



宝山钢铁股份有限公司企业标准

Q/BQB 293—2023
代替 Q/BQB 293—2018

焊接管线管

Welded line pipe

2023-04-09 发布

2023-07-01 实施

宝山钢铁股份有限公司 发布

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。

本文件根据本企业产品和工艺特点制定。

本文件代替Q/BQB 293—2018。本文件与Q/BQB 293—2018相比，除编辑性改动外，主要变化如下：

- 符号和缩略语增加DWTT（见第4章，2018年版第4章）；
- 增加“除非另有规定，冲击试验的摆锤锤刃半径为8 mm。”（见6.3和表3，2018年版的6.3和表3）；
- 更改了水压试验压力，环向应力调整为不小于0.9SMYS（见6.4，2018年版的6.4）；
- 更改了硬度验收值（见6.7.2，2018年版的6.7.2）；
- 删除2018年版的6.9条；
- 更改了管端直度要求（见7.6，2018年版的7.6）；
- 修正原不准确的表述（见7.8.1，2018年版的7.8.1）；
- 明确错边处壁厚要求（见7.8.2，2018年版的7.8.2）；
- 更改了硬度验收值（见附录B.4，2018年版的附录B.4）；
- 完善缺陷处理后的检验确认要求（见附录B.9，2018年版的附录B.9）；
- 更改了硬度验收值（见附录C.5，2018年版的附录C.5）。

附录A~附录H为规范性附录，附录I为资料性附录。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部提出。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部归口。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部起草。

本文件主要起草人：许晴。

本文件所代替标准的历次版本发布情况为：2018年首次发布，本次为第一次修订。

引 言

本文件是宝山钢铁股份有限公司的企业标准。本文件参考API SPEC 5L、ISO 3183和GB/T 9711标准，结合本企业产品质量保证特点等实际情况进行编制。

本文件与API SPEC 5L、ISO 3183或GB/T 9711标准配套使用，制造、检验、取样、试验过程采用API SPEC 5L、ISO 3183或GB/T 9711对应的规范性引用文件。

本文件适用于石油天然气工业的油气输送管道用焊接管线管。本文件的使用者宜了解，在个别的应用场合可能需要更高要求或不同要求。对于某一个具体的订单，根据预期的用途和设计要求来确定这些附加要求是购方的责任。本文件的制定和发布，无意以任何方式限制供应商为个别用途供货或禁止购方接受其它设备或工程方案。

为预期的使用环境选择合适的材料是钢管使用者的责任。当使用本文件在特殊环境油气工业生产系统中选择适当的材料时，应综合考虑影响材料性能的多方面因素。

本文件不为雇主、制造商或供应商承担对他们雇员的健康、安全风险以及预防措施进行告诫、训练或装备方面的义务，也不承担他们在地方、省和国家的法律法规下的责任。

关于特殊材料和工况所涉及的安全保健风险以及相应的预防措施的资料，应从材料的雇主、制造商或供应商，或在其材料的安全数据表里得到。

本文件的内容不能解释为用暗示或其它方式授予任何权力去制造、销售或使用任何专利证书包括的方法、设备或产品。本文件的任何内容也不能解释为开脱任何人侵犯专利证书所授权力应承担的责任。

焊接管线管

1 范围

本文件适用于宝山钢铁股份有限公司生产的高频焊接（HFW）管线管和直缝埋弧焊接（SAWL）管线管。

符合本文件的管线管，可用于原油、成品油、天然气、煤层气、煤气等介质的输送，根据相关设计规范，亦可用于其它介质的输送。

本文件规定了焊接管线管的尺寸、外形、技术要求、试验和检验、包装及质量证明书等。

本文件规定的焊接管线管包含两个产品规范等级（PSL1、PSL2）。

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；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 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件

GB/T 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验

GB/T 1410 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法

GB/T 1633 热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定

GB/T 1842 塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法

GB/T 3682 热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定

GB/T 4472 化工产品密度、相对密度的测定

GB/T 5470 塑料 冲击法脆化温度的测定

GB/T 6554 电气绝缘用树脂基反应复合物 第2部分：试验方法 电气用涂敷粉末方法

GB/T 8923.1 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 无损检验人员资格鉴定与认证

GB/T 9711 石油天然气工业管线输送系统用钢管技术条件

GB/T 13021 聚乙烯管材和管件碳黑含量的测定（热失重法）

GB/T 13298 金属显微组织检验方法

GB/T 18570.2 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第2部分：清理过的表面上氯化物的实验室测定

GB/T 18570.3 涂覆涂料前钢管表面处理 表面清洁度评定试验 第3部分：涂覆涂料前钢管表面的灰尘评定（压敏粘带法）

GB/T 18570.6 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第6部分：可溶性杂质的取样 Bresle 法

GB/T 18570.9 涂覆涂料前钢管表面处理 表面清洁度评定试验 第9部分;水溶性盐的现场电导率测定法

GB/T 23257 埋地钢质管道聚乙烯防腐层

JB/T 4730.3—2005 承压设备无损检测 第3部分: 超声检测

NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分: 超声检测

SY/T 0315 钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范

SY/T 4113 防腐涂层的耐划伤试验方法

SY/T 6423.1 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第1部分: 焊接钢管焊缝缺欠的射线检测

SY/T 6423.2 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第2部分: 焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声检测

SY/T 6423.3 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第3部分: 焊接钢管用钢带/钢板分层缺欠的自动超声检测

SY/T 6423.4 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第4部分: 无缝和焊接钢管分层缺欠的自动超声检测

SY/T 6423.5 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第5部分: 焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测

SY/T 6476 管线钢管落锤撕裂试验方法

SY/T 6530 非腐蚀性气体输送用管线管内涂层

ISO 3183 石油天然气工业 管线输送系统用钢管 (Petroleum and natural gas industries - Steel pipe for pipeline transportation systems)

ISO 4200 焊接和无缝平端钢管 管的尺寸和单位长度重量的一览表 (Plain End Steel Tubes, Welded and Seamless - General Tables of Dimensions and Masses per Unit Length)

ISO 6892-1 金属材料 拉伸试验 第一部分: 室温试验方法 (Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature)

ISO 9712 无损检测 人员资质和评定 (Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel)

ISO 10474 钢及钢产品 检验文件 (Steel and steel products - Inspection documents)

ISO 10893-5 钢管无损检测 第5部分: 无缝钢管和焊接钢管表面缺欠的磁粉检验 (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 10893-7 钢管无损检测 第7部分: 焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测 (Non-destructive testing of steel tubes - Part 7: Digital 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: 无缝钢管和焊接钢管分层缺欠的自动超声检测 (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：焊接钢管用钢带/钢板分层缺欠的自动超声检测 (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：焊接钢管纵向和/或横向缺欠的自动超声检测 (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 无损检验 (NDT) 人员的雇主评定体系 [Steel products — Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel]

ISO 15741 涂料和清漆 非腐蚀性气体用岸上和海上钢管内部的摩擦减少涂层 (Paints and varnishes - Friction-reduction coatings for the interior of on- and offshore steel pipelines for non-corrosive gases)

ISO 21809-1 石油和天然气工业 管道输送系统中使用的地下或水下管道的外部涂层 第1部分：聚烯烃涂层 (3层聚乙烯和3层聚丙烯) [Petroleum and natural gas industries — External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems — Part 1: Polyolefin coatings (3-layer PE and 3-layer PP)]

ISO 80000-1 量和单位 第1部分 总则 (QUANTITIES AND UNITS PART 1: GENERAL)

ISO/TR 9769 钢和铁 现有分析方法评价 (Steel and Iron - Review of Available Methods of Analysis)

API RP 5L1 管线钢管铁路运输推荐作法 (Recommended Practice for Railroad Transportation of Line Pipe)

API RP 5L2 非腐蚀气体运输用管线管内涂层推荐作法 (Recommended Practice for Internal Coating of Line Pipe for Non-corrosive Gas Transmission Service)

API RP 5L3 管线钢管落锤撕裂试验推荐方法 (Recommended Practice for Conducting Drop-Weight Tear Tests on Line Pipe)

API RP 5LW 管线钢管内陆及海上船舶运输推荐作法 (Recommended Practice for Transportation of Line Pipe on Barges and Marine Vessels)

API SPEC 5L 管线管规范 (Specification for Line Pipe)

ASME B36.10 焊接和无缝钢管 (WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE)

ASNT SNT-TC-1A SNT-TC-1A 推荐作法 无损检测 (Recommended Practice No. SNT-TC-1A: Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing, and ASNT-CP-105: Standard Topical Outlines for Qualification of Nondestructive Testing Personnel)

ASTM A370 钢产品力学性能试验的标准试验方法和定义 (Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products)

ASTM A435 钢板直射声束超声检验规范 (Standard Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates)

ASTM A578 特殊用途轧制钢板板纵波超声波检验标准规范 (Standard Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Rolled Steel Plates for Special Applications)

ASTM A751 钢产品化学分析用标准试验方法、作法和术语 (Standard Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products)

ASTM E45 钢中夹杂物含量确定的标准试验方法 (Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steel)

ASTM E112 平均晶粒度测定的标准试验方法 (Standard Test Methods for Determining Average Grain Size)

ASTM E92 金属材料维氏硬度和努氏硬度标准试验方法 (Standard Test Methods for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials)

ASTM E709 磁粉检验标准做法 (Standard Guide for Magnetic Particle Testing)

ASTM E1268 带状组织级别评定标准做法 (Standard Practice for Assessing the Degree of Banding or Orientation of Microstructures)

CSA Z 245.20 SERIES 工厂采用的钢管外涂层 (Plant-applied external coatings for steel pipe)

EN 10204 金属产品—检验文件类型 (Metallic products - Types of inspection documents)

NACE TM0177 金属在H₂S环境中耐特定形式环境开裂的实验室试验 (Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H₂S Environments)

NACE TM0284 管线和压力容器钢抗氢致开裂的评估 (Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking)

3 总则

本文件未规定事项，按适用的API SPEC 5L、ISO 3183 或 GB/T 9711 最新有效版执行。

本文件与API SPEC 5L、ISO 3183 或 GB/T 9711 标准配套使用，制造、检验、取样、试验过程采用对应的规范性引用文件。按PSL1 和PSL2 等级订货的产品，应满足API SPEC 5L、ISO 3183 或 GB/T 9711 标准PSL2 等级基本要求。制管用钢板/卷为热机械轧制 (M) 状态，HFW 焊缝应经过热处理。

陆上线路管应满足本文件正文的基础要求，特殊用途的管线管应满足相应产品附录：

- a) 酸性环境用管线管 (见附录B)；
- b) 海底管线管 (见附录C)；
- c) 热煨弯管母管 (见附录D)。

本文件供货的钢管，由用户指定并在合同中注明，可选用以下类型的涂层：

- a) 3PE 外涂层 (见附录E)；
- b) FBE 外涂层 (见附录F)；
- c) 内减阻涂层 (见附录G)。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

- D 钢管规定外径
- T 钢管规定壁厚

| | |
|------|---------------|
| L | 钢管长度 |
| FL | 熔合线 |
| FL+2 | 距熔合线+2mm, 母材侧 |
| FL+5 | 距熔合线+5mm, 母材侧 |
| WM | 焊缝金属 |
| CTOD | 裂纹尖端张开位移试验 |
| DWTT | 落锤撕裂试验 |
| HAZ | 焊接热影响区 |
| HIC | 氢致裂纹试验 |
| SSC | 硫化氢应力腐蚀试验 |
| SMYS | 规定最小屈服强度 |

5 订货所需信息

订购合同中应包括下列信息：

- a) 供货标准；
- b) 钢管类型；
- c) 用途；
- d) PSL 等级；
- e) 钢级；
- f) 外径和壁厚；
- g) 长度和长度类型；
- h) 数量（总质量或总长度）；
- i) 确认附录的适用性；
- j) 其它特殊要求。

6 技术要求

6.1 化学成分

产品的牌号（钢级）和化学成分（熔炼分析和成品分析）应符合表 1 的规定。

6.2 拉伸性能

产品的室温拉伸性能应符合表 2 的规定。

6.3 夏比 V 型缺口（CVN）冲击试验和落锤撕裂（DWT）试验

夏比 V 型缺口（CVN）冲击试验和落锤撕裂（DWT）试验结果应符合表 3 规定。

6.4 水压试验

除非另有规定，水压试验压力对应的环向应力不低于 90%规定最小屈服强度。

表 1 钢管化学成分

| 钢级 | 质量分数，基于熔炼分析和成品分析，最大 % | | | | | | | | | | 碳当量 ^a ，最大 % | |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|------|------|------|------|------------------------|-------------------|
| | C ^b | Si | Mn ^b | P | S | Al ^t | V | Nb | Ti | 其它 | CE _{IIW} | CE _{FCM} |
| B 或 L245 BM 或 L245M | 0.22 | 0.45 | 1.20 | 0.020 | 0.010 | 0.060 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | d, i | 0.43 | 0.19 |
| X42 或 L290 X42M 或 L290M | 0.22 | 0.45 | 1.30 | 0.020 | 0.010 | 0.060 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | d, i | 0.43 | 0.19 |
| X46 或 L320 X46M 或 L320M | 0.22 | 0.45 | 1.30 | 0.020 | 0.010 | 0.060 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | d, i | 0.43 | 0.20 |
| X52 或 L360 X52M 或 L360M | 0.22 | 0.45 | 1.40 | 0.020 | 0.010 | 0.060 | c | c | c | d, i | 0.43 | 0.20 |
| X56 或 L390 X56M 或 L390M | 0.22 | 0.45 | 1.40 | 0.020 | 0.010 | 0.060 | c | c | c | d, i | 0.43 | 0.21 |
| X60 或 L415 X60M 或 L415M | 0.12 ^e | 0.45 ^e | 1.60 ^e | 0.020 | 0.010 | 0.060 | f | f | f | g, i | 0.43 | 0.21 |
| X65 或 L450 X65M 或 L450M | 0.12 ^e | 0.45 ^e | 1.60 ^e | 0.020 | 0.010 | 0.060 | f | f | f | g, i | 0.43 | 0.22 |
| X70 或 L485 X70M 或 L485M | 0.12 ^e | 0.45 ^e | 1.70 ^e | 0.020 | 0.008 | 0.060 | f | f | f | g, i | 0.43 | 0.22 |
| X80 或 L555 X80M 或 L555M | 0.12 ^e | 0.45 ^e | 1.85 ^e | 0.020 | 0.008 | 0.060 | f | f | f | h, i | 0.43 | 0.23 |

^a 当碳含量大于 0.12%时 CE_{IIW}适用，当碳含量小于等于 0.12%时 CE_{FCM}适用。
^b 碳含量比规定最大碳含量每减少 0.01%，则允许锰含量比规定最大锰含量高 0.05%。但对于钢级不低于 L245/L245M（或 B/BM）且不高于 L360/L360M（或 X52/X52M），最大锰含量不应超过 1.65%；对于钢级高于 L360/L360M（或 X52/X52M）但低于 L485/L485M（或 X70/X70M），最大锰含量不应超过 1.75%；对于钢级不低于 L485M（或 X70M）但不高于 L555M（或 X80M），最大锰含量不应超过 2.00%。
^c Nb+V+Ti ≤ 0.15%。
^d 除另有协议外，Cu ≤ 0.50%，Ni ≤ 0.30%，Cr ≤ 0.30%，Mo ≤ 0.15%。
^e 除另有协议外。
^f 除另有协议外，Nb+V+Ti ≤ 0.15%。
^g 除另有协议外，Cu ≤ 0.50%，Ni ≤ 0.50%，Cr ≤ 0.50%，Mo ≤ 0.50%。
^h 除另有协议外，Cu ≤ 0.50%，Ni ≤ 1.00%，Cr ≤ 0.50%，Mo ≤ 0.50%。
ⁱ 除另有协议外，不允许有意添加硼，残余 B ≤ 0.001%。

表 2 钢管拉伸性能

| 钢级 | | 管体 ^a | | | | 焊缝 ^a |
|----------------------------|-----|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| | | 屈服强度 R _{0.5} MPa | 抗拉强度 R _m MPa | 伸长率 A _t (50mm 标距) % | 屈强比 ^c R _{0.5} /R _m | 抗拉强度 R _m MPa |
| B 或 L245 BM 或 L245M | 最小值 | 245 | 415 | ^b | — | 415 |
| | 最大值 | 395 | 565 | — | 0.92 | — |
| X42 或 L290 X42M 或 L290M | 最小值 | 290 | 415 | ^b | — | 415 |
| | 最大值 | 440 | 565 | — | 0.92 | — |
| X46 或 L320 X46M 或 L320M | 最小值 | 320 | 435 | ^b | — | 435 |
| | 最大值 | 470 | 585 | — | 0.92 | — |
| X52 或 L360 X52M 或 L360M | 最小值 | 360 | 460 | ^b | — | 460 |
| | 最大值 | 510 | 610 | — | 0.92 | — |
| X56 或 L390 X56M 或 L390M | 最小值 | 390 | 490 | ^b | — | 490 |
| | 最大值 | 525 | 640 | — | 0.92 | — |

表 2 钢管拉伸性能 (续)

| 钢级 | | 管 体 ^a | | | | 焊缝 ^a |
|----------------------------|-----|--------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 屈服强度 $R_{0.5}$ MPa | 抗拉强度 R_m MPa | 伸长率 A_r (50mm 标距) % | 屈强比 ^c $R_{0.5}/R_m$ | 抗拉强度 R_e MPa |
| X60 或 L415 X60M 或 L415M | 最小值 | 415 | 520 | ^b | — | 520 |
| | 最大值 | 535 | 670 | — | 0.92 | — |
| X65 或 L450 X65M 或 L450M | 最小值 | 450 | 535 | ^b | — | 535 |
| | 最大值 | 570 | 685 | — | 0.92 | — |
| X70 或 L485 X70M 或 L485M | 最小值 | 485 | 570 | ^b | — | 570 |
| | 最大值 | 605 | 720 | — | 0.92 | — |
| X80 或 L555 X80M 或 L555M | 最小值 | 555 | 625 | ^b | — | 625 |
| | 最大值 | 675 | 775 | — | 0.93 | — |

^a 拉伸试验包括管体拉伸和焊缝拉伸, 标距为 50mm, 试样方向为横向, 板状试样应压平。除非另有规定, X80/X80M 采用棒状试样。焊缝拉伸试验时, 焊缝应在拉伸试样的中间, 抗拉强度应符合本表要求。

^b 规定的最小伸长率 $A_r=1940 A_{xc}^{0.2}/U^{0.9}$, 其中 A_{xc} 为试样截面积, 最大 485mm²; U 为规定最小抗拉强度, 单位 MPa。

^c 屈强比的要求适用于 $D>323.9$ mm 的钢管。

表 3 夏比 V 型缺口 (CVN) 冲击试验和落锤撕裂试验

| 钢级 | 管体横向冲击试验 ^{a, d, f} | | | | 焊缝和 HAZ 横向冲击试验 ^{a, b, f} | | 落锤撕裂试验 ^{e, f} | |
|----------------------------|-----------------------------|----|----------------|----|-----------------------------------|----|------------------------|----|
| | 全尺寸 CVN 吸收能 J, 最小值 | | 剪切面积 %, 最小值 | | 全尺寸 CVN 吸收能 J, 最小值 | | 剪切面积 %, 最小值 | |
| | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 |
| B 或 L245 BM 或 L245M | 45 | 60 | 70 | 85 | 45 | 60 | 70 | 85 |
| X42 或 L290 X42M 或 L290M | 45 | 60 | 70 | 85 | 45 | 60 | 70 | 85 |
| X46 或 L320 X46M 或 L320M | 45 | 60 | 70 | 85 | 45 | 60 | 70 | 85 |
| X52 或 L360 X52M 或 L360M | 45 | 60 | 70 | 85 | 45 | 60 | 70 | 85 |
| X56 或 L390 X56M 或 L390M | 45 | 60 | 70 | 85 | 45 | 60 | 70 | 85 |
| X60 或 L415 X60M 或 L415M | 45 | 60 | 70 | 85 | 45 | 60 | 70 | 85 |
| X65 或 L450 X65M 或 L450M | 45 | 60 | 70 | 85 | 45 | 60 | 70 | 85 |
| X70 或 L485 X70M 或 L485M | 60 | 80 | 80 | 90 | 60 | 80 | 70 | 85 |
| X80 或 L555 X80M 或 L555M | 60 | 80 | 80 | 90 | 60 | 80 | 70 | 85 |

^a 冲击试验的试验温度为 0℃。除非另有规定, 冲击试验的摆锤锤刃半径为 8 mm。

^b 除非另有规定, HAZ 通常仅适用于 SAWL 管线管, 且取样位置为 FL+2mm。

^c 试样缺口轴向应垂直于钢管表面。壁厚不小于 16mm 时, 试样应取自距外表最近 2mm 处。焊缝和 HAZ 冲击试样在刻槽前应进行腐蚀, 保证冲击缺口位于焊缝中间和 HAZ 规定位置。

^d 当技术规范无冲击剪切面积要求或冲击剪切面积要求较低时, 管体冲击剪切面积按单值 $\geq 70\%$ 、均值 $\geq 85\%$ 控制。

^e 落锤撕裂试验的试验温度 0℃, 试验方向为横向。壁厚 >25.4 mm 的钢管, DWTT 验收要求应协商确定。

^f 当需方要求, 并在合同中注明, 可选择冲击试验和落锤撕裂试验的其它试验温度, 验收指标由供需双方协商。

6.5 压扁试验

HFW 管压扁试验要求及判定标准应符合表 4 规定。

表 4 压扁试验

| 压扁步骤 | 压板间距 | 合格判定标准 |
|------------------|-------------------|------------------|
| 步骤 1 | $H \leq 0.5 * D$ | 焊缝处内外表面无开裂或断裂 |
| 步骤 2 | $H \leq 0.33 * D$ | 焊缝以外, 内外表面无开裂或断裂 |
| 步骤 3 | $H = 2 * T$ | 无分层、过烧缺陷 |
| H 为压扁试验两平板之间的距离。 | | |

6.6 SAWL 焊管导向弯曲试验

6.6.1 导向弯曲试验弯芯直径应符合表 5 要求。

6.6.2 导向弯曲试验后, 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 3.2 mm 与深度无关的裂纹或破裂;
- c) 在母材、热影响区或熔合线上出现长度大于 3.2 mm 或深度大于规定壁厚 12.5% 的裂纹和破裂。

6.6.3 试验期间出现在试样边缘、长度不大于 6 mm 的裂纹, 不应成为拒收的依据。

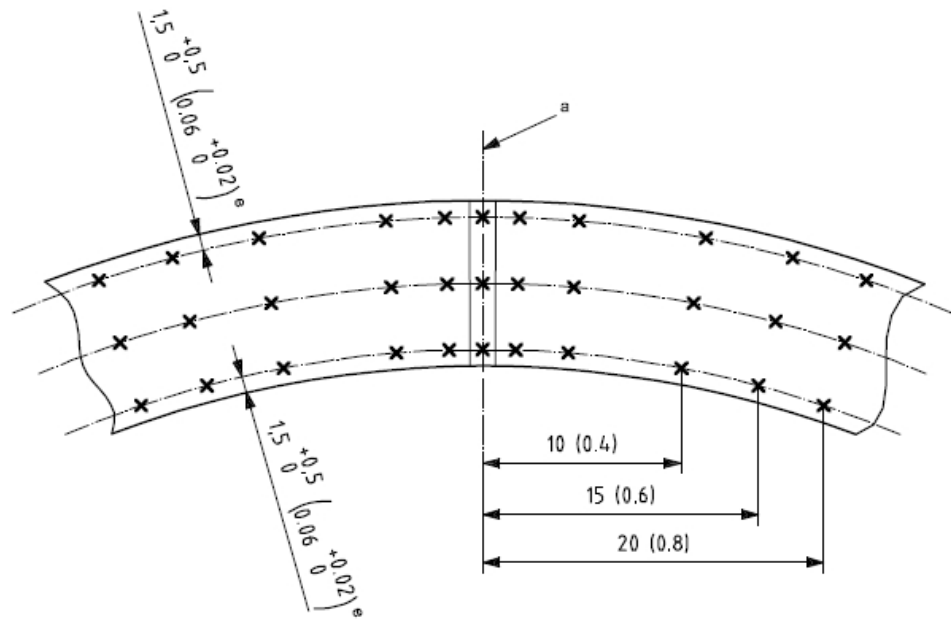
表 5 导向弯曲试验弯芯直径

| 钢级 | 常规试验弯芯直径, 最大 | 补焊焊评弯芯直径, 最大 |
|----------------------------|--------------|--------------|
| B 或 L245 BM 或 L245M | 6T | 6T |
| X42 或 L290 X42M 或 L290M | 6T | 6T |
| X46 或 L320 X46M 或 L320M | 7T | 7T |
| X52 或 L360 X52M 或 L360M | 8T | 8T |
| X56 或 L390 X56M 或 L390M | 8T | 8T |
| X60 或 L415 X60M 或 L415M | 9T | 9T |
| X65 或 L450 X65M 或 L450M | 9T | 9T |
| X70 或 L485 X70M 或 L485M | 10T | 10T |
| X80 或 L555 X80M 或 L555M | 10T | 10T |

6.7 硬度

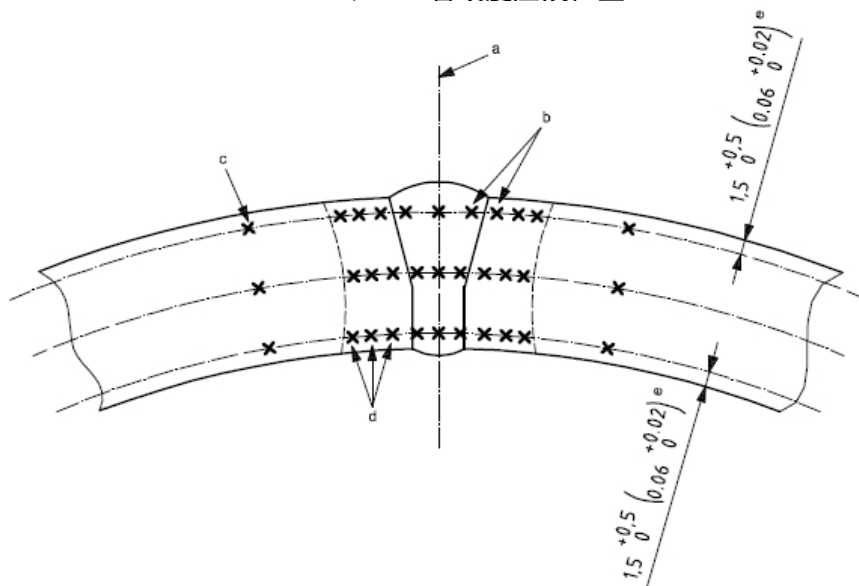
6.7.1 硬度试验压痕位置应符合图 1 要求: $T < 4$ mm 时, 仅需在壁厚中部进行试验; 4 mm $\leq T < 6$ mm 时, 仅需在近内、外表面进行试验。

6.7.2 X60 以下钢级硬度应不大于 250HV10，X60 及以上钢级硬度应不大于 275HV10。



单位：mm (in.)

a) HFW 管硬度压痕位置



单位：mm (in.)

b) SAWL 管硬度压痕位置

说明：

a——焊缝中心线；

b——距熔合线 0.75mm；

c——距熔合线 1T；

d——在 HAZ 内间隔 1mm；

e——距内外表面。

图 1 硬度试验压痕位置示意图

6.8 金相检验

6.8.1 采用宏观检验方法，对埋弧焊钢管焊缝尺寸进行检验。错边量、焊偏量、交互熔深进行检验结果应满足下列要求：

- a) 错边量 $\leq 10\%T$ ，最大 1.5mm。
- b) 焊偏量不大于 3.0mm。
- c) 内外焊缝交互熔宽不小于 3.0mm。

6.8.2 采用金相检验方法，对高频焊管的焊缝热处理状态进行确认，热处理范围应覆盖整个焊接热影响区。

6.8.3 根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，可进行管体的金相检验（显微组织、晶粒度、非金属夹杂物或带状组织等），合格级别可按表 6 或另行规定。除非另有规定，否则晶粒度评定按 ASTM E112 进行，显微组织检验按 GB/T 13298 进行，夹杂物级别按 ASTM E45 进行测定，带状组织按附录 H 进行评定。

表 6 金相检验

| 钢级 | 显微组织 | 晶粒度 | 各类夹杂物 | 带状组织 |
|----------------------------|---------------------|-------------|--------------|------------|
| B 或 L245 BM 或 L245M | 无未回火马氏体 (马-奥岛除外) | ≥ 8 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X42 或 L290 X42M 或 L290M | | ≥ 8 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X46 或 L320 X46M 或 L320M | | ≥ 8 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X52 或 L360 X52M 或 L360M | | ≥ 8 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X56 或 L390 X56M 或 L390M | | ≥ 9 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X60 或 L415 X60M 或 L415M | | ≥ 9 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X65 或 L450 X65M 或 L450M | | ≥ 9 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X70 或 L485 X70M 或 L485M | | ≥ 10 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |
| X80 或 L555 X80M 或 L555M | | ≥ 10 级 | ≤ 2.0 级 | ≤ 3 级 |

6.9 表面质量、缺欠和缺陷

6.9.1 咬边

深度不大于 0.4mm 焊接咬边允许存在。

6.9.2 噉嘴

焊缝两侧各 50mm 弧长范围内局部区域与钢管理想圆弧的最大径向偏差，不应大于 1.5mm。

6.9.3 其它缺陷

任何影响最小允许壁厚的缺欠均应视为缺陷。

不允许有重皮、裂纹、结疤、折叠、气泡、夹杂等对使用有害的缺陷存在。

深度不超过 0.3mm 且不影响最小允许壁厚的其它表面缺欠允许存在。

钢管的内外表面应清洁光滑，不得有对后续涂层有害的严重油污。

钢表内外表面不得有铜或其它低熔点金属污染。

6.9.4 缺陷处理

可采用修磨的方法去除表面缺陷，缺陷去除后应进行测量或检验，以确认缺陷清除后，钢管的剩余壁厚满足合同要求，且修磨区域应与钢管轮廓平缓过渡。

采用切除方式去除缺陷时，如合同要求坡口，应重新进行管端加工；如合同要求管端分层超声波检验时，应重新进行管端分层超声波检验和管端磁粉。

只允许对埋弧焊缝进行补焊，且下列情况下不允许补焊：

- a) 扩径后不允许补焊。
- b) 管体缺陷不允许补焊。
- c) 同一位置不得进行两次以上补焊。
- d) 裂纹不允许补焊。
- e) 不能采用修磨、补焊、切除的方法进行挽救的钢管应剔除。

6.9.5 无损检验

无损检验应符合附录 A 的规定。

7 尺寸、外形、重量及允许偏差

7.1. 订货尺寸

焊接管线管按 ISO 4200 和 ASME B36.10 规格的尺寸系列供货，具体规格见表 7。

经供需双方协商，可供应其它规格，或按内径供货。

7.2 外径

外径允许偏差应符合表 8 要求。

7.3 不圆度

不圆度允许偏差应符合表 9 要求。

7.4 壁厚

壁厚允许偏差应符合表 10 要求。

7.5 长度

交货长度应符合表 11 要求。

表 8 外径允许偏差

| 外径范围 | 管体外径允许偏差 | 管端外径允许偏差 | 两端外径差 |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| $219 \leq D \leq 610$ | $\pm 0.75D$, 最大为 $\pm 3.2\text{mm}$ | $\pm 0.5D$, 最大为 $\pm 1.5\text{mm}$ | $\leq 1.0\text{mm}$ |
| $610 < D \leq 1422$ | $\pm 0.50D$, 最大为 $\pm 4.0\text{mm}$ | $\pm 1.5\text{mm}$ | $\leq 1.5\text{mm}$ |

注：管端为距钢管端部 100mm 长度范围的钢管。

表 9 不圆度允许偏差

单位为毫米

| 外径范围 | 外径壁厚比范围 | 管体不圆度 | 管端不圆度 |
|-----------------------|---------------|------------------------|------------------------|
| $219 \leq D \leq 610$ | — | $\leq 1.5D$ | $\leq 1.2D$ |
| $610 < D \leq 1422.4$ | $D/T \leq 75$ | $\leq 1.2D$, 最大不超过 15 | $\leq 0.6D$, 但最大不超过 8 |
| | $D/T > 75$ | 协商 | 协商 |

注：管端为距钢管端部 100 mm 长度范围的钢管。

表 10 壁厚允许偏差

单位为毫米

| 壁厚范围 | 允许偏差 |
|-----------------|------------|
| $4 \leq T < 15$ | $\pm 0.1T$ |
| $T \geq 15$ | ± 1.5 |

表 11 长度允许偏差

单位为米

| 名义长度 | 最短长度 | 平均最小长度 | 最大长度 |
|------|-------|--------|-------|
| 9 | 8.00 | 9.00 | 10.29 |
| 12 | 8.00 | 10.67 | 13.72 |
| 15 | 10.00 | 13.35 | 16.76 |
| 18 | 12.00 | 16.00 | 18.50 |

7.6 直度

全长直度偏差应不大于钢管全长的 0.15%，管端 1.5m 范围内直度偏差应不大于 3mm。

7.7 管端

除非另有规定，坡口角度 30° ($0, +5^\circ$)，钝边厚度 $1.6\text{mm} \pm 0.8\text{mm}$ 。管端切斜度不大于 $0.5D$ ，最大 1.6mm。

7.8 焊缝尺寸

7.8.1 HFW 焊管焊缝尺寸

外毛刺应去除至与钢管外表基本平齐状态。

内毛刺去除处的壁厚与邻近母材厚度之差应在 $-0.3\text{mm}/+0.5\text{mm}$ 范围内，且与钢管内表面平滑过渡。错边应不大于 $10\%T$ ，最大不超过 1.5mm。

毛刺去除和错边处壁厚不应小于允许的最小壁厚。

7.8.2 SAWL 焊管焊缝尺寸

除咬边外，焊缝顶部不应低于邻近钢管表面。焊缝应与邻近钢管表面平滑过渡。

外焊缝余高不大于 2.5mm。内焊缝余高不大于 3.0mm。

应采用修磨方法，将管端至少 200mm 范围内的内焊缝余高去除，清除后焊缝余高 0~0.5mm，且与钢管表面平滑过渡。

如合同要求，应采用修磨方法，将管端至少 200mm 范围内的外焊缝余高去除，清除后焊缝余高 0~0.5mm，且与钢管表面平滑过渡。

错边不大于 10%T，最大不超过 1.5mm，且错边处壁厚不应小于允许的最小壁厚。

7.9 重量

单根钢管重量允许偏差为+10%/-3.5%。

整个订单重量允许偏差为-1.75%。

8 检验和试验

8.1 总则

除非另有规定，试验方法、取样位置以及试验结果判定、复验规则等应符合 API SPEC 5L、ISO 3183 或 GB/T 9711 相应的规定。

8.2 检验项目及频次

检验项目及频次见表 12。

表 12 检验项目及频次

| 检验项目 | | 钢管 类型 | 检验频次 | API SPEC 5L 试验标准 | GB/T 9711 试验标准 | ISO 3183 试验标准 |
|-----------------|-----------|-------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| 类型 ^a | 项目名称 | | | | | |
| o | 钢卷分层超声波检验 | HFW | 逐卷 | ISO 10893-9 | SY/T 6423.3 | ISO 10893-9 |
| m | 钢板分层超声波检验 | SAWL | 逐板 | ISO 10893-9 | SY/T 6423.3 | ISO 10893-9 |
| m | 焊缝宏观检验 | SAWL | 每工作班每外焊站 至少一次 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 焊缝金相检验 | HFW | 每工作班 至少一次 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 水压试验 | HFW SAWL | 逐支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 管体焊缝超声波检验 | HFW SAWL | 逐支 | ISO 10893-11 | SY/T 6423.2 | ISO 10893-11 |
| m | 管端焊缝超声波检验 | HFW SAWL | 逐支 | ISO 10893-11 | SY/T 6423.2 | ISO 10893-11 |
| m | 管端分层超声波检验 | HFW SAWL | 逐支 | ISO 10893-8 | SY/T 6423.4 | ISO 10893-8 |
| o | 管体焊缝射线检验 | SAWL | 逐支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |

表 12 检验项目及频次 (续)

| 检验项目 | | 钢管类型 | 检验频次 | API SPEC 5L 试验标准 | GB/T 9711 试验标准 | ISO 3183 试验标准 |
|-----------------|----------|-------------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 类型 ^a | 项目名称 | | | | | |
| m | 管端焊缝射线检验 | SAWL | 逐支 | ISO 10893-7 或 ISO 10893-6 | SY/T 6423.1 或 SY/T 6423.5 | ISO 10893-7 或 ISO 10893-6 |
| o | 管端磁粉检验 | HFW | 逐支 | ISO 10893-5 或 ASTM E709 | ASTM E709 | ISO 10893-5 或 ASTM E709 |
| m | 管端磁粉检验 | SAWL | 逐支 | ISO 10893-5 或 ASTM E709 | ASTM E709 | ISO 10893-5 或 ASTM E709 |
| m | 剩磁 | HFW SAWL | 每 4 小时检验 1 支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 外观检验 | HFW SAWL | 逐支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 管端直径和不圆度 | HFW SAWL | 逐支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 管体直径和不圆度 | HFW SAWL | ^b | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 钢管壁厚 | HFW SAWL | 逐支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 管端坡口尺寸 | HFW SAWL | ^b | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 焊缝尺寸 | HFW SAWL | ^b | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 钢管直度 | HFW SAWL | ^b | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 钢管长度 | HFW SAWL | 逐支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| m | 钢管重量 | HFW SAWL | 逐支 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |

^a m——强制要求进行的项目；o——可选择进行的项目。
^b 每 20 支检验 1 支，且每班不少于 3 支。

8.3 试验项目

试验项目及频次见表 13。

表 13 试验项目及取样频次

| 试验项目 | | | 取样频次 | 取样数量 与位置 ^b | API SPEC 5L 试验标准 | GB/T 9711 试验标准 | ISO3183 试验标准 |
|-----------------|------|------------------|-------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 类型 ^a | 项目名称 | 位置 | | | | | |
| m | 成品成分 | 管体 | 2 次/炉 | 1T90° | ISO/TR9769 ASTM A751 | ISO/TR9769 ASTM A751 | ISO/TR9769 ASTM A751 |
| m | 拉伸 | 管体 | 1 次/批 | 1T180° | ISO 6892-1 或 ASTM A370 | ISO 6892-1 或 ASTM A370 | ISO 6892-1 或 ASTM A370 |
| | | 焊缝 | 1 次/批 | 1W | | | |
| m | 冲击 | 管体 | 1 次/批 | 3T90° | ASTM A370 | ASTM A370 | ASTM A370 |
| | | 焊缝 | 1 次/批 | 3W | | | |
| | | HAZ ^c | 1 次/批 | 3W | | | |
| o | DWTT | 管体 | 1 次/炉 | 2T90° | API RP 5L3 | SY/ T6476 | API RP5L3 |
| m | 压扁 | 管体 ^d | 2 次/卷 | 2T0° | ASTM A370 | ASTM A370 | ASTM A370 |
| | | 管体 ^d | 2 次/卷 | 2T90° | | | |
| m | 导向弯曲 | 焊缝 ^c | 1 次/批 | 2W | ASTM A370 | ASTM A370 | ASTM A370 |

表 13 试验项目及取样频次（续）

| 试验项目 | | | 取样频次 | 取样数量 与位置 ^b | API SPEC 5L 试验标准 | GB/T 9711 试验标准 | ISO3183 试验标准 |
|-----------------|--------|-----------------|-------|--------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| 类型 ^a | 项目名称 | 位置 | | | | | |
| o | 硬度 | 焊缝 | 1次/批 | 1W | ASTM E92 | ASTM A370 | ASTM E384 |
| m | 宏观金相检验 | 焊缝 ^c | 1次/批 | 1W | API SPEC 5L | GB/T 9711 | ISO 3183 |
| o | 显微组织 | 管体 | 1次/批 | 1T180° | — | — | — |
| o | 晶粒度 | 管体 | 1次/批 | 1T180° | — | — | — |
| o | 夹杂物 | 管体 | 1次/批 | 1L180° | — | — | — |
| o | 带状组织 | 管体 | 1次/批 | 1L180° | — | — | — |
| o | 焊接性 | — | 1次/订单 | 管环 | API SPEC 5L | GB/T 9711 | |

^a m——强制要求进行的项目；o——可选择进行的项目。
^b T—— 横向；L—— 纵向；W ——焊缝位置；
90°—— 周向距焊缝 90° 位置；180°——周向距焊缝 180° 位置。
^c 仅适用于 SAWL 管。
^d 仅适用于 HFW 管，卷中停焊两侧各增加 1 次。

9 标志

9.1 总则

制造商应对符合规范要求的钢管进行标记，标志应符合以下条款的规定。

9.2 标志方式

应采用模板漆印方法在钢管上进行标记，标记应清晰易辨识、耐久、不易脱落，标志位置应为：

- a) 在每根钢管外表面上，从距钢管一端 450 mm~760 mm 之间的一点开始，或者
- b) 在每根钢管内表面上，从距钢管一端至少 150 mm 的一点开始。

9.3 标志内容及顺序

适用时，钢管标志应包含下列信息：

- a) 制造商名称或标识；
- b) TS 标记及证书号（仅适用于供国内市场的钢管）；
- c) 标准号；
- d) API 会标及制造日期（仅适用于按 API SPEC 5L 最新版标准供货的钢管）；
- e) 规定外径；
- f) 规定壁厚；
- g) 钢管钢级；
- h) 产品规范等级；
- i) 钢管类型（HFW 或 SAWL）；
- j) 客户检验代表的标识（适用时）
- k) 水压试验压力（适用时）；

- l) 合同号、炉号、试批号和管号；
- m) 钢管长度、重量；
- n) 购方要求的其它标志内容。

10 涂层

- 10.1 如用户要求，钢管应涂敷临时涂层，临时涂层应光滑、均匀、无漏涂。
- 10.2 如用户要求，钢管应加工防腐涂层，防腐涂层要求见附录 E、附录 F 及附录 G。
- 10.3 涂层材料应符合相关法律法规要求，不得含有毒有害物质。

11 包装

- 11.1 坡口管端应加装保护套。
- 11.2 如用户要求，应加装管端蒙布或采用封闭式保护套。
- 11.3 埋弧焊钢管，或带防腐涂层的钢管，在堆垛之前，应加装隔离绳。

12 文件

- 12.1 制造商应向购方提供产品质量证明书，质量证明书应符合 EN 10204 和 ISO 10474 要求，至少包括下列内容：
 - a) 钢管生产依据技术条件编号；
 - b) 钢管类型、钢级、规格及数量；
 - c) 交货状态；
 - d) 材料的炉号 / 批号；
 - e) 材料的化学成分和碳当量；
 - f) 力学性能试验数据；
 - g) 最低静水压试验压力和稳压时间；
 - h) 无损检验的方法和结果；
 - i) 其它补充试验结果。
- 12.2 质量证明书应注明产品的制造、取样、试验及检验均按要求进行，并满足要求。
- 12.3 质量证明书应由制造商授权的代理人签名，并在装货发运之前提交购方。质量证明书副本数量由购方和制造商在签定订货合同时协商决定。
- 12.4 与质量证明书同时应提供该批交货钢管的详细清单，内容至少应包括每根钢管的管号、规格、炉号、批号、长度、重量，以及总长度和总重量等。
- 12.5 通过电子数据交换（EDI）传输系统，以印刷文件或以电子文件使用的材料试验报告、质量证明书或类似文件应与出具质量证明书的工厂印制的副本具有同等效力。
- 12.6 制造商应按照其质量管理体系要求，保存与产品制造过程相关的规范、程序、文件、记录和证书，并根据合同条款或供需双方达成的协议提交用户或其代表。
- 12.7 在合同约定的期限内，制造商应保持产品质量的可追溯性。如合同无特殊要求，产品质量记录保

存期为五年。

12.8 本文件采用 SI 单位制。如需用采用美国惯用单位制（USC），测量值由 SI 单位制换算为 USC 单位制，并按 ISO 80000-1:2011 附录 B 规则 A 规定进行修约。

13 钢管装运与贮存

13.1 装运应符合公路、铁路等运输有关的法规、规范、标准和推荐做法。卡车和火车运输应符合 API RP 5L1，驳船或远洋货轮运输应符合 API RP 5LW。

13.2 装运与贮存过程中，应采取措施防止造成钢管损伤，包括但不限于：

- a) 不得造成钢管几何尺寸超标；
- b) 不得造成钢管表面损伤、擦伤、撞击、疲劳开裂、严重腐蚀等；
- c) 不得造成钢管标志无法识别；
- d) 不得造成钢管污染（铜污染、油污染、电磁污染、有害物质污染、放射性污染等）；
- e) 不得使钢管受到 580℃ 及以上温度的热影响；
- f) 不得造成钢管涂层损伤。

附录 A
(规范性)
无损检验

A.1 人员专业检测资格要求

A.1.1 无损检验人员应按照 GB/T 9445、ISO 11484、ISO 9712、ASNT SNT-TC-1 或等效标准要求，培训考核资格鉴定合格，取得相应等级资格证书后，方可上岗检测操作。

A.1.2 无损检验规范应经 3 级人员批准，无损检验操作应由 2 级及以上资格水平的人员完成，1 级资格的人员只有在 2 级人员的监督下方可进行无损检验操作。

A.1.3 已评定合格的检测人员如未从事该项无损检验工作超过 12 个月，其资格应重新评定。

A.2 无损检验要求

A.2.1 无损检验基本要求

除用户另有要求外，应按照下列要求进行无损检验，具体见表 A.1。

A.2.2 无损检验补充要求

钢管无损检验应在冷定径和水压试验后进行。

对焊缝进行无损检验过程中，探伤系统应自动识别和跟踪焊缝位置。

自动超声波探伤管端盲区，应采用手工超声波进行检测。

X 射线工业电视检验的管端盲区应小于 X 射线拍片检测范围。

补焊处及其两端 100mm 范围内的焊缝，应采用手工超声波检测和 X 射线检测。

剩磁检验:钢管每端大约相隔 90° 位置读出四个读数值，要求四点平均值不超过 2.0mT (20Gs)，且任一读数值不能超过 2.5mT (25Gs)。

表 A.1 无损检验

| 检验方式 | 类型 ^a | 检验项目 | 检验范围 | 检验标准 | 标准伤 |
|----------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| 超声 检验 | m | 钢板 边部分层 (SAWL) ^b | 钢板两侧各 50mm 范围内， 覆盖率 100% | ISO 10893-9 SY/T 6423.3 | FBH 6 |
| | o | 钢带 边部分层 (HFW) | 带钢两侧各 50mm 范围内， 覆盖率 100% | ISO 10893-9 SY/T 6423.3 | FBH 6 |
| | m | 钢板 中部分层 (SAWL) ^b | 钢板中部分层， 覆盖率至少 50% | ISO 10893-9 SY/T 6423.3 | FBH 6 |
| | o | 钢带 中部分层 (HFW) | 带钢中部分层， 覆盖率至少 50% | ISO 10893-9 SY/T 6423.3 | FBH 6 |
| | m | HFW 焊缝纵向缺欠 | 焊缝及两侧各 0.5T 内 | ISO 10893-11 SY/T 6423.2 | N10 Φ3.2mm |
| | m | SAWL 焊缝纵横向缺欠 | 焊缝及两侧各 1.6mm 内 | ISO 10893-11 SY/T 6423.2 | N5 φ1.6mm |
| | m | 焊缝附近分层 | 焊缝两侧各 25mm 内 | ISO 10893-8 SY/T 6423.4 | FBH 6 |
| | m | 管端分层 | 管端 50mm 内 | ISO 10893-8 SY/T 6423.4 | FBH 6 |

表 A.1 无损检验（续）

| 检验方式 | 类型 ^a | 检验项目 | 检验范围 | 检验标准 | 标准伤 |
|--|-----------------|-------------|--------------|--|-----------------------|
| 超声 检验 | o | 管端非分层 | 管端 25mm 内 | JB/T4730.3 NB/T47013.3 | V3 |
| | o | 管体分层(HFW) | 带钢分层检验可疑区域 | ISO 10893-8 SY/T 6423.4 | FBH 6 |
| 射线 检验 | o | SAWL 焊缝缺欠 | 焊缝全长 | ISO 10893-7 SY/T 6423.1 | ISO 19232-1 或等效像质计 |
| | m | SAWL 管端焊缝缺欠 | 管端 200mm 内焊缝 | ISO 10893-6 (胶片拍片) ISO 10893-7 (数字拍片) SY/T 6423.1 (胶片拍片) SY/T 6423.5 (数字拍片) | ISO 19232-1 或等效像质计 |
| 磁粉 检验 | m | 管端分层 | 坡口面 | ISO 10893-5 | 八角形试块 或 A 型试片 |
| | m | 管端表面缺陷 | 管端 50mm 内 | ISO 10893-5 | 八角形试块 或 A 型试片 |
| ^a m——强制要求进行的项目；o——可选择进行的项目。 ^b 对钢板自动 UT 分层检验的可疑区域，宜手工 UT 复查。 | | | | | |

附录 B
(规范性)
酸性环境用管线管

B.1 说明

本附录规定了适用于酸性服役条件的PSL2管线用钢管的补充要求。

B.2 化学成分

产品的牌号（钢级）和化学成分（熔炼分析和成品分析）应符合表B.1的规定。

表 B.1 化学成分

| 钢级 | 化学成分（质量分数） ^h /% | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|------|-----------------|-------|-------|------|------|------|-------------------|--------------------------------|---------------------|
| | C ⁱ | Si | Mn ⁱ | P | S | V | Nb | Ti | CE _{II#} | CE _{pcn} ^j | 其它 |
| | 最大值 | | | | | | | | | | |
| BMS 或 L245MS | 0.10 | 0.40 | 1.20 | 0.020 | 0.002 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | — | 0.19 | a, c, k |
| X42MS 或 L290MS | 0.10 | 0.40 | 1.25 | 0.020 | 0.002 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | — | 0.19 | b, c, k |
| X46MS 或 L320MS | 0.10 | 0.45 | 1.30 | 0.020 | 0.002 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | — | 0.20 | b, c, k |
| X52MS 或 L360MS | 0.10 | 0.45 | 1.45 | 0.020 | 0.002 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | — | 0.20 | b, c, k |
| X56MS 或 L390MS | 0.10 | 0.45 | 1.45 | 0.020 | 0.002 | 0.06 | 0.08 | 0.04 | — | 0.21 | b, c, k |
| X60MS 或 L415MS | 0.10 | 0.45 | 1.45 | 0.020 | 0.002 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | — | 0.21 | b, c, d, k |
| X65MS 或 L450MS | 0.10 | 0.45 | 1.50 | 0.020 | 0.002 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | — | 0.22 | b, c, d, e, f, g, k |
| X70MS 或 L485MS | 0.10 | 0.45 | 1.50 | 0.020 | 0.002 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | — | 0.22 | b, c, d, e, f, g, k |

^a V+Nb≤0.06%。
^b V+Nb+Ti≤0.12%。
^c 若 S >0.0015%，则 Ca/S≥1.5。
^d Cu≤0.3%，Cr≤0.30%，Ni≤0.30%，Mo≤0.10%。
^e 若协议，Mo≤0.35%。
^f 若协议，Cr≤0.45%。
^g 若协议，Cr≤0.45%，Ni≤0.50%。
^h 除本表规定的化学元素外，不得有意添加其它元素。
ⁱ 碳含量每降低 0.01%，锰允许提高 0.05%，锰含量最多可超过上表要求 0.20%。
^j 碳含量小于等于 0.12%时，CE_{pcn}=C+Si/30+(Mn+Cu+Cr)/20+Ni/60+Mo/15+V/10+5*B。
^k B≤0.0005%，T_{Al}: 0.015~0.060%，N≤0.010%，TA1/N≥2（不适用于 Ti 镇静或 Ti 处理钢），Ca≤0.006%。

B.3 拉伸性能

产品的室温拉伸性能应符合表B.2的规定。

B.4 硬度

X60以下钢级硬度不大于240HV10，X60及以上钢级硬度不大于250HV10。

B.5 HIC

B.5.1 除非另有规定，应按照NACE TM0284标准的A溶液进行HIC试验，每个试样三个截面均值应满足：

CLR≤15%，CTR≤3%，CSR≤1%。任意值得报告的裂纹照片应附件报告上。

B.5.2 除非另有规定，如初验不合格，则从原取样管中另取双倍样进行复验。若结果合格，则该炉批验收合格；若原管复取不合格，则剔除原管，同炉同规格钢管中任取另两根钢管按照HIC试验要求复验。如果复验结果合格，则用户需接受同炉次除原管不合格外其他钢管；如果复验结果不合格，则整炉拒收。

表 B.2 拉伸性能

| 钢级 | | 管 体 ^a | | | | 焊缝 |
|----------------|-----|--------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | 屈服强度 $R_{0.5}$ MPa | 抗拉强度 R_m MPa | 伸长率 A_5 (50mm 标距) % | 屈强比 ^c $R_{0.5}/R_m$ | 抗拉强度 ^d R_m MPa |
| BMS 或 L245MS | 最小值 | 245 | 415 | ^b | — | 415 |
| | 最大值 | 395 | 565 | — | 0.92 | — |
| X42MS 或 L290MS | 最小值 | 290 | 415 | ^b | — | 415 |
| | 最大值 | 440 | 565 | — | 0.92 | — |
| X46MS 或 L320MS | 最小值 | 320 | 435 | ^b | — | 435 |
| | 最大值 | 470 | 585 | — | 0.92 | — |
| X52MS 或 L360MS | 最小值 | 360 | 460 | ^b | — | 460 |
| | 最大值 | 510 | 610 | — | 0.92 | — |
| X56MS 或 L390MS | 最小值 | 390 | 490 | ^b | — | 490 |
| | 最大值 | 525 | 640 | — | 0.92 | — |
| X60MS 或 L415MS | 最小值 | 415 | 520 | ^b | — | 520 |
| | 最大值 | 535 | 670 | — | 0.92 | — |
| X65MS 或 L450MS | 最小值 | 450 | 535 | ^b | — | 535 |
| | 最大值 | 570 | 685 | — | 0.92 | — |
| X70MS 或 L485MS | 最小值 | 485 | 570 | ^b | — | 570 |
| | 最大值 | 605 | 720 | — | 0.92 | — |

^a 拉伸试验包括管体拉伸和焊缝拉伸，试验方向横向，板状试样应压平。应报告屈服强度为0.5%总伸长时的应力。
^b 规定的最小伸长率 $A_5=1940 A_{5c}^{0.2} / U^{0.9}$ ，其中 A_{5c} 为试样截面积，最大 485 mm²； U 为规定最小抗拉强度，单位 MPa。
^c 屈强比的要求适用于 $D \geq 323.9$ mm 钢管。
^d 焊缝拉伸试验时，焊缝应在拉伸试样的中间，抗拉强度应符合本表要求。

B.6 SSC

B.6.1 仅在MPQT时进行一次，除非另有规定，应按照NACE TM0177 A溶液进行，试验时间为720h。试验方法采用ASTM G 39规定的四点弯曲法，试样加载应力为钢管规定最小屈服强度的90%。如有特殊需求，供需双方可协商适用的加载应力、适用的溶液类型及H₂S分压等，并在合同中明确。

B.6.2 从试验介质中取出SSC试样后，应在10倍放大倍数的低倍显微镜下对试样拉伸表面进行检查。拉伸表面不允许出现任何表面开裂或裂纹，除非能证明这些开裂或裂纹不是由硫化物应力开裂引起的。

B.6.3 除非另有规定，如初验不合格，则从原取样管中另取双倍样进行复验。若复验结果合格，则该炉批验收合格；若原管复取不合格，则剔除原管，同炉同厚度规格钢管中任取另两根钢管按照SSC试验要求复验。如果复验结果合格则用户需接受同炉次除原管不合格外其他钢管；如果复验结果中出现1根

或2根不合，则整炉钢管拒收或根根复验，并重新从后2炉中选取1炉S含量高的炉次进行试验。如该炉合格则除第一炉钢管外的其他炉次钢管接收，否则所有钢管拒收。

B.7 无损检验

B.7.1 除应符合附录A的规定外，还应按API SPEC 5L附录K执行。

B.7.2 除非另有协议，对SAWL，应按照ISO 10893-5或ASTM E709要求，对每根钢管两端最少100mm长度的外焊缝和内焊缝表面进行磁粉检验，任何超过3.0mm的指示应判为缺陷。

B.8 冷扩径率

对SAWL钢管，冷扩径率应在0.8%~1.2%范围。

B.9 缺陷处理

不超过允许深度的表面缺陷可以进行修磨、切除加以去除。缺陷去除后，应采用发现该缺陷相同的检验方法进行确认缺陷是否清除干净，同时应采用壁厚千分尺或超声波测厚仪测量剩余壁厚，以确认缺陷清除后的钢管壁厚满足合同要求，修磨区域应与钢管轮廓平缓过渡。

附录 C
(规范性)
海底管线管

C.1 说明

本附录规定了适用于海上服役条件的PSL2管线用钢管的补充要求。

C.2 化学成分

产品的牌号（钢级）和化学成分（熔炼分析和成品分析）应符合表C.1的规定。

表 C.1 化学成分

| 钢级 | 化学成分（质量分数） ^h /% | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|------|-----------------|-------|-------|------|------|------|-------------------|--------------------------------|---------------------|
| | C | Si | Mn ⁱ | P | S | V | Nb | Ti | CE _{ITW} | CE _{pcw} ^j | 其它 |
| | 最大值 | | | | | | | | | | |
| BMO 或 L245MO | 0.12 | 0.40 | 1.20 | 0.020 | 0.005 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | — | 0.19 | a, c, k |
| X42MO 或 L290MO | 0.12 | 0.40 | 1.30 | 0.020 | 0.005 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | — | 0.19 | b, c, k |
| X46MO 或 L320MO | 0.12 | 0.45 | 1.30 | 0.020 | 0.005 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | — | 0.20 | b, c, k |
| X52MO 或 L360MO | 0.12 | 0.45 | 1.50 | 0.020 | 0.005 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | — | 0.20 | b, c, k |
| X56MO 或 L390MO | 0.12 | 0.45 | 1.50 | 0.020 | 0.005 | 0.06 | 0.08 | 0.04 | — | 0.21 | b, c, k |
| X60MO 或 L415MO | 0.12 | 0.45 | 1.60 | 0.020 | 0.005 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | — | 0.21 | b, c, d, k |
| X65MO 或 L450MO | 0.12 | 0.45 | 1.60 | 0.020 | 0.005 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | — | 0.22 | b, c, d, e, f, g, k |
| X70MO 或 L485MO | 0.12 | 0.45 | 1.70 | 0.020 | 0.005 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | — | 0.22 | b, c, d, e, f, g, k |

^a V+Nb≤0.06%。
^b V+Nb+Ti≤0.12%。
^c 若 S >0.0015%，则 Ca/S≥1.5。
^d Cu≤0.3%，Cr≤0.30%，Ni≤0.30%，Mo≤0.10%。
^e 若协议，Mo≤0.35%。
^f 若协议，Cr≤0.45%。
^g 若协议，Cr≤0.45%，Ni≤0.50%。
^h 除本表规定的化学元素外，不得有意添加其它元素。
ⁱ 碳含量每降低 0.01%，锰允许提高 0.05%，锰含量最多可超过上表要求 0.20%。
^j 碳含量小于等于 0.12%时，CE_{pcw}=C+Si/30+(Mn+Cu+Cr)/20+Ni/60+Mo/15+V/10+5*B。对厚度>25mm 的钢管，碳当量（CE_{pcw}）可以增加 0.01%。
^k B≤0.0005%，T_{Al}: 0.015~0.060%，N≤0.010%，TAI/N≥2（不适用于 Ti 镇静或 Ti 处理钢），Ca≤0.006%。

C.3 拉伸性能

产品的室温拉伸性能应符合表C.2的规定。

C.4 夏比 V 型缺口 (CVN) 冲击试验和落锤撕裂 (DWT) 试验

C.4.1 母材的CVN冲击试验和DWT试验结果应符合表C.3的规定。

C.4.2 焊接接头CVN冲击试验结果应符合表C.4的规定。SAWL管的焊接接头CVN冲击试验的缺口位置见图C.1，HFW管的焊接接头CVN冲击试验的缺口位置见图C.2。

表 C.2 拉伸性能

| 钢级 | | 管 体 ^a | | | | 焊缝 ^a |
|----------------|-----|-----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 屈服强度 $R_{0.5}$ MPa | 抗拉强度 R_m MPa | 伸长率 A_t (50mm 标距) % | 屈强比 ^c $R_{0.5}/R_m$ | 抗拉强度 R_m MPa |
| BMO 或 L245MO | 最小值 | 245 | 415 | ^b | — | 415 |
| | 最大值 | 395 | 565 | — | 0.92 | — |
| X42MO 或 L290MO | 最小值 | 290 | 415 | ^b | — | 415 |
| | 最大值 | 440 | 565 | — | 0.92 | — |
| X46MO 或 L320MO | 最小值 | 320 | 435 | ^b | — | 435 |
| | 最大值 | 470 | 585 | — | 0.92 | — |
| X52MO 或 L360MO | 最小值 | 360 | 460 | ^b | — | 460 |
| | 最大值 | 510 | 610 | — | 0.92 | — |
| X56MO 或 L390MO | 最小值 | 390 | 490 | ^b | — | 490 |
| | 最大值 | 525 | 640 | — | 0.92 | — |
| X60MO 或 L415MO | 最小值 | 415 | 520 | ^b | — | 520 |
| | 最大值 | 535 | 670 | — | 0.92 | — |
| X65MO 或 L450MO | 最小值 | 450 | 535 | ^b | — | 535 |
| | 最大值 | 570 | 685 | — | 0.92 | — |
| X70MO 或 L485MO | 最小值 | 485 | 570 | ^b | — | 570 |
| | 最大值 | 605 | 720 | — | 0.92 | — |

^a 拉伸试验包括管体纵向（如协议）、横向拉伸和焊缝横向拉伸，板状试样应压平，标距为 50mm。焊缝拉伸试验时，焊缝应在拉伸试样的中间，抗拉强度应符合本表要求。

^b 规定的最小伸长率 $A_t=1940 A_{vc}^{0.2} / U^{0.9}$ ，其中 A_{vc} 为试样截面积，最大 485 mm²； U 为规定最小抗拉强度，单位 MPa。

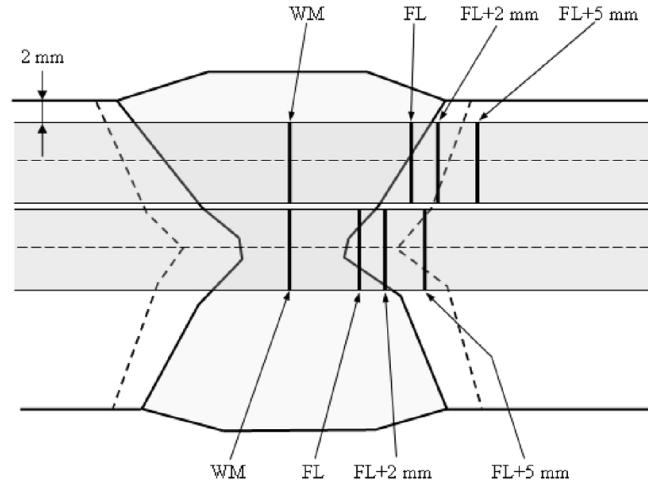
^c 屈强比的要求适用于 $D \geq 323.9$ mm 的钢管。如纵向拉伸适用，纵向屈强比最大允许 0.94。

表 C.3 母材夏比 V 型缺口 (CVN) 冲击试验及落锤撕裂 (DWT) 试验要求

| 钢级 | CVN冲击试验 ^a | | | | DWT试验 ^b | |
|----------------|----------------------|-----|------------------|----|--------------------|----|
| | 全尺寸CVN吸收能KV/J 最小值 | | 剪切面积率SA/% 最小值 | | 剪切面积率SA/% 最小值 | |
| | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 |
| BMO 或 L245MO | 45 | 60 | 80 | 90 | — | — |
| X42MO 或 L290MO | 45 | 60 | 80 | 90 | — | — |
| X46MO 或 L320MO | 45 | 60 | 80 | 90 | — | — |
| X52MO 或 L360MO | 56 | 75 | 80 | 90 | 75 | 85 |
| X56MO 或 L390MO | 71 | 95 | 80 | 90 | 75 | 85 |
| X60MO 或 L415MO | 71 | 95 | 80 | 90 | 75 | 85 |
| X65MO 或 L450MO | 82 | 109 | 80 | 90 | 75 | 85 |
| X70MO 或 L485MO | 93 | 124 | 80 | 90 | 75 | 85 |

^a 夏比冲击试验温度为-10℃；如有特殊需求，可由供需双方协商并在合同中明确。

^b 落锤撕裂韧性试验温度为0℃；如有特殊需求，可由供需双方协商并在合同中明确。除另有协议外，DWTT仅适用于 $D > 400$ mm, $T > 8$ mm 且 $SMYS \geq 360$ MPa 的气体输送钢管。DWTT一般要求全壁厚，也可按 API RP 5L3 减薄降温。对于壁厚大于 25.4 mm 的钢管，DWTT 验收要求应协商确定。



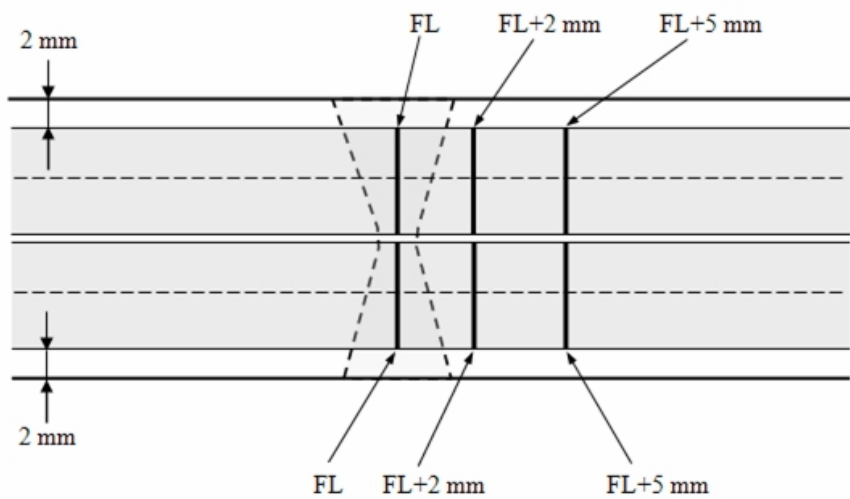
注：

FL——50% WM 和 50% HAZ

FL+5 mm——仅仅适用于WPQT（不适用于大生产）。

注：这试样根部位置的试验仅仅适用于 $t > 25$ mm。

图C.1 SAW钢管夏比冲击缺口示意图



注：这试样根部位置的试验仅仅适用于 $t > 25$ mm。

图C.2 HFW钢管夏比冲击缺口示意图

表 C.4 焊接接头夏比 V 型缺口 (CVN) 冲击试验要求

| 钢级 | FL、FL+2及FL+5夏比V型缺口 (CVN) 冲击试验 | | | | WM夏比V型缺口 (CVN) 冲击试验 (SAWL) | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----|------------------|----|----------------------------|----|------------------|----|
| | 全尺寸CVN吸收能KV J, 最小值 | | 剪切面积SA %, 最小值 | | 全尺寸CVN吸收能KV J, 最小值 | | 剪切面积SA %, 最小值 | |
| | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 | 单值 | 均值 |
| 全部钢级 | 40 | 50 | 报告 | 报告 | 60 | 80 | 30 | 40 |
| 夏比冲击试验温度为-10℃；如有特殊需求，可由供需双方协商并在合同中明确。 | | | | | | | | |

C.5 硬度

X60 以下钢级硬度应不大于 250HV10，X60 及以上钢级硬度不大于 265HV10。

C.6 CTOD

若有协议，在 MPQT 时每个规格选取 1 根钢管对焊缝、母材、热影响区按照相应产品标准的要求进行试验。

C.7 管端焊缝余高修磨

除非另有协议，对于 SAWL 焊管，距离管端至少 250mm 的内外焊缝余高需要磨平，磨平后剩下焊缝余高不大于 0.5mm。除管端焊缝外，其余内焊缝余高应不大于 3.0mm，外焊缝余高应不大于 2.5mm。

C.8 尺寸允许偏差

尺寸允许偏差补充要求见表 C.5。

表 C.5 尺寸允许偏差补充要求

| 钢管类型 | 检验项目 | 检验频次 | 公差范围 |
|-------------------|--------------------------------|------|-----------------------------------|
| HFW 钢管 SAWL 钢管 | 管端直径 | 逐根 | ±1.5mm |
| | 610<D≤1422 时 管端不圆度 (D/T≤75) | 逐根 | 不超过 0.0075D 但最大 5.0mm |
| | 长度 | 逐根 | 最小 11.7m, 最大 12.7m, 平均长度不小于 12.2m |
| HFW 钢管 | T≤6.0mm | 逐根 | ±0.4mm |
| | 6.0<T≤10.0mm | 逐根 | ±0.6mm |
| | 10.0<T≤15.0mm | 逐根 | ±0.7mm |
| | 15.0<T≤20.0mm | 逐根 | ±0.8mm |
| | T>20.0mm | 逐根 | ±1.0mm |
| | 撇嘴或扁平块 (管端) | 10% | 0.005D 或 1.5mm 选其中较小者 |
| SAWL 钢管 | 6.0<T≤10.0mm | 逐根 | ±0.6mm |
| | 10.0<T≤20.0mm | 逐根 | ±0.8mm |
| | T>20.0mm | 逐根 | ±1.0mm |
| | 撇嘴或扁平块 (管端) | 10% | 0.005D 或 1.5mm 选其中较小者 |

C.9 无损检验

C.9.1 除应符合附录A的规定外，还应按API SPEC 5L附录K执行。

C.9.2 除非另有协议，对SAWL，应按照ISO 10893-5或ASTM E709要求，对每根钢管两端最少100mm长度的外焊缝和内焊缝表面进行磁粉检验，任何超过3.0mm的指示应判为缺陷。

C.10 冷扩径率

对SAWL钢管，冷扩径率应在0.8%~1.2%范围。

附录 D
(规范性)
热煨弯管母管

D.1 通则

本附录规定了适用于热煨弯管用母管的补充要求。

D.2 化学成分

产品的牌号（钢级）和化学成分（熔炼分析和成品分析）应符合表D.1的规定。

表 D.1 化学成分

| 元素 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | |
|-------------------------|--------------|--------|-------------------|--------|-----------------|--------|
| | L555/X80 | | L485/X70~L415/X60 | | L390/X56~L245/B | |
| | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 碳 ^a | 0.05 | 0.12 | 0.05 | 0.12 | 0.04 | 0.15 |
| 锰 ^a | 1.50 | 1.85 | 1.30 | 1.65 | 1.0 | 1.65 |
| 磷 | — | 0.020 | — | 0.020 | — | 0.022 |
| 硫 | — | 0.015 | — | 0.015 | — | 0.015 |
| 硅 | 0.10 | 0.42 | 0.10 | 0.30 | — | 0.30 |
| 铌 | 0.025 | 0.11 | 0.020 | 0.08 | — | 0.05 |
| 钒 | — | 0.06 | — | 0.06 | — | 0.05 |
| 钛 | — | 0.040 | — | 0.040 | — | 0.040 |
| 铜 | — | 0.50 | — | 0.35 | — | 0.35 |
| 铬 | — | 0.45 | — | 0.35 | — | 0.30 |
| 钼 | 0.15 | 0.50 | 0.10 | 0.30 | — | 0.20 |
| 镍 | — | 1.00 | — | 0.80 | — | 0.50 |
| 硼 | — | 0.0005 | — | 0.0005 | — | 0.0005 |
| CE_{PCM} ^b | — | 0.25 | — | 0.23 | — | 0.22 |
| CE_{ITW} ^b | — | — | — | — | 0.30 | 0.43 |

^a 碳含量比规定最大质量分数每降低 0.01%，则允许锰含量比规定最大质量分数增加 0.05%，但对于大于等于 B/L245 和 X52/L360 的钢级，最大值不应超过 1.65%；对于 X60/L415 的钢级，最大值不应超过 1.75%；对于 X70/L485 钢级，最大值不应超过 1.85%；对于 L555 或 X80 的钢级，最大值不应超过 1.95%。

^b 如果碳的质量分数大于 0.12%，则 CE_{ITW} 适用；如果碳的质量分数小于等于 0.12%，则 CE_{PCM} 适用。

D.3 夏比冲击

产品的夏比冲击性能应符合表D.2的规定。

D.4 DWT 试验

除非另有规定，DWT 试验的相关规定不适用。

D.5 壁厚公差

除非另有规定，焊管壁厚允许偏差应为公称壁厚的0~+10%。

D.6 长度

至少 90%的钢管的长度应为 11.0m~12.2m，其余 10%应大于 8m。若订单中另有规定，则按订单规定执行。

D.7 外径公差

根据弯管工艺，应协商。

表 D.2 -20℃夏比 V 型缺口 (CVN) 冲击试验要求

| 位置 | 强度级别 | 剪切面积 SA/% | | 全尺寸 CVN 吸收能/J | |
|---------------------------------|------------------------|-----------|---------|---------------|---------|
| | | 单个试样最小值 | 三个试样平均值 | 单个试样最小值 | 三个试样平均值 |
| 管体母材 | ≤L555/X80 ≥L360/X52 | 报告 | 报告 | 100 | ≥135 |
| | ≤L320/X46 ≥L245/B | 报告 | 报告 | 60 | ≥80 |
| 焊缝及热影响区 | ≤L555/X80 ≥L485/X70 | 报告 | 报告 | 60 | ≥90 |
| | ≤L450/X65 ≥L360/X52 | | | 50 | ≥70 |
| | ≤L320/X46 ≥L245/B | | | 40 | ≥50 |
| 本表规定值适用于全尺寸试样 (10mm×10mm×55mm)。 | | | | | |

附录 E
(规范性)
3PE 外防腐层

E.1 通则

E.1.1 本文件规定了埋地钢质管道挤压聚乙烯防腐层的常规技术要求。

E.1.2 挤压聚乙烯防腐层可分为最高设计温度不超过 60℃ 的常温型和最高设计温度不超过 80℃ 的高温型两类。

E.1.3 本附录未规定事项，按 GB/T 23257、CSA Z245.21、DIN 30670 或 ISO 21809-1 中适用的涂层标准的最新有效版执行。

E.1.4 本附录与 GB/T 23257、CSA Z245.21、DIN 30670 或 ISO 21809-1 标准配套使用，制造、检验、取样、试验过程采用 GB/T 23257、CSA Z245.21、DIN 30670 或 ISO 21809-1 对应的规范性引用文件。

E.2 材料

E.2.1 环氧粉末涂料

环氧粉末涂料及其涂层的性能应符合表 E.1 和表 E.2 的规定。涂敷厂对每一生产批（不超过 20t）环氧粉末涂料均应按表 E.1 和表 E.2（不包括第 3 项）的规定进行质量复检。

表 E.1 环氧粉末的性能指标

| 序号 | 项目 | 性能指标 | 试验方法 | |
|----|-------------|---|-----------------|-----------------|
| 1 | 粒径分布 | 150 μm 筛上粉末 ≤ 3.0 % 250 μm 筛上粉末 ≤ 0.2 % | GB/T 6554 | |
| 2 | 挥发份 | ≤ 0.6 % | GB/T 6554 | |
| 3 | 密度 | 1.3-1.5 g/cm ³ 且符合厂家给定值的 ± 0.05 g/cm ³ | GB/T 4472 | |
| 4 | 胶化时间 (200℃) | ≥ 12 s 且符合厂家给定值的 ± 20% | GB/T 6554 | |
| 5 | 固化时间 (200℃) | ≤ 3 min | GB/T 23257 附录 A | |
| 6 | 热特性 | ΔH | ≥ 45 J/g | GB/T 23257 附录 B |
| | | T_{g2} | ≥ 95 °C | GB/T 23257 附录 B |

表 E.2 熔结环氧涂层的性能指标

| 序号 | 项目 | 性能指标 | 试验方法 |
|--|------------------|---------|-----------------|
| 1 | 附着力 | ≤ 1 级 | GB/T 23257 附录 C |
| 2 | 阴极剥离 (65℃, 48h) | ≤ 4 mm | GB/T 23257 附录 D |
| 3 | 阴极剥离 (65℃, 30d) | ≤ 15 mm | GB/T 23257 附录 D |
| 4 | 抗弯曲 (-20℃, 2.5°) | 无裂纹 | GB/T 23257 附录 E |
| 注：实验室喷涂试件的涂层厚度应为 300-400 μm，涂敷温度为产品说明书指定的温度。未指定时，常温涂敷粉末涂敷温度为 200℃，低温涂敷粉末涂敷温度低于 200℃。 | | | |

E.2.2 聚乙烯

聚乙烯专用料及其压制片材的性能应符合表 E.3 和表 E.4 的规定。涂敷厂对每一生产批（不超过 500t）聚乙烯专用料，至少应对表 E.3 规定的第 1、2、3、4、5 项和表 E.4 规定的第 1、2、3、4 项性能进行质量复验，对其它性能指标有怀疑时亦可进行复验。

表 E.3 聚乙烯专用料的性能指标

| 序号 | 项目 | 性能指标 | 试验方法 |
|----|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 1 | 密度 | 0.940~0.960 g/cm ³ | GB/T 4472 |
| 2 | 熔体流动速率（190℃，2.16kg） | 0.15~0.65 g/10min | GB/T 3682 |
| 3 | 碳黑含量 | ≥2.0% | GB/T 13021 |
| 4 | 含水率 | ≤0.1% | GB/T 23257 附录 G |
| 5 | 氧化诱导期（220℃） | ≥30min | GB/T 23257 附录 F |
| 6 | 耐热老化（100℃，4800h） ^a | ≤35% | GB/T 3682 |

^a 耐热老化指标为试验前与试验后的熔体流动速率偏差。

表 E.4 聚乙烯专用料的压制片材性能指标

| 序号 | 项目 | 性能指标 | 试验方法 | |
|----|------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 拉伸屈服强度 ^{a,d} | ≥15MPa | GB/T 1040.2 | |
| 2 | 拉伸强度 ^{a,d} | ≥22MPa | GB/T 1040.2 | |
| 3 | 断裂标称应变 ^{a,d} | ≥600% | GB/T 1040.2 | |
| 4 | 维卡软化点（A50，9.8N） | ≥110℃ | GB/T 1633 | |
| 5 | 脆化温度 | ≤-65℃ | GB/T 5470 | |
| 6 | 电气强度 | ≥25MV/m | GB/T 1408.1 | |
| 7 | 体积电阻率 | ≥1×10 ¹³ Ω·m | GB/T 1410 | |
| 8 | 耐环境应力开裂（F50） | ≥1000h | GB/T 1842 | |
| 9 | 压痕硬度 | 23℃±2℃ | ≤0.2mm | GB/T 23257 附录 H |
| | | 60℃±2℃或 80℃±2℃ ^b | ≤0.3mm | GB/T 23257 附录 H |
| 10 | 耐化学介质腐蚀（浸泡 7 天） ^c | | | GB/T 23257 附录 I |
| | 10%HCl | ≥85% | | |
| | 10%NaOH | ≥85% | | |
| | 10%NaCl | ≥85% | | |
| 11 | 耐紫外光老化（336h） ^b | ≥80% | GB/T 23257 附录 J | |

^a 拉伸速度 50 mm/min。
^b 常温型试验条件为 60℃，高温型试验条件为 80℃。
^c 耐化学介质腐蚀及耐紫外光老化指标为试验后的拉伸强度和断裂伸长率的保持率。
^d 用户涂层标准有特殊要求时，按照用户标准执行。

E.3 聚乙烯层及防腐层性能

聚乙烯层及防腐层性能应符合表 E.5 和 E.6 的规定。

表 E.5 聚乙烯层的性能指标

| 序号 | 项目 | | 性能指标 | 试验方法 |
|---|--------------------------|-----------------------|---------|-----------------|
| 1 | 拉伸强度 ^a | 轴向 | ≥20 MPa | GB/T 1040.2 |
| | | 周向 | ≥20 MPa | GB/T 1040.2 |
| | | 偏差 ^b | ≤15 % | — |
| 2 | 断裂标称应变 | | ≥600 % | GB/T 1040.2 |
| 3 | 压痕硬度 | 23℃ | ≤0.2 mm | GB/T 23257 附录 H |
| | | 60℃或 80℃ ^c | ≤0.3 mm | GB/T 23257 附录 H |
| 4 | 耐环境应力开裂 (F50) | | ≥1000 h | GB/T 1842 |
| 5 | 热稳定性 ^d ΔMFR | | ≤20 % | GB/T 3682 |
| ^a 拉伸速度 50 mm/min。 ^b 偏差为轴向和周向拉伸强度的差值与两者中较低者之比。 ^c 常温型试验条件为 60℃；高温型试验条件为 80℃。 ^d 聚乙烯挤出前后熔体流动速率变化率。 | | | | |

表 E.6 防腐层的性能指标

| 序号 | 项目 | | 性能指标 | 试验方法 |
|----|----------------------------------|--------|--------------------|-----------------|
| 1 | 剥离强度 | 20℃±5℃ | ≥120 N/cm (内聚破坏) | GB/T 23257 附录 K |
| | | 60℃±5℃ | ≥70 N/cm (内聚破坏) | GB/T 23257 附录 K |
| 2 | 阴极剥离 (65℃, 48h) | | ≤4 mm | GB/T 23257 附录 D |
| 3 | 阴极剥离 (最高运行温度, 30d) | | ≤15 mm | GB/T 23257 附录 D |
| 4 | 环氧粉末底层热特性 玻璃化温度变化值 ΔTg ℃ | | ≤5 ℃ | GB/T 23257 附录 B |
| 5 | 冲击强度 | | ≥8 J/mm | GB/T 23257 附录 L |
| 6 | 抗弯曲 (-30℃, 2.5°) | | 聚乙烯无开裂 | GB/T 23257 附录 E |
| 7 | 耐热水浸泡 (80℃, 48h) | | 翘边深度平均≤1mm 且最大≤2mm | GB/T 23257 附录 M |

E.4 质量检验

E.4.1 表面处理质量检验要求如下：

- 表面处理后的钢管应逐根进行表面除锈等级检验，用 GB/T 8923.1《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》中相应的照片或标准板进行目视比较，表面除锈质量应达到 Sa2.5 级的要求；表面锚纹深度应至少每小时测量 1 次，每次测量 1 根钢管，宜采用粗糙度测量仪或锚纹深度测试纸测量，锚纹深度应达到 60 μm~90 μm；表面处理前的钢管表面温度应进行监测，钢管表面温度应不低于露点温度以上 3℃。
- 钢管表面灰尘度应至少每小时测量 1 次，每次测量 1 根钢管。按照 GB/T 18570.3《涂覆涂料前钢管表面处理 表面清洁度评定试验 第 3 部分 涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定（压敏粘带法）》规定的方法进行表面灰尘度评定，表面灰尘度应不低于 2 级。
- 对每批进厂的钢管在表面处理后的钢管表面的盐份应至少每 4h 测量 1 次，每次检测两根钢管。按

照 GB/T 18570.9 《涂覆涂料前钢管表面处理 表面清洁度评定试验 第 9 部：分水溶性盐的现场电导率测定法》规定的方法或其它适宜的方法进行钢管表面盐份的测定。钢管表面的盐份应不超过 20 mg/m^2 。

- E. 4.2 应对涂敷过程中的钢管加热温度进行连续监测，钢管的加热温度等工艺参数应符合确定的参数。
- E. 4.3 防腐层外观应逐根目测检查。聚乙烯层表面应平滑，无暗泡、无麻点、无皱折、无裂纹，色泽应均匀。防腐管端应无翘边。
- E. 4.4 防腐层的漏点应采用在线电火花检漏仪进行连续检查，检漏电压为 25 kV，无漏点为合格。单管有两个或两个以下漏点时，可按规定进行修补；单管有两个以上漏点或单个漏点沿轴向尺寸大于 300 mm 时，该防腐管为不合格。
- E. 4.5 连续生产的钢管防腐层厚度至少应检测第 1、5、10 根，之后每 10 根至少测一根。宜采用磁性测厚仪或电子测厚仪测量钢管 3 个截面圆周方向均匀分布的 4 点的防腐层厚度，同时应检测焊缝处的防腐层厚度，结果应符合 GB/T 23257 或用户涂层标准的规定。
- E. 4.6 防腐层的粘结力应通过测定剥离强度进行检验。每班至少在两个温度条件下各抽测一次，结果应符合表 E.6 的规定。
- E. 4.7 每班至少应测量一次三层结构防腐管的环氧粉末涂层厚度及热特性，结果应符合 GB/T 23257 或用户涂层标准的规定。
- E. 4.8 每连续生产 10 km 防腐管均应进行一次 48h 的阴极剥离试验，结果应符合表 E.6 的规定。如不合格，应加倍检验。加倍检验全部合格时，该批防腐管为合格；否则，该批防腐管为不合格。
- E. 4.9 每连续生产 10 km 防腐管应截取聚乙烯层样品检验其拉伸强度和断裂伸长率，结果应符合表 E.5 的规定。若不合格，可再截取一次样品，若仍不合格，则该批防腐管为不合格品。

附录 F
(规范性)
FBE 外防腐层

F.1 通则

F.1.1 本附录规定了钢质管道熔结环氧粉末外涂层的常规技术要求。

F.1.2 本附录适用于钢质管道单层、双层结构熔结环氧粉末外涂层。

F.1.3 本附录未规定事项，按 SY/T 0315、CSA Z245.20 或 ISO 21809-2 中适用的涂层标准的最新有效版执行。

F.1.4 本附录与 SY/T 0315、CSA Z245.20 或 ISO 21809-2 标准配套使用，制造、检验、取样、试验过程采用 SY/T 0315、CSA Z245.20 或 ISO 21809-2 对应的规范性引用文件。

F.2 材料

环氧粉末其涂层的性能应符合表 F.1 的规定。

表 F.1 实验室涂敷试件的涂层质量指标

| 序号 | 项目 | | 性能指标 | | 试验方法 |
|----|---------------------------------------|----------------|--|--|----------------|
| | | | 单层涂层 | 双层涂层 | |
| 1 | 外观 | | 平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔，允许有轻度橘皮状花纹 | 平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔，允许有轻度橘皮状花纹 | 目视 |
| 2 | 热特性 | $ \Delta T_g $ | $\leq 5^\circ\text{C}$ | $\leq 5^\circ\text{C}$ (内层、外层) | SY/T 0315 附录 B |
| | | 固化百分率 | $\geq 95\%$ | $\geq 95\%$ (内层、外层) | |
| 3 | 阴极剥离 (65°C, 48h) | | $\leq 5\text{mm}$ | $\leq 5\text{mm}$ | SY/T 0315 附录 C |
| 4 | 抗弯曲 (订货最低试验温度 $\pm 3^\circ\text{C}$) | | 3° 弯曲，无裂纹 | 2° 弯曲，无裂纹 | SY/T 0315 附录 D |
| 5 | 抗冲击 | | 1.5J (-30°C)，无漏点 | 10J (23°C)，无漏点 | SY/T 0315 附录 E |
| 6 | 断面孔隙率 | | 1~3 级 | 1~3 级 | SY/T 0315 附录 F |
| 7 | 粘结面孔隙率 | | 1~3 级 | 1~3 级 | SY/T 0315 附录 F |
| 8 | 附着力 (24h) | | 1~3 级 | 1~3 级 | SY/T 0315 附录 G |
| 9 | 附着力 (28d) | | 1~3 级 | 1~3 级 | SY/T 0315 附录 G |
| 10 | 耐划伤 (30kg) | | --- | $\leq 350\ \mu\text{m}$ ，无漏点 | SY/T 4113 |
| 11 | 耐磨性 (落砂法) | | $\geq 3\text{L}/\mu\text{m}$ | -- | SY/T 0315 附录 H |
| 12 | 电气强度 | | $\geq 30\text{MV}/\text{m}$ | $\geq 30\text{MV}/\text{m}$ | GB/T 1408.1 |
| 13 | 体积电阻率 | | $\geq 1 \times 10^{13}\ \Omega \cdot \text{m}$ | $\geq 1 \times 10^{13}\ \Omega \cdot \text{m}$ | GB/T 1410 |
| 14 | 弯曲后涂层阴极剥离 (28d) | | 2.5° 弯曲，无裂纹 | 1.5° 弯曲，无裂纹 | SY/T 0315 附录 I |
| 15 | 耐化学腐蚀 | | 合格 | 合格 | SY/T 0315 附录 J |

F.3 防腐层性能

防腐管试件的涂层性能应符合表 F.2 的规定。

表 F.2 防腐层的性能指标

| 序号 | 项目 | 性能指标 | | 试验方法 | |
|----|--|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|
| | | 单层涂层 | 双层涂层 | | |
| 1 | 热特性- $ \Delta T_g $ | $\leq 5^\circ\text{C}$ | $\leq 5^\circ\text{C}$ (内层、外层) | SY/T 0315 附录 B | |
| 2 | 阴极剥离 (65°C, 24h) | $\leq 5\text{ mm}$ | $\leq 5\text{ mm}$ | SY/T 0315 附录 C | |
| 3 | 抗弯曲 (订货规定的最低试验温度 $\pm 3^\circ\text{C}$) | 2.5°, 无裂纹 | 普通级: 2°, 无裂纹 | SY/T 0315 附录 D | |
| | | | 加强级: 1.5°, 无裂纹 | SY/T 0315 附录 D | |
| 4 | 冲击 | 1.5J 无漏点 (-30°C) | 普通级: 10J (23°C)°, 无漏点 | SY/T 0315 附录 E | |
| | | | 加强级: 15J (23°C)°, 无漏点 | | |
| 5 | 断面孔隙率 | 1~3 级 | 1~3 级 | SY/T 0315 附录 F | |
| 6 | 粘结面孔隙率 | 1~3 级 | 1~3 级 | SY/T 0315 附录 F | |
| 7 | 附着力 (24h) | 1~2 级 | 1~2 级 | SY/T 0315 附录 G | |
| 8 | 耐划伤 | 普通级 (30kg) | — | $\leq 350\ \mu\text{m}$, 无漏点 | SY/T 4113 |
| | | 加强级 (50kg) | — | $\leq 500\ \mu\text{m}$, 无漏点 | SY/T 4113 |

F.4 质量检验

F.4.1 表面预处理后目测检查

表面预处理后,应对每根钢管是否有表面损伤和可能引起涂层漏点的表面缺陷进行目测检查。对可能导致涂层漏点的表面缺陷或损伤,应按相关规定进行处理。

F.4.2 除锈质量检测

应采用 GB/T 8923.1 规定的方法逐根检测钢管外表面除锈质量。除锈等级应达到 GB/T 8923.1-2011 中规定的 Sa 2.5 级。

F.4.3 锚纹深度检测

应采用锚纹深度测试仪、锚纹拓印膜或其他适宜的方法检测钢管外表面锚纹深度。应至少每小时检测 1 次外表面锚纹深度,每次检测 1 根钢管。

F.4.4 灰尘度检测

应按照 GB/T 18570.3 规定的方法检测钢管外表面的灰尘度,灰尘度等级不应低于 2 级质量要求;应至少每小时检测 1 次外表面灰尘度,每次检测 1 根钢管。

F.4.5 盐分检测

按照 GB/T 18570.2 规定的方法,对钢管外表面进行盐分测定,测定值不超过 $20\text{mg}/\text{m}^2$ 为合格,应

至少每 4 小时检测 1 次，每次检测两根钢管。

F. 4. 6 涂敷温度检测

应逐根监测涂敷前钢管外表面的加热温度，且应控制在工艺性试验确定的温度范围内。至少应每小时记录一次温度值。

F. 4. 7 涂层外观检测

应逐根进行目测检查，外观应平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔，允许有轻度橘皮状花纹。

F. 4. 8 漏点检测

F. 4. 8. 1 应采用电火花检漏仪在涂层完全固化且温度低于 100℃时，对每根钢管的全部涂层做漏点检测，检测电压按最小涂层厚度乘以 $5V/\mu m$ 计算确定。检漏仪应至少每班校准一次。

F. 4. 8. 2 漏点数量在下述范围内时，可进行修补：当钢管外径小于 325mm 时，平均每米管长漏点数不超过 1.0 个；当钢管外径大于或等于 325mm 时，平均每米管长漏点数不超过 0.7 个。经过修补的涂层应对修补处进行漏点检测。当漏点超过上述规定时，或单个漏点的面积大于或等于 $2.5 \times 10^4 \text{mm}^2$ 时，应重涂处理。

F. 4. 8. 3 出厂的成品管涂层应无漏点。

F. 4. 9 钢管预留段长度检测

钢管两端预留段的长度应逐根进行测量，结果应满足用户规定要求。

F. 4. 10 厚度检测

F. 4. 10. 1 单层环氧粉末涂层厚度检测时，应使用涂层测厚仪在涂敷后的钢管表面温度降到测厚仪允许的温度后进行厚度测量。连续涂敷生产时，每班涂敷的前 5 根钢管应逐根测量，之后每 20 根至少测量一根涂层厚度并记录。测量时沿钢管轴向随机取 3 个位置，测量每个位置圆周方向均匀分布的任意 4 点的涂层厚度。对于焊接管，应有 1 个测量点在焊缝上。检测结果符合规定要求为合格。涂层测厚仪应至少每班校准 1 次。

F. 4. 10. 2 双层环氧粉末涂层总厚度检测应按 F. 5. 10. 1 的规定测量并记录，检测结果符合规定要求为合格。

F. 4. 10. 3 双层环氧粉末涂层的内、外层厚度检测。每班生产的第一根防腐管，应使用多层测厚仪在钢管端部涂层上任取 1 点测量内、外层的厚度并记录。连续生产时，应至少每 20 根钢管检测 1 次内、外层的厚度并记录。当总厚度符合要求，内层或外层厚度小于规定的最小厚度值 $50 \mu m$ 以上时，应按 SY/T 0315 的规定重涂。测量后应对涂层的损坏处按要求及时进行修补。

F. 4. 10. 4 涂层厚度不合格的钢管应按规定重涂。

F. 4. 11 涂层固化度检验

每班应至少抽取 1 根钢管进行涂层固化度（以玻璃化转变温度的变化值表示）检验，玻璃化转变温度的变化值 ΔT_g 应不大于 5°C 。双层环氧粉末涂层应分别检测内层、外层的固化度。当抽检钢管的涂层

固化度不合格时，应加倍抽检。若仍有不合格，应对当班涂敷的钢管进行逐根检验，涂层固化度不合格的钢管应予以重涂。

F.5. 外涂层型式检验

F.5.1 连续生产时，每种管径、壁厚环氧粉末外涂层管应每班（最多间隔 12h）截取 1 个长度为 500mm 左右的管段或同等生产工艺条件下的试验管段按表 F.2 中的各项指标进行测试。

F.5.2 若检验结果不符合表 F.2 的要求，则在该不合格检测钢管与前一合格检测钢管之间，追加 2 个试件，重新检验。当 2 个重做的试件均合格时，则该区间内涂敷的涂层为合格。若仍有 1 个不合格，则该区间的所有涂层均视作不合格。

F.5.3 不合格产品应重新涂敷处理。

附录 G
(规范性)
内减阻涂层

G.1 通则

- G.1.1 本附录规定了钢质管道内减阻环氧涂层在材料、涂敷、检验、运输等方面的常规要求。
- G.1.2 本附录适用于输气管道工程项目输送非腐蚀性气体钢质管道内减阻环氧涂层。
- G.1.3 本附录未规定事项，按 SY/T 6530、API RP 5L2 或 ISO 15741 中适用的涂层标准的最新有效版执行。
- G.1.4 本附录与 SY/T 6530、API RP 5L2 或 ISO 15741 标准配套使用，制造、检验、取样、试验过程采用 SY/T 6530、API RP 5L2 或 ISO 15741 对应的规范性引用文件。

G.2 内表面处理

- G.2.1 除锈前，应去除钢管内表面的油污或油脂。
- G.2.2 钢管内表面除锈宜采用喷（抛）丸的方法，除锈等级应达到 GB/T 8923.1 中规定的 Sa2.5 级。连续生产时，应逐根检验钢管表面除锈质量。钢管内表面粗糙度应在 $30\ \mu\text{m}\sim 50\ \mu\text{m}$ 范围内。
- G.2.3 喷（抛）丸处理后应使用吸尘器或干燥、洁净的压缩空气除去所有管内表面的灰尘、碎渣及砂粒，钢管内表面的灰尘度应不低于 GB/T 18570.3 规定的 2 级质量要求。
- G.2.4 应按 GB/T 18570.6 或 GB/T 18570.9 的要求在表面处理后进行表面盐分测定，如果测定值超出 $20\ \text{mg}/\text{m}^2$ 的标准，应用有清洗剂的清洁水进行冲洗。
- G.2.5 粗糙度、灰尘度、盐分测定的检验频次均为每 4h 测量 1 次，每次分别检测 2 根钢管的两个端头。
- G.2.6 喷（抛）丸除锈后应在 2 小时内进行涂敷，如出现返锈，应重新进行表面处理。

G.3 检验和测试

G.3.1 涂膜外观

涂膜应有光泽，厚度均匀，颜色一致。

G.3.2 涂敷试片的制备

- G.3.2.1 涂敷前，应至少准备符合规定的钢质试片（至少 5 片）和玻璃试片（3 片）。
- G.3.2.2 钢质试片或玻璃试片应固定在洁净钢管的内部，并与钢管同时进行涂敷。涂敷后，应在钢管内至少保持 5 min 后移出。
- G.3.2.3 从钢管内移出后，试片应先在空气中干燥 15 min~30 min，再在 $65^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ 的温度下干燥 10 min，然后在 $150^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 的炉中烘烤 30 min 或按照供应商的规定操作。

G.3.3 钢质试片和玻璃试片的检验及评价

钢质试片和玻璃试片的检验及评价应执行 SY/T 6530 标准的规定，检验项目包括：针孔试验、厚度试验、弯曲试验、剥离试验、固化试验、水浸泡试验以及附着力试验等。

G.3.4 检验频次

应逐根检测钢管内壁涂层外观，至少应每小时进行一次针孔试验和厚度试验，其它试验至少应每班进行一次。生产参数改变时各项试验应重新进行。

附录 H
(规范性)
管线钢带状组织评定方法

H.1 适用范围

本方法仅适用于管线钢中带状组织的评定。

H.2 试样切取和制备

试样切取和制备按 GB/T 13298 或 ASTM E1268 规定进行。在距焊缝 180° 处取样，检验面为径向纵截面。

H.3 评定方法

H.3.1 带状组织在 200 倍下，在壁厚中心进行检查评级。

H.3.2 标准视场直径为 80 mm。

H.3.3 依据硬组织带（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。

对带状组织的评级可分为 4 级，各级别的特征为：

- 1 级：F 体及硬组织带有沿轧向分布的趋势（图 H.1）；
- 2 级：能见 3 条及 3 条以下连续硬组织带贯穿视域（图 H.2）；
- 3 级：能见 3 条以上连续的硬组织带（图 H.3）。
- 4 级：能见 3 条以上连续的硬组织带，且集中分布呈宽带（图 H.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 倍下贯穿整个视域；
- b) 一条硬组织带的宽度在 200 倍下超过 4 mm，且组织带完整连续。

注：图 H.1、H.2、H.3、H.4 仅作为带状组织评定的依据，不能作为金相组织的评定依据。

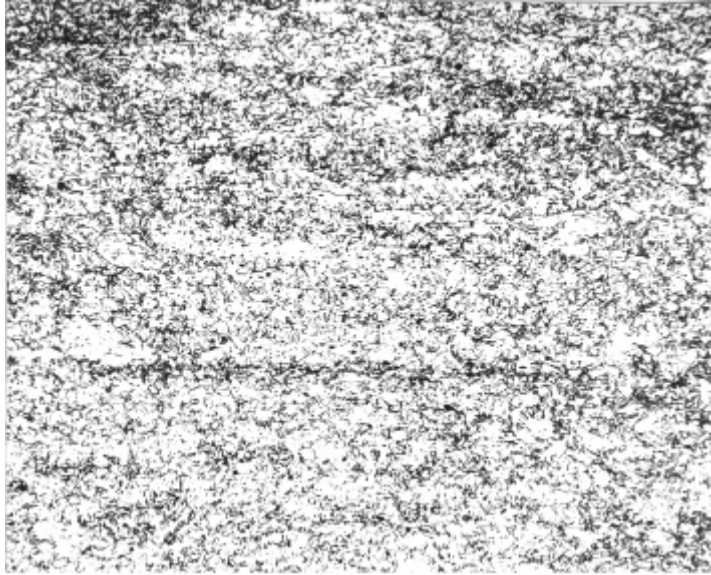


图 H.1 1 级带状组织评级对比图 (200×)

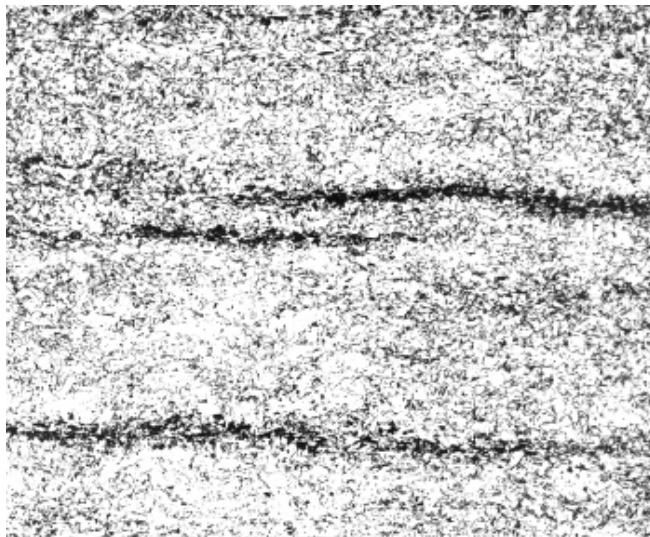


图 H.2 2 级带状组织评级对比图 (200×)

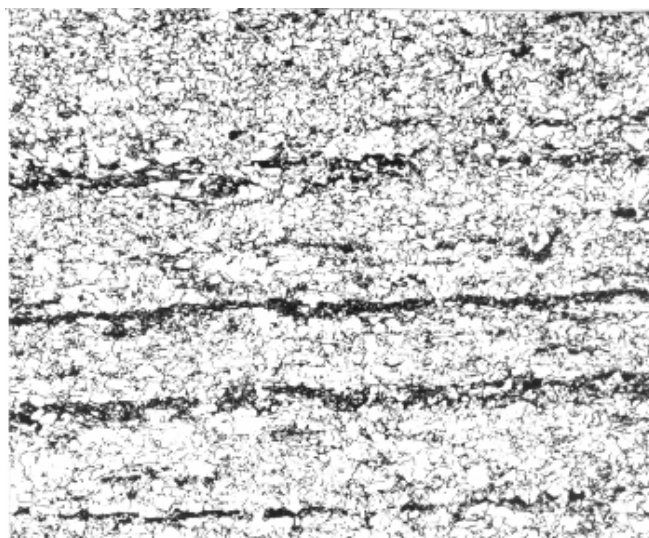


图 H.3 3 级带状组织评级对比图 (200×)

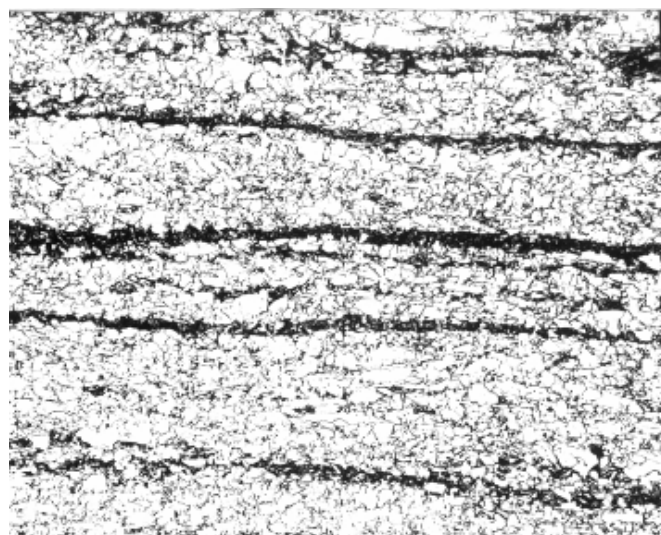


图 H.4 4 级带状组织评级对比图 (200×)

附录 I
(资料性)
主要技术指标对照表

本文件规定的光管的主要技术指标与 API SPEC 5L、ISO 3183、GB/T 9711 等标准的差异对照见表 I.1，涂层的主要技术指标对照见表 I.2 和 I.3。

表 I.1 光管技术指标对照表

| 章节号 | 技术指标 | Q/BQB 293-2018 | API SPEC 5L | ISO 3183 | GB/T 9711 |
|------|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 3 | 等级 | 不低于PSL2 | PSL1或PSL2 | PSL1或PSL2 | PSL1或PSL2 |
| 6.1 | P含量 | ≤0.020% | ≤0.025% | ≤0.025% | ≤0.025% |
| 6.1 | S含量 | ≤0.010% | ≤0.015% | ≤0.015% | ≤0.015% |
| 6.1 | X56及以下 CE_{11W} | ≤0.42% | ≤0.43% | ≤0.43% | ≤0.43% |
| 6.1 | CE_{PCM} | ≤0.23% | ≤0.25% | ≤0.25% | ≤0.25% |
| 6.2 | B-X56 屈服强度波动范围 | ≤150MPa | ≥150MPa | ≥150MPa | ≥150MPa |
| 6.2 | X60-X70 屈服强度波动范围 | 120MPa | 150MPa | 150MPa | 150MPa |
| 6.2 | 抗拉强度波动范围 | ≤150MPa | ≥190MPa | ≥190MPa | ≥190MPa |
| 6.2 | X80以下屈强比 | ≤0.92 | ≤0.93 | ≤0.93 | ≤0.93 |
| 6.2 | X80拉伸试样 | 圆棒试样 | 无规定 | 无规定 | 无规定 |
| 6.3 | 管体冲击功均值 | ≥80J | ≥54J | ≥54J | ≥54J |
| 6.3 | X70及以上管体冲击剪切比均值 | ≥90% | ≥80% | ≥80% | ≥80% |
| 6.3 | 焊缝冲击功均值 | ≥60J | ≥40J | ≥40J | ≥40J |
| 6.3 | X70及以上焊缝冲击功均值 | ≥80J | ≥40J | ≥40J | ≥40J |
| 6.5 | 压扁试验步骤1压板间距 | $H \leq 0.5 * D$ | $H \leq 0.667 * D$ | $H \leq 0.667 * D$ | $H \leq 0.667 * D$ |
| 6.6 | 导向弯曲试验弯芯直径 | 常规 = 补焊 | 常规 > 补焊 | 常规 > 补焊 | 常规 > 补焊 |
| 6.7 | X60以下硬度 | ≤250HV10 | 无规定 | 无规定 | 无规定 |
| | X60及以上硬度 | ≤275HV10 | 无规定 | 无规定 | 无规定 |
| 6.8 | 错边量 | ≤1.5mm | ≤2.5mm | ≤2.5mm | ≤2.5mm |
| 6.8 | T > 20mm时焊偏量 | ≤3.0mm | ≤4.0mm | ≤4.0mm | ≤4.0mm |
| 6.8 | 晶粒度 | ≥8级 | 无规定 | 无规定 | 无规定 |
| 6.8 | 夹杂物 | ≤2.0级 | 无规定 | 无规定 | 无规定 |
| 6.8 | 带状组织 | ≤3级 | 无规定 | 无规定 | 无规定 |
| 6.9 | 水压环向应力 | 0.90SMYS | 最高0.9SMYS | 最高0.9SMYS | 最高0.9SMYS |
| 6.10 | 咬边深度 | ≤0.4mm | ≤0.8mm | ≤0.8mm | ≤0.8mm |
| 6.10 | 管端噉嘴 | ≤1.5mm | 无规定 | 无规定 | 无规定 |
| 7.2 | 管端外径允许偏差 | +/-1.5mm | ≤1.6mm | ≤1.6mm | ≤1.6mm |

表 1.1 光管技术指标对照表 (续)

| 章节号 | 技术指标 | Q/BQB 293-2018 | API SPEC 5L | ISO 3183 | GB/T 9711 |
|-----|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 7.2 | 两端外径差 | ≤1.5mm | ≤2.0mm | ≤2.0mm | ≤2.0mm |
| 7.3 | 管体不圆度 | ≤1.5%D | ≤2.0%D | ≤2.0%D | ≤2.0%D |
| 7.3 | Φ610mm及以下管端不圆度 | ≤1.2%D | ≤1.5%D | ≤1.5%D | ≤1.5%D |
| 7.5 | Φ610mm以上管端不圆度 | ≤0.6%D | ≤1.0%D | ≤1.0%D | ≤1.0%D |
| 7.6 | 交货最短长度 | ≥8m | ≥2.74m | ≥2.74m | ≥2.74m |
| 7.6 | 全长直度偏差 | ≤0.15%L | ≤0.2%L | ≤2%L | ≤2%L |
| 7.8 | 管端1.5m直度偏差 | ≤3mm | ≤3.2mm | ≤3.2mm | ≤4mm/m |
| 7.8 | HFV内毛刺刮槽深度 | ≤0.3mm | ≥0.4mm | ≥0.4mm | ≥0.4mm |
| 7.8 | 错边量 | ≤10%T, 最大1.5mm | ≤1.5mm | ≤1.5mm | ≤1.5mm |
| 7.8 | SAW内焊缝余高 | ≤3.0mm | ≤3.5mm | ≤3.5mm | ≤3.5mm |
| 7.8 | SAW外焊缝余高 | ≤2.5mm | ≤3.5mm | ≤3.5mm | ≤3.5mm |
| 8.2 | 分层检验(SAWL) | 要求 | 协议项 | 协议项 | 协议项 |
| 8.2 | 管端磁粉(SAWL) | 要求 | 协议项 | 协议项 | 协议项 |
| 8.2 | 尺寸抽查频率 | 1支/20支, 每班不少于3支 | 每班不少于3支 | 每班不少于3支 | 每班不少于3支 |
| B.3 | B-X56 屈服强度波动范围 | ≤150MPa | ≥150MPa | ≥150MPa | ≥150MPa |
| B.3 | X60-X70 屈服强度波动范围 | 120MPa | 150MPa | 150MPa | 150MPa |
| B.3 | 抗拉强度波动范围 | ≤150MPa | ≥190MPa | ≥190MPa | ≥190MPa |
| B.4 | X60以下 硬度HV10 | ≤240 | ≤250 | ≤250 | ≤250 |
| B.5 | HIC | CLR: ≤15% CTR: ≤3% CSR: ≤1% | CLR: ≤15% CTR: ≤5% CSR: ≤2% | CLR: ≤15% CTR: ≤5% CSR: ≤2% | CLR: ≤15% CTR: ≤5% CSR: ≤2% |
| B.6 | SSC应力水平 | 90%SMYS | 72%SMYS | 72%SMYS | 72%SMYS |
| B.7 | 管端焊缝磁粉检查 | 强制项, 对SAWL距离管端至少100mm范围 | 协议项, 距离管端至少50mm范围 | 协议项, 距离管端至少50mm范围 | 协议项, 距离管端至少50mm范围 |
| B.8 | 冷扩径率 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.8~1.2%范围 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.3~1.5%范围 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.3~1.5%范围 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.3~1.5%范围 |
| C.2 | S含量 | ≤0.005% | ≤0.010% | ≤0.010% | ≤0.010% |
| C.2 | X70及X65 Mn含量 | ≤1.70%(X70) ≤1.60%(X65) | ≤1.75%(X70) ≤1.65%(X65) | ≤1.75%(X70) ≤1.65%(X65) | ≤1.75%(X70) ≤1.65%(X65) |
| C.3 | B-X60 屈服强度波动范围 | ≤150MPa | ≥150MPa | ≥150MPa | ≥150MPa |
| C.3 | X65-X70 屈服强度波动范围 | 120MPa | 150MPa | 150MPa | 150MPa |
| C.3 | 抗拉强度波动范围 | ≤150MPa | ≥190MPa | ≥190MPa | ≥190MPa |
| C.3 | X70以下屈强比 | ≤0.92 | ≤0.93 | ≤0.93 | ≤0.93 |
| C.4 | X65/X70管体冲击功均值 | ≥109J | ≥54J | ≥54J | ≥54J |

表 1.1 光管技术指标对照表 (续)

| 章节号 | 技术指标 | Q/BQB 293-2018 | API SPEC 5L | ISO 3183 | GB/T 9711 | | | | |
|------|-----------------------|--|---|---|---|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| C.4 | DWTT SA%(SAWL) | 单值 \geq 75% 均值 \geq 85% | 单值 \geq 70% 均值 \geq 85% | 单值 \geq 70% 均值 \geq 85% | 单值 \geq 70% 均值 \geq 85% | | | | |
| C.4 | FL/FL+2位置夏比冲击试验 | 要求 | 无规定 | 无规定 | 无规定 | | | | |
| C.5 | 硬度HV10 | \leq 265 | \leq 270 (X65及以下) \leq 300 (X70) | \leq 270 (X65及以下) \leq 300 (X70) | \leq 270 (X65及以下) \leq 300 (X70) | | | | |
| C.7 | 管端不圆度 (D/T \leq 75) | 不超过0.0075D但最大5.0mm (610<D \leq 1422) | 不超过0.0075D但最大8.0mm (610<D \leq 1422) | 不超过0.0075D但最大8.0mm (610<D \leq 1422) | 不超过0.0075D但最大8.0mm (610<D \leq 1422) | | | | |
| C.8 | HFW管壁厚公差, mm | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.6 | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.7 | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.7 | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.7 |
| | | 10.0<T \leq 15.0 | \pm 0.7 | 10.0<T \leq 15.0 | \pm 0.7 | 10.0<T \leq 15.0 | \pm 0.7 | 10.0<T \leq 15.0 | \pm 0.7 |
| | | 15.0<T \leq 20.0 | \pm 0.8 | 15.0<T \leq 20.0 | \pm 1.0 | 15.0<T \leq 20.0 | \pm 1.0 | 15.0<T \leq 20.0 | \pm 1.0 |
| | | T>20.0 | \pm 1.0 | T>20.0 | \pm 1.0 | T>20.0 | \pm 1.0 | T>20.0 | \pm 1.0 |
| C.8 | SAWL管壁厚公差, mm | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.7 | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.7 | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.7 | 6.0<T \leq 10.0 | \pm 0.7 |
| | | 10.0<T \leq 20.0 | \pm 1.0 | 10.0<T \leq 20.0 | \pm 1.0 | 10.0<T \leq 20.0 | \pm 1.0 | 10.0<T \leq 20.0 | \pm 1.0 |
| | | T>20.0 | +1.5 -1.0 | T>20.0 | +1.5 -1.0 | T>20.0 | +1.5 -1.0 | T>20.0 | +1.5 -1.0 |
| C.8 | 撇嘴或扁平块 (管端) | 0.005D或1.5mm选其中较小者 | \leq 3.2mm | \leq 3.2mm | \leq 3.2mm | | | | |
| C.9 | 管端焊缝磁粉检查 | 强制项, 对SAWL距离管端至少100mm范围 | 协议项, 距离管端至少50mm范围 | 协议项, 距离管端至少50mm范围 | 协议项, 距离管端至少50mm范围 | | | | |
| C.10 | 冷扩径率 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.8~1.2%范围 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.3~1.5%范围 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.3~1.5%范围 | 对SAWL钢管, 冷扩径率应在0.3~1.5%范围 | | | | |
| D.2 | C含量 | 0.04%-0.15% (B-X56); 0.05%-0.15% (X60-X80) | \leq 0.22% (B-X56); \leq 0.12% (X60-X80) | \leq 0.22% (B-X56); \leq 0.12% (X60-X80) | \leq 0.22% (B-X56); \leq 0.12% (X60-X80) | | | | |
| D.2 | Mn含量 | 1.0%最小值 (B-X56); 1.3%最小值 (X60-X70); 1.5%最小值 (X80); | 无最小值规定 | 无最小值规定 | 无最小值规定 | | | | |
| D.2 | P含量 | \leq 0.020% | \leq 0.025% | \leq 0.025% | \leq 0.025% | | | | |
| D.2 | Nb含量 | 规定最小值0.022% | 无最小值规定 | 无最小值规定 | 无最小值规定 | | | | |
| D.2 | Mo含量 | 0.1%最小值 (X60-X70); 0.15%最小值 (X80); | 无最小值规定 | 无最小值规定 | 无最小值规定 | | | | |
| D.3 | 母材夏比冲击 | \geq 135J 均值 (X52-X80) | \geq 54J 均值 | \geq 54J 均值 | \geq 54J 均值 | | | | |
| D.5 | 壁厚公差 | 0. +10%T | 含负偏差 | 含负偏差 | 含负偏差 | | | | |

表 1.2 3PE 外防腐层技术指标对照表

| 章节号 | 技术指标 | Q/BQB 293-2018 | GB/T 23257 | DIN 30670 | CSA Z245.21 | ISO 21809-1 |
|-------|--------|---------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------|
| 表E.2 | 阴极剥离 | 48h: ≤4 mm 30d: ≤15 mm | 48h: ≤5 mm 30d: ≤15 mm | - | 24h: ≤6.5 mm 28d: ≤20 mm | - |
| 表E.2 | 抗弯曲 | -20℃/2.5° 无开裂 | -20℃/2.5° 无开裂 | - | -18℃/2.0° 无开裂 | - |
| 表E.5 | 断裂标称应变 | ≥ 600% | ≥ 600% | 断裂伸长率: ≥ 400% | 断裂伸长率: ≥ 600% | 断裂伸长率: ≥ 400% |
| 表E.6 | 剥离强度 | 常温≥120 N/cm | 常温≥100 N/cm | - | - | - |
| 表E.6 | 耐热水浸泡 | 平均≤1 mm 最大≤2 mm | 平均≤2 mm 最大≤3 mm | - | - | 平均≤2 mm 最大≤3 mm |
| 表E.6 | 阴极剥离 | 48h: ≤4 mm | 48h: ≤5 mm | - | - | - |
| E.4.1 | 锚纹深度测量 | ≥1次/h | ≥2次/班 | - | ≥1次/4h | ≥1次/h |
| E.4.1 | 灰尘度测量 | ≥1次/h | ≥2次/班 | - | ≥1次/4h | ≥1次/h |
| E.4.1 | 盐分含量测量 | ≥1次/4h | ≥1次/班 | - | - | - |
| E.4.8 | 拉伸试验 | ≥1次/10 km | ≥1次/50 km | - | - | - |

表 1.3 FBE 外防腐层技术指标对照表

| 章节号 | 技术指标 | Q/BQB 293-2018 | SY/T 0315 | CSA Z245.20 | ISO 21809-2 |
|-------|---------|------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 表F.1 | 48h阴极剥离 | ≤5 mm | ≤6.5 mm | - | - |
| 表F.2 | 24h阴极剥离 | 单层: ≤5 mm 双层: ≤5 mm | 单层: ≤8 mm 双层: ≤8 mm | 单层: ≤11.5 mm 双层: ≤6.5 mm | 单层: ≤8 mm 双层: ≤8 mm |
| 表F.2 | 断面孔隙率 | 1~3级 | 1~4级 | 1~4级 | - |
| 表F.2 | 粘结面孔隙率 | 1~3级 | 1~4级 | 1~4级 | - |
| 表F.2 | 24h附着力 | 1~2级 | 1~3级 | 1~3级 | 1~2级 |
| F.4.3 | 锚纹深度测量 | ≥1次/h | ≥1次/2h | ≥1次/4h | ≥1次/4h |
| F.4.4 | 灰尘度测量 | ≥1次/h | ≥1次/2h | - | - |
| F.4.5 | 盐分含量测量 | ≥1次/4h | 必要时进行 | - | - |