



数控加工手册

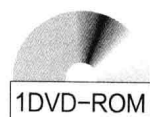
HANDBOOK
NUMERICAL CONTROL
OF MACHINING

第④卷

张定华 主编



化学工业出版社



数控加工手册

HANDBOOK
NUMERICAL CONTROL
MACHINING

第④卷

张定华 主 编
殷国富 曹 岩 昆 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本手册结合航空航天、汽车工业等高端制造行业的应用需求,以数控机床和数控加工工艺为主线,系统整理和总结了数控加工相关的关键技术和方法、标准数据资料、典型工艺编程实例等内容,并将逐步采用多种数字媒体形式出版。

本手册分为4卷,共8篇。第1卷包括第1篇数控加工常用资料(共3章)和第2篇数控机床(共20章);第2卷包括第3篇数控刀具(共16章)和第4篇机床夹具、组合夹具与机床辅具(共20章);第3卷包括第5篇数控加工工艺(共11章)和第6篇数控编程技术(共12章);第4卷包括第7篇数控测量技术(共8章)和第8篇常用数控系统(共7章)。

本手册汇集了国内数控行业与制造行业生产、科研、教学一线的几十位资深专家与学者的智慧,紧跟数控技术发展前沿,以先进翔实的技术内容结构、充实的经验图表实例和最新的国家、行业标准,体现了国内外数控技术发展的最新水平,具有较高的技术水平与实际应用价值,能够满足生产、教学、科研的广泛需求,可作为从事数控方面工作的广大技术人员、科研人员以及大中专院校师生的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工手册. 第4卷/张定华主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 11
ISBN 978-7-122-18749-9

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床-加工-技术手册 IV. ①TG659-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 248381 号

责任编辑:张立 孙炜 张素芳 武江
责任校对:边涛 战河红

文字编辑:张绪瑞 孙科
装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市万龙印装有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张74¼ 字数2524千字 2013年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:188.00元(含1DVD-ROM)

版权所有 违者必究

数控加工技术是先进制造技术的重要组成部分，其应用的广度和深度是衡量一个国家综合技术水平和企业现代化水平的重要标志之一。根据我国《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》的要求，国家工业和信息化部、科学技术部在 2009 年设立并启动了“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项，其主要目标就是在国内形成高档数控机床的自主开发能力和数控加工技术的广泛应用，使得数控机床的总体技术水平进入国际先进行列。

《数控加工手册》的编写和出版对于满足生产、教学、科研的广泛需求，服务国家科技重大专项和高端装备制造业的发展具有积极意义。本手册充分地吸收、总结了国内外数控加工领域中的新标准、新材料、新工艺、新技术、新产品、新设计理论与方法，具有较高的技术水平与实际应用价值。在出版形式方面，除了采用传统的纸质图书外，还采用了最新的 ebook、云出版等出版形式，便于读者快速查阅和使用。

本手册以数控机床和数控加工工艺为主线，对数控机床设计的相关知识、数控编程和实例、刀具辅具以及机床检测技术等方面进行了精心的选择和系统的论述，内容全面，取材新颖，图文并茂，较好地体现了数控加工技术的先进性、科学性、系统性和实用性，可为数控机床设计、数控加工编程、数控加工工艺设计等技术人员提供先进的设计思想、编程方法和详细的参考数据资料。我衷心祝贺这部实用工具书的编著出版，相信它将会为我国数控机床和机械加工行业的可持续发展，从机械加工大国转变为机械加工强国做出重要的贡献。

熊有伦

2013年11月16日

数控加工技术是随着数控机床而发展起来的先进加工技术，其内涵主要包括数控加工机床、数控加工工艺和数控加工编程，外延已拓展到数控加工车间管理和计算机集成制造，推动了制造业向数字化、网络化、集成化、智能化发展。

随着国内产业结构调整，数控机床拥有量持续增长，产品结构日趋复杂，精度日趋提高，激烈的市场竞争要求产品研制生产周期越来越短，不断提高数控加工技术应用水平和普及程度，已成为国家提升制造业核心竞争力的重要支撑。但目前国内真正掌握现代数控机床和数控加工工艺技术的人员严重不足。为此，我们结合航空航天、汽车工业等高端制造行业的应用需求，系统整理和总结了数控加工工艺关键技术和方法、标准数据资料、典型工艺编程实例等内容，编写了这套《数控加工手册》，并将逐步采用数字媒体形式出版。

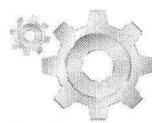
本手册的内容主要包括：数控加工常用资料，数控机床，数控刀具，机床夹具、组合夹具与机床辅具，数控加工工艺，数控编程技术，数控测量技术，常用数控系统等，可作为从事数控方面工作的广大技术人员、科研人员以及大中专院校相关专业师生的工具书。

《数控加工手册》的编写由化学工业出版社发起并得到了国家出版基金项目的资助，由张定华教授担任主编，殷国富、曹岩、卜昆担任副主编，参加编写工作的单位主要包括西北工业大学、四川大学、西安工业大学、成都工具研究所、山东大学等。本手册的编写参考和引用了国内外许多专家学者的优秀研究成果和文献资料，化学工业出版社的编辑和审校者也付出了艰辛的劳动和辛勤的汗水，在这里表示衷心感谢！

数控加工技术仍在不断发展和完善，同时由于编者知识水平和经验有限，加之编写时间仓促，难免不能充分反映数控加工技术的最新进展，书中的疏漏和不足之处敬请专家和读者批评指正。

张定华

2013年11月



CONTENTS 目录



第 7 篇 数控测量技术

第 1 章 在机测量系统

1.1 在机测量系统概述	7-3
1.1.1 在机测量的概念	7-3
1.1.2 在机测量系统的组成	7-3
1.1.3 在机测量系统的工作原理	7-4
1.1.4 在机测量系统的功能	7-4
1.2 在机测量主要硬件设备	7-5
1.2.1 触发测头	7-5
1.2.2 无线电接收器	7-9
1.2.3 对刀仪	7-9
1.3 在机测量软件	7-13
1.3.1 在机测量软件的特征	7-13
1.3.2 常用商业在机测量软件	7-13
1.4 在机测量方法及步骤	7-16
1.4.1 在机测量使用方法及步骤	7-16
1.4.2 在机测量实施步骤	7-17

第 2 章 三坐标测量机

2.1 三坐标测量机概述	7-18
2.1.1 三坐标测量机定义	7-18
2.1.2 三坐标测量机分类	7-18
2.1.3 选用坐标测量机时应该考虑的因素	7-22
2.2 三坐标测量机的结构	7-24
2.2.1 标尺系统	7-24
2.2.2 导轨	7-24
2.2.3 驱动机构	7-24
2.2.4 直线步进电机	7-25
2.2.5 平衡部件	7-25
2.2.6 附件	7-25
2.2.7 三坐标测量机测头	7-25
2.3 三坐标测量机控制系统	7-26

2.3.1 控制系统的结构	7-26
2.3.2 空间坐标测量控制	7-27
2.3.3 测量进给控制	7-27
2.4 探测系统	7-27
2.4.1 测头	7-27
2.4.2 触发测头	7-32
2.4.3 扫描测头	7-33
2.4.4 光学测头	7-33
2.4.5 测头附件	7-34
2.4.6 分度测座	7-34
2.4.7 常用探测系统	7-34
2.5 坐标测量软件	7-38
2.5.1 坐标测量软件功能	7-39
2.5.2 选择测量软件需要考虑的要素	7-39
2.5.3 测量编程的几种模式	7-39
2.6 测头半径补偿	7-40
2.6.1 二维补偿技术	7-40
2.6.2 三维补偿技术	7-40
2.6.3 三维补偿的计算	7-41
2.7 坐标测量机测量路径规划	7-41
2.7.1 平面形状的规划路径的设计	7-42
2.7.2 自由曲面的测量规划技术	7-42
2.7.3 曲面测量区域划分规则	7-43
2.7.4 测量路径的生成方法分类	7-44
2.7.5 测量路径规划策略	7-44
2.7.6 常用曲面测量路径规划方法	7-45
2.8 三坐标测量机坐标系的建立	7-47
2.8.1 坐标系的建立	7-47
2.8.2 建立零件坐标系步骤	7-47
2.8.3 常用的工件坐标系建立方法	7-47
2.8.4 柱坐标与直角坐标系的关系	7-48
2.8.5 球坐标与直角坐标的关系	7-48
2.9 三坐标测量机误差补偿	7-49
2.9.1 三坐标误差补偿分类	7-49
2.9.2 误差补偿的步骤	7-49

2.10	三坐标测量机误差的检定	7-51
2.10.1	几何单项误差的评定	7-51
2.10.2	测头及其附件的误差检测	7-52
2.11	测量机的安装与维护	7-52
2.11.1	测量机安装地点的一般原则	7-52
2.11.2	测量机工作温度和工作湿度	7-52
2.11.3	测量机供气系统	7-53
2.11.4	电气要求	7-53
2.11.5	检定验收环境要求	7-53
2.11.6	测量机维护	7-53
2.12	三坐标测量机的应用实例	7-54
2.12.1	曲面的测量	7-54
2.12.2	齿轮测量	7-57
2.12.3	螺纹的测量	7-58
2.12.4	叶片测量	7-60
2.12.5	叶盘测量	7-61

第 3 章 光学测量

3.1	激光测量	7-63
3.1.1	激光干涉仪	7-63
3.1.2	激光跟踪测量仪	7-67
3.1.3	激光扫描仪	7-72
3.2	白光测量	7-72
3.2.1	摄影测量	7-73
3.2.2	白光干涉测量	7-73
3.2.3	三维白光扫描	7-75
3.3	CT 测量	7-76
3.3.1	工业 CT 原理及组成	7-77
3.3.2	工业 CT 检测流程和软件系统	7-79
3.3.3	射线数字成像系统的类型	7-81
3.3.4	典型应用	7-82
3.4	典型光学测量产品	7-83
3.4.1	3D Camesa 产品	7-83
3.4.2	ATOS 光学扫描仪	7-86
3.4.3	HDI 白光三维扫描仪	7-89
3.4.4	海克斯康 Optigo 白光测量系统	7-91
3.4.5	CoreView 系列软件	7-91
3.4.6	Optiv 复合式影像测量系统	7-91
3.4.7	TESA 轴类零件光学测量仪	7-94

第 4 章 测量对象和测量方法

4.1	测量工具	7-95
4.2	测量方法	7-97
4.2.1	常见的测量	7-97

4.2.2	测量误差	7-101
4.2.3	验收	7-101
4.2.4	测量数值分析	7-102
4.2.5	测量标准	7-103
4.2.6	软件的使用	7-104
4.3	渗氮层检验	7-107
4.3.1	渗氮	7-107
4.3.2	侵蚀剂的选择	7-108
4.4	黏度测量	7-109
4.4.1	平氏黏度计	7-109
4.4.2	芬氏黏度计	7-109
4.4.3	乌氏黏度计	7-109
4.4.4	逆流黏度计	7-110
4.4.5	动能修正	7-110
4.5	硬度测量	7-111
4.6	直线度误差和平面度误差检测	7-111

第 5 章 常用量具量仪

5.1	千分尺	7-113
5.1.1	外径千分尺	7-113
5.1.2	内径千分尺	7-113
5.1.3	公法线千分尺	7-115
5.1.4	深度千分尺	7-115
5.1.5	杠杆千分尺	7-115
5.1.6	螺纹千分尺	7-116
5.2	塞尺与方形角尺	7-117
5.2.1	塞尺	7-117
5.2.2	方形角尺	7-117
5.3	电子数显卡尺	7-118
5.4	卡尺	7-119
5.4.1	游标、带表和数显齿厚卡尺	7-119
5.4.2	游标、带表和数显卡尺	7-120
5.4.3	游标、带表和数显万能角度尺	7-123
5.5	容栅数显标尺	7-124
5.6	量规	7-125
5.6.1	光滑极限量规	7-125
5.6.2	功能量规	7-128
5.6.3	圆锥量规	7-130
5.6.4	圆柱直齿渐开线花键量规	7-135
5.6.5	矩形花键量规	7-139
5.6.6	55°非密封螺纹量规	7-141
5.6.7	电子塞规	7-143
5.6.8	杠杆卡规	7-145
5.6.9	步距规	7-147
5.7	针规与量针	7-147

(GB/T 21948.2—2008)	7-323
6.2.4 数控床身铣床精度检验 (JB/T 8329—2008, GB/T 20958.1—2007)	7-330
6.2.5 数控立式升降台铣床精度检验 (JB/T 9928.1—1999)	7-342
6.3 数控钻床精度检验	7-352
6.3.1 数控立式钻床精度检验 (JB/T 8357.1—2008)	7-352
6.3.2 数控龙门移动多主轴钻床精度检验 (GB/T 25663—2010)	7-356
6.3.3 钻削加工中心几何精度检验 (JB/T 8648.1—2008)	7-362
6.4 数控镗床精度检验	7-371
6.4.1 坐标镗床精度检验 (JB/T 2254.1—2011)	7-371
6.4.2 卧式铣镗床精度检验 (GB/T 5289.3—2006)	7-384
6.4.3 数控仿形定梁龙门镗铣床精度检验 (GB/T 25658.1—2010)	7-396
6.5 齿轮和螺纹加工机床精度检验	7-407
6.5.1 数控异型螺杆铣床精度检验 (GB/T 21947—2008)	7-407
6.5.2 数控小型蜗杆铣床精度检验 (GB/T 25660.1—2010)	7-416
6.5.3 数控弧齿锥齿轮铣齿机精度检验 (GB/T 25662—2010)	7-424
6.5.4 数控滚齿机精度检验 (GB/T 25380—2010)	7-430
6.5.5 数控扇形齿轮插齿机精度检验 (GB/T 21945—2008)	7-439
6.5.6 数控剃齿机精度检验 (GB/T 21946—2008)	7-445
6.6 数控磨床精度检验	7-453
6.6.1 无心外圆磨床精度检验 (GB/T 4681—2007)	7-453
6.6.2 外圆磨床精度检验 (GB/T 4685—2007)	7-460
6.6.3 内圆磨床精度检验 (GB/T 4682—2007)	7-474
6.6.4 龙门导轨磨床精度检验 (GB/T 5288—2007)	7-480
6.6.5 卡规磨床精度检验 (JB/T 3870.1—1999)	7-491
6.6.6 万能工具磨床精度检验 (JB/T 3875.2—1999)	7-498

6.7 组合机床和加工中心精度检验	7-503
6.7.1 加工中心检验条件：卧式和带附加主 轴头机床的几何精度检验（水平 Z 轴） (JB/T 8771.1—1998)	7-503
6.7.2 加工中心检验条件：线性和回转轴 线的定位精度和重复定位精度检验 (GB/T 18400.4—2010)	7-524
6.7.3 精密加工中心检验条件：卧式和带 附加主轴头机床几何精度检验（水平 Z 轴）(GB/T 20957.1—2007)	7-525
6.7.4 精密加工中心检验条件：线性和回 转轴线的定位精度和重复定位精度 检验 (GB/T 20957.4—2007)	7-538

第 7 章 齿轮和齿轮副测量

7.1 齿轮精度	7-539
7.2 齿轮精度的选用	7-552

第 8 章 滚动轴承测量

8.1 向心轴承公差	7-555
8.2 滚动轴承测量和检验的原则及方法	7-566
8.3 滚动轴承通用技术规则	7-567
8.4 推力轴承公差	7-567
8.5 仪器用精密轴承：公制系列轴承的 外形尺寸、公差和特性	7-571
8.6 仪器用精密轴承：英制系列轴承的 外形尺寸、公差和特性	7-574
8.7 滚针滚针轴承外形尺寸和公差	7-581
8.8 振动测量方法：具有圆柱孔和圆柱 外表面的向心球轴承	7-584
8.9 振动测量方法：具有圆柱孔和圆柱 外表面的调心滚子轴承和圆锥滚子 轴承	7-585
8.10 振动测量方法：具有圆柱孔和圆柱 外表面的圆柱滚子轴承	7-585
8.11 径向游隙的测量方法	7-586
8.12 向心轴承定位槽尺寸和公差	7-586
8.13 滚动轴承振动（速度）测量方法	7-589
8.14 滚动轴承振动（加速度）测量方法	7-590
8.15 滚动轴承零件表面粗糙度测量和评定 方法	7-591

参考文献	7-592
------------	-------



第 8 篇 常用数控系统

第 1 章 机械电气设备数控系统

1.1 开放式数控系统	8-3
1.1.1 术语和定义	8-3
1.1.2 ONC 系统体系结构应用示例	8-5
1.1.3 基于现场总线的开放式数控系统 硬件平台应用示例	8-8
1.1.4 可用于 ONC 的实时多任务操作 系统——Linux	8-15
1.1.5 基于虚拟机原理的 ONC 系统的 解决方案	8-20
1.1.6 ONC 系统内部通信协议传输 格式	8-26
1.2 总线接口与通信协议	8-30
1.2.1 术语和定义	8-30
1.2.2 基本要求	8-32
1.2.3 物理层	8-33
1.2.4 数据链路层	8-34
1.2.5 应用层	8-37
1.2.6 用户层行规	8-38
1.2.7 总线安全导则	8-45
1.2.8 数据类型定义	8-46
1.3 通用技术条件	8-47
1.3.1 术语和定义	8-47
1.3.2 技术要求	8-49
1.3.3 试验方法	8-56
1.3.4 检验规定	8-64
1.3.5 包装与储运	8-64
1.3.6 产品质量判定规则与检验项目	8-64
1.3.7 故障判断和计入原则	8-66
1.3.8 可靠性试验	8-66
1.3.9 数控系统功能型分类及定义	8-67
1.4 NCUC-Bus 现场总线应用层协议	8-67
1.4.1 概述	8-67
1.4.2 协议规范	8-70
1.4.3 数据链路层报文格式和服务 类型	8-74
1.4.4 总线连接的建立与管理	8-76
1.4.5 差错检测和恢复	8-77
1.4.6 服务	8-78
1.4.7 设备数据字典和标准设备模型	8-85
1.4.8 服务	8-88
1.5 对客户服务基本要求	8-94
1.5.1 概述	8-94

1.5.2 基本原则及内容	8-94
1.5.3 产品服务	8-95
1.5.4 随行文件的要求	8-96
1.5.5 产品质量保证文件	8-99
1.6 电火花加工机床数控系统可靠性	8-100
1.6.1 定义及术语	8-100
1.6.2 故障	8-100
1.6.3 试验样品及抽样	8-102
1.6.4 试验方案	8-102
1.6.5 试验条件	8-102
1.6.6 试验观测	8-102
1.6.7 故障检修及试验记录	8-103
1.6.8 数据处理	8-103
1.6.9 试验报告	8-103
1.6.10 试验记录表格参考样式	8-104
1.6.11 χ^2 分布分位数表	8-108

第 2 章 Siemens 数控系统

2.1 Sinumerik 840D 数控系统	8-110
2.1.1 Sinumerik 840D 数控系统性能	8-110
2.1.2 Sinumerik 840D 数控系统硬件 结构	8-110
2.1.3 Sinumerik 840D 数控系统的软件 结构	8-110
2.1.4 Sinumerik 840D 数控系统操作 面板	8-110
2.1.5 Sinumerik 840D 数控系统屏幕 划分	8-114
2.1.6 Sinumerik 840D 数控系统开机 步骤	8-114
2.1.7 Sinumerik 840D 铣削编程	8-116
2.2 Sinumerik 810D 数控系统	8-123
2.2.1 Sinumerik 810D 数控系统性能	8-123
2.2.2 Sinumerik 810D 数控系统硬件 结构	8-124
2.3 Sinumerik 802D solution line 数控 系统	8-124
2.3.1 Sinumerik 802D solution line 数控 系统性能	8-124
2.3.2 Sinumerik 802D solution line 数控 系统硬件结构	8-125
2.3.3 Sinumerik 802D solution line 数控 系统编程	8-125
2.4 Sinumerik 802C 数控系统	8-127

2.4.1	Sinumerik 802C 数控系统性能	8-127
2.4.2	Sinumerik 802C 数控系统硬件结构	8-127
2.4.3	Sinumerik 802C 数控系统编程	8-127
2.5	Sinumerik 802C base line 数控系统	8-139
2.5.1	Sinumerik 802C base line 数控系统性能	8-139
2.5.2	Sinumerik 802C base line 数控系统操作面板	8-140
2.5.3	Sinumerik 802C base line 数控系统模拟	8-140
2.5.4	Sinumerik 802C base line 编程实例	8-142

第 3 章 FANUC 数控系统

3.1	FANUC 16i/18i/21i 系列数控系统	8-144
3.1.1	功能及特点	8-144
3.1.2	基本构成及连接	8-145
3.1.3	进给与主轴控制	8-145
3.2	FANUC 0i 系列数控系统	8-146
3.2.1	主要功能及特点	8-146
3.2.2	基本构成	8-146
3.2.3	部件的连接	8-147
3.2.4	机床参数	8-147
3.2.5	FANUC 0i 编程	8-148
3.3	FANUC 0 系列数控系统	8-159
3.3.1	主要功能及特点	8-159
3.3.2	基本构成	8-160
3.3.3	控制单元的连接	8-160
3.3.4	伺服系统的基本配置	8-161
3.3.5	数字伺服有关参数的设定	8-162
3.4	FANUC 0 系列 NC 操作系统	8-163
3.4.1	自动执行程序的操作	8-163
3.4.2	系统试运行和安全功能实现	8-164
3.4.3	零件程序的输入、编辑和存储	8-164
3.4.4	数据的显示和设定	8-165
3.5	FANUC 0 系列 NC 编程系统	8-166
3.5.1	参考点和坐标系	8-166
3.5.2	插补功能	8-166
3.5.3	进给功能	8-169
3.5.4	辅助功能	8-169
3.5.5	程序结构	8-170
3.6	FANUC 数控系统数控编程	8-172
3.6.1	数控车床编程实例	8-172
3.6.2	数控铣床及加工中心编程实例	8-174

第 4 章 FAGOR 数控系统

4.1	FAGOR 8070 数控系统	8-178
4.1.1	FAGOR 8070 数控系统参数	8-178
4.1.2	FAGOR 8070 数控系统硬件结构	8-230
4.1.3	FAGOR 8070 数控系统操作方法	8-232
4.1.4	FAGOR 8070 数控系统编程实例	8-252
4.2	FAGOR 8055 数控系统	8-258
4.2.1	FAGOR 8055 数控系统参数	8-258
4.2.2	FAGOR 8055 数控系统硬件结构	8-295
4.2.3	FAGOR 8055 数控系统操作方法	8-298
4.2.4	FAGOR 8055 数控系统编程实例	8-314
4.3	FAGOR 8035 数控系统	8-320
4.3.1	FAGOR 8035 数控系统硬件结构	8-320
4.3.2	FAGOR 8035 数控系统操作方法	8-325
4.3.3	FAGOR 8035 数控系统编程实例	8-346

第 5 章 广州数控系统

5.1	钻、铣床数控系统	8-351
5.1.1	GSK 980MDc 钻铣数控系统	8-351
5.1.2	GSK 990MA 铣床数控系统	8-354
5.1.3	GSK 980MDa 钻铣床数控系统	8-357
5.2	加工中心数控系统	8-359
5.2.1	GSK 983 一体化系列数控系统	8-359
5.2.2	GSK 218M 加工中心数控系统	8-362
5.2.3	GSK 218MC 系列加工中心数控系统	8-366
5.2.4	GSK 25i 铣床加工中心数控系统	8-366
5.3	车床数控系统	8-369
5.3.1	GSK 928TE II 车床数控系统	8-369
5.3.2	GSK 980TB2 车床数控系统	8-370
5.3.3	GSK 980TA2 车床数控系统	8-372
5.3.4	GSK 928TEa 车床数控系统	8-375
5.3.5	GSK 98T 车床数控系统	8-377
5.3.6	GSK 988T 车床数控系统	8-378
5.3.7	GSK 980TDb 车床数控系统	8-382
5.3.8	GSK 980TDc 车床数控系统	8-384

5.3.9	GSK 981T 车床数控系统	8-387
5.3.10	GSK 928TCa 车床数控系统	8-390
5.3.11	GSK 980TA1 车床数控系统	8-392
5.3.12	GSK 928TC-2 车床数控系统	8-395
5.3.13	GSK 928TC 车床数控系统	8-396
5.3.14	GSK 928TB 车床数控系统	8-396
5.4	磨床数控系统	8-399
5.4.1	GSK 928GE 外/内圆磨床数控系统	8-399
5.4.2	GSK 928GA 平面磨床数控系统	8-401

第 6 章 华中世纪星数控系统

6.1	华中世纪星数控系统概述	8-404
6.1.1	华中世纪星数控系统简介	8-404
6.1.2	华中数控系统的功能特点	8-404
6.1.3	华中数控系统的开放性	8-405
6.2	世纪星 HNC-21/22T 车床数控系统	8-405
6.2.1	操作面板介绍	8-405
6.2.2	主轴功能、进给功能和刀具功能	8-406
6.2.3	手动操作	8-406
6.2.4	数据的设置	8-408
6.2.5	程序编辑、管理、运行	8-409
6.2.6	图形的显示	8-409
6.2.7	简单循环、复合循环	8-412
6.2.8	加工实例	8-412
6.3	世纪星 HNC-21/22M 铣床(加工中心)数控系统	8-417
6.3.1	操作面板介绍	8-417
6.3.2	开机、关机、急停、复位、回机床参考点、超程解除	8-417
6.3.3	手动操作	8-417
6.3.4	数据的设置	8-419
6.3.5	程序编辑、管理、运行	8-420
6.3.6	模拟显示	8-423
6.3.7	固定循环	8-423
6.3.8	加工实例	8-425
6.4	世纪星 HNC-18i/18xp/19xp 系列数控系统	8-426
6.4.1	系统功能描述	8-426
6.4.2	HNC-18iT/18xpT/19xpT 车削系统	8-428
6.4.3	HNC-18xpM/19xpM 铣削系统	8-431

第 7 章 三菱数控系统

7.1	三菱数控系统概述	8-436
7.1.1	三菱数控系统简介	8-436
7.1.2	三菱数控系统的功能特点	8-436
7.1.3	三菱数控系统的技术特点	8-438
7.2	M700V/M70V 系列(L 系)数控系统	8-439
7.2.1	操作面板介绍	8-439
7.2.2	最小指令单位	8-439
7.2.3	程序结构	8-440
7.2.4	位置指令	8-446
7.2.5	插补功能	8-450
7.2.6	进给功能及暂停	8-455
7.2.7	辅助功能	8-462
7.2.8	主轴及刀具功能	8-463
7.2.9	刀具偏置功能	8-470
7.2.10	坐标系设定功能	8-474
7.3	M700V/M70V 系列(M 系)数控系统	8-479
7.3.1	坐标系与控制轴	8-479
7.3.2	最小指令单位	8-480
7.3.3	程序构成	8-481
7.3.4	位置指令	8-488
7.3.5	插补功能	8-491
7.3.6	进给功能	8-497
7.3.7	暂停	8-504
7.3.8	辅助功能	8-504
7.3.9	主轴与刀具功能	8-506
7.3.10	刀具补偿功能	8-508
7.4	E60/E68 系列(L 系)数控系统	8-515
7.4.1	操作面板介绍	8-515
7.4.2	数据格式	8-517
7.4.3	输入指令单位	8-521
7.4.4	位置指令	8-523
7.4.5	插补功能	8-530
7.4.6	进给功能	8-538
7.4.7	辅助功能	8-543
7.4.8	主轴与刀具功能	8-544
7.4.9	刀具偏移功能	8-550
7.4.10	坐标系设定功能	8-553

参考文献 8-558

索引 I-1

第 7 篇

数控测量技术



主 编 曹 岩 杜 江

副主编 蔺小军 黄魁东 程云勇 杨艳丽 李建华

主 审 张金泉

第 1 章 在机测量系统

随着现代机械制造技术向高精度、智能化、高速化发展,数控机床的线性精度和几何精度也越来越高,控制器的功能越来越强大,这使得人们可以利用机床本身配以测量系统来实现对加工工件的在线测量,或刀具自动测量及检测。使用测头系统的智能化功能使人工完成的工件定位、试切、刀具磨损、破损检测所消耗的机床准备时间减少了 90% 以上,有效提高了机床的工作效率,使零件在加工过程中的质量处于被控制的状态,提高了加工过程的自动化、智能化的程度,使废品的发生率接近于零。

1.1 在机测量系统概述

在机测量系统正协助越来越多的企业和研究院所减少废品、解决疑难问题并进而提高了制造的效率。越来越多的机床开始在数控机床上补充和增加在机测量系统,以挖掘和发挥数控加工最大的加工潜能;在机测量为常规测量提供了良好补充。

1.1.1 在机测量的概念

在机测量 (Measurement on Machine) 是指当工件位于机床工作台上时,利用安装在机床主轴上的测头,通过在机测量软件或者专业的测量宏程序驱动机床直接对加工工件实施工序间的测量,实现对工件加工制造实时的、在线的过程控制。

在机测量是以机床硬件为载体,附以相应的测量工具,在工件加工过程中,实时在机床上进行几何特征的测量,根据检测结果指导后续工艺的改进。

1.1.2 在机测量系统的组成

在机测量系统包括具有测量功能的数控设备、数据传输与误差补偿软件和尺寸与误差计算软件。在机

测量系统的核心是数控设备与测头系统的通信以及测点坐标的传输。目前,机床测头多为接触式,按信号传输方式又可分为硬线连接式、感应式、光学式和无线电式四类。

在机测量系统的系统结构如图 7-1-1 所示。

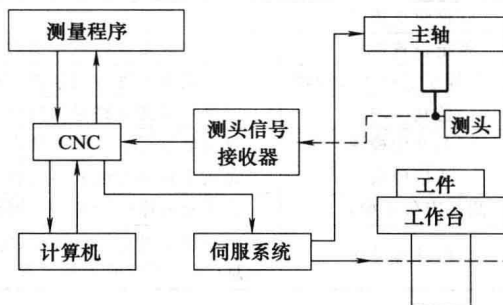


图 7-1-1 在机测量系统的系统结构

在机测量系统由硬件部分和软件部分组成。

硬件部分如图 7-1-2 所示,通常由如表 7-1-1 所示五部分组成。

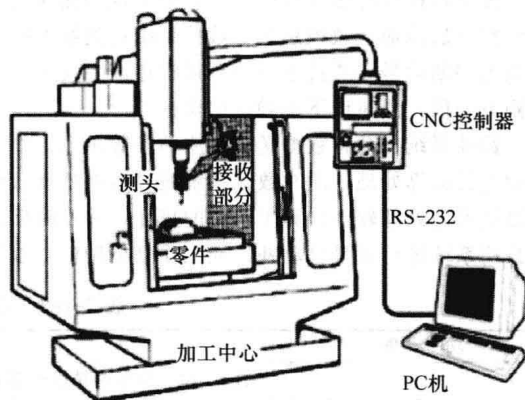


图 7-1-2 在机测量系统硬件部分

表 7-1-1 硬件部分的组成

硬件组成部分	作 用
机床本体	机床本体是实现加工、检测的基础,其工作部件是实现所需基本运动的部件,它的传动部件的精度直接影响着加工、检测的精度
数控系统	目前数控机床一般都采用 CNC 数控系统,数控加工、插补运算以及机床各种控制功能都通过程序来实现。计算机与其他装置之间可通过接口设备连接,当控制对象或功能改变时,只需改变软件和接口。CNC 数控系统一般由中央处理器和输入输出接口组成,中央处理器又由存储器、运算器、控制器和总线组成

续表

硬件组成部分	作 用
伺服系统	伺服系统是数控机床的重要组成部分,用以实现数控机床的进给位置伺服控制和主轴转速(或位置)伺服控制。伺服系统的性能是决定机床加工精度、测量精度、表面质量和生产效率的主要因素
测量系统	测量系统由接触触发式测头、信号传输系统和数据采集系统组成,是数控机床在机测量系统的关键部分,直接影响着在机测量的精度
计算机系统	在机测量系统利用计算机进行测量数据的采集和处理、检测数控程序的生成、检测过程的仿真及与数控机床通信等功能

软件由表 7-1-2 所示的 7 个模块组成。

表 7-1-2 软件部分的组成

软件组成模块	作 用
系统设置模块	主要完成对软件系统参数的设置,如测头型号、测杆长度、宝石球直径等参数的设置
测量主程序自动生成模块	主要完成零件待测信息的输入,生成检测主程序
仿真模块	主要完成测量路径与检测过程、测头碰撞干涉检查的仿真
误差补偿模块	对测量过程中所产生的误差进行补偿,提高测量精度
通信模块	完成主程序与被调用宏程序的发送及测量点坐标信息的接收
测量宏程序模块	实现宏程序的管理和内部调用。主模块要实现对宏程序的查找、增添、修改及删除等操作
数据处理模块	对测量点坐标进行补偿,完成各种尺寸及精度计算。通过打开测量数据文件,获得测量点坐标信息,经过相应的运算过程获得最终结果

1.1.3 在机测量系统的工作原理

数控设备上利用触发式测头进行自动检测时,测头接触工件的瞬间都发出一个 TTL 输出信号,通过信号传输器用有线方式或无线方式传送至控制器接口,控制器接口将触发时产生的带有不规则振荡的信号经整形后传输至数控系统,数控系统接到触发信号后发出中断信号,通过指令使测量程序产生跳步,跳转到下一段,同时记下接触点的坐标。

数控系统自动将数据送至相应的参数单元,作为变量进行运算处理,此时数控系统通过数据处理软件和测量误差处理软件计算出工件的尺寸,并及时反馈回数控系统进行刀具自动补偿或工作坐标调整,以保

证工件的加工精度。系统中将被测工件安装在工作台上,并利用工作台的回转运动完成测试中的旋转运动。在此基础上,设计了由测试导轨、微调对正机构、精密测量元件、计算机等组成的附加测量装置。

将测量装置安装在机床刀架上,并用刀架的垂直、径向运动和刀架的转动实现测量装置的位置调整。最终构成了由大型精密机床和附加测量装置组成的完整的一体化测量系统,从而实现了工件的在机测量。

在机测量系统的工作原理如图 7-1-3 所示。

1.1.4 在机测量系统的功能

在机测量系统的功能如表 7-1-3 所示。

表 7-1-3 在机测量系统的功能

功 能	说 明
加工坐标系精度补偿	通常,加工坐标系精度全部依赖工件在工装上的定位精度,由于人为操作误差及工装本身精度等原因,加工坐标系的精度并不是很可靠,所以在加工之前,应用在机测量系统精确建立坐标系,并据此回补机床的加工坐标系,将为良好的加工质量奠定基础
刀具状态的检测	对刀具状态的检测也称为“对刀”,是利用设置在机床工作台面上的测量装置(对刀仪),对刀库中的刀具按事先设定的程序进行对刀测量,然后与既定值进行比较后作出判断。同时,通过对刀具的检测也能实现对刀具磨损、破损或安装型号正确与否的识别
机床加工参数的设定	通过在机测量间接或直接地获取加工中心在执行下道工序时最合适的加工参数,从而可大大提高工件的制造质量。确保正确的加工状态:工件、夹具的找正和补偿
工装状态监测	工装的状态严重影响工件的定位精度,所以利用在机测量技术验证工装的精度是大批量生产线常采用的手段。在一道工序完毕后,或者在所有工序都已完成后对工件进行自动测量,即直接在机床上实施对制成品的检验,是机内在机测量的又一种功能。此时,相当于把一台坐标测量机移到了机床上,显然,这能大大减少脱机测量的辅助时间,降低质量成本。事实上,如今这种在机测量功能也确已十分强大,除了可进行各种几何元素的快速检测外,利用专门开发的软件还能完成脱机编程,通过在电脑中模拟,还可避免在机测量中可能发生的干涉、碰撞等现象

续表

功 能	说 明
关键特征工序控制测量	当工件原料昂贵、难以加工或其他原因需要控制废品率,或者新产品新工艺处于验证阶段,急需最快速的验证手段以缩短研发周期时,可以对工序中的某些关键特征进行在机测量,实时指导下一道工序加工,提高加工质量,同时免除使用其他非在机测量手段导致的工件搬运成本、工期时间浪费以及工件再次返工时带来的重定位累积误差

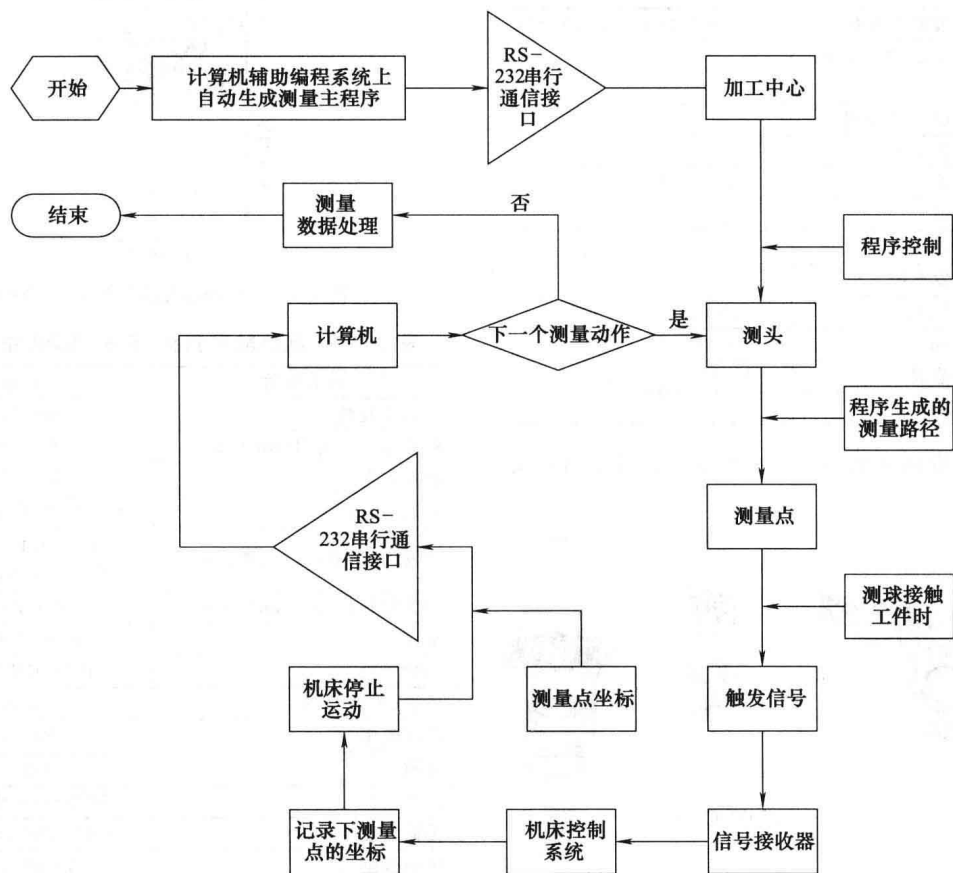


图 7-1-3 在机测量系统的工作原理

总而言之,在机测量为常规测量提供了良好补充,解决客户的疑难并进而提高了制造的效率。越来越多的机床用户开始在其数控机床上补充和增加在机测量系统,以挖掘和发挥数控加工最大的加工潜能;在机测量系统正协助越来越多的企业减少废品。在机测量是常规测量的有效补充,比常规测量具有实时性、互动性、普及性。

1.2 在机测量主要硬件设备

在机测量系统是由测头及其附件组成的系统,测头是在机测量探测时发送信号的装置,它可以输出开关信号,亦可以输出与探针偏转角度成正比的比例信号,它是在机测量的关键部件,测头精度的高低很大

程度决定了在机测量的测量重复性及精度;不同零件需要选择不同功能的测头进行测量。

1.2.1 触发测头

触发测头又称为开关测头。测头的主要任务是探测零件并发出锁存信号,实时地锁存被测表面坐标点的三维坐标值。触发测头一般发出的为跳变的方波电信号,利用电信号的前缘跳变作为锁存信号,由于前缘信号很陡,一般为微秒级,因此保证了锁存坐标值的实时性。

1. 红外触发测头

红外触发测头是接触式测头。当测头触及工件表面时,测针偏斜,触发信号实时传输到红外线接收器中。该接收器将光信号转换成电信号,并传递到控制