

# 可测量视频内窥镜在无损检测中的应用

伍 颂 赵建华 黄振佳

( 航天工业总公司无损检测工艺及技术中心 北京 100076 )

**文 摘** 为有效地测量管道内壁上的裂纹、腐蚀和凹坑、涡轮叶片等不能近距离检查的关键件表面损伤缺陷以及壳体内部多余物的尺寸,采用先进的可测量视频内窥镜 3D 立体测量技术,利用双镜头模拟人眼投影后的成像,进行计算机数字采集、处理和计算,可以较为准确地测量出长度、深度等几何尺寸。简要介绍了可测量视频内窥镜的基本原理及在无损检测中部分实例。

**关键词** 视频内窥镜,测量,无损检测

## 1 发展概述

使用工业内窥镜对产品内部进行远距离目视检查 RVI(Remote Visual Inspection),作为有效保证产品质量的无损检测手段之一,目前已广泛应用于航空航天、能源电力、汽车、建筑等工业领域中<sup>[1]</sup>。随着内窥镜制造技术的不断发展,工业内窥镜检查到目前为止,主要经历了三个阶段。

(1) 七、八十年代使用的是直杆硬性镜(Borescopes)和光纤内窥镜(Fiberscopes)。直杆硬性镜操作简单,成像效果不错,而且价格相对便宜,但直杆长度有限,不能弯曲;而光纤内窥镜可以在有一定弯曲角的情况下使用,相对直杆硬性镜长度要长得多,但由于受到物镜与目镜间连接的光导纤维束数量和光传输效率的限制,从目镜处接 CCD (Charge Coupled Device) 摄像后图像清晰度较差,更适合目视观察,并且玻璃光纤容易在弯曲角度过大时折断。

(2) 到 90 年代初期出现了视频内窥镜(Videoscopes),其最小外径 6.0 mm,它将微小的 CCD 摄像头直接置于内窥镜头后端,将光学图像转换成电信号进行传输,通过视频控制器在屏幕上显示或存入计算机,成像清晰度较高,但受到 CCD 摄像头尺寸的限制,镜头的直径不能小于 6 mm,但不能对发现

的缺陷进行准确测量<sup>[2]</sup>。

(3) 到 1998 年,日本 Olympus 公司推出了可测量视频内窥镜(外径 8.4 mm),在普通视频内窥镜的基础上,采用最新的立体测量(双镜头模拟人眼投影)技术<sup>[3]</sup>,利用计算机进行视频信号的采集和图像处理,能够对所观察到的目标进行点—点(Point to Point)、点—线(Line to Point)、点—面(Point to Area)间距离的三种模式测量,准确性较高,大大扩展了内窥镜检查在无损检测领域中的应用范围。

## 2 测量原理

日本 Olympus 公司的可测量视频内窥镜采用 3D 立体测量技术,使用双镜头模拟人眼投影,可以有效地测量管道内壁上的腐蚀和凹坑、涡轮叶片表面损伤等缺陷以及壳体内部多余物的尺寸。

立体测量采用三角计算原理,计算 3D 坐标(镜头与目标的距离为  $z$ ,目标在镜头中水平、垂直方向的尺寸为  $x、y$ ),如图 1 所示。

计算机对图像进行数字采集后,由自动或手动模式在同屏双图像窗口中对称的同一个点进行标定,如图 2 所示,并按不同的测量模式选择相应的点即可以进行测量工作。

收稿日期:1999-06-23

伍颂,1968 年出生,工程师,主要从事复合材料及金属材料无损检测工作

宇航材料工艺 2000 年 第 3 期

— 57 —

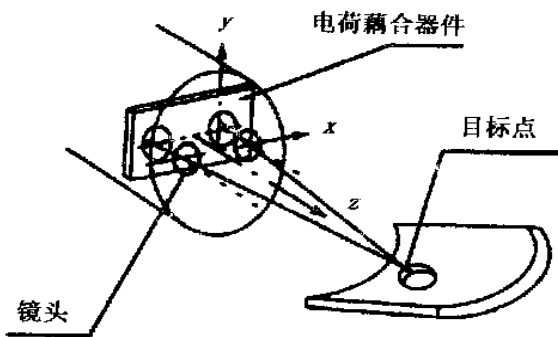


图1 3D立体测量原理

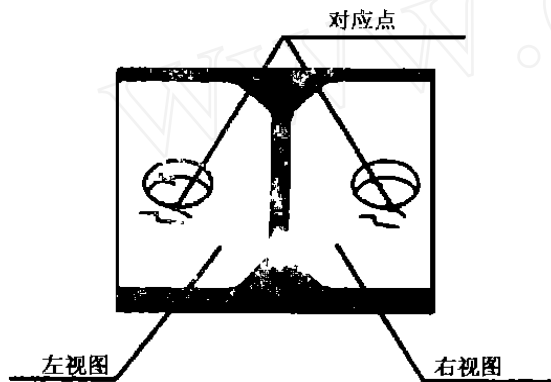
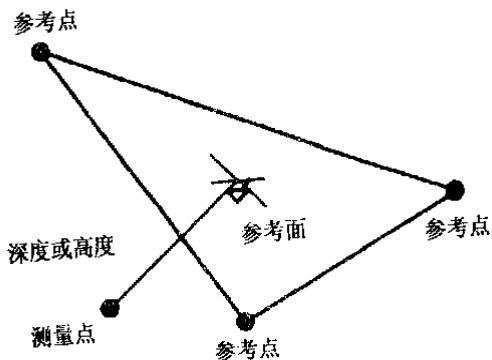
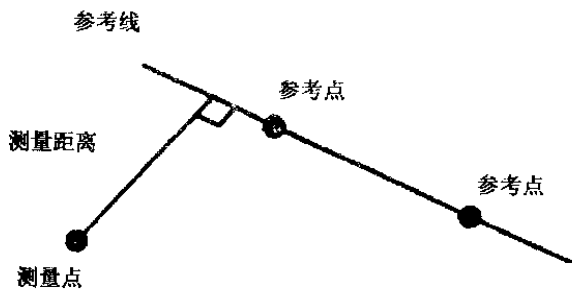


图2 3D立体测量计算窗口

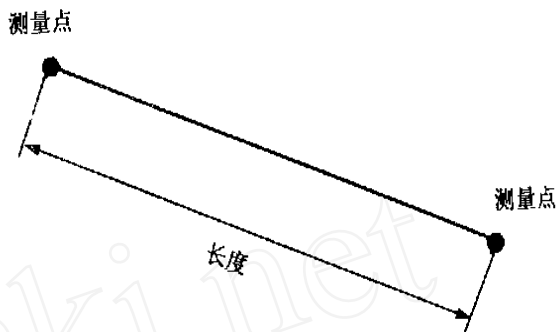
测量模式有点一点、点一线、点一面间距离的三种模式测量,如图3所示。



(a) 点一点测量模式



(b) 点一线测量模式



(c) 点一面测量模式

图3 三种模式测量

其中实际的测量范围为 5 mm ~ 30 mm (镜头与被测物体的距离), 推荐测量范围为 5 mm ~ 15 mm, 超过推荐测量范围后测量精度会下降。另外, 在深度(点一面)测量模式中, 内窥镜头最好与物体表面倾斜 30° ~ 60°, 因为从垂直方向测量深度时, 由于 z 方向的分辨率低于 x、y 方向的分辨率, 测量精度也会有所下降。关于 3D 立体测量的分辨率, 图 4 中曲线标明了理论上的测量分辨率。

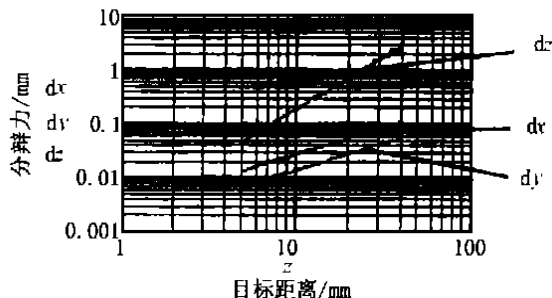


图4 3D立体测量中理论的测量分辨率

其中  $d_x$  代表屏幕上水平方向分辨率,  $d_y$  代表屏幕上垂直方向分辨率,  $d_z$  代表镜头与目标距离方向上的分辨率。但由于软件对图像进行采集和处理的准确性的影响, 实际测量精度会低于理论精度。

### 3 系统组成

可测量内窥镜检测系统是在普通视频内窥镜的基础上主要增加了带有双镜头的光学适配器和能实现数字采集和图像处理的视频控制器。视频控制器中使用 Windows 操作界面, 进行图像的存储、编辑和打印等工作时, 通用性好, 操作十分方便。我单位的可测量内窥镜检测系统组成如图 5 所示。

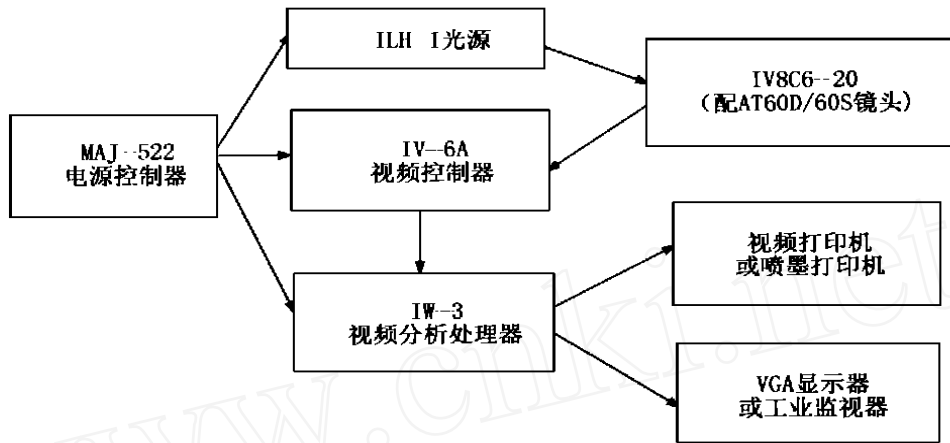


图5 可测量内窥镜检测系统组成

#### 4 应用

可测量内窥镜检测系统在无损检测工作中,可以通过清晰的图像得到被检件的表面情况,最主要的是对观察到的现有缺陷或多余物进行实际尺寸的

测量,辅助其他无损检测手段来准确判断产品使用的可用性和可靠性。我们针对不同的检测条件和检测要求,采用不同的测量模式,进行了实际测量,结果如图6~图10所示。



图6 测量标尺刻度点一点测量模式  
实际尺寸=2.0 mm;测量尺寸=2.02 mm。

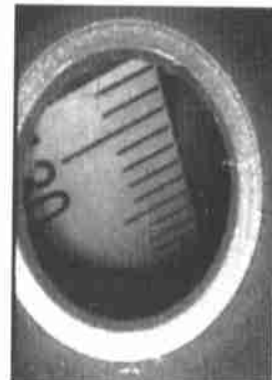


图7 在孔中测量标尺刻度点一点测量模式  
实际尺寸=8.0 mm;测量尺寸=7.96 mm。



图8 多余物的长度测量  
点一点测量模式  
实际尺寸=11.6 mm;测量尺寸=12.7 mm。



图9 铜锣帽高度的测量  
点一线测量模式  
实际尺寸=8.20 mm;测量尺寸=8.42 mm。

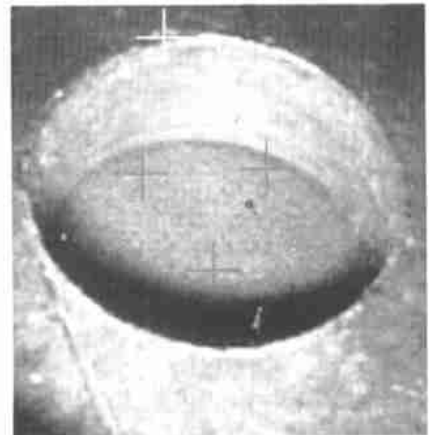


图10 钻孔铝板深度的测量  
点一面测量模式  
实际尺寸=3.1 mm;测量尺寸=3.3 mm。

## 5 结论

随着对质量工作的越来越重视,设计、生产和检验部门都需要利用内窥镜进行故障分析、工艺监测、多余物检查以及缺陷尺寸的测量等工作,其中 IW—3 型可测量内窥镜检测系统已经在该院各型号产品的无损检测工作中发挥了重要的作用,不仅保证了产品的质量,而且也取得了良好的社会效益和经济

效益。

## 参考文献

- 1 Robert Dr. Nondestructive Testing Handbook. 1994; (3): 244 ~ 245
- 2 Ni Shi. Heat exchangers inspection. Olympus Application Information. 1995:1 ~ 12
- 3 Shin Ju Ku. IW - 3 Industrial Video Analyzer Special Order Product. 1998:76 ~ 79

# 高温型环氧灌封材料

显示器偏转线圈是雷达显控组合的重要元件。它的质量直接影响荧光屏的光栅扫描。通常偏转线圈的绕阻是按几何尺寸分布的,电感量有严格要求。为了避免光栅扫描失真,保障偏转线圈的中心轴和电子枪管径的重合度,灌注封装时不允许改变线匝的位置和疏密度,同时要求灌注体中心对称,偏心不大于 0.02 mm。为了提高偏线圈的谐振频率,提高偏转放大器的带宽,要求灌封材料具有尽量低的介电常数。为此,主要选用了电性能优异的 E—39—D 环氧树脂,以 PAPA 增韧,邻苯二甲酸二丁酯增塑,以 600 目硅微粉为填料, HK—021 酸酐阶梯升温固化系统,采用分轴套定位,模具灌注加工的方法。

本成果灌封一次成型,效果良好。使用的灌封材料具有较高的韧性和较低的收缩率以及较高的绝缘强度。抗弯弹性模量为 3 100 MPa,线收缩率 < 0.78%,绝缘强度 35.5 kV/mm,介电常数 2.26。

雷达脉冲变压器、电源变压器等也选用类似的环氧—酸酐体系和 E—39—D 环氧树脂等高温型环氧灌封材料灌封,取得成功。

# 无氰镀锌新工艺

镀锌是对产品进行防护和半装饰性处理的工艺。有氰镀锌质量高,但氢化物有毒,危害工人健康又污染环境。老的无氰镀锌工艺由于不使用无机络合剂氰化物,镀液性能和镀层质量远不及有氰镀锌。

本成果经试验研究,以水玻璃为络合剂的无氰镀锌新工艺获得成功。无氰镀锌新工艺的镀层质量与工艺性可与有氰镀锌相媲美,主要性能和质量指标甚至高于有氰镀锌。如镀层外观彩色纯正色泽鲜艳,白色纯化装饰性优异,镀层金相组织细致、紧密,增强了抗腐蚀性。抗变色性也优于有氰镀锌。

本成果具有工艺性好,镀层质量高,根除了氰化物毒害,成本低等优点。由于镀液阴极极化作用比氰镀液强,深镀性和均镀性比氰镀液好,因此特别适合盲孔、深孔等形状复杂零件的电镀。

本工艺使成本降低二分之一以上。络合剂水玻璃价廉无毒,镀液废水不污染环境,无需投资处理废水,生产安全,经济效益巨大,社会效益显著。已广泛应用于电冰箱、自行车、仪器仪表、机械制造等行业,均取得良好效果。经本工艺白色纯正处理的高档商品,很受国内外客商欢迎。

·李连清·