



“数控一代”

案例集 (安徽卷)

中国机械工程学会
安徽省机械工程学会

编著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

Cases of CNC
Machinery
Equipment

“数控一代” 案例集 (安徽卷)

中国机械工程学会
安徽省机械工程学会

编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目（CIP）数据

“数控一代”案例集. 安徽卷 / 中国机械工程学会, 安徽省机械工程学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2016.11

ISBN 978-7-5046-7259-9

I. ①数… II. ①中… ②安… III. ①机械工业—技术革新—案例—安徽 IV. ①F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 249289 号

策划编辑	赵 晖 郭秋霞
责任编辑	郭秋霞 赵 晖
版式设计	中文天地
责任校对	杨京华
责任印制	张建农

出 版	中国科学技术出版社
发 行	中国科学技术出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-62173865
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	310千字
印 张	15.5
版 次	2017年1月第1版
印 次	2017年1月第1次印刷
印 刷	北京市凯鑫彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-7259-9 / F·823
定 价	118.00元

（凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换）

编写组织机构

指导委员会

主任：邵新宇

副主任：陈学东 宋天虎 陆大明 魏军锋

委员：罗平 王冰 田万龙

编写委员会

主任：陈学东

副主任：王冰 刘成刚 王玲 缪云

委员：	裴世聪	陈顺利	杨阿锋	黄昌安	吴玉国	陶国兵
	阚宏琳	柯烈强	李贵闪	周志江	许其宝	曹志明
	文长明	孟凡纪	刘新山	秦丹丹	董方方	韩江
	陈彬	邓玉娟	伍小平	杨文江	伊丽莉	程松贵
	邢汶平	王瑞	王淑旺	周哲波	吴怀利	孙伦业
	郭海涛	周金华	龚志龙	杨自祥	翟光楠	陈瑞
	邱世平	李肿肿	汪明柱	刘根瑞	朱庆生	尹化保
	黄少杰	谢云	朱鸣飞	周世龙	曹剑	栾大凯
	顾梦元	陈江	钟永刚	刘永华		

总 序

实施“中国制造 2025”，加快我们国家从制造大国迈向制造强国，要以科技创新为主要驱动力，以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线，以推进智能制造为主攻方向。

智能制造——数字化网络化智能化制造是新一轮工业革命的核心技术，是世界各国全力争夺的技术制高点，为中国制造业结构优化和转变发展方式提供了历史性机遇，成为中国制造业“创新驱动、由大到强”的主攻方向。

制造业创新发展的内涵包括三个层面：一是产品创新；二是生产技术创新；三是产业模式创新。在这三个层面上，智能制造——数字化网络化智能化制造都是制造业创新发展的主要途径：第一，数字化网络化智能化是实现机械产品创新的共性使能技术，使机械产品向“数控一代”和“智能一代”发展，从根本上提高产品功能、性能和市场竞争力；第二，数字化网络化智能化也是生产技术创新的共性使能技术，将革命性地提升制造业的设计、生产和管理水平；第三，数字化网络化智能化还是产业模式创新的共性使能技术，将大大促进服务型制造业和生产性服务业的发展，深刻地变革制造业的生产模式和产业形态。

机械产品的数控化和智能化创新具有鲜明的特征、本质的规律，这种颠覆性共性使能技术可以普遍运用于各种机械产品创新，引起机械产品的全面升级换代，这也是“数控一代”和“智能一代”机械产品这样一个概念产生的缘由和根据。

2011 年年初，18 位院士联名提出了关于实施数控一代机械产品创新工程（简称“数控一代”）的建议，中央领导同志高度重视、亲切关怀，科技部、工业和信

息化部、中国工程院联合启动了数控一代机械产品创新应用示范工程，其战略目标是：在机械行业全面推广应用数控技术，在10年内，实现各行各业各类各种机械产品的全面创新，使中国的机械产品总体升级为“数控一代”，同时也为中国机械产品进一步升级为“智能一代”奠定基础。

4年来，全国工业战线的同志们团结奋斗，用产学研政协同创新，数控一代机械产品创新应用示范工程进步巨大、成就卓著，在全面推进智能制造这个主攻方向上取得了重大突破。

中国机械工程学会是实施数控一代机械产品创新应用示范工程的一支重要推动力量。4年来，学会发挥人才优势和组织优势，动员和组织学会系统包括各省区市机械工程学会和各专业分会的同志们广泛参与，着重于推动数控一代工程在各行各业各区域各企业的立地和落实，为企业产品创新助力、为产业技术进步服务。在这个过程中，学会重视发现典型、总结经验，形成了《“数控一代”案例集》。

《“数控一代”案例集》总结了典型机械产品数控化创新的丰硕成果，展示了各行业各区域各企业实施创新驱动发展战略的宝贵经验，覆盖面广、代表性强，对于实现中国机械产品的全面创新升级有着重要的借鉴与促进作用。

衷心祝愿《“数控一代”案例集》持续推出、越办越好，助百花齐放、引万马奔腾，为数控一代机械产品创新应用示范工程的成功、为“中国制造2025”的胜利、为实现中国制造由大变强的历史跨越做出重要贡献。

周济

2015年4月

前言

安徽省机械工业经过了新中国成立以来 60 多年的发展，特别是改革开放以来 30 多年的发展，发生了巨大的变化，在经济总量、技术水平、产品品牌、产品质量等方面都有巨大的提升。2015 年，全省机械工业规模以上企业超过 4146 家，工业总产值 9748 亿元，出口额 451.75 亿元。以智能装备为主的高端装备增长占全行业经济总量的 30%，汽车、工程机械、锻压装备、数控机床、电工电器、基础零部件等优势产业发展势头强劲，产业结构明显优化，自主创新产品不断增多，已经形成门类齐全、规模较大的产业体系。目前，全省机械工业总产值、实现利税、出口创汇已占到全省工业约四分之一，成为全省最有发展前途的支柱产业之一，在全国机械行业中经济总量位居前 10 位，成为国内重要的机械工业制造基地。但由于安徽机械工业发展基础薄弱，与兄弟省市的机械工业相比，无论在研发投入还是技术水平，无论是产品质量还是品牌形象，无论是自主创新能力还是两化融合深度，都存在较大的差距。尤其是在机械产品的数字化网络化智能化程度方面急需加快发展。为此，需要抓住国家实施创新驱动发展战略及“中国制造 2025”战略机遇，促进安徽省机械工业的创新发展。

当前，安徽省机械工业面临着新一轮科技革命和产业变革到来的新形势，首要的任务是紧紧抓住这一历史机遇，着力推进两化深度融合，大力实施“数控一代”机械产品创新应用示范工程，同时培育研发新一代数字化装备，促进机械产品的升级换代，从整体上推动安徽省机械工业的转型升级。在实施“数控一代”机械产品创新应用示范工程的过程中，很多企业主动作为、积极行动，开发了一批满足市场需求，经济适用的通用和专用数控系统及伺服驱动装置，集成创新了

一批典型的数控装备，实现了规模化批量生产。使企业装备数控化水平得以提升，核心竞争力得以增强，经济效益和社会效益得以提高。涌现的许多典型案例得到社会广泛认可。

为了将这些案例和取得的科技成果加以总结及推广应用，我们组织编写了《“数控一代”案例集（安徽卷）》，全卷收录了典型案例 36 项。主要包括金属加工机械、锻压机械、数控系统及应用、汽车制造装备及自动化生产线、轻工机械、家电成套装备及生产线、基础零部件和基础工艺、搬运机械、智能分选装备、电工电器等十大类。这本案例集集中反映了近年来安徽省机械行业在数控技术应用上的示范成果，也是对实施“数控一代”机械产品创新应用示范工程的科学总结，展现了安徽省机械行业在数控装备和智能制造领域的发展和技术进步。

制造业的数字化网络化智能化将推动安徽省机械产品迈向中高端，实现安徽省机械工业做强做优做大，《“数控一代”案例集（安徽卷）》的出版发行，必将为安徽实现“中国制造 2025”战略目标而贡献一份力量。

《“数控一代”案例集（安徽卷）》编写委员会

2016 年 10 月

目录

CONTENTS

金属加工机械

- 案例 1 数控双轴卧式加工中心机的研发 / 1
- 案例 2 小型钻铣加工中心机的研发 / 7
- 案例 3 数控大型轧辊中心孔机床装备 / 13
- 案例 4 磨床上下料机器人及智能装备 / 19

锻压机械

- 案例 5 数控伺服液压机 / 25
- 案例 6 全自动 AT 轨跟端成型生产线 / 31
- 案例 7 超大吨位数控折弯机研发与产业化 / 37
- 案例 8 数控技术在复合材料热模压成套设备中的应用 / 43

数控系统及应用

案例 9 五轴联动 RTCP 功能软件的研发及应用 / 49

案例 10 分布式太阳能光伏电站数字化驱动系统 / 57

案例 11 启明星全数字交流伺服数控系统的研发 / 63

案例 12 编码器信号数字化处理装置的研发及应用 / 71

案例 13 基于工业实时以太网和现场总线的 PLC 开发及应用 / 77

案例 14 高性能多轴联动数控系统研发及应用 / 85

案例 15 大型装备健康智能服务系统 / 93

汽车制造装备及自动化生产线

案例 16 乘用车工厂自动化系统在汽车行业的应用 / 99

案例 17 汽车发动机智能制造数字化车间 / 105

案例 18 数字技术在全自动喷涂机器人系统中的应用 / 111

案例 19 双离合自动变速器（DCT）智能装测生产线 / 119

案例 20	汽车白车身智能机器人焊装生产线	/ 125
-------	-----------------	-------

轻工机械

案例 21	基于网络平台的 SH300 型骑马装订联动机的研发	/ 133
-------	---------------------------	-------

案例 22	新型数字化环保纸杯成型设备的研发	/ 139
-------	------------------	-------

案例 23	数控技术在易拉罐灌装生产线上的应用	/ 147
-------	-------------------	-------

案例 24	数字化技术在一次性卫生用品自动化生产设备上的应用	/ 155
-------	--------------------------	-------

案例 25	S 橡筋施加装置的研发	/ 161
-------	-------------	-------

家电成套装备及生产线

案例 26	数字化家电不锈钢钣金覆盖件快速成形柔性装备	/ 167
-------	-----------------------	-------

案例 27	数字化 TOX 铆接技术在滚筒洗衣机生产上的应用	/ 173
-------	--------------------------	-------

基础零部件和基础工艺

案例 28	数字液压泵的研发与应用	/ 179
-------	-------------	-------

- 案例 29** 数控伺服油缸及其在工程机械中的应用 / 185
- 案例 30** 多路阀数字化智能测试系统 / 191
- 案例 31** 数控技术在全自动潮膜砂铸造生产线的应用 / 197
- 案例 32** 智能高效铸件自动打磨设备的研发与应用 / 203

搬运机械

- 案例 33** 数控技术在叉车变速箱生产线中的应用 / 209

智能分选装备

- 案例 34** 数控技术在智能分选设备的应用 / 215

电工电器

- 案例 35** 直线电机伺服运动数控系统的研发及其应用 / 221
- 案例 36** 双 PWM 网络型伺服驱动器的研发及应用 / 227

案例

1

数控双轴卧式加工中心机的研发

安庆鸿庆精机有限公司

数控双轴卧式加工中心机是一款高速、高精加工切削设备，主要用于手机外壳的侧面钻铣孔加工。它采用双轴加工，可提高加工效率，节约人力成本，该设备配合机械手和自动上下料系统，可以实现制程无人化、自动化，从而带来显著的经济效益。

一、导言

在我国全面实施“中国制造 2025”的大好形势下，传统的制造业正在向数字化、网络化、智能化方向发展，为适应市场发展的需要，安庆鸿庆精机有限公司研发了双轴卧式加工中心机，该数控加工中心机结构采用对卧式三轴系统，通过双通道数控系统对两套三个直线运动及一套旋转工作台实现七轴双三联动，工件在旋转工作台上经一次装夹后，双通道数控系统控制机床根据不同的加工工序，自动选择及更换刀具，自动改变机床主轴转速、进给速度和刀具相对工件的运动轨迹及其辅助功能，实现同时对工件两面进行铣削、钻孔、镗孔、铰孔、攻牙等多任务序的高效率加工，该数控加工中心机适合手机外壳、箱体类、异形复杂机构件和精度要求高的产品批量生产，特别是需要加工两个面或四个面的零件，可极大地提高此类零件的加工效率，虽是专用机开发，但通用性较强，应用范围广，适合于切削、研磨、钻铣孔等精密加工作业，配备油温冷却机对主轴进行冷却，配备高过滤精度高压切削液过滤系统，配合机械手和自动上下料系统，可以实现制程无人化，进一步节约人力成本。

二、双轴数控卧式加工中心的研发

数控双轴卧式加工中心机主要有数控系统、对卧式叠加三轴机构、主轴、双独立刀库、冲水过滤系统、分割器转台等部分组成。

1. 数控系统

数控系统为数控机床的重要组成部分，它包括面板、控制器、驱动器等，数控系统主要用于驱动三轴系统、主轴和分割器转台上的伺服电机，通过程控，按照程序完成各个指令的动作，实现三轴机构的直线运动和主轴、分割器转台的旋转，从而通过夹持在主轴上的刀具的高速旋转来实现对工件的钻、铣加工（图 1）。

数控双轴卧式加工中心机的数控系统具有多规格性。与其他设备厂商一般采用一种型号机台配一个品牌数控系统的做法不同，数控双轴卧式加工中心机有四种品牌数控系统可供客户选择（FOXNUM、SIEMENS、FAINTEC、FAGOR）。用于固定数控系统的钣金件同时设计、研发，客户可根据自己的使用偏好选择任一数控系统安装，四种系统的安装、调试时间相差不几，可在最短时间满足客户对不同系统的需求。

除了数控系统的多规格型号，数控系统在双轴卧式加工中心机上应用的最大亮点是一套数控系统可同时驱动左右两个三轴系统的运行和各自主轴的高速旋转，两套三轴系统互不影

响，可实现各自的换刀、切削作业，从而大大提高加工效率。

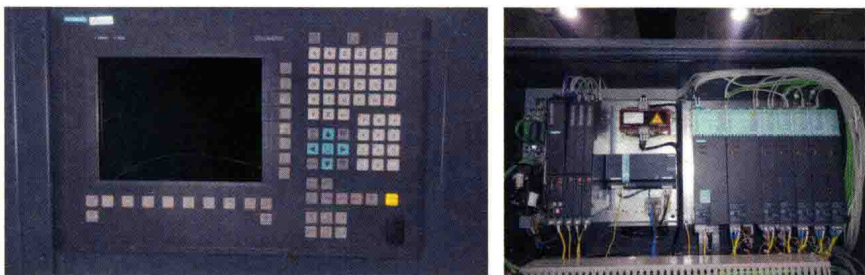


图 1 数控系统控制面板及控制器

2. 对卧式三轴叠加机构

对卧式三轴叠加机构为整个数控双轴卧式加工中心机最重要的机构组件，对卧式三轴叠加也是其最显著的特点。传统的卧加机床一般为单组三轴叠加，而数控双轴卧式加工中心机采用两组三轴叠加并采用对卧式安装于底座，双通道数控系统驱动三轴系统的各个电机运行，带动主轴在前后、上下、左右方向的运动和分割器转台的旋转，一次装夹工件后，实现对工件不同面的同时加工。两组三轴系统同时运行，相当于两台单轴数控机床同时在加工，极大地提高了加工效率。而且，相对于两台单轴加工机来说省下来 1/3 的占地空间，使客户在有限的空间内可放置更多数量的机床，提高车间的单位面积利用效率。

数控双轴卧式加工中心机三轴主体结构为铸件，可保证其高精密和高抗震性，相对于其他材质（如大理石材质），使用材料更为普遍、价格更低、使用寿命长、维修周期明显延长；制造过程相对环保，并且报废后可重复利用，符合绿色发展、重复利用要求。

3. 主轴

数控双轴卧式加工中心机有两个主轴，分别安装在左右三轴机构的 Z 轴，主轴夹持刀具高速旋转对工件进行除料加工，通过控制气体压力的有无来实现主轴的松、夹刀，通过数控系统控制电流的通断来和大小来调整主轴的转速，可实现 0 ~ 36000 rpm 的无级变速，满足各种工艺加工要求，主轴与刀库的配合可实现自动换刀，大大缩短换刀时间，提高加工效率。

在大多数企业普遍使用最高速度小于 18000 rpm 主轴的情况下，数控双轴卧式加工中心机顺应趋势发展，率先采用最高转速为 36000 rpm 的电主轴，满足了数控双轴卧式加工中心机高速、高效加工的需求。

数控双轴卧式加工机所配主轴具有高扭矩输出和 1.5s 从 0 加速至 30000 rpm 的启动和停止时间，出机前进行严格动平衡调整，在频繁换刀的工作环境中拥有超乎预想的效率表现。

4. 双独立刀库（图 2）

数控双轴卧式加工中心机的刀库为左右双独立刀库，两侧刀库为左右对应主轴储存和提供刀具。数控双轴卧式加工中心机的刀库主要由凸轮分割器、电机、刀盘等组成，电机驱动刀盘的旋转，将刀具运动至换刀位置，供主轴更换刀具。刀库容量大，每个刀库最多可容纳 18 把刀。加工前根据每个工位的刀具使用要求将使用的全部刀具预置在刀盘上，加工过程中需更换刀具的时候，主轴按照默认的程序将使用后的刀具放置在刀盘上，然后运行至换刀点，伺服马达带动凸轮分割器旋转，凸轮分割器带动刀盘的旋转，将对应刀具旋转至换刀点，主轴抓取下个工序需使用的刀具，实现自动换刀功能。伺服马达转速为 3000 rpm，刀盘旋转速度快，保证换刀速度在 4s 以内，可大量节约人工换刀时间，提高效率。

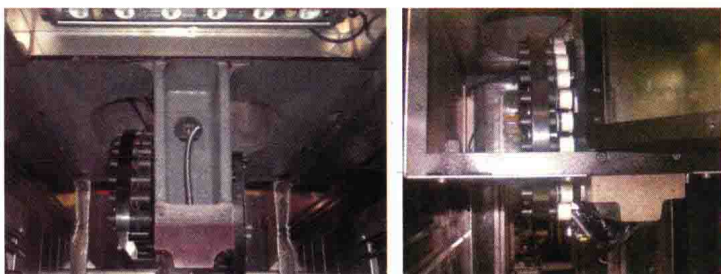


图 2 双独立刀库

5. 冲水过滤系统

数控双轴卧式加工中心机的冲水过滤系统主要由水箱、水泵、管路等组成，水箱储存及提供循环切削液，水泵将切削液抽至机台内部，对刀具及加工件等进行冷却，然后切削液流淌至水箱，切削液循环使用。

数控双轴卧式加工中心的冲水过滤系统放弃了传统的单只低压水泵供水方式，采用了高低压水泵结合的方式来实现冷却水循环，此高低压水泵结合的供水循环系统，可更有效地对刀具及在加工零件进行冷却，其具有以下主要特点：

- 1) 在出口处提供更高压力，在 40L/MIN 流量下，压力可达 0.7MPa；
- 2) 切削液过滤精度更高，达 20 μm ；
- 3) 可不停机对过滤器滤芯进行清洗更换，大量节约停机更换滤芯的时间；
- 4) 高压水泵使管路堵塞现象大大减少，从而减少水泵的故障率，从而提高了效率并减少了更换零配件的花费。

6. 分割器转台

如图 3，双轴卧式加工中心机的工作台为分割器转台的形式，治具固定于分割器转台，

待加工工件固定于治具。

对于需要加工不同表面的工件，可以在一次装夹后，旋转分割器转台从而加工不同面上的孔，节约了装夹、重新对刀时间，并避免了多次装夹产生的误差。据统计，此设计相对于多次装夹可使工件的加工效率提高 1 倍。

某些小型钻铣机床采用工作台 + 旋转第四轴的方式设计，从而实现旋转功能，数控双轴卧式加工中心机的工作台与旋转台一体化设计，使结构更加简单，方便维护保养。



图 3 分割器转台

三、经济效益分析

自双轴卧式加工中心机投入市场至今，已累计销售 2500 台，产值超过 20 亿元，实现利润 2 亿元，为国家提供税收 3.4 亿元，经济效益显著。

四、展望

由于双轴卧式加工中心机的网络化、智能化程度不具有明显优势，受加工过程测量等条件限制，在双轴卧式加工中心机的使用过程中，用于智能监控的某些功能并没有得到体现，这主要受制于数控系统的局限性和不够友好的人机界面，企业将加大对研发的投入和引进、培养更多高精尖人才来进一步提高数控系统的网络化、智能化，开发更加友好的人机界面等，未来整个机床的面貌将改变一新，并以此带动其他多种型号机床制造、控制技术的进一步提升。