

国外大斜度井和水平井的采气(油)工艺技术

朱其秀*

(四川石油管理局钻采工艺技术研究院, 618300 四川广汉)

摘要 综述美国、前苏联、加拿大等国用于大斜度井和水平井的主要开采方法及发展状况。重点介绍不同类型的大斜度、水平井开采方法的优化选择,主要开采方法的适用性、应用情况及其经济效益,以及如何提高产量、降低成本。根据国情,提出了几点结论性建议。

主题词 人工举升 优化选择 实例 经济评价 大斜度井 水平井 发展趋势

国内外大斜度井和水平井的采气(油)工艺技术的发展概况

水平井和大斜度井实际上是定向井技术发展的重大进步,并随着定向井技术的发展日臻成熟。80年代以来,世界上已有30多个国家从事水平钻井活动,已完钻井达数千口。大斜度、水平井的采气(油)工艺技术不断地得到研究、改进和完善。现有的开采技术已不同程度地在世界各国的大斜度、水平井中获得了成功,并取得了巨大的经济效益。

近年来,加拿大、美、英、苏、法、委内瑞拉和伊朗等国家用于开采大斜度、水平井的技术主要有以下几种:杆式泵、液压泵、电潜泵和气举。这些技术根据不同的井下结构,每种举升方法都具有其自身的长处,不可能始终处于优势。

Eif - Aquitaine 公司将分布在13个国家20个不同油气层的82口水平井作了分析。最常用的且应用成功的油藏是出现锥进的油藏,约占总井数的60%,其次是裂缝性油藏。具有裂缝性和锥进双重特征的一个油田占总井数的33%,而且显示的效果最好。以下是气藏(占10%),热采油藏(仅1口水平井作注气井)和低渗透油藏(占4%),但几乎不成功,而且未投入开发。

大约有一半水平生产井要求采用人工举升。气举已用于20口,杆式泵井为20口,电潜泵井为13口。从出砂引起开采事故来看,水平井所显示的动态比常规井要好。根据生产结果分析,平均来说,开始时水平井产量为常规井的3.2倍,但下降很快,最终其累计产量(或单井产出的储量)为常规井的2.5

倍。用产量标准衡量,84%的水平井是成功井,10%为低效井,6%是失败井。失败的原因是综合性的,决非单一性的。水平井的成功关键在于地学。

在我国,目前用于大斜度、水平井的人工举升方法主要有:杆式泵和电潜泵。开采大斜度、水平井的深井泵目前只是在常规泵中选用,对其结构并未改变,仍以球阀为主。为了更好地适用于大斜度、水平井的杆式泵采气(油)的需要,许多厂家及油田都在研制大斜度抽油泵。软密封锥形阀在高含水、含砂井及大斜度井得到推广应用。电潜泵应用于斜井在我国许多油田都有成功的例子。但进口电潜泵占有相当大的比例,平均修理期很短。

我国对水力射流泵的研究和应用较晚,只是在最近几年才有所发展。虽然水力活塞泵于60年代便开始了研究,而且已应用于1000余口井,占机采井2%。气举在我国近年来也有很大的发展,但这3种技术用于大斜度、水平井的例子还未见报道。

随着钻井技术的进步,大斜度井和水平井越来越多,尤其是四川气田已完钻定向井和水平井近百口。引进和吸收国外先进技术装备,以缩短与国外的差距,迅速发展我国大斜度、水平井的采气(油)工艺技术,从而获得巨大的勘探开发经济效益。

大斜度井和水平井的采气(油)工艺技术

1. 开采方法的优化选择

在水平井中,由于射孔段长或常用裸眼和割缝衬管完井,常导致出砂、出气、出水及产率变化等问题,特别是当井筒偶然穿过气顶或水层时,气和水的

*朱其秀,副译审,1978年于安徽大学外语系英语专业毕业,一直在四川石油管理局钻采工艺技术研究院从事情报信息工作。

锥进突破也是普遍的。水平井还有一个显著的特点是水平段相当于一个虽薄但很长的水平气体分离器,气体在井筒中分离、聚集,并沿井筒向上波动到地面,在某种程度上具有间歇气举的性质,这将引起产率及地面压力发生很大变化。在一口 1 828m 的深井中,这种现象会使井底压力在几分钟内发生 $\pm 0.69\text{MPa}$ 的变化。在这种情况下自喷生产或采用气举生产,很容易处理这类问题;但如果用活塞泵生产,就要承受很大的流体载荷变化;如果下电潜泵生产,而电潜泵又位于气体流道上,则电潜泵会发生欠载或气锁。在这种情况下为了连续作业,将电潜泵的欠载延时器调整到其最大定位点,或者将其与泵连接在一起,这是非常重要的。如果将泵放置在一个鼠洞中,这些问题就可从根本上避免。

通过倾斜套管下入井下设备,或在弯曲段进行开采会出现许多问题。因此,首先应考虑把举升设备安置在垂直井段。在这种情况下,可使用标准设备,并应用常规的安装和操作系统。在许多情况下,把举升设备下入深层的收效并不大。如果水平井中有一个鼠洞井眼可供下泵特别是下电潜泵使用,那么将泵下到水平段分支点以下的鼠洞中有很大的优越性。这将在分支点处形成一个极好的天然气体分离器,产出液流以低的流速和压头反向向下流入鼠洞,而大量的气体在转弯处分离出来,并以气泡的形式沿环空向上排出。在长曲率半径的水平井中,将举升设备下在倾斜段,这已成为多年的常规作法。海上平台的斜井几乎都是把举升设备下在此处。在特别弯曲的井筒中,唯一选择的举升方式是液压驱动的柱塞泵,还可使电潜泵通过弯曲段。如果泵在弯曲条件下作业,那么无论如何都会缩短其寿命。所有的泵当水平放置时似乎均可工作,但柱塞泵需用弹簧助推球形阀,而在电潜泵中应避免使用迷宫式保护装置。在这种情况下,使用杆式泵易造成抽油杆过度磨损。在非水平的斜井中还会出现由于摩擦及局部支撑(与井筒底侧接触),泵的重量造成的重量损失。为此常采用一些特别措施,即:边下钻杆边旋转;将最后一段钻柱抽空。这样可以减轻钻柱的重量,从而减小摩擦作用力。不过,一旦泵的管材或井筒内径的作用发生弯曲,摩擦力将迅速增大。总之,成功地下入举升设备的基本准则是泵通过弯曲段时装置的各个组件所能承受的弯曲度,这就必须根据定向测量来计算出井筒与举升装置之间的间隙,必须考虑生产制造厂家定出的设备所允许的变形极限。

与垂直井相比,水平井更易受到对产量变化敏感问题的影响。较长的生产层段可使气、水形成锥进。同时穿过井壁的生产压差太大,会引起井眼崩落以及裂缝坍塌,造成油气井损害和产能下降。如果生产压差超过孔隙压力的 75%,那么,在碳酸盐岩,甚至在某些砂岩储层中都会受到上覆岩层压力的影响。某些水平井由于在长期的高压差条件下,可产生一个椭圆形的横截面。如果不采用坚硬的支撑剂支撑,裂缝就可能闭合,使生产指数急剧下降。

在大斜度、水平井中欲想获得长期的较大的经济效益,选择合理的人工举升方法是至关重要的。在各种结构的水平井中,每种方法都有其自身的优点,始终处于优势的并不存在。根据经验得出这些方式的电力输入与举液输出之比的总效率如下:杆式泵 47%、电潜泵 42%、水力活塞泵 39%、射流泵 27%、气举 20%。事实上,简单的系统举升效率不能在选择开采方式中起决定性作用,必须进行综合考虑,本着提高油气田开发效益,降低成本,增加利润的原则,优化选择大斜度、水平井的开采工艺技术。

2. 主要开采方法应用实例及其经济效益评价

目前,国外常用的大斜度井和水平井的采气(油)工艺技术主要有以下几种。

(1) 气举

水平井生产中会遇到泵必须通过急转弯角和由水平段到垂直段的间歇流等问题。麦克默里石油工具公司(Mcmurry)在一系列讨论研究的基础上,得出气举是解决这些问题的最佳方法。气举可用于高产、低产、高油气比、高含水、斜井和水平井的开采,特别适用于深井和气井。由于气举本身所具有的处理高油气比及气泡脉涌的能力,从而是含气条件下的最佳选择。

气举管柱中装有一系列阀,而阀的安装深度及工作压力依据下列参数计算确定:气举压力;可用于举升的气体体积;油管尺寸;出油管线压力;产量;含水量;炮眼深度;温度。阀起着压力调节器的作用,并一个接一个工作,直到达到最佳产量的深度。阀的选择也是很重要的。在阀的设计中唯一不同的只是气门尺寸的选择,这是由于大斜度、水平井中的气举所用的气量要比直井大。欲想获得与直井同样的产量必须增加注气量或增加工作压力,或两者同时增加。在水平井段放置气举阀毫无意义,它可置于水平井的弯曲井段进行开采。

斜井中气举施工的设计步骤为:按井斜角确

定垂直深度和测量油管长度; 计算所钻斜井的压力分布, 并将其转换成直井深度的当量压力; 用常规方法使用计算的压力分布设计气举装置; 用常规方法确定间隙。随着井斜角的不同, 气举注气点将会发生变化。对相同的气举工作压力, 这些注气点将随井斜角的增加而提高。

在大斜度井中下入气举阀有时会出现钢丝绳因失重而松弛这样的问题。在这种情况下, 通常采用的方法是把流体泵送到阀的顶部, 为减小摩擦力的影响可在加重杆上安装滚轮(加重杆在安装的阀之上, 并要求达到加重和振动的目的)。必要时, 可采用挠性油管调整气举阀也是可行的。

为获得最佳产量必须了解井的气液比。垂直井气举有一最佳气液比, 超过这一气液比, 就是浪费气体能量。与垂直井相比, 大斜度、水平井则需要更大的气液比。由于极端高的气液比常使水平井过载或毙井。用气举法可在静态条件下根据产量递减情况灵活地排水, 从而改变油气井产量。通过上部阀以高速率举液高产量生产, 而当产量递减时, 则通过底部安装的调节阀尽可能保持最低的井底流速进行低产量生产, 从而使气举既有效又经济。然而, 其它人工举升法不能灵活地改变产量, 且受地层气体和固体颗粒的不良影响, 这便要求有较大的投资成本和操作费用, 而气举装置的安装和操作费用都较低。

据文献报道, 在美国凡有天然气资源的情况下, 特别是海上丛式井开发的油气田, 优先选用气举开采法。主要以伴生气增压气举, 少部分用高压气举。气举法应用于大斜度、水平井的例子越来越多。

近年来, 虽然我国用于直井的气举工艺效率不断提高, 但用斜井还未见报道。

(2) 水力活塞泵

用水力活塞泵装置开采大斜度、水平井是一个极有前途的人工举升方法。它在大斜度井中已使用多年, 其操作和安装简便, 适应性强, 而且特别适用于海上平台及丛式井场内大斜度井。

水力活塞泵装置具有气举法特有的许多优点。在产量较低、气油比较小和原油粘度较高的井中, 在气举效率严重下降的条件下, 水力活塞泵可代替气举开采油井。水力活塞泵的物理操作特性具有可以满足水平井使用要求的许多优点, 其中最重要的是水力活塞泵可下入油管管柱中, 起下作业勿需提出油管。而且在井下泵的工作过程中, 任何情况下都不会在油管内产生任何机械磨损。它是利用采出的原油和水作动力液, 将能量传给井下泵。世界上制

造和应用水力活塞泵最成熟的国家是美国, 采用的水力活塞泵几乎都是自由式, 采用水作动力液。水力活塞泵系统的主要缺点是要求动力液非常清洁, 且怕气体影响。

水力活塞泵是一种往复式容积泵(见图 1)。该系统装有一个直接与活塞泵相连的液压动力引擎活塞, 每个冲程都在淬火汽缸中完成, 而且还装有合适的泵及引擎阀门组。通过地面控制阀简单地调节动力液速度, 设定泵的冲程速度, 就可使排量控制在额定排量的 10% ~ 100% 范围内。活塞泵的排量及深度适应范围大, 具有完全能降低井液面的能力, 而且工作效率高。在含有大量游离气或出砂严重的井中, 这种泵的能力受到限制。地面动力液系统是用一种小型撬装装置将产出的油或水进行处理。该装置由一个压力罐和一个旋流分离器组成。前者分离气液, 后者清除固体颗粒。地面动力油罐可交替使用, 动力油依靠重力分离。处理器可以作为分离动力水的一种替换装置。高压动力液由一个三缸柱塞泵按所要求的排量传送给井下泵。

为了使水力活塞泵通过大斜度井段时不发生损坏, 和满足泵安装方面的特殊要求, Trico/ kobe 公司对泵的偏斜情况作了分析, 制定出了安装水力活塞泵时通过井内油管柱可允许的偏斜准则。应该注意, 工作着的水力泵必须置于一个泵不会发生弯曲的直线段, 否则会阻碍活塞泵的冲程动作。水力活塞泵可接受的斜度与两个因素有关, 即: 泵与油管之间的间隙, 泵装置可安全承受的弯曲度。

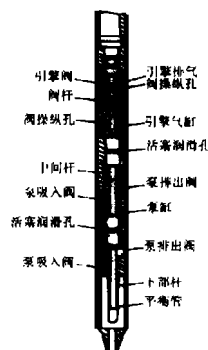


图 1 活塞泵

水力活塞泵装置在丛式斜井中的安装与操作在过去的经验中已得出了一条成功的经验, 这些井分布于城市、人工岛和近海平台。目前, 仅在洛杉矶盆地就有 200 多口井正在工作中, 许多井已工作近 25 年

了。这些井的真实垂直深度为 762 ~ 2 743m,测量深度比垂直深度大 25 % ~ 50 %。

前苏联曾在具有恶劣气候条件的西西伯利亚各油田组织了水力活塞泵的矿场经验。1980 年,在 14 号丛式井场开始采用美国科贝公司的 E 型泵。试验结果表明,在动力液含水和机械杂质都很高的情况下,水力活塞泵机组的免修期可达到较高的水平。现场试验证明,水力活塞泵可成功地用于斜井和水平井。在井斜 70° 的情况下,泵能可靠地工作,起下容易,不会对油管柱的磨损。它具有很高的灵活性,可通过大斜度角安装到最深处,使油井压力降到最低。

(3) 水力射流泵

水力射流泵是近几年来才开始用于斜井、水平井开采的。

水力射流泵是一种流体动力泵(见图 2)。这种泵在没有移动件在条件下发挥泵抽作用。泵抽过程通过喷咀、喉管和扩散器系统完成。通过地面控制装置调节动力液的速度和压力,从而使射流泵的排量在 0 到额定排量范围内变化。

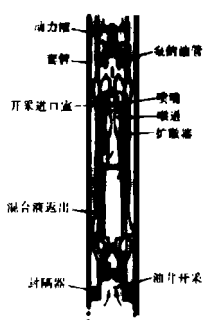


图 2 射流泵

射流泵的设计主要是选择合适的喷咀和喉管尺寸,以及它们的流动面积比,以及元件的形状、角度、长度、空间、光洁度和材料,泵的结构可以与井的条件最优匹配。

水力射流泵具有以下优点: 无运动部件,从而动力液净化要求不严格,并使维修费用降至最低; 结构紧凑,简单可靠,使用寿命长,安装费用低。现场只需更换喷咀和喉管两个部件; 能在高温、高含水、稠油、高气液比、出砂、结蜡和腐蚀等复杂条件下工作; 利用动力液正循环液力起下泵,泵的维修工作量小,修井耗资少; 适用于斜井和弯曲井。用在海洋平台、边远地区、人口稠密地区和农业区特别具有吸引力; 深度和排量的变化范围较大。深度相同时,射流泵的排量最大。在双相流动条件下,仍

能保持其性能。 随意选用不同的喷咀——喉管组合与井的条件最优匹配; 可与水力活塞泵共用一套地面设备,井下泵也可互换。但使其应用受限的有以下几条: 泵效率相对较低。要求地面供给较高功率; 系统只能在低于最大效率点时才允许较低的吸入压力。否则,至少要求 20 % 的沉没度,以接近最佳举升效率; 在一定条件下泵会出现气穴作用。为避免气穴作用,要求吸入压力高; 对回压的任意变化都很敏感。

据国外资料报道,射流泵的下泵深度已达 3 252m,最高排量达 4 769m³/d,一般日产 111m³ 的射流泵,效率最高可达 33 % 左右。

水力射流泵已在北达科他州 Baakin 油田 40 几口水平井中应用。典型的 Baakin 油井,一般在 3 048m 处开始造斜,有一个或两个切线段,在 3 200 ~ 3 505m 垂直深处到达水平段。射流泵井下总成用 73mm 的油管坐在泵挂深度处的封隔器上。一般泵坐在第二个切线段。狗腿严重度只要不超过 20° 30', 射流泵通过的油管起下不会发生任何问题。

在西西伯利亚油田试验证明,水力射流泵的效率可以达到甚至超过电潜泵的效率,其排量也比电潜泵、有杆深井泵和水力活塞泵要高。在一个油田和一丛式井场各井的产量可能相差很大,把水力射流泵和活塞泵结合起来使用就可以扩大由最小到最大的产量范围。多井水力活塞泵需要采用流量调节器,而射流泵则不需要,注入压力可选定为丛式井都适合的通用值。

总之,水力射流泵由于其安装及维修简单,对不同产率具有很好的适应性。在水平井应用中具有很高的灵活性,它可通过弯曲非常大的井,且举升效率较高,检修时不用起出油管。

(4) 电潜泵

大斜度、水平井的开采对人工举升工业提出了新的挑战。电潜泵应用于定向井、水平井已有许多年了,以往的应用为了解该泵的弯曲极限提供了经验依据。虽然,由于电潜泵能在井底压力下大排量举液,它们在水平井开采中会起到特别重要的作用,但为全面实现电潜泵水平安装的好处,必须考虑其特殊的应用准则,还需配备特殊的装置。

用于水平井开采的电潜泵系统除了有常规开采所需的泵体、分离器、密封段及电机等部件外,还需配置地面操作的电机变速控制器以及可随时记录井下压力及温度的传感器。

电潜泵在水平井中的安装位置,一般可根据井底压力的大小来选择。如果造斜点上端的井液压力较高,那么机组可安装在垂直井段内。但在井底压力较低时,就必须将机组下至井深处的造斜段中或水平段内。一般来说,许多长曲率半径的水平井,可选用标准装置。对于短曲率半径的水平井,电潜泵就很难通过弯曲段,只能在垂直井段中使用,而对中曲率半径的水平井,目前已研制出能通过高达 12°30.48m 的弯曲段而不会损坏的特殊电潜泵装置。

目前,电潜泵用于斜井已多年,取得了一些经验,在中曲率半径水平井中的应用也已获得成功。为了使电潜泵能充分地发挥其在水平井中的最佳效果,应在水平井的设计、钻井及完井时就应充分考虑电潜泵所需的各种因素。

西得克萨斯 Oryx 能源公司的 L. W. Sweet 3 号井是一口中曲率半径的水平井。它的平均造斜率为 12°30.48m,将特殊的电潜泵机组安装在弯曲段尾端的水平井段上,运转后产液量明显提高。采用间歇操作,每天运行 14 个小时,产液量比原来提高了 50%,各方面效果良好。

根据上一口井的经验,Oryx 能源公司的 J. G. Adams 1 号井被选定在水平段安装一台电潜泵。该井的造斜度也是 12°30.48m,完井套管为 177mm,增大了机组与套管间的间隙,相对减少了机组的弯曲程度。这套机组下至水平段工作后气锁现象明显减少,产液量增加了 20%。

在委内瑞拉的 Barinas 油田和 Apure 油田的油层特点是动液面高达 914m 至 1 219m,而含水为 92%。采用电潜泵保证了随着含水量的上升进行大排量采液,从而提高了产量。由于有效地采取了防砂和碳酸钙结垢的预防措施,井下电潜泵机组寿命已增加 1 到 2 年。每年节省大约 6 万美元的油井作业费用,确保了油井的长期连续生产。

美国在油气田开发上什么时期下电潜泵考虑较少,而是以获得最大经济效益为主要目标,即使油田含水已达 90%以上,仍采用电潜泵大排量生产来获得最佳经济效益。

(5) 杆式泵

目前国外杆式泵装备主要有以下几种:斜直井后置式游梁抽油机、斜直井前置式游梁抽油机、井架式无游梁长冲程斜直井抽油机。

杆式泵是最常见的人工举升方法,也是斜井、水平井中最常使用的开采技术。通常使用普通的杆式泵可下到井的垂直段或垂直井段附近,这也是最可靠

的泵抽方式。当需要把泵下入或通过长曲率半径井的弯曲段时,也可采用杆式泵。多年来,它们在斜井中弯曲附近和从地面就开始造斜的“斜井”中的应用非常有效。在许多地区,这已成为标准的开采方式。

为了减轻抽油杆柱的磨损,已采用了各种各样的方法,但能被工业界普遍接受的只有模压抽油杆导向器。它采用高强度聚合物制成,在抽油杆柱的每个接头处进行注模,通常间隔 1.5m 左右。

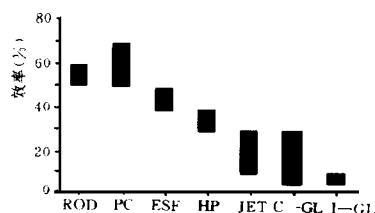
在斜井和水平井中,抽油杆和油管的摩擦是影响免修期的主要因素,采用新的防止抽油杆柱磨损的设备可降低磨损量 5/6。

如果杆式泵所在井段井筒是弯曲的,那么最好采用带挠性泵筒的泵,如插入泵。弯曲的井筒剖面可能使抽油泵装置的组件变形,因而使泵的工作复杂化。通过台架试验井的试验证明,随着井斜角的增大,泵凡尔的漏失量增加,凡尔座过早磨损。当倾斜角为 15°、45°和 60°时,泵排量将相应地减少 10%、25%和 40%。但是,巴什基里亚许多油田的斜井开采试验证明,将泵安装在井筒倾角 40°以下的井段,泵排量的变化非常小。抽油杆的免修期随着井筒倾斜的增大而增加,但必须同时减小泵挂深度。

前苏联阿尔兰油气开采管理局曾选择了 150 口井采用杆式泵进行开采,井的最大倾角由 0 到 50°。这些井的泵径为 32~43mm 和 56~68mm,含水由 0 到 25%。通过实践对杆式泵的安装位置,井筒倾角对泵排量的影响,抽油杆柱在斜井中承受的负荷等进行了分析研究。为减小井下设备的摩擦力采取了两种技术措施:在抽油装置上安装气动补偿器。安装气动补偿器可减少水动力摩擦力,由此可减少整个有杆泵的摩擦力。采用带差动柱塞的杆式泵。这种方法是当抽油杆柱上行时,将井口和井筒倾斜组合段之间的液体段截断,并分段上举到井口。

效率与降低开采费用

在今日生产受限的美国,开采方法的总效率和总作业成本正驱使人们重新检查所采用的“最佳”方法。各种人工举升法的总效率比较如图 3 所示。只有杆式泵、螺杆泵的效率超过 50%,连续气举的效率很大程度上要根据注气质量、深度而定。在某些情况下,服务和维修费相当大。如连续气举维修费很低,而系统效率也很低,这就导致了高能源费用,高作业成本,限制了此技术投资回收。因此,任何一种举升方法的选择都需要进行全面的经济分析。



ROD—杆式泵 PC—螺杆泵 ESF—电潜泵
HP—水力活塞泵 JET—射流泵 C—
GL—连续气举 I—GL—间隙气举

图 3 主要机械采油方法水力效率的比较

提高产量、节约成本是选择任何一种举升方法的宗旨。目前大多数公司都采用下列方法来计算其总费用:

开采总费用 = 设备费用 + 能量费用 + 维护保养费 + 修理费 + 劳务费

节省开采费用的重点应放在两个方面: 从经济效益的角度来选择合适的开采系统; 研究一套方案,使油气井在开采期内维持高的开采效率。基本投资费用只能作为一种依据,要始终保持低的开采费用,应按一定的设备顺序进行。要使开采系统具有一定的经济效果,应做好以下几点:

a. 在油气井开采寿命的某一特殊时期,根据油气井系统特性(特别是流入特性)来评价,并选择最有效的开采系统。

b. 选好某一开采系统,尽量把该系统设计好。

c. 在该系统的使用期限内,监测其效果如何。

d. 在油气井开采后期,对开采系统进行评价,随着井的特性和条件的变化(储集层压力变低,含水量增加),或许还需要更换开采系统。

从工程技术的角度来讲,应根据井的系统特性来选择最合适的开采系统。

经济分析中最困难的是在油气井的使用期限内获得使用举升方法的优质作业成本数据。如可能,可用相似井的数据。运用这些数据,再加上对残余价值、通货膨胀、税收等的预测,可发现特定的开采方法的现值效益。新的开采系统效果只有在工业试验的基础上才能作出最终评价。

结论与建议

(1) 随着钻井和完井技术的进步,世界各国的大斜度、水平井越来越多。虽然我国定向井和水平井在钻井技术方面已取得了巨大成功,但欲想提高整

个生产期单井累计总产量,获得更大的经济效益,在很大程度上还取决于采气、采油工艺技术的进步,国外在此方面已有许多成熟的技术和经验值得我们借鉴。通过对该技术的调研,结合我国、我局具体实际,可引进和吸收国外先进技术及其装备。可请外国专家进行技术咨询和服务,可根据四川气田近百口定向井的具体情况,适当地引进一些合理的人工举升设备,从而加快我国石油天然气工业的迅速发展,获得更大的勘探开发经济效益。

(2) 优化选择开采方法应从油气藏、钻井、完井设计和作出决策考虑,这就需要各学科的密切协作。开采方法的总效率和总作业成本也是选择任何一种人工举升方法至关重要的。在各种结构的大斜度、水平井中,每种方法都有其自身的优点,始终处于优势的并不存在。

(3) 水平井生产中会遇到泵通过急转弯角和由水平段到垂直段的间歇流等问题,气举是解决这些问题的最佳方法。气举可用于高产、低产、高油气比、高含水、斜井和水平井的开采,特别适用于深井和气井。由于气举本身所具有的处理高油气及气泡脉涌的能力,从而是含气条件下的最佳选择。

(4) 水力活塞泵是开采大斜度、水平井极有前途的人工举升方法。它具有气举法特有的许多优点。在产量较低、气油比较小和原油粘度较高的井中,在气举效率严重下降的条件下,水力活塞泵可以代替气举开采。水力活塞泵的物理操作特性具有可以满足水平井使用要求的许多优点,其中最重要的是它可下入油管管柱中,起下作业无需起出油管。

(5) 水力喷射泵是近年来才开始用于斜井、水平井开采的。水力喷射泵由于其安装及维修简单,对不同产率具有很好的适应性。在水平井应用中具有很高的灵活性,它可通过弯曲非常大的井,且举升效率较高,检修时不用起出油管。

(6) 电潜泵应用于定向井、水平井已有许多年了,以往的应用为了解该泵的弯曲极限提供了经验依据。由于电潜泵能在井底压力下大排量举液,它们在水平井开采中会起到特别重要的作用,但为全面实现电潜泵水平安装的好处,必须严格考虑其特殊的应用准则,还需配备特殊的位置。

(7) 杆式泵是常见的人工举升方法,也是斜井和水平井中常使用的开采技术。随着井弯曲半径变小,抽油杆柱受到磨损增大,其应用极限以抽油杆柱能正常进行工作,抽油杆柱更换次数不要太多为准。为减轻抽油杆的磨损,可采用模压抽油杆导向器。

水力压裂技术现状及发展展望

王晓泉* 陈 作 姚 飞

(石油勘探开发科学研究院廊坊分院压裂中心, 065007 河北廊坊)

摘 要 本文对国内外目前常用的低渗透油藏总体优化压裂技术、致密气藏大型水力压裂技术、深井、超深井压裂酸化配套技术、煤层甲烷气压裂技术以及近几年国外开始研究用于高渗层和重复压裂的高砂比和端部脱砂压裂技术的技术发展、现状及未来趋势作了较详细的分析介绍。

主题词 水力压裂 开发 致密气藏 超深井 煤层气 现状 发展趋势

国内外压裂实践表明:开采低渗层离不开压裂。水力压裂是指对目的层泵注前置液以形成裂缝并延伸,而后泵注混有支撑剂的携砂液,携砂液继续延伸裂缝,并携带支撑剂深入裂缝内,然后使压裂液破胶降解为低粘度流体流向井底,留下一条高导流能力通道,以利油气由地层远处流向井底。其目的是:解除钻井完井过程在井眼附近形成的损害,改善油井产能;在低渗透油藏内形成深穿透的高导流能力的裂缝;提高废液处理井和注水井的吸收能力;

二次采油及三次采油如注水、火烧、气驱以提高井的吸收能力及驱替中的扫油效率。

水力压裂技术的发展

自从 1947 年 7 月世界第一口压裂井在美国堪萨斯州大县 Hugoton 气田 Kelpner 1 井成功压裂以来至 1997 年,50 年间已有近 150 万井次的压裂作业。50 年来,水力压裂技术已由简单的、低液量、低排量压裂增产方法发展成为一项高度工程的成熟的开采工艺技术,其发展具有以下 4 个特点。

1. 由单井的增产增注进展到整个油藏的总体压裂优化设计

最初的压裂改造,仅仅针对单井而言,缺乏对油藏非均质性、水驱扫油效率与开采效益的总体考虑。80 年代中后期,人们把油藏总体作为一个工作单元,将水力裂缝与油藏进行匹配研究,使水力压裂与油藏工程结合起来。

2. 低渗透油藏“压裂开采”进展到“压裂开发”

“压裂开采”是在给定井网条件下进行,由于水力裂缝方位和井距已定,与之匹配的优化缝长就确定下来,这就制约了裂缝长度和井数的设置。90 年代提出的“压裂开发”,是在部署开发井网前就考虑了水力裂缝方位、长度、导流能力等对油藏生产动态可能造成的影响,通过研究开发井网系统和水力裂缝系统的优化组合,用获得总体优化的经济净收益和最终采收率的井网系统来部署开发井网,最大限度地实现低投入、高产出的目标,使水力压裂与油藏工程结合更加紧密,使低渗透油藏的高效开采成为可能。

参 考 文 献

- 1 SPE 24674
- 2 SPE 24763
- 3 Times demand economic artificial lift, The american oil and gas reporter, January 1992
- 4 Gas lift usage can increase horizontal well production, The american oil and gas reporter, June 1992
- 5 ESPs provide practical lift for horizontal wells, The american

oil and gas reporter, June 1990

- 6 Gas provides efficient, Economic lift, The american oil and gas reporter, June 1990
- 7 SPE 24839
- 8 SPE 24839
- 9 宋辉:水平井人工举升,油气田开发工程译丛 1992 (4)
- 10 王增进:国内外斜井举升工艺现状,石油钻采工艺 1994 (3)

(收稿:1997—10—14,技审:杨川东 高工,编辑:张仁凤)

*王晓泉,1995 年毕业于西南石油学院采油工程专业,从事油藏模拟、压裂酸化技术研究工作。

and the results are correct.

Subject heading :fracturing ,proppant ,sand fluid ratio ,concentration ,technical index ,grey - correlation degree ,research ,analysis.

Zheng Junde , Wang Wenjun : **THE EFFECT OF HIGH PRESSURE INJECTING ON CASING IN SANDSTONE**,DPT 21(2) ,1998 :

Abstract :Through the theoretical researches and calculations get the characteristic of sandstone vertical deformation under high pressure injecting and properties of casing strength with axial extent stress ,and introduces the mechanism of casing deformation in sandstone under high pressure injecting. As an example with casing damage in Yushulin oil field of Daqing ,the paper calculates the relations between injecting pressure ,casing stress and casing strength.

Subject heading :high pressure ,water flooding ,sandstone ,casing deformation ,casing strength ,calculation

Zhang Yongli , Wang Laigui , Wu Encheng : **PRINCIPLE OF HYDRAULIC SANDBLASTING SLOTTING TECHNOLOGY FOR STIMULATION OF PRODUCTION AND INJECTION WELL AND ITS PROSPECTS**, DPT 21(2) ,1998 :

Abstract : This paper describes in detail development procedure and working principle of hydraulic sandblasting slotting technology imported from USSR ,and introduces its test cases in Daqing oil field. It also introduces its improvement ,popularization and bright future.

Subject heading :hydraulic sand blast slotting ,permeability ,application ,stimulation ,developing trend

Zhu Qixiu :**FOREIGN PRODUCING GAS AND OIL TECHNIQUE OF HIGH- ANGLE AND HORIZONTAL WELL**,DPT 21(2) ,1998 :

Abstract : The paper overviews the main production technique and developing trend of high - angle and horizontal well in USA ,USSR and Canada etc. It introduces optimum seeking ,suitability ,application case ,economic benefit and how to increase the efficiency for reducing the cost of production technique suitable for different kinds of high - angle and horizontal well. In addition ,suggestions based on China 's national conditions are given in the paper.

Subject heading :artificial lift ,optimum seeking ,example ,economic evaluation ,high angle deviated hole ,horizontal well ,developing trend

Wang Xiaoquan , Chen Zuo , Yao Fei : **THE PRESENT SITUATION AND PROSPECTS OF HYDRAULIC FRACTURING TECHNOLOGY**,DPT 21(2) ,1998 :

Abstract : The paper introduces the technical development ,present situation and trend of hydraulic fracturing technology which includes general optimum design of fracturing in low permeability reservoir ,massive hydraulic fracturing of tight gas reservoir ,fracturing and acidizing matching technology of deep and ultradeep well ,fracturing technology of coalbed gas. It also introduces the high sand concentration and end desanding technology for high permeability layer and multiple fracturing which began to research in the recent years abroad.

Subject heading :hydraulic fracturing ,development ,tight gas reservoir ,ultradeep well ,coalbed gas ,present situation ,developing trend

Zhang Lianshan : **COLLECTION AND DEVELOPMENT RESEARCH OF LONG STROKE NON - BEAM PUMPING UNITS**,DPT 21(2) ,1998 :