

涪陵页岩气 钻井故障与复杂问题 分析及对策

主 编 游云武 项根苍
副主编 熊青山 刘衍前 杨海平



科学出版社

涪陵页岩气钻井 故障与复杂问题分析及对策

主 编 游云武 项根苍

副主编 熊青山 刘衍前 杨海平



科学出版社

北京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书以涪陵页岩气钻井过程中遇到的故障与复杂问题为例,系统地介绍了各种具体故障及复杂案例的基本情况、发生经过、处理过程、原因分析、经验教训及防范措施等,最后对每种故障及复杂问题进行了总结。全书分七大部分:①基本概况;②卡钻故障;③断钻具故障;④掉落物故障;⑤溢流与井涌;⑥井漏;⑦井壁失稳。

本书既可作为石油类高等院校石油工程专业高年级本科生及专科生钻井事故及处理课程的教材,也可供钻井现场技术人员尤其是涪陵页岩气钻井技术人员参考。另外,也适合钻井工人培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

涪陵页岩气钻井故障与复杂问题分析及对策/游云武,项根苍主编. —北京:科学出版社,2016.7

ISBN 978-7-03-049428-3

I. ①涪… II. ①游… ②项… III. ①油页岩—油气钻井—故障—分析—涪陵区 IV. ①TE242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 165936 号

责任编辑:闫 陶 何 念/责任校对:向君丽

责任印制:彭 超/封面设计:苏 波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市首壹印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2016年7月第 一 版 印张:11 3/4

2016年7月第一次印刷 字数:292 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

截至 2015 年上半年底,涪陵页岩气田累计开钻 246 口,完钻 194 口,完井 190 口,完成试气 132 口,投产 119 口,建成年产能 36.3 亿立方米,日生产能力 1 100 万立方米,累计产气 21.24 亿立方米,销售气量 20.36 亿立方米。江汉钻井一公司作为涪陵页岩气会战的主力军,不断强化机遇、责任意识,树立担当精神,勇挑重担,锐意进取,将建设示范石油工程作为头号任务,在地质情况复杂,会战前期可参考资料不多的不利条件下,精心组织、精细设计、精准操作,实现完井 104 口,完成进尺 50 余万米,创造和刷新了涪陵工区 51 项新纪录。

涪陵页岩气的开发经历了摸索、试验、实践、改善、优化、成熟等几个阶段。江汉钻井一公司在 2013~2015 年这 3 年的施工过程中,在不同井段、关键节点遇到了大量故障与复杂问题,通过全体技术人员的群策群力,艰难克服了一个又一个难题,形成了一套适合涪陵工区钻井故障与复杂问题的处理技术。

自 2013 年涪陵页岩气会战全面启动以来,发生了很多令人深思、反省的故障与复杂案例。为了给后续施工者提供一些借鉴与启发,为二期优质、高效开发国家级页岩气提供有力技术支撑,江汉钻井一公司特组织相关人员编写了本书。

书中通过收集查阅焦石坝页岩气相关完井资料,精选出典型故障、复杂案例共 6 大类 60 例,对其进行全面深入剖析、总结。重点介绍了各种具体故障及复杂案例的基本情况、发生经过、处理过程、原因分析、经验教训及防范措施等的同时,对每类故障或复杂问题进行了总结。

全书素材全部来源于现场资料,共分 7 章。第 1 章介绍了涪陵页岩气井的基本信息;第 2 章介绍了 5 种常见的卡钻故障;第 3 章介绍了断钻具故障;第 4 章介绍了掉落物故障;第 5 章介绍了溢流与井涌;第 6 章介绍了不同层段的井漏;第 7 章介绍了井壁失稳。

本书由游云武、项根苍负责起草编写大纲,编写相关章节,并对相关内容、图形、格式等进行处理且最后统稿,对经过初审的内容进行最终审查定稿。参与编写的人员有熊青山、刘衍前、杨海平、胡小奎、章文斌、张峥嵘、杨建、向山、刘泽虎、谢玄峰、吴晓磊、李思、吕成冬、胡小兰、熊潇、宋金初、许明标。

本书代表性强,针对性强,数据充分,内容准确,层次清晰。主要为钻井现场技术人员、石油高等院校石油工程专业本科生及专科生等编写。此外,本书尤其适合涪陵页岩气钻井技术人员参考,也适合钻井工人培训使用。

在本书的编写过程中,得到了江汉钻井一公司、西南分公司等各级领导的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

游云武

2015年10月10日

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 地质简介	1
1.2 井身结构	3
1.3 钻井施工难点	5
1.4 故障与复杂问题	6
第 2 章 卡钻故障	7
2.1 焦页 22-4HF 井一开缩径卡钻	7
2.2 焦页 4-2HF 井一开缩径卡钻	10
2.3 焦页 45-2HF 井一开卡表层套管	11
2.4 焦页 53-3HF 井沉砂卡钻	12
2.5 焦页 50-6HF 井二开沉砂卡钻	15
2.6 焦页 31-2HF 井沉砂卡钻	16
2.7 焦页 57-5HF 井二开沉砂卡钻	18
2.8 焦页 22-4HF 井二开沉砂卡钻	19
2.9 焦页 102-2HF 井三开沉砂卡钻	22
2.10 焦页 11-2-1HF 井二开掉块卡钻	23
2.11 焦页 22-3HF 三开溢流卡钻	24
2.12 焦页 50-7HF 井定向卡钻	32
2.13 卡钻故障分析与对策	33

第 3 章 钻具断落故障	38
3.1 焦页 39-3HF 井钻杆断裂	38
3.2 焦页 64-6HF 井加重钻杆断裂	40
3.3 焦页 9-3HF 井钻铤断裂	42
3.4 焦页 6-1HF 井钻铤断裂	44
3.5 焦页 30-2HF 井钻铤断裂	46
3.6 焦页 41-2HF 井短钻铤断裂	48
3.7 焦页 50-8HF 井短钻铤断裂	49
3.8 焦页 32-1HF 井螺杆传动轴头断裂	52
3.9 焦页 32-4HF 井螺杆传动轴头断裂	55
3.10 焦页 45-3HF 井螺杆传动轴本体断裂	57
3.11 焦页 46-2HF 井减震器断裂	58
3.12 钻具断落故障分析与对策	60
第 4 章 井下落物故障	62
4.1 焦页 46-1HF 井导管碎片落井	62
4.2 焦页 102-2HF 井井口盖板落井	63
4.3 焦页 28-4HF 井钻头落井	65
4.4 焦页 6-1HF 井牙轮落井	67
4.5 焦页 48-1HF 井钻杆卡瓦手柄落井	69
4.6 焦页 64-6HF 井喇叭口裙边落井	70
4.7 焦页 22-4HF 井接头落井	74
4.8 焦页 64-2HF 井钻具落井	75
4.9 焦页 64-1HF 井液压大钳销子落井	77
4.10 焦页 34-5HF 井双公短节护丝落井	78
4.11 焦页 50-4HF 井编织袋落井	79
4.12 焦页 22-1HF 井牙轮落井	80
4.13 井下落物故障分析与对策	82
第 5 章 溢流与井涌	86
5.1 焦页 15-2HF 井浅层气溢流	86
5.2 焦页 8-2HF 井长兴组浅层气水溢流	89
5.3 焦页 17-3HF 井长兴组含硫气水溢流	91
5.4 焦页 22-2HF 井“高压低渗”浅层气溢流	95
5.5 焦页 46-4HF 井茅口组“高压低渗”浅层气溢流	98

5.6	焦页 48-1HF 井茅口组钻遇浅层气	101
5.7	焦页 53-1HF 井茅口组浅层气溢流	105
5.8	焦页 22-4HF 井二开“喷漏同存”	108
5.9	焦页 39-1HF 井三开“压裂连通气”后效异常	113
5.10	焦页 46-2HF 井三开“压力串通”溢流	116
5.11	焦页 22-3HF 井三开“压力串通”溢流	119
5.12	焦页 57-5HF 井三开井漏后溢流	120
5.13	溢流与井涌分析与对策	123
第 6 章 井漏		126
6.1	焦页 53-3HF 井一开井漏	126
6.2	焦页 6-1HF 井一开井漏	127
6.3	焦页 34-3HF 井一开井漏	129
6.4	焦页 64-1HF 井二开井漏	132
6.5	焦页 64-7HF 井二开井漏	141
6.6	焦页 11-1HF 井二开井漏	142
6.7	焦页 10-3HF 井二开井漏	145
6.8	焦页 51-3HF 井三开井漏	150
6.9	焦页 50-4HF 井三开井漏	155
6.10	焦页 57-5HF 井三开井漏	161
6.11	井漏分析与对策	162
第 7 章 井壁失稳		166
7.1	焦页 10-2HF 井垮塌	166
7.2	焦页 46-1HF 井垮塌	168
7.3	焦页 4HF 井垮塌	172
7.4	焦页 45-4HF 井垮塌	175
7.5	井壁失稳分析与对策	177
参考文献		180

第 1 章 概 论

钻井是一项隐蔽的地下工程,存在着大量模糊性、随机性和不确定性问题。由于对客观因素认识不清或主观决策失误,会产生许多复杂情况甚至十分严重的故障,轻则耗费大量人力、物力、财力和时间,重则导致全井报废。引起井下故障与复杂情况有诸多因素,其中最主要的是地质因素与工程因素。本章主要介绍涪陵工区的地质、井身结构、钻井施工难点、故障与复杂问题。

1.1 地质简介

涪陵焦石坝龙马溪组页岩气田位于四川盆地东部,地处重庆市涪陵区焦石镇,构造位置处于北东向构造向近南北向构造转化的过渡部位,由大耳山西、石门、吊水岩、天台场等断层夹持的断背斜构造,具有主体平缓,地层倾角为北东走向,东西两翼断裂复杂等特点,如图 1.1 所示。

从上到下地层分别为三叠系、二叠系、石炭系、志留系、奥陶系。地质分层及地层岩性见表 1.1。

涪陵工区属于典型的喀斯特地貌,嘉陵江组及飞仙关组中部以上地层裂缝、溶洞、溶腔发育,部分井钻遇地下河,易发生失返性恶性漏失。二叠系最显著的特点就是浅层气活跃,同一区块、同井场差异大,没有规律可行,随机性大。志留系韩家店组、小河坝组地层承压能力低,主要以泥岩为主,其中韩家店组中下部绿灰色泥岩吸水易垮塌。目的层龙马溪组、五峰组以页岩为主,水敏性强,目前仍采用油基钻井液增强抑制性,安全穿越长水平段。

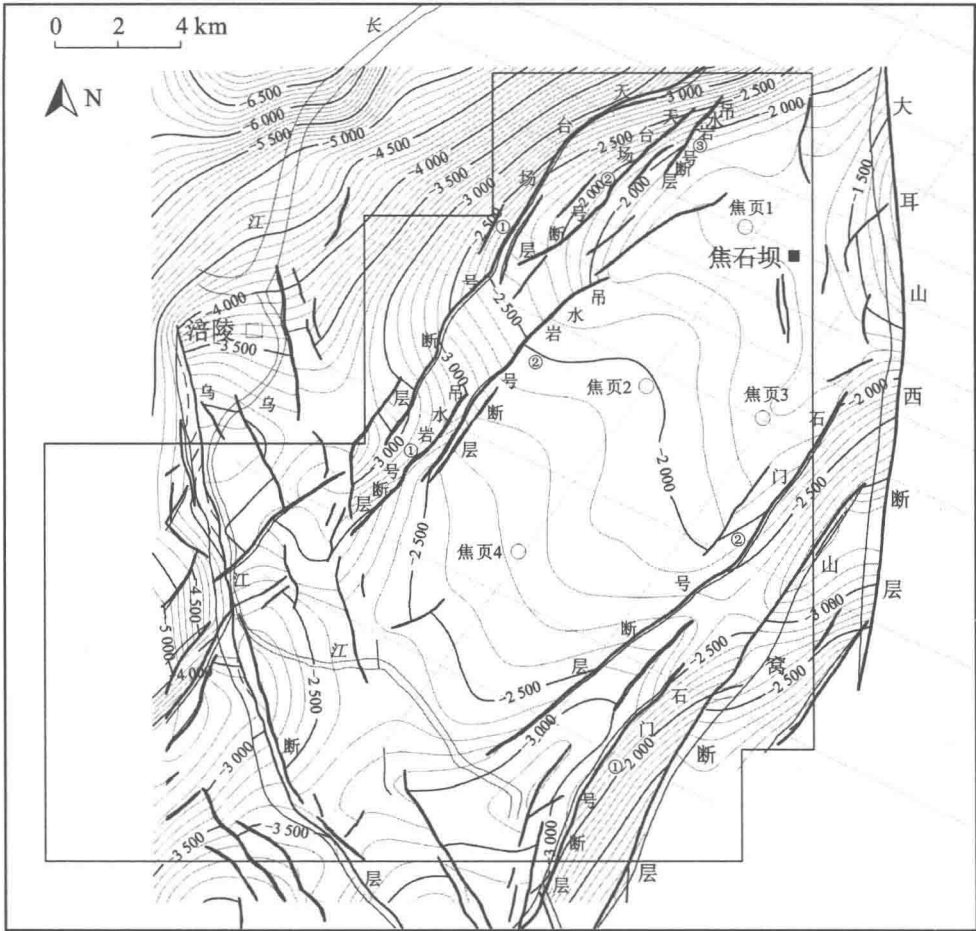


图 1.1 涪陵焦石坝五峰组底界构造图

表 1.1 焦石坝构造地层分层及岩性

系	组	焦石坝北区		焦石坝南区		主要岩性	故障提示
		底界深度 /m	厚度 /m	底界深度 /m	厚度 /m		
三叠系	须家河组 (Txj)					灰色细砂岩	防漏、防垮
	雷口坡组 (Tlk)			509	509	灰色白云岩、灰白色膏岩、灰色泥岩	防漏、防垮
	嘉陵江组 (Tjl)	273	273	1 109	600	灰色灰岩,底部为浅灰-深灰色白云质灰岩	防漏、防垮、防浅层气
	飞仙关组 (Tfx)	703	430	1 546	437	深灰色含云灰岩、深灰色鲕粒灰岩、灰黄色含灰、灰质白云岩夹紫红色泥岩	防漏、防垮、防浅层气

续表

系	组	焦石坝北区		焦石坝南区		主要岩性	故障提示
		底界深度 /m	厚度 /m	底界深度 /m	厚度 /m		
二 叠 系	长兴组 (Pcx)	878	175	1 704	158	深灰色灰岩	防漏、 防垮、 防浅层气
	龙潭组 (Plt)	929	51	1 801	97	灰黑色碳质泥岩、灰色生屑灰岩	
	茅口组 (Pmk)	1 275	346	2 094	293	深灰色云质灰岩, 灰色含云灰岩	
	栖霞组 (Pqx)	1 389	114	2 206	112	灰色灰岩、浅灰色含泥灰岩	
	梁山组 (Pls)	1 406	17	2 213	7	灰黑色碳质泥岩、灰色灰岩、灰色泥岩夹灰色含砾粉砂岩	
石炭系	黄龙组 (Chl)	1 425	19	缺失		灰白色灰岩、灰白色云质灰岩	
志 留 系	韩家店组 (Shj)	1 938	513	3 045	832	紫红色泥岩、砂质泥岩、棕红色泥岩、棕红色粉砂质泥岩、灰色泥岩、粉砂质泥岩	防漏、 防垮
	小河坝组 (Sxh)	2 156	217	3 198	153	灰色泥岩、灰色粉砂质泥岩	
	龙马溪组 (Slm)	2 465	309	3 256	58	深灰色泥岩、薄层粉砂质泥岩、黑色粉砂岩、灰黑色泥页岩、砂质页岩、碳质页岩	防漏、 防垮、 防喷
奥 陶 系	五峰组 (O _{3w})	2 490	25			钙质页岩、碳质页岩、硅质页岩	
	涧草沟组 (O _{3j})	2 498	8			浅灰色泥质灰岩	

1.2 井身结构

涪陵焦石坝页岩气井身结构设计充分考虑到地层特性、井控、完井作业等因素, 经过多次调整、完善, 现基本定型, 井身结构分别见表 1.2、表 1.3、表 1.4。

表 1.2 是 2013 年焦石坝页岩气水平井开始钻探时, 由于对地质特点及井下情况不熟悉, 在摸索阶段采用的井身结构, 主要针对焦石坝北部地区使用。

表 1.2 2013 年焦石坝区块常用井身结构

名称	钻头尺寸 /mm	钻深 /m	套管尺寸 /mm	套管下深 /m	水泥返深 /m	封固原则
导管	660.4	50	473.1	50	地面	封地表裂缝溶洞

续表

名称	钻头尺寸 /mm	钻深 /m	套管尺寸 /mm	套管下深 /m	水泥返深 /m	封固原则
表层套管	444.5	500	339.7	498	地面	封飞仙关组三段以上地层
技术套管	311.2	2 500	244.5	2 495	地面	进龙马溪组 50~100 m
生产套管	215.9	4 500	139.7	4 480	地面	

表 1.3 是随着钻井施工的逐步深入,经过优化后采用的井身结构,主要针对焦石坝北部地区井次及绝大部分南部区块,岩性均匀、可钻性好,发生井漏后具备清水抢钻条件的井。

表 1.3 2014~2015 年焦石坝区块常用井身结构

名称	钻头尺寸 /mm	钻深 /m	套管尺寸 /mm	套管下深 /m	水泥返深 /m	封固原则
导管	609.6	60	473.1	60	地面	封雷口坡组垮塌层
表层套管	406.4	600	339.7	598	地面	封飞仙关组三段以上地层
技术套管	311.2	2 300	244.5	2 295	地面	进龙马溪组 50~100 m
生产套管	215.9	4 500	139.7	4 440	1 500	

表 1.4 是针对焦石坝南部地区极少井次因增加雷口坡组地层后,井漏、井垮共存,无法采取有效手段处理,清水抢钻存在“漏水不漏砂”特点,不具备抢钻条件的井。针对这种卡钻埋钻具风险极大的区块,采取增加一层导管的方案,将上部雷口坡组漏、垮地层进行封固而后,再进行下部钻进,消除埋钻具的隐患。

表 1.4 焦石坝构造南区特殊井井身结构

名称	钻头尺寸 /mm	钻深 /m	套管尺寸 /mm	套管下深 /m	水泥返深 /m	封固原则
第一层导管	914.4	60	720.0	60	地面	封地表易垮塌层
第二层导管	609.6	210~350	473.1	210~348	地面	封雷口坡组垮塌层
表层套管	406.4	1 000	339.7	998	地面	封飞仙关组三段以上地层
技术套管	311.2	3 500	244.5	3 498	地面	进龙马溪组 50~100 m
生产套管	215.9	5 000~6 000	139.7	4 990~5 990	1500	

1.3 钻井施工难点

(1) 地表严重缺水。工区为典型的喀斯特地貌,裂缝、溶洞、溶腔发育,部分井钻遇地下暗河,恶性井漏频发,堵漏难度大。为此采用清水钻井,但地表严重缺水给施工带来了较大的困难。如焦页 34-3HF、焦页 6-1HF 井表层钻遇溶洞,只能备水实施抢钻。

(2) 清水钻进问题多。清水钻是继空气钻、泡沫钻之后的另一种既经济实惠又提速提效的新型钻井方式,也是受环保因素影响而不得不采取的钻井方式。2013 年会战伊始,井位主要部署在焦石坝周围,由于浅层气活跃,采用空气钻、含除硫剂泡沫钻均存在巨大的风险。在焦页 8-2HF、焦页 13-2HF、焦页 11-2HF 等多口井均钻遇了浅层气,其中焦页 8-2HF 在泡沫钻转换泥浆过程中发生了溢流事件,教训惨痛。此后清水钻、清水+螺杆复合钻逐渐占据了主导地位,但是清水钻具有携带性差、抑制能力弱、水敏性强的特点,特别是井位向乌江南运移之后增加了雷口坡地层,漏、垮同存,出现“漏水不漏砂”。这些复杂地层导致了多起故障的发生,如焦页 45-1HF 井卡表层套管、焦页 53-3HF 井一开卡钻、焦页 10-2HF 井垮、焦页 50-6HF 因雷电击坏设备沉砂卡钻等。

(3) 地层复杂。长兴组、龙潭组、茅口组、栖霞组裂缝气发育,且含硫化氢,喷漏同层,存在井控和硫化氢中毒风险。如焦页 8-2HF、焦页 48-1HF 井分别在长兴组和茅口组钻遇了高压浅气层,其中焦页 8-2HF 井浅层气中还含硫化氢。

(4) 邻井压裂导致地层压力系统紊乱。邻井压裂导致层间出现压力贯通,二开、三开均相继发生溢流,处理时间长,难度较大。如焦页 22-3HF 井因邻井压裂液的侵入,油基泥浆受到污染,流动性变差导致卡钻;后期焦页 46-2HF、焦页 39-1HF 等井也遇到了类似的情况。

(5) 龙潭组、茅口组、栖霞组、梁山组、黄龙组地层硬、夹层多、跳钻严重。跳钻是钻具疲劳损坏的直接诱因,同时钻具在定向段长期受交变应力作用也加快了钻具的损坏,如焦页 64-6HF 井茅口组因跳钻剧烈,加重钻杆疲劳断裂。

(6) 中深层井漏堵漏难度大,一次堵牢的成功率低。自 2013 年会战伊始,井漏一直是困扰整个工区技术突破的难题。尽管实行了“以防为主,防堵结合”的原则,且在实践中总结了经验教训,但由于区域差异大,到目前为止还没有一套特别有效的堵漏方法。实钻和地质测井显示,韩家店组、小河坝组、龙马溪组地层承压能力低,密度、排量、工程操作等方面控制不好,都可能诱发井漏。随着井位向乌江南移动,二开井漏就显得更为突出,漏层性质较北区有了很大的变化,堵漏难度更大,如焦页 64 平台。此外,井漏如果处理不好或长时间堵漏,泥浆性能会发生较大变化,导致韩家店组绿灰色泥岩吸水发生大面积垮塌,如焦页 4HF 井是井漏导致井垮的代表性案例。

(7) 定向难度逐渐增加。一方面随着井位向南运移,垂深普遍增加 500~800 m,如焦页 102-2HF 井完钻垂深 4 224 m;另一方面井眼轨迹更复杂。2015 年鱼钩井占到了开钻总数的 70%以上,井中摩阻扭矩大、定向托压、卡钻等一系列故障与复杂情况随之而来,给钻井带来了极大的风险;加上地质上对目的层认识不清,盲目追层,井眼轨迹反复调整,多口井直接钻进涧草沟组,严重影响了三开施工进度。

(8) 部分层段的钻井速度问题仍未彻底突破。如龙潭组、茅口组上部目前仍采用牙轮钻

头+常规钻具钻进,龙马溪组中部的浊积砂岩也只能采用牙轮钻头,三开五峰组钙质页岩可钻性较龙马溪组差很多,国产 PDC 钻头不耐磨,一只钻头一般只能钻 500~600 m,这几个层段的速度是目前及今后很长一个阶段面临的瓶颈。

1.4 故障与复杂问题

由于涪陵焦石坝地区为喀斯特地貌,浅表地下暗河、地下溶洞、裂缝发育,地下水丰富,易出水和漏失;长兴组有气层,含硫化氢;茅口组、栖霞组、梁山组、黄龙组地层易漏失;龙马溪组地层易垮塌,全井钻遇地层比较复杂,不可预见的因素很多。2013~2015 年钻井施工过程中,不同层位都出现了浅层气、井漏、井垮、溢流、卡钻、断钻具等井下故障或复杂问题,具体情况见表 1.5。

表 1.5 井下故障、复杂对比表

年度	完钻口数	井漏		浅层气、溢流		喷漏同层		断钻具		井下落物		卡钻	
		发生口数	发生率/%	发生口数	发生率/%	发生口数	发生率/%	发生口数	发生率/%	发生口数	发生率/%	发生口数	发生率/%
2013	22	14	63.64	3	13.64	1	4.55	3	13.64	1	4.55	1	4.55
2014	51	15	29.41	9	17.65	4	7.84	5	9.80	2	3.92	3	5.88
2015	31	25	80.65	4	12.90	2	6.45	3	9.68	6	19.35	4	12.90

对比 2013 年、2014 年、2015 年井下故障、复杂情况,可以看出:2015 年浅层气、溢流、喷漏同层、断钻具发生率基本持平,但井漏、井下落物及卡钻发生率上升。造成上述现象的主要原因如下。

(1) 随着焦石坝工区页岩气开发逐渐向南部地区推进,以及地层埋藏的加深,区域地质条件变得更加复杂。南部井增加了须家河组、雷口坡组地层,此层位胶结疏松、水敏性强,极易发生井漏及垮塌。

(2) 浅层气更加发育。从飞仙关组直至韩家店组上部地层均分布有不同压力系数的浅层气。

(3) 井眼轨迹更加复杂。为了整体布局开发的需要,2015 年开钻的井主要为大三维井及鱼钩井(占到了开钻井总数的 80%以上),摩阻扭矩大,极易出现定向托压、钻具疲劳、卡钻等故障与复杂问题。

第 2 章 卡钻故障

2013 年涪陵页岩气会战以来,在近三年时间里,出现了多起卡钻,且卡钻形式呈现多样化。如一开雷口坡组为砂卡,嘉陵江组为缩径卡、套管卡;二开清水钻进电网遭雷击停电导致沉砂卡,小河坝组定向卡、漏失井中完堵漏砂卡;三开处理技套口袋沉砂卡,邻井压裂造成地下压力系统发生变化后因水浸而造成卡钻等。本章根据卡钻资料对不同类型的卡钻分门别类,选取了 12 个不同类型的卡钻案例,介绍了其基本情况及发生经过,从深层次进行了分析总结,提出了可行的防范措施,对该区块的后续施工等具有一定的借鉴意义。

2.1 焦页 22-4HF 井一开缩径卡钻

2.1.1 基本情况

焦页 22-4HF 井是部署在川东南地区川东高陡褶皱带包鸾-焦石坝背斜带焦石坝构造的一口水平井、生产井,设计井深 4 780.00 m。该井于 2014 年 4 月 2 日 22:00 采用 $\phi 609.6$ mm 钻头钻导眼,导眼井深 60.00 m, $\phi 473.1$ mm 导管下深 60.00 m。4 月 9 日采用 $\phi 406.4$ mm 钻头一开钻进。4 月 10 日 23:00 一开直井段清水钻至中完井深 700 m。此后循环钻井液,当返至振动筛上的岩屑返出很少后短起。井下钻具组合、钻进参数、钻井液性能、地层层位及岩性如下。

(1) 钻具组合。 $\phi 406.4$ mm KS1662SGAR 钻头 + $\phi 244$ mm \times 0.5° 螺杆 + $\phi 402$ mm 扶正器 + 浮阀 + $\phi 228.6$ mm 钻铤 3 根 + 731 \times 630 转换接头 + $\phi 203.2$ mm 钻铤 4 根 + 631 \times 410 转换接头 + $\phi 177.8$ mm 钻铤 2 根 + $\phi 127$ mm 钻杆。

(2) 钻进参数。钻压 40~100 kN;转速 80~120 r/min;泵压 10 MPa。

- (3) 钻井液性能。密度 1.03 g/cm^3 ;黏度 29 s (清水)。
- (4) 地层层位。地层层位为嘉陵江组。
- (5) 岩性。岩性为白云质灰岩。

2.1.2 发生经过

4月11日04:00短起至233 m上提遇卡,接方钻杆开泵循环正常,下放正常无遇阻。开泵用方钻杆倒划眼方式上提、活动钻具。当倒划眼至228.47 m时转盘出现故障,无法转动(在不加载的情况下也无法转动),现场决定安装顶驱处理。此期间钻井队为节省时间,接方钻杆开泵继续上提,开始上提比较顺利,但上提至218.04 m卸掉方钻杆、水龙头等后准备将钻具下放至233 m以下时,钻具下放遇阻,上提遇卡,已无自由活动空间,钻具卡死。

2.1.3 处理过程

1. 震击器震击

安装、调试顶驱完毕,开泵循环,正常。接地面下击器、短钻杆进行连续震击,累计震击147次,最大震击力1400 kN未解卡,井场2根下击器均损坏。接新震击器继续进行震击,累计震击87次,震击器出现故障,最大震击力1200 kN未解卡。此后配置密度为 1.20 g/cm^3 ,黏度55 s的钻井液注入井筒内循环冲洗。

2. $\phi 203.2 \text{ mm}$ 钻铤震击

震击器震击无效后决定采用203.2 mm钻铤尝试下击。接 $\phi 203.2 \text{ mm}$ 钻铤用气动绞车下砸,连续下砸7次,最高上提7 m,未解卡,决定转入泡酸配合震击器震击解卡。

3. 第一次泡酸配合震击器随钻震击

第一次配置酸液 4 m^3 (浓度23%,密度 1.15 g/cm^3),注入井内;第二次配置酸液 4 m^3 (浓度23%,密度 1.15 g/cm^3)注入井内;注酸浸泡4.5 h后进行震击,总计震击99次,最大震击力1200 kN未解卡。开泵循环9 h后准备再次注酸液浸泡。

4. 第二次泡酸配合震击器震击

共配置 10.9 m^3 酸液(浓度23%,密度 1.15 g/cm^3),分4次注入井内,浸泡期间配合震击器震击,累计震击86次,最大震击力1100 kN,未解卡。

5. $\phi 228.6 \text{ mm}$ 钻铤震击

接 $\phi 228.6 \text{ mm}$ 钻铤,用气动绞车吊起下落震击,总计下击20次,发现井口钻柱已弯曲,停止震击,甩掉 $\phi 228.6 \text{ mm}$ 钻铤。

6. 注解卡剂

18日配置 4 m^3 解卡剂注入井内,1 h后再配置 4 m^3 解卡剂注入井内,浸泡2 h后进行震

击,累计震击 136 次,最大震击力 1 000 kN,未解卡。

7. 第二次注解卡剂、注酸液震击

19 日配置解卡剂 4 m³ 注入井内,浸泡 15 min,开始震击,共震击 112 次,最大震击力 800 kN,未解卡;循环替出井内的解卡剂,配置 9.1 m³ 酸液(浓度 23%,密度 1.15 g/cm³)分 5 次注入井内,配合震击器震击 12 次,震击力 400 kN,未解卡。

8. 倒扣

经地面震击器震击、 $\phi 203.2$ mm 和 $\phi 228.6$ mm 钻铤人工下击、注入泡盐酸及解卡剂并配合震击器震击均无法解卡,于 4 月 20 日被迫下入倒扣接头、反扣钻杆、方钻杆倒扣器进行倒扣作业。4 月 22 日倒出 9 根加重钻杆、3 根 $\phi 177.8$ mm 钻铤、3 根 $\phi 203.2$ mm 钻铤。下探测器探测井内情况,发现井筒内无钻井液,鱼头处(142.2 m)有一堆碗口大小的砂子,120 m 以下井段存在大肚子,井下落鱼井段为 142.2~218.04 m,落鱼长 75.84 m。接反扣公锥、安全接头及 14 根反扣钻杆下钻尝试倒扣 $\phi 228.6$ mm 钻铤未成功,倒扣时 13 根反扣钻杆落井。下放水下探测器确定鱼头位置为 34 m,后接 4 根反扣钻杆下放,对扣成功捞获落鱼。23 日起钻完,发现反扣公扣断裂。由于之前倒扣时扭矩很大,现有工具已无法进行倒扣作业。

9. 接钻铤下入井内下击

23 日接大尺寸钻铤下钻至落鱼处进行下击,钻具组合如下:

$\phi 280$ mm 磨鞋+631×730 接头+ $\phi 228.6$ mm 钻铤 1 根+731×630 转换接头+ $\phi 203.2$ mm 钻铤 10 根+631×410 转换接头+ $\phi 127$ mm 加重钻杆 3 根。

下钻至落鱼处,上提 6 次进行下击,最高上提 8 m,下击无效,决定起钻填井。

此次故障处理耗时 10 d 11.28 h。

2.1.4 原因分析

- (1) 地层因素。采用清水钻进时意外钻遇含膏泥质白云岩地层,水化缩径是卡钻的主要原因。
- (2) 换顶驱作业期间,含膏泥质白云岩继续水化缩径,是造成钻具卡死的重要原因。
- (3) 设备故障。起钻遇卡后进行倒划眼,转盘突然出现故障无法转动(新出厂设备存在质量问题),失去倒划眼处理能力是造成卡钻的次要原因。
- (4) 人为因素。技术部门下达技术指令后,钻井队执行技术措施不到位,未将钻具放至安全井段。

2.1.5 经验教训及防范措施

- (1) 对比分析岩性,快钻时井段要有记录。
- (2) 钻井速度快的井段应控制速度;设备故障时,应在安全井段活动钻具,并建立循环。
- (3) 一开要求安装顶驱,便于倒划眼处理。
- (4) 严格执行相关技术指令,落实技术措施,严禁违章操作。