

附件二：

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——射线检测技术竞赛

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《射线检测》（1、2、3级适用）

强天鹏. 射线检测(第二版)[M]. 中国劳动社会保障出版社

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50题（每题2分）。

实操竞赛：满分100分，60分钟，不允许延时，评定10张底片并填写检测报告，每张满分10分。

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

射线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; -不做要求)	
			本科	高职
1-2	基础知识		22	24
	1. 概论	定义	A	A
		检测方法分类	A	A
		检测优缺点	A	A
	2. 射线检测物理基础	2.1 原子与原子结构		
		2.1.1 元素与原子基本概念		
		a. 原子序数的定义	A	A
		b. 原子量的定义	A	A
		c. 核电荷数的定义	A	A
		d. 质子、中子和电子的基本概念	A	A
		2.1.2 核外电子运动规律		
		a. 电子轨道	A	A
		b. 能级	A	A
		c. 基态和激发态	A	A
		d. 跃迁	A	B
		2.1.3 原子核结构		
		a. 原子核的构成	A	A
		b. 核力	C	-
		c. 原子核能级	B	C
		2.2 放射性衰变及基本规律		
		2.2.1 放射性衰变		
		a. 放射性衰变的概念和衰变方式	A	A
		b. 同位素、放射性同位素的概念	A	B
		2.2.2 衰变规律		
		a. 放射性衰变基本规律	A	A
		b. 活度、活度单位和比活度	A	B
		c. 半衰期定义和衰变常数	A	A
		d. 半衰期简单计算	A	B
		e. 工业常用放射性同位素和衰变纲图	B	C
		2.3 射线种类与性质		
		2.3.1 射线及种类	A	A
		2.3.2 X 射线和 γ 射线		
		a. X 射线和 γ 射线产生	A	A
		b. X 射线和 γ 射线本质和特性	A	A
		c. 射线谱、射线强度和能量	A	A
		d. X 射线连续谱的产生和特点	A	A

		e. X 射线标识谱的产生和特点	B	C
		2.4 射线与物质的相互作用		
		2.4.1 射线与物质的主要作用		
		a. 光电效应	A	A
		b. 康普顿效应	A	A
		c. 电子对效应	B	C
		d. 瑞利散射	B	C
		e. 各种相互作用发生的相对几率	A	—
		2.4.2 单色窄束射线的衰减		
		a. 窄束射线	A	A
		b. 单色射线	A	A
		c. 吸收和散射	A	A
		d. 线衰减系数、质量衰减系数、半值层、衰减公式及计算	A	A
		2.4.3 宽束连续谱射线的衰减		
		a. 宽束射线、白色射线	A	A
		b. 散射比	A	A
		c. 线质	A	A
		d. 衰减公式	A	B
		e. 连续谱 X 射线的硬化	A	B
		2.5 射线照相原理和特点	A	A
3	射线检测设备和器材		26	32
	3.1 X 射线机	3.1.1 X 射线机结构原理		
		a. 基本结构	A	A
		b. 基本工作原理	A	A
		3.1.2 X 射线机类型及适用性	B	B
		3.1.3 X 射线机的使用、维护		
		a. X 射线机的基本操作	A	A
		b. 训机	A	A
		c. X 射线机的维护和保养	A	B
	3.2 加速器	加速器	C	—
	3.3 γ 射线设备	3.3.1 基本结构	A	A
		3.3.2 基本工作原理	A	A
		3.3.3 γ 射线源		
		a. 铀 192、钴 60、硒 75、铯 137 和铱 170 的能量	B	C
		b. 铀 192、钴 60、硒 75、铯 137 和铱 170 的半衰期	B	B
		3.3.4 γ 射线机的使用、维护		
		a. γ 射线机的基本操作	B	B
		b. γ 射线机的维护和保养	B	B
	3.4 射线照相胶片	3.4.1 感光原理		
		a. 胶片结构	A	A
		b. 潜影形成	A	C

		3.4.2 胶片分类	A	A
		3.4.3 底片黑度及计算		
		a. 黑度的定义	A	A
		b. 黑度的计算	A	A
		3.4.4 胶片感光特性		
		a. 感光特性曲线	A	A
		b. 感光度、灰雾度、梯度、胶片粒度和宽容度	A	A
		3.4.5 胶片的使用和管理	A	B
	3.5 增感作用及增感系数	3.5.1 增感作用	A	A
		3.5.2 增感系数的定义和计算	A	B
		3.5.3 增感屏主要类型和特点		
		a. 金属增感屏及特点	A	A
		b. 荧光增感屏及特点	B	C
		c. 金属荧光增感	B	C
		3.5.4 铅箔增感屏的结构和特点	A	A
		3.5.5 增感屏的使用注意事项	B	B
	3.6 像质计	3.6.1 像质计的作用与基本类型	A	A
		3.6.2 金属丝型像质计	A	A
		3.6.3 平板孔型像质计	B	C
		3.6.4 阶梯孔型像质计	B	C
		3.6.5 像质计的摆放	A	A
	3.7 其他设备与器材	3.7.1 标记		
		a. 标记种类和作用	A	A
		b. “B”标记的使用	A	A
		3.7.2 观片灯、安全灯、温度计、洗片槽或洗片机及烘干箱等	B	C
		3.7.3 黑度计		
		a. 工作原理	B	C
		b. 使用	A	A
		3.7.4 辐射防护器材：剂量仪	C	C
		3.7.5 暗袋、屏蔽铅板等的使用	A	A
4	射线照相检验技术		30	34
	4.1 射线照相灵敏度影响因素	4.1.1 主因对比度	A	A
		4.1.2 影像质量三要素(对比度、不清晰度、颗粒度)	A	A
		4.1.3 射线照相灵敏度的定义和计算	A	A
		4.1.4 缺陷的可识别性	B	C
	4.2 透照工艺条件的选择	4.2.1 射线种类及能量的选择		
		a. 射线种类的选择	A	A
		b. 射线能量的选择	A	A
		4.2.2 焦距的选择		
		a. 最小焦距计算	A	A
		b. 诺模图的使用	A	A

		c. 焦距选择	A	A
		4.2.3 曝光量选择		
		a. 曝光量	A	A
		b. 互易律	A	A
		c. 平方反比定律	A	A
		d. 曝光因子	A	A
		e. 曝光量修正计算	A	C
	4.3 透照方式	4.3.1 透照方式选择		
		a. 直缝透照（透照布置、方向、区域）	A	A
		b. 环缝透照（透照布置、方向、区域）	A	A
		4.3.2 一次透照长度、透照厚度比、有效评定长度、搭接长度概念	A	A
	4.4 曝光曲线应用	4.4.1 曝光曲线的制作		
		a. (KV—T) 曲线	A	B
		b. (E—T) 曲线	A	B
		4.4.2 曝光曲线的使用	A	A
		4.4.3 厚度宽容度	A	C
	4.5 散射线控制	4.5.1 散射线来源和分类	A	B
		4.5.2 散射线对影像质量的影响	A	B
		4.5.3 散射线的控制方法	A	B
	4.6 典型工件射线检测	4.6.1 变截面工件	A	B
		4.6.2 小直径管对接焊缝	A	A
	4.7 焊接接头透照工艺	4.7.1 工艺文件编制		
		a. 检验规程	B	—
		b. 编制透照工艺卡	A	B
		4.7.2 检验基本过程	B	C
	4.8 暗室处理技术	4.8.1 暗室处理基本要求	A	A
		4.8.2 暗室处理基本技术	A	A
	4.9 辐射防护	4.9.1 辐射量及单位	A	A
		4.9.2 辐射生物效应及危害	A	B
		4.9.3 辐射防护的原则	A	A
		4.9.4 安全措施		
		a. 监控	A	A
		b. 记录	A	A
		c. 剂量限值体系	A	A
		d. 防护方法：屏蔽、距离和时间	A	A
		4.9.5 辐射防护计算	A	B
5	底片评定及标准		8	10
	5.1 底片质量评定	5.1.1 环境设备要求	A	A
		5.1.2 底片质量要求		
		a. 灵敏度	A	A
		b. 黑度	A	A

		c. 标记	A	A
		d. 伪缺陷：划痕、压痕、折痕和水迹	A	A
		e. 背散射	A	A
	5.2 底片影像分析	5.2.1 缺陷影像识别：裂纹、未熔合、未焊透、夹渣和气孔	A	A
		5.2.2 其他	C	C
	5.3 标准 NB/T47013.1-2015 通用要求和 NB/T47013.2-2015	5.3.1 一般要求		
		a. 检验范围	A	B
		b. 检验人员	A	B
		c. 检验设备器材	A	B
		d. 透照方式	A	B
		e. 黑度计等仪器校验	A	B
		5.3.2 焊接接头缺陷等级评定	A	A
		5.3.3 记录、评定及报告	A	A
6	其他射线照相检测技术		4	0
	6.1 成像原理	6.1.1 实时成像	C	—
		6.1.2 DR	B	—
		6.1.3 CR	B	—
		6.1.4 CT	C	—
	6.2 系统	6.2 成像系统组成及对比	C	—
7	6.3 图像质量	6.3 图像质量指标	C	—
	人工智能基础		10	0
	7.1 人工智能简介	7.1.1 人工智能内涵	A	—
		7.1.2 人工智能发展历史	A	—
	7.2 深度学习简介	7.2.1 计算机视觉	A	—
		7.2.2 仿生学与深度学习	A	—
		7.2.3 现代深度学习	A	—
		7.2.4 传统方法与神经网络方法比较	B	—
	7.3 深度学习框架	7.3.1 PyTorch		—
		a. PyTorch 简介	B	—
		b. PyTorch 的特点	B	—
		7.3.2 TensorFlow		—
		a. TensorFlow 简介	B	—
		b. TensorFlow 的特点	B	—
	7.4 机器学习基础知识	7.4.1 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	—
		7.4.2 监督学习	A	—

		7.4.3 非监督学习	B	—
		7.4.4 强化学习	C	—
		7.4.5 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	—
	7.5 回归模型	7.5.1 线性回归	B	—
		7.5.2 Logistic 回归	C	—
	7.6 神经网络基础	7.6.1 神经网络基础概念	A	—
		7.6.2 感知器		—
		a. 单层感知器	B	—
		b. 多层感知器	B	—
		7.6.3 BP 神经网络		—
		a. 梯度下降	B	—
		b. 后向传播	C	—
	7.7 卷积神经网络	7.7.1 卷积神经网络基础	A	—
		7.7.2 卷积操作	B	—
		7.7.3 池化层	B	—
		7.7.4 卷积神经网络	B	—
		7.7.5 经典卷积神经网络结构		—
		a. VGG 网络	B	—
		b. InceptionNet	B	—
		c. ResNet	B	—

姓名: _____

考号: _____

二、射线检测技术竞赛实操项目评分标准表

项目	分值	评分项		评分标准	评分	
1. 缺陷定性	8分	漏评	裂纹、未熔合、未焊透漏评	底片上仅有1条危险性缺陷（如裂纹、未熔合、未焊透）	扣8分	
				底片上有2条危险性缺陷（如裂纹、未熔合、未焊透）	每漏评一条扣4分	
				底片上有3条或3条以上危险性缺陷（如裂纹、未熔合、未焊透）	每漏评一条扣2分	
			气孔、夹渣类条形、圆形缺陷，咬边等其他缺陷漏评		每处扣2分	
		错评	裂纹、未熔合、未焊透相互错评		每处扣2分	
			裂纹、未熔合、未焊透与其他缺陷相互错评		每处扣3分	
			气孔、夹渣类条形、圆形缺陷，咬边等相互错评		每处扣1分	
			伪缺陷与缺陷错评	伪缺陷错评为裂纹或未熔合、未焊透	每处扣3分	
伪缺陷错评为其他缺陷	每处扣1分					
2. 缺陷定量	10分	圆形缺陷的直径测量	50%＜误差≤100%	扣2分		
			误差＞100%	扣5分		
		条形、线性缺陷长度测量	3mm＜误差≤5mm	扣2分		
			5mm＜误差	扣5分		
备注：						

三、射线检测技术竞赛底片评定记录表

身份证号: _____

准考证号: _____

考试组号：2025—

得分：

图像编号	缺陷定性、定量（当需要时）、定位（图示）				评分
	①	②	③	④	
1-					
2-					
3-					
4-					
5-					
6-					
7-					
8-					
9-					
10-					

说 明：

1、答题：每组共 10 张图像，除图像编号末尾为“M”的 4 张图像需定性、定量（尺寸测量）和定位外，其余 6 张图像只需定性和定位；当图像中有搭接标记时，只评定搭接标识以内的区域。

2、缺陷定位：将图像中缺陷的大致形状及分布区域位置，分别标注在答题卡的焊缝示意图上。

3、缺陷描述：按规定的缺陷代码（A-裂纹；B-未熔合；C-未焊透；D-条形缺陷；E-圆形缺陷；F-咬边）在缺陷位置的上方进行标注；对于需定量的缺陷，其尺寸标注在上述代码之后（单位 mm），例：“A/5.5”-代表“裂纹长 5.5mm”。

4、对于 0.4mm 以下的圆形缺陷在定量时无需测量。