

附件一：

2024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 超声检测技能竞赛

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

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

超声检测技能竞赛理论大纲

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)			
		研究生	本科	高职	
1	基础知识	5	5	5	
	1. 超声检测术语	B	B	B	
2	超声检测的物理基础	20	20	15	
	2.1 机械振动和机械波	2.1.1 机械振动	A	B	B
		2.1.2 机械波	A	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	A	B	C
		2.2.2 波的衍射	A	B	C
	2.3 超声波的特性及分类	2.3.1 根据振动模式分类	A	B	B
		2.3.2 根据波形分类	A	A	B
		2.3.3 根据振源振动的持续时间分类	A	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	A	B
		2.4.2 固体介质中的超声波声速	A	A	B
		2.4.3 液体、气体介质中的超声波声速	A	B	C
		2.4.4 声速的测量	A	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	A	B
2.5.2 声阻抗率和介质的特征声阻抗		A	A	B	

		2.5.3 声强	A	A	B	
		2.5.4 声压、声强的对数表示法—分贝与奈培	A	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	A	B	
		2.6.2 声压往复透射率	A	A	B	
		2.6.3 薄层界面的反射率与透射率	B	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	A	B	
		2.7.2 声压反射率	A	A	B	
		2.7.3 声压往复透射率	A	B	B	
		2.7.4 端角反射	B	A	C	
2.8 超声波在曲面上的效应		2.8.1 声压距离公式	A	A	B	
		2.8.2 平面波在曲界面上的反射和折射	A	B	B	
		2.8.3 球面波在曲界面上的反射和折射	B	B	C	
2.9 超声波的衰减		2.9.1 超声波衰减的原因	A	A	B	
		2.9.2 衰减规律与衰减系数	A	B	B	
		2.9.3 衰减系数的测定	A	B	B	
2.10 超声场		2.10.1 理想纵波发射声场	A	A	B	
		2.10.2 实际纵波声场	A	A	B	
		2.10.3 横波发射声场	A	B	B	
		2.10.4 聚焦声场	A	B	C	
2.11 规则反射体回波声压		2.11.1 大平底回波声压	A	A	B	
		2.11.2 平底孔回波声压	A	A	B	
		2.11.3 长横孔回波声压	A	A	C	
		2.11.4 短横孔回波声压	A	B	C	
		2.11.5 球孔回波声压	A	B	C	
		2.11.6 圆柱曲底面回波声压	A	B	B	
2.12 AVG曲线		2.12.1 通用AVG曲线	B	B	C	
		2.12.2 实用AVG曲线	A	B	B	
3	超声检测系统		15	15	15	
	3.1 超声检测仪	3.1.1 超声检测仪的分类	A	A	A	
		3.1.2 模拟式超声检测仪的工作原理	A	B	B	
		3.1.3 数字式超声检测仪	B	B	C	
		3.1.4 衰减型与增益型仪器的标示差异	A	B	B	
		3.1.5 检测仪的维护保养	B	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	A	B	
		3.2.2 探头的种类和结构	A	A	A	
		3.2.3 探头型号标识	B	B	B	
		3.2.4 探头线与接插件型号标识	B	B	C	
	3.3 试块	3.3.1 试块的用途	A	A	A	
		3.3.2 试块的分类	A	A	A	
		3.3.3 常用试块介绍	A	B	B	
		3.3.4 试块的要求与维护	A	B	B	
	3.4 耦合剂及其作用机理	3.4.1 耦合剂	A	A	B	
		3.4.2 影响声耦合的主要因素	A	A	B	
	4	超声检测通用技术		20	20	20
		4.1 超声检测技术的分类	4.1.1 按检测原理分类	A	A	B
			4.1.2 按波型分类	A	A	B
4.1.3 按探头数量分类			A	B	B	
4.1.4 按探头与工件的接触方式分类			A	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	A	B
		4.2.2 横波扫描速度的调节	A	A	B
	4.3 缺陷定位	4.3.1 纵波直探头定位技术	A	A	A
		4.3.2 横波斜探头检测平面工件的定位技术	A	A	A
		4.3.3 横波探测圆柱面工件时缺陷定位	A	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	A
		4.4.2 传输修正值的测定和传输补偿	A	B	B
		4.4.3 缺陷定量	A	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	A	B
		4.5.2 影响缺陷定量的因素	A	A	B
		4.5.3 侧壁干涉对缺陷定位、定量的影响	A	B	C
		4.5.4 缺陷性质分析	A	B	C
	4.6 非缺陷回波的判别		B	B	C
	5	检测规程和作业指导书		5	5
5.1 检测规程		A	B	C	
5.2 作业指导书		A	A	B	
5.3 检测方法标准和验收标准		5.3.1 概念	A	A	B
	5.3.2 常用标准	B	B	C	
6	检测前的技术准备和要求		5	5	10
	6.1 仪器性能测试	6.1.1 水平线性	A	A	B
		6.1.2 垂直线性	A	A	B
		6.1.3 仪器系统的灵敏度余量测试	A	B	C
		6.1.4 仪器系统分辨力	A	B	C
		6.1.5 直探头盲区测定	A	B	C
6.2 超声检测书面程序文件		A	B	C	
6.3 工件表面制备		A	A	B	
7	焊缝超声检测技术的应用		15	15	20
	7.1 焊缝超声检测	7.1.1 焊缝缺陷类型	B	B	C
		7.1.2 检测条件的选择	A	A	B
		7.1.3 探头参数测定	A	A	B
		7.1.4 扫描速度（时基线比例）的调节	A	A	B
		7.1.5 检测灵敏度的调节和校准	A	A	B
		7.1.6 距离波幅曲线的绘制与应用	A	A	B
		7.1.7 声能损失差的测定	A	A	B
		7.1.8 扫查方式	A	A	B
		7.1.9 缺陷位置的测定	A	A	B
		7.1.10 缺陷的定量	A	A	B
		7.1.11 焊缝质量评级	B	B	C
		7.1.12 焊缝检测主要步骤	A	A	B
	7.2 锻件超声检测	7.2.1 锻件及其检测特点	B	A	A
		7.2.2 常见锻件检测方法	B	A	A
		7.2.3 检测条件的选择	B	A	A
		7.2.4 仪器扫描速度的调节	B	A	A
		7.2.5 检测灵敏度的调节	B	A	A
		7.2.6 缺陷定位	B	A	A
7.2.7 缺陷定量		B	A	A	
7.2.8 锻件的检测结果评定	B	A	A		
7.3 铸件超声检测	7.3.1 铸件中常见的缺陷	C	B	A	

		7.3.2 铸件超声检测特点	C	B	A
		7.3.3 铸钢件检测条件的选择	C	B	A
		7.3.4 铸钢件检测范围和灵敏度的调整	C	B	A
		7.3.5 铸钢件缺陷的判别与测定	C	B	A
		7.3.6 铸钢件检测结果及质量等级的评定	C	B	A
	7.4 管材超声检测	7.4.1 管材的特点和常见缺陷	C	B	A
		7.4.2 管材的检测方法	C	B	A
		7.4.3 管材检测灵敏度	C	B	A
		7.4.4 缺陷位置和大小测定	C	B	A
	7.5 板材超声检测	7.5.1 钢板中的常见缺陷	B	B	A
7.5.2 钢板的检测方法		B	B	A	
8	超声检测新技术		10	10	5
	8.1 衍射时差技术	8.1.1 概念及背景	A	B	C
		8.1.2 衍射现象	A	B	C
		8.1.3 探头布置及信号解释	A	B	C
		8.1.4 缺陷埋藏深度和自身高度计算	A	B	C
		8.1.5 TOFD 的扫查方式	A	B	C
		8.1.6 TOFD 检测系统	A	B	C
		8.1.7 典型焊缝缺陷的TOFD图像和A扫描信号	A	B	C
		8.1.8 相关标准	B	B	C
		8.1.9 TOFD的优势与局限性	A	B	C
	8.2 超声相控阵技术	8.2.1 超声相控阵基本原理	A	B	C
		8.2.2 超声相控阵检测系统	A	B	C
		8.2.3 超声相控阵声束控制原理	A	B	C
		8.2.4 超声相控阵扫描基本模式	A	B	C
		8.2.5 超声相控阵的成像方式	A	B	C
8.2.6 超声相控阵的相关标准		B	B	C	
8.2.7 超声相控阵技术的优势		A	B	C	
9	竞赛标准		5	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	A
	GB/T 29711-2023 焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征		B	B	C
	GB/T 29712-2023 焊缝无损检测 超声检测 验收等级		A	A	B

超声检测技能竞赛用试块：

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、超声实操项目评分标准表

姓名: _____

超声实际操作项目评分标准表

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)		验收等级以上缺欠多一处 或记录缺欠少一处		扣10分			
			验收等级以上缺欠少一处		扣20分			
	缺欠定量 (20分)	最高波幅度dB (10分)	$0 \leq \Delta dB \leq 3$		不扣分			
			$3 < \Delta dB \leq 6$		扣1分			
			$6 < \Delta dB \leq 8$		扣2分			
			$ \Delta dB > 8$		扣3分			
		长度L (10分)	$2 \leq \Delta L \leq 3$		扣1分			
			$3 < \Delta L \leq 4$		扣2分			
			$4 < \Delta L \leq 6$		扣3分			
			$ \Delta L > 6$		扣4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			
			$3 < \Delta X1 \leq 4$		扣2分			
			$4 < \Delta X1 \leq 6$		扣3分			
			$ \Delta X1 > 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			
			$2 < \Delta Y \leq 3$		扣1分			
			$3 < \Delta Y \leq 4$		扣2分			
			$4 < \Delta Y \leq 6$		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。

