



中华人民共和国国家标准

GB/T 46599—2025

氢气储输管道用钢管

Steel pipe for gaseous hydrogen storage and transportation pipeline

2025-10-31 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 3

4 缩略语 3

5 牌号命名方法 3

6 订货内容 4

7 制造工艺 4

8 技术要求 6

9 试验方法..... 22

10 检验规则 31

11 包装、标志、涂层、质量证明书和装载..... 34

附录 A（规范性） 钢管制造工艺评定 35

附录 B（规范性） 补焊工艺评定 38

附录 C（规范性） 表面缺欠和缺陷的处理 39

附录 D（规范性） 力学和工艺性能试验的试料和试样 41

附录 E（规范性） 针状铁素体型钢管带状组织评定方法 46

参考文献 49

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。

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：中国石油集团渤海石油装备制造有限公司、冶金工业信息标准研究院、中国石油工程建设有限公司华北分公司、衡阳华菱钢管有限公司、浙江金洲管道工业有限公司、钢铁研究总院有限公司、首钢集团有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、靖江特殊钢有限公司、宝山钢铁股份有限公司、中国石油工程建设有限公司西南分公司、中国石油集团宝石管业有限公司、中国石油天然气管道科学研究院有限公司、国家管网集团工程技术创新有限公司、中石化石油工程设计有限公司、中国石油集团工程材料研究院有限公司、内蒙古包钢钢联股份有限公司、天津钢管制造有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司、中兴能源装备有限公司、天津市联众钢管有限公司、台州华迪材料科技有限公司、承德建龙特殊钢有限公司、达力普石油专用管有限公司、安科工程技术研究院(北京)有限公司、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、攀钢集团西昌钢钒有限公司、番禺珠江钢管(珠海)有限公司、巨龙钢管有限公司、南京巨龙钢管有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、浙江泰富无缝钢管有限公司、张家港沙钢金洲管道有限公司、西安向阳航天材料股份有限公司、天津源泰德润钢管制造集团有限公司、江苏银环精密钢管有限公司、西安特种设备检验检测院、宁波中钢科技有限公司、德新钢管(中国)有限公司、江苏天淮钢管有限公司、林州凤宝管业有限公司、河北海乾威钢管有限公司、河北尚恒管道制造有限公司、河北恒通管件集团有限公司、河北宏源特钢管业集团有限公司。

本文件主要起草人：陈小伟、王松涛、王雷、王强、李奇、付现桥、何航、杨伟芳、汪兵、田鹏、罗静、姚勇、章传国、王雅熙、毛浓召、杨叠、张小强、王英伟、池强、余泽金、孙宇、程逸明、仇云龙、周文军、王尧扬、张俊、王奎、王修云、聂立、黄楚、苏章卓、赵志伟、曹华勇、李鑫、张国忠、王兴、李华军、刘凯松、庄卓俊、杨旭、唐萍、董西岳、李飞、李静敏、李贵良、刘涛、李晔、杨宝齐、陈文豪、贾书君、李少坡、冯岩、张志远、屈献永、杨汗青、刘斌、闫臣、刘志田、宋卫臣、封辉、张行刚、李艳、康喜唐、朱卫飞、徐龙庆、王爵光、杨志文、谢道原、任守斌、黄克坚、张雷、张志明、孙晨、张冰、肖林、华杨康、李德标、周始航、龙金花、李建一、左国锋、师莉、蒋庆梅、王增海、陈燕、郭碧城、李涛、黄丽、赵波、王斌、孙少卿、陈建秋、季艳庆、贾启峰。

氢气储输管道用钢管

1 范围

本文件规定了氢气储输管道用钢管的牌号命名方法、订货内容、制造工艺、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、涂层、质量证明书和装载。

本文件适用于纯度符合 GB/T 3634.1 或 GB/T 3634.2 规定的氢气陆上储输管道用直缝埋弧焊 (SAWL) 钢管、螺旋缝埋弧焊 (SAWH) 钢管、高频焊 (HFW) 钢管和无缝 (SMLS) 钢管 (以下简称“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 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法
GB/T 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青 S 分光光度法
GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法
GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量
GB/T 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量
GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法
GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法
GB/T 223.37 钢铁及合金 氮含量的测定 蒸馏分离靛酚蓝分光光度法
GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚 S 分光光度法
GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和铋磷钼蓝分光光度法
GB/T 223.63 钢铁及合金 锰含量的测定 高碘酸钠(钾)分光光度法
GB/T 223.77 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钙量
GB/T 223.78 钢铁及合金化学分析方法 姜黄素直接光度法测定硼含量
GB/T 223.82 钢铁 氢含量的测定 惰性气体熔融-热导或红外法
GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法
GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 241 金属材料 管 液压试验方法
GB/T 246 金属材料 管 压扁试验方法
GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书
GB/T 2650 金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验
GB/T 2651 金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验
GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备

- GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法
- GB/T 3634.1 氢气 第1部分:工业氢
- GB/T 3634.2 氢气 第2部分:纯氢、高纯氢和超纯氢
- 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 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 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6398 金属材料 疲劳试验 疲劳裂纹扩展方法
- GB/T 7735 无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管缺欠的自动涡流检测
- 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 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- GB/T 10561—2023 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热情气熔融-红外线吸收法
- 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 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 15970.6 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第6部分:恒载荷或恒位移下的预裂纹试样的制备和应用
- GB/T 17395 钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 19348.1—2014 无损检测 工业射线照相胶片 第1部分:工业射线照相胶片系统的分类
- GB/T 19869.1 钢、镍及镍合金的焊接工艺评定试验
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)
- GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法(常规方法)
- GB/T 20125 低合金钢 多元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- GB/T 20490 钢管无损检测 无缝和焊接钢管分层缺欠的自动超声检测
- GB/T 21143 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法
- GB/T 30062 钢管术语
- 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
- GB/T 34542.2 氢气储存输送系统 第2部分:金属材料与氢环境相容性试验方法
- GB/T 40385 钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测
- GB/T 40791 钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的射线检测
- GB/T 42662 钢管无损检测 焊接钢管用钢带/钢板分层缺欠的自动超声检测
- GB/T 42664 钢管无损检测 焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声检测
- GB/T 42673 钢管无损检测 铁磁性无缝和焊接钢管表面缺欠的磁粉检测
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- YB/T 4149 连铸圆管坯
- YB/T 4307 钢铁及合金 氧、氮和氢含量的测定 脉冲加热情气熔融-飞行时间质谱法(常规法)
- YB/T 5137 高压用热轧和锻制无缝钢管圆管坯

3 术语和定义

GB/T 9711 和 GB/T 30062 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢气储输管道 gaseous hydrogen storage and transportation pipeline

氢气输送和存储管道

用于氢气输送,以及在调峰、停输时具有保持压力存储氢气功能的管道。

4 缩略语

本文件使用的缩略语和相应说明见表 1。

表 1 缩略语和说明

缩略语	说明
CE	碳当量(carbon equivalent)
CVN	夏比 V 型缺口(Charpy V-notch)
DWT	落锤撕裂(drop-weight tear)
HAZ	热影响区(heat-affected zone)
HFW	高频焊(high-frequency welding)
HV	维氏硬度(Vickers hardness)
SAW	埋弧焊(submerged-arc welding)
SAWL	直缝埋弧焊(submerged-arc longitudinal welding)
SAWH	螺旋缝埋弧焊(submerged-arc helical welding)
SENB	单边缺口弯曲(single edge notch bending)
SMLS	无缝(seamless)
SSRT	慢应变速率拉伸试验(slow strain rate tensile testing)

5 牌号命名方法

钢的牌号由管线的英文首字母“L”、规定总延伸强度最小值、交货状态的字母代号(M、N 或 Q)和介质为氢气的代号“H”等四部分组成。

示例：L415MH,其中：

- L——管线英文首字母；
- 415——规定总延伸强度最小值,单位为兆帕(MPa)；
- M——交货状态为热机械轧制状态(TMCP)或热机械成型；
- H——钢管输送介质为氢气(H₂)。

注：钢的牌号前两部分的组合称为“强度等级”。

6 订货内容

按本文件订购钢管的合同或订单应包括以下内容：

- a) 本文件编号；
- b) 钢管类型(见表 2)；
- c) 钢的牌号；
- d) 尺寸规格(公称外径×公称壁厚,单位为毫米)；
- e) 钢管的长度；
- f) 订购的数量(总重量或总长度)；
- g) 特殊要求。

7 制造工艺

7.1 钢的冶炼方法

钢应采用氧气转炉加炉外精炼或电弧炉加炉外精炼并经真空精炼处理。经供需双方协商,并在合同中注明,可采用能满足本文件要求的其他冶炼方法。

7.2 无缝钢管管坯的制造方法

无缝钢管管坯可采用连铸或热轧(锻)方法制造。

7.3 钢板(带)及管坯要求

7.3.1 钢板(带)不应含有补焊焊缝。

7.3.2 用于生产螺旋缝埋弧焊管的钢带宽度应不小于钢管外径的 1.0 倍,且不大于钢管外径的2.5 倍。

7.3.3 连铸管坯应符合 YB/T 4149 的规定,其中低倍组织缺陷中心裂纹、中间裂纹、皮下裂纹和皮下气泡的级别应分别不大于 1 级;热轧(锻)管坯应符合 YB/T 5137 的规定。

7.4 钢管类型、制造方法及交货状态

7.4.1 钢管类型及其原料、制造方法、交货状态应符合表 2 的规定。

7.4.2 钢管的热处理应按文件化程序进行。对于非热处理焊管,可进行焊管整体或焊缝 HAZ 区域的消氢处理,消氢处理应按文件化程序进行。

表 2 钢管类型、原料、制造方法及交货状态

钢管类型	原料	制造方法	交货状态	
			热处理	代号
SMLS	连铸管坯或热轧(锻)管坯	热轧(扩)无缝方法制造	正火或正火+回火	N
			淬火+回火	Q
		热轧(扩)和冷拔(轧)无缝方法制造	正火或正火+回火	N
			淬火+回火	Q

表 2 钢管类型、原料、制造方法及交货状态（续）

钢管类型	原料	制造方法	交货状态	
			热处理	代号
HFW	正火轧制钢带(卷)	冷成型后采用频率不小于100 kHz 焊接电流焊接	仅对焊缝区热处理 ^a	N
	热机械轧制钢带(卷)	冷成型后采用频率不小于100 kHz 焊接电流焊接	仅对焊缝区热处理 ^a	M
			焊缝区热处理 ^a 和整根钢管应力释放	M
	轧制或热机械轧制钢带(卷)	冷成型后采用频率不小于100 kHz 焊接电流焊接	正火或正火+回火	N
			淬火+回火	Q
SAW	正火、正火+回火钢带(卷)或钢板	冷成型后自动埋弧焊接	—	N
	热机械轧制或正火态钢带(卷)或钢板		正火或正火+回火	N
	热机械轧制、热机械轧制+回火钢带(卷)或钢板		—	M
	淬火加回火钢板		—	Q
	热机械轧制或正火态钢带(卷)或钢板		淬火+回火	Q
^a 焊缝及热影响区(HAZ)应进行与正火结果相当的热处理。				

7.5 定位焊及对接焊

7.5.1 定位焊应采用连续的熔化极气体保护电弧焊、激光焊和激光电弧复合焊等方式中的一种或几种组合方式。定位焊缝应被后续埋弧焊熔化且与最终焊缝结合,或在焊接前采用机械加工方式去除。

7.5.2 钢管不应有钢带对头焊缝和环焊缝。

7.6 定径或扩径

7.6.1 SAWL 管应全长冷扩径,冷扩径要求应符合表 3 的规定。

7.6.2 公称外径(D)不小于 508 mm 的 SAWH 管,其端头 150 mm 范围内应冷定径,冷定径要求应符合表 3 的规定。

7.6.3 HFW 管可采用定径(扩径或减径)的方法将钢管外径加工至最终尺寸,定径要求应符合表 3 的规定。

表 3 定径或扩径要求

钢管种类	要求
SAW	SAWL 管扩径率范围为 0.4%~1.4%,即: $0.4\% \leq S_r \leq 1.4\%$ SAWH 管端头定径率为不超过 0.3%,即: $S_r \leq 0.3\%$
HFW	HFW 管定径率范围为不超过 1.4%,即: $S_r \leq 1.4\%$

7.6.4 除非合同中另有规定,定(扩)径率(S_r)应按公式(1)计算:

$$S_r = \frac{|D_a - D_b|}{D_b} \times 100\%$$

.....(1)

式中:

- S_r ——定(扩)径率;
- D_a ——定径或扩径后外径,单位为毫米(mm);
- D_b ——定径或扩径前外径,单位为毫米(mm)。

7.6.5 机械扩径过程中,应采用适当的措施,防止内扩径装置与焊缝相接触。

7.7 工艺评定

7.7.1 应按附录 A 的规定进行制造工艺评定,评定合格后方可进行正式生产。当原材料(厂家及轧制工艺)变化、制造工艺变化时应重新进行制造工艺评定。

7.7.2 应按附录 A 的规定对钢管制造过程中影响产品特性的最终操作工序进行确认。

7.7.3 补焊工艺评定应符合附录 B 的规定。

8 技术要求

8.1 钢的牌号和化学成分

8.1.1 当钢管公称壁厚(S)不大于 25 mm 时,钢的牌号和化学成分应符合表 4 的规定。当钢管壁厚大于 25 mm 时,钢的化学成分应由供需双方协商确定。

表 4 钢的牌号和化学成分

牌号	基于熔炼分析和成品分析的化学成分(质量分数) ^{a,b} %									碳当量 %
	C	Si	Mn	P	S	V	Nb	Ti	其他	CE _{Pcm}
	不大于									不大于
SMLS										
L245NH	0.12	0.40	1.20	0.015	0.005	c	c	0.03	d	0.20
L290NH	0.12	0.40	1.20	0.015	0.005	0.05	0.05	0.03	d	0.20
L320NH	0.12	0.40	1.40	0.015	0.005	e	e	e	d	0.20
L360NH	0.12	0.45	1.40	0.015	0.005	e	e	e	d	0.20
L245QH	0.12	0.40	1.20	0.015	0.005	0.04	0.04	0.03	d	0.20
L290QH	0.12	0.40	1.20	0.015	0.005	0.04	0.04	0.03	d	0.20
L320QH	0.12	0.45	1.40	0.015	0.005	0.05	0.05	0.03	d	0.20
L360QH	0.12	0.45	1.40	0.015	0.005	e	e	e	d	0.20
L390QH	0.12	0.45	1.40	0.015	0.005	e	e	e	d	0.20
L415QH	0.12	0.45	1.50	0.015	0.005	e	e	e	d	0.22
L450QH	0.12	0.45	1.50	0.015	0.005	e	e	e	d	0.22
L485QH	0.12	0.45	1.50	0.015	0.005	e	e	e	d	0.22

表 4 钢的牌号和化学成分（续）

牌 号	基于熔炼分析和成品分析的化学成分(质量分数) ^{a、b}									碳当量 %	
	%									其他	CE _{Pcm}
	C	Si	Mn	P	S	V	Nb	Ti	不大于		
不大于										不大于	
HFW、SAW											
L245NH	0.10	0.40	1.20	0.015	0.005	0.05	0.05	0.04	f	0.18	
L290NH	0.10	0.40	1.20	0.015	0.005	0.06	0.05	0.04	f	0.18	
L320NH	0.10	0.40	1.40	0.015	0.005	0.07	0.05	0.04	f	0.18	
L360NH	0.10	0.45	1.40	0.015	0.003	0.10	0.05	0.04	f	0.18	
L245QH	0.10	0.45	1.20	0.015	0.005	0.10	0.05	0.04	f	0.18	
L290QH	0.10	0.45	1.20	0.015	0.005	0.05	0.05	0.04	f	0.18	
L320QH	0.10	0.45	1.40	0.015	0.005	0.05	0.05	0.04	f	0.18	
L360QH	0.10	0.45	1.40	0.015	0.003	e	e	e	f	0.18	
L390QH	0.10	0.45	1.40	0.015	0.003	e	e	e	f	0.18	
L415QH	0.10	0.45	1.50	0.015	0.003	e	e	e	f	0.18	
L450QH	0.10	0.45	1.50	0.015	0.003	e	e	e	f	0.20	
L485QH	0.10	0.45	1.60	0.015	0.003	e	e	e	f	0.20	
L245MH	0.07	0.45	1.20	0.015	0.005	0.05	0.05	0.04	f	0.15	
L290MH	0.07	0.40	1.20	0.015	0.005	0.05	0.05	0.04	f	0.15	
L320MH	0.07	0.40	1.40	0.015	0.005	0.05	0.05	0.04	f	0.15	
L360MH	0.07	0.45	1.40	0.015	0.003	e	e	e	f	0.15	
L390MH	0.07	0.45	1.40	0.015	0.003	e	e	e	f	0.15	
L415MH	0.07	0.45	1.50	0.015	0.003	e	e	e	f	0.15	
L450MH	0.07	0.45	1.50	0.015	0.003	e	e	e	f	0.17	
L485MH	0.07	0.45	1.60	0.015	0.003	e	e	e	f	0.17	
^a C 含量比规定最大 C 含量每降低 0.01%，则 Mn 含量可比规定值增加 0.05%，但增加值应不超过 0.20%。 ^b 不应有意加入 B，残余 B 含量应不大于 0.000 5%；Al 含量应不大于 0.060%；N 含量应不大于 0.012%；Al/N 比 应不小于 2：1(不适用 Ti 镇静钢或 Ti 处理钢)；氧(O)的熔炼分析含量应不大于 0.003 0%。 ^c Nb+V≤0.06%。 ^d 除合同中另有规定，Cu≤0.20%，Ni≤0.30%，Cr≤0.30%，Mo≤0.15%，H≤0.000 2%(成品分析)，Ca≤0.006%。 ^e Nb+V+Ti≤0.15%。 ^f 除合同中另有规定，Cu≤0.30%，Ni≤0.30%，Cr≤0.30%，Mo≤0.15%，H≤0.000 2%(熔炼分析)。											

- 8.1.2 钢管成品分析的碳当量 CE_{Pcm} 应按公式(2)计算。式中化学元素符号表示质量百分数。
- $$CE_{Pcm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad \dots\dots\dots(2)$$
- 8.1.3 当 B 的熔炼分析结果小于 0.000 5% 时，在成品分析中可不分析 B，在碳当量 CE_{Pcm} 计算中可将

B 含量视为 0。

8.2 力学性能

8.2.1 拉伸

钢管的拉伸性能应符合表 5 的规定。

表 5 钢管的拉伸性能

强度等级	无缝管和焊管管体						HFW 和 SAW 管焊缝
	规定总延伸强度($R_{t0.5}$) MPa		抗拉强度 (R_m) MPa		屈强比 ^a ($R_{t0.5}/R_m$)	断后伸长率 (A_f) %	抗拉强度 (R_m) MPa
	不小于	不大于	不小于	不大于	不大于	不小于	不小于
L245	245	415	415	565	0.90	b	415
L290	290	440	415	565	0.90	b	415
L320	320	470	435	585	0.90	b	435
L360	360	480	460	610	0.90	b	460
L390	390	510	490	640	0.90	b	490
L415	415	535	520	670	0.92	b	520
L450	450	570	535	685	0.92	b	535
L485	485	605	570	690	0.93	b	570
^a 仅适用于公称外径大于 323.9 mm 的钢管。 ^b 在 50 mm 的标距长度上,规定断后伸长率($A_{50\text{ mm}}$,以百分数表示,且被圆整到最邻近的百分数)应按公式(3)确定: $A_{50\text{ mm}}=C\frac{A_{XC}^{0.2}}{U^{0.9}}\dots\dots\dots(3)$ 式中: C ——取 1 940; A_{XC} ——适用的拉伸试样横截面积,单位为平方毫米(mm^2),具体如下所示: a) 圆棒试样:直径 12.7 mm 和 8.9 mm 的圆棒试样为 130 mm^2;直径 6.4 mm 的圆棒试样为 65 mm^2; b) 全截面试样取 1)485 mm^2 和 2)采用钢管公称外径和公称壁厚计算的试样横截面积中的较小者,修约至最邻近的 10 mm^2; c) 板状试样取 1)485 mm^2 和 2)采用试样规定宽度和规定壁厚计算的试样横截面积中的较小者,修约至最邻近的 10 mm^2; U ——规定最小抗拉强度,单位为兆帕(MPa)。							

8.2.2 夏比 V 型缺口(CVN)冲击

8.2.2.1 无缝管及焊管管体

8.2.2.1.1 无缝管及焊管管体的夏比 V 型缺口冲击吸收能量应符合表 6 的规定;同一组 3 个试样的断口剪切面积平均值应不小于 85%,单个值应不小于 70%。冲击试验温度应为-10℃。

表 6 冲击吸收能量

试样尺寸 mm×mm	管体横向冲击吸收能量(KV _s) J		管体纵向冲击吸收能量(KV _s) J	
	单个试样值	一组 3 个试样平均值	单个试样值	一组 3 个试样平均值
标准尺寸(10×10)	≥71	≥94	≥88	≥118
注：该验收指标要求是基于摆锤锤刃半径 8 mm 时的要求。如果锤刃半径为 2 mm,则验收指标由供需双方协商确定。				

8.2.2.1.2 经供需双方协商,并在合同中注明,可在低于规定试验温度下进行冲击试验,但测出的冲击吸收能量和剪切面积值应符合规定温度下的要求值。

8.2.2.1.3 对于有延性断裂止裂要求的管道,按 GB/T 9711 相关要求,由需方确定止裂所需的冲击吸收能量。

8.2.2.2 焊缝及热影响区

焊管焊缝及热影响区标准尺寸试样在-10℃时或合同规定更低试验温度时,一组 3 个试样冲击吸收能量平均值应符合以下规定,且单个试样值应不小于规定平均值的 75%:

- a) 当强度等级低于 L415 时,不小于 40 J;
- b) 当强度等级不低于 L415 时,不小于 60 J。

8.2.2.3 小尺寸试样吸收能量

宜采用标准尺寸试样进行冲击试验。如预期吸收能量超过冲击试验机满刻度量程的 80%时,可采用邻近的较小尺寸试样。采用小尺寸试样时,要求的最小平均(同一组的 3 个试样)吸收能量应为标准尺寸试样的规定吸收能量和小尺寸试样厚度与标准尺寸试样厚度比值的乘积,计算结果修约至最邻近的焦耳值。

8.2.3 落锤撕裂(DWT)

8.2.3.1 公称外径不小于 508 mm 的焊管应进行 DWT 试验,试验温度为 0℃,试验结果应符合表 7 的规定。经供需双方协商,并在合同中注明,可采用更低的试验温度。当厚度大于 25.0 mm 时,落锤性能应由供需双方协商确定。

表 7 落锤撕裂试验要求

强度等级	剪切面积百分数(SA)	
	单个值	2 个试样平均值
L245~L485	≥70%	≥85%

8.2.3.2 根据需方要求,经供需双方协商,公称外径不小于 508 mm 的无缝钢管可进行 DWT 试验,其试验要求由供需双方协商确定。

8.2.4 硬度

钢管管体、焊缝和 HAZ 的硬度值应符合表 8 的规定。

表 8 硬度值

强度等级	硬度值 (HV10)	
	管体	焊缝、HAZ
L245~L290	≤200	≤220
L320~L390	≤230	≤235
L415~L485	≤240	≤250

8.3 液压

8.3.1 钢管应逐根进行液压试验。在试验压力下,稳压时间应符合表 9 的规定,钢管不应出现渗漏及变形现象。

表 9 液压稳压时间

公称外径(D) mm	稳压时间 s
≤457	≥5
>457	≥10

8.3.2 平端钢管的液压试验压力(P)按公式(4)计算,计算值修约间隔为 0.1 MPa。

$$P = 2St / D \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- S —— 环向应力,单位为兆帕(MPa),按表 10 给出的百分数进行计算;
- t —— 钢管公称壁厚,单位为毫米(mm);
- D —— 钢管公称外径,单位为毫米(mm)。

表 10 确定 S 的最小规定总延伸强度的百分数

强度等级	公称外径(D) mm	确定 S 的最小规定总延伸强度的百分数	
		标准试验压力	选用试验压力
L245 ^a	全部	65	80
L290~L485	≤219	75 ^b	75 ^c
	>219~<508	90 ^b	90 ^c
	≥508	90 ^b	95 ^c
^a 公称外径不大于 88.9 mm 的钢管,试验压力可不超过 17 MPa;公称外径大于 88.9 mm 的钢管,试验压力可不超过 19 MPa。 ^b 标准试验压力可不超过 20.5 MPa。 ^c 公称外径不大于 406.4 mm 的钢管,选用试验压力可不超过 50.0 MPa;公称外径大于 406.4 mm 的钢管,选用试验压力可不超过 25.0 MPa。			

8.3.3 在液压试验中如采用了产生轴向压应力的端面密封堵头,当规定试验压力产生的环向应力超过最小规定总延伸强度的 90%时,液压试验压力(P)可用公式(5)确定,计算值修约间隔为 0.1 MPa。但

实际压力应不低于按公式(4)采用最小规定总延伸强度 90%的计算值。

$$P = \frac{S - (P_R \times A_R) / A_P}{D / 2t - A_1 / A_P} \dots\dots\dots (5)$$

- 式中：
- S —— 环向应力,单位为兆帕(MPa),其值等于表 10 所示百分数与最小规定总延伸强度的乘积；
 - P_R —— 端面密封液压缸内压力,单位为兆帕(MPa)；
 - A_R —— 端面密封液压缸横截面积,单位为平方毫米(mm²)；
 - A_P —— 管壁横截面积,单位为平方毫米(mm²)；
 - D —— 钢管公称外径,单位为毫米(mm)；
 - t —— 钢管公称壁厚,单位为毫米(mm)；
 - A₁ —— 钢管内径横截面积,单位为平方毫米(mm²)。

8.3.4 当环向应力达到钢管最小规定总延伸强度的 95%及以上时,经供需双方协商,可用最小允许壁厚(t_{min})代替公称壁厚,以确定要求的试验压力。

8.4 工艺性能

8.4.1 压扁

HFW 钢管应进行压扁试验。压扁试验应符合以下规定：

- a) 对于 t≥12.7 mm 且强度等级大于或等于 L415 的钢管,两平板间距离达到钢管公称外径的 66%时,焊缝不应出现开裂;其余公称壁厚、强度等级的钢管,其两平板间距离达到钢管公称外径的 50%时,焊缝不应出现开裂；
- b) 对于 D/t>10 的钢管,继续压扁,两平板间距离达到钢管公称外径的 33%时,除焊缝之外的金属不应出现裂纹或断裂；
- c) 对所有钢管,继续压扁,直到钢管的管壁贴合为止,在整个压扁试验过程中,不应出现分层或金属过烧现象。

8.4.2 导向弯曲

SAW 钢管应进行导向弯曲试验,试验后,试样不应出现以下情况：

- a) 完全断裂；
- b) 无论深度如何,在焊缝金属处出现长度大于 3.2 mm 的裂纹或断裂；
- c) 在母材金属、HAZ 或熔合线处出现长度大于 3.2 mm 且深度大于公称壁厚 12.5%的裂纹或断裂；
- d) 试验过程中试样边缘出现长度大于 3.2 mm 的裂纹。

8.5 金相

8.5.1 晶粒度、带状组织

钢管管体的晶粒度应符合表 11 的规定,带状组织应符合表 12 的规定。

表 11 晶粒度

强度等级	晶粒度	
	焊管	无缝管
L245~L360	正火态为 7 级或更细,其余为 8 级或更细	正火态为 7 级或更细,其余为 8 级或更细
L390~L485	9 级或更细	8 级或更细

表 12 带状组织

强度等级	带状组织	
	焊管	无缝管
L245~L360	正火态不大于 3 级,其余不大于 2 级	调质态不大于 3 级,正火态不大于 3.5 级
L390~L485	不大于 2 级	

8.5.2 焊缝金相

- 8.5.2.1 SAW 钢管应在制造时进行焊缝金相检验,提供低倍和金相检验的照片,金相检验照片应能显示内焊道、外焊道和 HAZ 的组织。
- 8.5.2.2 SAW 钢管应进行宏观照相检验,焊缝焊偏量及焊缝高度应分别符合 8.8.7 和 8.8.8.2 的规定。
- 8.5.2.3 HFW 钢管应采用焊缝横截面金相检验方法证实已对整个 HAZ 进行热处理,金相组织应无未回火马氏体等异常组织。

8.5.3 非金属夹杂物

钢管管体应做非金属夹杂物检验。钢管的非金属夹杂物按 GB/T 10561—2023 中 A 法评级,其合格级别应符合表 13 的规定。

表 13 非金属夹杂物

A		B		C		D		DS	A+B+C+D	
细系	粗系	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	≤2.0	≤4.0	≤4.0

8.6 气态氢环境性能

8.6.1 通用要求

- 8.6.1.1 在符合以下任一情况时,钢管应进行气态氢环境试验：
- a) 制造工艺评定时；
 - b) 钢管的材料、工艺、装备有较大改变,可能影响性能时；
 - c) 需方有规定时。
- 8.6.1.2 气态氢环境试验应至少包括慢应变速率拉伸(SSRT)、断裂韧度、疲劳寿命、疲劳裂纹扩展等试验中的两项试验,且至少应包括断裂韧度试验。

8.6.2 慢应变速率拉伸

以断面收缩率评价的氢脆敏感性指数按公式(6)计算。L415 及以下强度等级钢管氢脆敏感性指数 (HEI_{φ})应不大于 45%,且氢气环境断面收缩率应不小于 50%;L450 及以上强度等级钢管的氢脆敏感性指数、氢气环境断面收缩率的要求由供需双方协商确定。

$$HEI_{\varphi} = \frac{\varphi_0 - \varphi_H}{\varphi_0} \times 100\%$$

.....(6)

式中：

HEI_{φ} —— 氢脆敏感性指数；

- φ_0 ——对比环境下慢应变速率拉伸的平均断面收缩率, %;
- φ_H ——氢气环境下慢应变速率拉伸的平均断面收缩率, %。

8.6.3 断裂韧度

断裂韧度试验温度为室温, 钢管的断裂韧度(用 $J_{0.2BL}$ 或 $\delta_{0.2BL}$ 转换的断裂韧度)应不小于 $55 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

8.6.4 疲劳寿命

当试样断裂或达到 10^5 次循环后终止试验, 试验结果仅提供数值, 不作验收条件。

8.6.5 疲劳裂纹扩展

提供疲劳裂纹扩展试验结果, 不作验收条件。试验结果应包括 da/dN 与 ΔK 的关系曲线和拟合的 Paris 公式。

注: da/dN ——疲劳裂纹扩展速率, 即力循环一次的疲劳裂纹长度的扩展量; ΔK 为应力强度因子范围。

8.7 无损检测

8.7.1 通则

- 8.7.1.1 沿圆周方向尺寸大于 6.4 mm 且面积大于 100 mm^2 的分层缺欠应判为缺陷。
- 8.7.1.2 对于公称壁厚不小于 5.0 mm 的钢管, 按 GB/T 20490 规定的自动/半自动检验系统要求, 或采用手动方法, 对距端头 50 mm 范围内钢管进行分层缺欠超声检测。供需双方协商, 并在合同中注明, 可对距端头 100 mm 范围内钢管进行分层缺欠超声检测。
- 8.7.1.3 经供需双方协商, 并在合同中注明, 可按 GB/T 42673 的规定对每根钢管的端面/坡口面进行分层缺欠磁粉检测。圆周方向尺寸大于 6.4 mm 的分层缺欠应判为缺陷。
- 8.7.1.4 对无损检测发现的缺陷进行修磨后, 应通过局部外观检查验证缺陷是否彻底清除, 必要时辅以适当的无损检测方法进行验证。
- 8.7.1.5 局部可疑区域(修磨或未修磨)的手动无损检测所采用的检验灵敏度、检验参数和验收等级(对比标样刻槽深度)应与可疑钢管初始检验所采用的检验灵敏度、检验参数和验收等级相同, 手动超声检测扫查速度应不大于 150 mm/s 。

8.7.2 SMLS 管

- 8.7.2.1 应进行全管体纵向缺欠的超声检测, 验收等级应符合 GB/T 5777 中 U2/C 的规定。
- 8.7.2.2 应进行分层缺欠超声检测, 自动检测覆盖面应不小于钢管表面的 50%。超过验收极限的单个分层和/或分布密度的分层应判为缺陷, 验收极限应符合表 14 的规定。

表 14 分层缺欠的验收极限

服役条件	最大单个缺欠		考虑的最小缺欠尺寸			最大分布密度 ^a
	面积 mm ²	长度 mm	面积 mm ²	长度 mm	宽度 mm	
管体(或钢带/钢板)						
输氢环境	500	—	150	15	8	10 个 [每 500 mm×500 mm 的正方形] ^b

表 14 分层缺欠的验收极限（续）

服役条件	最大单个缺欠		考虑的最小缺欠尺寸			最大分布密度 ^a
	面积 mm ²	长度 mm	面积 mm ²	长度 mm	宽度 mm	
输氢环境， 如果协议	100	—	30	5	5	5 个 [每 500 mm×500 mm 的正方形] ^b
钢板/钢带边缘或邻近焊缝区域 ^c						
输氢环境	100	20	—	10	—	3 个 [每 1.0 m 长度上]
注 1：管体（或钢带/钢板上）的缺欠大于最小缺欠尺寸是指该缺欠最小面积、最小长度和最小宽度均大于表中规定值。 注 2：为确定可疑区域的范围，当两个相邻可疑区域的间距小于该相邻可疑区域的两个较小轴向尺寸中的较小值时，这两个区域视为一个区域。						
^a 小于最大缺欠尺寸且大于最小缺欠尺寸的缺欠数量。 ^b 对于公称外径小于 168.3 mm 的钢管或宽度小于 500 mm 的钢带/钢板，缺欠的最大分布密度按照 0.25 m² 面积上的缺欠数量计算。 ^c 钢带/钢板边缘最大缺欠的面积为平行于钢带/钢板边缘的最大缺欠长度和其横向尺寸的乘积，如果其长度或横向尺寸中有一项超过最大单个缺欠规定，则该缺欠按最大单个缺欠判定。						

8.7.2.3 应进行全周向壁厚超声自动检测，覆盖面应不小于钢管表面的 25％。经供需双方协商，并在合同中注明，可规定较大的覆盖面要求。

8.7.2.4 经供需双方协商，并在合同中注明，可增加以下一种或多种无损检测：

- a) 按 GB/T 5777 中验收等级 U2/C 的规定，进行全管体横向缺欠超声检测；
- b) 按 GB/T 12606 中验收等级 F2 的规定，进行全管体纵向和/或横向缺欠漏磁检测；
- c) 按 GB/T 7735 中验收等级 E2H 或 E2 的规定，进行全管体涡流检测；
- d) 按 GB/T 42673 中验收等级 M4 的规定，在每熔炼炉或每 50 根为一批中（取数量较小者）随机抽取一根钢管进行全管体磁粉检验。检验前应对钢管进行喷丸或喷砂处理，处理后的外表面应达到 GB/T 8923.1—2011 规定的 Sa2½ 级。

8.7.3 HFW 管

8.7.3.1 焊缝

应对 HFW 管焊缝全长进行纵向缺欠超声检测，并按下列验收等级之一进行验收：

- a) GB/T 42664，验收等级为 U2/U2H；
- b) GB/T 5777，验收等级为 U3。

8.7.3.2 管体分层缺欠

钢管或钢带应进行分层缺欠自动超声检测，检测覆盖面应不小于钢管表面的 50％，验收极限应符合表 14 的规定。

8.7.3.3 钢带边缘或邻近焊缝区域的分层缺欠

钢带两侧边缘或邻近焊缝区域两侧宽度各不小于 15 mm 的范围应进行分层缺欠超声检测，验收极限应符合表 14 的规定。

8.7.3.4 补充无损检验

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可对管体进行纵向缺欠超声检测或漏磁检测,超声检测验收等级应符合 GB/T 5777 中 U3/C 或 U2/C 的规定;漏磁检测验收等级应符合 GB/T 12606 中 F3 或 F2 的规定。

8.7.4 SAW 管

8.7.4.1 焊缝射线检测

埋弧焊钢管焊缝全长应进行数字射线检测,其中钢管端头 200 mm 焊缝和补焊焊缝应进行射线胶片检测或数字射线成像检测。管体焊缝检测应在冷扩径或冷定径后进行。焊缝射线检测缺陷验收等级应符合 GB/T 9711 的评定规定。

8.7.4.2 焊缝纵向和横向缺欠的超声检测

应对 SAW 管焊缝全长进行纵向缺欠和横向缺欠超声检测,验收等级应符合 GB/T 42664 中 U2 的规定。

8.7.4.3 管体和钢带/钢板边缘的分层缺欠

8.7.4.3.1 应对管体或钢带/钢板分层缺欠进行自动超声检测,相应服役条件的验收极限应符合表 14 的规定,检测覆盖面应不小于钢管表面的 50%。这种检测可在钢带/钢板制造厂进行,也可在钢管制造厂进行。

8.7.4.3.2 应对钢带(卷)/钢板两侧边缘宽度各不小于 15 mm 的范围进行分层缺欠超声检测,验收极限应符合表 14 中钢板/钢带边缘或邻近焊缝区域的相应规定。

8.7.4.4 端头/补焊区域焊缝

8.7.4.4.1 自动超声检测设备无法检测的端头焊缝和补焊区域焊缝,应按下列规定进行检测:

- a) 纵向缺欠采用手动或半自动超声检测,经供需双方协商,并在合同中注明,也可进行射线检测;
- b) 横向缺欠采用手动或半自动超声检测,经供需双方协商,并在合同中注明,也可进行射线检测。

8.7.4.4.2 手动超声检测扫查速度应不大于 150 mm/s。

8.7.4.5 补充无损检验

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可对每根钢管两端最少 50 mm 长度的外焊缝和内焊缝进行磁粉检测,磁粉检测应按 GB/T 42673 的规定,任何超过 3.0 mm 的指示应按附录 C 中 C.2 的规定进行核查和处置。

8.8 表面质量

8.8.1 表面缺陷

钢管的内外表面不应有重皮、裂纹、结疤、折叠、气泡和夹杂。

8.8.2 焊缝缺陷

8.8.2.1 咬边

SAW 管上的咬边应符合以下规定:

- a) 深度不大于 0.4 mm 的咬边可接收(不考虑咬边长度),并按 C.1 的规定进行处置;
- b) 深度大于 0.4 mm 但不大于 0.8 mm 的咬边可接收,但应按 C.2 的规定处置并符合以下规定:
 - 1) 单个长度不大于 0.5t;
 - 2) 单个深度不大于 0.1t;
 - 3) 在任意 300 mm 长度的焊缝上,这样的咬边不超过一个;
- c) 超过 8.8.2.1 b)规定的咬边应判为缺陷,且应按 C.3 的规定进行处置。

注:咬边通过目视检查定位。

8.8.2.2 电弧烧伤

8.8.2.2.1 电弧烧伤应判为缺陷。

8.8.2.2.2 带有电弧烧伤的钢管,应按附录 C 的规定处理。采用磨削、铲除或机械加工方法清除电弧烧伤时,应用 10% 的过硫酸铵溶液或 5% 的硝酸乙醇腐蚀液检查电弧烧伤的金属是否完全清除。

8.8.3 分层或夹杂

扩展到钢管表面或坡口面上,且外观检查周向长度大于 6.4 mm 的任何分层或夹杂应判为缺陷。有这种缺陷的钢管应被拒收或切除,直到端头上没有这样的分层或夹杂存在。

8.8.4 局部几何尺寸偏离

8.8.4.1 除摔坑外,钢管成型工艺或制造操作造成的钢管实际轮廓相对于钢管正常圆柱轮廓的几何尺寸偏离(如扁平块或噉嘴等)应符合:管体不超过 3.2 mm,焊缝不超过 1.5 mm。不应采用扩管、锤击等方法进行几何尺寸偏离修补,超过规定极限值时应按附录 C 的规定进行处置。

8.8.4.2 摔坑的长度应不大于 0.5D,且深度应不超过下列规定(摔坑深度指凹陷的最低点与钢管正常轮廓延伸部分之间的间距),超过规定极限值的摔坑应判为缺陷,并按附录 C 的规定进行处置:

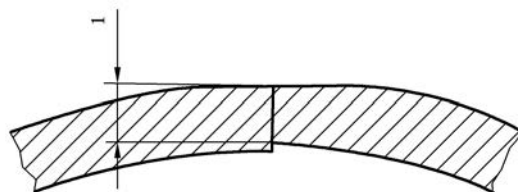
- a) 冷态成型并带有尖底划伤的摔坑,3.2 mm;
- b) 其他摔坑,6.4 mm。

8.8.5 硬块

长度大于 50 mm 且硬度值超过 250 HV10 的硬块,应判为不合格。对不合格硬块应切除或整根钢管拒收。

8.8.6 错边

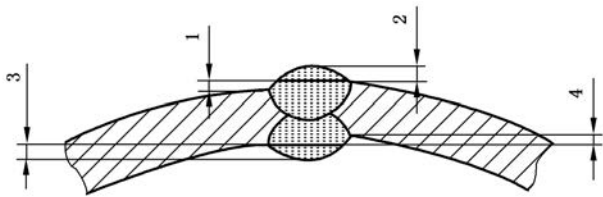
对 HFW 管,钢带边缘的径向错边不应使钢管焊缝处的剩余壁厚(见图 1)小于最小允许壁厚。对 SAW 管,钢板或钢带边缘的径向错边(见图 2)应符合表 15 的规定。



标引序号说明:

1——焊缝处剩余壁厚。

图 1 HFW 管焊缝处剩余壁厚



标引序号说明：
1——外部错边；
2——外焊道高度；
3——内焊道高度；
4——内部错边。

图 2 SAW 管钢带/钢板边缘错边和焊道高度

表 15 SAW 管错边

单位为毫米

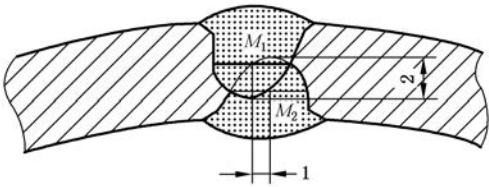
公称壁厚(t)	错边	
	管体	端头
	不大于	
≤ 15.0	1.0	0.8
$> 15.0 \sim 25.0$	$0.1t$ 且不大于 2.0	$0.08t$ 且不大于 1.6
> 25.0	2.0	1.6

8.8.7 SAW 管焊偏及重合量

8.8.7.1 SAW 管焊道焊偏(见图 3)应符合以下规定：

- a) 无损检测结果表明焊道完全焊透和熔合；
- b) 对于公称壁厚 $t \leq 25.4$ mm 的钢管,偏移量不超过 3 mm；
- c) 对于公称壁厚 $t > 25.4$ mm 的钢管,偏移量不超过 4 mm。

8.8.7.2 内外焊重合量(见图 3)应不小于 1.0 mm。



标引符号说明：
 M_1 、 M_2 ——横穿焊道两条平行线的中点,该两线平行于钢管表面切线,并通过内焊道和外焊道熔合线的交点；
1 ——偏移量,分别通过点 M_1 和点 M_2 ,且垂直于钢管表面切线的两条线之间的距离；
2 ——重合量。

图 3 SAW 管焊道焊偏

8.8.8 毛刺或焊缝高度

8.8.8.1 对于 HFW 管,焊缝毛刺应符合以下规定：

- a) 外毛刺应去除到(与母材)基本平齐;
- b) 内毛刺不应超出钢管轮廓 1.5 mm;
- c) 毛刺去除处的壁厚不应小于最小允许壁厚;
- d) 清除内毛刺所形成的刮槽深度应符合表 16 的规定。

表 16 HFW 管刮槽深度

单位为毫米

公称壁厚(<i>t</i>)	刮槽深度 ^a
≤4.0	≤0.10 <i>t</i>
>4.0~8.0	≤0.40
>8.0	≤0.05 <i>t</i>
^a 刮槽深度为距焊线约 25 mm 处测得的壁厚与刮槽处最小壁厚之差。	

8.8.8.2 对于 SAW 管,焊缝高度应符合以下规定:

- a) 除咬边处外,内外熔敷焊道(顶部)不应低于邻近钢管表面;
- b) 焊道应与邻近钢管表面平滑过渡;
- c) 应采用修磨方法将钢管端头至少 100 mm 范围内的内焊道余高去除,修磨后的焊道应不高出邻近钢管表面 0.5 mm,钢管其余部分内焊道高出邻近钢管表面的值应符合表 17 的规定;
- d) 外焊道高出邻近钢管表面的值应符合表 17 的规定;
- e) 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管端头至少 150 mm 范围内的外焊道余高可采用修磨方法去除,修磨后的焊道应不高出邻近钢管表面 0.5 mm。

表 17 SAW 管焊道高度(除端头外)

单位为毫米

公称壁厚(<i>t</i>)	焊道高度 ^a	
	内焊道	外焊道
≤13	≤3.0	≤2.5
>13	≤3.5	≤3.0
^a 超过允许高度的焊道可修磨至允许高度。		

8.8.9 焊缝噉嘴

焊缝两侧 50 mm 弧长范围内的局部区域与钢管理想圆弧的内径径向差应不大于 1.5 mm。

8.9 尺寸、外形、重量及允许偏差

8.9.1 外径和壁厚

- 8.9.1.1 钢管应按公称外径和公称壁厚交货。根据需方要求,经供需双方协商,钢管可按公称外径和最小壁厚交货。
- 8.9.1.2 钢管的公称外径和公称壁厚应符合 GB/T 17395 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,可供应 GB/T 17395 规定以外尺寸的钢管。
- 8.9.1.3 钢管外径允许偏差应符合表 18 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,可供应表 18 规定以

外外径允许偏差的钢管。

表 18 外径允许偏差

单位为毫米

钢管类型	公称外径(D)	端头外径允许偏差 ^a	管体外径允许偏差
焊管	≤ 610	$\pm 0.5\% D$ 或 ± 1.6 , 两者取绝对值较小值	$\pm 0.75\% D$ 或 ± 3 , 两者取绝对值较小值
	> 610	± 1.6	$\pm 0.5\% D$ 或 ± 4 , 两者取绝对值较小值
无缝管	≤ 610	$\pm 0.5\% D$ 或 ± 1.6 , 两者取绝对值较小值	$\pm 0.75\% D$
	> 610	± 2.0	$\pm 1.0\% D$
^a 端头是指距管端 150 mm 长度范围内的一段钢管。			

8.9.1.4 钢管壁厚允许偏差应符合表 19 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应表 19 规定以外壁厚允许偏差的钢管。

表 19 壁厚允许偏差

单位为毫米

钢管类型	公称壁厚(t)	允许偏差 ^a
无缝管 ^b	≤ 4.0	$+0.6$ -0.5
	$> 4.0 \sim 25$	$+0.15t$ $-0.125t$
	> 25	$\pm 0.1t$
焊管 ^{c,d}	≤ 5.0	± 0.5
	$> 5.0 \sim 15$	$\pm 0.1t$
	> 15	$\pm 0.08t$ 或 ± 1.5 , 两者取较小值
^a 如果订货合同规定的壁厚下偏差比本表给出的对应数值小,则可根据相应偏差范围增加壁厚上偏差。 ^b 对于公称外径不小于 355.6 mm 且公称壁厚不小于 25 mm 的钢管,其局部壁厚的允许上偏差可增加 0.05 t 。 ^c 壁厚上偏差不适用于焊缝区域。 ^d 附加要求见 8.8.8。		

8.9.2 不圆度

钢管的不圆度应符合表 20 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应表 20 规定以外不圆度的钢管。

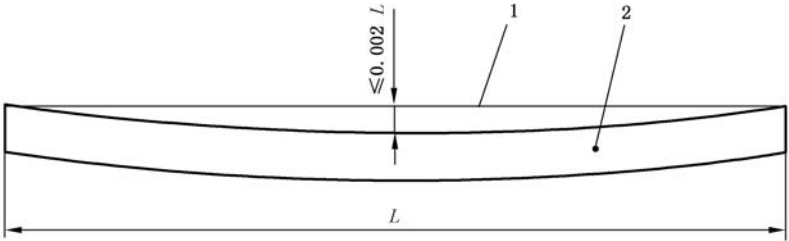
表 20 不圆度

公称外径(D) mm	不圆度			
	焊管		无缝管	
	端头	管体	端头	管体
≤610	1%D	1.5%D	1.5%D	2%D
>610	0.8%D 或 8 mm， 两者取较小值	1%D 或 10 mm， 两者取较小值	1%D 或 13 mm， 两者取较小值	1.5%D 或 15 mm， 两者取较小值

8.9.3 弯曲度

钢管的弯曲度应符合以下规定：

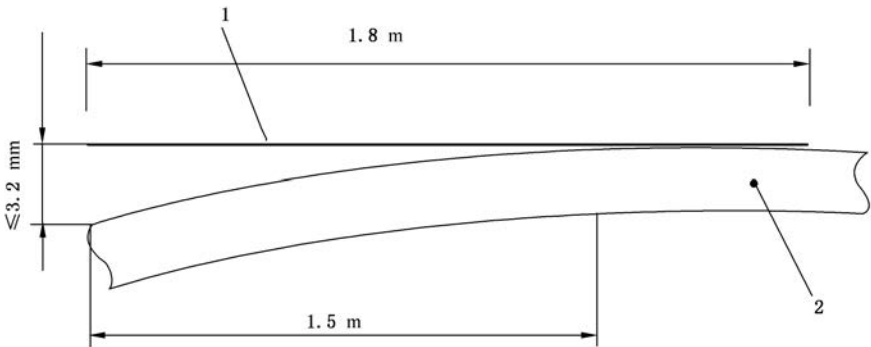
- a) 钢管全长弯曲度应不大于钢管长度的 0.2%，如图 4 所示；
- b) 在每个端头 1.5 m 长度范围内的钢管相对于直线的局部偏离应不大于 3.2 mm，如图 5 所示。



标引序号说明：

- 1——拉紧的线或钢丝；
- 2——钢管；
- L ——钢管长度。

图 4 全长弯曲度测量



标引序号说明：

- 1——长度不小于 1.8 m 的平尺；
- 2——钢管。

图 5 端部弯曲度测量

8.9.4 长度

除合同中另有规定，钢管的长度范围应为 8.0 m～12.2 m，同一合同交付钢管的平均长度应不小于 11.5 m。

8.9.5 端头

- 8.9.5.1 钢管应以平端交货,端头应无毛刺。
- 8.9.5.2 除合同中另有规定,平端钢管的端面应加工焊接坡口。坡口角度应为 30°,允许偏差为^{+5°}_{0°},坡口角度以钢管轴线的垂线为基准测量;钝边尺寸应为 1.6 mm,允许偏差为±0.8 mm。
- 8.9.5.3 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,平端钢管的端面可加工其他形式的坡口。
- 8.9.5.4 对 SMLS 管进行内表面加工或修磨时,以纵向轴线为基准测量的内锥角应符合表 21 的规定。

表 21 SMLS 管内锥角

公称壁厚(<i>t</i>) mm	最大内锥角 (°)
<10.5	≤7.0
10.5~<14	≤9.5
14~<17	≤11.0
≥17	≤14.0

- 8.9.5.5 对于外径大于 114.3 mm 的焊管,去除内毛刺后以纵向轴线为基准测量的内锥角应不大于 7.0°。
- 8.9.5.6 端头切斜应符合以下规定:
- a) 公称外径不小于 610 mm 钢管,应对距离端头 610 mm 范围的管段测量端头切斜;
 - b) 公称外径小于 610 mm 钢管,由供方选择距离端头一个长度范围的管段测量端头切斜,该管段长度应介于 610 mm 和该钢管外径之间;
 - c) 切斜应不大于 1.6 mm,切斜为钢管端面与测量臂之间的最大间隙值。

8.9.6 重量

8.9.6.1 交货重量

钢管按理论重量交货,也可按实际重量交货。

8.9.6.2 理论重量计算

钢管理论重量按公式(7)计算。

$$W_L=0.024\ 66(D-t)tL\cdots\cdots\cdots(7)$$

式中:

W_L ——一根长度为 L 的钢管理论重量,单位为千克(kg);

D ——钢管的公称外径,单位为毫米(mm);

t ——钢管的公称壁厚,单位为毫米(mm);

L ——钢管的长度,单位为米(m)。

8.9.6.3 重量允许偏差

- 8.9.6.3.1 单根钢管重量允许偏差为⁺¹⁰_{-3.5} %。
- 8.9.6.3.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可规定整批钢管重量允许偏差。

9 试验方法

9.1 化学成分分析

- 9.1.1 熔炼成分应在冶炼过程中取样分析,并提供分析结果。
- 9.1.2 成品分析试样可从钢管、钢板、钢带(卷)上截取。如在钢板、钢带(卷)取样,其取样位置应与钢管取样位置相对应。
- 9.1.3 化学成分分析取样应遵守 GB/T 20066 的规则。化学成分分析通常遵守 GB/T 4336、GB/T 11261、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20125、YB/T 4307 或其他通用方法的规定,仲裁时应遵守 GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.14、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.59、GB/T 223.63、GB/T 223.77、GB/T 223.78、GB/T 223.82、GB/T 223.84、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 11261、GB/T 20125 的规定。

9.2 拉伸试验

- 9.2.1 管体拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定进行,试样按 GB/T 2975 和附录 D 的规定制备;焊缝横向拉伸试验按 GB/T 2651 的规定进行。
- 9.2.2 对于管体试验,应测定规定总延伸强度($R_{t0.5}$)、抗拉强度和断后伸长率百分比,应报告标距长度为 50 mm 的断裂后伸长率百分比。对于标距长度小于 50 mm 的试样,将所测量的断后伸长率换算为 50 mm 内的断后伸长率百分比。拉伸试样不应热压平、人工时效或热处理(除去应力热处理外)。
- 9.2.3 规定总延伸强度应为试样标距长度内产生 0.5% 总伸长(用引伸计测定)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;如采用全截面试样亦应予以注明。
- 9.2.4 代表钢管全壁厚的矩形试样应按附录 D 制备,横向试样应压平,也可使用由未经压平的样品加工的圆棒试样。纵向试样可采用矩形试样或圆棒试样;对于公称壁厚不小于 19.0 mm 的钢管,当纵向拉伸采用圆棒试样时,其直径应为 12.7 mm。
- 9.2.5 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,焊缝余高应去除。

9.3 冲击试验

- 9.3.1 应按照 GB/T 2975 和附录 D 的规定取样。
- 9.3.2 试样的尺寸、来源和方向应符合表 22 的规定。对表 22 所列公称外径和公称壁厚的钢管,应进行横向夏比 V 型缺口冲击试验。对于壁厚较薄而无法加工表中最小尺寸(1/2)横向试样的钢管,应取纵向试样进行试验。对于无法加工纵向最小尺寸试样(1/2)的钢管,冲击试验不做要求。

表 22 钢管尺寸和钢管要求的冲击试样间的关系

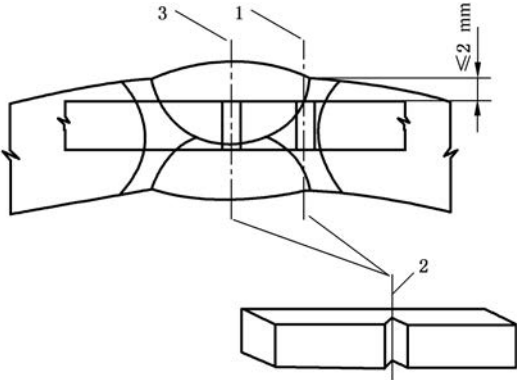
公称外径 (D) mm	公称壁厚 (t) mm		
	CVN 试验试样尺寸、来源和方向		
	标准尺寸 ^a	3/4 ^a (试样厚度为 7.5 mm)	1/2 ^a (试样厚度为 5 mm)
141.3~<168.3	≥11.9	9.8~<11.9	8.6~<9.8
168.3~<219.1	≥11.7	9.2~<11.7	7.6~<9.2

表 22 钢管尺寸和钢管要求的冲击试样间的关系（续）

公称外径 (<i>D</i>) mm	公称壁厚 (<i>t</i>) mm		
	CVN 试验试样尺寸、来源和方向		
	标准尺寸 ^a	3/4 ^a (试样厚度为 7.5 mm)	1/2 ^a (试样厚度为 5 mm)
219.1~<273.1	≥11.4	8.9~<11.4	6.5~<8.9
273.1~<323.9	≥11.2	8.7~<11.2	6.2~<8.7
323.9~<355.6	≥11.1	8.6~<11.1	6.1~<8.6
355.6~<406.4	≥11.1	8.6~<11.1	6.1~<8.6
≥406.4	≥11.0	8.5~<11.0	6.0~<8.5
注：如表所示的横向试样尺寸限制是基于未压平、圆弧端试样。			
^a 取自未压平试料，与钢管轴向或焊缝轴向垂直的试样，取适用者。			

9.3.3 CVN 冲击试验方法应符合以下规定：

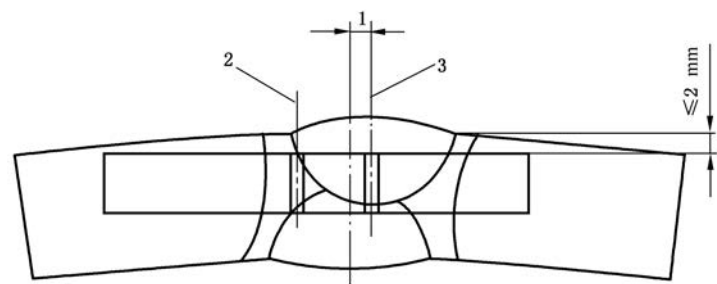
- a) 管体 CVN 冲击试验应按 GB/T 229 的规定进行，焊缝冲击试验应按 GB/T 2650 的规定进行；
- b) 缺口轴线应垂直于钢管表面；
- c) 钢管焊缝和 HAZ 试验用的每个试样在加工刻槽前均应酸蚀，以确定适当的刻槽位置；
- d) 在 SAW 管焊缝上截取的试样，其刻槽轴线应位于外焊道中心线或尽可能靠近该中心线；
- e) 在 SAW 管 HAZ 上截取的试样，其刻槽轴线应如图 6 所示，尽可能靠近外焊道边缘；
- f) 当存在焊偏时，在 SAW 管焊缝及 HAZ 上截取的试样，其刻槽轴线应如图 7 所示，热影响区冲击试样缺口位置偏向内焊道一侧，焊缝冲击试样缺口位置位于外焊道中心；
- g) 在 HFW 钢管焊缝上截取的试样的刻槽轴线应位于焊缝上或尽可能靠近焊缝，如图 8 所示；
- h) 在 HFW 钢管 HAZ 区截取的试样，其刻槽轴线应位于距焊缝中心 0.5 mm~1.5 mm 处，如图 9 所示；
- i) 当存在焊偏时，在 HFW 钢管焊缝及 HAZ 上可只截取一组试样代表焊缝及 HAZ 试样，试样的刻槽轴线与焊缝中心线的交点应位于刻槽轴线的中心点，如图 10 所示。



标引序号说明：

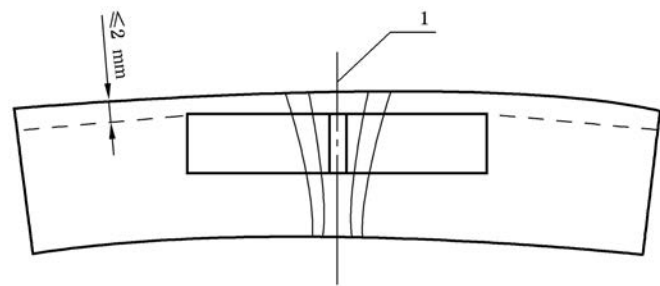
- 1——HAZ 的 CVN 冲击试样缺口，邻近熔合线；
- 2——CVN 冲击试样缺口中心线；
- 3——焊缝 CVN 冲击试样缺口，处于或邻近外焊缝中心线。

图 6 焊缝中心和 HAZ 的 CVN 试样位置



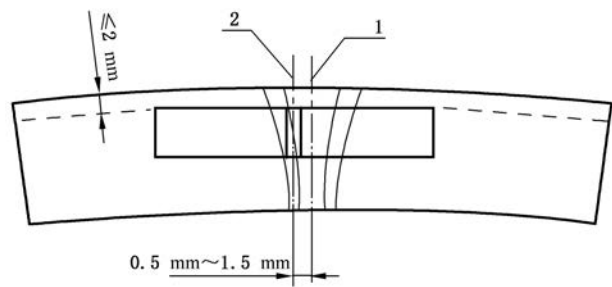
- 标引序号说明：
- 1——焊偏量；
 - 2——HAZ 冲击试样缺口位置，偏向内焊道一侧；
 - 3——焊缝金属冲击试样缺口位置，位于外焊道中心线。

图 7 存在焊偏时焊缝中心和 HAZ 的 CVN 试样缺口位置



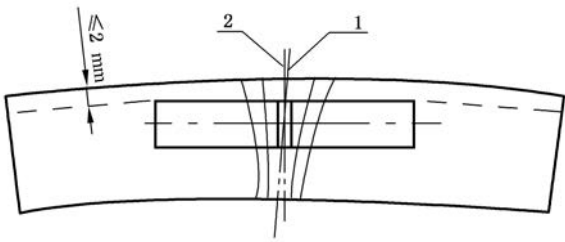
- 标引序号说明：
- 1——焊缝冲击试样缺口位置，焊缝中心线。

图 8 HFW 钢管焊缝冲击试样缺口位置



- 标引序号说明：
- 1——焊缝中心线；
 - 2——HAZ 的 CVN 试样缺口位置。

图 9 HFW 钢管 HAZ 的 CVN 试样缺口位置



标引序号说明：
1——焊缝中心线；
2——冲击试样缺口位置。

图 10 存在焊偏时 HFW 钢管焊缝中心和 HAZ 的 CVN 试样缺口位置

9.4 落锤撕裂试验

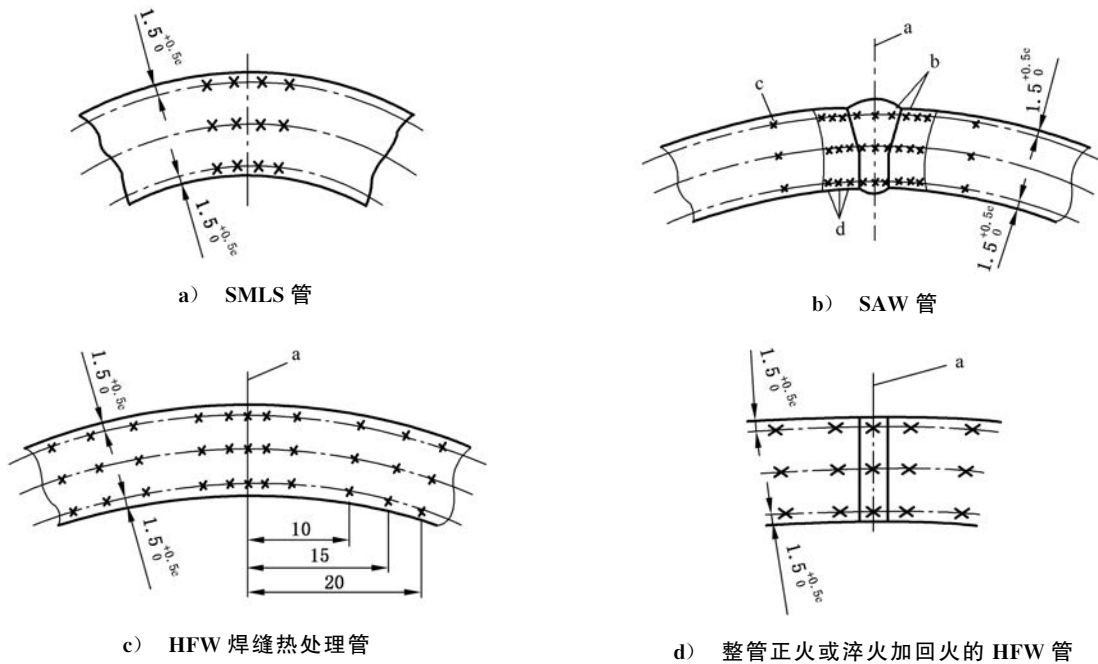
9.4.1 落锤试样按附录 D 的规定取样,按 GB/T 8363 的规定制备试样、进行试验和评定。
9.4.2 试样厚度大于 19.0 mm 时,其落锤试样可采用减薄试样,通过机械加工单面或双面减薄厚度至 19.0 mm。试样减薄后试验温度应降低,减薄试样试验温度降低值应符合表 23 的规定。

表 23 减薄试样时试验温度降低值

减薄前试样原始厚度(<i>t</i>) mm	试验温度降低值 ℃
19.0< <i>t</i> ≤22.2	6
22.2< <i>t</i> ≤28.6	11
28.6< <i>t</i> ≤39.7	17

9.5 硬度试验

9.5.1 按附录 D 的规定从钢管规定位置和方向取样。
9.5.2 管体、HAZ 和焊缝的维氏硬度试验应按 GB/T 4340.1 的规定进行。在无缝管管体和焊管母材试验中,当单点硬度读数超过相应验收极限时,如果三点中的最小值与在这三点附近加取的六点中最大值的平均值不超过相应验收极限,且单点读数超过相应验收极限不大于 10 HV10,该单点读数可判为合格。
9.5.3 无缝管的硬度试验位置应按图 11a)所示,但以下情况除外：
a) $t < 4.0$ mm 的钢管,仅需在厚度中部的横向进行试验；
b) $4.0 \text{ mm} \leq t < 6.0$ mm 的钢管,仅需在靠近内和外表面横向进行试验；
c) 如果协议,每一厚度位置的三点[如图 11a)所示]压痕硬度试验是可接受的。
9.5.4 焊管硬度试验的位置应包括焊缝横截面。硬度压痕点应在管体、可见的 HAZ 和焊缝中心线上,如图 11b)~d)所示,但下列情况除外：
a) $t < 4.0$ mm 的钢管,仅需在厚度中部的横向进行试验；
b) $4.0 \text{ mm} \leq t < 6.0$ mm 钢管,仅需在内和外表面横向进行试验；
c) 如果协议,只要硬度压痕点仍位于母材上,管体的硬度压痕点与焊缝中心线的距离可小于图 11c)所示。



标引符号说明：

- a——焊缝中心线；
- b——距熔合线 0.75 mm；
- c——距熔合线 $1t$ ；
- d——在可见 HAZ 内间隔 1.0 mm；
- e——距内表面和外表面间距，单位为毫米。

图 11 硬度压痕点位置

9.6 液压试验

钢管的液压试验方法应符合 GB/T 241 的规定。

9.7 压扁试验

9.7.1 按附录 D 的规定从钢管规定位置和方向取样。试样的长度应不小于 60 mm，试样的其余要求按 GB/T 246。试样表面较小缺欠可采用打磨方法去除。

9.7.2 压扁试验按 GB/T 246 的规定进行。从钢带两端部各截取的两个试样，焊缝应分别位于 6 点钟和 12 点钟位置，剩余两个试样的焊缝应位于 3 点钟或 9 点钟位置。

9.7.3 出现停焊时，在切断端头截取的试样应进行焊缝位于 3 点钟或 9 点钟位置的试验。

9.8 导向弯曲试验

9.8.1 按附录 D 的规定从钢管规定位置和方向取样，试样按图 D.3 进行制备，试样应在图 D.4 所示的弯模内进行 180°导向弯曲试验，弯模直径应不大于表 24 中规定的尺寸。

表 24 弯模直径

强度等级	弯模直径 mm
L245~L415	5 <i>t</i>
L450	6 <i>t</i>
L485	10 <i>t</i>

9.8.2 对于公称壁厚不小于 19 mm 的钢管,试样可加工成截面厚度为 18.0 mm 的矩形。对于公称壁厚小于 19.0 mm 的钢管,试样应为全壁厚曲面试样。

9.8.3 SAW 管内外表面的焊缝余高均应去除。

9.9 金相检验

9.9.1 钢管管体的晶粒度按 GB/T 6394 进行评定;显微组织检验按 GB/T 13298 进行评定;带状组织的级别按 GB/T 34474.1 进行评定,对于强度级别 L485 具有针状铁素体型组织的管线钢管,其带状组织按附录 E 规定的方法进行评定;非金属夹杂物级别按 GB/T 10561—2023 中 A 法进行评定。

9.9.2 SAW 管焊缝和 HFW 管焊缝从每批钢管中截取一个全截面金相试样进行检验。

9.10 气态氢环境试验

9.10.1 慢应变速率拉伸试验

取样和试验应符合以下规定:

- a) 气态氢环境试验应按 GB/T 34542.2 的规定进行,并提供试验报告。试验用氢气应符合 GB/T 3634.2 中高纯氢的规定;
- b) 按附录 D 中钢管拉伸试验位置和要求的要求取样,钢管管体取样不宜展平;
- c) 焊接接头宜垂直于焊缝方向取样,不宜展平,焊缝位于试样标距段中间,且标距段应包含母材、焊缝及 HAZ。经供需双方协商,可进行全焊缝试验,试样应全部取自于焊缝中部熔覆金属;
- d) 经供需双方协商,可取小试样或纵向取样进行试验;经供需双方协商,试样允许展平,但应在试验报告中注明;
- e) 试验应包含对比环境(如空气、氮气等环境)试验和氢气环境试验;
- f) 宜采用光滑试样,试样标距段的应变速率应不超过 $2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。试验参照 GB/T 15970.7,推荐每组平行试样数量不小于 2 个;
- g) 经供需双方协商,可采用缺口试样,验收要求指标由供需双方协商确定;
- h) 如采用空气中的试验进行对比且氢气中试验采用的是载荷外置传感器,宜考虑摩擦力、气体压力的影响。

9.10.2 断裂韧性试验

取样和试验应符合以下规定:

- a) 按附录 D 钢管 CVN 试验位置和要求的要求取样,对钢管的管体、焊缝和 HAZ 分别取样进行氢气环境下的断裂韧性试验,管体和焊缝的取样分别参照 GB/T 21143、GB/T 28896;
- b) 在钢管管体横向取样,预制裂纹应平行于钢管长度方向;焊缝和 HAZ 的预制裂纹应分别位于焊缝中心和熔合线加 1 mm 位置,且预制裂纹应平行于焊缝纵向,HFW 焊管可不进行 HAZ

试验;

- c) 试样尺寸应符合 GB/T 21143 或 GB/T 15970.6 的规定,试样为台阶型紧凑拉伸试样(CT 试样)或单边缺口弯曲试样(SEN B 试样),每组试验平行试样数量不少于 2 个;
- d) 采用准静态方法进行断裂韧性测试时,试验应按 GB/T 34542.2 的规定进行,试样在线弹性区内的应力强度因子速率应为 $0.1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}/\text{min} \sim 1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}/\text{min}$ 。

9.10.3 疲劳寿命试验

取样和试验应符合以下规定:

- a) 按附录 D 钢管拉伸试验位置和要求的方向的要求取样,且不宜展平;
- b) 钢管管体和焊缝应分别在氢气环境下进行疲劳寿命试验;
- c) 采用光滑试样时,焊接接头的取样方向应垂直于焊缝,不宜展平,焊缝位于试样标距段中间,且标距段应包含母材、焊缝及 HAZ;母材取横向试样;
- d) 经供需双方协商,可取小试样或纵向取样进行试验;经供需双方协商,试样允许展平,但应在试验报告中注明;
- e) 采用缺口试样时,缺口应力集中系数不小于 3,缺口应分别位于母材、焊缝及热影响区;对于 HFW 焊管只在母材和焊缝取样;
- f) 每组试验平行试样数量不少于 2 个;
- g) 试验宜采用轴向力控制方法,按 GB/T 3075 的规定进行;试验加载的最大载荷为最小规定总延伸强度,应力比为 0.1,频率为 $0.1 \text{ Hz} \sim 1 \text{ Hz}$;
- h) 当试样断裂或达到 10^5 次循环后终止试验。

9.10.4 疲劳裂纹扩展试验

取样和试验应符合以下规定:

- a) 按附录 D 钢管 CVN 试验位置和要求的方向的要求取样,对钢管的管体、焊缝分别取样进行氢气环境下的疲劳裂纹扩展试验;
- b) 在钢管管体横向取样,采用光滑或缺口试样,且不宜展平;预制裂纹应平行于钢管长度方向;焊管焊缝和 HAZ 的预制裂纹应分别位于焊缝中心和熔合线加 1 mm 位置,且预制裂纹应平行于焊缝纵向,HFW 焊管可不进行 HAZ 试验;
- c) 试样尺寸应符合 GB/T 6398 的规定,推荐每组试验平行试样不低于 2 个;
- d) 试验应力比 R 宜取 0.1,加载波形应采用三角波或正弦波,试验频率应不大于 1 Hz 。

9.11 无损检测

9.11.1 SMLS 管

9.11.1.1 管体纵向缺欠超声检测应按 GB/T 5777 的规定。

9.11.1.2 分层缺欠超声检测应按 GB/T 20490 的规定。

9.11.1.3 自动壁厚超声检测应按 GB/T 32552 的规定。

9.11.2 HFW 管

9.11.2.1 焊缝纵向缺欠超声检测应按 GB/T 42664 或 GB/T 5777 的规定。

9.11.2.2 钢管管体或钢带分层缺欠超声检测应分别按 GB/T 20490 和 GB/T 42662 的规定。

9.11.2.3 钢带两侧边缘或临近焊缝区域两侧宽度各不小于 15 mm 的范围分层缺欠超声检测应分别按 GB/T 20490 和 GB/T 42662 的规定。

9.11.3 SAW 管

9.11.3.1 射线检测

9.11.3.1.1 射线检测设备系统

应采用将 X 射线直接透过焊缝材料使射线胶片(只要证明可获得要求的灵敏度)上形成适宜图像的方法或电子扫描方法(数字射线检测)进行焊缝均匀性检测,且应符合以下规定:

- a) 射线胶片的曝光应使焊缝影像的黑度在 2.0~4.5 之间,灰雾度不应超过 0.30;
- b) 采用的射线胶片应符合 GB/T 19348.1—2014 中 C4 级或 C5 级的规定,且应使用铅增感屏;
- c) 应使用光电黑度计确定胶片黑度;
- d) X 射线胶片检测或 X 射线数字成像检测应清楚分辨钢管编号、钢管端部或其他位置的标志、供货商的名称、拍片或成像日期、操作人员代号、是否为修补焊缝等。

9.11.3.1.2 像质计

像质计宜采用 GB/T 23901.1、GB/T 23901.5 或等效标准规定的像质计。

9.11.3.1.3 检验标定

检验标定应符合以下规定:

- a) X 射线胶片检测和 X 射线数字成像检测焊缝时,线型像质计应在每次曝光中显示,线型像质计识别应符合 GB/T 9711 的规定;
- b) X 射线数字实时检测焊缝时,线型像质计应在每班开始和结束的钢管检测中显示,校验间隔不超过 4 h,校验时应动态进行,线型像质计识别应符合 GB/T 9711 的规定;
- c) X 射线数字成像双线型像质计至少应在每班开始和结束的钢管检测中显示,校验间隔不超过 8 h;
- d) 焊缝 X 射线数字成像检测时,归一化信噪比应不低于 100。

9.11.3.1.4 检测方法

检测方法应符合以下规定:

- a) X 射线数字实时检测方法按 GB/T 9711 或等效标准的规定;
- b) X 射线胶片检测方法按 GB/T 40791 或等效标准的规定;
- c) X 射线数字成像方法按 GB/T 40385 或等效标准的规定。

9.11.3.1.5 可追溯性

射线检测应可追溯至每根钢管。

9.11.3.2 焊缝纵向和横向缺欠的超声检测

9.11.3.2.1 SAW 管焊缝纵向缺欠和横向缺欠超声检测应符合以下规定:

- a) 刻槽深度应不大于 2.0 mm;
- b) 不应使用位于焊缝中心的内部和外部纵向刻槽校准设备;
- c) 可使用验收等级为 U2 的内部和外部刻槽替代钻孔对比标样校准检测横向缺欠的设备,这些刻槽与焊缝垂直且位于焊缝中心。在这种情况下,刻槽间与刻槽两边的焊缝余高应磨削至与钢管母材表面平齐。为获得清晰可分辨的、相互分离的超声信号回波,刻槽沿纵向应有足够间距,且与原始焊缝也应留有足够间距。每个刻槽的全波高度信号用于设置设备的触发/报警门

限。经供需双方协商,并在合同中注明,可采用固定深度的内部和外部刻槽替代验收等级为 U2 的内部和外部刻槽校准设备,并通过电子方法(如增加 db 值)提高检验灵敏度;在这种情况下(称为“两- λ ”法),刻槽深度应为所使用超声频率波长的两倍。波长(λ ,单位为米)按公式(8)计算。

$$\lambda = V_t / f \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

V_t ——横波声速,单位为米每秒(m/s);

f ——频率,单位为赫兹(Hz)(每秒的周期数)。

9.11.3.2.2 应按钢管的壁厚来确定检验灵敏度的提高,且供方应向需方证实获得的检验灵敏度与使用验收等级 U2 刻槽获得的检验灵敏度基本相当。

9.11.3.3 管体和钢带/钢板边缘的分层缺欠

9.11.3.3.1 管体或钢带/钢板分层缺欠超声检测应按 GB/T 42662 的规定。

9.11.3.3.2 钢带(卷)/钢板两侧边缘宽度各不小于 15 mm 范围的分层缺欠超声检测应按 GB/T 42662 的规定。

9.12 外观检查

钢管内外表面质量应在照度不小于 300 lx 条件下逐根目视检查,可采用其他经证实具有检测表面缺陷能力的检查方法代替目视检查。

9.13 局部几何尺寸偏离

应在 SAW 管端头焊缝处用模板测量局部几何尺寸偏离(如扁平块或噉嘴等),模板垂直于钢管轴向,且长度为 $0.25D$ 或 200 mm(取较小者)。

9.14 尺寸测量

9.14.1 外径

除合同中另有规定,应使用卷尺或相适应的千分尺、环规、卡规、卡尺、不圆度仪、坐标测量仪或光学测量仪器测量钢管外径。对公称外径不小于 508 mm 钢管外径测量有争议时,应采用卷尺进行仲裁。

注:为确定直径的符合性,钢管直径定义为任一圆周截面的钢管周长除以 π 。

9.14.2 壁厚

应采用千分尺、卡尺或经适当校准、具有相应精度的 NDT 装置测量壁厚。有争议时,应以千分尺测量结果为准。

9.15 不圆度

不圆度为同一横截面上测得的最大外径和最小外径的差值。经供需双方协商,并在合同中注明,非扩径焊管和公称外径不小于 219.1 mm 的扩径管,可测量内径以确定是否满足允许偏差的要求,其不圆度可由同一横截面上测量的最大内径和最小内径的差值确定。

注:管垛中的钢管可能产生弹性变形,所以不在管垛上测量不圆度。

9.16 弯曲度

应采用长度不小于 1.8 m 的平尺测量钢管端头 1.5 m 范围内的弯曲度。

9.17 重量

公称外径不小于 141.3 mm 钢管应逐根称重；公称外径小于 141.3 mm 的钢管可逐根称重或以方便的钢管组称重。

9.18 其他

应使用适当的方法验证其他钢管尺寸和几何形状的符合性。除合同中规定特殊方法外，由供方选择测量方法。

10 检验规则

10.1 组批规则

10.1.1 钢管应按批进行检验。每批钢管应由同一熔炼炉、同一牌号、同一制造工艺生产的同一规格钢管组成，每批钢管的数量应不超过以下规定：

- a) $D \leq 141.3$ mm 时，200 根；
- b) $141.3 \text{ mm} < D \leq 323.9$ mm 时，100 根；
- c) $D > 323.9$ mm 时，50 根。

10.1.2 对冷扩径钢管，冷扩径率比工艺设定值增加或减少超过 0.002 时，应建立新的试验批。每个焊管机组生产的钢管每周应至少检验一次。

10.2 检验频次

钢管的检验频次应符合表 25 的规定。

表 25 检验频次

序号	检验项目		钢管类型	检验频次
1	熔炼分析		SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每熔炼炉分析 1 次
2	成品分析		SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每熔炼炉分析 2 次（取自不同根钢管）
3	管体拉伸	$D \leq 141.3$ mm	SMLS、HFW	每批 1 次
4		$D > 141.3$ mm	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每批 1 次
5	焊缝横向拉伸	$D \geq 219.1$ mm	HFW、SAWL、SAWH	每批 1 次
6	管体 CVN 冲击	$D \leq 141.3$ mm	SMLS、HFW	每批 1 次
7		$D > 141.3$	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每批 1 次
8	焊缝 CVN 冲击	$D \leq 141.3$ mm	HFW	每批 1 次
9		$D > 141.3$	HFW、SAWL、SAWH	每批 1 次
10	DWT		SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每批 1 次
11	焊缝导向弯曲		SAWL、SAWH	每批 1 次
12	焊管压扁		HFW	图 D.2
13	硬度	$D \leq 141.3$ mm	SMLS、HFW	每批 1 次
14		$D > 141.3$ mm	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每批 1 次

表 25 检验频次 (续)

序号	检验项目	钢管类型	检验频次
15	液压	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每根钢管
16	管体金相	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	制造工艺评定及合同规定时,每批 1 次
17	焊缝宏观	SAWL、SAWH	每工作班至少一次,发生以下情况加做一次:工作班钢管尺寸发生变化时;或要求焊缝热处理和使用定位焊缝的钢管,在每个公称外径和公称壁厚尺寸组合的钢管开始生产时
18	焊缝金相(或选择硬度试验代替金相)	HFW,全管体正火管除外	每工作班至少一次,发生以下情况加做一次:每当钢管强度等级、公称外径或公称壁厚发生变化时;每当热处理的条件发生较大的变化时
19	外观	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每根钢管
20	钢管外径、不圆度	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	端头:每根钢管; 管体:每班前 3 根钢管,以后每 10 根钢管不少于 1 次
21	长度、壁厚测量	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每根钢管
22	其他尺寸	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每班前 3 根钢管,以后每 10 根钢管不少于 1 次
23	$D \geq 141.3$ mm 钢管的称重	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每根钢管
24	钢管长度	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每根钢管
25	硬块	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每根钢管
26	无损检测	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	每根钢管
27	气态氢环境检验	SMLS、HFW、SAWL、SAWH	按 8.6 要求

10.3 复验

10.3.1 化学成分

10.3.1.1 如果代表一个熔炼炉的两个试样成品分析结果均不符合规定,可将该熔炼炉判为不合格,或者对该熔炼炉中剩余部分逐件进行试验以判定是否符合规定。

10.3.1.2 如果代表一个熔炼炉的两试样中只有一个试样成品分析结果不符合规定,可将该熔炼炉判为不合格,或者在同一熔炼炉中再取两个试样进行复验分析。如果两个复验试样分析结果均符合规定,则除原先取样不合格的那根钢管、钢板或钢带(卷)外,该熔炼炉判为合格。否则,将该熔炼炉判为不合格,或者对该熔炼炉中剩余部分逐件进行试验以判定是否符合规定。

10.3.1.3 逐件试验时,宜只分析不合格的元素或需要测定的元素。复验分析试样的取样位置应与产品分析试样的规定相同。

10.3.2 拉伸性能

如果代表一个试验批的拉伸试验结果不符合规定,可从同一试验批中加取两根钢管进行复验。复

验用试样应采用与最初不合格试样相同的取样方法截取,但如适用,宜是来自不同于母带(卷)或母板的两根钢管。如果两个复验试样试验结果均符合规定,除初次不合格样管外[该样管取自不同于复验样管所用的母带(卷)或母板],该批钢管判为合格。否则,该批钢管应采用以下一种方式处置:

- a) 判为不合格;
- b) 逐根试验,接收试验合格的钢管;
- c) 如果单根钢管能追溯到母带(卷)/母板位置,供方应在初始试验不合格钢管所在母带(卷)或母板上[适用时考虑邻近的子带(卷)或子板],在邻近该不合格钢管(之前、之后和两边,如适用)处增加取样对钢管进行试验,直至由该母带(卷)/母板制造的不合格钢管周边的钢管试验结果符合规定。应拒收来自不符合要求的母带(卷)/母板部位制造的钢管,接收该批剩余钢管。

10.3.3 压扁试验

10.3.3.1 以单根方式生产的 HFW 焊管,当成品钢管的长度不小于其初次切成长度的 80%,可对任何不合格端进行复验,直至满足规定。

10.3.3.2 以多根方式生产的 HFW 焊管,如果压扁试验中一个或多个试验结果不符合规定,可在切掉该不合格端后对该端进行复验;也可拒收该根钢管,并复验下一根钢管的邻近端头。复验应由两个试样组成,焊缝分别位于 0°和 90°位置。如果该复验结果不符合规定,可拒收以一带多根方式生产的受影响钢管,也可逐根复验该钢带(卷)制造的其他剩余钢管的每一端,复验时焊缝交替位于 0°和 90°位置。如果该复验结果符合规定,则接收该一带多根方式生产的剩余钢管。

10.3.4 导向弯曲试验

如果一个或两个导向弯曲试验结果不符合规定,可在同一批加取两根钢管进行复验。如果复验试样试验结果均符合规定,除初始选取的样管外,该批其余钢管判为合格。如果任一复验试样试验结果不符合规定,可对该试验批剩余钢管逐根取样进行试验;也可对任一不合格管采用在同端返切并加取两个试样的方法进行复验。如果加取试样试验结果均符合规定,则接收该根钢管。不应再次返切和复验。

10.3.5 金相

10.3.5.1 如果代表一批钢管的金相试验结果不符合规定,可从同一批中另取两根钢管进行复验。如果两个复验试样的试验结果均符合规定,则除初次试验不合格钢管外,该批其余钢管判为合格。否则,该批判为不合格,或对该批中未检验钢管逐根取样进行试验。复验取样方式应与最初检验取样方式相同。

10.3.5.2 SAW 管焊缝焊偏和/或内外焊重合量不符合规定时,应另取两根钢管进行复验,如果两个复验试样的试验结果均符合规定,该批钢管判为合格。否则,该批判为不合格,或对该批中未检验钢管逐根取样进行试验。对于不合格钢管,可对不合格端向内重新取样进行复验,只要复验合格且钢管长度符合规定,该根钢管可判为合格。

10.3.6 气态氢环境检验

如果某一项试验不符合规定,供需双方可协商确定复验要求。

10.3.7 其他检验项目

钢管其他检验项目的复验和判定规则应符合 GB/T 2102 的规定。

11 包装、标志、涂层、质量证明书和装载

11.1 包装

钢管的包装应符合 GB/T 2102 的规定。

11.2 标志

11.2.1 钢管的标志应顺次包含以下内容：

- a) 钢管制造商的名称或标记；
- b) 本文件编号；
- c) 公称外径；
- d) 公称壁厚；
- e) 钢的牌号；
- f) 钢管类型(SMLS、HFW、SAWL、SAWH)；
- g) 炉批号和管号；
- h) 液压试验压力；
- i) 钢管长度；
- j) 制造日期；
- k) 经供需双方协商,可增加信息化标识,如二维码标识。

11.2.2 除另有规定外,标志位置应符合以下规定：

- a) 在钢管外表面标志时,按 11.2.1 所列顺序,从距钢管端头 450 mm~760 mm 处开始；
- b) 在钢管内表面标志时,从距钢管端头至少 150 mm 处开始；
- c) 对于随后要涂层的钢管,经供需双方协商,标记可在涂敷厂进行。在这种情况下,应确保可追溯性。

11.2.3 钢管标志的其他要求应符合 GB/T 2102 的规定。

11.3 涂层

除另有规定外,钢管应以光管(无涂层)交货。

11.4 质量证明书

钢管的质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定。对板管一体化企业,可提供原材料质量数据,替代板材的质量证明书。

11.5 装载

如果由供方负责钢管的装运,供方应准备并遵守装载图表,这些图表包括钢管在卡车、火车、驳船、海轮(适用时)上安全摆放、保护的细节。装载应防止端头损伤、磨损和尖锐物敲击。装载应符合任何适用的规则、法规、标准和推荐做法。

附 录 A
(规范性)
钢管制造工艺评定

A.1 通则

A.1.1 特殊情况下(如首次供货或使用新强度等级),需方可要求用数据证明所采用的制造方法能满足本文件的规定。

A.1.2 制造工艺应依据先前生产认可的数据来确认,或按 A.3、A.4、A.5 中任一条款或其组合的评定进行确认。

A.2 需方提供的附加信息

订货合同宜指出下列哪些条款适用于特定的订货批:

- a) 根据 A.3、A.4、A.5 中任一条款或其组合(见 A.1.2)进行制造工艺评定;
- b) 试验频次和数量(见 A.5.2)。

A.3 制造工艺**A.3.1 一般规定**

在生产之前或在制造商首次生产时,制造商应按适用性向需方提供以下有关制造工艺主要特性的概要资料或控制文件:

- a) 制造商的名称/位置;
- b) 设备和工艺说明;
- c) 液压试验作法,包括设备校准/校验;
- d) 无损检测方法与作法,包括设备校准作法;
- e) 化学分析/力学性能试验及复验试料的取样位置与试样规范;
- f) 尺寸控制方法,包括钢管矫直或尺寸修整;
- g) 经全管体正火处理和淬火+回火处理的钢管,奥氏体化与回火的目标时间和温度及其偏差控制,以及监测温度与控制偏差方法的说明;
- h) 钢管标记方法及详细资料;
- i) 从收到钢带(卷)/钢板/钢坯到钢管放行的过程中保持产品可追溯的方法;
- j) 与制造商文件规定作法不一致时,产品的返工控制/复验控制/放行控制;
- k) 钢管储存、处理、装载以及运输方法。

A.3.2 焊管制造

除 A.3.1 的一般规定外,焊管还应提供以下工艺控制文件:

- a) 钢管成型工艺,包括边缘预处理,对中控制及形状控制;
- b) 钢管热处理工艺,适用时包括焊缝在线热处理;
- c) 适用时包括本工艺先前的评定报告,应包括下列资料:
 - 1) HFW 焊接:
 - 通过金相检验证明焊缝经过适当的焊缝热处理;
 - 焊接工艺说明及控制;

- 2) SAW 焊缝,适用时包括补焊,钢带(卷)/钢板对头焊,钢管对接焊:
 - 焊丝/焊剂耗材制造商,类型及焊丝直径;
 - 焊接参数及范围,包括电流、电压、焊接速度,热输入;
- d) SAW 管:
 - 1) 焊接坡口尺寸公差;
 - 2) 定位焊方法及定位焊缝之间的距离(适用时);
 - 3) 焊丝与焊剂的储存和使用,包括湿度控制与焊剂循环方法(适用时);
 - 4) 焊缝缺陷去除方法。

A.3.3 SMLS 管制造

除 A.3.1 的一般规定外,SMLS 管还应提供以下工艺控制文件:

- a) 钢管成型工艺:
 - 1) 适用的变形温度偏差控制方法(重新加热、变形及冷却);
 - 2) 适用的时间偏差(重新加热、变形及冷却);
- b) 钢管热处理工艺。

A.4 检验和试验

在生产之前,制造商应向需方提供有关检验和试验计划主要特性的概要资料或控制文件,至少应包括下列内容:

- a) 检验措施;
- b) 负责实施检验措施的组织或个人(包括制造商、分包方、需方或第三方代表);
- c) 适用时,检验/试验方法和校准方法;
- d) 检验频次;
- e) 验收极限;
- f) 检验/试验结果不符合要求时采取的措施;
- g) 适用时,检验/试验结果的记录;
- h) 要求确认工序的标记;
- i) 见证点和停止点。

A.5 制造工艺评定试验

A.5.1 应在生产前或生产开始时,按适用要求试验的规定进行制造工艺评定。

A.5.2 在需方同意进行再次评定试验的情况下,评定试验的频次和数量应符合订货合同的规定。如果订货合同已有说明,制造商可提供先前生产获得的评定数据。

A.5.3 对于焊管,至少应提供以下焊接工艺评定的信息。

- a) 对于 HFW 管:
 - 焊接工艺控制参数;
 - 焊缝力学性能试验结果;
 - 用金相检验确认钢管经过恰当热处理;
 - 焊缝区域硬度试验结果。
- b) 对于 SAW:
 - 坡口尺寸;
 - 焊丝/焊剂耗材制造商、类型和焊丝直径;
 - 焊接参数,包括电流、电压、行走速度、热输入和电弧数;

- 焊缝力学性能试验结果；
- 焊缝区域硬度试验结果；
- 每个熔敷焊道焊缝金属化学成分分析。

A.5.4 需方可要求提供产品其他性能(如焊接性)的特性数据。

注：需方按要求进行特定的焊接性试验时，有责任提供焊接性数据所要求的详细焊接工艺和参数。

A.5.5 本制造工艺评定应考虑钢带(卷)/钢板拉伸性能变化和钢带(卷)/钢板成型为钢管时强度改变的评价。

A.5.6 对于采用不符合最初规定的热轧工艺控制参数制造的钢带(卷)/钢板/钢管，如果再次评定合格，在放行这些钢带(卷)/钢板/钢管之前应通知需方。

A.6 制造工艺特殊工序确认

A.6.1 对影响产品特性满足本文件要求(化学成分和尺寸除外)的操作，应确认的工序如下：

- a) SMLS 管，热处理态：热处理；
- b) HFW 管，轧制态：定径和焊接；如适用，焊缝热处理；
- c) HFW 管，热处理态：焊接和全管体热处理；
- d) SAWL 管：成型、焊接、补焊、扩径；如适用，热处理；
- e) SAWH 管：成型、焊接、补焊；如适用，热处理。

A.6.2 以 M 状态交货的焊管，应定义和控制钢带(卷)/钢板轧制过程中的重要变素(如重新加热、轧制和冷却温度、时间与偏差)，并以文件形式表明其允许变化范围，宜考虑下列因素：

- a) 钢带(卷)/钢板特性与变化；
- b) 性能对轧制方法的敏感性；
- c) 合适的钢带(卷)/钢板切料距离；
- d) 钢管成型时产生的拉伸性能变化。

A.6.3 对于以 M 状态交货的焊管，钢带(卷)/钢板轧制方法预期获得与 A.6.2 一致结果的能力应通过以下方式验证：

- a) 钢带(卷)/钢板和钢管制造试生产的典型值，或者钢带(卷)/钢板和/或钢管性能及加工的历史数据能表明在轧制工艺文件所限定的允许范围内能稳定获得所需钢管性能；
- b) 对于强度等级高于 L360MH 的钢管，制造商应对钢带(卷)/钢板轧制厂进行或预先进行现场技术审核，并且定期进行现场或远程确认，所采用的轧制方法能够获得理想预期结果。作为审核的一部分，钢带(卷)/钢板轧制方法确认标准应得到验证。

A.6.4 当实际热轧工艺与制造商书面轧制工艺参数的极限值发生偏离时，应对偏离进行书面评价，对于发生偏离时生产的材料，应采用力学试验定义极限值，和/或将发生偏离时成型的管材组为新试验批进行评价。

附 录 B
(规范性)
补焊工艺评定

- B.1 制管开始之前,应按 NB/T 47014、GB/T 19869.1 或 GB/T 9711 进行补焊工艺评定。
- B.2 补焊工艺评定焊缝检验应至少满足表 B.1 的要求,试样的制备和试验要求应与埋弧焊缝保持一致。

表 B.1 试验项目和试样数量

试验		试样数量
拉伸		2 个
导向背弯		2 个
导向面弯		2 个
CVN 冲击	焊缝中心线	1 组 3 个
	HAZ	1 组 3 个
维氏硬度		1 个
焊缝氢环境试验		按协议

附 录 C
(规范性)
表面缺欠和缺陷的处理

C.1 表面缺欠处理

未被判为缺陷的缺欠可不经修补保留在钢管上,或采用修磨方法清除。

C.2 可修整表面缺陷的处理

C.2.1 所有可修整的表面缺陷应采用修磨方法清除。

C.2.2 修磨操作应使修磨区域与钢管轮廓平滑过渡。

C.2.3 应通过局部外观检查对缺陷的彻底清除情况进行查验,必要时辅以适当的无损检验方法。验收极限为:修磨区域的壁厚应符合规定;外径和不圆度的下偏差不适用于修磨区域。

C.3 不可修整表面缺陷的处理

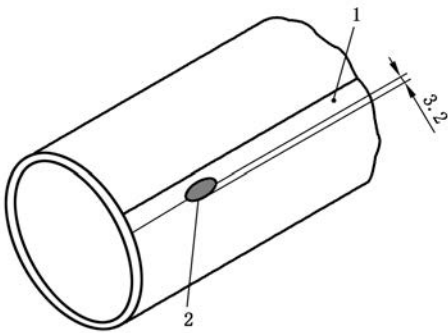
存在不可修整表面缺陷的钢管应采用以下一种或多种方法处置:

- a) SAW 管的焊缝缺陷应采用通过评价的补焊焊接工艺进行修补;
- b) 钢管长度符合要求时,应切除存在该类表面缺陷的管段;
- c) 拒收整根钢管。

C.4 缺陷补焊

C.4.1 补焊应局限于 SAW 管焊缝。补焊前应完全清除缺陷,且应对清除坑(清除缺陷后形成的凹坑)进行彻底清理。清除坑边缘扩展到母材金属的距离不应超过 3.2 mm(见图 C.1)。除另有规定,冷扩径钢管焊缝补焊应在冷扩径前进行。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——焊缝;
- 2——清除坑边缘。

图 C.1 焊缝修补清除坑

C.4.2 每根钢管补焊焊缝总长度应不大于焊缝总长度的 5%。

C.4.3 间隔小于 100 mm 的多个焊缝缺陷应当作连续单条焊缝进行修补。单条焊缝应至少补两层/道,补焊长度应至少超过 50 mm。

C.4.4 补焊后,应按照无损检测的要求,对所有补焊区域进行超声检测或射线检测。在扩径或液压试验后,应进行手动超声检测,也可进行自动和手动组合超声检测。

C.4.5 补焊后应对钢管进行液压试验。

C.4.6 同一位置补焊次数应不多于 1 次。

附 录 D
(规范性)
力学和工艺性能试验的试料和试样

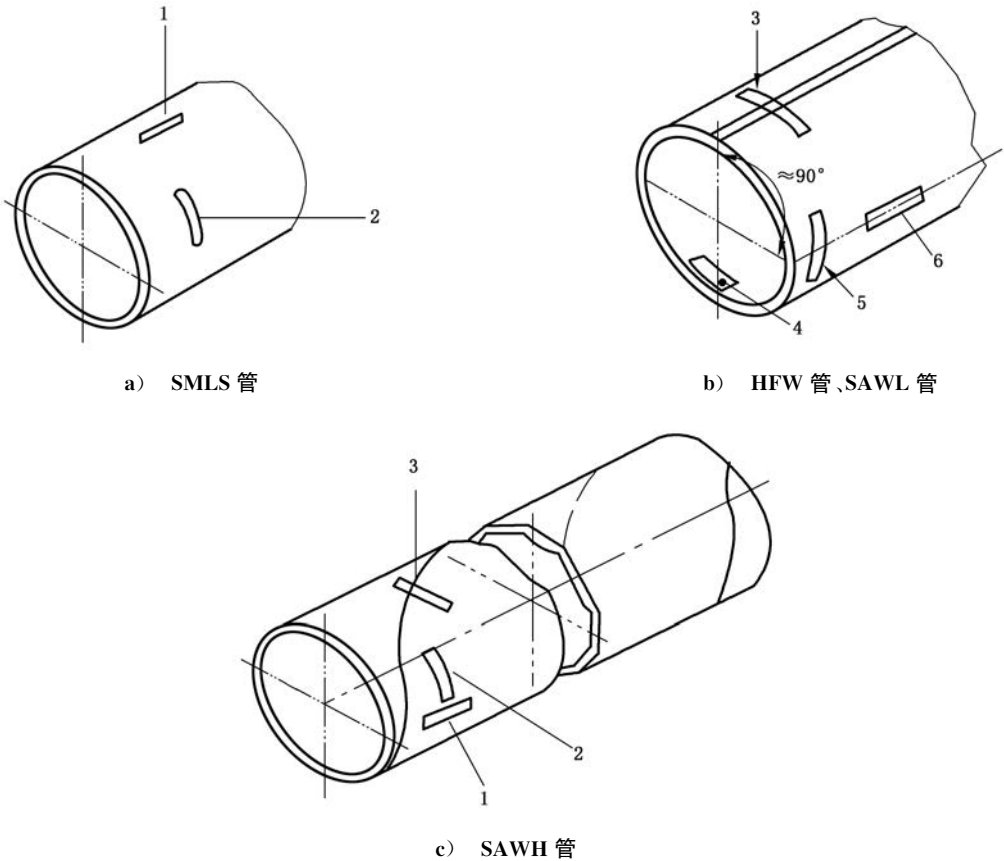
D.1 通则

按本附录规定取样制备拉伸试验、CVN 冲击试验、DWT 试验、导向弯曲试验、压扁试验和硬度试验试料和试样。

D.2 取样位置

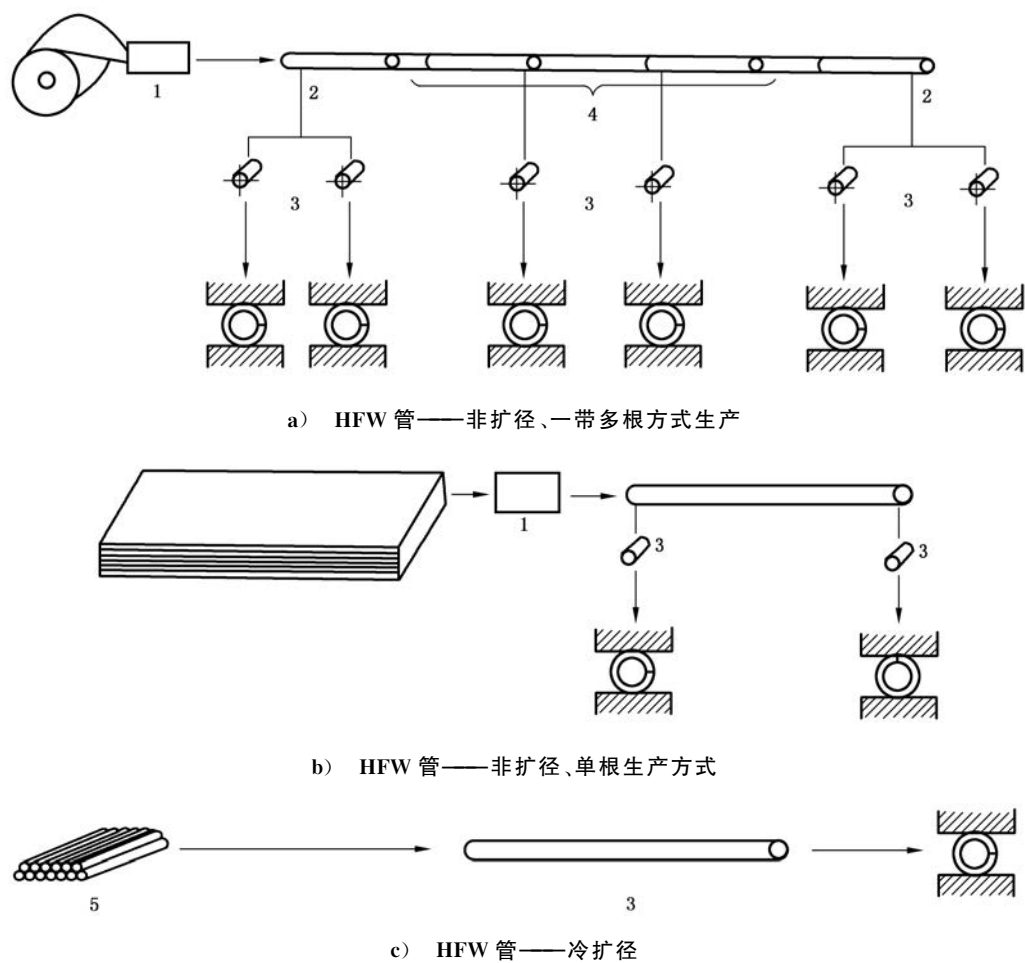
D.2.1 各类试验的试料和试样应取自图 D.1、图 D.2 所示位置以及表 D.1 规定位置。

D.2.2 对于力学性能试验,当发现试样有加工缺陷或与相应力学性能试验无关的材料缺欠时,无论是在试验前还是在试验后发现,均应将该试样作废,并从同一根钢管上另外取替代试样。



标引序号说明:
1——纵向试料(L),沿钢管轴向,对于 SAWH 管试料中心距螺旋焊缝至少 $a/4$ [a 为钢带(卷)/钢板的宽度];
2——横向试料(T),沿钢管圆周方向,对于 SAWH 管试料中心距螺旋焊缝至少 $a/4$;
3——焊缝横向试料(W),中心在焊缝上;
4——横向试料(T180),中心距直焊缝约 180° ;
5——横向试料(T90),中心距直焊缝约 90° ;
6——纵向试料(L90),中心距直焊缝约 90° 。

图 D.1 试料和试样的方向和位置



标引序号说明：

1——焊接；

2——钢带(卷)端部；

3——取压扁试样,对于图 D.2a),从每卷钢带端部各取两个试样,若停焊在停焊点前后各取一个试样;对于图 D.2b),钢管每端各取一个试样;对于图 D.2c),在钢管一端取一个试样;

4——停焊点;

5——钢管试验批,对于图 D.2c),试验批不大于 100 根。

图 D.2 压扁试验

表 D.1 钢管力学性能试验各试料、试样的数量、方向和位置

钢管类型	取样位置	试验类型	各试料、试样的数量、方向和位置 ^a			
			规定外径 D/mm			
			$D<219.1$	$219.1\leq D<323.9$	$323.9\leq D<508$	$D\geq 508$
SMLS,非冷扩径 [见图 D.1a)]	管体	拉伸	1L ^b	1L ^{c,d}	1L ^{c,d}	1L ^{c,d}
		CVN	3T	3T	3T	3T
		DWT	—	—	—	2T
		硬度	1T	1T	1T	1T

表 D.1 钢管力学性能试验各试料、试样的数量、方向和位置（续）

钢管类型	取样位置	试验类型	各试料、试样的数量、方向和位置 ^a			
			规定外径 D/mm			
			$D<219.1$	$219.1\leq D<323.9$	$323.9\leq D<508$	$D\geq 508$
SMLS,冷扩径 [见图 D.1a)]	管体	拉伸	1L ^b	1T ^d	1T ^d	1T ^d
		CVN	3T	3T	3T	3T
		DWT	—	—	—	2T
		硬度	1T	1T	1T	1T
HFW [见图 D.1b)]	管体	拉伸	1L90 ^b	1T180 ^d	1T180 ^d	1T180 ^d
		CVN	3T90	3T90	3T90	3T90
		DWT	—	—	—	2T90
		硬度	1T	1T	1T	1T
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W
		CVN	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ
		硬度	1W	1W	1W	1W
	管体和焊缝	压扁	见图 D.2			
SAWL [见图 D.1b)]	管体	拉伸	1L90 ^b	1T180 ^d	1T180 ^d	1T180 ^d
		CVN	3T90	3T90	3T90	3T90
		DWT	—	—	—	2T90
		硬度	1T	1T	1T	1T
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W ^e
		CVN	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ
		导向弯曲	2W ^e	2W ^e	2W ^e	2W ^e
		硬度	1W	1W	1W	1W
SAWH [见图 D.1c)]	管体	拉伸	1L ^b	1T ^d	1T ^d	1T ^d
		CVN	3T	3T	3T	3T
		DWT	—	—	—	2T
		硬度	1T	1T	1T	1T
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W
		CVN	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ
		导向弯曲	2W ^e	2W ^e	2W ^e	2W ^e
		硬度	1W	1W	1W	1W

^a 用于表示试样方向、位置的符号说明见图 D.1。

^b 可选择使用全截面纵向试样。

^c 经供需双方协商,可使用横向试样。

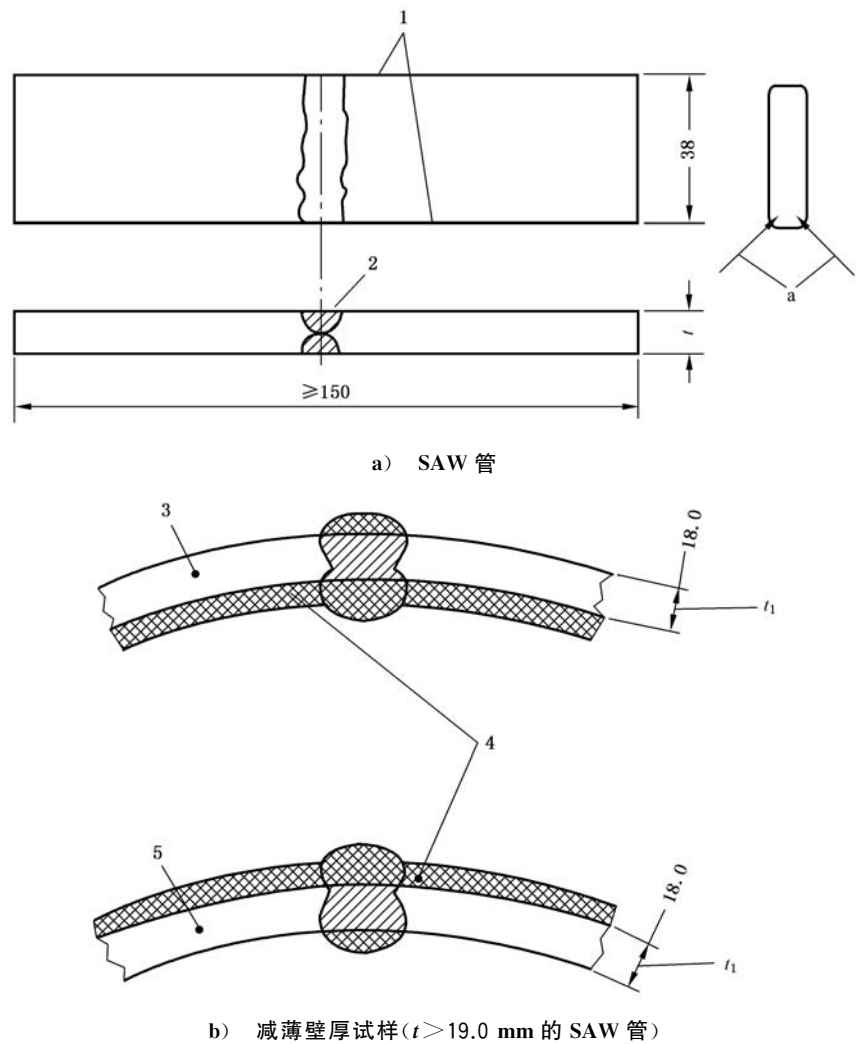
^d 经供需双方协商,可用环形试样通过液压胀环试验测定横向规定总延伸强度。

^e 对于 $t>19.0\text{ mm}$ 钢管,可对试样进行机加工,加工后试样矩形横截面的壁厚为 18.0 mm。

D.3 导向弯曲试样制备

导向弯曲试样应按图 D.3 进行制备。

单位为毫米



标引符号说明：

- 1 —— 采用机加工或氧气切割方法,或两种方法组合加工的长边；
- 2 —— 焊缝；
- 3 —— 正弯试样；
- 4 —— 在压平前或压平后去除的材料；
- 5 —— 反弯试样；
- t —— 壁厚；
- t_1 —— 减薄壁厚。

注：图 D.3b)为壁厚大于 19.0 mm 的 SAW 钢管所采用的试样。

^a 半径 r 应不大于 1.6 mm。

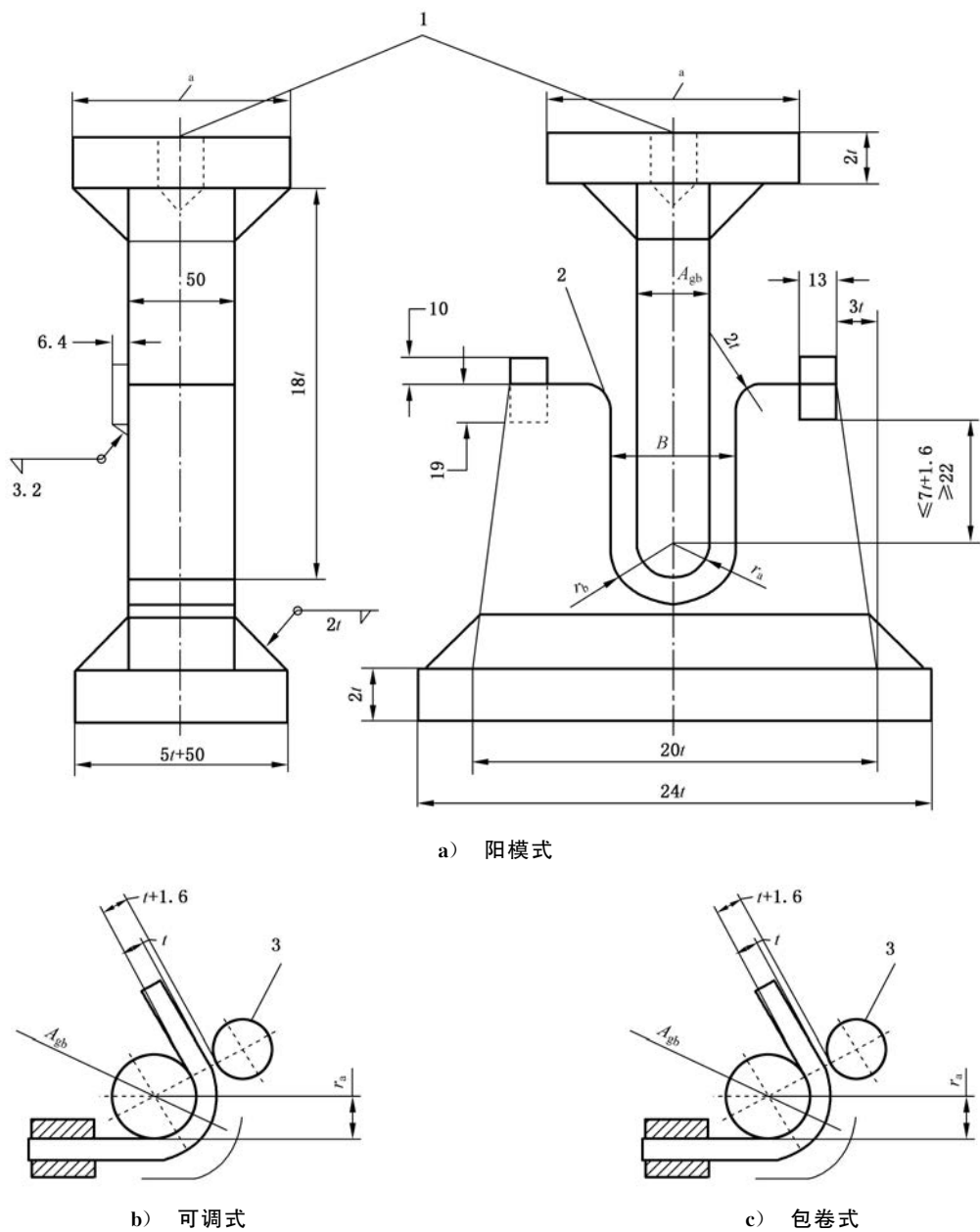
图 D.3 导向弯曲试样

D.4 导向弯曲试样弯模

导向弯曲试验弯模按图 D.4。试验时一个试样的焊缝背面直接与弯模接触；另一个试样的焊缝正

面直接与弯模接触。

单位为毫米



标引符号说明：

- 1 —— 螺纹安装孔；
- 2 —— 台肩，硬化并润滑，或硬化圆辊；
- 3 —— 辊子；
- B —— $A_{gb} + 2t + 3.2$ mm；
- r_a —— 导向弯曲试验阳模半径；
- r_b —— 导向弯曲试验阴模半径。

^a 根据需要。

图 D.4 导向弯曲试验弯模

附录 E

(规范性)

针状铁素体型钢管带状组织评定方法

E.1 试样切取和制备

试样切取和制备按 GB/T 13298 的规定进行。在距焊缝 180°处取样。

E.2 评定方法

E.2.1 带状组织在 200 倍放大倍数下,在壁厚中心进行检查评级。

E.2.2 标准视场直径为 80 mm。

E.2.3 依据硬组织带[马氏体-奥氏体岛(M/A)或珠光体]的条数,在视域内的贯穿程度、连续性以及与夹杂物相关性评级。评级可分为 4 级,各级别的特征如下:

- a) 1 级:铁素体(F)及硬组织带有沿轧向分布的趋势(图 E.1);
- b) 2 级:能见 3 条及 3 条以下连续硬组织带贯穿视域(图 E.2);
- c) 3 级:能见 3 条以上连续的硬组织带(图 E.3);
- d) 4 级:能见 3 条以上连续的硬组织带,且集中分布呈宽带(图 E.4)。

E.2.4 如在组织内发现下列情况,可在原有级别上加半级:

- a) 在硬的组织带内伴有塑性夹杂物,且在 500 倍放大倍数下贯穿整个视域;
- b) 一条硬组织带的宽度在 200 倍放大倍数下超过 4 mm,且组织带完整连续。

注:图 E.1、图 E.2、图 E.3、图 E.4 仅作为带状组织评定的依据,不作为金相组织评定的依据。

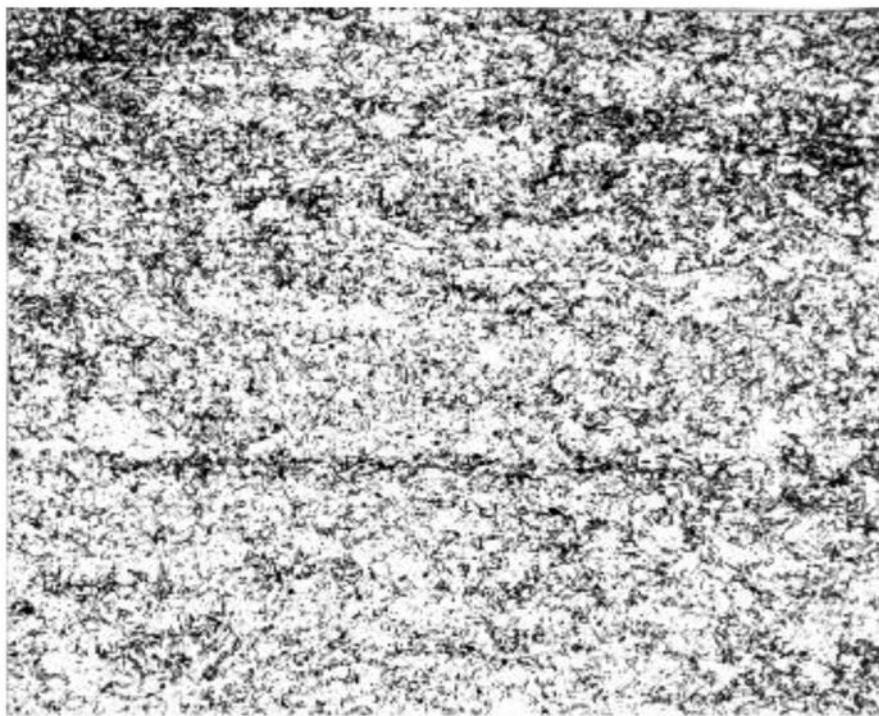


图 E.1 1 级带状组织评级对比图(200×)

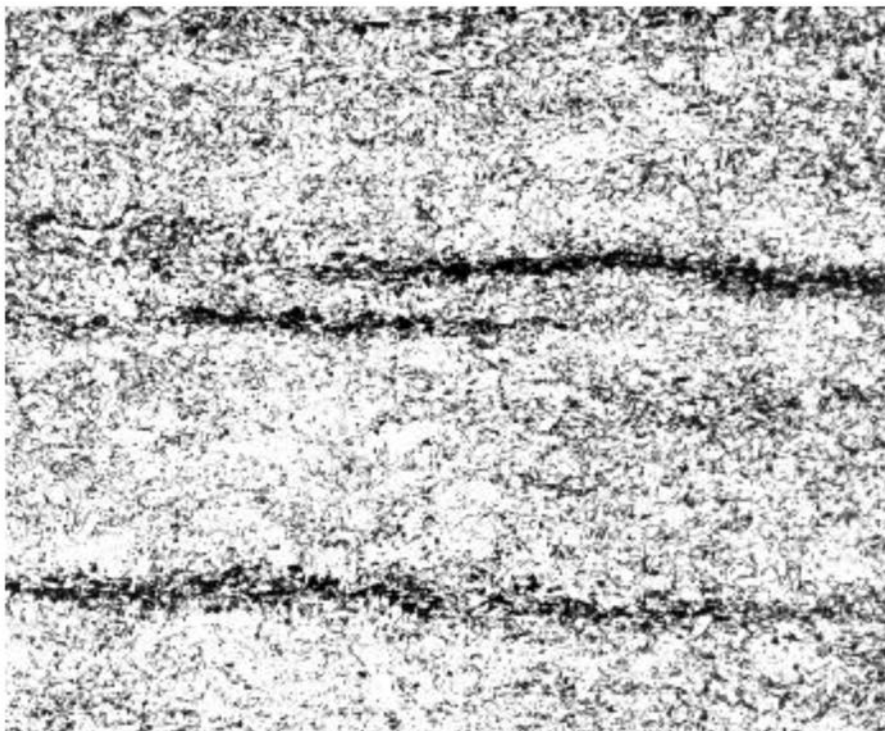


图 E.2 2 级带状组织评级对比图(200×)

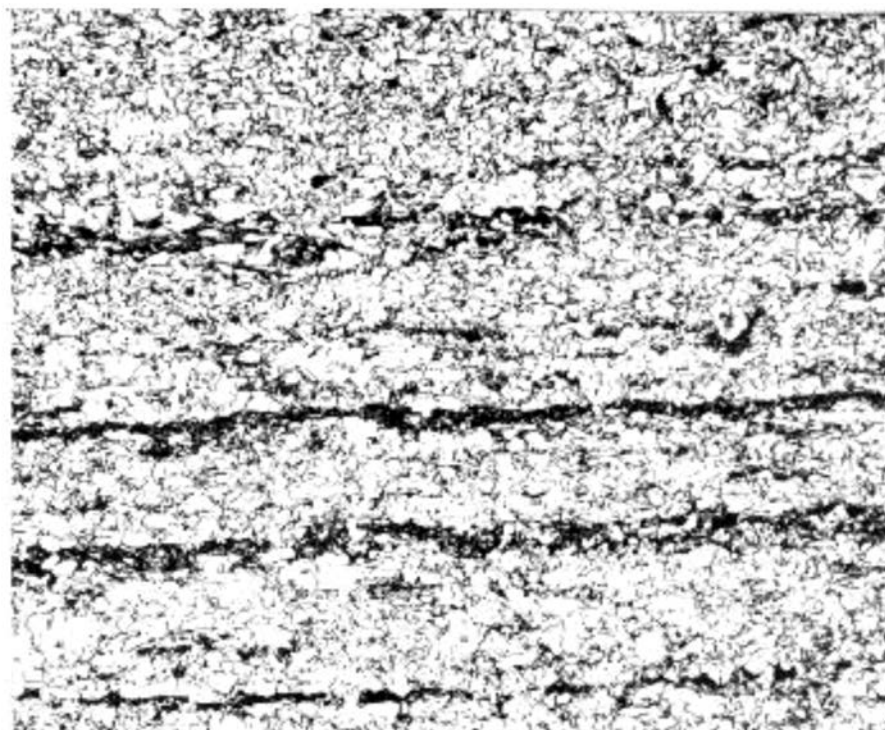


图 E.3 3 级带状组织评级对比图(200×)

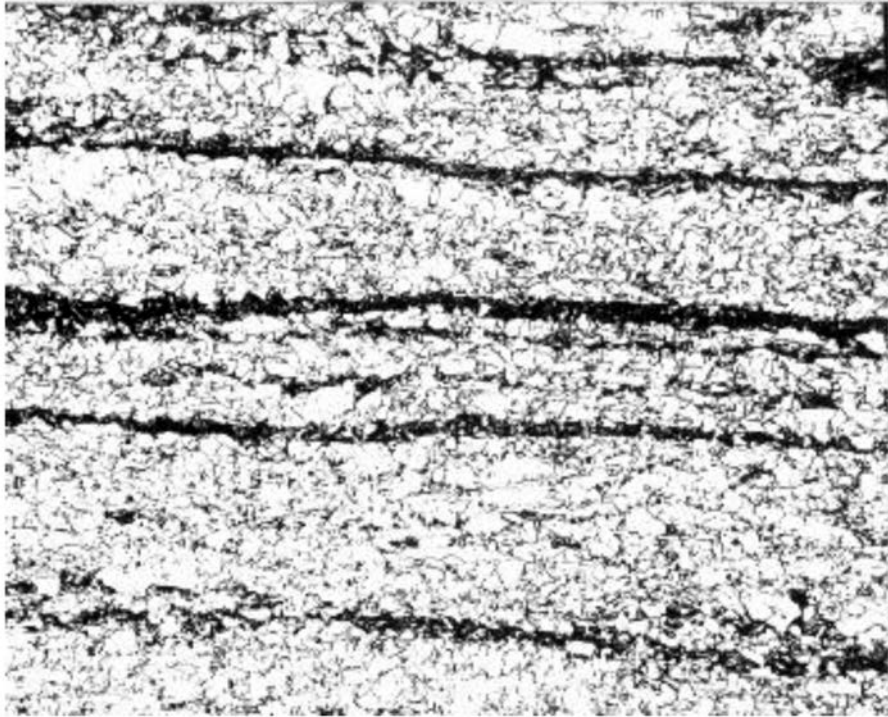


图 E.4 4 级带状组织评级对比图(200×)

参 考 文 献

- [1] GB/T 15970.7 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第 7 部分:慢应变速率试验
 - [2] GB/T 23901.1 无损检测 射线照相检测图像质量 第 1 部分:丝型像质计像质值的测定
 - [3] GB/T 23901.5 无损检测 射线照相检测图像质量 第 5 部分:双丝型像质计图像不清晰度的测定
 - [4] 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
-