



中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 10004—2010

代替 SY/T 10004—1996

海上平台管节点碳锰钢板规范

Specification for carbon manganese steel plate for offshore platform tubular joints

(API Spec 2H:1999, IDT)

2010—05—01 发布

2010—10—01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

订购 API 2H 钢板的建议 III

1 范围 1

2 参考标准 1

3 交货的一般要求 2

4 制造 2

5 化学成分要求 2

6 机械性能要求 3

7 缺口韧性要求 3

8 标记 4

附录 A（规范性附录） 附加要求 5

前 言

本标准等同采用 API Spec 2H:1999《海上平台管节点碳锰钢板规范》(英文版)。

本标准代替 SY/T 10004—1996《海上平台管节点碳锰钢板规范》。

本标准等同翻译 API Spec 2H:1999。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) 5.2.1 的最大碳当量值,增加公制数据并置于原始英制数据之前。
- b) 表 2、表 3 及表 S2-1 公英制换位表示,公制在前,英制在后。
- c) 原标准中的数据或定量计算方法,凡切合我国实际的均可使用;否则应根据我国的具体情况,使用我国的数据和定量计算方法。
- d) 计量单位以我国法定计量单位为主,即我国法定计量单位值在前,英制单位的相应值标在其后的括号内。为不改变原标准公式、曲线的形状特征、常数和系数,原使用英制单位的,仍沿用英制单位。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由海洋石油工程专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:海洋石油工程股份有限公司。

本标准起草人:焦国栋。

本标准主审人:白秉仁。

订购 API 2H 钢板的建议

在订购按照本标准生产的钢板时，买方应在订单上指定下述内容：

规范	API Spec 2H
数量/尺寸	按照要求
级别	42 或 50
再处理（见 4.2）	说明是否允许按 4.2 进行再处理
化学成分要求（见表 1 脚注 ^b 和 ^d ）	说明是否允许使用钛和/或钒、铈，如果允许，需说明限量
买方在钢厂检验	预告注意事项并提出要求
交货日期及发运要求	按照要求
附加要求	按照要求

买方应在订单上注明由买方任选的下述有关附加要求：

注：本标准第 1 章对部分附加要求的目的和作用进行了说明。

S1	超声波检验	<input type="checkbox"/>
S2	低温缺口韧性	<input type="checkbox"/>
	S2.1 - 60℃的缺口韧性	<input type="checkbox"/>
	S2.2 - 40℃或 - 60℃以外的缺口韧性	<input type="checkbox"/>
	S2.3 较高缺口韧性能量值	<input type="checkbox"/>
S3	逐张钢板试验	<input type="checkbox"/>
S4	厚度方向（Z 向）试验	<input type="checkbox"/>
S5	改善了厚度方向性能的低硫钢	<input type="checkbox"/>
S7	应变时效条件下改善缺口韧性的低含氮量	<input type="checkbox"/>
S8	应变时效夏比 V 形缺口冲击试验	<input type="checkbox"/>
S9	模拟焊后热处理	<input type="checkbox"/>
S11	生产前评定	<input type="checkbox"/>
S12	用落锤试验测定缺口韧性	<input type="checkbox"/>
S13	表面质量	<input type="checkbox"/>
S14	厚度公差	<input type="checkbox"/>

特别注意：不应将本标准解释为委员会倾向于任何材料或工艺，买方应根据自己的经验和钢板的目的用途选择材料和工艺。

海上平台管节点碳锰钢板规范

1 范围

1.1 概述：本标准包括两个级别的最大厚度达 100mm (4in) 的中等强度钢板，此类钢板适用于海洋结构物焊接结构指定的能抵抗冲击、塑性疲劳和层状撕裂的关键部位。这类钢板主要适用于按照 API Spec 2B 进行冷成型和焊接加工。焊接程序十分重要且假定焊接程序适用于此类钢材及其预定用途，但是，这种钢材应适合于在船厂及海上条件下进行施工和焊接。API Spec 2W 和 API Spec 2Y 包括具有相似的机械性能但改善了可焊性的同类钢材。这种改善源于最大允许化学成分的降低，并通过改变热处理方法和（或）工艺得以实现。

1.2 这些钢材主要用于管节点、带加强筋板的结构和其他交叉部位，在这些部位，部分钢板在厚度方向（Z 向）承受拉伸荷载。附加要求 S4 为钢厂提供了钢板厚度方向（Z 向）试验的方法并规定了验收标准。附加要求 S1 为钢厂提供了钢板超声波检验的方法并规定了验收标准。

1.3 针对厚度方向性能非常重要但未对厚度方向（Z 向）试验做出规定的使用情况，附加要求 S5 提供了低硫化学成分，目的在于减小钢板内硫化物夹渣的大小和数量。附加要求 S5 不代替 S4 厚度方向（Z 向）的试验，也不保证厚度方向的最低延展性。但是经验表明，低硫碳锰钢试验表现出的断面收缩率一般至少为 20%，因此，当不要求试验时，可用附加要求 S5 代替附加要求 S4，如果要求对低硫钢进行试验，则应按附加要求 S4 和 S5 订货。

1.4 第 7 章或 S12 中规定的缺口韧性要求适合于水下或气候温和地区 [最低工作温度 - 10℃ (14°F)] 的水上使用。冷加工成形的材料由于应变，其韧性低于原始钢板，特别是在那些由于短粗管和斜撑的固定焊接而经过时效处理的部位。第 7 章中对钢板的要求包含对由于变形和时效导致的韧性损失而应采取的适当的调整措施。然而，化学成分或生产工艺的差异所导致的韧性降低有可能比上述情况大得多。附加要求 S7 和 S8 涉及了应变时效问题，当应变量超过 5% 或“含氮量 × 应变量的百分数”超过 0.040 时，需考虑使用 S7 和（或）S8。附加要求 S8 规定了在指定的温度及可考虑的应变水平下的试验，并建议买方在购买材料经验不足时采用。

1.4.1 对于工作温度较低时的使用情况，应考虑用较低的试验温度。附加要求 S2 规定了在不同于第 6 章或 S12 规定温度下的冲击试验。S2.1 规定了在 -60℃ 下的落锤或夏比 V 形缺口试验。S2.2 规定的该项试验的温度低于 -40℃（不包括 -60℃）。

1.5 制造厂如希望在符合本标准的产品上使用 API 会标，需向美国石油学会表明有关教育、培训、业绩的材料和（或）考核结果并取得认可，保证生产人员有能力从事本标准要求或涉及的化学分析、检验、试验和无损探伤作业。

2 参考标准

本文所参考引用标准的适用版本如下：

API Spec 2B 结构钢管的制造规范

ASTM¹⁾ A6/A6M-98a 结构用轧制钢棒、钢板、型钢和钢板桩的通用要求标准规范

ASTM A20/A20M-97b 压力容器用钢板通用要求标准规范

ASTM A370-97A 钢制产品机械性能试验标准 试验方法和定义

1) 美国材料与试验学会，100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, Pennsylvania 19428 - 2959.

ASTM A578/578M-96 特殊用途普通钢板和复合钢板直波束超声波探伤标准规范

ASTM E23-98 金属材料缺口冲击试验标准 试验方法

ASTM E208-95a 铁素体钢无塑性转变温度下的落锤标准 试验方法

3 交货的一般要求

3.1 按照本标准供应的材料应符合 ASTM A6/A6M-98a 中第 4 章、第 9 章、第 13 章、第 14 章、第 18 章和第 19 章的要求，并应根据第 8 章的要求做出标记。

3.2 应对所有表面进行外观缺陷检验。

4 制造

4.1 除了 4.2 特别允许外，所有钢板都应由钢厂进行正火处理。另外，钢材加工厂可以依照钢厂根据 ASTM A6/A6M 第 6 章的要求利用试件制定的程序对材料进行正火。

4.2 再处理：名义厚度超过 63.5mm (2½ in) 的 50 级钢板正火后，如果未能达到机械性能的最低要求，经过买方批准，可采用调质处理，即加热到 815℃ (1500°F) 和 925℃ (1700°F) 范围以产生奥氏体组织，保温足够的时间使材料整体达到温度均匀，然后在合适的介质中淬火，并在 595℃ ~ 705℃ (1100°F ~ 1300°F) 的温度范围内回火。

5 化学成分要求

5.1 钢材应符合表 1 中规定的化学成分要求和 5.2 的要求。

表 1 化学成分要求

元素		化学成分要求 (质量分数)		元素		化学成分要求 (质量分数)	
		%				%	
		42 级	50 级			42 级	50 级
碳 (最高含量)	熔炼分析	0.18	0.18	镍	熔炼分析	最高 0.04	0.01~0.04
	产品分析	0.22	0.22		产品分析	最高 0.05	0.005~0.05
锰	熔炼分析	0.90~1.35 ^a	1.15~1.60	钛		最高 0.020 ^b	最高 0.020 ^b
	产品分析	0.84~1.46 ^a	1.07~1.72	铝 (总计)	熔炼分析	0.02~0.06	0.02~0.06
磷 (最高含量)	熔炼分析	0.030	0.030		产品分析	0.015~0.06	0.015~0.06
	产品分析	0.040	0.040	氮 (最高含量)	熔炼分析	0.012 ^c	0.012 ^c
硫 (最高含量)	熔炼分析	0.010	0.010		产品分析	0.017	0.017
	硅	熔炼分析	0.05~0.40	0.05~0.40	钒		d
产品分析		0.05~0.45	0.05~0.45	锆		d	d
	熔炼分析	0.05~0.40	0.05~0.40	铈 (最高含量 ^e)	熔炼分析	0.0100	0.0100
	产品分析	0.05~0.45	0.05~0.45		产品分析	0.0110	0.0110

^a 锰含量熔炼分析达 1.60，产品分析达 1.72，允许钢厂选择。

^b 如果有最低值，应商定并在订货单上注明。

^c 不得有意加入。

^d 未经买方特别认可，不得有意加入，此时熔炼分析和产品分析的限量，应商定并在订货单上注明。

^e 如果未有意加入铈或稀土金属，则不需分析。

5.2 碳当量 (CE)：应计算并报告碳当量 (CE)，CE 值按下式确定：

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

5.2.1 最大碳当量值如下所示。

级别	厚度	最大碳当量值
42	≤63.5mm (2½ in)	0.43
	>63.5mm (2½ in)	0.45
50	≤50.8mm (2 in)	0.43
	>50.8mm (2 in)	0.45

- 5.3 任何有意加入的元素和碳当量（CE）公式中的所有元素均应写入报告。
- 5.4 未经买方特别批准，不得有意加入硼、钒、锆、铈和其他稀土金属。
- 5.5 如果加入了 5.4 中列出的任何元素，应根据 8.1 d) 的规定对钢板做出附加标记。

6 机械性能要求

6.1 试件所代表的材料应符合表 2 给出的拉伸性能要求。

表 2 拉伸性能要求

性 能		42 级	50 级
屈服强度（最低值） MPa (ksi)	t ≤ 63.5mm (2.5in)	289 (42)	345 (50)
	t > 63.5mm (2.5in)	289 (42)	324 (47)
抗拉强度 MPa (ksi)		427~565 (62~82)	483~620 (70~90)
延伸率（最小值） %	50mm (2 in)	24	23
	200mm (8 in)	20	18

7 缺口韧性要求

- 7.1 冲击试验应采用夏比 V 形缺口试验。
- 7.2 冲击试验件的取样位置应与代表每一炉钢的最薄部分与最厚部分的拉伸试件的取样位置相近。同一炉号钢少于 50t 时，只做一次试验。如果要求更严格，可执行附加要求 S2 和（或）S12 的规定。
- 夏比 V 形缺口冲击试验：应根据 ASTM A370 第 19 章的规定对三个横向试件进行试验。试件尺寸、试验温度和能量要求示于表 3。由于含碳量和含硫量低，全尺寸试件所需的能量常常超过 ASTM E23 规定的限值。为防止上述情况发生，生产厂家可以依据表 3 中选项 A~E 的规定选择任何尺寸、能量要求和试验温度组合的子样本进行试验。
- 7.3 如果三个试件的平均能量低于规定的平均值，或者单个试件的能量值低于单个试件规定的最低值，则可按下述步骤重做试验：
- a) 对另外三个试件重做试验，每一试件的能量值应大于或等于规定的最低平均能量值。
 - b) 如果重新试验仍达不到所要求的能量值，需要对钢板进行重新正火或调质处理，然后再做试验。
- 7.4 重新正火或调质处理后，按照 7.2 的要求制作试件并评定。

表 3 夏比 V 形缺口试验的缺口韧性要求

级别	选项	试件尺寸 mm×mm	平均最小能量 J (ft·lb)	单个最小能量 J (ft·lb)	试验温度 ℃ (°F)
42	A	10×10	34 (25)	27 (20)	-40 (-40)
	B	7.5×10	34 (25)	27 (20)	-40 (-40)
	C	5.0×10	34 (25)	27 (20)	-40 (-40)
	D	7.5×10	26 (19)	20 (15)	-46 (-50)
	E	5.0×10	18 (13)	14 (10)	-62 (-80)
50	A	10×10	41 (30)	34 (25)	-40 (-40)
	B	7.5×10	41 (30)	34 (25)	-40 (-40)
	C	5.0×10	41 (30)	34 (25)	-40 (-40)
	D	7.5×10	31 (23)	26 (19)	-46 (-50)
	E	5.0×10	20 (15)	18 (13)	-62 (-80)

8 标记

8.1 按照本标准规定供货的钢板，钢厂应根据 ASTM A6/A6M 第 12 章和第 19 章的规定做出标记。如果按照附加要求 S3 订货，则应根据 ASTM A20/A20M 第 13 章和 20.1 的规定和下述附加条件做出标记：

- a) API 会标应用于符合本标准要求的產品并仅限于授权的钢厂使用。希望获得 API 会标许可证的钢厂应向 API 办公室 1220 L Street N. W. Washington D. C. 20005 发函索取申请资料或购买许可使用 API 会标的钢厂一览表，订单号：811-00005。
- b) 42 级钢应标注“API 2H-42”。
50 级钢应标注“API 2H-50”。
- c) 以轧制（未经淬火）状态供货，需由钢材加工厂进行热处理的钢板，应打上尾标“G”；经过正火后供货的钢板，应打上尾标“N”；调质钢板应打上尾标“QT”。例如，经过正火的 50 级的钢板的标记为“API 2H-50N”。
- d) 如果钢板中加入了 5.4 提及的某种化学元素，应在 8.1 b) 列举的钢板标记中紧临“H”之后增加标记“C”（例如“API 2HC-50”）。

附录 A
(规范性附录)
附加要求

经过供需双方共同协商并在订货单上注明时，应遵循下列附加要求。

S1 超声波检验

- S1.1 根据 ASTM A578/A578M-96 的要求对每张钢板进行脉冲反射超声波检验，验收标准为 II 级。任何尺寸大于 75mm (3in) 的夹层（确定为背部反射完全消失）应视为不合格。
- S1.2 应提供每张钢板的检验报告，并用简图注明背部反射大于 50% 的范围。

S2 低温缺口韧性

- S2.1 应根据第 7 章或 S12 的要求进行缺口韧性试验，同时应满足表 S2-1 的要求以代替表 3 或 S12.2。
- S2.2 冲击试验可在低于表 3 或 S12.2 的规定值、且不同于表 S2-1 规定的温度下进行。试验温度应由买方规定并征得钢厂同意。
- S2.3 如果设计要求较高的冲击能量，根据供需双方协议，可规定高于表 S2-1 列出的能量值。

表 S2-1 低温缺口韧性要求，在-55℃ (-67°F) 下做落锤试验“不破断”或夏比冲击试验

级别	试件尺寸 mm×mm	平均最小能量 J (ft·lb)	单个最小能量 J (ft·lb)	试验温度 ℃ (°F)
42	10×10	34 (25)	27 (20)	-60 (-76)
50	10×10	48 (35)	41 (30)	-60 (-76)

S3 逐张钢板试验

- S3.1 当需要对每张钢板都进行试验时，可按照 ASTM A20/A 20M 第 11 章和第 12 章的要求进行订货。

S4 厚度方向 (Z 向) 试验

- S4.1 本附加要求包括用拉伸试件确定断面收缩率的试验程序和验收标准，对于厚度大于或等于 19mm (3/4in) 的钢板，上述拉伸试件的轴线与其钢板表面垂直。定义应符合 ASTM A370 的规定。
- S4.2 试件数量：每张轧制钢板（母材）应取两个试件。
- S4.3 试件的方向：试件的纵轴应垂直于钢板表面。
- S4.4 试件位置：在钢锭的轴线或扁钢坯的纵向中心线与钢板每一边缘或端面交接处各取一个试件。
- S4.5 试件的制作：应根据下述方法制作试件。
- a) 延长部分（夹持端）应与试验用钢板的两个相对表面相连接并使其轴线互相重合。采用的连接方法应使被试验的钢板试件产生最小的热影响区，已经被证明是适用的连接方法有（惯性）摩擦焊、螺柱焊、电子束焊或手工电弧焊。夹持端材料的选择应确保破坏发生在试件的钢板部位。
 - b) 除钢板厚度小于 32mm (1¼in) 时可采用 8.75mm (0.350in) 试件外，试件均应机加工成 ASTM A370 中图 5 规定的 12.5mm (0.500in) 圆形试件的形状和尺寸。

- c) 钢板的整体厚度应均匀一致不得有坡度。试件圆柱部分的长度(见 ASTM A370 图 5 中“G”所示)根据需要进行调整,使得在钢板的厚度处于均匀直径部分的长度范围内。

S4.6 试验:应根据 ASTM A370 的要求进行拉伸试验。

S4.7 验收标准:厚度方向试验的验收标准如下。

- a) 每一拉伸试件的断面收缩率不应小于 30%。如果取自同一张钢板的两个试件之一的断面收缩率低于 30%而不小于 25%,则应在邻近失败的试件处,再切取两个试件重新试验,这两个试件的断面收缩率均应大于或等于 30%。

- b) 根据供需双方协议,可规定采用高于 S4.7 a) 要求的最小断面收缩率。

S4.8 标记:按照本厚度方向实验程序验收的钢板,应在紧随其他要求的标记之后用钢印或模印做出“Z”标记(如“API 2H-50Z”)。

S5 改善了厚度方向性能的低硫钢

S5.1 目的:本附加要求的目的在于通过化学控制提供硫化物杂质含量低的钢板从而减少钢板在连接焊缝区域产生层状撕裂的可能性。

S5.2 化学成分:除熔炼分析硫的最大含量(质量分数)为 0.006%外,钢板的其他化学成分均应符合表 1 的规定。

S5.3 硫化物形状的控制:如果订单要求或允许控制硫化物形状,其控制方法及要求均应经买方和钢厂双方同意。

S5.4 厚度方向试验:本附加要求不要求做厚度(Z向)方向拉伸试验。

S5.5 标记:按照本附加要求验收的钢板,应紧随其他标记之后打上标记“LS”(如“API 2H-50XLS”)。

注:“X”是指 8.1 c) 中要求的“G”,“N”或“QT”。

S7 应变时效条件下改善缺口韧性的低含氮量

S7.1 熔炼分析的最大含氮量(质量分数)应为 0.009%。

S8 应变时效夏比 V 形缺口冲击试验

S8.1 能够代表每一炉钢所产最薄和最厚的钢板、且用于夏比 V 形缺口冲击的试件,在切割试件之前,应使其在轴向拉伸力的作用下产生均匀应变 5%,如果有规定也可以大于 5%,并在 250℃(480°F)温度下时效 1h,由这些试件得到的结果应满足第 7 章的要求。

S11 生产前评定

S11.1 针对来自定点生产厂的、在一定化学成分范围内的钢材,结合具体炼钢和轧制工艺,本附加要求规定了用特殊的焊接和力学试验方法进行生产前评定的要求,其目的在于尽量减少在加工制造现场进行焊接工艺准备和评定所需的时间和试验工作量。

S11.2 API RP 2Z 的第 3 章和第 4 章中包含所要求的专门试验方法。如果钢厂向买方提供了满意的资料,可接受钢厂的生产前评定结果以履行本附加要求。

S11.3 应根据 API RP 2Z 中第 3 章的规定做焊接热影响区裂纹尖端张开位移(CTOD)试验。其中规定了下述试验要求:

热输入: 1.5kJ/mm~4.5kJ/mm (38kJ/in~114kJ/in);

预热温度: 100℃~250℃ (212°F~480°F)。

要求的 CTOD 值:

厚度小于或等于 75mm (3in) 的钢板:

在 -10°C (14°F) 温度下为 0.25mm (0.010in)。

厚度大于 75mm (3in) 的钢板:

在 -10°C (14°F) 温度下为 0.38mm (0.015in)。

如果由钢厂任选或由买方确定, 允许进行热输入范围和预热温度范围更宽、CTOD 值更大或试验温度更低的试验, 应认为满足本附加条款的最低要求。

S11.4 根据 API RP 2Z 中第 4 章的规定, 可焊性试验应采用代表不同拘束等级的两种形式进行试验: 中等级拘束可控热拘束 (CTS) 试验和高等级拘束 V 形坡口试验。

S12 用落锤试验测定缺口韧性

S12.1 应进行落锤试验, 试验应从每批 50t 中取一张钢板或从每炉中取厚度大于或等于 16mm ($5/8\text{in}$) 的那部分钢板。试验的钢板应取每 50t 一批最厚的。

S12.2 落锤试验应根据 ASTM E208 在所选钢板的两个 P-3 试件上进行。试件应在靠近拉伸试验试件处切取, 并在 -35°C (-30°F) 温度下进行试验。两个试件均应在试验温度下满足“不破断”准则, 其结果应写入报告。

S12.3 如果任意一张试验板有一个试件失败 (即“破断”) 了, 则可按下述方法重新试验:

- a) 从失败试件的钢板上另外取两个试件重新试验, 每个都应合格 (“不破断”)。
- b) 如果两个试件中的任意一个在重新试验中又失败了, 那么未经重新热处理和重新拉伸试验、夏比 V 形缺口冲击试验和落锤试验的该炉号钢为不合格。

S13 表面质量

当应用于表面质量非常关键的情况, 钢板应在喷砂和检验状态下供货。轧入的氧化皮或密集凹坑的深度不得超过 0.38mm (0.015in), 且不应产生负偏差。但是, 如果钢板厚度未减小到规定厚度以下, 0.76mm (0.030in) 深的单个凹坑是允许的。其他表面缺陷如撕裂、裂纹、斑点鼓泡和疤痕等是不允许的, 并应在不降低到最小厚度以下的前提下进行修整。只要打磨区域很平滑且打磨并未使板的厚度降低到最小厚度以下, 表面缺陷可以通过打磨清除。

S14 厚度公差

经过供需双方同意, 可订购超过 ASTM A6 所示厚度标准公差 $1/2$ 的钢板。

中华人民共和国
石油天然气行业标准
海上平台管节点碳锰钢板规范
SY/T 10004—2010

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

880×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 23 千字 印 1—1000
2010 年 9 月北京第 1 版 2010 年 9 月北京第 1 次印刷
书号: 155021·6487

版权专有 不得翻印