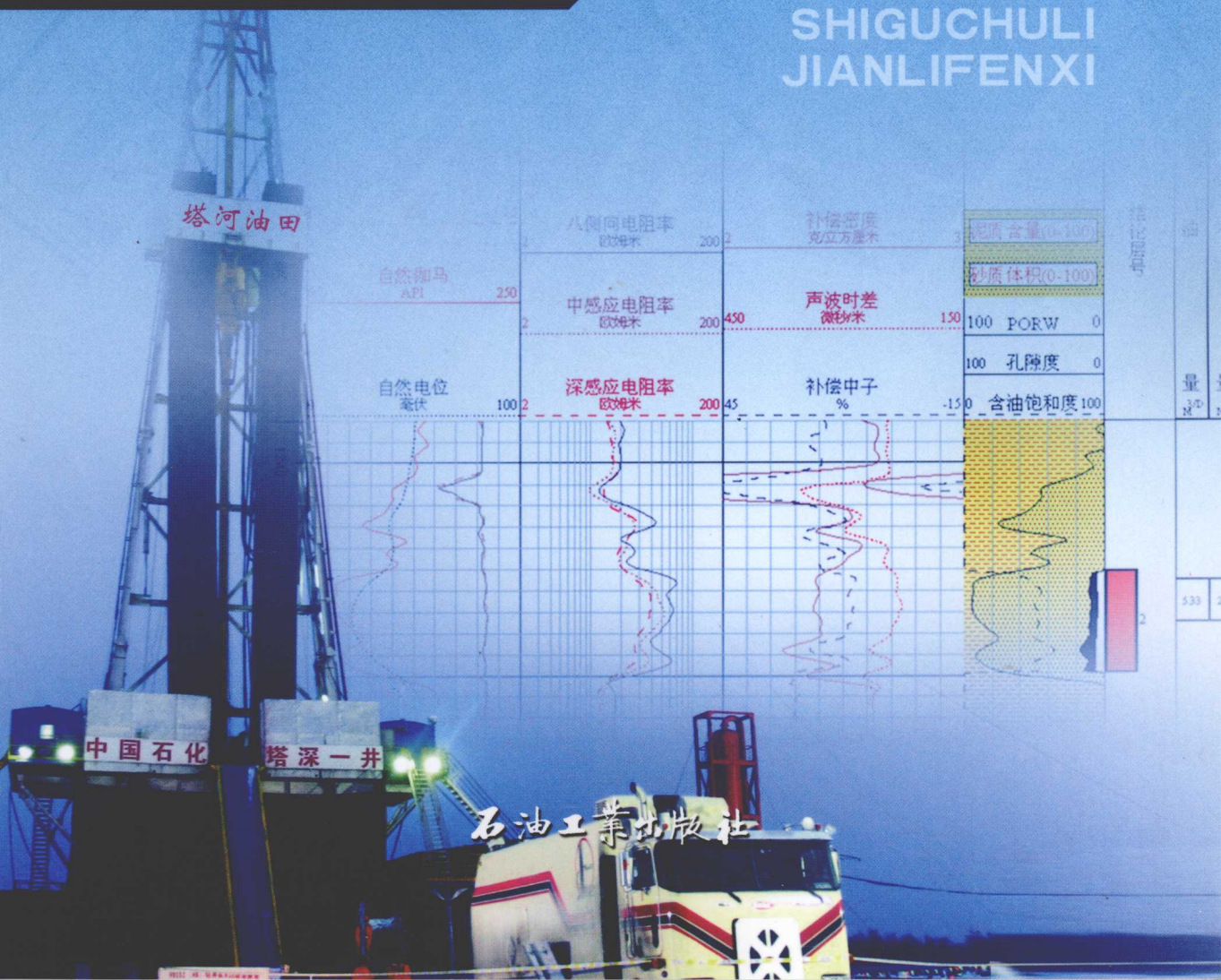


深井测井事故处理 及案例分析

魏新勇 蒋建平 罗 荣◎编著

SHENJINGCEJING
SHIGUCHULI
JIANLIFENXI



内 容 提 要

本书以塔河油田典型的测井工程事故预防处理和案例分析为主,对测井事故处理中所常用的各类打捞方法、打捞工具和塔河油田好的经验做法进行了系统总结,为科学合理处理测井过程中的异常情况和事故提供了借鉴方法和手段。

本书适用于测井和井下作业的技术人员和操作人员阅读参考,也可供从事测井作业工具研制开发的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

深井测井事故处理及案例分析/魏新勇,蒋建军,罗荣编著.

北京:石油工业出版社,2013.1

ISBN 978-7-5021-9398-0

I. 深…

II. ①魏…②蒋…③罗…

III. 塔里木盆地-碳酸岩油气田-深井-油气测井-事故处理-案例

IV. ①TE344②TE151

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 301293 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523583 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:11.75

字数:210 千字

定价:65.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

塔河油田作为中国石油化工集团公司最主要的增储上产阵地,“十一五”期间每年的测井施工都在 1200 井次以上。而塔河油田地质情况复杂,目的层埋藏深,同一裸眼段压力系统多,大大增加了测井施工难度;同时由于在工区服务测井队伍的施工水平、操作能力等差异,导致因井况复杂、测井操作不当等原因引发的测井工程事故,一定程度上影响了部分井的工程周期。

为了提高塔河油田深井测井施工水平,预防和减少测井工程事故的发生,在系统梳理近 10 年来工区发生的测井工程事故基础上,结合目前国内所常用的测井事故预防和处理手段,完成了本书的编写工作。

本书主要包括测井工程事故预防处理和案例分析两部分。事故预防处理将目前国内测井事故处理中所常用的各类打捞方法、打捞工具和塔河油田好的经验做法进行了系统总结;61 个案例的分析则是从近百个事故中整理归纳出来的,为科学合理处理测井过程中的异常情况和事故提供了借鉴方法和手段。

本书由西北油田分公司工程监督中心魏新勇、蒋建平、罗荣等负责编著,在编写过程中,得到了西北油田分公司各级领导的大力支持和帮助,华北石油局测井公司张新礼高级工程师、中原测井公司杜拥军高级技师为本书的编写提出了诸多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于本书涉及专业多,加之编者水平有限,书中难免存在很多不妥或错误之处,敬请专家和读者批评指正。

魏新勇

2012 年 9 月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 塔河油田地质概述	(1)
第二节 塔河油田测井施工难点	(7)
第三节 关于测井事故的几点认识	(8)
第二章 测井作业事故发生因素及事故类型	(9)
第一节 测井作业中的危险因素	(9)
第二节 常见测井工程事故分类	(11)
第三节 测井事故预防措施	(15)
第四节 卡点的确定	(17)
第五节 打捞技术	(18)
第三章 压差吸附事故	(30)
案例 1 S119 - 2 井电缆吸附卡事故	(30)
案例 2 TK1001 井电缆吸附卡事故	(32)
案例 3 TK1012 井电缆吸附卡事故	(33)
案例 4 AD1 井电缆吸附卡事故	(36)
案例 5 AD11 井电缆吸附卡事故	(38)
案例 6 DLK10X 井测井仪器吸附卡事故	(39)
案例 7 TP18 井测井电缆吸附卡事故	(40)
案例 8 TP203X 测井仪器吸附卡事故	(44)
案例 9 TH12227-H 测井电缆吸附卡事故	(46)
案例 10 TK508 井测井电缆吸附卡事故	(47)
第四章 键槽卡事故	(50)
案例 11 T759 - 1 井测井仪器遇卡	(50)
案例 12 TK1216 井测井仪器遇卡	(52)
案例 13 TH12142 井测井仪器遇卡	(54)
案例 14 TH12429 井测井仪器遇卡	(55)
案例 15 S75CX 井测井仪器遇卡事故	(58)
案例 16 S112 - 2 井连续两次测井仪器遇卡事故	(59)
第五章 测井电缆引发的事故	(62)
案例 17 TK256 井测井鱼雷脱落事故	(62)
案例 18 TK7216H 井射孔电缆挤伤事故	(64)
案例 19 TP116X 井测井断电缆事故	(64)

案例 20	YQ13 井测井仪器落井事故	(66)
案例 21	TK7216H 井三开核磁测井电缆、仪器落井事故	(69)
案例 22	TH12213 井测井电缆拉断事故	(71)
案例 23	TH12340 井测井电缆拉断事故	(73)
案例 24	TH12219CX 井钻具传输测井电缆砸断事故	(75)
第六章	掉块卡事故	(84)
案例 25	BK7 井掉块卡测井仪器事故	(84)
案例 26	TH12343 井掉块卡测井仪器事故	(86)
案例 27	TK241 井掉块卡测井仪器事故	(87)
案例 28	TK475 井掉块卡测井仪器事故	(89)
第七章	仪器落井事故	(91)
案例 29	TK1027 井测井仪器遇卡落井事故	(91)
案例 30	TK714CH 井测井仪器落井事故	(93)
案例 31	TK823CH 井测井仪器落井事故	(95)
案例 32	TK331 井密度源室落井事故	(97)
第八章	多次打捞测井事故	(101)
案例 33	YK9X 井测井事故	(101)
案例 34	DLK4 井测井事故	(102)
案例 35	TK664 井测井事故	(105)
案例 36	TK1115 井测井事故	(106)
案例 37	TP13 井测井事故	(107)
案例 38	TK1222 井测井事故	(110)
案例 39	TK1050X 井测井事故	(113)
第九章	辅助工具引发的测井事故	(116)
案例 40	TK1087X 井天滑轮破裂事故	(116)
案例 41	TK1062X 井仪器和钻具落井事故	(117)
案例 42	TP6 - 1X 井测井事故	(120)
第十章	测井期间的井控事故	(126)
案例 43	TK1065X 井电缆切断落井事故	(126)
案例 44	TK929H 水平段声幅测井期间井喷事故	(129)
案例 45	T705 井完井测井期间井喷事故	(131)
第十一章	其他测井事故	(136)
案例 46	YQ10 井测井仪器遇卡事故	(136)
案例 47	TK1249 井测井仪器遇卡事故	(138)
案例 48	YK14H 井核磁共振仪器遇卡事故	(141)
案例 49	TK916 井仪器被硫化氢腐蚀事故	(143)

案例 50	TK1055 井仪器被硫化氢腐蚀事故	(144)
案例 51	TK332 井仪器灌肠事故	(146)
案例 52	S117 井声幅测井仪器遇卡事故	(147)
案例 53	TK131H 井射孔器灌肠事故	(148)
案例 54	桥古 1 井生产测井案例	(153)
第十二章	复杂井测井案例	(159)
案例 55	TP28XCX 井测井案例	(159)
案例 56	TH12302CH 井测井案例	(162)
案例 57	KUD3 井二开测井案例	(166)
案例 58	TP40X 井三开测井案例	(168)
案例 59	TH12237 井四开测井案例	(171)
案例 60	TP18 井三开测井案例	(173)
案例 61	TK1101CH 井三开测井案例	(177)
参考文献		(180)

第一章 概 述

第一节 塔河油田地质概述

塔里木盆地是中国最大的内陆盆地,位于新疆维吾尔自治区南部。北、西、南被天山、帕米尔和昆仑山、阿尔金山环绕。大体呈菱形,海拔高度在 800 ~ 1300m,西部海拔 1000m 以上,东部罗布泊降到 780m,面积 $53 \times 10^4 \text{km}^2$ 。塔克拉玛干沙漠位于塔里木盆地中心,东西绵延 1000km,南北宽约 400km,面积达 $33.76 \times 10^4 \text{km}^2$,占全国沙漠面积的 47.3%,是我国最大的沙漠,也是世界七大沙漠之一,仅次于西亚鲁卜哈里沙漠的世界第二大流动沙漠。沙漠内部沙丘连绵起伏,一般高 70 ~ 80m,最高可达 250m,沙漠内部植被稀少,多为流动沙丘。

由于深处大陆内部,周围又有高山阻碍湿润空气进入,年降水量不足 100mm,大多在 50mm 以下,极为干旱。盆地中心形成塔克拉玛干沙漠,面积 $3376 \times 10^4 \text{km}^2$,罗布泊、台特马湖周围为大片盐漠。发源于天山、昆仑山的河流到沙漠边缘就逐渐消失,只有叶尔羌河、和田河、阿克苏河等较大河流能维持较长流程。同时,塔里木盆地也是中国最古老的内陆产棉区,光照条件好,热量丰富,能满足中、晚熟陆地棉和长绒棉的需要。昼夜温差大,有利于作物积累养分,又不利害虫孳生,是中国优质棉种植的高产稳产区。

塔里木盆地的油气资源丰富,但由于自然条件恶劣,加之其所处的大地构造位置比较特殊,在新中国成立之前,就受到中外地质学家的关注;新中国成立之后,在李四光、黄汲清等老一辈地质学家的指导下,开始了大规模的石油勘探。经过许多挫折和艰辛获得了一系列的突破,使它成为石油地质学家、勘探家们瞩目的热点。

塔里木盆地的油气勘探开发事业历经近 50 年,在近半个世纪的工作历程中,经历了“六上五下”的曲折过程,但前期由于受勘探技术的限制,一直没有大的突破。1984 年在漫长的南征北战之后,挥师北部,在沙参 2 井古生界碳酸盐岩中获得突破,拉开了塔里木盆地又一轮大规模油气勘探、开发的序幕。此间应用了一系列新技术、新工艺,不仅深化了对盆地油气成藏规律的认识,而且取得了显著的勘探开发成效,在塔里木盆地建设起了一座现代化的新型石油基地。

塔里木盆地是由古生界海相克拉通和中、新生界陆相前陆盆地组成的大型叠合复合型盆地。盆地经历了多次沉降、隆升,不同的构造表现出了不同的复杂构造特征,通常以下古生界“三隆四坳”的构造格局将盆地划分为 7 个一级构造单元

和 27 个二级构造单元。盆地共发育了寒武系一下奥陶统、中—上奥陶统、石炭系—二叠系和三叠系—侏罗系共计 4 套优质烃源岩,发育碎屑岩和碳酸盐岩两大类储层,组成了 6 套主要的储盖组合,已经在 11 个层系中发现了油气藏。其中,奥陶系、石炭系和白垩系—新近系 3 套储盖组合在盆地内呈区域性分布,并且储集了塔里木盆地已发现的大部分油气储量。根据第 3 轮全国资源评价的结果,塔里木盆地可探明的油气资源当量为 $123.37 \times 10^8 \text{t}$ 。

塔河油田地处新疆库车县和轮台县境内,位于天山南麓塔克拉玛干沙漠北缘的戈壁荒漠地带,地表海拔 930m 左右,构造位置位于塔里木盆地沙雅隆起中段阿克库勒凸起西南斜坡,沙参 2 井在海相古生界的重大突破,拉开了塔里木盆地新一轮大规模石油勘探开发的序幕,为国家制定“稳定东部,发展西部”油气资源战略提供了重要依据。

塔河油田地表环境条件恶劣,多数为戈壁覆盖,降水稀少,气候干燥,沙尘暴频繁。所钻井多为深井和超深井,揭示的地层自上而下包括第四系(Q),新近系上新统库车组(N_2k)、中新统康村组(N_1k)、吉迪克组(N_{1j}),古近系苏维依组(E_3s),古近系库姆格列木群($E_{1-2}km$),下白垩统巴什基奇克组(K_1bs)、下白垩统卡普沙良群(K_1kp),侏罗系下统(J_1),三叠系上统哈拉哈塘组(T_3h)、中统阿克库勒组(T_2a)、下统柯吐尔组(T_1k),二叠系中统(P_2),石炭系下统卡拉沙依组(C_1kl)、巴楚组(C_1b),泥盆系上统东河塘组(D_3d),志留系上统(S_1),奥陶系上统(O_3)、奥陶系中—下统(O_{1-2})。见表 1-1。

表 1-1 塔里木盆地地层简表

地 层						岩 性 简 述
界	系	统	群	组	代号	
新 生 界	第四系				Q	灰白色粉砂层、细粒砂层夹黄灰色粘土层
	新近系	上新统		库车组	N_2k	黄灰、灰白色粉砂岩、细粒砂岩与黄灰色、棕灰色泥岩略等厚互层
		中新统		康村组	N_1k	浅灰、灰白色细粒砂岩、灰白色粉砂岩与棕灰、褐棕色泥岩、粉砂质泥岩略等厚互层。泥岩中含分散状石膏
				吉迪克组	N_{1j}	上部为蓝灰色泥岩与棕色粉砂岩、浅灰色细粒砂岩略等厚互层,下部以棕褐色泥岩为主,夹棕色粉砂岩、细粒砂岩,泥岩中可见粉末状石膏层
		渐~古新统		苏维依组	E_3s	棕褐色泥岩与棕色细粒长石岩屑砂岩略等厚互层
	古近系		库姆格列木群		$E_{1-2}km$	灰白色砾质粗粒长石石英砂岩

续表

地 层						岩 性 简 述
界	系	统	群	组	代号	
中生界	白垩系	下统		巴什基奇克组	K ₁ bs	棕褐色泥岩与棕色细粒岩屑长石砂岩略等厚互层
			卡普沙良群	巴西盖组	K ₁ b	棕褐色、棕红色泥岩与红棕色细粒岩屑长石砂岩略等厚互层
				舒善河组	K ₁ s	棕红色泥岩与浅棕色细粒岩屑长石砂岩、粉砂岩略等厚互层
				亚格列木组	K ₁ y	灰色、浅棕色细粒—中粒砂岩、细砾岩夹棕红色泥岩
	侏罗系	下统			J ₁	浅灰色粗砂岩、砾质粗砂岩与深灰色泥岩不等厚互层,局部夹煤线或煤层
	三叠系	上统		哈拉哈塘组	T ₃ h	分2个岩性段:泥岩段(T ₃ h ²):深灰色泥岩。底部为灰黑色炭质泥岩,为本区T ₃ h区域标志层。砂岩段(T ₃ h ¹):浅灰色砾质细粒长石岩屑砂岩、细粒长石岩屑砂岩夹深灰色泥岩,即T—I砂体(上油组)
		中统		阿克库勒组	T ₂ a	分为4个岩性段:泥夹砂段(T ₂ a ⁴):深灰色泥岩、灰色粉砂质泥岩夹浅灰色粉砂岩、泥质粉砂岩。砂岩段(T ₂ a ³):浅灰色细粒长石岩屑砂岩、细砾岩夹灰色泥岩,为即T—II砂体(中油组);泥岩段(T ₂ a ²):深灰色泥岩、灰色粉砂质泥岩夹浅灰色粉砂岩、泥质粉砂岩。砂岩段(T ₂ a ¹):浅灰色细粒长石岩屑砂岩、细砾岩夹灰色泥岩,为即T—III砂体(下油组)
		下统		柯吐尔组	T ₁ k	深灰色泥岩、粉砂质泥岩夹灰色粉砂岩
古生界	二叠系	上统		沙井子组	P ₃ s	厚层状灰色、褐色泥岩,夹细砂岩、中砂岩及杂色细砾岩
		中统		开派兹雷克组	P ₂ k	灰绿色英安岩。厚层状深灰色凝灰岩、凝灰质粉砂岩和厚层状黑灰色玄武岩
		下统		库普库孜满组	P ₁ k	褐、灰色厚层状泥岩,砂岩不等厚互层
				南闸组	P ₁ n	薄层灰岩、云泥质灰岩,云质灰岩

续表

地 层						岩 性 简 述
界	系	统	群	组	代号	
古 生 界	石炭系	上统		小海子组	C ₂ x	中厚层状灰色灰岩
		下统		卡拉沙依组	C ₁ kl	分 2 个岩性段:砂泥岩互层段(C ₁ kl ²):深灰、灰褐、棕褐色泥岩、粉砂质泥岩与灰色、褐灰色泥质粉砂岩、棕色、灰色粉砂岩略等厚 - 等厚互层。上泥岩段(C ₁ kl ¹):深灰、灰褐、棕褐色泥岩、灰色粉砂质泥岩夹灰色粉砂岩、泥质粉砂岩
				巴楚组	C ₁ b	分 3 个岩性段:双峰灰岩段(C ₁ b ³):黄灰色泥晶灰岩夹深灰色泥岩。下泥岩段(C ₁ b ²):深灰色、棕褐色、褐灰色泥岩、粉砂质泥岩夹浅灰色灰质粉砂岩薄层。砂泥岩互层段(C ₁ b ¹):棕褐色泥岩与浅棕褐色细粒长石岩屑砂岩、泥质粉砂岩略等厚互层
	泥盆系	上统		东河塘组	D ₃ d	上部为灰色细粒岩屑石英砂岩、粉砂岩。中部为浅灰色细粒岩屑石英砂岩、粉砂质泥岩略等厚互层。下部为灰色细粒岩屑石英砂岩、粉砂岩
		中下统		克孜尔塔格组	D ₁₋₂ k	褐红色中厚~巨厚层状细砂岩、中砂岩,夹薄层粉砂质泥岩
	志留系	中统		依木干他乌组	S ₂ y	中厚层状粉砂岩与泥岩互层
		下统		塔塔埃尔塔格组	S ₁ t	绿灰色、灰色细粒岩屑石英砂岩、灰色沥青质细粒岩屑石英砂岩、粉砂岩与棕褐色泥岩略 - 不等厚互层
				柯坪塔格组	S ₁ k	上部为灰色沥青质中粒、细粒岩屑石英砂岩夹棕褐色泥岩,即沥青砂岩段。中部为深灰色、灰色泥岩,即灰色泥岩段。下部为灰色、深灰色、灰绿色泥岩与灰色、绿灰色砂岩、泥质粉砂岩不等厚互层
	奥陶系	上统		桑塔木组	O ₃ s	中、上部为褐灰色、灰色泥岩与灰质泥岩、黄灰色泥灰岩略等厚互层,下部为深灰色、灰色泥岩夹灰质泥岩、黄灰色泥灰岩
				良里塔格组	O ₃ l	黄灰色泥晶灰岩
				恰尔巴克组	O ₃ q	上部棕褐色、灰色灰质泥岩、瘤状灰岩,下部为浅黄灰色泥晶灰岩

续表

地 层						岩 性 简 述
界	系	统	群	组	代号	
古 生 界	奥 陶 系	中统		一间房组	O ₂ yj	黄灰色、浅灰色泥晶灰岩、砂屑泥晶灰岩、泥晶砂屑灰岩
				鹰山组	O ₁₋₂ y	上部为黄灰色、浅灰色砂屑泥晶灰岩、泥晶砂屑灰岩、生物屑泥晶灰岩。下部为灰色、黄灰色白云岩、灰质云岩夹泥晶灰岩
		下统		蓬莱坝组	O ₁ p	浅灰、深灰色粉晶白云岩, 细晶白云岩为主, 夹泥-微晶灰岩
	寒武系	上统	下丘里塔格群		Є ₃ ql	灰白色至深灰色层纹状微-细晶白云岩、常含燧石条带及团块, 夹叠层石藻白云岩和砂屑、藻屑白云岩及竹叶状砾屑白云岩
		中统		阿瓦塔格组	Є ₂ a	棕红色、浅灰色含燧石条带或团块泥质白云岩、白云质灰岩及藻白云岩夹页岩
				沙依里克组	Є ₂ s	上部为薄层燧石条带灰岩夹紫红色泥质白云岩。下部为生物灰岩、豹皮灰岩, 竹叶状灰岩、砾状灰岩
		下统		吾松格尔组	Є ₁ w	上部为灰色、浅灰色薄层灰岩、白云岩; 中部为浅灰色瘤状粉晶白云岩夹深灰色竹叶状灰岩; 下部为浅灰色、深灰色白云岩、灰岩。底部为深灰色角砾状灰岩、薄层灰岩
				肖尔布拉克组	Є ₁ x	上部为灰白色、深灰色厚层状白云岩; 中部为黑灰色、灰色薄层状或瘤状灰岩、白云岩夹生物灰岩; 下部为深灰色中厚层状含硅质结核白云岩; 底部为深灰色夹灰褐色薄层状灰岩及含硅质结核白云岩
				玉尔吐斯组	Є ₁ y	上部为灰白色薄层微晶白云岩、瘤状白云岩夹页岩; 中部为黑色炭质页岩及黄绿色、灰绿色、紫红色页岩夹砂质、白云质灰岩; 下部为灰黑色含磷或含磷结核硅质岩、磷块岩夹薄层白云质灰岩
				奇格布拉克组	Z ₂ q	浅灰色白云岩
	震旦系	上统		苏盖特布拉克组	Z ₂ s	上部为灰绿色、黄灰色页岩、粉砂岩、细砂岩, 夹竹叶状灰岩、灰质白云岩。下部为紫红色砂岩、粉砂岩、粉砂岩质页岩夹辉绿岩, 底部为暗紫红色块状砾岩
太 古 界	前震旦系				AnZ	深灰色千枚岩、杂色片麻岩、浅棕红色石英岩

目前,塔河油田已形成年产逾 $735 \times 10^4 \text{t}$ 的工业油气产能,显示出塔河油田及其所处的阿克库勒凸起西南斜坡良好的油气前景。其地质条件存在以下特点:(1)目的层多。中生界白垩系、侏罗系、三叠系,古生界石炭系、泥盆系、志留系、奥陶系在塔河油田均作为勘探目的层。(2)含油层系多。从中生界 K、J 和 T,至古生界 C、D、S 和 O。(3)油质类型丰富。天然气、轻质油、中质油、重质油并存。(4)储层类型多。碎屑岩与碳酸盐岩储层并存,裂缝型、孔隙型、孔洞型储层并存。(5)岩性复杂。碎屑岩、碳酸盐岩、火成岩、盐膏岩等。(6)目的层埋藏深。勘探目的层埋深从 4500 ~ 6800m,纵向跨距较大。(7)井身结构复杂。有三开三完、四开四完、五开五完等类型。(8)地层复杂。盆地内盐岩层、盐膏层、高低压盐水层、巨厚泥页岩、巨厚砾岩层及高陡地层发育。(9)地层压力系统复杂,地应力复杂,同一裸眼井段内存在多个压力系统。(10)山前构造带发育,地层陡倾、破碎,砾石层、盐膏层等复杂地层发育,地层压力系统、地应力复杂。(11)古生界碳酸岩地层是重要的目的层,钻井中易发生裂缝溶洞性漏失。

塔河油田储层主要有两种类型,一类是碎屑岩孔隙型储层,其主要分布在白垩系下统卡普沙良群,侏罗系下统,三叠系上统哈拉哈塘组(上油组)、中统阿克库勒组(中油组、下油组),石炭系下统卡拉沙依组、巴楚组,泥盆系上统东河塘组,志留系下统柯坪塔格组;一类是与岩溶作用有关的岩溶缝洞型碳酸盐岩储层,主要分布在奥陶系上统良里塔格组、中统一间房组、中一下统鹰山组。

其中奥陶系以复合型圈闭为主,岩溶残丘—缝洞型、断块—岩溶残丘—缝洞型最为发育。储集空间主要颗粒为石灰岩粒间孔隙、溶蚀孔洞和裂缝,其储集类型可分为裂缝型、裂缝—孔隙型、裂缝—孔洞型 3 种。大裂缝、溶洞是本区奥陶系储层最主要的储集空间,常构成裂缝—溶洞型储层。三叠系以背斜型圈闭为主,如塔河油田 1 区、塔河油田 2 区、塔河油田 9 区三叠系圈闭,但也存在岩性—构造复合型圈闭,如沙 73 井区三叠系圈闭。石炭系圈闭类型由于砂体厚度小,横向分布变化较大,以构造—岩性复合型圈闭为主,局部存在构造圈闭。泥盆系砂岩、志留系砂岩分布范围较小,横向展布不稳定,以岩性圈闭为主,局部存在构造—岩性复合型圈闭。

塔河油田先后在白垩系、侏罗系、三叠系、石炭系、泥盆系和奥陶系获得工业油气流或高产油气流,发现了雅克拉、西达里亚和塔河等油气田及一批含油气构造。塔河油田的勘探与发现,是一个认识—实践—再认识—再实践的过程,是一个认识指导勘探实践,勘探实践带来理论认识的创新,同时再指导勘探实践的过程。1984 年 9 月,地质矿产部在位于塔北沙雅隆起上的沙参 2 井下奥陶统碳酸盐岩中喜获高产油气流,实现了我国海相油气首次重大突破。它既是塔里木盆地油气勘探的新转折,也是中国油气勘查史上的重要里程碑。此后,陆续在塔北地区沙雅隆起上的沙西凸起、阿克库勒凸起以及塔中地区发现了一批奥陶系碳酸盐岩

油气藏和含油气构造。但是,由于碳酸盐岩储层严重的非均质性,和认识、工艺技术的局限性,许多高产井试采后产量稳不住,既拿不到产量,也交不了储量。因而,塔里木盆地油气勘探的重点便转移到石炭系及中生代地层。理论基础薄弱,认识不足,储层预测及储层改造技术不相适应,错过了及时发现、评价塔河大油田的机会。在长期的勘探实践中,认识到克拉通盆地古生界具有巨大的油气潜力,是培育大型油气田的目标区,逐步提出并坚持了“逼近主力烃源岩,以大型古隆起、古斜坡为勘探目标,靠近大型断裂、大型不整合面寻找大型油气田”的勘探思路。并且,认识到寻找塔里木克拉通盆地大型油气田的主要目标是下古生界碳酸盐岩。同时,经过长期攻关,在碳酸盐岩岩溶缝洞型储层预测评价技术与钻井储层改造工艺技术取得长足进步,为塔河油田的发现奠定了坚实的基础。1997年,经认真研究,选择阿克库勒凸起西南部的艾协克1号与2号残丘作为奥陶系碳酸盐岩大型油气田勘探的突破口,部署了S46井和S48井,在奥陶系喜获高产工业油气流,从而实现了塔河奥陶系大油田的发现。并且拉开了塔里木盆地寻找奥陶系碳酸盐岩大型油气田的序幕。反复实践中总结出来的理论与思路,指导了塔河油田的发现。近几年来,随着勘探工作的不断深入,塔河油田规模不断扩大,三级储量已超过 $15 \times 10^8 \text{t}$,在一些新的领域又实现了突破,认识也在不断升华。塔河油田是目前所发现的第一个与巨大的塔里木盆地相称的特大型油气田。总结这些勘探成果、经验,对塔里木盆地下一步油气勘探以及国内其他类似地区的油气勘探都具有极其重要的意义。

第二节 塔河油田测井施工难点

由于塔河油田目前平均井深超过6000m,同一裸眼段存在多套压力系统,加之近年来部分井由于地面绕障需要,井身轨迹设计为“五段制”(直—增—稳—降—直)斜井等多方面原因,给测井资料采集带来了一定困难。

(1)裸眼井段长,同一裸眼井段内存在多套压力系统,极易发生电缆吸附等井下事故。目前,塔河油田主要井身结构为三开三完、四开四完等类型,平均井深6300m。一般三开结构的二开裸眼井段长达5000m,四开结构的三开裸眼井段长达2200m。中间穿过侏罗系、三叠系、石炭系等多个地层组段,并且不同组段间压力系统不一致。同时这两开次在测井时钻井液密度一般为 $1.30 \sim 1.33 \text{g/cm}^3$,但三叠系以上地层的压力梯度仅为 $1.08 \sim 1.11 \text{g/cm}^3$,钻井液液柱与地层之间存在很大的压力差,在测井采集过程中容易发生电缆或仪器吸附卡。

统计2004年以来塔河油田发生的测井故障,有60%左右是因为压差大而引发的电缆或仪器吸附卡。

(2)因井身结构原因,部分井钻具传输一次测量井段较长,对仪器的稳定性提

出了更高要求。塔河油田目前老井侧钻井深一般在 6500m,测量井段一般为 800m 左右,仪器从入井到测量完成,需要近 30h。同时,近年来部分井由于地面绕障需要,井身轨迹设计为“五段制”(直—增—稳—降—直)斜井,用电缆施工容易发生事故,只能改用钻具传输进行资料采集,而这部分井井深一般都在 6000m 左右,测量井段长达近 2000m。这样井下仪器长时间在井内高温环境下工作,其稳定性势必受到考验。

(3)个别区块和部分外围探井地层压力高,钻井液密度大。近年来,为了实现“塔河之外找塔河”的目标,西北油田分公司分别在巴楚地区及山前构造带部署了一批预探井,由于这批井地层压力较高,在测井施工时钻井液密度往往高达 2.1g/cm^3 左右,漏斗黏度 60s 左右,这样给仪器下放和部分项目的资料采集带来了困难。

(4)部分井区高含 H_2S ,给测井电缆和仪器在井下安全带来了潜在风险。同时,少部分井是奥陶系石灰岩地层钻遇放空或漏失后,直接进入测试阶段,但如果测试效果不理想,又转入测井施工,而此时,井筒内往往呈现出井漏、地层出油、井筒内高含 H_2S 等特点,测井施工过程中的井控、电缆和仪器的安全等多个方面都面临挑战。

第三节 关于测井事故的几点认识

(1)测井施工和钻井施工一样,本身就存在风险,所以完全避免是不现实、也是不科学的。作为测井监督和测井施工队伍,首先要做的就是避免因为自身原因导致事故发生或事故复杂化;其次是在井况复杂情况下通过周密分析、迅速处理等手段尽可能地减少和避免事故发生。当然,最重要的还是钻井方要加强对井身质量的控制,因为测井作业毕竟是一个被动作业环节。

(2)在要求钻井队提高井眼质量的同时,测井队也应该加强自身基本功训练,切实提高操作水平,特别是复杂情况的应急处理能力。

(3)在遇卡情况发生后,如何快速、有效解除,和小队带队领导的现场魄力与经验是有直接关系的。

(4)在最大拉力的权限上,应该采取灵活措施,如果经过层层请示最大拉力权限后,往往就失去了处理的最佳时机。

(5)测井小队主要技术人员应该掌握穿心打捞作业全套的操作流程,并能根据现场情况在第一时间制定出打捞方案并指挥打捞,不要一味等待公司救援。同时主要技术人员对遇卡类型的判断要准确,采取的尝试解卡方案要合理。现场监督在遇卡现象发生后应进行旁站监督,指导尝试解卡工作。根据井况分析,在一定时间内解卡无效后,应立即进行下一步打捞工作,不要过多地耽误时间。

第二章 测井作业事故发生因素及事故类型

随着塔河油田勘探开发规模的不断扩大,新区块也随之增多,因为对新区块的认识需要一个过程,使得测井施工难度不断增加;同时由于地面情况复杂,使得定向井、大斜度井的井筒情况更加复杂;另外由于钻井过程的复杂多变,加之测井施工人员经验不足等原因,会导致在测井过程中发生各类事故。

只有充分了解了施工中的危险因素,制定切实可行的预防措施,才能有效避免事故的发生。同时,在事故发生后,分析发生事故的原因,采取正确的处理方法,才能最大限度地减少损失。

第一节 测井作业中的危险因素

造成测井作业过程中出现复杂情况或事故的因素有许多,但概括起来主要包括以下3个方面。

一、井筒原因

由于测井作业的环境是在井筒内进行的,所以井筒质量决定着测井施工的顺利与否。

(1) 地层原因。

目前,整个西北油田分公司的探区包括了塔河主体,巴-麦、塔中等多个区块,各区块的地层岩性变化较大。有些区块同一裸眼段穿过多套压力系统,有些区块在上部地层存在易破碎掉块的地层,有些区块属于高压油气层,有些区块高含 H_2S ,这些都给测井施工带来了潜在风险。

(2) 钻井过程控制。

一个开次井筒质量的好坏,取决于本开次钻井全过程控制,因为前期井眼一旦形成,仅靠测井前的一次通井很难改善。而过程控制则包括钻井参数的选择、钻井液性能控制和必要的短起下等多方面。特别是目前西北油田分公司在大力提倡钻井提速的情况下,更应该做好钻井过程的控制。

针对因井筒原因引起的测井事故,充分、详细了解施工井的情况是测井施工人员的首要工作,了解井况有利于制定更加详细的工作计划,确定施工方案,对各种意外情况有一个全面的预测和综合考虑,并为此做好充分的准备。需要了解的井况主要包括:井史、井斜、套管程序、钻井液性能、钻进和通井时的钻具组合、钻头尺寸、井径、工程事故、地层地质情况等。

(3) 套管因素。

如果在固井、钻井过程中套管有损伤变形或是套管鞋形成裂口,或是侧钻井在套管开窗过程中,造成开窗位置形成齿状裂口,都容易引发测井事故。

二、人为操作原因

人为操作原因主要表现为以下几个方面:

(1) 不按操作规程施工。随着石油技术的不断发展,新的钻井、测井工艺流程及方法不断出现,配套的施工方案、操作规程也相应增多,了解并掌握这些施工方案及操作规程是保证测井施工安全、优质完成施工的关键。

由于对操作规程不了解或是不严格按照操作规程进行施工,往往会发生各类意想不到的事故。

(2) 不严格执行施工方案。施工方案是现场各方和项目主管部门根据井况制定的合理施工程序,作为施工方,不能心存侥幸,为图省事而不严格执行制定好的施工方案。

(3) 施工过程中麻痹大意。测井施工作为一项短时间内高强度的工作,往往会出现因人员疲劳或仪器在套管中运行等原因造成在施工过程中麻痹大意。

三、测井设备因素

近年来,塔河工区因测井设备原因导致的测井事故时有发生,究其原因,都是因为日常的维护、保养和更换不及时而引发的。

1. 测井电缆

测井电缆作为测井施工的主要受力部位,往往会因扭力释放不够,使用频次过高未按要求定期检测等原因。

2. 动力故障

施工过程中动力设备出现故障,绞车无法起下电缆,电缆和井下仪器在井中停留时间过长,造成粘附,电缆和井下仪器在井中无法起出。因此施工前要认真检修保养动力设备,保证设备运转正常。

3. 辅助工具

测井辅助工具主要包括马笼头、天地滑轮、张力计、水平井工具等测井作业中必不可少的工具或配件。而这些工具或配件,往往都是测井作业过程中的关键受力部位,只有做好日常的维护、保养和更换工作,才能有效避免测井事故的发生。

近年来,西北油田分公司工程监督中心针对测井设备中可能引发事故的原因,积极出台制定了多项管理措施,主要包括辅助工具探伤、电缆的日常检查、拉力棒的更换。同时,还在国内首次以企业标准的形式进行了明确规定。

第二节 常见测井工程事故分类

测井施工时,仪器和电缆都是在井筒内运行,测井施工人员只能是通过地面张力和井下张力,以及测井曲线反映的信息综合分析判断测井事故类型。所以,事故发生后,测井施工人员必须要收集反映井下情况的不同信息,对井下情况做出准确判断。

通过对塔河油田近年来的测井事故进行分析,主要有以下几种事故类型。

一、电缆或仪器压差粘附卡

所谓压差粘附是由于钻井液和地层压力差较大而吸附电缆或仪器造成的遇卡。这种情况一般发生在钻井使用了密度较高的钻井液或钻井过程中发生钻井液漏失。在塔河油田,由于同一裸眼段穿过多套压力系统,而钻井液密度往往是按照最高地层压力进行附加的,势必会在地层压力较低处形成压差,同时,由于井相对较深,所以在施工过程中只要稍加停留,就会造成电缆或仪器压差粘附卡(图2-1)。

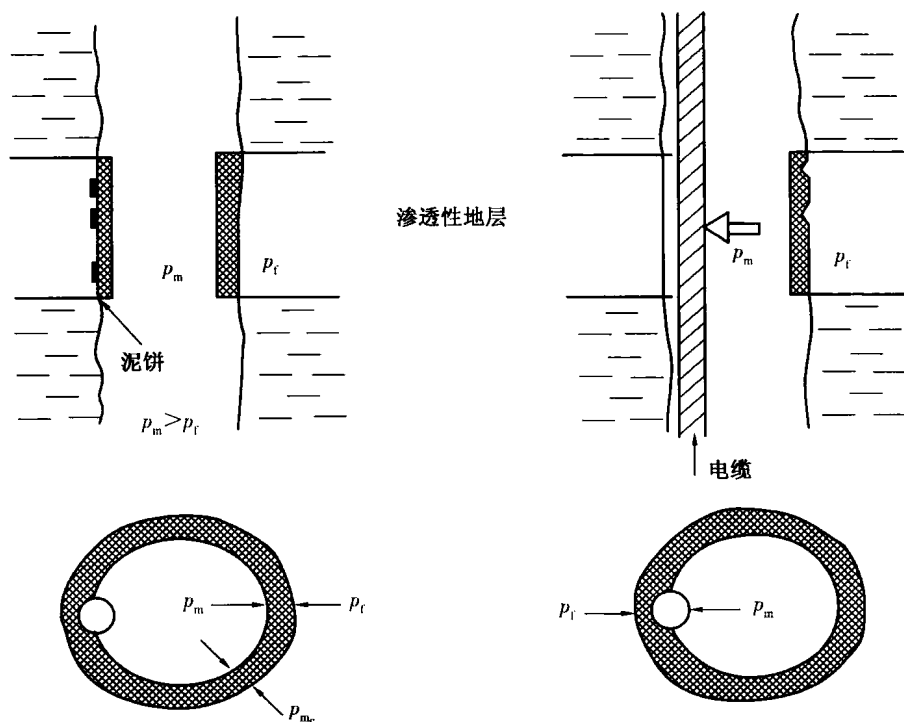


图2-1 压差粘附卡示意图

预防这种遇卡的有效措施:

(1) 保证施工过程的连续性和时效性,在钻井液性能变差前完成作业,必要时