

石油工业新技术及标准规范手册

—石油测井新技术及标准规范

主编 胡盛忠

哈尔滨地图出版社

石油工业新技术与标准规范手册

SHIYOU GONGYE XINJISHU YU BIAOZHUN GUIFAN SHOUC

——石油测井新技术及标准规范

SHIYOU CEJING XINJISHU JI BIAOZHUN GUIFAN

胡盛忠 主编

(第四卷)



哈尔滨地图出版社

·哈尔滨·

目 录

第一篇 测井技术概论

第一章 电法测井	(3)
第一节 概 述	(3)
第二节 自然电位测井	(3)
一、扩散吸附电势产生的机理	(4)
二、自然电位的计算	(7)
第三节 普通视电阻率测井	(15)
一、普通视电阻率测井的测量方法	(16)
二、普通视电阻率测井的理论基础	(17)
三、普通视电阻率测井曲线	(21)
四、微电极系测井	(29)
五、普通视电阻率测井曲线的应用	(34)
第四节 侧向测井	(37)
一、侧向测井的基本原理	(37)
二、双侧向测井	(39)
三、微聚焦测井	(43)
四、聚焦测井的应用	(45)
第五节 微电极系测井	(49)
一、测井原理	(50)
二、微电极系测井曲线	(51)
三、微电极系测井曲线的应用	(51)
第六节 感应测井	(53)
一、感应测井原理	(53)

二、感应测井线圈系的特性	(56)
三、感应测井曲线	(60)
四、感应测井曲线的应用	(62)
第二章 放射性测井	(67)
第一节 自然伽马测井	(67)
一、测量原理	(67)
二、GR 曲线的特征	(67)
三、GR 曲线应用	(70)
第二节 密度测井	(70)
一、地层密度测井原理	(71)
二、地层密度测井曲线的应用	(72)
第三节 中子测井	(73)
一、中子伽马测井 (NGR) 原理	(73)
二、NGR 曲线的应用	(75)
第三章 声波测井	(76)
第一节 声波测井基础	(76)
一、声波在岩石中的传播	(77)
二、声波测井中的声波	(79)
第二节 声波速度测井	(82)
一、岩石的声速	(82)
二、岩石声速的测量	(84)
三、声速测井的用途	(87)
三、声波电视测井	(93)
第三节 声波幅度测井	(96)
一、声波幅度测井	(96)
二、水泥胶结测	(96)
第四节 声波变密度测井	(98)
一、测井原理	(99)
二、VDL 图的应用	(99)
第四章 地层倾角测井	(101)
第一节 地层倾角测井的基本原理	(101)
一、确定地层面倾角和倾向	(101)
二、确定地层面在仪器坐标系中的单位法向矢量	(103)

三、确定地层面在大地坐标系中的单位法向矢量	(106)
第二节 地层倾角测井探测器	(109)
第三节 地层倾角测井数据处理及成果显示	(110)
一、数据处理	(110)
二、成果显示	(112)

第二篇 裸眼井测井

第一章 裸眼井测井仪器	(119)
第一节 测井地面仪器	(119)
一、SJD-801 数字测井仪	(119)
二、SJD581 微机多线测井仪	(123)
三、3700CLS 数控测井系统	(125)
四、DSK-91 数控测井系统	(131)
第二节 下井仪器	(138)
一、国产“SJD83 系列”测井下井仪器	(138)
二、3700CLS 测井下井仪器	(158)
第二章 大斜度井与水平井测井技术简介	(179)
第一节 水平井测井工艺	(179)
一、钻杆输送测井方法的工作原理及系统构成	(179)
二、测井施工前的准备	(181)
三、水平井测井施工步骤	(182)
第二节 大斜度定向井测井仪器送入工艺	(182)
一、概述	(182)
二、大斜度定向井测井仪器送入工具	(183)
第三章 电缆使用工艺	(186)
第一节 电缆标定及电缆安装设备	(186)
一、DG-1 型拖电缆设备	(186)
二、倒电缆设备	(188)
三、WZD-1 型微机控制自动丈量电缆仪	(190)
四、PC 机测井电缆注磁仪	(191)
第二节 直井电缆通井工艺	(194)
一、调研结果分析及设计的方向	(194)

二、电缆通井器的结构、工作原理及过程	(195)
三、适用条件	(196)
第三节 穿心式电缆解卡工艺	(197)
一、穿心式电缆解卡特点	(197)
二、工作过程	(197)
三、卡爪式打捞工具	(200)
第四章 井壁取心技术	(202)
第一节 冲击式井壁取心	(202)
一、跟踪井壁取心原理	(202)
二、冲击式取心器结构	(204)
三、井壁取心控制系统的调校	(208)
四、现场井壁取心作业	(210)
第二节 钻进式井壁取心	(213)
一、钻进式井壁取心	(213)
二、系统技术指标	(213)
三、井壁取心操作	(214)

第三篇 测井资料解释

第一章 测井资料数据处理	(219)
第一节 测井资料数据处理系统	(219)
一、测井资料数据处理的计算机系统	(219)
二、测井数据磁带记录格式	(223)
三、测井分析程序的基本结构	(248)
第二节 测井数据采集	(253)
一、测井数据采集系统和采集流程	(255)
二、测井数据采集、记录和处理的地面系统	(257)
三、下井仪器	(272)
第三节 测井信息传输系统	(276)
一、常用的编码调制方式	(276)
二、幻象供电	(280)
三、几种常用的测井信息传输系统	(281)
四、测井信息传输系统展望	(290)

第四节 测井数据处理	(298)
一、测井数据处理	(298)
二、交会图技术	(305)
三、解释参数的选择	(312)
四、成果显示及应用	(314)
第二章 测井资料综合解释	(317)
第一节 油、气、水层测井解释基础	(317)
一、两类油气储集层	(317)
二、纯岩石的基本解释关系式	(318)
第二节 油、气、水层综合解释的基本方法	(322)
一、地层岩性和孔隙度解释	(322)
二、纯岩石含油饱和度解释	(329)
第三节 砂泥岩储集层测井解释	(341)
一、砂泥岩的测井响应方程	(341)
二、砂泥岩储层评价	(349)
第四节 碳酸盐岩储集层测井资料解释	(361)
一、碳酸盐岩储集层的地质特征	(361)
二、碳酸盐岩储集层的储集类型	(363)
三、碳酸盐岩储集层的岩性和孔隙度	(375)
四、碳酸盐岩储集层的泥质含量	(381)
五、碳酸盐岩储集层的渗透率	(384)
六、碳酸盐岩储集层的油气水层解释	(386)
第五节 复杂储层评价	(399)
一、低孔隙度、低渗透率砂岩地层评价	(399)
二、稠油砂岩储集层解释	(413)
三、火成岩储集层评价	(418)
第六节 最优化测井解释的基本原理	(427)
一、最优化测井解释的基本原理	(427)
二、测井解释模型和响应方程及误差	(432)
三、最优化方法	(444)
四、最优化测井解释的质量检验与评价	(448)
五、应用最优化方法进行地层评价	(452)
第七节 水淹层评价	(460)

一、水淹层特征	(460)
二、用常规测井方法评价水淹层	(468)
三、碳氧比测井确定剩余油饱和度	(475)
四、中子寿命测井确定剩余油饱和度	(487)
第八节 油藏描述	(492)
一、概述	(492)
二、测井资料的标准化	(494)
三、关键井研究	(495)
四、测井相分析	(497)
五、地层对比	(506)
六、构造与储集体形态描述	(509)
第三章 测井地质分析	(527)
第一节 测井层序地层分析	(527)
一、层序的概念及其测井特征	(527)
二、层序地层的界面特征及识别	(531)
三、测井资料的层序地层分析工作流程	(532)
四、层序划分实例	(539)
第二节 测井沉积学研究	(541)
一、测井相分析及地质解释模型的概念	(541)
二、岩石组合及层序的测井解释模型	(543)
三、沉积构造、沉积体结构的测井解释模型	(550)
四、碎屑岩测井沉积微相建模与划分	(560)
五、碳酸盐岩测井沉积相建模与划分	(564)
六、碳酸盐岩测井沉积微相划分实例	(566)
第三节 测井构造地质分析	(566)
一、测井构造地质分析的一般方法	(566)
二、褶皱构造倾角解释方法	(568)
三、断裂构造倾角测井解释方法	(571)
四、不整合面的倾角测井解释	(575)
五、利用井壁成像研究地质构造	(576)
六、井旁复杂地质构造的精细解释	(578)
第四节 烃源岩与盖层的测井研究	(584)
一、烃源岩的测井分析与评价	(584)

二、测井盖层分析·····	(592)
第五节 裂缝储层与地应力定量分析·····	(604)
一、裂缝储层定量分析·····	(604)
二、地应力场定量分析及其应用·····	(615)
三、现代地应力场在勘探、开发及工程中的应用·····	(617)

第四篇 生产测井新技术

第一章 生产测井概述·····	(623)
第一节 油藏流体向井流动·····	(623)
一、单相液体的流入动态·····	(623)
二、油气两相向井流动·····	(628)
三、单相、两相同时存在时的向井流动·····	(635)
四、单相气井向井流动·····	(637)
五、多层油藏的向井流动·····	(639)
第二节 垂向管流·····	(642)
一、单相流动·····	(642)
二、多相流动·····	(644)
第三节 油、气、水的物性参数·····	(653)
一、天然气物性参数计算·····	(654)
二、地层水的物性参数计算·····	(661)
三、地层油的物性参数计算·····	(663)
第四节 生产测井仪器及设备·····	(674)
一、常规生产测井仪器·····	(674)
二、数字生产测井仪器·····	(693)
三、数控生产测井仪·····	(696)
四、生产测井辅助设备·····	(708)
第二章 井下流量测井·····	(730)
第一节 涡轮流量计·····	(731)
一、涡轮流量计工作原理·····	(731)
二、敞流式涡轮流量计测井·····	(736)
三、导流式涡轮流量计测井·····	(747)
第二节 核流量计·····	(750)

一、放射性示踪测井原理	(751)
二、放射性示踪流量计	(753)
三、核流量计定点测井方法	(754)
四、核流量计连续测井方法和跟踪测井方法	(755)
第三节 放射性示踪载体法测井与井间示踪监测	(760)
一、放射性示踪载体法测井	(760)
二、井间示踪监测	(762)
第三章 流体识别测井	(771)
第一节 流体密度测量	(771)
一、压差密度计测井	(771)
二、伽马流体密度计测井	(777)
第二节 电容法持水率计测井	(779)
一、电容法持水率计的基本原理	(779)
二、取样式持水率计	(784)
第三节 放射性持水率计测井	(788)
一、方法原理	(788)
二、资料应用	(790)
第四节 噪声测井	(791)
一、噪声测井原理	(792)
二、噪声测量和显示	(795)
三、噪声测井解释与应用	(795)
第五节 氧活化水流测井	(799)
一、原理	(799)
二、氧活化测量数据处理	(801)
三、氧活化测量水流实验	(803)
四、氧活化水流测量及应用	(805)
第四章 温度测井	(809)
第一节 概述	(809)
一、岩石和流体的热学性质	(809)
二、温度测井原理	(811)
三、井筒内的温度分布	(825)
第二节 井温资料的应用	(839)
一、井温曲线的类型	(839)

二、井温曲线的定性应用	(839)
三、井温资料的定量分析	(847)
第五章 压力测井	(850)
第一节 概述	(850)
一、油藏压力成因	(850)
二、井下压力计	(852)
第二节 试井与压力资料的应用	(858)
一、试井解释的理论基础	(858)
二、试井解释应用	(865)
第三节 钻杆测试分析及电缆地层测试	(871)
一、钻杆测试分析	(871)
二、电缆地层测试	(875)
第四节 组件式地层动态测试器	(921)
一、仪器结构和性能	(921)
二、用 MDT 多探头测试结果计算渗透率的方法	(928)
第六章 水平井生产测井	(932)
第一节 水平井概述	(932)
一、水平井完井技术	(932)
二、水平井中的流型	(935)
第二节 水平井产出剖面	(944)
一、涡轮流量计和密度计的响应	(945)
二、斜井中的仪器响应及图版制作	(946)
三、组合式连续测井仪在斜井中的响应	(949)
第三节 水平井现场测井	(953)
一、仪器下入方法	(953)
二、连续油管传送测井	(953)
三、测井仪器在井筒中的测量	(955)
第七章 注入剖面测井	(960)
第一节 注水剖面测井	(960)
一、注水剖面测井概述	(960)
二、注水剖面测井仪器、设备与工艺	(962)
三、放射性示踪剂的选择与使用	(967)
第二节 注水剖面测井资料解释与应用	(973)

一、同位素示踪注水剖面测井沾污的控制与校正方法	(973)
二、注水剖面测井资料解释	(988)
三、注水剖面测井资料的应用	(1001)
第三节 注聚合物剖面测井	(1011)
一、聚合物驱油的原理	(1011)
二、氧活化法确定注聚合物剖面	(1013)
三、电磁流量计	(1021)
第八章 产层评价测井	(1022)
第一节 碳氧比能谱测井	(1022)
一、碳氧比能谱测井原理	(1022)
二、碳氧比能谱测井仪器	(1025)
三、碳氧比能谱测井的特点	(1028)
四、碳氧比能谱测井仪刻度	(1028)
五、碳氧比能谱测井记录的参数	(1029)
六、碳氧比能谱测井资料解释	(1030)
七、碳氧比能谱测井资料的应用	(1031)
第二节 中子寿命测井	(1041)
一、原理	(1041)
二、中子寿命测井的应用	(1055)
第三节 套管井地层含油饱和度监测	(1063)
一、生产监测	(1063)
二、注入监测	(1065)
三、残余油饱和度测量	(1068)
第九章 工程测井	(1071)
第一节 工程测井仪器	(1071)
一、声幅测井仪	(1071)
二、并径测井仪	(1074)
三、井下电视测井仪	(1080)
四、噪声井温测井仪	(1083)
五、磁测井仪器	(1085)
六、磁性定位器	(1094)
第二节 固井评价测井	(1095)
一、声幅测井	(1095)

目 录

二、声波变密度测井	(1102)
三、水泥评价测井仪	(1108)
第三节 射孔质量与井下工具到位检查	(1116)
一、射孔质量检查	(1116)
二、井下工具到位检查	(1119)
第四节 套管损坏测井	(1119)
一、磁法测井	(1119)
二、微井径测井	(1138)
三、井壁超声成象测井	(1144)
四、噪声测井	(1151)
第五节 套管外流动检测	(1158)
一、自然伽马测井探测管外流动	(1158)
二、放射性同位素测井探测管外流动	(1159)
三、井温测井探测管外流动	(1161)
四、噪声测井探测管外流动	(1162)
第六节 出砂检测	(1165)
第七节 酸化、压裂效果评价测井	(1167)
一、方法概述	(1167)
二、资料综合分析及测井实例	(1168)
第八节 封堵效果评价测井	(1171)
一、井温法评价封堵效果	(1171)
二、放射性示踪法评价封堵效果	(1173)
第十章 生产测井解释	(1174)
第一节 生产测井解释方法	(1174)
一、生产测井方法组合	(1174)
二、流动剖面测井资料定性分析方法	(1180)
三、流动剖面测井资料定量解释方法	(1183)
四、气液两相流动剖面测井解释	(1188)
五、油水两相流动剖面测井解释	(1200)
六、油气水三相流动剖面测井解释	(1208)
第二节 生产测井资料综合解释	(1212)
一、区块开发中的应用	(1212)
二、油水井分析中的应用	(1231)

三、测井资料综合解释与油气动态研究	(1240)
第五篇 射孔新技术	
第一章 射孔器及其检测技术	(1251)
第一节 射孔器	(1251)
一、概述	(1251)
二、无枪身聚能射孔器	(1260)
三、有枪身聚能射孔器	(1268)
四、射孔弹	(1274)
五、射孔枪	(1276)
六、起爆装置和传爆装置	(1283)
七、射孔器的质量控制	(1293)
第二节 射孔器的检测技术	(1300)
一、油气井聚能射孔器检测抽样方法	(1300)
二、油气井射孔器混凝土靶射孔试验	(1301)
三、油气井射孔器贝雷砂岩靶射孔试验	(1304)
四、油气井射孔器贝雷砂岩靶流动特性试验	(1307)
五、油气井射孔器高温常压钢靶射孔试验	(1313)
六、油气井射孔器模拟井射孔试验	(1316)
七、油气井射孔器高温高压钢靶射孔试验	(1321)
八、油气井射孔弹模拟运输振动试验	(1324)
九、对射孔枪的检测	(1325)
十、油气井用电雷管和导爆索的检测	(1326)
第二章 射孔深度控制	(1327)
第一节 射孔深度控制的原理和方法	(1327)
一、丈量电缆法	(1327)
二、标准井作记号法	(1327)
三、定位射孔	(1328)
四、跟踪射孔	(1330)
五、油管输送射孔的定位方法	(1331)
第二节 深度计算	(1332)
一、深度计算的基本概念	(1332)

目 录

二、射孔深度计算的基本公式	(1332)
三、油管输送式射孔深度计算公式	(1335)
四、射孔施工跟踪图的绘制及计算报表	(1336)
五、特殊情况下的射孔深度计算	(1336)
第三节 装炮及深度控制	(1338)
一、无枪身射孔装炮工艺	(1338)
二、有枪身射孔装炮工艺	(1340)
三、装炮深度控制	(1341)
第三章 射孔优化设计	(1343)
第一节 射孔参数与产能的关系	(1343)
一、射孔对地层产能的影响	(1343)
二、射孔对套管和水泥环的损害	(1345)
三、射孔参数与产能大小	(1348)
第二节 射孔优化设计	(1361)
一、射孔方案参数的确定	(1361)
二、射孔井产能计算与射孔器优选	(1367)
三、负压射孔设计	(1370)
四、射孔液优选	(1371)
五、射孔优化设计及应用实例	(1372)
第四章 射孔现场施工工艺	(1387)
第一节 电缆输送式过油管射孔	(1387)
一、有枪身过油管射孔	(1387)
二、无枪身过油管射孔	(1387)
三、过油管射孔的优缺点	(1389)
第二节 套管射孔	(1389)
一、大港式的软连接工艺	(1389)
二、大庆式软连接工艺	(1391)
三、硬连接工艺	(1391)
第三节 电缆输送式射孔操作要点及其他要求	(1393)
一、注水井清水套管试压	(1393)
二、射孔岗位操作要求	(1394)
三、射孔深度定位	(1394)
四、质量安全注意事项	(1395)

第四节 油管输送射孔	(1396)
一、油管输送射孔的原理	(1396)
二、油管输送射孔的特点	(1396)
三、油管输送射孔工艺流程	(1397)
四、油管输送射孔的深度控制	(1397)
五、TCP 附件	(1399)
第五节 射孔安全自控系统	(1404)
一、结构与原理	(1404)
二、现场检查与操作	(1406)
第六节 油气井爆炸作业	(1407)
一、磁性测卡仪	(1408)
二、爆炸松扣	(1409)
三、爆炸切割	(1411)
第五章 特殊完井中的射孔技术	(1414)
第一节 防砂射孔	(1414)
一、砾石充填完井	(1414)
二、其他防砂技术	(1416)
第二节 水力压裂射孔	(1417)
一、套管孔眼尺寸	(1418)
二、孔密度	(1419)
三、射孔相位	(1419)
四、地层中射孔的特性	(1419)
五、井况	(1419)
六、井斜	(1420)
七、传送方法	(1420)
第三节 高压高温深井射孔	(1420)
一、温度——主要问题	(1420)
二、温度效应	(1420)
三、井况	(1421)
四、电缆问题	(1422)
五、井口压力	(1423)
六、射孔器的选择	(1423)
七、传送方法	(1423)

八、深井完井设计	(1424)
第四节 水平井射孔技术	(1424)
一、水平井射孔	(1424)
二、水平井射孔器材	(1424)
三、水平井射孔准备工作和工程要求	(1428)
四、水平井射孔工艺	(1429)
五、水平井射孔深度校正	(1431)
第五节 含硫化氢气井射孔技术	(1432)
一、含硫气井的特征与危害	(1432)
二、硫化物应力腐蚀影响因素	(1434)
三、含硫气井防腐器材的选择	(1437)
四、井场及井口的布置	(1438)
五、射孔施工步骤及要求	(1439)
六、安全操作要求	(1447)
第六节 高压气井射孔工艺技术	(1447)
一、主要设施	(1447)
二、施工的步骤及方法	(1453)
第七节 海上平台油气井射孔技术	(1457)
一、准备工作和要求	(1457)
二、射孔器材	(1457)
三、深度校正、现场施工与陆地油气井射孔基本相同	(1457)
四、注意海上平台施工安全	(1457)
第八节 高能气体压裂技术	(1457)
一、高能气体压裂增产原理	(1458)
二、优点及适用性	(1459)
三、高能气体压裂施工工艺	(1459)
四、高能气体压裂施工设计	(1460)
五、效果评价	(1465)

第六篇 其他测井新技术及其应用

第一章 成像测井技术	(1471)
第一节 成像测井系统	(1471)