ICS 75.200
E 98

中华人民共和国国家标准

GB/T 9711.3—2005/ISO 3183-3:1999

石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第3部分:C级钢管

Petroleum and natural gas industries—Steel pipe for pipelines—Technical delivery conditions—Part 3:Pipes of requirements class C

(ISO 3183-3:1999,IDT)

2005-07-04 发布　　2006-01-01 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
ISO 引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 2
4　钢类及钢级命名 …… 4
5　购方订货须知 …… 4
6　制造 …… 10
7　要求 …… 11
8　检验 …… 21
9　钢管标志 …… 33
10　临时保护性涂层 …… 34
附录 A(资料性附录)　与 API 钢级对照表 …… 35
附录 B(规范性附录)　制造工艺评定 …… 36
附录 C(规范性附录)　外观检验发现缺欠和缺陷的处理 …… 38
附录 D(规范性附录)　无损检验(NDT) …… 39
参考文献 …… 45

图 1　切斜 …… 18
图 2　焊缝尺寸偏差 …… 20
图 3　取样位置和表 20 中规定试样方向和位置符号说明 …… 23
图 4　压扁试验——取样及试验(示意图) …… 24
图 5　冲击试样位置 …… 25
图 6　弯曲试验用试样 …… 28
图 7　硬度测量位置 …… 31

表 1　钢类及钢级命名 …… 5
表 2　钢管种类、原材料、钢管成型和热处理状态 …… 5
表 3　非酸性服役条件用钢的化学成分(产品分析) …… 6
表 4　酸性服役条件下钢的化学成分(产品分析) …… 7
表 5　钢管的拉伸、弯曲及静水压试验要求 …… 12
表 6　避免脆性断裂的夏比(V 型)缺口试验温度 …… 13
表 7　避免脆性断裂的夏比(V 型)缺口冲击功要求 …… 13
表 8　避免延性断裂钢管母材夏比(V 型)冲击和落锤撕裂(DWT)试验要求 …… 13
表 9　避免延性断裂钢管母材最小夏比(V 型)冲击功 …… 14
表 10　优先选用的外径和壁厚(黑框内部分) …… 17
表 11　直径和椭圆度偏差 …… 18
表 12　壁厚偏差 …… 18

表 13　非定尺长度组要求 …… 19
表 14　无缝(S)钢管最大内锥角 …… 19
表 15　埋弧焊(SAW)钢管最大径向错边 …… 19
表 16　高频焊(HFW)钢管最大刮槽深度 …… 20
表 17　埋弧焊(SAW)钢管焊缝最大高度(除管端外) …… 20
表 18　埋弧焊(SAW)钢管最大焊偏量 …… 20
表 19　试验和试验要求 …… 21
表 20　力学试验用试样种类、取样数量、取样位置及方向 …… 26
表 21　冲击试样取向 …… 27
表 A.1　钢级比较 …… 35
表 D.1　无损检验方法一览表 …… 40
表 D.2　分层缺欠验收标准 …… 41
表 D.3　D.5.5.1 的射线检验灵敏度要求——ISO 12096 图像质量级别 R1 …… 44

前　言

在 GB/T 9711《石油天然气工业　输送钢管交货技术条件》的总标题下包括 3 个部分：

——第 1 部分：A 级钢管；

——第 2 部分：B 级钢管；

——第 3 部分：C 级钢管。

本部分为 GB/T 9711 的第 3 部分。

本部分等同采用 ISO 3183-3:1999(第 1 版)《石油天然气工业　管线钢管交货技术条件　第 3 部分：C 级要求钢管》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 3183-3:1999。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

a)　“本国际标准”一词改为“本部分”；

b)　用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；

c)　删除国际标准的前言。

本部分的附录 B、附录 C 和附录 D 为规范性附录，附录 A 为资料性附录。

本部分由石油管材专业标准化委员会提出并归口。

本部分起草单位：宝鸡石油钢管有限责任公司。

本部分主要起草人：丁晓军、王慧、王林博、康万平。

ISO 引言

在起草本国际标准时，起草委员会一致同意尽量避免对适用于某一特殊用途的输送钢管规定质量要求。但是委员会认为，还有一些主要的质量要求是通用的，将这些质量要求之间的差异区分如下：

首先，委员会认为有必要制定与 ANSI/API 5L 的规定相当的基本质量要求。这部分被称为 A 级要求，在 ISO 3183 第 1 部分中考虑。

注：ANSI/API 5L 名称见参考文献。

第二，对输送管线许多购方还提出了不同于基本质量要求、或者除基本质量要求之外的附加要求，如有关韧性和无损检测方面的内容，这种做法较为常见。这些一般性提高的要求称为 B 级要求，在 ISO 3183第 2 部分考虑。

第三，还有某些特殊用途，例如酸性条件、海洋条件和低温条件等对钢管的质量和试验有着非常严格的要求，它们反映在 C 级要求中，在 ISO 3183 第 3 部分考虑。

对于钢管的韧性特征，ISO 3183-3 给出一些模型要求的某种选择，这些模型要求与避免钢管脆性断裂或延性断裂概念相对应。落锤撕裂试验被认为是输气管线典型模型要求的一部分。

根据 EPRG 推荐作法所确立的数据，避免输送贫气、干气管线发生延性断裂的夏比冲击功要求已给出规定。一般认为避免输送富气或两相流体管线发生延性断裂可能还要提高韧性性能要求，但是只能一种情况一种情况具体处理。

注：EPRG 推荐作法名称见参考文献 3。

设计者的责任是选择适当的韧性模型要求，决定是否需要规定满足预期用途的冲击功要求，是否需要采用提高韧性特性的钢管和/或采用机械止裂装置。

鉴于已对 C 级钢管的制造和钢管焊缝的试验条件做了规定，在设计计算时，C 级钢管的焊缝系数可采用 1.0。

级别要求的选择取决于许多因素：输送流体的特性、服役条件、设计规范和法规的任何要求都应当考虑。因而购方的最终责任是根据预定用途选择适当级别要求。

注：本国际标准包括的产品种类、尺寸和技术限制范围比较宽。在某些地区使用，对使用者而言，由于没有一个统一的国际管道设计标准，导致了不同国家的规定不尽相同，技术上很难协调一致。因而，必要时可修改本国际标准的某些要求以满足不同国家设计标准的规定。然而，本国际标准保留了基本的引用文件，且修改内容应在询价和订货时做出规定(示例见 8.2.3.3.1 注)。

本标准在钢级的命名上没有遵照 ISO/TR 4949 中的规定。本国际标准和欧洲标准 EN10208 中的钢级是按 ISO/TC67/SC1 和 ECISS/TC29/SC2 协商一致原则命名的。目的是为了避免相同钢级由于名称不同而引起误解。

注：ISO/TR 4949 名称见参考文献。

石油天然气工业
输送钢管交货技术条件
第3部分:C级钢管

1 范围

GB/T 9711的本部分规定了非合金钢及合金钢(不锈钢除外)无缝钢管和焊接钢管的交货技术条件。本部分要求在总体上比ISO 3183-1和ISO 3183-2的规定更严格。

本部分一般适用于在特殊恶劣条件如海洋、低温和/或酸性环境下(见3.5)可燃流体输送用钢管。

注:ISO 3183-1和ISO 3183-2名称见参考文献。

本部分不适用于铸管。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过GB/T 9711的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

GB/T 15970.2—2000 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第2部分:弯梁试样的制备和应用(idt ISO 7539-2:1989)

ISO 148:1983 钢 夏比冲击试验(V型缺口)

ISO 377:1997 钢和钢制品 力学性能试验取样位置和试样制备

ISO 404:1992 钢和钢制品 一般交货技术条件

ISO 1027:1983 无损检测射线象质计 原理及标识

ISO 2566-1:1984 钢 伸长率换算 第1部分:碳钢和低合金钢

ISO 3183-1:1996 石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第1部分:A级钢管

ISO 4885:1996 铁制品 热处理 词汇

ISO 4948-1:1982 钢 分类 第1部分:合金钢和非合金钢的化学成分分类

ISO 4948-2:1982 钢 分类 第2部分:合金钢和非合金钢的主要质量等级和主要性能或使用性能分类

ISO 6507-1:1982 金属材料 硬度试验 维氏试验 第1部分:HV5～HV10

ISO 6508:1986 金属材料 硬度试验 洛氏试验(标度A-B-C-D-E-F-G-H-K)

ISO 6892:1984 金属材料 拉伸试验

ISO 6929:1987 钢产品 定义和分类

ISO 7438:1985 金属材料 弯曲试验

ISO 8492:1986 金属材料 钢管 压扁试验

ISO 8501-1:1988 涂装油漆和有关产品前钢材的预处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂钢材基底和涂层全面清除后的生锈等级和准备等级

ISO 9303:1989 承压用无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管 纵向缺欠的全圆周管体超声波检测

ISO 9304:1989 承压用无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管 缺欠的涡流检测

ISO 9305:1989 承压用无缝钢管 横向缺欠的全圆周管体超声波检测

ISO 9402:1989 承压用无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管 铁磁性钢管纵向缺欠的全圆周管体磁性传感/漏磁检测

ISO 9598:1989 承压用无缝钢管 铁磁性无缝钢管全圆周管体横向缺欠的磁性传感/漏磁检测

ISO 9764:1989 承压用电阻焊和感应焊钢管 焊缝纵向缺欠的超声波检测

ISO 9765:1990 承压用埋弧焊钢管 焊缝纵向和/或横向缺欠的超声波检测

ISO 10124:1994 承压用无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管 分层缺欠的超声波检测

ISO 10543:1993 承压用无缝和热张力减径焊接钢管 壁厚全圆周管体超声波检测

ISO 10474:1991 钢和钢产品 检验文件

ISO 11484:1994 承压用钢管 无损检测(NDT)人员资格鉴定和认证

ISO 11496:1993 承压用无缝和焊接钢管 管端分层缺欠的超声波检测

ISO 12094:1994 承压用焊接钢管 钢带/钢板分层缺欠的超声波检测

ISO 12096:1996 承压用埋弧焊钢管 直焊缝和螺旋焊缝缺欠的射线检测

ISO 12135:1996 金属材料 准静态断裂韧性测试方法

ISO 13663:1995 承压用焊接钢管 焊缝附近分层缺欠的超声波检测

ISO 13664:1997 无缝和焊接钢管管端分层缺欠的磁粉检验

ISO 13665:1997 无缝和焊接钢管管体表面缺欠的磁粉检验

ISO 14284:1996 钢和铁 测定化学成分用样品的制备

ANSI/API RP 5L3:1996 管线钢管落锤撕裂试验推荐作法

ASME SECT. Ⅸ:1995 ASME 锅炉和压力容器规范 第Ⅸ部分:焊接和钎焊工艺,焊工、钎焊工及焊接和钎焊操作人员的合格标准

ASTM A370:1996 钢产品机械性能试验的标准试验方法和定义

EN 288-3:1992 焊接金属材料规范和批准程序 第3部分:钢的电弧焊焊接工艺试验

NACE TM0177:1996 标准试验方法 金属在 H_2S 环境中耐特定形式环境开裂的实验室试验

NACE TM0284:1996 标准试验方法 管线钢和压力容器钢抵抗氢致开裂的评估

3 术语和定义

3.1 总则

以下标准确立的术语和定义适用于 GB/T 9711 的本部分:

——ISO 4948-1 和 ISO 4948-2 中钢的分类;

——ISO 6929 中钢产品的定义;

——ISO 4885 中的热处理术语;

——ISO 377,ISO 404 和 ISO 10474 中有关取样方法、检测和检验文件。

当作为补充或与上面给出的定义不同时,3.2~3.6 的术语和定义适用。

3.2 钢管和焊缝种类

3.2.1

无缝(S)钢管 seamless pipe

以热成型工艺制造的管状产品。

注:随后还可冷定径(见 6.5)或冷加工(见 3.3.5)至所要求的尺寸。

3.2.2

高频焊接(HFW)钢管 high-frequency-welded pipe

通过将钢带成型,并将相对接边缘以不带填充金属焊接在一起的方式制造的管状产品。纵向焊缝由感应或接触方式施加的高频(至少为 100 kHz)电流焊接而成。

3.2.3

埋弧焊(SAW)钢管　submerged arc-welded pipe

通过将钢带或钢板成型，并将相对接边缘以带填充金属方式焊接在一起制造的管状产品。钢管有一条自动埋弧焊工艺(见6.3)施焊形成的纵向埋弧焊缝(SAWL)或螺旋埋弧焊缝(SAWH)。

钢管的内外焊应各不少于1道次。在埋弧焊缝金属熔敷之前允许单道点固焊缝(见6.3.3)。

3.2.4

钢带(钢板)对头焊缝　strip (plate) end weld

将钢带(钢板)端部对焊在一起而形成的焊缝。

3.2.5

对接管　jointer

由一条环焊缝连接在一起的两段钢管。

3.2.6

管体　pipe body

(对焊接钢管)指除焊缝和热影响区以外的整个钢管。

3.2.7

管体　pipe body

(对无缝钢管)指整个钢管。

3.3　**处理状态**

3.3.1

形变正火　normalizing forming

形变加工过程的最终变形在一定温度范围内完成，使得材料状态与经正火处理的材料状态相当。这种交货状态缩写为："N"。

注1：经形变正火材料，即使经正火后，材料的力学性能规定值保持不变。

3.3.2

形变热处理　thermomechanical forming

形变加工过程的最终变形在一定温度范围内完成，使得材料具有单独采用热处理无法达到或重现的某些确定性能的状态。这种交货状态缩写为："M"。

注1：若随后加热至580℃以上会降低强度值。

注2：交货状态"M"可包括提高冷却速率而不进行或进行包括自回火过程的回火处理的处理工艺，但不包括明确界定的直接淬火和淬火加回火。

3.3.3

淬火加回火　quenching and tempering

是一种热处理工艺，包括淬火硬化，然后进行回火处理。这种交货状态缩写为："Q"。

注1：淬火硬化意思是先奥氏体化，然后进行冷却，使得奥氏体或多或少完全转变为马氏体，也可能转变为贝氏体。

注2：回火是一次或多次加热至规定的、低于下转变点(Ac_1)的温度或保持在这一温度，然后以适当的速率冷却，使得组织结构有所改善并获得规定的性能。

3.3.4

冷成型　cold forming

冷成型是在不加热情况下，将扁平板材变形成为钢管的一种工艺。

3.3.5

冷精整　cold finishing

冷精加工是永久变形大于1.5%的一种冷加工操作(如冷拔)。

注：它的永久变形量与6.5规定的冷定径操作的永久变形量是不一样的。

3.4 缺欠和缺陷

3.4.1

缺欠 imperfection

采用本部分所述的各种检验方法检查出的管壁或钢管表面上的不规则处。

注：尺寸和/或分布密度处于本部分规定的验收标准范围内的缺欠，对产品的预期使用没有影响。

3.4.2

缺陷 defect

尺寸和/或分布密度超过本部分规定的验收标准的缺欠。

注：缺陷对钢管的预期用途有不利影响或限制着钢管的预期用途。

3.5

服役条件 service condition

服役使用条件取决于管线设计，由购方按预定用途作出规定。

注：在本部分中，“酸性用”、“海洋用”和“低温用”等术语表示服役条件。

3.6

协议 by agreement

除非另有说明，“协议”指“在询价和订货时由购方和制造厂协商”。

4 钢类及钢级命名

4.1 钢类

本部分中的钢为特定非合金钢或合金钢，按照ISO 4948-1和ISO 4948-2的分类情况参见表1。

4.2 钢级命名

本部分中规定的钢级的命名见表1。

注：本部分中规定的钢级与ANSI/API 5L规定的钢级按最小屈服强度对照情况参见附录A。

5 购方订货须知

5.1 必须注明的内容

购方至少应在询价单和订货合同中注明下列内容：

a) 订购的数量(即钢管的总重量或总长度)；

b) 产品型式(如钢管)；

c) 钢管种类(见表2，第1栏)；

d) 本部分标准号；

e) 钢级(见表1)包括非酸性服役条件或酸性服役条件(见表3和表4)；

f) 应达到的韧性要求(见7.3.1)；

g) 以毫米(mm)表示的钢管外径和壁厚(见7.6.1.1)；

h) 如适用，是否用于海洋条件(见表11脚注e、f和7.6.3.4.2)；

i) 除适用于海洋条件外，非定尺长度组别，如要求定尺长度，应以米(m)为单位指明长度(见7.6.3.4和表13)；

j) 如适用，管线的设计温度[见7.3.1a)和7.3.1b)和8.2.3.5]；

k) 要求的检验文件类型(见8.1)；

l) 如适用，预期的涂层类型情况；

m) 如适用，是否作为弯管的母管。

表 1 钢类及钢级命名

热处理状态	钢类 (按照 ISO 4948-1 和 ISO 4948-2)	钢级[a]
正火或形变正火	非合金钢	L245NC
		L290NC
		L360NC
淬火加回火	非合金钢	L290QC
	合金钢	L360QC
		L415QC
		L450QC
		L485QC
		L555QC
形变热处理	非合金钢	L290MC
		L360MC
		L415MC
	合金钢	L450MC
		L485MC
		L555MC

[a] 在钢级符号中 N、Q 和 M 指的是热处理状态(参见 3.3)。
N=正火或形变正火　Q=淬火加回火　M=形变热处理
钢级中增加后缀字母"S"表示用于酸性环境材料,以区别于用于非酸性环境材料。例如:L450QCS。

表 2 钢管种类、原材料、钢管成型和热处理状态

钢管种类	原材料	钢管成型[b]	热处理状态	热处理符号
无缝(S)	铸坯或钢锭	形变正火	—	N
		热成型	正火	N
			淬火加回火	Q
		热成型及冷精加工	正火	N
			淬火加回火	Q
高频焊接(HFW)	轧制形变正火钢带	冷成型	焊接区正火	N
	轧制形变热处理钢带		焊接区热处理	M
			焊接区热处理和应力消除(整根钢管)	M
	热轧或轧制形变正火钢带		正火(整根钢管)	N
			淬火加回火(整根钢管)	Q
		冷成型和控温下的热张力减径使其产生正火效果	—	N
		冷成型和形变热处理(整根钢管)	—	M

表 2(续)

钢管种类	原材料	钢管成型[b]	热处理状态	热处理符号
埋弧焊(SAW) ——直缝(SAWL) ——螺旋缝(SAWH)	正火或轧制形变正火钢板或钢带	冷成型	—	N
	轧制形变热处理钢板或钢带			M
	淬火加回火钢板		—	Q
	轧制态正火或轧制形变正火钢板或钢带		淬火加回火(整根钢管)	Q
	轧制态钢板或钢带	形变正火	—	N
	正火或轧制形变正火钢板或钢带			
b 见 3.3.4。				

表 3 非酸性服役条件用钢的化学成分(产品分析)

钢级	最大含量/%									CEV^{a} max	$Pcm^{d,e}$ max
	C[a]	Si	Mn[a]	P	S	V	Nb	Ti	其他[b]		
无缝和焊接钢管用钢											
L245NC	0.14	0.40	1.35	0.020	0.010				f	0.36	0.19
L290NC	0.14	0.40	1.35	0.020	0.010	0.05	0.05	0.04	f	0.36	0.19
L360NC	0.16	0.45	1.65	0.020	0.010	0.10	0.05	0.04	g,h	0.43	0.22
无缝和焊接钢管用钢											
L290QC	0.14	0.40	1.35	0.020	0.010	0.04	0.04	0.04	f	0.34	0.19
L360QC	0.16	0.45	1.65	0.020	0.010	0.07	0.05	0.04	g,h	0.39	0.20
L415QC	0.16	0.45	1.65	0.020	0.010	0.08	0.05	0.04	g,h	0.41	0.22
L450QC	0.16	0.45	1.65	0.020	0.010	0.09	0.05	0.06	g,h	0.42	0.22
L485QC	0.17	0.45	1.75	0.020	0.010	0.10	0.05	0.06	g,h	0.42	0.23
L555QC	0.17	0.45	1.85	0.020	0.010	0.10	0.06	0.06	协议		
焊接钢管用钢											
L290MC	0.12	0.40	1.35	0.020	0.010	0.04	0.04	0.04	f	0.34	0.19
L360MC	0.12	0.45	1.65	0.020	0.010	0.05	0.05	0.04	h	0.37	0.20
L415MC	0.12	0.45	1.65	0.020	0.010	0.08	0.06	0.06	g,h	0.38	0.21
L450MC	0.12	0.45	1.65	0.020	0.010	0.10	0.06	0.06	g,h	0.39	0.22
L485MC	0.12	0.45	1.75	0.020	0.010	0.10	0.06	0.06	g,h	0.41	0.23
L555MC	0.14	0.45	1.85	0.020	0.010	0.10	0.06	0.06	协议		

表 3(续)

钢级	最大含量/%									CEV[c] max	Pcm[d,e] max
	C[a]	Si	Mn[a]	P	S	V	Nb	Ti	其他[b]		
化学成分适用于壁厚直至 25 mm 的钢管，较大壁厚钢管的化学成分应协议确定。未经购方的许可，不得有意添加本表未涉及的元素，用于脱氧和精炼添加的元素除外(见脚注 b)。											

a 最大含碳量每降低 0.01%，允许含锰量比规定的最大值增加 0.05%，但最大增加量不得超过 0.2%；

b Al_{tot}≤0.060；N≤0.012；Al∶N≥2∶1(不适用于钛镇静钢；Al_{tot}指铝总量)；

c 碳当量：$CEV=C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo+V}{5}+\frac{Cu+Ni}{15}$；

d 冷裂纹系数：$Pcm=C+\frac{V}{10}+\frac{Mo}{15}+\frac{Cr+Mn+Cu}{20}+\frac{Si}{30}+\frac{Ni}{60}+5B$；

e 对无缝钢管，*Pcm* 值允许比表中所列高 0.03，但最大不超过 0.25；

f Cu≤0.35；Ni≤0.30；Cr≤0.30；Mo≤0.10；B≤0.0005；

g V、Nb、Ti 之和不应超过 0.15%；

h Cu≤0.50；Ni≤0.50；Cr≤0.50；Mo≤0.50；B≤0.0005。

表 4 酸性服役条件下钢的化学成分(产品分析)

钢级	最大含量/%									CEV[c] max	Pcm[f,g] max
	C[a]	Si	Mn[a]	P	S[b]	V	Nb	Ti	其他[c,d]		
无缝和焊接钢管用钢											
L245NCS	0.14	0.40	1.35	0.020	0.003					0.36	0.19
L290NCS	0.14	0.40	1.35	0.020	0.003	0.05	0.05	0.04		0.36	0.19
L360NCS	0.16	0.45	1.65	0.020	0.003	0.10	0.05	0.04	h	0.43	0.22
无缝和焊接钢管用钢											
L290QCS	0.14	0.40	1.35	0.020	0.003	0.04	0.04	0.04		0.34	0.19
L360QCS	0.16	0.45	1.65	0.020	0.003	0.07	0.05	0.04	h	0.39	0.20
L415QCS	0.16	0.45	1.65	0.020	0.003	0.08	0.05	0.04	h,i	0.41	0.22
L450QCS	0.16	0.45	1.65	0.020	0.003	0.09	0.05	0.06	h,i	0.42	0.22
焊接钢管用钢											
L290MCS	0.10	0.40	1.25	0.020	0.002	0.04	0.04	0.04		0.34	0.19
L360MCS	0.10	0.45	1.45	0.020	0.002	0.05	0.05	0.04		0.37	0.20
L415MCS	0.10	0.45	1.45	0.020	0.002	0.08	0.06	0.06	h	0.38	0.21
L450MCS	0.10	0.45	1.55	0.020	0.002	0.10	0.06	0.06	h,i	0.39	0.22
L485MCS											
化学成分适用于壁厚直至 25 mm 的钢管，较大壁厚钢管的化学成分应协议确定。 未经购方的许可，不得有意添加本表未涉及的元素，用于脱氧和精炼添加的元素除外(见脚注 c 和 d)。											

表 4(续)

钢级	最大含量/%									CEV^{e} max	$Pcm^{f,g}$ max
	C[a]	Si	Mn[a]	P	S[b]	V	Nb	Ti	其他[c,d]		

a 最大含碳量每降低 0.01%,允许含锰量比规定的最大值增加 0.05%,但最大增加量不得超过 0.2%;

b 对无缝钢管,含硫量至多为 0.008%;

c Al_{tot}≤0.060 (Al_{tot} 指铝总量);N≤0.012;Al∶N≥2∶1(不适用于钛镇静钢);Cu≤0.35(经协议可以≤0.10);Ni≤0.30;Cr≤0.30;Mo≤0.10;B≤0.0005;(Al_{tot} 指铝总量);

d 对焊接钢管,Ca 元素是有意添加的,当 S>0.0015%时,Ca/S 应≥1.5;对所有(无缝和焊接)钢管,Ca 含量应限制在 0.006%以下;

e 碳当量:$CEV=C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo+V}{5}+\frac{Cu+Ni}{15}$;

f 冷裂纹系数:$Pcm=C+\frac{V}{10}+\frac{Mo}{15}+\frac{Cr+Mn+Cu}{20}+\frac{Si}{30}+\frac{Ni}{60}+5B$;

g 对无缝钢管,允许 *Pcm* 值比表中所列高 0.03,但最大不超过 0.25;

h V、Nb、*Ti* 之和不应超过 0.15%;

i 对这些钢级,经协议 Mo 含量可至 0.35%。

5.2 其他内容

本部分向购方和制管厂提供了就附加信息(见 7.3.1 注 1)或除适用的正常交货条件以外按下列 a)~c)规定的其他交货条件进行协商的可能性。所要求的附加内容或要求的选择项应在询价阶段清楚表示,且应在订货合同和订单确认中注明。

a) 强制性协议——如适用,则应进行协商的要求

1) 壁厚大于 25 mm 的钢管的化学成分(见表 3 和表 4 脚注前的条文);
2) 壁厚大于 25 mm 的钢管的力学性能(见表 5 脚注 a);
3) 当选定 c)中 6)时,提供有关环向应力的情况(见 7.3.1c);
4) 对外径大于 1 430 mm 和/或壁厚大于 25 mm,钢管的冲击试验和落锤撕裂(DWT)试验要求(见表 8 脚注 a 和表 9 脚注前的条文);
5) 壁厚大于 25 mm 的无缝钢管管端的直径公差(表 11 脚注 b);
6) 外径大于 1 430 mm 的钢管的直径公差(见表 11);
7) $D/T>75$ 时,海洋用钢管的椭圆度要求(见表 11);
8) 3.2 检验文件的签发方(见 8.1);
9) 对随后进行涂层钢管作出标记(见 9.1.4);
10) 制造工艺评定的试验频次和数量[见 B.3.a)]。

b) 由制管厂自行确定的要求,另有协议时除外。

1) 尺寸验证方法和几何形状要求(见 8.2.3.14.4);
2) 无缝钢管无损检验(NDT)的时机(见附录 D.2.2);
3) 纵向缺欠的射线检验[见附录 D.5.4.a)]。

c) 可协议的选择——经协商可自由选择的要求

1) 焊接钢管原料可选择的浇注方法(见 6.3.3);
2) 有两道纵向焊缝的直缝埋弧焊(SAWL)钢管的制造(见 6.3.3);
3) 直缝埋弧焊钢管冷扩径的放弃(见 6.5);
4) 带有钢带对头焊缝的螺旋埋弧焊(SAWH)钢管的供应(见 6.6);
5) 铜和/或钼的含量(见表 4 脚注 *c* 和 i);

6) 计算冲击功的规定(见 7.3.1);
7) 不同于表 6、表 8 和表 9 中给出(见 7.3.1,8.2.3.3.1 和 8.2.3.4)的标准试验温度、可供使用的冲击试验温度、落锤撕裂(DWT)试验温度;
8) 限定的屈服强度范围(见表 5 脚注 b);
9) 提高屈强比 $R_{t0.5}/R_m$(见表 5 脚注 c);
10) 焊接性能数据或焊接试验(见 7.4.2);
11) 适用于内径的直径公差(见表 11 脚注 c);
12) 适用于外径的直径公差(见表 11 脚注 d);
13) 7.6.3.4.1 和 7.6.3.4.2 中未规定的长度范围(见 7.6.3.4.3);
14) 特殊倒角形式(见 7.6.4.2);
15) 埋弧焊(SAW)钢管外焊缝的修磨(见 7.6.5.2.2);
16) 无缝钢管的横向拉伸试验(见表 20 脚注 b);
17) 深水管道铺设附加的纵向拉伸试验(见表 20 脚注 f);
18) 圆棒试样的使用(见 8.2.2.3);
19) 压平及热处理试样的使用(见 8.2.2.3);
20) 横向冲击替代试样的使用(见 8.2.2.4);
21) 横向屈服强度检验中液压涨环试验的使用(见 8.2.3.2.3);
22) 焊偏宏观检验的替代试验方法(见 8.2.3.8.1);
23) 对焊缝进行热处理的高频焊接(HFW)钢管生产过程中的硬度试验和最大硬度值(见 8.2.3.8.2);
24) 报告氢致开裂(HIC)微观照片(见 8.2.3.9);
25) 用于制造工艺评定的其他硫化物应力开裂(SSC)试验方法和有关的验收标准(见 8.2.3.10);
26) 大于标准限定的静水压试验压力和/或周向应力(见 8.2.3.12.1);
27) 采用 ISO 3183-1 的静水压试验压力(见 8.2.3.12.3);
28) 测量钢管直径的专用测量工具的使用(见 8.2.3.14.1);
29) 使用(冷态)字模压印或振动刻蚀(见 9.1.3);
30) 特殊标志(见 9.2);
31) 临时保护性涂层,包括涂层、内衬、工厂喷漆及其他临时性保护(见第 10 章);
32) 钢管制造工艺评定焊缝试验(见 B.3.d);
33) 用于制造工艺评定的硫化物应力开裂(SSC)试验[见 B3.e)];
34) 用于制造工艺评定的裂纹尖端张开位移(CTOD)试验[见 B.3.f)];
35) 扩展至管端和/或坡口 100mm 范围内分层缺欠检验(见 D.2.4);
36) 非酸性条件下,无缝钢管分层缺欠检验[见 D.3.3.b)];
37) 扩大壁厚检查范围(见 D.3.4);
38) (无缝钢管)补充要求的应用(见 D.3.5);
39) 尺寸至 100 mm^2 单个分层的限定(见表 D.2);
40) 高频焊接(HFW)钢管的无损检验(NDT)验收等级 L2/C(L2)(见 D.4.2);
41) 高频焊接(HFW)钢管补充检验的应用(见 D.4.5);
42) 采用固定深度刻槽校准设备[见 D.5.2.1d)];
43) 采用钻孔型象质计代替 ISO 金属丝象质计[见 D.5.5.1a)];
44) 埋弧焊(SAW)钢管补充检验的应用(见 D.5.6)。

5.3 订单示例

订购内容宜以下面的示例方式给出：

a) 32 000 m 钢管 SAWL GB/T 9711.3 L415MC
610×12.5 r2 韧性要求:7.3.1b)
设计温度 TD:−10℃ 检验文件 ISO 10474-3.1.C
提示:钢管随后进行三层聚乙烯外涂层

b) 20 000 m 钢管 S GB/T 9711.3 L415QC
219.1×12.5 韧性要求:7.3.1b)
设计温度 TD:−10℃ 海洋服役条件 检验文件 ISO 10474-3.1.B

c) 20 000 m 钢管 S GB/T 9711.3 L360NC
88.9×14.2 r2 韧性要求:7.3.1a)
检验文件 ISO 10474-3.1.C
提示:钢管随后进行熔结环氧外涂层

还应包括任何可选择的协议和补充要求(见 5.2)。

6 制造

6.1 总则

6.1.1 所有钢管都应按购方认可的制造方法制造。

制造方法既可采用现有数据验证,也可按照附录 B 的要求来验证。

6.1.2 本部分涉及的所有无损检测(NDT)操作应由按照 ISO 11484 或与之等效的标准进行资格鉴定及认证合格的人员进行。

6.2 炼钢

6.2.1 本部分所包括的钢应采用吹氧碱性转炉工艺或电炉工艺冶炼。

6.2.2 钢应为细晶粒全镇静纯净钢。酸性服役条件的钢,应采用真空脱气或其它可替代的工艺。可对材料进行夹杂物形状控制处理,以增强钢抵抗氢致(鼓泡和阶梯状)开裂(HIC)的能力。

6.3 钢管制造

6.3.1 总则

可采用的钢管种类见 3.2 及表 2。钢管种类和钢级的热处理类型应由购方规定。

6.3.2 无缝钢管制造

无缝钢管应是由连铸坯或钢锭制造。当采用冷精加工工艺时应在检验报告中指出。

6.3.3 焊接钢管制造

所有直缝埋弧焊(SAWL)、螺旋埋弧焊(SAWH)和高频焊(HFW)钢管用钢板或钢带应由连铸坯或压力铸厚板坯轧制,且应是如表 2 原材料栏所列的适宜状态。

经协议,可以选用其他替代熔炼方法。

酸性服役条件高频焊接(HFW)钢管制造用钢带,在焊接前应对钢带边缘进行铣削或机械加工。

根据附录 D 规定,钢板轧制后应进行外观检查,并用超声波检测钢板中的分层。超声波检测既可以在切边之前也可以在切边之后,由制造商自行处理。直缝埋弧焊(SAWL)钢管用钢板也应用同一种方法处理。

高频焊(HFW)和螺旋埋弧焊(SAWH)钢管制造用钢带应按照附录 D 规定,在钢管制造前或钢管制造过程中的合适阶段,进行分层缺欠超声波检查和外观检查。如果高频焊(HFW)和螺旋埋弧焊(SAWH)钢管制造厂能够对制成的钢管进行包括超声波检查的全管体检查,则对钢带的检查可推迟至这个工序进行。

螺旋埋弧焊(SAWH)钢管应采用宽度不小于钢管外径 0.8 倍且不大于钢管外径 3 倍的钢带制造。

经协议，直缝埋弧焊(SAWL)钢管可带有两条焊缝。

在直缝埋弧焊(SAWL)和螺旋埋弧焊(SAWH)钢管制造中，焊接开始前，污染焊接坡口或周围区域的任何润滑剂都应清理掉。

直缝埋弧焊(SAWL)钢管的焊接坡口的间断性点固焊是不允许的，除非制造厂提供数据供购方认可，证明点固焊部分和间隔部分均达到技术规范要求。

6.4 交货状态

钢管应以表2规定的成型和热处理状态交货。

6.5 冷扩径和冷定径

除非另有协议，直缝埋弧焊(SAWL)钢管应通过某种机械方法进行冷扩径。

扩径范围：$0.003 < Sr \leqslant 0.015$

式中：

Sr——定径比。

其他种类钢管可采用扩径或减径的方法将钢管定径至最终尺寸。但不得产生过量的永久变形。当随后不进行热处理或只对焊接区进行热处理时，定径比 Sr 不得超过0.015。定径比 Sr 按照公式(1)计算：

$$Sr = \frac{|D_a - D_b|}{D} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

Sr——定径比；

D_a——定径后的外径，单位为毫米(mm)；

D_b——定径前的外径，单位为毫米(mm)；

D——规定外径，单位为毫米(mm)。

6.6 钢带/钢板对头焊缝

交货钢管中不允许带有钢带对头焊缝。

经协议，用钢板制造的螺旋缝焊接钢管可保留钢板对头焊缝[见图3c)]。钢板对头焊缝应至少距管端200 mm。钢板对头焊应与钢板边缘和焊缝进行同样的无损检测(按D.5.1)。

6.7 对接管

不允许交付对接管。

7 要求

7.1 总则

当按8.2.2和8.2.3的规定进行取样、试样制备和试验时，本部分规定的要求适用。

注：含有这些要求以及试验技术条件的表和章节见表19。

除本部分的要求外，ISO 404规定的一般交货技术条件也适用。

7.2 化学成分

7.2.1 化学成分应建立在产品分析基础上，制造厂目标熔炼化学成分和范围应在制造方法中表明(见6.1.1)。

7.2.2 非酸性服役条件用钢的产品分析结果应符合表3，酸性服役条件用时应符合表4的要求。

7.3 力学和工艺性能

7.3.1 一般要求

钢管应符合表5的要求。

对于韧性，应符合购方在询价及订货时确定的下列韧性要求中的一种(见5.1)：

a) 表7(试验温度按表6)[典型流体输送管线]；

b) 表7(试验温度按表6)和表8落锤撕裂(DWT)试验要求[典型海洋输气管线]；

c) 对于钢管母体，表 8(包括 DWT 试验要求和夏比冲击要求)。

对于焊缝区，夏比冲击功为 40 J(3 个试样夏比冲击功平均最小值，同时，单个试样最小值为 30 J)，试验温度与母体试验温度相同(典型的陆上输气管线)。

经协议，表 8 给出的钢管母体冲击功值可用表 9 中的相应公式计算值代替。在这种情况下：购方应提供钢管环向应力值的资料。

注 1：在对以淬火加回火或轧制形变热处理状态交货的钢管进行热加工成型和/或随后进行现场热处理时，会出现力学性能的不良变化(见 3.3.2)。适当时，购方应就详细情况与制造厂联系。

注 2：表 8 中冲击功要求是采用安全系数 1.4 确定的。表 6、表 8 和表 9 中试验温度考虑了 C 级钢管材料的苛刻使用条件。

表 5 钢管的拉伸、弯曲及静水压试验要求

钢级	管体[a]（无缝和焊接钢管）				焊缝[b]		整根钢管
					HFW SAW	SAW	
	屈服强度[b] $R_{t0.5}$/MPa min	抗拉强度 R_m/MPa min	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$[c,d] max	伸长率[e] ($L_0=5.65\times\sqrt{S_0}$) A/% min	抗拉强度 R_m/MPa min	弯曲试验弯轴直径(见 8.2.3.6)	静水压试验(见 8.2.3.12)
L245NC L245NCS	245～440	415	0.90	22	抗拉强度值与管体相同	3T	每根钢管都应进行静水压试验，且不得出现泄漏或可见超过规定偏差的变形
L290NC，L290NCS L290QC，L290QCS L290MC，L290MCS	290～440	415	0.90	21		3T	
L360NC，L360NCS L360QC，L360QCS L360MC，L360MCS	360～510	460	0.90	20		4T	
L415QC，L415QCS L415MC，L415MCS	415～565	520	0.92	18		5T	
L450QC，L450QCS L450MC，L450MCS	450～570	535	0.92	18		6T	
L485QC L485MC，L485MCS	485～605	570	0.92	18		6T	
L555QC L555MC	555～675	625	0.92	18		6T	

a 力学性能适用于壁厚直至 25 mm 的钢管，较大壁厚钢管力学性能应协议确定。

b 在询价和订购时可协议限定的屈服强度范围。

c 屈强比 $R_{t0.5}/R_m$ 适用于“钢管”产品，对原料不要求。对钢级为 L415MCS，L450MCS 和 L485MCS，屈强比经协议可增加到 0.93。对采用淬火＋回火工艺制造的无缝钢管，经协议屈强比可大于表中所列数值。

d M 状态钢级的屈强比 $R_{t0.5}/R_m$ 只适用于横向试样。

e 这些值适用于管体上截取的横向试样。采用纵向试样试验时(见表 20)，伸长率应增加 2 个单位。

f T：钢管的规定壁厚。

表 6　避免脆性断裂的夏比(V 型)缺口试验温度

规定壁厚 T/mm	试验温度[a,b]/℃
$T \leqslant 20$	$TD-10$
$20 < T \leqslant 30$	$TD-20$
$T > 30$	$TD-30$

[a] TD:按照询价和订购说明的设计温度;

[b] 其他温度可协议(见 7.3.1 注 2)。

表 7　避免脆性断裂的夏比(V 型)缺口冲击功要求

钢级	3 个试样平均值/J	单个最小值/J
L245	27	22
L290	30	24
L360	36	30
L415	42	35
L450	45	38
L485	50	40
L555	56	45

注:试验应按照表 6 规定的温度进行。

冲击功值适用于横向全尺寸试样,对小尺寸试样和报告结果见 8.2.3.3.2。对纵向试样冲击值为规定冲击值的 1.5 倍。

表 8　避免延性断裂钢管母材夏比(V 型)冲击和落锤撕裂(DWT)试验要求

钢级	夏比(V 型缺口)冲击试验最小冲击功[a] KV/J									DWT 试验[c] 剪切面积/%(又见 8.2.3.4)
	管体(管体外径 D/mm)									管体(D/mm)
	≤510	>510 ≤610	>610 ≤720	>720 ≤820	>820 ≤920	>920 ≤1 020	>1 020 ≤1 120	>1 120 ≤1 220	>1 220 ≤1 430	500<D ≤1 430
	管体横向(方括号内数值适用于管体纵向)[b]									
L245NC　L245NCS	40(30) [60(45)]									c
L290NC　L290NCS L290QC　L290QCS L290MC　L290MCS										
L360NC　L360NCS L360QC　L360QCS L360MC　L360MCS									42(32)	
L415QC　L415QCS L415MC　L415MCS				40(30)	41(31)	44(33)	46(35)	48(36)	51(38)	85[d]
L450QC　L450QCS L450MC　L450MCS			41(31) [62(47)]	43(32)	46(35)	48(36)	51(38)	53(40)	57(43)	
L485QC L485MC　L485MCS	46(35) [69(52)]	50(38) [75(56)]	55(41) [83(62)]	58(44)	62(47)	65(49)	68(51)	71(53)	77(58)	
L555QC L555MC	61(46) [92(69)]	68(51) [102(77)]	76(57) [114(86)]	83(62)	90(68)	96(72)	102(77)	108(81)	120(90)	

表 8(续)

钢级	夏比(V 型缺口)冲击试验 最小冲击功[a] KV/J									DWT 试验[c] 剪切面积/%(又见 8.2.3.4)
	管体(管体外径 D/mm)									管体 (D/mm)
	≤510	>510 ≤610	>610 ≤720	>720 ≤820	>820 ≤920	>920 ≤1 020	>1 020 ≤1 120	>1 120 ≤1 220	>1 220 ≤1 430	500<D ≤1 430
	管体横向(方括号内数值适用于管体纵向)[b]									

试验温度应在−10℃或协议更低温度(见 7.3.1 注 2)

a 表中所列值适用于外径直至 1 430 mm 和壁厚直至 25 mm 的全尺寸试样。小尺寸试样见 8.2.3.3.2。不带圆括号的数值为 3 试样的最小平均值;圆括号内数值为单个试样的最小值(平均值的 75%)。
对外径大于 1 430 mm 和/或壁厚大于 25 mm 的钢管,冲击试验值应协议。

b 在不压平情况下,只要能截取厚度不小于 5 mm 的最小尺寸试样,试样应沿钢管横向截取(见表 21)。

c 只适用于外径大于 500 mm,壁厚大于 8 mm,规定最小屈服强度大于 360 MPa 的输气钢管。

d 两个试样平均值。

表 9 避免延性断裂钢管母材最小夏比(V 型)冲击功

钢级	最小冲击吸收功[a] KV/J
L245…~L450…	$KV=2.67\times10^{-4}\sigma_{hp}^{1.5}D^{0.5}$ (最小值是 40 J)
L485QC L485MC L485MCS	$KV=3.21\times10^{-4}\sigma_{hp}^{1.5}D_{0.5}$
L555QC L555MC	$KV=3.57\times10^{-5}\sigma_{hp}\left(\frac{D}{2}\right)^{1/3}T^{1/3}$

试验温度应为−10℃,或协议更低温度。计算值应适用于外径直至 1 430 mm 和壁厚直至 25 mm 全尺寸横向试样,小尺寸试样见 8.2.3.3.2。

计算值为一组 3 个试样最小平均值。单个最小值可低于平均要求,但不得低于平均值的 75%。

试样位置见表 21。

纵向试样最小冲击功值应比横向试样最小冲击功高 50%。

对外径大于 1 430 mm 和壁厚大于 25 mm 的钢管,冲击值可协议。

注:上面计算公式完全等同于 ISO 13623(标准名称见参考文献)采用的公式,只是 ISO 13623 中规定外径和规定壁厚采用了其他术语和符号。

a σ_{hp}:环向应力,MPa;D:规定外径,mm;T:规定壁厚,mm。

7.3.2 酸性服役条件特殊要求

7.3.2.1 抗氢致开裂(HIC)试验值应按照 NACE TM0284:1996 的验收标准进行,下列最大值为每个试样的 3 个截面平均值:

裂纹敏感率(CSR)≤2%;

裂纹长度率(CLR)≤15%;

裂纹厚度率(CTR)≤5%。

7.3.2.2 应进行硬度试验。任何位置(管体、热影响区、焊缝)的最大硬度值不应超过 250HV10

(22HRC)。

洛氏硬度试验只应用于母材，不能用于热影响区或焊缝金属。如有争议，应采用维氏硬度试验方法(见 8.2.3.11.1)。

7.3.2.3 当制造工艺评定规定了硫化物应力开裂(SSC)试验时，试验应符合下列验收限定：

试样在厚度方向应没有超过 0.1 mm 的可见裂纹。

7.4 焊接性能

7.4.1 鉴于钢管的制造工艺以及管线的敷设工艺，对钢的化学成分，特别是碳当量 *CEV* 和冷裂纹系数 *Pcm*(见表 3 和表 4)的范围值做出了选择，以保证按本部分交货的钢具有良好的焊接性能。

另外，还应注意钢在焊接中，以及焊后的性能不仅取决于钢本身，还与所使用的焊接材料、焊前准备以及焊接过程有关。

7.4.2 经协议，制造厂应提供有关钢种的焊接性能和进行焊接试验的数据。在进行焊接试验时，焊接试验的细节以及验收标准还要进一步协议确定。

7.5 表面状态、缺欠和缺陷

7.5.1 制造厂应采取足够的预防措施防止钢管损伤及减少缺欠的出现。

7.5.2 成品钢管的表面应便于通过外观检查发现表面缺陷。

7.5.3 外观检查发现的表面缺欠应按下列方法检查、分类及处理(见附录 C)：

a) 深度等于或小于规定壁厚 5%，且不影响规定最小壁厚的缺欠，应判为可接受的缺欠，并按照附录 C.1 的规定处理；

注：如果钢管随后要涂敷，购方可对表面缺欠提出特殊要求。

b) 深度大于规定壁厚 5%的，且不影响到规定最小壁厚的缺欠，应判为缺陷，根据具体情况可按照 C.2 中的规定采用磨削法修磨掉，或按照 C.3 中的规定处理；

c) 影响到规定最小壁厚的缺欠应判为缺陷，并按照附录 C.3 的规定处理；

d) 电弧烧伤是指电极或接地极和钢管表面之间的电弧引起的金属表面熔化形成的局部点状缺欠，应判为缺陷，并按照 C.2，C.3b)或 C.3c)的规定处理。

7.5.4 外观检查发现的埋弧焊(SAW)钢管上的咬边，应按照附录 D.5.5.2d)～D.5.5.2f)的规定验收。

7.5.5 按 8.2.3.16 的要求，采用无损检测(NDT)方法检测出的缺欠的验收极限见附录 D 的规定。

7.5.6 所有钢管应没有缺陷(见 3.4.2)。

7.5.7 由于钢管成型工艺或生产操作而造成钢管上出现与钢管正常轮廓不一致的几何形状偏差(如凹陷、扁平斑、凸起等)不得超过下列规定：

——扁平斑、凸起以及冷态形成的尖底凹陷为 3 mm；

——其他凹陷为 6 mm。

上述规定数据指这些几何形状不一致处最深或最高点与钢管正常轮廓延伸线之间的间距。

扁平硬块和凸起的测量见 8.2.3.14.3。凹陷在任何方向上的长度不得超过钢管外径的四分之一。

7.5.8 用于非酸性服役条件下，在任何方向上长度超过 50 mm 的任何硬块，其硬度值应低于 35HRC(345HV10)。

用于酸性服役条件下，在钢管内表面硬度值超过 22HRC(250HV10)或在钢管外表面硬度值超过 27HRC(275HV10)任何硬块都是不允许的。

7.6 尺寸、质量和偏差

7.6.1 尺寸

7.6.1.1 钢管应按照订货合同上规定的尺寸交货，且尺寸偏差应符合 7.6.3～7.6.6 的规定。表 10 所

列外径和壁厚选自 ISO 4200,应订购表 10 所列外径和壁厚的钢管,也可选择其他尺寸。

注:ISO 4200 名称见参考文献。

7.6.1.2 钢管长度见 7.6.3.4,管端加工见 7.6.4。

7.6.2 **质量**

钢管的单位长度质量(m)应采用公式(2)计算:

$$m = 0.024\ 661\ 5(D - T) \times T \qquad \cdots\cdots (2)$$

式中:

m——钢管单位长度质量,单位为千克每米(kg/m);

D——规定外径,单位为毫米(mm);

T——规定壁厚,单位为毫米(mm)。

公式(2)中采用的密度为 7.85 kg/dm³。

7.6.3 **钢管几何尺寸偏差**

7.6.3.1 **直径**

钢管直径按照 8.2.3.14 测量,偏差应在表 11 规定的范围内。

7.6.3.2 **椭圆度**

椭圆度应按表 11 规定。

7.6.3.3 **壁厚**

任何位置的壁厚偏差都应在表 12 中规定的范围内,焊缝区域的壁厚不受上偏差的限制。

7.6.3.4 **长度**

7.6.3.4.1 非定尺长度钢管应按照规定的长度组别要求交货(见表 13)。

以定尺长度交货的钢管长度偏差为 $^{+100}_{0}$ mm。

7.6.3.4.2 对海洋服役条件,钢管最小平均长度应为 12.1 m。当购方要求时,制造厂应保证提供每批订购合同钢管的最大平均长度。每根钢管实际长度(端面到端面)应在 11.70 m~12.70 m。

注 1:(见 7.6.3.4.1 和 7.6.3.4.2)经购方批准,试样制备用钢管可以按短尺管交货。

注 2:(见 7.6.3.4.2)本部分起草时,对海洋管线钢管最小平均长度 12.1 m 是一些"S-摆放"的驳船上装运的最佳长度。在此期间可能变化。最小平均长度 12.1 m 可能不适合于"J-摆放"操作,目前没有可能的借鉴的经验,故购方应就钢管长度与制造厂协商。

7.6.3.4.3 在 7.6.3.4.1 和 7.6.3.4.2 规定范围以外的长度应协议。

7.6.3.5 **直度**

钢管直度不应超过钢管总长度的 0.15%。局部的直度应小于 3 mm/m。

7.6.4 **管端加工**

7.6.4.1 所有管端均应切成直角且无有害毛刺。

切斜(见图 1)不应超过

——1 mm,适用于外径小于或等于 220 mm 的钢管;

——0.005D,但最大为 1.6 mm,适用于外径大于 220 mm 的钢管。

7.6.4.2 除非另有规定,壁厚大于 3.2 mm 的钢管端面应加工焊接坡口。以钢管轴线的垂线为基准测量,坡口角度应为 $30°^{+5°}_{0}$。钝边宽度为 1.6 mm±0.8 mm。

可协议其他管端加工形式。

当进行内表面加工或修磨时,内锥角以钢管轴线测量,不应大于

——表 14 的规定(适用于无缝钢管);

——7°(适用于外径大于 1 143 mm 的焊接钢管)。

表 10　优先选用的外径和壁厚(黑框内部分)

外径/mm	壁厚/mm																									
	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	4	4.5	5	5.6	6.3	7.1	8	8.8	10	11	12.5	14.2	16	17.5	20	22.2	25	28	30	32	36	40
33.7																											
42.4																											
48.3																											
60.3																											
88.9																											
114.3																											
141.3																											
168.3																											
219.1																											
273																											
323.9																											
355.6																											
406.4																											
457																											
508																											
559																											
610																											
660																											
711																											
762																											
813																											
864																											
914																											
965																											
1 016																											
1 067																											
1 118																											
1 168																											
1 219																											
1 321																											
1 422																											
1 524																											
1 626																											

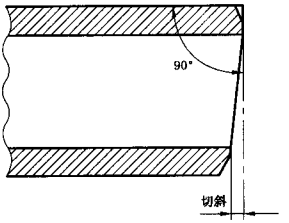


图 1 切斜

表 11 直径和椭圆度偏差

外径 D/mm	直径				椭圆度[e]	
	除管端外(管体)		管端[a,b]			
	无缝钢管	焊接钢管	无缝钢管	焊接钢管	管体[a]	管端[a,b,f]
$D\leqslant60$	±0.5 mm 或 ±0.75%D (取较大者)	±0.5 mm 或 ±0.75%D (取较大者) 但最大为±3 mm	±0.5 mm 或 ±0.5%D[c] (取较大者) 但最大为±1.6 mm		(包括在直径偏差中)	
$60<D\leqslant610$					2% (1.5%)	1.5% (1.0%)
$610<D\leqslant1\ 430$	±1%D	±0.5%D 最大为±4 mm	±2.0 mm[d]	±1.6 mm[d]	$D/T\leqslant75$ 时，1.5%，最大 15 mm (1%，最大为 5 mm) $D/T>75$ 时，2% (协议)	$D/T\leqslant75$ 时，1% (0.75%) $D/T>75$ 时，1.5%(协议)
$D>1\ 430$	协议		协议[d]			协议[d]

a 管端应为钢管端头 100 mm 长度范围内的钢管。

b 这些数值适用于壁厚直至 25 mm 的无缝钢管，对较大壁厚者应协议。

c 对外径大于 168.3 mm 的钢管经协议，该偏差也可适用于内径。

d 除非另有协议，直径偏差适用于内径。

e 对海洋管线，应采用括号中要求。

f 当直径偏差适用于内径时，内径将作为椭圆度的基准。对海洋钢管，管端椭圆度与下面内容有关：

——$D\leqslant168.3$ mm 的钢管外径；

——$D>168.3$ mm 的钢管内径。

表 12 壁厚偏差

壁厚 T/mm	偏　差
无缝(S)钢管	
$T<4$	+0.6 mm/−0.5 mm
$4\leqslant T<10$	+15%/−12.5%
$10\leqslant T<25$	+12.5%/−12.5%[a,b]
$T\geqslant25$	+3.75 mm 或+10% −3.0 mm 或−10%(取较大者)

表 12(续)

壁厚 T/mm	偏　差
高频焊(HFW)钢管	
$T \leqslant 6$	±0.4 mm
$6 < T \leqslant 15$	±0.75 mm
$T > 15$	±1.00 mm
埋弧焊(SAW)钢管	
$T \leqslant 6$	±0.5 mm
$6 < T \leqslant 15$	±0.75 mm
$15 < T \leqslant 20$	±1.0 mm
$T > 20$	+1.50 mm/−1.00 mm

a 对外径≥273 mm 和 $D/T > 20$ 的钢管，偏差取+15%/−12.5%；

b 订购表 10 未列直径的钢管，例如按内径订货无缝钢管，其壁厚偏差应取+15%/−12.5%。

表 13 非定尺长度组要求

单位为米

长度组别	订货合同内 90%钢管的长度范围[a]	订货合同中的最小平均长度	订货合同中的最短长度
r1	6～11	8	4
r2	9～14	11	6
r3	10～16	13	7
r4	11～19	15	8

a 上限是单根钢管长度的最大值。

表 14 无缝(S)钢管最大内锥角

规定壁厚 T/mm	最大内锥角/(°)
$T < 10.5$	7
$10.5 \leqslant T < 14$	9.5
$14 \leqslant T < 17$	11
$T \geqslant 17$	14

7.6.5 焊缝几何尺寸偏差

7.6.5.1 钢板或钢带边缘的径向错边

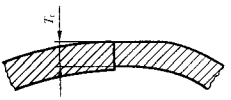
7.6.5.1.1 对高频焊接(HFW)钢管，钢带边缘的径向错边应不得使钢管焊缝处的剩余壁厚 T_r 小于规定的最小壁厚[见图 2a)]。

7.6.5.1.2 对埋弧焊(SAW)钢管，钢板/钢带边缘的最大径向错边应符合表 15 的规定。

表 15 埋弧焊(SAW)钢管最大径向错边

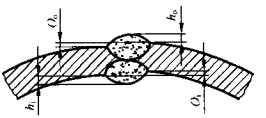
单位为毫米

规定壁厚 T	最大径向错边
$T \leqslant 10$	1.0
$10 < T \leqslant 20$	$0.1T$
$T > 20$	2.0



T_r——由于径向错边而形成的剩余壁厚。

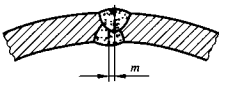
a) 钢带边缘径向错边(HFW 钢管)



O_o/O_i——外/内径向错边;

h_o/h_i——外/内焊缝高度。

b) 钢板或钢带边缘的径向和焊缝高度(SAW 钢管)



c) 焊偏量 m(SAW 钢管)

图 2 焊缝尺寸偏差

7.6.5.2 毛刺或焊缝高度(焊缝余高)

7.6.5.2.1 高频焊接(HFW)钢管的外毛刺应清除至基本平齐状态。内毛刺高度不得超出钢管正常轮廓 0.3 mm+0.05T,T 为规定壁厚。清除毛刺时,钢管壁厚不得减少到规定最小壁厚以下。

自钢管正常轮廓测量,由于清除高频焊接(HFW)钢管的内毛刺而形成的刮槽深度不应大于表 16 的规定。

表 16 高频焊(HFW)钢管最大刮槽深度 单位为毫米

规定壁厚 T	最大刮槽深度
$T\leqslant 4.0$	$0.1T$
$4.0<T\leqslant 8$	0.4
$T>8$	$0.05T$

7.6.5.2.2 埋弧焊(SAW)钢管在距管端 100 mm 范围内,内焊缝应磨平,修磨后焊缝剩余高度应在(0~0.5)mm的范围内。[(见图 2b)中的 h_i]。

钢管其余部分的焊缝高度不得超过表 17 中的规定。

表 17 埋弧焊(SAW)钢管焊缝最大高度(除管端外) 单位为毫米

规定壁厚 T	焊缝最大高度	
	内焊缝 h_i	外焊缝 h_o
$T\leqslant 15$	3	3
$T>15$	3	4

为了适用于现场焊接,经协议可对埋弧焊(SAW)钢管在距管端 150 mm 范围内的焊缝进行修磨。在此情况下,修磨后外焊缝余高应在(0~0.5)mm 之间。

7.6.5.2.3 焊缝与母材应平缓过渡,对埋弧焊(SAW)钢管,除咬边修磨外[见 D.5.5.2.d)],焊缝应不低于钢管轮廓。

7.6.5.3 焊偏

埋弧焊(SAW)钢管的任何焊偏[见图 2c)]不应超过表 18 中规定的数值。

表 18 埋弧焊(SAW)钢管最大焊偏量 单位为毫米

规定壁厚 T	最大焊偏量
$T\leqslant 20$	3
$T>20$	4

7.6.6 重量偏差

单根钢管的重量不得超过按 7.6.2 规定的计算重量的+10%和−3.5%。

8 检验

8.1 检验种类和检验文件

应采用规定的检验来检查按本部分制造的产品是否满足合同要求。

购方应考虑以下内容，并应注明要求下列哪一种检验文件：

——ISO 10474-3.1.A

——ISO 10474-3.1.B

——ISO 10474-3.1.C

——ISO 10474-3.2

注：当购方进行选择时，若有必要，还应考虑相关标准或法律法规对输送钢管的要求。

若要求的检验文件是3.1.A，3.1.C或3.2，购方还宜在订货合同中指出其委托执行检验、签发和确认检验文件的机构或人员的地址。在采用检验文件3.2时，还应协商哪一方签发文件。

8.2 规定的检验

8.2.1 试验种类和频次

对不同钢管进行的试验见表19中第2、3、4栏。试验频次见表19中第5栏。

8.2.2 样品和试样的选择与制备

8.2.2.1 产品分析用样品和试样

样品的截取和试样的制备应符合ISO 14284的规定。由制造厂选择，样品和试样既可取自钢板或钢带，也可取自钢管。

表19 试验和试验要求

1	2				3	4	5		6	7	8
代号	第3～8栏技术条件适用的钢管种类[a]				试验种类和要求	交货试验要求的选择[b]	试验频次		取样条件	试验方法	要求
	S	HFW	SAW								
			lgt	hel							
	钢管		钢管								
a	×	×	×	×	产品分析	M	1次/熔炼批		8.2.2.1	8.2.3.1	表3和表4
b1	×	×	×	×	拉伸试验[c] ——管体	M	除钢板对头焊缝试验外，钢管应以下列规定组批进行试验： ——同一熔炼批； ——同一热处理状态； ——同一尺寸。及 外径小于508 mm时不多于100根钢管； 其他不多于50根钢管 对钢板对头焊缝，试验批应为每一订货合同内含有钢板对头焊缝的不多于50根钢管	每次取样数量 1	8.2.2.3和表20	8.2.3.2	表5
b2		×	×	×	——焊缝 (D≥210 mm)	M		1			
b3				×	——钢板对头焊缝 (D≥210 mm)	M[e]		1			
c1	×	×	×	×	夏比(V型缺口)冲击试验(T≥5 mm) ——管体[d]	M		3	8.2.2.4和表20	8.2.3.3	7.3.1
c2		×	×	×	——焊缝[e]	M		3			
c3				×	——钢板对头焊缝[e]	M[e]		3			
c4			×	×	——焊缝热影响区	M[e]		3			

表 19(续)

1	2				3	4	5		6	7	8
代号	第3～8栏技术条件适用的钢管种类[a]				试验种类和要求	交货试验要求的选择[b]	试验频次		取样条件	试验方法	要求
	S	HFW	SAW								
			lgt	hel							
	钢管		钢管								
d	×	×	×	×	管体落锤撕裂试验[f]	M	每1试验批应取1次试样	2	8.2.2.5和表20	8.2.3.4	7.3.1
e1			×	×	弯曲试验—焊缝	M		2	8.2.2.7和表20	8.2.3.6	图6，表5和8.2.3.6.2
e2				×	——钢板对头焊缝	M[g]		2			
f		×			压扁试验	M	每卷做4次试验；焊接停止时增加2次试验		图4和8.2.2.8	8.2.3.7	图4和8.2.3.7.2
g1			×	×	宏观和金相检验——宏观	M	每班或钢管尺寸变化时1次		8.2.2.9	8.2.3.8.1	7.6.5.3
g2		×			——金相	M	每班或尺寸或钢级变化时1次			8.2.3.8.2	8.2.3.8.2
h1		×	×	×	硬度试验	M	硬块(见7.5.8)应检验		—	—	7.5.8
h2		×				O	对焊缝热处理的HFW钢管，有协议时进行		8.2.2.12	—	8.2.3.8.2
h3	×	×	×	×		M	酸性服役条件每试验批1次		8.2.2.12	8.2.3.11	7.3.2.2
i	×	×	×	×	静水压试验	M	每根钢管均应试验		—	8.2.3.12	8.2.3.12和表5
j	×	×	×	×	外观检验	M	每根钢管均应检验			8.2.3.13	7.5
k1	×	×	×	×	尺寸检验——管端外径或内径及管端椭圆度	M	对外径≤168.3 mm的钢管，每100根1次；外径>168.3 mm的钢管，每20根1次		—	8.2.3.14.1 8.2.3.14.2	7.6.3.1，7.6.3.2和表11
k2	×	×	×	×	——管端壁厚		每根钢管均应检验			8.2.3.14.4	7.6.3.3和表12
k3	×	×	×	×	——除焊缝外的其他尺寸特性		随机检验 由检验人员自行确定			8.2.3.14.3 8.2.3.14.4	7.6.3.4，7.6.3.5，7.6.4
k4		×	×	×	——焊缝						7.6.5
l	×	×	×	×	称重	M	每根钢管或每批钢管应称重			8.2.3.15	7.6.6
m	×	×	×	×	无损检验	见表D.1					
n	×	×	×	×	氢致开裂试验	M	所有酸性服役条件适用(前3炉；接着每10炉为一批)		8.2.2.10	8.2.3.9	7.3.2.1
o	×	×	×	×	钢管焊缝试验	O	只在制造工艺评定时		—	B.3.d	
p	×	×	×	×	硫化物应力开裂试验	O	只在制造工艺评定时(每根样管取3个试样)		8.2.2.11	8.2.3.10	7.3.2.3
q		×	×	×	裂纹尖端张开位移试验	O	只在制造工艺评定时		8.2.2.6	8.2.3.5	只作为参考

表 19(续)

1	2				3	4	5	6	7	8
代号	第3～8栏技术条件适用的钢管种类[a]				试验种类和要求	交货试验要求的选择[b]	试验频次	取样条件	试验方法	要求
	S	HFW	SAW							
			lgt	hel						
	钢管		钢管							

a S:无缝;HFW:高频焊;SAW:埋弧焊;lgt:纵向焊缝;hel:螺旋焊缝。

b M:强制性项目;O:可以协商的项目。

c D:外径尺寸。

d 相关的钢管尺寸按表 21 执行。

e 当钢管尺寸可以截取横向试样时,进行试验(见表 21)。

f 只适用于外径大于 500 mm,壁厚大于 8 mm 并且最小屈服强度大于 360 MPa 的输气管线。

g 允许钢板对头焊时(见 6.3)。

8.2.2.2 力学和金相试验用样品和试样

适用时,下列试验用试验样品的截取和相应试样的制备应符合 ISO 377 的规定要求:

——拉伸试验;

——夏比(V 型缺口)冲击试验;

——落锤撕裂试验;

——弯曲试验;

——压扁试验;

——硬度试验;

——氢致开裂(HIC)试验;

——钢管焊缝试验;

——硫化物应力开裂试验;

——裂纹尖端张开位移试验。

不同试验用试样坯料应按照图 3、图 4、图 5 和图 6 及表 20 的规定从管端截取,并考虑 8.2.2.3～8.2.2.12的规定。

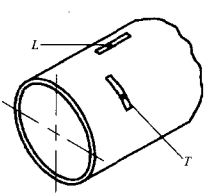
8.2.2.3 拉伸试验用试样

应按照 ISO 6892 和图 3 的规定,从钢管上截取代表钢管全壁厚的矩形试样。横向拉伸试验用试样应压平。

经协议,也可使用由未经压平的试样坯加工的圆棒试样。

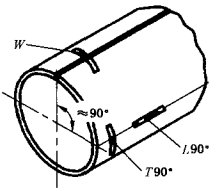
由制造厂选择,对外径不大于 210mm 的钢管的管体进行试验时,可采用管状试样。

焊缝应与母材基本平齐,局部缺欠可以去除,但轧制氧化层不应从试样上去除。

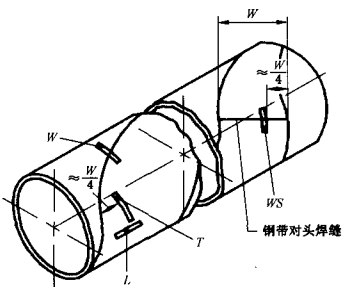


a)

图 3 取样位置和表 20 中规定试样方向和位置符号说明

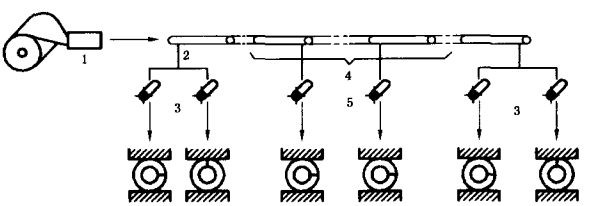


b)



c)

图 3(续)



1——焊接；

2——钢带端头；

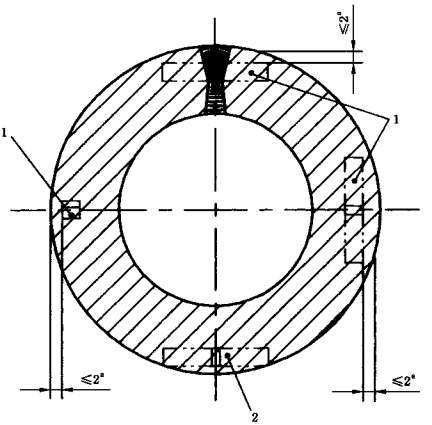
3——切端头，两个试样；

4——焊接停止；

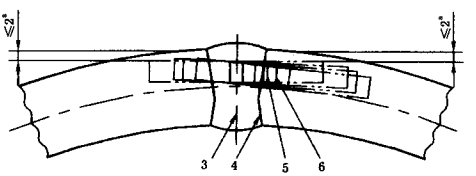
5——两个试样，焊接停止时每端各取一个。

图 4 压扁试验——取样及试验(示意图)(详见 8.2.3.7)

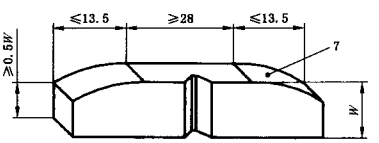
单位为毫米



a) 试样位置



b) SAWL 和 SAWH 焊缝和热影响区(HAZ)缺口位置[见 B.3c)]



c) 可选试样尺寸

1——标准试样;

2——可选试样;

3——焊缝中心线;

4——熔合线;

5——熔合线+2 mm(HAZ);

6——熔合线+5 mm (HAZ);

7——钢管原始外径弧度;

[a]——最小加工余量应保证 0.5 mm。

图 5 冲击试样位置

表 20　力学试验用试样种类、取样数量、取样位置及方向

钢管种类[a]		试　验		取样位置	外径/mm <210	外径/mm ≥210 <500	外径/mm ≥500	涉及条款详见
					试样数量、方向及位置[(符号见图 3 和图 5)的说明]			
无缝(见图 3a)		拉伸		管体	1*L*	1*L*[b]	1*L*[b]	8.2.2.3
		夏比(V 型缺口)			3*T*	3*T*	3*T*	8.2.2.4
		落锤撕裂[c]			—	—	2*T*	8.2.2.5
		硬度			1*T*	1*T*	1*T*	8.2.2.12
直缝(见图 3 b)	HFW SAW	拉伸		管体	1*L*90	1*T*90[f]	1*T*90[f]	8.2.2.3
		夏比(V 型缺口)			3*T*90	3*T*90	3*T*90	8.2.2.4
		落锤撕裂[c]			—	—	2*T*90	8.2.2.5
		拉伸		焊缝[d]	—	1*W*	1*W*	8.2.2.3
		夏比(V 型缺口)	HFW		3*W*	3*W*	3*W*	8.2.2.4
			SAW[e]		3*W*/3HAZ[g]	3*W*/3HAZ	3*W*/3HAZ	8.2.2.4
		硬度			1*W*	1*W*	1*W*	8.2.2.12
	SAW	弯曲		焊缝	2*W*	2*W*	2*W*	8.2.2.7
	HFW	压扁		见图 4				8.2.2.8
螺旋缝(见图 3 c)	SAW	拉伸		管体	1*L*,*W*/4	1*T*,*W*/4	1*T*,*W*/4	8.2.2.3
		夏比(V 型缺口)			3*T*,*W*/4	3*T*,*W*/4	3*T*,*W*/4	8.2.2.4
		落锤撕裂[c]			—	—	2*T*,*W*/4	8.2.2.5
		拉伸		焊缝	—	1*W*	1*W*	8.2.2.3
		夏比(V 型缺口)[e]			3*W*/3HAZ	3*W*/3HAZ	3*W*/3HAZ	8.2.2.4
		弯曲			2*W*	2*W*	2*W*	8.2.2.7
		硬度			1*W*	1*W*	1*W*	8.2.2.12
		拉伸		钢带对头焊缝	—	1*WS*	1*WS*	8.2.2.3
		夏比(V 型缺口)[e]			3*WS*/3HAZ	3*WS*/3HAZ	3*WS*/3HAZ	8.2.2.4
		弯曲			2*WS*	2*WS*	2*WS*	8.2.2.7
		硬度			1*WS*	1*WS*	1*WS*	8.2.2.12

a　HFW:高频焊;SAW:埋弧焊;

b　经协议,可采用 1*T* 代替 1*L*;

c　见表 8 脚注 c;

d　经协议(见 6.3.3),如交货的钢管有两条焊缝,则两个焊缝都应进行试验;

e　缺口位置见图 5 b)、图 5 c)和 B.3 c);

f　深水管线规范,可规定补充的纵向试验,要求和试验频次可以协议;

g　HAZ:热影响区。

如果钢管要进行热处理，经协议，试样可在热处理前截取并压平。但压平后的试样必须进行与钢管相同的热处理。

8.2.2.4 **夏比(V型缺口)冲击试验用试样**

除非另有协议，夏比(V型缺口)冲击试样的制备应符合ISO 148[见图5a)位置1和图5b)]的规定。

经协议，横向试样可以采用图5a)中位置2和图5c)包含部分原始外表面的替代试样。制备冲击试样用样坯不应压平。缺口轴向应垂直钢管表面。焊缝的冲击试样的缺口轴向应位于焊缝中心线上。埋弧焊(SAW)钢管热影响区(HAZ)的冲击试样的缺口轴向取决于制造工艺评定的试验结果[见B.3.c)]。

试样的取向及尺寸应符合下列规定：

——横向试样宽度应尽可能加工成10 mm与5 mm之间的最大尺寸。

——如无法获得允许使用的最小横向试样，则应使用宽度在10 mm与5 mm之间的最大可能尺寸的纵向试样。

制备冲击试样横向、纵向试样尺寸范围见表21，表21已考虑了0.5 mm的最小加工余量。

表21 冲击试样取向

规定外径/mm	规定壁厚[a]/mm		
	横向试样		纵向试样
	标准	可选	标准[b]
≤33.6	n.p.	n.p.	≥7.0
33.7～42.1	n.p.	n.p.	≥6.8
42.2～48.2	n.p.	n.p.	≥6.6
48.3～60.2	n.p.	n.p.	≥6.6
60.3～88.8	≥23.8	≥20.8	6.5～23.7(20.7)
88.9～114.2	≥18.5	≥12.5	6.3～18.4(12.4)
114.3～168.2	≥15.5	≥10.1	6.2～15.4(10.0)
168.3～219.0	≥13.1	≥7.6	6.2～13.0(7.5)
219.1～272.9	≥10.6	≥6.5	6.1～10.5(6.4)
273.0～323.8	≥8.8	≥6.2	6.1～8.7(6.1)
323.9～355.5	≥8.4	≥6.1	6.1～8.3
355.6～406.3	≥8.2	≥6.1	6.1～8.1
406.4～456.9	≥7.9	≥6.0	6.1～7.8
457.0～507.9	≥7.7	≥6.0	6.1～7.6
508.0～558.9	≥7.5	≥6.0	6.1～7.4
559.0～609.9	≥7.4	≥6.0	6.1～7.3
610.0～659.9	≥7.3	≥6.0	6.1～7.2
660.0～710.9	≥7.2	≥6.0	6.1～7.1
711.0～761.9	≥7.1	≥6.0	6.1～7.0
762.0～812.9	≥7.0	≥6.0	6.1～6.9
813.0～863.9	≥7.0	≥6.0	6.1～6.9
864.0～913.9	≥6.9	≥6.0	6.0～6.8
914.0～964.9	≥6.9	≥6.0	6.0～6.8
965.0～1 015.9	≥6.8	≥6.0	6.0～6.7
1 016.0～1 066.9	≥6.8	≥6.0	6.0～6.7

表 21(续)

规定外径/mm	规定壁厚[a]/mm		
	横向试样		纵向试样
	标准	可选	标准[b]
1 067.0～1 117.9	≥6.7	≥6.0	6.0～6.6
1 118.0～1 167.9	≥6.7	≥6.0	6.0～6.6
1 168.0～1 218.9	≥6.7	≥6.0	6.0～6.6
1 219.0～1 320.9	≥6.7	≥6.0	6.0～6.6
1 321.0～1 421.9	≥6.6	≥6.0	6.0～6.5
1 422.0～1 523.9	≥6.6	≥6.0	6.0～6.5
1 524.0～1 625.9	≥6.5	≥6.0	6.0～6.4
≥1 626.0	≥6.5	≥6.0	6.0～6.4

如果钢管规定壁厚小于表列值,则不要求冲击试验。

a 标准试样:试样按照 ISO 148 规定,包括最小宽度为 5 mm 的小尺寸试样;
可选试样:试样按照图 5 c)规定,最小宽度为 5 mm;n. p.:无法取样。

b 若协议横向可选试样,则按以下规定采用:
——括号中的数值为可获得横向试样的壁厚最低界限;
——管径 D>60.3 mm 而又没有以括号形式给出的数值时,应使用横向可选试样。

8.2.2.5 落锤撕裂(DWT)试验用试样

试样的截取及加工应符合 ANSI/API RP 5L3 的规定。

8.2.2.6 裂纹尖端张开位移(CTOD)试验用试样

试样应按照 ISO 12135 的规定,从焊缝和热影响区及母材截取。样品加工程序应经购方和制造厂协商。

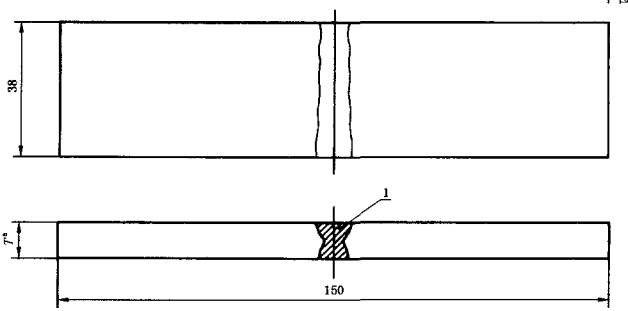
8.2.2.7 弯曲试验用试样

弯曲试验用试样应按照 ISO 7438 和图 6 的规定截取。对于壁厚大于 20 mm 的钢管,试样可加工成截面厚度为 19 mm 的矩形。

对壁厚不大于 20 mm 的钢管,应使用全壁厚弧形截面试样。

两面的焊缝余高应去除。

单位为毫米



1——焊缝。

a——使用机加工试样除外。

图 6 弯曲试验用试样

8.2.2.8 **压扁试验用试样**

试样应按照 ISO 8492 的规定截取。微小的表面缺欠可采用修磨法去除。

8.2.2.9 **宏观及金相试验用试样**

含有焊缝截面的试样应尽可能按照 ISO 377 的规定截取及加工。

8.2.2.10 **氢致开裂(HIC)试验用试样**

氢致开裂(HIC)试验用试样应按照 NACE TM0284:1996 的规定截取。

8.2.2.11 **硫化物应力开裂(SSC)试验用试样**

每组样品应从进行制造工艺评定的每一根受测试钢管上截取;每组样品包括 3 个试样。

每个试样尺寸应为 115 mm(长)×15 mm(宽)×5 mm(厚),对焊接钢管,试样中心应包括纵缝或螺旋焊缝。试样坯料取自钢管内表面,在加工之前压平。

8.2.2.12 **硬度试验用试样**

硬度试验用试样应从钢管端部截取。对焊接钢管,应在试样中心包括一段纵缝或螺旋焊缝(见图 7)。试样应尽可能按照 ISO 377 的规定制备。

8.2.3 **试验方法**

8.2.3.1 **化学分析(产品分析)**

元素的测定应按照相应的国际标准规定的方法进行。允许采用光谱分析方法。

有争议时,产品分析方法应协议。

注:ISO/TR 9769(名称见参考文献)中列出了现有的国际标准,这些标准提供了各种化学分析的方法、适用范围及精度。

8.2.3.2 **拉伸试验**

8.2.3.2.1 拉伸试验应按照 ISO 6892 的规定进行。

抗拉强度(R_m)、0.5%总伸长下的屈服强度($R_{t0.5}$)以及断后伸长率(A)应在管体上测定。

应采用标距长度为 5.65 $\sqrt{S_0}$的拉伸试样来报告断后伸长率,S_0 为标距长度内试样的初始横截面面积。如采用其他标距长度,应按照 ISO 2566-1 的规定,确定试样在 5.65 $\sqrt{S_0}$标距长度下相应的伸长率。

注:当试验结果在正常分散带内,认为 $R_{t0.5}$ 的值相当于屈服点 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ 的值。

8.2.3.2.2 对焊缝横向拉伸试验,只需测定抗拉强度(R_m)。

8.2.3.2.3 经协议,屈服强度可按照 ASTM A370 的规定进行液压环向膨胀试验测定。

8.2.3.3 **冲击试验**

8.2.3.3.1 冲击试验应按照 ISO 148 的规定进行。试验温度在表 6、表 8 和表 9 中列出。

注:如果现有的设计规范规定的冲击试验及落锤撕裂(DWT)试验的试验温度与本部分不同,经协议可与本部分不同(见引言中的注)。

8.2.3.3.2 采用宽度小于 10 mm 的试样时,应报告冲击功 KV_p 测量结果和缺口下试样的横截面积 S_p(mm²)。为了与 7.3.1c)或相应的表 7、表 8 或表 9 的规定值比较,测量的冲击功采用公式(3)换算为冲击功 KV(J):

$$KV = \frac{8 \times 10 \times KV_p}{S_p} \qquad \cdots\cdots(3)$$

8.2.3.4 **落锤撕裂(DWT)试验**

落锤撕裂(DWT)试验应按照 ANSI/API RP 5L3 的规定进行。试验温度应为 −10℃或经协议采用更低温度(见 8.2.3.3.1 注)。

8.2.3.5 **裂纹尖端张开位移(CTOD)试验**

裂纹尖端张开位移(CTOD)试验应按照 ISO 12135 的规定进行。试验温度应为询价或订货合同中表明的最小设计温度。

8.2.3.6 **弯曲试验**

8.2.3.6.1 弯曲试验应按照 ISO 7438 的规定进行。对应钢级的弯心直径按照表 5 的规定选取。两个试样应弯曲至 180°左右，其中一个为焊缝正面弯曲，另一个为焊缝背面弯曲。

8.2.3.6.2 试样不应出现下列任一种情况：

a) 完全断裂；

b) 在焊缝金属上出现长度大于 3 mm(不考虑深度)的裂纹或裂缝；

c) 在母材、热影响区或熔合线上出现长度大于 3 mm 而深度大于规定壁厚 12.5%的裂纹或裂缝。

b)、c)中发源于试样边缘且长度小于 6 mm 的裂纹(不考虑裂纹的深度)，不应成为拒收的理由。

如果试样的断裂或裂纹是由于缺陷或缺欠引起的，该试样可以作废，另取新试样代替。

8.2.3.7 **压扁试验**

8.2.3.7.1 压扁试验应按照 ISO 8492 的规定进行。如图 4 所示，取自钢带两个端部位置的两个试样，其中各有一个应将焊缝置于 12 点钟位置进行压扁试验，而剩余两个试样应将焊缝置于 3 点钟位置进行压扁。出现停焊时，在切断端头截取的试样只进行将焊缝置于 3 点钟位置的压扁试验。

8.2.3.7.2 压扁试验应分为 3 步进行，并按照下列验收标准验收：

——压扁到初始外径的 2/3，不得出现焊缝开裂；

——压扁到初始外径的 1/3，焊缝以外不得出现裂纹或破裂；

——继续压扁，直到相对管壁贴合。

在整个试验过程中不得出现分层缺欠或金属过烧。

8.2.3.8 **宏观及金相检验**

8.2.3.8.1 对埋弧焊(SAW)钢管，内外焊缝中心线偏移[见图 2.c)]采用宏观检验方法检验。

经协议，还可使用其他检验方法代替，如超声波检验，但是应验证这些设备检测焊偏的能力。当采用替代方法时，在开始生产每一种尺寸钢管(直径和壁厚)时应进行宏观检验。

8.2.3.8.2 焊缝经热处理交货的高频焊(HFW)钢管，应采用金相检验方法验证热影响区的整个壁厚已进行热处理。

另外，硬度试验及最大硬度值可协议确定。

8.2.3.9 **氢致开裂(HIC)试验**

氢致开裂(HIC)试验应按照 NACE TM0284:1996 的规定进行并报告，试验采用 A 溶液。应报告裂纹敏感率(*CSR*)、裂纹长度率(*CLR*)和裂纹厚度率(*CTR*)。

经协议，报告应提供任何值得报告的裂纹照片。

8.2.3.10 **硫化物应力开裂(SSC)试验**

硫化物应力开裂(SSC)试验应按照 NACE TM0177:1996 第 6 部分 A 试验溶液的规定执行。应使用 ISO 7539-2 规定的 4 点弯曲试样，试验时间应为 720 h。

试样加载应力为规定最小屈服强度的 0.72。

经协议，可采用其他适当的试验方法和验收条件。

8.2.3.11 **硬度试验**

8.2.3.11.1 酸性服役条件时，对无缝钢管硬度测量位置应按照 8.2.3.11.2 的规定，对焊接钢管硬度测量位置应按照 8.2.3.11.3 的规定。

基体材料的硬度试验应按照 ISO 6507-1(维氏试验方法)或 ISO 6508(洛氏试验方法)的规定进行，由制造者选择。有争议时，应采用维氏试验方法。

热影响区(HAZ)和焊缝的硬度试验应按照 ISO 6507-1 的规定执行。

单个硬度读数超过本部分允许值，若其临近处若干个加试点的硬度读数的平均值不超过允许值，且各单个读数分别不比规定值高 10HV10 或 2HRC，则可判该处合格。

8.2.3.11.2 对无缝钢管，硬度测量位置见图 7a)所示。壁厚 $T<4$ mm，只需测量壁厚中部横向位置，

壁厚 4 mm≤T<6 mm 时，只需测量内外表面横向位置。

8.2.3.11.3 对焊接钢管，硬度测量位置应包括焊缝的横截面。应在基体材料、热影响区和焊缝熔合线按图 7b)和 c)所示测点进行硬度测量。8.2.3.11.2 对无缝钢管的壁厚限制也适用于焊接钢管。

8.2.3.12 静水压试验

8.2.3.12.1 除 8.2.3.12.3 外，静水压试验压力应采用钢管的规定最小壁厚，按照 8.2.3.12.2 的规定计算，使得环向应力达到相应钢级(见表 5)规定最小屈服强度的 95%。除非另有协议，静水压试验压力不得大于：

——外径 D≤406.4 mm，50 MPa，

——外径 D>406.4 mm，25 MPa。

经协议，环向应力可达到规定最小屈服强度的 100%。然而在这种情况下可能会出现塑性变形。

8.2.3.12.2 在必须使环向应力达到规定最小屈服强度的 95%时，确定静水压试验压力的计算方法取决于所采用的设备。

因而，制造厂应注明采用的是哪一种方法(A 或 B)。

a) 方法 A：

钢管采用内外径向密封时，公式(4)适用：

$$P = \frac{2 \times S \times T_{min}}{D} \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：

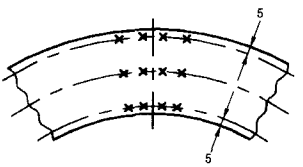
P——静水压试验压力，单位为兆帕(MPa)；

D——规定外径尺寸，单位为毫米(mm)；

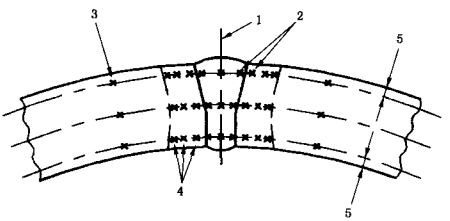
S——应力，单位为兆帕(MPa)，等于相应钢级规定最小屈服强度的 95%(见 8.2.3.12.1)；

T_{min}——规定最小壁厚，单位为毫米(mm)。

单位为毫米

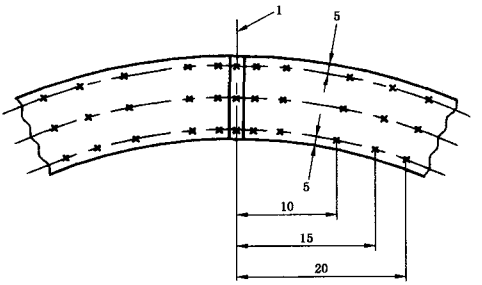


a) 无缝钢管(S)



b) 埋弧焊钢管(SAW)

图 7 硬度测量位置



c) 高频焊钢管(HFW)

1——焊缝中心线；

2——距熔合线 0.75 mm 处；

3——距熔合线处 1T(T 为规定壁厚)；

4——可见热影响区间隔 1.0 mm；

5——距内外表面 1.5 mm±0.5 mm。

图 7(续)

b) 方法 B：

借助工作油缸采用端面密封时，会产生纵向压应力。考虑此因素，公式(5)适用：

$$P_1 = \frac{S - \dfrac{P_R \times A_R}{A_P}}{\dfrac{D}{2T_{min}} - \dfrac{A_1}{A_P}} \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中：

P_1——静水压试验压力，单位为兆帕(MPa)；

A_1——钢管内径横截面面积，单位为平方毫米(mm²)；

A_P——钢管管壁横截面面积，单位为平方毫米(mm²)；

A_R——端面密封水压试验机工作油缸横截面面积，单位为平方毫米(mm²)；

D——规定外径，单位为毫米(mm)；

P_R——端面密封水压试验机工作油缸内压力，单位为兆帕(MPa)；

S——应力，单位为兆帕(MPa)，等于相应钢级规定最小屈服强度的 95%(见 8.2.3.12.1)；

T_{min}——规定最小壁厚，单位为毫米(mm)。

8.2.3.12.3 经协议，也可采用 GB/T 9711.1 给出的根据钢管规定壁厚计算的试验压力。

8.2.3.12.4 试验压力保持时间应不小于 10 s，对直径不小于 114.3 mm 的钢管，还应记录试验压力与时间曲线，且该记录可提交购方代表检查。

8.2.3.13 **外观检查**

应对每根钢管的整个外表面进行外观检查。内表面按以下规定进行外观检查：

——外径小于 610 mm 的钢管从两端进行外观检查；

——外径不小于 610 mm 的钢管对整个内表面进行外观检查。

外观检查应由视力良好且受过培训的检验人员，在充足光线，照度约为 300 lx 条件下进行，以检查钢管是否符合 7.5 的要求。

应对冷成型焊接钢管的表面进行检查，以检查钢管轮廓几何形状偏差。当检查发现不规则表面不

是由于机械损伤造成的，而可能是由于硬块造成的，应测量该部位的尺寸，如有必要时(见 7.5.8)，该部位的硬度也应按照 ISO 6507-1 或 ISO 6508 的规定进行测定。试验方法的选择由制造厂确定。如尺寸和硬度不符合 7.5.8 规定的验收标准，则应去除硬块。

8.2.3.14 **尺寸检验**

8.2.3.14.1 钢管的直径应测量。由制造厂选择，既可采用测径卷尺，也可采用测径规/千分尺测量。经协议，也可使用其他认可的测量器具。

8.2.3.14.2 椭圆度(O,%)应采用公式(6)计算：

$$O = \frac{D_{max} - D_{min}}{D} \times 100 \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：

D_{max}——钢管的最大外径(或内径)，单位为毫米(mm)；

D_{min}——钢管的最小外径(或内径)，单位为毫米(mm)；

D——钢管的规定外径(或由规定外径和壁厚计算得到的内径)，单位为毫米(mm)。

计算椭圆度时，根据表 11 的要求，最大和最小外径或内径应分别在管体和管端同一横截面测量。

8.2.3.14.3 应测量扁平斑或凸起处与钢管原始表面之间的最大距离。

——对直缝焊接钢管，采用样板沿钢管横向测量；

——对螺旋缝焊接钢管，采用样板沿钢管轴向测量。

样板长度应为钢管规定外径的 1/4，但最长为 200 mm。

8.2.3.14.4 对 7.6 规定的其他尺寸及几何形状要求的检验应采用适当的方法。

采用的测量方法由制造厂选择，另有协议时除外。

8.2.3.15 **称重**

外径不小于 141.3 mm 的每根钢管应单独称重。由制造厂选择，外径小于 141.3 mm 的钢管既可每根单独称重，也可以方便的批量称重。

8.2.3.16 **无损检测(NDT)**

无损检测(NDT)见 6.3.3 和附录 D 的规定。

8.2.4 **复验、分类和重新加工**

复验、分类和重新加工，采用 ISO 404 的规定。

9 钢管标志

9.1 通用标志

9.1.1 钢管标志至少应包括下列内容：

a) 钢管制造厂名称或标识(X)；

b) 本部分标准号；

c) 规定外径和壁厚；

d) 钢级；

e) 钢管种类(S 或 W)；

f) 检验代表的标识(Y)；

g) 表明产品或单位交货量与相关的检验文件之间相互关系的识别代号(Z)。

例如：X GB/T 9711.3 508×10 L360MCS W Y Z

9.1.2 协议采用字模压印方法(见 9.1.3)除外，按 9.1.1 强制性标志应具有持久性。并处置如下：

a) 对外径不大于 48.3 mm 的钢管：在固定于钢管捆上的标签做标志或在捆扎钢管的钢带条或捆绑夹片上做漆印标志。由制造厂选择，也可在每根钢管的端部采用模板漆印法做标志；

b) 对所有其他尺寸的无缝钢管和外径小于 406.4 mm 的焊接钢管：从距管端一端 450 mm～

750 mm之间的一点开始在外表面做模板漆印标志；

c) 对外径不小于 406.4 mm 的焊接钢管；从钢管一端距离不小于 150 mm 的地方开始在内表面做模板漆印标志。

9.1.3 在距管端 150 mm 范围内且与钢管焊缝至少距 25 mm 处，经协议可采用低应力字模压印或振动刻蚀法在钢管表面做标志。也可在坡口上进行字模压印，对焊接钢管压印字模处距焊缝至少 25 mm。

对随后不进行热处理的钢板/钢带或钢管，仅当有特殊协议时，才允许采用冷态字模压印(温度低于100℃)方法做标志，在这种情况下，应采用圆头或钝头字模。

9.1.4 经购方和制造厂协议，随后要涂层的钢管，标志可在钢管加工厂，也可在涂敷厂喷印。在这种情况下，应确保追溯性。如采用唯一的号码(单个钢管或熔炼批号)。

9.1.5 如做外涂层，涂层后，外标志应仍可辨认或转印到涂层上。

9.2 特殊标志

任何附加标志、特殊标志位置或标志方法应经协议确定。

10 临时保护性涂层

除非另有规定，钢管应不带临时性保护涂层交货。

附 录 A
（资料性附录）
与 API 钢级对照表

表 A.1 依据规定最小屈服强度，列出了本部分规定的钢级与 ANSI/API 5L（第 40 版）规定的类似钢级的对照表。然而，所列对应钢级在其他方面可能不同。

表 A.1 钢级比较

本部分钢级	ANSI/API 5L 钢级
L245...	B
L290...	X42
L360...	X52
L415...	X60
L450...	X65
L485...	X70
L555...	X80

附 录 B
（规范性附录）
制造工艺评定

B.1 简介

对于新钢级、新工艺，或尺寸与前期生产有较大不同时，造成以前生产中的验收资料不再适用，购方和制造厂可协议按 B.2 和/或 B.3 进行评定。

B.2 制造工艺的特点

开始生产前，制造厂应向购方提供有关制造工艺主要特点的资料。应包括以下内容：

a) 所有钢管
   - ——钢厂；
   - ——钢的冶炼及浇注工艺；
   - ——目标熔炼化学成分和范围；
   - ——静水压试验程序；
   - ——钢管无损检测(NDT)程序。

b) 焊接钢管
   - ——钢板或钢带制造方法，包括热处理方法；
   - ——钢板或钢带的无损检测(NDT)程序；
   - ——钢管成型方法，包括板边加工、对中控制及形状控制；
   - ——钢管热处理程序，适用时包括焊缝在线热处理；
   - ——焊接(包括补焊)规范，要采用的焊接工艺，以及该工艺以前的工艺验证记录。应充分提供下列资料：
     1) 高频焊(HFW)钢管
        - 采用轧制形变热处理钢带制造的，对焊缝进行热处理的钢管力学性能试验结果(包括热影响区的硬度试验)；
        - 金相检验。
     2) 埋弧焊(SAW)钢管
        - 力学试验结果(包括热影响区的硬度试验)；
        - 金相检验；
        - 焊缝熔敷金属分析。
     3) 对无缝(S)钢管
        - 钢管成型工艺；
        - 钢管热处理工艺。

B.3 制造工艺评定试验

a) 对制造工艺验证，表 19 中所列的强制性试验应在生产开始时进行。试验频次和数量应协议。购方还可要求非强制性试验和产品的其他特性数据(如焊接性能)。
   制造厂可提供以前生产时评定过的产品规范数据供购方认可。

b) 对在酸性服役条件用的所有钢管，应提供氢致开裂(HIC)试验程序。

c) 对直缝埋弧焊(SAWL)和螺旋埋弧焊(SAWH)钢管，应检验热影响区的韧性。截取的试样在

熔合线(FL)、FL+2 mm、FL+5 mm 处开缺口，并进行冲击功检验。然后将平均冲击功值最小缺口的位置确定为生产性试验的位置。

d) 当购方有规定时，管径大于 508 mm 的钢管应进行硬度试验(钢管焊缝)。焊接参数和验收标准应在生产前协议。

e) 当购方规定时，硫化物应力开裂试验应按照 8.2.3.10 的规定进行。

f) 当购方规定时，裂纹尖端张开位移试验应按照 8.2.3.5 的规定进行。只对钢级 L360 或更高等级的钢管进行该试验。

附 录 C
(规范性附录)
外观检验发现缺欠和缺陷的处理

C.1 表面缺欠[见 7.5.3.a)]的处理

由制造厂选择,钢管上未判为缺陷的缺欠允许不经修整而存在,但允许进行局部修磨。

C.2 可修磨的表面缺陷[见 7.5.3.b)]的处理

所有可修磨的表面缺陷应采用修磨法去除。修磨时应使修磨后的区域与钢管原始轮廓平缓过渡。采用局部外观检测方法检查缺陷是否完全去除,必要时,可借助适当的无损检测(NDT)方法检查缺陷是否完全清除。修磨后,应检查修磨处的剩余壁厚是否符合 7.6.3.3 的规定。

C.3 不可修磨的表面缺陷[见 7.5.3.c)]的处理

带有不可修磨的表面缺陷的钢管应按照下列方法之一处理:

a) 不冷扩径埋弧焊(SAW)钢管上的焊缝缺陷应按照 C.4 的规定补焊;

b) 带有上述表面缺陷的管段应切除,切除后钢管的最小长度应在规定范围内;

c) 整根钢管判不合格。

C.4 缺陷的补焊

只允许对埋弧焊(SAW)钢管焊缝补焊。对冷扩径埋弧焊(SAW)钢管,不允许冷扩径后补焊。每根钢管焊缝补焊段的总长度不应超过焊缝总长度的 5%。焊缝缺陷间距小于 100 mm 时,应作为一处连续的缺陷进行补焊。每次补焊至少应补两层/道,且补焊长度最短为 50 mm。

补焊应采用经评定的程序,该程序按照 ASME 第Ⅸ部分或 EN 288-3 或与它们等效标准的相应要求进行评定。

补焊后,每根修补的钢管应按照 8.2.3.12 的规定进行静水压试验,随后整个补焊区域应按照附录 D.5.2.1 的规定进行超声波检测或按照附录 D.5.5 的规定进行射线检测。

附 录 D
（规范性附录）
无损检验（NDT）

D.1 范围

本附录规定了无损检验要求和验收等级。表 D.1 为无损检验一览表。

D.2 无损检验（NDT）的一般要求和验收等级

D.2.1 无损检验人员

无损检测人员要求见 6.1.2。

D.2.2 无损检验的时机

除非另有协议，无缝钢管的全管体无损检验可在静水压试验前或后进行。埋弧焊（SAW）和高频焊（HFW）钢管焊缝无损检验应在静水压试验后进行。分层缺欠的检验由制造厂选择，可在钢带或钢板加工成钢管之前进行（见 6.3.3）。

要求进行的其他所有无损检验的顺序由制造厂适当选择。

D.2.3 管端剩磁

在平行于钢管轴向的方向上，每根钢管管端的剩磁不得超过 3 mT（30 GS），见下面注释。在钢管发运前，应在制造厂内采用校准过的霍尔效应高斯计或类似仪器对钢管端面/坡口面进行随机测量，以检查是否符合此要求。

注：在这种情况下，由于磁通量密度和磁场强度等同，计量单位也可以奥斯特表示。3 mT＝30 Oe（在空气中）。

D.2.4 管端分层缺欠

沿圆周方向长度大于 6 mm 且面积超过 100 mm^2 的分层缺欠不允许存在。

壁厚不小于 5 mm 的每根钢管距管端 50 mm 范围内应按照 ISO 11496 的规定用超声波检验分层缺欠。

特殊用途经协议，需检验的管端长度可沿长至 100 mm。

另外，经协议，对每根钢管管端表面/坡口面按照 ISO 13664 的规定用磁粉检验分层缺欠。沿圆周方向不允许存在等于或大于 6 mm 的缺欠。

D.2.5 未检验的管端（盲区）

要着重强调，在本标准规定的许多自动无损检测方法中，钢管两端有较短一部分长度无法检验。在这种情况下，可采用下列 3 种替代方法中任一种方法进行处理：

a） 切除未检验管端；

b） 对无缝或高频焊（HFW）钢管，未检验管端应采用适当的工艺进行手动/半自动无损检验。对某些检测方法，购方可规定对未检验管端采用与钢管管体和焊缝相同的检验工艺、检验灵敏度及检验参数。

当手动超声波检验时，扫查速度不应超过 150 mm/s。

c） 对埋弧焊（SAW）钢管，采用 D.5.4 的规定。

D.2.6 可疑钢管

在所有情况下，进行规定的无损检验（NDT）时，应认为标记/报警的钢管可疑。可疑钢管应按照相应的 ISO 钢管无损检验标准中有关“验收”的章节处理，但当本部分另有规定除外。在满足附录 C.4 的要求时，允许对不冷扩径埋弧焊（SAW）钢管焊缝修补。

进行修磨后，应采用适当的无损检验（NDT）方法验证缺欠已完全清除。用于局部可疑区域（修磨

或未修磨)的任何手动无损检验(NDT),其检验灵敏度、检验参数和验收等级(试块刻槽深度)应与检验出可疑钢管的检验过程完全相同。对手动超声波检验,扫查速度不应超过 150 mm/s。

表 D.1 无损检验方法一览表

1	2	3	4	5
序号	NDT 检验	交货试验要求的选择[a]	试验类型、要求和验收等级	参考章节
所有钢管				
1	管端剩磁	M	最大为 3 mT,随机检验	D.2.3
2	管端分层缺欠	M	超声波检验按 ISO 11496,环向最大为 6 mm,面积≤100 mm^2	D.2.4
		O	磁粉检验按 ISO 13664,环向最大为 6 mm	D.2.4
无缝(S)钢管				
3	纵向缺欠(见 D.2.5)	M	超声波检验按 ISO 9303,验收等级按 L2/C	D.3.2
4	管体分层缺欠	M/O[b]	超声波检验按 ISO 10124,对酸性/非酸性服役条件,验收等级按表 D.2 所列内容	D.3.3
5	最小壁厚检验	M	超声波检验按 ISO 10543,范围最小为 25%	D.3.4
6	横向缺欠	SR	超声波检验按 ISO 9305,验收等级按 L2/C	D.3.5.1
7	纵向和/或横向缺欠	SR	漏磁检验按 ISO 9402 和/或 ISO 9598,验收等级按 L2/C 和/或涡流检验按 ISO 9304,验收等级按 L2	D.3.5.2 D.3.5.3
8	外表面缺欠	SR	磁粉检验按 ISO 13665,每浇注批取一根钢管或每生产 50 根钢管为一批,取最小者	D.3.5.4
高频焊接(HFW)钢管				
9	焊缝中的纵向缺欠(见 D.2.5)	M	超声波检验按 ISO 9764 或 ISO 9303,验收等级按 L3/C(L3)或协议按 L2/C(L2)	D.4.2
10	管体分层缺欠	M	超声波检验按 ISO 10124 或 ISO 12094,验收等级按表 D.2 所列	D.4.3
11	钢带边缘或焊缝附近的分层缺欠	M	超声波检验按 ISO 12094 或 ISO 13663,验收等级按表 D.2 所列	D.4.4
12	管体纵向缺欠	SR	超声波检验按 ISO 9303 或漏磁检验按 ISO 9402,验收等级按 L3/C 或协议按 L2/C	D.4.5
埋弧焊(SAW)钢管				
13	焊缝中的纵向或横向缺欠(见 D.2.5)	M	超声波检验按 ISO 9765,验收等级按 L2,可选"两 λ"校准法,也适用于螺旋焊管钢板对头焊缝	D.5.2
14	管体分层缺欠	M	超声波检验按 ISO 12094,验收等级按表 D.2 所列	D.5.3.1
15	钢带边缘或焊缝附近的分层缺欠	M	超声波检验按 ISO 12094,验收等级按表 D.2 所列	D.5.3.2
16	管端(盲区)/修补区焊缝的无损检验	M	对纵向缺欠的超声波检验按 D.5.2 要求或射线检验按 D.5.5 规定(除非另有协议)和对横向缺欠超声波检验按 D.5.2 要求或射线检测按 D.5.5 规定(除非另有协议)	D.5.4
17	焊缝外/内表面缺欠	SR	管端 50 mm 焊缝外/内表面磁粉检验按 ISO 13665,检查出的长度大于 3 mm 的缺欠应研究并修磨	D.5.6

a M:强制性试验;O:验证强制性质量要求的选择性试验;SR:对于强制性试验增加的补充可选择试验。

b 酸性服役条件用钢管规定为 M 强制性试验;非酸性服役条件用钢管规定为 O 可选择性试验。

D.3 无缝钢管的无损检验(NDT)

D.3.1 总则

无缝钢管的无损检验(NDT)应按照附录 D.3.2、D.3.3 和 D.3.4 的规定进行。另外,经协议可按 D.3.5 进行补充无损检验(NDT)。

D.3.2 纵向缺欠的超声波检验

无缝钢管应按照 ISO 9303 的规定,对整根钢管纵向缺欠进行超声波检验,验收等级按 L2/C。

D.3.3 管体分层缺欠

a) 对酸性条件,单个分层或分层密度不允许超过表 D.2 中酸性条件时规定的验收极限。
按照下列条款 c)用超声波检验方法对本要求的符合情况进行验证。

b) 对非酸性条件,单个分层或分层密度不允许超过表 D.2 中非酸性条件时规定的验收极限。
经协议,按照下列条款 c)用超声波检验方法对本要求的符合情况进行验证。

c) 分层缺欠的超声波检验按照 ISO 10124(除 4.2)的规定进行,验收等级按表 D.2 规定进行。自动检查时扫查范围不少于 20%。

表 D.2 分层缺欠验收标准

钢管服役条件	单个最大缺欠		计及的最小缺欠尺寸			最大分布密度(小于最大尺寸和大于最小尺寸的缺欠的个数)
	面积/mm^2	长度/mm	面积/mm^2	长度/mm	宽度/mm	
管体(或钢带/钢板)						
非酸性服役条件	1 000	无规定	300	35	8	10 (每 1 m×1 m 正方形)[a]
酸性服役条件	500		150	15	8	10 (每 500 mm×500 mm 正方形)[b]
酸性,经协议	100		30	5	5	5 (每 500 mm×500 mm 正方形)[b]
钢板/钢带边缘(或焊缝附近区域)[c]						
所有服役条件	100	20	—	10	—	3 (每米长度)

大于最小缺欠尺寸的缺欠是指其面积、长度和宽度都超过规定的管体(或钢带/钢板)缺欠的最小面积、最小长度和最小宽度。

当两个临近缺欠区域的间距小于两个缺欠的任一较小轴向尺寸时,应将这两个缺欠看作一个缺欠。

a 对钢管外径不大于 323.9 mm 或钢带/钢板宽度不大于 1 000 mm,最大缺欠分布密度对应于 1 m^2;

b 对钢管外径不大于 168.3 mm 或钢带/钢板宽度不大于 500 mm,最大缺欠分布密度对应于 0.25 m^2;

c 钢带/钢板边缘最大分层面积(E_{max})是平行于板边最大缺欠长度(L_{max})与横向尺寸的乘积。E_{max} 和 L_{max} 中有任一项超标,则认为缺欠大于最大缺欠尺寸。

D.3.4 壁厚超声波检验

按照 ISO 10543 的规定对无缝钢管全管体进行超声波检验,以验证其壁厚符合规定最小壁厚限定。最小检验范围为钢管表面的 25%。经协议检验范围可大于最小检验范围。

D.3.5 补充操作

本操作仅在有协议时进行。

D.3.5.1 无缝钢管应进行横向缺欠的超声波检验，检验按照 ISO 9305 的规定进行，验收等级为 L2/C。

D.3.5.2 无缝钢管的全管体应进行纵向和/或横向缺欠的漏磁探伤，检验分别按照 ISO 9402 和 ISO 9598的规定，验收等级为 L2。

D.3.5.3 按照 ISO 9304 的规定对无缝钢管进行全管体涡流探伤，验收等级为 L2。

D.3.5.4 无缝钢管按照 ISO 13665 规定的方法以每熔炼批或每生产 50 根(取较小者)钢管为一批取一根钢管进行随后的无损检验(NDT)、外观检查、全管体磁粉检查，以证实符合 7.5 的要求。

这些应随机选取并按 ISO 8501-1 进行喷丸可产生 $S_a=2½$ 的外表面。

D.4 高频焊(HFW)钢管的无损检验(NDT)

D.4.1 总则

高频焊(HFW)钢管的无损检验(NDT)应按照 D.4.2、D.4.3 和 D.4.4 规定。补充(NDT)操作见 D.4.5。

D.4.2 焊缝无损检测(NDT)

高频焊(HFW)钢管焊缝全长应按照 ISO 9764 的规定对纵向缺欠进行超声波检测，或由制造厂选择按 ISO 9303 检验，验收等级分别为 L3/C 或 L3。经协议，验收等级可分别采用 L2/C 或 L2。

D.4.3 管体中的分层缺欠

对钢管或钢带整体应分别按照 ISO 10124(除 4.2 外)或 ISO 12094 的规定对分层缺欠进行超声波检验，相应验收等级见表 D.2。自动检验时检验覆盖范围应不少于 20%。

D.4.4 钢带边缘/或焊缝附近的分层缺欠

分别按照 ISO 12094 或 ISO 13663 的规定，对钢带边缘或焊缝附近宽度超过 15 mm 范围进行超声波检验，验收等级极限见表 D.2。

D.4.5 补充操作

补充操作应在有协议时进行。

按照 ISO 9303 的规定对高频焊(HFW)钢管管体的纵向缺欠进行超声波检验或按照 ISO 9402 的规定对纵向缺欠进行漏磁探伤，验收等级为 L3/C 或经协议为 L2/C。

D.5 埋弧焊(SAW)钢管的无损检验(NDT)

D.5.1 总则

埋弧焊(SAW)钢管的无损检验(NDT)应按照 D.5.2～D.5.5 的规定进行。另外，经协议可按 D.5.6 规定进行补充无损检验(NDT)。

D.5.2 焊缝中纵向和横向缺欠的超声波检验

D.5.2.1 埋弧焊(SAW)钢管焊缝全长应按照 ISO 9765 的验收等级 L2 进行纵向缺欠和横向缺欠的超声波检验，检验方法修正见 a)～e)：

a) 刻槽最大深度应为 2.0 mm；

b) 不允许采用位于焊缝中心的内外纵向刻槽校准设备；

c) 可选择使用对比钻孔校准用于检验横向缺欠的设备，也允许使用符合验收等级 L2 的内外刻槽，这些刻槽与焊缝垂直且位于焊缝中央部位。在这种情况下，内外表面刻槽相邻部位的焊缝余高应磨削到与钢管原始表面平齐。为获得清晰的、可辨别的、相互分离的超声波信号，刻槽沿纵向应有足够的间距且与任何剩余焊缝余高也应有足够的间隔。每一个刻槽的全波高信号用来设置设备的报警极限信号。

d) 经协议，允许采用一个固定深度的验收等级为 L2 的内外刻槽来校准设备，并通过电子学方法提高检验灵敏度(如提高 dB)。在这种情况下(被称为“两 λ”法)，在使用的超声波频率下，刻槽

深度应为波长的两倍，波长由下式给出：

$$波长=\frac{超声波速度(tr)}{超声波频率}$$

（例如，在 4 MHz 检测频率下，波长＝0.8 mm，则刻槽深度＝1.6 mm）。

灵敏度的提高应根据钢管壁厚确定，且制造厂应向购方证实得到的检验灵敏度基本上与验收等级 L2 采用刻槽灵敏度等效。

e) 制造厂可选用 D.5.4 所述的方法对可疑区复验。

D.5.2.2 应对螺旋缝焊接钢管钢板对头焊缝全长进行超声波检验，且采用的超声波检验灵敏度、超声波检验参数与按照 D.5.2.1 的规定检验螺旋焊缝时的参数相同。

另外，T 型接头，即钢板对头焊缝与主焊缝的交点，应按照 D.5.5 的规定以及验收等级进行射线检测。

D.5.3 管体和钢板/钢带边缘的分层缺欠

D.5.3.1 钢管或钢板/钢带整体应按照 ISO 12094 的规定进行分层缺欠的超声波检验，各相应验收等级见表 D.2，扫查覆盖范围应不得少于 20%。

由制造商选择，该检验或在钢厂进行或在钢管厂进行。

D.5.3.2 沿钢板/钢带边缘，包括螺旋焊管对头焊缝附近 15 mm 宽范围内按照 ISO 12094 的规定进行分层缺欠的超声波检验，钢板/钢带边缘或焊缝附近区域验收等级按表 D.2。

D.5.4 管端或补焊区焊缝的无损检验

自动超声波检验设备无法检验的管端焊缝和补焊焊缝（见 C.4）应按照下列规定进行检验：

a) 采用手动或半自动超声波检验，检验纵向缺欠时，其检验参数、检验灵敏度应与 D.5.2.1 的规定相同，或射线检验按照 D.5.5 的规定（除非另有协议）。

b) 检测横向缺欠时，由制造厂选择，可采用手动/半自动超声波检测，检测参数、检测灵敏度应与 D.5.2.1 的规定相同，也可按照 D.5.5 的规定，采用射线检测。

当采用手动超声波检测时，扫查速度不应超过 150 mm/s。

D.5.5 焊缝的射线检测

D.5.5.1 采用射线检测时，应按照 ISO 12096 的规定，采用图像质量级别 R1，并根据下列 a)～d)给出的条件对焊缝进行射线检测：

a) 按照 ISO 1027 规定，用金属丝象质计对表 D.3 给出的根据基体材料确定的灵敏度进行验证，或有协议时，可使用等效的钻孔型象质计。

b) 只可使用 X 射线进行检验，且使用的胶片为细颗粒、带铅屏的高对比度直射胶片。

c) 射线底片黑度不小于 2，且应进行选择，使得穿透焊缝最厚部分的黑度不小于 1.5，而且达到所使用胶片类型的最大对比度。

d) X 光片应避免损伤和加工痕迹，它们有可能掩盖和混淆焊缝缺欠。

D.5.5.2 焊缝射线检验的验收标准应符合下列 a)～f)的规定：

a) 裂纹、未焊透和未熔合为不合格。

b) 直径不大于 3 mm 或 0.33T（T 为钢管规定壁厚，mm）两值中较小值的单个圆形夹杂、气孔和表面气孔为合格。

在任意 150 mm 或 12T 长度焊缝（以数值较小者为准）范围内，上述所有允许单独存在的缺欠的直径之和不得超过 6 mm 或 0.5T（以数值较小者为准），单个夹杂之间的间隔应小于 4T。

c) 长度不超过 12 mm 或 1T（以数值较小者为准），或宽度不超过 1.6 mm 的条形夹杂为合格。

在任意 150 mm 或 12T 长度焊缝（以数值较小者为准）范围内，单个条形夹杂之间的间隔小于 4T 时，上述所有允许单独存在缺欠的最大累计长度不应超过 12 mm。

d) 任意长度的最大深度为 0.4 mm 的单个咬边为合格。

最大长度为 $T/2$、最大深度为 0.8 mm 且深度不超过规定壁厚的 10%的单个咬边允许存在，在任意 300 mm 长度焊缝上这样的咬边不多于两处，且所有这样的咬边应修磨。

e) 超过上述规定的任何咬边应修补(见 C.4)，或将可疑区域切掉，或拒收该钢管。

f) 沿纵向在内外焊缝同一侧重叠的任意长度和深度的咬边为不合格。

D.5.6 补充操作

此操作只在有协议时进行。

每根钢管两端内外焊道表面 50 mm 长度，按 ISO 13665 的规定进行磁粉探伤。任何超过 3 mm 的显示将进行进一步考查并将修磨去除。

表 D.3 D.5.5.1 的射线检验灵敏度要求——ISO 12096 图像质量级别 R1

单位为毫米

壁厚	灵敏度要求	
	孔的直径	金属丝直径
$4.5<T\leqslant10$	0.40	0.16
$10<T\leqslant16$	0.50	0.20
$16<T\leqslant25$	0.63	0.25
$25<T\leqslant32$	0.80	0.32
$32<T\leqslant40$	1.00	0.40

参 考 文 献

1 ISO/TR 4949:1998 钢级命名符号

2 美国国家标准 ANSI/API Spec 5L:1993 管线钢管规范,第 40 版,1992 年 11 月 1 日

3 Demofonti,G. jones,D. G. Pistone,G. Re,G. Vogt,G. 欧洲管线研究组:高强度管线钢裂纹抑制韧性推荐作法,管线钢管研究组第 8 次座谈会,休斯顿,德克萨斯(1993-09-26/29)

4 ISO 3183-2:1996 石油和天然气工业 管线钢管交货技术条件 第 2 部分:B 级要求钢管

5 ISO 4200:1991 平端钢管、焊接钢管和无缝钢管 尺寸和单位长度重量数据表

6 ISO/TR 9769:1988 钢和铁 分析方法复查

7 ISO 13623 石油和天然气工业 管线输送系统