



中国机械工程学会无损检测分会 PT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

第七章 渗透检测质量控制 与安全防护

Chapter 7 Quality control and safety protection for PT

内 容 Contents

- 渗透检测剂的质量控制
- 渗透检测设备、仪器和试块的质量控制
- 渗透检测安全防护

渗透检测剂的质量控制

- 渗透检测本身的工作质量的可靠性，在一定程度上决定了产品的安全使用的可靠性，即渗透检测体系的可靠性是保证产品安全使用的重要条件之一。
- 渗透检测体系包括渗透检测人员、渗透检测设备和材料、渗透检测工艺方法和渗透检测。
- 检验环境主要五个方面，简称“人”“机”“料”“法”和“环”。渗透检测的质量管理也主要就是对这五个方面进行控制管理。

渗透检测剂的质量控制——新购进的渗透检测剂

- 渗透检测剂系统，必须采用同一家厂商提供的、同族组的产品，不同族组的产品不能混用。

- 渗透检测剂性能鉴定

1) 渗透检测剂所用材料例如煤油、染料、氧化镁粉等的性能鉴定项目：毒性、腐蚀性、闪点、黏度、储存稳定性、氯、氟及硫含量、与液氧(LOX)或高压气态氧(GOX)的相容性。

2) 渗透剂性能鉴定项目：表面润湿、持续停留时间、颜色、荧光特性(黑光下颜色、亮度的稳定性)、允许含水量、温度稳定性、槽液寿命、可去除1生。

渗透检测剂的质量控制——新购进的渗透检测剂

- 3) 乳化剂性能鉴定项目：颜色、渗透剂污染、允许含水量、槽液寿命、温度稳定性、浓度。
- 4) 显像剂性能鉴定项目：干粉显像剂的松散性、荧光污染及水污染；湿显像剂的再悬浮性、沉淀性和适用性；可去除性、对比性。
- 5) 溶剂去除剂性能鉴定项目：清洗性(残余渗透剂、油状残余物)。

渗透检测剂的质量控制——新购进的渗透检测剂

(2) 渗透检测剂性能抽查：工厂使用部门对每批渗透检测剂的性能，应在入厂时进行抽查，合格者方可使用。并抽取1 kg合格的渗透检测剂作为校验使用过程中渗透检测剂的标准样品。

- 1) 渗透剂性能抽查项目：闪点、黏度、荧光亮度、可去除性、含水量、灵敏度(C型试块)。
- 2) 乳化剂性能抽查项目：含水量
- 3) 显像剂性能抽查项目：干粉显像剂的松散度；湿显像剂的再悬浮性、沉淀性；可去除性。

渗透检测剂的质量控制——使用中的渗透检测剂

- 渗透剂的校验

亮度比较校验：校验周期为3个月，被测渗透剂的亮度下降到同批标准样品的85%以下时，不准使用。

含水量测定：校验周期为3个月；

腐蚀性能校验：校验周期为6个月；

渗透剂的可去除性校验：每天检查渗透剂，如发现有明显的沉淀或可去除性能下降，应进行可去除性校验。

渗透剂的灵敏度校验：每个工作班均使用B型标准试块作渗透剂的灵敏度校验。每6个月使用C型标准试块作渗透剂的灵敏度校验。

渗透检测剂的质量控制——使用中的渗透检测剂

- 乳化剂的校验

外观检查：每天检查乳化剂的外观，如果发现有明显沉淀及黏度增大而引起乳化能力下降时，则不准使用。

乳化能力和可去除性检查校验：校验周期为1个月，如果发现乳化能力下降或清洗性能不良，则不准使用。

黑光检查：校验周期为1周，在黑光灯下观察乳化剂，如果发现乳化剂中有荧光渗透剂污染(或着色渗透剂污染)而影响使用时，则不准使用。

渗透检测剂的质量控制——使用中的渗透检测剂

- 显像剂的校验

干式显像剂的外观检查：每个工作班均需进行一次外观检查，如发现明显的荧光及凝聚现象，则不准使用。

干式显像剂的松散度校验：校验周期为1个月，如不符合要求，则不准使用。

湿式显像剂的荧光渗透剂(或着色渗透剂)污染或浓度校验：校验周期为1个月，在黑光灯(或日光)下如发现明显的荧光渗透剂(或着色渗透剂)污染或浓度不符合要求，则不准使用。

渗透检测剂的质量控制——使用中的渗透检测剂

溶剂悬浮或水悬浮湿式显像剂的再悬浮校验：校验周期为1个月，如不符合要求，则不准使用。

溶剂悬浮或水悬浮湿式显像剂的沉淀性(沉降速率)校验：校验周期为1个月，如不符合要求，则不准使用。

显像剂的显像灵敏度校验：校验周期为1周，使用A型标准试块进行试验，如发现显像能力下降或失去附着力，则不准使用。

渗透检测设备、仪器和试块的质量控制——设备

- 应根据受检件的尺寸、规格、数量及形状等，制成各种类型的工艺设备，如渗透剂槽、乳化剂槽、去除剂槽、恒温热风循环烘箱或干燥装置、显像剂槽或喷粉柜等。

水洗槽应配备水喷枪清洗工具，并可调节水压及流量，可附加配备一定温度的水加热装置。

渗透剂槽、乳化剂槽应配置泵和喷浇液体的喷嘴，以便喷浇液体或更换槽液。显像剂槽内应加设电动搅拌器。

- 渗透检测工艺设备的校验渗透检测工艺设备，如预清洗槽、水洗槽和显像剂槽每半年维修一次。对空气管路的清洁度、槽液的水平面、设备清洁度应每个工作班检查一次。

渗透检测设备、仪器和试块的质量控制——黑光灯

- 黑光灯的基本要求

黑光灯的紫外线波长范围为320~400 nm，峰值为365 nm，距黑光灯滤光片380 mm处的紫外线辐照度应不低于1 000 $\mu\text{W} / \text{cm}^2$ 。

水槽上方设置的吊挂式防爆黑光灯的紫外线辐照度应不低于800 $\mu\text{W} / \text{cm}^2$ 。检查深孔和工件内壁的缺陷，应配备深孔内壁黑光检查仪及笔式黑光灯。黑光灯电源电压波动超过 $\pm 10\%$ 时，应配备稳压器。

- 黑光灯的校验

黑光灯的紫外线辐照强度应每周检查一次。

紫外线灯辐照强度用紫外线辐照计或紫外线照度计测量，测量方法如下：

渗透检测设备、仪器和试块的质量控制——黑光灯

开启紫外线灯**20 min**后，将紫外线辐照计置于紫外线灯下，调节紫外线辐照计到黑光灯灯泡的距离为**380 mm**，读出紫外线辐照计上的读数，读数值应大于**1000uW / cm²**。紫外线灯使用较长时间后，输出功率将降低，如果降低**25%**以上，紫外线灯则应更换。

可使用紫外线照度计进行测量，方法如下：

将新紫外线灯打开**20 min**后，在暗室里将紫外线照度计置于紫外线灯一定的距离处，记下读数；紫外线灯使用一段时间之后，对同一紫外线灯在同一距离测得第二个读数。比较两次读数，如果输出功率降低**25%**以上，则需更换紫外线灯。

渗透检测设备、仪器和试块的质量控制——紫外线辐照计

- 紫外线辐照计的基本要求

紫外线辐照计用以测量紫外线辐照强度，波长范围320~400 nm，峰值应为365 nm。

- 紫外线辐照计的校验

紫外线辐照计应每年由计量部门校验一次。

渗透检测设备、仪器和试块的质量控制——荧光亮度计

- 荧光亮度计的基本要求

荧光亮度计用于测定和比较荧光渗透剂的荧光亮度，波长范围为430~600 nm。峰值为500-520 nm。

(2)

- 荧光亮度计的校验

荧光亮度计应每年由计量部门校验一次。

渗透检测设备、仪器和试块的质量控制——白光照度计

- 白光照度计的基本要求
照度范围应为0~1 600 lx或0~6 450 lx。
- 白光照度计的校验
白光照度计应每年由计量部门校验一次。

渗透检测设备、仪器和试块的质量控制——试块

- A、B型标准试块适用于不同的情况，应根据用途的不同选用合适的试块。标准试块的制造厂家应经上级业务主管部门的认可并经鉴定合格。
- 荧光渗透检测使用的标准试块不得用于着色渗透检测，反之亦然，不允许两者混用。
- 试块使用之后，要按所附说明书的规定进行彻底清洗，不应残留任何渗透检测剂的痕迹。清洗后，将试块放入装有丙酮和无水酒精的混合液体(体积混合比为1: 1)的密闭容器中保存，或用其他有效方法保存。
- 当发现试块有堵塞或灵敏度与原先比较有下降时，必须及时更换。

渗透检测工艺操作的质量控制

开始之前或渗透检测工艺操作条件发生变化时，用**B**型标准试块校验工艺操作系统的灵敏度，缺陷显示迹痕显示的形貌、数量、亮度及颜色深度，应与试块显示的复制品(或照片)进行对比，合格后方可进行渗透检测检验工作。试块是要反复使用的，因此，每次使用后要：彻底清洗，以保证去除缺陷中的荧光渗透剂或着色渗透剂的残余。渗透检测过程中，严格执；行渗透检测工艺规程。

渗透检测工艺操作的质量控制——表面清理和预清洗

- 所有表面准备方法不得损伤工件表面，不得堵塞表面开口缺陷。
- 清洗材料及清洗方法不得影响渗透检测剂的性能，不腐蚀或损坏被检工件。
- 工件表面及缺陷内的油脂、铁锈等污物去除之后，工件必须进行干燥，以便排除缺陷内的有机溶剂及水分。

渗透检测工艺操作的质量控制——渗透

- 在渗透时间内，渗透剂必须将被检部位全部润湿覆盖。工件及渗透剂的温度应保持在15~50°C之间。
- 渗透时间应根据渗透剂的种类、被检工件材质及用途、缺陷的性质及细微程度来确定，应确保规定的渗透时间。

渗透检测工艺操作的质量控制——乳化

- 乳化剂要与渗透剂同族组，施加方法要透当，要确保被检表面能均匀乳化。
- 乳化时间取决于乳化剂的乳化能力、浓度、工件表面状态和缺陷类型等因素，要严格控制乳化时间，必须防止“过乳化”。

渗透检测工艺操作的质量控制——去除

- 水洗型和后乳化型渗透剂的去除工件经充分渗透或乳化以后，清洗去除时，必须边清洗边观察。清洗荧光渗透剂时，在黑光灯下观察。清洗着色渗透剂时，在适当白光光照下观察。以免清洗不足或清洗过度。
- 溶剂去除型渗透剂的去除先用不起毛和有吸咐能力的布擦去大部分渗透剂，再用不起毛、清洁、干燥、沾有有机溶剂的布擦去剩余在表面上的渗透剂。不允许直接用有机溶剂对工件喷洗。

渗透检测工艺操作的质量控制——干燥

用清洁、干燥和经过过滤的压缩空气吹去工件表面的水分，其压力不超过0.15 MPa (1.5 kg / cm²)，喷嘴与工件相距不小于30cm。用温度不超过80°C的热空气循环烘箱干燥工件。干燥时间随工件尺寸、形状及材料而定。干燥的时间应尽量短。

渗透检测工艺操作的质量控制——显像

- 施加在工件表面上的干粉显像剂，分布要均匀，显像剂层要薄。
- 悬浮湿式显像剂使用前要充分搅拌均匀，使显像剂粉末保持悬浮分散状态。
- 用喷涂法施加显像剂时，喷涂装置应与被检表面保持一定的距离(约200~3mm)，使显像剂在到达工件表面时，几乎是干的。避免过近而造成淌流或局部显像剂覆盖层过厚。
- 显像时间应根据渗透检测方法及缺陷的性质确定，应不少于7min。

渗透检测工艺操作的质量控制——观察及评定

- 荧光渗透检测检验操作黑光灯启动10~15 min后方可开始工作。被检部位上的紫外线辐照强度应不低于1 000 uw / cm²。可选用合适的红色眼镜。不可佩戴光敏眼镜。检测人员进入暗室后，眼睛至少要有3 min的黑暗适应时间。可佩戴防紫外线的无色镜。
- 着色渗透检验操作必须在自然光或白光照度不少于500 lx的灯光下检验，并应无其他反射光。

渗透检测工艺操作的质量控制——后清洗

工件检验完毕，应清洗残余的渗透剂和显像剂。如果残余渗透剂和显像剂对工件随后的，处理或使用有影响，例如产生腐蚀时，则清洗需更彻底。清洗后的工件应该干燥处理或进行防腐蚀处理

渗透检测工艺操作的质量控制——工件标识

- 如果工件表面出现缺陷迹痕显示，可根据需要分别用照片、示意草图或复印等方法记录缺陷迹痕显示位置及形貌。
- 渗透检测合格的工件，按设计或工艺制造部门规定的标印方法和标印位置作出“合格”标记。不合格的工件，必须做出“不合格”的明显标记。合格工件与不合格工件应严格隔离放置

渗透检测工艺操作的质量控制——渗透检测

- 渗透检测场地的面积大小，应根据被检工件的形状、尺寸、数量及相应形式的渗透检测生产线而定。渗透检测场地应有足够的活动空间，应设有排水沟，应有水磨石地面。渗透检测场地内应设置抽排风装置、压缩空气管路及暖气设施。渗透检测场地内温度应不低于**15°C**，相对湿度应不超过**50%**。
- 静电喷涂场地墙壁应采用瓷砖砌成，地面应保持**15。~20。**的倾斜，以便排放污水。荧光渗透剂废水及其他污水处理后，应符合环境保护要求。

渗透检测安全防护——防火安全

- 渗透检测所使用的渗透检测剂，除干粉显像剂、乳化剂以及金属喷罐内使用的氟利昂气体是不燃性物质外，其他大部分是可燃性有机溶剂。因此，在使用这些可燃性渗透检测剂时，一定要和使用普通油类或有机溶剂一样，应采取必要的防火措施。
- 储存渗透检测剂注意事项

储装渗透检测剂的容器应加盖密封。储存地点应尽量挑选冷暗处，并且避免烟火、热风、阳光直射等。压力喷罐严禁在高温处存放，因为在高温时，罐内的压力将增大，有发生爆炸的危险

渗透检测安全防护——防火安全

- 压力喷罐制品的防火

压力喷罐内充填渗透检测剂的同时，还要充填丙烷气或氟利昂等高压液化气。渗透检测剂本身是一种可燃性物质，充填丙烷气后，着火可能性更大。所以，操作压力喷罐制品时，必须充分注意防火。

- 灭火器的设置

使用可燃性渗透检测剂时，不仅必须充分注意防火，而且为了防止

渗透检测安全防护——防火安全措施

①操作现场应做到文明整洁，并有切实可行的防火措施。

②操作现场应备有专人管理的灭火器。

③除使用的渗透检测剂外，操作现场应尽量避免大量储藏渗透检测剂。

④盛装渗透检测剂的容器应加盖密封。对于清洗剂和显像剂等挥发性大的物质，使用后必须密封保管。

⑤避免阳光直射盛装渗透检测剂的容器，特别是对压力喷罐更要注意。

渗透检测安全防护——防火安全措施

⑥避免在火焰附近以及在高温环境下操作，特别是压力喷罐。如果环境温度超过 50°C ，应特别引起注意。操作现场禁止明火存在。

⑦当环境温度较低时，压力喷罐内压力将降低，喷雾将减弱且不均匀。此时，可将其放入 30°C 以下的温水中，待加热之后再使用。但绝不允许将压力喷罐直接放在火焰附近，从而达到加温的目的。

渗透检测安全防护——卫生安全

渗透检测中使用的多种有机溶剂。有些有机溶剂，例如三氯乙烯等对人体有毒。因此，如果将它们的蒸气或雾状气体大量吸入人体内，可能会引起人体的中毒。渗透检测中，毒性试剂造成人体的中毒，以慢性中毒最多，且多属累积性毒性。另外，渗透检测剂如果沾在皮肤上，有可能引起斑疹。有些试剂，例如胶棉液，本身基本无毒，但遇明火燃烧，则可生成剧毒的氢氰酸和过氧化氮气体。因此，采取积极的卫生安全防护措施是十分必要的。

渗透检测安全防护——卫生安全

- 大气中有害物质的允许浓度

苯和苯衍生物大多有一定毒性，其中以苯和硝基苯的毒性最大。苯的其他衍生物，例如甲苯、二甲苯等也都有一定毒性，但比苯、硝基苯的毒性为小。

渗透检测安全防护——卫生安全

有毒化学品对人体的毒害大致有三种途径：

- ①经呼吸道进入人体，在肺泡中进行交换，渗入血液而进入全身，引起人体机能失调和障碍。
- ②经消化道进入人体，由肠胃吸收而运至全身。
- ③经人体皮肤渗透进入人体。

渗透检测安全防护——卫生安全

- 卫生安全防护措施

①在不影响渗透检测灵敏度，满足工件技术要求前提下，尽可能采用低毒配方来代替有毒和高毒的配方。

②采用先进技术，改进渗透检测工艺和完善渗透检测设备，特别是增设必要的通风装置，降低毒物在操作场所空气中的浓度。

③严格遵守操作规程，正确使用个人防护用品。

④当紫外线通过三氯乙烯时，会产生有害光气。

渗透检测安全防护——卫生安全

⑤波长在320 nm以下的短波紫外线对人眼有害，所以严禁使用不带滤波片或滤波片破裂的紫外线灯。

⑥操作现场严禁吸烟，一是防火安全所必须，二是防止吸入有毒气体。

⑦用三氯乙烯蒸气除油时，要经常向槽内添加三氯乙烯溶液，防止加热器露出液面，否则会引起过热，产生剧毒气体。

⑧显像粉会使皮肤干燥，刺激人的气管，所以，操作者应带橡皮手套，工作现场应有抽风装置。

渗透检测安全防护——卫生安全

⑨工作前，操作者手上应涂防护油，最好戴上防护手套并系好围裙，可避免皮肤与渗透检测剂直接接触而污染，并防止皮肤干燥或开裂，甚至引起皮炎。

⑩人员预检和定期体检也是重要的防护措施。

渗透检测安全防护——卫生安全

- 强紫外线辐射的卫生安全防护

荧光渗透检测中使用的黑光是高压黑光汞灯的光辐射中滤出的强紫外线。众所周知，紫外线会产生物理、化学及生理效应。紫外线产生的各种生理效应明显与波长有关，较短的紫外线(波长小于320 nm)是有害的。而用于荧光渗透检测的长波紫外线(波长320~450 nm)不太会引起晒黑或其他严重后果。

但是，眼球处于黑光中会导致眼球荧光效应，眼睛会被辐射刺伤，使视力变得模糊，还会产生其他不舒适感。若长期暴露在黑光下，该刺激会引起头痛，极端情况下甚至会引起恶心。然而，一般情况下，是无害的，且这种现象不是长期效应。

渗透检测安全防护——卫生安全

- 强紫外线辐射的卫生安全防护

眼球荧光是可以避免的。主要途径是防止眼球直接接触黑光，或者将这种直接接触降低到最低限度，也可戴紫外线防护镜，这种眼镜不允许紫外线通过，只允许可见黄绿色光通过。

如果黑光灯滤光片或屏蔽罩破裂，那些小于320 nm波长的短波紫外线就可能泄漏出来。此时，与这些短波紫外线辐射接触的操作人员眼睛就有可能患光角膜炎及结膜炎。因此，黑光灯过滤光片或屏蔽罩一旦破裂，灯就不能用。