

ICS 75.180.10

E 94

备案号: 53464—2016

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 7048—2016

海洋结构用钢板生产资格 预评定推荐作法

Recommended practice for preproduction qualification
for steel plates for offshore structures

2016—01—07 发布

2016—06—01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 引言	1
2 参考文献	2
3 热影响区韧性评定	2
4 延迟裂纹试验	11
5 重新评定	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准等同采用 API RP 2Z Recommended practice for preproduction qualification for steel plates for offshore structures (2005年版)。

为便于使用者查阅原文，本标准章节的内容与原文相同，未作改动。

在海洋石油、天然气开发工程设计建造和使用中涉及原标准所在国政府或其他主管当局法令、法规和规定时，一律按中华人民共和国政府或政府主管部门颁布的相应法令、法规和规定执行。

本标准中的计量单位，以法定计量单位为主，即法定计量单位值在前，将英制单位的相应值标在其后的括号内。

为不改变原标准中公式、曲线的形状特征、常数和系数，凡使用英制单位的，仍沿用英制单位。

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。

本标准主要起草人：白海欣、闵波、李淑民、李长锁、徐玉强、魏雄标、王凯锋、苏健。

海洋结构用钢板生产资格预评定推荐作法

1 引言

1.1 目的

本标准的目的是为买方提供一些建议，以减少准备和评定钢板预制焊接程序的时间以及必要的试验（并确保所提供的钢材适合焊接），尤其是热影响区的断裂韧性和抗裂性能。本标准假定它适应等级的钢材和预期用途的焊接工艺是将来单独开发的。

1.1.1 按照采办订单要求，具体测试在第3章、第4章或两章都有描述。

1.1.2 为了保证与本标准相一致，需要特定的轧钢厂按照一定的化学成分、熔炼操作和轧制流程来制造钢板。本标准适合所有按照经过评定的工艺条件下生产出来的材料订单。

1.1.3 任何化学成分或生产工艺显著变化对钢板焊接性能或韧性的不利影响都需要评定，对主要改变需要作单独的全面评定，对于小的改变需按照第5章的要求作简单的再评定。

1.1.4 满足本标准的预先评定是可以接受的。推荐采用较宽热输入范围、较高裂纹尖端张开位移（CTOD）值、较低试验温度进行试验，并且必须满足本标准的最低要求。

1.2 范围

本标准包括生产预评定的各项要求，由指定的钢厂所炼制一定的化学成分范围和一定的轧制工艺生产的钢材的特定焊接和机械性能试验。本标准是一个材料选择和评定的推荐作法，而不是关于钢板焊接作业的。本标准是和 API Spec 2W 和 API Spec 2Y 一起开发并使用的。然而，如果需要的话，它也可以作为其他材料规范（比如 API Spec 2H）的补充说明。

1.3 总的要求

1.3.1 除另外说明外，本标准采用的试件是来自一个炉号，由特定的化学成分所构成的经过评定的钢板。

1.3.2 钢板的轧制、焊接和试验应在制造商的指导和控制下进行，同时也应有第三方或买方代表的监督。

1.3.3 制造商应将钢轧制的详细过程和试验结果编制成文件并将副本提供给买方。然而，保密资料不需要体现在文件中。同时，这个文件中应包含足够的信息，以便买方日后能确认所有必要的工艺程序，并且制造工艺过程有编码标记或者具有追踪工艺变化的标示。

1.3.4 由熔炼分析所确定的钢材化学成分应与钢材加工的现行行业标准一致。在一个典型的宽泛的范围内，钢厂必须指定主要的化学成分和基本变量的限制范围，可以认为生产预评定有效。

在任何一炉的试验能够评定后续生产钢材，见第5章描述。

1.3.5 文件中应包含被测试钢板的全部特性，包括：

- a) 化学成分，包括5.2所述的元素和附加元素。
- b) 拉伸试验，包括极限载荷下的应力—应变曲线。
- c) 夏比V形缺口曲线：每条曲线由至少12个试件组成（至少4种温度，最高、最低和50% FATT），对于试样横、纵向中间厚度处新的评定位置如下：
 - 1) 母材头部，中间宽度；

- 2) 母材头部, 板边缘;
- 3) 母材尾部, 中间宽度;
- 4) 母材尾部, 板边缘。
- d) 落锤无塑性转变温度。
- e) 横断面硬度。
- f) 对于新评定, 中心偏析控制试验包括厚板和铸件的宏观金相。

1.3.6 任何按照 API RP 2Z 评定的钢材应满足试验规定的热输入范围、CTOD 试验温度、材料强度或等级以及厚度。

2 参考文献

所参考的最新版本如下:

ASTM E1290 裂纹尖端张开位移 (CTOD) 断裂韧性测量的试验方法 [Standard test method for crack tip opening displacement (CTOD) fracture toughness measurement]

ASTM STP-995 非线性断裂力学 卷 II: 弹塑性失效 (Non-linear fracture mechanics—Volume II: Elastic plastic failure)

AWS A4.3 扩散氢的测定 (Determination of diffusible hydrogen)

AWS D1.1 钢结构焊接规范 (Structural welding code—steel)

BS 7448-1~2 金属材料焊接临界 CTOD 与临界 J 积分中 K 因子的测定方法 (Method for determination of K_{IC} critical CTOD, and critical J values of welds in metallic materials)

BS 7363 控制温度剧变试验方法和焊接板弯曲试验方法 [Methods For controlled thermal severity (CTS) test and bead-on-plate (BOP) tests for welds]

JIS Z3158 Y 型坡口焊接裂纹试验方法 (Method of Y-groove weld cracking test)

3 热影响区韧性评定

3.1 按照买方和制造商的协商, 每次资格预审应由三组对接焊板作为试件, 这些试件或开 K 型坡口或单边坡口 (如图 1 所示)。焊缝应平行于最终的轧制方向, 并且取材在母材的中间。试件应在资格预审所要求的范围内的最大厚度处取样。

3.1.1 资格预审时的焊接试验应在平焊的位置上进行, 除根部焊道以外, 都应采用埋弧焊, 并且用最低的热输入。在焊接完成及约束解除后, 最大的角变形不应大于 2° 。

3.1.2 资格预审焊接试验时所选择的焊材应保证在最后的热处理后焊接金属的 CTOD 断裂韧性值超过母材热影响区的 CTOD 值, 至少为 0.13mm (0.005in), CTOD 试验温度为 -10°C (14°F) 或所选的试验温度。为了测定焊缝金属的 CTOD 值, 100% 的疲劳裂纹试样应在试验焊接金属在整个厚度上取样, 并且试件厚度中心区域 2/3 处的熔融线在中心线附近 1~2mm (0.04in~0.08in) 处。另外, 还要测量焊缝熔敷金属的硬度并保证其等于或超过母材的硬度。这些要求是为了保证: (1) 低的焊接金属韧性与热影响区低的 CTOD 结果互不影响; (2) 在热影响区测试时, 疲劳裂纹不会加快扩展到焊缝金属软区。该节包含的焊接金属韧性的要求不作为生产用的焊接工艺评定的要求。

3.1.3 下面这三组对接钢板焊接时的预热、热输入、层间温度应在一定的评定范围内。评定的热输入 (电弧能量) 范围应在 0.8kJ/mm~4.5kJ/mm (21kJ/in~114kJ/in) 之间, 除非制造商为他们提供的特殊钢材选择更严格性的热值输入范围 (见 1.3.6)。其中一组焊缝必须在最低的热输入量, 最低的预热/层间温度符合第 4 章限定的值 [100°C (212°F) 或更低一些], 温度测量在位于临近热影响区的每道焊缝起始点, 预热/层间温度可以增加 60°C (140°F)。另外一组焊接的评定在最高热输入

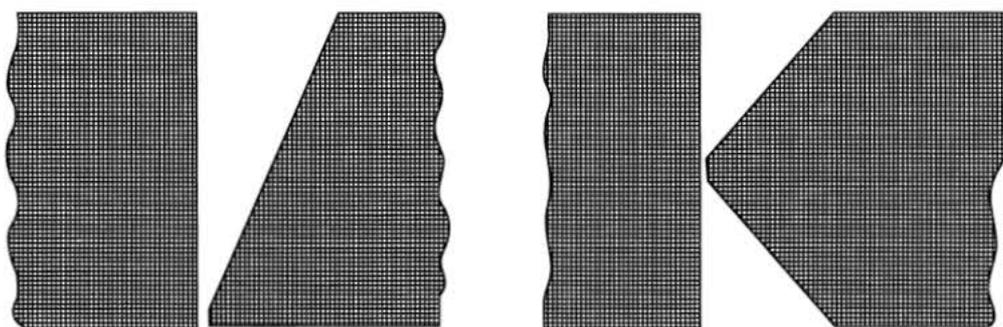


图1 单面坡口与K型坡口焊接准备

量，预热/层间温度在 250℃ (482°F) 或者更高的条件下进行。第三组焊接的热输入为 3kJ/mm (76kJ/in)，预热温度应为 100℃ (212°F)，层间温度不能超过 250℃ (482°F)。应使用适合的设备测量这些参数（炭棒测温仪不能使用）。实际操作中为了得到预期形状的焊缝，热输入在最初或最后的焊道可以临时调整。

3.2 每次焊接试验的热影响区应通过 CTOD 试验和夏比冲击试验来评估。评估之前，如果适用的话，每次焊接试验应进行焊后热处理。焊态及焊后的热处理态的试件应单独评定。如果采用焊后热处理，焊后热处理的曲线图应记录和报告。

3.3 CTOD 试验：在采用最低热输入焊接时，最少要做 8 个有效的 CTOD 试件，在热输入为 3kJ/mm (76kJ/in) 和最高热输入时需要做 5 个有效 CTOD 试件。所有的 CTOD 试验应在 -10℃ (14°F) 下进行，或在最低服役温度下进行。所有的 CTOD 试验应执行 BS 7448-1~2 或者 ASTM E1290（根据制造者的选择），并且优选 (T×2T) 全厚度方向上规格的试件（参见注 1），而且通常疲劳预制裂纹长度超过试件宽度的一半。CTOD 试件长度方向必须垂直于焊缝和钢板轧制方向 (T-L 方向)。焊缝直边必须足够直，以保证厚度方向的切口可被放置在钢板表面的法线方向上，预制裂纹必须保证 75% 的长度在热影响区范围内，并超过试件厚度中心区域 2/3。考虑到无效试件导致试验失败的影响，实际的试件数量可以多于要求的数量（每个 CTOD 试验方法）。在试件准备之前，焊缝加强高可以去除，并且清除钢板原始表面的氧化皮和毛刺。

注 1： 钢板厚度 T 超过 6.3mm (2.5in)，可以采用 $T \times T$ 试件进行测试，包括机械切口和疲劳裂纹在内，深度为试件厚度的 45%~55%。

注 2： 疲劳裂纹在扩展之前，焊态下的试验试件可以采用侧向压力方法释放内应力。这个方法描述在《焊接接头断裂力学试验》(M. G Dawes, et al, in ASTM STP 995 - Non Linear Fracture Mechanics; Volume II - Elastic Plastic Fracture.) 与 BS 7448-2 (Method for determination of K_{Ic} , critical CTOD, and critical J values of welds in metallic materials)。

注 3： 这些 CTOD 试验要求概括见表 1。

3.3.1 如果超过一个试件失败，钢材资格评定失败。如果仅有一个 CTOD 值不满足，就需要额外增加试验，采用同样的焊接要求并且预制裂纹位置按照 CTOD 最低值的试件位置。所有的重新试验必须满足 3.3.8 中定义的重新试验的数量。

3.3.2 这节和接下来的四小节详细介绍被测试的热影响区所要求的区域的最低接收标准和检验方法（见注 4）。这种评估一般在测试完成之后断裂后的试件上进行。然而，在满足标准的情况下，在对试验试件进行切口之前进行预先计划是很有必要的。在切口之前每个试验试件必须腐蚀出热影响区的位置和构造。首先必须检查在热影响区的材料超出试件厚度中心区域 2/3 时，是否包括至少 75% 的切口，如果不能满足这个条件，就需要找一个较直的热影响区的试件来进行新的试验。如果热影响区直线度满足要求，在试验试件上画出切口位置。在最低热输入焊接的条件下，6 个试件的切口要最大限度地贯穿粗晶区（包括不可变、不完全结晶和时效脆化重熔热影响区，如图 3 和图 4 所示）。在 3.0kJ/mm (76kJ/in) 和更高热输入的焊接下，至少 3 个试件的切口要最大限度地贯穿粗晶区。对于

三个给定热输入焊接，至少 2 个试件切口达到图 4d 所定义的“热影响区边界材料”。在切口位置划线完后，要按照 3.3 中所描述的 CTOD 试验方法来进行切口、疲劳开裂和试件试验。

注 4：热影响区的指定区域定义见 3.6。

表 1 CTOD 试验要求

焊接条件 (见 3.1.3)				
标准要求		0.8kJ/mm (20kJ/in) $P/P \leq 100^\circ\text{C} (212^\circ\text{F})$	3kJ/mm (76kJ/in) $100^\circ\text{C} (212^\circ\text{F}) \geq$ $250^\circ\text{C} (482^\circ\text{F})$	4.5kJ/mm (114kJ/in) $P/I \geq 250^\circ\text{C} (482^\circ\text{F})$
CTOD 试验数量	有效热影响区 CTOD 试验 最小数量 (见 3.3)	8	5	
	有断口粗晶区的有效热影 响区 CTOD 试验最小数量 (见 3.3.2)	6	3	
	有断口热影响区 CTOD 试 验最小数量 (见 3.3.2)	2	2	
预裂纹 位置冶 金要求	不管预裂纹位置对普通热 影响区直度检查 (见 3.3.2)	预裂纹与热影响区相交，且占 据试件厚度中心 2/3 部分 的 75%	等同 0.8kJ/mm (20kJ/in)	
	粗晶试件预裂纹位置要求	选择： 1. 等同 3kJ/mm 到 4.5kJ/mm 的 15% (76kJ/in 到 114kJ/in)， 除非粗晶区在熔合线 0.3mm (0.01in) 以内 (见 3.3.5)； 2. 或者尽力定位粗晶区预裂纹 (见 3.3.6)	三个试件呈现出至少粗晶区裂纹的 15% 在熔合线 0.5mm 以内，这 15% 必须在 试件厚度中心 2/3 范围内	
	被侵蚀热影响区边界试件 预裂纹定位要求	选择： 1. 等同 3kJ/mm 到 4.5kJ/mm (76kJ/in 到 114kJ/in)，除非 预裂纹必须在被侵蚀热影响 区边界的 0.3mm (0.01in) 范围内 (见 3.3.5)； 2. 或者尽力定位被侵蚀热影响 区边界材料预裂纹 (见 3.3.6)	两个试件在被侵蚀热影响区边界材料裂 纹的至少 50% 在试件厚度中心 2/3 处	
CTOD 可接受值 (见 3.3.8)	50 级， $\leq 3\text{in} (76\text{mm})$	$\text{CTOD} \geq 0.25\text{mm} (0.010\text{in})$	等同 0.8kJ/mm (20kJ/in)	
	50 级， $> 3\text{in} (76\text{mm})$	$\text{CTOD} \geq 0.38\text{mm} (0.015\text{in})$	等同 0.8kJ/mm (20kJ/in)	
	60 级， $\leq 3\text{in} (76\text{mm})$	$\text{CTOD} \geq 0.30\text{mm} (0.012\text{in})$	等同 0.8kJ/mm (20kJ/in)	
	60 级， $> 3\text{in} (76\text{mm})$	有待同意	等同 0.8kJ/mm (20kJ/in)	
	高于 60 级	有待同意	等同 0.8kJ/mm (20kJ/in)	

表 1 (续)

		焊接条件 (见 3.1.3)	
标准要求		0.8kJ/mm (20kJ/in) $P/I^a \leq 100^\circ\text{C}$ (212°F)	3kJ/mm (76kJ/in) 100°C (212°F) \geq 250°C (482°F) 4.5kJ/mm (114kJ/in) $P/I \geq 250^\circ\text{C}$ (482°F)
拒绝标准 及再试验	起始有效 CTOD 结果的拒绝标准	CTOD 结果如果多于一项低于可接受值则再评定失败 (见 3.3.1, 3.3.9)	
	再试验	1. 使用定量预裂纹定位策略时, 再测试要求等同于焊接热值 3kJ/mm 到 4.5kJ/mm (76kJ/in 到 114kJ/in) (见 3.3.5); 2. 使用尽力预裂纹定位时, 需要 6 项再测试来代替被侵蚀热影响区边界材料较低值及 10 项再测试来代替粗晶区 CTOD 较低结果, 所有再测试必须满足可接受的值 (见 3.3.6)	等同 0.8kJ/mm (20kJ/in) 如果一项 CTOD 结果低于可接受值, 则需要 5 次再测试。所有再测试必须满足可接受的值 (见 3.3.7, 3.3.8)
* P/I = Preheat/Interpass Temperature			

3.3.3 当测试试件断裂之后, 通过 3.3 介绍的 CTOD 试验规则, 试验结果有效性必须进行计算和检查。如果试验结果证明无效, 需要附加试件测试。对于每个有效试件, 要先确定和记录疲劳裂纹的起始方向, 以便同后三小节所提到的标准进行对比。图 5a 为建议选择的剖面。然而, 也可以使用其他方法。这个剖面需要进行抛光、腐蚀以及拍照以用于存档。照片需要放大 3 倍~6 倍, 而且要有足够的清晰度和对比度, 以便在热影响区显微结构中区分出局部的变化。

3.3.4 以最低热输入焊接时, 6 个试件的疲劳裂纹起始位置要求定位在粗晶区, 在母材一侧整个厚度的熔合线 0.3mm (0.01in) 以内 (见注 5)。另外, 至少 2 个试件的疲劳裂纹起点在下临界热影响区中定位 (例如 SCHAZ)。划线的热影响区边界材料定义见 3.6.1 和图 4d。检验平板的后续测试金相图 (如图 6 所定义) 将用于每个试件。以最低热输入焊接时, 预裂纹定位标准可以使用两种方法: 第一种包括通过预裂纹对热影响区微观样本的定量评估; 第二种方法包括对预裂纹的“最佳”定位。第二种方法需要更多的试验。

注 5: 低热输入的焊接件热影响区相对较窄。这个过程的目的就是在粗晶区确定疲劳裂纹的起始位置, 尽管这种材料可能很难辨别。

3.3.5 最低焊接热输入时, 预裂纹分布标准的第一种选择如下:

至少 3 个以上的有效试件需要有疲劳裂纹处在指定的粗晶热影响区, 且至少材料的 15% 在试件厚度方向上中心区域的 2/3 处, 但这 15% 不一定连续。对于这种焊接, 粗晶区被假定在熔合线 0.3mm 范围内。3.6 用于指导金相标准和描述包含在 15% 之内的粗晶区。

至少 2 个以上的有效试件需要有疲劳裂纹分布于指定的被侵蚀热影响区边界材料处, 且至少 50% 在试件厚度方向上的 2/3 处。对被侵蚀热影响区边界材料的定义见 3.6 及图 4d。

所有有效试件中（所有预裂纹位置的结合体）如果仅有一件不满足 CTOD 可接受值，需要进行 5 件重新测试。所有的再测试试件与失败的试件预裂纹位置相同，所有的再测试必须满足要求的 CTOD 值。

3.3.6 对于最低的热输入焊接，对预制裂纹位置选取，第二个选择是尽可能选取所需的微观组织试件，金相切片仅供参考。所有有效试件中（所有预裂纹位置的结合体）如果仅有一件不满足 CTOD 可接受值，如果这个结果是一个粗粒度的试样，然后需要进行 10 次测试；如果是单一的低测试热影响区边界试件，然后需要进行 6 次测试。所有再测试的试件的裂纹位置需要与不满足要求样件的裂纹位置一样，同时所有再测试需要满足 CTOD 值的要求。

3.3.7 对于 3.0kJ/mm (76kJ/in) 以及更高热输入的焊接，至少 3 个以上的有效试件需要有疲劳裂纹处在指定的粗晶热影响区材料的 15% 在试件厚度方向上的 2/3 处，但这 15% 不一定连续（3.6 用于指导金相标准和描述包含在 15% 之内的粗晶区）。在粗晶热影响区中采样的试件切口位置旨在最大可能地相交于熔合线相邻的 SCHAZ 区域。为满足显微试样要求，对中等和高的热输入焊接，切口应位于母材一边熔合线的 0.5mm 之内。对于每个试件，至少 75% 的疲劳裂纹与熔合线或者在试件厚度方向中心区域 2/3 位置的腐蚀热影响区相交。如果需要，另一半断裂的 CTOD 试件有助于结果的确。如果少于 3 个试件符合标准，需要准备其他试件进行试验。如果所有初始的有效测试（结合所有预制裂纹位置）中仅有一项不符合 CTOD 要求，就必须再增加 5 个试件进行试验。所有的再测试将复制不合格 CTOD 试件的预制裂纹位置。所有的测试结果必须满足 CTOD 要求。

3.3.8 对于 3kJ/mm 以及更高热输入的焊接，至少 2 个有效试件疲劳裂纹将会出现在腐蚀热影响区边界材料（例如 SCHAZ），且材料的 50% 位于试件厚度中心的 2/3 处（被腐蚀的热影响区边界材料的定义见 3.6.1 和图 4d）。如果少于 2 个试件符合标准，就要准备其他试件进行试验。如果所有原有的有效测试（结合所有预制裂纹位置）中仅有一项不符合 CTOD 要求，就必须再进行 5 次试验。所有的再测试将复制不合格 CTOD 样品的预制裂纹位置。所有的测试结果必须满足 CTOD 要求。

3.3.9 对于每次测试，按照 3.3 中给定的 CTOD 试验方法的标准为每次 CTOD 试验结果的有效性进行判断，并体现在评估报告中（前面章节中要求，根据热输入，有至少 5 到 8 个这样的结果并且在一些试件能够满足关于疲劳裂纹的附加要求）。

名义最小屈服强度为 60ksi (420MPa) 及以下的钢材可以参考如下标准。原始有效结果不超过 1 个和没有再测试试件的 CTOD 至少满足下列要求：

	名义最小屈服强度为 50ksi (350MPa) 时	名义最小屈服强度为 60ksi (420MPa) 时
厚度小于或等于 76mm (3in)	0.25mm (0.010in)	0.30mm (0.012in)
厚度超过 76mm (3in)	0.38mm (0.015in)	协议确定

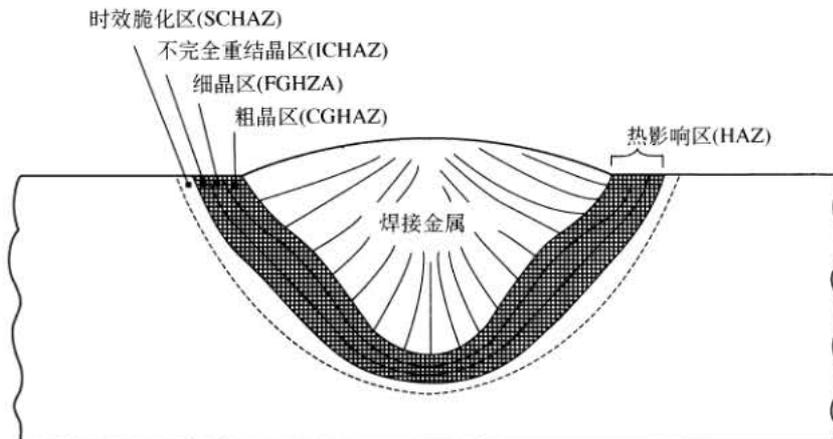
对于名义最小屈服强度大于 60ksi (420MPa) 的材料，CTOD 标准需要制造商和业主之间协商。

3.3.10 为了满足疲劳裂纹位置要求需进行的重新试验，而不是替换失效试件，通常不需要用 3.3.5~3.3.8 中提到的另外做试验的方法，需要经过买方同意才能进行基于重新试验的预评定。这种条件下的文件将包括所有的数据和试验照片（包括失败的），以及重新试验的金相调整方案。

3.4 绘制完整的夏比冲击脆性转曲线至少包括 8 个试件，每个试件都要确定出粗晶区和未变化时效脆化区位于根部和 1/4 厚度区域的位置（共四条过渡曲线）。对于每种情况，V 型缺口根部线应沿着厚度方向并沿焊缝的裂纹扩展方向（T-L 方向）。

3.5 无论试验结果是否有效，所有评定试验结果都要出报告。如果结果无效，还将进行失败原因分析。

3.6 说明：如图 2 所示为平板表面堆焊的横截面的 4 个热影响区。如果按照图 3a 所示焊接第二道焊道时，那么第一焊道的部分热影响区将被消除，同时其他区域也发生显著变化。图 3b 显示图 3a 中确定的热影响区中改变或未改变的定義。



注：粗晶、细晶、不完全重结晶、时效脆化热影响区有时各自代表晶粒增长区、再结晶区、部分转换区与缓和区。

图 2 单道板表面堆焊的不同区域

3.6.1 钢板边缘无坡口侧的多道焊缝中，穿过无坡口侧的重叠热影响区如图 4a 所示。柱状焊缝金属也在图中给出了定义，包括未被后续焊道的热影响区影响的焊缝金属以及时效脆化重熔区域的焊缝金属（例如，焊缝金属的 SCHAZ）。因为这部分焊缝金属未被后续焊道影响，在腐蚀时焊缝金属仍然呈柱状结构。被时效脆化和不完全结晶的重熔的焊缝金属（分别高于 A1 或 A3 温度）在腐蚀过程中不能够展现出完整的柱状结构。焊缝金属热影响区如图 4 所示，加热温度高于相变温度 A_1 的部分用阴影表示，包含不连续的柱状线。重画图 4a，在图 4b 中仅显示未改变粗晶区。重画图 4b，得到图 4c，图中显示时效脆化重熔区和不完全重结晶重熔区。注意未改变的粗晶区和时效脆化重熔粗晶区同熔合线相连接，在未熔化的柱状焊缝金属与母材相连处。疲劳裂纹制件所需的粗晶区大概位置的采样可通过以下步骤来完成：（1）沿着熔合线在未熔化柱状焊缝金属区域划线，（2）第二条与第一条线平行，同时向靠近母材一侧偏离 0.5mm [在最低热输入焊接下为 0.3mm (0.012in)]。在两条平行线之间包括未改变的粗晶区和时效脆化重熔粗晶区。不完全结晶重熔粗晶区线与时效脆化重熔线相邻（如图 4c 所示）。

图 4d 高亮标记出“热影响区边界母材”，注意到热影响区边界是可见的腐蚀热影响区的外框，位于不完全重结晶区与时效脆化区之间。腐蚀热影响区边界母材定义如下：沿着明显的腐蚀热影响区边界画一条线，再画一条与前一条平行的线，但是需要向母材一侧偏移 0.5mm (0.02in) [在最低热输入焊接下为 0.3mm (0.012in)]。两条线之间的区域就是热影响区边界母材。注意热影响区包括不完全重结晶区。

3.6.2 “CGHAZ”的 CTOD 试件的疲劳裂纹应开在能够采样到最大量的未改变的粗晶区、不完全重结晶重熔粗晶区和时效脆化重熔区的地方（如图 4c 所示）。当进行“腐蚀热影响区边界母材”的 CTOD 试验时，疲劳裂纹应开在能够采样到最大量未改变时效脆化区的地方（如图 4d 所示）。为了更好地定义对任何焊缝都适用的未改变粗晶区微观结构，应使用放大倍数为 $5\times$ 和 $10\times$ 的光学显微镜对每个试件的方形熔合边界相邻的热影响区微观结构进行外观检验。这种检验需要按照 3.6.4 和 3.6.5 的规定完成。必须确定每个试件中的晶粒相对尺寸和未变化粗晶区的宽度。未改变粗晶区定义为拥有最大量可见晶粒的区域，它沿着熔合线与未熔合柱状焊缝金属相邻。通过外观检验来确定未改变粗晶区试件在粗晶区开槽的位置。因为粗晶区宽度可随热输入大小、焊缝沿熔合线的位置和钢的化学成分的改变而改变，所以这个检验很重要。另外，更重要的是，因为粗晶区的位置和体积在已给定焊接试件中可能发生变化，所以每个试验试件都要进行检验。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/178134042141006031>