

ICS 75.180.10; 77.140.75

E 92; H 48

备案号: 37535—2012

# SY

## 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6128—2012

代替 SY/T 6128—1995, SY/T 6238.1—1996, SY/T 6238.2—2002

---

### 套管、油管螺纹接头性能评价 试验方法

Procedure for evaluation tests of tubing and casing  
connection properties

2012—08—23 发布

2012—12—01 实施

---

国家能源局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和符号 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 符号 .....	3
4 评价试验分类及试验项目 .....	4
4.1 总则 .....	4
4.2 新产品鉴定 (A 系列) .....	4
4.3 产品质量监督检验 (B 系列) .....	4
4.4 特殊用途油管 and 套管适用性评价 (C 系列) .....	7
4.5 试验简化和变化 .....	7
5 试样的材料选择、加工及检验 .....	8
5.1 试样 .....	8
5.2 试样的尺寸 .....	9
5.3 试样的检验与测量 .....	9
6 评价试验程序 .....	10
6.1 上扣、卸扣试验 .....	10
6.2 密封验证试验 .....	11
6.3 极限载荷试验 .....	17
7 一般试验要求 .....	18
7.1 通用要求 .....	18
7.2 上扣、卸扣试验 .....	19
7.3 压力、载荷、温度和弯曲控制要求 .....	20
7.4 内压泄漏检测 .....	21
7.5 内压泄漏收集装置 .....	21
7.6 安装要求 .....	25
7.7 数据采集和记录 .....	26
8 试验内容的选择 .....	27
8.1 根据工况选择试验系列 .....	27
8.2 新产品的评价试验 .....	27
8.3 现场取样的评价试验 .....	27
9 试验报告 .....	27
附录 A (规范性附录) 试验参数确定及计算方法 .....	29
附录 B (规范性附录) 数据表 .....	31

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准代替 SY/T 6128—1995《油套管螺纹连接性能评价方法》、SY/T 6238.1—1996《油井管全尺寸试验方法 套管挤毁试验》和 SY/T 6238.2—2002《油井管全尺寸试验方法 油、套管螺纹上卸扣试验》，与 SY/T 6128—1995，SY/T 6238.1—1996 和 SY/T 6238.2—2002 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 增加了三个评价系列；
- 修改了部分试验程序；
- 增加了简化 B 系循环试验程序；
- 修改了油管、套管螺纹上扣、卸扣试验方面的试验要求；
- 修改了套管挤毁试验方面的试验要求。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由石油管材专业标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国石油集团石油管工程技术研究院。

本标准主要起草人：李东风、王蕊、方伟、韩军、杨鹏、娄琦、张丹。

本标准代替了 SY/T 6128—1995，SY/T 6238.1—1996 和 SY/T 6238.2—2002。

# 套管、油管螺纹接头性能评价试验方法

## 1 范围

本标准规定了石油天然气工业用油管、套管螺纹连接性能（粘扣趋势、结构完整性和密封性）的全尺寸评价试验方法。

本标准适用于油管和套管螺纹连接性能的评价。

本标准中油管和套管是根据用途而不是根据外径来区分的。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 9253.2 石油天然气工业套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验

GB/T 17745 石油天然气工业 套管和油管的维护及使用

GB/T 18052 套管、油管和管线管螺纹的测量和检验方法

GB/T 19830 石油天然气工业 油气井套管或油管用钢管

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

GB/T 21267 石油天然气工业 套管及油管螺纹连接试验程序

## 3 术语、定义和符号

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**试样 specimen**

对于接箍连接的油管、套管，一根试样由一个接箍和两个外螺纹管段连接组成；对于无接箍连接的油管、套管，一根试样由一个加工有外螺纹的管段和一个加工有内螺纹的管段连接组成。

#### 3.1.2

**母管 mother pipe**

两端未加工螺纹的平端管子。

#### 3.1.3

**泄漏 leakage**

压力介质通过连接螺纹或管体从试样内到达试样外（内压）或从试样外到达试样内（外压）的现象。

#### 3.1.4

**堵头 plug**

用来封堵试样两端的机械装置，其主要作用是密封试样。

3.1.5

**粘扣 galling**

金属材料接触表面在（螺纹）滑动或旋转过程中，发生冷焊而产生的撕裂现象。轻微粘扣是指使用砂纸能够修复的粘扣；中度粘扣是指使用细纹锉刀和砂纸能够修复的粘扣；严重粘扣是指使用细纹锉刀和砂纸不能修复的粘扣。

3.1.6

**上扣扭矩 makeup torque**

实际上扣过程中，扭矩测试仪记录的最大值。

3.1.7

**卸扣扭矩 breakout torque**

卸扣过程中，扭矩测试仪记录的最大值。

3.1.8

**起始扭矩 reference torque**

推荐的扭矩门槛值，它是扭矩测试仪开始显示或记录上扣扭矩、上扣时间及上扣圈数的最小扭矩值。

3.1.9

**上扣圈数 makeup turn**

上扣过程中，从扭矩达到参考扭矩计起，到上扣终止，圈数测试仪记录的试样旋转的圈数。

3.1.10

**上扣时间 makeup time**

上扣过程中，从扭矩达到参考扭矩计起，到上扣终止所用的时间。

3.1.11

**最大扭矩 maximum torque**

规定的上扣扭矩的最大值。

3.1.12

**最小扭矩 minimum torque**

规定的上扣扭矩的最小值。

3.1.13

**最佳扭矩 optimum torque**

规定的上扣扭矩的最佳值。

3.1.14

**不圆度 coefficient of outer diameter nonuniformity**

不圆度  $\mu$  按公式（1）计算：

$$\mu = 2 \times \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\max} + D_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\mu$ ——不圆度，即外径不均值，用百分数表示；

$D_{\max}$ ——同一横截面最大外径，mm；

$D_{\min}$ ——同一横截面最小外径，mm。

3.1.15

**壁厚不均值 coefficient of wall thickness nonuniformity**

壁厚不均值  $\epsilon$  按公式（2）计算：

$$\epsilon = 2 \times \frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max} + t_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\epsilon$ ——壁厚不均值,用百分数表示;

$t_{\max}$ ——同一横截面最大壁厚,mm;

$t_{\min}$ ——同一横截面最小壁厚,mm。

### 3.1.16

#### 挤毁 collapse

挤毁也称压溃,指试样的管体部分在外压力下失稳、发生变形或压扁的失效过程。

### 3.1.17

#### 挤毁压力 collapse pressure

挤毁压力指挤毁试样所需要的外压力。

### 3.1.18

#### 密封 seal

阻止流体通过的障碍。

## 3.2 符号

下列符号适用于本文件。

$A_i$ ——内径面积,  $\text{mm}^2$ ;

$A_o$ ——外径面积,  $\text{mm}^2$ ;

$A_p$ ——管子截面积,  $\text{mm}^2$ ;

$D$ ——管体外径, mm;

$D_L$ ——有效狗腿严重度, ( $^\circ$ ) /30m;

$F_y$ ——螺纹屈服载荷, kN;

$F_t$ ——螺纹分离或失效载荷, kN;

$K_{pe}$ ——螺纹压力效率常数;

$K_{te}$ ——螺纹拉伸效率常数;

$p_c$ ——API 挤毁额定值, MPa;

$p_i$ ——试验内压, MPa;

$p_o$ ——试验外压, MPa;

$p_{iyp}$ ——管体内壁屈服压力, MPa;

$p_{ipr}$ ——螺纹连接的抗内压强度, MPa;

$p_y$ ——最大内压力 (对应于内壁应力), MPa;

$S_y$ ——试样平均屈服强度最小值 (在室温或用户温度下测得), MPa;

$S_{yt}$ ——试样平均屈服强度 (室温下  $S_y$  值的 95%, 用户温度下  $S_y$  值的 90%, 复合加载  $S_y$  值的 100%), MPa;

$S_t$ ——试样平均抗拉强度最小值 (在室温或用户温度下测得), MPa;

$T$ ——总轴向载荷, kN;

$T_y$ ——螺纹轴向屈服载荷, kN;

$t$ ——规定壁厚 (计算中使用的壁厚不得大于所试验管子的规定壁厚), mm;

$t_s$ ——最小壁厚, mm;

$L_p$ ——试样有效长度, mm;

$V$ ——比例系数。

## 4 评价试验分类及试验项目

### 4.1 总则

各种管子的螺纹连接都有相应的试验内容（见表1）。本评价方法根据不同管子接头的特性及服役条件分成3个系列：A系列为新产品鉴定试验系列；B系列为产品质量监督检验试验系列，根据接头和井况分为三个试验应用级别；C系列为特殊用途油井管适用性评价系列，包括定向井、大曲率井油管 and 套管适用性评价试验和热注采井模拟试验。

### 4.2 新产品鉴定（A系列）

该系列试验依据 GB/T 21267 进行，旨在考核制造商开发的油管、套管产品的质量是否能满足设计要求，并通过试验来证明接头性能达到指定的应用级别要求。若其中一些试验或所有试验失败，可以修改接头设计，或者修改试验载荷或极限载荷。对前种情况，应重做试验；对于后者，如果失效试验不能达到修订的载荷包络线，也应重做。

### 4.3 产品质量监督检验（B系列）

本系列主要考核制造商生产的油井管产品的控制质量及提供给用户的产品质量。

#### 4.3.1 试验级别

##### 4.3.1.1 概述

对应于接头应用级别（CAL），有三个试验等级，它们分别对应 API 标准螺纹接头评价试验、特殊螺纹接头评价试验及苛刻环境下特殊螺纹接头评价试验。对于腐蚀介质环境下螺纹接头评价试验，其试验程序主要是在采用腐蚀介质作为内压介质的条件下，根据螺纹接头类型和井况，进行相应的接头应用等级 I、等级 II 和等级 III 试验。

##### 4.3.1.2 接头应用等级 III，苛刻环境下特殊螺纹接头评价试验

CAL III 对应于生产气体和液体的特殊螺纹接头油管、套管的生产和下井。其试验程序是使接头承受各种循环载荷，包括内压、外压、弯曲、拉伸和压缩作用，并进行热循环试验。在压力—轴向力图的 I、IV 象限里进行失效极限载荷试验。

##### 4.3.1.3 接头应用等级 II，特殊螺纹接头评价试验

CAL II 对应于生产气体和液体的特殊螺纹接头油管和套管。其试验程序是使接头承受各种循环载荷，包括内压、外压、弯曲与拉伸作用，并进行热循环试验，在压力—轴向力图的 I、IV 象限里进行失效极限载荷试验。

##### 4.3.1.4 接头应用等级 I，API 标准螺纹接头

CAL I 对应于 API 标准螺纹接头油管和套管。其试验程序是使接头进行水密封性能试验和失效极限载荷试验。

#### 4.3.2 试验项目组合及试样编组

B 系列试验的试验项目组合及相应的试验编组见表 1，与接头应用级别相对应的试验流程如图 1 至图 3 所示。可以把一个组合里多个试样按批进行试验，但应按最高强度试样要求的最高级别施加载荷。

表1 B系列及C系列试验的试验项目组合及相应的试验编组

接头应用 级别	E产品质量检验试验系列(B系列)						特殊用途油管适用性评价(C系列)			
	Ⅲ级		Ⅱ级		Ⅰ级		定向井、大曲率井适用性评价		热注采井评价试验	
	套管 12根试样	油管 9根试样	套管 9根试样	油管 6根试样	套管 9根试样	油管 6根试样	套管 15根试样	油管 15根试样	套管 9根试样	油管 6根试样
初始上扣、卸扣试验	Z组 Y组 W组	Z组 Y组 W组	Z组 Y组	Z组 Y组	Z组 Y组	Z组 Y组	Z组 Y组 X组 T组 S组	Z组 Y组 X组 T组 S组	Z组 Y组 X组 W组 T组	Z组 Y组 X组 W组
最终上扣、卸扣试验	—	Z组	—	Z组	—	Z组	—	Z组	—	Z组
过扭矩试验	—	—	—	—	—	—	T组	T组	—	—
弯曲条件下液体内 压加拉伸试验	—	—	—	—	—	—	X组	X组	—	—
弯曲条件下气体内 压加拉伸试验	Z组 Y组	Z组 Y组	Y组	Y组	—	—	S组	S组	Z组	Z组
封堵管端初始内 压循环与热循环	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Z组
封堵管端最终内 压循环与热循环	Z组	Z组	Z组	Z组	—	—	—	—	Z组	Z组
简化B系循环	W组	W组	—	—	—	—	—	—	—	—
室温液体密封循环试验	—	—	—	—	—	—	Z组 X组	Z组 X组	—	—
热注采井模拟试验	—	—	—	—	—	—	—	—	W组	W组
低内压拉伸至失效	—	—	—	—	—	—	—	—	X组	X组
高内压拉伸至失效	—	—	—	—	—	—	—	—	X组	X组
拉伸至失效	Y组	Y组	Y组	Y组	Y组	Y组	Y组 T组	Y组 T组	Y组	Y组
静水压及内压至失效	Z组	Z组	Z组	Z组	Z组	Z组	Z组	Z组	Z组	Z组
外压至失效	T组	—	T组	—	T组	—	—	—	T组	—



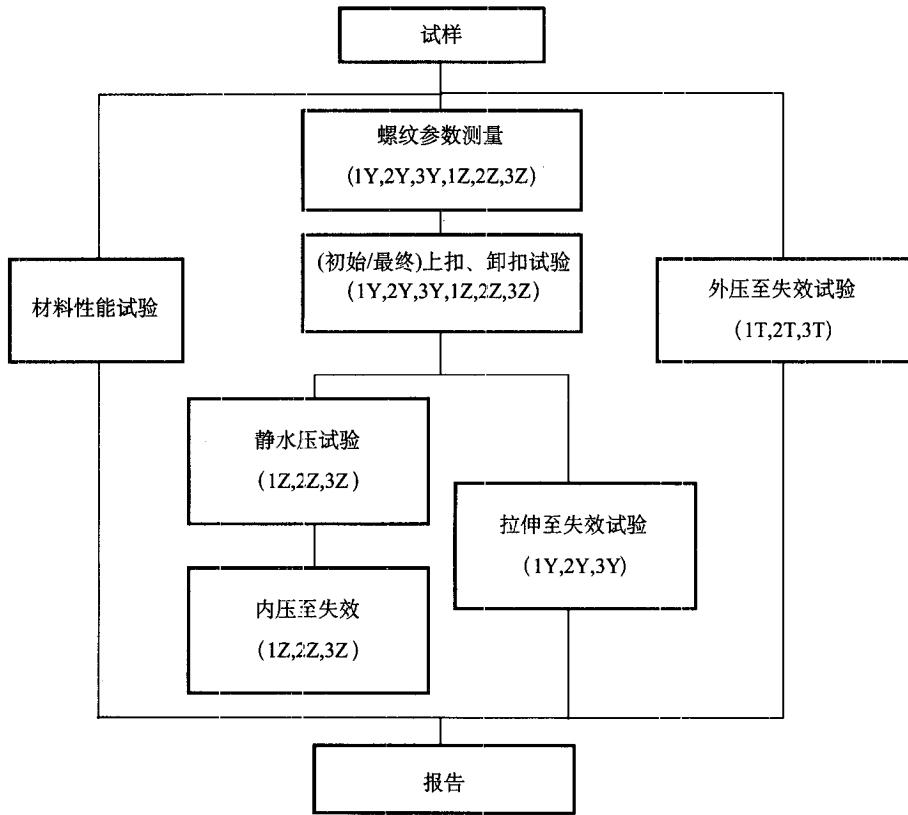


图 1 B 系列 CAL I 试验流程

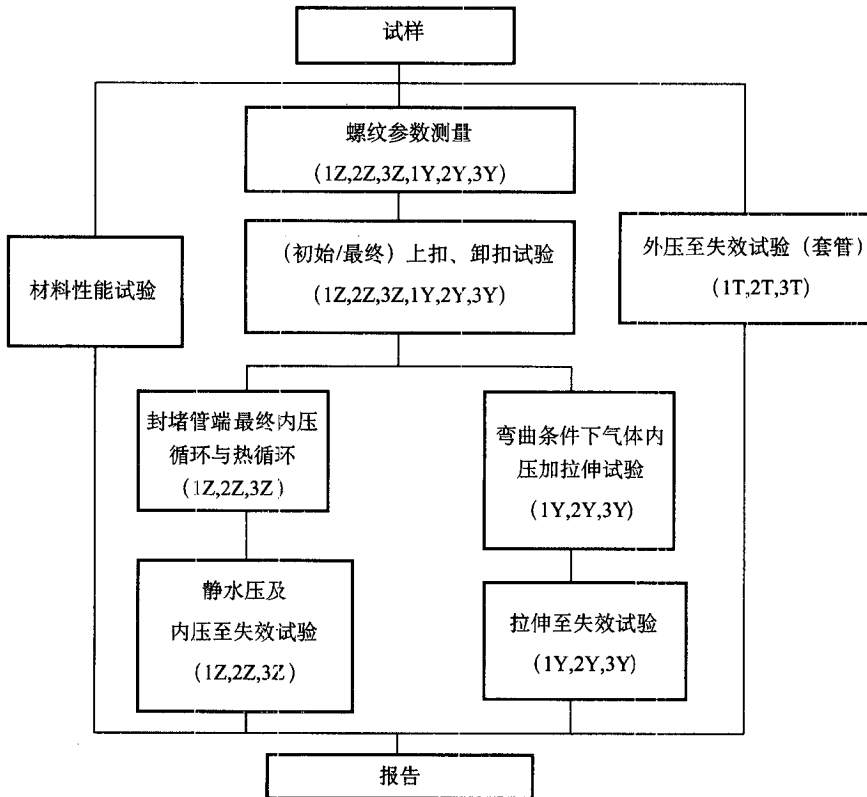


图 2 B 系列 CAL II 试验流程

#### 4.4 特殊用途油管 and 套管适用性评价 (C 系列)

该系列主要包括定向井、大曲率井油管和套管适用性评价试验和热注采井模拟试验。该系列试验项目组合及相应的试验编组见表 1，相应的试验流程如图 4 和图 5 所示。

#### 4.5 试验简化和变化

本标准的部分试验，不是整套试验，已足以验证接头能否适用于某个特定应用环境。如果还有一些其他规格试样的经验和相关的试验数据满足下面的条件，对本标准规定的试验做些改动是可接受的：

- 预计的改动已清楚地记录在案。
- 相关各方一致同意。
- 在摘要报告和综合报告里，要清楚地说明这些变动。

此外，鼓励制造商、用户和有关检测机构制定特定的试验程序。

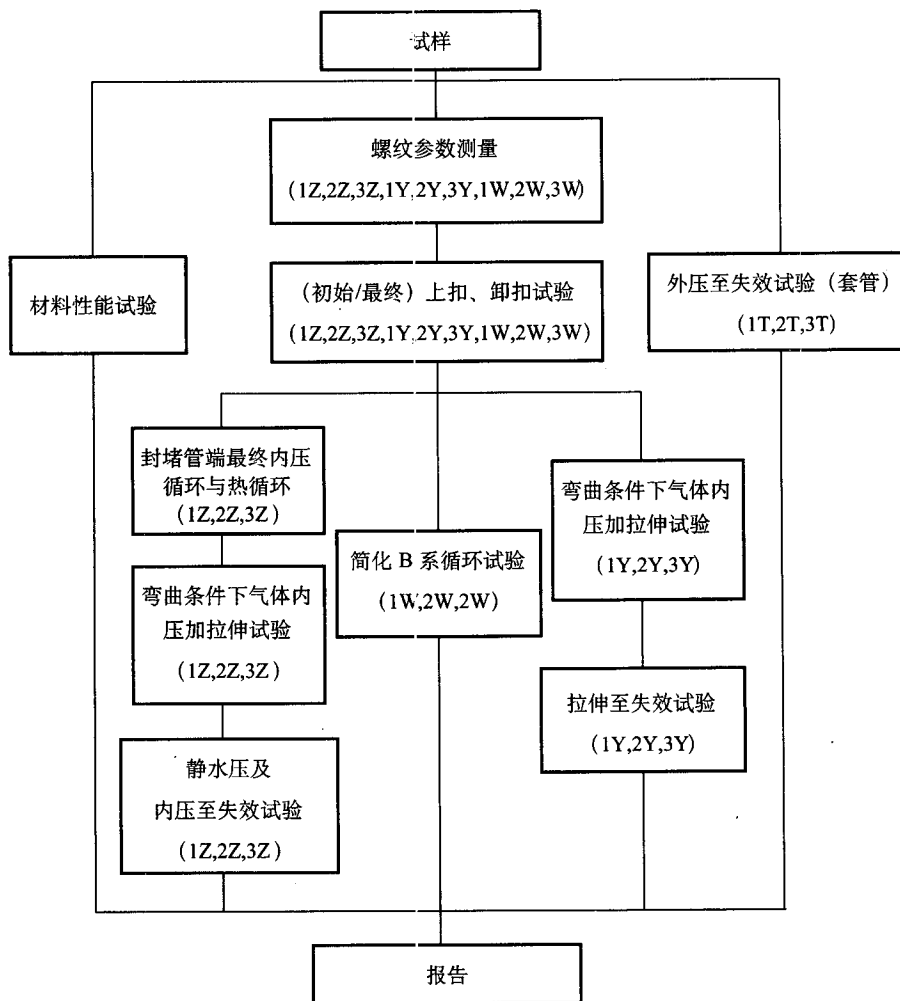


图 3 B 系列 CAL III 试验流程

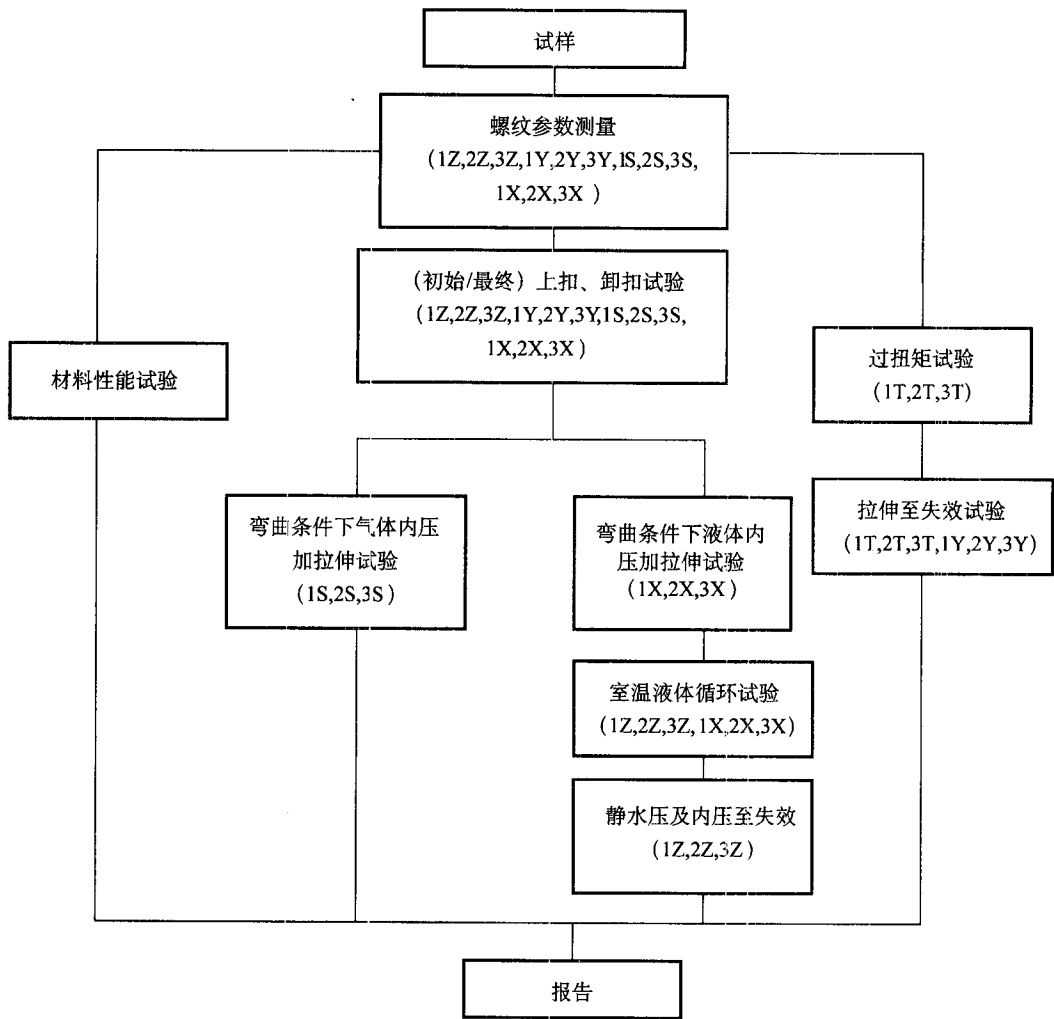


图 4 定向井、大曲率井油管和套管适用性评价试验

## 5 试样的材料选择、加工及检验

### 5.1 试样

#### 5.1.1 试样的来源

A 系列试验应严格按照 GB/T 21267 中的要求进行取样，B 系列试验及 C 系列试验的试样选取采用随机抽样的方式进行，可以由制造商和用户送样，也可以由检测方到制造商或油田现场进行抽样，试样的来源方式应在报告中注明。

#### 5.1.2 试样的分组与编号

所有试样均应进行分组，各组中所有试样均要进行编号。编号是为了易于区别每个试样、同时也为了保证试验的正确进行。

为了获得螺纹密封干涉量的最大值和最小值，根据螺纹实际检测情况对于 B 系列试验及 C 系列试验的试样进行分组编号，对于特殊螺纹接头试样，每组试样中应至少含有 1 根密封高过盈和 1 根密封低过盈的试样，对于 API 标准螺纹接头试样，每组试样中应至少含有 1 根螺纹高过盈和 1 根螺纹低过盈的试样。

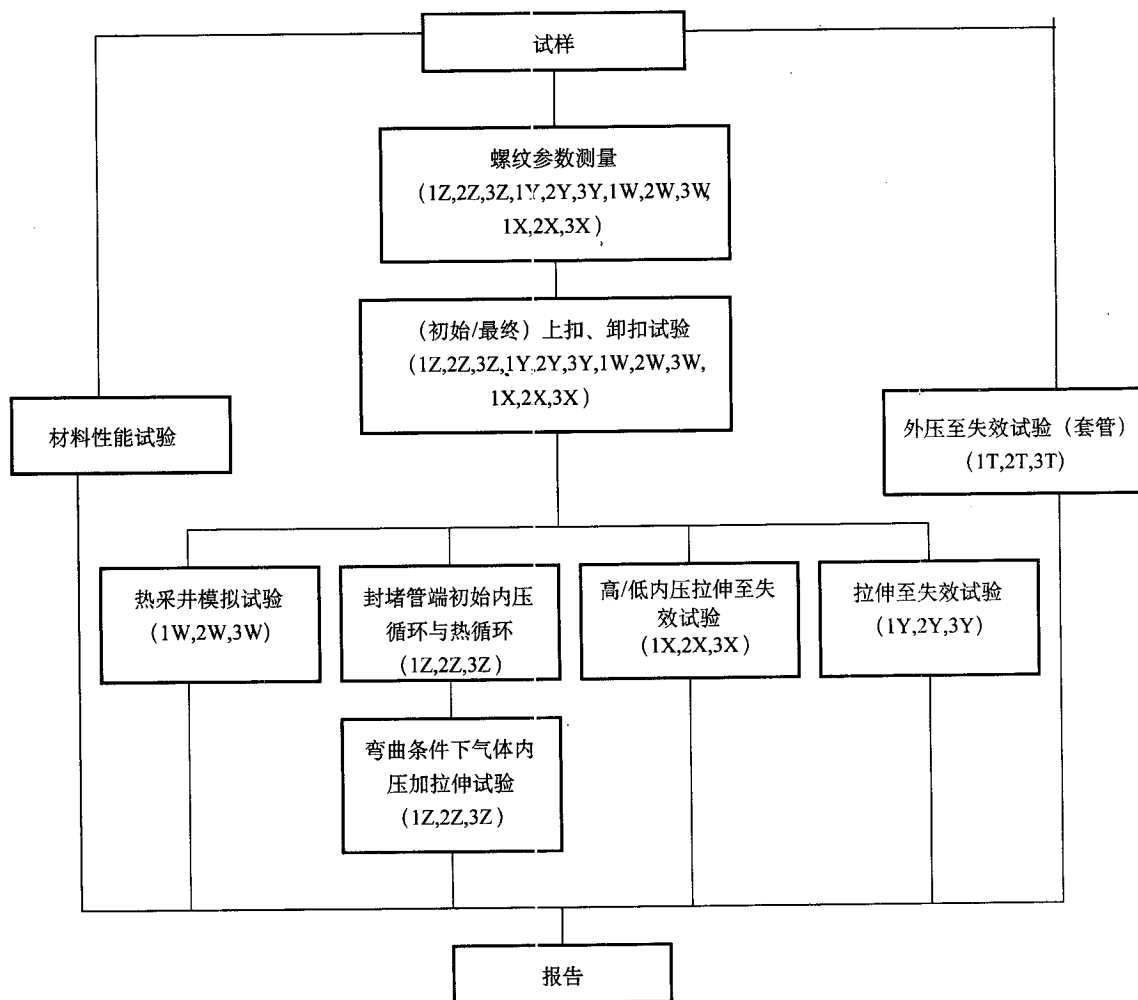


图5 热注采井模拟试验

## 5.2 试样的尺寸

对于每个单独的试样，其长度应包括：

- 要求  $L_{pi} \geq D + 6\sqrt{D \cdot t}$  (如图6所示)。
- 用于夹持和(或)塞堵的长度。

## 5.3 试样的检验与测量

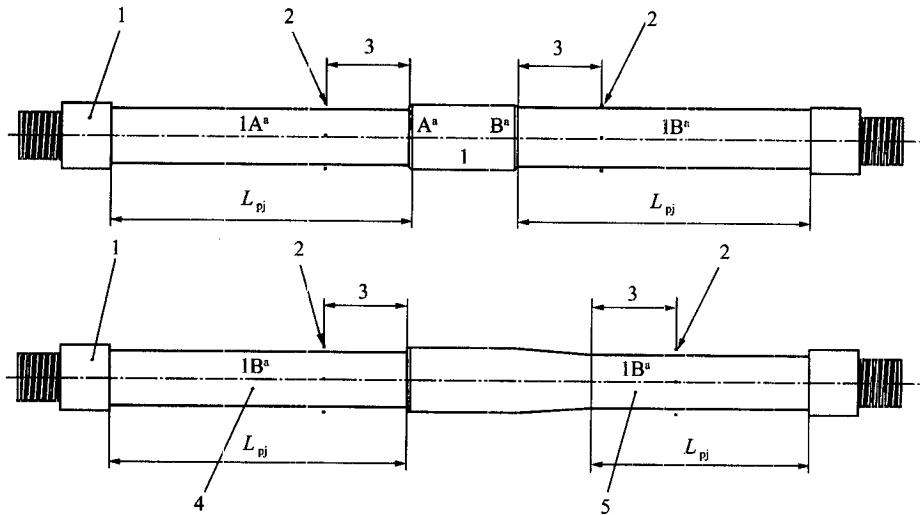
### 5.3.1 试样材料性能试验

试样的母管材料应有室温下材料试验数据，用于高温条件下试验的试样还应附加高温下材料试验数据。试验方法按试样产品标准规定的方法进行，并在表 B.1 中记录所有数据。

### 5.3.2 几何尺寸测量

试验前测量试样的外径、壁厚、内径、不圆度等几何尺寸，检验方法按 GB/T 19830 或技术协议规定的标准进行，在表 B.2 中记录全部数据。

对于破坏性试验，试验前后应按表 B.3 要求测量试样的几何尺寸，并记录全部数据，这些测量项目包括试样的外径、壁厚、长度等几何尺寸。



1—夹持固定端；2—弯曲用应变片；3—应变片与接头间距离： $\geq 3\sqrt{D \cdot t}$ （应变片与夹持端距离： $\geq D + 3\sqrt{D \cdot t}$ ）；4—外螺纹；5—内螺纹

注： $L_{pj}$ —管体最小无支撑长度。

<sup>a</sup> 试样编号。

图 6 试样尺寸和无支撑长度示意图

### 5.3.3 螺纹检测

为了对制造商生产过程质量控制进行评价，制造商应提供所有试样的螺纹参数，这些参数主要包括锥度、螺距、齿高、紧密距、密封直径等，检验方法按 GB/T 9253.2 及 GB/T 18052 或技术协议规定的标准进行，并在表 B.2 中记录全部数据。

现场取样应提供现场螺纹检测数据，在试验过程中，根据需要可重新测量上述这些螺纹参数，并记录全部数据。

### 5.3.4 无损检验

建议对所有进行压力试验的试样进行超声波、磁粉或电磁探伤，检查其是否存在缺陷。

### 5.3.5 备用试样

所有用于试验的试样均应准备一定数量的备用试样，这些试样可用于预演试验、或用于替换正式试验中途失败的正式试样。

## 6 评价试验程序

### 6.1 上扣、卸扣试验

#### 6.1.1 初始上扣、卸扣试验（对油管、套管）

上扣、卸扣试验应按下列步骤及要求进行：

- 初始上扣、卸扣应满足 7.2 中的相应要求。
- 上扣前清洗，检查内、外螺纹。
- 涂抹螺纹脂后，分别手紧各组试样，进行第 1 次上扣，按 GB/T 17745 规定的或用户推荐的最大扭矩控制（偏梯形螺纹接头按三角形位置上扣）。

- d) 上扣后 60min 内应卸扣，卸扣后清洁螺纹表面并检查试样，详细记录接头状况。
- e) 重复 c)、d) 步骤进行第 2 次上扣、卸扣。
- f) 涂抹螺纹脂后，分别手紧各组试样，然后进行第 3 次上扣；不需要进行最终上扣、卸扣试验的试样，第 3 次上扣时，每组试样的 3 根试样分别按 GB/T 17745 规定的或用户推荐的最大、最佳和最小扭矩控制上扣（偏梯形螺纹接头按三角形位置控制上扣），并不再卸扣；需要进行最终上扣、卸扣试验的试样，重复 c)、d) 步骤进行第 3 次上扣、卸扣，然后进行最终上扣、卸扣试验。
- g) 按 5.3.2 和 7.2 的规定在表 B.4 和表 B.2 中记录试验结果。
- h) 对现场来样根据工况条件按 7.2 选择一次性上扣或多次上扣。

### 6.1.2 最终上扣、卸扣试验（对油管）

最终上扣、卸扣试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 上扣前清洗，检查内、外螺纹。
- b) 涂抹螺纹脂后，分别手紧各组试样，进行第 1 次上扣，按 GB/T 17745 规定的或用户推荐的最大扭矩控制（偏梯形螺纹接头按三角形位置上扣）。
- c) 上扣后 60min 内应卸扣，卸扣后清洁螺纹表面并检查试样，详细记录接头状况。
- d) 重复 b)、c) 步骤进行第 2 次至第 6 次上扣、卸扣。
- e) 涂抹螺纹脂后，分别手紧各组试样，然后进行第 7 次上扣，每组试样的 3 根试样分别按 GB/T 17745 规定的或用户推荐的最大、最佳和最小扭矩控制上扣（偏梯形螺纹接头按距三角形位置控制），上扣后不再卸扣。
- f) 按 5.3.2 和 7.2 规定在表 B.4 和表 B.2 中记录试验结果。

### 6.1.3 过扭矩试验

过扭矩试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 一般上扣、卸扣步骤按 7.2。
- b) 根据制造商或用户要求确定上扣过扭矩值的范围或上扣过扭矩时的位置。
- c) 根据 b) 所确定的扭矩值或位置进行上扣。
- d) 按 5.3.2 和 7.2 的规定在表 B.4 和表 B.2 中记录试验结果。

## 6.2 密封验证试验

### 6.2.1 室温液体密封循环试验

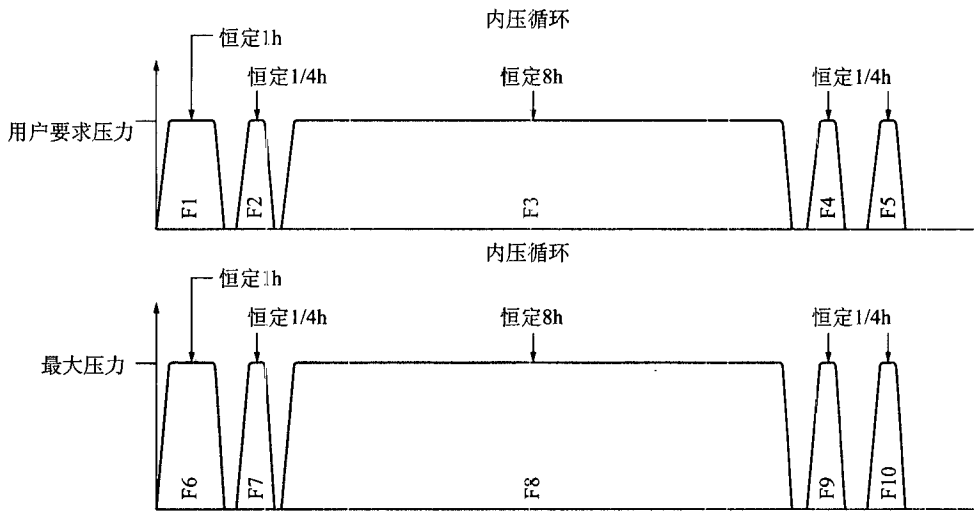
室温液体密封循环试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 按公式 (A.1) 确定用户压力。
- b) 按公式 (A.4) 确定最大压力。
- c) 按 7.3~7.7 及图 7 所示进行试验。
- d) 试验结果分别记录在表 B.5 和表 B.6 中。

### 6.2.2 封堵管端初始内压循环与热循环

封堵管端初始内压循环与热循环试验应按下列步骤及要求进行：

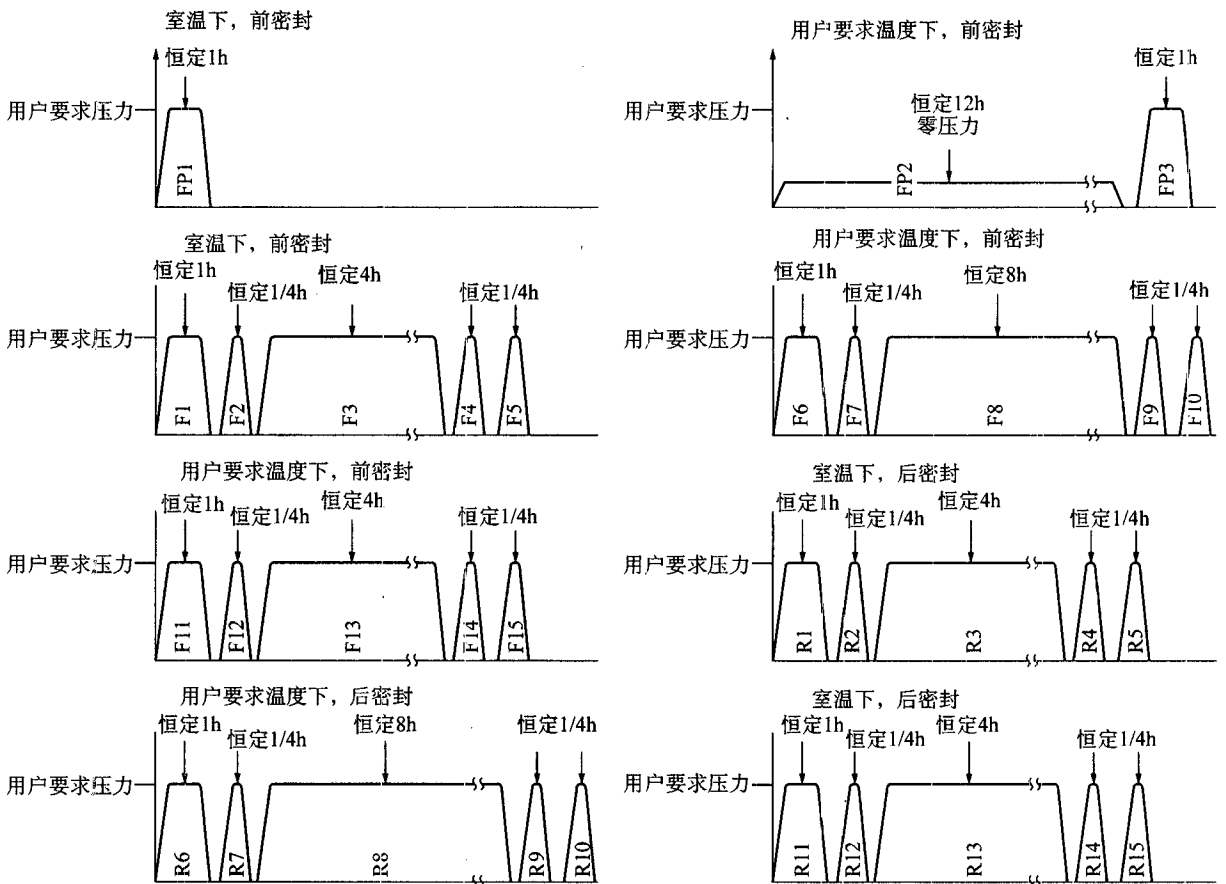
- a) 按公式 (A.1) 确定用户压力。
- b) 按公式 (A.2) 确定用户温度。
- c) 按 7.3~7.7 规定及图 8 所示进行试验。



注：加压介质：水或油。

图 7 室温液体密封循环试验

d) 试验结果分别记录在表 B. 5 和表 B. 6 中。



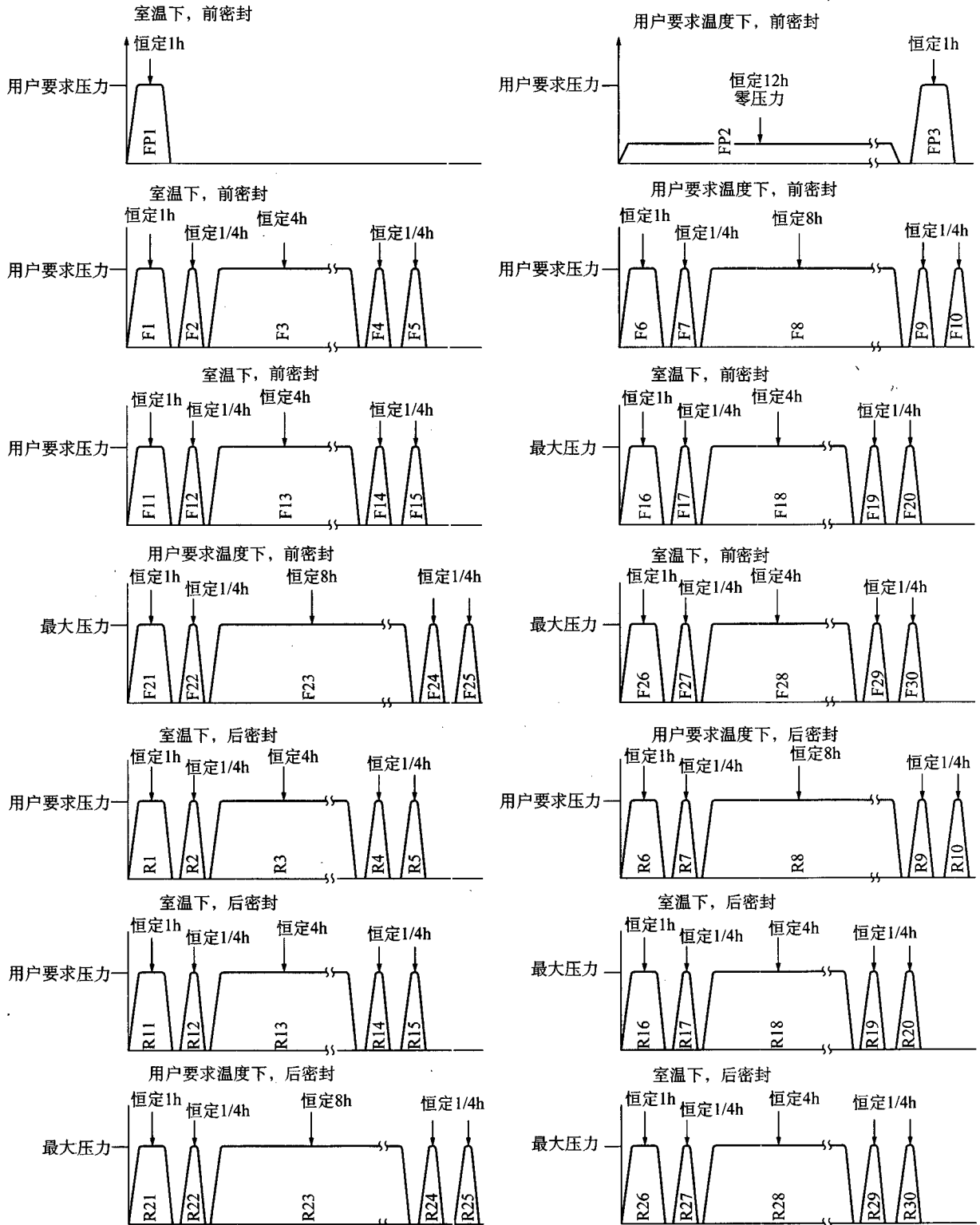
注：压力介质：氮气。

图 8 初始内压循环加热循环试验

### 6.2.3 封堵管端最终内压循环与热循环

封堵管端最终内压循环与热循环试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 按公式 (A. 1) 确定用户压力。
- b) 按公式 (A. 2) 确定用户温度。
- c) 按公式 (A. 4) 确定最大压力。
- d) 按 7.3~ 7.7 规定及图 9 所示进行试验。



注：压力介质：氮气。

图 9 最终内压循环加热循环试验

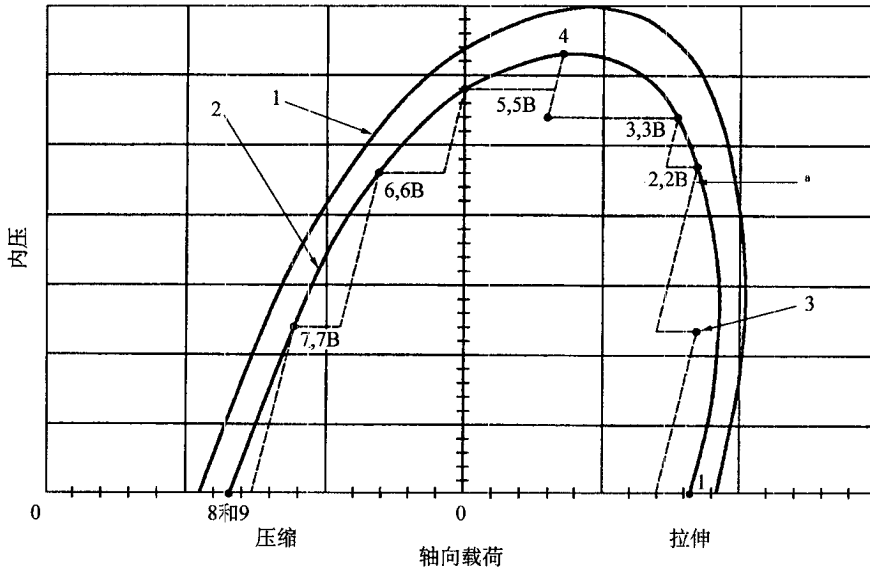


e) 试验结果分别记录在表 B. 5 和表 B. 6 中。

6.2.4 简化 B 系循环试验

简化 B 系循环试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 弯曲等效的轴向拉伸和压缩载荷要达到管体屈服强度的 40%、接头屈服强度的 40%（见本条注）和 19.7°/30m（20°/100ft）狗腿度中的最小值。
- b) 按照图 10 和表 2 规定的加载点来确定轴向载荷。



1—100%VME 管体屈服强度包络线；2—95% VME 管体屈服强度包络线；3—推荐试验载荷路径

注：试验时，按逆时针、顺时针、再逆时针方向进行 3 次循环加载；当接箍和管体钢级相同时，载荷点 8 和 9 是同一点。

<sup>a</sup> 椭圆内的点是载荷点。

图 10 接箍钢级等于管体、带弯曲时 B 系试验载荷点

表 2 简化 B 系试验加载——I 和 II 象限内评价试验

步骤序号	载荷点	管体弯曲度 (°) /30m <sup>d</sup>	轴向总载荷 <sup>a</sup> %	内压 <sup>a</sup> %	保载时间 min
1 <sup>i</sup>	1	—	95	0	5
2 <sup>i</sup>	2	—	95	95	15
3 <sup>i</sup>	2B	20°	$F_b + T = 95$	95	60
4 <sup>h</sup>	3	—	80	95	15
5 <sup>h</sup>	3B	20°	$F_b + T = 80$	95	15
6 <sup>i</sup>	4	—	CEPL	95	15
7 <sup>h</sup>	5	—	0	95	15
8 <sup>h</sup>	5B	20°	0	95	15
9 <sup>h</sup>	6	—	-10	95	15
10 <sup>b</sup>	8	—	-30	0	5
11 <sup>b</sup>	2	—	95	95	15
12 <sup>b</sup>	2B	20°	$F_b + T = 95$	95	15

表 2 (续)

步骤序号	载荷点	管体弯曲度 (°) /30m <sup>d</sup>	轴向总载荷 <sup>a</sup> %	内压 <sup>a</sup> %	保载时间 min
13 <sup>c</sup>	8	—	-30	0	5
14 <sup>c</sup>	6	—	-10	95	15
15 <sup>c</sup>	5B	20°	0	95	15
16 <sup>c</sup>	5	—	0	95	15
17 <sup>c</sup>	4	—	CEPL	95	15
18 <sup>c</sup>	3B	20°	$F_b + T = 80$	95	15
19 <sup>c</sup>	3	—	80	95	15
20 <sup>c</sup>	2B	20°	$F_b + T = 95$	95	15
21 <sup>c</sup>	2	—	95	95	15
22 <sup>c</sup>	1	—	95	0	5
23 <sup>b</sup>	2	—	95	95	15
24 <sup>b</sup>	2B	20°	$F_b + T = 95$	95	15
25 <sup>b</sup>	3	—	80	95	15
26 <sup>b</sup>	3B	20°	$F_b + T = 80$	95	15
27 <sup>b</sup>	4	—	CEPL	95	60
28 <sup>b</sup>	5	—	0	95	15
29 <sup>b</sup>	5B	20°	0	95	15
30 <sup>b</sup>	6	—	-10	95	15
31 <sup>b</sup>	8	—	-30	0	5
32 <sup>b</sup>	2	—	95	95	15
33 <sup>b</sup>	2B	20°	$F_b + T = 95$	95	60

注：T—拉伸力；CEPL—封堵管端内压产生轴向力； $F_b$ —弯曲等效轴向力。

<sup>a</sup> 由 95% 试验载荷包络线确定。

<sup>b</sup> 逆时针方向。

<sup>c</sup> 顺时针方向。

<sup>d</sup> 弯曲载荷应取 19.7°/30m、管体外表面屈服强度的 40% 及接头弯曲屈服强度的 40% 之中的较小值。

c) 按照图 10 和表 2 规定的加载步骤和 7.3~7.7 的说明进行试验。

d) 试验结果分别记录在表 B.5 和表 B.6 中。

注：外径大于 244mm (9 3/8 in) 的试样应按照接头的屈服强度 40% 来确定。

### 6.2.5 弯曲条件下液体内压加拉伸试验

弯曲条件下液体内压加拉伸试验应按下列步骤及要求进行：

- 试样在用户温度下加热 24h，然后冷却；如果试样在前面的试验中已做过封堵管端最终内压循环与热循环，则此步骤可以省略。
- 按公式 (A.5) 和公式 (A.7) 及图 11 所示确定载荷及内压。
- 按 7.3~7.7 规定及图 11 所示进行加载、施加弯曲载荷及液体内压试验，整体等效应力不应

超过管体在用户温度下屈服强度的 85%。

d) 试验结果分别记录在表 B. 5 和表 B. 6 中。

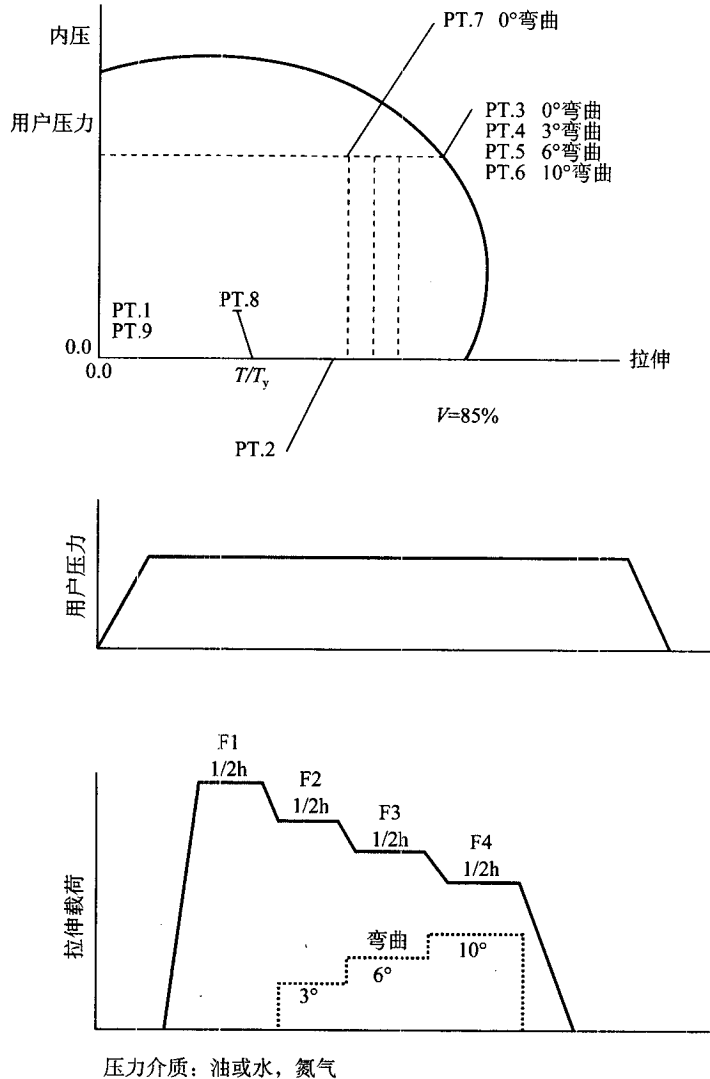


图 11 弯曲条件下气体/液体内压加拉伸试验

### 6.2.6 弯曲条件下气体内压加拉伸试验

弯曲条件下气体内压加拉伸试验应按下列步骤及要求进行：

- 试样在用户温度下加热 24h，然后冷却；如果试样在前面的试验中已做过热循环，则此步骤可以省略。
- 按公式 (A. 5) 和公式 (A. 7) 及图 11 所示确定载荷及内压。
- 按 7.3~7.7 规定及图 11 所示进行加载，施加弯曲载荷及气体内压试验，整体等效应力不应超过管体在用户温度下屈服强度的 85%。
- 试验结果分别记录在表 B. 5 和表 B. 6 中。

### 6.2.7 热注采井模拟试验

热注采井模拟试验应按下列步骤及要求进行：

- 试样在用户温度下加热 12h，然后冷却。
- 试样加温至用户温度，按图 12 所示施加拉伸和压缩载荷，整体等效应力不应超过管体在用

户温度下屈服强度的 85%。

- c) 试样冷却至室温,按 7.3~7.7 及图 13 所示施加内压及拉伸、压缩载荷,整体等效应力不应超过管体在室温条件下屈服强度的 95%。
- d) 试验结果分别记录在表 B.5 和表 B.6 中。

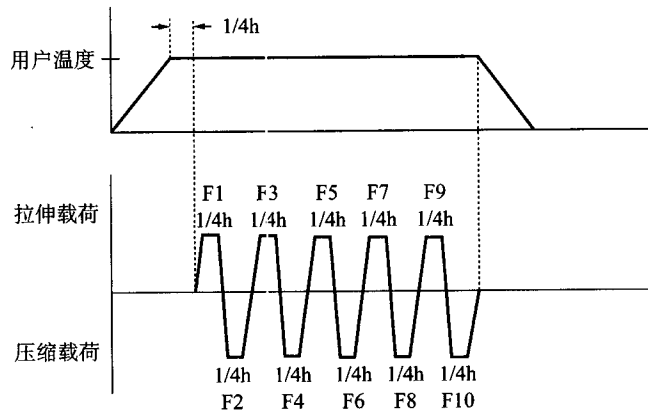


图 12 热注采井模拟试验 (高温)

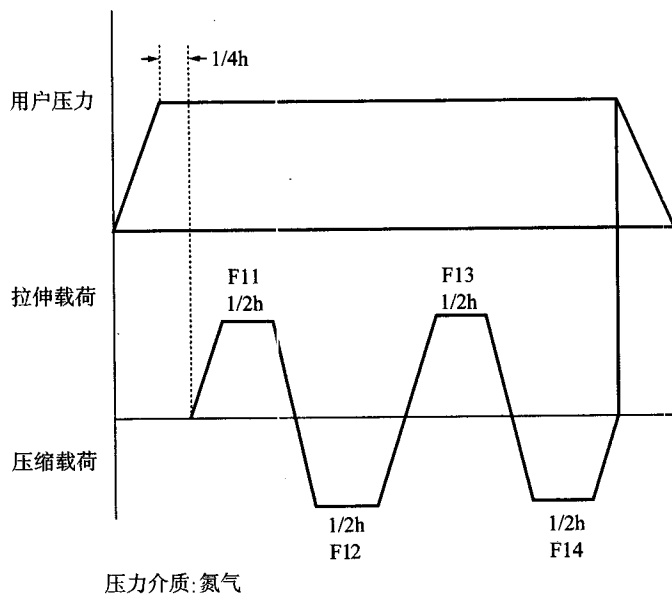


图 13 热注采井模拟试验 (室温)

### 6.2.8 静水压试验

静水压试验应按下列步骤及要求进行:

- 根据 GB/T 19830 或用户要求确定静水压试验压力。
- 按 7.3~7.7 给试样加压至静水压试验压力。
- 保压 10min。
- 试验结果分别记录在表 B.5 和表 B.6 中。

### 6.3 极限载荷试验

#### 6.3.1 拉伸至失效试验

拉伸至失效试验应按下列步骤及要求进行:

- a) 按 7.3~7.7 的规定给试样加载、直至拉伸破坏。
- b) 在表 B.3 中分别记录每次试验的结果。

### 6.3.2 内压至失效试验

内压至失效试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 按 7.3~7.7 规定给试样加内压直至其失效。
- b) 在表 B.3 中分别记录每次试验的结果。

### 6.3.3 低内压拉伸至失效试验

低内压拉伸至失效试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 试样按用户温度加热 24h，然后冷却；若试样在以前做过热循环试验，这一步骤可以省略。
- b) 按 7.3~7.7 的规定进行试验。
- c) 施加按公式 (A.4) 所给压力的 60% 的内压。
- d) 保持恒定内压，增加拉伸载荷直至试样破坏。
- e) 在表 B.3 中分别记录每次试验的结果。

### 6.3.4 高内压拉伸至失效试验

高内压拉伸至失效试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 试样在用户温度下加热 24h，然后冷却；若试样在以前做过热循环试验，这一步骤可以省略。
- b) 按 7.3~7.7 的规定进行试验。
- c) 施加按公式 (A.4) 所给压力的内压。
- d) 保持恒定内压，增加拉伸载荷直至试样破坏。
- e) 在表 B.3 中分别记录每次试验的结果。

### 6.3.5 外压至失效试验（仅对套管）

外压至失效试验应按下列步骤及要求进行：

- a) 按 7.3~7.7 的规定进行试验，试验压力参考式 (A.6) 确定。
- b) 对试样施加外压直至其失效，试样失效定义为管体压扁或连接部位出现泄漏。
- c) 试验结果分别记录在表格中。如果试样没有被挤毁，也应说明试样未被挤毁的原因，并记录达到的最大外压值。

## 7 一般试验要求

### 7.1 通用要求

#### 7.1.1 总则

实物试验室应：

- a) 为国家授权认可的检测试验室，并获得国家计量认证。
- b) 至少要全部满足 7.1.2~7.1.5。

#### 7.1.2 设备标定

在试验前，应确保所有使用的试验机架经过了合法标定。另外根据接头生产商和试验室的经验，

对诸如压力应变计和热电偶之类的检测和记录设施，应定期标定。试验室标定标准和所有标定标准应记录在案。在单项报告里，应该有试验机架、温度、压力和扭矩检测设施的标定试验报告复印本。

### 7.1.3 年度试验机架标定

轴向载荷或复合载荷试验中使用的每一个试验机架都应在拉伸和压缩两种受力方式下标定，应用可溯源到国家标准计量组织的设备标定，至少每年一次。标定应进行两次，应从最小标定载荷到最大标定载荷（即载荷范围）进行标定，每次最少分为 10 个相等的载荷增量。标定的载荷范围要涵盖试验时所施加的载荷范围，最大标定载荷值要大于测试的接箍/管体预期最大失效载荷。

绝对误差  $E_r$  和相对误差  $E_{rp}$  的计算见公式（3）和公式（4）：

$$E_r = F_i - F_f \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$E_{rp} = E_r / F_f \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$E_r$ ——绝对误差；

$F_i$ ——显示载荷；

$F_f$ ——实际载荷；

$E_{rp}$ ——相对误差。

试验机架的所有载荷相对误差不得超过  $\pm 1.0\%$ 。

### 7.1.4 试验机架校验

如果试验机架经受了异常载荷作用，如载荷超过标定范围，或预料之外的失效载荷显示标定可能有问题的，应使用标定筒校验试验机架标定结果。标定筒应溯源到国家标准计量组织，且每年都应鉴定。若不用标定筒，则应进行一次全程年度标定。

### 7.1.5 压力传感器检定

每个压力传感器每年至少检定一次，标定载荷范围内相对误差不得超过  $\pm 1.0\%$ 。

### 7.1.6 预演试验

建议进行预演试验，目的是提供一个机会，在正式试验前用简化的程序检验接头设计和试验程序。应在预演试验后，才可进行正式试样螺纹加工，尤其在涉及材料有效性时。预演试验时，具有较少金属密封过盈的试样应进行压力密封试验。具有较多金属密封过盈的试样应用来检测接头对粘扣的敏感性。

## 7.2 上扣、卸扣试验

### 7.2.1 试验机

上扣、卸扣试验的试验机系统应带有扭矩测试仪、圈数测试仪、扭矩到位自动控制阀，同时能自动采集并记录上扣扭矩、上扣圈数及上扣时间等参数，并能显示扭矩—圈数曲线及扭矩—时间曲线。

试验机整机及所用的载荷传感器、压力传感器等计量器具，应经过有试验机及传感器检定资格的部门进行检定，检定周期不大于一年。试验机整机准确度应小于 1%。

### 7.2.2 螺纹脂

上扣使用的螺纹脂由制造商或用户推荐。应由制造商按质量给出涂抹的最多量和最少量，或者由

制造商提供涂抹螺纹脂的图片和详细说明。如果认为螺纹性能不受涂抹量的影响，应予以说明。

每次上扣前均应彻底清洗螺纹，并称出每个螺纹上应涂抹的螺纹脂量。按最大扭矩控制上扣的螺纹，应涂抹最多量的螺纹脂；按最小扭矩控制上扣的螺纹，应涂抹最少量的螺纹脂。每次卸扣后，应重新清洗内、外螺纹。同批试验的所有试样应使用同一种螺纹脂。

### 7.2.3 扭矩和速度的确定

对于符合 GB/T 19830 的圆螺纹套管和油管及直连型套管，最大扭矩和最小扭矩可按照 GB/T 17745 推荐的扭矩确定。对于符合 GB/T 19830 的偏梯形螺纹套管，如果制造商推荐上扣扭矩，则最大扭矩和最小扭矩按制造商推荐的扭矩确定。如果未推荐，则按三角形标记位置确定。对于特殊螺纹油管、套管，最大扭矩和最小扭矩应按制造商推荐的扭矩确定。此外，制造商还应推荐上扣的参考扭矩。

对于各试样每次上扣，应按规定的扭矩大小控制上扣。对于规定的最大扭矩，可接受最大或更大的扭矩；对于规定最小扭矩，可接受最小或更小的扭矩。如果实际扭矩在最大或最小扭矩之间，则应卸开螺纹重新施加扭矩上扣。

上扣速度应按制造商或用户的推荐值，但最快不应超过 25r/min。

### 7.2.4 上扣方式

推荐使用垂直上扣方式进行上扣、卸扣试验。对于接箍连接试样，一般不应采用浮动上扣方式，即应采用每端分别上扣。对于需要应变测量的上扣、卸扣试验，则可采用浮动上扣方式。夹具夹持接箍的位置应尽量夹在不上扣一端，避免夹持对上扣产生不良影响。

### 7.2.5 试验记录及接头试样检查

每次上扣、卸扣时，监测并记录上扣和卸扣扭矩，绘制扭矩—圈数图及扭矩—时间图，圈数分辨率为 1/100 圈或更精确。应保存全部扭矩图，直至完成全部试验。

每次卸扣后都要仔细检查接头试样，并记录在案。估测扭矩—圈数曲线与观测到的接头粘扣的相互关系，在扭矩—圈数曲线图上记录所有相关的现象和变化（接箍或外螺纹在钳牙里的转动、计算机小故障或放电造成不能输出扭矩图）。

每次卸扣后，内、外螺纹可用生产商为油田规定的技术方法进行修复。所有修复及时间都应详细记录在案，报告里也要对所有粘扣及其损伤有记录，包括损伤的几何样式或损伤机理的详细描述在内的粘扣评估是最终报告的一部分。粘扣表面、修复后的表面、再次卸扣的修复处表面和最终卸扣后的修复处表面应照相且体现在最终报告里。

所有上扣、卸扣数据应记录在表 B.4 中。

## 7.3 压力、载荷、温度和弯曲控制要求

### 7.3.1 压力

压力是指施加于试样的内压力或外压力，对试样进行加压或减压时，应按不大于 35MPa/min 的压力速率进行。试样加载可以连续或间断进行。然而，间断加载时，压力增量速度不能超过最大允许值。没有最大或最小卸载速度要求。规定速度值是保证可以准确的记录试样密封和结构性能试验数据。

### 7.3.2 轴向载荷

载荷是指试验机施加于试样的机械载荷以及压力引起的附加载荷，在复合加载试验中，总的轴向

载荷应视为机械载荷与压力及弯曲引起的轴向附加载荷之和。对于封堵管端（无机械加载）压力试验，轴向载荷只应视为作用于端部堵头上的内压力。对试样进行加载或卸载时，其轴向加载速率应使轴向应力不大于 35MPa/min。试样加载可以连续或间断进行。然而，间断加载时，轴向力增量速度不能超过最大允许值。没有最大或最小卸载速度要求。规定速度值是保证可以准确的记录试样密封和结构性能试验数据。

### 7.3.3 温度

在高温试验中应监测试样本身的温度、保持试验温度不低于用户温度。加温方法应保证整个试样试验段温度均匀。在热循环试验中，其温度差不得小于 80℃，室温温度应小于 50℃。

### 7.3.4 弯曲

弯曲试验时，对试样施加弯矩，根据管体上检测的应变把弯矩控制在由三点弯曲函数计算得到的最小弯矩值内。监控管体应变，计算弯曲应力、弯矩和狗腿度，且要连续记录狗腿度。

## 7.4 内压泄漏检测

### 7.4.1 基本原则

对需要气体或液体密封的接头，泄漏检测要求是很严格的。各类接头可选用的检漏方法见后文说明。油管 and 套管接头进行内压试验时，由一个可以收集和检测所有接头泄漏的系统来监控泄漏情况。

### 7.4.2 内压作用介质

气密封性能试验应用干燥氮气作压力介质。试验的任何一方都可提出增加 5% 氮气作为示踪气。所有极限载荷试验（如失效试验）应用液体做内压介质，除非试验方案有其他规定，并获一致认可。

### 7.4.3 试验安全

出于安全考虑，做气体压力试验的试样应填充芯棒，芯棒材料应是不含空隙的或能很快释放压力的介质，以免出现问题影响试验结果。芯棒尺寸应尽可能减少试样内部体积，但要避免在试验过程中与试样有力的作用，芯棒应位于试样中心以保证不和试样内壁接触。

## 7.5 内压泄漏收集装置

### 7.5.1 方案选择

内压试验时可选择一种或多种下述的内压泄漏收集装置。当试验是高温状态时，测定材料强度等级的温度应高于试验温度。

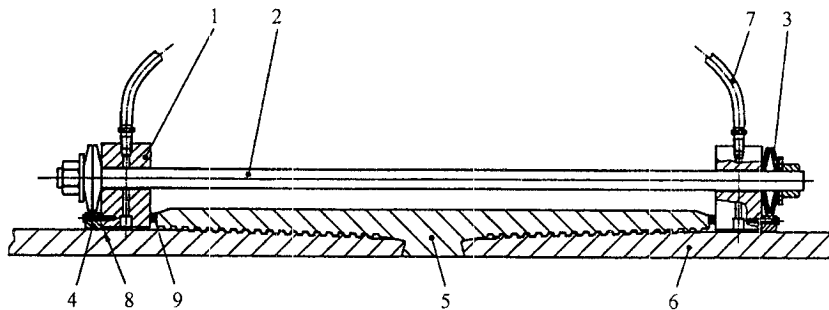
### 7.5.2 O 型圈泄漏收集装置

由 O 型圈和开槽的环形法兰组成，通过法兰上的四个螺栓孔把 O 型圈紧箍在内螺纹端面或外表面，阻塞泄漏通道。第二个 O 型圈用于管体表面密封，由一个单独的带螺栓的环固定于管体表面，见图 14。

### 7.5.3 软塞泄漏收集装置

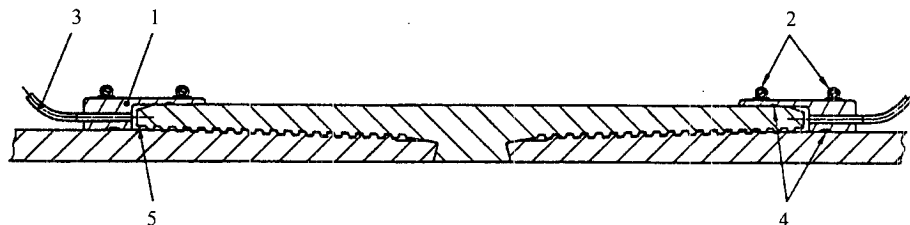
软塞泄漏收集装置由一种软材料，如硅氧烷，封住内螺纹端部。在管体外表面、内螺纹外表面和软塞之间涂上密封胶。软管夹把软塞固定在管体和内螺纹表面上。在软塞和管体之间放置一个试管并涂有密封胶，保证泄漏的气体通过软塞逸出，见图 15。





1—金属法兰；2—螺纹连杆；3—弹簧片；4—螺帽；5—接箍；  
6—管体；7—软管；8—O型圈；9—端面衬垫

图 14 O型圈内压泄漏收集装置



1—软塞；2—软管夹；3—金属导管或软管（进行C系试验时要耐热）；4—密封脂；5—泄漏收集缝隙

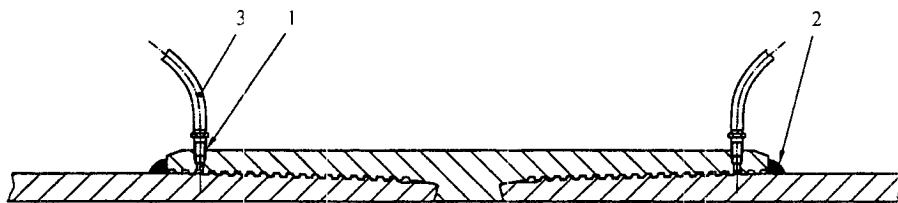
图 15 软塞内压泄漏收集装置

#### 7.5.4 内螺纹开槽泄漏收集装置

在外螺纹消失处，靠近内螺纹端面的内螺纹上钻一通孔，使泄漏气体从孔中逸出接头。通孔要有锥度，接有螺纹连接器，然后接一软管。内螺纹端面要密封，防止气体从这里逸出，见图 16。

按照下面的方式安装内螺纹开槽泄漏收集装置：

- a) 上扣前钻孔，套丝，清理毛刺。
- b) 上扣。
- c) 使用如 PTFE 之类的密封脂，在钻孔上安装螺纹漏嘴。
- d) 清洗接箍端面，用硅氧烷进行密封，用密封胶进行处理。



1—锥度螺纹孔；2—密封脂；3—软管

图 16 内螺纹开槽内压泄漏收集装置

#### 7.5.5 泄漏收集装置的压力试验

每种泄漏收集装置应进行下述试验：

- a) 把软管和压力源连到一起，检查密封胶和漏嘴接头的密封性；施加 0.007MPa 或 0.014MPa (1psi 或 2psi) 气压的空气或氮气，然后关闭气源，观察压力表降幅。
- b) 必要时旋紧或修理泄漏收集设施。
- c) 周期性转动漏嘴，必要时清理孔口，然后按上面步骤重新加压。
- d) 在协商一致情况下，钻孔可以靠近金属对金属密封面。

### 7.5.6 内压泄漏检测灵敏性

内压泄漏检测的监控和测量系统应达到最小灵敏度：用  $0.1\text{cm}^3$  分度量筒，灵敏精度是  $0.9\text{cm}^3/15\text{min}$ ，用标准条件下气相色谱仪或分光计系统则要达到  $1 \times 10^{-4}\text{cm}^3/\text{min}$  灵敏精度。如果使用示踪气，量筒系统应具有连续捕获气体能力，以分析氮气含量，确证泄漏发生与否。

使用量筒时，要注意补偿大气压的变化。因为这些变化会影响泄漏检测灵敏性。在试验前，推荐设置一个和泄漏检测装置相同的独立的模拟量筒（见图 17）。在分析确定接头是否泄漏或（量筒内气体体积的）变化是否由大气压变化引起时，独立模拟量筒会很有帮助。独立模拟量筒应有一定量气泡，与监控接头的倒置量筒里的空气体积应一致。

有泄漏现象时，要评估是否有理由相信收集到的泄漏气体来源接头。标定过的氮气探头可用来鉴定气泡来自压力介质，而不是螺纹脂脱气、接头或试验设施的热膨胀。泄漏源的判定应建立在泄漏气体的分析结论上。如果泄漏不是接头而是来自其他地方（如端部封头），应修复漏气源，继续试验。应报告所有泄漏和源头（如压力嘴、阀门、接头等）。报告里应记录所有的泄漏现象，并予以说明。

### 7.5.7 气泡方法内压泄漏检测

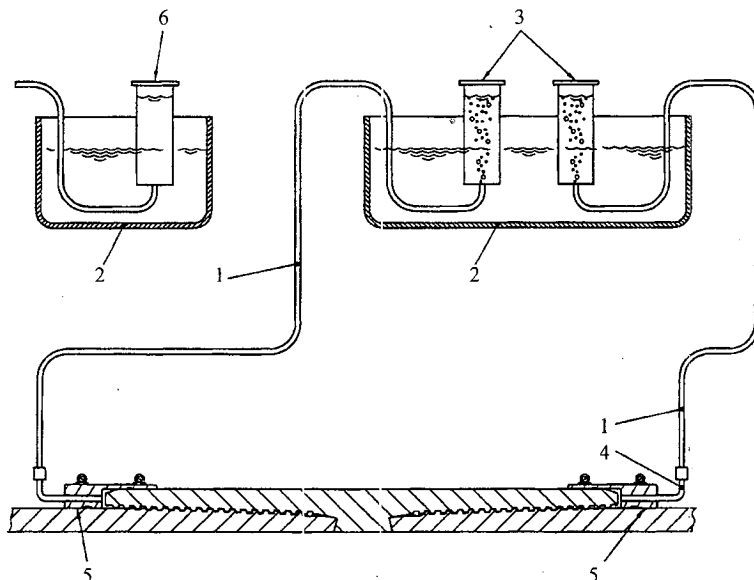
#### 7.5.7.1 基本原则

基于气泡方法的一种泄漏检测装置如图 17 所示，本系统应保证能收集到所有的通过接头的气体，且能收集到容器内进行体积测量，系统主要由以下几部分组成：

气体收集装置，如 7.5.2~7.5.5 所述。

连接收集装置和气泡收集量筒的软管或试管。

由清晰的  $0.1\text{cm}^3$  或更小分度的量筒组成的气泡收集量筒，量筒应装满水，软管放在量筒的开口端。量筒和软管端部放入有水的容器内，然后倒置（见图 17）。量筒里有气泡升起时，就是有泄漏发生，气体体积可用量筒上的刻度读出。



1—软管；2—水池；3—刻度量筒；4—耐热导管；5—泄漏收集设施；6—模拟量筒（和3完全相同）

图 17 气泡法内压泄漏检测系统

#### 7.5.7.2 气泡方法系统检定

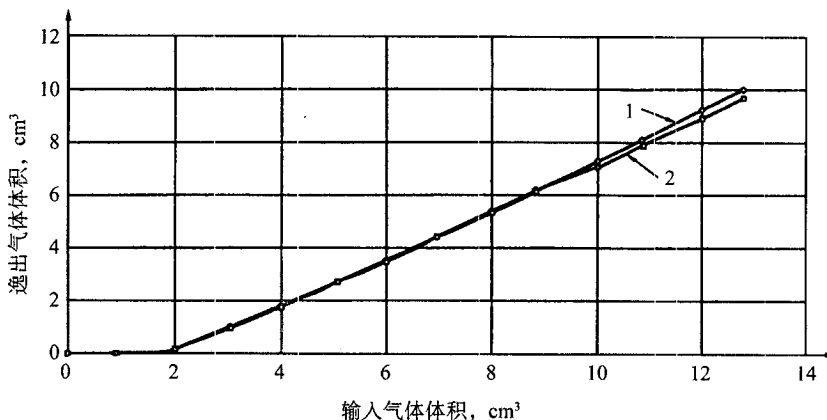
在试验开始前，通过泄漏试验和灵敏性检查来检定所有内压泄漏检测系统。

- a) 对泄漏检测系统施加 0.007MPa 或 0.014MPa (1psi 或 2psi) 压力的空气或氮气来检验系统密封性。在压力稳定后, 关闭气源, 观察气压表 2min 内的稳定性, 压力下降则表示系统泄漏, 查找并修复系统每一处的泄漏。重复这个过程直到气体压力至少保持 2min 不变。
- b) 用注入空气、检查每个气泡试管的出气量的办法判断灵敏性。以 1cm<sup>3</sup> 的增量至少注入 10cm<sup>3</sup> 气泡。利用图 18 数据图表形式, 计算平均出气量和进气量的关系。气泡试管开始收集气体前预加的气体体积 (加压力) 应记录, 但不影响泄漏速度计算, 在灵敏度效果测试时不必考虑。灵敏效果至少要达到 70%, 若低于 70%, 重新安装系统提高灵敏度。灵敏度用于修正试验中观察到的所有泄漏速度和体积, 见公式 (5)。

$$q_{BC} = q_o / \eta_{ds} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- $q_{BC}$ ——报告里体现的实际泄漏速度, cm<sup>3</sup>/s;
- $q_o$ ——观察到的泄漏速度, cm<sup>3</sup>/s;
- $\eta_{ds}$ ——泄漏检测系统的灵敏性。



1—试样 A 端泄漏检测灵敏性曲线; 2—试样 B 端泄漏检测灵敏性曲线

图 18 泄漏检测灵敏性曲线示例

7.5.7.3 开始试验

载荷包络线试验开始前, 要从内螺纹附近对泄漏检测系统注入空气预加压力, 直到气泡试管里出现少量气体。记下这个气体体积, 以便从以后收集到的气体中减去。这个预加压力应足以使量筒里水面降低几个分刻度。

7.5.8 氮气分光计方法检测泄漏

7.5.8.1 基本原则

氮气分光计方法泄漏检测系统 (如图 19 所示) 包括以下设施:

- a) 气体收集设施。
- b) 连接输气管和气体收集装置的软管或试管。
- c) 连接到质谱仪上的纯氮气输气管。
- d) 氮气质谱仪 (一般来说质谱仪对泄漏采用嗅的方法, 因此, 应注意在大气压力下, 确保嗅探器正常工作)。

### 7.5.8.2 系统精度

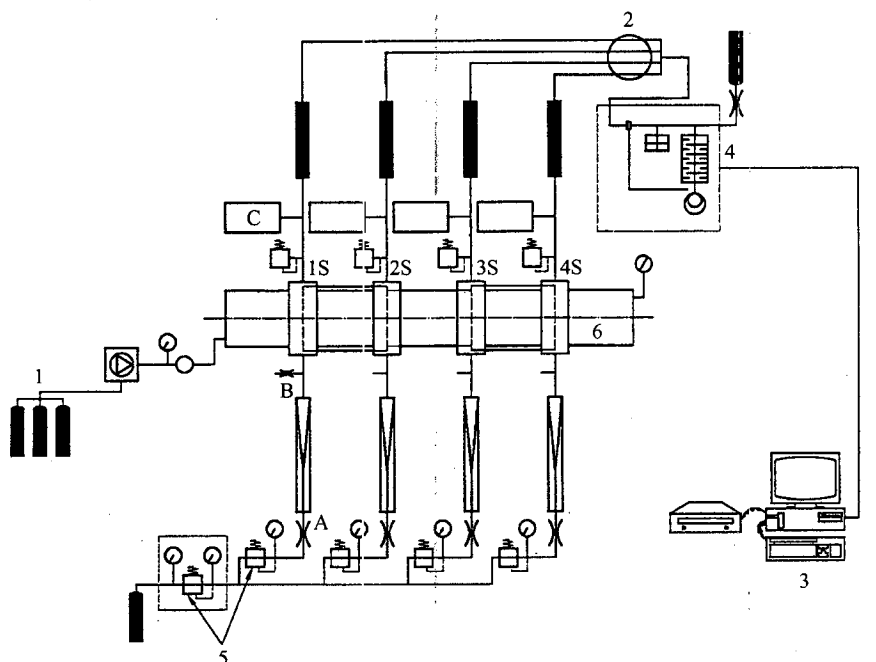
氦气泄漏检测系统在标准条件下应能检测到  $1 \times 10^{-4} \text{cm}^3/\text{s}$  的泄漏速度，甚至更低。

### 7.5.8.3 标定

整个系统应按设备供应商推荐的标定泄漏源进行标定，并且每年至少一次。标定时使用标定源代替试样和泄漏检测系统的其他部分。

### 7.5.8.4 多试样泄漏检测

多支管扫描总管可用于多接头或多试样检测试验，所需最小嗅探时间随设备而不同，应在试验前确定并验证，每一支管每分钟至少嗅探一次。



1—内压源；2—试样开关；3—数据记录器；4—质量分光计质谱仪；5—气体校准器；  
6—试样（示例为2个接箍和4个接头：1S，2S，3S和4S）

图 19 氦气质量分光计质谱仪安装示意图

### 7.5.8.5 系统检验

每次试验前要用氦气或含氦气的氮气注入试验系统，然后在整个管线和泄漏收集装置外嗅探气体来检验系统，检查气体中合适的氦气含量，确定各管线没有堵塞。

## 7.6 安装要求

### 7.6.1 上扣、卸扣试样

当采用单端上扣时应夹持在接箍不上扣的一端，且要选择合适的夹持力，保证试样和大钳的旋转中心线一致。大钳钳牙平面应与试样垂直，力臂和钳牙处于同一平面，力臂与载荷传感器呈  $90^\circ$  夹角。

### 7.6.2 压力传感器

把压力传感器与试样的内压或外压腔体连接到一起，把压力传感器放在排气口，不要放到加压的

孔口。

### 7.6.3 弯曲载荷

若用应变片控制弯矩，至少一个管体上应粘贴四个双轴应变片，在一个截面上呈玫瑰状布置（最好两根管体上都有），纵向离接箍和每个封堵端或夹持端最少是  $3\sqrt{D \cdot t}$ ，环向以  $90^\circ$  等间距布置。应变片位置或方向应记录在案，如果证明精度可以和四个玫瑰状布置的应变片相同的话，也可用其他设备来检测弯曲载荷。

规定有三种弯曲载荷施加方法：

- a) 四点弯曲时，在试样两端约束之间等距离放置 2 个弯曲加载棒，且要保证它们施加相等的载荷。
- b) 三点弯曲（在接箍中间加力）时，对得到的弯曲应变数据结果要按从外载荷作用点到接箍中心的距离与外载荷作用点到应变片中心距离的比值进行调整，调整后的弯矩才是作用于接箍的弯矩值。
- c) 在平面内旋转固定端施加弯矩时，试样所受弯矩与两端所受弯矩相等。

### 7.6.4 热电偶

热电偶应放在试样的连接处，不能将热电偶直接接触加热源，应采用隔热材料将热电偶与加热源分隔开，或放置在离加热源较远的地方。

### 7.6.5 位移传感器

应固定在试样上，测量范围应包含试样连接处。传感器不得偏斜安装。

### 7.6.6 轴向加载试验

试样中心线与试验机的中心线应重合，不允许偏心加载。为了防止压缩时试样失稳，可在试样上放置防护罩，防护罩起扶正作用，不能影响试样本身强度。

### 7.6.7 内压试验

所有内压试验均应在试样内放置填充棒，以减少试验压力介质贮能，但要给轴向留有足够的间隙，以保证上扣试验或压缩试验顺利进行。

## 7.7 数据采集和记录

### 7.7.1 一般说明

记录正确和足够的对评估程序是重要的，没有足够的对数据记录，就不可能为接头评估结论提供证据。所有试验都应记录压力、轴向载荷及温度对时间的曲线图，记录仪选择的比例和速度应适当，其曲线分辨率应小于 1%。每次破坏试验都应对破坏试样有图片记录，并注明破坏位置及类型。任何与试验有关的原始数据都应记录在案。

### 7.7.2 试验过程

监测记录试样的内压、外压、框架载荷、弯曲载荷和温度。对所有试验，连续记录与时间对应的压力、轴向力和温度。对数据采集系统，数据采集速度要与预期载荷和压力的变化相适应，但所有通道不能少于 15s 一个数据。绘制密封性能试验压力曲线时，压力轴从 0 开始，最大坐标值要大于预期最大试验压力。绘制失效试验压力曲线图时，压力轴坐标值范围大于 2 倍的预期最大试验压力。绘制

密封试验的机械拉伸曲线图时，拉力轴范围从0开始，最大坐标值要大于预期最大试验拉力。绘制失效试验拉力曲线图时，拉力坐标值范围需大于1.5倍的预期最大试验拉力。温度—时间关系图也要有合适坐标范围。这些图上可做一些注释，便于以后解释说明。

### 7.7.3 失效试验

检测与记录作用于试样的内压或外压，以及轴向作用。每次失效试验，失效后的试样要照相，并注明失效位置和失效模式。

## 8 试验内容的选择

### 8.1 根据工况选择试验系列

用户及制造商应根据油管、套管的具体使用工况条件和螺纹性能来选择某种或多种试验系列。

### 8.2 新产品的评价试验

应满足基础系列（A系列）同时根据设计思想选择其他系列中的评价程序，或专门设计新的评价程序。

### 8.3 现场取样的评价试验

应根据现场要求选择试验内容，可参照某个系列中的若干试验进行，也可以专门设计新的试验程序。

## 9 试验报告

试验结果均应以报告形式给出，除有特殊要求外，一般试验报告应包括以下内容：

- a) 标题，应包括如下信息：
  - 1) 制造商；
  - 2) 螺纹类型；
  - 3) 评价系列；
  - 4) 外径、重量、材料和钢级；
  - 5) 图号和修改号。
- b) 引言，应包括如下信息：
  - 1) 试验目的；
  - 2) 试验时间及地点；
  - 3) 试验操作者、委托方及试验监督者；
  - 4) 试验项目及完成情况。
- c) 螺纹说明，应包括如下信息：
  - 1) 螺纹高度、螺距、锥度及螺纹牙形状；
  - 2) 密封类型（金属、弹性等）及密封位置；
  - 3) 连接方式；
  - 4) 螺纹过盈量及间隙；
  - 5) 表面处理状态。
- d) 试样准备，应包括如下信息：
  - 1) 试样图纸号；

- 2) 高温下材料屈服强度与室温下材料屈服强度的比率；
  - 3) 高温与室温材料极限强度的比率；
  - 4) 注明所使用的高温温度。
- e) 上扣、卸扣试验，应包括如下信息：
- 1) 是否黏结，若有黏结，能否修复；
  - 2) 上扣扭矩范围及速度；
  - 3) 各次上扣扭矩值及扭矩变化；
  - 4) 所有螺纹脂类型及用量、涂抹方式。
- f) 密封验证试验，应包括如下信息：
- 1) 用户压力和温度；
  - 2) 室温下和高温下的最高压力；
  - 3) 所用压力介质（如氮气、水或其他）；
  - 4) 泄漏检测方法；
  - 5) 试验加载步骤；
  - 6) 是否观察到泄漏，若有泄漏，压力和泄漏速率是多少；
  - 7) 密封试验的密封位置。
- g) 极限载荷试验，应包括如下信息：
- 1) 失效位置；
  - 2) 失效压力或载荷；
  - 3) 失效前泄漏压力和速率；
  - 4) 试样变形情况。
- h) 所有的试验数据及图片应在报告中提供。

## 附录 A

## (规范性附录)

## 试验参数确定及计算方法

下列公式旨在用于螺纹评价，不适用于套管柱和油管柱设计。也可用于替换程序，但应以文件方式记录在总结报告中。

## A.1 用户压力

用户压力见公式 (A. 1):

$$\text{用户压力} = \text{最大预期工作压力} \quad \dots\dots\dots (\text{A. 1})$$

用户压力不得超过制造商对螺纹规定的耐压额定值，或室温下螺纹内压试验压力 [见公式 (A. 4)] 的 95%，或在用户温度下螺纹内压试验压力 [见公式 (A. 4)] 的 90%。但用户压力不能低于螺纹内壁屈服压力的 60%。

## A.2 用户温度

用户温度见公式 (A. 2):

$$\text{用户温度} = \text{最大预期工作温度} \quad \dots\dots\dots (\text{A. 2})$$

用户温度不得低于 120℃。对于热注采井模拟试验，用户温度不得低于 300℃。

## A.3 螺纹轴向屈服载荷

螺纹轴向屈服载荷见公式 (A. 3):

$$T_y = S_y \cdot K_{te} (A_o - A_i) \quad \dots\dots\dots (\text{A. 3})$$

a) 用于拉伸效率 > 100% 的螺纹， $K_{te} = 1.00$ 。

b) 用于拉伸效率 < 100% 的螺纹：

1) 如果连接强度为螺纹屈服时的载荷，则

$$K_{te} = \frac{F_y}{A_p \cdot S_y}$$

2) 如果连接强度为螺纹分离载荷或破坏载荷，则

$$K_{te} = \frac{F_t}{A_p \cdot S_t}$$

## A.4 内压试验压力

内压试验压力见公式 (A. 4) :

$$p_y = \frac{S_{yt} \cdot K_{pe} (A_o - A_i)}{1.7321 A_o} \quad \dots\dots\dots (\text{A. 4})$$

a) 用于压力效率 > 100% 的螺纹， $K_{pe} = 1.00$ 。



b) 用于压力效率<100%的螺纹:

$$K_{pe} = \frac{p_{ipr}}{p_{iyp}}$$

**A.5 复合内压与轴向载荷试验**

复合内压与轴向载荷的关系见公式 (A.5):

$$\left(\frac{p_i}{p_y}\right)^2 + \left[\frac{T}{T_y} - \frac{p_i}{p_y} \frac{(1 - 2t_s/D)^2}{1.7321}\right]^2 = V^2 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

根据  $V$ ,  $t_s/D$  与  $T/T_y$  的值, 便可以确定出  $p_i/p_y$  的系数。

用公式 (A.4) 确定的  $p_y$  乘以  $p_i/p_y$  ( $S_{yi} = 100\%S_y$ ), 可得出试验压力。用公式 (A.3) 确定的  $T_y$  乘以  $T/T_y$ , 则得出所要施加的总轴向载荷  $T$ 。

**A.6 挤毁试验压力**

挤毁试验压力见公式 (A.6):

$$p_o = \text{下列规定的压力} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

使用 GB/T 20657 第一部分各公式计算管子挤毁压力  $p_o$ , 即使用试样平均屈服强度代替规定的屈服强度计算出的管子挤毁压力。试验中所要施加于试验机上的载荷等于总的轴向载荷  $T$  减去任何压力引起的轴向载荷。

**A.7 有效狗腿度**

有效狗腿度见公式 (A.7):

$$D_L = \text{弯曲应力差} \times 16.9/D \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

注: 与常数 16.9 对应的  $D$  的单位是毫米, 应力的单位是兆帕。

**附录 B**  
**(规范性附录)**  
**数据表**

试验数据表见表 B.1 至表 B.6。

**表 B.1 材料性能数据表**

试样外螺纹端编号		试样接箍编号															
接头制造商		接头类型		钢厂													
拉伸试验操作者		日期		地点													
拉伸试验机型号		控制方法															
应变测量方法		名义外径			名义壁厚			钢级									
化学成分	C	Si	M	Cr	Mo	Nb	Ti	Al	P	S	B	Ni	Cu	V	N	其他	试验温度 °C
	外螺纹 A 端母 材化学成分																
外螺纹 B 端母 材化学成分																	
接箍母材化学 成分																	
位置	炉号连接号	试样	屈服强度		抗拉强度 MPa	伸长率 %	杨氏模量	试验温度 °C									
			根据 API	0.2%残余变形													
外螺纹 A 端母材																	
外螺纹 B 端母材																	
接箍母材																	
外螺纹 A 端母材																	
外螺纹 B 端母材																	
接箍母材																	
室温																	
高温																	

草图, 采用  
名义尺寸  
(由制造  
商提供)

表 B.2 试样几何尺寸数据表

试样号		接箍号		外螺纹 A 端编号		外螺纹 B 端编号	
名义外径		名义接头重量及壁厚		图号		版本号	
接头制造商		接头类型		图号		修订日期	
外径	E-F	管体 A	管体 B	A 端		B 端	
	G-H			机加工* 内径	机加工* 内径	初始卸扣后 (如必要)	初始卸扣后
壁厚	I-J			机加工* 外径	机加工* 外径	最终卸扣后	最终卸扣后
	K-L						
可 根据 所 测 直 径 公 差 的 百 分 比 来 报 告 数 据	$E_{min}$						
	F						
	G						
	H						
* 在 镀、涂 或其他表面处理之前							
数据记录				数据监督		日期	

表 B.3 极限载荷试验数据表

试样编号	试验编号	
试验说明		
名义外径	名义壁厚	钢级
接头制造商	接头类型	压力介质
加压速率	轴向加载速率	
泄漏端编号	泄漏时压力	泄漏时机械载荷
失效端编号	失效时压力	失效时机械载荷
最大压力	最大机械载荷	最大总载荷
制造商基于实际屈服强度的预期失效载荷		
制造商额定失效载荷		
基于实际机械性能和实际尺寸的预期失效载荷		
实际失效载荷	实际失效压力	
实际失效载荷与预期失效载荷比值	实际失效形式	
失效位置及描述：泄漏速率和其他		试验机
数据记录	日期	
数据监督	日期	



表 B.5 密封性能试验数据表

名义外径							名义接头重量及壁厚							钢级						
接头制造商				接头类型			图号				版本号			修订日期						
试验编号							日期					试样编号								
内螺 纹端 编号	外螺 纹端 编号	加载 点编 号	持续 时间 min	泄漏 时压 力 MPa	泄漏 时机 载 kN	泄漏时 总轴向 载荷 kN	最初泄漏速率		结束泄漏速率		泄漏持续 时间 min	总持续 时间 min	记录	最高 温度 ℃	最低 温度 ℃	最大 压力 MPa	最小 压力 MPa	最大 机载 kN	最小 机载 kN	
							cm <sup>3</sup> /15min	泡/min	cm <sup>3</sup> /15min	泡/min										
数据记录											日期									
数据监督											日期									



中华人民共和国  
石油天然气行业标准  
**套管、油管螺纹接头性能评价  
试验方法**

SY/T 6128—2012

\*

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

880×1230 毫米 16 开本 2.75 印张 76 千字 印 1—1000

2013 年 4 月北京第 1 版 2013 年 4 月北京第 1 次印刷

书号：155021·6922 定价：33.00 元

**版权专有 不得翻印**