



全国应用型高校3D打印领域
人才培养“十三五”规划教材

顾问 卢秉恒
丛书主编 史玉升 朱 红

3D 测量技术

朱 红 侯高雁◎主编



华中科技大学出版社

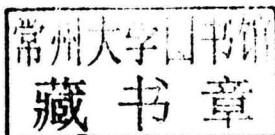
<http://www.hustp.com>

全国应用型高校 3D 打印领域人才培养“十三五”规划教材

3D 测量技术

主 编 朱 红 侯高雁

副主编 刘 凯 易 杰



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书根据近年来国内外 3D 测量技术的发展现状,汇集了大量国内外相关文献中的精华,以目前最新的职业教育改革精神为指导,并结合编者近年来对 3D 测量技术的研究和实践成果,以接触式测量技术和非接触式测量技术为主线,详细介绍了 3D 测量技术的发展、原理和应用,以及 3D 测量的设备,并以非接触式测量技术为例,通过实例进一步阐述了 3D 测量技术。全书分为六个模块:模块 1 介绍了 3D 测量技术的发展和意义;模块 2 介绍了 3D 测量技术的基础理论,包括 3D 测量技术的分类、原理和应用;模块 3 和模块 4 分别详细介绍了接触式 3D 测量技术和非接触式 3D 测量技术;模块 5 阐述了点云数据的处理和重构的相关理论知识以及常用的数据处理软件;模块 6 以非接触式测量为例,列举了高尔基头像和唐三彩骏马的 3D 测量,并进行了点云数据处理和重构。

本书是全国应用型高校 3D 打印领域人才培养“十三五”规划教材中的一本,与其他教材构成一个体系,可作为应用型高校制造工程类、产品设计类专业的学习教材和教学参考书,同时可供从事 3D 测量技术领域研究、开发、设计、制造的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

3D 测量技术/朱红,侯高雁主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.8
全国应用型高校 3D 打印领域人才培养“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-2921-6

I. ①3… II. ①朱… ②侯… III. ①三维-测量技术-高等学校-教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 126934 号

3D 测量技术

3D Celiang Jishu

朱 红 侯高雁 主编

策划编辑:张少奇

责任编辑:刘 飞

封面设计:杨玉凡

责任校对:张会军

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉市新华印刷有限责任公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:9.5

字 数:193 千字

版 次:2017 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:33.80 元



本书若有印装质量问题,向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国应用型高校 3D 打印领域人才培养“十三五”规划教材

编审委员会

顾问:卢秉恒 西安交通大学

总主编:史玉升 华中科技大学

朱 红 武汉职业技术学院

主任:史玉升 华中科技大学

副主任:周 钢 华中科技大学

陈森昌 广东技术师范学院

李义军 湖北嘉一三维高科股份有限公司

委员:(按姓氏笔画排序)

王 晖 佛山职业技术学院

文世峰 华中科技大学

刘 凯 武汉职业技术学院

李中伟 华中科技大学

李文慧 文华学院

杨振国 佛山职业技术学院

杨家军 文华学院

余日季 湖北大学

张 帆 武汉理工大学

张新建 文华学院

陈 曦 广东技术师范学院

易 杰 湖南工业职业技术学院

胡 斌 湖北嘉一三维高科股份有限公司

钟 飞 湖北工业大学

侯高雁 武汉职业技术学院

盛步云 武汉理工大学

谢 丹 武汉职业技术学院

鄢国平 武汉工程大学

戴红莲 武汉理工大学

魏青松 华中科技大学

秘 书:俞道凯 张少奇

序

3D 打印技术也称增材制造技术、快速成型技术、快速原型制造技术等,是近 30 年来全球先进制造领域兴起的一项集光/机/电、计算机、数控及新材料于一体的先进制造技术。它不需要传统的刀具和夹具,利用三维设计数据在一台设备上由程序控制自动地制造出任意复杂形状的零件,可实现任意复杂结构的整体制造。如同蒸汽机、福特汽车流水线引发的工业革命一样,3D 打印技术符合现代和未来制造业对产品个性化、定制化、特殊化需求日益增加的发展趋势,被视为“一项将要改变世界的技术”,已引起全球关注。

3D 打印技术将使制造活动更加简单,使得每个家庭、每个人都有可能成为创造者。这一发展方向将给社会的生产和生活方式带来新的变革,同时将对制造业的产品设计、制造工艺、制造装备及生产线、材料制备、相关工业标准、制造企业形态乃至整个传统制造体系产生全面、深刻的影响:(1)拓展产品创意与创新空间,优化产品性能;(2)极大地降低产品研发创新成本,缩短创新研发周期;(3)能制造出传统工艺无法加工的零部件,极大地增加工艺实现能力;(4)与传统制造工艺结合,能极大地优化和提升工艺性能;(5)是实现绿色制造的重要途径;(6)将全面改变产品的研发、制造和服务模式,促进制造与服务融合发展,支撑个性化定制等高级创新制造模式的实现。

随着 3D 打印技术在各行各业的广泛应用,社会对相关专业技能人才的需求也越来越旺盛,很多应用型本科院校和高职高专院校都迫切希望开设 3D 打印专业(方向)。但是目前没有一套完整的适合该层次人才培养的教材。为此,我们组织了相关专家和高校的一线教师,编写了这套 3D 打印技术教材,希望能够系统地讲解 3D 打印及相关应用技术,培养出适合社会需求的 3D 打印人才。

在这套教材的编写和出版过程中,得到了很多单位和专家学者的支持和帮助,西安交通大学卢秉恒院士担任本套教材的顾问,很多在一线从事 3D 打印技术教学工作的教师参与了具体的编写工作,也得到了许多 3D 打印企业和湖北省 3D 打印产业技术创新战略联盟等行业组织的大力支持,在此不一一列举,一并表示感谢!

我们希望该套教材能够比较科学、系统、客观地向读者介绍 3D 打印技术这一新兴制造技术,使读者对该技术的发展有一个比较全面的认识,也为推动我国 3D

打印技术与产业的发展贡献一份力量。本套书可作为高等院校机械工程专业、材料工程专业、职业教育制造工程类的教材与参考书,也可作为产品开发与相关行业技术人员的参考书。

我们想使本套书能够尽量满足不同层次人员的需要,涉及的内容非常广泛,但由于我们的水平和能力有限,编写过程中有疏漏和不妥在所难免,殷切地希望同行专家和读者批评指正。

史玉升

2017 年 7 月于华中科技大学

前 言

随着精密加工、航空航天、汽车制造、半导体行业、精密仪器制造、模具设计等领域的快速发展,以及 3D 打印技术的问世和消费电子产品智能化、便携化而带来的零部件微型化的发展趋势,传统的二维测量设备已不能满足日趋智能化、微型化、复杂化的生产要求,因而,3D 测量技术应运而生。通过 3D 测量技术,可以得到关于三维物体空间坐标信息的数据,对这些数据进行分析处理后,所得结果可以广泛应用于计算机辅助设计与制造(CAD / CAM)、逆向工程(RE)、快速成型(RP)及虚拟现实(VR)等领域,具有较高的实用价值和社会价值。

3D 测量是利用某种技术获取到待测物表面的特征信息,如长、高、宽、表面度、圆度、曲率等,从而得到待测物的整个外貌轮廓。根据测量原理和方法进行分类,3D 测量技术可以分为接触式 3D 测量和非接触式 3D 测量两大类。接触式 3D 测量方法起步比较早,代表是三坐标测量机和测量臂,它们的工作原理比较简单,首先使接触式测量头与待测物表面接触,放大并记录这一接触造成的信号变化,进而计算采集点的三维坐标。使用接触式 3D 测量方法得到的测量结果精度高、范围广,但测量耗时长、效率低,而且对于一些形状复杂、没有特定的测量基准,或者表面柔软的物体,测量无法进行,如人面部形状和尺寸的测量。非接触式 3D 测量不再使用探针,而是利用声、光、磁与被测物体表面的作用原理,现阶段主要是指基于光学方法的 3D 测量技术。本书将以接触式 3D 测量和非接触式 3D 测量为主线,详细介绍 3D 测量技术的发展、原理和应用,以及 3D 测量技术的设备,并以实际例子进一步阐述了 3D 测量技术。

本书内容共分 6 个模块。模块 1 简要介绍 3D 测量技术的发展和意义。模块 2 介绍 3D 测量技术的基础理论,包括 3D 测量技术的分类、原理以及应用。模块 3 和模块 4 分别详细介绍接触式 3D 测量技术和非接触式 3D 测量技术;模块 3 详细介绍了坐标测量技术、直角坐标测量系统的组成、测量坐标系,以及三坐标测量的基本操作;模块 4 介绍了三维激光扫描技术和影像测量技术,以 PowerScan 系列快速三维测量系统为例,详细阐述了三维激光扫描设备及扫描测量流程。模块 5 对通过 3D 测量技术获得的点云数据进行后处理做了介绍,包括点云数据的分类、点云数据的处理及点云重构。模块 6 以非接触式 3D 测量为例,列举了高尔基头像和唐三彩骏马的 3D 测量,并进行了点云数据处理和重构。

本书由武汉职业技术学院朱红、侯高雁任主编,武汉职业技术学院刘凯、湖南工业职业技术学院易杰任副主编。参加本书编写工作的有:朱红负责编写模块 1、模块 2;侯高雁负责编写模块 3、模块 4、模块 6 中的 6.1 节和 6.2 节;刘凯负责编

写模块 5,易杰负责编写模块 6 中的 6.3 节和附录 A;全书由侯高雁统稿。

在本书编写过程中,编者查阅了大量的相关资料,除书中注明的参考文献外,其余的参考资料有:公开出版的报纸、杂志和书籍,因特网上的检索。本书中所采用的图片、模型等素材,均为所属公司、网站和个人所有,本书引用仅为说明之用,绝无侵权之意,特此声明。在此向参考资料的各位作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中缺点、疏漏在所难免,恳请使用本书的师生和有关人士批评指正。

编 者

2017 年 6 月

目 录

模块 1 绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 3D 测量技术的发展	(3)
1.3 3D 测量技术的意义	(5)
模块 2 3D 测量技术基础理论	(7)
2.1 3D 测量技术的分类	(7)
2.2 3D 测量技术的原理	(10)
2.2.1 接触式测量	(10)
2.2.2 非接触式测量	(13)
2.3 3D 测量技术的应用	(24)
2.3.1 工业领域的应用	(24)
2.3.2 虚拟现实	(26)
2.3.3 文化遗产保护	(27)
2.3.4 服装制作	(27)
2.3.5 其他应用	(28)
模块 3 接触式 3D 测量技术	(29)
3.1 坐标测量技术概述	(29)
3.1.1 坐标测量技术简介	(29)
3.1.2 坐标测量机分类	(33)
3.1.3 坐标测量机常见的形式结构	(35)
3.1.4 坐标测量机日常维护与保养	(42)
3.2 直角坐标测量系统组成	(44)
3.2.1 坐标测量系统的基本结构	(44)
3.2.2 坐标测量机主机	(44)
3.2.3 标尺系统	(46)
3.2.4 主机结构材料	(47)
3.2.5 控制系统	(48)
3.2.6 探测系统	(50)
3.2.7 软件系统	(56)
3.3 测量坐标系	(58)
3.3.1 坐标系认知	(58)

3.3.2 直角坐标系的创建方法	(58)
3.4 三坐标测量基本操作	(65)
3.4.1 测量的基本流程	(65)
3.4.2 测头的选用及校验	(65)
3.4.3 元素测量方法及拟合	(68)
3.4.4 元素构造	(72)
3.4.5 创建公差检测	(75)
3.4.6 输出检测报告	(78)
模块4 非接触式3D测量技术	(80)
4.1 三维激光扫描技术	(80)
4.1.1 典型的基于面结构光三维测量系统的结构	(80)
4.1.2 PowerScan 系列快速三维测量系统介绍	(80)
4.1.3 三维测量系统安装调试	(83)
4.1.4 软件界面介绍	(84)
4.1.5 系统操作说明	(86)
4.1.6 扫描测量	(95)
4.2 影像测量技术	(100)
4.2.1 技术简介	(100)
4.2.2 影像测量仪的分类	(101)
4.2.3 测量原理及系统组成	(103)
4.2.4 影像测量仪的测量	(104)
模块5 点云数据处理与曲面重构	(106)
5.1 点云的类型	(106)
5.2 点云的数据处理	(107)
5.2.1 点云去噪	(107)
5.2.2 点云平滑处理	(111)
5.2.3 点云精简处理	(114)
5.2.4 点云数据插补	(114)
5.2.5 点云数据分割	(115)
5.3 点云重构	(115)
5.3.1 分段线性重构	(116)
5.3.2 曲面拟合	(117)
5.3.3 基于物理的重构	(118)
5.4 点云数据处理软件	(118)
5.4.1 PolyWorks 软件	(118)
5.4.2 Imageware 软件	(119)

5.4.3 Geomagic Studio 软件	(119)
模块 6 3D 测量实例	(121)
6.1 扫描流程	(121)
6.2 扫描测量实例	(122)
6.2.1 高尔基头像测量	(122)
6.2.2 唐三彩骏马测量	(126)
6.3 点云数据处理与重构	(130)
附录 A 本书部分英中文字术语对照	(135)
参考文献	(137)

模块 1 绪 论

1.1 引 言

长久以来,制造业中产品的传统开发设计方式均遵循严谨的研发流程,即从产品需求的构思、功能与规格预期指标的确定开始,一直到各个组件的设计、制造、组装和性能测试等。这种开发模式称为“预定模式”(prescriptive model),这类开发工程统称为“正向工程”(forward engineering)。随着工业技术的进步以及计算机科学技术的发展,在新产品的创新开发过程中,出现了许多先进设计和制造技术,如逆向工程(RE)、三维 CAD/CAE/CAM、并行工程(CE)、虚拟制造(VM)、快速成型(RP)、3D 打印技术等。逆向工程(reverse engineering, RE)技术又称反求工程,它是借助各类测量方法与技术,对已有的模型或样件进行测量,获得其数字模型,借助具有反求设计能力的计算机软件(如 Geomagic, Surafcer, Imageware, UG 等)进行曲面重建,并进行精度分析,生成 CAD 模型,为产品的再创新工作服务。随着数控测量技术的发展,其理论研究和应用开发越来越受到工程技术人员和科研工作者的重视,其直接的目的是,希望以较低的成本和更高的效率对原型产品进行开发、创新和设计,从而为国民经济和国家现代化建设做出应有的贡献。目前已被广泛应用于航空、航天、造船、汽车和模具等现代制造业的各个领域^[1,2]。

逆向工程与传统的设计方法完全不同,它是一种反向过程。以前模具设计师通常是采用正向设计,即从一个产品的概念开始,设计出其 CAD 模型,然后再进行产品加工的过程。但是正向设计过程中,设计一些复杂的零件时,会遇到设计周期长、难度高等问题,这都限制了产品的开发,因为设计师无法完全预估产品在设计过程中会出现什么样的状况,如果每一次都因为一些局部的问题而导致整个产品推倒重来,不管从时间上还是从成本上都是不可接受的;如果有方法改正正在正向设计过程中所产生的局部问题自然是两全其美的事,正是在这样的背景下自然发展并形成了逆向设计的方法^[3]。

而逆向设计正好相反,它是根据原有模型或者现有的产品零件来进行设计改良,通过对产生问题的模型进行直接的修改、试验和分析得到相对理想的结果,然后再根据修正后的模型或样件通过扫描和造型等一系列方法得到最终的三维模型。正向工程和逆向工程的对比如图 1.1 所示。

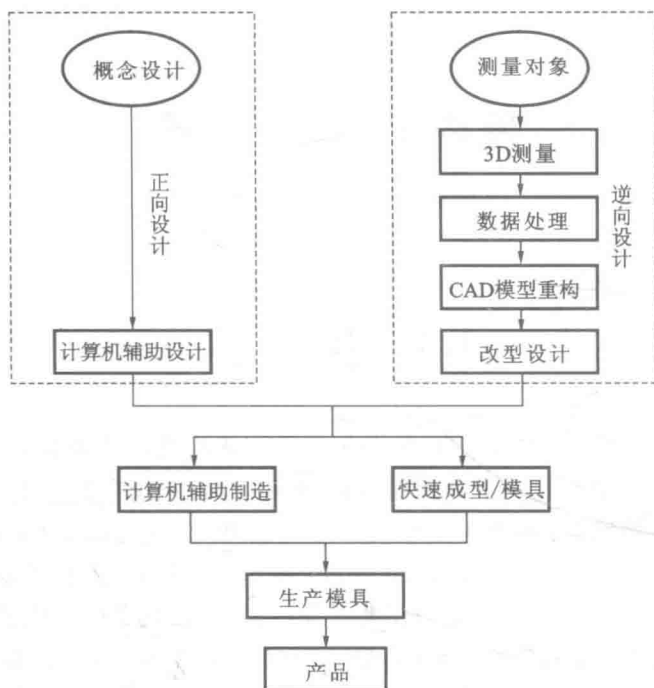


图 1.1 正向工程和逆向工程的对比

在实际产品开发过程中,更多的是同时利用正向设计和逆向设计两种方法进行设计,即混合设计。混合设计是从测量数据中提取出可以重新进行参数化设计的特征及设计意图,进行再设计,完成 CAD 模型。目前,混合设计大致分为三种:①基于特征与自由形状的反求建模方法的混合。②基于截面线与基于面的曲面重建方法的混合。③几何形状创建过程中曲线曲面的特征形式表达与 NURBS 形式表达的混合。混合设计结合了正向设计与逆向设计的优势,将产品经过三维扫描,获得点云数据,对工件进行对齐、封装、修复、填充等处理,建立网格面模型,然后经过特征提取、草图设计、定位对齐等来正向设计,以此获得 CAD 模型。对模型分析后看是否满意,如果满意就可加工模型,获得新的模型。反之,再次进行正向设计。例如,三维立体足球地球仪的设计就是如此,图 1.2 为正向设计与逆向设计相结合的结果。其中:图(a)为逆向重建的三维立体地球仪;图(b)为正向设计的三维足球模型;图(c)为三维立体地球仪和三维足球相结合得到的三维立体足球地球仪,该项设计获得了国家专利。

首先,根据卫星和航测得到的地球表面各处的三维数据(经度、纬度和高程),然后进行数据处理,用逆向设计的方法重构三维立体地球仪(见图 1.2(a)),这一过程就是逆向建模。根据设计需求在以上模型的基础上进行创新设计,将三维立体地球仪设计成足球的样子,这一过程属于正向设计。最终得到的三维立体足球地球仪就是正逆混合设计的产品。



图 1.2 正逆向混合设计

逆向设计的主要技术有 3D 测量、数据处理和模型重构三部分^[4],如图 1.1 所示。

3D 测量:就是运用一定的测量设备和测量方法对实物样件进行测量,获取样件表面信息,得到三维坐标。3D 测量是逆向工程的首要环节,主要有接触式和非接触式两大类测量方法。

数据处理:就是对采集到的数据进行多视拼合、噪声去除、数据精简、数据修补等处理工作。数据处理是进行模型重构工作前的必要准备,在整个逆向工程流程中也十分关键。

模型重构:就是运用一定的逆向工程软件对点云数据进行处理,最终生成实物样件的三维数字化模型。模型重构是逆向工程中最关键的环节,是逆向工程技术在工程应用中的主要体现。

3D 测量是逆向工程工作流程的第一步,后面的工作都要在此基础上来完成。如果数据获取时所得到的测量数据存在误差,那么在模型重构中所生成的模型就不可能足够准确,并且最终导致生产出来的产品不能够如实地反映原来的实物模型。对实物表面进行快速、准确的数据采集是逆向工程技术实现的基础和关键。本书将重点介绍 3D 测量技术,主要包括 3D 测量技术的原理、方法以及应用。

1.2 3D 测量技术的发展

3D 测量技术的发展起源于 20 世纪 50 年代末,最早的 3D 测量机是三坐标测量机。早期的三坐标测量机使用机械式探头,是一种接触式 3D 测量技术,精度低,并且实用性不高。英国 Renishaw 公司 20 世纪 80 年代研制出一种使用触发式探头的三坐标测量机,这种三坐标测量机研究出来之后很快得到了广泛的关注,并且由于它具有精度高、成本低、方便易用的优点,使得它在工业中获得了非常广泛的应用。接触式的测量原理使三坐标测量机在测量精度方面有了很大提高,可以达到微米级,但是测量速度较慢,测量时间较长。随着科学技术的不断发展与革新,三坐标测量机广泛应用于工业各领域,同时非接触式三维测量也迅速发展起来^[5],主要包括:计算机断层扫描技术(CT)、核磁共振成像(MRI)、基于光

学的三维测量技术。

CT 理论基础是由奥地利科学家 J. Radon 提出的 Radon 变换,利用 Radon 变换可以通过二维或三维物体各个方向的投影,采用数学方法重建物体图像。这一理论最早应用在无线电天文学的图像重建中。在医学中应用 Radon 变换是由 A. M. Cormack 在 1964 年提出。1963 年, A. M. Cormack 进一步发展了从 X 射线投影重建图像的解析数学方法。1972 年在 G. N. Hounsfield 的直接贡献下,诞生了世界上第一台可以用于临床诊断的 EMI 扫描机,基于 G. N. Hounsfield 与 A. M. Cormack 在 CT 研制中作出的开创性的工作,他们荣获了 1979 年的诺贝尔医学奖和生理学奖。1974 年, Ledley 研制成功了全人体扫描 CT,并安装在美国乔治镇大学医疗中心。此后,在医学方面,西方发达国家先后研制出具有高分辨率的螺旋 CT、可超高速成像的电子束 CT 等设备。工业方面,从 20 世纪 70 年代末起,美国利用研制的透射式工业 CT 设备对军工产品的关键部件做无损检测,美国科学测量系统公司的工业 CT 机还应用于 CAD/CAM 方面,进行加工元件的仿型制造,开展逆向工程学的研究^[6]。

核磁共振(nuclear magnetic resonance, NMR), 又称磁共振,是物质的原子核如氢核、磷核,在外磁场的作用下能级发生分裂,并在特定频率射频信号的激发条件下产生的能级跃迁的物理现象。这种物理现象在 1946 年被 Bloch 和 Purcell 几乎同时发现,后来逐渐运用于物理和化学领域来研究物质的分子结构。1966 年 Ernst 发展了脉冲傅里叶变换 NMR 测谱方法,这一方法提高了 NMR 的灵敏度和分辨率。在新技术的引导下,1973 年纽约州立大学石溪校区的教授 Paul Lauterbur 研究出基于核磁共振现象的成像技术,并成功得出一活体蛤蜊的组成图像,第一次在实验中得到核磁共振活体的图像,由此核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)这门学科正式诞生了。随后,世界第一台人体全身核磁共振成像仪的发明预示着核磁共振成像技术由此进入了一个崭新的时代。通过几十年科学家的不懈努力,核磁共振成像技术越来越成熟,在各个领域的应用也越来越广泛,如物理、化学、医疗、石油化工、考古等方面获得了广泛的应用^[7]。

光学测量是光学、电子技术与机械测量相结合的技术,它集光、电、机械和计算机技术于一体,是一种智能化、可视化的高新技术,该技术主要用于对物体三维形貌进行扫描测量,以得到物体表面的三维轮廓,得到其表面点的三维空间坐标^[2]。光学测量主要应用在现代工业检测。借用计算机技术,可以实现快速、准确的测量。方便记录、存储、打印、查询等功能。随着近年来科学技术的飞速进步及经济的发展,光学三维测量技术在其他许多行业也都得到了广泛的应用,如在汽车、模具、机械加工、航空航天等制造业以及在玩具、服装、医学、文物数字化、人体骨骼等各个方面。因其非接触、测量时间短、测量所得数据精度高等优点,光学三维测量技术也越来越成熟,其中三维激光扫描技术的应用最多。1960 年,世界上第一台红宝石激光器诞生了,它是由美国加利福尼亚休斯研究实验室的

Maiman 发明的,继这一重大科学技术出现之后,激光技术便广泛地应用于测量、生物、物理等多个领域。

三维激光测量技术的出现和发展为空间三维信息的获取提供了全新的技术手段,为信息数字化发展提供了必要的生存条件^[8]。由于激光具有单色性、方向性、相干性和高亮度等特性,将其引入测量装置中,在精度、速度、易操作性等方面均表现出强劲的优势,所以它的出现引发现代测量技术的一场新革命,引起测量相关行业学者的广泛关注,许多高技术公司、研究机构的研究方向重点放在激光测量装置的研究中。随着激光技术、半导体技术、微电子技术、计算机技术、传感器技术等相关技术的发展和应用需求的推动,激光测量技术也逐步由点对点的激光测距装置发展到采用非接触主动测量方式快速获取物体表面大量采样点三维空间坐标的三维激光扫描测量技术。三维激光扫描测量技术克服了传统测量技术的局限性,采用非接触主动测量方式直接获取高精度三维数据,能够对任意物体进行扫描,且没有白天和黑夜的限制,快速将现实世界的信息转换成计算机可以处理的数据。它具有扫描速度快、实时性强、精度高、主动性强、全数字特征等特点,可以极大地降低成本,节约时间,而且使用方便,其输出格式可直接与 CAD、三维动画等工具软件接口。

在三维测量技术基础上形成的先进制造技术已经成为工业技术的新亮点,也成为衡量一个国家科学技术的发展与工业制造先进性的重要标准^[9]。因此,国际上把先进制造技术、信息科学技术、材料科学技术和生物科学技术列为 21 世纪四大科技支柱而备受重视。先进的测量技术是先进制造技术的基础,反映了一个国家在制造业的技术发展水平和技术发展方向。在过去的几十年中,基于接触式的测量手段发展非常完善,经典的特征测量如圆半径、长度、角度的测量已经非常成熟,能够满足测量的需求。但是随着先进制造技术的发展,传统的检测手段已经不能满足日益发展的工业生产的需求,因此如何快速获取高精度的三维数据成为测量领域一个极为重要的研究方向。

1.3 3D 测量技术的意义

随着精密加工、航空航天、汽车制造、半导体行业、精密仪器制造、模具设计等领域的快速发展,以及 3D 打印技术的问世和消费电子产品智能化、便携化而带来的零部件微型化发展趋势,传统的二维测量设备已不能满足日趋智能化、微型化、复杂化的生产要求,因而,三维测量应运而生。三维测量技术包括接触式三维测量和非接触式三维测量,接触式三维测量由于测量速度慢、操作烦琐、易划伤测量物、无法测量软物体,从而不能广泛用于各行业。非接触式三维测量技术,集计算机、光电子技术、信息处理技术于一体,具有速度快、大量程、非接触、高精度等优

点,尤其是光学 3D 测量技术,自诞生以来便得到了各行业广泛地关注与应用。

在工业制造、生物医学、产品检验、逆向工程、影视特技、文物保护等领域,3D 测量技术具有广阔的应用前景和研究意义^[10]。

3D 测量技术适合生产过程中的在线实时检测,如在汽车车身、机械零部件、飞机外壳、轮机叶片等加工制造中实现高精度实时在线检测。如图 1.3 所示为检测汽车车身。同时可以避免对被测物体造成损伤,为文物保护和复原提供了新的方法。可利用光学 3D 测量技术和虚拟显示技术对文化遗产进行数字化储存和展示,并且在文物鉴定等方面具有重要的现实意义。



图 1.3 检测汽车车身

3D 测量技术对于逆向工程有非常重要的意义。在现代产品开发中,由于产品的形状日趋复杂化,同时消费者越来越追求个性、美观的设计,产品的外观不可避免地出现一些数学模型难以描述的曲面,此时逆向工程将会提供很好的解决办法。在逆向工程中,利用该技术,对现存的实物或者模型进行三维形状的测量和数字模型的重构、分析和修改等,可快速、准确地设计和造型产品。

通过三维测量技术,可以得到关于三维物体空间坐标信息的数据,对这些数据进行分析处理后,所得结果可以广泛应用于计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、逆向工程(RE)、快速成型(RP)及虚拟现实(VR)等领域,具有较高的实用价值和社会价值。