

文章编号 1004-924X(2002)04-0407-04

一种便携式工业视频内窥镜的开发

姜萍萍, 颜国正, 匡清, 颜德田
(上海交通大学 电信学院, 上海 200030)

摘要: 在介绍了通用工业内窥镜的结构及原理的基础上, 推出了一种用于检查内径 20mm 以下零件较深部位的内表面的便携式内窥镜, 该装置由照明系统、光学系统、CCD 摄像机、显示系统四部分组成, 相对于普通内窥镜而言具有体积小($80 \times 20 \times 20\text{mm}^3$), 重量轻(约 50g), 结构简单, 方便携带, 成本低的优点, 实验结果表明经图像处理成像质量较高, 小口径零件内表面微小缺陷的检测可达 mm 级精度。

关键词: 工业内窥镜; 视频内窥镜; 图像处理
中图分类号: TH878 文献标识码: A

1 引言

工业内窥镜是目前广泛用于工业制造和维修领域的一种无损检测设备, 它延长了人眼的视距, 突破了人眼观察的死角, 可以准确清晰地观察机器设备内部或零件内表面的情况, 如磨破损、表面裂纹、毛刺及异常附着物等, 避免了检查过程中不必要的设备分解、拆卸以及可能造成的零部件损伤, 具有操作

方便, 检查效率高, 结果客观准确的优势, 是企业生产过程控制和质量控制的一个有力工具^[5]。

目前常用的工业内窥镜有刚性内窥镜, 挠性内窥镜, 电子视频内窥镜三种, 基本配置都包括: 一根内窥镜, 一台光源, 一条光缆, 基本原理都是利用光学系统将被检物体成像, 再经传像系统传送, 以利于人眼直接观察或在显示器上显示, 从而获取所需信息。但三者又具有各自的特点和常用场合, 其特征比较如下表 1 所示:

表 1 三种内窥镜特性的比较

Table 1 Characteristics of three kinds of technoscopes

名称	照明系统	传像系统	观察系统	一般规格	应用场合
刚性内窥镜	独立冷光源 光导纤维传光	传像透镜组	人眼	直径 1~ 20mm, 长度 50~ 1000mm	主体不可弯曲, 用于机体结构, 零部件内腔检查
挠性内窥镜	同上	传像光纤	人眼	直径 0.6~ 12mm, 长度 5~ 6000mm	主体可弯曲, 有效工作长度长, 可用于管道检测或大型设备的内腔检查
视频内窥镜	同上	电子信号传输线	CRT 显示器	直径 6~ 20mm, 长度 2~ 30m	主体柔软, 应用场合广泛

刚性内窥镜有不同的视向和视野可根据工作要求进行选择, 当对象检测需要不同的视向时如 $0^\circ, 90^\circ, 120^\circ$, 则通过更换固定视向的不同探头或采用旋转棱镜内窥镜, 通过调整棱镜的轴向旋转即可获得理想的视角。挠性内窥镜则通过导向机构控制测头的弯曲导向, 可以获得同一平面内的单向、双向甚至两个导向平面内的上下左右四方

位导向, 由此组合任意观察角度, 实现 360° 全景观察。电子视频内窥镜是在电子成像技术发展基础上而形成的, 代表了工业内窥镜技术的最高水平, 兼具刚性和挠性内窥镜的技术性能, 成像质量高, 并将图像显示在 CRT 监视器上, 减轻了人眼的负担, 可供多人同时观察, 使检查效果更加客观准确。下面详细介绍视频内窥镜的原理。

2 视频内窥镜

视频内窥镜和挠性内窥镜一样,插入部分柔软可弯曲,最主要的区别在于成像方法不同。CCD 是一种光电耦合器件,可以将光信号转变成电信号,且具有体积小、分辨率及灵敏度高、抗电磁干扰的特点,视频内窥镜正是利用了 CCD 器件的这种特性作为成像介质。

探头前部的物镜将被检物体成像到其后的 CCD 接收面上, CCD 把物像转变成电信号,经信号线传至一个独立的视频控制单元(其间的距离最长可达到 $30\text{m}^{[1]}$),再将影像输出到 CRT 监视器上显示。

这种 CCD 工业内窥镜有如下特点:

(1) 图像清晰,分辨率高

工业视频内窥镜选用的 CCD 接收面上的像素数(一个像素就是一个光敏元)通常为几十万个,如工业常用的 $1/2''$ CCD 摄像头有 440,000 像素($752\text{H} \times 582\text{V}$),远远超过了光纤传像束的单丝数量,因此拥有极高的图像分辨率,同时还消除了光纤固有的模糊不清及蜂房影像。另一个特性是图像的亮度高,由于 CCD 接收面靠近被检物,因此相对于刚性内窥镜中的转像透镜组或挠性内窥镜中的传像光纤而言几乎没有什么光能损失,可获得高亮度的清晰图像^[2]。

(2) 延长了检验长度

由于光量损失,挠性内窥镜的长度有限,而视频内窥镜从被检处到控制器之间的距离可延长到 30m,大大提高了检查范围。

(3) 可供多人同时观察,使检查效果更客观准确。

(4) 文档管理

通过控制器,图像可保存或打印,或经视频卡将信号接入计算机,进行图像采集、存储、处理,检查结果分析、文档保存、网络传输等^[4]。

同时也有以下缺点:

(1) 组成环节较多,除内窥镜镜头及独立光源、传光光纤外,还要配置专门的视频图像控制、显示单元,不便于携带。

(2) 价格较高,一套完整的系统多在几万元以上。

为了检查小口径零件的内表面,部位较深,要

求系统体积小,结构简单便于携带,造价低,且具有一般视频内窥镜的性能,特开发了一种便携式工业内窥镜。

3 便携式工业内窥镜系统组成

内窥镜检查方向为侧向,系统组成如图 1 所示:

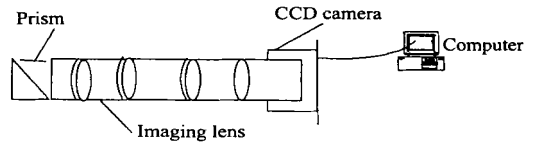


图 1 系统组成结构图

Fig. 1 Sketch of the system structure.

系统由照明系统、光学系统、CCD 摄像机、计算机四个部分组成。其中前三个部分可集成在一起,仅引出一根视频信号线和计算机相连,体积小,便于携带。窥镜外径 8mm,工作长度 90mm,视向角 90° ,视野 60° 。

(1) 照明系统

一般内窥镜均采用独立冷光源,并由光纤把光线传至检查位置上,为达到较好的照明效果,对光源和光纤的要求都很高,这里我们采用日本产的发光二极管(LED)进行照明,大小 $3\text{mm} \times 2\text{mm}$,工作电压 3V,光色白色,亮度很强。和电位器相连,亮度可调,端部上下各固定一只 LED,以保证视场内光照均匀。

(2) 光学系统

为实现侧向检查,采用一只 $3.8\text{mm} \times 3.8\text{mm}$ 反射棱镜改变成像方向。由于零件口径只有 10mm,检查深度较深,设计了望远系统对物镜所成的像进行传递,以满足光学系统长度的要求。采用了阶梯式套筒装配结构,同时设计了微调机构进行望远系统的前后镜组位置的调整,以准确调焦^[3]。镜头的固定、组装、调节方便,为消除杂光干扰,筒内壁采用发黑处理。

(3) CCD 摄像机

采用敏通 MTV-54C0N 型 $1/4''$ CCD 摄像机,取其 CCD 接收面及控制部分,接所设计的光学镜头,结构如图 2 所示。

分辨单元数: $512(\text{H}) \times 492(\text{V})$; 扫描系统: 525 线, 60f/s 。CCD 接收面将光学成像转变成电

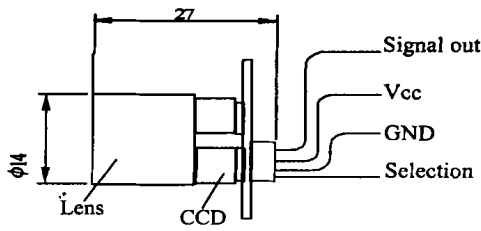
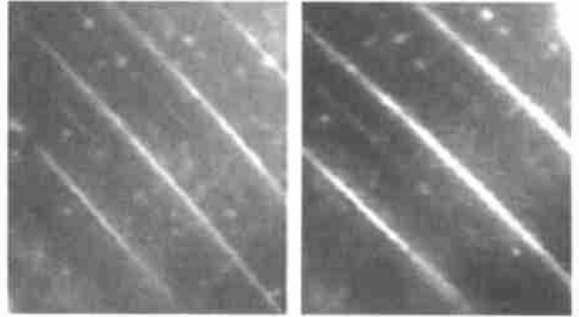


图 2 CCD 摄像机
Fig. 2 CCD camera.

80 × 20 × 20mm³, 重量约为 50g, 便于携带, 由于检查部分和显示部分的相对独立性, 可以适当延长检查地点与观察处的距离。

4 实验结果及结论

用此装置检查零件内表面 Φ0.5mm 细牙螺



(a) 处理前 (b) 处理后
(a) Before processing (b) After processing

图 3 实验结果图

Fig. 3 Experimental results.

信号, 经放大、滤波、时钟分频电路后成为标准视频信号。

(4) 显示系统

为更清晰地显示图像并便于观察者对可能的缺陷做出准确的判断, 将 CCD 输出的视频模拟信号经图像采集卡输入计算机, 若发现问题则对图像进行静态采集, 通过相应的图像处理软件进行滤波、调整对比度, 边缘锐化等处理后, 再作分析判断。也可对图像进行保存、打印、或编制文档。采用北京中自恒大图像技术公司的 OK- C30 型图像采集卡。OK- C30 是基于 PCI 总线, 能采集彩色又能采集黑白图像的采集卡。图像采集显示分辨率最大 768 × 576 像素, 视频 A/D 为 8 位。

整套装置轻便小巧, 显示器以外部分体积为

纹。图 3(a) 为采集的原图, 图 3(b) 是经过增强对比度、边缘锐化处理后的图像。可见图像清晰, 放大倍数适当, 可用于零件表面微小缺陷的检查, 精度可达 mm 级。

参考文献:

[1] Alyce M H. Remote Visual Inspection Equipment for Quality Control[J]. *Medical and Industrial Equipment*, 2001. 6: 214- 216.
 [2] 刘希和. 管道及设备检测用内窥镜的发展[J]. *石油工程建设*, 1994, 3: 46- 49.
 [3] 徐家骅. 工程光学基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
 [4] 张云熙. CCD 工业内窥镜电视[J]. *敏通科技*, 1995, 7: 26- 27.
 [5] 程维明, 李国栋. 用于细小工业管道的视频探测器[J]. *光学精密工程*, 2001, 9(6): 519- 522.

Small portable video technoscope for parts detection

JIANG Ping_ping, DING Guo_qing, YAN Guo_zheng, YAN De_tian

(Department of Instrumentation, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Compared with average technoscopes, a small portable video technoscope is introduced in this paper. It consists of four parts: lighting, imaging lens, CCD camera, computer for monitoring and image processing, which has the advantages of small volume ($80 \times 20 \times 20 \text{mm}^3$), simple structure and being easy to carry. The original picture and the one processed with the method of edge sharpening and intensity adjustment show and prove that the quality of the image meets the demand for the inner surface detection of small diameter parts.

Key words: technoscope; video technoscope; image processing

作者简介: 姜萍萍(1975-), 女, 安徽安庆人, 上海交通大学电信学院讲师, 从事智能微系统, 机器人方向的研究;

颜国正(1961-), 男, 湖南省人, 上海交通大学电信学院教授, 博士生导师, 研究方向: 微特机器人, 自动检测系统, 机电一体化技术。

《发光学报》(双月刊)

——物理学类核心期刊

《发光学报》是中国物理学会发光分科学会主办的学术会刊, 由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所承办。该刊以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于 1980 年创刊, 曾于 1992 年, 1996 年和 2000 年连续三次被“中文核心期刊要目总览”评为物理学类核心期刊。2000 年被评为中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA) 自 1999 年始; 美国《化学文摘》(CA) 和俄罗斯《文摘杂志》(PЖ) 自 2000 年始已定期收录检索该刊论文。本刊内容丰富、信息量大主要反映本学科专业领域的科研和技术成就, 及时报道国内外的学术动态, 开展学术讨论和交流, 为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》为季刊, 大 16 开本, 100 页, 国内外公开发行。国内定价: 每册 9.00 元。全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用, 踊跃投稿。

地 址: 长春市人民大街 140 号

国内统一刊号: CN- 1116/04

《发光学报》编辑部

国际标准刊号: ISSN 1000- 7032

邮 编: 130022

国内邮发代号: 8- 173

电 话: (0431) 5684692- 2534

国外发行代号: 4863Q

E mail: fgxb@ciomp. ac. cn

http: // www. ciom. ac. cn