



# 中国机械工程学会无损检测分会 RT培训讲义

本讲义由学会常务委员 晏荣明 编写  
(仅供参考)

中国机械工程学会无损检测分会 深圳市无损检测人员培训中心

电话: 021-65550277

电话: 13538291001

邮箱: [chsndt2008@163.com](mailto:chsndt2008@163.com)

邮箱:

[yanrongming@126.com](mailto:yanrongming@126.com)

# 第五章 射线照相底片的评定

## **Chapter 5** **Radiographic Film** **Interpretation & Evaluation**

# 内容 **Contents**

- 评片的基本要求 **Basic Requirements**
- 评片的基本知识 **Basic Knowledge**
- 底片的影像分析 **Film Image Analysis**
- 质量评定 **Evaluation**

# 评片的基本要求

## **Basic Requirements**

- 底片质量 **Film Quality**
- 环境设备条件  
**Environment & Equipment**
- 人员 **Personnel**

# 底片质量 **Film Quality**

- 灵敏度
- 底片黑度
- 标记
- 表观质量
- 背散射

# 底片质量 **Film Quality**

## ——灵敏度

- 是否有IQI影像
- IQI的型号、规格、摆放位置是否正确
- 能观察到的最细金属丝的丝号，是否达到要求。

# 底片质量 Film Quality

## ——灵敏度

厚度 /mm	A级技术 (%)		B级技术 (%)	
	丝型像质计	阶梯孔型 像质计	丝型像质计	阶梯孔型 像质计
6	-	-	1.6	3.6
12	2.4	4.6	1.4	3.0
25	1.7	3.0	1.2	2.5
50	1.3	2.2	1.0	1.8

# 底片质量 **Film Quality**

## ——底片黑度

- 黑度下限：  
    保证对比度和灵敏度（只有黑度达到一定时，胶片梯度才达到较大值）
- 黑度上限：  
    观片灯的亮度（透过底片光强低，眼睛识别能力低）
- 黑度测量范围：整个评定区



# 底片质量 **Film Quality**

## ——底片黑度

- 标准要求

技术级别	GJB1187A -2001	ISO5579: 1998	EN444: 1994	ASTM E174-00
A	1.7~4.0	$\geq 2.0$	$\geq 2.0$	1.5~4.0
B	2.0~4.0	$\geq 2.3$	$\geq 2.3$	

# 底片质量 **Film Quality**

## ——标记

- 底片应有完整的识别和定位标记的影像
- 标记的影像应位于底片的非评定区

# 底片质量 **Film Quality**

## ——表观质量

- 不应存在明显的划痕、折痕、污染、药膜脱落、静电感光、指纹等伪缺陷

# 底片质量 **Film Quality**

## ——背散射

- 如背散射严重，则应重新拍照

# 环境设备条件

## **Environment & Equipment**

- 环境
- 观片灯
- 工具

# 环境设备条件

## Environment & Equipment

### ——环境

- 室内光线应柔和偏暗
- 避免光线直射到人眼或底片

# 环境设备条件

## Environment & Equipment

### ——观片灯

- 颜色：日光色
- 亮度：
  - $D \leq 2.5$ ，透过底片亮度  $30 \text{cd/m}^2$
  - $D > 2.5$ ，透过底片亮度  $10 \text{cd/m}^2$
- 照明方式：漫射

# 环境设备条件

## Environment & Equipment

### ——工具

- 放大镜：5倍左右；
- 遮光板：遮挡非评定区；
- 直尺：测量。



# 人员 Personnel

- 资质
- 经验
- 材料和程序
- 责任心
- 视力

# 评片的基本知识 **Basic Knowledge**

- 人眼的视觉特性 **Visual Characteristics**
- 评片的主要内容 **Main Contents**
- 观片的基本操作 **Basic Operation**
- 投影的基本概念 **Projection**
- 影像的识别 **Analysis**

# 人眼的视觉特性 **Visual Characteristics**

- 只对可见光有感受性：550~560nm最敏感
- 双重视觉功能：明视觉功能、暗视觉功能
- 暗适应性：
  - 从日光下进入评片室， $\geq 5\sim 10\text{min}$
  - 从室内进入评片室， $\geq 30\text{s}$

# 评片的主要内容 **Main Contents**

- 底片本身质量
- 识别影像
- 评定工件质量
- 记录

# 观片的基本操作 **Basic Operation**

## ——步骤

- 通览底片：

获得产品质量的总体印象，找出须分析研究的可疑影像；
- 影像细节观察：

作出正确的分析和判断。

# 观片的基本操作 **Basic Operation**

## ——操作

- 调节观片灯的亮度，获取合适光强；
- 遮挡细节邻近区域的透射光，提高表观对比度；
- 使用放大镜；
- 移动底片，改变观察距离和角度。

# 投影的基本概念 Projection

## ——放大

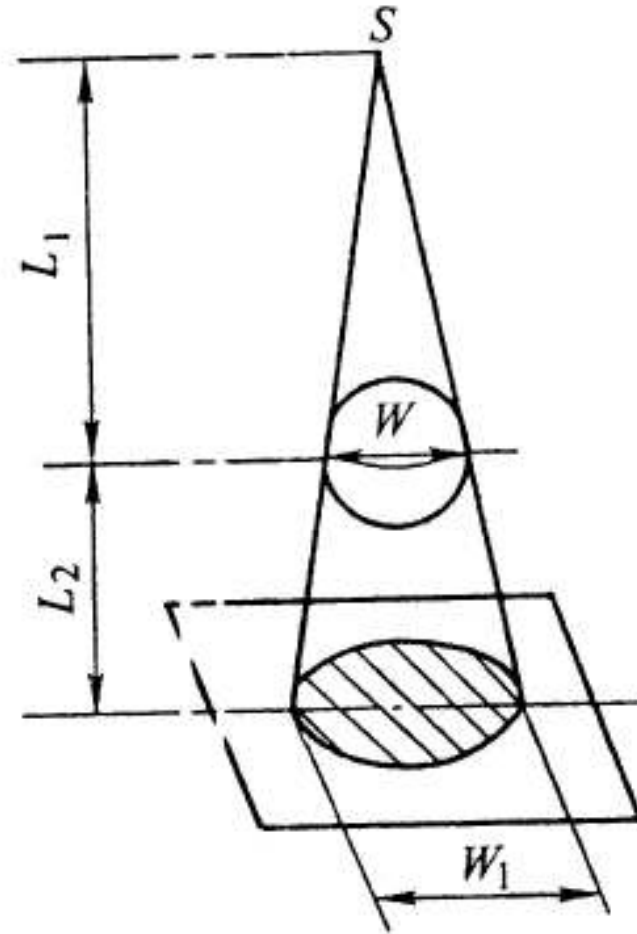


图 6—6 球孔透照的影像放大

# 投影的基本概念 **Projection**

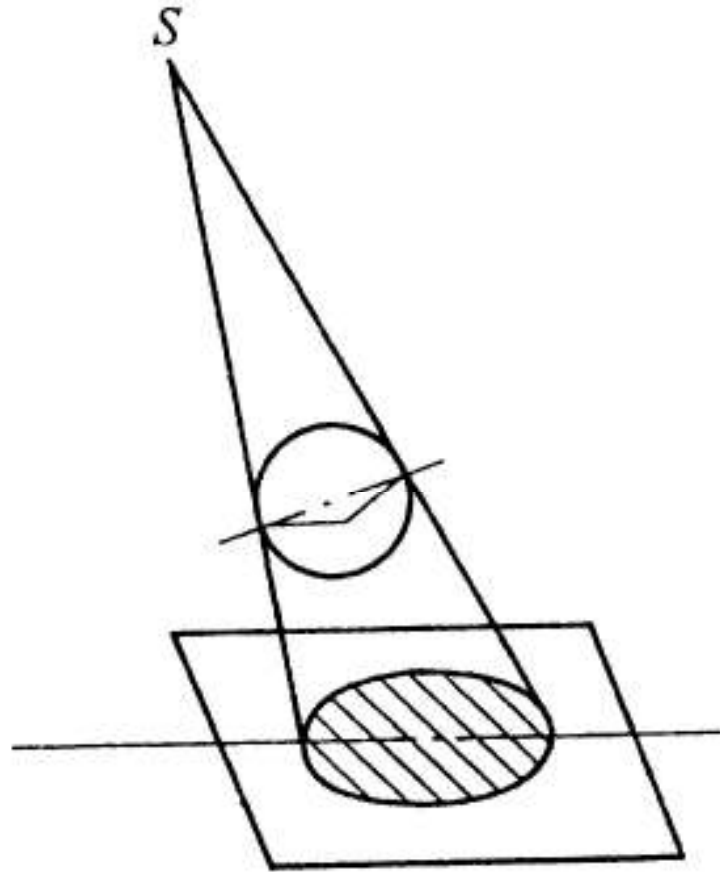


图 6—7 球孔透照的影像畸变



# 投影的基本概念 Projection

## ——重影

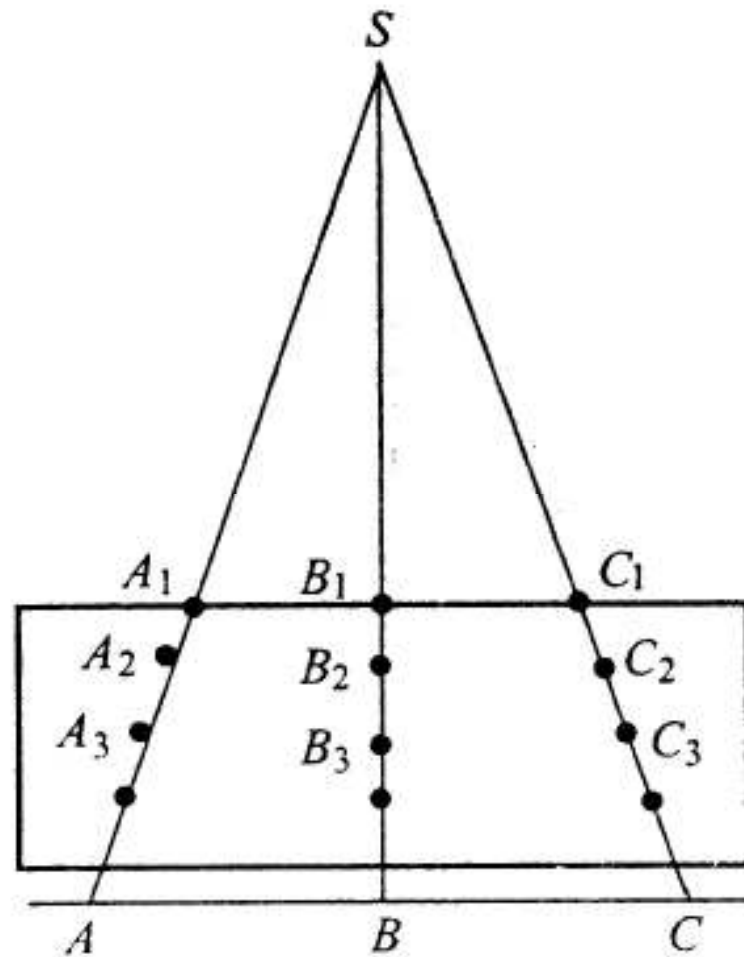


图 6—8 射线照相的影像重叠

# 投影的基本概念 Projection

## ——相对位置改变

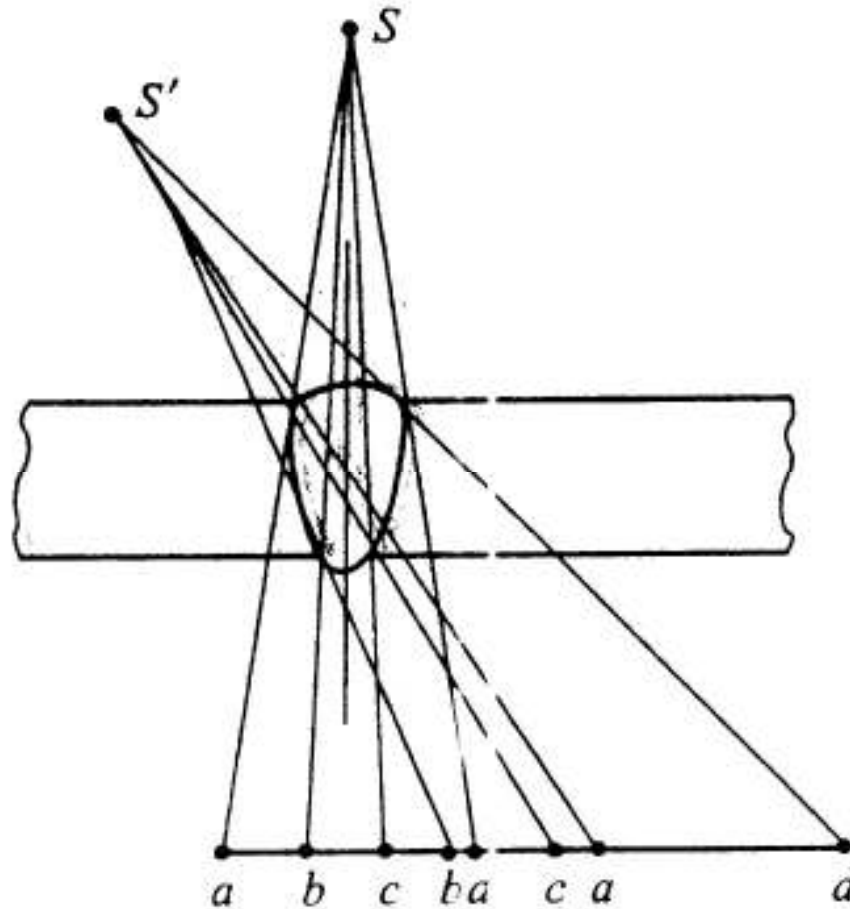


图 6—9 射线照相的影像相对位置改变

# 影像的识别 **Analysis**

- 影像的几何形状：  
单个或局部影像的基本形状、多个或整体影像的分布形状、影像轮廓线特点
- 影像的黑度分布：影像黑度相对工件本底黑度的高低、自身黑度变化
- 影像的位置：反映缺陷在工件中的位置

# 底片的影像分析

## **Film Image Analysis**

- 伪缺陷影像的识别  
**False Defects Analysis**
- 铸造缺陷影像的识别  
**Casting Defects Analysis**
- 焊接缺陷影像的识别  
**Weld Defects Analysis**

# 伪缺陷影像的识别

## False Defects Analysis

- 静电斑纹



a)



b)



c)

图 6-31 静电斑纹的基本形态

a) 树枝状斑纹 b) 冠状斑纹 c) 点状斑纹

# 伪缺陷影像的识别

## False Defects Analysis

- 衍射斑纹



图 6-32 线状衍射斑纹

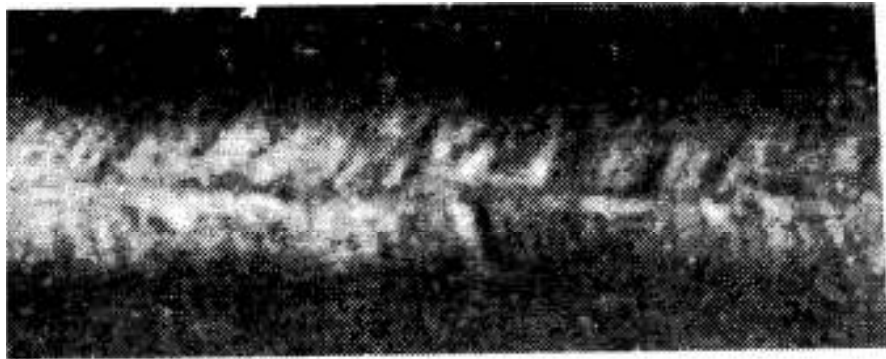


图 6-33 羽毛状衍射斑纹



图 6-34 斑点状衍射斑纹

# 伪缺陷影像的识别

## **False Defects Analysis**

- 划伤：划伤胶片的乳剂层，细而光滑的线状斑纹，黑度较大；在反射光下可见。
- 压痕：局部受到挤压或弯折，月牙状斑纹，曝光前产生的轻微压痕黑度比背景低、严重压痕的黑度比背景高且四周黑度低于背景；在反射光下可见。
- 水迹：干燥时局部聚集的水滴，模糊、不规则的片状显影，黑度较低、均匀变化，在反射光下可见。

# 伪缺陷影像的识别

## **False Defects Analysis**

- 显影液斑点：显影之前胶片被溅上显影液，产生斑点，影像黑度大。
- 定影液斑点：显影之前胶片被溅上定影液，产生透明斑点。
- 增感屏斑纹：因增感屏划伤、污染或夹带异物，产生形状相似的影像，划伤的影像黑度比背景高、污染或异物的影像黑度比背景低。



# 铸造缺陷影像的识别

## **Casting Defects Analysis**

# 铸造缺陷影像的识别

## Casting Defects Analysis

### ——缩孔

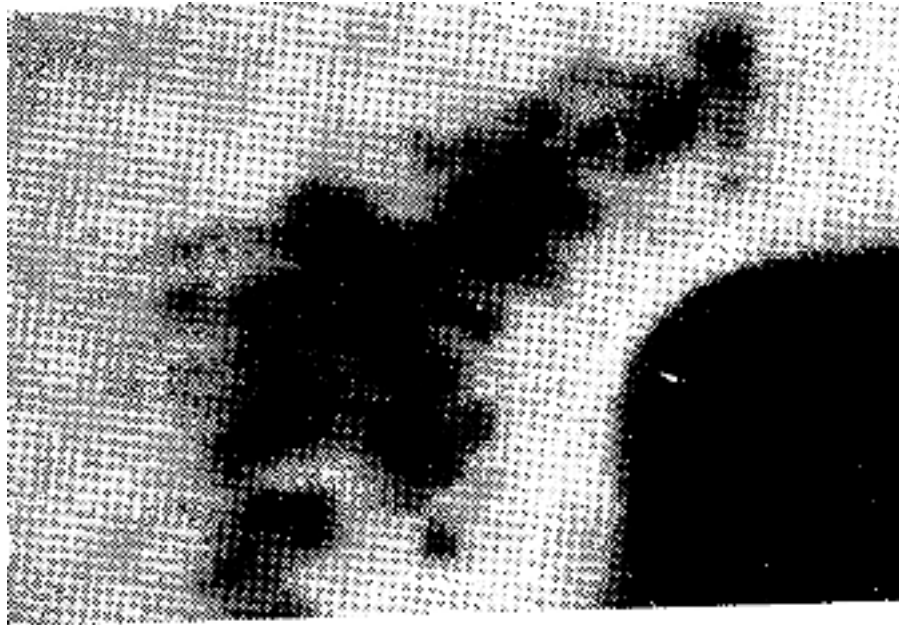


图 6-2 集中孔洞形缩孔

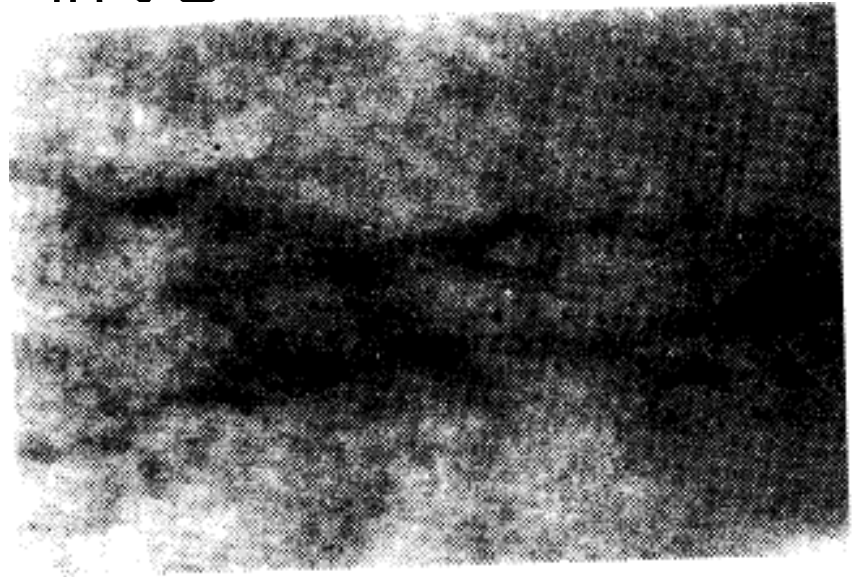
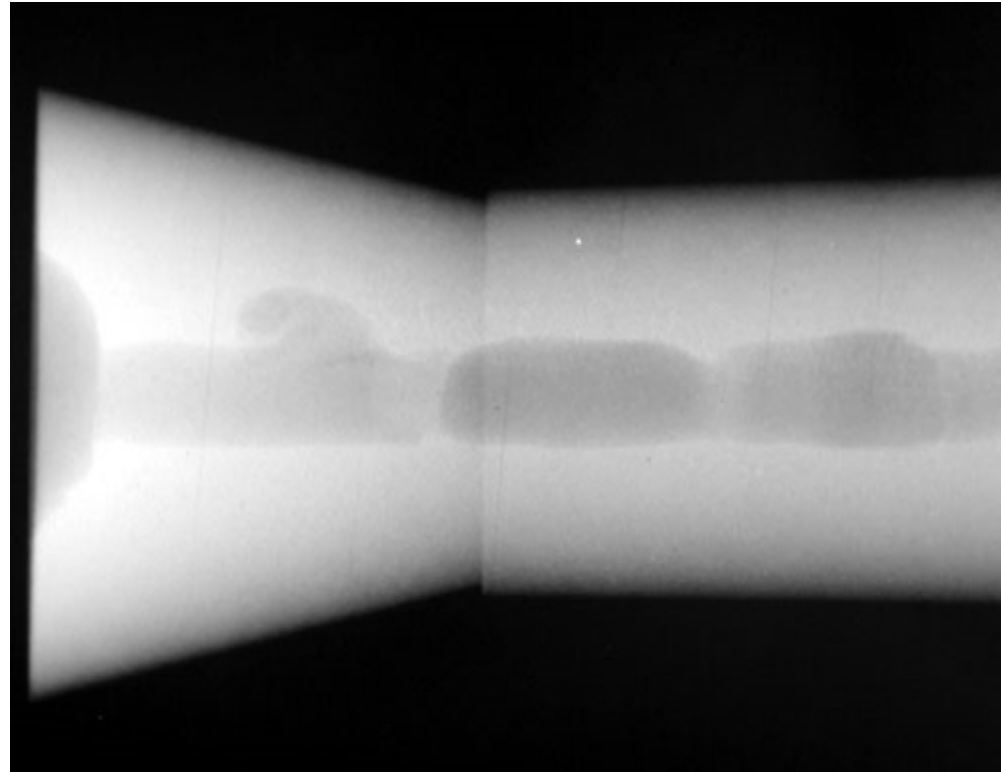


图 6-3 纤维状缩孔

# 铸造缺陷影像的识别

## **Casting Defects Analysis**

### **——Cavity shrinkage**



# 铸造缺陷影像的识别

## Casting Defects Analysis

——疏松

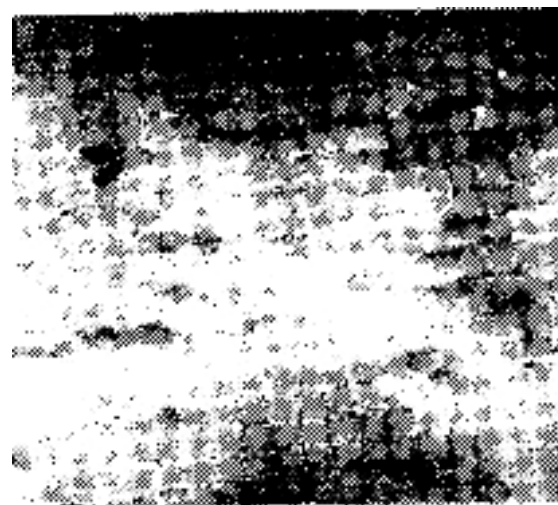
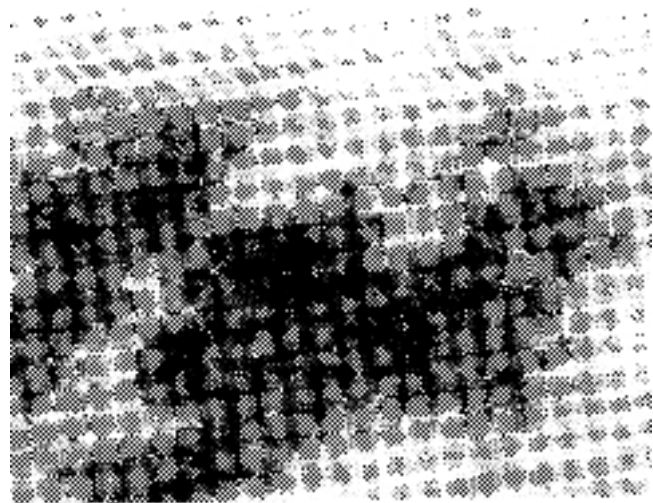
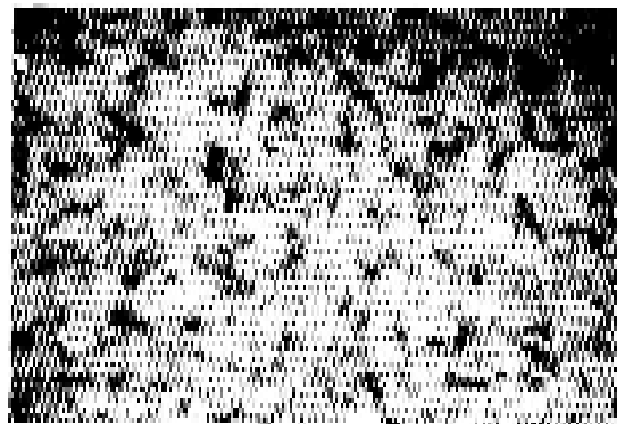
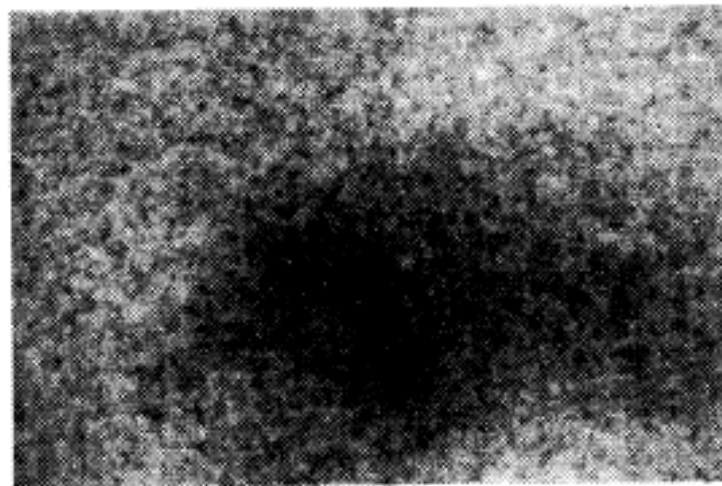


图 6-5 层状疏松

# 铸造缺陷影像的识别

## Casting Defects Analysis

### ——气孔

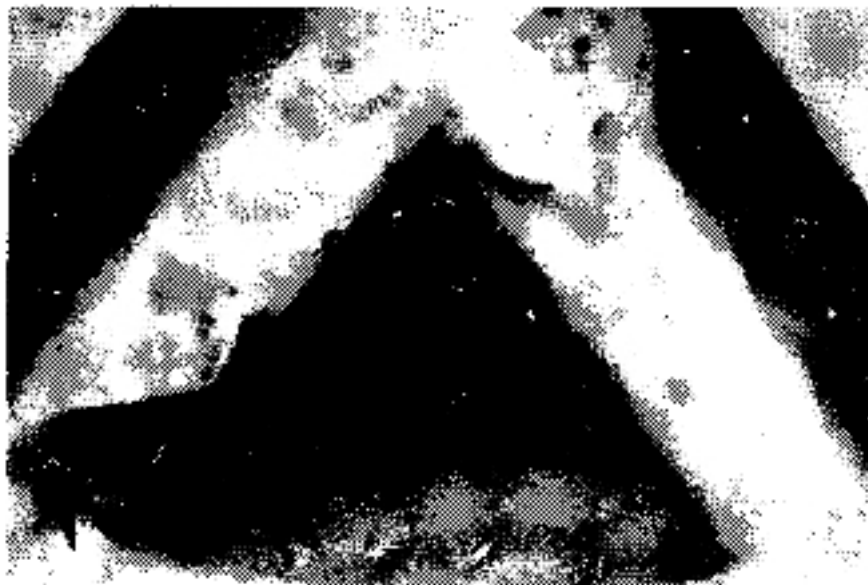


图 6-8 铸件中的气孔

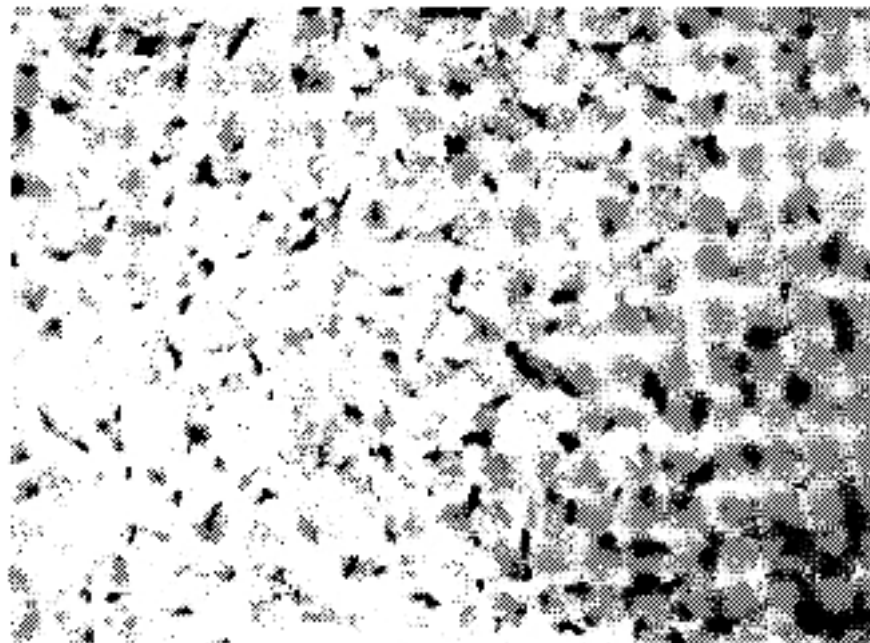
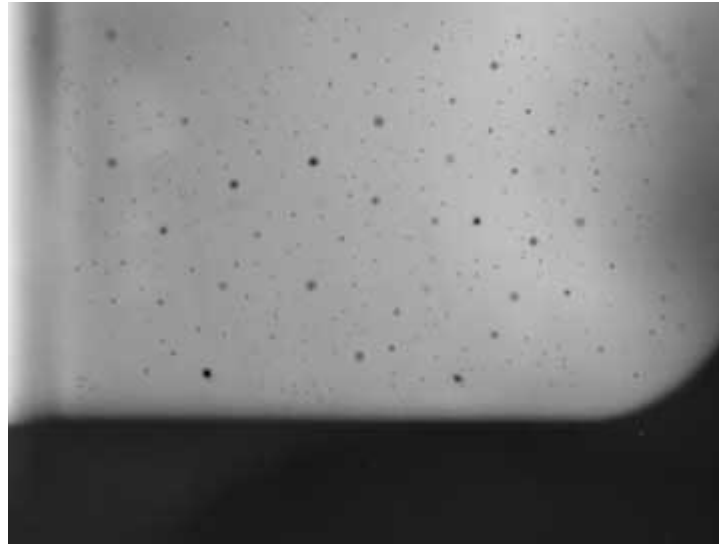


图 6-9 针孔

# 铸造缺陷影像的识别

## **Casting Defects Analysis**

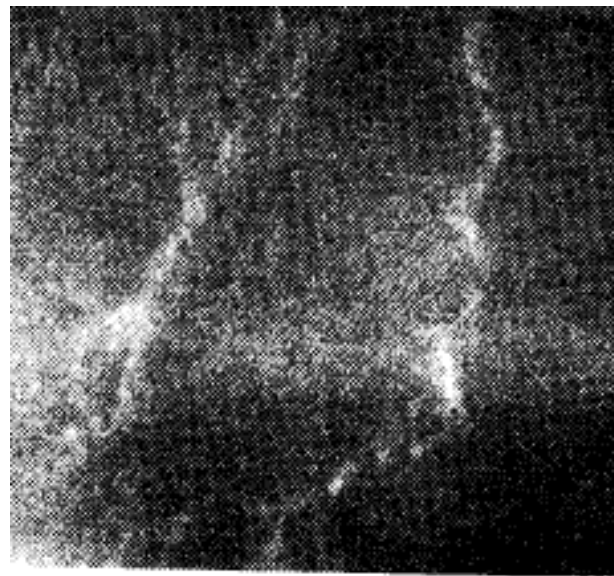
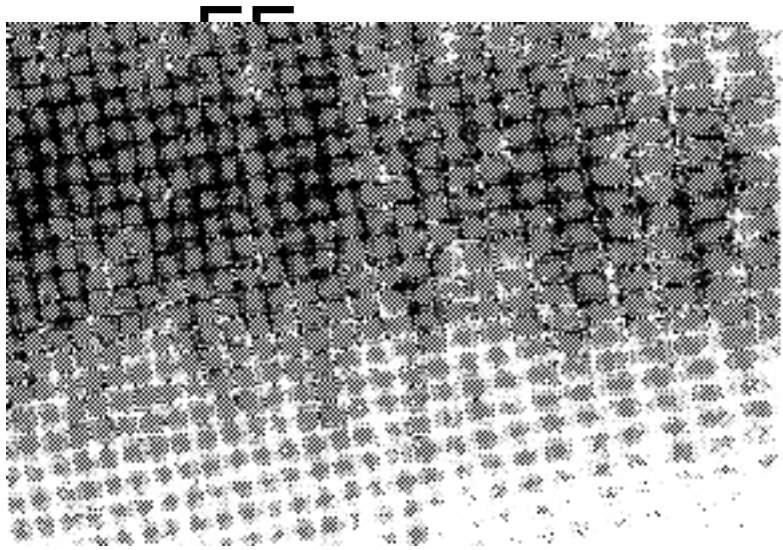
### **——Gas porosity or blow holes**



# 铸造缺陷影像的识别

## Casting Defects Analysis

### ——偏析



收缩偏析

# 铸造缺陷影像的识别

## Casting Defects Analysis

### ——冷隔

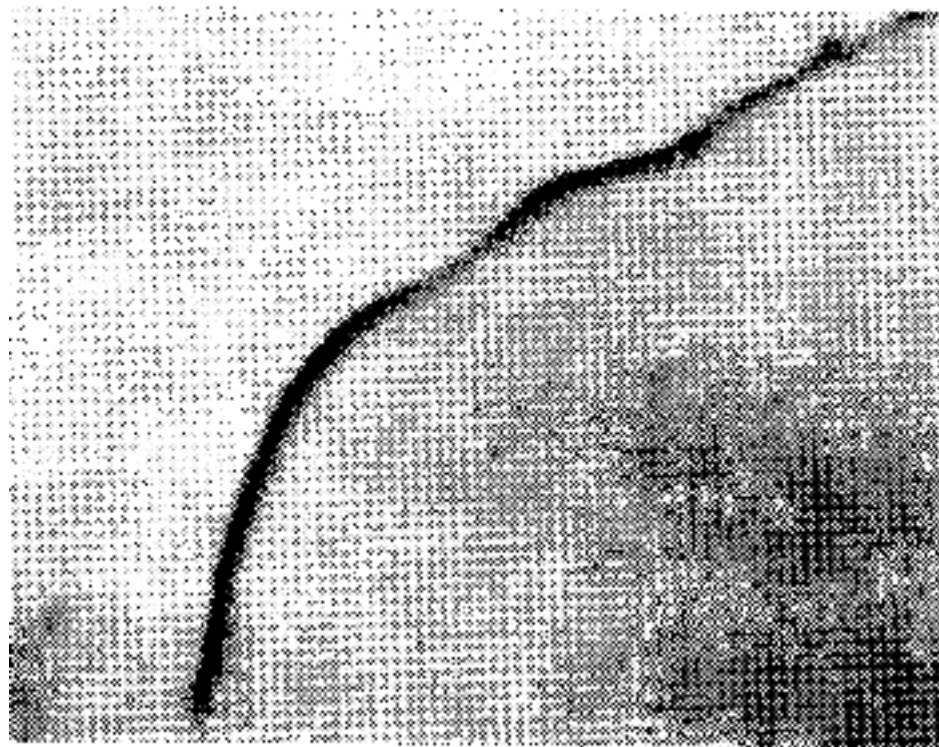


图 6-12 冷隔



# 铸造缺陷影像的识别

## Casting Defects Analysis

### ——裂纹

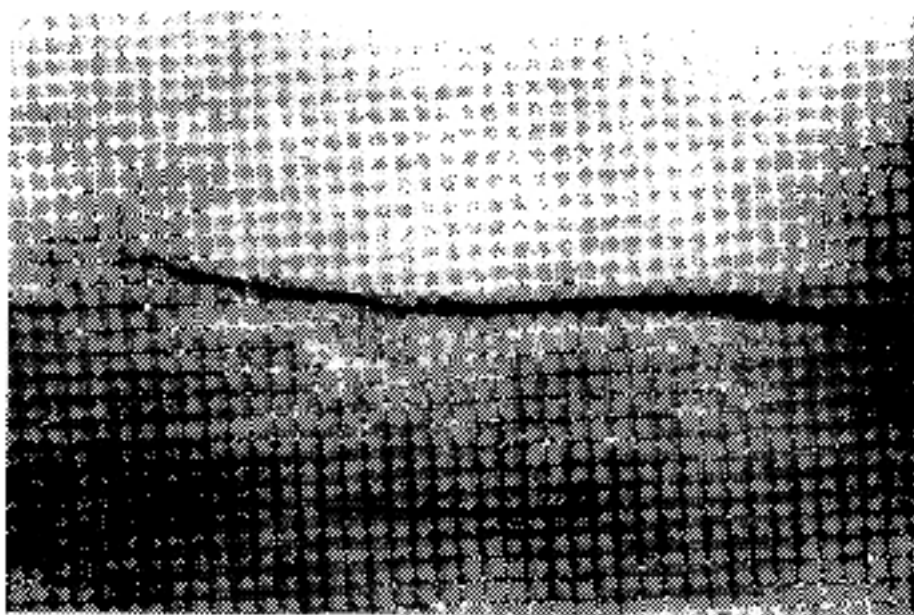


图 6-11 冷裂纹

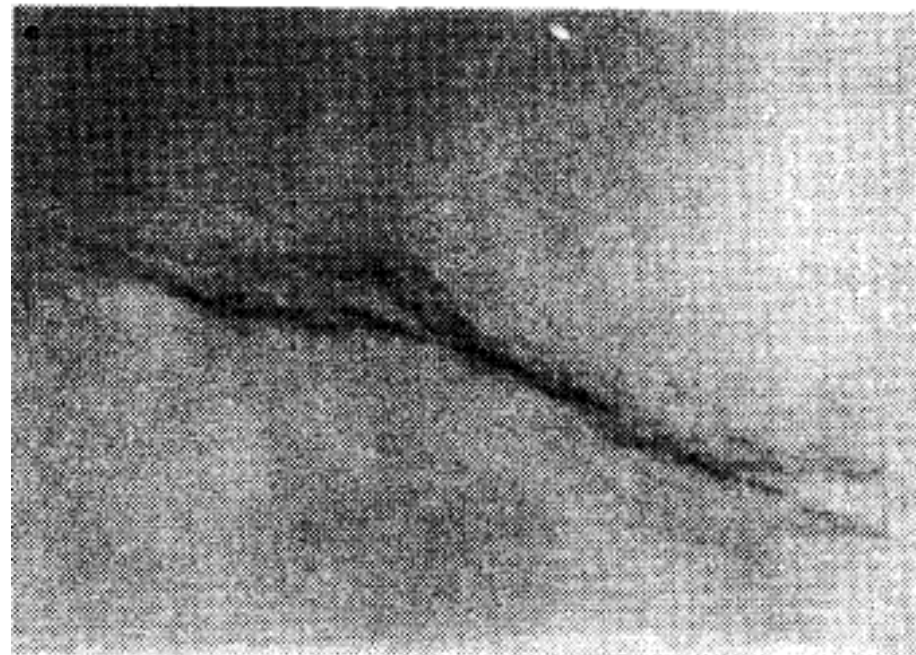


图 6-10 热裂纹

# 铸造缺陷影像的识别

## Casting Defects Analysis

### ——夹渣

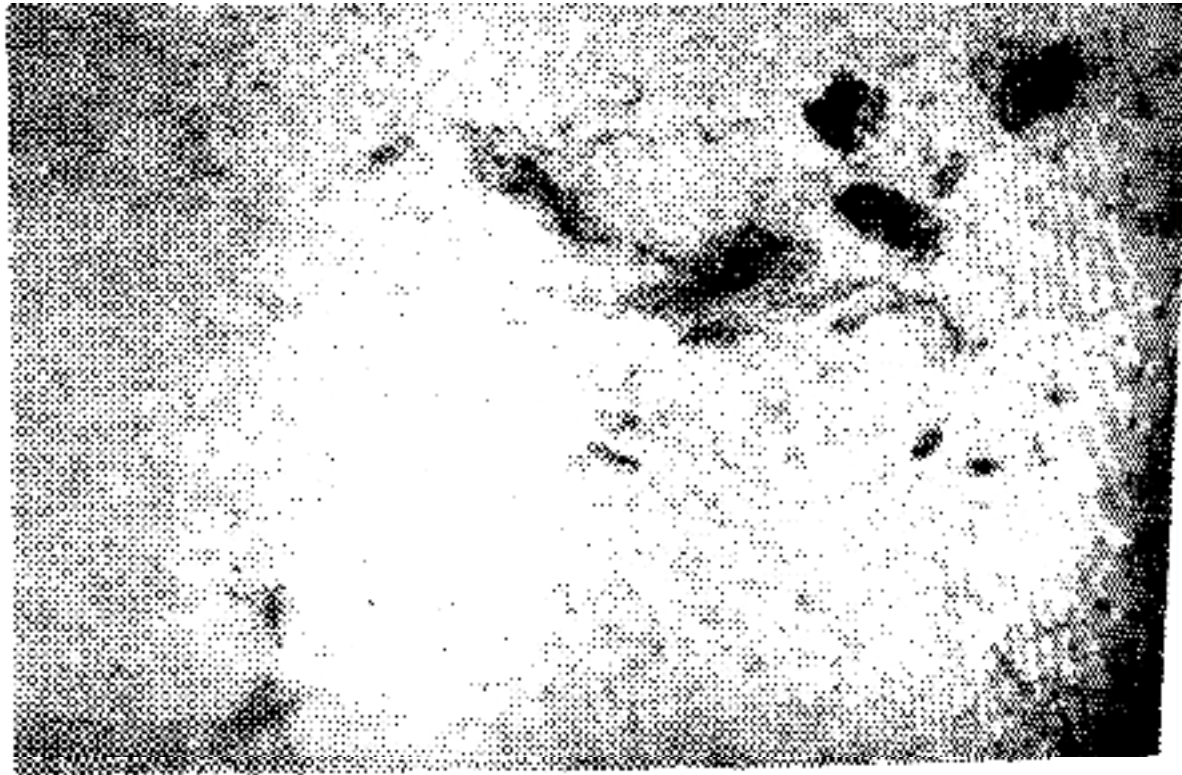
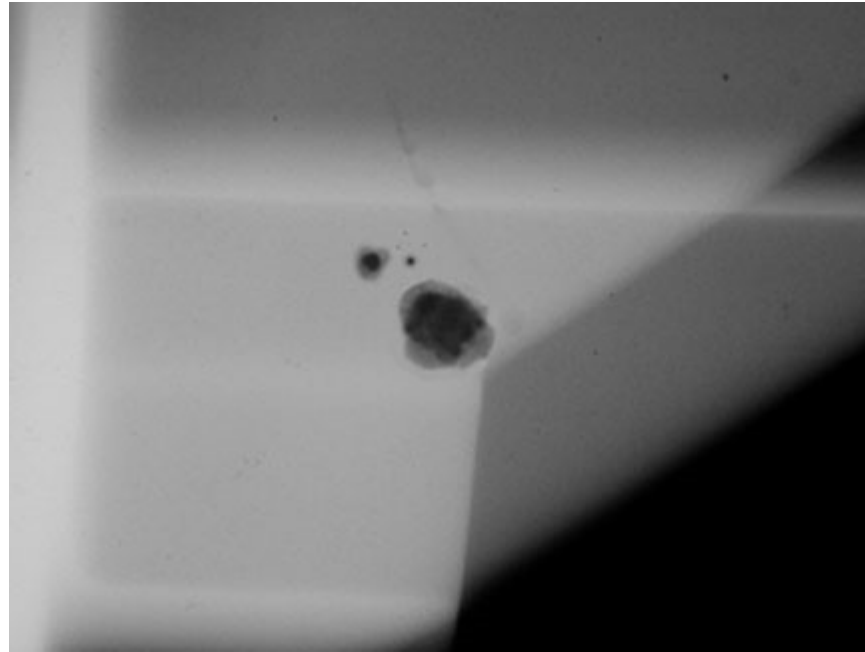


图 6-13 铸件中的夹渣

# 铸造缺陷影像的识别

## **Casting Defects Analysis**

### **——Sand inclusions and dross**



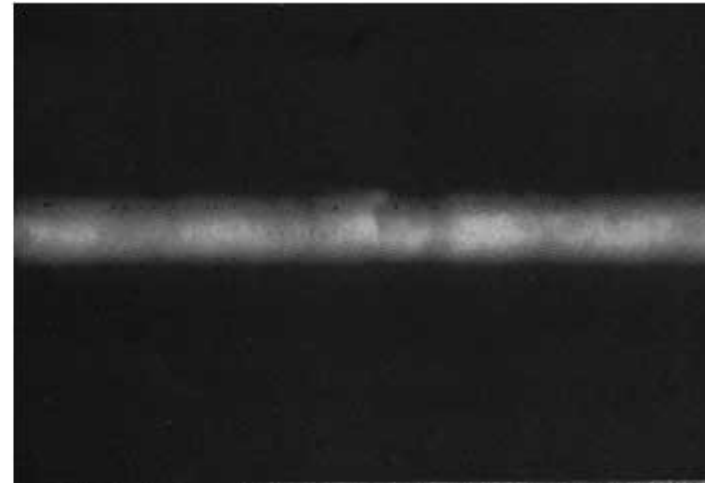
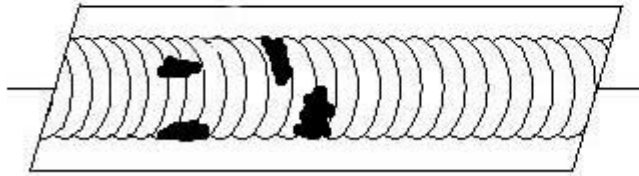
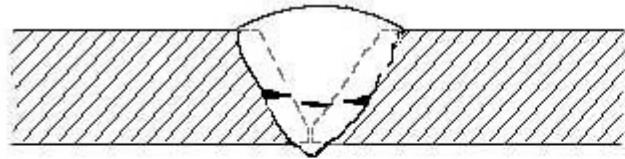
# 焊接缺陷影像的识别

## **Weld Defects Analysis**

# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

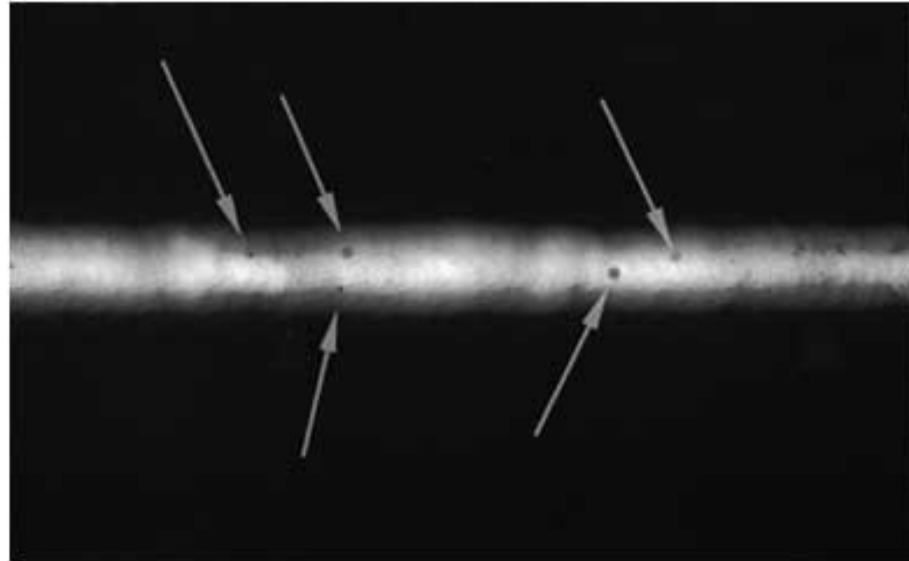
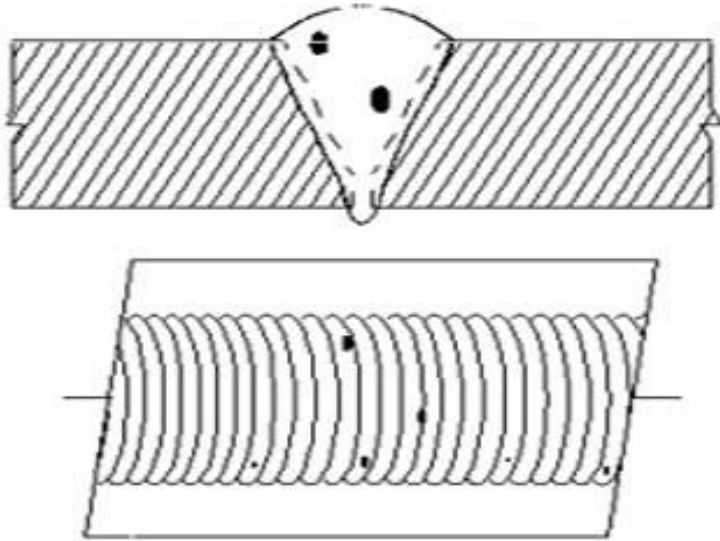
### ——Cold lap



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

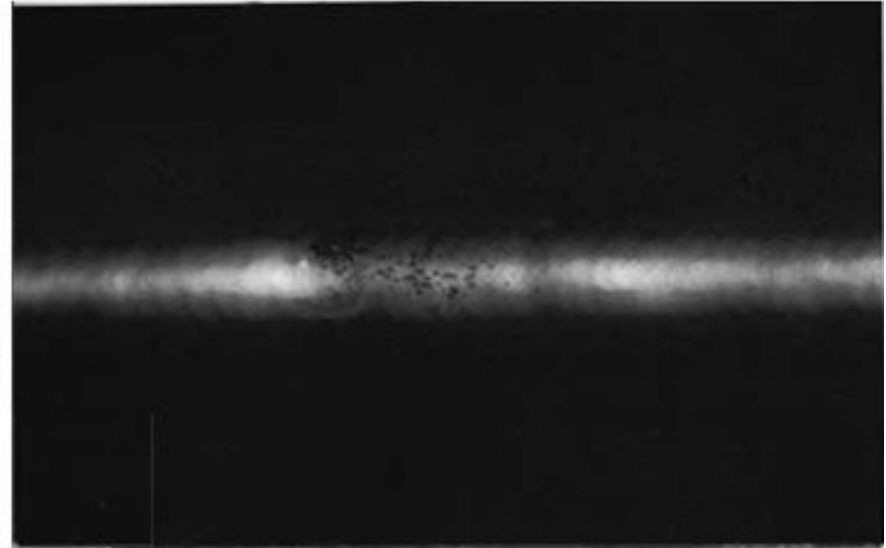
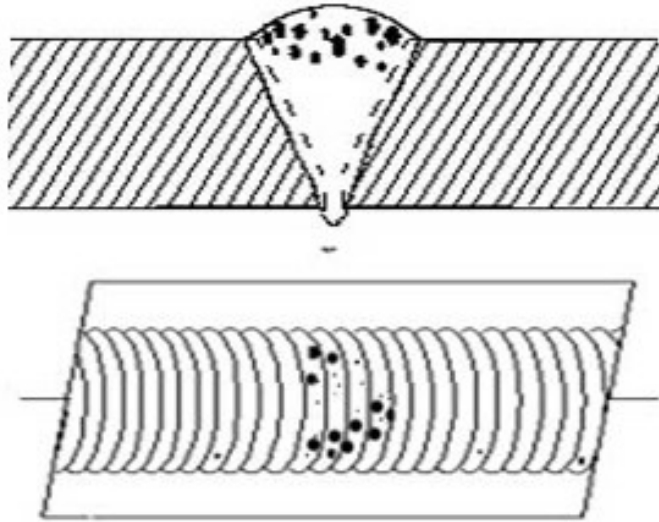
### ——Porosity



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

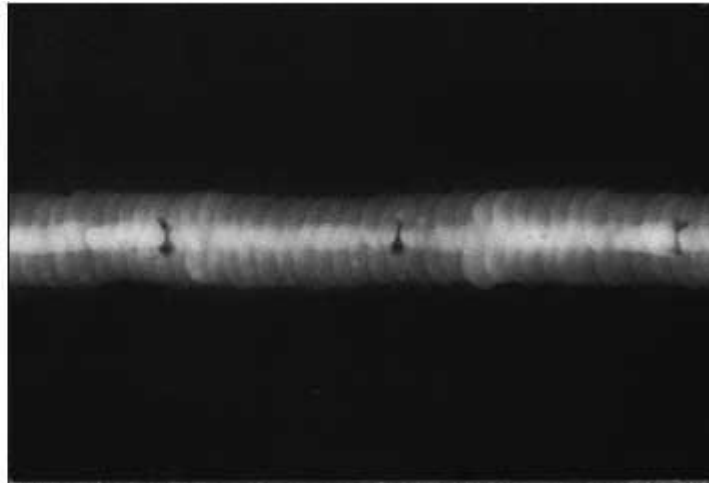
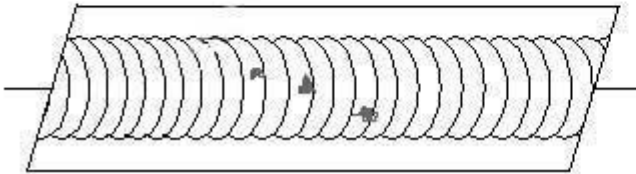
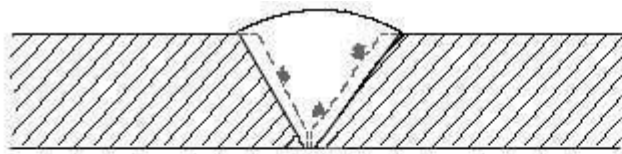
### ——Cluster porosity



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

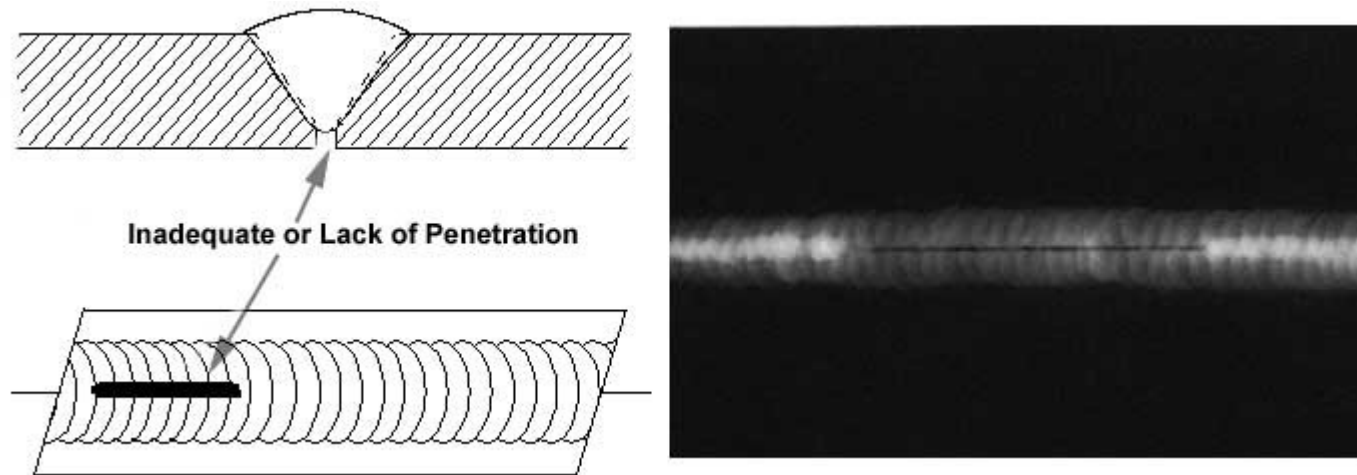
### ——Slag inclusions





焊接缺陷缺陷的分类

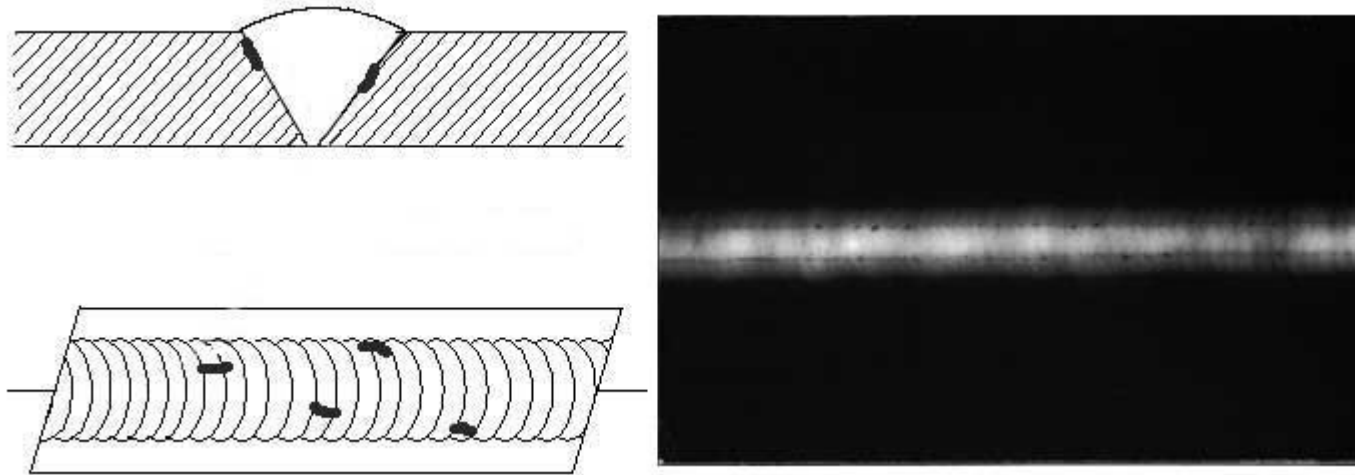
# Weld Defects Analysis — Incomplete penetration (IP) or lack of penetration (LOP)



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

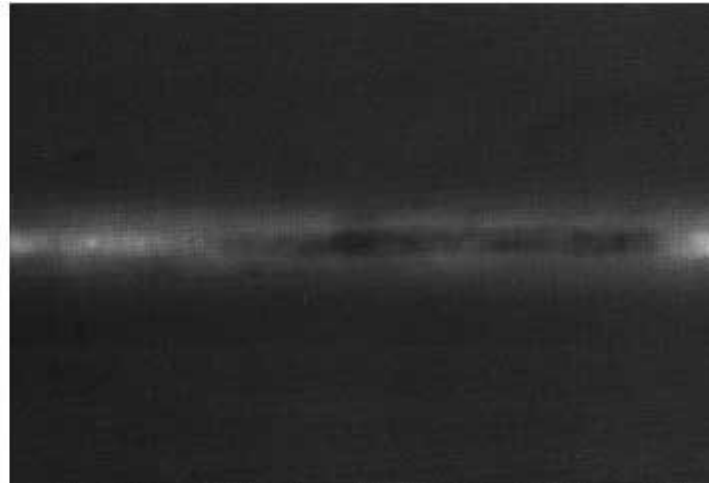
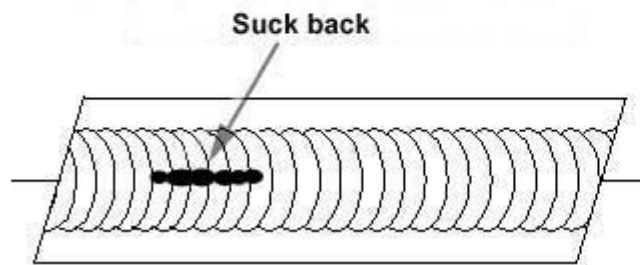
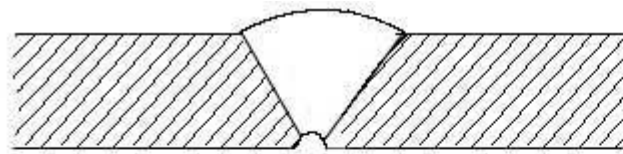
### —Incomplete fusion



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

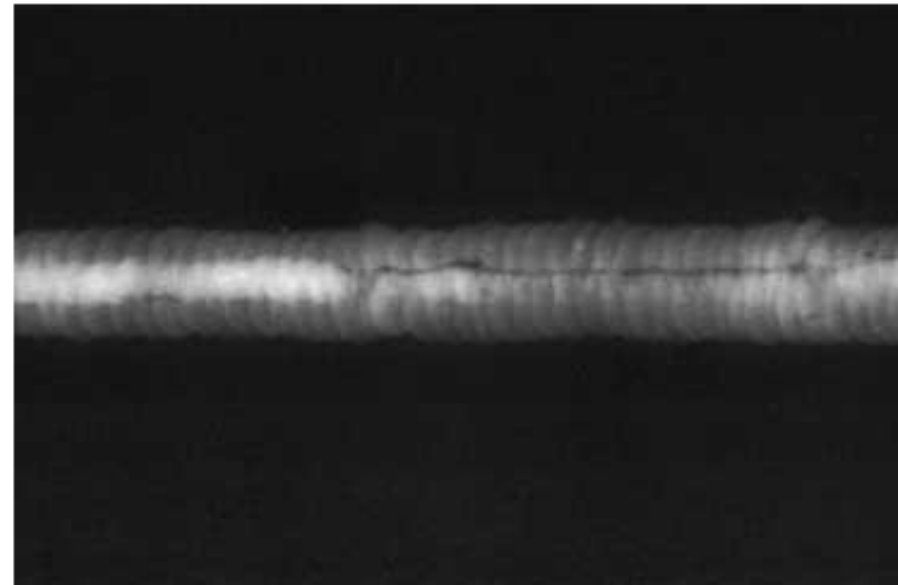
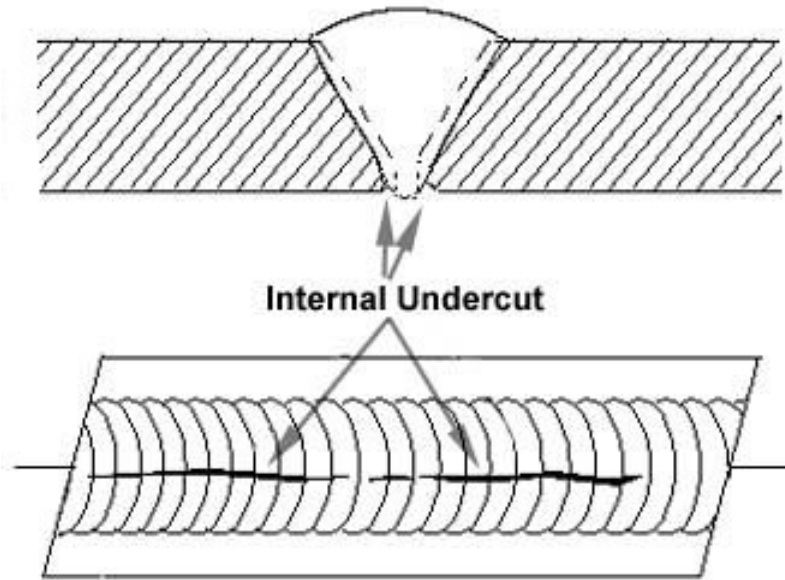
——Internal concavity or suck back



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

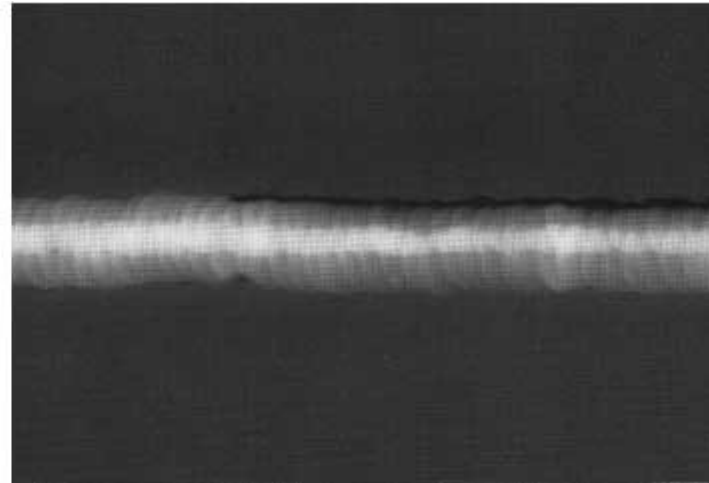
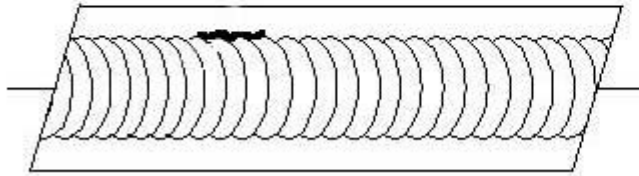
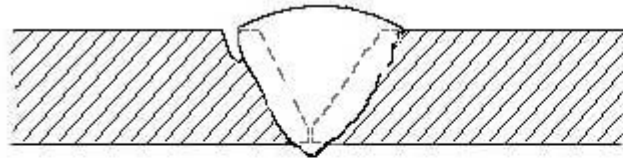
### —Internal or root undercut



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

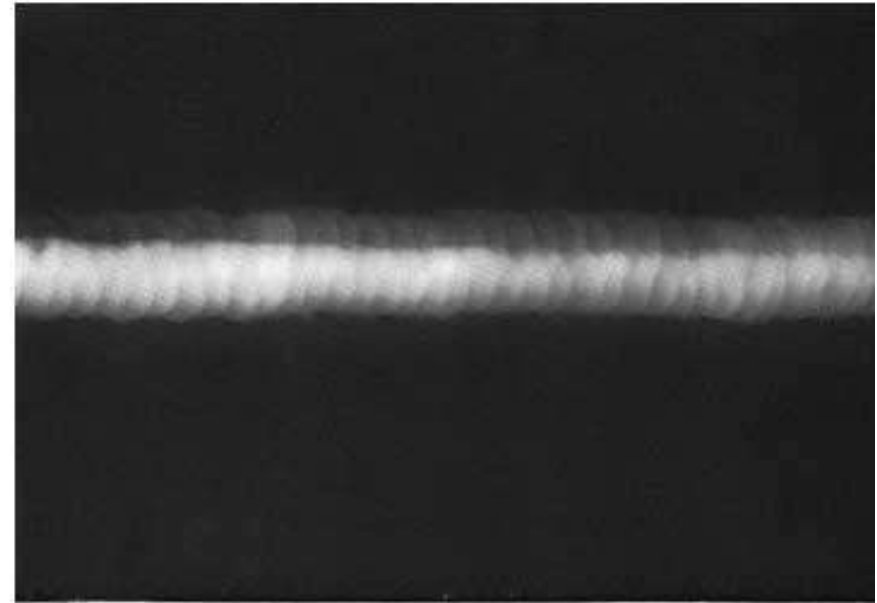
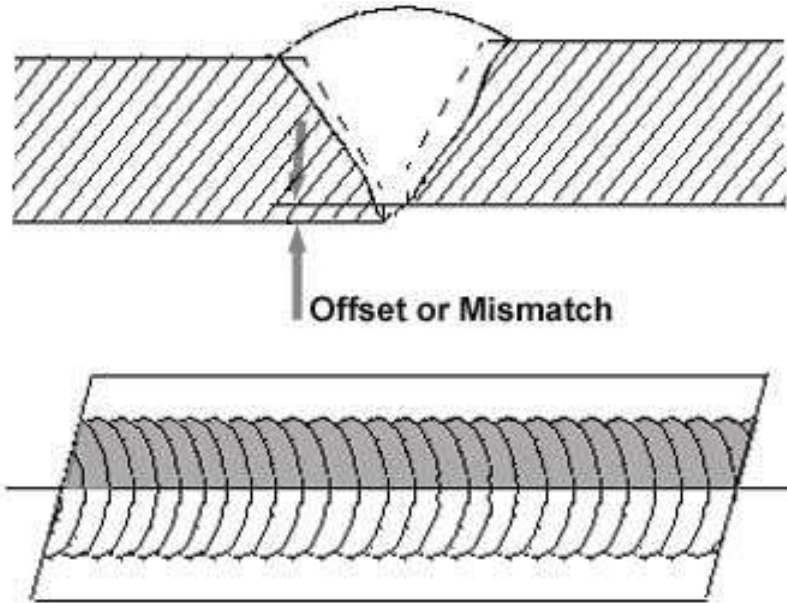
— External or crown undercut



# 焊接缺陷影像的识别

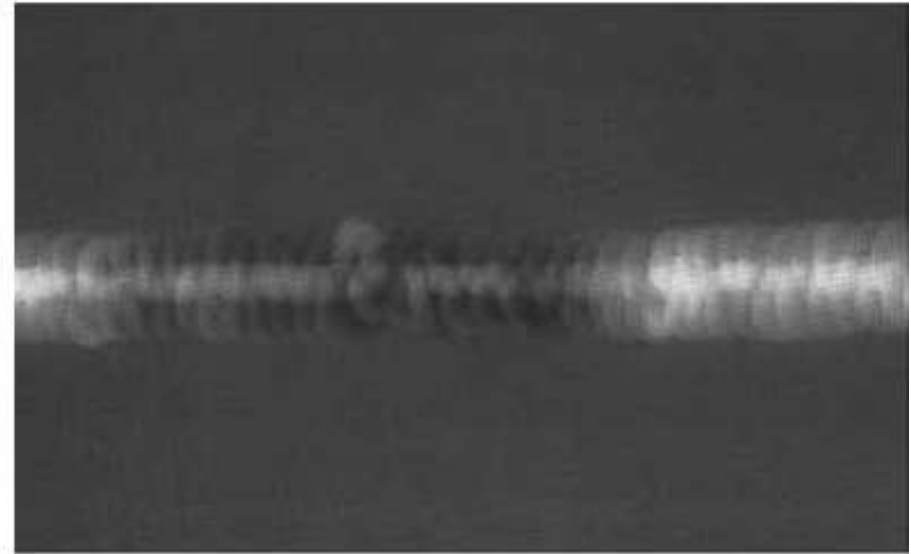
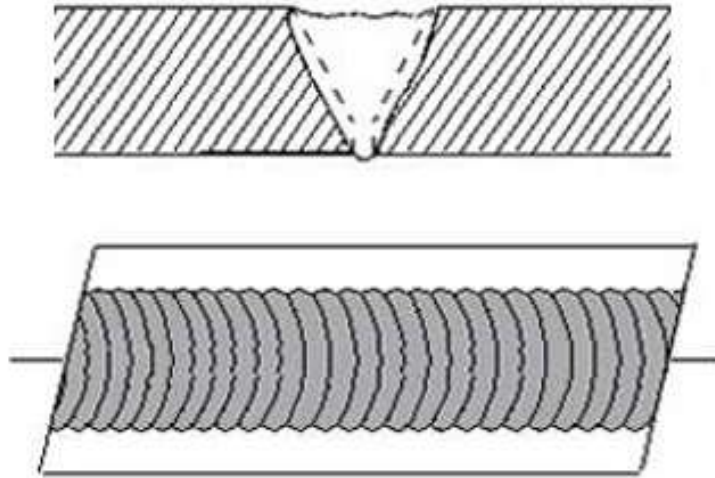
## Weld Defects Analysis

### —Offset or mismatch



# 焊接缺陷影像的识别

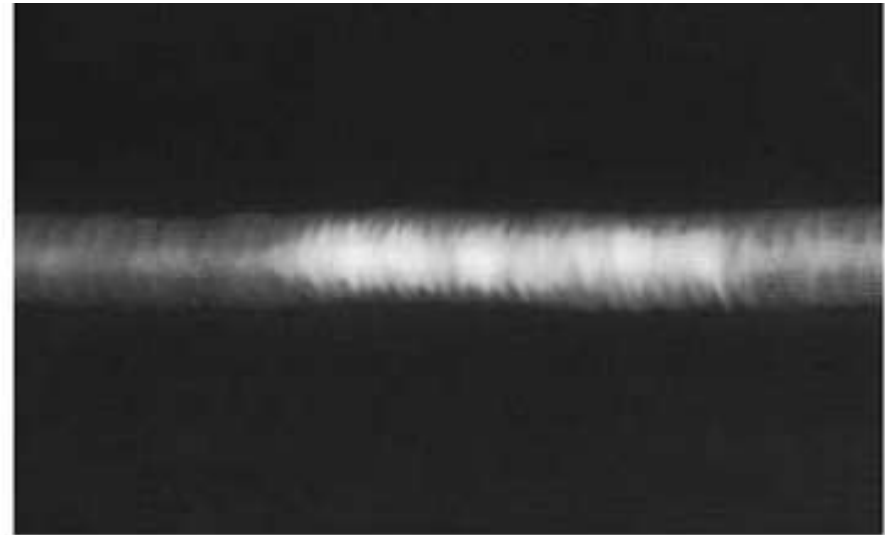
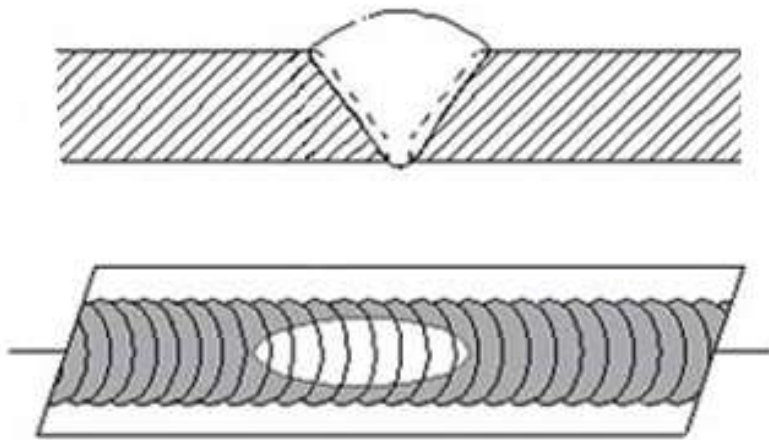
## **Weld Defects Analysis** —— Inadequate weld reinforcement



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

### — Excess weld reinforcement

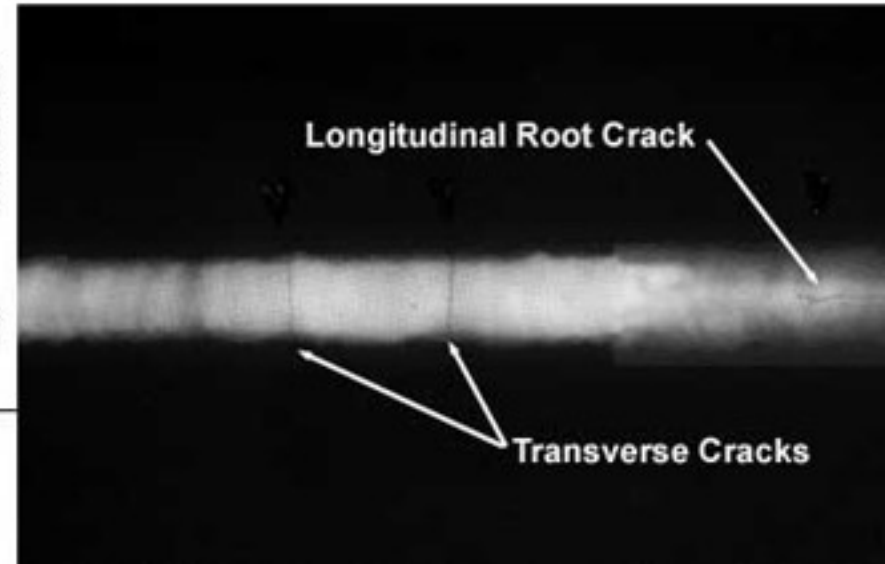
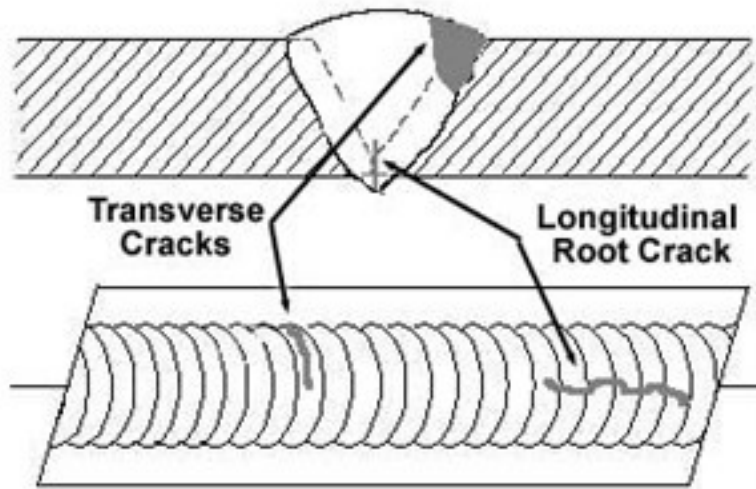




# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

### ——Cracks



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

### ——夹钨 Tungsten inclusions

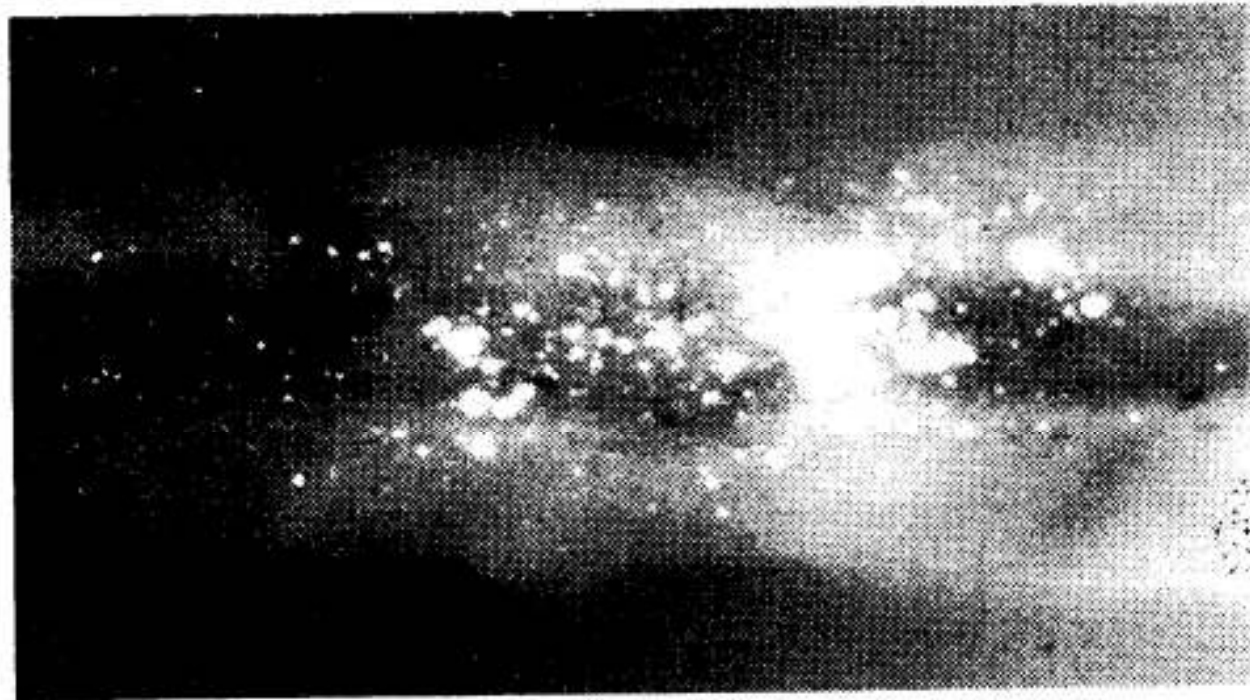
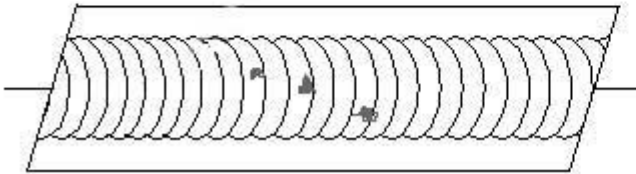
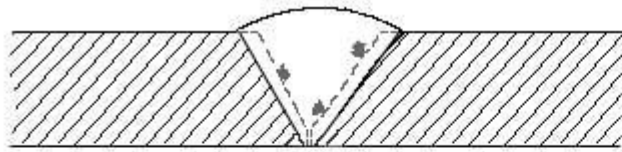


图 6-28 熔焊中的夹钨

# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

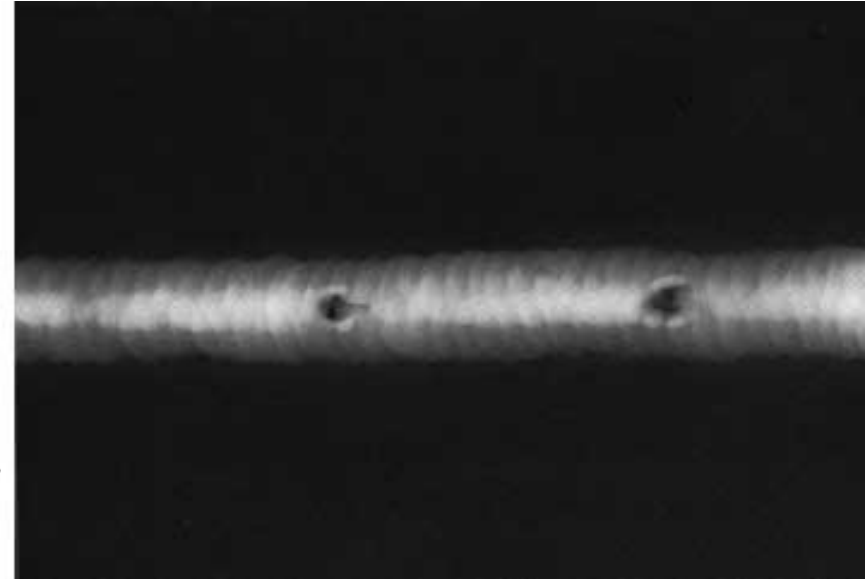
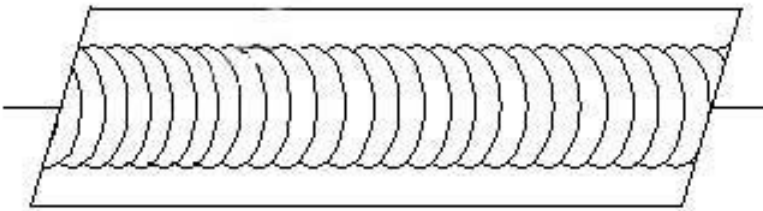
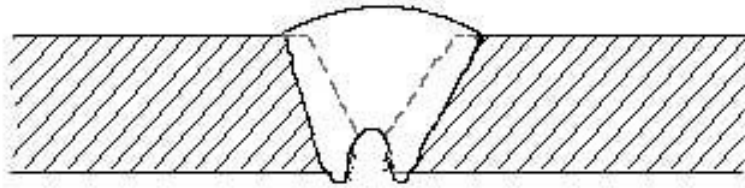
### ——夹钨 Tungsten inclusions



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

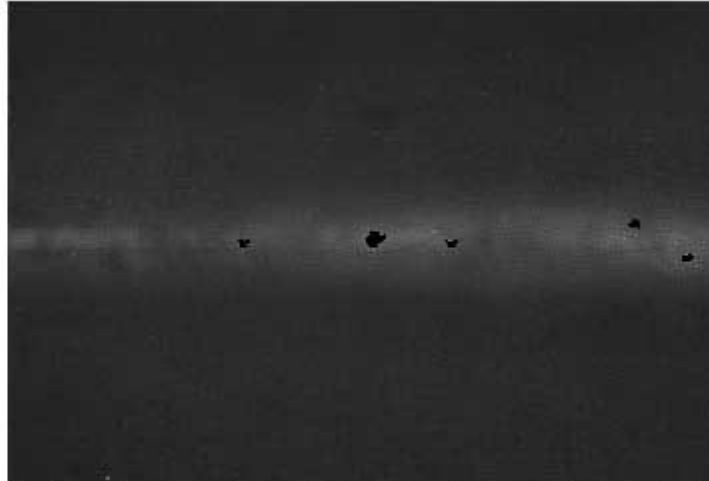
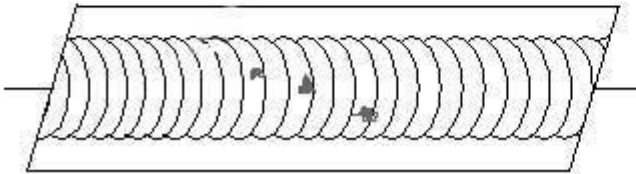
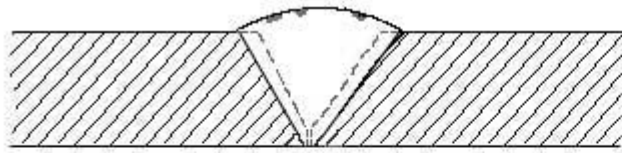
### —Burn-Through



# 焊接缺陷影像的识别

## Weld Defects Analysis

### —Oxide inclusions



# 质量评定 **Evaluation**

- 概述
- 质量验收标准关于内部质量规定
- 质量分级评定的基本步骤

# 概述

- 质量评定：根据从底片得到的缺陷信息，依据验收标准对工件质量作出评定。
- 步骤：  
准备、整理数据、质量分级、结论。

# 质量验收标准关于内部质量规定 ——缺陷类型

- 验收标准依据缺陷对工件结构性能的影响，进行重新归纳、分类。
- 如：圆形缺陷、条形缺陷



# 质量验收标准关于内部质量规定 ——缺陷数据测定方法

- 按底片上显示的影像测定缺陷的有关数据
- 将测定的缺陷数据转换为缺陷质量级别评定的数据

# 质量验收标准关于内部质量规定

## ——质量分级

- 缺陷类型：允许存在的缺陷（按类型、尺寸、数量、位置评定）、不允许存在的缺陷（不论尺寸、数量等直接评级）
- 缺陷评定区：大小、选取（缺陷最严重的区域）
- 缺陷允许程度：最大尺寸、数量、密集程度
- 综合评级：不同缺陷同时出现在评定区时的评级

# 质量分级评定的基本步骤

- 对不允许存在缺陷，直接评级
- 对允许存在缺陷，审查尺寸是否超过规定
- 确定评定区，按缺陷类型分别评级
- 考虑应进行的综合评级
- 综合以上结果，评定质量级别。