

任务书

I、题目：

超声波检测缺陷高度的方法讨论

II、使用的原始资料(数据)及设计技术要求：

1、超声检测设备一套；计算机

2、毕设要求：

(1) 查找超声波检测缺陷高度的相关资料；

(2) 掌握超声检测原理；

(3) 掌握利用超声检测缺陷高度的工艺；

(4) 数据处理。

III、工作内容及完成时间：

1、查找超声检测缺陷高度的相关资料并撰写开题报告； 03.09—04.10

2、研究尖端衍射信号测量法； 04.11—04.15

3、研究波型转换法等其它方法； 04.16—04.30

4、研究该工件的超声检测工艺； 05.04—05.15

5、完成数据处理； 05.16—05.31

6、总结并撰写论文，答辩。 06.01—06.26

IV、主要参考资料：

[1]牛向东. 超声端点反射法测量裂纹自身高度的数字处理方法[J]. 无损检测, 2001, 23(7):298~301.

[2]吴章勤, 艾川, 王闸. 裂纹类缺陷自身高度的超声波测量[J]. 云南电力技术, 2004, 32(4):41-43.

[3]夏建国, 湛宏, 韩君. 衍射波法测定裂纹高度时的最小可测高度和高度测试精度[J]. 锅炉制造, 2001, 108(2):64-66.

[4] Maria V. Felice. Accurate depth measurement of small surface-breaking cracks using an ultrasonic array post-processing

[5]庞天国, 罗涛. 超声端点衍射法测量在役管道木材疲劳裂纹高度[J]. 无损检测, 2012, 34(6):76-78.

声波检测缺陷高度的方法讨论

摘要:由断裂力学可知,在评估零件是否会因某处缺陷而失效时,缺陷的自身高度与其距工件表面的距离都是非常重要的关键因素。本文主要对确定缺陷的自身高度的几种方法进行讨论。

常用的检测方法有 6dB 法,端点衍射法,端点反射法。此外还有当量法与表面波法等。6dB 曲法是超声测量缺陷长度的传统方法,也能够用来检测高度。其易于掌握,但适用范围有局限且误差较大。端点反射法是通过测量声波入射到裂纹顶端所产生的回波声程差来测定裂纹高度的,精度比较高。端点衍射法是本文着重探究的方法,选择三处不同尺寸的垂直于表面的开口缺陷,并在开口同侧面与异侧面分别进行测量,并用 6dB 法对同一缺陷进行验证。端点衍射法的难度较高,测量缺陷深度的基本原理是波的衍射,当超声波能量传播到缺陷端部时,其中所产生的衍射波会和其端点反射波一同被探头接收,在显示屏上衍射波可以通过反射波来确定,即位于端点反射波旁的第一个小波为衍射波。确定缺陷两端点所产生的衍射波后,通过测量它们之间的延迟时间差值,可计算得出缺陷自身高度。但若衍射波与反射波在显示屏上过于接近不利于分辨,则难以准确测算。因为随着缺陷自身高度的减小,衍射现象会越弱。可以通过使用高频率的探头,来降低检测的误差。

关键词: 超声 缺陷高度 6dB 法 端点衍射法 端点反射法

指导老师签名:

Ultrasonic Testing of Height of Defect

Abstract: The fracture showed that, in assessing whether the part will fail for some defects of height and distance from the surface of the workpiece is very important key factors. This article mainly to discuss several methods of determining defect height. Detection methods are commonly used by 6dB, endpoint diffraction reflection method endpoint. In addition equivalent method and surface-wave method. 6dB method is the traditional method of ultrasonic measurement of defect length can also be used to detect high. It is easy to grasp, but the scope limitations and errors. Endpoint by measuring the acoustic reflection method is echo of the incident to crack the top acoustic-path difference measurement of defect height, precision is high. Tip diffraction methods are ways of pushing back the probe choose three perpendicular to the surface-breaking defects in various sizes and opening with sides measuring with different sides, respectively, and 6dB method verify the same defect. Endpoint method of degree of difficulty is high, measuring defect depth is the basic principle of wave diffraction when ultrasonic energy transmitted to the defect at the end, the diffraction of waves reflected waves received by the probe and its ends, diffraction-wave can be determined by reflection on the display, namely first located close to end reflection wavelet for diffraction wave. After you determine the diffraction wave arising out of defects at both ends, by measuring the delay between the values can be calculated flaw height. But if the diffraction wave and reflected wave is too close against the resolution on the display it is difficult to accurately measure. With decreasing defect height, diffraction is weaker. By using high-frequency probe to reduce test error.

Keywords: Ultrasonic defect height 6dB ultrasonic tip diffraction technique tip echo method

Signature of Supervisor:

目录

第 1 章 绪论

1.1 测量缺陷深度的重要性.....1

1.2 发展与现状..... 2

第 2 章 实验原理

2.1 6dB 法..... 4

2.1.1 检测原理 4

2.1.2 检测方法 5

2.2 端点衍射法: 6

2.2.1 衍射原理: 6

2.2.2 测高方法..... 8

2.3 端部最大回波法 11

2.3.1 检测原理 11

2.3.2 测高方法 11

2.4 波形转换法 13

2.5 当量法..... 14

2.6 表面波法..... 14

第 3 章 实验

3.1 实验准备..... 15

3.1.1 CTS-1010 数字超声探伤仪..... 15

3.1.2 耦合剂 16

3.1.3 探头 16

3.1.4 试块 17

3.2 实验步骤..... 17

第 4 章 总结

4.1 分析..... 错误!未定义书签。

4.2 结论 错误!未定义书签。

参考文献 25

致谢 错误!未定义书签。

超声波检测缺陷的方法讨论

第 1 章 绪论

1.1 测量缺陷深度的重要性

对于缺陷的深度进行准确的测量相当重要，在一些高精尖的行业领域，如航空航天、石化、电力与核等领域内尤为甚。当零件中的裂纹超过临界裂纹尺寸时，该零件就会失效。当零部件的生产尤其是在役过程中，若未能发现并及时更换或维修失效零件，往往会造成灾难性的破坏。上个世纪五十年代，投入航线的 9 架“彗星”号客机，竟有 3 架在不到一年的时间里空中解体，而裂纹缺陷就是罪魁祸首。且在飞机解体前，裂纹导致机舱内气压突然下降，使人体肺部气体急剧膨胀而破裂，就已造成乘客死亡。在此事故之前人们对于裂纹的认识不足，正是这个惨痛的教训，才使得对疲劳裂纹的研究广泛开展。2011 年北京某处电梯发生了导致人员伤亡的严重事故。经据分析，该事故起因于电梯驱动主机与前座板的一根联接螺栓的疲劳断裂，导致主机支座移位，上行扶梯下滑。但若零部件一旦检出裂纹便将其判为废品，无疑是种极大的浪费。利用断裂力学的理论则可以确定已有的微小裂纹是否有可能扩展至使零件失效的程度。但在确定断裂力学参量如应力强度因子时，需要用到裂纹的确切位置和大小等信息。因此我们必须准确测量出裂纹的深度，这样才能有效地评估其对系统产生的影响是否危害到整体的稳定性等。对于较为微小的裂纹，测量其尺寸尤为有意义，因其危害性相对不大，加以维修常常不至于影响工件的正常使用。而超声检测作为无损检测领域内最为常用的方法，常用于对缺陷定量检测。断裂力学证明受压部件中平面缺陷（如裂纹）穿过壁厚的径向长度（自身高度），缺陷距表面及与其它的距离等都是评估其有效与否的关键因素，且平行于部件表面的裂纹危险性要小得多^[1]。且在 RSEM、ASME 标准及国标 JB/T4730-2005 中，均明确指出在役设备若在实际检测中发现缺陷回波，对位于定量线与定量线以上的缺陷及已经判定为危害性的缺陷，都应进行埋藏深度、缺陷取向、自身高度和缺陷位置等参数的测定。

1.2 发展与现状

早期，超声波检测仪仅采用模拟信号分析，除少数先进设备外仅有 A 扫描形式，对无损检测人员的经验要求非常高，需要依靠人工记录波形、分析计算才能得出裂纹的深度。八十年代后期，单片机技术的不断发展使得超声波信号的数字化采集分析成为可能，国内外相继研发了数字式超声检测仪，提高了检测尤其是定性测量的效率，结合断裂力学，可进一步对构件的强度和剩余寿命做出评估。近十几年来，许多另外神经网络技术在超声检测中的运用也越来越广泛，其主要是实现缺陷类型的识别，如何利用神经网络与超声技术结合测量缺陷大小的研究较少。较为显著的研究有 L. N. Konmsky 等，其团队实现了利用工人神经网络对缺陷大小的定量识别，将时域反射透射幅度比选为特征量，取得了令人满意的准确度。目前，将成像技术、信号分析与处理技术、自动化控制技术人和工智能技术应用在超声检测中已经成为发展趋势。逐步实现通过图像来直观展现内部缺陷，利用现代数字信号处理技术来替代人工主观判断计算来进行缺陷的定性定量分析和无损评价。

近年来我国利用数字波形相位延时技术，并研发成功多通道相控阵超声检测实验系统，其发射延时分辨率也屈指可数。另外中国石油天然气管道科学院与各单位联合，采用电子方法及对超声波的相位控制，实现了超声波声束偏转和聚焦。相比国外同类产品，增添了三维动态缺陷显示功能，还能实现横向裂纹的扫描检测。我国利用数字化多通道超声检测技术加以结合自动化控制技术，在对曲面类构件、中小型管道类的无损检测更方面有所突破。

在国外，美国的 Panametrics 公司、PAC 公司、GE 公司、德国的 Krautkraemer 公司、英国的 Sonates 公司、Ultrasonic Science 公司、法国的 SOFRATEST 公司所生产的超声探伤仪在国际上均处于领先地位。由美国 Panametrics 公司所生产的 EPOCH4PLUS 数字式手持便携式的超声探伤仪，操作简便且扫描范围广达 $1\sim 10000\text{mm}$ ，频率范围也大，模拟带宽可达 25MHz ，测量精度极高，对裂纹的深度测量误差小。德国 KrautKraemer 公司研发的 USN60 型智能超声探伤仪，自带曲率修正的三角缺陷先定位计算功能，声程范围从 1mm 至 27940mm ，覆盖从薄壁到大声程工件，且支持智能观察。但这些进口设备，购价高昂，普及程度远远不如国内同类产品。

但总体上超声检测法在缺陷的定量分析中智能程度不高，依然对检测人员

有较高的要求，因其不可得到直观的数据，需要进行进一步计算才能确定缺陷深度，一些形状不规则的工件甚至需辅以其它检测方法进行综合分析才可得出最终结果。扫查过程常受到检测人员经验及技术的影响，测量结果的准确性得不到保证。这些问题尚亟待解决。目前最广泛使用的是脉冲反射法，当采用此法测量裂纹缺陷时，纵使仪器的各项性能均非常优异，检测人员操作也十分规范，但在缺陷的定量上仍不尽如人意。例如探头平移或转动时，反射波虽会连续出现，而波幅却会改变，对检测人员的判断造成干扰，且对缺陷自身高度的测定精度有待提高，尤其是对于高度小的裂纹（ $<2\text{mm}$ ），检出率很低。美国 Marshall 研究组通过调查统计大量厚钢板焊缝的超声无损探伤情况（如表 1），发现用超声检测法确定缺陷高度的精确度不容乐观。统计表明，当缺陷高度为 6.35mm 时，缺陷检出率仅为 42% ，且误差较大。如何提高裂纹高度测量的精确度，是国内外无损检测领域共同关心的问题。

本实验主要通过用不同种方法检测同一裂纹，比较其精度，综合分析得出各种方法的优越性，旨在探究如何选择检测方法，使得超声检测对裂纹高度的测量精确度有所提高。

第 2 章 实验原理

2.1 6dB 法

2.1.1 检测原理

6dB 曲法是超声测量缺陷长度的传统方法，但也能够用来检测高度。根据声学理论可知距离增加一倍，声压级减少 6dB，在示波器上即显示为，当增益降低 6dB 时波高恰为原来的二分之一，因此 6dB 法又称半波高度法^[2]。当端部回波明显易于分辨，以端部最大回波处作 6dB 法的起点；当缺陷回波只有单峰且变化较明显时(如图 2.1) 便将最大回波处作为起点；当回波高度变化很小(如图 2.2) 则将回波迅速降落前的半波高处，作为 6dB 法测高的起点。移动探头使之偏离缺陷边缘，直到回波高度降低 6dB。此时，记录声程长度并标记探头入射点的位置，结合声束角度等信息，即可利用三角形定理计算出裂纹高度。

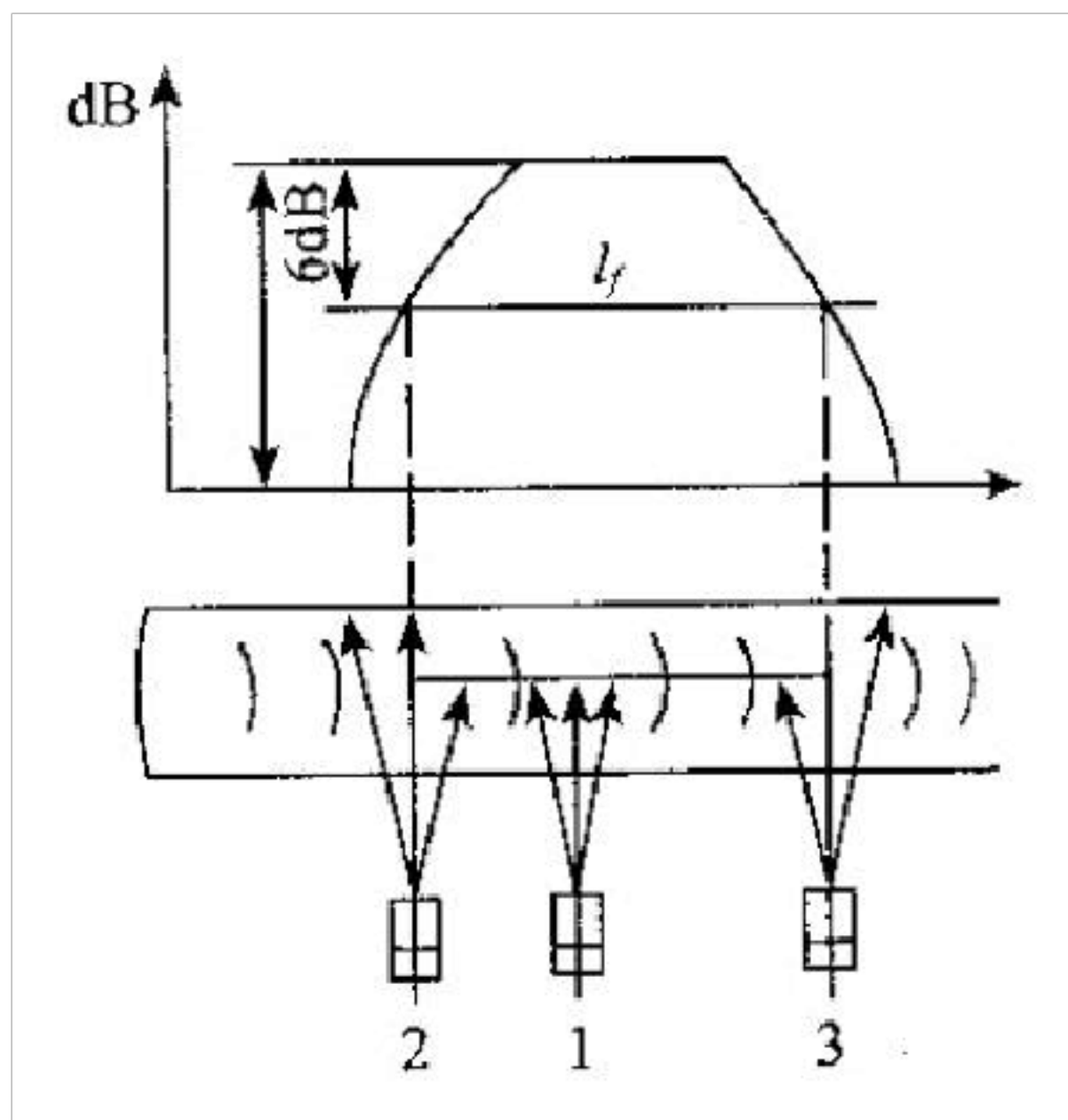


图 2.1 缺陷回波只有单峰且变化较明显

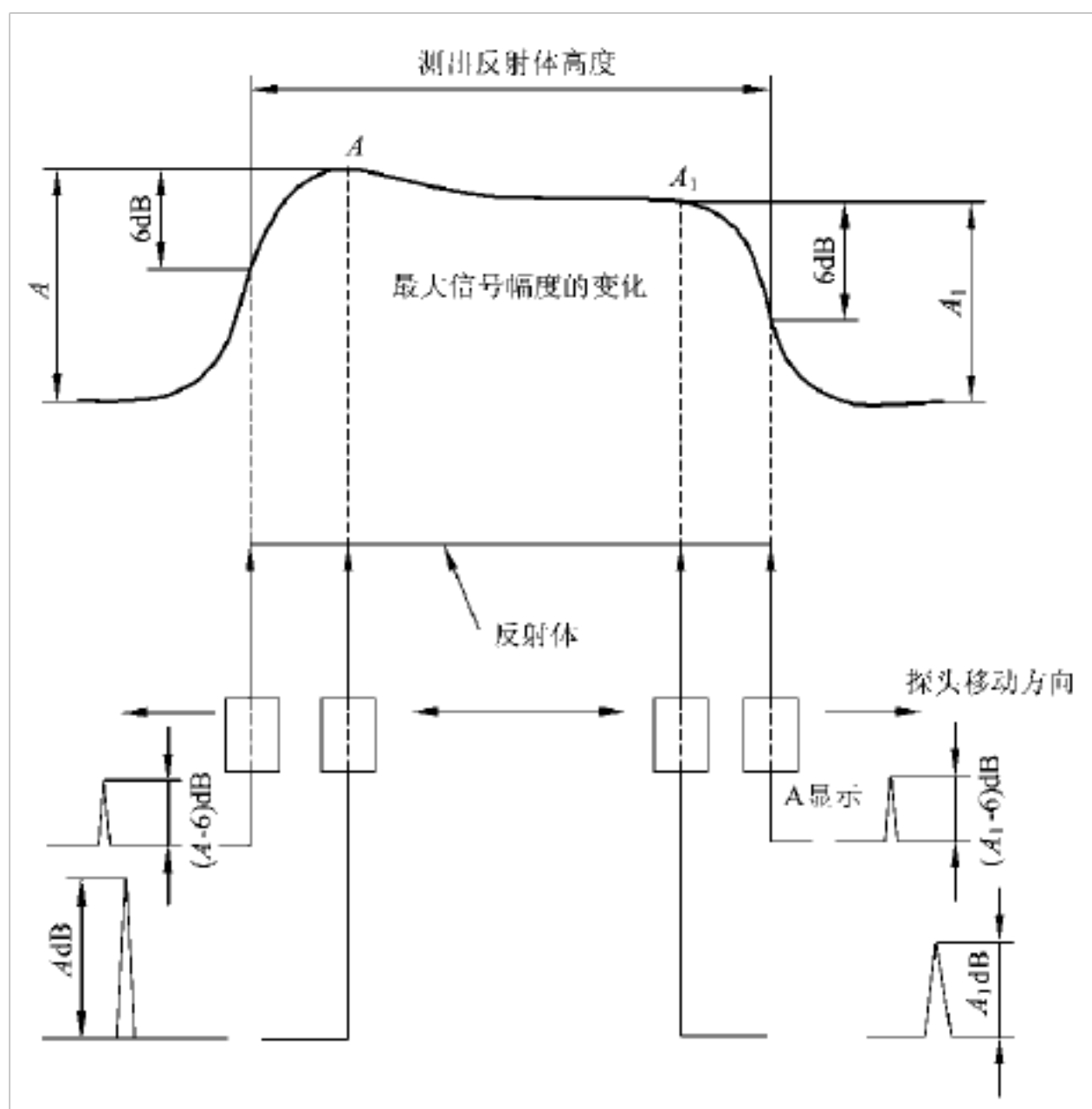


图 2.2 缺陷回波高度变化很小

2.1.2 检测方法

若裂纹为内部缺陷，则缺陷自身高度：

$$\Delta H = (W_2 - W_1) \cdot \cos \theta$$

式中： W_1 (mm) 和 W_2 (mm) 分别为声波入射点至缺陷上、下边缘位置处的声程，可直接从显示屏上读出， θ (为折射角，其正切值即为探头 K 值)。

若裂纹为表面开口缺陷：

1) 当缺陷开口处与检测面同侧时，缺陷自身高度：

$$\Delta H = W \cdot \cos \theta$$

式中： W (mm) 为入射点至缺陷下边缘位置的声程， θ (为折射角)。

2) 当缺陷开口处与检测面异侧时，缺陷自身高度：

$$\Delta H = t - W \cdot \cos \theta$$

式中： t (mm) 为壁厚； W (mm) 为入射点至缺陷上边缘位置的声程； θ (为折射角)。

2.2 端点衍射法:

2.2.1 衍射原理:

端点衍射法测量缺陷深度的基本原理是波的衍射，而声波的衍射是以散射为基础的。当声波遇到与其波长相当的障碍物或小孔时，入射波便会朝各个方向散射。由惠更斯—菲涅尔原理可知，此时障碍物或小孔附近的声场是由入射波与散射波叠加所形成，当入射波频率较低时，在障碍物附近的散射波很弱，总声场的参数基本上取决于入射声波，便产生了入射声波绕过障碍物的边缘并继续传播到其背面形成衍射波的现象^[3]。当障碍物尺寸小于波长或近似相等时，则会出现声波的衍射。不仅如此，当障碍物尺寸较大时，障碍物边缘也会出现衍射声波，并以端点为圆心呈现圆心展衍。但波长越长或障碍物尺寸越小，这种衍射现象就越明显。如图 2.3 所示即为声波衍射现象。

衍射波的强度由缺陷端部的形状与尺寸所决定的。对于裂纹及未焊透等线状缺陷，当声束对准其端部时，会得到具有对称性的柱面的散射波，其入射波和散射波叠加后所得的衍射波强度较大，比较容易识别^[4]。但如小气孔等呈圆形的缺陷，得到的散射波为较弱的球面波，入射到缺陷端部的声束界面都有一定的宽度而大部分柱孔直径都远小于声束截面积。其衍射回波强度也远小于平面状缺陷。

利用端点衍射法测量缺陷高度，当超声波能量传播到缺陷端部时，其中所产生的衍射波会和其端点反射波一同被探头接收，在显示屏上可以通过反射波来确定衍射波即位于端点反射波旁的第一个小波为衍射波。确定缺陷两 endpoint 所产生的衍射波后，通过测量它们之间的延迟时间差值，计算得出缺陷自身高度^[5]。如图 2.4 所示。

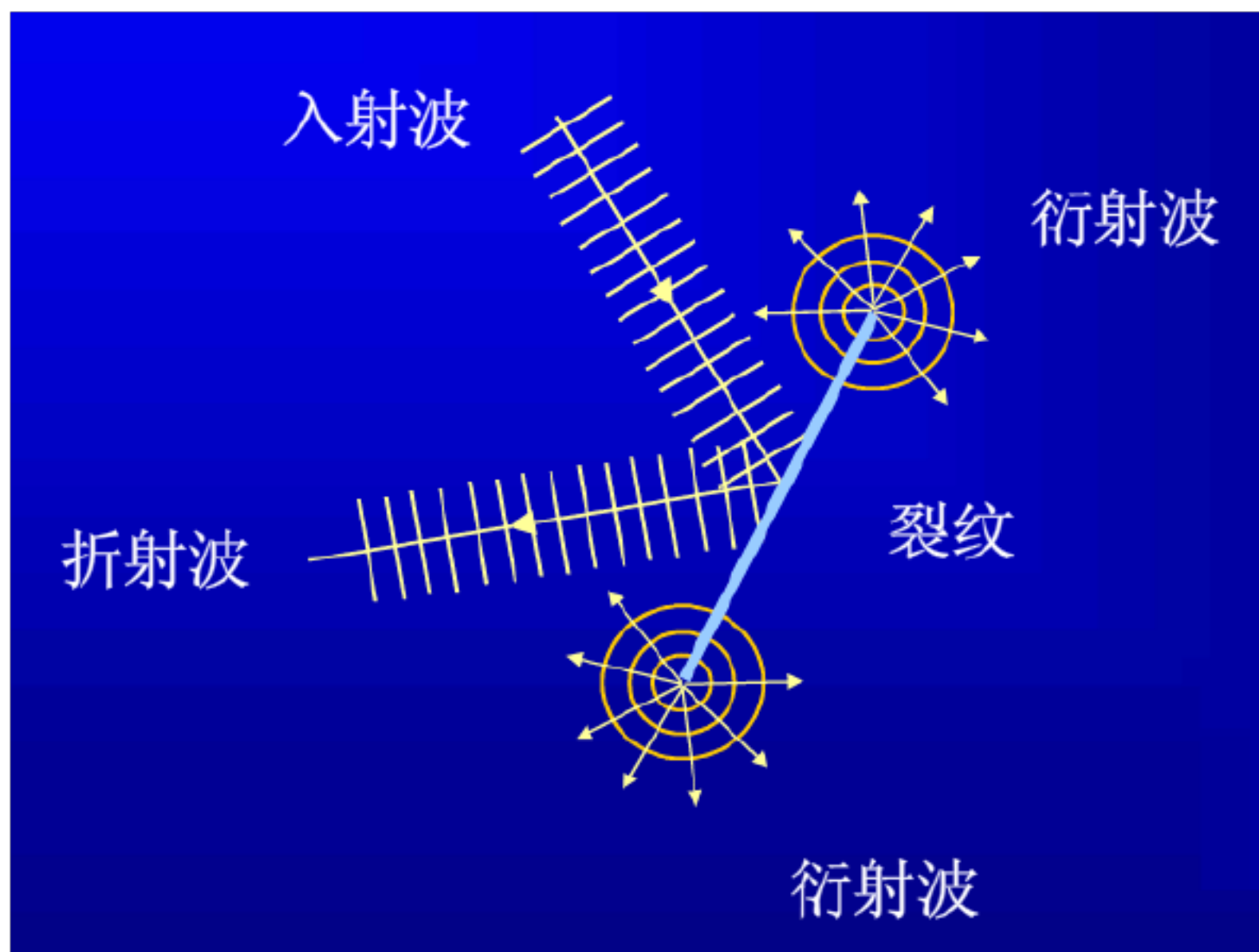


图 2.3 衍射现象

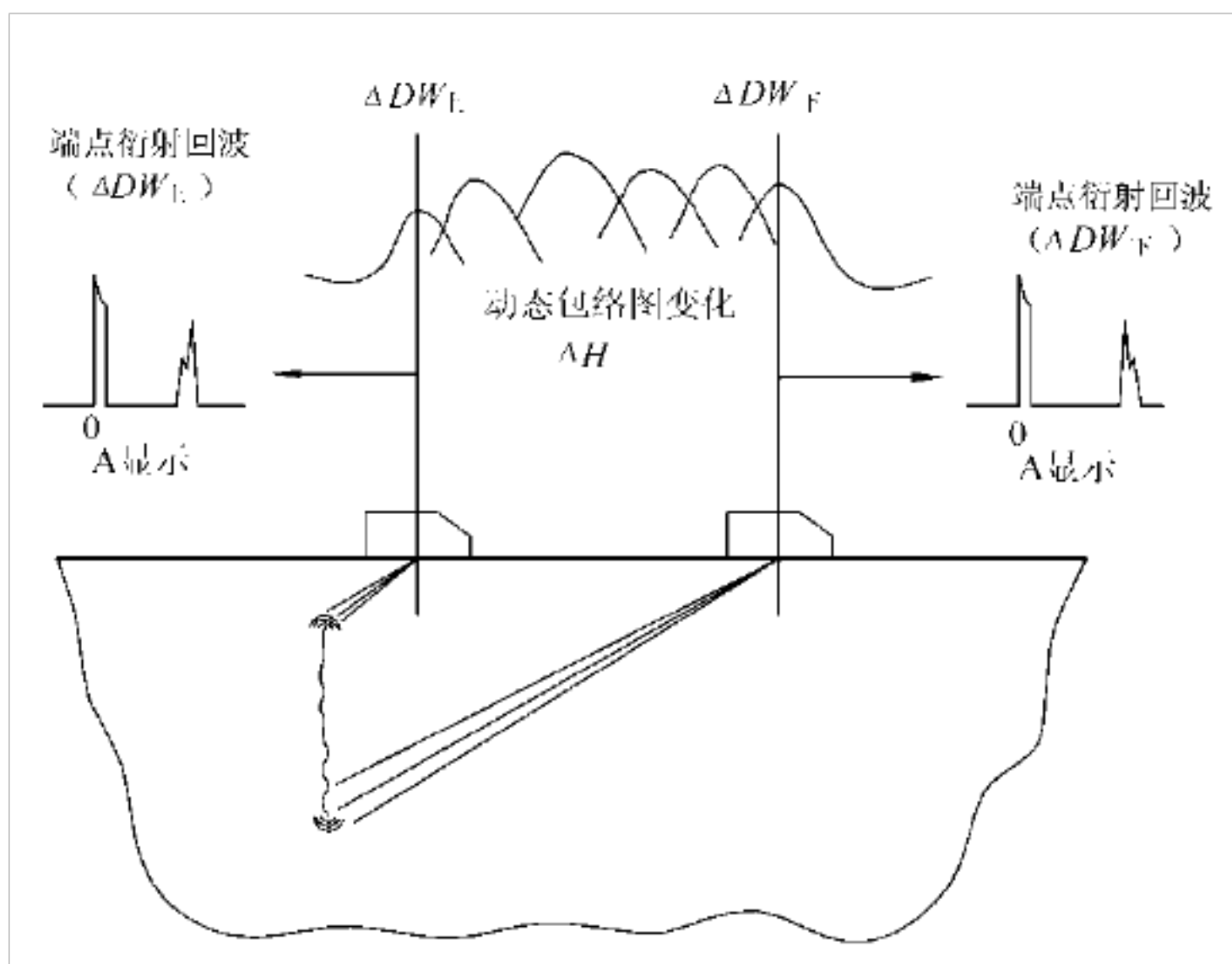


图 2.4 端点衍射回波法测缺陷自身高度

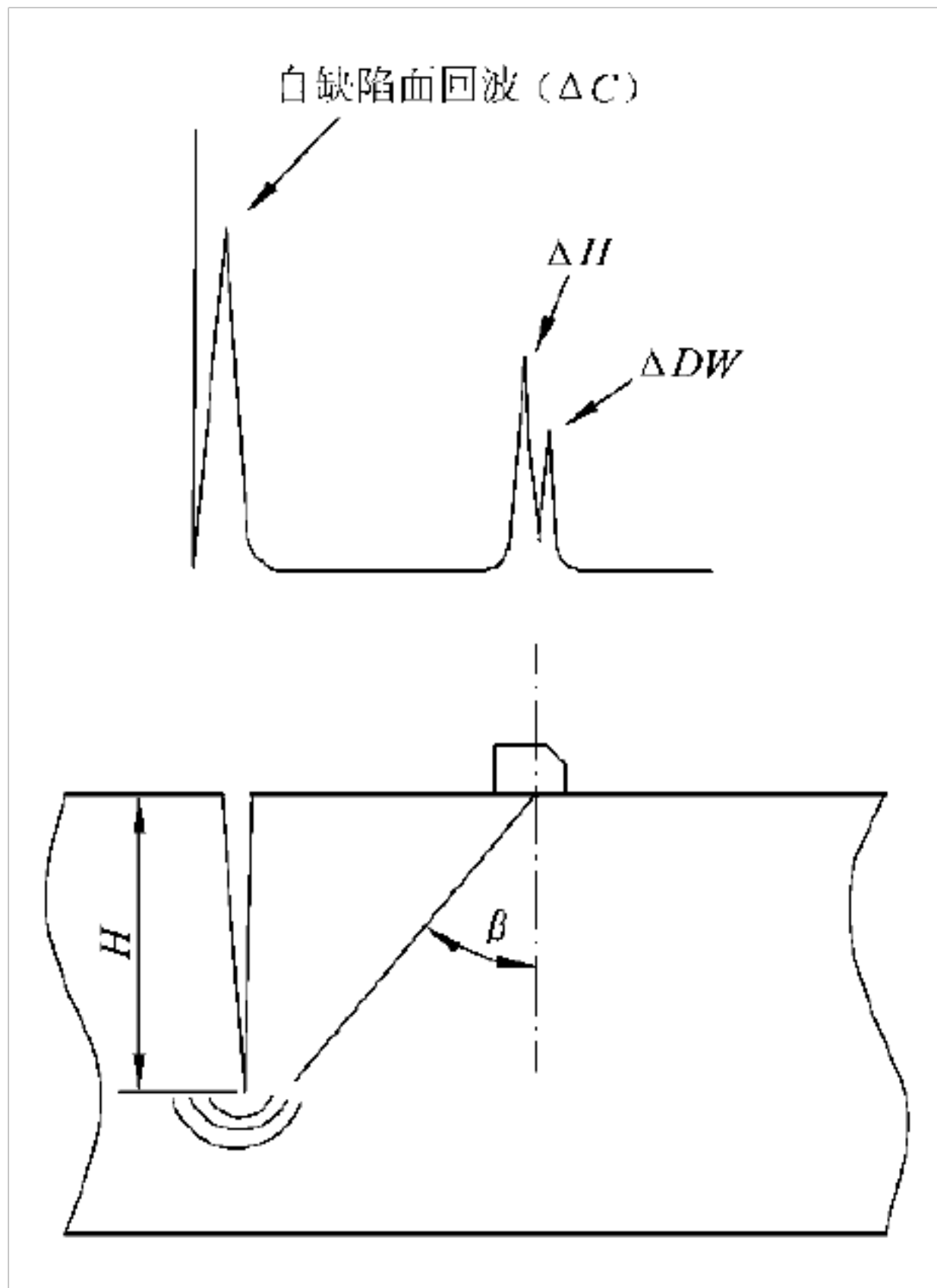


图 2.6 检测面与缺陷开口同面时

1 对于零件内部缺陷

(a) 单斜探头对零件内部垂直缺陷测高

将探头置于任一探测面，前后缓慢移动探头扫查缺陷。当找出缺陷的上下端点反射波后再微动探头，找到缺陷上端点前与下端点后紧邻出现的上下端点衍射回波入，并记录其位置，按(2.6)式计算缺陷自身高度。

$$\Delta H = \Delta D_{\text{下}} - \Delta D_{\text{上}}$$

(b) 单斜探头对零件内部倾斜缺陷测高

缓慢移动探头在探测 A、B 端点扫查缺陷，确定 A 点和 B 点衍射回波后，再精确测量探头移动距离 L_1 ，然后将探头移到对应侧，用同样的方法测得 L_2 。

见图 2.7.

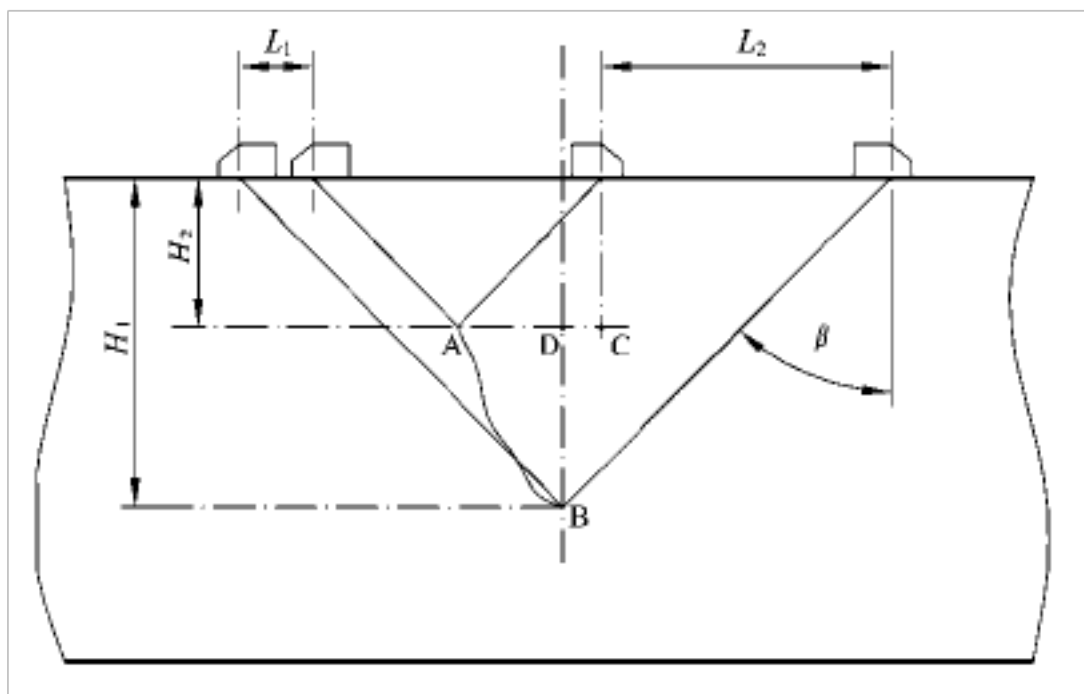


图 2.7 单斜探头对焊接接头内部倾斜缺陷测高方法

因其为倾斜缺陷，所以当 L_1 和 L_2 的数值是不等的。若其数值相等，那么可判定该缺陷为垂直缺陷。

按照式 (2.7) 可计算出缺陷的倾角 θ ：

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{L_2 - L_1}{\Delta H} \cdot \tan \beta \right] \quad (2.7)$$

则倾斜缺陷长度 AB 由三角形定理可得：

$$AB = \left[(L_2 - L_1)^2 + \Delta H^2 \right]^{1/2} \quad (2.8)$$

式中：AB —— 缺陷倾斜长度，mm； ΔH —— 缺陷倾斜高度，mm； $\tan \beta$ —— 斜探头折射角正切值； L_1 、 L_2 —— 探头从 B 点移动至 A 点的距离，mm。

(c) 双斜探头“V”形串接法测高。

当缺陷埋深较深，或是端点部的散射波淹没衍射波致使衍射信号无法识别时，则采用双斜探头“V”型串接法进行测高（见图 2.8）。

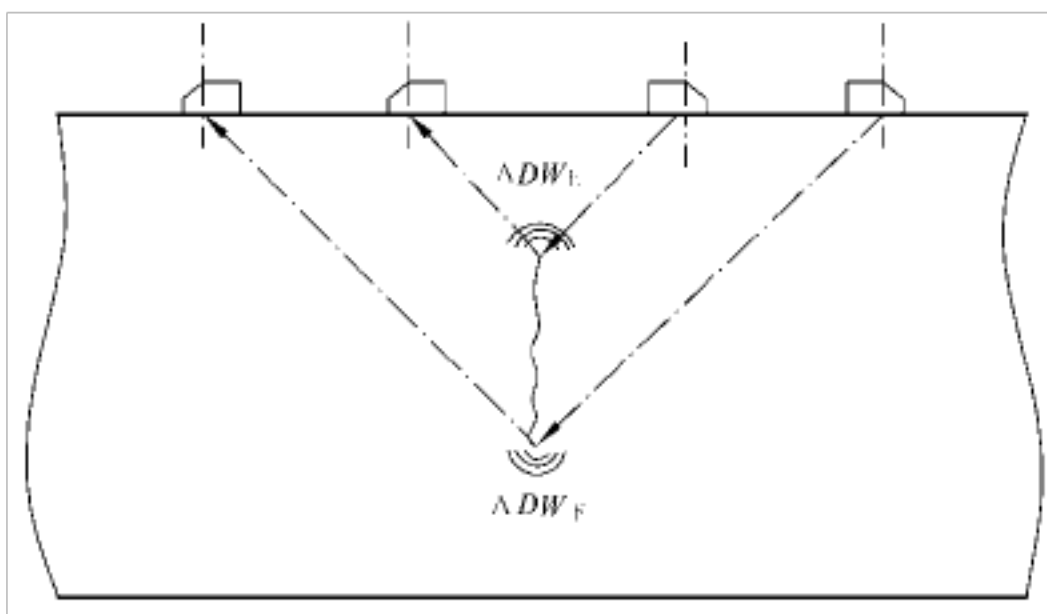


图 2.8 双斜探头“V”型串接法进行测高

按如下步骤操作：

(1) 一般选择两只相同型号且 K 值相同的球晶片聚焦斜探头，但常规探头亦可。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/606011222035011004>