SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 4103—1995

钢质管道焊接及验收

Welding and acceptance standard for steel pipings and pipelines

1995-12-18 发布　　1996-06-01 实施

中国石油天然气总公司　发布

目　次

前言
API 前言
1　范围 …… 1
2　引用标准 …… 1
3　定义 …… 2
4　焊接一般规定 …… 3
5　焊接工艺评定 …… 4
6　焊工资格 …… 15
7　焊接接头的设计和准备 …… 19
8　焊缝的检查与试验 …… 20
9　无损探伤验收标准 …… 21
10　缺陷的清除和返修 …… 28
11　无损探伤规程 …… 28
12　自动焊接 …… 33

前　言

本标准是将 API Std 1104 第 17 版《管道及有关设施的焊接》进行转化，按照 GB／T 1.1《标准化工作导则　第 1 单元：标准的起草与表述规则　第 1 部分：标准编写的基本规定》的要求编写的，作为石油行业推荐性标准。本标准在技术内容上与 API Std 1104 等效，在编写规则上与之等同。

由于将 API Std 1104 等效转化为石油行业标准时，应符合 GB／T 1.1 的规定，故将原标准的章节进行变动，将第 1 章改为第 4 章，即增加了第 1 章范围、第 2 章引用标准、第 3 章定义。而将 API Std 1104 从第 2 章开始每一章的编号都加“3”，即 API Std 1104 的第 2 章改成本标准的第 5 章、第 3 章改成本标准的第 6 章，依次类推，各章中的条号和内容不变或稍有改变。根据我国的国情和实际应用情况，删去 API Std1104 中的第 10 章“无填充金物的自动焊”和附录“环焊缝的附加验收标准”，同时引用或部分引用了国家或行业标准。

根据 GB／T 1.1 的要求，保留了 API Std 1104 的前言，同时增加“前言”。

本标准由中国石油天然气总公司工程技术研究院提出并归口。

本标准起草单位：中国石油天然气管道局基建工程处及焊接试验培训中心、中国石油天然气总公司工程技术研究院。

本标准主要起草人　高泽涛　赵志刚　陈建洲　毛　磊

本标准委托中国石油天然气管道局基建工程处负责解释。

API 前言

本标准是由美国石油学会（API）、美国气体协会（AGA）、管道承包商协会（PLCA）、美国焊接学会（AWS）、美国无损探伤学会（ASNT）的代表以及管子制造商的代表和有关工业的个人代表组成的标准编制委员会编制的。

本标准的目的是通过控制焊工资格、焊接工艺、材料和设备，焊接出高质量的管道焊接接头；并通过对射线探伤规程、设备和无损探伤人员资格的控制，得到高质量的射线底片，以保证对焊接质量的正确评定。

本标准是非强制性的。它适用于输送原油、成品油和气体燃料的长输管道安装焊接，泵站和压气站管网的安装焊接，也可用于集输和分输管网的安装焊接。

本标准包含了油气管道设计、制造、安装和运行等方面的许多工程师的研究成果。标准编制委员会非常感谢他们真诚的和有价值的帮助。

为适应技术发展，有必要经常对本标准进行修订。因而标准编制委员会始终希望收到对本标准进行改进的各种意见和建议，并将给予充分考虑。

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 4103—1995

钢质管道焊接及验收

Welding and acceptance standard for steel pipings and pipelines

1 范围

本标准适用于使用碳钢钢管、低合金钢钢管及其管件输送原油、成品油及气体燃料等介质的长输管道、压气站管网和泵站管网的安装焊接。适用的焊接接头型式为对接接头、角接接头和搭接接头。适用的焊接方法为电弧焊、气电焊和气焊，它们包括的具体焊接方法为药皮焊条手工电弧焊、埋弧焊、熔化极及非熔化极气保护电弧焊、药芯焊丝自保护焊和气焊、以及上述方法之间相互组合的焊接方法。适用的焊接位置为固定焊、旋转焊，或者两种位置的结合。

使用碳钢钢管、低合金钢钢管及其管件输送原油、成品油及气体燃料等介质的其他集输和分输管网的安装焊接也可采用本标准。

本标准规定了对管道安装焊接接头进行破坏性试验验收标准、射线探伤验收标准和射线探伤规程。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 1300—77 焊接用钢丝

GB/T 3092—93 低压流体输送用焊接钢管

GB 3375—82 焊接名词术语

GB 5117—85 碳钢焊条

GB 5118—85 低合金钢焊条

GB 5293—85 碳素钢埋弧焊用焊剂

GB 5618—85 线型象质计

GB 8110—87 二氧化碳气体保护焊用钢焊丝

GB 8163—92 输送流体用无缝钢管

GB 9711—88 石油天然气输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管

GB 10045—88 碳钢药芯焊丝

GB 12470—90 低合金钢埋弧焊用焊剂

GB/T 13793—88 直缝电焊钢管

SYJ 4043—89 常压钢制焊接油罐渗透探伤技术标准

SYJ 4044—89 常压钢制焊接油罐磁粉探伤技术标准

SY 4056—93 石油天然气钢质管道对接焊缝射线照相及质量分级

SY 4065—93 石油天然气钢质管道对接焊缝超声波探伤及质量分级

SY 5297—91 石油天然气输送管道用直缝电阻焊钢管

国家劳动部《锅炉压力容器无损检测人员资格考核规则》

JB/T 4709—92 钢制压力容器焊接规程

中国石油天然气总公司 1995-12-18 批准　　1996-06-01 实施

SY / T 5037—92 普通流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管
SY / T 5038—92 普通流体输送管道用螺旋缝高频焊钢管
API Spec 5L 管线管规范
ASNT RP SNT-TC-1A 无损检测人员资格鉴定推荐办法
ASTM E142 射线探伤质量控制方法
ASTM E164 焊缝接触式超声检测方法
ASTM E165 渗透检测操作方法
ASTM E709 磁粉检验方法
AWS A5.1 碳钢药皮电弧焊焊条
AWS A5.2 铸铁和钢质气焊焊丝
AWS A5.5 低合金钢药皮电弧焊焊条
AWS A5.17 埋弧焊碳钢焊丝及焊剂
AWS A5.18 气保护电弧焊碳钢填充金属
AWS A5.20 碳钢药芯电弧焊焊丝
AWS A5.28 气体保护电弧焊低合金钢填充金属
AWS A5.29 低合金钢药芯电弧焊焊丝

3 定义

本标准中所使用的焊接术语均按 GB 3375 的规定并按本章予以补充和修订。

3.1 业主 company
工程的主管单位或建设单位，或由其委派或授权的单位或代表。

3.2 承包者 contractor
负责本标准中所述工程任务的承包单位和施工单位。

3.3 焊缝 weld
管与管、管与管件或管件与管件之间所完成的连接焊缝。

3.4 焊接工艺规程 qualified welding procedure
用经过评定合格的焊接工艺编制的用于工程施工的一整套详细的焊接技术规定和程序。按照此规程焊接可以保证焊缝具有合格的焊接质量和合格的力学性能。

3.5 合格焊工 qualified welder
按照本标准第 5 章或第 6 章的要求考试合格的焊工。

3.6 根焊 root bead
为管与管、管与管件或管件与管件之间焊接时的第一层焊缝。

3.7 固定焊 position welding
焊接时被焊的管或管件固定不动。

3.8 旋转焊 roll welding
焊接时焊接热源位置固定，并位于或接近其顶部中心，被焊管或管件旋转。

3.9 自动焊 automatic welding
借助设备进行电弧焊，全部焊接过程无须焊工对电弧或焊条进行操作，焊工只起引导作用，因此可不要求焊工的手工技能。

3.10 半自动焊 semiautomatic welding
借助设备进行电弧焊，但设备只控制填充金属的给进，焊接速度由人工控制。

3.11 内凹 internal concavaty
完成的焊缝边缘与母材已良好熔合，但焊缝表面中部比管壁表面低，形成的凹陷即为内凹。内凹

的深度为管壁表面的轴向延伸线和该焊缝表面最低点之间的垂直距离。

3.12 返修 repair

对经外观检查或无损探伤发现的超标缺陷进行的修补焊接。

4 焊接一般规定

4.1 设备

气焊和电弧焊所用设备应能满足焊接工艺要求，具有良好的工作状态和安全性。凡不符合这些要求的焊接设备应予修复或更换。

4.2 材料

4.2.1 管材及管件

本标准适用于焊接符合下列最新版本的规范中的管材和管件:

GB／T 3092—93 低压流体输送用焊接钢管

GB 8163—92 输送流体用无缝钢管

GB 9711—88 石油天然气输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管

GB／T 13793—88 直缝电焊钢管

SY 5297—91 石油天然气输送管道用直缝电阻焊钢管

SY／T 5037—92 普通流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管

SY／T 5038—92 普通流体输送管道用螺旋缝高频焊钢管

API Spec 5L 管线管规范

适用的 ASTM 标准

本标准也适用于未按照上述规范制造，但其化学成分和力学性能满足上述标准规定的材料。

4.2.2 填充金属

4.2.2.1 类型和规格

所有填充金属应符合下列任一标准:

GB 1300—77 焊接用钢丝

GB 5117—85 碳钢焊条

GB 5118—85 低合金钢焊条

GB 5293—85 碳素钢埋弧焊用焊剂

GB 8110—87 二氧化碳气体保护焊用钢焊丝

GB 10045—88 碳钢药芯焊丝

GB 12470—90 低合金钢埋弧焊用焊剂

AWS A5.1 碳钢药皮电弧焊焊条

AWS A5.2 铸铁和钢质气焊焊丝

AWS A5.5 低合金钢药皮电弧焊焊条

AWS A5.17 埋弧焊碳钢焊丝及焊剂

AWS A5.18 气保护电弧焊碳钢填充金属

AWS A5.20 碳钢药芯电弧焊焊丝

AWS A5.28 气体保护电弧焊低合金钢填充金属

AWS A5.29 低合金钢药芯电弧焊焊丝

不符合上述标准要求的填充金属，如经过焊接工艺评定合格后也可使用。

4.2.2.2 填充金属及焊剂的保管和搬运

在保管和搬运时，应符合生产厂家的规定，并应避免损坏填充金属和焊剂及其包装。包装开启后，应保护其不致变质，药皮焊条应避免受潮湿。凡有损坏或变质迹象的填充金属和焊剂不应使用。

4.2.3 保护气体

4.2.3.1 类型

保护气体分为惰性气体、活性气体及惰性气体和活性气体的组合。保护气体的纯度和干燥度应满足焊接工艺规程的要求。

4.2.3.2 保管和使用

保护气体应盛于容器中，容器的贮存应远离高温环境，其他气体不应混入容器中。若保护气体的质量存在问题，就不应使用。

5 焊接工艺评定

5.1 工艺评定

在焊接生产开始之前，应制定详细的焊接工艺指导书，并对此焊接工艺进行评定。工艺评定的目的在于验证用此工艺能否得到具有合格力学性能（如强度、塑性和硬度）的完好焊接接头。

应使用破坏性试验检验焊接接头的质量和性能。应依据评定合格的工艺编制焊接工艺规程。

除了业主特别通知变更 5.4 中所列的项目外，这些焊接工艺规程应予以遵守。

5.2 记录

应对评定合格的焊接工艺的各项细节进行详细记录，并应记录焊接工艺评定试验的各项结果。记录应使用类似于图 1 和图 2 的表格进行。在该焊接工艺规程使用期间内应保存好这些记录。

5.3 工艺规程

工艺规程应包括下列内容。

5.3.1 焊接方法

应指明是使用手工焊、半自动焊或自动焊，或它们的任何组合方法。

5.3.2 管子及管件材料

应指明适用的管子材料和管件材料。

适用的管子和管件材料分组见 5.4.2.2，但评定试验应选择该组材料中具有最高规定屈服强度的材料进行。

5.3.3 直径和壁厚

应确定焊接工艺规程适用的直径和壁厚范围，其分组见 6.2.2 中的 d）和 e）。

5.3.4 接头设计

应画出接头的简图。简图应指明坡口角度、钝边尺寸和根部间隙。填角焊缝应指明形状和尺寸；如使用垫板时，还需指明其形式。

5.3.5 填充金属和焊道数

应指明填充金属的种类和规格、焊缝最少层数及焊道顺序。

5.3.6 电特性

应指明电流种类和极性，规定使用焊条或焊丝的电弧电压和焊接电流值的范围。

5.3.7 火焰特性

应指明使用的火焰类型（中性焰、碳化焰或氧化焰）。规定每种规格焊丝适用的焊矩喷嘴的尺寸。

5.3.8 焊接位置

应指明是旋转焊或是固定焊。

参考本标准 5.2

焊接工艺规程说明书

编号:_____

工程名称:_____ 业主名称:_____

焊接方法:_____

材料:_____

直径和壁厚:_____

接头结构型式:_____

填充金属和焊道层数:_____

电气或火焰特性:_____

焊接位置:_____

焊接方向:_____

焊工数量:_____

焊道之间的时间间隔:_____

对口器类型及其拆卸:_____

清理和(或)打磨:_____

预热和应力消除:_____

保护气体和流量:_____

保护焊剂:_____

焊接速度:_____

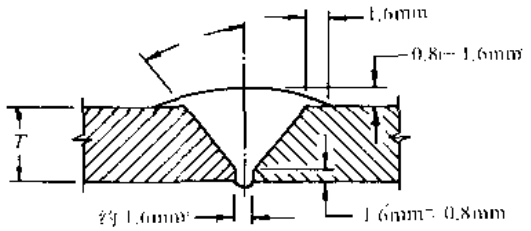
附图和附表:_____

试验:_____ 焊工:_____

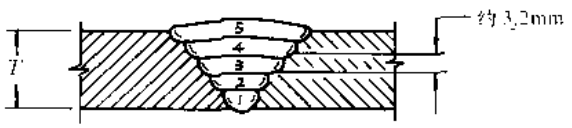
批准:_____ 焊接主管:_____

采用:_____ 总工程师:_____

参考本标准 5.2



标准 V 型坡口对接接头



焊道顺序

注:尺寸仅供参考。

焊条尺寸和焊道层数

焊道	焊条尺寸和型号	电弧电压	电流及极性	焊接速度

图 1 焊接工艺规程说明书表格格式

5.3.9 焊接方向

应指明是上向焊或是下向焊。

5.3.10 焊道之间的时间间隔

应规定完成根焊道之后至开始第二焊道之间的最长时间间隔，以及完成第二焊道之后与开始其他焊道之间的最长时间间隔。

5.3.11 对口器的类型和拆移

应规定是否使用对口器，使用内对口器或外对口器。如果使用对口器，在拆移对口器时应规定完成根焊道长度的最小百分数。

5.3.12 预热和焊后热处理

应规定预热和焊后热处理的加热方法、温度、温度控制方法，以及需预热和焊后热处理的环境温度的范围。

5.3.13 保护气体及流量

规定保护气体的成分及流量范围。

5.3.14 保护焊剂

规定保护焊剂的类型。

5.3.15 焊接速度

规定各焊道的焊接速度范围。

5.4 焊接工艺规程的变更

5.4.1 概述

当焊接工艺规程有 5.4.2 中规定的基本要素变更时，应对焊接工艺重新评定。当焊接工艺规程有 5.4.2 中规定的基本要素以外的变更时，应修订焊接工艺规程，但不必对焊接工艺重新评定。

5.4.2 基本要素

5.4.2.1 焊接方法

焊接工艺规程中焊接方法的变更。

5.4.2.2 管材

焊接工艺规程中管材组别的变更。

本标准将所有碳钢及低合金钢进行以下分组：

a) 规定最小屈服强度小于或等于 289MPa；

b) 规定最小屈服强度高于 289MPa，但小于 448MPa；

c) 对最小屈服强度为 448MPa 或高于此值的各级碳钢及低合金钢均应进行单独的评定试验。

注：5.4.2.2 中的分组并不表示上述每组中所有的管材可任意代用已做过焊接工艺评定的管材或填充材料，还应考虑管材和填充金属在冶金特性、力学性能以及对预热和焊后热处理的要求的不同。

5.4.2.3 接头设计

接头设计的重大变更（如 V 型坡口改为 U 型坡口，或反之）。坡口角度或钝边的变更不属于基本要素。

5.4.2.4 焊接位置

由旋转焊变为固定焊，或反之。

5.4.2.5 壁厚

从一个壁厚分组到另一个壁厚分组的变更〔管壁厚分组见 6.2.2e)〕。

5.4.2.6 填充金属

焊接试样试验报告

日期:_____ 试验编号:_____

位置:_____

状态:_____ 焊接位置: 旋转焊□ 定位焊□

焊工姓名:_____ 焊工代号:_____

焊接所需时间:_____ 焊接时刻:_____

平均温度:_____ 所用风屏:_____

气候条件:_____

电弧电压:_____ 电流:_____

焊机型号:_____ 焊机容量:_____

填充金属:_____

焊缝余高尺寸:_____

管子类型和等级:_____ 外径:_____

壁厚:_____

	1	2	3	4	5	6	7
试样编号							
试样原始尺寸							
试样原始面积							
最大载荷							
抗拉强度							
断裂位置							

□焊接工艺 □评定试验 □合格

□焊工考试 □工程焊口试验 □不合格

最大抗拉强度_____ 最小抗拉强度_____ 平均抗拉强度_____

拉伸试验结论:

1._____

2._____

3._____

4._____

弯曲试啊结论:

1._____

2._____

3._____

4._____

刻槽锤断试验结论:

1._____

2._____

3._____

4._____

试验单位:_____ 试验日期:_____

试验人:_____ 主管人:_____

注:其他评语可写在背面，本表可用于焊接工艺规程评定和焊工考核试验。

图 2 试件试验报告表格格式

填充金属的下列变更:

a) 从一组填充金属到另一组填充金属（见表 1）。

表 1 填充金属分类

组别	规范	焊条(丝)	焊剂
1	GB 5117	E4310，E4311	
	GB 5118	E5010，E5011	
	AWS A5.1	E6010，E6011	
	AWS A5.5	E7010，E7011	
2	GB 5118	E5510，E5511	
	AWS A5.5	E8010，E8011	
3	GB 5117 或 GB 5118	E5015，E5016，E5018	
	GB 5118	E5515，E5516，E5518	
	AWS A5.1 或 A5.5	E7015,E7016,E7018	
	AWS A5.5	E8015，E8016，E8018	
4	JB / T 4709	H08	HJ401
		H10Mn2	HJ402
	AWS A5.17	EL8	F-60
		EL8K	F-61
		EL12	F-62
		EM5K	F-70
		EM12K	F-71
		EM13K	F-72
		EM15K	
5	GB 1300	H08MnA	
	AWS A5.18	ER70S-2	
6	GB 1300	H08Mn2SiA	
	AWS A5.18	ER70S-6	
7	GB 1300	H08Mn2MoA	
	AWS A5.28	ER80S-D2	
8	AWS A5.2	RG60,RG65	

注:

1 其他型号的焊条，填充金属和焊剂也可以使用，但需要进行单独的焊接工艺评定。

2 在4组中可使用其他焊丝和焊剂的组合进行焊接工艺评定，此组合应用完整的AWS型号表示，如F71-EL12或 F62-EM12K。只有用同一 AWS 型号的材料允许不重新进行焊接工艺评定。国内材料亦同。

3 在5，6，7组中的焊丝应使用保护气体

b) 对于规定最小屈服强度大于或等于 448MPa 的管材（见 5.4.2.2）填充金属型号的变更。

可以在 5.4.2.2a）和 b)中规定的分组内变更填充金属，但应从力学性能的角度保持母材和填充金属的一致性。

5.4.2.7 焊道之间时间间隔

根焊至热焊之间允许的最大时间间隔的增加。

5.4.2.8 焊接方向

从下向焊改为上向焊,或者反之。

5.4.2.9 保护气体和流量

一种气体换成另一种气体，或一种混合气体换成另一种混合气体，或保护气体流量范围较大地增加或减少。

5.4.2.10 保护焊剂

保护焊剂的变更参照表 1 中的注 2。

5.4.2.11 焊接速度

焊接速度范围的变更。

5.5 试验管接头的焊接——对接焊

将两个管段按照焊接工艺指导书规定的要求组对和焊接。

5.6 焊接接头的试验——对接焊

5.6.1 准备

试样取样应按图 3 指定的位置进行，试样的最少数量及试验项目见表 2，试样应按照图 4、图 5、图 6 或图 7 的要求准备。对于直径小于 60.3mm 的管子，应焊接两个试验焊口以满足所需的试样数量。试样的试验应在试样空冷至室温后进行。对于直径小于或等于 33.4mm 的管子，可用一个完整管段（全尺寸）试样的拉伸试验代替两个刻槽锤断试样和两个背弯试样。全尺寸试样的试验应按照 5.6.2.2 的规定进行，且应符合 5.6.2.3 的要求。

5.6.2 拉伸试验

5.6.2.1 准备

拉伸试样（如图 4 所示）约 230mm 长，25mm 宽，制样可通过机械切割或氧气切割的方法进行。除有缺口或不平行外，试样不要求进行其他加工。如有需要，应进行机加工处理使试样边缘光滑和平行。

5.6.2.2 方法

拉伸试样应在拉伸载荷下拉断。使用的拉伸机应能测量出拉伸试验时的最大载荷，以拉伸试验时的最大载荷除以试样在拉伸前测定的最小截面积，就可计算出抗拉强度。

5.6.2.3 要求

每个试样的抗拉强度应大于或等于管材的规定最小抗拉强度，但不需要大于或等于管材的实际抗拉强度。

如果试样断在母材上，且抗拉强度大于或等于管材规定的最小抗拉强度时，则该试样合格。

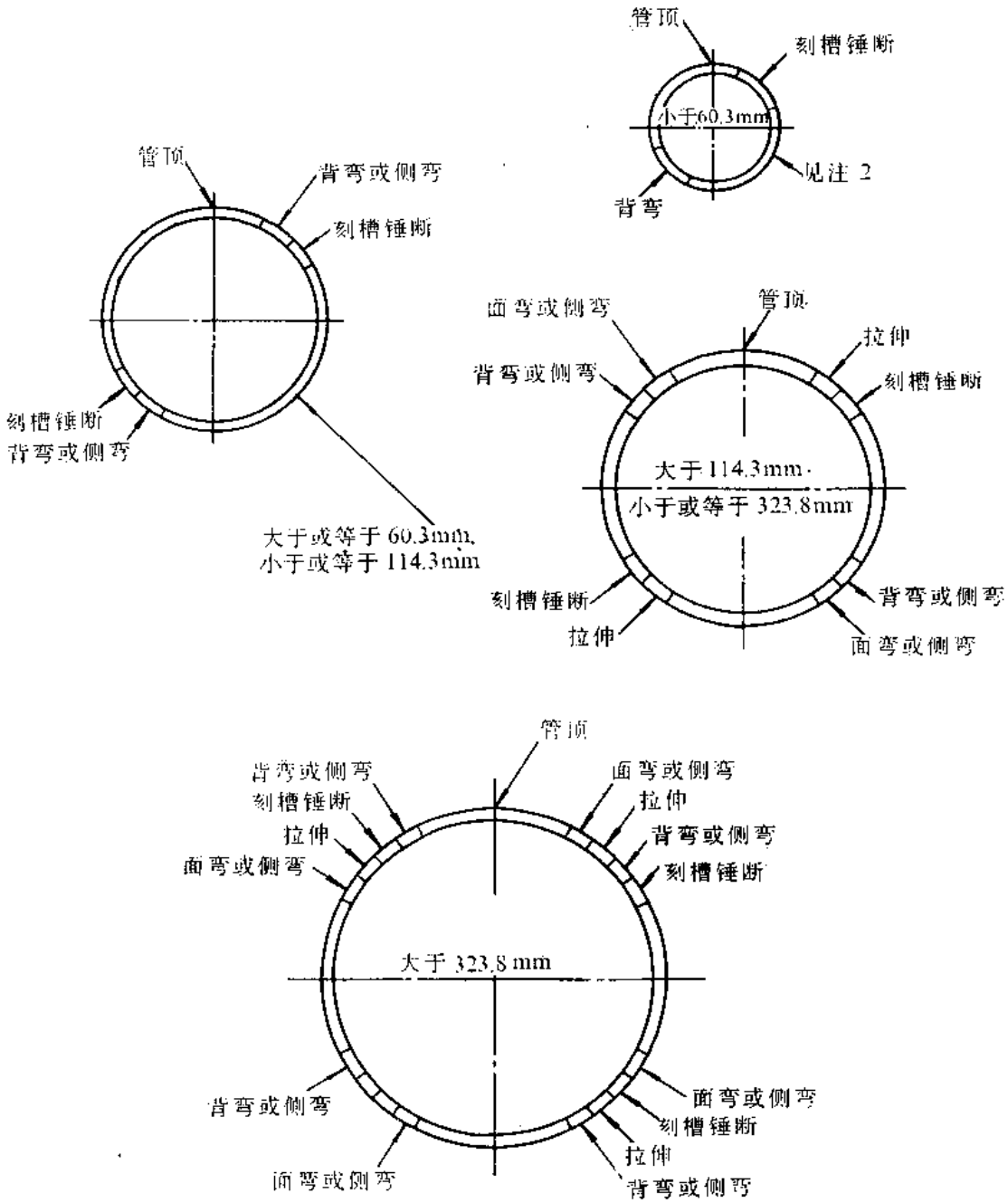
如果试样断在焊缝或熔合区，其抗拉强度大于或等于管材规定的最小抗拉强度时，且断面缺陷符合 5.6.3.3 的要求，则该试样合格。

如果试样是在低于管材规定的最小抗拉强度下断裂，则该焊口不合格，应重新试验。

5.6.3 刻槽锤断试验

5.6.3.1 准备

刻槽锤断试样（如图 5 所示）约 230mm 长、25mm 宽，制样可通过机械切割或氧气切割的方法进行。用钢锯在试样两侧焊缝断面的中心（以根焊道为准）锯槽，每个刻槽深度约为 3mm。



注：

1 根据业主的意见，位置可以旋转，只要试样在圆周上间距相等即可。但试样不能包含有纵向焊缝。

2 对于直径小于或等于 33.4mm 的管子，可用全截面拉伸试件。

图 3 对接接头焊接工艺评定试验的试样位置

用此方法准备的某些自动焊或半自动焊（有时也包括手工焊）的刻槽锤断试样，有可能断在母材上而不断在焊缝上。当前一次试验表明可能会在母材处断裂时，为保证断口断在焊缝上，则可在焊缝外表面余高上刻槽，但是深度从焊缝表面算起不得超过 1.6mm。

如果业主要求的话，可以对用半自动焊或自动焊方法进行工艺评定的刻槽锤断试样在刻槽前先进行宏观腐蚀检查。

5.6.3.2 方法

刻槽锤断试样可在拉伸机上拉断；或支承两端，打击中部锤断；或支承一端，打击另一端锤断。

焊缝断裂的暴露面应至少为 19mm 宽。

表 2　焊接工艺评定试验的试样类型及数量

管外径 mm	试样数量					
	拉伸	刻槽锤断	背弯	面弯	侧弯	总数
	壁厚<12.7mm					
<60.3	0	2	2	0	0	4
60.3～114.3	0	2	2	0	0	4
>114.3～323.8	2	2	2	2	0	8
>323.8	4	4	4	4	0	16
壁厚>12.7mm						
≤114.3	0	2	0	0	2	4
>114.3～323.8	2	2	0	0	4	8
>323.8	4	4	0	0	8	16
注：对外径小于60.3mm的管子焊接两个试验焊缝，各取一个刻槽锤断试样及一个背弯试样。对外径等于或小于33.4mm的管子，应做一个全尺寸试样的拉伸试验						

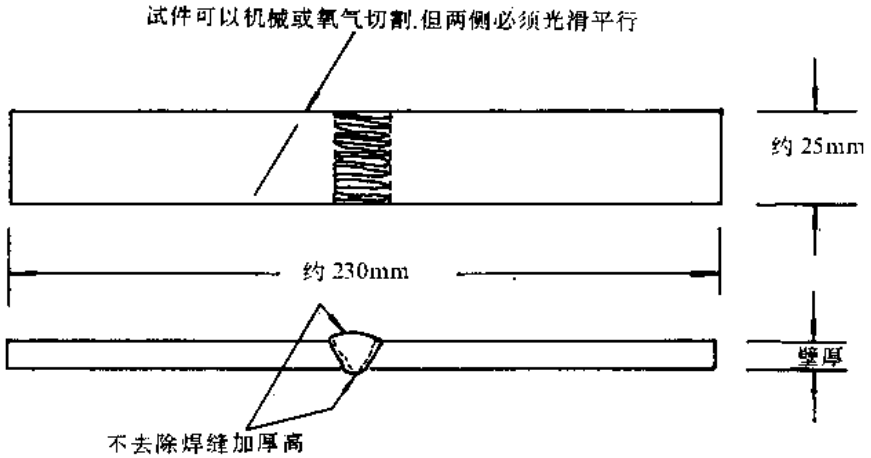


图 4　拉伸试样

5.6.3.3　要求

每个刻槽锤断试样的断裂面应完全焊透和熔合。任何气孔的最大尺寸应不大于 1.6mm，且所有气孔的累计面积应不大于断裂面积的 2%。夹渣深度应小于 0.8mm，长度应不大于钢管公称壁厚的 1／2，且小于 3.2mm。相邻夹渣之间至少应有 12.7mm 无缺陷的焊缝金属，测量方法如图 8 所示。

5.6.4　背弯和面弯试验

5.6.4.1　准备

背弯和面弯试验试样约 230mm 长，25mm 宽，且其长边缘应磨成圆角（如图 6 所示）。制样可通过机械切割或氧气切割的方法进行。焊缝内外表面余高应去除至与试样母材表面平齐。加工的表面应光滑，加工痕迹应轻微并垂直于焊缝轴线。

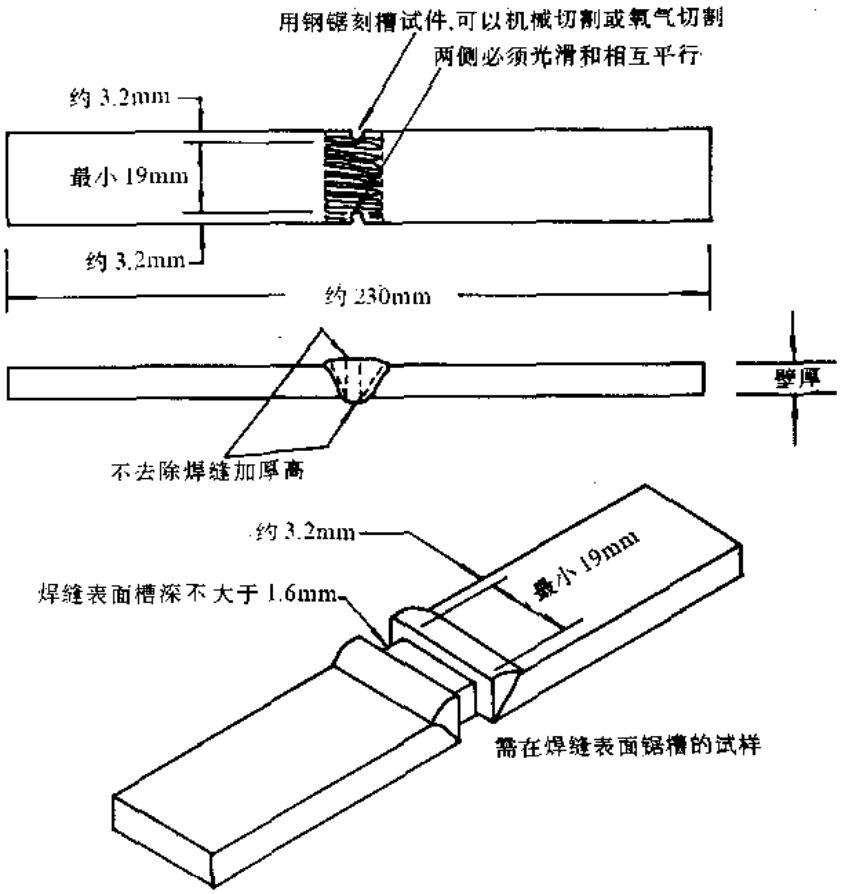
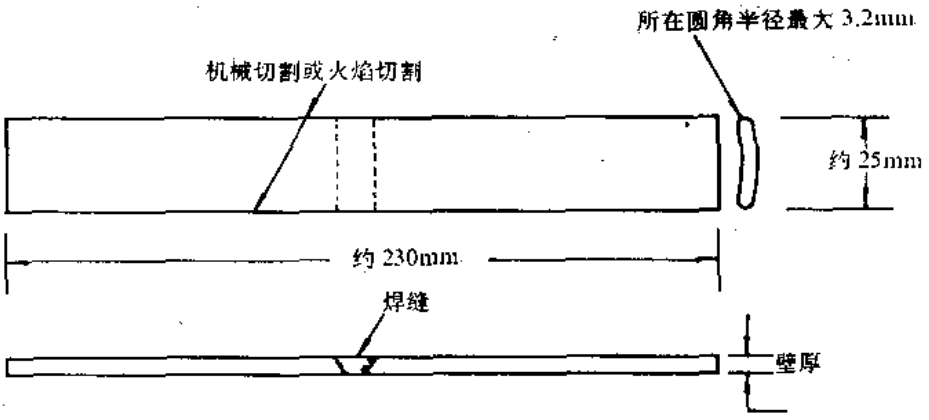


图 5　刻槽锤断试样



注：内外表面的焊缝余高应去除至与试件表面平齐。试件在试验前不应压平。

图 6　背弯和面弯试样（壁厚<12.7mm）

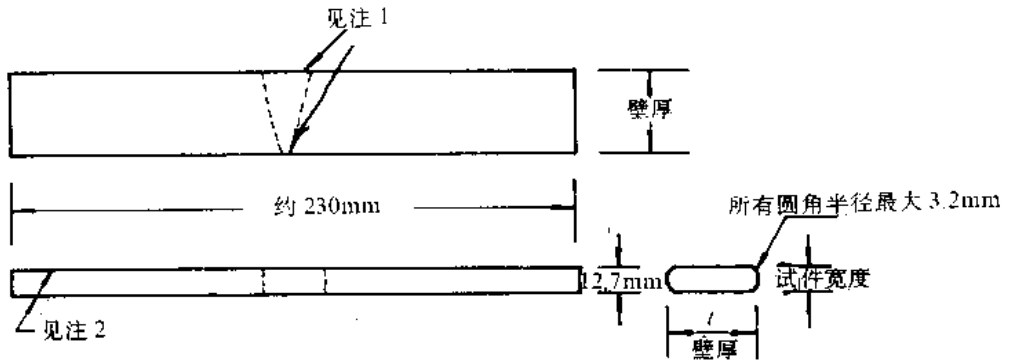
5.6.4.2　方法

背弯和面弯试样应在导向弯曲试验模具上弯曲，模具如图 9 所示。试样以焊缝为中心放置于下模上。面弯试验以焊缝外表面朝向下模，背弯试验以焊缝内表面朝向下模，施给上模压力，将试样压入下模内，直到试样弯曲成近似 U 形。

5.6.4.3　要求

弯曲后，试样拉伸弯曲表面上的焊缝和熔合线区域所发现的任何方向上的任一裂纹或其他缺陷尺寸应不大于公称管壁厚的 1／2，且不大于 3.2mm。除非发现其他缺陷，由试样边缘上产生的裂纹长

度在任何方向上可不大于 6.4mm。



注:

1 内外表面的焊缝加厚高应去除至与试样表面平齐。试样在试验前不应压平。

2 试样应机加工 12.7mm 宽，或氧炔焰切割约 19mm 宽，然后再机加工或平滑打磨至 12.7mm 宽。切割表面应光滑和平行。

图 7 侧弯试样（壁厚 > 12.7mm）

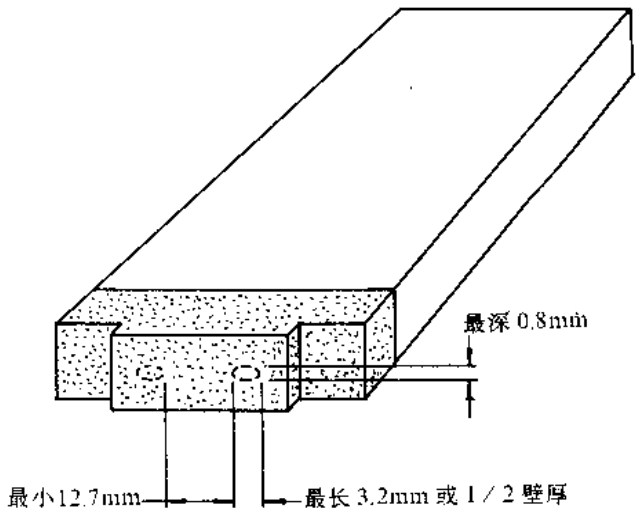
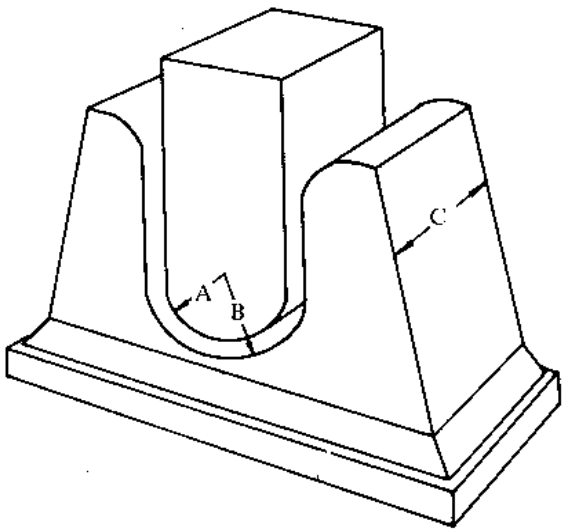
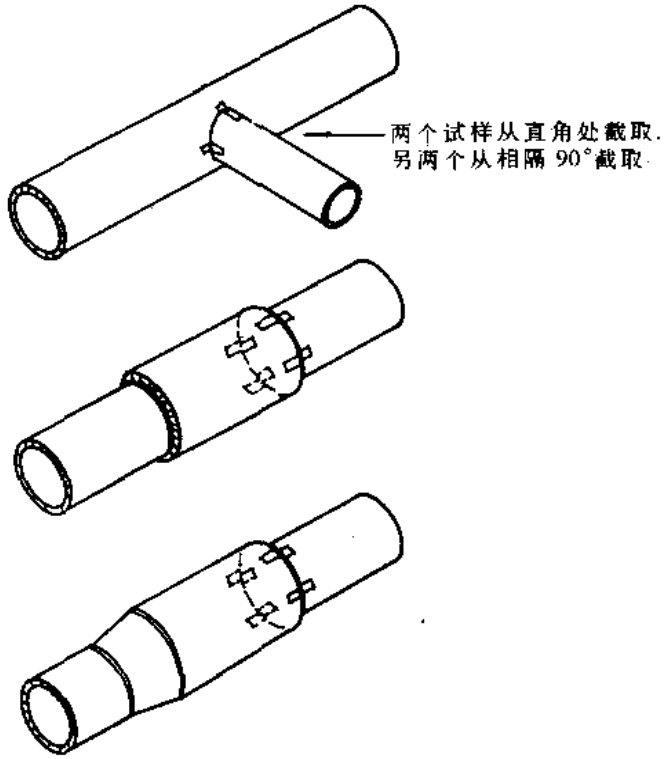


图 8 缺陷的尺寸测量



注: 图无比例，冲头半径 $A=44.45$mm,胎具半径 $B=58.74$mm，胎具厚度 $C=50.8$mm。

图 9 导向弯曲试验胎具



注：图中显示的试样位置适用于直径大于或等于 60.3mm 的接头；对于直径小于 60.3mm 的接头，试件应从大致相同的位置切取，但应从两个试验焊口上各截取两个试样。

图 10　角焊工艺评定及焊工资格考试刻槽锤断试件的位置

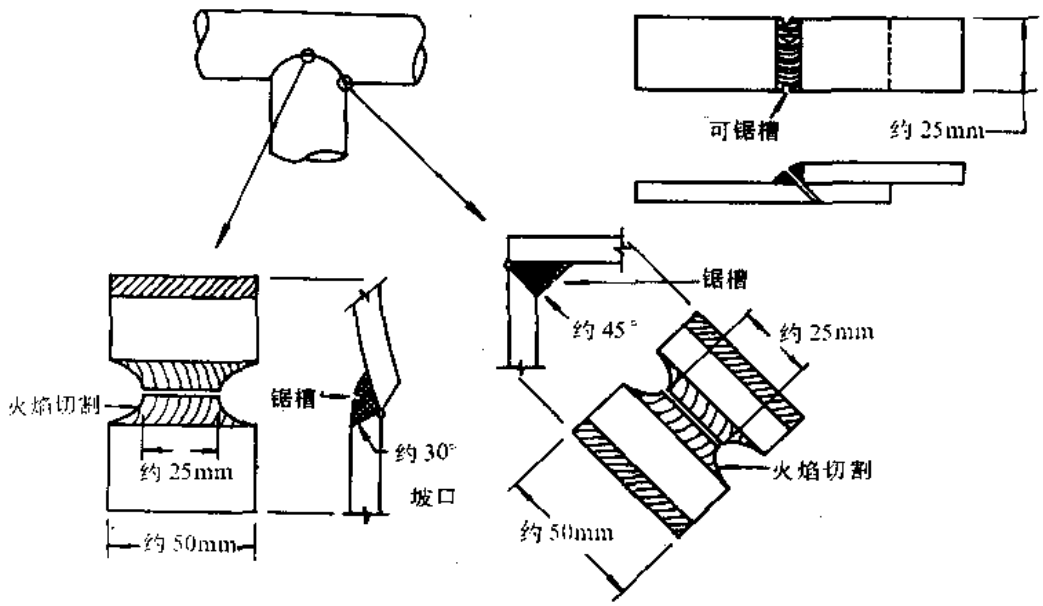


图 11　角焊焊接工艺评定及其焊工资格考试（包括支管联接焊工资格考试）的刻槽锤断试样的位置

5.6.5　侧弯试验

5.6.5.1　准备

侧弯试样约 230mm 长，12.7mm 宽，且其长边缘应磨成圆角（如图 7 所示）。试样可先通过机械切割或氧气切割的方法制成宽度约 19mm 的粗样，然后用机加工或磨削制成 12.7mm 宽的试验试样。试样各表面应光滑平行。焊缝的内外表面余高应去除至与试件表面平齐。

5.6.5.2 方法

侧弯试样应在类似于图 9 所示的导向弯曲试验模具上弯曲。将试样以焊缝为中心放在下模上，焊缝表面与模具成 90°。施给上模压力，将试样压入下模内，直到试样弯曲成近似 U 形。

5.6.5.3 要求

每个侧弯试样应符合 5.6.4.3 的规定。

5.7 试验管接头的焊接——角焊

按照焊接工艺指导书中焊接图（如图 10 所示）的任一结构进行角焊。

5.8 焊接接头的试验——角焊

5.8.1 准备

试样取样应按图 10 指定的位置进行。试样应至少 4 件，并按图 11 进行准备。制样可通过机械切割或氧气切割的方法进行。试样应至少 25.4mm 宽，并有足够的长度使之能在焊缝处断裂。对于直径小于 60.3mm 的管子，为满足所需的试样数量，应焊接两个试验焊口。试样应在空冷至室温后进行试验。

5.8.2 方法

可用任何一种适当的方法使角焊试样在焊缝处断裂。

5.8.3 要求

每个角焊试样的断裂表面应完全焊透和熔合，且满足以下要求：

a) 最大气孔尺寸不得超过 1.6mm；

b) 所有气孔的累积面积不大于断裂面积的 2%；

c) 夹渣深度不大于 0.8mm，长度不大于公称管壁厚的 1／2，且不大于 3.2mm；

d) 相邻夹渣之间应至少有 12.7mm 的无缺陷焊接金属，测量方法如图 8 所示。

6 焊工资格

6.1 概述

焊工资格考试的目的是检验焊工能否使用经过评定合格的焊接工艺规程焊接出合格的对接或角接管焊缝。

在进行管道安装焊接之前，应按照 6.2 或 6.3 中的规定对焊工进行资格考试。

某一焊接工艺评定合格后，焊接试验管焊缝的焊工自然具有该焊接工艺规定的相应焊接资格。

在资格考试前，应给焊工一定的时间熟悉和调整考试用焊接设备。

焊工在资格考试时，应使用和管道安装焊接时相同的焊接技术和焊接速度。

焊工资格的考试工作应在业主代表在场的情况下进行。

焊工应按照 6.2.1 的要求焊接一个完整的管接头或管接头的扇形段。当焊接管接头扇形段时，应将其支承在具有典型的平焊、立焊和仰焊的位置。

当焊接工艺规程中有 6.2.2 和 6.3.2 中规定的基本要素变更时，应重新对焊工进行资格考试。需重新进行焊工资格考试的基本要素与焊接工艺评定的基本要素不同。

6.2 单项资格

6.2.1 概述

取单项资格时，每个焊工应使用评定合格的焊接工艺规程，焊接一个完整的管接头或一个管接头的扇形段作为考试焊口。

当取对接管资格时，应选择旋转焊接位置或固定焊接位置进行。当选择固定焊接位置时，管轴线应平行于水平线（代号 5G），或垂直于水平线（代号 2G），或是倾斜于水平线约 45°（代号 6G）。

当取支管联接资格、角焊接头资格或其他类型接头的单项资格时，应按照专用的焊接工艺规程进行。取得的资格范围应限定在该工艺规程规定的范围内。

当使用的焊接工艺规程有 6.2.2 中所述的基本要素变更时，应重新对焊工资格进行考试。

若考试焊口经检验和试验符合 6.4 和 6.5 或 6.6 的要求，则应给焊工颁发相应的单项资格证。

6.2.2 资格范围

除了焊接工艺规程有以下基本要素的变更外，按照 6.2.1 的规定取得资格的焊工可以进行规定范围内的焊接工作。当焊接工艺规程有下列基本要素变更时，焊工应重新进行资格考试。

a) 由一种焊接方法变为另一种焊接方法或其他焊接方法的组合；

b) 焊接方向由上向焊变为下向焊，或反之；

c) 填充金属组别从 1 组或 2 组变为 3 组，或从 3 组变为 1 组或 2 组（见表 1）；

d) 从一种管外径分组变为另一种管外径分组，管外径的分组如下：

1) 外径小于 60.3mm；

2) 外径从 60.3mm 至 323.8mm；

3) 外径大于 323.8mm。

e) 从一种管壁厚分组变为另一种管壁厚分组，管壁厚分组如下：

1) 公称管壁厚小于 4.8mm；

2) 公称管壁厚从 4.8mm 至 19.1mm；

3) 公称管壁厚大于 19.1mm。

f) 焊接位置的变更[如从旋转焊变为固定焊；或从垂直焊接位置（2G）变为水平焊接位置（5G），或反之]。若焊工已取得 45° 倾斜固定管资格（6G），则可焊接任意焊接位置的对接焊；

g) 接头设计的变更（如由无垫板变为有垫板；或由 V 型坡口改为 U 型坡口，或反之）。

6.3 全项资格

6.3.1 概述

取全项资格时，焊工应使用批准的焊接工艺进行下述两项考试：

第一，固定焊接位置对接焊。管位置可以是水平固定（5G），或是倾斜固定（6G）。管外径应不小于 168.3mm，公称管壁厚不小于 6.4mm，焊口内表面无条形垫板。考试焊口的试样应从图 12 所示的位置上取样，或按图 12 所示的顺序，在相对位置上取样。对于各种直径的管子，相邻试样试验类型的顺序应与图 12 中所示的顺序相同。若考试焊口经检验和试验符合 6.4 和 6.5 或 6.6 的要求，则焊接该焊口的焊工通过第一项考试。

第二，支管联接。考试的焊工应独立完成支管联接所需的所有画线、切割、组对和焊接工作。考试用管的外径应不小于 168.3mm，公称管壁厚应不小于 6.4mm。在主管上切割一全尺寸孔。焊接时，应使主管管轴线在水平位置，，支管管轴线与主管管轴线垂直，支管在主管下方。焊接完成后，焊缝外观应整齐均匀。

在整个圆周上，焊缝应完全焊透。根焊道不得有任何超过 6.4mm 的烧穿。在焊缝任何 304.8mm 的连续长度中，未经修补的烧穿，其最大尺寸的累积长度应不超过 12.7mm。

按照图 10 所示位置从管接头上切取 4 块刻槽锤断试样。试样应按照 5.8.1 和 5.8.2 的规定进行准备和试验，其断裂面上缺陷应符合 5.8.3 的要求。

若考试焊口满足上述要求，则焊接该焊口的焊工通过第二项考试。

6.3.2 资格范围

如果焊工已按 6.3.1 中所述的方法通过两项考试，且考试用管的外径大于或等于 323.8mm，则该焊工取得全项资格，可以焊接所有焊接位置、管壁厚、管外径、接头型式和管件的焊口。

如果焊工已按 6.3.1 中所述的方法通过两项考试，且考试用管的外径小于 323.8mm，则该焊工取得全项资格，可以焊接所有焊接位置、管壁厚、接头型式和管件的焊口，管外径应小于或等于其考试用管的外径。

如果焊接工艺规程中有下列基本要素的任一变更，焊工应重新进行资格考试：

a) 从一种焊接方法变为另一种焊接方法或其他焊接方法的组合；

b) 焊接方向由上向焊变为下向焊，或反之；

c) 填充金属类别由 1 组或 2 组变为 3 组，或从 3 组变为 1 组或 2 组（见表 1）。

6.4 外观检查

考试焊口的焊缝，除盖面焊道的咬边外，应无裂纹、未焊透、烧穿及其他缺陷。焊缝应整齐均匀，盖面焊道的咬边深度应不大于管壁厚的 12.5%，且不超过 0.8mm。在焊缝任何 304.8mm 的连续长度中，累计咬边长度应不大于 50.8mm。

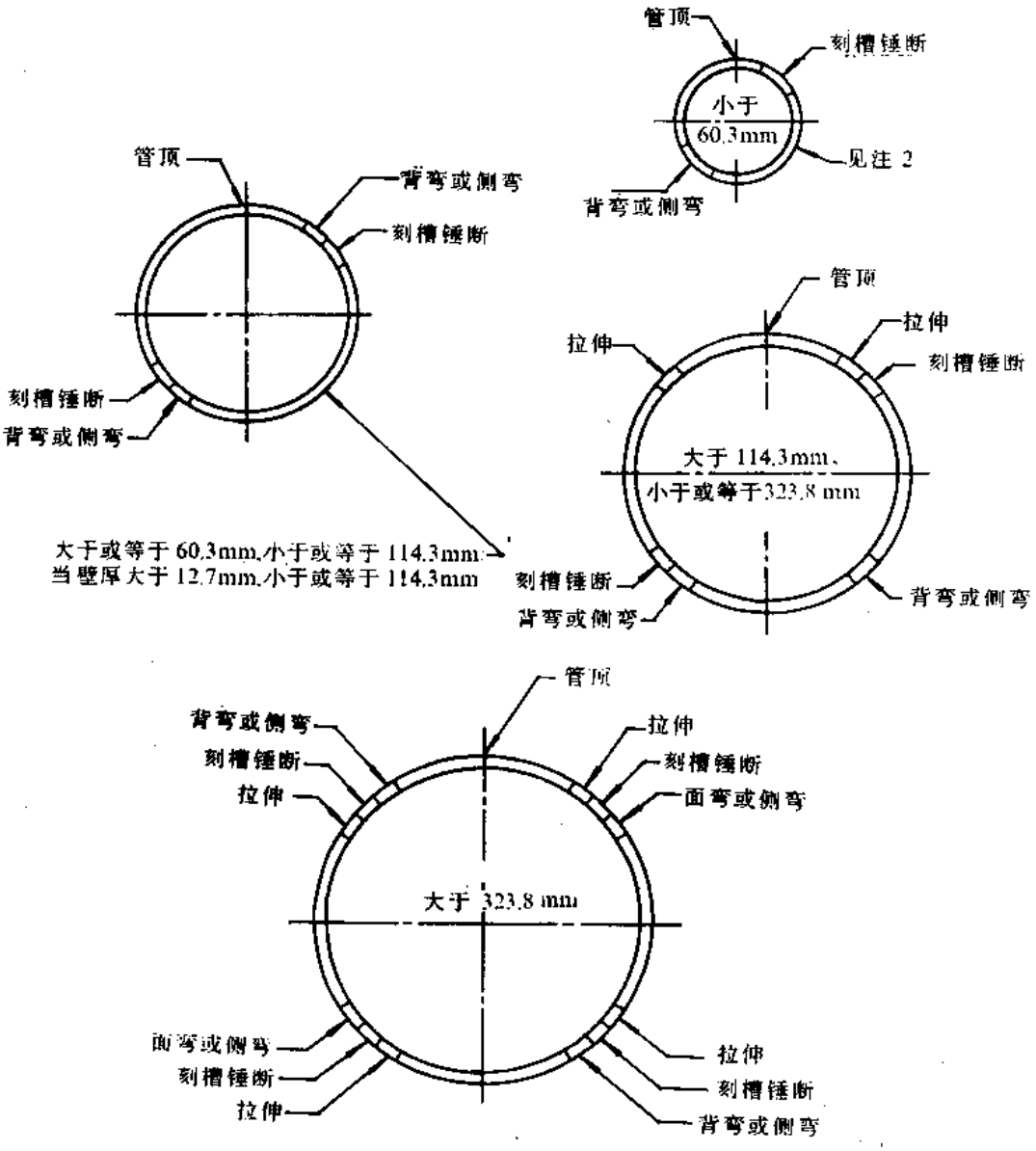
采用自动焊或半自动焊时，穿丝现象应尽量减少。

如果考试焊口不符合本节要求，则该焊口不再做其他的试验和检验。

6.5 破坏性试验

6.5.1 对接焊试样

当考试焊口是完整管接头时，应按照图 12 中所示的位置在每个考试焊口上取样；当考试焊口



注：

1.根据业主的意见，位置可以旋转，只要试件在圆周上间距相等即可。但试件不能包含有纵向焊缝。

2.对于直径小于或等于33.4mm的管子，可用全截面拉伸试件。

图 12 对接焊焊工资格考核试验的试件位置

是管接头的扇形段时，则应从每一扇形段上截取数量相等的试样。试验项目和试样数量要求见表 3。试样应空冷至室温后试验。

当考试用管外径小于或等于 33.4mm 时，可以用一个全尺寸管试样的拉伸试验代替背弯和刻槽锤断试验。拉伸试验应按照 5.6.2.2 的要求进行，并符合 5.6.3 的要求。

表 3　试验项目和试验数量

管外径 mm	试样数量					
	拉伸	刻槽锤断	背弯	面弯	侧弯	总数
	壁厚<12.7mm					
<60.3	0	2	2	0	0	4
60.3～114.3	0	2	2	0	0	4
>114.3～323.8	2	2	2	0	0	6
>323.8	4	4	2	2	0	12
壁厚>12.7mm						
<114.3	0	2	0	0	2	4
>114.3～323.8	2	2	0	0	2	6
>323.8	4	4	0	0	4	12

注：

1 该表适用于对接管资格考试和工程焊接要求的破坏性试验。

2 外径小于60.3mm的管子焊接两个试验焊缝，各取一个刻槽锤断试样及一个背弯试样。对外径等于或小于33.4mm 的管子，应做一个全尺寸试样的拉伸试验

6.5.2　对接焊的拉伸、刻槽锤断和弯曲试验

试样的准备及试验应按 5.6 [1]的规定进行。用于拉伸试验的试样可改作刻槽锤断试验。

6.5.3　对接焊拉伸试验验收要求

如果有不少于 2 个拉伸试样或一个全尺寸管试样的拉伸断口在焊缝处或熔合线处，且该断口的缺陷不符合 5.6.3.3 的要求，则该焊工不合格。

6.5.4　对接焊的刻槽锤断试验验收要求

如果任一刻槽锤断试样断口的缺陷〔不包括白点（fish eye)〕不符合 5.6.3.3 的要求，则该焊工不合格。

6.5.5　对接焊的弯曲试验验收要求

如果任一弯曲试样拉伸弯曲面的缺陷不符合 5.6.4.3 或 5.6.5.3 的要求，则该焊工不合格。

对高强钢管焊口的弯曲试样允许不弯曲到完全的 U 型。如果试样从裂纹处断裂，且其断面符合 5.6.3.3 的要求，则该试样合格。

如果只有一个弯曲试样因未焊透引起不合格，且业主同意该试样中的未焊透不是该焊口焊缝的典型缺陷，允许在紧靠该试样的地方再取一个替换试样试验，如果替换试样仍不合格，则该焊工不合

[1]原文错为2.4。——译者注

格。

6.5.6 角焊缝试样

应从每个考试焊口上取样。

当考试焊口是一个完整的管接头时，应按照图 10 所示位置取样；如果考试焊口是管接头的扇形段时，则应从每个扇形段上截取数量相等的试样。试样在试验前应空冷至室温。

6.5.7 角焊缝试样的试验方法和要求

角焊缝试样应按照 5.8 的规定进行准备和试验

6.6 射线照像探伤（简称射线探伤）——只用于对接焊

6.6.1 概述

按业主的选择，在对接管资格考试时，可以用射线探伤代替 6.5 中规定的试验。

6.6.2 探伤要求

应对每个焊工的全部考试焊口进行射线探伤，如果任何一段焊缝不符合 9.3 的要求，则该焊工不合格。

用破坏性试验考试焊工时，不得用射线探伤挑选取样位置。

6.7 补考

如果不合格的原因是焊工不能控制的条件或环境所造成的，经业主和承包者代表同意，可给该焊工一次补考机会。

其他不合格的焊工在未经业主认可的培训前，不允许补考。

6.8 记录

应使用类似于图 2 所示的表格（该表格可进行修改以适合不同业主的要求，但其记录内容应满足本标准对焊工考试的要求），将每个焊工的试验和每次试验的详细结果进行记录。

合格焊工的名单和考试使用的焊接工艺规程应存档。如果对某个合格焊工的能力有疑问时，可要求他重新进行资格考试。

7 焊接接头的设计和准备

7.1 概述

管道工程的焊接应使用评定合格的焊接工艺规程，焊工应取得相应资格。管口表面在焊接前应均匀光滑、无起鳞、裂纹、锈皮、夹渣、油脂、油漆和其他影响焊接质量的物质。接头设计及对口间隙应符合所采用的焊接工艺规程的要求。

7.2 管口组对

应尽量减少管口组对后的错边量。组对同一公称壁厚的管口时，其错边量应不大于 1.6mm。如果由于尺寸偏差造成一个较大的集中错边，应沿管口圆周均匀地将其分布。应尽量少用锤击法校正错口。

7.3 对接焊时对口器的使用

按照焊接工艺规程的要求，应使用对口器进行对接焊。当允许在根焊道焊完前撤离对口器时，则在卸下对口器前，完成的根焊道应均匀分布于管口圆周，且每段焊道长度和间距近似相等。如果撤离内对口器时，完焊的部分焊道难于制止管子位移或受力过大，则应在卸去内对口器的张力前，焊完全部根焊道。在外对口器撤离前，完成的根焊道应均匀分布于管口圆周，焊道累计长度不少于管周长的 50%，焊道间距近似相等。

7.4 坡口

7.4.1 工厂加工

所有管端坡口应符合焊接工艺规程的要求。

7.4.2 现场加工

管端坡口现场加工宜用坡口机或自动氧气切割机进行。经业主同意，也可用手工氧气切割方法进行。坡口加工后应光滑均匀，尺寸应符合焊接工艺规程要求。

7.5 气候条件

当恶劣气候条件影响焊接质量时，应停止焊接。恶劣气候条件包括（但不仅限于）大气潮湿、风沙或大风。如有条件，可使用防风棚焊接。业主应规定适于焊接的气候条件。

7.6 作业空间

当管道在沟上焊接时，管口周围焊接作业空间距离应大于406mm。当在沟下焊接时，焊接工作坑的大小应使焊工操作容易。

7.7 层间清理

坡口和每层焊道上的锈皮及焊渣，在下一步焊接前应清除干净。清理工具可使用无动力工具或动力工具。若焊接工艺规程规定使用动力工具，则应使用动力工具。

当采用自动焊或半自动焊时，在下一焊道焊接前，应用砂轮磨除已完成焊道表面的密集气孔、引弧处及高凸处。业主有要求时，在施焊前应清除焊道间的熔渣。

7.8 固定焊

7.8.1 工艺

管道在焊接时应可靠固定，并在管口周围有足够的焊接作业空间。

7.8.2 填充焊和盖面焊

填充足够的焊层，经盖面焊后，完成焊缝的横断面应在整个焊口上均匀一致。焊缝表面任何一点应不低于管外表面。焊缝余高应不大于1.6mm。

相邻焊层引弧点应相互错开。焊缝表面宽度应大于坡口表面宽度3.2mm。焊口完成后应将表面彻底清理干净。

7.9 旋转焊

7.9.1 管口组对

按照业主的选择，可采用旋转焊接。在旋转滚架上，应使用足够的支撑滚轮使组对的管道在旋转焊接时保持平直稳定。

7.9.2 填充焊和盖面焊

填充足够的焊层，经盖面焊后，完成焊缝的横断面应在整个焊口上均匀一致。焊缝表面任何一点应不低于管外表面，焊缝余高应不大于1.6mm。

相邻焊层引弧点应相互错开。焊缝表面宽度应大于坡口表面宽度3.2mm。应在旋转管子管顶或管顶附近位置进行焊接，焊口完成后应将表面彻底清理干净。

7.10 标记

每个焊工应在自己完成的焊口上按业主规定的方法标记。

7.11 预热及焊后热处理

当使用的材料和（或）气候条件要求焊前预热或焊后热处理时，焊接工艺规程中应规定焊前预热或焊后热处理的工艺。

8 焊缝的检查与试验

8.1 检验权限

业主有对全部焊缝进行无损探伤或对焊缝进行破坏性试验的权力。检验可以在焊口焊接中或焊完后进行。检验的比例按业主的规定执行。

8.2 检验方法

无损探伤包括射线探伤或业主规定的其他探伤方法。使用的探伤方法应能探出焊缝缺陷，并便于对缺陷进行准确定性和定量。

对焊缝质量评定应按照第9章的要求进行。

破坏性试验包括截取一个完整焊口，在该焊口上切取试样和对试样进行试验及检验。试样的准备应符合6.5的要求。

对任何不合格的焊口，业主有权验收或不验收。对焊接不合格焊口的焊工（焊工组），可取消他（他们）的焊接资格。

对无损探伤人员可要求进行现场操作考试，以检验他们的技术水平和其使用的探伤规程的准确性。

不准采用穿孔试验法（即自焊缝处锯取柱状试样以检验焊口的方法）。

8.3 探伤人员的资格审定

应对探伤人员的培训经历和同类型探伤经验进行资格审定。他们的资格应被业主认可。

业主应保存用于资格审定的文件，其应至少包括：

a) 学历和探伤经历；

b) 培训情况；

c) 资格考试的成绩和结论。

8.4 无损探伤人员的资格证书

8.4.1 规定

无损探伤人员应按照ASNT RP SNT-TC-1A或国家劳动部《锅炉压力容器无损探伤人员资格考核规则》规定的方法考取所使用的探伤方法的资格证书，只有Ⅱ级（中级）或Ⅲ级（高级）检验员有权评定探伤结果。

8.4.2 记录

业主应保存无损探伤人员的取证记录。该记录应包括取证考试的结果、发证机构、签证人和签证日期。在工程开始前，当业主对持证人员的能力有疑问时，可要求其重新取证。无损探伤人员如按ASNT RP SNT-TC-1A的规定取得资格证书，应至少每三年复验一次；如按《锅炉压力容器无损探伤人员资格考核规则》的规定取得资格证书，应至少每五年复验一次[1]。

9 无损探伤验收标准

9.1 概述

本章验收标准适于用射线探伤、磁粉探伤、液体渗透探伤和超声波探伤等方法发现的缺陷。该标准也可用于外观检查。

不得使用无损探伤方法选择焊缝进行8.1要求的破坏性试验。

9.2 验收权

任何无损探伤均有一定的局限性。如果业主认为某一缺陷位置及深度可能对接头性能有害，可以拒绝验收，尽管该缺陷符合本验收标准。

9.3 射线探伤

注：9.3.1至9.3.12的黑度是指射线照相底片（负片）的黑度。

9.3.1 根部未焊透（IP）

根部未焊透是指不是由于错边引起的未焊透，如图13所示。

当根部未焊透符合下列任一条件时，则不合格。

a) 单个长度超过25.4mm；

b) 在焊缝任何304.8mm连续长度中，其累积长度超过25.4mm；

c) 当焊缝长度小于304.8mm时，其累计长度超过焊缝长度的8%。

采用说明：[1]国家劳动部《锅炉压力容器无损探伤人员资格考核规则》规定资格证书每五年复验一次，为方便国内应用，同时采用。

9.3.2 错边未焊透（IPD）

错边未焊透是指由于错口而引起的单边根部未焊透，如图 14 所示。

当错边未焊透符合下列任一条件时，则不合格。

a) 单个长度超过 50.8mm；

b) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，其累积长度超过 76.2mm。

9.3.3 表面未熔合（IF）

表面未熔合是指焊缝与母材之间未能完全熔化结合，且延续到表面，如图 15 所示。

当表面未熔合符合下列任一条件时，则不合格。

a) 单个长度超过 25.4mm；

b) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，其累积长度超过 50.8mm；

c) 当焊缝长度小于 304.8mm 时，其累计长度超过焊缝长度的 8%。

9.3.4 夹层未熔合（IFD）

夹层未熔合是指焊道之间或焊缝与母材之间未能完全熔化结合，但不延续到表面，如图 16 所示。

当夹层未熔合符合下列任一条件时，则不合格。

a) 单个长度超过 50.8mm；

b) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，其累积长度超过 50.8mm；

c) 其累计长度超过焊缝长度的 8%。

9.3.5 根部内凹（IC）

根部内凹的定义见 3.11，如图 17 所示。

当根部内凹处的射线底片黑度不超过相邻最薄母材的射线底片黑度时，任何长度均允许。

当根部内凹处的射线底片黑度超过相邻较薄母材的射线底片黑度时，按烧穿标准验收。

9.3.6 烧穿（BT）

9.3.6.1 烧穿是指部分根焊道被熔穿。

9.3.6.2 当管外径大于或等于 60.3mm 时，如果烧穿符合下列任一条，则不合格。

a) 烧穿处的射线底片黑度超过相邻较薄母材的射线底片黑度，且其最大长度超过 6.4mm；

b) 烧穿处的射线底片黑度超过相邻较薄母材的射线底片黑度，且其最大长度超过较薄母材的公称壁厚；

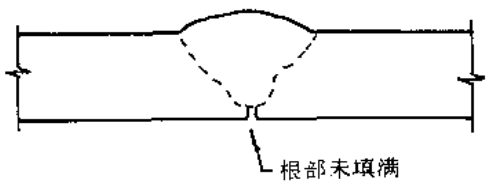
c) 在焊缝任何 304.8mm 的连续长度中（当焊缝长度小于 304.8mm 时，取全部焊缝长度，射线底片黑度大于相邻较薄母材射线底片黑度的烧穿的最大长度的累积超过 12.7mm。

9.3.6.3 当管外径小于 60.3mm 时，如果烧穿符合下列任一条，则不合格。

a) 烧穿处的射线底片黑度大于相邻较薄母材的射线底片黑度，且其最大长度超过 6.4mm；

b) 烧穿处的射线底片黑度大于相邻较薄母材的射线底片黑度，且其最大长度超过较薄母材的公称壁厚；

c) 射线底片黑度大于相邻较薄母材射线底片黑度的烧穿多于一处。



注：在根部的一边未填满或两边未填满。

图 13 根部未焊透

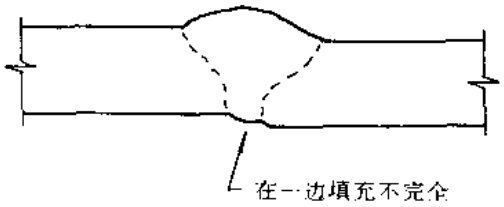


图 14　错边未焊透

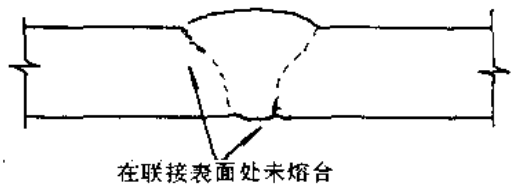
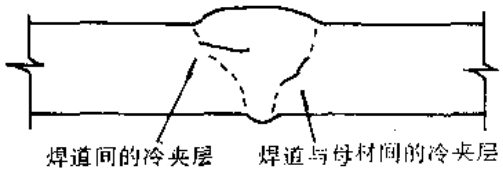


图 15　表面未熔合



注：冷夹层为夹层两面未熔合。

图 16　夹层未熔合



图 17　根部内凹

9.3.7　夹渣

9.3.7.1　夹渣定义为焊缝金属中或焊缝金属与母材金属之间的非金属固体夹杂物。

细长夹渣（ESI）一般存在于熔合区。连续或断续的夹渣线和车轨线等均属细长夹渣。

独立夹渣（ISI）形状不规则，且可能分布于焊缝的任何部位。

在评片时，把夹渣在射线底片上显示的最大长度作为夹渣的评定长度。

9.3.7.2　当管外径大于或等于 60.3mm 时，如果夹渣符合下列任一条，则不合格。

a) 单个细长夹渣（ESI）长度超过 50.8mm；

注：间隔宽度约为根焊道宽度的平行细长夹渣（车轨线），且其任一条宽度不大于 0.8mm，应按一个夹渣计算。当有一条宽度超过 0.8mm，则应分别计算。

b) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，细长夹渣（ESI）的累积长度超过 50.8mm；

c) 细长夹渣（ESI）的宽度超过 1.6mm；

d) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，独立夹渣（ISI）的累积长度超过 12.7mm；

e) 独立夹渣（ISI）的宽度超过 3.2mm；

f) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，最大宽度为 3.2mm 的独立夹渣（ISI）超过 4 个；

g) 细长夹渣（ESI）和独立夹渣（ISI）的累计长度超过焊缝长度的 8%。

9.3.7.3 当管外径小于 60.3mm 时，如果夹渣符合下列任一条，则不合格。

a) 单个细长夹渣（ESI）长度超过相邻较薄管公称壁厚的三倍；

注：间隔宽度约为根焊道宽度的平行细长夹渣（车轨线），且其任一条宽度不大于 0.8mm，应按一个夹渣计算，当有一条宽度超过 0.8mm，则应分别计算。

b) 细长夹渣（ESI）的宽度超过 1.6mm；

c) 宽度超过相邻较薄管公称壁厚一半的独立夹渣（ISI）的累计长度超过相邻较薄管公称壁厚的二倍。

9.3.8 气孔

9.3.8.1 气孔定义见 GB 3375。气孔通常是球形的，但也有链状或不规则形状的，如管状（条虫状）气孔。当测量射线探伤底片上气孔的尺寸时，缺陷的最大尺寸应符合 9.3.8.2 至 9.3.8.4 的规定。

9.3.8.2 单个或分散气孔（P）

单个或分散气孔符合以下任意一条时，则不合格。

a) 单个气孔的最大尺寸超过 3.2mm；

b) 单个气孔的尺寸超过相邻较薄管公称壁厚的 25%；

c) 分散气孔的分布超过图 18 或图 19 允许的分布。

9.3.8.3 密集气孔（CP）

在非盖面焊道上存在的密集气孔应符合 9.3.8.2 的要求。

盖面焊中的密集气孔符合以下任意一条时，则不合格。

a) 密集气孔的分布区域的长径超过 12.7mm；

b) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，密集气孔的分布区域长径的累积长度超过 12.7mm；

c) 任一密集气孔（CP）中的任何一个气孔的尺寸超过 1.6mm。

9.3.8.4 空心焊道（HB）

空心焊道（HB）是指根部焊道中发生的线形气孔。当其符合以下任意一条时，则不合格。

a) 单个长度超过 12.7mm；

b) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，累积长度超过 50.8mm；

c) 长度大于 6.4mm 的单个空心焊道（HB）之间，完好焊缝金属长度短于 50.8mm；

d) 所有空心焊道（HB）的累计长度超过焊缝长度的 8%。

9.3.9 裂纹（C）

当裂纹符合以下任意一条时，则不合格。

a) 除弧坑裂纹以外的任何裂纹；

b) 弧坑裂纹的长度超过 4mm。

注：弧坑裂纹是在焊道收弧处由于焊缝金属收缩凝固引起的。

9.3.10 咬边

咬边是在焊趾或焊根母材处，烧熔形成的凹陷或沟槽。

当表面咬边（EU）或内咬边（IU）符合以下任意一条时，则不合格。

a) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，任意组合的表面咬边（EU）和内咬边（IU）的累积长度超过 50.8mm；

b) 任意组合的表面咬边（EU）和内咬边（IU）的累计长度超过焊缝长度的 1 / 6。

注：当用机械仪表测量检查外观时，咬边的验收标准见 9.7。

9.3.11 缺陷累积

除了咬边和错边未焊透外，当缺陷累积符合以下任意一条时，则不合格。

a) 在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，缺陷累积长度超过 50.8mm；

b) 缺陷累积长度超过焊缝长度的 8%。

9.3.12 管子和管件缺陷

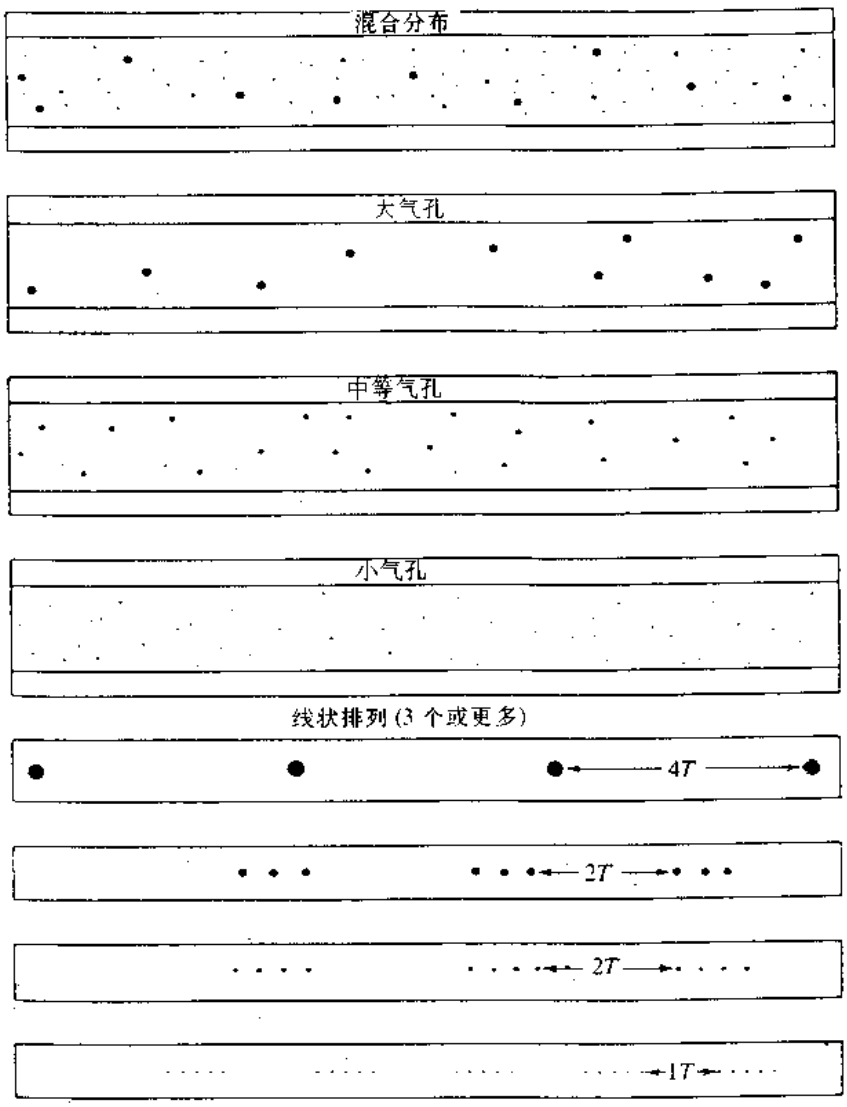
当射线探伤时，如在管子或管件上发现电弧烧伤、纵焊缝缺陷及其他缺陷，应向业主报告。对它们的修补或割除应按业主的指导进行。

9.4 磁粉探伤

9.4.1 磁痕分类

9.4.1.1 磁粉探伤时应对显示的磁痕进行判别。磁导率或金相组织的变化均可产生伪磁痕。对显示的磁痕应按 9.4.1.2 和 9.4.1.3 的规定分类。

9.4.1.2 任何最大尺寸不大于 1.6mm 的磁痕为无关磁痕。任何大于 1.6mm 的磁痕，在未重新用磁粉探伤或其他无损探伤方法判别其是否是缺陷前，均为相关磁痕。



注：此图为示意图，孔直径参见 9.3.8。

图 18 气孔最大分布（壁厚≤12.7mm）

重新探伤前，宜将探伤表面磨光或进行其他处理。当一个磁痕确定为伪磁痕后，其他相同类型的伪磁痕可直接判定，而不需重新探伤。

9.4.1.3 由缺陷引起的磁痕为相关磁痕。磁痕长度大于宽度三倍为线性缺陷。磁痕长度小于或等于宽

度的三倍为圆形缺陷。

9.4.2 验收标准

当相关磁痕符合以下任何一条时，则不合格。

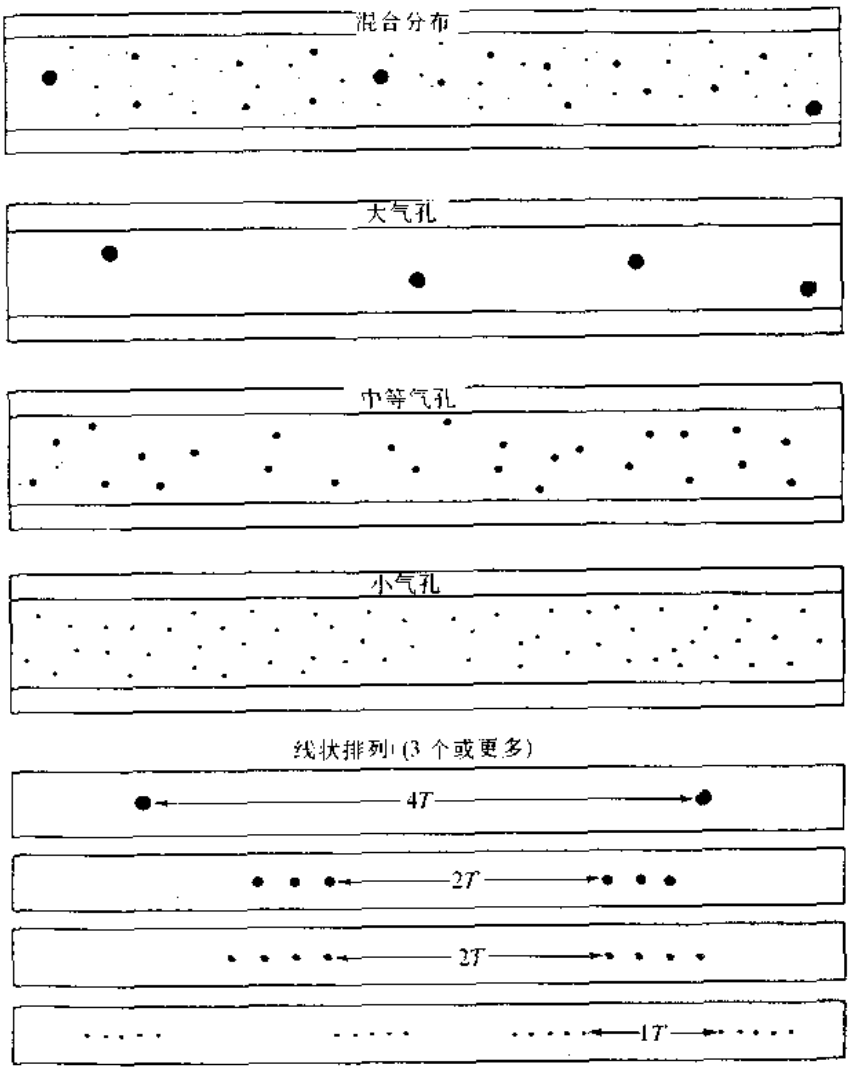
a) 线性缺陷评定为弧坑裂纹或星形裂纹，其长度超过 4mm；

b) 评定为非弧坑裂纹或非星形裂纹的其他裂纹的线性缺陷；

c) 评定为未熔合的线性缺陷，在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，缺陷累积长度超过 25.4mm 或者超过焊缝长度的 8%。

圆形缺陷应根据 9.3.8.2 和 9.3.8.3 的规定评定。评定时，以圆形缺陷显示的最大磁痕尺寸作为评定尺寸。

注：当对显示的缺陷类型产生疑问时，应采用其他无损探伤方法予以证明。



注：此图为示意图，孔直径参见 9.3.8。

图 19 气孔最大分布（壁厚≥12.7mm）

9.4.3 管子和管件缺陷

用磁粉探伤查出的管子和管件中的夹层、电弧烧伤、纵焊缝缺陷及其他缺陷，应向业主报告。对它们的修补或割除必须按业主的规定进行。

9.5 液体渗透探伤

9.5.1 显示分类

9.5.1.1 液体渗透探伤所出现的显示不一定是由缺陷造成的。机加工痕迹、擦伤及表面状况均会产生类似于缺陷的伪显示，它与验收无关。对探伤显示应按 9.5.1.2 和 9.5.1.3 的规定评定。

9.5.1.2 任何最大尺寸不大于 1.6mm 的显示为无关显示。任何大于 1.6mm 的显示，在未重新用渗透探伤或其他无损探伤方法判别其是否是缺陷前，均为相关显示。

重新探伤前，宜将探伤表面磨光或进行其他处理。当一个显示确定为伪显示后，其他相同类型的伪显示可直接判定，而不需重新探伤。

9.5.1.3 由缺陷引起的显示为相关显示。显示长度大于宽度的三倍为线性缺陷。显示长度小于或等于宽度的三倍为圆形缺陷。

9.5.2 验收标准

当相关显示符合以下任何一条时，则不合格。

a) 线性缺陷评定为弧坑裂纹或星形裂纹，其长度超过 4mm；

b) 评定为非弧坑裂纹或非星形裂纹的其他裂纹的线性缺陷；

c) 评定为未熔合的线性缺陷，在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，缺陷累积长度超过 25.4mm 或者超过焊缝长度的 8%。

圆形缺陷应根据 9.3.8.2 和 9.3.8.3 的规定评定，评定时，以圆形缺陷显示的最大显示尺寸作为评定尺寸。

注：当对显示的缺陷类型产生疑问时，应采用其他无损探伤方法予以证明。

9.5.3 管子和管件缺陷

用液体渗透探伤查出的管子和管件中的夹层、电弧烧伤、纵焊缝缺陷及其他缺陷，应向业主报告。对它们的修补或割除必须按业主的规定进行。

9.6 超声波探伤

9.6.1 验收标准

超声波探伤时的反射波高应按 9.6.2 和 9.6.3 的规定进行评定。

9.6.2 焊缝缺陷

对所有反射波高大于基准反射波高 20%的反射体，应仔细扫查确定该反射体的位置、形状、尺寸和类型，并根据以下标准评定：

a) 评定为焊缝表面的弧坑裂纹或星形裂纹，若其长度超过 4mm，则不合格；对其他类型裂纹，不管其在焊缝中的大小和位置如何，均不合格；

b) 评定为非裂纹性开口缺陷，在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，缺陷累积长度超过 25.4mm 或者超过焊缝长度的 8%，则不合格；

c) 评定为非开口缺陷，在焊缝任何 304.8mm 连续长度中，缺陷累积长度超过 50.8mm 或者超过焊缝长度的 8%，则不合格。

9.6.3 管子或管件缺陷

用超声波探伤查出的管子和管件中的夹层、电弧烧伤、纵焊缝缺陷及其他缺陷，应向业主报告，对它们的修补或割除应按业主的规定进行。

9.7 咬边的外观检查标准

9.7.1 概述

咬边定义见 9.3.10。在 9.7.2 中增补的验收标准，不得代替本标准中其他部分对外观检查的要求。

9.7.2 验收标准

当使用目视或机械方法确定咬边深度时，表面咬边或根部咬边应不超过表 4 中的规定。当机械方法和射线探伤均可使用时，应采用机械方法。

表 4　咬边的最大尺寸

深　　度	长　　度
大于 12.5%管壁厚或大于 0.8mm，取二者中的较小值	任何长度均不合格
大于 6%～12.5%的管壁厚或大于 0.4～0.8mm，取二者中的较小值	在焊缝任何 304.8mm 连续长度上不超过 50.8mm 或焊缝长度的 1／6，取二者中的较小值
小于或等于 0.4mm 或小于或等于 6%的管壁厚，取二者中的较小值	任何长度均为合格

10　缺陷的清除和返修

10.1　非裂纹性缺陷

10.1.1　返修批准

对根焊道及填充焊道中出现的非裂纹性缺陷，经业主批准后方可返修。在盖面焊道中出现的非裂纹性缺陷，允许不经业主批准直接返修。

对返修处进行第二次返修时，应采用近似裂纹返修的返修规程（见 10.2）。返修后所有返修处应符合第 9 章的验收标准。

10.1.2　返修准备

返修前，有害缺陷应全部清除干净至露出完好金属，并清除所有夹渣和铁锈。按业主要求进行预热处理。

10.1.3　返修处检验

返修处应重新用原先使用的探伤方法或射线探伤方法进行检验。业主可要求采用该工程用检验方法复查包括返修处的整个焊口（见 8.1 和 8.2）。

10.2　裂纹返修的批准及规程

除非经业主同意返修，所有带裂纹的焊口必须从管线上切除。

允许返修的带裂纹的焊缝，应符合以下规定：

a) 裂纹的长度应小于焊缝长度的 8%；

b) 经过批准的完整的返修规程。返修规程应包括以下内容：

1) 裂纹区域的探伤方法；

2) 清除裂纹的方法；

3) 预热及层间处理要求；

4) 焊接工艺规程及焊条类型；

5) 层间无损探伤要求；

6) 焊后热处理。

c) 焊缝返修应在对返修技术有经验的技术人员的监督下进行。

d) 应由合格焊工进行返修；

e) 返修坡口应经磁粉探伤或液体渗透探伤以确保裂纹全部清除干净。

11　无损探伤规程

11.1　射线探伤方法

11.1.1 概述

11.1 中规定了使用 X 射线或 γ 射线在胶片或其他媒体上产生射线图像的要求。应按 ASTM E142 或 SY 4056 和本章的要求制定并记录详细的射线探伤规程。采用该规程所得到的射线底片应达到本标准要求的底片黑度（见 11.1.9）、清晰度和对比度。用其他系统得到的射线图像，应达到要求的像质计灵敏度。

评定时，应达到以下标准：

a) 底片质量良好，无过大灰雾，无因暗室处理不当造成的影响评定的缺陷；

b) 合同规定的灵敏度；

c) 适当的识别系统；

d) 合格的技术和装备；

e) 满足验收标准。

应按照业主的规定，进行射线探伤及确定探伤的百分率。

工程射线探伤之前，所用的射线探伤规程应经业主批准。业主应要求探伤单位验证其所用的射线探伤规程的准确性。

11.1.2 规程内容

11.1.2.1 概述

应记录每个射线探伤规程细节。记录的副本应提供给业主备案。记录可以采用文字、图表或二者相结合的方法。每个规程应至少包括 11.1.2.2 和 11.1.2.3 中的项目。

11.1.2.2 射线照相探伤

射线照相探伤规程至少应包括下列各项：

a) 射线源——射线源类型、有效射线源或焦点尺寸，以及 X 射线设备的额定电压；

b) 增感屏——增感屏类型及位置；如使用铅屏，应规定其厚度；

c) 胶片——胶片牌号、类型和暗袋中胶片数量；若采用多次成像技术，应规定底片的观片方法；

d) 透照几何条件——应规定采用单壁单影法（SWE／SWV）、双壁单影法（DWE／SWV）或双壁双影法（DWE／DWV），确定焦距，规定胶片、焊缝、射线源、像质计、搭接处或其他标志的相对位置，规定透照一个焊口所需的曝光次数；

e) 曝光量——使用 mA· min 或 Ci· min，规定 X 射线的管电压、管电流及曝光时间；

f) 处理过程——使用自动洗片或手工洗片，规定显影时间、温度、停显或漂洗、定影、水洗时间以及干燥细节等；

g) 材料——规程适用的材料类型及厚度范围；

h) 像质计——类型、材质、编号、基孔，以及垫片的材料和厚度。

11.1.2.3 其他成像技术探伤

使用非照相法的射线探伤规程至少包括下列各项：

a) 射线源——射线源类型、有效射线源或焦点尺寸，以及 X 射线设备的额定电压；

b) 所用的图像采集系统；

c) 所用的图像处理系统；

d) 所用的观像系统；

e) 所用的图像存贮系统；

f) 透照几何条件——应规定采用单壁单影法（SWE／SWV）、双壁单影法（DWE／SWV）或双壁双影法（DWE／DWV），确定焦距，规定胶片、焊缝、射线源、像质计、搭接处或其他标志的相对位置，规定透照一个焊口所需的曝光次数；

g) 曝光量——使用 mA· min 或 Ci· min，规定 X 射线电压或输入电压及电流，以及曝光时

间；

h) 材料——规程适用的材料类型及厚度范围；

i) 像质计——类型、材质、编号、基孔，以及垫片的材料和厚度。

11.1.3 透照几何条件

11.1.3.1 射线照相探伤

当射线源位于管中心时，一个完整焊口的探伤只需一次曝光（单壁单影法 SWE／SWV）。

当射线源位于管外，距焊缝表面不超过 12.7mm 时，一个完整焊口的探伤，应至少进行三次相隔 120° 的曝光（双壁单影法 DWE／SWV）。

当射线源位于管外，距焊缝表面大于 12.7mm 时，一个完整焊口的探伤，应至少进行四次相隔 90° 的曝光（双壁单影法 DWE／SWV）。

当管径小于或等于 89mm 时，可采用双壁双影法（DWE／DWV）。采用这种方法时，应使射线束偏斜，使得靠射线源一侧和靠底片一侧的焊缝在底片评定区内不重叠，一个完整焊口探伤应至少做两次间隔 90° 的曝光。当射线源一侧和靠底片一侧的焊缝在底片评定区内重叠时，一个完整焊口探伤应至少做三次间隔 60° 的曝光。

当射线探伤管径更小和壁厚较厚的管时，应增加曝光次数，以减少底片上焊缝图像在边缘上的畸变。

射线源或焦点与射线源一侧管表面之间的最小距离应按以下公式确定（采用恒定的计量单位）：

$$D = St / k$$

式中：D——射线源或焦点与射线源一侧管表面之间的最小距离；

S——有效射线源或焦点的尺寸；

t——焊缝高度，包括余高和胶片到胶片侧焊缝表面的距离；

k——与几何尺寸有关的参数。

当采用单壁单影法（SWE／SWV）和双壁单影法（DWE／SWV）时，t 为单一壁厚与焊缝余高的和；当采用双壁双影法（DWE／DWV）时，t 为焊口焊缝外径尺寸（即管外径加上两倍的焊缝平均余高），见表 5。

表 5 焊缝高度 t 的计算

探伤方法	t 值计算公式
单壁单影	t = 壁厚+焊缝余高
双壁单影	t = 壁厚+焊缝余高
双壁双影	t = 管外径+2× 焊缝余高

当透照厚度小于或等于 50.8mm 时，一般 k 为 0.51mm，但应达到规定的像质计灵敏度。

11.1.3.2 其他成像方法

非射线照相方法的透照几何条件的基本原则应与 11.1.3.1 中的规定相同，不同的是要考虑运动引起的清晰度损失，图像应达到规定的像质计灵敏度。

11.1.4 像质计类型

像质计应符合 ASTM E142 或 API Std 1104（如图 20 所示）或 GB 5618 的规定。业主应规定采用的类型。像质计应用与被探材料类似的材料制作。

11.1.5 像质计型号选择

应根据管壁厚或焊缝厚度，选用像质计的最大厚度和像质计的编号。采用 ASTM E142、API Std 1104 或 GB 5618 规定的像质计应分别符合表 6、表 7 或表 8 的规定。

当根据焊缝厚度选择孔型像质计时，在该像质计下应放置适当的垫片，垫片材料应和管材相近，厚度应等于平均焊缝余高。

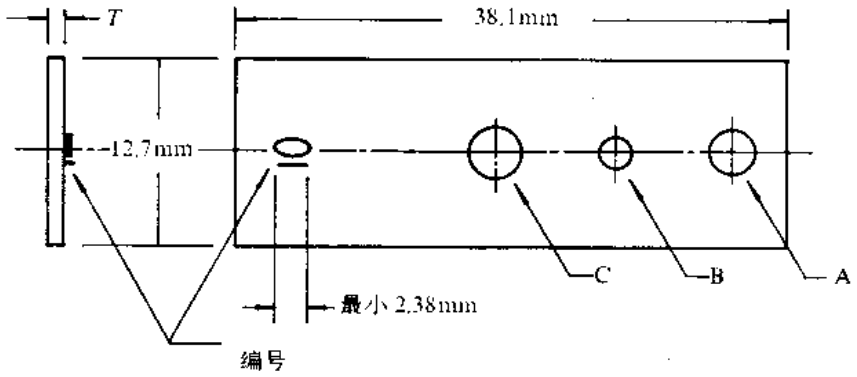
当根据管壁厚选择孔型像质计时，则不需加垫片。

当使用线型像质计时，应符合 SY 4056 的规定。

根据探伤单位要求，可以采用比上述规定薄的孔型像质计，但应达到规定的射线探伤灵敏度。

像质计的轮廓、编号及基孔都应在射线底片上清楚地显示出来。

根据厚度选择的 ASTM E142 孔型像质计的基孔应符合表 6 的规定。对于 API Std 1104 的像质计，基孔为 2T，2T 孔的直径应不小于 1.6mm。



注：

1 T = 像质计厚度；直径 $A=2T$，直径 $C=4T$。

2 直径 $B=T$ 或 1.6mm 中的较大者。

3 孔应圆、钻孔应和表面垂直。孔边缘铁屑应清理干净，但不得损坏边缘。

4 每个像质计应带一个铅字。

5 像质计厚度和孔直径公差± 10%或两个像质计壁厚差的 1/2 中较小者。

图 20 API 像质计

11.1.6 像质计的位置

11.1.6.1 射线照相

对射线照相探伤，当使用管内射线源对整个焊口一次曝光时，应至少围绕整个圆周在近似等距的位置放置 4 个像质计。

当采用双壁双影法（DWE/DWV）使用孔型像质计时，应在射线源一侧放置一个像质计，其长度方向与焊缝方向垂直，影像应处于中心或邻近中心部位，但不得与焊缝图像重迭。

当采用多次曝光时，若有效评片长度大于 127mm，在胶片侧应放置两个像质计，其中一个应放置在距有效底片区端部 25.4mm 以内，另一个放置在胶片中心位置。若有效评片长度小于或等于 127mm，应在胶片侧胶片中心放置一个像质计。

对返修焊缝进行射线探伤时，至少应在紧靠每个返修区放置一个像质计。

注：有效评片长度最长为底片上符合本标准要求的黑度和像质计灵敏度的部分，和探伤方法有关，一般在探伤规程中有相应规定。

11.1.6.2 非射线照相方法

对非射线照相的其他射线探伤方法，当对一个完整的焊口进行射线探伤时，不论射线源在管内还在管外，应紧贴管表面在整个圆周近似等距地至少放置 4 个像质计。

11.1.7 工程射线探伤

只有Ⅱ级或Ⅲ级资格的射线探伤人员可以对工程焊缝的射线图像进行评定。除非业主要求报告所有观察到的缺陷，否则评定人员应报告观察到的所有不合格缺陷。评定人员应给出焊口是否符合第 9

章要求的结论。业主应决定对焊口的最终处理。

11.1.8 图像标记

应用铅号、铅字母、标识或其他方法进行标记，以便迅速和准确地识别良好焊缝和有缺陷的焊缝。业主可以规定所采用的标记方法。

当环焊缝使用一个以上的图像时，相邻图像应有重迭，每个图像均应有标记，并不得漏检任何一段焊缝。

11.1.9 胶片及其他成像媒体的贮存

11.1.9.1 胶片

所有未透照的胶片应储存在对感光乳胶膜无损害的清洁、干燥的地方。对储存条件有疑问时，应对每盒胶片的开头一张和最后一张，或从每一原卷胶片上取下等于周长的一段进行灰雾度试验。如果被检查的胶片灰雾度超标，则被检胶片所在的整盒或整卷胶片应报废。如经过第二次试验证明盒中或卷内剩余的胶片没有受到感光，则可继续使用。灰雾度标准为透明基胶片黑度不超过 0.3，不透明基胶片的反射黑度不超过 0.05。

11.1.9.2 其他成像方法

其他成像媒体的储存应严格执行生产厂家的规定。

11.1.10 底片黑度

焊缝部分的透明基底片黑度应不小于 1.8、不透明基底片的反射黑度不小于 0.5。

11.1.11 后期处理

当业主有要求时，保存的图像应至少五年后仍达到评定要求[1]。

11.1.12 暗室或图像处理室

加工处理胶片或射线图像的房间及设施应保持清洁。

11.1.13 辐射防护

射线探伤操作人员应负责防护和监督使用或接近辐射源的每个人。防护和监督应符合政府的有关规定。

11.2 磁粉探伤方法

当业主规定使用磁粉探伤时，应制定详细的磁粉探伤规程，并应符合或超过 ASTM E709 或 SYJ 4044 的要求。在探伤前，磁粉探伤规程应经业主同意。

表 6 管壁厚与 ASTM E142 规定的像质计厚度的对比

管壁厚或焊缝厚 mm	最大像质计厚度 mm	编号	基孔
0～6.35	0.19	7	4*T*
>6.35～9.52	0.254	10	4*T*
>9.52～15.88	0.317	12	4*T*
>15.88～19.05	0.381	15	4*T*
>19.05～25.40	0.444	17	4*T*
>25.40～31.75	0.508	20	4*T*
>31.75～38.10	0.635	25	2*T*
>38.10～50.80	0.762	30	2*T*

11.3 液体渗透探伤方法

采标说明：[1]原标准要求保存的图像应至少三年后仍达到评定要求。此处采用行业标准的要求。

当业主规定使用液体渗透探伤方法时，应制定详细的液体渗透探伤规程，并应符合或超过ASTM E165 或 SYJ 4043 的要求。在探伤前，液体渗透探伤规程应经业主同意。

11.4 超声波探伤方法

当业主规定使用超声波探伤时，应制定详细的超声波探伤规程，并应符合或超过 ASTM E164 或 SY 4065 的要求。在探伤前，超声波探伤规程应经业主同意。

表 7 管壁厚与 API Std 1104 规定的像质计厚度的对比[1)]

管壁厚或焊缝厚 mm	最大像质计厚度 mm	编号
0～6.35	0.127	5
>6.35～9.52	0.19	7
>9.52～12.70	0.254	10
>12.70～15.88	0.317	12
>15.88～19.05	0.381	15
>19.05～22.22	0.444	17
>22.22～25.40	0.508	20
>25.40～31.75	0.635	25
>31.75～38.10	0.762	30
>38.10～50.80	0.889	35

1)如图 20 所示

表 8 管壁厚与线型像质计(符合 GB 5618 的规定)线径的对比

管壁厚或焊缝厚 mm	像质计线径 mm	像质号
0～6	0.125	15
>6～8	0.160	14
>8～12	0.200	13
>12～16	0.250	12
>16～20	0.320	11
>20～25	0.400	10
>25～32	0.500	9
>32～50	0.630	8

注：为 AB 级

12 自动焊接

12.1 适用的焊接方法

自动焊接应至少采用以下一种焊接方法：

a) 埋弧焊；

b) 熔化极气体保护焊；

c) 非熔化极气体保护焊；

d) 自保护或气保护药芯焊丝电弧焊。

12.2 工艺评定

在工程焊接开始之前，应制定详细的焊接工艺指导书，并对此焊接工艺进行评定。工艺评定的目的在于验证用此工艺能否得到具有合格力学性能（如强度、塑性和硬度）的完好焊接接头。

应按照焊接工艺指导书焊接两根整管或两管段的管接头。应采用无损探伤和破坏性试验检验焊接接头的质量和性能。无损探伤应符合第 9 章的要求，破坏性试验应符合 5.6 的要求。应依据评定合格的焊接工艺编制焊接工艺规程。

除了业主特别通知 12.5 中所列的基本要素外，应遵守评定合格的焊接工艺规程。

12.3 记录

应对评定合格的焊接工艺的各项细节进行详细地记录，并应记录焊接工艺评定试验的各项结果。应采用类似于图 1 和图 2 的表格进行记录。在该焊接工艺使用期间内应妥善保存这些记录。

12.4 工艺规程

12.4.1 概述

焊接工艺规程应包括 12.4.2 规定的正确操作、维护、调试焊接设备的各项内容。

12.4.2 规程内容

12.4.2.1 焊接方法

应指明焊接方法或它们的任何组合方法。

12.4.2.2 管子及管件材料

应指明适用的管子材料和管件材料。

适用的管子和管件材料分组见 5.4.2.2，但评定试验应选择该组材料中具有最高规定屈服强度的材料进行。

12.4.2.3 直径

应确定焊接工艺规程适用的直径范围。

12.4.2.4 壁厚范围、焊道顺序及焊道数

应指明适用的管壁厚范围、对应壁厚的焊层数及各焊层使用的设备。

12.4.2.5 接头设计

应画出接头的简图和坡口型式（如 V 型或 U 型）。简图应指明坡口角度、钝边尺寸和根部间隙。填角焊缝应指明形状和尺寸；如使用垫板时，还需指明其形式。

12.4.2.6 填充金属

应指明填充金属的种类和规格。

12.4.2.7 电特性

应指明电流种类和极性，规定使用焊条或焊丝的电弧电压和焊接电流值的范围。

12.4.2.8 焊接位置

应指明是旋转焊或是固定焊。

12.4.2.9 焊接方向

应指明是上向焊或是下向焊，此只适用于固定焊。

12.4.2.10 焊道之间的时间间隔

应规定完成根焊道之后至开始第二焊道之间的最长时间间隔，以及完成第二焊道之后与开始其他焊道之间的最长时间间隔。

12.4.2.11 对口器的类型

应规定是否使用对口器，使用内对口器或外对口器。

12.4.2.12 清理

应指明要求的接头或层间的清理方法。

12.4.2.13 预热

应规定预热的方法和宽度、开始焊接时的最低温度，以及需预热的环境温度的范围。

12.4.2.14 焊后热处理

应规定焊后热处理的方法、宽度、最低和最高温度、保温时间及控制温度方法。

12.4.2.15 保护气体及流量

应规定保护气体的成分及流量范围。

12.4.2.16 保护焊剂

应规定保护焊剂的类型；如可能，应指明牌号。

12.4.2.17 焊接速度

应规定各焊道的焊接速度范围。

12.4.2.18 其他参数

应规定所有保证正确操作和焊接质量的其他参数，它们包括埋弧焊头的位置和角度、导电嘴与工件的距离，以及电弧摆动的宽度和频率。

12.5 焊接工艺规程的变更

12.5.1 概述

当焊接工艺规程有 12.5.2 中规定的基本要素变更时，应对焊接工艺重新评定。当焊接工艺规程有 12.5.2 中规定的基本要素以外的变更时，应修订焊接工艺规程，但不必对焊接工艺重新评定。

12.5.2 基本要素

12.5.2.1 焊接方法

焊接工艺规程中焊接方法的变更。

12.5.2.2 管材

焊接工艺规程中管材组别的变更。

本标准将所有碳钢及低合金钢进行以下分组：

a) 规定最小屈服强度小于或等于 289MPa；

b) 规定最小屈服强度高于 289MPa，但小于 448MPa；

c) 对最小屈服强度为 448MPa 或高于此值的各级碳钢及低合金钢均应进行单独的评定试验。

注：12.5.2.2 中的分组并不表示上述每组中所有的管材可任意代用已做过焊接工艺评定的管材或填充材料，还应考虑管材和填充金属在冶金特性、力学性能以及对预热和焊后热处理的要求的不同。

12.5.2.3 接头设计

接头设计的重大变更（如 V 型坡口改为 U 型坡口，或反之），或坡口角度、间隙及钝边的变更超过规定的范围。

12.5.2.4 壁厚

壁厚变化超过规定的范围。

12.5.2.5 管径

管径变化超过规定的范围。

12.5.2.6 填充金属

填充金属的下列变更：

a) 从一组填充金属到另一组填充金属（见表 1）；

b) 对于规定最小屈服强度大于或等于 448MPa 的管材（见 5.4.2.2），填充金属型号的变更。

可以在 12.5.2.2a）和 b)中规定的分组内变更填充金属，但应从力学性能的角度保持母材和填充金属的一致性。

12.5.2.7 填充焊丝尺寸

填充焊丝尺寸的变化。

12.5.2.8 焊道之间时间间隔

根焊至热焊之间允许的最大时间间隔的增加。

12.5.2.9 焊接方向

从下向焊改为上向焊，或者反之。

12.5.2.10 保护气体和流量

一种气体换成另一种气体，或一种混合气体换成另一种混合气体，或保护气体流量范围较大的增加或减少。

12.5.2.11 保护焊剂

保护焊剂的变更参照表 1 中的注 2。

12.5.2.12 焊接速度

焊接速度范围的变更。

12.5.2.13 预热和焊后热处理

预热和焊后热处理的变更。

12.5.2.14 电特性

电特性的变更。

12.6 焊接设备和操作人员的审定

每台焊接设备和每个操作人员应使用焊接工艺规程焊接一合格焊缝。对该焊缝应采用破坏性试验，或无损探伤，或同时采用前述两种方法进行检验。该焊缝应符合 6.4 至 6.7 的要求。在工程焊接前，操作人员应进行培训并熟悉所使用的设备。对于型号相同的焊接设备，无论是新购置还是替换的，可通过对工程焊缝的无损探伤方法进行审定。如果焊接设备要求多人同时操作，则每个操作人员应在该设备上分别审定。

12.7 记录

应使用类似图 2 所示的表格（该表格可进行修改以适合不同业主的要求，但其记录内容应满足本标准对操作人员审定考试的要求），对每个操作人员的试验和每次试验的详细结果进行记录。

合格操作人员的名单和考试使用的焊接工艺规程应存档。如果对某个操作人员的能力有疑问时，可要求他重新进行资格考试。

12.8 工程焊缝的检查和试验

应按照第 8 章的要求对工程焊缝进行检查和试验。

12.9 无损探伤验收标准

无损探伤验收标准应符合第 9 章的规定。

12.10 缺陷的清除和返修

缺陷的清除和返修应符合第 10 章的规定。如果返修不使用原焊接方法，则返修工艺应按 12.5.1 和 12.5.2.1 进行评定。

12.11 射线探伤

射线探伤应符合 11.1 的规定。