

# 工业检测中 3D 检测技术探讨

姚丹丹

广西格丰环保科技有限公司 广西南宁 530201

**摘要:** 随着社会的不断进步, 国家经济的不断发展, 工业和工程建设的速度越来越快, 对现代工业和工程建设的需求也越来越大。在工程建设和运行过程中, 受各种主、客观因素的作用, 工程装备在运行过程中会发生各种变形, 一旦变形超出一定范围, 不仅会影响装备的正常运行, 而且还会威胁装备的安全性, 造成极大的经济损失。虽然, 在工程装备的设计中, 一般都会使用一些安全系数, 以保证它们能够经受住所有可能的外部载荷的作用。然而, 因为在设计时, 无法对其工作条件和承载能力进行全面准确的评估, 所以, 施工质量不可能达到完美, 而且, 在使用中, 也会出现一些不良的情况。为此, 本论文就 3D 测技术在工业探测中的应用作了较为详尽的分析。

**关键词:** 工业检测; 3D 检测; 技术

## Discussion on 3D testing technology in industrial testing

Dandan Yao

Guangxi Gefeng Environmental Protection Technology Co., LTD. Guangxi Zhuang Autonomous Region Nanning 530201

**Abstract:** With the continuous progress of society and the continuous development of the national economy, the speed of industrial and engineering construction is increasing, and the demand for modern industrial and engineering construction is also growing. During the process of engineering construction and operation, various factors, both subjective and objective, can cause deformation of engineering equipment. Once the deformation exceeds a certain range, it not only affects the normal operation of the equipment but also poses a threat to its safety, resulting in significant economic losses. Although safety factors are generally used in the design of engineering equipment to ensure that they can withstand all possible external loads, it is still impossible to comprehensively and accurately assess their working conditions and bearing capacity during the design phase. Therefore, construction quality cannot be perfect, and some unfavorable situations may arise during use. This paper provides a detailed analysis of the application of 3D measurement technology in industrial detection.

**Keywords:** industrial detection; 3D detection; technology

### 引言

机器视觉技术是利用机械设备替代人类的眼睛, 对物体进行识别、判断和测量的技术。在工程测量中, 被测物体通常含有两个平面的图像和一个深度的图像。因此, 如何有效、精准地获得被测物体的三维面型信息, 是一个迫切需要解决的问题, 其核心在于选择合适的探测方式。本文重点介绍了激光直线扫描技术, 表面结构光投射技术, 以及白色直线共焦技术。上述三种方法的探测原理、特性不同, 所能探测到的面形特征也不同。

### 一、3D 检测技术原理

三维探测测量仪是一种基于点云信息的新型三维坐标测量设备, 它利用了激光的高速扫描技术, 实现了对物体的三维坐标信息的快速、准确、快速、准确地获取。该系统由激光扫描系统、激光测距系统、支撑系统组成, 并将 CCD 数码照相测量系统、仪器内部修正系统等组成。按照 3D 激

光扫描设备的类型, 它们的工作原理也是不一样的。

(1) 脉冲测距法: 在此基础上, 从仪器的中心开始, 沿着激光直线, 到目标点的距离为 100 米, 每秒 1000 个点的取样率。该方法具有测距范围大、准确度高、扫描速率低等优点。

(2) 相位干涉法: 相位式激光测距是通过测量激光信号在待测距离上来回传播时所产生的相位位移, 来间接地测出激光传输时间, 再以激光传播速度为依据, 来获得待测距离。其主要特征为: 测量范围不超过 50 米, 点取样率达到 10K-50Ks/s, 具有测量范围均匀、点定位准确、快速的优点。

(3) 激光三角法: 在此基础上, 采用了一种新的方法, 即采用了一台三维摄像机, 并采用了一种新型的机械照明系统。该技术适合于 20 米以下的短程扫描, 每秒 100 个点的取样速度。

## 二、3D 检测扫描数据的获取

### 2.1 现场踏勘

在进行扫描之前,应先对工地进行实地考察。在实地考察时,要留意现有的控制点的位置,保存情况,以及是否可以利用。扫描台的定位应依据扫描目标的形态和空间分布,所需的扫描精度和所需的解析度来决定。依据扫描点的方位,确定了扫描点的组合形式,画出了扫描点的草图,拍摄了重点扫描点的照片。

### 2.2 方案的制定

为获得全景物的 3D 信息,常需采用多个观测站同时进行观测,同时,还需合理布置观测点的位置及数目,以便后续的点云匹配。例如, TrimbleGS200 与标靶、靶盘之间的距离通常小于 80 米,而在较差的测试条件下,则需要 30-50 米的距离。为了确保数据连接的准确性,控制点数通常取 3-5 个。在 3 个以上的控制点内,不能对多个监测点进行数据的衔接,5 个以上的监测点将使观测时间变长,工作效率变差。所以,必须针对扫描目标的特征,在符合实际应用要求的前提下,对扫描测量仪器的放置进行合理安排,不仅要保证测量数据中含有被测目标的全部信息,而且还要尽可能地减少测站数量,从而降低不同测站之间的拼接误差。

同时,要将 3D 激光扫描数据转化为其它坐标系下,还必须利用全站仪等其它测量工具进行同步扫描,以便在进行拼接后,可以利用公用点将全部的 3D 激光扫描数据转化为其它所需的坐标系下<sup>[1]</sup>。

## 三、工业检测中 3D 检测技术

### 3.1 线激光扫描技术

基于激光距离测量的直线激光扫描技术。激光发射体、被测物和照相机三者之间存在着一种三角形的联系,故又称激光三角形探测方法。激光器将经过成形的可视“一”字形直线激光束射到被测量对象的表面,在被测量对象的表面上进行漫反射后,再由摄像机对其进行检测和记录。探测物点处于目标表面不同深度,当激光光斑从其表面被反射到摄像机时,其在摄像机影像中的位置是不一致的,也就是说,目标的深度与激光光斑在摄像机影像中的位置是一一对应的。在实际的测量中,线性激光是由一台装有运动机构的机器来完成对被测量对象的全面形的扫描,在此过程中,摄像机会以图像的方式记录被测量对象的每个目标上的光斑的位置信息。

直线激光扫描技术是一种通过对被测物体进行直接扫描并获得其空间信息的方法,因此可以确保 3D 信息的正确性和可靠性。市场上现有的线性激光传感器,根据测量精度的差异,可以实现横向和垂直两个方向的测量,也可以达到几百毫米,可以满足大部分目标的探测需要。紫外激光感应器以激光剖面为单元,对被测物体进行扫描,与其它逐个点的探测方法相比,采用线性激光扫描技术的工业探测方法明显要高效得多,而且,由于扫描设备的持续更新,它还具备了很高的采样点数,因此可以有效地确保工业探测的时效性。总之,由于线性激光扫描技术对不同对象的测量精度存在很大差异,而且受多种因素的影响,使得其测量精度普遍偏低,难以满足某些高精度测量需要<sup>[2]</sup>。

### 3.2 面结构光投影技术

其中,投影装置、被测物和摄像机之间存在着一种三角形的结构光投影技术。投射装置将事先通过计算机编辑好的具有一定结构的面光投射到被测对象的表,通过被对象的高度调制后的面结构光通过被对象的表面漫反射,由照相机进行检测和记录,并传输到计算机进行处理。在接收到相机采集到的图像之后,计算机就会开始对其进行图像处理。第一步,以已知的生成面结构光时为基础,采用算法对图像进行逆解,并从中求解出受物体高度调制的相位。通过图像,可以直接解算出的相位被截断在 $(-\pi, \pi)$ 范围内,这就是所谓的包裹相位。而含有物体面型信息的是将其展开后的连续相位,所以,它必须被展开。因为投影设备、被测物、相机在空间上的相对位置是不变的,所以只要对投影设备进行校准,就可以获得展开相位与被测物的真实高度之间的精确映射,再将其带入展开相位中,就可以获得被测物的真实面型信息<sup>[3]</sup>。

由于表面结构光投射技术是一种无接触的探测模式,所以得到的数据是精确和真实的。基于表面结构光投影的理论,这种方法的探测精度主要依赖于相位的精确采集,而相位的精确采集是通过事先设计好的结构光投影算法,通过对每个像素点的精确处理来获得,所以它的探测精度是比较高的,可以满足大部分探测要求。这种外部结构光投射技术,只有一道光线投射在物体上,只要物体的尺寸不大于投射区域,就可以直接得到物体的面型数据,比一般的逐条或逐个点的探测方法,要有效的多。与此同时,因为光源是利用投影仪投射到被测物的表面,所以可以用改变投影仪到被测物之间的距离来调节实际抵达被测物表面的结构光面积的大小。在

不需要很高的探测精度,但需要很高的探测效率的情况下,可以用这种方法来实现。

平面结构光投影技术中,投影仪、被测物体和摄像机之间构成了一个三角形,所以不会出现遮挡现象。基于其探测原理,这种探测方法主要是通过被测物面漫射返回到摄像机上的影像来实现,并不适合于某些不满足漫射特性的镜面、透明面等。另外,面结构光投影技术的探测精度,除了与硬件、图像处理算法等有关之外,还与摄像机所获取的影像最为密切相关,然而影像往往是一种综合的产物,它不但会受到环境光线、系统噪声等客观因素的影响,还会受到被测物体本身的影像信息(例如物体表面的颜色、纹理等)的干扰,这些都会对影像产生不同程度的影响,经过影像处理后,相应的探测结果会降低,甚至不能探测,因此,其探测的准确性也会受到一定的限制<sup>[4]</sup>。

### 3.3 线白光共聚焦技术

白光激光共聚焦技术利用了一种新的白光,即由多个不同波长的单色光构成的多色光,通过一个光学系统后,会发生光谱上的色散,并在一个被测对象的深度上,以一个特定波长的单色光为中心,使其在被测对象上的一个点上运动,从而获得一个点上的单色光,从而建立一个波长与被测对象到探测器的距离之间的函数关系。通过这种方法,当检测器探测到光波的时候,就可以根据光波的大小,推算出被探测物体的深度。应用扫描仪对被测体进行扫描,可以得到被测体的全部面形数据<sup>[5]</sup>。

常规的点白光共焦方法是利用点白光光源与检测器处于同一条直线上,即光源发射的光经过被测物体表面的反射后,进入检测器,全部都是同一条直线,为“直上直下”,避免了三角形测量方法所带来的“遮蔽”问题,能够实现全角度、无盲区的探测。然而,这类方法采用的是逐点探测,且探测区域仅依赖于单色光在不同波长下的相应焦距上的实际光点尺寸,无法获得物体的全貌,只能在物体的表面逐一探测,因而探测效率较低。

为解决传统点白光共焦方法中“逐点探测”的不足,本项目提出“逐线探测”的“直线”-“白光”共焦方法,使“直线”的“白光”在被测物体上投影出一个“竖直”的“焦面”,从而使“直线”的探测效率得到大幅提高。在构造上,与“直上直下”的点白光共焦方式相比,直线型白光共焦方式为三角形,光源、检测器、被测物三者之间形成一个特定的三角形。光源发射的白光经过光学系统的色散,会产生一系列单

色光的光谱,这些单色光在被测量对象的表面上集中,形成一竖直的焦面,当被测量对象的面形与某一特定的焦面相一致时,探测器就会将相应的信息传输给 DSP,经过处理,就可以获得被测量对象的面形。

采用了一种基于光谱的线性白光共聚焦技术,其检测结果只依赖于波长,不会受到诸如环境等外部客观因素以及被测物自身等内部因素的影响,所以这种技术具有很强的抗干扰能力,并且具有稳定、可靠的特点<sup>[6]</sup>。

另外,单色光在光谱区的波长都在亚微米量级,而线白光共焦技术则是通过在光谱区内不同波长的单一光源在光谱区内的焦距来实现高度信息的提取,其垂直分辨能力一般都可以达到亚微米量级,并且具有极高的探测精度。但是,对于其它技术难以探测到的对象,例如:曲线玻璃屏、医用塑料、透明涂层和空气间隙、高反射电子部件甚至是镜子表面等,从其工作原理可以看出,直线-白光共聚焦技术都可以进行探测,并且不会对探测结果造成任何的影响。尤其是,利用直线-白光共焦技术,可以实现对部分层状结构的实时测量,从而揭示直线-白光共焦技术在透明结构探测中的重要作用。

## 四、结束语

针对以上介绍的几种常见的 3D 检测技术,没有一种技术可以同时满足全部的检测要求,但它们都有自己的应用场景。在实际测试中,要结合被测物质的特性及测试需要,全面地进行测试方案的选择。

### 参考文献:

- [1]郭禹璠. 工业检测中 3D 检测技术探讨[J]. 大众标准化,2022(2):169-171.
- [2]李潮林,陈仲生,左旺,等. 基于 3D 点云数据的产品缺陷检测研究[J]. 电工电气,2023(1):48-54.
- [3]唐超兰,温竟青,张伟祥,等. 钛合金 3D 打印成形技术及缺陷[J]. 航空材料学报,2019,39(1):38-47.
- [4]何明芳,薛璟,吴建中,等. 液相芯片技术在检测肺癌患者血清 VEGF 中的应用[J]. 临床检验杂志,2020,30(12):969-970.
- [5]龙静水. 单摄像头静态 3D 检测技术[D]. 四川:电子科技大学,2021.
- [6]肖金川. 多种模态下的人脸活体检测技术研究[D]. 中国科学院大学,2019.