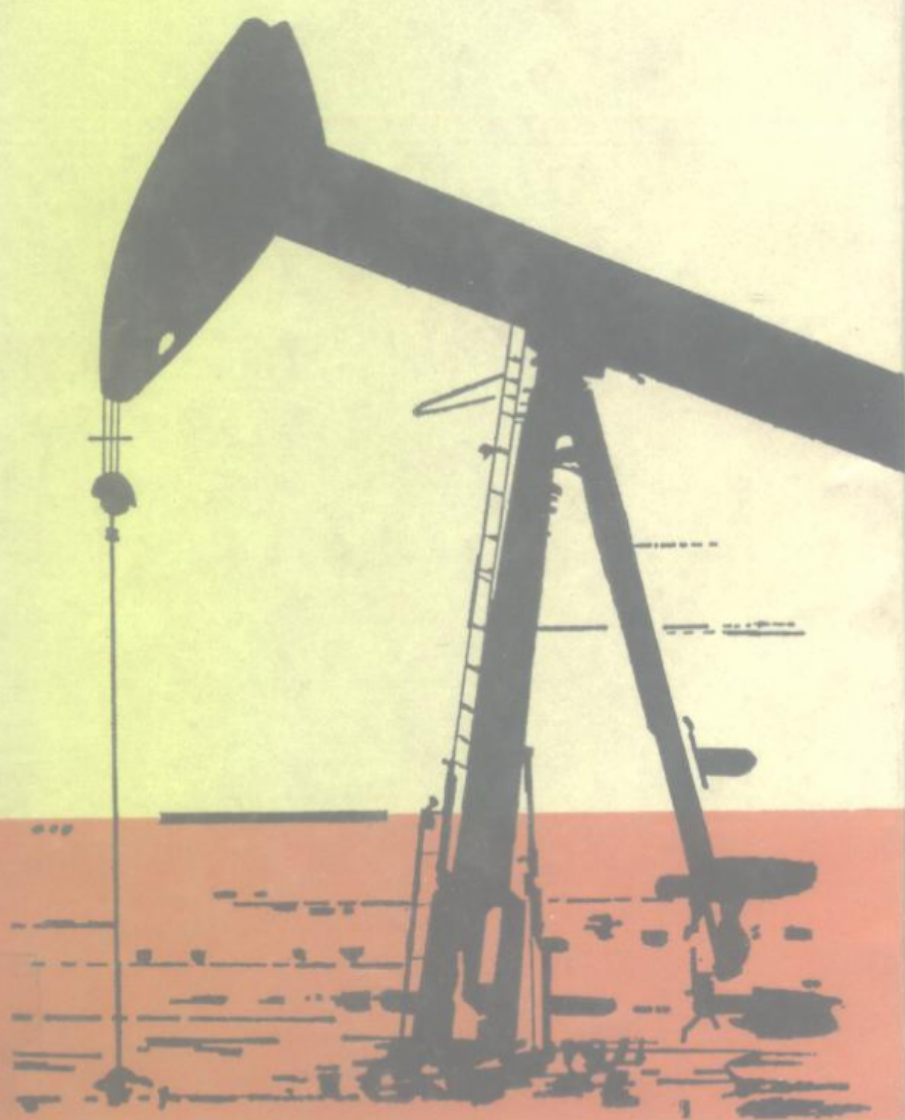


采油技术手册(修订本)

第十分册
堵水技术



石油工业出版社

TE355-62

001(-)-10



059054

采油技术手册

(修订本)

第十分册 堵水技术

万仁溥 罗英俊 主编

刘翔翥 李奎元 于连成 李宇乡 郝敦国 编



200421221

石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内 容 提 要

油田堵水技术是注水开发非均质油田的一项重要工艺技术。本书对目前国内已配套的机械堵水、油井化学堵水和注水井调整吸水剖面等三套工艺技术共四十多种单项技术作了系统的总结,对各项技术的关键和现场施工操作做了较详尽的说明,并介绍了油田堵水井的选井、效果评定和选注工艺技术。

本书不但对油田现场工程技术人员有具体的指导作用,并且对从事堵水科学研究的采油、油田化学的科技人员也是一本较好的参考书。

采油技术手册 (修订本)

第十分册 堵水技术

万仁溥 罗英俊 主编

刘翔鹤 李奎元 于连成 李宇乡 郝敦国 编

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 $5\frac{1}{8}$ 印张 128千字 印1—5,000

1991年11月北京第1版 1991年11月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0574-3 / TE·547

定价: 3.35元

修订版说明

原《采油技术手册》是采油专业的一部重要工具书，它的出版发行已在采油技术工作中起了重要的作用。但由于该手册出版于 70 年代初期，内容已显得陈旧，部分章节单薄不全，特别是近十年来在采油技术工作中又发展了一批新工艺、新技术、新工具，这些工艺、技术和工具有待于更多的技术人员掌握应用，以转化成更大的生产力。为此，经中国石油天然气总公司开发生产部同石油工业出版社商定，对原《采油技术手册》进行修订，重新编写。

新的《采油技术手册》由中国石油天然气总公司开发生产部和石油工业出版社共同组织编写，由万仁溥、罗英俊负责主编。

考虑到修订后的《手册》内容广泛、牵涉面广、篇幅长和工作量大的特点，以及从便于应用出发，新的《手册》将以分册的形式来完成。

新的《采油技术手册》暂定为十个分册，各分册的名称如下：

- 第一分册 自喷采油技术
- 第二分册 注水技术
- 第三分册 生产测井技术
- 第四分册 机械采油技术
- 第五分册 修井工具与技术
- 第六分册 增产措施设备技术
- 第七分册 防砂技术
- 第八分册 稠油热采工程技术
- 第九分册 压裂酸化工艺技术
- 第十分册 堵水技术

手册的各分册都既是独立的工具书，又是《采油技术手册》的一个组成部分，采油部门的各专业可根据需要选用其中的分册。

前 言

油田堵水技术是注水开发非均质油田的一项重要工艺技术。现场实践证明，油田堵水技术可以有效降低油井产水量，提高油井产油量，改善注水井吸水的不均匀性，从而提高注水井纵向的波及系数，增加油田的可采储量和提高油田注水开发的阶段采出程度，并最终提高油田注水开发的采收率。

我国自 60 年代中期开始研究该项技术。随着我国各主要油田注水开发的进程，油田堵水技术也得到了较为迅速的发展。80 年代以来全国各主要油田的综合含水率已升达 70% 以上，控制油田含水上升速度，减少油井的产水量，增加产油量，提高注水开发的采收率已成为一项急迫的重要任务。1989 年中国石油天然气总公司已将油田堵水技术列为七大关键技术之一，要求配套发展，提高效益。这进一步说明了油田堵水技术在全国油田开发中所占的重要位置和所起的重要作用。

经过多年的研究和实践，目前已配套了机械堵水、油井化学堵水和注水井调整吸水剖面等三套工艺技术共四十多种单项技术。本书对上述各套技术都作了系统的总结，对各项技术的关键和现场施工操作作了较为详尽的说明。全书共分四章，论述了每种堵水或调剖方法的机理、有关设计计算方法、化学剂的基本配方和化学物理特性及其在现场应用中必须掌握的技术关键和操作要点等。本书不但对油田现场工程技术人员有具体的指导作用，对从事堵水科学研究的采油、油田化学的科技人员也是一本较好的参考书。

本书由北京石油勘探开发科学研究院刘翔鹗组织编写，由李奎元编写第一章，于连成编写第二章，李宇乡编写第三章，刘翔鹗和郝敦国编写第四章。本书编写中参考了有关油田的资料，特

致以谢意。

由于编者水平有限，书中难免有错误和缺点，望读者批评指正。

编者

1990年7月

目 录

第一章 机械堵水技术	(1)
一、机械堵水管柱分类及结构	(1)
(一)自喷井堵水管柱	(1)
(二)机械采油井堵水管柱	(12)
二、堵水用井下工具	(14)
(一)井下工具分类及型号编制原则	(14)
(二)堵水用主要井下工具	(17)
三、机械堵水管柱有关计算	(54)
(一)油管柱长度变化及力的计算	(54)
(二)支撑式封隔器坐封高度计算	(57)
四、机械堵水施工程序	(59)
第二章 油井化学堵水技术	(61)
一、聚丙烯酰胺高温溶胶堵水技术	(61)
二、甲叉基聚丙烯酰胺溶胶堵水技术	(62)
三、铬交联部分水解聚丙烯酰胺堵水技术	(63)
四、甲醛交联聚丙烯酰胺堵水技术	(65)
五、PR-8201 堵水技术	(66)
六、聚丙烯酰胺高温堵水技术	(68)
七、聚丙烯酰胺-306 (HM ₃ -306) 树脂堵水技术	(69)
八、丙凝堵水技术	(71)
九、聚丙烯酰胺-木质素磺酸盐堵水技术	(73)
十、部分水解聚丙烯腈堵水技术	(74)
十一、氟硅酸-水玻璃堵水技术	(75)
十二、硅酸凝胶堵水技术	(77)
十三、单液法水玻璃-氯化钙堵水技术	(78)

十四、双液法水玻璃氯化钙堵水技术	(79)
十五、硅土胶泥单液法堵水技术	(80)
十六、脲醛树脂堵水技术	(81)
十七、酚醛树脂堵水技术	(82)
十八、热塑性树脂堵水技术	(83)
十九、松香皂堵水技术	(84)
二十、活性稠油堵水技术	(85)
二十一、稠油-固体粉末堵水技术	(86)
二十二、有机硅堵水技术	(87)
二十三、泡沫堵水技术	(89)
二十四、氰凝堵水技术	(90)
二十五、石灰乳复合堵剂封堵大孔道堵水技术	(91)
第三章 注水井调整吸水剖面技术	(94)
一、注水井调剖技术	(94)
(一)水玻璃-氯化钙调剖技术	(94)
(二)木质素磺酸钙调剖技术	(95)
(三)木质素磺酸钠调剖技术	(102)
(四)聚丙烯酰胺-膨润土调剖技术	(103)
(五)聚丙烯酰胺-乌洛托品-间苯二酚调剖技术	
(PAM-HR 调剖技术)	(105)
(六)聚丙烯酰胺-硅土调剖技术	(109)
(七)聚丙烯酰胺-柠檬酸铝调剖技术	(111)
(八)PIA-601 调剖技术	(116)
(九)聚丙烯腈-氯化钙调剖技术	(119)
(十)TP-910 调剖技术	(122)
(十一)苣胞胶调剖技术	(125)
(十二)三相泡沫调剖技术	(128)
(十三)BD-861 调剖剂	(132)
(十四)聚乙烯醇颗粒调剖技术	(136)
(十五)水膨型聚丙烯酰胺颗粒调剖技术	(137)

二、注水井调剖施工设计及参数确定·····	(139)
第四章 油田堵水的选井、效果评定和选注工艺技术·····	(142)
一、选井·····	(142)
二、油井堵水效果评定·····	(143)
三、砂岩油层注水井调剖效果评定方法·····	(144)
四、选择性注入工艺技术·····	(145)
(一)选注工艺技术的原理·····	(145)
(二)选注工艺技术的依据·····	(145)
(三)选择性注入压力和堵剂用量计算·····	(149)
(四)选择性堵水工艺技术的使用方法·····	(150)
(五)选择性注入工艺技术的适应范围及优点·····	(152)

第一章 机械堵水技术

机械堵水是使用封隔器及其配套的控制工具来封堵高含水产水层，以解决油井各油层间的干扰或调整注入水的平面驱油方向，以达到提高注入水驱油效率，增加产油量，减少出水量的目的。我国已在自喷采油和机械采油等生产井上形成了一套机械堵水技术，成为注水开发油田提高开发效果的一项重要技术。

一、机械堵水管柱分类及结构

机械堵水必须借助于井下管柱来实现。已应用于现场、技术比较成熟的有两类：自喷堵水管柱和机械堵水管柱。

(一) 自喷井堵水管柱

自喷井堵水管柱有七种型式，共 15 套管柱结构。

1. 桥式配产器堵水管柱

桥式（代号 QS）配产器堵水管柱有 4 套结构，见图 1—1~1—4。主要由桥式配产器和封隔器等井下工具构成。由于桥式配产器的各级堵塞器外径不一样，上一级堵塞器不能通过下一级，故投、堵操作应从下到上，打捞操作应由上到下。该类管柱最多能分 4 级，一般多用 2~3 级。

(1) QS 油管支撑管柱（图 1—1）

主要由 Y111 封隔器和 KQS 配产器等井下工具组成。该管柱底部死堵支撑井底，承受油管自重作用在封隔器上的轴向压缩力。该力使封隔器上的封隔件受轴向压缩而向径向扩张，以封隔油套管环形空间。

该管柱一般适用于中深井。下放管柱至井底即可坐封封隔器，上提管柱可使封隔器解封。该管柱结构简单，施工操作方

便，但最多能应用 2 级封隔器。封隔层之间的层间压力差不宜大于 6MPa。

(2) QS 机械卡瓦支撑管柱 (图 1—2)

主要由 KQW 支撑器 (或 Y211 封隔器)、Y111 封隔器和 KQS 配产器等井下工具组成。在正常工作状态下, KQW 支撑器 (或 Y211 封隔器) 安装于管柱底部, 承受油管自重作用于封隔器上的轴向压缩力。油管自重产生的轴向压缩力使封隔器上的封隔件受压而向径向扩张, 以封隔油套管环形空间。

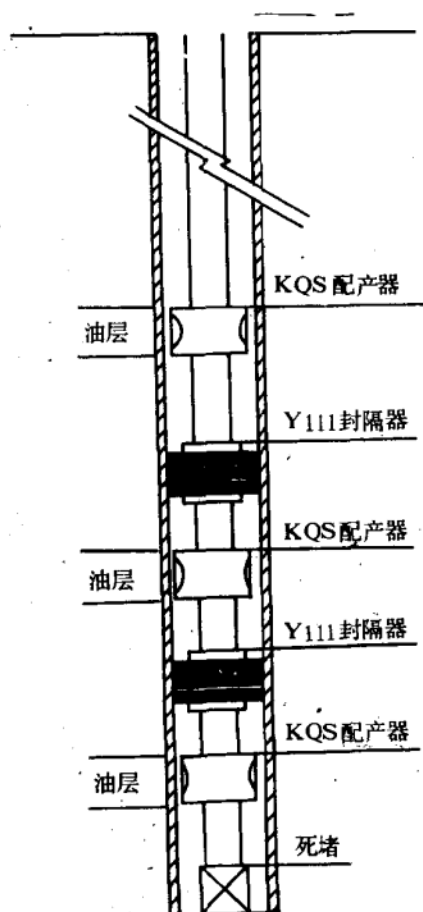


图 1—1 QS 油管支撑管柱

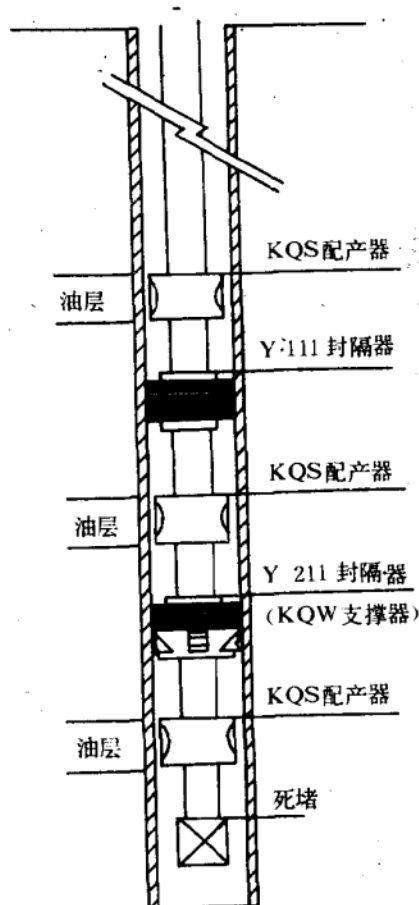


图 1—2 QS 悬挂管柱

该管柱结构较简单，施工作业时要防止支撑器中途坐封。一般用于井底口袋较深的油井，封隔层之间的压力差不宜大于6MPa。

(3) QS 卡瓦支撑液压坐封管柱 (图 1—3)

主要由 KQW 支撑器、Y141 封隔器、KQS 配产器和 KHD 油管悬挂器等井下工具组成。KHD 油管悬挂器为不压井作业时安装 KQW 支撑器用。在正常工作状态下，KQW 支撑器安装于

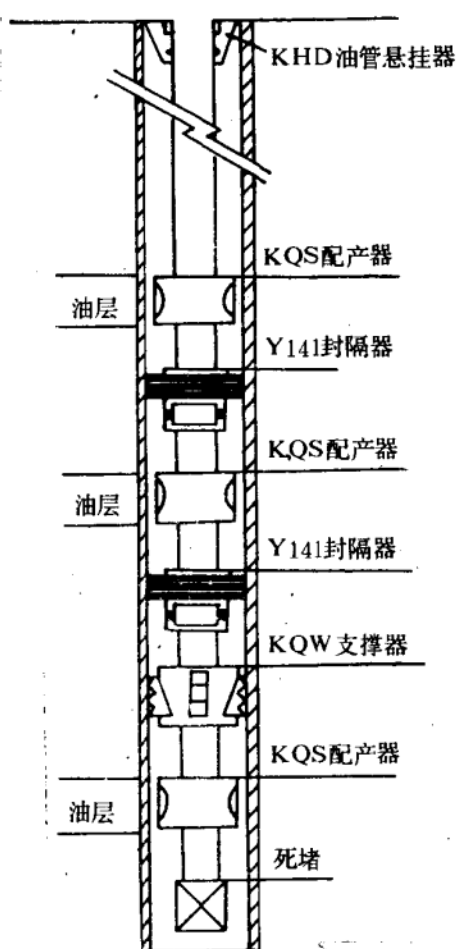


图 1—3 QS 卡瓦支撑液压坐封管柱

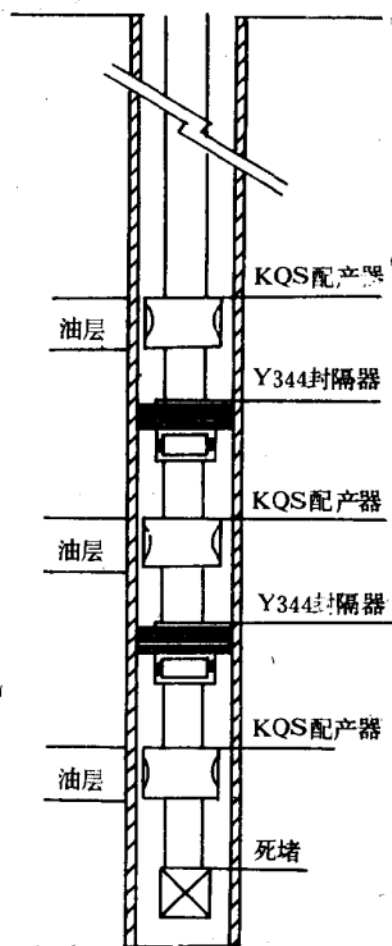


图 1—4 QS 悬挂管柱

最底部封隔器的下端，承受油管自重产生的轴向压缩力。封隔器采用管柱内的液压来坐封。

该管柱结构和封隔器坐封操作较复杂，封隔层之间压力不宜超过 8MPa，可以较多级卡堵水层。上提管柱即可使封隔器解封。

(4) QS 悬挂管柱 (图 1—4)

主要由 Y344 封隔器和 KQS 配产器等井下工具组成。该管柱采用液压方式坐封封隔器。结构简单，可以实现较多层段卡堵水作业。封隔层之间工作压力差小于 8MPa，一般适用于井深 2500m 以内的油井，井深超过 3000m 的油井要慎用。

由于封隔器采用液压方式解封，故这类管柱的解封可靠性略差。

2. 偏心堵水管柱

典型的偏心 (代号 PX) 堵水管柱结构有 2 套，见图 1—5 和图 1—6。主要由偏心配产器和封隔器组成。由于偏心配产器的堵塞器安装在侧面，投捞工具可以畅通无阻地从偏心配产器中心通过，可实现任意投捞和多级卡堵水。这类管柱具有测试方便，施工简单的特点。在堵塞器内安装不同规格油嘴，可实现控制不同生产层的产液量。

(1) PX 卡瓦支撑液压坐封管柱 (图 1—5)

主要由 KQW 支撑器、Y141 封隔器、KPX 配产器、KGD 油管堵塞器和 KHD 油管悬挂器等井下工具组成。KQW 支撑器安装在最底部封隔器的下端，承受油管自重产生的轴向压缩力。KHD 油管悬挂器为不压井施工时安装 KQW 支撑器用。Y141 封隔器为液压坐封封隔器。

该管柱结构和封隔器坐封操作较复杂，封隔层之间工作压力差小于 8MPa，可以实现多级卡堵水。上提管柱使封隔器解封。

(2) PX 悬挂管柱 (图 1—6)

主要由 Y344 封隔器、KGD 油管堵塞器和 KPX 配产器等井下工具组成。该管柱采用液压方式坐封封隔器，施工简便，可多层卡堵水。一般适用于井深 2500m 以内的油井，超过 3000m

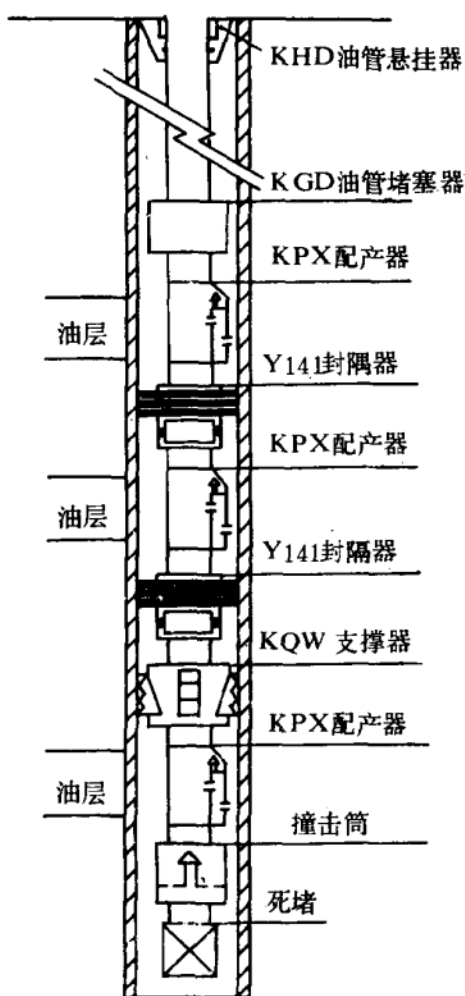


图 1—5 PX 卡瓦支撑液压
坐封管柱

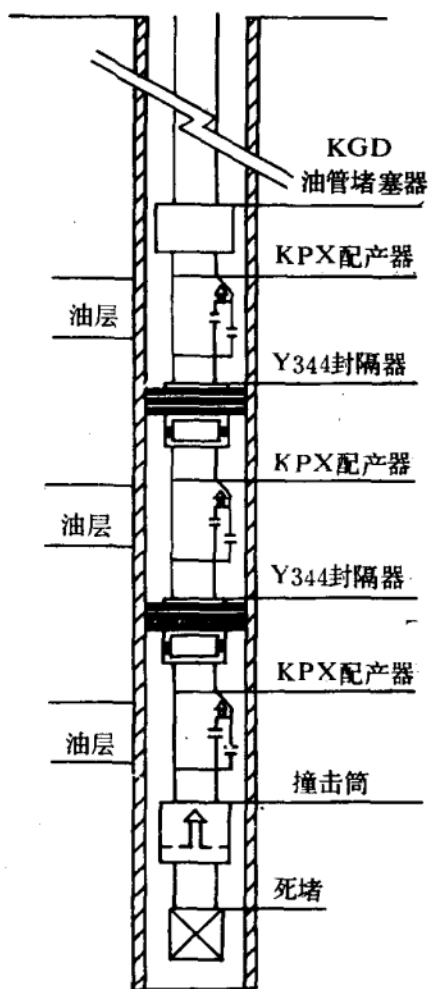


图 1—6 PX 悬挂管柱

要慎用。封隔层间压力差不宜超过 8MPa。由于该封隔器采用液压方式解封，解封可靠性略差。

3. 滑套堵水管柱

典型的滑套（代号 HT）堵水管柱结构有 2 套，见图 1—7 和图 1—8。主要由滑套堵水器和封隔器等井下工具组成。由于滑套堵水器中没有堵塞器，故施工作业中取消投捞工序。滑套

开关工具（即移位器）一次下井可将滑套全部打开或全部关上，也可以打开某几个或关上某几个，提高了施工工效和安全可靠性。该管柱特别适用于更多层段的卡堵水和深井卡堵水。

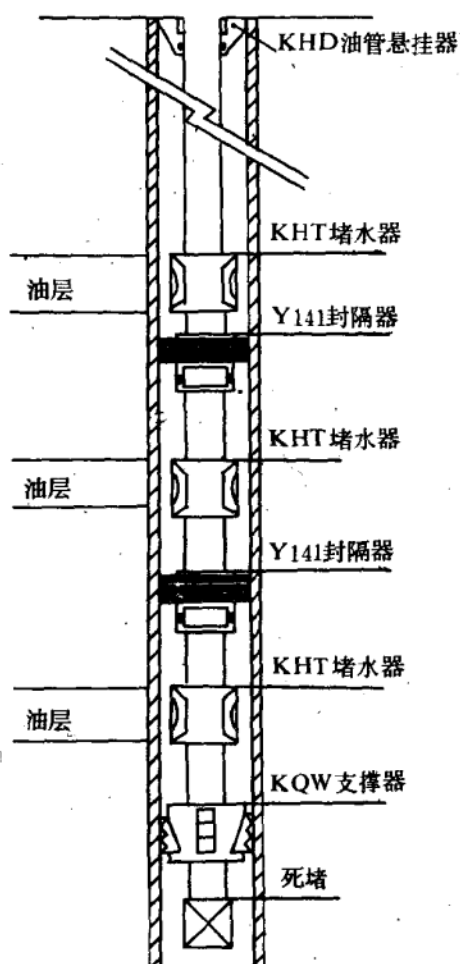


图 1—7 HT 卡瓦支撑液压
坐封管柱

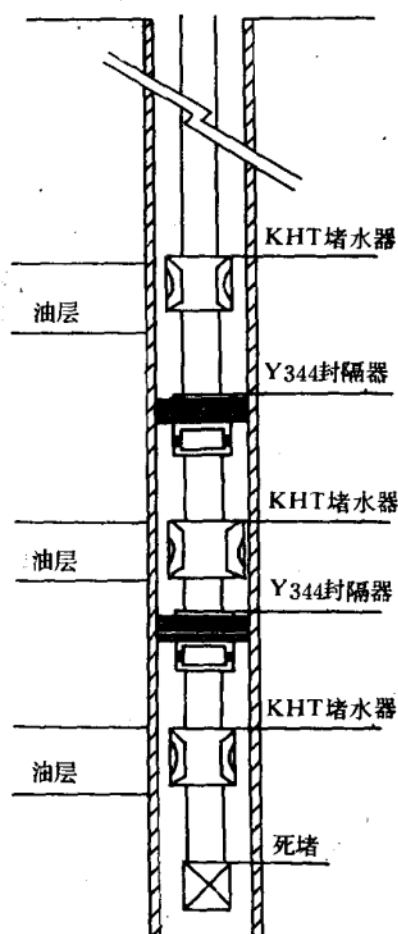


图 1—8 HT 悬挂管柱

(1) HT 卡瓦支撑液压坐封管柱 (图 1—7)

主要由 KQW 支撑器、Y141 封隔器、KHT 堵水器和 KHD 油管悬挂器等井下工具组成。KQW 支撑器一般安装于管柱尾部

最后一个封隔器的下部。承受油管自重产生的轴向压缩力。封隔器靠液压来坐封。

该管柱结构和封隔器坐封操作较复杂。封隔层之间压力不宜超过 8MPa。可以实现细分层卡堵水。上提管柱即可使封隔器解封。

(2) HT 悬挂管柱 (图 1—8)

主要由 Y344 封隔器和 KHT 堵水器等井下工具组成。该管柱采用液压方式坐封封隔器, 操作简单, 特别适用于不压井作业。井深超过 2500m 要慎用。该管柱可实现细分层卡堵水。由于封隔器采用液压方式解封, 解封可靠性略差。

4. 固定堵水管柱

固定式 (代号 GD) 堵水管柱有 2 套典型结构, 见图 1—9 和图 1—10。主要由可钻式封隔器、插入式密封段和带孔短节等井下工具组成。由于可钻式封隔器上有胀环, 使封隔件处于无间隙的最佳状态下工作。该种管柱封隔层间工作压力差可高达 35MPa, 工作寿命长, 密封可靠, 能多级卡堵水, 在套管易变形地区采用更为理想。但施工工作量较大, 一次管柱只能安装一个封隔器, 封隔器不能解封, 只能采用磨铣方法清除。

(1) GD 整体堵水管柱 (图 1—9)

主要由 Y443 封隔器、KDK 短节、KXM 导向头和 Y443 密封段等井下工具组成。KDK 短节上有孔, 为未堵油层提供产油通道。Y443 密封段封堵 Y443 封隔器内密封腔, 当整个井内管柱受外界因素影响长度发生变化时, 可以随管柱在内密封腔内滑动。该管柱适用于 2500m 以内井深的油井。

(2) GD 定位堵水管柱 (图 1—10)

主要由 KHD 伸缩管、KDK 短节、Y443 封隔器、KXM 导向头和 Y443 密封段等井下工具组成。KHD 伸缩管以下管柱重力全部作用在第一个封隔器上, 管柱因外界因素而引起长度变化时由 KHD 伸缩管调节, 从而确保 Y443 密封段在 Y443 封隔器内密封腔固定不动, 提高了密封的可靠性。该管柱工作可靠,