关于 GB/T 29712 焊缝超声检测验收等级标准的探讨

丁 杰
（上海材料研究所，上海 200437）

摘 要：标准 GB/T 29712 是新版国标焊缝超声检测 GB/T 11345 的配套标准，主要内容为验收等级评定。比较两个国标中有关焊缝超声检测验收内容的差异，指出标准 GB/T 29712 验收评定的依据，归纳总结 GB/T 29712 验收等级评定的流程图，为无损检测工作者使用 GB/T 29712 提供有益的参考。

关键词：焊缝；超声检测；验收等级；标准

中图分类号：TG115.28 **文献标志码**：A **文章编号**：1000-6656(2014)11-0066-04

Discussion on Acceptance Levels of Ultrasonic Testing of Welds in Standard GB/T 29712

DING Jie
(Shanghai Research Institute of Materials, Shanghai 200437, China)

Abstract: The standard is the one of the new version national standards of ultrasonic testing of welds, whose main content is evaluation of acceptance levels. The paper describes the difference of the acceptance requirement of the two standards, states the new acceptance evaluation rules in GB/T 29712, inductive the assessment sequence of the standard of GB/T 29712. All will be a beneficial reference to help NDT inspectors to use GB/T 29712 correctively.

Keywords: Welds; Ultrasonic Testing; Acceptance Levels; Standard

根据全国焊接标准化技术委员会标准制定修订的工作指导，新版 GB/T 11345 系列标准于 2014 年 6 月 1 日正式实施。新版 GB/T 11345 系列标准内容上代替 GB/T 11345—1989，形式上与国际标准保持一致，拆分成三个国家标准，分别等同采用或修改采用相应的焊缝超声检测国际标准[1]。

标准具体替代情况为：GB/T 11345—2013《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》修改采用 ISO 17640：2010；GB/T 29711—2013《焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征》等同采用 ISO 23279：2010；GB/T 29712—2013《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》修改采用 ISO 11666：2010。

新发布的三个国家标准内容上相互引用，完整地体现了进行焊缝超声检测所需的全部步骤。GB/T 29712—2013 标准规定了焊缝超声检测的验收等级评定，是判定所检焊缝是否合格的重要依据。GB/T 29712—2013 的验收评定内容，与 GB/T 11345—1989 中的验收评定内容相比，从评定思路、执行过程和判定结果等方面来看，都是完全不一致的。无损检测工作者使用本标准，需要从全新的角度认识该标准的体系框架，理解该标准的内容，才能在具体检测中运用好该标准，得出正确的结论。

笔者试图从上述角度出发，提出自己对本标准的理解，为无损检测工作者理解和执行该标准提供参考。

1 ISO 标准中焊缝无损检测体系概况

ISO 5817《钢的熔焊接头 缺陷质量分级指南》采用 ISO 6520－1 规定的不连续定义及其数字代

收稿日期：2014-07-27

作者简介：丁杰（1979－），女，高工，主要从事无损检测技术和工艺研究工作。

号，将焊缝质量等级分为三个质量等级，分别用符号 B、C 和 D 表示。质量等级 B 对应最高质量要求，质量等级 C 对应一般质量要求，质量等级 D 对应最低质量要求[2]。这种分级方法类似于国内焊缝质量等级一级、二级和三级。设置不同的焊缝质量等级，其目在于控制焊接工艺过程及参数，采用适当的检测方法获得不同程度可靠的焊缝质量。焊缝质量等级的选择应由标准应用者、设计者、生产商、用户和/或其他参与方共同进行协商并以合同的形式明确。

ISO 5817 标准未规定不连续的具体无损检测方法。焊缝质量等级与无损检测方法及其验收要求的对应关系由 ISO 17635《焊缝无损检测 金属材料熔焊总则》明确规定。该标准从焊接质量管理目的出发，基于焊缝质量等级、材质（母材和焊材）、接头类型和尺寸、焊接工艺、构件结构和预计检出缺欠的类型和走向等方面，对焊缝无损检测方法选择和结果评定做出相应规定。该标准的规范性附录 C 规定了不同焊缝质量等级和不同无损检测方法及其验收等级之间的对应关系。检测人员可以根据已知的焊缝质量等级，选择确定的无损检测方法及其验收等级[3]。

以超声检测为例，ISO 17635 规定了检测标准为 ISO 17640，验收标准为 ISO 11666。根据焊缝质量等级的不同，ISO 17635 规定了不同的验收等级。如果合同约定还要对焊缝中的显示特征进行分类，主要区分平面型显示和非平面型显示，则还需要执行 ISO 23279。ISO 焊缝超声检测体系框图如图 1。

2　验收等级的比较

GB/T 11345—1989 中的验收评定内容与 GB/T 29712—2013 中的相应内容比较，详见表 1。从表 1 中可以看出，新旧焊缝超声检测的验收内容有了很大的变动，具体执行中也有着很大的区别。

3　新观念

GB/T 29712—2013 标准中出现了一些新观念，这些观念与传统的提法和做法有差别。笔者归纳了标准中出现的新观念，辅以个人的理解，详见表 2 所示。

标准中的“群显示”概念是一个全新提法。引入该概念后，将进一步严格控制焊缝质量。

首先，群显示的组合长度计算中，加入了两显示的 X 方向间距 dx。比如，发现两超过记录等级的合格显示，显示 1 的长度为 10 mm，显示 2 的长度为 15 mm，只要两显示水平间距数值不超过 30 mm，且 Y 和 Z 方向间距满足相应要求，就可把两显示纳入群显示范围。此举大大增加了群显示的长度数值。

其次，相邻合格显示判定为群显示后，群显示还应按照附录 A 再次进行验收判定。随着群显示的组合长度大大增加，按照附录 A 的要求，合格的验收等级数值将变得严格，群显示极有可能判定为不合格。此举将大大降低游离在验收等级边缘（记录等级只比验收等级低 4 dB）的合格显示出现的频次。

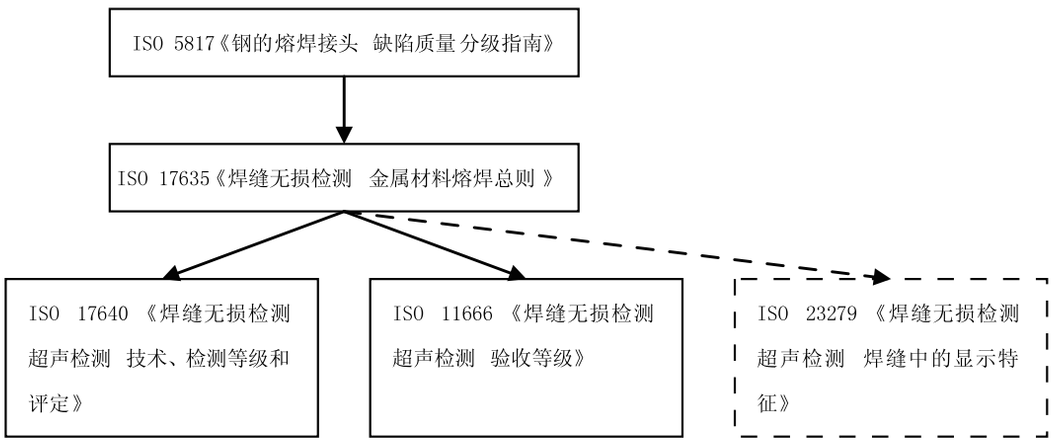


图 1　ISO 标准中焊缝超声检测体系

表 1　GB/T 29712-2013 和 GB/T 11345-1989 中验收评定的内容比较

比较参数	GB/T 11345-1989 中验收评定	GB/T 29712-2013 中验收评定
灵敏度设定	ϕ3 mm 横孔作为基准	横孔\平底孔\矩形槽均可作为基准
等级划分	评定线\定量线\判废线	评定等级\记录等级\验收等级
测长线	波幅等于或大于定量线时测长	波幅等于或大于评定等级时测长
测长方法	6 dB 法和端点峰值法	固定回波幅度等级技术
长度取值	Ⅱ区缺陷指示长度小于 10 mm 按 5 mm 计	按实际测量值计
相邻缺陷	相邻两缺陷各向间距小于 8 mm，两缺陷长度和作为单个缺陷的指示长度	引入“群显示”概念；X 方向间距小于较长显示的 2 倍长度数值（间距的范围很大），Y 和 Z 方向间距小于板厚的一半且不超过 10 mm；两显示的 X 方向间距纳入组合长度计算之中
验收评定	Ⅰ区非危险性缺陷不评定，Ⅱ区缺陷按照指示长度评定，Ⅲ区缺陷直接评为Ⅳ级	不分区；结合长度和板厚，评定合格与否
累计长度评定	不评定累计长度	给定焊缝长度范围内评定超过记录等级的合格显示的总长度

表 2　GB/T 29712-2013 中的新观念汇总

新观念	解释	标准出处
显示	中性词。包含合格的显示和不合格的缺欠。 在合格与否判定前，所有超过评定等级的焊缝内部反射均称为显示。	第 3 章
显示长度	取消“指示长度”的说法。 显示长度由固定回波幅度等级技术获得。	第 3 章
固定回波幅度等级技术	测量回波幅度等于或大于评定等级的显示。 探头左右移动，使回波降低至评定等级，以此确定显示长度。示意图见标准图 B.1 所示。	附录 B
参考等级	采用四种检测技术规定的反射体作出的灵敏度设定。 以技术 1 为例，ϕ3 mm 的横孔曲线即为参考等级	第 4 章
评定等级	记录显示的基准； 显示长度测量的基准。	第 4 章
记录等级	判定“群显示”的基准； 判定给定焊缝长度内单个合格显示的累计长度是否合格的基准。 相应验收等级-4 dB。	第 4 章
验收等级	判定显示的最高波幅是否合格的基准。	第 4 章
群显示	纳入群显示评定应同时满足如下三个条件： ①两相邻显示分别评定时是合格的； ②两相邻显示波幅均超过记录等级（注意，非评定等级！不超过记录等级的显示不统计）； ③两相邻显示满足标准 5.4 中 a、b 和 c 的条件。 群显示的组合长度不仅需计算两显示的各自长度，还需把两显示的 X 方向间距也纳入其中。此做法大大增加了群显示的长度数值。 群显示视为单个显示，取两显示中较高波幅的数据作为群显示的最高波幅，加上群显示的组合长度，再次进行验收判定（按附录 A 执行）。	第 5 章
可验收显示的累计长度	纳入可验收显示的累计长度的判定应满足： ①所有显示（不论单个显示还是群显示）分别评定时是合格的； ②显示波幅均超过记录等级（不超过记录等级的显示不统计）； ③给定焊缝长度范围的选取原则是选取最严重的区域。 验收等级 2 级，不应大于焊缝长度的 20%； 验收等级 3 级，不应大于焊缝长度的 30%。	第 5 章
验收判定	取消逐级评定的做法。焊缝超声检测的验收等级只有 2 级和 3 级，该级别由焊缝质量等级确定。检测结论为符合性判定，不再评级，直接给出是否符合相应验收等级的结论。	附录 A

4　验收评定的顺序

笔者根据 GB/T 29712 的内容要求，按照使用标准的角度，建立了验收评定的流程图，如图 2 所示（图中 H_{d_1} max 为最高回波波幅，T_1 为评定等级），供检测人员参考。

步骤 1：基于焊缝质量等级，确定验收等级。检测人员可按照焊缝的技术要求确定。

步骤 2：确定设定参考等级的检测技术。以应用检测技术 1 为例，用 3 mm 横孔制作曲线，即为参考等级。

步骤 3：按照验收等级，确定评定等级，详见 GB/T 29712 中表 A.1。

步骤 4：显示测长方法详见 GB/T 29712 中附录 B。

步骤 5：比较显示长度和板厚的关系，确定单个显示是否合格，详见 GB/T 29712 中表 A.1。

步骤 6：单个合格显示的最高波幅是否超过记录等级。如超过，应考虑是否群显示的评定范围，详见 GB/T 29712 中 5.4。

步骤 7：确定群显示是否合格，详见 GB/T 29712 中表 A.1。

步骤 8：给定焊缝长度范围内，各类合格显示（包括单个显示和群显示）的累计长度是否合格，详见 GB/T 29712 中 5.5。

GB/T 29712 的验收判定是针对整条焊缝进行判定的。如果不满足步骤 5、7 或 8 的内容，则判定所检焊缝不符合验收等级要求；所有步骤均满足要求，则可判定所检焊缝符合验收等级要求。

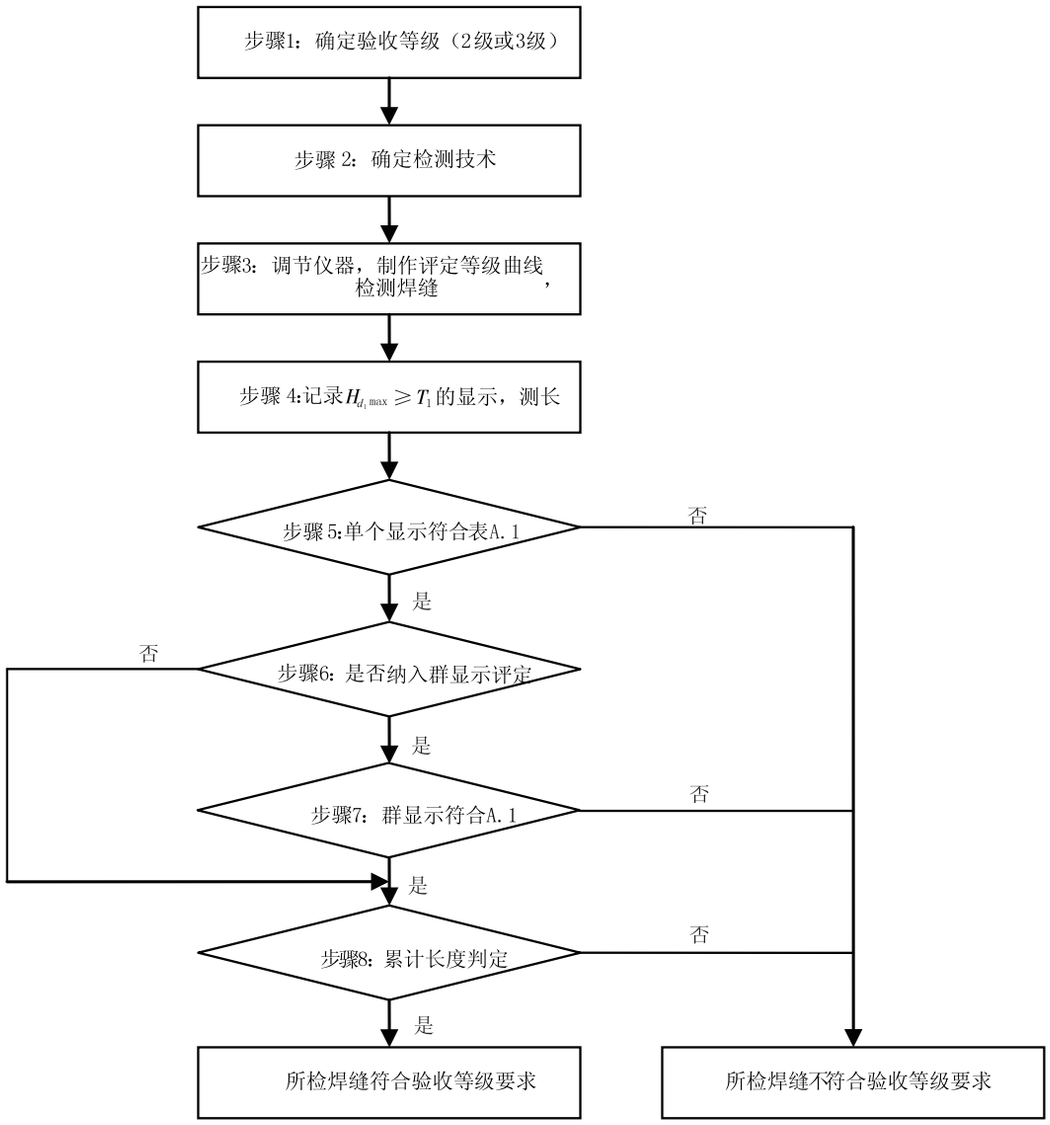
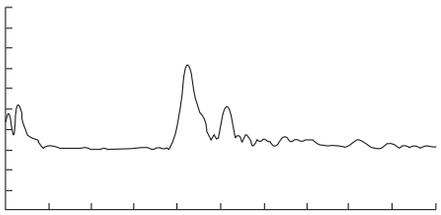
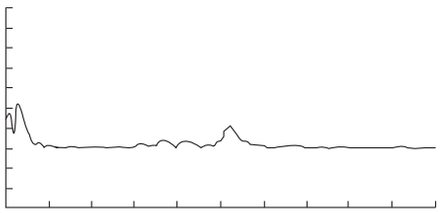


图 2　验收评定流程图

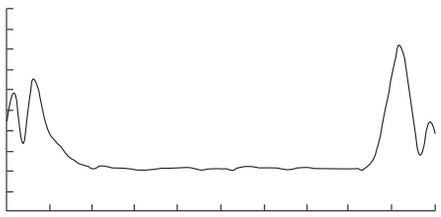
（下转第 77 页）



(b) 土质异物 ϕ10 mm,端口短路

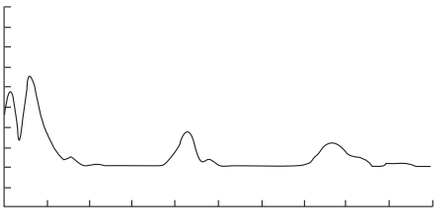


(c) 金属异物 ϕ1 mm×100 mm,端口开路

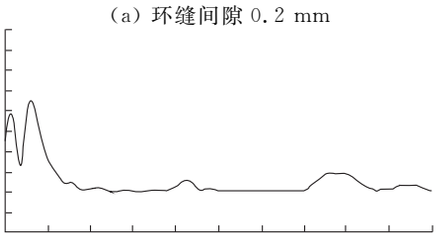


(d) 内沙石胶囊 ϕ10 mm×20 mm 异物,端口开路

图 2 传热管异物检测的反射曲线形状示例



(a) 环缝间隙 0.2 mm



(b) 环缝间隙 0.1 mm

图 3 不同环缝间隙时的反射曲线(管端开口)形状示例

问题 84 请举实例说明不连续点的检测?

答:以某公司的冷凝器管环裂缝的检测为例,用导行波检测技术对热交换管进行环向裂缝的检查,检测曲线如图 3 所示。由图可知,可以发现开裂 0.1,0.2 mm 的不连续裂缝间隙,而且 0.2 mm 反射峰值更高,更容易被发现。

问题 85 导行波检测技术无法探测到哪些缺陷?

答:主要是还不能探测到管件的纵向或轴向裂缝,也就是它无法检测纵向或轴向裂缝。这从理论上是可以解释的。在通讯应用中,波导裂缝方位常常开成斜的或横向的。纵向裂缝无电磁波辐射,所以,测量线在进行精密测试时,直接沿轴向开槽,并用探针取出波导管内功率。

问题 86 导行波检测技术如何进行现场检测?

答:根据现场条件选择合适的手持式传感器。比如导行波的中心频率为 15.9 GHz,其工作频带为 13.4~18.4 GHz。通过软件仿真可知,高次模在某频带会产生谐振尖峰,导致传感器的反射系数急剧增大。那么再一次进行修正,直至完全匹配为止。传感器通过利用仪器内置射频导行波功率源输出,经过转换器和探头(与被测传输线匹配的金属管),产生在金属管内传输的导行波,被测金属管可以是短路,也可以是开路状态。这样就可以实现传感器的双向功能。

(未完待续)

(上接第 69 页)

5 结语

新版 GB/T 11345 系列标准的技术内容与焊缝超声检测国际标准保持一致,有利于国际无损检测检测交流合作,其中 GB/T 29712 验收等级标准最大程度地体现了这一变化趋势。希望此文能帮助无损检测工作者了解并正确运用该标准。

参考文献:

[1] 庄志强,丁杰,姜炜. 新版 GB/T 11345 标准的主要内容及与旧版本的比较[J]. 无损检测,2013,35(6):63-65,68.

[2] ISO 5817 Welding-Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded)-Quality levels for imperfections[S].

[3] ISO 17635 Non-destructive testing of welds-General rules for fusion welds in metallic materials[S].