

超声波检测的物理基础

是非题 (共 52 题)

1. 波动过程中能量传播是靠相邻两个质点的相互碰撞来完成的。

错，波动中介质各质点并不随波前进，而是按照与波源相同的振动频率在各自平衡位置上振动，并将能量传递给周围的质点，因此机械波的传播不是物质的传播，而是振动状态和能量的传播。

2. 波只能在弹性介质中产生和传播。

3. 由于机械波是由机械振动产生的，所以波动的频率等于振动的频率。

4. 由于机械波是由机械振动产生的，所以波长等于振幅。

错，波长是波经历一个完整周期所传播的距离，振幅是质点离开平衡位置的最大距离，两者没有任何关系。

5. 传声介质的弹性模量越大，密度越小，声速就越大。

对，声速与弹性模量 E 成正比，与密度成反比， $C = \frac{E}{\rho}$

6. 物体作谐振动时，平衡位置的势能为零。

物体作谐振动时，只有弹性力或重力做功，其他不做功，符合机械能守恒的条件，因此谐振动物体的能量遵守机械能守恒。在平衡位置动能最大，势能为 0；在位移最大位置，势能最大，动能为 0，其总量保持不变。

势能 (potential energy) 是储存于一个系统内的能量，也可以释放或者转化为其他形式的能量。势能是状态量，又称作位能。

动能：物体由于运动而具有的能量，质量相同的物体，运动速度越大，它的动能越大；运动速度相同的物体，质量越大，具有的动能就越大。

可以用从速度方面理解，当质点处于平衡位置，其速度最大，因为超过平衡位置弹力方向就转变了，速度要降低。则动能最大，而其遵循机械能守恒，则势能 0。

7. 一般固体介质中的声速随温度升高而增大。

错，声波怕热哦，温度高了体力消耗增加，跑得慢。

8. 由端角反射率试验结果推断，使用 $K \geq 1.5$ 的探头检测单面焊缝根部未焊透缺陷，灵敏度较低，可能造成漏检。

对，断面反射横波入射角 $35^\circ < \alpha_S < 55^\circ$ （即 $K=0.7-1.43$ ）时，检测灵敏度最高， $\alpha_S > 56^\circ$ 即 $K \geq 1.5$ 时，检测灵敏度较低。

9. 超声波扩散衰减的大小与介质无关。

对，超声波的扩散衰减只与波阵面的形状，与介质无关。

10. 超声波的频率越高，传播速度越快。

对 $c = \lambda \cdot f$

11. 介质能传播横波和表面波的必要条件是介质具有切变弹性模量。

对，除纵波外其他波型都需要在具有切变弹性模量介质中才能传播。

12. 频率相同的纵波，在水中的波长大于在钢中的波长。

对， $C_{钢} > C_{水}$ ， $c = \lambda \cdot f$ ， $\Rightarrow \lambda_{钢} > \lambda_{水}$

13. 既然水波能在水面传播，那么表面波也能沿液体表面传播。

错，除纵波外其他波型都需要在具有切变弹性模量介质中才能传播。

14. 因为超声波是由机械振动产生的，所以超声波在介质中的传播速度即为质点的振动速度。

错，波速：波在单位时间内传播的距离，振动是质点在平衡位置作来回往复运动，两者没有关系。

15. 如材质相同，细钢棒（直径 $<\lambda$ ）与钢锻件中的声速相同。

错

16. 在同种固体材料中，纵、横波声速之比为常数。

对，相同材质，各种波型的声速是确定的。

17. 不同的固体介质，弹性模量越大，密度越大，则声速越大。

错，声速与弹性模量 E 成正比，与密度成反比， $C = \frac{E}{\rho} \dots$

18. 表面波在介质表面作椭圆振动，椭圆的长轴平行于波的传播方向。



错，长轴 \perp 传播方向。

19. 波的叠加原理说明，几列波在同一介质中的传播并相遇时，都可以合成一个波继续传播。

错

(1) 当几列波在同一介质中传播并相遇时，相与处质点的振动是各列波引起的分振动的合成，任一时刻该质点的位移是各列波引起位移的矢量之和。

(2) 相遇后的各列波仍保持他们各自原有特性（频率、波长、振幅、振动方向等）不变，并按照各自原来的传播方向继续前进。

(3) 波的叠加原理说明了波的独立性，及质点收到几个波同时作用时振动的可叠加性。

20. 在超声波传播方向上，单位面积、单位时间通过的超声波能量叫作声强。

错，单位时间内垂直通过单位面积的声能叫作声强

21. 超声波的能量远大于声波的能量，1MHz 的超声波的能量相当于 1KHz 声波的能量的 100 万倍。

对，超声波的声强与频率的平方成正比(P30), 1MHz=103KHz, 则声强相差 106。

22. 声压差 1 倍，则两信号的分贝差为 6dB。

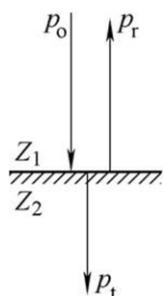
对，公式： $\Delta dB = 20 \cdot \lg(\frac{1}{2})$

23. 材料的声阻抗越大，超声波传播时衰减越大。

错，衰减与声阻抗没有关系

24. 平面波垂直入射到界面上，入射声压等于透射声压和反射声压之和。

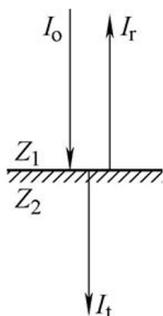
错，声压是超声场中某一点在某一时刻的所具有的压强与 $P_{静}$ 的比，是力的概念，是一个向量，遵守力的平衡。



$$P_0 + P_r = P_t$$

25. 平面波垂直入射到界面上，入射能量等于透射能量与反射能量之和。

对，声能是能量，遵守能量守恒。



$$I_0 = I_r + I_t$$

26. 超声波的扩散衰减与波型、声程和传声介质、晶粒度有关。

错，扩散衰减只与波阵面的形状有关，与介质性质无关。

27. 对同一材料而言，横波的衰减系数比纵波大得多。

对，实际中可知道横波比纵波所能检测的深度要小的多。

28. 界面上入射声束的折射角等于反射角。

错

29. 当声束以一定角度入射到不同介质的界面上，会发生波型转换。

对

30. 在同一固体材料中，传播纵波、横波时声阻抗不一样。

对， $Z = \rho \cdot c$

31. 声阻抗是衡量介质声学特性的重要参数，温度变化对材料的声阻抗无任何影响。

错， $Z = \rho \cdot c$

32. 超声波垂直入射到平面介质时，声强反射率与声强透射率之和等于 1。

对， $I_0 = I_r + I_t$

33. 超声波垂直入射到异质界面时，界面一侧的总声压等于另一侧的总声压。

对， $P_0 + P_r = P_t$

34. 超声波垂直入射到 $Z_2 > Z_1$ 的界面时，声压透射率大于 1，说明界面有增强声压的作用。

错， $1+r=t$ ，声压是力的概念，当 r, t 相位相同时， $t>1$ 。（P34）

35. 超声波垂直入射到异质界面时，当底面全反射时，声压往复透射率与声强透射率在数值上相等。

对（P38）

36. 超声波垂直入射时，界面两侧介质声阻抗差越小，声压往复透射率越低。

错，（P39）

37. 当钢中的气隙（如裂纹）厚度一定时，超声波的频率增加，反射波高也随着增加。

对（P37）

38. 超声波倾斜入射到异质界面时，同种波型的反射角等于折射角。

错

39. 超声波倾斜入射到异质界面时，同种波型的反射角总大于入射角。

错

40. 超声波以 10° 角入射至水/钢界面时，反射角等于 10° 。

对

41. 超声波倾斜入射至钢/水界面时，第一临界角为 14.5° 。

错，水/钢界面，

水/钢界面：第一临界角 14.5° ，第二临界角 27.27°

有机玻璃/钢：第一第一临界角 27.6° ，第二临界角 57.7°

有机玻璃/铝：第一第一临界角 25.9° ，第二临界角 52.4°

钢中第三临界角 33.2°

42. 第二介质中折射角的横波平行于界面时的纵波入射角为第一临界角。

错，纵波平行于界面，为第一临界角；横波平行于界面是第二临界角。

43. 如果有机玻璃/铝界面的第一临界角大于有机玻璃/钢界面的第一临界角，则前者的第二临界角也一定大于后者。

错, $\alpha_I = \arcsin\left(\frac{C_{L1}}{C_{L2}}\right), \alpha_{II} = \arcsin\left(\frac{C_{L1}}{C_{S2}}\right)$, 纵波声速大不一定横波声速也大, 比如 $C_{L:AL} = 6260\text{m/s}, C_{L:\text{钢}} = 5920\text{m/s}, C_{L:AL} > C_{L:\text{钢}}$; 而, $C_{S:AL} = 3080\text{m/s}, C_{S:\text{钢}} = 3230\text{m/s}, C_{S:AL} < C_{S:\text{钢}}$

44. 只有当第一临界角为固体时, 才会有第三临界角。

对

45. 横波倾斜入射至钢/气界面时, 入射角在 30° 左右时, 横波声压反射率最低。

对, (P41, 图 2-43)

46. 超声波入射到 $C_1 < C_2$ 的凹曲面时, 其透射波发散。

错, 汇聚, (P47 图 2-53), $C_2 - C_1 > 0$, "+" ; 凹面, "+" ; "++" => "+"

47. 超声波入射到 $C_1 > C_2$ 的凸曲面时, 其透射波聚集。

对, (P47 图 2-53), $C_2 - C_1 < 0$, - ; 凸面, "-" ; "--" => "+"

48. 以有机玻璃作透镜的水浸聚焦探头, 有机玻璃/水界面为凸曲面(从入射方向看)。

对, $C_{\text{水}} - C_{\text{有}} < 0$, - ; 凸面, "-" ; "--" => "+"

49. 介质的声阻抗越大, 引起的超声波衰减越严重。

错, 衰减与声阻抗没有关系

50. 聚焦探头辐射的声波, 在材质中的衰减小。

错, 聚焦探头只是改变了辐射角度, 没有改变波阵面形状, 和材质晶粒。

51. 超声波检测中所指的衰减仅为材料对声波的吸收作用。

错

52. 超声平面波不存在材质的衰减。

错, 不存在扩散衰减

选择题 (共 63 题)

- 以下关于谐振动的叙述，哪一条是错误的 (A)
 - 谐振动就是质点在作匀速圆周运动
 - 任何复杂振动都可以视为多个谐振动的合成
 - 在谐振动中，质点在位移最大处受力最大，速度为零
 - 在谐振动中，质点在平衡位置速度最大，受力为零

谐振动是质点在受到跟位移大小成正比、而方向总指向平衡位置的回复力作用下的振动。

谐振动是机械振动的特例，其属于机械振动，机械振动是质点在某一平衡位置附近作来回往复振动。

谐振动与做匀速圆周运动的质点在 x 轴上的运动特点完全一致，而不是就是作圆周运动。

- 超声波在弹性介质中传播时，下面哪句话是错误的 (C)
 - 介质由近及远，一层一层的振动
 - 能量逐层向前传播
 - 遇到障碍物的尺寸只要大于声束宽度就会全部反射
 - 遇到很小的缺陷会产生绕射

除了反射还有折射，遇到只要、全部、完全等绝对描述时要注意了。

- 超声波是频率超出人耳听觉的弹性机械波，其频率范围约为 (A)
 - 高于 20000HZ
 - 1—10MHz
 - 高于 200Hz
 - 0.25—15MHz

<20 HZ	20-20000HZ	>20000 HZ	
次声波	人耳范围	超声波	
		0.5-25MHz	
		常用的超声波频率	
		0.5-10 MHz	
金属材料常用的超声波频率			

$$1\text{MHz}=10^3\text{KHz}=10^6\text{Hz}$$

4. 在金属材料的超声波检测中，使用最多的频率范围是 (C)

- A. 10—25MHz
- B. 1-1000KHz
- C. 1-5MHz
- D. 大于 20000MHz

5 机械波的波速取决于 (D)

- A. 机械振动中质点的速度
- B. 机械振动中质点的振幅
- C. 机械振动中质点的振动频率
- D. 弹性介质的特性

波速与介质的弹性模量和密度和波型有关

6. 在同种固体材料中，纵波声速 CL，横波声速 CS，表面波声速 CR 之间的关系是 (C)

- A. $CR > CS > CL$
- B. $CS > CL > CR$
- C. $CL > CS > CR$
- D. 以上都不对

P:21

7. 在下列不同类型超声波中，哪种波的传播速度随频率的不同而改变 (B)

- A. 表面波
- B. 板波
- C. 疏密波
- D. 剪切波

确切的说是兰姆波 (P24)

8. 超声波入射到异质界面时，可能发生 (D)

- A. 反射
- B. 折射
- C. 波速转换

- D. 以上都是
9. 超声波在介质中的传播速度与 (D) 有关。
- A. 介质的弹性
 - B. 介质的密度
 - C. 超声波的波型
 - D. 以上全部
10. 在同一固体材料中, 纵、横波声速之比, 与材料的 (D) 有关。
- A. 密度
 - B. 弹性模量
 - C. 泊松比
 - D. 以上全部
11. 质点振动方向垂直于波的传播方向的波是 (B)
- A. 纵波
 - B. 横波
 - C. 表面波
 - D. 兰姆波
12. 在流体中可传播 (A)
- A. 纵波
 - B. 横波
 - C. 纵波、横波及表面波
 - D. 切变波
13. 超声波纵、横波和表面波速度主要取决于 (D)
- A. 频率
 - B. 传声介质的几何尺寸



www.chindt.org.cn

源创力™ 无损检测人员
培训 & 考试中心
155 1047 1527

- C. 传声材料的弹性模量
- D. 以上都不全面，须视具体情况而定

14. 超声波声速 C ，波长 λ 与频率 f 之间的关系为 (A)

- A. $C = \lambda f$
- B. $f = \lambda C$
- C. $\lambda = Cf$
- D. $C = \lambda / 2 \cdot f$

15. 钢中超声波纵波声速为 590000 cm/s ，若频率为 10 MHz ，则波长为 (C)

- A. 59 mm
- B. 5.9 mm
- C. 0.59 mm
- D. 2.36 mm

$$1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm}, 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

16. 下面哪种超声波的波长最短 (A)

- A. 水中传播的 2 MHz 纵波 (0.74)
- B. 钢中传播的 2.5 MHz 的横波 (2.36)
- C. 钢中传播的 5 MHz 的纵波 (1.18)
- D. 钢中传播的 2 MHz 表面波 (1.45, $c_L:c_S:c_R=1.8:1:0.9$)

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

17. 一般认为表面波作用于物体的深度大约为 (C)

- A. 半个波长
- B. 一个波长
- C. 两个波长
- D. 3.7 个波长

P:13. 一般认为，表面波检测只能发现距工件表面 2 倍波长深度范围的缺陷

18. 钢中表面波的能量大约在距离表面多深的距离会降低到原来的 1/25 (B)

- A. 5 个波长
- B. 一个波长
- C. 1/10 波长
- D. 0.5 波长

19. 脉冲反射法超声波检测主要利用超声波传播过程中的 (B)

- A. 散射特性
- B. 反射特性
- C. 透射特性
- D. 扩散特性

20. 超声波在弹性介质中传播时有 (D)

- A. 质点振动和质点移动
- B. 质点振动和振动传递
- C. 质点振动和能量传播
- D. B 和 C

21. 超声波在弹性介质中的速度是 (B)

- A. 质点振动的速度
- B. 声能传播速度
- C. 波长和传播时间的乘积
- D. 以上都不是

22. 若频率一定，下列哪种波型在固体弹性介质中传播的波长最短 (D)

- A. 剪切波
- B. 压缩波
- C. 横波
- D. 瑞利波

23. 材料的声速和密度的乘积称为声阻抗，它将影响超声波 (B)
- A. 在传播时的材质衰减
 - B. 从一个介质到达另一个介质时在界面上的反射和透射
 - C. 在传播时的散射
 - D. 扩散角大小
24. 声阻抗是 (C)
- A. 超声振动的参数
 - B. 界面的参数
 - C. 传声介质的参数
 - D. 以上都不对
25. 当超声波纵波由水垂直射向钢时，其声压透射率大于 1，这意味着 (D)
- A. 能量守恒定律在这里不起作用
 - B. 透射能量大于入射能量
 - C. A 与 B 都对
 - D. 以上都不对
26. 当超声波纵波由钢垂直射向水时，其声压反射率小于 0，这意味着 (B)
- A. 透射能量大于入射能量
 - B. 反射超声波振动相位与入射声波互成 180°
 - C. 超声波无法透入水中
 - D. 以上都不对
27. 垂直入射到异质界面的超声波束的反射声压和透射声压 (C)
- A. 与界面两边材料的声速有关
 - B. 与界面两边材料的密度有关
 - C. 与界面两边材料的声阻抗有关
 - D. 与入射波波型有关

28. 在液浸检测中，哪种波会迅速衰减 (D) 题目歧义

- A. 纵波
- B. 横波
- C. 表面波
- D. 切变波

29. 超声波的传播过程中，遇到尺寸与波长相当的障碍物时，将发生 (B)

- A. 只绕射，无反射
- B. 既反射，又绕射
- C. 只反射，无绕射
- D. 以上都有可能

30. 在同一固体介质中，当分别传播纵、横波时，它的声阻抗值将是 (C)

- A. 一样
- B. 传播横波时大 (横波的声阻抗大)
- C. 传播纵波时大 (纵波的声阻抗大)
- D. 无法确定

31. 超声波垂直入射到异质界面时，反射波与透射波声能的分配比例取决于 (C)

- A. 界面两侧介质的声速
- B. 界面两侧介质的衰减系数
- C. 界面两侧介质的声阻抗
- D. 以上全部

32. 在同一界面上，声强透射率 T 与声压反射率 r 之间的关系是 (B)

- A. $T = r^2$
- B. $T = 1 - r^2$
- C. $T = 1 + r$
- D. $T = 1 - r$

$T+R=1, R=r^2$, 所以: $T+r^2=1$

33. 在同一界面上, 声强反射率 R 与声强透射率 T 之间的关系是 (D)

- A. $R+T=1$
- B. $T=1-R$
- C. $R=1-T$
- D. 以上全对

34. 超声波倾斜入射至异质界面时, 其传播方向的改变主要取决于 (B)

- A. 界面两侧介质的声阻抗
- B. 界面两侧介质的声速
- C. 界面两侧介质衰减系数
- D. 以上全部

声速决定了角度, 可以理解为传播方向。声阻抗决定的是相位

35. 倾斜入射到异质界面的超声波束的反射声压与透射声压与哪一因素有关(D)

- A. 反射波波型
- B. 入射角
- C. 界面两侧的声阻抗
- D. 以上全部

P: 41

36. 纵波垂直入射水浸法超声波检测, 若工件底面全反射, 计算底面回波声压公式为 (A)

- A. $T = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1+Z_2)^2}$
- B. $T = \frac{Z_2-Z_1}{Z_1+Z_2}$
- C. $T = \frac{2Z_2}{Z_1+Z_2}$
- D. $T = \left(\frac{Z_2-Z_1}{Z_1+Z_2} \right)^2$

P: 38

37. 一般说，如果频率相同，则在粗晶材料中穿透能力最强的振动波型为 (B)

- A. 表面波
- B. 纵波
- C. 横波
- D. 三种波型的穿透力相同

波长越长，其穿透能力越强，因为绕射的能力强。

38. 不同振动频率，而在钢中有最高声速的波型是 (A)

- A. 0.5MHz 的纵波
- B. 2.5MHz 的横波
- C. 10MHz 的爬波
- D. 5MHz 的表面波

声速跟频率无关，只与介质与波型有关

39. 在水/钢界面上，水中入射角为 17° ，在钢中传播的主要振动波型为 (D)

- A. 表面波
- B. 横波
- C. 纵波
- D. B 和 C

水/钢界面：第一临界角 14.5° ，第二临界角 27.27°

有机玻璃/钢：第一临界角 27.6° ，第二临界角 57.7°

有机玻璃/铝：第一临界角 25.9° ，第二临界角 62.4°

钢中第三临界角 33.2°

40. 当超声波由有机玻璃以入射角 15° 射向钢界面时，可能存在 (D)

- A. 反射纵波
- B. 反射横波
- C. 折射纵波和折射横波
- D. 以上都有

41. 如果将用于钢的 K2 探头去检测铝 ($C_{Fe} = 3.23\text{km/s}$, $C_{Al} = 3.10\text{km/s}$), 则 K 值会 (B)

- A. 大于 2
- B. 小于 2
- C. 等于 2
- D. 还需要其他参数才能确定

$$\frac{\sin\alpha_1}{C_{Fe}} = \frac{\sin\alpha_2}{C_{Al}}, C_{Fe} > C_{Al}, \sin\alpha_1 < \sin\alpha_2, K1 < K2$$

42. 如果超声波纵波由水以 20° 入射到钢界面, 则在钢中横波折射角为 (A)

- A. 约 48°
- B. 约 24°
- C. 39°
- D. 以上都不对

43. 第一临界角是 (C)

- A. 折射纵波等于 90° 的横波入射角
- B. 折射横波等于 90° 的纵波入射角
- C. 折射纵波等于 90° 的纵波入射角
- D. 入射纵波接近 90° 时的折射角

44. 第二临界角是 (B)

- A. 纵波折射角等于 90° 时的横波入射角
- B. 横波折射角等于 90° 时的纵波入射角
- C. 纵波折射角等于 90° 时的纵波入射角
- D. 纵波入射角接近 90° 时的折射角

45. 要在工件中得到纯横波, 探头入射角 α 必须 (C)

- A. 大于第二临界角
- B. 大于第一临界角
- C. 在第一、第二临界角之间

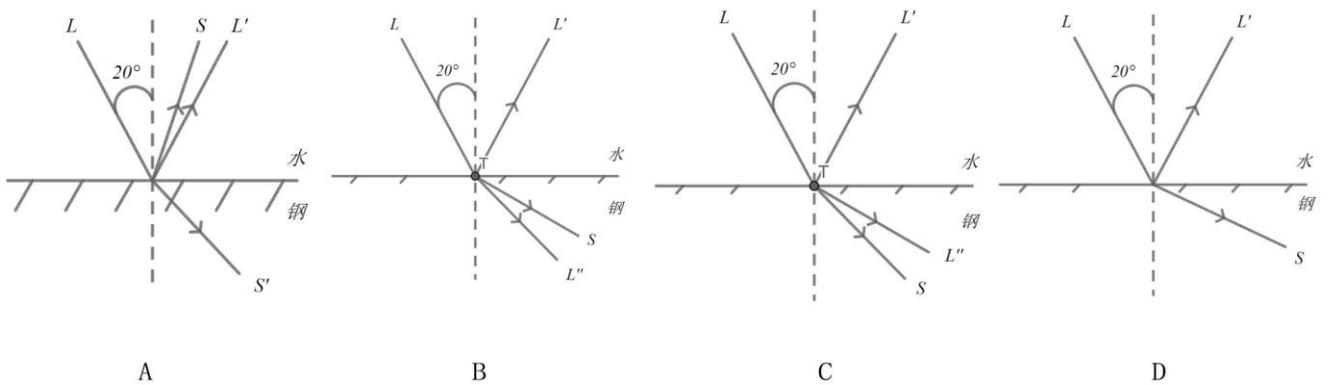
D. 小于第二临界角

46. 一般均要求斜探头楔块材料的纵波速度小于被检材料的纵波声速, 因为只有这样才能有可能 (A)

- A. 在工件中得到纯横波
- B. 得到良好的声束指向性
- C. 实现声束聚焦
- D. 减少近场区影响

$$\alpha_1 = \frac{C_1}{C_2}, C_1 < C_2 \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} < 1, \alpha_1 \text{ 才有值}$$

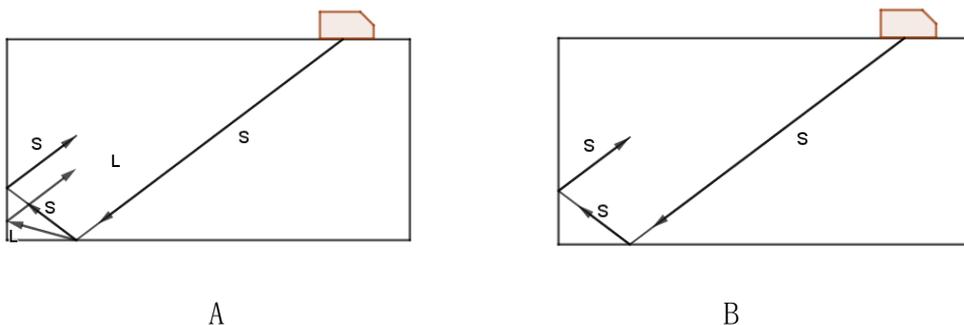
47. 纵波以 20° 入射角自水入射至钢中, 下图哪一个声束路径是正确的 (B)

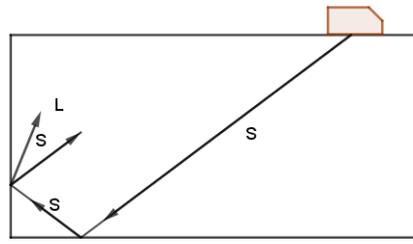
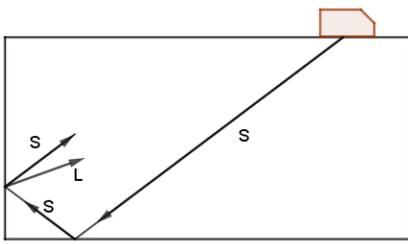


水/钢界面：第一临界角 14.5° ，第二临界角 27.27° ，纵波折射角始终大于

横波折射角。

48. 用入射角为 52° 的斜探头检测方钢, 下图哪一个声束路径是正确的 (B)

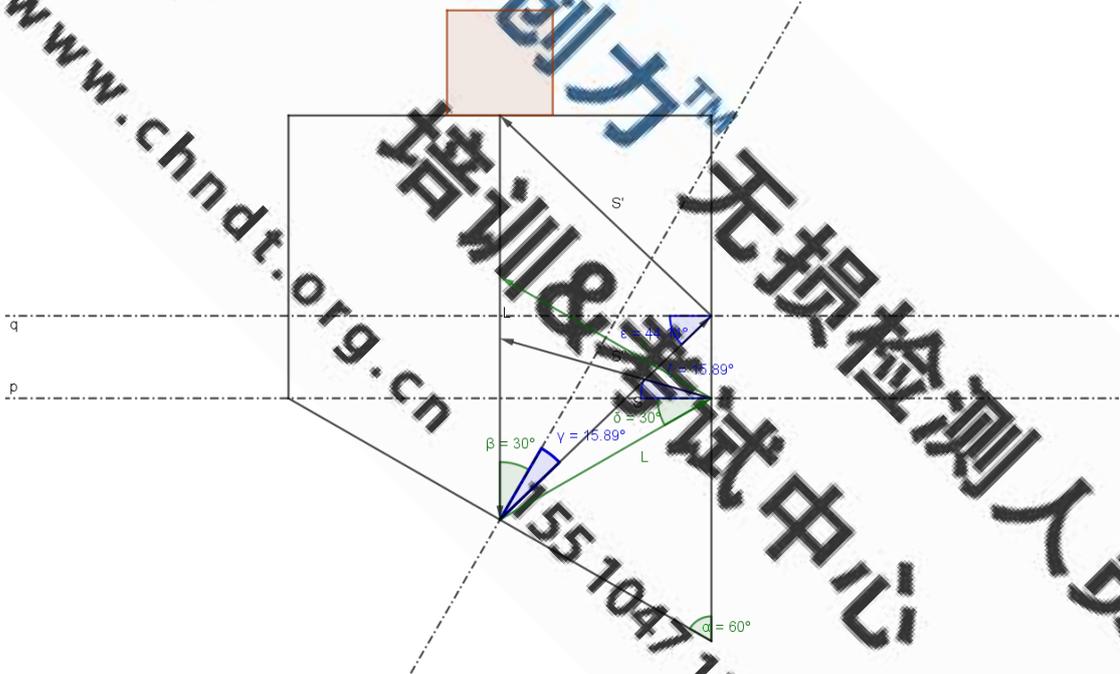




D

钢中第三临界角 33.2°

49. 直探头纵波检测具有倾斜角底面的锻钢件，下图（ ）



钢中第三临界角 33.2°

50. 第一介质为有机玻璃 ($C_L = 2700m/s$), 第二介质铜 ($C_L=4700m/s$, $C_s = 2300m/s$), 则第二临界角 (B)。

A. $\alpha_x = \sin^{-1} \frac{2700}{4700}$

B. $\alpha_x = \sin^{-1} \frac{2700}{2300}$

C. $\alpha_x = \sin^{-1} \frac{2300}{4700}$

D. 以上都不对

51. 用 4MHz 钢制保护膜直探头经甘油耦合后, 对钢进行检测, 若要得到最佳透声效果, 其耦合层厚度为 (甘油 $C_L = 1920m/s$)。 (D)

A. 1.45mm

B. 0.20mm

C. 0.7375mm

D. 0.24mm

根据薄层界面的透射率 (P36), 当 $d = n \times \frac{\lambda}{2}$, n 为整数, $r \rightarrow 0, t \rightarrow 1$

52. 用直探头以水为透声楔块使钢板对接焊缝中得到横波检测, 此时探头声束轴线相对于检测面的倾角范围为 (B)

A. $14.7^\circ - 27.7^\circ$

B. $62.3^\circ - 75.3^\circ$

C. $27.2^\circ - 56.7^\circ$

D. 不受限制

水/钢界面: 第一临界角 14.5° , 第二临界角 27.27° ,

声束与检测面夹角 = $90^\circ -$ 入射角, $62.3^\circ - 75^\circ$

53. 有一不锈钢复合钢板，不锈钢复合层声阻抗 Z_1 ，基体钢板声阻抗 Z_2 ，今从钢板一侧用 2.5MHz 直探头直接接触法检测，则界面上的声压透射率公式为 (C)。

- A. $\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$ B. $\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$ C. $\frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$ D. $\frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$

$t = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$, Z_2 代表第二介质的 Z ，本题第二介质是不锈钢 $= Z_1$

54. 由材质衰减引起的超声波减弱 dB 数等于 (A)。

- A. 衰减系数与声程的乘积
B. 衰减系数与深度的乘积
C. $e^{-\alpha s}$ (α 为衰减系数， s 为声程)
D. 以上都不对

根据衰减系数的测定，以及衰减系数单位 dB/mm，衰减系数就是每 mm 衰减的 dB 数。

55. 超声波（活塞波）在非均匀介质中传播，引起声能衰减的原因 (D)。

- A. 介质对超声波的吸收
B. 介质对超声波的散射
C. 声束扩散
D. 以上全部

56. 斜探头直接接触法检测钢板焊缝时，其横波 (D)

- A. 在有机玻璃楔块中产生
B. 从晶片上直接产生
C. 在有机玻璃与耦合层界面产生
D. 在耦合层与钢板界面上产生

57. 制作凸曲面（从入射方向看）的聚焦透镜时，若透镜材料声速为 C_1 ，第二透声介质声速为 C_2 ，则两者材料应满足如下关系 (A)。

- A. $C_1 > C_2$
B. $C_1 < C_2$
C. $C_1 = C_2$

D. $Z_1 = Z_2$

聚焦记为+, 凸镜记为-, 则 $C_2 - C_1 < 0 \rightarrow C_2 < C_1$

58. 当聚焦探头声透镜的曲率半径增大时, 透镜焦距将 (A)。

- A. 增大 B. 不变 C. 减小 D. 以上都不对

曲率半径越大, 曲率越小, 相当于圆的半径增大。

59. 平面波在曲界面上透过情况, 正确的图是 (B)。

The diagrams illustrate wave refraction at curved interfaces between two media with different sound speeds ($C_1 > C_2$):

- Diagram A:** Shows a convex interface. The wavefronts in the second medium are curved away from the normal, indicating a virtual focus. Labeled with $C_1 > C_2$ and the note "凸-, $C_2 - C_1 < 0 \rightarrow +$ ".
- Diagram B:** Shows a convex interface. The wavefronts in the second medium are curved towards the normal, indicating a real focus. Labeled with $C_1 > C_2$ and the note "凸-, $C_2 - C_1 < 0 \rightarrow +$ ".
- Diagram C:** Shows a concave interface. The wavefronts in the second medium are curved towards the normal, indicating a real focus. Labeled with $C_1 < C_2$ and the note "凸-, $C_2 - C_1 > 0 \rightarrow -$ ".
- Diagram D:** Shows a concave interface. The wavefronts in the second medium are curved away from the normal, indicating a virtual focus. Labeled with $C_1 < C_2$ and the note "凹+, $C_2 - C_1 > 0 \rightarrow +$ ".

60. 介质的吸收衰减与频率的关系是 (B)。

- A. 与频率成反比
B. 与频率成正比

- C. 与频率的平方成正比
- D. 与频率的平方成反比

P:52

61. 由材料晶粒粗大引起的衰减属于 (B)。

- A. 扩散衰减
- B. 散射衰减
- C. 吸收衰减
- D. 以上都是

62. 与超声频率无关的衰减方式是 (A)。

- A. 扩散衰减
- B. 散射衰减
- C. 吸收衰减
- D. 以上都是

扩散衰减只与波阵面有关

散射衰减与介质的晶粒度密切相关，而频率与波长成反比，所以频率高波长短，导致绕射能力减弱，散射衰减增加。

吸收衰减系数与频率成正比。

63. 下面有关材料衰减的叙述，那句话是错误的 (D)。

- A. 横波衰减比纵波严重
- B. 固体材料的衰减系数一般随温度上升而增大
- C. 当晶粒度大于波长的 1/10 时，对检查有显著影响
- D. 提高增益可完全克服衰减对检查的影响

同样材料，相同频率， $C_{横波} < C_{纵波} \rightarrow \lambda_{横波} < \lambda_{纵波}$ ，所以横波衰减严重

固体材料温度升高晶粒度增大（热胀冷缩），衰减增大

问答题 (共 18 题)

1. 什么是机械振动和机械波？二者有何关系？

物体沿着直线或曲线在某一平衡位置附近作往复周期性的运动，称为机械振动。

机械振动在弹性介质中传播就产生机械波。

振动是产生波的根源，波动是振动这一运动方式在介质中的传播。

2. 什么是振动周期和振动频率？二者有何关系？

振动物体完成一次全振动所需要的时间，称为振动周期，用 T 表示，单位为秒 (s)。

振动物体在单位时间内完成振动的次数，称为振动频率，用 f 表示，单位为赫兹 (Hz)，1Hz 表示 1 秒内完成 1 次全振动，即 $1\text{Hz}=1\text{次/秒}$ 。

有定义可知 $T = \frac{1}{f}$

3. 什么是谐振动？谐振动有何特点？什么叫阻尼振动和受迫振动？三者有何不同？

质点 M 做匀速圆周运动时，其水平投影是一种振动。质点 M 的水平位移 y 和时间 t 的关系可用方程 $y = A\cos(\omega t + \varphi)$ 来描述，该方程为谐振动方程，凡满足谐振动方程的振动就是谐振动。

$$y = A\cos(\omega t + \varphi)$$

A ——振幅，即最大水平位移；

ω ——圆频率，即 1s 内变化的弧度数， $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

φ ——初相位，即 $t=0$ 时质点 M 的相位。

谐振动的特点是：物体受到的回复力大小与位移成正比，其方向总是指向平衡位置，谐振动物体的振幅不变，频率不变。由于物体作谐振动时，只有弹力或重力做功，其他力不做功，符合机械能守恒条件，因此谐振物体的能量守恒、机械能守恒。在平衡位置时，动能最大、势能为零，在位移最大位置时势能最大，动能为零，其总能量始终保持不变。

谐振动是最简单最基本的直线运动，任何复杂的振动都可以视为多个谐振动的合成。

由于阻力的作用，使振动系统的能量或振幅随时间不断减少的振动称为阻尼振动。物体受到周期性变化的外力作用而产生的振动为受迫振动。

4. 什么是弹性介质？同样作为传声介质，固体和液体、气体有哪些不同？

在介质内部，各质点间以弹性力联系在一起，这样的介质称为弹性介质。一般固体、液体、气体都可视为弹性介质。但前者与后两者存在区别，固体内部可以存在拉、压应力和剪切应力，而液体或气体内部不存在拉应力和剪切应力，只可以传递压应力。

纵波是靠拉、压应力传播的，所以固体、液体、气体中都可以传播，而横波或表面波的传播需要剪切应力，所以它们只能在固体中传播，而不能在液体或气体中传播。

5. 什么是波动频率、波速和波长？三者有何关系？

波动过程中，任一给定点在 1s 内所通过的完整波的个数，称为波动频率。波动频率在数值上同振动频率，用 f 表示，单位为赫兹（Hz）。

同一波线上相邻两振动相位相同的质点的距离，称为波长，用 λ 表示。波源或介质中任意质点完成一次全振动，波正好前进一个波长的距离。波长的常用单位 mm、m。

由波速、波长和频率的定义可知：

$$C = \lambda f \qquad \lambda = C/f$$

由上式可知，波长与波速成正比，与频率成反比。当频率一定时，波速越大，波长就越长；当波速一定时，频率越低，波长就越长。

6. 什么是超声波？工业检测应用的频率范围是多少？在超声波检测中应用了超声波的哪些主要性质？

频率高于 20000Hz 的机械波称为超声波，工业检测所用的超声波频率在 0.5MHz-10MHz 之间，对钢等金属材料的检测，常用的频率为 1-5MHz 之间。

超声波的主要特点是频率高，波长短，能量密度大，在工业检测中主要利用超声波以下特性：

(1) 超声波良好的指向性。在超声波检测中，声源的尺寸一般均大于波长的整数倍以上，在此条件下，超声波能形成扩散角较小的声束，沿特定方向传播。从而可按光学原理判定缺陷位置。

(2) 超声波在异质界面上产生反射、折射，利用这些特性，可以接收到从缺陷或其他异质界面反射回来的声波，获取需要的信息。

(3) 超声波在异质界面上产生波型转换，利用这一特性，可以从界面上获得不同波型的超声波从而满足检测需要。

(4) 超声波频率高，因为声强与频率成正比，所以超声波的能量比声波能量大得多，使用超声波检测可以发射较大的能量，接收到较强的回波信号。

7. 什么是波线、波阵面和波前？它们有何关系？

波阵面：同一时刻，介质中振动相位相同的所有质点所联成的面。

波前：某一时刻，波动所到达的空间各点所联成的面。

波线：波的传播方向

三者关系：波前是最前面的波阵面，是波阵面的特例。任意时刻，波前只有一个，而波阵面有无穷多个。在各向同性的介质中，波线垂直于波阵面或波前。

8. 什么是平面波、柱面波和球面波？各有何特点？实际应用的超声波探头发出的波属于什么波？

根据波阵面形状不同，可以把不同波源发出的波分为平面波、柱面波和球面波。

平面波：波阵面为相互平行的平面的波，平面波波束不扩散，平面波各质点振幅（声压）是一个常数，不随距离而变化。

柱面波：波阵面为同轴圆柱面的波，柱面波波束周向扩散，而沿轴向不发生扩散，柱面波各质点的振幅（声压）与距离的平方成反比。

球面波：波阵面为同心球面的波，球面波波束向四面八方扩散，球面波各质点的振幅（声压）与距离成反比。

实际应用的超声波探头中的波源类似活塞振动，在各向同性介质中辐射的波称为活塞波。当距离足够大时，活塞波类似于球面波。

9. 简述影响超声波在介质中传播的因素有哪些？

(1) 与介质的弹性模量和介质密度有关。对相同的介质，弹性模量和密度为常数，所以声速也是常数。不同介质，声速不同。

(2) 与超声波波型有关，相同介质，波型不同时，声速也不相同。

(3) 介质尺寸大小有关以及介质温度有关。

10. 什么是波的叠加原理？叠加原理说明了什么？

(1) 当几列波在同一介质中传播并相遇时，相与处质点的振动是各列波引起的分振动的合成，任一时刻该质点的位移是各列波引起位移的矢量之和。

(2) 相遇后的各列波仍保持他们各自原有特性（频率、波长、振幅、振动方向等）不变，并按照各自原来的传播方向继续前进。

(3) 波的叠加原理说明了波的独立性，及质点收到几个波同时作用时振动的可叠加性。

11. 什么叫波的干涉现象？什么情况下合成振幅最大？什么情况下合成振幅最小？

(1) 两列频率相同，振动方向相同，相位相同或相位差恒定的波相遇时，由于波叠加的结果，会使某些地方振动始终加强，而另一些地方的振动始终减弱或完全抵消，这种现象称为波的干涉，产生干涉现象的波称为相干波。干涉现象产生是相干波传播到空间各点时波程不同所致。

(2) 当波程差等于波长的整数倍时，合成振幅达到最大值。

(3) 当波程差等于半波长的奇数倍时，合成振幅达到最小值。

12. 什么叫惠更斯原理？它有什么作用？

惠更斯原理：介质中波动传播到各点都可以看作是发射子波的波源，在其后任意时刻这些子波的包迹就决定新的波阵面。

利用惠更斯原理，可以确定波前的几何形状和波的传播方向。

13. 何谓绕射（衍射）？绕射现象发生与哪些因素有关？

波的绕射（衍射）：波在传播过程中遇到与波长相当的障碍物时，能绕过障碍物的边缘改变方向继续前进的现象。

绕射的产生于障碍物的尺寸 D_f 和波长 λ 相对大小有关：

$D_f \ll \lambda$ ：几乎只绕射，无反射

$D_f \gg \lambda$ ：几乎只反射，无绕射

D_f 与 λ 相当时，既反射又绕射

14. 什么叫超声场？超声场的特征量有哪些？

超声场：充满超声波的空间或超声振动所波及的部分介质。描述超声场的特征量（即物理量）有：声压、声强、声阻抗。

声压 P ：超声场中某一点在某一瞬时所具有的压强 P_1 与没有超声波存在的同一点的静压强 P_0 之差，称为该点的声压 $P=P_1-P_0$ 。

声强 I ：单位时间内通过超声波传播方向垂直的单位面积的声能。

声阻抗 Z ：介质中某一点的声压 P 与该点振动速度 u 之比， $Z=P/u$ ，声阻抗在数值上等于介质密度 ρ 与介质中声速 C 的乘积： $Z=\rho c$ 。

15. 什么样的异质薄层界面上声压往复透过率最高？

(1) 当薄层厚度等于 $\lambda/4$ 的奇数倍，薄层介质声阻抗为其两侧介质声阻抗几何平均值，即： $Z=\sqrt{Z_1 Z_3}$ ，其声压往复透过率等于 1，声波全透射。

(2) 等薄层厚度 $< \lambda/4$ 时，薄层越薄，声压往复透过率越大。

16. 什么叫波型转换？波型转换与哪些因素有关？

(1) 超声波倾斜入射到异质界面时，除产生于入射波同类型的反射和折射波外，还会产生于入射波不同类型的反射或折射，这种现象称为波型转换。

(2) 波型转换只发生在倾斜入射的场合，与界面两侧介质的特性（状态、声束等）以及入射角度有关。

17. 什么叫端角反射？它有何特点？超声波检测单面焊根部未焊透缺陷时，探头K值怎样选择？

(1) 超声波在工作（试样）的两个相互垂直的平面构成的直角内的反射，称为端角反射。

(2) 端角反射中，同类型的反射波和入射波总是相互平行方向相反。

(3) 端角反射中，产生波型转换，不同类型的反射波和入射波互相不平行。

(4) 纵波入射时，端角反射率在很大范围内很低。

(5) 横波入射时，入射角在 30° 及 60° 附近，端角反射率最低。

(6) 横波入射时，入射角在 $35^\circ - 55^\circ$ 时，端角发射率最低。

(7) 检测根部未焊透时，为取得高的端角反射率，应该选择 $K=0.7-1.43$ 的横波探头，避免选择 $K \geq 1.5$ 的探头。

18. 什么叫超声波的衰减？简述衰减的种类和原因？

超声波在介质中传播时，随着传播距离的增加，超声波的能量逐渐减弱的现象称为超声波的衰减。

衰减的种类和原因：

(1) 扩散衰减：由于声束的扩散，随着传播距离的增加，波束截面越来越大，从而使单位面积上的能量逐渐减小。扩散衰减主要取决于波阵面的几何形状，与传播介质的性质无关。

(2) 散射衰减：超声波在传播过程中，遇到由不同声阻抗组成的界面时，发生散射（反射、折射和波型转换），使声波源传播方向上的能量减少。材料晶粒粗大（与波长相比）是引起散射衰减的主要因素。

(3) 吸收衰减：超声波在介质中传播时，由于介质中质点间的内摩擦（粘滞性）和热传导等因素，使声能转换成其他能量（热量）。又称粘滞衰减。

散射衰减、吸收衰减与介质的性质有关，因此统称为材质衰减。



www.chndt.org.cn

源创力™ 无损检测人员
培训&考试中心
155 1047 1527

计算题 (共 20 题)

1. 铝 (Al) 的纵波声速为 6300m/s, 横波声速为 3100m/s, 计算 2MHz 的声波在铝 (Al) 中的纵、横波波长。

公式: $\lambda = c/f$

纵波波长: $\lambda_{Al} = \frac{6.3 \times 10^6 \text{ mm/s}}{2 \times 10^6 \text{ 次/s}} = 3.15 \text{ mm}$

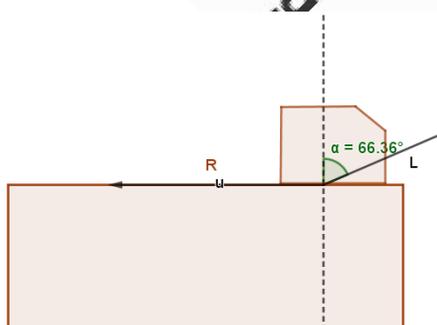
横波波长: $\lambda_{Al} = \frac{3.1 \times 10^6 \text{ mm/s}}{2 \times 10^6 \text{ 次/s}} = 1.55 \text{ mm}$

2. 甘油的密度为 1270kg/m³, 纵波声速为 1900m/s, 计算其声阻抗。

公式: $Z = \rho \cdot c$

$Z = 1270 \text{ kg/m}^3 \cdot 1900 \text{ m/s} = 2.413 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

3. 有机玻璃中纵波声速为 2730m/s, 钢的表面波声速为 2980m/s, 如果制作表面波斜探头, 入射角为多少度?

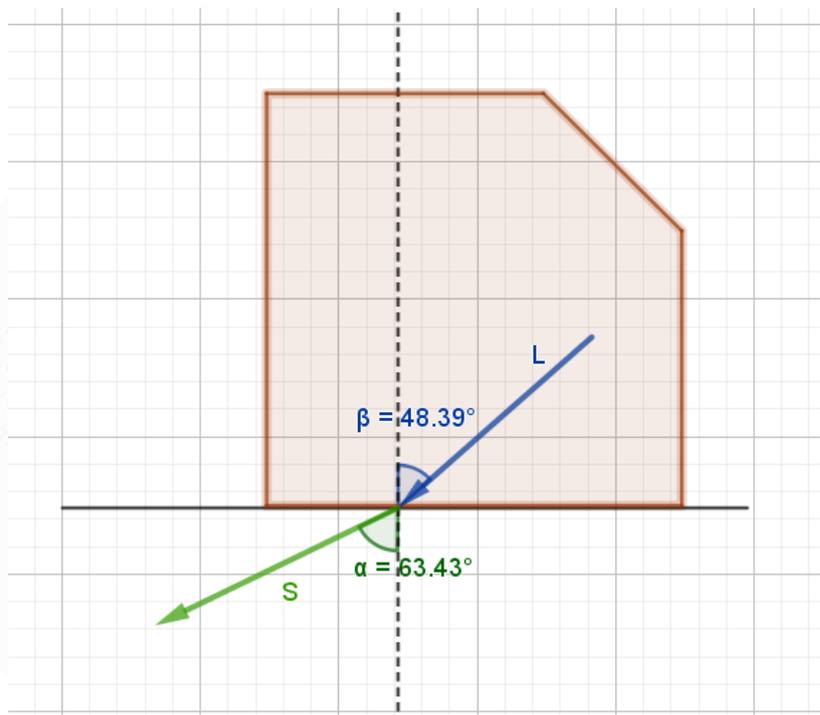


公式: $\frac{\sin \alpha_L}{C_L} = \frac{\sin \beta_R}{C_R} \Rightarrow \sin \alpha_L = \frac{C_L}{C_R} \cdot \sin \beta_R$

$\beta_R = 90^\circ \Rightarrow \sin \beta_R = 1$

$\alpha_L = \sin^{-1} \left(\frac{C_L}{C_R} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{2730}{2980} \right) = 66.4^\circ$

4. 5P 20x10 K2 的斜探头，楔块中声速 $C_{L1}=2700\text{m/s}$ ，钢中声速 $C_{L2}=5900\text{m/s}$ ， $C_{S2}=3200\text{m/s}$ ，求入射角为多少度？



一般探头角度是指在钢中标定的入射角度，即图中 α 。在楔块中的真实纵波入射角度是图中 β 。

$$\text{公式: } \frac{\sin\alpha}{C_S} = \frac{\sin\beta}{C_L} \Rightarrow \sin\beta = \frac{C_L}{C_S} \cdot \sin\alpha$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{C_L}{C_S} \cdot \sin\alpha\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2700}{3230} \cdot \sin 63.43^\circ\right) = 48.39^\circ$$

5. 某种耐磨尼龙材料的声速 $C_L=2200\text{m/s}$ 。如用该材料作斜探头楔块，检测钢焊缝 ($C_L=5900\text{m/s}$, $C_S=3200\text{m/s}$)，计算第一、第二临界角各是多少？

$$\frac{\sin\alpha_I}{C_{L1}} = \frac{\sin 90^\circ}{C_{L2}} \quad \alpha_I = \sin^{-1}\left(\frac{C_{L1}}{C_{L2}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2200}{5900}\right) = 21.89^\circ$$

$$\frac{\sin\alpha_{II}}{C_{L1}} = \frac{\sin 90^\circ}{C_{S2}} \quad \alpha_{II} = \sin^{-1}\left(\frac{C_{L1}}{C_{S2}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2200}{3200}\right) = 43.43^\circ$$

第一、第二临界角指的都是第一介质中的纵波入射角

第一临界角是第二介质纵波折射角 90°

第二临界角是第二介质横波折射角 90°

6. 钛 (Ti) 材料声速 $C_L=5900\text{m/s}$, $C_S=2960\text{m/s}$, 空气中的声速 $C_L=340\text{m/s}$, 计算钛材中第 III 临界角。

$$\frac{\sin\alpha_{III}}{C_S} = \frac{\sin 90^\circ}{C_L} \quad \alpha_{III} = \sin^{-1}\left(\frac{C_S}{C_L}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2960}{5900}\right) = 29.6^\circ$$

第三临界角是指第一介质中的横波入射角, 第一介质中的横波反射角 90° 。

7. 已知有机玻璃中的纵波波速 $C_L=2730\text{m/s}$, 钢中纵波声速 $C_L=5900\text{m/s}$, 横波声速 $C_S=3230\text{m/s}$

(1) 求纵波斜入射到有机玻璃/钢界面的 α_I 和 α_{II} 。

(2) 指出检测钢材用有机玻璃横波和表面波探头入射角 α_L 。

$$(1) \alpha_I = \sin^{-1}\left(\frac{2730}{5900}\right) = 27.6^\circ \quad \alpha_{II} = \sin^{-1}\left(\frac{2730}{3230}\right) = 57.7^\circ$$

(2) 横波: $27.6^\circ < \alpha_L < 57.7^\circ$ 。表面波: $\alpha_L > 57.7^\circ$

8. 已知钢中, $C_S=3230\text{m/s}$, 某硬质合金中 $C_S=4000\text{m/s}$, 铝中 $C_S=3080\text{m/s}$, 求用检测钢的 K1.0 横波探头检测该硬质合金和铝的实际 K 值分别是多少。

根据

$$\frac{\sin\alpha_{\text{模块}}}{C_{L\text{模块}}} = \sin\alpha_{\text{钢}} \quad \frac{\sin\alpha_{\text{模块}}}{C_{L\text{模块}}} = \frac{\sin\beta_{\text{钢}}}{C_{S\text{钢}}} = \frac{\sin\beta_{\text{硬质合金}}}{C_{S\text{硬质合金}}} = \frac{\sin\beta_{\text{铝}}}{C_{S\text{铝}}}$$

$$\frac{\sin\beta_{\text{钢}}}{C_{S\text{钢}}} = \frac{\sin 45^\circ}{3230}$$

$$K_{\beta\text{硬质合金}} = \tan\left[\sin^{-1}\left(\frac{C_{S\text{硬质合金}}}{C_{S\text{钢}}}\cdot\sin\beta_{\text{钢}}\right)\right] = \tan\left[\sin^{-1}\left(\frac{4000}{3230}\cdot\sin 45^\circ\right)\right]$$

$$= 1.81$$

$$K_{\beta\text{铝}} = 0.91$$

9. 已知钢中 $C_L=5900\text{m/s}$, $C_S=3230\text{m/s}$, 水中 $C_L=1480\text{m/s}$, 超声波倾斜入射到水/钢界面。

(1) $\alpha_L = 10^\circ$ 时对应的 β_L 和 β_S

(2) $\beta_S = 45^\circ$ 时对应的 α_L 和 β_L

(3) 求 α_I 和 α_{II}



公式:

$$\frac{\sin\alpha_L}{C_{L\text{水}}} = \frac{\sin\beta_L}{C_{L\text{钢}}} = \frac{\sin\beta_S}{C_{S\text{钢}}}$$

(1) $\alpha_L = 10^\circ$ 时 $\beta_L = 43.81^\circ$, $\beta_S = 22.27^\circ$

(2) $\beta_S = 45^\circ$ 时 $\alpha_L = 18.9^\circ$, β_L 无。

(3) $\alpha_I = 14.53^\circ$ $\alpha_{II} = 27.27^\circ$

10. 已知超声波检测仪示波屏上有 A, B, C 三个波, 其中 A 波高为满刻度 80%, B 波高为 50%, C 波为 20%。

(1) 设 A 为基准 (0dB), 那么 B, C 波高各为多少 dB?

(2) 设 B 为基准 (10dB), 那么 A, C 波高各为多少 dB?

(3) 设 C 为基准 (-8dB), 那么 A, B 波高各为多少 dB?

公式: $\Delta dB = 20 \cdot \lg\left(\frac{H_{\text{相比}}}{H_{\text{基准}}}\right)$

(1) 设 A 为基准 (0dB),

$$B_{\Delta dB} = 0 + 20 \cdot \lg\left(\frac{50\%}{80\%}\right) = -4dB \quad B_{\Delta dB} = 0 + 20 \cdot \lg\left(\frac{20\%}{80\%}\right) = -12dB$$

(2) 设 B 为基准 (10dB), 那么 A, C 波高各为多少 dB?

$$A_{\Delta dB} = 10 + 20 \cdot \lg\left(\frac{80\%}{50\%}\right) = 14dB \quad C_{\Delta dB} = 10 + 20 \cdot \lg\left(\frac{20\%}{50\%}\right) = 2dB$$

(3) 设 C 为基准 (-8dB), 那么 A, B 波高各为多少 dB?

$$A_{\Delta dB} = -8 + 20 \cdot \lg\left(\frac{80\%}{20\%}\right) = 4dB \quad B_{\Delta dB} = -8 + 20 \cdot \lg\left(\frac{50\%}{20\%}\right) = 0dB$$

11. 示波屏上有一高为满刻度的 100%，问衰减多少 dB 后，该波正好为 10%。

$$\text{公式: } \Delta dB = 20 \cdot \lg \left(\frac{H_{\text{相比}}}{H_{\text{基准}}} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{10\%}{100\%} \right) = -20 \text{dB}$$

12. 示波屏上有一波高为 80mm。另一波高比它低 16dB, 问另一波高为多少 mm?

$$\text{公式: } \Delta dB = 20 \cdot \lg \left(\frac{H_{\text{相比}}}{H_{\text{基准}}} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{X}{80} \right) = -16 \text{dB}$$

$$\lg \left(\frac{X}{80} \right) = \lg x - \lg 80 = -0.8$$

$$\lg x = -0.8 + \lg 80 = -0.8 + 1.9 = 1.1$$

$$10^{1.1} = 12.68$$

$$X = 12.68 \text{mm}$$

13. 示波屏上有一波高为 40%，若衰减 12dB 以后该波高为多少？若增益 6dB 以后波高为多少？

$$\text{公式: } \Delta dB = 20 \cdot \lg \left(\frac{H_{\text{相比}}}{H_{\text{基准}}} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{X}{40\%} \right) = -12 \quad \text{求得: } X=10\%$$

$$\text{公式: } \Delta dB = 20 \cdot \lg \left(\frac{H_{\text{相比}}}{H_{\text{基准}}} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{X}{40\%} \right) = +6 \quad \text{求得: } X=80\%$$

14. 超声波垂直入射至水/钢界面，已知水的声速为 $C_{L1}=1500\text{m/s}$ ，钢中声速 $C_{L2}=5900\text{m/s}$ ，钢的密度 $\rho=7800\text{kg/m}^3$ ，计算界面声强透射率？

$$\text{公式: } T = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1+Z_2)^2} \quad Z = \rho \cdot c$$

$$T = \frac{4C_{L1}\rho_{\text{水}} \cdot C_{L2}\rho_{\text{钢}}}{(C_{L1}\rho_{\text{水}} + C_{L2}\rho_{\text{钢}})^2} = \frac{4 \cdot 1500 \cdot 1000 \cdot 7800 \cdot 5900}{(1500 \cdot 1000 + 7800 \cdot 5900)^2} = 1.2\%$$

15. 不锈钢与碳钢的声阻抗约相差 1%，计算超声波由不锈钢进入碳钢时，复合界面上的声压反射率。

$$\text{公式: } r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{1\%}{201\%} = 0.5\%$$

16. 从刚才一侧检测钢钛复合板，已知 $Z_{\text{钢}} = 46 \times 10^6 \text{kg/m}^2\text{s}$ ， $Z_{\text{水}} = 1.5 \times 10^6 \text{kg/m}^2\text{s}$ ， $Z_{\text{钛}} = 27.4 \times 10^6 \text{kg/m}^2\text{s}$ 。

- (1) 界面声压反射率
- (2) 底面声压反射率
- (3) 界面回波与底面回波 dB 差
- (4) 如将钛底面浸在水中，此时的界面回波与底面回波差多少 dB?



$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

$$(1) r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{27.4 - 46}{27.4 + 46} = -0.25$$

$$(2) r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{46 - 1.5}{46 + 1.5} = 0.94$$

$$(3) \Delta dB = 20 \cdot \lg \left(\frac{0.25 P_0}{0.94 P_0} \right) = 11.5 \text{dB}$$

17. 某工件厚度 $T=240\text{mm}$ ，测得第一次底波为屏高 90%，第二次底波为 15%，如忽略反射损失，试计算该材料的衰减系数。

$$\frac{20 \lg \left(\frac{H_1}{H_2} \right) - 6}{2T} = \frac{20 \lg \left(\frac{90\%}{15\%} \right) - 6}{2 \cdot 240} = 0.02 \text{dB/mm}$$

18. 用 2MHz $\phi 14\text{mm}$ 直探头检测厚度为 400mm 的饼型锻件，一次底波高度为 100%时，二次底波高度为 10%，已知底面反射损失 2dB，求该材料的衰减系数。

$$\frac{20 \lg \left(\frac{H_1}{H_2} \right) - 6 - \delta}{2T} = \frac{20 \lg \left(\frac{100\%}{10\%} \right) - 6 - 2}{2 \cdot 400} = 0.015 \text{dB/mm}$$

19. 用 2.5MHz $\phi 20\text{mm}$ 的探头测定 500mm 厚的饼型锻件的衰减系数，现在测完好区域的 $B_1=80\%$ ， $B_2=35\%$ ，求次锻件的介质衰减系数（不计反射损失）。

$$\frac{20\lg\left(\frac{H1}{H2}\right) - 6}{2T} = \frac{20\lg\left(\frac{80\%}{35\%}\right) - 6}{2 \cdot 500} = 1.18 \times 10^{-3} \text{ dB/mm}$$

20. 用 5MHz、 $\phi 20\text{mm}$ 探头测定厚度 15mm 的钢板的介质衰减系数。已知 $B1=80\%$ ， $B4=50\%$ ，每次反射损失 1dB，求此钢板的介质衰减系数为多少？

$$\frac{20\lg\left(\frac{Hm}{Hn}\right) - (m - n)\delta}{2(m - n)T} = \frac{20\lg\left(\frac{80}{50}\right) - 3}{2 \times 3 \times 15} = 0.012 \text{ dB/mm}$$



www.chndt.org.cn

源创力™ 无损检测人员
培训&考试中心
155 1047 1527