



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 17744—2008  
代替 GB/T 17744—1999

---

## 石油天然气工业 钻井和修井设备

Petroleum and natural gas industries—  
Drilling and well servicing equipment

(ISO 14693:2003, MOD)

2008-08-28 发布

2009-03-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	Ⅲ
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	2
3.1 术语和定义 .....	2
3.2 缩略语 .....	6
4 设计 .....	6
4.1 设计条件 .....	6
4.2 强度分析 .....	6
4.3 尺寸规格的命名 .....	7
4.4 额定值 .....	7
4.5 额定载荷计算依据 .....	7
4.6 设计安全系数 .....	7
4.7 剪切强度 .....	8
4.8 特定设备 .....	8
4.9 设计文件 .....	8
5 设计验证 .....	8
5.1 总则 .....	8
5.2 设计验证功能试验 .....	9
5.3 设计验证压力试验 .....	9
5.4 设计验证载荷试验 .....	9
5.5 额定载荷的确定 .....	10
5.6 另一种设计验证试验程序和计算 .....	10
5.7 设计验证试验装置 .....	11
5.8 设计更改 .....	11
5.9 记录 .....	11
6 材料要求 .....	11
6.1 总则 .....	11
6.2 书面规定 .....	11
6.3 力学性能 .....	11
6.4 材料验证 .....	11
6.5 制造 .....	12
6.6 化学成分 .....	12
7 焊接要求 .....	14
7.1 总则 .....	14
7.2 焊接验证 .....	14
7.3 书面文件 .....	15
7.4 焊料控制 .....	15

7.5 焊接性能	15
7.6 焊后热处理	15
7.7 质量控制要求	15
7.8 特殊要求 组焊	15
7.9 特殊要求 补焊	15
8 质量控制	15
8.1 总则	15
8.2 质量控制人员资格	16
8.3 测试设备	16
8.4 特定设备和零部件的质量控制	16
8.5 尺寸验证	19
8.6 验证载荷试验	19
8.7 静水压试验	19
8.8 功能试验	19
9 设备	19
9.1 总则	19
9.2 转盘	20
9.3 转盘补心	25
9.4 转盘卡瓦	26
9.5 不用于提升的卡盘	26
9.6 不用于提升的安全卡瓦	26
9.7 吊钳	26
9.8 动力大钳	27
9.9 绞车零部件	27
9.10 高压泥浆软管和水泥软管	28
9.11 活塞钻井泵零部件	33
9.12 滚动轴承	53
9.13 防喷器(BOP)安装系统和设备	53
10 标志	59
10.1 产品标记	59
10.2 标记方法	59
11 文件	59
11.1 记录保存	59
11.2 制造厂商保存的文件	59
11.3 设备携带的随机文件	60
附录 A(资料性附录) 本标准章条编号与 ISO 14693:2003 章条编号对照	61
附录 B(资料性附录) 本标准与 ISO 14693:2003 技术性差异及其原因	62
附录 C(规范性附录) 附加要求	64
附录 D(资料性附录) 热处理设备	66
附录 E(资料性附录) 活塞钻井泵零件的命名和维护推荐作法	68
附录 F(规范性附录) 工作量规的保管和使用推荐作法	72
参考文献	73

## 前 言

本标准修改采用 ISO 14693:2003(在 API Spec 7K 第三版的基础上制定)《石油天然气工业——钻井和修井设备》(第一版,英文版)。

本标准根据 ISO 14693:2003 重新起草。在附录 A 中列出了本标准章条编号与 ISO 14693:2003 章条编号的对照一览表。

考虑到我国国情,在采用 ISO 14693:2003 时,本标准做了一些修改,并将 API Spec 7K:2005 的增补 1 和增补 2 的内容纳入到本标准中。有关技术性差异已编入正文中并在它们所涉及的页边空白处用垂直单线标志。在附录 B 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

对于 ISO 14693:2003 引用的其他国际标准中有被修改采用为我国标准的,本标准引用我国的国家标准和行业标准代替对应的国际标准。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

- “本国际标准”一词改为“本标准”;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- 将 ISO 14693:2003 附录 C 中“美国惯用单位表”合并到正文的相应表格中;
- 删除了 ISO 14693:2003 的前言和引言;
- 增加了资料性附录 A“本标准章条编号与 ISO 14693:2003 章条编号的对照”;
- 增加了资料性附录 B“本标准与 ISO 14693:2003 技术性差异及其原因”;
- 增加了规范性附录 F“工作量规的保管和使用推荐作法”;
- 对附录目次作了相应的调整。

本标准代替 GB/T 17744—1999《钻井设备规范》,本标准与 GB/T 17744—1999 相比变化如下:

- GB/T 17744—1999 修改采用 API Spec 7K 第三版,本次修改采用 ISO 14693:2003;
- 增加 API Spec 7K:2005 增补 1 和增补 2 中的术语和定义(见 3.1.22~3.1.44);
- 增加缩略语 MODU、BOP(见 3.2);
- 9.10 内容用 API Spec 7K:2005 增补 2 代替;
- 删除有关双缸双作用泵的内容(包括图、表);
- 增加 API Spec 7K:2005 增补 1 内容(见 9.13)。

本标准的附录 C、附录 F 为规范性附录,附录 A、附录 B、附录 D、附录 E 为资料性附录。

本标准由全国石油钻采设备和工具标准化技术委员会(SAC/TC 96)提出并归口。

本标准负责起草单位:宝鸡石油机械有限责任公司。

本标准参加起草单位:中国石油集团科学技术研究院江汉机械研究所、石油工业井控装置质量监督检验中心、南阳二机石油装备(集团)有限公司、江汉石油管理局第四机械厂。

本标准主要起草人:郝玉英、范亚民、杨玉刚、熊革、张斌、刘俭、徐军、贺新华。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 17744—1999。

# 石油天然气工业 钻井和修井设备

## 1 范围

本标准是为新的钻井和修井设备及本标准发布后制造的主承载替换件设计、制造和试验提供通则和要求。

本标准适用于以下设备：

- a) 转盘；
- b) 转盘补心；
- c) 转盘卡瓦；
- d) 高压泥浆和水泥软管；
- e) 活塞钻井泵零部件；
- f) 绞车零部件；
- g) 不用于提升的卡盘；
- h) 吊钳；
- i) 不用于提升的安全卡瓦；
- j) 动力大钳，包括旋转搬手；
- k) 防喷器(BOP)安装系统。

附加要求仅适用于特别指明者，见附录 C。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223(所有部分) 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法(GB/T 228—2002,eqv ISO 6892:1998)

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法(GB/T 229—2007,ISO 148-1:2006,MOD)

GB/T 5677 铸钢件射线照相检测(GB/T 5677—2007,ISO 4993:1987,IDT)

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 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(GB/T 9445—2008,ISO 9712:2005,IDT)

GB/T 11259 超声波检验用钢对比试块的制作与校验方法

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和(或)压力试验机测力系统的检验和校准(GB/T 16825.1—2002,ISO 7500-1:1999,IDT)

JB/T 7927(所有部分) 阀门铸钢件 外观质量要求(JB/T 7927—1999,MSS SP-55:1996,EQV)

SY/T 5323 节流和压井系统

SY/T 6666 石油天然气工业用钢丝绳的使用和维护推荐做法

AISC 结构钢建筑物许用应力设计和塑性设计规范

ANSI/AGMA<sup>1)</sup> 2004-B89 齿轮材料和热处理指南  
ANSI<sup>2)</sup>/ASME<sup>3)</sup> B1.1 统一螺纹  
ANSI/ASME B1.2 统一螺纹用量规和测量  
ANSI/ASME B47.1 量规毛坯(或美国量规设计委员会 CS8)  
ANSI/AWS<sup>4)</sup> D1.1 钢结构焊接规程  
API RP 17B 软管的推荐作法  
API RP 7L 钻井设备的检验、维护、修理和修复程序  
ASME B16.34 法兰、螺纹和焊接端连接的阀门  
ASME B30.9 吊索安全标准  
ASME B31.3 工艺管道规范  
ASME V 无损检测  
ASME VIII 压力容器标准  
ASME IX 焊接和钎焊规范  
ASNT<sup>5)</sup> TC-1A 无损检测人员资格鉴定推荐作法  
ASTM<sup>6)</sup> A 370 钢制品力学性能试验方法和定义  
ASTM A 388 重型钢锻件超声波检验推荐作法  
ASTM A 488 铸钢件焊接工艺评定和人员资格鉴定的标准做法  
ASTM A 751 钢制品化学分析试验方法、惯例和术语  
ASTM A 770 专用钢板通过厚度测量进行的抗拉强度试验标准规范  
ASTM E 4 测试仪器的负荷检定方法  
ASTM E 125 铸铁件缺陷磁痕的标准参考底片  
ASTM E 165 液体渗透检测标准试验方法  
ASTM E 709 磁粉检测实施方法  
AWS QC1 焊接检验员资格鉴定标准  
MSS<sup>7)</sup> SP-53 铸钢件干磁粉探伤方法的质量标准  
EN 287(所有部分) 熔焊焊工鉴定测试  
NFPA<sup>8)</sup> T2.12.10 R1 液压传动系统和产品 试验的一般测量原理和公差的推荐作法

### 3 术语、定义和缩略语

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1 术语和定义

##### 3.1.1

**临界区域 critical area**

主承载件上的高应力区域。

- 1) 美国齿轮制造厂商协会
- 2) 美国国家标准学会
- 3) 美国机械工程师协会
- 4) 美国焊接协会
- 5) 美国无损检测协会
- 6) 美国材料和试验协会
- 7) 阀门和接头行业标准化协会
- 8) 美国国家防火协会

## 3.1.2

**设计载荷** design load

设备产生最大许用应力的静载荷与动载荷之和。

## 3.1.3

**设计安全系数** design safety factor

在所用材料最大许用应力与规定的最小屈服强度之间考虑一定安全余量的系数。

## 3.1.4

**设计验证试验** design verification test

用来确认所采用的设计计算的完善性而进行的试验。

## 3.1.5

**动载荷** dynamic load

由于加速效应而施加给设备的载荷。

## 3.1.6

**等效圆** equivalent round

确定热处理低合金钢或马氏体不锈钢硬度特性时,把各种形状的截面用等效的圆截面表示。

## 3.1.7

**相同设计原理** identical design concept

一类设备的所有设备在主承载区域均具有相似的几何形状。

## 3.1.8

**线性指示** linear indication

在无损检测中,长度大于三倍宽度的一种指示。

## 3.1.9

**最大许用应力** maximum allowable stress

规定的最小屈服强度除以设计安全系数。

## 3.1.10

**主要载荷** primary load

设备执行其主要的设计功能时产生的载荷。

## 3.1.11

**主承载件** primary load carrying components

设备中承受主要载荷的零部件。

## 3.1.12

**验证载荷试验** proof load test

为证实设备额定载荷所进行的产品载荷试验。

## 3.1.13

**额定载荷** rated load

施加于设备的最大操作载荷,包括静载荷和动载荷。在数值上等于设计载荷。

## 3.1.14

**额定速度** rated speed

制造厂商确定的旋转、移动速度或速率。

## 3.1.15

**修补** repair

制造过程中,通过焊接的方法清除构件或部件的铸造或焊接缺陷并进行整修。

注:本标准述及的修补仅适用于新设备的制造。

3.1.16

**圆形指示 rounded indication**

在无损检测中,长度小于三倍宽度的接近圆形或椭圆形的任何指示。

3.1.17

**安全工作载荷 safe working load**

安全工作载荷等于设计载荷减去动载荷。

3.1.18

**尺寸级别 size class**

代表设备的尺寸互换性。

3.1.19

**尺寸范围 size range**

一个总成所包含的管径范围。

3.1.20

**特殊工艺 special process**

可以改变或影响设备所用材料力学性能,包括韧性在内的工艺方法。

3.1.21

**试验样机 test unit**

进行设计验证试验的样机。

3.1.22

**防喷器组 BOP stack**

多个防喷器组装成一整体,包含所有附件。

3.1.23

**防喷器安装系统和设备 BOP handling systems and equipment**

设计用来贮存、提升、下放和输送钻井和(或)开采设备或钻机上所用防喷器组的设备。

3.1.24

**危险场所 hazardous area or zone**

因易燃性气体或蒸气、易燃液体、可燃粉尘、可燃纤维或飘浮物而可能存在火灾或爆炸危险的场所。

3.1.25

**单件装置 loose gear**

总成内所用的悬挂、固定或提升载荷的现成设备,包括但并不限于钩环、链、吊钩、连接杆、螺旋扣、结合件、滑轮和旋转接头。

3.1.26

**月池导向系统 moonpool guidance system**

在配置和收回防喷器组过程中,防止防喷器组和浮移式海洋钻井装置结构物之间接触所设置的装置。

3.1.27

**多载荷路径 multiple load paths**

防喷器安装系统内安装的同时共同地支承静载荷和动载荷的两个或两个以上独立的主承载机械或结构零部件。

3.1.28

**吊索 sling**

当在载荷和提升机构之间连接时,典型地用钢丝绳、链或合成材料制造的用来提升的总成。

3.1.29

**静载荷 static load**

防喷器组静重量施加在防喷器安装系统上的载荷。



## 3.1.30

**钢丝绳设计系数** wire rope design factor

在形成文件的最低断裂强度和钢丝绳和吊索施加的极限工作载荷之间的比率,不应与 3.1.3 规定的设计安全系数混淆。

## 3.1.31

**极限工作载荷** working load limit

制造厂商分配给单件装置的载荷值,是断裂载荷值的若干分之一,在使用防喷器安装系统和设备(设计用来贮存、提升、下放和运输钻井和或生产设备或钻机上所用防喷器组的设备)期间,不宜超过。

## 3.1.32

**钻井液** drilling liquids

在高压下通过高压泥浆管路系统、泥浆立管、钻井水龙带、旋转水龙头中心管、钻柱和钻头输送的调节钻井过程的液体溶液(称为泥浆)。

注:在本标准中,钻井液不包括含有各种压缩空气或气体的流体。

## 3.1.33

**高压** high pressure

9.10 中表 9 规定的工作压力值,范围从 10.3 MPa~103.4 MPa(1 500 psi ~15 000 psi)。

## 3.1.34

**高压水泥软管** high pressure cement hose

严格地用来在高压下输送水泥的软管。

## 3.1.35

**高压泥浆软管** high pressure mud hose

包括钻井水龙带、减振软管或跨接软管。

## 3.1.36

**跨接软管** jumper hose

用于输送高压钻井液的柔性软管总成。位于泥浆泵排出口和钻台上地面高压泥浆管汇之间的高压泥浆管路系统中的任何位置,以适应其之间的相对运动。

## 3.1.37

**水龙带总成** hose assembly

包括水龙带体和水龙带接头,见图 11。

## 3.1.38

**水龙带体** hose body

不带水龙带接头或端部连接装置的平端软管。

## 3.1.39

**水龙带接头** hose coupling

连接在水龙带体两端的附件。

## 3.1.40

**水龙带设计系列** hose design family

各种内径和工作压力的水龙带总成,但加强层数量相同,水龙带接头连接采用的方法相同,并按相同设计方法和最大许用应力准则设计。

## 3.1.41

**水龙带端部连接装置** hose end connector

位于水龙带总成端部的允许水龙带总成连接在管路系统上的附件(见 9.10 中图 11),特点是具有符合 GB/T 9253.2 规定的管线管螺纹,或例如 API Spec 6A 中规定的法兰或毂,或对焊的、或与水龙带

接头材料整体制造的锤击式由壬。

#### 3.1.42

**最大工作温度** maximum working temperature

9.10.3 规定的温度范围上限。

#### 3.1.43

**最小弯曲半径** minimum bend radius(MBR)

9.10 中表 9 规定的从水龙头带中心线测量的水龙头带最小弯曲半径尺寸(见 9.10 中图 11)。

#### 3.1.44

**钻井水龙头** rotary hose

在泥浆立管顶部和旋转水龙头之间用来输送高压钻井液的柔性软管总成。

#### 3.1.45

**减振软管** vibrator hose

在两个管路系统之间或在泥浆泵排出口和高压泥浆管路系统之间用来输送高压钻井液的柔性软管总成,目的是吸收噪声和(或)减振,或补偿不对准和或热膨胀。

### 3.2 缩略语

HAZ 热影响区

NDE 无损检测

PWHT 焊后热处理

TIR 总跳动

MODU 移动式海洋钻井装置

BOP 防喷器

## 4 设计

### 4.1 设计条件

钻井设备的设计、制造和试验应在各方面满足其预定的用途。设备应能安全地传递规定的载荷。设备的设计应能保证安全运行。

应采用下面的设计条件:

- 设计载荷和安全工作载荷的定义见第 3 章。设备操作人员应负责确定具体操作的安全工作载荷;
- 除非有附加要求(见附录 C 中 SR2 和 SR2A),转盘、转盘卡瓦、动力大钳和绞车的设计最低工作温度为 0 °C(32 °F)。除非有附加要求,安全卡瓦、卡盘和吊钳的设计及最低工作温度为 -20 °C(-4 °F)。

注:所涉及的设备除非使用了较低设计温度所要求的具有高韧性的材料(见附录 C SR2 和 SR2A),否则不推荐在上文规定的设计温度以下及超出额定载荷下使用。

### 4.2 强度分析

#### 4.2.1 总则

设备的设计分析应着重考虑屈服、疲劳或扭曲等失效形式。

强度分析应以弹性理论为基础。另一方面,在设计文件认为合理的地方,可以用极限强度(塑性)分析。

与设计有关的力都应纳入计算。针对于所要考虑的每个横截面,应采用最不利的力的组合、位置和方向。

#### 4.2.2 简化假设

可以采用有关应力分布和应力集中的简化假设,其假设符合通常可接受的作法、经验或试验。

#### 4.2.3 经验公式

只要检验零件内应力的应变仪测试文件记录结果能证明经验关系,那么,就可用经验关系替代分

析。当设备或零件不允许使用应变仪验证其设计时,应按 5.6 试验法来鉴定。

#### 4.2.4 当量应力

强度分析应以弹性理论为基础。根据冯·米塞斯-亨克(the Von Mises-Hencky)理论,由设计载荷引起的名义等效应力不应超过按公式(1)计算的最大允许应力  $\sigma_{\text{allow}}$ 。

$$\sigma_{\text{allow}} = \frac{R_{\text{el}}}{n_s} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$R_{\text{el}}$ ——最小屈服强度;

$n_s$ ——设计安全系数。

注:原 ISO 14693:2000 中最小屈服强度为“ $S_{\text{Ymin}}$ ”,设计安全系数为“ $F_{\text{DS}}$ ”。

#### 4.2.5 极限强度(塑性)分析

极限强度(塑性)可以在下列任何一种条件下分析:

- a) 接触区域;
- b) 零件的几何形状所引起的局部高应力集中区域及断面平均应力小于或等于 4.2.4 所定义的最大允许应力的其他高应力梯度区域。

在这些区域,平均应力以下的所有应力值应采用弹性分析法。

弹性分析时,按照冯·米塞斯-亨克(the Von Mises-Hencky)理论,名义等效应力不应超过按公式(2)计算的最大允许应力  $\sigma_{\text{allow}}$ 。

$$\sigma_{\text{allow}} = \frac{R_m}{n_s} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$R_m$ ——最小极限抗拉强度;

$n_s$ ——设计安全系数。

注:原 ISO 14693:2000 中最小极限抗拉强度为“ $S_{\text{ULTmin}}$ ”,设计安全系数为“ $F_{\text{DS}}$ ”。

#### 4.2.6 稳定性分析

稳定性分析应按照公认的弯曲理论进行。

#### 4.2.7 疲劳分析

疲劳寿命分析应以不少于 20 年的时间为基础。除非其他方面认可,应按照公认的理论进行疲劳分析。参考文献[3]中给出了可以采用的方法。

#### 4.3 尺寸规格的命名

设备尺寸级别代号表示的尺寸互换性,应符合第 9 章的要求。

#### 4.4 额定值

4.4.1 转盘、卡盘、吊钳和动力大钳如按本标准供货,应按本标准的要求进行计算。

4.4.2 主载荷路径内所有轴承的额定静载值,应满足或超过设备的额定载荷。

4.4.3 制造厂商应注明动力大钳和吊钳的额定扭矩值。

#### 4.5 额定载荷计算依据

额定载荷计算依据如下:

- a) 4.6 规定的设计安全系数;
- b) 主承载件所用材料的最小屈服强度;
- c) 设计计算确定的应力分布和(或)5.6 所规定的设计验证载荷试验得出的数据。

#### 4.6 设计安全系数

4.6.1 卡盘的设计安全系数应按表 1 确定。

设计安全系数只是作为设计要求,不应在任何情况下解释为允许设备上的载荷超过额定载荷。

表 1 卡盘的设计安全系数

额定载荷 $p_{\max}$ /kN(短吨)	设计安全系数 $n_s$
$<1\,334(150)$	3.00
$1\,334\sim4\,448(150\sim500)$	$3.00-0.75(P_{\max}-1\,334)/3\,114^b$ $3.00-[0.75(P_{\max}-150)/350]^c$
$>4\,448(500)$	2.25
<p><sup>a</sup> 原 ISO 14693:2000 中额定载荷为“R”。</p> <p><sup>b</sup> 式中 <math>P_{\max}</math> 单位为 kN。</p> <p><sup>c</sup> 式中 <math>P_{\max}</math> 单位为短吨,1 短吨(short tons)=8.896 kN。</p>	

- 4.6.2 转盘主载荷路径内构件的最小设计安全系数应为 1.67。
- 4.6.3 吊钳、动力大钳的颞板、大钳尾绳附件的最小设计安全系数应按表 2 确定。

表 2 吊钳、动力大钳的颞板、大钳尾绳附件设计安全系数

额定扭矩 $M^a$ /[kN·m(ft·lbf)]	设计安全系数 $n_s$
$\leq 41(30\times 10^3)$	3.00
$41\sim 136(30\times 10^3\sim 100\times 10^3)$	$3.00-0.75(M-41)/95^b$ $3.00-0.75(M-30)/(70\times 103)^c$
$\geq 136(100\times 10^3)$	2.25
<p><sup>a</sup> 原 ISO 14693:2000 中额定扭矩为“R”。</p> <p><sup>b</sup> 式中 <math>M</math> 单位为 kN·m。</p> <p><sup>c</sup> 式中 <math>M</math> 单位为 ft·lbf。</p>	

- 4.7 剪切强度
- 设计计算时应考虑剪切强度,剪切屈服强度与抗拉屈服强度的比值应取 0.58。
- 4.8 特定设备
- 特定设备设计要求见第 9 章。
- 4.9 设计文件
- 设计文件应包括方法、假设、计算和设计要求。设计要求包括但并不局限于尺寸、试验、工作压力、材料、环境和规范的要求以及其他有关的设计要求。
- 这些要求也适用于设计更改文件。

5 设计验证

5.1 总则

为了确保设计和有关计算的准确性,应对第 9 章中有要求的设备进行设计验证试验。

设计验证试验应根据程序文件来进行。

设计验证试验应由对产品的设计和制造没有直接责任且具有进行该工作资格的人员执行或验证。

设计验证试验可由本标准要求的试验项目组成:

- a) 功能试验;
- b) 压力试验;
- c) 载荷试验。

## 5.2 设计验证功能试验

### 5.2.1 试验取样

当设备通过其部件的连续运转传递力、运动或能量时,每一种型号的设备应抽取一台(套)样机进行功能试验。

### 5.2.2 试验程序

制造厂商应制定试验时间、试验载荷和试验速度的程序文件。连续运转的设备,试验样机应在额定速度下最少试运转 2 h;间断运转或周期运转的设备,除第 9 章规定外,应在额定速度下最少运转 2 h 或 10 个工作周期(取时间长者)。

### 5.2.3 合格评定

设备运行时应没有额外的动力损耗,轴承和润滑油的温度应在设计文件规定的范围内。

## 5.3 设计验证压力试验

### 5.3.1 试验取样

每一个承压设计项目,或第 9 章规定的主承压件应进行设计验证静水压试验,但不包括传递液压动力的零部件。

### 5.3.2 试验程序

试验压力应为额定工作压力的 1.5 倍,试验液体应为实际工作中的液体或冷水及加入添加剂的水,并应在油漆作业前对已完工的零件或组件进行试验。

静水压试验应进行两次,每次均应由以下四步组成:

- a) 初始保压期;
- b) 降压至零;
- c) 试验件外表面应完全干燥;
- d) 二次保压期。

保压期应从达到试验压力,且设备和压力测试仪表同压力源切断时开始计时,保压期不应少于 3 min。

### 5.3.3 合格评定

在每次试验循环后,不应出现渗漏或永久性变形。不满足要求或过早失效,应重新试验,重新进行评价。

### 5.3.4 单个零件

若试验装置的加载情况适用于组件中的单个零件,这些零件可单独进行试验。

## 5.4 设计验证载荷试验

### 5.4.1 设计验证载荷试验

当第 9 章所列设备有要求时,设备应进行设计验证载荷试验。

### 5.4.2 试验取样

具有相同设计原理、不同规格和额定值的同系列设备的设计应力计算值的验证,应采用下列方法:

- a) 最少选三台样机进行设计验证载荷试验,额定载荷的取值范围应从低端、中端和高端选取;
- b) 另一种方法是,试验样机的数量以每台样机可验证高于和低于它的一种额定载荷为原则来确定(这种方法通常用于有限的产品额定值范围)。

### 5.4.3 试验程序

试验程序如下:

- a) 对安装好的试验样机应加载到额定载荷。在卸载后,检查设计功能,所有部件的功能都不应被削弱;

- b) 试验样机上应力较高且可采用应变仪测量的地方应使用应变片(应变仪),在应变片适合使用的位置也推荐使用有限元分析、模拟、涂脆性膜等方法。在临界区域处推荐采用体积应变仪以确定应力大小和方向;
- c) 施加在设计验证试验样机上的载荷应按以下方法确定:

$$P_t = 0.8 \times P_{\max}(M) \times n_s \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$P_t$ ——设计验证试验载荷(但不小于  $2P_{\max}$ );

$P_{\max}(M)$ ——额定载荷(额定扭矩),单位为千牛(kN)(短吨)或千牛·米(kN·m)(ft·lbf);

$n_s$ ——3.1.3 和 4.6 所定义的设计安全系数;

- d) 试验载荷应逐渐增加,直至达到设计验证试验载荷,同时记录应变仪显示读数并观察变形情况。加载次数以取得足够的数据来确定;
- e) 根据应变仪读数计算出的应力值不应超过依据设计验证试验载荷计算得出的应力值。试验仪器的不确定度不超过 5.7 中的规定。样机不能满足要求或过早失效,应按原要求以相同数目的试验样机(与失效样机具有相同的额定值)再次试验,重新进行评价;
- f) 设计验证载荷试验完成后,拆开试验样机,检查主承载件的尺寸是否有变化;
- g) 如果试验装置的加载情况适用于组件中的零件,这些零件可单独进行载荷试验。

## 5.5 额定载荷的确定

额定载荷应按第 4 章设计验证试验结果和(或)应力分布计算值来确定。应力分布计算值不应超过最大许用应力。样机试验后,除接触区域外,采用应变仪或其他方法测得的永久变形不应超过 0.2%。允许接触区域有局部变形。如果应力分布计算值超过最大许用应力,受影响的零部件应重新设计,直至达到所需额定值。如果用分析法确定的应力值不小于试验期间观测到的应力值,应力分布计算值可用于设备额定载荷的计算。

## 5.6 另一种设计验证试验程序和计算

破坏性试验可用于提供设备所用材料的屈服强度和抗拉强度,试验可采用与所代表零件经相同热处理并属同一热处理批次的拉伸试样进行,且应满足 GB/T 228 或 ASTM A 370 要求。

总成的每一个零件应在承载最不利的情况下进行鉴定。使用下列任一种方法,可进行零件的鉴定:

- a) 应计算总成的每一个零件的比值  $T_R$ 。公式中应采用这些比值的最小值;
- b) 若试验装置的载荷条件适用于每个零部件,则每个零件可分别进行载荷试验。在这种情况下,每次试验所用的比值  $T_R$  应为具体试验的零件的计算值。

$$P_{\max} = L_b \times \frac{T_R}{n_s} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$T_R = \frac{R_{eL}}{R_m} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$L_b$ ——破坏载荷,单位为千牛(kN);

$R_{eL}$ ——最小屈服强度,单位为牛每平方米(N/mm<sup>2</sup>);

$R_m$ ——实际极限抗拉强度,单位为牛每平方米(N/mm<sup>2</sup>);

$n_s$ ——设计安全系数;

$P_{\max}$ ——额定载荷,单位为千牛(kN)。

注:原 ISO 14693:2000 中额定载荷为“R”,最小屈服强度为“ $S_{Ymin}$ ”,实际极限抗拉强度为“ $S_{ULTs}$ ”,设计安全系数为“ $F_{DS}$ ”。

由于这种方法并不依据于应力计算,因此仅限于试验的特定型号、尺寸、尺寸范围和额定值。

5.7 设计验证试验装置

模拟工作载荷所用的试验装置应按 GB/T 16825.1 或 ASTM E 4 校准,以确保试验载荷的准确性。超过 3 560 kN(400 短吨)的试验装置由 A 级校准仪器检验,不确定度应小于 2.5%。

试验装置应采用与实际工作相同的方式,在与实际工况相同的承载表面加载。所有加载设备的试验能力应予以确认。

5.8 设计更改

当因设计或制造的改变而更改设计额定载荷时,应根据第 5 章要求进行设计验证试验。制造厂商应评价所有设计或制造方面的改变,以确定是否影响额定载荷,这种评价应形成文件。

5.9 记录

设计验证记录和数据应按第 11 章的规定加以控制。

6 材料要求

6.1 总则

本章规定了主承载件和承压件所用材料的验收准则、性能和加工要求(除非另有规定)。

6.2 书面规定

用于制造本标准涉及产品的主承载件所用材料应满足或超过设计要求的书面规定。

6.3 力学性能

6.3.1 冲击韧性

冲击试验应按 GB/T 229 或 ASTM A 370 的要求进行。

当一定要使用非标准冲击试样时,验收准则应乘以表 3 所列的校正系数。非标准冲击试样宽度不小于 5 mm。

表 3 非标准冲击试样修正系数

试样尺寸/(mm×mm)	修正系数
10.0×7.5	0.833
10.0×5.0	0.677

设计温度低于 4.1 所述时,可采用附加冲击韧性要求。见附录 C 的附加要求 SR2 和 SR2A。

6.3.2 厚度方向的性能试验

当材料要求厚度方向上的性能时,材料应按照 ASTM A 770 沿厚度方向进行断面收缩率试验。其最小断面收缩率应为 25%。

6.4 材料验证

本标准所要求的力学性能试验,应在与所代表零件经相同热处理且属同一批次的试棒上进行。试验应按 GB/T 228、GB/T 229 或 ASTM A 370,在材料最终热处理状态下进行。为了达到材料验证试验的目的,焊后消除应力不看作是热处理。材料试验可在不改变热处理状态的消除应力处理之前进行。

零件验证试验用试棒的尺寸用等效圆(ER)法来确定。确定简单形状实体和空心零件等效圆的基本模型如图 1 和图 2 所示。所示形状均可用于试验试棒。确定复杂截面形状等效圆的步骤如图 4 所述。根据热处理条件下零件的实际尺寸来确定其等效圆的尺寸。验证试棒的等效圆应不小于零件的等效圆尺寸,要求等效圆不超过 125 mm(5 in)的验证试棒除外。图 3 和图 5 为 ASTM A 370 基尔试块要求尺寸的确定程序。

试棒可以与其代表的零部件是一体或分体,也可是解剖零件的一部分。在所有情况下,试棒应与所代表的零部件出自同一炉,经过相同的工序,并且应与所代表的零部件一起进行热处理。

试样切取部位,对于实体试棒,在距表面四分之一厚度以内切取;对于空心试棒,在距试棒表面 3 mm(1/8 in)处的最厚截面处切取。拉伸试样的计量长度和冲击试样的切口应距试棒端面至少四分之一试棒厚度。

解剖产品零件取样应在距零件表面四分之一厚度内的最厚截面处切取。

## 6.5 制造

制造过程应确保零部件重复生产时符合本标准的要求。

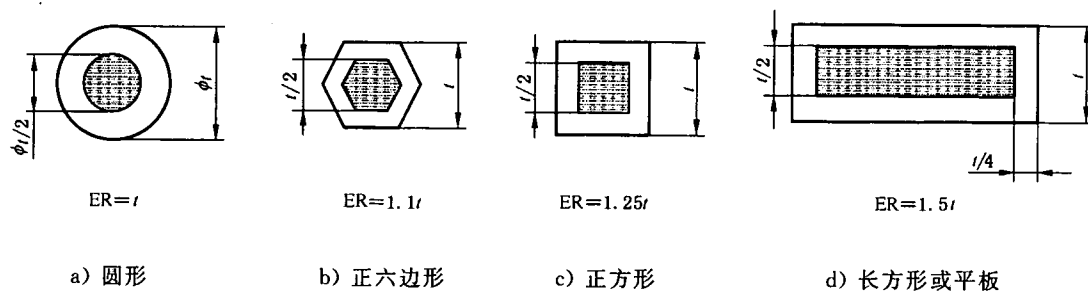
锻造材料应保证零部件内部组织结构的同一性。

热处理应在制造厂商或工艺人员认可的设备内进行。热处理炉内任一零件应不影响同批次中其他零件的热处理特性。热处理的温度和时间应符合制造厂商或工艺人员的书面规范。实际热处理温度和时间应有记录,记录应对零件具有追溯性。

注:本标准的附录 D 提供了热处理设备验收准则的推荐作法。

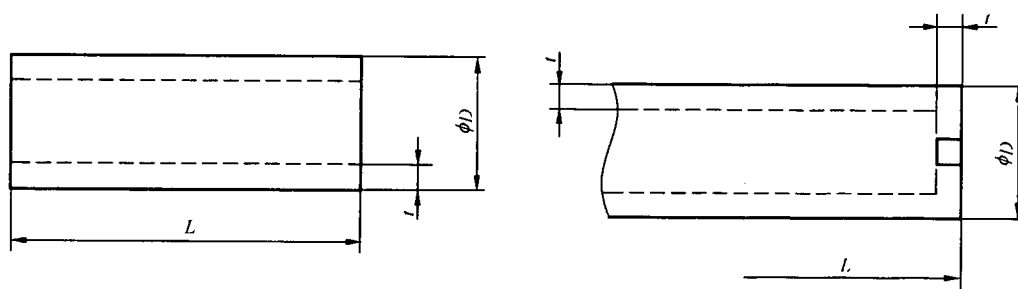
## 6.6 化学成分

对每一炉的材料成分均应按照 GB/T 222(所有部分)和 GB/T 223(所有部分)或 ASTM A 751 的要求,对制造厂商在材料规范中规定的所有各元素进行分析。



注:当  $L < t$  时,按厚度为  $L$  的平板考虑。

图 1 等效圆模型-实体长度  $L$



当  $D \leq 63.5 \text{ mm}(2.5 \text{ in})$ ,  $ER=2.5t$ ;

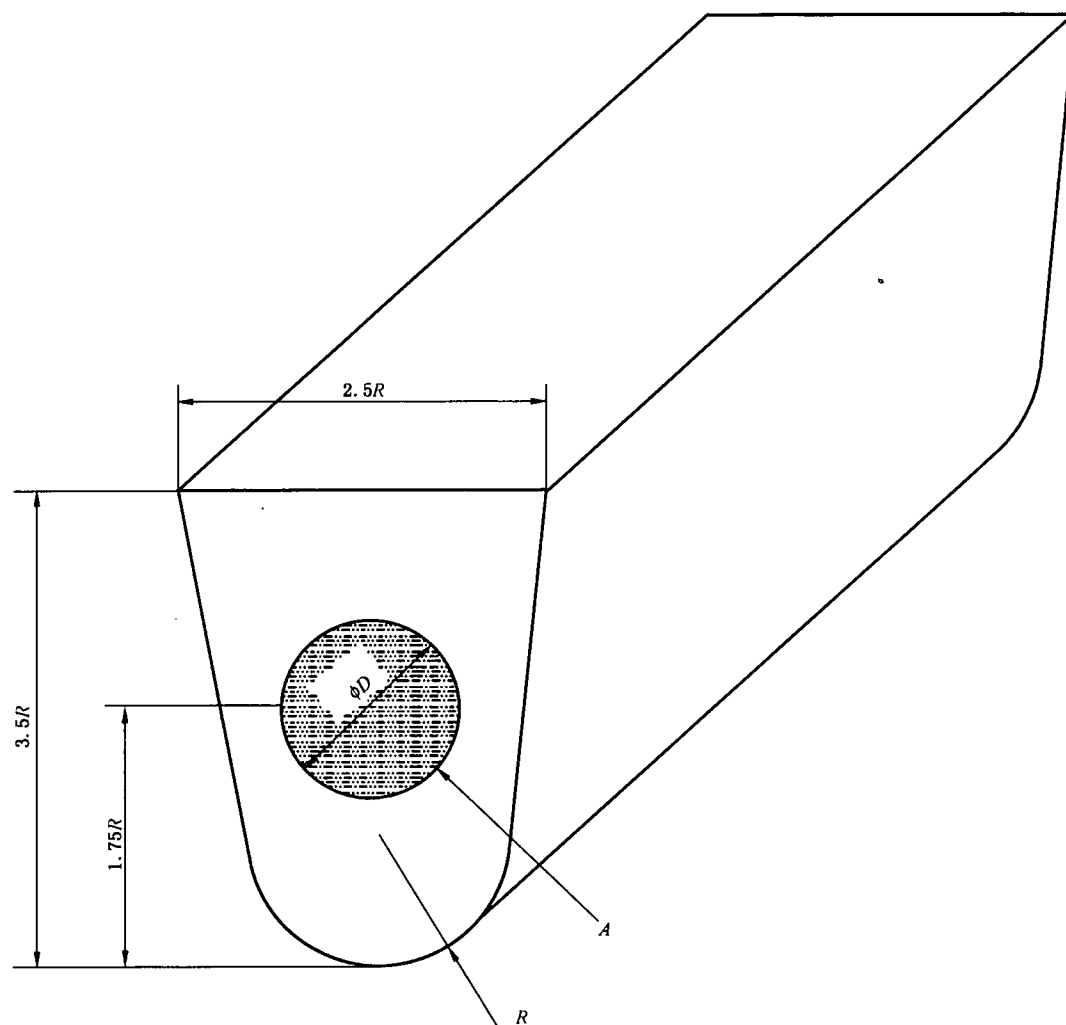
当  $D > 63.5 \text{ mm}(2.5 \text{ in})$ ,  $ER=3.5t$ 。

<sup>a</sup> 当  $L < D$  时,按厚度为  $t$  的平板考虑;当  $L < t$  时,按厚度为  $L$  的平板考虑。

<sup>b</sup>  $t$  用最大厚度计算。

图 2 等效圆模型-直管(任何截面)





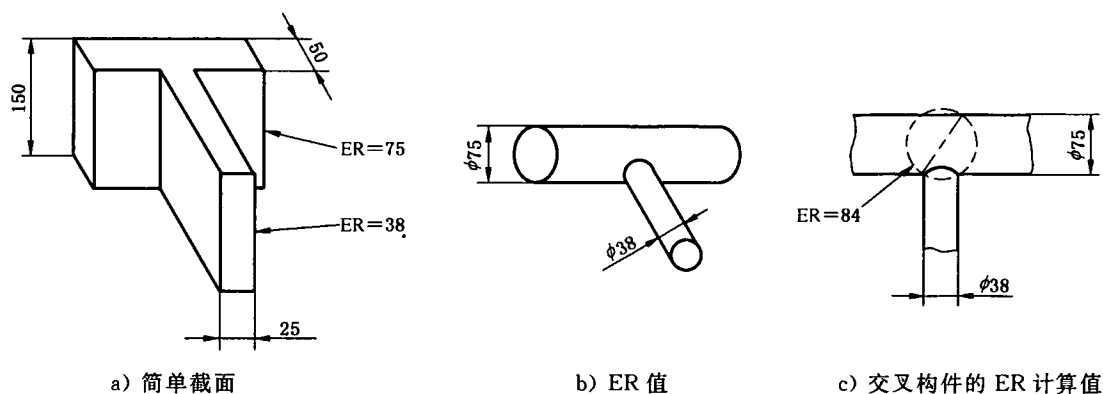
$$R = ER/2.3$$

$$D = 1.1R$$

注：阴影 A 为半径  $1/4t$  的取样区。

图 3 等效圆模型-基尔试块

单位为毫米



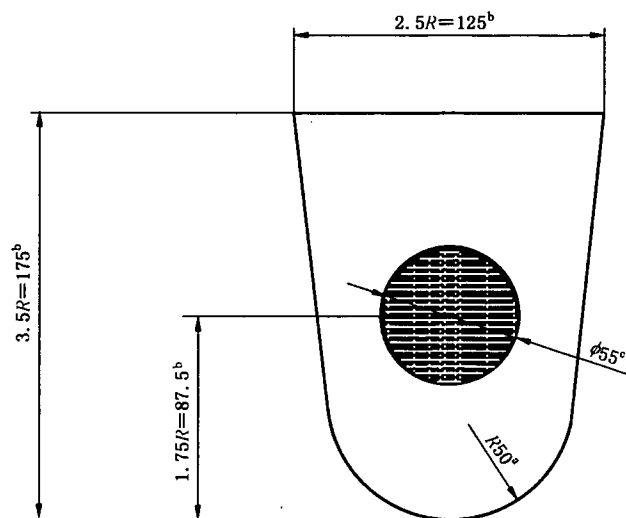
确定复杂截面的等效圆采用下列步骤：

- 简化零部件为简单截面 a)；
- 将所有简单截面转化为如 b) 所示等效圆；
- 图 c) 交叉点处等效圆的值应为虚线圆的对角线。

最大等效圆的值，不管是一个简单部件或交叉构件，都按复杂截面处理。

图 4 等效圆模型-复杂形状

单位为毫米(英寸)



展开后的基尔试块  $ER=115\text{ mm}$ ；

a) 由图 3,  $R=ER/2.3=50\text{ mm}$ ，则  $D=1.1R$ ；

b) 基尔试块的构成如图 3 所示。

<sup>a</sup>  $R=ER/2.3=50\text{ mm}$ 。

<sup>b</sup> 基尔试块尺寸。

<sup>c</sup> 直径  $D$ 。

图 5 基尔试块尺寸展开图

## 7 焊接要求

### 7.1 总则

本章规定了主承载件和承压件焊接和补焊要求，包括对辅助焊接的要求。

### 7.2 焊接验证

所有零部件的焊接应按 ASME IX、AWS D1.1 和(或)ASTM A 488 的焊接工艺进行。只有按照上

述标准或 EN 287 鉴定合格的焊工和焊机操作者才能进行焊接操作。

非上述标准所列母材的焊接工艺应以可焊性、拉伸性能或成分为基础单独或作为一组进行评定。如果母材延展性不能满足 ASME IX 中的弯曲试验,弯曲试验应按下列方式进行:相应标准中热处理后有延展性和强度要求的弯曲试棒,应进行弯曲直至破坏。侧弯曲试样的弯曲误差应在规定角度的 5°之内。

### 7.3 书面文件

焊接应按书面焊接工艺规程进行,并按有关标准进行评定,焊接工艺规程应包括相关标准所列的基本因素、次要因素和补充因素(如要求时)。也可使用经预先评定按照相应标准编制的焊接工艺。

如要求工艺评定记录,应记录评定试验焊接工艺的基本因素和补充因素。焊接工艺规程和工艺评定记录应按第 11 章的要求保存。

### 7.4 焊料控制

焊料应符合美国焊接协会或焊料制造厂商的规定。

制造厂商应具有贮存和检验焊料的书面规程。低氢型材料应按焊料制造厂商的建议贮存和使用,以保持其原有的低氢性能。

### 7.5 焊接性能

工艺评定试验确定的焊缝力学性能应满足设计规定的最低力学性能。要求母材做冲击试验时,也应作为工艺评定的要求。焊缝和母材热影响区(HAZ)的试验结果应符合对母材的最低要求。辅助焊缝仅要求材料的热影响区所做的冲击试验满足上述要求。

焊接试验应在相应的焊后热处理(PWHT)状态下进行。

### 7.6 焊后热处理

零部件的焊后热处理(PWHT)应按焊接工艺规程进行。

### 7.7 质量控制要求

焊接质量控制应符合本标准第 8 章的要求。

### 7.8 特殊要求 组焊

焊接型式和焊缝尺寸应满足制造厂商的设计要求,并应在制造厂商焊接工艺规程中作出书面规定。

### 7.9 特殊要求 补焊

#### 7.9.1 方法

应有适当的方法评定、消除和检验补焊后的不合格品。

#### 7.9.2 熔合

选定的焊接工艺规程和补焊方法,应能保证焊缝和母材完全熔合。

#### 7.9.3 锻件和铸件

所有补焊应按制造厂商的书面焊接工艺进行。焊接工艺应按用户的要求形成文件。制造厂商应有下列允许补焊的文件:

- a) 缺陷类型;
- b) 缺陷尺寸限制;
- c) 主修补或次修补的定义。

焊前坡口和随后的补焊应符合本标准第 8 章的质量控制要求。

#### 7.9.4 热处理

补焊工艺规程应确定补焊的实际顺序和焊后热处理。

## 8 质量控制

### 8.1 总则

本章规定了设备和材料的质量控制要求。所有质量控制工作应按制造厂商制定的规程加以管理,规程应包括相应的方法、定量和定性的验收准则。

无损检测指导书应符合本标准及相关标准的要求。无损检测指导书应由 GB/T 9445 或 ASNT TC 1A III 级人员批准。

设备、零件和材料的验收状态应在设备、零件和材料中予以表明,或在追溯文件中予以记录。

## 8.2 质量控制人员资格

无损检测(NDE)人员应按 GB/T 9445 或 ASNT TC 1A,取得资格和(或)证书。

对焊接操作和完工焊缝进行目检的人员应按照下列方式之一进行资格鉴定:

——AWS QC1 或等效标准;

——制造厂商制定的培训计划(如可等效上述标准)。

所有进行直接影响材料和产品质量的其他质量控制工作的人员均应按照制造厂商制定的程序进行资格鉴定。

## 8.3 测试设备

用于检查、测试或检验材料的设备和其他设备,应按制造厂商制定的程序文件和认可的工业标准(如:ISO 10012-1<sup>[2]</sup>, MIL STD120<sup>[10]</sup>)进行鉴定、控制、校准和定期调试,保证其所需准确度。

## 8.4 特定设备和零部件的质量控制

### 8.4.1 总则

质量控制要求应适用于所有主承载件和(或)承压件,另有规定的除外。

制造厂商应建立并保存临界区域图,标明高应力区域,连同本章一起使用。

本章中,临界区域定义为零件中应力超过下列数值的所有区域:

$$\sigma_H \geq \frac{0.75R_{eL}}{n_s} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$\sigma_H$ ——高应力;

$R_{eL}$ ——最小屈服强度;

$n_s$ ——设计安全系数。

注:原 ISO 14693:2000 中最小屈服强度为“ $S_{Ymin}$ ”,设计安全系数为“ $F_{DS}$ ”。

如果临界区域在临界区域图上没有标志,则应认为零件所有表面均为临界区域。

零件中存在压应力和(或)应力小于下列数值的区域不应在 8.4.7.4 所定义的验收准则范围内。低应力区域的定义可以在临界区域图上标志。

$$\sigma_L \leq \frac{0.1R_{eL}}{n_s} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$\sigma_L$ ——低应力;

$R_{eL}$ ——最小屈服强度;

$n_s$ ——设计安全系数。

注:原 ISO 14693:2000 中最小屈服强度为“ $S_{Ymin}$ ”,设计安全系数为“ $F_{DS}$ ”。

### 8.4.2 化学分析

应按 6.6 的方法和准则验收。

### 8.4.3 拉伸试验

应按 6.3 和 6.4 的方法和准则验收。

### 8.4.4 冲击试验

应按 6.3 和 6.4 的方法和准则验收。

### 8.4.5 追溯性

热加工或热处理批次的标志应使零部件具有可追溯性,材料或零部件上的标志应在其制造的全过

程中保持完好。制造厂商的追溯性文件中应包括标志的维护、替代和控制记录方法。紧固件和管接头不要求追溯性,但应按认可的工业标准作出标记。

8.4.6 目检

零部件应进行目检。铸件的目检应符合 JB/T 7927(所有部分)的要求。锻件材料的目检应符合制造厂商的程序文件。

8.4.7 表面无损检测

8.4.7.1 总则

每一完工零部件的所有可接触表面均应按本章要求,在最终热处理和最终机加工后按照 8.4.7 进行检测。

若设备需进行载荷试验,则应在载荷试验之后进行无损检测。对于制造厂商认为延迟断裂敏感的材料,应在载荷试验 24 h 后进行检测。设备应解体进行该项检验,检查前应除去表面导电涂层。如果在涂层的最厚处,已经证明可检测到 8.4.7.3 中定义的相关指示,则在检查之前,应除去表面非导电涂层。

8.4.7.2 方法

铁磁性材料应按 ASME V A 分卷的第 7 章和 B 分卷的第 25 章,或按 ASTM E 709 磁粉(MP)法检测。机加工表面应用湿式荧光法检测。其他表面也应用湿粉法或干粉法进行检验。

非铁磁性材料应按 ASME V A 分卷的第 6 章和 B 分卷的第 24 章,或按 ASTM E 165 检测。

如不得不采用磁化电极时,所有磁化电极的烧痕应予以磨除,影响区域用液体渗透法重新检验。

8.4.7.3 指示的评定

只有主要尺寸大于 2 mm(1/16 in)且与表面裂纹(或缺陷)有关的指示才应认为是相关指示。与表面裂纹(或缺陷)无关的固有指示(例如磁渗透率变化,非金属夹杂物等)应认为是非相关指示。如果大于 2 mm(1/16 in)的磁粉指示被认为是非相关指示,则这些指示应使用液体渗透法进行检验,以验证其非相关性,或予以清除,重新进行磁粉检验以验证其非相关性。

相关指示的判定应按照 8.4.7.4 验收准则的规定进行。

8.4.7.4 验收准则

8.4.7.4.1 铸件

ASTM E 125 适用于作为评定铸件磁粉显示用参考标准。验收准则应按表 4 的规定。

表 4 铸件表面验收准则

类 型	最大允许程度		
	缺陷类型	临界区域	非临界区域
I	热裂、裂纹	无	1 级
II	缩孔	2 级	2 级
III	夹杂物	2 级	2 级
IV	内冷铁、型芯撑	1 级	1 级
V	气孔	1 级	2 级

8.4.7.4.2 锻件

锻造材料的表面无损检测,应使用下列验收准则:

- 主要尺寸没有大于或等于 5 mm(3/16 in)的相关指示;
- 在任何一个连续的 40 cm<sup>2</sup>(6 in<sup>2</sup>)面积上,相关指示不超过 10 个;
- 在一条线上,边距小于 2 mm(1/8 in)的相关指示不超过三个;
- 在螺纹式接头的压力密封区域、旋转螺纹根部区域和应力消除区应无相关指示。

#### 8.4.8 铸件体积无损检测

##### 8.4.8.1 方法

铸件的射线检测应按照 ASME V A 分卷的第 3 章和 B 分卷的第 22 章进行,不应采用荧光增光屏。

超声波检测应按照 ASME V A 分卷的第 5 章和 B 分卷的第 23 章进行。根据第 23 章中 SA-609 采用直射束法进行检验时,若不能保持背反射的部位或在零件的两个表面夹角大于  $15^\circ$  的部位,按第 5 章的 T-510、T-520、T-541.4.1、T-541.4.2 和 T-542.4.3 角射束法检验。

##### 8.4.8.2 取样

主承载铸件应采用以下取样范围进行体积无损检测:

- 首批铸件的所有区域都应用超声波或射线法检测,直到检测结果表明已达到既定的生产技术要求;
- 在批量生产中,每 10 件抽取一件,若不足 10 件也应抽取一件,按临界区域图上标明的临界区域进行体积检测;
- 若铸件不符合 8.4.8.3 的验收准则,从该批次铸件中再取两件进行检测。如果还有不合格品,应对该批次的所有铸件进行检测。如果两件都合格,该批铸件可通过验收,而对原来不合格铸件进行修补。

##### 8.4.8.3 体积检测验收准则

如果构件的某个部位存在压应力,应力值低于低应力值,如公式(7)的计算结果,那么可不作体积检验。

###### a) 射线检测:

射线检测的验收准则,按验收件的壁厚不同,以 GB/T 5677 中的标准对比射线照片为根据。

在所有情况下,不允许有任何裂纹、热裂和夹渣(缺陷类型分别为 D、E 和 F)。

铸件临界区域射线检测结果应符合质量 2 级,非临界区域应符合质量 3 级。如果没有在图中标明临界区域,铸件所有的表面均视为临界区域。

###### b) 超声波检测:

直射束法和角射束法检测铸件,按 ASME V B 分卷,第 23 章中的 SA-609 质量 3 级验收。

#### 8.4.9 焊缝的无损检测

##### 8.4.9.1 总则

如有检验要求时,在焊接过程中应对基本焊接参数和施焊设备进行监测;对完工的焊件[至少包括母材周围 13 mm( $\frac{1}{2}$  in)的范围]和可接近焊缝,应按本章检测和验收。

本章要求的无损检测应在最终热处理之后进行。

##### 8.4.9.2 组焊

###### 8.4.9.2.1 目检

所有焊缝应按 ASME V A 分卷的第 9 章进行目检。咬边不应减少影响区内的厚度至低于设计厚度,并应打磨到与周围材料光滑地融为一体。

密封表面或距密封表面 3 mm( $\frac{1}{8}$  in)内不允许有表面孔隙和裸露熔渣。

###### 8.4.9.2.2 表面无损检测

主承载及承压焊缝和连接主承载及承压件的辅助焊缝应按 8.4.7.2 检测。采用以下验收准则:

- 无相关线性指示(见 3.1.8);
- 焊缝厚度不大于 17 mm( $\frac{5}{8}$  in),无大于 4 mm( $\frac{1}{4}$  in)的圆形指示;
- 焊缝厚度大于 17 mm( $\frac{5}{8}$  in),无大于 5 mm( $\frac{3}{16}$  in)的圆形指示;
- 在同一直线上,边距小于 2 mm( $\frac{1}{16}$  in)的相关指示不超过三个。

###### 8.4.9.2.3 体积无损检测

主承载件和承压件焊缝应分别按 ASME V A 分卷的第 5 章和第 2 章进行超声波或射线无损检测。

此条仅适用于熔透的焊缝。

验收准则应符合 ASME Ⅷ,第 I 部分,UW-51 和附录 12 的要求。

#### 8.4.9.3 补焊

##### 8.4.9.3.1 焊接坡口

补焊前坡口均应用磁粉法和 8.4.7 规定的验收准则进行检验。

##### 8.4.9.3.2 铸件的补焊

铸件的所有补焊焊缝均应按照 8.4.7.2 所述进行检验。检验准则和制造焊缝一致(见 8.4.9.2)。

##### 8.4.9.3.3 焊缝的修补

对焊缝缺陷进行补焊的无损检测要求同对原焊缝的要求一致(见 8.4.9.2)。

#### 8.5 尺寸验证

尺寸验证应在制造厂商文件规定的样品上进行。

所有重要承载和密封螺纹应按相应的螺纹规范要求进行测量。

#### 8.6 验证载荷试验

第 9 章所述设备要求验证载荷试验时,应按以下要求进行试验:

- a) 产品样机和主承载件应按本章要求进行验证载荷试验;
- b) 被测设备应安装在试验台架上,以与实际使用情况相同的方式在承载表面加载;
- c) 试验载荷应为额定载荷的 1.5 倍,承载时间不低于 5 min;
- d) 载荷试验后,应进行设备的设计功能检查,不应有功能削弱情况;
- e) 总装设备允许拆卸到所有主承载件(轴承除外)都能进行表面无损检测;
- f) 主承载件的临界区域应根据 8.4.7 进行磁粉检测。

没有载荷试验的正常设备如定单中规定有 SR1 补充要求则应进行载荷验证试验(见附录 C)。

#### 8.7 静水压试验

##### 8.7.1 总则

第 9 章所述有关设备要求静水压试验时,应按 8.7 的要求进行。

##### 8.7.2 试验顺序

静水压试验应分三个步骤进行:

- a) 初始保压期;
- b) 降压至零;
- c) 二次保压期。

两次保压期均不应低于 3 min。保压期应从已达到试验压力,且设备和压力测试仪表同压力源切断、试验零件外表面完全干燥时开始计时。

特殊的水压试验要求在第 9 章中有关设备的各条中叙述。

##### 8.7.3 压力表的校准

试验期间应使用经过校准的压力表和记录装置。在记录图表上应签字、标明日期,使试验设备具有可追溯性。

#### 8.8 功能试验

特殊的功能试验要求在第 9 章中有关设备的各条中叙述。

### 9 设备

#### 9.1 总则

除另有说明外,第 4 章至第 8 章的所有要求均适用于本标准所涉及设备的主承载件。设计者负责确定该设备的主载荷传递路径及主承载件。

卡瓦牙和大钳牙板无 6.3、6.4、6.5、8.4 和 8.6 中的试验、NDE 和追溯性要求。

9.2 转盘

9.2.1 总则

不应采用 4.2.7, 5.4, 6.3.1, 8.4.4, 8.4.5, 8.4.7 和 8.4.8 中的要求, 滚动轴承的设计和制造见 9.12。

9.2.2 主要载荷

主要载荷是通过转盘中心的轴向载荷。转盘扭矩不作为主要载荷。

9.2.3 设计验证功能试验

设计验证功能试验见 5.2。

9.2.4 静载额定值

转盘静载额定值或主要载荷额定值, 不应大于主轴承的静载荷。

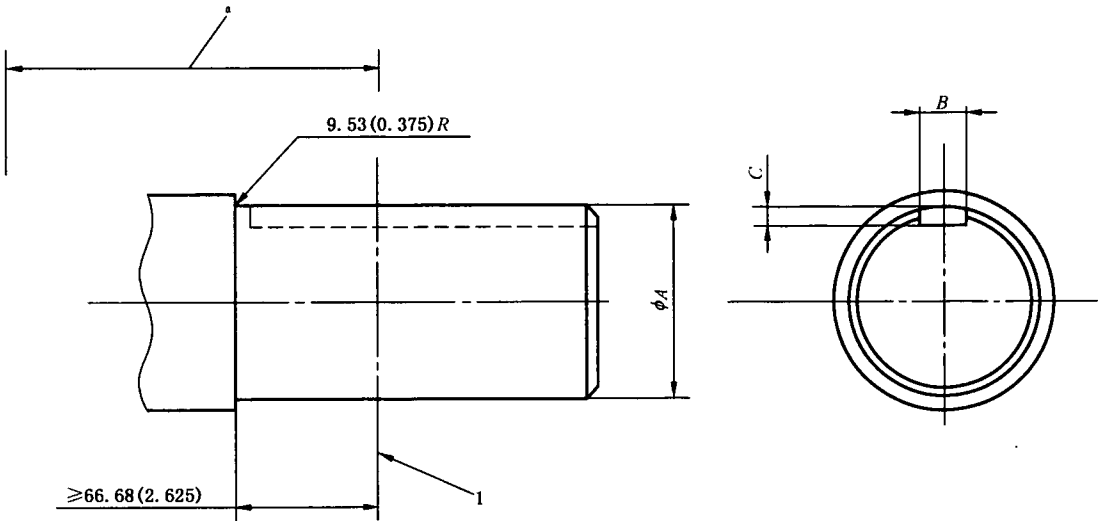
9.2.5 转盘输入轴轴头

转盘输入轴圆柱形轴头应符合表 5 所示的规格, 并符合表 5 和图 6 所示的尺寸和公差。也可采用圆锥形轴头或其他圆柱形轴头。也可采用另一种驱动输入方式(如其他圆柱形轴头或圆锥形轴头及水力驱动等)。

表 5 转盘输入轴轴头(见图 6)

规格代号	轴 头 直 径		键 槽			
			宽 度		深 度	
	mm	in	mm	in	mm	in
	$A_{-0.025}^0$	$A_{-0.001}^0$	$B_{0}^{+0.025}$	$B_{0}^{+0.001}$	$C_{0}^{+1.52}$	$C_{0}^{+0.060}$
1	82.55	3.250	19.05	0.750	6.35	1/4
2	100.03	3.938	25.40	1.000	9.52	3/8
3	107.95	4.250	25.40	1.000	9.52	3/8
4	114.30	4.500	25.40	1.000	9.52	3/8
5	125.43	4.938	31.75	1.250	11.11	7/16

单位为毫米(英寸)



1——第 1 排链轮中心线(见图 7)。

<sup>a</sup> 见图 7 中的 L 和 9.2.6。

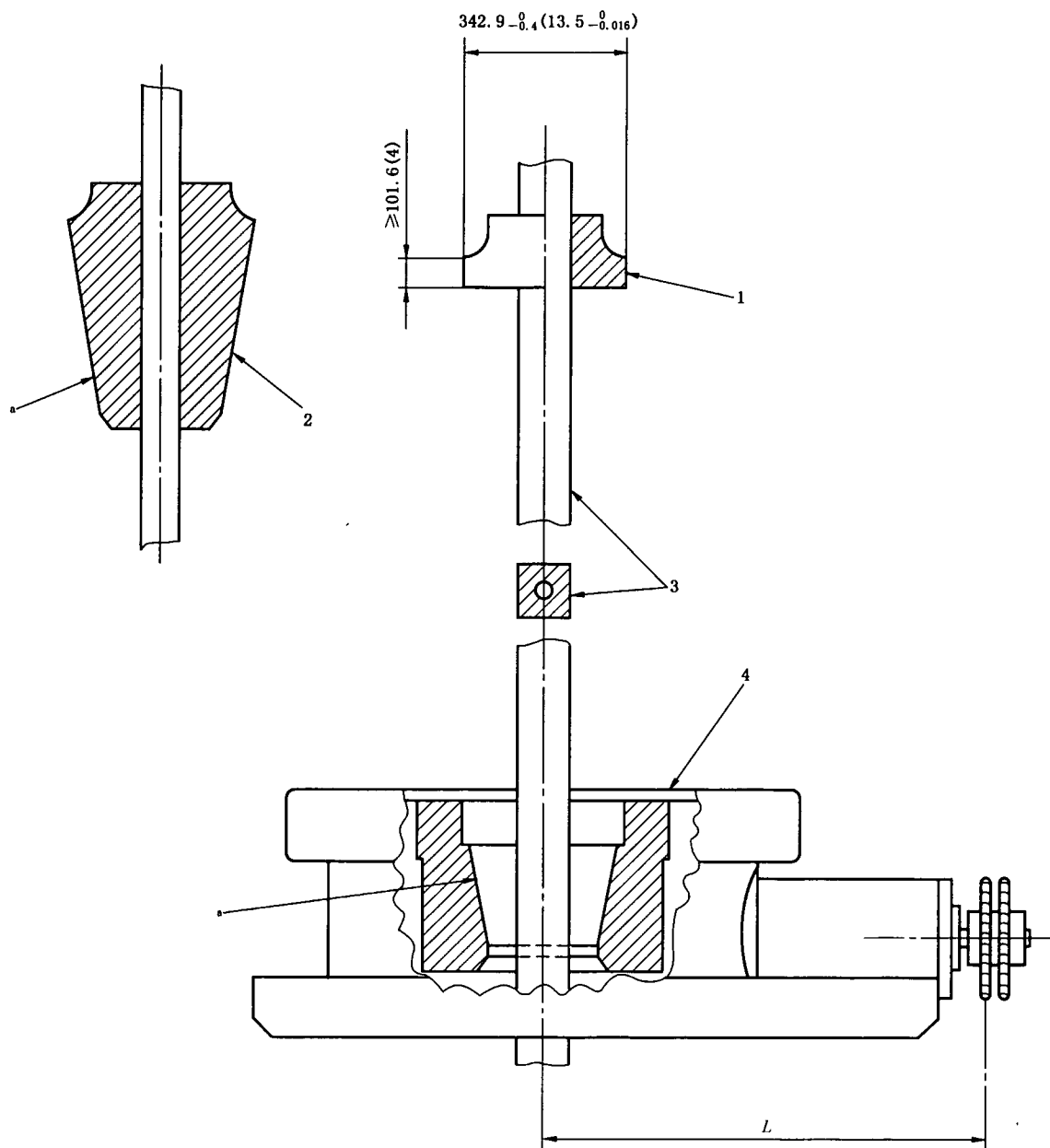
图 6 转盘输入轴轴头(尺寸见表 5)



## 9.2.6 传动链轮

转盘中心和第一排链轮齿中心(见图 7)之间的距离  $L$ ,对于通过大于或等于 510 mm(20 in)钻头的装置应为 1 353 mm( $53\frac{1}{4}$  in);对于通过小于 510 mm(20 in)钻头的装置应为 1 118 mm(44 in);根据制造厂家和用户之间的协议,对于通过小于 510 mm(20 in)钻头的装置可采用 1 353 mm( $53\frac{1}{4}$  in)的距离。转盘公称尺寸为 1 257 mm( $49\frac{1}{2}$  in),距离  $L$  应为 1 353 mm( $53\frac{1}{4}$  in)或 1 651 mm(65 in)。转盘公称尺寸为 1 537 mm( $60\frac{1}{2}$  in),距离  $L$  应为 1 840 mm(72 in)。这些距离值可打印在固定于转盘的铭牌上。

单位为毫米(英寸)



- 1——方钻杆补心已从转盘中取出;
- 2——转盘卡瓦;
- 3——方钻杆;
- 4——转盘大方瓦补心。

<sup>a</sup> 锥度 1 : 3( $333.33 \pm 1.5$ ) mm/m, ( $4 \pm 0.018$ ) in/ft。

图 7 转盘

## 9.2.7 转盘开口

方瓦驱动大方补心的转盘应符合表 6 和图 8 的要求。四销传动大方补心的转盘应符合表 7 和图 9 的要求。

表 6 转盘开口和大方补心(见图 7 和图 8)

单位为毫米(英寸)

转盘公称尺寸	转 盘 开 口			
	$A^{+0.38}_0 (A^{+0.015}_{-0.000})$	$B^{+0.76}_0 (B^{+0.030}_{-0.000})$	C	$D_{\max}$
444.50(17½)	444.50(17½)	461.96(18⅝)	133.3(5¼)	44.45(1¾)
520.70(20½)	520.70(20½)	538.16(21⅝)	133.3(5¼)	44.45(1¾)
698.50(27½)	698.50(27½)	715.96(28⅝)	133.3(5¼)	44.45(1¾)
952.50(37½)	952.50(37½)	—	—	—
1 257.30(49½)	1 257.30(49½)	—	—	—
1 536.70(60½)	1 536.70(60½)	—	—	—

转盘公称尺寸	大 方 补 心				
	$A_1^{+0.000}_{-0.38} (A_1^{+0.000}_{-0.015})$	$B_1^{+0.000}_{-0.76} (B_1^{+0.000}_{-0.030})$	$C_1$	$D_1^{+6.35}_0 (D_1^{+0.250}_{-0.000})$	同轴度
444.50(17½)	442.91(17⅞)	460.38(18⅞)	133.35(5¼)	44.45(1¾)	0.79(1/32)
520.70(20½)	519.11(20⅞)	536.58(21⅞)	133.35(5¼)	44.45(1¾)	0.79(1/32)
698.50(27½)	696.91(27⅞)	712.79(28⅞)	133.35(5¼)	44.45(1¾)	0.79(1/32)
952.50(37½)	950.91(37⅞)	—	—	—	—
1 257.30(49½)	—	—	—	—	—
1 536.70(60½)	—	—	—	—	—

表 7 四销传动的大方补心和方钻杆补心(见图 9)

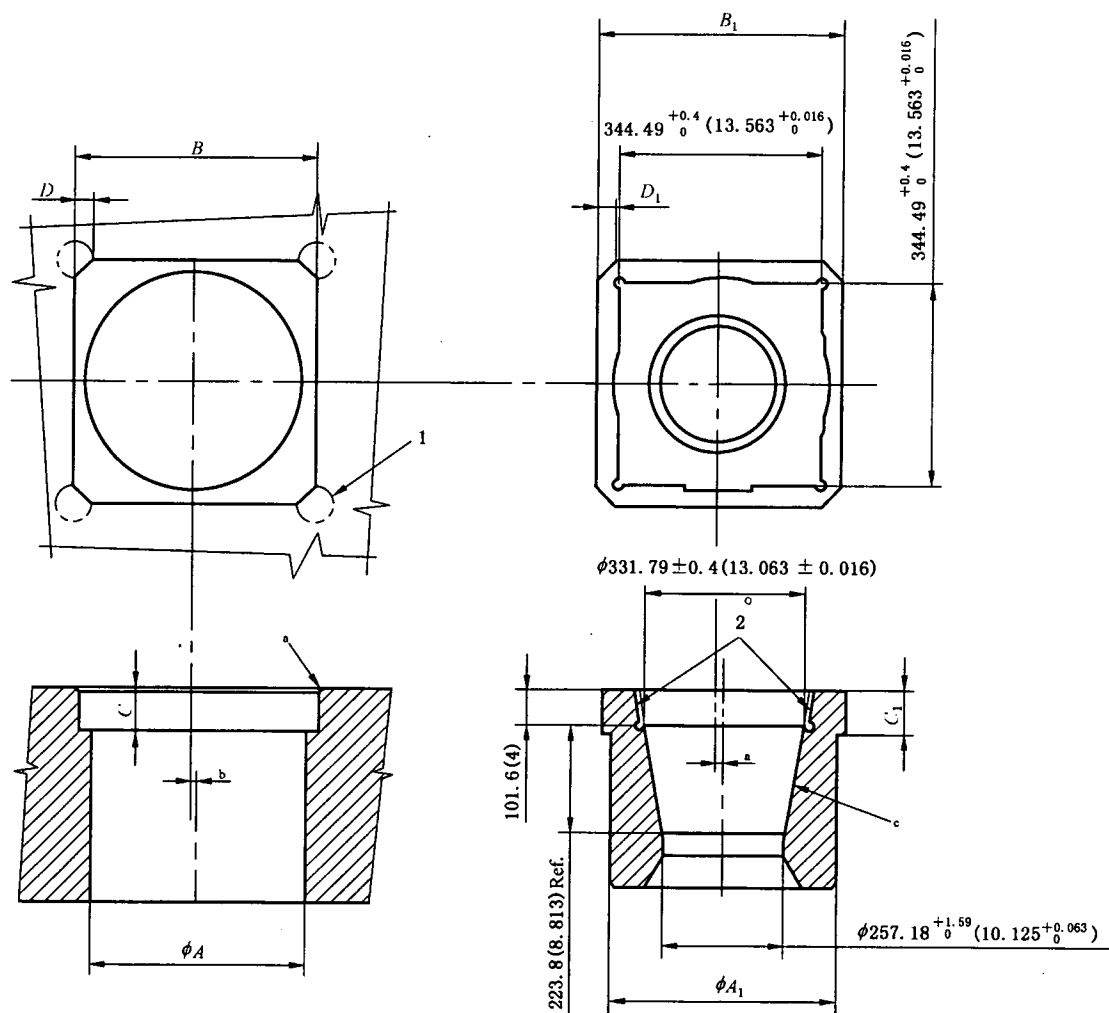
单位为毫米(英寸)

转盘公称尺寸	$F \pm 1.59 (F \pm \frac{1}{16})$	$G \pm 0.13 (G \pm 0.005)$	H
444.50(17½)	482.60(19)	65.15(2.565)	107.95(4¼)
520.70(20½)	584.20(23)	65.15(2.565)	107.95(4¼)
698.50(27½)	654.05(25¼)	86.23(2.565)	107.95(4¼)
952.50(37½)	654.05(25¼)	86.23(2.565)	107.95(4¼)
1 257.30(49½)	—	—	—
1 536.70(60½)	—	—	—

转盘公称尺寸	$I \pm 0.13 (I \pm 0.005)$	$J^{+1.59}_0 (J^{+1/16}_0)$	$K^{+1.59}_0 (K^{+1/16}_0)$
444.50(17½)	62.79(2.472)	365.13(14⅜)	257.18(10⅞)
520.70(20½)	62.79(2.472)	365.13(14⅜)	257.18(10⅞)
698.50(27½)	82.93(3.265)	365.13(14⅜)	257.18(10⅞)
952.50(37½)	82.93(3.265)	365.13(14⅜)	257.18(10⅞)
1 257.30(49½)	—	365.13(14⅜)	257.18(10⅞)
1 536.70(60½)	—	365.13(14⅜)	257.18(10⅞)

单位为毫米(英寸)



1——间隙任选;

2——间隙。

a 斜面 $\geq 6.35$  mm(0.250 in) $\times 45^\circ$ 。b 偏心值 $\leq 0.40$  mm(0.016 in)。c 锥度 1 : 3(333.33 $\pm 1.5$ ) mm/m, (4 $\pm 0.018$ ) in/ft。每边锥度  $9^\circ 27' 45''$ 。

图 8 转盘开口和大方补心

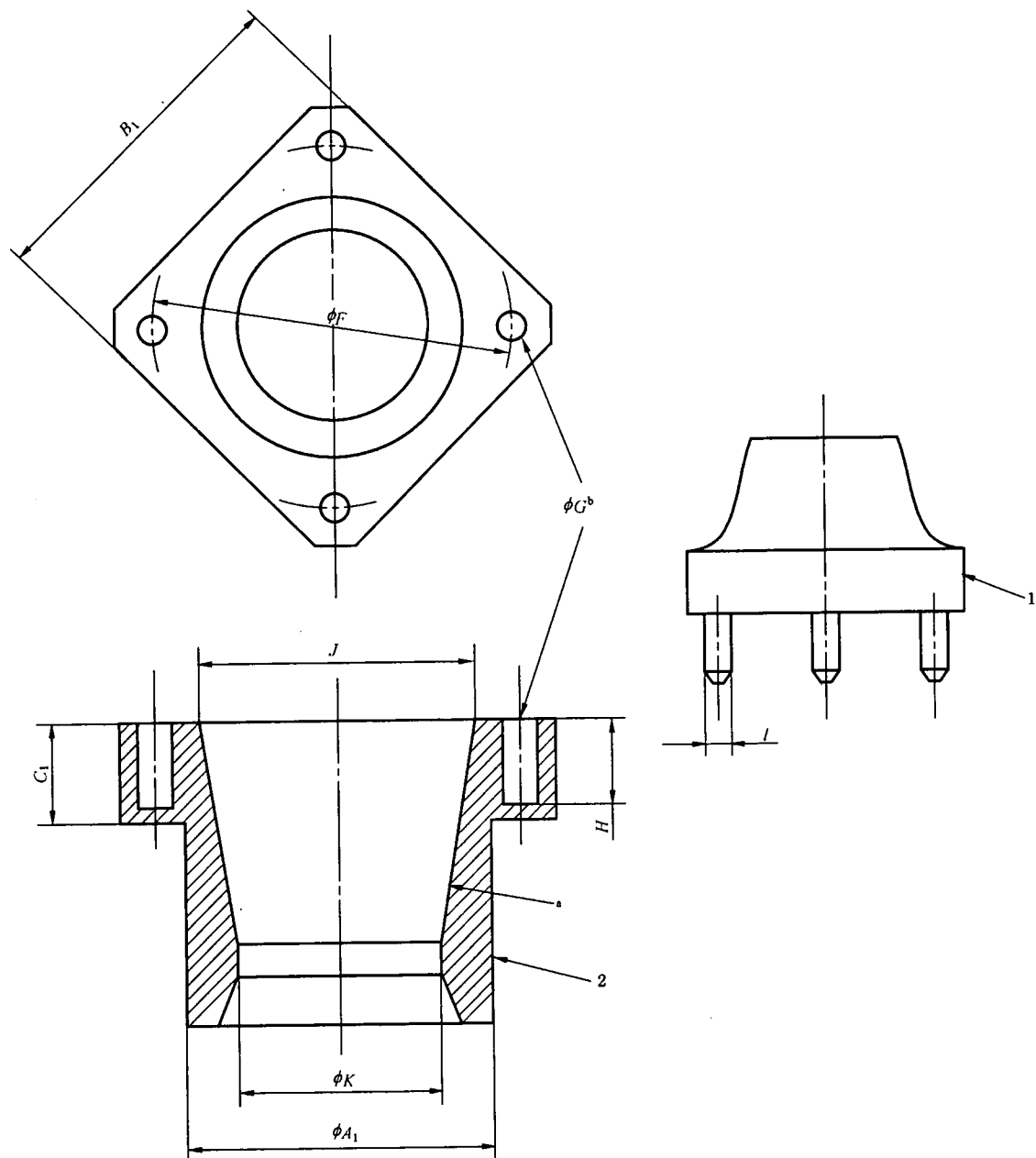


图 9 四销传动的大方补心和方钻杆补心

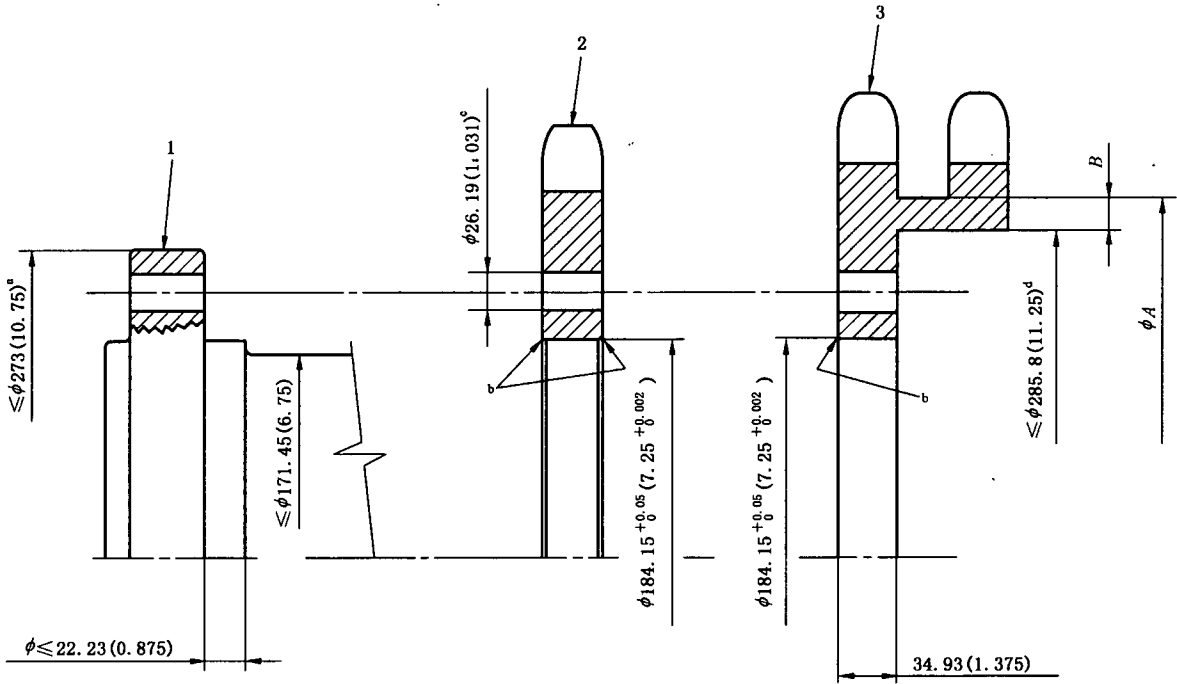
9.2.8 可拆卸的转盘链轮

可拆卸的转盘链轮如表 8 和图 10 所示。单排和双排链轮的螺栓分布相同。

表 8 可拆卸的转盘链轮数据

节距 $P/\text{mm}(\text{in})$	结构型式	最少链轮齿数	链轮槽最大直径 $\phi A$		链轮槽最小厚度 $B$	
			mm	in	mm	in
44.45(1¾)	单 排	23	—	—	—	—
50.80(2)	单 排	21	—	—	—	—
63.50(2½)	单 排	17	—	—	—	—
44.45(1¾)	双 排	25	306.39	12¼	10.32	13/32
50.80(2)	双 排	22	301.63	11¾	7.94	5/16
63.50(2½)	双 排	19	315.91	12⅞	15.08	19/32

单位为毫米(英寸)



1——轮毂；  
2——单排链轮；  
3——双排链轮。  
a 考虑链条间隙的最大轮毂直径。  
b 倒角  $1.6 \times 45(0.063 \times 45)$ 。  
c  $8-\phi 26.19$  在  $\phi 228.6(\phi 9)$  的螺栓分布圆上均布。  
d 最少齿数链轮的加工尺寸为  $\phi 285.8(\phi 11¼)$ ；齿数大于最少齿数的链轮，此尺寸可增大至  $A$  减  $2B$ 。

图 10 可拆卸的转盘链轮

9.3 转盘补心

9.3.1 总则

转盘补心和补心衬套只有尺寸互换性要求，无额定载荷要求。6.3.1、8.4.5、8.4.7、8.4.8 和 8.4.9 的要求不适用。

9.3.2 方钻杆补心

四方驱动方钻杆补心尺寸如图 7 所示。

销钉传动的方钻杆补心尺寸见如图 9 和表 7。

### 9.3.3 大方补心

四方驱动大方补心和转盘开口应符合表 6 和图 8 的要求。四销传动的大方补心应符合表 7 和图 9 的要求。

### 9.3.4 补心衬套

补心衬套用于缩小转盘开口,以便使用小尺寸的大方补心。

## 9.4 转盘卡瓦

9.4.1 转盘卡瓦在轴向上应具有  $1:3(333.33\text{ mm/m}, 4\text{ in/ft})$  的锥度和与标准大方补心的配合尺寸,见 9.2.7 和图 7。

9.4.2 转盘卡瓦无额定载荷要求。

9.4.3 8.4.4, 8.4.5, 8.4.8 和 8.4.9 的要求不适用于卡瓦。

9.4.4 转盘卡瓦应符合 8.4.7 要求, MSS SP-53 方法和验收准则除外。

## 9.5 不用于提升的卡盘

### 9.5.1 总则

符合本标准的卡盘体应标记制造厂商的名称、商标和额定载荷。

### 9.5.2 零部件追溯性

主承载件应按 8.4.5 标记。

### 9.5.3 生产顺序号

设备的每道工序均应有生产顺序号,生产顺序号应能追溯其制造过程。

### 9.5.4 冲击韧性

卡盘体采用以下冲击韧性值:

- a) 最小屈服强度不小于  $310\text{ N/mm}^2(45\ 000\text{ psi})$  的零部件,其材料在  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}(-4\text{ }^{\circ}\text{F})$  时的最小冲击韧性值应为  $33\text{ J}(25\text{ ft}\cdot\text{lbf})$ 。最小冲击韧性值应为三次试验的平均值,单个值不应小于  $26\text{ J}(19\text{ ft}\cdot\text{lbf})$ ;
- b) 屈服强度小于  $310\text{ N/mm}^2(45\ 000\text{ psi})$  的零部件,其材料在  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}(-4\text{ }^{\circ}\text{F})$  时的最小冲击韧性值应为  $27\text{ J}(20\text{ ft}\cdot\text{lbf})$ ,且单个值不得小于  $20\text{ J}(15\text{ ft}\cdot\text{lbf})$ 。

### 9.5.5 设计验证载荷试验

设计验证载荷试验应按第 5 章进行。

### 9.5.6 验证载荷试验

验证载荷试验应按 8.6 进行。

## 9.6 不用于提升的安全卡瓦

9.6.1 安全卡瓦不作额定载荷要求。

9.6.2 6.3.1、8.4.4、8.4.5、8.4.8 和 8.4.9 的要求不适用。

9.6.3 安全卡瓦应采用 8.4.7 的要求, MSS SP-53 方法和验收准则的使用除外。

9.6.4 卡瓦牙板不作力学性能试验,无追溯性要求。

## 9.7 吊钳

### 9.7.1 产品标志

吊钳应标记制造厂商的名称、商标和额定载荷。

### 9.7.2 尺寸规格的命名

吊钳的尺寸规格的命名应表明所设计吊钳的适用管径和臂长。

### 9.7.3 冲击韧性

9.7.3.1 传递主载荷的零部件采用以下冲击韧性值(铰链销除外):

- a) 最小屈服强度不小于  $310\text{ N/mm}^2(45\ 000\text{ psi})$  的零部件,其材料在  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}(-4\text{ }^{\circ}\text{F})$  时的冲击

韧性值应为 42 J(31 ft · lbf)。最小冲击韧性值应取三次试验的平均值,单个值不得小于 32 J(24 ft · lbf);

- b) 屈服强度小于 310 N/mm<sup>2</sup>(45 000 psi)的零部件,其材料在 -20 ℃(-4 ℉)时的冲击韧性值应为 27 J(20 ft · lbf),且单个值不得小于 20 J(15 ft · lbf)。

9.7.3.2 铰链销在 -20 ℃(-4 ℉)时的冲击韧性值不得小于 15 J(11 ft · lbf)。额定最小冲击韧性值应取三次试验的平均值,且单个值不得小于 12 J(8.5 ft · lbf)。

#### 9.7.4 零部件的可追溯性

主承载件应按 8.4.5 标记。

#### 9.7.5 设计验证载荷试验

设计验证载荷试验应按第 5 章进行。

#### 9.7.6 满负荷试验

满负荷试验按 8.6 进行。锻造的铰链销叉头不在本要求内。

### 9.8 动力大钳

#### 9.8.1 产品标志

动力大钳应标记制造厂商的名称、商标和尺寸规格。

#### 9.8.2 尺寸规格的命名

动力大钳尺寸规格的命名应表明所设计动力大钳的适用管径和最大扭矩。

#### 9.8.3 要求

4.2.7、5.3、5.4、5.5、5.6、6.3 和第 8 章的要求不适用。

#### 9.8.4 主载荷传递路径

主载荷传递路径应考虑施加或承受扭矩的机械零件,不包括传递液压动力的零部件。

### 9.9 绞车零部件

#### 9.9.1 主载荷传递路径

绞车主载荷零部件传递路径仅限于主刹车工作时承受快绳载荷的零部件。除使用本标准的规范外,制造厂商或设计者还可采用公认的设计惯例来确定安全系数。

#### 9.9.2 要求

4.2.7、5.4、5.5、5.6、6.3.1、8.4.4、8.4.5、8.4.7 和 8.4.8 的要求不适用于滚动轴承,滚动轴承的设计和制造要求见 9.12。

#### 9.9.3 猫头轴轴头

猫头轴轴头应根据用户订单规定,整体猫头的绞车除外。

#### 9.9.4 主滚筒刹车带

##### 9.9.4.1 总则

主滚筒一般有带式刹车或盘式刹车。本标准不排除使用其他形式的刹车方式。

##### 9.9.4.2 设计安全系数

依据滚筒工作半径中值(但大于或等于第二层工作绳半径)的绞车设计额定快绳拉力,主滚筒刹车带最小设计安全系数应为 3.0。

##### 9.9.4.3 焊件

9.9.4.3.1 焊件的设计载荷能力不应小于刹带的最小设计承载能力。

9.9.4.3.2 焊件应避免有影响疲劳寿命的焊接应力集中。

##### 9.9.4.4 质量控制

9.9.4.4.1 所有铸件及焊缝应按 8.4.7 检验。

9.9.4.4.2 机加工各工序完成之后,应目检刹车带所有可目检的表面。只要锻件材料最大指示的尺寸小于 4 mm(1/8 in),且指示符合 8.4.7.4 的其他验收准则,长度不到宽度三倍的指示应验收合格。长

度等于或大于宽度三倍的指示应拒收。刹车带边缘及孔边缘,不应有影响强度的缺陷存在。

9.9.4.4.3 刹车带切点间内半径与设计半径偏差不大于±0.5%。刹车带圆周任一点上,刹车带边缘所测内径的偏差不大于此点刹车带宽度的±0.5%。

9.9.4.4.4 横向焊缝的最大允许焊接咬边按 AWS D1.1 的规定。

9.10 高压泥浆软管和水泥软管

本条适用于 9.10.1 中规定的和表 9 中所列的高压泥浆和水泥挠性软管总成。本条不适用于 SY/T 5323 中涵盖的节流和压井柔性管线。此外,本条也不适用于在气体作业、空气钻井和完井或修井作业中预期或可能会暴露于井筒流体的柔性软管。该软管涵盖在 API RP 17B 中。API RP 7L 附录 A 中规定了本标准涵盖的水泥软管、钻井泥浆减振软管和跨接软管及钻井水龙带的工作极限、检验、维护及使用的推荐作法。

表 9 钻井水龙带和减振软管、水泥软管、泥浆输送软管的尺寸和压力(见图 11)

内径/ mm(in)	等级	工作压力/ MPa(psi)	试验压力/ MPa(psi)	安全系数	最小爆破压力/ MPa(psi)	MBR 工作/ m(in)	备注
50.8 (2)	A	10.3(1 500)	20.7(3 000)	2.5	25.8(3 750)	0.9(36)	
	B	13.8(2 000)	27.6(4 000)	2.5	34.5(5 000)	0.9(36)	
	C	27.6(4 000)	55.2(8 000)	2.5	69.0(10 000)	0.9(36)	
	D	34.5(5 000)	69.0(10 000)	2.5	86.3(12 500)	0.9(36)	
		69.0(10 000)	103.4(15 000)	2.25	155.3(22 500)	1.2(48)	水泥
		103.4(15 000)	155.1(22 500)	2.25	232.7(33 750)	1.4(55)	水泥
63.5 (2.5)	A	10.3(1 500)	20.7(3 000)	2.5	25.8(3 750)	0.9(36)	
	B	13.8(2 000)	27.6(4 000)	2.5	34.5(5 000)	0.9(36)	
	C	27.6(4 000)	55.2(8 000)	2.5	69.0(10 000)	0.9(36)	
	D	34.5(5 000)	69.0(10 000)	2.5	86.3(12 500)	0.9(36)	
	E	51.7(7 500)	103.4(15 000)	2.5	129.3(18 750)	1.2(48)	
		69.0(10 000)	103.4(15 000)	2.25	155.3(22 500)	1.2(48)	水泥
		103.4(15 000)	155.1(22 500)	2.25	232.7(33 750)	1.5(60)	水泥
76.2 (3)	C	27.6(4 000)	55.2(8 000)	2.5	69.0(10 000)	1.2(48)	
	D	34.5(5 000)	69.0(10 000)	2.5	86.3(12 500)	1.2(48)	
	E	51.7(7 500)	103.4(15 000)	2.5	129.3(18 750)	1.2(48)	
		69.0(10 000)	103.4(15 000)	2.25	155.3(22 500)	1.5(60)	水泥
		103.4(15 000)	155.1(22 500)	2.25	232.7(33 750)	1.6(64)	水泥
88.9 (3.5)	C	27.6(4 000)	55.2(8 000)	2.5	69.0(10 000)	1.4(54)	
	D	34.5(5 000)	69.0(10 000)	2.5	86.3(12 500)	1.4(54)	
	E	51.7(7 500)	103.4(15 000)	2.5	129.3(18 750)	1.4(54)	
101.6 (4)	C	27.6(4 000)	55.2(8 000)	2.5	69.0(10 000)	1.4(54)	
	D	34.5(5 000)	69.0(10 000)	2.5	86.3(12 500)	1.4(54)	
	E	51.7(7 500)	103.4(15 000)	2.5	129.3(18 750)	1.5(60)	
		69.0(10 000)	103.4(15 000)	2.25	155.3(22 500)	1.8(72)	水泥



表 9(续)

内径/ mm(in)	等级	工作压力/ MPa(psi)	试验压力/ MPa(psi)	安全系数	最小爆破压力/ MPa(psi)	MBR 工作/ m(in)	备注
127.0 (5)	C	27.6(4 000)	55.2(8 000)	2.5	69.0(10 000)	1.5(60)	
	D	34.5(5 000)	69.0(10 000)	2.5	86.3(12 500)	1.5(60)	
	E	51.7(7 500)	103.4(15 000)	2.5	129.3(18 750)	1.8(72)	
152.4 (6)	D	34.5(5 000)	69.0(10 000)	2.5	86.3(12 500)	1.8(72)	
	E	51.7(7 500)	103.4(15 000)	2.5	129.3(18 750)	1.8(72)	

注：MBR 按每一个水龙带的中线测量。

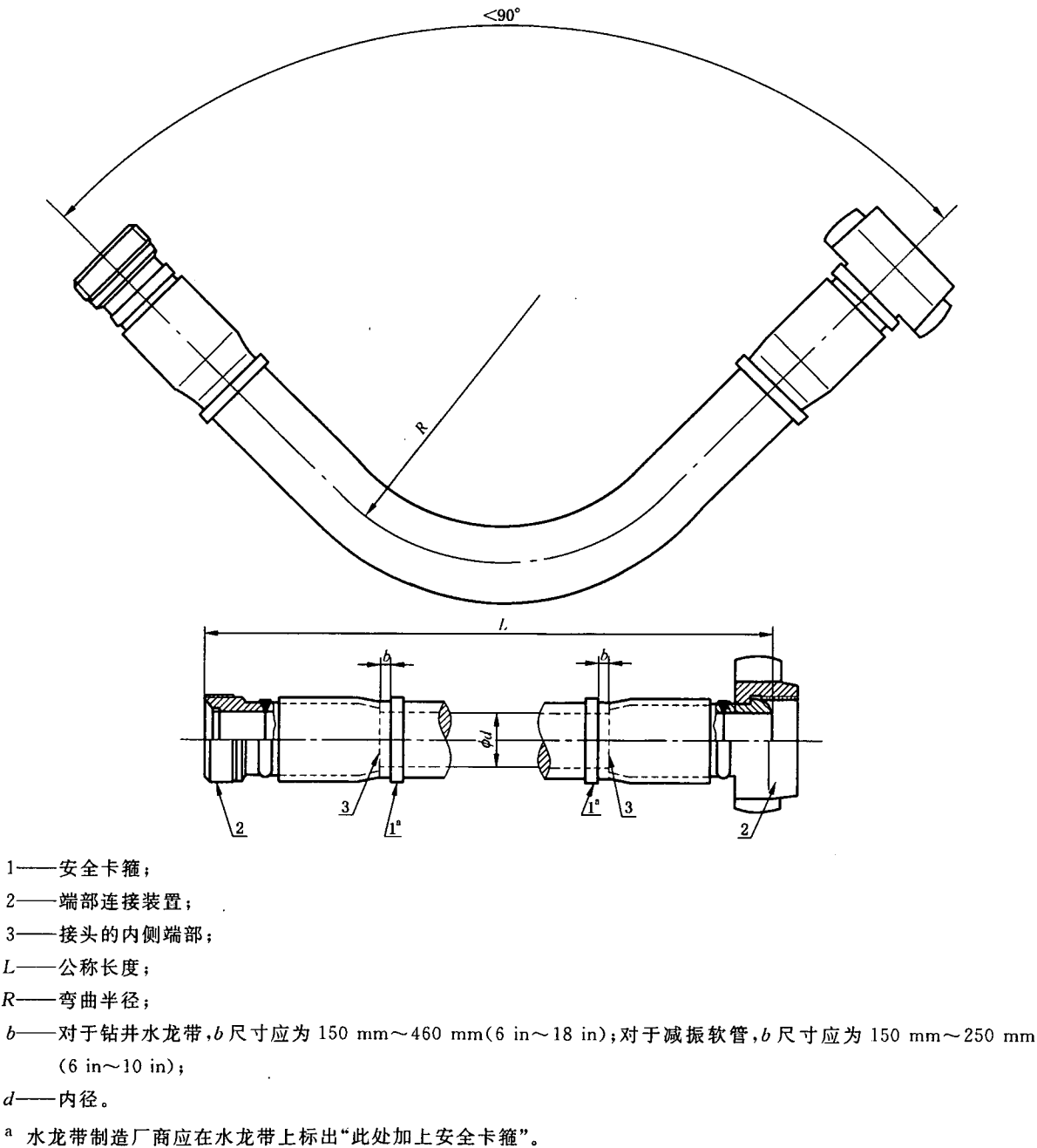


图 11 钻井水龙带和减振软管的尺寸

### 9.10.1 第1章至第8章的要求除外

#### 9.10.1.1 定义

与第3章规定的下列术语的定义相一致,当这些术语适用于本条涵盖的水龙带总成时,下面提供以下方面的说明:

- 主要载荷应为内部压力。
- 主载荷承载件应为加强缆、钢丝、金属铠装和水龙带接头。
- 设计载荷应与表9中规定的水龙带总成的工作压力相同。
- 动载荷应由在水龙带总成上施加的附加载荷组成,其不同于静压产生的载荷,例如压力脉冲、和动态弯曲或挠曲。

#### 9.10.1.2 设计条件

除4.1外,下列条款适用:

- 本条所涉及的水龙带总成的最低工作温度是 $-4^{\circ}\text{F}(-20^{\circ}\text{C})$ 。
- 关于4.1中的警告注释,在任何情况下,不推荐在低于规定的最低温度以下的温度使用本规范涵盖的水龙带总成。若购买合同要求规定的最低工作温度低于上述规定,则除了确定9.10.2中规定的温度范围和FSL级别所要求的其他那些试验之外,还应在购买合同中规定的温度,进行低温弯曲试验,鉴定水龙带总成。此外,当购买合同中规定附加要求SR2和SR2A时,它们仅应适用于水龙带接头。

#### 9.10.1.3 强度分析

4.2.7的要求不适用。

#### 9.10.1.4 规格等级标识

规格等级应按照表9中规定的水龙带总成的直径和相应的工作压力进行标识。

#### 9.10.1.5 额定值

本标准涵盖的水龙带总成额定值应根据表9中的工作压力和9.10.2中规定的温度范围和FSL级别确定。

#### 9.10.1.6 额定载荷值依据

本标准涵盖的水龙带总成的额定载荷值依据,应基于加强钢丝、水龙带接头的临界区域和在其之间使用的界面材料(如果在设计中采用)的最大许用应力。

#### 9.10.1.7 设计安全系数

本标准涵盖的水龙带总成的设计安全系数(DSF),应是9.10.6.2中规定的最低要求爆破压力和表9中规定的水龙带总成的工作压力的比值。

#### 9.10.1.8 设计验证

设计验证要求见9.10.9,第5章的要求不适用。

#### 9.10.1.9 表面无损检测(NDE)

8.4.7中规定的表面NDE应局限于水龙带接头。如果水龙带接头和端部连接装置之间的连接通过焊接而获得,则8.4.9中规定的焊缝表面NDE应适用于其之间的焊缝和热影响区(HAZ)。

#### 9.10.1.10 验证载荷试验

8.6的验证载荷试验要求不适用。

#### 9.10.1.11 静水压试验

8.7.2要求的静水压试验不适用。静水压试验见9.10.6。

### 9.10.2 温度范围和挠性规范级别(FSL)

如果在签订购买合同时已知,则买方应规定在高压泥浆软管总成中预期输送的钻井液的性能。

#### 9.10.2.1 温度范围

制造厂商应将每个水龙带总成额定在符合下列任一要求工作温度范围内:

温度范围Ⅰ：-20℃～+82℃（-4°F～+180°F）

温度范围Ⅱ：-20℃～+100℃（-4°F～+212°F）

温度范围Ⅲ：-20℃～+121℃（-4°F～+250°F）

#### 9.10.2.2 挠性规范级别(FSL)

本标准对所涵盖的水龙带规定了三种挠性规范级别(FSL)的要求。以下规定的 FSL 标识规定了 9.10.9 中规定的各种级别的设计验证要求。

FSL 0: 买方应在合同中说明,其仅用于水泥软管使用。这个级别除了 9.10.9.3 和 9.10.9.4 的脉冲压力试验以外,要进行 9.10.9 要求的所有设计验证。

FSL 1: 买方应在合同中说明,其仅用于正常作业条件下的钻井水龙带、减振软管和跨接软管。这个级别除了 9.10.9.4 的高频脉冲压力试验以外,要进行 9.10.9 要求的所有设计验证。

FSL 2: 买方应在合同中说明,其用于在工作期间可能产生振幅超过 6.9 MPa(1 000 psi)的高频压力脉冲的钻井水龙带、减振软管和跨接软管。这个级别除了 9.10.9.3 的低频脉冲压力试验以外,要进行 9.10.9 要求的所有设计验证。

#### 9.10.3 规格和长度

所有水龙带总成应符合表 9 的尺寸规范。每一个水龙带总成的长度应符合购买合同中规定的尺寸,尺寸公差要求见 9.10.4。对于钻井水龙带,买方应参考 API RP 7L 附录 A 中 A.1.1 关于水龙带的计算,确定最合适的长度。避免任何用途的水龙带在使用中出现过度弯曲、过高的轴向载荷或压缩现象。当购买合同规定了水龙带总成的总长度,对于减振软管或跨接软管,按 9.10.4 计算时,买方应考虑水龙带在受压状态下使用时的长度变化。

#### 9.10.4 尺寸和公差

水龙带总成的尺寸应符合表 9 和图 11 的要求。

如果水龙带总成的长度不超过 6 m(20 ft),则成品不加压水龙带长度公差应为 $\pm 65 \text{ mm}(2\frac{1}{2} \text{ in})$ 。如果水龙带总成的长度不超过 6 m(20 ft),则在水龙带总成按其规定的工作压力加压之后,其长度的变化不应超过 $65 \text{ mm}(2\frac{1}{2} \text{ in}) + 0.01 L$ ( $L$  为水龙带总成的长度,见图 11)。

如果水龙带总成的长度超过 6 m(20 ft),则成品不加压水龙带长度公差不应超过 $\pm 1\%$ 。如果水龙带总成的长度超过 6 m(20 ft),则在水龙带总成按其规定的工作压力加压之后,其长度的变化不应超过 $\pm 2\%$ 。

如果最小弯曲半径(MBR)值小于表 9 的值,制造厂商应规定 MBR 值。

#### 9.10.5 水龙带接头和端部连接装置

##### 9.10.5.1 水龙带接头

水龙带接头的设计和制造,应能使其与该接头连接的水龙带总成配合。若水龙带总成制造厂商选择用不同结构材料或不同物理性能的水龙带接头代替或更换水龙带接头。水龙带总成制造厂商应进行下列一个或多个适用的措施:

- 再次进行设计验证试验,鉴定新水龙带接头,或
- 安排有资格的第三方评价新水龙带接头材料和物理性能,并确定新水龙带接头是否适合与以前鉴定合格的水龙带总成配合。

此外,如果水龙带总成制造厂商选择改变水龙带接头与以前鉴定合格的水龙带总成连接的性质,则制造厂商应再次进行设计验证试验,重新鉴定水龙带总成。

##### 9.10.5.2 端部连接装置

高压泥浆和水泥软管总成,应按购买合同的规定,配备端部连接装置。虽然本标准未涵盖端部连接装置的设计和制造,但水龙带总成制造厂商应选择端部连接装置,该端部连接装置适合于其连接的水龙带总成。通过具有符合 GB/T 9253.2 规定的管线管螺纹与水龙带接头相联接的端部连接装置,不应使用在工作压力超过 34.5 MPa(5 000 psi)的水龙带总成上。如果水龙带总成的工作压力超过 34.5 MPa

(5 000 psi),则端部连接装置应对焊在水龙带接头上,或可以用相同材料与水龙带接头加工成一体。

#### 9.10.6 试验压力和爆破压力

##### 9.10.6.1 试验压力

每一个高压泥浆软管总成,应按 2 倍的工作压力进行静水压试验(见表 9)。

每一个工作压力小于 69 MPa(10 000 psi)水泥软管总成,应按 2 倍的工作压力进行静水压试验。对于工作压力等于或高于 69 MPa(10 000 psi)的水泥软管总成,应按 1.5 倍的工作压力进行静水压试验。试验压力最少应保持 15 min。

制造厂商应将试验压力记录包括图表和曲线图最少保持 10 年以上。

##### 9.10.6.2 爆破压力

高压泥浆软管总成应设计具有 2.5 倍工作压力的最小爆破压力(见表 9)。

工作压力小于 69 MPa(10 000 psi)水泥软管总成,额定最小爆破压力为工作压力的 2.5 倍。对于工作压力不小于 69 MPa(10 000 psi)的水泥软管,额定最小爆破压力为工作压力的 2.25 倍(见表 9)。

#### 9.10.7 工作压力

表 9 中规定了水龙带总成的最大工作压力。工作压力中应包括水龙带内遇到的最大冲击压力。

#### 9.10.8 标志

按本标准制造的水龙带总成应标记标准号(GB/T 17744—2008)、生产年月、工作压力、试验压力、工作温度范围、FSL 级别和制造厂商标。另外,如果制造厂商未安装安全卡箍时,应在水龙带每一端标记“此处加上安全卡箍”(见图 11 规定位置)。每根水龙带应有不同于其外表层颜色的纵向定位线。若采用压印或以有区别的颜色印制,应经硫化或类似方法将标志固定在水龙带的外表层。

制造厂商根据情况或根据买方要求可将附加信息标记在水龙带总成上。

水龙带接头上可用一定数量的圆环来区别水龙带总成的不同级别。如果使用,应与水龙带表层颜色不同。每种级别的圆环数量按照表 9 的规定如下:A 级:1 个,B 级:2 个,C 级:3 个,D 级:4 个,E 级:5 个。

#### 9.10.9 设计验证试验

应根据 9.10.2.2 中规定,对不同 FSL 级别的水龙带,进行设计验证试验,证明每一水龙带设计系列的完整性。水泥软管不要求 9.10.9.3 和 9.10.9.4 中规定的高温脉冲压力试验。设计验证试验应由独立实验室或第三方进行。

对于给定的设计系列,所有试验应在最大内径规格的水龙带上进行。

成功地完成了验证试验,应能鉴定在试验所使用的 9.10.2 中规定的整个温度范围内的相同或较低工作压力下,相同规格和较小规格的设计系列合格。

水龙带总成的最小长度为 3.05 m(10 ft),试验介质应为水。

下列试验应按照 9.10.2.2 中 FSL 要求在相同的水龙带总成上进行。

试验程序应按下列要求进行。

当水龙带设计系列经鉴定符合 FSL 1,则可以在同一设计系列的某一个不同的水龙带总成上,通过进行 9.10.9.4、9.10.9.5 和 9.10.9.6 中规定的试验,进行 FSL 2 的鉴定。

9.10.2.1 规定了三个温度范围。所有三个温度范围的最低温度极限均为  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-4\text{ }^{\circ}\text{F}$ ),符合 9.10.9.2.2 规定的低温弯曲试验的要求。而每个温度范围的最高温度极限是不同的,范围 I 为  $+82\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $+180\text{ }^{\circ}\text{F}$ )、范围 II 为  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $+212\text{ }^{\circ}\text{F}$ )、范围 III 为  $+121\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $+250\text{ }^{\circ}\text{F}$ )。如果在温度范围 III 的上限,进行 9.10.9.3 中规定的低频脉冲试验,作为水龙带设计系列 FSL 1 鉴定的一部分,那么,水龙带应额定在该温度。上述额定值应自动地鉴定水龙带满足较低温度范围 I 和 II。这也适用于按温度范围 II 上限试验的水龙带,即这自动地鉴定水龙带满足温度范围 I。当鉴定水龙带设计系列满足 FSL 2 时,上述方法同样地适用于 9.10.9.4 中规定的高频脉冲试验。因此,满足 FSL 1 或 FSL 2 要求的高压泥浆软管,可具有不同的额定温度范围值。

如果制造厂商规定的最低工作温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $-4\text{ }^{\circ}\text{F}$ ),那么应在制造厂商规定的最低工作温度下,进行9.10.9.2.2的低温弯曲试验。

#### 9.10.9.1 压力下的变形试验

试验包括下列步骤(环境温度下):

- 加压前应测量水龙带总成的长度;
- 试验压力应符合或超过表9规定,最少保压15 min;
- 降压至表9规定的工作压力之下;
- 再次测量受压水龙带总成的长度。

验收准则:水龙带接头两端内侧自由水龙带体的长度变化值不应超过 $\pm 2\%$ 。

#### 9.10.9.2 弯曲试验

##### 9.10.9.2.1 环境温度下的弯曲试验

在工作压力和环境温度下,在水龙带总成的最小弯曲半径(MBR)下弯曲100次。水龙带两端在弯曲位置的角度应小于 $90^{\circ}$ ,如图11所示。

验收准则:无泄漏、无明显损伤、无挤扁或扭结。

##### 9.10.9.2.2 低温弯曲试验

除非另有规定,否则,在低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $-4\text{ }^{\circ}\text{F}$ )或最低工作温度下,应排空水龙带总成,并保持24 h,然后,应在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $-4\text{ }^{\circ}\text{F}$ )或在规定的最低工作温度下,在水龙带总成的(MBR)下弯曲100次。水龙带两端在弯曲位置的角度应小于 $90^{\circ}$ ,如图11所示。

验收准则:无明显损伤、无挤扁或扭结。

#### 9.10.9.3 低频脉冲试验

脉冲压力试验的频次为1 000次。水龙带总成内的液体温度不应低于9.10.2.1规定的温度范围中的最大工作温度。脉冲压力试验的上限压力应不小于工作压力,脉冲压力的振幅至少为工作压力的90%。压力升降的一个压力循环,持续的时间不应超过5 min。

验收准则:无泄漏。

#### 9.10.9.4 高频脉冲试验

脉冲压力试验的频次为10 000次。水龙带总成内的流体温度不应低于9.10.2.1规定的温度范围中的最大工作温度。脉冲压力试验的压力上限不应小于工作压力,压力脉冲的振幅至少为工作压力的90%。压力升降的一个压力循环,持续的时间不应超过10 s。

验收准则:无明显泄漏。

#### 9.10.9.5 静水压力试验

静水试验应在环境温度下进行,试验压力不小于表9所规定的值。保压时间不小于4 h。

验收准则:无明显泄漏,排除所有外部温度变化无压力损失,在保压期内的4 h压力损失不超过2%。

#### 9.10.9.6 爆破压力试验

上述试验完成后,应在环境温度下进行爆破压力试验。

验收准则:试验的水龙带总成,爆破压力试验值不应小于表9的规定。

### 9.11 活塞钻井泵零部件

#### 9.11.1 总则

9.11.1.1 钻井泵主承载件是指除易损件和密封件外的液力端零部件,易损件包括缸套、活塞、活塞杆、填料、填料压盖、阀、阀座、阀盖、缸盖、卡箍、导向套、缸盖堵头和紧固件等。

9.11.1.2 4.2.7、5.3、5.4、5.5、5.6、6.3.1、8.4.4、8.4.5、8.4.7和8.4.8的要求不适用。滚动轴承的设计和制造要求见9.12。

9.11.1.3 9.11.1.1所列主要承载件应以1.5倍的工作压力进行压力试验。静水压试验按8.7进行。

9.11.1.4 钻井泵吸入端铸件的静水压试验压力应为制造厂商确定的额定吸入压力的两倍,其试验程序应与 9.11.1.2 所述主要承载件相同。

9.11.2 钻井泵液力端活塞杆和活塞芯孔(参见附录 E)

9.11.2.1 规格和尺寸

单作用钻井泵液力端的活塞杆和活塞芯孔应符合表 10 和图 12 的规定。

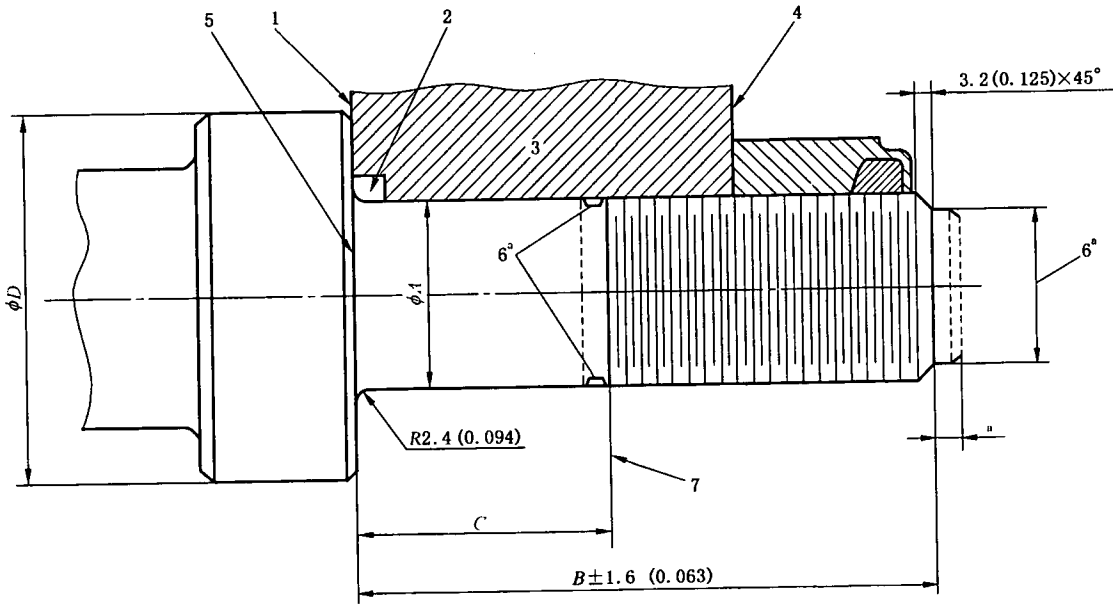
9.11.2.2 螺纹

活塞杆端部和锁紧螺母的螺纹应符合表 10 所列尺寸,按 ANSI B1.2 规定的 X 级量规检测。

表 10 单作用钻井泵液力端活塞杆和活塞芯孔(见图 12) 单位为毫米(英寸)

活塞和 活塞杆 连接号	标 称 连接直径	活 塞 杆					活塞芯孔
		活塞杆直径 A	端部长度 $B \pm 1.6$ ( $B \pm 1/16$ )	台肩至螺纹起始 处最大距离 C	台肩直径 $D \pm 0.4$ ( $D \pm 1/64$ )	螺纹代号	
SA-2	25.4(1)	25.32~25.38 (0.997~0.999)	106.4(4 $\frac{3}{16}$ )	38.1(1 $\frac{1}{2}$ )	50.8(2)	1-8UNC-2A	25.40~25.48 (1.000~1.003)
SA-4	38.1(1 $\frac{1}{2}$ )	38.02~38.07 (1.497~1.499)	138.1(5 $\frac{5}{16}$ )	47.6(1 $\frac{3}{4}$ )	82.6(3 $\frac{1}{4}$ )	1 $\frac{1}{2}$ -8UN-2A	38.10~38.18 (1.500~1.503)
	42.0	41.92~41.97	145.0	65.0	82.6	M39×3-6g	42.0~42.08

单位为毫米(英寸)



- 1——台肩 N, 活塞台肩, 活塞杆端部;
- 2——密封尺寸任选;
- 3——活塞;
- 4——台肩 P, 活塞台肩, 螺纹根部;
- 5——台肩 M, 活塞杆台肩;
- 6——螺纹形式, 制造厂商选择;
- 7——完整螺纹终点。

<sup>a</sup> 任选。

图 12 单作用钻井泵液力端活塞杆和活塞芯孔

9.11.2.3 活塞和活塞杆台肩

单作用泵活塞台肩面 N 和活塞杆的台肩面 M 应垂直其轴线,垂直度在 0.03 mm(0.001 in)范围内。活塞台肩面 P 应垂直其轴线,垂直度在 0.13 mm(0.005 in)范围内。

9.11.2.4 标志

应按如下进行标记:

a) 单作用泵活塞

符合本标准的圆柱孔活塞,应标记制造厂商名称、商标、标准号(GB/T 17744—2008)和连接号;

b) 单作用泵活塞杆

符合本标准的液力端活塞杆,应标记制造厂商名称、商标、标准号(GB/T 17744—2008)和连接号。若活塞杆与介杆连接端部符合 9.11.3.1 或 9.11.3.2,应标记标准号(GB/T 17744—2008)或表 11、表 12 中所列圆锥螺纹代号或圆柱螺纹代号。

表 11 十字头、介杆和活塞杆的锥柱螺纹连接(见图 13)

圆锥 螺纹号	公称尺寸 A <sup>a</sup>		圆锥螺纹长度 B		圆柱螺纹长度 C		锁紧螺母厚度 D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
T1	25.4	1	31.8	1¼	25.4	1	19.1	¾
T2	28.6	1⅛	35.7	1 <sup>13</sup> / <sub>32</sub>	25.4	1	19.1	¾
T3	31.8	1¼	39.7	1 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	25.4	1	22.2	⅞
T4	34.9	1⅜	43.7	1 <sup>23</sup> / <sub>32</sub>	25.4	1	22.2	⅞
T5	38.1	1½	47.6	1⅞	31.8	1¼	25.4	1
T6	41.3	1⅝	51.6	2 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	31.8	1¼	25.4	1
T7	44.5	1¾	55.6	2⅜	31.8	1¼	28.6	1⅛
T8	47.6	1⅞	59.5	2 <sup>11</sup> / <sub>32</sub>	31.8	1¼	28.6	1⅛
T9	50.8	2	63.5	2½	38.1	1½	31.8	1½
T10	57.2	2¼	71.4	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	38.1	1½	34.9	1⅜
T11	63.5	2½	79.4	3⅛	44.5	1¾	38.1	1½
T12	69.9	2¾	87.3	3⅞	44.5	1¾	41.3	1⅝
T13	76.2	3	95.3	3¾	50.8	2	44.5	1¾
T14	82.6	3¼	103.2	4⅛	50.8	2	47.6	1⅞
T15	88.9	3½	111.1	4⅜	57.2	2¼	50.8	2
T16	101.6	4	127.0	5	57.2	2¼	50.8	2
T17	114.3	4½	142.9	5⅝	57.2	2¼	50.8	2
T18	127.0	5	158.8	6¼	57.2	2¼	50.8	2
T19	139.7	5½	174.6	6⅞	57.2	2¼	50.8	2
T20	152.4	6	190.5	7½	57.2	2¼	50.8	2
<sup>a</sup> 所有螺纹为 8 牙/25.4 mm(8 牙/in),UN 系列,修正的 2A/2B 级。								

单位为毫米(英寸)

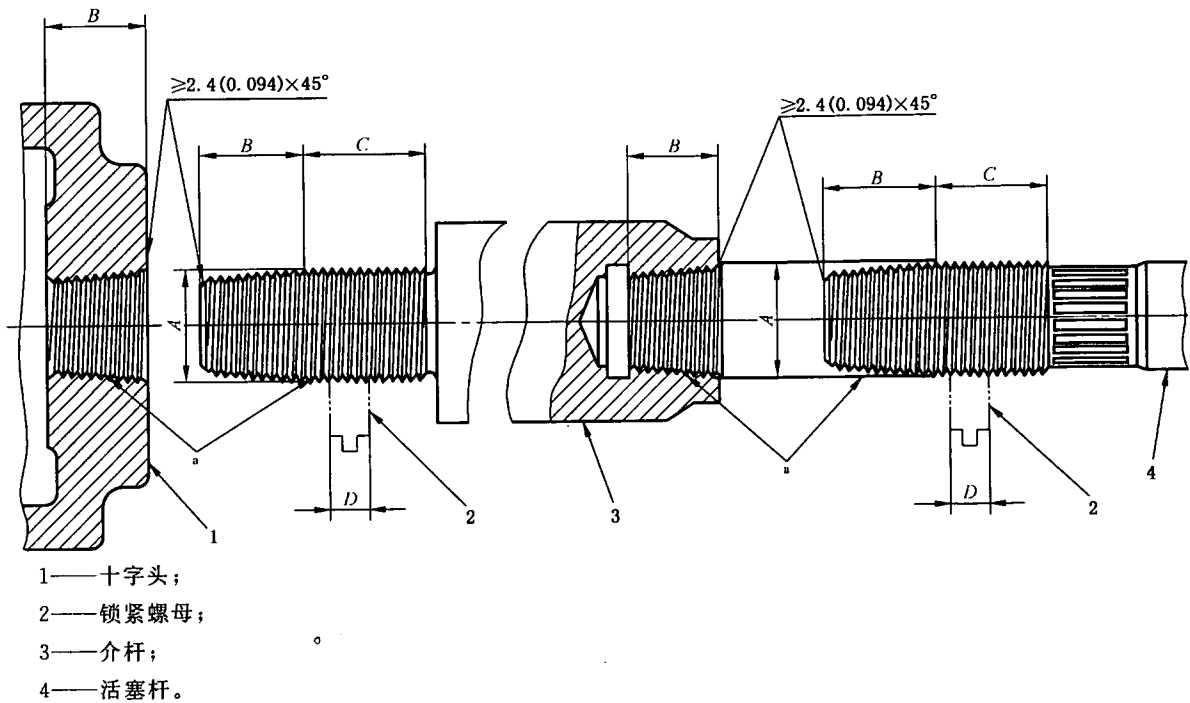


图 13 十字头、介杆和活塞杆的锥柱螺纹连接  
表 12 十字头、介杆和活塞杆的圆柱螺纹连接(图 17)

圆柱 螺纹号	公称尺寸 A <sup>a</sup>		内螺纹长度 B		外螺纹长度 C		锁紧螺母厚度 D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
S1	25.4	1	31.8	1¼	57.2	2¼	19.1	¾
S2	28.6	1⅛	35.7	1 <sup>13</sup> / <sub>32</sub>	61.1	2 <sup>13</sup> / <sub>32</sub>	19.1	¾
S3	31.8	1¼	39.7	1 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	65.1	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	22.2	7/8
S4	34.9	1⅜	43.7	1 <sup>23</sup> / <sub>32</sub>	69.1	2 <sup>23</sup> / <sub>32</sub>	22.2	7/8
S5	38.1	1½	47.6	1⅞	79.4	3⅛	25.4	1
S6	41.3	1⅝	51.6	2 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	83.3	3 <sup>9</sup> / <sub>32</sub>	25.4	1
S7	44.5	1¾	55.6	2⅜	87.3	3⅜	28.6	1⅛
S8	47.6	1⅞	59.5	2 <sup>11</sup> / <sub>32</sub>	91.3	3 <sup>19</sup> / <sub>32</sub>	28.6	1⅛
S9	50.8	2	63.5	2½	101.6	4	31.8	1½
S10	57.2	2¼	71.4	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	109.5	4⅝	34.9	1⅝
S11	63.5	2½	79.4	3⅛	123.8	4⅞	38.1	1½
S12	69.9	2¾	87.3	3⅞	131.8	5⅜	41.3	1⅝
S13	76.2	3	95.3	3¾	146.1	5¾	44.5	1¾
S14	82.6	3¼	103.2	4⅞	154.0	6⅞	47.6	1⅞
S15	88.9	3½	111.1	4⅜	168.3	6⅝	50.8	2
S16	101.6	4	127.0	5	184.2	7¼	50.8	2