



宝山钢铁股份有限公司企业标准

Q/BQB 640—2023

代替Q/BQB 640—2018

管线用厚钢板

Plate for line pipe

2023-04-09 发布

2023-07-01 实施

宝山钢铁股份有限公司 发布

前 言

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

本文件参照 API Spec 5L 第 46 版并结合宝钢生产实际情况制定。

本文件代替 Q/BQB 640—2018《管线用厚钢板》，与 Q/BQB 640—2018 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

——规范性引用文件中增加 GB/T 228.1 的年号，更改了 GB/T 2975、API Spec 5L、SY/T 6476、ISO 12135 的年号；

——增加了第 3 章“术语和定义”。

本文件的附录 A、附录 B 和附录 C 为规范性附录，附录 D 为资料性附录。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部提出。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部归口。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部起草。

本文件主要起草人：黄锦花。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：Q/BQB 640—2018。

管线用厚钢板

1 范围

本文件规定了管线用厚钢板的尺寸、外形、技术要求、检验和试验、标志和检验文件等。

本文件适用于宝山钢铁股份有限公司生产的厚度为6mm~40mm的管线用热轧宽厚钢板（以下简称钢板）。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法（适用部分）
- GB/T 228.1—2021 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 2975—2018 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 8363 铁素体钢落锤撕裂试验方法
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 12778 金属夏比冲击断口测定方法
- GB/T 13299 金属显微组织评定方法
- GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法（常规方法）
- GB/T 20125 低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- API Spec 5L(46版) 管线管规范
- SY/T 6476—2017 管线钢管落锤撕裂试验方法

ISO 10893-9:2011 钢管的无损检测 第9部分：焊接钢管制造用带材/板材层状缺陷的自动超声波检测

ISO 12135:2021 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法

ISO 15156-2:2015 石油和天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第2部分：抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁的使用

ASTM G39—1999(2021) 弯曲梁应力腐蚀试验试样的制备与使用标准方法

NACE TM0177:2016 金属在H₂S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 TM0284:2016 标准试验方法 管线钢和压力容器钢抗氢致开裂评估

Q/BQB 600 厚钢板一般技术要求

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 分类及代号

4.1 牌号表示方法

钢的牌号由代表管线“Linepipe”的首位英文字母“L”和钢管规定的屈服强度的最小值（单位MPa）或者由代表管线“X”和钢管规定的屈服强度的最小值（单位ksi）、代表交货状态热机械轧制“thermo-mechanical rolled”的英文字母“M”组成。当用于酸性服役条件时增加代表酸性“Sour”首位英文字母“S”组成的后缀；当用于海上服役条件时增加代表海洋“Offshore”的首位英文字母“O”组成的后缀；当同时用于海上酸性服役条件下，增加代表海洋“Offshore”和酸性“Sour”首位英文字母“OS”。

例如 1：L450M

L — 代表管线“Linepipe”的首位英文字母；

450 — 代表钢管规定的屈服强度最小值，单位为兆帕（MPa）；

M — 代表交货状态热机械轧制“thermo-mechanical rolled”的英文字母“M”组成；

例如 2：L450MS

L — 代表管线“Linepipe”的首位英文字母；

450 — 代表钢管规定的屈服强度最小值，单位为兆帕（MPa）；

M — 代表交货状态热机械轧制“thermo-mechanical rolled”的英文字母“M”组成；

S — 代表用于酸性服役条件时酸性“Sour”首位英文字母“S”。

例如 3：X60MO

X — 代表管线“X”；

60 — 代表钢管规定的屈服强度最小值，单位为 ksi；

M — 代表交货状态热机械轧制“thermo-mechanical rolled”的英文字母“M”组成；

O — 代表用于海上服役条件时海洋“Offshore”的首位英文字母“O”。

例如 4：X60MOS

X — 代表管线“X”；

60 — 代表钢管规定的屈服强度最小值，单位为 ksi；

M — 代表交货状态热机械轧制“thermo-mechanical rolled”的英文字母“M”组成；

OS — 代表用于海上酸性服役条件时海洋“Offshore”和酸性“Sour”首位英文字母“OS”。

4.2 钢板的牌号、公称厚度、用途如表 1 所示。

4.3 钢板的分类及代号应符合表 2 的规定。

表 1

牌 号 ^a	公称厚度 mm	用 途
L245M/BM、L290M/X42M L320M/X46M、L360M/X52M L390M/X56M、L415M/X60M L450M/X65M、L485M/X70M L555M/X80M、L625M/X90M L690M/X100M	6~40	PSL2 管线用
L245MS/BMS、L290MS/X42MS L320MS/X46MS、L360MS/X52MS L390MS/X56MS、L415MS/X60MS L450MS/X65MS、L485MS/X70MS	6~40	酸性服役条件下 PSL2 管线用
L245MO/BMO、L290MO/X42MO L320MO/X46MO、L360MO/X52MO L390MO/X56MO、L415MO/X60MO L450MO/X65MO、L485MO/X70MO L555MO/X80MO	6~40	海上服役条件下 PSL2 管线用
L245MOS/BMOS、L290MOS/X42MOS L320MOS/X46MOS、L360MOS/X52MOS L390MOS/X56MOS、L415MOS/X60MOS L450MOS/X65MOS、L485MOS/X70MOS	6~40	海上酸性服役条件下 PSL2 管线用

^a 需方可选择“/”前或“/”后的牌号。

表 2

分类项目	级别	代号
厚度公差	厚度公差级别 A	PT. A
	厚度公差级别 B	PT. B
屈服强度	屈服强度范围级别 A	YA
	屈服强度范围级别 B	YB
超声波检测	超声波检测级别 A	UA
	超声波检测级别 B	UB
	超声波检测级别 C	UC
氢诱裂纹(HIC)	HIC 级别 A	HA
	HIC 级别 B	HB
	HIC 级别 C	HC

5 订货所需信息

根据需要，订货时需方应提供包括足以说明所需材料的下述信息：

- a) 文件号；
- b) 牌号；
- c) 规格及尺寸精度（厚度公差级别）；
- d) 边缘状态；
- e) 重量及用途；
- f) 其他（如特殊要求等）。

6 尺寸、外形、重量及允许偏差

6.1 钢板的厚度、宽度、长度、不平度、镰刀弯、对角线之差的允许偏差应符合表3的规定，其他尺寸、外形、重量及允许偏差应符合Q/BQB600的规定。

6.2 根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，可对尺寸、外形及允许偏差提出其他要求。

表 3

项目		允许偏差
厚度	PT. A	-0.4mm, +0.8mm
	PT. B	-2%t, +6%t, 最大不超过-0.5mm, +1.5mm, 其中 t 为公称厚度。
宽度		0~+12mm
长度		0~+30mm
不平度		≤12mm/2000mm (2000mm 表示测量长度)
镰刀弯	公称长度<12000mm	≤12mm
	公称长度≥12000mm	≤12mm/12000mm (12000mm 表示测量长度)
对角线之差		≤15mm

注：通常情况下，除海上服役条件、海上酸性服役条件以外的 PSL2 管线用钢板，长度允许有 5%合同量的短尺。

7 技术要求

7.1 牌号及化学成分

7.1.1 钢的牌号及化学成分（熔炼分析和产品分析）应符合表4的规定。

7.1.2 根据需要，供方可添加表4中所列元素以外的其他元素。

7.2 碳当量

7.2.1 当C≤0.12%时，碳当量（CE_{Pcm}）应按公式（1）计算。

$$CE_{Pcm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \dots\dots\dots (1)$$

其中，当熔炼分析B含量小于0.0005%时，在计算 P_{cm} 时，可将B含量视为0。

7.2.2 当 $C > 0.12\%$ 时，碳当量 (CE_{IIW}) 应按公式 (2) 计算。

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} \dots\dots\dots(2)$$

7.2.3 各牌号的碳当量应符合相应表4的规定。

7.2.4 如需方对碳当量有特殊要求，可经由供需双方协商并在合同中注明。

表4 牌号及化学成分（熔炼分析和产品分析）

牌号	化学成分(质量分数)， %										碳当量 ^a ， %	
	≤										≤	
	C ^b	Si	Mn ^b	P	S	Alt	V	Nb	Ti	其他	CE_{IIW}	$CE_{P_{cm}}$
L245M/BM	0.22	0.45	1.20	0.020	0.010	0.060	0.04	0.04	0.04	d, j	0.43	0.19
L290M/X42M	0.22	0.45	1.30	0.020	0.010	0.060	0.04	0.04	0.04	d, j	0.43	0.19
L320M/X46M	0.22	0.45	1.30	0.020	0.010	0.060	0.05	0.05	0.04	d, j	0.43	0.20
L360M/X52M	0.22	0.45	1.40	0.020	0.010	0.060	c	c	c	d, j	0.43	0.20
L390M/X56M	0.22	0.45	1.40	0.020	0.010	0.060	c	c	c	d, j	0.43	0.21
L415M/X60M	0.12 ^e	0.45 ^e	1.60 ^e	0.020	0.010	0.060	f	f	f	g, j	0.43	0.21
L450M/X65M	0.12 ^e	0.45 ^e	1.60 ^e	0.020	0.010	0.060	f	f	f	g, j	0.43	0.22
L485M/X70M	0.12 ^e	0.45 ^e	1.70 ^e	0.020	0.008	0.060	f	f	f	g, j	0.43	0.22
L555M/X80M	0.12 ^e	0.45 ^e	1.85 ^e	0.020	0.005	0.060	f	f	f	h, j	0.43	0.23
L625M/X90M	0.10	0.55 ^e	2.10 ^e	0.020	0.005	0.060	f	f	f	h, j	-	0.25
L690M/X100M	0.10	0.55 ^e	2.10 ^e	0.020	0.005	0.060	f	f	f	h, i	-	0.25

^a 当碳含量大于0.12%时 CE_{IIW} 适用，当碳含量小于等于0.12%时 $CE_{P_{cm}}$ 适用。

^b 碳含量比规定最大碳含量每减少0.01%，则允许锰含量比规定最大锰含量高0.05%，但对于L245M/BM~L360M/X52M最大锰含量不得超过1.65%；对于L390M/X56M~L450M/X65M最大锰含量不得超过1.75%；对于L485M/X70M~L555M/X80M最大锰含量不得超过2.00%；对于L625M/X90M~L690M/X100M最大锰含量不得超过2.20%。

^c Nb+V+Ti≤0.15%。

^d 除另有协议外，Cu≤0.50%，Ni≤0.30%，Cr≤0.30%，Mo≤0.15%。

^e 除另有协议外。

^f 除另有协议外，Nb+V+Ti≤0.15%。

^g 除另有协议外，Cu≤0.50%，Ni≤0.50%，Cr≤0.50%，Mo≤0.50%。

^h 除另有协议外，Cu≤0.50%，Ni≤1.00%，Cr≤0.50%，Mo≤0.50%。

ⁱ B≤0.004%。

^j 除另有协议外，不允许有意添加硼，残余B≤0.001%。

7.3 冶炼方法

钢板所用的钢采用氧气转炉或电炉冶炼并经过炉外精炼的细晶粒镇静钢。

7.4 交货状态

钢板以热机械轧制状态（TM）交货。

7.5 力学性能和工艺性能

7.5.1 钢板的力学性能和工艺性能应符合表5的规定。弯曲试验后，试样的外表面不得有肉眼可见的裂纹。

表5 钢板的力学性能和工艺性能

牌号	拉伸试验 ^a				冲击试验 ^b -20℃				落锤撕裂试验 ^c -10℃		180° 弯曲 试验 ^d	维氏硬 度HV10 ≤
	屈服 强度 $R_{t0.5}$ MPa	抗拉 强度 R_m MPa	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$ ≤	断后伸 长率 A_{50mm} % ≥	冲击吸收能量 KV_s J, ≥		纤维断面率 FA %, ≥		剪切面积百分数 SA %, ≥			
					单值	均值	单值	均值	单值	均值		
L245M/ BM	255~ 450	415~ 760	0.90	见 7.5.2 条	60	80	80	90	70	85	D=2a	200
L290M/ X42M	300~ 495	415~ 760	0.90		60	80	80	90	70	85		210
L320M/ X46M	330~ 520	435~ 760	0.91		75	100	80	90	70	85		210
L360M/ X52M	370~ 525	460~ 760	0.91		75	100	80	90	70	85		210
L390M/ X56M	400~ 540	490~ 760	0.91		90	120	80	90	70	85		220
L415M/ X60M	425~ 565	520~ 760	0.91		90	120	80	90	70	85		230
L450M/ X65M	460~ 590	535~ 760	0.92		90	120	80	90	70	85		240
L485M/ X70M	495~ 625	570~ 760	0.92		120	160	80	90	70	85		240
L555M/ X80M	555~ 695	625~ 825	0.92		120	160	80	90	70	85		265
L625M/ X90M	625~ 765	695~ 915	0.95		75	100	80	90	70	85		协议
L690M/ X100M	690~ 830	760~ 990	0.97		75	100	80	90	70	85	330	

^a 经供需双方协商，可对表中的拉伸性能指标进行适当调整，以保证钢管成品的横向拉伸性能均符合技术条件的要求。对L690M/X100M钢级，屈服强度采用 $R_{p0.2}$ ，屈强比采用 $R_{p0.2}/R_m$ 。

^b 如需方要求，经供需双方协商并在合同中规定，可规定其他试验温度。

^c 如需方要求，经供需双方协商并在合同中规定，可规定其他试验温度。

^d a为试样厚度，D为弯曲压头直径。

7.5.2 标距50mm时的断后伸长率 A_{50mm} 最小值按公式（3）计算：

$$A_{50mm} = 1940 \times \frac{S_0^{0.2}}{R_m^{0.9}} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

A_{50mm} ——标距50mm时的断后伸长率最小值，%；

S_0 ——拉伸试样原始横截面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

R_m ——规定的最小抗拉强度，单位为兆帕（MPa）。

7.5.3 如需方对钢板的屈服强度范围有特殊要求，经供需双方协商并在合同中明确，可按表6级别订货或另行规定。

表 6 钢板屈服强度范围

级别	规定屈服强度范围MPa	
	屈服强度最小值	屈服强度最大值
YA	钢级规定的屈服强度最小值	钢级规定的屈服强度最小值+120
YB	钢级规定的屈服强度最小值	钢级规定的屈服强度最小值+100

7.5.4 冲击试验

7.5.4.1 冲击吸收能量为一组三个试样试验结果的平均值，允许其中一个试样的试验结果小于规定值，但不得小于规定值的70%。

7.5.4.2 冲击试验仅适用于厚度大于等于6mm的钢板。对厚度大于等于12mm的钢板进行冲击试验时，应采用10mm×10mm×55mm标准试样，试验结果应满足表列的规定值；对厚度大于等于6mm且小于12mm的钢板进行冲击试验时，应采用7.5mm×10mm×55mm或5mm×10mm×55mm的小尺寸试样，其试验结果分别不小于表列规定值的75%或50%。

7.5.4.3 如需方对冲击试验有特殊要求，试验温度、冲击吸收能量和纤维断面率均可由供需双方协议规定。

7.5.5 落锤撕裂试验（DWTT）

钢板的落锤撕裂试验应采用全板厚试样。但对钢板厚度大于19mm，可采用减薄试样，减薄试样厚度为19mm，试验温度降低量应符合表7的规定，落锤撕裂剪切面积百分数应符合表5的要求，但对厚度大于25.4mm的钢板，落锤撕裂试验的验收要求应协商确定。落锤异常断口评定方法按照SY/T 6476-2017附录B执行。

表 7 试验温度降低量

公称厚度，mm	试验温度降低量，℃
>19.0~22.2	6
>22.2~28.6	11
>28.6~40.0	17

7.5.6 维氏硬度

应在钢板宽度 1/4 处横截面上取样，经抛光后测定 HV10，在距钢板上下表面各 1.5mm 和板厚中心 3 个位置共测量 9 个点，位置如图 1 所示。当厚度不大于 10mm 时，试验点可适当减少，但不得少于 3 点。钢板的维氏硬度单值应符合表 5 的规定。

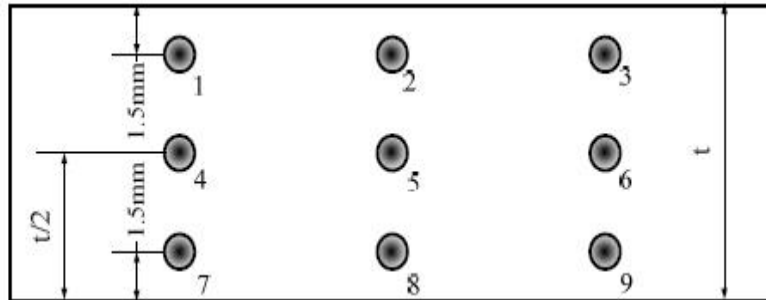


图 1 维氏硬度点位置

7.6 晶粒度

钢板的晶粒度要求应符合表 8 的规定。

7.7 非金属夹杂物

钢板中 A、B、C、D 类非金属夹杂物要求应符合表 9 的规定。

表 8 晶粒度要求

牌号	晶粒度级别
L245M/BM~L390M/X56M L245MS/BMS~L390MS/X56MS L245MO/BMO~L390MO/X56MO L245MOS/BMOS~L390MOS/X56MOS	No. 7级或更细
L415M/X60M~L690M/X100M L415MS/X60MS~L485MS/X70MS L415MO/X60MO~L550MO/X80MO L415MOS/X60MOS~L485MOS/X70MOS	No. 9级或更细

表 9 非金属夹杂物要求

非金属夹杂物类别	A 类	B 类	C 类	D 类
粗系, 级别	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0
细系, 级别	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0

7.8 表面质量

7.8.1 钢板表面不得有裂纹、结疤、折叠、气泡、夹杂和肉眼可见的分层等对使用有害的缺陷，如有上

述缺陷，允许清除，清除的深度不得超过钢板厚度公差之半。清除处应光滑无棱角。

7.8.2 钢板表面允许存在其他不影响使用的局部缺陷，但应保证钢板允许的最小厚度。

7.8.3 不切边交货的钢板，其边缘裂口和其他缺陷，在宽度方向的深度不得大于宽度允许偏差的一半，且应保证钢板的最小宽度。

7.8.4 钢板表面不允许焊补。

7.9 无损检验

需方可按表 10 选择超声检测级别，或经供需双方协商在合同中另行规定。

表 10 超声检测级别

级别	超声检测检验要求
UA	钢板应逐张进行 UT 检测，UT 标准采用 ISO10893-9，板边 100mm 和板体 100%扫查，验收级别 ISO 10893-9 U2/B2。
UB	钢板应逐张进行 UT 检测，UT 标准采用 ISO10893-9；板边 100mm 和板体 100%扫查。钢板四周 150mm 内的分层应视为缺陷，此类缺陷应切净。板体任何方向不应存在长度超过 50mm 分层；长度在 30~50mm 的分层的相互间距应大于 500mm；长度小于 30mm、相互间距小于板厚的若干小分层构成连串性分层，该连串性分层中的所有小分层长度综合不得大于 80mm。
UC	钢板应逐张进行 UT 检测，UT 标准采用 ISO10893-9；板边 150mm 和板体 100%扫查。钢板四周 150mm 内的分层应视为缺陷，此类缺陷应切净。板体任何方向不应存在长度超过 50mm 分层；长度在 30~50mm 的分层的相互间距应大于 500mm；长度小于 30mm、相互间距小于板厚的若干小分层构成连串性分层，该连串性分层中的所有小分层长度综合不得大于 80mm。

7.10 其他特殊技术要求

经供需双方协商，需方可对钢板提出其他特殊技术要求（如成分、带状组织、落锤撕裂、应变时效、冲击吸收能量及纤维断面率、试验温度、CTOD 试验、抗 HIC 性能要求等），具体在合同中注明。

7.11 不同服役条件下钢板的补充要求

7.11.1 酸性服役条件下管线用钢板的补充要求应符合附录 A（规范性）的规定。

7.11.2 海上服役条件下管线用钢板的补充要求应符合附录 B（规范性）的规定。

7.11.3 海上酸性服役条件下管线用钢板的补充要求应符合附录 C（规范性）的规定。

8 检验和试验

8.1 钢板的外观应用肉眼检查。

8.2 钢板的尺寸和外形应用合适的测量工具测量。

8.3 每批钢板的检验项目、试样数量、取样方法、试验方法及取样方向应符合表11的规定。

8.4 取样频率

8.4.1 化学成分分析的取样频率

按炉对化学成分进行熔炼分析。

8.4.2 其他检验项目的取样频率

除非另有规定，否则钢板应成批验收，每批应由同一牌号、同一熔炼炉号、同一厚度规格和同一交货状态的钢板组成。

8.4.3 经供需双方协商，可另外确定组批规则。

表 11 钢板的检验项目、试样数量、取样方法和试验方法

检验项目	试样数量	取样方法（包括取样方向）	试验方法
化学分析 ^a	1 组/炉	GB/T 20066	GB/T 223, GB/T 4336、 GB/T 20123、GB/T 20125 或通用方法
拉伸试验	1 个/批	板宽 1/2 处，横向，GB/T 2975； 板宽 1/2 处，纵向（仅适用于海上服役条件下、海上酸性服役条件下的钢板），GB/T 2975。	GB/T 228.1—2021 方法 B ^c
弯曲试验	1 个/批	板宽 1/4 处，横向，GB/T 2975	GB/T 232
冲击试验	1 组(3 个)/批	板宽 1/4 处，横向， GB/T 2975 图 A.11 a) (近表面)	GB/T 229、GB/T 12778
落锤撕裂试验 (DWT)	1 组(2 个)/批	板宽 1/4 处，横向，GB/T 2975	GB/T 8363
维氏硬度	1 个/批	板宽 1/4 处，横向，GB/T 4340.1	GB/T 4340.1
超声波检验	逐张	—	ISO10893-9
非金属夹杂物	1 个/批	板宽 1/2 处，GB/T 10561	GB/T 10561 中 A 法
晶粒度	1 个/批	板宽 1/2 处，GB/T 6394	GB/T 6394
CTOD（协议）	协商	协商	ISO12135
带状组织（协议）	协商	板宽 1/2 处，GB/T 13299	GB/T 13299
HIC 试验 ^b	A.5.2	板宽 1/4 处和 1/2 处，NACE TM0284	NACE TM0284
SSC 试验 ^b （协议）	A.6.2	板宽 1/2 处，横向，ASTM G39	NACE TM0177
SOHIC 试验 ^b （协议）	A.6.2	板宽 1/2 处，横向，ASTM G39	NACE TM0177, ISO15156-2
如需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，试验方法可采用 ASTM 标准替代本表规定的试验方法。			
^a 对化学成分进行仲裁试验时，按 GB/T 223。 ^b HIC 试验、SSC 试验和 SOHIC 试验适用于酸性服役条件下、海上酸性服役条件下的管线钢板。 ^c 为了改善测量结果的再现性，推荐采用横梁位移速率控制方法，测定屈服强度的横梁位移速率为 $0.00083 \times L_c$ (mm/s) 或 $0.05 \times L_c$ (mm/min)；屈服强度测得后，横梁位移速率为 $0.0067 \times L_c$ (mm/s) 或 $0.4 \times L_c$ (mm/min)。			

9 复验

9.1 冲击试验的复验

如冲击试验结果不符合规定要求时，可以在同一取样产品上另取三个试样进行复验，这时，前后六个试样的平均值应不小于规定值，并且其中低于规定值的试样最多只能有二个，只允许其中一个值小于规定值的 70%。

9.2 其他检验项目的复验应符合 GB/T 17505 的规定。

10 包装、标志、质量证明书

包装、标志、质量证明书应符合 GB/T 247 的规定。

11 数值修约

数值判定采用修约值比较法，数值修约应符合GB/T 8170的规定。

12 附录

本文件牌号与国内外相关牌号对照见附录D(资料性)。

附录 A
(规范性)
酸性服役条件下管线用钢板补充要求

A.1 说明

本附录规定了适用于酸性服役条件下的PSL2管线用钢板的补充要求。

A.2 牌号、化学成分及碳当量

酸性服役条件下PSL2管线用钢板的牌号、化学成分（熔炼分析和产品分析）及碳当量应采用表A.1替代本文件表4的规定。

表A.1 酸性服役条件下管线用钢板的牌号、化学成分（熔炼分析和产品分析）及碳当量

牌号	化学成分(质量分数), %										碳当量, % \leq
	C ^a	Si	Mn ^a	P	S	Al _T	V	Nb	Ti	其他 ^{b, c, d}	
L245MS/BMS	0.10	0.40	1.20	0.015	0.002	0.060	0.04	0.04	0.04	-	0.19
L290MS/X42MS	0.10	0.40	1.25	0.015	0.002	0.060	0.04	0.04	0.04	-	0.19
L320MS/X46MS	0.10	0.45	1.30	0.015	0.002	0.060	0.05	0.05	0.04	-	0.20
L360MS/X52MS	0.10	0.45	1.45	0.015	0.002	0.060	0.05	0.05	0.04	-	0.20
L390MS/X56MS	0.10	0.45	1.45	0.015	0.002	0.060	0.06	0.08	0.04	e	0.21
L415MS/X60MS	0.10	0.45	1.45	0.015	0.002	0.060	0.08	0.08	0.06	e	0.21
L450MS/X65MS	0.10	0.45	1.50	0.015	0.002	0.060	0.10	0.08	0.06	e	0.22
L485MS/X70MS	0.10	0.45	1.50	0.015	0.002	0.060	0.10	0.08	0.06	e	0.22 ^f

^a 碳含量比规定最大碳含量每降低0.01%，锰含量允许比规定最大锰含量高0.05%，但最大锰含量增加量不得超过0.20%。

^b Al_T≤0.060%，N≤0.012%，Al/N≥2:1（不适用于Ti镇静或Ti处理钢）。

^c Cu≤0.35%，Ni≤0.30%，Cr≤0.30%，Mo≤0.10%，B≤0.0005%。对L415MS/X60M~L485MS/X70MS，如有协议，可Mo≤0.35%。对L450MS/X65MS及L485MS/X70MS，如有协议，可Cr≤0.45%。

^d 在有意添加Ca的情况下，除另有协议外，如果S>0.0015%，则Ca/S≥1.5。Ca含量应≤0.006%。

^e Nb+V+Ti≤0.15%。

A.3 力学性能和工艺性能

酸性服役条件下PSL2管线用钢板的力学性能和工艺性能应采用表A.2替代本文件表5的规定。

表 A.2 酸性服役条件下管线用钢板的力学性能和工艺性能

牌号	拉伸试验 ^a				夏比冲击试验 ^b -20℃				落锤撕裂试验 ^c -10℃		180° 弯曲 试验 ^d	维氏 硬度 HV10 ≤
	屈服 强度 $R_{t0.5}$ MPa	抗拉 强度 R_m MPa	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$ ≤	断后伸 长率 A_{50mm} % ≥	冲击吸收能量 KV_s J, ≥		纤维断面率 FA %, ≥		剪切面积百分数 SA %, ≥			
					单值	均值	单值	均值	单值	均值		
L245MS/ BMS	255~ 450	415~ 760	0.92	见 7.5.2 条	60	80	80	90	70	85	D=2a	200
L290MS/ X42MS	300~ 495	415~ 760	0.92		60	80	80	90	70	85		210
L320MS/ X46MS	330~ 520	435~ 760	0.92		75	100	80	90	70	85		210
L360MS/ X52MS	370~ 525	460~ 760	0.92		75	100	80	90	70	85		210
L390MS/ X56MS	400~ 540	490~ 760	0.92		90	120	80	90	70	85		220
L415MS/ X60MS	425~ 565	520~ 760	0.92		90	120	80	90	70	85		220
L450MS/ X65MS	460~ 590	535~ 760	0.92		90	120	80	90	70	85		230
L485MS/ X70MS	495~ 625	570~ 760	0.92		120	160	80	90	70	85		230

^a 经供需双方协商, 可对表中的拉伸性能指标进行适当调整, 以保证钢管成品的横向拉伸性能均符合技术条件的要求。
^b 如需方要求, 经供需双方协商并在合同中规定, 可规定其他试验温度。
^c 如需方要求, 经供需双方协商并在合同中规定, 可规定其他试验温度。
^d a为试样厚度, D为弯曲压头直径。

A.4 超声检测

对于酸性服役条件下 PSL2 管线用钢板的超声检测, 需方可按表 A.3 选择超声检测级别, 或经供需双方协商在合同中另行规定。本文件中表 10 不适用。

表 A.3 超声检测级别

级别	超声检测检验要求
UA	钢板应逐张进行 UT 检测, UT 标准采用 ISO10893-9, 板边 100mm 和板体 100%扫查, 验收需符合 API 5L 46th 附录 K, 表格 K.1 中服役条件为“酸性服役条件”的要求。
UB	钢板应逐张进行 UT 检测, UT 标准采用 ISO10893-9, 板边 100mm 和板体 100%扫查, 验收需符合 API 5L 46th 附录 K, 表格 K.1 中服役条件为“酸性服役条件且有协议”的要求。

A.5 HIC 试验（氢致裂纹试验）

A.5.1 HIC 试样

HIC 试样应按照 NACE TM 0284 要求截取。

A.5.2 HIC 试验频率

HIC 试验频率为同牌号同厚度前 3 炉每炉试验一次；随后，每 10 炉不少于一次。

A.5.3 HIC 试验方法

HIC 试验应采用 NACE TM0284 的 A 溶液，并按照 NACE TM0284 的要求进行试验和报告。

如有特殊需求，供需双方可协商适用的溶液类型及 H₂S 分压等，并在合同中明确。

A.5.4 HIC 试验验收标准

根据管线项目服役条件不同，需方可以选择不同的 HIC 级别，也可组合选择。不同 HIC 级别的 HIC 性能应符合表 A.4 规定。

表 A.4 HIC 性能级别

级别	裂纹长度率 (CLR) ^a	裂纹厚度率 (CTR) ^a	裂纹敏感率 (CSR) ^a	单一裂纹长度
HA	协商	协商	协商	协商
HB	≤10%	≤3%	≤1%	≤5mm
HC	≤15%	≤5%	≤2%	-

^a 为同 1 个试样 3 个截面的平均值。

A.5.5 HIC 复验

如初验不合格，则从同炉同厚度钢板中任取两张进行复验，如果复验结果合格则接收同炉次除初验不合格外其他钢板；如果复验结果中出现 1 张或 2 张不合，则整炉钢板拒收。

A.6 SSC 试验（硫化物应力腐蚀开裂）

如需方要求，经供需双方协商同意并在合同中注明，可进行 SSC 试验。

A.6.1 SSC 试样

SSC 试样在钢板 1/2 宽度处取 1 组（3 个）试样，试样应垂直于钢板轧制方向；试样尺寸（长度×宽度×厚度）应不小于 115mm×15mm×5mm，试样应按照 ASTM G39 要求制备。

A.6.2 SSC 试验频率

同牌号同厚度组成一批，每批取一张钢板。

A. 6.3 SSC试验方法

SSC试验应采用NACE TM0177定义的A溶液，溶液控制应符合NACE TM0177：2005中方法C的规定；试验时间为720h；试验方法采用ASTM G 39规定的四点弯曲法，试样加载应力为钢板规定最小屈服强度的0.80倍。

如有特殊需求，供需双方可协商适用的加载应力、适用的溶液类型及H₂S分压等，并在合同中明确。

A. 6.4 SSC试验验收标准

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

A. 6.5 SSC复验

如初验不合格，则从同炉同厚度钢板中任取另两张钢板进行复验，如果复验结果合格则接收同炉次除初验不合格外的其他钢板；如果复验结果中出现1张或2张不合，则整炉钢板拒收；并重新从后2炉中每炉各取1张钢板进行试验，如均合格则除第1炉钢板拒收外，其他炉次钢板接收；否则所有钢板拒收。

A. 7 SOHIC 试验（应力诱导氢致开裂）

如需方要求，经供需双方协商同意并在合同中注明，可进行SOHIC试验。

A. 7.1 SSC试验合格后，从SSC试验介质中取出试样，按照ISO 15156-2 B. 4. 2. 3的要求进行SOHIC试验的试样处理和判定。每个SSC试样应截取两个纵向截面，截面上不允许出现阶梯状裂纹或者裂纹在试样厚度方向上应不超过0.5mm。

A. 7.2 如初验不合格，则从同炉同厚度钢板中任取另两张钢板按照SSC试验要求进行复验，并按照SOHIC试验方法判定试样，如果复验结果合格则接收同炉次除初验不合格外其他钢板；如果复验结果中出现1张或2张不合，则整炉钢板拒收；并重新从后2炉中每炉各取1张钢板进行试验，如均合格则除第1炉钢板拒收外，其他炉次钢板接收；否则所有钢板拒收。

附录 B
(规范性)
海上服役条件下管线用钢板补充要求

B.1 说明

本附录规定了适用于海上服役条件下的PSL2管线用钢板的补充要求。

B.2 牌号、化学成分及碳当量

海上服役条件下PSL2管线用钢板的牌号、化学成分（熔炼分析和产品分析）及碳当量应采用表B.1替代本文件表4的规定。

表B.1 海上服役条件下管线用钢板的牌号、化学成分（熔炼分析和产品分析）及碳当量

牌号	化学成分(质量分数), %										碳当量, % ≤ CE_{FCM}
	C	Si	Mn ^a	P	S	Al _t	V	Nb	Ti	其他 ^b	
L245M0/BM0	0.12	0.40	1.20	0.020	0.010	0.060	0.04	0.04	0.04	c	0.19
L290M0/X42M0	0.12	0.40	1.30	0.020	0.010	0.060	0.04	0.04	0.04	c	0.19
L320M0/X46M0	0.12	0.45	1.30	0.020	0.010	0.060	0.05	0.05	0.04	c	0.20
L360M0/X52M0	0.12	0.45	1.50	0.020	0.010	0.060	0.05	0.05	0.04	d、e	0.20
L390M0/X56M0	0.12	0.45	1.50	0.020	0.010	0.060	0.06	0.08	0.04	d、e	0.21
L415M0/X60M0	0.12	0.45	1.60	0.020	0.010	0.060	0.08	0.08	0.06	d、e	0.21
L450M0/X65M0	0.12	0.45	1.60	0.020	0.010	0.060	0.10	0.08	0.06	d、e	0.22
L485M0/X70M0	0.12	0.45	1.70	0.020	0.008	0.060	0.10	0.08	0.06	d、e	0.22 ^f
L555M0/X80M0	0.12	0.45	1.85	0.020	0.005	0.060	0.10	0.08	0.06	d、e	0.23 ^f

^a 碳含量比规定最大碳含量每降低0.01%，锰含量允许比规定最大锰含量高0.05%，但最大锰含量增加量不得超过0.20%。

^b $Al_t \leq 0.060\%$, $N \leq 0.012\%$, $Al/N \geq 2:1$ (不适用于Ti镇静或Ti处理钢)。

^c $Cu \leq 0.35\%$, $Ni \leq 0.30\%$, $Cr \leq 0.30\%$, $Mn_0 \leq 0.10\%$, $B \leq 0.0005\%$ 。

^d 可在Nb、V、Ti三种元素中添加其中一种或添加它们的任一组合，且Nb、V、Ti之和不大于0.15%。

^e $Cu \leq 0.50$, $Ni \leq 0.50$, $Cr \leq 0.40\%$, $Mo \leq 0.40\%$, $B \leq 0.0005\%$ 。

^f 对厚度>25mm的钢板，碳当量(CE_{FCM})可以增加0.01。

B.3 力学性能和工艺性能

海上服役条件下PSL2管线用钢板的力学性能和工艺性能应采用表B.2替代本文件表5的规定。且拉伸试验方向取横向和纵向。

表B.2 海上服役条件下管线用钢板的力学性能和工艺性能

牌号	拉伸试验 ^a				夏比冲击试验 ^b -20℃				落锤撕裂试验 ^c -10℃		180° 弯曲试 验 ^d	维氏硬 度HV10 ≤
	屈服 强度 $R_{t0.5}$ MPa	抗拉 强度 R_m MPa	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$ ≤	断后伸 长率 A_{50mm} % ≥	冲击吸收能 量 KV_s J, ≥		纤维断面率 FA %, ≥		剪切面积百分数 SA %, ≥			
					单值	均值	单值	均值	单值	均值		
L245MO/ BMO	255~ 450	415~ 760	0.92	见 7.5.2 条	60	80	80	90	70	85	D=2a	200
L290MO/ X42MO	300~ 495	415~ 760	0.92		60	80	80	90	70	85		210
L320MO/ X46MO	330~ 520	435~ 760	0.92		75	100	80	90	70	85		210
L360MO/ X52MO	370~ 525	460~ 760	0.92		75	100	80	90	70	85		210
L390MO/ X56MO	400~ 540	490~ 760	0.92		90	120	80	90	70	85		220
L415MO/ X60MO	425~ 565	520~ 760	0.92		90	120	80	90	70	85		220
L450MO/ X65MO	460~ 570	535~ 760	0.92		90	120	80	90	70	85		230
L485MO/ X70MO	495~ 605	570~ 760	0.92		120	160	80	90	70	85		230
L555MO/ X80MO	555~ 675	625~ 825	0.92		120	160	80	90	70	85		265

^a 经供需双方协商, 可对表中的拉伸性能指标进行适当调整, 以保证钢管成品的横、纵向拉伸性能均符合技术条件的要求。
^b 如需方要求, 经供需双方协商并在合同中规定, 可规定其他试验温度。
^c 如需方要求, 经供需双方协商并在合同中规定, 可规定其他试验温度。
^d a为试样厚度, D为弯曲压头直径。

B.4 超声检测

对于海上服役条件下 PSL2 管线用钢板的超声检测, 需方可按表 B.3 规定超声检测, 或经供需双方协商在合同中另行规定。本文件中表 10 不适用。

表 B.3 超声检测级别

级别	超声检测检验要求
UA	钢板应逐张进行 UT 检测, UT 标准采用 ISO10893-9, 板边 100mm 和板体 100%扫查, 验收需符合 API 5L 46th 附录 K, 表格 K.1 中服役条件为“海上服役条件”的要求。

附录 C
(规范性)

海上酸性服役条件下管线用钢板补充要求

C.1 说明

本附录规定了适用于海上酸性服役条件的PSL2管线用钢板的补充要求。

C.2 技术要求

力学和工艺性能应符合附录B相应强度级别牌号的要求，成分和其他要求应符合附录A相应强度级别牌号的要求。

附录 D
(资料性)

本文件牌号与国内外相关牌号对照

表 D.1 牌号对照表

Q/BQB640-2023	GB/T 21237-2018	YB/T 4515-2016	GB/T 9711-2017	API Spec 5L
L245M/BM L245MS/BMS L245MO/BMO L245MOS/BMOS	L245M/BM	L245MS	L245M/BM L245MS/BMS L245MO/BMO	L245M/BM L245MS/BMS L245MO/BMO
L290M/X42M L290MS/X42MS L290MO/X42MO L290MOS/X42MS	L290M/X42M	L290MS	L290M/X42M L290MS/X42MS L290MO/X42MO	L290M/X42M L290MS/X42MS L290MO/X42MO
L320M/X46M L320MS/X46MS L320MO/X46MO L320MOS/X46MOS	L320M/X46M	L320MS	L320M/X46M L320MS/X46MS L320MO/X46MO	L320M/X46M L320MS/X46MS L320MO/X46MO
L360M/X52M L360MS/X52MS L360MO/X52MO L360MOS/X52MOS	L360M/X52M	L360MS	L360M/X52M L360MS/X52MS L360MO/X52MO	L360M/X52M L360MS/X52MS L360MO/X52MO
L390M/X56M L390MS/X56MS L390MO/X56MO L390MOS/X56MOS	L390M/X56M	L390MS	L390M/X56M L390MS/X56MS L390MO/X56MO	L390M/X56M L390MS/X56MS L390MO/X56MO
L415M/X60M L415MS/X60MS L415MO/X60MO L415MOS/X60MOS	L415M/X60M	L415MS	L415M/X60M L415MS/X60MS L415MO/X60MO	L415M/X60M L415MS/X60MS L415MO/X60MO
L450M/X65M L450MS/X65MS L450MO/X65MO L450MOS/X65MOS	L450M/X65M	L450MS	L450M/X65M L450MS/X65MS L450MO/X65MO	L450M/X65M L450MS/X65MS L450MO/X65MO
L485M/X70M L485MS/X70MS L485MO/X70MO L485MOS/X70MOS	L485M/X70M	L485MS	L485M/X70M L485MS/X70MS L485MO/X70MO	L485M/X70M L485MS/X70MS L485MO/X70MO
L555M/X80M L555MO/X80MO	L555M/X80M	-	L555M/X80M L555MO/X80MO	L555M/X80M L555MO/X80MO
L625M/X90M	L625M/X90M	-	L625M/X90M	L625M/X90M
L690M/X100M	L690M/X100M	-	L690M/X100M	L690M/X100M