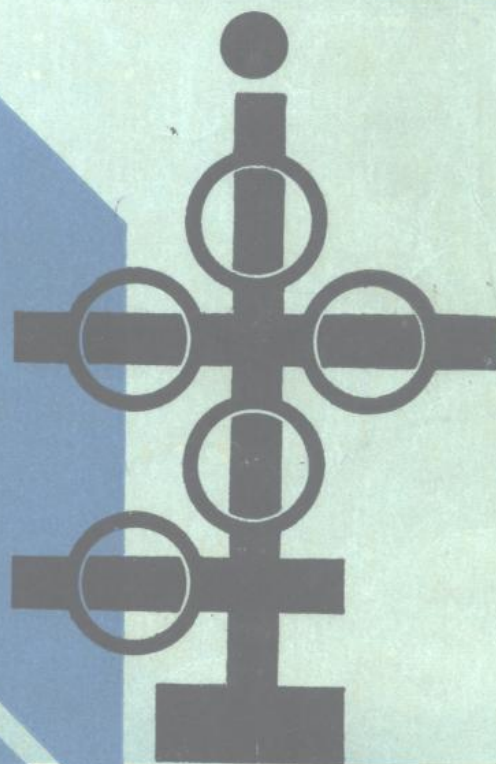


钻井与开发中的

地球物理测井

〔法〕R.戴斯布朗德 著



石油工业
出版社

SHIYOU GONGYE CHUBANSHE

内 容 提 要

本书全面、系统而扼要地介绍了当今世界上采用的各种测井方法、资料解释及数字处理新技术。重点论述这些方法的原理、特点及其应用。它主要包括：钻井过程中的测量，电、核、声、热测井，地层倾角及裂缝识别测井，地震测井等多种裸眼井测井方法；单井现场快观解释和计算中心解释以及油田范围内井与井的再评价，超压实层段的探测和估价方法等多种基本地层评价方法；生产测井及救险井测井；煤田、金属、非金属以及用于评价浅层资源的测井方法及解释等。

本书内容极为广泛和通俗，是一部把测井技术在钻井、采油、采矿以至地热等方面的应用都包括在内的参考书。

本书可供测井、钻井、地质、开发、射孔、采矿技术人员参考，也可供学校、培训班使用。既是一本参考书，又是一本工具书。

本书的前言、第一至六章和第八、九、十二章由曾米兰翻译，第七、十、十三、十四章以及符号解释由唐振宜翻译，第十一章由史阿坚翻译，邬立言进行了法文校译，谭廷栋参照英文讲稿对全书进行了技术审校。

R. Desbrandes
Diagraphies dans les Sondages
1 9 8 2

钻井与开发中的地球物理测井

〔法〕R. 戴斯布朗德 著

曾米兰 唐振宜 等译 谭廷栋 邬立言 校

石油工业出版社出版
(北京安定门外外馆东后街甲 36 号)

昊海印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 22 $\frac{1}{2}$ 印张 532 千字 印 1—1,800

1987年2月北京第1版 1987年2月北京第1次印刷

书号：15037·2645 定价：4.45元

前 言

在 Pechelbronn 进行的第一次电测记录五十三年后的今天, 对一个钻井工作者来说, 不进行一系列的测井已成为不可想像的事。确实, 依靠测井, 也就是一些无可辩驳的地球物理测量, 并作出岩性、孔隙度、渗透率、裂缝以及产量等方面的解释, 这样就能够判断一口井、一个油田或一项方案的未来。

现在, 有关测井方面的优秀书籍和文献很多, 但这些书籍和文献都只着重强调问题的一个侧面。本书的目的就是给学校、训练班以及工程技术人员提供一个把测井的各个方面, 从钻井到采油, 从石油到采矿。以致地热都包括在内的工具书。每章专门描述服务公司和某些作者提出的一般测量方法, 但从每章的参考文献中都可进行每个题目的深入研究。

随钻测井放在第一章, 本章除了普通的泥浆测量和钻进测量外, 还包括方位及随钻测量 (MWD) 其重要性将来还会与日俱增。

后面四章扼要叙述石油测井, 重点放在原理和准确测量的基础——刻度上。

第六章说明近年来由于使用了计算机, 在数据的收集、传输及井上处理等方面取得的巨大进步。

第七章篇幅最长, 内容可能也是最重要的, 主要论述解释原理。地层评价是测井的基本目的。由于许多科研工作者的劳动和有了计算机这项工作变得更容易、更严格, 也更完善。

地层评价还必须经过取样加以验证和补充。第八章描述现在所使用的能提供地层压力和渗透率的取样器。

第九章和第十章介绍完井和生产测井, 重点是优化采油的新技术和新的解释方法。

第十一章是独特的一章, 主要涉及解决失控井喷的救险井的测井工作。这种情况最好是永远不要出现, 但又是不得不预防的。

在目前的能源形势下, 地热的重要性日益增长。有些地热形式, 如高温地热, 需要有用特殊地层的专门技术, 这些将在第十二章中描述。

第十三章涉及矿产及水文方面的浅层测井。近年来, 人们开始关心这方面的测井问题。

最后一章是介绍有关的测井程序。

在此, 仅对慷慨给我提供建议, 文献及图片的 Schlumberger 公司、Dresser-Atlas 公司、Gearhart-Owen 公司、Geoservices 公司、Exlog 公司、Baroid 公司、岩芯公司以及 Samega 公司表示感谢。我还要感谢各石油公司和法国石油研究院的一些作者和同事们给我帮助, 和我共同探讨问题并给我提供各种数据。我更不会忘记法国石油研究院的印刷机构不懈地反复校对、检查文字和图表。最后, 对法国石油研究院的领导给予我的鼓励和帮助表示感谢。

对于本书中提到的作者和给我帮助的同事, 如有解释错误, 概由本人负责。

罗伯特·戴斯布朗德

符号解释

A	面积	E	弹性模量
a	地层因素系数	ECD	循环等效体积密度
a [*]	视地层因素系数	E _D	变形动力弹性模量
a _{mf}	泥浆滤液活动性	F	地层因数
a _w	盐水活动性	F [*]	视地层因数
B	阳离子迁移率	F _{DN}	由中子和密度测井计算的地层因数
B _g	气的体积系数	F _R	真电阻率计算的地层因数
B _o	油的体积系数	F _S	声波测井计算的地层因数
C	浓度	F _b	地层因数(岩块)
C	电导率	F _o	总孔隙度计算的地层因数
C	形状因素	F _{xo}	冲洗带电阻率计算的地层因数
C ₁	甲烷	f	频率
C ₂	乙烷	G	几何因子
C ₃	丙烷	G	颗粒尺寸
C ₄	丁烷	G _{FP}	地层压力梯度
C ₅	戊烷	G _{Frac}	破裂压力梯度
CEC	阳离子交换能力	G _H	静水压力梯度
CGS	计算含气饱和度	G _{OB}	地层静水压力梯度
C _o	水层电导率	G _T	气体总量
C _i	地层真电导率	G _i	侵入带几何因子
C _w	地层水电导率	G _m	泥浆几何因子
C _{wB}	束缚水电导率	G _γ	幅射浓度
C _{wc}	水的等效电导率	h	地层厚度
C _{wF}	自由水电导率	h _{mc}	泥饼厚度
c	泥质含量指数	I	生产指数
D	钻头直径	I _H	含氢指数
d	泥质指数	IPS	面积潜力指数
d	钻进指数	I _C	压缩波指数
d _c	校正“d”指数	I _{cl}	纯粘土指数
d _e	电极直径	I _{sh}	粉砂粘土指数
d _b	井眼直径	i	倾向
d _i	冲洗带直径	K	岩石压缩系数
d _f	非侵入带直径	K	自然电位系数
d _n	“正常”d指数	k	淡水矿化度常数

k	测井仪的辐射常数	P_{rt}	采收流体矿化度
k	渗透率	P_u	地层绝对压力
k_h	水平渗透率	P_w	地层水矿化度
k_{ro}	油的相渗透率	Q	流量
k_{rw}	水的相渗透率	Q	蒸汽的质量
k_s	球状流动渗透率	Q_F	井底流量
k_v	垂直渗透率	Q_s	标准条件的流量
$\ln$	自然对数	Q_d	单位时间砂样的体积
L_e	电极长度	Q_g	气的流量
$\log$	常用对数	Q_l	液体的流量
M	M-N 交会图参数	Q_o	油的流量
m	胶结指数	Q_s	滑动流量
m	斜率	Q_t	总流量
m^*	视胶结指数	Q_v	电荷浓度
m_b	胶结指数 (岩块)	Q_w	水的流量
m_o	泥岩层的胶结指数	q	流量
N	M-N 交会图参数	R	TDT-K 比值
N	转速	R	电阻率
N_{Re}	雷诺数	R	钻头的钻速
n	阿尔奇指数	R_i	侵入带电阻率
n^*	视阿尔奇指数	R_m	泥浆电阻率
P	压力	R_o	水层电阻率
P	矿化度	R_t	地层真电阻率
SP	自然电位	R_w	地层水电阻率
PSP	假-静自然电位	R_{cl}	纯粘土电阻率
SSP	静自然电位	R_{mc}	泥饼电阻率
SP_a	视自然电位	R_{mf}	泥浆滤液电阻率
P_A	环形空间切面负荷的损耗	R_{rt}	采收流体电阻率
P_D	整个环形空间负荷的损耗	R_{sh}	粉砂-泥岩电阻率
P_F	井底流动压力	R_{wB}	束缚水电阻率
P_{FP}	地层压力	R_{wa}	视地层水电阻率
P_{FRAC}	破裂压力	R_{xo}	冲洗带电阻率
P_H	静水压力	R_{mfa}	视泥浆滤液电阻率
P_s	静止压力	R_{mfc}	泥浆滤液等效电阻率
P_{st}	正常压力	r	电阻
P_a	地面绝对压力	r_e	驱油半径
P_e	光电吸收指数	r_w	井的半径
P_{mf}	泥浆滤液矿化度	S	面积
P_r	假降低压力	S	比面积

S	硫的含量	V。	套管中油的速度
SPI	次生孔隙度指数	V _p	孔隙体积
S _G	含气饱和度	V _s	滑动速度
S _h	含油气饱和度	V _s	剪切波速度
S _o	含油饱和度	V _t	总体积
S _v	含蒸汽饱和度	V _w	水的体积含量
S _w	含水饱和度	V _w	水的体积
S _{hr}	残余油气饱和度	V _{cl}	纯粘土含量
S _{ro}	残余油饱和度	V _{sh}	粉砂质泥含量
S _{wT}	总含水饱和度	V _{wa}	视水体积
S _{wa}	视含水饱和度	V _{xa}	视滤液体积
S _{wb}	岩石含水饱和度	(V _{cl}) _{GR}	由伽马射线计算的粘土含量
S _{wf}	裂缝含水饱和度	(V _{cl}) _N	由中子测井计算的纯粘土含量
S _{xa}	视泥浆滤液饱和度 (S _{xa} =S _{xc})	(V _{cl}) _{pe}	由自然电位计算的纯粘土含量
S _{xo}	泥浆滤液饱和度	(V _{cl}) _R	由电阻率计算的纯粘土含量
(S _w) _{TDT}	由 TDT 给出的含水饱和度	V _{clco}	粘土“截止值”含量
(S _w) _{irr}	束缚水饱和度	W	钻具重量
S _{wco}	“截止值”含水饱和度	W _M	泥浆体积密度
T	温度	W' _M	携带岩屑的泥浆体积密度
T _F	地层温度	W _d	岩屑的体积密度
T _s	地面温度	WS _a	间隙水视矿化度
T _Z	岩层温度	WOR	油水比
T _{st}	标准温度	Y _w	持水率
T _a	地面绝对温度	Z	理想气体定律的偏离系数
T _r	假降低温度	Z	钻井深度
T _u	地层绝对温度	Z _v	真垂直深度
T _{max}	最大温度	Z _{eff}	有效原子数目
t	时间	∞	方位
t _{pl}	电磁波传播时间	ΔP	压差
t _{pw}	电磁波在水中的传播时间	Δh	高差
t _{pma}	电磁波在岩石骨架中的传播时间	Δi	倾角精度
V	体积	Δt	时间增量
V _a	灰分体积含量	Δt	地层中声波传播时间
V _b	岩块体积	Δt _s	硫的声波传播时间
V _c	煤的体积含量	Δt _a	灰分声波传播时间
V _c	压缩波的速度	Δt _c	煤的声波传播时间
V _f	裂缝体积		
V _g	气的体积		
V。	油的体积		

Δt_f 流体声波传播时间
 Δt_w 水的声波传播时间
 Δt_{lm} 石灰岩声波传播时间
 Δt_{ma} 岩石骨架声波传播时间
 Δt_{mf} 泥浆滤液声波传播时间
 $(\Delta t_{ma})_a$ 视岩石骨架声波传播时间
 $\Delta \infty$ 方位角精度
 $\Delta \rho$ 体积密度差值
 $\Delta \rho_b$ 体积密度校正
 $\Delta \phi_D$ 密度测井孔隙度校正
 $\Delta \phi_N$ 中子测井孔隙度校正
 δ 声波衰减
 ϵ 相对电介质常数
 ϕ 孔隙度
 ϕ_B 被粘土束缚水占据的孔隙度
 ϕ_D 视密度测井孔隙度
 ϕ_F 自由流体孔隙度
 ϕ_K 视 TDT-K 孔隙度
 ϕ_N 视中子测井孔隙度
 ϕ_S 视声波测井孔隙度
 ϕ_T 总孔隙度
 ϕ_{DC} 校正的视密度测井孔隙度
 ϕ_{DR} 用钻井计算的孔隙度
 ϕ_{DS} 密度-声波测井孔隙度
 ϕ_{Dcl} 粘土密度测井等效孔隙度
 ϕ_{NC} 校正的视中子测井孔隙度
 ϕ_{ND} 中子-密度测井孔隙度
 ϕ_{Nf} 流体中子测井等效孔隙度
 ϕ_{Ncl} 粘土中子测井等效孔隙度
 $(\phi_N)_{mf}$ 泥浆滤液中子测井等效孔隙度
 ϕ_{SN} 声波-中子测井孔隙度
 ϕ_{TA} 视总孔隙度
 ϕ_{CNL} 视 CNL 孔隙度
 ϕ_{EPT} 视 EPT 孔隙度

ϕ_{SNP} 视 SNP 孔隙度
 ϕ_b 岩块孔隙度
 ϕ_{co} “截止值”孔隙度
 μ 剪切模量
 μ 粘度
 μ_o 油的粘度
 μ_w 水的粘度
 ρ 体积密度
 ρ_s 硫的体积密度
 ρ_a 灰分体积密度
 ρ_b 孔隙介质平均体积密度
 ρ_c 煤的体积密度
 ρ_f 流体体积密度
 ρ_h 油气体积密度
 ρ_n 粘土的“正常”体积密度
 ρ_o 油的体积密度
 ρ_v 蒸汽的体积密度
 ρ_w 水的体积密度
 ρ_{lm} 石灰岩体积密度
 ρ_{ma} 岩石骨架体积密度
 ρ_{mf} 泥浆滤液体积密度
 ρ_{rh} 泥岩体积密度
 $(\rho_{ma})_a$ 视岩石骨架体积密度
 Σ 俘获截面
 Σ_f 流体俘获截面
 Σ_h 油气俘获截面
 Σ_w 地层水俘获截面
 Σ_{ma} 岩石骨架俘获截面
 Σ_{rh} 泥岩俘获截面
 Σ_{log} 在测井图上的俘获截面读数
 Σ_{corr} 校正的俘获截面
 σ 泊松系数
 σ “西格马测井”参数
 τ 中子衰减时间

目 录

符号解释

第一章 钻井过程中的测量	1
1.1. 概述	1
1.2. 与钻井泥浆有关的测量	2
1.2.1. 寻找并鉴定泥浆中的气体	2
1.2.2. 出口与入口流量	7
1.2.3. 入口与出口密度	8
1.2.4. 入口与出口温度	9
1.2.5. 出口与入口电阻率	9
1.2.6. 出口与入口压力	9
1.2.7. 泥浆槽液面	9
1.2.8. 泥浆的荧光测量	10
1.3. 岩屑测量	11
1.3.1. 鉴定与描述	11
1.3.2. 气体含量及分析	11
1.3.3. 油的含量及荧光	11
1.3.4. 密度	12
1.3.5. 测定碳酸盐含量	13
1.3.6. 岩石含油评价	13
1.4. 与钻井有关的测量	14
1.4.1. 钻杆柱的旋转	14
1.4.2. 钻压	15
1.4.3. 旋转速度	15
1.4.4. 钻杆的扭矩	17
1.5. 井下的测量	17
1.5.1. 概述	17
1.5.2. 停钻时的方向测量	18
1.5.3. 钻井过程中的方向测量	19
1.5.4. 钻井参数的测量	23
1.5.5. 安全参数的测量	23
1.5.6. 地层特性的测量	23
1.6. 现场实施	24
1.6.1. 手工操作室	25
1.6.2. 备有人工数据输入计算机的实验室(脱机)	26
1.6.3. 带有自动输入计算机(联机)的实验室	26

1.7. 解释及成果的应用	28
1.7.1. 地质检查	28
1.7.2. 显示的定量评价	31
1.7.3. 地层特征定量评价	34
1.7.4. 异常压力井段的检测	42
1.7.5. 测井图实例	46
1.7.6. 泥浆槽循环程序	49
1.7.7. 钻井辅助程序	52
1.7.8. 电缆测井分析程序	55
1.7.9. 地层测试解释	55
1.8. 结论	56
参考文献	57
第二章 电法测井	60
2.1. 概述	60
2.2. 地层评价基本概念	61
2.2.1. 储层特性	61
2.2.2. 地层评价	63
2.2.3. 侵入带	64
2.2.4. 温度和压力的影响	65
2.2.5. 下井仪的刻度	67
2.2.6. 深度测量	67
2.3. 自然电位	68
2.3.1. 现象解释	68
2.3.2. SP 解释	70
2.4. 电阻率	71
2.4.1. 普通测量	71
2.4.2. 聚焦测量	72
2.4.3. 感应测量	77
2.5. 微电阻率	83
2.5.1. 微电极测井	83
2.5.2. 聚焦测量	84
2.5.3. 电磁波传播测井 (EPT)	86
2.5.4. 微电阻率的刻度与精度	88
参考文献	89
第三章 核测井	91
3.1. 概述	91
3.2. 自然伽马射线测井	91
3.2.1. 常规伽马射线测井	92
3.2.2. 伽马射线能谱测井	94

3.3. 伽马射线散射测井	94
3.3.1. 密度测井	94
3.3.2. 岩性-密度测井	96
3.4. 中子测井	96
3.4.1. 普通中子测井	97
3.4.2. 脉冲中子测井	99
3.4.3. 中子与物质相互作用测井	100
3.5. 核磁共振测井 (NMR)	103
3.6. 核测井的刻度及精度	104
3.6.1. 车间刻度	104
3.6.2. 井场刻度	105
3.6.3. 记录精度和记录速度	105
参考文献	107
第四章 声波测井	110
4.1. 概述	110
4.2. 声波测井	111
4.2.1. 短源距声波测井	111
4.2.2. 长源距声波测井	112
4.2.3. 刻度	113
4.3. 水泥胶结测井	114
4.3.1. BHC 声波源距测井仪	114
4.3.2. 超声探头测井仪	115
参考文献	118
第五章 其它测井和测量	120
5.1. 概述	120
5.2. 用于地质和地球物理的测量	120
5.2.1. 倾角测量	120
5.2.2. 裂缝识别测井 (FIL)	123
5.2.3. 地震或地震检波速度测量	123
5.2.4. 超长电极距测井 (ULSEL)	125
5.3. 辅助测量	125
5.3.1. 井径测井	125
5.3.2. 井眼几何形状的测量	125
5.3.3. 温度测量	125
5.4. 特种服务	127
5.4.1. 通过钻杆的测量	127
5.4.2. 恶劣环境中的测量	128
参考文献	129
第六章 记录技术	131

6.1. 概述	131
6.2. 组合下井仪	131
6.2.1. 感应-球形聚焦-声波组合测井	131
6.2.2. 双感应-八侧向 (LL8) 或球形聚焦-声波	132
6.2.3. 感应-球形聚焦和微球形聚焦测井	132
6.2.4. 双侧向-微球形聚焦测井	132
6.2.5. 中子-密度测井	132
6.3. 计算机操作控制	134
6.3.1. 数据采集	134
6.3.2. 处理	135
参考文献	141
第七章 基本的地质评价	142
7.1. 概述	142
7.2. 手工解释	142
7.2.1. 渗透层的识别	142
7.2.2. 地层厚度	143
7.2.3. 孔隙度-岩性	143
7.2.4. 气或轻质油的存在	146
7.2.5. 次生孔隙度与裂缝	150
7.2.6. 流体及界面的快速识别	150
7.2.7. 润湿性、地层水电阻率 (R_w) 和饱和度	152
7.2.8. 渗透率	159
7.2.9. 简单的含泥质地层	164
7.2.10. 含泥质的复杂岩性	173
7.3. 井场解释	176
7.3.1. 手工“快观”解释	176
7.3.2. 应用微型计算机进行“快观”解释	177
7.3.3. 微型计算机 CYBERLOOK 解释	181
7.4. 计算中心解释	186
7.5. 套管井解释	190
7.5.1. 孔隙度的确定	190
7.5.2. 饱和度的确定	192
7.5.3. 计算机解释	195
7.6. 油田范围的解释	197
7.6.1. 井与井的再评价	197
7.6.2. 网线和图	198
7.6.3. 结论	199
7.7. 超压实层段的探测和估价	199
7.7.1. 电阻率测量	200

7.7.2. 声波测量	200
7.7.3. 井壁压力测量	202
参考文献	203
第八章 井壁取样与测试	207
8.1. 引言	207
8.2. 井壁取芯器	207
8.2.1. 取芯器与取芯筒	207
8.2.2. 取样机理	209
8.2.3. 岩芯实例	211
8.2.4. 定量测量	211
8.2.5. 结论	211
8.2.6. 注释	212
8.3. 井壁流体取样	212
8.3.1. 引言	212
8.3.2. 地层测试器 (FT) 和地层间隔测试器 (FIT)	213
8.3.3. 重复式地层测试器 (RFT)	214
8.3.4. 测试解释	224
8.3.5. 压力测量	227
8.3.6. 结论	229
8.3.7. 注释	229
参考文献	230
第九章 电缆完井操作	231
9.1. 概述	231
9.1.1. 常规完井	231
9.1.2. 永久性完井	232
9.2. 射孔子弹和聚能射孔弹	232
9.2.1. 射孔子弹	232
9.2.2. 聚能射孔原理	232
9.2.3. 聚能射孔弹的特性	233
9.2.4. 各种类型的聚能射孔弹	234
9.3. 射孔枪	235
9.3.1. 可重复装弹射孔枪	235
9.3.2. 不可重复使用射孔枪	236
9.3.3. 囊包聚能射孔弹的射孔枪	237
9.3.4. 其它射孔枪	237
9.4. 完井操作	238
9.4.1. 套管变形	238
9.4.2. 穿透	238
9.4.3. 射孔枪的位置	238

9.4.4. 深度控制	239
9.5. 特殊应用	241
9.5.1. 下堵塞器	242
9.5.2. 切割管形材料	242
9.5.3. 径向射孔	242
9.5.4. 评价生产处理	242
9.5.5. 射孔枪位置控制器	243
9.5.6. 套管检查	243
9.6. 卡钻	246
9.6.1. 确定卡点	246
9.6.2. 爆炸倒扣	246
9.7. 探测套管接箍	247
9.8. 结论	248
参考文献	248
第十章 生产测井	249
10.1. 概述	249
10.2. 生产测井仪器	249
10.2.1. 流量计	250
10.2.2. 流出液体的密度	256
10.2.3. 含水率计	260
10.2.4. 压力计	260
10.2.5. 温度测井	261
10.2.6. 微检波器	265
10.2.7. 井径仪	265
10.2.8. 生产取样器	267
10.2.9. 组合测井仪器	268
10.2.10. 油管堵塞器	268
10.2.11. 井口压力控制	271
10.3. 解释	272
10.3.1. 连续流量计刻度	272
10.3.2. 两相流动	274
10.3.3. 每个层段的生产特征	277
10.3.4. 结论	284
参考文献	284
第十一章 救险井的测井	285
11.1. 关于控制井喷的基本概念	285
11.2. 轨迹测量的应用	286
11.2.1. 直井	286
11.2.2. 斜井或大斜度井	286

11.2.3. 救险井	288
11.3. 喷井中磁性物的探测	288
11.3.1. 电法	288
11.3.2. 磁法	290
11.4. “清洁”井眼(无磁性物质)	293
11.4.1. 声波噪音	293
11.4.2. 压力测量	293
11.4.3. 温度测量	294
11.5. 结论	294
参考文献	295
第十二章 地热测井	296
12.1. 有关地热能的一些概念	296
12.2. 生产热水	297
12.2.1. 温度	297
12.2.2. 储集层的水动力学特性	297
12.2.3. 完井	299
12.2.4. 测井程序	299
12.2.5. 高压水	299
12.3. 产蒸汽	302
12.3.1. 温度带来的技术问题	302
12.3.2. 解决办法	302
12.3.3. 天然蒸汽储集层	305
12.3.4. “干岩石”储集层	311
12.4. 结论	311
参考文献	312
第十三章 用于评价浅层资源的测井	313
13.1. 引言	313
13.2. 测井仪	313
13.2.1. 电测仪	313
13.2.2. 放射性测井仪	314
13.2.3. 声波测量	316
13.2.4. 地层的机械性质	317
13.2.5. 井眼几何形状	317
13.2.6. 流体的性质	318
13.2.7. 地面设备	319
13.3. 采矿测井	321
13.3.1. 煤	321
13.3.2. 铀	323
13.3.3. 金属矿	325

13.3.4. 非金属矿	325
13.4. 浅层石油资源	327
13.4.1. 沥青砂岩	327
13.4.2. 油页岩	328
13.5. 水井	329
13.5.1. 定性解释	329
13.5.2. 定量解释	330
13.6. 土木工程测井	333
13.6.1. 土壤的研究	333
13.6.2. 勘探岩石矿床	334
13.7. 结论	334
参考文献	335
第十四章 测井程序	336
14.1. 引言	336
14.2. 测井程序	336
14.2.1. 随钻测井	336
14.2.2. 电缆测井程序	336
14.2.3. 生产测井程序	337
14.3. 结论	339
参考文献	339
附表 书中使用的许用单位与非许用单位	340

第一章 钻井过程中的测量

1.1. 概 述

钻井过程中要进行许多非常重要的测量工作。电缆测井必须把钻杆提出，而钻井过程中的测量则相反，它是用岩屑或钻杆本身作为携带信息的工具。因为这里感兴趣的是油气本身，因而这些测量导致直接检测。不同地层的深度也通过现代化的钻进监视方法准确得出。

泥浆静压可以保护地下的油气，因而有关泥浆的一切测量在井场安全方面具有十分重要的意义。另外，准确、科学的测量手段也有助于钻井工作进行顺利。最后，对泥浆的了解还可优化钻井成本。

有关泥浆的主要测量有：

- 寻找并鉴定气体；
- 确定井的进口和出口流量、密度、温度、电阻率和压力；
- 泥浆槽液面；
- 荧光检测。

通过对岩屑进行下述测量还可得到地层以及地层所含成分的准确资料：

- 地层的鉴别及其描述；
- 气体含量及气体分析；
- 油的含量及荧光分析；
- 密度；
- 碳酸盐含量分析；
- 评价含油潜力。

其它测量通过钻杆中的导线或泥浆压力传递到地面。这些测量是：

- 方向参数：井斜、方位和钻头面的角度
- 钻井参数：钻压及扭矩
- 安全参数：含气量及井底压力
- 地层性质：电阻率及放射性

所有这些资料在井场送入计算机进行实时处理。计算机把所有的数据以各种不同的形式打印出来，如表格、曲线等，并把它们存入磁带或磁盘。另外，还可使用程序计算“d”指数、孔隙压力、孔隙度和井眼轨迹。

还有一些程序能进行下述操作的数据处理：

- 高压井段的检测；
- 水力学计算；
- 辅助钻井；
- 电缆测井的快速解释；

- 地层测试的解释；
- 井场上的计算机能力所允许的各种计算。

1.2. 与钻井泥浆有关的测量

1.2.1. 寻找并鉴定泥浆中的气体

钻井泥浆在普通钻井中的主要任务是使地层中的流体保持在地下，避免发生井喷。为此，井筒内泥浆柱的静水压力应大于地层中孔隙流体的压力。因而，泥浆滤液就可能在靠近钻头的地方侵入地层。根据岩石的渗透条件和含油气性质的不同，钻井过程中，破碎的岩石中的油气含量介于原状岩石和被侵入岩石的油气含量之间。一部分油气仍保留在岩屑中，另一部分以溶解，细小液滴或气泡的形式混和在泥浆中（图 1.1）。

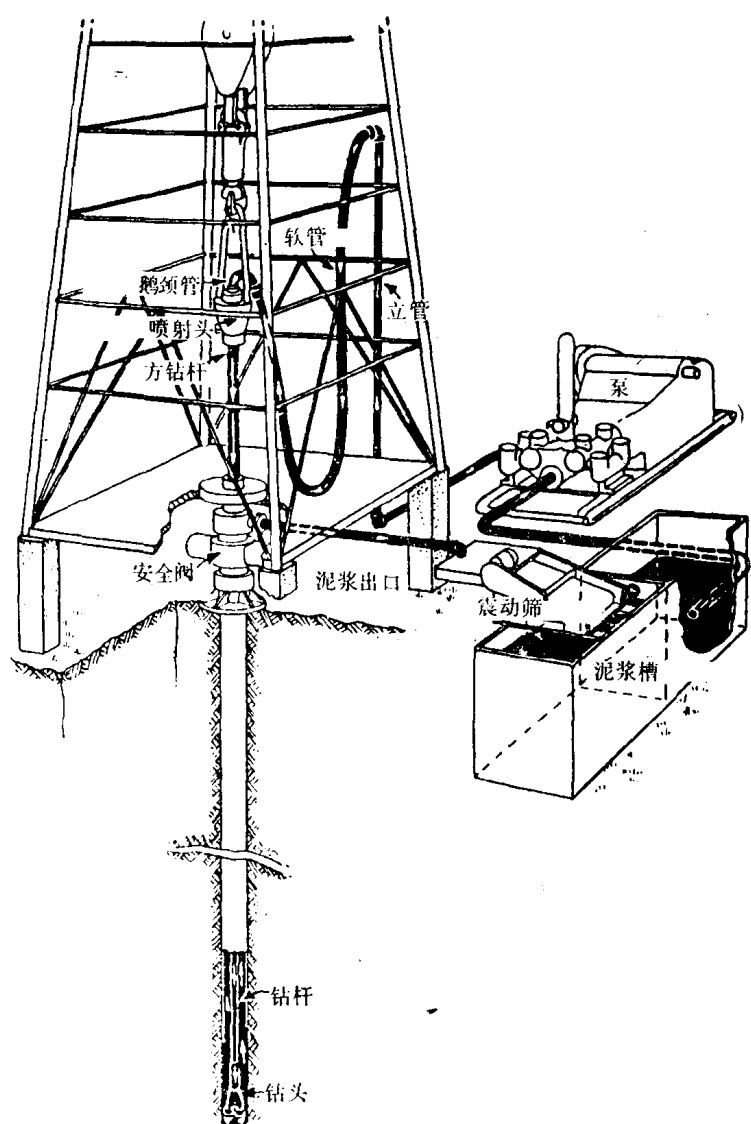


图 1-1 钻井泥浆流程示意图