

石油工人技术培训系列丛书

修井施工

工艺技术

王新纯 主编



石油工业出版社

石油工人技术培训系列丛书

修井施工工艺技术

王新纯 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是《石油工人技术培训系列丛书》中的一个分册。书中阐述了打捞、解卡、套管整形、套管加固、取换套及侧斜等工艺技术,并详细介绍了修井施工过程中的操作步骤、规程及设备,具有较强的实用性,同时还列举了大量的实例,对实际操作具有很好的借鉴作用。

本书是修井施工作业工人技术培训的教材,也可供科研人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

修井施工工艺技术/王新纯主编.
北京:石油工业出版社,2005.6
(石油工人技术培训系列丛书)
ISBN 7-5021-5049-8

I. 修…

II. 王…

III. 修井-技术培训-教材

IV. TE358

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 029635 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. cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本:1/16 印张:22

字数:372 千字 印数:1—5000 册

定价:25.00 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

《石油工人技术培训系列丛书》

编 委 会

主 任：郑 虎

副 主 任：李万余 王永春 孙祖岭 白泽生

刘志华 孙金瑜

委 员：(按姓氏笔画排序)

上官建新	万志强	马卫东	马平凡
马自勤	王立民	王忠仁	尹君泰
申尧民	石桂臣	许 飞	许大坤
朱长根	向守源	百连刚	齐振林
张凤山	张景仁	张 剑	张启英
张晗亮	李储龙	李越强	岳丛林
范卓瑛	段世民	钟启钢	郭向东
侯浩杰	赵益红	郝春生	夏中伏
郭跃武	韩 炜		

《修井施工工艺技术》

编 写 组

主 编：王新纯

副 主 编：吴长安 高凤林 王世贵 王家齐

韩 辉 兰中孝 张海山 李国庆

赵公利 王秀臣 王建东 岳湘刚

战建民

审 稿：兰中孝 谷洪文 艾教仁 孙冠杰

乔庆光 孙长青 王恩才

编写人员：田友仁 艾教银 谷洪文 刘国军

雷 雨 王忠芳 刘士军 曲兆峰

努力造就更多的高技能人才

(代序)

《石油工人技术培训系列丛书》的出版,十分及时,很有必要,对加强中国石油天然气集团公司(以下简称“集团公司”)经营管理、专业技术和操作技能三支人才队伍建设,特别是操作技能人才队伍建设具有重要意义。

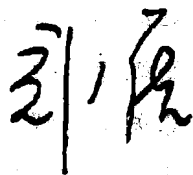
小康大业,人才为本。集团公司员工队伍中的高技能人才,是推动技术创新和实现科技成果转化不可缺少的重要力量,是集团公司三支人才队伍中重要组成部分。集团公司各项事业的发展,不仅需要广大专家的智慧 and 心血,也需要千千万万高技能人才的聪明和才智。长期以来,集团公司高技能人才奋战在油田勘探开发、炼油化工等生产一线,为科技成果的转化、产业结构的升级、企业竞争力的增强,发挥了不可替代的作用。我们要像尊重高级专家那样尊重高技能人才,要像重视高级专家那样重视高技能人才,要像关心高级专家成长那样关心高技能人才的成长。只有三支人才队伍比翼齐飞,各自发挥应有的作用,才能带动集团公司这艘巨轮乘风破浪,扬帆远航。

这些年,集团公司大力实施人才强企战略,坚持三支人才队伍一起抓,紧紧抓住培养、吸引和使用三个环节,不断改进人才工作方式方法,积极营造有利于各类人才脱颖而出的环境,有力推进了三支人才队伍建设,为建设跨国企业集团提供了人才保障。其中,在操作技能人才队伍建设方面,制定了《集团公司加强高技能人才队伍建设的意见》和《技师、高级技师管理办法》,积极组织技师、高级技师培训,全面开展班组长培训,不断提高技能鉴定工作质量,组织开展职业技能竞赛,促进了操作技能队伍素质的不断提高。但是,进一步加强高技能人才队伍建设,尽快形成一支结构合理、技术

精湛、一专多能、适应国际市场规模施工作业要求的操作技能人才队伍，仍是一项十分重要而紧迫的任务。《石油工人技术培训系列丛书》的编写与出版，将为加强操作技能人才队伍培训，造就更多的高技能人才，发挥重要作用。

这套丛书从生产实际出发，以满足需求为导向，以促进员工持续学习为目的，以重点培养员工的学习能力、实践能力和创新能力为目标，内容涵盖勘探、开发、炼化、销售等领域，实践性和针对性都很强。同时，大批专家的参与写作也使教材的权威性有了保证。希望这套丛书的出版发行，能为促进集团公司员工培训工作的深入开展，为促进更多高技能人才的成长，为形成一支门类齐全、梯次合理、素质优良、新老衔接、充分满足集团公司持续有效较快协调发展需要的人才队伍做出积极的贡献。

中国石油天然气集团公司党组成员、副总经理



2005 年 1 月 28 日

目 录

第一章 套损类型、套损原因	(1)
第一节 套损类型	(1)
第二节 套损原因	(4)
思考题	(10)
第二章 套管状况检测	(11)
第一节 工程测井法	(11)
第二节 机械检测法	(14)
思考题	(20)
第三章 修井设备	(21)
第一节 修井机	(21)
第二节 主要设备	(29)
第三节 钻具及井口常用工具	(37)
思考题	(52)
第四章 常用修井工具	(53)
第一节 检测类工具	(53)
第二节 打捞类工具	(57)
第三节 切割类工具	(89)
第四节 倒扣类工具	(96)
第五节 套管刮削类工具	(102)
第六节 挤胀类工具	(106)
第七节 钻、磨、铣类工具	(113)
第八节 震击类工具	(122)
第九节 套管补接类工具	(127)
第十节 加固类工具	(132)
第十一节 辅助类工具	(134)
思考题	(138)
第五章 打捞工艺技术	(139)
第一节 打捞作业的分类	(139)

第二节	井下落物打捞	(140)
第三节	预防井下落物	(144)
第四节	气井解卡打捞	(145)
第五节	现场应用实例	(149)
思考题		(155)
第六章	解卡工艺技术	(156)
第一节	卡钻事故的原因	(156)
第二节	卡钻事故的处理	(158)
第三节	现场应用实例	(165)
思考题		(171)
第七章	套管整形技术	(172)
第一节	冲胀碾压整形	(172)
第二节	磨铣整形	(177)
第三节	燃爆整形	(178)
第四节	现场应用实例	(179)
思考题		(183)
第八章	套管加固技术	(184)
第一节	不密封加固	(184)
第二节	液压密封加固	(185)
第三节	燃气动力加固	(186)
第四节	现场应用实例	(188)
思考题		(192)
第九章	取换套工艺技术	(193)
第一节	工艺原理及专用工具	(193)
第二节	工艺过程	(195)
第三节	小表层套管及有放气管井取换套技术	(201)
第四节	常见问题及注意事项	(208)
第五节	现场应用实例	(210)
思考题		(217)
第十章	侧斜工艺技术	(218)
第一节	概述	(218)
第二节	侧斜工艺	(219)
第三节	现场应用实例	(228)

思考题	(230)
第十一章 潜油电泵解卡打捞	(231)
第一节 潜油电泵	(231)
第二节 潜油电泵井下事故的原因分析	(237)
第三节 潜油电泵解卡打捞	(237)
第四节 现场应用实例	(240)
思考题	(244)
第十二章 工程报废	(245)
第一节 水泥浆封固永久报废工艺技术	(245)
第二节 现场应用实例	(250)
思考题	(255)
第十三章 大修井施工资料的录取	(256)
第一节 普通大修井要求录取的资料	(256)
第二节 取套井、侧斜(钻)井要求录取的资料	(261)
思考题	(266)
第十四章 大修设计	(267)
第一节 设计编写原则	(267)
第二节 设计编写主要内容	(268)
思考题	(270)
第十五章 大修井井控基础知识	(271)
第一节 井控及其相关概念	(271)
第二节 井喷失控的原因及危害	(273)
第三节 井控设备	(276)
第四节 满足井控安全的修前工程及合理的井场布局	(280)
第五节 井涌控制	(280)
思考题	(287)
第十六章 大修环保措施	(288)
第一节 重要环境因素保护措施	(288)
第二节 一般环境因素保护措施	(298)
思考题	(299)
第十七章 案例	(300)
案例一 杏1-3-F38井取套施工案例	(300)
案例二 芳深9井气井取套修复	(302)

案例三	徐深2井施工案例	(304)
案例四	北1-丁2-61电泵井施工	(306)
案例五	朝118-38井打捞加固管、密封加固施工案例	(308)
案例六	南3-2-丙52井电缆打捞大修施工	(310)
案例七	南6-10-733井处理	(312)
案例八	杏4-丁4-侧斜320井回老井眼的处理	(313)
案例九	杏5-1-P28井案例分析	(315)
案例十	杏5-1-侧斜16井过鱼顶打捞抽油杆案例	(316)
附录1	油气水井井下作业资料录取项目规范	(318)
附录2	油水井大修作业工程设计编写规范	(333)
参考文献		(341)

第一章 套损类型、套损原因

本章详细介绍了六种套损类型及套损原因,使读者对套损类型及套损原因有一个初步了解。本章所述是油水井修复的基础,只有了解套损类型,才能准确选择修复工艺和方法;只有充分了解套损原因,包括地质因素和工程因素,才能更好地采取有效措施,防止或减缓套损的发生。

通过本章的学习,掌握套损类型,了解产生套损的原因。

第一节 套损类型

根据以往修井施工积累的资料,结合套损原因,可将套管的损坏分成以下六种类型。

一、径向凹陷变形

由于套管本身局部位置质量差,强度不够,固井质量差及在长期注采压差作用下,套管局部产生缩径,使套管在横截面上呈内凹椭圆形,如图 1-1 所示。A-A 截面上已不再是基本圆型,长轴 D 大于短轴 d ,据资料统计,一般长短轴差在 14mm 以上,当此值大于 20mm 以上时,套管可能发生破裂,这种径向凹陷型套管变形是套损井中基本变形形式。

二、套管腐蚀孔洞、破裂

由于地表浅层水的电化学反应长期作用在套管某一局部位置,或者由于螺纹不密封等长期影响,套管某一局部位置将会因腐蚀而穿孔,或因注采压差及作业施工压力过高而破裂。如图 1-2 所示。

腐蚀孔洞、破裂等情况多发生在油层顶部以上,特别是无水泥环固结的

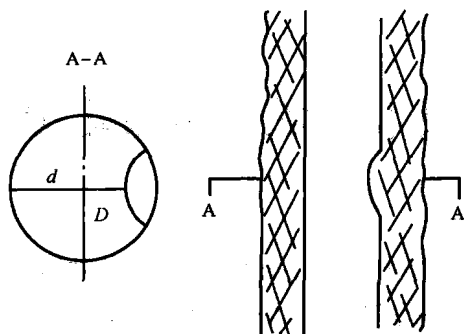


图 1-1 径向凹陷变形示意图

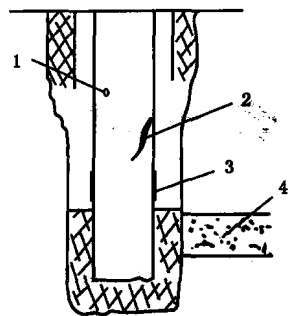


图 1-2 腐蚀孔洞、破裂示意图

1—孔洞;2—裂缝;

3—不密封接箍螺纹;4—油层

井段,往往造成井筒周围地面冒油、漏气,严重的还会造成地面塌陷。大庆油田中 6-7 井由于外漏严重,井口周围坍塌 50 多立方米。

三、多点变形

由于套管受水平地应力作用,在长期注采不平衡的条件下,地层滑移迫使套管受多向水平力剪切,致使套管径向内凹形成多点变形,如图 1-3 所示。

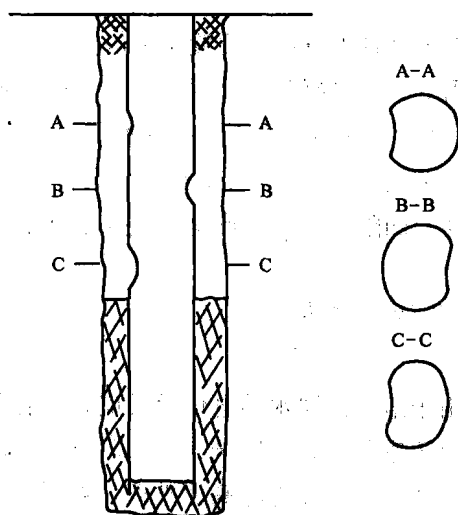


图 1-3 多点变形示意图

据统计多点变形井约占全部变形井的 15% 左右,而多点变形是一种复杂的套损类型。

四、弯曲变形

在长期水浸作用下,泥、页岩岩体发生膨胀,产生巨大的地应力变化,使岩层相对滑移,剪切套管。套管沿地应力方向弯曲,在轴向上出现变形,如图 1-4 所示。

弯曲变形的套管内径已不规则,多呈椭圆形,长短轴差距不大,但相邻两变形点之间距离较大,一般在 3m 以上。若相邻两变形点间的距离小于 3m,则通井规无法通过,这种情况属于严重弯曲变形,是目前较难修复的套损类型之一。

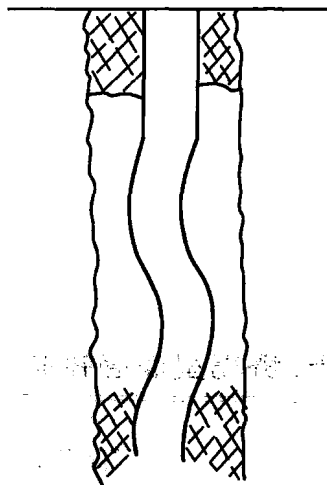


图 1-4 弯曲变形示意图

五、非坍塌型套管错断

泥、页岩长期水浸膨胀将会发生岩体滑移。当滑移速度超过 30mm/年时,套管将被剪断,剪断后的上下两部分发生横向相对位移。并且由于固井时套管所受的拉伸载荷及钢材自身收缩力的作用,套管横向错断后,上下两部分便沿各自的轴线收缩,又在断点附近产生纵向上的相对位移。错断及位移情况如图 1-5 所示。

套管错断是修井工作中较常见的套损类型。错断形式可分为:

- (1) $\phi 70\text{mm}$ 以上大通径错断,即套管上、下断口横向移位,两断口间的轴线间尚有 $\phi 70\text{mm}$ 以上通道。
- (2) $\phi 70\text{mm}$ 以下小通径错断,即套管上、下断口横向移位,两断口间通道小于 $\phi 70\text{mm}$ 或者无通道,这种小通道错断井目前很难修复。
- (3) 上下移位型,错断点通径大于 $\phi 118\text{mm}$,上、下断口间存在一定的距离。这种井况较易修复。

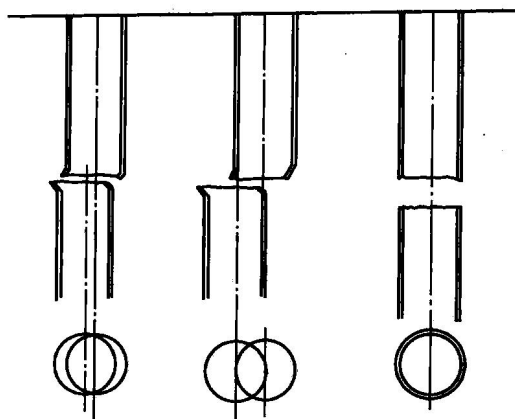


图 1-5 套管错断示意图

六、坍塌型套管错断

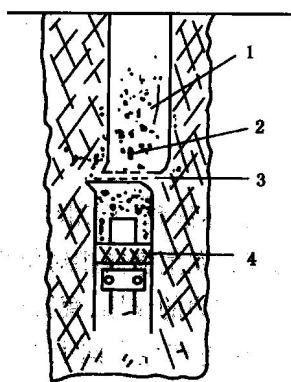


图 1-6 坍塌型套管错断示意图

1—泥、砂岩屑脱落;2—水泥环碎屑;
3—断口;4—井内工具管柱

地层滑移、地壳升降等因素导致套管错断,其地应力首先作用在管外水泥环上,使水泥环脱落、岩壁坍塌,泥、砂和脱落的水泥环及岩石碎屑在地层压力作用下,由错断口处随地层流体涌入井筒,由井底不断向上沉积,随着时间的推移,砂柱不断增高,卡埋井内管柱及工具。如图 1-6 所示。

坍塌型套管错断井在大庆油田的套损井中所占比例不高,约占错断井的 10% 左右,是目前极难修复或报废处理的复杂套损类型。

第二节 套损原因

造成油、水井套管损坏的因素是多方面的,基本上可概括为地质因素和工程因素两大类。

一、地质因素

地层的非均质性、地层倾角、岩石性质、断层活动、地震活动、地壳运动、地表腐蚀等情况是导致油水井套管技术状况变差的客观条件,这些内在因素一经引发,产生的应力变化是巨大的、不可抗拒的,将使油、水井套管受到严重损害,甚至导致成片套损,这将严重地干扰开发方案的实施,威胁油田的产能。

(一)地层的非均质性

陆相沉积的砂岩、泥质粉砂岩油田,由于沉积环境不同,油藏渗透性在层与层、层内平面之间都有较大的差别。注水开发过程中,微裂缝开启、延伸,导致泥岩层进水,使泥岩吸水蠕变,产生非均匀的外载。当非均匀外载超过套管的抗挤毁强度时,套管就会产生变形。套管周围围岩蠕变外载的分布形式一般为椭圆,其分布规律可以近似的用余弦函数来表示:

$$\sigma_n = s_1 + s_2 \cos 2\theta$$

式中 σ_n ——套管所受的径向外载力,MPa;

θ ——与最大水平地应力方向夹角, (°);

s_1, s_2 ——与试验条件和岩石性质有关的常数,MPa。

套管承受这种外载能力比承受均匀外载能力低,所以一旦注入水进入泥岩层段,椭圆形外载就会挤压套管,使套管发生椭圆变形。

(二)地层(油层)倾角

陆相沉积的油田,储油构造一般为背斜和向斜。由于背斜构造是在地层侧压应力挤压为主的褶皱作用下形成的,由于受岩体重力的水平分力影响,在相同条件下,地层倾角较大的构造轴部和陡翼部比倾角较小构造的相同部位更容易出现套损。

(三)岩石性质

在沉积构造的油、气藏中,油层的岩性多为砂岩、泥岩、泥质粉砂岩。注水开发时,当油层中的泥岩及油层以上的页岩被注入水浸蚀后,其抗剪强度

和摩擦系数大幅度降低,身在其中的套管受到岩石膨胀力的挤压,当挤压力超过套管的抗挤毁强度时,套管就会损坏。同时当具有一定倾角的泥岩遇水呈塑性时,可将上覆岩层压力转移至套管,使套管受挤压而损坏。

(四)断层活动

沉积相构造的油田中,各地区地壳沉降速度不尽相同,在地层沉降速度高的地区,油层本身所处的构造位置会促使断层活动加剧,从而对套管造成严重损害。特别是地层被注入水浸蚀后,断层活动对套管的破坏作用更加严重,往往会导致成片套损区的产生。

断层面的倾角一般较大,在长期注入水浸蚀、断层两侧地层压差的作用下,断层附近会出现局部应力集中,使断层上下盘产生相对滑移,剪切套管,当剪切力超过套管的强度时,套管就会损坏,发生变形或错断。如大庆油田南八区 170 号断层取心证实,断层面填充物主要由含砂泥岩和泥质粉砂岩组成,局部具有原生滑动面和断层面。地震和地应力监测资料也都证实断层附近是地应力集中地区。

一个区块被多条断层切割,而且标准层和断层面都形成大范围的浸水域时,在区块压差的作用下,将导致成片套损井的出现。

(五)地震活动

地球是一个不停运动的天体,地震活动从未间断,根据微地震监测资料,每天地表、地壳的微震达万次,较严重的地震可以产生新的构造和裂缝,也可使原生构造断裂和裂缝活化,因此,这也是导致套管损坏的一个重要因素。

地震后,大量注入水通过断裂带或固井后的第二交界面进入油顶泥页岩。泥页岩吸水膨胀,产生粘塑性,使岩体产生水平蠕变运动,这种蠕变运动速度超过 10mm/年时,油水井套管将遭到破坏。

(六)地壳运动

地壳运动方向有两个:一是水平运动(板块运动);二是升降运动。地壳缓慢的升降运动产生的应力可以导致套管被拉伸损坏,而损坏的程度和时间则取决于现代地壳运动升降速度和空间上分布的差异。