

# 焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤

尹宏刚

(黑龙江省龙安试验检测有限责任公司, 哈尔滨 150040)

## Ultrasonic Testing of the Welds in the Steel Space Grid Structure with Ball-Welded Joints

YIN Hong-gang

(Heilongjiang Long'an Nondestructive Testing Company, Harbin 150040, China)

中图分类号: TG115.28

文献标识码: B

文章编号: 1000-6656(2006)02-0104-04

随着新型钢结构焊接球节点钢网架的广泛应用, 对其进行超声波探伤的要求也日益提高。由于该网架结构有其特殊性, 工作中需不断探索新知识, 总结新经验, 以便更好地检出缺陷, 保证工程质量。

### 1 焊接球节点钢网架的结构及其焊接特点

网架主体由空心球和相互支撑的钢管杆件焊接而成, 结构见图 1<sup>[1,2]</sup>。杆件和球的规格见表 1<sup>[3]</sup>。对图 1b 所示焊接结构要求用手电弧焊完全焊透, 坡口为单 V 形, 只能从杆件侧进行单面探伤。采用一次波和二次波扫查, 无形中增加了探伤难度。

表 1 杆件及球的规格 mm

| 名称   | 规格    | 名称  | 规格     |
|------|-------|-----|--------|
| 杆件 A | 60×4  | 球 2 | 150×4  |
| 杆件 B | 76×4  | 球 3 | 200×6  |
| 杆件 C | 89×4  | 球 4 | 300×12 |
| 杆件 D | 114×4 | 球 5 | 350×14 |
| 球 1  | 120×4 | 球 6 | 400×14 |

### 2 焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤工艺

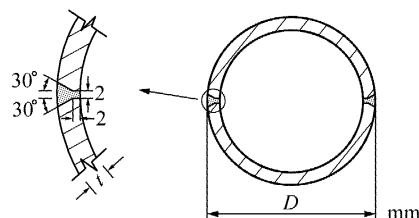
#### 2.1 检验委托单

检验委托单应详细列出探伤比例以及空心球和杆件规格等相关数据。

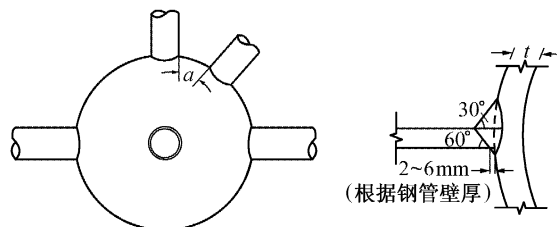
#### 2.2 设备和试块

##### 2.2.1 探伤仪

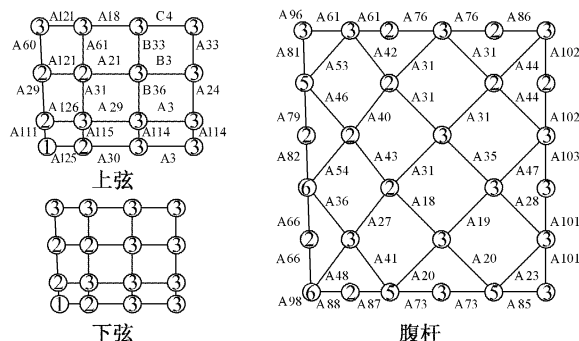
可选用 CTS-22 型, 如用数字式探伤仪效果会



(a) 不加肋的空心球结构



(b) 球杆焊缝结构



(c) 网架局部结构

图 1 焊接球节点钢网架结构图

更好。仪器的各项性能见 JG/T 3034.1—1996 标准<sup>[4]</sup>的 4.1 节。

收稿日期: 2005-06-17

2.2.2 探头<sup>[4~6]</sup>

检验球杆焊缝宜采用横波斜探头,在满足探伤灵敏度的前提下以使用频率 5 MHz、大角度、短前沿的斜探头为主。斜探头频率为 5 或 2.5 MHz,晶片尺寸 6 mm×6 mm,钢中折射角  $\beta=60^\circ\sim 70^\circ$  ( $K=1.5\sim 3.0$ ),前沿 $\leq 5$  mm。

笔者在实际探伤中发现使用电力系统小径管专用探头效果更好,其优点是①始杂波占宽很小,这对薄壁管探伤尤为重要。②信噪比高,对杂波抑制能力强,缺陷波明显。当管材半径 $\geq 0.25W$  ( $W$ 为探头底部宽度)时应把探头磨成和工件相同的曲率,注意斜探头的折射角 $\geq 70^\circ$ ,防止变型波和球底面反射波影响缺陷判别。然后如图 2 所示,利用 CSK-IC 试块的 R 50 mm 和 R 25 mm 弧面测定探头的前沿,利用  $\phi 6$  mm 和  $\phi 8$  mm 通孔测定探头的折射角,利用不同深度的  $\phi 3$  mm 孔绘制距离-波幅(DAC)曲线。

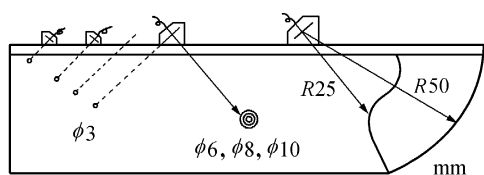


图 2 用 CSK-IC 试块测定探头前沿、折射角和 DAC 曲线

2.2.3 耦合剂<sup>[4]</sup>

耦合剂应选用具有良好透声性和适当流动性的液体或糊状物,并对人体和材料没有损伤,易于清除,如机油、甘油和浆糊等。校核各项参数时用的耦合剂应与检验钢网架焊缝的耦合剂相同。

2.2.4 试块<sup>[4]</sup>

CSK-IB 型标准试块主要用于测定接触面未经研磨的新探头和系统的性能。

CSK-IC 型钢网架试块用于现场标定和校核探伤灵敏度与时基线,绘制距离-波幅曲线,以及测定系统性能等。它是由三块各种曲率半径的试块组成的一套试块,可用于检验探伤面曲率半径为 0.9~1.5 倍的工件。

RBJ-I 型试块用于评定焊缝根部未焊透程度。五块小径管 DL-I 型试块为一套补充对比试块。

2.3 检验准备<sup>[4]</sup>

## 2.3.1 距离-波幅(DAC)曲线

采用在 CSK-IC 试块上实测的  $\phi 3$  mm 横通孔反射波幅数据和表面补偿数据,按表 2 所示灵敏度

表 2 DAC 曲线的灵敏度

| 曲线名称    | 灵敏度值      |
|---------|-----------|
| 判废线(RL) | DAC       |
| 定量线(SL) | DAC-10 dB |
| 评定线(EL) | DAC-16 dB |

要求在坐标纸或示波屏上绘制 DAC 曲线。

网架的杆件多为小径管,壁厚较薄,一般为 4~8 mm,最薄的为 3.25 mm,探伤时多使用一次波。为了方便观察反射波,最好进行深度定位,即把 CSK-IC 试块上 5 和 10 mm 深的横孔最高反射波调到图 3 所示位置。

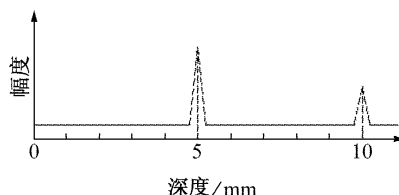


图 3 深度定位波幅调节位置

## 2.3.2 探伤面

球杆焊缝采用 A 级检验等级,单面单侧探伤,采用一次和二次反射波。受检区为焊缝自身宽度加上管材侧相当于管壁厚度  $\delta$  的一段区域,最大为 14 mm。探头扫描宽度为在管材侧 $>1.75 P$  ( $P$ 为斜探头的探伤跨度, $P=2 K\delta$ )。

超声波探伤应在焊缝外观检查合格后进行,按面向球体顺时针方向划分 12 个区域并编号。

检查前,必须对探伤面进行清理,除去扫查区内的焊接飞溅、铁屑、油污和影响透声效果的涂层,一般补偿 4dB;还应了解焊缝的材质、曲率、厚度、焊接工艺、坡口形式和高度等情况。

## 2.4 检验方法

与现行的各类探伤标准大致相同,详见 JG/T 3034.1 标准<sup>[4]</sup>的第 7 和 8 款。

## 3 缺陷的判定

## 3.1 根部缺陷的判定

网架小径管焊缝中大多数缺陷(如裂纹、未熔合和未焊透等)都产生在焊缝根部,根部缺陷的判定非常重要。但中小径管壁厚变化较大,有些管子与公称尺寸相差 0.5 mm,使根部和靠近根部的缺陷反射波与错边和焊瘤等产生的干扰波不易区分。因此,当发现焊缝根部出现一定高度的反射波时应对焊缝单侧壁厚进行准确测定,用按深度比例调节的

仪器扫描,对缺陷准确定位,结合探头所在位置对反射波进行认真分析,在仪器荧光屏上标出一次和二次波最大深度的标记(图4)。下面的缺陷波形分析均依据图4,管材壁厚为4 mm,空心球规格为 $\phi 150 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ 。

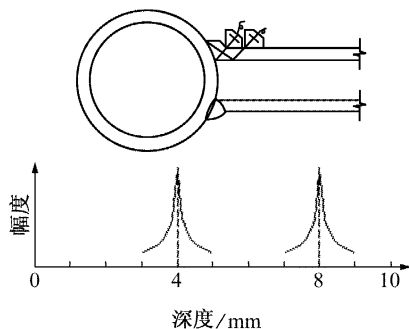


图4 根部缺陷的判定

### 3.2 缺陷位置的确定

缺陷的深度可从仪器上直接读出,用缺陷深度乘以探头声束波折射角的正切值( $K$ 值)减去探头前沿长度即得到探头前端到缺陷的水平距离。

### 3.3 缺陷大小的确定<sup>[7]</sup>

(1) 条状缺陷 当缺陷长度等于或大于声束直径时,可用半波高度法或端点半波高度法来测定缺陷的指示长度。

(2) 点状缺陷 用其回波与CSK-IC型试块上 $\phi 3 \text{ mm}$ 通孔的回波幅值之差作为评定依据。

## 4 探伤波形分析<sup>[8]</sup>

### 4.1 缺陷反射波判别

#### 4.1.1 一次波探伤

一次波标记点前出现的反射波均为缺陷波;位于一次波最大深度标记点上的反射波,要看其对应反射体的位置,如反射体位于焊缝中心或探头侧,则判为缺陷。一次波主要探焊缝中下部缺陷(图5)。

#### 4.1.2 二次波探伤

一次和二次波标记点之间的反射波可能是缺陷波,如二次波在内壁上的折转点在焊缝外面,反射体位于焊缝中,则判为缺陷波;如二次波在内壁上的折转点在焊缝里面,该反射波不能作为判别依据。二次波探伤主要发现焊缝中上部缺陷(图6)。

### 4.2 典型缺陷的反射波形<sup>[5]</sup>

(1) 裂纹 一般来说回波高度较大,波幅较未焊透窄,会出现多峰,探头平移时反射波连续出现,波峰随裂纹的走向发生变化。探头转动时,波峰有上下错动现象。网架球杆焊缝中的裂纹多为应力集

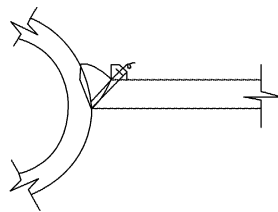


图5 一次波探伤

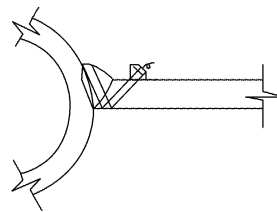


图6 二次波探伤

中引起的,由于没有夹杂物,从波形的包络线看,缺陷反射波的前后沿没有杂波(图7)。实际探伤时要特别注意,有时缺陷的反射波不高,但波形特征与裂纹相同的也应判为裂纹。该种裂纹的形成原因是,焊缝点焊后没及时焊接,从而出现应力裂纹,以后施焊时没有打磨点焊的位置就直接施焊,使裂纹的开口和深度都比施焊前小。

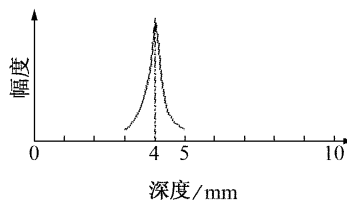


图7 裂纹的波形

(2) 未焊透 一般位于焊缝中心线上,有一定长度,反射波高,探头平移时,其波形稳定。从反射波的包络线看,波幅宽,脉冲前后沿有杂波,主峰出现双峰,由根部反射和肩台反射造成(图8)。

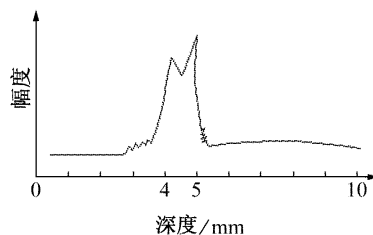


图8 未焊透的波形

(3) 未熔合 焊缝中未熔合很少单独出现,多伴随着未焊透和夹渣共同出现。从反射波的包络线看,波幅介于裂纹和未焊透之间,脉冲前后沿杂波少,主峰较高且呈单峰(图9)。

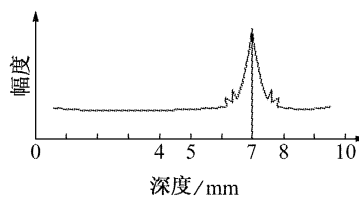
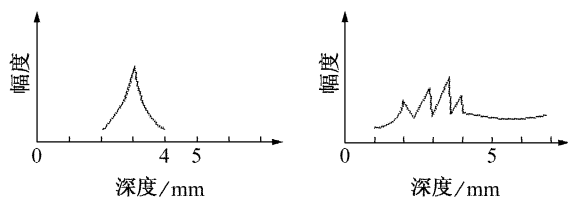


图9 未熔合的波形

(4) 夹渣和气孔 网架焊接一般采用 J422 焊条,焊缝中夹渣和气孔很少,即使出现反射波也不高,多数都在标准要求范围内,波形如图 10 所示。



(a) 单个气孔 (b) 群气孔和夹渣

图 10 气孔和夹渣的波形

### 4.3 伪缺陷波的判别

#### 4.3.1 焊缝根部成形的影响

当根部成形较好时,一般无反射波或反射波较弱;当根部成形不良(如焊接透度较大、成形不规则或咬边等)时,均有反射信号。其波形特点与未焊透等根部缺陷相似,有时位置相同,其反射强度随根部成形所构成的反射条件而异。

区别的方法有,① 尽量准确地按深度调整时基线,内成形反射波略大于一次波标记点。② 用水平定位法区别,根部成形反射波水平定位在偏离焊缝中心线远离探头一侧,而根部缺陷水平定位则应在焊缝中心线或偏离焊缝中心线靠近探头一侧。

#### 4.3.2 扩散声束引起的余高反射波



(上接第 103 页)

扰,利用加于 X 射线管窗口的窄视野窗口铅屏隔离散射线,图 5 为加窗口铅屏前后的灵敏度,可见 X 射线实时成像系统的灵敏度可提高 1%~2.5%。

### 3 图像处理的影响

X 射线实时成像系统有几次光电转换,它使有效图像信号衰减,噪声信号增大,因此导致对比度、清晰度和分辨率降低。为了解决这个问题,对图像视频信号进行实时图像处理。视频信号由中心控制器输入非线性变换图像处理器,进行位相编码,经处理后噪声信号消弱,从而提高了信噪比,增强了图像清晰度和灵敏度。

另外,对获取的图像作积分降噪、伪彩色处理、图像反转、局部放大、灰度和对比度调整等处理,也

由于被探小径管壁厚较薄,当一次波主声束后面的扩散声束经底面反射到焊缝余高时,将产生反射波,正好处在一次波和二次波标记点之间,有时易误判为焊缝中上部缺陷,可根据探头位置和水平定位或用沾油的手指拍打焊缝面来识别。

### 5 结语

以上介绍了焊接球节点钢网架焊缝结构及其超声波探伤工艺,并分析了典型缺陷的反射波形,提供了一些伪缺陷波的判别方法,供同行借鉴和参考。

#### 参考文献:

- [1] JGJ 7—1991,网架结构设计施工规范[S].
- [2] JGJ 78—1991,网架结构工程质量检验评定标准[S].
- [3] JGJ 81—2002,建筑钢结构焊接技术规范[S].
- [4] JG/T 3034.1—1996,焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法[S].
- [5] 日本学术振兴会编,李靖译,超声波探伤法[M]. 广州:广东科技出版社,1981.
- [6] DL/T 5048—1995,管道焊接接头超声波检验法[S].
- [7] 全国锅炉压力容器无损检测人员资格考核委员会. 超声波探伤[Z]. 北京:中国锅炉压力容器安全杂志社,1995.
- [8] GB 50205—2001,钢结构工程施工质量验收标准[S].

可显著提高检测灵敏度和信噪比。积分降噪是较常用的处理方法之一,利用多幅图像连续叠加的原理,大幅度地衰减噪声信号,提高信噪比。连续叠加图像的幅数在 100 以内比较合适,过少达不到效果,过高积分时间过长,影响检测效率。经过一系列图像处理,灵敏度通常可提高 0.2%~1.5%。

### 4 结论

基于图像增强器的 X 射线实时成像系统仅仅是非胶片成像技术的第一代产品,由于受器件本身结构的限制,该系统具有图像噪声大、灵敏度低、对比度差、图像变形等缺点,但是,可以通过使用小焦点电源、合理的检测规范、窄视野窗口铅屏和合适的图像处理方法大幅度地提高 X 射线实时成像系统的灵敏度和清晰度。



请新老读者尽快去邮局办理 2006 年度《无损检测》订阅手续,本刊邮发代号为 4-237。漏订第 1 季度期刊的读者请与本刊发行部联系补购,联系电话:021-65556775×311。