

高等学校教材

石油工程生产实习指导书

张继红 李士斌 冯福平 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

石油工程生产实习指导书

张继红 李士斌 冯福平 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书涵盖了钻井、采油及油藏工程三个专业相关的实习与实训内容,全书按照石油工程专业学科内容进行编排,同时插入了大量的图片和表格,以便学生认知生产实践过程、工艺措施、基础设备及工具、施工技术操作等。本书题材广泛,内容丰富,重点突出,难度适中,具有系统性和完整性。

本书可作为石油高等院校石油工程专业生产实习实训教材,也可作为石油工程相关专业学生及油田有关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

石油工程生产实习指导书/张继红,李士斌,冯福平主编.

北京:石油工业出版社,2014.2

(高等学校教材)

ISBN 978-7-5021-9352-2

I. 石…

II. ①张…②李…③冯…

III. 石油工程-高等学校-教材

IV. TE

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 202952 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:<http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010)64523574 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:22

字数:545 千字

定价:45.00 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

石油工程专业是东北石油大学主干专业、黑龙江省重点建设专业、国家特色专业、第二批教育部卓越工程师教育培养计划试点专业。随着石油工业的飞速发展,石油工程专业迫切需要既懂理论又有一定实践能力的实用型人才。为此,按照“石油工程专业人才培养标准”,东北石油大学与大庆油田相关单位共同建立校企联合工程实践平台,先后与大庆油田技术培训中心、大庆油田 1205 钻井队、大庆油田钻井工程技术研究院、大庆油田第四采油厂等 8 个单位签订了长期实习培训合同,建立了校外稳固的实习基地,能够开展包括油藏、采油及钻井工程在内的 42 个方面的实习教学内容。目前石油工程生产实习环节已成为石油工程专业学生进行技术课学习和工程师基础训练的重要教学环节之一。其宗旨是:通过这一环节,使学生在石油工程专业的业务范围和性质、石油工程各工艺环节的工艺过程、基础设备及工具、施工技术操作技能等方面获得明确的认识和训练,为将来学生从事这一方面的工作打下坚实的实践基础。为配合这一实践教学环节,有必要编写一部相应的教材。

石油工程专业覆盖了原来的钻井工程、采油工程和油藏工程三个专业,要求学生在相应的实习时间内掌握更多的实践内容,为此需要将实习内容统筹规划,加工整理,使其成为我校培养石油工程卓越工程师的必备实习教材。同时本书应与石油工程专业其他教材相配套,使学生深入生产实际的同时,能够理解、领会所学专业理论和灵活应用所学理论知识,激发学生的兴趣,培养学生的动手能力,提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书由张继红、李士斌、冯福平主编,其中第一章、第二章、第三章由李士斌编写,第四章和第五章由冯福平编写,第六章由赵万春编写,第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章由张继红编写,第十二章、第十三章、第十四章由董弛编写,第十五章和第十六章由傅程编写。此外,在编写过程中,殷代印、夏惠芬、曹广胜等几位教授给予了大力协助,李玮、赵跃军、张立刚、曲国辉等青年教师在本书的调研、整理和校对过程中做了大量工作,在此表示感谢。为了保证内容的系统性和完整性,本书的总体内容可能超出了学生实习的内容,建议授课教师及实习学生根据具体实习内容选择性学习与参考。

本书参考了大量国内外相关教材、专著和文献,以及各油田现场技术培训教材、操作手册、自编教案等,在此对其作者为石油工程专业教学及石油工程生产实习指导书编写所做出的贡献表示深深的敬意,感谢他们创造性的工作为本书编写所奠定的坚实基础。

由于作者水平和学识所限,本教材中难免存在不足和错误,诚恳使用本书的师生和广大读者批评指正。

编者

2013 年 10 月

目 录

第一章 石油工程概论	(1)
第一节 油气藏工程	(1)
第二节 钻井、固井与完井	(3)
第三节 采油工程	(5)
第四节 矿场油气集输	(8)
第二章 钻井施工过程管理	(11)
第一节 钻前工程	(11)
第二节 钻井报表	(19)
第三章 钻井设备	(28)
第一节 钻机	(28)
第二节 起升系统	(31)
第三节 旋转系统	(44)
第四节 循环系统	(51)
第五节 动力及传动系统	(59)
第四章 钻井工具	(69)
第一节 钻柱	(69)
第二节 钻头	(76)
第三节 钻井地面工具	(84)
第四节 钻具组合	(101)
第五章 钻井液	(106)
第一节 钻井液体系的认识及作用	(106)
第二节 钻井液性能	(109)
第三节 钻井液性能测量及调整	(116)
第四节 钻井液原材料及外加剂	(127)
第五节 钻井液常规维护	(130)
第六章 固井与完井	(134)
第一节 井身结构	(134)
第二节 固井的工艺过程	(137)
第三节 完井	(154)
第四节 射孔	(171)
第五节 投产措施	(179)
第七章 自喷采油	(184)
第一节 自喷井井口装置	(184)
第二节 量油与测气	(188)

第八章 有杆泵采油	(192)
第一节 抽油机	(192)
第二节 抽油泵	(198)
第三节 抽油杆	(203)
第四节 有杆泵采油井口装置及井口流程	(212)
第五节 有杆泵采油的辅助设备与工具	(215)
第九章 其他人工举升方法	(220)
第一节 潜油电泵采油	(220)
第二节 螺杆泵采油	(231)
第三节 水力活塞泵采油	(232)
第四节 射流泵采油	(235)
第五节 气举采油	(236)
第十章 注水	(237)
第一节 注水地面设备及流程	(237)
第二节 常用的水处理措施	(241)
第三节 水处理工艺	(243)
第四节 分层注水工艺	(247)
第十一章 油水井增产增注措施	(253)
第一节 水力压裂	(253)
第二节 酸化	(260)
第十二章 油水井生产测试	(268)
第一节 抽油井示功图测试	(268)
第二节 机采井液面测试	(271)
第三节 油水井压力测试	(274)
第四节 抽油机井的环空测试	(276)
第五节 注水井分层测试	(279)
第十三章 油井蜡和砂的防治技术	(281)
第一节 油井防蜡和清蜡	(281)
第二节 油井防砂与清砂	(292)
第十四章 修井工艺及井下工具	(297)
第一节 修井工艺	(297)
第二节 修井作业设备	(299)
第三节 不压井作业配套装置及工具	(301)
第四节 井下工具	(307)
第十五章 油气集输工艺	(316)
第一节 油气集输流程分类	(316)
第二节 常见集输流程	(318)
第三节 计量站、转油站工艺流程	(320)

第四节	油气集输设备	(324)
第五节	聚合物驱油气集输工艺	(327)
第十六章	油水井动态分析	(331)
第一节	油水井资料管理	(331)
第二节	油水井动态分析方法	(333)
参考文献		(343)

第一章 石油工程概论

随着世界范围内对石油、天然气需求的加剧,对石油和天然气生产的重视及石油工程技术的发展,已经形成了针对各种类型油气田的生产开发体系和完整的工艺技术。而且随着越来越多的油气田投入大规模的开发,开发的难度也越来越大,从而又推动了石油工程技术的迅速发展,使之成为一门高度综合的工程技术。

众所周知,石油和天然气大多是深埋于地下几百米、几千米甚至更深的液、气体矿物资源,具有较强的隐蔽性,它们不像普通固体矿物那样可以由人工直接采掘。所以要成功地开发油气资源,首先要对油气田地质资料进行深入细致的研究,准确掌握地下油气的分布状况、储油气层的性质、构造形态及特点、油气储量等,提供制订合理的开发方案和合理开采方法的依据。像任何一项工程在施工前必须有一个合理的施工方案一样,要开发好一个油气田,也必须制订一个正确合理的开发方案,以弄清油气田地质资料为基础,对油气层进行分类排队,选定油田开发方式,根据地下油气藏的结构和压力特点,选择合理的布井方式,确定保持生产层能量的方法和技术措施,这就是油气藏工程的主要内容。在合理制订出开发方案之后,还需要一套科学的钻井方法和先进的钻进工艺技术,使钻井过程优质、快速、低成本,以建立起一条开采油气的永久性通道,满足油田长期生产的要求。在钻井过程中要最大限度地保护好油气层,以实现最大限度的开采油气的最终目的。

当油气流的通道建成以后,必须采用科学先进的采油工艺技术和方法,以最小的代价、合理的速度将油气开采到地面,并要随时了解和掌握地下油气运动的状态和规模,随时对油气田的开采动态进行监测和分析,调整、完善开采技术和措施,保持长期稳产、高产,从而实现开发方案中的各项指标和较高的经济效益。

第一节 油气藏工程

石油工程的直接对象是油气的储集地——油气藏。油气藏通常被定义为油气在单一圈闭中的聚集。也就是说,一定数量的运移着的油气,由于遮挡物的作用,阻止了它们继续运移,而在储层聚集起来就形成了油气藏。因此,要想科学、合理地开发油气藏,首先需要对油气的生成、运移、储集过程及油气藏形成的条件和规律有一个基本的了解。

一、石油的生成

关于石油的生成,长期以来存在着“有机生成”和“无机生成”两种不同的学说,但大部分专家同意“有机生成学说”的观点。“有机生成学说”认为,现代埋藏于地下的石油是古代生物的遗骸在浅海、海湾、内陆湖泊等地沉积下来,并被新的沉积物迅速埋藏起来,使这些有机物质不被氧化而保存下来,随着上部沉积物的不断增厚,温度和压力的升高,有机物质便在一定的温度、压力条件和特殊的环境下,经过复杂的物理化学变化,最后转变成石油和天然气。

二、油气藏的形成

石油是在生油层中生成的,所以形成油气藏必须首先有生油气层。一般认为,生油气层是那些较厚的暗色黏土质和石灰质的岩层。这种岩层比较致密,生成的油气也比较分散,所以很

难形成有开采价值的油层。

油气是可以流动的,在共存水的重力分异和一定压力的作用下,油气流出生油层,被运移到别的地层——储油层中去。储油层具有大量的孔隙空间,可以容纳较多的油气形成油气聚集。疏松的多孔砂岩、具有裂缝和溶洞的石灰岩等,都是很好的储油层。

石油储集到储油层以后,如果储油层上面覆盖的地层属于多孔、渗透性地层,或有裂缝、溶洞,或者上面没有致密地层覆盖,那么油气就会跑出地面或流到其他地层中去,则形不成油藏。所以形成油藏还需在储油层上部有致密的盖层,盖层一般是致密的黏土层、泥岩层、页岩层。

除了覆盖油层保护油气不跑出地面以外,还要使储油层的油气不向四周运移而被分散掉,这就需要有一定的圈闭条件,使储油层形成一个封闭系统。

综上所述,油气藏形成的过程可以概括为:石油生成—运移—聚集—保存。油气藏形成的条件可归结为四个必要条件,即有生油层、储油层、盖层和保护层,简称为生、储、盖、保四要素。

三、油气藏的类型

油气藏的形成需要一定的圈闭条件,形成一个封闭系统。在沉积地层中,这种圈闭有多种类型。按照圈闭条件的不同,油气藏可以分为以下几种主要类型。

(一) 背斜构造油气藏

图 1-1 是以背斜构造为圈闭条件的油气藏。这种油气藏的气、油、水按照密度不同自上而下分布,油气层的上部有渗透性很低的盖层保护。

(二) 断层遮挡油气藏

断层遮挡油气藏也称为断层封闭油气藏,如图 1-2 所示。它以断层面作为封闭条件,当石油运移到储油层后,遇到渗透小的断层面,受到遮挡而被圈闭起来。

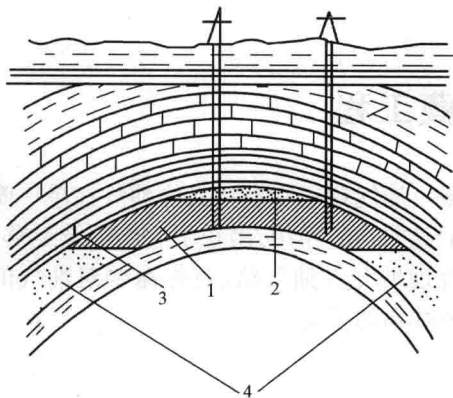


图 1-1 背斜构造油气藏
1—石油;2—气顶;3—盖层;4—边水

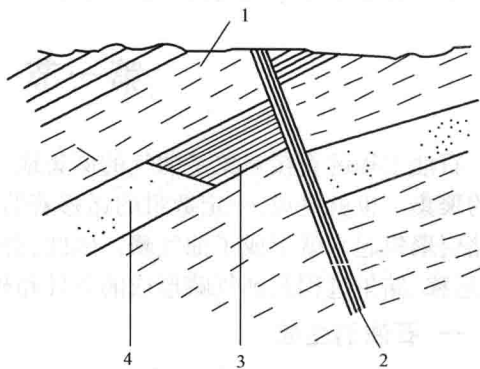
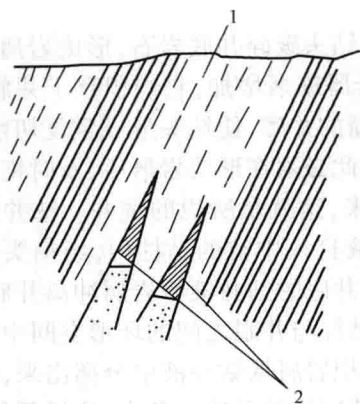


图 1-2 断层遮挡油气藏
1—盖层;2—断层面;3—石油;4—水

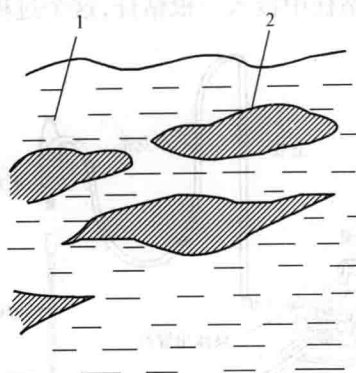
(三) 岩性油气藏

如图 1-3 所示,岩层在沉积的过程中,由于岩性变化不渗透性岩层形成了遮挡而造成圈闭,油气储集在渗透性地层中成为油气藏。

常见的岩性油气藏有两种:一种是岩性尖灭油气藏[图 1-3(a)],它是渗透性地层在向上倾斜的方向逐渐减薄,最后消失,形成了尖状储油气层被周围不渗透性地层圈闭的油气藏。



(a) 岩性尖灭油气藏



(b) 砂岩透镜体油气藏

图 1-3 岩性油气藏

1—不渗透地层;2—石油

另一种是砂岩透镜体的油气藏[图 1-3(b)],即在沉积过程中砂岩沉积成凸透镜形状,周围被不渗透性地层(如泥岩、页岩等)所包围,形成圈闭条件。这种不渗透的地层就是生油层,油气生成后即进入砂岩透镜体中保存下来。

(四) 不整合封闭油气藏

如图 1-4 所示,由于地壳运动,使较老的地层发生弯曲,露出地面的岩层受到风化剥蚀,并在上面沉积了新的地层,这种在老地层之间凸凹不平的接触面称为不整合面。这种不整合面及上面的地层对其下部渗透性地层中运移的流体也会起到遮挡作用,造成圈闭条件,形成油气藏。还有岩丘油气藏、礁块油气藏等构造型油气藏及其他非构造型油气藏,这里不做详述。

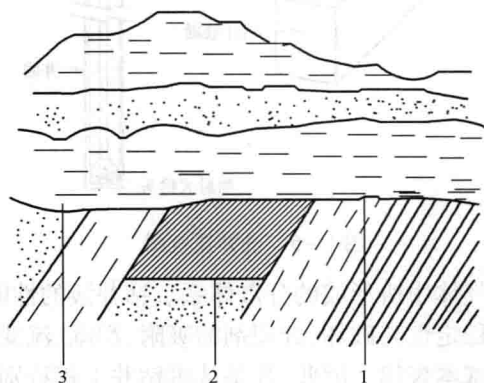


图 1-4 不整合封闭油气藏

1—不整合面;2—石油;3—不渗透地层

第二节 钻井、固井与完井

当今的钻井技术已相当成熟,普遍采用旋转钻井的方式。在旋转钻井方式中,钻井与完井工程的主要内容如下。

一、钻进

钻进就是把足够的压力加到井底钻头上,使钻头牙齿吃入岩石中,用钻柱带动钻头旋转破碎井底岩石,从而达到增加井深的目的。加到钻头上的压力称为钻压,钻压是靠钻柱的重力产生的。钻进的快慢一般用钻速(一般称为机械钻速)表示,它是单位时间内的进尺数,单位为 m/h 。钻进的快慢另一种表示法是钻时,单位是 min/m 。

钻进是钻井工程的主要内容,它是指用钻头破碎岩石,使井眼不断加深的过程。井眼不断加深钻柱也要及时加长,钻柱主要由钻杆组成。钻进过程中,每当井眼钻进一根钻杆的长度

后,就向钻柱中接入一根钻杆,这个过程称为接单根。

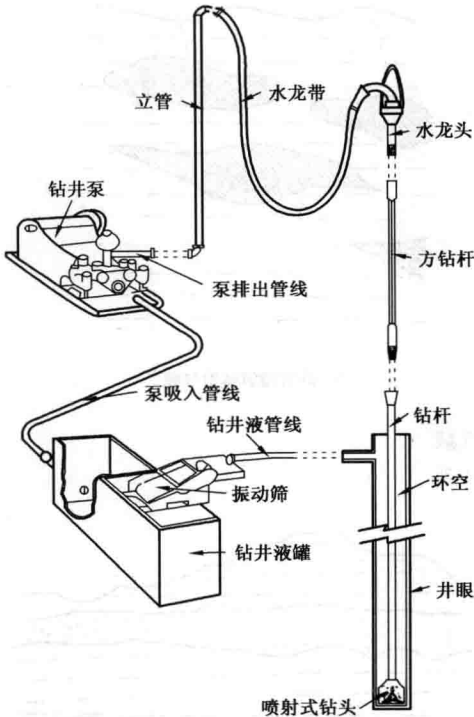


图 1-5 洗井流程图

钻进时,钻头破碎井底岩石,形成岩屑。随着井的加深,岩屑逐渐增加,它们积存于井底,阻碍了钻头接触新的井底,使钻头形成重复切削,降低钻进效率,为此必须在形成岩屑后,及时把岩屑从井底清洗出来,这就是所说的洗井。洗井是用钻井泵把钻井液打入中空的钻柱内,经钻头水眼流入井底;流入井底的钻井液将岩屑冲离井底,然后携带岩屑从钻柱与井眼之间的环形空间中返到地面;在地面上把岩屑从钻井液中分离出来,再把净化了的钻井液用钻井泵注入井内;这样重复使用,往复循环,从而达到随钻洗井的目的,如图 1-5 所示。

钻井液还具有保护井壁、控制井内压力等功用。钻井液的性能好坏,直接关系到一口井钻井的成败,如何配制出符合钻井工程要求的钻井液是保证快速、优质、安全钻井的关键。所以钻井液又有“钻井工程的血液”之称。钻井液属于复杂的多相多级胶体——悬浮体分散体系。它既可以是固体分散在液体中或者是液体分散在另一种液体中,也可以是气体分散在液体中或者是液体分散

在气体中所形成的分散体系。钻井液的性能与各种胶体性质都有密切的关系,如钻井液胶体的稳定性与破坏,处理剂的吸附、润湿、流变性,电解质的污染及其处理等,都遵循着胶体化学的基本规律。因此,凡是从事钻井工程特别是从事钻井液研究与应用的 workers,都需要掌握胶体化学的理论基础,从满足钻井完井工程的目标出发,设计并在施工中调配和维护钻井液体系,使之达到并保持所需的性能指标,最终实现快速、优质、安全钻井。

地层岩石的孔隙、裂缝中存有石油、天然气和水等流体,它们具有一定的压力。该压力因所处地层的深度、地区等条件的不同而有很大差异,这就要求在钻井过程中采用恰当的措施与之适应。如果处置不当,或将引起对产层的损害,或将发生溢流、井喷,给钻井施工带来困难。因此,必须加强在钻井过程中对高压井的压力控制及发展压力预测技术。

影响钻速的因素主要有岩石的可钻性、钻头的类型、钻井液的性质、钻压、转速、钻井液排量、钻头水力功率的大小等。因此,研究地层的基本物理机械性质和基本的破碎规律及影响这些规律的因素,研究钻头破岩的机理、结构特点及其对地层的适应性,研究钻井液的性质与井眼安全和钻井速度的关系,研究钻井参数(钻压、转速、钻井液排量、钻头水功率)等对钻井速度和井身质量影响的规律,对安全、优质、快速钻井方案的制订和组织实施都有极其重要的意义。在研究各种因素对钻井速度、安全和质量影响规律的基础上,结合经济评价,建立效益目标,应用最优化理论,分析处理各种实验数据和钻井资料,制订出最佳钻井方案并应用于指导钻井实践。

二、固井

一口井在形成的过程中,需穿过各种各样的地层。各地层都有它自己的特点,如有的地层岩石很坚硬,井眼形成以后井壁不容易坍塌;有的地层很松软,岩石从井壁上塌落到井内,易形成井塌、卡钻等复杂情况;有的地层则含有高压油、气、水等流体,钻遇该地层时,这些流体就要外涌;有的地层含有某些易溶盐,使钻井液性能变坏。上述复杂情况有的可能钻过该地层后就消失了,但有的没有消失,继续给钻井工作造成麻烦。为了保护井眼以便使钻井工作顺利进行,就必须对井眼进行加固,这就是所谓的固井。固井的方法是将套管下入井中,并在井眼与套管之间充填水泥,以固定套管,封固某些地层。根据不同的地层情况和钻井目的,一口井可能要进行多次套管固井。

三、完井

完井是钻井工程最后一个重要环节,其主要内容包括钻开生产层、确定井底完成方法、安装井底及井口装置等。

油气层一般均有一定的压力,而且有较好的渗透性,因此钻开油气层时,总会产生钻井液对油气层的损害或是油气层中的油气侵入钻井液。当井内钻井液柱压力大于地层压力时,钻井液中的滤液或固相颗粒就会进入油气层中,使油气层渗透率降低,造成油气层的损害。压力越大,时间越长,对油气层的损害就会越大,就会降低油气层的产量。反之,如果钻井液液柱压力小于地层压力时,油气水就会侵入钻井液中,如果处理不当,会造成井喷失控事故。因此,钻开油气层既要防止和减少对油气层的损害,又要防止井喷失控事故的发生。

井底装置是在井底建立油气层与油气井井筒之间的连通渠道,建立的连通渠道不同,也就构成了不同的完井方法。只有根据油气藏类型和油气层的特性并考虑开发开采的技术要求去选择最合适的完井方法,才能有效地开发油气田、延长油气井寿命、提高采收率、提高油气田开发的总体经济效益。

第三节 采油工程

一口油井钻成后要下套管固井,还要对油层部分射孔、诱导油流,并在套管中下一根油管,使石油从井底沿油管喷到地面。为了对油井生产进行人为控制,还必须有一套完整的地面设备,这就是采油工程的主要研究内容。

一、自喷采油

石油能像喷泉那样自己从油井喷出,称为自喷油井,这种井的采油方法称为自喷采油。石油能不能自喷出来,是由油层压力的大小来决定的。井内压力大,石油喷劲就大;压力小,喷劲就小,当压力小到一定程度时,石油就喷不出来了。

当油井还没有钻成时,油层内虽然有很高的压力,但油层与井底之间由于盖层的阻挡,它们保持着平衡状态,一旦钻开油层,井底压力降低了,造成了压差,油层压力就推动石油向压力低的井底流去,并沿油管升到井口,喷到地面管线中。石油在油管里不断上升,压力逐渐下降,溶解在石油中的天然气如同汽水中的二氧化碳一样不断分离出来,并发生膨胀,从而推动石油在油管里加速升到井口。这种天然能量(地层压力)在油田开发过程中能发挥一定的作用。

所以,合理有计划地使用天然能量,充分发挥它的作用是非常重要的。通常是用采油树上的油嘴来调节油产量、控制使用天然能量。油嘴的直径小的仅有2~3mm,大的有20~30mm。

自喷井的产量一般来说都是比较高的。例如,中东地区最高的油井日产油量可达百万吨左右;我国华北油田也有日产千吨井;大庆油田的高产井日产200~300t。据统计,目前世界上约有50%~60%的石油是用自喷方法开采出来的。由于这种方法不需要复杂昂贵的设备,油井管理比较方便,是一种经济效益较高的采油方法。所以,在油田开发过程中,人们都设法尽可能保持油井长期自喷。

二、机械采油

油田在开发过程中,由于地层能量逐渐下降,已不能使油井保持自喷,或者虽然可以自喷但产量过低;有的油层原始压力本来就很低,或者油稠,自喷举升摩擦阻力过大,油井一开始就不能自喷;也有的油井位于油田边缘,由于含天然气量少、黏度大、流动性差,大部分油井也不能自喷,所以需要利用机械的能量进行采油。在国内外,非自喷井在采油井中要占很大的比例,因此非自喷井的开采十分重要,机械采油的工艺技术也在不断提高和发展。

经常采用的机械采油方法有抽油机采油、潜油电泵采油、水力活塞泵采油、气举采油等,下面分别进行介绍。

(一)抽油机采油

抽油机采油是通过下到井底的深井泵来完成的(图1-6)。深井泵抽油的道理和水井的手压式抽水机相似,它有工作筒和活塞。工作筒有固定阀门,接在油管下部,下到井筒液面以下。活塞是空心的,上面有游动活门,它是用抽油杆下到工作筒里去的。抽油杆可以带动活塞上下运动,当活塞向上时,游动活门在液体压力下关闭,这时活塞上面的石油就从工作筒内提到上面油管里去。同时,工作筒内的压力降低,油管外的石油就顶开固定活门流入工作筒内。当活塞向下时,工作筒内压力增加,固定活门关闭,石油就顶开游动活门跑到活塞上面去。这样,活塞上下反复运动,井里的石油就被抽到油管里去,并不断地从油管排出井口。

当前,主要采用的是游梁抽油机,由游梁、连杆、曲柄机构、减速箱、动力设备和辅助装置组成。动力设备可能是电动机或天然气引擎等,通过皮带传动,经减速箱减速,带动曲柄,曲柄通过连杆经横梁带动游梁,做上下摆动,所以也习惯称它为“磕头机”。目前,在国内外油田上有80%的非自喷井都用这种抽油机来采油的。

(二)潜油电泵采油

潜油电泵主要由井下电动机、离心泵、保护器和地下电缆等组成。电动机装在井下,直接带动潜油泵(图1-7)。潜油电动机的道理和地面电动机一样,但它的外形却和地面电动机不同,因为它要下到井里,在具有一定压力和温度的原油里工作,所以要把它制造得细而长,并有良好的密封性。

潜油离心泵和普通农用抽水机的道理一样是旋转式的,不过抽水机旋转叶轮级数少,而潜油离心泵的叶轮是多级的。

电动机下到几百米甚至上千米的油井里,从井口下一条电缆接在潜油电动机上。当电缆通电后,潜油电动机旋转带动潜油离心泵的多级叶轮转动。每一级叶轮都给井底原油增加一定的压力,就如同抽水机给水增加压力一样。当原油经过多级叶轮转动后,压力会升得很高,于是油就从井底举到井口。

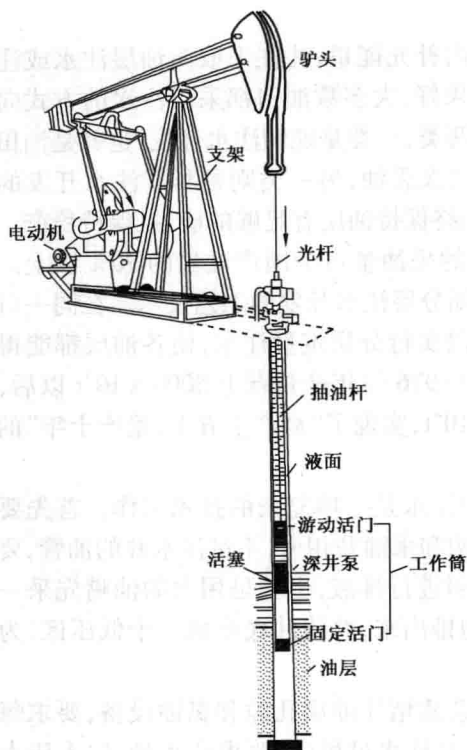


图 1-6 抽油机采油示意图



图 1-7 电动潜油泵

潜油电动机由于直接带动潜油离心泵,省去了不必要的动力消耗。因此,它的功能比抽油机高得多,并能节约用电。它可用于很深的高产井,也便于实现油田生产自动化。

当前,世界各产油大国都非常重视潜油电泵的革新和改造,已经形成不同直径和不同排量的系列。最近又发展了变频电动机,通过电动机频率的变化来改变泵的转速,从而调节流量,达到节能增产的目的。我国近几年在提高产液量保持原油稳产的情况下,也选用了潜油电泵,大庆、胜利等油田已有几百口油井见到明显的增产效果。

(三) 水力活塞泵采油

水力活塞泵是利用注入井内的高压液体驱动井下的液力马达,液力马达上下往复运动带动抽油泵抽油。水力活塞泵具有下泵深、泵效高、检修方便等特点,而且排量范围广,适用于稠油、高含蜡、低液面、方向井等情况的油井。特别在没有电源的外围井,可利用本井的天然气作天然气引擎的燃料,带动地面高压泵来驱动井下泵抽油。我国山东胜利油田引进了国外技术,发展了自己的水力活塞泵系列,已推广应用几百台,并在华北、中原、大港等油田推广使用。

(四) 气举采油

气举采油是人为地把天然气注入油管 and 套管的环形空间,通过油管下部的一个阀门进入油管,使油管内的原油混气,液柱压力降低,生产压差加大,提高了采油强度,不断将原油举升到地面。气举采油井口和井下工具都比较简单,但地面需要安装天然气压缩机,一次投资成本较高。气举采油主要用于一些不适宜采用一般机械采油方法的油井,如含砂井,高气油比井,或有腐蚀性成分气、水的井或井下情况复杂的井。气举采油要有比较充足的天然气源。当前,我国因为天然气资源少,只在辽河油田和中原油田有少量气举油井。

三、向油层内补充能量开采

随着油田开发,油层能量不断下降,为了向油层内补充能量,往往采取向油层注水或注气的办法。特别是注水法适应范围广,水来源方便,效果好,大多数油田都采用注水的方式向油层补充能量。当前,注水开发油田的方法,大致分为两类:一类是晚期注水开发,也就是油田靠天然能量开采已无法维持生产时,采用注水来进行二次采油;另一类则是早期注水开发的方法,也就是油田一开发,或开发一阶段即开始注水,始终保持油层有足够的能量,保持稳产。目前,我国的大多数油田都采用了注水开发,注水油田的采油量占全国产油量的 90% 以上。大庆油田 1960 年投入开发以来,创造了我国一整套早期分层注水开发的工艺技术。在同一口注水井中,将注水层按渗透率的差异分为若干段,对各段实行分层定量注水,使各油层都能得到能量补充,使油井保持了较长时间的自喷。大庆油田 1976 年年产量跃上 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 以后,一直稳产,到 1990 年年底油田年产量仍保持在 $5500 \times 10^4 \text{t}$,实现了“高产上五千,稳产十年”的目标,并为实现更长时间的稳产打下了扎实的基础。

注水开发油田见到了很好的效果,但是向油层内注水是一项复杂的技术工作。首先要在油田上按照开发方案的设计钻注水井。注水井的结构和采油井相似,不过注水井的油管,要涂上防腐涂料,以防生锈。注水井在正式注水之前,必须进行排液,也就是用大的油嘴先采一段时间的油。这样,便于把钻井时污染在油层中的杂物排出来,并使井底形成一个低压区,为注水创造条件。

对注入油层水的质量要求很高。为避免水中的杂质堵住油层孔隙和腐蚀设备,要求每升注入水中不能超过 2mg 的杂质和 0.5mg 的铁。油田在注水过程中,要求注水量,注入压力要均衡稳定,同时要保持一定的注采比(即油田注入水量和采出液量的比例)。并且按照地下实际情况,做好配产配注,使注入油层的水都能充分发挥作用。

此外,还有注气的方法,一般来说是注入天然气。我国辽河油田、中原油田、华北油田有天然气资源,可在这些地区采取注气开发。

第四节 矿场油气集输

一、油气集输工作的对象和任务

石油埋藏在地下几百米、甚至几千米深的油层中,钻井工作是用钻机把地层打通,采油是把油气引到地面上来,这时石油和天然气还只是分布在油田的井口处,它是未经过净化的油、气、水及其他杂物的混合物。

油气集输工作的主要任务是把分布在油田各个井口处未经过处理的石油和天然气的混合物,用一定的方法收集起来,经过计量,然后汇集到集油站,经过油气初步分离,转输到联合站,在联合站油气经过加热分离、脱水、原油稳定,污水经过沉降、过滤,天然气经过脱轻质油、脱水变成四种合格产品:原油、天然气、净化水、轻质油,然后分别输送出去。概括地说,油气集输是以油田油井为起点,矿场原油库或长距离输油、输气管道首站及油田注水站为终点之间所有的矿场业务,其工作流程如图 1-8 所示。

油气集输的工艺过程是:油井产出多相混合物经单井管线(或经分队计量后的混输管线)混输至集中处理站(集中处理站也称油气集输联合站),在联合站内首先进行气液的分离,然后对分离后得到的液相进一步进行油水分离,通常称原油脱水;脱水后的原油在站内再进行稳

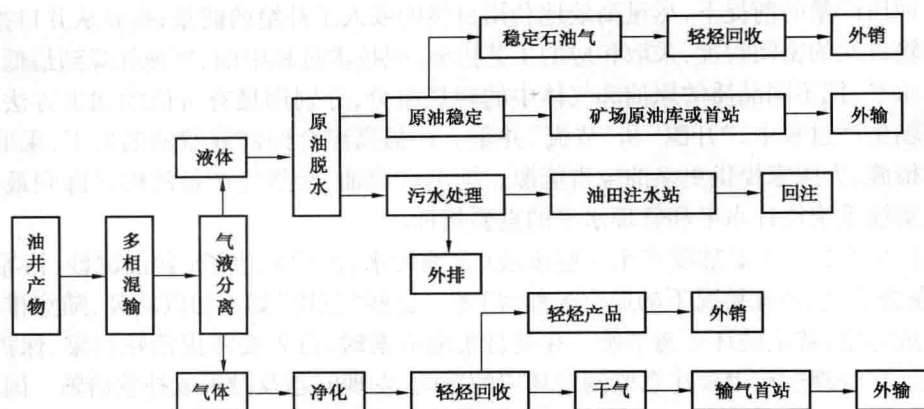


图 1-8 油气集输工作流程图

定处理,稳定后的原油输至矿场油库暂时存储或直接输至长输管道的首站;在稳定过程中将得到的石油气送至轻烃回收装置进一步处理;从油水混合物中脱出的含油污水及泥沙等,进入联合站内的污水处理站进行除油、除杂质、脱氧、防腐等一系列处理,使之达到油田地层回注或环境保护要求的质量标准,再根据需要,回注地层或外排;对从气液分离过程中得到的天然气(通常称为油田伴生气或油气田)进行干燥、脱硫等净化处理后,再进行轻烃回收处理,将其分割为含甲烷 90% 以上的干气和液化石油气、轻质油等轻烃产品,其中干气输至输气管道的首站,液化石油气和轻质油等轻烃产品可直接外销。

二、油气生产对技术工作的要求

如前所述,油气集输是油田生产中很重要的生产阶段,无论新油田的开发建设,还是已开发油田的调整改造,油气集输必须适应油田生产全局的需要,满足以下几点要求。

(一) 满足油田开发和开采的要求

油田的一切工作都应该围绕着把油气资源多快好省地开采出来,以满足国家对能源的需求。根据油田的地质资源,油藏工程将提出合理的开发设计,采油工程将提出并实施相应的工艺措施以保证油田按开发设计投入生产,而油气集输则要根据这些条件确定本系统生产规模、工艺流程、总体布局及相应的工程内容,从而保证采输协调、生产平稳,促进油田的开发和开采。

然而,油田的生产特点既是连续的,又是不均衡的。油井要根据开发要求调整工作制度、生产参数,个别采油井可能转为注水井,以及平时的修井作业、生产维护等都可能造成局部的、区域的或者全局的生产不均衡,形成产量波动。在油田开发的全过程中,油井数量不断增加,油井含水率将逐年上升,携砂量也会越来越多,原来的自喷井可能成为间歇自喷井或改为抽油井,原来的高产井会逐渐成为低产井。随着开发层系的调整,油井产物的油气组成、气油比、原油物性等也会发生变化。总之,油田开发和开采的变化,反映到地面集输系统中就不仅仅是数量的变化,也会发生质量的变化。油田的这一生产特点,要求油气集输系统的工程设施随之做出相应的调整,要考虑能以地面设施的少量变动满足适应油田开发不同时期的、不同阶段的要求,而不是推倒重来。

(二) 要贯彻节约能源和保护环境的原则

油田是能源生产基地,也是耗能很大的用户。集输方案、流程、管网布置、设备选型等应该

在不影响油田产量的前提下,尽量高效地利用自然的或人工补给的能量;提高从井口指导矿场油库或外输首站的密闭程度,采取相应的工艺措施,把技术过程中油、气损耗降到最低;提高油气初加工水平,把不同品质的原油和气体中的轻烃组分,分别用最有价值的加工方法。总之,在油气集输生产过程中,“开源”和“节流”并重。在提高综合经济效益的前提下,采取相应的节能技术措施,为国家提供更多的宝贵能源。把单位原油、天然气产量的能耗降到最低,这是衡量油气集输系统设计水平和管理水平的重要指标。

在油田生产过程中必然要产生一些废液(含油污水、污油)、废渣(含油泥沙、污垢)、废气(加热设备排放气、特殊情况下的放空天然气)等。这些“三废”如不加以治理,随意排放,必然对环境造成污染,甚至破坏生态平衡。在制订集输方案时,首先要考虑消除污染、保护环境的工程措施。在管理过程中要注意监测对环境的影响,发现问题及时采取补救措施。国家规定,在重大项目可行性研究阶段,要提出该项目对环境影响评价报告,提请国家环保部门审核,并作为可行性论证的依据和前提。

(三)要贯彻方便管理和安全运行的原则

油藏开发动态及其变化,将直接反映在油气集输生产过程中。为了监视油井乃至区块的开发状况,集输系统应该正确地提供反映这些状况的各种数据和资料,以便根据油藏工程的安排,采取相应的工艺措施适时地进行调整。集输系统中的分离、计量、净化、稳定、储存、输送等工艺环节和生产过程要便于操作工人掌握、管理和维护,这是油田实现科学管理和文明生产的重要保证。一些新工艺、新技术的采用既要有助于操作工人技术水平的提高,又要考虑到他们的实际技术水平。

集输系统的生产运行是连续的,无论哪一环节发生故障都会或多或少地对全局生产产生影响。但是,油田地面设施相当分散,经常性的检查和事故抢修、抢救都比较困难,因而除在生产管理中配备检查、抢修、抢救的队伍和装备以外,在集输系统的设计和布局上还应严格遵守国家有关安全、防火的规定,甚至要考虑一旦发生非常情况时整个生产系统有调整的余地,以保证全局的正常生产运行。

(四)要贯彻“少投入,多产出”提高经济效益的原则

油气集输只是油田生产地面工程的主体系统,还必须与供水、供电、通信、道路、排水、含油污水处理等系统配合才能构成油田生产的地面总系统工程。它们之间既是相辅相成的,也是相互制约的。在考虑集输系统布局的同时,还要考虑其他系统的配套;在制订集输方案的同时,一定要制订其他系统的方案。在总体上各系统方案同时参加比选,争取做到总体优化布局,而不能有所偏颇。油田开发和开采有一个发展过程,油气集输及其配套系统要做到统筹规划、统一设计、分期建设、分批投产、尽快发挥投资效益。由于油井分散,油田地面工程往往是“点多、线长、面广”,看来很小的节约和浪费,合起来则是很大的数字。油田开发周期很长,从开采初期到完全枯竭,往往需要几十年时间,如果总体布局不合理,不仅管理不方便,生产运行费用偏大,还会造成无法挽回的经济损失。