



中华人民共和国国家标准

GB/T 5777—2019
代替 GB/T 5777—2008

无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管纵向 和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测

**Automated full peripheral ultrasonic testing of seamless and
welded (except submerged arc-welded) steel tubes for
the detection of longitudinal and/or transverse imperfections**

[ISO 10893-10:2011, Non-destructive testing of steel tubes—
Part 10: Automated full peripheral ultrasonic testing of seamless and welded
(except submerged arc-welded) steel tubes for the detection of
longitudinal and/or transverse imperfections, MOD]

2019-06-04 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 1

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

5 检测方法 2

6 对比样管 3

7 设备校验和复核 5

8 验收 6

9 检测报告 6

附录 A（规范性附录） 规定外径与平均壁厚之比小于 5 的钢管的纵向缺欠检测 7

附录 B（规范性附录） 未检测的管端及可疑区域的手动/半自动检测 8

附录 C（资料性附录） 本标准与 ISO 10893 10:2011 的技术性差异及其原因 9

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 5777—2008《无缝钢管超声波探伤检验方法》，与 GB/T 5777—2008 相比，主要技术变化如下：

- 修改了标准名称；
- 修改了标准适用范围，删除了电磁声检测方法，增加兰姆波和相控阵技术检测方法（见第 1 章，2008 年的版第 1 章）；
- 增加了术语和定义、一般要求（见第 3 章、第 4 章）；
- 修改了检测方法的内容，增加兰姆波检测方法（见第 5 章，2008 年版的第 4 章）；
- 删除了探伤仪的内容（2008 年版的 6.1）；
- 修改了探头尺寸的内容（见 5.4、5.5，2008 年版的 6.2）；
- 删除了检测装置、传动装置、分选装置的内容（2008 年版的 6.3、6.4、6.5）；
- 修改了对比样管的示意图（见图 1、图 2，2008 年版的图 1、图 2）；
- 修改了对刻槽位置的要求（见 6.1.4，2008 年版的 5.4.2）；
- 修改了验收等级及标识（见表 1，2008 年版的表 1）；
- 修改了对刻槽最小深度的要求（见表 2，2008 年版的表 1）；
- 修改了对刻槽宽度和长度的要求（见 6.3.1、6.3.3，2008 年版的表 1）；
- 修改了对刻槽深度允许偏差的要求（见 6.3.2.4，2008 年版的表 1）；
- 修改了设备的校验和复核要求（见第 7 章，2008 年版的第 8 章）；
- 删除了 2008 年版的资料性附录 A、附录 B、附录 E 和规范性附录 D；
- 将 2008 版的规范性附录 C 改为本标准的规范性附录 A（见附录 A，2008 年版的附录 C）。
- 增加了规范性附录 B“未检测的管端及可疑区域的手动/半自动检测”（见附录 B）。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 10893-10:2011《钢管的无损检测 第 10 部分：无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和 / 或横向缺欠的全圆周自动超声检测》。

本标准与 ISO 10893-10:2011 结构一致，与 ISO 10893-10:2011 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线（|）进行了标示，附录 C 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会（SAC/TC 183）归口。

本标准起草单位：衡阳华菱钢管有限公司、湖北新冶钢有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本标准主要起草人：邓世荣、田研、杜道京、董莉、赵斌、胡才望。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 5777—1996、GB/T 5777—2008。

无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管纵向 和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测

1 范围

本标准规定了用于无缝钢管和埋弧焊除外的焊接钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声横波(由常规或相控阵技术产生)检测的要求。

除非采购方在合同中特别要求,否则采用的方法一般是纵向缺欠的检测。

在进行纵向缺欠检测时,制造商也可自行决定采用兰姆波进行检测。

对于无缝管,由供需双方协商同意,本标准的检测原理可以用于检测其他方向的缺欠。

本标准适用于外径不小于 6 mm 且外径与壁厚之比不小于 5 的钢管的超声检测。对于外径与壁厚之比小于 5 的钢管纵向缺欠检测见附录 A。

圆形空心部件的检测可参照本标准执行,手动超声波检测可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(GB/T 9445—2015,ISO 9712:2012,IDT)

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测(GB/T 12604.1—2005,ISO 5577:2000,IDT)

ISO 11484 钢材产品 雇主的无损检测人员资格鉴定体系[Steel products—Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel]

3 术语和定义

GB/T 12604.1 和 ISO 11484 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

对比标准缺陷 reference standard imperfection

用于校验无损检测设备的人工缺陷(如钻孔、槽、凹坑)。

3.2

对比样管 reference tube

包含对比标准缺陷的钢管或管段。

3.3

对比试样 reference sample

包含对比标准缺陷的试样(如管段、板或带)。

注:本标准只使用术语“对比样管”,也包括术语对比试样。

3.4

管 tube

两端开口的任意形状横截面的中空长条产品。

3.5

无缝管 seamless tube

通过将实心产品穿孔成空心管,再经热加工或冷加工到最终尺寸的钢管。

3.6

焊接钢管 welded tube

由扁平材卷制成空心筒并将邻边焊合而成的钢管,焊接后可进行进一步的热加工或冷加工处理,以得到最终尺寸。

3.7

制造商 manufacturer

根据相关标准制造产品并声明交付的产品符合相关标准所有适用条款的组织。

3.8

协议 agreement

在询价和订货时,制造商与采购方之间的合同约定。

3.9

平均壁厚 average of the specified thickness range

平均公称壁厚按下面方法计算:

$$\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

式中, $T_{\max}$ 和 $T_{\min}$ 分别为考虑壁厚偏差时标准允许的最大和最小厚度。

4 一般要求

4.1 除非产品标准另有规定或供需双方协商同意,超声检测应在钢管所有主要生产工序操作(轧制、热处理、冷和热加工、定径和矫直等)全部完成后进行。

4.2 被检测的钢管应有足够的平直度以保证检测的有效性。表面应没有影响检测可靠性的外来异物。

4.3 检测应由按照 GB/T 9445、ISO 11484 或等效标准经培训合格的操作人员进行,并由经制造商任命的有资格的人员监督。在由第三方检测的情况下,此项应由供需双方协商。

注:在相应的标准中可以找到 1、2、3 级的定义,如 GB/T 9445 和 ISO 11484。

5 检测方法

5.1 钢管检测应采用超声波横波技术检测纵向和横向缺欠。兰姆波也可用于检测纵向缺欠。

5.2 检测过程中钢管与探头应相对运动,以便扫查整个钢管表面,检测覆盖率由探头尺寸计算。检测过程的相对移动速度变化应不超过 $\pm 10\%$ 。钢管两端会有一段较短的长度不能被检测到。任何未检测到的管端应按照适当的产品标准的要求进行处理(见附录 B)。

5.3 除非供需双方另有协议,针对所要求的检测种类,检测均应从声束传播的两个相对方向进行,纵向检测为顺时针和逆时针,横向检测为向前和向后。

5.4 在检测纵向缺欠时,每个单独换能器沿管轴方向的最大宽度应为 25 mm。对验收等级 U1 且外径小于或等于 50 mm 的钢管,任一换能器的宽度通常应限制为最大 12.5 mm。

在采用兰姆波技术或相控阵技术时,换能器沿管轴方向的宽度或激发孔径应限制为最大 35 mm。

在检测横向缺欠时,每个单独换能器在垂直于管轴方向的最大宽度应为 25 mm。

5.5 对于横波技术,超声检测换能器的频率应在 1 MHz~15 MHz 之间;对于兰姆波技术,超声检测换能器的频率应在 0.3 MHz~1 MHz 之间。超声检测换能器的频率依产品状况以及被检钢管的声学特

性、壁厚和表面光洁度而定。

5.6 设备应采用自动触发/报警电平结合标记和/或分选系统将钢管分为合格或可疑钢管。

5.7 手动超声波检测可按附录 B 执行。

6 对比样管

6.1 一般要求

6.1.1 本标准定义的对比标准缺陷用于校验超声波检测设备系统。不应将这些对比标准缺陷的尺寸视为此类设备所能检测到的最小缺欠尺寸。

6.1.2 若检测纵向缺欠,应使用样管内、外表面上的纵向刻槽校验超声检测设备。

若检测横向缺欠,应使用样管内、外表面上的横向刻槽校验超声检测设备。

航空不锈钢管等特殊用途不锈钢管,当内径小于 12 mm 时可不加工内表纵向刻槽。除此之外的其他钢管,当钢管内径小于 25 mm 时,可不加工内表纵向刻槽;内径小于 50 mm 时,可不加工内表横向刻槽。

用其他方向缺欠替代标准规定方向缺欠或增加其他方向缺欠的检测要求,应在询价和订货时详细说明。

6.1.3 制作对比样管用钢管与被检钢管应具有相同的公称尺寸,并具有相近的化学成分、表面状态、热处理状态和声学性能。

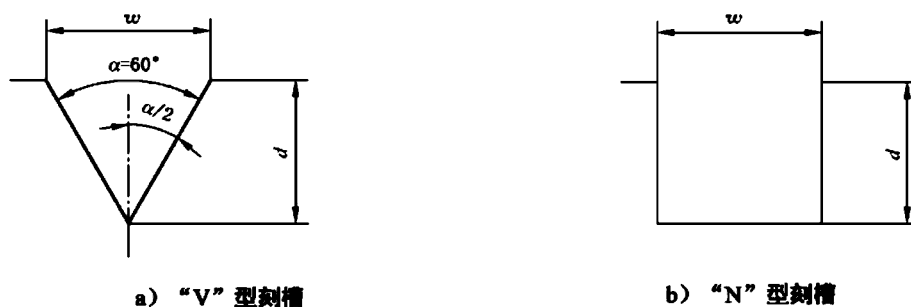
6.1.4 刻槽距对比样管端部以及刻槽彼此之间都应足够分开,以便获得清晰可分辨的显示信号。

6.2 对比刻槽的类型

6.2.1 对比刻槽应与对比样管的长轴平行(纵向刻槽)或垂直(横向刻槽)。

对比刻槽应为“N”型,当刻槽深度小于 0.5 mm 时,可采用“V”型刻槽(见图 1)。“N”型刻槽的两边名义上应平行,且槽的底部名义上应与两边成直角。

注:槽的底部或底角可能是圆弧的。



说明:

w —— 宽度;

d —— 深度。

图 1 对比刻槽的样式

6.2.2 当需方未指定其他刻槽样式时,横向刻槽应采用图 2 所示的样式。

6.2.3 对比刻槽应采用机械方法或电火花蚀刻方法加工。

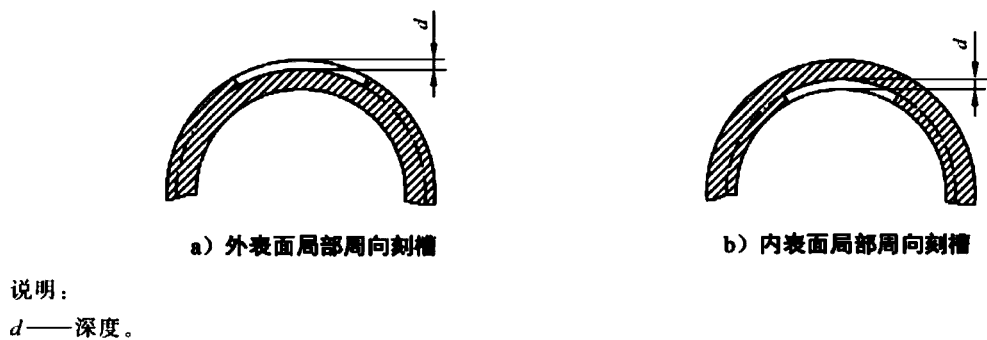


图 2 典型的横向刻槽

6.3 对比刻槽的尺寸

6.3.1 宽度

对比刻槽的宽度 w (见图 1) 应不大于 1.0 mm, 且应不超过深度的 2 倍。

6.3.2 深度

6.3.2.1 对比刻槽的深度 d (见图 1 和图 2) 应符合表 1 的规定。

注: 在所有涉及钢管无损检测且划分了多种验收等级的国际标准中, 对应于相同的验收等级, 表 1 规定的刻槽深度值是相同的。尽管对比标准缺陷相同, 但采用不同的检测方法可以得到不同的检测结果。

表 1 验收等级及对应的对比刻槽深度

验收等级 ^a	刻槽深度与公称壁厚之比/%
U1	3
U2	5
U3	10
U4	12.5
^a 经供需双方协商同意, 可以采用验收等级 U2.5, 此时刻槽深度与公称壁厚之比为 8%。	

6.3.2.2 除非制造商和买方另有协议, 刻槽的最小深度与钢管的应用类型有关, 并由表 2 给出的类别表示。在没有指明最小槽深类别时, 冷拔、冷轧及机加工钢管的最小刻槽深度为 0.2 mm, 所有其他状态的最小刻槽深度为 0.5 mm。

表 2 最小槽深类别及最小刻槽深度

最小槽深类别	最小刻槽深度 ^a /mm	钢管的典型状态
A	0.1	冷拔、冷轧及机加工钢管
B	0.2	
C	0.3	其他所有情况
D	0.5	
^a 采用的最小刻槽深度与钢管的加工方式有关,此时钢管的最终表面状态是决定最小刻槽深度的主要因素,最小刻槽深度主要用于超声波设备的校验以得到可接受的信噪比。		

6.3.2.3 除非另有协议,所有验收等级和钢管类别的最大刻槽深度应为 1.5 mm,但钢管壁厚大于 50 mm时,最大刻槽深度可增加到 3.0 mm。

6.3.2.4 刻槽深度的允许偏差为刻槽深度的±15%或±0.05 mm,取较大者。在刻槽深度小于 0.3 mm 时,偏差应为±0.03 mm。

6.3.3 刻槽的长度

除非产品标准中规定或制造商和买方协商同意,对比刻槽的长度应大于单个换能器或单个虚拟换能器的宽度,并作如下限制:

- 最大 25 mm,对冷拔、冷轧或机加工钢管;
- 最大 50 mm,对其他所有情况。

6.3.4 航空不锈钢管等特殊用途不锈钢管

航空不锈钢管等特殊用途不锈钢管的验收等级及对比刻槽尺寸应符合表 3 的规定。

表 3 航空不锈钢管等特殊用途不锈钢管的验收等级

验收等级	深度			宽度	长度	
	刻槽深度与公称壁厚之比 %	最小刻槽深度 mm	允许偏差		规定值 mm	允许偏差 mm
U1	3	0.05	±10%	不大于 1.0 mm, 且应不超过深度的 2 倍	5	±0.3
U2	5	0.07	±10%		7	±0.5

6.3.5 对比标准缺陷的验证

对比标准缺陷的尺寸和形状应采用适当的技术进行验证。

7 设备校验和复核

7.1 一般要求

在每一个检测周期的开始,不论采用何种波型的检测设备均应进行校验,以产生稳定、清晰可辨的对比刻槽信号,这些信号用于触发他们各自的报警电平。超声检测采用的仪器应进行周期性校准。

7.2 触发/报警电平的调整

7.2.1 当采用单个报警闸门时,应调整探头使得内、外壁对比刻槽的信号尽可能相同,两者中信号较低的信号幅度作为设备的报警电平。

7.2.2 当内、外壁对比刻槽分别采用不同报警闸门时,每个对比刻槽的信号幅度作为相应的报警电平。两个闸门的位置和宽度应进行调整使得钢管的整个壁厚都能被检测。

7.2.3 当只使用外壁刻槽时,外壁刻槽在内伤闸门和外伤闸门交界处的信号幅度作为内伤报警电平。

7.3 校验检查和重新校验

7.3.1 在对相同公称外径、壁厚和钢级的钢管检测过程中,应使用对比样管通过检测设备对设备进行定期动态校验检查。校验的检查频次应至少每 4 h 进行一次,且无论何时当更换设备操作班组和生产

的开始及结束均应进行校验。

7.3.2 校验的动态检查过程中,对比样管和探头装置之间的相对移动速度应与正常生产时的速度一致。如果制造商能够证明已得到与校验动态检查一致的结果,则可采用其他的校验方式。

7.3.3 如果初始校验设定的任何参数发生改变,设备应进行重新校验。

7.3.4 在生产检测过程中,如果校验检查不合格,则自上一次校验合格后的所有钢管应在设备重校验后重新检测。

8 验收

8.1 任何钢管产生的信号低于触发/报警电平应认为此次检验合格。

8.2 任何钢管产生的信号等于或大于触发/报警电平应视为可疑品,或由制造商选择,可进行重新检验。如果在连续两次的重新检测后,所有的信号均低于触发/报警电平,钢管应被视为通过了此次检测;否则,钢管应被视为可疑品。

8.3 对可疑钢管,根据产品标准的要求应采用下列一种或多种方法进行处理:

- a) 可疑区域应进行修磨或采用适当的方法检测。确认剩余壁厚在允许的公差范围内后,此钢管应按先前规定的方法重新检测;如果没有产生等于或大于触发/报警电平的信号,则此钢管应视为通过了此次检测。
经供需双方协商并确定可接受的验收等级,可疑区域也可以采用其他无损检测技术和检测方法重新检测。
- b) 可疑区域应切除。
- c) 钢管应视为此次检验不合格。

9 检测报告

检测报告应至少包含以下信息:

- a) 本标准编号;
- b) 符合性说明;
- c) 经协商或其他方式认可的与规定程序之间的任何偏离;
- d) 产品牌号和尺寸;
- e) 检测技术的类型和详细信息;
- f) 设备校验采用的方法;
- g) 对比标准缺陷验收等级的描述;
- h) 检测日期;
- i) 操作者资格及签名。

附 录 A
(规范性附录)

规定外径与平均壁厚之比小于 5 的钢管的纵向缺欠检测

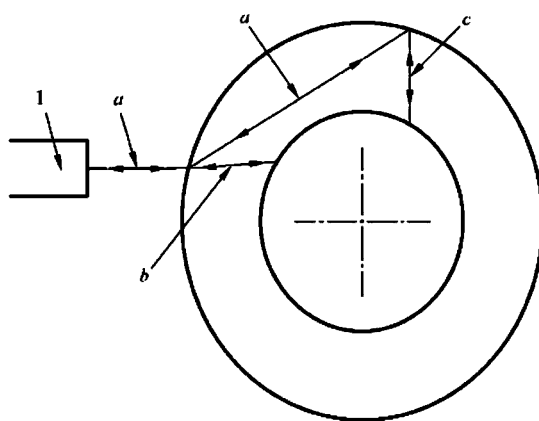
A.1 当钢管的外径与壁厚之比(D/T)小于 5 时,应经制造商和买方协商确定采用 A.2 还是采用 A.3。

A.2 当钢管的外径与壁厚之比(D/T)小于 5 但不小于 4 时,内表纵向刻槽的深度相比于外表刻槽的深度应加深,见表 A.1。

表 A.1 比值

比值	
外径与壁厚之比(D/T)	内表刻槽深度与外表刻槽深度之比
4.75~<5.00	1.6
4.50~<4.75	1.9
4.25~<4.50	2.2
4.00~<4.25	2.5

A.3 当钢管的外径与壁厚之比(D/T)小于 5 但不小于 3 时,应减小探头入射角。此时除直接折射的横波外,可利用由折射纵波产生的横波进行检测(见图 A.1)。在此种情况下,内表刻槽深度与外表刻槽深度之比应由制造商和买方协商同意,但无论在任何情况下该比值都不能小于 1.0 或大于表 A.1 中相应的规定值。



说明:

1——单换能器探头,发射和接收,或双晶探头带分离的发射和接收换能器;

a——压缩(纵)波;

b——直接折射横波;

c——波型转换横波。

图 A.1 纵波转换横波的水浸式探伤

附 录 B
(规范性附录)

未检测的管端及可疑区域的手动/半自动检测

B.1 未检测的管端

当相关产品标准中规定时,自动超声检测设备未能检测的管端应进行手动/半自动全圆周检测,检测范围从最端部到整个最初未检测区域另加 10% 的长度。

手动/半自动检测时,应对整个未检测的管端进行扫查。对应于所用超声换能器的宽度,从平行于钢管长轴方向测量时,相邻扫查路径间应有 10% 的重叠。

手动/半自动检测应采用超声波横波技术或兰姆波技术,相比于在管体自动检测中采用的检测灵敏度(对比刻槽深度)和常用检测参数,手动/半自动检测时应符合 B.3 的限制。

B.2 可疑区域

适用时,在管体自动检测中的可疑区域应采用超声波横波技术或兰姆波技术进行检测,相比于在管体自动检测中采用的检测灵敏度(对比刻槽深度)和常用检测参数,手动/半自动检测时应符合 B.3 的限制,以保证整个可疑区域被扫查到。

B.3 手动/半自动超声检测的限制

下列限制条件适用于利用横波对未检测的管端和/或可疑区域进行手动/半自动检测:

- a) 手动横波超声检测时钢中的声束角度应名义上与最初自动检测时的角度相同;
- b) 扫查应从周向和/或纵向两个方向进行;
- c) 手动扫查速度应不超过 150 mm/s;
- d) 手动超声横波检测的换能器应为接触式、楔块式或水浸式。应采用必要措施保证换能器处于与钢管表面的正确位置,如:采用接触式换能器时,换能器前的磨损面应与被检钢管的曲面吻合;
- e) 沿钢管长轴方向测量时,手动检测时超声波换能器的宽度应不超过最初自动检测时的宽度;
- f) 手动检测时超声波换能器的标称频率与最初自动检测时的频率的差别应不超过 ± 1 MHz。当最初自动检测是采用兰姆波技术,手动检测的横波换能器的频率应在 4 MHz~5 MHz 范围。

附 录 C
(资料性附录)

本标准与 ISO 10893-10:2011 的技术性差异及其原因

表 C.1 本标准与 ISO 10893-10:2011 的技术性差异及其原因

本标准章条编号	技术性差异	原 因
1	本标准修改了标准适用的钢管规格范围,由 10 mm 修改为“适用于外径不小于 6 mm”	由于 GB/T 5777—2008 中的规格范围已经是外径大于或等于 6 mm,且我国在小口径钢管超声检测方面已有多年成熟应用经验
1	增加了“手动超声波检测可参照本标准执行”	由于 ISO 10893-10:2011 只在附录 B 说明对自动检测的盲区管端可进行手动超声检测,考虑到钢管规格超出设备能力范围等特殊情况下需要进行手动超声检测管体,且 GB/T 5777—2008 也适用于手动超声检测
1	将“注”内容改为正文	因为该注引用附录 A,该附录为规范性附录,注里只能资料性引用,按照编写要求进行修改
2	关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下: ● 用等同采用国际标准的 GB/T 12604.1 代替了 ISO 5577(见第 3 章); ● 用等同采用国际标准的 GB/T 9445 代替 ISO 9712(见 4.3)	按照国家标准编写要求
5.7	增加“手动超声波检测可参照附录 B 执行。”	根据范围,将手动超声检测方法引用附录 B
6.1.2	第 3 段将“当钢管内径小于 15 mm 时,制造商和买方同意放弃内表面刻槽”修改为“航空不锈钢管等特殊用途不锈钢管,当内径小于 12 mm 时可不加工内壁纵向槽。除此之外的其他钢管,当钢管内径小于 25 mm 时,可不加工内表纵向刻槽,内径小于 50 mm 时,可不加工内表横向刻槽”	适应我国国情
6.1.3	将“相同的”的化学成分、表面状态、热处理状态和声学性能改为:“相近的”	按照 2008 年版要求,以适应我国国情
表 1	增加脚注“经供需双方协商同意,可以采用验收等级 U2.5,此时刻槽深度与公称壁厚之比为 8%”	由于部分国内钢管产品标准仍在采用 GB/T 5777—2008 的验收等级 L2.5,本标准修改后可保持验收等级划分与 GB/T 5777—2008 一致
6.3.4	增加了航空不锈钢管等特殊用途不锈钢管的验收等级要求和表 3	由于航空不锈钢管等特殊用途不锈钢管的验收等级要求比 ISO 10893-10:2011 严格,本标准修改后可保持这些产品的验收等级与 GB/T 5777—2008 相同

表 C.1 (续)

本标准章条编号	技术性差异	原 因
7.1	增加“超声检测采用的仪器应进行周期性校准”	对超声检测仪器周期性校准进行规定,以保证检测的有效性并满足质量管理体系的要求
附录 A	编辑性调整了附录 A 的内容顺序	按照国家标准编写要求