



# 第一章 钻井地质

- 第一节 井位部署
- 第二节 钻井地质设计与完井
- 第三节 综合录井技术



# 第一节 井位部署

一

井的类别

二

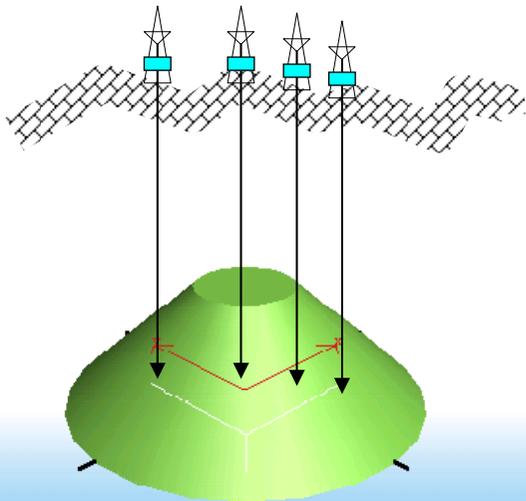
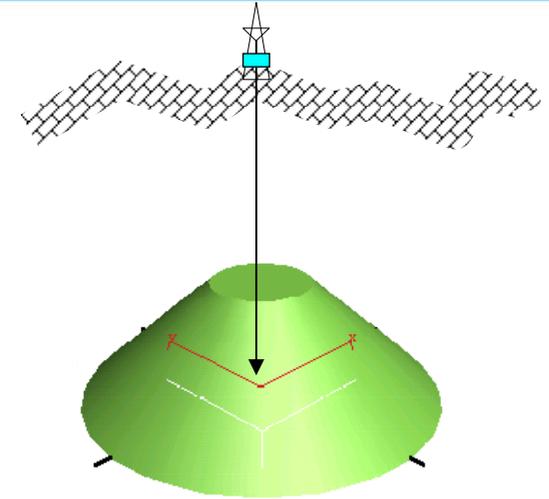
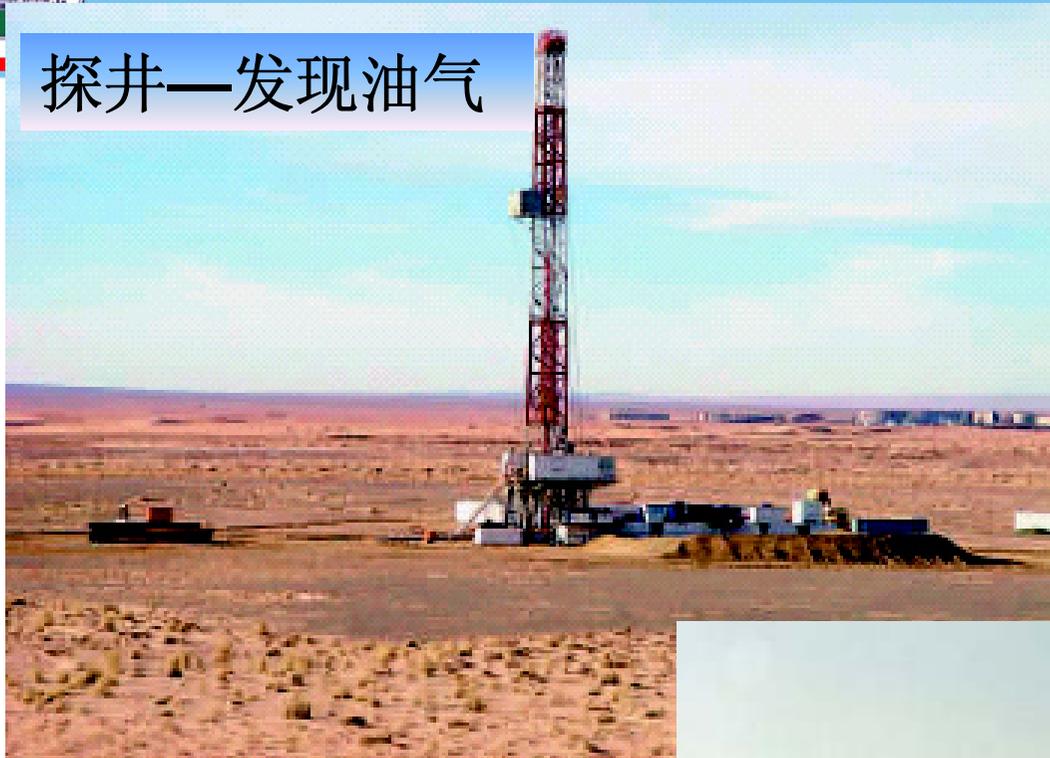
井号编排命名

三

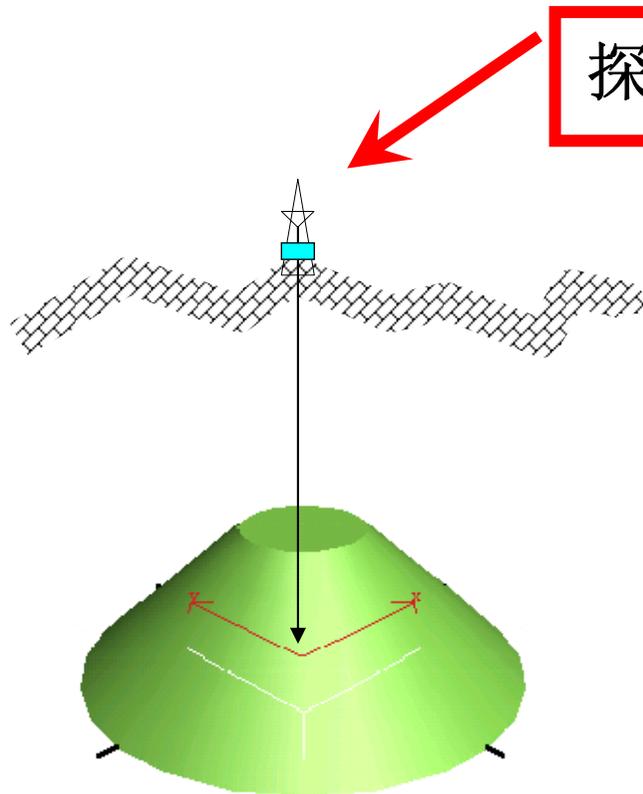
井位的部署



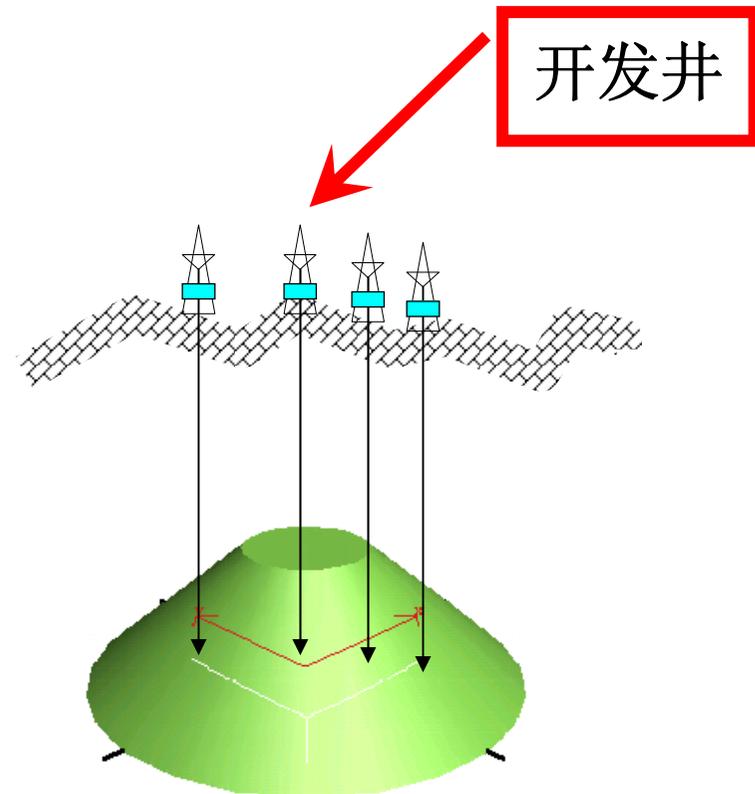
## 探井—发现油气



## 开发井--生产油气



探井



开发井

解决有没有油气的问题，有多少油气？

采出油气



# 探井

地质井

盆地普查阶段，为取得构造、地层等资料而钻的井。以一级构造单元+“D”命名。

参数井

盆地区域勘探阶段，为了解一级构造单元地质情况而钻的井。井名带“参”字。

预探井

圈闭预探阶段，以发现油气为目的而钻的井。以二级构造带单元名称加1-2位数字命名。

评价井

在已获得工业油流的圈闭上，为查明含油气规模而钻的井。取油气田名称为名，3位数编号。

水文井

为了解水文地质问题或寻找水源而钻的井。以一级构造单元+“S”命名。

定向井

为特殊的地质或工程需要而钻的规定了井眼轨迹的井。以井号+“X”+编号命名。

# 开发井

开发井

采油井

注水井

评价井钻探后根据开发方案，按照一定的井网方式和井网密度而钻的井，以高效果科学地采出地下石油为目的。

调整井

油气田开采一段时间后，根据开发动态和数值模拟资料，以提高储量动用程度和采收率为目的而钻的井。

检查井

为监测油、气藏开采动态而钻的井。

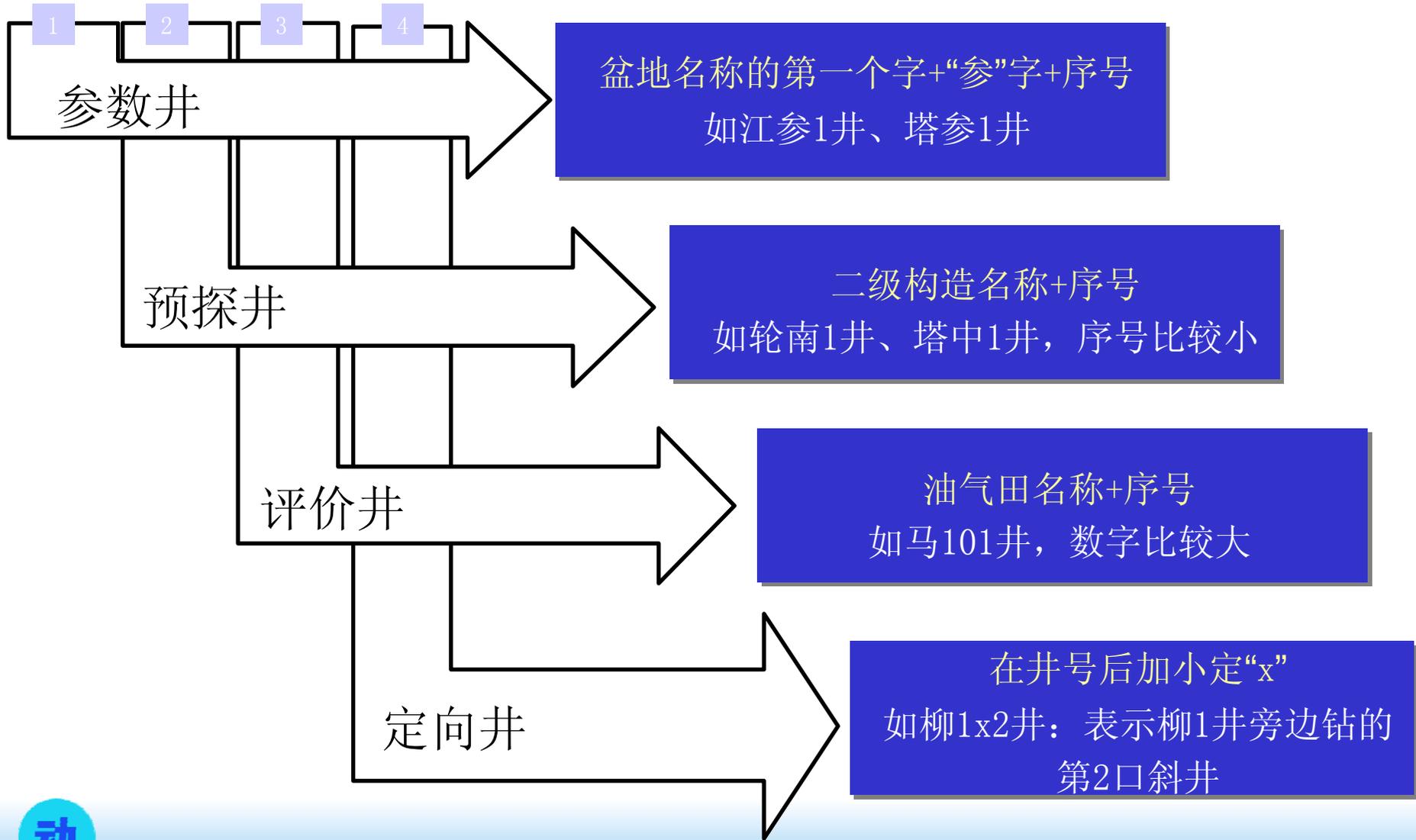


预探井

评价井

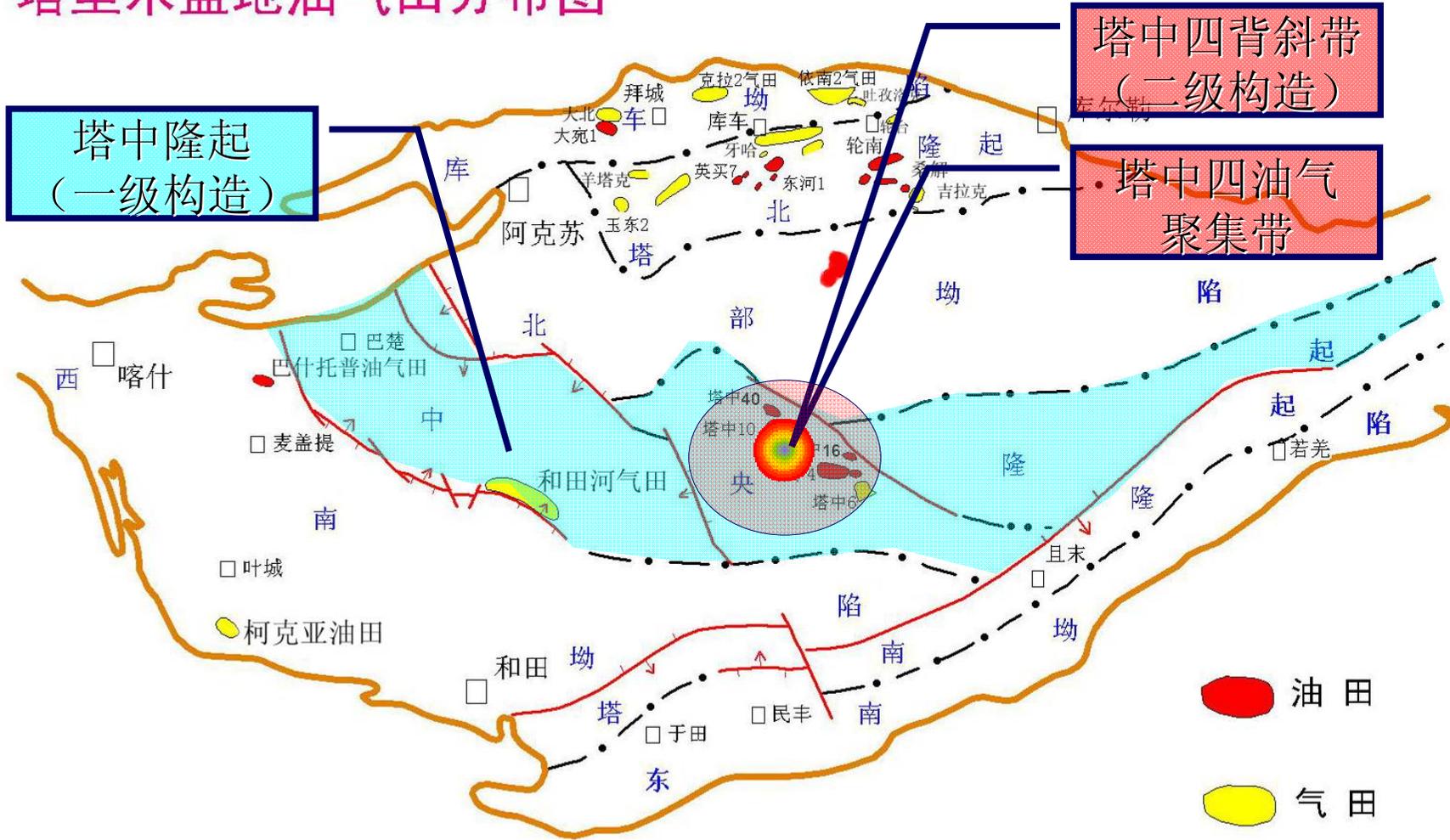
定向井

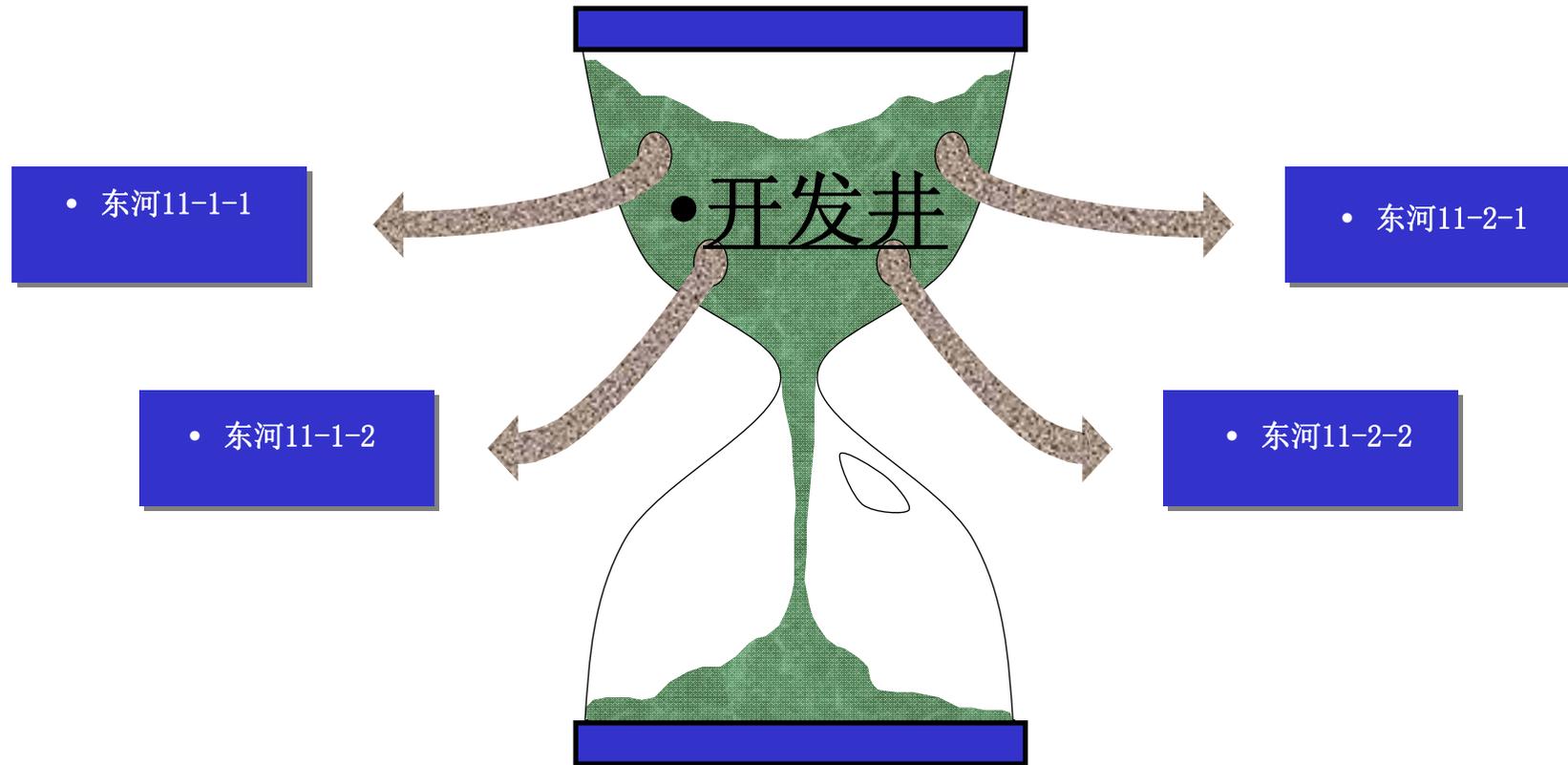
# 探井命名





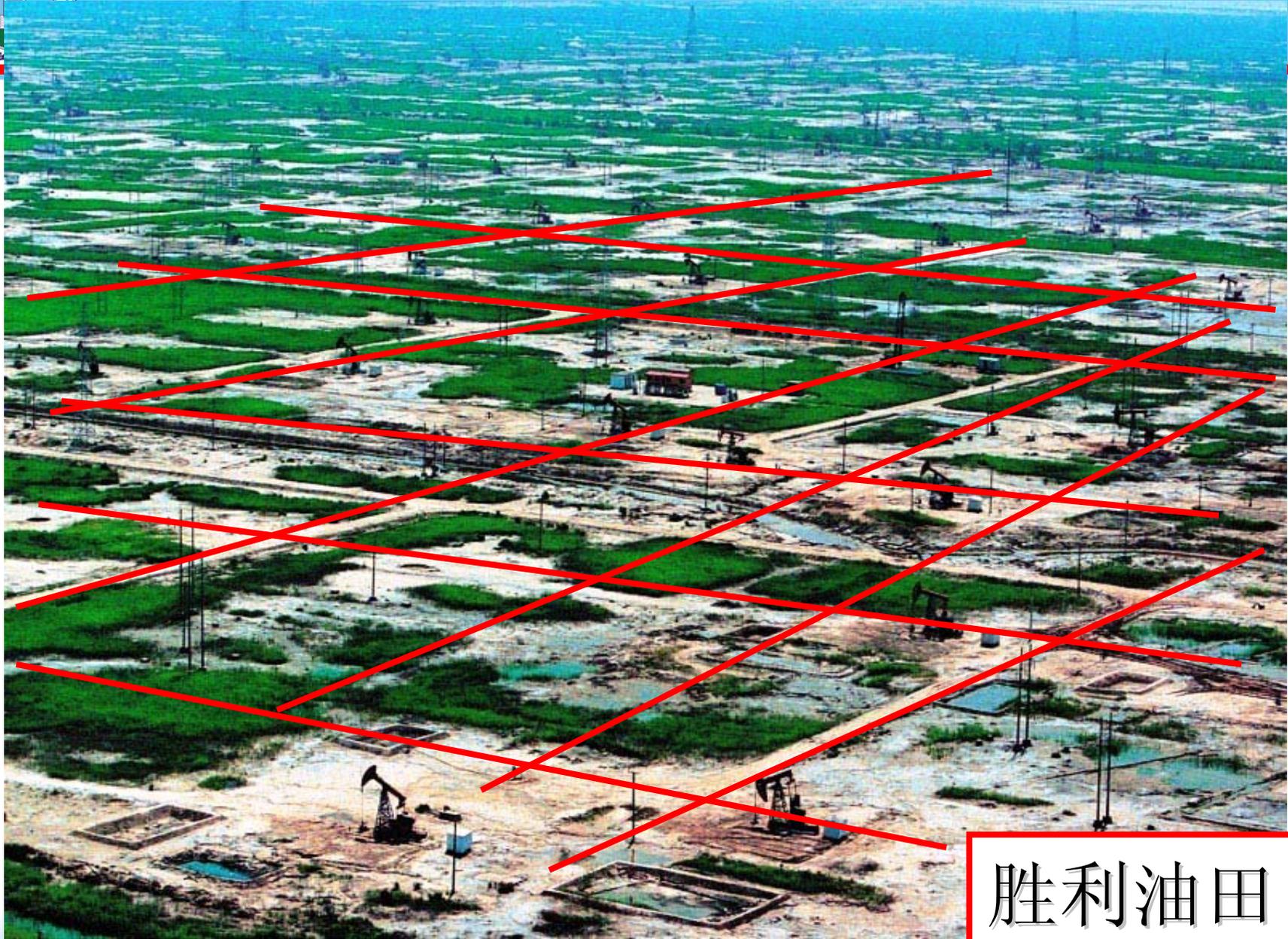
# 塔里木盆地油气田分布图





开发井命名：按井排编号；

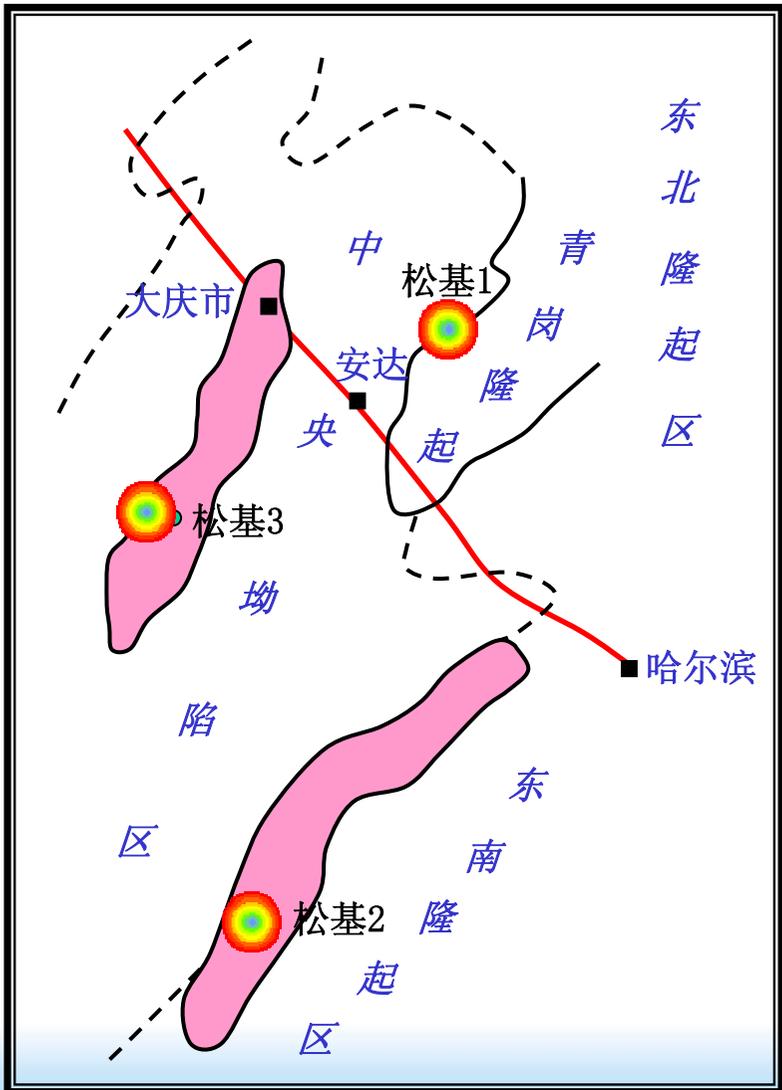
按油气田名称第一个汉字+井排+井号



# 胜利油田



# 松辽盆地参数井布井原则和依据



**提交单位:** 物探、地质人员共同完成

**井位测定:** 研究院、钻井公司共派测量人员

**基准井目的:** 了解生、储条件

**布井依据:**

1958—1959年, 根据重、磁、电法普查将松辽盆地划分为三个构造单元。

部署: 松基1井—位于青岗背斜西翼伍民镇构造;  
松基2井—位于长春岭-登娄库背斜带上

**成 果:** 取得了白垩系地层剖面; 了解了两套厚度较大, 分布面积较广的黑色泥岩段 (嫩一、二段和青山口组一段)

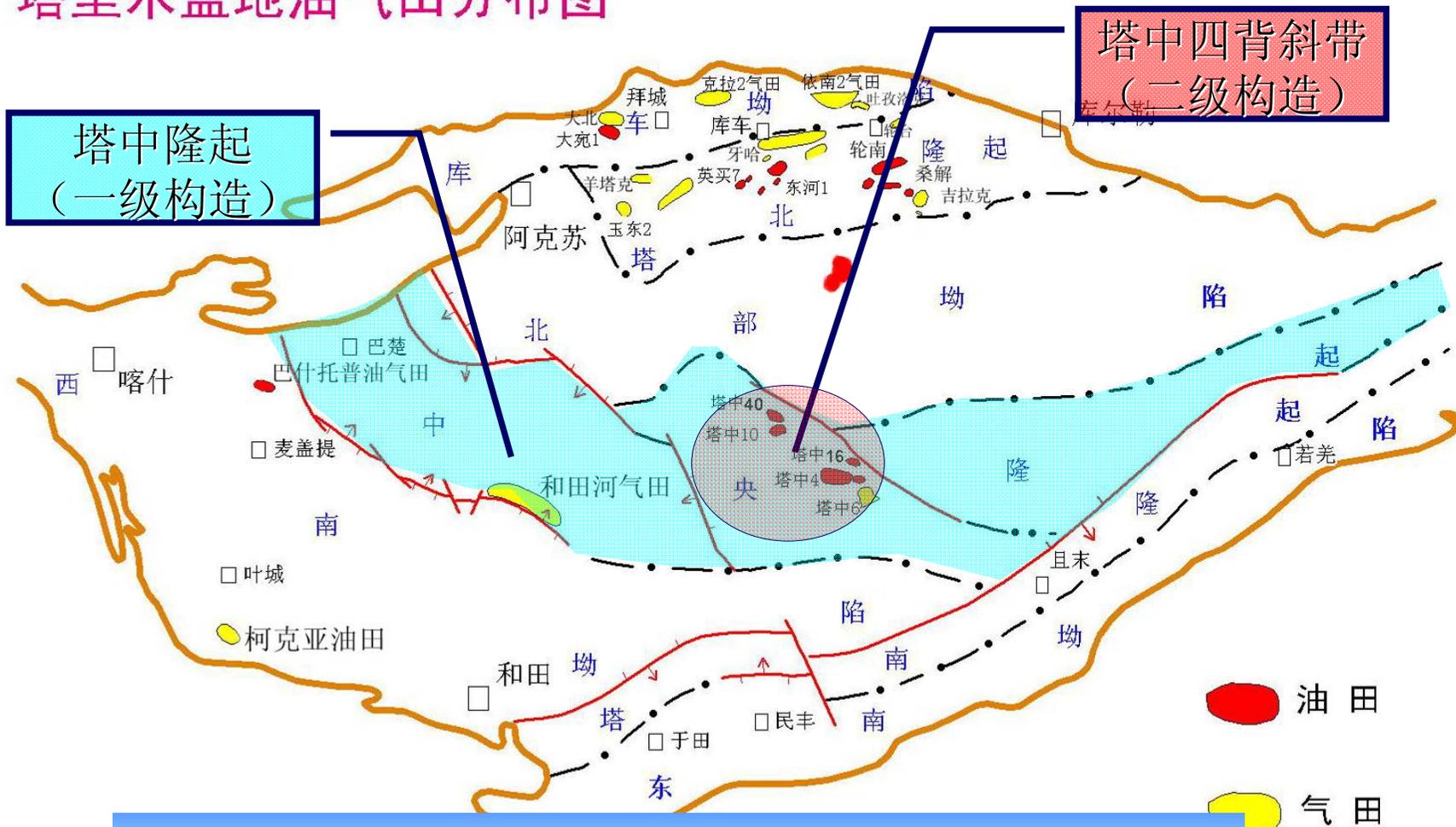
1959年2月, 5-1型地震仪测出第一条地震剖面, 显示出大庆长垣高台子附近为一局部构造高点, 部署松基3井。

1959年9月6日, 在K<sub>2</sub>姚家组获得工业油流 (因十年国庆而定名“大庆油田”)

三口井控制了三个构造带, 一般部署在隆起区



# 塔里木盆地油气田分布图

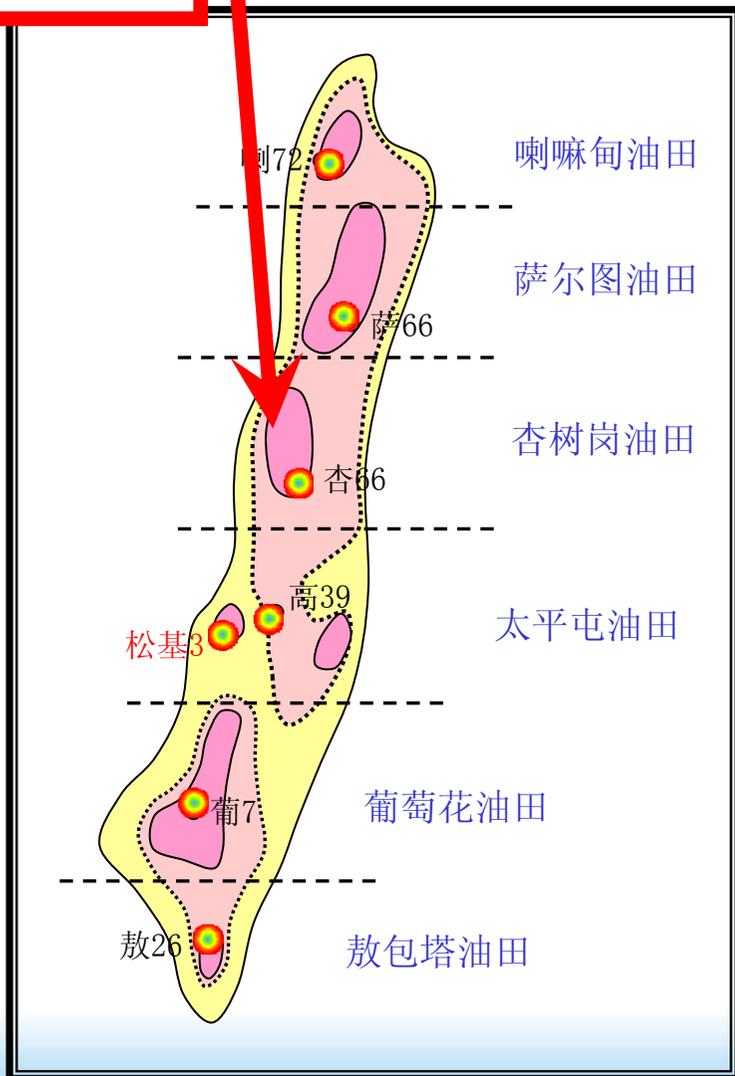


勘探初期，1口井控制1个构造带，一般部署在隆起区



6个局部构造  
(三级)

## 一个局部构造带设计一口预探井



构造特征: 大庆长垣轴向NE45°、长140km、宽20-30km, 闭合面积2000km<sup>2</sup>, 七个局部构造。

预探井目的: 为扩大战果, 随即在葡萄花油层进行预探, 1960年1月在白垩系姚家组获得100吨/日的产量。

布井依据:

依据1960年1月地矿部提供的1:10万地震反射构造图, 石油部迅速扩大预探范围, 在各构造上设计第一口预探井。

萨66井—1960年3月;

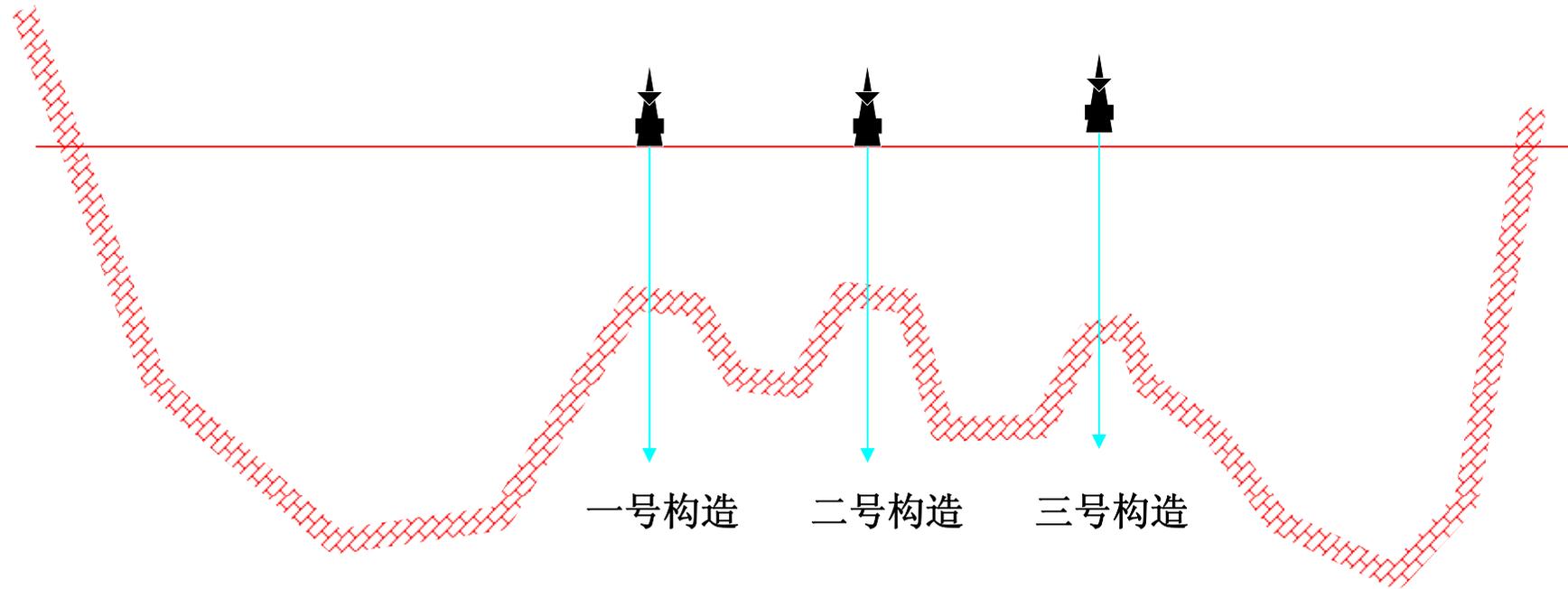
杏66井—1960年4月;

喇72井—1960年5月。

分获100-300吨/日, 揭开了大庆会战的序幕。

随后设计:

高39井、敖26井。也获得高产工业油流。



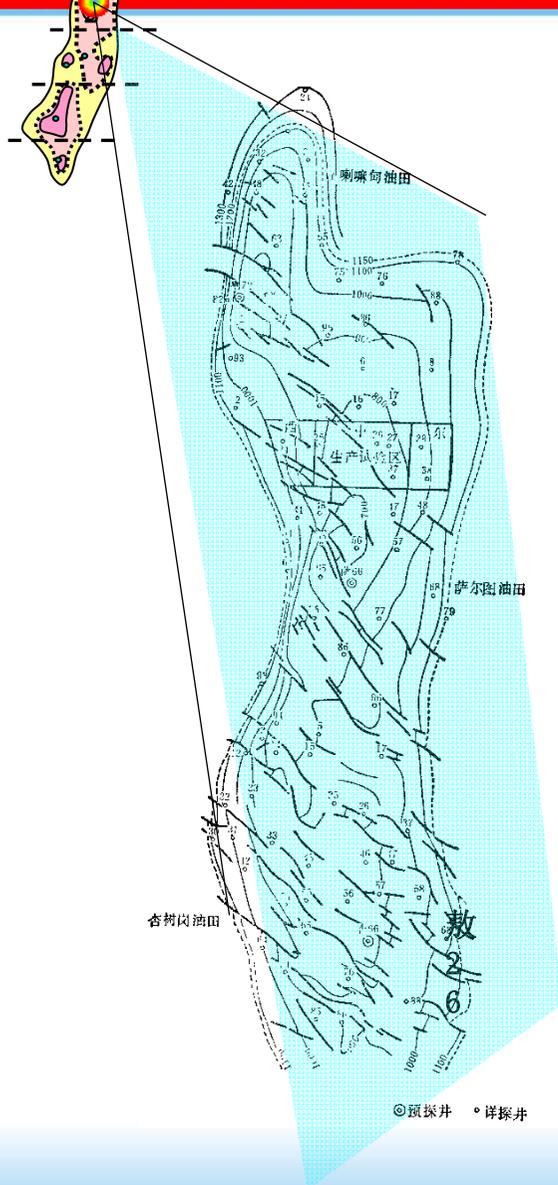
## 塔中隆起

一个局部构造带设计一口预探井，  
目的是发现油气





# 松辽盆地详探井（评价井）布井方法



## 前段成果:

1. 七个局部构造高点都在 $K_2$ 中部的萨、葡、高油层获得工业油流;
2. 试油和油层对比, 北部萨尔图、杏树岗、喇嘛甸油层厚、物性好、产量高。

**评价井目的:** 会战一开始, 以这三个构造为进一步详探对象, 以2.5km井距部署评价井网。

萨尔图油田: 36口

杏树岗油田: 31口

喇嘛甸油田: 14口

共81口, 1960年底全部

完成。

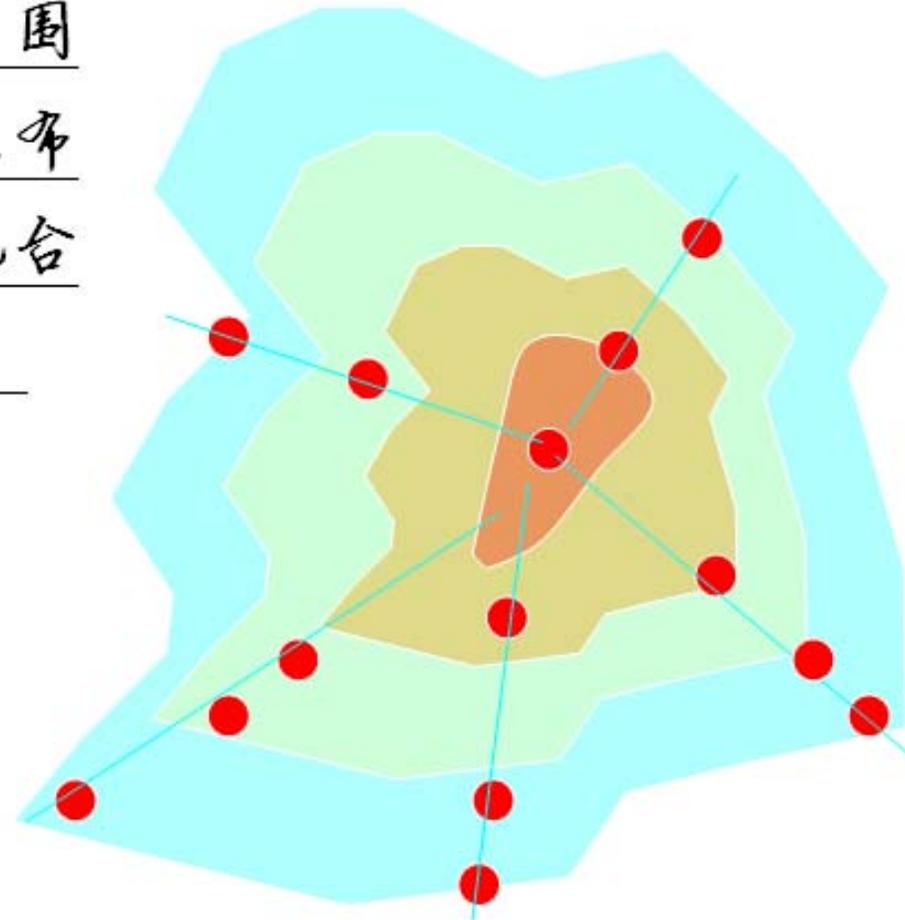
## 成 果:

取得了含油面积、油-水界面、三个油田连片、储量数据、储油物性、流体性质、油田开发资料、油藏工程数据。

以出油的预探井为中心, 向四周部署。



如果将探井布置在由某个中心点（如高点）向周围放射的剖面上——放射状布井。这种系统适用于地台区较大型不规则隆起上。





## 萨尔图油田中部开发井布井方法

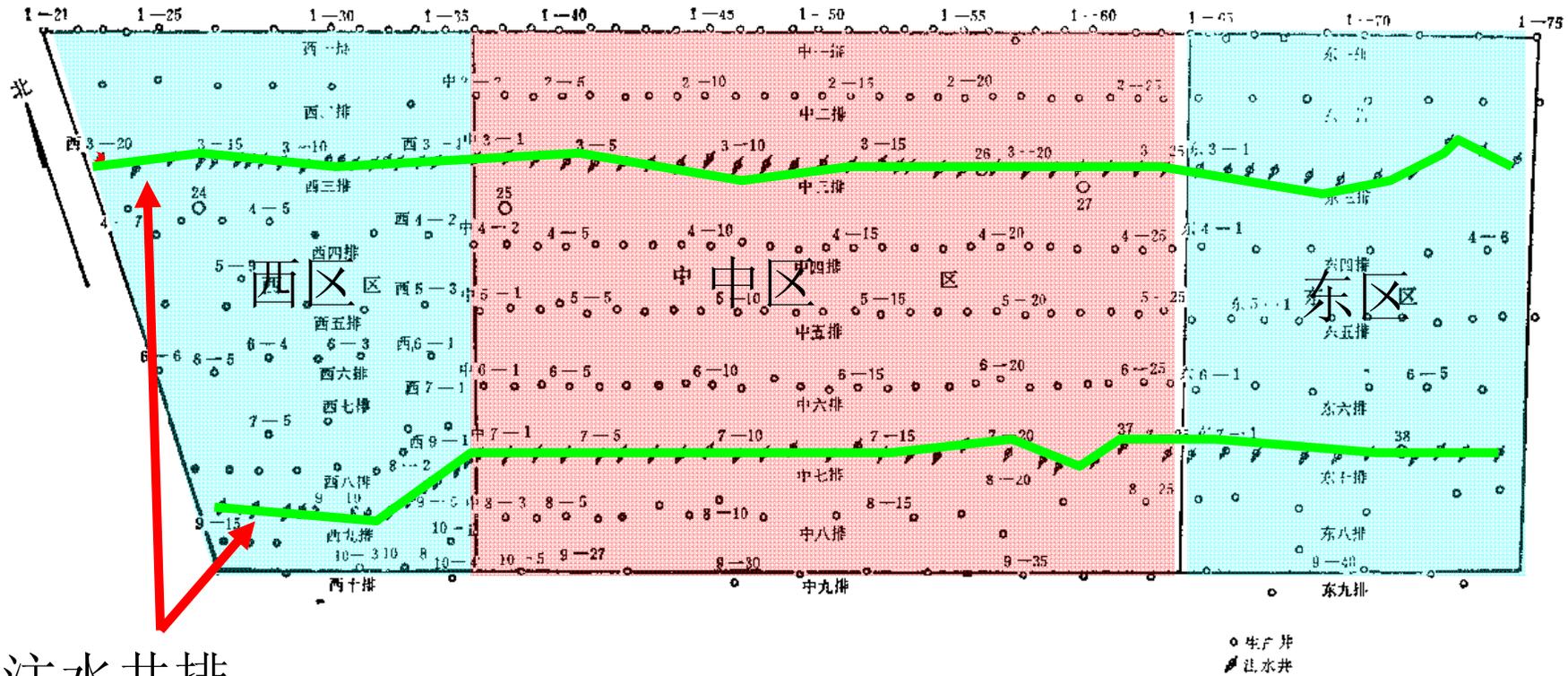
**目的：**获得早期生产数据、油藏驱动类型、储集层特征、油井产率。为后续工作作准备。

**方案：**在详探的同时，选萨尔图中部约60km<sup>2</sup>内开辟中、东、西三块生产试验区（1960年5月）。

**开采方式：**早期内部切割注水开发，保持压力自喷采油开采方式。

**具体作法：**1) 合理划分2-3套开发层系；2) 先钻注水井排，通过排液采出相当数量的无水原油，然后转注水井；3) 生产井排切割（中区、东区2.4km，西区3km）；4) 中区两排注水井夹三排生产井，生产井网600m排距，500m井距，分萨、葡两套层系开发，两层井位间隔分开，地面井位距离200m，地下500m；5) 东区分两套开发层系：葡一油层（一排生产井，1200m排距离，600m井距）、萨和葡二油层（三排生产井，600m排距，500m井距）；6) 西区：萨、葡油层合采，二个注水井排切割距3km，生产井五排，500m排距，500m井距。

**成果：**1) 完成生产任务；2) 系统获得油层静态、动态数据；3) 为62年编制全油田开发方案提供资料。

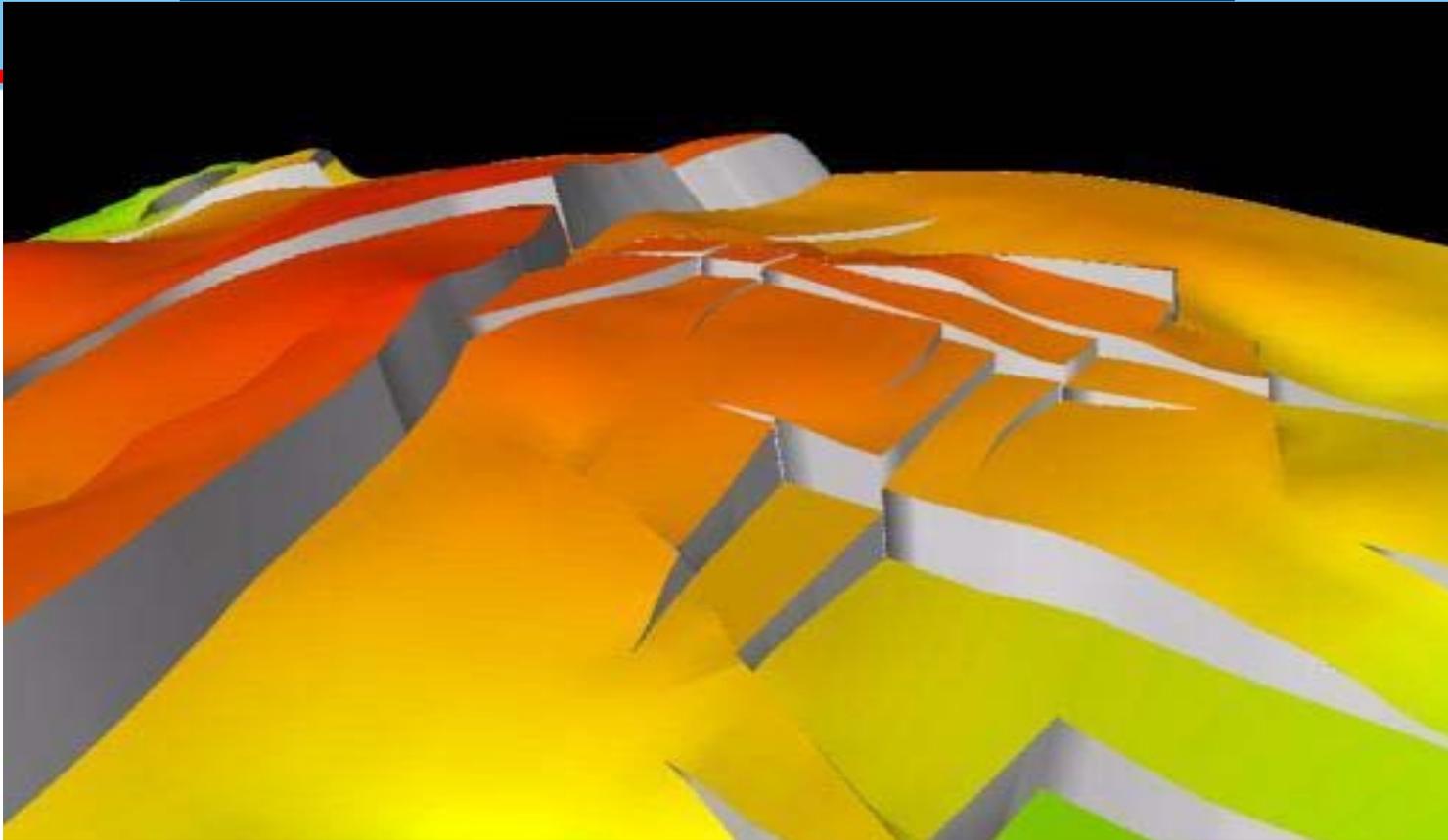


注水井排

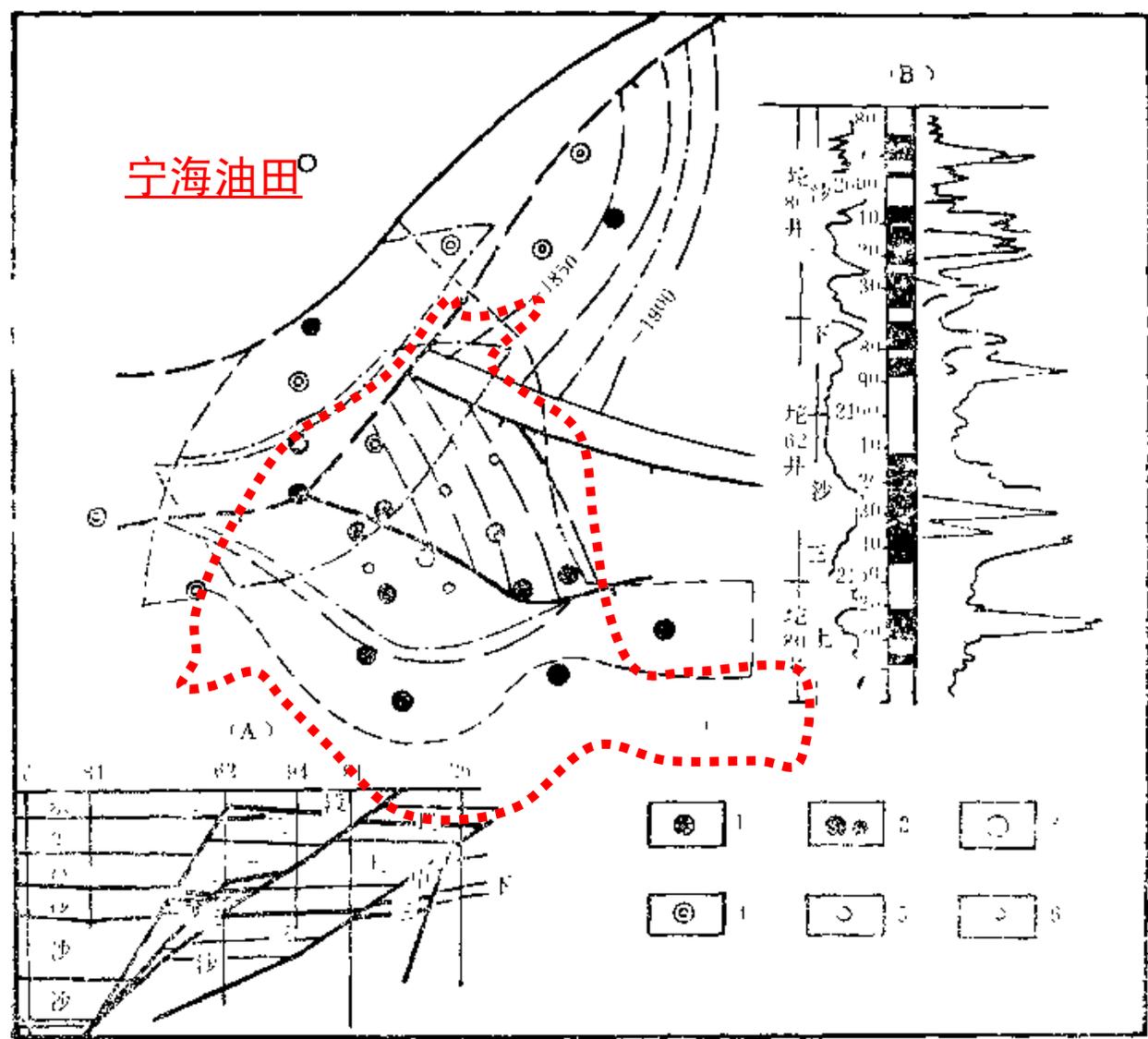
采油井地下井距500--600m



## 断块油田滚动勘探开发井布井方法



- 具有多层系含油、多种圈闭类型叠合连片、富集程度不均匀
- 先开发高产层系或高产含油圈闭。
- 对整个油气聚集带不断扩边、连片、加深勘探，逐步将新的含油层系和新的含油圈闭分期投入开发。



# 宁海油田

(A) — 油田构造图; (B) — 油层剖面图

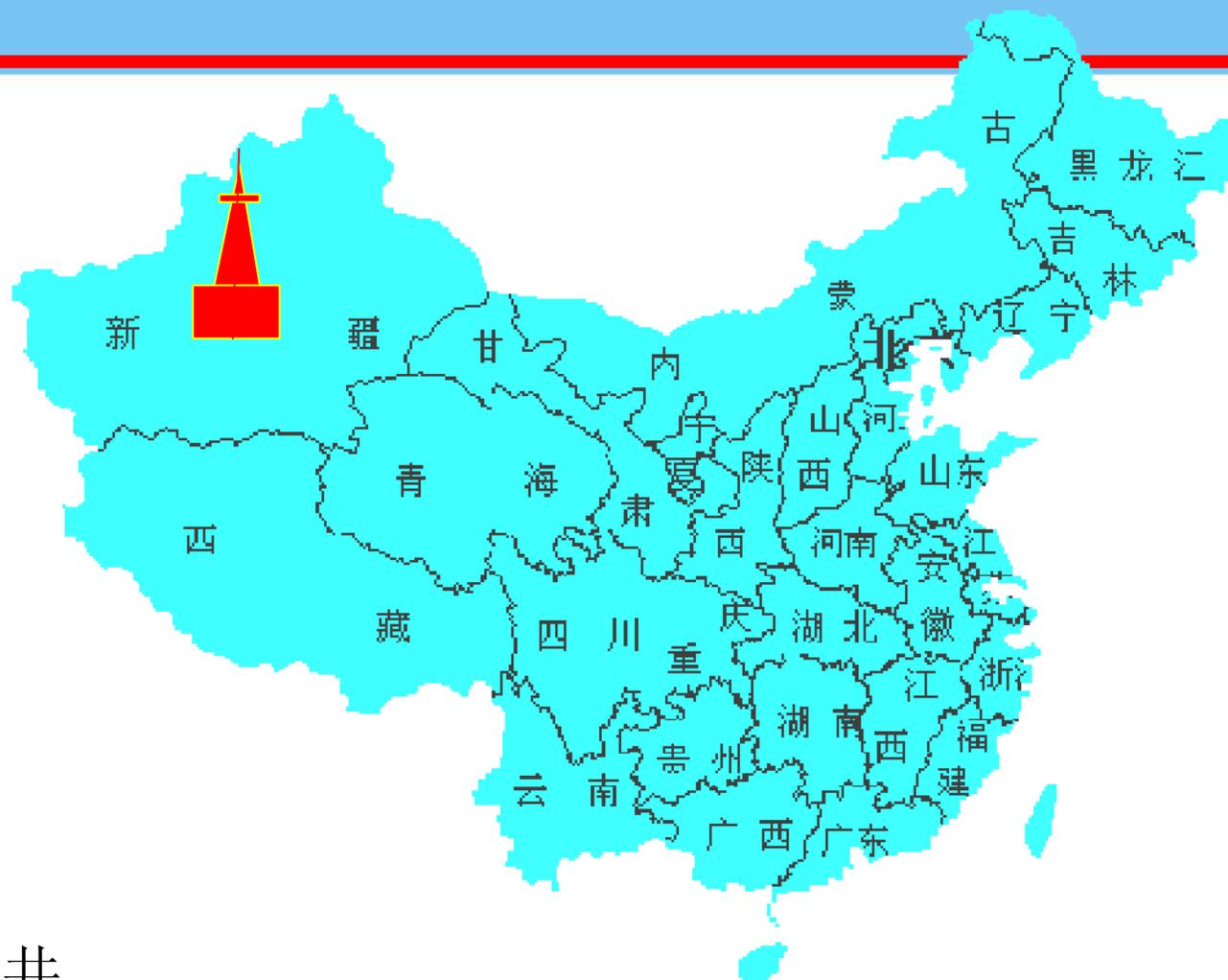
1—油井; 2—正钻井; 3—干井; 4—设计深井; 5—设计开发井; 6—设想开发井

宁海油田储集层为沙河街组二段砂岩。含油面积 9.3km<sup>2</sup>，油层有效厚度 15.7m。平均井深2500m。

1982年9月坨62井试油获得日产油200t的高产油流，当年完钻14口评价井；

在评价性钻探过程中又进一步证实了东营组、沙一段和沙三段油层的产油能力，补钻11口生产井和4口注水井。

1984年继续完善开发井网，又投产新油井10口，新注水井3口。年平均单井日产油量上升到78.3×10<sup>4</sup>t，全年产油83×10<sup>4</sup>t。

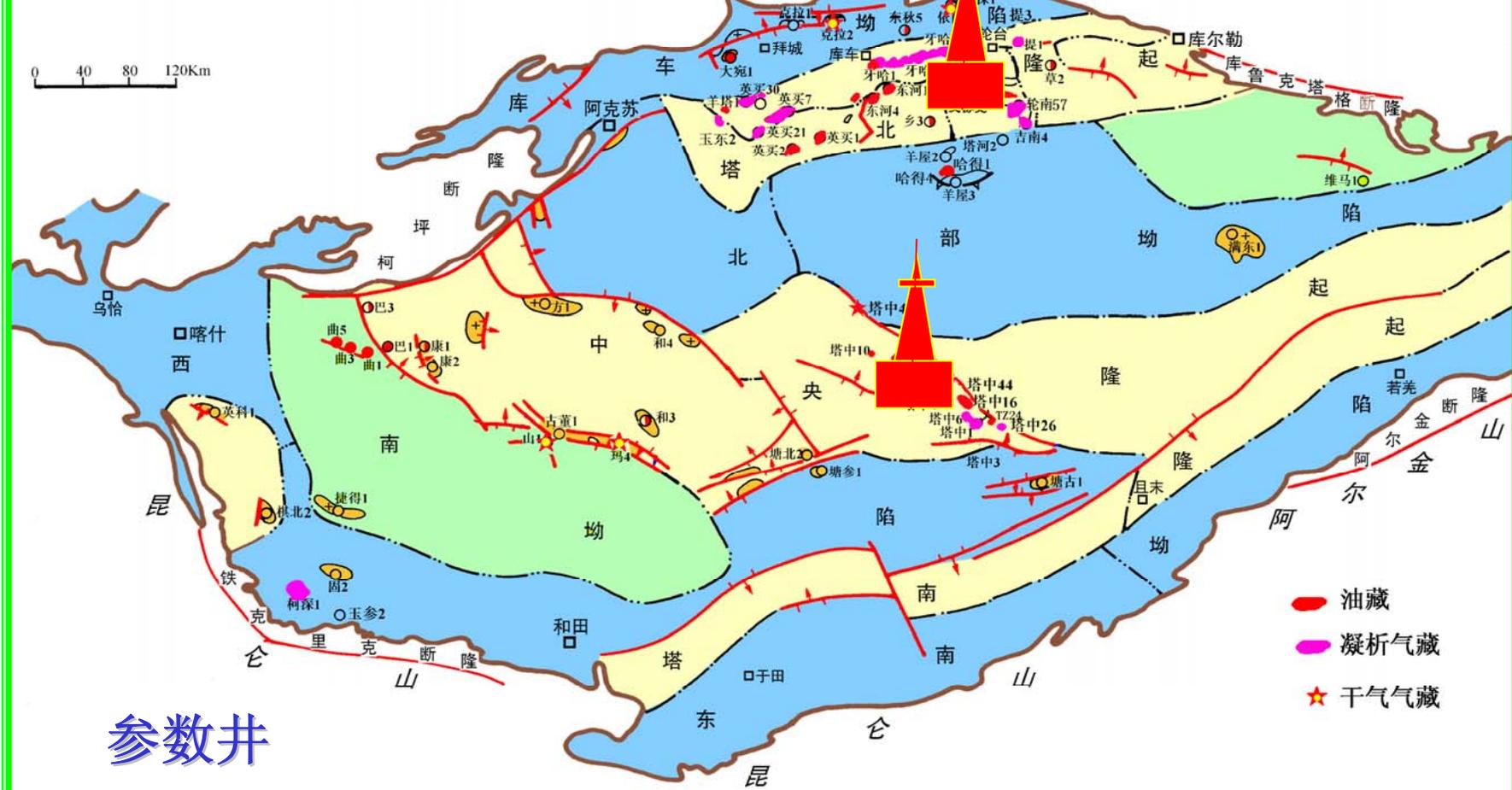


## 地质井

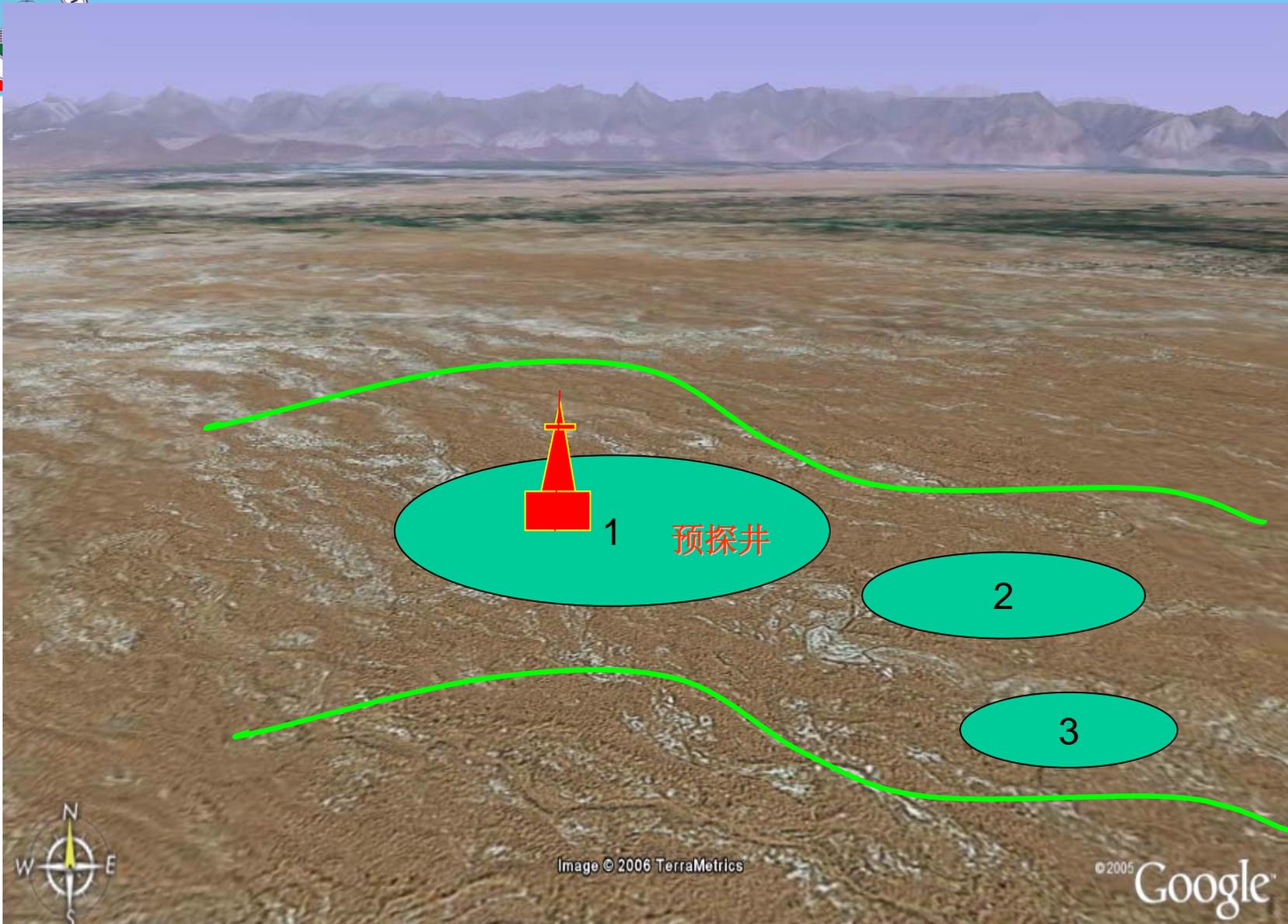
盆地普查阶段，为取得构造、地层等资料而钻的井。以一级构造单元+“D”命名。



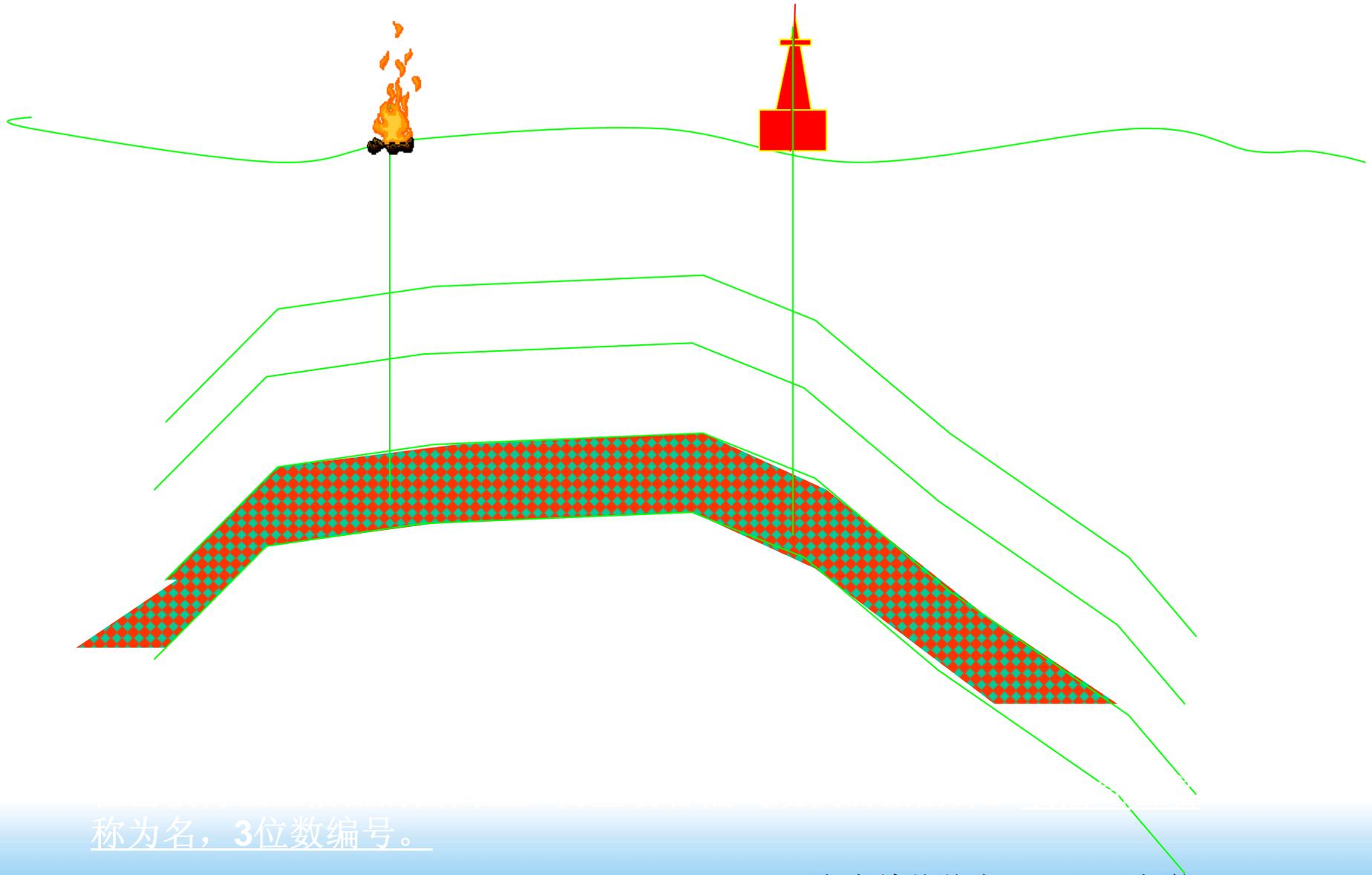
# 塔里木盆地油气藏分布图



盆地区域勘探阶段，为了解一级构造单元地质情况而钻的井。井名带“参”字。



圈闭预探阶段，以发现油气为目的而钻的井。以二级构造带单元名称加1-2位数字命名。



称为名，3位数编号。



## 第二节 钻井地质设计与完井

一

单井地质设计

二

定向井设计

三

完井

四

射孔



# 一、单井地质设计

## 1 设计的依据

### — 区域地质资料

- 地层综合柱状图
- 构造图、构造剖面图
- 油、气、水层资料。

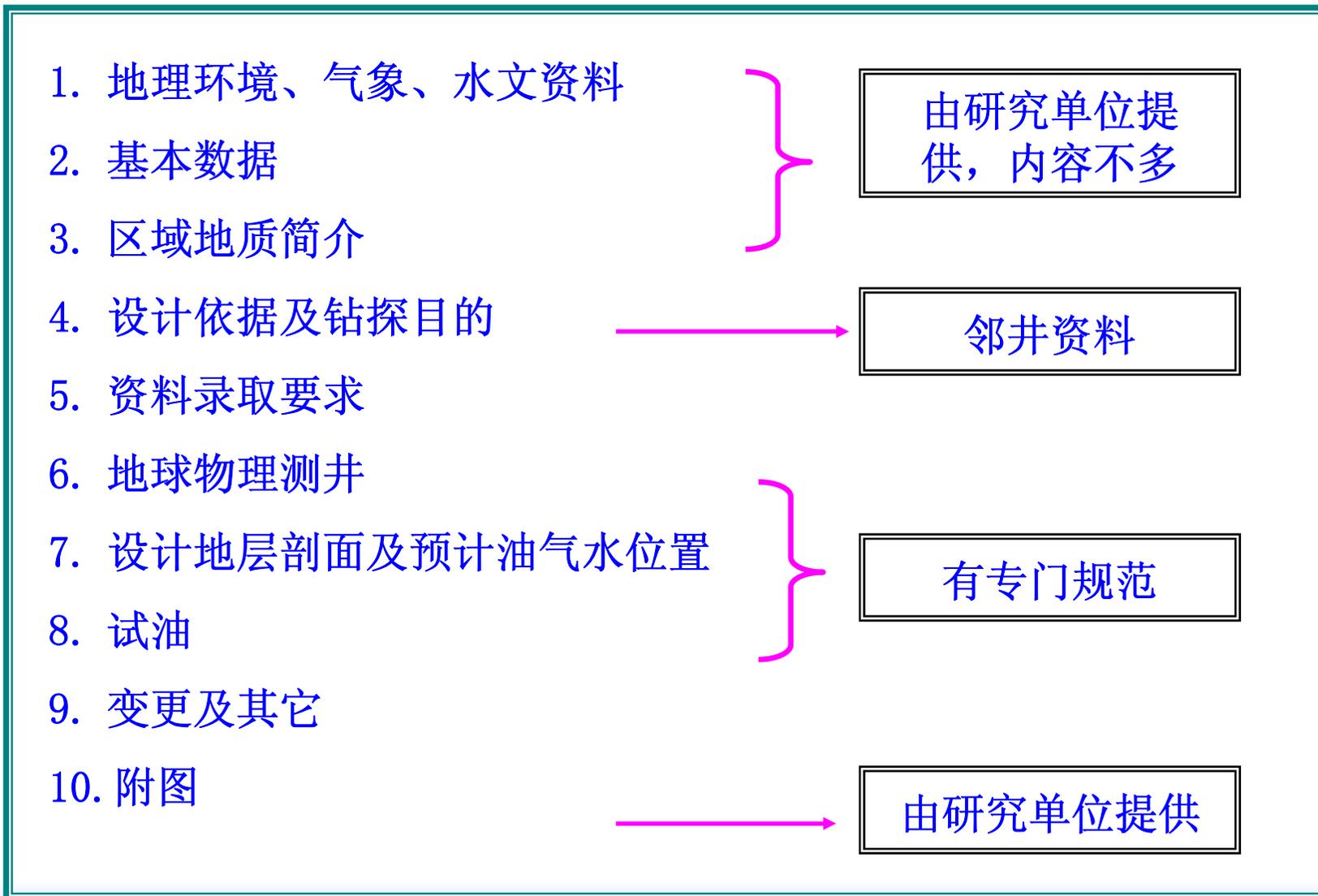
### — 邻井资料

- 地层剖面图、地层对比图以及钻时、钻井液、气测、电测等
- 油、气显示和试油
- 地层岩石的可钻性以及钻井液性能的影响
- 开发区钻井，邻井采油、注水层位，压力等资料，了解油层连通情况及注水后的影响。
- 地质、工程数据，预测本井可能出现的各种情况。



## 2 设计的内容

- ① 基本数据
- ② 区域地质简介
- ③ 设计依据及钻探目的
- ④ 设计地层剖面及预计油、气、水层位置
- ⑤ 地层孔隙压力预测和钻井液性能使用要求
- ⑥ 取资料要求
- ⑦ 中途测试要求
- ⑧ 井身质量要求
- ⑨ 技术说明及要求
- ⑩ 地理及环境资料
- 11 附表、附图





## 2 设计的内容

资料录取要求-老

- (1) 岩屑录井。包括取样井段、间距、数量。
- (2) 钻时、气测、综合录井仪录井。包括测量内容、井段、测点间距及特殊要求（仪器型号、测量后效、钻井液取样做真空蒸馏分析等）。
- (3) 循环观察（地质循环）。钻遇油气显示和其他重要地质现象时，应设计停钻循环观察，以便准确判断油气层及其位置。
- (4) 钻井液录井及氯离子滴定。包括测量井段、测点间距及要求；参数井、重点预探井进行氯离子滴定；其他各井别根据情况而定。
- (5) 荧光录井。包括荧光检查、定级、录井井段及间距要求。
- (6) 岩屑热解色谱分析。包括录井井段及间距要求等。
- (7) 钻井取心及井壁取心。设计钻井取心井段、进尺，取心目的、原则等。在设计取心进尺时，应留有部分机动取心进尺，或说明可能随时取心的目的及要求。井壁取心主要根据钻井过程中取资料情况，待完钻电测后确定。
- (8) 地球物理测井。包括表层、中途对比，完井测井及中途完井电测的测量井段、比例尺、项目及要求，特殊测井项目及增加测井项目。
- (9) 实物剖面或岩样汇集（参数井、重点预探井）。包括制作井段及要求。取心井段的岩性剖面可选岩心，全井岩性剖面可选岩屑及井壁取心。
- (10) 选送样品要求。包括岩心、岩屑选样原则，分析化验项目要求，特殊样品的选送要求。参数井、重点预探井和轻质油、天然气井，要设计酸解烃、罐装气样品的选送。气测异常显示段，要做全脱气分析。
- (11) 特殊录井要求。包括项目、井段、间距等。



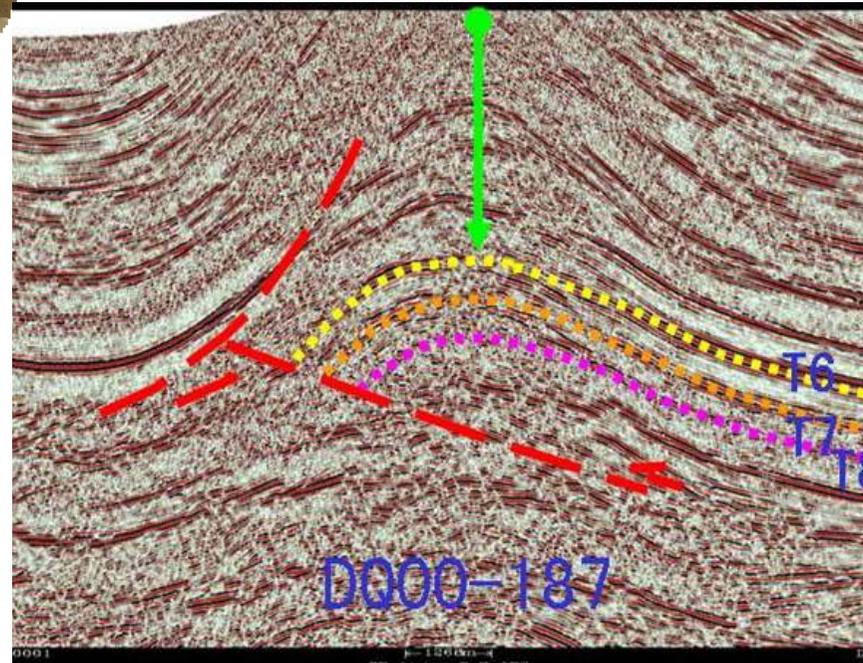
## 钻井地质取全取准十二类资料七十一项数据

资料类别	项目内容
1. 井位资料	(1)井位 (2)井别 (3)井位坐标 (4)海拔高度
2. 岩屑资料	(5)岩性 (6)结构 (7)荧光 (8)含油程度 (9)化石 (10)缝缝 (11)溶洞
3. 泥浆资料	(12)性能 (13)泥浆处理 (14)槽面显示 (15)漏失 (16)井涌(喷)
4. 岩心资料 (包括井壁取心)	(17)收获率 (18)岩性 (19)结构 (20)构造 (21)缝缝 (22)洞洞 (23)接触关系 (24)化石 (25)倾角 (26)荧光 (27)含油程度 (28)含气情况 (29)破碎、磨损情况
5. 钻时、气测资料	(30)钻时 (31)气测值 (32)组分 (33)放空 (34)后效
6. 测井资料	(35)标准测井 (36)组合测井 (37)放大曲线 (38)碳酸盐岩测井系列 (39)其他测井
7. 试油或 中途测试	(40)完成方法 (41)洗井和锈喷 (42)求产 (43)压力 (44)温度 (45)原油含水、 含砂 (46)井间干扰或层间干扰
8. 特殊作业资料	(47)酸化 (48)压裂 (49)喷砂射孔 (50)打水泥塞 (51)封隔器、地层测试器试油资料
9. 分析化验资料	(52)岩石矿物 (53)油层物性 (54)古生物 (55)生油指标 (56)地面原油性质 (57)天然气性质 (58)地层水性质 (59)高压物性 (60)开发试验
10. 井身资料	(61)完钻井深度 (62)井身结构 (63)井身质量 (64)工程大事纪要
11. 地震测井资料	(65)井况 (66)施工情况 (67)资料情况
12. 试验性资料	(68)录井资料：页岩密度、碳酸盐含量、孔隙压力、“D”指数资料 (69)测井资料：地层倾角测井、井下电视测井、岩性测井。 (70)电缆测试 (71)分析化验资料：电镜扫描、绝对年龄测定



# 3 设计流程







构造：轮南潜山中斜坡轮古5潜山  
 井别：预探井 井型：直井  
 井号：轮古5井

## 钻井地质设计

中国石油天然气股份有限公司  
 塔里木油田分公司  
 二〇〇三年六月六日

中国石油

塔里木油田分公司

井号 轮古5井  
 设计单位 塔里木油田分公司轮古项目经理部  
塔里木油田分公司勘探开发研究院  
 设计人 谭胜 彭安华 何涛 张宏伟 付尚成  
 日期 2003年6月6日

设计单位技术负责人 \_\_\_\_\_ (签字)

日期 \_\_\_\_\_

设计单位盖章

主管单位审核人 \_\_\_\_\_ (签字)

日期 \_\_\_\_\_

油田分公司审核人 \_\_\_\_\_ (签字)

日期 \_\_\_\_\_

油田分公司批准人 \_\_\_\_\_ (签字)

日期 \_\_\_\_\_



## 2. 基本数据

表1 轮古5井基本数据表

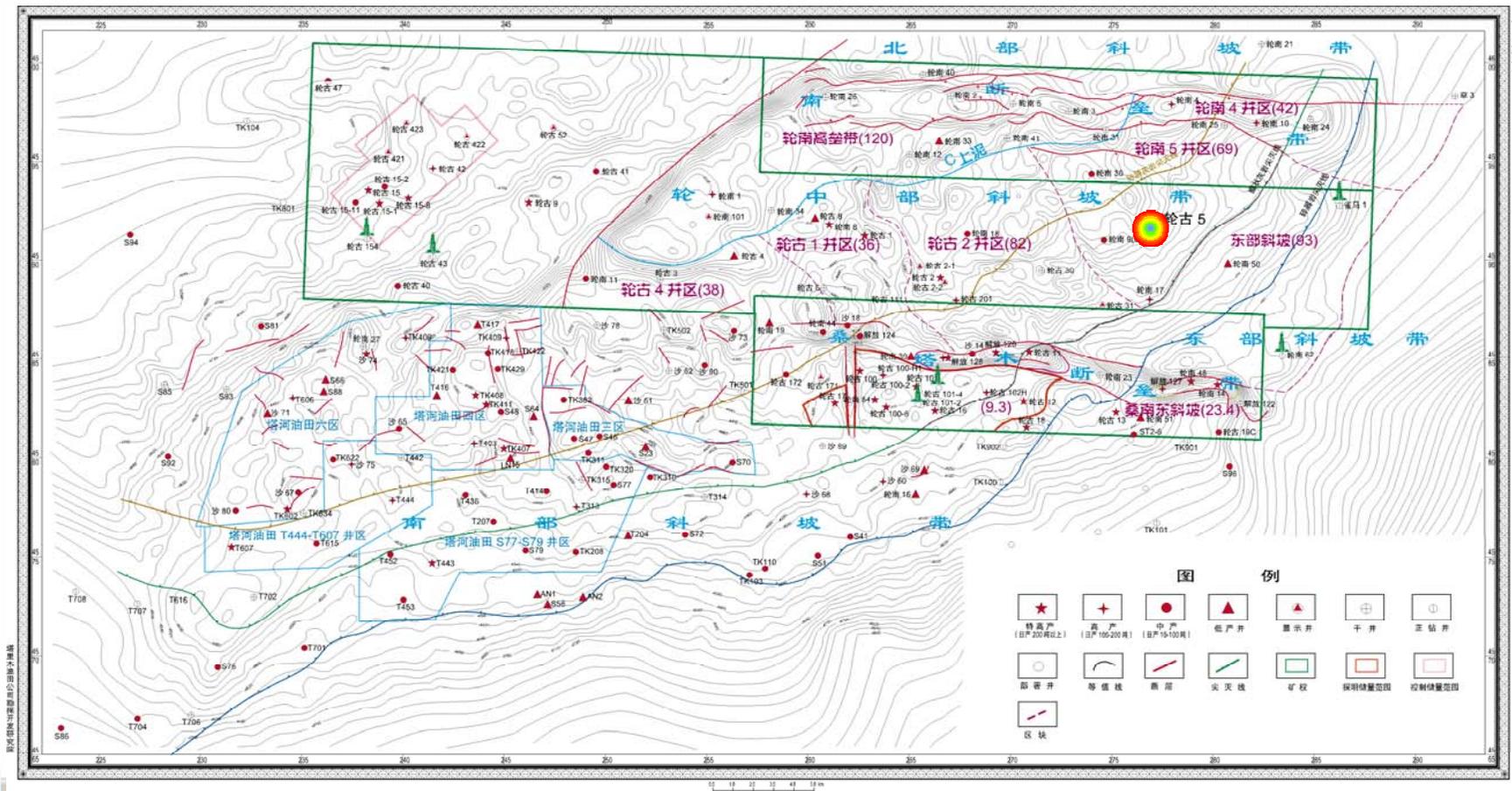
井别	探井	井型	直井	井号	轮古5			
地理位置	位于轮南30井东南约4.1km处							
海域								
构造位置	轮南潜山中中部斜坡带轮古5井区							
测线位置	三维	Line953	设计	井口坐标	X	4 592 018(m)	设计	
		Trace921			Y	15 277 272(m)		
		实测	Line953	实测	坐标	X	4 592 014.4(m)	实测
			Trace921			Y	15 277 272.5(m)	
设计地面海拔	926(m)		实测地面海拔	925.79(m)				
设计井深	5570(m)		磁偏角					
			目的层	奥陶系, 兼探三叠系和石炭系				



### 3. 区域地质简介

#### 3.1. 构造概况

##### 3.1.1 区域构造概况





古5井有望再次取得突破，并打开中部斜坡带奥陶系碳酸盐岩岩溶型储层油气勘探的新局面。

↵

## ▪ 3.2 区域地层概况

↵

### 3.2.1 地层概况

在本区域三叠系  $T_1$ 、 $T_0$ 、 $T_0$  三个油组横向变化比较稳定， $T_1$ 、 $T_0$  主要为灰色中厚层状细-粗砂岩、厚层状含砾不等粒砂岩、杂色砾岩，夹深灰色泥岩。

石炭系有五个岩性段，①砂泥岩段（ $C_1$ 油组）：以灰、褐色厚-中厚层泥岩、粉砂质泥岩为主，夹灰色薄-中层状灰质粉砂岩、灰质细砂岩和砂质灰岩、泥质灰岩；②上泥岩



轮古 30 井至轮古 172 井以西尖灭。

### 3.2.2. 地震层位预测

表 2 轮古 5 井地震地质层位预测表

层位		T <sub>0</sub> (ms)	深度 (m)	厚度 (m)	海拔 (m)
地震	地质				
T8	E	2508	3270		-2344
T8-2	K	2886	4041	771	-3115
T8-3	J	3112	4553	512	-3627
T <sub>g</sub>	T	3336	5006	423	-4080
T <sub>g</sub> 2'	C 双峰顶	3476	5300	294	-4374
T <sub>g</sub> 3	C 底	3508	5371	71	-4445
岩溶发育区 1		3538	5461	90	-4535
岩溶发育区 2		3570	5557	96	-4631
岩溶发育区 3		3616	5689	132	-4763
井底	01		5570		-4644

注：1、实测地面海拔为 925.79m。



### 3.3. 生、储油层分析及封（堵）盖条件

#### 3.3.1. 油气源条件

塔里木盆地古生界有两套最重要的烃源岩，一套是寒武系的碳酸盐岩烃源岩，另一套是中-上奥陶统的泥灰岩烃源岩。中-上奥陶统烃源岩分布于轮南古隆起的南部和西部及

塔里木油田公司

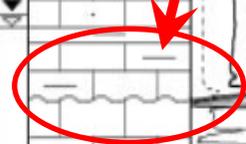
中国石油

轮古5井钻井地质设计

东部，主要为台缘斜坡有机相的泥灰岩、灰岩，油源岩厚度为 40-50m，母质类型为腐泥型，有机碳含量为 0.5%-5.1%， $R_o$  为 0.9%-1.3%，正处于生油高峰-后期阶段。经油源对比，



上覆泥灰岩当盖层，潜山面为不整合面，缝洞系统含油





## 预测 储量

### 3.4 油藏分析及储量计算

位于轮古 5 井北面的轮南 30 井和南面的轮南 17 井获得工业油气流，如果位于轮南潜山中斜坡的轮古 5 井在下奥陶统灰岩能获得工业油气流，则可以预测出这一有利区带的资源量。按容积法计算，轮古 5 井区的预测石油地质储量(G)：

$$G=A*\eta$$

A：油藏面积约 69km<sup>2</sup>（按轮南 30 井、轮南 17 井大致圈定）

$\eta$ ：储量丰度 49.2×10<sup>4</sup>T/km<sup>2</sup>（借用塔河 3 号油田）

因此，本区的预测石油地质储量为

$$G=A*\eta=69\times 49.2\times 10^4=3394.8\times 10^4(T)$$

### 3.5 邻井钻探成果

## 含油气性及相关资料，“相近相似”原则

#### 3.5.1. 轮南 17 井钻探成果(图 10)

本井录井在石炭系、奥陶系 5282.0-5579.0m 井段共见萤光-油斑显示 9 层厚 35m。其中，石炭系见萤光显示 5 层厚 16m，油斑显示 3 层厚 2m；奥陶系见萤光显示 1 层 17.0m。



## 3.6. 地质风险分析

3.6.1 碳酸盐岩储层非均质性严重，带来一定的地质风险。

3.6.2 储层非均质性严重，钻井工程中如控制不当，偏离靶心可能钻到致密层，而带来一定的风险。

## 4. 设计依据及钻探目的

### 4.1. 设计依据

4.1.1. 轮古 5 井地质任务书

4.1.2. 双峰灰岩顶和纯灰岩顶面反射层构造图

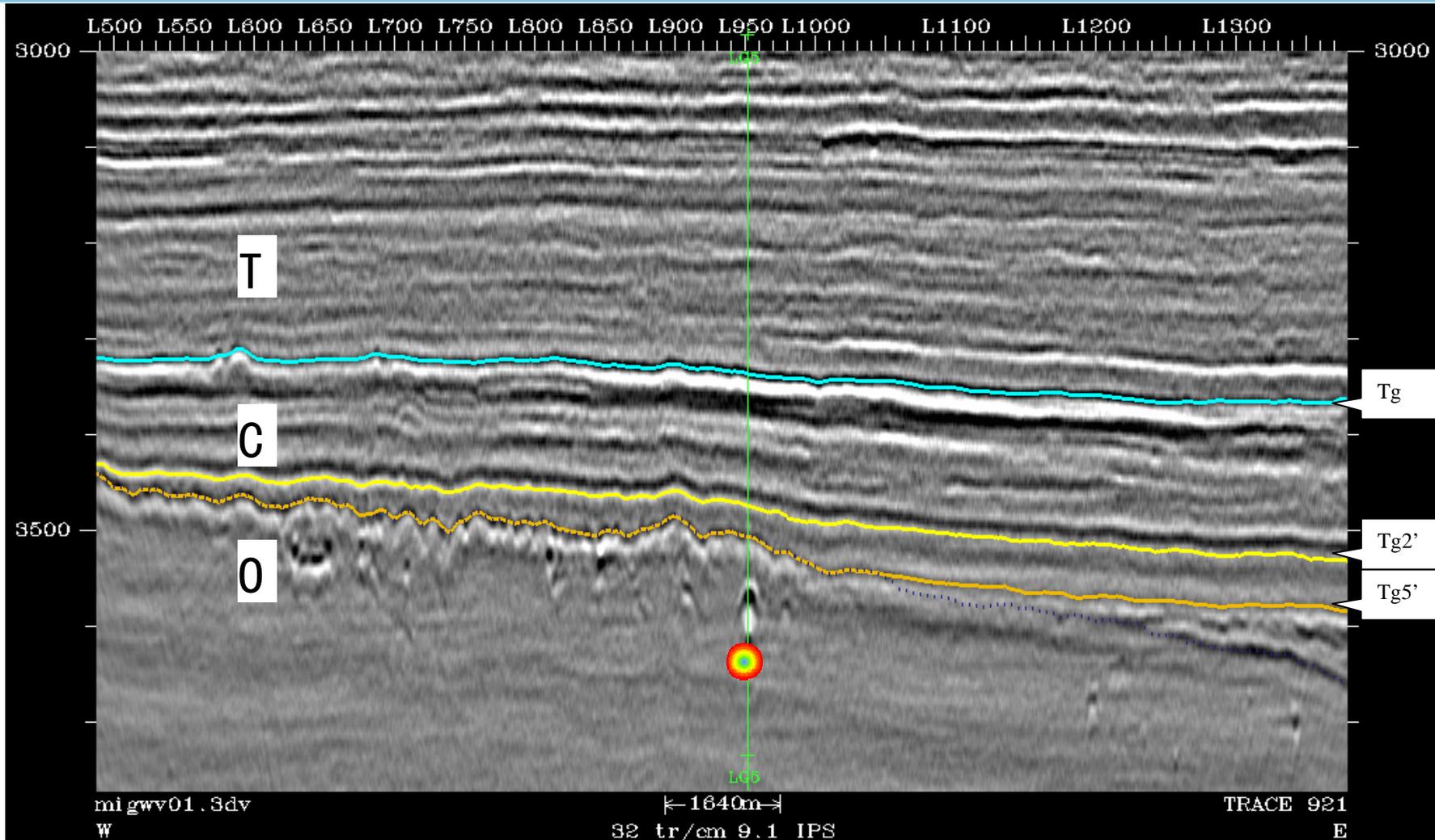
4.1.3. line953、trace921 三维地震测线保幅剖面 (图 8、图 9)

4.1.4. 轮古 5 井设计数据表

4.1.5. 轮南 17 井、轮南 30 井实钻资料

塔里木油田分公司







## 4.2. 钻探目的

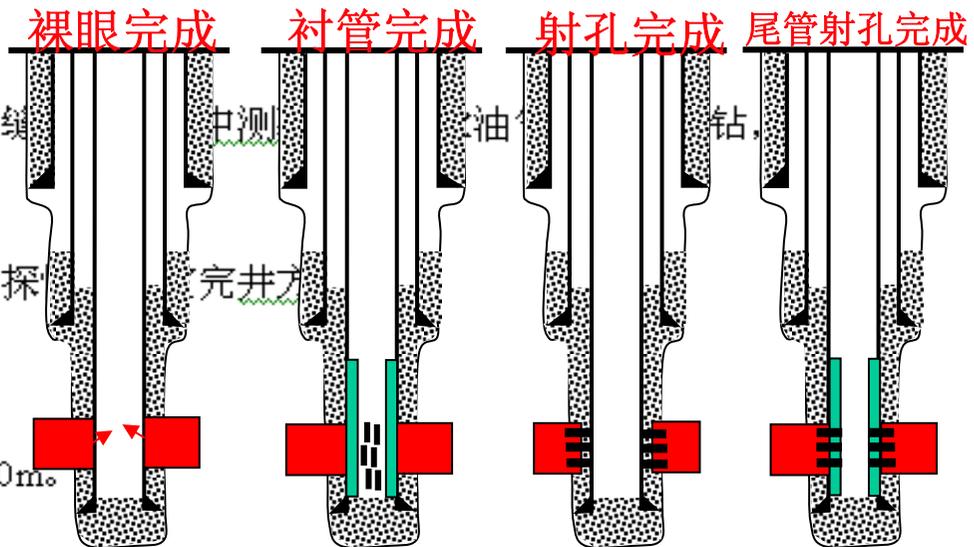
- 4.2.1. 了解中部平台区轮古5号潜山含油气情况。
- 4.2.2. 了解轮古5号潜山岩溶发育情况，并在轮南东部开拓新的勘探领域，同时验证地震识别岩溶方法的可靠性。

## 4.3. 完钻层位及原则、完井方法

4.3.1. 完钻层位：奥陶系。

4.3.2. 完钻原则：见良好油气显示或继续按设计井深完钻。

4.3.3. 完井方法：待完井后，根据钻探



## 4.4. 钻探要求

入靶半径按设计要求不超过 50m。

## 5. 设计地层剖面及预计油气水位置

### 5.1. 地质综合设计表





表6 邻井完钻钻井液使用情况表

井号	层位	井段 (m)	相对密度	粘度 (01)
轮南 17	Q-N	0-1008	1.11-1.25	
	N-O	1008-5556.17	1.15-1.53	
	O	5556.17-5722	1.12-1.14	
轮南 30	Q-N	0-1010	1.10-1.25	
	N-C	1010-5306	1.19-1.25	
	O	5306-5350	1.11-1.17	
轮古 31	Q-N	0-1210	1.11-1.15	
	N-O	1210-5505	1.10-1.35	
	O	5505-5574	1.06-1.12	
	Q-N	0-1002	1.14-1.31	
轮南 9	N-C	1002-5370	1.18-1.53	

参考

5.5.3 邻井测温情况

表7 邻井测温情况表

井号	层位	井深	测温情况		备注
			日期	温度 (°C)	



### 5.6.6 设计井全井钻井液性能使用要求

注意：井下安全情况下，在奥陶系目的层段钻井液密度要求使用下限。

表 8 轮古 5 井设计全井井液性能表

井 段(m)	相对密度	粘 度 (01)	备 注
0-1200	1.10-1.15		
1200-5371	1.15-1.35		
5371-5570	1.06-1.12		

施工中一般不更改

### 5.7. 井身质量要求

#### 5.7.1 井斜：

表 9 井斜、水平位移允许范围、井身轨迹表

井 深 (m)	井 斜 (°)	全角变化率 (°/25m)	水平位移 m	井径扩大率%	井斜测量 间距
0-5570		<2	50	≤15	25m



表 10 轮古 5 井资料录取要求表

中

项目	层位	井段 (m)	要 求
钻时	E-0	3000-5570	连续测量, 每整米读 1 点。
气测	E-0	3000-5570	连续测量, 每 1m 读 1 点。
岩屑	E-0	3000-5570	3000-5371m(石炭系底), 每 1m 捞 1 次, 装样 1 袋, 5371-5570m 每 1m 捞 1 次, 装正副样各 1 袋。
荧光	E-0	3000-5570	逐包湿照, 储层逐包湿照、干照、喷照, 有显示时做点滴试验。
系列对比	E-0	3000-5570	从储层顶部开始每 4m 做 1 次, 有显示时每 1m 做 1 次。
钻井液	Q-0	0-5570	泥浆人员每 2h 手工测一次密度、粘度, 每 12h 测一次全性能。自井深 3000m 开始除泥浆人员手工测量外, 由综合录井仪连续测量钻井液密度、电导率。
钻井取心	E-0	3000-5570	取心原则: 全井共取心 50m。 1、侏罗系、三叠系、石炭系见显示取心 20m, 其中石炭系底砾岩要求取心一筒。 2、奥陶系见油气显示或储层发育段取心 30m。
地质循环	E-0	3000-5570	设计 40h, 用于落实岩性、油气显示、卡层取心。 碎屑岩段每 10m 分析 1 次 碳酸盐岩段每 5m



## 10. 变更及其它

### 10.1. 施工变动程序

在钻井施工过程中必须严格执行钻井地质设计和甲方技术指令,如出现重大工程、地质问题与设计有较大出入时,应及时向轮古项目经理部汇报,采取的相应预备方案和措施报轮古项目经理部批准后,方可进行施工。

### 10.2. 设计变更程序

在施工过程中,因特殊原因需要变更设计时,必须要有轮古项目经理部的补充设计说明,并要附到原设计上存档。

### 10.3. 井位移动情况

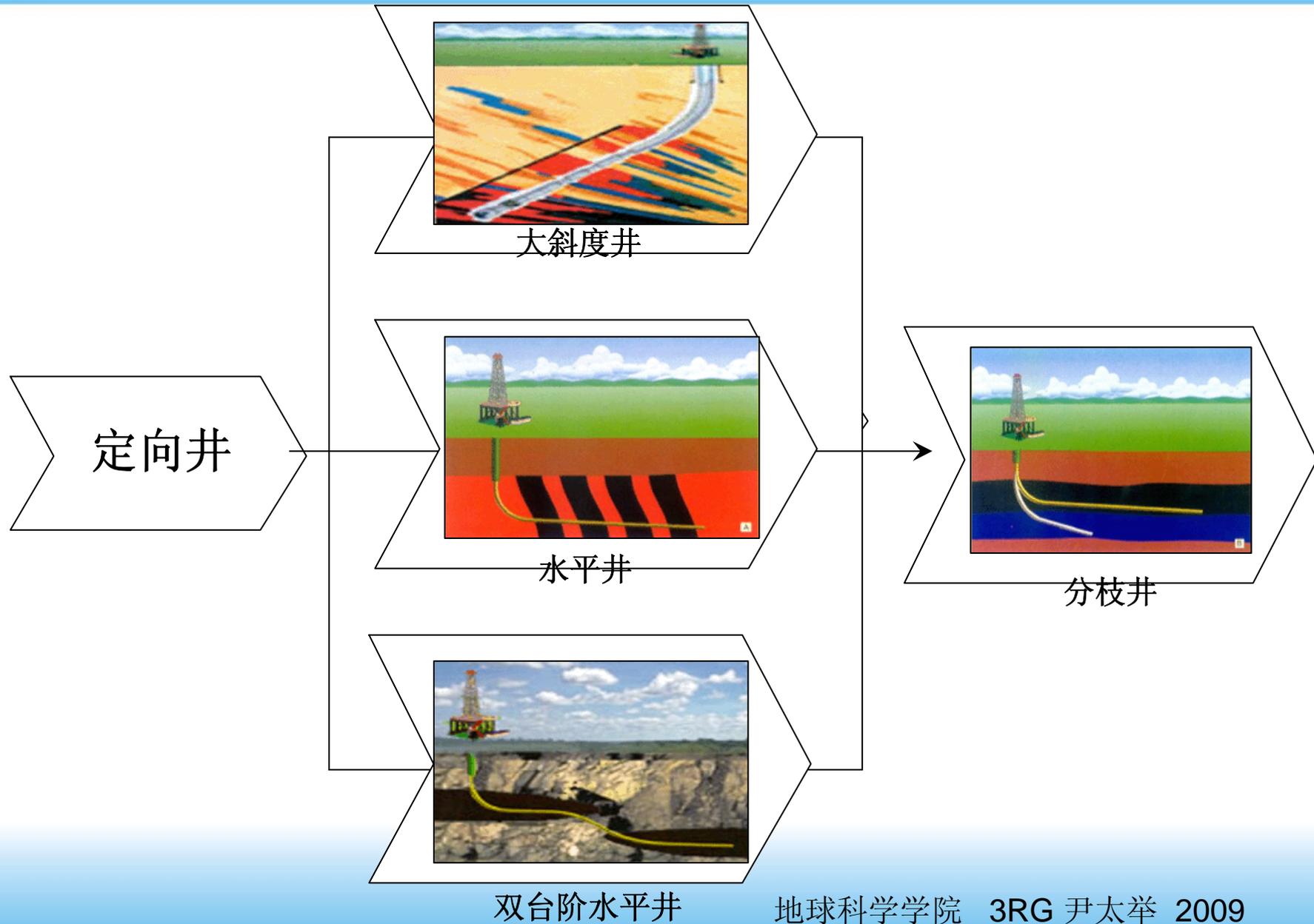
### 10.4. 特殊要求

详细记录地破压力数据及地层温度。





## 二、定向井设计

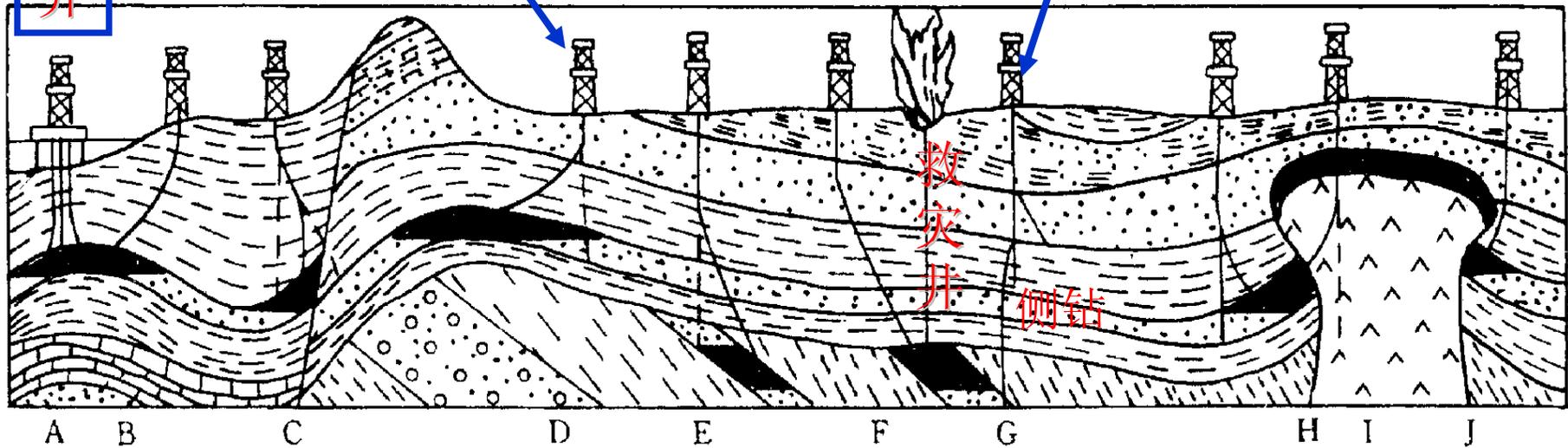




丛式井

不可能进入地点

纠直和侧钻



定向钻井的目的（据Leroy, 1977）

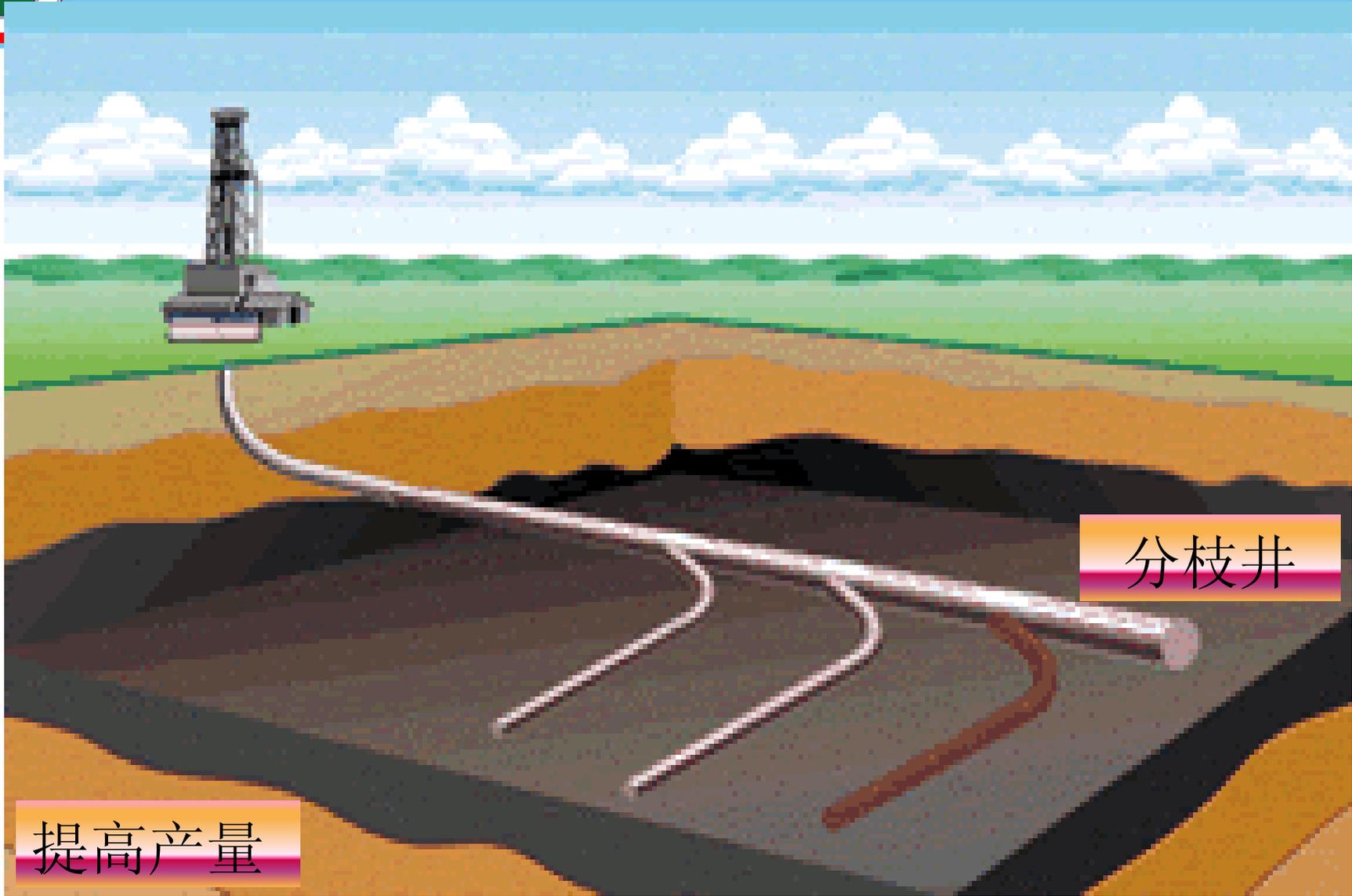
- A—海上平台丛式井； B—海岸钻井； C—断层油气藏；
- D—不可能进入地点； E—地层油气藏；
- F—控制的救灾井； G—纠直和侧钻； H、I、J—盐丘钻井



# 丛式井

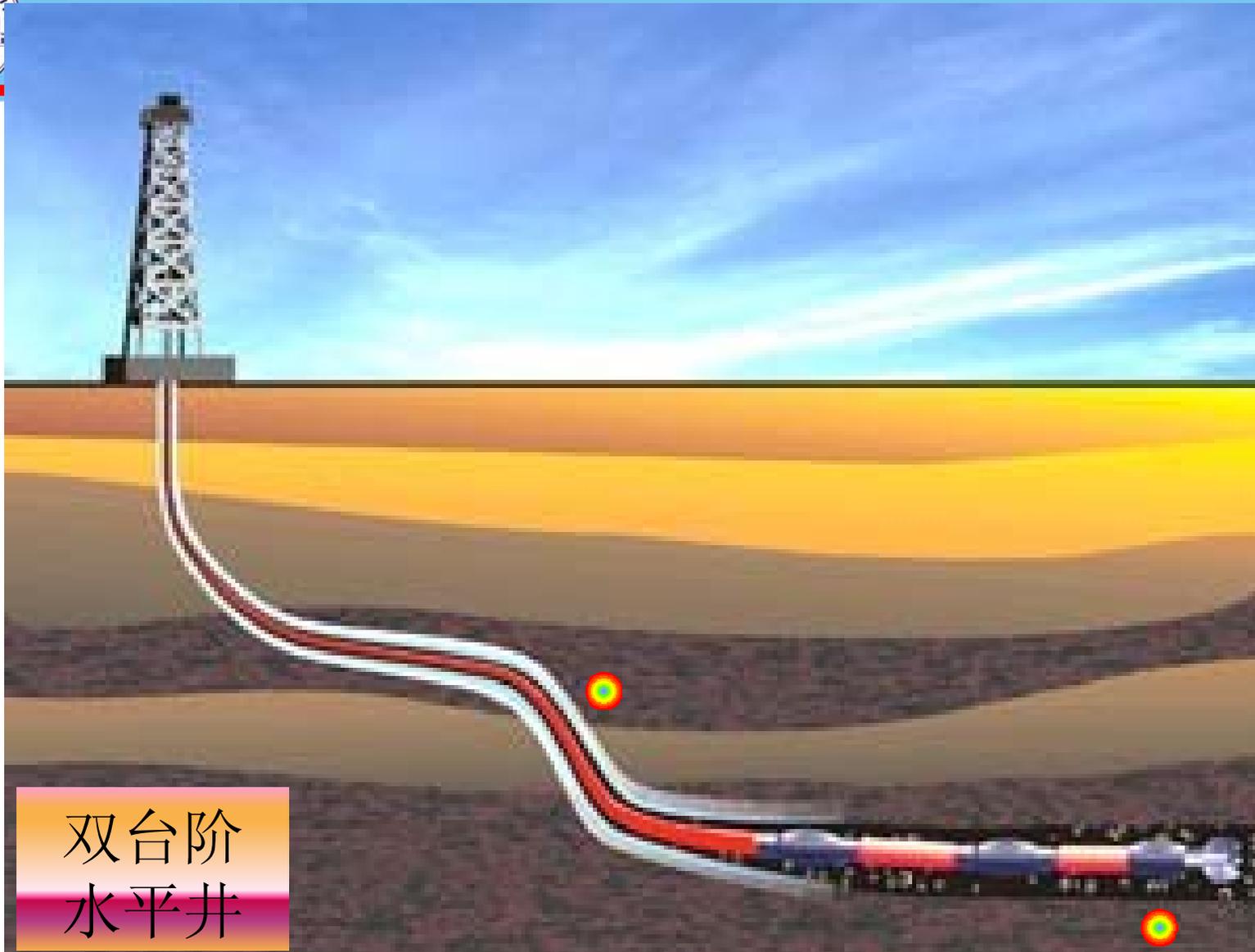


丛式井开发 节省成本



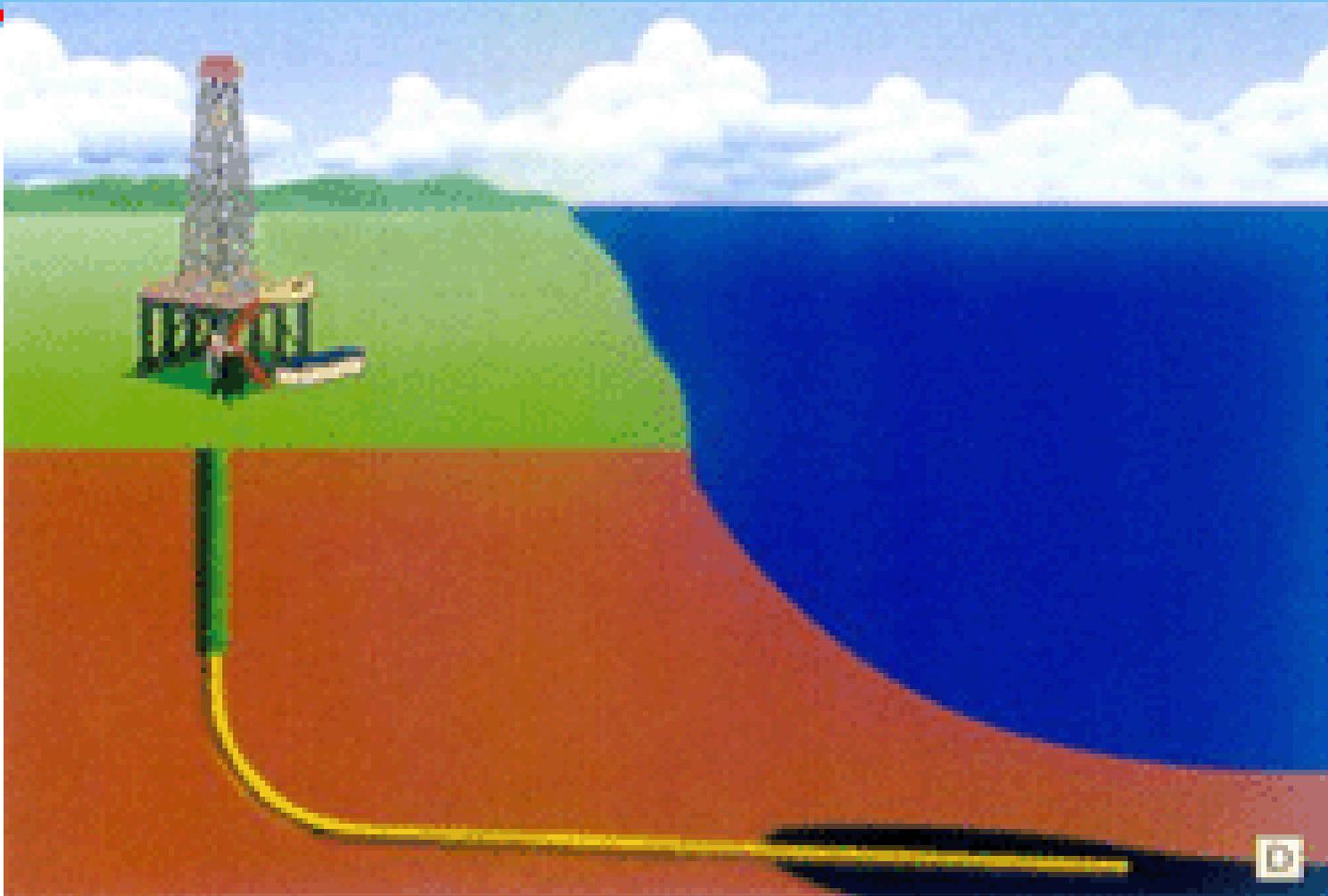
分枝井

提高产量

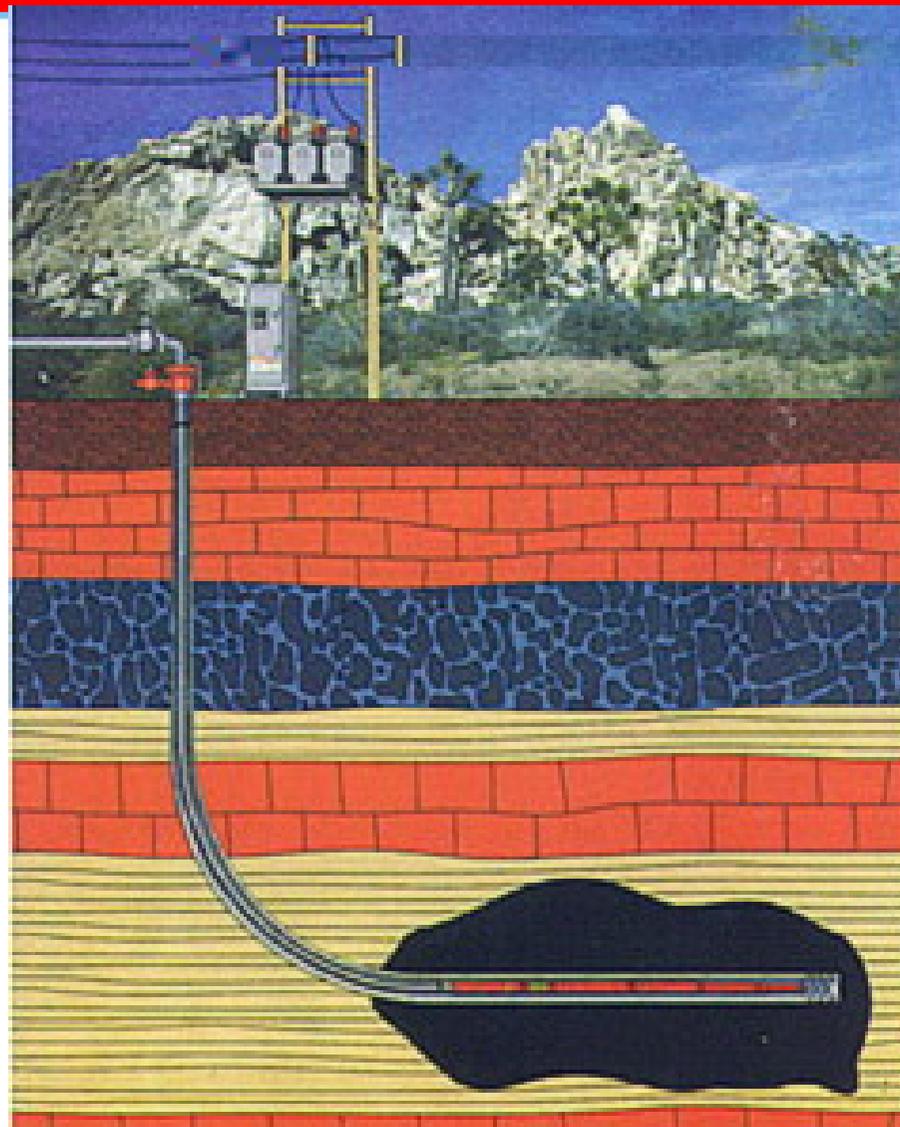


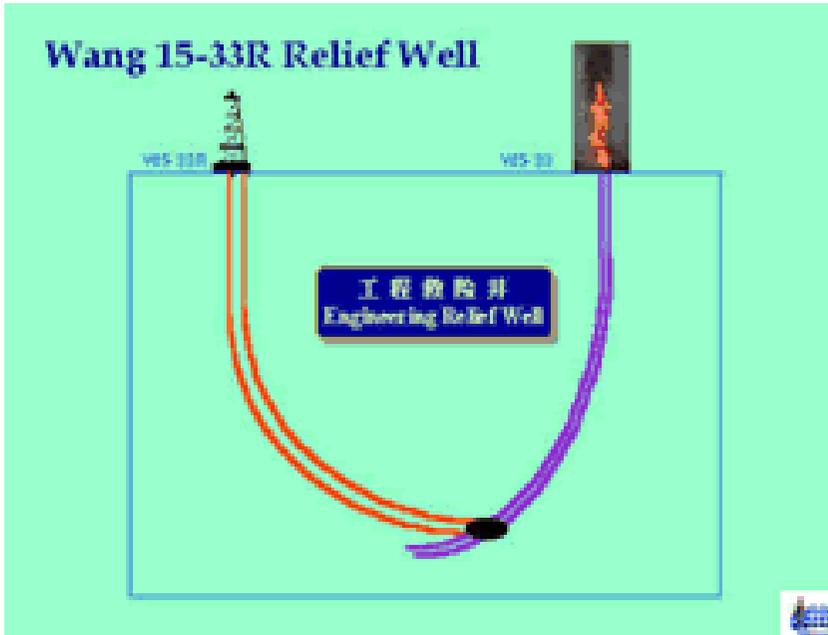
双台阶  
水平井

同时开发多层油层



绕碍井 节省成本





救灾



## ● 定向钻井的应用

- ▲ **纠斜**—纠正已钻斜的井眼，使之成为一个垂直井身
- ▲ **侧钻**—对落鱼(钻具折断后留在井下的部分)等**井下障碍物进行侧钻**
- ▲ 在不可能或不适宜安装钻机的地面位置的下边钻油井；
- ▲ 为扑灭大火、压住井喷等而设计的井— **抢险井或救险井**
- ▲ 在一个井场、钻井平台或人工岛上，钻几口、几十口井  
**丛式井**—海上油田、地面受限制的沙漠、沼泽等地；
- ▲ 最大**井斜角**接近或达到 $90^\circ$  且有水平延伸的井—**水平井**



## 发展定向井、丛式井的三大优点：

**优点一：**对断块油田、裂缝性灰岩油藏，打一口定向井可穿越多个储集层、几个裂缝发育带，有利于发现油气田，增加储量、产量。

**优点二：**对地面条件恶劣，或有工业、民用建筑密布，但是地下有油气藏的地区，采用定向井技术，可以满足勘探开发对地下井位要求。



### 优点三：打丛式井——

- ① 可少占良田，减少钻机搬家、缩短安装时间、降低钻前工程费用；
- ② 减少地面集输计量站管线和油建工作量，同时，减少油井管理人员，便于采油实行自动化；尤其是海上钻探事业，丛式井技术应用更为广泛。
- ③ 后勤供应方便，等等。



### 3、定向井地质设计

定向井地质设计与直井设计类似

- 地质设计依据 (区域地质概况、邻井资料)
- 地质设计内容 (11项) — 如基本数据、区域地质简介、设计依据及钻探目的 .....

定向井与直井存在着明显差别:

- ▲ 地面井位与地下井位不一致;
- ▲ 且有一定的方位、水平距要求。

井身剖面设计与直井有明显的区别。

(1) 基本的井身剖面类型

(2) 定向井井身剖面设计



## (1) 基本井身剖面类型

进行定向井设计时，**首先要选择基本的定向井井身剖面类型及计算其井斜角度和方位。**

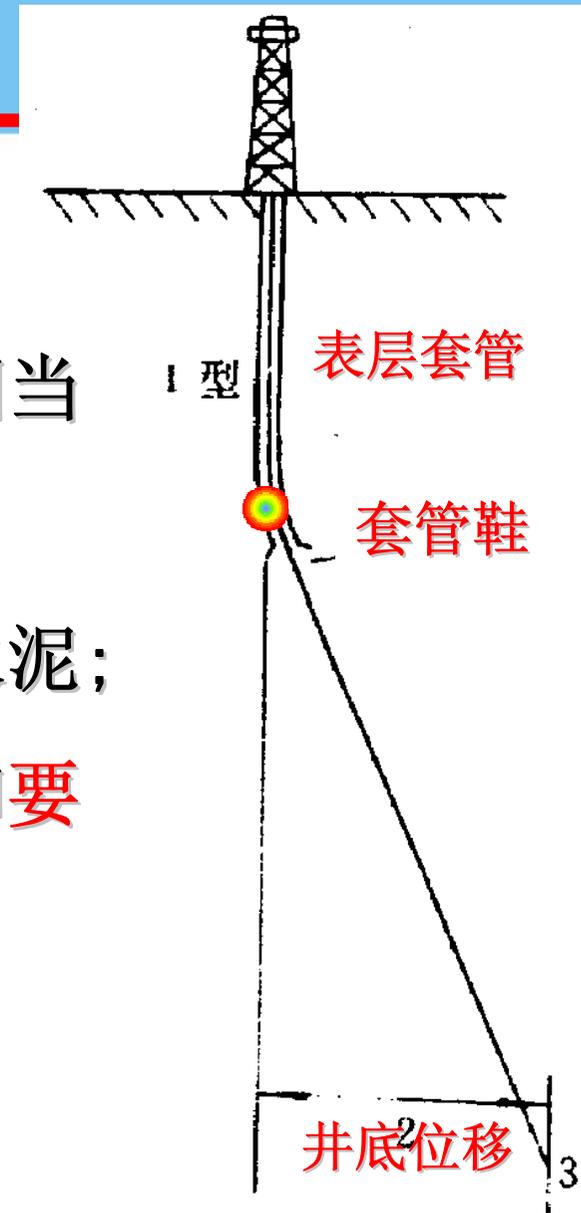
经常采用的有**三类**井身剖面。

- ▲ I 型井身剖面
- ▲ II 型井身剖面 (S形曲线井身剖面)
- ▲ III型井身剖面



## ① I 型井身剖面

- 剖面中，初始造斜角位置深度相当浅，该井斜角一直保持到靶心；
- 表层套管下过造斜井段并注入水泥；
- 该类剖面通常适用于：**中深井**和**要求大水平位移**的深井钻井中。

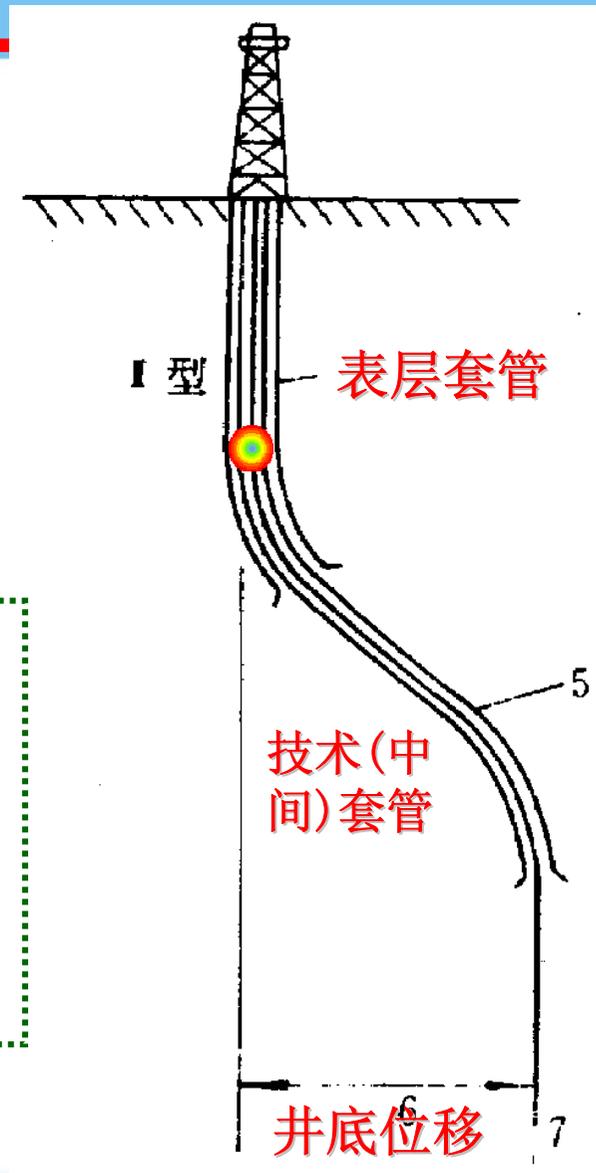




## ② II型井身剖面-- S形曲线井身剖面

井眼在相当浅的深度造斜，钻至水平位移达到要求时为止，然后减小井斜角或垂直，钻进到深度要求为止。

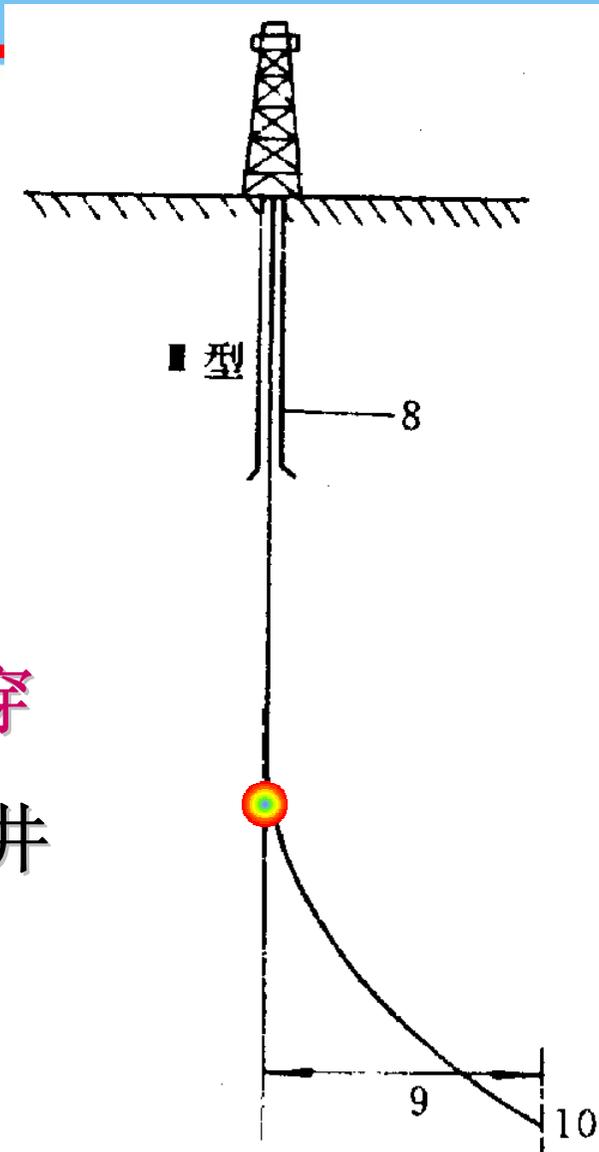
- ✓ 表层套管下过造斜井段并注入水泥；
- ✓ 技术套管下到第二个垂直井段中；
- ✓ 该类剖面适用于：**地层相对复杂，需要下技术套管**来控制的井身。

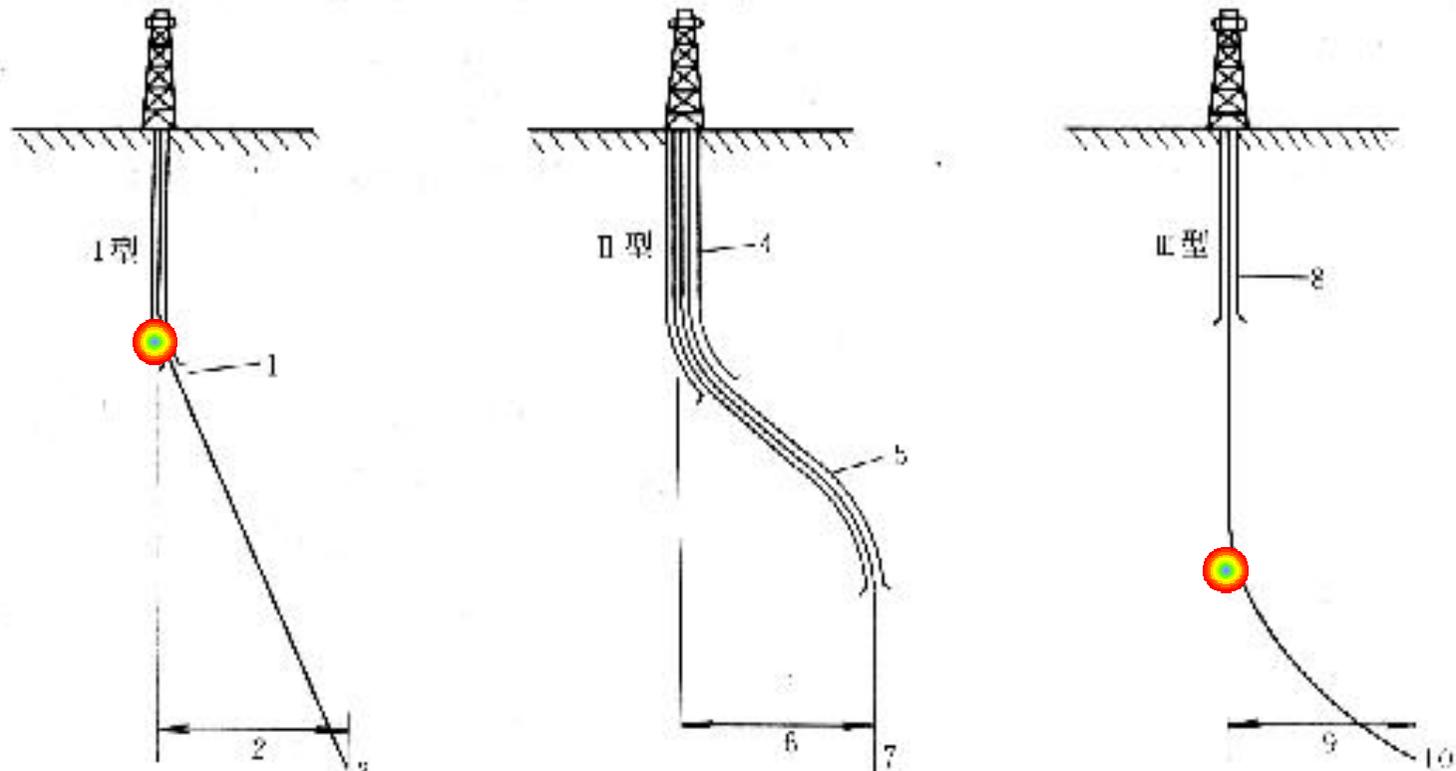




### ③ III型井身剖面

- 井眼的造斜部分很少下套管；
- 造斜位置(造斜点)较深；
- 井斜角大，水平位移小。
- 该类井身剖面特别适合于：钻穿断层或盐丘地区，重钻或再校准井眼的井底段等。





造斜点浅

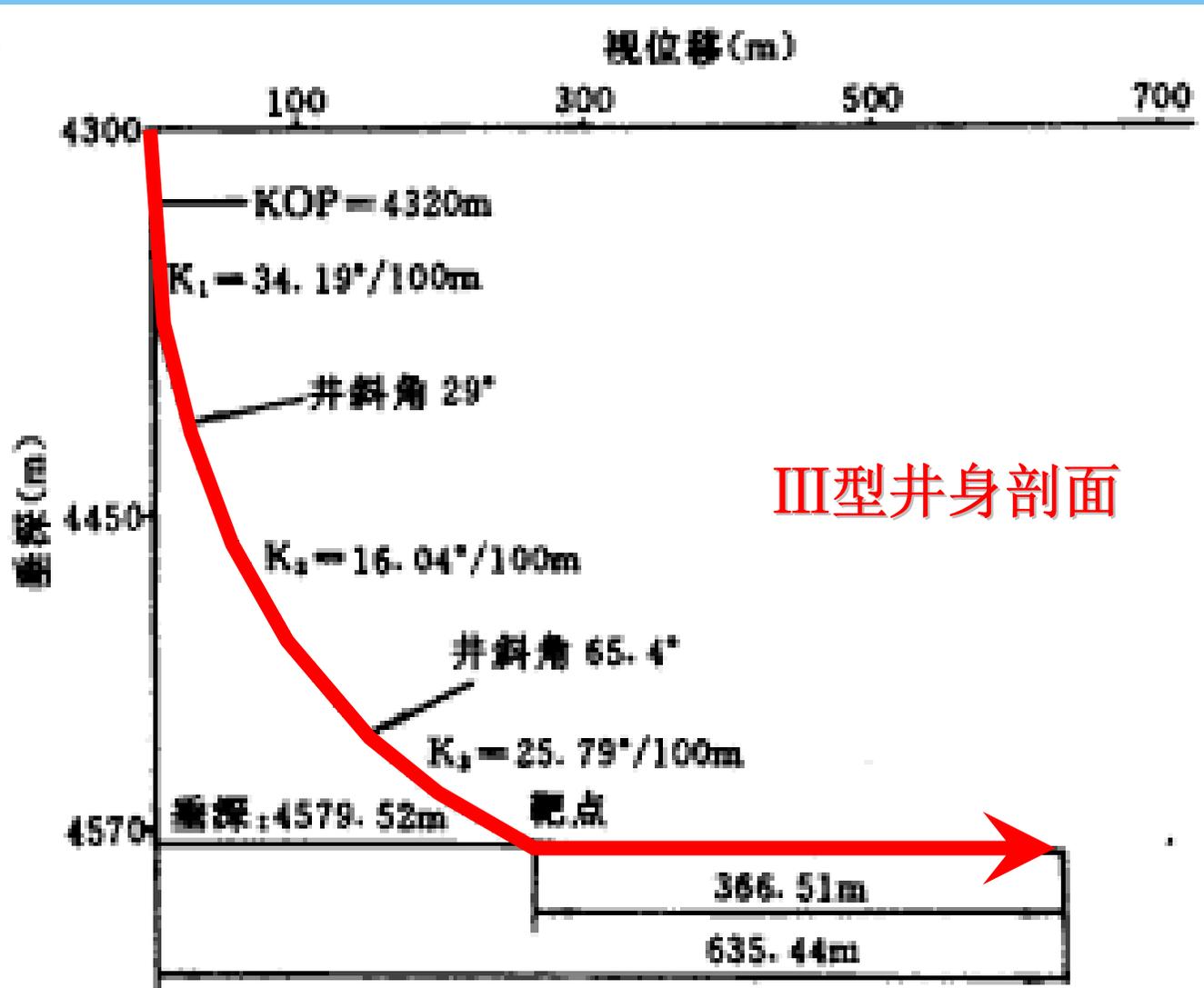
井斜角变

造斜点深

图 1-6 三种基本的不开身井的剖面类型

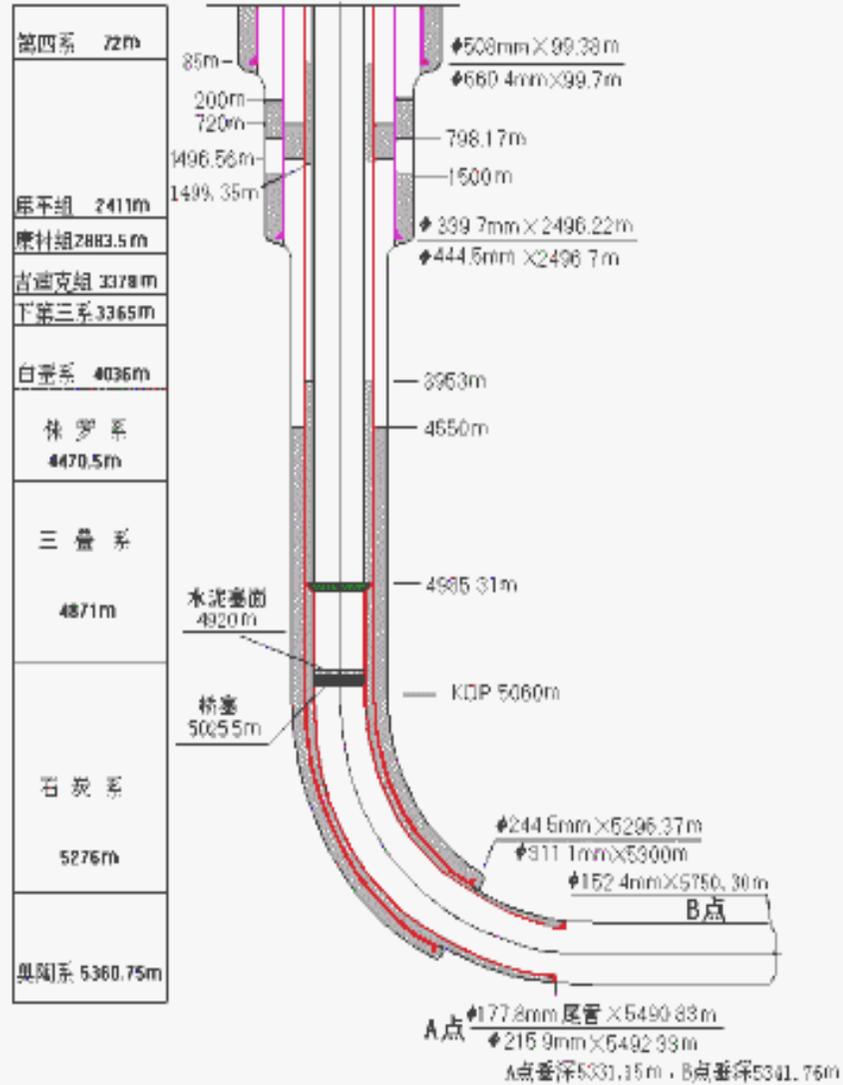
- 1—套管鞋；2—井底位移；3—井底靶位深度；4—表层套管；5—技术（中间）套管；
- 6—井底位移；7—井底靶位深度；8—表层套管；9—井底位移；10—井底靶位深度

(据 Lacey, 1977)





# 解放128井井身结构图

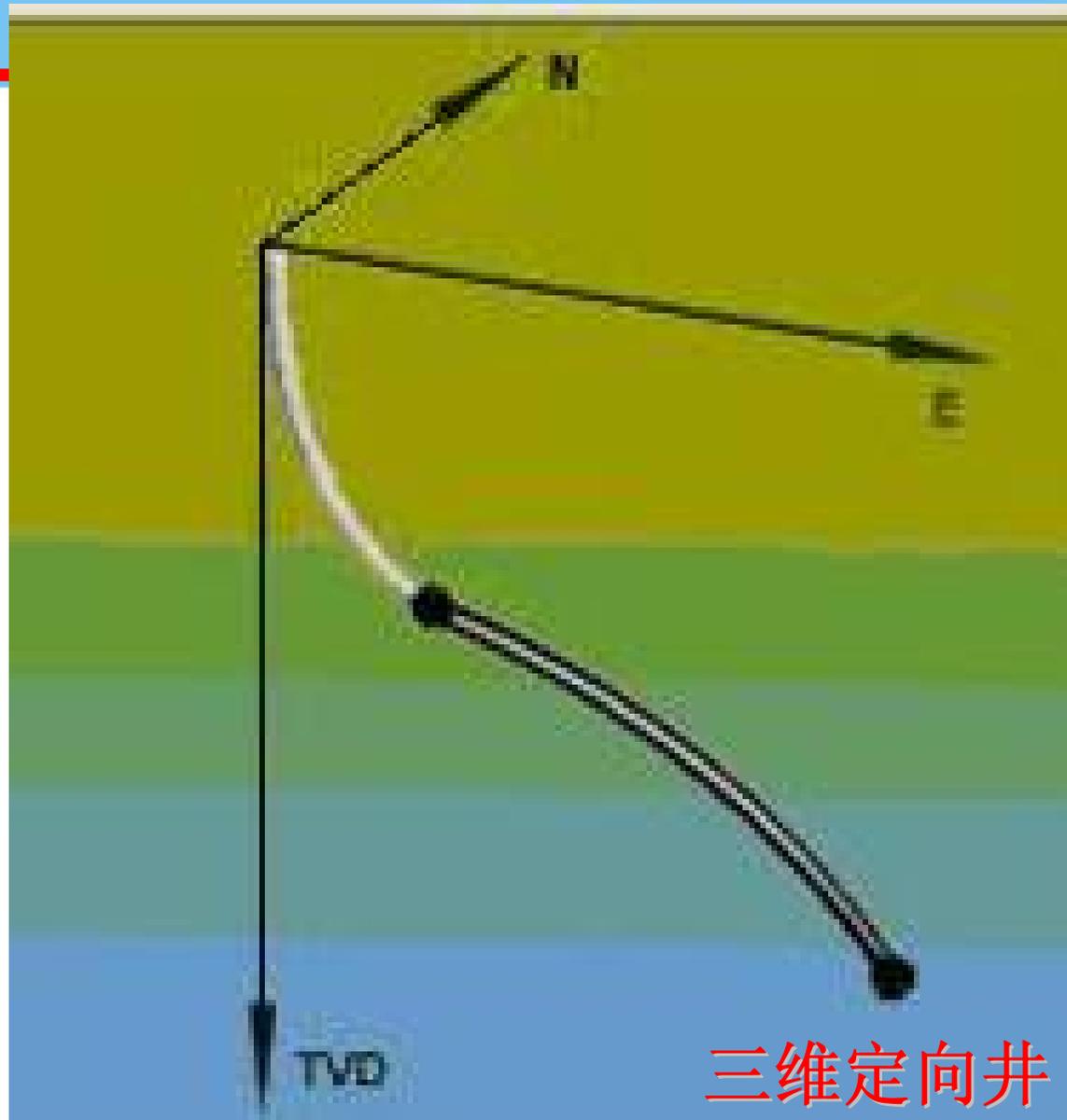




- **井斜角**—指井眼轴线的切线与铅垂线的夹角，用  $\alpha$  表示
- **井斜方位角**—指井眼轴线的切线在水平面上的投影与正北方向之间的夹角，用  $\beta$  表示。
- **全变化角** (狗腿角,  $\varepsilon$ )—指某井段相邻两测点间，井斜与方位的空间角变化值。

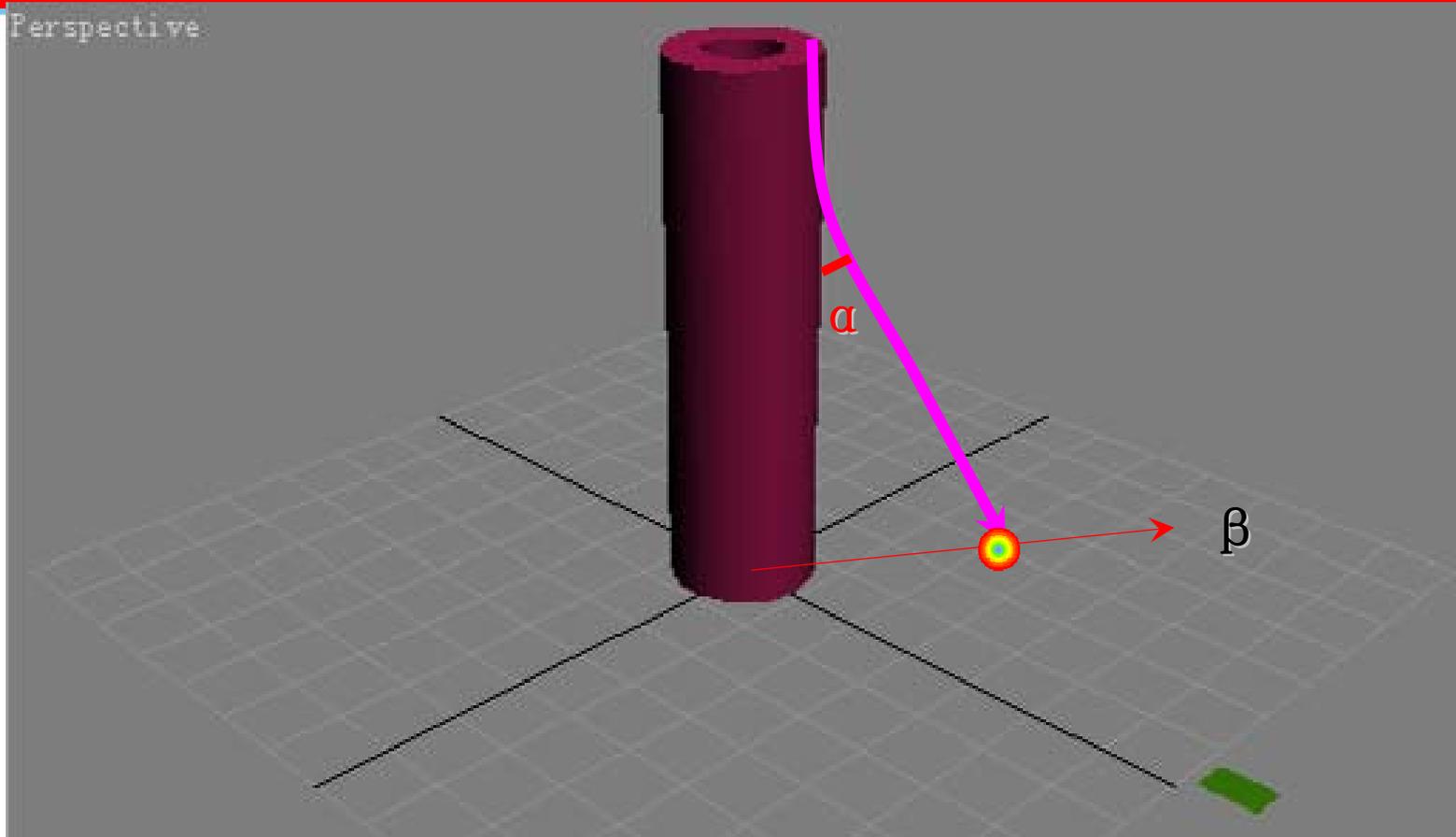


- **二维定向井**—指井眼轴线形状只在某个铅垂平面上变化的井（即井斜角变化，而井斜方位角不变）。
- **三维定向井**—指井眼轴线既有井斜角的变化，又有井斜方位角的变化。
- **CT值**—水平位移与垂直井深比值。CT值  $\uparrow$ ，井斜角  $\uparrow$ ，难度越高，钻井要求也越高。





Perspective



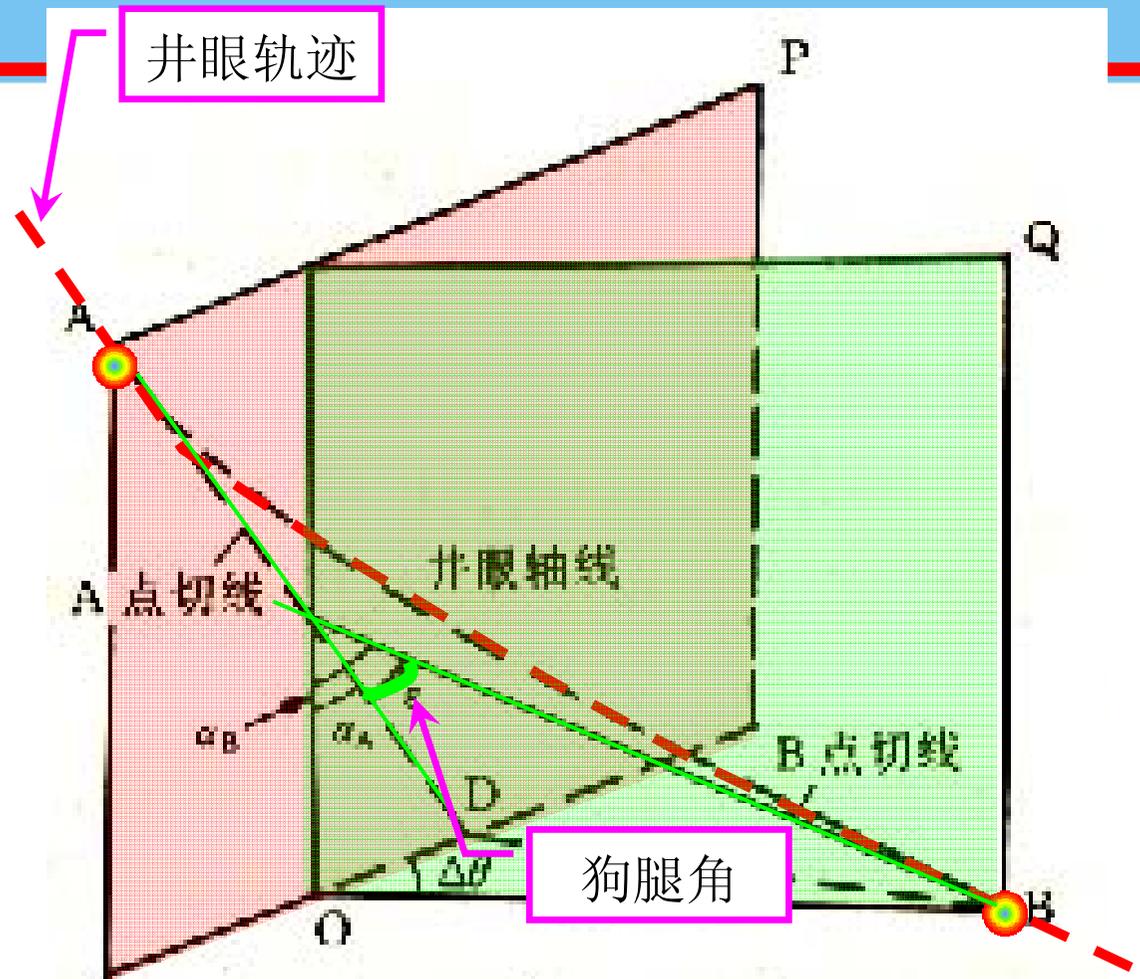


图 1-5 全变化角  
(据《钻井工程》，1992)



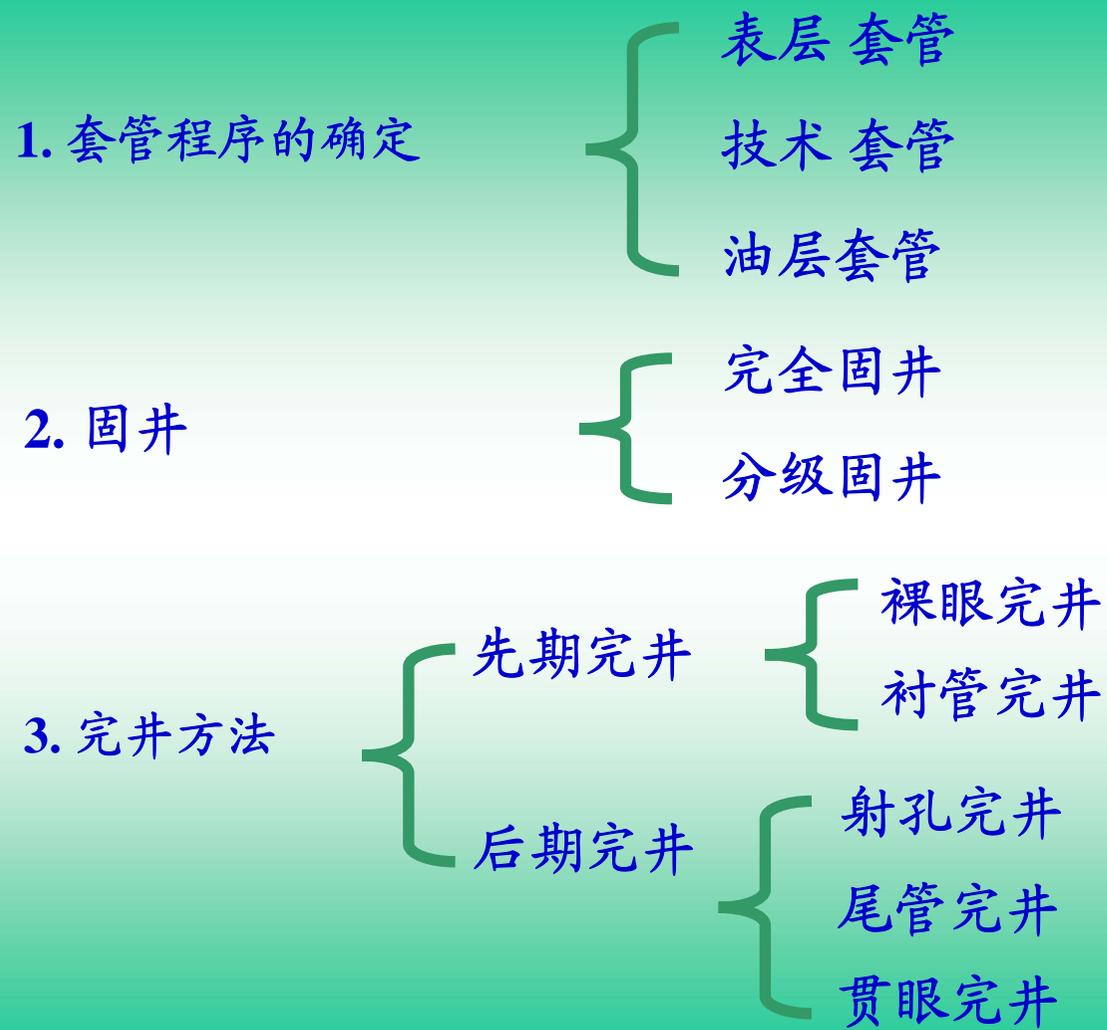
## 定向井设计原则

- (1) 应能实现钻定向井的目的
- (2) 应尽可能利用地层的造斜规律
- (3) 应有利于采油工艺的要求
- (4) 应有利于安全、优质、快速钻井



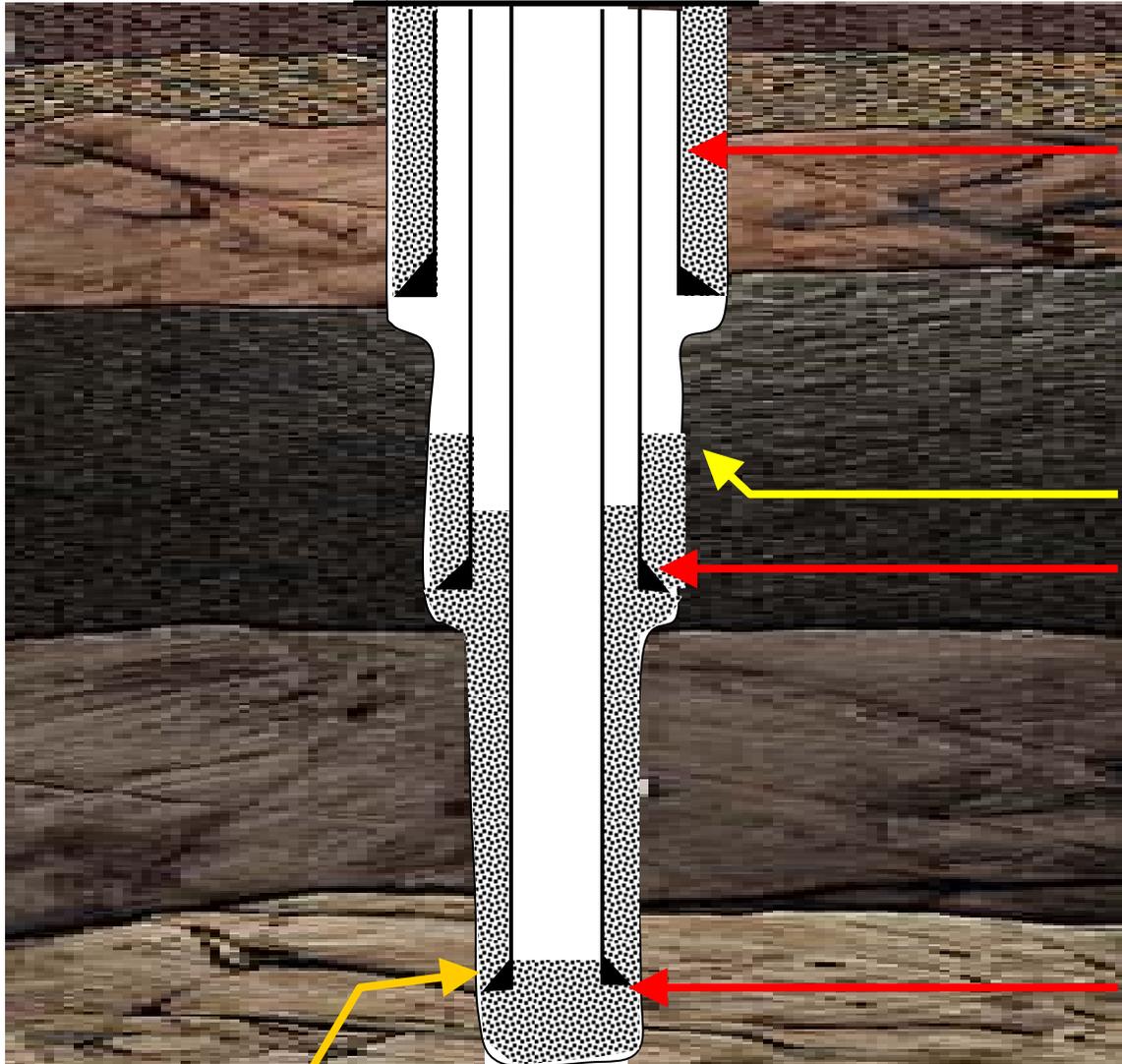


# 三、完井





# 套管程序



表层套管

水泥返高

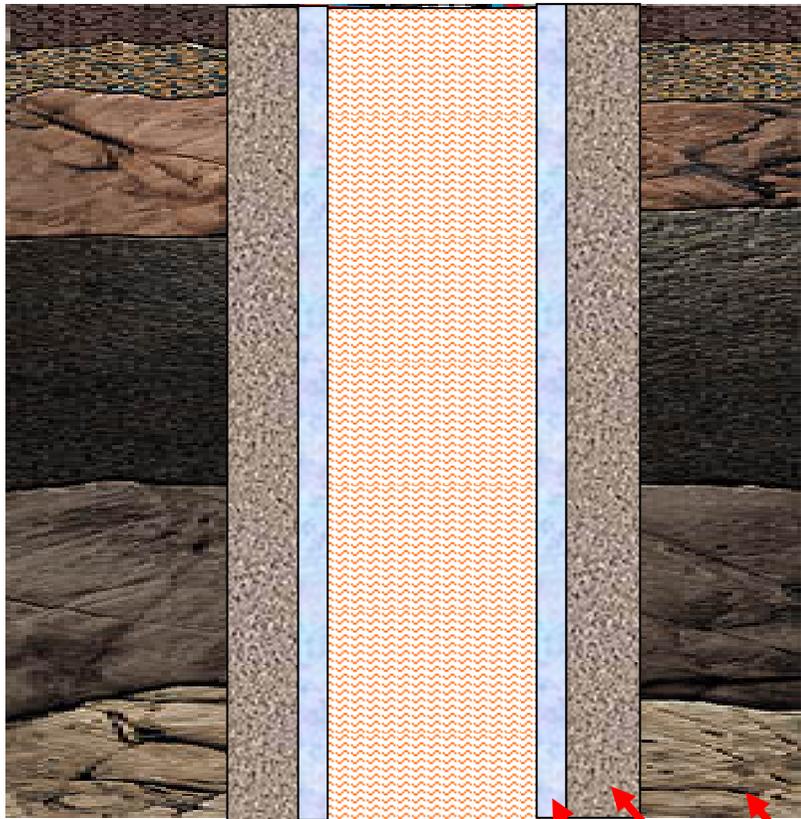
技术套管

油层套管

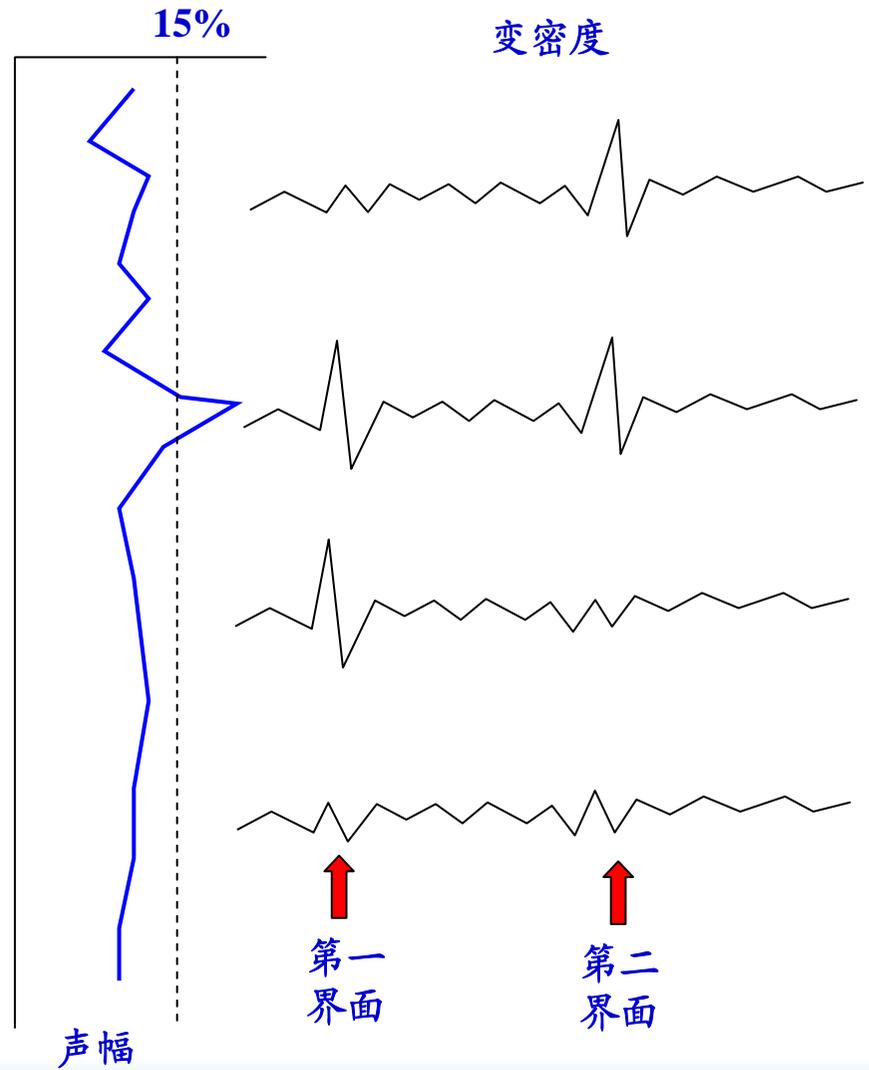
人工井底



# 固井质量

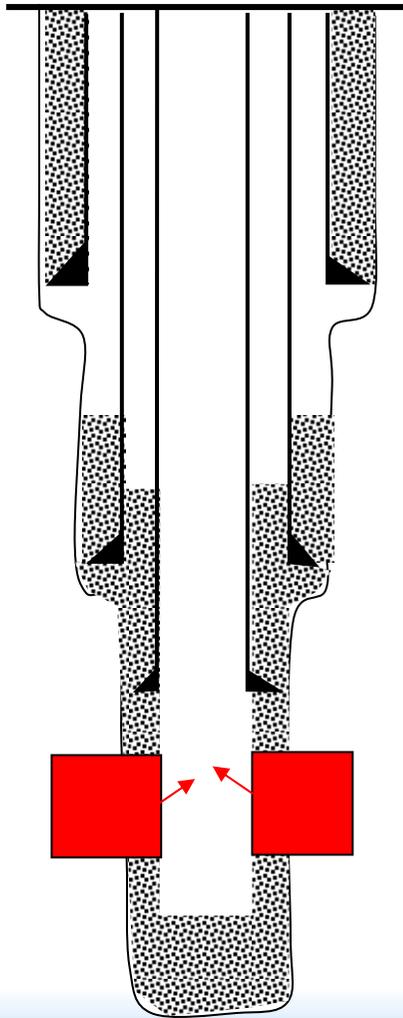


泥浆 套管 水泥 地层

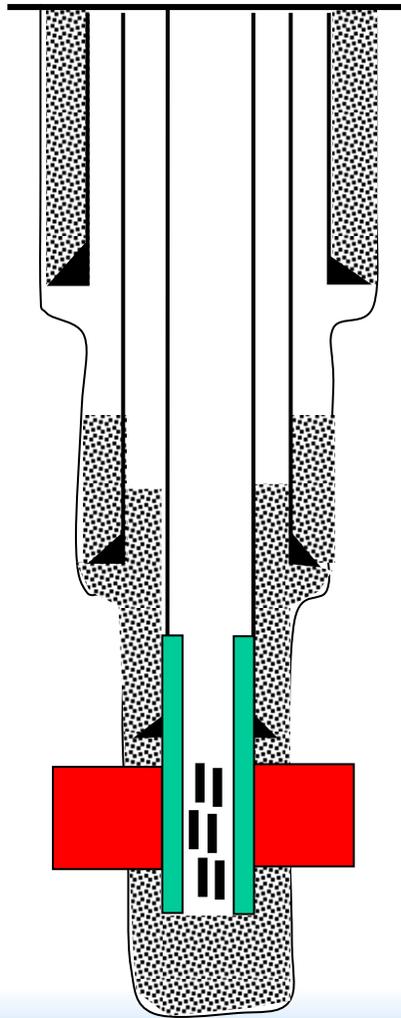




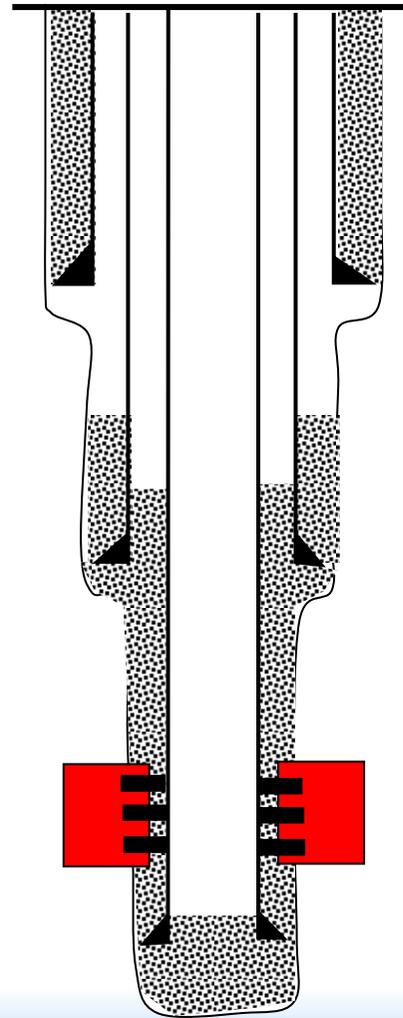
裸眼完成



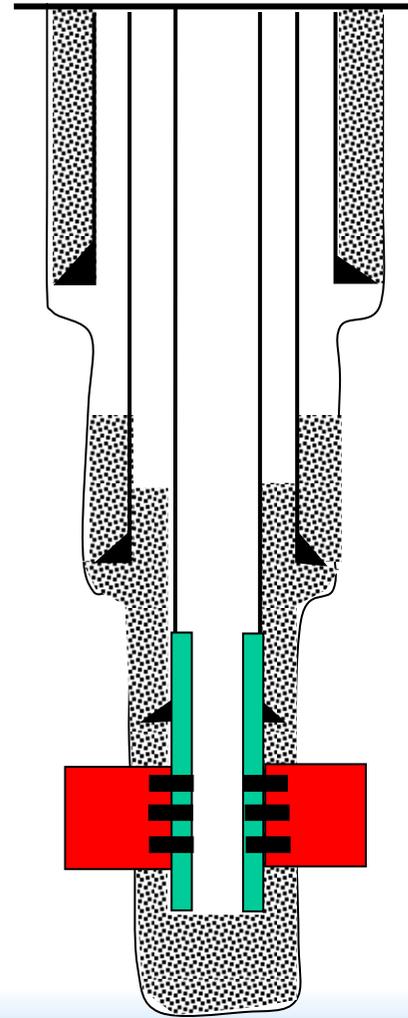
衬管完成



射孔完成



尾管射孔完成





完井地质报告根据不同的井别有不同的内容和要求。

参数井、预探井：各项录井、测井、分析化验和地层测试资料齐全并充分利用。对区域含油气性和构造的含油气性详细评述分析，论据充分，图文并茂，对下一步钻探工作提出看法和建议。

详探井：内容侧重在对储层的分布、构造特征和油矿地质内容进行综合分析评价，图表以简明实用为原则。

开发井：只填写井史资料，保存井身结构图和全套地球物理测井曲线。



## 1. 前言

①地理及构造位置；②地质资料的录取、工作量及任务完成情况；③工程事故对地质资料的影响；④录井工作评价；⑤综合录井仪资料录取情况并附事故预报图；⑥简述工程情况和完井方法。

## 2. 地层

①地层层序、缺失地层、钻遇的断层情况等；②各组、段地层岩性特征、电性特征及岩电组合特征、接触关系等；③结合邻井资料论述各层段岩性、厚度及变化规律；④根据标志层及分析化验和古生物资料及岩电组合特征阐明分层依据；⑤叙述不同地质时期的沉积相变化情况(参数井)。

## 3. 构造概况

①区域构造概况及构造发育史；②叙述本井经钻探后构造的落实情况，结合地震资料对局部构造位置、构造形态、构造要素、闭合高度、闭合面积等进行描述评价。预探井要进行圈闭评价。



#### 4. 油气水层综述

①分组段统计油、气、水显示的层数及厚度，并统计综合解释的油、气、水层数和厚度；②利用各录井资料对主要油气显示层的岩性、物性、含油性进行评述，使用综合录井仪的要绘各种油气解释图版；③碳酸盐岩地层叙述缝洞发育情况及各种显示；④叙述油、气、水层与隔层组合情况及油、气、水层在纵、横向上的变化情况；⑤油气水层的压力分布及纵向上的变化情况，尤其是预探井和评价井。

#### 5. 生储盖层评价

(1)生油层特性、对比评价、母质类型和生油门限深度、油气源对比，尤其是参数井。

(2)储集层发育情况、岩性特征、物性特征、分类及纵、横向上的分布情况（预探井、评价井）。

(3)盖层岩性、厚度、分布、排替压力和孔隙的孔喉半径。

(4)生储盖层组合类型、平面分布、评价（参数井、重点预探井）。

#### 6. 地层压力检测

区域、本井地层压力、异常地层压力井段、分布及原因。

#### 7. 结论与建议

评价性看法、储量计算、含油气远景评价、试油层位。



## 1. 附表

- ① 钻井基本数据表。
- ② 地质录井及地球物理测井统计表。
- ③ 钻井取心统计表。
- ④ 气测异常显示数据表。
- ⑤ 岩屑热解色谱解释成果表。
- ⑥ 地层压力解释成果表。
- ⑦ 碎屑岩油气显示综合表。
- ⑧ 非碎屑岩油气显示综合表。
- ⑨ 电缆重复测试(RFT)数据表。
- ⑩ 钻杆测试(DST)数据表。
- (11) 地温梯度数据表。
- (12) 分析化验统计表。
- (13) 井史资料。

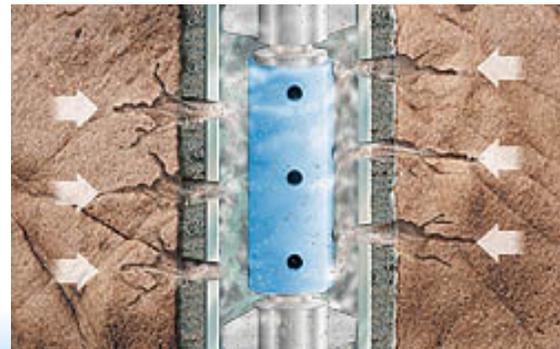
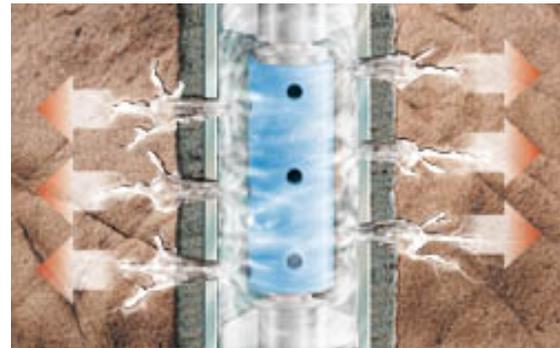
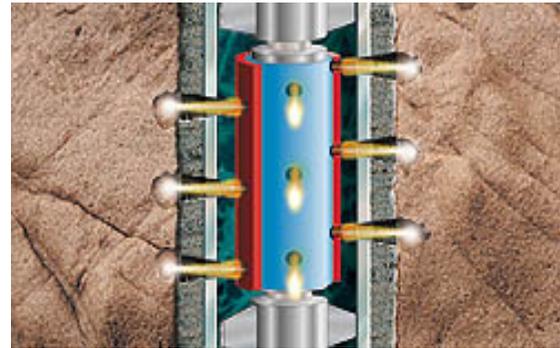
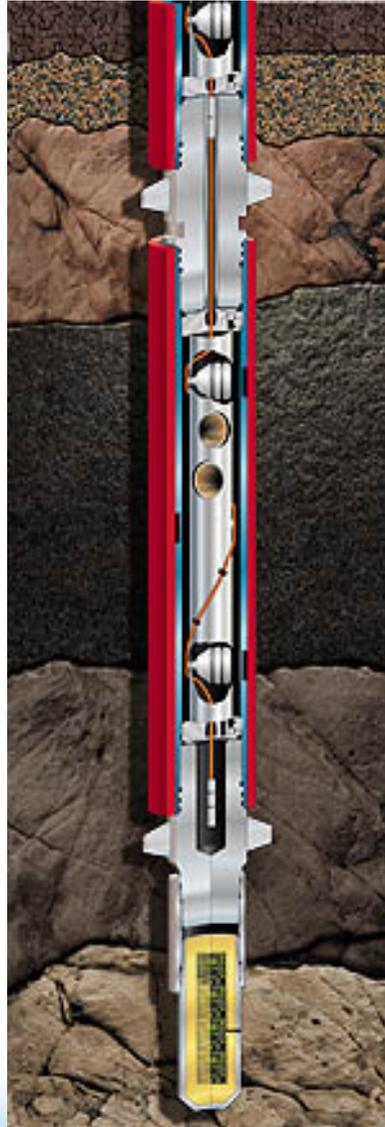
## 2. 附图

- ① 碎屑岩综合录井图(1: 500)。
- ② 碳酸盐岩综合录井图  
(1: 500, 1: 200)。
- ③ 碎屑岩岩心综合图(1: 100)。
- ④ 碳酸盐岩岩心综合图(1: 100)。
- ⑤ 气测录井图(1: 500)。
- ⑥ 井斜水平投影图(附井斜数据表),



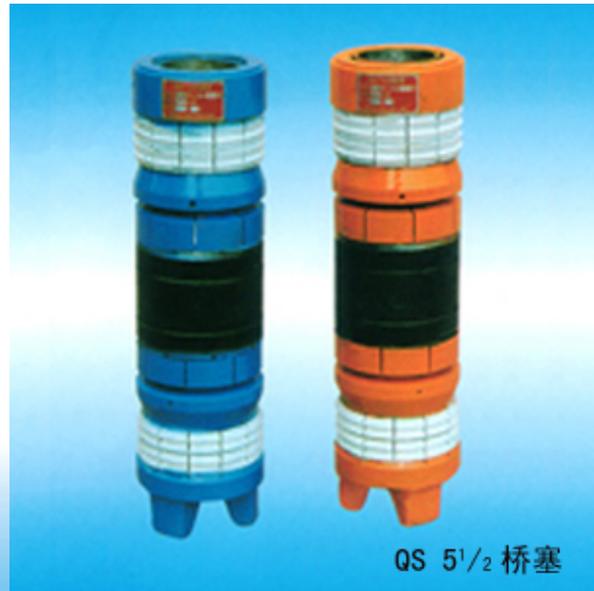
# 四、射孔

射孔完成





- 射孔
- 补孔
- 封堵：桥塞、挤灰、封隔器
- 人工井底



QS 5 1/2 桥塞 完 3F





## 第三节 录井

一

岩屑录井

二

岩心录井

三

钻时录井

四

地化录井

五

综合录井



钻井过程与资料录取

地球科学学院 3RG 尹太举 2009



## 常规录井

- 岩屑录井
- 岩芯录井
- 钻时录井
- 荧光录井
- 钻井液性能录井
- 罐装气录井
- 地化录井

人工  
方式

## 综合录井仪录井

- 工程参数录井
- 泥浆参数录井
- 气测参数录井

自动  
方式





# 一、岩屑录井

※地下的岩石被钻头破碎后，随泥浆被带到地面上，这些岩石碎块叫**岩屑**，又常称为“砂样”。

※在钻井过程中，地质人员按照一定的取样间距和迟到时间，连续收集与观察岩屑并恢复地下地质剖面的过程，称**岩屑录井**。



※**主要作用**：可以掌握井下地层层序、岩性；初步了解地层含油气水情况。

※**特点(优点)**：成本低、简便、了解地下情况及时、资料系统性强等。



# 岩屑录井要点

1、获取有代表性的岩屑

2、岩屑录取

3、岩屑描述方法及步骤

4、资料整理



# 1、获取有代表性的岩屑

※要获取代表性岩屑，必须井深和迟到时间准确。

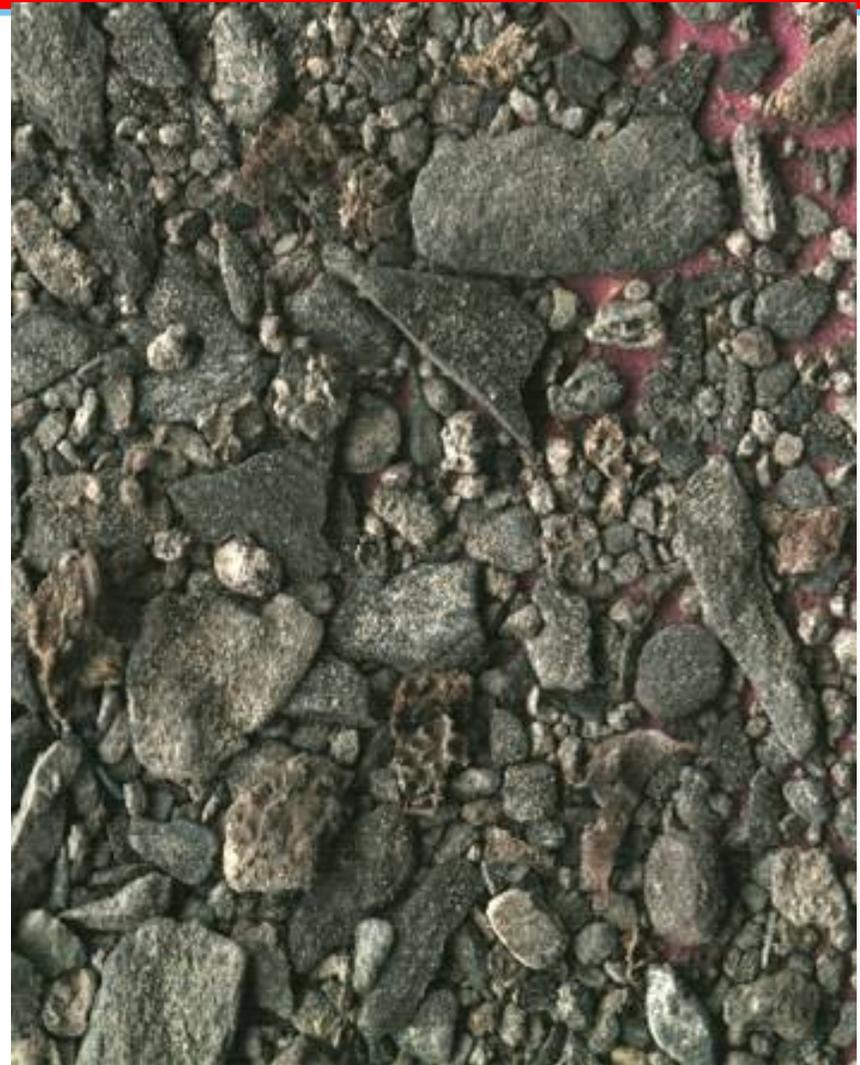
●井深准确——必须丈量好下井钻具；

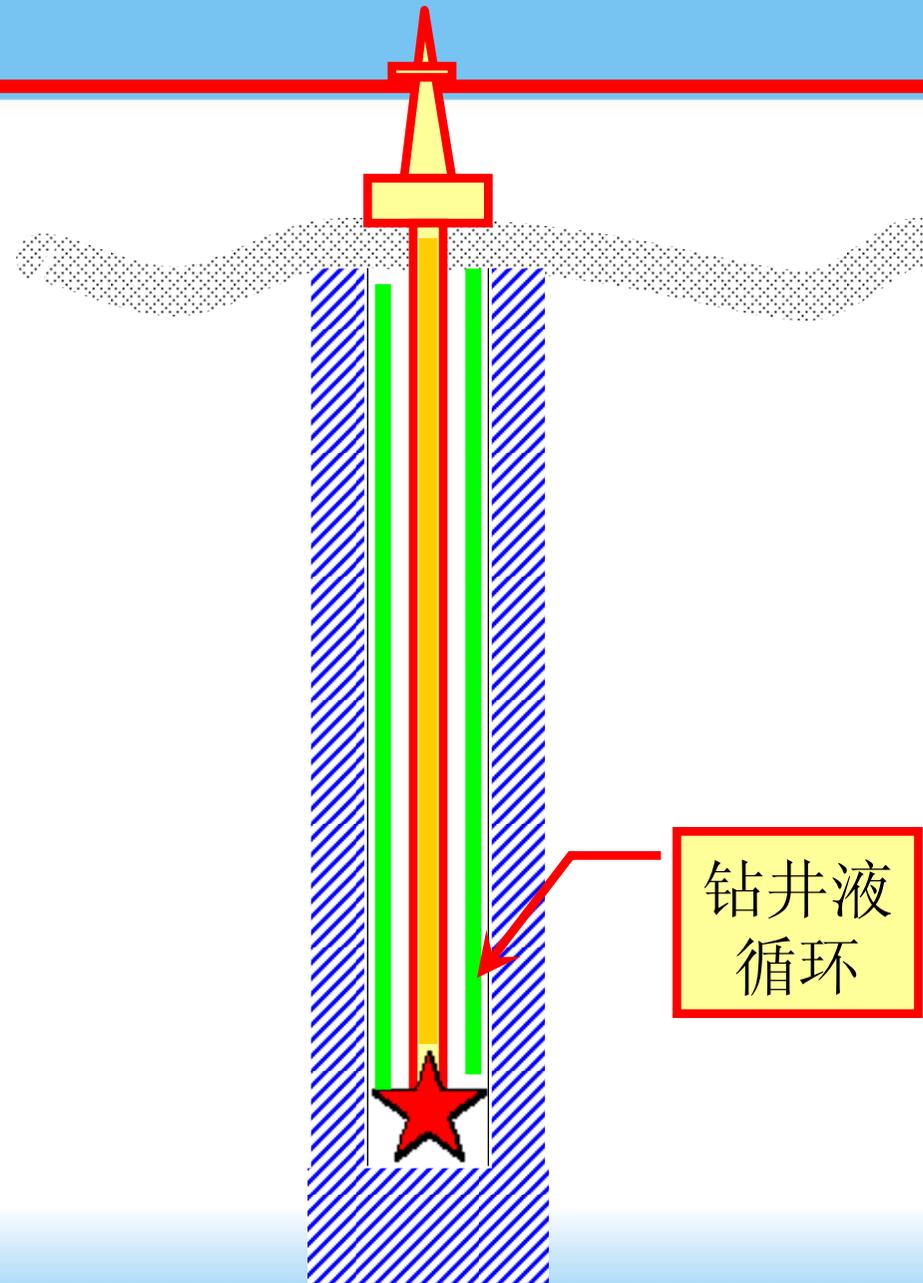
●迟到时间准——必须按一定间距测准岩屑迟到时间。

迟到时间——岩屑从井底返至井口的时间。

●常用的测定迟到时间的方法有：

▲理论计算法 ▲实物测定法 ▲特殊岩性法





钻井液  
循环

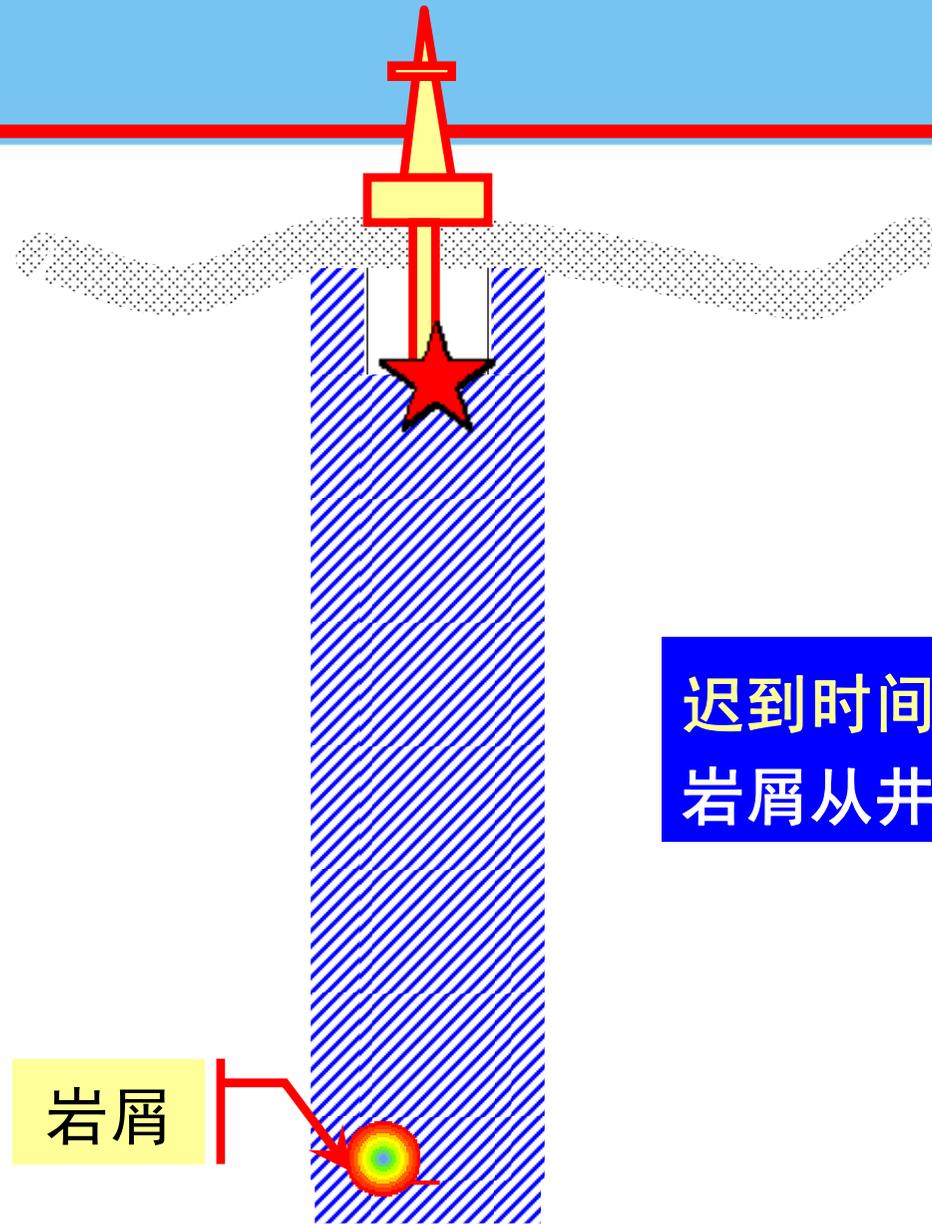
动



空心



井筒里没有  
钻井液了



迟到时间：  
岩屑从井底返出的时间

动



## (1) 理论计算法

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4Q} \cdot H$$

t--岩屑**迟到时间**, min

V--井眼与钻杆之间的**环形空间容积**, m<sup>3</sup>

Q--钻井泵排量, m<sup>3</sup>/min

D--井径, 即钻头直径, m

d--钻杆外径, m          H--井深, m

※ 计算时**未考虑岩屑在泥浆中的下沉** ( $\rho_{\text{岩屑}} > \rho_{\text{泥浆}}$ ),  
→ **理论计算结果与实际迟到时间不一致** (比实际小), 仅供参考

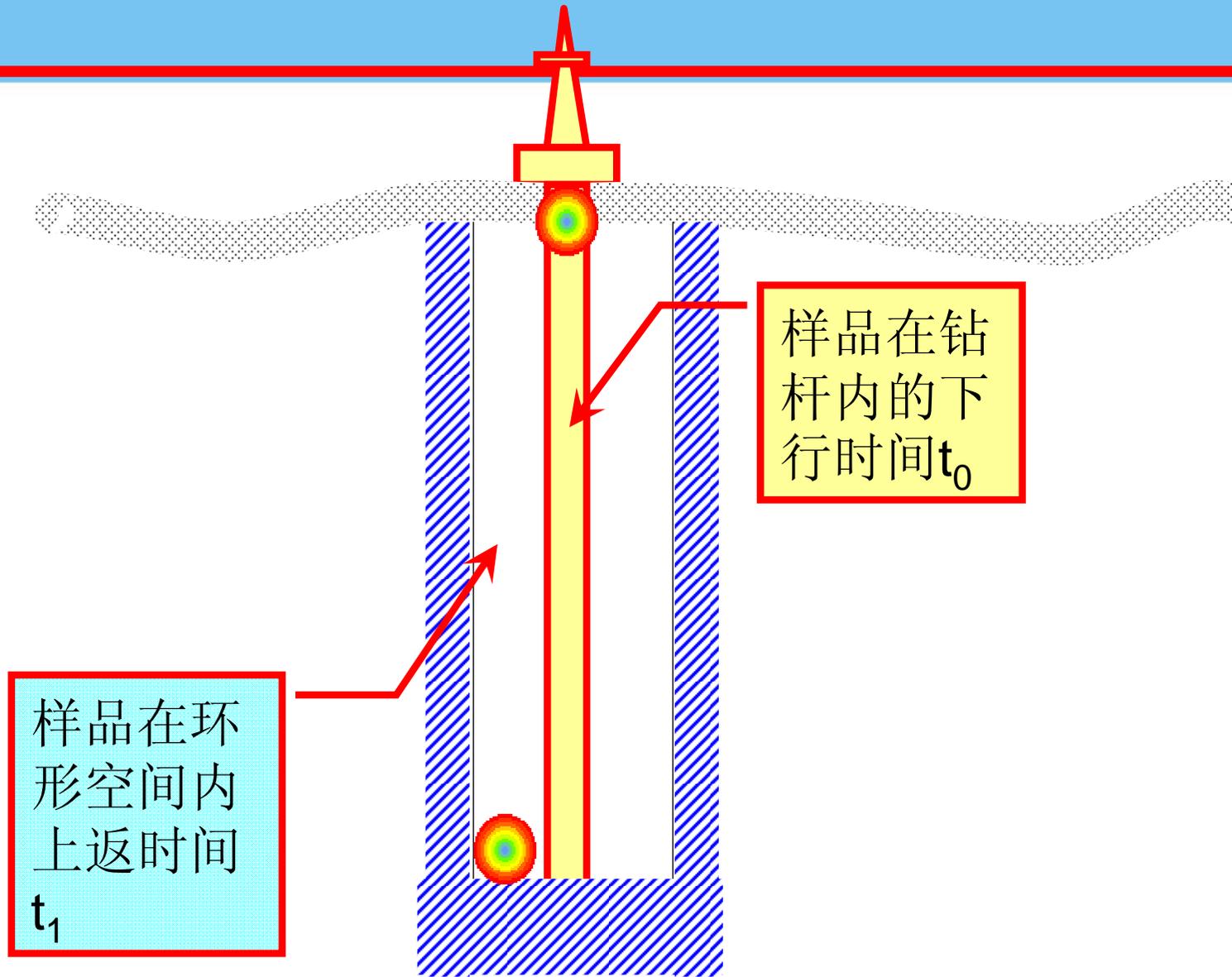


## (2) 实物测定法

选用与岩屑大小、密度相近的物质(红砖块、白瓷碎片), 在接单根时投入钻杆内。记下投入后开泵时间, 及投入物开始返出时间, 该两个时间之差—实物循环周期  $t$ 。

$$t = t_0 + t_1 \quad \longrightarrow \quad t_1 = t - t_0$$

循环周期  $t$       实物沿钻杆下行到井底的时间  $t_0$       从井底至井口时间 (迟到时间)  $t_1$



动



- ▲ 实物与地层密度相似或接近，所测迟到时间较准确
- ▲ 颜色鲜艳，易辨认
- ▲ 实物沿钻杆下行到井底的时间 $t_0$ :

$$t_0 = \frac{V_1 + V_2}{Q} = \frac{\pi d_1^2}{4Q} \cdot L_1 + \frac{\pi d_2^2}{4Q} \cdot L_2$$

**钻铤**—上接钻杆、下接钻头，提供钻压以破碎岩石。

$V_1$ 、 $V_2$ —钻杆和钻铤的内容积(查表而得)， $m^3$   
 $d_1$ 、 $d_2$ —钻杆和钻铤的内径， $m$   
 $L_1$ 、 $L_2$ —钻杆和钻铤的长度， $m$   
 $Q$ —泥浆排量， $m^3/min$



### (3) 特殊岩性法

利用大段单一岩性中的特殊岩层

- ▲ 大段砂岩中的泥岩
- ▲ 大段泥岩中的灰岩
- ▲ 大段泥岩中的砂岩等

▲ 钻时(曲线)配合——特殊岩层表现出特高或特低值:

- 记录钻遇时间
  - 上返至井口时间
- } → 二者之差即为迟到时间

**需要注意:** 迟到时间随井深加大而延长 → 一般每隔一定的间隔测算一次迟到时间, 作为该间距内的迟到时间。



## 2、岩屑录取

捞取岩屑—清洗—荧光直照—烘晒岩屑（挑样）

(1)捞取岩屑按录井间距、迟到时间在震动筛前取样

(2)清洗因岩性而定，以不漏掉或破坏岩屑为原则

※致密坚硬的石灰岩、砂岩→可淘洗或冲洗

※软泥岩及松散砂岩等→只能用盆轻轻漂洗



取样盆



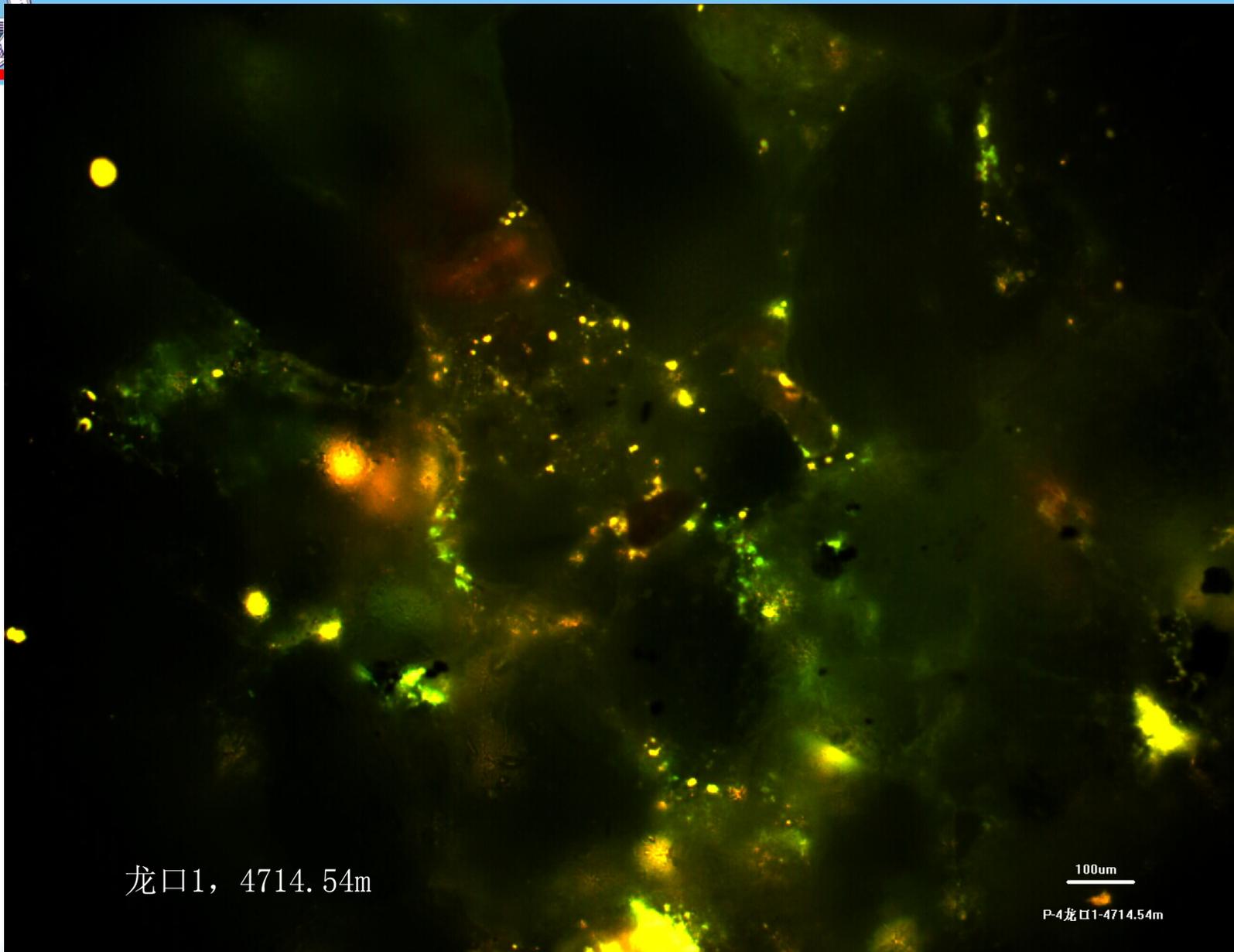


**(3) 荧光直照**—岩屑洗净后，立即进行荧光湿照和滴照；晾干后进行荧光直照（干照）；

**(4) 烘晒岩屑**—最好自然晾干；来不及可烘烤；含油气试验及生油条件分析的岩样，严禁烘烤。

▲ **样品保存（装袋）**：洗净的干样，每袋  $\geq 500\text{g}$

▲ **分析化验样品的取样**：一般  $100\text{g} \pm$ 。



龙口1, 4714.54m

100um

P-4龙口1-4714.54m



2007 3 7





# 3、岩屑描述方法及步骤

- (1) **岩屑鉴别**——真假岩屑识别
- (2) **岩屑描述**（方法）
- (3) **碳酸盐岩、火成岩、变质岩中缝洞发育情况描述**





## (1)岩屑鉴别—真假岩屑识别

在钻井过程中，由于裸眼井段长、泥浆性能变化及钻具在井内频繁活动等因素影响，使已钻过的上部岩层经常从井壁剥落下来，混杂于来自井底的岩屑之中。

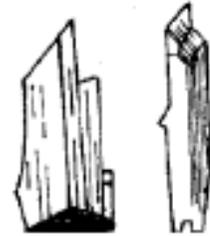
- 观察岩屑的色调和形状
- 注意新成分的出现
- 从各种岩屑的百分含量变化识别
- 利用钻时(对区别砂、泥岩、灰质岩比较准确)、气测(识别油、气层)等资料验证



## ▲观察岩屑的色调和形状识别 真假岩屑

色调新鲜，形状呈多棱角状  
或呈片状者，通常是新钻开地  
层的岩屑；

圆形、岩屑表面色调模糊或  
块较大者，一般为滞留岩屑或  
垮塌。



新钻页岩



残留岩屑



新钻灰岩



垮塌岩屑



新钻泥岩

各类岩屑形状示意图



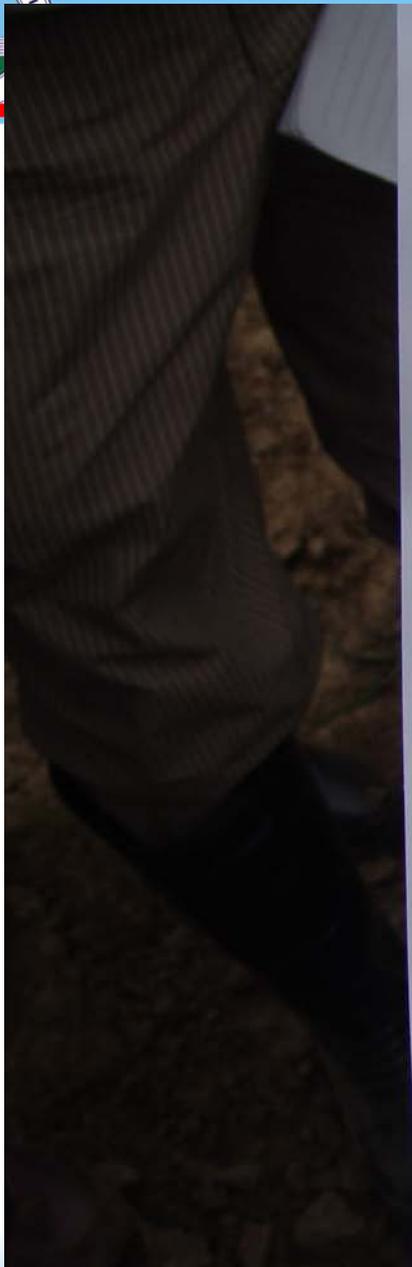
## (2)岩屑描述（方法）

- ① **大段摊开，宏观观察**——大致找出颜色和岩性有无界线；
- ② **远看颜色，近查岩性**——远看颜色易于区分颜色界线；
- ③ **干湿结合，挑分岩性**——岩屑颜色均以晒干后色调为准；
- ④ **分层定名，按层描述**——参考钻时曲线，进一步查清岩层顶、底界，**卡出分层**，对各层代表岩样进行描述。



## ※“卡层”原则:

- ▲ 根据不同岩性的**数量**变化进行卡层;
- ▲ 在大段单一岩性中, 有新成分出现; 或在同一岩性内颜色有变化时; **应单独卡层**;
- ▲ 以**0.5m**为单层厚度的最小单位—小于0.5m的岩层在岩屑中常不明显, 在绘图时不宜表示。
- 定单层深度应与**钻时曲线**相对应。特别是在砂泥岩剖面中, 利用低钻时卡出**渗透性砂岩层**效果较好。



2920	2930	无色盐岩
2930	2931	灰褐色油浸泥岩
2931	2937	灰色泥岩
2937	2939	灰色膏质泥岩
2939	2945	灰色泥岩
2945	2949	灰白色膏质粉砂岩
2949	2954	灰色泥岩
2954	2956	褐灰色油迹粉砂岩
2956	2960	灰色泥岩
2960	2963	灰色粉砂岩
2963	2966	灰色泥岩
2966	2969	灰色砂质泥岩
2969	2970	灰色泥岩
2970	2973	灰色砂质泥岩
2973	2974	灰色泥质粉砂岩
2974	2975	灰色泥岩
2975	2980	灰色砂质泥岩
2980	2982	灰色泥岩
2982	2984	灰色砂质泥岩
2984	2985	灰色粉砂岩
2985	2987	灰色泥岩
2987	2988	灰色泥质粉砂岩
2988	2989	灰色泥岩
2989	2990	灰色粉砂岩
2990	2991	灰色泥岩
2991	2992	灰色砂质泥岩
2992	2994	灰色泥岩
2994	2995	灰色粉砂岩
2995	2996	灰色泥岩
2996	2998	灰色粉砂岩
2998	3000	灰色泥岩
3000	3001	灰色砂质泥岩
3001	3005	灰色泥岩

2007 3 8



### (3)碳酸盐岩、火成岩、变质岩中缝洞发育情况描述

缝洞不能通过岩屑直接看到，可根据一些特殊标志(充填物—主要为次生矿物)间接推断岩石缝洞发育情况。

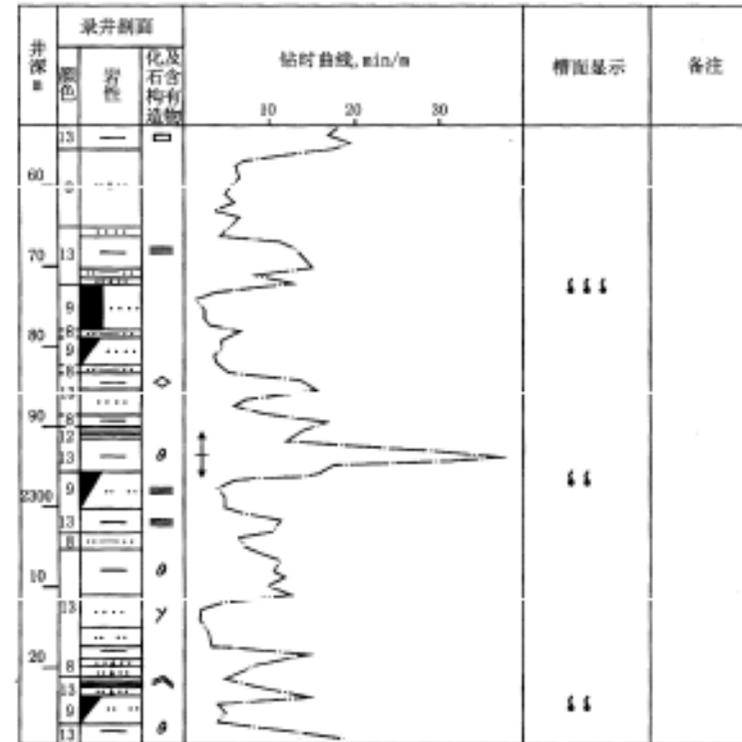
- 次生矿物越多，缝洞就愈发育—但可能存在死缝、死洞。
- 次生矿物的结晶程度能反映缝洞发育的有效程度：
  - ▲自形晶或半自形晶发育→说明缝洞空间大，连通性好；
  - ▲它形晶发育→表明缝洞小，连通性差。







- 1) 岩屑录井草图 ✓
- 2) 岩屑百分比图 ✓
- 3) 岩屑综合录井图 ✓
- 4) 实物剖面



一般岩屑录井草图 P<sub>19</sub>



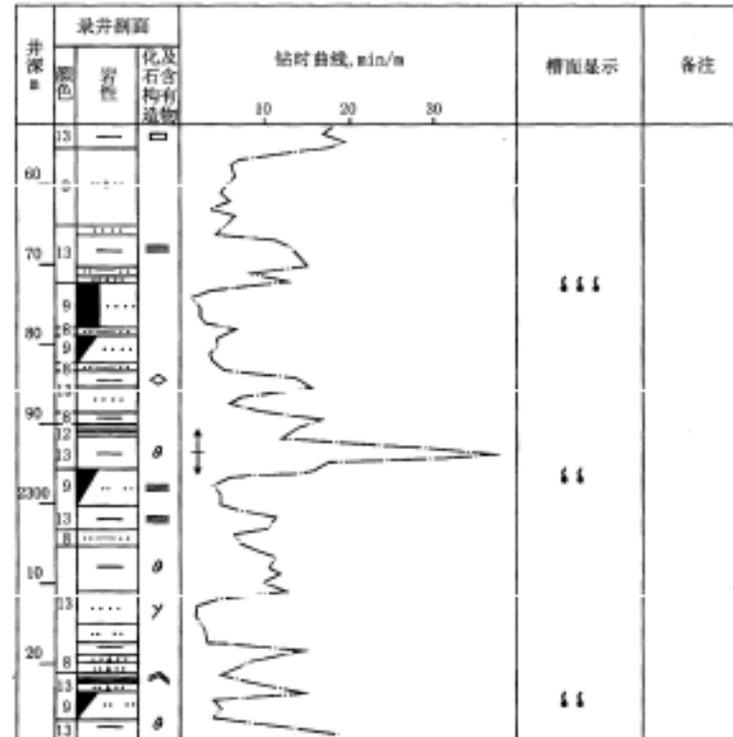
# 4、资料整理

## 1) 岩屑录井草图及其应用

岩屑录井草图一般包括:

- ▲ 录井剖面      ▲ 钻时曲线
- ▲ 槽面显示, 等
- ▲ 比例尺 1: 500。

- ① 用于地层对比
- ② 为电测解释提供地质依据
- ③ 是编绘综合录井图的基础
- ④ 制作实物剖面等
- ⑤ 为钻井工程提供资料



一般岩屑录井草图 P<sub>19</sub>



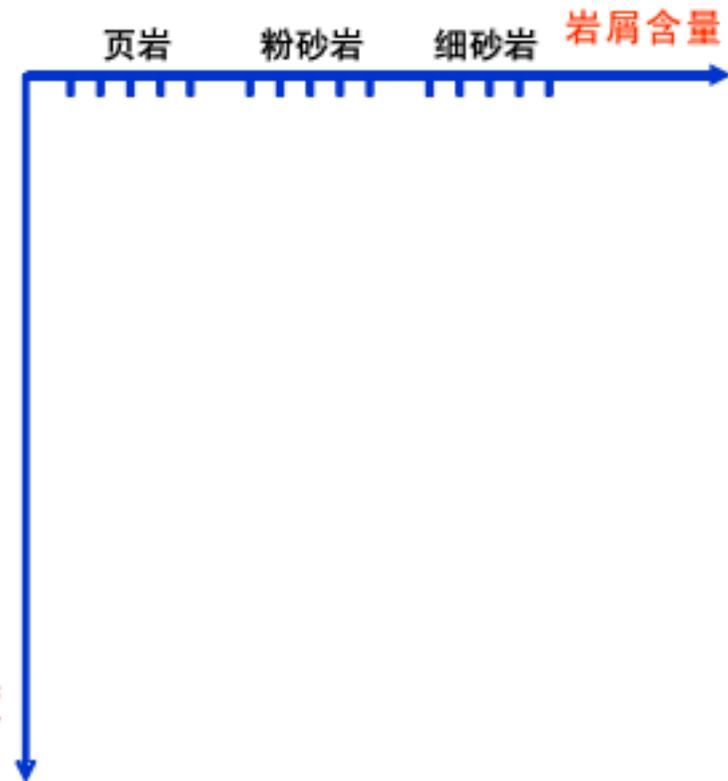
## 2、岩屑百分比图

▲ 岩屑百分比图是建立井身剖面的主要依据。

绘制方法：

将有代表性的岩屑，  
按目估法确定每包岩屑中  
不同岩性的百分含量；  
按深度绘出各种岩性  
岩屑的百分比。

深度





## 岩屑解释剖面的用途--4个方面

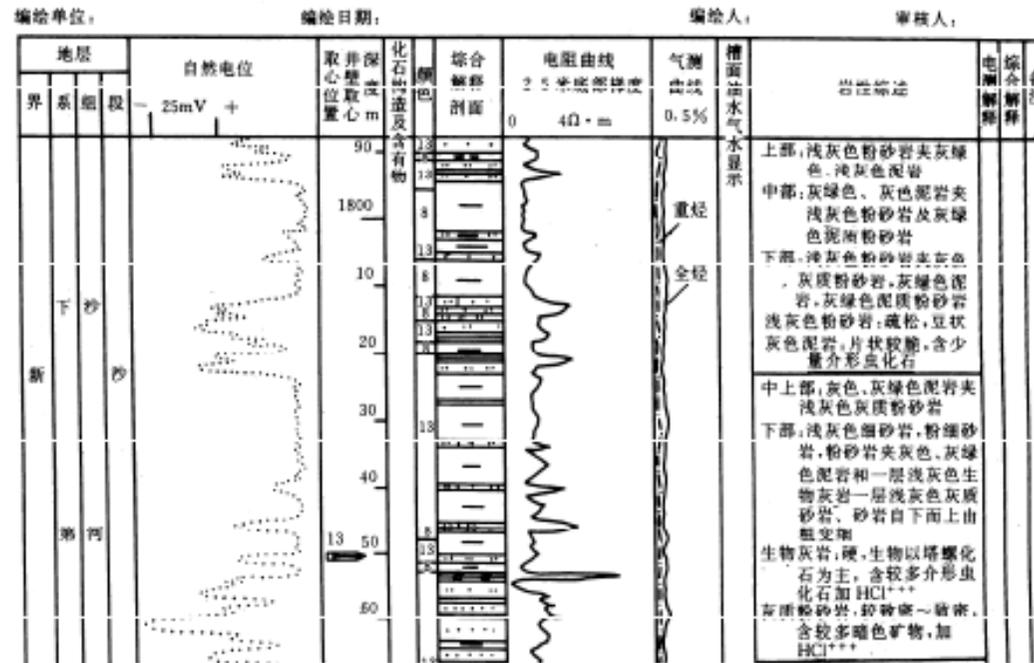
--应用时尽可能与钻时、泥浆等录井资料相结合

- ① **进行地层对比**：把岩屑解释剖面与邻井对比，可及时了解本井地层剖面的岩性特征、钻遇层位、正钻层位；**检查和验证本井设计地质剖面**的符合程度，等等。
- ② **为测井解释提供地质依据，提高测井解释可靠性。**  
对复杂油气藏，仅凭测井曲线解释岩性和油气层往往很困难。
- ③ **分析与地质有关工程事故原因，制定有效处理措施**；  
是进行**中途测试、完井作业**的重要依据之一。
- ④ 是**编制完井总结图**的基础，直接影响总结图的质量。



### 3) 岩屑综合录井图的编绘

以岩屑录井草图为基础，结合测井曲线综合解释绘制而成，比例尺1：500(开发井一般只作油层井段1：200综合录井图)。





## 岩屑综合录井图—编绘步骤

由于岩屑录井和钻时录井的影响因素较多，在编图时，应根据测井曲线进行岩屑定层归位。具体步骤包括：

- (1)校正深度
- (2)复查岩屑，落实剖面
- (3)综合剖面的解释

### (1)校正深度

主要依靠钻时曲线与电测曲线之间的深度差值，将岩性剖面上提或下放。

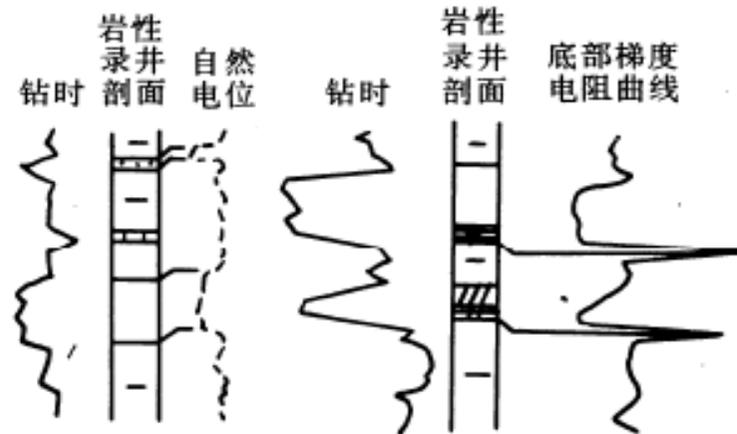


图 1-22 岩屑深度校正



## (2) 复查岩屑，落实剖面

岩屑录井的岩性与电测解释的岩性若不符，应分析测井曲线和复查岩屑，找出原因进行修正。

▲ 电测解释中不存在的岩层，

复查发现岩屑、钻时变化不明显的层段→应该取消；若岩屑、钻时的变化很清楚、可靠→要保留；

▲ 井壁取心与岩屑、电性有矛盾时→按条带或薄夹层处理。

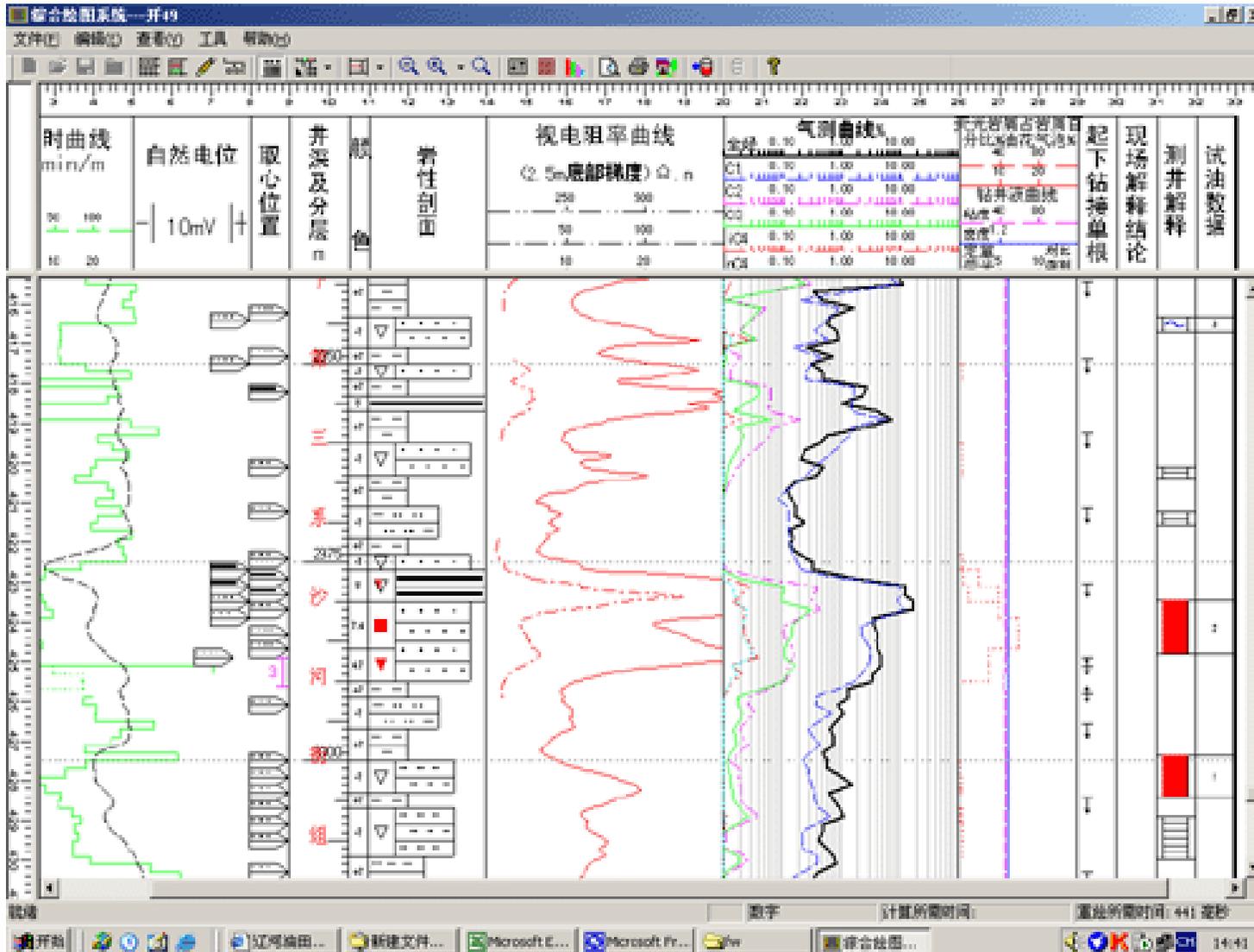


## 综合解释需注意下列四个方面问题：

- ①综合解释必须参考**组合测井资料**，提高解释精度。
- ②**单层厚度 $<0.5\text{m}$** ：一般岩性不作解释，综述中叙述；对特殊岩性、标准层及油气显示层，要解释。
- ③除油气层、砂层的深度、厚度解释应与组合测井解释深度和厚度一致外，其他岩层解释界限可画在**整毫米格**上。
- ④岩性综述—**分小段地层描述**，包括岩性、颜色、结构、构造特点以及纵向变化规律等。



# 计算机编制的岩屑录井草图



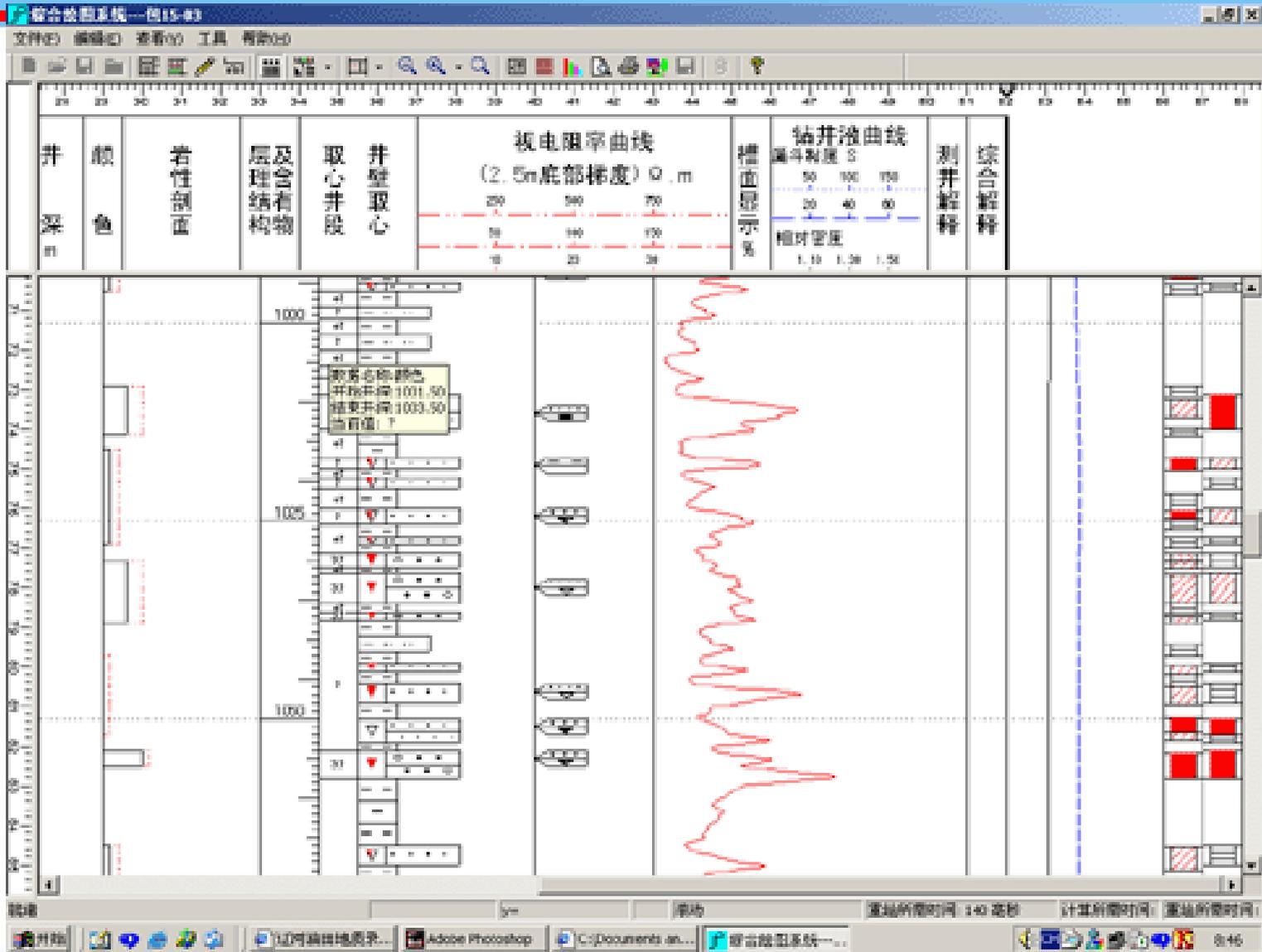


# 实物剖面制作 (1: 500)

地层时代	井深 (m)	实物剖面	油气显示	岩石定名	综合描述
石炭系	40			—	<p>本段以浅灰色粉砂岩为主，夹4层8m灰绿色泥岩，5988n为一颜色界线，以下为棕色粉砂质泥岩、粉砂岩和褐色粉砂岩、灰质粉砂岩。</p> <p>粉砂岩：泥钙质胶结中等。</p> <p>粉砂质泥岩：性硬，粉砂质分布均匀。</p> <p>灰质粉砂岩：钙质胶结较致密，滴盐酸起泡强烈。</p> <p>泥岩：性硬、脆、吸水性差。</p>
				—	
				—	
				—	
				—	
				—	
				—	
				—	
				—	
				—	
	50			—	
	60			—	
	70			—	
	80			—	
	90			—	
	6000			—	



# 岩屑综合录井图 (1: 500)





## 二、岩心录井

1、取心工具

2、取心设计

3、取心资料收集和岩心整理

4、岩心描述

5、岩心录井草图的编绘

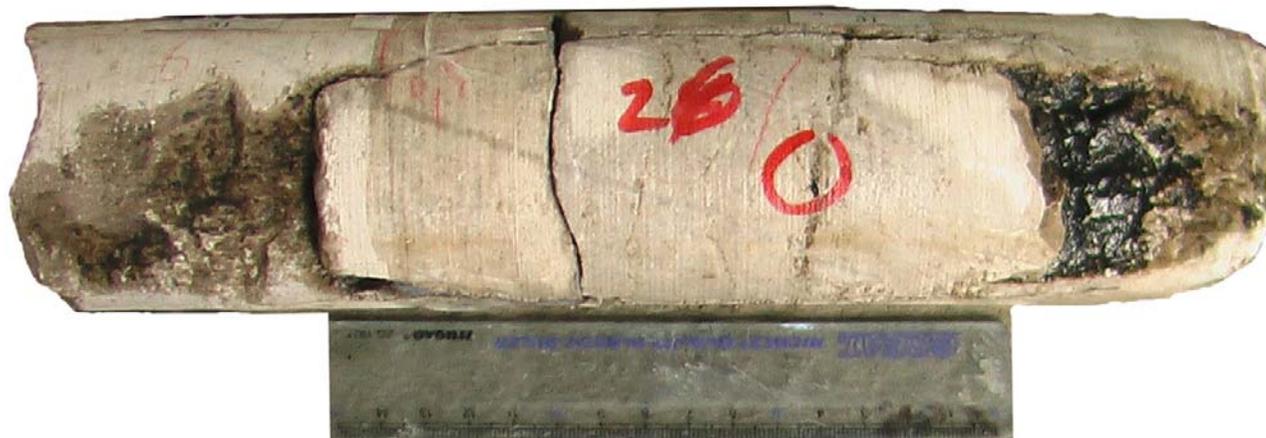
6、岩心综合录井图的编制

7、岩心图像采集

8、井壁取心



岩性  
储集物性  
生油地化  
结构  
构造  
含油气



LG43 井 5742.41-5742.69 米的含油裂隙

用取心工具将岩石从井底取起来，这个过程叫取心



- 通过岩心分析，可以获取如下资料或信息：
  - ▲ 古生物特征； ▲ 确定地层时代； ▲ 进行地层对比；
  - ▲ 研究储层岩性、物性、电性、含油气性—四性关系研究；
  - ▲ 掌握生油层特征及其地化指标；
  - ▲ 观察岩心的岩性、沉积构造，恢复沉积环境；
  - ▲ 了解构造和断裂情况，如地层倾角、地层接触关系、断层位置
  - ▲ 检查开发效果，了解开发过程中所必须的资料数据。



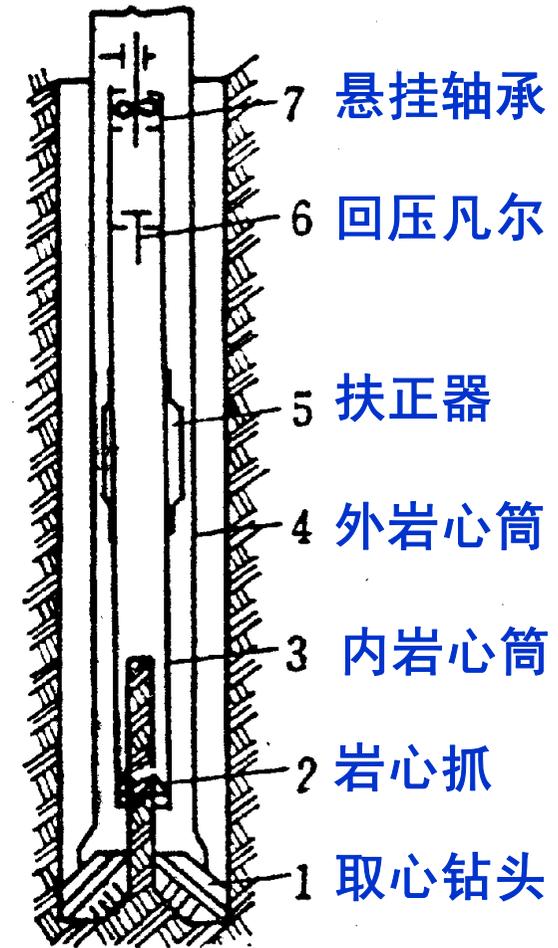
# 1 取心工具

常用取心工具

▲ 单筒取心工具

▲ 双筒取心工具  
主要组成

取心钻头  
内岩心筒  
外岩心筒  
岩心抓  
分水接头



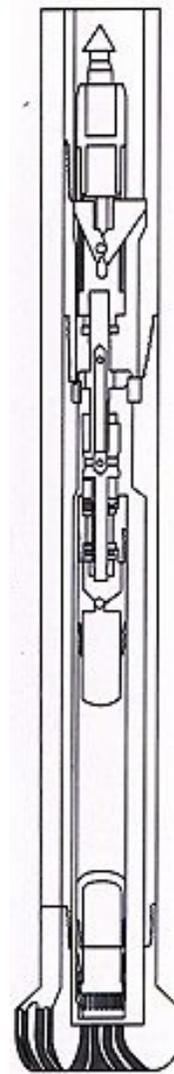
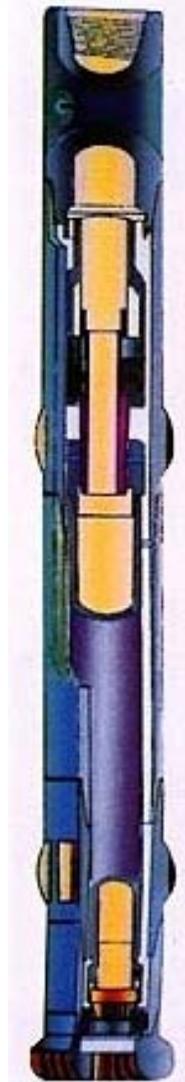
取心钻具结构示意图



取心  
钻头



取心  
工具





## 2、取心井段设计

取心成本高、钻速慢、技术复杂，勘探开发过程中不可能布置很多取心井。在确定取心井段时应遵循以下**4条原则**：

**(1) 新探区第一批井，应适当安排取心**，以便了解新区的地层、构造及生储油条件。

**(2) 勘探阶段取心应注意点面结合**（**少数井或分段取芯**），以获得全区地层、构造、含油性、储油物性、岩-电关系等资料。



(3) **开发阶段**的检查井则根据取心目的而定。如注水开发井，为了查明**注水效果**，常在水淹区布置取心。

(4) **特殊目的**取心井，根据具体情况具体确定。如：

➤为了解决地层**岩性**、地层时代 临时决定取心 等。

➤为了解**断层**情况，取心井应穿过断层；



### 3、取心资料收集和岩心整理

- (1) 取心资料收集
- (2) 丈量“顶空、底空”
- (3) 岩心出筒
- (4) 岩心丈量
- (5) 计算岩心收获率
- (6) 岩心编号



## (1) 取心资料收集

- ▲ 取心钻进前后：**丈量方入**，准确算出进尺；
  - ※ **方入**—**方钻杆**在转盘以下的长度。

- ▲ 取心过程中，记钻时、捞取砂样；

◆ **可以与邻井对比**  
**确定割心位置；**

◆ 当岩心收获率很低时，**可以帮助判断所钻地层岩性。**

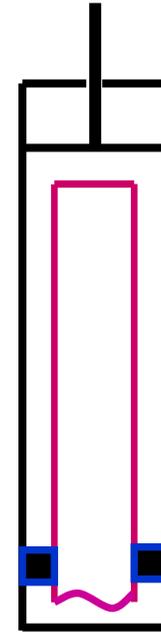
- ▲ 并要特别注意观察泥浆槽面的油气显示情况。



## (2) 丈量“顶空、底空”

**“底空”**—岩心筒底部或下部**无岩心的空间长度**，判断井内是否有余心。（**先量底空**）

**“顶空”**—岩心筒顶部或上部**无岩心空间长度**。（**后量顶空**）



**丈量目的：**确切了解岩心在井下的位置，以便在岩心归位时判断岩心所处深度；**初步判断岩心收获率。**



### (3) 岩心出筒

★ 先出底部、上下顺序不乱、保证岩心完整。

※ 油浸级以上的岩心不能用水洗，用刀刮去岩心表面钻井液，并注意观察含油岩心渗油、冒气和含水情况，并详细记录，必要时应封蜡送化验室分析。

※ 岩心全部出筒后要进行清洗；

※ 密闭取心井的岩心出筒后→清理密闭液后，立即进行丈量，涂漆编号，并及时取样化验分析(2小时内完成)。



## (4) 岩心丈量

首先，判断是否有“假岩心”，如有**应扣除假岩心**。

“假岩心”——一般出现于筒的顶部，可能为井壁垮塌、余心碎块、泥饼等。

**丈量时：**摆放要合理——要对好断面、使茬口吻合等；  
长度读至厘米——一次丈量岩心，精确到cm；  
用红铅笔划一条丈量线；  
自上而下作出累积的半米及整米记号；  
每个自然断块画出一个指向钻头的箭头。





## (5) 计算岩心收获率

**岩心收获率**：表示岩心录井资料**可靠程度**和**钻井工艺水平**的一项重要技术指标。

每取1筒岩心  
计算1次收获率

$$\text{岩心收获率 } \eta = \frac{\text{岩心长度}}{\text{取心进尺}} \times 100\%$$

1口井取心完成后  
计算总收获率

$$\text{岩心总收获率} = \frac{\text{累计岩心长度}}{\text{累计取心进尺}} \times 100\%$$

岩心收获率： $\eta$  一般  $< 100\%$ ； $\eta = 100\%$  连根割心  
 $\eta > 1$  余心被套上取出



## (6) 岩心编号

- 自上→下、由左→右 (以写有井号一侧为下方) 依次装入岩心盒内，然后进行涂漆编号——编号密度原则上按20cm 1个，按其自然断块自上而下逐块编号。
- 岩心盒内筒次之间用隔板隔开，并贴上岩心标签，注明筒次、深度、长度及块数，以便区别和检查。





## 4、岩心描述

观察描述岩心是一项**细致的地质基础工作**——要全面观察、重点突出，而且要及时（避免油气逸散挥发而漏失资料）。

(1) 岩心的油气水观察

- ① 岩心含气观察
- ② 岩心含油实验

(2) 岩心含油级别的确定

(3) 岩心描述内容



## 岩心含气实验（略）

## 岩心含油实验

- I、含水观察
- II、滴水试验法
- III、荧光试验法
- IV、丙酮—水试验
- V、油—酸反应
- VI、塑料袋密封试验



## I、含水观察

直接观察岩心新鲜面湿润程度。

湿润程度可分为**3级**：

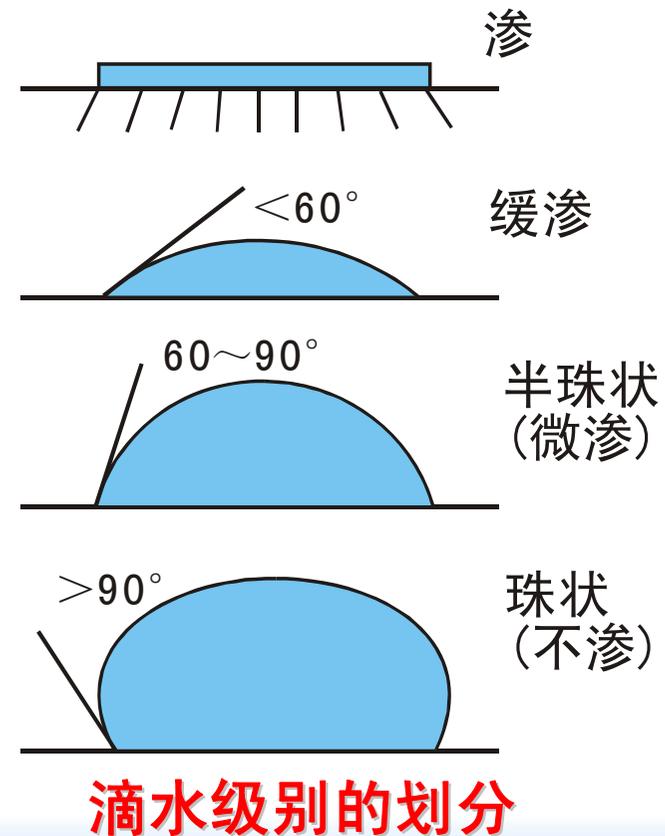
- ▲ **湿润**：明显含水，可见水外渗；
- ▲ **有潮感**：含水不明显，手触有潮感；
- ▲ **干燥**：不见含水，手触无潮感。



## II、滴水试验法

滴一滴水在含油岩心**平整的新鲜面上**，观察水滴的形状和渗入速度，以其在**1分钟之内**的变化为准分为**4级**：

- ▲ **渗**：滴水立即渗入 → **含油水层**
- ▲ **缓渗**：水滴呈凸镜状，**浸润角**  $< 60^\circ$ ，扩散渗入慢 → **油水层**
- ▲ **半球状**：水滴呈半球状，**浸润角**  $60 \sim 90^\circ$  之间，**微渗** → **含水油层**
- ▲ **珠状**：水滴不渗，呈圆珠状，**浸润角**  $> 90^\circ$  → **油层**







### III、荧光试验法

现场常用的荧光分析法有4种(后讲):

- ◆ 系列对比法
- ◆ 毛细管分析法
- ◆ 直照法
- ◆ 滴照法

根据石油的荧光性，依据发光颜色的不同来确定物质的性质。

- ▲ 油：淡青、黄色
- ▲ 焦油：黄、褐(橙)色
- ▲ 沥青：淡青、黄、褐、棕色
- ▲ 地沥青：淡黄、棕色



## (2) 岩心含油级别的确定

主要依靠**含油面积大小**和**含油饱满程度**来确定。

◆ 含油饱满程度(分级)

◆ 含油面积大小(分级)

根据储集层

储油特性不同

孔隙性含油级别—  
碎屑岩含油级别

缝洞性含油级别—  
碳酸盐岩含油级别

※ **含油面积百分数**：指将岩心沿轴面劈开，**新劈开面上含油部分所占面积的百分比**。



## 岩心含油级别的确定

### ① 含油饱满程度

通过观察岩心光泽、污手程度、滴水试验等可以判断含油饱满程度。一般分3级：**含油饱满、较饱满、不饱满**

<b>含油饱满</b>	孔隙全部被油饱和	新劈面原油外渗	颜色一般较深	油脂感强	油味浓	滴水不渗	污手
<b>含油较饱满</b>	孔隙充满油			光泽较差	油味较浓	滴水不渗	捻碎后污手
<b>含油不饱满</b>	孔隙部分充油		颜色较浅不均匀	油脂感差		滴水微渗	不污手



## ② 孔隙性含油 —— 碎屑岩含油级别

以岩石颗粒骨架间分散孔隙为原油储集场所，以岩性层为单位，**以新鲜面的含油情况为准**，分**6级**：

**I 饱含油**：>95%截面含油，含油均匀、饱满

**II 富含油**：>75%截面含油，含油均匀

**III 油浸**：>40%截面含油，含油不均匀

**V 油迹**：<5%截面含油，含油呈零散斑点状

**IV 油斑**：40%~5%截面含油，含油部分呈斑状、条带状

**VI 荧光**：肉眼看不到原油，荧光检测有显示



### ③ 缝洞性含油 —— 碳酸盐岩含油级别

缝洞性含油：以岩石的裂缝、溶洞、晶洞作为原油储集场所；岩心以缝洞的含油情况为准，分为以下4级：

- I 富含油：≥50%以上的缝洞壁上见原油
- II 油斑：50%~10% (含10%) 的缝洞壁上见原油
- III 油迹：<10%的缝洞壁上见原油
- IV 荧光：缝洞壁上看不到原油，荧光检测有显示



# 岩心描述记录

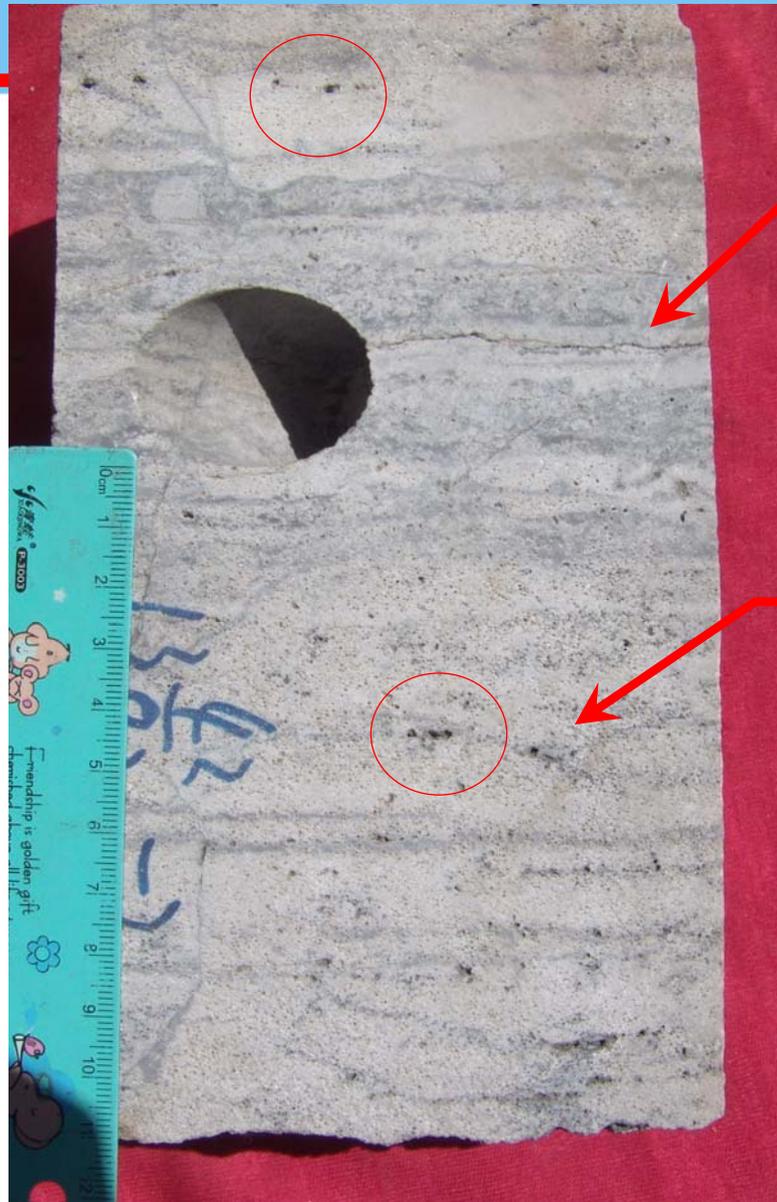
10~5703.64 m 进尺: 2.64 m 心长: 2.60 m 收获率: 98.5%  
 m 油浸: m 油斑: m 油迹: 荧光: m 含气: m 含油气长: m

岩样长度m	岩性定名	岩性描述
距顶位置m		缝洞特征及含油气情况描述
	杂色中砾岩	砾石成分以石英砾为主, 次为燧石砾、泥砾, 少量灰岩砾, 砾石直径最大70×100mm, 最小3×5mm, 一般20×50mm, 呈次圆状, 杂乱分布。砾间被不等粒砂质及泥质充填, 砂粒成分以石英为主, 次为岩屑。泥灰质胶结(碳酸盐含量19%), 致密。无水湿感, 滴水局部微渗。含气试验未见气泡。岩心直、喷照无荧光, 系列对比: 2级。
	绿灰色泥质粉砂岩	灰泥质胶结(碳酸盐含量5%), 中等。泥质分布不均, 中上部泥质略重, 自上而下砂粒由细粗, 下部偶见灰白色灰岩砾, 砾石直径1×5mm, 底部3cm内见泥砾、灰岩砾, 石英砾, 最大20×40mm, 最小2×4mm, 一般10×20mm, 次棱角状, 杂乱分布。无水湿感, 无咸味, 滴水微渗。含气试验未见气泡。岩心直、喷照无荧光, 系列对比: 2级。
	杂色中砾岩	砾石成分以细砂岩及石英砾为主, 次为燧石砾、泥砾, 少量灰岩砾, 各类砾石大小不均, 最大80×100mm, 最小2×3mm, 一般20×50mm, 多呈次圆状, 少量呈棱角状, 杂乱分布, 砾间被不等充填, 砂岩成分以石英为主, 次为岩屑, 偶见方解石充填于砾石之间。泥灰质胶结(碳酸盐含量16~22%) 致密 无水湿感 滴水局部微渗 含气试验未见气泡。下部岩心破碎严重 岩心



## 岩心描述内容 - 主要包括5个方面

- ① **岩性**—颜色、岩石名称、矿物成分、胶结物;
- ② **相标志**—沉积结构、沉积构造、生物特征等;
- ③ **储油物性**— $\phi$ 、K、孔洞缝发育情况与分布;  
※**裂缝统计**: 按小层统计, 只统计张开缝和方解  
※**孔洞统计**: 孔洞个数、连通性等。
- ④ **含油气性**—结合岩心油气水观察、确定含油
- ⑤ **岩心倾角测定、断层观察、接触关系判断**



溶缝

溶孔



**裂缝发育程度  
计算公式:**

$$\text{裂缝密度} = \frac{\text{裂缝总条数}}{\text{岩心长度}} (\text{条}/\text{m})$$

$$\text{裂缝有效密度} = \frac{\text{张开缝条数}}{\text{岩心长度}} (\text{条}/\text{m})$$

$$\text{裂缝开启程度} = \frac{\text{张开缝条数}}{\text{裂缝总数}} \times 100\%$$

**孔洞发育程度  
计算公式:**

$$\text{孔洞密度} = \frac{\text{孔洞个数}}{\text{岩心长度}} (\text{个}/\text{m})$$

$$\text{孔洞连通程度} = \frac{\text{连通孔洞个数}}{\text{孔洞总数}} \times 100\%$$





地球科学学院 3RG 尹太举 2009



地球科学学院 3RG 尹太举 2009



## 5、岩心录井草图的编绘

将岩心录井取得的各种资料、数据，用规制而成。

绘制时需要注意4个方面问题：

① 岩心数据（一如岩心收获率、编号、分段，与原始记录完全一致）；

※深度比例尺与电测(放大)曲线比例尺一致——一般为1：50或1：100。



井深 / m	取心井段 (次数) 心长 进尺 (收获率)	岩心编号	破碎带位置	磨损面位置 岩心位置 样品位置	色 号	岩性剖面	分层厚度 / m	筒累计厚度 / m	化石构造及含有物	备注
2140	2 103.75 (1)				8	..	0.25	0.25		
					9	.....	0.20	0.45		
	1.75					..	0.30	0.75	Y	
5	1.85					.....	0.05	0.80	≡	
						.....	0.20	1.00	⊙	
	94.59		△		8	.....	0.30	1.30	⊙	
						.....	0.35	1.65	⊙	
	2 105.60 (2)					.....	0.10	1.75	⊙	
6					13	.....	0.25	0.25	⊙	
						.....	0.20	0.45		
					9	.....	0.10	0.55	≡	
					9	.....	0.40	0.95		
7					8	.....	0.15	1.10		
						.....				
	3.70		△		9	.....	1.45	2.55	Y	
	3.90					.....				
8						.....				
						.....	0.15	2.70		
					13	.....	0.70	3.40	⊙	
9						.....	0.30	3.70		
	94.87					.....				
	2 109.50 (3)					.....				

一般岩心录井草图



## ② 绘制岩性剖面时用筒界控制

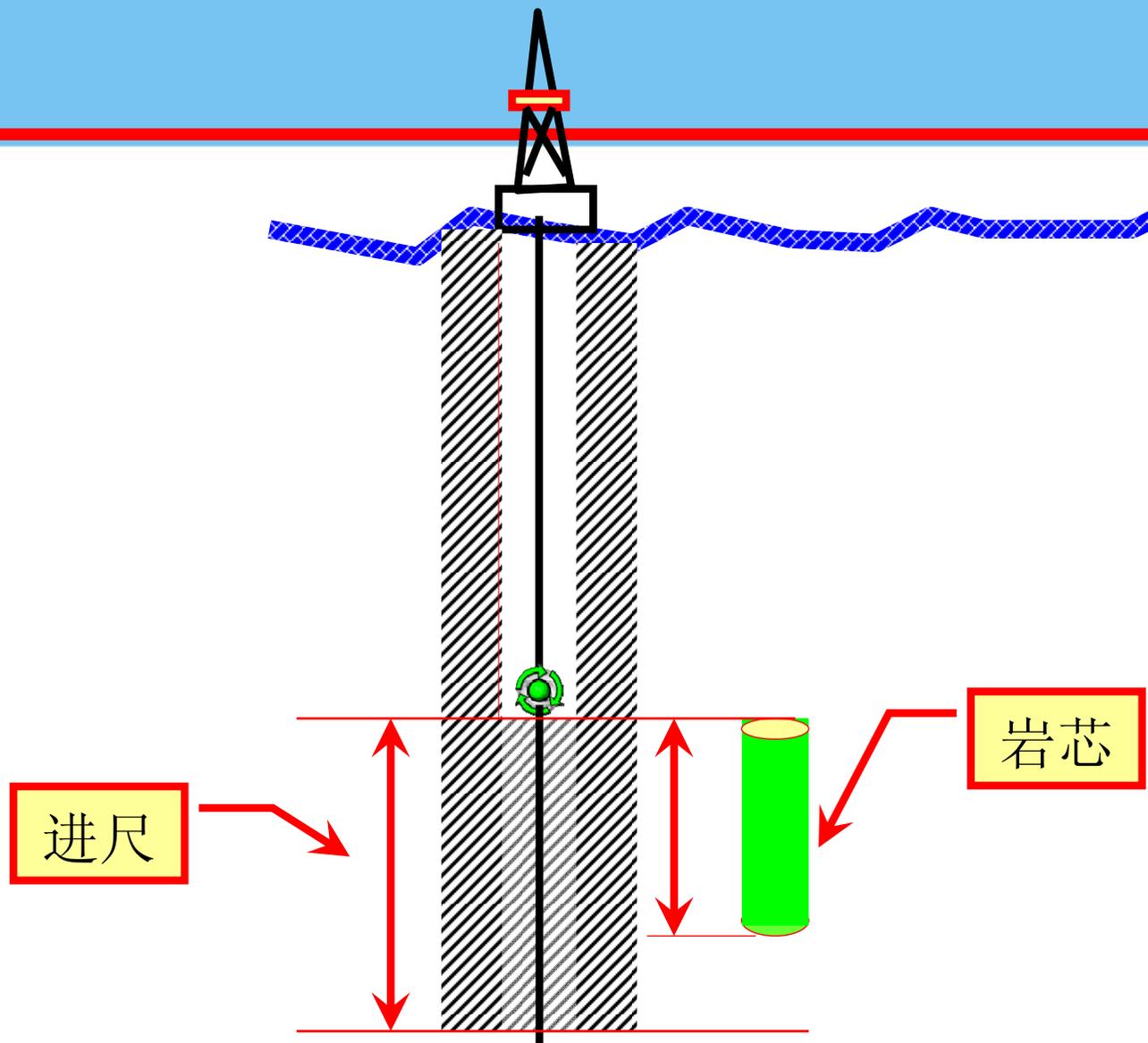
▲ 岩心收获率  $< 100\%$ ，由上→下绘制，底部留空

▲ 再次取心收获率  $> 100\%$ （套有前次余芯）；

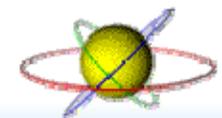
自下→上绘制（向上补充）；

套心一律画在前次取心之下部；

▲ 因岩心膨胀或破碎而收获率  $> 100\%$ 时，应根据实际情况，合理压缩。



$$\text{收获率} = (\text{岩芯长度} / \text{进尺}) * 100\%$$



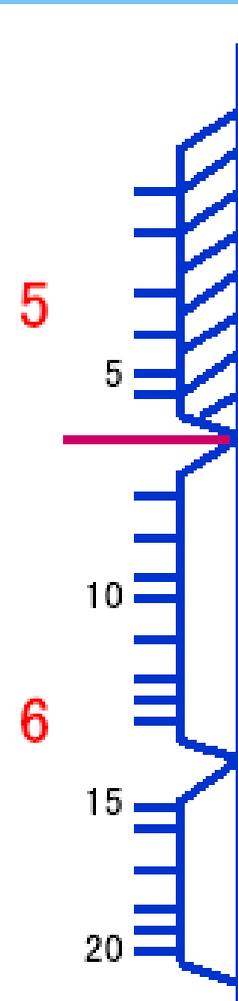


◆ 分层厚度(长度)指岩性段的长度。

③ 以黑框及白框表示不同次取心，

- ◆ 框内斜坡指向位置为磨损面位置，
- ◆ 框外标记样品位置--可采用5、10编号。
- ◆ 化石及含有物、取样位置、磨损面等，  
用统一图例绘在相应深度。

④ 岩心编号栏内根据分段情况写起止号。





## 6、岩心综合录井图的编制

**岩心综合录井图**一是反映钻井取心井段的岩性、含油性、电性和物理化学性质的一种**综合图件**。

**岩心录井草图**+电测、岩屑、钻时 等资料

→ 岩心“归位”或“装图”  
→ 绘出放大测井曲线 } → 岩心综合录井图

(1) 岩心综合录井图的格式

(2) 岩心归位方法和步骤



# (1) 岩心综合录井图的格式

## XX 构造 XX 井岩心综合图

编绘单位

编绘人

编绘日期

比例 1: 50

审核人

组 段	有效孔 隙率 %	空气渗透率 (毫达西)	井壁 取心	井深 (米)	取心井段 (次数) 心 长	样 岩 品 位 置 置	颜 色	综 合 解 剖 面	厚 度 (米)	沉 积 构 造	含 有 物		
					进尺收获率%								
1	4	8		5	1.5	1.2	0.8	2	1	1.5	1		
微电级曲线 A0025 M0.025N A0.05M 0 10—0 0 4—0					视电阻率曲线 M0.4 A0.1B 20— 4—		自然电位 — 25毫伏 +		电 测 解 释			综 合 解 释	
6					—12.5—		—		结 果	真 电 阻	孔 隙 度		含 油 饱 和 度
									0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

图 1-10 岩心综合图 (格式)

注：图框下面的数字表示应画的宽度，以厘米为单位（据《钻井地质》，1978）



## XX 构造 XX 井碳酸盐岩岩心综合图

编绘单位

编绘日期

比例 1: 50

编绘人

审核人

地 层				有效 孔隙 率%	空气 渗透率 (毫达西)	钻时 曲线 分/米	井壁 取心 井深 m	取心井段 次 数		样 岩 品 位 位 置	颜 色	综合解 释剖面	厚度 (m)	沉积 构造	含有 物
界	系	统	阶					心长-收获率							
0.5	0.5	0.5	0.5	4	4	8	1.5	1.5		1.5	0.5	2	1	1.5	1
微侧向      声波      自然伽马 欧姆米      微秒/米      脉冲/分钟						缝洞开启程度		含油 缝洞 条/米	岩性 简述	槽面 显示	电 测 解 释			裂缝 分段	备注
						裂缝开启 程度 %	洞洞连 通程度 %				声波 时差	地层 孔隙度	解释 结果		
24						2	2	2	8	1	0.5	0.5	0.5	1	3

**图 1-11 碳酸盐岩岩心综合图 (格式)**

注：图框下面的数字表示应画的宽度，以厘米为单位（据《钻井地质》，1978）



## (2) 岩心归位方法和步骤

由于地质上、钻井技术及工艺方面种种原因，  
取心收获率并非都是100%； 且经常不连续(间断)  
因此，需要恢复岩心的原来位置—岩心归位。

A 校正井深

B 岩心归位

C 岩心位置的绘制

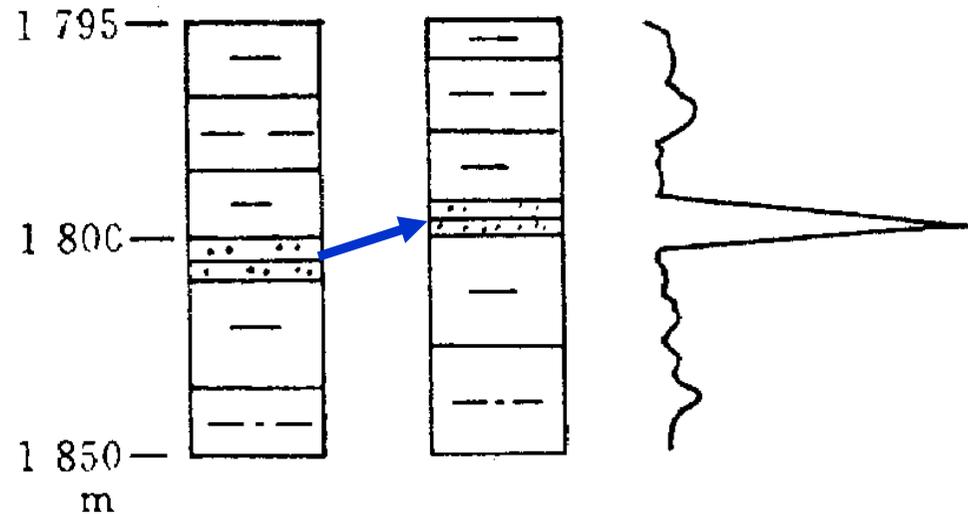
D 样品位置标注



## A 校正井深

首先要找出**钻具井深**和**电测井深**之间的**深度差值**，并在装图时加以校正。

**校正方法：**将电测图和岩心录井草图比较，选用数筒连根割心、收获率高的筒次中的**标志层**，算出**标志层深度差值**（岩电差）。以电测深度为准，确定剖面上提或下放数值。



**岩心深度校正示意图**  
(深度差为0.5米)



## B 岩心归位

### 归位原则：

- ▲ 以筒为基础，用标志层控制；
- ▲ 磨损面或筒界面适当拉开；
- ▲ 泥岩或破碎处合理压缩；
- ▲ 整个剖面岩性、电性符合，解释合理；  
保证岩心进尺、心长、收获率不变。

包括：归位原则、具体操作 两个方面。



- 岩心归位的具体操作—分4个环节：
  - ▲ 先装收获率高的筒次—从最上一个标志层开始，  
上推归位至取心段顶，再依次向下推；
  - ▲ 后装收获率低的筒次—在本筒顶底界内，  
根据标志层、岩性组合分段控制归位。
  - ▲ 破碎岩心归位、磨损面、乱心处理—对破碎岩心的  
厚度丈量误差，可分析破碎程度及破碎状况，按电测解  
释厚度消除误差装图。
  - ▲ 实取岩心长度大于电测解释厚度，且岩心完整：  
——按比例压缩归位。



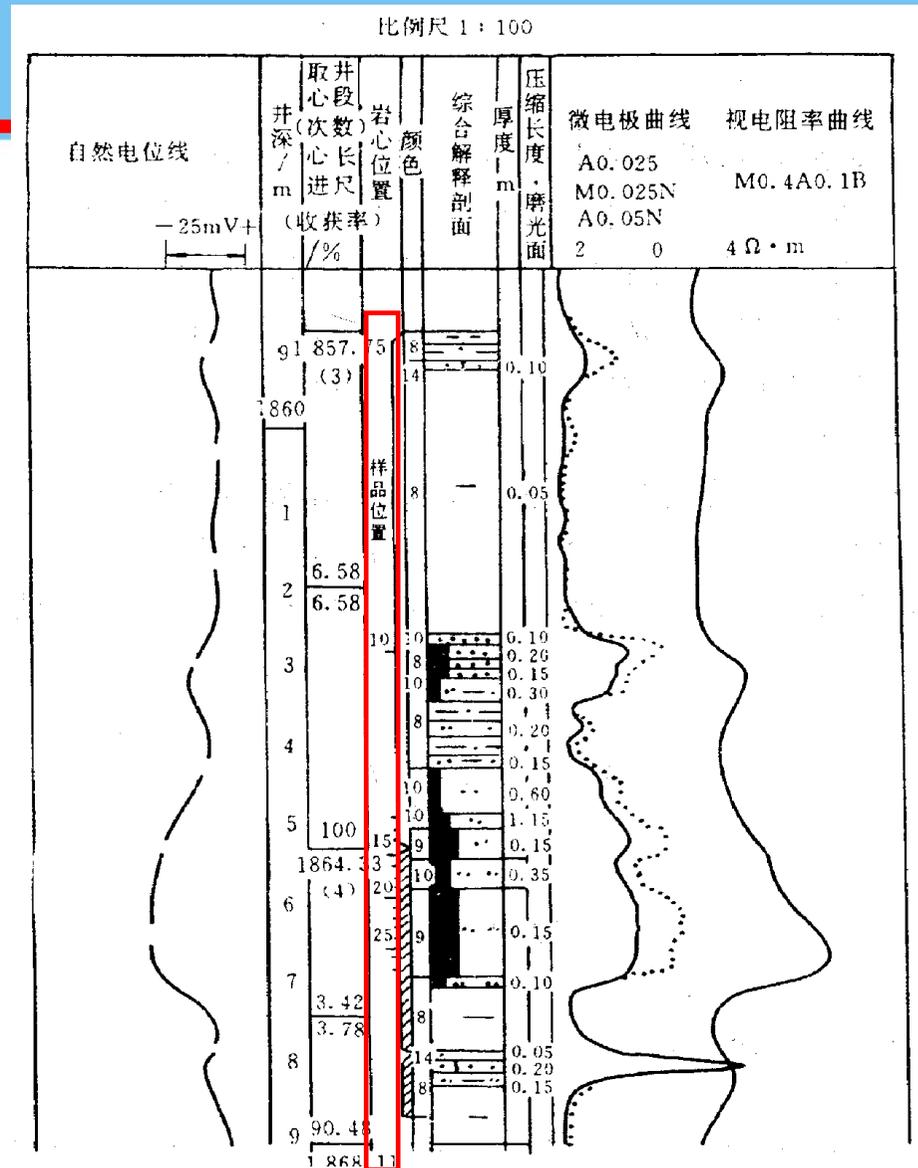


## D 样品位置标注

- 样品位置随岩心拉、压而移动，样品位置的标注必须注意综合解释时岩心的拉开和压缩。

**样品位置：**指在岩心某一段上取分析化验用的样品的具体位置。

- 用符号标在距本筒顶的相应位置上。



岩心归位示意图



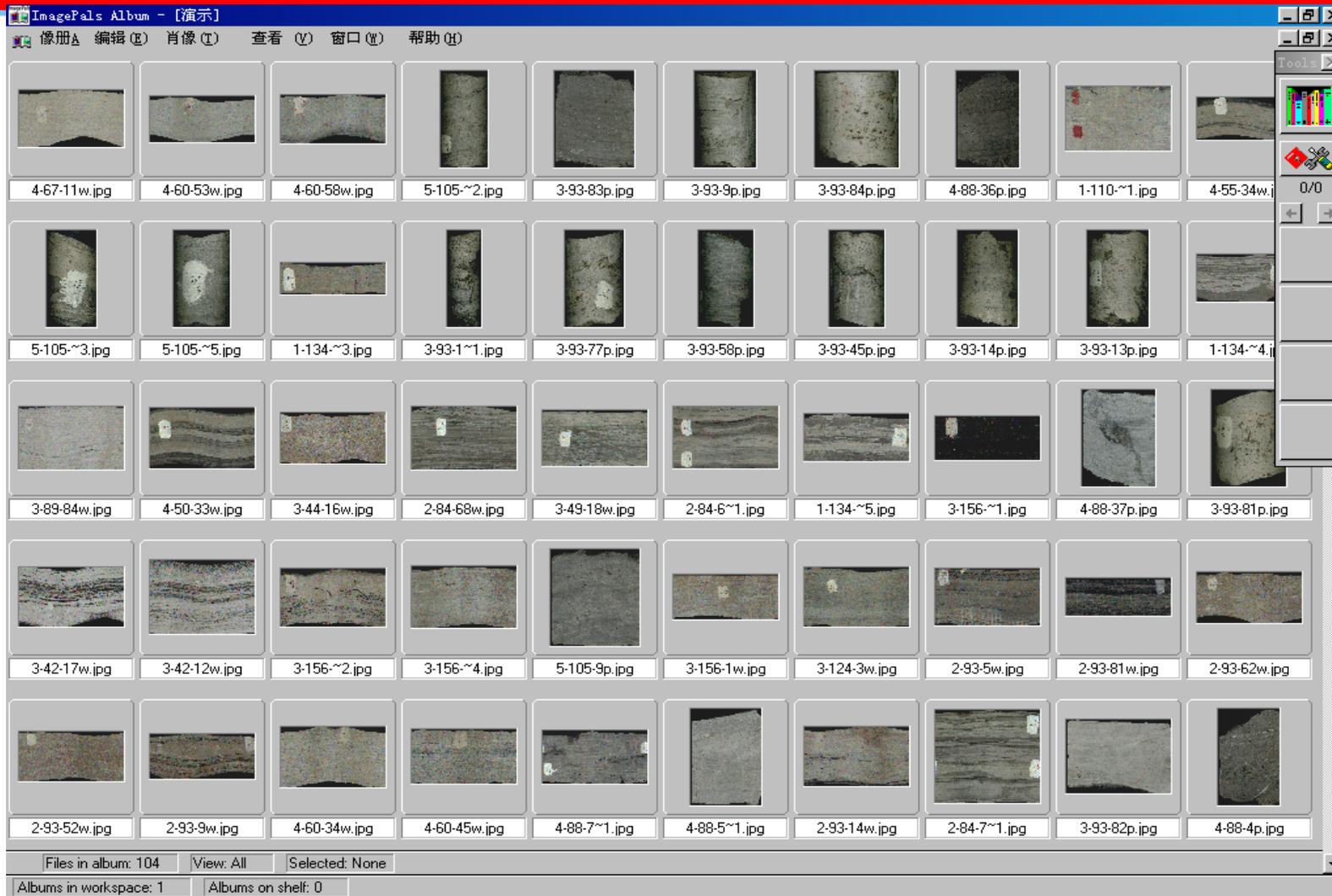
# 7、岩心图像采集



德国DMT公司岩心扫描仪



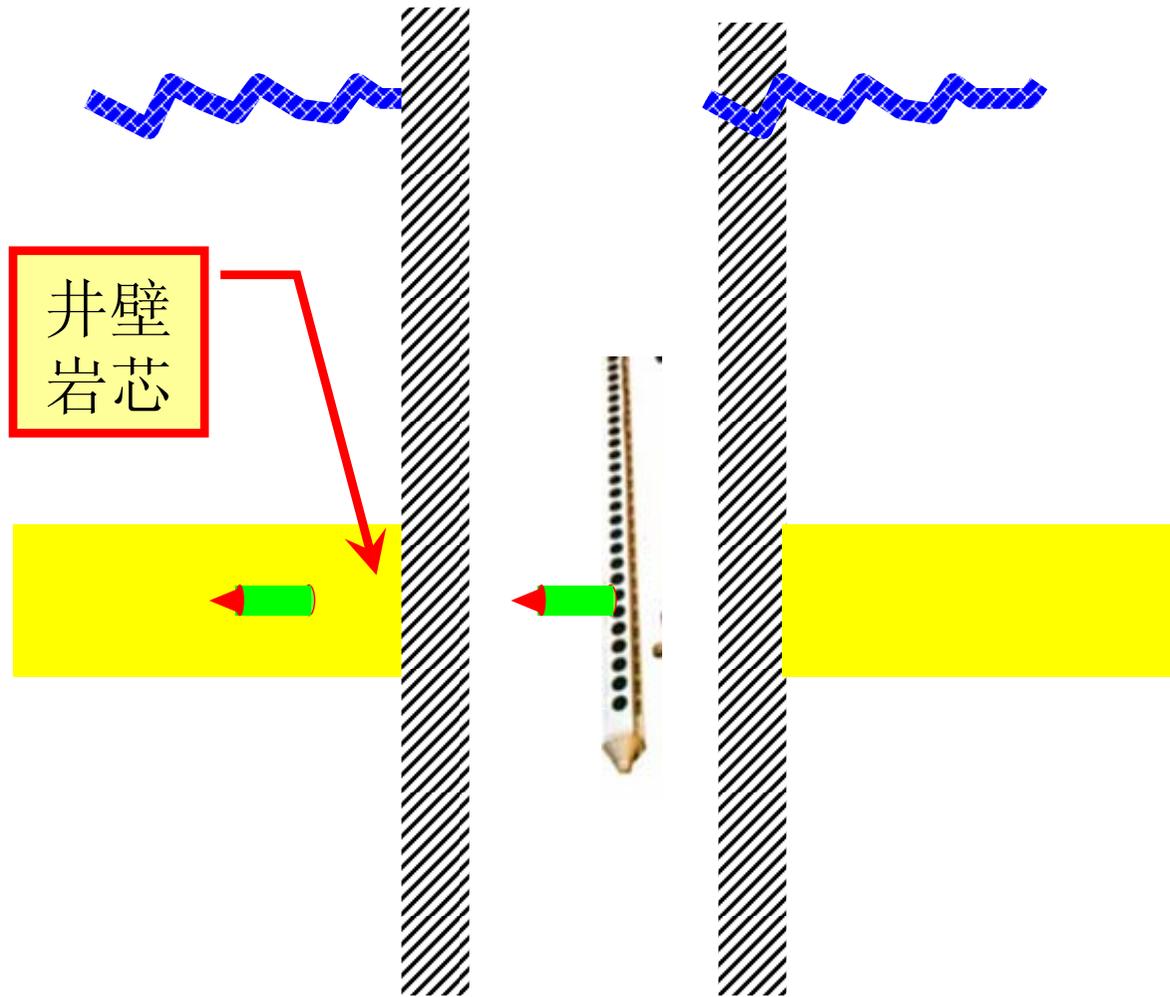
- 作用：
- (1) 岩心(外表面、切面)图象的高分辨率、高保真度采集，为岩心图象的储存、管理及定量分析、处理提供了高清晰度的原始图象资料。
  - (2) 通过对岩心裂缝、孔洞、粒度、沉积构造、含油性质等定性、定量地质参数的测量、统计计算，可进行岩心表面信息的定量描述。
  - (3) 通过及时岩心图像采集，可最大限度的保存原始岩心图像面貌（减少因岩心取样、自然风化、搬运损耗等），为后人进行地质综合研究、描述、观察提供详实文图资料。



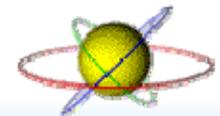
# 岩心电子相册图象



# 8、井壁取心



井壁  
岩芯





**井壁取心的优点：**井壁取心属于实物资料，**直观性强、方法简便、经济实用**。因此，在现场工作中被广泛使用。

**井壁取心目的：**证实地层的岩性、电性、含油性，以及岩性和电性的关系，等等。

**井壁取心——**指用**井壁取心器**，按指定的位置在井壁上取出地层岩心的方法。通常是在**电测完毕后立即进行**。



## (1) 井壁取心层位的选定

- ①→ 钻井过程中有**油气显示**但未取心的井段
- ②→ 岩屑录井中**漏取岩屑**井段、岩心收获率较低的井段
- ③→ 测井解释中的**疑难层位**，如可疑油层等
- ④→ 需要了解储油**物性**资料，但未取心的层位
- ⑤→ 录井资料与电测解释有**矛盾**的层位
- ⑥→ 重要的**标准层**、标志层以及其他特殊岩性层位
- ⑦→ 为了满足地质上的**特殊**要求而选定的层位



## (2) 跟踪井壁取心

跟踪井壁取心—通过跟踪某一条测井曲线，找准取心深度，用取心器在井壁上取出岩心。

目前，常用的跟踪曲线有：比例尺1:200，2.5m底部梯度电阻率、自然电位、深侧向电阻率，等

取心前，在被跟踪曲线上选一特征明显曲线段，将带有测井电极系的取心器放到被跟踪的曲线之下，自下而上测一条曲线，若2条曲线幅度、形状一致即可取心。



### (3) 岩心出筒— 一般了解

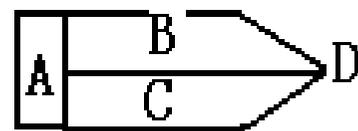
- ▲ 依次取下岩心筒，对号装入塑料袋；
  - ▲ 标注深度，防止把深度搞乱；
  - ▲ 保持岩心完整；
  - ▲ 刮去泥饼，检查岩心是否真实，岩性是否与要求相符。
- 如果不符合要求，应重取。

### (4) 井壁取心的描述

**描述内容与钻井取心描述基本相同。**但井壁取心是从井壁上强行取出，岩心**受钻井液浸泡、岩心筒冲撞严重**，在描述时，应给予注意。



① 描述含油级别时，应考虑钻井液浸泡的影响；

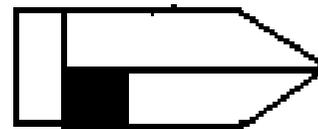


A—色号      B—岩性  
C—含油级别    D—深度

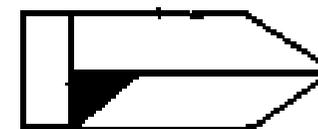
含油级别



饱和油



含油



油浸



油斑



油迹



荧光



- ② 注水开发区和油水边界附近井壁取心，岩心描述应注意观察含水情况；
- ③ 在可疑气层取心时，岩心应及时嗅味，进行含气试验；
- ④ 观察和描述白云岩岩心时，由于受冲撞岩石破碎，与盐酸接触面积倍增，与盐酸作用可起泡（注意与灰质岩类的区别）；



⑤ 如果一颗岩心有 **2 种岩性**，都要描述；

⑥ 如果一颗岩心有**3种以上岩性**，描一种主要的，其余的以夹层和条带处理。

⑦ 计算收获率：

$$\text{收获率} = \frac{\text{实际取上颗粒}}{\text{发射总颗粒} + \text{未响颗粒 (没发射出的颗粒)}}$$



## (5) 井壁取心的应用

- ① 了解储集层的物性、含油性等各项资料
- ② 对取心进行分析实验，获取生油层特征及生油指标
- ③ 弥补其他录井项目的不足
- ④ 解释现有录井资料与测井资料不能很好解释的层位
- ⑤ 利用井壁取心可以满足一些地质的特殊要求。



# 三、钻时录井

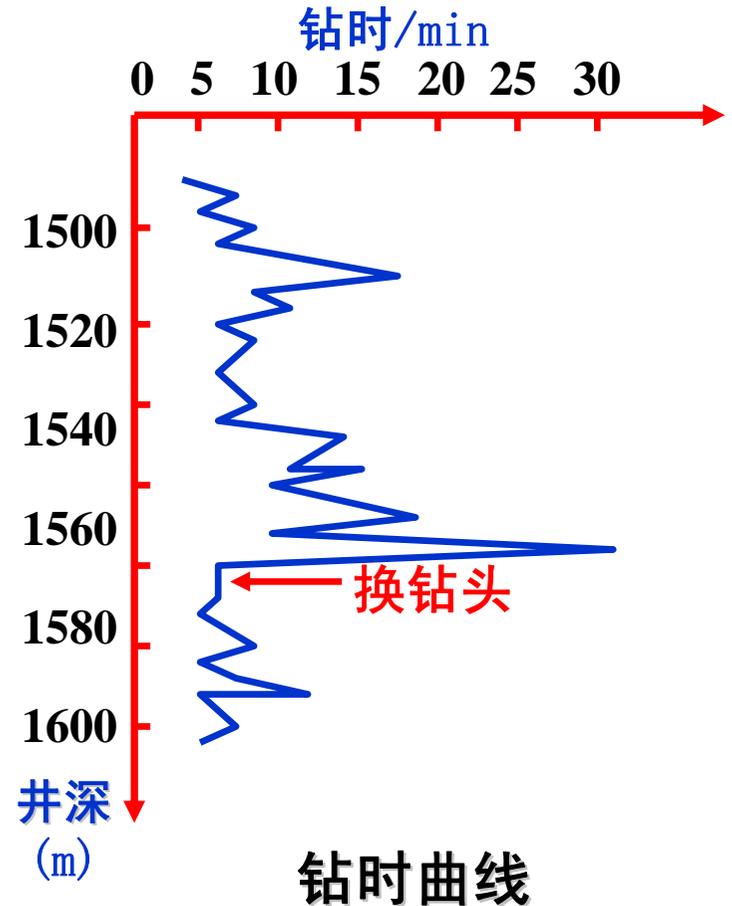
**钻时**—每钻进一米厚度岩层所需要的时间，单位min/m。

- ▲ 井口开始：每米记录一次
- ▲ 目的层：0.5~0.25米一次
- ▲ 取芯井段：0.25米一次

1、影响钻时的因素

2、钻时曲线的绘制

3、钻时曲线的应用





# 1、影响钻时的因素

- (1) **岩性**—松软地层较硬地层钻时低
- (2) **钻头类型与新旧程度**
- (3) **钻井措施与方式**—钻压大、转速快时，钻时低；  
涡轮钻较旋转钻钻时低
- (4) **钻井液性能与排量**—低粘度、低密度、排量大时  
钻进快，钻时低。
- (5) **人为因素的影响**

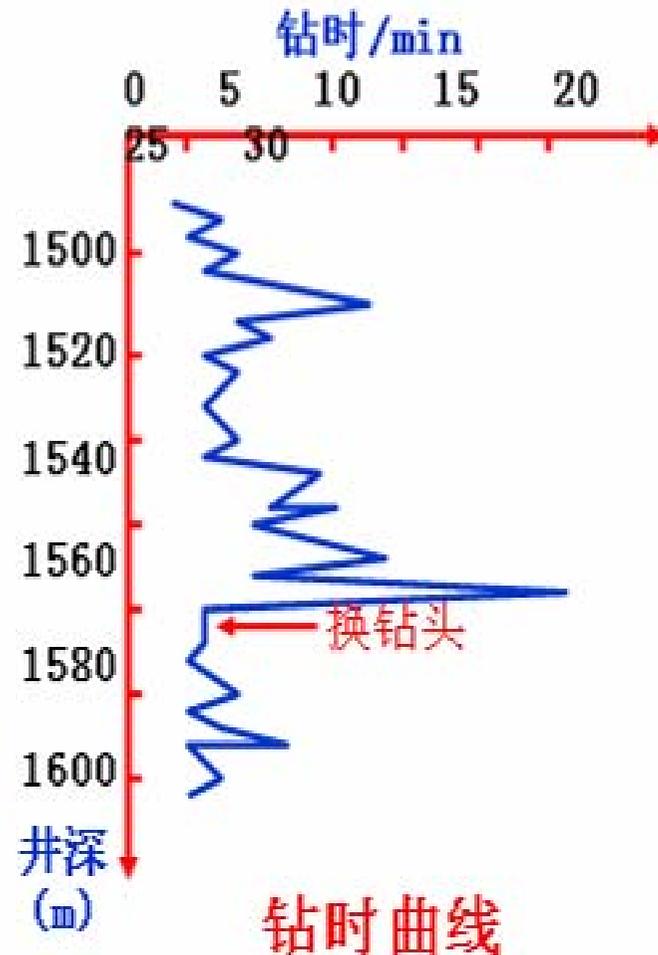


## 2、钻时曲线的绘制

将各钻时点按纵横向比例尺点在图上，连接各点即成钻时曲线。

**纵比例尺** 一般采用1: 500

**横比例尺** 以能够表示钻时变化为原则来选定。此外，在曲线旁用符号或文字在相应深度上**标注**接单根、起下钻、跳钻、卡钻、**更换钻头**位置及钻头尺寸、类型等。





### 3、钻时曲线的应用

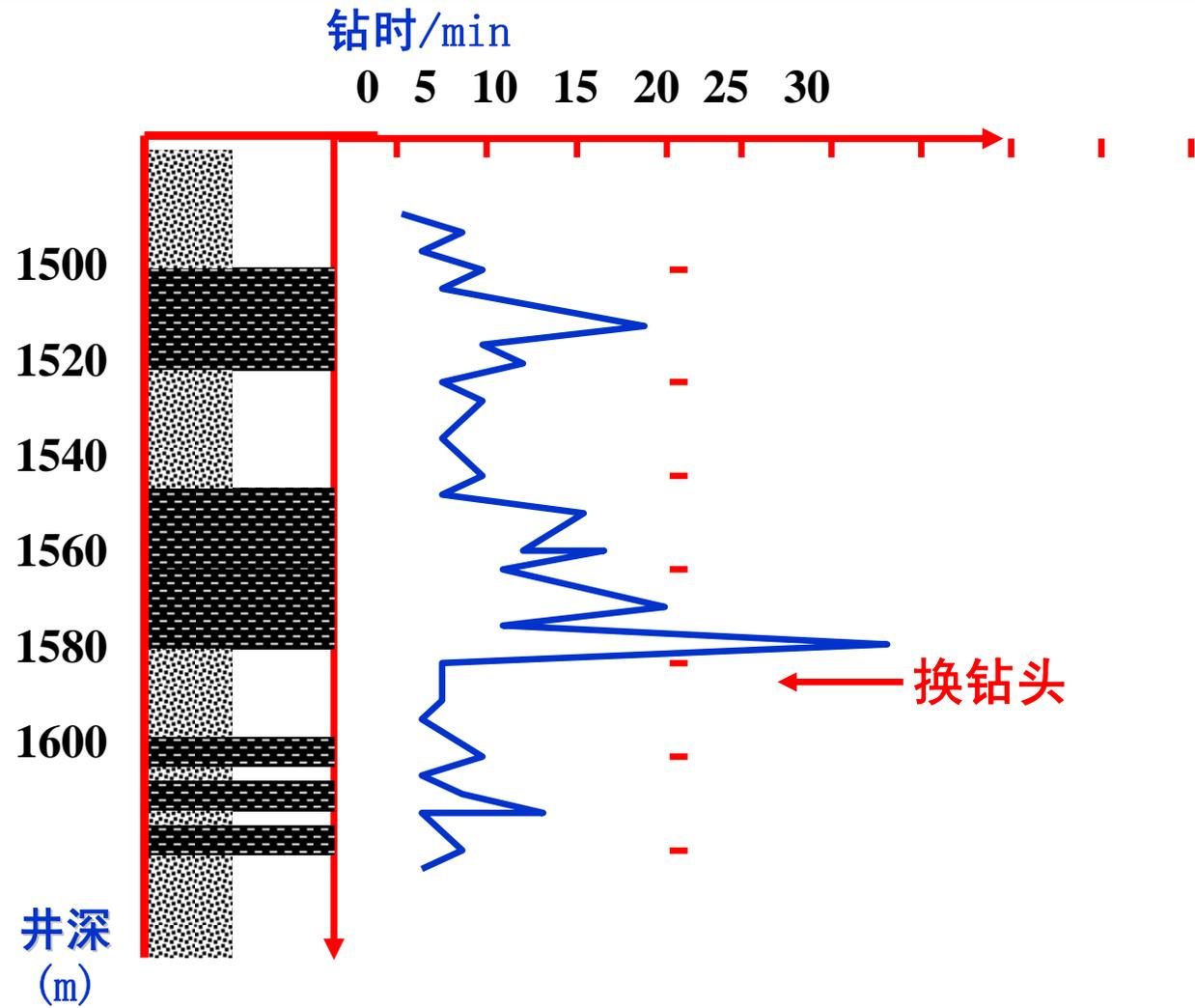
- ① 应用钻时曲线可定性判断岩性，解释地层剖面。
- ② 在无电测资料或尚未电测的井段，根据钻时曲线，结合录井剖面，可以进行地层划分和对比。



★ **应用钻时曲线可定性判断岩性，解释地层剖面。**

其他条件不变时，**钻时的变化可反映岩性的差别：**

- ▲ 疏松含油砂岩钻时最快
  - ▲ 普通砂岩较快
  - ▲ 泥岩、灰岩较慢
  - ▲ 玄武岩、花岗岩最慢
  - ▲ **对于碳酸盐岩地层**，利用钻时曲线可以判断**缝洞发育井段**—**钻时突然加快，钻具放空**等。
- ★ **注意：**同一岩类，随埋深和胶结程度等不同，反映在钻时曲线上也各不相同。





## 四、泥浆录井

**泥浆录井**：根据泥浆性能的变化及槽面显示，推断井下是否钻遇油、气、水层及特殊岩性的录井方法。

1、预备知识及泥浆的基本概念

2、泥浆的类型

3、泥浆的性能

4、泥浆录井资料的收集

5、钻井中影响泥浆性能的地质因素









# 1、泥浆的基本概念

**普通泥浆：**由粘土、水和一些化学处理剂搅拌而成的悬浮液和胶体溶液的混合物。化学处理剂可以是无机或有机。

## 泥浆的作用：

- ▲ 带动涡轮；
- ▲ 润滑、冷却钻头钻具；
- ▲ 携带岩屑、清洁井底；
- ▲ 保护井壁，防止地层垮塌；
- ▲ 平衡地层压力，防止井喷、井漏等。

## 泥浆的设计原则：

压而不死、活而不喷、不塌不漏、快速钻井。



## 2、泥浆的类型—主要有水基和油基两大类型

### 水基泥浆

- ▲ 一般用 粘土 + 水 搅拌而成；
- ▲ 经特殊处理后，可解决复杂地层的钻进问题；
- ▲ 钻井中使用最广泛。

### 油基泥浆

- ▲ 柴油(约占90%)为分散剂 + 乳化剂 + 粘土等配制而成；
- ▲ 特点—泥浆失水量少，成本高，配制条件严格；
- ▲ 很少使用，主要用于取心分析原始含油饱和度。







表 1-4 泥浆的分类、配制、作用一览表 (P<sub>24</sub>)

类 型	配 制	特 点 与 作 用
水基钻井液	淡水加粘土， 钙离子 < 50mg/L	多用于钻浅井部位
	以普通淡水泥浆为基础，加絮凝剂石灰、石膏、氯化钙等含钙物质制成，钙离子 < 50mg/L	稳定性好；失水小、粘度低，低切力，流动性好，防止钻井液受石膏污染，对油层损害小，解决石膏层钻进问题，适用于深井
	盐水加粘土，含盐量大于 1%	稳定性好，抗粘土侵，克服泥页岩水化膨胀坍塌，稳定井壁。适合于膏盐地区及深井
	海上钻井，先使用盐水泥浆，随着钻金地层造浆，加入海水及处理剂，就地取材采用海水泥浆	成本低；滤液可能接近或小于地层水电阻率，自然电位曲线变化不大或为反向。



**表 1-14 泥浆的分类、配制、作用一览表 (续)**

类型		配 制	特点与作用	
水基 泥浆	石膏 处理 泥浆	以普通淡水泥浆为基础，加褐煤、烧碱及石膏等处理而成	控制失水， <b>用于钻进易坍塌层</b>	
	混油 泥浆	以淡水泥浆为基础，加入一定量的油质(原油、柴油、机油)混合而成，一般加 10%~20%	提高泥浆稳定性，比重低、流动性好，易开泵，减少钻具卡、提高岩心收获率利于保护油层	<b>适用于已知低压油层(钻生产井)</b> ；不利于油气层录井。
油基 泥浆		以 90%±的柴油(或原油)作溶液，用乳化剂、亲油粘土等混合而成	<b>保护油层，防水化膨胀</b> 、钻头包泥及井壁垮塌； <b>凝固点低</b> 。钻生产井、低压油气层， <b>油基泥浆取心以分析原始含油饱和度</b>	
清水		适用于井浅、地层较硬、无严重垮塌、无阻卡、无漏失 及 先期完成井		



### 3、泥浆的性能

- (1) 相对密度（比重）  $\rho$
- (2) 泥浆粘度  $\mu$
- (3) 泥浆切力
- (4) 泥浆失水量和泥饼
- (5) 泥浆含砂量
- (6) 泥浆酸碱值（pH值）
- (7) 泥浆含盐量



## (1) 相对密度（比重） $\rho$



▲ 调节泥浆柱压力- $\rho \uparrow$ ，对井底和井壁的压力越大

▲ 一般泥浆，相对密度在1.05~1.25之间；

易塌层，高压油、气、水层 → 加大泥浆相对密度

漏失层，低压油、气、水层 → 减小泥浆相对密度



## (2) 泥浆粘度 $\mu$

泥浆粘度，常用时间“秒”(s)来表示

(用漏斗(用漏斗粘度计测定))

★ 一般泥浆粘度在20~40s之间。



- ▲  $\mu \uparrow \rightarrow$  泵压高，泥包钻头  $\rightarrow$  钻速 $\downarrow$  (卡钻)
- ▲  $\mu \downarrow \rightarrow$  携带岩屑能力差  $\rightarrow$  漏失
- ▲ 对于易造浆地层  $\rightarrow$  粘度可适当小一些
- ▲ 易于垮塌及裂缝发育的地层  $\rightarrow$  粘度可



### (3) 泥浆切力



使泥浆由静止至开始流动时作用在单位面积上的力(即泥浆静止后悬浮岩屑的能力称为泥浆的切力), 单位 $\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

初切力→泥浆静止1分钟后测的切力, 一般要求 $0\sim 10 \text{ mg}/\text{cm}^2$

终切力→泥浆静止10分钟测的切力, 一般要求 $5\sim 20 \text{ mg}/\text{cm}^2$

切力过大→ 泵启动困难, 砂子不易沉除, 钻头易泥包.....

终切力过低→ 泥浆静止时, 岩屑在井内下沉, 易卡钻等;  
使岩屑混杂, 难以识别真假。



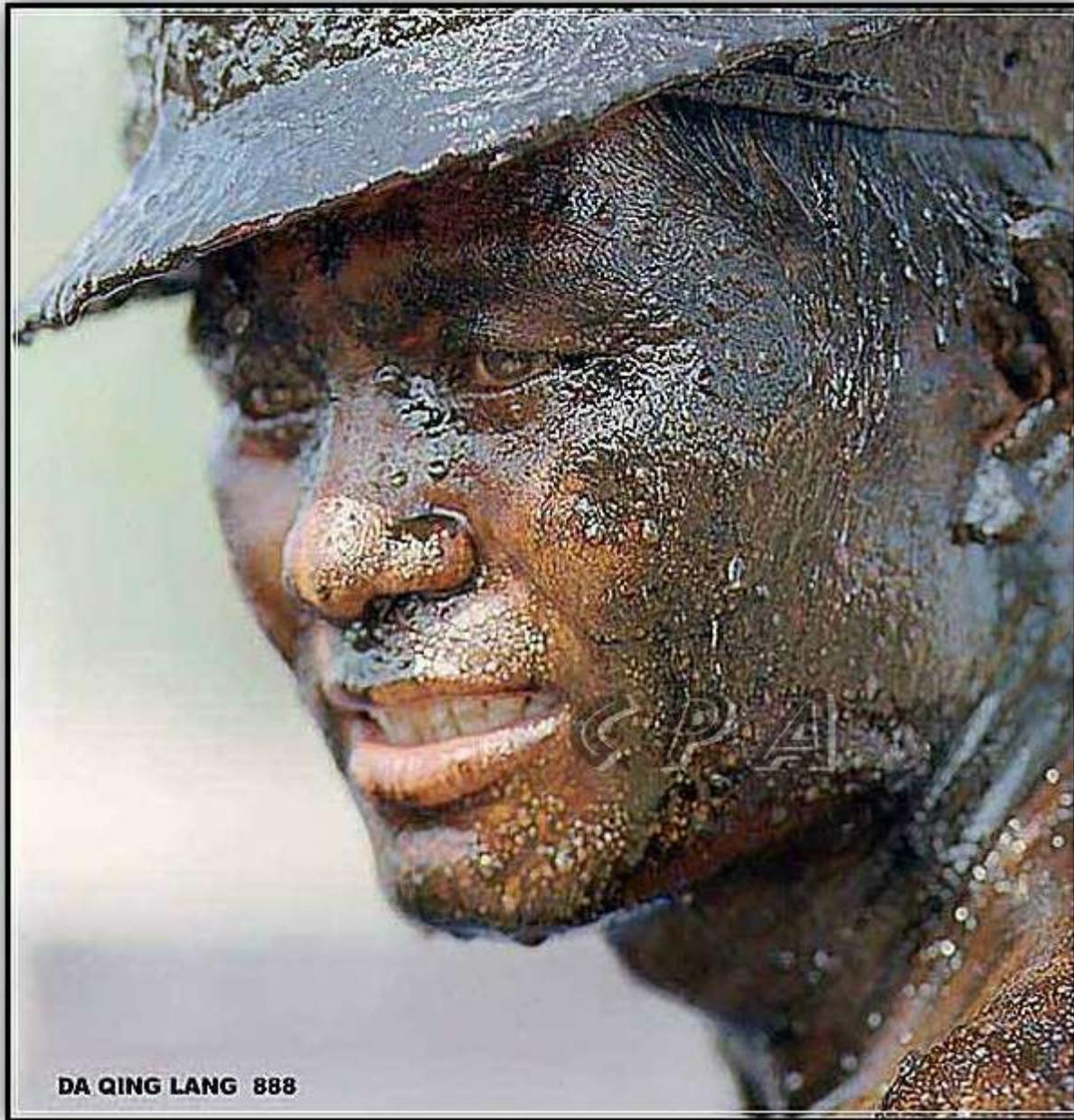
## (4) 泥浆失水量和泥饼



**失水与失水量**：泥浆中自由水渗入地层孔隙中的能力称为**失水**，其量的多少即为**失水量**。

**失水量的衡量**：以30min内、0.1MPa压力下，用渗过直径为75mm圆形孔板的水量表示，单位为mL。

泥浆**失水的同时**，粘土颗粒在井壁岩层表面逐渐聚结而形成**泥饼**，厚度以mm表示。



DA QING LANG 888



### 失水量小

- ★ 泥饼簿而致密；
- ★ 失水量  $< 10\text{mL}$ ；
- ★ 泥饼  $< 2\text{mm}$ ；
- ★ 有利于巩固井壁和保护油层。

### 失水量大

- ▲ 泥饼厚，易造成缩径，起下钻遇阻遇卡
- ▲ 泥岩地层：井壁垮塌；
- ▲ 渗透性地层：井眼周围的渗透率  $K \downarrow$ ；
- ▲ 对油层：造成损害，降低产能。

一般要求： 泥浆失水量  $< 10\text{mL}$ ，泥饼  $< 2\text{mm}$ 。



## (5) 泥浆含砂量

泥浆含砂量：指泥浆中直径 $>0.05\text{mm}$ 的砂子所占泥浆体积的百分数。一般采用沉砂法测定含砂量。 ★

含砂量：一般要求 $<2\%$ 。

### 含砂量高

- ▲ 易磨损钻头；
- ▲ 损坏钻井泵的缸套和活塞；
- ▲ 易造成沉砂卡钻；
- ▲ 增大泥浆密度；
- ▲ 影响泥饼质量 .....



## (6) 泥浆酸碱值—pH值

- ▲ pH值偏低→将使泥浆切力、失水上升；
- ▲ pH值偏高→可引起泥浆粘度上升；  
    过高→造成井壁垮塌或掉块，腐蚀钻具及设备。

## (7) 泥浆含盐量

- ★ 泥浆含盐量：指泥浆中含氯化物的数量。
  - 通常是测定氯离子Cl<sup>-</sup>的含量代表含盐量。
- ★ 作用：了解岩层及地层水性质的一个重要数据。



## 4、泥浆录井资料的收集

收集泥浆录井资料，对推断地层及含油、气、水情况等重要。

(1) 泥浆显示分类(分级)

(2) 资料录取内容



## (1) 泥浆显示分类 —— 分5类:

- ▲ 油花气泡：油花或气泡占槽面30%以下；
- ▲ 油气浸：油花或气泡占槽面30%以上，  
泥浆性能变化明显；
- ▲ 井涌：泥浆涌出至转盘面以上，但不超过1m；
- ▲ 井喷：泥浆喷出转盘面1m以上；
- ▲ 井漏：泥浆量明显减少。



## (2) 资料录取内容

- ① 泥浆性能资料—泥浆类型、密度、粘度、失水量...
- ② 油、气显示资料—槽面、泥浆池液面变化等；
- ③ 水浸显示资料—水浸的时间、井深、层位； .....
- ④ 油气上窜资料—计算上窜速度(单位时间内油气上窜的距离)



## 5、钻井中影响泥浆性能的地质因素

影响泥浆性能的地质因素是比较复杂的，主要概括为如下5个方面：

- (1) 高压油、气、水层
- (2) 盐侵
- (3) 砂侵
- (4) 粘土层
- (5) 漏失层



## (1) 高压油、气、水层

▲钻穿高压油气层时→

- 油气侵入泥浆
- 密度  $\rho$  ↓
- 粘度  $\mu$  ↑

▲钻遇淡水层时→  $\rho$  ↓、 $\mu$  ↓、切力↓，失水量↑

▲钻遇盐水层时→

- 粘度  $\mu$  - 先↑、后↓
- 密度  $\rho$  ↓
- 切力、含盐量↑。



## (2) 盐侵

▲ 钻遇可溶性盐类，  
如盐岩、芒硝或石膏

NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、CaSO<sub>4</sub>

Na<sup>+</sup>浓度增加  
泥浆含盐量增加

粘度  $\mu$   $\uparrow$   
失水量  $\uparrow$

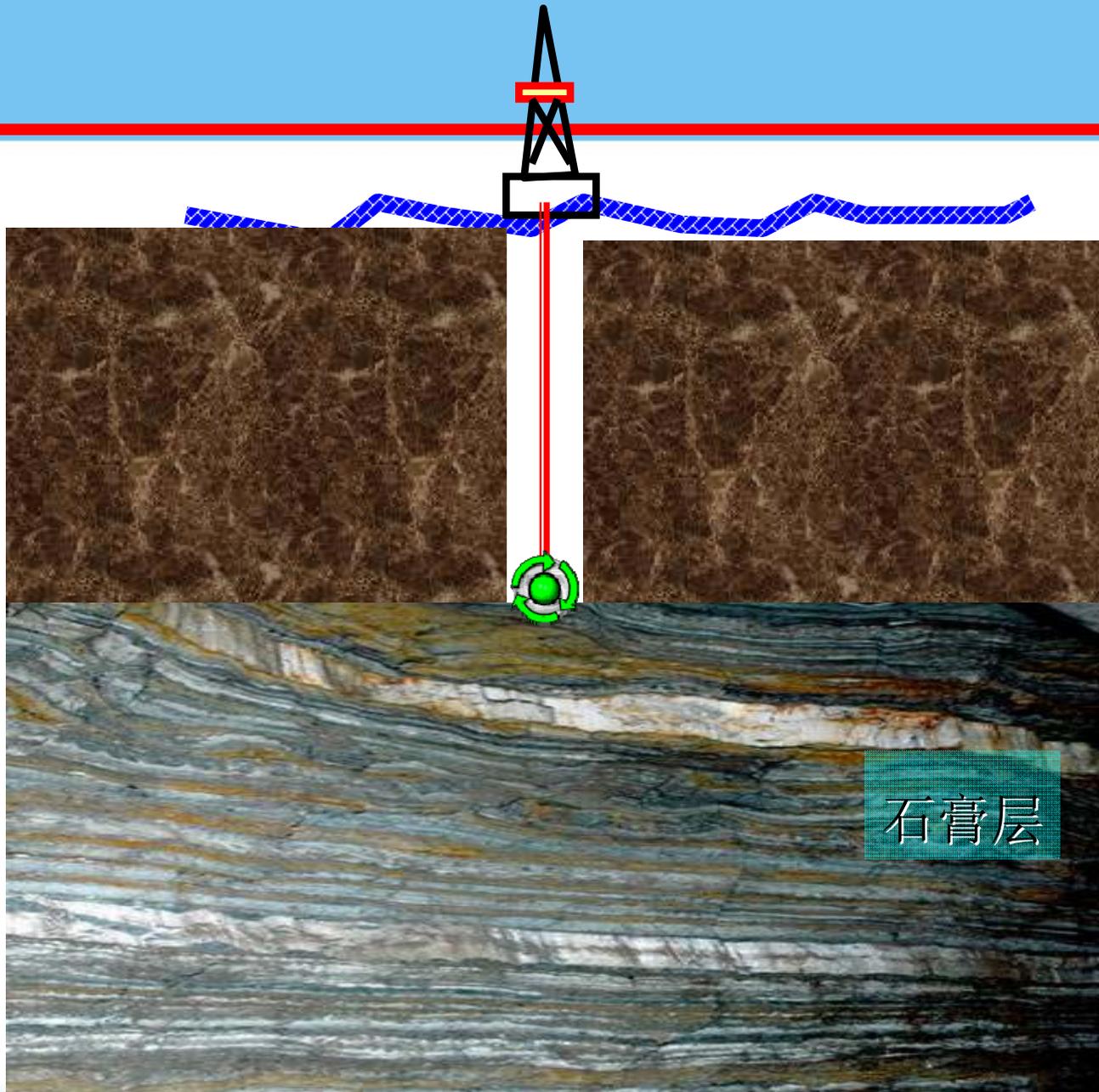
▲ 钻遇石膏层或钻水  
泥塞带入了Ca(OH)<sub>2</sub>

CaSO<sub>4</sub>、Ca(OH)<sub>2</sub>

发生钙侵

粘度  $\mu$   $\uparrow$   
切力急剧  $\uparrow$

▲ 有Ca(OH)<sub>2</sub>侵入时——泥浆的pH值  $\uparrow$



石膏层

粘度  $\mu$   $\uparrow$     切力急剧  $\uparrow$



### (3) 砂 侵

砂侵主要是由于粘土中含有砂子及钻进中岩屑的砂子未沉淀所致。

含砂量高 → 泥浆的密度↑、粘度↑、切力↑。

### (4) 粘土层

钻遇粘土层或页岩层，

地层造浆 → 泥浆密度↑、粘度↑。

### (5) 井漏

泥浆量减少



表 1-5 钻遇各种地层时钻井液性能变化表

性能	油层	气层	盐水层	淡水层	粘土	石膏	盐层	疏松砂岩
密度	减小	减小	减小	减小	微增	不变 ↓ 微增	增大	微增
粘度	增加	增加	增→减	减小	增大	剧增	增大	微增
失水	不变	不变	增大	增大	减小	剧增	增大	
切力	微增	微增	增大	减小	增大	剧增	增大	
含盐量	不变	不变	增大	减小			增大	
含砂量								增大
泥饼				增大		增大	增大	
酸碱值				增大	减小	减小	减小	
电阻	增大	增大	减小	增大	减小	增大	减小	



## 五、地化录井

又称为热解色谱录井；

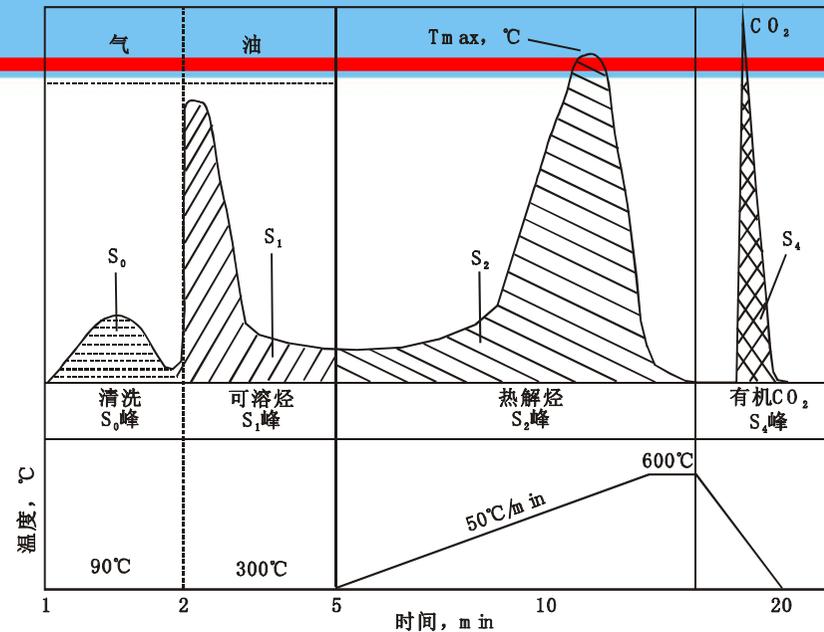
其原理是：

- ① 按照油气生成演化的阶段性设计程序升温周期，
- ② 将岩样置入热解炉中，检测出不同温度下从岩石中热解出来的产物，
- ③ 评价生油岩的热演化程度和储层的含油气性质



STD 1000 DANI全自动热解仪

产品描述： DANI STD1000是一个全自动的热解析仪。



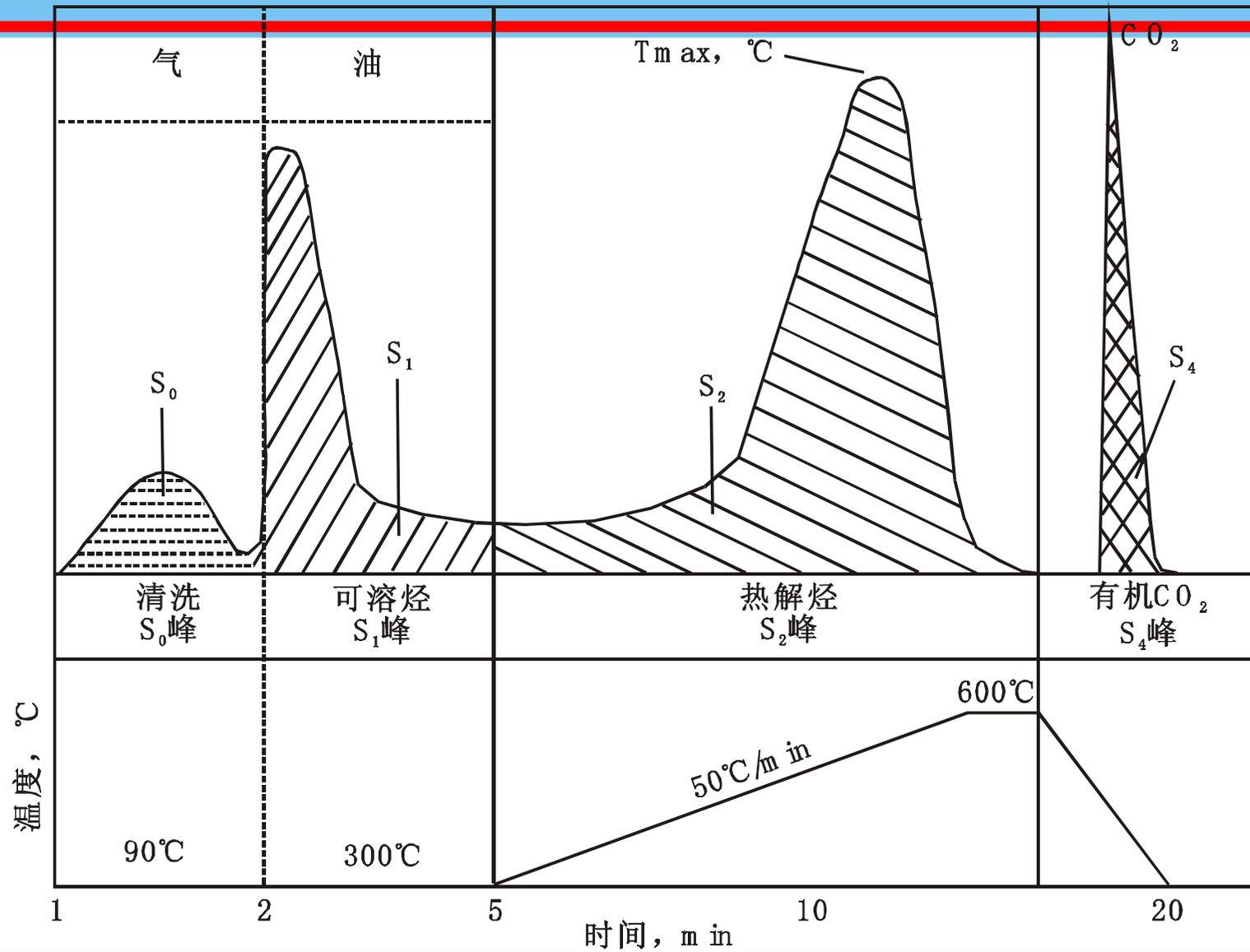
S0: 在90°C下将样品加热2分钟所获得的气态烃含量。

S1: 样品进入热解炉后, 在300°C恒温3分钟条件下, 烃源岩中有机质蒸发出的液态烃含量。

S2: 自300°C程序升温至600°C的温度范围内, 干酪根热裂解作用形成的烃类含量和少量与重质组分(胶质、沥青质)有关的烃类物质的含量。

S4: 残余有机二氧化碳含量, 即热解后的残余有机碳在氧化炉中600°C恒温燃烧5分钟后产生的有机二氧化碳含量, 用热导检测器检测。

Tmax: 300~600°C的程序升温过程中, 烃源岩产生热解烃S2峰峰顶最高裂解峰温(严格地讲, 是S2峰顶两侧测量20次温度的平均值)。





## 烃源岩评价参数

$$\text{总有机碳: } \text{TOC} (\%) = (0.83 \times (S_0 / S_1 + S_2) + S_4) / 10$$

式中：0.83是碳氢化合物的含碳百分比，10为计算有机碳的系数

$$\text{氢指数: } I_H (\text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{TOC}}) = (S_2 / \text{TOC}) \times 100$$

$$\text{烃指数: } I_{\text{HC}} (\text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{TOC}}) = (S_0 / S_1) \times 100 / \text{TOC}$$

$$\text{氧指数: } I_O (\text{mg}_{\text{CO}_2} / \text{g}_{\text{TOC}}) = (S_3 \times 100) / \text{TOC}$$

$$\text{类型指数: } I_T = S_2 / S_3$$

$$\text{有效碳: } C_p (\%) = (S_0 + S_1 + S_2) \times 0.083$$

$$\text{降解率: } D (\%) = (C_p / \text{TOC}) \times 100$$

$$\text{产率指数: } I_p (\%) = S_1 / (S_1 + S_2)$$

$$\text{生烃潜量: } P_g (\text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{岩}}) = S_0 + S_1 + S_2$$



## 储集岩评价参数

残余油含量:  $P_c$  (mg烃 / g岩) =  $S_4 / 0.83$

油(气)总产率:  $P_g$  (mg烃 / g岩) =  $S_0 + S_1 + S_2 / S_4 / 0.83$

气产率指数:  $GPI = S_0 / P_g$

油产率指数:  $OPI = S_1 / P_g$

总产率指数:  $TPI = GPI + OPI$

在实验的数据报告中给出储层的TOC而未给定S4时, S4通过下式进行计算:  $S_4$ 值 =  $10 \times TOC - 0.83 (S_0 + S_1 + S_2)$

一般而言, S4主要与储集岩中原油的沥青质、非烃含量有关。S4被定义为残余油的CO<sub>2</sub>峰, 即S4主要表征储层中残余油的贡献”。



## 六、综合录井

- **综合录井技术**

一项随钻石油勘探技术，在钻井过程中应用研究电子技术、计算机技术和仪器分析技术，对石油地质、钻井工程及其它随钻信息进行采集、分析、处理，目的是发现油气层、评价油气层和实时监控钻井施工过程。国外一般称这泥浆录井（Mud-logging）

- **特点：**

录取参数多、采集精度高、资料连续性强、资料处理速度快、应用灵活、服务广泛



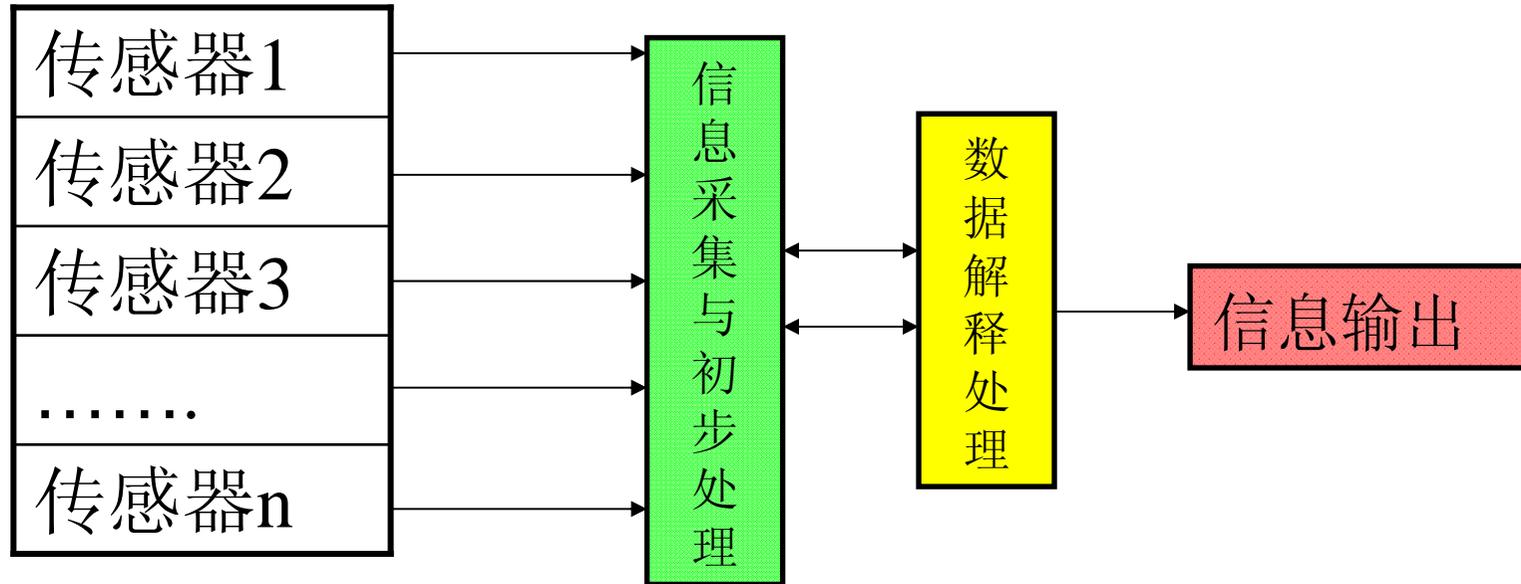
- 综合录井仪是为石油勘探、找油、找气、科学钻井服务的机、电、计算机一体化的大型综合仪器。在钻井过程中实时采集工程、泥浆、压力等参数，可连续监视油、气显示情况，并作出评价，建立地层剖面；配套的20多种传感器。进口一台综合录井仪约50万美元，国产综合录井仪约100万人民币，为进口仪器的1/4。

## 外型



## 内饰





## 综合录井系统构成





# DLS综合录井仪传感器标准配置

## 工程参数传感器：

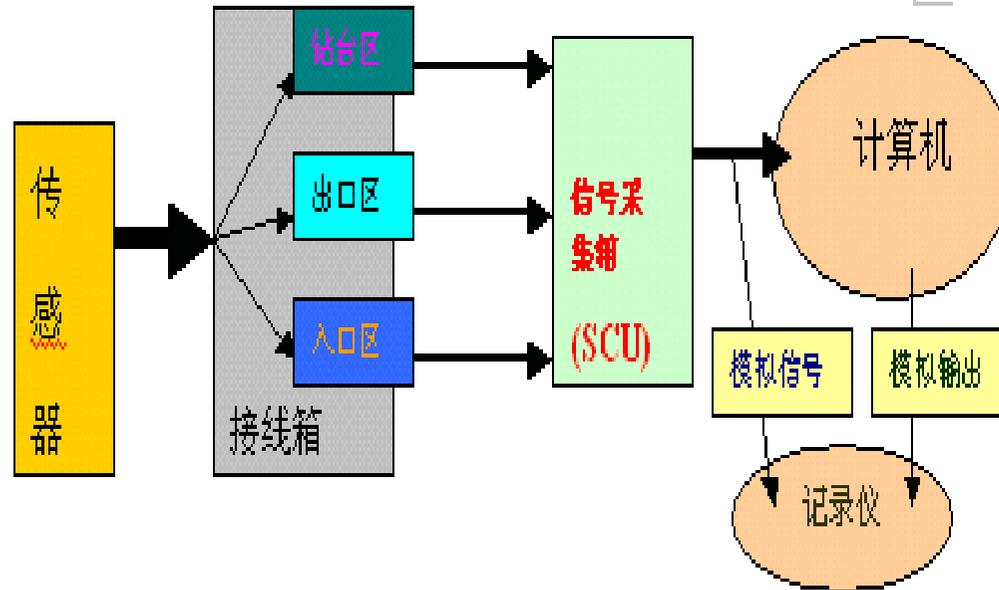
- 3套相互独立的井深测量系统；
- 3套扭矩传感器（一个液压扭矩传感器+2个电扭矩传感器AC/DC）；
- 1个套压传感器；
- 1个转盘转速传感器；
- 1个大钩负荷传感器；
- 1个立管压力传感器；
- 1个泵压传感器；
- 1个套管关闭压力传感器（可选）

## 泥浆参数传感器：

- 1个出口流量传感器；
- 6个超声波泥浆池液位传感器；
- 2个泥浆电导率传感器（出口/入口）
- 2个泥浆密度传感器（出口/入口）；
- 2个泥浆温度传感器（出口/入口）；
- 2个泵冲传感器。

## 气体检测部分：

- H<sub>2</sub>S检测器：探头5个（一个室内、4个室外），带有标定箱。



传感器信号流程图



脱气器



深度传感器



立管压力传感器



转盘扭矩传感器  
地球科学学院 3RG 尹太举 2009



H<sub>2</sub>S传感器



钻井液电阻（导）率传感器



钻井液密度传感器



泵冲速传感器



## 发展历史及功能

第一阶段



60至70年代使用以岩屑录井和气测录井为主的地质录井系列

第二阶段



80年代引进了法国地质服务公司TDC联机综合录井仪，初步形成了综合录井系列

第三阶段



90年代继续推广使用TDC综合录井仪并逐步进行了全面改造，又引进了哈里伯顿公司的SDL9000型综合录井仪，同时推广使用了国内生产的地化录井仪和储层评价仪，综合录井系列趋于完善。

(1) 测量范围：包括地质、工程、气体、钻井液四个项目，32项参数的测量功能，基本满足了现场钻探需要；

(2) 后台程序库的开发：除测井解释和地层测试程序外，十余种数据处理程序已应用到实际工作中，特别是气测解释程序见到了较好的效果；

(3) 实时打印报告功能：在钻进和划眼过程中均得到打印报告，能随钻提供各种参数；

(4) 终端图像监视功能：在监督房和地质房均安置了图像监视器，进行实时图像监控，使地质监督和工程监督可随时掌握钻井动态。



## 直接测量参数

实时参数				迟到参数				
序号	参数名称	符号	量刚	序号	参数名称	符号	量刚	
1	大钩负荷	WHO	kN	1	全烃	TGAS	%	
2	大钩高度	HKH	m	2	烃类 气体 组分	甲烷	C1	%
3	转盘扭矩	TORQ	kN			乙烷	C2	%
4	立管压力	SPP	MPa			丙烷	C3	%
5	套管压力	CHKP	MPa			异丁烷	iC4	%
6	转盘转速	RPM	r/min			正丁烷	nC4	%
7	1号泵冲速率	SPM1	r/min			异戊烷	iC5	%
8	2号泵冲速率	SPM2	r/min			正戊烷	nC5	%
9	1号池泥浆体积	TV01	m <sup>3</sup>	3	硫化氢	H2S	%	
10	2号池泥浆体积	TV02	m <sup>3</sup>	4	二氧化碳	CO2	%	
11	3号池泥浆体积	TV03	m <sup>3</sup>	5	氢气	H2	%	
12	4号池泥浆体积	TV04	m <sup>3</sup>	6	氦气	He	%	
13	入口泥浆密度	MDI	g/cm <sup>3</sup>	7	出口泥浆密度	MDO	g/cm <sup>3</sup>	
14	入口泥浆温度	MTI	°C	8	出口泥浆温度	MTO	°C	
15	入口泥浆电导率	MCI	m/Ω	9	出口泥浆电导率	MCO	mS / m	
				10	出口泥浆流量	MFO	%	



表 1-4 · 综合录井仪的计算参数

序号	参数名称	符号	量纲	序号	参数名称	符号	量纲
1	标准井深	DMEA	m	7	迟到时间	T	min
	垂直井深	DVER	m	8	dc 指数	DXC	无量纲
	迟到井深	DRTM	m	9	sigma 指数	SIGMA	无量纲
2	钻压	WOB	kN	10	地层压力梯度	PPPG	g/m <sup>3</sup>
3	钻时	ROP	min/m	11	破裂地层压力梯度	FFPG	g/m <sup>3</sup>
4	钻速	ROP	m/h	12	地层孔隙度	FORO	%
5	泥浆流量	MF	L/s	13	每米钻井成本	COST	元/m
6	泥浆总体积	TVT	m <sup>3</sup>				

合计录井项目达到38项





# 练习题

1 井类别及其概念

2 井位部署的原则

3 钻井设计的依据及其内容

4 定向斜井的应用

5 定向井的井身结构类型

6 岩心录井

岩心、壁心、岩心描述内容及方法、岩心录井及其内容

7 岩屑录井

岩屑、真岩屑识别、迟到时间计算、岩屑录井的内容及方法

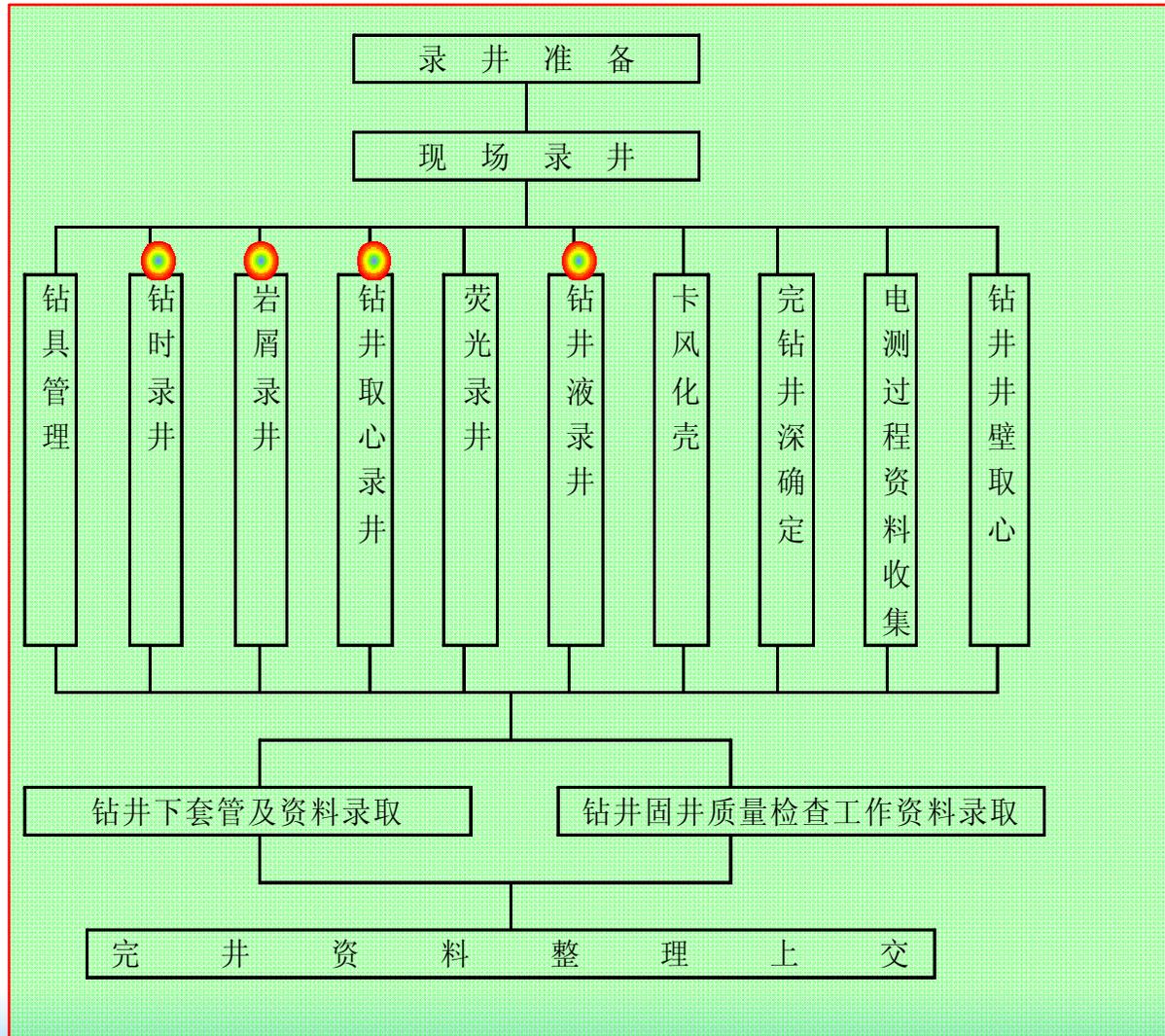
8 钻时录井

钻时与岩性的关系、钻时录井的基本内容

8 综合录井



### 三、其它地质录井项目



钻时录井

岩芯录井

岩屑录井

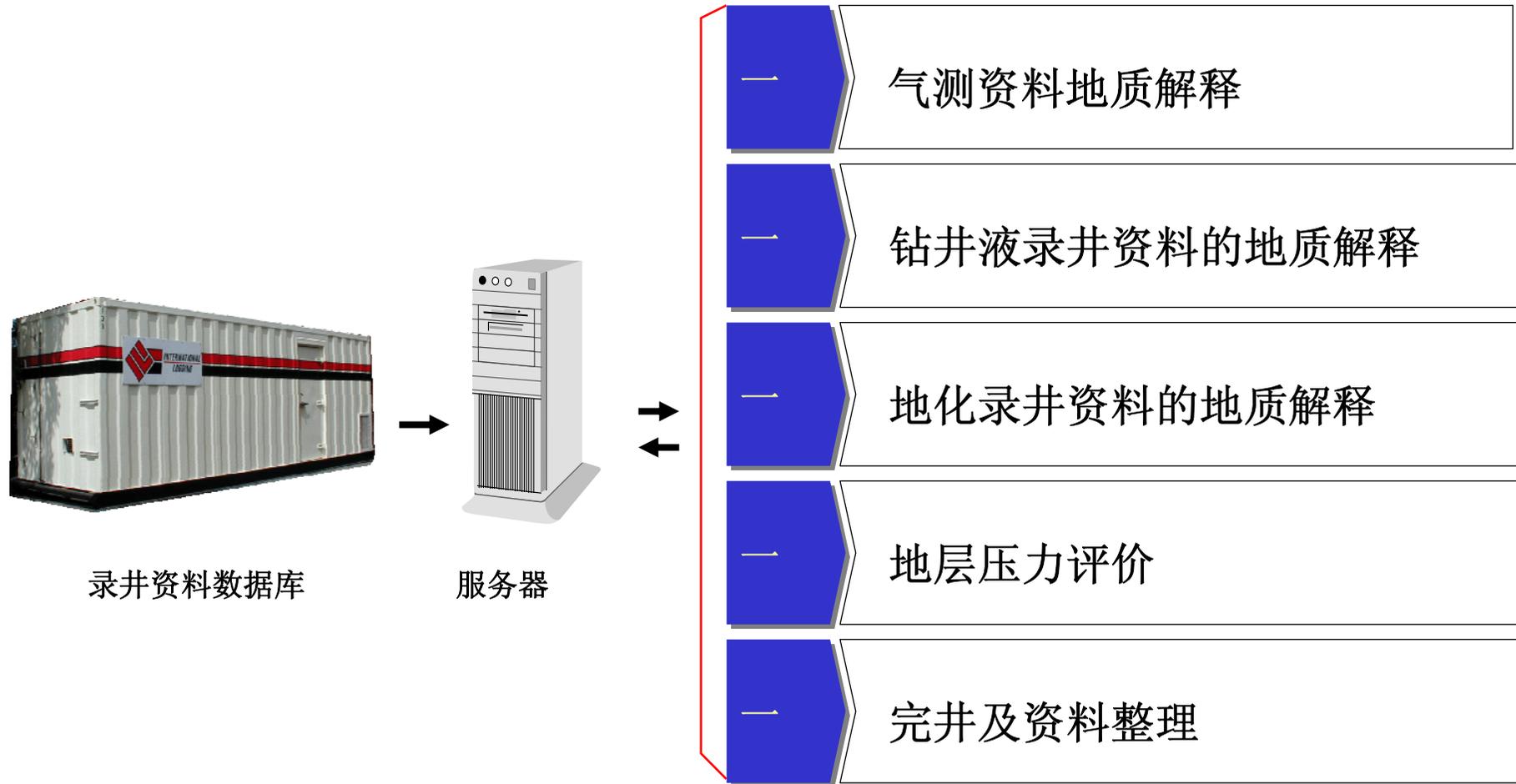
4 泥浆性能测量

5 地化录井

6 气测录井

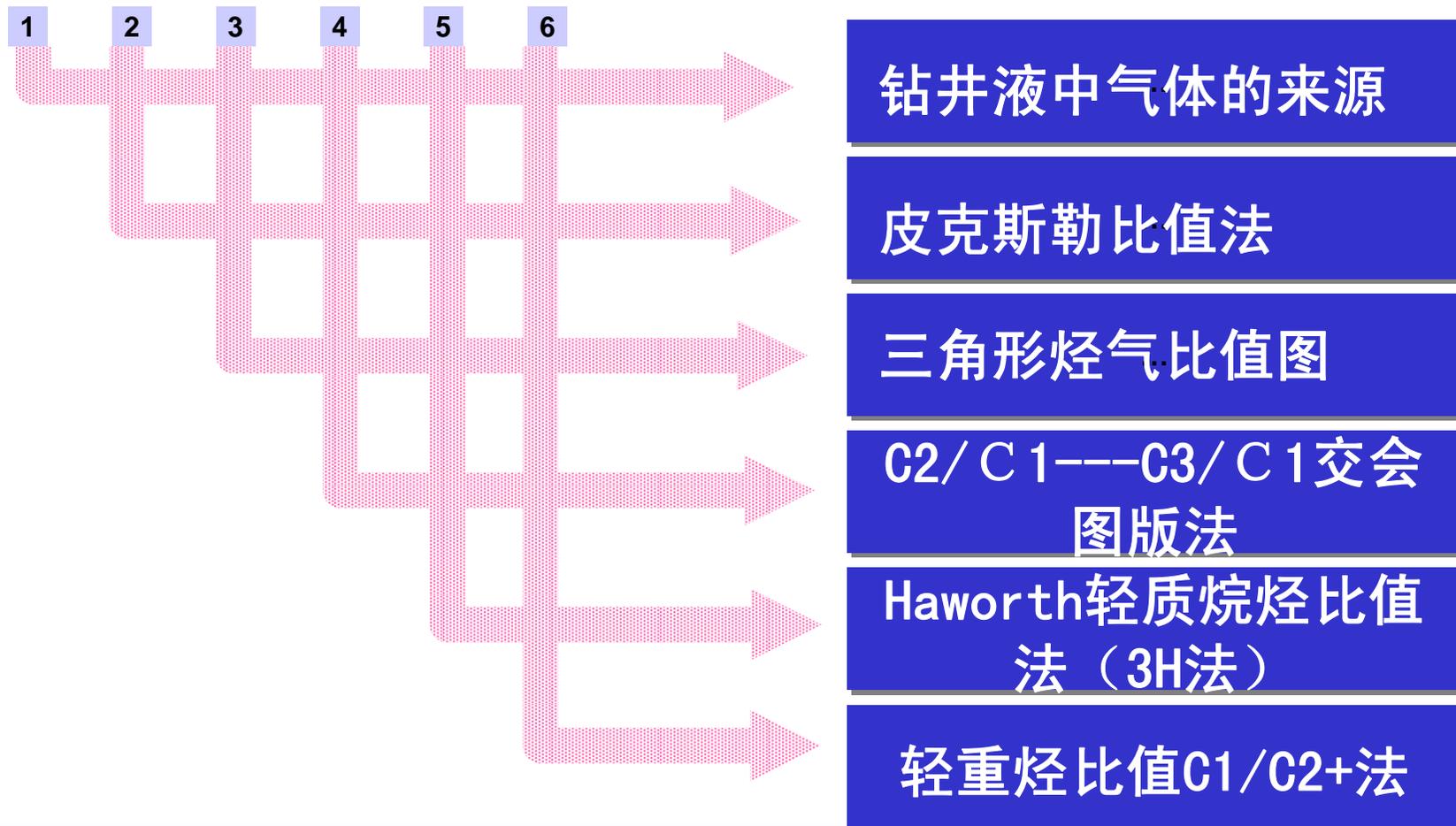


# 课堂讨论一：录井资料的应用





# 气测资料地质解释方法





## 钻井液中气体的来源

破碎岩石气

在钻进过程中，钻头机械地破碎岩石而释放到钻井液中的气体称破碎岩石气。

接单根气

接单根时的抽汲作用使钻井液对井底压力降低，易形成压差气进入井筒，经过一个迟到时间就可在录井仪上检测到。

压差气

起下钻  
气—后效  
气

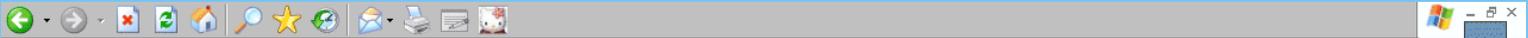
起钻过程中，由于停泵、上提钻柱，必然会有钻井液静止或抽汲效应，这两个效应都会使井中钻井液压力下降，因而有利压差气的产生。

扩散气

地层气可以以扩散方式进入井筒钻井液中，扩散气不受压力平衡状态影响，只与浓度有关。但扩散气的扩散过程较长，故在气显示上具有漫布性。

再循环气

循环钻井液运载的天然气不可能在出口脱气器及钻井液池中全部释放出来。当将其再次泵入井中时，形成再循环气

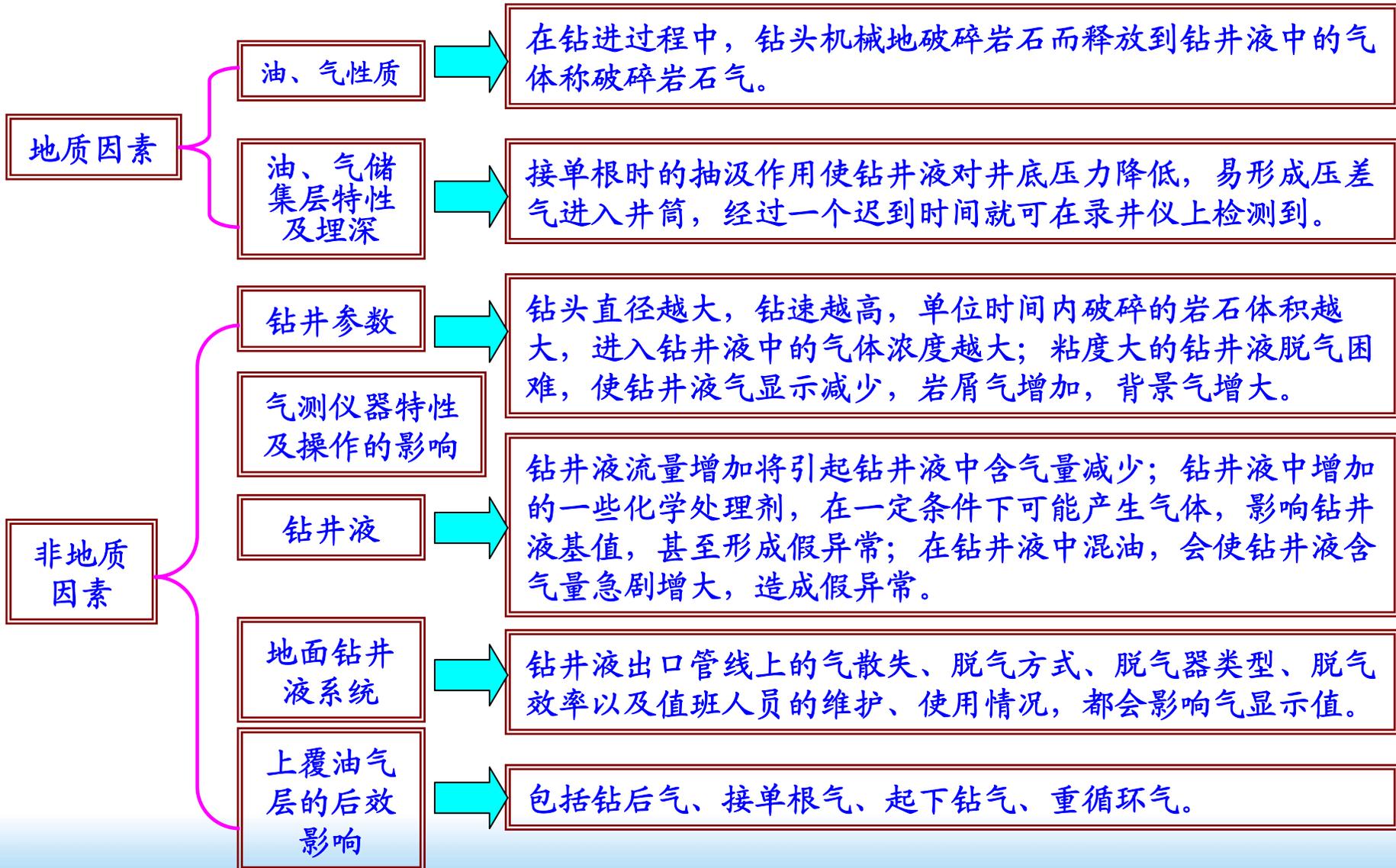




## 起下钻

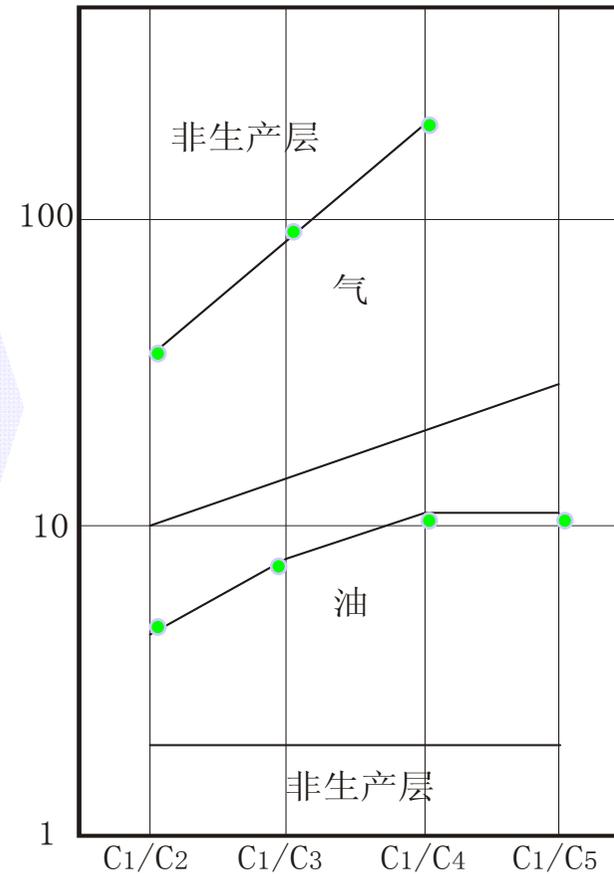
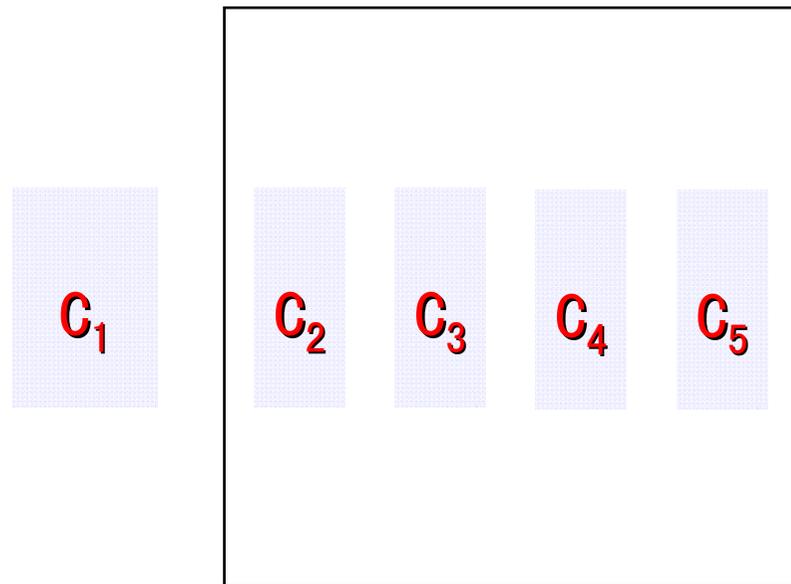


# 影响气显示的因素

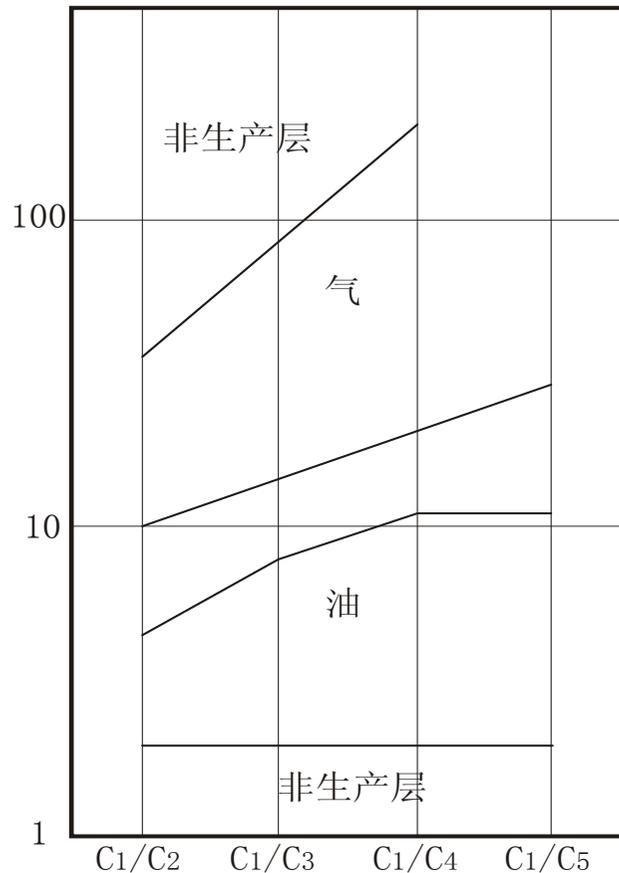




# 皮克斯勒 (Pixler) 单组分烃比值法



皮克斯勒烃比值法图版



皮克斯勒烃比值法图版

- ❖ 有生产能力的干气层可能只有  $C_1$  出现；只有  $C_1$ ，且显示异常高，通常为盐水层；
- ❖ 如果在含油区  $C_1/C_2$  比值低，或在含气区  $C_1/C_4$  比值高，则可能为非生产层；
- ❖ 各比值点连线正倾斜（右边高）时，储层将产油气；然而，曲线很倾斜，可能指示致密层；负倾斜（左边高）表示为含水层；
- ❖ 如果任何一个比值（钻井液中若混油， $C_1/C_5$  除外）低于前面的比值，则该层可能是非生产层；
- ❖  $C_1/C_2$  比值低，指示较湿的气或较高密度的油。

**优点：** 数学计算简单，解释结果明了直观；

**缺点：** 当数据点不是明确地落在图版上某一个解释区时，解释发生困难。





# 烃类气体比值图版

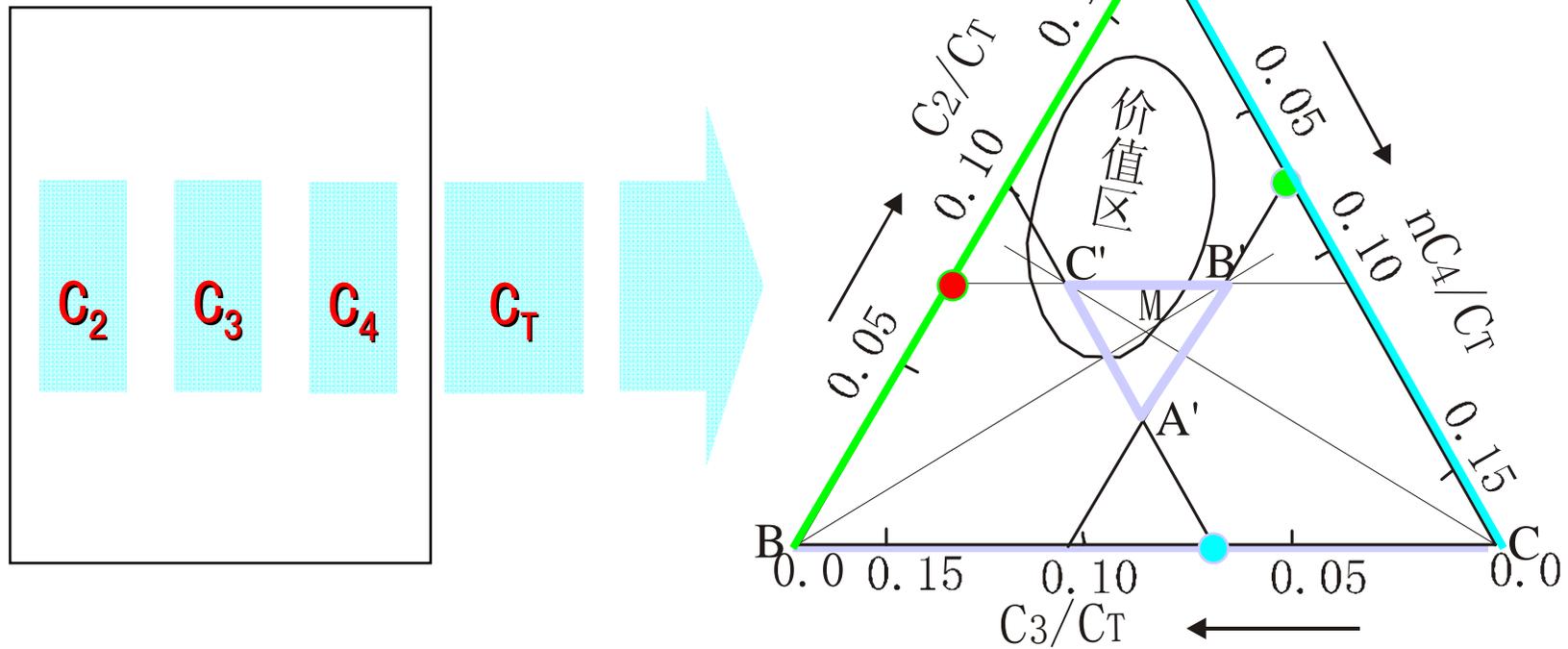


图 2 烃组分三角形图版

“倒” 三角形表示油;



✓ 依据试油结果划出油、气、水区间，编制图版。

✓ 三角形组分图版选用  $C_2 / \Sigma C$ 、 $C_3 / \Sigma C$ 、 $C_4 / \Sigma C$  三个参数，按三角形坐标绘制，

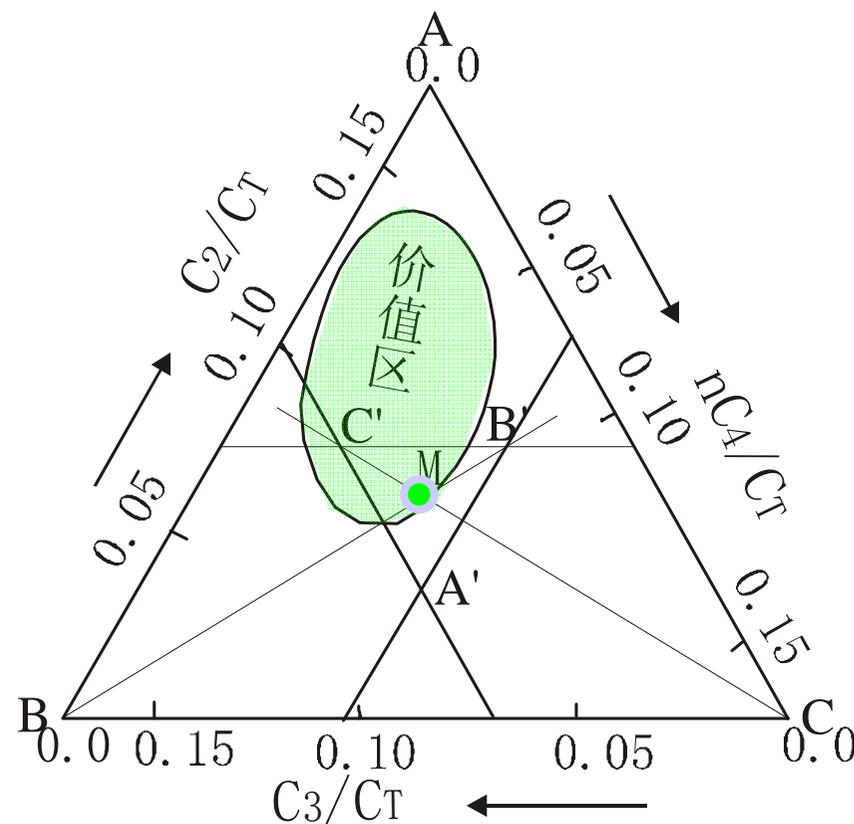


图 2 烃组分三角形图版

M点位于价值区内，认为有生产能力。



# 三角形性质划分表

A' B' /AB值

<25% ----- 小三角形

25~75%-----中三角形

75~100%----大三角形

>100%-----极大三角形

## 解释规则

“正”三角形表示气，

“倒”三角形表示油；

正三角形越小，表示气体湿度越大；

“倒”三角形越大，表示石油密度越高；

M点位于价值区内，认为有生产能力。

优点：解释符合率较高；

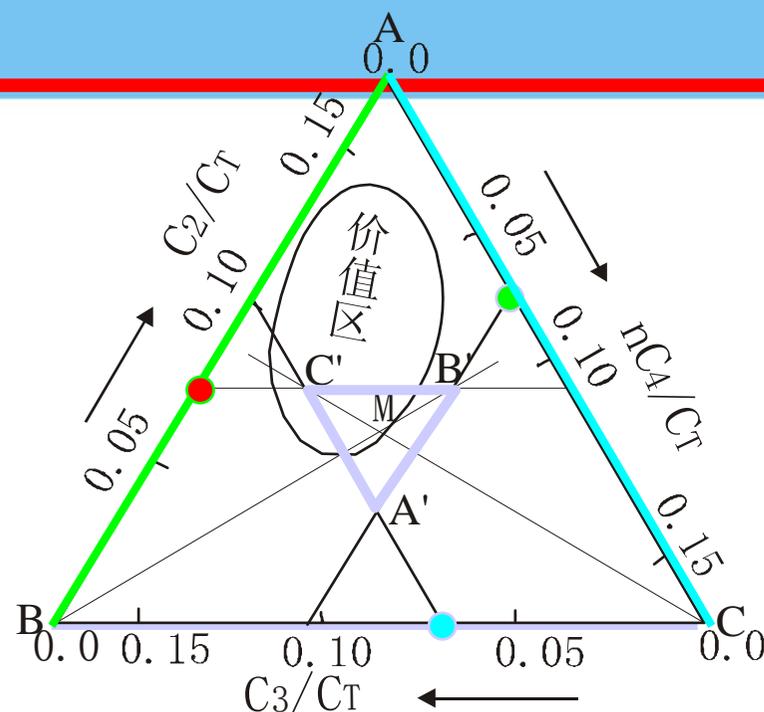


图2 烃组分三角形图版



# 轻重烃比值 $C_1/C_2^+$ 法

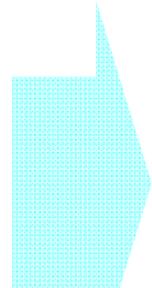
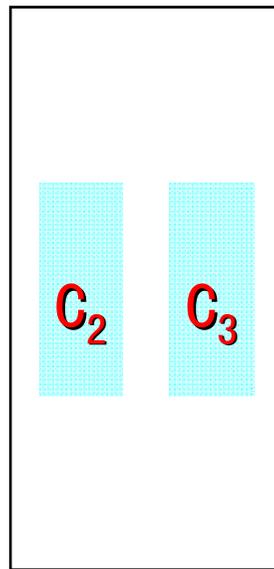
轻烃与重烃的比值： $C_1/C_2^+$

$C_1/C_2^+$	<5	5~10	10~15	15~25	>25
流体性质	与油有关的气	油层气→凝析气	凝析气→干气	干气	特干气

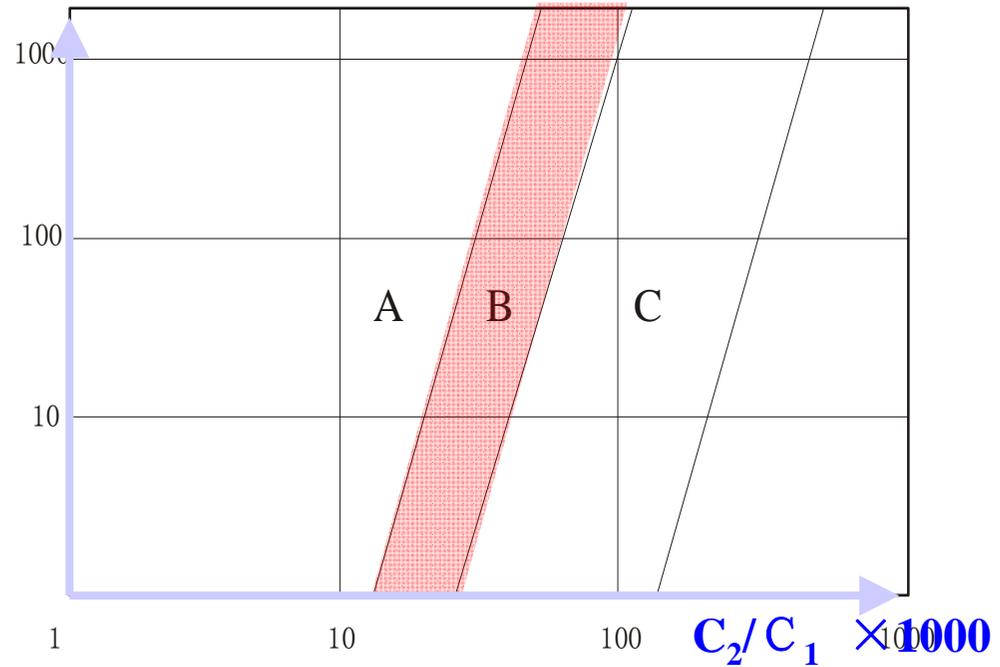
( $C_2^+=C_2+C_3+C_4+C_5$ )



# $C_2/C_1$ - $C_3/C_1$ 交会图版法



$C_3/C_1$   
 $\times 1000$

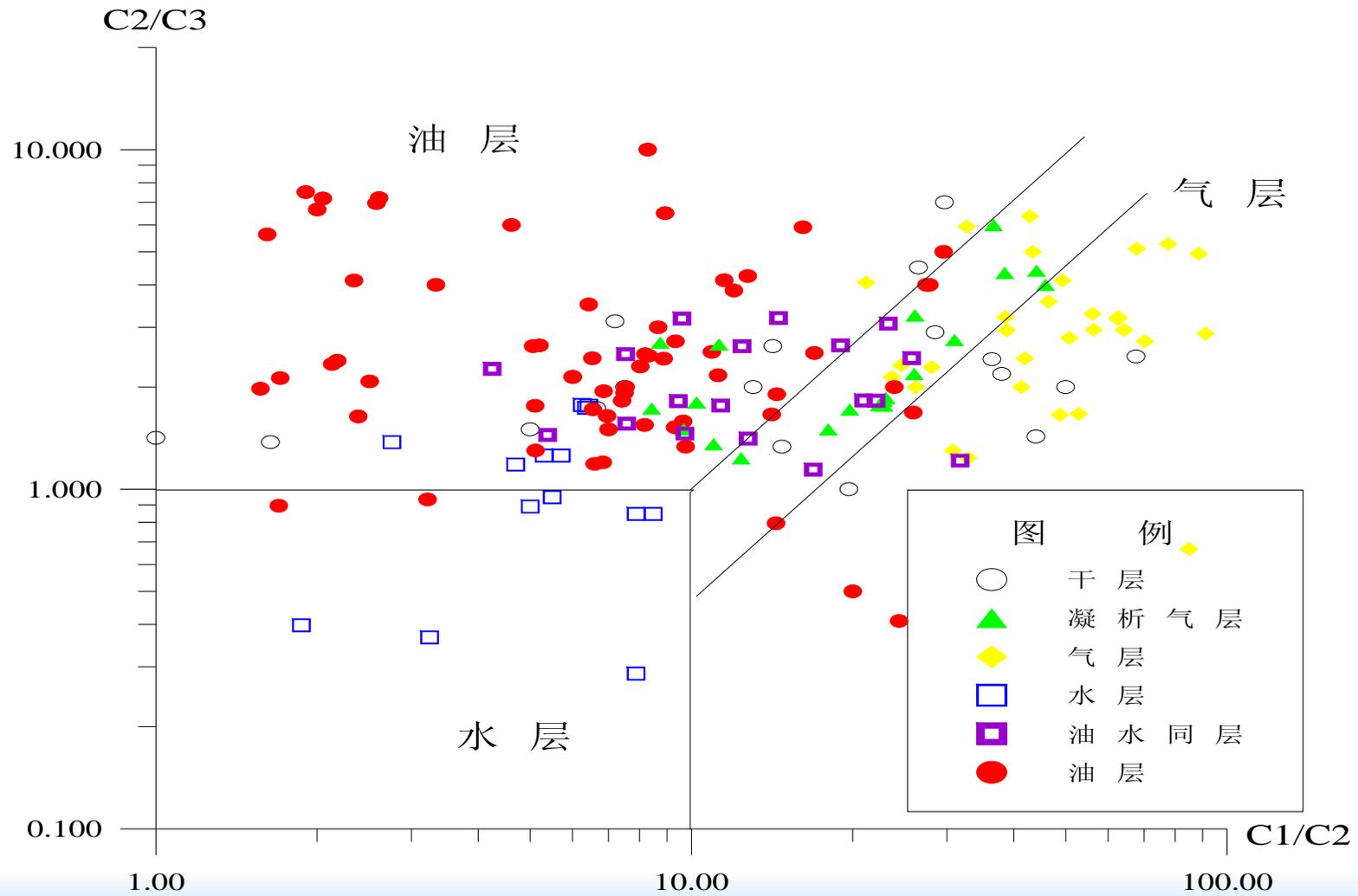


A区: 溶解于水中的干气    C区: 伴生气→油  
B区: 天然气→凝析油    D区: 氧化油过渡

图3 气体评价图



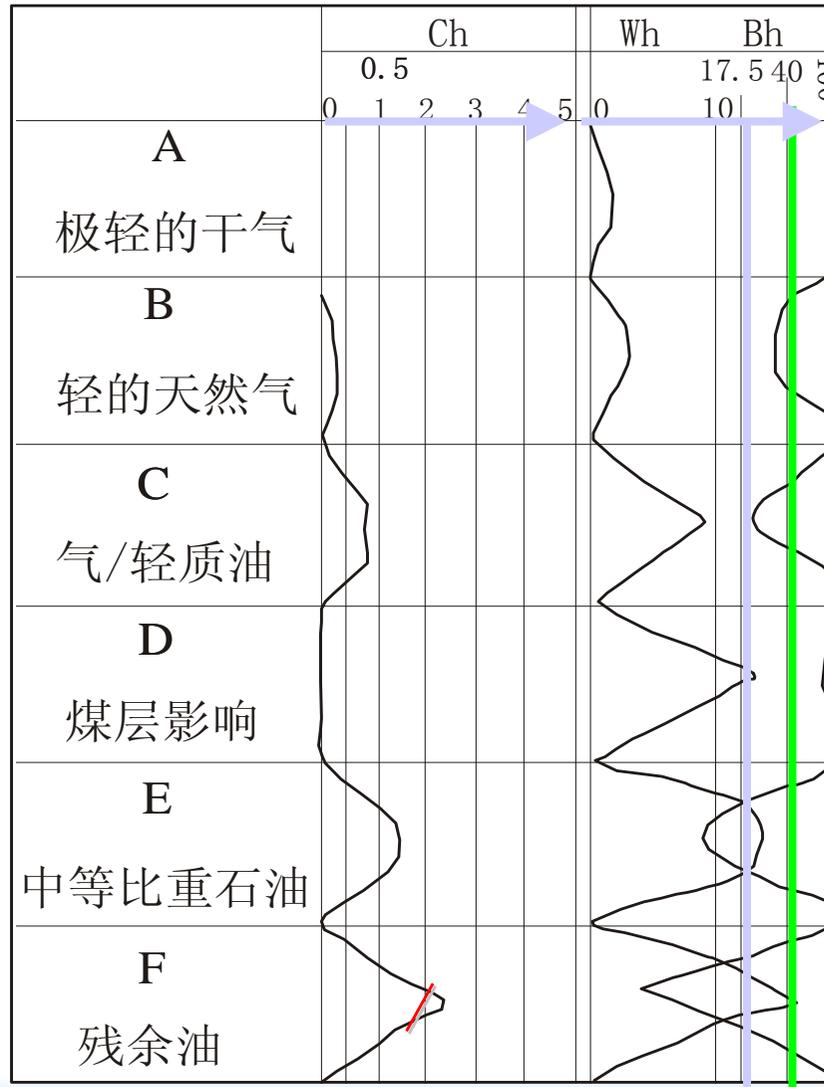
# 某油田随钻气测C1/C2与C2/C3交会图





# Haworth轻质烷烃比值法 (3H法)

- 烃特征比Ch
- 烃湿度比Wh
- 烃平衡比Bh



$$Ch = (C4 + C5) / C3$$

$$Wh = \frac{(C2 + C3 + C4 + C5)}{C1 + C2 + C3 + C4 + C5}$$

$$Bh = \frac{(C1 + C2)}{(C3 + C4 + C5)}$$

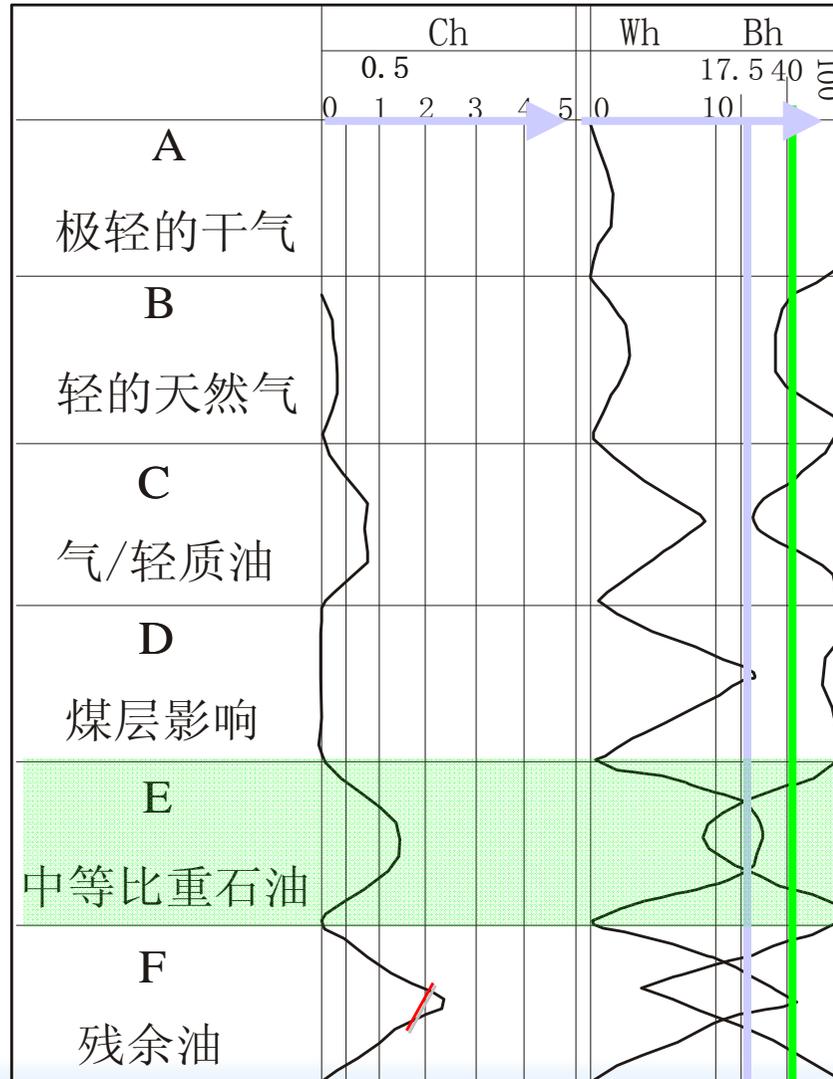
烃气比值与流体类型的理想关系曲线



$$Ch = (C4+C5) / C3$$

$$Wh = \frac{(C2+C3+C4+C5)}{C1+C2+C3+C4+C5}$$

$$Bh = \frac{(C1+C2)}{(C3+C4+C5)}$$



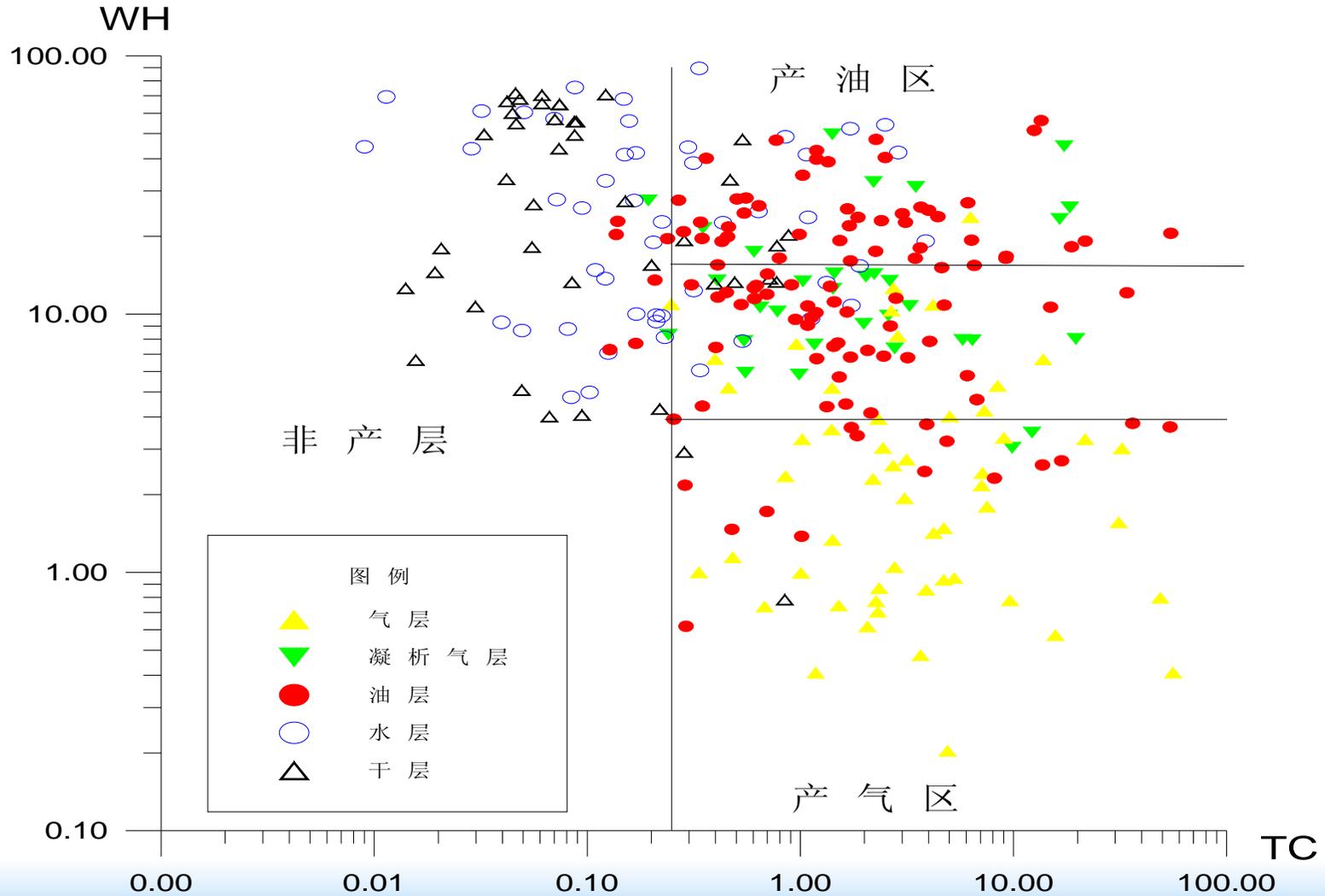
- ①  $Wh < 0.5$  且  $Bh > 100.0$ , 为非常轻的干气, 无生产能力;
- ②  $5 < Wh < 17.5$  且  $Wh < Bh < 100.0$ , 为可能开采的轻天然气, 其湿度和密度随着两条曲线的会聚而增大;
- ③  $5 < Wh < 17.5$  且  $Bh < Wh$ , 为可能开采的凝析气或高密度气 / 轻质油或高气油比的油、凝析油;
- ④  $17.5 < Wh < 40.5$  且  $Bh < Wh$ , 为可能开采的石油, 石油的密度随两条曲线的岔开而增大;
- ⑤  $Wh > 40.0$  且  $Bh < Wh$ , 为生产潜力低的稠油或者无生产能力的残余油。

烃气比值与流体类型的理想关系曲线



$$Wh = \frac{(C2+C3+C4+C5)}{C1+C2+C3+C4+C5}$$

# 利用3H参数划分油气层类型

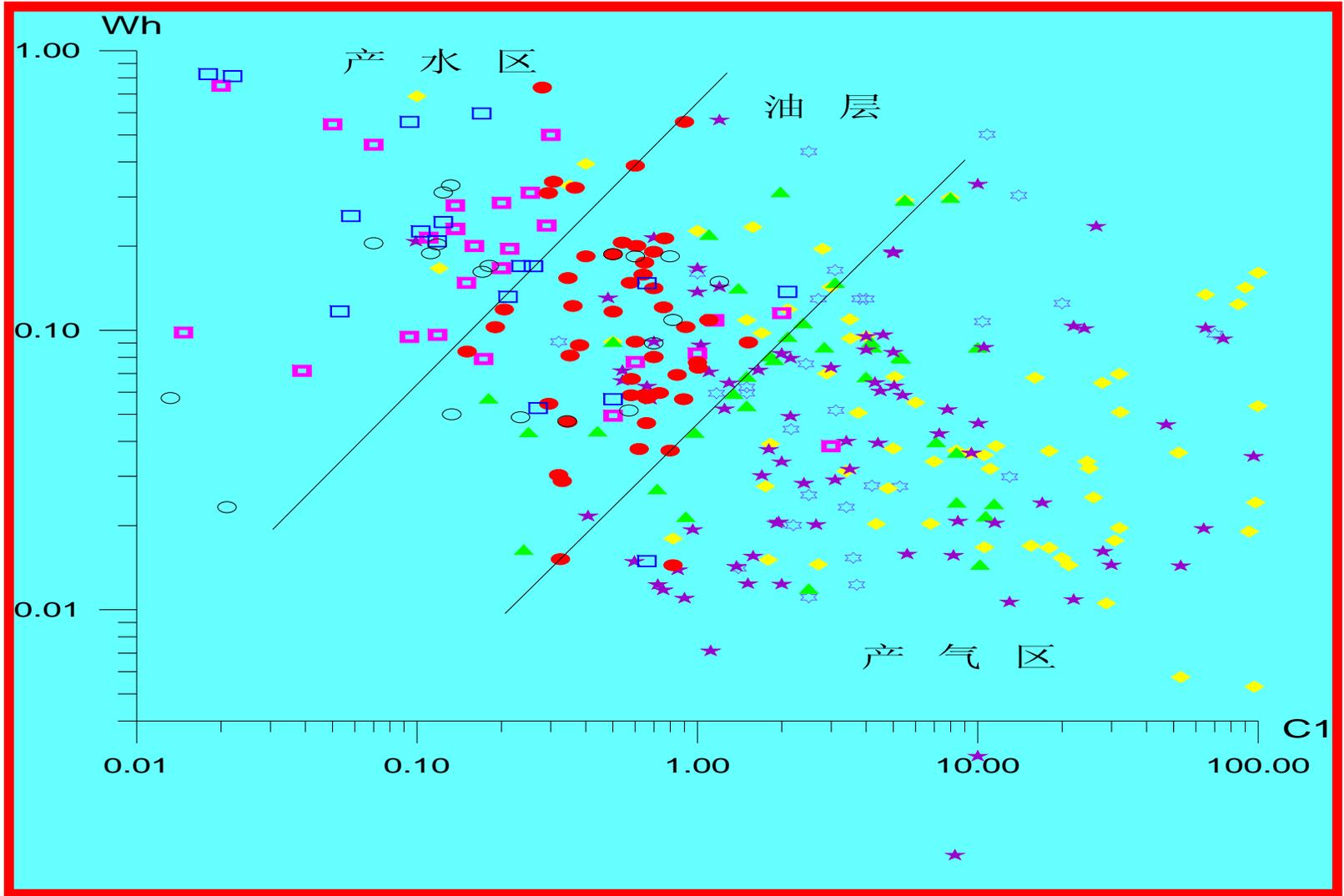




(C2+C3+C4+C5)

C1=C2=C3=C4=C5

# 某油田随钻气测 C1与WH交会图





## 第四节 录井资料地质解释与完井资料整理

泥浆录井资料解释

安全钻进，及时发现油气层

在用池钻井液体积

在用池钻井液体积随着进尺的增加而缓慢下降。如果有地层流体流入井筒则会引起在用池钻井液体积的相对增加。

循环钻井液流量

出口流量是检测井下涌、漏等重要情况的参数。

立管压力

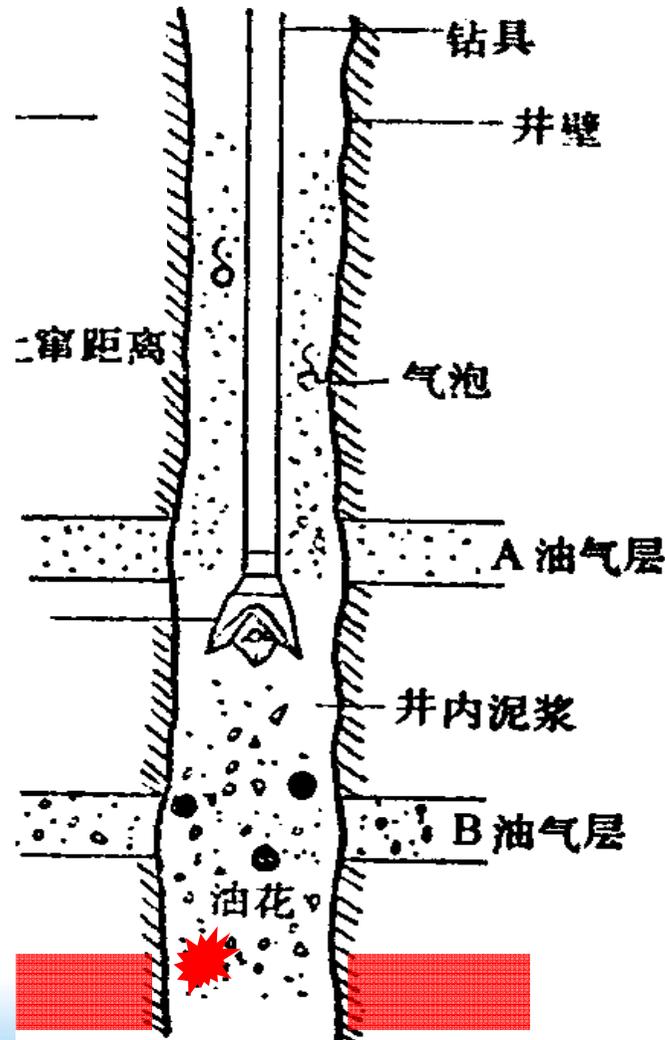
井涌、井漏、井下钻杆刺漏、钻头水眼堵塞都将引起立管压力异常变化。在关井时，立管压力的值与地层孔隙压力有密切关系。

循环钻井液的压力

循环钻井液除了清洗井筒外，有一个重要作用就是和地层孔隙压力相抗衡，在录井中通常用钻井液的已知压力和压力失衡征兆来估算地层孔隙压力。



# 计算油气上窜的速度



■ 在停钻状态下（钻井液静止状态），井下油气层的油气从井下向上流窜，称油气上窜。

■ 上窜速度以每小时多少米来表示。

■ 下次开泵血循环时录井可见到油气侵

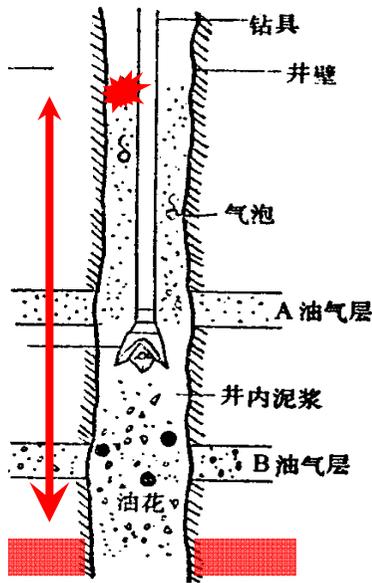




# 计算油气上串的速度

## 迟到时间法

$$U = \frac{H - \left[ \frac{h}{t} (T_1 - T_2) \right]}{T_0}$$



**H**——油、气层深度，m

**h**——循环钻井液时钻头所在井深，m

**t**——钻头所在井深的迟到时间，min

**T<sub>1</sub>**——见到油、气显示的时间，min

**T<sub>2</sub>**——钻至**h**深度后的开泵时间，min

**T<sub>0</sub>**——井内钻井液静止时间，h

**V<sub>c</sub>**——井眼环形空间每米理论容积，L/m

**Q**——钻井液泵排量，L/s



## 泥浆性能变化的解释

性能	油层	气层	盐水层	淡水层	粘土	石膏	盐层	疏松砂岩
密度	减	减	减	减	微增	不变→微增	增	微增
粘度	增	增	增→减	减	增	剧增	增	微增
失水	不变	不变	增	增	减	剧增	增	
切力	微增	微增	增	减	增	剧增	增	
含盐量	不变	不变	增	减			增	
含砂量								增
泥饼				增		增	增	
酸碱值				减	减	减	减	
电阻率	增	增	减	增	减	增	减	



## 泥浆的显示程度

- ① 油花气泡：油花或气泡占槽面30%以下。
- ② 油气浸：油花或气泡占槽面30%以上，钻井液性能变化明显。
- ③ 井涌：钻井液涌出至转盘面以上，不超过1m。
- ④ 井喷：钻井液喷出转盘面1m以上。喷高超过二层平台称强烈井喷。
- ⑤ 井漏：钻井液量明显减少；







# VECTOR MAGNETICS





# 烃源岩评价

## 评价有机质丰度

	好烃源岩	较好烃源岩	中等烃源岩	差烃源岩	非烃源岩
总有机碳 TOC, %	>2	1~2	0.6~1	0.4~0.6	<0.4
生烃潜力 Pg, mg <sub>烃</sub> / g <sub>岩</sub>	>20	6~20	2~6	<2	

## 划分有机质类型

	I 型	II 型		III 型
		II <sub>1</sub>	II <sub>2</sub>	
氢指数 (I <sub>H</sub> ), mg <sub>烃</sub> / g <sub>岩</sub>	>700	700-350	<350-150	<150
类型指数 (I <sub>T</sub> )	>20	20-10	<10-5	<5
降解率 (D), %	>70	70-30	<30-10	<10
产油潜力 (Pg), mg <sub>烃</sub> / g <sub>岩</sub>	>20	20-6	<6-2	<2

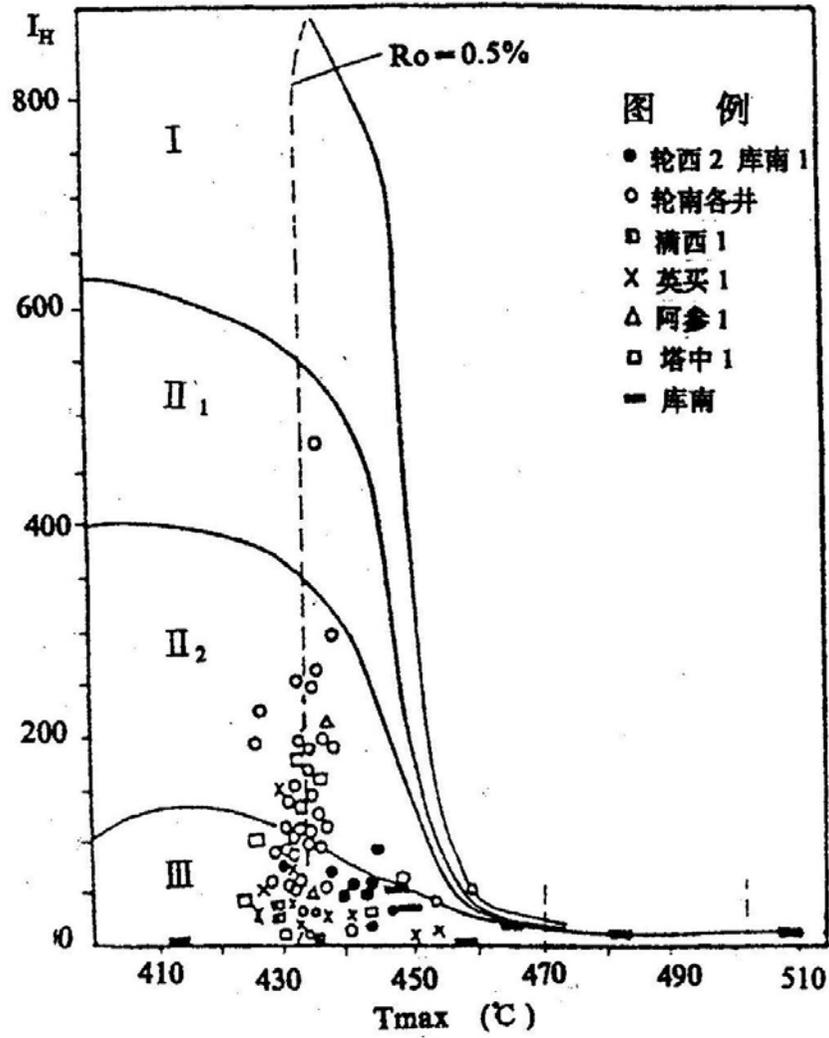


地化录井资料解释



烃源岩评价

根据氢指数  
划分有机质类型





# 评价有机质成熟度

干酪根的热降解生烃过程，是依据其活化能分布的由低而高逐级降解生成石油物质的。在有机质经历了一定的生烃演化历程后，干酪根中“桥”键能量低的分子侧链优先脱落。随演化程度的增加和生烃作用的加强，残存在干酪根中的‘桥’键能量增加，生成石油物质的活化能增加。因此，依据有机质所经历的演化历程的差异， $T_{\max}$ 发生有规律的变化，即演化程度的增加， $T_{\max}$ 增加。

$T_{\max}$ 为400 ~ 435℃时，有机质处于未成熟—低成熟阶段，

$T_{\max}$ 为435 ~ 455℃时为成熟阶段，

$T_{\max}$ 大于455-465℃时为高—过成熟阶段

从生烃门限至生烃高峰，随着具生烃活性的有效碳的损耗、生成产物的增加， $S_2$ 下降， $S_1$ 增加，产率指数  $(S_0 / S_1) / (S_0 + S_1 + S_2)$  明显增加。随 $T_{\max}$ 的增加， $S_2$ 的降低，在 $S_2$ 趋近于零时，烃源岩达到其生烃的“死亡线”。



# 储集岩评价

## 热解法确定储层含油气级别

油层:  $P_g$ 值  $> 20 \text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{岩}}$

含油砂岩:  $20 \sim 10 \text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{岩}}$

油浸砂岩:  $10 \sim 7 \text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{岩}}$

油斑砂岩:  $7 \sim 3 \text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{岩}}$

岩;

油迹砂岩:  $0.5 \sim 3 \text{mg}_{\text{烃}} / \text{g}_{\text{岩}}$

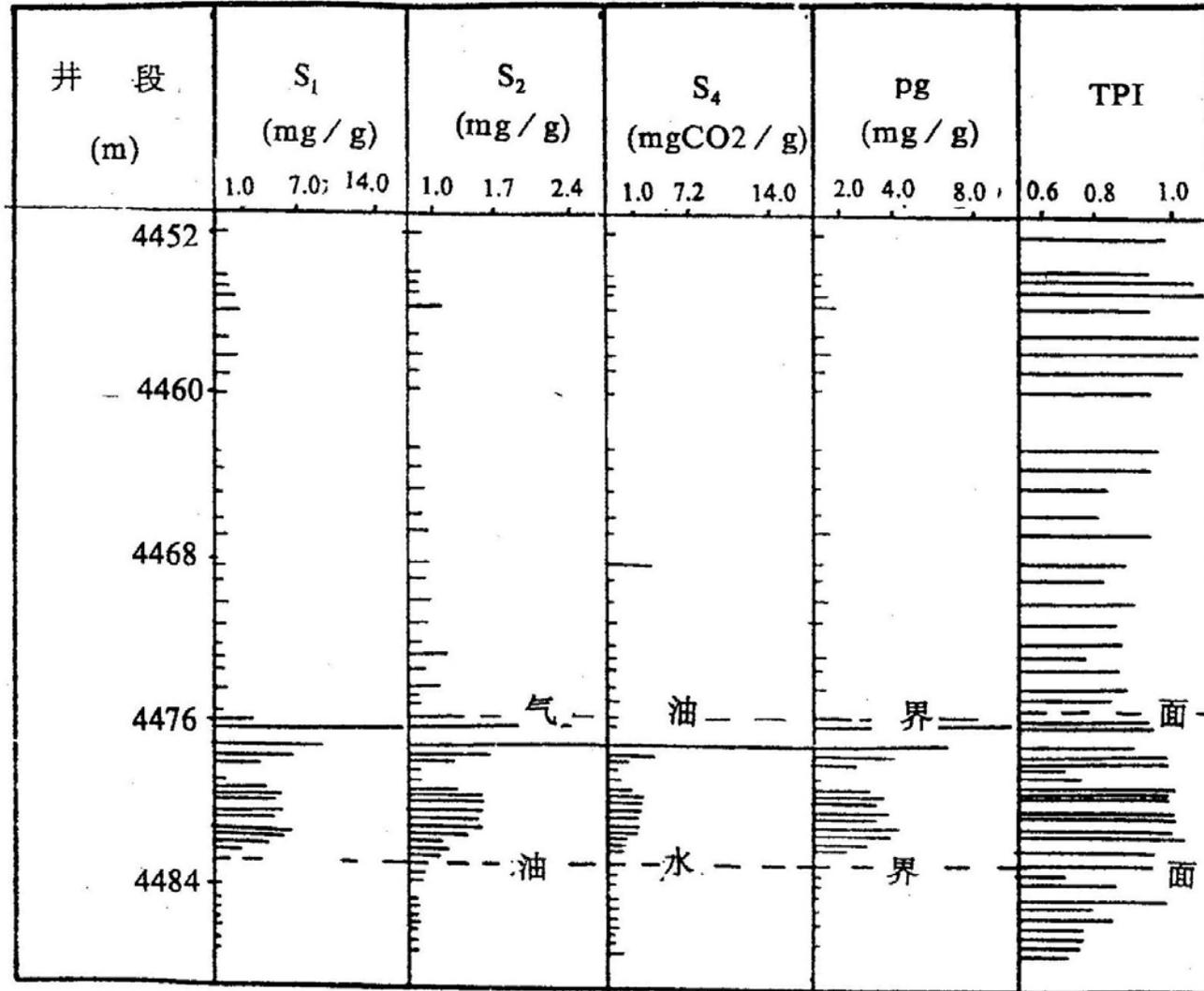
## 建立油气层评价标准

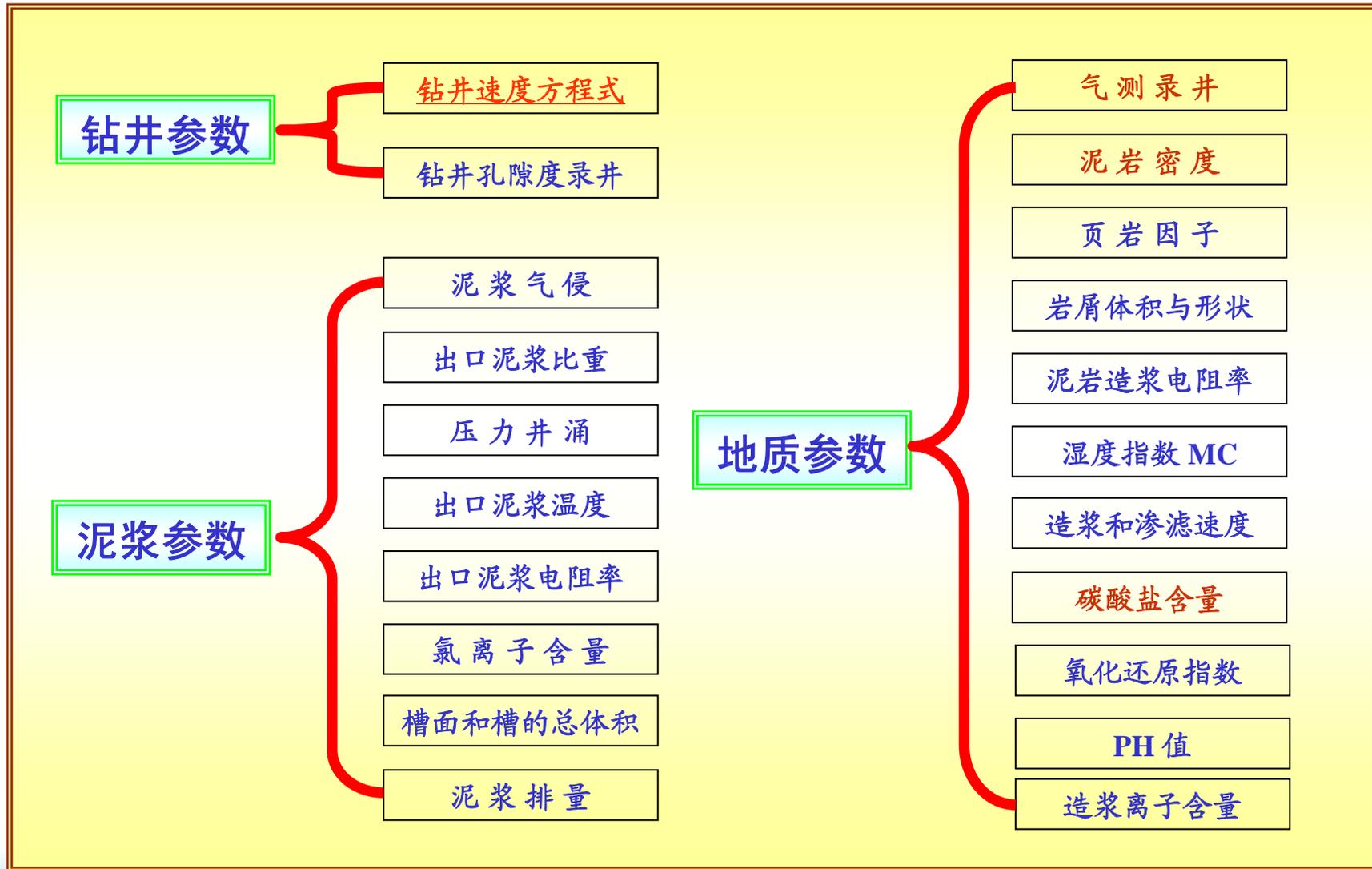
指标 储层	$S_1, \text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{岩}}$	$S_2, \text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{岩}}$	$P_g, \text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{岩}}$	TPI
凝析油气层	$> 0.4$	$> 0.1$	$> 0.5$	$> 0.78$
油层	$> 8.5$	$> 4.0$	$> 12.5$	$0.55 \sim 0.80$
差油层或油水同层	$5 \sim 8.5$	$> 2.0$	$7 \sim 12.5$	$0.45 \sim 0.8$
含油水层	$2 \sim 5$	$1 \sim 2$	$3 \sim 7$	$0.4 \sim 0.8$
干层或水层	$< 0.2$	$1.0$	$< 3.0$	$< 0.75$



# 储集岩评价

确定油气水界面

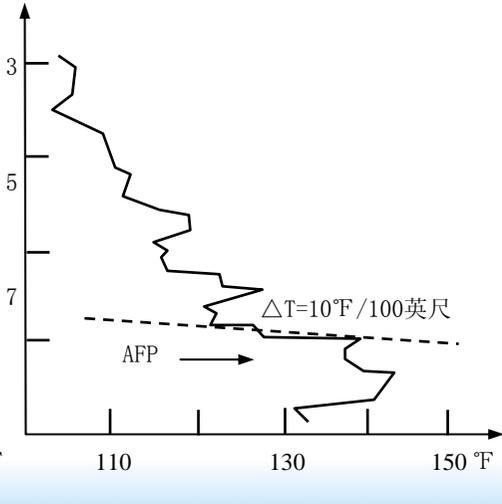
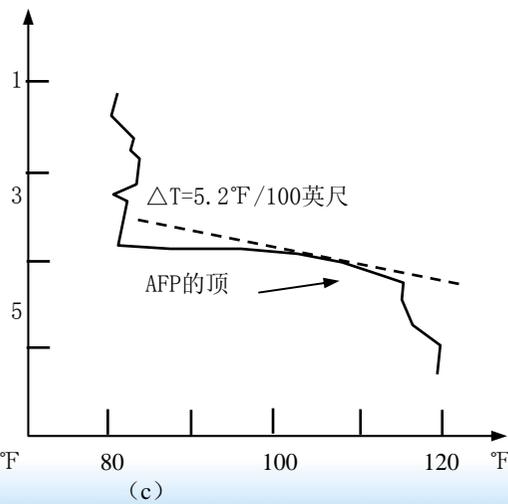
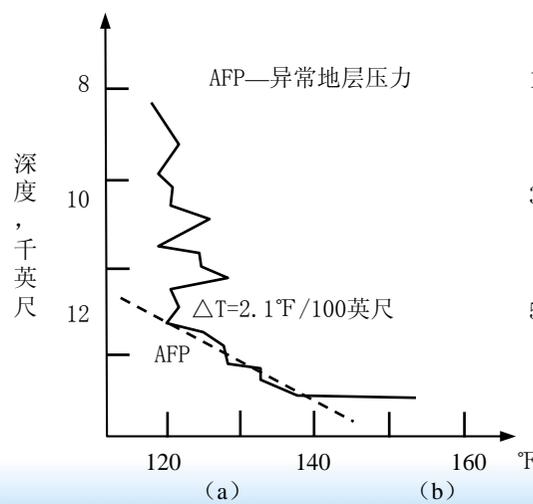
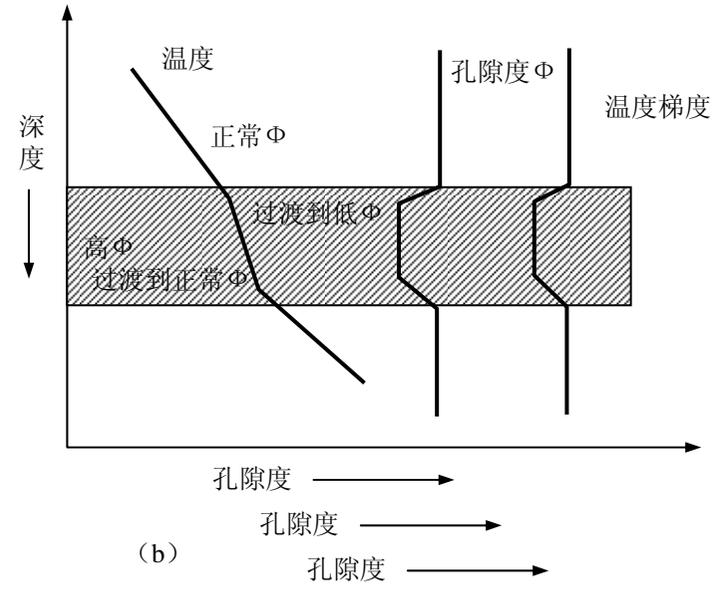
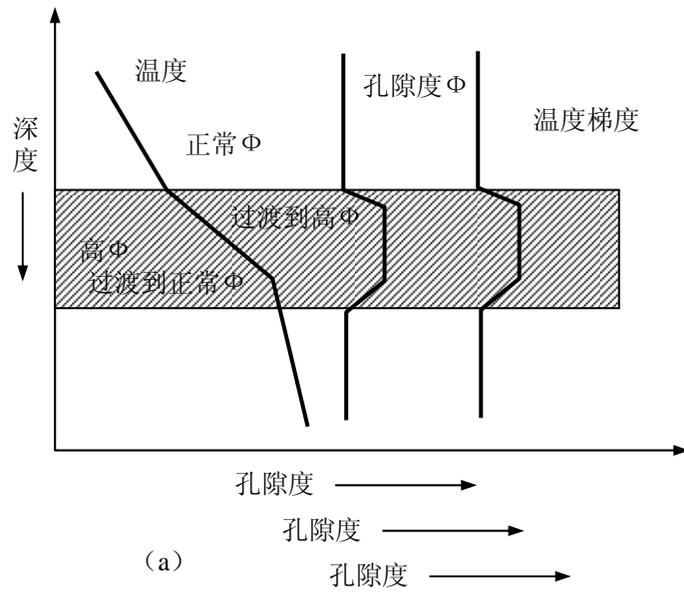






# 地层压力评价

# 出口泥浆温度

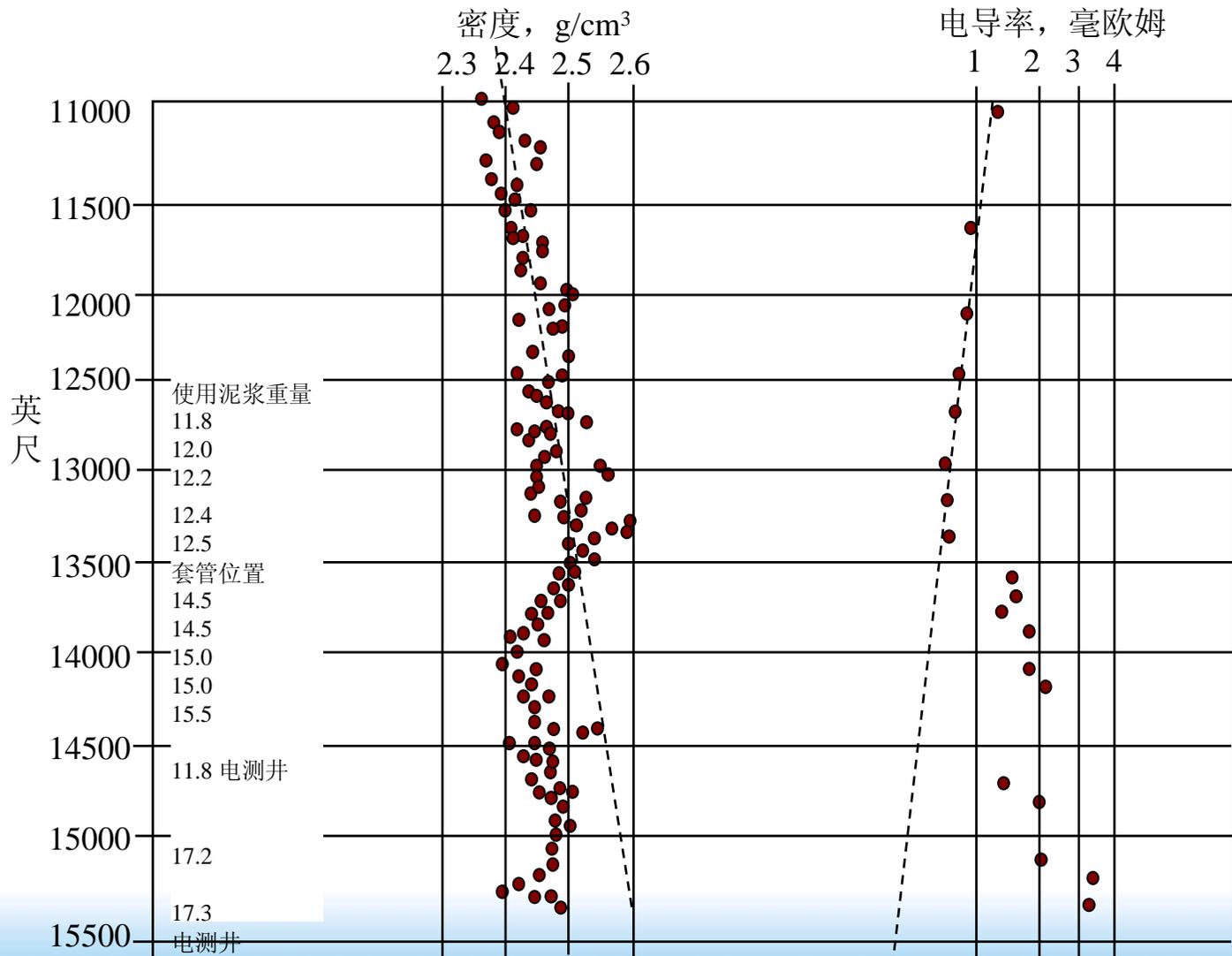




# 地层压力评价



# 泥岩密度与电导率

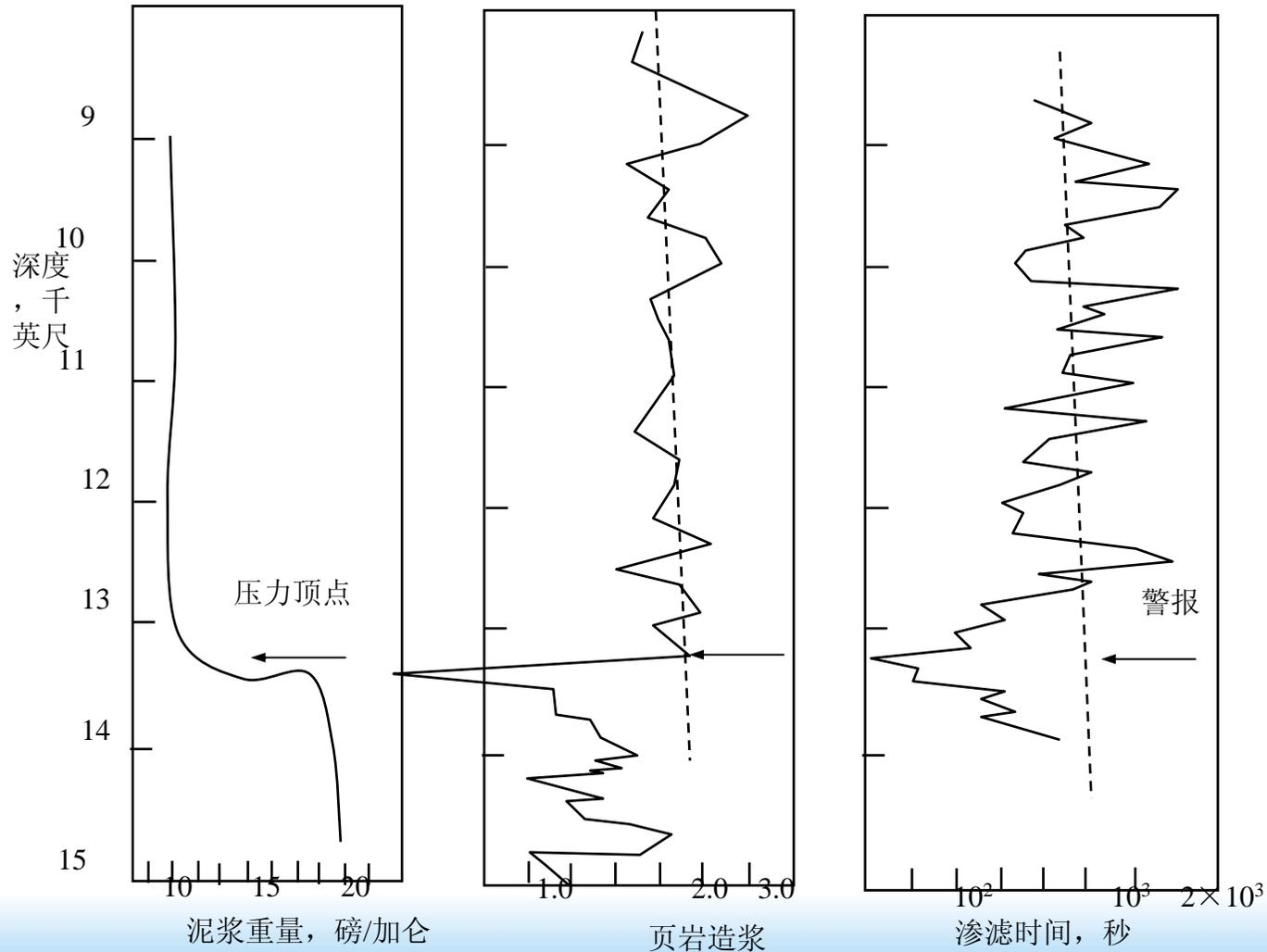




# 地层压力评价



# 泥浆性能

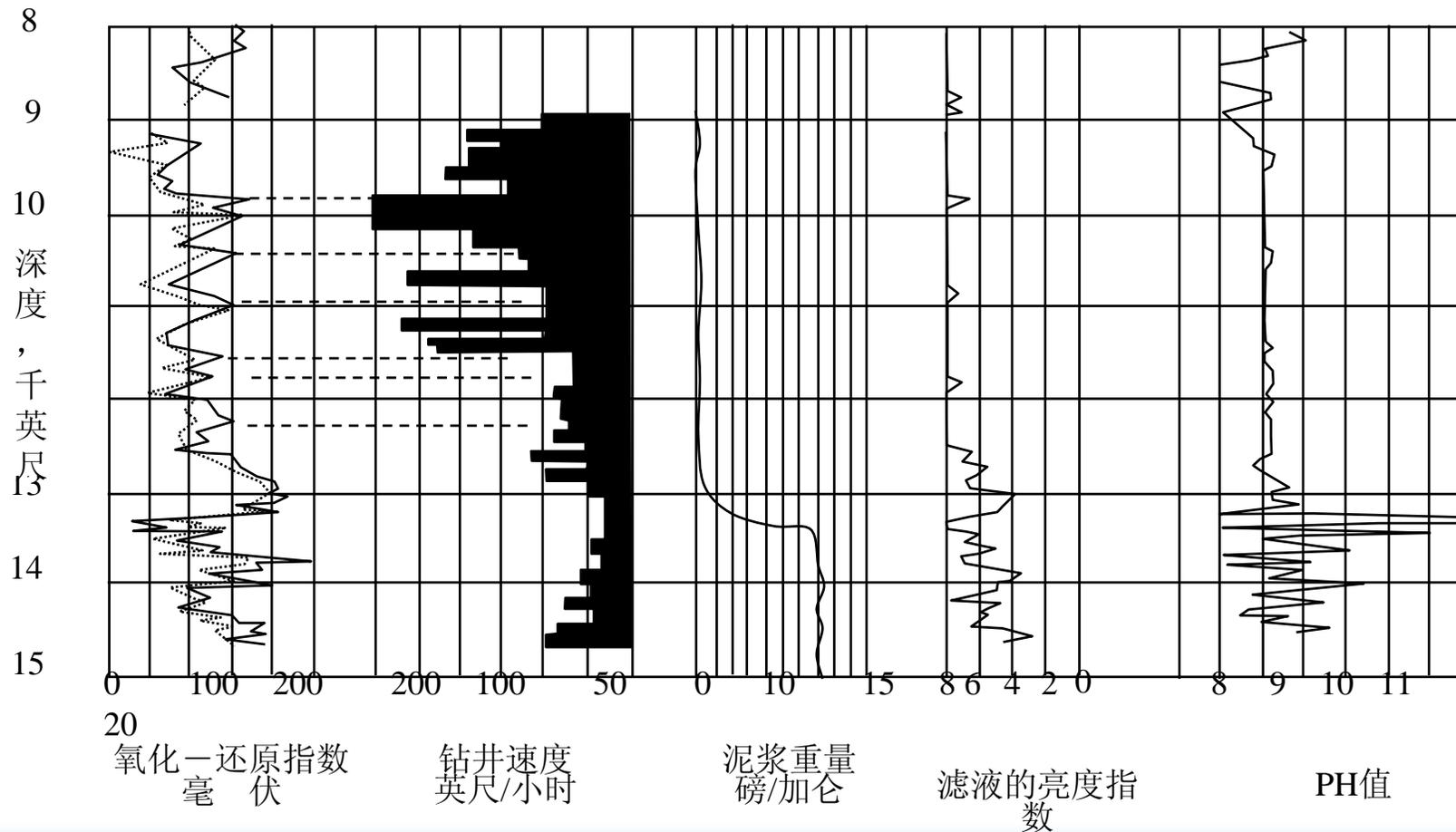




# 地层压力评价



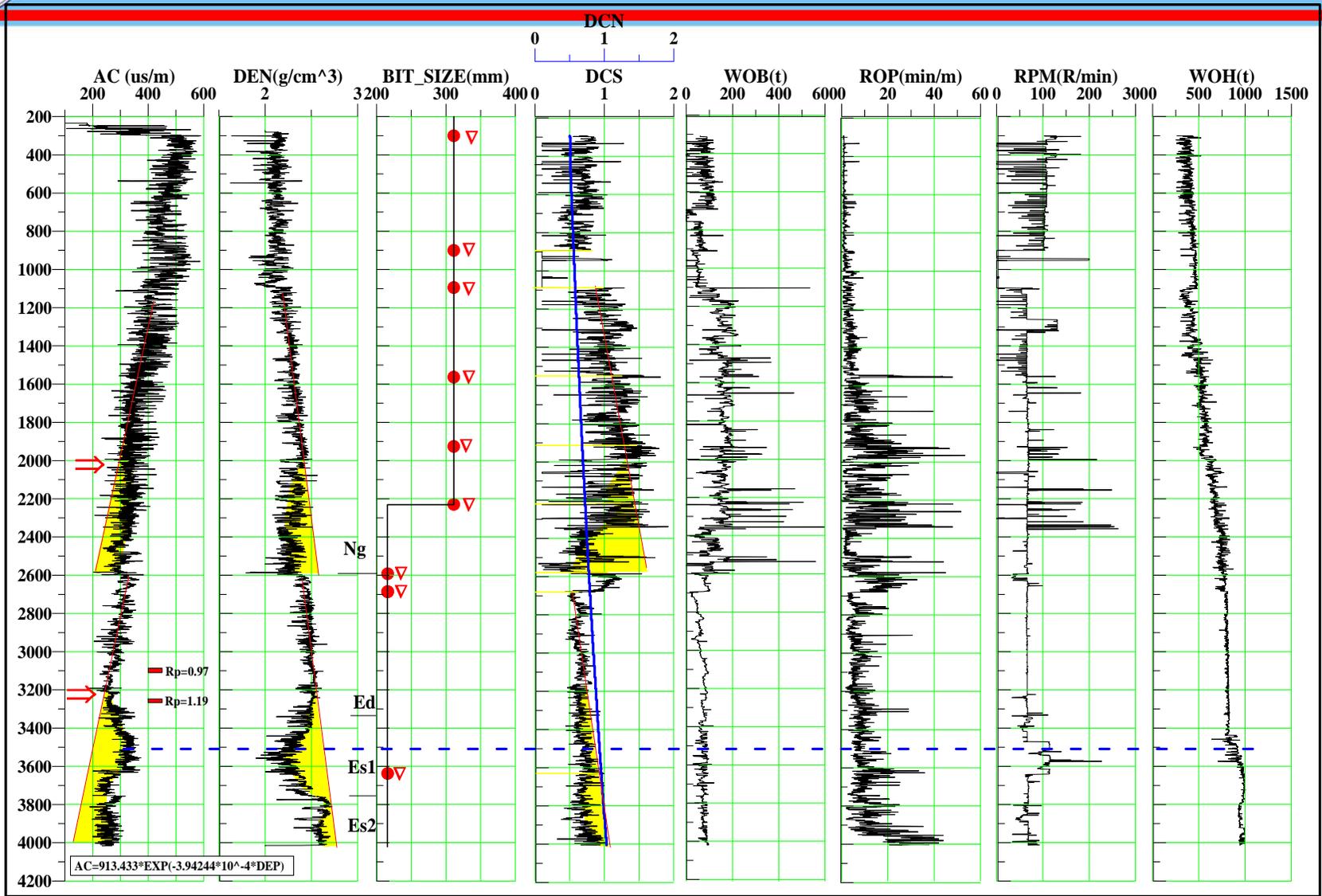
# 泥浆性能





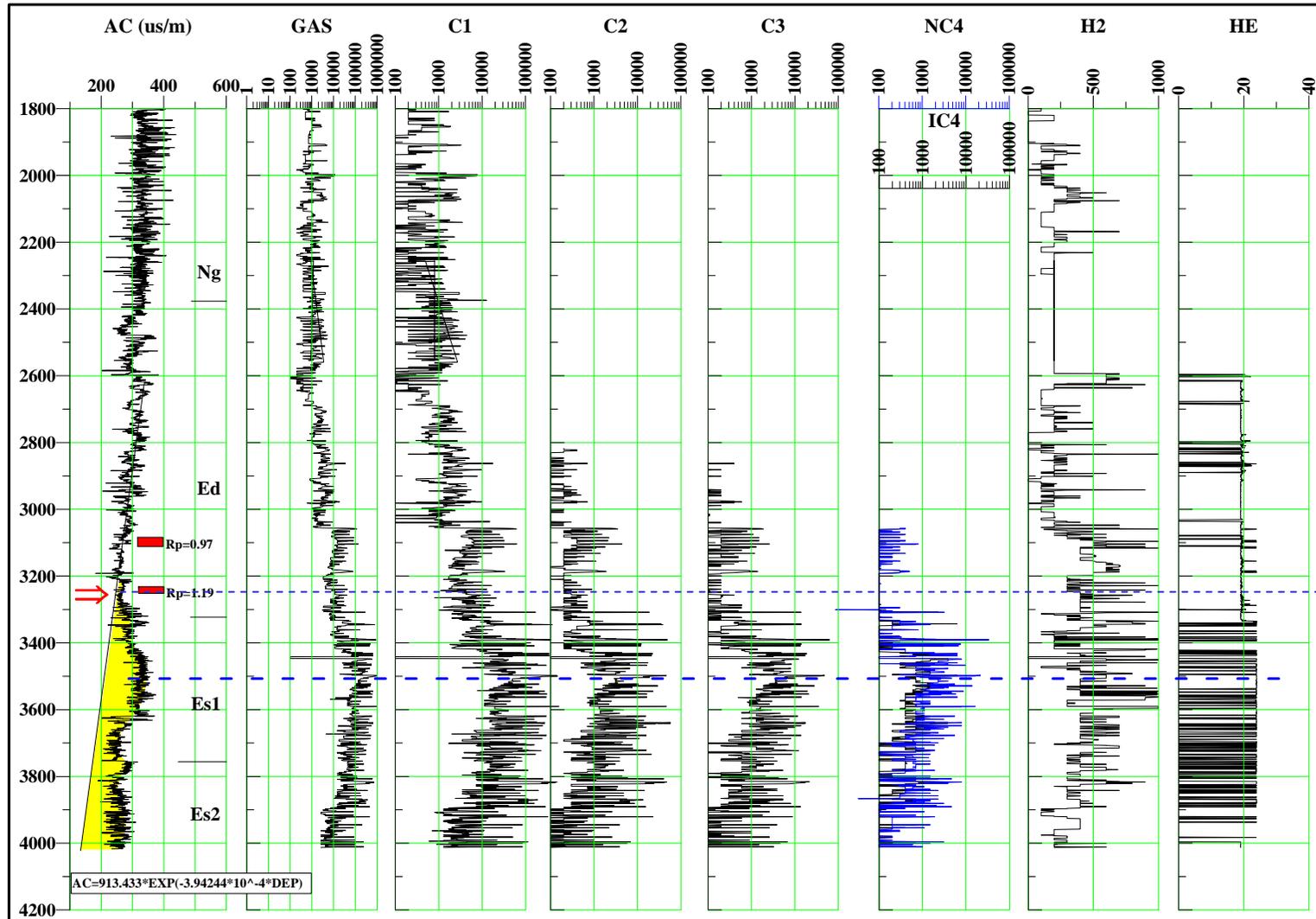
# 综合录井参数

## 港深42×1井测井、钻井参数随深度变化图





# 港深42×1井测井、气测参数随深度变化图





## 地层压力评价



## Dc指数的计算模型

$$dc = (\gamma_w / \gamma_m) \times \ln(3.282 / N \times T) / \ln(0.672 \times W / D)$$

式中： $dc$ —钻速方程中的一个指数，代表岩石可钻性的大小；

$T$ —钻时，米/分钟；

$\gamma_w$ —正常泥浆比重，常用地层水比重代替；

$\gamma_m$ —实际使用的泥浆比重。

$N$ —转速，转/分钟；

$W$ —钻压，t；

$D$ —钻头直径，mm；



# 地层压力系数的计算模型

