



武汉理工大学

Wuhan University of Technology

无损检测技术

渗透检测技术

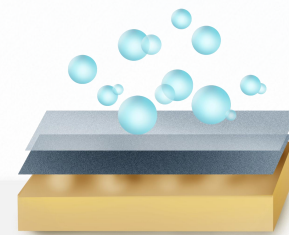
机电工程学院测控系

主讲人：魏 莉

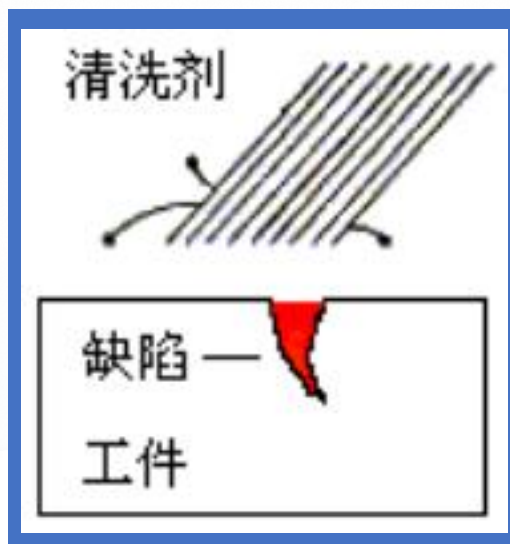
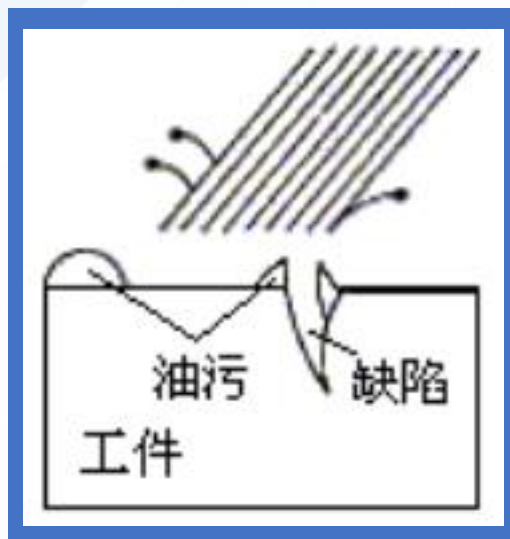
■ 渗透检测

一、渗透检测基本原理

渗透检测的原理是把渗透力很强的渗透液施加到已清洗干净的试件表面，待渗透液渗入试件表面上的开口缺陷后，将试件表面上多余的渗透液清除干净，然后在试件表面上施加显像剂，将已渗入缺陷的渗透液吸附引导到试件表面，在试件表面开口缺陷的位置形成可供观察的痕迹，反映出缺陷的状况。



渗透检测

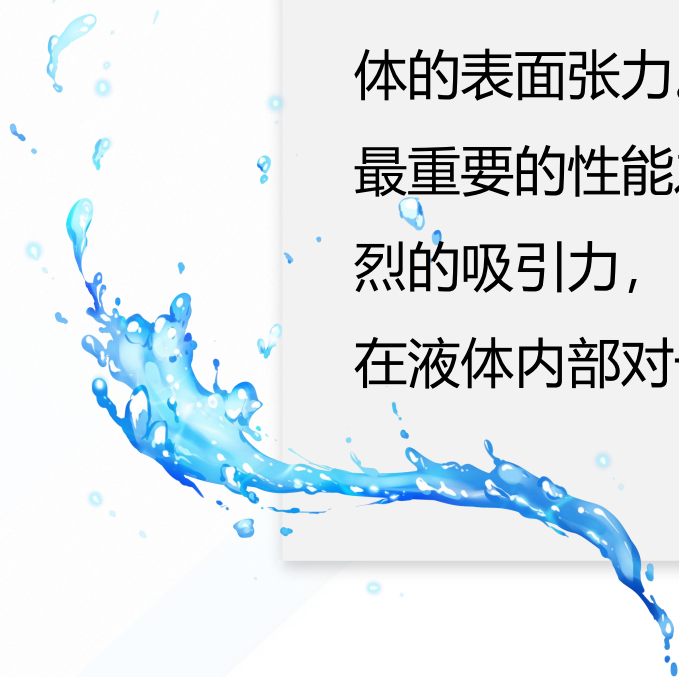


渗透检测


二、渗透检测物理基础

1 表面张力

作用在液体表面而使液体表面收缩并趋于最小表面积的力，称为液体的表面张力。渗透液的表面张力是判定其是否具有高的渗透能力的两个最重要的性能之一。表面张力产生的原因是因液体分子之间客观存在着强烈的吸引力，由于这个力的作用，液体分子才进行结合，成为液态整体。在液体内部对于每一个分子来讲，它所受的力是平衡的，即合力为零。



渗透检测



而处于表面层上的分子，上部受气体分子的吸引，下部受液体分子的吸引，由于气体分子的浓度远小于液体分子的浓度，因此表面层上的分子所受下边液体的引力大于上边气体的引力，合力不为零，方向指向液体内部。这个合力，就是所说的表面张力。它总是力图使液体表面积收缩到可能达到的最小程度。表面张力的大小可表示为

$$F = \sigma l$$

式中： σ 为液体单位长度的表面张力； l 为液面的长度。

渗透检测

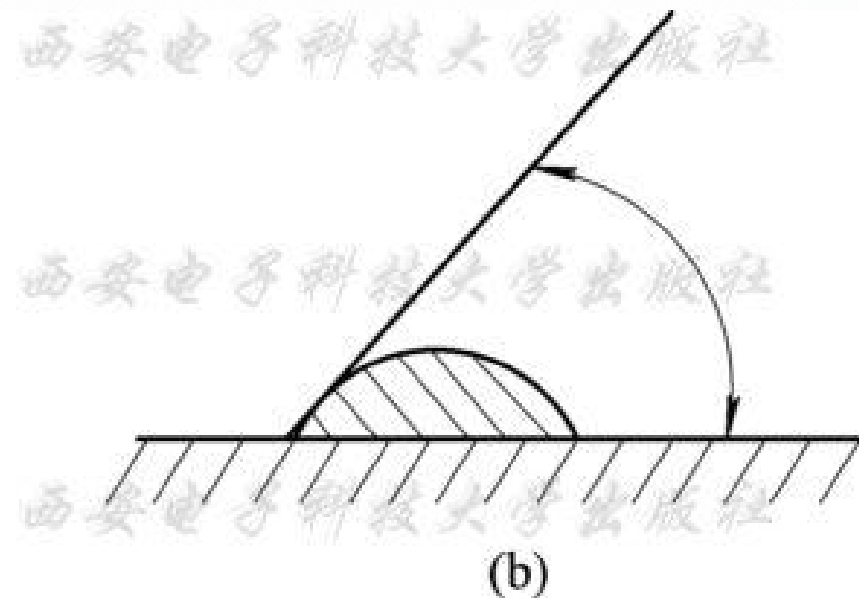
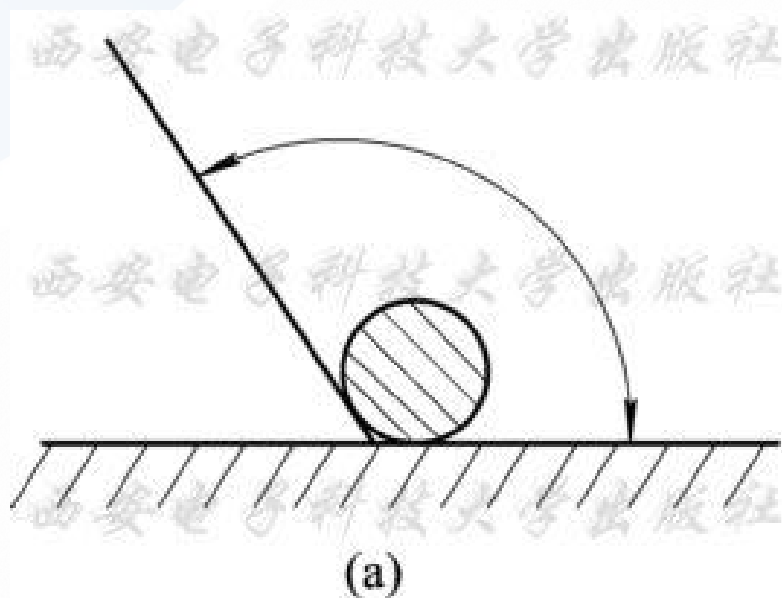
2 润湿现象

润湿是固体表面上的气体被液体取代的过程。渗透液润湿金属表面或其他固体材料表面的能力，是判定其是否具有高的渗透能力的另一个最重要的性能。



液体对固体的润湿程度，可以用它们的接触角的大小来表示。把两种互不相溶的物质间的交界面称为界面，则接触角 θ 就是指液固界面与液气界面处液体表面的切线所夹的角度， θ 越大，液体对固体工件的润湿能力越小。

渗透检测



接触角 θ

(a) $\theta > 90^\circ$; (b) $\theta < 90^\circ$

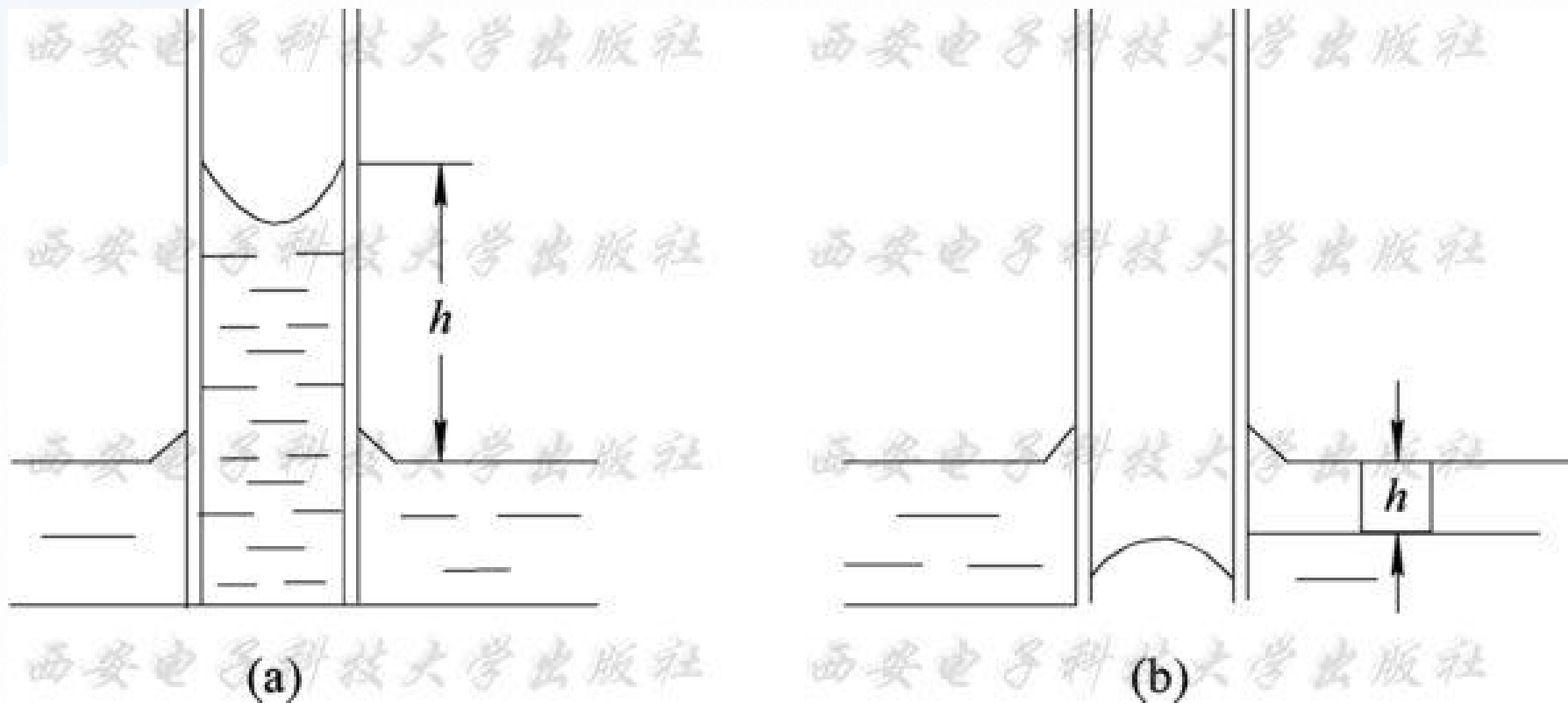
渗透检测

3 毛细现象



把一根内径很细的玻璃管插入液体内，根据液体对管子的润湿能力的不同，管内的液面高度就会发生不同的变化。如果液体能够润湿管子，则液面在管内上升，且形成凹形，如果液体对管子没有润湿能力，那么管内的液面下降，且成为凸形弯曲。这种弯曲的液面，称为**弯月面**。液体的润湿能力越强，管内液面上升越高。以上这种细管内液面高度的变化现象，称为液体的毛细现象。

渗透检测

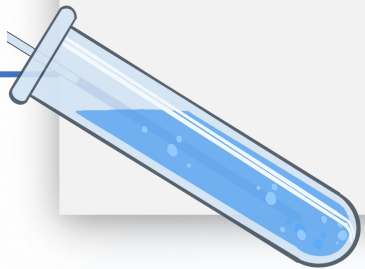


毛细现象

渗透检测

毛细现象的动力

固体管壁分子吸引液体分子，引起液体密度增加，产生侧向斥压强推动附面层上升，形成弯月面，由弯月面表面张力收缩提拉液柱上升。平衡时，管壁侧向斥压力通过表面张力传递，与液柱重力平衡。



渗透检测

毛细现象使液体在管内上升的高度 h 可用下式计算：

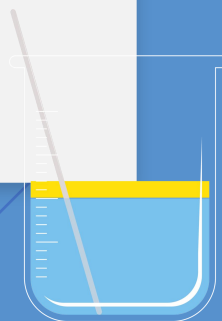
$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{R\rho g}$$

式中： θ 为液面与管壁接触角； ρ 为液体的密度； σ 为表面张力系数； R 为细管半径； g 为重力加速度。

渗透检测

4 乳化作用

在某物质的作用下，把原来不相溶的物质变为可溶性的，这种作用称为乳化作用。所用这种物质叫**乳化剂**。例如，把水和油一起倒进容器中，静置后就会出现分层现象，形成明显的界面。如果加以搅拌，使油分散在水中，形成乳浊液，但稍静置，又会分成明显的两层。如果在容器中加入合适的乳化剂，经搅拌混合后，可形成稳定的乳浊液。



渗透检测

这一类乳化剂是由具有亲水基和亲油基(又叫憎水基)的两亲分子构成的, 它能吸附在水和油的界面上, 起一种搭桥的作用, 不仅防止了水和油的互相排斥, 而且把两者紧紧地连接在自己的两端, 使油和水不相分离。这样就把渗透液变成可溶性的了, 经这样处理后的渗透液在检测清洗时, 很容易被水洗掉, 保证了检测工作的顺利进行。



渗透检测

三、渗透检测发展历程

四、渗透检测分类

1

渗透液种类

2

表面多余渗透液的去处方法

3

显像方法



渗透检测

五、渗透检测优缺点

原理简单，操作容易，方法灵活，灵敏度高，适应性强

优点

工艺程序复杂，不能发现非开口缺陷，污染重，表面要求高

缺点

渗透检测

六、渗透检测与其它方法的比较

比较项目	渗透检测	磁粉检测	涡流检测
检测原理	毛细现象	磁力作用	电磁感应
主要应用	缺陷检测	缺陷检测	缺陷检测、材质检测
检测范围	非多孔材料	铁磁性材料	导电材料
缺陷类型	表面开口缺陷	表面及近表面缺陷	表面及近表面缺陷
显示方式	渗透液回渗	磁痕	电压和相位变化
缺陷性质判别	基本可判定	基本可判定	难判定
缺陷定量评价	缺陷显示大小、色深 随时间变化	不受时间影响	不受时间影响
显示器材	显像剂	磁粉	示波器
检测灵敏度	高	高	较低
检测速度	慢	快	最快
缺陷方向影响	无影响	有影响	有影响
表面粗糙度影响	表面越粗糙，检出率 越低	影响相对较小	影响大
污染情况	高	一般	低

渗透检测

七、渗透检测工艺

1 前处理

为得到良好的检测效果，首要条件是使渗透液充分浸入缺陷内。预先消除可能阻碍渗透、影响缺陷显示的各种原因的操作称为前处理。它是影响缺陷检出灵敏度的重要基本操作。轻度的污物及油脂附着等可用溶剂洗净液清除。如果涂料、氧化皮等全部覆盖了检测部位的表面，则渗透液将不能渗入缺陷。

材料或工件表面洗净后必须进行干燥，除去缺陷内残存的洗净液和水等，否则将阻碍渗透或者使渗透液劣化。

渗透检测

2 渗透

渗透就是使渗透液吸入缺陷内部的操作。为达到充分渗透，必须在渗透过程中一直使渗透液充分覆盖受检表面。实际工作中，应根据零件的数量、大小、形状以及渗透液的种类来选择具体的覆盖方法。

一般情况下，渗透剂的使用温度为 $15 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。根据零件的不同要求发现的缺陷种类不同、表面状态的不同和渗透剂的种类不同选择不同的渗透时间，一般渗透时间为 $5 \sim 20 \text{ min}$ 。渗透时间包括浸涂时间和滴落时间。

对于有些零件在渗透的同时可以加载荷，使细小的裂缝张开，有利于渗透剂的渗入，以便检测到细微的裂纹。

渗透检测

3 清洗

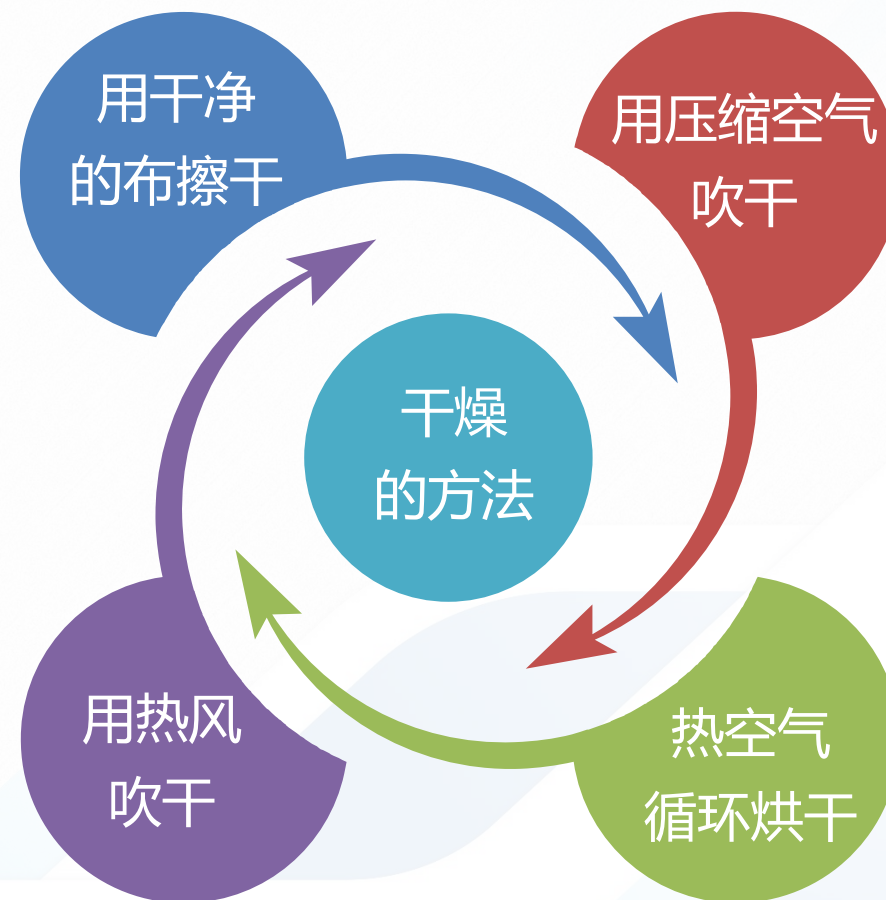
在涂敷渗透剂并保持适当的时间之后，应从零件表面去除多余的渗透剂，但又不能将已渗入缺陷中的渗透剂清洗出来，以保证取得最高的检验灵敏度。

水洗型渗透剂可用水直接去除，水洗的方法有**搅拌水浸洗**、**喷枪水冲洗**和**多喷头集中喷洗**几种，应注意控制水洗的温度、时间和压力大小。后乳化型渗透剂在乳化后，用水去除，要注意乳化的时间要适当，时间太长，细小缺陷内部的渗透剂易被乳化而清洗掉；时间太短，零件表面的渗透剂乳化不良，表面清洗不干净。溶剂去除型渗透剂使用溶剂擦除即可。

渗透检测

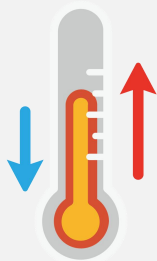
4 干燥

干燥的目的是去除零件表面的水分。溶剂型渗透剂的去除不必进行专门的干燥过程。用水洗的零件，若采用干粉显示或非水湿型显像工艺，在显像前必须进行干燥；若采用含水湿型显像剂，水洗后可直接显像，然后进行干燥处理。



渗透检测

干燥的温度不能太高，以防止将缺陷中的渗透剂也同时烘干，致使在显像时渗透剂不能被吸附到零件表面上，并且应尽量缩短干燥时间。在干燥过程中，如果操作者手上有油污，或零件筐和吊具上有残存的渗透剂等，会对零件表面造成污染而产生虚假的缺陷显示。



凡此种情况实际操作过程中都应予以避免。

渗透检测

5 显像

显像就是用显像剂将零件表面缺陷内的渗透剂吸附至零件表面，形成清晰可见的缺陷图像。根据显像剂的不同，显像方式可分为干式、水型和非水型。零件表面涂敷的显像剂要施加均匀，且一次涂敷完毕，一个部位不允许反复涂敷。

渗透检测

6 检验

在着色检验时，显像后的零件可在**自然光**或**白光**下观察，不需要特别的观察装置。在荧光检验时，则应将显像后的零件放在**暗室**内，在**紫外线**的照射下进行观察。对于某些虚假显示，可用干净的布或棉球沾少许酒精擦拭显示部位；擦拭后显示部位仍能显示的为真实缺陷显示，不能再现的为虚假显示。检验时可根据缺陷中渗出渗透剂的多少来粗略估计缺陷的深度。



渗透检测

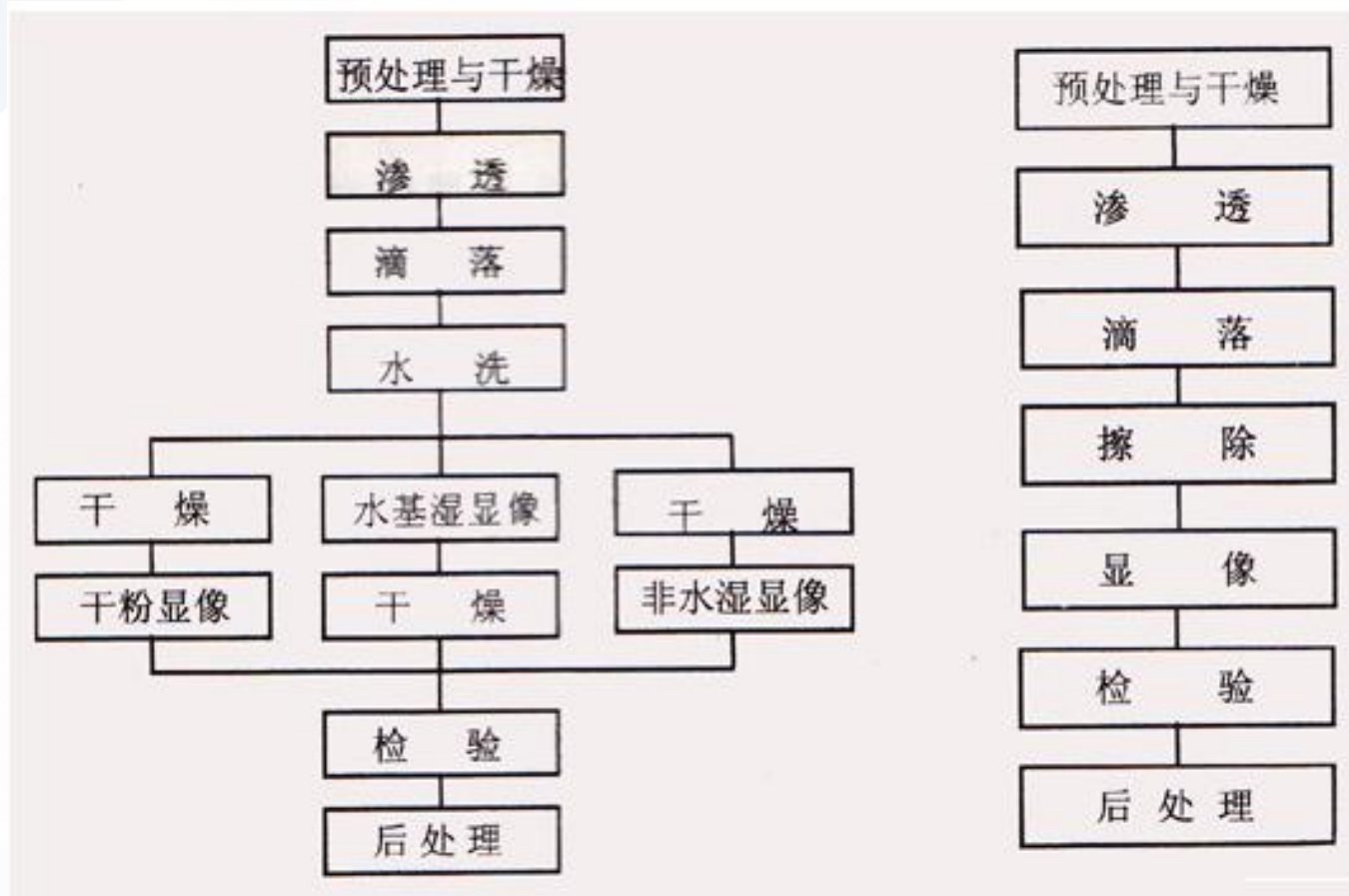
7 后处理

渗透检测后应及时将零件表面的残留渗透剂和显像剂清洗干净。

对于多数显像剂和渗透液残留物，采用压缩空气吹拂或水洗的方法即可去除；对于那些需要重复进行渗透检测的零件、使用环境特殊的零件，应当用溶剂进行彻底清洗。



渗透检测



荧光渗透检测和着色渗透检测水洗法

溶剂去除法

渗透检测

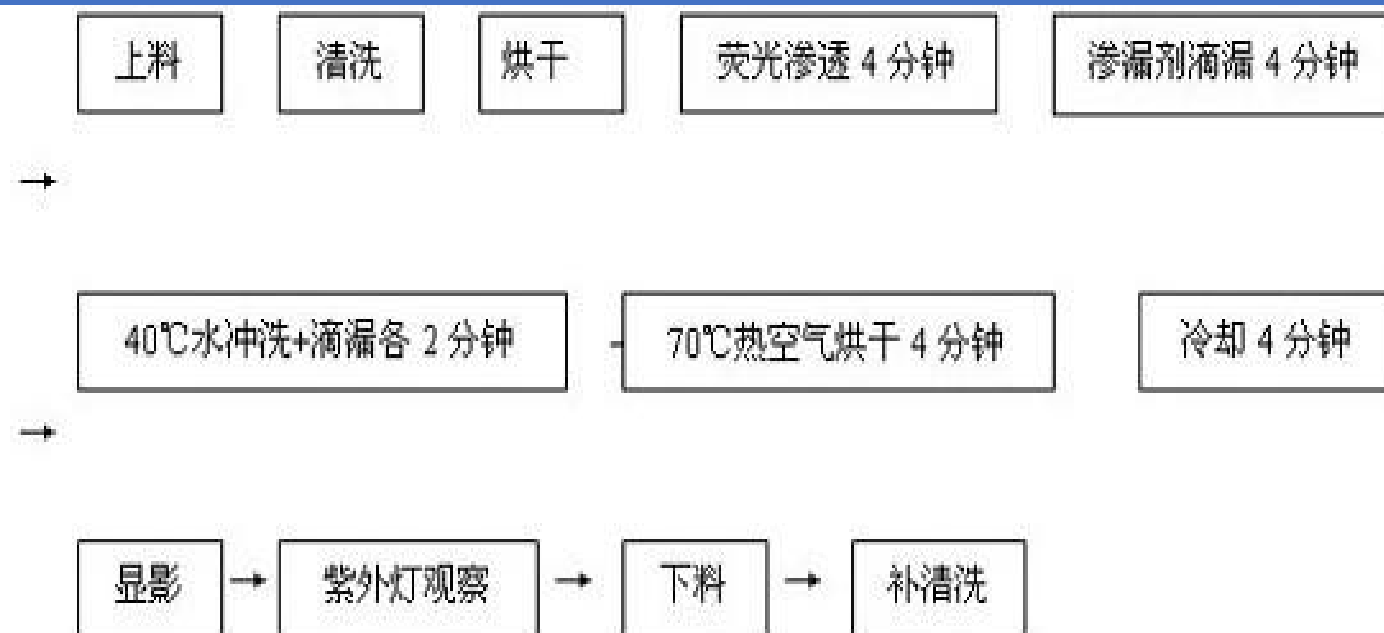


亲油性后乳化法



亲水性后乳化法

渗透检测



渗透检测



A线包括渗透装置、预清洗装置、清洗装置、烘干装置、显像装置和观察台。

B线包括后清洗装置和后烘干装置。电气控制柜独立。

渗透检测

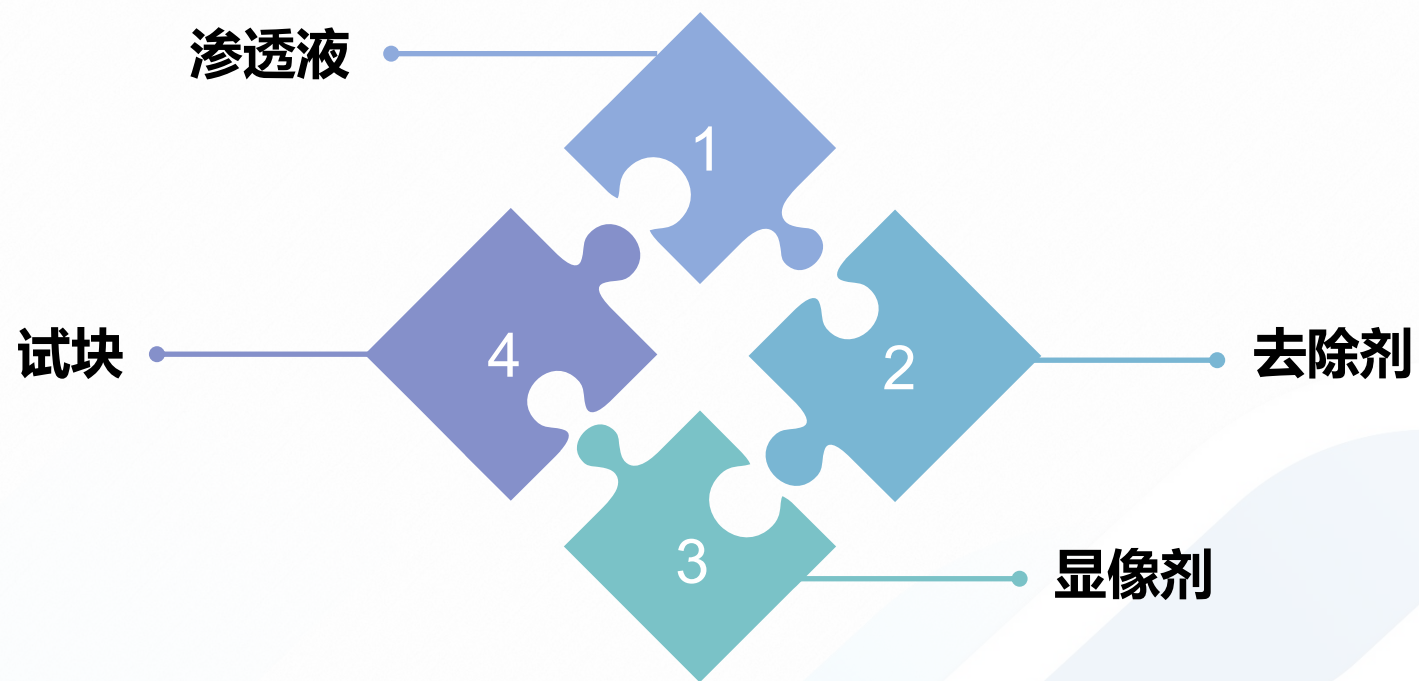


渗透检测



渗透检测

八、渗透检测材料





武汉理工大学
Wuhan University of Technology

谢谢观看！

机电工程学院测控系

主讲人：魏 莉