

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: 19920121152715

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

机器人集成加工技术研究以及在产品加工
中的应用

Robot integrated processing technology research and
application in the product processing

林茂义

指导教师姓名: 席文明 教授

专 业 名 称: 机械电子工程

论文提交日期: 2015 年 月

论文答辩时间: 2015 年 月

学位授予日期: 2015 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2015 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为席文明课题（组）的研究成果，获得席文明课题（组）经费或实验室的资助，在微系统集成实验室完成。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。
2. 不保密，适用上述授权。

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

随着科技的发展，制造业中的加工方法从传统加工、数控加工到现今火热的机器人加工，机器人加工在工厂自动化领域已经得到了广泛的应用。在传统的数控加工领域，主要是使用 CAD-CAM-CNC 的数据链完成复杂的零件模型输入和刀轨生成等任务。由于一般机器人控制器不接受传统 CAD/CAM 系统输出的 APT 或 G 代码等刀轨数据，并且还存在坐标系转换问题，因此开发数控代码到机器人语言的转换器和后置处理器成为机器人加工的难点，急需解决这些问题。

本文针对目前机器人加工存在的问题，借鉴国内外先进的机器人加工方法，通过分析得出机器人集成加工技术，基于其原理设计出了一套机器人加工系统。本加工系统将数控加工 CAD/CAM 技术运用于产品加工中，实现了从产品的三维模型到模型空间加工轨迹，再到机器人加工程序输出的一体化，该系统利用了独特的编程手段，解决了离线编程中轨迹无法自动生成及轨迹如何映射到机器人空间、姿态如何缓慢调整等问题。

论文首先根据机器人集成加工技术的原理，制定了机器人加工的总体方案。完成了机器人加工系统软件部分、电气部分、机械部分的设计。阐述了基于传感器建立机器人加工空间与模型空间一致性的方法，为下文奠定了基础。介绍了如何生成模型空间轨迹，添加并调整姿态参数，将其转换到机器人加工空间，该部分的算法采用 C++ 实现。最后进行机器人加工实验，验证了机器人集成加工技术的可行性。

机器人集成加工技术具有集成度高、通用性强、灵活性大等特点。在生产中可以大幅度提高生产效率，节约劳动成本，提高自动化程度，对现代加工具有积极意义。

关键词：机器人集成加工；姿态调整；轨迹规划

Abstract

With the development of science and technology, in manufacturing , processing methods are from the traditional processing、 CNC machining to the robots processing, robotprocessing has been widely applied in the field of factory automation.In the field of traditional NC, it mainly used CAD, CAM, CNC model data links to complete the complex parts input and tool path generation tasks .Due to the robot controller generally don't accept output of the traditional CAD/CAM system such as APT or G code cutter location data, and also exist coordinate system transformation problems, so the development of NC code to the robot language converter and post processor become the difficulty of machining robot, urgently need to solve these problems.

This article, in view of the present problems of robot processing, learn from advanced robots the processing method at home and abroad , through analysis, we come out the robot integration processing technology, designed a set of robot on the basis of the principle of the machining system.This system will be CNC machining in CAD/CAM technology applied to products processing, reached from the 3d model of product model space processing, integration processing program output to the robot, the system uses a unique means of programming, to solve some problems such as the path cannot be automatically generated in the off-line programming and how to map track to robots space ,how to make the robot posture slowly adjust to surface.

Firstly paper sets out overall scheme of the machining system of the robot.,according to the principle of robot integrated processing technology.Completed the robot processing system software part, electrical part, the design of mechanical parts.Expounds method of consistency of the robot processing space and model space basedon the sensor, which laid a foundation for the following.Introduces how to generate the model space trajectory, add and adjust the posture parameters, transfer them to the machining space robot, the part of the algorithm using c ++

implementation. Finally finish robot machining experiments to verify the feasibility of the robot integrated processing technology.

Robot integration processing technology has the characteristics of high integration, strong commonality, large flexibility. In production it can greatly improve the production efficiency, save labor cost, improve the degree of automation, has the positive significance of modern processing.

Keywords: Robot integration processing; Attitude adjustment; Trajectory planning

厦门大学博硕士论文摘要库

目录

第一章 绪论	2
1.1 研究背景	2
1.2 传统加工方法现状	2
1.3 机器人加工方法现状和特点	4
1.4 本文主要内容及其研究意义	5
1.4.1 本文研究内容	5
1.4.2 研究意义	5
第二章 机器人集成加工技术以及加工系统	7
2.1 引言	7
2.2 机器人集成加工技术总体方案	7
2.3 机器人加工系统整体方案	8
2.4 机器人加工系统各单元设计	9
2.4.1 加工系统软件单元模块的设计	9
2.4.2 加工系统机器人本体的选取	10
2.4.3.电气控制部分的设计	11
2.4.4 机械部分的设计	20
2.5 机器人加工系统集成	24
2.6 机器人加工系统实现	26
2.6 本章小结	27
第三章 机器人加工空间与模型空间一致性建立	28
3.1 引言	28
3.2 机器人加工空间与模型空间一致性概念	28
3.3 模型空间坐标系统	29
3.3.1 Robotstudio 软件介绍	29

3.3.2 机器人坐标系介绍.....	29
3.4 建立机器人加工空间与模型空间一致性的方法.....	31
3.4.1 建立机器人加工空间与模型空间一致性基本原理.....	31

厦门大学博硕士论文摘要库

3.4.2 建立机器人加工空间与模型空间一致性的一般性方法.....	33
3.5 基于力传感器的机器人加工空间与模型空间的一致性建立.....	37
3.5.1 建立一致性使用的力传感器.....	37
3.5.2 利用力传感器建立机器人加工空间与模型空间一致性过程.....	39
3.6 本章小结.....	40
第四章 模型空间刀位轨迹的生成.....	41
4.1 引言.....	41
4.2 基于 STL 三维模型的轨迹点提取.....	41
4.3 基于 CAM 软件的加工轨迹生成.....	45
4.3.1 CAM 软件介绍.....	45
4.3.2 基于 STL 模型的模型空间轨迹生成.....	46
4.4 加工轨迹生成中的参数设置.....	48
4.4.1 刀具的选用原则.....	48
4.4.2 加工模式的选取.....	49
4.4.3 切削量设置.....	51
4.5 本章小结.....	52
第五章 模型空间轨迹后置处理以及机器人加工空间轨迹生成.....	53
5.1 引言.....	53
5.2 基于模型几何表面的轨迹点姿态调整.....	53
5.2.1 姿态的表示方法.....	53
5.2.2 轨迹点姿态获取方法.....	56
5.2.3 基于模型几何表面的轨迹点姿态调整及其平滑处理.....	57
5.3 机器人正逆运动学基础.....	61
5.3.1 机器人正运动学.....	61
5.3.2 机器人逆运动学.....	63
5.4 基于 IRB 7600 机器人的加工轨迹映射.....	65
5.4.1 IRB7600 型机器人结构参数.....	65
5.4.2 位置和姿态在机器人空间的转换.....	66

5.4.3 轴配置及外部扩张轴参数的选择.....	74
5.5 本章小结.....	76
第六章 机器人集成加工技术在产品加工中的应用.....	77
6.1 引言.....	77
6.2 机器人加工系统安装与调试.....	77
6.3 加工轨迹生成与仿真.....	79
6.4 机器人石材加工实验.....	80
6.5 机器人加工实验中的问题分析及其解决方法.....	82
6.6 本章小结.....	84
第七章 总结与展望.....	85
7.1 总结.....	85
7.2 展望.....	85
参考文献.....	87
致 谢.....	90
攻读学位期间所发表的论文.....	91

Contents

Chapter 1 Introduction	2
1.1 background	2
1.2 The status of Traditional processing methods	2
1.3 The status of Robot machining method and characteristics	4
1.4 The main content and the research significance	5
1.4.1 The main content	5
1.4.2 the research significance	5
Chapter 2 Robot integrated processing technology and processing systems	7
2.1 Introduction	7
2.2 The Introduction to the robot stone engraving systems	7
2.3 The overall scheme of Robot integration technology	8
2.4 The each units design of Robot processing system	9
2.4.1 The design of the machining system software module	9
2.4.2 The selection of machining system robot	10
2.4.3. The design of the electrical control part	11
2.4.4 The design of mechanical parts	20
2.5 Robot manufacturing system integration	24
2.6 Robot processing system implementation	26
2.6 Summary	27
Chapter 3 The Establish of Robot processing space and model space consistency	28
3.1 Introduction	28
3.2 The concept of Robot processing space and model space consistency	28
3.3 Model space coordinate system	28
3.3.1 The Introduction of Robotstudio	28
3.3.2 The Introduction of robot coordinate system	29

3.4 Method of building Robot processing space and model space consistency 30

厦门大学博硕士学位论文摘要库

3.4.1 Basic principle of robot processing space and model space consistency	30
3.4.2 The general methods of building Robot processing space and model space consistency	32
3.5 Based on the force sensor of building robot processing space and model space consistency	37
3.5.1 The force sensor of Establish consistency using.....	37
3.5.2 Using force sensor to build robots machining process space and model space consistency	38
3.6 Summary	39
Chapter 4 The generation of model space path	41
4.1 Introduction.	41
4.2 The extraction trajectory point based on STL	41
4.3 Based on the CAM software processing path generation	45
4.3.1 The Introduction of CAM	45
4.3.2 Trajectory generation of model model space based on STL.....	46
4.4 Processing parameter Settings in the path generation.	48
4.4.1 The selection of the cutting tool.....	48
4.4.2 The selection of processing mode.....	49
4.4.3 The selection of Cutting.....	51
4.5 Summary	52
Chapter 5 Model space trajectory processing and processing of space robot path generation.....	53
5.1 Introduction.	53
5.2 The attitude adjustment of track points based on the model geometry	53
5.2.1 Representing method of gesture.....	53
5.2.2 Track points attitude acquisition methods.....	56
5.2.3 Track points posture adjustment and the smooth processing Based on the model surface	57
5.3 The basic Robot kinematics	61

5.3.1 The forward kinematics of robot.....	61
5.3.2 The robot inverse kinematics	63
5.4 Processing locus mapping bBased on the IRB 7600.	65
5.4.1 IRB7600 robot structure parameters.....	65
5.4.2 transformation of the position and posture in the robot space.....	66
5.4.3 Shaft configuration and the selection of external expansion shaft parameters	74
5.5 Summary	76
Chapter 6 Robot integrated processing technology in the application of the product processing	77
6.1 Introduction.....	77
6.2 Robot processing system installation and debugging	77
6.3 The machining path generation and simulation.....	79
6.4 Robot stone processing experiment.....	80
6.5 Problem analysis and solution of robot machining experiment	82
6.6 Summary.....	84
Chapter 7 Summary and Outlook.....	85
7.1 Summary.....	85
7.2 Outlook.....	85
References.....	87
Thanks.....	90
Paper published during a graduate.....	91

第一章 绪论

1.1 研究背景

在目前各行各业中，制造业都起着至关重要的作用，它是工业的主体，是提供人类生存与发展所需物质产品的行业，是一切生产和装配制成品企业群体的总称^[1]。无论是发达国家还是发展中国家，经济的发展都离不开制造业。制造业从手工作坊、机器生产、机械化生产、流水线生产到自动生产线，再发展到柔性生产，经历了两个世纪的发展历程。我国自改革开放以来，制造业发展迅速，现在已经成为世界制造业强国。在制造业蒸蒸日上的同时，很多问题仍然存在^[2, 3, 4]。

在我国制造业发展的前期，采用的是传统加工方式，具体可分为车、铣、刨、钻、磨等，这些传统加工方法只能用来加工平面、回转面等简单的表面，对于复杂曲面、大尺寸等要求，传统加工方法无法满足其加工要求。随着社会的发展，科技不断进步，人们的生活水平日益提高，各个方面的个性化需求越加强烈。这对于制造业来说更是一个巨大的挑战，同时也是一个机遇。为了满足这种需要，在传统加工方法的基础上，发展了数控加工技术，它不仅能够提高加工过程中自动化程度，还可以降低劳动成本、提高生产效率^[5-11]。数控技术与传统加工不同，是指将加工过程所需的各种操作以及零件的形状、尺寸按规定的编码方式写成数控加工程序，输入到数控装置中。再由数控装置对这些输入信息进行处理和运算，并控制伺服驱动系统，使坐标轴协调移动，从而实现刀具与工件的相对运动，完成零件加工。当被加工工件改变时，除了重新装夹工件和更换刀具外，只要更换零件加工程序。虽然数控加工能满足复杂表面的加工要求，但是其程序控制只是建立在三维坐标之上，并不能保证加工出复杂曲面尤其大型曲面的精度、准确性。

随着计算机技术、微电子技术、网络技术等的快速发展，机器人技术也得到快速的发展，在国际上，机器人是一种通用的自动化装置，大多数机器人用于生产活动，以提高生成效率或产品质量。国际社会关于机器人的定义有很多种，美国机器人工业协会给出的定义：机器人是一种用于移动各种材料，零件，工具

或专用装置，通过可编程序动作来执行各种任务并具有编程能力的多功能机械手。目前机器人在工业方面的应用一般是结合传感器、计算机等技术形成机器人加工系统^[12-16]，其采用的加工方式是在数控加工基础上另外添加了三个姿态信息来描述曲面、异形面的轮廓信息，能够获得更好的加工效果。目前，机器人加工已广泛地应用于各个领域，例如医疗、军工、石材等。可以说，当今世界，机器人的应用已无所不在。在与传统加工、数控加工相比，机器人加工具有以下优势：第一，机器人的价格仅为相当的数控加工装备价格的三分之一或不足三分之一；第二，机器人具有六个轴，可以达到数控加工装备难以达到的灵活性和加工位置；第三，机器人不仅可以加工产品也可以搬运产品，形成加工、搬运一体化；第四，机器人与扩展轴配合，可以扩大其工作空间，而数控加工不具备这样的功能。借助其优势，机器人加工可以扩展和延伸数控加工的领域。而在目前采用机器人加工这种方式，一般的数据来源都是 CAD/CAM 生成的 G 代码（它将图纸中工件的点、线、面的信息提取为加工工具的运动路径，大大简化了将其转换为机器人加工轨迹的难度），但目前机器人由于其本身具有特定的编程语言，不能直接识别 G 代码，这就造成数据无法导入和转换等问题。所以机器人加工还存在着许多技术问题急需解决。

1.2 传统加工方法现状

传统加工指主要依靠人工操作，利用机械力完成的零部件加工方法，包括成形加工和切削加工。传统加工主要依靠机床，其加工方式主要包括车、铣、刨、钻、磨等，广泛应用于零部件的生产过程中，加工的主要对象为平面、斜面、圆柱、规则曲面。如果用传统加工方法来加工复杂曲面，如图 1.1 所示以及异形面、大尺寸的零件，则无法实现其加工要求，更别说精度了。传统加工方法存在两大缺点：

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.