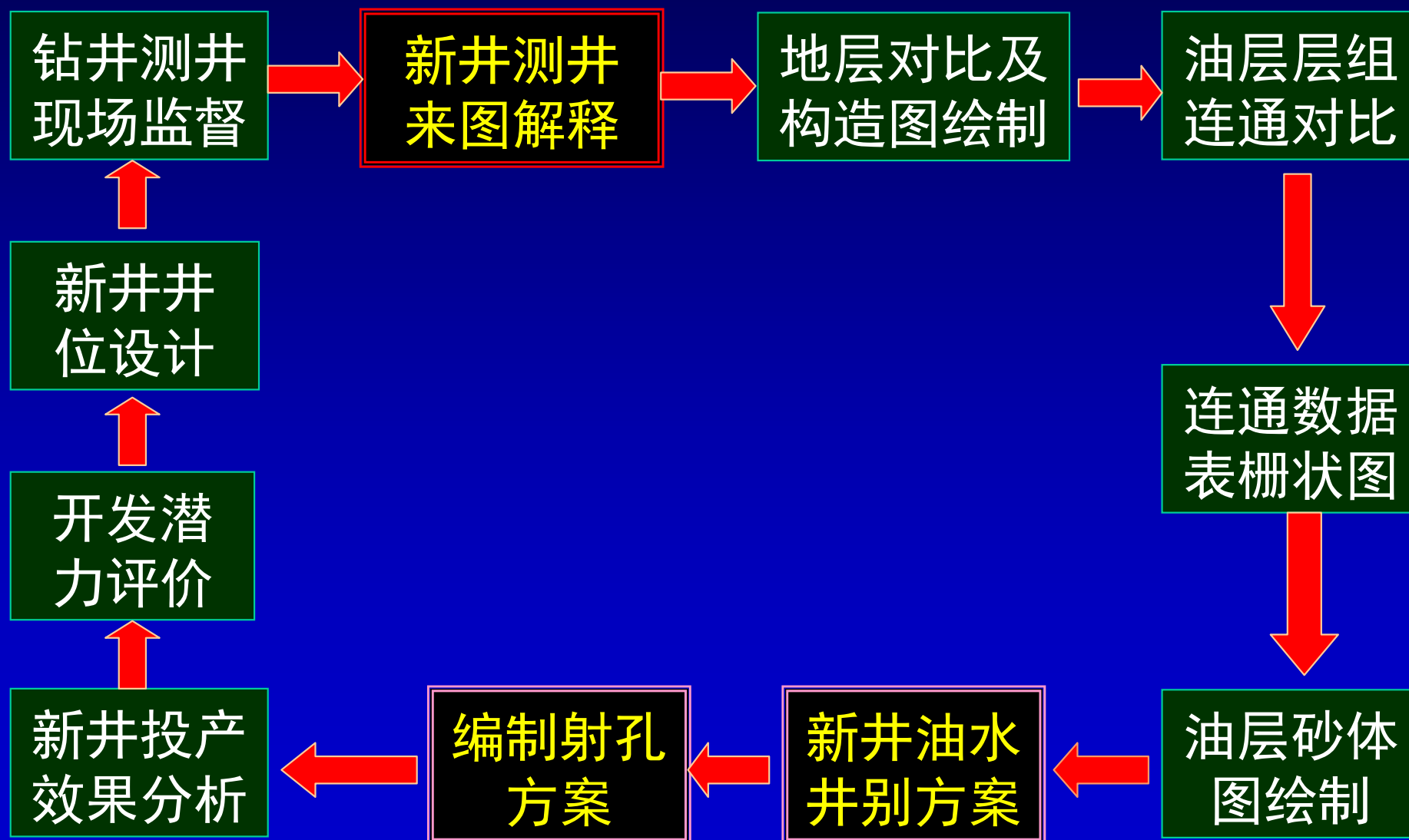


# 油田静态工作流程



# 目 录

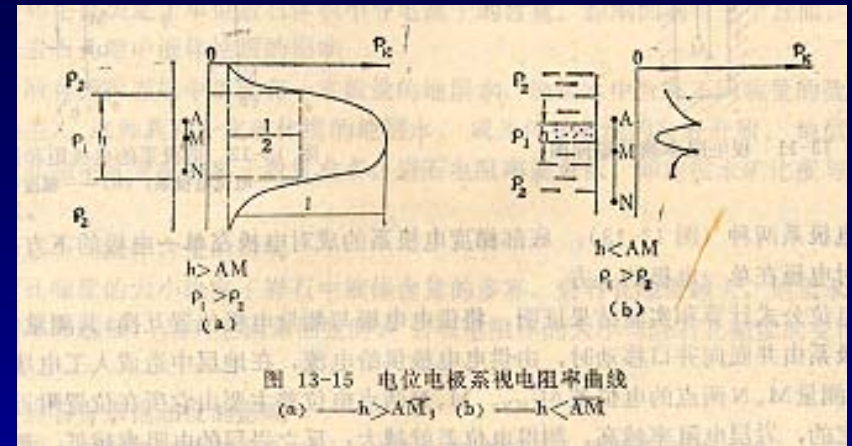
- 一、各条测井曲线的原理及应用
- 二、测井解释在油田勘探阶段的综合应用
- 三、测井曲线异常原因分析：
- 四、横向图的应用分析
- 五、油水井别方案编制
- 六、射孔方案编制

# 一、各条测井曲线的原理及应用

1. 自然电位测井 (SP)
2. 微电极曲线测井 (RMG/RMN)
3. 三侧向测井 (LLD/LLS)
4. 视电阻率测井
5. 声波时差测井
6. 自然伽马

# 1. 自然电位测井 (SP)

## 原理



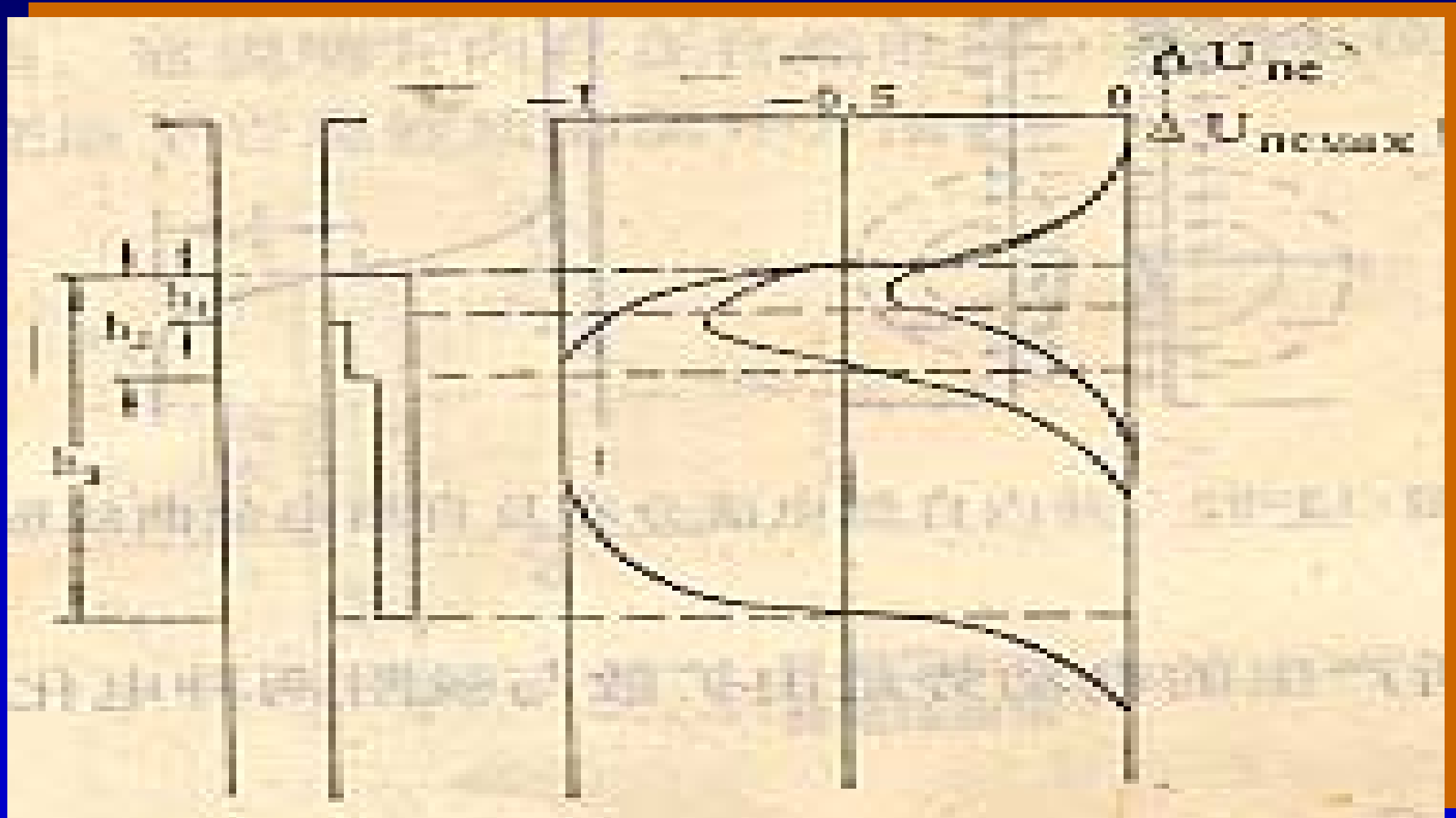
在未向井中通电的情况下，放在井中的两个电极之间存在着电位差。这个电位差是自然电场产生的，称为自然电位。在井中的自然电场是由地层和泥浆间发生的电化学作用和动电学作用产生的。测量自然电位随井深的变化叫做自然电位测井。

① 划分岩层界面

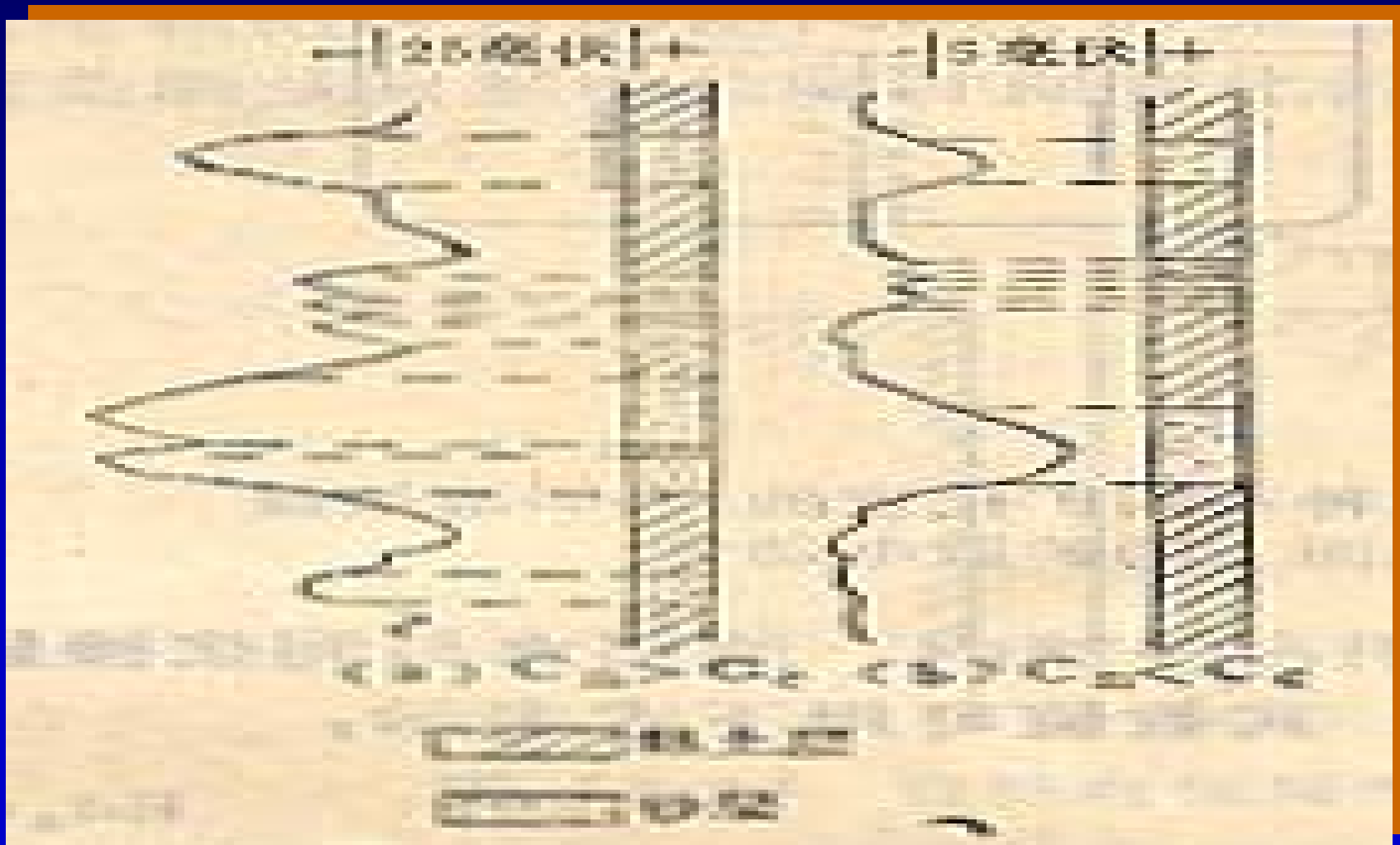
② 确定渗透性岩层

③ 确定水淹层

# ① 划分岩层界面

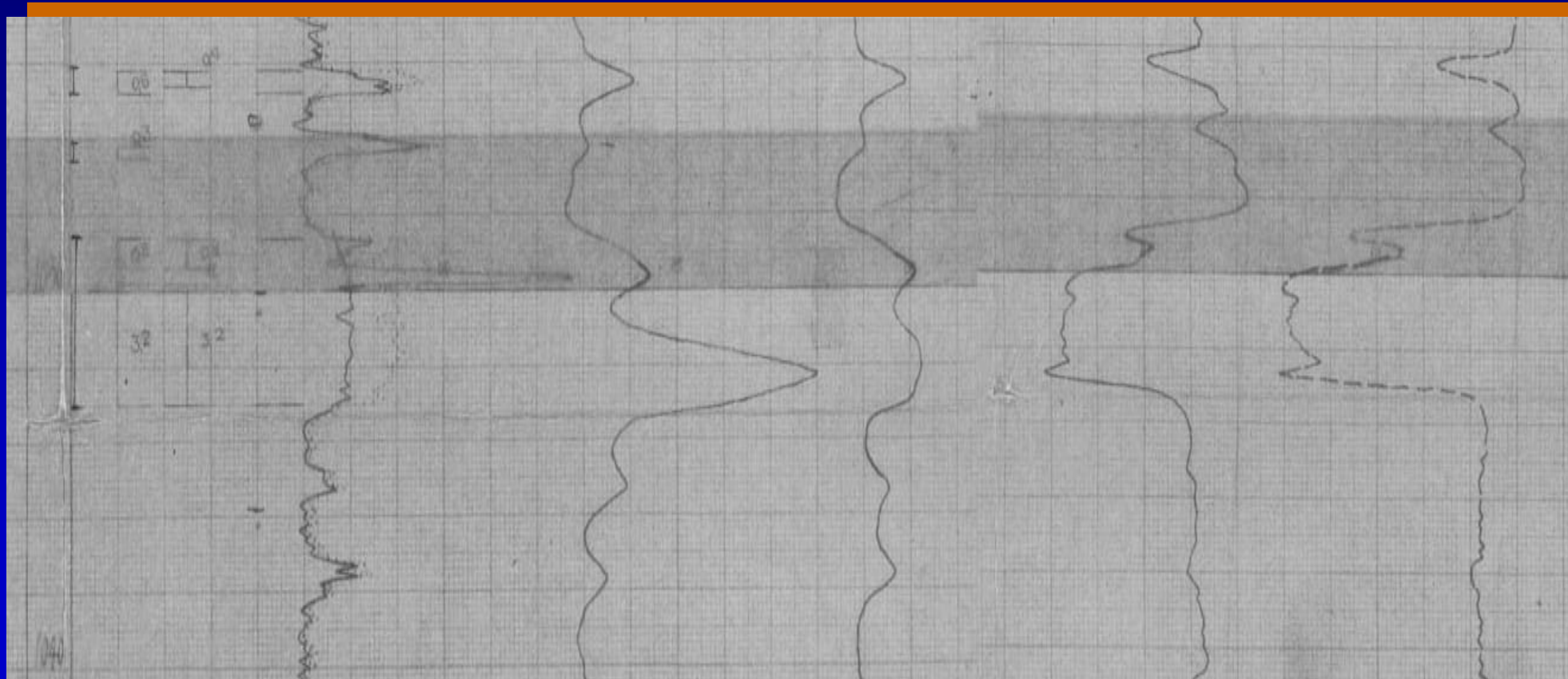


## ② 确定渗透性岩层



### ③判断水淹层

水淹层处，出现自然电位基线偏移的情况。





## 2. 微电极曲线测井 (RMG/RMN)

### 原理:

在视电阻率测井的基础上，为了细分层，减少上下邻层、泥浆及井径对曲线的影响，改装电极系，使电极系靠井壁测量岩层电阻率。这样，大大缩小了电极之间的距离的电阻率测井。

①确定岩层界面

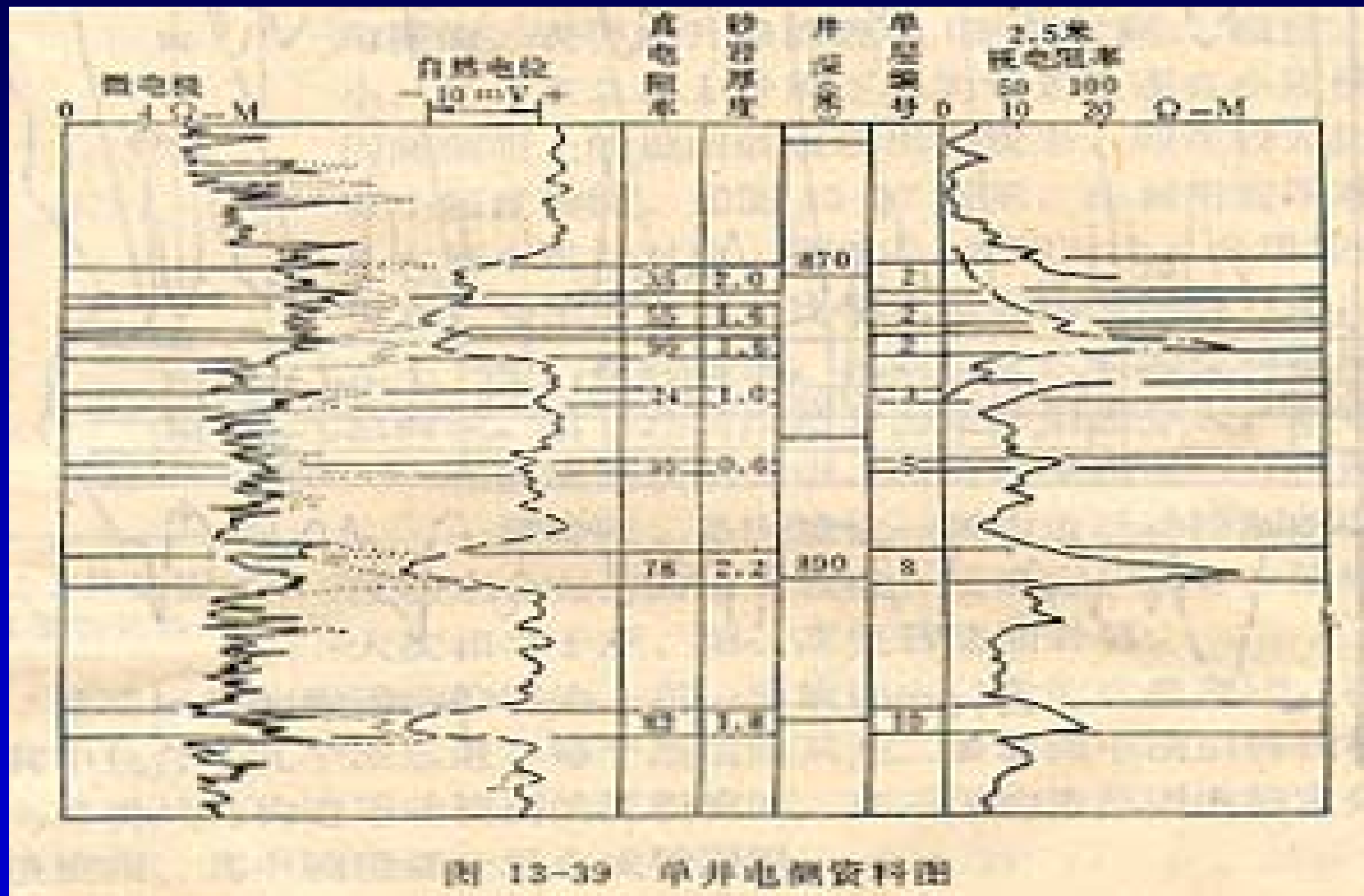
②划分渗透层

③确定岩性

### ①确定岩层界面

由于它电极距小，紧贴井壁进行测量，消除了邻层屏蔽的影响，减小了泥浆的影响，因此岩层界面在曲线上反映清楚。分层原则是用微电位曲线的半幅点来确定地层顶底界面。对于薄层，必须与视电阻率曲线配合，才能获准确结果。

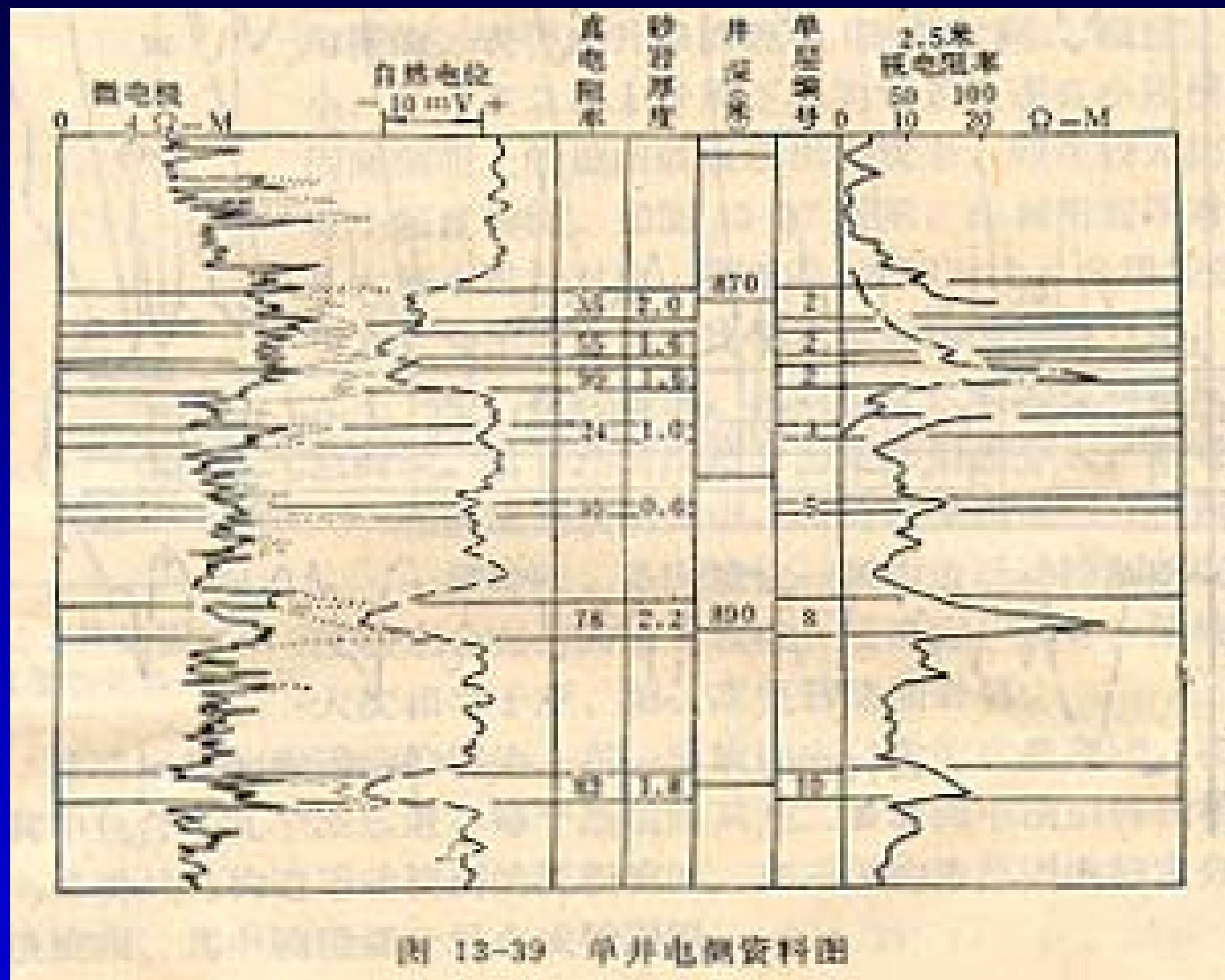
# 曲线应用



### ②划分渗透层

渗透层处，两条微电极曲线出现幅度差，非渗透层处，两条曲线出现很小的幅度差。

微电位曲线幅度大于微梯度曲线幅度，称做正幅度差。渗透性岩层在微电极曲线上一一般呈正幅度差。当泥浆矿化度很高，使得泥浆电阻率大于侵入带电阻率，微电位曲线幅度低于微梯度曲线幅度，出现负幅度差。



### ③确定岩性

在碎屑岩沉积剖面上，根据两条微电极曲线幅度差大小，可以定性判断岩石的渗透性好坏，泥质含量的多少。

泥岩一般表现电阻率低，曲线平缓无幅度差。渗透性砂岩一般表现曲线幅度值高，两条曲线存在正幅度差。随泥质含量的增加岩石渗透性变差，正幅度差值变小。

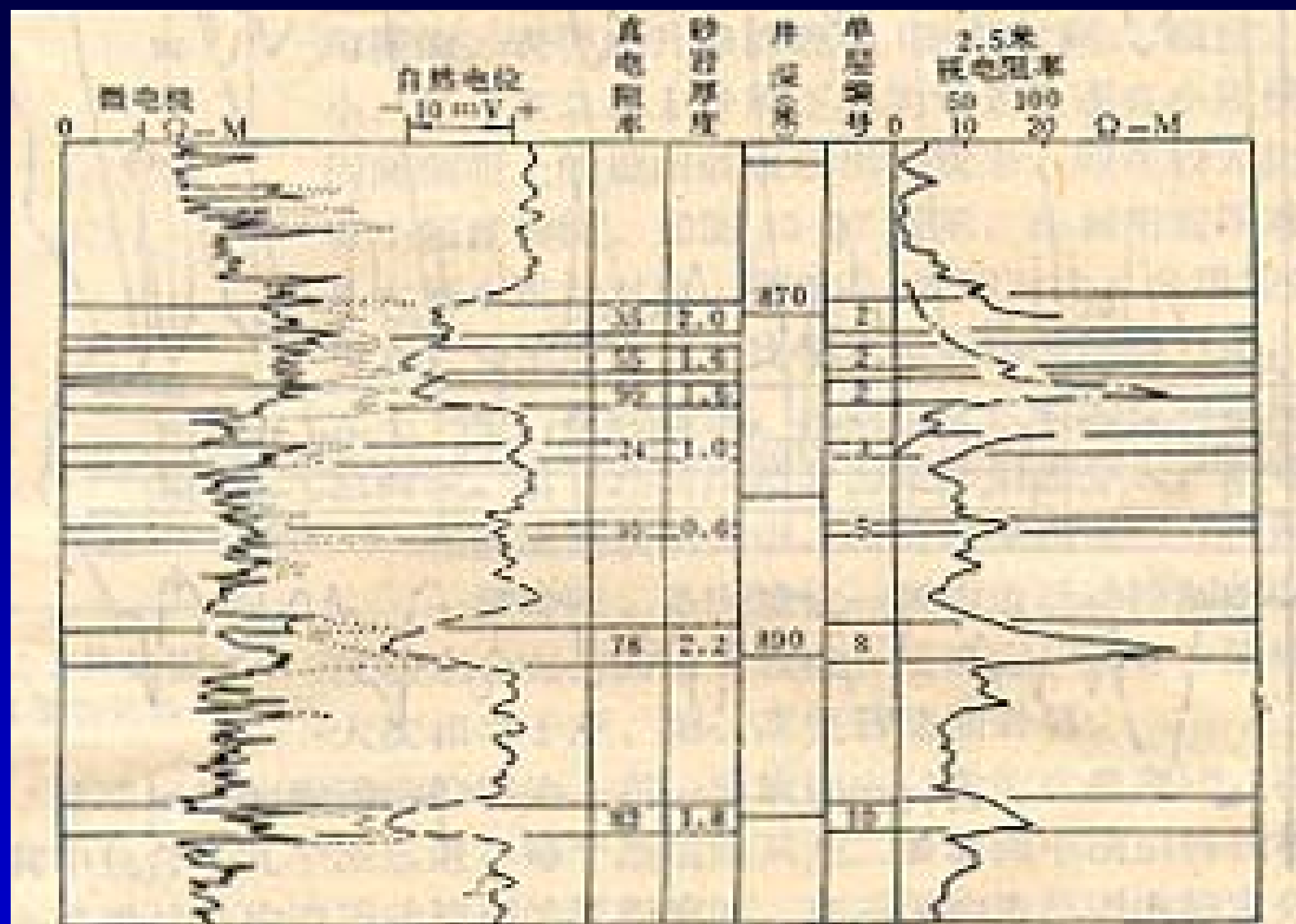


图 13-39 单井电测资料图



### 3. 三侧向测井 (LLD/LLS)

#### 原理:

根据同性电相斥的原理，在供电电极（主电极）的上、下方装上聚焦电极，使其电流与供电电极的电流极性相同，由于电流的排斥作用，使主电流只沿侧向（垂直井轴）进入地层。

①深浅三侧向曲线重叠判断油水层

②确定地层电阻率。

三侧向视电阻率曲线的特点是对高阻层具有对称性，最大值在地层中点，解释时读最大值，可以确定地层电阻率，且对薄层分层能力比其它电阻测井要清晰得多。

根据两条曲线的幅度差可以划分渗透层和油气水层。油层、气层幅度差大，且显示正幅度差，水层幅度差小，或显示负幅度差。

## 4. 视电阻率测井

普通电阻率测井包括视电阻率测井短电极（0.25米、0.45米）、长电极（2.5米、4米）测井等。

**原理：**测量岩石电阻率，反映岩石的岩性及所含油水性质。测井时放入井中的那组电极（包括供电电极和测量电极）叫做电极系。分为电位电极系和梯度电极系两类。当地层较薄时，为了估计地层是否具有渗透性，因此采用了分辨能力更高、几乎不受围岩、高阻邻层和泥浆影响的微电极测井。

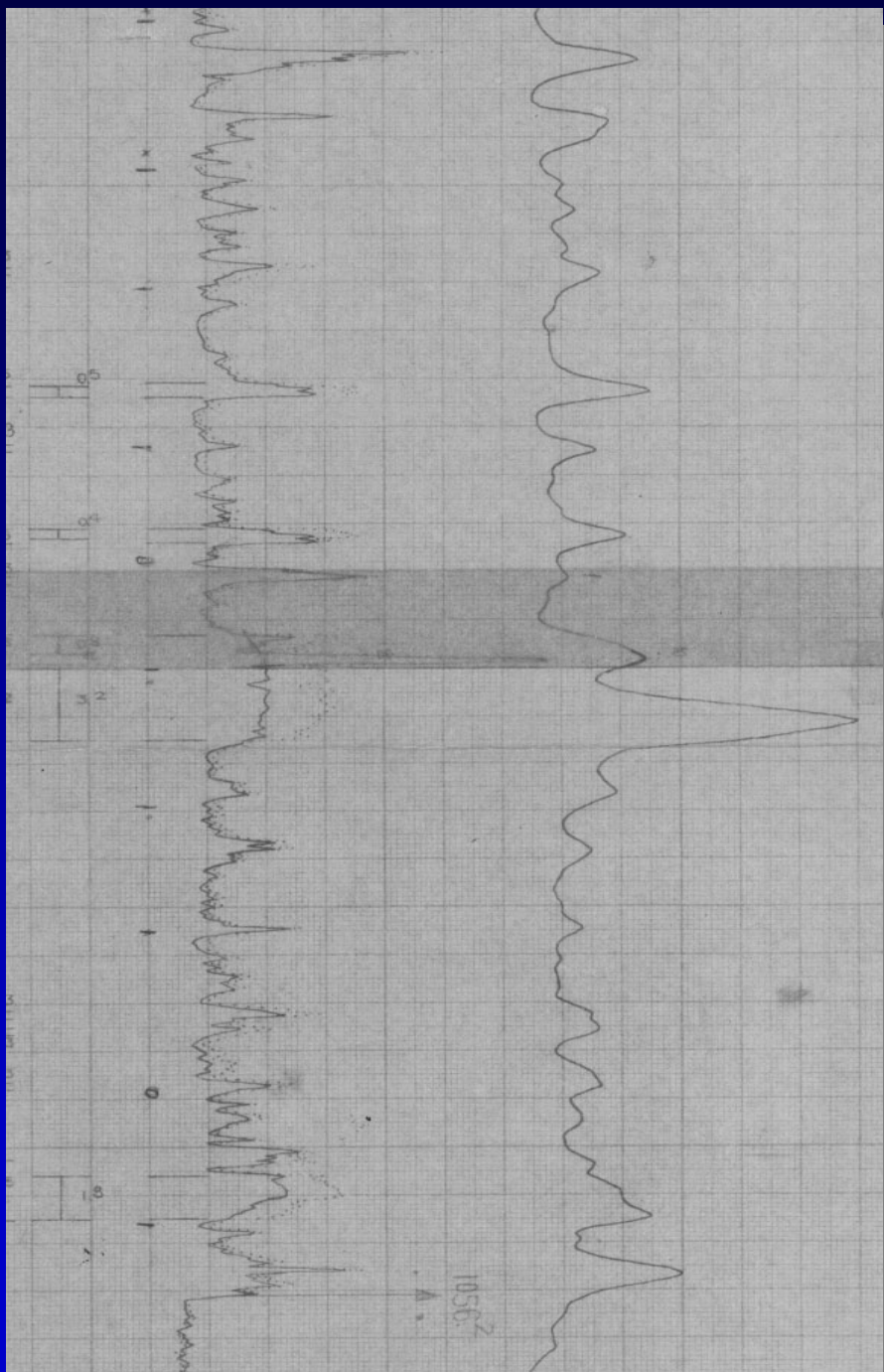
①划分岩层界面

②确定岩性。

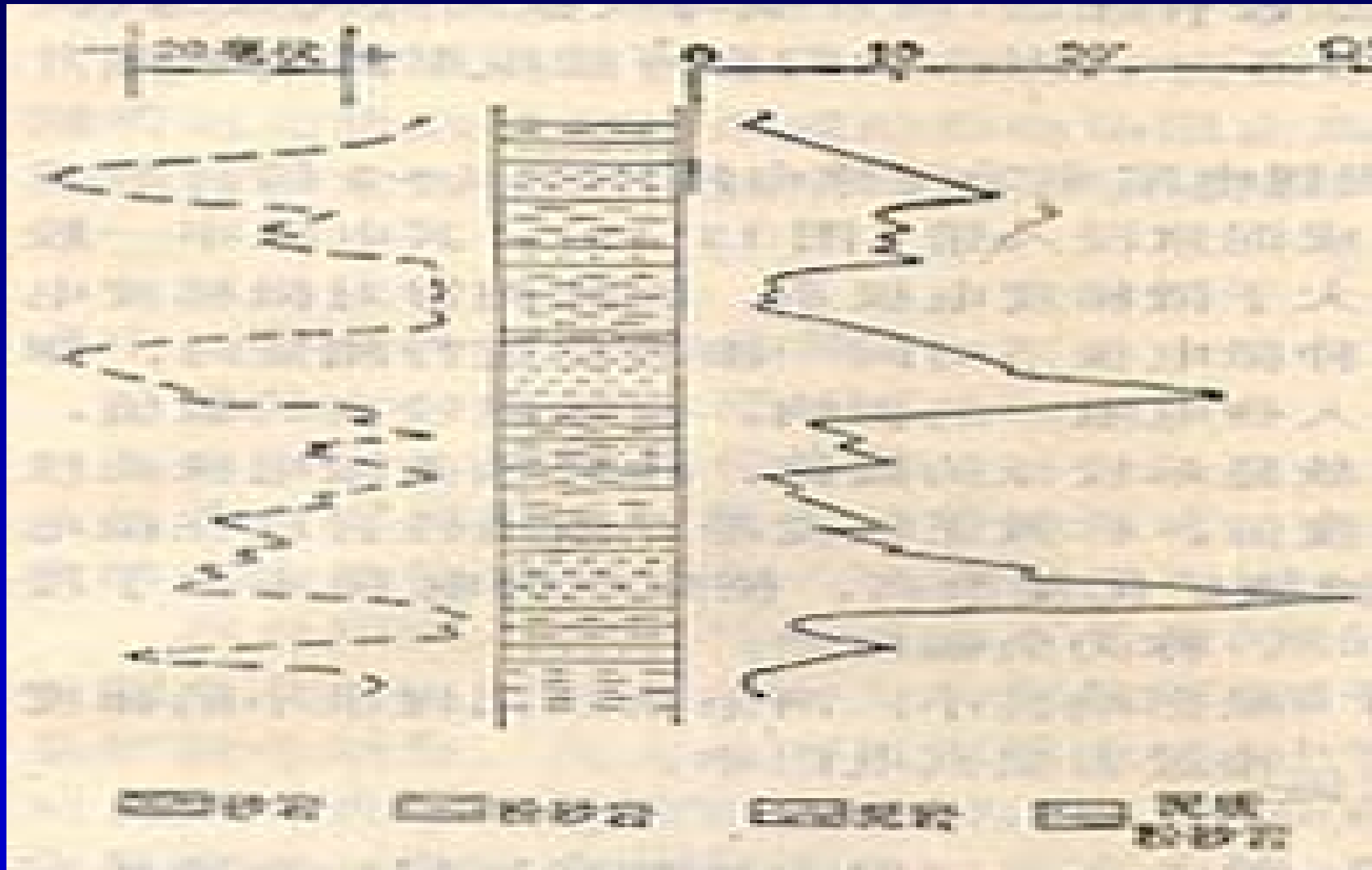
根据各类型电极系测得的曲线在岩层界面的特点，可以准确地确定岩层分界面的位置。在搞清岩性与电性关系的基础上，利用视电阻率曲线可以判断岩层的岩性，划分油气水层。

曲线应用

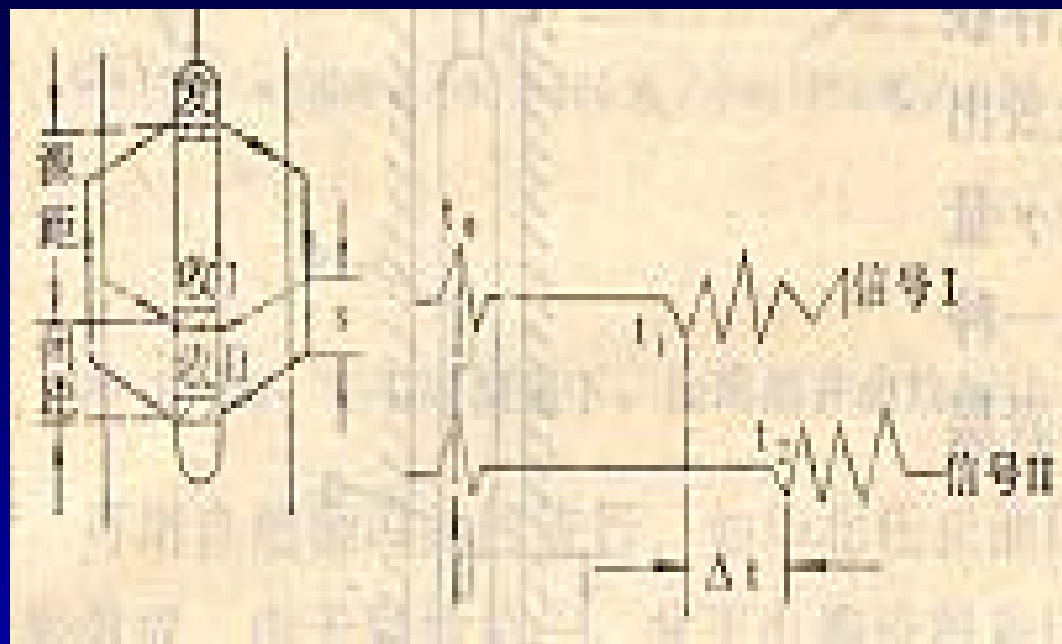
# 划分岩层界面



## ②确定岩性。



## 5. 声波时差测井



**原理：**不同的地层中，声波的传播速度是不同的。声波速度测井仪在井下通过探头发射声波，声波由泥浆向地层传播，其记录的是声波通过1米地层所需的时间 $\Delta t$ （取决于岩性和孔隙度）随深度变化的曲线。

## ①确定岩层孔隙度，识别岩性，对比地层、判断气层

岩石越致密，时差越小，岩石越疏松，孔隙度越大，时差就越大。

由于声波在水中传播的速度大于在石油中传播的速度，而在石油中传播的速度又大于在天然气中传播的速度，故岩石孔隙中含有不同流体时，可以从声波时差曲线上反映出，尤其在界面上更为明显。



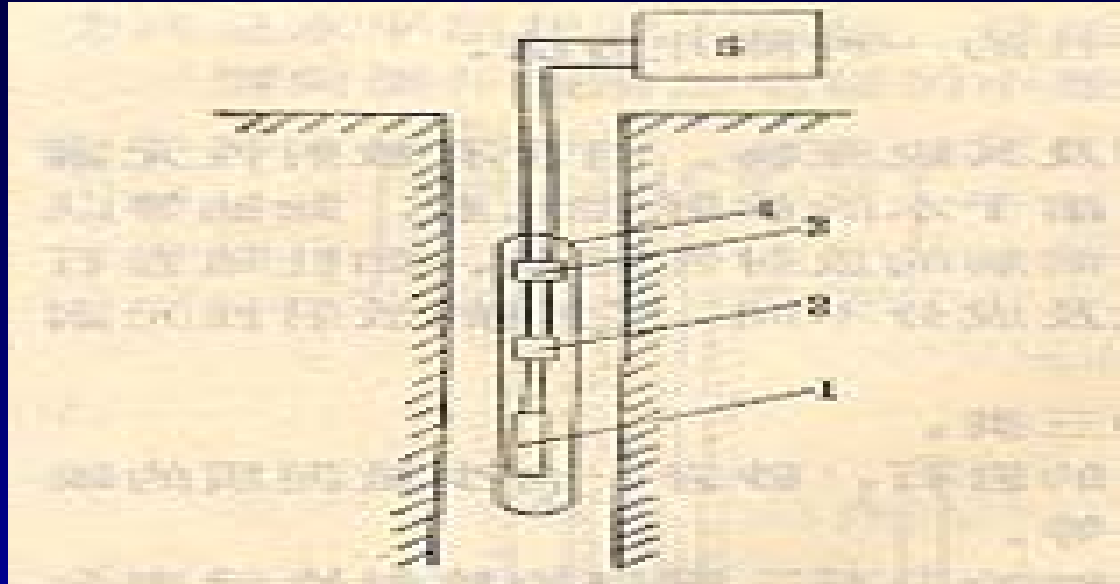
# 曲线应用



## ②划分裂缝性渗透层

对于致密岩层的破碎带或裂缝带，当声波通过时，声波能量被大量吸收而衰减，使得声波时差急速增大，有时产生周波跳跃的特征。

## 6. 自然伽马



**原理：**沉积岩中含有天然放射性同位素，不同岩石所含放射性同位素的数量不同，衰变时放射出的伽马射线的强弱也不同，因此自然伽马测井曲线能够反映不同地层的岩性剖面。

①划分岩性

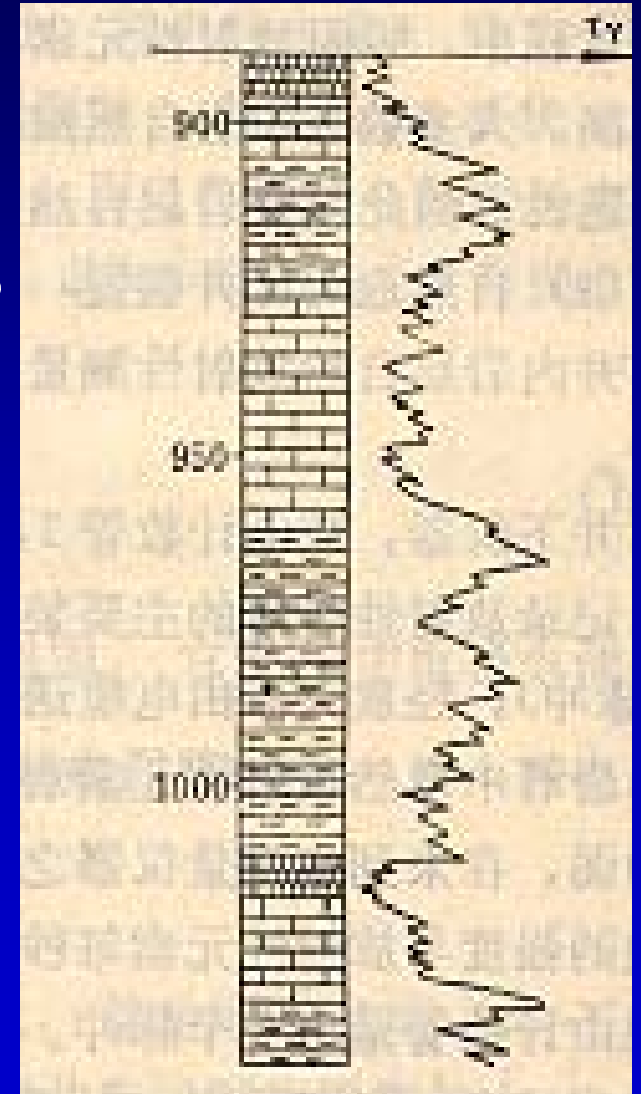
②地层对比

③确定泥质含量

## 曲线应用

配合其它测井资料或地质录井资料综合解释确定岩层岩性。泥岩曲线幅度值高，砂岩显示低幅度值，对于含泥质岩层，根据泥质含量多少界于上述两者之间。

从曲线上比较容易选择区域性对比标准层，所以当其它测井曲线难以进行地层对比的剖面，可以用自然伽玛曲线进行。另外，曲线可在下套管的井中进行，因此广泛应用于工程技术测井，如跟踪定位射孔、找套管外窜槽等。



## (二) 测井解释在油田勘探阶段的综合应用

---

1. 详细划分岩层，准确确定岩层界面和深度
2. 划分岩性和渗透层
3. 探测不同径向深度的电阻率，了解电阻率的径向变化特征
4. 划分油、气、水层

计算油（气）的孔隙度、含油饱和度、渗透率、有效厚度，以致计算岩性成分、油气密度等

# 测井曲线组合应用

---

① 用微电极和短电极  
(0.25米、0.45米) 曲线划分岩层和确定深度

② 用微电极、自然电位和  
声波时差曲线划分岩性和渗透层

③用微电极探测冲洗带，短电极（0.25米、0.45米）探测侵入带，长电极（2.5米、4米）探测原状地层，并通过微电极与电阻率曲线的对比，分析电阻率的径向特征

④分析深、浅电阻率和声波时差、自然电位，可在一般情况下定性区分油（气）、水层

⑤用声波时差计算孔隙度，微电极和短电极（0.25米、0.45米）曲线确定油气层的有效厚度



# (1) 划分渗透层

 ①自然电位曲线：以泥岩为基线，渗透层在自然电位曲线上显示为负异常（ $R_{mf} > R_w$ ）或正异常（ $R_{mf} < R_w$ ）。

 ②微电极曲线：渗透层在微电极曲线上表现正幅度差，而泥岩的微电极曲线没有或只有很小的幅度差。渗透层中的岩性渐变层，也常以微电极曲线读数和幅度差的渐变形式表现出来

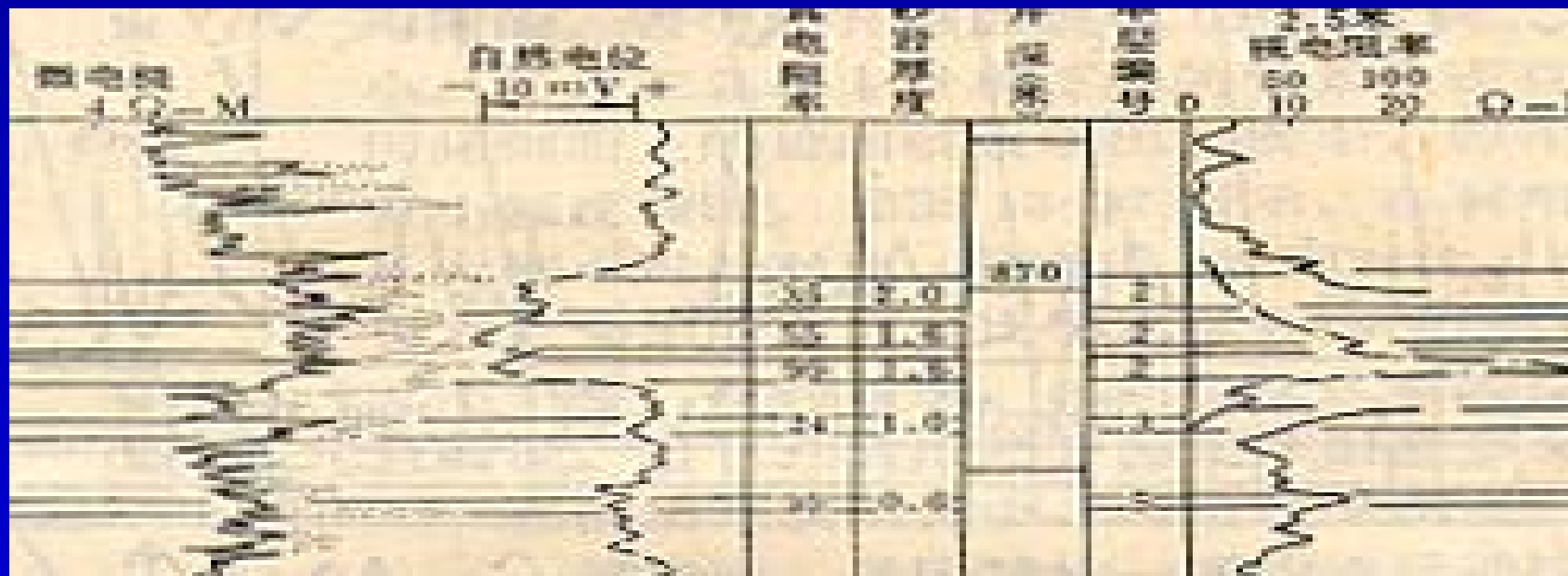
 ③井径曲线：正常情况下，由于渗透层段井壁存在泥饼，因此实测井径值应小于钻头直径（井径），且曲线比较平直规则。

 ④声波曲线：区分不同岩性的岩层以及判断储集层孔隙度的好坏。

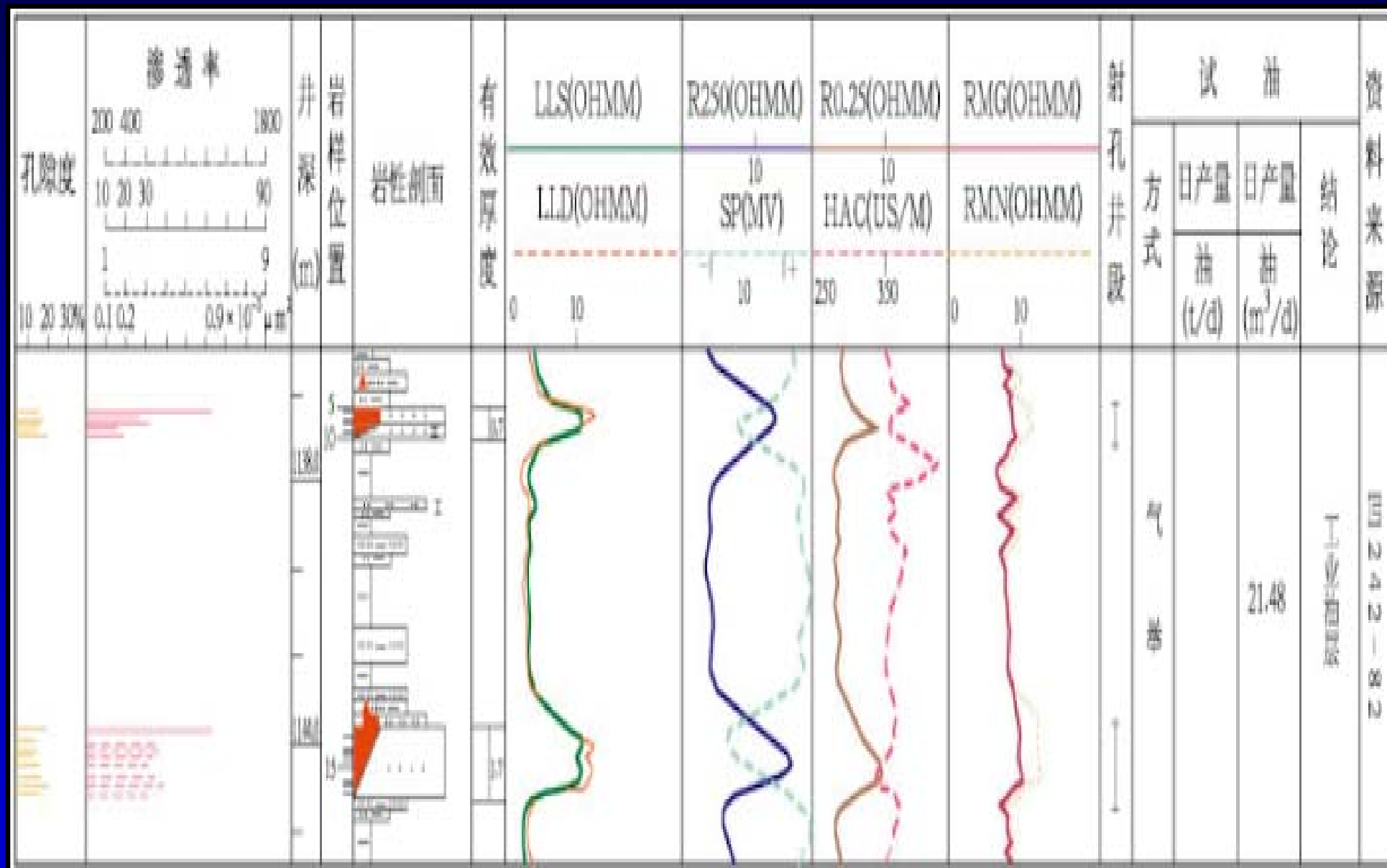
# 具体特征

**砂岩：**微电极曲线中等，有正异常，自然电位有负异常，电阻曲线底部有极大值。

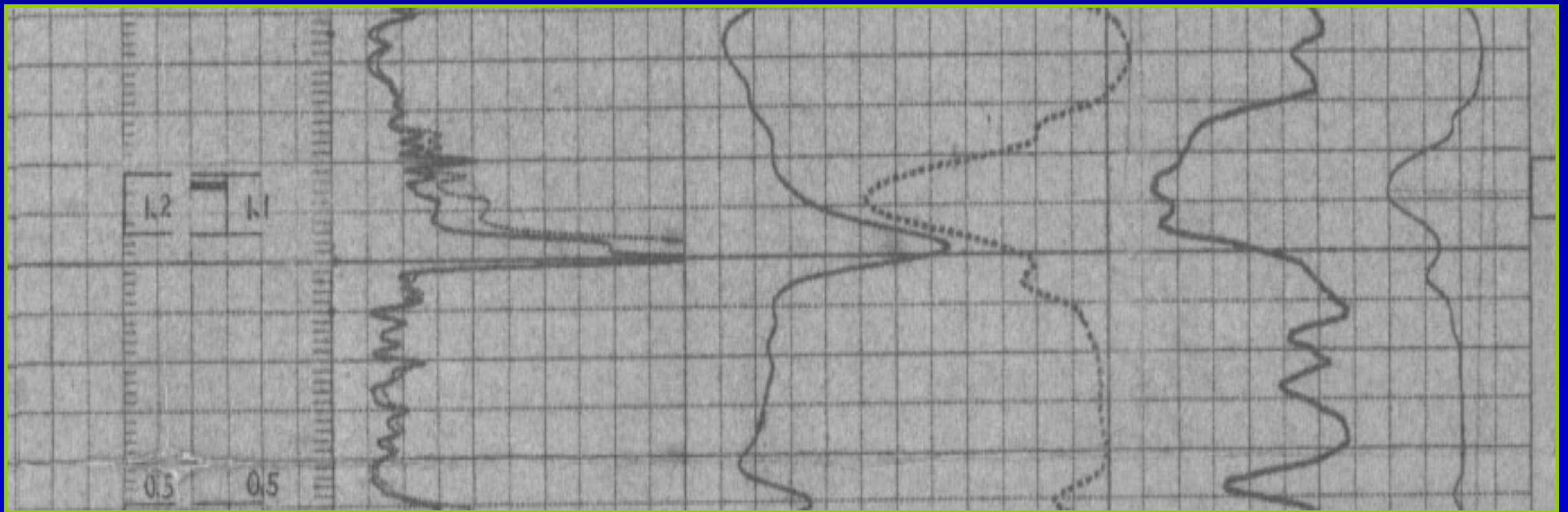
**泥岩：**微电极曲线平直，微电位、微梯度曲线基本没有差异，自然电位曲线平直，电阻率曲线数值呈低平值。



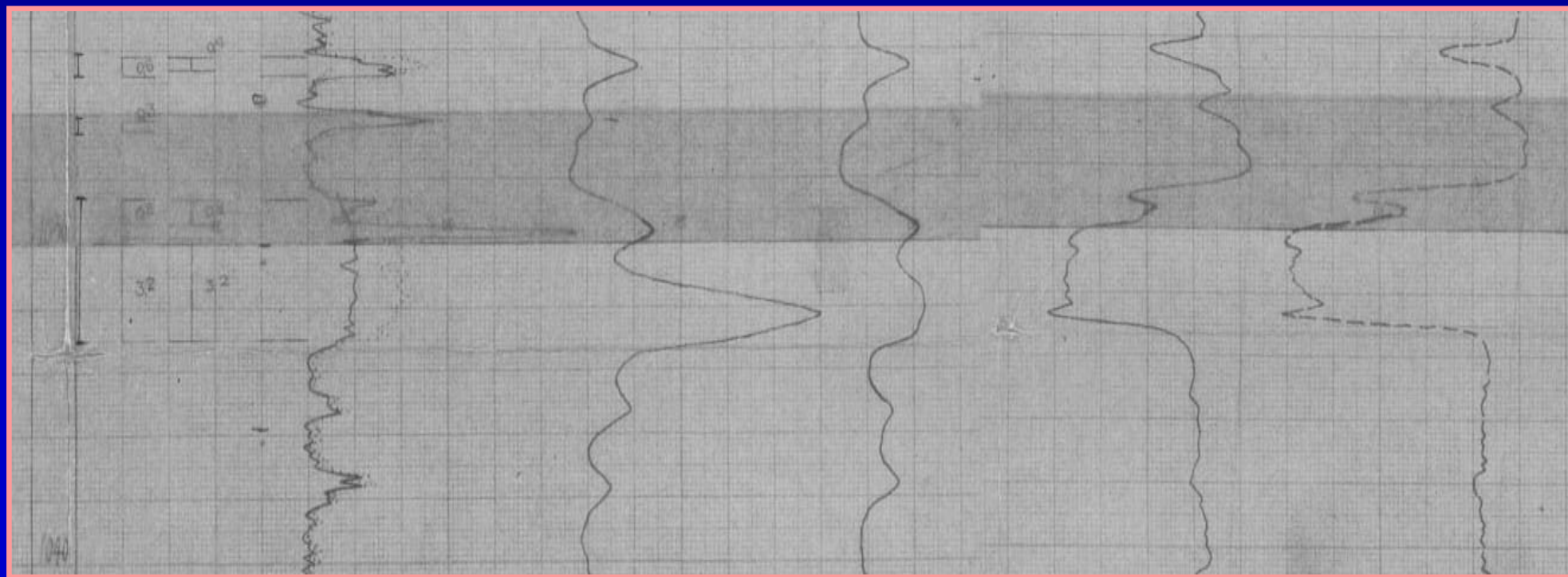
## 油田葡萄花油层四性关系图



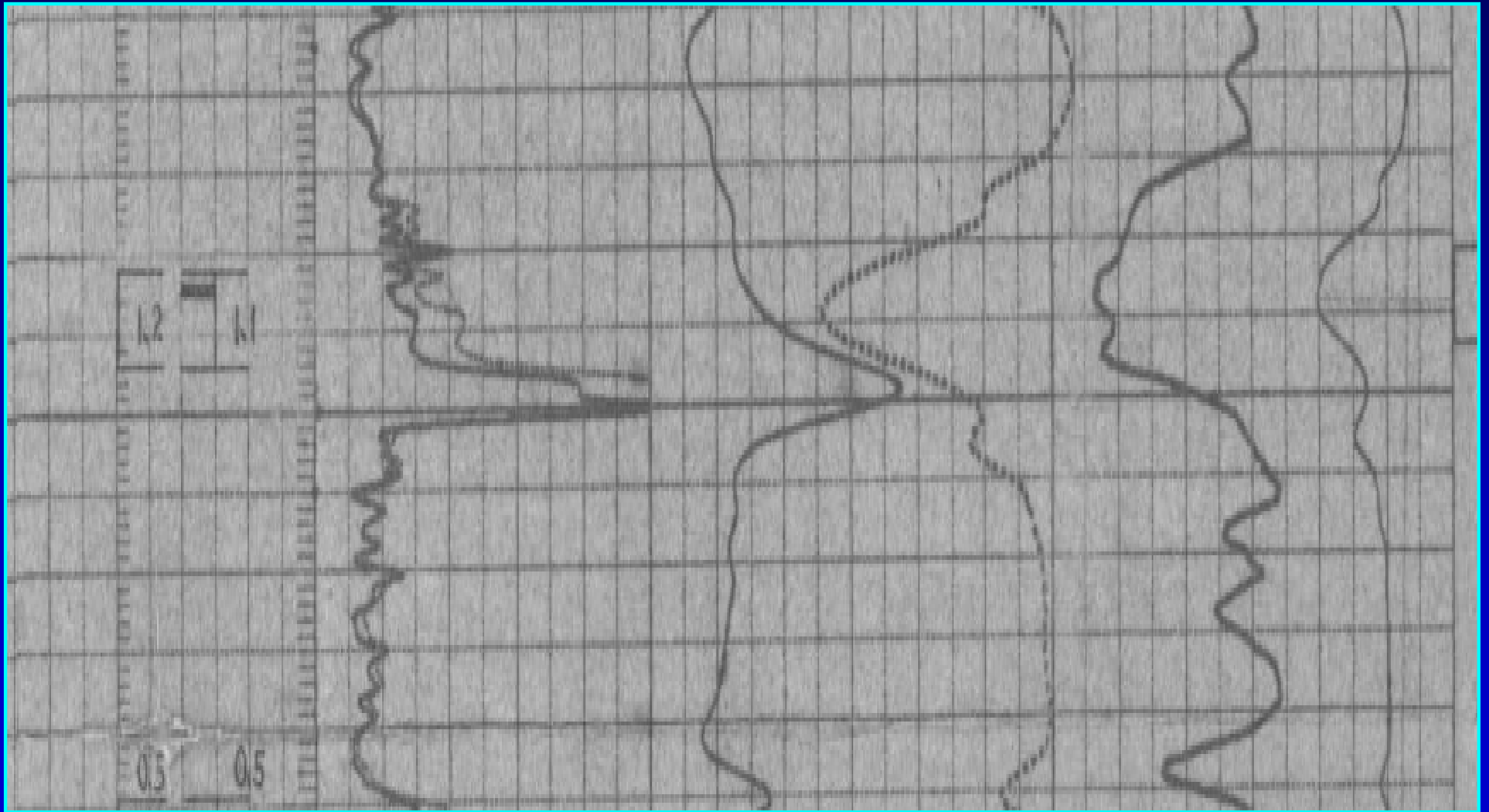
**含钙层：** 声波时差曲线显示低值，电阻曲线显示高值，微电极显示刺刀状、尖峰状，自然电位相应幅度变小。



**水淹层：**油层水淹后，梯度曲线明显上抬，三侧向电阻降低，自然电位基线偏移，自然电流出现偏大，声波时差增大。

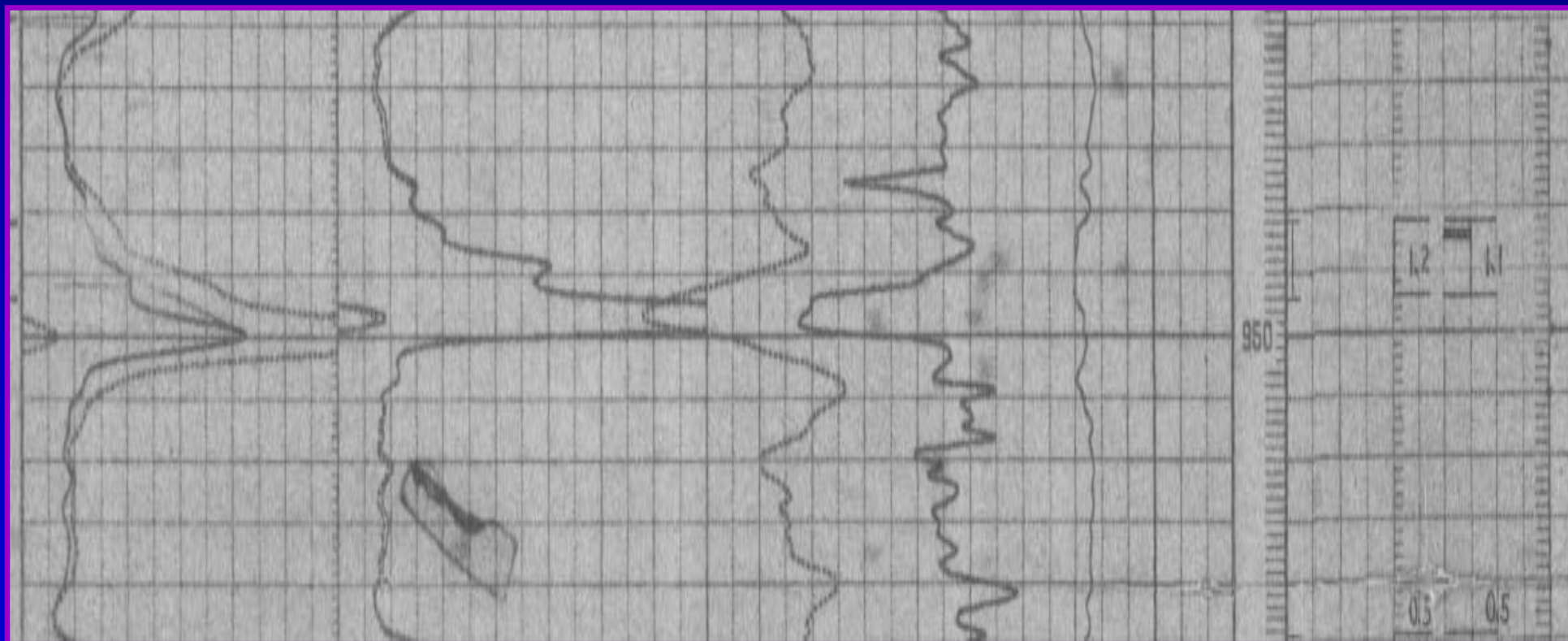


低阻夹层：在微电极曲线上回返 $>22\%$ 。





高压层的识别：声波读值大，微电极曲线基值大，自然电位电流读值小，井径读值大。





## (2) 综合判断油（气）、水层

---

油田中油、气、水是伴生在一起的，但它们的比重不同。石油的比重一般都小于1，水的比重为1，含盐水比重大于1，天然气的比重最小，因此在油田中，它们按比重进行分异。一般来说，游离天然气分布在顶部，油居中，水分布在底部。

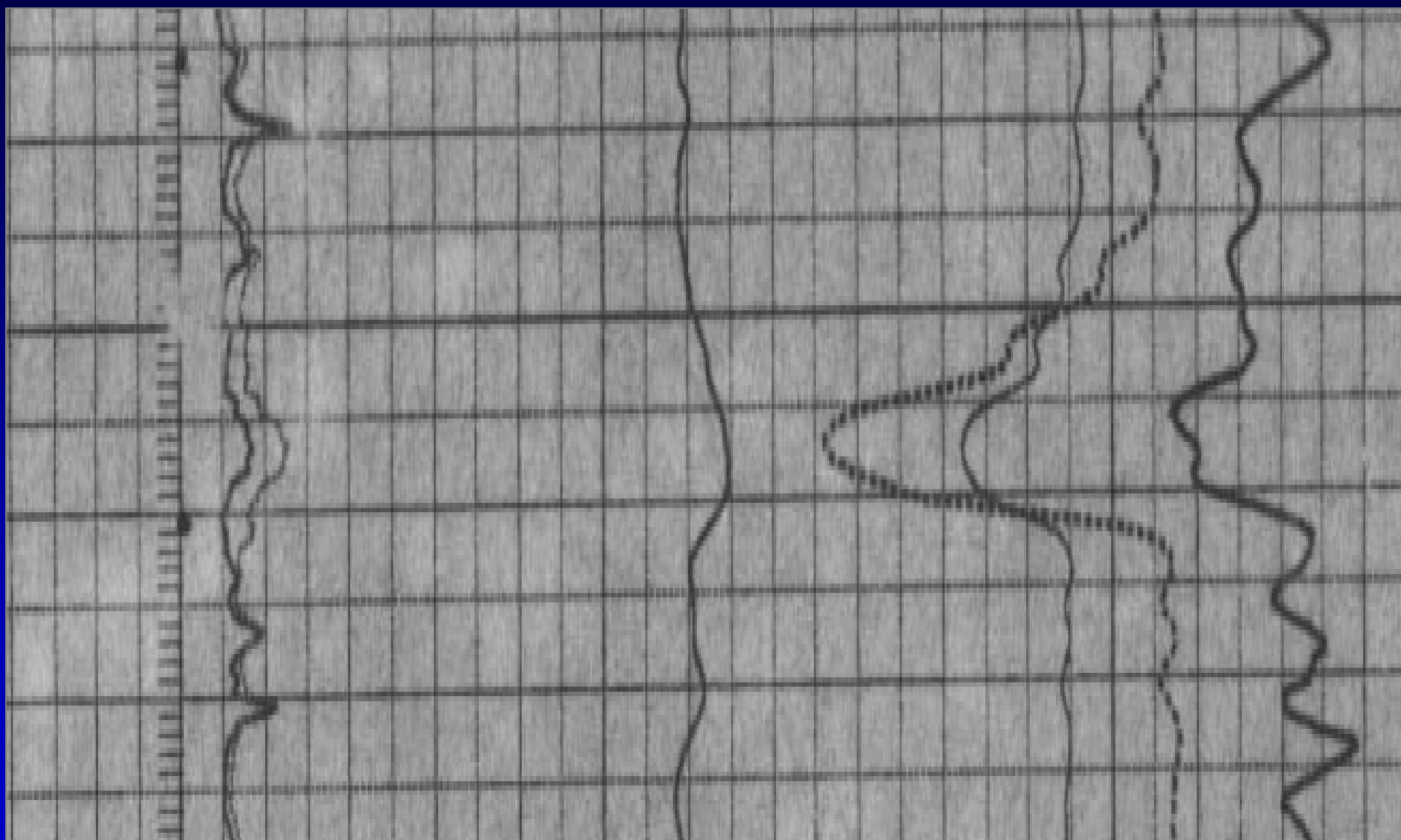
1. 葡萄花油层 $>30$ 欧姆米为油层， $<10$ 欧姆米为水层。在生产井钻得较多以后，也可以根据经验定性判断。

### 1. 判断水层

- ①自然电位曲线异常增大。
  - ②深探测电阻率值变低。
- 有明显的增阻侵入特征，深浅三侧向曲线出现负异常。

### 2. 判断油层

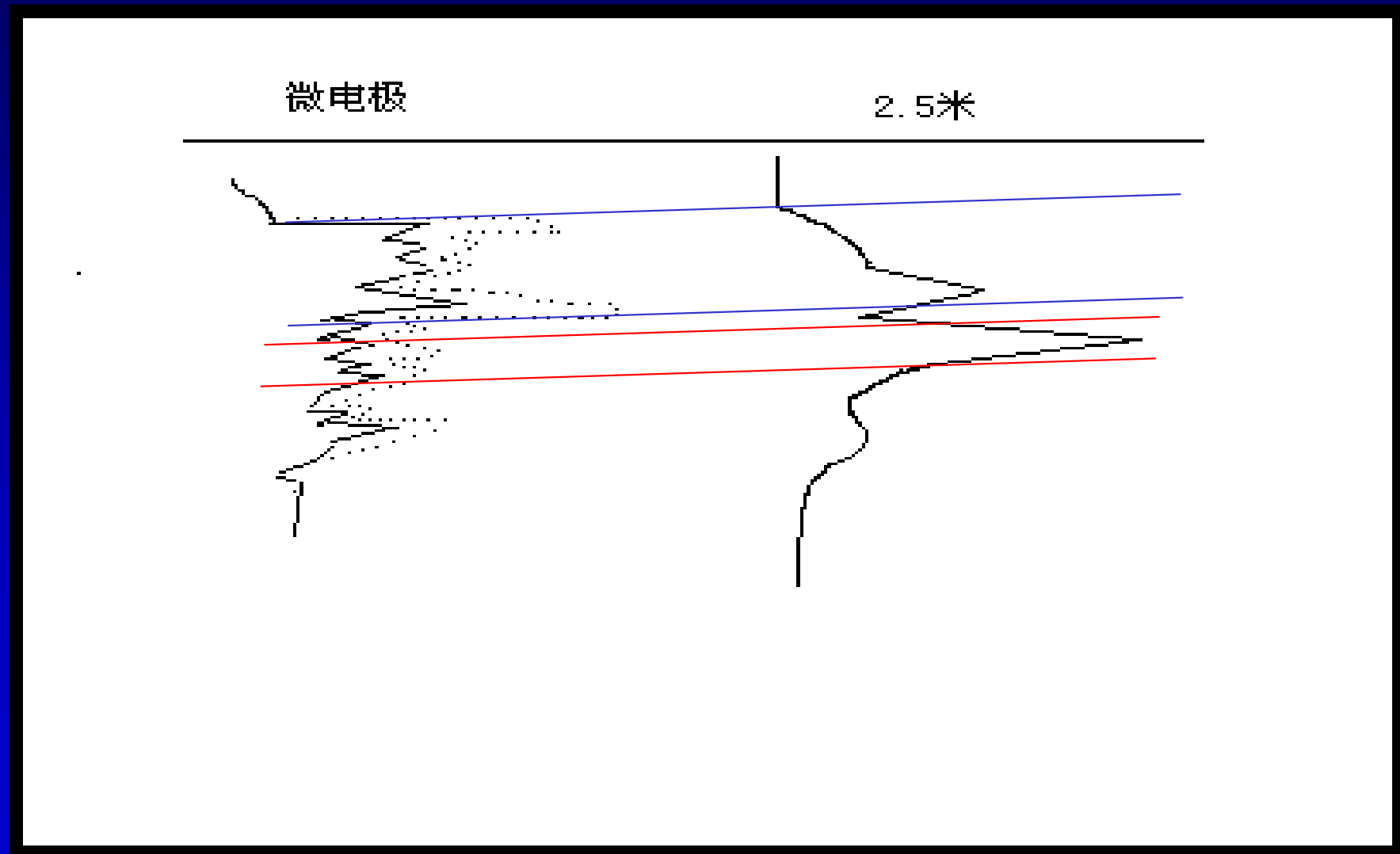
- ①深探测电阻率值较高。
  - ②自然电位有明显的负异常，但曲线幅度要小于水层。
- 具有减阻侵入的特征。



### (三) 测井曲线异常原因分析:

1. 增、减阻影响
2. 自然电位正异常
3. 油水层判断异常
4. 钻井液密度的影响

# 1. 增、减阻影响

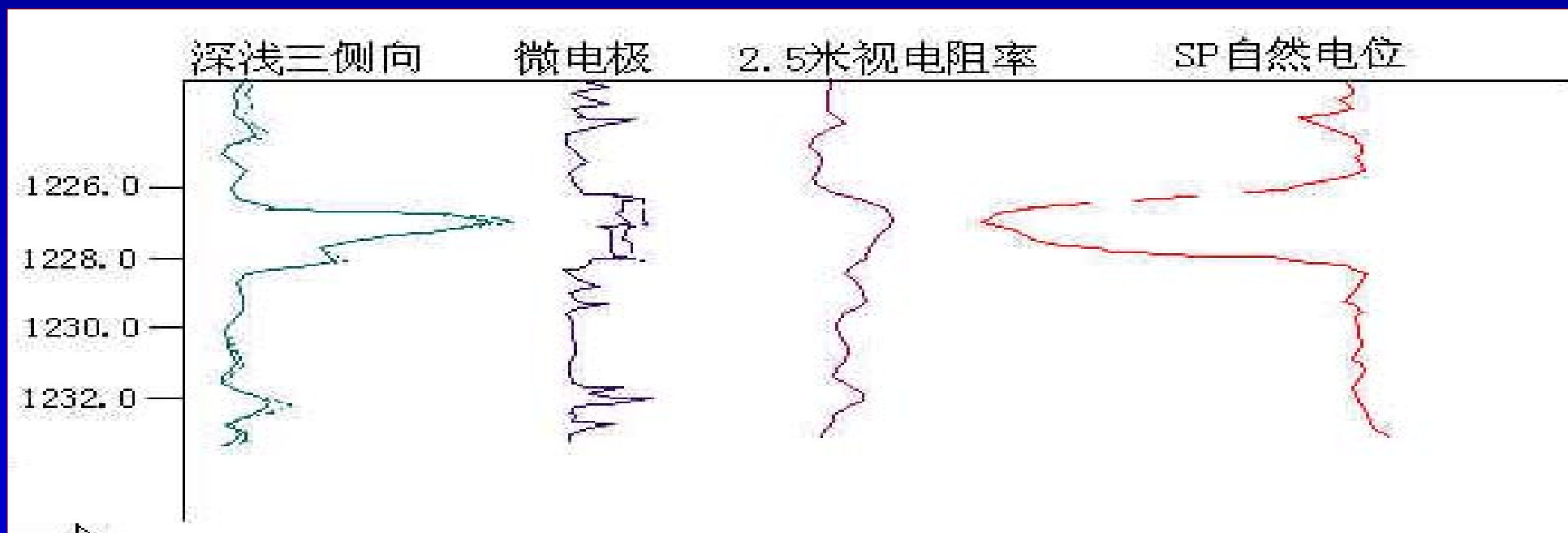
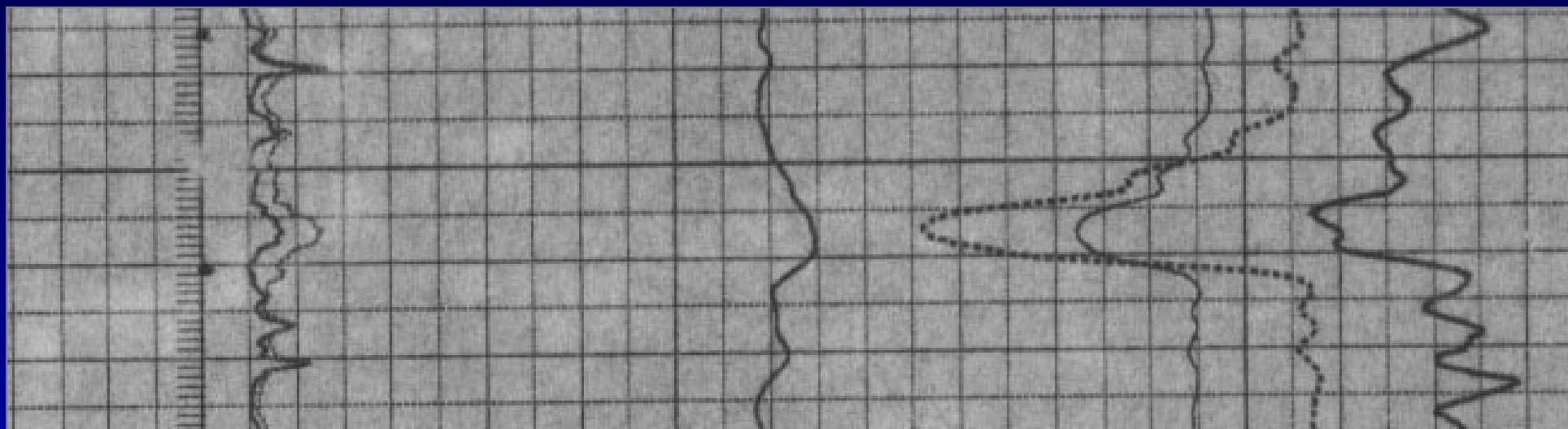


## 2. 自然电位正异常

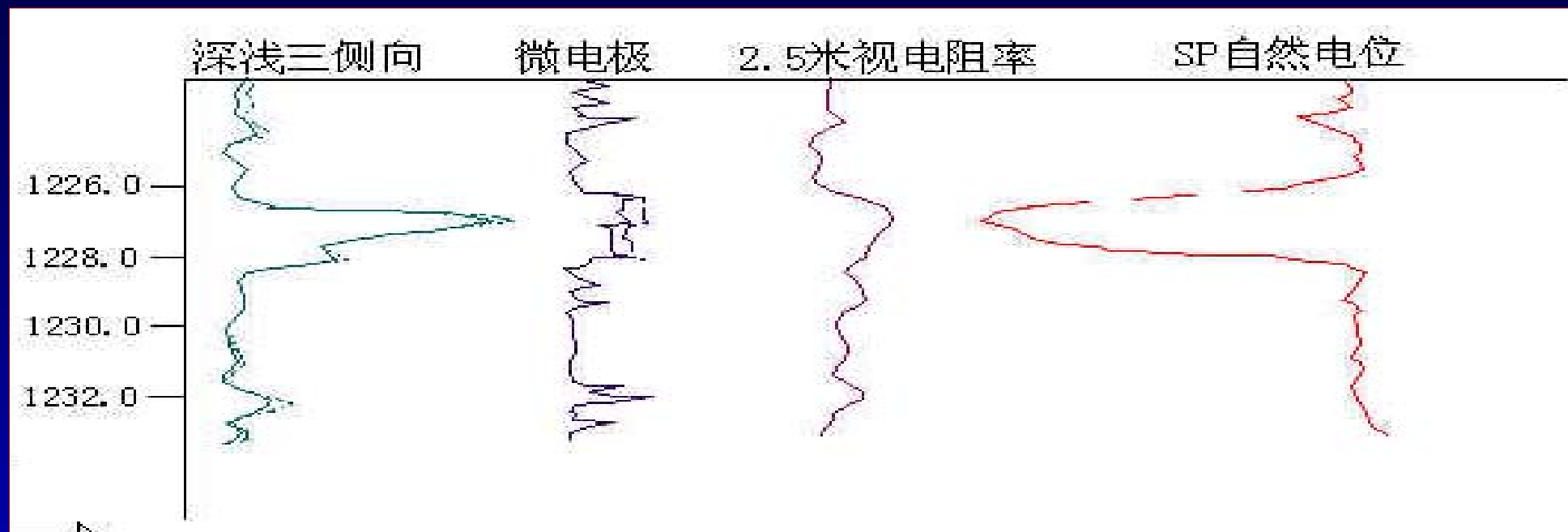
在泥浆液柱压力大于地层压力的条件下，渗透层处，过滤电位与扩散吸附电位方向一致，均呈负异常。压差越大，负异常越大。压差接近0时，自然电位曲线接近平直，当地层压力大于泥浆压力时，自然电位曲线会出现正异常。如果钻井液压力小于地层压力，负异常减少，则划分的有效厚度减少。

### 3. 油水层判断异常

原因分析



## 原因分析



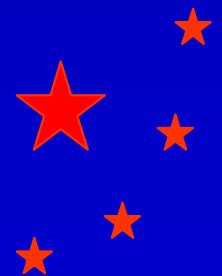
葡萄花油藏以构造控制为主，但随着油层砂体由北向南发育规模逐渐变差，砂体平面分布逐渐趋于零散，在个别断块以出现岩性控制的特点。特别是在油田周边地区，大部处于构造的翼部，砂体的分布范围及规模较主体构造小，油水分布特征受岩性控制的可能性较大。



## 4. 钻井液密度对电测曲线的影响

一、二次加密调整井所使用的钻井液密度在 $1.55-1.65\text{g/cm}^3$ 之间，开发井在 $1.2\text{g/cm}^3$ 。由于微电极曲线中微梯度电极系探测半径不同，在渗透性的砂岩地层中，探测半径较大的微电位测量的视电阻率主要受冲洗带电阻率的影响，显示较高的数值，探测半径较小的微梯度测量的视电阻率主要受泥饼电阻率的影响，显示较低的数值，从而形成“正幅度差”。

幅度差的大小取决于冲洗带电阻率与泥饼电阻率的比值以及泥饼的厚度。当地层压力接近泥浆柱压力时，形成的泥饼较薄，正幅度差较小或幅度差消失。钻井液密度过低，导致渗透层幅度差较小或无幅度差，过高则污染油层。



## （四）新测井系列厚度解释偏少原因分析

---

通过对葡南地区16口井分别采用新老标准划分砂岩、有效厚度，并对二个标准划分厚度的情况对比分析表明。同一口井，原标准解释的砂岩厚度、有效厚度层数较新标准多，原标准解释的砂岩厚度、有效厚度较新标准大。

采用新标准解释，平均单井钻遇砂岩厚度4.1m、有效厚度2.5(0.1)m，钻遇砂岩层数5.3个、有效层数3.7个；采用原标准解释，平均单井钻遇砂岩厚度5.2m、有效厚度3.5(0.5)m，钻遇砂岩层数6.4个、有效层数5.2个。新老标准在解释的砂岩、有效厚度上相差21.1%、28.6%，在解释的层数上相差17.2%、28.8%。

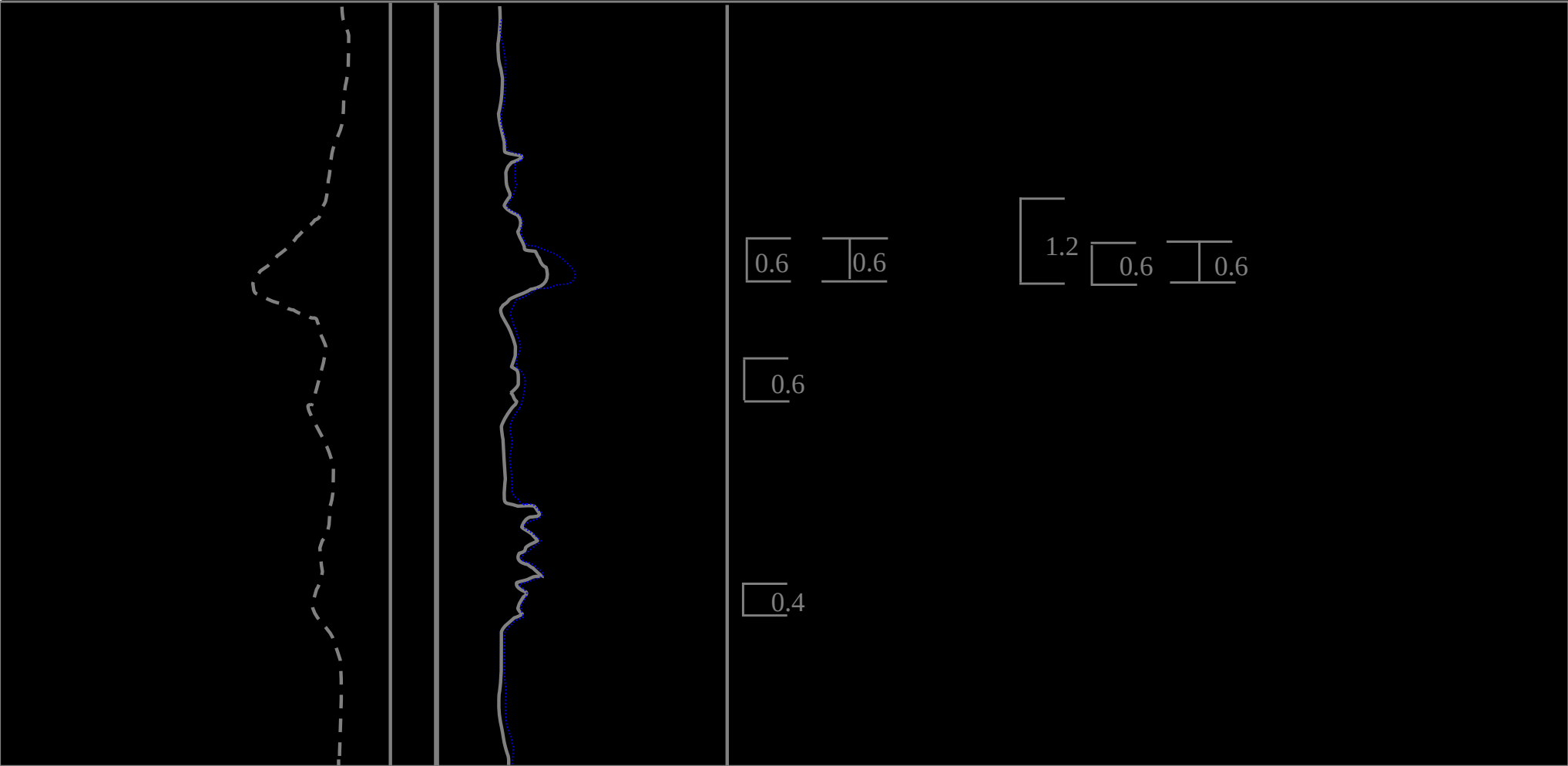
新标准

表砂有效  
外岩效

老标准

微电极

自然电位



| 井 号      | 老 标 准 |           |     |     | 新 标 准 |           |     |     |
|----------|-------|-----------|-----|-----|-------|-----------|-----|-----|
|          | 厚 度   |           | 层 数 |     | 厚 度   |           | 层 数 |     |
|          | 砂岩    | 有效        | 砂岩  | 有效  | 砂岩    | 有效        | 砂岩  | 有效  |
| 葡163-37  | 6.7   | 4.5(1.1)  | 9   | 9   | 4.6   | 2.8       | 5   | 3   |
| *葡180-22 | 1.4   | 0.5(0.6)  | 4   | 3   | 0.8   | 0.2(0.6)  | 2   | 2   |
| *葡178-22 | 2.2   | 0.7(1.5)  | 4   | 4   | 1.6   | 0.2       | 3   | 1   |
| 葡157-37  | 5.4   | 4.9       | 8   | 8   | 5.4   | 4.7       | 8   | 8   |
| *葡184-26 | 3.5   | 1.4(0.3)  | 5   | 3   | 2.1   | 0.6(0.5)  | 5   | 3   |
| 葡167-33  | 9.8   | 6.4       | 6   | 4   | 8.5   | 5.9       | 8   | 5   |
| *葡204-90 | 3.8   | 2.8       | 6   | 5   | 3.3   | 2.9       | 7   | 6   |
| *葡186-29 | 2.8   | 0.4(0.6)  | 4   | 3   | 3.4   | 0.6       | 4   | 2   |
| *葡202-90 | 3.2   | 3.2       | 5   | 5   | 2.6   | 1.8       | 4   | 2   |
| 葡189-83  | 6.0   | 5.0       | 8   | 6   | 6.0   | 5.1       | 9   | 7   |
| 葡159-37  | 9.1   | 6.7(0.3)  | 7   | 6   | 5.4   | 4.9(0.3)  | 5   | 4   |
| *葡158-78 | 3.6   | 2.0(0.7)  | 7   | 5   | 3.0   | 1.7(0.7)  | 6   | 5   |
| *葡184-52 | 1.4   | 0.5       | 5   | 2   | 0.2   | 0.2       | 1   | 1   |
| 葡167-31  | 10.9  | 9.0       | 9   | 7   | 6.5   | 3.4       | 6   | 3   |
| *葡184-24 | 8.8   | 5.9(1.5)  | 10  | 9   | 6.8   | 3.5(0.2)  | 8   | 4   |
| *葡182-22 | 4.1   | 1.8(1.0)  | 5   | 4   | 5.0   | 1.8       | 4   | 3   |
| 合 计      | 82.7  | 55.7(7.6) | 102 | 83  | 65.2  | 40.3(2.3) | 85  | 59  |
| 平 均      | 5.2   | 3.5(0.5)  | 6.4 | 5.2 | 4.1   | 2.5(0.1)  | 5.3 | 3.7 |

## 四、新测井系列厚度解释偏少的原因分析

---

### (一)钻井条件变化的影响

钻井泥浆性能的变化直接影响钻井、测井质量。

## (二)测井曲线异常的影响

结合操作规程，并根据新标准的制定，分析原因相差的原因如下：

- 新标准划分砂岩、有效厚度主要是以深侧向及微球曲线为主，原标准划分砂岩、有效厚度主要是参考0.25m短梯度曲线，判断厚度是否符合电性标准，所以说，两个标准划分砂岩、有效厚度必然存在差异。



## (二)测井曲线异常的影响

● 新系列中高分辨率声波曲线，由于它对薄的含钙层反映得更加灵敏，厚度解释中扣除高阻夹层的比例要比老系列中增多，而使厚层的有效厚度减少。

● 微电极曲线基值逐年降低，幅度差也在变小，甚至在某些渗透层处无幅度差。目前泥岩电阻率仅为  $2.5 \Omega \cdot \text{m}$ ，这对薄差油层的识别影响很大。

## (二)测井曲线异常的影响

通过分析可以看出，自然电位、微电极曲线异常是由于测井环境变化造成的：

①现今储层中的地层水不是原始地层水，矿化度明显降低。

②由于井内有地层流体流入，使钻井液矿化度发生变化，而且变化不均，导致自然电位曲线出现漂移现象。

## (二)测井曲线异常的影响

(3)当井筒内钻井液的压力与储层内流体压力基本一致或小于储层内流体压力时，井壁形不成泥饼，这样微梯度和微电位测井值基本一致，不能产生幅度差或只产生较小的幅度差。

(4)随着油层水淹程度日趋严重，油层电阻率不断降低，微电极幅度值也将逐渐降低。

## （五）横向图的应用分析

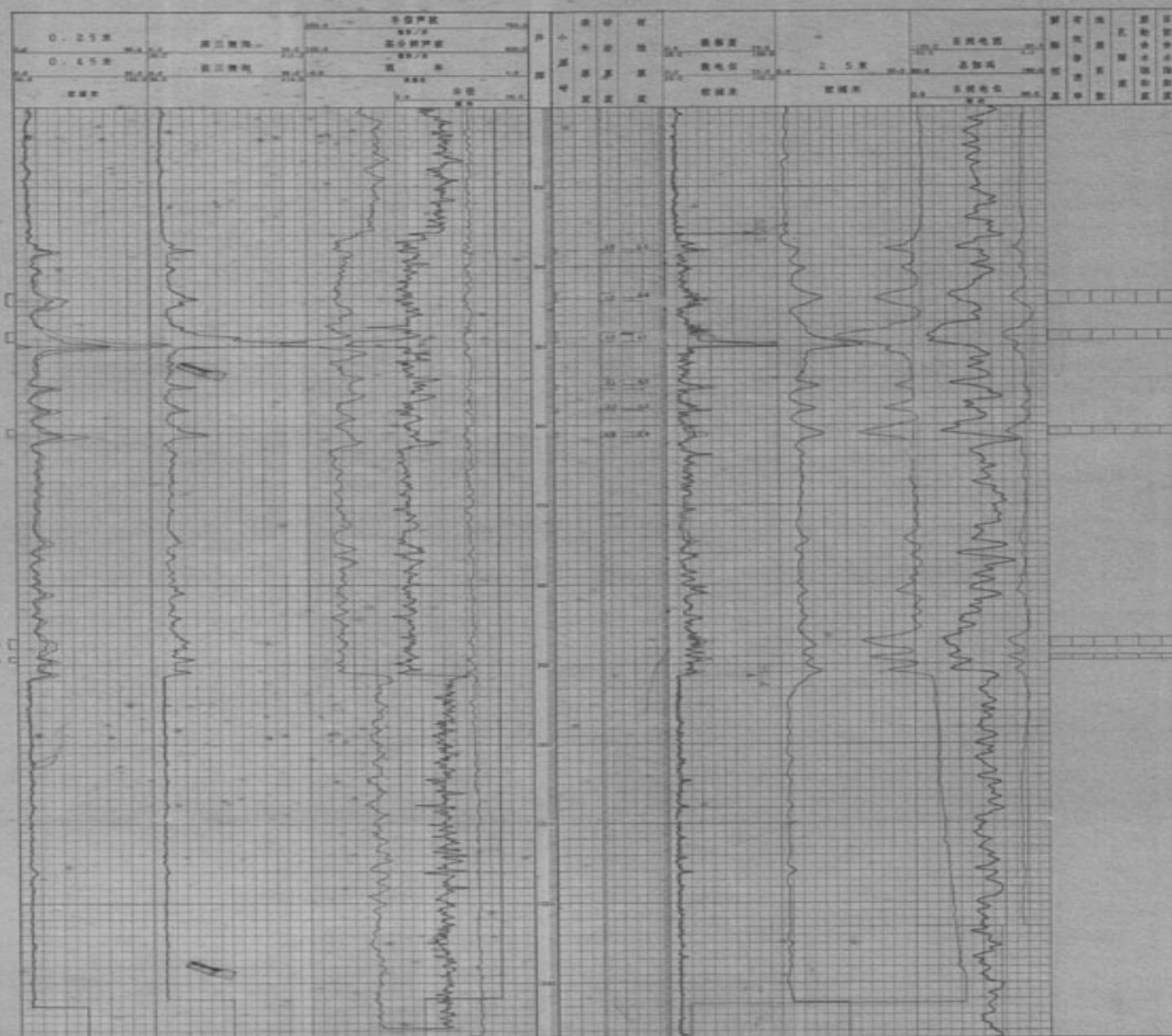
全井电测曲线的特征，在划分油水层及确定油底、水顶之前，首先对全井电测曲线特征进行全面的概括和了解。其中包括微电极基值的到达小，泥岩、好油层、钙质层的显示，自然电位基线稳定程度，自然电位幅度，主要了解全井砂岩和钙质层的发育程度，以便正确认识和运用各种曲线。

# 横向图的分析与应用

## 葡91-61井测井解释成果图

石油天然气总公司大庆油田

|      |             |      |            |      |         |      |        |
|------|-------------|------|------------|------|---------|------|--------|
| 测井日期 | 1991年11月24日 | 测井深度 | 2021 米     | 测井速度 | 1.7 米/分 | 测井时间 | 11.7 分 |
| 测井井号 | 91-180      | 测井深度 | 4.8-1077 米 | 测井速度 | 4.3 米/分 | 测井时间 | 24.8 分 |
| 测井井号 | 91-180      | 测井深度 | 4.8-1077 米 | 测井速度 | 4.3 米/分 | 测井时间 | 24.8 分 |
| 测井井号 | 91-180      | 测井深度 | 4.8-1077 米 | 测井速度 | 4.3 米/分 | 测井时间 | 24.8 分 |
| 测井井号 | 91-180      | 测井深度 | 4.8-1077 米 | 测井速度 | 4.3 米/分 | 测井时间 | 24.8 分 |



# 横向图的分析与应用

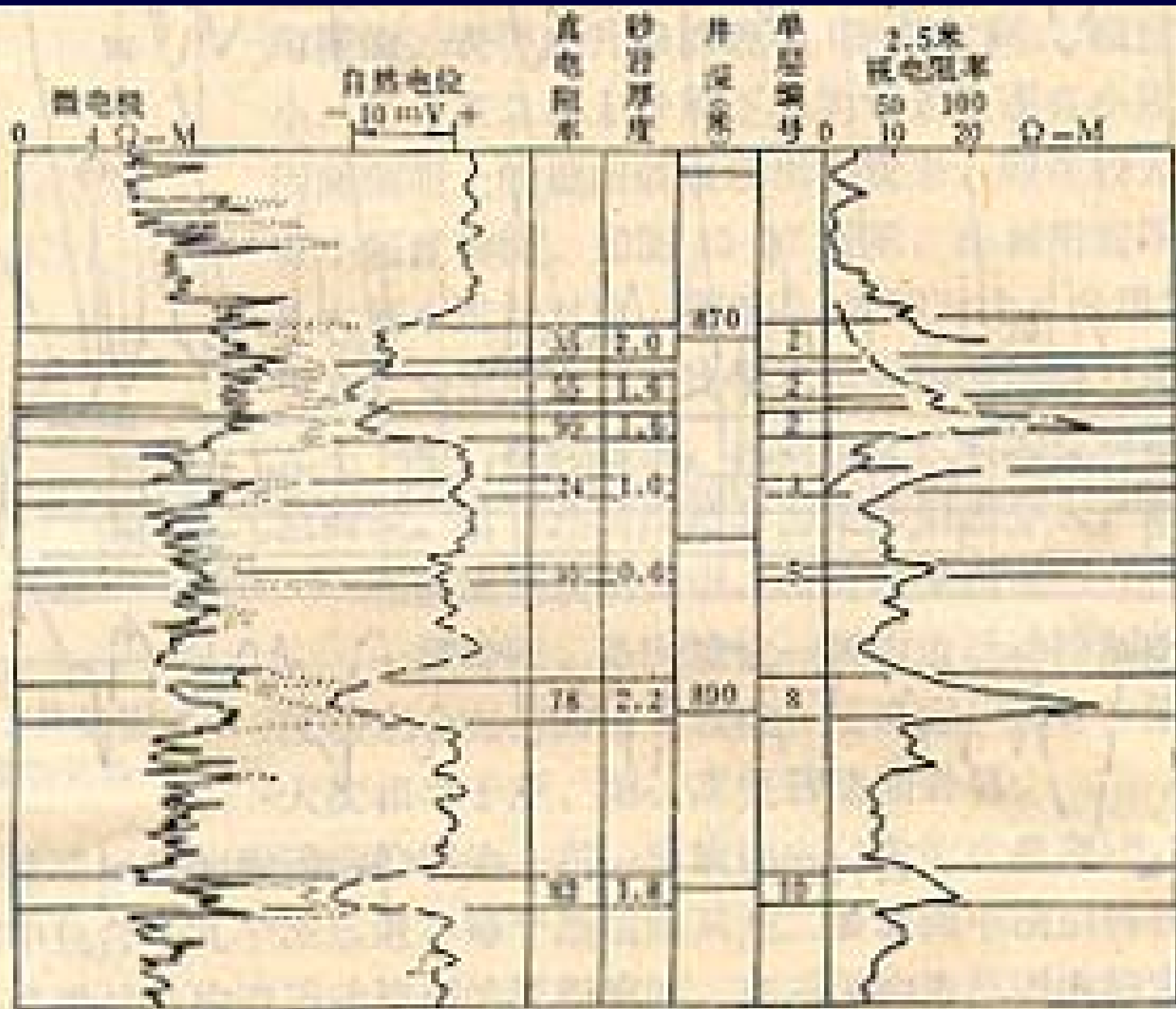


图 13-39 单井电测资料图

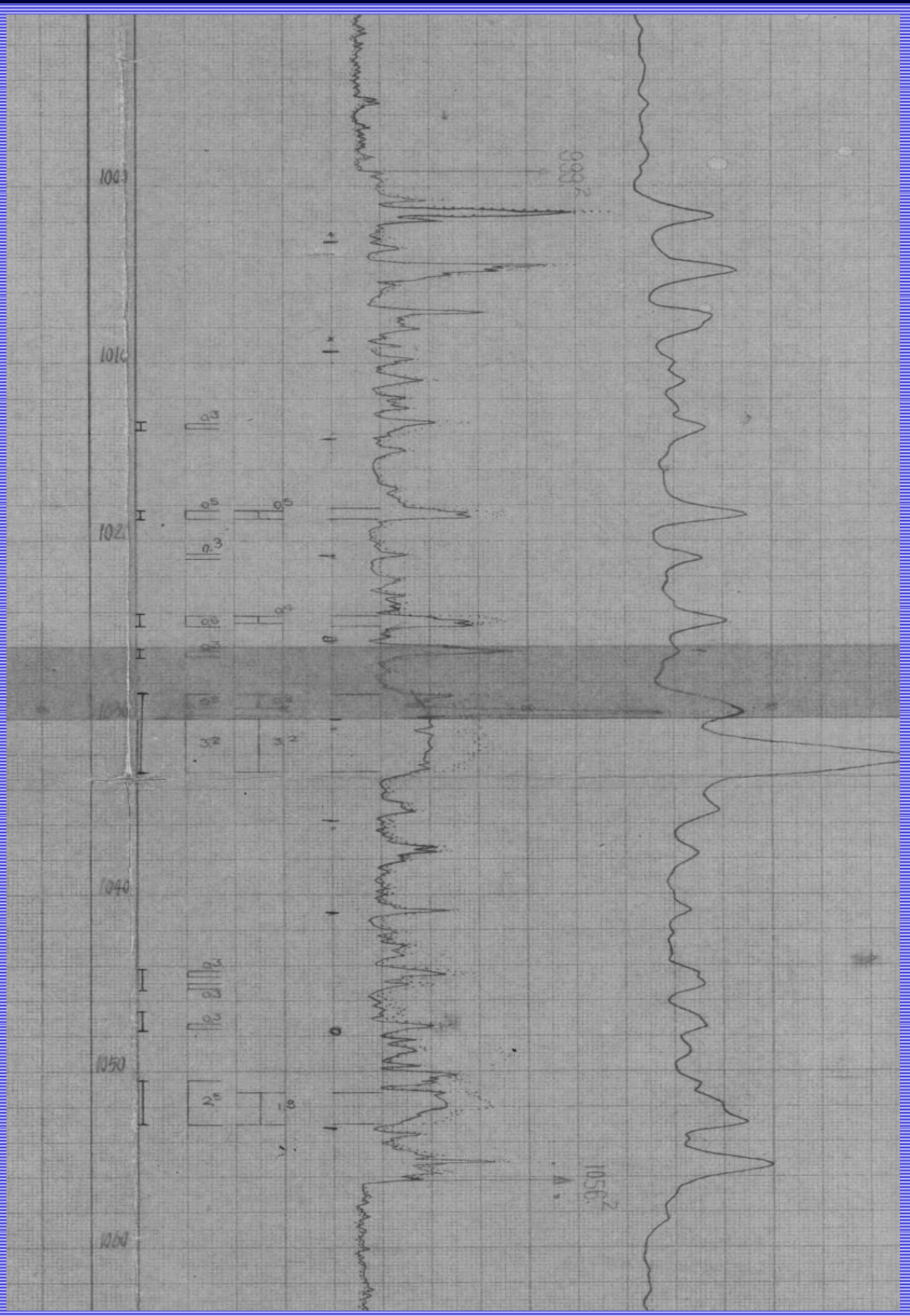
# 1. 储油层的划分与确定

## 1) 油层组

油层分布状况与油层性质基本相同，是一套沉积特征相似的油层组合。具体划分除了考虑油层特性的一致外，由于划分开发层系的要求，还需考虑隔层条件。如果在两个相邻岩相段的分界上隔层条件不好，而在邻近层位有较好的隔层存在，这种情况下，允许把油层组界限划在隔层发育较好的层位。



# 横向图的分析与应用





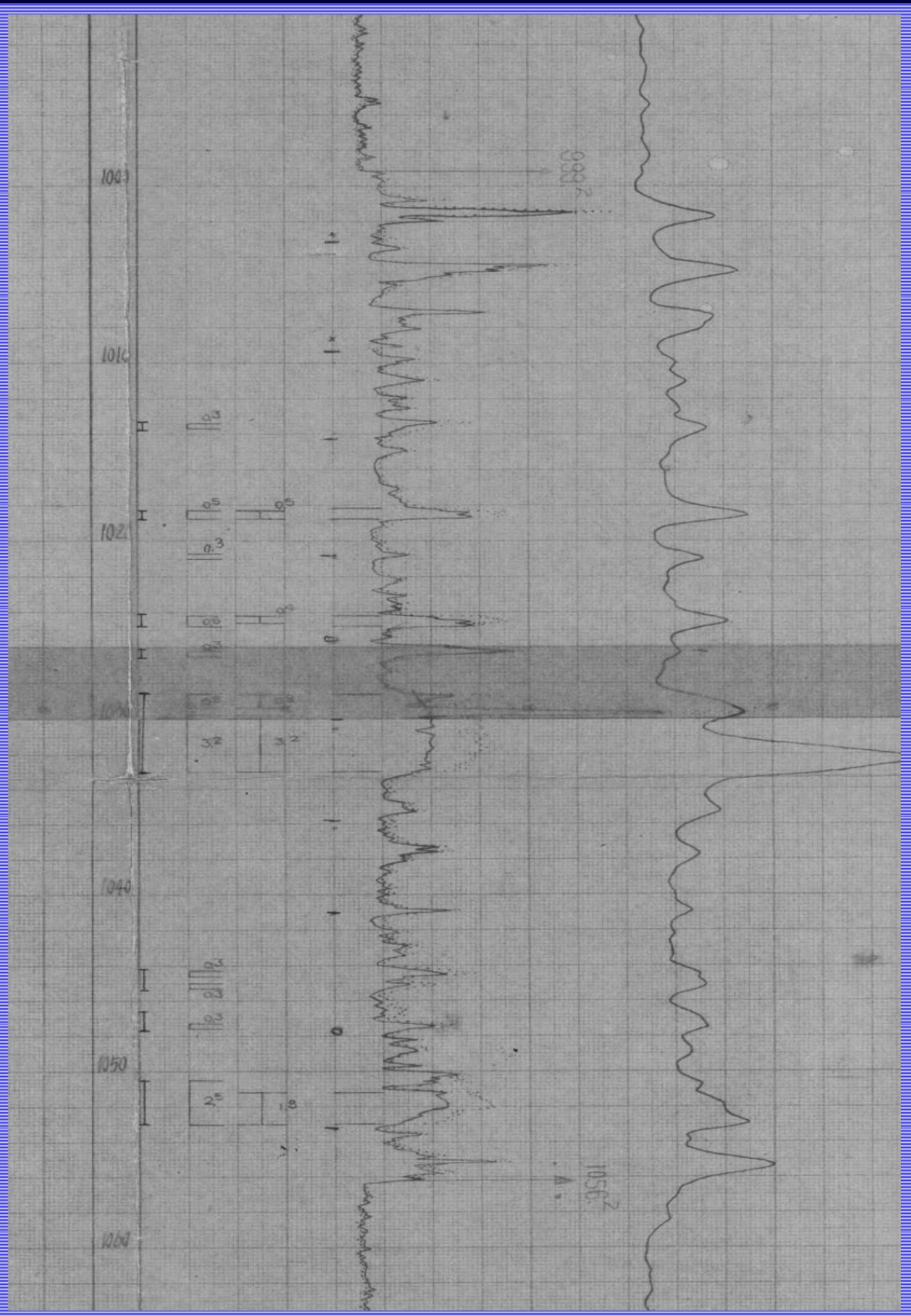
## 2) 砂岩组

是在油层组内，含油砂岩集中发育，有一定的连通性，上下为比较稳定的泥岩所分隔的相互靠近的单层组合。

## 3) 单油层

上下在较大范围内有泥岩等夹层分隔的具有含油条件的单个砂质、粉砂质岩层。

# 横向图的分析与应用



## 2. 油层对比方法，旋回对比、分级控制

由于地质作用的周期性变化，必然导致沉积岩层相应的周期性变化，从而引起各种不同类型的岩石按照一定顺序在剖面上的反复出现。这就是沉积岩的旋回性，也是沉积岩普通具有的基本特点。

以单井划分的旋回为基础，分区选择有代表性的“标准井”，而后以标准井为中心，以旋回特性为依据，从高级到低级，分区追朔对比，重点研究两种旋回特性交替地带。根据大庆油田油层沉积旋回的多级性，其稳定性依其级性的降低而变差，故在单层对比时采用了以沉积旋回的相对稳定性把储油岩层从高级次到低级次，从大单元到各个单元逐级进行对比的方法，称为“旋回对比、分级控制”。

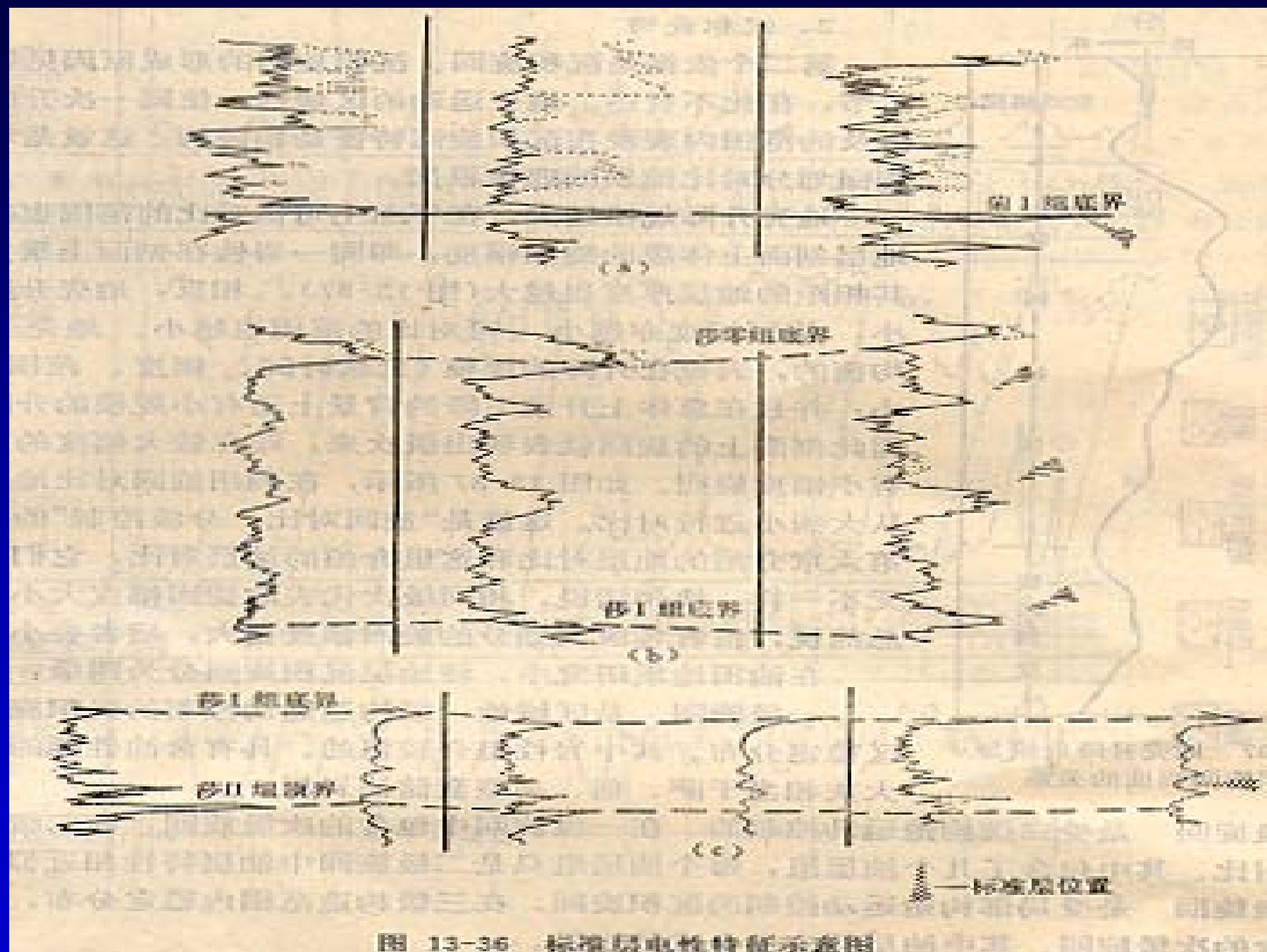
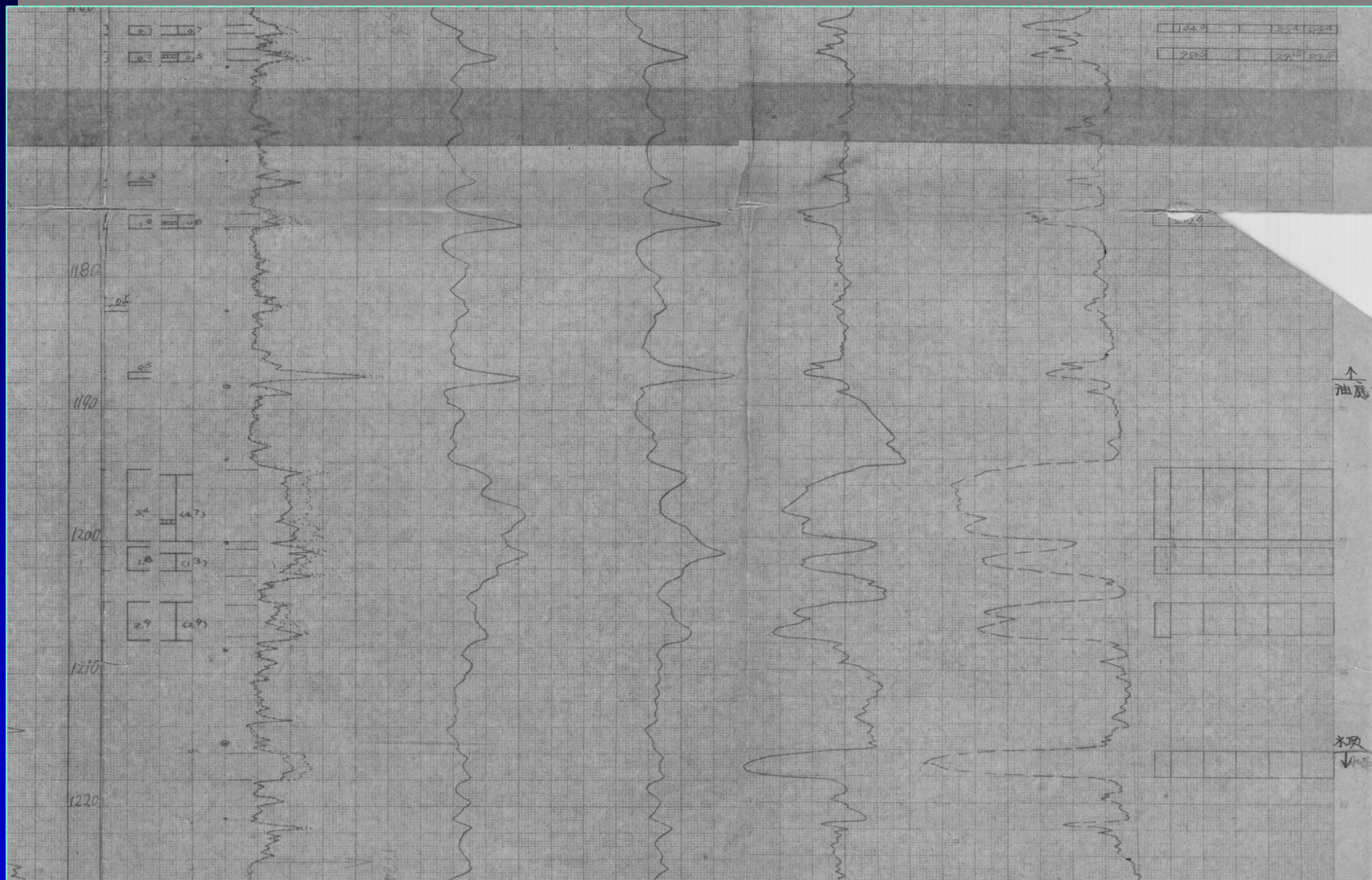


图 13-36 标准层电性特征示意图

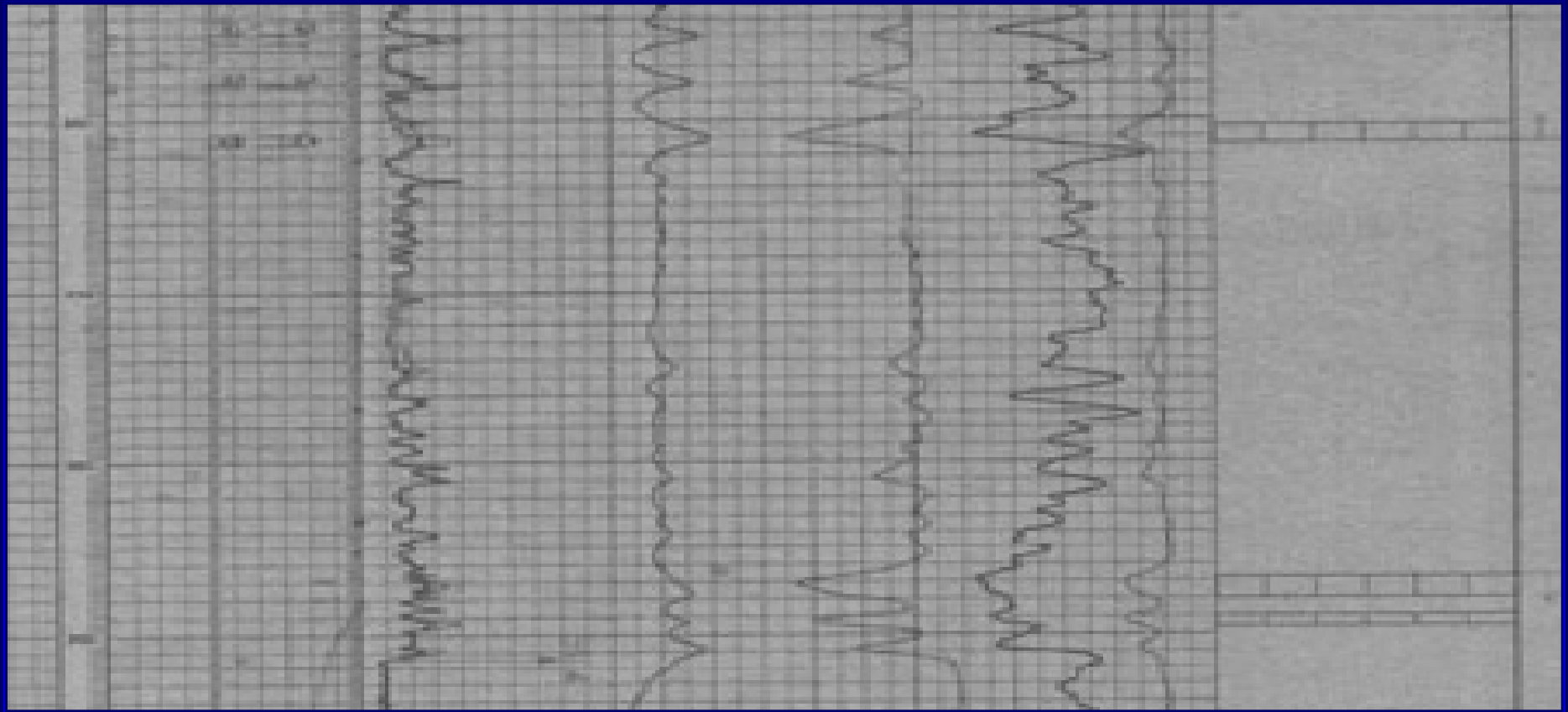
1) 油底：是指含油井段的底部界限，即含油井段最底部一个油层的底界。在此界限以上，不存在产水层，界限以下的砂层为可疑油层、油水层、水层。

确定油底时，一般以最下部一个一类有效厚度层作油底，但因岩性变细，造成渗透性、含油性变差，或因厚度小于0.5m的二类有效厚度层，此种层无含水显示者，亦可定油底。此外，砂岩层只要有电测显示有把握的，肯定产油不含水时也可定油底。





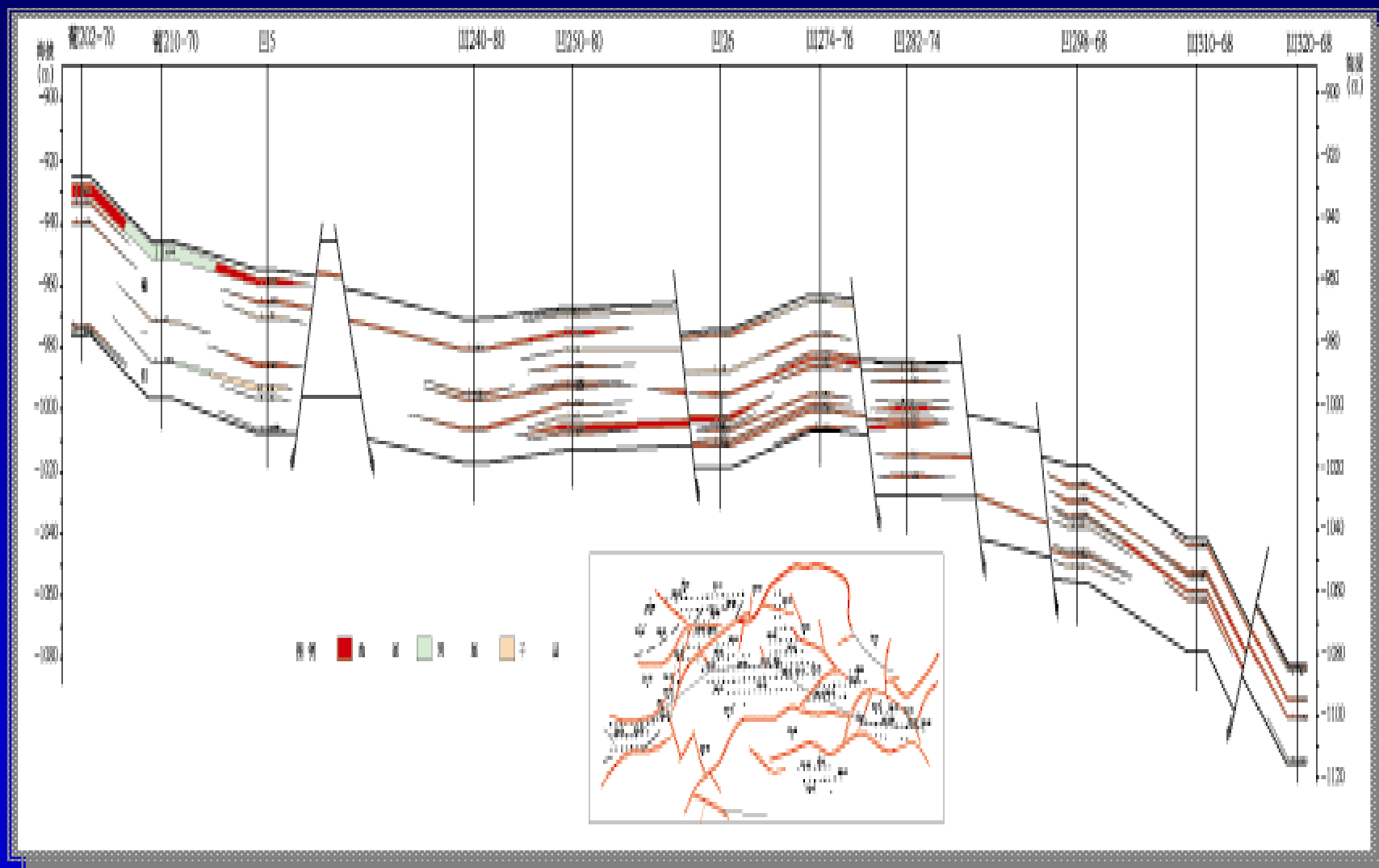
2) 水顶： 是指含水井段的顶部界限，即含水井段最顶部一个明显水层的顶界。在此界限以下，不存在产油层。在油底与水顶之间的一段，我们称之为油水过渡段。





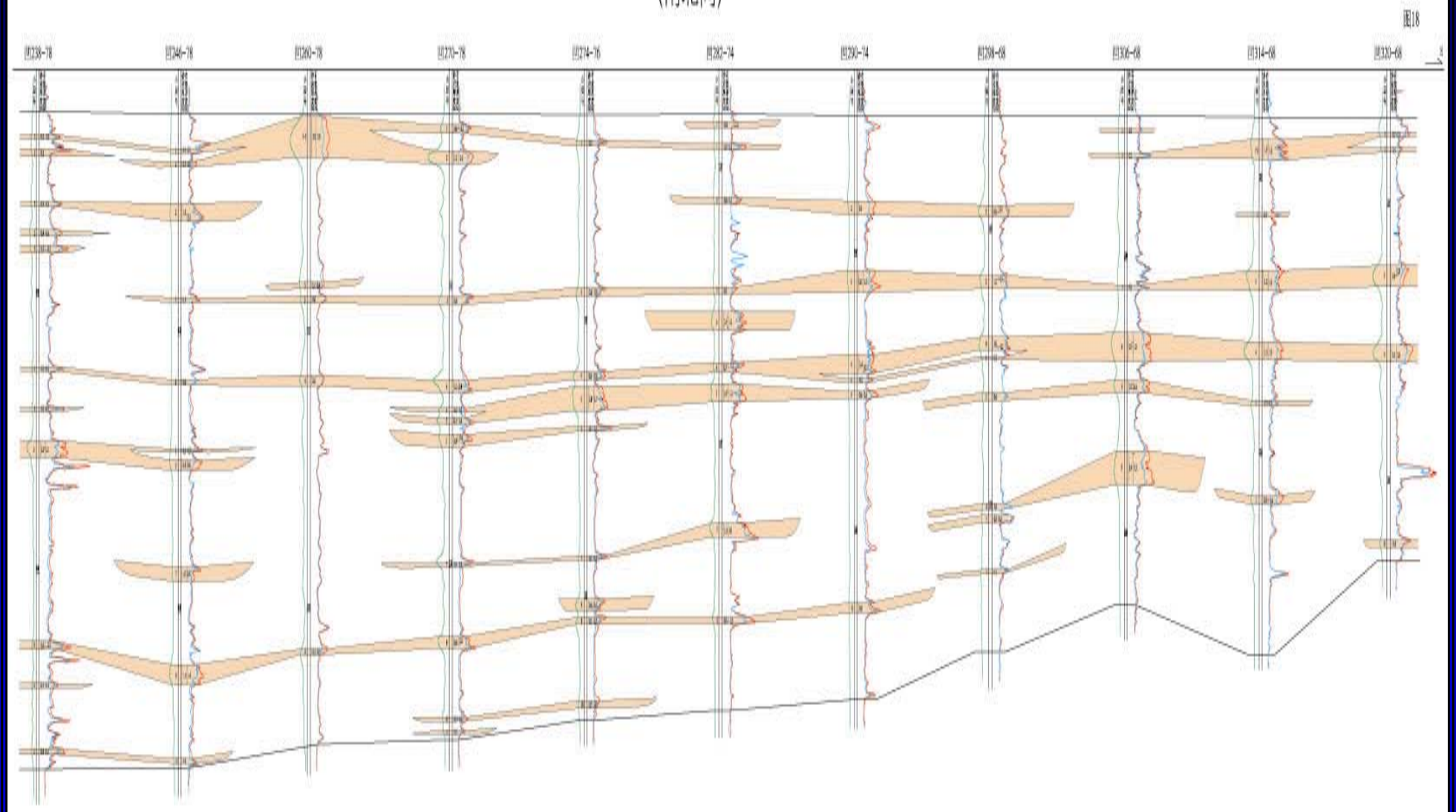
# 油层划分与对比解释结果应用

## 葡202-70--凹320-68井葡萄花油层油藏剖面图

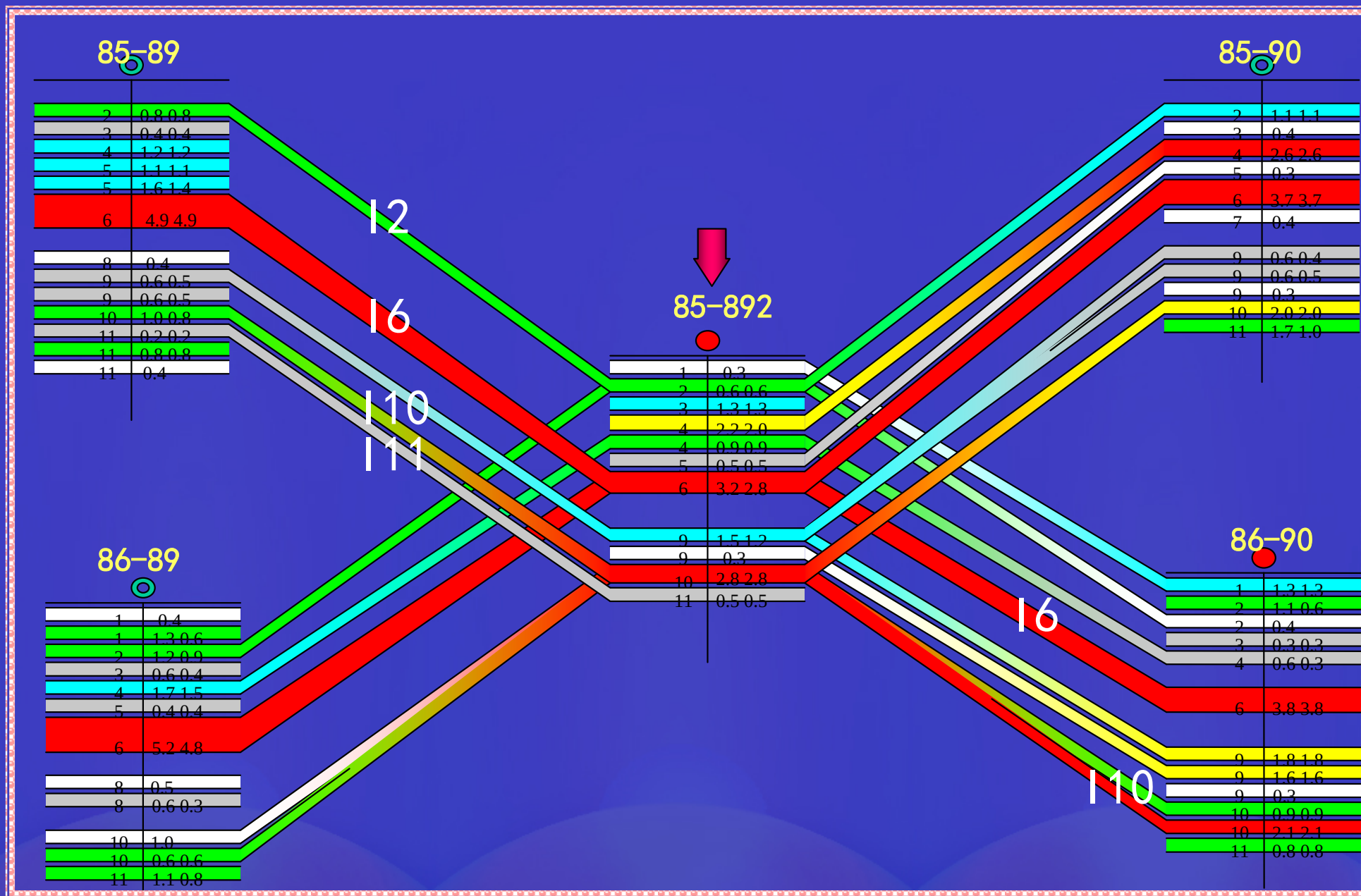


# 敖包塔油田葡萄花油层小层对比图

(南北向)



# 葡井85-892井栅状图



## 二、油水井别方案编制

---

▶基本方法：在新井完钻后，落实附近断层走向、倾向、断距等，及时修改完善断层，而后对新井钻遇油层的厚度、钻遇率等，重点分析主力油层情况。在此基础上绘制小层砂体平面图、栅状图等，描述每类砂体的沉积、分类特点。

# 1. 油水井别方案编制原则

- 1) 以反九点注采井网为基础，以完善单砂体注采系统为原则，尽量提高水驱控制程度，减小注水井储量损失。
- 2) 优选适宜的油水井数比及油水井厚度比，为后期的调整留有余地。
- 3) 为减少水井套损井数，尽量避免在断层边部部署注水井。
- 4) 考虑与相邻区块的衔接。

根据井别确定的原则，编制不同的井别方案，每种方案包括油水井井数，水驱控制程度（按不同方向）等主要参数及优缺点，最后通过综合对比，优选出最佳的井别方案，给出井别确定结果（油水井井号等）。

## 实施要求

1. 推荐方案批准后，要根据单砂体发育状况合理编制新井的射孔方案。
2. 转注井试注的同时要进行分层配注，新老井方案同时执行。
3. 注采系统调整后针对生产情况及时采取措施：压裂、堵水、换泵。
4. 方案实施后取全取准各项资料。
5. 水井转注前先排液

### 三、射孔方案编制

---

1. 纯油层全部射开

2. 射开泥粉层，条件是必须周围至少有1口井有油层和它连通。泥粉层标准是0.25米视电阻率低于砂岩标准不超过2欧姆米，微电极曲线有幅度，自然电位曲线有负异常幅度。

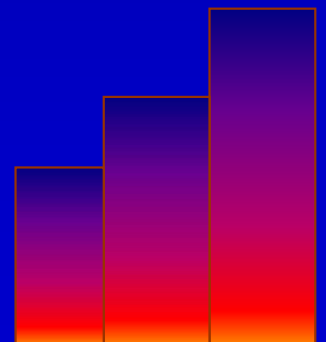


3. 射开偏油同层。

4. 油井射开层必须距水顶以上2米，并要有较好的固井质量

5. 射开水顶以下油夹层

6. 水砂一律不射



7. 边部井的射孔要与试油情况紧密结合。

8. 有效厚度小于等于0.4米的层向上或下各扩0.1m。

9. 夹层厚度小于0.4m的厚度合射开。

10. 水井射开层要与油井相互连通的层位。

11. 对于全井有效厚度小于2.0m，且单层厚度均小于1.0m的油井，要考虑压裂投产。

演示结束

请各位多提宝贵意见！

