

# 油气井用连续管作业推荐作法



# 目 次

前 言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 连续油管的使用性能.....	9
4.1 概述.....	9
4.2 制造工艺.....	9
4.3 连续油管材料.....	10
4.5 力学试验.....	11
4.6 尺寸、重量和偏差.....	12
4.7 新连续油管的特性.....	26
4.8 变径连续油管.....	28
4.9 连续油管的无损检验.....	28
4.10 证明和文件.....	31
5 连续油管设计和选用.....	32
5.1 概述.....	32
5.2 连续油管的设计考虑.....	32
5.2 连续管的选用.....	33
5.3 作业前连续管评估.....	34
5.3 疲劳.....	35
5.4 疲劳断裂.....	37
5.5 减轻疲劳的典型方法.....	37
5.6 直径变化.....	39
5.7 挤毁降级.....	41
5.8 连续油管的腐蚀和环境开裂.....	42
5.9 焊接.....	49
6 连续管作业装备选择、使用和维护.....	50
6.1 连续管作业装备的组成.....	50
6.2 连续管作业装备的配置要求.....	50
6.3 连续管作业装备的选择.....	51
6.4 连续管作业装备摆放与安装.....	53

6.5	连续管作业装备操作注意事项	54
6.6	连续管作业装备维护保养	55
7	连续油管作业期间的井完整性要求	55
7.1	概述	55
7.2	井屏障示意图	56
7.3	井屏障验收标准	56
7.4	井屏障元素的验收标准	56
7.5	井控措施程序和演练	56
7.6	井设计	57
7.7	其他	57
8	作业规范	57
8.1	范围	57
8.2	连续油管应用	58
8.3	施工前的准备	58
8.4	设备的检查和维修	60
8.5	工作检查	61
8.6	设备安装	61
8.7	装备测试	62
8.8	连续油钢管柱使用所要考虑的因素	62
8.9	连续油钢管柱管理	62
9	应急处置	63
9.1	应急井控作业	63
9.2	应急处置	63
9.3	动力源部分失效	63
9.4	防喷盒泄漏	64
9.5	连续油管挤毁	64
9.6	连续油管井内遇卡	65
9.7	循环遇阻	66
9.8	机械循环遇阻	66
9.9	机械遇卡且不能循环	66
9.10	防喷器下方的连接处漏失	66
9.11	连续油管在滚筒和注入头之间断裂	67
9.12	井下连续油管断裂	67
9.13	连续油管断裂在注入头和防喷盒之间	67
9.14	防喷盒上部连续油管出现穿孔（下入过程中）	68

9.15 防喷盒上部的连续油管出现穿孔（起出过程中） .....	68
9.16 井下的连续油管穿孔.....	68
9.17 防喷盒和注入头之间的连续油管产生变形 .....	68
9.18 连续油管失速下落.....	68
9.19 连续油管失控上顶.....	69
附录 A （资料性） 单位换算.....	70

# 油气井用连续油管作业推荐作法

## 1 范围

本文件规定了连续油管的设计、选用和作业推荐作法。

本文件适用于连续油管及其作业机的应用。连续油管的尺寸以外径表示，目前生产的连续油管外径尺寸范围为 19.05 mm~114.30 mm。本文件中，连续油管所采用的材料为高强度低合金钢，其屈服强度为 379MPa~793MPa。

本文件内的连续油管应用范围包括连续油管的修井作业和连续油管的钻井作业。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 6067 起重机械安全规程（Safety rules for lifting appliances）

GB/T 20657 石油天然气工业套管、油管、钻杆和用作套管或油管的管线管性能公式及计算（Petroleum and natural gas industries—Equations and calculations for the properties of casing, tubing, drill pipe and line pipe used as casing and tubing）

SY/T 6761 连续管作业机（coiled tubing unit）

SY/T 6690 井下作业井控技术规程（Specification for well-control technology of downhole operation）

ANSI B1.20.1 一般用途的管螺纹（Pipe Threads, General Purpose）

ANSI B3.1.3 化工厂和炼油厂管道（Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping）

API Bul 5C3 套管、油管和钻杆特性的公式及计算公报（Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, and Drill Pipe）

API RP 16E 井控设备控制系统设计的推荐作法（Recommended Practice for Design of Control Systems for Drilling Well Control Equipment）

API RP 53 钻井作业用防喷器设备系统（第二版 1984 年 5 月）（Recommended Practice for Blowout Prevention Equipment System for Drilling Wells, 2nd Edition, May 1984）

API Spec 5CT 套管和油管规范（Specification for Casing and Tubing）

API Spec 5L 管线管规范（Specification for Line Pipe）

API Spec 6A 阀门和井口设备规范（Specification for Valves and Wellhead Equipment）

API Spec 6H 盲板、接头和旋转接头规范（Specification for End Closures, Connectors, and Swivels）

API Spec 16A 钻井设备规范（Specification for Drill Through Equipment）

API Spec 16C 节流及压井系统规范（Specification for Choke and Kill Systems）

ASME 锅炉和压力容器规范 (Boiler and Pressure Vessel Code)

ASTM A370 钢、钢产品的力学试验 附录 II 钢管产品 (Mechanical Testing of Steel, Steel Products, Annex II-Steel Tubular Products)

ASTM A450 碳素钢、铁素体和奥氏体合金钢管的一般要求 (Standard Specification for General Requirements for Carbon, Ferritic Alloy, and Austenitic Alloy Steel Tubes)

ASTM E18 金属材料洛氏硬度和洛氏表面硬度的标准试验方法 (Standard Methods of Tests for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials)

ASTM E94 射线照相检查指南 (Guide for Radiographic Testing)

ASTM E140-88 金属的标准硬度换算表 (Standard Hardness Conversion Table for Metals)

ASTM E144 金属的硬度换算 (Hardness Conversion for Metals)

ASTM E384 材料的显微硬度的标准试验方法 (Standard Test Method for Microhardness Testing of Materials)

NACE MR-0175 油田设备用抗硫化物应力开裂的金属材料 (Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oil Field Equipment)

## 1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**蓄能器 accumulator**

用来储存供操作防喷器用液压油能量的氮气储存装置。

**注：通常**，有数个蓄能器并联使用。

### 3.2

**蓄能器预充压 accumulator precharge**

预先向蓄能器充氮气，随后当压力液泵入蓄能器时，可进一步充压。

### 3.3

**防喷器启动试验 actuation test, well control component**

关闭防喷器组件，以确保性能良好的试验。

### 3.4

**平衡点 balance point**

连续油管在井眼中的某一深度位置，在此深度时管子的重量等于作用在横截面上的外部压力。

**注：**该平衡点在管内充满液体的静态状况下，而且还不包括防喷盒和/或管式闸板的摩擦力。

### 3.5

**弯曲循环 bending cycle**

当轴向应变由加载状态返回到零时，称之为一个弯曲循环。在连续油管是直的时候，其轴向应变为零。因此，一个弯曲循环从管子是直的时候算起，并且包括管子弯曲和重新变直的过程。

### 3.6

### 全封闸板 **blind ram**

在防喷器中没有工具或管子时，用来相互封堵以达到有效的关井目的的防喷器组中的闸板。

**注：**全封闸板不能用于密封连续油管。

## 3.7

### 井 喷 **blowout**

带压液体或地层流体喷出井口或喷入地下低压层段而失去控制。

## 3.8

### 沉 箱 **caisson**

海上用的单井口完整装置。

## 3.9

### 止回阀 **check valve**

装在连续油管的接口处且只允许流体沿管柱向下循环而不得回流的阀门。

**注：**该阀可以是球座型、旋启式或其他形式的。

## 3.10

### 油 嘴 **choke**

装在固定式井口节流器中的有节流通孔的短节。

## 3.11

### 节流管线阀 **choke line valve**

连接在防喷器且作为其部件用以控制流向及节流管汇的液流量的液动阀。

## 3.12

### 采油树 **christmas tree**

安装于一口完成井中管子四通上管阀件且用于控制液烃和其他液体的流动的组合物。

## 3.13

### 循 环 **circulation**

液体从地面水箱通过泵、连续油管、井底组件、井眼中的环空，最后返回到地面水箱的这一全过程。

## 3.14

### 关井压比 **closing ratio**

防喷器工作压力与关井所需的作业液压压力之比。

## 3.15

### 连续油管 **coiled tubing , CT**

采用电阻焊方法制成的一种连续缠绕在滚筒上，可连续下入或起出油气井的一整根无螺纹连接的长油管。也称挠性油管、蛇形管或盘管，是采用特殊材料和独特制造工艺技术生产的一种管材，缠绕在卷筒上运输并交付使用，主要用于油气田修井、测井、钻井、完井、油气输送等作业领域。与普通油管相比，连续管作业具有作业范围广、占地面积小、可不压井作业、作业效率高、安全可靠等诸多优点，被称为“万能管”。

## 3.16



### 挤 毁 **collapse**

由外部压力或者外压与拉力或弯曲力的合力所导致的连续油管的凹扁。

3.17

### 管内作业 **concentric operations**

利用较小直径的管子下入常规的管子或无管子完井中的一种井作业。

**注：**这种作业一般是通过安置在适当位置的采油树，利用连续油管、钢丝绳、提升装置或较小的钻具来完成的。

3.18

### 接 头 **connections**

用于连接连续油管和井下工具的一种可拆卸的装置。

3.19

### 控制盘 **control panel**

装有一系列开关、按钮、指示灯、各种压力表和控制仪表且用于显示连续油管各项作业功能的板。

3.20

### 直径增大 **diametral growth**

在经过连续油管作业后，由于内压导致连续油管发生形变时管子直径的增大。

3.21

### 缺 陷 **defect**

在产品中存在的充分数量和大小的不完美之处。

**注：**缺陷可导致产品被拒收。

3.22

### 阻 力 **drag**

各种摩擦力的代数和。

**注：**阻力包括连续油管和井控装置之间的摩擦力、连续油管和井眼壁之间的摩擦力、连续油管通过液体时所产生的摩擦力、连续油管内部或外部液体的流动所产生的摩擦力。

3.23

### 伸长率 **elongation**

拉伸试样标距长度的增加量与原来标距长度比值。

**注：**伸长率以百分数表示。

3.24

### 疲 劳 **fatigue**

在经过足够次数的应力波动之后，材料会逐渐产生导致破裂或完全失效的局部的永久性结构变化。

3.25

### 出油三通 **flow tee**

井控设备上能提供返回液体出口的一个元件。

3.26

### 功 能 **function**

在某个指令下井控元件、节流或压井阀、或任一其他元件的作业。

**例：**全封闸板的关闭是一个功能，全封闸板的打开也是一个分离功能。

3.27

功能压力测试 **function pressure test**

井控元件或一些流动控制装置，在经过启动后能证明其具有有效的密封能力所需进行的压力测试。

3.28

闸 阀 **gate valve**

通过滑动闸板开启、关闭流动通路的一种阀门。

**注：**阀可全部打开或不全部打开。

3.29

硬 度 **hardness**

确定金属坚硬程度的一种测量，它是在标准情况下，将一个硬钢球或金刚石压头压入平滑的金属表面进行测量其硬度值的。

3.30

静水压头 **hydrostatic head**

由在井眼中任一点上面的液体柱的重量造成的压力。

3.31

不完整性 **imperfection**

用本文件中的所述方法发现的产品中材料的不连续或不一致。

3.32

井 涌 **kick**

由于地层的液体或气体形成的侵入，井内的液体涌出井口。

3.33

压井管线 **kill line**

在井控元件关闭的情况下，可将液体泵入井内的位于泵和井控元件底部某点之间的高压管线。

3.34

提升机构 **lift frame**

将注入头从井口便利移入或移出的使用的一种装置。

3.35

管 汇 **manifold**

实现可控的将来自一个或多个源头的液体通到各个系统或元件的管、阀和紧固件组合件。

3.36

最大预期地面压力 **maximum anticipated surface pressure**

在地面到完井这一时间间隔内，以井中液体混有气体的状态为基础，在井口处遇到的最大预测压力。

3.37

作业比 **opening ratio**

打开井控元件的井压与所需的液压启动压力之比。

3.38

管式闸板 **pipe ram**

防喷器中，用来封闭连续油管，以最终关闭和隔绝闸板以下环空中压力的闸板。

**注：**通常称为半封闸板。

3.39

管式/卡瓦闸板 **pipe/slip ram**

井控装置中，具有管式闸板和卡瓦闸板的双重功能的闸板。

3.40

塞 阀 **plug valve**

阀体由塞体组成并沿液流方向在塞体相同的轴上开一孔洞，通过转动 90°来打开或关闭的阀门。

**注：**阀可全开或部分打开。

3.41

动力液 **power fluid**

用于直接功能作业的加压专用液压液体。

3.42

预充压 **precharge**

参见蓄能器预充压（accumulator precharge）

3.43

井控元件压力测试 **pressure test , well control component**

在井控元件或井控装置上完成内压测试的过程。

3.44

初始应急装置 **primary barrier**

在地面压力条件下进行，可使连续油管作业在非平衡压力条件下进行的一种井控装置。

3.45

调节器压力 **regulator pressure**

用来调节上流供应压力使其降至所期望的压力值的液压装置。

**注：**该装置调节过程既可以手动，也可以遥控，一旦设定，将会自动地保持调节的输出压力直至重新设定新的压力值。

3.46

储存箱 **reservoir**

储存用于作业井控元件和其他液压启动装置的控制液的水箱。

3.47

钻机 **rig**

井架、绞车和钻井或修井单元的附属地面设备。

3.48

6

附属物 **satellite**

包括样板在内的海底完井装置。

3.49

二次应急装置 **secondary barrier**

在连续油管作业中，作为初始应急装置井控失利的应急装置。

**注：**二次应急装置主要包括附加的地面井控组件或加重钻井液。

3.50

剪切闸板 **shear ram**

指井控装置中的闸板，用来剪切位于对应井控装置中的连续管。

3.51

剪切/密封闸板 **shear/seal ram**

井控装置中的闸板，同时具有剪切闸板和全封闸板的作用，在剪切连续管的同时能密封环空。

3.52

关闭阀 **shut-off valve**

用来关闭液动或者气动供应管线的阀门。

3.53

卡瓦闸板 **slip ram**

井控装置中，合上时可以阻止油管移动，但是却不能隔绝压力或液流控制的装有油管卡瓦的闸板。

3.54

不压井起下钻 **snubbing**

通过给防喷器加压起下连续油管的作业，在这种作业中，施加到油管横截面上的压力会产生一个向上的作用力，该作用力大于井筒中油管的重量。在这种情况下，要通过机械的作用在起下钻时向油管施加推力，稳定地控制油管。

**注：**该作业常被称为轻管作业（pipe-light operation）。

3.55

滚筒 **spool**

卷放连续油管以便连续油管的储存和/或运输的圆筒。

**注：**滚筒可包含一根或多根管子。

3.56

存储液压流体体积 **stored hydraulic fluid volume**

在最大的储压瓶设计工作压力和预充压力之间，可从储压瓶（系统中）回收的液体体积。

3.57

管柱 **string**

井中使用的连接成某种长度的连续油管。

3.58

防喷盒 **stripper**

用来密封连续管外环空且装有合成橡胶件的装置。

**注：**该装置在高压油井起下管子时，主要用来隔绝井下压力和大气压力。

### 3.59

#### 强行起下钻作业 **stripping**

通过给防喷盒加压起下连续油管的作业，在这种作业中，施加到油管横截面上的压力会产生一个向上的作用力，该作用力小于井筒中油管的重量。在这种情况下要通过机械作用，在油管起下钻时支撑油管的张力负荷，稳定地控制油管。

**注：**该作业常被称为重管作业（pipe-heavy operation）。

### 3.60

#### 抽汲 **swabbing**

当管子和工具在井眼中向上运动时，由于井液和同心的管子及工具的相互作用而造成的井眼内的压力降低的操作。

### 3.61

#### 抽汲阀门 **swab valve**

采油树垂直管线最上面的一个阀。

**注：**它总是在流动翼阀之上。

### 3.62

#### 系统试压 **system pressure test**

用来测试管子和压力设备在作业中保持压力密封能力的完整性试验。

### 3.63

#### 抗拉强度 **tensile strength**

某种材料所能承受的最大的拉（张）力。

**注：**抗拉强度是根据拉力试验中最大负荷计算出来。

### 3.64

#### 总井深 **total depth ( TD )**

井眼的最大测量深度。

### 3.65

#### 转换点 **transition point**

变径连续油管上，不同壁厚的管段连接在一起的焊接点。

### 3.66

#### 起下管柱 **trip**

连续油管从滚筒上展开下入井中和其后来从井中重新卷回到滚筒上的过程。

### 3.67

#### 可用液压 **usable hydraulic pressure**

压力在最大储能器设计压力和最小作业压力之间，所能回收的液压流体体积。

### 3.68

环形防喷器中的环形密封组件 **well control component , annular-type**

是指环形防喷器的，环形密封无论有无管柱或者管柱形态都可以实现密封

**注：**其原理是通过液压压力压缩一个增强弹性密封体来提供有效的密封。

### 3.69

闸板防喷器中的闸板密封组件 **well control component , ram-type**

是指闸板防喷器的，闸板密封对管柱形态，尺寸都有严格要求；无论井中有或没有连续油管时，或在连续油管管体上完成特定的作业时都可以完成密封作业。闸板防喷器包括一套全封闸板、剪切闸板、卡瓦闸板和管式闸板，用来实现所需的井眼密封或在连续油管管体上完成剪切和密封的特定操作。可以把剪切/密封闸板或管子/卡瓦闸板组合在一起使用。

### 3.70

井控装置 **well control stack**

包括闸板类型部件、环空类型部件、滚筒、阀门和连接在井眼顶部控制井液的接头的完整装置或组件。

### 3.71

井控装置使用培训 **well control equipment drill**

确保连续油管作业人员熟悉正确的作业实践及使用井控设备预防井喷的培训过程。

### 3.72

井口装置 **wellhead**

位于采油树之下和套管柱之上的由阀门、防喷器的四通等组成的装配件，用于悬挂和隔离各种管子柱。

### 3.73

屈服强度 **yield strength**

在某一特定应变力时，材料所呈现出的应力状态。

## 2 连续油管的使用性能

### 2.1 概述

本章介绍影响连续油管性能的各个因素，包括连续油管的制造、化学成分、力学性能、试验和检查。

### 2.2 制造工艺

#### 2.2.1 描述

连续油管一般由带钢先经过成型机制成管坯，然后通过高频电阻焊接而形成一条焊缝。待焊边缘通过机械加压方法焊接在一起，焊接热量由电阻产生。成品的精确定径是在焊接后，在成型生产线上通过微小的直径变形来完成的。

#### 2.2.2 长度

钢带的长度可以超过 914 m，而滚筒可卷放连续油管的长度可以超过 6 096 m。为了制造长度超过钢带的连续油管，可采用在成型前将两条钢带卷焊接在一起的方法。

#### 2.2.3 热处理

在焊接之后，可按下列方法对连续油管进行一次或多次热处理，以达到所需的力学性能：

- a) 对连续油管的焊缝进行退火处理，退火温度应在 871℃以上，以消除应力。管子在焊接后都直接进行退火处理；
- b) 对连续油管的全管体进行应力消除；
- c) 对连续油管进行调质处理。

#### 2.2.4 变径管柱

变径连续油管管柱是在一卷的长度内，可以包含两种以上外径相同而壁厚不同的管子。这样做的目的是在保持管柱总重量最小的情况下，加强连续油管中一些关键部位的性能。变径连续油管管柱在 5.8 中有论述。

#### 2.2.5 文件

每一卷连续油管都应有一个唯一的标识号，标识号是按制造的日期确定的。文件包括标识号、外径、钢级、壁厚（变径管柱应包括各种壁厚）、长度和焊接位置。每一卷连续油管可进行一次热处理，或按工艺进行多次热处理。

#### 2.2.6 可追溯性

制造厂应对连续油管的制造和试验过程保持可追溯性。买方通常要求对钢的热处理过程也应保持可追溯性。

### 2.3 连续油管材料

#### 2.3.1 特性

连续油管一般采用高强度低合金钢制造，以达到所需的可焊性、耐腐蚀性、抗疲劳性和力学性能要求。热轧钢带的晶粒要细。

#### 2.3.2 化学成分

连续油管的化学成分一般应符合ASTM A606 第 4 类型或ASTM A607 的要求，如表 1 所列。表 1 中所列的只是一个控制范围，其实际分析值制造厂都会提供给用户。

表1 连续油管的化学成分 Wt%

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb	V
ASTM A606	0.08~0.15	0.30~0.50	0.60~0.90	≤0.030	≤0.005	0.45~0.70	≤0.25	≤0.21	≤0.40	/	/
ASTM A607	0.08~0.17	0.30~0.45	0.60~0.90	≤0.025	≤0.005	0.40~0.60	≤0.10	0.08~0.15	≤0.40	0.02~0.04	0.02~0.04

### 2.4 力学性能

制造厂应提供每一卷连续油管的力学性能数据，力学性能要求报告管子在成卷之前或任意冷加工作业之前的数据。缠绕和作业状况可以改变冷加工的程度和连续油管管柱的实际的力学性能。常用钢级的最低拉伸性能要求在表 2 中列出。

表2 拉伸强度和硬度要求

钢级	最小屈服强度	最小抗拉强度	最大硬度
----	--------	--------	------

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/127130042160006143>