

【编者按】随着我国经济及石油工业的发展，石油、天然气勘探与开发的力度不断加大，每年石油钻井的数量都维持在较高的水平，已成为世界三大钻井最多的国家(美国、加拿大、中国)之一。

石油工业勘探开发需要大量使用和消耗油井管，我国油井管的需求量也逐年递增，2002年达到120万t，约占全世界的1/5，每年耗资约100亿元人民币，并且在未来几年内还有增长的趋势。由此可见，我国油井管市场潜力巨大，在世界范围内占有重要的地位。

油套管是钻井、完井和安全采油(气)的重要基础材料，在石油勘探与开发中具有十分重要的作用，油管管的性能与油气井安全、寿命直接相关。

中国石油天然气集团公司管材研究所专家、高级顾问、教授级高级工程师李平全，长期从事石油管工程技术方面的技术监督、失效分析、预测及预防研究等工作。为使业界同仁对油管管的服役条件、性能要求、损坏原因、标准与技术要求变化、管体缺陷及典型失效案例等有更为全面的了解，李平全先生重新整理了近两年宣传贯彻API标准及油管管失效分析等有关的讲座文稿，本刊特将此部分文稿集成“油管管标准研究、油管管失效分析及典型案例”技术讲座，于2006年第4期起连续刊出，以饕读者。

力学和环境服役条件及其对油管管的要求

——《油管管标准研究、油管管失效分析及典型案例》(1)

摘要：简要介绍了油管管在石油工业勘探与开发中的作用，油管管柱构成及其性能与油气井安全、寿命的关系。分析了油田地质、油藏工程、钻井及固井工程、油气开采和开发工程与油管管性能的相互关系以及在建井及开发全过程中的主要力学和环境服役条件，及其对油管管的要求。

关键词：油管管；力学和环境服役条件；性能；要求

0 前言

油管管是钻井、完井和安全采油(气)的重要基础材料，套管的寿命决定了油气井的寿命。套管一旦发生损坏，不但会使油气减产，而且会严重破坏储层，导致注采井网层系布局越来越不合理，影响正常的勘探开发与生产。我国油田每年因套管损坏造成的油井破坏或报废的经济损失就达数十亿元。油管管是试油试气、采油采气的唯一通道，发生油管管事故，虽然不像套损那样导致全井报废，但每年由于更换油管、原油漏失、报废油管等造成的经济损失也是非常巨大的。最为严重的是测试等作业管柱，在深井、超深井、高压井作业中一旦发生事故，往往会造成更为严重的后果，不但会造成油气井失效，而且还会导致人员伤亡。

新技术和新工艺在石油增产增效方面的作用越来越突出，而油管管的发展对石油工业采用新技术、新工艺的影响也越来越大。油管管的技术进步使得石油工业对过去无法开采的油气田可以重新开采，过去无法采用的钻采技术可以采用。高强度油管管的开发成功，使深井、超深井的开发成为可能；特殊螺纹接头油管管的应用，使天然气井和高压井的开发安全性得到提高；耐腐蚀材料的油管管

开发成功，解决了酸性油气田开发中的技术难题；热采井用套管的开发成功，推动了稠油热采技术的发展；高抗挤、高钢级厚壁套管的开发成功，为解决盐岩层、泥岩层、膏盐层等塑性流动地层套管的变形问题提供了重要支持。

1 油管管柱

套管是用于防止地层流体流动或地层挤毁井壁的管子。套管是井的永久性部分，套管底部被水泥固定在井内，有时水泥上返至地面。

油管管是下入井中采出井液或注液的管子。它是井内最内层的管子，井内流体通过油管管流至地面或送至地面。油管管可以用采油封隔器与套管分隔。

根据固井的目的及套管的功用，井内下入的套管可以分为表层套管、技术套管、油层套管。

(1) 表层套管，下入深度可以从几十米到几百米。管外水泥通常返至地面。套管鞋必须坐放于致密、坚硬的岩石中。

(2) 技术套管，用于封隔复杂地层，保证顺利地进行钻进。例如大段漏失层，高压水层、严重垮塌地层，以及非目的层的油、气层或压力相差悬殊的油、气层等。技术套管的水泥返高，一般应返至

(2) 欠平衡钻井、地层油气压力及在井管内的压力、“井涌”条件下的钻井。

(3) 钻进异常,如井喷、钻井液喷空和套管内充满高压油气的内压。

(4) 关井时地层内异常高压油气的作用。

(5) 钻井液中 Cl^- , 溶解氧, 磺化泥浆在高温下分解的 H_2S 对套管的腐蚀。

(6) 下套管及固井: 地层外挤力、内压力、套管柱拉力、管内水泥浆附加轴向拉力等。

(7) 替钻井液如采用“碰压”方式来控制替钻井液量时,替钻井液“碰压”的冲击载荷。

(8) 上下活动套管固井动载的作用。

(9) 套管吊卡上提、下放活动解卡等的动载作用,提、放速度等。

(10) 偏磨或磨损过大吊卡造成的偏斜载荷。

(11) 在坐放套管时的碰撞冲击载荷。

(12) 定向井、水平井、钻杆接头对技术套管的磨损,在弯曲水平段生产套管下入时地层的摩阻扭矩。

4 对管材的基本要求

4.1 注水

(1) 陆相沉积砂岩油田的层系多,薄互层多,以中、低渗透为主,油层的压力普遍偏低。对这种条件的油井,大多采用早期注水或分层注水开发。注水贯穿于油田开发的全过程,其注水压力接近油层破裂压力。对于深井低渗透油层,注水的压力特别高。

(2) 对油层套管的要求:良好的抗挤强度,螺纹连接密封性好,能承受长期高压注水。

4.2 压裂、酸化

(1) 我国砂岩油藏大多采用压裂投产或注水开发后压裂增产,分层压裂,因而只能选择套管射孔完井。油管注压裂液压裂,排量大,摩阻高,施工压力高。因碳酸盐(裂缝性或孔隙性)地层的岩层大多坚硬、致密,大多采用常规酸化投产,其开采过程中大多要采取酸压或压裂处理等增产措施,因此必须采用射孔完井。

(2) 对油套管的要求:适当加大油管尺寸,减小摩擦阻力,降低施工压力;油管的强度(抗内压)、螺纹密封性、耐蚀性(或添加缓蚀性,降低环境苛刻性)等良好;套管的强度、韧性(抗射孔开裂性能、毛刺过高)、螺纹连接密封性、耐蚀性(尤其是

封隔器下油管与套管环空区及射孔段套管)等良好。

4.3 注蒸汽热采

(1) 稠油、特别是特稠油和超稠油,其在地下粘度,几乎不流动,必须采用热采。注蒸汽是最主要的热采方法,蒸汽的注入压力和温度视油层深度而定。稠油层大多是粘土或原油胶结,油层极易出砂。无气顶、底水、夹层水的大厚稠油层可采用裸眼金属绕丝筛管砾石充填完井,一般多采用套管射孔管内金属绕丝分布砾石充填完井。

(2) 对油套管的要求:高的抗挤强度,高的接头密封性及抗拉脱强度,抗射孔开裂,耐蠕变松弛,在注蒸汽温度下的屈服强度降低少(对于室温),可采用大直径套管和大直径油管,以降低流动阻力。

4.4 防砂

(1) 油层生产时若出砂,应选择防砂完井方式。厚油层无气顶无底水时,一般可采用裸眼或套管射孔完井防砂;薄层或薄互层则采用套管射孔完井防砂。

(2) 对油套管的要求:采用 177.8 mm(7 in)以上规格的套管,减缓油流入井速度,砾石充填防砂时还可增加防砂厚度。套管应抗挤、抗射孔开裂。

4.5 注天然气及其他气体

(1) 注气主要用于凝析气田,或循环注气,或三次采油中注 N_2 、 CO_2 或其他气体。一般注入的气体压力高。

(2) 对油套管的要求:套管长期在高内压下工作,应具有高的抗内压性能、高的螺纹连接气密性;永久封隔器以下的套管抗 CO_2 腐蚀或具有保护措施。油管柱不压井,应抗 CO_2 腐蚀、抗冲刷腐蚀或具有保护措施。

4.6 含较高的 H_2S 或 CO_2 、 Cl^- 、地层水高矿化度的天然气井

油管和永久封隔器以下的套管应抗 H_2S 或 CO_2 、或 $\text{H}_2\text{S}+\text{CO}_2+\text{Cl}^-$ 含 H_2O 天然气腐蚀,永久封隔器以上的套管应抗腐蚀或环空保护。

相应于调整井,气顶、底水和边水控制,垂直或高陡裂缝油层、中厚油层、古潜山油藏的钻井、完井工程对油套管也应有相应的要求,但要依具体情况而定。

综上所述,油田地层地质自然力因素、油藏工程、采油工程、完井工程、钻井工程、固井工程,增产技术和井下作业生产过程的防腐、防垢作业对油套管的主要要求如图 2 所示。

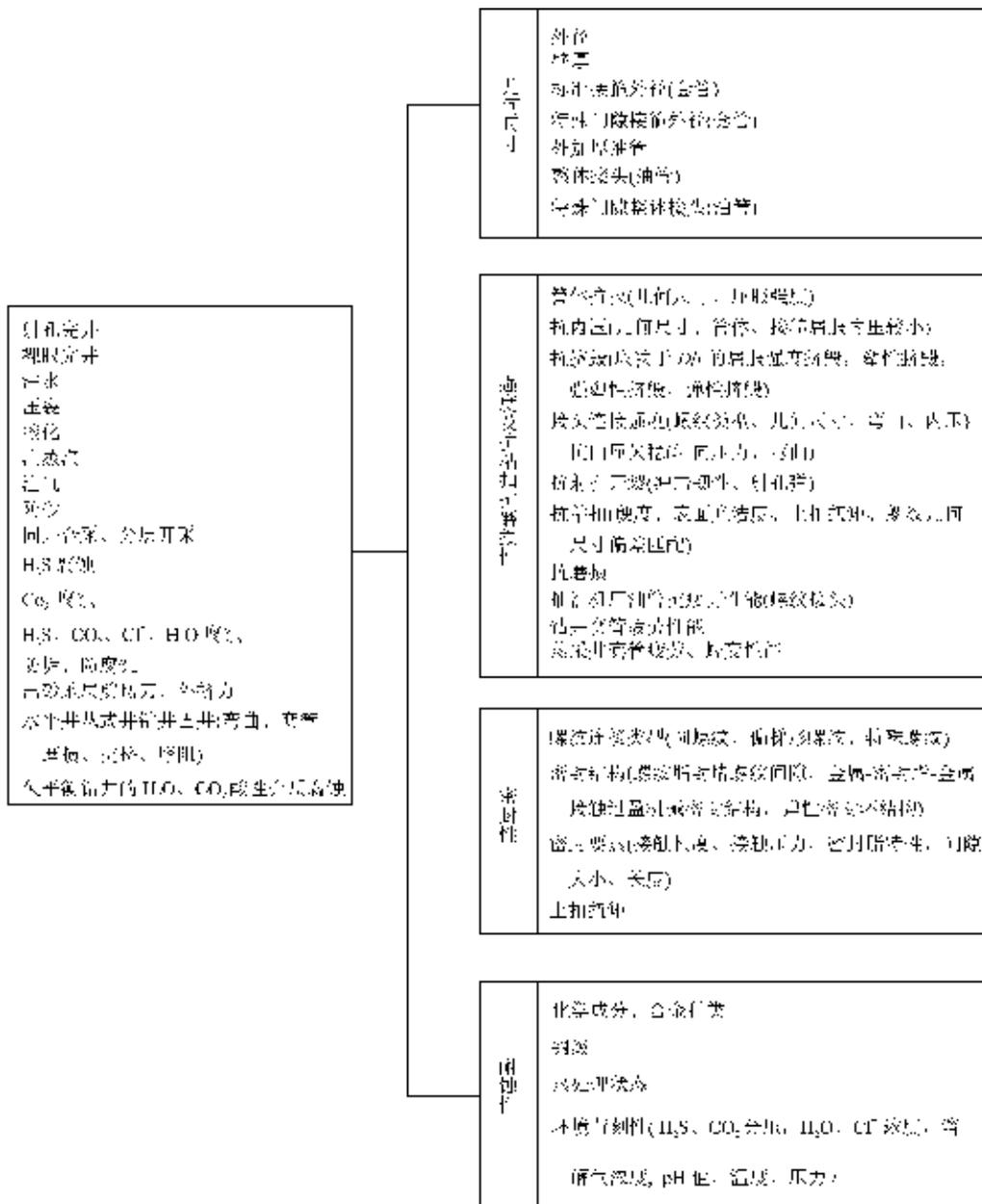


图 2 地层地质自然力因素、石油工程对油套管的要求

5 结论

(1) 油套管柱在石油工业勘探开发中是保证钻井、完井和采油(气)安全及使用寿命的主要基础材料,套管的寿命将决定油气井的寿命。同时油套管的技术开发和应用为油气勘探与开发采用新技术和新工艺提供了重要支持。

(2) 油田地质、油藏工程、钻井固井工程、油气开采与开发工程是确定油套管性能要求的关键因

素,油套管性能影响上述工程的全过程。

(3) 油套管在建井期间及在役期间受到的力学和环境服役条件苛刻,应根据服役条件选用具有不同性能要求的管材。

(待 续)

李平全 撰稿