

## 中华人民共和国石油天然气行业标准

**SY/T 7027—2022**

代替 SY/T 7027—2014

---

### 海洋隔水管系统用钢管

Steel pipe for marine riser systems

2022—11—04 发布

2023—05—04 实施

---

## 目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 缩略语	2
5 钢管等级、钢级和交货状态	3
6 制造工艺及材料	3
6.1 制管工艺	3
6.2 冷定径和冷扩径	4
6.3 材料	4
7 性能要求及试验	4
7.1 化学成分	4
7.2 力学性能	4
7.3 应变时效试验	11
7.4 静水压试验	12
7.5 试验项目及频次	13
8 尺寸和质量	13
8.1 钢管直径和不圆度	13
8.2 壁厚	13
8.3 直线度	13
8.4 长度	13
8.5 管端尺寸	13
8.6 质量	15
8.7 焊缝几何尺寸偏差	15
8.8 其他缺陷	16
9 无损检测	16
9.1 NDT 人员专业检测资格	16
9.2 SAWL 管 NDT	16
9.3 SMLS 管 NDT	23
10 标识	24
11 运输、储存和质量证明书	25
附录 A (规范性) 时效试验	26
参考文献	27

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 SY/T 7027—2014《海洋隔水管用直缝埋弧焊管》，与 SY/T 7027—2014 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准名称；
- b) 更改了标准的适用范围（见第1章，2014年版的第1章）；
- c) 更改了冷定径的定义（见第3章，2014年版的第3章），删除了海洋隔水管术语和定义（见2014年版的第3章）；
- d) 增加了“MT”“SAWL”“UT”等缩略语（见第4章）；
- e) 增加了钢管等级 L360 或 X52 和 L390 或 X56，并更改了交货状态和明确表 1 中的钢管等级为 PSL2 等级（见第5章，2014年版的第5章）；
- f) 增加了无缝钢管的成型工艺和交货状态，删除了“钢管用钢板应采用热机械控轧工艺生产”“制造商须向购方提供金相组织照片供认可”和“SAWL 管应进行冷定径”（见 6.1，2014年版的 6.2）；
- g) 增加了冷定径和冷扩径要求（见 6.2）；
- h) 增加了带状组织评级方法和要求（见 6.3）；
- i) 更改了化学成分要求（见表 3，2014年版的表 3），删除了“成品分析化学成分的允许偏差应符合 GB/T 222 的有关规定”（见 2014年版的 7.1）；
- j) 更改了拉伸性能相关要求，明确横向与纵向拉伸性能指标的不同（见表 4，2014年版的表 4）；
- k) 增加了管体拉伸试验的纵向和横向取样要求（见 7.2.1）；
- l) 删除了夏比冲击吸收能的韧脆转变试验要求，并更改了夏比冲击试验要求，合并了表 6 和表 7（见表 6，2014年版的 7.2.4）；
- m) 增加了管体落锤撕裂试验的方向和取样位置、数量，删除了落锤撕裂试验的剪切面积的韧脆转变曲线要求（见 7.2.5，2014年版的 7.2.6）；
- n) 更改了 CTOD 试验要求（见 7.2.8，2014年版的 7.2.9）；
- o) 删除了应变时效夏比冲击吸收能的转变曲线要求（见 2014年版的 7.3.3）；
- p) 增加了无缝钢管硬度试验位置 [见图 1b)]；
- q) 增加了静水压试验压力要求和试验压力公式，更改了静水压试验记录和压力试验装备校准要求（见 7.4，2014年版的 7.4）；
- r) 增加了无缝钢管试验种类和频次（见表 10）；
- s) 更改了钢管直径测量要求（见 8.1.1，2014年版的 8.1），增加了无缝钢管的不圆度要求（见 8.1.2）；
- t) 更改了 SAWL 管的壁厚及允许偏差要求，增加了 SMLS 管的壁厚及允许偏差要求（见表 11，2014年版的表 11），更改了钢管壁厚不均匀度要求和壁厚测量要求（见 8.2，2014年版的 8.2）；
- u) 更改了钢管全长直线度要求（见 8.3，2014年版的 8.3）；
- v) 增加了管端外径要求（见 8.5.1），删除了内径要求（见 2014年版的 8.5.1），更改了钢管端面

要求（见 8.5.2，2014 年版的 8.5.2）；

w) 更改了质量偏差要求（见 8.6.4，2014 年版的 8.6.4）；

x) 更改了 SAWL 管的 NDT 要求（见 9.2，2014 年版的 9.2），增加了 SAWL 管超声自动探伤标样图（见图 2），更改了分层检查设备要求（见 9.2.8.2.1，2014 年版的 9.3.2.1）；

y) 增加了 SMLS 管的 NDT（见 9.3）；

z) 更改了涉及试验温度条件要求的条款，补充“或经协议可在其他温度条件下进行试验”（见 7.2.4、7.2.5、7.2.8、7.3.3，2014 年版的 7.2.4、7.2.6、7.2.9、7.3.3）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由石油工业标准化技术委员会石油管材专业标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：宝鸡石油机械有限责任公司、宝鸡石油钢管有限责任公司、中国石油集团工程材料研究院有限公司、渤海石油装备制造有限公司、天津钢管制造有限公司、中海油田服务股份有限公司、山东祺龙海洋石油钢管股份有限公司、西安三环石油管材科技有限公司。

本文件主要起草人：党恩、孙娟、牛爱军、方伟、陈小伟、刘宏亮、安健波、陈才虎、王洪川、刘洪波、马会珍、魏培静、刘永刚、李方坡、张锦刚、祝少华。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2014 年首次发布为 SY/T 7027—2014；

——本次为第一次修订。

# 海洋隔水管系统用钢管

## 1 范围

本文件规定了钢级 L360 或 X52 及以上的直缝埋弧焊管和无缝钢管的技术要求、尺寸和质量、试验方法及检验规则、标识、储运和质量证明书等。

本文件适用于外径 406mm 及以上海洋隔水管系统用直缝埋弧焊管和无缝钢管，也适用于海洋隔水导管、抗冰隔水管用直缝埋弧焊管和无缝钢管。

## 2 规范性引用文件

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

GB/T 4335 低碳钢冷轧薄板铁素体晶粒度测定法

GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 5777—2019 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和 / 或横向缺欠的全圆周自动超声检测

GB/T 8363 钢材 落锤撕裂试验方法

GB/T 8923.1—2011 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 9711—2017 石油天然气工业 管线输送系统用钢管

GB/T 12606 无缝和焊接（埋弧焊除外）铁磁性钢管纵向和 / 或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测

GB/T 12778 金属夏比冲击断口测定方法

GB/T 20490 承压无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管分层的超声检测

GB/T 21143 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法

GB/T 28896 金属材料 焊接接头准静态断裂韧度测定的试验方法

GB/T 32552 无缝和焊接钢管（埋弧焊除外）的自动全圆周超声厚度检测

GB/T 34474.1 钢中带状组织的评定 第 1 部分：标准评级图法

ISO 10893-5 钢管无损检测 第 5 部分：无缝和焊接铁磁性钢管表面缺欠的磁粉检测 (Non-destructive testing of steel tubes—Part 5: Magnetic particle inspection of seamless and welded ferromagnetic steel tubes for the detection of surface imperfections)

ISO 10893-6 钢管无损检测 第 6 部分：焊接钢管焊缝缺欠的射线检测 (Non-destructive testing of steel tubes—Part 6: Radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of imperfections)

ISO 10893-8 钢管无损检测 第 8 部分：用于层状缺陷探测的无缝和焊接钢管的自动超声波探伤 (Non-destructive testing of steel tubes—Part 8: Automated ultrasonic testing of seamless and welded

steel tubes for the detection of laminar imperfections)

ISO 10893-9 钢管无损检测 第9部分：焊接钢管用带带/钢板分层缺欠的自动超声波检测 (Non-destructive testing of steel tubes—Part 9 : Automated ultrasonic testing for the detection of laminar imperfections in strip/plate used for the manufacture of welded steel tubes)

ISO 10893-11 钢管无损检测 第11部分：焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声波检测方法 (Non-destructive testing of steel tubes—Part 11 : Automated ultrasonic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of longitudinal and/or transverse imperfections)

ISO 11484 钢产品 雇主的无损检测 (NDT) 人员资格鉴定体系 [Steel products—Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel]

ASNT SNT-TC-1A 无损检测人员资格认可和认证 (Personnel qualification and certification in nondestructive testing)

ASTM A370 钢产品机械测试的试验方法及定义 (Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products)

ASTM A751 钢制品化学分析标准试验方法、实验操作和术语 (Standard test methods, practices, and terminology for chemical analysis of steel products)

ASTM E45 : 2018 测定钢材夹杂物含量的试验方法 (Standard test methods for determining the inclusion content of steel)

ASTM E94 放射性检查的标准指南 (Standard guide for radiographic examination)

ASTM E112 测定平均粒径的试验方法 (Standard test methods for determining average grain size)

ASTM E165/E165M 液体渗透探伤的试验方法 (Standard practice for liquid penetrant examination for general industry)

ASTM E213 : 2020 金属管道和管材超声波试验标准操作规程 (Standard practice for ultrasonic testing of metal pipe and tubing)

ASTM A435/A435M 钢板的直梁超声波探伤的标准规格 (Standard specification for straight-beam ultrasonic examination of steel plates)

ASTM E709 磁粉检验指南 (Standard guide for magnetic particle testing)

ASTM E1290 裂缝尖端开口位移 (CTOD) 断裂韧性测量的标准试验方法 [Standard test method for crack-tip opening displacement (CTOD) fracture toughness measurement]

DNVGL-ST-F101 : 2017 海底管线系统 (Submarine pipeline systems)

### 3 术语和定义

GB/T 9711—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 冷定径 cold-sized

在工厂环境温度下，成型后，整根或部分长度钢管外径或周向尺寸获得永久性增加或永久性减少的工艺方法。

### 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CTOD：裂纹尖端张开位移 (crack tip opening displacement)

DWTT：落锤撕裂试验 (drop-weight tear test)

HAZ：热影响区 (heat affected zone)

HV：维氏硬度 (Vickers hardness)

MT：磁粉检测 (magnetic particle testing)

NDT：无损检测 (non-destructive testing)

SAWL：直缝埋弧焊 (longitudinal submerged-arc welding)

SMLS：无缝 (seamless)

UT：超声检测 (ultrasonic testing)

## 5 钢管等级、钢级和交货状态

钢管等级、钢级为 GB/T 9711—2017 PSL2 级的 L360 或 X52、L390 或 X56、L415 或 X60、L450 或 X65、L485 或 X70、L555 或 X80、L625 或 X90、L690 或 X100，可接受的交货状态见表 1。

表 1 钢管等级、钢级和可接受的交货状态

钢管等级 / 钢级	交货状态
L360M 或 X52M	热机械轧制 (M)
L390M 或 X56M	
L415M 或 X60M	
L450M 或 X65M	
L485M 或 X70M	
L555M 或 X80M	
L625M 或 X90M	
L690M 或 X100M	
L360Q 或 X52Q	
L390Q 或 X56Q	
L415Q 或 X60Q	
L450Q 或 X65Q	
L485Q 或 X70Q	
L555Q 或 X80Q	

## 6 制造工艺及材料

### 6.1 制管工艺

**6.1.1** 按本文件供货的焊管应为 UOE 或 JCOE 工艺生产的 SAWL 管。SAWL 管应保持其轧制工艺状态交货。经购方和制造商协商，也可进行适当的热处理。

**6.1.2** SMLS 管应为热成型和冷精整工艺，以淬火加回火状态交货。

## 6.2 冷定径和冷扩径

6.2.1 除 6.2.2 允许外，冷定径钢管的定径率应不大于 1.5%，但以下任一种情况除外：

- a) 钢管随后进行正火或淬火加回火处理；
- b) 冷定径钢管整体进行后续消除应力处理。

6.2.2 除非另有协议，冷扩径钢管的定径率  $S_r$  应满足  $0.3\% \leq S_r \leq 1.5\%$ 。

6.2.3 除非另有协议，定径率  $S_r$  应按公式 (1) 计算：

$$S_r = \frac{|D_a - D_b|}{D_b} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$D_a$ ——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)；

$|D_a - D_b|$ ——定径前后外径之差的绝对值，单位为毫米 (mm)。

## 6.3 材料

6.3.1 钢材应为吹氧转炉或电炉冶炼并经真空脱气、钙处理和 / 或微钛处理的细晶粒 (No.8 或更细) 镇静钢。所有级别钢管晶粒度评定应按 GB/T 4335 或 ASTM E112 或购方与制造商商定的其他方法进行。

6.3.2 钢中 A、B、C、D 类非金属夹杂物级别限定应符合表 2 的规定。夹杂物级别按 ASTM E45：2018 中 A 方法进行测定。带状组织评定按 GB/T 34474.1 的方法进行，制造商应提供带状组织评定结果，带状组织评定结果应不大于 3 级。

表 2 非金属夹杂物级别限定

A		B		C		D	
细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系
≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5

## 7 性能要求及试验

### 7.1 化学成分

7.1.1 钢管材质的化学成分应符合表 3 的规定。当购方要求进行熔炼分析时，应在合同中注明。

7.1.2 化学分析应按照 GB/T 4336 或 ASTM A751 的规定进行。

### 7.2 力学性能

#### 7.2.1 拉伸性能

7.2.1.1 拉伸试验应按 ASTM A370 的规定进行。对于管体试验，应测定屈服强度、抗拉强度和断裂后的伸长率百分比。应报告标距长度为 50mm 的试样断裂后伸长率百分比。

7.2.1.2 屈服强度应为试样标距长度内产生 0.5% 总伸长 (用引伸计测定) 或产生 0.2% 残余变形时所需的拉伸应力。当需记录或报告伸长率时，如采用板状试样，记录或报告中应注明试样的公称宽度；



如采用圆棒试样，应注明直径和标距长度；如采用全截面试样也应予以注明。

**7.2.1.3** 钢管应在管体纵向和横向两个方向进行拉伸试验。对于 SAWL 管，纵向拉伸试样中心应在距焊缝约 90° 处取样，横向拉伸试样中心应在焊缝约 180° 处取样。

**7.2.1.4** SAWL 管焊接接头拉伸试样应垂直于焊缝截取，且焊缝位于试样中央，从钢管上所截取的试样应能代表钢管的整个壁厚。焊接接头拉伸试验只应测定抗拉强度，无须测定屈服强度和伸长率。

**7.2.1.5** 拉伸性能结果应符合表 4 的规定。

表 3 化学成分要求

钢级	根据熔炼分析和产品分析的最大质量分数 %									最大碳当量 %	
	C <sup>a</sup>	Si	Mn <sup>a</sup>	P	S	V	Nb	Ti	其他 <sup>b</sup>	CE <sub>IIW</sub> <sup>c</sup>	CE <sub>Pcm</sub> <sup>d</sup>
SAWL 管											
L360M 或 X52M	0.12	0.45	1.40	0.020	0.010	0.08	0.08	0.06	e, f	—	0.21
L390M 或 X56M	0.12	0.45	1.40	0.020	0.010	0.08	0.08	0.06	e, f	—	0.21
L415M 或 X60M	0.12	0.45	1.60	0.020	0.010	0.08	0.08	0.06	e, f	—	0.21
L450M 或 X65M	0.12	0.45	1.60	0.020	0.010	0.10	0.08	0.06	e, f	—	0.22
L485M 或 X70M	0.12	0.45	1.75	0.020	0.010	0.10	0.08	0.06	e, f	—	0.22
L555M 或 X80M	0.10	0.45	1.85	0.020	0.010	0.10	0.08	0.06	e, f	—	0.24
L625M 或 X90M	0.10	0.55	2.10	0.020	0.010	e	e	e	g, h	—	0.25
L690M 或 X100M	0.10	0.55	2.10	0.020	0.010	e	e	e	g, h	—	0.25
SMLS 管											
L360Q 或 X52Q	0.16	0.45	1.50	0.020	0.010	0.08	0.05	0.04	e, f	0.41	0.22
L390Q 或 X56Q	0.16	0.45	1.50	0.020	0.010	0.08	0.05	0.04	e, f	0.41	0.22
L415Q 或 X60Q	0.16	0.45	1.65	0.020	0.010	0.08	0.05	0.04	e, f	0.41	0.22
L450Q 或 X65Q	0.16	0.45	1.65	0.020	0.010	0.09	0.05	0.06	e, f	0.42	0.22
L485Q 或 X70Q	0.17	0.45	1.75	0.020	0.010	0.10	0.05	0.06	e, f	0.42	0.23
L555Q 或 X80Q	0.17	0.45	1.85	0.020	0.010	0.10	0.06	0.06	e, f	依照协议	
<sup>a</sup> 碳含量比规定最大质量分数每降低 0.01%，则锰含量可比规定最大质量分数增加 0.05%，对于钢级 L360 或 X52，最大锰含量应不超过 1.65%；对于 L360 或 X52 以上至 L485 或 X70 以下钢级，最大锰含量应不超过 1.75%；对于 L485 或 X70 及以上至 L555 或 X80 钢级，最大锰含量不应超过 2.00%；对于 L555 或 X80 以上钢级，最大锰含量不应超过 2.20%。 <sup>b</sup> $w(\text{Al}_{\text{total}}) \leq 0.060\%$ ； $w(\text{N}) \leq 0.012\%$ ； $w(\text{Al})/w(\text{N}) \geq 2:1$ （不适用钛镇静钢或钛处理钢）。 <sup>c</sup> $\text{CE}_{\text{IIW}} = w(\text{C}) + w(\text{Mn})/6 + w(\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + w(\text{Ni} + \text{Cu})/15$ ，适用于产品分析 $w(\text{C}) > 0.12\%$ 时。 <sup>d</sup> $\text{CE}_{\text{Pcm}} = w(\text{C}) + w(\text{Si})/30 + w(\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Cu})/20 + w(\text{Ni})/60 + w(\text{Mo})/15 + w(\text{V})/10 + 5w(\text{B})$ ，适用于产品分析 $w(\text{C}) \leq 0.12\%$ 时。 <sup>e</sup> $w(\text{Nb} + \text{V} + \text{Ti}) \leq 0.15\%$ 。 <sup>f</sup> $w(\text{Cu}) \leq 0.50\%$ ， $w(\text{Ni}) \leq 0.50\%$ ， $w(\text{Cr}) \leq 0.50\%$ ， $w(\text{Mo}) \leq 0.50\%$ ； $w(\text{B}) \leq 0.0005\%$ 。 <sup>g</sup> $w(\text{Cu}) \leq 0.50\%$ ， $w(\text{Ni}) \leq 1.00\%$ ， $w(\text{Cr}) \leq 0.50\%$ ， $w(\text{Mo}) \leq 0.50\%$ 。 <sup>h</sup> 除另有协议外，不应有意加入硼，且残余硼含量应不大于 0.001%。											

表4 拉伸性能要求

钢管等级	SMLS 管和 SAWL 管 (纵向 + 横向)					SAWL 管 焊缝横向	
	屈服强度 <sup>a</sup> $R_{m,0.5}$ MPa		抗拉强度 <sup>b</sup> $R_m$ MPa		屈强比 $R_{m,0.5}/R_m$	断后伸长率 <sup>c</sup> $A_r$ %	抗拉强度 $R_m$ MPa
L360M 或 X52M L360Q 或 X52Q	≥ 360	≤ 525	≥ 460	≤ 760	≤ 0.93	—	≥ 460
L390M 或 X56M L390M 或 X56M	≥ 390	≤ 540	≥ 490	≤ 760	≤ 0.93	—	≥ 490
L415M 或 X60M L415Q 或 X60Q	≥ 415	≤ 565	≥ 520	≤ 760	≤ 0.93	—	≥ 520
L450M 或 X65M L450Q 或 X65Q	≥ 450	≤ 570	≥ 535	≤ 760	≤ 0.93	—	≥ 535
L485M 或 X70M L485Q 或 X70Q	≥ 485	≤ 605	≥ 570	≤ 760	≤ 0.93	—	≥ 570
L555M 或 X80M L555Q 或 X80Q	≥ 555	≤ 675	≥ 625	≤ 825	≤ 0.93	—	≥ 625
L625M 或 X90M	≥ 625	≤ 775	≥ 695	≤ 915	≤ 0.95	—	≥ 695
L690M 或 X100M	≥ 690 <sup>b</sup>	≤ 840 <sup>d</sup>	≥ 760	≤ 990	≤ 0.97 <sup>b</sup>	—	≥ 760

<sup>a</sup> 沿纵轴方向实际的屈服强度不应超过本表中给定的最小屈服强度值的 120MPa。

<sup>b</sup> 抗拉强度在横向方向允许比纵向规定最小抗拉强度值高 5%。

<sup>c</sup> 规定最小伸长率  $A_r$  应采用下列公式确定：

$$A_r = C \frac{A_{XC}^{0.2}}{U^{0.9}}$$

式中：

C——当采用 SI 单位制时，C 为 1940；

$A_{XC}$ ——适用的拉伸试样横截面积，单位为平方毫米 ( $\text{mm}^2$ )，具体如下：

- 圆棒试样：直径 12.7mm 和 8.9mm 的圆棒试样为  $130\text{mm}^2$ ，直径 6.4mm 的圆棒试样为  $65\text{mm}^2$ ；
- 全截面试样：取  $485\text{mm}^2$  和试样横截面积两者中的较小者，其试样横截面积由规定外径和规定壁厚计算，圆整到最近邻的  $10\text{mm}^2$ ；
- 板状试样：取  $485\text{mm}^2$  和试样横截面积两者中的较小者，其试样横截面积由试样规定宽度和钢管规定壁厚计算，圆整到最近邻的  $10\text{mm}^2$ 。

U——规定最小抗拉强度，单位为兆帕 (MPa)。

<sup>d</sup> 对于 L690M 或 X100M 钢管，若采用  $R_{p0.2}$ ，经协商可规定较低的  $R_{p0.2}/R_m$  比值。

## 7.2.2 拉伸试验试样

**7.2.2.1** 代表钢管全壁厚的矩形试样应按 ASTM A370 的规定截取，横向试样应压平。拉伸试样不应热压平、人工时效或热处理。

**7.2.2.2** 也可在由未经压平的样品上加工圆棒试样，X80 及以上级别钢管横向拉伸试样宜采用圆棒试样。

**7.2.2.3** 除制造商可选择使用相邻的较大直径试样外，横向拉伸试验的圆棒试样直径应符合表 5 的规定。

表5 钢管尺寸和横向圆棒拉伸试样直径的关系

公称外径 $D$ mm	公称壁厚 $t$ mm		
	标距长度内试样的规定直径 mm		
	12.7	8.9	6.4 <sup>a</sup>
406 ~ < 457	≥ 30.9	22.2 ~ < 30.9	< 22.2
457 ~ < 508	≥ 29.7	21.5 ~ < 29.7	< 21.5
508 ~ < 559	≥ 28.8	21.0 ~ < 28.8	< 21.0
559 ~ < 610	≥ 28.1	20.5 ~ < 28.1	< 20.5
610 ~ < 660	≥ 27.5	20.1 ~ < 27.5	< 20.1
660 ~ < 711	≥ 27.0	19.8 ~ < 27.0	< 19.8
711 ~ < 762	≥ 26.5	19.5 ~ < 26.5	< 19.5
762 ~ < 813	≥ 26.2	19.3 ~ < 26.2	< 19.3
813 ~ < 864	≥ 25.8	19.1 ~ < 25.8	< 19.1
864 ~ < 914	≥ 25.5	18.9 ~ < 25.5	< 18.9
914 ~ < 965	≥ 25.3	18.7 ~ < 25.3	< 18.7
965 ~ < 1016	≥ 25.1	18.6 ~ < 25.1	< 18.6
1016 ~ < 1067	≥ 24.9	18.5 ~ < 24.9	< 18.5
1067 ~ < 1118	≥ 24.7	18.3 ~ < 24.7	< 18.3
1118 ~ < 1168	≥ 24.5	18.2 ~ < 24.5	< 18.2
1168 ~ < 1219	≥ 24.4	18.1 ~ < 24.4	< 18.1
1219 ~ < 1321	≥ 24.2	18.1 ~ < 24.2	< 18.1
1321 ~ < 1422	≥ 24.0	17.9 ~ < 24.0	< 17.9
1422 ~ < 1524	≥ 23.8	17.8 ~ < 23.8	< 17.8

<sup>a</sup> 对于尺寸太小而不能获得 6.4mm 直径试样的钢管，不应采用圆棒拉伸试样。

7.2.2.4 纵向试样可采用矩形试样，也可采用圆棒试样。对于  $t \geq 19\text{mm}$  钢管的纵向拉伸试验，试样直径应为 12.7mm。

7.2.2.5 经协商，胀环试样可用于测定横向屈服强度。

7.2.2.6 焊缝应修磨至与母材平齐，局部缺欠可以去除。

### 7.2.3 导向弯曲试验

7.2.3.1 导向弯曲试验应符合 ASTM A370 的要求。

7.2.3.2 弯曲试样应使用全壁厚弧形截面试样。两面的焊缝余高应去除。试样在弯模内弯曲约  $180^\circ$ ，弯模直径分别为  $5t$  (L415/X60)、 $5t$  (L450/X65)、 $6t$  (L485/X70)、 $8t$  (L555/X80)、 $10t$  (L625/X90)、 $12t$  (L690/X100) ( $t$  为试样厚度)。弯曲后，结果应符合以下规定：

- 试样不应完全断裂。
- 焊缝金属上不应出现长度大于 3.2mm 的裂纹或破裂（不考虑深度大小）。
- 母材、热影响区（HAZ）或熔合线上不应出现长度大于 3.2mm 或深度大于规定壁厚 12.5% 的

裂纹或破裂；试验后出现在试样边缘且长度小于 6.4mm 的裂纹，不应作为拒收的依据。

#### 7.2.4 夏比冲击试验

**7.2.4.1** 制造商应按 ASTM A370 进行纵向和横向夏比 V 型缺口冲击试验，缺口轴线应垂直于钢管表面，结果应符合表 6 的规定。试验温度为  $-20^{\circ}\text{C}$ ，或经协议可在其他温度条件下进行试验。

**7.2.4.2** 对于 SAWL 管，应分别在管体（距焊缝  $90^{\circ}$ ）、焊缝中心和 HAZ 取样进行夏比冲击试验，每组三个试样。焊缝试样缺口的轴向应在或尽可能靠近外焊缝中心线。HAZ 试样应按 DNVGL-ST-F101:2017 中图 B-3 的要求取样，且冲击试样缺口位置分别在熔合线、熔合线 +2mm 及熔合线 +5mm。熔合线上的试样应保证其包含 50% 的焊缝及 50% 的 HAZ。焊缝和 HAZ 试验用的每个试样在加工刻槽前均应酸蚀，以确定适当的刻槽位置。

**7.2.4.3** 管体夏比冲击试验断口剪切面积要求见表 6。夏比冲击断口测定方法应按照 GB/T 12778 的规定进行，焊缝和 HAZ 不规定断口剪切面积要求。

**7.2.4.4** 夏比冲击试验后的每个试样均应进行侧膨胀值 ( $LE$ ) 的测定，标准全尺寸试样 ( $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 55\text{mm}$ ) 冲击吸收能及侧膨胀值要求应符合表 6 的规定。

**7.2.4.5** 当采用小尺寸试样时，要求的最小平均吸收能应为标准尺寸试样的规定值乘以小尺寸试样规定宽度与标准全尺寸试样规定宽度的比值，并将计算结果圆整到最邻近的 1J。

表 6 夏比冲击吸收能及侧膨胀值要求

钢级	管体 <sup>a</sup> 、焊缝中心及 HAZ 最小夏比冲击吸收能 J		断口剪切面积 $S_A$ %		侧膨胀值 $LE$ mm
	平均值	单值	平均值	单值	单值
L360 或 X52	$\geq 42$	$\geq 35$	$\geq 85$	$\geq 70$	$\geq 0.38$
L390 或 X56	$\geq 42$	$\geq 35$			
L415 或 X60	$\geq 42$	$\geq 35$			
L450 或 X65	$\geq 45$	$\geq 38$			
L485 或 X70	$\geq 50$	$\geq 40$			
L555 或 X80	$\geq 56$	$\geq 45$			
L625 或 X90	$\geq 56$	$\geq 45$			
L690 或 X100	$\geq 56$	$\geq 45$			

<sup>a</sup> 钢管管体纵向夏比冲击吸收能值应比本表中规定的值高 50%。

#### 7.2.5 落锤撕裂试验

**7.2.5.1** 制造商应按 GB/T 8363 的要求进行管体横向落锤撕裂试验 (DWTT)，每组 2 个试样，结果应符合表 7 的规定。试验温度  $-10^{\circ}\text{C}$ ，或经协议可在其他温度条件下进行试验。

**7.2.5.2** 对于 SAWL 管，试样中心应距焊缝约  $90^{\circ}$  处取样。

表 7 DWTT 要求

试验温度	断口剪切面积	
	单个试样	平均值
$-10^{\circ}\text{C}$	$\geq 70\%$	$\geq 85\%$

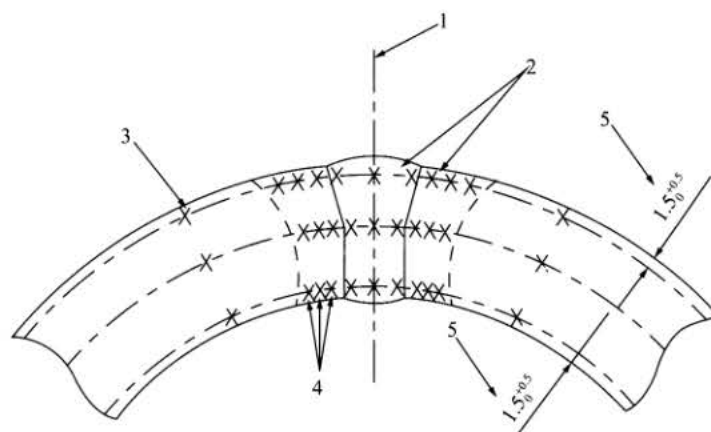
## 7.2.6 硬度试验

7.2.6.1 硬度试验应按照 GB/T 4340.1 的规定进行。

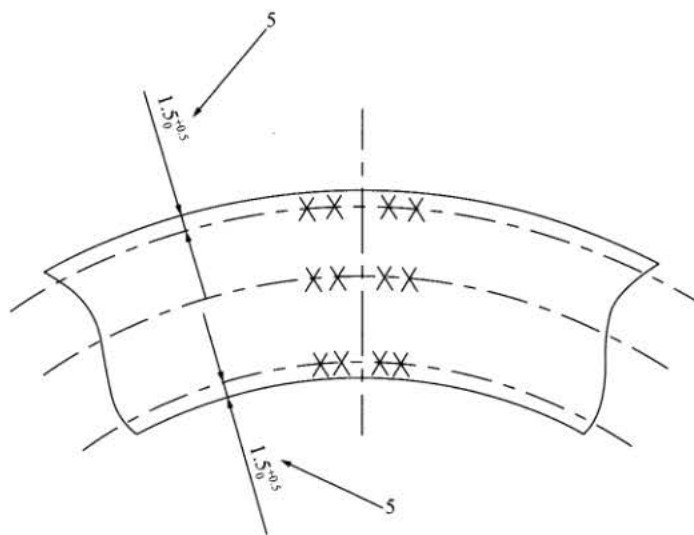
7.2.6.2 硬度试验试块应取自所选钢管的端部，对于焊管，在每个试块中心应包含一段直焊缝。

7.2.6.3 焊管硬度测试位置如图 1a) 所示，SMLS 管硬度测试位置如图 1b) 所示。

7.2.6.4 钢管（焊管包括管体、焊缝和 HAZ）的最大允许硬度值应视具体管线钢级而定。不同钢级的钢管最大允许硬度值应符合表 8 的规定。



a) SAWL管



b) SMLS管

标引序号说明：

- 1——焊缝中心线；
- 2——距熔合线 0.75mm 处；
- 3——距熔合线  $t$  ( $t$  为壁厚)；
- 4——在可见 HAZ 内间隔 1.0mm；
- 5——距内表面和外表面。

图 1 维氏硬度试验位置

表 8 钢管最大允许硬度值要求

适用钢级	最大允许硬度值 HV10
L360M 或 X52M L360Q 或 X52Q	240
L390M 或 X56M L390Q 或 X56Q	240
L415M 或 X60M L415Q 或 X60Q	240
L450M 或 X65M L450Q 或 X65Q	240
L485M 或 X70M L485Q 或 X70Q	250
L555M 或 X80M L555Q 或 X80Q	265
L625M 或 X90M	280
L690M 或 X100M	300

## 7.2.7 复验

### 7.2.7.1 化学成分

**7.2.7.1.1** 如果代表一熔炼批的两个试样的产品分析结果均不符合规定要求，则由制造商选择，或将该熔炼批判为不合格，或对该熔炼批中剩余部分逐件进行试验以判定是否符合规定要求。如果代表一熔炼批的两个试样中只有一个试样产品分析结果不符合规定要求，则由制造商选择，或将该熔炼批判为不合格，或在同一熔炼批中另取两个试样进行复验分析。如复验用两个试样的分析结果均符合规定要求，则除原先取样不合格的那根钢管、钢板或钢带外，该熔炼批合格。如果复验用一个试样或两个试样的分析结果不符合规定要求，则由制造商选择，或将该熔炼批判为不合格，或对该熔炼批中剩余部分逐件进行试验以判定是否符合规定要求。

**7.2.7.1.2** 逐件试验时，只需分析不合格的元素或需要测定的元素。复验分析用试样的取样位置应与产品分析规定相同。

### 7.2.7.2 拉伸试验

如果代表一批钢管的拉伸试样试验结果不符合规定要求，制造商可从同一批钢管中另取两根钢管复验。如果两个复验试样的试验结果符合规定要求，则除初次取样试验不合格的那根钢管外，该批所有钢管应判合格。如果一个或两个复验试样的试验结果不符合规定要求，制造商可选择对该批中未检验的钢管逐根取样进行试验。复验用试样应按照与不合格试样相同的方法截取。

### 7.2.7.3 导向弯曲试验

如果一个或两个导向弯曲试样的试验结果不符合规定要求，制造商可选择从同一批钢管中另取两根钢管，分别取样重新进行试验。如果所取试样的试验结果符合规定要求，则除初始取样试验不合格的那根钢管外，该批中的所有钢管应判合格。如果任一复验试样不符合规定要求，制造商可选择对该

批中剩余的钢管逐根取样进行试验，制造商还可选择对检验不合格的任一根钢管进行复验，取样方法是在该钢管的同一端返切并加取两个试样，如果这些试样的试验结果符合原先的试验要求，则该根钢管应判合格。此后不应再次返切和复验。

#### 7.2.7.4 夏比冲击试验

如果一组夏比冲击试样的试验结果不符合规定要求，制造商可选择替换本批所涉及的材料，或从该批中另取两根钢管进行试验。如这两次试验结果符合规定要求，则除初始取样的钢管外，该批中的所有钢管应判合格。如果这两次试验中任意一次试验结果不符合规定要求，则应对该批中的每根钢管进行试验，以确定是否合格。

#### 7.2.7.5 DWTT

如果一组落锤撕裂试样的试验结果不符合规定要求，制造商可选择替换本批所涉及的材料，或从该批中另取两根钢管进行试验。如这两次试验结果均符合规定要求，则除初始取样的钢管外，该批中的所有钢管应判合格。如果这两次试验中任意一次试验结果不符合规定要求，则应对该批中的每根钢管进行试验，以确定是否合格。

#### 7.2.7.6 硬度试验

如果代表一批钢管的硬度试样试验结果不符合规定要求，制造商可从同一批钢管中另取两根钢管复验。如果两个复验试样的试验结果符合规定要求，则除初次取样试验不合格的那根钢管外，该批所有钢管应判合格。如果一个或两个复验试样的试验结果不符合规定要求，制造商可选择对该批中未检验的钢管逐根取样进行试验。复验试样取样方式应与不符合最低要求的试样取样方式相同。

### 7.2.8 CTOD 试验

**7.2.8.1 裂纹尖端张开位移 (CTOD) 试验**应按照 GB/T 21143、ASTM E1290 或 GB/T 28896 的要求进行。有争议时，应按照 GB/T 21143 的要求进行。

**7.2.8.2 试样缺口**分别位于钢管的焊缝中心线、HAZ 及母材上（距焊缝 90° 管体横向）进行。焊缝中心线、HAZ 及母材上的 CTOD 值应大于或等于 0.20mm，试验温度 0℃，或经协议可在其他温度条件下进行试验。

### 7.3 应变时效试验

#### 7.3.1 应变时效试样取样位置

应变时效试样取样位置与非时效试样相同。

#### 7.3.2 应变时效条件

钢管管体样品分别在无预应变和 2% 预拉伸应变（标距内总应变）条件下，经过 250℃ ± 5℃ 保温 1h 时效处理后，进行 7.3.3 的所有试验。所有试样应在纵向方向进行应变。

人工时效应按照附录 A 的规定进行。

#### 7.3.3 应变时效后的力学性能试验

**7.3.3.1 纵向拉伸试验**取 3 个试样，并提供拉伸全曲线，全曲线应显示位移和力的关系。

**7.3.3.2 纵向夏比 V 型缺口冲击试验**，提交断口剪切面积百分数和夏比冲击吸收能。试验温度为

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/937156106166006034>