管线钢管规范

上游段

API SPECIFICATION 5L

第 45 版，2012 年 12 月

2013 年 7 月 1 日实施

004283
PSRi

API

石油工业标准化研究所翻译出版

Specification for Line Pipe

Upstream Segment

API SPECIFICATION 5L
FORTY-FIFTH EDITION, DECEMBER 2012

EFFECTIVE DATE: JULY 1, 2013

石油工业标准化研究所翻译出版

API 标准翻译出版委员会

主　任：杨　果

副主任：高圣平　万战翔　付　伟　邢　公

委　员：（按姓氏拼音为序）

陈俊峰　陈效红　崔　毅　杜德林　范亚民　方　伟　郭　东　韩义萍　何保生　李树生

刘雪梅　马开华　秦长毅　单宏祥　孙　娟　王　慧　王进全　王　欣　文志雄　夏咏华

张虎林　张　勇　张　玉　邹连阳

主　编：高圣平

副主编：杜德林

本标准由石油工业标准化研究所组织翻译、出版和发行。

本标准翻译单位：宝鸡石油钢管有限责任公司钢管研究院（国家石油管材工程技术研究中心）

本标准翻译责任人：王　慧　付宏强

本标准一校责任人：薛磊红　黄　勇

本标准二校责任人：王　慧　毕宗岳

本标准三校责任人：杨忠文　刘长跃

本标准译文难免有不妥之处，欢迎各位读者批评指正

特别说明

API 出版物只能针对一些共性问题。有关特殊问题，宜查阅地方、州和联邦的法律法规。

API 或 API 的任何雇员、分包商、顾问、委员会或其他受托人，均不担保也不承诺（无论明指还是暗示）本标准中所包含的信息的准确性、完整性和适用性，对于本标准中所披露的任何信息的使用及其后果，也不承担任何义务和责任。API 或 API 的任何雇员、分包商、顾问或其他受托人，也不承诺本标准的使用不会侵犯其他人的专有权利。

分类范围可根据任意特定情况所涉及的位置、条件、设备和材料发生变化。本标准的使用者应咨询拥有管辖权的权威机构。

本标准的使用者不宜仅依赖本文件包含的信息。使用本书包含信息时应进行充分的商业、科学、工程和安全评估。

在健康安全风险及预防措施方面，雇主、制造商和供应商应适当的警示和培训自己的员工和其他相关人员，并为这些人员配备适用的防护设备。API 不会代替他们承担此类责任，也不会代替他们承担遵守当地法规的其他责任。

对于特殊材料和特定条件的安全健康信息和正确的预防措施，应向雇主、材料制造商或者供应商索要，或者参考材料安全数据单。

任何愿意使用 API 出版物的人都可以任意使用。API 已经尽了一切努力来保证这些出版物中所含数据的准确性与可靠性；然而，关于本标准 API 不做任何承诺、担保或保证，在此明确声明，由于使用本标准而造成的任何损失，或者因本标准与当地法规有冲突而造成违法，API 将不承担任何义务和责任。

出版 API 标准是为了使公众能够更方便地获取已经证实的、良好的工程与操作惯例。但至于何时何地应当使用这些出版物，仍需要用户依据自身的实践经验做出明智的判断。API 标准的制定和出版，无意以任何方式限制任何人使用任何其他操作惯例。

任何按照 API 标准的会标使用要求标志其设备和材料的制造商，对于其产品符合相关 API 标准，负有全部责任。API 不承诺、担保或保证这些产品实际上确实符合该项 API 标准。

版权所有，违者必究。在没有得到出版商的书面批准之前，任何人都不允许在检索系统中复制和保存本文件中的任何内容或采用电子、机械、复印、录像或者其他方式传播本文件中的任何内容。
请联系出版商美国石油学会出版业务部，地址：1220 L Street, N.W., Washington, D.C. 20005。

版权© 2012 美国石油学会

前　言

API 出版物中的任何内容，都不能解释为（以暗示或其他方式）赋予任何人制造、销售或使用专利权所涵盖的任何方法、仪器或产品的权力；也不能解释为担保任何人侵犯专利权而不承担责任。

“应”：本标准中，“应”表示最低要求以符合本规范。

“宜”：本标准中，“宜”表示推荐或建议的作法，并非要求以符合本规范。

本文件是按照 API 标准化工作程序制定的，该程序保证了制定过程的透明度和广泛参与；本文件被认定为 API 标准。关于本标准内容解释方面的有关问题，或者关于标准制定程序方面的看法和问题，应以书面形式提交给美国石油学会标准部主任，地址：1220 L Street, N.W., Washington, D.C. 20005。如果需要复制或翻译本标准的全部或部分内容，也请与标准部主任联系。

通常，API 标准最长每隔五年就要复审一次，复审的结果是修订、确认或撤销。该五年复审周期可以延期一次，但延期最长不超过两年。出版的状态可以从 API 标准部门得知，电话（202）6828000。API 的出版物和材料目录由 API 每年公布一次，地址：1220 L Street，N.W.，Washington，D.C.20005。

欢迎用户提出修订建议，这类建议应提交给 API 标准部，地址：1220 L Street, NW., Washington, DC. 20005，或发送电子邮件：standards@api.org。

目　次

1　范围 1
2　一致性 1
2.1　测量单位 1
2.2　圆整 1
2.3　对本标准的符合性 1
3　规范性引用文件 2
4　术语和定义 4
5　符号和缩略语 13
5.1　符号 13
5.2　缩略语 14
6　钢管等级、钢级和交货状态 15
6.1　钢管等级和钢级 15
6.2　交货状态 15
7　由购方提供的信息 17
7.1　一般信息 17
7.2　附加信息 17
8　制造 20
8.1　制造工艺 20
8.2　要求确认的工序 21
8.3　原料 22
8.4　定位焊缝 23
8.5　组合焊（COW）管焊缝 24
8.6　埋弧焊（SAW）管焊缝 24
8.7　双缝钢管焊缝 24
8.8　电焊（EW）和激光焊（LW）管焊缝处理 24
8.9　冷定径和冷扩径 24
8.10　钢带（卷）/钢板对头焊缝 25
8.11　对接管 25
8.12　热处理 25
8.13　追溯性 25
9　验收极限 26
9.1　总则 26
9.2　化学成分 26
9.3　拉伸性能 30
9.4　静水压试验 32
9.5　弯曲试验 33
9.6　压扁试验 33

IPSRI

9.7 导向弯曲试验 33
9.8 PSL2 钢管 CVN 冲击试验 34
9.9 PSL2 焊管的 DWT 试验 34
9.10 表面状况、缺欠和缺陷 35
9.11 尺寸、质量和偏差 37
9.12 管端加工 41
9.13 焊缝偏差 42
9.14 质量偏差 45
9.15 PSL2 钢管的焊接性 45
10 检验 45
10.1 检验类型和检验文件 45
10.2 特定检验 47
11 标志 72
11.1 总则 72
11.2 钢管标志 73
11.3 接箍标志 75
11.4 多钢级钢管的标志 75
11.5 螺纹标识和证明 76
11.6 钢管加工厂标志 76
12 涂层和螺纹保护器 76
12.1 涂层和内衬 76
12.2 螺纹保护器 77
13 记录保存 77
14 钢管装载 77

附录 A（规范性附录）对接管规范 79
附录 B（规范性附录）PSL 2 钢管制造工艺评定 81
附录 C（规范性附录）表面缺欠和缺陷的处理 85
附录 D（规范性附录）补焊工艺 87
附录 E（规范性附录）非酸性或非海上服役条件钢管的无损检验 93
附录 F（规范性附录）接箍要求(仅对 PSL 1) 105
附录 G（规范性附录）抗延性断裂扩展的 PSL 2 钢管 107
附录 H（规范性附录）酸性服役条件 PSL 2 钢管的订购 113
附录 I（规范性附录）“直通过油管”（TFL）的订购 125
附录 J（规范性附录）海上服役条件 PSL 2 钢管的订购 127
附录 K（规范性附录）酸性和/或海上服役条件钢管的无损检验 139
附录 L（资料性附录）钢牌号 145
附录 M（取消的附录） 147

.....33
.....34
.....34
.....35
.....37
.....41
.....42
.....45
.....45
.....45
.....45
.....47
.....72
.....72
.....73
.....75
.....75
.....76
.....76
.....76
.....76
.....77
.....77
.....77
.....79
.....81
.....85
.....87
.....93
....105
....107
....113
....125
....127
....139
....145
....147

附录N（资料性附录）差异标识/说明 149
附录O（资料性附录）API许可证持有者的会标使用 151
附录P（资料性附录）加工有螺纹和带接箍钢管公式及导向弯曲和CVN试样的背景公式 157

参考文献 167

FSTI

引　言

本标准以 API Spec 5L 第 44 版为基础。

在本标准起草过程中，技术委员会保留了管线钢管的两个基本级别的标准技术要求，并表示为两个产品规范水平（PSL1 和 PSL2）。PSL1 提供了标准的管线钢管质量水平，PSL2 包括增加的化学成分、缺口韧性、强度性能和补充 NDT 的强制性要求，并对仅适于 PSL1 或仅适于 PSL2 的要求作了标记。没有指出适用于某个特定 PSL 水平的要求，则对 PSL1 和 PSL2 同样适用。

技术委员会也承认，在石油和天然气工业实际工作中，经常要为各种特殊用途规定附加要求。为了适应这种需要，本标准提供了特殊用途的各种选用附加要求，如下所列：

— 订购需要进行制造工艺评定的 PSL2 钢管（附录 B），附录 B 中的一些要求已被加严，以包括原料制造、管线管制造以及产品试验和检验关键环节的验证要求；
— 订购用于输气管线的具有抗延性断裂扩展的 PSL2 钢管（附录 G）；
— 订购用于酸性服役条件的 PSL2 钢管（附录 H）；
— 订购用于“直通过油管（TFL）”的钢管（附录 I）；
— 订购用于海洋服役条件的 PSL2 钢管（附录 J）。

本标准加入下列新附录：

– 加工有螺纹和带接箍钢管公式及导向弯曲和 CVN 试样的背景公式（附录 P）

仅当订货合同规定了这些附录的要求时，这些附录才适用。

当订购的钢管用于两种或多种用途时，钢管要能够满足各种特殊用途的多个附录的要求。在这种情况下，由于使用一个以上用于特殊用途的附录而产生技术争议时，应采用适用于预期服役条件的最苛刻要求。

本标准不提供何时必须规定上述附加要求的指导。相反，对于一个特定的合同而言，根据预期用途和设计要求来规定附加要求是购方的责任。

本标准已考虑了应用广泛的传统符号（指力学或物理性能或它们的数值、尺寸或试验参数）和方程格式，这些传统形式的符号和公式常常与其他广泛应用的标准、规范和表示其起源的原始研究工作有着紧密的联系。为避免引起混淆，一些符号和公式，最具体地说，在 9.2、表 F.1 和附录 P 中的符号和公式仍保持传统形式。对修改的符号已给予关注，以确保代替传统符号的新符号被充分并清楚定义。

RSN

管线钢管规范

1 范围

本标准规定了石油天然气工业管线输送系统用无缝管和焊管的制造要求，包括两种产品规范水平（PSL1 和 PSL2）。

本标准不适用于铸铁管。

2 一致性

2.1 测量单位

在本标准中，用 SI 单位制和 USC 单位制表示数据。对于特定的订货批，只应使用一种单位制表示数据，不应兼有用另一种单位制表示的数据。用 SI 单位制和 USC 单位制表示的数据不应同时出现在同一检验文件或同一要求的钢管标志中。

在产品依据要求使用某一种测量单位制（USC 或 SI）对产品进行试验和验证，随后发出的检验文件中报告的数据用其他替代测量单位制的情况下，检验文件中应有说明，以指出文件现有数据是从原检验所使用的测量单位制换算而来。

对于钢管数据、图和供应尺寸，购方应规定是采用国际单位制（SI），还是采用美国惯用单位制（USC）。SI 数据单的使用表明应使用 SI 单位制，USC 数据单的使用表明应使用 USC 单位制。

对于用 SI 单位制表示的数据，用逗号作为小数的分隔，空格作为千位数的分隔。对于用 USC 单位制表示的数据，用小圆点（线上）作为小数的分隔，用空格作为千位数的分隔。*

2.2 圆整

除本标准规定外，为了确定与规定要求的一致性，应根据 ISO 80000-1:2009/cor 1:2011，附录 B，规则 A，把观测值或计算数值圆整到用于表示极限值的最右边数位的最邻近单位数值。

注：该条款的目的是表明 ASTM E29-04[1] 规定的圆整方法与 ISO 80000-1:2009/cor 1:2011 附录 B，规则 A 相同。

2.3 对本标准的符合性

* 为符合中国习惯，本译文中 SI 单位制表示的数据，用小数点作为小数的分隔，SI 单位制和 USC 单位制均未使用空格作为千位数的分隔。 — 译者注

应运行文件化的质量体系，以助于(产品)符合本标准的要求。

注：质量体系文件不要求获得第三方认证机构认证。为满足本标准的要求，只有书面质量体系的制定和采用是必要的。API 遵从负责质量管理人员的专业意见，以制定或批准能反映各公司需求的最佳体系。在建立适合的质量体系过程中，现存的许多质量管理体系都可为相关人员提供指导，这些体系有包含石油天然气行业特殊规定的 ISO/TS 29001[2] 和 API Q1[3] 规范，或者包含质量管理体系审核总要求的 ISO 9001[4]。本注所列内容并不详尽，仅提供相关信息。

合同可以规定制造商应对产品与本标准所有适用要求的符合性负责。制造商应允许购方进行任何必要的调查以确保符合性，及允许购方拒收任何不合格的材料。

3 规范性引用文件

下列标准对于本标准的使用是不可缺少的。对于标注日期的标准，仅有引用的版本适用。对于未注日期的引用标准，引用标准的最新版本（包括任何修订内容）适用。

ISO 148-1	金属材料—夏比摆锤冲击试验—第 1 部分：试验方法
ISO 404	钢和钢产品—一般交货技术条件
ISO 2566-1	钢—伸长率换算—第 1 部分：碳钢和低合金钢
ISO 4885	钢铁产品—热处理—词汇
ISO 5173 第 3 版	金属材料焊缝破坏性试验—弯曲试验
ISO 6506	（全部）金属材料—布氏硬度试验
ISO 6507	（全部）金属材料—维氏硬度试验
ISO 6508	（全部）金属材料—洛氏硬度试验
ISO 6892-1	金属材料—拉伸试验—第 1 部分：室温试验方法
ISO 6929	钢产品—定义和分类
ISO 7438	金属材料—弯曲试验
ISO 7539-2	金属和合金腐蚀—应力腐蚀试验—第 2 部分：弯梁试样制备和使用
ISO 8491	金属材料—管（全截面）—弯曲试验
ISO 8492	金属材料—管—压扁试验
ISO 8501-1	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部清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
ISO 9712	无损检测—人员资质和评定
ISO/TR 9769	钢和铁—现有分析方法评价
ISO/TR10400（API TR 5C3）	石油天然气工业—套管、油管、钻杆和用作套管和油管的管线管性能公式和计算
ISO 10474:1991	钢和钢产品—检验文件
ISO 10893-2	钢管无损检测—第 2 部分：无缝钢管和焊接（埋弧焊除外）钢管缺欠的自动涡流检测

ISO 10893-3	钢管无损检测—第 3 部分：无缝铁磁钢管和焊接（埋弧焊除外）铁磁钢管纵向缺欠和/或横向缺欠的自动全周向漏磁检测
ISO 10893-4	钢管无损检测—第 4 部分：焊接钢管焊缝表面缺欠的液体渗透检验
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
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
ISO 10893-7	钢管无损检测—第 7 部分：焊接钢管焊缝缺欠的射线数字检测
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
ISO 10893-9	钢管无损检测—第 9 部分：焊接钢管制造用钢带/钢板分层缺欠的自动超声检测
ISO 10893-10	钢管无损检测—第 10 部分：无缝钢管和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的自动全周向超声检测
ISO 10893-11	钢管无损检测—第 11 部分：焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声检测
ISO 10893-12	钢管无损检测—第 12 部分：无缝钢管和焊接（埋弧焊除外）钢管的自动全周向超声壁厚检测
ISO 11484	钢产品—无损检验（NDT）人员的雇主评定体系
ISO11699-1:2008	无损检测—工业射线检验胶片—第 1 部分：工业射线检验胶片系统分类
ISO 12135	金属材料—准静态断裂韧度的统一试验方法
ISO 13678	石油和天然气工业—套管、油管和管线钢管螺纹脂的评估和试验
ISO 14284	钢和铁—化学成分试验试样的取样和制备
ISO19232-1:2004	无损检测 射线照相底片像质 第 1 部分：线型像质计 像质指数的测定
ISO 80000-1:2009 /Cor 1:2011	量和单位—第 1 部分：总则
API Spec 5B[1]	套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验规范（美国惯用单位制）
API RP 5A3	套管、油管和管线钢管用螺纹脂的推荐作法
API RP 5L3	管线钢管落锤撕裂试验推荐作法
API TR 5T1	缺欠术语
ASNT SNT-TC-1A[2]	SNT-TC-1A 推荐作法—无损检测
ASTM A370[3]	钢产品力学性能试验的标准试验方法和定义
ASTM A435	钢板直射法超声检验规范
ASTM A578	特殊用途用普通钢板和复合钢板直射法超声检验标准规范
ASTM A751	钢产品化学分析用标准试验方法、作法和术语
ASTM A941	钢、不锈钢、合金和铁合金术语
ASTM A956	钢产品里氏硬度标准试验方法
ASTM A1038	超声波接触阻抗法便携式硬度仪测试硬度的标准作法

[1] American Petroleum Institute（美国石油学会），1220 L Street, N.W., Washington, DC 20005, USA。
[2] American Society for Nondestructive Testing（美国无损检测学会），1711 Arlingate Lane, Columbus, OH 43228-0518, USA。
[3] ASTM International（美国试验与材料协会），100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428 -2959, USA。

ASTM E18	金属材料洛氏硬度和洛氏表面硬度标准试验方法
ASTM E94	射线检验标准指南
ASTM E110	便携式硬度仪测试金属材料压痕硬度的标准方法
ASTM E114	接触式超声脉冲回波直射法检验的标准作法
ASTM E 164	焊接件的接触式超声检测标准作法
ASTM E165	液体渗透标准试验方法
ASTM E213	金属管超声检验标准作法
ASTM E273	焊管焊接区域超声检测标准作法
ASTM E309	钢管产品磁饱和涡流检验标准作法
ASTM E384	金属材料努氏硬度和维氏硬度标准试验方法
ASTM E570	铁磁性钢管产品漏磁检验标准作法
ASTM E587	接触式超声斜射法检测标准作法
ASTM E709	磁粉检验标准指南
ASTM E747	射线检验用线型像质计（IQI）的设计、制造和材料组分类标准作法
ASTM E1290	裂纹尖端张开位移（CTOD）断裂韧性测量的标准试验方法
ASTM E1806	钢铁化学成分检验用试样的取样方法
ASTM E1815-08	工业射线检验胶片系统分类的标准试验方法
ASTM E2033	计算机射线检测标准作法（光敏发光法）
ASTM E2698	用数字检测器阵列进行射线检测的标准作法
ASTM G39	弯曲梁应力腐蚀试验试样制备和使用的标准方法
BS 7448-1[4]	断裂韧性试验—确定金属材料 Klc、临界 CTOD、临界 J 值的方法
EN 10168[5]	钢产品—检验文件—信息和描述表
EN 10204:2004	金属产品—检查文件类型
NACE TM0177:2005[6]	金属在 H_2S 环境中抗硫化物应力开裂和应力腐蚀开裂的实验室试验
NACE TM0284:2003	标准试验方法—管线钢和压力容器钢抗氢致开裂评估

4 术语和定义

除 4.1 至 4.67 给出的术语和定义外，下列术语和定义应适用于本标准：

— 钢产品 ISO 6929 或 ASTM A941，
— 热处理 ISO 4885 或 ASTM A941，
— 缺欠术语 API TR 5T1，
— 取样方法、检验和检验文件类型 ISO 404、ISO 10474 或 ASTM A370 中适用者。

[4] BSI，British Standards Institute（英国标准学会），389 Chiswick High Road, London, W4 4AL, United Kingdon。
[5] CEN, European Committee for Standardization, Management Centre（欧洲标准化委员会，管理中心），Avenue Marnix 17, B-1000, Brussels, Belgium。
[6] NACE International（美国腐蚀工程师协会），P.O. Box 201009, Houston, Texas 77216-1009, USA。

4.1

依照协议 as agreed

由制造商和购方双方协商形成的要求，且已在订货合同中注明。

注：例如 7.2 a）包括的条款。

4.2

轧制状态 as-rolled

未进行任何特殊轧制和/或热处理的交付状态。

4.3

钢带（卷）/钢板对头焊缝 coil/plate end weld

将钢带（卷）或钢板端部连接在一起的焊缝。

4.4

冷扩径钢管 cold expanded pipe

指在工厂环境温度下，用内部扩张机械装置，或将钢管置于封闭模中，通过内部静水压压力使整根钢管外径或周向尺寸获得永久增加的钢管。

4.5

冷定径钢管 cold-sized pipe

指在工厂环境温度下，成型（包括 EW 定径）后，整根或部分长度钢管外径或周向尺寸获得永久增加或永久减少的钢管。

4.6

冷精整 cold finishing

永久应变大于 1.5%的冷加工操作（通常为冷拔）。

注：该永久应变量通常将冷精整与冷扩径和冷定径区分出来。

4.7

冷成型 cold forming

不用加热将钢带或钢板成型为钢管的工艺。

4.8

连续炉焊（CW） continuous welding

通过在炉子里加热钢带且用机械力将成型的边缘压在一起，形成接缝的工艺。期间连续不断地将钢带卷连接在一起，持续地为焊机提供钢带。

4.9

组合焊（COW）管 combination welded pipe

采用熔化极气体保护焊和埋弧焊组合工艺制造的带有一或两条直焊缝或一条螺旋焊缝的钢管产品，在焊接过程中，熔化极气体保护焊缝未完全被埋弧焊道熔化。

4.10

螺旋缝组合焊（COWH）管 combination helical welded pipe

采用熔化极气体保护焊和埋弧焊组合工艺制造的带有一条螺旋焊缝的钢管产品，在焊接过程中，熔化极气体保护焊缝未完全被埋弧焊道熔化。

4.11

直缝组合焊（COWL）管 combination longitudinal welded pipe

采用熔化极气体保护焊和埋弧焊组合工艺制造的带有一或两条直焊缝的钢管产品，在焊接过程中，熔化极气体保护焊缝未完全被埋弧焊道熔化。

4.12

组合焊（COW）缝 combination welding seam

采用熔化极气体保护焊和埋弧焊组合工艺焊成的直焊缝或螺旋焊缝，在焊接过程中，熔化极气体保护焊缝未完全被埋弧焊道熔化。

4.13

连续炉焊（CW）管 continuous welded pipe

采用连续炉焊工艺制造的带有一条直焊缝的钢管产品。

4.14

子带（卷） daughter coil

通过切、割、或剪的方式从母带（卷）上截取的钢带（卷）的一部分，该母带（卷）可用于制造单根或多根钢管。

4.15

子板 daughter plate

通过切、割、或剪的方式从母板上截取的钢板的一部分，该母板可用于制造单根或多根钢管。

4.16

缺陷 defect

尺寸和/或分布密度超出本标准规定的验收极限的缺欠。

4.17

电焊（EW）管 electric welded pipe

采用低频或高频电焊工艺制造的带有一条直焊缝的钢管产品。

4.18

电焊（EW）缝 electric welded seam

采用电焊工艺焊成的直焊缝。

4.19

电焊（EW） electric welding

通过电阻焊形成焊缝的工艺。其待焊边缘通过机械加压焊接在一起，焊接热量由感应或传导电流的电阻产生。

4.20

药芯焊丝电弧焊 flux core arc welding

利用管状金属电极中的药芯提供保护，借助该连续填充金属电极与工件之间的电弧热，使金属结合的焊接工艺。

注：在某些情况下，需要用外部提供的气体或混合气体获得补充保护。

4.21

熔化极气体保护焊 gas metal-arc welding/GMAW

通过连续自消耗的电极与工件之间一个或多个电弧进行加热，从而形成金属结合的一种焊接工艺，由外部提供的气体或混合气体对电弧和熔化金属进行保护。

注：不用加压且填充金属来自电极。

4.22

熔炼炉 heat

一次熔炼工艺一次循环所生产的金属。

4.23

高频焊（HFW）管 high-frequency welded pipe

采用频率等于或大于 70kHz 的焊接电流焊接成的 EW 管。

4.24

如果有协议 if agreed

经制造商和购方双方协商，在订购合同中注明的已确定要求或比已确定要求更严格的要求。

注：例如包含在 7.2 c）中的相关条款。

4.25

缺欠 imperfection

用本标准所述的检查方法检验出来的产品壁厚内部或表面的不连续或不规则。

4.26

指示 indication

通过无损检验获得的证据。

4.27

资料性要素 informative elements

a）用于识别本文件，介绍其内容，对其产生背景、发展过程、与其他文件的关系进行说明的要素；

b）用于帮助对本文件的理解或使用而提供的附加信息要素。

注：见 ISO/IEC 导则第 2 部分。

4.28

检验 inspection

测量、检查、试验、称重或测定产品的一个或多个特性的活动，并将这些活动的结果与规定要求进行对比，以确定符合性。

注：采自 ISO 404。

4.29

设备校准 instrument standardization

将无损检验设备调整到规定参照值的活动。

4.30

对接管 jointer

制造商将两根或三根单根管用接箍连接或焊接而形成的钢管。

4.31

钢包精炼 ladle refining

浇铸前进行的首次炼钢过程后的二次炼钢工艺，通过脱气，脱硫及去除非金属夹杂物，并控制夹杂物的形状等多种方法提高钢的质量。

4.32

分层 lamination

内部金属分离形成的片层，通常与钢管表面平行。

4.33

激光焊（LW） laser welding

采用激光束小孔焊接技术使待焊边缘的金属熔化，并使其焊接在一起的工艺。待焊边缘是否预热均可。采用外部提供的气体或混合气体进行保护。

4.34

低频焊（LFW）管 low frequency electric welded pipe

采用频率小于 70 kHz 的焊接电流焊接成的电焊（EW）管。

4.35

激光焊（LW）管 laser welded pipe

采用激光焊焊接工艺制造的带有一条直焊缝的钢管产品。

4.36

制造商 manufacturer

根据本标准的要求，负责生产产品且对产品做标志的工厂、公司或社团。

注 1：如适用，制造商也可是钢管制造厂、加工方、接箍或螺纹的加工厂。

注 2：采自 ISO 11961[5]。

4.37

母带（卷） mother coil

采用单个再热钢坯加工的热轧钢带（卷），可用来生产单根或多根钢管。

4.38

母板 mother plate

采用单个再热钢坯加工的热轧钢板，可用来生产单根或多根钢管。

4.39

无损检验（[redacted] non-destructive inspection (testing) / NDT

采用本标准规定的射线、超声或其他方法而使缺欠能显现出来的检验，该检验方法不对材料组织产生干涉、施加[redacted]坏。

4.40

正火成型 normalizing formed

钢管的交货状态，形成于成型过程，在此过程中最终变形在一定的温度范围内进行，使材料的状态与经正火处理后材料的状态相当，使得在随后进行的任何正火中，仍能满足规定力学性能要求。

4.41

正火轧制 normalizing rolled

钢管的交货状态，形成于轧制过程，在此过程中最终变形在一定的温度范围内进行，使材料的状态与经正火处理后材料的状态相当，使得在随后进行的任何正火中，仍能满足规定力学性能要求。

IPSRI

4.42

规范性要素 normative elements

用于描述文件范围的要素，并作为本标准所要求的补充条款。

注：见 ISO/IEC 导则第 2 部分。

4.43

（无缝管）管体 (SMLS pipe) pipe body

对于无缝管，指整根钢管。

4.44

（焊管）管体 (welded pipe) pipe body

对于焊管，指不包括焊缝和热影响区的整根钢管。

4.45

钢管等级 pipe grade

表明钢管强度水平的名称。

注：同一等级的钢管可能具有不同的化学成分和/或不同的热处理状态。

4.46

制管厂 pipe mill

操作制管设备的工厂、公司或社团。

注：采自 ISO 11960[6]。

4.47

加工方 processor

对制管厂生产的钢管进行热处理加工的工厂、公司或社团。

注：采自 ISO 11960[6] 。

4.48

产品分析 product analysis

钢管、钢板或钢带（卷）的化学分析。

4.49

购方 purchaser

负责确定产品订货要求且为所购产品付款的一方。

4.50

淬火加回火 quenching and tempering

由淬火硬化和随后进行的回火组成的热处理工艺。

4.51

试块 sample

为制取一个或多个试样，从待检验产品上截取的足够数量的材料。

4.52

埋弧焊（SAW）管 submerged-arc welded pipe

采用埋弧焊接工艺制造的带有一条或两条直焊缝，或一条螺旋焊缝的钢管。

4.53

螺旋缝埋弧焊（SAWH）管 submerged-arc helical welded pipe

采用埋弧焊接工艺制造的带有一条螺旋焊缝的钢管。

4.54

直缝埋弧焊（SAWL）管 submerged-arc longitudinal welded pipe

采用埋弧焊接工艺制造的带有一条或两条直焊缝的钢管。

4.55

埋弧焊（SAW）缝 submerged-arc welding seam

采用埋弧焊接工艺焊成的直焊缝或螺旋焊缝。

4.56

无缝（SMLS）管 seamless pipe

采用热成型工艺制造的不带焊缝的钢管，在热成型后，可以进行冷定径或冷精整，以获得需要的外形、尺寸及性能。

4.57

服役条件 service condition

由购方在订货合同中规定的钢管使用条件。

注：在本标准中，术语“酸性服役”和“海上服役”指服役条件。

4.58

焊条电弧焊（SMAW） shielded metal arc welding

利用包覆金属电极与工件之间的电弧热加热电极和工件，使金属融熔结合的焊接工艺，电极包覆物的分解物为电弧和融熔金属提供保护。

注：不需加压，分解物来自金属电极。

4.59

埋弧焊（SAW） submerged-arc welding

通过一个或数个裸金属自耗电极与工件之间的一个或数个电弧，对电极与工件加热而产生金

属熔融结合的焊接工艺。由一层粒状焊剂为电弧和熔融金属提供保护。

注：不需加压，且填充金属部分或全部从电极获得。

4.60

定位焊缝 tack weld

在最终焊接前，用来保持对接边缘对齐的间断或连续的焊缝。

4.61

试样 test piece

具有规定尺寸的试块的一部分，经机加工或非机加工方法，使其满足试验所要求的条件。

4.62

试验批 test unit

采用同一熔炼炉，在相同钢管制造条件下，通过相同制管工艺，所用钢带（卷）/钢板采用相同热轧工艺（适用于焊管），制成的相同规定外径和规定壁厚的规定数量的钢管。

4.63

热机械成型 thermomechanical forming

钢管的一种热成型工艺，指钢管最终变形在一定温度范围内完成，使得材料具有单独采用热处理无法达到或重现的某些性能。形变后进行冷却，有可能会增加冷却速率，进行或不进行包括自回火的回火处理。

警示：随后温度高于 580℃（1075℉）的加热会降低钢管强度值。

4.64

热机械轧制 thermomechanical rolled

钢管的交货状态来源于热机械轧制的钢带（卷）或钢板，在此过程中最终变形在一定的温度范围内进行，使材料具有单独采用热处理无法获得或重现的某些性能，形变后进行冷却，有可能会增加冷却速率，进行或不进行包括自回火的回火处理。

警示：随后温度高于 580℃（1075℉）的加热会降低钢管强度值。

4.65

咬边 undercut

焊缝金属在邻近焊趾的母材上形成的凹槽和未充满。

4.66

除另有协议外 unless otherwise agreed

使用的要求，除制造商和购方双方协商有替代要求并在订货合同中规定外。

注：例如 7.2 b）和 7.2 c）包括的相关条款。

4.67

焊管 welded pipe

连续炉焊（CW）管、螺旋缝组合焊（COWH）管、直缝组合焊（COWL）管、电焊（EW）管、高频焊（HFW）管、低频焊（LFW）管、激光焊（LW）管、螺旋缝埋弧焊（SAWH）管或直缝埋弧焊（SAWL）管

5 符号和缩略语

5.1 符号

a	钢带（卷）/钢板对头焊缝的长度
A_f	断裂后的延伸率，以百分数表示，且圆整到最邻近的百分数
A_{gb}	导向弯曲试验弯模/弯辊的直径宽度，用 mm（in）表示
A_I	钢管的内横截面积，用 mm^2（in^2）表示
A_P	管壁的横截面积，用 mm^2（in^2）表示
A_R	端部密封柱塞的横截面积，用 mm^2（in^2）表示
A_{xc}	适用的拉伸试验试样的横截面积，用 mm^2（in^2）表示
b	承载面的规定宽度，用 mm（in）表示
B	导向弯曲试验模壁或支架之间的距离，用 mm（in）表示
C	常数，取决于使用的单位制
CE_{IIW}	碳当量，采用国际焊接学会公式确定
CE_{Pcm}	碳当量，采用 Ito-Bessyo 碳当量公式的化学部分确定；
d	钢管的计算内径，用 mm（in）表示
D_a	定径后制造商的设计外径，用 mm（in）表示
D_b	定径前制造商的设计外径，用 mm（in）表示
D	钢管规定外径，用 mm（in）表示
Δ	从外径的切线到外径表面与冲击试样端部交点的距离，用 mm（in）表示
δ	机加工深度，从钢管外径表面到试样长度中部的距离，用 mm（in）表示
f	频率，以 Hz 赫兹表示（每秒周期数）
K_V	全尺寸夏比 V 型缺口吸收能，用 J（英尺磅力表示）
L	钢管长度，用 m（ft）表示
N_L	规定最小长度，接箍尺寸，用 mm（in）表示
P	静水压试验压力，用 MPa（psi）表示
P_R	端部密封柱塞内压，用 MPa（psi）表示
Q	接箍尺寸规定的凹槽直径，用 mm（in）表示
r	半径，用 mm（in）表示

r_a	导向弯曲试验阳模半径，用 mm（in）表示
r_b	导向弯曲试验阴模半径，用 mm（in）表示
r_o	钢管外半径，用 mm（in）表示
R_m	抗拉强度，用 MPa（psi）表示
$R_{p0.2}$	屈服强度（0.2%非比例延伸），用 MPa（psi）表示
$R_{t0.5}$	屈服强度（0.5%总延伸），用 MPa（psi）表示
s_r	定径率
S	静水压试验环向应力，用 MPa（psi）表示
t	钢管规定壁厚，用 mm（in）表示
t_{min}	钢管最小允许壁厚，用 mm（in）表示
U	规定最小抗拉强度，用 MPa（psi）表示
V_t	横向超声速率，以 m/s（ft/s）表示
W	规定外径接箍尺寸，用 mm（in）表示
ε	应变
λ	波长，用 m（ft）表示
ρ_l	平端钢管单位长度质量，用 kg/m（lb/ft）表示
σ_h	管线钢管设计环向应力，用 MPa（psi）表示

5.2 缩略语

COW	制造时，对钢管实施的组合焊接工艺
COWH	制造时，对钢管实施的组合螺旋焊接工艺
COWL	制造时，对钢管实施的组合直缝焊接工艺
CTOD	裂纹尖端张开位移
CVN	夏比 V 型缺口
CW	制造时，对钢管实施的炉焊工艺
DWT	落锤撕裂
EDI	电子数据交换
EW	制造时，对钢管实施的电阻焊或电感应焊接工艺
GMAW	熔化极气体保护电弧焊工艺
HAZ	热影响区
HBW	采用钨类硬质合金球压头的布氏硬度
HFW	制造时，对钢管实施的高频焊接工艺
HIC	氢致开裂
HRC	洛氏硬度，C 标尺
HV	维氏硬度
IQI	像质计

LFW	制造时，对钢管实施的低频焊接工艺
LW	制造时，对钢管实施的激光焊接工艺
MT	磁粉检测
NDT	无损检验（测）
PSL	产品规范水平
PT	渗透检测
SAW	制造时，对钢管实施的埋弧焊接工艺
SAWH	制造时，对钢管实施的螺旋埋弧焊接工艺
SAWL	制造时，对钢管实施的直缝埋弧焊接工艺
SMAW	制造时，对钢管实施的焊条电弧焊
SSC	硫化物应力开裂
SWC	阶梯开裂
TFL	直通过油管
USC	美国惯用
UT	超声检测

6 钢管等级、钢级和交货状态

6.1 钢管等级和钢级

6.1.1 PSL 1 钢管的钢管等级与钢级（用钢名表示）相同，且应符合表 1 规定。钢管等级由字母或字母与数字混排的牌号构成，以识别钢管的强度水平，而且其与钢的化学成分有关。

注：钢级 A 和钢级 B 牌号中不包括规定最小屈服强度；然而，其他牌号中的数字部分对应于 SI 单位制的规定最小屈服强度，或 USC 单位制用 1000 psi 表示的向上圆整的规定最小屈服强度。下缀 P 表明钢含有规定含量的磷。

6.1.2 PSL 2 钢管的钢管等级应符合表 1 规定。钢管等级由字母或字母与数字混排的牌号构成，以识别钢管的强度水平。钢名（表示为钢级）与钢的化学成分有关，其词尾的单个字母（R、N、Q 或 M）表示钢管的交货状态（见表 3）。

注 1：钢级 B 牌号中不包括规定最小屈服强度的参考值；然而，其他牌号中的数字部分对应于 SI 单位制或 USC 单位制的规定最小屈服强度。

注 2：酸性服役条件见 H.4.1.1。

注 3：海上服役条件见 J.4.1.1。

6.1.3 除欧洲钢名外，其他使用到的钢级牌号（钢号）在表 L.1 中给出。表 L.1 列出了欧洲使用的其他钢牌号（钢号）的指南。

6.2 交货状态

PSRI

6.2.1 对每一个订货批，除订货合同中规定了特定的交货状态外，PSL 1 钢管的交货状态应由制造商选择。表 1 给出了 PSL 1 和 PSL 2 钢管的交货状态，表 3 给出了 PSL 2 钢管的附加信息。

表 1 — 钢管等级、钢级和可接受的交货状态

PSL	交货状态	钢管等级/钢级 [a,b]
PSL1	轧制、正火轧制、正火或正火成型	L175 或 A25
		L175P 或 A25P
		L210 或 A
	轧制、正火轧制、热机械轧制、热机械成型、正火成型、正火、正火加回火；或如有协议，仅适用于 SMLS 管的淬火加回火	L245 或 B
	轧制、正火轧制、热机械轧制、热机械成型、正火成型、正火、正火加回火或淬火加回火	L290 或 X42
		L320 或 X46
		L360 或 X52
		L390 或 X56
		L415 或 X60
		L450 或 X65
		L485 或 X70
PSL 2	轧制	L245R 或 BR
		L290R 或 X42R
	正火轧制、正火成型、正火或正火加回火	L245N 或 BN
		L290N 或 X42N
		L320N 或 X46N
		L360N 或 X52N
		L390N 或 X56N
		L415N 或 X60N
	淬火加回火	L245Q 或 BQ
		L290Q 或 X42Q
		L320Q 或 X46Q
		L360Q 或 X52Q
		L390Q 或 X56Q
		L415Q 或 X60Q
		L450Q 或 X65Q
		L485Q 或 X70Q
		L555Q 或 X80Q
		L625Q 或 X90Q[c]
		L690Q 或 X100Q[c]
	热机械轧制或热机械成型	L245M 或 BM
		L290M 或 X42M
		L320M 或 X46M
		L360M 或 X52M
		L390M 或 X56M
		L415M 或 X60M
		L450M 或 X65M
		L485M 或 X70M
		L555M 或 X80M
	热机械轧制	L625M 或 X90M
		L690M 或 X100M
		L830M 或 X120M

[a] 对于中间钢级，钢级应为下列格式之一：(1)字母 L 后跟随规定最小屈服强度，单位 MPa，对于 PSL2 钢管，表示交货状态的字母（R、N、Q 或 M）与上面格式一致。(2)字母 X 后面的两或三位数字是规定最小屈服强度（单位 1000 psi，向下圆整到最邻近的整数），对 PSL2 钢管，表示交货状态的字母（R、N、Q 或 M）与上面格式一致。

[b] PSL2 的钢级后缀（R、N、Q 或 M）属于钢级的一部分。

[c] 仅适用于无缝管。

6.2.2 对 PSL 2 钢管，交货状态应符合订货合同对钢名的规定。

7 由购方提供的信息

7.1 一般信息

订购合同中应包括下列信息：

a）数量（即钢管的总质量或总长度）；
b）规范水平 PSL（1 或 2）；
c）钢管类型（见表 2）；
d）依据 API 5L；
e）钢级（见 6.1、H 4.1.1 或 J.4.1.1，选适用者）；
f）外径和壁厚（见 9.11.1.2）；
g）长度和长度类型（非定尺或定尺）（见 9.11.1.3、9.11.3.3 和表 12）；
h）确认某附录的适用性。

7.2 附加信息

对于特定的订货批，订货合同中应注明下列哪些条款适用：

a）如适用，需强制进行协商的条款：
1）钢管中间钢级的指定[见表 1，脚注 a）]，
2）中间钢级的化学成分（见 9.2.1 和 9.2.2），
3）t>25.0 mm（0.984 in）钢管的化学成分（见 9.2.3），
4）L415N/X60N 钢级 PSL2 钢管的碳当量限制（见表 5），
5）L555 Q/X80Q、L625Q/X90Q 和 L690Q/X100Q 钢级 PSL2 钢管的碳当量限制（见表 5），
6）t>20.0 mm（0.787 in）PSL2 无缝（SMLS）管的碳当量限制[见表 5，脚注 a）]，
7）D>1422 mm（56.000 in）钢管的直径和不圆度偏差（见表 10），
8）t>25.0mm（0.984 in）无缝（SMLS）管的管端直径和不圆度偏差[见表 10，脚注 b）]，
9）适用于对接管焊缝的标准（见 A.1.2）；

b）除另有协议外，采用已规定条款：
1）冷扩径钢管的定径率范围（见 8.9.2）
2）定径率公式（见 8.9.3）
3）PSL1 钢管的化学成分限制[见表 4，脚注 c）、e）和 f）]，
4）PSL2 钢管的化学成分限制[见表 5，脚注 c）、e）、f）、g）、h）、i）、k）和 l）]，
5）L625Q/X90Q、L690/X100 和 L830/X120 钢级的屈强比[见表 7、脚注 g 和 h 或表 J.2，脚注 h 和 i]，

6）夏比冲击剪切面积的评估和报告(见 9.8.2.3)，

7）非定尺钢管的长度偏差[见 9.11.3.3 a）]，

8）螺纹脂的类型（见 9.12.2.4），

9）端面的类型（见 9.12.5.1 或 9.12.5.2），

10）适用于夏比冲击试验的国际标准（见 10.2.3.3、10.2.4.3、D.2.3.4.2 和 D.2.3.4.3），

11）产品分析方法（见 10.2.4.1），

12）$D \geq 508$ mm（20.000 in）钢管直径测量的替代方法（见 10.2.8.1），

13）对接管焊接类型（见 A.1. 1），

14）直缝钢管对接时，直焊缝错开的环向间距（见 A.2.4），

15）冷扩径管的补焊（见 C4.2），

16）IQI 的替代类型（见 E.4.3.1）；

c）如果有协议，采用协议条款：

1）交货状态（见 6.2 和表 1），

2）淬火加回火 PSL1 L245/B 级无缝（SMLS）管的供应（见表 1），

3）中间钢级的供应[见表 2，脚注 a）]，

4）双缝 SAWL（直缝埋弧焊）管的供应[见表 2，脚注 c）]，

5）PSL1 钢管规定焊缝热处理的替代方法（见 8.8.1），

6）管端带有钢带（卷）/钢板对头焊缝的螺旋缝埋弧焊（SAWH）管的供应（见 8.10.3），

7）对接管的供应（见 8.11），

8）试验温度低于 0℃（32℉）的 CVN 冲击试验（见 9.8.2.1、9.8.2.2 和 9.8.3），

9）$D < 508$ mm（20.000 in）PSL2 焊管管体 CVN 冲击试验断口剪切面积（见 9.8.2.2 和表 18），

10）PSL2 高频焊（HFW）管直焊缝 CVN 冲击试验（见 9.8.3 和表 18），

11）$D \geq 508$ mm（20.000 in）PSL2 焊管管体 DWT 试验（见 9.9.1 和表 18），

12）试验温度低于 0℃（32℉）的 DWT 试验（见 9.9.1），

13）2 或 3 根短管对接而成的名义长度为 12 m（40 ft）或 24 m（80 ft）的对接管各占的比率[见 9.11.3.3.c)、d）和 e）]，

14）接箍机紧（见 9.12.2.3 和 10.2.6.1），

15）特殊坡口形状（见 9.12.5.3），

16）埋弧焊（SAW）或组合焊（COW）管管端外焊缝修磨[见 9.13.2.2 e）]，

17）PSL2 钢管焊接性数据或试验（见 9.15），

18）PSL1 钢管检验文件类型（见 10.1.2.1），

19）PSL1 钢管制造信息（见 10.1.2.2），

20）PSL2 钢管检验文件的替代类型（见 10.1.3.1），

21）非冷扩径无缝（SMLS）管采用横向试样进行拉伸试验（见表 20，脚注 c），

22）采用胀环试验检测横向屈服强度[见 10.2.3.2，表 19 脚注 c），和表 20 脚注 d）]，

23）采用替代方法进行宏观检验（见 10.2.5.2），

24）电焊（EW）和激光焊（LW）管生产期间的硬度试验（见 10.2.5.3），

25）加工有螺纹和带接箍钢管静水压试验的特定条件（见 10.2.6.1），

26）可替代的静水压试验压力（见表 26），

27）采用最小允许壁厚计算静水压试验压力（见 10.2.6.7），

28）测定钢管外径的特殊方法（见 10.2.8.1），

29）采用内径测量法测定非扩径管和 $D \geq 219.1$ mm（8.625 in）扩径管的直径和不圆度［见 10.2.8.3 和表 10，脚注 c）］；

30）测定钢管其他尺寸采用的特殊方法（见 10.2.8.7），

31）接箍模版漆印标志（见 11.1.2），

32）购方规定附加标志（见 11.1.4），

33）钢管的特定标志表面或位置［见 11.2.2 b）和 11.2.6 b）］，

34）钢管的钢模冲印或振动刻蚀标志（见 11.2.3），

35）钢管标志的替代位置（见 11.2.4），

36）钢管长度标志位置的替代形式（见 11.2.6 a），

37）钢管的颜色标识（见 11.2.7），

38）多钢级标志（见 11.4.1），

39）临时外涂层（见 12.1.2），

40）特殊涂层（见 12.1.3），

41）内衬（见 12.1.4），

42）PSL2 钢管制造工艺评定，此种情况下，应符合附录 B（见 B.2），

43）埋弧焊（SAW）焊缝或钢带（卷）/钢板对头焊缝的射线检验（见表 E.1），

44）PSL1 无缝（SMLS）管的无损检验（见 E.3.1.2），

45）电焊（EW）焊缝静水压试验后的无损检测（NDT）［见 E.3.1.3 b）］，

46）焊管管端分层缺欠的超声检验（见 E.3.2.3），

47）无缝（SMLS）管管端分层缺欠的超声检验（见 E.3.3.2），

48）按照 E.4 进行的射线检验，

49）超声对[redacted]钻孔与刻槽的使用（见表 E.7），

50）组合焊（COW）焊缝替代复检方法（见 E.5.5.5），

51）电焊（EW）、埋弧焊（SAW）或组合焊（COW）管管体分层缺欠的超声检验（见 E.8），

52）钢带(卷)/钢板边缘或电焊（EW）、埋弧焊（SAW）或组合焊（COW）管焊缝分层缺欠的超声检验（见 E.9），

53）$D \geq 355.6$ mm（14.000 in）钢管焊接接箍的供应（见 F.1.4），

54）按附录 G 订购 PSL2 钢管的情况下，购方应规定每个试验的冲击韧性试验温度、最小能量值和合同要求的最小平均能量值（见 G.2.），

55）酸性服役条件下 PSL2 钢管，在此种情况下，应符合附录 H 要求（见 H.2.），

56）直通过油（TFL）管，此种情况下应符合附录 I 要求（见 I.2.），

57）海上服役条件用钢管，此种情况下，应符合附录 J 要求（见 J.2.），

58）其他任何附加或更严格的要求。

8 制造

8.1 制造工艺

按本标准供应的钢管应按照表 2 和表 3 的适用要求和规定进行制造。

表 2 — 可接受的钢管制造工艺和产品规范水平

钢管或管端类型	PSL1 钢管等级[a]					PSL2 钢管等级[a]		
	L175 或 A25[b]	L175P 或 A25P[b]	L210 或 A	L245 或 B	L290~L485 或 X42~X70	L245~L555 或 B~X80	>L555~L690 或 >X80~X100	>L690~L830 或 >X100~X120
钢管类型								
SMLS	×	×	×	×	×	×	×	—
CW	×	×	—	—	—	—	—	—
LFW	×	—	×	×	×	—	—	—
HFW	×	—	×	×	×	×	—	—
LW	—	—	—	—	×	—	—	—
SAWL[c]	—	—	×	×	×	×	×	×
SAWH[d]	—	—	×	×	×	×	×	×
COWL[c]	—	—	×	×	×	×	—	—
COWH[d]	—	—	×	×	×	×	—	—
管端类型								
承口端[e]	×	—	×	×	×	—	—	—
平端	×	—	×	×	×	×	×	×
特殊接箍平端	×	—	×	×	—	—	—	—
螺纹端[f]	×	×	×	×	—	—	—	—

[a] 如果有协议，可采用中间钢级，但限于高于 L290 或 X42 的钢级。

[b] 钢级为 L175、L175P、A25 和 A25P，但限于 $D \leq 141.3$ mm（5.563 in）的钢管。

[c] 如果有协议可采用双缝管，但限于 $D \geq 914$ mm（36.000 in）的钢管。

[d] 限于 $D \geq 114.3$ mm（4.500 in）螺旋缝钢管。

[e] 限于 $D \leq 219.1$ mm（8.625 in）且 $t \leq 3.6$ mm（0.141 in）承口端钢管。

[f] 螺纹端钢管限于 $D \leq 508$ mm（20.000 in）的 SMLS 和直缝焊管。

注：× 表示适用。— 译者注

表 3— 可接受的 PSL2 钢管的制造工序

钢管类型	原料	钢管成型	钢管热处理	交货状态
SMLS	钢锭、初轧坯或方坯	轧制	—	R
		正火成型	—	N
		热成型	正火	N
			淬火加回火	Q
		热成型和冷精整	正火	N
			淬火加回火	Q
HFW	正火轧制钢带（卷）	冷成型	仅对焊缝区热处理[a]	N
	热机械轧制钢带（卷）	冷成型	仅对焊缝区热处理[a]	M
			焊缝区热处理[a]和整根钢管的应力释放	M
	轧制或热机械轧制钢带（卷）	冷成型	正火	N
			淬火加回火	Q
		冷成型，随后在受控温度下热减径，产生正火状态	—	N
		冷成型，随后进行钢管的热机械成型	—	M
SAW 或 COW 管	正火或正火轧制钢带（卷）或钢板	冷成型	—	N
	轧制态、热机械轧制、正火轧制或正火态	冷成型	正火	N
	热机械轧制钢带（卷）或钢板	冷成型	—	M
	淬火加回火钢板	冷成型	—	Q
	轧制态、热机械轧制、正火轧制或正火态钢带（卷）或钢板	冷成型	淬火加回火	Q
	轧制态、热机械轧制、正火轧制或正火态钢带（卷）或钢板	正火成型	—	N

[a] 适用的热处理见 8.8。

8.2 要求确认的工序

应对钢管制造过程中进行的最终操作进行工序确认，最终操作是指对产品属性符合本标准要求（化学成分和尺寸除外）产生影响的操作。

要求确认的工序如下所示：

— 无缝钢管，轧制态： 最终再加热和热定径或热张力减径；如适用，墩粗、冷精整；
— 无缝钢管，热处理态： 热处理；
— 电焊钢管，轧制态： 定径和焊接；如适用，焊缝热处理和墩粗；
— 电焊钢管，热处理态： 焊接和全管体热处理；
— 非扩径埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管：成型、焊接、补焊；如适用，热处理；
— 扩径埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管：成型、焊接、补焊、扩径。

8.3 原料

8.3.1 钢厂与轧制工厂应建立文件化的质量管理体系。

注：质量体系文件不要求获得第三方认证机构认证。为满足本标准的要求，只有书面质量体系的制定和采用是必要的。API 遵从负责质量管理人员的专业意见，以制定或批准能反映各公司需求的最佳体系。在建立适合的质量体系过程中，现存的许多质量管理体系都可为相关人员提供指导，这些体系有包含石油天然气行业特殊规定的 ISO/TS 29001 和 API Q1 规范，或者包含质量管理体系审核总要求的 ISO 9001。本注所列内容并不详尽，仅提供相关信息。

8.3.2 制造钢管用原料的钢锭、初轧坯、方坯、钢带（卷）或钢板，应由下列工艺制成：

— 吹氧碱性转炉工艺，
— 电炉冶炼工艺，
— 结合钢包精炼工艺的平炉炼钢法。

8.3.3 PSL2 钢管的原料应为细晶粒镇静钢。

8.3.4 用于制造 PSL2 钢管的钢带（卷）或钢板不应带有任何补焊焊缝。

8.3.5 用于制造螺旋缝钢管的钢带（卷）或钢板的宽度不应小于钢管规定外径的 0.8 倍，且不应大于钢管规定外径的 3 倍。

8.3.6 任何污染焊接坡口和周围区域的润滑剂，均应在实施直缝埋弧焊（SAWL）或直缝组合焊（COWL）管直焊缝焊接之前，或应在实施螺旋缝埋弧焊（SAWH）管或螺旋缝组合焊（COWH）管螺旋焊缝焊接之前清除干净。

8.3.7 以 M（热机械轧制或热机械成型状态）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（例如重新加热，轧制和冷却温度，时间与偏差），以确保整根管的力学性能一致，需考虑：

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

应以文件形式表明钢带（卷）/钢板轧制过程中重要变素的允许变化范围。

8.3.8 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 8.3.7 一致结果的能力应通过以下方式验证。

— 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。
— 对于钢级高于 L360M/X52M 的钢管，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持续不断地获得理想预期结果。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。

8.3.9 应通过书面方法对实际热轧工艺与制造商书面轧制限值的偏离进行评价，对于发生偏离时热轧的材料，应采用力学试验定义极限值，和/或对于发生偏离时的成型管材，将成型管材料指定为新的试验批进行评价。

8.4 定位焊缝

8.4.1 定位焊缝应采用如下焊接方法：

a）半自动埋弧焊；
b）电焊；
c）熔化极气体保护电弧焊；
d）药芯焊丝电弧焊；
e）采用低氢焊条的焊条电弧焊；
f）激光焊。

8.4.2 定位焊缝应被：

a）熔化且与最终焊缝结合；
b）采用机加工方法去除；
c）按 C.2 处置。

8.5 组合焊（COW）管焊缝

组合焊（COW）管的焊缝在焊接过程中，第一道焊缝应是连续的，且采用熔化极气体保护电弧焊焊接，然后进行埋弧焊，在钢管内外表面至少各有一道埋弧焊缝，其中熔化极气体保护电弧焊焊道未完全被埋弧焊道熔化。

8.6 埋弧焊（SAW）管焊缝

埋弧焊（SAW）管焊缝在焊接过程中，在钢管内外表面至少各有一道埋弧焊焊缝。

8.7 双缝钢管焊缝

双缝钢管的焊缝应大约相隔 180°。

8.8 电焊（EW）和激光焊（LW）管焊缝处理

8.8.1 PSL1 电焊（EW）管

钢级高于 L290/X42 的钢管，除经过协议可采用替代热处理方法外，焊缝和热影响区应进行热处理，以模拟正火热处理。如采用了替代热处理方法，制造商应使用协商程序证实所选热处理方法的有效性。这些程序可包括，但不限于硬度试验、显微组织评估或力学试验。

钢级等于或低于 L290/X42 的钢管，应进行热处理，以模拟正火热处理，或者应采用没有残留未回火马氏体的方式对钢管进行处理。

8.8.2 激光焊（LW）管和 PSL2 高频焊（HFW）管

所有钢级钢管的焊缝和热影响区应进行热处理，以模拟正火热处理。

8.9 冷定径和冷扩径

8.9.1 除 8.9.2 允许外，冷定径钢管的定径率不应大于 0.015，但以下情况除外：

a）钢管随后进行正火或淬火加回火；
b）整根冷定径钢管随后进行应力释放。

8.9.2 除另有协议外，冷扩径钢管的定径率不应小于 0.003 且不应大于 0.015。

8.9.3 除另有协议外，定径率 s_r 应采用公式（1）计算：

$$s_r = \frac{|D_a - D_b|}{D_b} \quad (1)$$

式中：

D_a 指制造商指定的定径后外径，用 mm（in）表示；

D_b 指制造商指定的定径前外径，用 mm（in）表示；

$|D_a - D_b|$ 指外径差的绝对值，用 mm（in）表示。

8.10 钢带（卷）/钢板对头焊缝

8.10.1 成品直缝钢管上不应有钢带（卷）/钢板对头焊缝。

8.10.2 成品螺旋焊缝钢管上，钢带（卷）/钢板对头焊缝和螺旋焊缝的交点距管端至少 300 mm（12.0 in）。

8.10.3 如果有协议，只要钢带（卷）/钢板对头焊缝和螺旋焊缝在相应管端的环向间隔大于 150 mm（6.0 in），螺旋焊缝钢管管端可带有钢带（卷）/钢板对头焊缝。

8.10.4 成品螺旋焊缝钢管上的钢带（卷）/钢板对头焊缝应：

a）采用埋弧焊或埋弧焊与熔化极气体保护电弧焊组合焊接方法焊接；

b）采用与螺旋焊缝相同的验收极限进行检验。

8.11 对接管

8.11.1 如果有协议，可供应对接管。

8.11.2 焊接对接管应符合附录 A 的要求。

8.11.3 制造对接管的钢管长度不应小于 1.5 m（5.0 ft）。

8.11.4 用于焊接对接管的各管段应检验合格（包括静水压试验），可用完整对接管的静水压试验代替。

8.12 热处理

应按照文件化程序进行热处理。

8.13 追溯性

PSRI

8.13.1 对于 PSL1 钢管，制造商应建立并遵守文件化程序来保持：

a）熔炼炉标识，直到完成所有相关化学分析试验，且试验结果符合规定的要求；

b）试验批标识，直到完成所有相关力学试验，且试验结果符合规定的要求。

8.13.2 对于 PSL2 钢管，制造商应建立并遵守文件化程序，以保持所有这类钢管的熔炼炉标识和试验批标识。这些程序应提供方法以追溯相应试验批的任一根钢管及相关化学成分分析结果和力学试验结果。

9 验收极限

9.1 总则

9.1.1 通用交货技术条件应符合 ISO 404 的要求。

9.1.2 在未获得购方同意的情况下，不应采用 L415/X60 或更高钢级的钢管代替 L360/X52 或更低钢级的钢管。

9.2 化学成分

9.2.1 对于 $t \leqslant 25.0$ mm（0.984 in）的 PSL1 钢管，标准钢级的化学成分应符合表 4 规定，而中间钢级的化学成分应依照协议，但应与表 4 规定协调一致。

注：L175P/A25P 钢级是增磷钢，具有比 L175/A25 钢更好的螺纹加工性能，但较难弯曲。

9.2.2 对于 $t \leqslant 25.0$ mm（0.984 in）PSL2 钢管，其标准钢级的化学成分应符合表 5 规定，中间钢级的化学成分应依照协议，但应与表 5 规定协调一致。

9.2.3 $t > 25.0$ mm（0.984 in）的 PSL1 和 PSL2 钢管的化学成分应协商确定，根据表 4 和表 5 的化学成分要求修改为合适成分。

9.2.4 PSL 2 钢管产品分析的碳含量（质量百分数）等于或小于 0.12%时，碳当量 CE_{Pcm} 应使用公式（2）确定：

$$CE_{Pcm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \qquad (2)$$

式中化学元素符号表示质量百分数（见表 5）。

如果 B 的熔炼分析结果小于 0.0005%，那么在产品分析中就无需包括 B 元素的分析，在碳当量 CE_{Pcm} 计算中可将 B 含量视为零。

9.2.5 PSL 2 钢管产品分析的碳含量大于 0.12%时，碳当量 CE_{IIW} 应采用公式（3）确定：

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} \quad (3)$$

式中化学元素符号表示质量百分数（见表 5）。

表 4 — $t \leq 25.0$ mm（0.984 in）的 PSL1 钢管化学成分

钢级（钢名）	质量分数，基于熔炼分析和产品分析 [a,g] %							
	C max.[b]	Mn max.[b]	P min.	P max.	S max.	V max.	Nb max.	Ti max.
无缝管								
L175 或 A25	0.21	0.60	—	0.030	0.030	—	—	—
L175P 或 A25P	0.21	0.60	0.045	0.080	0.030	—	—	—
L210 或 A	0.22	0.90	—	0.030	0.030	—	—	—
L245 或 B	0.28	1.20	—	0.030	0.030	c,e	c,d	d
L290 或 X42	0.28	1.30	—	0.030	0.030	d	d	d
L320 或 X46	0.28	1.40	—	0.030	0.030	d	d	d
L360 或 X52	0.28	1.40	—	0.030	0.030	d	d	d
L390 或 X56	0.28	1.40	—	0.030	0.030	d	d	d
L415 或 X60	0.28[e]	1.40[e]	—	0.030	0.030	f	f	f
L450 或 X65	0.28[e]	1.40[e]	—	0.030	0.030	f	f	f
L485 或 X70	0.28[e]	1.40[e]	—	0.030	0.030	f	f	f
焊管								
L175 或 A25	0.21	0.60	—	0.030	0.030	—	—	—
L175P 或 A25P	0.21	0.60	0.045	0.080	0.030	—	—	—
L210 或 A	0.22	0.90	—	0.030	0.030	—	—	—
L245 或 B	0.26	1.20	—	0.030	0.030	c,d	c,d	d
L290 或 X42	0.26	1.30	—	0.030	0.030	d	d	d
L320 或 X46	0.26	1.40	—	0.030	0.030	d	d	d
L360 或 X52	0.26	1.40	—	0.030	0.030	d	d	d
L390 或 X56	0.26	1.40	—	0.030	0.030	d	d	d
L415 或 X60	0.26[e]	1.40[e]	—	0.030	0.030	f	f	f
L450 或 X65	0.26[e]	1.45[e]	—	0.030	0.030	f	f	f
L485 或 X70	0.26[e]	1.65[e]	—	0.030	0.030	f	f	f

[a] Cu ≤0.50%；Ni≤0.50%；Cr≤ 0.50%；Mo≤0.15%。

[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增加 0.05%，对于钢级≥L245 或 B 但≤L360 或 X52 的钢级，最大锰含量为 1.65%；对于钢级>L360 或 X52 但<L485 或 X70 的钢级，最大锰含量为 1.75%；对于钢级 L485 或 X70 的钢级，最大锰含量为 2.00%。

[c] 除另有协议外，Nb +V≤0.06%。

[d] Nb +V+ Ti≤0.15%。

[e] 除另有协议外。

[f] 除另有协议外，Nb +V+ Ti≤0.15%。

[g] 不允许有意添加硼，且残余硼 B≤0.001%。

表 5 — $t \leqslant 25.0$ mm（0.984 in）PSL2 钢管化学成分

钢级（钢名）	质量分数，基于熔炼分析和产品分析 % 最大									碳当量[a] % 最大	
	C[b]	Si	Mn[b]	P	S	V	Nb	Ti	其他	CE_{IIW}	CE_{Pcm}
无缝管和焊管											
L245R 或 BR	0.24	0.40	1.20	0.025	0.015	c	c	0.04	e,l	0.43	0.25
L290R 或 X42R	0.24	0.40	1.20	0.025	0.015	0.06	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L245N 或 BN	0.24	0.40	1.20	0.025	0.015	c	c	0.04	e,l	0.43	0.25
L290N 或 X42N	0.24	0.40	1.20	0.025	0.015	0.06	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L320N 或 X46N	0.24	0.40	1.40	0.025	0.015	0.07	0.05	0.04	d,e,l	0.43	0.25
L360N 或 X52N	0.24	0.45	1.40	0.025	0.015	0.10	0.05	0.04	d,e,l	0.43	0.25
L390N 或 X56N	0.24	0.45	1.40	0.025	0.015	0.10[f]	0.05	0.04	d,e,l	0.43	0.25
L415N 或 X60N	0.24[f]	0.45[f]	1.40[f]	0.025	0.015	0.10[f]	0.05[f]	0.04[f]	g,h,l	依照协议	
L245Q 或 BQ	0.18	0.45	1.40	0.025	0.015	0.05	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L290Q 或 X42Q	0.18	0.45	1.40	0.025	0.015	0.05	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L320Q 或 X46Q	0.18	0.45	1.40	0.025	0.015	0.05	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L360Q 或 X52Q	0.18	0.45	1.50	0.025	0.015	0.05	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L390Q 或 X56Q	0.18	0.45	1.50	0.025	0.015	0.07	0.05	0.04	d,e,l	0.43	0.25
L415Q 或 X60Q	0.18[f]	0.45[f]	1.70[f]	0.025	0.015	g	g	g	h,l	0.43	0.25
L450Q 或 X65Q	0.18[f]	0.45[f]	1.70[f]	0.025	0.015	g	g	g	h,l	0.43	0.25
L485Q 或 X70Q	0.18[f]	0.45[f]	1.80[f]	0.025	0.015	g	g	g	h,l	0.43	0.25
L555Q 或 X80Q	0.18[f]	0.45[f]	1.90[f]	0.025	0.015	g	g	g	i,j	依照协议	
L625Q 或 X90Q	0.16[f]	0.45[f]	1.90	0.020	0.010	g	g	g	j,k	依照协议	
L690Q 或 X100Q	0.16[f]	0.45[f]	1.90	0.020	0.010	g	g	g	j,k	依照协议	

表 5 — $t \leq 25.0$ mm（0.984 in）的 PSL2 钢管化学成分（续）

钢级（钢名）	质量分数，基于熔炼分析和产品分析 % 最大									碳当量[a] % 最大	
	C[b]	Si	Mn[b]	P	S	V	Nb	Ti	其他	CE_{IIW}	CE_{Pcm}
焊管											
L245M 或 BM	0.22	0.45	1.20	0.025	0.015	0.05	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L290M 或 X42M	0.22	0.45	1.30	0.025	0.015	0.05	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L320M 或 X46M	0.22	0.45	1.30	0.025	0.015	0.05	0.05	0.04	e,l	0.43	0.25
L360M 或 X52M	0.22	0.45	1.40	0.025	0.015	d	d	d	e,l	0.43	0.25
L390M 或 X56M	0.22	0.45	1.40	0.025	0.015	d	d	d	e,l	0.43	0.25
L415M 或 X60M	0.12[f]	0.45[f]	1.60[f]	0.025	0.015	g	g	g	h,l	0.43	0.25
L450M 或 X65M	0.12[f]	0.45[f]	1.60[f]	0.025	0.015	g	g	g	h,l	0.43	0.25
L485M 或 X70M	0.12[f]	0.45[f]	1.70[f]	0.025	0.015	g	g	g	h,l	0.43	0.25
L555M 或 X80M	0.12[f]	0.45[f]	1.85[f]	0.025	0.015	g	g	g	i,l	0.43[f]	0.25
L625M 或 X90M	0.10	0.55[f]	2.10[f]	0.020	0.010	g	g	g	i,l	—	0.25
L690M 或 100M	0.10	0.55[f]	2.10[f]	0.020	0.010	g	g	g	i,j		0.25
L830M 或 120M	0.10	0.55[f]	2.10[f]	0.020	0.010	g	g	g	i,j		0.25

[a] 依据产品分析结果，$t > 20.0$ mm（0.787 in）无缝管，碳当量的极限值应协商确定。碳含量大于 0.12% 使用 CE_{IIW}，碳含量小于等于 0.12% 使用 CE_{Pcm}。

[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%，对于钢级≥L24 或 B 但≤L360 或 X52 最大锰含量不得超过 1.65%；对于钢级>L360 或 X52 但<L485 或 X70 最大锰含量不得超过 1.75%；对于钢级≥L485 或 X70 但≤L555 或 X80 最大锰含量不得超过 2.00%，对于钢级>L555 或 X80 最大锰含量不得超过 2.20%。

[c] 除另有协议外，Nb +V≤0.06%。

[d] Nb +V+ Ti≤0.15%。

[e] 除另有协议外，Cu ≤0.50%，Ni≤0.30%，Cr≤为 0.30%，Mo≤0.15%。

[f] 除另有协议外。

[g] 除另有协议外，Nb +V+ Ti≤0.15%≤0.15%。

[h] 除另有协议外，Cu ≤0.50%，Ni≤0.50%，Cr≤0.50%，Mo≤0.50%。

[i] 除另有协议外，Cu ≤0.50%，Ni≤1.00%，Cr≤0.50%，Mo≤0.50%。

[j] B≤0.004%。

[k] 除另有协议外，Cu ≤0.50%，Ni≤1.00%，Cr≤0.55%，Mo≤0.80%。

[l] 除适用脚注 j 外的所有 PSL2 钢级适用下列内容。除另有协议外，不允许有意添加硼，残余 B≤0.001。

9.3 拉伸性能

9.3.1 PSL1 钢管的拉伸性能应符合表 6 要求。

9.3.2 PSL2 钢管的拉伸性能应符合表 7 要求。

表 6 — PSL1 钢管拉伸试验要求

钢管等级	无缝管和焊管管体			EW、LW、SAW 和 COW 管焊缝
	屈服强度 [a] $R_{t0.5}$ MPa (psi) 最小	抗拉强度 [a] R_m MPa (psi) 最小	伸长率 （50 mm 或 2 in） A_f % 最小	抗拉强度 [b] R_m MPa (psi) 最小
L175 或 A25	175（25400）	310（45000）	[c]	310（45000）
L175P 或 A25P	175（25400）	310（45000）	[c]	310（45000）
L210 或 A	210（30500）	335（48600）	[c]	335（48600）
L245 或 B	245（35500）	415（60200）	[c]	415（60200）
L290 或 X42	290（42100）	415（60200）	[c]	415（60200）
L320 或 X46	320（46400）	435（63100）	[c]	435（63100）
L360 或 X52	360（52200）	460（66700）	[c]	460（66700）
L390 或 X56	390（56600）	490（71100）	[c]	490（71100）
L415 或 X60	415（60200）	520（75400）	[c]	520（75400）
L450 或 X65	450（65300）	535（77600）	[c]	535（77600）
L485 或 X70	485（70300）	570（82700）	[c]	570（82700）

[a] 对于中间钢级，管体规定最小抗拉强度和规定最小屈服强度差应为列表中与之邻近较高钢级的强度差。

[b] 对于中间钢级，其焊缝的规定最小抗拉强度应与按脚注 a) 确定的管体抗拉强度相同。

[c] 应采用下列公式计算规定最小伸长率 A_f，用百分数表示，且圆整到最邻近的百分位。

$$A_f = C\frac{A_{xc}^{0.2}}{U^{0.9}}$$

式中：

C 当采用 SI 单位制时，C 为 1940；当采用 USC 单位制时，C 为 625000；

A_{xc} 适用的拉伸试样横截面积，用 mm^2 (in^2)表示，具体如下：

— 对圆棒试样：直径 12.5 mm (0.500 in)和 8.9 mm (0.350 in)的圆棒试样为 130 mm^2 (0.20 in^2)；直径 6.4 mm (0.250 in)的圆棒试样为 65 mm^2 (0.10 in^2)；

— 对全截面试样，取 a) 485 mm^2 (0.75 in^2)和 b)钢管试样横截面积两者中的较小者，其试样横截面积由规定外径和规定壁厚计算，且圆整到最邻近的 10 mm^2 (0.01 in^2)；

— 对板状试样，取 a) 485 mm^2 (0.75 in^2)和 b) 试样横截面积两者中的较小者，其试样横截面积由试样规定宽度和钢管规定壁厚计算，且圆整到最邻近的 10 mm^2 (0.01 in^2)；

U 为规定最小抗拉强度，用 MPa (psi)表示。

表 7 — PSL 2 钢管拉伸试验要求

钢管等级	无缝管和焊管管体						HFW、SAW 和 COW 管焊缝
	屈服强度 [a] $R_{t0.5}$ MPa (psi)		抗拉强度 [a] R_m MPa (psi)		屈强比 [a,c] $R_{t0.5}/R_m$	伸长率（50 mm 或 2 in） A_f %	抗拉强度 [b] R_m MPa (psi)
	最小	最大	最小	最大	最大	最小	最小
L245R 或 BR L245N 或 BN L245Q 或 BQ L245M 或 BM	245 (35500)	450 [e] (65300) [e]	415 (60200)	655 (95000)	0.93	f	415 (60200)
L290R 或 X42R L290N 或 X42N L290Q 或 X42Q L290M 或 X42M	290 (42100)	495 (71800)	415 (60200)	655 (95000)	0.93	f	415 (60200)
L320N 或 X46N L320Q 或 X46Q L320M 或 X46M	320 (46400)	525 (76100)	435 (63100)	655 (95000)	0.93	f	435 (63100)
L360N 或 X52N L360Q 或 X52Q L360M 或 X52M	360 (52200)	530 (76900)	460 (66700)	760 (110200)	0.93	f	460 (66700)
L390N 或 X56N L390Q 或 X56Q L390M 或 X56M	390 (56600)	545 (79000)	490 (71100)	760 (110200)	0.93	f	490 (71100)
L415N 或 X60N L415Q 或 X60Q L415M 或 X60M	415 (60200)	565 (81900)	520 (75400)	760 (110200)	0.93	f	520 (75400)
L450Q 或 X65Q L450M 或 X65M	450 (65300)	600 (87000)	535 (77600)	760 (110200)	0.93	f	535 (77600)
L485Q 或 X70Q L485M 或 X70M	485 (70300)	635 (92100)	570 (82700)	760 (110200)	0.93	f	570 (82700)
L555Q 或 X80Q L555M 或 X80M	555 (80500)	705 (102300)	625 (90600)	825 (119700)	0.93	f	625 (90600)

表 7 — PSL 2 钢管拉伸试验要求（续）

钢管等级	无缝管和焊管管体						HFW、SAW 和 COW 管焊缝
	屈服强度 [a] $R_{t0.5}$ MPa (psi)		抗拉强度 [a] R_m MPa (psi)		屈强比 [a,c] $R_{t0.5}/R_m$	伸长率（50 mm 或 2 in） A_f %	抗拉强度 [b] R_m MPa (psi)
	最小	最大	最小	最大	最大	最小	最小
L625M 或 X90M	625 (90600)	775 (112400)	695 (100800)	915 (132700)	0.95	f	695 (100800)
L625Q 或 X90Q	625 (90600)	775 (112400)	695 (100800)	915 (132700)	0.97 [g]	f	-
L690M 或 X100M	690 [b] (100100) [b]	840 [b] (121800) [b]	760 (110200)	990 (143600)	0.97 [h]	f	760 (110200)
L690Q 或 X100Q	690 [b] (100100) [b]	840 [b] (121800) [b]	760 (110200)	990 (143600)	0.97 [h]	f	-
L830M 或 X120M	830 [b] (120400) [b]	1050 [b] (152300) [b]	915 (132700)	1145 (166100)	0.99 [h]	f	915 (132700)

[a] 对于中间钢级，其规定最大屈服强度和规定最小屈服强度之差应与列表中与之邻近较高钢级的强度之差相同，规定最小抗拉强度和规定最小屈服强度之差应与列表中与之邻近较高钢级的强度之差相同。对低于 L320/X46 的中间钢级，其抗拉强度应≤655 Mpa (95000 psi)。对高于 L320/X46 而低于 L555/X80 的中间钢级，其抗拉强度应≤760 Mpa (110200 psi)。对高于 L555 或 X80 的中间钢级，其最大允许抗拉强度应由插入法获得。当采用 SI 单位制时，计算值应圆整到最邻近的 5 MPa。当采用 USC 单位制时，计算值应圆整到最邻近的 100 psi。

[b] 钢级＞L625/X90 时，$R_{p0.2}$ 适用。

[c] 此限制适用于 D＞323.9 mm (12.750 in) 的钢管。

[d] 对于中间钢级，其焊缝的规定最小抗拉强度应与按脚注 a) 确定的管体抗拉强度相同。

[e] 对于要求纵向检验的钢管，其最大屈服强度应≤495 MPa (71 800 psi)。

[f] 规定最小伸长率 A_f 应采用下列公式确定：

$$A_f = C\frac{A_{xc}^{0.2}}{U^{0.9}}$$

式中：

C 当采用 SI 单位制时，C 为 1940，当采用 USC 单位制时，C 为 625000；

A_{xc} 适用的拉伸试样横截面积，用 mm² (in²)表示，具体如下：

— 圆棒试样：直径 12.5 mm (0.500 in)和 8.9 mm (0.350 in)的圆棒试样为 130 mm² (0.20 in²)；直径 6.4 mm (0.250 in)的圆棒试样为 65 mm² (0.10 in²)。

— 全截面试样：取 a)485 mm² (0.75 in²)和 b)试样横截面积两者的较小者，其试样横截面积由规定外径和规定壁厚计算，且圆整到最邻近的 10 mm² (0.01 in²)；

— 板状试样：取 a) 485 mm² (0.75 in²)和 b) 试样横截面积两者的较小者，试样横截面积由试样规定宽度和钢管规定壁厚计算，圆整到最邻近的 10 mm² (0.01 in²)。

U 规定最小抗拉强度，用 MPa (psi)表示。

[g] 经协商可规定较低的 $R_{t0.5}/R_m$ 比值。

[h] 对于钢级＞L625/X90 的钢管，$R_{p0.2}/R_m$ 适用，经协商可规定较低的 $R_{p0.2}/R_m$ 比值。

9.4 静水压试验

9.4.1 除 9.4.2 允许外，钢管应进行静水压试验，且在试验过程中焊缝或管体不应渗漏。

9.4.2 如果用本焊制对接管的管段在对接前已成功通过静水压试验，则对接管不需进行静水压试验。

9.5 弯曲试验

试样的任何部分不应出现裂纹，且焊缝不应出现开裂。

注：所有弯曲试验中，焊缝包括熔合线每侧 6.4 mm（0.25 in）的范围。

9.6 压扁试验

压扁试验的验收极限如下：

a）钢级≥L210/A 的电焊（EW）管和 D<323.9 mm（12.750 in）的激光焊（LW）管：

1）t ≥12.7 mm（0.500 in）且钢级≥L415/X60 的钢管，在两平板间的距离小于钢管原始外径（OD）的 66%之前，不应出现焊缝开裂。对钢级与规定壁厚组合的其他所有钢管，两平板间的距离小于钢管原始外径（OD）的 50%之前，不应出现焊缝开裂。

2）D / t>10 的钢管，在两平板间的距离小于钢管原始外径（OD）的 33%之前，焊缝之外的部位不应出现裂纹或断裂。

3）在整个压扁试验过程中，钢管相对两壁接触之前，试样不应产生分层或过烧金属迹象。

b）钢级 L175、L175P、A25 或 A25P 的电焊（EW）和连续炉焊（CW）管：

1）两平板间的距离小于钢管原始外径（OD）的 75%之前，不应出现焊缝开裂。

2）两平板间的距离小于钢管原始外径（OD）的 60%之前，焊缝之外的部位不应出现裂纹或断裂。

注 1：D<60.3 mm (2.375 in)的钢管，焊缝是指焊线两侧各 6.4 mm (0.25 in)范围内的金属。D≥60.3 mm (2.375 in) 的钢管，焊缝是指焊线两侧各 13 mm (0.5 in) 范围内的金属。

注 2：对于经过热减径的电焊（EW）管，在减径前进行压扁试验，压扁试验的原始外径由制造商确定。其他情况下，原始外径为规定外径。

注 3：术语“焊缝开裂”包括压扁试验过程中任何可视的裂纹、断裂或撕裂，但不包括试样边缘微小的发纹。

9.7 导向弯曲试验

9.7.1 除 9.7.2 允许外，试样

a）不应完全断裂；

b）在焊缝金属不应出现长度大于 3.2 mm（0.125 in）且不考虑深度大小的裂纹或破裂；

c）在母材、HAZ 或熔合线上不应出现任何长度大于 3.2 mm（0.125 in）或深度大于规定壁厚 12.5%的裂纹和破裂。

9.7.2 试验期间出现在试样边缘且长度不大于 6.4 mm（0.250 in）的裂纹不应成为拒收的依据。

9.8 PSL2 钢管 CVN 冲击试验

9.8.1 总则

9.8.1.1 采用小尺寸试样时，要求的最小平均（三个试样一组）吸收能应为全尺寸试样的规定吸收能与小尺寸试样规定宽度与全尺寸试样规定宽度的比值的乘积，计算结果圆整到最邻近的焦尔（英尺磅力）。

9.8.1.2 任何试样的单个试验值不应小于规定最小平均（同一组的三个试样）吸收能的 75 %。

9.8.1.3 在低于规定试验温度的温度下进行 CVN 冲击试验，如果在此低温下，试验吸收能和断口剪切面积满足相应要求，则应认为该试验结果合格。

9.8.2 管体试验

9.8.2.1 管体试验的最小平均（同一组的三个试样）吸收能应符合表 8 的规定，试样尺寸为全尺寸试样，试验温度 0℃（32℉），或如果有协议可采用较低温度。

注：表 8 中规定的吸收能值为大多数管道设计提供了足够的启裂抗力。

9.8.2.2 如果有协议，$D \leq 508$ mm（20.000 in）的焊管，试验温度为 0℃（32℉）时，每个试验的最小平均（同一组的三个试样）剪切面积至少应为 85%，或如果有协议还可采用更低试验温度。

注：该剪切面积是以保证在试验温度或高于试验温度时有足够延性断口。

9.8.2.3 除另有协议外，订货批未采用 9.8.2.2 规定时，应对进行过 CVN 试验的所有钢级和尺寸钢管的 CVN 试样的断口剪切面积进行评价并报告，以获得参考信息。

9.8.3 钢管焊缝和热影响区（HAZ）试验

试验温度 0℃（32℉），试样尺寸为全尺寸试样时，每个钢管焊缝和 HAZ 试验的最小平均（同一组的三个试样）吸收能应为下列数值，或如果有协议可采用更低温度：

a）$D < 1422$ mm（56.000 in）且钢级≤L555/X 80 的钢管为 27J（20 ft.lbf）；

b）$D \geq 1422$ mm（56.000 in）的钢管为 40 J（30 ft.lbf）；

c）钢级＞L555/X 80 的钢管为 40 J（30 ft.lbf）。

9.9 PSL2 焊管的 DWT 试验

9.9.1 在 0℃（32℉）试验温度时，每个试验（同一组二个试样）的平均剪切面积应≥85%，如果有协议，可在较低温度温度下试验。对于壁厚＞25.4 mm（1.000 in）的钢管，DWT 试验的验收要求应协商确定。

注 1：这样的剪切面积保证在试验温度或高于试验温度时有足够延性断口。

注 2：同时具有足够的剪切面积和足够的 CVN 吸收能是管体的一个基本特性，在输气管线中它能避免脆性断裂扩展，并控制延性断裂的扩展（见附录 G 和表 20）。

9.9.2 在低于规定温度的温度下进行 CVN 冲击试验，如果在此低温下，试验剪切面积满足相应要求，则应认为该试验结果合格。

9.10 表面状况、缺欠和缺陷

9.10.1 总则

9.10.1.1 所有的成品钢管应无缺陷。

9.10.1.2 所有钢管应无裂纹、渗水和漏水。

9.10.1.3 采用无损检验方法检验的缺欠验收极限应符合附录 E 的要求。

表 8 — PSL2 钢管管体的 CVN 吸收能要求

规定外径 D mm(in)	全尺寸 CVN 吸收能最小值 K_V J（ft·lbf）						
	钢级						
	≤L415 或 X60	>L415 或 X60 至 ≤L450 或 X65	>L450 或 X65 至 ≤L485 或 X70	>L485 或 X70 至 ≤L555 或 X80	>L555 或 X80 至 ≤L625 或 X90	>L625 或 X90 至 ≤L690 或 X100	>L690 或 X100 至 ≤L830 或 X120
≤508 (20.000)	27 (20)	27 (20)	27 (20)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)
>508 (20.000) 至 762 (30.000)	27 (20)	27 (20)	27 (20)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)
>762 (30.000) 至 914 (36.000)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	54 (40)	54 (40)
>914 (36.000) 至 1219 (48.000)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	54 (40)	68 (50)
>1219 (48.000) 至 1422 (56.000)	40 (30)	54 (40)	54 (40)	54 (40)	54 (40)	68 (50)	81 (60)
>1422 (56.000) 至 2134 (84.000)	40 (30)	54 (40)	68 (50)	68 (50)	81 (60)	95 (70)	108 (80)

9.10.2 咬边

埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管上的咬边应按照下列规定进行核查、分类和处置：

a）深度≤0.4 mm（0.016 in）的咬边应接收（不考虑咬边长度），并按 C.1 的要求进行处置。

b）深度>0.4 mm（0.016 in）但≤0.8 mm（0.031 in）的咬边应接收，只要按照 C.2 的规定处置，并且：

1）单个长度≤0.5 t；

2）单个深度≤0.1 t；

3）在任意 300 mm（12.0 in）长度的焊缝上，这样的咬边不超过两个。

c）超过 b）规定的咬边应判为缺陷，且应按照 C.3 进行处置。

注：咬边最好能够通过目视检查定位。

9.10.3 电弧烧伤

9.10.3.1 电弧烧伤应判为缺陷。

注 1：电弧烧伤是由电极或接地极与钢管表面的电弧引起的金属表面熔化，所形成的若干局部点状缺陷。

注 2：接触斑是电焊（EW）管焊线附近的断续性斑痕，是由供给焊接电流的电极和钢管表面之间的接触所引起的，接触斑应按照 9.10.7 的规定处置。

9.10.3.2 电弧烧伤应按照 C.2、C.3 b）或 C.3 c）的规定处置。若电弧烧伤形成的凹坑能彻底清理，并且使用 10%的过硫酸铵溶液或 5%的硝酸乙醇溶液检查损伤材料已被完全清除，可采用修磨法、铲除法或机加工方法清除电弧烧伤缺陷。

9.10.4 分层

扩展到钢管表面或坡口面上，且外观检查周向长度>6.4 mm（0.250 in）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返切，直到管端上没有这样的分层或夹杂存在。

9.10.5 几何尺寸偏差

9.10.5.1 除摔坑外，由于钢管成型工艺或制造操作造成钢管实际轮廓相对于钢管正常圆柱轮廓的几何尺寸偏离（如扁平块或嘴嘴等），其极端点与钢管正常轮廓延伸部分之间的距离，即深度超过 3.2 mm（0.125 in）的应判为缺陷，且应按照 C.3 b）或 C.3 c）的规定处置。

9.10.5.2 摔坑在任何方向上的长度应≤0.5D，且深度不应超过下列规定，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距离。

a）冷态成型并带有尖底划伤的摔坑，3.2 mm（0.125 in）；

b）其他摔坑，6.4 mm（0.250 in）。

超过规定极限值的摔坑应判为缺陷，且应按照 C.3 b）或 C.3 c）的规定处置。

9.10.6 硬块

在任何方向上尺寸大于 50 mm（2.0 in），单点压痕的硬度值超过 35 HRC、345 HV10 或 327 HBW 应判为缺陷。带有此种缺陷的钢管应按照 C.3 b）或 C.3 c）处置。

9.10.7 其他表面缺欠

外观检查发现的其他表面缺欠应按照下列方法核查、分类及处置：

a）深度≤0.125 t，且不影响最小允许壁厚的缺欠，应判为可接受的缺欠，并按照 C.1 的规定处置；

b）深度＞0.125 t，且不影响最小允许壁厚的缺欠，应判为缺陷，并按照 C.2 的规定采用磨削法进行修磨，或按照 C.3 的规定处置；

c）影响最小允许壁厚的缺欠应判为缺陷，并按照 C.3 的规定处置。

注：“影响最小允许壁厚的缺欠”是指该表面缺欠下的剩余的壁厚小于最小允许壁厚的缺欠。

9.11 尺寸、质量和偏差

9.11.1 尺寸

9.11.1.1 钢管应按照订货合同规定的尺寸交货，且符合相应偏差。

9.11.1.2 规定外径和规定壁厚应符合表 9 规定的相应极限范围。

9.11.1.3 钢管应按照订货合同规定的非定尺长度或定尺长度交货。

9.11.2 单位长度质量

单位长度质量 ρ_l 应采用公式（4）计算，用千克每米（磅每英尺）表示：

$$\rho_l = t(D-t)\times C \tag{4}$$

式中：

D 规定外径，单位为 mm（in）；

t 规定壁厚，单位为 mm（in）；

C 按照 SI 单位制计算时为 0.02466，按 USC 单位制计算时为 10.69。

对加工有螺纹和带接箍钢管，按照上述公式确定的质量应符合计算质量或修正计算质量，其偏差应在 9.14 的规定范围内。

注：钢管的理论质量是钢管长度和钢管单位长度质量的乘积。

表 9 — 允许规定外径和规定壁厚

规定外径 D mm（in）	规定壁厚 t mm（in）	
	特薄规格[a]	普通规格
≥10.3 (0.405) 至 13.7 (0.540)	—	≥1.7 (0.068) 至 2.4 (0.094)
>13.7 (0.540) 至 17.1 (0.675)	—	≥2.2 (0.088) 至 3.0 (0.118)
>17.1 (0.675) 至 21.3 (0.840)	—	≥2.3 (0.091) 至 3.2 (0.125)
>21.3 (0.840) 至 26.7 (1.050)	—	≥2.1 (0.083) 至 7.5 (0.294)
>26.7 (1.050) 至 33.4 (1.315)	—	≥2.1 (0.083) 至 7.8 (0.308)
>33.4 (1.315) 至 48.3 (1.900)	—	≥2.1 (0.083) 至 10.0 (0.394)
>48.3 (1.900) 至 60.3 (2.375)	—	≥2.1 (0.083) 至 12.5 (0.492)
>60.3 (2.375) 至 73.0 (2.875)	≥2.1 (0.083) 至 3.6 (0.141)	>3.6 (0.141) 至 14.2 (0.559)
>73.0 (2.875) 至 88.9 (3.500)	≥2.1 (0.083) 至 3.6 (0.141)	>3.6 (0.141) 至 20.0 (0.787)
>88.9 (3.500) 至 101.6 (4.000)	≥2.1 (0.083) 至 4.0 (0.156)	>4.0 (0.156) 至 22.0 (0.866)
>101.6 (4.000) 至 168.3 (6.625)	≥2.1 (0.083) 至 4.0 (0.156)	>4.0 (0.156) 至 25.0 (0.984)
>168.3 (6.625) 至 219.1 (8.625)	≥2.1 (0.083) 至 4.0 (0.156)	>4.0 (0.156) 至 40.0 (1.575)
>219.1 (8.625) 至 273.1 (10.750)	≥3.2 (0.125) 至 4.0 (0.156)	>4.0 (0.156) 至 40.0 (1.575)
>273.1 (10.750) 至 323.9 (12.750)	≥3.6 (0.141) 至 5.2 (0.203)	>5.2 (0.203) 至 45.0 (1.771)
>323.9 (12.750) 至 355.6 (14.000)	≥4.0 (0.156) 至 5.6 (0.219)	>5.6 (0.219) 至 45.0 (1.771)
>355.6 (14.000) 至 457 (18.000)	≥4.5 (0.177) 至 7.1 (0.281)	>7.1 (0.281) 至 45.0 (1.771)
>457 (18.000) 至 559 (22.000)	≥4.8 (0.188) 至 7.1 (0.281)	>7.1 (0.281) 至 45.0 (1.771)
>559 (22.000) 至 711 (28.000)	≥5.6 (0.219) 至 7.1 (0.281)	>7.1 (0.281) 至 45.0 (1.771)
>711 (28.000) 至 864 (34.000)	≥5.6 (0.219) 至 7.1 (0.281)	>7.1 (0.281) 至 52.0 (2.050)
>864 (34.000) 至 965 (38.000)	—	≥5.6 (0.219) 至 52.0 (2.050)
>965 (38.000) 至 1422 (56.00)	—	≥6.4 (0.250) 至 52.0 (2.050)
>1422 (56.00) 至 1829 (72.000)	—	≥9.5 (0.375) 至 52.0 (2.050)
>1829 (72.000) 至 2134 (84.000)	—	≥10.3 (0.406) 至 52.0 (2.050)

注：ISO 4200[7] 和 ASME B36.10M[8] 给出了钢管规定外径和规定壁厚的标准化数值。

[a] 具有规定外径和规定壁厚组合的钢管定义为特薄规格钢管。本表中给出的其它组合钢管定义为普通规格钢管。对于表列值中间的规定外径和规定壁厚组合的钢管，如果与其相邻的较低表列值是特薄规格钢管，则视其为特薄规格钢管；其它中间尺寸组合的钢管视为普通规格钢管。

9.11.3 直径偏差、壁厚偏差、长度偏差和直度偏差

9.11.3.1 除 C.2.3 允许外，直径和不圆度应在表 10 规定的偏差范围内。（见 10.2.8.2）

9.11.3.2 壁厚偏差应符合表 11 规定。

9.11.3.3 长度偏差应符合下列规定：

a）除另有协议外，非定尺钢管应按照表 12 规定的长度范围交货。

b）按照定尺钢管交货的钢管其长度偏差应在±500 mm（20 in）范围内。

c）如果同意供应对接管，最多可供应 5%合同订购量的由 2 个管段焊接而成，且长度＜15.0 m（49.2 ft）的对接管，或依照协议确定对接管所占比例。

d）如果同意供应对接管，可提供整批或任意比例合同订购量的由 2 个管段焊接而成的长度≥15.0 m（49.2 ft）的对接管。

e）如果同意供应对接管，最多可供应 5%合同订购量的由 3 个管段焊接而成的长度≥15.0 m（49.2 ft）的对接管，或依照协议确定对接管所占比例。

表 10 — 直径和不圆度偏差

规定外径 *D* mm (in)	直径偏差 [d] mm (in) 除管端外 [a] 无缝管	焊管	管端 [a,b,c] 无缝管	焊管	不圆度偏差 mm (in) 除管端外 [a]	管端 [a,b,c]
<60.3 (2.375)	**-0.8 (0.031) 至 +0.4 (0.016)**		**-0.8 (0.031) 至 +0.4 (0.016)**		**1.2 (0.048)**	**0.9 (0.036)**
≥60.3(2.375) 至 168.3(6.625)	**±0.0075*D***		**-0.4 (0.016) 至+1.6 (0.063)**		*D*/*t*≤75 时 **0.020*D***; *D*/*t*>75 时协议	*D*/*t*≤75 时 **0.015*D***; *D*/*t*>75 时协议
>168.3 (6.625) 至 610 (24.000)	±0.0075D	±0.0075*D*, 最大为 ±3.2 (0.125)	±0.005*D*, 最大为 ±1.6 (0.063)		**0.020*D***	**0.015*D***
>610 (24.000) 至 1422 (56.000)	±0.01*D*	±0.005*D*, 最大为 ±4.0 (0.160)	±2.0 (0.079)	±1.6 (0.063)	*D*/*t*≤75 时 0.015*D*, 最大 13 (0.6); *D*/*t*>75 时协议	*D*/*t*≤75 时 0.01*D*, 最大 13 (0.5); *D*/*t*>75 时协议
>1422 (56.000)	依据协议					

[a] 管端包括钢管每个端头 100 mm (4.0 in)长度范围内的钢管。

[b] 对于无缝管，这些偏差适用于 $t \leq 25.0$ mm (0.984 in)的钢管。较大壁厚钢管的偏差依照协议。

[c] 对于非扩径管和 $D \geq 219.1$ mm (8.625 in)的扩径管，可采用计算的内径（规定外径减去两倍的规定壁厚）或测量内径确定直径偏差和不圆度偏差，而不通过测量外径值来确定（见 10.2.8.3）。

[d] 为确定直径对直径偏差的符合率，钢管直径定义为在一圆周上测得的[illegible]π。

表 11 — 壁厚偏差

壁厚 *t* mm (in)	偏差 [a] mm (in)
无缝（SMLS）管 [b]	
≤ 4.0 (0.157)	+0.6 (0.024) -0.5 (0.020)
>4.0 (0.157) 至<25.0 (0.984)	+0.150 *t* -0.125 *t*
≥ 25.0 (0.984)	+3.7 (0.146) 或+0.1 *t*，取较大者 -3.0 (0.120) 或-0.1*t*，取较大者
焊 管 [c,d]	
≤5.0 (0.197)	±0.5 (0.020)
>5.0 (0.197) 至<15.0 (0.591)	±0.1*t*
≥15.0 (0.591)	±1.5 (0.060)

[a] 如果订货合同规定的壁厚负偏差比本表给出的对应数值小，则壁厚正偏差应增加一些数值，以保证相应的偏差范围。

[b] 只要未超出钢管质量正偏差范围（见 9.14），对于 $D \geq 355.6$ mm (14.000 in)且 $t \geq 25.0$ mm (0.984 in)的钢管，其局部壁厚偏差可超过壁厚正偏差 0.05 *t*。

[c] 壁厚正偏差不适用于焊缝区域。

[d] 附加要求见 9.13.2。

表 10 — 直径和不圆度偏差

规定外径 *D* mm (in)	直径偏差 [d] mm (in) 除管端外 [a] 无缝管	焊管	管端 [a,b,c] 无缝管	焊管	不圆度偏差 mm (in) 除管端外 [a]	管端 [a,b,c]
<60.3 (2.375)	**-0.8 (0.031) 至 +0.4 (0.016)**		**-0.8 (0.031) 至 +0.4 (0.016)**		**1.2 (0.048)**	**0.9 (0.036)**
≥60.3(2.375) 至 168.3(6.625)	**±0.0075*D***		**-0.4 (0.016) 至+1.6 (0.063)**		*D*/*t*≤75 时 **0.020*D***; *D*/*t*>75 时协议	*D*/*t*≤75 时 **0.015*D***; *D*/*t*>75 时协议
>168.3 (6.625) 至 610 (24.000)	±0.0075D	±0.0075*D*, 最大为 ±3.2 (0.125)	±0.005*D*, 最大为 ±1.6 (0.063)		**0.020*D***	**0.015*D***
>610 (24.000) 至 1422 (56.000)	±0.01*D*	±0.005*D*, 最大为 ±4.0 (0.160)	±2.0 (0.079)	±1.6 (0.063)	*D*/*t*≤75 时 0.015*D*, 最大 13 (0.6); *D*/*t*>75 时协议	*D*/*t*≤75 时 0.01*D*, 最大 13 (0.5); *D*/*t*>75 时协议
>1422 (56.000)	依照协议					

[a] 管端包括钢管每个端头 100 mm (4.0 in)长度范围内的钢管。

[b] 对于无缝管，这些偏差适用于 $t \leq 25.0$ mm (0.984 in)的钢管；对较大壁厚钢管的偏差应依照协议。

[c] 对于非扩径管和 $D \geq 219.1$ mm (8.625 in)的扩径管，可采用计算的内径（规定外径减去两倍的规定壁厚）或测量内径确定直径偏差和不圆度偏差，而不通过测量外径值来确定（见 10.2.8.3）。

[d] 为确定直径对直径偏差的符合率，钢管直径定[illegible]在一圆[illegible]π。

表 11 — 壁厚偏差

壁厚 *t* mm (in)	偏差 [a] mm (in)
无缝（SMLS）管 [b]	
≤ 4.0 (0.157)	+0.6 (0.024) -0.5 (0.020)
>4.0 (0.157) 至<25.0 (0.984)	+0.150 *t* -0.125 *t*
≥ 25.0 (0.984)	+3.7 (0.146) 或+0.1 *t*，取较大者 -3.0 (0.120) 或-0.1*t*，取较大者
焊 管 [c,d]	
≤5.0 (0.197)	±0.5 (0.020)
>5.0 (0.197) 至<15.0 (0.591)	±0.1*t*
≥15.0 (0.591)	±1.5 (0.060)

[a] 如果订货合同规定的壁厚负偏差比本表给出的对应数值小，则壁厚正偏差应增加一些数值，以保证相应的偏差范围。

[b] 只要未超出钢管质量正偏差范围（见 9.14），对于 $D \geq 355.6$ mm (14.000 in)且 $t \geq 25.0$ mm (0.984 in)的钢管，其局部壁厚偏差可超过壁厚正偏差 0.05 *t*。

[c] 壁厚正偏差不适用于焊缝区域。

[d] 附加要求见 9.13.2。

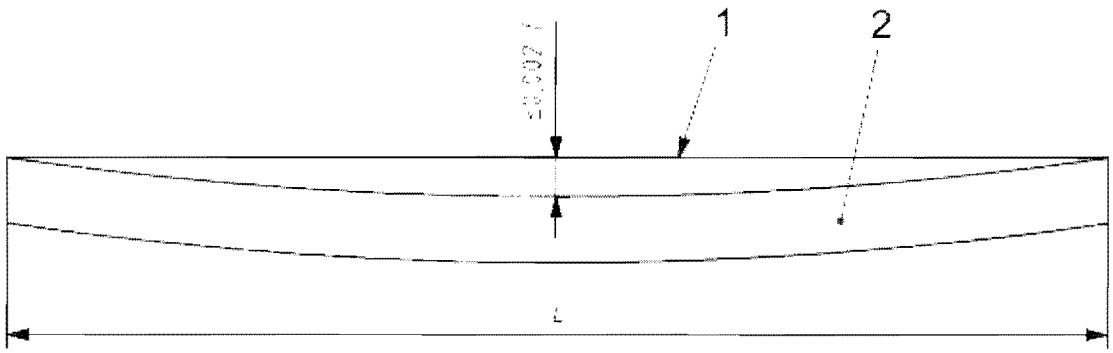
表 12 — 非定尺长度钢管偏差

长度组别 m (ft)	最小长度 m (ft)	每订货批最小平均长度 m (ft)	最大长度 m (ft)
加工有螺纹和带接箍钢管			
6（20）	4.88（16.0）	5.33（17.5）	6.86（22.5）
9（30）	4.11（13.5）	8.00（26.2）	10.29（33.8）
12（40）	6.71（22.0）	10.67（35.0）	13.72（45.0）
平端管			
6（20）	2.74（9.0）	5.33（17.5）	6.86（22.5）
9（30）	4.11（13.5）	8.00（26.2）	10.29（33.8）
12（40）	4.27（14.0）	10.67（35.0）	13.72（45.0）
15（50）	5.33（17.5）	13.35（43.8）	16.76（55.0）
18（60）	6.40（21.0）	16.00（52.5）	19.81（65.0）
24（80）	8.53（28.0）	21.34（70.0）	25.91（85.0）

9.11.3.4 直度偏差应符合下列要求：

a）钢管全长相对于直线的总偏离应≤0.2%的钢管长度，如图 1 所示。

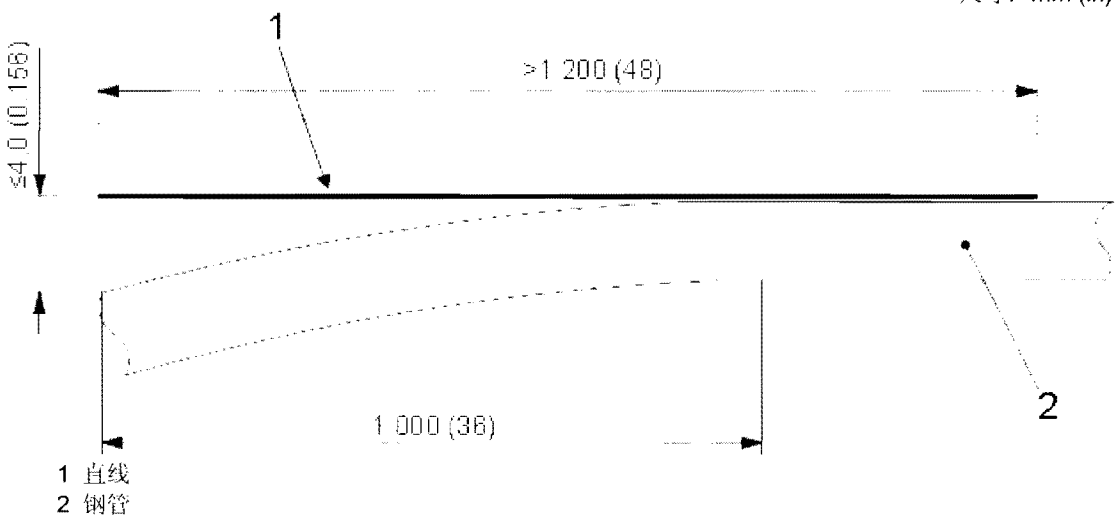
b）在每个管端 1.0 m（3.0 ft）长度范围上相对于直线的局部偏离应≤4.0 mm（0.156 in），如图 2 所示。



1 拉紧的线或钢丝
2 钢管

图 1 — 全长直度测量

尺寸：mm (in)



1 直线
2 钢管

图 2 — 端部直度测量

9.12 管端加工

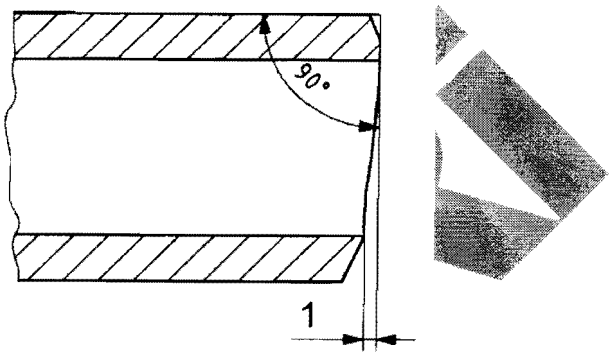
9.12.1 总则

9.12.1.1 L175 P/A25 P 钢级的 PSL1 钢管应加工为螺纹端；除订货合同规定另一种管端加工类型（见表 2）外，其他钢级的 PSL 1 钢管应加工为平端。

9.12.1.2 PSL 2 钢管应以平端交货。

9.12.1.3 管端应无毛刺。

9.12.1.4 按照图 3 所示测量的切斜应≤1.6 mm（0.063 in）。



1 切斜

图 3 — 切斜

9.12.2 加工有螺纹的管端（仅对 PSL1）

9.12.2.1 加工有螺纹的管端应符合 API Spec 5B 规定的螺纹加工、螺纹检验和量规要求。

9.12.2.2 每根加工有螺纹钢管的一端应带有符合附录 F 要求的接箍，而另一端应带有符合 12.2 要求的螺纹保护器。

9.12.2.3 接箍应手工拧紧在钢管上，或如果有协议时可采用机械拧紧。

注：手工拧紧定义为拧紧到不采用工具，接箍就不可能卸下的程度。采用手工拧紧的目的是便于在铺设管线前卸下接箍进行清洗、检验螺纹和涂覆新的螺纹脂。已证实这种方法对防止螺纹处渗漏是必要的，特别对输气管线，因为制造商采用机械拧紧装配接箍，尽管在装配时具有防渗漏性能，然而经过运输、装卸和管线铺设后，并非总能保持其严密性。

9.12.2.4 装配接箍前，接箍或钢管啮合螺纹的表面均应涂上符合 ISO 13678 或 API RP 5A3 性能要求的螺纹脂。所有外露螺纹均应涂以同种螺纹脂或颜色明显不同的储存脂。除另有规定外，由制造商选择使用何种螺纹脂。无论使用哪种螺纹脂，均应涂在清洁、无潮气和无切削液的螺纹表面上。

9.12.3 承口端（仅适用于 PSL 1）

9.12.3.1 应根据订货合同要求的形式和尺寸，在钢管一端加工承口。

9.12.3.2 应对加工的承口进行外观检查，并符合 9.10 的要求。

9.12.4 特殊接箍用管端加工（仅适用于 PSL 1）

9.12.4.1 适用时，应按照订货合同要求的形式和尺寸，对与特殊接箍一起使用的钢管两端进行加工。

9.12.4.2 为允许进行适当的上接箍操作，距钢管每端至少 200 mm（8.0 in）范围内的钢管上应完全没有压痕、突起和辊印。

9.12.5 平端

9.12.5.1 除另有协议外，$t \leqslant 3.2$ mm（0.125 in）平端钢管的端面应切直。

9.12.5.2 除另有协议外，$t > 3.2$ mm（0.125 in）平端钢管应加工焊接坡口。除 9.12.5.3 允许外，坡口角应为 30°，偏差为 $^{+5^\circ}_{0^\circ}$，以钢管轴线的垂线为基准测量，钝边尺寸应为 1.6 mm（0.063 in），偏差为±0.8 mm（0.031 in）。

9.12.5. 3 如果有协议，可加工其他形式的坡口，例如 ISO 6761[9] 规定的坡口。

9.12.5.4 如果对无缝（SMLS）管进行内表面加工或修磨，以纵向轴线为基准测量的内锥角不应超过表 13 给出的相应数值。

9.12.5.5 直径＞114.3 mm（4.500 in）的焊管去除内毛刺后，以纵向轴线为基准测量的内锥角不应大于 7.0°。

表 13 — SMLS 管最大内锥角

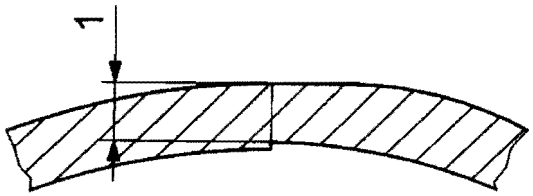
规定壁厚 t mm (in)	最大内锥角 °
＜10.5 (0.413)	7.0
10.5 (0.413) 至＜14.0 (0.551)	9.5
14.0 (0.551) 至＜17.0 (0.669)	11.0
≥17.0 (0.669)	14.0

9.13 焊缝偏差

9.13.1 钢带/钢板边缘间的径向偏移（错边）

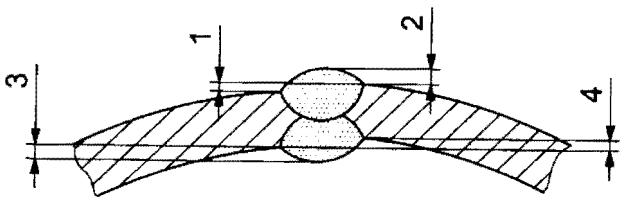
对于电焊（EW）和激光焊（LW）管，错边[见图 4 a）]不应使得焊缝处剩余壁厚小于最小允许壁厚。

对于埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管，错边[见图 4 b）或图 4 c）中的适用情况]不应超过表 14 给出的相应数值。



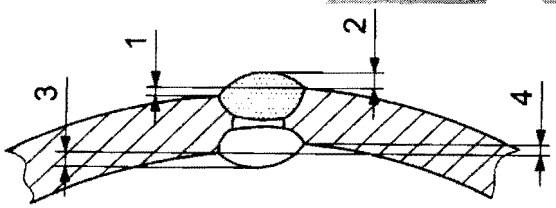
1 焊缝剩余壁厚

a） EW 和 LW 管用钢带/钢板边缘错边



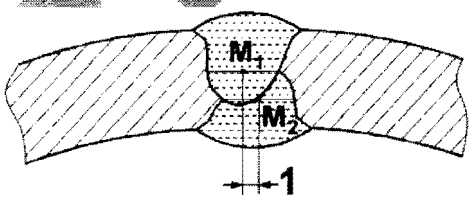
1 外部错边　　2 外焊缝高度
3 内焊缝高度　　4 内部错边

b）SAW 管钢带/钢板边缘错边和焊缝高度



1 外部错边　　2 外焊缝高度
3 内焊缝高度　　4 内部错边

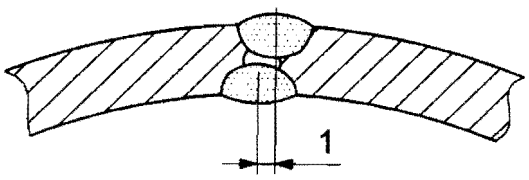
c）COW 管用钢带/钢板错边和焊缝高度



M_1、M_2　分别为两条横穿熔敷焊道平行线的中点，该两线平行于钢管表面切线，并通过内外焊道熔合线的交点。

1.　偏移距离，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。

d）SAW 管焊缝焊偏



1 焊偏

e）COW 管焊缝焊偏

图 4 — 焊缝尺寸偏差

表 14 —SAW 和 COW 管最大允许错边

规定壁厚 *t* mm (in)	最大允许错边 [a] mm (in)
≤15.0 (0.590)	1.5 (0.060)
>15.0 (0.590) 至 25.0 (0.984)	0.1 *t*
>25.0 (0.984)	2.5 (0.098)
[a] 这些限制同样适用于钢带/钢板的对头焊缝。	

9.13.2 毛刺或焊缝高度

9.13.2.1 对于电焊（EW）和激光焊（LW）管，下列要求适用：

a）外毛刺应去除到（与母材）基本平齐状态。

b）内毛刺不应超出钢管轮廓 1.5 mm（0.060 in）。

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不应超过表 15 的相应规定。

表 15 — EW 和 LW 管最大允许刮槽深度

规定壁厚 *t* mm (in)	最大允许刮槽深度 [a] mm (in)
≤4.0 (0.156)	0.10 *t*
>4.0 (0.156)至 8.0 (0.312)	0.40 (0.016)
>8.0 (0.312)	0.05 *t*
[a] 刮槽深度为距焊线约 25 mm (1 in)处测得的壁厚与刮槽处最小壁厚之差。	

9.13.2.2 对于埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管，下列要求适用：

a）除咬边处外，内外熔敷焊缝的顶部不应低于邻近钢管表面。

b）焊缝应与邻近钢管表面平滑过渡。

c）应采用修磨方法将钢管每端至少各 100 mm（4.0 in）管端范围内的内焊缝余高去除，使得修磨后的焊缝不高出邻近钢管表面 0.5 mm（0.020 in）。对于钢管其余部分内焊缝不应高出邻近钢管表面的相应数值（见表 16）。

d）外焊缝不应高出邻近钢管表面的相应数值（见表 16）。

e）如果有协议，应采用修磨方法将钢管每端至少各 150 mm（6.0 in）管端范围内的外焊缝余高去除，使得修磨后焊缝不高出邻近钢管表面 0.5 mm（0.020 in）。

表 16 — SAW 和 COW 管最大允许焊缝高度（除管端外）

规定壁厚 *t* mm (in)	焊缝高度 [a] mm (in) 最大	
	内焊缝	外焊缝
≤13.0 (0.512)	3.5 (0.138)	3.5 (0.138)
>13.0 (0.512)	3.5 (0.138)	4.5 (0.177)
[a] 由制造商选择，高于允许值的焊缝可修磨至可接收高度。		

9.13.3 埋弧焊（SAW）和 组合焊（COW）管的焊偏

偏移量在下述规定范围内且无损检测结果表明焊缝完全焊透和熔合，埋弧焊（SAW）管[见图 4 d）]和组合焊（COW）管[见图 4 e）]焊缝的焊偏不应成为拒收的理由。对于规定壁厚 $t \leqslant 20$ mm （0.8 in）的钢管，焊缝最大焊偏量不应超过 3 mm（0.1 in），对于规定壁厚 $t > 20$ mm（0.8 in）的钢管，焊缝最大焊偏量不应超过 4 mm（0.16 in）。

9.14 质量偏差

9.14.1 除 9.14.2 允许外，每根钢管的质量相对于其理论质量[理论质量按照钢管长度与钢管单位长度质量（见 9.11.2）的乘积确定]的偏离不应超过下列规定：

a）特薄规格钢管（见表 9）：$\begin{matrix}+10.0\% \\ -5.0\%\end{matrix}$；

b）L175、L175P、A25 和 A25P：$\begin{matrix}+10.0\% \\ -5.0\%\end{matrix}$；

c）所有其他钢管：$\begin{matrix}+10.0\% \\ -3.5\%\end{matrix}$。

9.14.2 如果订货合同规定的壁厚负偏差比表 11 给定的对应偏差小，则质量正偏差应增加一定的百分数，增加的百分数与壁厚负偏差的百分数相应减少量相等。

9.14.3 对于质量为 18 公吨（20 美吨）或以上的订货批，每个订货批的质量与其理论质量的偏离不应超出下列规定，理论质量按照订货批钢管的总长度与钢管单位长度质量的乘积确定（见 9.11.2）。

a）L175、L175P、A25 和 A25P：−3.5 %；

b）所有其他钢管：−1.75%。

9.15 PSL2 钢管的焊接性

如果有协议，制造商应提供相关钢的焊接性数据，否则应进行焊接性试验，因此，订货合同中应规定进行焊接性试验的细节和验收极限。

钢的化学成分要求，特别是 CE_{Pcm} 和 CE_{IIW} 极限值（见表 5、表 H.1 或表 J.1，选适用者）的选择应有利于焊接性；然而，宜考虑到在焊接过程中及焊后钢管性能不仅取决于钢的化学成分，而且取决于所使用的焊接材料、焊前的准备条件以及焊接的实施过程。

10 检验

10.1 检验类型和检验文件

10.1.1 总则

10.1.1.1 应按照 ISO 10474 的规定检验对订货合同的符合性进行查验。

注 1：ISO 10474 中，“特定检验”是指“特定的检验和试验”。

注 2：使用本条款时，EN 10204 与 ISO 10474 可达到相同目的。

注 3：用在 10.1.2 和 10.1.3 的术语“检验文件”均相同，可与术语“材料试验报告”互换使用。

10.1.1.2 检验文件应是打印格式或电子格式，电子格式文件作为 EDI 传输文件必须符合由购方和制造商达成的任一 EDI 协议。

10.1.2 PSL1 钢管的检验文件

10.1.2.1 如果有协议，应发出符合 ISO 10474:1991 的 3.1.A、3.1.B 或 3.1.C 要求的检验证书，或应发出符合 EN 10204:2004 的 3.1 或 3.2 要求的检验证书。

10.1.2.2 如果有协议提供检验文件，适用时每个订货批应提供下列信息：

a）规定外径、规定壁厚、PSL、钢管类型、钢管等级和交货状态；
b）化学成分（熔炼分析和产品分析）；
c）拉伸试验结果和试样类型、尺寸、位置和取向；
d）规定最小静水压试验压力和规定稳压时间；
e）对于焊管，使用的焊缝无损检验方法（射线、超声或电磁）；使用的参考反射体或像质计的类型和尺寸；
f）对于无缝（SMLS）管，使用的无损检验方法（超声、电磁或磁粉）；使用的参考反射体的类型和尺寸；
g）对于电焊（EW）和激光焊（LW）管，焊缝热处理的最低温度或未进行热处理时注明“未进行热处理”；
h）订货合同中要求的任何补充试验的结果；
i）根据适用情况，对接管、接箍和/或过出油管应满足附录 A、附录 F 和/或附录 I 要求的证明；
j）用于钢管制造、钢带（卷）/钢板轧制以及炼钢工艺的设备名称及位置。

10.1.3 PSL2 钢管检验文件

10.1.3.1 制造商应发出符合 ISO 10474:1991 的 3.1.B 检验证书或符合 EN 10204:2004 的 3.1 检验证书。如果订货合同规定了另一种替换的方法，制造商应发出符合 ISO 10474:1991 的 3.1.A 或 3.1.C 检验证书或符合 EN 10204:2004 的 3.2 检验证书。

10.1.3.2 适用时每个订货批应提供下列信息：

a）规定外径、规定壁厚、钢管等级、PSL、钢管类型和交货状态；
b）化学成分（熔炼分析和产品分析）和碳当量（产品分析和验收极限）；
c）拉伸试验结果和试样类型、尺寸、位置及取向；

d）CVN 冲击试验结果；试样尺寸、取向和位置；试验温度和适用于特定尺寸试样的验收极限；

e）对于焊管，DWT 试验结果（单次试验结果和平均试验结果）；

f）规定最小静水压试验压力和规定稳压时间；

g）对于焊管，使用的焊缝无损检验方法（射线、超声或电磁）；使用的参考反射体或像质计的类型和尺寸；

h）对于无缝（SMLS）管，使用的无损检验方法（超声、电磁或磁粉）；使用的参考反射体的类型和尺寸；

i）对于高频焊（HFW）管，焊缝热处理的最低温度；

j）适用时，对接管和/或过出油管应满足附录 A 和/或附录 I 要求的证明；

k）用于钢管制造、钢带（卷）/钢板轧制及炼钢工艺的设备名称及位置；

l）订货合同中规定的任何补充试验的结果。

10.2 特定检验

10.2.1 检验频次

10.2.1.1 对于 PSL1 钢管，检验频次应符合表 17 的规定。

10.2.1.2 对于 PSL2 钢管，检验频次应符合表 18 的规定。

表 17 — PSL1 钢管检验频次

序号	检验类型	钢管类型	检验频次 [e]
1	熔炼分析	所有钢管	每熔炼炉的钢分析一次
2	产品分析	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	每熔炼炉的钢分析两次（取自隔开的产品批上）
3	$D \leq 48.3$ mm (1.900 in) 的 L175 或 A25 焊管管体拉伸试验	CW、LFW 或 HFW	不超过 25 公吨（28 美吨）的钢管为一试验批，每批一次
4	$D \leq 48.3$ mm (1.900 in) 的 L175P 或 A25P 焊管管体拉伸试验	CW	
5	$D > 48.3$ mm (1.900 in) 的 L175 或 A25 焊管管体拉伸试验	CW、LFW 或 HFW	不超过 50 公吨（55 美吨）的钢管为一试验批，每批一次
6	$D > 48.3$ mm (1.900 in) 的 L175P 或 A25P 焊管管体拉伸试验	CW	
7	无缝钢管管体拉伸试验	SMLS	相同冷扩径率 [a] 钢管为一试验批，每批一次
8	钢级高于 L175 或 A25 的焊管管体拉伸试验	LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	
9	$D \geq 219.1$ mm (8.625 in) 的焊管直焊缝或螺旋焊缝拉伸试验	LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a,b,c] 钢管为一试验批，每批一次
10	$D \geq 219.1$ mm (8.625 in) 的焊管用钢带(卷)/钢板对头焊缝拉伸试验	SAWH 或 COWH	相同冷扩径率 [a,c,d] 每 50 个带钢带(卷)/钢板对头焊缝钢管为一试验批，每批至少一次
11	$D \leq 48.3$ mm (1.900 in) 的 L175、L175P、A25 或 A25P 直缝焊管焊缝弯曲试验	CW、LFW、HFW	不超过 25 公吨（28 美吨）的钢管为一试验批，每批一次
12	48.3 mm (1.900 in) $< D \leq$ 60.3 mm (2.375 in) 的 L175、L175P、A25 或 A25P 直缝焊管焊缝弯曲试验	CW、LFW、HFW	不超过 50 公吨（55 美吨）的钢管为一试验批，每批一次

表 17 — PSL1 钢管检验频次（续）

序号	检验类型	钢管类型	检验频次 [e]
13	焊管直焊缝或螺旋焊缝导向弯曲试验	SAW 或 COW	相同钢级不超过 50 根为一试验批，每批一次
14	焊管钢带(卷)/钢板对头焊缝导向弯曲试验	SAWH 或 COWH	相同冷扩径率 [a,c,d] 每 50 个带钢带(卷)/钢板对头焊缝钢管为一试验批，每批至少一次
15	$D \geq 323.9$ mm (12.750 in)焊管直焊缝导向弯曲试验	LW	相同钢级不超过 50 根为一试验批，每批一次
16	焊管压扁试验	CW、LFW、HFW 或 LW	如图 6 所示
17	冷成型焊管硬块的硬度试验	LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	任何方向超过 50 mm (2.0 in)的硬块
18	静水压试验	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	每根钢管
19	焊管直焊缝或螺旋焊缝宏观检验	SAW 或 COW	每工作班至少一次，该班钢管尺寸发生变化时加做一次；或者如果符合 10.2.5.2 要求，在每个规定外径和规定壁厚尺寸组合的钢管开始生产时做检验。
20	焊管直焊缝金相检验	LFW 或 HFW，全管体正火钢管除外	每工作班至少一次，发生以下情况加做一次：当钢管钢级、规定外径或规定壁厚发生变化时；当热处理的条件发生较大的变化时。
21	外观检验	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	除 10.2.7.2 允许外，检查每根钢管
22	钢管直径和不圆度	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	工作班每 4 小时至少进行一次，当班生产期间钢管尺寸发生变化时加做一次
23	壁厚测量	所有钢管	每根钢管（见 10.2.8.5）
24	其他尺寸检验	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	随机检测,具体细节由制造商决定。
25	$D < 141.3$ mm (5.563 in)钢管的称重	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	由制造商选择，每根或方便的钢管捆。
26	$D \geq 141.3$ mm (5.563 in)钢管的称重	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	每根钢管
27	钢管长度	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	逐根测量，下列情况除外：钢管长度误差一直保持在 30 mm (0.1 ft)范围内时，不需逐根测量钢管长度，前提条件是每班每 4 小时至少验证一次长度测量精度
28	无损检验	SMLS、CW、LFW、HFW、LW、SAW 或 COW	按照附录 E

[a] 冷扩径率（适用时）指钢管扩径前外径或圆周长度与扩径后外径或圆周长度的比值，由制造商设定。冷扩径率增加或减少量超过 0.002 时，则要求建立一个新的试验批。

[b] 对于双缝焊管，被选作试验批代表的钢管的两条焊缝均应进行试验。

[c] 每个焊管机组生产的钢管每周至少应检验一次。

[d] 仅适用于含有钢带(卷)/钢板对头焊缝的成品螺旋缝焊管。

[e] “试验批”的定义见 4.62。

表 18 — PSL2 钢管检验频次

序号	检验类型	钢管类型	检验频次 [e]
1	熔炼分析	所有钢管	每熔炼炉的钢分析一次
2	产品分析	SMLS、HFW、SAW 或 COW	每熔炼炉的钢分析两次(取自隔开的产品上)
3	$D \leqslant 141.3$ mm (5.563 in)钢管管体拉伸试验	SMLS、HFW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a] 不超过 400 根钢管为一试验批进行一次试验
4	$D > 141.3$ mm (5.563 in)且≤323.9 mm (12.750 in)钢管管体拉伸试验	SMLS、HFW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a] 不超过 200 根钢管为一试验批进行一次试验
5	$D > 323.9$ mm (12.750 in)钢管管体拉伸试验	SMLS、HFW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a] 不超过 100 根钢管为一试验批进行一次试验
6	$D \geqslant 219.1$ mm (8.625 in) 且≤323.9 mm (12.750 in) 直缝或螺旋缝焊管焊缝拉伸试验	HFW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a,b,c] 不超过 200 根钢管为一试验批，每批一次
7	$D > 323.9$ mm (12.750 in) 直缝或螺旋缝焊管焊缝拉伸试验	HFW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a,b,c] 不超过 100 根钢管为一试验批，每批一次
8	$D \geqslant 219.1$ mm (8.625 in)焊管钢带(卷)/钢板对头焊缝拉伸试验	SAWH 或 COWH	相同冷扩径率 [a,b,d] 每 50 个带钢带(卷)/钢板对头焊缝钢管为一试验批，每批至少一次
9	具有表 22 规定外径和规定壁厚钢管管体 CVN 冲击试验	SMLS、HFW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a] 钢管为一试验批，每批一次
10	如果有协议，具有表 22 规定外径和规定壁厚焊管直焊缝 CVN 冲击试验	HFW	相同冷扩径率 [a,b] 钢管为一试验批，每批一次
11	具有表 22 规定外径和规定壁厚焊管直焊缝或螺旋焊缝 CVN 冲击试验	SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a,b,c] 钢管为一试验批，每批一次
12	具有表 22 规定外径和规定壁厚焊管钢带(卷)/钢板对头焊缝 CVN 冲击试验	SAWH 或 COWH	相同冷扩径率 [a,b,d] 每 50 个带钢带(卷)/钢板对头焊缝钢管为一试验批，每批至少一次
13	如果有协议，$D \geq 508$ mm (20.000 in)焊管管体 DWT 试验	HFW、SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a] 钢管为一试验批，每批一次
14	焊管直焊缝或螺旋焊缝导向弯曲试验	SAW 或 COW	相同冷扩径率 [a] 不超过 50 根钢管为一试验批，每批一次
15	焊管钢带（卷）/钢板对头焊缝导向弯曲试验	SAWH 或 COWH	相同冷扩径率 [a,b,d] 每 50 个带钢带(卷)/钢板对头焊缝钢管为一试验批，每批至少一次
16	焊管压扁试验	HFW	如图 6 所示
17	冷成型焊管硬块硬度试验	HFW、SAW 或 COW	任何方向超过 50 mm (2.0 in)的硬块
18	静水压试验	SMLS、HFW、SAW 或 COW	每根钢管
19	焊管直焊缝或螺旋焊缝宏观检验	SAW 或 COW	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；或如果符合 10.2.5.3 或 10.2.5.4，在每个规定外径和规定壁厚尺寸组合的钢管开始生产时
20	焊管直焊缝金相检验（或选择硬度试验代替金相检验）	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：每当钢管钢级、规定外径或规定壁厚发生变化时；每当热处理的条件发生较大的变化时
21	外观检查	SMLS、HFW、SAW 或 COW	除 10.2.7.2 允许外，检查每根钢管
22	钢管直径和不圆度	SMLS、HFW、SAW 或 COW	工作班每 4 小时至少进行一次，当工作班生产期间钢管尺寸发生变化时加做一次

表 18 — PSL2 钢管检验频次（续）

序号	检验类型	钢管类型	检验频次[e]
23	壁厚测量	所有钢管	每根钢管（见 10.2.8.5）
24	其他尺寸检验	SMLS、HFW、SAW 或 COW	随机检测，具体细节由制造商决定
25	D<141.3 mm (5.563 in)钢管的称重	SMLS、HFW、SAW 或 COW	由制造商选择，每根或方便的钢管捆
26	D≥141.3 mm (5.563 in)钢管的称重	SMLS、HFW、SAW 或 COW	每根钢管
27	钢管长度	SMLS、HFW、SAW 或 COW	逐根测量，下列情况除外： 钢管长度误差一直保持在 30 mm (0.1 ft) 范围内时，不需逐根测量钢管长度，前提条件是每班每 4 小时至少验证一次长度测量精度。
28	无损检验	SMLS、HFW、SAW 或 COW	按照附录 E

[a] 冷扩径率（适用时）指扩径前外径或圆周长与扩径后外径或圆周长的比值，由制造商设定。冷扩径率增加或减少量超过 0.002 时，则要求建立一个新的试验批。

[b] 每个焊管机组生产的钢管每周应至少检验一次。

[c] 对于双缝焊管，被选作试验批代表的钢管的两条焊缝均应进行检验。

[d] 仅适用于含有钢带（卷）/钢板对头焊缝的成品螺旋焊管。

[e] “试验批”的定义见 4.62。

10.2.2 产品分析的试块和试样

应按照 ISO 14284 或 ASTM E1806 进行试块的截取和试样的制备，试块应取自钢管、钢板或钢带（卷）。

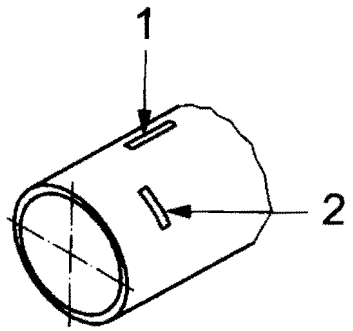
10.2.3 力学性能试验的试块和试样

10.2.3.1 总则

对于拉伸试验、CVN 冲击试验、DWT 试验、弯曲试验、导向弯曲试验和压扁试验，应根据相应引用标准的要求进行试块的截取和试样的制备。

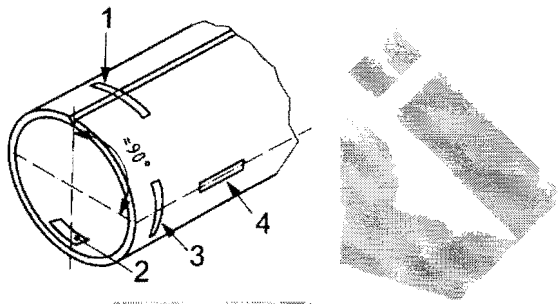
各类试验的试块和试样应取自图 5、图 6 所示位置以及表 19 或表 20 规定位置，并考虑 10.2.3.2 至 10.2.3.7 和 10.2.4 的补充要求。

第 9 章规定的任何力学性能试验，只要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，无论是在试验前还是在试验后发现，均可将该试样作废，并从同一根钢管上另外取替代试样。



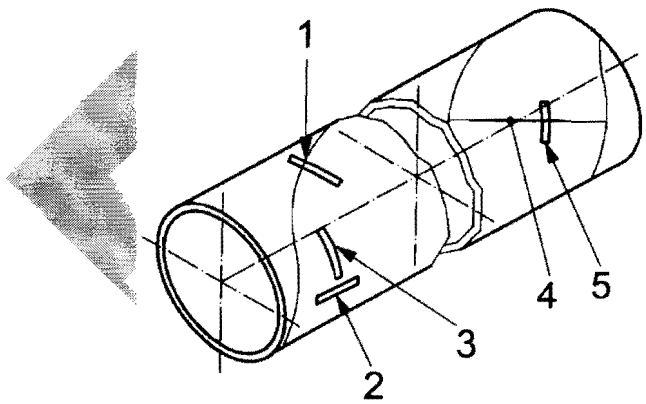
1 L—纵向试块　　2 T—横向试块

a）SMLS 管



1 W—横向试块，中心在焊缝上　　2 T180—横向试块，中心距直焊缝约 180°
3 T90—横向试块，中心距直焊缝约 90°　　4 L90—纵向试块，中心距直焊缝约 90°

b）CW、LFW、HFW、LW、SAWL 和 COWL 管

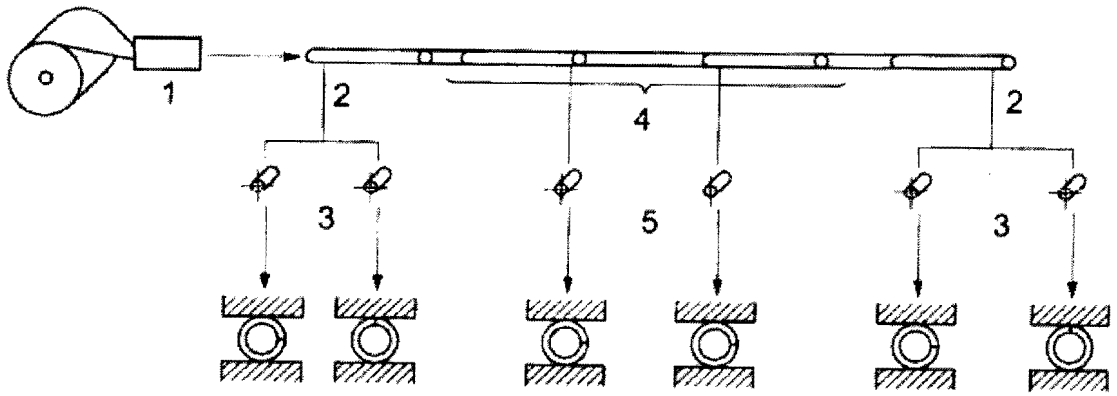


1 W—焊缝横向试块，中心在螺旋焊缝上
2 L—纵向试块，沿钢管纵向试块中心距螺旋焊缝至少 *a*/4
3 T—横向试块，沿钢管纵向试块中心距螺旋焊缝至少 *a*/4
4 钢带(卷)/钢板对头焊缝，其中长度 *a* 为钢带(卷)/钢板的宽度
5 WS—焊缝横向试块，试块中心距螺旋焊缝和钢带(卷)/钢板对头焊缝的交点处至少 *a*/4

c）SAWH 和 COWH 管*

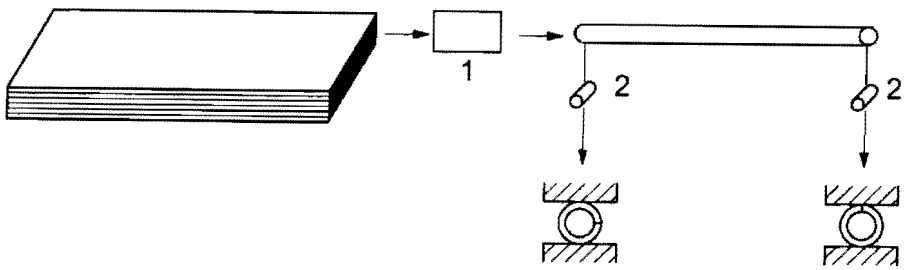
图 5 — 试块和试样的方向和位置

* 图 5 c）中数字 4 所指钢带(卷)/钢板对头焊缝应横跨并贯通钢带/钢板的整个宽度，原图直线两端未贯通。疑为原文笔误，译者在反复核对后进行了更正。



1 焊接
2 钢带（卷）端部
3 从每卷钢带端部取两个试样
4 停焊
5 两个试样，停焊点前后各取一个

a） 钢级≥L245 或 B 的 EW 管和 D<323.9 mm (12.750 in) LW 管 — 非扩径、一带多根方式生产



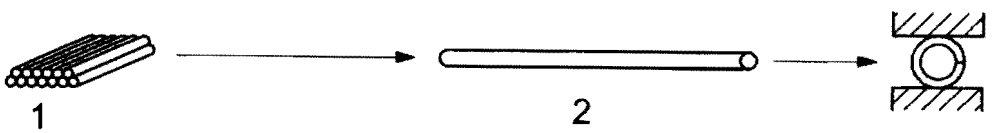
1 焊接
2 两个试样，钢管每端各取一个

b） 钢级≥L245 或 B 的 EW 管 — 非扩径、单根生产方式



1 ≤50 公吨（55 美吨）钢管试验批
2 一个试样，取自钢管一端

c） D≥73.0 mm (2.875 in)，钢级为 L175、L175P、A25 或 A25P 的 CW 管和 EW 管



1 ≤100 根的钢管试验批
2 一个试样，取自钢管一端

d）钢级≥L245 或 B 的 EW 管和 D<323.9 mm (12.750 in)的 LW 管 — 冷扩径

图 6 — 压扁试验

表 19 — PSL 1 钢管力学性能试验各试块试样数量、方向和位置

钢管类型	取样位置	试验类型	各试块试样的数量、方向和位置[a] 规定外径 D mm (in)			
			<219.1 (8.625)	219.1 (8.625)至<323.9(12.750)	323.9(12.750)至<508(20.000)	≥508 (20.000)
SMLS，非冷扩径[见图 5 a)]	管体	拉伸	1L[b]	1L	1L	1L
SMLS，冷扩径[见图 5 a)]	管体	拉伸	1L[b]	1T[c]	1T[c]	1T[c]
CW [见图 5 b)]	管体	拉伸	1L90[b]	—	—	—
	管体和焊缝	弯曲	1[e]	—	—	—
	管体和焊缝	压扁	见图 6			
LW [见图 5 b)]	管体	拉伸	1L90[b]	1T180[c]	1T180[c]	1T180[c]
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W
	焊缝	导向弯曲	—	—	2W	2W
	管体和焊缝	压扁	见图 6			
LFW 或 HFW [见图 5 b)]	管体	拉伸	1L90[b]	1T180[c]	1T180[c]	1T180[c]
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W
	管体和焊缝	弯曲	1[e]	—	—	—
	管体和焊缝	压扁	见图 6			
SAWL 或 COWL [见图 5 b)]	管体	拉伸	1L90[b]	1T180[c]	1T180[c]	1T180[c]
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W[d]
	焊缝	导向弯曲	2W	2W	2W	2W[d]
SAWH 或 COWH [见图 5 c)]	管体	拉伸	1L[b]	1T[c]	1T[c]	1T[c]
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W
	焊缝	导向弯曲	2W	2W	2W	2W
	钢带(卷)/钢板对头焊缝	导向弯曲	2WS	2WS	2WS	2WS

[a] 用于表示试块和试样的方向、位置的符号说明见图 5。
[b] 制造商可选择使用全截面纵向试样。
[c] 如果有协议，可按照 ASTM A370 要求，用环形试样通过液压胀环试验测定横向屈服强度。
[d] 对于双缝管，代表试验批的钢管的两条直焊缝均应进行试验。
[e] 试验限于 D≤60.3 mm (2.375 in)的钢管。

表 20 — PSL 2 钢管力学性能试验各试块试样数量、方向和位置

钢管类型	取样位置	试验类型	各试块试样的数量、方向和位置[a] 规定外径 D mm (in)			
			<219.1 (8.625)	219.1 (8.625) 至 <323.9 (12.750)	323.9(12.750) 至 <508 (20.000)	≥508 (20.000)
SMLS，非冷扩径[见图 5 a)]	管体	拉伸	1L[b]	1L[c,d]	1L[c,d]	1L[c,d]
		CVN	3T	3T	3T	3T
SMLS，冷扩径[见图 5 a)]	管体	拉伸	1L[b]	1T[d]	1T[d]	1T[d]
		CVN	3T	3T	3T	3T
HFW [见图 5 b)]	管体	拉伸	1L90[b]	1T180[d]	1T180[d]	1T180[d]
		CVN	3T90	3T90	3T90	3T90
		DWT	—	—	—	2T90
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W
		CVN	3W	3W	3W	3W
	管体和焊缝	压扁	见图 6			
SAWL 或 COWL [见图 5 b)]	管体	拉伸	1L90[b]	1T180[d]	1T180[d]	1T180[d]
		CVN	3T90	3T90	3T90	3T90
		DWT	—	—	—	2T90
	焊缝	拉伸	—	1W	1W	1W[e]
		CVN	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W 和 3HAZ	3W[e] 和 3HAZ[e]
		导向弯曲	2W[f]	2W[f]	2W[f]	2W[e,f]
SAWH 或 COWH [见图 5 c]	管体	拉伸	1L[b]	1T[d]	1T[d]	1T[d]
		CVN	3T	3T	3T	3T
		DWT	—	—	—	2T
	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[f]	2W[f]	2W[f]	2W[f]
	钢带(卷)/钢板对头焊缝	拉伸	—	1WS	1WS	1WS
		CVN	3WS 和 3HAZ	3WS 和 3HAZ	3WS 和 3HAZ	3WS 和 3HAZ
		导向弯曲	2WS[f]	2WS[f]	2WS[f]	2WS[f]

[a] 用于表示试样方向、位置的符号说明见图 5。

[b] 制造商可选择使用全截面纵向试样。

[c] 如果有协议，可使用横向试样。

[d] 如果有协议，可根据 ASTM A370 规定，用环形试样通过液压胀环试验测定横向屈服强度。

[e] 对于双缝管，代表试验批的钢管的两条直焊缝均应进行试验。

[f] 对于 t>19.0 mm (0.748 in)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 (0.709 in)。

10.2.3.2 拉伸试验试样

代表钢管全壁厚的板状试样的截取应符合 ISO 6892-1 或 ASTM A370 要求，且按图 5 所示。应按照文件化的作法沿着钢带（卷）/钢板的长度方向选择标准的取样位置。

对于热加工和热处理无缝管，横向试样应为圆棒试样，且取自未压平的试块。

对于其他钢管，横向试样既可是板状试样也可是圆棒试样，板状试样应取自压平试块，而圆棒试样应取自未压平试块。

应按照文件化的程序将试样压平。

除制造商可选择使用相邻的较大直径试样外，横向拉伸试验的圆棒试样直径应符合表 21 的规定。对于壁厚≥19.0 mm（0.748 in）钢管的纵向拉伸试验，圆棒试样直径应为 12.7 mm（0.500 in）。

对于 D<219.1 mm（8.625 in）的钢管试验，制造商可选择使用全截面纵向试样。

如果有协议，可使用胀环试样测定横向屈服强度。

焊缝可磨平，局部缺欠可去除。

10.2.3.3 CVN 冲击试验用试样

除在订货合同中规定 ISO 148-1 和要求的锤头半径（2 mm 或 8 mm）外，试样制备应符合 ASTM A370 的规定。缺口轴线应垂直于钢管表面。

对于钢管焊缝和 HAZ 的冲击试验，为确保缺口开在适当位置，开缺口前应对试样进行腐蚀。

制取埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管焊缝试样时，缺口的轴线应位于或尽可能接近图 7 所示的外焊缝中心线。取样应尽可能接近钢管的外径表面。

制取埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管热影响区（HAZ）试样时，缺口的轴线应尽可能接近图 7 所示的外焊缝熔合线。取样应尽可能接近钢管的外径表面。

制取高频焊（HFW）管焊缝试样时，缺口的轴线应位于或尽可能接近焊线。

如果吸收能预期会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，除此之外，试样的尺寸、方向和试样的来源应按照表 22 的规定。

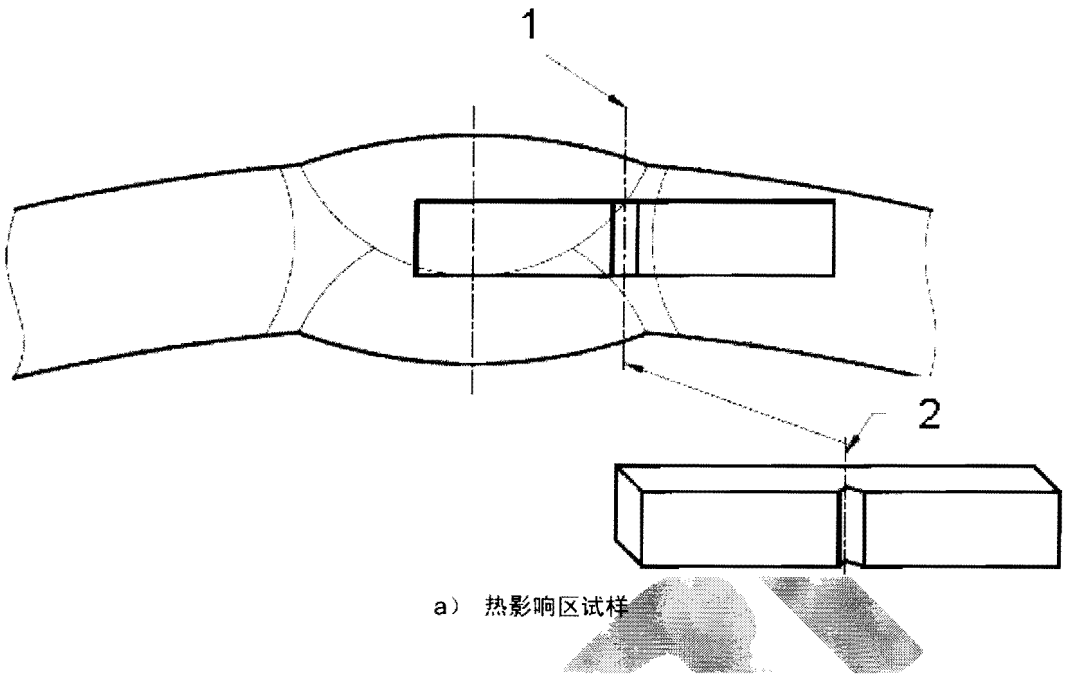
注：表 22 未包含的规定外径和规定壁厚尺寸组合的钢管，不需进行 CVN 冲击试验。

IPSRI

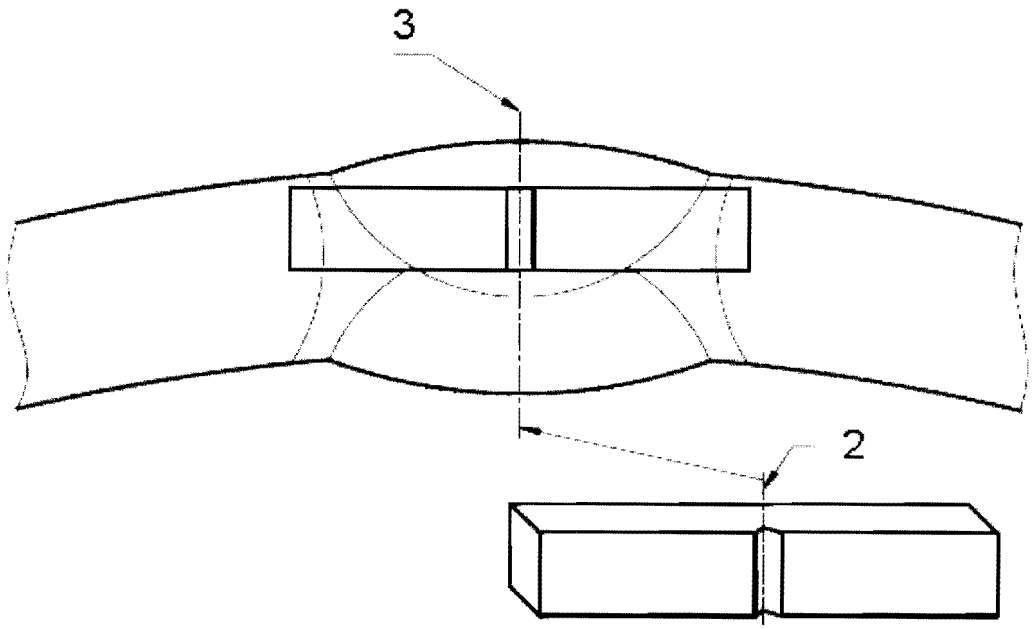
表 21 — 钢管尺寸和横向拉伸试验圆棒试样直径关系

规定外径 *D* mm (in)	规定壁厚 *t* mm (in)		
	标距长度内试样的规定直径 mm (in)		
	12.7 (0.500)	8.9 (0.350)	6.4 (0.250) [a]
219.1 (8.625) 至<273.1 (10.750)	—	≥28.1(1.106)	<28.1 (1.106)
273.1 (10.750) 至<323.9 (12.750)	≥36.1 (1.421)	25.5 (1.004) 至<36.1 (1.421)	<25.5 (1.004)
323.9 (12.750) 至<355.6 (14.000)	≥33.5 (1.319)	23.9 (0.941) 至<33.5 (1.319)	<23.9 (0.941)
355.6 (14.000) 至<406.4 (16.000)	≥32.3 (1.272)	23.2 (0.913) 至<32.3 (1.272)	<23.2 (0.913)
406.4 (16.000) 至<457 (18.000)	≥30.9 (1.217)	22.2 (0.874) 至<30.9 (1.217)	<22.2 (0.874)
457 (18.000) 至<508 (20.000)	≥29.7 (1.169)	21.5 (0.846) 至<29.7 (1.169)	<21.5 (0.846)
508 (20.000) 至<559 (22.000)	≥28.8 (1.134)	21.0 (0.827) 至<28.8 (1.134)	<21.0 (0.827)
559 (22.000) 至<610 (24.000)	≥28.1 (1.106)	20.5 (0.807) 至<28.1 (1.106)	<20.5 (0.807)
610 (24.000) 至<660 (26.000)	≥27.5 (1.083)	20.1 (0.791) 至<27.5 (1.083)	<20.1 (0.791)
660 (26.000) 至<711 (28.000)	≥27.0 (1.063)	19.8 (0.780) 至<27.0 (1.063)	<19.8 (0.780)
711 (28.000) 至<762 (30.000)	≥26.5 (1.043)	19.5 (0.768) 至<26.5 (1.043)	<19.5 (0.768)
762 (30.000) 至<813 (32.000)	≥26.2 (1.031)	19.3 (0.760) 至<26.2 (1.031)	<19.3 (0.760)
813 (32.000) 至<864 (34.000)	≥25.8 (1.016)	19.1 (0.753) 至<25.8 (1.016)	<19.1 (0.753)
864 (34.000) 至<914 (36.000)	≥25.5 (1.004)	18.9 (0.744) 至<25.5 (1.004)	<18.9 (0.744)
914 (36.000) 至<965 (38.000)	≥25.3 (0.996)	18.7 (0.736) 至<25.3 (0.996)	<18.7 (0.736)
965 (38.000) 至<1016 (40.000)	≥25.1 (0.988)	18.6 (0.732) 至<25.1 (0.988)	<18.6 (0.732)
1016 (40.000) 至<1067 (42.000)	≥24.9 (0.980)	18.5 (0.728) 至<24.9(0.980)	<18.5 (0.728)
1067 (42.000) 至<1118 (44.000)	≥24.7(0.972)	18.3 (0.720) 至<24.7(0.972)	<18.3 (0.720)
1118 (44.000) 至<1168 (46.000)	≥24.5 (0.965)	18.2 (0.717) 至<24.5 (0.965)	<18.2 (0.717)
1168 (46.000) 至<1219 (48.000)	≥24.4 (0.961)	18.1 (0.713) 至<24.4 (0.961)	<18.1 (0.713)
1219 (48.000) 至<1321 (52.000)	≥24.2 (0.953)	18.1 (0.713) 至<24.2 (0.953)	<18.1 (0.713)
1321 (52.000) 至<1422 (56.000)	≥24.0 (0.945)	17.9 (0.705) 至<24.0 (0.945)	<17.9 (0.705)
1422 (56.000) 至<1524 (60.000)	≥23.8 (0.937)	17.8 (0.701) 至<23.8 (0.937)	<17.8 (0.701)
1524 (60.000) 至<1626 (64.000)	≥23.6 (0.929)	17.6 (0.693) 至<23.6 (0.929)	<17.6 (0.693)
1626 (64.000) 至<1727 (68.000)	≥23.4 (0.921)	17.5 (0.689) 至<23.4 (0.921)	<17.5 (0.689)
1727 (68.000) 至<1829 (72.000)	≥23.3 (0.917)	17.4 (0.685) 至<23.3 (0.917)	<17.4 (0.685)
1829 (72.000) 至<1930 (76.000)	≥23.1 (0.909)	17.4 (0.685) 至<23.1 (0.909)	<17.4 (0.685)
1930 (76.000) 至<2134 (84.000)	≥23.0 (0.906)	17.3 (0.681) 至<23.0 (0.906)	<17.3 (0.681)
≥2134 (84.000)	≥22.9 (0.902)	17.2 (0.677) 至<22.9 (0.902)	<17.2 (0.677)

[a] 当钢管尺寸太小无法制取直径为 6.4 mm（0.250 in）的试样时，不应使用圆棒试样。



a） 热影响区试样



b） 焊缝试样

1 焊缝热影响区（HAZ）夏比冲击试样缺口取样部位—邻近熔合线

2 夏比冲击试样缺口中心线

3 焊缝夏比冲击试样缺口取样部位—处于或邻近外焊缝中心线

图 7 — HAZ 夏比冲击试验试样位置

表 22 — PSL2 钢管尺寸和要求的冲击试验试样间的关系

规定外径 *D* mm (in)	规定壁厚 *t* mm (in)			
	CVN 试验试样尺寸、来源和方向			
	全尺寸[a]	3/4[a]	2/3[a]	1/2[a]
114.3 (4.500) 至 <141.3 (5.563)	≥12.6 (0.496)	11.7 (0.461) 至 <12.6 (0.496)	10.9 (0.429) 至 <11.7 (0.461)	10.1 (0.398) 至 <10.9 (0.429)
141.3 (5.563) 至 <168.3 (6.625)	≥11.9 (0.469)	10.2 (0.402) 至 <11.9 (0.469)	9.4 (0.370) 至 <10.2 (0.402)	8.6 (0.339) 至 <9.4 (0.370)
168.3 (6.625) 至 <219.1 (8.625)	≥11.7 (0.461)	9.3 (0.366) 至 <11.7 (0.461)	8.6 (0.339) 至 <9.3 (0.366)	≥ 7.6 (0.299) 至 <8.6 (0.339)
219.1 (8.625) 至 <273.1 (10.750)	≥11.4 (0.449)	8.9 (0.350) 至 <11.4 (0.449)	8.1 (0.319) 至 <8.9 (0.350)	6.5 (0.256) 至 <8.1 (0.319)
273.1 (10.750) 至 <323.9 (12.750)	≥11.3 (0.445)	8.7 (0.343) 至 <11.3 (0.445)	7.9 (0.311) 至 <8.7 (0.343)	6.2 (0.244) 至 <7.9 (0.311)
323.9 (12.750) 至 <355.6 (14.000)	≥11.1 (0.437)	8.6 (0.339) 至 <11.1 (0.437)	7.8 (0.307) 至 <8.6 (0.339)	6.1 (0.240) 至 <7.8 (0.307)
355.6 (14.000) 至 <406.4 (16.000)	≥11.1 (0.437)	8.6 (0.339) 至 <11.1 (0.437)	7.8 (0.307) 至 <8.6 (0.339)	6.1 (0.240) 至 <7.8 (0.307)
≥406.4 (16.000)	≥11.0 (0.433)	8.5 (0.335) 至 <11.0 (0.433)	7.7 (0.303) 至 <8.5 (0.335)	6.0 (0.236) 至 <7.7 (0.303)
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。见 P.8。				
[a] 取自未压平试块，横切钢管或焊缝轴向的试样，取适用者。				

10.2.3.4 DWT 试验试样

试样应按照 API RP 5L3 进行制备。

10.2.3.5 （全截面）弯曲试验试样

试样应按照 ISO 8491 或 ASTM A370 进行制备。

10.2.3.6 导向弯曲试验试样

试样应按照 ISO 7438 或 ASTM A370 和图 8 进行制备。

t>19.0 mm（0.748 in）的钢管，试样可加工成厚度为 18.0 mm（0.709 in）的矩形横截面试样。t≤19.0 mm（0.748 in）的钢管，试样应为全壁厚弧面试样。

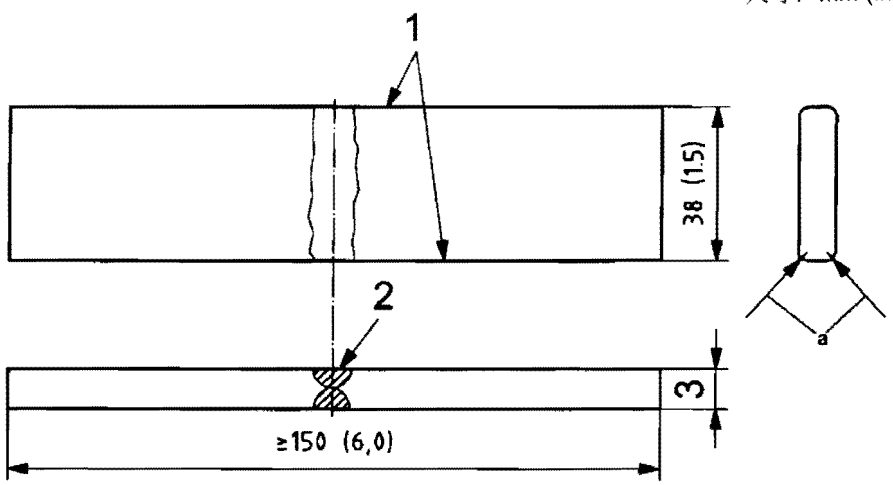
对于埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管，内外焊缝两面余高应去除。

10.2.3.7 压扁试验试样

除每个压扁试样长度应≥60 mm（2.5 in）外，应按照 ISO 8492 或 ASTM A370 要求取样。

较小的表面缺欠可修磨去除。

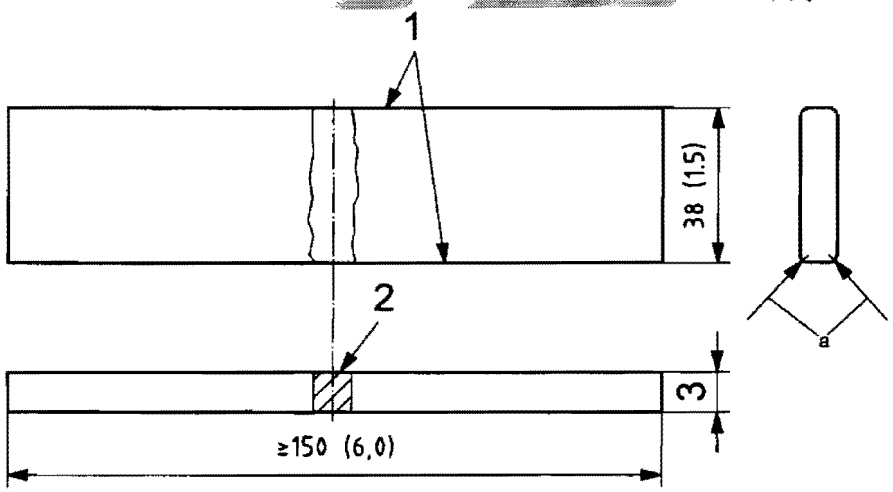
尺寸：mm (in)



1 采用机加工或氧气切割方法，或结合两种方法加工的长边
2 焊缝
3 壁厚
a 半径 $r \leqslant 1.6$ (0.063) 。

a）SAW 和 COW 管

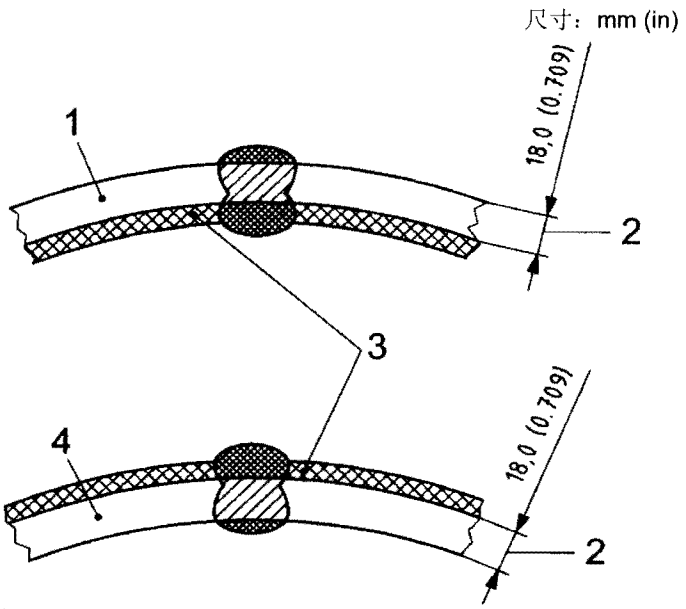
尺寸：mm (in)



1 采用机加工或氧气切割方法，或结合两种方法加工的长边
2 焊缝
3 壁厚
a 半径 $r \leqslant 1.6$ (0.063) 。

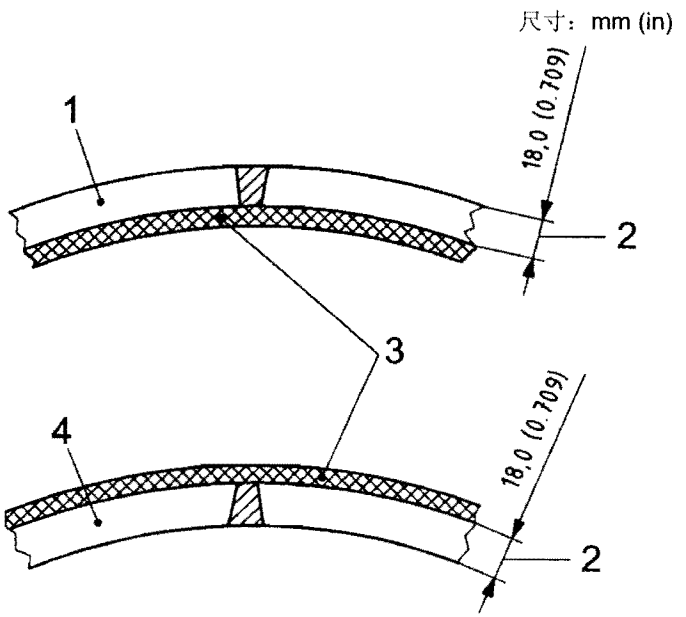
b）$D \geqslant 323.9$ mm (12.750 in) 的 LW 管

图 8 — 导向弯曲试验试样



1 正面弯曲试样
2 减薄壁厚
3 在压平前或压平后去除的材料
4 反面弯曲试样
应采用壁厚 t =19.0 mm (0.748 in)的钢管所使用的弯模尺寸

c）减薄壁厚试样[t >19.0 mm (0.748 in) SAW 和 COW 管选用]



1 正弯试样
2 减薄壁厚
3 在压平前或后去除的材料
4 反弯试样
应采用壁厚 t =19.0 mm (0.748 in)的钢管所使用的弯模尺寸

d）减薄壁厚试样[t >19.0 mm (0.748 in) LW 管选用]

图 8— 导向弯曲试验试样（续）

10.2.4 试验方法

10.2.4.1 产品分析

除订货时另有协议外，由制造商决定选择适用的物理或化学分析方法进行产品分析测定，有争议时，应在双方同意的试验室进行分析试验。在此情况下，双方应协商确定分析方法，有可能时，参考 ISO/TR 9769 或 ASTM A751。

注：ISO/TR 9769 包括现有化学分析国际标准的一个列表，列出各种方法的应用和精确度情况。

10.2.4.2 拉伸试验

拉伸试验应按照 ISO 6892-1 或 ASTM A370 进行。

对于管体拉伸试验，应测定屈服强度、抗拉强度、屈强比（适用时）以及断裂后伸长率百分数。对于钢管焊缝拉伸试验，应进行抗拉强度的测定。

应报告标距长度为 50 mm(2 in)试样的断裂后伸长率百分数。对于试样标距长度小于 50 mm（2 in）的试样，应按照 ISO 2566-1 或 ASTM A370，将断裂后测得的伸长率转换为 50 mm（2 in）长度上的伸长率。

10.2.4.3 CVN 冲击试验

除订货合同中规定 ISO 148-1 和锤头半径（2 mm 或 8 mm）外，夏比冲击试验应符合 ASTM A370 的要求。

10.2.4.4 落锤撕裂试验

落锤撕裂试验应符合 API RP 5L3 的要求。

10.2.4.5 全截面弯曲试验

弯曲试验应符合 ISO 8491 或 ASTM A370 的要求。

对于每个试验批，应将合适长度的全截面试样围绕直径不大于 12*D* 的弯模冷弯至 90°。

10.2.4.6 导向弯曲试验

导向弯曲试验应符合 ISO 7438 或 ASTM A370 的要求。

弯模直径 A_{gb} [用 mm（in）表示]不应大于用公式（5）确定的数值，计算结果圆整至最邻近的 1 mm（0.1 in）：

$$A_{gb} = \frac{1.15(D-2t)}{(\varepsilon\frac{D}{t}-2\varepsilon-1)} - t \qquad (5)$$

式中：

D 规定外径，用 mm（in）表示；

t 规定壁厚，当使用全壁厚试样时，用 mm（in）表示。当使用壁厚减薄试样时，为 19 mm（0.748 in）；

ε 应变，见表 23；

1.15 尖峰系数 。

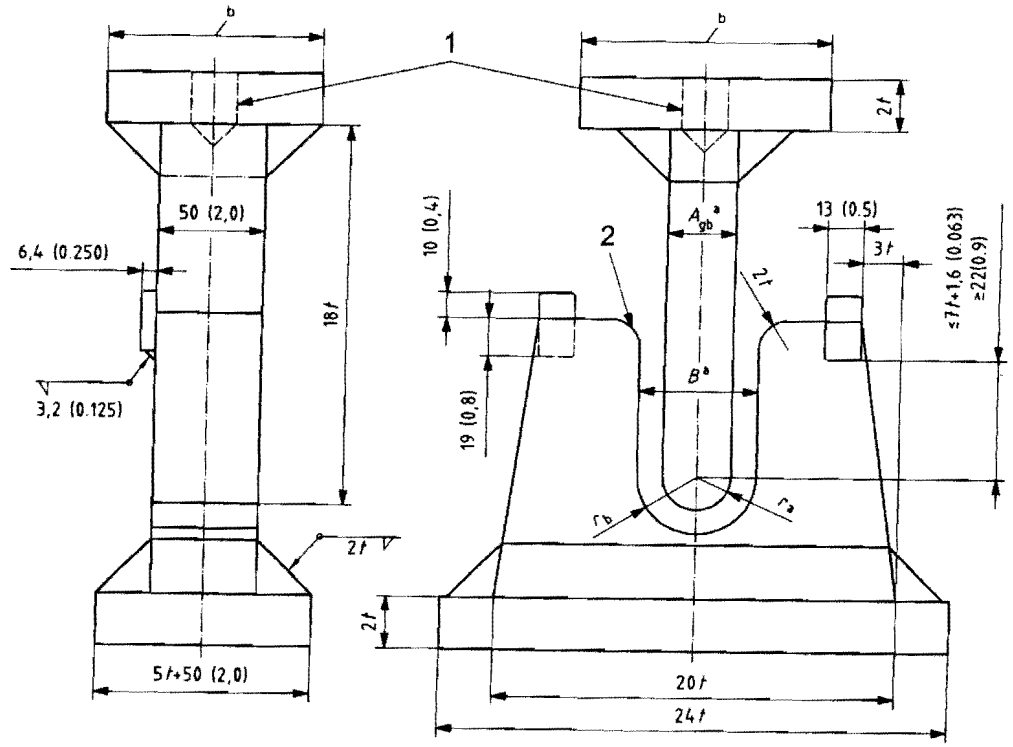
两个试样均应在图 9 所示的弯模内弯曲 180°。试验时一个试样的焊缝背面直接与弯模接触；另一个试样的焊缝正面直接与弯模接触。

表 23 — 导向弯曲试验应变值

钢管等级	应变值[a] ε
L210 或 A	0.1650
L245 或 B	0.1375
L290 或 X42	0.1375
L320 或 X46	0.1325
L360 或 X52	0.1250
L390 或 X56	0.1175
L415 或 X60	0.1125
L450 或 X65	0.1100
L485 或 X70	0.1025
L555 或 X80	0.0950
L625 或 X90	0.0850
L690 或 X100	0.0800
L830 或 X120	0.0675

[a] 中间钢级的应变值应根据规定最小抗拉强度，采用插入法获得，插入值圆整到最邻近的 0.0025 倍。

尺寸：mm (in)



1 螺纹安装孔

2 台肩，硬化并润滑，或硬化圆辊；

B A_{gb} + 2 *t* +3.2 mm (0.125 in)

r_a 导向弯曲试验阳模半径

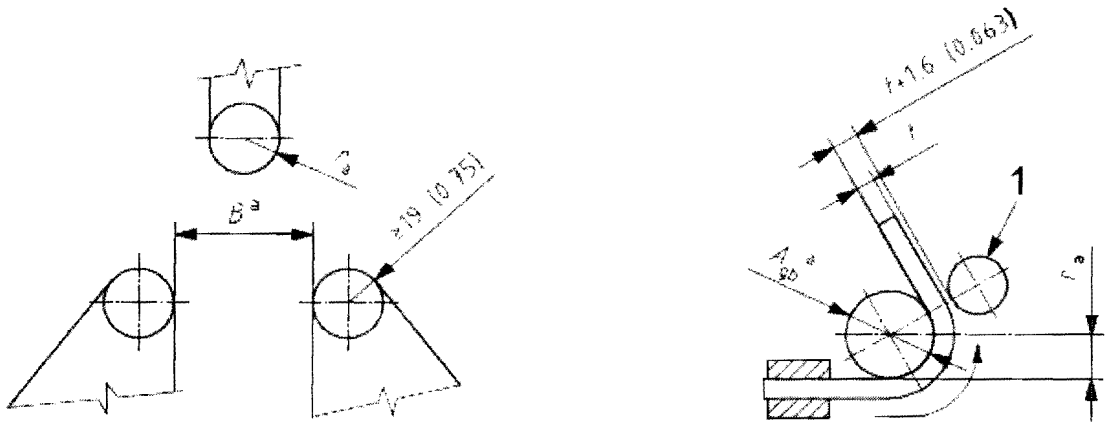
r_b 导向弯曲试验阴模半径

[a] API 长期在 API 5L 和 API 5CT[21] 中使用这些符号。

[b] 根据需要。

a）阳模式

尺寸：mm (in)



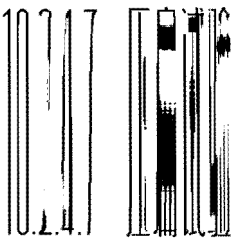
1 辊子

B A_{gb} + 2 *t* +3.2 mm (0.125 in)

[a] API 长期在 API 5L 和 API 5CT[21] 中使用这些符号。

b）可调式　　c）包卷式

图 9 — 导向弯曲试验弯模



压扁试验应符合 ISO 8492 或 ASTM A370 的要求。

如图 6 所示，在钢带（卷）两端部分[分别对应于用钢带（卷）头尾生产的两根钢管的一端]各取一组两个试样，应将其中两个试样的焊缝置于 6 点或 12 点位置进行压扁试验，而将剩余两个试样的焊缝置于 3 点或 9 点压扁。

对于停焊时从切断端截取的试样，应将焊缝置于 3 点或 9 点位置进行压扁试验。

10.2.4.8 硬度试验

当外观检查发现可疑硬块时，应使用便携式硬度试验仪（根据所采用的仪器，其方法应分别符合 ASTM A956、ASTM A1038 或 ASTM E110 的要求），按照 ISO 6506、ISO 6507、ISO 6508 或 ASTM A370 的要求进行硬度试验。

10.2.5 宏观检验和金相检验

10.2.5.1 除 10.2.5.2 允许外，应采用宏观检验对埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管的内外焊缝焊偏[见图 4 d）和图 4 e）]进行查验。

10.2.5.2 只要检测设备检查焊偏的能力得以证实，如果有协议，可采用替代方法（如超声检验）进行检验。如果采用替代方法，在各规定外径和规定壁厚尺寸组合的钢管开始生产时，应进行宏观检验。

10.2.5.3 要求进行焊缝热处理的钢管（见 8.8.1 或 8.8.2 中的适用者），应进行金相检验以验证整个 HAZ 在全壁厚方向均已进行了适当的热处理。对于不要求进行焊缝热处理的钢管（见 8.8.1），应进行金相检验，以验证没有残留未回火马氏体。

另外，可协议硬度试验和最大硬度值。

10.2.5.4 对于使用定位焊缝生产的埋弧焊（SAW）管焊缝，定位焊缝与最终焊缝的熔化和结合应由宏观检验进行验证。[见 8.4.2 a）]

10.2.6 静水压试验

10.2.6.1 所有尺寸无缝（SMLS）管和 $D \leqslant 457$ mm（18.000 in）焊管的稳压时间不应少于 5 S。$D > 457$ mm（18.000 in）焊管的稳压时间不应少于 10 s。对加工有螺纹和带接箍钢管，除 $D > 323.9$ mm（12.375 in）钢管可在平端状态下进行试验外，如果有协议，钢管应带上机紧的接箍进行试验。接箍手紧状态交货的钢管，除订货合同规定特定状态外，钢管可在平端、仅加工有螺

10.2.6.2 为保证每根钢管能在要求的试验压力下进行静水压试验，每台试验机（连续炉焊管试验机除外）应配备能记录每根钢管试验压力和试验稳压时间的记录仪，或配备刚性连接的自动或连锁装置，以防止在未满足试验要求（试验压力和稳压时间）前，将钢管判为已试压钢管。静水压试验记录或记录曲线应供购方检验人员在制造厂内检查。试验压力测量装置应在每次使用前四个月内，采用静重压力校准仪或等效设备校准。由制造商选择，可采用比规定要求高的试验压力。

注：在所有情况下，规定试验压力表现为仪器压力值，仪器压力值在规定稳压时间内不得低于规定试验压力。

10.2.6.3 薄壁螺纹钢管的试验压力应符合表 24 的规定。

10.2.6.4 厚壁螺纹钢管的试验压力应符合表 25 的规定。

表 24 — 薄壁螺纹钢管试验压力

规定外径 *D* mm (in)	规定壁厚 *t* mm (in)	试验压力 MPa (psi) 最小 钢级			
		L175 或 *A25*	*L175P* 或 *A25P*	L210 或 A	L245 或 B
10.3 (0.405)	1.7 (0.068)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)
13.7 (0.540)	2.2 (0.088)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)
17.1 (0.675)	2.3 (0.091)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)
21.3 (0.840)	2.8 (0.109)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)
26.7 (1.050)	2.9 (0.113)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)
33.4 (1.315)	3.4 (0.133)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)	4.8 (700)
42.2 (1.660)	3.6 (0.140)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)
48.3 (1.900)	3.7 (0.145)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)
60.3 (2.375)	3.9 (0.154)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)
73.0 (2.875)	5.2 (0.203)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)
88.9 (3.500)	5.5 (0.216)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)	6.9 (1000)
101.6 (4.000)	5.7 (0.226)	8.3 (1200)	8.3 (1200)	8.3 (1200)	9.0 (1300)
114.3 (4.500)	6.0 (0.237)	8.3 (1200)	8.3 (1200)	8.3 (1200)	9.0 (1300)
141.3 (5.563)	6.6 (0.258)	8.3 (1200)	8.3 (1200)	8.3 (1200)	9.0 (1300)
168.3 (6.625)	7.1 (0.280)	[a]	[a]	8.3 (1200)	9.0 (1300)
219.1 (8.625)	7.0 (0.277)	[a]	[a]	7.9 (1160)	9.2 (1350)
219.1 (8.625)	8.2 (0.258)	[a]	[a]	9.3 (1340)	10.8 (1570)
273.1 (10.750)	7.1 (0.280)	[a]	[a]	6.5 (940)	7.5 (1090)
273.1 (10.750)	7.8 (0.307)	[a]	[a]	7.1 (1030)	8.3 (1200)
273.1 (10.750)	9.3 (0.365)	[a]	[a]	8.5 (1220)	9.8 (1430)
323.9 (12.750)	8.4 (0.330)	[a]	[a]	6.4 (930)	7.5 (1090)
323.9 (12.750)	9.5 (0.375)	[a]	[a]	7.3 (1060)	8.5 (1240)
355.6 (14.000)	9.5 (0.375)	[a]	[a]	6.6 (960)	7.7 (1130)
406.4 (16.000)	9.5 (0.375)	[a]	[a]	5.8 (840)	6.8 (980)
457 (18.000)	9.5 (0.375)	[a]	[a]	5.2 (750)	6.0 (880)
508 (20.000)	9.5 (0.375)	[a]	[a]	4.6 (680)	5.4 (790)

[a] 不适用。

10.2.6.5 除 10.2.6.6、10.2.6.7 和表 26 脚注允许外，平端钢管的静水压试验压力 P[用 MPa(psi)表示]应按照公式（6）计算，计算结果圆整到最邻近的 0.1 MPa（10 psi）：

$$p = \frac{2St}{D} \tag{6}$$

式中：

S 环向应力，其数值等于表 26 所示百分数与钢管规定最小屈服强度的乘积，单位 MPa (psi)；

t 规定壁厚，单位 mm（in）；

D 规定外径，单位 mm（in）。

表 25 — 厚壁螺纹钢管试验压力

规定外径 D mm (in)	规定壁厚 t mm (in)	试验压力 MPa (psi) 最小			
		钢级			
		L175 或 A25	L175P 或 A25P	L210 或 A	L245 或 B
10.3 (0.405)	2.4 (0.095)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)
13.7 (0.540)	3.0 (0.119)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)
17.1 (0.675)	3.2 (0.126)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)
21.3 (0.840)	3.7 (0.147)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)
26.7 (1.050)	3.9 (0.154)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)
33.4 (1.315)	4.5 (0.179)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)	5.9 (850)
42.2 (1.660)	4.9 (0.191)	9.0 (1300)	9.0 (1300)	10.3 (1500)	11.0 (1600)
48.3 (1.900)	5.1 (0.200)	9.0 (1300)	9.0 (1300)	10.3 (1500)	11.0 (1600)
60.3 (2.375)	5.5 (0.218)	9.0 (1300)	9.0 (1300)	17.0 (2470)	17.0 (2470)
73.0 (2.875)	7.0 (0.276)	9.0 (1300)	9.0 (1300)	17.0 (2470)	17.0 (2470)
88.9 (3.500)	7.6 (0.300)	9.0 (1300)	9.0 (1300)	17.0 (2470)	17.0 (2470)
101.6 (4.000)	8.1 (0.318)	11.7 (1700)	11.7 (1700)	19.0 (2760)	19.0 (2760)
114.3 (4.500)	8.6 (0.337)	11.7 (1700)	11.7 (1700)	18.7 (2700)	19.0 (2760)
141.3 (5.563)	9.5 (0.375)	11.7 (1700)	11.7 (1700)	16.7 (2430)	19.0 (2760)
168.3 (6.625)	11.0 (0.432)	[a]	[a]	16.2 (2350)	18.9 (2740)
219.1 (8.625)	12.7 (0.500)	[a]	[a]	14.4 (2090)	16.8 (2430)
273.1 (10.750)	12.7 (0.500)	[a]	[a]	11.6 (1670)	13.4 (1950)
323.9 (12.375)	12.7 (0.500)	[a]	[a]	9.7 (1410)	11.3 (1650)

[a] 不适用。

10.2.6.6 如果在静水压试验中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规定最小屈服强度的 90%时，静水压试验压力 P[用 MPa(psi)表示]可用公式(7)确定，计算结果圆整到最邻近的 0.1 MPa（10 psi）。

$$P = \frac{S - \left(\frac{P_R \times A_R}{A_P}\right)}{\frac{D}{2t} - \frac{A_I}{A_P}} \tag{7}$$

式中：

S 环向应力，MPa（psi）；其数值等于表 26 所示百分数与钢管规定最小屈服强度的乘积；

P_R 端面密封液压缸内压力，MPa（psi）；

A_R 端面密封液压缸横截面积，mm^2（in^2）；

A_P 管壁横截面积，mm^2（in^2）；

A_I 钢管内径横截面积，mm^2（in^2）；

D 钢管规定外径，mm（in）；

t 钢管规定壁厚，mm（in）。

表 26 — 用于确定 S 的规定最小屈服强度百分数

钢管等级	规定外径 D mm (in)	确定 S 的规定最小屈服强度百分数	
		标准试验压力	选用试验压力
L175 或 A25	≤141.3 (5.563)	60 [a]	75 [a]
L175P 或 A25P	≤141.3 (5.563)	60 [a]	75 [a]
L210 或 A	任意	60 [a]	75 [a]
L245 或 B	任意	60 [a]	75 [a]
L290 或 X42 至 L830 或 X120	≤141.3 (5.563)	60 [b]	75 [c]
	>141.3 (5.563) 至 219.1 (8.625)	75 [b]	75 [c]
	>219.1 (8.625) 至 <508 (20.000)	85 [b]	85 [c]
	≥508 (20.000)	90 [b]	90 [c]

[a] D ≤88.9 mm (3.500 in) 钢管，试验压力不需超过 17.0 MPa (2470 psi)；D>88.9 mm (3.500 in)钢管，试验压力不需超过 19.0 MPa (2760 psi)。

[b] 试验压力不需超过 20.5 MPa (2970 psi)。

[c] D ≤406.4 mm (16.000 in)钢管，试验压力不需超过 50.0 MPa (7260 psi)；D>406.4 mm (16.000 in)钢管，试验压力不需超过 25.0 MPa (3630 psi)。

10.2.6.7 只要使用的环向应力至少为钢管规定最小屈服强度的 95 %时，如果有协议，可用最小允许壁厚 t_{min} 代替规定壁厚 t，以确定要求的试验压力（见 10.2.6.5 或 10.2.6.6，取适用者）。

10.2.7 外观检查

10.2.7.1 除 10.2.7.2 允许外，每根钢管应至少在 300 lx（28 fc）的光照度下进行外观检查，以检查表面缺陷。此项检查应覆盖整个钢管的外表面，且在实际操作时，应尽可能多的包括钢管内表面。

注：通常情况下，大直径埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管的整个内表面的外观检查，应在钢管的里面进行。

10.2.7.2 外观检查可用已证实具有检测表面缺陷能力的其他方法代替。

10.2.7.3 外观检查应由符合以下要求的人员进行：

a）经过检测和评定表面缺欠的培训；

b）具有符合 ISO 11484 或 ASNT SNT-TC-1A 或相当标准相应要求的视觉敏锐度。

10.2.7.4 应检查冷成型焊管表面轮廓的几何形状偏差。如果发现表面不规则不是由机械损伤造成，而是显示由硬块造成，应检测该区域的尺寸，如果必要时还应检测该区域的硬度。由制造商选择硬度试验方法。如果硬度和尺寸超过 9.10.6 的验收极限，则应根据 9.10.7 和附录 C 的要求将硬块去除。

10.2.8 尺寸检测

10.2.8.1 每工作班每 4 小时至少应测量一次钢管直径以验证是否符合表 10 的直径偏差。除订货合同规定专用方法外，应使用卷尺，或相适应的千分尺、环规、卡规、卡尺、椭圆度仪、坐标测量仪或光学测量仪器测量直径。除另有协议外，对于 $D \geq 508$ mm（20.000 in）钢管，有争议时，应采用卷尺进行仲裁。

注 1：用于测量钢管直径的环规通常制作成特定尺寸，以适用于各种规格钢管的测量；其采用尺寸稳定的材料制成，如钢、铝和其他允许的材料；结构坚固，但足够轻巧，便于检查人员操作。环规的设计通常包含手柄，便于检查人员准确并安全地将环规放置在钢管内部或外部。内环规的直径通常比钢管的公称内径小 3.2 mm（0.125 in）。外环规的镗孔直径不超过钢管的规定外径与允许直径偏差的和。检验埋弧焊管的环规上可以刻槽或开沟，以便环规能通过凸起的焊缝，必须允许环规在钢管内部或外部，通过至少 100 mm（4.0 in）范围的钢管管端。

注 2：坐标测量仪是设计用于追踪移动测量探头的机械系统，该探头用来测量工件表面上的坐标点。

10.2.8.2 每工作班每 4 小时至少应检测一次钢管的不圆度。除 10.2.8.3 允许外，不圆度应由同一横截面上测得的最大外径和最小外径的差值确定。

注：由于被测钢管与相邻钢管产生的弹性变形，所以在管垛上测量的不圆度无效。

10.2.8.3 如果有协议，非扩径管和 $D \geq 219.1$ mm（8.625 in）的扩径管，应测量内径以确定是否满足直径偏差的要求，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。

10.2.8.4 应在埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管管端焊缝处，用模板测量扁平块和嘴端相对于钢管理论轮廓的最大偏离，模板垂直于钢管轴向，且长度为 $0.25D$ 或 200 mm（8.0 in）[取较小者]。

10.2.8.5 应测量每根钢管的壁厚，以判断是否符合规定壁厚的要求。除焊缝不受正偏差限制外，任何位置的壁厚均应符合表 11 规定的偏差要求。壁厚测量应采用机械卡尺或经适当校准、具有相应精度的无损检验装置。发生争议时，应以机械卡尺测量结果为准。机械卡尺应装有截面直径为 6.35 mm（0.25 in）的触杆，与钢管内表面接触的触杆端头应为球面。对尺寸不小于 168.3 mm（6.625 in）的钢管，球面最大半径为 38.1 mm（1.5 in）；对尺寸小于 168.3 mm（6.625 in）的钢管，球面最大半径为 $D/4$，最小半径为 3.2 mm（0.125 in）。与钢管外表面接触的触杆端头可为平端，也可为半径不小于 31.2 mm（1.25 in）的球面。

10.2.8.6 对加工有螺纹和带接箍钢管，长度应测量至接箍的外端面。在给接箍长度预留适当余量的条件下，可在上接箍前测量钢管的长度。

10.2.8.7 应使用适当的方法验证钢管对 9.11~9.13 规定的钢管尺寸和几何形状的符合性。除订货合同中规定特殊方法外，应由制造商决定选择所测量的方法。

10.2.9 称重

对于 $D \geq 141.3$ mm（5.563 in）钢管，除焊接对接管应允许单独称重组成对接管的管段或称重对接管外，每根钢管应逐根称重。对于 $D < 141.3$ mm（5.563 in）钢管，由制造商选择每根钢管逐根称重或以方便的钢管组称重。

加工有螺纹和带接箍钢管应按照以下两种方式之一称重：

a）对于带接箍但不带螺纹保护器的钢管，除订货批不小于 18 公吨（20 美吨）外，应适当估算螺纹保护器的重量；

b）在带接箍之前称重，条件为估算接箍的重量。

10.2.10 无损检验

无损检验应符合附录 E 的规定。

10.2.11 重新处理

如果一批钢管的任一力学性能试验结果不符合相应要求，制造商可根据表 3 的要求选择对该批钢管进行热处理，将其视为一个新的试验批，按照适用于订货批的 10.2.12 和 10.2.4 的所有要求进行试验，且根据本标准的适用要求进行处理。经过一次重新热处理后，再次进行的任何热处理应经购方同意。

对于非热处理钢管，任何再次热处理应经购方同意。对于热处理钢管，进行不同类型的再次热处理（见表 3）应经购方同意。

10.2.12 复验

10.2.12.1 化学成分复验

如果代表某一熔炼炉产品分析的两个试块均不符合规定要求，由制造商选择：或者拒收该熔炼炉，或者对该熔炼炉剩余的产品逐个进行试验，以检验是否符合规定要求。如果代表该熔炼炉的产品分析试块仅有一个不符合要求，由制造商选择：或者拒收该熔炼炉，或者从该熔炼炉中加取两个试块进行复验。如果两个复验试块均符合要求，除初始不合格样的取样钢管、钢板或钢带（卷）外，应接收该熔炼炉。如果一个或两个复验试块均不符合要求，由制造商选择：或拒收该熔炼炉，或对该熔炼炉剩余产品逐个进行检验，以检验是否符合规定要求。

PSRI

10.2.7.4 应检查冷成型焊管表面轮廓的几何形状偏差。如果发现表面不规则不是由机械损伤造成，而是显示由硬块造成，应检测该区域的尺寸，如果必要时还应检测该区域的硬度。由制造商选择硬度试验方法。如果硬度和尺寸超过 9.10.6 的验收极限，则应根据 9.10.7 和附录 C 的要求将硬块去除。

10.2.8 尺寸检测

10.2.8.1 每工作班每 4 小时至少应测量一次钢管直径以验证是否符合表 10 的直径偏差。除订货合同规定专用方法外，应使用卷尺，或相适应的千分尺、环规、卡规、卡尺、椭圆度仪、坐标测量仪或光学测量仪器测量直径。除另有协议外，对于 $D \geq 508$ mm（20.000 in）钢管，有争议时，应采用卷尺进行仲裁。

注 1：用于测量钢管直径的环规通常制作成特定尺寸，以适用于各种规格钢管的测量；其采用尺寸稳定的材料制成，如钢、铝和其他允许的材料；结构坚固，但足够轻巧，便于检查人员操作。环规的设计通常包含手柄，便于检查人员准确并安全地将环规放置在钢管内部或外部。内环规的直径通常比钢管的公称内径小 3.2 mm(0.125 in)。外环规的镗孔直径不超过钢管的规定外径与允许直径偏差的和。检验埋弧焊管的环规上可以刻槽或开沟，以便环规能通过凸起的焊缝，必须允许环规在钢管内部或外部，通过至少 100 mm（4.0 in）范围的钢管管端。

注 2：坐标测量仪是设计用于追踪移动测量探头的机械系统，该探头用来测量工件表面上的坐标点。

10.2.8.2 每工作班每 4 小时至少应检测一次钢管的不圆度。除 10.2.8.3 允许外，不圆度应由同一横截面上测得的最大外径和最小外径的差值确定。

注：由于被测钢管与相邻钢管产生的弹性变形，所以在管垛上测量的不圆度无效。

10.2.8.3 如果有协议，非扩径管和 $D \geq 219.1$ mm（8.625 in）的扩径管，应测量内径以确定是否满足直径偏差的要求，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。

10.2.8.4 应在埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管管端焊缝处，用模板测量扁平块和嘴端相对于钢管理论轮廓的最大偏离，模板垂直于钢管轴向，且长度为 0.25D 或 200 mm（8.0 in）[取较小者]。

10.2.8.5 应测量每根钢管的壁厚，以判断是否符合规定壁厚的要求。除焊缝不受正偏差限制外，任何位置的壁厚均应符合表 11 规定的偏差要求。壁厚测量应采用机械卡尺或经适当校准、具有相应精度的无损检验装置。发生争议时，应以机械卡尺测量结果为准。机械卡尺应装有截面直径为 6.35 mm（0.25 in）的触杆，与钢管内表面接触的触杆端头应为球面。对尺寸不小于 168.3 mm（6.625 in）的钢管，球面最大半径为 38.1 mm（1.5 in）；对尺寸小于 168.3 mm（6.625 in）的钢管，球面最大半径为 $D/4$，最小半径为 3.2 mm（0.125 in）。与钢管外表面接触的触杆端头可为平端，也可为半径不小于 31.2 mm（1.25 in）的球面。

10.2.8.6 对加工有螺纹和带接箍钢管，长度应测量至接箍的外端面。在给接箍长度预留适当余量的条件下，可在上接箍前测量钢管的长度。

10.2.8.7 应使用适当的方法验证钢管对 9.11~9.13 规定的钢管尺寸和几何形状的符合性。除订货合同中规定特殊方法外，应由制造商决定选择所测量的方法。

10.2.9 称重

对于 $D \geq 141.3$ mm（5.563 in）钢管，除焊接对接管应允许单独称重组成对接管的管段或称重对接管外，每根钢管应逐根称重。对于 $D < 141.3$ mm（5.563 in）钢管，由制造商选择每根钢管逐根称重或以方便的钢管组称重。

加工有螺纹和带接箍钢管应按照以下两种方式之一称重：

a）对于带接箍但不带螺纹保护器的钢管，除订货批不小于 18 公吨（20 美吨）外，应适当估算螺纹保护器的重量；

b）在带接箍之前称重，条件为估算接箍的重量。

10.2.10 无损检验

无损检验应符合附录 E 的规定。

10.2.11 重新处理

如果一批钢管的任一力学性能试验结果不符合相应要求，制造商可根据表 3 的要求选择对该批钢管进行热处理，将其视为一个新的试验批，按照适用于订货批的 10.2.12 和 10.2.4 的所有要求进行试验，且根据本标准的适用要求进行处理。经过一次重新热处理后，再次进行的任何热处理应经购方同意。

对于非热处理钢管，任何再次热处理应经购方同意。对于热处理钢管，进行不同类型的再次热处理（见表 3）应经购方同意。

10.2.12 复验

10.2.12.1 化学成分复验

如果代表某一熔炼炉产品分析的两个试块均不符合规定要求，由制造商选择：或者拒收该熔炼炉，或者对该熔炼炉剩余的产品逐个进行试验，以检验是否符合规定要求。如果代表该熔炼炉的产品分析试块仅有一个不符合要求，由制造商选择：或者拒收该熔炼炉，或者从该熔炼炉中加取两个试块进行复验。如果两个复验试块均符合要求，除初始不合格样的取样钢管、钢板或钢带（卷）外，应接收该熔炼炉。如果一个或两个复验试块均不符合要求，由制造商选择：或拒收该熔炼炉，或对该熔炼炉剩余产品逐个进行检验，以检验是否符合规定要求。

逐个检验时，仅需分析不合格元素。

复验用试块应取自与产品分析试块相同的规定位置。

10.2.12.2 拉伸试验复验

拉伸试验复验条款如下：

a）所有 PSL1 产品，交货状态为 R、N 和 Q 的 PSL2 产品以及交货状态为 M 且钢级低于 L450/X65 的 PSL2 产品。（见表 2 和表 3）

如果代表一个钢管试验批的拉伸试验试样不符合规定要求，制造商可选择从同一试验批钢管中加取两根钢管进行复验。如果两个复验试样均符合要求，除初始不合格试样的取样管外，应接收该试验批的所有钢管。如果有一个或两个复验试样均不符合要求，制造商可选择对该批剩余钢管逐根进行复验。复验用试样应按照与不合格试样相同的方法截取。如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

b）对钢级不小于 L450/X65 的交货状态为 M 的 PSL2 产品（见表 3）

如果代表该试验批的拉伸试样不符合规定要求，制造商可选择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，但如果适用，宜是来自不同母带（卷）或母板的两根钢管。如果两个复验试样均符合规定要求，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]，应接收该试验批。如果有一个或两个复验试样不符合规定要求，制造商可选择对该试验批的剩余钢管逐根进行试验*。这些钢管应采用下列一种方式处置：

1）应拒收所有钢管；
2）该试验批的每根钢管都应试验，接收试验合格的钢管；
3）如果单根钢管能追溯到母带（卷）/母板位置，制造商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要求。应拒收来自不符合要求的母带（卷）/母板部位制造的钢管，接收该试验批剩余钢管。

如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

10.2.12.3 压扁试验复验

压扁试验复验条款如下：

* 疑上段最后两句文字顺序有误，经与其他条款比对后，翻译时将两句顺序对调。— 译者注

a） 以单根方式生产的钢级高于L175或A25的非扩径电焊管和管径小于323.9 mm（12.750 in）的非扩径激光焊管时：

只要成品钢管的长度不小于其初次切成长度的 80%，制造商可选择对任何不合格管端进行复验，直至满足要求。

b） 以多根方式生产钢级高于 L175 或 A 25 的非扩径电焊管和管径＜于 323.9 mm（12.750 in）的非扩径激光焊管时：

如果该压扁试验中一个或多个试验不符合规定要求，制造商可选择在切掉该缺陷管端后对该管端进行复验。或者，制造商也可选择拒收有缺陷的该根钢管，并复验下一根钢管的邻近管端。复验应由两个试样组成，一个将焊缝置于 0°进行试验，另一个将焊缝置于 90°进行试验。如果该复验结果不符合规定要求，制造商可选择拒收以一带多根方式生产的受影响的钢管，也可选择逐根复验该钢带（卷）制造的其他剩余钢管的每一端，试验交替置于 0°和 90°位置进行。如果该复验结果符合规定要求，则接收该一带多根方式生产的剩余钢管。

c） 钢级高于 L175/A 25 的冷扩径电焊管，尺寸≥60.3 mm（2.875 in）钢级为 L175/A 25 的所有焊管以及管径＜323.9 mm（12.750 in）的冷扩径激光焊管：

制造商可选择在同一试验批钢管中加取两根钢管，对每根钢管的一端进行复验。如果两个复验试样结果均符合规定要求，除初始不合格的钢管外，接收该试验批的所有钢管。如果有一个或两个复验试验均不合格，制造商可选择逐根对该批剩余钢管的一端取样进行复验。

如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

10.2.12.4 弯曲试验复验

如果试样不符合规定要求，制造商可选择在同一试验批钢管加取的两根钢管上截取试样进行复验。如果两个复验试样均符合规定要求，除初始不合格试样的取样管外，接收该试验批的所有钢管。如果有一个或一个以上复验试样不符合规定要求，制造商可选择对该试验批剩余钢管逐根进行复验。

如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

10.2.12.5 导向弯曲试验复验

如果一个或两个试样不符合规定要求，制造商可选择在同一试验批加取的两根钢管上截取试样进行复验。如果这些试样符合规定要求，除初始选取的样管外，该试验批的所有钢管应为可接收的。如果任一复验试样不符合规定要求，制造商可选择对该试验批剩余钢管逐根取样进行试验，也可选择对任一不合格管，采用在同端返切并加取两个试样的方法进行复验。如果加取试样均符

合原试验要求，则接收该根钢管。不允许再次返切和复验。复验用试样应按照表 19、表 20 和 10.2.3.6 的要求截取。

如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

10.2.12.6 夏比冲击试验复验

当一组夏比冲击试验试样不符合验收极限时，制造商可选择替换本试验批涉及的材料，或从该试验批中再抽取两根钢管进行试验。如果两个新试验均符合验收极限要求，除初始取样管外，应判该试验批的所有钢管合格。如果两个试验中任一试验不合格，应对该试验批的每根钢管进行试验。

如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

10.2.12.7 硬度试验复验

如果代表一个试验批钢管的硬度试验试样不符合规定要求，制造商可选择在同一试验批加取两根钢管进行复验。如果两个复验试样都符合规定要求，除原始试样取样的钢管外，应接收该试验批全部钢管。如果有一个或两个复验试样不符合规定要求，制造商可选择对该试验批剩余钢管逐根进行试验。复验试样应采用与未能满足最低要求的试样相同的方式制取。

如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

10.2.12.8 DWT 复验

当一组 DWT 试验试样不符合验收极限时，制造商可选择替换本试验批涉及的材料，或从该试验批中再抽取两根钢管进行试验。如果两个新试验都满足验收极限要求，除初始取样管外，应判该试验批的所有钢管合格。如果两个试验中任一试验不合格，应对该试验批的每根钢管进行试验。复验试样应采用与未能满足最低要求的试样相同的方式制取。如适用，重新处理应按照 10.2.11 定义。

11 标志

11.1 总则

11.1.1 适用时，制造商应按照与 11.2.1 条款 a）至 j）规定相同的标记顺序，对按照本标准制造的钢管和钢管接箍进行标记。

注：要求的标志一般标记在一条直线上。如果规定标记的信息按照从左到右，从上到下的顺序读取时，允许将标志环绕钢管标记在多条平行线上。

11.1.2 接箍上的标志应采用字模压印法制作，或如果有协议，采用模版漆印法制作。

11.1.3 当订货合同要求提供 API Spec 5L 钢管时，应要求表明 5L 规范（Spec 5L）的标志。

11.1.4 当制造商希望或订货合同规定时，可在钢管上标识附加标志，但附加标志不应打乱 11.2.1 a）至 j）（如适用）规定的标记顺序。这些附加标识应位于本标准要求的标志之后，或者单独标记在钢管其他位置。

11.2 钢管标志

11.2.1 适用时，钢管标志应顺次包含下列信息：

a） 钢管制造商的名称或标记（X）；
b） 当产品完全满足本标准、相应附录以及本章节要求时，应标识“API Spec 5L”。符合多个兼容标准的产品，可将各个标准名称进行标记；
c） 规定外径；
d） 规定壁厚；
e） 钢管钢级（钢名）（见表 1、表 H.1 或表 J.1，适用者）。如果有协议，USC 与 SI 钢级代号标记在钢管上，订货批钢管钢级在前，与之相对应的另一种钢管钢级代号紧随其后；
f） 如果附录 G 适用（见 G.5.1），产品规范水平标记后紧跟字母 G；
g） 钢管类型（见表 2）；
h） 适用时，用户检查代表的标记（Y）；
i） 适用时，表明产品或交货单元（例如钢管捆）与相应检验文件关系的标识代号（Z）。
j） 当规定的静水压试验压力高于表 24 或表 25 的适用压力时，或者超过表 26 中注 a、b 或 c 的适用试验压力要求时，应在标志尾部标记“TESTED”字样，紧随其后标记出规定的试验压力值（如果要求用 USC 制时，单位为 psi；如果要求用 SI 制时，单位为 MPa）。

示例 1（SI 制） X API Spec 5L 508 12.7 L360M PSL2 SAWL Y Z

示例 2（USC 制） X API Spec 5L 20 0.500 X52M PSL2 SAWL Y Z

示例 3 当钢管同时满足兼容标准 ABC 时：

（SI 制） X API Spec 5L/ABC 508 12.7 L360M PSL2 SAWL Y Z

示例 4 当钢管同时满足兼容标准 ABC 时：

（USC 制） X API Spec 5L/ABC 20 0.500 X52M PSL2 SAWL Y Z

示例 5 当静水压试验压力与标准压力不同时（以 SI 制试验压力 17.5 MPa 为例）

X API Spec 5L 508 12.7 L360M PSL2 SAWL Y Z TESTED 17.5

示例 6 当静水压试验压力与标准压力不同时（以 USC 制试验压力 2540 psi 为例）

X API Spec 5L 20 0.500 X52M PSL2 SAWL Y Z TESTED 2540

示例 7 对于 USC 单位制，相应钢级和适用附录 G 的标识如下：

X API Spec 5L 20 0.500 X52M L360M PSL2G SAWL Y Z

示例 8 对于 SI 单位制，相应钢级和适用附录 G 的标识如下：

X API Spec 5L 508 12.7 L360M X52M PSL2G SAWL Y Z

注：USC 单位制的规定钢管外径，不需包括小数点符号右边末尾的零。

11.2.2 除 11.2.3 和 11.2.4 允许外，应按照以下要求牢固清楚地制作标志：

a）$D \leq 48.3$ mm（1.900 in）钢管，应在以下一个或多个位置做标志：

1）固定在钢管捆的标签上，
2）捆系钢管捆的带子或捆绑带夹片上，
3）每根钢管的一端，
4）沿钢管长度方向连续制作；

b）除订货合同中有特殊表面规定外，$D > 48.3$ mm（1.900 in）的钢管标志应为：

1）在钢管外表面，距钢管一端 450 mm 至 760 mm（1.5 ft 至 2.5 ft）之间的一点开始，按照 11.2.1 所列顺序制作标志，
2）在钢管内表面上，距钢管一端至少 150 mm（6.0 in）处开始制作标志。

11.2.3 如果有协议，可在钢管表面采用低应力字模压印法或振动蚀刻法制作标志，但有以下限制：

a）这些标志应在钢管坡口面上或距钢管一端 150 mm（6.0 in）以内。
b）这些标志与任一焊缝处至少相距 25 mm（1.0 in）。
c）随后不进行热处理的钢板、钢带（卷）或钢管，仅可使用圆头或钝头字模做冷态字模压印[温度＜100℃（210℉）]。
d）除另有协议且在订货合同中规定外，禁止采用冷态字模压印法对规定壁厚不超过 4 mm（0.156 in）的钢管和钢级高于 L175 或 A25 随后不进行热处理的所有钢管做标志。

11.2.4 如果有协议，随后要进行涂敷的钢管标志可由涂敷商制作，而不在制管厂制作。在这种情况下，应确保可追溯性，例如使用（单根钢管或熔炼炉）唯一的编号。

11.2.5 如果钢管涂敷临时保护性涂层（见 12.1.2）后，标记应清楚可辨。

11.2.6 除 11.2.1 规定的标志外，钢管长度应按照下列要求标识，用 m 表示钢管长度并精确到 0.01 m（用 ft 表示并精确到十分之一英尺），或如果有协议以不同的形式表示。

a）对于 $D \leq 48.3$ mm（1.900 in）的钢管捆，应在与钢管捆连接的标签、捆扎带或带夹上标出钢管的总长度。

b）除订货合同中有特定表面规定外，对于 $D > 48.3$ mm（1.900 in）钢管，应标记钢管的单根长度（按成品钢管的测量长度）。

1）在钢管外表面的方便位置，

2）在钢管内表面的方便位置。

c）对于带接箍交货的钢管，应标记测量到接箍外端面的长度。

11.2.7 如果有协议，制造商应在每根钢管内表面上涂刷直径大约为 50 mm（2 in）的颜色标识。如果钢管等级适用，涂料颜色应符合表 27 的要求；对所有其他钢管等级，应在订货合同中规定涂料颜色。

11.3 接箍标志

$D \geq 60.3$ mm（2.375 in）钢管的接箍应标识制造商名称/标记以及“API Spec 5L”。

表 27 — 涂料颜色

钢管等级	涂料颜色
L320 或 X46	黑色
L360 或 X52	绿色
L390 或 X56	蓝色
L415 或 X60	红色
L450 或 X65	白色
L485 或 X70	紫罗兰色
L555 或 X80	黄色

11.4 多钢级钢管的标志

11.4.1 购方和制造商协议仅允许在下列限制条件内对多钢级钢管进行标识：

a）在以下钢级范围内可对多钢级钢管进行标识：

1）≤L290（X42）；

2）>L290（X42）至<L415（X60）；

b）钢级≥L415（X60）的钢管不允许进行多钢级标识；

c）仅对一个 PSL 水平的钢管进行多钢级标识。

11.4.2 制造商负责确保钢管符合其公认确定钢级的所有要求。允许钢管作为任一钢级使用。

11.4.3 如果对钢管进行多钢级标识，应单独发出一个钢管标志中钢级组合的检验文件，该检验文件可包括钢管符合各个钢级要求的特别说明。

11.4.4 钢管交货后，不允许对钢管再次标识或将其鉴定为另一不同钢级或 PSL 水平（PSL1 至 PSL2）。

11.5 螺纹标识和证明

11.5.1 由制造商选择，加工有螺纹的钢管可在靠近螺纹端的钢管上，采用字模压印或模版漆印方法做标志，标志内容包括制造商名称或标记 API Spec 5B（表明适用的螺纹规范）、钢管规定外径及“LP”（表明螺纹类型）。螺纹标志可适用于带或不带 API 会标的产品。

示例：尺寸为 168.3 mm（6.625 in）加工有螺纹的钢管可做如下标志，并采用与订货合同规定的钢管外径相适应的值：

USC 单位制　　X API Spec 5B　6.625　LP

或

SI 单位制　　X API Spec 5B　168.3　LP

11.5.2 制造商按照 11.5.1 规定，使用“API Spec 5B”标识作为螺纹符合 API Spec 5B 的证明，但购方不宜认为凡有此标志的产品，就整体而言符合任何 API 规范。采用字符“API Spec 5B”标志螺纹的制造商应有按照 API Spec 5B 鉴定合格的 API 校对量规。

11.6 钢管加工厂标志

由钢管加工厂（而非原来的钢管制造商）进行热处理的钢管应按照第 11 章的相应分条款的要求进行标志。钢管加工厂应去除任何不能表明产品新状态的标志（例如：原来的钢级符号、原钢管制造商的名称或标识），该新状态是由于产品经受热处理而造成的。

当钢管加工厂为钢管制造商的分包商，原钢管标志不可避免被去除或擦掉，只要重新标志过程在钢管制造商的控制之下，分包商可以重新对钢管进行标志。

12 涂层和螺纹保护器

12.1 涂层和内衬

12.1.1 除 12.1.2~12.1.4 允许外，钢管应以光管（无涂层）交货。

12.1.2 如果有协议，钢管应以临时外涂层交货，以避免贮存和运输过程中生锈。涂层摸起来应是硬实的和光滑的，无多余的流挂。

12.1.3 如果有协议，钢管应以特殊涂层状态交货。

12.1.4 如果有协议，钢管应以内衬状态交货。

12.2 螺纹保护器

12.2.1 D<60.3 mm（2.375 in）的加工有螺纹钢管，螺纹保护器应为适宜的纤维包裹或适宜的金属、纤维或塑料保护器。

12.2.2 D≥60.3 mm（2.375 in）的加工有螺纹钢管，螺纹保护器的设计、材料和其力学强度应能在常规搬运和运输状态下，保护螺纹和钢管端部避免其受损。

12.2.3 螺纹保护器应覆盖钢管的螺纹全长，在运输期间和正常储存期间使螺纹与水和灰尘隔离，正常储存期间考虑为一年左右。

12.2.4 螺纹保护器的牙型不应损害钢管螺纹。

12.2.5 螺纹保护器的材料不应含有腐蚀成分，或产生与钢管螺纹粘结的成分，且适于在-45℃~+65℃（-50°F~+150°F）范围内使用。

13 记录保存

如适用，下列检验记录应由制造商自交货之日起保存三年，且应在购方有要求时提供给购方。

a） 熔炼分析和产品分析；
b） 拉伸试验；
c） 导向弯曲试验；
d） CVN 试验；
e） DWT 试验；
f） 静水压试验机记录曲线或电子版保存记录；
g） 钢管的射线检验图像；
h） 如适用，其他的无损检验方法；
i） 无损检验人员资质；
j） 对接管焊缝射线检验图像；
k） 补焊工艺试验；
l） 在附录或订货合同中规定的任何其他试验记录，包括所有焊接工艺规范（WPS）和焊接工艺评定试验记录（WPQT/PQR）（见附录 A 和附录 D）。

14 钢管装载

如果由制造商负责钢管的装运，制造商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（选适用者）上安全摆放、保护的细节。装载应防止管端损伤、磨损、尖锐物敲击和疲劳裂纹。装载应符合任何适用的规则、法规、标准和推荐作法。

注：参见 API RP 5L1[18] 和 API RP 5LW[19] 获取补充资料。

PSRI

附录 A
（规范性附录）
对接管规范

A.1 方法

A.1.1 除购方规定了特定的方法外，应采用任何一种公认可靠的填充金属焊接方法。

A.1.2 应根据购方批准的标准，对焊接工艺、焊工和焊机操作者（此后称操作者）进行评定。

A.1.3 在购方要求时，应向购方提供焊接工艺规范和工艺评定记录的复印件。

A.2 工艺质量

A.2.1 即将进行对焊连接的钢管端部应按照评定合格的焊接工艺规范进行准备。

A.2.2 完成对焊的对接管管直度应在 9.11.3.4 规定的限度内。不应采用弯曲方法在对接焊缝处对对接管进行矫直。

A.2.3 焊缝截面沿钢管圆周应均匀规整。任意位置的熔敷焊缝凸起表面不应低于母材外表面，埋弧焊缝高出母材外表面的数值应符合表 16 的规定，采用其他焊接方法的焊缝高度不应大于 1.6 mm（0.063 in）。

A.2.4 除另有协议外，在对接管环焊缝上，直焊缝间的环向间隔应为 50 mm~200 mm（2.0 in~8.0 in）。

A.2.5 在对接管环焊缝上，螺旋焊缝间、钢带（卷）/钢板对头焊缝间以及螺旋焊缝与钢带（卷）/钢板对头焊缝间的最小环向间隔应为 50 mm（2.0 in）。

A.3 标志

每个对接管应清楚标识，以识别焊工或操作者。

A.4 无损检验

应根据附录 E 或附录 K（选适用附录），对对接管环焊缝全长（100%）进行无损检验。无损检验采用射线检验或超声检验方法，或者采用两种方法联合检验。

PSRI

附录 B
（规范性附录）
PSL 2 钢管制造工艺评定

B.1 说明

B.1.1 本附录规定了订货合同要求进行 PSL2 钢管制造工艺评定时[见 7.2 c）42）]，或执行附录 H 和/或附录 J 时的附加条款。

B.1.2 在特殊情况下（例如首次供货或使用新钢级），当订购数量较大时，购方可要求用数据证明所采用的制造方法能够满足本标准规定的要求。

B.1.3 制造工艺应依据先前生产认可的数据来确认，或按照 B.3、B.4、B.5 条款或其中任一条款或其组合的评定进行确认。

B.2 购方提供的附加信息

订货合同应指出下列哪些条款适用于特定的订货批：

a）根据 B.3、B.4、B.5 条款或其中任一条款或其组合（见 B.1.3）进行制造工艺评定；
b）试验频次和数量（见 B.5.2）；

B.3 制造工艺特性

适用时，在生产之前或在由制造商承担风险的初次生产中，制造商应向购方提供有关制造工艺主要特性的概要资料或控制文件。该资料至少应包括下列内容：

a）炼钢与浇铸 — 所有钢管：
1） 制造厂的名称/位置；
2） 设备和工艺的说明，包括钢的冶炼方法，炉容量，脱氧工艺，夹杂物的形状控制方法（适用时）和浇铸方法；
3） 化学成分范围，包括有意添加的所有元素以及表 5 中所列的元素；
4） 钢的冶炼及浇铸工艺控制；
5） 用于制造厚度大于 20 mm（0.78 in）钢带（卷）/钢板板坯氢含量的控制方法；
6） 产品标识和保持可追溯性的方法；
7） 与制造商文件规定作法不一致（包括钢级混杂/更换和制造工艺/化学成分变化）时，产品的返工控制/复验控制/放行控制；
8） 适用时，中心偏析控制与验收极限。

b）钢管生产 — 所有钢管：
1）制造厂的名称/位置；
2）设备和工艺说明；

ESRI

3）静水压试验作法，包括设备校准/校验；

4）无损检验方法与作法，包括设备校准作法；

5）化学分析/力学性能试验及复验试块的取样位置与试样规范；

6）尺寸控制方法，包括钢管矫直或尺寸修整；

7）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；

8）钢管标记方法及详细资料；

9）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；

10）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；和

11）钢管储存、处理、装载以及运输方法。

c）热轧 — 焊管：

1）制造厂的名称/位置；

2）设备及工艺说明，适用时，包括热处理方法（N 或 Q）说明；

3）适用的轧制温度偏差控制方法（重新加热、轧制及冷却）；

4）适用的时间偏差（重新加热、轧制以及冷却）；

5）适用的钢带（卷）/钢板无损检验方法和作法，包括设备校准作法；

6）尺寸及力学性能控制极限；

7）钢管端部切断方法；

8）从板坯接收到钢带（卷）/钢板交付过程中保持产品可追溯性的方法；

9）与制造商文件规定作法（包括工艺、化学成分/力学性能以及尺寸偏差）不一致时，产品的返工/复验/放行控制；

10）储存、处理、装载及运输方法。

d）二次加工（适用时）— 焊管

1）制造厂的名称/位置；

2）设备与工艺说明；

3）从钢带（卷）/钢板的接收到钢带（卷）/钢板交付的产品识别及可追溯性方法；

4）与制造商文件规定作法（包括工艺、化学成分/力学性能及尺寸的偏差）不一致时，产品的返工/复验/放行控制；

5）储存、处理、装载及运输方法。

e）钢管制造 — 焊管

1）钢管成型工艺，包括边缘预处理，对中控制及形状控制；

2）钢管热处理工艺，适用时包括焊缝在线热处理；

3）焊接工艺规范，适用时包括本工艺先前的评定报告。其应包括下列资料：

i）高频焊（HFW）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；

ii）对于埋弧焊（SAW） 和组合焊（COW）缝，适用时包括补焊、钢带（卷）/钢板对头焊，对接管焊接：

— 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；

4）对于埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管：

i）焊接坡口尺寸公差。

ii）定位焊方法及定位焊缝之间的距离（如果适用）。

iii）焊丝与焊剂的储存和使用，包括湿度控制与焊剂循环（适用时）。

iv）焊缝缺陷去除方法。

f）钢管制造 — 无缝（SMLS）管

1）钢管成型工艺 — 轧制钢管：

i）适用的轧制温度偏差控制方法（重新加热、轧制及冷却）；

ii）适用的时间偏差（重新加热、轧制及冷却）；

2）钢管热处理工艺。

B.4 检验和试验计划的特性

适用时，在生产之前，制造商应向购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。该计划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，分包商，购方或第三方代表）；

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。

B.5 制造工艺评定试验

B.5.1 应在生产前或生产开始时，按照表 18、表 H.3 和/或表 J.7 规定的适用强制性试验要求进行制造工艺评定。

B.5.2 在购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以前的评定数据。

B.5.3 对于焊管，至少应提供以下焊接工艺评定的信息：

a）高频焊（HFW）管：

— 焊接工艺控制参数；

— 表 18、H.3 和 J.7 要求的（适用时）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；

— H.7.2.4 和 H.7.3.3，或 J.8.2.3 和 J.8.3.2 所要求的焊缝区域硬度试验结果；

b）埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管：

— 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；

— 表 18、H.3 和 J.7 要求的（适用时）焊缝力学性能试验结果；

— H.7.2.4 和 H.7.3.3，或 J.8.2.3 和 J.8.3.2 所要求的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。

B.5.4 购方可要求提供产品其他性能（如焊接性）的特性数据。

注：购方需要某个钢级的焊接性数据时，购方可要求进行特定的焊接性试验。在这种情况下，购方有责任向制造商提供焊接性数据所要求的详细焊接工艺和参数。在未获得焊接性数据的情况下，考虑最新研发的 L690/X100、L830/X120 钢级的焊接性试验尤为重要。

B.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。

B.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（见 8.3.9），在放行这些钢带（卷）/钢板/钢管之前应通知购方。

附录 C
（规范性附录）
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，或采用修磨方法修整磨除。

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磨掉。

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 9.11.3.2 的要求；然而外径和不圆度的负偏差（见 9.11.3.1）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如下一种或多种方法处置：

a）埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管的焊缝缺陷应采用 C.4 规定的焊接方法进行修补；
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

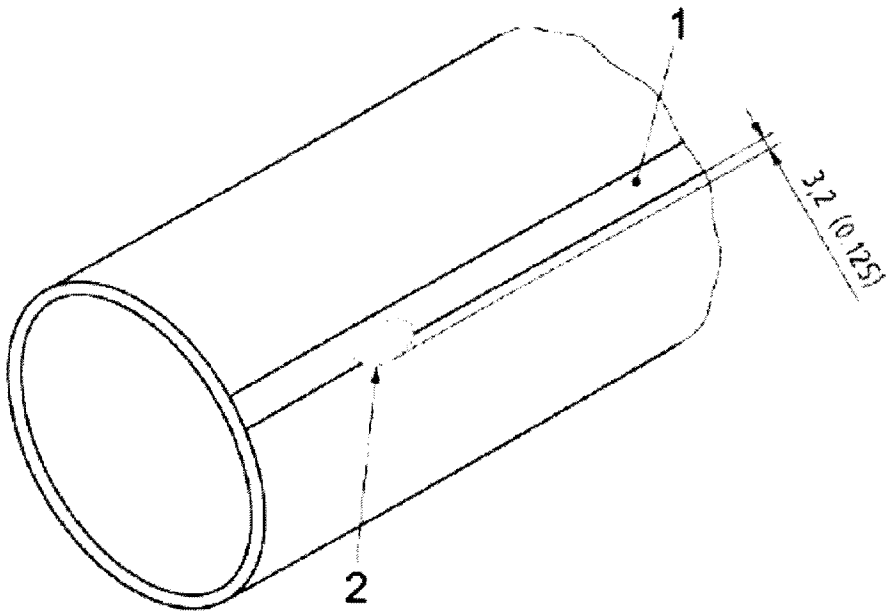
C.4.1 仅允许对 PSL 1 钢管管体进行补焊，不允许对 PSL2 钢管管体进行补焊。

C.4.2 除 C.4.1 允许外，补焊应局限于埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管焊缝。缺陷应完全清除，且应对清除缺陷后形成的凹坑进行彻底地清理。对 PSL2 钢管，凹坑边缘扩展到母材金属的距离不应超过 3.2 mm（0.125 in），扩展距离沿钢管表面垂直于焊缝测量（见图 C.1）。除另有协议外，对冷扩径 PSL2 钢管焊缝应在冷扩径前进行补焊。不应对不带填充金属的焊缝进行补焊。

C.4.3 对于埋弧焊（SAW）和组合焊（COW）管焊缝，每根钢管补焊焊缝总长度应≤5%焊缝总长度。对于钢带（卷）/钢板的对头焊缝，补焊焊缝总长度不应超过 100 mm（4.0 in），补焊焊缝距钢带（卷）/钢板对头焊缝与螺旋焊缝交点的距离不应少于 100 mm（4.0 in）。

C.4.4 间隔小于 100 mm（4.0 in）的多个焊缝缺陷应当作连续单条焊缝进行修补。单条焊缝至少应补两层/道，补焊长度至少应超过 50 mm（2.0 in）。

PSRI



1 焊缝余高
2 清除坑边缘

图 C.1 — 焊缝修补后的清除坑（仅对 PSL2）

C.4.5 应按照经附录 D 评定合格的焊接工艺进行补焊。

C.4.6 补焊后，应按照附录 E 的要求，或适用时按照附录 K 的要求，对所有修补区域进行超声检验或射线检验。在钢管扩径或静水压试验前，制造商可选择超声检验，但在扩径或静水压试验后，应使用手动超声进行检验。在钢管扩径或静水压试验后，也可对钢管进行自动和手动超声组合检验。

C.4.7 在补焊前应对无缝（SMLS）管（仅 PSL 1）进行 MT 或 PT 检验，以确保缺陷被完全去除。

C.4.8 已补焊钢管在补焊后应按照 10.2.6 的要求进行静水压试验。

附录D

（规范性附录）

补焊工艺

D.1 总则

D.1.1 应采用下列方式进行补焊：

a）钢管轴线在水平位置；
b）采用评定合格的焊接工艺；
c）由依据D.3要求评定合格的焊机操作人员（后称操作者）或补焊工施焊。

D.1.2 补焊应采用下列一种或多种方法：

a）自动埋弧焊；
b）自动或半自动熔化极气体保护电弧焊；
c）低氢焊条手工电弧焊。

D.1.3 所有焊接材料应按照制造商推荐的作法妥善保管和储存，以免受潮或污染。

D.1.4 试验焊缝可在钢带、钢板或钢管上进行。

D.1.5 制造商应保存焊接工艺和工艺评定试验结果记录。购方有要求时，应向购方提供焊接工艺规范和工艺评定记录的复印件。

D.2 补焊工艺评定

D.2.1 总则

D.2.1.1 除D.2.1.2允许外，应按本附录的要求，通过焊接和焊缝检验对采用的焊接工艺进行评定。

D.2.1.2 由制造商选择，可用ISO 15614-1[24]、API Spec 5L第43版[17]或ASME第IX部分[26]规定的的焊接工艺评定力学性能试验代替D.2.3规定的相应力学性能试验。

D.2.1.3 本附录中，术语“自动焊”包括机器焊、机械化焊和自动焊。

D.2.2 重要变素

当下列任一重要变素的变化超出规定范围时，现有工艺不再适用，应进行新工艺的评定。

a）焊接工艺
1）焊接工艺改变，如埋弧焊改为熔化极气体保护电弧焊；

b）钢管材料

1）钢级分档变化：如果在同档钢级内使用不同的合金体系，每种合金成分应分别评定。钢级分档如下：

i）小于等于 L 290 或 X42，

ii）大于 L 290 或 X42 但小于 L 450 或 X65，

iii）大于等于 L 450 或 X65 的各钢级。

2）同一钢级分档内，材料厚度大于已评定合格材料的厚度；

3）在某钢级分档及壁厚范围内，待补焊材料产品分析确定的碳当量（碳含量>0.12%时为 CE_{IIW}，碳含量≤0.12%时为 CE_{Pcm}）比评定合格材料的碳当量高 0.03%以上；

4）交货状态（见表 3）发生改变；

c）焊接材料

1）填充金属种类改变；

2）要求进行冲击试验时，耗材牌号改变；

3）焊条直径改变；

4）保护气体成分 *X* 超出（*X*±5）%；

5）保护气体流速 *q* 超出 (*q*±10) %；

6）埋弧焊焊剂从一种牌号更换为另一种牌号；

d）焊接参数

1）电流种类改变（如交流电变为直流电）；

2）极性变化；

3）对自动焊接和半自动焊接，确定的焊接电流、电压、速度和热输入范围可适应一定的壁厚范围。在该范围中，应适当选择几个点进行试验，以评定整个方案。此后，如果与评定过的方案相比，发生下列一种或多种超过规定的变化时，应重新进行评定。

i）电流：10%；

ii）电压：7%；

iii）焊速：10%（自动焊接）；

iv）热输入：10%；

4）凹槽深度 *a* 较评定过的凹槽深度增加。除另有协议外，凹槽深度应由制造商设定。

e）焊道：手工焊接和半自动焊接，焊道宽度变化超过 50%。

f）预热和焊后热处理：

1）补焊钢管的温度低于评定试验时钢管温度；

2）增加或取消焊后热处理。

D.2.3 力学性能试验

D.2.3.1 试样数量

每次工艺评定试验时，各个试验项目（见 D.2.3.2 和 D.2.3.3）应分别取两个试样进行试验。

对于冲击试验，每个位置应取三个试样进行试验。

D.2.3.2 横向拉伸试验

D.2.3.2.1 横向拉伸试样的减窄区宽度约为 38 mm（1.5 in），补焊焊缝应位于试样长度的中心，如图 8 a）所示。试样两面的焊缝余高应去除，纵向边缘应机加工。

注：虽然图 8 a）表示的是导向弯曲试样，但可参考它确定拉伸试样补焊焊缝的位置。

D.2.3.2.2 抗拉强度至少应等于相应钢管等级的规定最小抗拉强度。

D.2.3.3 横向导向弯曲试验

D.2.3.3.1 横向导向弯曲试样应符合图 D.1 的规定。焊缝区应置于凹槽内。

D.2.3.3.2 每个试样应在弯模（见图 9 和表 D.1）内弯曲至 180°，外露焊缝表面置于受拉位置。

D.2.3.3.3 除 D.2.3.3.4 允许外，如果弯曲后焊缝金属或母材上没有裂纹，或在任何方向上没有尺寸超过 3.2 mm（0.125 in）的其他缺陷，则认为弯曲试验合格。

D.2.3.3.4 在试验过程中发源于试样边缘的裂纹，只要长度不超过 6.4 mm（0.250 in），则不应作为拒收的原因。

D.2.3.4 夏比（CVN）冲击试验

D.2.3.4.1 夏比冲击试样应取自补焊工艺评定试验（见 D.2.1.1）的补焊焊缝区域。

D.2.3.4.2 夏比冲击试样应按本标准 10.2.3.3 制备。

D.2.3.4.3 CVN 冲击试验应按本标准 9.8 和 10.2.4.3 要求进行。

D.2.3.4.4 0℃（32°F）温度下或者如果有协议在更低温度下，每条补焊钢管焊缝和其 HAZ 的全尺寸试样最小平均吸收功（一组三个试样）不应小于 9.8.3 规定的钢管焊缝和其 HAZ 的数值。

当钢管尺寸不允许制备用于补焊工艺评定试验的全尺寸试样，而采用小尺寸试样时，应符合 10.2.3.3 和表 22 的要求。

D.2.4 补焊工艺评定试验的无损检测

应根据 E.3 规定，采用 E.4 规定的射线检验方法、或者 E.5 规定的超声检验方法、或两种方法的组合方法，对补焊工艺评定试验的试样进行检验。补焊区域应满足与 E.4.5 和/或 E.5.5 相应规定相同的验收极限。