

闫龙 主编

双目视觉测量系统 相关技术研究

Research on Techniques of
Binocular Vision Measuring System

山东大学出版社

双目视觉测量系统 相关技术研究

闫 龙 主 编



山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

双目视觉测量系统相关技术研究/闫龙主编. —济南:山东大学出版社, 2017. 4

ISBN 978-7-5607-5763-6

I. ①双… II. ①闫… III. ①计算机视觉—测量
IV. ①TP302.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 103264 号

责任编辑:李 港

封面设计:张 荔

出版发行:山东大学出版社

社 址 山东省济南市山大南路 20 号

邮 编 250100

电 话 市场部(0531)88364466

经 销:山东省新华书店

印 刷:山东省英华印刷厂

规 格:720 毫米×1000 毫米 1/16

7.5 印张 139 千字

版 次:2017 年 4 月第 1 版

印 次:2017 年 4 月第 1 次印刷

定 价:23.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

前 言

摄影测量作为一种新型的三维测量方法,具有速度快、非接触测量等优点。基于摄影测量原理的便携型立体视觉测量系统,在不借助激光、光栅、显影剂的情况下,利用普通图像和立体视觉测量的方法可获取所测物体的形貌及三维深度信息,能够满足快速测量及建模的大部分需求,具有体积小、成本低、开发容易、携带方便等优点。同时,系统可准确完整地获取小型物体(包括纹理单一的机械零件)的三维形貌信息,测量精度能够满足逆向工程、虚拟工程、动画制作等领域中测量及建模的要求。

本书对便携型立体视觉测量系统及相关技术进行了研究,包括:摄影测量器材的选择、系统结构组合等硬件平台的搭建;图像获取与处理、立体匹配、三维深度信息提取、深度数据存储等软件模块的实现;系统标定及测量精度的分析和评价等。最后通过实例演示了系统的使用方法和工作过程。

本书主要包含五个方面的内容:

(1)通过引入数字量化效应修正了立体视觉系统测量模型,估计了系统的有效视场,分析了系统的测量精度,并对系统的结构提出了优化方案。在工程中可以根据摄像机参数、基线长度、测量距离等参数估计测量误差,作为立体视觉测量系统结构设计的参考依据。

(2)提出了一种立体匹配方法,扩大了摄影测量的适用对象和应用范围。通过边缘检测、极线几何和立体图像边缘的相关性确定了图像的匹配约束和搜索范围,结合不同的匹配窗口和对局部区域进行由粗到精的渐次匹配,并利用全局松弛和滤波得到高密度、高质量的视差图。实验证明该方法提高了匹配效率,一定程度上克服了表面反射和单一纹理的困扰,提高了测量数据的质量,所得结果可用于机械零件的三维重建。

(3)提出了针对摄影测量所得点云数据的滤波和精简的新方法。摄影测量所得点云数据中噪声较多,脉冲噪声和随机噪声同时存在,孤点与成段的数据

段难以区别特征点与噪声,普通方法不能很好地区分。针对该问题,本书提出了一种基于形态学的滤波算法。实验证明该方法运算速度快,不仅能滤除孤点、成段的噪点,还能对某些遮挡或陡峭区域进行一定程度的修补。摄影测量所得数据量较大,一次拍摄所得的原始数据通常有几兆甚至几十兆字节,给数据传输和重构带来很大的困难。为了降低数据的冗余度,本书采取图像处理的手段对点云数据进行精简,使用阈值分割的方法自动确定精简比。实验证明精简后的数据保持了原有特征,可用于深度信息的保存及后续步骤的操作。

(4)改进了基于二维图像的三维重构过程,提出了一种三维图像格式,利用普通二维图像结合摄影测量所得数据生成三维图像,既拥有二维图像供查看和传播的便利性,又拥有三维深度信息的完整性,可供三维重构或二次开发使用,为三维图像提供了一种新思路,拓宽了视觉测量系统的应用领域。

(5)开发了视觉测量及建模系统,在几个关键技术上提出了解决方案,基本实现了小型物体三维形貌的获取功能。以机械零件为例对系统及各种算法进行了研究,验证了设备、算法的可行性。

本系统低廉的价格、灵活的开发方式,使其拥有较大的使用群体和广阔的应用范围,可用于场景、中小型物体特别是机械零件的三维测量和建模,在逆向工程设计、多媒体动画创作、科研分析以及文物玩具等模型的三维数字化方面具有广阔的应用前景。

本书的研究内容来自作者主持和参加的课题项目,力求通俗易懂,注重理论和实践相结合,利于读者快速学习和掌握视觉测量与三维重构的相关知识。

感谢在视觉领域做出贡献的前辈们,感谢两位老师赵正旭教授、周以齐教授的指导,感谢参与研究工作的庞清乐教授、吴昌友副教授、张顺堂教授、于本海教授等。

本书的研究工作得到了山东省自然科学基金(ZR2012FL09)、山东省高等学校科技计划项目(J11LG12)、烟台市科技计划(2011056)、山东省住建厅项目(2011YK058)等的资助,在此表示感谢!

感谢妻子和宝贝女儿的体谅,感谢父母的默默付出与大力支持。

由于时间和水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

闫 龙

2017年3月于山东烟台

目 录

第 1 章 三维测量技术	(1)
1.1 三维模型的构建	(1)
1.1.1 虚拟现实(Virtual Reality)	(1)
1.1.2 逆向工程(RE)	(2)
1.1.3 现有的三维模型构建方法	(3)
1.2 三维测量技术研究现状	(3)
1.2.1 测量技术分类	(4)
1.2.2 常见的测量系统	(4)
1.2.3 摄影测量系统	(5)
1.3 视觉测量系统	(8)
1.3.1 视觉测量系统	(8)
1.3.2 研究目的和意义	(8)
1.3.3 主要研究内容	(9)
1.4 组织与安排	(10)
第 2 章 立体视觉测量系统	(12)
2.1 摄像机成像模型	(12)
2.1.1 参考坐标系	(12)
2.1.2 针孔模型	(13)
2.1.3 摄像机畸变模型	(14)
2.2 立体视觉测量原理	(15)
2.3 系统结构精度分析	(17)
2.3.1 CCD 成像原理分析	(18)

2.3.2 精度分析与结构优化	(19)
2.4 双目视觉成像仿真	(24)
2.4.1 OpenGL 成像过程	(25)
2.4.2 摄像机成像过程仿真实验	(28)
2.4.3 实验及结论	(30)
2.5 小结	(32)
第3章 摄像机标定方法研究	(33)
3.1 基于3D立体靶标的摄像机标定	(35)
3.2 基于径向约束的摄像机标定	(37)
3.3 摄像机自标定	(39)
3.4 双摄像机标定	(39)
3.5 平面靶标标定	(40)
3.6 小结	(43)
第4章 图像的立体匹配	(44)
4.1 图像质量评价体系的建立	(45)
4.1.1 方差法	(46)
4.1.2 平均梯度法	(46)
4.1.3 信息熵法	(47)
4.1.4 图像质量评价量表的制定	(47)
4.2 匹配图像预处理	(50)
4.2.1 图像采集	(50)
4.2.2 图像质量与平滑算子的确定	(50)
4.2.3 图像质量与直方图均衡化	(51)
4.2.4 立体图像对的校正	(52)
4.3 单一纹理匹配算法的研究	(54)
4.3.1 估计平均视差及搜索范围	(55)
4.3.2 选择合适的匹配窗口	(57)
4.3.3 由粗到精的金字塔式搜索	(57)
4.3.4 双向匹配和全局松弛	(58)
4.4 实验结果及讨论	(58)
4.5 小结	(61)

第 5 章 点云数据的处理	(62)
5.1 基于形态学方法的点云滤波	(62)
5.1.1 形态学方法与滤波原理	(64)
5.1.2 选择合适的结构元素	(65)
5.1.3 形态算子组合与运算顺序选择	(70)
5.1.4 形态法滤波步骤总结	(71)
5.1.5 滤波效果评测与比较	(71)
5.2 摄影测量点云数据精简	(73)
5.2.1 离散曲面曲率计算原理	(75)
5.2.2 点云数据曲率精简比确定	(77)
5.2.3 点云曲率图像的阈值分割方法	(77)
5.2.4 点云数据的非均匀网格滤波	(78)
5.3 小结	(80)
第 6 章 深度信息的存储	(81)
6.1 深度信息存储	(81)
6.2 图像压缩编码分析	(82)
6.3 三维图像格式框架与设计过程	(83)
6.3.1 立体图像对的压缩	(84)
6.3.2 立体深度信息的压缩	(86)
6.3.3 三维图像格式的编码设计	(88)
6.3.4 实验及结论	(90)
6.4 小结	(92)
第 7 章 视觉测量系统开发	(93)
7.1 便携型视觉测量系统框架	(93)
7.1.1 视觉测量系统模块划分	(93)
7.1.2 主要模块流程设计与开发	(95)
7.2 硬件系统	(97)
7.3 视觉测量系统应用与实例分析	(98)
7.3.1 Imageware 软件介绍	(98)
7.3.2 物体的三维重建过程	(98)
7.3.3 零件测量与重建过程展示	(99)

7.3.4 实验分析与结论	(100)
7.4 小结	(101)
第8章 总结与展望	(102)
附 录	(105)
附录1 设备参数	(105)
附录2 部分点的测量值及误差	(107)
附录3 零件测量过程及结果	(108)
附录4 开发工具	(110)
主要参考文献	(111)

第 1 章 三维测量技术

以获取被测物体三维轮廓数据为目的的三维测量技术是近年来几何量测量技术中的重点研究领域,主要包括数据测量与数据后续处理等。伴随着光电传感器件以及计算机技术的日趋成熟,三维测量技术得到了不断丰富和发展,越来越广泛的应用对该技术的发展也提出了新的要求。

本章概述了三维测量技术的发展现状,总结了近年来应用较为广泛的测量原理和测量系统,并结合本书主要研究内容对视觉三维测量技术涉及的关键技术和相关研究领域进行了介绍。

1.1 三维模型的构建

1.1.1 虚拟现实(Virtual Reality)

近年来,随着计算机技术的发展及其在教育、娱乐、游戏及工业方面的应用,人们已经不满足于平面图像及二维图形。三维数字地球、三维游戏、网络游戏等大量涌现,使人们可以从中获得三维体验。

在电子商务、电脑游戏制作行业,运用各种三维轮廓测量手段,获取人和物的三维外形数据,然后利用电脑设计创作三维动画。三维轮廓测量技术使得利用计算机仿真许多虚拟环境变得越发容易,很大程度上提高了开发速度和工作效率。

在虚拟环境中,根据建立的虚拟人体模型,借助于跟踪球、HMD、数据手套,人们可很容易了解人体内部各器官的结构。在虚拟实验室中,学生可进行人体解剖和各种手术练习。采用这项技术,不受标本、场地等限制,培训费用大大降低。医生在手术前,可通过虚拟现实技术的帮助,重复模拟手术过程,寻求最佳医疗方案并提高熟练程度。

在虚拟战争方面,可通过对敌我双方的战场、兵员数量、身体素质、武器装备的数字化,模拟敌我战争的方案,减少士兵受伤的可能性,并减少实际战争演习的巨大消耗。通过对飞行器的高度仿真,飞行员或宇航员可通过仿真舱模拟飞行,获取驾驶经验,这一点在美国国家航天航空局(NASA)中已经成功应用。

1.1.2 逆向工程(RE)

利用虚拟现实技术对工程项目或其他一些工程活动进行虚拟,已在制造业、建筑业、医学、生物学等领域广泛应用。工业界能够借此作出迅速反应的招标投标方案、缩短工程设计周期、研制虚拟型号、优化产品结构、节省实验成本,以及保证产品质量等,是适应国际竞争环境的最好选择。

在工业领域,三维测量技术历经几十年的研究与发展,已经成为新产品快速开发过程中的重要技术。它与计算机辅助设计、优化设计、有限元分析、设计方法学等有机组合,构成了现代设计理论和方法的整体。目前,三维测量技术被广泛地应用于摩托车、汽车、飞机、家用电器、模具等产品的改型与创新设计中,成为消化、吸收先进技术,实现新产品快速开发的重要手段。使用三维测量手段建立企业、产品甚至生产线模型,对产品性能和运动行为如加工制造过程、飞机或车辆的碰撞等实施计算机模拟,广泛用于计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)和计算机辅助制造(CAM)等新兴学科。

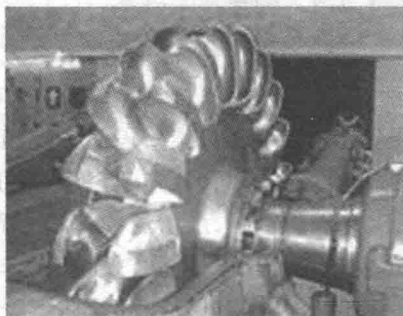
反求工程中利用三维测量手段测量已有产品的外形数据,进行重新设计或制造已成为产品开发中的重要手段。20世纪80年代初由美国3M公司、日本名古屋工业研究所以及美国UVP公司正式提出了逆向工程的概念,认为逆向工程的基本过程是:先获得实物表面的三维数据,再根据测量数据建立产品的数字模型,通过对这个数字模型进行修改、再设计,获得与产品对象不同的结构外形,达到产品设计创新,最终加工出更为先进的产品。对于有复杂曲面外形的零部件,逆向工程更成为其主要的设计方式,如汽车、摩托车的外形覆盖件,如图1-1所示。通常由艺术家制作1:1的木或陶土模型,测量表面数据后输入计算机,进行测量数据分析、处理、造型、修改、完善,最后经数控加工制造完成新产品的开发。

一些特殊领域,如艺术品、考古文物的复制,医学领域中人体骨骼、关节等的复制、假肢制造,特种服装、头盔的制造等,需要首先建立人体的几何模型。这些情况都必须对实物模型进行三维轮廓的测量及重建,以得到其CAD模型。

总之,这些令人心动的应用都离不开真实的三维模型。那么,三维模型是如何建造的呢?



(a) 客车逆向工程



(b) 轮机叶片测量

图 1-1 反求工程实例(西安交通大学)

1.1.3 现有的三维模型构建方法

目前,三维模型的构建工作大部分靠手工完成,软件有 3d Max、Maya、Multigen Creator、Solidworks、SolidEdge、UG、ProE 等。

传统方法是由人工测量物体尺寸,然后在软件中建造。该方法较为准确,但花费时间长,而且曲线、曲面不容易测量。

PhotoModeler 是一个可以将平面照片转换成立体模型的工具,只要利用照片里物体的点、线、面,即可建造出立体的 3D 模型,既快捷又简单,可以应用于绘图、动画、网页、VRML 等。

目前,三维图像测量技术已被广泛应用于核磁共振、X 光断层扫描、放射线医学等领域,三维图像扫描技术可以应用于遥控医学、外科手术仿真训练、整形外科仿真、假肢设计、筋骨关节矫正等。在服装设计和日用品造型设计中,人们越来越追求造型与外形的完美结合,使得专门针对使用者的造型设计具有十分广阔的市场前景。

三维模型测量与重构应用于工业制造与设计、模具、逆向工程与计算机辅助设计等行业,随着计算机、网络、多媒体等的不断发展,其应用范围已不仅仅局限于以上行业,而是扩大至娱乐业、医学、刑侦学和考古学等领域。

1.2 三维测量技术研究现状

几何测量主要包括角度、距离、位移、直线度和空间位置的测量,其中最为通用和普及的就是确定位置的三维坐标测量,而其他一些待测量均可以通过对坐标进行一定的计算间接得到。

1.2.1 测量技术分类

测量的方式主要分两种:接触式测量和非接触式测量。传统的测量方法是接触式测量,虽然测量精度较高,但存在一些不可避免的缺陷,如测量速度慢、容易划伤工件表面、某些表面不能触及(如易损坏的文物)等。非接触式测量根据测量原理的不同,分光学测量法、工业 CT 测量法、核磁共振测量法、超声波测量法、电磁测量法、层析法等。随着光电技术和计算机技术的发展和成熟,非接触式激光测量法得到了广泛应用。非接触激光测量法避免了接触测量中测头半径补偿等问题,可以实现对各类表面进行高速三维测量等。非接触激光测量法有多种测量方式,如点扫描、线扫描与光栅扫描等。常见的三维测量方式及分类如图 1-2 所示。

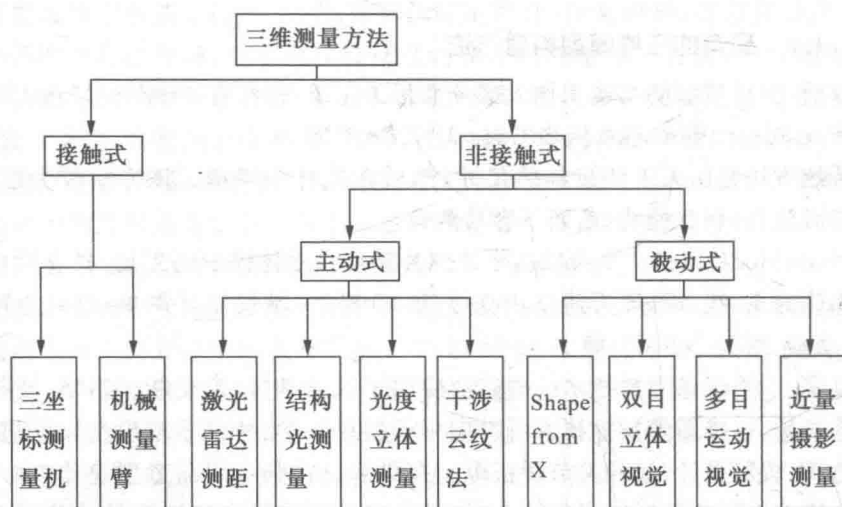


图 1-2 常见的三维测量方法及分类

1.2.2 常见的测量系统

目前,已经有多种三维测量系统,常见的有三坐标测量机(CMM)、经纬仪测量系统(Theodolites)、激光跟踪测量系统(Laser Tracker)、激光扫描测量系统等。

(1)三坐标测量机:三坐标测量机是传统通用三维坐标测量仪器的代表,通过测头沿导轨的直线运动来实现精确的坐标测量。它的优点是测量准确、效率高、通用性好;缺点是它属于接触式测量方式,不易对准特征点,对测量环境要求高、便携性差、测量范围小。三坐标测量仪是反求工程中使用最广泛的传统形状测量设备,但它需要一定的工作环境、速度慢、效率低且价格昂贵。

(2)经纬仪测量系统:经纬仪测量系统是由两台或以上的高精度电子经纬仪构成的空间角度前方交汇测量系统,是在大尺寸测量领域应用最早和最多的一种系统,由电子经纬仪、基准尺、通信接口、联机电缆和计算机组成。

(3)激光跟踪测量系统:激光跟踪测量系统是以单台激光跟踪仪为主的球坐标测量系统。

(4)激光扫描测量系统:激光跟踪测量系统具有测距精度高的特点,但是测距为相对测距,需要在跟踪过程中保持激光束不丢失,且测距需要反射器的配合,因此是一种接触式的测量系统,往往给测量带来诸多不便。

采用其他非干涉法测距方式可以不需要合作目标来实现距离的测量,这类系统称为“激光扫描测量系统”。激光扫描仪的测距原理分为三种:脉冲法激光测距、相位法激光测距、三角法激光测距。

结构光扫描仪是基于三角法激光测距原理的扫描测量系统。以半导体激光器作光源,使其产生的光束照射到被测表面,经表面散射后,用面阵 CCD 摄像机接收,光点在 CCD 表面上的位置将反映出表面在法线方向上的变化,即利用结构光测量原理得出所测点的位置。

1.2.3 摄影测量系统

摄影测量作为非接触测量的一个新的分支,与接触式测量相比,有一些与生俱来的优点。随着计算机、摄影测量技术的发展,基于摄像机和 CCD 的非接触式测量在工业上得到了越来越广泛的应用,尤其在逆向工程中发展异常迅速。

摄影测量通过拍摄物体图像并进行一定的运算获得三维深度数据。图像是拍摄时刻对物体和场景的光影记录,是光源射出的光线照射到物体表面的反射光线的集合。图像中每一点的亮度值,即在每一个像素上所记录的强度,是由多种物理因素决定的,这些因素包括景物组合的集合结构、光源的分布、物体材料的表面反射性质、表面的位置和取向、中间传播媒介的吸收和漫射特性、传感器的集合和光度学特性。

摄影测量技术在精确快速获得数据方面的巨大进步,兼非接触测量的优势,使其在逆向工程、虚拟现实和航空测量领域中得到了广泛应用。该技术可用于逆向工程、快速成型(RP)中的实物扫描并建立 CAD 数据,或扫描模型建立用于检测部件表面的三维数据;通过由 RP 创建的真实模型建立和完善产品设计;检测 CAT、CAE、生产线质量控制和产品元件的形状检测等。具体应用如下:金属铸件锻造,加工冲模和浇铸,塑料部件制造(压塑模、滚塑模和注塑模),钢板冲压,木制品,复合及泡沫产品、文物的录入和电子展示、畸齿矫正、整容及

上颌面手术等。

视觉测量与接触式测量相比有如下优点:

(1)视觉测量机的测头本身既可瞄准又可进行小范围测量,一次探测即可获得上千个表面点,甚至一次探测即可完成全部测量。

(2)视觉测量机不仅能获得工件表面形貌的特征尺寸、相互位置以及纹理等几何信息,还能获得工件表面的光照强度、亮度和颜色等光度信息。

(3)对于很多柔性、脆性或者表面易划伤等不允许接触式测量的工件,使用非接触原理的视觉坐标测量机能轻易完成测量。

(4)视觉测量机可以测量很多接触式坐标测量机难以探测的微小部件,而且也无须解决测头半径的补偿问题。

随着传感器、光学系统和照明光源等技术的发展,视觉坐标测量机在测量精度上完全可以和接触式坐标测量机相媲美。

1.2.3.1 国外研究现状

大部分成熟的摄影测量系统产品都采用结构光的方式进行测量,这是现阶段较为成熟的一种测量方式。目前,世界上生产各种型号结构光扫描仪的厂家很多,如韩国的 Escan 系列、德国 GOM 公司的 Atos 系列、德国 Steinbichler 公司的 Comet、德国 Breuckmann 公司的 OptoTOP-HE 以及法国 Mensi 公司的 S10/S25 等。法国 Mensi 公司的 S10 扫描仪扫描距离为 0.8~10m,扫描精度高于 0.2mm,三维建模精度可达 0.05mm。英国雷尼绍公司的 Cyclon2 高速扫描仪扫描精度可达 0.05mm,可对易碎、易变形的形体及精细花纹进行扫描。德国 GOM 公司的逆向技术软件及设备 Atos 流动式光学扫描仪、Tritop 三维照相测量系统也很先进,用这些设备选取有限个点进行测量,也可确定产品“全貌”的符合程度及曲面误差。英国 LK 公司的精密三坐标测量设备(非接触式)测量范围可达 $6\text{m} \times 3\text{m} \times 2\text{m}$,测量精度为 0.05mm。此外,日本罗兰公司的 PIX-30 网点接触式扫描仪、英国泰勒霍普森公司 TALYSCAN150 多传感扫描仪等,都体现了检测设备的高速化、廉价化和功能复合化的特点。Atos 三维形状测量的基本原理是基于相位光栅投影的结构光法,采用非接触式几何光学法测量工件的形貌轮廓,运用条纹结构光经由投射器将条纹光栅投射至待测物表面,由摄像机拍摄工件图像,通过格雷编码与相位移法计算得到其绝对相位,结合三角测量原理便可得到待测物的三维形貌轮廓。

近年来,通过对物体摄像并对照片进行图像处理从而建立物体三维模型的方法,受到了国内外学者的广泛关注。与传统的光学成像法不同,它不需要特殊编码的光场信号,仅通过物体在一般光照条件下的照片来推断物体形状。1993 年,日本的《机械研究》曾报道过这种方法,当时已能测量立方体、柱体等较

为简单的形状。1997年,加拿大的 Lu 在其博士论文中设计了一套基于照片的测量系统,并成功地应用于陶瓷杯、瓶等物体的造型。2003年,Yamany 等设计了一套基于图像序列的三维重构系统,通过伸入口腔中的小型摄像机所拍得的图像来测量牙齿的三维形状,用于牙模制作。这种方法对测量设备的要求较低,特别是近年来由于数码摄像机、CCD 摄像头的普及,极容易配置一套价廉实用的摄像系统。另外,该方法对测量环境要求也较低,不受光源的限制,在一般光照条件下即可,便于现场操作,并且数据信息采集量大。基于这些特点,基于照片的测量方法正在成为一种很有发展前途的三维测量方法。

在普通光源下进行摄影测量时,有的物体表面纹理单一,或者有较高的反射系数,这些都会影响后续的处理工作。在处理机械零件时,这两种问题尤为明显。机械零件的图像表面纹理单一,常伴有镜面反射等特征,如齿轮就具有这两种特征。单一纹理容易引起误匹配,镜面反射则会引入比较大的噪声。传统的匹配方法往往导致较多的误匹配。

国外的测量设备比较成熟,但在测量时常使用不同的附加手段解决上述问题。三维坐标扫描仪工作时,使用激光发射器发射激光到物体表面,通过计算反射光点之间的视差来计算所测物体上点的三维坐标。这种方法的测量结果易受工件本身的表面色泽、粗糙度的影响,为提高测量精度,某些设备通过在被测量表面喷涂“反差增强剂”或进行喷漆处理,以减小误差。某些视觉测量设备还通过在待测物体表面设定标记点,然后用采集设备采集并计算标记点的深度值,如德国 GOM 公司的 Atos 三维扫描仪就是这类系统的典型代表,如图 1-3 所示。还有一些设备通过激光矩阵投射到被测物体表面作为标记点,如韩国的 EZscan 等。另外一些设备则通过光栅在物体表面留下投影,然后对投影的光栅条纹进行编码,再根据编码进行立体匹配。

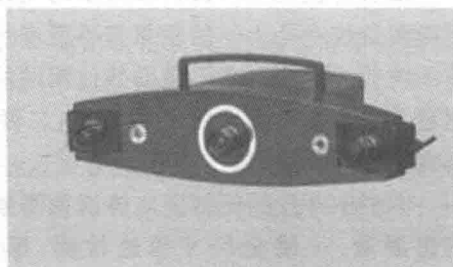


图 1-3 Atos 流动式光学扫描仪

1.2.3.2 国内研究现状

国内在这方面的研究如火如荼,但多集中在结构光。浙江大学的基于多视

图交互建模、北京大学的大型场景三维重建中深度图像配准以及国防科技大学的有关研究中都曾提到过双摄像机数字摄影测量系统,但没有针对单一纹理和镜面反射表面立体匹配的研究。西安交大在逆向工程外差式多频相移技术的三维光学点云测量的研究中,采用格雷码相移的技术,解决了存在的部分问题,也可以测量大型的曲面,但设备和应用方法比较复杂。

这些手段在逆向工程领域和快速成型系统中发挥着重要作用,但或多或少地增加了系统的复杂性及成本,完全没有施加附加手段的测量系统不多见。已有的大部分系统的设备庞大而复杂,给系统的推广带来了困难。

对于普通中小型物体或小规模场景的测量来说,不借助激光等外部设备,完全使用摄影成像的便携易用的测量系统亟待开发。

1.3 视觉测量系统

1.3.1 视觉测量系统

面对基于普通图像的三维测量设备的广泛需求,本书研究了便携型的立体视觉测量系统。该系统基于立体视觉的工作原理,采用普通的摄影设备采集图像,在不借助外界辅助设备的情况下,获取所测物体或场景的三维形貌信息,能够满足快速测量及建模的大部分需求,具有体积小、价格低、开发易等特性。该设备低廉的价格可以大大降低测量系统的费用,灵活开放的算法容易进行二次开发,对于特定的物体可以采取不同的立体匹配算法和图像采集处理方法,体积小、易操作的特性使其更易推广及应用。

1.3.2 研究目的和意义

随着科技、制造、教育和娱乐的飞速发展,以及摄影测量设备的更新换代和摄影测量技术几十年的积累与不断进步,使研究基于普通图像的视觉测量及建模系统成为可能。在不借助其他辅助设备的情况下,可进行物体或场景的摄影测量并进行基于图像的三维建模,二者结合可以使图像模型相得益彰,使模型具有照片的真实感。

本书中开发的便携型立体视觉测量系统,主要针对中小型物体的三维点云密集测量、三维全尺寸快速检测、反求设计,研制的系统测量半径不大于120mm,通过多次测量自动拼接可以测量整个工件曲面的密集点云和进行全尺寸检测。该系统可应用于汽车、飞机、船舶、军工等工业的中小型冲压件、小型注塑件、小型铸件、小型模具的快速全尺寸检测和反求设计,可用于网络化制造、远程采集数字图像、在异地进行模型的构建,可用于协同制造、反求工程、逆