区有区域性东倾的中断。

要求做区域构造校正。

虽然試驗測綫所得資料是証實了它所提供的作用範圍內所得的結論，但是，这种作用对于解决黑湖多孔隙性油田問題來說，还是不够完全的。研究的限度使它与勘探的性质和油田的重要性相矛盾。所以，很显然还要做不少附加的工作。

二、第二条測綫

1966年6月作了橫跨油田的第二条測綫的补充工作。見图4。

第一、二条測綫的取样資料的詳細研究表明威尔可克斯——克雷蓬层面接触和在岩性改变值上的可能影响可以忽略，而且在克雷蓬地区要求沒有岩性改变异常强度的衰减。

在第一条測綫上取样点2和3处，岩性改变值的增加与补充測綫的47和48取样点处值的类似变化相一致。这些变化由于在两种情况下油水接触所造成——显然它們是由于水体侵入剖面的影响所引起的。

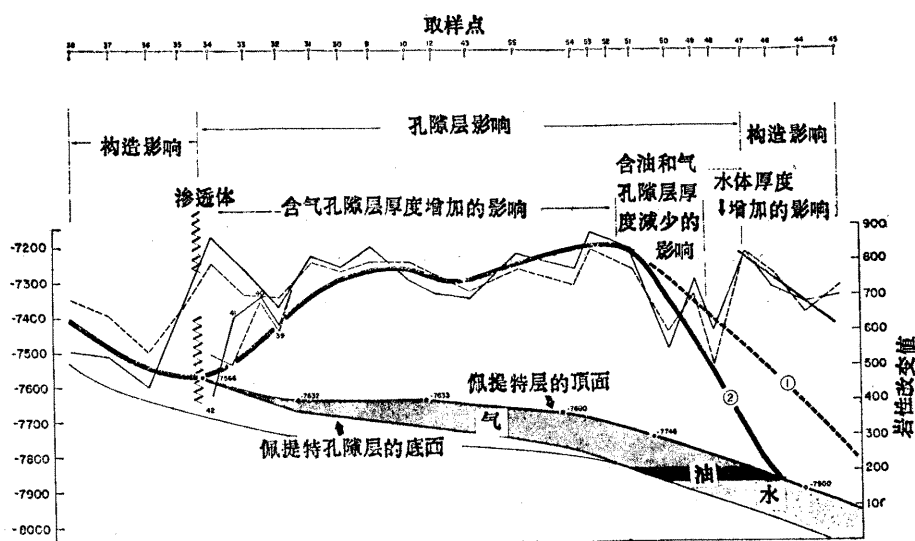


图4 沿橫跨黑湖油田的南北向补充測綫的B—B'剖面图。它表示岩性改变影响与沿測綫的佩提特层的物理条件的关系，曲綫的取得在图3的題目中得到解释，两条曲綫都画在图5中

图2是用来表示对开始研究所做的解释。它是对作为修改解释的基础的原始岩性改变值沒有任何变化的情况下，重新解释資料，以表示这些結論，并重新画了图。

图3表示图2資料的重新解释。在此起始測綫定为測綫A—A'。

图4是在补充測綫B—B'上构組的一个剖面图。沿这条測綫所得的岩性改变資料作为起始測綫所得岩性改变—孔隙度关系的有用的检查。

图3和4表示：

- a、各条測綫上的渗透边界的位置；
- b、佩提特层頂面的地下构造；

C、由鑽井資料和油水接触而得到的油气飽和孔隙层的厚度。

d、取样点处三个参数的基本值；

e、岩性改变資料的解释。

图3和4上的曲綫1表示消除由于水体影响的稳定增量以后的岩性改变資料的解释；
曲綫2表示經過区域构造的校正以后的曲綫1的解释。

这种研究說明，在黑湖岩性改变資料与油气飽和孔隙层厚度之間存在定量关系，岩性改变值随油气飽和孔隙度的增加而增加，岩性改变值的减少是由于相对应的油气飽和孔隙层的厚度的减少所造成。水体侵入剖面的影响和它的厚度的增加反应在所研究的資料中。
如图3和4所示，研究表明在100个单位的岩性改变值是油田中大約23呎的油气飽和孔隙层厚度相等。

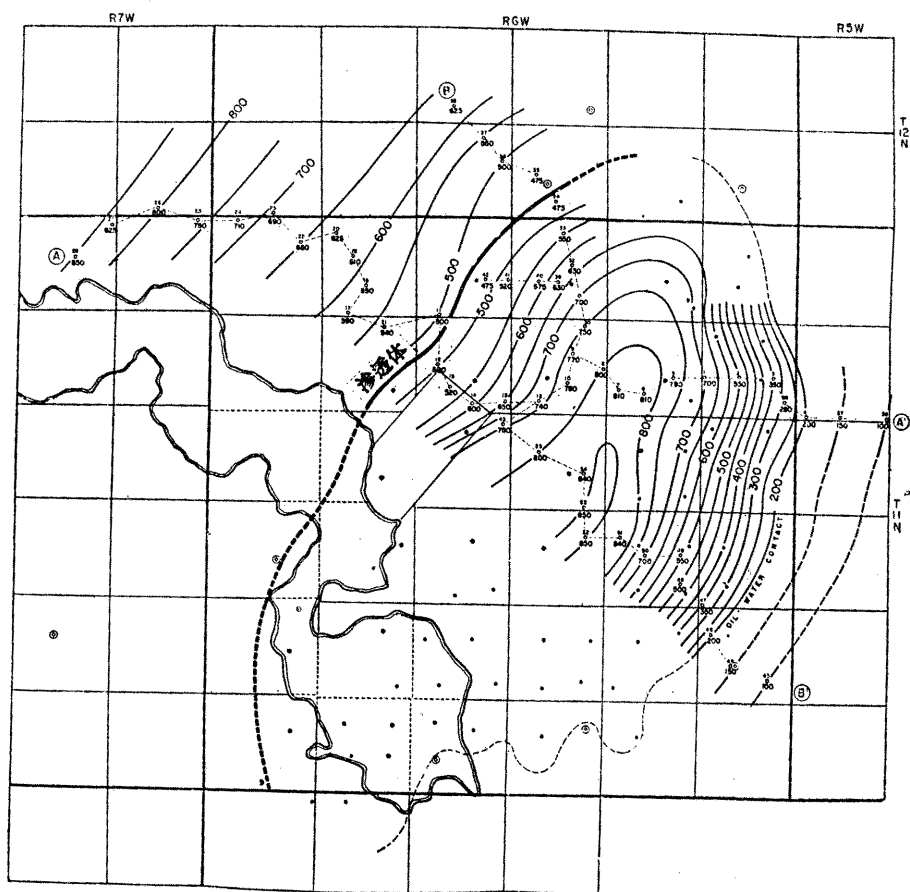


图5 在黑湖两条測綫所得的岩性改变研究的解释。渗透边界西面的等值綫反映佩提特层頂面上的正向构造；东面的等值綫反映佩提特孔隙层和渗透边界与油田东界之間的250呎的正东傾斜的影响。等值綫都是在假定基准上作出的

图5表示由两条測綫所得的岩性改变异常的等值綫。曲綫是在任意一个基准上作出来的，所利用的岩性改变值是表层中化学性质的变化所显示的参数的百分比差的函数。等值綫所表示的异常包括佩提特孔隙层的厚度和在佩提特层頂部，从渗透边界(油田的西界)

到油水接触的大約250呎的构造傾斜的共同影响。

黑湖地区热流与地表岩性改变之間的关系

沉积地层的热导率的一般資料在文献中可以得到，但当这些資料应用到黑湖佩提特多孔隙貯油构造时，热流—表层岩性改变关系的概念就显得重要了，它是基于无空隙和有空隙石灰岩和泥岩的导热率不同的基础上的，含油气和水的石灰岩导热率也有区别。

无空隙和有空隙的石灰岩的导热率的不同，和这种不同对热流的影响，可以通过测定渗透边界和地层构造的形态来获得。饱和气体、油和水的石灰岩的导热率的不同将反映（在某些条件下）这类构造的組成情况。

黑湖佩提特层的热导率的資料一般不能得到，但知道有空隙的、含水石灰岩的导热率比无空隙的干石灰岩导热率要大10—38%。

另一些沉积岩的导热率的測量指出，孔隙度不同的石灰岩取芯反映出孔隙完全充满气体、油和水的导热率不同。从这些研究中得出結論：导热率不仅决定于組成成分的粒子大小、形状、分布和胶結程度，而且还决定于内部粒子的致密情况和胶結的特性，此两种情况反映在石灰岩的渗透率和地层电阻率的系数中。

对充满气体、油和水的孔隙的石灰岩，进行了导热率和地层电阻率系数的算术乘积的計算，并发现了很大的差别。这些值可用来度量热流能力，并表示当油在气体上面此值增加，而当水在油上面时，增加得更大些。

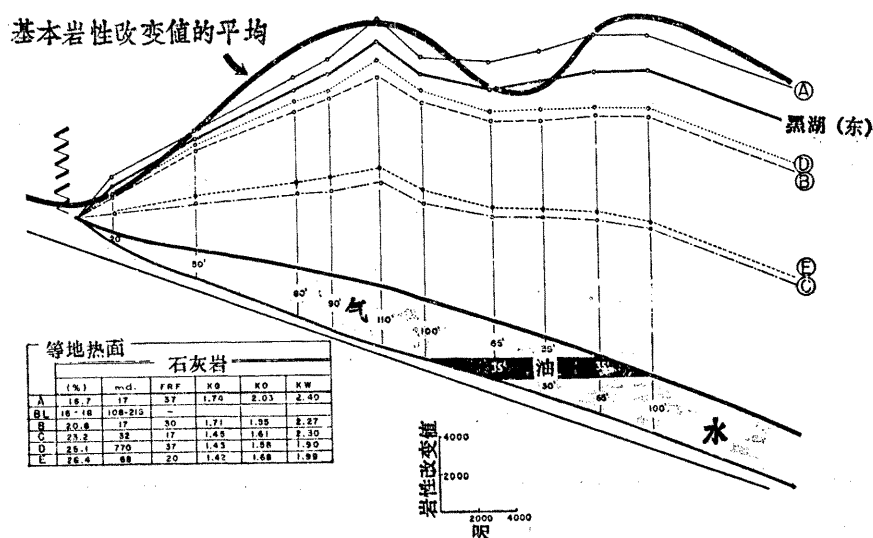


图6 对于沿測綫A—A'的佩提特层物理条件，在实驗室測量有孔隙的和无孔隙的石灰岩和孔隙充满气体、油和水的石灰岩的导热率。图还表示了沿測綫的地热資料与基本的岩性改变值之間的关系

(%) 孔隙度

m d 渗透率

F R F 地层电阻率系数
 K Q 充气孔隙的热导率
 K O 充油孔隙的热导率
 K W 充水孔隙的热导率
 K 热导率 (焦耳/米·度(C)·秒)

为了丰富地热资料以使热流和表层岩性改变理论合理化并应用到黑湖和有类似构造的其他地区,测量的五种石灰岩都符合黑湖佩提特层中存在的条件,包括油气孔隙层的位置和厚度;油水接触位置;水体的形态和下倾方向增加的厚度。测定的石灰岩孔隙度是16·7—26·4%;渗透率是17—770达西,黑湖佩提特层类似,孔隙度为16—18%,渗透率是108—215达西。

各种石灰岩的热量值由下列公式计算:

热量 = 孔隙层厚度 × (K × F R F)

其中孔隙层厚度用呎; K 是热导率 (焦耳/米·度(C)·秒); F R F 是地层电阻率系数。

热量值是对孔隙层的临界点进行计算的,即:

- 1、在气体孔隙层厚度为20, 50, 80, 90, 100呎的地方;
- 2、在气体孔隙层厚度降到65呎而油孔隙层厚度达35呎的地方;
- 3、在气体孔隙层厚度降到35呎, 油孔隙层厚度为35呎, 而水体为30呎的地方;
- 4、在油孔隙层厚度为35呎, 水体为65呎的地方;
- 5、在水体增加到100呎左右, 而且全部佩提特层全充满水体。

这些计算包括了五种不同的饱和气体、油和水的石灰岩的热导率和地层电阻率系数。

五种石灰岩所得的热量已分别图示了。虽然实际温度和与它们引起的差异是不能确定的, 而得到的图解曲线可以看作是黑湖生产区的等地热面。

图6表示由A, B, C, D和E所示的等地热面。根据孔隙度和渗透率, 黑湖佩提特层的等地热面已估计落在A和D之间。图6还包括表示五种石灰岩各种孔隙度、渗透率和地层电阻率系数的表格和各种空隙充满气体、油和水的石灰岩。这五种等地热面A和D的强度最大, 这是由于孔隙度增加由热导率减少所引起的结果。

各个等地热面是与下面三点是一致的:

- 1、佩提特气体孔隙层的厚度的增加。这个厚度在西部渗透边界处接近零, 向东达到110呎左右。
- 2、气体和油共同的孔隙层的厚度的减少 (油孔隙层的厚度是稳定的);
- 3、水体侵入地层的影响和水体厚度的增加。

图6图示了一条曲线, 它代表了平均的基本岩性改变值, 这是由各取样点上三个岩性改变参数的原始值所作的光滑曲线。原始值是没有经过校正和解释的数值。

图7用一些图解曲线表示了石灰岩B所产生的热影响, 它也表示了这些影响和它们之

間的关系及岩性改变研究的最后解释。只有在进行解释中做了校正以后，才能消除水体影响和符合这个地区区域地下构造的解释曲线。

等地热面所反映的热量值和岩性改变研究資料間的一致性証明溫度—表层岩性改变关系存在和岩性改变資料反映黑湖佩提特层的孔隙度异常。

油田中儲油气的岩石变化很大，且很复杂。所发现的規律关系到有空隙和无空隙石灰岩和充滿气体、油和水的石灰岩的热导率的不同而产生的表层岩性改变影响，这个規律能明显地用来描述其他渗透边界和确定这类儲油构造的組成情况。就这样减少了煩瑣和研究地层沉积的成本。

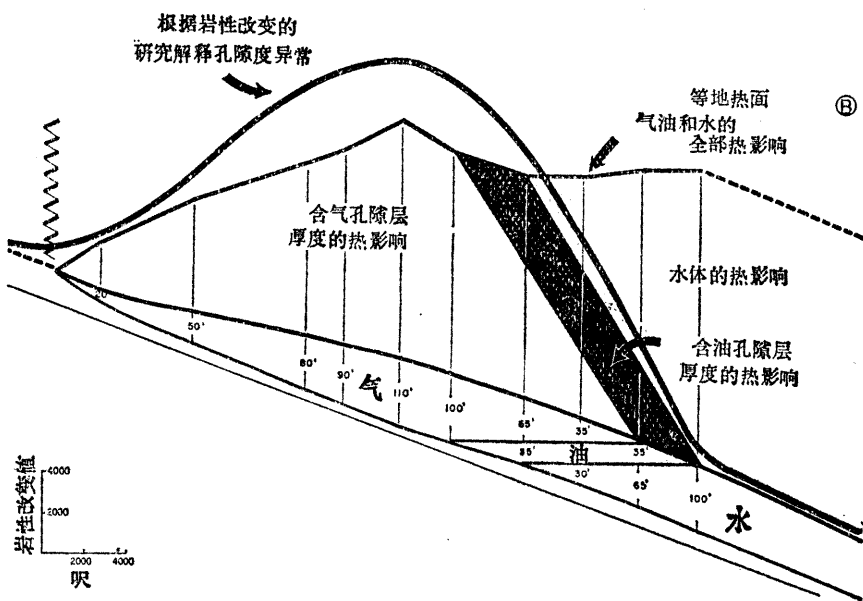


图 7 利用沿 A—A' 测綫的佩提特层的物理条件，图示由于石灰岩 B（图 6）的热导率和孔隙层厚度不同所产生的热影响

譯自美帝《世界石油》164, 卷5期, 1967年3月