

附件一：

## 2026 年中国大学生机械工程创新创业大赛

### 无损检测创新实践与应用赛——超声检测技术竞赛

#### 一、竞赛形式及竞赛大纲

参考教材：

中国机械工程学会无损检测分会人员认证培训教材《超声检测》（1、2、3 级适用）书刊号 ISBN978-7-111-59628-8

竞赛时间、题型、题量及分值：

理论竞赛：笔试（闭卷），满分 100 分，60 分钟，不允许延时。共计 60 题选择题，其中基础题共计 40 题（每题 1.5 分），焊缝专业题共 20 题（每题 2 分）。

实操竞赛：满分 100 分，其中 60 分钟实际操作 + 20 分钟填写检测报告，不允许延时。

成绩计算：

个人总成绩 = 理论竞赛 50% + 实操竞赛 50%

团队总成绩 = 团队 3 名队员的个人总成绩之和

## 超声检测技术竞赛理论大纲

序号	考核内容		占总分百分比及掌握程度 (A-掌握; B-理解; C-了解; -不需要)	
			本科	高职
1	<b>基础知识</b>		<b>5</b>	<b>5</b>
	1. 超声检测术语		B	B
2	<b>超声检测的物理基础</b>		<b>20</b>	<b>15</b>
	2.1 机械振动和机械波	2.1.1 机械振动	B	B
		2.1.2 机械波	B	B
	2.2 机械波的干涉、衍射以及驻波的形成	2.2.1 波的干涉	B	C
		2.2.2 波的衍射	B	C
	2.3 超声波的特性及分类	2.3.1 根据振动模式分类	B	B
		2.3.2 根据波形分类	A	B
		2.3.3 根据振源振动的持续时间分类	B	B
	2.4 超声波的声速	2.4.1 超声波传播速度的影响因素	A	B
		2.4.2 固体介质中的超声波声速	A	B
		2.4.3 液体、气体介质中的超声波声速	B	C
		2.4.4 声速的测量	B	C
	2.5 超声场特征值及声压、声强的分贝表示	2.5.1 声压	A	B
		2.5.2 声阻抗率和介质的特征声阻抗	A	B
		2.5.3 声强	A	B
		2.5.4 声压、声强的对数表示法--分贝与奈培	B	B
	2.6 超声波垂直入射到平面异质界面上的效应	2.6.1 单一平界面的反射率与透射率	A	B
		2.6.2 声压往复透射率	A	B
		2.6.3 薄层界面的反射率与透射率	B	C
	2.7 超声波倾斜入射到平面异质界面时的效应	2.7.1 超声波反射、折射定律	A	B
		2.7.2 声压反射率	A	B
		2.7.3 声压往复透射率	B	B
		2.7.4 端角反射	A	C
	2.8 超声波在曲面上的效应	2.8.1 声压距离公式	A	B
		2.8.2 平面波在曲界面上的反射和折射	B	B
		2.8.3 球面波在曲界面上的反射和折射	B	C
	2.9 超声波的衰减	2.9.1 超声波衰减的原因	A	B
		2.9.2 衰减规律与衰减系数	B	B
		2.9.3 衰减系数的测定	B	B
	2.10 超声场	2.10.1 理想纵波发射声场	A	B
		2.10.2 实际纵波声场	A	B
		2.10.3 横波发射声场	B	B
2.10.4 聚焦声场		B	C	
2.11 规则反射体回波声压	2.11.1 大平底回波声压	A	B	
	2.11.2 平底孔回波声压	A	B	

		2.11.3 长横孔回波声压	A	C	
		2.11.4 短横孔回波声压	B	C	
		2.11.5 球孔回波声压	B	C	
		2.11.6 圆柱曲底面回波声压	B	B	
	2.12 AVG 曲线	2.12.1 通用 AVG 曲线	B	C	
		2.12.2 实用 AVG 曲线	B	B	
	<b>超声检测系统</b>		<b>15</b>	<b>15</b>	
3	3.1 超声检测仪	3.1.1 超声检测仪的分类	A	A	
		3.1.2 模拟式超声检测仪的工作原理	B	B	
		3.1.3 数字式超声检测仪	B	C	
		3.1.4 衰减型与增益型仪器的标示差异	B	B	
		3.1.5 检测仪的维护保养	B	C	
	3.2 超声波探头	3.2.1 压电效应与压电材料的主要性能参数	A	B	
		3.2.2 探头的种类和结构	A	A	
		3.2.3 探头型号标识	B	B	
		3.2.4 探头线与接插件型号标识	B	C	
	3.3 试块	3.3.1 试块的用途	A	A	
		3.3.2 试块的分类	A	A	
		3.3.3 常用试块介绍	B	B	
		3.3.4 试块的要求与维护	B	B	
	3.4 耦合剂及其作用机理	3.4.1 耦合剂	A	B	
		3.4.2 影响声耦合的主要因素	A	B	
		<b>超声检测通用技术</b>		<b>20</b>	<b>20</b>
4	4.1 超声检测技术的分类	4.1.1 按检测原理分类	A	B	
		4.1.2 按波型分类	A	B	
		4.1.3 按探头数量分类	B	B	
		4.1.4 按探头与工件的接触方式分类	A	B	
	4.2 仪器扫描速度的调节	4.2.1 纵波扫描速度的调节	A	B	
		4.2.2 横波扫描速度的调节	A	B	
	4.3 缺陷定位	4.3.1 纵波直探头定位技术	A	A	
		4.3.2 横波斜探头检测平面工件的定位技术	A	A	
		4.3.3 横波探测圆柱面工件时缺陷定位	B	C	
	4.4 检测灵敏度的调节及缺陷定量	4.4.1 检测灵敏度及调节方法	A	A	
		4.4.2 传输修正值的测定和传输补偿	B	B	
		4.4.3 缺陷定量	B	C	
	4.5 影响缺陷定位、定量的因素	4.5.1 影响缺陷定位的主要因素	A	B	
		4.5.2 影响缺陷定量的因素	A	B	
		4.5.3 侧壁干涉对缺陷定位、定量的影响	B	C	
		4.5.4 缺陷性质分析	B	C	
		4.6 非缺陷回波的判别		B	C
		<b>检测规程和作业指导书</b>		<b>5</b>	<b>5</b>
5	5.1 检测规程		B	C	
	5.2 作业指导书		A	B	

	5.3 检测方法标准和验收标准	5.3.1 概念	A	B
		5.3.2 常用标准	B	C
6	<b>检测前的技术准备和要求</b>		<b>5</b>	<b>10</b>
	6.1 仪器性能测试	6.1.1 水平线性	A	B
		6.1.2 垂直线性	A	B
		6.1.3 仪器系统的灵敏度余量测试	B	C
		6.1.4 仪器系统分辨力	B	C
		6.1.5 直探头盲区测定	B	C
6.2 超声检测书面程序文件		B	C	
6.3 工件表面制备		A	B	
7	<b>焊缝超声检测技术的应用</b>		<b>15</b>	<b>20</b>
	7.1 焊缝超声检测	7.1.1 焊缝缺陷类型	B	C
		7.1.2 检测条件的选择	A	B
		7.1.3 探头参数测定	A	B
		7.1.4 扫描速度（时基线比例）的调节	A	B
		7.1.5 检测灵敏度的调节和校准	A	B
		7.1.6 距离波幅曲线的绘制与应用	A	B
		7.1.7 声能损失差的测定	A	B
		7.1.8 扫查方式	A	B
		7.1.9 缺陷位置的测定	A	B
		7.1.10 缺陷的定量	A	B
		7.1.11 焊缝质量评级	B	C
		7.1.12 焊缝检测主要步骤	A	B
	7.2 锻件超声检测	7.2.1 锻件及其检测特点	A	A
		7.2.2 常见锻件检测方法	A	A
		7.2.3 检测条件的选择	A	A
		7.2.4 仪器扫描速度的调节	A	A
		7.2.5 检测灵敏度的调节	A	A
		7.2.6 缺陷定位	A	A
		7.2.7 缺陷定量	A	A
		7.2.8 锻件的检测结果评定	A	A
	7.3 铸件超声检测	7.3.1 铸件中常见的缺陷	B	A
		7.3.2 铸件超声检测特点	B	A
		7.3.3 铸钢件检测条件的选择	B	A
		7.3.4 铸钢件检测范围和灵敏度的调整	B	A
		7.3.5 铸钢件缺陷的判别与测定	B	A
		7.3.6 铸钢件检测结果及质量等级的评定	B	A
	7.4 管材超声检测	7.4.1 管材的特点和常见缺陷	B	A
		7.4.2 管材的检测方法	B	A
		7.4.3 管材检测灵敏度	B	A
		7.4.4 缺陷位置和大小的测定	B	A
	7.5 板材超声检测	7.5.1 钢板中的常见缺陷	B	A
		7.5.2 钢板的检测方法	B	A

8	超声检测新技术		10	5
	8.1 衍射时差技术	8.1.1 概念及背景	B	C
		8.1.2 衍射现象	B	C
		8.1.3 探头布置及信号解释	B	C
		8.1.4 缺陷埋藏深度和自身高度计算	B	C
		8.1.5 TOFD 的扫查方式	B	C
		8.1.6 TOFD 检测系统	B	C
		8.1.7 典型焊缝缺陷的 TOFD 图像和 A 扫描信号	B	C
		8.1.8 相关标准	B	C
		8.1.9 TOFD 的优势与局限性	B	C
	8.2 超声相控阵技术	8.2.1 超声相控阵基本原理	B	C
		8.2.2 超声相控阵检测系统	B	C
		8.2.3 超声相控阵声束控制原理	B	C
		8.2.4 超声相控阵扫描基本模式	B	C
		8.2.5 超声相控阵的成像方式	B	C
		8.2.6 超声相控阵的相关标准	B	C
		8.2.7 超声相控阵技术的优势	B	C
9	竞赛标准		5	5
	GB/T 11345-2023 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定		A	A
	GB/T 29711-2023 焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征		B	C
	GB/T 29712-2023 焊缝无损检测 超声检测 验收等级		A	B

## 超声检测技术实操竞赛内容与要求：

标准试块：CSK-IA

对比试块：SD-2

考核试块：超声板板对接焊接试块，外形尺寸：300mm×300mm×T(18≤T≤22)，材料：碳钢，坡口形式：V型

竞赛内容：缺欠定量、定位和评定

参考标准：按 GB/T11345-2023 标准，B 级检测，技术 1 设置检测灵敏度；按 GB/T29712-2023 标准，合格等级 2 进行验收。

**2026年中国大学生机械工程创新创业大赛**  
**无损检测创新实践与应用赛超声检测**  
**实际操作评分表**

场 次: \_\_\_\_\_  
 工位号: \_\_\_\_\_

检测项目		评分标准		实际得分			
		与标准答案	扣分				
检测 结 果	缺欠数量(30分)		可验收缺欠多一处或少一处	扣 10 分			
			不可验收缺欠多一处				
			不可验收缺欠少一处	扣 20 分			
	缺欠定量 (20分)		最高波幅度 dB (10分)				
					$3 <  \Delta dB  \leq 6$	扣 1 分	
					$6 <  \Delta dB  \leq 8$	扣 2 分	
					$ \Delta dB  > 8$	扣 3 分	
	长度 L (10分)		深度 Z (10分)		$0 \leq  \Delta L  \leq 2$	不扣分	
					$2 <  \Delta L  \leq 3$	扣 1 分	
					$3 <  \Delta L  \leq 4$	扣 2 分	
					$4 <  \Delta L  \leq 6$	扣 3 分	
	起始位置 X1 (12分)		最高波位置 X (12分)		$ \Delta L  > 6$	扣 4 分	
					$0 \leq  \Delta Z  \leq 2$	不扣分	
					$2 <  \Delta Z  \leq 3$	扣 2 分	
					$3 <  \Delta Z  \leq 5$	扣 3 分	
	缺欠定位 (40分)		缺欠偏离焊缝 中心距离 Y (6分)		$ \Delta Z  > 5$	扣 4 分	
					$0 \leq  \Delta X1  \leq 2$	不扣分	
					$2 <  \Delta X1  \leq 3$	扣 1 分	
					$3 <  \Delta X1  \leq 4$	扣 2 分	
	检测结论(3分)		错误, 扣 2 分		$4 <  \Delta X1  \leq 6$	扣 3 分	
					$ \Delta X1  > 6$	扣 4 分	
					$0 \leq  \Delta X  \leq 2$	不扣分	
					$2 <  \Delta X  \leq 3$	扣 1 分	
	检测报告内容(3分)		每错一栏扣 1 分, 最多扣 3 分		$3 <  \Delta X  \leq 4$	扣 2 分	
$4 <  \Delta X  \leq 6$					扣 3 分		
$ \Delta X  > 6$					扣 4 分		
检测部位示意图标识(4分)					起点、终点和深度, 每缺少一项扣 1 分, 最多扣 3 分		$0 \leq  \Delta Y  \leq 2$
		$2 <  \Delta Y  \leq 4$	扣 1 分				
		$4 <  \Delta Y  \leq 6$	扣 2 分				
		$ \Delta Y  > 6$	扣 3 分				

注:  
 1、缺欠数量扣分后, 不再扣除与此缺欠对应的缺欠定量和缺欠定位的分值。  
 2、 $|\Delta \times \times|$ 为相应项目选手答案与标准答案之差, 小数点后保留 1 位小数。  
 3、各评分项目项累计扣分最大不超过该项分值。  
 4、当一个试件上多个缺欠存在时, 缺欠定位、缺欠定量、缺欠评定所扣分数应除以缺欠个数 n, 缺欠个数为标准答案中的个数。  
 5、条状缺欠的长度位置与标准答案的位置应至少有 50% 的重合。

**2026年中国大学生机械工程创新创业大赛  
无损检测创新实践与应用赛超声检测  
实际操作检测报告**

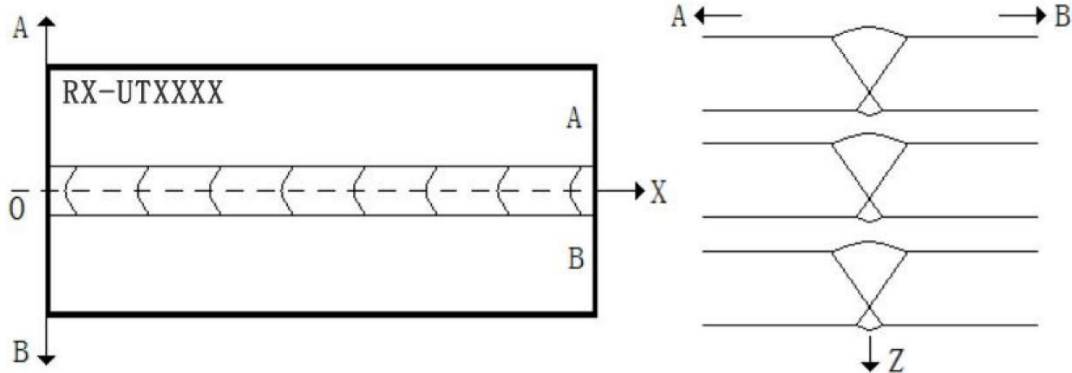
准考证号: \_\_\_\_\_  
身份证号: \_\_\_\_\_

工位号		材质/规格		耦合剂	
仪器型号/编号		探头规格		表面状态	
标准/参考试块		检测方法		检测灵敏度	
时基线调节		探头移动区		传输补偿	
检测方法标准		验收标准		验收等级	

探头参数测试:

1. 实测前沿长度: \_\_\_\_\_; 2. 实测探头折射角度: \_\_\_\_\_;

检测示意图 (将缺欠标注在下面示意图内):



缺欠序号	缺欠指示			缺欠最高波幅				能否验收	备注	
	始点 $X_1$ (mm)	终点 $X_2$ (mm)	长度 $L$ (mm)	位置 $X$ (mm)	深度 $Z$ (mm)	距焊缝中心线				$\phi 3 \pm \Delta \text{dB}$
						A 侧 (mm)	B 侧 (mm)			

**2026年中国大学生机械工程创新创业大赛  
无损检测创新实践与应用赛超声检测  
实际操作检测记录**

准考证号: \_\_\_\_\_

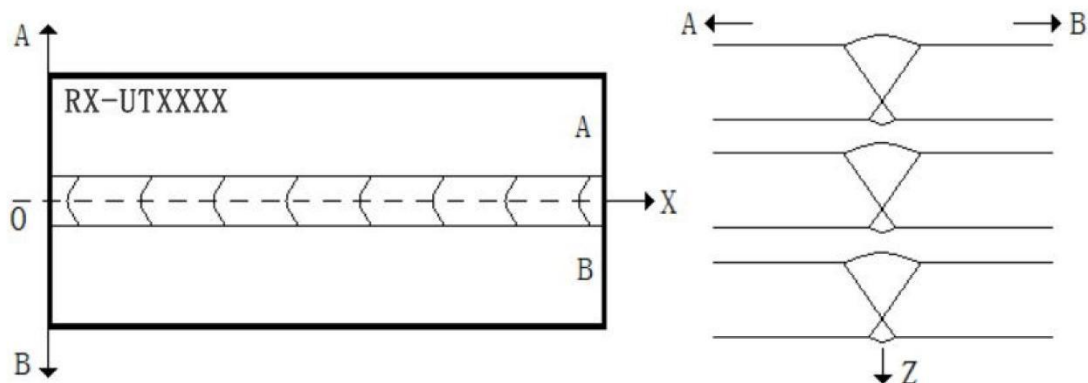
身份证号: \_\_\_\_\_

工位号		材质/规格		耦合剂	
仪器型号/编号		探头规格		表面状态	
标准/参考试块		检测方法		检测灵敏度	
时基线调节		探头移动区		传输补偿	
检测方法标准		验收标准		验收等级	

探头参数测试:

1. 实测前沿长度: \_\_\_\_\_; 2. 实测探头折射角度: \_\_\_\_\_;

检测示意图 (将缺欠标注在下面示意图内):



缺欠序号	缺欠指示			缺欠最高波幅				能否验收	备注	
	始点 $X_1$ (mm)	终点 $X_2$ (mm)	长度 $L$ (mm)	位置 $X$ (mm)	深度 $Z$ (mm)	距焊缝中心线				$\pm 3 \pm \Delta$ dB
						A侧 (mm)	B侧 (mm)			