

石油地质论文集

油气田测井专辑

中国石油学会石油地质学会编

一九七九年

石油地质论文集

《油气田测井专辑》

总字第一期

1979年第1期

内部发行 注意保存

编辑

出版

地址

印刷

定价

《油气田测井专辑》编辑组

中国石油学会石油地质学会

北京学院路910信箱

石油部物探局制图印刷厂

1元(会员减半)

出版说明

中国石油学会石油地质学会自一九七九年成立以来，陆续举办了一系列学术活动，对石油地质有关学科的近期学术和科研成果进行了广泛的交流，促进了石油地质学术活动的开展。为了进一步扩大交流这些学术活动的成果，特将有关学术会议的文章进行整理编辑，并以“石油地质论文集”的形式不定期出版，供广大会员和专业科技人员参考。

本期反映了一九七九年十月石油地质学会召开的首届油气田测井新技术学术论文报告会上的论文，这次会议在华北油田召开。中国地球物理学会、中国地质学会、中国科学院、石油工业部、地质部、煤炭工业部、二机部、冶金工业部、水电部以及复旦大学、华东石油学院等八所高等院校的 122 名科技工作者参加了会议，会上交流学术论文五十八篇，内容很丰富，汇编为“油气田测井专辑”。在编辑工作中得到了北京石油勘探开发科学研究院、胜利油田、大庆油田、四川石油管理局、西安石油勘探仪器总厂和广大石油学会会员、论文作者的热情支持，特别是华北油田对于学术会议的召开和论文集出版给予大力支持，在此谨致以衷心感谢。

石油地质学会

一九八〇年六月

目 录

1. 油气探井的测井体系……………石油勘探开发科学研究院 翁文波 (1)
2. 使用多元线性回归分析进行测井解释的几点体会……………华东石油学院 王曰才 (5)
3. 深部油气层的测井解释理论和方法
……………石油勘探开发科学研究院 谭廷栋 司徒丽丽 (14)
4. 测井信息的发展及应用……………胜利油田 段 康 (19)
5. 利用测井信息研究油气生成、运移、富集规律探讨之一 (温度 信息)
……………石油勘探开发科学研究院 赖维民 (24)
6. 微球型聚焦测井数学模型的研究……………复旦大学 李大潜 郑宋穆 谭永基
江汉测井研究所 王敬农 陈芳祥 李长元 (41)
7. 测井数字处理的进展与展望……………胜利油田 欧阳健 (55)
8. 数字化测井数据计算机分层方法……………武汉地质学院 尉中良 (60)
9. 复杂泥质低阻油层测井解释方法探讨
……………长庆油田 汪仕杰 孙君明 徐文珍 (67)
10. 水淹层测井解释……………大庆油田 常明沕 (78)
11. 低能源——含水率密度计
……………吉林大学——核物理教研室 大庆油田——井下测井研究所 (86)
12. 井壁声波的应用前途……………石油勘探开发科学研究院 郝志兴 褚人杰 (92)
13. 裂缝——孔隙型碳酸盐岩储集层储层参数研究……………四川石油管理局 吴继余 (99)
14. 应用测井资料对川东石炭系储层评价的探讨……………四川石油管理局 李松旺 (106)
15. 利用测井资料确定碳酸盐岩底水油藏油水界面……………华北油田 李厚义 (111)
16. 碳酸盐岩地层测井解释方法的研究……………华北油田 阮树德 (114)
17. 碳酸盐岩储集层测井解释及计算机处理……………成都地质学院 肖慈猷
地质部第一石油指挥部 梁千才 (118)
18. 地层结构指数 m 、饱和指数 n 、系数 a 和地层水电阻率 R_w 选值的探讨
……………成都地质学院 陶淑娴等 四川石油指挥部测井站
河南石油指挥部 85 站 (126)
19. 碳酸盐岩储集层声速测井孔隙度理论公式的探索《摘要》
……………西南石油学院 陈福煊 (130)
20. 裂缝碳酸盐岩地层的电阻率《摘要》……………成都地质学院 杜奉屏 (130)

21. 声波测井解释气层的理论和方法……………石油勘探开发科学研究院 司徒丽丽
北京勘探指挥部 胡 杰(131)
22. 低电阻率油气层的机理……………胜利油田 曾文冲(138)
23. 多参数自动判别分析油水层方法……………胜利油田 欧阳健 吕建儒 徐国庆
山东大学 墨文川(145)
24. 用双孔隙度解释地层的含油性和渗透性……………江汉石油学院 朱德怀(153)
25. 确定渗透率的测井解释技术《摘要》……………胜利油田 曾文冲(161)
26. 砂泥岩中子密度交会图的数值计算和确定粉砂指数的方法
……………华东石油学院 洪有密(162)
27. 交会图技术在选测井参数方面的应用《摘要》
……………地质部河南数字测井站 王树源、李保华、王桂华(169)
28. 刘李压构造砾岩油层解释方法……………华北油田 林贵红(170)
29. 关于邻近水层法在河南电测解释中的使用情况
……………河南石油会战指挥部电测站(173)
30. 利用测井资料判断水淹层……………胜利油田 吴付东 靳宗盛 胡淑芬(177)
31. 北部湾莺歌海地区油气层测井显示特征……………南海石油勘探指挥部 潘贵强(181)
32. 压力体系与油气藏……………石油勘探开发科学研究院 张志松(184)
33. 三侧向测井的理论模拟曲线及现场解释方法的使用效果
……………大港油田 陈永生(187)
34. 双侧向测井一些方法问题的探讨……………西安石油仪器厂(190)
35. 双侧向测井电极系考查和刻度方法的研究……………胜利油田 霍仲辉(193)
36. 声波电视测井声系考查……………华东石油学院 楚泽涵(197)
37. 声波井下电视测井的若干理论问题《摘要》……………华东石油学院 楚泽涵(201)
38. 进一步提高和扩大磁测井地质作用的设想……………冶金部地质研究所 李学圣(202)
39. 放射性方法实验井的建造与应用
……………江汉石油管理局 何清源 杨仲才 方映东(206)
40. 碳氧比(C/O)测井方法研究……………大庆油田 柯显达 朱达智 程宗华(217)
41. 中子寿命测井应用初探……………西安石油仪器厂 何平天(226)
42. LZC—1型中子——中子测井仪……………大庆油田 曲贤才(230)
43. SDC型曲线数字转换仪的研制……………胜利油田 郑星斋(234)
44. 数字磁带测井仪……………大庆油田 王书贤 七机部704所 曾风顺(240)
45. DCS—781型补偿声速测井仪……………大庆油田 门鸿勋(245)
46. 补偿声速仪的讨论……………西安石油仪器厂 陆立民(254)
47. 磁测井仪……………大庆油田 曹瑜玲(259)
48. 补偿声速仪的改进和在深井中的使用《摘要》
……………大庆油田 梁学志 李家富(261)
49. 水井连续流量计……………大庆油田 白晓辉(262)

50. WS—1 型深井射孔弹研制简介《摘要》……………四川石油管理局 聂勋禹 (265)
51. 近似中心点起爆在聚能射孔中的应用……………西安石油仪器厂 且大章 (266)
52. 通过等效氯化钠实验确定油层水电阻率……………河南石油会战指挥部 林纯增 (271)
53. 通过高压气吹法岩电实验确定油层原始含油饱和度
……………河南石油会战指挥部电测站 (275)
54. 测井仪器高温高压试验装置……………地质部河南数字测井站 莫纪顺 王树源 (279)
55. 高温高压装置的筒体强度计算及提高强度的探讨……………华北油田 王秉刚 (282)
56. 自然电位测井的电蚀干扰……………石油勘探开发科学研究院 张志松 (286)
57. 石油普查测井的回顾与努力目标……………地质部石油物探研究大队 刘大恒 (291)
58. 国外测井技术的发展近况……………石油科技情报所 王文祥 (293)

油气探井的测井体系

石油勘探开发科学研究院 翁文波

油气探井测井是认识地下地质状态的过程。认识的目的是改造地层使石油和天然气从井口产出。这一过程的开始是创造测井工具并通入井孔，从中取得有关油气信号的测井数据。经过处理分析，破译出信号的含义，就可对探井作出决策行动。

工具：我国测井工具大部是国内生产的。他们的性能和其中部分品种的质量和数量还不完全适应高速发展的石油工业。新一代的数字测井设备正在提高传信、收信性能。新的下井部件也在提高对高温高压条件的适应性。

测井数据：测井数据大部分是以基础科学为根据。在电磁学方面各种深浅侧向、感应测井等。有关放射性的有自然伽玛、中子、密度测井等。有关弹性波的有各种声波测井。此外还有井径、井温、井内流体、地层倾角、地球化学测井等。

这些不同测井方法的数据，携带着地层中含油气的信号达到地面。

信号调制：测井数据并不直接表达井中地层含油气状态。为使有效信号能直接表达出来，测井数据要经过一道“信号调制”的程序。在调制程序中，要输入调制信号去破译测井数据。调制信号可以类比为电报中的电码或密码，电视中的扫描频率，可控震源勘探中的震源子波。这类调制信号必须符合信源特点，才能输出有意义的电文、图象或勘探剖面。测井信源是井下地质状态。因为我们不能直接从信源取得调制信号，就必须尽详的分析、研究有关信源的一切实物和资料。实物有岩芯、原油、地层水、泥浆滤液、砂样等等。资料有试油、试采、生产等数据。这些资料数据可以是本井的、本构造的、本区的、以至于世界各地的类比。分析研究的方法可以是数据处理、模拟实验、对实物的结构、物理和化学性质等的观察分析等。

在测井发展史的早期，我们把测井数据可以类比为明码电讯。电阻和自然电位峰值所在井段就解释为油气层。往后建立了比较复杂的地质模型。现在又要适应更复杂的地质条件，地质模型也将随着发展。

中继模型：中继模型形象油气藏所处地质体的物理、化学、岩矿等性质。它未必直接表达油气状态，但对油气层模型的建立是必要的。

岩层孔隙率 Φ 是一项重要的中继因子。孔隙率 Φ 和密度测井、中子测井、声波速度测井数据相关。形象他们相关的方程就是 Φ 的模型。其他中继因子如岩层渗透率、裂缝体积、泥质体积、束缚水体积等都可以和测井数据建立模型。

建立模型时应该注意到模型的本质。模型是客观实际被认识的抽象，再组织成多数人能理解的形象。模型的建立包括从实际—抽象—形象的过程。模型可以是方程式，但方程式不一定是模型。这就是说模型是形象化了的抽象，但形象化了的抽象未必是模型。如果不注意这一基本区别，可能掉进杂乱无章的数学符号的泥坑之中。

油气层模型：油气层模型是那些可以确定油气层位的模型。如果油气层位就是那些

油气饱和度超过一定临界值的层位,那么油气饱和度模型就是油气层模型。广泛应用的阿尔奇公式所依据的模型适应比较单纯的砂岩层就是一例,为了适应比较复杂条件,多种油气饱和度模型和其它油气层模型被提了出来。为了确定低阻油层,王曰才教授介绍了利用交换阳离子浓度 Q_v 的方法。为了确定碳酸盐岩油气藏,谭廷栋、刘宗诚、廖明书等观察了岩芯结构,划分出裂缝和粒间孔隙的不同性质,试将阿尔奇模型中常数 m , 扩张为变量,取得进展。

数据预处理:现在再回到信号调制前的程序。因为地质模型不可能完全符合井下实际情况。用地质模型调制测井数据,不可避免的引入次生干扰。这种次生干扰和数据中大量固有噪音互相作用,可能湮没原来不强的油气信号。这种情况在淡水或低阻地层水区域可能发生。如果测井数据在进入地质模型的调制之前经过预处理,尽可能消去固有非信号噪音,情况就可改善。电极系、井孔、侵入层的几何结构、物理化学性质等都可以是这类非信号噪音,理论上是可以消去的。这类预处理可以类比于地震勘探的动静校正。

张庚冀提出以信源系统在均匀介质中所产生的拉普拉斯场为背景,可以得出微差信号。这类微差信号可能有较高的油气信噪比。如油气层的电阻微差应该大于零。但在微差预处理后,地质模型必须相应改建,如阿尔奇公式应改建为:

$$W = (nS_w^{n-1} \Delta S_w) = - \frac{m \Delta \Phi}{\Phi^{m+1}} - \frac{\Delta R_t}{R_t} + \Delta R_w$$

$W \geq 0$ 水层, $W \leq 0$ 油气层。

多元判别:在泥质砂岩区,欧阳建、吕健儒、徐国庆、曾文冲等提出泥质容量等因子也作为判别油气层的因子。在地层状态复杂地层中,考虑因子多些是必要的。实效也很好。

发展多元判别的时候应该注意几个问题。判别因子尽可能互相独立。如果把油气饱和率作为一个因子,那么孔隙率就不是一个独立因子。在非独立因子互相演算中,重复进入演算的噪音就会不必要的增加。此外演算过程力求直接。例如联列矩阵方程,如可求唯一解,不必求非平凡解组。如果在两个判别量的平面图上,判别线是条直线,就可把座标转一个角度使一个轴和判别线垂直。那时另一轴就和油气无关。这不仅是为了计算方便,也是为了减少噪音。

贝叶斯判别能给出产油气的概率。最大熵判别也能从信息量的意义上给出概率。当我们考虑风险因素时,可以采用这些方法。但有的方程不是线型的,演算可能费些事。

新型测井:虽然测井方法已大体定型多年,但新型测井仍有发展前景。现在举出一个例子。大约5-6年前,地震直接找油的亮点技术被提了出来。去年,在四川的灰岩气层上,用振幅比得出气层的亮点信号。大港油田也在亮点位置上钻井。这就联系到国际测井界所响往的声阻抗测井问题。有关声阻抗测井如果能够实现,意义是很大的。首先把应用地球物理的两种最有效的方法,地震勘探和测井,结合起来。此外又可能达到测井直接找油气(不用电阻)的目的。此中一项困难是单井测井缺乏横向信号。我们要克服这些困难就要考虑特殊的方法,如双(多)井自动联合解释、声波延迟或微差收信这

类的特殊方法。当克服这些困难的可能性已比较明显，我们才可以投入试研。

数据处理程序：地震勘探的数据处理程序已大体序列化，如动静校正、初步滤波、迭加、偏移、褶积、绘图等。类比到测井，建立成龙配套的程序序列可能有益。我们不但要建立国际通用的现成序列，特别要注意我国测井工作者的创新，例如：电磁、声波等微差程序，可变 M 程序，四元或多元判别程序等。这些程序可以和通用程序择优选用或并用。在实际应用中，可以总结出常规序列。适应不同地区的常规测井序列也可就此产生。从而影响到仪器设备的组合、设计、试制等。

分级解释：因为测井内容丰富、数据处理方法多样，测井解释成果也要复杂一些以便表达全部信息。测井解释可以按照置信水平分出级别。类比于物理学中测不准原理，我们在认识世界的过程中也存在测不准问题。这就是说：要求解释的可靠性越高，解释的内容就越受限制。这就是分级解释的根据。大体说来，地质模型的数学表示式有这样几类：确定模型、经验确定模型、随机模型等。从不同模型得出的解释也有性质上的差别。

有人认为：有一点估计比茫然无知好。只要分寸掌握好，不完全可信的解释细节，还是可以参考的。大约在 5—6 年前模糊数学的问题被提了出来。模糊数学的根据是：我们的知识边界并不清楚，并且单纯的数字表达不出包函在数字中的实际意义。将来的测井解释可能有描述部分。作为补充内容被提出来。

决策：根据测井解释可能作出决策。现在虚构一个简化的例子示意。设某油气探井测井解释出有 L 种储量价值 Q_i 的可能性，其中第 i 种可能性的概率是 P_i ， $i=1, 2, \dots, i \dots L$ 。并有 $\sum_{i=1}^L P_i = 1$ 。无风险特别是： $L=1$ ， $Q_i=S$ 。从有关部门取得钻井成本 Q_s ，套管成本 Q_b ，探井成功率 $0 \leq P_s \leq 1$ ，裸眼试油成功率 $0 \leq P_c \leq 1$ 。这样就可采取贝叶斯决策原则。决定采取下列三种行动之一：(1) 下套管试油，(2) 裸眼试油；(3) 不试油（决策条件见附录）。

决策计算的单位可以是货币价值 (MV) 或期望货币价值 (EMV)。进一步可用某种函数关系变换为效益 (U)。贝叶斯决策原则也未必最合理。我们可以用各种决策原则得出可供选择的比较方案。

体系：体系分析的特征是完整的考虑各种因素和它们相互影响。如果没有完整的体系概念，有限的科研力量可能没有用在点上，各项研究不易协调。根据体系分析，我们比较容易了解某项研究工作和那些环节有关，那些是薄弱或关键环节。这样就可避免重复的、不急要的研究工作，而把力量用在点上，使上下前后的环节互相含接。这就是体系研究的目的。

附录 测井解释的决策虚构例

(1) 已知：储量价值为 Q_i 的概率 P_i ， $i=1, 2, \dots, L$ 。 $\sum_{i=1}^L P_i = 1$ 。钻井成本 Q_s ，下套管成本 Q_b ，探井成功率 P_s ，裸眼试油成功率 P_c 。

(2) 效益表:

行 动	状态 i 的效益	和
A_1 , 下套管试油	$P_i(Q_i - Q_a - Q_b)$	$S - Q_a - Q_b$
A_2 , 裸眼试油	$P_i(P_c Q_i - Q_a - P_s Q_b)$	$P_c S - Q_a - P_s Q_b$
A_3 , 不试油	$-P_i Q_a$	$-Q_a$

表中 $S = \sum_{i=1}^l P_i Q_i$

(3) 贝叶斯决策条件表

行 动	条 件
A_1	$(1 - P_c)S \geq Q_b(1 - P_s), S \geq Q_b$
A_2	$(1 - P_c)S \leq Q_b(1 - P_s), P_c S \geq P_s Q_b$
A_3	$S \leq Q_b, P_c S \leq P_s Q_b$

使用多元线性回归分析进行测井解释的几点体会

华东石油学院 王曰才

1、引言

十八届 SPWLA 测井分析年会论文集提出了使用多元线性回归分析从一口井测井曲线上计算地层水饱和度的方法,并讲述利用多元线性回归分析解释一口井有下列几个特点:

(1) 多元回归分析技术可以把错误刻度的测井曲线的影响减至最小或把它除去。

(2) 在由于地层水电阻率变化,以前不能用图形解释法或简单回归分析法的地区可以使用多元线性回归分析进行解释。

(3) 这种方法很适合于野猫井,现在的测井分析程序,一般需要有经验的测井分析者或积累许多经验的解释方法来处理。使用回归分析技术,从统计方面来处理数据,在没有积累经验的地区也能使用。

(4) 可以利用多元线性回归分析作为独立的质量检查。如果不能说明用普通的方法计算的含水饱和度和回归分析计算的含水饱和度之间所存在的差时,就可以指出在数据或解释过程中有某些误差。

现在对胜利油田河 42 井试用了多元线性回归分析法,提出了解释结果并对今后使用多元线性回归分析解释一口井资料的一些建议。

2、用于一口井测井解释的多元线性回归方程

首先假设所研究井段的大多数层的含水饱和度为 100%,所以含水砂层电阻率的方程可以用来做为模型的基础:

$$R_o = F \cdot R_w \quad (1)$$

在回归模型中所采用的 SP 的一般函数不需要知道 SP 方程的固有形状,这就减少了在使用 SP 时所固有的许多误差的来源,例如由于刻度误差及恒定的过滤电位所引起的误差。SP 的公式为:

$$SP = -K_t \cdot \log \frac{R_{mf}}{R_w} \quad (2)$$

解 R_w 则得:

$$R_w = R_{mf} \cdot 10^{SP/K_t} \quad (3)$$

R_w 是地层温度下地层水电阻率的值,温度变化将在 SP 方程内处理。泥浆滤液电阻率 R_{mf} 及自然电位系数 K_t 都随着温度变化, R_{mf} 的输入值是在 100°F 下的值,在地层温度下 (3) 式变为:

$$R_w = R_{mf, 100} \cdot \frac{100}{FT} \cdot 10^{SP/K_t} \quad (4)$$

式中: R_{mf100} ——100°F 下的泥浆滤液电阻率。

FT——地层温度。(F)

$\frac{100}{FT}$ ——把泥浆滤液校正到地层温度的校正系数。

K_t ——随温度而变的自然电位系数。

SP——在砂层或砂层组中记录的自然电位的最大值(最负的或最正的)

把 $\frac{100}{FT}$ 叫做 TR, 并把 SP/K_t 叫做 SPK, 则:

$$R_w = R_{mf100} \cdot TR \cdot 10^{SPK} \quad (5)$$

把 (5) 式代入 (1) 式则得 (6) 式:

$$R_o = F \cdot R_{mf100} \cdot TR \cdot 10^{SPK} \quad (6)$$

使用孔隙率的函数代替 (6) 式中的 F:

$$F = \frac{a}{\Phi^m} \quad (7)$$

然后再用传播时间或体积密度求出孔隙率, 在不考虑压实校正时:

$$\Phi = A(\Delta T - \Delta T_m) \quad (8)$$

式中: ΔT ——岩石的声波传播时间。

ΔT_m ——岩石骨架的声波传播时间。

做为压实项增加了深度 (D) 项之后, 上式变为:

$$\Phi = A(\Delta T - \Delta T_m) \cdot D^z \quad (9)$$

代入 (7) 式则得 (10) 式:

$$F = \frac{a}{[A(\Delta T - \Delta T_m) D^z]^m} \quad (10)$$

与 (6) 式合并则得 (11) 式:

$$R_o = \frac{a \cdot R_{mf100} \cdot TR \cdot 10^{SPK}}{[A(\Delta T - \Delta T_m) D^z]^m} \quad (11)$$

对于任意一次测井来说 R_{mf100} 可以认为是一个常数。考虑这点之后, 对 (11) 式取对数并把常数合并, 则推导出 (12) 式。为了在使用回归方程时得到一个线性方程, 这种变换是必需的。把常数 A、a 及 R_{mf} 合并成为常数 C 则得:

$$\text{Log} R_o = C + \text{Log} TR - M \text{Log}(\Delta T - \Delta T_m) - Z' \text{Log} D + \text{SPK} \quad (12)$$

式中: $C = \text{Log} a + \text{Log} R_{mf100} - m \text{Log} A$

$M = m$

$Z' = mZ$

由 (12) 式可知 R_o 和四个参数 [TR、 $(\Delta T - \Delta T_m)$ 、D 及 SPK] 有线性关系。如果使用多元线性回归方程的约定符号, 则上式变为:

$$\text{Log} R_o = B_0 + B_1 \text{Log} TR + B_2 \text{Log}(\Delta T - \Delta T_m) + B_3 \cdot \text{SPK} + B_4 \text{Log} D \quad (13)$$

在自然电位曲线有刻度误差及过滤电位时，(2) 式不能给出正确的 R_w 值，当进行经验校正时，把 SP 校正为：

$$SP_e = A + B \cdot SP \quad (14)$$

式中：SP_e——等效的 SP 值，当使用 (2) 式时，将 SP_e 代替 SP 就给出正确的 R_w 值。

SP——观测的 SP 值。

A 和 B——拟合常数。

事实上 (13) 式中已经具有了这种校正。如果使用 (2) 式，则 (13) 式中的 B_3 是 1，并且 SP 对 B_0 项没有贡献，如果有刻度误差及过滤电位，使用 (14) 式校正后得到的 SP_e 值求得 R_w ，则 B_3 变为 B，并且 A 被包括在 (13) 式的 B_0 项中。

当使用密度测井读数时，则回归模型变为：

$$\text{Log} R_0 = B'_0 + B'_1 \text{Log} TR + B'_2 \text{Log} (P_g - P_b) + B'_3 SPK \quad (15)$$

也可以用一条测井曲线或几条测井曲线综合求得的孔隙率：

$$\text{Log} R_0 = B'_0 + B'_1 \text{Log} TR + B'_2 \text{Log} \Phi + B'_3 SPK \quad (16)$$

按照进行回归分析时所利用的孔隙率曲线的类型，把 (13) 式、(15) 式或 (16) 式作为回归模型。

3、进行多元线性回归分析所利用的公式

设自变量为 $X_1, X_2, \dots, X_m$

因变量为 Y。

共做 n 次试验。

自变量 X_i 在第 K 次试验时取的值为 X_{ik}

因变量在第 K 次试验的结果为 Y_k

$$\text{令} \quad l_{ij} = \sum_{k=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_i)(X_{jk} - \bar{X}_j), \quad i, j = 1, 2, \dots, m$$

$$l_{i0} = \sum_{k=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_i)(Y_k - \bar{Y}), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$l_{00} = \sum_{k=1}^n (Y_k - \bar{Y})^2$$

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{ik}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k$$

如果 Y 和 X_i 间有线性关系，回归方程则为：

$$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m$$

[illegible]

常数项 $a = \bar{Y} - \sum_{i=1}^m b_i \bar{X}_i$

$$S_{[i]} = \sum_{i=1}^m l_{i0} b_i$$

$$S_{\text{余}} = I_{00} - S_{\text{回}}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{S_{\text{回}}}{S_{\text{余}}}}$$

剩余标准离差

$$S = \sqrt{\frac{S_{\text{余}}}{n-m-1}}$$

标准回归系数

$$b'_i = b_i \sqrt{\frac{1_{ii}}{1_{aa}}} \quad , \quad i = 1, 2 \dots m$$

为了判断回归方程 $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_mx_m$ 是否有意义, 需要计算参数 F

$$F = \frac{S_{\text{回}}/m}{S_{\text{余}}/(n-m-1)}$$

查数理统计中的 F 表, 查出 $F_2(m, n-m-1)$, 如果 $F > F_2(m, n-m-1)$ 就可以用 (1-2) 的置信概率断定 Y 与 $x_1, x_2 \dots x_m$ 之间有线性关系, 即

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_mx_m$ 这个多元线性回归方程有意义。

4、在胜利油田河 42 井试用情况

8

砂岩中选取其中 SP 幅度最大的作为该段所需要的 SP 幅度值。给出了八个不同的 SSP 值, SPK 是由 SSP 计算得来的。该井东营组及沙二段中的一部分测井曲线示于图一及图二。

在 1850—2420 公尺井段中剔除生物灰岩之后包括井壁取心见油砂的层在内共有砂层 28 个。建立的多元线性回归方程是:

$$\begin{aligned}\text{LogR} = & -2.56097 + 0.0473\text{LogTR} + 0.42942\text{Log}(\Delta T - \Delta T_m) \\ & + 0.44937\text{LogD} + 0.75388\text{SPK}\end{aligned}$$

全相关系数 r 是 0.7519, 所以这个多元线性回归方程的相关性还是比较好的。

剩余标准离差 $S = .02878$, 所以计算求得的 LogR 的值其中 95% 的误差不超过 $\pm 2 \times .02878 = \pm .05756$ 。令根据回归分析计算的完全含水地层电阻率 R_0 的值为 $R_{\text{计}}$, 则 95% 的 R_0 的真值是在 $0.87 R_{\text{计}}$ 和 $1.145 R_{\text{计}}$ 之间。令根据回归分析计算的含水饱和度 S_w 的值为 $S_{w\text{计}}$, 则 95% 的 S_w 的真值是在 $0.935 S_{w\text{计}}$ 和 $1.069 S_{w\text{计}}$ 之间。

标准回归系数:

$$b'_1 = b_1 \sqrt{\frac{1_{11}}{1_{00}}} = 0.01259$$

$$b'_2 = b_2 \sqrt{\frac{1_{22}}{1_{00}}} = 0.091133$$

$$b'_3 = b_3 \sqrt{\frac{1_{33}}{1_{00}}} = 0.60547$$

$$b'_4 = b_4 \sqrt{\frac{1_{44}}{1_{00}}} = 1.33170$$

所以 TR、 $(\Delta T - \Delta T_m)$ 、D 和 SPK 四个因素中后三个是主要的影响因素, 而 TR 的影响较少。

判断该回归方程是否有意义, 计算参数 F :

$$F = \frac{S_{\text{回}}/m}{S_{\text{余}}/(n-m-1)} = 5.76998$$

给定的显著性水平 $\alpha = 0.05$ 时, 查表得

$$F_{\alpha}(m, n-m-1) = F_{.05}(4, 17) = 4.45$$

因此 $F > F_{.05}(4, 17)$, 所以这个多元线性回归方程有意义。 LogR 和 TR、 $(\Delta T - \Delta T_m)$ 、D 及 SPK 的线性关系密切。

在此多元线性回归方程中 SPK 的系数为 0.75388, 它和 1 有相当的偏差, 这表示该井的 SP 除了和地层水矿化度有关外, 还与其它一些因素有关, (例如和地层中的泥质含量、刻度误差等有关)。

建立多元回归分析所用的 22 个层的 S_w 的直方图示于图三。由图三可知本实例中出现频次最多的 S_w 值为 0.98 附近, 很接近 $S_w = 1.00$ 的值。其中较好的三个层是第十五层 (2285.5 公尺) 第 16 层 (2289 公尺) 和第 17 层 (2292.5 公尺)。这三个层的含水

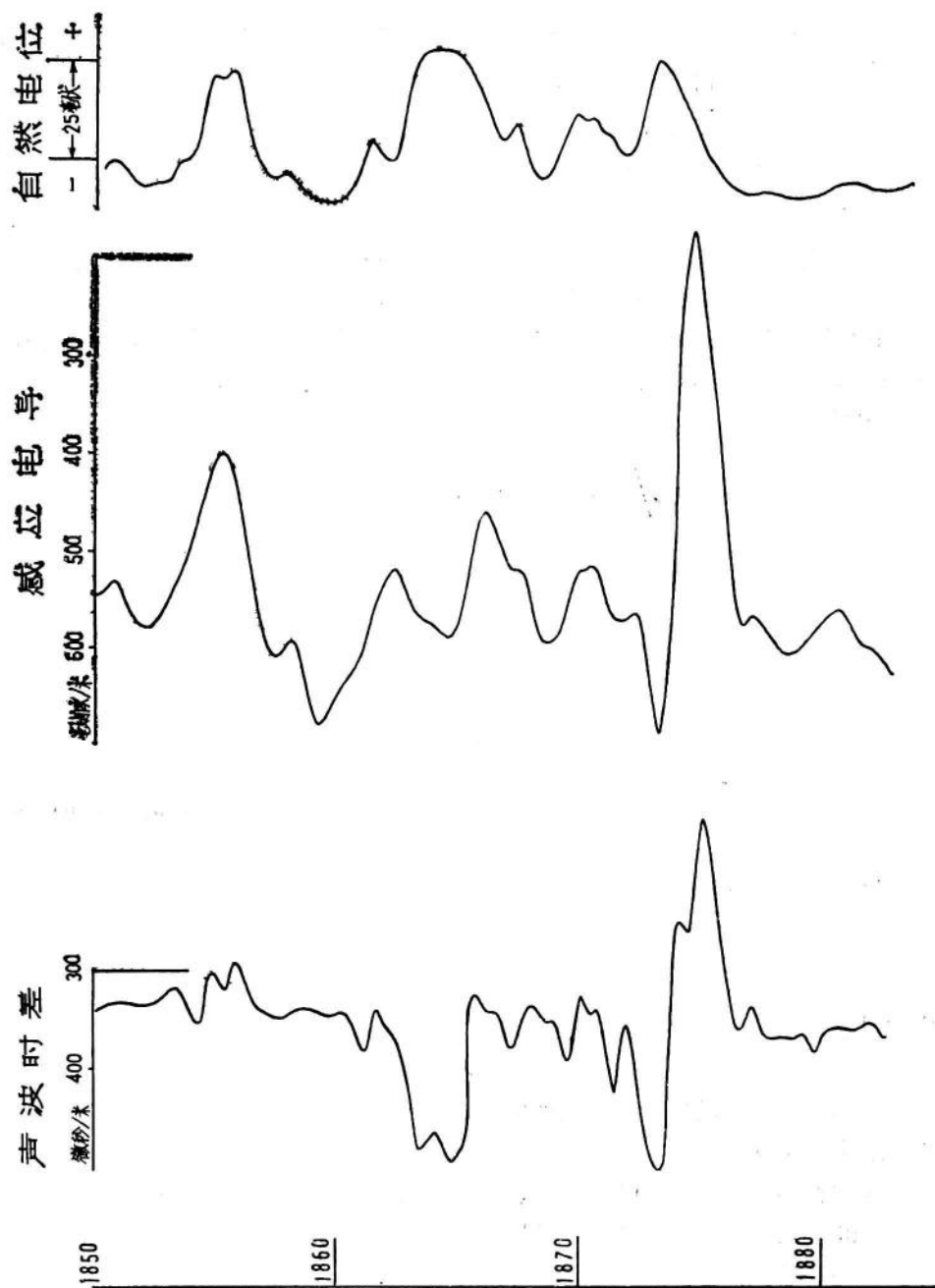
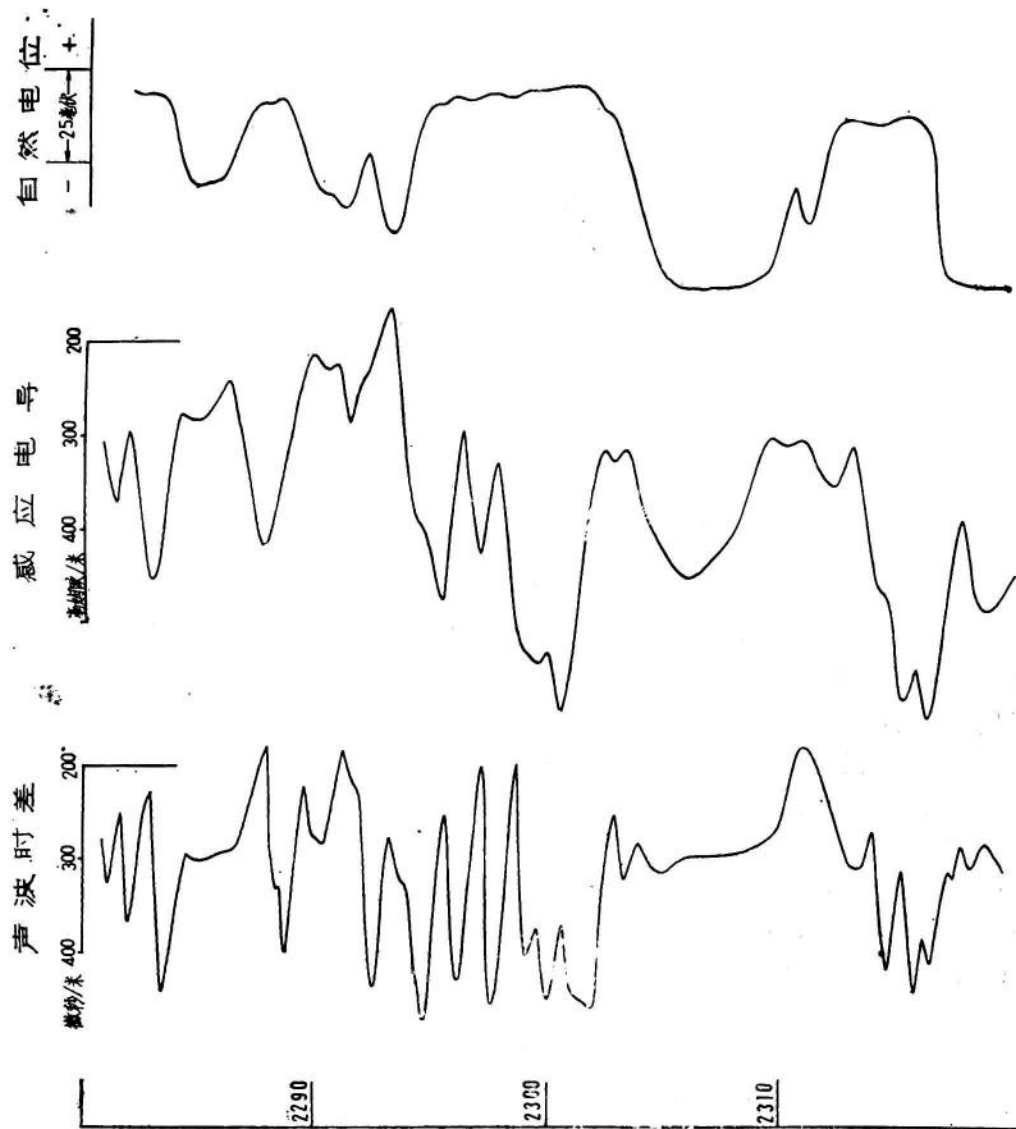


图 1



图二