

ICS:19.100  
CCS:H26

# 团 体 标 准

T/CAMAC 0005—2020

---

## 民用航空无损检测 渗透检测

Civil Aviation Nondestructive Testing

Penetrant Testing

2020年5月12日 发布

2020年5月18日 实施

中国民用航空维修协会 发布

# 目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 分类 ..... 2

5 一般要求 ..... 2

6 详细要求 ..... 5

附录 A（规范性附录）含水量测量方法 ..... 12

## 前 言

本标准代替MH/T 3007-2004《航空器无损检测 渗透检验》。

本标准与MH/T 3007-2004相比，主要变化如下：

- 在“规范性引用文件”中更新了引用标准的标注日期；增加了引用标准 ASTM D6304《通过 Karl Fischer 滴定法确定石油产品、润滑油和添加剂的含水量的测试方法》、ASTM E3022《在液体渗透和磁粉检测中 LED UV-A 的发射特性测试和要求细则》、ASTM E165《工业用液体渗透检测实施细则》、ASTM D95《用蒸馏法测定石油产品和沥青材料中水分的试验方法》；
- 更改了可见光照度值为 1076lx，背景光照度为 21.5lx（见 5.4.2）；
- 增加了关于特殊黑光光源的要求（见 5.4.2.1）；
- 增加了关于 LED 黑光灯应符合 ASTM E3022 标准的要求（见 5.4.2.2）；
- 更改了干燥箱温度的控制范围值（见 5.4.3）；
- 删除了采用 JB/T 6064-92 B 型试块的要求（见 5.4.4）；
- 明确了作业指导书含单件技术单都应由 3 级人员批准的要求（见 5.5）；
- 将“酸洗”全部更改为“蚀刻”；
- 明确了对亲水性乳化剂浓度的要求（见 6.4.4.2）；
- 明确了设备校验应溯源至国家计量标准或其他被认可的计量标准（见 6.9.1.2）；
- 更改了质量控制项目和周期（见 6.9）；
- 本标准由中国民用航空维修协会无损检测人员资格鉴定委员会提出。
- 本标准由中国民用航空维修协会批准立项。
- 本标准由中国民用航空维修协会归口。

本标准起草单位：北京飞机维修工程有限公司、山东太古飞机工程有限公司、上海普惠飞机发动机维修有限公司。

本标准主要起草人：付杭君、苏金波、谌春雷、韩京华。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：MH/T 3002.1-1995；MH/T 3007-2004；MH/T 3007-2018。

# 民用航空无损检测

## 渗透检测

### 1 范围

本标准规定了民用航空器及其零部件渗透检验的最低要求。  
本标准适用于用渗透检测法检查非多孔性的金属和非金属零件表面开口的不连续。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 20737-2006 无损检测 通用术语和定义  
GB/T 12604.3-2013 无损检测术语 渗透检测  
GB/T 260-2016 石油产品水含量的测定 蒸馏法  
T/CAMAC 0001—2020 民用航空无损检测人员资格鉴定与认证  
ASTM E1417 液体渗透检测  
AMS 2644 渗透检测用材料  
ASTM D95 用蒸馏法测定石油产品和沥青材料中水分的试验方法  
ASTM D6304 通过Karl Fischer滴定法确定石油产品、润滑油和添加剂的含水量的测试方法  
ASTM E1135 荧光渗透液亮度比对测定方法  
ASTM E3022 在液体渗透和磁粉检测中LED UV-A的发射特性测试和要求细则  
ASTM E165 工业用液体渗透检测实施细则  
QPL-AMS2644 被鉴定的产品目录 检验材料 渗透

### 3 术语和定义

GB/T 12604.3-2013确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 认可的工程部门 cognizant engineering organization

要求对系统或零件进行渗透检测的负责设计、交付或最终使用的公司、代理商、或其他被授权的机构。除设计人员以外，还包括材料、工艺、应力分析、无损检测（NDT）或质量组织及其他相关的人员。

#### 3.2 最终渗透检测 final penetrant examination

实施零件验收的渗透检测。除非另有规定，如果随后的机械加工、磨削、焊接、热处理或蚀刻等工序对零件表面有任何改变可能导致先前的检验失去作用时，其先前的渗透检测不是最终检验。

#### 3.3 在役 in-service

零件在正常状态的使用和储存过程中。

#### 3.4 线性显示 linear indication

长度与宽度之比至少为3:1的渗透液的显示。

#### 3.5 重新处理 reprocess

对零件重新施加渗透液、乳化剂(需要时)和显像剂(需要时)的相应处理过程。

### 3.6 圆形显示 rounded indication

长度与宽度之比小于3:1的渗透液的显示。

### 3.7 涡轮发动机关键零件 turbine engine critical components

被涡轮发动机制造商指定为“关键件”的任何零件。

### 3.8 蚀刻 etching

用化学或电化学方法去除表面材料。

## 4 分类

### 4.1 渗透系统

#### 4.1.1 类型

类型 I：荧光渗透检测；

类型 II：着色渗透检测。

#### 4.1.2 方法

方法A：水洗去除法；

方法B：亲油性后乳化去除法；

方法C：溶剂去除法；

方法D：亲水性后乳化去除法。

#### 4.1.3 灵敏度等级

灵敏度等级分类仅适用于类型 I。类型 II 是单一灵敏度，不应使用下列任何一种灵敏度等级来代表。

等级1：低灵敏度；

等级2：中灵敏度；

等级3：高灵敏度；

等级4：超高灵敏度。

### 4.2 显像剂

显像剂应分为以下类别：

——类别 a：干粉显像剂；

——类别 b：水溶性显像剂；

——类别 c：水悬浮性显像剂；

——类别 d：非水性显像剂（用于荧光渗透检测）；

——类别 e：非水性显像剂（用于着色渗透检测）；

——类别 f：特殊用途显像剂。

### 4.3 溶剂去除剂

溶剂去除剂应分为以下两类：

——1类：含卤溶剂去除剂；

——2类：非卤溶剂去除剂。

## 5 一般要求

### 5.1 总则

5.1.1 当要求按本标准实施渗透检测时,应符合本标准规定的所有要求。必要时认可的工程机构应制定比本标准最低要求更严格的规定。

5.1.2 当要求按本标准实施渗透检测时,在采购单、合同或其他有关文件中应规定被检零件的验收标准,工程图纸或其他相关文件应指明整个零件的验收标准,也可以是分区域的验收标准。除非另有规定,不应采用以抽样为基础的渗透检测。

5.1.3 本标准没有涉及与使用有关的所有安全方面的描述。本标准使用者在使用前有责任制定相应的安全和健康防护措施,并遵守有关安全的法规或条例。

## 5.2 人员资格

从事渗透检测的人员应按T/CAMAC 0001的规定进行资格鉴定与认证,或按合同、订单中的要求执行。

## 5.3 渗透材料

5.3.1 只有被列在或批准列在 QPL-AMS 2644 中的渗透材料才能用于渗透检测。只有经认可的工程机构批准时,才可以使用不符合 AMS2644 标准要求的渗透材料(见 6.9.1.1)。

5.3.2 某些清洗剂、渗透剂和显像剂等渗透材料对非金属零件会产生有害影响,使用前应对清洗剂和渗透材料进行试验以确保这些材料对被检零件是无害的。

5.3.3 废弃的渗透材料的排放或处理应符合国家和地方有关安全和环保的法规。

## 5.4 设备和设施

5.4.1 用于渗透检测工艺的设施的设计和布局应协调一致、方便操作,满足本标准的要求。同时,设备和设施应符合国家和地方有关安全和环保的法规。

5.4.2 检验零件的区域(检验区)应始终保持清洁。对于着色渗透检测(类型 II),照明系统提供的可见光照度在被检零件表面上应至少达到 1 076 lx (100 fc)。对于固定式荧光渗透检测(类型 I),可见光在被检零件表面的背景光照度应不超过 21.5 lx (2 fc),黑光灯提供的黑光辐照度在被检零件表面应至少达到 1 000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,黑光灯应满足 6.9.14 的要求。对于便携式荧光渗透检测(类型 I),应使用黑色帐篷、照相用的黑布或其他可以减少可见光的遮光方法以尽可能使被检零件表面背景光照度减至最低水平,黑光辐照度应满足上述要求。

当黑光灯不能对检测表面提供有效照明时,则应使用如笔式黑光灯、光导纤维或者远程目视检测设备等特殊黑光光源。当使用内窥镜时,影像必须提供足够的分辨率,以有效评估显示。黑光辐照度应在期望的工作距离测量,并且最低值为 1 000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

用于评价显示为目的的 LED 黑光灯,应符合 ASTM E3022 标准的要求。

5.4.3 当使用干燥箱对零件进行干燥时,干燥箱应配有热空气循环系统。在该系统中,零件通过热辐射和热空气循环进行干燥。自动系统的传送速度应避免零件被过分干燥。热空气可不循环但必须避免污染零件。干燥箱最高温度应不超过 71°C (160°F),干燥箱实际温度应保持在设定温度的  $\pm 8.3^\circ\text{C}$  ( $\pm 15^\circ\text{F}$ ) 以内。温度显示器与干燥箱实际温度的读数误差应在  $\pm 5.6^\circ\text{C}$  ( $\pm 10^\circ\text{F}$ ) 以内。

5.4.4 用于测试系统性能和渗透剂灵敏度的已知缺陷试块的选择和维护保养方法应由认可的工程机构批准。试块上的缺陷应具备证明系统性能不合格的能力,维修保养方法应能保证发现试块不再适合使用的变化。

## 5.5 作业指导书

本标准没有规定具体零件的渗透作业指导书。本标准使用者应针对具体零件制订详细的作业指导书。由于渗透作业指导书对于很多零件来说都是相似的,因此可以制定一个涵盖不同零件的通用作业指导书主程序。所有渗透作业指导书,包括为具体零件编制的技术单,都应由依据本标准 5.2 进行资格鉴定和认证的渗透专业 3 级人员批准。无论是单个程序或主程序,都应满足以下要求:

- a) 预清洗和蚀刻等表面处理工艺的详细描述。包括使用的材料和规范或其他有关清洗、干燥以及处理时间的工艺控制参数。如果预清洗和蚀刻处理工艺是由其他专业人员来完成,则表面处理工艺的详细描述可以在其他文件中规定;
- b) 渗透材料的分类应符合第 4 章的要求;

- c) 完整的渗透材料的工艺参数，包括浓度、施加方法、停留时间、干燥时间、干燥温度以及防止渗透剂过度干燥或零件过热等控制参数；
- d) 完整的检验和评价要求，包括光照度要求（检测光和环境光）、零件的接受和拒收标准、标识方法和标识部位；
- e) 使用电池供电光源时，确认光强度的检测周期并在文件中规定该要求；
- f) 依据本标准检测时，工程图纸、规范、技术单或其他相关文件应指明验收标准，部件依据该验收标准评判；
- g) 作业指导书中应明确检测部件及检测区域；
- h) 完整的后清洗工艺。如果后清洗是由其他专业人员来完成，则后清洗工艺的详细描述可以在其他文件中规定。

注：ASTM E165包含了制定作业指导书的参考内容。

## 5.6 工序安排

### 5.6.1 加工工序

最终渗透检测应在可能会产生表面不连续的加工工序或能够使先前未开口的不连续暴露出来的加工工序完成之后进行。此类加工工序包括但不限于磨削、焊接、校直、机械加工和热处理。

### 5.6.2 表面处理

最终渗透检测可以在可能污染表面不连续但不会产生不连续的表面处理之前进行。此类的表面处理包括但不限于蒸汽喷砂、去毛刺、砂纸打磨、抛光、吹砂、研磨或喷丸处理。除非另有规定，经表面处理之后进行的最终渗透检测应将蚀刻包括在预清洗工序中。

注：最终渗透检测宜在喷丸工序之前完成。

### 5.6.3 表面涂层

最终渗透检测应在表面涂层工序之前进行。此类的表面涂层包括但不限于阳极化、钝化、电镀、物理或化学喷涂、漆层等。渗透检测前应将被检区域的所有涂层去除。除非另有规定或表面涂层具有高渗透背景，使用中的零件可以在不去除涂层（如：阳极化）的情况下进行渗透检测。

## 5.7 渗透检测方法的限制

不是所有渗透剂的灵敏度等级、材料都适用于所有的渗透检测要求。灵敏度等级应适用于预定的检验目的。除非得到认可的工程机构的批准，以下选择是应遵循的：

- a) 着色渗透检测（类型 II）不应用于航空器产品的最终渗透检测；
- b) 涡轮发动机关键零件的维修或翻修应使用荧光渗透溶剂去除法或亲水性后乳化去除法（类型 I，方法 C 或 D）渗透检测工艺，并且渗透检测材料的灵敏度等级为 3 级或 4 级；
- c) 干粉显像剂（类别 a）不应用于着色渗透检测（类型 II），水溶性显像剂（类别 b）不应用于水洗去除法荧光渗透检测（类型 I、方法 A）或着色渗透检测（类型 II）；
- d) 对于同一检验表面，荧光渗透检测不应安排在着色渗透检测之后进行，除非后续工艺将去除着色检测过的表面。

## 5.8 记录

所有渗透检测的结果都应记录。记录结果应做出标识和存档，并根据需要提供给认可的工程机构。记录应能够追溯至被检验的零件或批次。记录应至少保存 3 年，或者按采购单、合同有关的规定保存。记录应至少包括：

- 所使用的参考规范和程序；
- 相关显示的位置、性质和处理；
- 检验者的检验印章、电子编码或签字；
- 检验日期。

## 6 详细要求

### 6.1 流程图

渗透检测工序流程见图1。

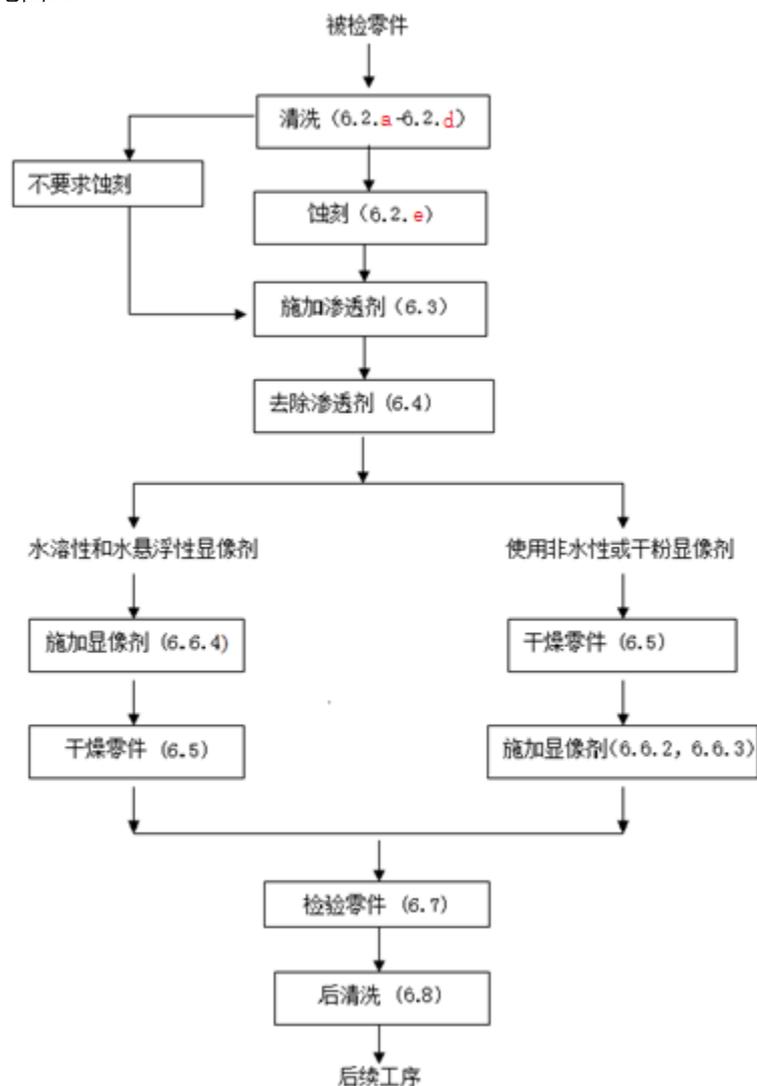


图1 渗透检测工序流程图

### 6.2 表面预处理

所有被检表面应清洁、干燥，无污物、油、油脂、漆层或其它涂层（除5.6.3允许的以外）、腐蚀产物、氧化皮、金属屑、焊剂、化学残留物或任何可能会妨碍渗透剂进入不连续内的材料，以及影响渗透检测材料性能或产生不能接受的背景的任何其它物质。清洗方法的选择和包括对特殊零件的蚀刻，应能够去除污物并且不应损伤零件及其使用性能。应选择下列清洗方法：

- 使用蒸汽、溶剂浸泡、超声波清洗或水基溶液等清洗方法，去除油、油脂、蜡等污物。如果要求蚀刻，零件应先适当清洗，然后蚀刻再渗透检测；
- 使用化学清洗方法去除漆层、氧化皮、积碳或其它不能被溶剂清洗方法去除的污染物。使用化学品时应格外注意，因为化学品可能伤害到眼睛或皮肤；
- 使用机械方法去除溶剂清洗或化学清洗方法不能去除的固体颗粒物或其它污染物；
- 如果能够证明使用足够细（150目或更细）的砂纸不会导致硬化点且用清洗剂或者碱溶液能够去除的，则可以使用砂纸打磨而不需经过蚀刻；

- e) 除非另有规定, 当上述清洗方法、表面处理或零件经过使用而明显降低渗透检测效果时, 应进行蚀刻处理。采用蚀刻时应制订和控制蚀刻工艺, 以避免损伤零件。对于紧配合孔、紧配合表面、结合面等, 不要求蚀刻, 否则, 将会降低零件或组件的使用性能。当被检表面不是零件的最终表面或在最终渗透检测之前其表面经蚀刻处理时, 则中间检验工序不要求蚀刻。

### 6.3 渗透剂的施加和停留

6.3.1 渗透剂应采用喷涂、浸渍或刷涂的方法或者其他可以满足覆盖要求的方法施加。除非另有规定, 渗透剂应覆盖零件整个被检表面。尺寸大的零件可以分段进行渗透。

6.3.2 除非另有规定, 零件温度、渗透剂温度和环境温度, 均应在  $4\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 52\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $40\text{ }^{\circ}\text{F}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) 范围之内。

6.3.3 除非另有规定, 渗透剂停留的时间应不少于 10min。如果温度在  $4\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $40\text{ }^{\circ}\text{F}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) 之间, 则停留时间应不少于 20 min。如有必要, 在渗透剂停留时间内应转动或采用其他方法运动零件, 以防止渗透剂沉积。如果停留时间超过 2h, 应重新施加渗透剂, 以防止渗透剂干燥。如果采用浸渍施加的方法, 则零件浸在渗透剂中的时间应不超过总停留时间的 1/2。

### 6.4 渗透剂的去除

#### 6.4.1 水洗去除法 (方法 A)

6.4.1.1 手工喷洗时, 水压应不超过 275 kPa (40 psi), 水温应在  $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 38\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $50\text{ }^{\circ}\text{F}\sim 100\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) 之间。使用水-压缩空气喷洗时, 水压应不超过 275 kPa (40 psi), 空气压力应不超过 172 kPa (25 psi)。粗颗粒水喷洗时, 喷嘴至零件表面的最小距离应不小于 30 cm (12 in)。喷洗应在适当照度下进行, 以避免产生过洗现象。如果出现过洗, 则应将零件彻底干燥并重新处理。清洗之后, 可以转动零件将水从零件表面排干。为避免零件的窝、凹或孔洞处存有积水, 应使用清洁的吸湿材料或设备吸去水分, 或用经过过滤的压力小于 172 kPa (25 psi) 的空气吹干水分。

注: 过洗的明显迹象是零件整个或一定区域内没有任何渗透剂残留物。

6.4.1.2 自动喷洗时, 水压和水温应符合 6.4.1.1 的规定。

6.4.1.3 手工擦拭时, 应使用清洁、干燥且不起毛的棉布或吸湿材料擦除多余的渗透剂, 随后用水浸湿棉布或吸湿材料擦净残留的渗透剂。棉布或吸湿材料里的水不应饱和。应在合适的光源和照度下检查零件, 以保证充分去除零件表面的渗透剂。零件表面的水分应用清洁干燥的吸湿材料擦干, 或待自然干燥。

6.4.1.4 浸洗时, 应使用空气或机械搅拌使水保持良好的循环。水温应符合 6.4.1.1 的规定。

#### 6.4.2 亲油性后乳化型去除法 (方法 B)

6.4.2.1 亲油性乳化剂应采用浸渍或流涂的方法施加。不应使用喷涂或刷涂的方法施加。施加时不应搅动零件表面上的乳化剂。除非另有规定, 荧光渗透 (类型 I) 的乳化停留时间应不超过 3 min, 着色渗透 (类型 II) 的乳化停留时间应不超过 30 s 或按制造厂商推荐的停留时间。实际停留时间的最低要求应是在零件表面上产生一个可接受的背景。

6.4.2.2 当乳化结束后, 应将零件立即浸入水中或通过喷洗的方法停止乳化作用。然后再使用浸洗、喷洗或水-压缩空气喷洗的方法去除渗透剂和乳化剂混合物。喷洗时, 应按 6.4.1 的要求清洗。如果使用浸洗方法, 应有足够的停留时间充分去除被乳化的渗透剂。如果发现过乳化, 则零件应彻底清洗并按工艺重新处理。应在合适的光源和照度下检查零件清洗的效果, 如果出现过洗, 应将零件彻底清洗并按工艺重新处理。清洗之后, 可以转动零件将水从零件表面排干。为避免零件的窝、凹或孔洞处存有积水, 应使用清洁的吸湿材料或工具吸去水分, 或用经过过滤的压力小于 172 kPa (25 psi) 的空气吹干水分。应注意保持气嘴与零件有足够的距离, 以避免压缩空气污染而影响显像剂显示。

#### 6.4.3 溶剂去除型去除法 (方法 C)

应使用清洁、干燥且不起毛的棉布或吸湿材料擦除多余的渗透剂, 随后用蘸有溶剂的棉布或吸湿材料擦净残留的渗透剂, 棉布或吸湿材料中的溶剂不应饱和。零件表面不应用溶剂冲洗, 应在合适的光源和

照度下检查零件、棉布或吸湿材料，以保证充分去除零件表面的渗透剂。如果出现过洗现象，则应将零件彻底清洗并按工艺重新处理。应用清洁干燥的吸湿材料擦干零件表面的溶剂或晾干。方法C也可以用于水洗型渗透剂，用水或溶剂去除多余的渗透剂。

#### 6.4.4 亲水性后乳化型去除法（方法D）

6.4.4.1 在施加亲水性乳化剂之前，应首先进行水洗（预水洗）以去除零件表面大部分的渗透剂，然后再施加乳化剂。水洗应满足 6.4.1.1 或 6.4.1.2 要求。

6.4.4.2 亲水性乳化剂应通过浸渍、流涂或喷涂的方法施加。浸渍用乳化剂的体积百分比浓度不应高于渗透材料供应商所规定的标准，同时应不超出渗透系统初始试验时采用的浓度值所允许变化范围。浸渍时，乳化剂或零件可以适当搅动。停留时间应尽量短，应以渗透剂充分被去除为准。除非另有规定，停留时间应不超过 2 min。喷涂或流涂用乳化剂的浓度应不超过 5%。对于喷涂施加乳化剂，可不用预水洗而直接施加乳化剂。

6.4.4.3 当乳化结束后，应将零件立即浸入水中或用喷洗的方法停止乳化作用。然后再使用浸洗、喷洗或水-压缩空气喷洗的方法去除渗透剂和乳化剂混合物。水压、水温和空气压力应符合 6.4.1.1 的规定。应在合适的光源和照度下检查零件清洗的效果。如果出现过洗现象，应将零件彻底清洗并按工艺重新处理。如果不超过允许的最长停留时间，可以通过补涂乳化剂以去除过量背景（乳化剂不足）。补涂乳化剂并停留一段时间后，应对补涂部位进行补充清洗。如果补涂乳化剂后仍不能产生可接受的背景，则应将零件彻底清洗并按工艺重新处理。

### 6.5 干燥

#### 6.5.1 干燥顺序

零件在施加干粉显像剂、非水性显像剂或不施加显像剂的检验之前，应进行干燥。零件在施加水溶性或水悬浮性显像剂之前，应排除多余的水，但不宜进行干燥；零件应在施加水溶性或水悬浮性显像剂之后进行干燥。

#### 6.5.2 干燥方法

零件应在室温空气下或在干燥箱中进行干燥，用溶剂去除法去除渗透剂的零件应在室温下干燥。干燥箱的温度应符合 5.4.3 的规定，干燥时间应仅是零件完全干燥所必要的时间，干燥之后应立即从干燥箱中取出。聚集了水份或水溶/水悬显像剂的零件不能放入干燥箱。

### 6.6 显像

#### 6.6.1 显像剂的使用

除非另有规定，渗透检测应使用显像剂。经认可的工程机构明确规定时，满足 AMS2644 的荧光渗透（类型 I）可以不使用显像剂进行检验。不使用显像剂进行检验时，渗透剂最短和最长渗出时间应分别为 10 min 和 2 h。当使用显像剂进行检验时，如果在最长渗出时间内没有检查，则零件应彻底清洗并重新处理。不使用显像剂进行检验时，如果在最长渗出时间内没有检查，则零件应重新处理。

#### 6.6.2 干粉显像剂

零件干燥后施加干粉显像剂时，应使所有被检表面与显像剂接触。显像之后，通过轻轻地敲击零件去除或用不超过 34 kPa（5 psi）的空气轻轻吹除多余的显像剂。干粉显像剂的最短和最长停留时间应分别是 10 min 和 4 h。

#### 6.6.3 非水性显像剂

非水性显像剂应采用喷涂的方法施加。对于荧光渗透检测，显像剂应覆盖整个被检表面并形成均匀而薄的涂层。如果显像剂涂层太厚而影响显示的评定，应将零件彻底清洗并按工艺重新处理。对于着色渗透检测，应覆盖整个被检表面并形成均匀白色的涂层，以提供一个与渗透显示颜色相对比的背景。除非另有规定，非水性显像剂的最短和最长显像时间分别为 10 min 和 1 h。对于盛在容器中的非水性悬浮型显像剂，在使用期间应不断地进行搅拌。

#### 6.6.4 水溶性和水悬浮性显像剂

水溶性和水悬浮性显像剂应采用喷涂、流涂或浸渍的方法施加。施加的显像剂不应是粘稠状，应完全覆盖被检表面。水悬浮性显像剂使用中应不断地搅拌或使用前充分搅拌，以保证颗粒物始终处于悬浮状态。零件应按6.5的要求进行干燥。零件干燥后，显像剂的最短和最长显像时间应分别为10 min和2 h。

#### 6.7 检验

##### 6.7.1 检验要求

检验区应满足6.9.16的要求，黑光灯应满足6.9.14的要求。检验人员在检验零件之前，在暗室中应至少适应1 min。为了完全适应暗室环境，必要时可延长适应时间。检验人员在黑光灯下检验零件时不能戴变色镜或深色眼镜。零件应在规定的最长显像时间之前进行检验。如果在最长的显像时间之前还没有检验完的零件，应彻底清洗并按工艺重新处理。带有过量荧光背景的零件也应彻底清洗并按工艺重新处理。

##### 6.7.2 评定

6.7.2.1 对检验中发现的所有显示应做出解释。非相关显示的零件应予以验收。相关显示的零件，应按照规定的验收标准进行评定。评定时，可以使用小于10倍的放大镜。

6.7.2.2 对有疑问的显示可以用蘸有溶剂的棉布或刷子擦拭显示，随后使显示部位干燥并重新显像来加以评定。除了非水性显像剂显像时间最短为3 min以外，其他显像剂重新显像的时间应为至少10 min。如果显示没有重新出现，则可以认为原始显示是假显示。对于任何原始显示，这种评定方法可以进行两次。

6.7.2.3 测量不连续尺寸时，可以用蘸有溶剂的棉布或刷子小心将显示擦去，并在重新出现显示时即时进行测量。

6.7.2.4 不连续可以按被批准的程序使用机械或人工打磨的方法去除，以确定不连续的深度和大小。去除的部位应进行清洗或蚀刻（如果允许），并重新进行渗透检测。重新渗透检测的方法应至少与原来的方法具有相同的灵敏度。

#### 6.8 后清洗

如果显像剂和其他渗透材料的残留物对随后的工序或对零件的使用造成损害，则零件在检验完成之后应进行清洗。

#### 6.9 质量控制

##### 6.9.1 要求

6.9.1.1 新的渗透材料在使用之前，应确认是列入QPL-AMS2644标准清单中的材料型号和生产商。通常，供应商应提供材料认证证书。使用未列入QPL-AMS2644标准清单中的渗透材料，使用前应由认可的工程机构批准，并且仅允许使用符合AMS 2644要求但不足以满足特殊应用的渗透材料。操作者应观察渗透材料的特性、颜色、气味、浓度或外观等是否有任何改变。只要有理由认为质量有问题，就应进行相应的测试。只有确定质量合格之后，才能按照本标准的规定进行渗透检测。

6.9.1.2 使用中的渗透材料应按表1规定的项目和周期进行测试。表1中所需检查项目的频次是按多班制的一个工作班确定的。对于使用频率较低的设备，日检和周检项目的测试周期可以延长，但是在渗透检测之前应进行测试。月检和季度检测频次不变。测试记录应予保留，以备审查。计量器具的校验应溯源至国家计量标准或其他被认可的计量标准。

6.9.1.3 不能重新恢复或重复使用的渗透材料，例如：装在喷雾容器中的渗透材料，不必按6.9.2~6.9.13进行测试。

##### 6.9.2 渗透剂污染度

应目视检查渗透剂是否有沉淀、蜡状沉淀物、白色物状、成分分解、表面浮垢，或其他任何污染或破坏迹象。确定有上述污染迹象的渗透剂应报废，或按生产商的使用说明进行处理。

### 6.9.3 荧光亮度

应按ASTM E 1135 规定的测试方法，以未使用过的荧光渗透剂作为参照。亮度值低于未使用过的渗透剂荧光亮度的90% 时，应将渗透剂报废或者添加足够的未使用过的渗透剂，以使荧光亮度满足要求。

### 6.9.4 水洗型渗透剂（方法 A）含水量

水基渗透剂含水量应使用折射仪测试，含水量应保持在生产商推荐的范围内。非水基渗透剂含水量应按GB 260-2016、ASTM D95、ASTM D6304的方法或附录A方法测试，如果含水量超过5%，应将渗透剂报废或者添加足够的未使用过的渗透剂，以使含水量降低至5% 以下。

### 6.9.5 渗透剂灵敏度比对

应按6.9.13规定的测试方法，以使用中的渗透剂、未使用过的乳化剂和未使用过的显像剂作为一组，以未使用过的渗透剂、未使用过的乳化剂和未使用过的显像剂作为参照（另一组），对两组测试结果进行比对。如果灵敏度明显低于未使用过的渗透剂，则使用中的渗透剂应予报废。

表1 测试项目及周期

测试项目	周期	涉及章条号
渗透剂污染度 <sup>c</sup>	每日	6.9.2
荧光亮度	每3个月	6.9.3
水基渗透剂（方法A）含水量	每周	6.9.4
非水基渗透剂（方法A）含水量	每月	6.9.4
渗透剂灵敏度比对	按6.9.13要求	6.9.5
水洗型渗透剂（方法A）去除性	按6.9.13要求	6.9.6
亲水性乳化剂浓度（浸、喷、涂） <sup>b</sup>	每周	6.9.7
亲油性乳化剂含水量 <sup>b</sup>	每月	6.9.8
乳化剂去除性	按6.9.13要求	6.9.9
干粉显像剂状态和污染度 <sup>b</sup>	每日	6.9.10
水溶性和水悬浮性显像剂状态和污染度	每日	6.9.11
水溶性和水悬浮性显像剂浓度	每周	6.9.12
系统性能 <sup>a</sup>	每日	6.9.13
黑光灯辐照度 <sup>b</sup>	每日	6.9.14
黑光灯完好性 <sup>c</sup>	每周	6.9.14.1
特殊黑光灯	每日或在使用前	6.9.14.3
电池型黑光灯	使用前、后	6.9.14.4
黑光辐照度计和可见光照度计校准 <sup>b</sup>	每6个月	6.9.15
检验区清洁 <sup>c</sup>	每日	6.9.16
检测区背景光强度	每3个月	6.9.16
水压、气压和温度检查 <sup>c</sup>	每班	6.9.17
水压表和水温计校准 <sup>b</sup>	每6个月	6.9.17
气压表校准	每6个月	6.9.17
干燥箱校准 <sup>b</sup>	每3个月	6.9.18
<sup>a</sup> 方法 C 不需要检查。 <sup>b</sup> 实际的技术/可靠性数据能证明或认可的工程机构批准时，测试周期可以缩短或延长。 <sup>c</sup> 无需记录。		

### 6.9.6 水洗型渗透剂（方法 A）去除性

应使用AMS 2644规定的测试试块或者其他被认可的磨砂表面试块，按处理零件时的正常清洗要求，以未使用过的渗透剂作为参照进行比对。如果去除性明显低于未使用过的渗透剂，则使用中的渗透剂应予报废或以相应的方法纠正。

#### 6.9.7 乳化剂浓度

应使用折射仪测试。乳化剂浓度应满足6.4.4.2的要求。

#### 6.9.8 亲油性乳化剂含水量

应按GB 260-2016、ASTM D95、ASTM D6304的方法或按附录A规定的方法测试。如果在用的乳化剂含水量超过最初（未使用）乳化剂含水量5%以上，应将乳化剂报废或者用添加最初乳化剂的方法纠正。

#### 6.9.9 乳化剂去除性

应按AMS 2644规定的测试方法，按处理零件时的正常清洗要求，以使用中的乳化剂和未使用过的渗透剂作为一组，以未使用过的乳化剂和未使用过的渗透剂作为参照（另一组），对两组测试结果进行比对。如果去除性明显低于未使用过的乳化剂，则使用中的乳化剂应予报废。

#### 6.9.10 干粉显像剂状态和污染度

应保证显像剂呈松散、不结块状态。结块的显像剂不应使用。重复使用的显像剂应测试荧光污染度，测试方法是在平面上撒一薄层显像剂后在黑光灯下观察荧光斑点，如果在10 cm（4 in）直径圆周内有10个或多于10个荧光斑点时，则显像剂应予报废。选取的测试板应为非荧光且非反射的，并且工作面的颜色与显像粉有很好的反差。

#### 6.9.11 水溶性和水悬浮性显像剂状态和污染度

测试方法是將一块约8 cm×25 cm（3 in×10 in）大小的干净铝板浸渍显像剂，取出和干燥后在黑光灯下观察，如果显像剂不能均匀地覆盖铝板或观察到有荧光显示，则显像剂应予报废或按相应的方法纠正。

#### 6.9.12 水溶性和水悬浮性显像剂浓度

应使用比重计测试浓度。应符合生产商推荐的浓度值。

#### 6.9.13 系统性能

应使用已知缺陷试块测试。按零件的正常渗透检测工艺，将试块通过使用中的渗透检测系统处理后得到的显示与未经使用的相同渗透材料处理后得到的显示进行比对。这种显示可以与先前的显示记录（照片或复制品）进行比对，也可以用有相似缺陷的另一块试块经过未使用的渗透材料处理后得到显示进行比对。当使用中的渗透材料灵敏度或性能低于未使用的渗透材料时，应测试6.9.5、6.9.6和6.9.9规定的项目。只有当整个渗透系统性能符合要求后，才能进行零件的检验。

已知缺陷试块应由认可的工程机构批准。使用者应建立并存档以生产商指导为基础的有效的清洗程序。使用者应确保试块在使用之间清洗充分，且能够发现其造成显示不再适用的物理变化。

#### 6.9.14 黑光灯

6.9.14.1 无论便携式、手持式、永久放置或固定式黑光灯都应按照表1周期要求测试黑光灯的辐照度，或者在灯泡更换后的初次使用前进行测试，黑光灯滤光片距离测试传感器表面38.1 cm（15 in）处的黑光辐照度应至少达到1 000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。应定期检查黑光灯的清洁度和完好性，必要时应及时清洁和相应的修理或更换。

6.9.14.2 使用LED光源的黑光灯应符合ASTM E3022的要求。

6.9.14.3 特殊黑光灯，如笔式、光导、内窥或远程遥控等应按照表1周期或在使用前测试黑光辐照度，测量距离为期望的工作距离，且应确保检测表面不低于1 000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。当使用孔探或远程视频检测设备，影像应提供足够的分辨率。

6.9.14.4 用来检测零件的电池供电的黑光灯应依据书面程序（见 5.5 中 e）在每次使用前和使用后测量其强度。在 38.1 cm（15 in）距离处不低于  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

#### 6.9.15 黑光辐照度计和可见光照度计

黑光辐照度计和可见光照度计应由具有相应校准资质的技术机构进行校准，并在校准有效期内。

#### 6.9.16 检验区

固定的检验区应保持清洁，没有被荧光物质过度污染，背景可见光照度应符合 5.4.2 的规定。

#### 6.9.17 水压、气压和温度

每班工作前应检查水压、气压、温度，以保证处于正常设置状态。压力表、温度计和控制器应由具有相应校准资质的技术机构进行校准，并在校准有效期内。

#### 6.9.18 干燥箱

干燥箱温度显示和控制器应按表 1 的测试周期执行，由具有相应校准资质的技术机构进行校准，并在校准有效期内，并应符合 5.4.3 的要求。

#### 6.9.19 计时器

用于测量或监控流程时间的计时器（如用于停留时间和暗室适应时间的计时器）可不进行校准。

### 6.10 标识

#### 6.10.1 标识要求

通过渗透检测验收的零件应进行标识。标识的方法和位置应以不损伤零件或使用为原则，并防止在随后的搬运中标识被去除、涂抹或擦掉。当后续的操作会除掉零件上的标识时，则应在伴随零件的记录卡上作出标识。

#### 6.10.2 标识方法

标识方法应在合同文件（采购单、图纸、规范等）中给予规定。如果没有规定，应使用油墨印标识。当零件的结构、粗糙度或使用要求不允许采用蚀刻、染色或压印标识时，可采用其他标识方法。如：挂标签标识。螺栓、螺帽或其他小零件，可以在包装箱的明显地方作出标识。标识位置应在零件号附近或合同文件中规定的部位。

#### 6.10.3 标识符号

通过渗透检测验收的每个零件应按以下方法标识符号：

- a) 当采用蚀刻或压印标识时，应使用标识符号。压印符号应包括唯一的检验者识别符号或数码。除非另有规定，应使用符号“P”表示百分之百的检验，根据抽样检验验收的抽检批的全部零件应在符号“P”上加椭圆圈注；
- b) 当采用染色法标识时，用褐色表示根据百分之百检验的零件，如允许抽样检验，用黄色表示根据抽样检验的零件。

## 附 录 A (规范性附录) 含水量测量方法

### A.1 范围

本方法是Karl Fischer容量测量法，用于测量不含水的亲水性乳化剂、使用中的亲油性乳化剂和水洗型渗透剂（方法A）的含水量。使用样品的量应调整至满足滴定液的水当量（1 ml相当于5 mg的水）。由于要求最大含水量不超过5%，所以0.5 g 至1.0 g 的样品足够使用。

### A.2 设备和试剂

#### A.2.1 设备

设备如下：

- a) 50ml 玻璃滴定管；
- b) 250ml 烧杯、宽口锥形瓶；
- c) 两根 10ml 的移液管；
- d) 天平，至少读出到两位小数；
- e) 白纸。

#### A.2.2 试剂

试剂如下：

- a) 缓冲溶液 Hydranal 500 ml；
- b) 滴定液 Hydranal 5 或 Hydra-Point Titrant 5.1 L；
- c) 甲醇 500 ml。

### A.3 分析程序

A.3.1 将Hydranal滴定液装满滴定管。

A.3.2 用移液管吸入10 ml甲醇，注入清洁干燥的锥形瓶中。

A.3.3 用移液管吸入10 ml Hydranal缓冲液，注入同一烧杯中，缓慢地移动烧杯使其混合。

A.3.4 将白纸放在滴定管下面，将锥形瓶放在滴定管下方，并缓慢地将滴定管中的Hydranal滴定液注入锥形瓶中并缓慢地摇动，使其混合直至出现黄褐色为止（约3 ml）。

A.3.5 记录滴定液读数。

A.3.6 将锥形瓶放在天平上，添加0.5 g左右的试验样品，并记录质量。缓慢摇动锥形瓶使其混合。

A.3.7 将锥形瓶放在滴定管下方，并回滴至原先的浅黄褐色，并记录读数。

A.3.8 重复上述程序并平均水含量%。

### A.4 含水量计算

A.4.1 按公式（A.1）计算含水量。

$$H = [C \times T \times 100] \div S \dots\dots\dots A.1$$

式中：

H——含水量, 百分比；

C——消耗量单位为毫升（ml）；

注： C= C2-C1, C1、C2见A.3.5、A.3.7；

$T$ ——水测定率，5mg/ml；

$S$ ——样品质量 添加的样品质量（mg）。

A. 4. 2 重复上述计算并平均含水量。