

DNV 海底管线规范 2000 版

结构可靠性方法认为结构分析模型应结合可靠的信息，这些信息是有关于涉及变量和其所带的不确定性。可靠性评估方法所得到的可靠性不是给定的运行条件和环境条件下管道本身的一项客观的物理属性，而是在一种特殊的物理和可能性上建模并运用分析程序得到的可靠性的名义评估。

结构可靠性分析仅仅是整个安全概念的一部分，因为它没有包括总体错误。总体错误是指在管道设计、建设、安装或者运行中的人为错误，这种错误能够导致安全等级远远低于运用局部安全系数设计方法或者专门可靠性设计方法所得到的标准。

在设计中必须满足目标可靠度，以确保达到一定地安全等级。利用下面的设计形式能够进行概率设计检查：

$$P_{f, \text{calculate}} < P_{f, \text{target}}$$

$P_{f, \text{calculate}}$ 是利用已被认可的可靠性方法计算出来的失效概率， $P_{f, \text{target}}$ 是设计被认可所需要满足的目标值。

能被接受的失效概率一般依赖于失效所产生的结果，失效的性质，人受损伤的风险，经济上的损耗，社会（政治）上带来的不便和降低失效概率的耗费和精力上的损失。

事故统计学有助于了解相对失效概率水平，但仅仅是有关 SLS 专门的失效概率，ULS 和 FLS 能够从事故统计学中推导出来。结构可靠性分析所得到的结构失效概率仅仅是个名义值，而不能认为它是一个失效频率的期望值。

C300 特征值

在 LRFD 模式中，用到了所谓的特征值。对强度和抗力来说，那些是较低的分位值，然而，对荷载来说，那些是较高的分位值，但并不总是这样。它们当中典型的例子是屈服强度 SMYS 和荷载 100 年的波动。

在抗力公式中的特征值是一个较低的分位值，屈服强度的期望值一般要高出 8%。这个特点一般容易被忽视，所以不能用来替换通过证明或者测试建立起来的 f_y 。这种替换需要可靠度专家的全面评估。

D. 设计假定

D100 监控

以下将给出一些典型的例子，其中管线监控将是/可能是必要的。

受到水平位移相关的沉降运动影响的管道应当在运行期间受到监控。下沉荷载效应的预计都会有很大的不确定性，解释这些不确定性的设计（为了反映标准中可以接受的失效概率）有时是不切实际的。在这些情况中下沉过程和管道的状态的监控应当是设计原理的一部分。

安装在不稳定海床上的管道在运行期间应当受到周期的监控，在这些地方（管线运行中）很可能发生或者发展自由悬跨。在极端的情况下，是不可能在初始设计考虑这些情况的，并且设计的唯一选择是提供一个自由悬跨监控和预防的偶然性标准。

在运行条件中有不确定因素的情况下（介质的化学成分，水的含量，温度，等），这些因素给腐蚀速率的预测带来了不确定性，介质的严密监控或者腐蚀的检测应当成为设计原理的一部分。

D200 大气和海水的温度

只要在安装时大气和海水的温度比工程设计依据所规定的最小环境温度要高，在安装阶段就应当使用这个最小环境温度（充分考虑了偶然因素）。这一点在以下计算中将被用到，在这些计算中安装时周围温度与最大或最小设计温度的差别对设计起决定作用。

E. 荷载

DNV 海底管线规范 2000 版

E100 局部压力

DNV96 中介绍了局部压力。即与参考压力相对应的管道系统中具体一点的内部压力。应当在一个特定点定义参考压力，一般是在定义在进口处。等于参考压力减去内部介质的重量。

存在下述关系：

$$p_{\text{local,ref}} = p_{\text{ref}} + \rho_{\text{cont}} \cdot g \cdot h$$

存在以下的特定局部压力：

$$p_{\text{ld}} = p_{\text{d}} + \rho_{\text{cont}} \cdot g \cdot h$$

$$p_{\text{li}} = p_{\text{inc}} + \rho_{\text{cont}} \cdot g \cdot h = p_{\text{d}} \cdot \gamma_{\text{inc}} + \rho_{\text{cont}} \cdot g \cdot h$$

$$p_{\text{lt}} = p_{\text{t}} + \rho_{\text{t}} \cdot g \cdot h$$

其中：

$$p_{\text{inc}} = p_{\text{d}} \cdot \gamma_{\text{inc}} = \text{偶然压力}$$

$$\gamma_{\text{inc}} = 1.10 \text{ (通常；最大值)}, \text{ 参见第三章 B300}, 1.05 \text{ (最小值)}$$

$$p_{\text{t}} = 1.05 p_{\text{inc}}$$

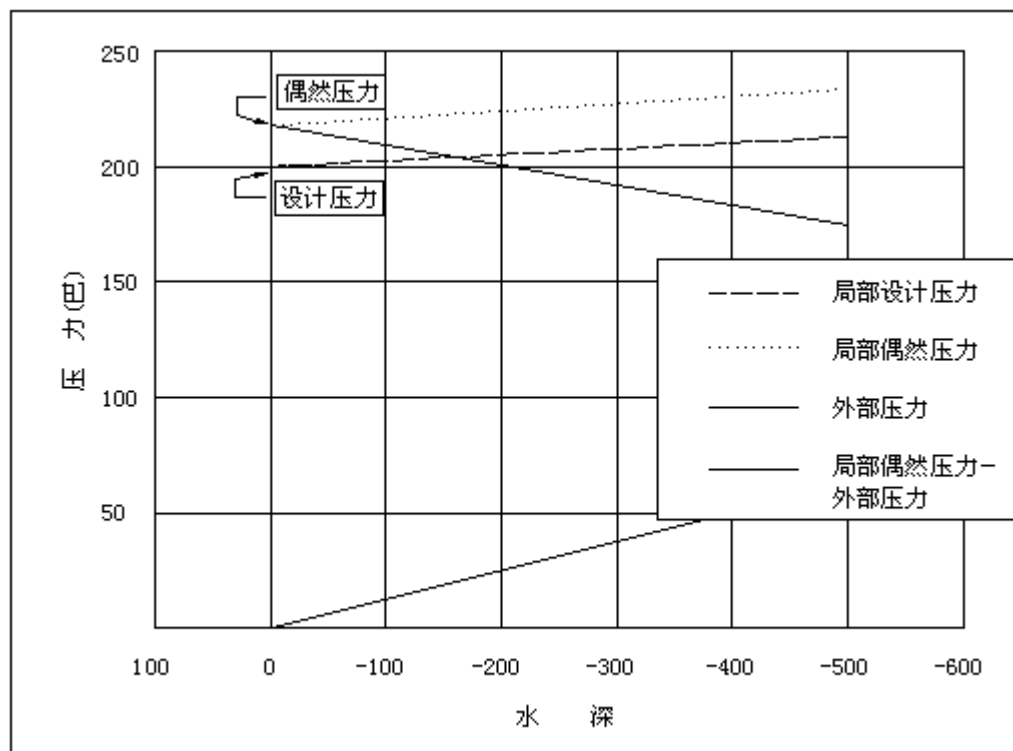
$$\rho_{\text{cont}} = \text{介质密度}$$

$$\rho_{\text{t}} = \text{测试液体 (水) 的密度}$$

$$g = \text{重力加速度}$$

$$h = \text{参考点到海面的垂直距离}$$

下面图形给出了一个例子，这个例子的设计压力是 200 bar，10% 的偶然压力和大约 200 kg/m^3 的介质密度。其中包括了用于压力控制的压力差。



E200 压力转化

偶然压力是设计的控制压力。偶然压力定义为每年超过的概率为 10^{-4} 的压力。

如果给出那了设计压力，偶然压力应当决定于压力调节系统和压力安全系统容差和容量，以确保局部的偶然压力满足上述给出的每年超过的概率的要求。然而设计压力不能低于

DNV 海底管线规范 2000 版

偶然压力的 1/10。因此，由上述要点决定的偶然压力高出设计压力的 10%，那设计压力应当重新定义。同样，如果偶然压力高出设计压力的值小于 5%，应当按 5% 计算。

如果偶然压力不超过设计压力，比如用到了完全关断压力，偶然压力就可以减小设计压力，参见表 3 - 1。

不同的系统对设计压力和偶然压力有不同的定义，比如在管道顶部和管线系统。如果将设计压力从一个系统转换到另一个系统，转换就应当基于此压力每年超过的概率小于 10^{-4} 的原则。这个压力就可被定义为管道系统的偶然压力。设计压力就应当按照上述原则决定。

E300 柱形构件周围的流体速度

柱形构件周围的流体加速度和速度(套筒竖管/构件，柱,等的增加)能够给立管、立管支撑或者管道系统其它组件带来附加的压力。下面的表达式能够被用来计算增加的速度：

$$V_i = V_u \left(1 + \frac{R^2}{z^2}\right)$$

其中：

V_i = 增加的速度

V_u = 标称速度

R = 柱体半径

z = 柱体中心到实际位置的距离

F . 设计标准

F100 总则

在联合产业工程中可以得到建立大部分给定极限状态的基础，其报告书可以从挪威的 Sintef 那儿买到。其中一些结论已经出版，如：Jiao et (1996) 和 Mork et al (1997)。

SUPERB 工程的结论已经包含在 DNV 海底管线标准 1996 (DNV 96) ,并且考虑其它方面而作了修改。然而并不一定要像 SUPERB 研究所考虑的所有极限状态。

在这个新规范中，已经修改了 LRFD 公式的抗力部分，正如第二章所描述的，并且 DNV 96 中的极限状态也相应做了修改。甚至局部屈曲公式也包括了热管工程的一些结论，它允许更充分地利用增压管道。参见例子 Vitali et al (1999)。

F200 材料降低等级

对于设计温度高于 50 度的管道，应该确定相应的降低等级的屈服强度并且要用在相关温度的条件下。这个降低等级的屈服强度仅仅应用于温度升高的场合下，如运行中。

举一个例子，强度 450MPa 的材料在 100 度的环境下运行，它的强度大约要降低 30MPa 也即是 420MPa，这将被用在运行条件下的设计中，除非能够论证其它的强度降低。

一旦材料降低等级后不能满足需要，不能提高材料 SMYS 来弥补降低的强度。应当选择一个具有更高等级的材料。

F300 环境荷载效应系数

荷载环境系数 $\gamma_c = 1.07$ ，位于不平坦海床底的管道，这涉及到荷载效应的不确定性，这是因为重量、刚度、跨度或高度的变化。这就意味着在不平坦河床上安装时的凹陷弯曲评估是不适用的。

F400 压力允许量——等效形式

第五章的压力容量抗力是以 LRFD 的形式给出的。这个与传统的形式相符，传统形式通常以允许环向应力表示，由等式 (12.1) 给出。

DNV 海底管线规范 2000 版

$$(p_{li} - p_e) \cdot \frac{D - t_1}{2 \cdot t_1} \leq \frac{2 \cdot a_U}{\sqrt{3} \cdot g_m \cdot g_{sc}} \cdot (SMYS - f_{y,temp}) \quad (12.1)$$

这个压力差是以局部偶然压力的函数给出。介绍一个荷载因子， γ_{inc} ，反映了偶然压力和设计压力的比，这个公式能够依照水面上的参考点调整，由等式 (12.2) 给出。

$$p_d \cdot \frac{D - t_1}{2 \cdot t_1} \leq \frac{2 \cdot a_U}{\sqrt{3} \cdot g_m \cdot g_{sc} \cdot g_{inc}} \cdot (SMYS - f_{y,temp}) \quad (12.2)$$

通过 (12.3) 式所定义利用率的因子，我们可以得到这样一个标准，如等式 (12.4) 所示。

$$h = \frac{2 \cdot a_U}{\sqrt{3} \cdot g_m \cdot g_{sc} \cdot g_{inc}} \quad (12.3)$$

$$p_d \cdot \frac{D - t_1}{2 \cdot t_1} \leq h \cdot (SMYS - f_{y,temp}) \quad (12.4)$$

$$p_d \cdot \frac{D - t_1}{2 \cdot t_1} \leq \frac{h}{1.15} \cdot (SMTS - f_{u,temp})$$

表 12-2 给出了与 $\gamma_{inc} = 1.10$ (10% 的偶然压力) 相应的利用率因子。

表 12-2 “利用率”因子 γ 用于压力允许量				
利用因子 a_U	安全等级			压力检测
	低	一般	高	
1.00	0.847 ³ (0.873)	0.802	0.698 ¹	0.96
0.96	0.813 ³ (0.838)	0.77	0.67 ²	0.96

1 在标注 1 处，可以用 0.802

2 在标注 2 处，可以用 0.77

3 如果压力试验起决定作用，可以有效的利用这个因子

F500 名义厚度的计算

对无缝管来说制造容许误差通常以名义厚度的百分比给出，而对于焊接管则以绝对量给出。

压力允许量评定标准给出了最小壁厚。随着制造允许误差的不同，腐蚀允许量的大小也会不同。对于以百分比形式给出的制造容差 t_{fab} ，有等式 (12.5)：

$$t = \frac{t_1 + t_{corr}}{1 - \%t_{fab}} \quad (12.5)$$

相应的，基于绝对制造容差， t_{fab} 名义厚度可由等式 (12.6) 给出。

$$t = t_1 + t_{corr} + t_{fab} \quad (12.6)$$

F600 压力允许量标准，偶然压力超出设计压力不超过 10%

DNV 海底管线规范 2000 版

决定壁厚地控制压力是局部的偶然压力。管道系统应当有一个压力控制系统，它能够保证在管道的生命期内，在系统的任何一点超过局部偶然压力的概率很低。如果在偶然压力超过设计压力达到 10% 的情况下，仍能够满足上述条件，此时的管壁厚度就可以使用。

然而，一个更好的控制系统在偶然压力超过设计压力达到 5% 时仍能保证同样的概率，相应应采用较小的壁厚。在 (12.3) 式中这种情况对应较小的 γ_{inc} 。

F700 局部屈曲——凹陷

凹陷压力 p_c 是下列因素的函数：

——弹性能力

——塑性能力

——椭圆度。

除了安全储量，此标准中采用的公式与 BS8010 是相同的。此公式由 (12.7) 给出，其中的弹性和塑性能力分别由 (12.8) 和 (12.9) 定义。

$$(p_c - p_{el})(p_c^2 - p_y^2) = p_c p_{el} p_p f_0 \frac{D}{t_2} \quad (12.7)$$

$$p_{el} = \frac{2E \left(\frac{t_2}{D} \right)^3}{1 - \nu^2} \quad (12.8)$$

$$p_p = 2 \cdot f_y \cdot a_{fab} \cdot \left(\frac{t_2}{D} \right) \quad (12.9)$$

这个三次多项式有如下的解析解：

$$p_c = y - \frac{1}{3}b \quad (12.10)$$

其中：

$$b = -p_{el}$$

$$c = - \left(p_p^2 + p_p p_{el} f_0 \frac{D}{t_2} \right)$$

$$d = p_{el} p_p^2$$

$$u = \frac{1}{3} \left(-\frac{1}{3}b^2 + c \right)$$

$$v = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{27}b^3 - \frac{1}{3}bc + d \right)$$

$$\Phi = \cos^{-1} \left(\frac{-v}{\sqrt{-u^3}} \right)$$

$$y = 12\sqrt{-u} \cos\left(\frac{\Phi}{3} + \frac{60p}{180}\right)$$

F800 局部屈曲——弯矩

对于屈服和椭圆变形失效模式，在 $15 \leq D/t \leq 60$ 的范围内，此给定的公式是有效的。直到 D/t 达到 45，这些失效模式将比其它失效模式提前发生发生，比如弹性屈曲，因此不需要检验。

当 D/t 高于 45 时，必须单独检验弹性屈曲，通常是利用有限元分析，此时为了解决类似于自然厚度变化的不确定性我们保证 D/t 在实际 D/t 上有足够的“安全储备”。

除了需要检查弹性屈曲，薄管比其它管道更易受缺陷影响。我们应当作如下特殊考虑：

——围焊和围焊处的错位

——集中荷载，比如点支撑

如果在有效范围内证明了弹性屈曲不会发生，并且缺陷被认为是可以接受的，标准就可以延伸到 $D/t=60$ 。

F900 局部屈曲——围焊因子

管道包括围焊的研究表明围焊对管道的压应变能力有很大的影响，参见 Ghodsi et al (1994)。当 $D/t = 60$ 时曾经发现有 40% 的减少。对于 D/t 取更小的值时围焊的影响，我们没有已知的试验数据。

有人假设这有害的效应是因为屈曲的发生，而屈曲的发生又是因为在受压边焊接的缺陷造成的。如果这是对话，对于较高的 D/t 值，此效应就被过于夸大了。应当用检测或者有限元计算来得到围焊因子。

如果没有其它资料并且假定减少是由于受压边的错位，那么在 $D/t = 20$ 时，此降低就可以忽略不记。其余的可由 $D/t = 60$ 用内插法得到。

如果没有其它的资料，下面的建议采用下面的围焊因子。

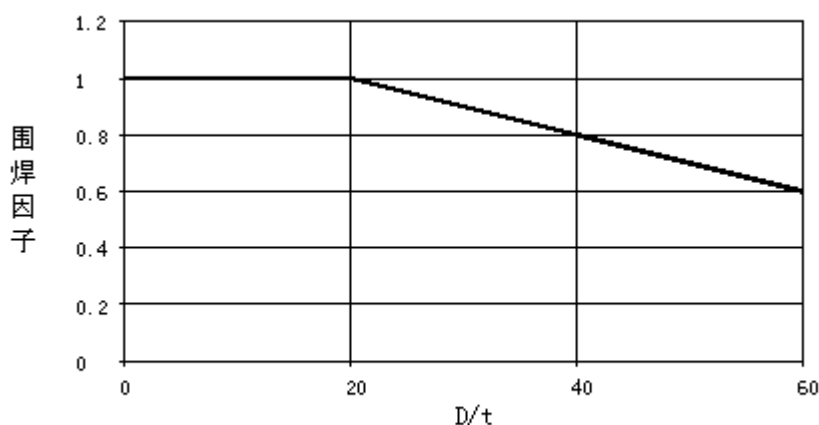


图12-1 围焊因子的建议值

F1000 局部屈曲——传播压力

传播压力是沿着管道能够持续使屈曲持续发展的压力。这意味着为了产生发展的屈曲，管线屈曲传播现象之前必须存在一处缺陷。发展的屈曲将会一直传播下去，直到压力小于传播压力为止。

管道通常没有设计来避免传播压力的产生，从这一方面来说传播压力并不是设计的控

DNV 海底管线规范 2000 版

制参数。然而，对于多数管道来说，因为低的水头或者高的内部压力（为了压力控制需要厚的管壁）它们能够避免传播压力。一旦管道不能避免传播压力的发生，为了避免大部分的管道被压平，就应当以特定的间隔安装屈曲防止装置。这依据成本评估来进行。

决定传播压力的试验通常是静态的，一定容量的水被抽到压力容器里，在那里放置着带有初始屈曲的样本，并且维持压力为传播压力。这个程序严重的偏离了真实的传播屈曲。区别如下：

- 因为惯量减少屈曲处的压力会较高
- 变形模式可能会不同；这就意味着在屈曲传播过程中经历的应变过程会有不同
- 应力应变关系对应的是静态的情况，然而在实际情形中可能因为高的应变等级而产生更高的值。

然而在实际的情形下，当发展的屈曲达到一个较低的压力水深时，屈曲将会停止发展。在这一点，发展的屈曲将会从动态转变为静态。从中得到了一个最重要的结论：既然屈曲经历了动态和静态情况，那从动态和静态条件中得到的最保守的估计是可以运用的。并且，它并不一定像最初看上去那么的保守。

传播压力相关的安全因子是基于条件概率的，即：在管道不能够抵抗压力的概率下还包括屈曲发生的概率。这就意味着抵抗传播压力失败的概率就它本身来说要高其它 ULS 极限状态的概率 10%-20%。

F1100 局部屈曲——屈曲防止装置

屈曲防止装置通常被设计以抵抗传播压力。管道的传播压力抗力是基于一个无限管的，所以在设计屈曲防止装置时应当考虑长度。一个短的屈曲防止装置应当厚于一个长的屈曲防止装置。

设计屈曲防止装置的绝大部分公式是基于下面三个部分：

- 管道的传播压力
- 屈曲防止装置的传播压力
- 所谓的交叉压力

交叉压力是当屈曲防止装置足够短时是管道的传播压力，而当屈曲防止装置比较长时就是屈曲防止装置的传播压力。因此交叉压力是管道的传播压力，屈曲防止装置的传播压力和它的长度的函数。尽管传播压力公式中已经包含了安全因子，但是对于屈曲防止装置的传播压力，建议将安全因子提高 15%（35 到 30）。这样就将失效概率等级提高到一个绝对安全的等级，这符合标准 ULS 核查。

关于屈曲防止装置的讨论，比如在 Sriskandarajah（1987）中给出。

F1200 局部屈曲——允许应力设计形式

允许应力设计（ASD）检查可以在内部过压的起始设计阶段作为局部屈曲的最初的简单判别标准。它并不能取代应用于最终设计的 LRFD 标准。

应当满足下列应力条件：

$$s_e \leq h \cdot f_y$$

$$s_l \leq h \cdot f_y$$

其中：

$$s_e = \sqrt{s_h^2 + s_l^2 - s_h s_l + 3t_{lh}^2}$$

$$s_h = \Delta p_d \left(\frac{D - t_2}{2t_2} \right)$$

s_e = 等效应力

s_l = 纵向应力

γ = 表 12-3 给出的利用率因子

f_y = 屈服强度，参见表 5-2

t_{lh} = 切向应力

表 12-3 用于等效应力检查的利用率因子， γ

安全等级	低	一般	高
γ	1.00	0.90	0.80

用于应力检查的所有荷载因子应当统一。条件荷载因子应当应用在相关条件和相关应力分量上。

F1300 局部屈曲——增加的弯矩

对于受到不同方向弯矩作用的管道部分，应当考虑因子荷载效应，比如：x 方向的功能弯矩和 y 方向的环境弯矩应当以以下公式计算：

$$M_d = \sqrt{(g_F \cdot M_{F,x})^2 + (g_E \cdot M_{E,y})^2} \quad (12.11)$$

荷载效应因子应当应用于各个单独的部分。

F1400 椭圆度

这个标准中在三个不同的地方提到了管道椭圆度：

——第五章 D800 规定了最大允许椭圆度 $f_0=3\%$ 。这运用于管道的安装阶段。这个限制是因为给定的抗力公式没有明确包含椭圆度，和这一段陈述的其它功能性方面。

——第五章 D503 给出了最小椭圆度 $f_0=0.5\%$ ，以考虑用于系统崩溃检查和荷载组合。崩溃公式明确的包含了椭圆度，对于大的椭圆度有较低的抵抗力，因此规定了一个最小椭圆度。

——表 6-14 和表 6-15，尺寸上的要求，列出了制造商给的最大允许不规则度。

受到弯曲应变的管道椭圆度可以用 (12.12) 估计。这是一个没有任何安全因子的特征公式。

$$f_0' = f_0 + \frac{\left(0.015 \left(1 + \frac{D}{120 \cdot t} \right) \left(2e_c \frac{D}{t} \right)^2 \right)}{1 - \frac{P_e}{P_c}} \quad (12.12)$$

更多的资料，参考 Murphey (1985)。

G 断裂机理

G100 工程断裂评估 (ECA) ——以应变为基础的设计

BS7910 中介绍的为不稳定断裂评估所作的断裂力学模型被公式化为以应力为基础的评估，并且在荷载控制情况下也建议用此模型。对于管道放置方法所涉及到的塑性应变，这些模型通常不能直接使用。因此，在下文给出了以应变为基础的设计的一些指导，它的目的是定义那些利用 BS7910:1999 进行评估所需的输入参数。BS7910:1999 中说明了这些专门术语。

在应变水平大大超过屈服应变时，安全的运用基于应变的设计的必要条件是管道主要

DNV 海底管线规范 2000 版

是在控制位移的条件下加载的。仅有可控源引起的荷载大小包括特有的安全因子，远远低于塑性屈服等级时，这就可认为满足规定条件。

对于局部位移控制，包括由于裂纹发展所引起的应力松弛的情况，我们不应作出任何假定。

基于应变的设计以第三评估等级来进行，这要求断裂抗力曲线（J - R 或 d - R 曲线）根据 BS7748 第四部分标准或者等效的标准来通过实验来建立。这样就能够保证一个潜在的焊缝缺陷不会因为塑形撕裂而导致管道崩溃。更进一步对安装阶段作出的基于等级 3 评估给出了安装后的缺陷尺寸信息。这些信息是评估运行中可能的疲劳裂纹扩展和不确定的断裂所需要的。

基于等级 2 的评估认为围焊在运行过程中不会处于那些可能导致疲劳裂纹扩展失效或者不确定断裂的条件中，并且认为这个观点是安全的。

增加荷载比率极限到 $L_{\max} = s_U/s_Y$ 是可以接受的。即：极限抗拉强度（以真实应力表示）与屈服应力的比。

这个材料特定的需要材料应力应变曲线知识的失效评估图（FAD）必须用来避免非保守或者过保守的预测。对于评估焊接金属内部的缺陷，FAD 应当从所有焊接金属的抗拉试验中得到。对于评估在熔解线上和在 HAZ 里的缺陷，FAD 应当从母（被焊物）材料的抗拉试验中得到。在 0.20% 永久应变或者更低的屈服点的各自的屈服应力值应当从同样的应力应变曲线中得到。

设计应变应当通过考虑应变集中和安全因子的弹塑性分析中计算得出。在缺少相关应变集中因子（SNCF）的情况下，SNCF 可以从相同几何形状和加载模式的弹性应力集中因子（SCF）中得到，这与诺伊贝尔规律一致。（为了简单起见 SNCF 应当保守的认为是 SCF 的平方。）（直接运用 SCF 于初始应力可能导致过于保守的结果。）

初始应力应当从设计应变处的母材料的真实应力 - 真实应变曲线中得到。

注意，对于初始应力和在熔解线上和在 HAZ 里的缺陷的 FAD，母材料的应力 - 应变曲线都是决定性的。为了避免全局的错误，在两个目标中运用同样的母材料的应力应变曲线是必要的。同样注意的是，对于保守的基于应变的评估，母材料的应力 - 应变曲线应当代表一个上限曲线，给出的是初始应力的一个上限估计值。然而，下限的焊接金属的应力应变曲线应当被应用于得出一个保守的评估在焊接金属内部缺陷的 FAD。

在 BS7910:1999 标准中，焊接残余应力作为第二应与和应力松弛现象一起通过提高初始应力来考虑进去。另外的一种方法是把焊接应变（焊接应力除以弹性模量）加在设计应变中以确定初始应力。后者不允许通过增加初始应力来考虑应力松弛现象。

G200 ECA——周期加载进入塑性状态

在周期加载情况下塑性撕裂裂纹扩展的机理，比如通过铺设管道，目前还没有完全摸透。然而，下面给出了指导基于等级 3 的不确定断裂的评估的一些建议。由于这些建议涉及到不确定性，因此在积累应变很大的情况下，结论应当利用试验来证实。

假定稳定裂纹的扩展仅仅发生在拉应力的情况下。在每次加载周期内拉伸荷载的塑性变形有助于稳定的裂纹扩展，这种情况纯再弹性加载或卸载是没有的。

对于每一次应力 - 应变周期应当定出在加载处和卸载处零应力的塑性应变差。总共施加的应变应当由所有荷载周期的塑性应变之和，加上最大应力的一次荷载周期的弹性应变得到。

设计应变应当由施加的应变乘上相关的安全因子。更进一步的评估应当以 G 中所述的那样进行。

G300 断裂韧性试验

裂缝尖端的约束决定了劈开断裂和塑性撕裂的抗力。标准化的断裂韧性试验样本通常切割的很深和承受弯矩作用,这就给出了最强的裂缝尖端的约束和较低的断裂韧性值。然而,管道焊缝通常主要受到膜应力和拥有比标准试样的刻痕长度更小的焊接缺陷。因此,用非标准试件试验得到了管道焊接缺陷裂缝尖端约束的更接近的结果,这证明用非标准试件是合理的。

通过试验标准从荷载与位移记录中得到的公式可能并不适用于非标准试样。因此断裂韧性应当由下述技术之一或者其它已被证明的方法得到。

如果能够保证试样的刻痕长度并不短于 ECA 评估中得到的最严重焊缝缺陷的高度,带着更小刻痕长度,满足 BS7448 或等效标准的 SENB 实验材料可以被用来得到 ECA 中用到的断裂韧性。

SENB 实验材料的断裂韧性可以从荷载与测距夹的记录通过下述公式得到:

$$J = \left[\frac{FS}{BW^{1.5}} \times f\left(\frac{a}{W}\right) \right]^2 \frac{(1-\nu^2)}{E} + \frac{h_p A_p}{B(W-a)}$$

$$h_p = 3.785 - 3.101\left(\frac{a}{W}\right) + 2.018\left(\frac{a}{W}\right)^2$$

其中 A_p 是力与裂缝开口位移 (CMOD) 曲线所成的面积。其余参数的定义参考 BS7748。

301 如果总的位移, V_g , 是距物理裂缝开口距离 $Z=0.2a$ 的位移值, 那么 CMOD 可由下式计算:

$$CMOD = \frac{V_g}{1 + \frac{z}{0.8a + 0.2W}}$$

302 CTOD 值, d , 能够以下述公式从 J 计算得到:

$$d = \frac{J}{mS_{YS}}$$

$$m = 1.221 + 0.739\frac{a}{W} + 2.751n - 1.418n\frac{a}{W}$$

$$n = 1.724 - 6.098\left(\frac{S_{YS}}{S_{TS}}\right) + 8.326\left(\frac{S_{YS}}{S_{TS}}\right)^2 - 3.965\left(\frac{S_{YS}}{S_{TS}}\right)^3$$

如果能够保证试样的刻痕长度并不短于 ECA 评估中得到的最严重焊缝缺陷的高度, 其余试验试件的配置, 例如: 承受压力的试件, 可以被用于推导 ECA 中要用到的断裂韧性。

断裂韧性能从荷载与夹式引伸计的位移记录中利用下述原理之一得到:

—— J 值与裂缝开口位移或者加载点的位移能够通过利用测试材料的应力应变曲线来进行非线性弹塑性有限元分析得到。

——CTOD 值能够利用双夹式引伸计测量得到。裂缝面的张开位移可以通过剪裂缝开口处的两个不同的距离 z_1 和 z_2 测量得到。比如, 在原点和 2mm 处。CTOD 可利用下式由荷载 - 位移曲线得出:

DNV 海底管线规范 2000 版

$$d = \frac{(1 - \nu^2) k_1^2}{2E} + V_{p1} - \frac{a + z_1}{z_2 - z_1} (V_{p2} - V_{p1})$$

其中：

k_1 受载的应力强度因子

V_{p1} 和 V_{p2} 分别在 z_1 和 z_2 处夹式引伸计位移的塑性部分值。

H. API 材料等级

101 表 12 - 4 列出了从 X80 到 X42 的 API 要求。详细资料参见直线管的 API 说明书 (API 说明书 5L)。在下表以单位 MPa 给出的 SMYS 和 SMTS 值是从 API 说明书 (单位 ksi) 中转化得到的, 并且与此标准第六章表 6 - 3 给定的力学属性有一点不同。

表 12 - 4 API 材料等级				
API 等级	SMYS		SMTS	
	ksi	MPa	ksi	MPa
X42	42	289	60	413
X46	46	317	63	434
X52	52	358	66	455
X56	56	386	71	489
X60	60	413	75	517
X65	65	448	77	530
X70	70	482	82	565
X80	80	551	90	620

ksi = 14.5038MPa ; ksi - 1000psi (lbf/in²)

I. 组件和装配

I100 弯管

应当注意的是母管应当受到与第 6 章 E1100 一致的流体静力学测试。然而这不包括第 6 章 E1108 中提到的宽松的要求。

对于由衬管或者直线管做成的弯管, 应当给予特别的注意以防止衬管/直线管的分离和/或者起皱纹。获得 3D 或 5D 所要求的曲率半径而不分离和/或者起皱纹是困难的或是不可能的。

I200 立管支撑

立管支撑被设计用来保证立管与支撑之间荷载的平滑传递。

立管支撑通常设计成至少与它们支撑的立管有着相同安全等级的能抵抗可能失效模式的支撑物。然而总体的安全考虑表明: 总体安全随着特定支撑的失效荷载的减少而增加, 这就将决定支撑的设计 (弱联接原则)。

检测/控制方法应能够保证安装的正确性, 这要与设计假定一致。

对于螺栓联接, 应当考虑摩擦因素, 金属板或壳的应力, 松动, 管道的挤压, 应力腐蚀裂缝, 螺栓疲劳, 脆断和其它相关因素。

对于带着倍压器和/或者加力金属板的支撑, 应当考虑层状撕裂, 脱出, 单元应力, 有效焊接长度, 应力集中和过度的旋转。

在立管支撑依靠摩擦传递荷载的地方, 应该利用适当的分析方法或实验测试的数据来证明在结构的生命期内, 立管支撑能够提供足够的传递荷载, 并维持下去。柱头螺栓被设计

DNV 海底管线规范 2000 版

用来监控在设计寿命内剩余螺栓的张力。在每个联接处通过一些安装在柱头螺栓里的螺栓受力显示器可以做到这一点。

剩余最小的柱头螺栓的预拉伸水平应当在设计阶段决定。柱头螺栓的预拉伸是必须施加的。

设计应可在一个联接处的所有柱头螺栓能够通过螺栓张拉插孔同时被预拉。

应当考虑用橡胶衬套的灯和材料抵抗蠕变、海水和空气或阳光的长期性能。

当计算立管支撑的疲劳寿命时，所有相关荷载应当被考虑进去。

I300 J 型管

在计划寿命期内，J 型管系统的设计原则是它能够令人满意的工作和抵抗相关的失效模式。

——路线的决定基于下面的考虑

——平台的配置和顶端的布局

——需求的空间

——J 型管的移动

——电缆/管线的接近程度

——J 型管的保护

——作业的检测和维护

——安装时的考虑

J 型管通常以焊接联接起来。对 J 型管来说，安装阶段的荷载包括：

——装载

——运输

——吊装

——运行

——倒置

——对接

——压力试验

——临时支撑

应当考虑由于联接管道的热胀冷缩所引起的挠曲效应。

应当考虑由于 J 型管的挠曲或者附带支撑的结构引起的荷载。

应当考虑基础处理带来的 J 型管和支撑的荷载。J 型管和支撑可能受到的偶然荷载是与不正确的运行或者技术性失效，比如：火，爆炸和冲击荷载。相关的偶然荷载及其大小应当基于风险分析决定。

对于在飞溅区的 J 型管和支撑系统，船只的冲击荷载应当被考虑。通常 J 型管和支撑的路线应当设在结构内以避免船只冲击。

落物产生的偶然荷载应当考虑，比

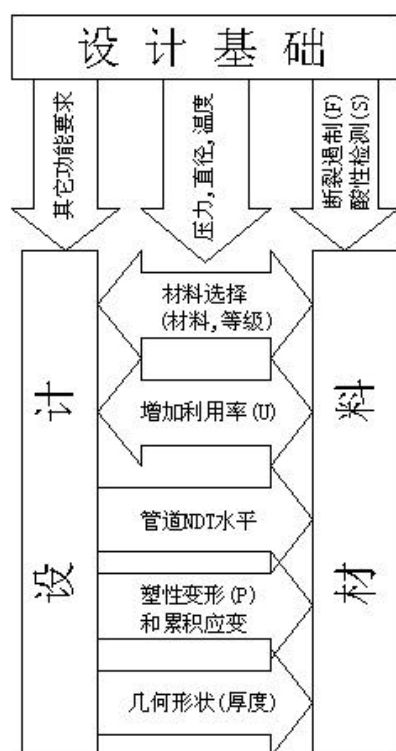


图12-2 材料与设计之间的总体联系

如：

- 起重装置上跌落的物体
- 起重装置的跌落
- 物体的固有振动

J 材料和设计的联系

J100 总则

管道设计的优化需要材料与设计的紧密联系。在这个标准中，很明显对于材料的需求和选择原则的理解是十分重要的。子截面的检查将会涉及材料与设计的相互联系的某些方面。

材料和设计联系的总况在图 12 - 2 中给出。下面将讨论那些不同的地方。

设计前提将提出设计内容，运输要求和内容说明等。

材料类型和等级将由材料的寿命周期的成本分析决定，同时考虑运行和设计两个方面。

J200 补充要求

第六章 D 部分叙述了这些补充要求

如果流体根据 NACE 被定义为酸性，那就需要酸性处理 (S)，参见第六章 D101。

对于气体或混合气的传输管道，需要断裂阻延 (F)，参见第五章 D1103 和 1104，第六章 D200。

如果累积塑性应变超过 2%，塑性变形 (P) 是必需的。补充条件同时也需要应变材料的检测，这就意味着应当给出期望的应变循环，见第 5 章 D1006。

附加条件 P 和当需要严格的直径控制时，需要对直径作补充要求 D。

增加利用率的附加条件 (U) 应当决定于成本收益评估。这个附加条件通常意味着用钢量减少 4%，参见第五章 B600。

J300 基于积累应变的联系

NDT 水平的要求和附加要求 P 和 F 决定于管道在寿命内经历的积累应变。

图 12-3 给出了不同标准和不同补充要求的总览。

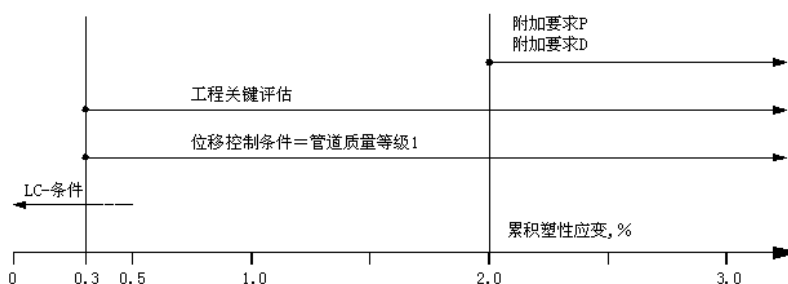


图12-3 当需要附加要求U和D和管道NDT等级1时的图示

注意除了指定 P，指定预期的应变循环也是需要的。

DNV 海底管线规范 2000 版

J400 材料数据表

材料类型		
产品		
标准	海底管道系统的 DNV 标准	
适用范围：	材料数据表 (MDS) 给定了参考标准的所选部分并且修改了代替参考标准相应的要求。	第六章有关标准的参考
制造过程		A400
交货条件		表 6 - 10
附加要求	? S 酸性作业	D100
	? F 抑制断裂的性能	D200
	? P 受到塑性变形应变循环的管道	D300
	? D 尺寸	D400
	? U 增加的利用率	D500
资格认证	? MPS 认证	E300
	? 可焊性测试	C600
化学成分		表 6 - 1 , 表 6 - 2 表 6 - 5 , E700
张拉测试		表 6 - 3 , 表 6 - 6
冲击测试		表 6 - 3 , 表 6 - 6
强度测试		表 6 - 3 , 表 6 - 6
测试范围		E800
试件		E800
流体静力学测试		E1100
无损测试		E900
残留磁场		表 6 - 13
结束准备		E900
尺寸要求		E1200
外部保护		F
覆盖物		F
证明		G
工程特定需要和/或与标准允许的偏差见下：		
NDT 水平		B100
标示		B300
设计温度	最高	最低
管道直径		mm
壁厚		mm
长度		m

DNV 海底管线规范 2000 版

K 安装

K100 安全等级定义

管道及其组件安装的安全等级通常定义为低。然而，如果安装行为对人、环境或者财产的损失风险高，应该采用较高的安全等级。典型的例子是修理，当关断系统但生产介质仍在系统里时，对现有系统或安装操作进行修改导致的失效可能会导致巨大的经济损失。

K200 覆盖物

如果没有其它数据，下面的标准应当被使用。过度弯曲应变均值：

$$e_{mean} = -\frac{D}{2R} + e_{axial} \quad (12.13)$$

应当满足：

$$g_{cc} e_{mean} \geq e_{cc} \quad (12.14)$$

其中：

- R = 尾管半径
- e_{mean} = 计算的过度弯曲应变均值
- e_{axial} = 轴向应变的贡献
- g_{cc} = 1.02，对于混凝土压碎的安全因子
- e_{cc} = 混凝土破碎的极限应变均值。拉应变为正。

混凝土第一次发生破碎的过度弯曲应变均值决定于管道刚度，混凝土强度和厚度，轴向力和防腐覆盖层的剪切抗力。当混凝土强度低，轴向力低，管的刚度高和剪切抗力高时，破碎将在较低的过度弯曲应变时发生。如果没有其它资料，混凝土破碎将被假定发生在当混凝土的应变（在混凝土厚度中间的受压纤维处）达到 0.2% 时。

对于有 40mm 或更大的混凝土覆盖层，同时有沥青防腐涂层， e_{cc} 对于 42" 管的保守估计值是 0.22% 和对于 16" 管是 0.24%，中间的管径可以由线性插值得到。

参考请见 Endal (1995) 或 Ness (1995)。

K300 简化的铺设标准

在初始的设计阶段，简易的放置标准可以作为局部屈曲校核初始简化标准使用。它并不能代替标准给定的任何失效模式校核。

过度弯曲

对于静态加载，计算的应变应当满足表 12-5 中的标准。应变应当包括弯曲，轴向力和局部卷轴荷载的影响。刚度变化产生的影响（比如，联接处或屈曲防止装置的应变集中）需要考虑。

对于静态加载加上动态加载，计算应变应当满足表 12-5 中的标准。应变应当包括所有的影响，包括连接处或屈曲防止装置的刚度变化的影响。

表 12-5 简化标准，过度弯曲				
标准	X70	X65	X60	X52
	0.270%	0.250%	0.230%	0.205%
	0.325%	0.305%	0.290%	0.260%

下陷弯曲

对于静态和动态加载的混合情况，在下陷弯曲里和尾管尖端的等效应力应当满足 F1000 给出的允许应力形式 ASD。

过度弯曲处变化刚度或者过度弯曲引起的残余应变的影响可以被忽略。

对于深水下的下陷弯曲，崩塌是个潜在的问题。规范中的屈曲标准应当满足计算需要。

DNV 海底管线规范 2000 版

当用到极限状态标准和简化标准时，对于铺设分析的下述要求应满足这两种标准：

——应当利用材料的实际非线性应力-应变（或弯曲-曲率）关系来作出分析。

——对于在联接处应变集中的计算，应当考虑钢，混凝土和防腐覆盖层的非线性材料特性。

——在安装过程中，特征环境荷载应当被看作考虑适当水流和风环境的海况（ H_s ， T_p ）的最大可能值。海况的持续时间不少于 3 小时。

——如果动态铺设分析是基于有规律的波浪情况，应当证明波浪高度的选择和持续时间保守的代表了不规则的海况（ H_s ， T_p ）

K400 矫直

螺旋到短管的管道将会受到大的塑性应变。当两个管道的联接点的接触刚度不同，比如，由于不同壁厚或材料属性的变化，突变就会发生。这样产生的结果就是在靠近焊缝处，刚度小管段的一部分区域产生压应变集中。经验表明性质的变化（在制造容差内）将会导致管道弯曲。

图 12-4 和图 12-5 从两种不同的视角说明了矫直的情况。这些插图和下面的描述是将问题简单化了，并且仅仅考虑了全局的效应。

在图 12-4 中通过两个联接处的弯矩曲率关系，可以看出突然增加的曲率。可以看到焊缝的弯矩平衡将导致弱管曲率的增加。该图也清楚的表明刚度差异的增加将增加弱联接处的曲率突变量。

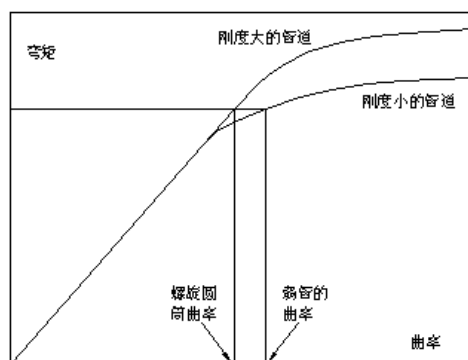


图12-4 不同刚度管道塑性弯曲的弯矩曲率关系

图 12-4 给出了一个不同的插图：沿管道的弯矩分配和相应的切向刚度被图形化表示出来。

在插图的左边，假设管道紧紧依赖于卷轴的管道受到一个常弯矩的作用，完全进入了塑性区。从管道第一次接触螺旋的点到右边后张力的施加处，弯矩被假定直线下降到零。（注意如果施加后张力的履带约束旋转，弯矩就不会消失。）而且图 12-5 显示了在接近卷轴的联接处和弱/软管与强/刚性管联接处的状况。

插图的下半部分显示了管道沿线切向刚度的变化。应当注意在焊缝处刚度的突然降低。很明显，刚度的降低将导致变形，即在焊缝附近弱管曲率的增加。

DNV 海底管线规范 2000 版

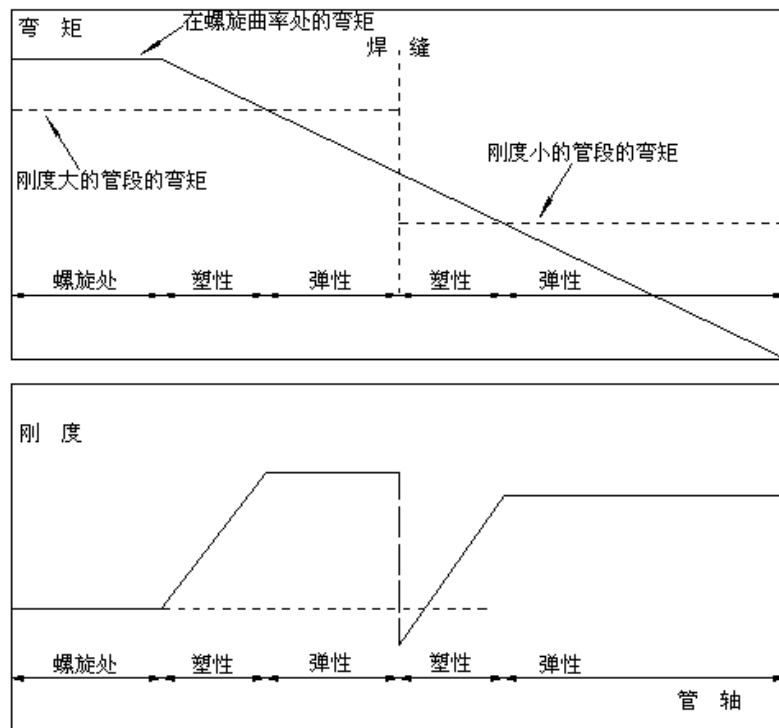


图12-5 沿着管线的弯矩和刚度的图示

有限元分析表明刚度变化最重要的参数是屈服应力和壁厚的变化。在不利环境下，在正常制造容差内的变化可能导致管道横截面的屈曲。

经常在管道中使用不匹配的焊接材料。这就涉及了刚度的变化，然而它的影响从屈服角度上看并不严重。

如果使用一个厚的和相对刚性的覆盖层并且在联接处有缺口，那么屈服应力和壁厚变化带来的应力集中将被放大。

分析同时表明精确的非线性材料建模是有限元分析精确性的关键。在这方面特别重要的是接触材料的刚度，通常通过屈服应力与最终应力的比 $SMYS/SMTS$ 来定义。高的比值显著增长了横截面屈曲的趋势。很明显，高的 D/t 值将会有相似的结果。

在螺旋时，施加高的后张力是降低管道屈曲可能性可取的主要补救措施，并且实际经验和有限元分析都表明它是一个可行的缓解严重性的措施。

因此：为了降低螺旋时的屈曲可能性，我们应该：

- 使厚度制造容差变低，
- 使屈服应力的变化减小，
- 使屈服应力与极限应力的比值减小，
- 在矫直时施加一个稳定的大的后张力。

更多的信息，参见 Crome (1999)。

L . 参考文献

Rome,Tim;”Reeling of Pipelines with Thick Insulating Coating,Finite Element Analyses of Local Buckling”,OTC,Houston,1999.

Endal G.,Ness O.B.,holthe K.and Ramseth S;”Behaviour of Offshore Pipeline Subjected to Residual Curvature During Laying”,Proceedings of OMAE’95 conference,Copenhagen,Denmark

Ghods Nader Yoosef-,Kulak G.L.and Murry D.W.;”Behaviour of Girth Welded Line-pipe”,University of Alberta department of Civil Engineering,Structual Engineering Report No.23.1994

Jioa G.,Sotberg T.,Bruschi R.,Verley R.and Mork K;”The SUPERB Project:Wall Thickness Design Guideline for Pressure Containment of Offshore Pipeline”,Proceedings of OMAE’96 conference,Florence,Italy

Murphey D.E.and Langner C.G.”Ultimate pipe strength under bending collapse and fatigue”,Offshore Mechanics and Arctic Engineering symposium,New Orleans 1985.

Mork.K,Spiten J.,Torselletti E.,Ness O.B.,and Verley R.;”The SUPERB Project and DNV’96;Buckling and Collapse Limit State”,Proceedings of OMAE’97 conference,Yokohama,Japan

Ness O.B. and Verley R.;”Strain Concentrations in Pipelines with Concrete Coating:AnAnalytical Model”,Proceedings of OMAE’95 conference,Copenhagen,Denmark

Sriskandarajah T.and Mamendran,I.K.;”Parametric considerations of design and installation of deepwater pipelines”,Offshore Oil and Gas Pipeline Technology,London,1987

Vitali L.,Bruschi R.,Mork K.,Verley R.(1999);”Hotpipe project –Capacity of pipes subjected to internal pressure,axial force and bending moment”,Proc.9th Int.Offshore and Polar Engineering Conference,Brest 1999.

附录 A 对于 ISO 的补充要求

目录

A	总则
B	要求差异
B 100	化学成份和力学性能
B 200	可焊性
B 300	样品和试件
B 400	制造期间测试次数
B 500	无损检测
B 600	尺寸
B 700	文件
B 800	对酸性环境使用的特殊要求
B 900	对滞止裂纹的特殊要求

A . 总则

101 比较了本近海规范和 ISO/FDIS 3183-3 (最终稿) 对 C-Mn 管线材料特性和制造的要求

B . 要求差异

B100 化学成份和力学性能

101 总的来说对化学成份的要求是相似的。DNV 规范允许焊接管线最大壁厚为 35mm , 而 ISO 为 25mm。当废材被用于钢生产时 DNV 规定了残余元素的限值。

102 对张拉性能和夏比 V 形缺口能量值的要求是相同的。对于夏比 V 形缺口试验温度, 对输气管线两者要求是一致的, 对输液管线, ISO 规范要严格 10 。

103 DNV 规范规定如果管子加工期间的冷成形产生超过 5% 应变应进行应变时效试验。

104 DNV 规范规定母材和焊接金属 (焊接线材) 质量检验应进行断裂韧度试验。在设计温度时母材和焊接金属的 CTOD 检测值最小为 0.20mm。ISO 规范规定 CTOD 试验是选做的, 可依据 ISO12135 在有缺口的焊接金属, HAZ 和母材的 MPS 质量检测期间进行。取样过程应服从协议。

105 两种规范均规定硬度测试。但是 DNV 给定具体的允许限值。

B200 可焊性

201 DNV 规范规定如果没有许可的相关可焊性文件, 应进行可焊性试验。对于 SMYS > 415Mpa 的钢应执行额外的程序。焊接区夏比 V 形缺口能量要求为以 J 为单位的 SMYS 的 10%。对人员资格的详细要求参见 EN287(ISO9606)和 EN1418。

DNV 海底管线规范 2000 版

202 关于焊接质量保证可参见 EN719 和 EN729, 对过程技术指标有详细的要求, 对焊接耗材的批量测试也给予了详细说明。

203 ISO 规定厂商应根据协议提供可焊性数据或进行焊接试验以满足验收标准。焊接区夏比 V 形缺口能量要求是 40J。

B 300 样品和试件

301 两个规范都包含 ISO377 普通条款。DNV 规定管线外径 > 300mm, 抗拉性能试验应沿管轴的横向和纵向进行。对于标准材料纵向的屈服比应不超过横向最大指定值 0.020, 对酸性条件下的材料不超过 0.030。纵向的 SMTS 值可以比横向要求的 SMTS 值小 5%。

302 ISO 标准要求横向张拉试件外径 210mm。然而对于用于深水的铺管可以指定附加的纵向测试。应满足协议要求。

B 400 制造期间测试次数

401 DNV 指定以每批管子中取一根或每 50 根管子取一根, 取两种取法中最大数情况进行测试。

402 ISO 标准规定每批管子中取一根管子进行拉力、夏比 V 形缺口和弯曲测试。对于外径 508mm 的管子, 每 100 根至少选一根进行测试。对于其它管子, 每 50 根至少选一根进行测试。每批管子或管子尺寸改变时应进行金相检验。根据硬度要求应进行硬度检测。

B 500 NDT

501 DNV 和 ISO 都包含相同的基本标准。DNV 除了基本标准外还有推荐要求。在 DNV 规范中具有纵向或螺旋形焊接缝的 C-Mn 钢管线被划分为两个 NDT 水准, NDT 水准 和 NDT 水准。NDT 水准 与 ISO 相当, 被限制用于荷载控制条件。NDT 水准 允许用于位移控制标准 (基于应变设计), 在横向缺陷方面, NDT 水准 对 NDT 有更严格的要求。

B 600 尺寸

601 DNV 规范和 ISO 对标准尺寸要求是相当的。

B 700 文件

701 DNV 规范指定检查证书 3.1B(EN 10204)或认可的等效证书。

702 根据 ISO 标准, 业主指定要求的文件级别。

B 800 对酸性环境使用的特殊要求

801 两种规范都指定生产期间进行 HIPC 试验。DNV 规范规定了 Ca/S 比 (大于 1.5) 要求, 对再测试也给出详细的要求。

802 对于 NACE 列出的材料, DNV 规范没有指定 SSC 试验。ISO 标准规定每批样品管子选三根试件 (仅 MPS 资格)。

B 900 对断裂的特殊要求

901 DNV 规范规定无应变时效和有应变时效情况下, 应建立母材的夏比 V 形缺口转变曲线。所要求夏比 V 形缺口能量值比 ISO 标准的相应要求更严格。另外, ISO 标准没有说明应变时效条件下的测试。

附录 B 力学试验与腐蚀试验

A	力学试验
A 100	总则
A 200	试样与试件的选择与制备
A 300	化学分析
A 400	拉伸试验
A 500	弯曲试验
A 600	夏比 V 型缺口冲击试验
A 700	落锤撕裂试验(DWTT)
A 800	裂纹韧性试验
A 900	剪切强度试验
A 1000	金相检验与硬度测试
A 1100	应变时效试验
B	腐蚀试验
B 100	总则
B 200	点蚀试验
B 300	氢压力引起的开裂试验
B 400	硫化物应力开裂试验

A 力学试验

A100 总则

- 101 本附录说明了材料和成品的力学试验方法。
- 102 测试实验室应满足在 ISO 指南 25, “校准能力与实验室的基本要求”或认可的相当标准。

A200 试样与试件的选择与制备

- 201 试样的选择与试件的制备应遵循 ISO377 的通用条件。适用于下列要求：
- C) 试验的试样按图 B-1 和附录 C 表 C-3, 从管端选取, 并考虑 A300~A1000 和附录 C 图 C-1 的补充细节。
- D) 对其它焊缝(包括环向焊缝), 试样按附录 C 图 C-1 和图 C-2 选取。
- E) 配件试样按认可的标准或制造业规范选取。
- F) 对于螺栓、结构物、法兰、承压设备和其它的组件和设备(见第七章), 试样按认可的标准或制造业的规范选取。

A300 化学分析

- 301 化学分析的方法与程序应按认可的行业标准以及可接受的不确定性化学分析结果的有效数值位应该与成品的规范和本标准相同所有数值位一致, 应说明所有的数值。

注: ISO/TR 9796 列出了化学分析方法通用的国际标准, 并附有化学分析方法的应用数据和各种方法的精度。

- 302 堆焊的化学成分应取之加工后的焊层表面。这就要求从表面到熔合线的最小距离为 3mm 或对已完成试件按技术规范的规定最小厚度二者取小者。

A400 拉伸试验

DNV 海底管线规范 2000 版

401 拉伸试验应按本附录合 ISO6892 的要求进行,试样的几何尺寸及可能的试件打磨在所有各项都应是相同的。

伸长数值的转换

402 对拉伸试验试样,伸长转换要求按下列进行:

——在正火、QT 和 TMCP 条件下,对于碳钢和低合金钢应用 ISO2566/1 标准。

——奥氏体钢(和复合钢)按 ISO2566/2。

对于拉伸试验试样,数值 $5.65\sqrt{S}$ 。用作选取比例标准长度。

402 用于母材试验的矩形截面试样。

矩形截面试样通常为全厚度的材料,试样通常不需整平,但是:

——垂直管轴方向选取的拉伸试样需磨平。

——试样夹持端需磨平,或加工以便机械夹持。

延伸仪应附着在加工表面,需用双面延伸仪。

试验接受标准见第六章表 6 - 3 和表 6 - 6。

403 母材圆截面试样和“全焊缝涂层”拉伸试验。

母材圆截面试样基于壁厚应取可能的最大尺寸,直径小于标准长度的 20mm。

全焊拉伸试验试样在焊接几何形状和尺寸允许情况下应取最大的圆截面直径,试件直径可取 20, 10, 8, 6mm 或 ISO5187 给出的尺寸。

试验接受标准见附录 C 的 F 部分。

404 横向焊接拉伸试验。

拉伸试验试样应是全厚度的圆截面,尺寸见 ISO4136,焊缝加厚表面和根部应通过加工或打磨去掉,除轴向或螺旋焊缝的焊接管试验外,试验试样不需磨平,夹持端可能需磨平以便试验机械夹持。

在除去防腐镀层/表面加固层后(注意不要削减碳钢的壁厚)。镀层/表面加固管的横向焊缝拉伸试验应该在碳钢全厚情况下进行试验接受的标准见附录 C 的 F 部分。

405 焊层的全焊拉伸试验。

拉伸试验试样在焊接几何形状和尺寸允许情况下,应取最大直径的圆截面,从焊层横向到焊接方向加工试样。

试验接受标准见附录 C 的 F 部分。

A500 弯曲试验

501 总则

弯曲试验按 ISO5173 或 ISO5177 进行较适宜。

——弯曲试验试样应取全壁厚,反面和正面弯曲试样的宽度大约为 25mm,侧弯试样的宽度为 10mm。棱角磨成半径为 1/10 厚度的圆角。

——两面焊层加厚处应磨至与原表面持平。见图 B-2。

——根据母材规定的最小弯曲强度(SMYS)所确定的直径,用管材定型机将试件弯成 180 度角,对 SMYS 少于 360Mpa 的材料。管材定型机的直径是试验试样厚度的 4 倍,对 SMYS 大于 415Mpa 的材料,管材定型机的直径为试验试样厚度的 5 倍。

——弯曲后,焊接结合处应与拉伸区弯曲相同。镀层/表面加固管的弯曲试验应在管材全厚下进行,包括防腐合金试验接受标准,见附录 C 的 F 部分。

502 镀层/表面加固管的横向反面弯曲试验。

横向反面弯曲试验应包含防腐合金。

——焊缝的横轴应平行于试样,这样在弯曲情况下,试件反面将受落。

DNV 海底管线规范 2000 版

——横向反面弯曲试样的宽度至少是内焊加厚处的两倍或最大为 25mm。棱角可以加工成半径为 $1/10$ 厚的圆角。

——内、外焊加厚处应加工车铣至与原表面持平。

——试样的厚度应为母材厚度或最大为 10mm。见图 B-3。

——试样用直径为 90mm 的管材定型机弯成 180 度角。

503 焊层弯曲试验

用侧弯试验试样，试验试样应加工车工垂直于焊接方向。

——对于管材，试验试样应加工成母材和焊层的全厚。对于大截面试样母材的厚度至少应为 5 倍的焊层厚度。

——侧弯试样的厚度应为 10mm，棱角可加工成半径为 $1/10$ 厚的圆角。弯曲试样试样的中央部分应包含焊瘤区。

——试样应弯成 180 度角，对母材的 SMYS 少于 415Mpa，管材定型机的直径应为试验试样厚度的 4 倍。对母材的 SMYS 大于 415Mpa 试验接受标准见附录 C 的 F 部分。

A600 夏比 V 型缺口冲击试验

601 冲击试验按本附录和 ISO148 的要求进行，试件按 ISO14 准备且无需事前对试验材料进行整平。尽可能使用标准试件（即全尺寸）；每组包括从试验样材取的三个试样，试验温度按第六章表 6-4 或相关要求选择。

试验接受标准见第六章表 6-3 或表 6-6。

试样缺口加工成低于表面 2mm。如果试样有必要加工成由于材料尺寸最大的可能截面尺寸时，试样缺口应加工成小于 2mm。

V 型缺口应垂直于试样表面。

602 母材

沿垂直于卷制/锻造方向或轴线方向选取试样，然而，对直径小于 300mm 的管道选取平行于轴线的试样。

603 焊管夏比 V 型缺口试验

试样位置见附录 C 图 C-1，双面焊壁厚大于 20mm 时，在试样反面要增加焊接金属，FL+(HAZ 的试样 50%)、FL+2mm 和 FL+5mm。见图 B-6。

镀层/加衬管的冲击试验应在材料的碳钢部分进行。

604 承载焊层的夏比 V 型缺口试验

当要求焊层材料通过母材/焊层熔合线传递荷载时，焊层材料和 HAZ 应进行冲击试验（即：当焊层是对接头的一部分或作为防腐合金和碳钢之间的转换）。试样的横轴应垂直于熔合线，V 型缺口要平行于熔合线。

试验接受标准见附录 C 的 F 部分。

A700 落锤撕裂试验 (DWTT)

701 落锤撕裂试验应按 API、RP 5L3 进行。

702 落锤撕裂试验的试样宜采用全厚试样，折算试样应得到业主的同意。

若使用折算厚度试样，两面应等同地加工至 19.00mm 厚，应用 API、RP 5L3 地试验温度折减。

试样方向垂直于轧制方向或轴线，且缺口垂直于表面。

参阅第六章 D.204。

A800 裂纹韧性试验

裂纹韧性试验（CTOD 或临界 J 试验和 -R 或 J-R 试验）。按最新版本 BS7448 的相关部分或等价的标准进行。

DNV 海底管线规范 2000 版

每一位置有效的 CTOD 或临界 J 试验的数量最少为 3 个。特性 CTOD 或临界 J 值应取 3 次有效试验中的最小者或根据 BS7910 选择。对缺口位置在熔合线/HAZ 的试样, 推荐至少作六个试样以获得三个有效试样。只有根据裂纹尖端位置通过事后试验的金相检测试样才是有效的。

801 干管的限制

根据干管的限制, 当对裂纹韧性的要求被作为工艺标准时按下述进行:

仅测试焊接金属和母材。

试验试样几何尺寸应与使用贯穿厚度缺口试样的试验标准一致。

母材试验的试样应取之管的横向和纵向。采用贯穿全厚。

缺口的矩形截面 (BX2B) 试样或正方形截面 (BxB) 的表面缺口试样 (根据 BS7448 的注释, 假设晶粒轴向流动, 试验试样应该时 X-Y(或 X-Z)型和 Z-Y(或 Y-Z)型。

焊接金属试验采用贯穿全厚缺口试样, 试样方向与焊接方向垂直 (BS7448 相应的注释为 NP), 缺口位于焊接金属的中心线。

如果进行临界 J 试验, 要求的临界 J 应该按要求的 CTOD 计算:

$$J = CTOD \times \sigma_y$$

式中 σ_y 是裂纹韧性试验材料的实际屈服应力, 它的确定减 CTOD 试验的试验标准。试验应在最小设计温度下进行, 除非另有说明。

802 环焊的工程临界评价 (ECA)

当 CTOD 或临界 J 裂纹韧性试验按 ECA 进行时, 按下述进行:

试验应在最小设计温度下进行, 为了在加载条件 (低于相应的试验温度, 加载条件不出现) 下, 对 ECA 提供较小的保守输入, 应进行较高温度的附加试验。

焊接金属试验采用贯穿全厚缺口试样, 试样方向与焊接方向垂直。(BS7448 相应的注释为 NP), 缺口位于焊接金属的中心线、熔合线/HAZ 的试验应采用表面缺口试样, 试样为正方形截面 (BxB), 方向与焊接方向垂直 (BS7448:1991 相应的注释为 NQ)。试样应开缺口, 以便裂纹延伸方向从焊接金属侧面贯穿熔合线或与熔合线平行。

下述熔合线/HAZ 试验中, 根据通过事后金相试验的疲劳预裂纹尖端的位置, 每个试样应符合试验标准中所列的要求。

如果满足下述要求, 且:

a) 离熔合线预裂纹尖端不大于 0.5mm。

b) 在垂直于裂纹的一条线和裂纹尖端前 0.5mm 的一条平行线约束范围内, 出现粗大化的晶粒热量影响区(GCHAZ)晶微组织。

803 当按 ECA 确定裂纹抵抗曲线 (- R 或 J - R 曲线) 时, 按下述进行:

试验应在能反映最严格加载条件的温度下进行。

试样的几何尺寸同 802。

熔合线/HAZ 试验时, 根据 802 要求的疲劳预裂缝, 每个试样应符合要求。

804 当按 ECA 进行 CTOD 或临界 J 裂纹韧性试验时, 为了减少无意的保守倾向, 调整加载形式和试验试样的几何尺寸是允许的, 只要所有的调整严格基于认可的断裂力学理论和试验文件。

该试样的使用进一步说明减本文件第 12 章。

A900 剪切强度试验

901 剪切试验按 ASTM A264 进行 (铬镍不锈钢板、钢带标准说明)。

A1000 金相测试

1001 宏观测试

DNV 海底管线规范 2000 版

宏观测试按放大 5 倍到 10 倍进行,宏观测试试样按图 B-4 a) b) c)选取。宏观截面应包含整个焊堆。另外,从熔合线任一点量起,每一侧至少有 15mm 的母材,宏观截面应进行研磨、抛光,并且在其中一面进行酸洗以便清楚地显示出熔合线和 HAZ。

接受标准见附录 C 的 F 部分。

焊层的宏观测试试样应与焊接方向垂直,宏观截面的最小宽度为 40mm,加工出的截面应研磨、抛光及用适当的洗液清洗,以清楚地显示出焊堆和热影响区。

焊层接受标准见附录 C 的 F 部分。

1002 微观测试

光学金相试样按标准程序准备,并且进一步在适宜的洗液里清洗以暴露其微观结构,对用低合金钢进行淬火和回火处理的锻件和铸件,应另满足第 7 章的要求。

双炼法不锈钢的微观检验至少应放大 400 倍。

接受标准见第 6 章 C300、C400、C500。

1003 母材硬度试验

母材硬度试验按图 B-4a 进行。根据 ISO6507 采用维氏 HV10 法。

1004 焊堆硬度试验

硬度试验按 ISO6507-1 在宏观测试的试样上进行。

试验采用维氏 HV10 法,在焊层的每一侧,沿横向压制低于母材表面 $1.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 的凹痕。

在焊接金属区,沿横向至少应压制三个等间距的凹痕。在 HAZ 区,沿横向,每个凹痕应进入没受影响的材料 0.5mm,并且尽可能从接近熔合线开始。在焊接金属的每一侧,至少应压制间距约 1mm 的三个凹痕。参考图 B-4。

对双面焊,应增加一个通过根部区的硬度横切试样。见图 B-4 b)。

加衬管的硬度试验,应增加一个位于加衬厚度中心的硬度横切试件。参考图 B-5 a)(对纵向焊),见图 B-5 b)。(对环焊)。

接受标准见附录 C 的 F 部分。

对焊层的硬度试验,采用维氏 HV10 法。硬度试验至少应在三个位置进行:母材、HAZ、在焊层的每一层到最多两层。

接受标准见附录 C 的 F 部分。

A1100 应变时效试验

1101 母材

试验试样从母材上加工而成,当管道直径 D 大于 300mm 时,试样方向垂直于轴线。对直径小于 300mm 的管道,试样平行于轴线选取,在拉伸前把试样矫直,以便获得足尺寸试样。

试样厚度或者为全壁厚,或者为折减壁厚,样材的折减(平行)截面的宽度与厚度要足以产生试验所需的夏比 V 型缺口标准(全尺寸)试样的数目。

试样准备好之后,在 250 度时效处理 1 小时。据此,指定数量的夏比 V 型缺口试样从样材中间制备,试样方向与样材中线平行,缺口垂直于表面。

接受标准见第 6 章 D203。

B 腐蚀试验

B100 总则

101 对于特定的管道和输送介质,不适当的加工制造可能导致其易受腐蚀损伤,从而需要评估其是否需要在资格评和/或运行中进行腐蚀试验。

因此,需要用相当多的腐蚀试验来确定足够的加工制造程序对微观结构的影响。

DNV 海底管线规范 2000 版

本部分描述了对腐蚀试验的要求和方法。

实验室应满足前述 A.102 的要求。

B200 点蚀试验

201 本试验用来确定 CRA 抵抗由含氧化物流体对点蚀和裂隙腐蚀的能力，例如，天然海水和其它高含氧和/或活性氧化物的流体。对双联不锈钢，本试验用来进一步确定足够的与加工和制备过程影响（除抗腐能力外）诸如韧性和可焊性。

202 本试验按 ASTM G48 进行《不锈钢和相关合金氧化铁溶液的点蚀和裂隙腐蚀抗力的标准试验方法》，方法 A。

203 在制造和安装过程中，对试验频度和程度的要求分别按 6E 800 部分和 9A 800 部分进行，试样的位置见图 B-2。

204 取之加衬管的试样应加工除去碳钢部分，并且必须包括全焊和在抗腐蚀合金的热影响区。

205 推荐的最小的试样尺寸宽 25mmX 长 50mmX 全厚。对焊材试样在焊材每侧至少有 15mm 的母材。

206 轧制表面钢按“交货状态”进行测试，即不需要进行加工准备，仅对焊材的根部和盖板侧进行准备，目的是为了除去影响试验前后质量的“松动材料”，切面应进行研磨（500#砂砾细度）锐边磨掉。试样随后进行酸洗以降低切面对端面晶粒腐蚀的敏感性。对双联不锈钢、奥氏级钢和 PRE>30~20%硝酸+5%氢氟酸，在 60 度下，5 分钟足以满足要求。

207 试验溶液根据参考标准制备，对 25 铬双联和奥氏体 CRA 钢，规定 PRE 的最小值为 40，（见第 6 章表 6-5）。试验温度为：

——对母材，50 度（如果适合的话，应包括纵向焊）。

——对环焊，25 铬双联为 36 度，奥氏体 CRA 钢为 40 度。

试验时间为 24 小时。

208 焊层的腐蚀试样

焊层腐蚀试验试样应从母材侧加工，试样的保留面应是焊层从熔合线的最小距离（等于 3mm 或特定的加工好的试件的最小焊层厚度，两者取小者）。试样的另一侧应加工为 2mm 厚，试样的尺寸为 25X25mm（长 X 宽）。

B300 氢压力引起的开裂试验**301 氢压力引起的开裂试验（HPIC）**

氢压力引起的开裂试验，按 NACE TMD284《管道钢材抵抗逐步开裂的评估》进行，根据 EFC 版 16 号《油气生产中含 H₂S 环境下碳钢和低合金钢材料要求指南》修改。

302 评估与接受标准应与 EFC 版 16 号一致。

B400 硫化物应力开裂试样

401 管材用于酸性介质和不满足第 6 章 100 部分的一般要求，应按第 6 章 102 部分所述进行抗硫化物应力开裂（SSC）试样确认。

402 对新材料鉴定（即：NACE MR0175 最新版未列的用于酸性介质材料），试验试样至少应取之三个炉次的材料。如果对 NACE MR0175 所列用于酸性介质的材料进行认证，但是不满足第 6 章部分要求的特定的性能。例如，最大硬度或合金含量或杂质勾践，则需要对认证的最差情况下的材料进行试验。

403 鉴定试验应包括仿真环焊和对焊接管应包括线焊缝。

试样准备、试验程序和接受标准应与 EFC 版 MR16，17（分别对 C-M_n 和 CRA 管）

或与 NACE TM0177-96 一致。

附录 C 焊接

目录

A	应用
A 100	总则
A 200	焊接方法
A 300	质量保证
B	焊接设备、工具与人员
B 100	焊接设备与工具
B 200	人员
C	焊接材料
C 100	总则
C 200	化学组份
C 300	力学性能
C 400	批量试验
C 500	焊接材料的使用与储存
D	焊接程序
D 100	总则
D 200	初步焊接程序规格书
D 300	焊接程序评定记录
D 400	焊接程序规格书
D 500	修补焊接的程序规格书
D 600	焊接程序的重要变量
E	焊接程序评定
E 100	总则
E 200	修补焊接评定通则
E 300	管线管和管子部件的纵向焊接条件
E 400	立管、膨胀弯与用于拖管的管段的环向焊接条件
E 500	安装与连接的环向焊接条件
E 600	暴露累积环向焊接条件
E 700	水下连接焊接条件
E 800	覆盖层焊接条件
E 900	结构焊接程序条件
F	检验与试验
F 100	总则

DNV 海底管线规范 2000 版

F	200	外观检查与无损检测
F	300	对接接头的破坏性试验
F	400	硫化物应力腐蚀试验
F	500	防腐试验与微观结构检验
F	600	覆盖焊接试验
G		生产焊接的要求
G	100	总则
G	200	焊接产品
G	300	修补焊接
G	400	焊后热处理
G	500	管子与管子部件焊接
G	600	立管、膨胀弯、拖拉管段的制造
G	700	安装与连接焊接
H		材料与工艺的特殊要求
H	100	内部复合/加衬的碳钢管
H	200	双向不锈钢
H	300	马氏体（13%铬）不锈钢

A 应用

A100 总则

101 本附录适用于包括焊后热处理在内的车间焊接、现场焊接以及场地焊接等全部制造过程。

102 本附录适用的材料如下：

—— 碳锰钢；
 —— 复合/加衬钢；
 —— 抗酸腐蚀的合金钢：奥氏铁素体钢、奥氏不锈钢、马氏体不锈钢（13%铬）以及其它一些不锈钢和镍钢。

这些材料无论在有抗酸要求时均适用。材料的具体要求在第六章和第七章作了详细的规定。

A200 焊接方法

201 若无特殊说明，可采取下列焊接方法：

—— 手工电弧焊（SMAW/111）；
 —— 无气体保护药芯焊（FCAW/114）；
 —— 有无气体保护药芯焊（GFCAW/136）；
 —— 熔化及气体保护焊（GMAW/135）；
 —— 气体保护钨极焊（GTAW/141）；
 —— 埋弧焊（SAW/12）；
 —— 等离子电弧焊（PAW/15）。

DNV 海底管线规范 2000 版

注：GMAW 与 FCAW 被视为极易产生非熔化型缺陷的方法。

202 进行预先合格评定，目的在于用资料证明在相关条件下，接头焊缝全部满足规定的要求，可予以投产。

下列焊接方法需要进行预先资格评定：

- 电阻焊（高频焊接）；
- 闪光电弧焊；
- 摩擦焊；
- 径向摩擦焊；
- 电子束焊；
- 激光焊。

203 在资格评定试验之前，要提交焊接程序的简明资料、可供参考的实践经验以及接头质量方面的简要资料。试验前，应对预评定试验的范围和内容达成一致。

A300 质量保证

301 质量保证的要求在第二章 B500 中给出。

B 焊接设备、工具与人员

B100 焊接设备与工具

101 在生产之前，需对生产车间、场地、密封舱进行检验。检验可包括合格评定与焊接生产所用的全部工具及焊接设备的标定与试验。

B200 人员

201 全部与焊接相关作业有关的人员都需具有相当的资格证书和焊接技术的知识。资格证书的等级应反映每个人员为达到规定的质量等级所承担的任务和责任。

焊接调度员

202 制造厂组织机构至少应参照 EN719 的规定任命一名权威的焊接调度员。

焊接操作者、焊工和电弧气刨工

203 在资格评定试验前，焊工应对以下知识有充分的了解：

- 基本的焊接技术；
- 焊接技术规程；
- 相关的无损检验方法；
- 焊接缺陷相应的接受标准准则。

204 焊工及焊接操作者应被针对实际焊接位置、材料等级和焊接方法按 EN298、ISO9606 或其它相关地并认可的标准进行认证。

205 对于承担预先定位、找正、起始焊接、引导与终止焊接任务的焊接操作者，按照 EN1418 以及其它相关的规定，对他们进行资格评定试验是必要的。

206 焊工通常应具有在所需的位置对管道进行单面对接焊的资格。对于修补焊工，如果其只需进行部分壁厚修补，应具有在代表性的试验形状进行部分壁厚修补的资格。

207 资格测试应使用与实际焊接生产作业相同或相当的设备且通常在实际的场地，如车间、制造场、船上进行。如在其它场地需进行特殊考虑。

208 资格测验应基于 100% 的外观检查、100% 的 X 射线或超声检测以及 100% 的磁性或液体渗透测试。检验要求应遵循附录 D、H。

DNV 海底管线规范 2000 版

209 当使用极易产生非熔化型缺陷的方法时，应进行弯曲试验。弯曲试验的数目按表 C-1 规定。

210 有资格的焊工或焊接操作者将被证明是能够得出令人满意的焊接程序评定结果的。

211 若允许将近期的资格评定用于一个新的项目，应将焊接操作对该项目至关重要的要求通知给焊接人员。

表 C-1 用于焊工资格评定的弯曲试验数目				
管道直径 (mm)	壁厚 (mm)	表面弯曲 试验	根部弯曲 试验	侧面弯曲 试验
D 100	t < 20	0	2	0
100 < D 300		0	2	0
D > 300		2	2	0
D 100	t ≥ 20	0	0	2
100 < D 300		0	0	2
D > 300		0	0	4

注：根据规定侧面弯曲试验的样本可以代替表面和根部弯曲试验的样本。

212 进行电弧气割作业的人员应是用实际的设备培训过的并有经验的，也可被要求进行资格检验。

高压焊接

213 进行水下（高压）焊接作业的焊工应按上述规定通过地面上的焊接试验，并在进行水下焊接资格测验前接收相关高压焊接培训。

214 水下焊接资格评定至少应包括一项处于高压或在试验设施方面能代表实际作业条件下的试验并按评定合格的水下焊接程序进行。试验焊缝需进行外观检查 and 无损检验。力学试验应按表 C-1 进行。

215 如果焊工中止作业 6 个月以上，需重新进行资格测验。重新测验至少包括在有代表性的条件下，按认可的焊接位置，制作的长度约 300 ~ 400mm 试样，然后做外观检查 and 无损检测。

C 焊接材料

C100 总则

101 焊接材料的选择应适合指定用途，在安装完毕的条件下，焊缝要具有所需要的力学性能、完好坚固并抗腐蚀。

102 电弧焊的焊接材料应按认可的分方法进行分级。

103 低氢焊接材料和工艺通常用于所有碳锰钢底焊接。在 SMYS 不超过 415Mpa 的情况下，若采用特殊防止氢致裂纹的特殊焊接程序，可使用纤维素外皮焊条。

104 按照 ISO3690 或 BS6693 - 5 规定的方法测定出的低氢焊接材料产生的扩散氢含量最高值为 5ml/100g 焊缝金属。

105 若焊接钢材的 SMYS 超过 415Mpa 时，为了确保安全，防止在热影响区和/或焊缝金属中生成冷裂纹，应做特殊考虑。同时还必须注意屈服强度与拉伸强度的匹配问题。

DNV 海底管线规范 2000 版

106 对用于手工电弧焊或自动电弧焊之外的其它焊接方法的焊接材料,其证书、使用和储存应做特殊考虑。

107 所有焊接材料都应按 EN10204 或等同标准,采用 3.1B 型检验证书分别进行标识与供应。对于埋弧焊焊剂,采用 2.2 型检验证书即可。

108 所有在对接接头上的焊缝金属的化学成分应与母材相匹配。母材得保证在相应条件下的化学特性和在焊接时的最大氢含量。热处理的析出效应也应予以考虑。

C200 化学组分

201 所用合金的组分应保持在与有资料证明的经验相符合的安全水平上。

202 但规定用于酸性环境时,焊接材料的化学组分应符合 NACE MR-0175 的规定。如果 EFC16 的其它要求得以满足,且焊接程序已经包括了对抵抗硫应力腐蚀开裂的充分试验,镍的含量可增加至 2.2%。

203 焊接材料的选择应予以注意,以避免各种形式的焊缝先行腐蚀。此规定对具有增强抗腐蚀性能的材料以及在海水环境中的根部焊道的焊接材料的选择特别适用。

204 焊缝表层材料的化学组分应符合规定的适用类型的表层材料的使用要求或项目规格书。

C300 力学性能

301 焊接金属材料的力学性能应达到对母材的最低要求。不过其屈服强度应控制在各母材之上的 80 - 250Mpa 之内。

302 对于围焊,其焊接材料的强度经过测试也应达到 C400。

303 对于卷绕的管道或在铺管作业中易于产生大的塑性变形的管道上的焊缝,选择焊缝材料时,应对其屈服强度予以特别注意。详见 E600 和第六章 D300。其屈服强度应控制在管材之上的 80 - 250Mpa 之内。相应地,焊缝的最高、最低拉伸强度也应与管材相匹配,详见 E600。

C400 批量试验

401 批量试验的目的是在考虑化学特征和力学性能的情况下,证实环焊缝焊接材料在名义上是否具有与焊接方法评定所用材料的一致性。

402 当执行 ECA 时需要进行批量试验,通常用 SMYS 大于等于 415Mpa 的钢筋作焊接材料,包括新试验时所用的线状融合节点,而不是把焊接方法评定时所用的材料作为安装焊接材料。

403 定义标准的批量时,通常以产品的体积并用一组连续的数组来进行编号,以此来手工控制批量的原材料。

404 除了来自同一炼炉、尺寸相同的实线外,每种产品(品牌和尺寸)都应从同一批产品中抽取一个进行测试。SAW 焊剂不要求进行单独的测试,但是,当 SAW 线用选取的少量的焊剂连接时应被测试。

405 测试采用从环焊产品中抽取的样品,这些环焊产品依照生产中采用的焊接程序进行焊接。三个样品将被从 12 和 6 点钟的位置、3 或 9 点钟位置移走。每个样品测试包括:

——全焊材张力测试、每个夹具端部中心硬度测试(HV10);

——焊材附近剖面张力测试,垂直通过间距 1.5mm 的焊缝中心线剖面硬度测试(HV10);

——焊缝中心线处半厚夏比 V 形缺口测试。测试温度与相关程序质量检测相同;

——如果被要求应依据 ECA 在最小设计温度对焊材进行断裂韧性测试。

化学分析

DNV 海底管线规范 2000 版

406 对于实线和金属粉末分析代表产品本身,对于涂敷电极和芯线分析代表焊材,根据 EN26847(ISO6847)沉积。分析包括:

- 相关分类标准和数据表中指定的所有元素,见 201;
- N 目录

力学性能

407 特性代表所有沉积的焊材。力学性能满足 301 中指定的最小要求。如果执行 ECA,焊材的相关力学性能应满足 ECA 中输入使用的性能。考虑分项安全系数。

408 批量产品测试应被记录在检查证书 EN10204 3.1B 中,这是一个有关产品质量认可的标准,它包括所有指定的测试结果。

C500 焊接材料的适用和储

501 焊接材料的处置应仔细小心,避免弄脏、吸潮、生锈,并应储存在干燥的环境中。

502 应对焊接材料的储存、使用、回收、再烘焙准备一份详细的程序,并至少应满足制造商的建议。再生产开始之前,应对程序予以审核认可。

503 对于水下焊接,应对在支持船上焊接和焊接舱中焊接材料的储存、使用的例行程序以及密封并向焊接舱运送作出规定。

D 焊接程序**D100 总则**

101 本附录包括的所有焊接均应准备详细的焊接程序。如果能满足全部规定的要求,先前的焊接程序可以作为依据。

102 所有的焊接都应以焊接材料和焊接技术为基础,这些焊接材料和技术应被证明适用于所考虑的材料类型和制造方式。焊接程序规格书至少应包括以下与焊接操作相关的资料:

- 材料标准、质量水平、等级和项目规格书;
- 管径与壁厚(或范围);
- 坡口的准备和设计,包括容许范围;
- 焊接方法;
- 焊接的数目和方位;
- 焊接材料、商品名称和认可等级;
- 气体的混合和流速;
- 焊芯/焊丝直径;
- 添加金属粉末、焊丝的数量;
- 焊接参数:每个电弧的电流、电压、电流类型、极性、焊接速度、焊丝干伸出长度以及焊丝角度(或范围);
- 冷热丝的添加以及焊接电弧数目;
- 焊接位置和方向;
- 桁架和振动;
- 管口尺寸;
- 焊道数目;
- 驳船提升前的焊道数目;

DNV 海底管线规范 2000 版

- 箔位（内部或外部）；
- 焊道之间的最大时程击数；
- 最小预热及层间温度；
- 焊后热处理；
- 103 水下焊接规格书的内容还应包括：
 - 水深；
 - 焊接舱内部的压力；
 - 焊接舱内的气体组成；
 - 湿度（最大）；
 - 焊接舱内的温度（最低/最高）；
 - 焊接连线的长度、类型与尺寸；
 - 测量电压的部位；
 - 焊接设备。

D200 初步焊接程序规格书

201 每一新的焊接程序评定均应准备初步焊接程序规格书（pWPS）。初步焊接程序规格书要规定所有相关参数的范围。

202 在焊接程序评定之前，应提交 pWPS 供审核与认可。

D300 焊接程序评定记录

301 焊接程序评定记录（WPQR）应是焊接评定所用参数及随后进行的无损检验、破坏性试验和腐蚀试验的记录结果。在生产开始之前，应提交 pWPS 供审核与认可。然而管线的焊接程序规格书必须在第一天生产期间就让生产者精通明白。

D400 焊接程序规格书

401 焊接程序规格书（WPS）是一份以焊接程序评定记录为基础（WPQR），并按本规范予以批准的规格书。管道应与立管系统的全部焊接生产均应遵照 WPS 进行。

D500 修补焊接程序规格书

501 修补焊接规格书应根据与实际修补焊缝的类型对应的 WPQR 准备焊接程序规格书。修补焊接程序规格书除包括 D100 的资料外，还应有下列资料：

- 缺陷的去除方法，焊接区域的准备与设计；
- 修补的最小、最大深度与长度；
- 焊接前开凿区和最终焊接后的外观检查与无损检验。

D600 焊接程序的主要参数

601 只要焊接程序的主要参数控制在允许范围内，且生产试验按常规进行，评定焊接程序就持续有效。若一个或多个主要变量超出了允许范围，应认为焊接程序不再有效，并应重新进行编制和评定。

602 主要参数及其允许范围通常如下 603 和 604 所述。对于特殊的焊接系统，可附加其它的主要参数及其允许变化范围。

603 对于特殊的操作者来说，如果在同一技术以及数目的情况下其工作场地符合要求时，他的焊接方法是可以接受的。

DNV 海底管线规范 2000 版

下面的参数的改变将需要新的规格说明。

材料：

- 从低强度到高强度等级的改变，但反之不亦然；
- 供货条件的改变（TMCP，Q/T 或规格化了了的）；
- 轧制、锻造或铸造的改变；
- 碳当量 P_{cm} 超过 0.02、合金含量超过 0.03 以及含碳量超过 0.02% 的任何增大。
- 从出厂钢筋到 SMYS 超过 415Mpa 的钢筋的任何改变。

直径：从下列一个范围到另一个范围的变化：

- $D < 100 \text{ mm}$ ；
- $100\text{mm} < D < 300\text{mm}$ ；
- $D > 300\text{mm}$ 。

壁厚：超出 0.75t 到 1.5t 的变化，t 为不考虑防腐复合层厚度的名义壁厚。

坡口形状：对于超出 WPS 规定的任何坡口尺寸变化；

对中器：从外表面至内表面的变化，反之亦然；

焊接方法：任何改变；

焊丝数目：从单丝系统到多丝系统的改变，反之亦然；

焊接设备：

- 自动焊接设备的类型和型号的任何改变；
- 使用半自动焊接设备（手工焊接辅以设备送丝装置）进行安装焊接（包括水下焊接）

时，设备类型与型号的任何改变。

电弧特性：影响过渡形式或熔覆速率的任何改变。

焊接材料：类型、分类、直径、品牌的任何改变以及粉末、热丝、冷丝的增加或省略。

焊丝干伸长度：相对于评定合格的伸出长度的任何改变。

保护气体：超出规定的混合、成分与名义流动速率的 10% 的改变。

焊接位置：根据表 C-2，未获认可的主要位置的改变。

焊接方向：竖直向下变为竖直向上，反之亦然。

焊接数目：从多道焊缝到单道焊缝的变化，反之亦然。

极性：任何改变。

热量输入：

- SMYS 大于等于 415Mpa 的钢筋超过 $\pm 15\%$ 的变化；
- 在未特殊规定的情况下，SMYS 超过 415Mpa 材料热量输入变化不得超过 $\pm 10\%$ 。

根部焊道与第一层与第一层填充焊道间的时间间隔：任何拖延能大大增加冷裂纹的危险性的变化。

预热：最低限定温度的任何降低。

层间温度：最高层间温度超过 $\pm 25\%$ 的任何变化。

焊缝的冷却：导致冷却时时间比规定时间短（安装焊接）的任何冷却方法的改变。

焊后热处理：显著影响力学性能、残余应力水平、防腐的任何改变，均需专门予以考虑，

梁的振动：超过规定直径 3 倍的梁的振动。

焊工的数目：根部以及紧急部位焊工人数的增加。

表 C-2 认可的主要焊接位置

试验位置	实际焊接位置
1G (PA)	1G (PA)

DNV 海底管线规范 2000 版

2G (PC)	1G + 2G (PA + PC)
5G (PF/PG)	1G + 3G (PA + PF/PG)
2G + 5G (PC + PF/PG)	全部
6G (H - L045)	全部

604 除上述控制参数外，水下焊接还需考虑下面变化：

焊接密封舱内压力：任何改变。

焊接密封舱内的空气组成：任何改变。

湿度：超过评定时的最高水平 Rh 的 10%。

E 焊接程序评定

E100 总则

101 焊接评定应依据初步焊接程序规格书 (pWPS)，使用实际焊接生产中所用类型的设备，并应在进行生产焊接的车间、场地、船舶或密封舱等代表实际工作环境下进行 (详见 D200, D300, D400)。

102 试验接头的数量应足够多，以获得所需要的破坏性试验规定的试样。确定应焊制的试验接头数目时，还应考虑重新作试验的各用量。

103 用于评定的试验接头尺寸应足够大，以便焊接时处于防真的拘束状态。

104 焊接评定试验应尽可能在层间温度、预热、热传导、每两道焊层间间隔时间等方面对生产焊接只有代表性。对于碳锰钢，评定试验所选母材应代表规定的化学组份的上限值范围；而对于抗腐合金钢，为其规定化学组份的名义值范围即可。如果生产焊接中定位焊缝熔入最终接头，则焊制试验件时应包括定位焊缝。

105 包括纵向焊缝的管道或配件的焊接程序评定试验，应注意从纵向焊缝中制取宏观试样与硬度试验试样的要求，见图 C-2 注释 2 以及图表 C-3 注释 8。对于除 1G (PA) 和 2G (PC) 外的其它焊缝位置，建议将用于焊接程序评定的管中一根的纵向焊缝同定在 6 点或 12 点位置上。

106 如果采用 D600 的主要变量，承压管道或部件的角焊缝的评定可用全穿透对接接头进行。

107 重叠焊缝的评定应在代表生产中所用母材的尺寸与厚度的试样进行。应将焊接生产中所的最小重叠厚度用了焊接材料评定试验。

108 对于卷绕的管道或在铺管作业的某一阶段产生塑性变形的管道上的焊缝 (详见 6D300)，需做环形焊缝焊接程序评定的补充评定试验。

109 每条试验焊缝都应接受 100% 的外观检查 and 无损检验。检验要求应为附录 D、H 中焊接生产中对接受标准。适用于所讨论的材料与焊缝类型的力学试验与腐蚀试验并应遵照 E300 - E700 中的规定。

110 除了安装焊接或最终连接焊接外，当先前评定的焊接程序已用于生产，并达到相同或更严格的要求时，可转用于新的生产。

E200 修补焊接评定通则

201 修补焊接通常应通过单独的焊接修补评定试验进行评定。评定试验的范围应基于

DNV 海底管线规范 2000 版

修补焊接适用的类型和程度。

202 修补焊接的预热温度应高于普通生产焊接 50 。

203 热处理过的管子或部件要焊接修补时，应根据修补焊接对原有焊缝和母材的性能和微观结构的影响，可以要求在修补焊接程序中包含新的适合的热处理方法。

204 无损检验、力学试验和腐蚀试验（如适用的范围）应按生产焊接程序评定而定。但应在原焊缝金属与修补焊缝之间的热影响区做附加冲击试验。附加冲击试验试样组的数目与位置视具体情况而定。修补焊接程序应满足原来对管子或部件的规定的同样要求。

205 管道短接管或管道部件上的评定试验要按仿真模拟所评定的修补情况进行，如：

——焊缝的整个以及 1/2 厚度修补；

——焊缝的浅表层修补；

——单焊层修补。

管道短管或试验材料应足够长，以提供仿真的约束。

206 如果内部焊接修补需要的话，从单面接头里面进好的焊缝修补要单独评定。

E300 管线管和部件的纵向及螺旋焊缝

301 对于按照实际的或类似的规格书从事管线及其配件生产的经验有限的制造厂家，余下半资格测验是必要的。

302 焊接应按 D 中规定的 pWPS 与 WPS 的细节进行。PWPS 应通过无损检验、力学试验与腐蚀试验（如适用）进行评定。

303 试验的类型与数量在表 C-3 中绘出，采用的方法与接受标准按后面的 F 规定。

E400 立管、膨胀弯与拖管的管段的环向焊接

401 对于生产经验有限的制造商应当用实际的制造类型按照实际的或类似的规格仍进行预先资格评定。

402 对于立管、膨胀弯及用于拖管的管段的焊接程序评定可用 A200 规定的任何一种焊接方法进行。

403 在自动焊接系统方面过去的经验有限或该系统将在新的条件下使用，在被认可使用前，需要一份比较扩大的预先资格鉴定大纲或证明文件。此机械化焊接系统的预先资格鉴定大纲的范围和内容应在开始前商定。制造厂家应证实并提供资料证明该焊接系统是可靠的，并且该工艺可被连续监测的，可控制的。

405 焊接程序评定所做的破坏性试验的类型与数量在表 C-4 中给出，所用方法和接受标准规定按后面 F 中的规定。

E500 安装与连接的环向焊接

501 安装总则

502 对于按照实际或类似规格书进行安装与连接经验有限的生产厂家进行预先资格评定是必要的。

503 对管道系统或管道部件的安装与连接的焊接程序的评定可采用 A200 中规定的任何一种电弧焊接方法。

504 在生产焊接之前，WPS 应通过无损检验、力学试验和腐蚀试验（如适用）进行评定。

505 为焊接程序评定所做的破坏性试验的类型与数量在表 C-4 中给出，使用的方法和接受的标准在后面的 F 中规定。对于 1G（PA）和 2G（PC）焊缝位置，其力学试验次数应

DNV 海底管线规范 2000 版

壁厚 mm	直径 mm	横向 焊缝 拉伸	全焊 缝拉 伸	根部 弯曲	表面 弯曲	侧面 弯曲 10)	纵向 弯曲 11)	夏比 V 型 缺口组 2) 3) 4) 7)	宏观 与硬 度 8)	腐蚀试验 显微组织 检查	抗裂 刚度
< 20	300	2	-	2 ¹⁾	2 ¹⁾	0	2	4	2	- 9)	- 12)
	> 300	4	2	4 ¹⁾	4 ¹⁾	0	2	4	2	- 9)	- 12)
20	300	2	-	0	0	4	2	4 ⁵⁾⁶⁾	2	- 9)	- 12)
	> 300	4	2	0	0	8	2	4 ⁵⁾⁶⁾	2	- 9)	- 12)

注释：

- 1) 对非熔型缺陷存在性较高的焊接方法，可用根部与表面弯曲试验取代侧弯试验。
- 2) 壁厚小于 6mm 不需做冲击试验。
- 3) 每组夏比 V 型缺口试样包括三个试件。
- 4) 应对焊接金属、熔合线 (FL) 及距熔合线 + 2mm、 + 5mm 处进行夏比 V 型缺口冲击试验。
- 5) 对于 SMYS 大于 415Mpa 的碳锰钢上的双面焊缝，应从焊缝金属、熔合线 (FL) 及距熔合线 + 2mm、 + 5mm 的根部范围内另抽取一组夏比 V 型缺口冲击试样。详见附录 B 中图 B-6。
- 6) 壁厚超过 20mm 的单面焊缝，需从根部，即焊接金属根部、熔合线根部另抽取两组夏比 V 型缺口冲击试样。
- 7) 如采用多种焊接方法与焊接消耗品，若所试验的焊缝区域不能代表全部焊缝，应对相应的焊缝区域作冲击试验。
- 8) 对焊管的环形焊缝，其宏观与硬度试验应包括一纵向管焊缝。
- 9) 腐蚀试验与显微组织检查的要求在 F 中规定，它取决于作业环境与材料类型，见第六章。
- 10) 复合 / 加衬管的弯曲试验应按侧弯试验做。
- 11) 纵向弯曲试验只适用于复合 / 加衬管。
- 12) 只有要求进行工程风险评估 (ECA) 时，才需进行 CTOD 试验，见 F314。除非另有规定，试验范围应遵守附录 BA800。

表 C-5 铺管作业中产生塑性变形的管子环向焊接程序的附加评定试验

试验接头		规定试验的数量					
壁厚 mm	直径 mm	变形并人工 时效的全焊 缝拉伸 1) 2)	变形并人工 时效的横向 焊缝拉伸 3)	变形并人工 时效的母材 拉伸试验	宏观与 硬度	变形并人工时 效后的夏比 V 型缺口组	抗裂刚度 试验与 J-R 试验
< 20	300	2	4	2	1	4	
	> 300	2	4	2	1	4	
20	300	2	4	2	1	4	
	> 300	2	4	2	1	4	

DNV 海底管线规范 2000 版

注释：

- 1) 试件从 1 点钟与 7 点钟的位置选取。
- 2) 壁厚小于 10mm 时，不需作全焊缝拉伸试验。
- 3) 试件要按外径 $OD > 300\text{mm}$ (参考图 C-2) 的管子取样。
- 4) 对于焊管的环形焊缝，其宏观与硬度试验应包括一个管子上的纵向焊缝。
- 5) 壁厚小于 6mm 时，不需作冲击试验。
- 6) 每一组夏比 V 型缺口冲击试样包括三个试件。
- 7) 应对焊缝金属、熔合线 (FL) 及距熔合线 +2mm、+5mm 处进行夏比 V 型缺口冲击试验。
- 8) 与采用多种焊接方法与焊接材料，若所试验的区域不能代表全部的焊缝，应在相对应的焊缝区域作冲击试验；
- 9) 试验的范围与试验程序细节要达成一致。

602 应提供塑性变形与校直后的焊缝力学试验文件。文件资料需包括母材的类型与强度、塑性变形的程度、每两次变形循环之间的时间、焊接材料的类别、焊接参数与焊缝的力学性能。应对长时间的铺管作业或两次不同变形循环 (如卷管) 之间的高温给予特殊考虑，这两者会导致在随后的管子变形之前发生时效。

603 在进行外观检查和无损检验之前，附加材料试验应在包括焊管的焊缝区与环缝焊接区域材料试样上进行，这些试样通过逐步单轴拉伸或压缩逐步产生变形与安装过程中的累积应变相对应 (详见第六章 D300)。

604 用于焊接程序评定的附加破坏性试验的类型与数目在表 C-5 中给出，试验方法与接受准按第六章 D300 及后面的 F 中规定。

605 试验接头应足够多，以便包括已规定的对破坏性试验数量的全部要求。当确定塑性变形的与矫直的试验接头的数量时，应考虑重新试验的裕量。

E700 用水下焊接的连接

701 评定试验大纲至少应包括一个完整的手工焊接的接头和三个自动焊接系统的接头。

702 填补空洞的焊接方法得按相应规定进行。评定试验至少应包括焊接金属、FL、FL + 2、FL + 5 的试验以及所有焊缝金属抗拉试验。如果作开始和结束的考虑以及模拟实际焊接生产的超越极限时，评定试验应按涂抹一样进行。

703 在先前经验有限的条件下进行水下焊接或由这方面经验有限的公司承担焊接作业时，评定试验的内容需加以扩充。

704 如果一份水下焊接程序被用于较大的水深范围，需对各种情况进行特殊评估，这种情况只能需要在一个或数个压力下评定试验。

705 焊接电路的电流与电压最好能在电弧处连续监控。如果在电源处测量电压，考虑导线的类型、长度、截面积应对测量进行标定。

表 C-6 覆盖层焊接程序的评定

表 C-6 覆盖层焊接程序的评定						
试验接头	每种规定的试验数目					
母材壁厚	侧弯试样 ¹⁾	宏观与硬度试验	化学分析	全焊缝拉伸 ²⁾	夏比 V 型缺口组 2) 3) 4)	腐蚀试验 5)

DNV 海底管线规范 2000 版

全部	4	1	1	2	4	1
注释： 1) 侧弯试验沿垂直焊接方向进行。 2) 只有设计中考考虑覆盖层材料承载时才需进行。 3) 只有当焊接覆盖层穿越覆盖层和（或）母材熔合线承载时才需进行。 4) 每组夏比 V 型缺口试样包括三个试件。应对焊缝金属、熔合线（FL）及距熔合线 + 2mm、+ 5mm 处进行夏比 V 型缺口冲击试验。 5) 仅适用于按 F600 要求时。						

E800 重叠焊缝的评定

801 重叠焊缝试验应按 GTAW 或冲击 GMAW 执行。在任何生产焊接开始之前，WPS 应根据无损检测、力学试验以及抗腐蚀试验进行评定。

802 焊接方法评定破坏试验的类型和数量应根据表 C-2 给定，而方法和接受准则应按后面的 F 规定进行。

803 除非生产焊接试验允许，否则应进行焊缝修补方法评定。焊缝重叠较厚处的焊缝修补应分别进行评定。

E900 结构的焊接试验评定

901 作为管道系统一部分的结构部件的焊接程序应根据 EN288-3 相一致。所要求应适用于结构中数量和应力的范围。抗拉、硬度以及冲击试验的本质和试验温度总体上应与标准相一致。

F 检验与试验

F100 总则

101 对于无论是在焊接状态或焊后热处理状态下使用的最终产品，均应对其试件进行全部外观检查、无损检验、力学试验和腐蚀试验。

F200 外观检查与无损检验

201 每个试验接头都要按第 6 章、第 7 章以及第 9 章的规定进行 100% 外观检查与无损检验。采用与生产焊接相同的接受标准。

202 焊缝覆盖层应进行无损检验，其表面与焊缝厚度代表生产焊接的状态，即覆盖层磨至 3mm 或代表完工部件的厚度。

F300 对接接头的破坏性试验

301 用于评定试验的力学试验和显微组织评价的类别和数量在表 C-3 至表 C-6 中给出。管子上的与管件上的纵向焊缝与环向焊缝试样的选取分别如图 C-1 与图 C-2 所示。

302 试样的尺寸与试验方法在附录 B 中给出。

303 如果由于试样制取缺陷造成的某次试验失败应予以剔除，并可采用新的试样取代。

DNV 海底管线规范 2000 版

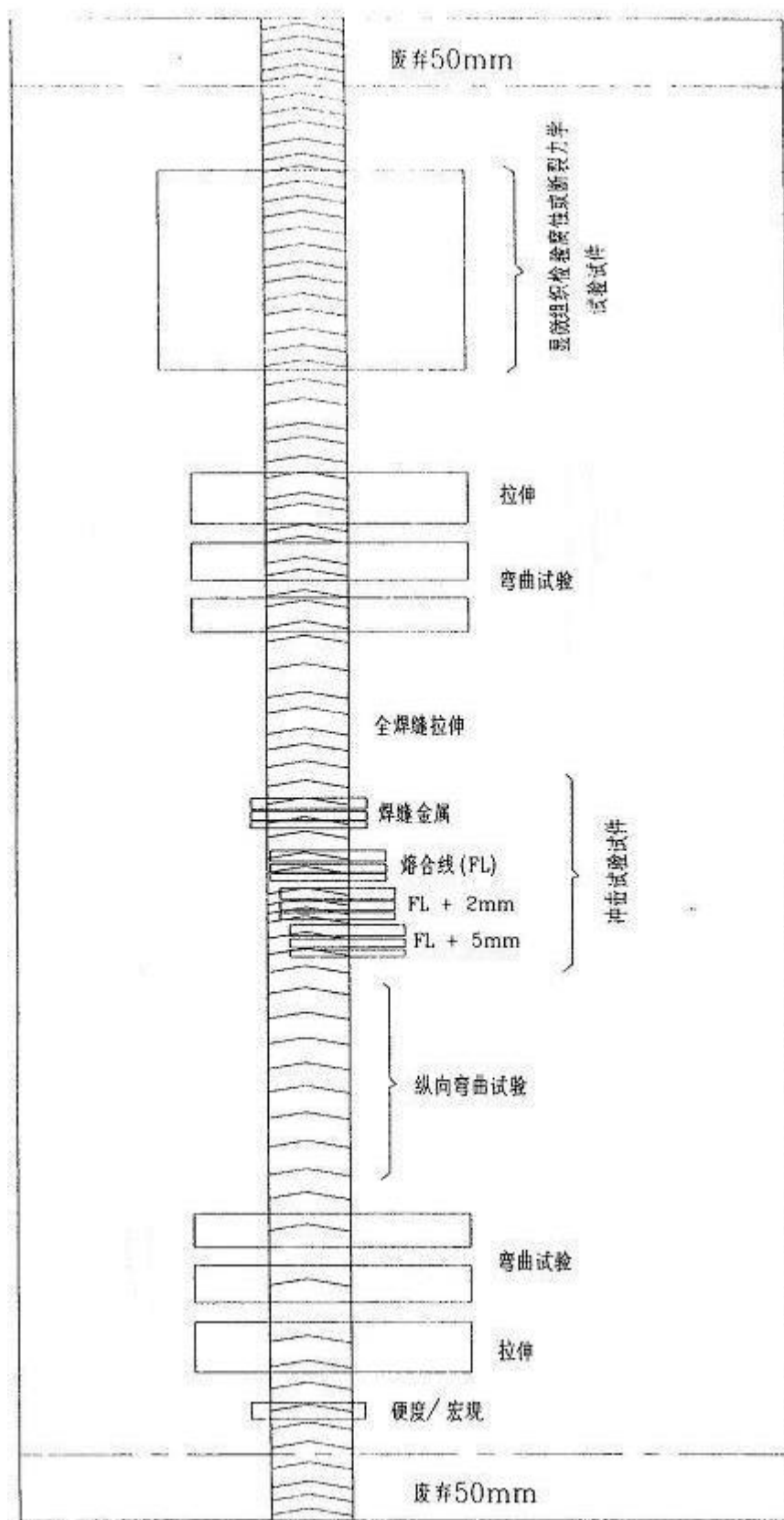


图 C-1 焊接程序评定试验

——管子或管子部件制品试验试件的选取

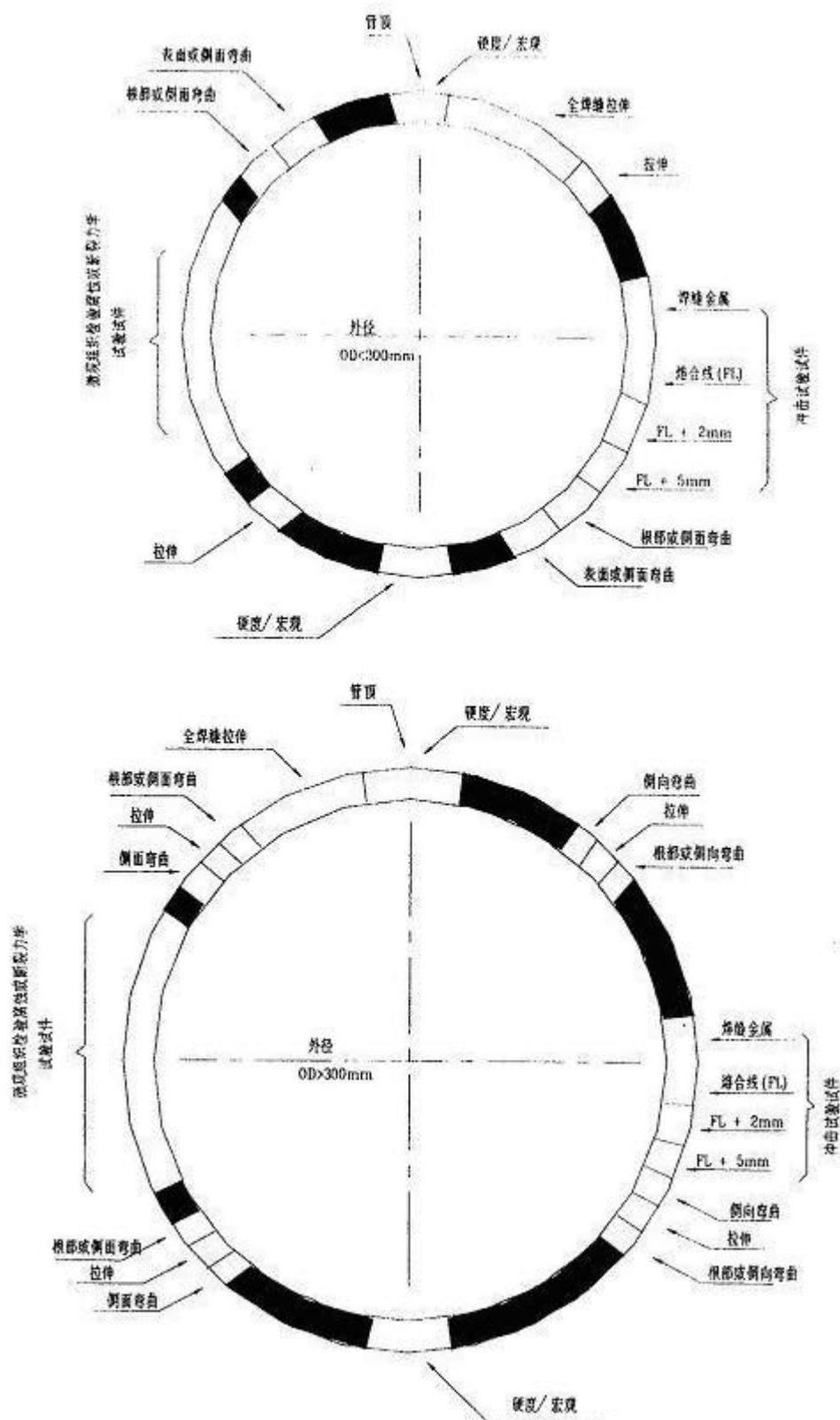


图 C-2 焊接程序评定试验
——环形焊缝的试验试件选取

注 1：试样指示的部位对 1G (PA) 和 2G (PA) 位置是不需要的，此时试件位置可任选。

注 2：对焊管，纵向管子焊缝应包括一个宏观和硬度。

304 如果一次试验不满足规定的要求,可重新试验。在任何重新试验之前,应调查失败原因并提交报告。重新试验应包括两组(或两套)进一步试验的试样。如以两轮重新试验均满足要求,则可以要求。包括失败试验在内的所有做完的试验均应提交报告。

横向焊缝拉伸试验

305 接头的极限拉伸强度至少应等于母材的规定极限拉伸强度。当不同等级的材料连接时,接头的极限拉伸强度至少应等于较低等级的最小规定拉伸强度。

全焊缝试件试验

306 屈服上限或 0.5%弹性极限应力和拉伸强度不应低于母材的规定值。当不同等级的材料连接时,焊缝金属的可接受水平至少应等于较低等级规定强度的最小值。

弯曲试验

307 导向弯曲试样在任何方向不应显露出大于 3mm 的任何开裂型缺陷,少量源于试样边缘的塑性撕裂若不超过 6mm,且不与明显的缺陷相连,可忽略。

复合/加衬管的纵向根部弯曲试验

308 导向弯曲试样在任何方向不应显露出大于 3mm 的任何开裂型缺陷,少量源于试样边缘的塑性撕裂若不超过 6mm,且不与明显的缺陷相连,可忽略。

夏比 V 型缺口冲击试验

309 各个位置上的夏比 V 型缺口韧性的平均值或单个值不应小于母材规定的横向冲击值(KVT 值),见表 6-3、表 6-4、表 6-6。任何对止裂特性的要求都不适用于焊缝与热影响区。

310 当不同级别的钢连接时,接头两端的热影区均应进行一系列冲击试验。焊缝金属要满足更严格的能量要求。

宏观切片

311 宏观切片要用照片资料证明(放大率至少为 5 倍)。

312 按附录 D 中外观检查和无损检验的接受标准进行检验,宏观截面显示完美的焊缝光滑地熔入母材中而没有缺陷。

硬度试验

313 根据所试验材料的预期作业条件和类型,材料的最大硬度不得超过第六章 C200、C300 和 D100 的范围。

抗裂刚度试验

314 抗裂刚度试验不能少于第六章规定的母材和焊缝的数量。对于环向焊缝抗裂刚度试验仅应用于需要做工程风险评估(ECA)时,见第九章 E。试验进行程度应与附录 BA800 相一致。

变形后和人工时效后的冲击试验

315 材料应沿焊缝横向均匀的名义变形或实际的变形,见 E600。按表 C-5 规定的力学试验应满足第六章 D300 规定的要求。母材与焊接金属所能承受的弯矩大小不应超过 100MPa。

F400 硫化物应力腐蚀试验

401 当参照第六章 D100 对母材规定了酸性作业条件时,应对纵向焊缝与环向焊缝用四点弯曲方法做抵抗硫化物应力腐蚀试验。试验的详细内容与接受标准见附录 B B400。

DNV 海底管线规范 2000 版

F500 腐蚀试验与显微结构检查

腐蚀试验

501 25Cr 双向不锈钢应进行去核腐蚀试验。试验方法参照附录 BB200, 其接受准则参照第六章 C300。

显微结构检查

502 双向不锈钢上的焊缝应是按第六章 C300 进行显微结构检查的。

503 按照第六章 C500, 应对复合\加衬管焊缝的防腐部分已进行过显微结构检查的。

504 其它的应根据第六章 C400 进行微观结构检查。

F600 焊缝覆盖层的试验

601 如果焊缝覆盖层与强度无关, 则无需对焊缝覆盖层材料进行拉伸试验与夏比 V 型缺口试验。如果作为设计的一部分计入了焊缝覆盖层的强度, 则需对其进行力学试验。

602 母材在任何焊后热处理之后都应保持最低规定的力学性能。处于焊后热处理条件的母材的力学性能要通过附加试验和记录证实, 并作为焊接程序评定的一部分。

603 若覆盖层材料作为设计的计入因数, 且母材未受任何焊后热处理的影响, 至少应进行 604 至 607 中的试验。

焊缝覆盖层的弯曲试验

604 弯曲试验应按附录 BA500 执行。导向弯曲试验不应显露出有 3mm 以上的开裂型缺陷。少量源于试样边缘的塑性撕裂若不超过 6mm, 且不与明显的缺陷相连, 和忽略。

焊缝覆盖层的宏观切片

605 宏观切片应用放大镜进行检查。根据外观检查和按附录 D 的接受标准进行无损检验, 没有焊接缺陷, 宏观切片应显示出状态完美, 焊缝平滑地熔入母材中。

焊缝覆盖层的硬度试验

606 依据预期的服役使用条件与材料类型, 母材与热影响区的最大硬度不应超过第六章 D200, D300, D500 和 D100 中规定的限度。对于酸性作业条件, 覆盖层材料的最大硬度不应超过 NACE MR-0175 给出的限度, 除非有其他规定。

焊缝覆盖层的化学分析

607 化学组成成分应与附录 BA300 相一致。化学分析的位置应取与抗腐蚀焊缝覆盖层磨削后剩余的最小合格厚度。焊缝充填金属的化学组份要与对覆盖层材料规定的合金类型适用的规格书一致。

焊缝覆盖层的全焊缝拉伸试验

608 全焊缝拉伸试验应按附录 BA300 执行。

609 焊缝充填金属的屈服强度和极限拉伸强度应至少等于母材规定的极限拉伸强度。

焊缝覆盖层的夏比 V 型缺口冲击试验

610 焊缝覆盖层材料穿过母材和 (或) 焊缝覆盖层熔合线时传递荷载, (即当覆盖层是对接头的一部分或作为抗腐蚀合金和碳钢之间的传递时, 要进行焊缝覆盖层和 HAZ 的冲击试验。

611 每点的夏比型缺口韧性的均值与单值不应小于对母材的规定值。当不同级别的钢连接时, 按头两侧的热影响区应进行系列冲击试验。焊缝金属通常应满足更严格的能量要求。

焊缝覆盖层的腐蚀试验和微观结构检查

612 用于海水作业条件不锈钢和镍基焊缝覆盖层材料的腐蚀试验与微观结构检查要求, 应予以特殊考虑和认可。

613 用于微观结构检查的表面应是焊缝覆盖层厚度 3mm 或完工后部件焊缝覆盖层最

小厚度（取二者小值）的代表。

G 生产焊接的要求

G100 总则

101 所有焊接都应使用已被证实适用的实际的工艺设备和工作环境下进行（详见 E101）。对于先前经验不足或在新的条件下使用的焊接系统，应对焊接系统进行预先评定。所有焊接设备均应保持良好状态，以防对焊接或临近母材造成损伤。

102 所有焊接均应在可控条件下进行，并保护其在恶劣环境下，如潮湿、粉尘、干燥及大温差下不受影响。

103 所有工具都需有有效的刻度准则，并且任何控制软件的准确性需有严格保证。

G200 生产焊接

201 所有焊接均应严格遵循焊接规格书及本小节要求进行。任何主要参量变量超出了主要变量范围，均应对焊接程序重新进行规定与评定。主要参量及其变化范围在 D600 中规定。

202 焊接坡口应避免潮湿、油污、油脂、铁锈、渗碳材料、涂层等的污染，以免影响焊缝质量。防腐蚀合金钢与复合 / 加衬材料能对钢管内外表面进行清洗，其范围至少从坡口起算 20mm。

203 纵向焊缝间隔长度至少为 50mm，并且如果可能的话焊缝应尽量位于管的上半部分。

204 如果实际可行的话，最低预热温度应在距热源相对的坡口边缘 75mm 处进行测量。如果实际不可行，则外部测量的准确性需要进行论证。

205 在进行后续工作之前，应立即测量坡口边缘的内部温度。

206 焊工数量与焊接顺序要认真选择，尽可能使管子或部件不发生翘曲。

207 在前两道焊完成之前，不应除去对中器。对中器的释放应在 WPQ 期间操作合模拟。当用定位焊缝对中时，定位焊只能在坡口中使用评定合格的焊接程序进行。有缺陷的定位焊应完全清除。

208 起焊与终焊点沿焊缝长度分布，不应重叠在同一部位。

209 在接头具有足够的强度前，不应中断焊接，以防止运送过程中发生塑性屈服或开裂。中断后重新起焊之前，按最低规定温度进行预热。

210 用于立管与管道永久定位的支撑、附件、起吊装置等通常焊接到圆环或板上。临时使用的圆环要应予以夹持。暂时附件的焊接应按相应规定进行。

211 制造永久性圆环或板的材料要满足承压部件的要求。圆环制成全环形的圆筒，采用轴向焊缝与支持钢条连在一起，并避免穿透主要管材。其它焊缝应是连续的，其装焊方法要减小根部开裂成层状撕裂的危险性。

212 材料厚度和屈服强度不均的突变处应按 ASME B31.8 附录 I 或已经达成一致的准则进行处理。

213 现场斜弯应用斜弯机的方法。

214 在用切管线和圆盘材料作新的斜弯准备后，通过超声波无损检测方法检验的迭合试验需要被执行。

215 填充焊缝的最大根部空隙为 2mm。当根部空隙大于 2mm 而小于 5mm 时，在超过 2mm 空隙的焊缝填补处每 mm 应再增加 0.7mm 的焊缝厚度。当根部空隙超过 5mm 时的焊

缝填补应按相应的规定进行。

G300 修补焊接

301 不能单纯采用打磨方法修补有缺陷的焊缝。修补焊接按修补焊接程序进行。在焊接过程中大的焊接部位、多弧焊接系统以及中途弧断之处均认为是修补焊接。

302 同一部位的焊缝只可修补两次。除非是按各种情况特别评定合格并从可的，单面焊缝根部的重复修补除外。修补过的焊缝应研磨至平滑过渡到原焊缝边界。

303 在酸性环境下使用的单面接头根部焊道的维修应在连续监督下进行。

304 局部修补焊缝至少应有 50mm 长。

305 焊缝的去除部位要足够大，以保证缺陷能完全去除，去除部分的端部与侧面从其底部到表面要平缓过渡。缺陷可采用打磨、机械加工或电弧气刨方法去除。如使用电弧气刨方法，整个焊缝根部至少有 3mm 部分要采用机械方法除去。整个去除区域要研磨至除去任何富含碳的区域。凿孔的宽度与形状要保证为重新焊接提供足够的通道。对于非铁磁性的材料，缺陷完全会除的由磁粉检验或着色渗透性检验确认。无损探伤的残留物应在重新焊接前清除。

306 如果修补区域承受大的弯曲应力和（或）轴向应力，如在铺管船修补站或在相似条件下，焊缝的修补的长度应根据计算确定，详见第九章 A700。

G400 焊后热处理

401 除非在焊接环境中得到合理的结果，否则必须对名义壁厚超过 50mm 的碳锰钢焊接接头进行焊后热处理。当最低设计温度低于 -10℃ 时，厚度极限应予特殊选定。

402 当焊后热处理用来保证焊接接头对硫化物应力腐蚀有足够的抗力时，通常应对全壁厚进行此种处理。

403 若钢管生产家无特殊推荐，焊后热处理应在 580~620℃ 下进行。若钢材已经过淬火与回火处理，焊后热处理温度无论如何应比回火温度低 25℃。

404 加热、保温、冷却应在可控制下进行。保温时间为 2min/mm，但至少 1h。局部热处理时，应在焊缝两边至少扩展至 3 倍壁厚范围内要保持规定温度。绝热带边缘温度最高不超过保温温度的一半。当所有各部分的温度都已降至 300℃ 时，接头可在静止的空气中冷却。

405 如果需要的话，热处理温度循环应准备相关的适用证明资料。

G500 管子与管子部件的焊接

501 生产商要有足够能力制造符合质量要求的焊接钢管和管子部件。

502 含缺陷的焊缝可用焊接局部修补。力学性能不能接受的熔敷焊缝在重新焊接之前应全部去除。

503 生产检验按第六章 E800 的规定。

504 管子部件的生产过程中需要进行生产试验。如果可能的话，试验应按相应方式进行，重新进行焊接，在相应的位置覆盖充分的焊料。也可以用不会导致无损检测失败的生产焊接。

G600 立管、膨胀弯、拖拉管段的制造

601 生产厂家要有能力制造符合质量要求的立管接头，包括环缝焊接、覆盖层焊接以及部件的焊后热处理。按要求提交相应的适用证明资料。

602 生产过程中要求进行生产试验（详见第六章 A900）。该试验应尽可能模拟实际焊

DNV 海底管线规范 2000 版

接并应包括相应位置的足够长的管段的焊接。切掉了无损检验不合格部分的生产焊缝可以使用。

603 当要求进行生产试验时，E400（或表 C-5）规定试验数量的一半都应进行试验。冲击试验取样应位于焊缝金属和热影响区中格序评定试验时所发现的平均吸收能量最低的部位。

G700 安装与连接

安装

701 安装焊接应由有资格的人员使用程序和设备执行。焊接设备的类别与焊接程序应是安装焊接前评定过的。

702 长的缺陷可能需要分若干段修补，以避免管道拉伸时该焊缝屈服或开裂。允许修补段的最大长度根据修补作业时接头中的最大应力计算，见第九章 A700。

703 完全焊透的修补只限于在连续的监视下进行，否则该焊缝应予以切除。

704 生产中要求的生产试验应尽可能等同于实际焊接并应包括相应位置的足够长的管段的焊接情况下进行。切掉了无损检验不合格部分的生产焊缝仍可使用。

705 E500（和表 C-5，当适用时）规定的试验数量的生产焊接试验都应做。

水下焊接

706 水下焊接应在无水密封舱内进行使用低氢工艺。其他方法须经特殊批准。

707 在开始焊接之前，要在现场进行确认性试验。试验焊缝应在实际实施条件下的无水密封舱中焊制在管子或部件上。该试样组应包括从八点至九点区域的焊接。在外观检查 and 无损检验合格的条件下，才可开始焊接。试验接受标准等同于生产焊缝。力学试验应尽快进行。力学试验的数量为焊接程序评定所需数量的一半。当相同的焊接密封舱、设备、焊接程序用在紧接而来的，处于相似条件下的相同管道时，不需进行进一步的确认性试验焊缝。

708 焊接电缆的长度、直径应与焊接程序评定中应用的电缆近似相等。如果允许的话，可用经验准则来估计实际的尺寸和长度。

709 焊接操作区应与水面上记录焊接作业的控制站保持连续的通信联系。所有作业包括焊接应通过与控制站可以遥控的录相系统予以监视。在焊接调度员的监督下，所有相关的焊接参数应在控制站内予以监控与记录。

H 材料与工艺的特殊要求

H100 内部复合/加衬的碳钢管

生产焊接

101 除了无气体保护的管状焊丝电弧焊（FCAW/114）外，A200 中列举的所有焊接方法均可用于防腐蚀复合部分的焊接。该焊接应是双面的（在一切可能的时候）。单面（现场）接头根部焊道的焊接通常采用气体保护钨极电弧焊（GTAW/141）或气体保护金属极电弧焊（GMAW/135）。

102 最后一道焊缝的坡口用切削或打磨开制。用于打磨防腐复合材料的砂轮需过去从未用于碳钢。热切割应限于等离子弧切割。

103 防腐焊缝金属与复合/加衬材料的焊层间用不锈钢丝刷。

104 管道系统焊接过份中的所有操作均应使用适当的设备并在保护环境，防止被防腐材料的碳钢掺进杂质或污染。应准备表面检查和去处任何掺进的杂质的程序。

DNV 海底管线规范 2000 版

焊接材料

105 防腐材料的焊接材料选择应与复合/加衬材料相匹配。焊接材料的防腐性能通常优于复合/加衬材料。对于单面（现场）接头，同一类型的焊接材料应用于整个接头所需的所有焊道。当堆积焊缝厚度不少于复合/加衬材料厚度的两倍后，不同的焊缝材料可以用来填充和交叉使用。这些不同的焊缝材料必需被证明是与根部面积、母材以及适用环境相一致的。需考虑通过无损检测方法检测到的焊缝缺陷所产生的影响。在评定试验进行之前，我们应了解好试验和论证的作用原理。

H200 双向不锈钢**生产焊接**

201 除了无气体保护的管状焊丝电弧焊（FCAW/114）外，A200 中所列的焊接力法均可用于 22Cr/25Cr 双向不锈钢。单面接头根部焊道的焊接通常采用气体保护钨极电弧焊（GTAW/141）。

202 热切割应限于等离子弧切割。

203 双相不锈钢制品应在此类材料专用的车间或场地制造。砂轮和钢刷应是适合于在双相不锈钢上使用的，但过去不得曾用于碳钢。

204 热输入应在 0.5 ~ 3.5kJ/mm 范围内，以避免对较小壁厚造成最高热输入。

205 在第二次修补焊接时，需进行一次不同的焊接程序评定。

焊接材料

206 若焊后不进行全部热处理，应使用加镍和氮的焊接材料。焊接材料中加入的足够的添加材料，对于根部焊道及其随后的两条焊道的焊接是必不可少的。

备用或保护气中不应含氢。焊接根部焊道时，备用气体中氧的含量应少于 0.1%。

H300 马氏体（13%Cr）不锈钢**生产焊接**

301 除了无气体保护管状焊丝电弧焊（FCAW/114）外，A200 中所列的焊接方法均可用于马氏体不锈钢的焊接。单面接头的根部焊道通常采用气体保护钨极电弧焊（GTAW/141）。

302 热切割应限于等离子弧切割。

303 马氏体不锈钢制品应在此类材料专用的车间或场地制造。砂轮和钢刷应是适合于在双相不锈钢上使用的，但过去不得曾用于碳钢。

焊后热处理

303 若指定在酸性环境下使用，必须做适当的焊后热处理。

附录 D 无损检验 (NDT)

目 录

J .	总则
A 100	范围
A 200	规范和标准
A 300	质量保证
A 400	无损检验方法
A 500	无损检验程序
A 600	人员资格
A 700	报告
A 800	无损检验时机
K .	手动无损检验和焊接外观检查
B 100	总则
B 200	射线检验
B 300	手动超声波检验
B 400	手动磁粉检验
B 500	手动液体渗透检验
B 600	手动涡电流检验
B 700	外观检查
L .	母材和焊接覆盖层的手动无损检验
C 100	总则
C 200	钢板和钢管
C 300	锻件
C 400	铸件
C 500	焊接覆盖层
M .	自动无损检验
D 100	总则
D 200	自动超声波检验
N .	无损检验接受标准
E 100	总则
E 200	基于工程风险性评估 (ECA) 的接受标准
O .	制造中的钢板和带钢的无损检验
F 100	总则
F 200	碳—锰和双相钢板以及带钢的超声波检验
F 300	复合钢板和带钢的超声波检验
F 400	钢板和带钢的外观检查

DNV 海底管线规范 2000 版

P .	制管厂管子的无损检验	
G	100	总则
G	200	未被检验的管端
G	300	可疑的管子
G	400	适用于所有管子的无损检验
G	500	无缝钢管的无损检验
G	600	HFW、LBW 以及 EBW 钢管的无损检验
G	700	SAW 钢管的无损检验
G	800	手动的无损检验
G	900	管子上的修补焊缝的无损检验
G	1000	管子的焊接外观检查
Q .	安装围焊缝、构件焊缝以及其他承压焊缝的检验	
H	100	总则
H	200	无损检验和外观检查
H	300	接受标准
H	400	焊缝的修补
R .	管线构件、设备、结构部件以及母材、焊接覆盖层的接受标准	
I	100	总则
I	200	钢板和钢管的手动无损检验接受标准
I	300	锻件接受标准
I	400	铸件接受标准
I	500	焊缝覆盖层接受标准

A . 总则

范围

101 本附录规定了在管道系统中使用的碳—锰钢、双相钢、其他不锈钢以及复合钢材料和焊件的无损检验和外观检查的人员资格评定和证书,以及方法、设备、程序、接受标准的要求。

102 本附录未涉及围焊缝的自动超声波检验 (AUT)。在附录 E 中有有关围焊缝的自动超声波检验 (AUT) 的明确要求,结合本附录阅读、理解附录 E。

103 其他材料的无损检验和外观检查的要求应作明确地规定,并与本附录的要求保持总体上的致。

A 200 规范和标准

201 本附录参考以下的规范和标准:

ASME 锅炉和压力容器规范,第 部,第 2 条、第 5 条

ASTM 直波的标准规范

A578/578M 特殊用途的普通和复合钢板的超声波检验

ASTM 钢板的斜波超声波检验的标准规范

A577/577M

ASTM E 709 磁粉检验的标准指南

ASTM E 797 测量厚度的手动超声波脉冲响应接触法的标准操作

ASTM E 1212 设立和维持无损检验机构质量控制体系的标准做法

DNV 海底管线规范 2000 版

ASTM E 1444	磁粉检验的标准做法
ASTM E 1417	液体渗透检验的标准做法
DNV	入级说明 NO.7 焊接接头的超声波检验
EN 473	NDT 人员的资格评定和证书—通则
EN 1711*	焊缝的无损检验：通过复杂平面分析的涡流检查
EN 12084*	涡流检验——方法总则
ISO 1027	无损检验的射线透度计——原理和标识
ISO 1106-1	焊接接头射线检验的推荐做法，第一部分：厚度不超过 50mm 钢板熔化焊接的对接接头
ISO 1106-2	焊接接头射线检验的推荐做法，第二部分：厚度大于 50mm 但不超过 200mm 钢板熔化焊接的对接接头
ISO 1106-3	焊接接头射线检验的推荐做法，第三部分：厚度不超过 50mm 钢板熔化焊接的环形接头
ISO 2504	焊缝的射线照像术和胶片的观察条件——推荐型透度计（I.Q.I.）格式的应用
ISO 5579	无损检验——用 X 和 Y 射线对金属材料的射线检验——基本规则
ISO 5580	无损检验——工业射线源——最低要求
ISO 9002	质量体系，制造、安装、服务的质量保证模式
ISO 9303	承压用途的无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管——探测纵向不完善的全周边超声波检验
ISO 9304	承压用途的无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管——探测不完善的全周边涡流检验
ISO 9305	承压用途的无缝钢管——探测横向不完善的全周边超声检验
ISO 9402	承压用途的无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管——探测铁磁性钢管纵向不完善的全周边漏磁检验
ISO 9598	承压用途的无缝钢管——探测铁磁性钢管横向不完善的全周边漏磁检验
ISO 9765	承压用途的埋弧焊钢管——探测焊缝纵向及横向不完善的全周边超声波检验
ISO 10124	承压用途的无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管——探测分层不完善的全周边超声波检验
ISO 10543	承压用途的无缝和热拉伸缩径焊接钢管——全周边超声波壁厚检验
ISO 11484	承压用途的钢管——无损检验（NDT）人员的资格和证书
ISO 11496	承压用途的无缝和焊接钢管——探测管端分层不完善的全周边超声波检验
ISO 12094	承压用途的焊接钢管——探测用作焊管的钢板，带钢分层不完善的全周边超声波检验
ISO 12095	承压用途的无缝和焊接钢管——液体渗透检验
ISO 13663	承压用途的焊接钢管——探测焊缝附近区域分层不完善的全周边超声波检验
ISO 13664	承压用途的无缝和焊接钢管——探测管端分层不完善的全周边磁粉检验
ISO 13665	承压用途的无缝和焊接钢管——探测管身表面不完善的全周边磁粉检验

A 300 质量保证

301 NDT 的订约人应保证满足 ISO9002 的要求和在 ASTM E1212 中给出的设备要求的不完善质量保证体系的最小值。

质量保证的进一步要求在 2B500 部中给出。

A 400 无损检验方法

401 NDT 方法的选择应适当考虑到影响该方法敏感性的条件。该方法探测不完善性的能力应当考虑材料、接头几何形状和所使用的焊接方法。

DNV 海底管线规范 2000 版

402 由于诸多 NDT 方法在使用限制以及敏感性方面的不同，可以要求两种或者更多方法联合使用以保证检验有害不完善的最佳可能性。

403 对铁磁性材料表面不完善性的探测应使用磁粉或涡流检验；对非磁性材料表面不完善的探测应使用染色渗透检验或涡流检验。

404 对内部不完善的探测应使用超声波和/或射线检验。为了提高裂缝探测或定性/尺寸的可靠性，可要求用射线检验补充超声波检验或者反之亦可。

射线检验适用于探测体积不完善。材料厚度超过 25mm 的射线检验一般应由超声波检验补充。

超声波检验适用于探测平面不完善。无论何时需要确定不完善高度和深度，例如：工程风险性评估，需要超声波检验。

405 如果证明其他替代的方法能够检验不完善，并与常用的方法具有相等的接受条件时，可以使用替代方法或多种方法的联合。

A 500 无损检验程序

501 无损检验要根据书面程序进行，该程序至少要给出以下诸方面的详细资料：

- 使用规范或标准；
- 焊接方法（相关）；
- 接头几何形状和尺寸；
- 材料；
- 方法；
- 技术；
- 主要的和辅助的设备；
- 消耗品（包括品牌名称）；
- 敏感性；
- 标定方法和标定标准；
- 检验参数和变量；
- 不完善性的估计；
- 报告和结果的证明文件；
- 涉及到的使用的焊接程序；
- 可接受的标准。

502 如果使用替代的方法或几种方法的联合探测缺陷，应根据可接受的规范或标准编制程序。对程序的评定来说，在各种情况下，应根据所使用方法对探测缺陷和缺陷特性及所要探测的缺陷尺寸和类型的敏感性方面的要求予以考虑。

503 无损检验程序应在三级人员负责下标识。

A 600 人员资格

601 从事手动或半自动 NDT 以及对检验结果进行解释的人员应是根据满足 EN473 要求的认证大纲鉴定合格的（NDT 人员资格鉴定和证书——通则）并具有有效证书的人员。证书要说明资格等级以及操作者被证明的范畴。

602 从事 NDT 自动设备结果标定和解释的人员应是根据满足 EN473 要求的认证大纲的适当等级鉴定合格的人员。此外，他们要有进行充分培训的证明和处理设备故障的经验并具备标定设备的操作能力及在生产/场地/现场条件下进行操作检验和估算缺陷尺寸和位置的能力。

DNV 海底管线规范 2000 版

603 在制管过程中操作自动设备的 NDT 人员应是根据 ISO11484 鉴定合格的或具有同等的认证资质。

604 NDT 程序的准备和所有 NDT 的操作要在 3 级人员负责的情况下进行，并且至少要有具有 2 级资格水平的人员完成，具有 1 级资格的人员可以在 2 级人员的直接监督下进行 NDT。

605 进行外观检查的人员应有资料证明是按照 NS477 的要求进行培训和资格鉴定的人员，EWE 焊接检验人员或与之相当的人员应有进行工作的足够的视觉敏锐度。

606 从事射线现象解释、超声波操作、磁粉结果解释、液体渗透检验和外观检查应经过可见度检验，例如 JaegerJ-2，在之前的 12 个月内。

A 700 报告

701 所有 NDT 都要有通过检验区域易于再跟踪且检验可重复进行的文件证明。报告要确定焊缝区域存在的缺陷并说明焊缝是否满足接受标准。

A 800 无损检验时机

801 无论如何，焊缝的无损检验在焊接完成后的 24 小时进行。

802 如果采用的焊接程序能保证每 100 克焊条的最大扩散氢含量为 5ML，并对焊接消耗品的适当处理予以检验，控制或采取措施（例如焊缝的后热处理）以减少有害氢的含量，那么在上述 801 中提及的时间可缩短。

803 如果接着焊接的热量足够减少氢含量以阻止氢造成裂纹，则端部和 SMYS 小于 415Mpa 的碳-锰钢铁的沸点可采用纤维电极。见附录 C103。

804 如果上述 802 和 803 中的要求都满足，管线安装围焊缝和纵向焊缝的无损检验在焊缝充分冷却允许进行无损检验情况下即可进行。

B 手动无损检验和焊缝外观检查

B 100 总则

101 焊缝的手动无损检验按以下要求进行，且大体上与以下标准相一致：

射线： ISO1106-1，ISO1106-2，ISO1106-3，ISO5579；

超声波： ASME 锅炉和压力容器规范，第 5 部，第 5 条；

DNV 入级说明 NO.7 焊接接头的超声波检验；

磁粉： ASTM 709，ASTM 1444；

染色渗透： ASTM 1471；

涡流： ASTM 309。

B 200 射线检验

201 射线检验要根据协定程序用 X 射线进行，在某些情况下要求使用 射线，射线的使用要根据情况的要求予以认可。

202 射线检验程序要包含 A 500 中的内容及相关内容：

—— 放射源；

—— 技术；

—— 几何关系；

—— 胶片类型；

DNV 海底管线规范 2000 版

- 增感屏；
- 曝光条件；
- 冲洗；
- 分别根据放射源一侧和底片一侧的标志用壁厚百分比表示的透度计灵敏度；
- 反向散射探测方法；
- 黑度；
- 底片一侧透度计标识方法；
- 底片覆盖范围；
- 焊缝标识体系。

203 底片和增感屏等级应遵循 ISO 5579 。

对于 X 射线曝光应采用与铅屏结合的底片，对于 射线曝光应采用极好的晶粒胶片和铅增感屏。

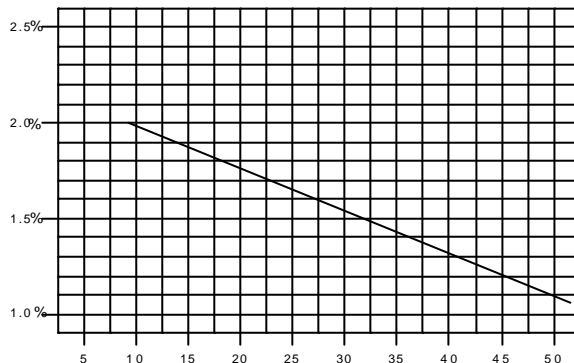
204 应根据 ISO1027 文件以及所需数量使用透度计 (IOI)，透度计应清楚地被鉴定。

经批准认可，能够提供相同精度的射线灵敏度信息的其他类型的透度计可以被应用。

205 每个射线程序和使用的消耗品都是根据具有同样或有代表性形状和尺寸且具有与制造所用的材料相类似的一个焊接接头做的射线曝光评定合格的。

为评定射线程序的合格，透度计应当放置在底片一侧和射线源一侧。

206 在程序评定中根据两侧透度计 (IQIs) 得到的灵敏度应予以记录，并且射线源一侧的透度计灵敏度至少要达到图 1 所示的要求。



材料厚度 (mm)

207 在曝光的过程中无论何时透度计尽可能放置在射线源一侧，如果在生产中射线拍照时 IQI 放置在胶片一侧，这种做法要根据字母 F 在底片上的投影予以指示，来自程序合格评定的胶片一侧 IQI 的灵敏度应作为接受标准。

208 曝过光的射线底片良好焊缝金属处的影像平均 H&D 黑度应至少为 2.0，允许的最大黑度要根据使用的观察设备能力确定，但不能大于 4.0。

209 射线照片要在满足 ISO 2504 和 ISO 5580 要求的条件下进行评估。按照射线照像程序合格鉴定拍出的射线底片在进行生产射线底片评定的场合作为参考是适用的。

210 底片的处理与保管应使底片至少 5 年保持其质量没有损坏，硫化检验应当定期进行。

如果要求底片保管时间超过 5 年，射线应当用适当的方法数据化，以协定的方式用电

子数据的形式保存。

B 300 手动超声波检验

301 超声波检验应按照协定的程序进行。

302 超声波检验应包含 A500 中的内容及相关内容：

- 设备类型；
- 探测器类型和尺寸；
- 探测器频率范围；
- 标准块的种类；
- 校准细节、范围和灵敏度；
- 表面的要求，包括最大温度；
- 耦合方法类型；
- 显示探测器使用以及涉及范围的扫描技术草图增刊，以及其他相关内容；
- 记录细节。

303 对使用手动方法时不要求特定程序限制的检验，检验程序应当经协商一致。

304 手动超声波检验设备应该是：

- 适用于脉冲响应技术和双探头技术；
- 包括的最小频率范围为 2—6MHz；
- 具有一个标定过的，每一档最多用 2dB 覆盖 60dB 范围的增益调节器；
- 具有一个从前面易于看到供直接描绘参考曲线或能够显示用户限定曲线的荧光屏；
- 在试验条件下清楚地探测出波幅为满屏高的 5% 的回波；
- 至少包括一个直探头和 45°、60°、70° 的斜探头，推荐使用双探头技术和应用于行程时间衍射（ToF）的其他探头。在管子纵向焊缝检验中要求使用 35°、55° 的斜探头。如果需要，探头适用于热表面上（100 到 150°C）；

305 超声波设备，包括探头和电缆，要有与设备特性相关的证书。

306 超声波设备，包括探头和电缆，要有与设备特性相关的证书。

306 无论何时及何种原因，包括开机和停机在内，只要超声波设备已经出现功能故障，无论何时对设备正常功能有任何怀疑既应进行标定。

307 行程的标定和角度的测定应使用 IIW/ISO 标准块（ISO 2400）。

308 为检验焊缝标准块被用于增益标定和建立标准曲线，用于检验的标准块通常应采用实际使用的材料制造，用其他材料制造的标准块假如该材料被证明有与实际被检查的材料相似的声学特性的可以被接受（例如折射角的最大变量应不小于 1.5°）。标准块的长度和宽度尺寸要适合所有探头的声波路径和所检验的材料尺寸。

侧面钻孔的标准块适用于检验钢板焊缝、围焊缝和相类似的对称结构。标准块的厚度、直径和钻孔的位置如图 D-2 和表 D-1 所示。

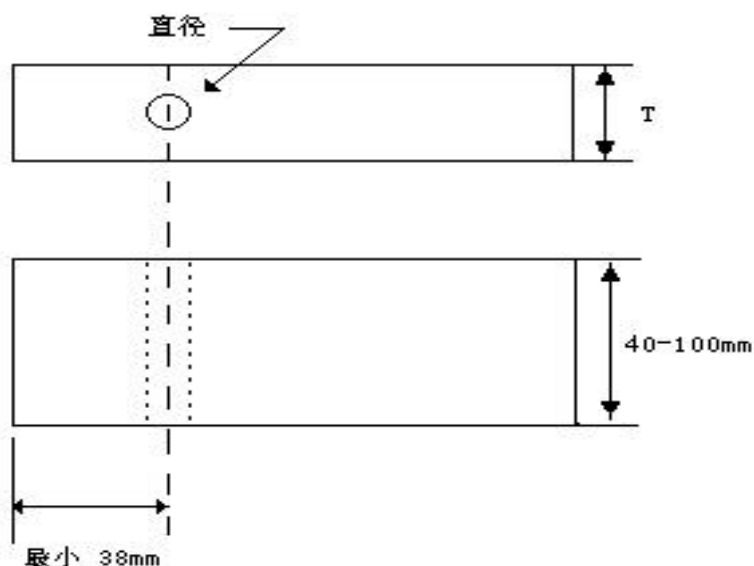


表 D-1 标准块尺寸			
材料厚度 (t) mm	标准块的厚度 (T) mm	侧面钻孔位置	侧面钻孔直径 mm
t<25mm	20 or t	1/4T&	3.0
25mm t<50mm	38 or t	1/2T&	3.0
50mm t<100mm	75 or t	3/4T	3.0
100mm t<150mm	125 or t		3.0

309 检验管子的纵向焊缝和相类似的对称结构的标准块除了要满足 308 中的要求外,还要有与被检验管子相同的曲率。标准反射镜要如 G800 细节中的放射状钻孔。

310 超声波设备的标定应根据 DNV 分类中的程序和入级说明 7 规定的程序进行。其他同意的标定方法可以根据认可的规范或标准选用。

311 为了对显示进行评估,应使用 3 点法建立一条标准曲线。该曲线应绘制在仪器的显示屏上,除非设备具有生成用户定义的 DAC 曲线的软件能力。

312 对于超声波检验,接触表面应清洁、光滑,即没有可能影响检验结果的脏物、氧化物、锈斑、焊接溅落物。用双探头技术补偿标准块和实际工件之间在表面特性和衰减方面的差异。平面上允许的最大补偿值是 60dB。

313 通常从两侧对焊缝进行检验,如果仅从一侧的检验必须进行,应采用优化了的检验技术以确保裂缝的检验。检验应包括在靠近焊缝区对分层以及对焊缝和母材中的横向显示的扫描。扫描光速应不超过 100m/s。

314 对于裂缝的检验来说,补偿后的初始增益可增加到最多 6dB 为止。在此增加过程中的增益水平上不进行缺陷尺寸测定。

315 此显示应是通过回转探头和按使用各种具有按照 312 建立的 DAC 曲线的不同角度探头的最大回波探查到的,所有超过标准曲线 20% 的显示都应探查,所有超过 50% 的显示都应作报告。探查应进行到操作人员能确定显示的类型和位置。对于尺寸的评估,应使用“6dB 衰减法”或行程时间或最大波幅法。

B 400 手动磁粉检验

401 磁粉检验应根据协定的程序进行，

402 磁粉检验程序应包含 A 500 中的内容及相关内容：

- 磁化类型；
- 设备类型；
- 表面预处理；
- 湿法或干法；
- 磁粉的制作和类型以及对比显示；
- 磁化电流（对双头电极磁化，应说明圆棒电极的类型和间距）；
- 去磁；
- 检验方法的描述。

403 不需要特别的程序合格评定试验，该程序被认为是经过认可批准的。

404 设备应为探头建立介于 2.4KA/m (30 Oe) 和 4.0KA/m (50 Oe) 之间的场强。设备应当最多不超过 6 个月的时间间隔进行检验以验证被采用的在最大跨度下建立的被要求的场强。该检验结果应当被记录。

405 探头应是软的且尖端是用铅之类物质包覆的，应避免在探头和所检验的材料之间的电火花。

406 交流电磁轭在最大跨度下要产生最小 5kg 的起重力。起重力在开始任何检验之前应被核查，并在检验过程中定期检查。

407 不允许使用永久性磁铁，如果国家规定需要，直流磁轭仅用于特殊的应用中。

408 被检验的表面应当是清洁和干燥的，不能有脏物，即油漆、油脂、油迹、纤维屑、氧化皮、焊剂等干扰检验的脏物。

409 采用荧光的湿的磁粉检验应是首选的方法。

410 提供的无荧光的湿的或干的粉末应与背景环境或被检验表面形成适当的对比。

411 为保证检查任何轴线方向的不连续性，在每个区域的检验应采用磁场沿大约相互垂直的两个方向变换并充分覆盖此检验区域移动磁场的方法进行。

412 荧光性磁粉检验应在黑暗的地方，使用波长范围为 $3200\text{—}3800\text{\AA}$ 的滤光紫外灯进行。

操作员应给予充分的时间让视眼适应黑暗的环境，不能戴有彩色影象的辅助物。

413 磁粉检验不要在表面温度超过 300°C 的工件上进行，在 60°C 和 300°C 之间只可用于磁粉检验。

B 500 手动液体渗透检验

501 液体渗透检验应根据批准的程序进行，除非另经同意，液体渗透检验仅适用于非铁磁材料和导磁率变化大的材料。

502 液体检验程序要包含 A500 中的内容及相关内容：

- 表面预处理；
- 渗透剂、洗净液、乳化剂和显像剂的制造和类型；
- 检验前清理和干燥的说明，包括使用的材料和可允许的干燥时间；
- 渗透剂的使用说明：渗透剂在被检验表面上保留的持续时间，在检验期间表面和渗透剂的温度（如果不在 $15\text{—}35^{\circ}\text{C}$ 的范围内）；
- 显示器使用细节和检验前的显示时间；

——检验后清洗的方法。

503 当被检表面和渗透剂的温度在 15oC—35oC 的范围内时，不需要特殊的程序合格评定试验。该程序被认为是根据对检验规格书的认可评定合格的。

B 600 手动涡电检验

601 涡流检验应按照 EN 12084、EN 1711 以及接受程序进行。

602 涡流检验程序要包含 A500 中的内容及相关内容：

- 仪器类型；
- 探头类型；
- 频率设置；
- 标定细节；
- 要求的表面条件；
- 检查细节；
- 记录细节。

603 当采用手动方法时总体上不需要特殊的程序合格评定试验。该程序被认为是根据对检验规格书的认可评定合格的。

604 手动涡流检验设备要具备：

- 单一的或多重的频率；
- 频率范围在 1000Hz—1MHz；
- 对应于被检验结构的最大期望值通过覆盖层厚度，增益/噪音以全屏偏差显示 1mm 深度的人工缺陷，此外 0.5mm 深度的人工缺陷通过具有 1/3 的最小噪音/信号率的相同覆盖层厚度显示；
- 相位的控制应给予每步幅不少于 10o 的完全旋转；

605 探测覆盖层厚度的涡流探头应具备从要求被检验结构的标准块无覆盖层的位置移至有覆盖的位置起重力信号的全屏偏差的能力。探头应清楚的标示它的频率使用范围。

606 用做焊缝检查的涡流探头应当对被检验的实际类型的焊缝检查最优化，此类探头的活动表面被薄层非金属耐磨材料覆盖时应当使用，如果使用这种覆盖层，在标定时通常也安装该探头。

607 应当采用与检验组成部件相同材料的标准块。该标准块应具有 0.5mm、1.0mm、2.1mm 深度的窄槽，槽深允许公差为 +0、-0.1mm。建议槽宽为 0.1mm 也可为最大槽深的 20% ($\approx 0.4\text{mm}$)。在相同的试块上所有的槽应具有相同的宽度。

被使用的标准块根据探头应具有长度、宽度、厚度尺寸以及狭槽的位置、间距、长度等，以保证在狭槽之间或和边缘在进行标定是不发生冲突。

608 涡流设备，包括探头和电缆，应具有属于设备特性的标定合格资格证明。

609 无论何时及何种原因，包括开机和停机在内，只要涡流设备已经出现功能故障，无论何时对设备正常功能有任何怀疑即应进行标定。

610 表面条件——过量的焊接溅落物、生水垢、铁锈以及剥落的油漆将探头与被检验物体隔离会影响灵敏度，应该在检验之前清除。

611 焊缝表面和加热影响区应采用可选择的探头以光栅的形式扫描，如果被检验物体的几何特性允许的话，探头移动以与被测缺陷主方向的相正交的方向移动。至少两个探头要相互正交进行检验。对于不同的卷绕类型，缺陷检验的灵敏度同样取决于卷绕方向，因此在检验过程中要注意控制该点。

612 显示超过信号幅度 50% 的 0.2mm 深度标准块狭槽和所有显示的裂缝应当报告，除非

DNV 海底管线规范 2000 版

以购买者同意的其他方式，报告内容应包括缺陷的位置、大致长度和信号幅度的最大值。

B 700 外观检查

701 外观检查应由经过培训的人员在照明充足（大约 500lx）的场所进行，足够数量的工具、量规、测量设备和其他设施应是在检验场所适用的。

C 母材和焊接覆盖层的手动无损检验

C 100 总则

101 所有母材的手动无损检验应按照批准程序在 A 500、B 300、B 500 和 B 600 中的要求进行。

102 母材、焊件、焊接覆盖物的无损检验应依据 B 部分中的要求和参考标准进行。

103 母材和焊接覆盖物的无损检验的可接受标准在 I 部分中给出。

C 200 钢板和钢管

201 该部分要求不适用 F 部分涉及的钢板和带钢或 G 部分涉及的管线。

202 手动超声波厚度检验应依据 ASTM E797 或相等价的标准进行。

203 碳-锰的薄片状裂纹（双相）其他无锈钢和耐腐蚀合金镍的手动超声波检验应依据 ISO12094 或相等价的标准进行。

204 钢铁外层薄片状裂纹的超声波检测应依据 ASTM A578/578M 或相等价的标准进行。

205 非薄片状缺陷的超声波检验应依据 ASTM A577/577M 或相等价的使用直角槽口的标准进行。

206 钢板、带钢和钢管边缘的手动磁粉检验应依据 ASTM E709、ASTM E1444 或相等价的标准进行。

207 钢板、带钢和钢管边缘的手动液体渗透检验应依据 ASTM E1417 或相等价的标准进行。

208 钢板、带钢和钢管边缘的手动涡流检验应依据 ASTM E309 或相等价的标准进行。

C 300 锻件

301 锻件的手动超声波检验应依据 ASTM A388/ASTM A388/M 或相等价的标准进行，对于双相或奥氏体钢锻件斜光束检测应采用纵向斜光束的探头。

直光束检测

302 平板底部孔洞是穿过厚度的三个不同深度的直径为 3mm 的平板底部孔洞。一个孔应当有 5mm 的金属深度；一个孔应当在厚度的中部；一个孔应具有相当于金属深度的厚度 5mm。并且应当使用不同的孔洞建立 DAC 曲线。

斜光束检测

301 DAC 曲线应采用直角坐标和深度为厚度的 3% 的槽口建立。

302 标准块应是来自实际锻件和相同热处理条件下的材料。

303 锻件的手动磁粉检验应依据 ASTM E709，ASTM E1444 或相等价的标准进行。

304 锻件的手动液体渗透检验应依据 ASTM E 1417 或相等价的标准进行。

C 400 铸件

401 铸件的手动超声波检验应依据 ASTM A 609 使用直径 3mm 的平板底部孔洞标定程序

DNV 海底管线规范 2000 版

和具有直径 3mm 的基本标准孔洞附加要求 S1 进行，其他相等价的标准也可被采用。

402 铸件的射线检验应依据 ASTM，第五部，第 2 条或其他相等价的标准进行。

403 射线程序除了 B 202 中的要求外，还要包含以下内容：

- 放射草图；
- 覆盖范围；
- IQI 的位置；
- 可接受的标准。

404 铸件的手动磁粉检验应依据 ASTM E 709，ASTM E1444 或相等价的标准进行。

405 铸件的手动液体渗透检验应依据 ASTM E 1417 或其他相等价的标准进行。

C 500 焊接覆盖层

501 磁焊接覆盖层沉积的无损检验和外观检查应经过 100% 的外观检查和 100% 的磁粉检验来进行。

502 非磁焊接覆盖层沉积的无损检验和外观检查应经过 100% 的外观检查和 100% 的液体渗透检验或涡流检验来进行。

D 自动无损检验

D 100 总则

101 该部分要求适用于所有除了围焊缝的自动超声波检验在附录 E 中给出特殊的要求的自动无损检验过程。在这部分给出的要求是对规定的或任选的自动 NDT 方法的规范和标准的补充。

102 自动无损检验设备性能须用统计记录予以证明。证明文件中应包含的条例：

- 设备功能的简要秒度描述；
- 详细的设备描述；
- 操作手册包括功能校验的类型和频次；
- 标定；
- 设备在材料或焊缝特性，包括尺寸、几何形状、裂缝类型、表面光洁度、材料组份等方面的限制；
- 再现性。

103 设备资格标定证明应提前在 6 个月之内进行。

D 200 自动超声波检验

201 围焊缝的自动超声波检验（AUT）的特殊要求在附录 E 中给出。

202 此的要求是对上述 D 100 的补充，适用于所有自动超声波检验除了围焊缝的自动超声波检验。

203 针对每一种专门的应用对设备标定的要求、标准块和设备配置在 F 部分和 G 部分给出。对自动超声波检验设备的配置应进行描述并且提供以下相关文件：

- 设计和设备操作的参考规范、标准或指南；
- 探头的数目和类型的描述；
- 扫描设备的功能；
- 超声波仪器、通道数和数据的采集；
- 数据的记录和处理；
- 校验块

DNV 海底管线规范 2000 版

- 耦合剂；
 - 检验的温度范围和条件的限制；
 - 可达到的覆盖范围；
 - 最大的扫描速度和方向；
 - 标定和灵敏度设定的证明方法；
 - 可记录的显示报告。
- 204 此设备应包括连续操作系统用于：
- 焊缝对中；
 - 反馈信号衰减报警；
 - 设备出现严重故障是报警；
 - 对超出启动信号和报警等级显示的报警；
 - 对超出启动信号和报警等级显示区域的标示。
- 205 超声波探头的类型和数量应足以保证母材或焊缝及焊缝附近区域满足：
- 从两侧及横向扫描；
 - 被大约垂直于可能存在的反射超声波的不完善表面的不同角度探头全部覆盖。
- 为提高探测的可能性或裂缝的特性须包括一前一后排列的或聚焦的探头。
- 206 对于使用多路传输的设备来说，扫描速度应是可选择的，并且应设置的足够低，使两个探头的触发之间的持续时间足够短，也就是当静止时探头的移动距离应大大的小于容许不完美的长度。扫描速度 V_c 应依据下列确定：
- $$V_c = W_c \times PRF/3$$
- 此处 W_c 是最窄的 6dB 光束宽在发射范围内与各种探头相适应；
- PRF 是每探头的有效再现频率。
- 207 对于设备的标定，要准备和使用一个或多个的标准块。这些标准块在材料、声学特性表面光洁度、直径和厚度上应与被检测管子和管子部件相同。对于焊接管子的标准块应包含典型的产品焊缝。
- 208 标准块应包含表征潜在缺陷的人造放射器，并验证位置的精确性。
- 209 对于检测设备性能和特殊应用时其他类型的放射器是需要的。
- 210 在制造过程中相同速度下和相同的条件下标准块应是满足允许动力检测的尺寸。
- 211 标准块的尺寸精度应用文件证明。
- 212 标准块和设备的标定应符合 F 部分和 G 部分的要求。
- 213 自动超声波检验的程序至少要包括以下内容：
- 设备的性能描述；
 - 参考标准和指南；
 - 对扫描装置、超声波电子仪器、记录、处理、影像或图象以及显示的储存的硬软件的详细的设备说明；
 - 设备构造：探头数量、类型、覆盖范围；
 - 探头操作模型、探头角度、探头引燃程序的描述；
 - 通过 2dB、3dB、6dB 的中心光束和边光束显示来描述每一个探头覆盖范围的草图；
 - 设备的安装；
 - 统计标定的方法，标定和灵敏度设置；
 - 可接受的动态检测；
 - 检验开始点的鉴别和检验长度的显示；
 - 扫描对准及维持对准的方法；

DNV 海底管线规范 2000 版

- 允许的温度范围；
- 耦合和耦合控制；
- 探头和整个功能的校验；
- 表面状况和预处理；
- 检验工作的描述；
- 结果的解释；
- 接受的标准；
- 报告；
- 记录图例。

E 无损检验的接受标准

E 100 总则

101 适用于管道系统或部件的无损检验的接受标准：

- 关于钢板和带钢的 F 部分；
- 关于管线管的 G 部分；
- 关于考虑到包括全部应变集中系数 (SNCF) 情况下，由安装和操作造成的应变集中不超过 0.3% 的围焊缝 H 部分；
- 关于母材、管线组件、设备和构件 (包括铸件和锻件) 的 I 部分。

102 由安装和操作造成的累积应变大于 0.3%，但不超过 2.0% 的管道围焊缝的可接受标准应通过 ECA (见 E 200) 建立。

ECA 应依据 H 部分中的允许裂纹的要求确定断裂韧性评估。

另一个可供选择的“适于实用”型接受标准可根据断裂韧性实际值评估。

103 由安装和操作造成的累积应变超过 2% 的管线围焊缝的接受标准应根据工程极限状态评估 EAC (见 200) 确定，并按第 9 部 E 的要求通过试验验证。

104 对于某些焊接方法，可以确定焊接参数的变化和缺陷出现率之间明确的相关关系。

对于这样的方法，此附录给出的接受标准，经特别考虑和认可的，在证明焊接参数记录的显示变化在可接受的范围内时，可进行部分替代。这些替代要以综合的相关性证明文件为基础。

E 200 基于工程风险性评估 (ECA) 的接受标准

201 无论何时 NDT 的可接受标准应依据工程风险性评估 (ECA) 建立。此工程风险性评估 (ECA) 应依照 202 到 206 指定的要求进行。

202 此工程风险性评估应按第 5 部 1100 的要求进行。

203 如果焊缝的可接受标准是依据工程风险性评估建立的，那么应进行超声波或自动超声波检验。

204 用于 ECA 的超声波检验测的不确定数据应是和所用的超声设备和程序相适应的，以便探测和评估所考虑的材料的相关裂纹以及焊缝的几何形状。

在此方法使用全部期间，应通过常规的、相关的 NDT 方法，对此相关关系的正确性进行校验。在任何情况下，用于校验的 NDT 范围和类型以及相应的接受标准都要经过认可。

205 如果自动超声波检验用于检验或管线围焊缝，则在 EAC 中使用的的数据要取自通过在附录 E 中要求的自动超声波检验系统的资格检验的数据。

这个资格检验中的不确定数据应是保证裂纹尺寸偏差 95% 的置信度的统计数据。

根据 ECA 原则允许的最大裂纹尺寸应以裂纹尺寸偏差的形式在长度、高度上有所提

DNV 海底管线规范 2000 版

高，以资格检验为基础的数据要保证 99% 的置信度。

206 对于手动超声波检验，应用于 ECA 对超声波检验不确定性、完善性和可靠性的数量估计的数据，最好应是“测量到的响应与实际裂纹尺寸关系曲线”型。此类评估应以从全面的知识到手动超声波检验的出版结果为基础。

207 上述描述的方法也可用来证明在 102 中提到的接受标准的超出值。

F 制造中的钢板和带钢的无损检验

F 100 总则

101 钢板和带钢在制造过程中的无损检验的类型和范围是：

- 薄层不完善性的钢板和带钢的 100% 的超声波检验；
- 薄层不完善和焊接熔合不足的钢板外包物的 100% 的超声波检验。

102 超声波检验包括钢板和带钢边缘的超声波检验应超过板宽，朝里面接着焊接的预先加工区至少延伸 50mm。在面积宽度上制定适当的允许值使得包括可能的钢板超出、最后的边缘加工和最终的斜角。

103 在制管厂对管体进行无损检验，经过批准同意，在钢板和带钢制造中对钢板和带钢分层不完善的超声波检验可以省略。

104 在该部中给出的接受标准是普遍适用的，除非其他可接受标准依据 E 部分中的相关条例作出特殊规定。

105 用于超声波检验的设备和程序应该遵循 D 部分的要求，在 D 部分中的自动无损检验的要求是对该部分中被描述的或任意的自动超声波检验的任何规范和标准要求的补充。

F 200 碳—锰和双相钢板以及带钢的超声波检验

201 钢板和带钢的分层不完善性的超声波检验应遵循 ISO 12094：

——接合扫描裂缝之间的间距应保证 100% 的钢体覆盖面，所有的边缘应充分的小以保证允许的最小不完善值的检测。

——对于钢板名义厚度 40mm 校验块的凹坑深度应有所增加使得凹坑底部位于名义钢板厚度的 1/4 和 1/2 之间。

202 碳—锰和双相钢板和带钢的超声波检验接受标准在图表 D-2 中给出。

203 根据协议，钢板和带钢的接受标准可限定允许面积 100mm^2 以及具备最小不完善面积 30mm^2 、长度和宽度 5mm 的分布密度 5。所有其他的要求在图表 D-2 中给出。

图表 D-2 碳—锰和双相钢板和带钢的超声波检验接受标准			
钢板和带钢的接受标准			
使用条件	不完善性的最大允许值	考虑的不完善性的最小尺寸	分布密度的最大值
非酸性	面积： 1000mm^2	面积： 300mm^2 长度：35mm 宽度：8mm	10 在校验的面积内
酸性	面积： 500mm^2	面积： 150mm^2 长度：15mm 宽度：8mm	5 在校验的面积内
钢板和带钢边缘的接受标准			
使用条件	不完善性的最大允许值	考虑的不完善性的最小尺寸	分布密度的最大值

DNV 海底管线规范 2000 版

全部	面积：100mm ² 宽度：6mm	长度：10mm	3 在校验的面积内
<p>注意事项：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、如果两个或多个接合不完善被不小于最小显示的最大尺寸分隔，那么应当作为一个不完善性考虑。 2、分布密度的不完善数目应小于不完善尺寸的最大值、大于最小值。 3、校验面积应为： <p>非酸性使用条件：1000mm × 1000mm</p> <p>酸性使用条件：500mm × 500mm</p> <p>当钢板和带钢的宽度小于校验面积的平方根，钢板和带钢的校验面积在非酸性使用条件下为 1.00m²、酸性条件下为 2.5m²。</p> 4、不完善宽度是相对于钢板和带钢的边缘的尺寸。 			

F 300 复合钢板和带钢的外观检查

301 母材的超声波检验应采用 F 100 的要求。

302 探测钢板和带钢本身的母材和复合材料之间的焊接不足的超声波检验应依据 ASTM A578，S7 进行。

303 可接受标准：

——ASTM A578，S7。此外，在钢板边缘的面积内不允许有焊接的迭片或不足。

F 400 钢板和带钢的外观检查

401 外观检查和接受标准应遵循第 6 部的 E.504。

G 制管厂管子的无损检验

G 100 总则

101 管线制造过程中的无损检验的范围应遵循第 6 章，图表 6—13。

102 在第 6 部要求的检验类型，图表 6—13 定义如下：

——超声波检验；

——表面不完善性的检验；

——放射性检验。

无论何时无损检验方法的选择是任意的，这点在该部分说明。

103 D 部分中规定的对自动无损检验方法的要求是对本部分中在规定使用或非强制使用自动 NDT 方法方面参照的任何规范或标准的要求的补充。

104 本部分中规定的接受标准是有效的，除非根据 E 部分的相关条款确定了其他的接受标准。

105 用于管子最后验收的所有 NDT 应在冷校直、成型和扩径完成之后进行。室内的无损检验可由制造者酌情任何时间进行。

106 如果在钢板和带钢制造厂中依据 F 部分进行钢板和带钢的无损检验，管子管体的分层不完善性的超声波检验可以省略。

G 200 未被检验的管端

DNV 海底管线规范 2000 版

201 当使用自动无损检验设备时,管子两端较短的部分通常不能检测到。未被检测的管端或是被割掉,或是使用具有适当的技术并且使用至少能达到相同灵敏度的检验参数的相同方法或其他可能的方法对管端进行手动或半自动无损检验。

G 300 可疑的管子

301 在任何情况下,由管子检测造成的自动无损检验设备发出的信号等于或大于启动或报警等级时,该管子应视为可疑的管子。

可疑的管子可根据下列方案之一处理:

——管子可被废弃;

——可疑的部分可被割除;

如果可疑的部分被割除,那么所有有关管端的 NDT 要求应在新管端进行。

302 管子的可疑部分可以通过在原来检测期间所使用的具有相同的灵敏度、接受标准和不同技术的使用检验参数采用不同的、适当的方法进行重新检验并由原来的方法增补。

通过这些检验的管子应视为是可接受的。

303 如果满足第 6 部 E1000 的规定,管子可以被修补。

304 修补焊缝的重新检验应包括 100%的外观检查、100%的手动射线检验和超声波检验。检验应依据 G 800 进行;接受标准应遵循 G800。

G 400 适用于所有管子的无损检验

401 在碳—锰和双相钢板中距离管端最长 50mm 范围内探测分层不完善的超声波检验应按照 ISO 11496 进行。可以通过手动超声波检验、半自动或自动设备检验,从为将来焊接做准备的部位测量 50mm 的接合,且制定末端坡口的容许值。对于焊接钢管,纵向焊缝的加固部分应清除使其不影响检验。

可接受标准:

——遵循图表 D-2 中非酸性使用条件和酸性使用条件下钢板和带钢边缘的要求。

402 在复合/条状钢板中距离管端最长 50mm 范围内探测不完善的超声波检验应按照 ASTM A578/578M, S7 进行。应当从为将来焊接做准备的部位测量 50mm 的接合,且制定末端坡口的容许值。

可接受标准:

——不允许有分层或裂缝的接合范围存在。

指导事项:

距离每个管端的最大长度应增加至 100mm 以允许管子坡口的重置。

403 对铁磁的钢体的管端或每个管子坡口的分层不完善性的磁粉或涡流检验应按照以下进行:

——满足磁粉检验的 ISO13664 和 B 400;

——满足涡流检验的 B 600。

可接受标准是:

——沿环形方向长度超过 6mm 的缺陷是不允许的。

404 对非铁磁的钢体的管端或每个管子坡口的分层不完善性的液体渗透或涡流检验应按照以下进行:

——满足液体渗透检验的 ISO 12095 和 B 500。

——满足涡流检验的 B600。

可接受标准是:

DNV 海底管线规范 2000 版

——沿环形方向长度超过 6mm 的缺陷是不允许的。

405 平行于管轴方向的残余磁力应使用一个已经标定过的霍尔效应高斯表或相当的设备进行测量，残余磁力不能超过 3mt (30 高斯)。某些焊接方法要求更严格的接受标准。

G 500 无缝钢管的无损检验

501 无损检验的范围应依据第 6 部，图表 6-13。

502 对于用双相钢制成的钢管，应说明任何可能粗糙的、各向异性区域的出现不会影响检验的进行。

管子本体分层不完善的超声波检验。

503 管体不完善的超声波检验应按照 ISO 10124 进行：

——相邻检测路径的间距应保证管体 100%的覆盖面和保证允许不完善尺寸的检测最小值足够小。

——样本管在管端应具有沿焊缝中心线直径为 3.0mm 的钻孔，从孔到管端的间距应与在产品检验中没有被超声波检验的长度一致。在制造之前，应当以操作速度通过超声波检验管子。对于接受的设备，两个孔需要被所有的探针检测。在制造过程中任选的这些钻孔应包括在标准块中。

可接受标准是：

——依据图表 D-2 中非酸性使用条件和酸性使用条件下的钢板和带钢的要求。

指导事项：

按照 F203 的钢体的分层接受标准经批准通过应被采用。

超声波厚度检验

504 全周边的超声波厚度检验应按照 ISO 10543 进行，检验所包括的最小面积应不小于管体表面 25%。

可接受标准是：

——要达到规定的最小和最大厚度

管体纵向不完善的超声波检验

505 管体纵向不完善的超声波检验应按照 ISO9303 进行。

可接受标准：

——接受标准 L2/C。

管体横向不完善的超声波检验

506 管体横向不完善的超声波检验应按照 ISO 9305 进行。

可接受标准：

——接受标准 L2/C

管体的纵向和横向迹象的表面检验

507 探测铁磁体无缝管子纵向和横向表面不完善的检验应依据以下任一标准进行：

——ISO 9304 (涡流检验)

——ISO 9402 (熔化渗漏检验)

——ISO 9598 (熔化渗漏检验)

——ISO 13665 (磁粉检验)

指导事项：

如果管子内表面的缺陷检测被认为很重要，那么优先遵循 ISO 9402 和 ISO 9598。

可接受标准是：

DNV 海底管线规范 2000 版

—— ISO 9304：接受标准 L2

—— ISO 9402：接受标准 L2

—— ISO 9598：接受标准 L2

—— ISO 13665：接受标准 M1

508 探测非铁磁体无缝管子纵向和横向表面不完善的检验应依据以下任一标准进行：

—— ISO 9304（涡流检验）

—— ISO 12095（染色渗透检验）

可接受标准是：

—— ISO 9304：接受标准 L2

—— ISO 12095：接受标准 P1

G 600 HFW、LBW 和 EBW 管子的无损检验

601 NDT 的应用范围应依据第 6 部，图表 6-13。

602 对于用双相钢制成的钢管，应说明任何可能粗糙的、各向异性区域的出现不会影响检验的进行。

焊缝的纵向不完善的超声波检验

603 为探测纵向不完善，HFW、LBW 和 EBW 钢管焊缝全部长度的超声波检验应根据 ISO 9303 以及以下修正进行：

设备：

——作为发射器或接收器的专用探头应被用于探测位于熔合面处的不完善。此外，通过协商，作为 TOFD 的探头可以被使用。

——设备包括用于焊接路径/中心的装备，应为所有探头提供充分的接合检测。

标准块

标准块应包括的内容：

——在焊接中心沿纵向焊缝轴线的一侧钻有直径 1.6mm 的钻孔。钻孔应位于厚度的中间和每个检测不完善的熔合面以下 2mm 处，（为了使用一前一后的方式或发射器/接收器专用探头），以及其他内容；

——在内侧和外侧表面的 N5 凹槽应迅速与焊缝接合并位于焊缝两侧。无论任何哪个，凹槽长度应为探针的 1.5 倍或 20mm。

为了使用 TOFD 探头，在内、外表面，标准块应包含位于焊缝中心线最大宽度为 1.0mm 的两条相同的放射状电腐蚀裂缝。选择裂缝的长度和深度以实现使用 TOFD 探头与使用 N5 凹槽和直径 1.6mm 的钻孔时的接受标准相同。

样本管在管端应具有沿焊缝中心线直径为 3.0mm 的钻孔，从孔到管端的间距应与在产品检验中没有被超声波检验的长度一致。在制造之前，应当以操作速度通过超声波检验管子。对于接受的设备，两个孔需要被所有的探针检测。在制造过程中任选的这些钻孔应包括在校验块中。

指导事项

如果采用其他设备购置能得到相同的范围和灵敏度，那么经批准通过，校验反射器和标定方法可以被采用。

604 设备应根据如下进行标定：

——出自 N5 的响应应当依据 ISO 9303 最大化。

——出自厚度中间直径为 1.6mm 的钻孔、通过一前一后方式或发射器/接收器探头显示的响应应当在保证出自直径为 1.6mm 的钻孔的邻近表面的响应尽可能相同的条件下最大化。

DNV 海底管线规范 2000 版

对于标准块任一裂缝的长度或深度，TOFD 探头应足够大。

在标定之后，对于每一个探头应出示从焊缝中心线到探头索引点的安装、门的位置和偏移量的报告。

605 针对 N5 凹槽和 1.6mm 的钻孔，示警/记录等级应对每一类型被使用的参考反射器单独设置。各等级应是从各个反射器中得到的响应的最小量。

对于 TOFD 探头，所有超过参考裂缝的长度和深度的显示应当以正式的书面形式或通过相应的示警等级系统报告。

606 可接受标准是：

- 不允许超过对于 N5 凹槽和直径为 1.6mm 钻孔的示警设置等级的显示，以及其他内容；
- 对于 TOFD 探头，不允许超过参考裂缝的长度或深度的显示。

607 如果能证明在不完善的检测中相同范围和灵敏度能够获得，那么设备布置的可选性会被同意。

管体分层不完善的超声波检验

608 在制管厂如果在钢板/带钢制造中按照 F 部分进行检测，管体分层不完善的超声波检验则不用进行。

609 如果在制管厂进行的检测应按照 ISO 12094 及下列的修正的内容：

——相邻检测路径的间距应保证钢体 100% 的覆盖面和保证允许不完善尺寸的检测最小值足够小。

——对钢板名义厚度 40mm 的参考标准/校验块的凹坑深度应增加使得凹坑底部位于钢板名义深度 1/4 和 1/2 的位置。

可接受标准是：

——按照图表 D-2 中非酸性使用条件或酸性使用条件下的钢板和带钢的要求。

指导事项

经过批准批准，按照 F203 对于管体分层的接受标准应采用。

对于分层不完善检测的焊缝的接合面积的超声波检验

610 如果在钢板/带钢制造中已经按照 F 部分进行检验，那么在管子制造中对于分层不完善检测的焊缝的接合面积的超声波检验不需要进行。

611 在制管厂进行的检测应按照 ISO 112094 及下列的修正的内容：

- 被接合的宽度应为 50mm；
- 相邻检测路径的间距应保证焊缝接合面积 100% 的覆盖和保证允许不完善尺寸的检测最小值足够小；以及其他内容；

——对钢板名义厚度 40mm 的参考标准/校验块的凹坑深度应增加使得凹坑底部位于钢墙名义深度 1/4 和 1/2 的位置。

可接受标准是：

——按照图表 D-2 中非酸性使用条件或酸性使用条件下的钢板和带钢边缘的要求。

对于在焊接范围内表面不完善检测的铁磁性钢管的检验

612 对于在焊接范围内表面不完善检测的 HFW、LBW 和 EBW 铁磁性钢管的检验应按照以下任一标准进行：

——ISO 9304（涡流）

——ISO 13665（磁粉）

依据 ISO 9304 进行的涡流检验应使用分段盘绕技术、最大的参考直径 3.2mm 和最低的可能存在频率。

可接受标准是：

DNV 海底管线规范 2000 版

——ISO 9304 : (接受标准 L2)

——ISO 13665 : (接受标准 M1)

对于在焊接范围内表面不完善检测的非铁磁性钢管的检验

613 对于在焊接范围内表面不完善检测的 HFW、LBW 和 EBW 铁磁性钢管的检验应

按照以下任一标准进行：

——ISO 9304 (涡流)

——ISO 12095 (染色渗透检验)

依据 ISO 9304 进行的涡流检验应使用分段盘绕技术、最大的参考直径 3.2mm 和最低的可能存在频率。

可接受标准是：

——ISO 9304：接受标准 L2

——ISO 13665：接受标准 P1

射线检验

614 在每个管端的最大 300mm 的射线检验应当按照 B200 的要求进行。

可接受标准是：

——不允许图表 H-3 中的内容和熔合不足和渗透不足。

G 700 SAW 管子的无损检验

701 NDT 的范围应遵循第 6 部，图表 6-13。

702 对于用双相钢制成的钢管，应说明任何可能粗糙的、各向异性区域的出现不会影响超声波检验。

焊缝纵向和横向不完善的超声波检验

703 对于 SAW 管子的焊缝的纵向和横向不完善检验的超声波检测应依据 ISO 9765 和以下给出的要求。

704 设备布置应适应与主要向东的裂纹的检测和/或在焊缝的左坡口。在这两种情况下，检测应当在光束的两个相反方向进行。

705 应提供设备的资格证明作为检查和接受的依据。资格证明应包括 D100 和 D200 中的所有证明文件。

706 设备的资格证明应包括：

——规定纵向裂纹检测的探头数目与位置以及它们的操作模式（脉冲响应和/或通过传播）。

——规定横向裂纹检测的探头数目与位置，给出相对焊缝轴线的朝东程度和它们的操作模式（脉冲响应和/或通过传播）；以及其他内容。

——描述探头角度的草图，略过的数目，从焊缝中心线到探头索引点的间距和位于每一个探头的超声光束方向和焊缝轴线之间的角度。

707 为检测被测管子的管厚/直径率，应选择探头角度以获得最好的检测结果。

708 设备应包括检测焊接焊缝的装置和为每个单独的探头提供充分的双重检查。

709 全部自动超声波系统在制造开始时应有不超 6 个月的标定证明文件。

710 标准块应包括：

A 在焊接中心线处具有直径 1.6mm 的钻孔。

B 在母材的焊趾边缘两侧有直径 1.6mm 的钻孔，或从内、外侧钻至一半的厚度。

C 母材上的 N5 凹坑平行于焊趾外部边缘两侧的焊缝。

D 母材上的 N5 凹坑平行于焊趾内部边缘两侧的焊缝

E 焊缝上的 N5 凹坑集中和横向位于焊缝外侧。

DNV 海底管线规范 2000 版

F 焊缝上的 N5 凹坑集中和横向位于焊缝内侧。

G 在管材焊趾边缘外侧 10mm 处存在直径 3.0mm 的钻孔。

无论多短, N5 凹坑的长度应是探头尺寸的 1.5 倍或 20mm。该长度包括任何圆弧转角。N5 凹坑的宽度应不超过 1mm。

凹坑和钻孔的数目根据制造商的意见在上述给出的数目基础上有所增加。

超过大约 20mm 的管体厚度要求使用特殊的探头检测焊缝中间厚度范围内的纵向不完善性。在这种情况下标准块应包括为探头显示目标位置的反射器使得正确证明探头的方位。如果发射器提供等同于 N5 凹坑的响应信号,那么可以作为设置示警/记录等级使用。制造商应根据该目的作出合适的反射器类型计划,被采用的反射器应通过批准。

711 样品管应在每个末端的焊接中心线上配有一个直径 3.0mm 的钻孔。从管端到钻孔的距离应与在产品检验中没有被超声波检验的长度一致。在制造之前,应当以操作扫描速度通过超声波检验设备验证管子。对于接受的设备,两个孔需要被所有的探针检测。根据制造商意见下,这些钻孔应包括在校验块中。

712 在静力模式中应进行早期的标定。

对于每一个探头应在挨着位于布满探头的焊接范围内的参考反射器分别进行标定。

为了检测横向不完善性,简异的差异信号应从 (A) 直径 1.6mm 的钻孔中获得。来自相反一侧 (B) 直径 1.6mm 钻孔的响应和 (E) (F) 横向 N5 凹坑应被记录。

了检测纵向不完善性,探头应当定位在 (A) 直径 1.6mm 的钻孔中。来自 (C) 或 (D) 适用于特殊探头的 N5 凹坑的响应被记录。

713 如果管厚要求特殊的探头布满焊接厚度的中部范围,则探头应当被调整从厚度中部的反射器获得坡峰信号。

714 标定应当被优化直至每一个早期的反射器 (A) (B) (C) 和 (D) 通过至少两个不同角度的不同探头和/或声传路径和/或灵敏度检测。

715 通过 (F) 从反射器 (A) 中获得的全屏高度的信号振幅百分比应当被记录,这些记录在放大量、位置与焊接轴线相关的角度或用于优化探头标定的声传路径长度没有任何改变。

716 应使用 (G) 直径 3mm 孔洞设置探测开口。开口应在 (G) 反射器的邻近区域内和在 (G) 反射器相反方向的末端,只要来自焊接加强部分的几何对称响应能超过来自 (G) 反射器相反方向的响应,开口可在恰当的 (C) 或 (D) 反射器之前立即结束。开口的开始和结束应设置以反射焊接裂缝装置的耐久性。

717 在完成所有设备的静态标定之后,每一个探头的开口位置、与焊接轴线相关的角度和从焊接中心线到探头索引点的偏差值应当被记录。

718 每一个探头的示警/记录等级应设置如下:

——对于横向不完善:来自 (B) 直径 1.6mm 的相反侧的振幅信号的 80%,但是不少于来自任一 (E) 或 (F) 横向 N5 凹坑的最小信号振幅。

——对于纵向不完善:来自适当的 (C) 或 (D) N5 凹坑的最小信号振幅的信号振幅的 100%。

——如果凹坑中部厚度已经被同意使用于示警/记录等级 (等价于 N5 凹坑的信号响应) 的设置;信号振幅的 100%。

指导事项

经协商批准如果其他设备结构能获得相同的范围和灵敏度,那么参考反射器和标定的方法可以使用。

指导事项

对于 N5 凹坑和直径 1.6mm 孔洞的任一方法,“2— 法”可以被使用。该方法使用固定的内

DNV 海底管线规范 2000 版

深和外部凹坑，方法的灵敏度随着平均电子即以 dB 的形式增加。凹坑的深度应当是使用的超声波频率波长的两倍。该方法在 SEP 1916 中予以说明。使用这一方法要求作为特殊应用的超声波速度和超声波频率被证明，方法经协商批准后使用。

719 在动态模式中应进行标定的检查。对于每个探头而言在保持全屏高度的记录百分比的改变上平均每三个动态检查结果应当做记录。所有的探头在显示从探头显示到单独的孔洞和凹坑的记录信号振幅上要被验证。开口的设置不能超过从参考位置 2.5mm 的偏差。

720 动态检验应按照 ISO 9765 定期地进行。

721 设备在下列情况下被认为超出标定要求：

- 在动态检验中任何反射器的响应低于动态记录 3dB 的。见 719；
- 在动态检验中开口设置改变超过静态标定记录的 $\pm 2.5\text{mm}$ 的；
- 当先前的静态标定优化改变时任何参数的使用。

722 如果设备被认为超出了标定的范围则应依据 712 到 719 中的要求重新标定，且所有被检验的管子在前一次动态检查之后应当重新被检验。

723 如果从任何探头得到的传播信号大于 10dB 小于探头对的最低示警/记录等级。则不充分的接合被近似认为发生。

724 对于产品检验全部输出应当最少增加+3dB。这一被增加的输出量在动态检查中应清除。

725 显示超过示警/记录等级或被记录的应依据 803 进行射线检验的研究。如果缺陷的存在没有被射线证明，则应依据 809 和 810 进行手动超声波检验。如果这一附加的无损检验没有证实缺陷的存在，管子应当通过自动超声波设备重新扫描。如果起初 5 次重新扫描的已启动的示警系统证明缺陷的不存在，那么进一步的扫描可以省略。

管体分层不完善的超声波检验

726 在钢板和带钢制造中已经依据 F 部分进行了检验，则管体分层不完善的超声波检验不要求进行。

727 如果在制管厂进行检验，应依据 ISO 12094 以及以下修正的内容进行：

——相邻扫描路径的间距应保证钢体和四周边缘 100% 的覆盖面和保证允许不完善尺寸的检测最小值足够小。

——对钢板名义厚度 40mm 的参考标准/校验块的凹坑深度应增加使得凹坑底部位于钢板名义深度 1/4 和 1/2 的位置。

可接受标准是：

——按照图表 D-2 中非酸性使用条件或酸性使用条件下的钢板和带钢的要求。

指导事项

管体分层接受标准应按照经过协商批准的 F203

728 如果在钢板/带钢制造厂已经按照 F 部分进行检验，则焊缝的分层不完善的接合面积超声波检验不需进行。

729 在制管厂进行检验应按照 ISO 12094 以及以下修正内容进行：

——被检验范围宽度应为 50mm；

——相邻扫描路径的间距应保证焊缝 100% 的覆盖面和保证允许不完善尺寸的检测最小值足够小。

——对钢板名义厚度 40mm 的参考标准/校验块的凹坑深度应增加使得凹坑底部位于钢管名义深度 1/4 和 1/2 的位置。

可接受标准是：

——按照图表 D-2 中非酸性使用条件或酸性使用条件下的钢板和带钢的要求。

DNV 海底管线规范 2000 版

铁磁性钢管焊接范围的表面不完善检测

730 铁磁性 SAW 管子的表面不完善检测应依据以下任一标准进行：

——ISO 9304 (涡流)

——ISO 13665 (磁粉)

依据 ISO 9304 进行的涡流检验应使用分段盘绕技术、最大的参考直径 3.2mm 和最低的可能存在频率。

可接受标准是：

——ISO 9304：接受标准 L2

——ISO 13665：接受标准 M1

非铁磁性钢管焊接范围的表面不完善检测

731 非铁磁性 SAW 管子的表面不完善检测应依据以下任一标准进行：

——ISO 9304 (涡流)

——ISO 12095 (染色渗透检验)

依据 ISO 9304 进行的涡流检验应使用分段盘绕技术、最大的参考直径 3.2mm 和最低的可能存在频率。

可接受标准是：

——ISO 9304：接受标准 L2

——ISO 12095：接受标准 P1

射线检验

732 在每个管端的最大 300mm 的射线检验应当包括没有被自动超声波检验涉及的范围，该检验应当按照 B200 的要求进行。

可接受标准是：

——不允许图表 D-5 中的内容和熔合不足和渗透不足。

G 800 手动 NDT

801 手动 NDT 应按照以下给出的和 B 部分中的要求总体一致地进行。

802 本部分的要求仅适用于在制管厂中进行的手动无损检验。

射线检验

803 射线检验应当按照 B 200 进行。

可接受标准

——图表 D-5 和不允许未熔合、未焊透存在

手动超声波检验

804 在自动超声波检验未涉及范围的每一根管端应当进行手动超声波检验。此外，手动超声波检验应当在任何需要证实缺陷和修补焊缝存在的时候进行。

805 手动超声波检验应当大体上按照 B 300 进行。

806 标准块应由管子的一部分制造。

手动超声波检验管端

807 选片结构超过管段 50mm 的每一根碳-锰和双相钢的管端的超声波检验应当进行手动检验除非使用自动设备进行。应采用 ISO 11496 的规定。探头满足 ISO 12094 的要求。附件 A 应被使用。

可接受标准：

——图表 D-2 中在非酸性和酸性使用条件下钢板和带钢边缘的要求

808 选片结构超过管段 50mm 的每一根复合/线性钢管的管端的超声波检验应当进行手动

DNV 海底管线规范 2000 版

检验除非使用自动设备进行。应采用 ASTM A578/578M, S7 的规定。

可接受标准：

——ASTM A578, S7。此外，在钢板边缘允许迭片结构或接合不足的范围存在。手动超声波检验无缝钢管。

手动超声波检验 SAW 焊缝

809 SAW 焊缝的手动超声波检验应当大体上依照 B 300 进行。

光束角 0o、35o、45o、60o的探头应适用。

对具有直径 1.6mm 钻孔的标准块使用 45o探头进行标定。建立由三点组成的 DAC 曲线。

纵向缺陷的扫描应横对焊缝纵轴以扫描线 100%的交迭形式进行。扫描应包括使用适用于可能干扰检验的分层缺陷的 0o探头顺着焊缝的检查。横向缺陷的扫描应包括在 810 中提及的细节。

超过 DAC 曲线 20%的显示值应进一步研究,使用最小和最大角度的探头进行振幅的最大化。

所有超过 DAC 曲线 50%的最大化显示值应当做报告。

可接受标准：

——在 DAC 曲线 50%和 100%之间未最大化的显示值是可接受的除非存在的缺陷被证实和通过射线检验发现可接受的，以及超过 DAC 曲线 100%的最大化显示值是可接受的。

810 横向缺陷的扫描应当应针对焊缝以一定的角度在焊珠上进行。

应采用具有光束角 45o、60o、70o的探头和 2MHZ 和 4MHZ 的频率。优先使用频率为 4MHZ 的探头。

标准块应具有焊缝中心线上的直径为 1.6mm 的钻孔。

对于焊珠扫描 DAC 曲线应根据焊缝中心线上的直径为 1.6mm 的钻孔通过 3 个点建立。

(例如：1/2，全部和 3/2)

对于焊珠扫描，DAC 曲线应在两个方向进行，100%的扫描交迭应当被进行。

对焊缝 45o的扫描应当从两侧和在两侧方向上以 100%的扫描线交迭进行。

通过射线检验测得的可接受的和它们的尺寸、类型通过超声波检验证实的显示值是可接受的。其他显示值如果它们的最大化振幅超过 DAC 曲线的 50%是不可接受的。

超过 DAC 曲线 20%的显示值应进一步研究，使用最小和最大角度的探头进行振幅的最大化。所有超过 DAC 曲线 50%的最大化显示值应当做报告。

可接受标准：

——在 DAC 曲线 50%和 100%之间未最大化的显示值是可接受的除非存在的缺陷被证实和通过射线检验发现可接受的，以及超过 DAC 曲线 100%的最大化显示值是可接受的。

磁粉检验

811 磁粉检验应大体上依据 B 400 中的进行。

可接受标准应与该部分的可适用要求相一致。

液体渗透检验

812 液体渗透检验应大体上依据 B 500 中的进行。

可接受标准应与该部分的可适用要求相一致。

涡流检验

813 涡流检验应大体上依据 B 600 中的进行。

可接受标准应与该部分的可适用要求相一致。

G 900 钢管的修补焊缝的无损检验

901 在重新焊接前应通过磁粉检验或对非铁磁材料进行液体渗透检验证实缺陷的彻底清除性。

DNV 海底管线规范 2000 版

902 修补焊缝应按照 G 800 采用可适用的无损检验方法和依据该部分中要求的可接受标准进行全面的重新测定。手动超声波检验应主控嵌入缺陷。

G 1000 管线焊缝的外观检查

1001 每一管线焊缝应易于进行 100% 的外观检查。对于内径 (ID) < 610 的管子在两边管端的内部焊缝应可进行 100% 的外观检查。直径 < 600mm 的管子的内部焊缝应当尽可能从两端进入检查。

如果需要的话, 内部焊缝的检查应由内孔窥视仪、录像内诊镜或相类似的设备组成。

1002 通过射线或蚀刻判断的管端非线性焊珠应当不超过 0.3t 或 3mm 两者中的最小值。

1003 HFW 管子的外部反射应当被管子表面直接地修正。内部的反射应当被修正至不超过 0.05t+0.3mm 的高度。修正值不应减小管厚至最小的规定值以下以及修正导致的凹槽应不底切管子的内轮廓线超过 0.05t。

1004 SAW 管子的外部 and 内部焊珠的高度应不超过 3mm。

1005 SAW 管子的纵向/螺旋状的焊缝应满足图表 D-3 中给出的外观检查的可接受标准。

1006 管子应满足第 6 部分给出的工艺、尺寸、长度和宽度的特殊要求。

1007 最后的准备例如为了自动超声波围焊缝检验的斜角、内部焊珠的磨碎和外部焊珠的磨碎应满足特殊的要求。

H. 安装围焊缝、构件焊缝以及其他承压焊缝的检验

H 100 总则

101 这些要求适用于无损检验和安装围焊缝的外观检查, 弯曲处、上升段、扩展环、旋转和拖曳用的管线处的焊缝和其他任何承压焊缝、

102 无损检验的范围和外观检查应当依据给出的标准中的相关要求进行。

H 200 无损检验和外观检查

201 手动无损检验和外观检查应当依据 B 部分的要求进行。自动无损检验应当大体上依照 D 部分中的要求和附录 E 中的可适用部分进行。

202 对于围焊缝 (AUT) 的自动超声波检验的特殊要求在附录 E 中给出。

203 B 200 中的附加的对射线的要求应适用于安装围焊缝。

204 单墙单像的曝光应在任何可能的时候使用。

205 结合 X 射线在满足所有灵敏度要求的令人满意的程序条件检测基础下使用金属氟屏幕。使用金属氟屏幕的胶片应根据使用的屏幕类型进行设计。

206 对于内径 < 250mm 的管子可使用 射线和单墙单像曝光。射线源应是 Ir^{192} , 结合铅屏和过度的增度胶片使用。其他类型的射线源可结合其他类型的胶片在满足所有灵敏度要求的令人满意的程序条件检测基础下用于薄管厚的检验。

207 在可能没有内部进入处时, 双墙技术应被采用。

208 对于双墙双像技术应当使用 X 射线。在满足所有灵敏度要求的令人满意的程序条件检测基础下使用金属氟屏幕。使用金属氟屏幕的胶片应适合该种屏幕的类型。

209 对于双墙单像技术可采用 X 射线和 射线。射线源、胶片和屏幕类型的选择应在满足所有灵敏度要求的令人满意的程序条件检测基础下进行。

H 300 可接受标准

301 图表 D-3 中给出的可接受标准, 图表 D-4 和图表 D-5 适用于碳-锰钢中由安装和操作引起的累积塑性应变不超过 0.3% 的焊接。

302 对于其他焊缝在 E102 或 E.103 被要求时, 可接受标准应当被建立或有效实施。

303 使用不完善性规定的偏差已超过给出的尺寸, 则接受标准被认为不可接受。

DNV 海底管线规范 2000 版

304 图表 D-4 中给出的可接受标准，图表 D-5 假定被使用的复合口焊缝和缺陷高度不超过焊接口高度或最大值 $0.2t$ 。如果导致焊缝口高于被使用的 $0.2t$ 、缺陷显示等同于图表中给出的长度限制值的焊接方法如 SAW、“一点”焊接等，应当通过超声波严格检验。如果高度超过 $0.2t$ 或焊缝口高度，则缺陷不被接受。

305 对于双相钢的焊缝、其他不锈钢和复合钢，在 301 到 304 的要求除了在单边焊接跟端熔合不足和渗透不足不允许外均适用。

H 400 焊缝的修补

401 不满足要求的焊缝应当当场修补或整个焊接区域被清除。参见目录 C 有合格的焊工通过恰当的修补方法重新焊接。

402 缺陷的彻底清除应通过磁粉检验证实或在重新焊接之前进行非铁磁性材料的液体渗透检验。

403 被修补的焊缝应当满足原先焊缝相同的检验和检验要求。

图表 D-3 外观检查和表面检验方法的接受标准															
外部成型	焊缝表面应具有较平常的光洁度，焊缝应较光滑地熔入母材，不得延伸到超过原接头预先加工位置以外 3mm (SAW 管 6mm)，角焊缝应具有规定的尺寸并且成型均匀。														
盖面焊缝加强高/跟部熔透	盖面焊缝加强高： 高度小于 $0.2t$ ，最大 4mm 跟部熔透： 深度小于 $0.2t$ ，最大 3mm														
盖面焊缝凹陷/跟部凹陷	盖面焊缝凹陷： 不允许 跟部凹陷应很光滑地熔入母材并且在任何点上焊缝厚度都不能低于壁厚 t														
相连两管端的不同心度（高/低）	小于 $0.15t$ ，最大 3mm														
裂纹	不允许														
未焊透/未熔合	单个长度 t ，最大 25mm。 在任何 300mm 长度焊缝内，累积长度 $2t$ ，最大 25mm。														
咬边（如果采用机械方法测量）	<table> <tr> <td>单个的</td><td>允许长度</td></tr> <tr> <td>深度 d</td><td></td></tr> <tr> <td>$>1.0\text{mm}$</td><td>不允许</td></tr> <tr> <td>$1.0\text{mm} \quad d<0.5\text{mm}$</td><td>50mm</td></tr> <tr> <td>$0.5\text{mm} \quad d<0.2\text{mm}$</td><td>100mm</td></tr> <tr> <td>$<0.2\text{mm}$</td><td>100mm</td></tr> <tr> <td>在任何 300mm 长度焊缝内，累积长度</td><td>$4t$，最大 100mm。</td></tr> </table>	单个的	允许长度	深度 d		$>1.0\text{mm}$	不允许	$1.0\text{mm} \quad d<0.5\text{mm}$	50mm	$0.5\text{mm} \quad d<0.2\text{mm}$	100mm	$<0.2\text{mm}$	100mm	在任何 300mm 长度焊缝内，累积长度	$4t$ ，最大 100mm。
单个的	允许长度														
深度 d															
$>1.0\text{mm}$	不允许														
$1.0\text{mm} \quad d<0.5\text{mm}$	50mm														
$0.5\text{mm} \quad d<0.2\text{mm}$	100mm														
$<0.2\text{mm}$	100mm														
在任何 300mm 长度焊缝内，累积长度	$4t$ ，最大 100mm。														
表面气孔	不允许														

DNV 海底管线规范 2000 版

烧穿	单个长度： 在任何范围内 $t/4$ ，最大 6mm。在任何 300mm 焊缝长度内， 累积长度为 $2t$ ，最大 12mm。如果没有任何点上焊缝厚度小于壁厚 t 则是可接受的
电弧烧伤、沟槽缺口	不允许
凹陷	深度： $<3\text{mm}$ 长度：外径的四分之一

图表 D-4 射线检验的接受标准		
缺陷类型	接受标准 ¹⁾²⁾³⁾⁹⁾	
	单个缺陷 (所有尺寸均用 mm)	任何 300mm 焊缝长度内的最大累积尺寸 (所有尺寸均用 mm)
气孔 ¹⁾²⁾ 分散性 密集度 条状 根部气孔 孤立 ⁵⁾ 线状 ⁶⁾	直径 $<t/4$ ，最大 3 2、密度直径最大 12 长度： $t/2$ ，最大 12 宽度： $t/10$ ，最大 3 长度： t ，最大 25 宽度：最大 1.5 直径 $<t/4$ 最大 3 直径 <2 ，组合长度： $2t$ ，最大 50	最多应为投影面积的 3% 最多一组或 <12 最多 2 个 $2t$ ，最大 50 — $2t$ ，最大 50
夹渣 ¹⁾²⁾³⁾⁷⁾ 孤立 单根线状 平行的双线	直径 <3 宽度：最大 1.5 宽度：最大 1.5	12，最多 4 个，至少间隔 50 $2t$ ，最大 50 $2t$ ，最大 50
夹杂 钨 铜、焊丝	直径 $<0.5t$ ，最大 3 不允许	12，最多 4 个，至少间隔 50 —
未焊透 ¹⁾²⁾³⁾⁷⁾ 根部 夹在层间	长度： t ，最大 25 长度： $2t$ ，最大 50	t ，最大 25 $2t$ ，最大 50
裂纹	不允许	—
根部凹陷	见图表 D-3	—
根部咬边 超量熔深 烧穿	深度： $t/10$ ，最大 1 $0.2t$ ，最大 3， 长度： t ，最大 25 见图表 D-3	t ，最大 25 $2t$ ，最大 50 见图表 D-3

DNV 海底管线规范 2000 版

<p>总的连续累积值</p> <p>气孔除外，在任何 300mm 焊接长度内，最大累积值为 $3t$，最长 100mm，并且最多占焊缝总长度的 12%。</p> <p>任何焊缝截面上缺陷的累积可能会形成裂缝通道或者减少焊缝有效厚度超过 $t/3$ 的都是不可接受的。</p>
<p>注：</p> <p>1) 被小于最小长度的缺陷或者缺陷组隔离开的体积缺陷可以看作是一个缺陷。</p> <p>2) 如果几个细长形缺陷处于一条线上，且彼此间被小于最小长度的缺陷隔离开，应该看作是一个缺陷。</p> <p>3) 可焊出超过 $0.2t$ 长度的焊道，参考 303 条中的附加要求。</p> <p>4) 对于密集型气孔面积，最大占 10%。</p> <p>5) 孤立气孔之间应被超过 5 倍最大气孔直径的距离隔开。</p> <p>6) 如果气孔不是孤立的并且如果 4 个或者更多的气孔与通过气孔外侧且平行的于焊缝的一条线相切，则这几个气孔是处于一条线上的。处于一条线上的气孔应通过超声波检验进行校核。如果超声波检验显示出一个连续性缺陷，那么应采用未熔透缺陷的接受标准。</p> <p>7) 与焊缝有任何横切的缺陷都是不允许的。</p> <p>8) 仅适合于双面焊。</p> <p>9) 图表 D-3 给出的接受标准也应是令人满意的。</p>

图表 D-5 超声波检验的接受标准 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾	
显示的长度，L	允许的最大反射波幅值
$L \leq t/2$ ，最大 12.5mm	标准等级：+4dB
$t/2$ ，最大 12.5mm $< L < t$ ，最大 25mm	标准等级：-2dB
$L \leq t$ ，最大 25mm(在两侧外层 $t/3$ 的显示值)	标准等级：-6dB 任何 300mm，焊缝长度内 累积长度： t ，最大 50mm
$L \leq t$ ，最大 50mm(在中间 $t/3$ 的显示值)	标准等级：-6dB 任何 300mm，焊缝长度内 累积长度： $2t$ ，最大 50mm
不允许有裂缝存在。	
<p>横向显示：如果横向反射波幅值超过同样显示的纵向反射波 2dB 以上，就可以认为是横向显示。横向显示是不能接受的，除非证明不在同一平面内，在这种条件下，采用纵向显示的接受标准。</p>	
对于接近允许的最长长度的显示，应确认显示的高度是小于 $0.2t$ 或者最大为 3mm(见 303)	
<p>不连续的总的累积：在标准等级+6dB 以及高于此值的情况下，反射波幅值的可接受的显示的总长不得超过 $3t$，在任何 300mm 焊缝长度内，最大为 100mm，也不超过焊缝总长的 12%。</p> <p>可能形成裂纹通道或减少焊缝有效厚度的缺陷在焊缝的任何截面上的累积值超过 $t/3$ 是不可接受的。</p>	
如果只是单面焊缝达到检验 6dB 要求应当从以上允许的最大响应中扣除。	

DNV 海底管线规范 2000 版

注意事项：

- a) 标准等级被定义为相应于来自本附录图 2 中描述的标准块上的侧面所钻孔或相当反射体的反射波幅值。
- b) 超过标准等级 20% 的所有显示应进行调查直至操作者确定不完善的形状、长度和位置。
- c) 不能可靠确定的显示，无论何时，每当有可能就应进行射线检验，以此方法确定的显示类型应满足图表 D-4 的接受标准。
- d) 反射波高度时高于时低于接受标准的纵向不完善应进行射线检验，以此方式确定的显示应满足图表 D-4 的接受标准。如果射线检验不能被进行，则长度应不超过 $3t$ ，任何长度为 300mm 的焊缝最大值为 100mm。
- e) 长度、高度和深度应由适当的方法确定，见 B.315。
- f) 在任何焊接接合处不允许进行不完善的检测。

I. 管线部件、设备、结构构件以及母材、焊接覆盖层的接受标准

I 100 总则

101 NDT 和管线构件外观检查和设备应按照和满足适用于设计中有疑问的条例的可接受的标准或准则进行。

102 对于应用于管线构件的锻件和铸件和设备，在该部分给出的可接受标准应当被采用。

103 对于承压包括与设备连接的围焊缝或管线构件或设备的楔形焊缝，在相关管线部分的围焊缝可接受应当被采用。

104 NDT 和结构各组件的外观检查应当满足被采用的设计准则的要求。

105 NDT 的方法和接受标准应当在母材和制造规定方面详细说明：

—— 适当的设计条例。

—— NDT 要求的条例不是设计准则和标准的一部分，以及其他内容。

—— NDT 要求的条例和接受标准是经过特殊要求的批准通过的。

I 200 钢板和钢管的手动无损检验接受标准

201 对于按照 ASTM E797 或相当的接受标准进行的手动超声波厚度测量应依据适当的特殊规定或产品标准进行。

202 对于碳—锰，双相、其他无锈钢铁和基于耐腐蚀合金镍的分层缺陷的手动超声波检验可接受标准应依据图表 D-2 中给出的 ISO12094 进行。

203 对于复合/钢铁的分层缺陷检测的手动超声波检验的可接受标准应按照 ASTM A578/578M, S7 应当是 ASTM A578, S7。此外，无分层的面积或接合的不足应当允许超过在将来准备焊接的位置内侧至少 50mm。

204 对于除了分层之外的缺陷检测的手动超声波检验应按照 ASTM A577/577M 或相等价的标准进行，可接受标准应当是无显示的超过根据厚度 3% 的矩形槽口建立的 DAC 曲线。

205 按照 ASTM E709, ASTM E1444 或相当的标准进行的钢板和钢管边缘的手动磁粉检验接受标准是：

—— 在环向/纵向允许无长于 6mm 的显示

206 按照 ASTM E1417 或相当的标准进行的钢板和钢管边缘的手动液体渗透检验接受标准是：

—— 在纵向允许无长于 6mm 的显示

207 按照 ASTM E309 或相当的标准进行的钢板和钢管边缘的手动涡流检验接受标准是：

DNV 海底管线规范 2000 版

—— 在环向/纵向允许无长于 6mm 的显示

I 300 锻件的可接受标准

301 按照 ASTM A388/ASTM A388/M 或相当标准进行的锻件的手动超声波检验接受标准是：

直梁检查

—— 无显示应大于从校验块中直径 3mm 的平低孔洞获得的显示。

斜梁检查

—— 无显示应超过根据应用的 NS 槽口建立的 DAC 曲线。

303 按照 ASTM E709、ASTM E1444 或相当标准进行的锻件的手动磁轭检验的可接受标准应依据图表 D-6。

图表 D-6 锻件和铸件的手动磁粉和液体渗透检验的可接受标准	
A	类似裂纹的缺陷：不允许
B	长度超过宽度三倍的线形显示：不允许。长度小于 1.5mm 的线形显示被认为是不相关的。
C	圆形显示：直径<3mm，在任何 100 × 150mm 的面积内累积直径<8mm。

I 400 铸件的可接受标准

401 按照 ASTM A609 或相等价标准进行的铸件的手动超声波检验可接受标准应当依据 ASTM A606、图表 2 进行。允许没有类似裂纹的显示存在。

402 按照 ASTM V, 第 5 章, 第 2 篇或相当的标准进行的铸件的手动射线检验的可接受标准应依据图表 D-7

图表 D- 7 铸件的射线可接受标准		
缺陷类型	接受标准	
裂纹	ASTM E186.E280.E446	不接受
气体孔积率	ASTM E186.E280.E446	Level A2
夹杂物	ASTM E186.E280.E446	Level B2
收缩量	ASTM E186.E280.E446	Level C2

403 按照 ASTM E709、ASTM E1444 或相当标准进行的铸件手动磁粉检验的接受标准依据图表 D-6 进行。

按照 ASTM E1417 或相当标准进行的铸件手动液体渗透检验的接受标准依据图表 D-6 进行。

I 500 焊接覆盖层的接受标准

501 磁性的焊接表面和非磁性的焊接覆盖层的外观检查、磁粉检验和液体渗透检验的接受标准是：

—— 直径超过 2mm 的非圆形显示和长度超过 3mm 的非伸长显示；

—— 由小于直径或最小显示长度的间距分开的显示应当被认为是一个显示；

—— 圆形显示的累积直径和在任何 100 × 150mm 的伸长显示应不超过 10mm。

对于机械表面接受标准应当被以上的特殊批准。

录 E 自动超声波环焊缝检测**目录**

A		概要
A	100	总则
A	200	参考资料
B		基本要求
B	100	概要
B	200	文献资料
B	300	合格
B	400	超声波系统设备与组成
B	500	记录仪安装
B	600	环形扫描速度
B	700	阀门设置
B	800	门槛记录仪
B	900	供电
B	1000	软件
B	1100	系统逻辑手册
B	1200	备件
B	1300	监视器
C		步骤
C	100	概要
D		校准
D	100	初始静力校准
D	200	动力校准
E		现场检验
E	100	检验要求
E	200	检验操作
F		再检验
F	100	概要
G		评估与报告
G	100	评估指示
G	200	检查报告
G	300	检查记录
H		合格

DNV 海底管线规范 2000 版

H	100	概要
H	200	总则
H	300	要求
H	400	合格方案
H	500	变量
H	600	检查焊缝
H	700	合格试验
H	800	证实试验
H	900	分析
H	1000	报告
I		合格性证实
I	100	证实
I	200	需要的变量

附件 A 转送器要求

附件 B 管钢剪波波速的确定

A 概要

A100 总则

- 101 本附录详述了对于自动超声波环焊缝检测的要求。
- 102 本附录适用于在管线环焊缝中采用的是自动超声波检测技术。
- 103 附录 D 的有关部分对于本附录同样适用并起补充作用。

A200 参考资料

- (a) 美国材料检测研究院 - E31 - 94:不使用电学测量仪器的回声检测系统的工作性能评价的标准试验。
- (b) 英国标准化研究院 - BS4331 : part 3 : 1974 : 一种评价超声波检测设备工作性能的方法。探测仪使用说明。
- (c) 供电工业 - 标 98 - 2 : 超声波探测 : 剪波波角探测的中频模型
- (d) EN12668-1 无损检测 - 超声波检测仪器的性能与证实 - part 1 : 设备
- (e) EN12668-2 无损检测 - 超声波检测仪器的性能与证实 - part 2 : 探测
- (f) EN12668-3 无损检测 - 超声波检测仪器的性能与证实 - part 3 : 设备组装
- (g) EN583-6 无损检测 - 超声波检测 - part 6 : 一种检测缺陷及其大小的方法 : 时间阶跃法

B 基本要求

B100 概要

- 101 使用的超声波系统应通过质量验收, 见 H 部分。
- 102 超声波系统可采用脉冲波、纵列、时间阶跃波或采用发射波技术。系统应有完全的自动记录部分来标出缺陷的位置和反射波接受部分。系统还应配置以能够将焊接体分成不超过 3mm 高的基本检测区。如果同意的话, 更高一点的区域可采用重而厚的焊区。

DNV 海底管线规范 2000 版

103 超声波系统应包含特殊的扫描端，专为修补试验而配置。由于修补过的焊槽外形的变化，可能会限制系统的检测能力，因而超声波检测手册应当支持在焊缝修补时采用自动超声波检测，除非焊槽外形能够控制在给定的误差范围内，并且扫描端被相应地配置适当。

如果焊缝修补槽是用机器持续地按相同的焊槽几何外形削减得到的，就不必要受超声波检测手册的限制。

104 特别必须的是，超声波系统应整合设备以检测横向缺陷。

105 一个操作质量有保证的系统应用于覆盖超声波检测系统的发展，用于试验，系统证实文档资料及部件、需要的软件，人员的合格程度以及超声波检测系统的操作。系统应满足 ISO9001 和 ASTM E 的要求。

B200 文档资料

201 超声波系统配置为评价目的应描述和证明一下方面的内容：

- 系统功能的简要描述
- 用于系统设计和操作的条款、标准及指导方针的注释
- 质量保证体系的描述
- 设备描述
- 系统关于材料和焊缝特征的局限，其中焊缝特征包含声速变化、几何外形、焊缝尺寸、表面完成度及材料组分等方面
- 转送器类型和数量的特征描述
- 相关检测区域的高度和数目
- 阀门设置
- 扫描装置的功能
- 超声波装置、通道数目、数据采集系统
- 校准刻度片
- 组合检测方法
- 试验温度范围和限制
- 最大扫描速度和扫描方向
- 指示报告、校准文档和灵敏度设置

B300 合格

301 超声波系统应当合格，且系统的工作性能应有技术文档的支持。进一步指南见 H 部分。

B400 超声波系统设备和部件**总的要求**

- 401 系统应能够在一次环扫描中彻底检测焊缝，包括热影响区。
- 402 至少每 2mm 焊缝长就输出一个可记录的信号。
- 403 在记录中每隔不超过 100mm 的环焊缝长就应设一个距离标志。
- 404 扫描方向（顺时针或逆时针）应能明确描述，并且指的是可证实的数据，另外还需要在整个焊缝检测区的检测时间内能够一致。

对超声波设备使用多通道、脉冲波、纵列或通过发射技术所需要的特殊要求。

405 设备应提供足够数目的探测通道，使得能够在一次环扫描中能彻底在厚度方向检测焊缝。每一探测通道应有以下功能：

- 脉冲波或通过发射模式
- 一个或几个阀门，每一个起始位置和长度可调

DNV 海底管线规范 2000 版

- 槽沟可调
- 记录端在满量程的 5% 到 100% 之间
- 在阀门区记录要么是第一个信号要么是最大的信号
- 信号延迟使距离标志的位置能相互关联（仅对于实时模拟记录）
- 记录信号输出代表信号振幅和声音传播距离

设备应能提供线性 A 型扫描显示技术。设备的线性程度应按 ASTM - 317 - 79 或 EN12668 的详细步骤确定。设备的线性程度不应违反理想程度的 5%。

设备的线性程度的评价应在预期完成使用日期的 6 个月内进行。对于一个预期使用持续时间超过 6 个月但少于一年的自动超声波检测系统，设备的线性程度的评价应在开始使用时立刻进行。

需要做一份可用的校准证书。

对超声波设备使用 TOFD 技术的特殊要求

406 设备应提供 TOFD B 型扫描图象。

407 设备应满足 EN12668-1 中第六章“设备要求”对超声波设备所作的规定。

记录系统

408 记录系统能相应参照焊缝 12 刻度区位置准确确定出缺陷的位置，精度达到 $\pm 1\text{cm}$ 。系统分析应满足，每一独立探测通道获得的数据记录不代表超过 2mm 环焊缝距离而得到的。

声学联接装置

409 声学联接装置可采用接触式或为此目的而使用适当的液态介质水柱式。然而，一个环境安全代理商可能会要求推销湿的，在液体蒸发后没有残留物附着在管道表面的产品。

使用声学联接装置监视的方法和被定义为“反馈信号损失”的信号强度损失方法应当被描述。

转送器

410 在进行焊缝区检测之前，转送器的类型和数目的详细情况应明确说明。一旦确定下来，就不允许任何转送器或设计改变做任何与先前协定相违背的变化。

411 所有用于超声波系统的转送器应满足附件 A 中详细的工作性能要求。该附件不需要完全满足所有涉及相关的要求时，转送器应确认可接受的特定的要求。所有转送器应按照该附件进行评价，检测结果应予以记录。检测结果数据清单应用于日后复查。必要情况下，所有转送器应描出其大致轮廓以便和弯曲管道相匹配选用。

校准片

412 校准片用于使检测系统满足合格要求，并且用于检测不间断系统的工作性能。校准片还用于管线的特定管线用管部分的制造过程。

413 声速传播测量应在所有用到的管材供应源进行。除非赞同用等价的方法测量外，均应按照附件 B 提供的方法进行测量。如果对于相同名义壁厚且供应源提供的角度变化超过 1.5 度的梁，得到的声速有明显差别的话，应选用特定的校准片做材料试验以区分这些变化。

414 为了确定所需要的校准片的详情和数目，包括无哦需要的校准反射镜和它们的相关位置，必须提供焊缝几何外形的详细尺寸。

415 更好的首选校准反射镜通常为直径 3mm 的平底孔和 1mm 深底表面凹槽。如果在系统合格期内被证实其缺陷检测能力和缺陷尺寸确定能力被接受的话，也可采用其它尺寸和类型的反射镜。

DNV 海底管线规范 2000 版

416 校准片应当设计有充分大的表面积，使转送器阵列在单次通过时能完全穿过目标检测区域。

417 校准片应被印有图案且是由检查工作提供的唯一的序列号所认证，材料提供源均按标准制造。

序列号记录着壁厚、倾角设计、直径及保存可用的超声波波速。

418 校准反射镜的机械限差为以下所示：

(a) 孔径	$\pm 0.2\text{mm}$
(b) 平底孔的平整误差	$\pm 0.1\text{mm}$
(c) 所有相关角度	$\pm 1^\circ$
(d) 凹槽深度	$\pm 0.1\text{mm}$
(e) 凹槽长度	$\pm 0.5\text{mm}$
(f) 参考反射镜中心位置	$\pm 0.1\text{mm}$
(g) 孔深	$\pm 0.2\text{mm}$

419 校准反射镜的侧面位置不能和相邻反射镜产生相互影响，也不能和校准片边缘相互影响。

420 所有孔洞和凹槽应通过填充和覆盖耐用的密封胶以防止受到侵蚀。

421 所有校准反射镜的尺寸和位置应被测量和记录下来。

422 应建立校准片的记录。记录包括所有唯一序列号用于证实的校准片，包括尺寸记录、超声波波速、管材制造厂名和热区数目。记录留待日后复查。

操作员

423 在焊缝检测之前，应提供每一个自动超声波操作员的详细资料备查。

424 执行检测任务的操作员应具有二级熟练程度的上岗合格证，这就要求他们必须达到 EN473、ASNT 或类似认证的训练课程所要求的水平。除此之外，他们还应有能证明在设备出故障时可以进行修理的证书，而要获得此类证书他们必须通过特殊的实践考试。如果上述条件满足的话，他们还应说明他们具有校准仪器的能力，且能通过现场检测缺陷的大小、性质和位置的操作考试。

425 不满足上述条件的操作员不能参加测试。

没有上级的批准，不能替换操作员。当需要额外的操作员时，在他们上岗之前必须满足要求。

426 应有一人被指派对一下几部分负责：超声波检测全体人员的行为、设备的性能、剩余可用部分和包括报告和记录在内的检查工作。

427 在进行检测工作期间的任何时候，操作员应当得到三级资质员工的技术支持。

B500 记录仪安装

501 信号输出通道应按某一约定秩序被合理布置在记录介质上。每一通道的功能必须明确。由于转送器所处的环境位置不同，硬拷贝记录仪应被修正以满足不同条件。

B600 环形扫描速度

601 最大允许环形扫描速度 V_c ，按下式确定：

$$V_c = W_c \cdot \text{PRF} / 3$$

其中 W_c 是指所有转送器阵列在适当操纵距离时 -6dB 的最窄梁宽。PRF 指每个转送器的有效脉冲响应频率。

B700 阀门设置

脉冲、纵列和发射技术

DNV 海底管线规范 2000 版

701 每个转送器能够定出从校准反射镜反射出的信号峰值,但探测阀仍需要设置。阀门理论上在焊缝检测准备前就应开启。考虑到热影响区的宽度,且为了能达到彻底覆盖整个热影响区的目的,阀门还应有适当的检测限宽。阀门尾端理论上在焊缝中线的后面,包括适当的限宽以考虑焊缝中心线在焊接过后有一定的偏差。对于多孔制图通道来说,阀门为尽量向转送器提供信息需要设置成能覆盖整个焊接体。

TOFD 技术

702 理想条件下时间阀应至少先于侧波到达之前 $1\mu\text{S}$ 之前启动,至少扩大到第一次反射波返回。由于模态转换波对于分析缺陷使有用的,所有要求时间阀还应包含第一次模态转换反射波的到达时间。

703 时间阀最低要求应满足至少覆盖检测所关心的区域深度。

704 当选用一个小一些的时间阀时,必须验证其缺陷探测能力没有因此而被削弱。

B800 门槛记录仪

脉冲、纵列和发射技术

801 平面检测通道的门槛记录仪至少应比反射镜灵敏 6dB 以上,并且要求能探测到最小的非允许缺陷。

802 多孔探测通道的门槛记录仪应至少比反射镜灵敏 14dB 以上。

TOFD 技术

803 记录仪通常不推荐采用由校准门槛仪改装而来。然而,门槛仪在改装过程中应严格限制。

门槛水平

804 水平应被证实设置足够低使得能够检测出由可接受标准规定的非常微小的重要缺陷。

B900 供电

901 超声波系统应有一套专用供电设备。在主供电系统失灵的情况下,还应提供备用供电设备。由于可能发生供电失灵的情况,系统还要求不能丢失检测数据。

B1000 软件

1001 所有记录、数据管理和显示软件应由质量保证系统担保可靠,并且软件版本应由一个唯一的版本号确认。

1002 版本号应在所有显示和打印输出的检测结果中清楚显明。

B1100 系统逻辑手册

1101 操作员应有一套详细说明仪器和转送器工作性能/特性和认证的逻辑手册。逻辑手册应随着系统的改进或额外信息的收集而更新。逻辑手册应放在检查处,以便在复查时可供利用。

B1200 备件

1201 在检测地点应备有足够数目的可用备件,以确保工作正常进行而不会中断。备件的型号和数目应满足要求。

B1300 子监视器

1301 系统应当在可能的条件下提供供管理人员使用的子监视器。

C 步骤

C100 概要

101 一份详尽的自动超声波检测步骤应当在焊接开始前就准备对焊缝壁厚和联接点几何外形进行检测。检测步骤至少包括以下几部分:

DNV 海底管线规范 2000 版

-
- 设备功能描述
 - 控制设备保养的参考标准和指标
 - 扫描装置、超声波仪器、超声波电子学、记录仪的软硬件、检测数据的处理、显示和存储的指令系统
 - 转送器配置、特性、类型、覆盖面
 - 每一将检测的焊缝壁厚检测区的数目
 - 阀门设置
 - 设备设置
 - 校准片的描述，包括所有间准反射镜的类型、大小和位置
 - 校准间距
 - 校准记录
 - 检测起点、扫描方向及检测长度的确定
 - 扫描器排列方法和排列保持
 - 允许湿度范围
 - 接头和接头控制
 - 转送器及其综合功能检查
 - 高度和长度上上胶方法
 - 表面状况和准备
 - 可接受标准
 - 报告书，包括记录图表的例证

D 校准

D100 初始静力校准

转送器定位和初始相对灵敏度

- 101 系统应使用相关校准片进行现场检测的优化。
- 102 脉冲、纵列转送器应按其操作位置依次定位，并调节到能从其校准反射镜获得峰值信号。该信号应被调节到满屏高度的特定百分比高。
- 103 需要产生峰值信号反应的水平称为基本参考水平（PRE）。基本参考水平（PRE）信噪比和转送器间距均应被记录下来。

阀门设置

- 104 尽管每一个转送器都定位下来从校准反射镜获得峰值信号，但检测阀仍应当按共同认可的详细自动超声波检测步骤和 B701 的要求进行设置。
- 105 任一通道阀门起始和阀门长度均应记录下来。

D200 动态校准

检测通道

- 201 尽管系统记录已经优化，但校准片仍需扫描测试。记录反射镜相互之间的位置精度不应超过 $\pm 2\text{mm}$ ，相对于零起点不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。阀门调节点不应偏离参考位置超过 0.25mm 。
- 202 所有转送器的记录介质应标明所需满量程的百分数，并且应按其正确的排列位置将从每一个校准反射镜出来的信号定位。
- 203 应使用校准合格图作为检测质量标准以便判断在随后得到的实测校准图是否能够被接受。该记录应和系统逻辑手册一起保留。

联接监视通道

DNV 海底管线规范 2000 版

204 联接监视通道应标明不会丢失得到的信号，见 F103。

E 现场检测**总的要求**

101 在生产期间用于检测的超声波系统应尽可能在所有方面和用于系统合格的设置及配置相匹配。

102 在用于焊接生产检测前，超声波系统应被测试。系统彻底校准完成后，焊缝应被扫描，紧接着用在每一次扫描间移动的检测条纹进行再校准。如果从校准片的反射镜上获得的任何反射信号幅值比初始校准值的偏差超过 2dB，系统应不能使用直到修正后可以被接受为止。对于一个可接受的试验，需要通过 3 次合格的扫描和再校准。除此之外，还应模拟电源失灵的情况下，备用替换电源能够被证实运行良好且不丢失检测数据。

参考线

103 在焊接前，应在管道表面上检测波段边缘的焊缝准备中心线附近画一条参考线。该参考线的作用是保证检测条纹被调节到离焊接中心线的距离与离校准片的距离一样远。

控制定位条纹

104 检测定位条纹相对于焊接中心线的限差是 $\pm 1\text{mm}$ 。用于排列相对参考线的扫描条纹的模板应被调节到考虑焊缝收缩量。收缩量通过在管道两端的头 25 个焊缝上标参考线而后测量在焊接后的距离来确定。

表面状况

105 扫描区应当没有污迹和其它可能会影响转送器移动及进入材料内部的声波信号的连接和传播的障碍。纵向焊缝在特定长度上要求齐整平滑，为确保转送器不从管道表面脱离，通常这个特定长度是指斜面的 150mm 范围。管道外涂层从斜面起始处开始每隔一特定距离就应被清除，通常对于混凝土层大概是 350mm 而对于腐蚀层是 150mm 的距离。

106 确切清除长度要求由检测小组人员规定和确认。

转送器外形的基线测量

107 对转送器盒高的测量应在现场焊接检测开始之前进行。每个转送器各个角的盒高测量精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。测量数据应记录下来并和整个检测期的定期测量数据进行对照以评价转送器外形的优劣。

校准频率

108 在检测每个焊缝之前或之后且对于以下情况系统应当通过扫描校准片进行校准：

- 对前 20 个焊缝
- 在校准片发生任何变化
- 在名义壁厚发生任何变化
- 在部件发生任何更换
- 在修正检测之前或之后

109 校准扫描频率可以减少到最低 1 次扫描可扫过 10 条连续焊缝。

110 每一校准扫描的峰值信号响应应被记录下来。任何需要保持适当灵敏度的槽沟改变也应被记录下来。

111 每一校准扫描的硬拷贝记录仪应包含连续的焊缝检测图表。校准图表上应记录有校准开始前的最后一次焊缝检测数及进行校准的时间。

焊缝确认

112 每一焊缝应当用管道跟踪系统按顺序编号。

113 每次扫描的起点应清楚标在管道上，扫描方向应当用箭头清楚标明。

部件更换

114 在任何部件更换后，系统应按照 D 中步骤进行再校准。

E200 操作检查**环形定位精度**

201 距离标记员再每一换测时两次都要求满足图表的最低定位精度。图表精度应为 $\pm 1\text{cm}$ 以上。结果应记录下来。

转送器性能

202 无论什么时候，转送器槽沟改变超过 6dB，但仍须保持满量程的需要百分数时，转送器应按 107 中要求对其外形沿基线进行检查。再下列情况下，转送器应被更换或把有关表面进行处理。

—— 小于 45 度的角其梁角改变 ± 1 度，大于 45 度的改变 ± 1.5 度

—— 单晶转送器斜角超过 1.5 度，双晶转送器的超过 2 度

—— 除缓波转送器外所有转送器的噪声应至少比从目的距离处的参照反射镜上得到的信号低 20dB

—— 对于缓波转送器，噪声应至少比上述信号低 16dB

—— 可能引起接触定位损耗的转送器表面刻痕超过 0.5mm

203 在转送器更换或进行表面处理后，新校准应按附录 E 中 D 部分所述的内容操作。

F 重检**F100 概述**

101 当发生下述各项的任何一种情况时，焊缝应重新进行检查。

灵敏度

102 原先检查的焊缝的灵敏度低于 3dB 的应该重新检查。

联接损耗

103 焊接显示了声耦合的损失，例如，当影响通道超过最小容许缺陷长度的一个环形扫描且反射波距离，振幅减弱超过 10dB 的焊缝应被重新检查。

超出标准

104 假如校准扫描标明系统在任何方式上都超过标准，自从上一次成功校准的检查过的所有焊缝应重新检查。

G 评估与报告**G100 评估指示**

101 依据提供的缺陷接受标准，对焊接缺陷的指示应进行评估。

102 记录的原始资料而不是焊缝缺陷要进行评估。它们的本质特征都应在检查报告上清楚列出。

103 在焊缝检查过后，所有的评估都应很快完成。

G200 检查报告

201 检查结果应记录在标准超声波报告单上。报表应制成按每天或按要求可得的形式。

G300 检查记录

301 应该提供如下的检查记录：

DNV 海底管线规范 2000 版

- 每个焊缝检查的硬拷贝记录。
- 依据可接受标准对焊缝质量的评估。
- 所有校准扫描的硬拷贝记录。
- 用电子表格形式的检查数据。

302 在硬拷贝记录场所一个可供选择的记录媒介是可以接受的。此处焊接已经使用数字处理信号执行翻译, 贮存数据文件, 立刻下面每条焊缝的检查备份。存贮的数据应与操作者在检查的评估焊缝可接受性时所使用的格式相同。

303 当操作者在检查察看数据时, 为了能够用同一方式恢复焊缝数据文件, 要求提供软件包和一系列的兼容硬件。

H 合格性

H100 概要

101 超声波系统应当合格, 系统工作性能应记录归档。

102 合格性是一个自动超声波检测系统, 焊接方法和凹槽的几何形状的综合指标。对一种类型的焊缝或者早期版本的自动超声波检测而言, 不会对新的应用领域自动地满足合格性要求。这样做并不意味着早期地经验和合格性被漠视, 而是常常被用作相关应用地合格性。

103 合格性涉及到自动超声波系统地技术评估, 与一些要求地实际试验地有疑问地应用。

104 合格性应该基于详细且一致同意的合格程序。

H200 总则

201 合格性程序应该提供下面的证明:

- 根据这个附录满足自动超声波检测系统的要求。
- 自动超声波系统检测的相关位置相关类型缺陷和尺寸的性能。
- 缺陷尺寸和确定缺陷位置的精度。

H300 要求

检测

301 最小容许高度确定的缺陷的概率有 90% 在工程临界评估 (见附录 D, E200) 95 % 的置信区间内, 认为自动超声波检测系统的检查能力是足够的。通过技术证明, 这个要求在大多数情况下认为是可以实现的, 当最小的容许缺陷高度大于等于 3mm 且自动超声波检测系统灵敏度水平设置为来自于直径为 3mm 平底孔的反射波的 50%。

302 显示足够灵敏度和检查能力的选择路径标明检测率高于在附录 D 中给出的那些可接受的工艺 NDT 技术。

尺寸的精度

303 对于缺陷尺寸精度没有明确的要求, 然而根据工程重要性进行评估 (见附录 D, E200) 计算的零件尺寸来确定容许缺陷尺寸的精度那么尺寸高度不精确可能会引起容许标准的问题。因此这个要求不能直接设定。

H400 合格方案

概述

401 自动超声波检测系统具体运用的整个合格方案程序一般包含下列阶段:

- 背景材料的收集, 包括自动超声波检测系统及其工作性能的技术描述。
- 依据能获得的信息进行的原始评估和得出的结论。
- 重要参数及其它的变量的确认和评价。
- 性能测试程序的计划和执行。

DNV 海底管线规范 2000 版

—— 可靠性测试程序的计划和执行。

—— 参考调查。

—— 性能和可靠性试验结果的评估。

402 每一步骤的扩展都依赖原先获得的信息和文件。如果原始数据足够的话，它可以全部被忽略。

403 至少，合格性涉及自动超声波系统技术文件的评估，包括质量确保体系，以及检测能力和缺陷尺寸精度的可获得信息。然而在许多情况下要执行一些有很实际试验，给出下面的信息。

H500 变量

501 在合格性中变量必须被考虑，但没有必要限制：

—— 焊接方法和开槽形状

—— 焊趾和焊帽探测设置

—— 其他通道的探测设置(如果没有设置改变，这些通道数量可以增减)

—— 参考反射镜

—— 系统数据获得和数据处理

—— 软件版本（仅除了影响察看或显示的变化）

H600 试验焊缝

601 焊接方法使用过程中有可能产生的典型缺陷的焊缝。在进行限制试验的过程中故意使用这些焊缝。

602 材料和焊缝形状被作为实际使用的设备，包括足够数量的槽口形状有典型变化的修补焊缝。

603 从介绍的意图上讲，缺陷会随着长度、高度和位置而变化。应避免缺陷的间距过于密集。在模拟焊缝生产中缺陷的数目对于使用的每一焊接方式/接头几何外形应少于 10 个。对于直径小的管道，应当检测焊缝的数目。

604 为了能在一个满意的置信水平下显示出足够的探测缺陷的能力，必须增加缺陷包含的数目。

605 由外部原因引起的缺陷的存在和尺寸在焊缝检查中应予以证实。为了打到这个目的，焊缝检查应采用放射照相术、人工超声波检测、磁微粒或电涡流检测。所有检查的参考点应相同，且在焊缝检查中把参考点深深印出来以标明。采用这种检查方式的技术对于有问题的焊缝几何形状应当进一步优化。放射照相术和其它检查技术的结论至少由两个独立完成试验的人给出。这两个人开始的试验应独立进行，但最后的报告应联合完成。

606 在焊缝检查涉及到环形位置、长度、高度和深度等方向时，报告应当确认所探测到的缺陷。报告应当保密。

H700 合格性试验

701 检测焊缝应当采用自动超声波检测系统。

702 在检测时应采用低回声幅值记录门槛仪。选择的门槛仪应稍微比噪声幅值高一些，回声幅值记录可能用于以后为获得足够缺陷检测率而设置的检查门槛的确定。

703 环形定位的参考点应深深地印在检测焊缝上。

704 试验应包含重复性检测，这些检测应具有一些可移动指引带的扫描和扫描间的再连接。

705 现场测试试验时应在预想的温升时至少进行一次试验。

706 自动超声波试验结果应写成报告。报告在涉及到环形位置、长度、高度和深度

DNV 海底管线规范 2000 版

等方面应对试验焊缝的缺陷予以证实。除此之外,在每 2mm 的环形长度方向每隔 20mm,最大和最小部分缺陷的高度和幅度也应在报告中写出。

H800 证实试验

801 自动超声波合格性试验的报告在涉及到环形位置、长度、高度和深度方面的缺陷准确程度应予以证实。

802 证实试验应采用典型方法(或称“意大利腊肠法”)。当选择典型的测试区域时应采用自动超声波检测报告中提到的缺陷。典型程度应足够确保:缺陷高度尺寸的准确确定是基于每种焊接方法和连结配置在不同缺陷和独立的超声波探伤部分的最小尺寸是 29。

803 典型方法在记录图表上应被提及并证实。

804 对于两部分缺陷中每一缺陷高度尺寸的准确确定而言,应当选择 10 到 20mm 长且自动超声波检测报告中提到的与缺陷的最高和最低部分保持一致的方法(见 706),而且“意大利腊肠法”应用于确定缺陷的高度和位置。

805 包含缺陷的焊接部分用机器按 2.0mm 的步距完成。每个用机器完成的焊缝应被蚀刻,缺陷位置、高度和深度测量的精度应大于 $\pm 0.1\text{mm}$ 。每一横截面应用 5 到 10 倍放大率的照片记录下来归档。

806 除此之外,一些随机选用的缺陷部分应采用这种典型方法。额外选用的典型方法和从检测焊管上截取的详尽的超声波样本图需要对检测能力的确定和置信区间的调整。横截面应当随机选取,这些截面是那些建立过标记的一个或几个采用 NDT 技术的位置。

H900 分析

在试验和相关检测中记录的数据应在以下方面进行分析:

- 高度尺寸的准确性(随机和系统误差)
- 长度尺寸的准确性
- 环形定位/位置的准确性
- 和破坏性试验结果和其它 NDT 结果相比,自动超声波检测缺陷的特性功能
- 在再定位指引带和温升时的可重复性

如果相关的话,对于不同的假想的在检测中,可替代地或可补充的试验中,将被采用的门槛仪应设置成回声幅值的检测值或曲线能够确定回声幅值与缺陷高度间的关系。

H1000 报告

1001 合格报告至少应包括以下内容:

- 根据附录得出的自动超声波检测系统的技术评价结果
- 样本和测试过程的描述,包括使用的灵敏度
- 在合格性试验中焊缝与使用设备所必须的变量定义(见 E200)
- 每一缺陷的记录数据和每一缺陷横截面(大小、位置、类型、在相关检查中的测量与确定、回声幅值)
- 数据分析结果(H900)
- 合格性的结论

I 合格性证实**I100 证实**

101 合格性是自动超声波检测系统、焊接方法和槽沟几何形状的特性。

如果在 I200 中定义的需要的变量没有改变,自动超声波检测系统的合格性就是有效的。

I200 需要的变量

201 应采用下列必要的变量：

- 焊接方法和槽沟几何外形（包含修补焊缝）
- 建立的底、顶探针
- 为其它通道建立的探针（通道的数目可增可减，以适应壁厚的变化）
- 参考反射镜
- 系统，数据获得和数据处理
- 软件版本（仅除了影响观察与显示的变化）

202 对一个已存在的合格系统而言，所需要变量的变化要求：新的或改进后的系统在检测焊缝缺陷存在和其准确大小以及位置的能力得到证明。

附件 A 转送器要求**A.1 证明**

转送器在以下方面应能被确证：制造厂商、类型、梁角、名义频率、晶体大小及形状和唯一的标识号。

A.2 梁角

低于 45 度的梁角，其测角误差不超过 1.0 度。

大于 45 度的梁角，其测角误差不超过 1.5 度。

根据 BS4331 规范第 5 款给出评估结果。梁角应采用相同类型材料制成的探针进行确定。

A.3 梁的尺寸

目标梁的垂直尺寸的误差应在设计指明高度的 20% 以内，目标梁的水平尺寸不应比垂直尺寸大两倍以上。目标被限定为沿着检测工作进行的梁轴上的一个点。在集中单元的情况下，目标应在焦点提供的 6dB 工作范围以内。梁高的测量应沿着 -6dB 工作范围采用 5 个点。

应根据 BS4331 规范第 6 款给出评估结果。

A.4 所有的槽沟

待处理的槽沟至少 50dB。

应根据 ESI 规范第 8.4 款给出评估结果。

A.5 指针点

应根据 ESI 规范第 8.6 款给出评估结果。

A.6 斜角

对单晶转送器斜角不应超过 1.5 度，对双晶转送器斜角不应超过 2 度。

应根据 ESI 规范第 8.8 款给出评估结果。

A.7 纵向角梁

纵向角梁应至少比 100mm 范围内量测的剪波低 35dB。

应根据 ESI 规范第 8.10 款给出评估结果。

A.8 表面波

梁角低于 64 度时，表面波应至少比剪波低 34dB。梁角超过 64 度时，应至少比 100mm 范围内测到的剪波低 24dB。

应根据 ESI 规范第 8.11 款给出评估结果。

A.9 边垂梁

边垂梁至少应比主梁低 20dB，除非梁角超过 64 度，这时应至少低 15dB。

DNV 海底管线规范 2000 版

应根据 ESI 规范第 8.13 款给出评估结果。

A.10 次最大量

回波幅值的任何波动不应超过由杂乱脉冲干扰所带来的影响。

应根据 ESI 规范第 8.14 款给出评估结果。

A.11 脉冲波形

脉冲波形应只有一个波峰，若尾部脉冲有第二个波峰，则至少应比主波峰低 20dB。

应根据 ESI 规范第 8.16 款给出评估结果。

A.12 频率

工频应控制在名义频率 $\pm 10\%$ 的范围内。

应根据 ESI 规范第 8.18 款给出评估结果。

A.13 脉冲长度

脉冲长度不应超过波峰幅值 10% 处修正脉冲点间的 2.5 微秒。

应根据 ESI 规范第 8.19 款给出评估结果。

A.14 噪声信号

除缓波转送器外，所有转送器的噪声信号应至少比从目标距离处参考反射镜上获得的信号弱 20dB。

对于缓波转送器，噪声信号应至少比从目标距离处参考反射镜上获得的信号弱 16dB。

应根据 BS4331 规范第 11 款给出评估结果。注意：进行评估时应使用多模式的系统检测仪表，且让所有电缆就位，让所有相关电学系统运转起来。

附件 B 管钢中剪波波速的确定**B.1 概述**

本附件中定义的步骤涉及的方法可以用于确定管钢中剪波波速。如果认可的话，想当方法也可以采用。

用于传输石油和天然气的管线显示处不同程度的各向异性，不同声速取决于钢中声波折射角的合力改变引起的传播方向。用于带状识别的集中梁处时特别关键的。需要确定沿不同方向传播的超声波剪波波速。

B.2 设备

为了确定依赖方向变化的剪波波速，应使用一个晶体直径为 6 到 10mm 的频率为 5MHZ 的超声波剪波转送器，转送器上联结有至少带宽高达 10MHZ 的超声波装置，而且推荐的超声波脉冲发射次数的量测分析能力达到 10ns，精度为 $\pm 25\text{ns}$ 。量测样本的机械尺寸的装置应具有 $\pm 0.1\text{mm}$ 的推荐精度。同时，易于移走的粘性和特殊的高速剪波也被推荐采用。

B.3 样本

样本从被检测的管道截面截取，对于特殊的管径、壁厚和制造厂商而言，其相应的样本也是特殊的。样本尺寸最小要求 50mmX50mm。

相类似的方法也可用于测量沿管轴平面的波速。

两平行面间最小的那个将被评估的平面是用机器完成的，一对面是沿着径向（平行于 OD 面），另一对面偏离 OD 面的平行面 20 度。如果需要更多的数据点的话，其它将被评价平面在不同角度上要求额外平面由机器完成。

机器做出的平面的磨光度应在 $20\mu\text{m}$ 以上。被测样本平面的最小宽度应为 20mm，被测平行平面间的最小厚度应为 10mm。检测平面的垂直方向的延伸在壁厚方向上被限制住

了。

B.4 检测方法

用机器狭缝作为置于适当位置的转送器的剪波脉冲反射镜，并且通过测量脉冲发射次数来确定轴向及 20 度方向上待测脉冲通过距离的剪波波速。

一种通过厚度方向上的相似测量方法也可以确定径向波速。脉冲次数应在第一次的最前面部分与后来回波的第二部分进行量测。另外，也可用多回波方式替换。

在检测处，对每个平面应选用三次读数中的最小值。

B.5 精度

速度的确定误差不应超过 $\pm 20\text{m/s}$ 。

B.6 记录

速度的确定值能被制成表或者绘成图。通过将速度绘在一个平面上成为二维极坐标图，任意角度而不是那些直接可得的角度上的速度能被估计出来。

速度随温度变化的影响在极端的测试环境下是非常重要的。因此，这些读数当时所处的环境温度也应当被记录下来。