



# 中国机械工程学会无损检测分会 MT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

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

# 第三章 磁粉检测系统

## CHAPTER 3

## MAGNETIC PARTICLE INSPECTION SYSTEM

# 内容 CONTENTS

- 磁粉检测设备 **MPI equipment**
- 磁粉检测介质 **MPI medium**
- 磁粉检测试块和试片 **MPI blocks and shims**
- 磁粉检测附件 **MPI Accessories**

# 磁粉检测设备 **MPI equipment**

- 固定式（卧式）设备 **Stationary equipment**
- 移动式设备 **Mobile equipment**
- 手提式设备 **Portable equipment**
- 退磁设备 **Demagnetization equipment**

# 磁粉检测设备 **MPI equipment**

按照机动性分类

- 固定式 **stationary**:  
适用性极广  
尤其适于实验室检测
- 移动式 **mobile**  
较好适用性和机动性
- 手提式 **portable**  
机动性极好  
尤其适于现场检测

# 磁粉检测设备 **MPI equipment**

按照用途分类

- 磁化设备
- 退磁设备

# 固定式（卧式）设备

## **Stationary (horizontal) equipment**

- 磁化功能全：周向、纵向、复合。
- 电流种类多，强度大：  
AC、单相半波整流电、三相全波、  
6000A~10000A。
- 主要用湿法



CEW-6000E型  
多功能交直流磁粉探伤机

射阳县金目探伤机制造有限公司

2007 3 22

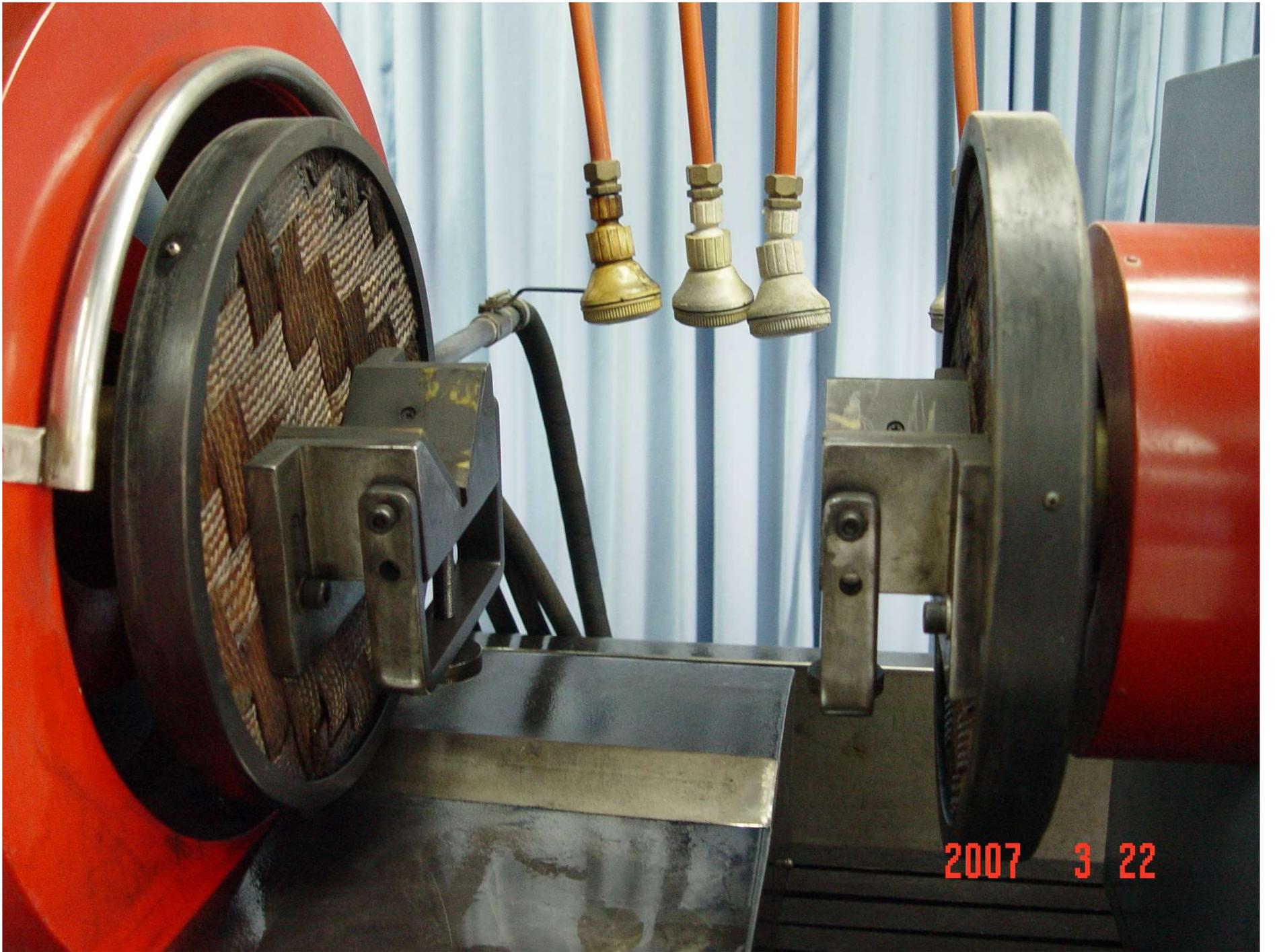
# CEW-6000E型

## 多功能交直流磁粉探伤机

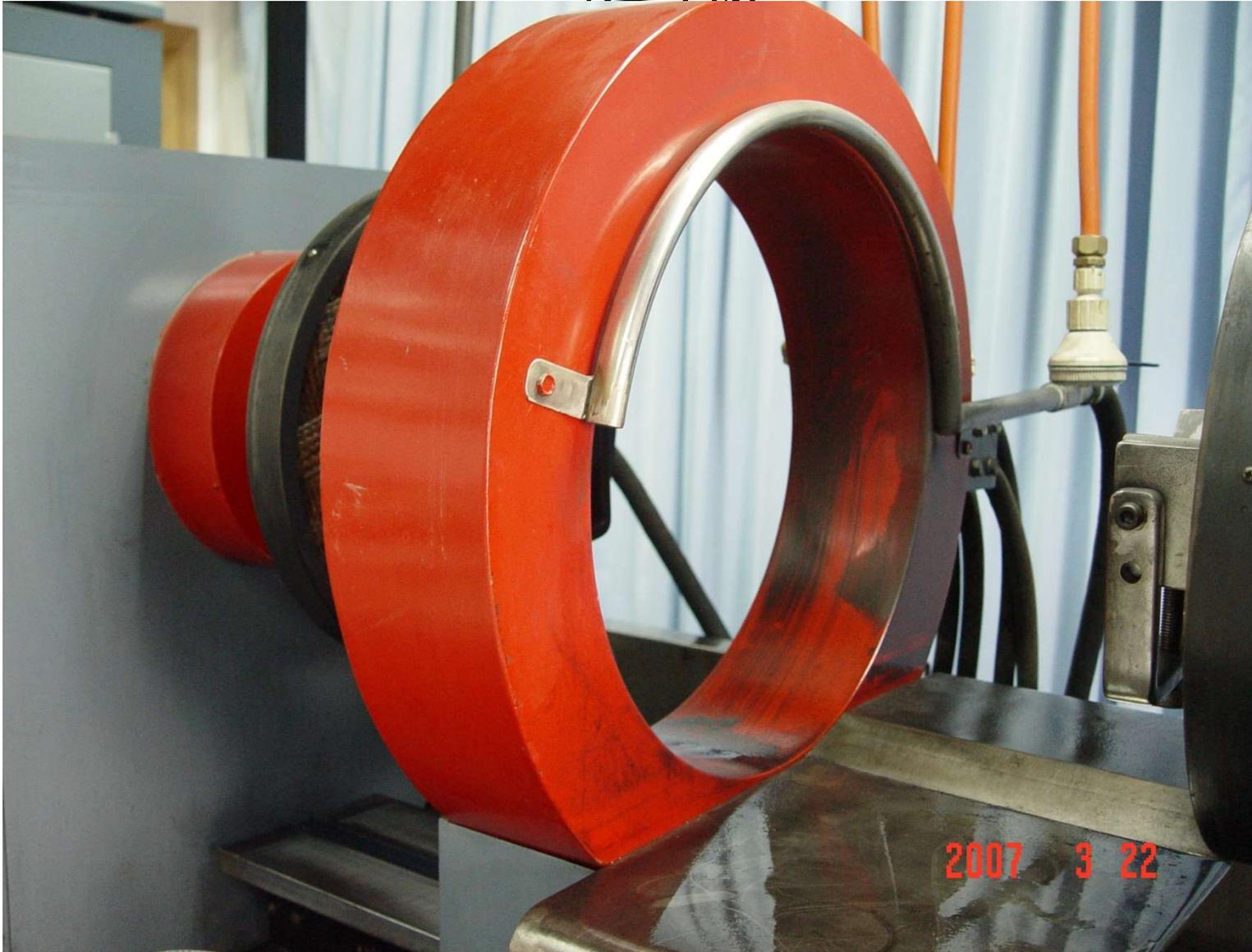
欢迎使用  
射阳金目公司  
华安机械厂  
无损检测设备

地址: 江苏省射阳县条心工业园  
电话: 0515-2307822 2385822  
传真: 0515-2307811 邮编: 224300  
网址: <http://www.jmndt.com>  
Email: [wjw@jmndt.com](mailto:wjw@jmndt.com)





线网



# 移动式设备 **Mobile equipment**

- 电流： AC、单相半波整流电； 3000A。
- 电缆： 30 feet。
- 操作： 触头、夹钳、线圈。

# 移动式设备 **Mobile equipment**



# 手提式设备 **Portable equipment**

- 电磁铁 **Electromagnetic Yoke:**  
交流、直流。
- 永久磁铁 **permanent magnet :**  
不需要电源机动性极好，特别适合于原位检测。

# 手提式设备 **Portable equipment**



# 手提式设备 Portable equipment



# 感应电缆



# 退磁设备

## **demagnetization equipment**

- 交流线圈 AC coil
- 直流换向衰减
- 超低频电流 Super-low frequency current



# 磁粉检测介质 **MPI medium**

- 磁粉 **Magnetic powder**
- 载液 **Carrier fluid**
- 磁悬液 **Magnetic ink**

# 磁粉 Magnetic powder



# 荧光磁粉

## fluorescent Magnetic powder

- 组成composition  
以磁性氧化铁粉，工业纯铁粉， 基铁粉为核心，外覆荧光染料。
- 光谱spectrum  
在紫外线照射下发出波长为510-550nm的荧光，为人眼响应范围，呈黄绿色。
- 观察inspection: 在紫外灯下观察。
- 应用application: 通常只用于湿法。

# 非荧光磁粉

## **non-fluorescent Magnetic powder**

- 组成composition:  
黑色 $\text{Te}_2\text{O}_3$ , 或红褐色 $\gamma\text{-Te}_2\text{O}_3$
- 观察inspection: 在白光下观察。
- 应用application: 通常用于湿法和干法。

# 磁粉 **Magnetic powder**

## ——磁特性 **magnetic property**

- 应具有高的  $\mu$  和低的  $B_r$ ,  $H_c$
- $\mu \uparrow \rightarrow$  被漏磁场磁化并吸附  $\uparrow$
- $B_r$ ,  $H_c \uparrow \rightarrow$  彼此吸附成团, 背景  $\uparrow$
- $B_r$ ,  $H_c \downarrow \rightarrow$  易被退磁并可反复使用

# 磁粉 **Magnetic powder** ——迁移性 **mobility**

- 影响被漏磁场吸附的效果
- 干法 **dry technique**: 靠空气吹动; 以及 **AC**, **HW** 电流产生的脉动的磁场搅拌磁粉
- 湿法 **wet technique**: 靠载液的流动性

# 磁粉 **Magnetic powder**

——比重 density

- 干法dry:  $8\text{g/cm}^3$
- 湿法wet:  $4.5\text{g/cm}^3$

# 磁粉 **Magnetic powder**

## ——形状 **shape**

- 条形**linear**:  
易被磁化；形成链条状，移动性差
- 球形**sphere**:  
不易被磁化；移动性好
- 选择：二者兼有

# 磁粉 **Magnetic powder**

## ——对比度 **contrast**

- 荧光磁粉 **fluorescent Magnetic powder**  
发荧光
- 非荧光磁粉  
**non-fluorescent Magnetic powder**  
红色或黑色

# 磁粉 Magnetic powder

## ——磁粉性能的验收----湿法

- 污染：目视检查，无明显外来物；
- 颜色；
- 粒度；
- 灵敏度（荧光磁粉）

直流电试块，2500A三相全波，白光：

<20lx,紫外线>  $1000\mu\text{w}/\text{cm}^2$ ，应显示>5孔

- 试块，750A，AC，应显示>1个孔

# 磁粉 **Magnetic powder**

- 悬浮性

用酒精沉淀法测定，磁粉柱高度>180mm

- 耐用性

将400mL磁悬液，以10000-12000rpm搅拌10min，其灵敏度，颜色和亮度应能保持如初。

# 载液carrier fluid

- 油基载液

总体性能要求general requirements:

高闪点，低运动粘度，低固有荧光

- 水基载液

总体性能要求general requirements:

润湿性好，分散性好，无腐蚀，无固有荧光

# 磁悬液 Magnetic ink

水磁悬液和油磁悬液

# 磁悬液 Magnetic ink

## 磁悬液的浓度

- 浓度对检测灵敏度的影响
  - 浓度 $\uparrow$ →背衬 $\uparrow$ ，掩盖相关显示
  - 浓度 $\downarrow$ →磁痕不清晰，易漏检
- 浓度选择：根据磁粉的种类、粒度、施加方式和工件表面状况来选择
- 浓度的类型
  - 配制浓度：g/L
  - 沉淀浓度：mL/100mL

# 磁悬液 Magnetic ink

## 推荐浓度

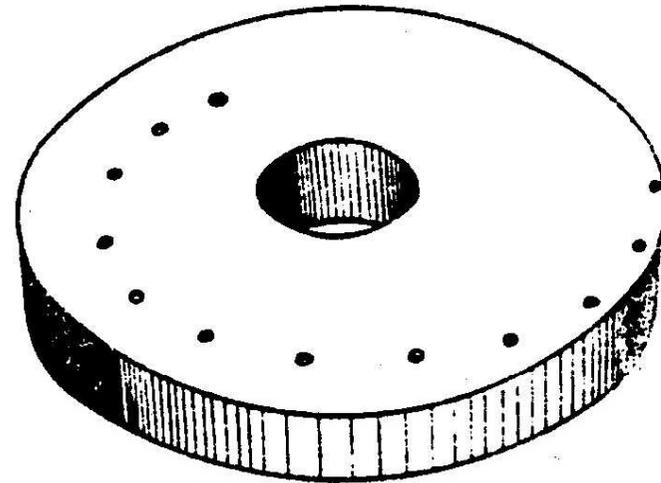
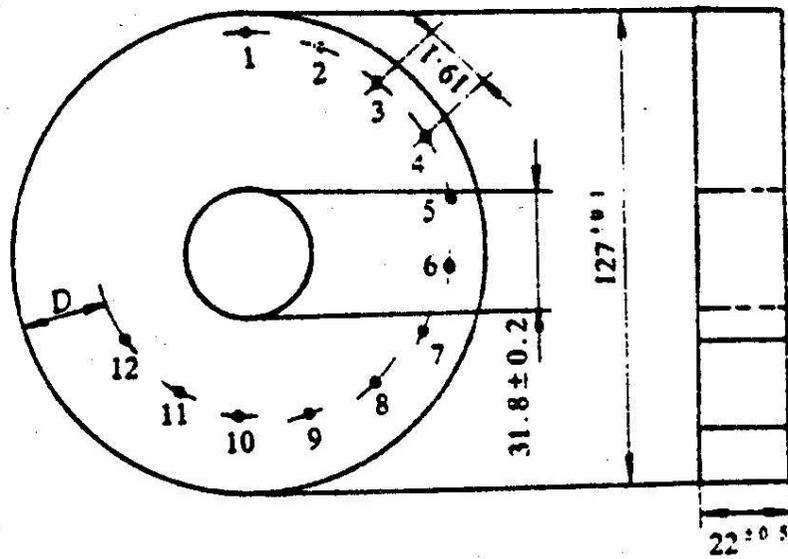
磁粉种类	配制浓度 (g/L)	沉淀浓度 (含固体量mL/100mL)	
		要求	最佳
非荧光磁粉	10-25	1.0-2.5	
荧光磁粉	0.5-2.0	0.1-0.3	0.15-0.25

# 磁粉检测试块和试片

## **MPI blocks and shims**

- B型试块 Betz ring
- E型试块
- A型试块 shim A
- C型试块 shim C
- 磁场指示器 field indicator
- 磁悬液灵敏度试块 suspension sensitivity block

# B型试块 Betz ring



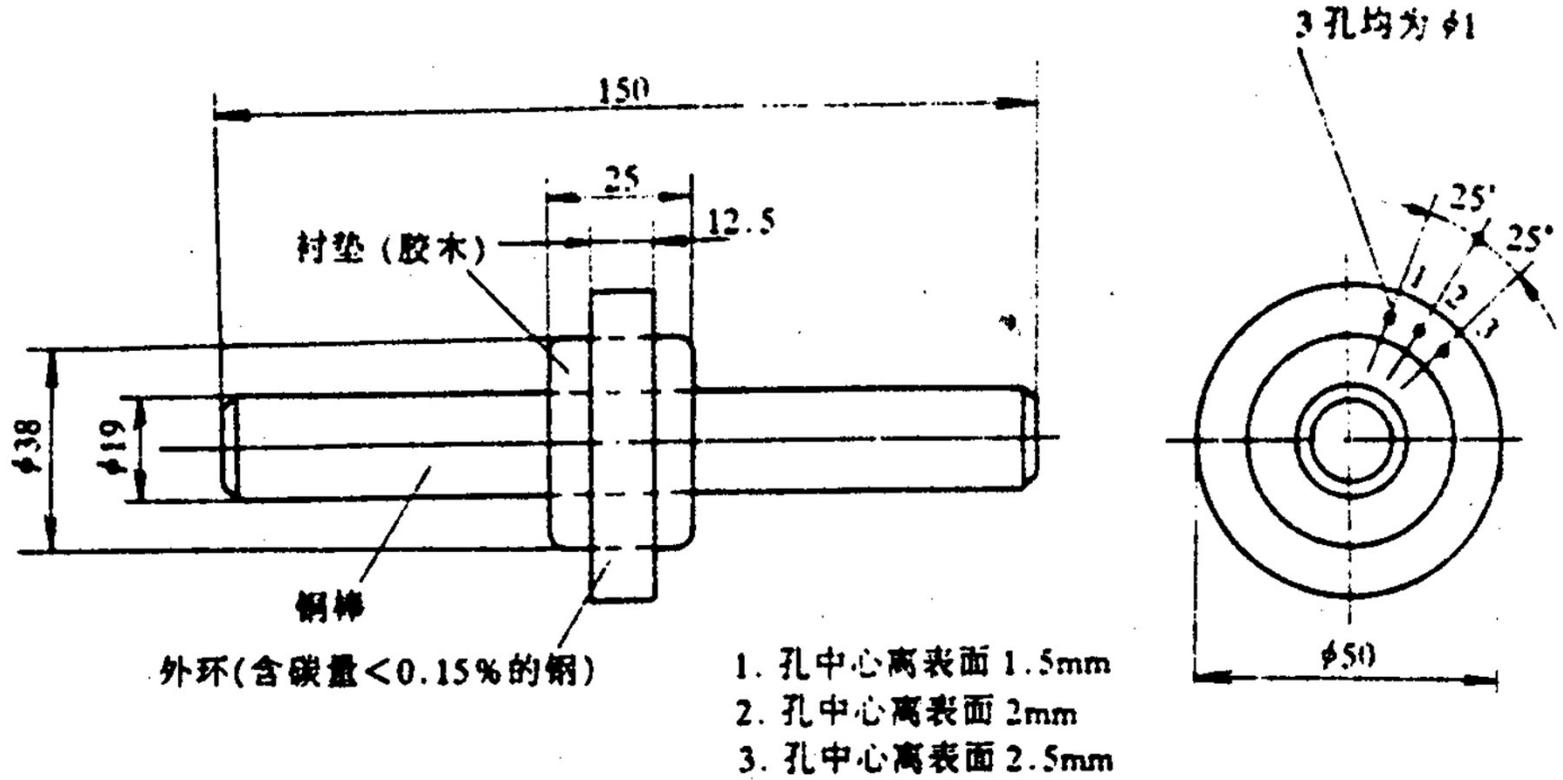
单位: mm

孔号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
孔中心距边缘距离	1.8	3.6	5.3	7.1	8.9	10.8	12.6	14.4	16.2	18.0	19.2	21.6
孔径 D	1.8											

# B型试块 Betz ring

- 目的purposes：直流电，周向磁化  
circumferential magnetization with DC
- 构形configuration
- 操作operation：将环块穿在铜棒上，用直流电或整流电磁化，用连续法检验

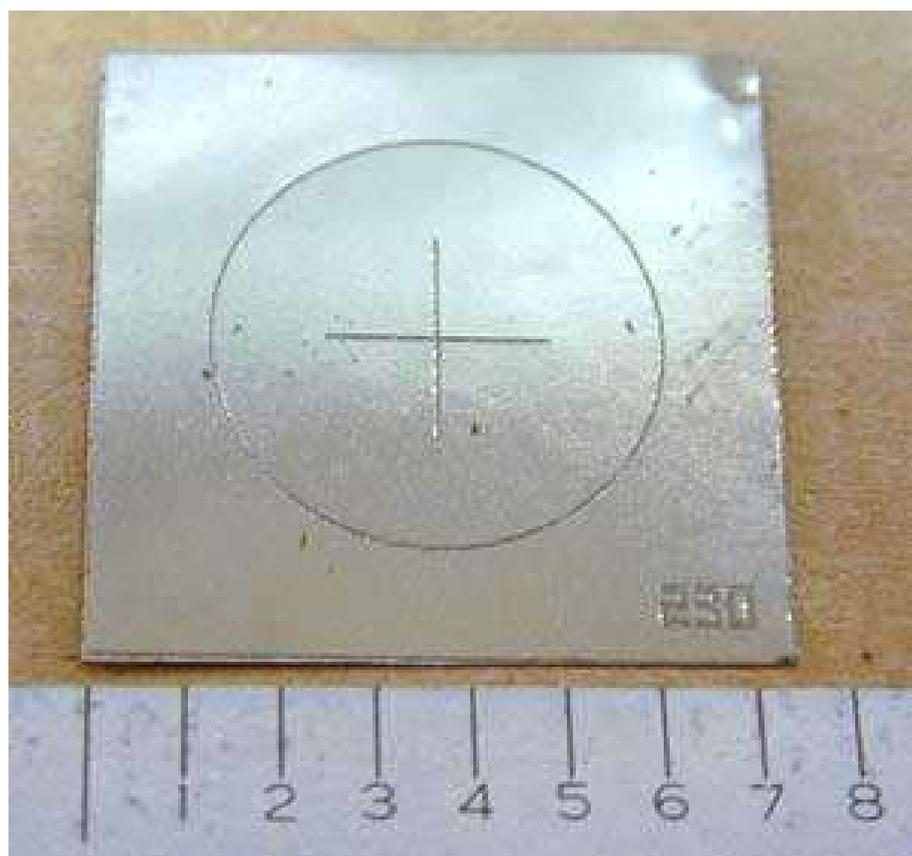
# E型试块



# E型试块

- 目的 purposes : 交流电, 周向磁化  
circumferential magnetization with AC
- 构形 configuration:
- 操作 operation: 用交流电磁化, 用连续法检验

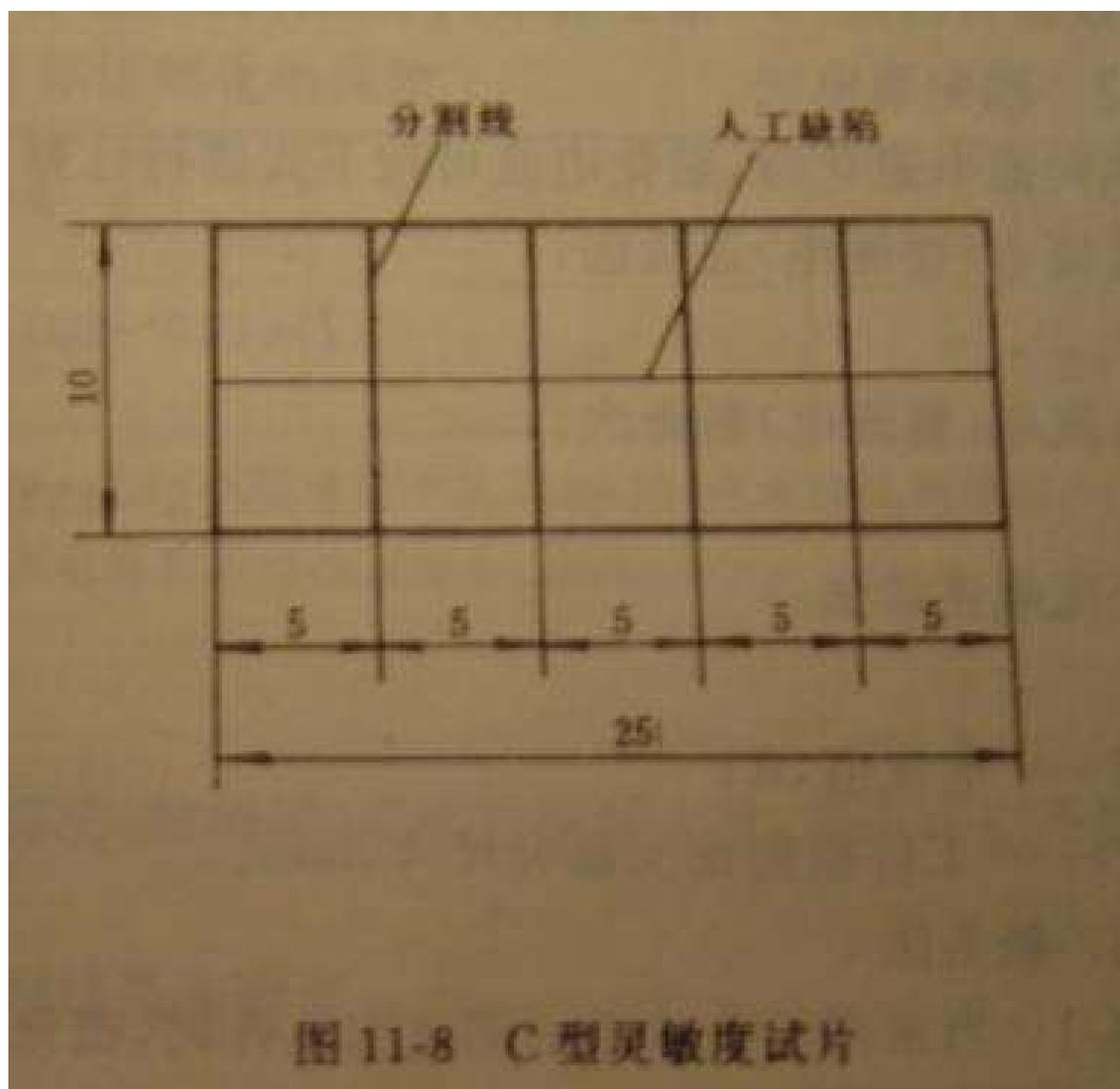
# A型试片 shim A



# A型试片 shim A

- 目的**purposes** :  
仅适用于连续法,用于被检工件表面有效磁场强度和方向、有效检测区以及磁化方法是否正确的测定
- 构形**configuration**  
灵敏度分高、中、低三档
- 操作**operation**: 刻痕朝工件表面,用透明胶粘贴且勿盖住刻痕

# C型试片 shim C



# C型试片 shim C

- 目的**purposes**：当检测焊缝坡口等狭小部位，A型试片使用不便时，可用 C型试片。
- 构形**configuration**
- 操作**operation**：刻痕朝工件表面，用透明胶粘贴且勿盖住刻痕

# 磁场指示器field indicator



# 磁场指示器field indicator

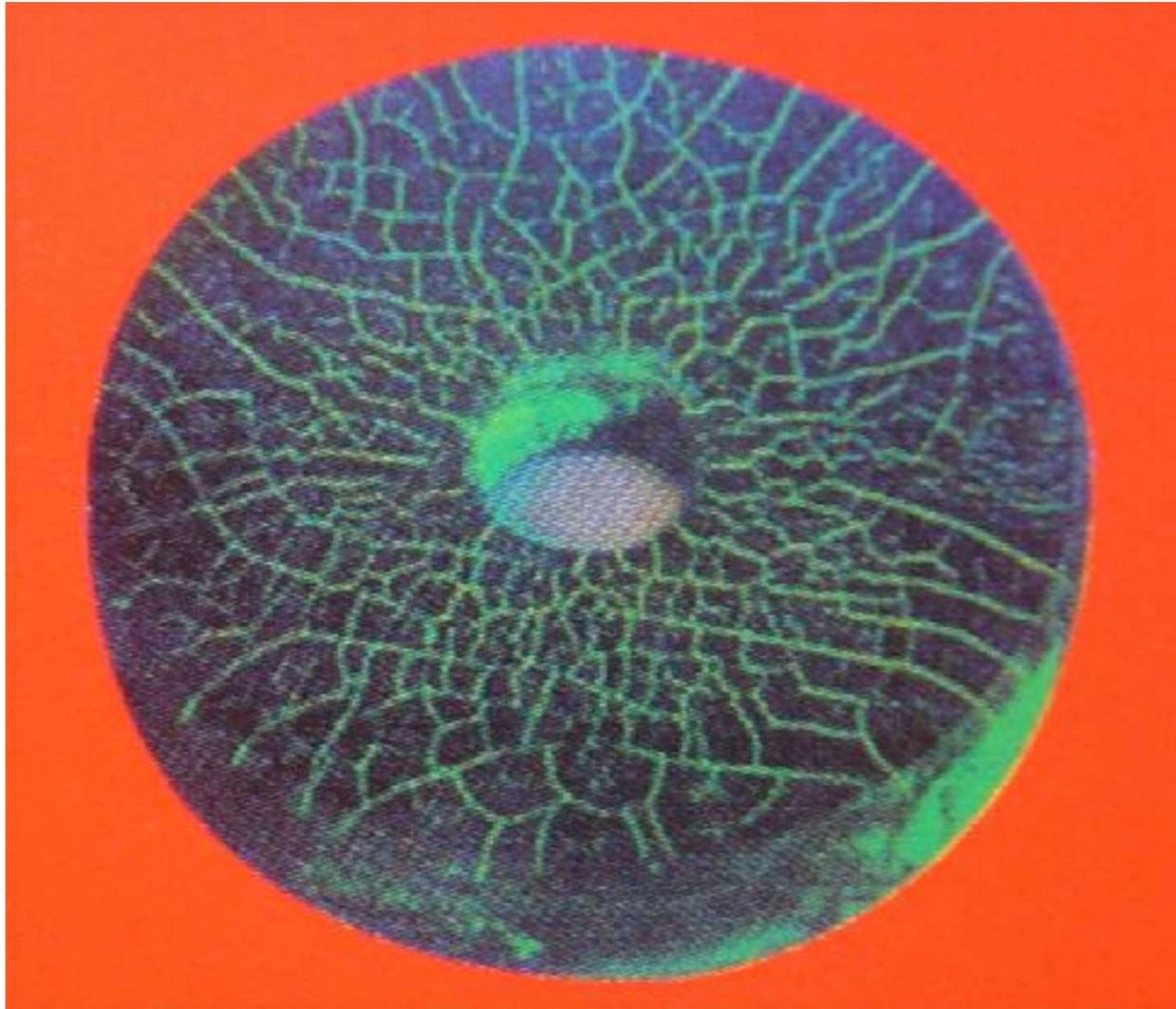
- 目的purposes :

表示被检工件表面磁场方向、有效检测区以及磁化方法是否正确的一种粗略的校验工具,但不能作为磁场强度及其分布的定量指示。使用方便、易于保存

- 构形configuration

- 操作operation

# 磁悬液灵敏度试块 suspension sensitivity block



# 附件 Accessories

- 照明设备 illumination
- 测量设备 measuring meters
- 观察工具 inspection toolings
- 反差增强 contrast

# 照明设备 illumination

- 白光灯white light lamp 要求:  $>1000\text{lx}$
- 黑光灯black light要求:  
 $>1000\mu\text{w}/\text{cm}^2$  峰值波长 $365\text{nm}$



# 测量设备 measuring meters

- 磁场强度计 field strength meter  
利用力矩原理测量磁场强度
- 特斯拉计/高斯计 Gauss/Tesla meter  
利用霍尔效应测量磁感应强度



# 测量设备 measuring meters

- 紫外线辐照计UV light intensity meter  
以硅光电池作传感器，测量365nm紫外线辐照度。
- 照度计white light intensity meter,测量白光照度。



# 测量设备 measuring meters

- 浓度测试管 centrifuge tube  
测量磁悬液浓度



# 观察工具inspection toolings

- 镜子mirror
- 放大镜magnifier X2--X10
- 黑光孔探仪black light borescope

# 反差增强剂 **contrast**

- 应用

探伤前，涂于工件表面白色薄膜，25-45 $\mu\text{m}$ ，然后磁化，再施加黑色磁粉

- 配方、施加、清除