

ICS 75.200; 77.040.20

E 16; N70

备案号: 16438—2005

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

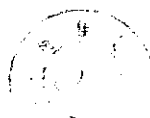
SY/T 4109—2005

代替 SY/T 0443—1998, SY/T 0444—1998,
SY/T 4056—1993, SY/T 4065—1993

RT 20053393

石油天然气钢质管道无损检测

Nondestructive testing of oil and gas steel pipeline



2005—07—26 发布

2005—11—01 实施

国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
4.1 使用原则	2
4.2 检测单位(部门)责任	2
4.3 无损检测工艺流程	3
4.4 检测人员	3
4.5 无损检测责任人员的职责	3
5 射线检测	3
6 辐射防护	3
7 射线检测人员	3
8 射线检测设备、器材和材料	3
8.1 射线源和能量的选择	3
8.2 胶片和增感屏	4
8.3 像质计	4
8.4 无用射线和散射线的屏蔽	5
8.5 识别系统	6
8.6 观片灯和评片室	6
8.7 黑度计和比较黑度片	6
9 表面状态	6
10 射线检测技术	6
10.1 透照方式	6
10.2 几何条件	6
11 曝光量和曝光曲线	7
11.1 曝光量	7
11.2 曝光曲线	7
12 胶片处理	8
13 底片评定	8
13.1 评片要求	8
13.2 底片的质量	8
13.3 评定	8
14 射线检测质量分级	8
14.1 质量分级的依据	8
14.2 缺欠的分级	8
15 射线检测报告	12
16 超声检测	12

SY/T 4109—2005

17	超声检测人员	13
18	探伤仪、探头及系统性能	13
18.1	探伤仪	13
18.2	探头	13
18.3	超声探伤仪和探头的系统性能	13
19	校准和复核	13
19.1	校准	13
19.2	仪器和探头系统的复核	13
20	超声试块	14
21	检测前的准备	14
21.1	检测面	14
21.2	耦合剂	15
21.3	探头的选择	15
21.4	距离—波幅曲线的制作	16
22	检测	17
23	对接接头的质量分级	17
23.1	质量分级	17
23.2	缺欠的评定及检测结果的分级	17
24	超声检测报告	18
25	磁粉检测	18
26	磁粉检测人员	18
27	磁粉检测设备、器材和材料	18
27.1	设备	18
27.2	器材	18
27.3	磁粉、载液及磁悬液	20
27.4	校验	20
27.5	磁粉检测安全防护	20
28	磁粉检测现场操作	20
28.1	被检表面制备	20
28.2	检测时机和检测范围	21
28.3	磁粉检测技术	21
29	磁粉检测复验	21
30	磁粉检测验收标准	21
30.1	磁痕的分类与记录	21
30.2	相关磁痕的评定	22
31	磁粉检测报告	23
32	渗透检测	23
33	渗透检测人员	23
34	检测材料	23
35	渗透试块	23
36	渗透检测安全防护	24
37	渗透检测现场操作	24
37.1	检测时机	24

SY/T 4109—2005

37.2	表面要求	24
37.3	基本步骤	25
37.4	操作要求	25
38	渗透检测复检	25
39	渗透检测验收标准	26
39.1	显示迹痕分类	26
39.2	结果评定	26
40	渗透检测记录和报告	27
附录 A (资料性附录)	探头主要参数的测试方法	28
附录 B (资料性附录)	仪器扫描线的调整	30
附录 C (规范性附录)	DAC 曲线绘制	31
附录 D (规范性附录)	对比试块的使用及根部缺欠 (未焊透) 检测灵敏度	32
附录 E (资料性附录)	表面声能损失差的测定	33
附录 F (规范性附录)	非标准温度下的检测方法	34
附录 G (资料性附录)	报告格式	35
附录 H (资料性附录)	条文说明	43

SY/T 4109—2005

前 言

本标准主要包括“范围”、“规范性引用文件”、“术语和定义”、“一般要求”、“射线检测”、“超声检测”、“磁粉检测”和“渗透检测”等。

本标准修订中检测技术部分参照了国内外无损检测标准中相关内容，验收部分主要参照了 API Std 1104（1999年，19版）和国内石油天然气管道无损检测标准。

修订后的标准适用范围增加了石油天然气站场的检测，也进一步明确了本标准不适用于工业管道和公用管道的检测。射线检测管壁厚增至50mm，射线照相技术等级与GB/T 3323的AB级相当；为了提高横向缺欠的检出率增加了K值的控制，但对公称直径小于或等于250mm管子采用双壁单影透照时，K值和一次透照长度做了适当的放宽；采用爬行器检测时，对小口径管几何不清晰度做了适当的放宽；底片黑度范围略有提高。超声波检测管壁厚增至50mm，管径增至1400mm；检测技术部分重点解决了中薄壁管探头的选择及检测技术。

修订后的标准便于与国际油气管道检测标准接轨，更具有科学性、实用性和可操作性，使管道检测工作的标准化更趋完善。

本标准的附录A、附录B、附录E、附录G和附录H为资料性附录，附录C、附录D和附录F为规范性附录。

本标准由石油工程建设施工专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：盘锦北方无损检测公司。

本标准主要起草人：田国良、徐彦、孙福金、赵斌、郑玉刚、张洪元、李建华、朱习山。

本标准由盘锦北方无损检测公司（地址：辽宁省盘锦市双台子区石油街百盛路22号，邮政编码：124103）负责解释。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——SY/T 0443—1998，SYJ 4043—89；

——SY/T 0444—1998，SYJ 4044—89；

——SY/T 4056—1993；

——SY/T 4065—1993。

石油天然气钢质管道无损检测

1 范围

本标准规定了射线检测、超声检测、磁粉检测和渗透检测四种无损检测方法及其质量分级。

射线(X、 γ)检测适用于壁厚为2mm~50mm低碳钢、低合金钢等金属材料的石油天然气长输、集输及其站场的管道环向对接接头的检测与质量分级。

超声检测适用于壁厚为5mm~50mm,管径为57mm~1400mm碳素钢、低合金钢等金属材料的石油天然气长输、集输及其站场的管道环向对接接头的检测与质量分级;不适用于弯头与直管、带颈法兰与直管、回弯头与直管对接接头的检测。

磁粉检测适用于铁磁性材料的石油天然气长输、集输、站场的管道及常压钢制储罐的焊接接头表面、近表面缺欠的检测与验收。

渗透检测适用于碳素钢、低合金钢等金属材料的石油天然气长输、集输、站场的管道及常压钢制储罐的焊接接头表面开口缺欠的检测与验收。

本标准不适用工业和公用管道的无损检测,也不适用油气管道制管焊缝的无损检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 3323—1987 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

GB 11533 标准对数视力表

GB 11924 辐射安全培训规定

GB 16357 工业X射线探伤放射卫生防护标准

GB/T 16673 无损检测用黑光源(UV-A)辐射的测量

GB 18465 工业 γ 射线探伤放射卫生防护要求

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

JB/T 6063 磁粉探伤用磁粉技术条件

JB/T 6065 磁粉探伤用标准试片

JB/T 7902 线型像质计

JB/T 7913 超声波检测钢制对比试块的制作与校验方法

JB/T 8290 磁粉探伤机

JB/T 9214 A型脉冲反射式超声波探伤系统工作性能测试方法

JB/T 10061 A型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

JB/T 10062 超声探伤用探头性能测试方法

JB/T 10063 超声探伤用1号标准试块 技术条件

ZBY 344 超声探伤用探头型号命名方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

SY/T 4109—2005

3.1

缺欠 imperfection

按无损检测方法检出的不连续性。

3.2

缺陷 defect

采用本标准验收超出合格级别的缺欠。

3.3

表面未熔合 incomplete fusion (IF)

表面未熔合是指熔焊金属与母材之间未能完全熔化结合且延续到表面，如图 1 所示。

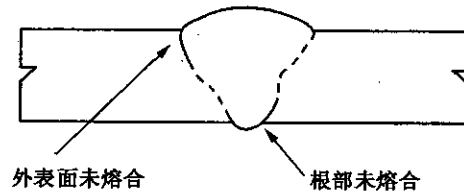


图 1 表面未熔合

3.4

夹层未熔合 incomplete fusion due to cold lap (IFD)

夹层未熔合是指熔焊金属之间（层间未熔合）或熔焊金属与母材之间（坡口未熔合）未能完全熔化结合，但不延续到表面，如图 2 所示。

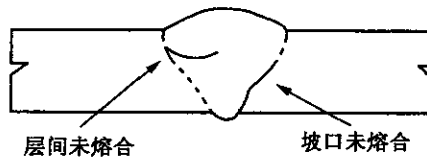


图 2 夹层未熔合

4 一般要求

4.1 使用原则

4.1.1 由于射线、超声、磁粉和渗透等检测方法都具有各自的特点和局限性，为提高检测结果的准确性，应根据被检产品的材质、制造方法、工作介质、使用条件和失效模式，预计可能产生的缺欠种类、形状、部位和取向，选择最合适的无损检测方法。

4.1.2 射线和超声检测主要用于检测石油天然气钢质管道对接接头内部的缺欠；磁粉检测主要用于钢质管道焊接接头表面及近表面的缺欠；渗透检测主要用于检测钢质管道焊接接头表面开口的缺欠。

4.1.3 石油天然气钢质管道对接接头内部的面状缺欠，宜采用超声检测；管道对接接头内部的体积状缺欠及薄壁管对接接头，通常采用射线检测。

4.1.4 铁磁性材料表面检测时，宜优先采用磁粉检测。

4.1.5 当采用两种或两种以上的检测方法对石油天然气钢质管道的同一部位进行检测时，应符合各自的合格级别。如采用同种检测方法、不同检测工艺进行检测，当检测结果不一致时，应以质量级别最差的级别为准。

4.2 检测单位（部门）责任

4.2.1 按本标准进行检测，必须按 4.3 的要求编制出无损检测工艺规程。

SY/T 4109—2005

4.2.2 检测程序及检测结果应正确、完整并有相应责任人员签名认可。检测记录、报告及底片等按规定要求存档,保存期不得少于7年。7年后,若用户需要可转交用户保管。

4.2.3 检测档案中,对于检测人员承担检测项目的相应资格等级和有效期应有记录。

4.2.4 检测用的仪器、设备应定期检验合格并有记录。

4.3 无损检测工艺规程

无损检测工艺规程由通用工艺规程和工艺卡两部分组成。

4.3.1 无损检测通用工艺规程:无损检测通用工艺规程按本标准编制,满足石油天然气相关法规、标准的要求。一般由无损检测中级(Ⅱ级)及以上人员编制,无损检测责任工程师审核,本单位总工程师批准。无损检测通用工艺规程修订更改时也应履行上述程序。

4.3.2 无损检测工艺卡:无损检测工艺卡根据设计图样和本标准编制,满足石油天然气相关法规、标准的要求。无损检测工艺卡由无损检测中级(Ⅱ级)及以上人员编制,无损检测责任工程师审核。无损检测工艺卡修订更改时也应履行上述程序。

4.4 检测人员

从事无损检测的人员必须持有国家有关部门颁发的并与其工作相适应的资格证书。

4.5 无损检测责任人员的职责

4.5.1 无损检测责任工程师有责任保证本标准在使用中的正确实施。

4.5.2 无损检测责任工程师,应由具有无损检测高级或中级资格的人员担任。

5 射线检测

本部分规定了射线检测技术与质量分级的要求。

6 辐射防护

6.1 放射卫生防护应符合 GB 18871, GB 16357 和 GB 18465 的有关规定。

6.2 现场进行 X 射线照相检测时,应采用剂量测试设备测定环境的辐射剂量,按 GB 16357 的规定划定控制区和管理区,设置警告标志。

6.3 现场进行 γ 射线照相检测时,应采用剂量测试设备测定环境的辐射剂量,按 GB 18465 的规定划定控制区和管理区,设置警告标志。

6.4 现场检测时,射线检测人员应佩戴个人剂量计。

7 射线检测人员

射线检测人员除应符合 4.4 的有关规定外,还应符合以下要求。

7.1 射线检测人员的健康状况应符合 GB 18871 的有关规定,上岗前应按 GB 11924 的规定进行辐射安全知识的培训。

7.2 射线检测工作人员的视力必须满足下列要求:

a) 校正视力不得低于 5.0 (小数记录值为 1.0),测试方法应符合 GB 11533 的规定。

b) 从事射线评片人员应能辨别距离 400mm 远的一组高为 0.5mm、间距为 0.5mm 的印刷字母,并一年检查一次。

8 射线检测设备、器材和材料

8.1 射线源和能量的选择

8.1.1 X 射线照相应尽量选用较低的管电压。透照不同厚度焊缝时,允许使用的最高管电压应控制在图 3 的范围内。在透照截面厚度变化大的工件时,允许采用超过图 3 规定的 X 射线管电压,但最高不得超过 50kV。

SY/T 4109—2005

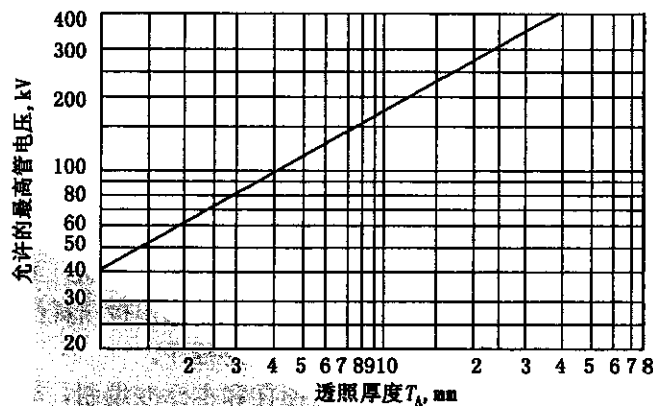


图3 透照厚度和允许使用的最高管电压

8.1.2 γ 射线源的最小透照厚度见表1。

表1 γ 射线源的最小透照厚度

γ 射线源		最小透照厚度 T_A mm
名称	平均能量 MeV	
Se75	0.206	≥ 5
Ir192	0.350	≥ 10

8.2 胶片和增感屏

8.2.1 胶片：

- a) 射线胶片分为 T_1, T_2, T_3, T_4 四类。 T_1 为最高类别， T_4 为最低类别。
- b) 在满足灵敏度要求的情况下，一般 X 射线选用 T_3 类型胶片。 γ 射线选用 T_2 或 T_3 型胶片。

8.2.2 增感屏：

- a) 采用铅增感屏或不用增感屏。增感屏的表面应保持洁净和平整。增感屏的选用见表2。
- b) 在透照过程中胶片和增感屏应始终紧密接触。

8.3 像质计

8.3.1 采用线型金属丝像质计，其型号和规格应符合 JB/T 7902 的规定。

表2 增感屏的选用

射线种类	增感屏材料	前屏厚度 mm	后屏厚度 mm
≤ 400 kV, X 射线, Se75	铅	0.03~0.10	0.03~0.10
Ir192	铅	0.10~0.20	0.10~0.20

8.3.2 像质计的选用：

- a) 按透照厚度 T_A 选择表3规定的像质指数。按表4确定像质计型号，但钢管环缝的外径小于或等于 89mm 时，应采用 GB/T 3323—1987 中图 E 的等丝专用像质计。

表 3 像质计灵敏度值

透照厚度 T_A mm	要求达到的 像质指数 Z	线直径 mm	透照厚度 T_A mm	要求达到的 像质指数 Z	线直径 mm
≤ 6	15	0.125	$>20\sim 25$	10	0.400
$>6\sim 8$	14	0.160	$>25\sim 32$	9	0.500
$>8\sim 12$	13	0.200	$>32\sim 50$	8	0.630
$>12\sim 16$	12	0.250	$>50\sim 80$	7	0.800
$>16\sim 20$	11	0.320	$>80\sim 120$	6	1.000

表 4 像质计型号的选用

像质计型号	10/16	6/12
透照厚度 mm	≤ 16	$>16\sim 80$

注：对于双壁单影透照确定像质计的型号时，一般按透照部位的厚度计。

b) 透照厚度 T_A 按表 5 计算。

表 5 焊缝的母材厚度和透照厚度

母材厚度	焊缝余高	透照厚度 T_A mm	
		单层透照	双层透照 (含双壁单影)
T	无	T	$T \times 2$
T	单面	$T + 2$	$T \times 2 + 2$
T	双面	$T + 4$	$T \times 2 + 4$

注：焊缝两侧母材厚度不同时，以薄板计。

8.3.3 像质计的放置：

- 像质计应放在射线源一侧的工件表面上，中心钢丝处于一次透照长度的 1/4 位置，钢丝横跨且垂直于焊缝，细丝置于外侧。
- 当对环缝作中心周向曝光时，像质计应放在内壁，每隔 90°放一个。
- 双壁单影透照时，像质计应放于受检部位的内壁，具体部位与 a) 同。
- 对于管道环缝像质计无法在射线源侧放置，允许放在胶片侧，但像质计指数应提高一级，使实测像质指数达到表 3 的要求。
- 对外径小于或等于 89mm 的钢管环缝进行双壁双影透照时，像质计应放置于射线源侧被检焊缝有效透照区中心部位。

8.3.4 像质计的识别：在焊缝影像上，如能清楚地看到长度不小于 10mm (焊缝宽度小于 10mm 的除外) 的像质计钢丝影像，就认为是可识别的。专用像质计应能识别不少于两根金属丝。

8.4 无用射线和散射线的屏蔽

8.4.1 为减少散射线的影晌，应采用适当的屏蔽方法限制受检部位的照射面积，以减少前方散射线。

SY/T 4109—2005

当工件与地面较近时,可采用加厚增感屏的后屏厚度或在暗袋后加薄铅板等,以减少后方散射线。

8.4.2 为检查背散射,可在暗盒背面贴附一个“B”的铅字标记,一般B铅字的高度为13mm,厚度为1.6mm。若在较黑背景上出现“B”的较淡影像,说明背散射线防护不够,应采取有效措施重照。如在较淡背景上出现“B”的较黑影像,则不作为该底片判废的依据。

8.5 识别系统

8.5.1 识别系统由定位标记和识别标记构成。

8.5.2 定位标记:焊缝透照定位标记包括搭接标记(↑)和中心标记(↗)。当铅质搭接标记用英文字母或数字表示时,可不用中心标记。

8.5.3 识别标记:识别标记包括工程编号、桩号、焊缝编号(焊口号)、部位编号(片号)、施工单位代号、板厚、透照日期等。返修部位还应有返修标记 R_1, R_2, \dots (其脚码表示返修次数)。

8.5.4 标记位置:上述定位标记和识别标记均需在底片适当位置显示,并离焊缝边缘至少5mm。搭接标记均放于胶片侧;当管径小于或等于89mm时,底片上至少应有工程编号、焊缝编号、部位编号和返修部位。

工件表面的定位标记,通常沿介质流动方向从平焊位置顺时针用记号笔划定。

8.6 观片灯和评片室

8.6.1 观片灯:观片灯的亮度至少应观察到黑度为4.0的底片,且观察的漫射光亮度可调。对不需要观察或透光量过强的部分应采用遮光板以屏蔽强光。

8.6.2 评片室:评片一般在专用评片室进行。室内的光线应暗且柔和。

8.7 黑度计和比较黑度片

采用数字显示型式的黑度计,黑度计误差应不超过 ± 0.05 。所使用的标准黑度片至少应2年送国家指定的计量单位检定一次。

9 表面状态

焊缝及热影响区的表面质量(包括余高高度)应经外观检查合格。表面的不规则状态在底片上的影像应不掩盖焊缝中的缺欠或与之相混淆,否则应做适当的修整。

10 射线检测技术

10.1 透照方式

按射线源、工件和胶片之间的相互位置,管道环缝主要采用中心透照、双壁单影透照和双壁双影透照三种方式,见图4。只要实际可行,优先采用单壁透照方式;当单壁透照方式不可行时,方可采用双壁透照方式。

10.2 几何条件

10.2.1 射线源至被检部位工件表面的距离应满足式(1):

$$L_1 \geq 10dL_2^{2/3} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

L_1 ——射线源至被检部位工件表面的距离(或称透照距离),mm;

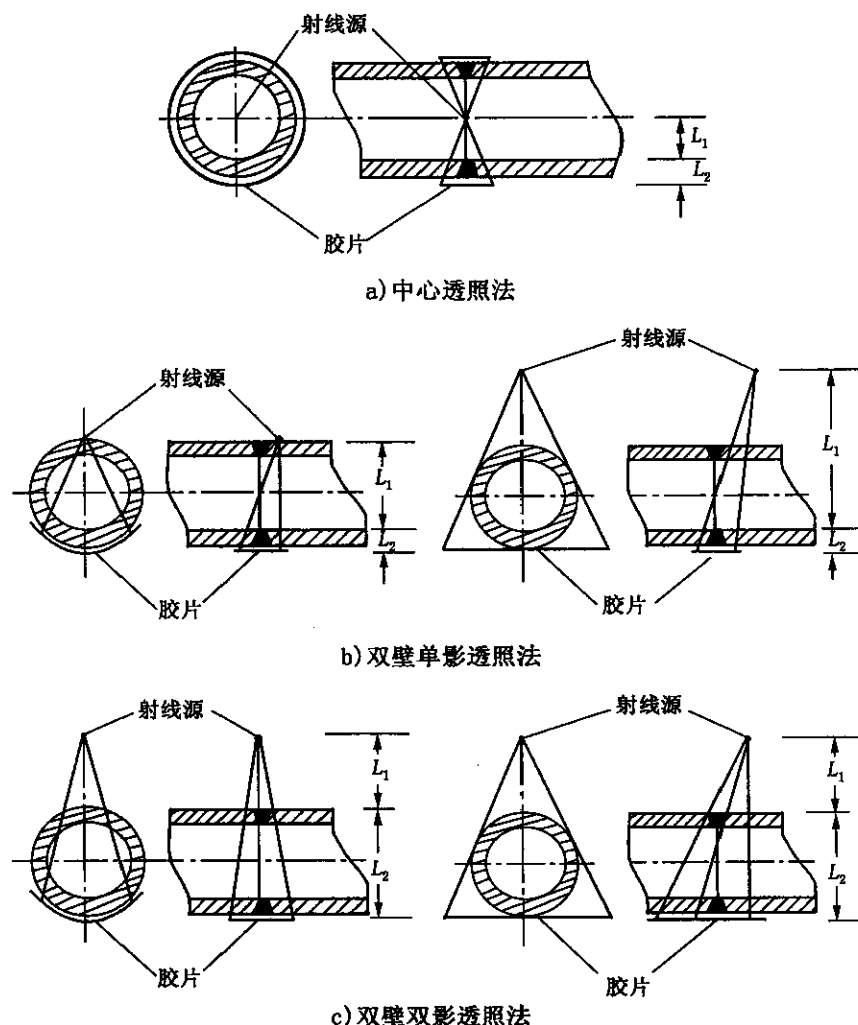
d ——焦点尺寸(方焦点取边长,长焦点取长短边之和的1/2),mm;

L_2 ——被检部位工件表面至胶片的距离,mm。

10.2.2 采用源在内中心周向曝光时,只要得到的底片质量满足黑度和灵敏度要求, L_1 值可以减小,但减小最多不超过规定值的50%。

10.2.3 分段透照的次数:每次透照所检测的焊缝长度称为一次透照长度 L_3 ,通常一次透照长度 L_3 除满足几何不清晰度的要求外,还应满足透照厚度比 K 小于或等于1.1的要求。但下述情况除外:

a) 外径 D 小于或等于89mm钢管对接焊缝采用双壁双影透照,焦距不得少于600mm,射线束的



L_1 —射线源至透照部位工件表面的距离； L_2 —透照部位工件表面至胶片的距离。

图4 透照方式示意图

方向应满足上下焊缝的影像在底片上呈椭圆形显示，焊缝投影内侧间距以 3mm~10mm 为宜，最大间距不超过 15mm。透照次数一般应不少于两次，即椭圆显示应在互相垂直的方向各照一次；当上下焊缝椭圆显示有困难时，可做垂直透照，透照不少于三次，互成 120°。

b) 对于公称直径小于 250mm 的管道环缝双壁单影透照时， K 值和一次透照长度可适当放宽，但整圈焊缝的透照次数应符合下列要求：

- 1) 当射线源在钢管外表面的距离小于或等于 15mm 时，可分为不少于三段透照，互成 120°。
- 2) 当射线源在钢管外表面的距离大于 15mm 时，可分为不少于四段透照，互成 90°。

11 曝光量和曝光曲线

11.1 曝光量

11.1.1 X 射线照相，当焦距为 700mm 时，曝光量的推荐值不小于 15mA·min（小于或等于 89mm 管对接焊缝除外）。当焦距改变时，可按平方反比定律对曝光量进行换算。

11.1.2 采用 γ 射线源透照时，曝光时间不小于输送源往返所需时间的 10 倍。

11.2 曝光曲线

SY/T 4109—2005

- 11.2.1 应根据设备、胶片和增感屏等具体条件制做或选用合适的曝光曲线，并以此选择曝光规范。
- 11.2.2 对使用中的曝光曲线，每年至少应校验一次。射线设备更换重要部件或大修理后应及时对曝光曲线进行校验或重新制作。

12 胶片处理

- 12.1 胶片的处理应按胶片说明书进行。处理方式分为自动冲洗和手工冲洗，推荐采用自动冲洗方式处理。
- 12.2 自动冲洗按照自动洗片机操作说明书进行。自动冲洗时，应准确调节显影温度和冲洗周期。

13 底片评定

13.1 评片要求

- 13.1.1 底片的评定应由Ⅱ级或Ⅱ级以上人员进行。
- 13.1.2 底片的评定应在评片室进行。评片室和观片灯应符合 8.6 的规定。
- 13.1.3 黑度计和比较黑度片应符合 8.7 的规定。

13.2 底片的质量

- 13.2.1 底片黑度（包括胶片本身的灰雾度 $D_0 \leq 0.3$ ）。
底片有效评定区域内的黑度应符合表 6 的规定。

表 6 底片的黑度范围

射线种类	底片黑度 D
X 射线	1.5~4.0
γ 射线	1.8~4.0

注：底片有效评定区域内的黑度，用搭接标记处焊缝的黑度和中心处热影响区的黑度表示。

- 13.2.2 底片上的像质计和识别系统齐全，位置准确，且不得掩盖受检焊缝的影像。
- 13.2.3 底片上至少应识别出表 3 规定的像质指数，且像质指数的识别应符合 8.3.4 的规定。
- 13.2.4 底片有效评定区域内不得有胶片处理不当或其他妨碍底片准确评定的伪像（如水迹、划伤、指纹、脏物、皱折等）。

13.3 评定

底片质量应符合 13.2 的要求，按第 14 章评定。

14 射线检测质量分级

14.1 质量分级的依据

根据存在缺欠的性质和数量，将对接接头分为四个等级：

- a) I 级内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透、条状夹渣、烧穿和内咬边。
- b) II 级内不允许存在裂纹、外表面未熔合和黑度大于或等于较薄侧母材黑度的烧穿。
- c) III 级内不允许存在裂纹、外表面未熔合。
- d) IV 级为超过 III 级者。

14.2 缺欠的分级

14.2.1 圆形缺欠的分级：

- a) 长宽比小于或等于 3 的缺欠定义为圆形缺欠。他们可以是圆形、椭圆形、锥形或带有尾巴

SY/T 4109—2005

(在测定尺寸时应包括尾部) 等不规则形状, 包括气孔、夹渣和夹钨。

- b) 圆形缺欠用评定区进行评定, 评定区域的大小见表 7。评定区框线的长边要与焊缝平行。框线内必须包含最严重区域的主要缺欠。与框线外切的不计点数, 相割的计入点数。

表 7 缺欠评定区

母材厚度, mm	≤25	>25~50
评定区尺寸, mm×mm	10×10	10×20

- c) 评定圆形缺欠时, 应将缺欠尺寸按表 8 换算成缺欠点数。

表 8 缺欠点数换算表

缺欠长径, mm	≤1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~6	>6~8	>8
点数	1	2	3	6	10	15	25

- d) 不记点数的缺欠尺寸见表 9。

表 9 不记点数的缺欠尺寸

母材厚度 T mm	缺欠长度 mm
≤25	≤0.5
>25~50	≤0.7

- e) 圆形缺欠的分级见表 10。

表 10 圆形缺欠的分级

评定区, mm×mm		10×10			10×20
母材厚度, mm		2~5	>5~15	>15~25	>25~50
等级	I	1	2	3	4
	II	3	6	9	12
	III	6	12	18	24
	IV	缺欠点数大于Ⅲ级者			

- f) 圆形缺欠长径大于 $T/2$ 时, 评为Ⅳ级。

- g) Ⅰ级对接接头和母材厚度小于或等于 5mm 的Ⅱ级对接接头内不计点数的圆形缺欠, 在评定区内多于 10 点降一级。

- h) 底片上黑度较大的缺欠, 如确认为柱孔或针孔缺欠, 应评为Ⅳ级。

14.2.2 条状夹渣的分级:

- a) 长宽比大于 3 的夹渣定义为条状夹渣 (包括条孔)。

- b) 条状夹渣的质量分级见表 11 和表 12。

SY/T 4109—2005

表 11 外径大于 89mm 管道对接接头条状夹渣的质量分级

质量级别	缺欠宽度 mm	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度
II	≤2	≤T/3 最小可为 10	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 25mm
III		≤2T/3 最小可为 15	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 50mm
IV	大于 III 级者		

表 12 外径小于或等于 89mm 管道对接接头条状夹渣的质量分级

质量级别	缺欠宽度 mm	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度
II	≤2	≤T 最小可为 8	圆周的 5%, 但最小可为 12mm
III		≤2T 最小可为 13	圆周的 8%, 但最小可为 20mm, 最大不超过 25mm
IV	大于 III 级者		

14.2.3 根部未熔合、夹层未熔合的质量分级:

a) 根部未熔合的质量分级见表 13 和表 14。

表 13 外径大于 89mm 管道对接接头根部未熔合的质量分级

质量级别	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度
II	≤10	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 20mm
III	≤12.5	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 25mm
IV	大于 III 级者	

b) 夹层未熔合的质量分级:

- 1) 外径大于 89mm 管道对接接头夹层未熔合的质量分级与中间未焊透质量分级相同。
- 2) 外径小于或等于 89mm 管道对接接头夹层未熔合的质量分级与表 14 相同。

表 14 外径小于或等于 89mm 管道对接接头根部未熔合的质量分级

质量级别	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度
II	≤5	圆周的 5%, 但最大不超过 10mm
III	≤7.5	圆周的 8%, 但最大不超过 15mm
IV	大于 III 级者或缺欠的射线影像黑度超过相邻较薄侧母材黑度者	

14.2.4 未焊透的质量分级见表 15、表 16 和表 17。

表 15 中间未焊透质量分级

质量级别	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度
II	≤12.5	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 25mm
III	≤25	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 50mm
IV	大于 III 级者或缺欠的射线影像黑度超过相邻较薄侧母材黑度者	

表 16 根部未焊透和错边未焊透的质量分级

质量级别	根部未焊透		错边未焊透	
	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度
II	≤10	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 20mm	≤25	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 50mm
III	≤12.5	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 25mm	≤50	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 75mm
IV	大于 III 级者或根部未焊透的射线影像黑度超过相邻较薄侧母材黑度者			

表 17 外径小于或等于 89mm 管道对接接头根部未焊透的质量分级

质量级别	单个缺欠长度 mm	连续或断续未焊透总长度占圆周总长度的百分比
II	12	≤10%, 且不大于 18mm
III	25	≤15%, 且不大于 25mm
IV	大于 III 级者或缺欠的射线影像黑度超过相邻较薄侧母材黑度者	

14.2.5 内凹的质量分级:

内凹的影像黑度小于或等于较薄侧母材黑度时, 长度不计, 可评为 I 级;
内凹的影像黑度大于较薄侧母材黑度时, 按表 18 和表 19 评定。

表 18 外径大于 89mm 管道对接接头内凹的质量分级

质量级别	单个缺欠长度 mm	缺欠总长度
II	≤25	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 50mm
III	≤50	任何连续 300mm 的焊缝长度内, 其累计长度不得超过 75mm
IV	大于 III 级者	

SY/T 4109—2005

表 19 外径小于或等于 89mm 管道对接接头内凹的质量分级

质量级别	连续或断续内凹总长度占圆周总长度的百分比
II	$\leq 15\%$ ，且不大于 25mm
III	$\leq 20\%$ ，且不大于 35mm
IV	大于 III 级者

14.2.6 烧穿的质量分级见表 20。

表 20 烧穿的质量分级

质量级别	深度	缺欠长度 mm
II	影像黑度小于较薄侧母材黑度	≤ 6
III	影像黑度大于或等于较薄侧母材黑度	≤ 6
IV	大于 III 级者	

14.2.7 内咬边的质量分级见表 21 和表 22。

表 21 外径大于 89mm 管道对接接头内咬边的质量分级

质量级别	内咬边总长度
II	任何连续 300mm 的焊缝长度内，其累计长度不得超过 30mm
III	任何连续 300mm 的焊缝长度内，其累计长度不得超过 50mm
IV	大于 III 级者

表 22 外径小于或等于 89mm 管道对接接头内咬边的质量分级

质量级别	连续或断续内咬边总长度占圆周总长度的百分比
II	$\leq 10\%$
III	$\leq 15\%$
IV	大于 III 级者

14.2.8 综合评级：任何连续 300mm 的焊缝长度中，II 级对接接头内条状夹渣、未熔合（根部未熔合和夹层未熔合）及未焊透（根部未焊透或中间未焊透）的累计长度不超过 35mm；III 级对接接头内条状夹渣、未熔合（根部未熔合和夹层未熔合）及未焊透（根部未焊透或中间未焊透）的累计长度不超过 50mm。

15 射线检测报告

射线检测报告至少应包括：被检管线情况（工程编号、规格、材质、桩号、焊口编号等）、检测条件及工艺（仪器、胶片、增感方式、透照方式、检测标准等）、报告人（级别）、审核人（级别）、检测结论、报告日期及检测单位盖章等。报告格式参见附录 G。

16 超声检测

本部分规定了超声波检测技术与质量分级的要求。

17 超声检测人员

凡从事超声波检测的工作人员除应符合 4.4 的有关规定外,还应满足下列要求:校正视力不得低于 5.0 (小数记录值为 1.0),测试方法应符合 GB 11533 的规定,并一年检查一次。

18 探伤仪、探头及系统性能

18.1 探伤仪

采用 A 型脉冲反射式探伤仪,其工作频率范围为 1MHz~10MHz。仪器至少在荧光屏满刻度的 80% 范围内呈线性显示。探伤仪应具有 80dB 以上的连续可调衰减器,步进级每挡小于或等于 2dB,其精度为任意相邻 12dB 误差在 ± 1 dB 以内,最大累计误差不超过 1dB。水平线性误差不大于 1%,垂直线性误差不大于 5%。其余指标应符合 JB/T 10061 的规定。

18.2 探头

18.2.1 探头应按 ZBY 344 的规定作出标志。

18.2.2 探头的工作频率为 2.0MHz~5.0MHz。

18.2.3 单斜探头主声束垂直方向的偏离不应有明显的双峰,水平方向偏离角不应大于 2° 。

18.3 超声探伤仪和探头的系统性能

18.3.1 仪器和探头组合灵敏度:在所检工件最大声程处,有效检测灵敏度余量不小于 10dB。

18.3.2 斜探头的分辨力一般应大于或等于 6dB。分辨力的测试方法应符合附录 A 的要求。

18.3.3 仪器和探头的系统性能应按 JB/T 9214 和 JB/T 10062 的规定进行测试。

19 校准和复核

19.1 校准

校准应在试块上进行,校准中应使探头主声束垂直对准反射体的反射面,以获得稳定的和最大的反射信号。

19.1.1 仪器校准:在仪器开始使用时,应对仪器的水平线性和垂直线性等指标进行测定,测定方法按 JB/T 10061 的规定进行。在使用过程中,每隔 3 个月至少应对仪器的水平线性和垂直线性进行一次测定。

19.1.2 探头校准:

a) 新探头使用前至少应进行前沿距离、K 值、主声束偏离、灵敏度余量和分辨率等的测定。测定方法应按 JB/T 10062 的有关规定进行,并满足检测要求。

b) 使用过程中,每个工作日均应测定前沿距离、K 值和主声束偏离。

19.2 仪器和探头系统的复核

19.2.1 复核时机:每次检测前均应对扫描线性、灵敏度进行复核,遇有下述情况应随时对其进行重新核查:

a) 校准后的探头、耦合剂和仪器调节旋钮发生改变时。

b) 检测人员怀疑灵敏度有变化时。

c) 连续工作 4h 以上时。

d) 工作结束时。

19.2.2 扫描量程的复核:每次检测结束前,应对扫描量程进行复核。如果距离一波幅曲线上任意一点在扫描线上的偏移超过扫描读数的 10%,则对扫描量程重新调整,并对上一次复核以来所有的检测部位进行复核。

19.2.3 扫查灵敏度的复核:每次检测结束前,应对扫查灵敏度进行复核。一般对距离一波幅曲线的校核应不少于 3 点。如曲线上任何一点幅度下降 2dB,则应对上一次以来所有的检测结果进行复检;

SY/T 4109—2005

如幅度上升 2dB, 则应对所有的记录信号进行重新评定。

20 超声试块

20.1 本标准采用 SGB 试块和 SRB 试块, 其形状和尺寸见图 5 和图 6。

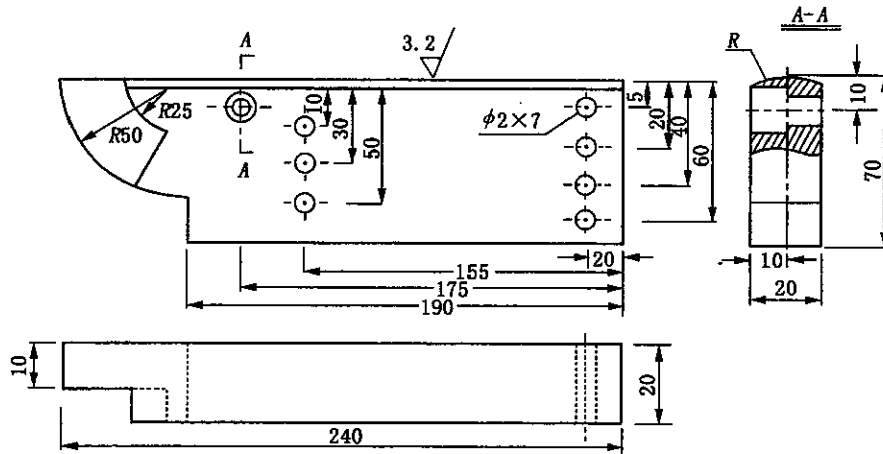
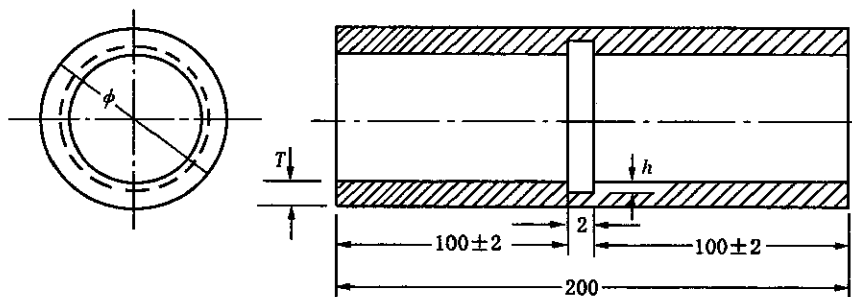


图 5 SGB 试块形状与尺寸



ϕ —被检管线外径; T —被检管线公称壁厚; h —内壁环状矩形槽的槽深,
 $h = 10\%T$, 且 $h \leq 1.5\text{mm}$ 。

图 6 SRB 试块形状与尺寸

20.2 SGB 试块用于测定探伤仪、探头系统性能以及对仪器做调整和校验。根据不同曲率的被检管件, 制作了六种不同的 SGB 试块。每种 SGB 试块的适用管径范围见表 23。SGB 试块也用作焊缝的灵敏度调节。

20.3 SRB 试块的材料是在被检件上平行于轴线方向截取制作的。加工后的试块宽度不宜小于 50mm, 避免出现边角反射。该试块用于比较焊缝根部未焊透深度。

20.4 试块应采用与被检材料相同或声学性能相近的钢材制成。其材料用直探头检测时, 不得出现大于 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔回波幅度 1/4 的缺欠信号。试块的制作要求应符合 JB/T 10063 和 JB/T 7913 的规定。

21 检测前的准备

21.1 检测面

21.1.1 探头移动区应清除飞溅、锈蚀、油污及其他外部杂质, 检测表面应修磨平整光滑, 其表面粗糙度不应超过 $6.3\mu\text{m}$ 。焊缝及检测面经外观检查合格方可进行检测。

表 23 SGB 试块适用范围表

编 号	弧面半径 mm	适用管外径范围 ϕ mm
SGB-1	30	57~89
SGB-2	48	>89~140
SGB-3	76	>140~210
SGB-4	120	>210~360
SGB-5	200	>360~600
SGB-6	平面	>600

21.1.2 探头移动区的确定应符合下列要求:

a) 采用一次反射法检测时, 探头移动区应不小于 $1.25P$:

$$P = 2KT \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P ——探头移动区, mm;

T ——板厚, mm;

K ——折射角正切值。

b) 采用直射法检测时, 探头移动区应不小于 $0.75P$ 。

21.2 耦合剂

21.2.1 耦合剂应具有良好的透声性和适宜的流动性, 不应对人体和材料有损伤, 同时便于检验后清理。典型的耦合剂为浆糊、洗涤剂、机油和甘油。

21.2.2 在试块上调节仪器和在检测对接接头时, 应采用相同的耦合剂。

21.3 探头的选择

21.3.1 母材厚度为 14mm~50mm 范围内的探头参数选择:

a) 探头角度选择的原则是直射波扫查焊缝中下部, 反射波扫查焊缝中上部。斜探头角度的选择见表 24。检测根部缺欠时, 不宜使用折射角为 60° 的探头。

表 24 探头折射角或 K 值选择

管壁厚度 mm	探头折射角 ($^\circ$)	探头 K 值
>14~50	63.5~45	2.0~1.0

b) 探头频率一般采用 2.5MHz。

c) 探头宜采用方晶片, 晶片的有效面积不大于 96mm^2 。探头前沿不大于 10mm。

21.3.2 母材厚度为 5mm~14mm 范围内的探头参数选择:

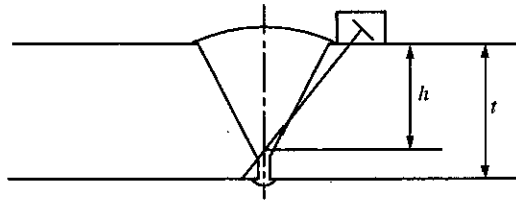
a) 探头角度选择的原则是直射波主声束至少应扫查到焊缝厚度的 $3/4$, 见图 7。探头角度的选择见表 25。

b) 探头频率一般采用 5MHz。

c) 探头晶片尺寸: 推荐探头晶片尺寸选用 $6\text{mm} \times 6\text{mm}$, $8\text{mm} \times 8\text{mm}$, $7\text{mm} \times 9\text{mm}$, $9\text{mm} \times 9\text{mm}$ 等。

d) 探头前沿: 管壁厚度小于或等于 6mm 时, 探头前沿应小于或等于 6mm; 壁厚度大于 6mm

SY/T 4109—2005



注: $h \leq 3t/4$ 。

图 7 扫查示意图

时,可适当增大。

- e) 始脉冲占宽: 使用的探头与探伤仪应有良好的匹配性能,在扫查灵敏度的条件下,探头的始脉冲宽度应尽可能小,一般小于或等于 2.5mm (相当于钢中深度)。

表 25 探头折射角或 K 值的选择

管壁厚度 mm	探头折射角 (°)	探头 K 值
5~8	71.5~68.2	3~2.5
>8~14	68.2~63.5	2.5~2.0

- f) 斜探头分辨力: 斜探头的分辨力应大于或等于 20dB。

- g) 外径为 57mm~140mm 的对接环缝采用小径管探头。

小径管探头的接触面必须与管子外表面紧密接触,其边缘与管子外表面的间隙不大于 0.5mm。可以通过在管子表面上铺上细砂纸沿轴向轻轻研磨制得,研磨后的探头入射点和 K 值应重新测定。

21.4 距离—波幅曲线的制作

21.4.1 扫描线调节: 扫描线调节应在 SGB 试块上进行,扫描比例依据工件厚度和选用探头角度来确定,具体的调整方法见附录 B。

21.4.2 距离—波幅曲线的绘制要求如下:

- a) 距离—波幅曲线应按所选用的仪器和探头在标准规定的试块上实测数据绘制而成,其绘制方法见附录 C。曲线由判废线 RL、定量线 SL 和评定线 EL 组成,各线灵敏度见表 26。评定线至定量线以下为 I 区,定量线至判废线以下为 II 区,判废线及以上为 III 区,见图 8。

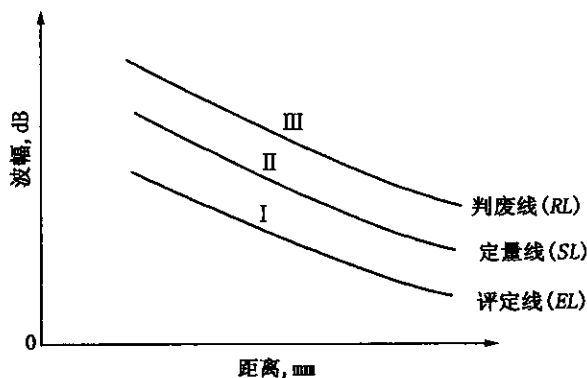


图 8 距离—波幅曲线

- b) 表面声能损失差应记入距离一波幅曲线，表面声能损失差的测定参见附录 E。
- c) 在整个检测范围内，曲线应处于荧光屏满幅度的 20% 以上；如果做不到，可采用分段绘制的方法。
- d) 为发现和比较根部未焊透深度，应在 SRB 试块上测定人工矩形槽的反射波幅度，并标在荧光屏上，测定方法应符合附录 D 的要求。

表 26 距离一波幅曲线的灵敏度

管壁厚度 mm	评定线 (EL)	定量线 (SL)	判废线 (RL)
5~50	φ2mm - 14dB	φ2mm - 8dB	φ2mm - 2dB

22 检测

- 22.1 检测前检测人员应了解被检管道的材质、厚度、曲率、组对状况、坡口形式、焊接方法、焊缝余高、焊缝宽度及沟槽等情况。
- 22.2 采用单面双侧直射法及反射波法检测。
- 22.3 检测灵敏度应不低于评定线灵敏度。
- 22.4 扫查速度不大于 150mm/s，相邻两次探头移动间隔至少有探头宽度 10% 的重叠。
- 22.5 为探测纵向缺欠，探头应垂直焊缝中心线做矩形扫查或锯齿形扫查，探头前后移动范围应保证能扫查全部焊缝截面及热影响区。
- 22.6 对反射波幅位于或超过定量线的缺欠以及判定为根部未焊透的缺欠，应确定其位置、最大反射波所在区域和缺欠指示长度。
- 22.7 缺欠最大反射波幅与定量线 SL 的分贝差，记为： $SL \pm \text{dB}$ 。
- 22.8 缺欠位置应以获得最大反射波的位置来表示，并根据相应的探头位置和反射波在荧光屏上的位置确定。应以焊缝周向分度点为起点，沿介质流出方向投影，顺时针进行标记。深度标记是以缺欠最大反射波深度值来表示的。
- 22.9 当缺欠反射波只有一个高点，且位于 II 区时，用 6dB 法测其指示长度；当缺欠反射波峰值起伏变化，有多个高点，且位于 II 区时，应以端点 6dB 法测其指示长度。
- 22.10 相邻两缺欠在一直线上，其间距小于较小的缺欠长度时，应做为一个缺欠处理，以两缺欠长度之和作为其指示长度（不考虑间距）。
- 22.11 缺欠指示长度小于 10mm 时，按 5mm 计。

23 对接接头的质量分级

23.1 质量分级

根据存在缺欠的性质和数量，将对接接头分为四个等级，即 I，II，III 和 IV。

23.2 缺欠的评定及检测结果的分级

- 23.2.1 如缺欠信号具有裂纹等危害性缺欠特征，均评为 IV 级；如不能准确评定，应辅以其他检测方法判定。
- 23.2.2 缺欠的反射波幅位于定量线以下的非危害性缺欠均评为 I 级。
- 23.2.3 最大反射波位于 II 区的缺欠以及波高小于 SRB 试块人工矩形槽反射波峰值点的未焊透缺欠，应根据缺欠的指示长度，按表 27 的规定予以评定。
- 23.2.4 波高大于或等于 SRB 试块人工矩形槽反射波峰值点的未焊透缺欠应评定为 IV 级。
- 23.2.5 反射波幅位于判废线或 III 区的缺欠，无论指示长度如何，均评为 IV 级。

SY/T 4109—2005

表 27 缺欠的分级

评定等级	开口缺欠指示长度	非开口缺欠指示长度
I	不允许	不允许
II	4%L 或任意 300mm 内不大于 20mm	4%L 或任意 300mm 内不大于 25mm
III	8%L 或任意 300mm 内不大于 30mm	8%L 或任意 300mm 内不大于 50mm
IV	超过 III 级者	

注 1: L 为管道焊缝长度。
注 2: 错边未焊透, 按非开口缺欠处理。

24 超声检测报告

检测报告作为检测结果的永久性记录, 至少包括工程名称、管口编号、坡口形式、材质、规格、验收标准、检测人员(级别)、审核人员(级别)、检验日期、检测结论、检测单位盖章以及业主提出的其他要求等。报告格式参见附录 G。

25 磁粉检测

本部分规定了采用湿法电磁轭连续磁化技术的磁粉检测与验收要求。

26 磁粉检测人员

凡从事磁粉检测的工作人员除应符合 4.4 的有关规定外, 还应满足下列要求: 校正视力不得低于 5.0 (小数记录值为 1.0), 测试方法应符合 GB 11533 的规定, 并一年检查一次; 从事磁粉检测的工作人员, 不得有色盲、色弱。

27 磁粉检测设备、器材和材料

27.1 设备

27.1.1 磁粉检测设备必须符合 JB/T 8290 的规定。

27.1.2 电磁轭的磁极间距在 50mm~200mm 范围内应连续可调。当电磁轭极间距为 200mm 时, 交流电磁轭至少应有 44N 的提升力; 交叉磁轭(旋转磁场)至少有 118N 的提升力, 且磁轭与试件之间的间隙应小于或等于 0.5mm。直流电磁轭间距小于或等于 100mm 时, 至少应有 135N 的提升力; 间距大于 100mm, 小于或等于 150mm 时, 至少应有 225N 的提升力。

27.1.3 黑光辐照度及波长:

- 当采用荧光法检测时, 所使用的黑光灯在工件表面的黑光辐照度应大于或等于 $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 黑光的波长在 $0.32\mu\text{m}\sim 0.40\mu\text{m}$ 的范围内。
- 黑光源辐射的测定应符合 GB/T 16673 的规定。

27.2 器材

27.2.1 标准试片:

- 标准试片分为 A 型标准试片和 C 型标准试片。A 型和 C 型标准试片应符合 JB/T 6065 的规定。
 - 标准试片用于检验磁粉检测设备、磁粉和磁悬液的综合性能, 测定被检工件表面有效磁场强度和方向、有效检测区以及磁化方法是否正确。
 - A 型标准试片几何尺寸如图 9 所示, 型号及槽深应符合表 28 的规定。一般情况应选用 A-30/100 标准试片。

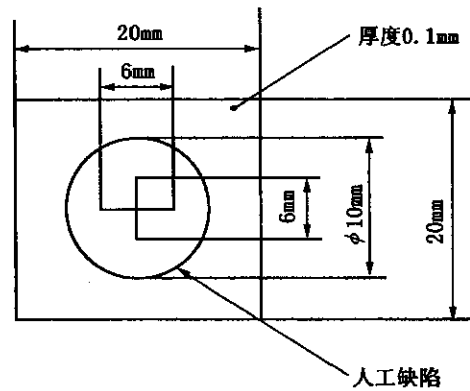


图9 A型标准试片几何尺寸

表28 A型标准试片

型号	试片厚度 μm	人工缺欠槽深 μm
A-15/100	100	15
A-30/100		30
A-60/100		60

3) C型标准试片几何尺寸如图10所示, 型号及槽深应符合表29的规定。一般情况应选用C-15/50标准试片。

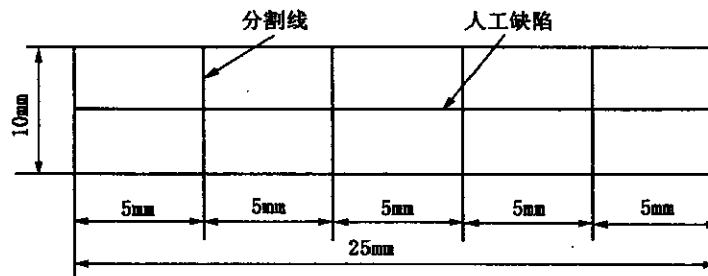


图10 C型标准试片几何尺寸

表29 C型标准试片

型号	试片厚度 μm	人工缺欠深度 μm
C-8/50	50	8
C-15/50		15

b) 标准试片的使用方法:

- 1) 标准试片使用时, 应将试片无人工缺欠的面朝外。为使试片与被检面接触良好, 可用透明胶带将其平整粘贴在被检面上, 并注意胶带不能覆盖试片上的人工缺欠。
- 2) 标准试片表面有锈蚀、折痕或磁特性发生改变时不得继续使用。试片使用后应用溶剂清

SY/T 4109—2005

洗干净,再用干净的脱脂棉或纸擦去溶剂,不得用手触摸试片表面。干燥后再涂上防锈油,并保存在干燥的环境中。

- 3) 一般选用 A 型标准试片,当检测部位狭小时,若 A 型标准试片使用不便,可使用 C 型标准试片。

27.2.2 磁粉检测时,还应备有下列辅助器材:

- a) 磁悬液浓度沉淀管。
- b) 5 倍~10 倍放大镜。
- c) 白光照度计。
- d) 黑光灯。
- e) 黑光辐照计。
- f) 毫特斯拉计。

27.3 磁粉、载液及磁悬液

27.3.1 磁粉:磁粉应具有高导磁率、低矫顽力和低剩磁,并与被检工件表面颜色有较高的对比度。磁粉粒度和性能的其他要求应符合 JB/T 6063 的规定。

27.3.2 载液:载液一般选用水。

27.3.3 磁悬液:

- a) 磁悬液应用水作为分散媒介,并应加入适量的防锈剂和表面活性剂。磁悬液的粘度应控制在 $5000\text{Pa}\cdot\text{s}\sim 20000\text{Pa}\cdot\text{s}$ (25°C)。磁悬液可采用磁膏配制。
- b) 磁悬液浓度应根据磁粉种类、粒度、施加方法和被检表面状态等因素来确定。一般情况下,磁悬液浓度范围应符合表 30 的规定。用磁膏配置磁悬液的浓度按磁膏的使用说明书进行。

表 30 磁悬液浓度

磁粉类型	配置浓度 g/L	沉淀浓度 mL/100mL
非荧光磁粉	10~25	1.2~2.4
荧光磁粉	0.5~3.0	0.1~0.4

- c) 磁悬液浓度的测定方法:测定前应将磁悬液充分搅拌,搅拌时间不得少于 30min,再将 100mL 磁悬液注入磁悬液浓度沉淀管中,静止沉淀 30min 后,观察试管底部沉淀物的体积。
- d) 荧光磁悬液配制后宜在 24h 内用完。

27.4 校验

27.4.1 磁轭提升力的校验:电磁轭的提升力应每年校准一次,设备受到损坏或进行重大修理后应重新校准。如果设备停止使用 1 年或更长时间,应在使用前校准。

27.4.2 辅助仪表校验:磁粉检测用的辅助仪表,如黑光灯、照度计、磁场强度计、毫特斯拉计等,至少每年校验一次。

27.4.3 磁悬液浓度校验:对于新配制的磁悬液,其浓度应符合 27.3.3 的规定。对循环使用的磁悬液,每天开始工作前,应进行磁悬液浓度测定。

27.5 磁粉检测安全防护

磁粉检测应配备防止触电及紫外线影响的防护用品,严禁使用不带滤波片的黑光灯,应避免黑光灯直接照射人的眼睛。

28 磁粉检测现场操作

28.1 被检表面制备

SY/T 4109—2005

被检焊缝两侧各 100mm 范围内不得有油脂、锈蚀、涂层、氧化皮、飞溅或其他粘附磁粉的物质。表面的不规则状态不得影响检测结果的准确评定, 否则应做适当的修磨, 修磨后被检表面粗糙度 R_a 应不大于 $25\mu\text{m}$ 。

28.2 检测时机和检测范围

28.2.1 检测时机: 有延迟裂纹倾向的材料, 磁粉检测应在焊后 24h 进行。

28.2.2 检测范围: 检测范围应符合下列规定:

- a) 焊接接头的检测范围应为焊缝宽度加上焊缝两侧各 1/2 母材厚度。
- b) 焊接卡具痕迹的检测范围应为焊接卡具痕迹的四周加上向外延伸 5mm。

28.3 磁粉检测技术

28.3.1 电磁轭检测的提升力应满足 27.1.2 的规定。磁化电流应根据标准试片实测结果来选择。一般磁轭间距应控制在 50mm~200mm 之间, 检测的有效区域为两极连线两侧各 50mm 的范围内, 但有效检测范围应是标准试片人工缺欠能清晰显示磁痕的区域。磁化区域每次应至少有 15mm 的重叠。

28.3.2 受检工件的每一受检区域至少应进行两次磁化, 磁力线方向应大致相互垂直。条件允许时, 可使用交叉磁轭磁化装置, 四个磁极端面与检测面之间应尽量贴合, 最大间隙不得大于 1.5mm, 检测速度一般不大于 4m/min。

28.3.3 磁悬液的施加应符合下列规定:

- a) 磁悬液浓度应符合 27.3.3 的规定。
- b) 受检表面先被磁悬液良好地湿润后, 才可施加磁悬液。
- c) 磁悬液的施加可采用喷、浇方法, 不可采用刷涂法。无论采用哪种方法, 均不应使检测面上磁悬液的流速过快。
- d) 磁悬液必须在通电时间内施加完毕, 通电时间宜为 1s~3s。为保证磁化效果应至少反复磁化两次, 停施磁悬液至少 1s 后才可停止磁化。已形成的磁痕不得被流动着的磁悬液所破坏。

28.3.4 磁痕的观察: 磁痕的观察应在磁痕形成后立刻进行。

- a) 非荧光磁粉检测时, 磁痕的观察应在可见光下进行, 工件受检表面处可见光照度应不小于 1000lx; 当现场采用便携式设备检测, 由于条件所限无法满足时, 可见光照度可以适当降低, 但不得低于 500lx。

荧光磁粉检测时, 黑光灯的辐照度和波长应满足 27.1.3 的要求。磁痕的观察应在较暗的环境里进行, 其可见光照度应不大于 20lx。

- b) 当辨认细小缺欠磁痕时, 应用 5 倍~10 倍放大镜进行观察。

29 磁粉检测复验

29.1 当出现下列情况之一时, 应进行复验:

- a) 检测结束时, 用标准试片验证检测灵敏度不符合要求。
- b) 发现检测过程中操作方法有误。
- c) 对检测结果有争议。
- d) 有其他需要。

29.2 复验应按第 28 章的要求进行。

30 磁粉检测验收标准

30.1 磁痕的分类与记录

30.1.1 磁痕的分类:

- a) 磁痕显示分为相关显示、非相关显示、伪显示。非相关显示和伪显示不作评定。
 - 1) 相关显示: 由缺欠产生的磁痕称为相关显示。

SY/T 4109—2005

2) 非相关显示：不是由缺欠产生的磁痕（如磁路截面突变及材料磁导率差异等）称为非相关显示。

3) 伪显示：不是由缺欠产生的，而是由于操作不当产生的磁痕称为伪显示。

b) 相关显示的分类：

1) 长度与宽度之比大于3的缺欠磁痕，按线性缺欠处理；长度与宽度之比小于或等于3的缺欠磁痕，按圆形缺欠处理。

2) 在同一直线上的4个以上直径大于1.5mm且间距小于1.5mm的圆形显示，按链状圆形显示处理。

3) 大致处于同一直线¹⁾上的两个或两个以上线形缺欠磁痕显示且间距小于或等于2mm时，应按一条缺欠处理，其长度为各个缺欠磁痕长度之和加间距。

4) 长度小于1.5mm的缺欠磁痕显示可不计。

30.1.2 相关磁痕的记录：

a) 所有需评定的相关磁痕的尺寸、数量和产生部位均应记录，并绘制示意图。需返工的缺欠磁痕应在受检表面相应部位用油质笔做出明显标记。

b) 磁痕的永久性记录可采用胶带法、照相法及其他适当的方法。

30.2 相关磁痕的评定

30.2.1 受检表面存在下列任一相关显示判为缺陷：

a) 任何裂纹显示。

b) 链状圆形显示。

c) 任何长度大于2.5mm的线性缺欠显示。

d) 单个圆形显示的尺寸大于相邻较薄侧管壁厚度的1/2。

e) 工作压力小于或等于4.0MPa的管道，单个圆形显示大于5mm或在150mm×25mm评定区域内缺欠磁痕长度的总和大于12mm或线性缺欠磁痕长度的总和大于9mm。

f) 工作压力大于4.0MPa的管道，单个圆形显示大于4mm或在150mm×25mm评定区域内缺欠磁痕长度的总和大于9mm或线性缺欠磁痕长度的总和大于6mm。

30.2.2 储罐受检表面存在下列任一相关显示判为缺陷：

a) 任何裂纹显示。

b) 链状圆形显示。

c) 单个缺欠磁痕显示尺寸超过表31的规定。

d) 在150mm×25mm评定区域内缺欠磁痕长度的总和大于9mm或线性缺欠磁痕长度的总和大于6mm。

表 31 允许的最大单个缺欠磁痕显示尺寸

单位：mm

工件厚度 T	线性显示	圆形显示
$T \leq 16$	2.5	5.0
$T > 16$	4.0	6.5

注：当板厚小于或等于10mm时，单个圆形显示的尺寸大于相邻较薄板板厚的1/2则不合格。

1) 所谓同一直线，是指在一直线两侧各2mm的宽度范围内，两缺欠之间夹角不超过30°，均可认为在同一直线上，且该直线应通过各缺欠中某一条的中心线。

31 磁粉检测报告

31.1 磁粉检测报告应包括下列内容:

- a) 工程名称、受检工件名称、编号。
- b) 受检工件材质、规格、表面状态及检测时机。
- c) 检测装置的名称、型号。
- d) 磁粉种类及磁悬液浓度。
- e) 施加磁粉的方法。
- f) 磁极间距。
- g) 检测灵敏度校验及试片名称。
- h) 缺欠记录及工件草图(或示意图)。
- i) 检测结论和采用检测标准名称。
- j) 检测日期、检测人员和审核人员签名并注明其资格等级。

31.2 磁粉检测报告格式参见附录 G。

32 渗透检测

本部分规定了采用溶剂去除型着色渗透、快干式显像的渗透检测方法与验收的要求。

33 渗透检测人员

凡从事渗透检测的工作人员除应符合 4.4 的有关规定外,还应满足下列要求:校正视力不得低于 5.0 (小数记录值为 1.0),测试方法应符合 GB 11533 的规定,并一年检查一次;从事渗透检测的工作人员,不得有色盲、色弱。

34 检测材料

34.1 渗透检测剂(以下简称检测剂)包括渗透剂、清洗剂和显像剂。

34.2 检测剂应采用经国家有关部门鉴定过的产品,不同型号的产品不应混合使用。

34.3 在每一批新的合格散装渗透剂中应取出 500mL 作为参照样品保存在玻璃容器内。储存环境温度宜为 10℃~50℃,应避免阳光照射。

34.4 当发现有下列情况之一时,检测剂应停止使用:

- a) 渗透剂有明显的混浊或沉淀物、变色,涂敷后难以清洗。
- b) 显像剂浓度变化,不能在受检工件表面上均匀附着、显像性能不良。
- c) 各种渗透剂用标准试块与参照样品渗透剂进行性能对比试验,当被检渗透剂显示缺陷的能力低于参照样品渗透剂时。

34.5 当受检材料为奥氏体钢或钛及钛合金材料时,一定量检测剂蒸发后的残渣中,氯、氟元素之和的质量分数不得超过 1%。当受检材料为镍基合金材料时,一定量检测剂蒸发后的残渣中,硫元素含量的质量分数不得超过 1%。

34.6 检测剂应储存在密封容器内,置于阴暗、凉爽的地方。

34.7 渗透检测中所使用的棉布、棉纱或吸湿纸必须清洁、干燥和无绒毛。

35 渗透试块

35.1 试块分为铝合金标准试块或镀铬试块。

- a) 铝合金标准试块(又称对比试块):将一块如图 11 所示的铝合金试块用喷灯在中央部位加热至 510℃~530℃,然后迅速投入冷水中,通过淬火处理使试块表面产生条纹和网状裂纹,再

SY/T 4109—2005

将试块中间分割开，使试块分成两部分，并分别标以 A, B 记号。

- b) 镀铬试块 (又称灵敏度试块): 将一块尺寸为 $130\text{mm} \times 40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 、材料为 0Cr18Ni9Ti 或其他不锈钢的试块上单面镀镍 $30\mu\text{m} \pm 1.5\mu\text{m}$ ，在镀镍层上再镀铬 $0.5\mu\text{m}$ ，然后退火。在未镀面上，以直径 10mm 的钢球，用布氏硬度法按 7500N, 10000N, 12500N 打三点硬度，使镀层上形成三处辐射状裂纹。

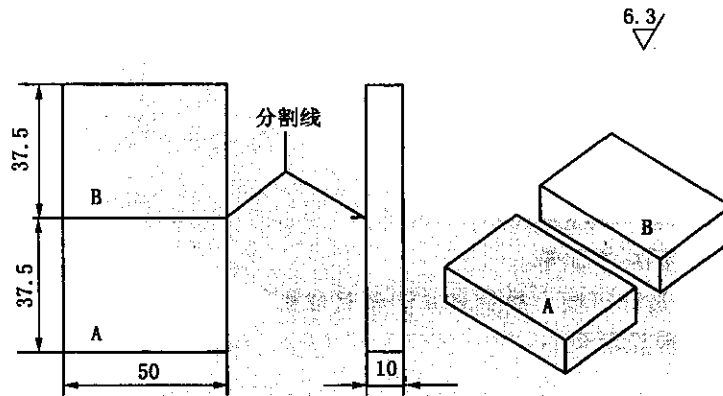


图 11 铝合金标准试块

35.2 试块的主要作用:

a) 铝合金标准试块主要作用:

- 1) 确定检测工艺规范: 对于非标准温度下的渗透检测工艺规范作出鉴定, 以确定最佳检测工艺。
- 2) 鉴别检测剂的性能: 在正常使用情况下, 检验渗透检测剂能否满足要求, 以及比较两种渗透检测剂性能的优劣。

b) 镀铬试块主要用于检验操作系统渗透检测灵敏度。

35.3 试块使用后要及时进行彻底清洗。先用丙酮反复地仔细擦洗试块, 干净后再放入装有丙酮和无水酒精混合液 (体积混合比为 1:1) 的密闭容器中保存, 也可用其他等效方法保存。

36 渗透检测安全防护

36.1 渗透检测现场应注意通风, 并应远离火源、热源。

36.2 在管道内进行渗透检测或在狭窄通风不良的环境中渗透检测时, 应有人在旁监护且一次连续工作时间不宜超过 40min。

36.3 喷罐式检测剂的储存温度不得超过 50°C 。

36.4 渗透检测完毕后应清理检测现场的破布和空喷罐。空喷罐应用尖硬物体刺破后再作处理。

36.5 渗透检测人员应配备乳胶手套、防毒口罩等防护用品。

37 渗透检测现场操作

37.1 检测时机

有延迟裂纹倾向的材料, 渗透检测应在焊接后 24h 进行。

37.2 表面要求

37.2.1 外观检查合格后方可进行渗透检测。

37.2.2 被检表面应符合下列要求:

- a) 被检表面不得有锈蚀、氧化皮、飞溅、毛刺、其他污物及各种防护层。

- b) 焊缝成形较好时,可在焊缝自然状态下做渗透检测。焊缝波纹影响渗透检测时,应进行处理。
- c) 被检测母材表面的粗糙度 R_a 应小于或等于 $12.5\mu\text{m}$ 。

37.3 基本步骤

渗透检测应按下列基本步骤进行:

- a) 表面预清洗。
- b) 施加渗透剂。
- c) 清洗多余的渗透剂。
- d) 施加显像剂。
- e) 观察及评定显示迹痕。
- f) 后处理。

37.4 操作要求

37.4.1 预清洗:对焊缝及距焊缝边缘至少不小于 25mm 宽度的范围进行预清洗。应用清洗剂或其他有效方法进行预清洗,清除表面的污垢。受检表面宜采用自然挥发的办法进行干燥。干燥时间宜为 $5\text{min}\sim 10\text{min}$ 。

37.4.2 施加渗透剂:

- a) 渗透剂应以喷洒或涂刷方法施加到受检表面,受检区域应完全被渗透剂覆盖,并在整个渗透时间内保持润湿状态。
- b) 当工件温度为 $10^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 时,渗透时间不少于 10min 。
- c) 当工件温度低于 10°C 或高于 50°C 时,应按照附录 F 的要求对检测方法进行确认。

37.4.3 去除多余的渗透剂:

- a) 用棉布、棉纱或吸湿纸擦拭检测面的渗透剂,直至大部分渗透剂被清除后,再将少许清洗剂喷到抹布上,把被检表面上多余的渗透剂擦净,但不得往复擦拭。禁止用清洗剂直接清洗。
- b) 在清洗操作过程中应防止过清洗或清洗不足。

37.4.4 显像:

- a) 施加显像剂采用喷涂法覆盖整个被检表面,形成均匀的薄膜,但禁止刷涂。
- b) 施加显像剂之前,喷罐应摇匀,以保持显像剂的悬浮状态。
- c) 喷施显像剂时,喷嘴离被检表面距离一般为 $300\text{mm}\sim 400\text{mm}$,喷洒方向与被检表面夹角为 $30^\circ\sim 40^\circ$,不得往复喷洒。
- d) 在工件温度为 $10^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 时,显像时间不宜少于 7min 。
- e) 当工件温度低于 10°C 或高于 50°C 时,显像时间应按附录 F 的要求进行确认。

37.4.5 观察与评定:

- a) 迹痕的观察:
 - 1) 应在自然光或白光灯下观察迹痕显示,受检区域的可见光照度应大于或等于 500lx 。
 - 2) 观察迹痕显示应在显像剂施加后 $7\text{min}\sim 60\text{min}$ 内完成。如显示迹痕的大小不发生变化,也可超过上述时间。
 - 3) 当出现显示迹痕时,必须判断是真缺欠还是假缺欠。必要时应用 5 倍~ 10 倍放大镜进行观察或进行复检。
- b) 迹痕的评定:迹痕的评定按第 39 章进行。

37.4.6 后处理:渗透检测后,工件上残留的渗透剂或显像剂应清除干净。

38 渗透检测复检

38.1 当出现下列情况之一时,应进行复验:

SY/T 4109—2005

- a) 检测结束时, 经标准试块验证表明检测剂失效。
- b) 检测过程中操作方法有误。
- c) 不能确定显示迹痕是否为缺欠迹痕。
- d) 对检测结果有争议。
- e) 有其他需要。

38.2 复验应按第 37 章的要求进行。

39 渗透检测验收标准

39.1 显示迹痕分类

39.1.1 对受检表面上所显示的迹痕应仔细辨认, 只有缺欠造成的显示迹痕才是评定的对象。长度小于 1.5mm 的迹痕显示不作评定。

39.1.2 缺欠迹痕显示评定时, 应以显示迹痕的尺寸为准, 而不是指缺欠的实际大小。

39.1.3 长度与宽度之比大于 3 的缺欠显示迹痕, 按线性缺欠处理; 长度与宽度之比小于或等于 3 的缺欠显示迹痕, 按圆形缺欠处理。

39.1.4 在同一直线上的 4 个以上直径大于 1.5mm 且间距小于 1.5mm 的圆形显示, 按链状圆形显示处理。

39.1.5 大致处于同一直线²⁾上的两个或两个以上长度大于 2mm 且间距不大于 2mm 的缺欠迹痕显示, 应视为一个连续的线性缺欠迹痕显示, 其长度应为各个缺欠迹痕显示之和加间距。

39.2 结果评定

39.2.1 管道受检表面存在下列任一相关显示判为缺陷:

- a) 任何裂纹显示。
- b) 链状圆形显示。
- c) 任何长度大于 2.5mm 的线性缺欠显示。
- d) 单个圆形显示的尺寸大于相邻较薄管壁厚度的 1/2。
- e) 工作压力小于或等于 4.0MPa 的管道, 单个圆形显示大于 5mm 或在 150mm×25mm 评定区域内缺欠迹痕长度的总和大于 12mm 或线性缺欠迹痕长度的总和大于 9mm。
- f) 工作压力大于 4.0MPa 的管道, 单个圆形显示大于 4mm 或在 150mm×25mm 评定区域内缺欠迹痕长度的总和大于 12mm 或线性缺欠迹痕长度的总和大于 6mm。

39.2.2 储罐受检表面存在下列任一相关显示判为缺陷:

- a) 裂纹迹痕显示。
- b) 链状圆形显示。
- c) 单个缺欠迹痕显示尺寸超过表 32 规定。
- d) 在 150mm×25mm 评定区域内缺欠显示迹痕长度的总和大于 9mm 或线性缺欠迹痕长度的总和大于 6mm。

表 32 允许的单最大迹痕显示尺寸

单位: mm

工件厚度 T	线性显示	圆形显示
$T \leq 16$	2.5	5.0
$T > 16$	4.0	6.5

注: 当板厚小于或等于 10mm 时, 单个圆形显示的尺寸大于相邻较薄板板厚的 1/2 则不合格。

2) 见 30.1.1b)。

40 渗透检测记录和报告

40.1 缺欠痕迹的记录应采用绘制示意图的方式。应记录缺欠的位置、性质、分类、数量和长度，必要时也可采用照相或薄膜复制的方式。

40.2 渗透检测报告应包括下列内容：

- a) 工程名称、受检产品及部件的名称、代号。
- b) 受检部位的规格、材质、表面状态和检测时机。
- c) 检测剂（渗透剂、清洗剂、显像剂）的牌号、型号。
- d) 试块型号。
- e) 检测方法。
- f) 检测条件（包括环境温度、渗透时间和显像时间）。
- g) 采用标准名称。
- h) 检测结论。
- i) 检测日期、检测人员和审核人员签名并注上资格等级。

40.3 渗透检测报告格式参见附录 G。

SY/T 4109—2005

附录 A
(资料性附录)
探头主要参数的测试方法

A.1 斜探头入射点及前沿距离的测定

A.1.1 按图 A.1 所示, 将探头置于 SGB 基准试块的位置 1。

A.1.2 前后移动探头, 向 R_{25} , R_{50} 圆弧发射超声波, 直到这两个面的回波幅度最大。此时与 SGB 试块侧面圆弧中心刻线对应的探头位置为探头入射点, 入射点到探头前端的距离为前沿距离。用刻度尺测出前沿距离, 读数精度到 0.5mm。

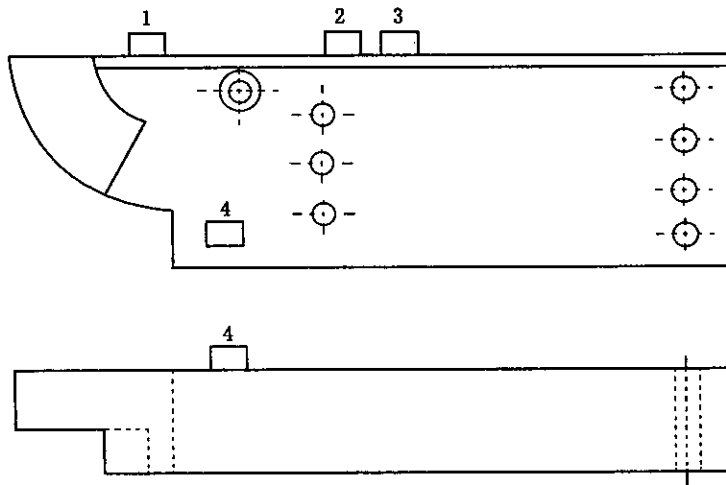


图 A.1 探头主要参数测试

A.2 斜探头折射角的测定

A.2.1 按图 A.1 所示, 将探头置于 SGB 基准试块的位置 3, 前后移动探头, 观察深度为 30mm 的 $\phi 2$ mm 横通孔回波为最高, 固定探头位置, 测出入射点到 $\phi 2$ 孔中心的水平距离 L 。

A.2.2 折射角 β 按式 (A.1) 计算:

$$\beta = \arctan(L/h) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- L ——入射点到 $\phi 2$ 孔中心水平距离, mm;
- h —— $\phi 2$ 孔中心与探测面垂直距离, mm;
- β ——斜探头折射角, ($^{\circ}$)。

A.3 仪器与斜探头分辨力的测定

A.3.1 按图 A.1 所示, 将探头置于 SGB 基准试块的位置 2 上, 前后移动探头, 适当调整衰减器, 使 $\phi 8$, $\phi 4$ 两孔反射波高 h 相同, 均为满幅度的 30%~40%, 记下衰减器读数 D_1 。

A.3.2 再调节衰减器, 使 $\phi 8$, $\phi 4$ 两反射波之间的波谷上升到原波峰高度 (见图 A.2), 记下衰减器读数 D_2 。

A.3.3 衰减器的两次读数差 $D_2 - D_1$ (dB) 为仪器和探头组合分辨力。

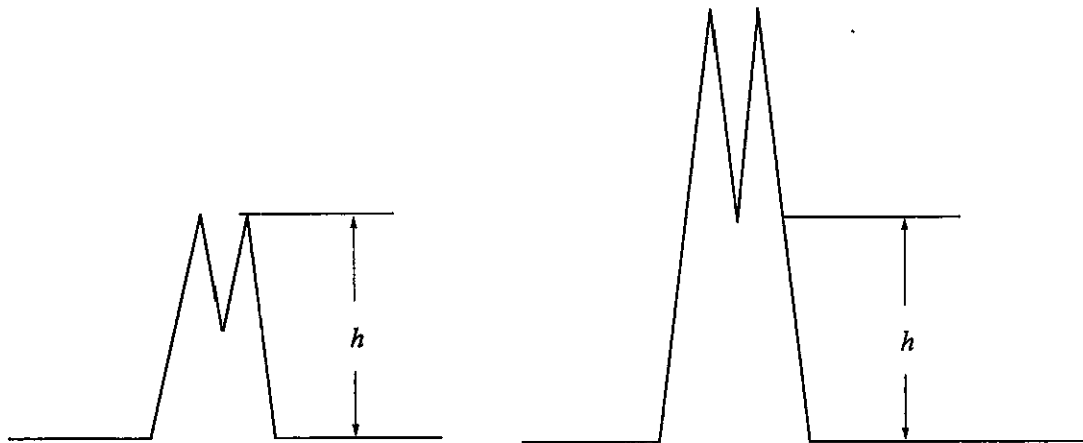


图 A.2 斜探头分辨力测定时荧光屏上的波形

A.4 斜探头主声束偏离角的测定

A.4.1 按图 A.1 所示, 将探头置于 SGB 基准试块的位置 4, 探测试块上对应的棱边。

A.4.2 前后、左右移动探头, 使所测棱边反射波达到最大值, 固定探头, 沿探头侧面在试块上划一条直线。

A.4.3 用量角器测量出上述直线与试块所测棱边法线的夹角 θ 即主声束偏离角。

A.5 斜探头主声束双峰的测定

在 SGB 试块上, 将探头置于 2 或 3 的位置, 探测 $\phi 2 \times 20$ 横通孔, 保持主声束与试块侧面平行, 使横通孔反射波达到最高值, 并在其位置附近前后移动探头, 观察动态波形变化情况。当荧光屏上出现图 A.3a) 所示时, 表明探头无双峰, 可用; 当荧光屏上出现图 A.3b) 所示时, 说明该探头具有双峰, 不能使用。

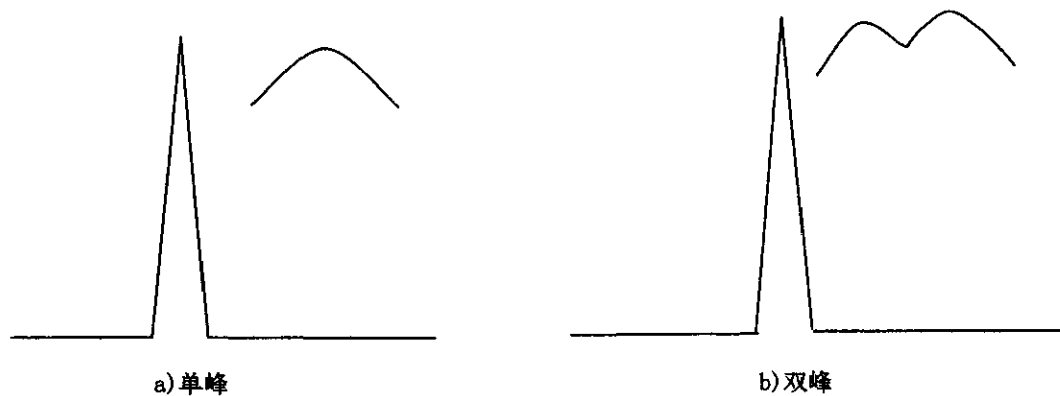


图 A.3 斜探头单、双峰示意图

附录 B
(资料性附录)
仪器扫描线的调整

B.1 按水平距离调节仪器扫描线

B.1.1 设 SGB 试块 R_{25} 和 R_{50} 圆弧面反射波对应的水平距离分别为 L_1 和 L_2 , 则:

$$L_1 = K \cdot R_{25} / (1 + K^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

$$L_2 = K \cdot R_{50} / (1 + K^2)^{1/2} = 2L_1 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

K ——斜探头的实测 K 值。

B.1.2 将探头置于图 B.1 所示的位置, 移动探头使 R_{25} 和 R_{50} 圆弧面的反射波在荧光屏上达到最大。

B.1.3 调节仪器水平和微调旋钮, 使 R_{25} 和 R_{50} 反射波分别对准荧光屏上的水平刻度线 L_1 和 L_2 , 则按水平距离调节的扫描比例为 1:1。

B.2 按深度距离调节仪器扫描线

B.2.1 设 SGB 试块 R_{25} 和 R_{50} 圆弧面反射波对应的深度距离分别为 d_1 和 d_2 , 则:

$$d_1 = R_{25} / (1 + K^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

$$d_2 = R_{50} / (1 + K^2)^{1/2} = 2d_1 \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

B.2.2 采用 B.1.2, B.1.3 的操作方法, 使 R_{25} 和 R_{50} 反射波分别对准荧光屏上的水平刻度线 d_1 和 d_2 的位置, 则按深度距离调节的扫描比例为 1:1。

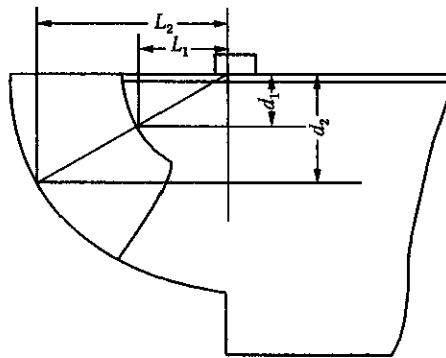


图 B.1 扫描线调节示意图

B.2.3 对于较厚的管件也可以用 SGB 试块上的横通孔, 按深度调节扫描线比例。

附 录 C
(规范性附录)
DAC 曲线绘制

- C.1 按最大检测厚度调节扫描线比例, 如水平 1:1 或深度 1:1。
- C.2 依据管件曲率选择合适的试块, 选取能产生最大反射波的横通孔为第一基准孔。
- C.3 DAC 基准线的绘制方法。用 SGB 试块制作: 调节“增益”, 使第一基准孔的反射波为荧光屏满幅度的 80%, 将其峰值点标记在荧光屏前辅助面板上, 保持灵敏度不变, 依次探测其他横孔, 找到最大反射波高, 分别将峰值点标记在辅助面板上, 并将各峰值点连接成光滑曲线即成 DAC 的基准线。
- C.4 将基准线灵敏度提高 8dB, 表示定量线灵敏度; 再提高 6dB 或降低 6dB, 分别表示评定线和判废线, 如图 D.1 所示。
- C.5 当受检焊缝厚度较大时, DAC 曲线可能处于荧光屏满幅度的 20% 以下, 应采用分段绘制, 一般是将一次反射波检测部位基准孔的反射波幅提高 10dB。

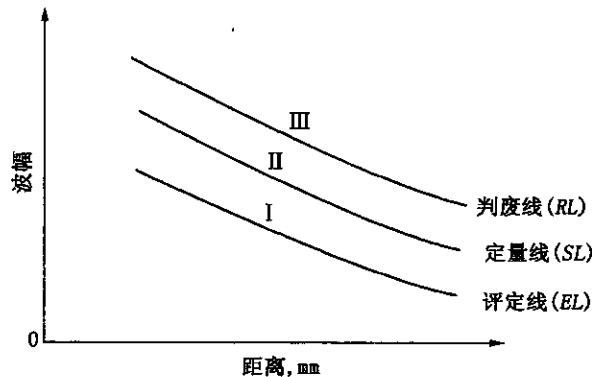


图 C.1 距离—波幅曲线

SY/T 4109—2005

附录 D (规范性附录)

对比试块的使用及根部缺欠(未焊透)检测灵敏度

D.1 按附录 C 制作的 DAC 曲线辅助面板上, 保持灵敏度不变。

D.2 在 SRB 试块上探测矩形槽, 并找出最高反射波, 将其峰值点标记在辅助面板上, 该峰值点波高即为未焊透缺欠的界限灵敏度, 即未焊透波幅低于此波峰值点按指示长度评定, 大于或等于此波峰值点应评为 IV 级, 如图 D.1 所示。

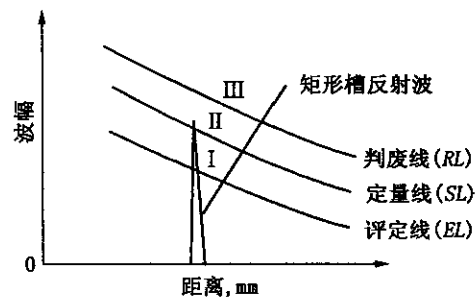


图 D.1 根部未焊透灵敏度标记示例

附录 E
(资料性附录)
表面声能损失差的测定

E.1 制作与工件同材质、同曲率、同壁厚且表面粗糙度与 SGB 试块曲面部分粗糙度相同的曲面试块。

E.2 用两个同型号的探头置于曲面试块的凸表面上，做一发一收探测，探头间距约为实际检验时探头至焊缝截面中心距离的两倍。找到接收波的最大波幅，调节衰减器，使波高为满刻度的 60%。

E.3 保证灵敏度不变的情况，用同样的方法，使斜探头置于工件上，不通过焊缝做一收一发探测，仅调节衰减器，使波高仍为满刻度的 60%。衰减器的两次读数差，即为表面声能损失差。

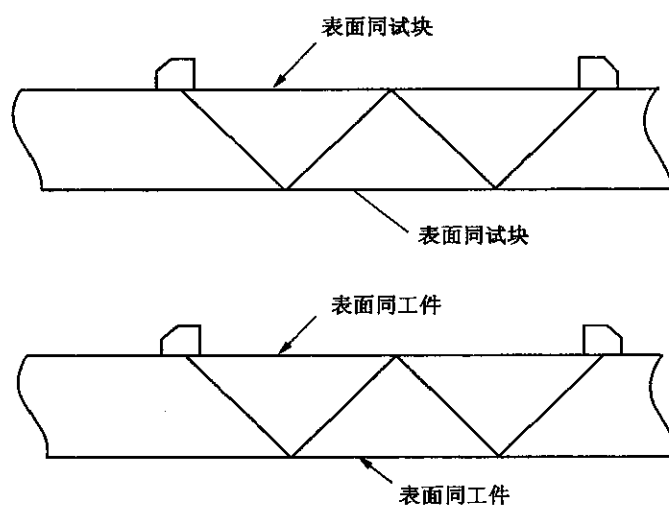


图 E.1 表面声能损失差的测定

附 录 F
(规范性附录)

非标准温度下的检测方法

F.1 当工件温度低于10℃时,对渗透检测规范的确认如下:将试块和检测剂都降到某一预定温度范围的下限,将拟采用的低温检测规范用于B区。在A区用标准温度规范进行检测,比较A,B两区的裂纹显示迹痕。如果显示迹痕基本上相同,则B区的检测参数即为该温度范围的检测规范。

F.2 当工件温度高于50℃时,对渗透检测规范的确认如下:如果拟采用的检测温度高于50℃,则需将试块B和检测剂加热的某一预定温度范围的上限,并在整个检测过程中温度保持在这一范围,将拟采用的高温检测规范用于B区。在A区用标准温度规范进行检测,比较A,B两区的裂纹显示迹痕。如果显示迹痕基本上相同,则B区的检测参数即为该温度范围的检测规范。

SY/T 4109—2005

附 录 G
(资料性附录)
报 告 格 式

G.1 管道焊缝射线检测报告格式见表 G.1，附页格式见表 G.2。

表 G.1 管道焊缝射线检测报告

工艺卡编号：

报告编号：

共 页第 页

工程名称		工程编号		施工单位	
检测日期			桩号/站场号		
规格	mm		材质		
焊接方法	坡口型式		设备型号		
源的种类	<input type="checkbox"/> X射线 <input type="checkbox"/> Ir192 <input type="checkbox"/> Se75		焦点尺寸	mm	
胶片牌号			铅增感屏	前屏	mm; 后屏 mm
胶片规格	mm		显影剂型号/配方		
胶片处理	<input type="checkbox"/> 自动 <input type="checkbox"/> 手工		显影时间	min	
像质计型号			显影温度	℃	
像质计位置	<input type="checkbox"/> 源侧 <input type="checkbox"/> 胶片侧	要求像质指数		管电压	kV
管电流	mA		源强	Ci	
焦距	mm		曝光时间	min	
透照方式	<input type="checkbox"/> 单壁单影内透法 <input type="checkbox"/> 双壁单影法 <input type="checkbox"/> 双壁双影法				
检测标准	合格级别		底片黑度范围		
检测数量	道口	返修数量	道口	一次合格率	%
检测部位示意图					
结论：					
评定人员： 级 别：	审核人员： 级 别：	检测单位（盖章）		监理（签字）：	
年 月 日	年 月 日	年 月 日		年 月 日	

SY/T 4109—2005


G.2 管道焊缝超声波检测报告格式见表 G.3，附页格式见表 G.4。

表 G.3 管道焊缝超声波检测报告

工艺卡编号：

报告编号：

共 页第 页

工程名称		工程编号		施工单位	
检测日期			桩号/站场		
规格		mm	材质		
板厚		mm	坡口型式		
焊接方法			检测部位		
表面状态			检测时机		
检测标准			合格级别		
设备型号			检测面		
探头型号	频率 MHz	晶片尺寸 mm	K 值	前沿距离 mm	
试块类型		扫查方式		扫描比例	
扫查灵敏度	φ2mm - dB	表面补偿		dB	检测方法
耦合剂	<input type="checkbox"/> 洗涤剂 <input type="checkbox"/> 浆糊 <input type="checkbox"/> 机油 <input type="checkbox"/> 甘油				
检测数量	道口	返修数量	道口	一次合格率	%
检测部位示意图 					
结论：					
检测人员：	审核人员：	检测单位（盖章）		监理（签字）：	
级 别：	级 别：				
年 月 日	年 月 日	年 月 日		年 月 日	

SY/T 4109—2005

表 G.4 管道焊缝超声波检测报告 (附页)

工艺卡编号:

报告编号:

共 页第 页

工程名称		施工单位						
检测日期		桩号/站场						
序号	焊缝编号	检测长度	缺欠记录				评定级别	备注
			缺欠类型	位置 mm	长度 mm	深度 mm		
检测人员: 级 别:		审核人员: 级 别:		监理 (签字):				
年 月 日		年 月 日		年 月 日				

SY/T 4109—2005

G.3 磁粉检测报告格式见表 G.5, 附页格式见表 G.6。

表 G.5 磁粉检测报告

工艺卡编号:

报告编号:

共 页 第 页

工程名称		工程编号		施工单位	
检测日期			桩号/站场号		
规格	mm		材质		
受检部位			检测时机		
表面状态			检测标准		
仪器型号			黑光灯型号		
磁极间距	mm		提升力	N	
通电时间	s		灵敏度试片		
磁化电流	A		磁粉施加方法		
磁粉	型号	浓度 mL/100m	<input type="checkbox"/> 荧光 <input type="checkbox"/> 非荧光 <input type="checkbox"/> 湿法 (水悬液)		
检测数量	道口	返修数量	道口	一次合格率	%
检测部位示意图					
结论:					
检测人员: 级 别:	审核人员: 级 别:	检测单位 (盖章)		监理 (签字):	
年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

SY/T 4109—2005

表 G.6 磁粉检测报告 (附页)

报告编号:

共 页 第 页

工程名称				施工单位			
检测日期				桩号/站场			
序号	焊缝编号	检测长度 mm	缺欠记录			评定 结果	备注
			位置 mm	缺欠类型	长度 mm		
检测人员: 级 别:		审核人员: 级 别:			监理 (签字):		
年 月 日		年 月 日			年 月 日		

SY/T 4109—2005

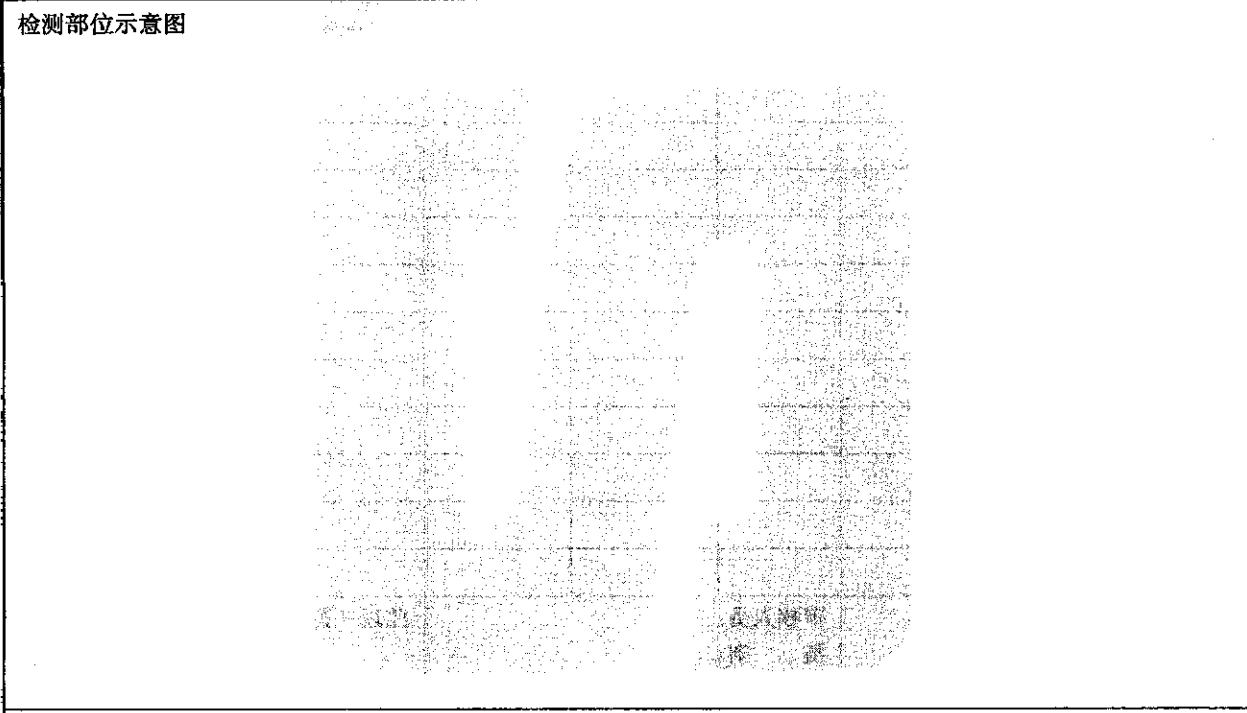
G.4 渗透检测报告格式见表 G.7，附页格式见表 G.8。

表 G.7 渗透检测报告

工艺卡编号：

报告编号：

共 页 第 页

工程名称			施工单位		
工程编号			检测日期		
桩号/站场号			规格		
工件温度	℃		受检部位		
检测时机			表面状态		
检测标准			试块		
清洗剂		渗透剂		显像剂	
渗透剂施加方法			显像剂施加方法		
渗透时间	min		显像时间	min	
检测数量	道口	返修数量	道口	一次合格率	%
检测部位示意图					
					
结论：					
检测人员： 级 别：	审核人员： 级 别：	检测单位（盖章）		监理（签字）：	
年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

SY/T 4109—2005

表 G.8 渗透检测报告 (附页)

报告编号:

共 页 第 页

工程名称				施工单位			
检测日期				桩号/站场			
序号	焊缝编号	检测长度 mm	缺欠记录			评定 结果	备注
			位置 mm	缺欠类型	长度 mm		
检测人员: 级 别:		审核人员: 级 别:			监理 (签字):		
年 月 日		年 月 日			年 月 日		

附录 H (资料性附录) 条文说明

本标准是根据国家石油和化学工业局《关于下达 2001 年石油天然气、石油化工行业标准、修订项目计划的通知》(国石化政发(2000)410号)文件要求对 SY/T 4056—1993《石油天然气管道对接焊缝射线照相及质量分级》、SY/T 4065—1993《石油天然气管道对接焊缝超声波探伤及质量分级》、SY/T 0444—1998《常压钢制焊接储罐及管道磁粉检测技术标准》及 SY/T 0443—1998《常压钢制焊接储罐及管道渗透检测技术标准》进行了修订,修订后标准名称《石油天然气钢质管道无损检测》。

本标准在征求意见稿的基础上,经过不同范围内两次专家会议审查,形成送审稿,于 2004 年 12 月 16 日—20 日在海南三亚标准审查会上,形成报批稿。

在修订过程中,编制人员遵照国家有关方针政策,进行了比较广泛的调查研究,认真总结了长输管道无损检测方面的实践经验,并广泛征求了有关单位的意见,反复讨论、修改,最后形成《石油天然气钢质管道无损检测》。

修订后的标准适用范围增加了石油天然气站场的检测,也进一步明确了本标准不适用于工业管道和公用管道的检测。工业管道、公用管道与油气管道不同之处在于:工业管道、公用管道一般处于人口稠密且多数与高温、高压、易燃、易爆的容器联结而成,这样的管道一旦发生事故,造成后果是不可想象的。在国外油气管道与工业、公用管道检测的界面划分很清楚,例如利比亚输油(气)管道工程,对于压力容器系统装置内的工业管道及公用管道均采用 ASME 标准,对于长输管道、集输管道及其站场的钢质焊缝无损检测均采用 API Std 1104。在我国工业管道和公用管道无损检测已有明确的检测标准,即 JB/T 4730 有关锅炉、压力容器及压力管道的检测标准。鉴于上述原因本标准划分了检测界面,即不适用于工业和公用管道无损检测,只适用于石油天然气长输管道、集输管道及其站场的钢质焊缝无损检测。

修订后的标准射线检测管壁厚增至 50mm,射线检测技术部分主要参照 JB/T 4730,且射线照相技术等级与 AB 级相当;但对于检测灵敏度 JB/T 4730 是采用欧洲标准 EN1435:1997《焊接接头的射线检测》编写的,没有规定出像质计在胶片侧的像质指数,且像质计灵敏度指的是母材上的灵敏度,不是焊缝上的灵敏度,这与国际上通用的长输管道标准 API Std 1104 接轨有困难。因此,本标准在检测灵敏度部分的修订过程中,主要采纳 ASME 规范第 V 卷、GB/T 3323—1987 和 JISZ3104 中相关内容;X 射线底片的最低黑度由 1.2~3.5 修订为 1.5~4.0,γ 射线底片的最低黑度由 1.8~3.5 修订为 1.8~4.0;为了提高横向缺欠的检出率,增加了管道焊缝透照技术 K 值的控制,但对公称直径小于或等于 250mm 管子采用双壁单影透照时,K 值和一次透照长度做了适当的放宽;采用爬行器检测时,几何不清晰度做了适当的放宽。超声波检测管壁厚增至 50mm,管径增至 1400mm;超声检测技术部分参照 JB/T 4730 及 DL/T 820—2002 等修订而成,重点解决了中薄壁管探头的选择及检测技术。磁粉和渗透检测技术部分在原标准基础上参照了 JB/T 4730、ASME 及欧洲标准修订而成。

验收部分总结了我国油气管道无损检测实践并参照国内外相关油气管道无损检测标准修订而成。射线和超声波验收部分的修改,严于 API Std 1104:1999《管道及有关设施的焊接》、Q/SY XQ6—2002《西气东输管道工程管道对接环焊缝射线检测》和 Q/SY XQ7—2002《西气东输管道工程管道对接环焊缝全自动超声波检测》,与 SY/T 4056—1993《石油天然气管道对接焊缝射线照相及质量分级》和 SY/T 4065—1993《石油天然气管道对接焊缝超声波探伤及质量分级》相比,个别条款做了适当放宽;磁粉和渗透的验收标准与原标准相当,磁粉和渗透检测也适用于常压钢制焊接储罐的检测与验收。

SY/T 4109—2005

修订后的标准便于与国际油气管道检测标准接轨,更具有科学性,实用性和可操作性。

为便于有关部门和单位人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,本标准编写人员根据国家有关编制标准条文说明的统一要求,按正文的章、节、条顺序重点的地方编制了条文说明,供有关人员参考。

1 范围

本标准适用于石油天然气长输、集输及其站场的钢质管道焊缝检测;不适用于工业和公用压力管道无损检测,也不适用于油气管道制管焊缝的无损检测。

工业管道、公用压力管道与长输管道不同之处在于:工业管道、公用压力管道一般处于人口稠密地区且多数与高温、高压、易燃、易爆的容器联结而成,一旦发生事故,将危及整个装置群,对人民的生命财产造成极大的损害。在国外,长输管道与工业、公用压力管道检测的界面划分很清楚,例如利比亚输油(气)管道工程,对于压力容器系统装置的工业管道及公用管道均采用 ASME 标准,对于长输管道、集输管道及其站场的钢质管道焊缝无损检测均采用 API Std 1104。在我国,工业管道和公用压力管道无损检测按相应法规标准的要求已纳入 JB/T 4730 的检测范围,油气管道制管焊缝的无损检测应按国家或行业相关法规、标准执行,故本标准也不适用于油气管道制管焊缝的无损检测。

随着我国经济的快速发展,原标准检测范围已不能满足实际要求,如举世瞩目的西气东输管道工程中采用的管壁厚度已达到 32mm、管径为 1016mm,而原标准中射线检测管壁厚度范围 2mm~30mm,超声检测管壁厚度范围 5mm~30mm、管径范围 57mm~1200mm,为满足目前工程实际需要,同时考虑今后石油天然气管道工程的发展,本标准的检测范围比原标准做了适当修改,即本标准将射线检测管壁厚度范围修改为 2mm~50mm,将超声检测管壁厚度范围修改为 5mm~50mm、管径范围修改为 57mm~1400mm。磁粉和渗透检测的适用范围与原标准基本相同,只对原标准中管道磁粉检测适用的外径范围为 70mm 以上这一规定做了放宽,本标准不受此条限制,主要是考虑目前国内外磁轭式磁粉检测设备能满足磁极间距调整范围和保证磁极与工件良好接触。

3 术语和定义

缺欠和缺陷的术语来源于 API Std 1104。

- 3.1 凡是无损检测中检出的不连续性均为缺欠,包括合格的和不合格的。
- 3.2 采用本标准验收超出合格级别的缺欠称为缺陷,缺陷仅是不合格的。

4 一般要求

4.1 使用原则

4.1.2 每种检测方法都有它的长处和不足,都不是万能的,应根据具体情况具体处理。射线检测具有便于定性、定量,直观,有据可查,可存档等特点,主要用于检测石油天然气钢质管道对接接头内部的体积状缺欠(如气孔、夹渣、体积状未焊透等)及薄壁管道对接接头,但对于厚壁管道对接接头中的面积型缺欠检出率较低。超声检测主要用于检测石油天然气钢质管道对接接头内部的面积状缺欠(如裂纹、未熔合等)及中厚壁管道对接接头,但定性难度大,受客观条件影响严重。磁粉检测仅适用于铁磁性材料焊接接头表面和近表面缺欠的检测,对线状缺欠检出率高,对点状缺欠检出率低。渗透检测主要用于检测焊接接头表面开口的缺欠,对点状缺欠特别敏感,对宽而浅的线状缺欠检出率较低。

4.2 检测单位(部门)责任

4.2.1 检测单位(部门)在检测前必须按本标准编制无损检测工艺规程,无损检测工艺规程由通用工艺规程和工艺卡组成。检测单位(部门)规定了无损检测工艺规程的审批程序、检测程序及责任人员签名认可,也规定了检测记录、报告及底片存档的要求。要求无损检测人员必须按本标准的无损检

测工艺流程进行工作，强化了无损检测工作的管理，从而保证无损检测的质量。

4.4 检测人员

本条规定了取得无损检测资格证人员的通用要求，具体要求见各种检测方法无损检测人员的规定。这里规定的从事无损检测的人员必须持有国家有关部门颁发的，并与其工作相适应的资格证书，就是说取得无损检测Ⅱ级资格证书的人员，只能从事本方法的Ⅱ级人员范围内的工作。

4.5 无损检测责任人员的职责

4.5.2 本条规定了无损检测人员资格和责任，从而保证本标准在使用过程中的正确实施，以达到确保产品的检测质量。

6 辐射防护

由于射线对人体有害，因此对射线辐射防护必须给予高度重视。随着放射卫生防护法规、标准不断完善、健全，对现场 X、γ 射线检测的控制区、管理区和警示标志做出明确规定，从而保证了检测人员和周围非检测人员的安全。

7 射线检测人员

射线检测人员除应符合 4.4 条的有关规定外，还必须具有良好的身体素质，对评片人员视力作出了明确规定，以利于底片评定。

8 射线检测设备、器材和材料

8.1 射线源和能量的选择

8.1.1 射线源和能量的选择应按透照厚度来确定，在允许的能量范围内，为提高显示缺欠的底片对比度和清晰度，应尽可能选用能量较低的射线，但如焊缝余高较高或厚度差较大，为使焊缝有效透照区两端及其中心附近热影响区的黑度均在规定的范围内，允许采用超过图 3 规定的 X 射线管电压，但最高不得超过 50kV。图 3 透照厚度和允许使用的最高管电压来源于 GB/T 3323—1987。

8.2 胶片和增感屏

8.2.1 胶片分类来源于 JB/T 4730。胶片的特性见表 1。国内外主要胶片的类别见表 2。

表 1 胶片的主要特性指标

胶片系统类别	感光速度	特性曲线平均梯度	感光乳剂粒度	梯度最小值 (G_{min})		颗粒度最大值 ($\delta_D)_{max}$	(梯度/颗粒度) 最小值 ($G/\delta_D)_{min}$
				D=2.0	D=4.0	D=2.0	D=2.0
T1	低	高	微粒	4.3	7.4	0.018	270
T2	较低	较高	细粒	4.1	6.8	0.028	150
T3	中	中	中粒	3.8	6.4	0.032	120
T4	高	低	粗粒	3.5	5.0	0.039	100

注：表中的黑度均指灰雾度以上的黑度。

表 2 国内外主要胶片的类别

类别	常见胶片牌号
T1 类	Kodak, R, SR; AgfaD2, D3; Dupont NDT35, NDT45; Fu ji 1X-25

SY/T 4109—2005

表 2 (续)

类 别	常见胶片牌号
T2 类	Kodak M, T; AgfaD4, D5; Dupont NDT55, NDT65; Fuji50, 80; 天津 V 型; 上海 GX-45
T3 类	Kodak AA, B; AgfaD7, D8; Dupont NDT70, NDT75; Fuji100; 天津 N-Ⅲ, IV-C 型; 上海 GX-A7
T4 类	Kodak CX; AgfaD10; Dupont NDT89; Fuji400; 天津 II 型

8.3 像质计

修订过程中,本标准射线检测技术部分主要参照 JB/T 4730,且射线照相技术等级与 AB 级相当;但对于检测灵敏度 JB/T 4730 是采用欧洲标准 EN 1435:1997《焊接接头的射线检测》编写的,没有规定出像质计在胶片侧的像质指数,且像质计灵敏度指的是母材上的灵敏度,不是焊缝上的灵敏度,这与国际上通用的 API Std 1104 接轨有困难,且我国石油天然气企业在国内外油气管道施工中,对环焊缝的无损检测基本上都是采用管道爬行器,像质计均放在胶片侧,像质计灵敏度都指的是焊缝上的灵敏度,因此,本标准在检测灵敏度部分的修订中没有参照 JB/T 4730,主要采纳 ASME 规范第 V 卷、GB/T 3323—1987 和 JISZ 3104 中相关内容。

8.3.2 像质计的选用

表 4 中的透照厚度与表 5 中的透照厚度在双壁单影透照时,不是同一概念。表 4 像质计型号的选择是采用 GB/T 3323—1987 使用说明中的规定,对于单壁透照和双壁单影透照按照单壁厚度加余高来确定像质计型号的。本标准双壁单影透照厚度按表 5 确定,与 GB/T 3323—1987 透照厚度多一个板厚,因此双壁单影透照厚度应按透照部位厚度(即单壁厚度加余高)查表 4 来确定像质计型号的。

8.3.3 像质计的放置

对于像质计无法放置在射线源一侧,而只能放在胶片一侧的工件表面的情况,多年来一直接 SY/T 4056—1993 进行对比试验。由于试验工作量大,比较麻烦,给射线检测带来很多困难。因此,本标准的修订中,根据行业的呼声,参照美国 ASME 规范第 V 卷的条文,规定当像质计放在胶片一侧的工件表面时,可直接将像质指数提高一级,而不需要进行其他试验工作。

SY/T 4056—1993 中透照厚度是按 GB/T 3323—1987 编制的,对双壁单影和双壁双影透照灵敏度确定比较复杂。本标准在修订中透照厚度参照 JISZ 3104《钢焊缝的射线透照方法和底片评级方法》的规定,这与 JB/T 4730 基本相同。

8.3.4 像质计的识别

像质计的识别与 GB/T 3323—1987 使用说明相同,又明确了使用专用像质计在焊缝影像上能识别不少于两根金属丝。

10 射线检测技术

10.2 几何条件

10.2.2 本条是采纳 JB/T 4730 中相应条款。

10.2.3 本条中规定的 K 值是指焊缝的透照厚度比,即 $K = T'/T$,其中 T 为母材厚度, T' 为射线束斜向透照最大厚度。一般来讲,环缝的 AB 级的 K 值不大于 1.1,纵缝的 AB 级的 K 值不大于 1.03。透照次数 (N) 和一次透照长度 (L₃) 按下列公式计算:

环缝双壁单影法公式:

$$N = 180^\circ / \alpha \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha = \theta + \eta \dots\dots\dots (2)$$

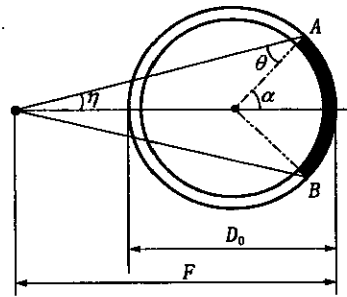


图 1 双壁单影法透照

$$\theta = \cos^{-1}[1 + (K_2 - 1)T/D_0]/K \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\eta = \sin^{-1}[D_0 \cdot \sin\theta / (2F - D_0)] \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$L_3 = \pi D_0 / N \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{当 } D_0 \gg T \text{ 时, } \theta = \cos^{-1}K^{-1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

α——与 AB/2 弧对应的圆心角;

θ——影像最大失真角;

η——有效半辐射角;

K——透照厚度比;

T——管件厚度;

D₀——外直径。

本标准中小径管界限为小于等于 89mm, 而不是按 SY/T 4056—1993 中小于等于 114mm 规定, 这样做是参照 API Std 1104, 便于与国际先进长输管道标准接轨。

对于双壁双影透照本条中增加了当上下焊缝椭圆显示有困难时, 可做垂直透照, 透照不少于三次, 互成 120°, 这是依据 API Std 1104 的规定。

对于公称直径小于 250mm 的管道环缝双壁单影透照时, 对 K 值的要求和一次透照长度的规定可根据具体情况(如管径和壁厚的大小及照相方法等级等)适当放宽, 但整圈焊缝的透照次数不应少于 4 次, 以免漏检。本条中的 250mm 界限是参照“容规”和 GB 150 的规定。

11 曝光量和曝光曲线

11.1 曝光量

本条是参照 JB/T 4730 中相应条款的规定, 但对薄壁管和小于等于 89mm 管对接焊缝的曝光量可适当减小, 目的是使焊缝有效透照区两端及其中心附近热影响区的黑度均在规定的范围内和减少散射线的影晌。

13 底片评定

13.2 底片的质量

本条中底片的黑度比 SY/T 4056—1993 有所提高, 目的是提高底片灵敏度, 与 API Std 1104 的规定相当。

14 射线检测质量分级

14.2 缺欠的分级

由于咬边、内凹及错边未焊透在油气管道对接接头中是常见缺欠, 根据我国油气管道焊接质量的

SY/T 4109—2005

实际情况,本标准综合评级时依据 API Std 1104 的规定,去除咬边、内凹及错边未焊透,在任何连续 300mm 的焊缝长度内,只评定两种情况,一种是双面焊中条状夹渣、未熔合(根部未熔合和夹层未熔合)及中间未焊透,另一种是单面焊中条状夹渣、未熔合(根部未熔合和夹层未熔合)及根部未焊透。

21 检测前的准备

21.1 检测面

21.1.2 SY/T 4065—1993 中的探头移动区是按照 JB 1152—1981 编制的,将其值按 JB/T 4730 修改。

21.3 探头的选择

本部分明确了管道对接环焊缝探头的选择原则,即直射波扫查焊缝中下部,反射波扫查焊缝中上部。根据多年来中薄板焊缝检测的实践,并参照 DL/T 820,重点强化了壁厚为 5mm~14mm 管子的探头选择:

- a) 探头角度选择的原则是直射波主声束至少应扫查到焊缝厚度的 3/4。
- b) 探头频率一般采用 5MHz。
- c) 探头晶片尺寸。推荐探头晶片尺寸选用 6mm×6mm、8mm×8mm、7mm×9mm、9mm×9mm 等。
- d) 探头前沿。管壁厚度小于或等于 6mm 时探头前沿应小于或等于 6mm,壁厚度大于 6mm 时可适当增大。
- e) 始脉冲占宽。使用的探头与探伤仪应有良好的匹配性能,在扫查灵敏度的条件下,探头的始脉冲宽度应尽可能小,一般小于或等于 2.5mm(相当于钢中深度)。
- f) 斜探头分辨力。斜探头的分辨力应大于等于 20。
- g) 外径为 57mm~140mm 的对接环缝采用小径管探头。

小径管探头的接触面必须与管子外表面紧密接触,其边缘与管子外表面的间隙不大于 0.5mm。可以通过在管子表面上铺上细砂纸沿轴向轻轻研磨制得,研磨后的探头入射点和 K 值应重新测定。

这些规定是保证中薄壁管对接接头检测的必备条件,必须严格执行。

21.4 距离—波幅曲线的制作

距离—波幅曲线也可以采取如下办法制作,即在仪器示波屏的面板上按实测作出 $\phi 2$ 长横孔的基准线(DAC),并记下衰减器的读数,例如 32dB;然后旋转衰减器旋钮,释放规定的分贝值,这条曲线就可以演变成相应的灵敏度曲线。例如,当衰减器减少 2dB,读数为 30dB 时,面板上的曲线就转化为判废线;衰减器再减少 6dB,读数为 24dB 时,面板曲线转化为定量线;衰减器再减少 8dB,读数为 16dB 时,面板曲线转化为评定线。

23 对接接头的质量分级

23.2 缺欠的评定及检测结果的分级

本标准的验收部分既有幅度、深度控制又有长度控制,对缺欠的控制很严。而 API Std 1104 只有长度控制,没有幅度、深度控制,因此缺欠长度参照 API Std 1104 和西气东输 AUT 标准做了修改,Ⅲ级与 API Std 1104、西气东输 AUT 标准的长度相当,与 SY/T 4065—1993 相比,个别条款做了放宽。

25 磁粉检测

本标准磁粉检测采用湿法电磁轭连续磁化技术,删去原标准中干法交流电磁轭连续磁化技术,主要是因为磁粉的选择和制备要求严,干法操作比较繁琐,不便于磁轭式探伤机现场操作。

27 磁粉检测设备、器材和材料

27.1 设备

本部分增加了交叉磁轭旋转磁场设备、直流电磁轭的设备。当电磁轭极间距为 200mm 时，交叉磁轭（旋转磁场）至少有 118N 的提升力；直流电磁轭间距小于或等于 100mm 时，至少应有 135N 的提升力；间距大于 100mm，小于或等于 150mm 时，至少应有 225N 的提升力；其值与 JB/T 4730 的规定相同。

27.3 磁粉、载液及磁悬液

27.3.3 表 30 是按照 JB/T 4730 进行修订的。

30 磁粉检测验收标准

30.1 磁痕的分类与记录

所谓同一直线，是指在一直线两侧各 2mm 的宽度范围内，两缺欠之间夹角不超过 30°，均可认为在同一直线上，且该直线应通过各缺欠中某一条的中心线。

30.2 相关磁痕的评定

本标准的验收部分主要参照 ASME《锅炉及压力容器规范》、API Std 1104 第九章“无损检测标准”、日本 JIS Z3050 的有关规定，结合国内管道施工和磁粉检测经验，经有关无损检测专家和技术人员的充分讨论后制定的，因此本标准保留了 SY/T 0444—1998 的意见。

37 渗透检测现场操作

37.4 操作要求

显像时间不宜少于 7min，来源于 JB 4730 的规定。

39 渗透检测验收标准

39.1 显示迹痕分类

所谓同一直线，是指在一直线两侧各 2mm 的宽度范围内，两缺欠之间夹角不超过 30°，均可认为在同一直线上，且该直线应通过各缺欠中某一条的中心线。

39.2 结果评定

本标准的验收部分主要参照 ASME《锅炉及压力容器规范》、API Std 1104 第九章“无损检测标准”、日本《钢制焊接储罐结构》JIS B8501 附录 3“无损探伤试验的方法及其评定标准”、《管道焊缝的无损检测》JIS Z3050 中的有关规定，结合国内管道施工和渗透检测经验，经有关无损检测专家和技术人员的充分讨论后制定的，因此本标准保留了 SY/T 0443—1998 的意见。

中华人民共和国
石油天然气行业标准
石油天然气钢质管道无损检测
SY/T 4109—2005

*

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

*

880×1230毫米 16开本 3½印张 104千字 印1—4000
2006年2月北京第1版 2006年2月北京第1次印刷
书号: 155021·5936 定价: 25.00元

版权专有 不得翻印

