

文章编号: 1001-3482(2008)07-0079-04

# 锥形连续管技术

于小波, 许国林, 杨 超

(大庆石油管理局钻探集团 钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413)

**摘要:** 锥形连续管技术是近几年从连续管应用中发展起来的一项创新技术, 该技术能使连续管具有变外径、变壁厚和不同的强度等级, 减小整个管柱在长度上的张力, 可以满足深井、超深井作业深度, 提高连续管使用寿命。介绍了国外锥形连续管系统及其加工制造工艺。

**关键词:** 连续管; 锥形连续管系统; 连续变量缩减工艺(CVR)

**中图分类号:** TE933.8

**文献标识码:** B

## Tapered Coiled-Tubing Technology

YU Xiao-bo, XU Guo-lin, YANG Chao

(Drilling Engineering Research Institute, Daqing Petroleum Administration, Daqing 163413, China)

**Abstract:** Tapered coiled-tubing technology is one kind of technology, which develops coiled-tubing technology in recent years in practical application, this innovation technology has brought the new opportunity for the coiled-tubing development. This kind of technical ability with vital significance that features capability of variable outer diameter, variable wall thickness and varying strength levels to reduce the tension along the string length, may satisfy the deep well, the extra-deep well work depth, enhances manages the service life of coiled-tubing. A briefly the overseas development tapered coiled-tubing system and the tapered coiled-tubing manufacturing technology is introduced in this article.

**Key words:** coiled-tubing; tapered coiled-tubing system; continuous variable reduction (CVR)

连续管技术<sup>[1-3]</sup>从 20 世纪 60 年代至今已经历了 40 多年的发展历程, 在油田的各个领域都已得到应用。但由于连续油管的工作条件和所受载荷使其寿命在一定程度上受到影响, 从而使其在应用上受到了限制。美国哈利伯顿公司、BP 公司、优质管公司以及德克萨斯石油工具公司等联合开发了锥形连续管系统, 使连续管具有变外径、变壁厚和不同的强度等级, 减轻了连续管质量<sup>[4]</sup>, 减小了管柱在全长度方向上的载荷, 延长了连续管使用寿命。

## 1 锥形连续管系统<sup>[3]</sup>

随着连续管技术的发展, 连续管管柱质量逐渐

减轻, 井下流体参数也在不断优化, 为锥形连续管系统的研发打下了基础。研发锥形连续管系统是为了使深海作业和测量能力得到延伸。

研发中需要解决的主要问题是锥形接头加工和焊接技术, 以满足异径连续管内外表面的连续性和连续管输送地面设备的需要。直径过渡系统是依靠能够缠绕在滚筒上的锥形接头来实现的, 直径必须满足能够通过鹅颈管、注入头、防喷器自封芯子和防喷器, 并在持续拉伸力和密封的井口压力作用下连续管柱和接头不受到损伤。

### 1.1 锥形接头技术要求

a) 锥形接头应满足具有最小的长度和最小的

收稿日期: 2007-12-15

**作者简介:** 于小波(1975-), 男, 黑龙江克东人, 工程师, 1998 年毕业于黑龙江商学院机械设计与制造专业, 目前从事钻井机械研究工作, E-mail: yuxb001@cnpc.com.cn.

应力集中外形,并且留有与地面设备对接接口。接头和地面设备必须要满足系统的需要。

b) 尺寸:  $\phi 50.8 \text{ mm} \times \phi 44.45 \text{ mm}$ , 壁厚  $3.9624 \text{ mm}$ ;  $\phi 60.325 \text{ mm} \times \phi 50.8 \text{ mm}$ , 壁厚  $5.1562 \text{ mm}$ 。

c) 锥形接头应设计成标准的焊接端面来连接连续管各截面。

d) 选用屈服强度为  $533 \text{ MPa}$  左右的钢材。

e) 锥形接头的抗拉强度(包括焊缝)应大于或等于邻接管子的1倍。

f) 锥形接头包括焊缝承受的破坏压力应大于或等于邻接管子承受压力的1倍。

## 1.2 锥形接头的设计与加工制造

接头材料应与连续管材质接近,这会使潜在的问题降低到最小,并可以解决不同金属材料之间的焊接问题。加工有2种方法,一是将小直径的管子膨胀为锥形接头;二是将大直径的管子挤压成型为锥形接头。接头长度、外形和壁厚尺寸是影响加工工艺过程的关键参数。从操作角度出发,锥形接头的锥面长度长一些的接头是最好的,这样能平稳地通过滚筒、鹅颈管、注入头和压力控制站,但长度超过一定数值,许多加工工艺将不能实现;从加工的角度出发,锥面长度短一些的接头成本比较低。因此,应选择适当的加工长度尺寸,优化接头形状,使接头通过注入头时减小局部应力。应建立注入头与接头对接的有限元模型来验证其外形是否满足要求。

## 1.3 与地面设备的对接

a) 保持足够均匀的对接载荷。当锥形节通过注入头时,能防止接头的局部破碎或滑动。

b) 锥形段通过防喷器需检修密封性能。

c) 在所有锥形接头与相邻油管的连接段,必须保证卡瓦悬挂载荷性能。

d) 在所有锥形接头与相邻油管的连接段,必须保证闸板的第2道密封性能。

e) 缠绕在滚筒并通过鹅颈管中的多级管柱和锥形接头应保持应力集中最小。

## 1.4 注入头

### 1.4.1 最大拉力

锥形连续管系统研发之初使用的是哈里伯顿公司的V95HP型和V135HP型连续管注入头,其最大拉力分别为  $422.674 \text{ kN}$  和  $600.642 \text{ kN}$ ,对它们进行了改进,以满足锥形连续管系统的需要。图1为锥形接头通过注入头时的情况,其直径的过渡在

图中被放大。

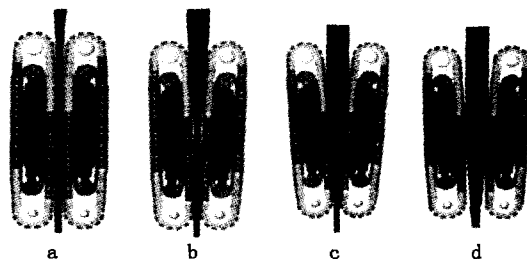


图1 锥形接头通过注入头的情况

### 1.4.2 测试

测试时,首先在外径连续管之间连接棒形锥形接头,然后用压力显示胶片(颜色的改变和所施加的压力成比例关系)包裹在连续管外表面和锥形接头处(如图2),检测注入头接触面的均匀性,即膜片从连续管上移开后的压痕情况,如图3。这些测试能够验证防止滑动需要的压力和在连续管上的载荷分配。

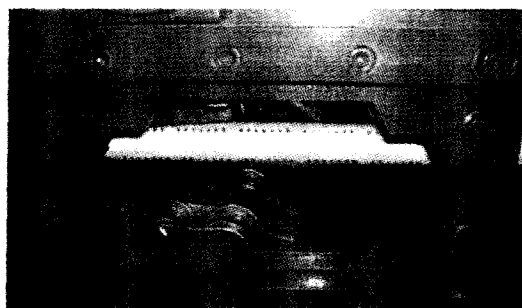


图2 包裹着压力显示膜片通过注入头的连续管

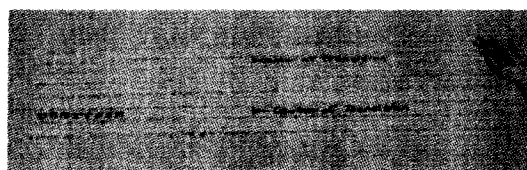


图3 膜片从连续管上移开后的压痕

## 1.5 压力控制站

标准的连续管压力控制站包括防喷器和防喷器自封芯子的控制,且建立在一个特定的连续管尺寸、质量和等级的基础上。锥形管柱压力控制单元包括变径闸板、变径卡瓦闸板和变径防喷器自封芯子。变径闸板的设计密封压力为  $66.738 \text{ MPa}$ ,试验程序执行API 16A防喷器闸板合格试验标准;当卡瓦啮合在锥形接头上包括锥形过渡接头的任何一点时,变径卡瓦闸板的设计抓紧和悬挂油管能力至少应达

到管体屈服强度的 90%;防喷器自封芯子应设计成适宜的锥形管柱(包括锥形过渡接头),能够连续密封,该设计为压力控制单元中的技术难点之一。

## 2 锥形连续管加工制造工艺<sup>[6]</sup>

### 2.1 工艺技术

锥形连续管加工制造工艺采用的是连续变量缩减(CVR)工艺技术,利用 CVR 工艺技术生产的连续管内部没有焊缝,该技术能将连续管加工成变外径、变壁厚和具有不同强度等级,并且没有特殊环箍或端面焊缝来连接的多级异径管柱,对连续管加工制造技术具有重要的推进意义。

CVR 工艺技术可以生产制造出一种接近无穷长度的连续管,从一种连续尺寸的管子加工成为小直径的成品管。利用连续变径缩减工艺的管线成形机只能加工外径为  $\phi 76.2$  mm、2~3 种不同规格壁厚的输入管线,加工时,经过检测的  $\phi 76.2$  mm 管线穿过一系列感应加热线圈再次加热,温度达到 899℃ 以上,然后进入工艺受控制的 CVR 机床中。该机床特殊设计了一系列收缩机架,可按照用户提出的技术要求对管子外径和壁厚或单独对壁厚进行逐渐缩减加工,通过对每一个机架的滚制速度和滚制设计进行精确的计算机控制,将外径为  $\phi 76.2$  mm 的管线逐渐缩减加工为符合要求的尺寸规格。

因为 CVR 是受过程控制的,所以用户可以根据需要来确定连续管的技术规格,以满足油井所要求的复合外径、复合壁厚和复合屈服强度。

### 2.2 产品系列

由 CVR 工艺生产的产品有 5 种不同系列。

a) 系列 1 管线从头至尾为均匀壁厚和等外径,如图 4。

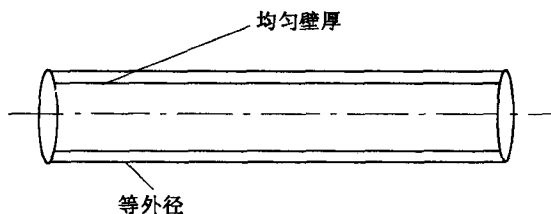


图 4 系列 1 均匀壁厚等外径

b) 系列 2 管线全长为等外径,壁厚从一端到另一端由厚变薄成为内锥形管,如图 5。

c) 系列 3 管线在整个长度上为均匀壁厚,但在长度方向上的指定位置分段加工成锥形外径,

如图 6。

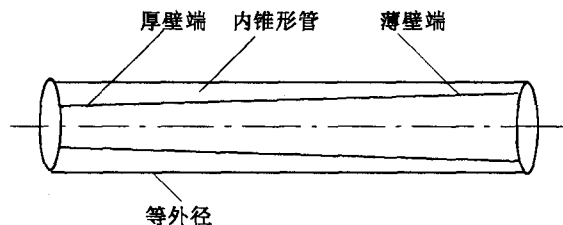


图 5 系列 2 锥形壁厚等外径

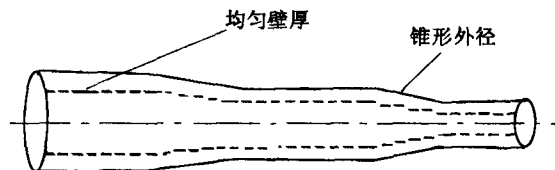


图 6 系列 3 均匀壁厚复合锥形外径

d) 系列 4 管线不但壁厚是锥形的,而且外径在指定位置也是锥形的,如图 7。

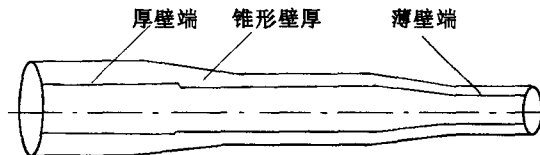


图 7 系列 4 锥形壁厚复合锥形外径

e) 系列 5 利用上述 4 个系列产品的特征,改变管线整个长度内的屈服强度,当需要时具有混合外径和壁厚,如图 8。



图 8 系列 5 复合屈服强度

## 3 结语

锥形连续管技术扩大了连续管作业范围,适应于多种作业应用的发展。锥形连续管技术具有更好的灵活性,可以满足用户的各种作业要求,为未来连续管作业发展提供了一种新途径。

文章编号: 1001-3482(2008)07-0082-03

## 注下采上工艺技术

乔金中<sup>1,2</sup>,李志广<sup>2</sup>,赵云生<sup>3</sup>,李川<sup>2</sup>,张龙江<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学(北京)石油天然气工程学院,北京 102249;2. 大港油田钻采工艺研究院,天津 300280;

3. 大港油田公司采油一厂,天津 300280)

**摘要:**为满足单井同时注采的需要,进行了注下采上工艺技术的研究。该技术可根据注下采上工艺及单井井况的需要,将管柱设计为机械封隔式双卡管柱及液压封隔式双卡管柱;确立了相应的施工工艺,并研制出转换器、插入密封总成、压差式油套连通阀、过桥泵等配套工具。现场应用表明,注下采上技术能实现一口井同时注采生产,提高了油井利用率。

**关键词:**注采工艺;管柱;转换器;插入密封;压差式油套连通阀;过桥泵

**中图分类号:** TE35 **文献标识码:** B

### Technique of Lower-Layer Injection and Upper-Layer Production

QIAO Jin-zhong<sup>1,2</sup>, LI Zhi-guang<sup>2</sup>, ZHAO Yun-sheng<sup>3</sup>, LI Chuan<sup>2</sup>, ZHANG Long-jiang<sup>3</sup>

(1. College of Oil &amp; Gas Engineering, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. Drilling &amp; Production Technology Research Institute, Dagang Oilfield Co., Ltd., Tianjin 300280, China;

3. No. 1 Oil Production Plant, Dagang Oilfield Company, Tianjin 300280, China)

**Abstract:** To meet the demand of a well simultaneous injection and production, lower-layer injection and upper-layer production technology was developed. According to different Technical demand, this kind of string can be designed as mechanical packer isolated interval string and hydraulic packer isolated interval string. The new technology procedure is also established. Moreover, the transformer, plug in seal assemble, pressure-differential communicating valve and across bridge pump are developed. The result of on site tests on 16 wells shows that the technology could simultaneous realize production and injection of a well, and raise the utilization rate of well.

**Key words:** injection-production strategy; isolated interval; transformer; plug in seal assemble; pressure-differential communicating valve; across bridge pump

#### 参考文献:

- [1] 李大公. 连续油管综述[J]. 国外石油机械, 1995, 6(3): 22-33.
- [2] 王峻乔. 连续油管技术分析与研究[J]. 石油矿场机械, 2005, 34(5): 34-36.
- [3] 章传国. 连续油管的发展[J]. 宝钢技术, 2007(2): 26-29.
- [4] 吕勇, 刘淑霞, 沈文平. 锥形连续油管可达到超深的下井深度[J]. 国外油田工程, 2005, 21(8): 28-29.
- [5] Tapered OD Coiled Tubing System[G]. SPE 89335, 2004.
- [6] 4th-Generation Coiled-Tubing Manufacturing Technology[G]. SPE 107240, 2007.

收稿日期: 2007-12-06

作者简介: 乔金中(1971-), 男, 河北南皮人, 工程师, 在读硕士, 从事采油工艺及井下工具的研究, E-mail: qjzh911@sina.com。