

附件一：

2025 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

吕云翔，王志鹏著. 深度学习 [M]. 清华大学出版社 (ISBN: 9787302670728)

竞赛时间、题型、题量及分值：

理论竞赛：笔试（闭卷），满分 100 分（其中人工智能知识测试共 10 分），60 分钟，不允许延时。单选题 35 题（每题 2 分），是非题 30 题（每题 1 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	基础知识	5	5	
	1. 超声检测术语	B	B	
2	超声检测的物理基础	20	15	
	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
3	超声检测系统		10	15
	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
	4	超声检测通用技术		15
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
5	检测规程和作业指导书		5	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	检测前的技术准备和要求		5	10
	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	焊缝超声检测技术的应用		15	20
	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	
10	人工智能基础		10	0	
	10.1 人工智能简介	10.1.1 人工智能内涵	A	-	
		10.1.2 人工智能发展历史	A	-	
	10.2 深度学习简介	10.2.1 计算机视觉	A	-	
		10.2.2 仿生学与深度学习	A	-	
		10.2.3 现代深度学习	A	-	
		10.2.4 传统方法与神经网络方法比较	B	-	
	10.3 深度学习框架	10.3.1 PyTorch			-
		a. PyTorch 简介		B	-
		b. PyTorch 的特点		B	-
10.3.2 TensorFlow			-		
a. TensorFlow 简介		B	-		
b. TensorFlow 的特点		B	-		

10.4 机器学习基础知识	10.4.1 机器学习概述		-
	a. 机器学习的分类	A	-
	b. 机器学习的模型构造过程	B	-
	10.4.2 监督学习	A	-
	10.4.3 非监督学习	B	-
	10.4.4 强化学习	C	-
	10.4.5 神经网络与深度学习		-
	a. 感知器模型	B	-
	b. 前馈神经网络	B	-
	c. 卷积神经网络	B	-
d. 其他类型结构的神经网络	C	-	
10.5 回归模型	10.5.1 线性回归	B	-
	10.5.2 Logistic 回归	C	-
10.6 神经网络基础	10.6.1 神经网络基础概念	A	-
	10.6.2 感知器		-
	a. 单层感知器	B	-
	b. 多层感知器	B	-
	10.6.3 BP 神经网络		-
	a. 梯度下降	B	-
b. 后向传播	C	-	
10.7 卷积神经网络	10.7.1 卷积神经网络基础	A	-
	10.7.2 卷积操作	B	-
	10.7.3 池化层	B	-
	10.7.4 卷积神经网络	B	-
	10.7.5 经典卷积神经网络结构		-
	a. VGG 网络	B	-
	b. InceptionNet	B	-
	c. ResNet	B	-

超声检测技术竞赛用试块:

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

二、超声检测技术竞赛实操项目评分标准表

姓名：_____

考号：_____

试卷暗码号		评分员签名		合计分	
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 不可验收缺欠多一处	扣 10 分	
			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)	$0 \leq \Delta \text{dB} \leq 3$	不扣分	
			$3 < \Delta \text{dB} \leq 6$	扣 1 分	
			$6 < \Delta \text{dB} \leq 8$	扣 2 分	
			$ \Delta \text{dB} > 8$	扣 3 分	
		长度 L (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	
	缺欠定位 (40分)	深度 Z (10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	
			$ \Delta Z > 5$	扣 4 分	
		起始位置 X1 (12分)	$0 \leq \Delta X1 \leq 2$	不扣分	
			$2 < \Delta X1 \leq 3$	扣 1 分	

		$3 < \Delta X_1 \leq 4$	扣 2 分		
		$4 < \Delta X_1 \leq 6$	扣 3 分		
		$ \Delta X_1 > 6$	扣 4 分		
	最高波位置 X (12 分)	$0 \leq \Delta X \leq 2$	不扣分		
		$2 < \Delta X \leq 3$	扣 1 分		
		$3 < \Delta X \leq 4$	扣 2 分		
		$4 < \Delta X \leq 6$	扣 3 分		
		$ \Delta X > 6$	扣 4 分		
	缺欠偏离焊缝中心距离 Y (6 分)	$0 \leq \Delta Y \leq 2$	不扣分		
		$2 < \Delta Y \leq 4$	扣 1 分		
		$4 < \Delta Y \leq 6$	扣 2 分		
		$ \Delta X > 6$	扣 3 分		
	检测结论 (3 分)		错误, 扣 2 分		
	检测	检测报告内容 (3 分)		每错一栏扣 1 分, 最多扣 3 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			

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、缺欠评定的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。

姓名：_____

考号：_____

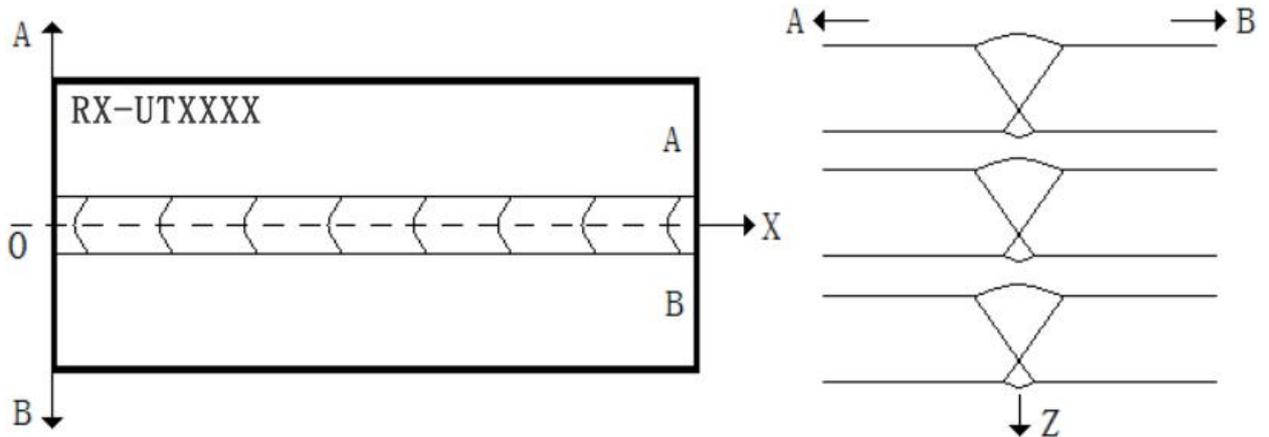
三、 超声检测技术竞赛报告

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)			