

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.5 2017
2017年10月
October 2017

主管: 中国机械工业联合会
主办: 中国机床工具工业协会
地址: 北京市西城区莲花池东路102号
天莲大厦16层
邮政编码: 100055
电话: (010) 63345259 传真: (010) 63345699
电子邮箱: wmem@cmtba.org.cn

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 陈惠仁
副主任: 王黎明 毛予锋
编委:

王旭 关锡友 张志刚 龙兴元 马伟良 陈永开
曾 瑜 吴国兴 闫 宁 黄正华 张 波 李金泉
王煊卫 杜琢玉 李 屏 李保民 吴 日 何敏佳
张明智 陈吉红 罗 勇 姜 华 蔚 飞 魏华亮
冷志斌 杨 平

特邀编委:

刘宇凌 李先广 姜怀胜 李维谦 于德海 刘春时
李宪凯 魏而巍 范小会 张自凯 徐宁安 崔瑞奇
徐 刚 吴建民 孙兆达 李志宏 桂 林 汪爱清
王跃宏 张国斌 初福春 王明远 刘庆乐 王兴麟
边海燕 董华根 胡红兵 武 平 肖 明 钟 洪

总编辑: 李华翔

国际标准代号: ISSN 1015-4809

国内统一刊号: CN 11-5137/TH

国内发行: 北京报刊发行局

订阅处: 全国各地邮局

邮发代号: 80-121

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司

地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B

电话: +886 4 23251784

传真: +886 4 23252967

电子邮箱: Jessie@acw.com.tw

广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京博海升彩色印刷有限公司

零售价: 中国内地RMB10.-

中国香港HK\$70.-

其他地区US\$10.-



《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》(理工C辑)、《中文科技期刊数据库(全文版)》全文收录期刊、万方数据-数字化期刊群之中国核心期刊数据库引文期刊

目 录 CONTENTS

2017年第5期(总第152期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

16 2017年1~8月消费品工业运行总体情况等8则消息

特别报道 Special Report

19 中国机床工具工业协会理事会成功换届 张芳丽

21 团结协作 务实创新 扎实工作
——当值理事长龙兴元在第八届会员代表大会上的讲话

22 凝心聚力 奋发有为 砥砺前行
——常务副理事长毛予锋在第八届会员代表大会上的讲话

海外市场 Overseas Market

23 中国机床工具工业协会在EMO 2017展会成功举办新闻发布会 李华翔
CMTBA successfully has held press conference in EMO 2017

24 搭建沟通平台 促进交流合作
——机床协会组团参观EMO 2017 李 雷 李卫青
A report of visiting group organized by CMTBA in EMO 2017

25 机床协会组团参展EMO 2017 李华翔
A report exhibiting group organized by CMTBA in EMO 2017

展品评述 Exhibits Review

26 CMT2017: 数字化 智能化 专业化
——CMT2017观感 李鸿基
CMT2017: digitization, intelligence and professionalization
——View of CMT2017

32 CMT2017国内外五轴联动机床评述 邵 璟
CMT2017 exhibit review of the domestic and international five-axis linkage machine

37 看技术创新变幻 赞中国机床进步
——CMT2017加工中心评述 徐正平
CMT2017 exhibit review of the processing center

Competent Authority: China Machinery Industry
Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders
Association

Add: 16/F., Tianlian Mansion,
102 Lianhuachi East Road,
Xicheng District, Beijing,
100055 P.R. China

Tel: (010) 63345259 Fax: (010) 63345699

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

Edit-Committee Consultants: WU Bai-lin, YU Cheng-ting

President of E-C: CHEN Hui-ren

Vice President of E-C: WANG Li-ming,
MAO Yu-feng

Committeemen:

WANG Xu, GUAN Xi-you, ZHANG Zhi-gang, LONG
Xing-yuan, MA Wei-liang, CHEN Yong-kai, ZENG
Yu, WU Guo-xing, YAN Ning, HUANG Zheng-hua,
ZHANG Bo, LI Jin-quan, WANG Huan-wei, DU Zhuo-
yu, LI Ping, LI Bao-min, WU Ri, HE Min-jia, ZHANG
Ming-zhi, CHEN Ji-hong, LUO Yong, JIANG Hua, YU
Fei, WEI Hua-liang, LENG Zhi-bin, YANG Ping

Specially Invited Committeemen:

LIU Yu-ling, LI Xian-guang, JIANG Huan-sheng,
LI Wei-qian, YU De-hai, LIU Chun-shi, LI Xian-kai,
WEI Er-wei, FAN Xiao-hui, ZHANG Zi-kai, XU Ning-
an, XU Gang, WU Jian-min, SUN Zhao-da, LI Zhi-
hong, GUI Lin, WANG Ai-qing, WANG Yue-hong,
ZHANG Guobin, CHU Fu-chun, WANG Ming-yuan,
BIAN Hai-yan, LIU Qing-le, WANG Xing-lin, DONG
Hua-gen, HU Hong-bing, Wu ping, XIAO Ming,
ZHONG Hong

Chief-Editor: Li Huaxiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO., LTD

Add: 11F-B, No. 540, Sec. 1, Wen Hsin Rd., Taichung, Taiwan

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

- 43 从CIMT2017看FMS柔性制造系统发展和趋势 胡颖斌
Outlook of development and trend of FMS flexible manufacturing system from CIMT2017
- 47 CIMT2017展览会高精度绝对式位移传感器评述 卢国纲
CIMT2017 exhibit review of the high accuracy absolute displacement sensor
- 52 浅谈五轴立式加工中心的新发展 侯延星
Discussion on the new development of five-axis vertical machining center

产品与技术 Products & Technology

- 56 充液成型与内高压成型复合生产线研究 马国礼等
Research on the hydraulic and internal high pressure forming composite production line
- 60 浅谈回转工作台同心度误差、水平回转平面端跳误差和分度精度的重要性 王学新
Discussion the importance of error and accuracy of rotational work concentricity
and horizontal rotation flat end jump
- 62 解析我国先进工艺切削技术的差距与基于可调模型的系统的技术对策 范亚炯等
Analysis on the technology gap of advanced cutting and system engineering
technology countermeasures based on adjustable model
- 67 高强度板材折弯工艺性研究 张永良等
Research on the high strength plate bending
- 73 自动化冲压生产线压机、模具及自动化设备之间关系研究 陈军绪等
Research on relationship of press, mold and automation equipments in automatic
stamping line

相关产业 Correlative Industries

- 76 EMAG KOEPFER HLC 150 H: 高灵活性、低成本的全方位滚齿加工解决方案 埃马克公司
EMAG KOEPFER HLC 150 H: all-around gear hobbing processing solution for high
flexibility and low cost
- 78 融入生产之中 蔡司公司
Integrating into the production
消息 (46、77)
- 61 广告客户索引
Advertisers Index

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

编者的话

在刚刚结束的汉诺威EMO2017展会上，一大批代表世界先进水平的机床工具产品得到了充分展示，与德国工业4.0相关的智能制造技术与产品成为展会的焦点，生动诠释了“互联系统促进智能生产”这一展会主题。中国机床工具工业协会组织相关团组参观考察了本届展会（相关活动内容见本期“特别报道”栏目）。展会上，我们在感叹：当国外机床先进制造企业在智能化的方向上取得一个进步的同时，国内不少企业还在因可靠性问题而备受用户的责难。

当前，随着市场需求的快速变化，我国机床工具行业正处在转型升级的关键发展阶段，而提高国产数控机床的可靠性则是我国数控机床产业升级的当务之急。中国制造2025已经为我们指明了智能化的主攻方向，然而数字化、自动化是智能化的基础，而可靠性又是机床数字化、自动化的基础，所以我们一定要补上“可靠性不高”这一短板。

可靠性的提高是一项系统工程，没有捷径可走，拷贝、模仿等手段均无效，需要企业发扬和倡导工匠精神，通过精细化管理手段，在设计与分析、加工制造、试验手段与规范、管理体系等诸多方面全面提升产品的可靠性。

近几年，我们欣喜地看到，以济南二机床、宁江机床为代表的国产机床企业在提升可靠性方面长久持续发力，取得了良好的经营业绩，为国内企业树立了标杆。未来，随着转型升级的不断深入，我们也坚信这样的企业会越来越多。

本刊编辑部

版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

本刊已许可中国学术期刊（光盘版）电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我社上述声明。



Motion Control and System Technology



仿冒品
请向合格经销商购买

荣获日经Business评选为「全球上市企业综合成长力百大」第5名

荣登福布斯(Forbes)2015全球创新成长百大企业第37名

入选美国NASDAQ股市机器人指数型基金(ROBO-STOX)权重排名TOP 10

工业4.0 优质伙伴

INDUSTRIE 4.0 Best Partner



关节式机器人手臂
Articulated Robot



并联式机器人手臂
Delta Robot



史卡拉机器人手臂
SCARA Robot



2001~2017连续17年荣获台湾精品金银质奖



滚珠丝杠
Ballscrews



直线导轨
Linear Guide



单轴机器人
Single Axis Robot



晶圆机器人
Wafer Robot



直驱马达回转工作台
Direct Drive Rotary Table



下肢康复训练机
Robotic Gait Training System



直线电机
Linear Motor



直驱定位平台
Direct Drive Motor



伺服驱动器
Servo Drive



AC伺服电机
AC Servo Motor

上银科技(中国)有限公司

HIWIN TECHNOLOGIES (CHINA) CORP.
江苏省苏州市苏州工业园区唯新路59号
Tel : (0512) 8068-5599
Fax: (0512) 6579-4105
www.hiwin.cn

HIWIN大陆专属经销商

天津隆创日盛科技有限公司
Tel: (022) 2742-0909

深圳海威机电有限公司
Tel: (0755) 8211-2558

上海诺银机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303

上海玖征机械设备有限公司
Tel: (021) 5978-9980

昆明万辰科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918

河南广原精密机电有限公司
Tel: (0371) 8658-1632

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6667-0809

上海台银机电科技有限公司
Tel: (021) 5480-7108

厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: (0592) 202-1296

金太客传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6690-8988

全球营运总部

上银科技股份有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES CORP.
台湾40852台中市精密机械园区精科路7号
Tel : +886-4-23594510
Fax: +886-4-23594420
www.hiwin.tw
business@hiwin.tw

关系企业

大银微系统股份有限公司
HIWIN MIKROSYSTEM CORP.
台湾40852台中市精密机械园区精科中路6号
Tel : +886-4-23550110
Fax: +886-4-23550123
www.hiwinmikro.tw
business@hiwinmikro.tw

HIWIN海外厂

德国 www.hiwin.de	日本 www.hiwin.co.jp	美国 www.hiwin.com	意大利 www.hiwin.it	瑞士 www.hiwin.ch
法国 www.hiwin.fr	捷克 www.hiwin.cz	新加坡 www.hiwin.sg	韩国 www.hiwin.kr	以色列 www.mega-fabs.com

2017年1~8月消费品工业运行总体情况

生产运行总体平稳。消费品工业增加值同比增长7.6%，高于全部工业0.9个百分点。其中，轻工（不含食品）、纺织、食品、医药和烟草等行业分别增长8.8%、5.1%、7.9%、11.4%和2.5%。

投资增长相对平稳。消费品工业固定资产投资保持低速增长。其中，农副食品加工业、食品制造业、纺织业和医药制造业同比分别增长4.3%、2.4%、6.8%和-0.2%。

重点行业产销率较高。皮革毛皮、羽毛及其制品和鞋业97.6%，家具制造业97.9%，造纸及纸制品业97.6%，体育和娱乐用品制造业98%，农副食品加工业97.8%，食品制造业97.2%，酒和饮料行业96.8%，纺织业98.5%，服装制造业97.3%，化学纤维制造业97.1%，医药制造业94.5%。

出口保持低速增长。消费品工业出口交货值同比增长6.4%，增幅低于全部工业3.9个百分点。其中，轻工（不含食品）、纺织、食品、医药和烟草同比分别增长7.8%、3.7%、5.4%、5.8%和1.8%。消费品工业出口交货值占全部工业的31.6%。

（工信部消费品工业司）

日发成功迈进民航领域，为参与更多航空项目提供了坚实基础



日前，日发空客装配平台项目喜迎首架A330进厂，这是该公司继成功交付贵飞、陕飞、成飞军机项目并获得成飞新机型总装脉动生产线系统集成装配项目后，首次参与的重大国际合作项目。该项目由日发航空数字装备有限责

任公司参与实施，标志着日发精机已成功步入国际民航市场，对进一步在航空航天领域的发展壮大具有深远意义，也为后续探讨新领域合作提供了可能性，为参与更多航空项目提供了坚实基础。

该项目是欧洲空中客车公司与天津保税区及中国航空工业集团公司签约建立空客A330完成及交付中心框架协议的项目，此前三方已在天津保税区成功实施空客A320总装项目。该完成及交付中心将主要负责绿皮飞机接收、客舱安装、飞机喷漆、发动机试车和飞行测试，以及飞机交付和客户接收等环节。日发航空负责研发制造的操作平台，如前段可移动平台、前后舱门平台、机翼平台、液压升降平台等，分别应用于客舱安装、飞机喷漆等相关工作，为高效自动化装配提供了装备保障。

首架A330进厂装配，不仅标志着日发向国际化迈出了坚实一步，同时也极大提升了公司在航空市场的品牌价值和影响力。

江苏恒力引进德国技术制造柔性模块机床

日前，江苏省科技厅委托盐城市科技局在盐城主持召开了项目验收及研讨会，对江苏恒力组合机床有限公司引进德国WEMA VOGTLAND公司技术，生产制造“柔性制造模块机床”及成套技术引进项目进行验收，中国机床工具工业协会秘书长王黎明受邀参会。



随着机床消费的变化，专用机床数控化和数控机床专用化，已成为机床制造企业调整产品结构、满足市场需要的主要发展方向。柔性制造模块机床的主要结构及其制造技术能够满足市场发展要求，因此，引进相关技术制造适用的柔性模块机床具有现实和长远意义。

H P C 系列 柔性 加工 模块 成套 技术 , 是 WEMA VOGLAND 公司 开发 的 应用 于 汽车 零 部件 加工 的 专 用 设备 , 在 奔 驰 、 宝 马 、 大 众 、 通 用 等 世 界 各 地 工 厂 , 已 有 100 多 条 此 类 加 工 中 心 组 成 的 生 产 线 投 入 运 行 , 代 表 着 当 今 国 际 较 高 水 平 。

开 展 该 项 目 技 术 合 作 , 将 使 我 国 柔 性 组 合 机 床 模 块 化 达 到 较 高 水 平 。 首 台 样 机 经 上 海 通 用 汽 车 (烟 台 东 岳) 工 厂 使 用 , 完 全 满 足 预 期 要 求 。 设 备 加 工 缸 体 的 OP10 工 序 , 连 续 生 产 安 全 稳 定 , CMK 指 数 达 到 1.67 。 产 品 性 能 得 到 客 户 认 可 , 成 功 替 代 原 进 口 机 床 。

中国机床工具工业协会磨床分会 召开第六届会员大会

2017 年 8 月 22 日 , 中 国 机 床 工 具 工 业 协 会 磨 床 分 会 第 六 届 会 员 大 会 暨 换 届 选 举 大 会 在 北 京 召 开 。 中 国 机 床 工 具 工 业 协 会 常 务 副 理 事 长 毛 予 峰 、 中 国 机 床 工 具 工 业 协 会 磨 床 分 会 第 六 届 新 当 选 理 事 长 、 上 海 机 床 厂 有 限 公 司 执 行 董 事 、 党 委 书 记 曾 愉 , 以 及 来 自 全 国 各 地 的 39 家 磨 床 分 会 会 员 企 业 代 表 出 席 本 届 大 会 。



会 上 , 曾 愉 先 生 代 表 磨 床 分 会 第 五 届 理 事 会 做 了 “ 中 国 机 床 工 具 工 业 协 会 磨 床 分 会 第 五 届 理 事 会 ” 工 作 报 告 。 磨 床 分 会 秘 书 长 王 宇 分 别 做 了 《 磨 床 分 会 工 作 条 例 》 修 改 说 明 、 《 会 员 入 会 费 标 准 与 缴 纳 办 法 》 修 改 说 明 , 并 表 决 通 过 了 有 关 文 件 。 随 后 , 对 新 一 届 理 事 、 正 副 理 事 长 候 选 单 位 的 产 生 等 情 况 作 了 说 明 。

大 会 通 过 选 举 , 产 生 了 中 国 机 床 工 具 工 业 协 会 磨 床 分 会 第 六 届 理 事 会 , 上 海 机 床 厂 有 限 公 司 再 次 当 选 为 磨 床 分

会 第 六 届 理 事 长 单 位 ; 无 锡 机 床 股 份 有 限 公 司 、 杭 州 杭 机 股 份 有 限 公 司 、 北 京 第 二 机 床 厂 有 限 公 司 、 陕 西 汉 江 机 床 有 限 公 司 、 咸 阳 机 床 厂 5 家 会 员 单 位 当 选 为 磨 床 分 会 第 六 届 副 理 事 长 单 位 。 另 有 上 海 第 三 机 床 厂 、 陕 西 秦 川 格 兰 德 机 床 有 限 公 司 、 天 津 市 津 机 磨 床 有 限 公 司 、 济 南 四 机 数 控 机 床 有 限 公 司 等 14 家 会 员 单 位 当 选 为 磨 床 分 会 第 六 届 理 事 单 位 。

随 后 , 大 会 审 议 并 通 过 了 磨 床 分 会 第 六 届 理 事 长 提 名 的 秘 书 处 名 单 , 磨 床 分 会 第 五 届 理 事 会 秘 书 长 王 宇 担 任 磨 床 分 会 第 六 届 理 事 会 秘 书 长 。 (磨 床 分 会 供 稿)

9月我国汽车产销环比增幅明显

2017 年 9 月 , 我 国 汽 车 产 销 延 续 了 增 长 态 势 , 且 环 比 增 幅 明 显 高 于 8 月 。 1~9 月 , 汽 车 产 销 同 比 增 速 比 前 8 月 略 有 提 升 , 但 增 幅 仍 明 显 低 于 同 期 。



9 月 , 汽 车 产 量 环 比 增 长 27.64% , 同 比 增 长 5.54% ; 销 量 环 比 增 长 23.93% , 同 比 增 长 5.66% 。 其 中 : 乘 用 车 产 量 环 比 增 长 28.37% , 同 比 增 长 2.94% ; 销 量 环 比 增 长 24.92% , 同 比 增 长 3.27% 。 商 用 车 产 量 环 比 增 长 23.33% , 同 比 增 长 24.97% ; 销 量 环 比 增 长 17.94% , 同 比 增 长 23.94% 。

1~9 月 , 汽 车 产 销 同 比 增 长 4.77% 和 4.46% , 其 中 乘 用 车 产 销 同 比 增 长 3.03% 和 2.38% , 商 用 车 产 销 同 比 增 长 16% 和 17.85% 。

GROB展示最新技术和产品

GROB (格 劳 博) 集 团 在 万 能 机 床 领 域 的 创 新 包 括 最 新 的 G 系 列 模 块 和 第 二 代 G350 和 G550 圆 形 存 储 系 统 。 在

EMO 2017, 格劳博集团展示了多项创新技术和三款新机床, 展示了新龙门桁架概念、用于底盘和结构件加工的机床概念、新型前瞻性操作概念和新版生产软件GROB-NET4Industry。



在本次展会上, 配备格劳博集团全新圆形托盘存储系统的G350和G550, 以及最新一代车铣复合万能加工中心G350T是主打展品。格劳博集团还推出了全新的F系列G500F/G600F和G520F产品, 为全球首创, 用于加工大型结构件。另外还展示与第六代线性龙门桁架互联的系统, 表明格劳博集团正在向建立数字化和网络化生产系统迈出重要一步。格劳博集团展示的HMI概念也符合工业4.0框架下所有日常业务要求。多功能用户界面和对具体应用的支持, 为无纸化生产和符合人体工程学的直观化机器操作提供了便利。

DMG MORI携精品亮相EMO 2017



在汉诺威EMO2017展会上, DMG MORI在2号馆近10000 m²展区内集中展示金属切削生产和数字化的领先技术, 并携多款软件和数字化产品及服务为观众呈现“数字化工厂”的未来, 具体诠释其“数字化之路”主题的丰富内涵。

重点展示内容包括:

(1) CELOS数字化工厂: 数字化流程, 从任务计划到数字化刀具管理和CELOS制造。

(2) 开放的互连能力: CELOS配海德汉、

CELOSnetBOX、CELOS proTAB并集成第三方机床。

(3) 自动化: 30多台机床组成的自动化系统, 包括托盘库解决方案。

(4) 增材制造: 连续的增材制造工艺链, 包括喷粉技术和粉床技术。

(5) DMGMORI卓越技术: 集成多种加工技术, 在项目开发初期为航空航天、汽车制造、工模具和医疗器械行业客户提供量身定制的交钥匙完整加工解决方案。

(6) 8款全球首秀: 龙门式和多主轴机床, 车/铣复合加工中心, 万能车削中心和卧式加工中心。

禹衡光学“高分辨率角位移传感器研制与产业化”项目获批

日前, 科技部高技术研究发展中心在京组织召开了“重大科学仪器设备开发重点专项2017年度项目启动会”, 长春禹衡光学有限公司牵头承担的“高分辨率角位移传感器研制与产业化”项目获得立项批复。至此, 国家科技专项中3个有关光栅位移传感器的项目均落户该公司。

“高分辨率角位移传感器研制与产业化”项目, 将攻克单轨绝对式编码器(25位以上)编码、高精度光栅制造、误差修正及补偿等技术, 通过开发ASIC光电集成芯片、高精度一体化旋转轴系等部件, 研制成精度 $\leq 1''$ 的高精度绝对式光栅角度编码器。

项目执行期自2017年7月至2020年7月, 计划在项目中期, 研制形成具有一定功能的高精度角位移传感器成套样机。在项目终期, 通过在机器人手臂连接控制领域、国产机床回转工作台领域、量具刀具转台控制领域等方面的应用开发, 形成具有自主知识产权、功能健全、质量稳定可靠的高精度角位移传感器仪器。项目验收后3年内, 将达到年产整机30000台套生产能力, 为智能制造、数控加工、量具检测提供测试技术支撑。

此项目的开发将加快禹衡光学技术转型升级的步伐, 丰富产品种类, 提升研发制造能力, 为禹衡光学建立国家级光栅传感器技术中心, 迈进国际先进行列奠定基础。同时, 在打破国外垄断和技术封锁、保障国家安全方面, 具有十分重要的意义。 (长春禹衡光学有限公司供稿)

中国机床工具工业协会理事会成功换届

中国机床工具工业协会传媒部 张芳丽

中国机床工具工业协会第七届理事会已于2017年7月届满，按照协会章程规定，并经请示上级主管单位同意，中国机床工具工业协会于2017年8月21日在京召开了第八届会员代表大会暨八届一次理事会议，进行了换届。来自全国各地的近300名会员代表出席了会议并行使了民主权利，来自机床协会各分会秘书处的负责人及代表和协会常设机构各部室负责人及相关人员列席了会议。



会议经民主选举产生了第八届理事会理事单位、常务理事单位、副理事长、轮值理事长及秘书长，选举了监事和监事长。

21日全天的会议内容丰富，节奏紧凑。在召开八届一次理事会议并进行相关各项选举之前，召开了第八届会员代表大会，听取审议了第七届理事会工作报告，听取审议了协会会员会费收支情况报告、协会章程（草案）修改的说明、会员会费标准及缴纳办法（草案）修改的说明等。下午时段听取了相关部门领导和专家讲话及报告。相关议程分别由第七届理事会当值理事长龙兴元、第八届理事会新当选的执行副理事长郭长城和秘书长王黎明等主持。

第七届理事会常务副理事长兼秘书长陈惠仁代表第七届理事会做工作报告，总结了过去四年的主要工作，指出了存在的主要问题，并对下一阶段协会发展方向提出建议。

新当选的第八届理事会当值理事长龙兴元代表轮值理事长和理事会全体成

员发言，表示本届理事会将努力改进和提高协会现有各服务项目的水平，充分发挥分会作用，加强企业间的交流合作，还将努力开发企业确有急需的新服务内容。

新当选的常务副理事长毛子锋代表协会常设机构领导班子发言，表示中国机床工具工业协会正面临着全新的形势与任务，新一届领导班子必须站在新的历史起点，正确把握协会工作的方向和重心，提出五点主要任务。

国务院发展研究中心党组成员余斌主任作宏观经济形势报告。作为连续多年担任国务院发展研究中心宏观经济研究部部长，并多次参与起草全国经济工作会议和政府工作报告的专家，余斌主任以详实的数据和生动的语言，阐述了两个方面的问题，第一是如何判断中国经济的未来发展前景，第二是如何认识和理解国家宏观经济政策。报告受到了代表们的热烈欢迎。

工信部装备工业司副司长罗俊杰阐述了三个方面的主要问题，一是就推动《中国制造2025》谈如何推动机床行业的健康发展，二是谈如何大力推进机床行业转型升级，三是机床行业企业要积极参与“一带一路”建

设。罗俊杰强调，在推进行业进步中，要更好地发挥行业协会的桥梁纽带作用，并提出具体要求。

中国机械工业联合会副会长兼秘书长赵驰代表中机联讲话，对第八届会员代表大会的顺利召开和新当选的理事会领导班子表示祝贺，并希望在新形势下，第八届理事会充分发挥自身优势，不断加强自身建设，为落实制造强国战略做出新的更大的贡献。

会议在团结务实的气氛中圆满结束。



附：中国机床工具工业协会第八届理事会

轮值理事长：

龙兴元	秦川机床工具集团股份公司	董事长
张志刚	济南二机床集团有限公司	董事长
杜琢玉	武汉重型机床集团有限公司	董事长
何敏佳	广州数控设备有限公司	董事长

监事长：

王旭	北京北一机床股份有限公司	董事长
----	--------------	-----

副理事长（共23人，按姓氏笔画排序）：

马伟良	齐重数控装备股份有限公司	董事长
王焕卫	宁波海天精工股份有限公司	总经理
毛予锋	中国机床工具工业协会	常务副理事长
闫宁	郑州磨料磨具磨削研究所有限公司	常务副总经理
关锡友	沈阳机床（集团）有限责任公司	董事长
李金泉	汉川数控机床股份公司	董事长
李保民	山东博特精工股份有限公司	董事长
李屏	株洲钻石切削刀具股份有限公司	总经理
杨平	齐齐哈尔二机床（集团）有限责任公司	总经理
吴日	天津市天锻压力机有限公司	董事长

吴国兴	苏州电加工机床研究所有限公司	总经理
冷志斌	江苏亚威机床股份有限公司	董事长
张明智	重庆机床（集团）有限责任公司	董事长
张波	济南铸造锻压机械研究所有限公司	董事长
陈永开	大连机床集团有限责任公司	董事长
陈吉红	武汉华中数控股份有限公司	董事长
罗勇	成都工具研究所有限公司	董事长
姜华	四川普什宁江机床有限公司	总经理
郭长城	中国机床工具工业协会	执行副理事长
黄正华	北京机床研究所	所长
曾愉	上海机床厂有限公司	执行董事、党委书记
蔚飞	北京精雕科技集团有限公司	董事长
魏华亮	哈尔滨量具刃具集团有限责任公司	董事长

秘书长：

王黎明	中国机床工具工业协会
-----	------------

中国机床工具工业协会常设机构领导班子成员：

毛予锋	中国机床工具工业协会	常务副理事长
王黎明	中国机床工具工业协会	秘书长
郭长城	中国机床工具工业协会	执行副理事长

团结协作 务实创新 扎实工作

——当值理事长龙兴元在第八届会员代表大会上的讲话



尊敬的各位领导、各位理事、各位会员代表：

作为本届理事会第一年度当值理事长，我谨代表另外三位轮值理事长及理事会全体成员，对会员代表的信任与支持表示衷心的感谢！在感谢的同时我也请各位会员代表和全体会员企业相信，我们将在做好本企业工作的同时以极大的热忱和充沛的精力担当好协会工作的职责，为维护行业正当利益、服务会员企业、促进行业发展竭诚努力工作，把协会工作做好，以突出的工作成效回报大家的信任。

过去的四年里，第七届理事会在四位轮值理事长的领导下，着眼于行

业发展大局，务实创新、不断进取，在提供服务、反映诉求、规范行为等方面做了大量工作，取得明显成效。在这里，我代表本届理事会向第七届理事会表示由衷的感谢和敬意！

目前，我国的机床工具行业正处于关键的发展时期。这几年国内市场需求发生了巨大变化，企业积极转型升级，但情况复杂效果各异，企业经营状况分化明显。一批体制机制充满活力、技术创新能力强的企业脱颖而出，同时也有相当部分企业还处在转型升级的阵痛过程当中。当前，行业整体技术水平与国际先进水平尚有明显差距，但挑战与机遇并存，两化融合、智能制造、大数据等新技术正在给行业带来革命性变化，国家加快供给侧改革和对高档数控机床的大力扶持，都可能给行业带来发展的巨大动能，敏锐抓住机遇的企业就有可能稳步发展。路径正确就可能开创行业由大变强的新天地。在这样的重大时期，协会作为行业组织应有所作为。本届协会理事会将为此做出自己的努力。

协会作为行业组织，应不断提高为行业和会员企业服务的能力和水平。本届理事会将努力改进和提高

统计、展览、信息、标准化、国际交流、与重点用户领域供需对接等协会现有服务项目的水平，充分发挥分会作用，加强企业间的交流合作，还将努力开发企业确有急需的新服务内容。行业企业和会员的需求，就应该是协会的服务方向和重点；要在反映诉求方面发挥应有的作用，在政府部门制定产业政策的过程中，协会要积极参与，要代表行业发出声音，要为行业企业争取利益；在规范行为方面要积极探索可行的方式与途径。同时，协会要进一步加强自身建设，不仅行业企业要转型升级，协会工作也要转型升级。要以建设现代社会组织为目标，充分发挥桥梁和纽带的作用，不断提高履行“提供服务、反映诉求、规范行业”三大核心职能的能力和水平。

各位代表，长期以来协会工作始终得到行业企业、会员单位和各位代表的关心、帮助和支持。我们新一届理事会肩负重任，非常渴望继续得到行业企业、会员单位和各位代表的关心、帮助和支持！让我们同心同德、团结协作、务实创新、扎实工作，为推进行业发展目标的实现做出新的、更大的贡献！

凝心聚力 奋发有为 砥砺前行

——常务副理事长毛予锋在第八届会员代表大会上的讲话



尊敬的各位领导和各位会员代表：

中国机床工具工业协会第八届会员代表大会今天在北京召开，与会代表来自全国各地，代表着协会27个分会和1700余家会员企业。全体代表共商当前行业发展大计，并完成了协会的换届工作。这是机床工具协会纳入国家第三批行业协会商会脱钩改革背景下的一次换届会议，也是协会历史发展中的一次重要会议。

根据民政部相关规定，经过行业内充分酝酿，在本次会议上选举产生了协会新一届理事会及新一届常设机构领导班子。这里我谨代表协会常设机构新一届领导班子及全体员工，衷心感谢会员企业和各级领导的信任！

同时我们也深知肩上责任的重大，我们决心不负众望，勇于担当，以促进行业发展为己任，以全心全意为会员企业服务为根本，改革创新，干在实处，以实际行动不辜负会员企业及各级领导的期望与信任。

中国机床工具工业协会是为适应我国经济体制改革的不断深化而在1988年成立的。在各级领导的关怀指导和行业企业的大力支持下，在近30年行业不断发展的过程中，协会也不断成长与进步，发挥了应有的作用。协会形成了优良的工作传统和良好的工作基础，历届协会领导班子和全体员工为协会工作做出了很大贡献。

目前，中国机床工具工业协会正面临全新的形势与任务。一方面，近年来机床工具行业市场发生了很大变化，新技术革命浪潮风起云涌，在行业企业努力适应市场变化转型升级过程中，整个行业正在发生着深刻的变化。实现《中国制造2025》国家战略中有关机床工具行业的目标任重道远。另一方面，国家对协会的管理正在进行改革，中国机床工具工业协会将于今年年底前完成脱钩工作。站在新的历史起点上，我们必须正确把握协会工作的方向和重心。

(1)协会作为行业组织，服务会员和行业企业，促进中国机床工具行业

的发展是协会的根本宗旨和中心任务。协会必须密切关注行业发展中的热点、难点和重要趋势，了解企业运行中普遍性问题，要为促进行业健康发展和维护行业正当利益而不懈努力。为此，协会要全力做好行业企业与政府主管部门、与用户行业、与国外企业及行业协会之间的桥梁和纽带。尤其要对市场动态和政策导向进行跟踪和预研，在产业资源适应市场需求的配置中集中行业意见，发挥应有的建言和导向作用。

(2)以履行“三大职能”和搭建服务平台为统领开展协会的各项工。常设机构各个业务部门的工作都是行业工作的一部分，政策建言、标准、质量、市场、统计、产业安全与预警、展览、国际合作、传媒、诚信体系等方方面面的工作都必须围绕促进行业发展这个主题展开，而不是脱离行业工作，各行其是。

(3)满足会员和行业企业的需要是协会一切工作的出发点和归宿。因此，我们将大力加强与企业的联系，深入开展调查研究，构建多种交流研讨平台，广泛汇聚行业智慧，密切与广大会员企业的双向互动，及时了解企业的实际情况和迫切需求，以便有的放矢地为企业、为行业提供服务。

(下转第42页)

中国机床工具工业协会在EMO 2017展会成功举办新闻发布会

中国机床工具工业协会传媒部 李华翔

9月20日上午（德国当地时间），中国机床工具工业协会在汉诺威展览馆的会议中心召开新闻发布会。来自各国机床协会的主要负责人，以及部分参展商代表、媒体记者等近70人参会。中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋、中国国际展览中心集团公司总裁贺彩龙、中国机床工具工业协会秘书长王黎明出席发布会并在主席台就座。王黎明主持会议。



自2016年四季度以来，中国机床工具的市场环境和产业运行呈现出恢复性增长态势，中国市场当前的发展态势更加受人关注。会上，毛予锋代表中国机

床工具工业协会向与会代表介绍了中国经济、市场和机床工具产业运行变化方面的最新资讯。他结合国家统计局宏观数据、进出口资料和行业统计调查得到的信息，从宏观、微观经济等多个维度分析了近期中国经济运行形势与机床工具市场/产业运行间的联系与趋势性规律，并对全年走势进行了研判。

发布会上，毛予锋简要回顾了中国数控机床展览会（CCMT）发展历程，并介绍了将于2018年4月9-13日在上海召开的第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）的筹备情况。据介绍，CCMT2018将继续使用上海新国际博览中心的10个展馆，展出面积达12万平方米，将集中展示世界最新制造技术与产品，反映中国机床消费市场的最新需求变化。

会上，毛予锋、王黎明等机床协会领导还回答了记者提问，涉及中国当前宏观经济形势、中国机床工具市场状况，以及“中国制造2025”等热点话题。

伴随着中国经济的稳健运行，以及机床工具消费市场的良好表现，作为2018年度中国境内规模最大的知名品牌机床展会，CCMT2018的成功举办将更加令人期待！

搭建沟通平台 促进交流合作

——机床协会组团参观EMO 2017

中国机床工具工业协会市场部 李雷 李卫青



当地时间2017年9月18日，EMO 2017在德国汉诺威拉开大幕。中国机床工具工业协会率22人团组参观展会，团员主要来自机床工具、铁路、航空、机械等领域的制造商和贸易机构。展会的第二天，机床协会参观团与德国机械设备制造业联合会（VDMA）在展会现场进行了交流活动。

据VDMA精密工具分支机构总经理Markus Heeding先生介绍，2016年德国切削刀具产值约36亿欧元，较上年略有增长，预计2017年增幅为6%。交流过程中，Markus Heeding先生还就德国市场规模、德国企业采购工具的途径、VDMA的组织结构、为会员服务内容以及统计数据来源等中方提出的问题予以了解答。中国机床工具工业协会及工具分会代表以及

企业相关人员参加了交流。

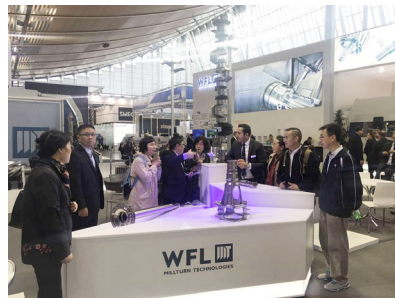
9月20日上午，机床协会观展团应邀参观WFL展台，受到中国区销售经理哈坎·考茨和北京代表处首席代表李锋的热情接待。

1982年成立的WFL生产出世界第一台以MILLTRUE命名的铣车复合加工中心。35年来，公司一直专注于这一产品的研究，将铣车复合加工中心做成世界一流的产品，并成为全球唯一一家只做这一产品的企业。

WFL的理念是：别人做得了的，我们快；别人做不了的，我们行。在行业内赢得了声誉。MILLTURN机床通过换刀、换头一次装卡完成机加工所有工序，能满足复杂、难加工零件要求，同时保证了高质量和产品精度要求，可替代多台设备的加工，大大缩短了加工周期。

MILLTURN系列产品的回转直径从120mm到2m，长度从2-16m。

展会现场展示了三台机床，其中M30为首次展出，也适用于工具行业，最大加工直径520mm，整体全铸铁床身，齿轮传动最高转速可达12000rpm。据了解，山特维克、肯纳、瓦尔特等工具企业都应用了MILLTURN机床。此外，WFL还展出众多涵盖航空、船舶、石油机械等领域的典型零件，以此全面反映WFL的加工能力。



一个安装在机床上18倍长径比，长度为2.2m镗刀杆引起了工具企业的兴趣，哈坎经理详细解释了在加工中，如何在振动、变形、温度、测量、刀具损坏处理等方面进行监控，并进行了实际操作演示。

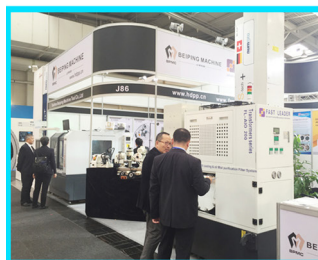
代表团成员在参观过程中问了许多问题，哈坎经理为了让大家更直观地理解加工原理，不仅示以实物还通过视频进一步讲解。不知不觉参观近两个小时，大家感到思路开拓，增长见识，收益颇丰。

机床协会组团参展EMO 2017展会

中国机床工具工业协会传媒部

当地时间9月18日，在德国汉诺威开幕的EMO 2017，吸引了全球44个国家和地区的2200多家企业参展。中国机床工具工业协会继2015年成功组团参展米兰EMO 2015展会后，今年再次组织了国内近50家企业参展EMO 2017，积极助力企业走出国门，开拓国际市场。

据EMO 2017展会主办方资料介绍，来自中国大陆的专业参展商共有185家，与汉诺威EMO 2013展会相比，展商数量和参展面积均增加了40%。



北京精雕等参展企业展台



其他部分展台



展商合影

CIMT2017: 数字化 智能化 专业化

——CIMT2017观感

广州数控设备有限公司 李鸿基

作为国际四大机床名展之一，本届展会延续以往历届的恢宏和精彩。在13.1万平方米展示面积内汇聚全球28个国家和地区的1600余家境内外企业以及覆盖全行业的上万件展品与技术。国内外著名机床工具企业悉数到场，其中德、美、英、瑞士、意大利、西班牙、捷克、日本、韩国、印度、中国台湾地区等12个国家和地区的机床协会和贸促机构组团参展。本届展会宏大的规模、精彩纷呈的展示以及丰富多彩的配套活动，再次成为全球制造业的盛典。

本届展会的主题是：“新需求·新供给·新动力”，意在探索两化融合为特点的第四次工业革命大背景下，新需求、新供给、新动力三者间的互动与关联，寻求新形势下的发展道路，推动新工业革命的快速发展。展会主题紧扣了时代特点和发展需求，在业内外引起巨大的关注和共鸣。

一. 展会看点

根据几天的观展感受，归纳出本届展会展品呈现的以下看点：

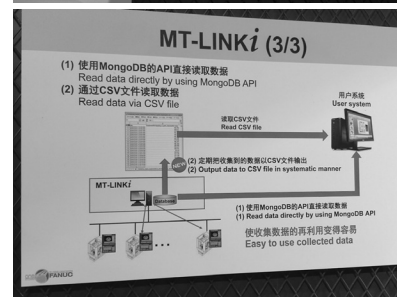
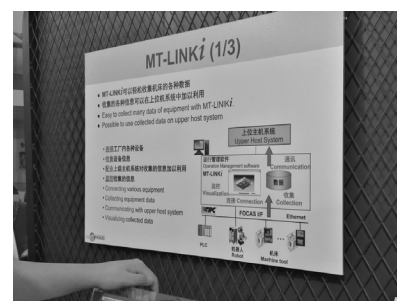
看点一：数字化

面对数字化制造时代的到来，全

球机床工具行业顺应时代发展趋势，推出了一系列新技术与新产品。这些技术和产品具备鲜明的数字化生产装备的特点，具有完整先进的网络方案、强大的通信功能、灵活兼容的开放性和丰富的应用软件，实现了数控系统由“机床控制器”向“数字化制造管控器”转变，数控机床由“制造机器”向“数字化单元”转变。与此同时，一些著名企业利用长期从事数控技术积累的特有技术优势和经验，推出数字化工厂智能解决方案，协助客户从软硬两方面共同推动数字化工厂的建设和发展。

日本发那科展示的最新数控系统，内置PC可通用市面上的多种软件，并支持机床厂商和终端用户对机床个性化、智能化的制造开发要求。系统所具备的丰富的网络功能，支持各种工业网络和现场网络，可以将数控机床与PC互联，进行NC程序的传输和现场监控，亦可在CNC上操作办公室的PC，还可以搭配载有通讯专用处理器的快速以太网电路板，同时与多台计算机进行高速数据传输，构建与生产线和工厂主机进行信息交换的生产系统。FANUC MT-LINK i 车间管理软件通过以太网连接企业内

部机床，利用FOCAS程序对机床各类信息进行收集和运转管理。



日本山崎马扎克第七代SMOOTH数控系统内置Windows 8系统，网络功能强劲，具有多

种接口,包括支持MT CONNECT接口,实现数控系统、设备、应用软件、PC、手机之间通畅的连接、交互操作、信息交换与分析功能,实现对生产系统和数据信息的集中管理与共享,能够胜任智能化生产管理和服务的各项任务。该公司的SMOOTH PROCESS SUPPORT (SPS) 软件是一款与SMOOTH技术高度融合,致力于为客户构建高度智能化工厂的管理系统。此系统包括编程管理 (CAMRS)、日程管理 (SCHEDULER)、刀具管理 (TOOLMANAGEMENT)、监控管理 (MONITOR)、生产及物料控制 (PMC) 五个分系统,囊括了产品设计、制造以及管理的生命周期全过程,是工业工程与信息技术完美融合的典范。



德国西门子公司展出的SINUMERIK 840D SL高档数控系统提供完整的网络方案和强大的PLC/PLC通讯功能,能够实现互联网 (如ERP)、局域网 (如MES)、工业现场总线的互联,实现设备与设备、设备与管理人员的互联。其人机界面和实时数控系统具有很高的开放性,各种图像、软件、工艺功能都可轻松融入,客户个性化需求都将得到满足。

德马吉森精机的CELOS系统顺应未来工业变革需求,将系统和机器整合在一起并相互进行数据交换,为企业建立更高级的生产与组织形态。CELOS兼容现有ERP (企业资源计划)/PPS (生产计划与控制系统)/PDM (产品数据管理)/MES制造执行系统和CAD/CAM软件 and 控制系统,以独特的技术将机床与公司组织连接为一体,构成完整持续的数字化、无纸化生产的支撑和基础。

看点二: 智能技术

机床智能技术将环境、加工对象、加工要求、加工过程、装备自身等随机变化的因素,通过传感和多信息融合技术进行识别、判断、控制、调整、优化、补偿、提示、建议、预测、报警,从而获得传统控制技术在质量、效率、效能、安全等方面不曾达到的高度。智能技术是现代自控技术的制高点,是构成产品竞争力的新的重要因素。机床智能技术近年取得的众多成果在本届展会得到充分展现。包括温度、速度、加速度、负载、功率、质量、惯性、位置、振动、图形、语音、加工要求等多种因素的智能控制技术,极具智慧,精细奇巧,令人惊叹,足以让我们深刻感受智能技术的无穷魅力和智能时代正在快速

向我们走来。

看点三: 高效与自动化

高效与自动化是机床性能的重要标志。现代机床以减少和降低生产过程人工参与、缩短加工时间、实现长时间少人或无人连续高效生产为目标,不断取得新成果新进展。高效与自动化紧密相连,高效的机型设计与工业机器人,以及现代信息与自控技术的完美结合,成就了现代高性能装备的高速发展。本届展会汇集的众多精品,包括单机、生产单元、生产线、各类自动化部件、自动化仪器仪表元器件等,充分展现了全球机床制造业杰出的创新与制造能力,这些高效与自动化产品具有极佳的性价比,是用户获得更多财富和效益的有力工具。

自动线和柔性制造单元一直被视作高效与自动化的代表。富士机械制造株式会社展示两条生产线,分别是DLFN DT3车削模组生产线和DLFN DM3钻铣模组生产线,每条线都由不同的基本模块和多轴式机械手组成,并由独自开发的UNICORN控制器集成控制,能够在最短的时间内为客户提供提供最适宜的装备,且所需空间比该公司传统生产线减少一半。



瑞士米克朗 (MIKRON) 的Mikron Multistep XT-200生产线,基于同样的模块化设计理念,由1个装载模块和4个加工模块、传送臂等组成,每个模块配置2个交替工作的主轴和2个盘式刀库,每个

模块均5轴联动，能够用4个主轴对200mm×200mm×200mm尺寸范围的零件进行5.5面同时高效加工，主轴最高转速下换刀时间小于1s，更换工件调整时间仅需10min。其装载模块可与主加工循环平行工作，执行额外的工作，如对6面加工工件的全自动定位，坯料检查、去毛刺、清洁等。



看点四：专业化

面对多元、个性化和多变的市场需求，专业化定制产品与服务得到快速发展。展会上众多各具特色的专业化展品，具有明确的市场定位和精深的专业特长，可应用服务于多行业多领域的细分市场。很多展品还配有专业应用软件，进一步提升了产品的技术底蕴，并助推机床效能的充分发挥。这些专业产品贴近市场和客户，最大程度满足了个性化生产的需求，成为广大客户的最优选择。专业化机床的快速发展反映了全球机床业在市场定位、服务理念方面发生的深刻变化，同时现代科技也从中发挥了巨大作用。

二、展会新品

1.Fanuc协作机器人CR-7iA

随着协作机器人发展迅速，已逐步应用于汽车、3C、机床等诸多行业领域，尤其是小型零部件的装配应用。协作机器人的应用可降低生产成本、提高劳动效率和生产系统整体柔性。本次发那科展出一款绿色安全小型协作机器人CR-7iA。CR-7iA的手腕部最大负载为7kg，身材小巧、紧

凑和灵活，适用于机床上下料、电子产品装配等领域的人机协作，能在没有安全围栏的情况下与人一起并肩工作，当机器人接触到人时，机器人会安全的停止。



协作机器人CR-7iA

2.Fanuc CNC新品

此次展会上，FANUC全球首发的全新Oi系列CNC的新型号Series Oi-MODEL F，具有高水准性能的30i系列共同的设计思想和操作性，同样配有最新的性能控制技术。同时，配合Oi-F新开发的伺服放大器也大幅提升了电机的规格。这些都使得Oi-F具有了高加工性能，可以提高机床的运转效率，同时具有了高度的操作性能，可为机床提供更高的附加值。展会中，FANUC展示了Oi-F在钻攻中心、模具加工、车削加工、铣削加工等方面的应用和一些特性和功能。



FANUC Oi-F



FANUC series 30i-B

种类繁多，针对不同的需求。MODEL后面的字母或者数字代表不同级别。



发那科系统的新亮点：

(1) FANUC Series Oi 换成15寸更大界面。

(2) FANUC Series 31i 更换成更强大的CPU。

(3) 智能机床控制。

(4) 智能刚性攻丝控制。

(5) CNC仿真器。

(6) 伺服HRV+控制：伺服控制所用处理器性能提升，大幅度提升伺服的基本性能。伺服HRV+控制可以保证最佳化的电流控制，实现电机的高响应性。这样子可以达到更高的轴进给精度，提高加工表面和正圆度。

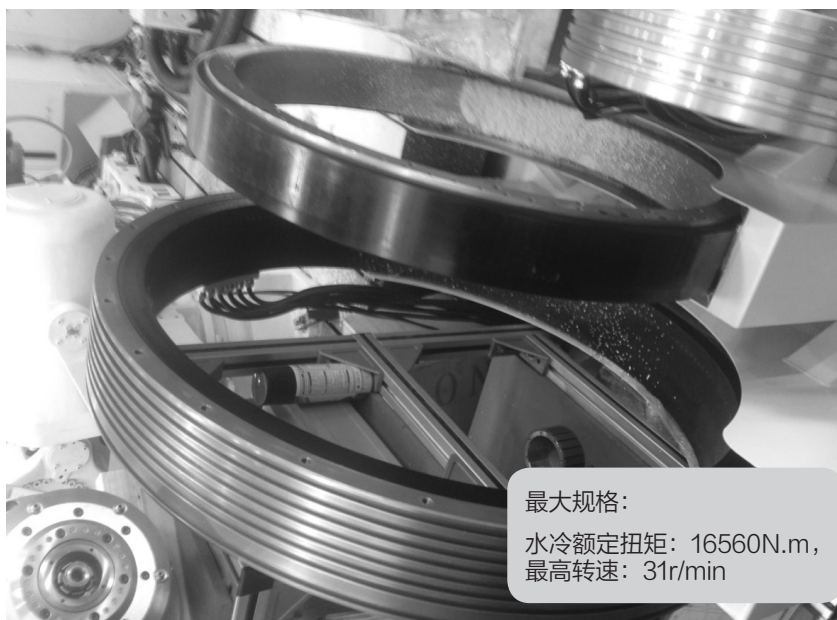
(7) 平滑TCP（能实现旋转轴的补偿）。

(8) 增益及滤波器的自动调整：无需PC就能自动调整增益和滤波器，也可对滤波器进行调整。

(9) CNC启动设定工具：通过PC工具完成电机驱动的设置，预先进行错误检测，以避免参数设定错误。

(10) 压力、位置控制（伺服软件的控制）：a)通过缓冲动作控制降低接触时的冲击；b)轻松实现扭矩控制中难以实现的精确定位；c)能实现高精度的压力控制和位置控制。

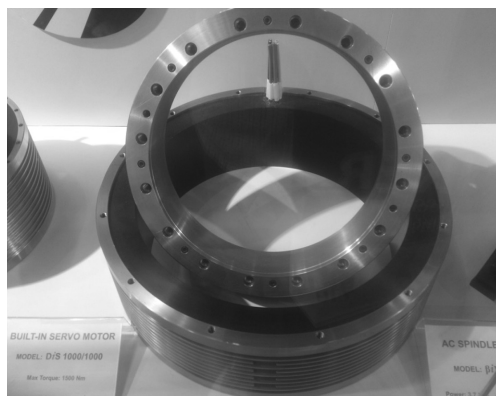
3.力矩电机



大连光洋大扭矩力矩电机



西门子力矩电机

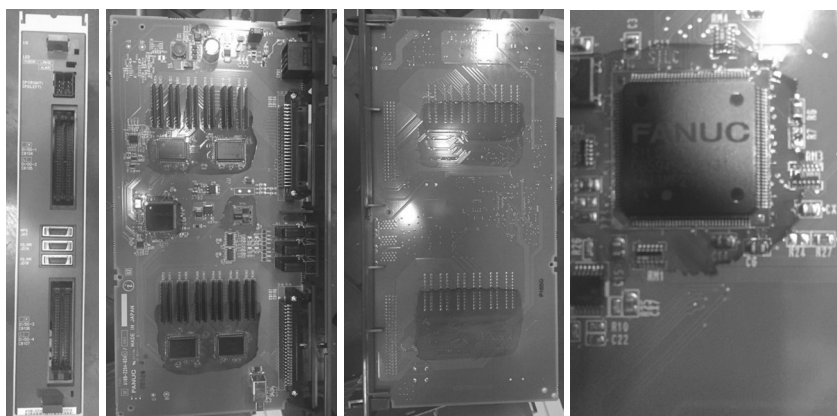


FANUC力矩电机

三、国内外企业产品对比情况

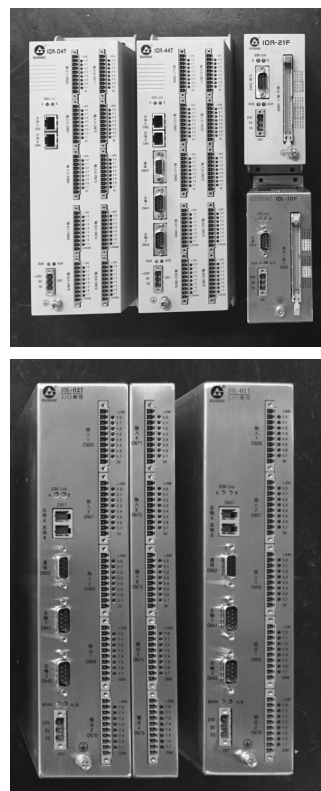
1.FANUC的I/O模块同GSK广州数控的对比

FANUC的I/O模块现场分拆:



外观美观布局清晰, 结构简单容易装拆, 扩展容易功能强大, 售价比广数的高好几倍, 附加值高。

GSK广数主流I/O:



对比之下, 广数当前的产品(单纯是I/O), 种类繁多, 继承性差, 外观单一缺少美学感, 成本不低, 附加值低。

2. 大陆品牌系统同新代系统的对比





新代 (SYNTEC) 的系统展台上的展品不多, 但都通过一些简易介绍, 简单的测试工作台展示自己产品最优秀的一面, 图中就展示了他们的主轴同步功能和测量方案 (可应用在全闭环控制上), 比起部分大陆公司大部分产品只能空口介绍更有说服力。

3. 国产品牌主流系统的对比

(1) KND系统



KND的产品展台也比较简单, 但他们很有侧重点, 重点的领域他们毫不含糊, 产品尽量精益求精, 其它领域是稳步发展, 不甘人后。

(2) 华中系统



华中系统产品的展示也是中规中矩, 但是从现场介绍可以看出, 华中系统的技术发展确实走在国内前端, 他们在工控技术、智能制造的研究等一系列的新技术上, 都具有一定的优势, 若是他们更加重视产品的市场化, 其它国产系统应该会比遇到FANUC更头疼。

华中数控新亮点:

①新产品: 华中8型数控系统: 支持EtherCAT高速总线, 支持第三方伺服驱动 (目前有用松下、高创)。

②PC控制系统, 可提供工具包二次开发。

③华中云计算。

基于云计算的机床大数据中心, 开放云计算应用架构、大数据采集, 实现24小时监控。通信协议: 从设备通过NC-LING安全通道传输到大数据中心, 再通过HTTP传输到数据应用。

通过云端大数据, 综合机床运行G指令, 对机床的主轴高速运转性能, 单轴快速定位性能, 双轴联动性能, 刀库换刀性能等做评估。如: 通过主轴电流数据、转速、进给速度等数据的实时和分析, 识别异常和品质损失。

通过云端大数据, 分析加工工艺参数。如: 通过主轴负载电流分析, 优化机代码的主轴转速、进给速度、消除电流峰值来提高效率。

a) 机床智能断刀检测技术: 通过主轴电流大数据监控与对比, 采用深度学习来比较, 实时检测刀具破损, 报警停机。

b) 刀具寿命最大化: 通过电流监控, 优化程序, 设计最优的刀具转速和进给量参数。

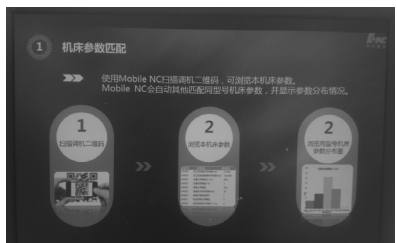
④二维码的应用:

a) 调机档案管理: 通过手机扫描系统的二维码, 可查看该机床的调机历史记

录，上传调机记录，并分享。



b) 可通过扫描二维码得到该机床的参数，并查看其他同型号的机床系统，显示参数分布情况。



c) 系统升级的新方式：可通过手机扫描系统二维码，进行一键升级。



四、机床厂家

展会上的最大亮点无疑是各机床厂的产品展示，这个最能体现当前工业体系的进度及方向。

1. 机床加工重点的转变

以往各大机床厂家展示他们多轴的机床都以叶轮为主，从本界展会可以看出，叶轮展示已经偏少，反而是齿轮、刀具这两类的展示更多，从这

里可以看出来经过多年的发展，叶轮等功能性的发展基本上已经普及，难以有太大的吸引优势，反而是精加工类产品更能引起用户的重视。

2. DMG机床

DMG的展品，让用户知道了什么样的机床才是行业中的精品、艺术品，他们的机床无论从外观、数控系统、功能、性能等各方面都给了无可挑剔的感受。国内机床企业要真正踏足这一步，路依然漫长。



五、心得体会

随着工业4.0 大潮的涌入，我们开始关注智能化制造，就机床来说，未来的机床加工应该是智能的。现阶段来看，我们的预期是，机床可以自动地对工件进行识别，然后自发生成程序并进行加工，如果加工过程中出现意外，如碰撞、刀具破损等情况，机床可以自动校正。在使用一段时间后，如果机床的几何精度或者关键零部件位置发生偏移，还可以进行自行修正。总之，机床应该是会思考的，可以了解自己的加工状态，并为自己进行生产规划。

这次展会，也是现在引领数控行业发展的投影，绝大多数都是中高档数控系统及其技术，但目前我们国内企业现有的依然是高端产品占比较少，企业要长期发展，就必须有侧重点地兼顾，避免由此带来公司发展的死角，影响企业以后的长远的利益。

最后，机床展的背后给我们的信息，无论是作为研发人员，甚至公司领导，应该都可以看出：一方面来说是此行业的发展和趋势，另一方面，体现了一个发展大国背后的种种意愿及方向，我们需要如何把握、决定企业未来的走向。

所以，我们要抓紧机遇，完善自己公司的产品，争取在工业4.0和智能制造的浪潮中脱颖而出。□

CIMT2017国内外五轴联动机床评述

北京机电院机床有限公司 邵 璟

由中国机床工具工业协会主办的第十五届中国国际机床展览会（CIMT）于2017年4月17~22日在北京国际展览中心举行。依据当前经济形势，展会的主题设定为“新需求·新供给·新动力”，意在严峻挑战中谋求新机遇，迎接新未来。而6天展会的隆重举行，也恰如其分地诠释了展会主题，在13.1万平米的展馆里，来自28个国家和地区的1639家参展商汇聚一堂，在金属切削机床、数控系统、功能部件及配套产品、工业机器人、物流配送系统、柔性线、检查与测量设备、刀具、工夹具、量具及其他相关制造技术及设备等方面展示了各自的新技术、新产品，在依旧严峻的经济形势下不断满足各行各业的需求，提升应对日益激烈的市场变化的能力，与各方一起共同推动社会的进步。

随着科学技术的不断进步，各领域对不同材质的零件结构的复杂多样性要求也不断提高，多轴甚至五轴联动机床越来越成为必不可少的加工设备。从这次展会看，五轴机床的数量很多，基于五轴机床附加的功能也不少。经过多年的发展进步，五轴联动加工机床不仅在结构形式上不断丰

富，比如从旋转轴看，主要有双摆头式、工作台双摆转台式、一摆头一转台式等，满足了各领域复杂零件的加工需求；在复合性、高效性等方面也有了长足的发展，比如复合性方面，将车削、磨削、超声加工、激光加工等加工方式与五轴铣削复合，不仅满足了多品种小批量零件的高效加工，而且因不同加工方式的改变和产生，各类材料的零件应用更加广泛，刺激了各行业新技术加速更新。比如高效性方面，通过提高运行速度、配置双主轴或多主轴、配置交换工作台、单机生产单元、多机生产线等措施提高生产效率。

下面就展会中部分典型五轴机床进行简要评述。

一、双摆转台式五轴联动加工中心

双摆转台式五轴联动加工中心的两个旋转轴集成在一起，驱动工作台完成两个方向的旋转运动。此类机床在五轴机床中占比最大，几乎每个五轴机床厂家都生产。受限于工件质量对旋转轴驱动部件和精度的影响，工作台尺寸和承载能力不能太大。

（1）德国GROB公司展出的五轴机床GA550（见图1、图2）配置卧式主轴，床身采用焊接设计，工作台可以翻转加工，实现最佳排屑效果，隧道概念的使用使得电主轴和刀具可以完全缩入主轴轴套中，从而使整个工作区得到充分利用。GA550是GROB公司的亚洲系列产品之一，在中国推出后，已经在汽车、航空航天、模具工具、能源、医疗等领域有了一定的市场份额。顺应当前的智能制造，在这次展会上，GROB公司随同GA550展出了自主研发的圆形托盘存储系统PSS-R13，可容纳13个托盘存储，结构紧凑，带有双托盘夹爪的托盘交换设备，不仅可以实现在准备工位和托盘架之间装卸托盘，还可以通过其识别工件重量及元件高度，控制软件可组织和可视化生产服务，也可以进行自动化工件管理及调整加工任务优先性。



图1

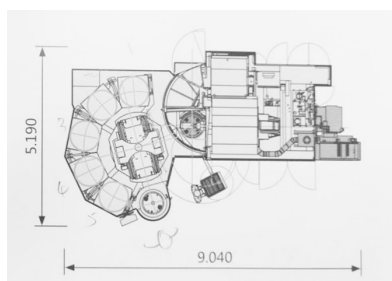


图2

(2) 牧野机床(中国)有限公司在中国首次展出了D800Z五轴立式加工中心(见图3),配置倾斜式双摆转台,受工件重量和倾斜轴(B轴)旋转角度变化的影响小,双轴采用力矩电机驱动,具有更高的精度和动态性能,3个方向的开放式操作门,方便工件装卸和接近主轴操作,配有超级几何智能控制专利(SGI.4)软件,用于高速、小公差复杂三维模型中微小程序段的处理加工,适用于模具和航空航天领域精密零件的高效加工。主要技术参数:工作台直径 $\phi 800\text{mm}$,最大工件尺寸 $\phi 1000\text{mm} \times 550\text{mm}$,最大载重 1200kg ,三轴行程X/Y/Z: $1200/1100/650\text{mm}$, B轴: $-93^\circ \sim 0^\circ$, C轴: $n \times 360^\circ$, 主轴额定功率 18.5kW ,最高转速 14000r/min ,最大进给速度X/Y/Z: 36m/min , B/C轴: $18000^\circ/\text{min}$ 。



图3

(3) 德国巨浪展出了单主轴双摆摇篮式高速五轴联动立式加工中

心MILL FX 800(见图4),即将国产化。MILL FX 800为MILL系列中最小规格,其最大规格X轴行程为 6000mm ,X轴行程 $\geq 4500\text{mm}$ 时配置直线电机,MILL系列采用模块化设计和制造,具有丰富的功能配置,可满足用户对不同零件品种和批量的个性化需求,适用于汽车、航空航天、机械制造、医疗器械、精密制造等领域。主要技术参数:工作台直径 $\phi 280\text{mm}$,三轴行程X/Y/Z: $800/500/550$,转台第四轴: $\pm 120^\circ$, 主轴额定功率 22kW ,最高转速 9000r/min ,最大进给速度X/Y/Z: 40m/min ,最大加速度X/Y/Z: 25m/s^2 ,第四轴转速: 50r/min ,第五轴转速: 200r/min ,换刀切削-切削时间 4.2s 。



图4

此外,展会上这类机床还有山崎马扎克的双摆转台五轴联动加工机床VARIAXIS i-700(见图5)、斗山双摆转台五轴联动加工机床VC630/5AX、Mikron的HEM500U、哈斯的UCM-750、日本大隈MU-4000V、哈

挺公司的XT630 5AX、EMCO的HYPERTURN 65、台湾丽驰的LU-620、现代威亚的XF6300、北京工研精机的u1000/5ST-500V、北京精雕的JDGR200_A10H和JDGR400_A13S、大连三垒的SVW80C、华鼎的5MC300、苏州上金的DNX系列机床等。



图5

二、一摆头一转台式五轴联动加工中心

此次展会展出的这类机床主要有两类,一类主轴摆动,头尾架旋转,主要用于叶片加工;另一类主轴摆动,工作台旋转。

(1) 大连科德生产的适用于大型核电叶片、飞机起落架等大型复杂型面零件加工的国产最大规格叶片加工机床KTurboM3000(见图6、图7),采用自行研制的GNC61总线式数控系统; 30° 斜床身设计,降低滑枕座重心,提高机床稳定性; A、Z轴双驱, A轴和B轴均由力矩电机

驱动, 具有更高的精度和动态性能; 采用重心双驱动技术, 有效抑制机床运行中的振动, 提高加工质量和加工效率; 工件推拉力可编程在线控制, 提高工件加工时的刚性, 对大型薄壁零件及细长零件的加工具有明显优势。主要技术参数: 最大工件长度(含夹具): 3000mm, 最大加工直径: $\phi 700\text{mm}$, 三轴行程X/Y/Z: 3550/700/600, B轴: $-50^{\circ} \sim +50^{\circ}$, A轴: $n \times 360^{\circ}$, 主轴额定功率62kW, 最高转速10000r/min, 最大进给速度X/Y/Z: 30m/min, A轴: 200r/min, B轴: 50r/min, 定位精度X/Y/Z: 0.010mm, A轴/B轴: 10", 重复定位精度X/Y/Z: 0.008/0.006/0.006mm, A轴/B轴: 8"。



图6

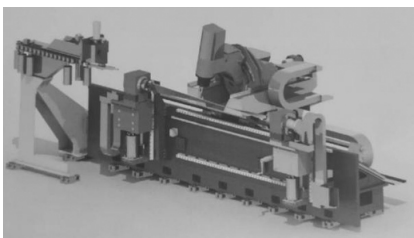


图7

(2)用于中小规格叶片加工的机床展出了北京机电院机床有限公司的XKH400A(见图8)、主要技术参数: 最大工件长度(含夹具): 500mm, 最大加工直径: $\phi 300\text{mm}$, 三轴行程X/Y/Z: 500/300/400, B轴: $-40^{\circ} \sim +40^{\circ}$, A轴: $n \times 360^{\circ}$, 主轴额定功率20.5kW, 最高转速15000r/min, 最大进给速度X/Y/Z: 30m/min, A轴: 120r/min, B轴: 30r/min。可用于航发叶片的加工。

成都普瑞斯展出的PX500也用于中小规格叶片加工。



图8



图9

(3) 宁波海天展出的HPF100(见图9)五轴机床即为主轴摆动, 工作台旋转, 三轴行程X/Y/Z: 1800/1350/1250, A轴: 100° , 主轴最高转速8000r/min。

三、双摆头式五轴联动加工中心

双摆头多用于龙门五轴联动加工中心。

北一机床展出的XKAS2525WU(见图10)五轴联动横梁移动式龙门, 三个直线轴均为直线电机驱动, A/C双摆头均为力矩电机驱动, 所有大件均采用焊接结构, 轻量化设计, 实现了高速和高加速。主要技术参数: 直线轴快移速度: $\geq 60\text{m/min}$, 加速度 $\geq 0.8g$, 两立柱间距离: 3180mm。



图10



图11

此外, 山东永华(见图11)、宁波海天等也展出了此类机床。

四、复合五轴联动加工中心

1. 车铣复合五轴联动加工中心

山崎马扎克(中国)有限公司的INTEGREX e-500HS(见图12、图13)车铣复合加工中心。最大加工直径 $\phi 820\text{mm}$, 最大加工长度1524mm, 车削主轴最高转速3300r/min, 额定功率30kW, 铣削主轴最高转速10000r/min, 额定功率37kW, X/Y/Z/W轴行程870/500/1598/1529mm, B轴摆动角范围 $-30^{\circ} \sim +210^{\circ}$, 刀库容量40把。



图12

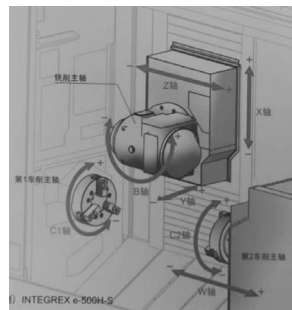


图13

展出的同类机床还有斗山超级复合车削中心PMUSMX系列、EMCO的HYPERTURN 65、日本大隈MULTUS U 3000、DMG MORI 的CTX gamma 2000 TC等。

2. 铣车复合五轴联动加工中心

(1) 科德数控股份有限公司展出了五轴铣车复合立式加工中心KMC1250 UMT (见图14、图15), 搭载自行研制的GNC62总线式数控系统, 具备完善的五轴加工技术(RTCP、斜面加工等); 床身采用热变形小、吸震性好的人造大理石; Y轴采用四导轨支撑和位于中心的主驱动; 摇篮式双摆转台均采用力矩电机驱动。主要技术参数: 工作台直径 $\phi 1250\text{mm}$, 三轴行程X/Y/Z: 1200/1425/1000, A轴: $-130^\circ \sim +130^\circ$, C轴: $n \times 360^\circ$, 主轴额定功率62kW, 最高转速12000r/min, 最大进给速度X/Y/Z: 50m/min, A轴: 30r/min, C轴: 400r/min, 定位精度X/Y/Z: 0.008mm, A轴/C轴: 16", 重复定位精度X/Y/Z: 0.005mm, A轴/C轴: 8"。

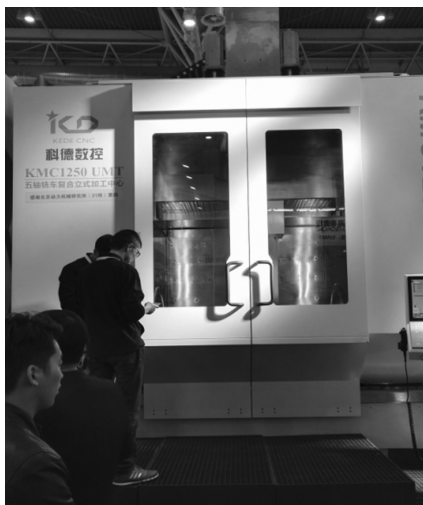


图14

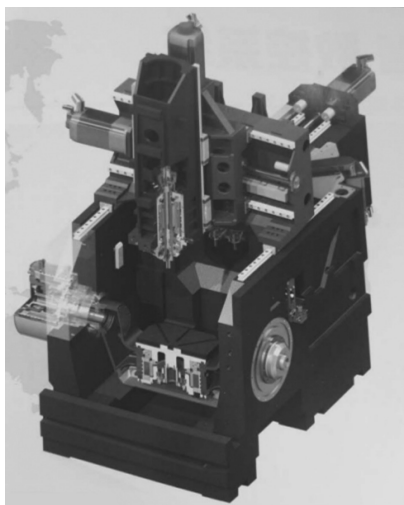


图15

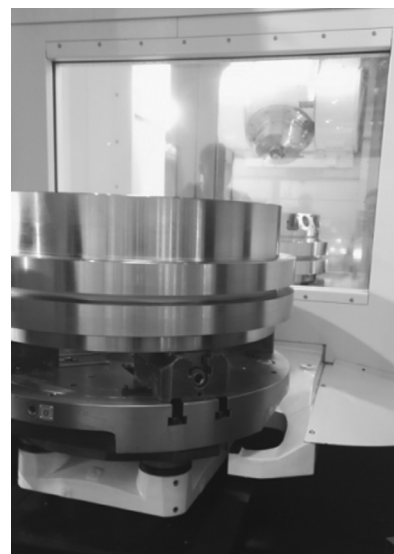


图16



图17

(2) Mazak山崎马扎克展出的INTEGREX i-V系列中的630V/6 (见图16、图17) 是主轴摆动(B轴)和工作台旋转(C轴)的铣车复合五轴联动机床, 双交换工作台。丝杠为轴心冷却, 实现稳定的加工精度; 导轨为滚柱导轨, 可进行重切削和高精度加工; B轴采用滚子凸轮驱动, 可实现高精度定位; C轴为力矩电机驱动, 可实现高精度加工; 控制系统MAZATROL SmoothX与Windows8操作系统融合; 搭载了实现高速、高精度控制的最新硬件和软件; 在5轴高精度加工中

实现了高速轴进给。适用于多品种变批量大型工件的加工, 可满足各行各业的多样化需求。主要技术参数: 工件最大尺寸 $\phi 1050\text{mm} \times 1000\text{mm}$, 三轴行程X/Y/Z: 1425/1050/1050, B轴: $-30^\circ \sim +120^\circ$, C轴: $n \times 360^\circ$, 主轴额定功率30kW, 最高转速10000r/min, 车削主轴(C轴)额定功率37kW, 最高转速550r/min, 最大进给速度X/Y/Z: 52m/min, 换刀切削-切削时间8.5s。

类似结构的展出还有哈默C42U-MT高动态五轴五联动铣车复合加工中心、斯达拉格宝美的高精度5轴联动铣车复合中心s191H、威力铭公司采用独创专利DDT双驱动技术的铣车复合5轴加工中心RX10和用于加工

棱状高精度零件的5轴联动加工中心508s等。

3. 铣车磨复合五轴联动加工中心

DMG MORI展出的DMC 80 FDS duoBLOCK (见图18)是集铣车磨于一体的5轴联动万能加工中心,旋转轴为立卧转换式摆动铣头(B轴)和旋转工作台(C轴)。机床配有用于内圆、外圆和端面磨削的磨削循环以及修磨循环,修磨装置中集成了AE发声传感器,用以检测砂轮与修磨装置接触的初始状态,通过主轴负载检测砂轮与工件的接触初始状态。磨削表面质量 $<0.4\mu\text{m}$,圆度 $<5\mu\text{m}$ 。直线轴快移速度:60m/min, B轴转速:30r/min, C轴转速:800r/min。

4. 超声加工五轴联动加工中心

DMG MORI展出的ULTRASONIC 30 linear (见图19)是具有超声加工及铣削加工能力的五轴机床,可经济地加工形状复杂的先进材料,如陶瓷、玻璃、刚玉、碳化钨甚至复合材料。与传统加工方式不同,超声加工中刀具的旋转运动与附加的振动相互叠加,减小加工力达40%,可用更高的进给速度及更大的进给量进行加工,刀具使用寿命更长,表面质量显著改善。

5. 激光加工五轴联动加工中心

激光的应用分为材料去除加工和增材制造,DMG MORI展出的LASERTEC 65 3D (见图20)是集铣削和增材制造于一体的5轴联动复合加工中心,可用于非常复杂的零件的成型与加工、修理损坏和磨损的工件、进行局部或完整喷涂等。激光头通过刀柄与主轴相连,更换快速,集成的堆焊和铣削加工实现了工件的高质量和高精度,并极大地提高了生产效率。激光发生器功率:2000W,堆焊速度:1kg/h,最大工件尺寸: $\phi 500\text{mm} \times 350\text{mm}$,工作行程:X/Y/Z:650/650/560, A轴: $\pm 120^\circ$, C轴: $n \times 360^\circ$ 。



图18



图19



图20

6. 双主轴五轴联动立式加工中心

(1)德国巨浪公司展出了被认为是最小最快的双主轴五轴联动立式加工中心DZ08FX (见图21),设计紧凑,占地仅需1580mm $\times$ 2540mm,钢+大理石浇筑的床身结构,具有高刚性和热稳定性,主轴最大转速40000r/min,两主轴间距200mm,配2轴数控转台,台面尺寸2 $\times$ $\phi 195$,第四轴摆动范围 $\pm 120^\circ$,可同时加工两个相同零件,也可集成安装0点快速装夹系统和自动化解决方案,实现工件的五轴多面高效加工。



图21

(2)德国SW公司展出了一台带交换工作台的双主轴五轴联动卧式加工中心BA W02 (见图22、图23),床身为SW享有专利的整体框架设计,框中框的三轴单元, Y轴龙门式驱动,纵向轴液压配重补偿,两个独立驱动的摇篮式工作台用于夹具安装,带有断面齿轮锁紧的工作台交换系统,刀具可在加工区侧面直接装卸,快速换刀,切屑-切屑约1.75s。三个直线轴为直线电机驱动,两个旋转轴为力矩电机驱动,快移速度可达120m/min,加速度可达 24m/s^2 ,主轴最大速度25000r/min (HSK-A40),两个旋转轴最大转速100r/min,可高速加工非磁性材料,包括钟表制造与汽车制造业中的叶轮在内的高度多样化零件。三轴行程X/Y/Z:200/350/300mm,主轴间距250mm。



图22

(下转第51页)

看技术创新变幻 赞中国机床进步

——CIMT2017加工中心评述

原上海机床工具集团 徐正平

第15届中国国际机床展览会CIMT2017于4月17-22日在北京国际展览中心隆重举行，来自27个国家和地区、1639家展商参加了这次盛会，比上届增加了5.5%。

加工中心仍然是展会的重头戏，这次共展出201台，其中立式88台，卧式25台，龙门19台，五轴联动47台。

本次展会是在轰轰烈烈的技术创新浪潮中举行的，工业革命时代推动机床变革彰显日新月异；同时市场形势也出现了可喜的止跌趋稳迹象，政府更愿意加大支持力度，故而中国机床工业新一轮崛起已初露端倪。

作为一名老观众，本人有幸从1989起已连续15届均到场学习，并从第二届起担任铣床、加工中心类展品的评述工作，所以从某种角度而言，也见证了中国机床发展的部分历史。

一、中国机床今非昔比

回顾最初的几届CIMT，当时国产加工中心尚属起步，展品主要以立加为主，卧加很少。而龙门铣床、龙门加工中心展品连境外的也纯属罕见，故台湾亚崴及高明的龙门机床就显得尤为瞩目。

本届展会，令人欣慰的是，国内展品无论规格、品种以及功能和品质等均大有长进，五轴加工中心比比皆是；大型、重型机床更是国产称雄，甚至机床外观造型许多也和进口机难分伯仲。

展会上的巨无霸堪称齐二的TKG6920数控高速落地镗铣床（见图1），镗杆直径 $\phi 200\text{mm}$ ，立柱行程（X）8000mm，主轴箱行程（Y）4000mm，镗轴行程（Z）1200mm，滑枕行程（W）1200mm，主轴转速2500r/min。这类机床原来在米兰EMO展上，意大利PAMA出尽风头，而今中国造扬眉吐气，令人十分振奋。



图1 齐二落地镗

北一机床的XKAS25高架龙门五轴联动数控铣（见图2），AC两联动铣头带电主轴，转速可达20000r/min，驱动采用直线电机，切削进给速度30m/min，快速进给60m/min，特别适用于铝合金等轻型材料的叶片叶轮及复杂异形件加工。其工作台宽度B为1500-3000mm，长度L为6000-8000mm，由于迎合用户要求，故市场销量不错。

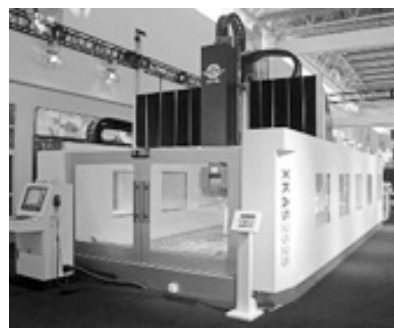


图2 北一龙门五轴

山东永华展出的也是同类的龙门五轴桥式加工中心（见图3），他们是和德国企业联合研制开发的，并带有60把刀的刀库，立铣头与直角铣头的功率均为60kW，扭矩1830kW。



图3 山东永华龙门

目前对中国而言，制造龙门加工中心及龙门五轴数控铣床已非难事，昆机、武重、宁波海天、山东威达等这次都有精品展出，威达龙门还可实现换头，而海天的龙门加工中心由于设计得刚性强、精度高，故很受模具行业欢迎。海天机床的工业设计也很到位，大视窗、小圆角，高照明等，完全利于操作工人的宜人化要求。

展会上，机床与机器人珠联璧合到处可见，成套应用也熟能生巧，大连机床的加工组线就是一例（见图4），因为当今机床订货，用户要求配机器人已属家常便饭。



图4 大连机床组线

二、创新展品目不暇接

1. 机床的结构创新

瑞士starrag公司展出的Z3铣头（见图5），在传统的并联机构中又

加装了C轴立铣头，使加工范围更大且更灵活。通过完全线性的自由移动结合最低的移动质量，实现了高速，高效，高动态的万向摆动加工，空间不受任何限制，为飞机结构件加工提供了新装备，同时也可获得传统加工方式达不到的表面质量。

starrag公司还介绍了一种叉形铣头（见图6），这个B+C两联动铣头将铣削与检测集于一体，图中铣头的中间位置，装有光电位敏传感器、DST激光干涉仪及雷尼绍检测等，这套系统是空间误差自动补偿系统，旨在龙门机床上实现对航空类零件的高精度加工。四年前我们介绍了DIXI龙门机床上的空间插补功能，而今这项技术也是异曲同工，通过测量四条对角线，来修正机床的几何精度误差（见图7）。



图5 Z3铣头

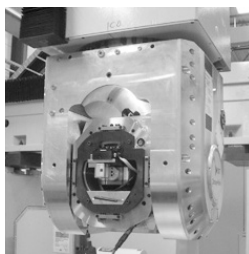


图6 叉型铣头



图7 激光校准

德国ZIMMERMANN公司推出的FZH系列翻板式加工中心，将ABC三轴联动铣头由立式转为卧式（见图8），鉴此，交换托盘就需要转90°垂直放置了。由于加工件均是航空航天等大型工件，因此机床上方的两根平行横梁，就起到了起吊与翻板功能。

机床前面的X向地上，可铺设传输路轨，将加工后的托盘运出，并将待加工的托盘送入，交换托盘输送就是这样简单。

德国SHW公司的大型加工中心设计也很别致，将两个动柱单元布置在固定的长工作台两侧（见图9），故左右都能加工大型零件，这样效率就提高了一倍。在这两个动柱单元上，都分别设置A+C两轴联动铣头，以实现复杂工程机械异形件的五轴联动加工。



图8 兹默曼FZH系列

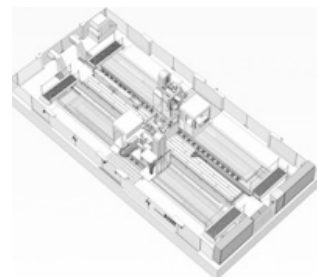


图9 SHW双单柱移动加工中心

日本牧野MAKINO展出一台D800Z五联动立式加工中心（见图10），由于机床结构设计比较独特，故很是吸引观众眼球。该机把传统的AC两联动摇篮式可倾回转工作台转了个90°，成了BC两联动回转台，这个转台沿45° V型导轨Y向前后运动，确保工作台和工件的重心始终处于B、C轴的回转中心，而不受任何倾斜角度的影响。由于Y向运动的一个支点伸到机床的立柱里面，故而刚性特别好，得以提高精度并且大大缩小了占地面积。

机床主轴选用陶瓷轴承,控制热变形性能好;罩壳的操作门,在正、侧、顶三个方向均能打开,以利工件的上下料;机床的控制,加装了新一代超级几何智能软件SG1.4,能自动补偿丝杠长期工作后所出现的背隙,在高速加工拐点时也变得平顺,并具有基于刀尖编程及路径优化等控制功能,因此很适合模具及航天航空领域精密零件加工。

牧野加工中心的设计和工匠精神都很到位,他们1987年销售给上海第四机床厂的FDNC1210-A30带仿形的卧式加工中心,进给采用空气半悬浮导轨,经更换系统及大修后,迄今还在正常使用。

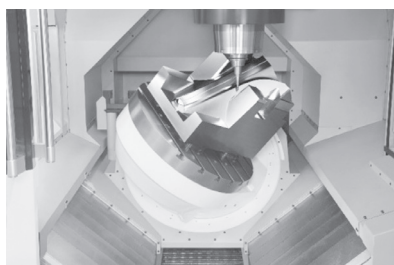


图10 牧野 D800Z立加

擅长在汽车零部件领域研制高效加工中心的德国Alfing公司,这次推出了一款AX400模块式高效加工中心(见图11)。

该机针对大批量连杆加工而设计,由机器人上下料及工装模块、换刀模块、加工模块等部分组成。

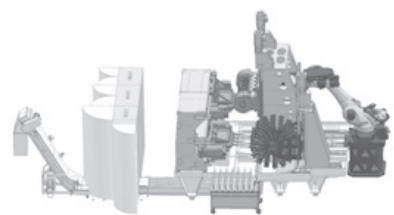


图11 Alfing 连杆件加工

图中右边的机器人上下料与机床加工同步,不占用加工时间,也不需要操作人员额外输入指令。

工装模块即图上方小圆筒,采用的是四面体翻转工装结构,单面装

载4根连杆,可一面加工,一面上下料,另外两面可作为新型号连杆加工储备,从而节省换型时间。

左侧的加工模块,采用双排每排4主轴设计,两排主轴交替工作,一排主轴用于加工,同时另外一排主轴就沿X轴移动进行相应的换刀,换刀不占用加工时间。

图下方的刀库模块,采用滚筒式回转刀库,最多可装载4×16把刀具,以满足连杆粗加工所有工艺需求,具备新型号连杆的拓展柔性。

展会期间刚与山东伊莱特公司签约并共同投资的西班牙IBARMIA公司,透露了一项大家感兴趣的发明。他们有一台激光增材与金切相结合的机床,其罩壳上有四个圆的大视窗,但视窗的颜色会变。金切时呈透明状,一旦转为激光加工后,其颜色就自动变黑,旨在保护操作者的眼球。其原理是视窗由二块玻璃合成,中间加入一层特殊材料。

2.复合加工和理化加工

自上世纪90年代WFL发明了车铣复合加工机床以来,该项技术现在不断完善与拓宽,就工艺复合来讲,瑞士宝美公司的复合机床是很具代表性的。

隶属瑞士斯达拉格集团的宝美公司,其S-191 Linear(见图12),除了具有高精度车、铣、插、磨等高端功能之外,又开发出了针对高精度小模数(模数小于2)齿轮的滚削加工工艺,能一次装夹后完成包括齿轮加工在内的所有工序。

该机床的配置是:7轴5联动,带背面加工主轴,具有车、铣、插、磨、滚齿功能,因此对棒料类零件可实施六面加工。

电主轴最大功率16kW,转速30000/40000r/min;正向电主轴C,功率15kW,转速6000 r/min,最

大棒料通孔 $\varnothing 65\text{mm}$;背面电主轴A,最大功率15kW,转速6000r/min,最大棒料通孔 $\varnothing 50\text{mm}$ 。机床定位精度小于0.004mm,重复定位精度小于0.002mm。



图12 宝美

目前世界上复合加工的概念,早已跳出工艺复合这一范畴了,譬如激光堆焊与金切相结合,激光切割与金切相结合等。

在这次展会上,首创车铣复合机床的WFL,也推出了一个激光头以作堆焊用(见图13)。而瑞士GF公司介绍了AgieCharmilles AM S 290 Tooling一项技术,将线切割与金切加工融合在一块,工件与加工平台的分离由线切割慢走丝完成,这特别适用于薄壁件的分割,且切割精度也较高。



图13 WFL激光头

GF还介绍了一款AM-S-290智能激光烧结机床，将金属粉末不断重复均匀铺层，随后用保护性气体吹喷至最佳烧结效果，最终制造出随形冷热管路的模具镶件。

日本MAZAK展出的混合式复合加工机VTC-530/20 FSW（见图14），它与以往把材料融化进行焊接的工艺不同，先利用摩擦热将材料软化，再通过搅拌后将软化后的材料进行焊接。MAZAK 将此项技术与加工中心有机地结合在一起，展出的机床是MAZAK 立式加工中心VTC-530/20。立加伴随摩擦搅拌焊功能，实现了摩擦搅拌焊接和机加工切削技术的完美结合。摩擦搅拌焊有其自己的特点，即焊接部位的弯曲变形小，也能实现不同材质的对焊，同时还安全环保，不释放废气、烟尘、等离子、X射线等，同时能源消耗也可得到有效控制。



图14 摩擦焊

利用激光、超声波振动等物理要素进行加工比较多见，但EMAG公司利用电化学原理的加工机床则甚是稀罕。他们将工件作为阳极，刀具作为阴极，在这两种电极流动之间电解液可以溶解工件上的金属离子。阴极形面与工件相匹配，发生电荷交换，阳

极工件被溶解，从而确保去除工件形状以外的所有部分。

三、不断进取的数控系统

数控机床的脑袋在于控制系统，当属观众们关注的重点之一。系统制造商们展示的新产品可谓琳琅满目。

1. 西门子的“数字化双胞胎”

西门子是以“引领机床数字化制造”为主题，展示其全系列的机床数控解决方案以及应用，并持续引领机床的数字化未来。内容涵盖一体化工程的理念，数控系统与机器人的集成，跨越生产过程全生命周期的集成，IT解决方案，以及智能化操作等一系列数字化解决方案，为机床的数字化提供了保障。尤其引人注目的是，他们介绍了“数字化双胞胎”这一概念（见图15）。



图15 CIMT 西门子展台

西门子一直致力于在数控制造领域的仿真、虚拟机床以及与工厂IT系统的集成。小批量、多批次的定制化生产趋势对计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助生产（CAM）以及数控机床（CNC）的全过程提出了更高的要求，其中最重要的是将CAD/CAM信息无差错地转换为数控程序。采用西门子控制技术的机床，其虚拟机床的控制系统与西门子的Sinumerik数控系统使用相同的语言代码，借助虚拟内核NC内核，可以生成仿真和试运转的“数字

化双胞胎”，即完全对应的虚拟镜像，从而提前对程序和复杂运动序列进行虚拟测试。这样，在执行数控程序时，就可以识别序列和程序错误以及机床与刀具的碰撞，评估运动行为，并确定程序运行时间，从而显著提高实体机床后续加工的可靠性，最大限度缩短调整时间。在小批次、定制化产品的生产中其优势尤为明显。

数字双胞胎digital twin，也可解释为特定物理资产的数字镜像，包括描述其几何、材料、组件和行为的设计规范和工程模型，数字双胞胎包括其所代表实体资产特有的生产和运营数据，成为形影不离的“伴侣”，是物理对象属性及状态的最新和准确的实时镜像，诸如形状、位置、状态和运动等。举例飞机的数字双胞胎中的数据，就包括从飞机3D模型提取的特定几何形状空气动力学模型、在生产过程中的工程变化、材料性质、检查、操作和维护数据等。

2. 德国海德汉的智能制造解决方案

海德汉这次展品的重点是围绕智能制造解决方案进行的，主要分五个方面予以阐述（见图16）。

首先是高精度测量技术，在直线驱动时用通过直线光栅尺全闭环直接测量位置，使驱动链中的误差得以补偿；在回转运动时，位置值由角度编码器全闭环直接测量，使驱动链中的误差可被补偿。

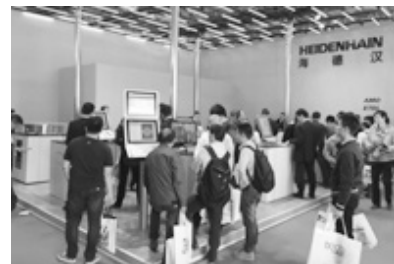


图16 海德汉展台

其次是精密控制，TNC 轮廓控制可以控制加工轮廓公差，正反向加

工重复精度得以提高，而TNC 运动控制，使加减速平滑过渡，极高动态无震荡运动；在五轴加工时控制复杂轮廓，使表面轮廓上取得最佳的速度控制，使路径及刀具角度均控制在公差之中；铣车复合可在NC程序中切换模式，车削功能可使用 FK 编程。

第三是智能化，新开发了线性螺距补偿、非线性螺距补偿、反向间隙补偿和悬垂补偿。

第四是自动化、研制出了加工前自动测量毛坯关键尺寸并找正工件的新技术。

最后就是信息化，使数控系统能进入到外部操作系统，如远程桌面控制、DNC & SDK以及RDM & IPC 融合等。

3.华中数控8型高档系统

华中8型高档数控系统是华中数控研发的新一代全数字总线式高档数控系统，突破了一批关键核心技术，如：NCUC高速现场总线，多通道、多轴联动控制技术，纳米插补技术，前瞻预读功能，小线段高速平滑，双轴同步控制，刀具空间长度补偿（RTCP），复合加工，误差补偿，对话式编程等。去年该系统通过科技成果鉴定时，专家一致认为“该系统各项功能、性能、可靠性达到国外同类系统水平，可替代进口”。这次华中数控新产品展示区还包括全新玻璃机数控系统、848C数控系统、818D数控系统，以及 eat hercat系统等（见图17）。



图17 华中8型

四、两化融合的智能化工厂之路

智能工厂是数字化、网络化、智能化技术与制造技术交叉融合，以客户产品数据、优化的制造工艺流程、协调的生产制造设备为核心，

实现面向产品设计、成型、加工、装配、检测、设备安全保障、服务等各环节动态优化与整合，旨在高效、优质、清洁、安全、敏捷地制造产品和服务用户的一种新颖制造模式。在本届展会中，这种展示也是一项看点。



图18 华中轮毂线

华中数控展出的自动化轮毂加工单元（见图18），具有轮毂型号的自动检测识别系统、输送带上轮毂自动分区系统、轮毂气门芯孔加工前识别系统、轮毂装夹定位可靠性检测系统等，能够满足用户轮毂型号的自动识别、废品自动剔除、工件尺寸变化检测、不同型号轮毂混流生产的需求，并且配有工业机器人进行加工过程中的轮毂搬运，实现了整个轮毂加工区的无人化作业，减轻了工人劳动强度，提高了产品质量，可满足目前市场上14寸至22寸铝制轮毂的加工要求。

瑞士GF公司展出的精密零件柔性制造单元（见图19），将工装夹具、交换托盘与置于托盘中央的定位球结合成一体，其加工精度可达 $\pm 3\mu\text{m}$ 。

瑞士starrag集团也介绍了许多他们在汽车及航空航天领域的成功范例。

我们在展会上能见到许多机床和机器人相配合的例子，其实介绍总线技术的展商也是不少的。



图19 GF自动化

图20是一只总线示意图，顶尖的ERP部分是企业管理层关注较多的，乃是一种主要面向制造行业进行物质资源、资金资源和信息资源集成一体化管理的企业信息管理系统。

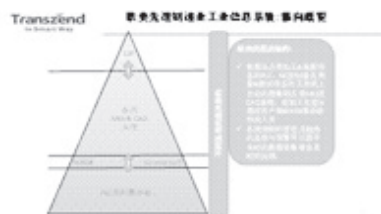


图20 示意图

从技术层面上讲，我们当然对制造执行系统MES及计算机辅助质量管理系统CAQ更有兴趣。

制造执行系统MES，是一套面向数字化智能工厂的生产信息化管理系统，可以帮助制造企业借助物联网、大数据、移动互联网等新技术，通过两化深度融合来进行个性化定制，以提高产品质量、设备效率和生产安全性，并降低生产成本，致使提高企业综合竞争力。

西门子公司无疑是这项技术的引领者，西门子MES软件以在离散制造业和流程制造业的功能性和战略性均获得权威机构及同行对其领导地位的高度认可。图21是西门子MES系统在成都工厂的实例，这也是他们在德国本土之外的首家工厂。

在E9-405MPDV展台，也是

一家专攻MES技术的德国公司，擅长于模块化MES系统的应用程序组合。MPDV以离散制造为主，也涉及一定的偏连续的制造行业。目前全球大约930家不同企业受益于MPDV集团提供的MES技术。



图21 西门子MES

而在E10-103展台，上海楚天重工则重点介绍了欧美先进制造业的计算机辅助质量管理系统（CAQ）。其中质量流程管理系统的是将传统工程师的各类OFFICE软件中进行的质量策划及改进活动计划与活动在一个统一的质量流程管理系统中予以完成，这个系统不仅为工程师提供各类辅助工具的支持，更重要的是为企业提供了质量知识管理的全面解决方案。

质量数据管理与分析系统是将企业原先离散在各测量及测试设备上的海量数据规范化后，先统一集中管理以便于进行下一步的数据可视化，随即能力指数计算与报警及数据挖掘等深入分析。该系统可以帮助工程师及管理者对生产过程获得前所未有的透视与洞察，并大大降低潜在质量失效风险，从而在根本上提升企业的精益生产水平。

在MES与CAQ之下，数据采集这一环也很重要。上海微茗智能科技有限公司，是一家专注于离散制造企业智能化建设的创新型科技公司。将IT技术与制造业相结合，实现机床联网，为企业实现设备网络化、数据集成化、生产自动化提供一站式解决方案。

作为IT与制造业的结合体，微茗

专注于企业机床数据采集、分析管理等方面的智能制造系统。该系统能将企业的核心加工设备进行联网，在企业层和车间建立桥梁，保证了车间信息可以畅通、及时、准确地反馈到企业层，以提高企业的生产竞争力。

微茗不仅自主研发了智能数据处理反馈网关等三项硬件产品；还研制了WIMI DNC设备联网及程序传输管理等四项软件产品，它向下可以通过以太网，RS232，RS485，IO等多种通讯采集手段兼容与机床设备及控制系统联结，向上它可以通过以太网与SCADA系统、信息数据管理系统、MES或者系统等完成数据交换。

同样在E-4-805法国DigitalWay展台，他们展出的也是搞实时加工及刀具检测系统的。其中WattPilote这个检测系统系列产品，可以说相比于大学实验室出来的一些产品，更加适合实际使用，更能应对实际加工中碰到的种种具体问题，如解决自动化产线中无法及时发现刀具断裂，破损等相关问题故而受到大部分终端客户和整机厂青睐，目前他们针对于亚洲市场开发的12kW以下的小功率检测模块已经投入市场。

在信息化时代，总线技术的开发是百花齐放、日新月异的。广州有个“智造家”，他们正在搞透明工厂、图纸云、e非标、非标管家、搜自动化部件等许多新的创意，我们当然也祝愿他们早日取得成功。

最后我还要为协会组织的展品评述工作点个赞。我们铣床分会在理事长单位北一机床的组织和带领下，自第一届展会起就召集分会所属单位举行对展品的分析会议，从第三届以后就开展书面的展品评述工作，一直坚持迄今。应该说这项活动对企业和行业都有所帮助，因此各企业也比较支持。参加评述工作的人员们互助帮助，乐于讨论技术细节，还在现场对

个别重点展品请参展单位予以讲解，因此收获还是比较大的。希望这项工作能持之以恒，在新常态、新形势下继续努力，更上一层楼。□

◇◇◇◇◇◇◇◇ （上接第22页） ◇◇◇◇◇◇◇◇

(4)完善内部机制，加强自身建设，依靠会员企业办好协会。协会将进一步完善内部治理机制，充分发挥理事会、常务理事会和理事长工作会的作用，坚持集体领导、民主决策，加强规范化运作，加强人才培养和引进，充分调动分会和常设机构工作人员的积极性，切实履行协会职能，切实加强自身建设，以责任自觉和行业情怀开创协会工作的新局面。

(5)加强学习，提高认识，深化改革，不断创新。尽管长期以来协会做了大量工作，但离会员企业和各级领导的期望与要求还有很大差距。同时协会面临的环境、形势和任务也在不断发生着变化，因此我们必须坚持不懈地深化改革，不断创新，以“五大发展理念”指导我们的工作和实践，建设学习型、创新型和服务型协会。

最后，我代表协会常设机构领导班子和全体员工衷心希望政府相关部门、行业企业和相关社会团体，对中国机床工具工业协会的工作继续给予热情关怀和大力支持。我们也恳请大家对协会工作多多提出批评、意见和建议。

面对新常态、新形势、新任务，不忘初心，砥砺前行。让我们紧密团结在以习近平同志为核心的党中央周围，牢固树立“四个意识”凝心聚力，奋发有为，为我国机床工具行业的振兴和制造强国战略的实现而努力奋斗！

从CIMT2017看FMS柔性制造系统 发展和趋势

浙江日发精密机械股份有限公司 胡颖斌

第十五届中国国际机床展览会，与2017年4月22日落下帷幕，从17日到22日的这六天公共参观日中，全球的机床制造商们又为我们带来了一道机床的饕餮盛宴。此次展会，参观人数特别是终端用户的数量，较上一届有了很大的增长。经历了2015-2016年这段机床界的“寒冬”之后，终端用户参观人数增长也向所有机床制造商们发出了讯息“寒冬即将过去，新的机遇，你准备好了吗？”

此次展会提出了“新需求·新供给·新动力”，而随着消费产品、工业终端产品的更新换代速度的加快，为了满足不同用户的需求，开辟和占领细分市场，作为产品的制造商正在面临着产品多样化所带来的种种问题。从机械加工角度来说，原有的单一产品生产线，需要通过更换工装夹具、调整工艺方案，变更加工程序、重新对刀等步骤来适应新产品的生产制造。快速的生产订单变化使得这样的生产方式无法获得足够高效的生产响应速度。而FMS柔性制造系统显然就是在这样的需求下应运而生的。

一、FMS柔性制造系统的近代发展

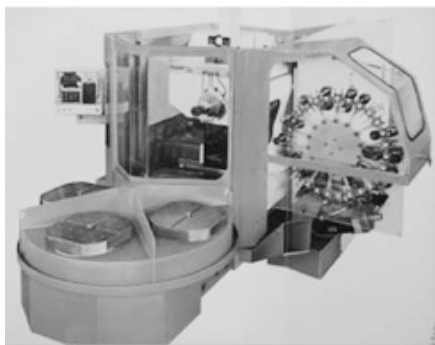


图1

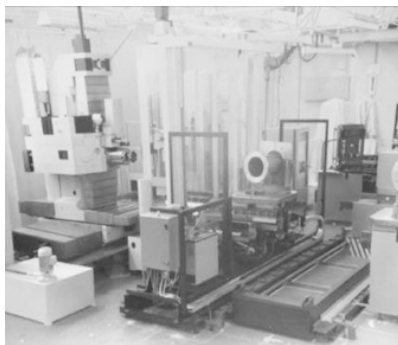


图2

在20世纪70年代，FMS经历过了诞生初期最为艰难的日子，各大厂商的FMS概念产品未能取得预期的效果。作为当时的机床界的新人，1978年一群来自意大利北部的机床设计师们创建了意大利MCM公司，开始了一段

不平凡的旅程。从1979年开发的单机版PROGRESS 1到1982年的PROGRESS 2柔性制造单元（见图1），从1982年的CONNECTION多托盘柔性加工（见图2）到1984年的CONNECTION FMS（见图3），MCM很早就在进行着FMS的产品化开发和研究。



图3

二、FMS柔性制造系统2017展会特辑

作为柔性生产系统在全球应用最为广泛的MAZAK，此次展会为我们展示了一套扇形结构的柔性化制造解决方案（如图4所示）。

MAZAK代号为MPP500的多托盘柔性生产单元，是基于单台HCN-4000型卧式加工中心而来。托盘库

可以容纳两层10件托盘,也可以按照需要升级扩容为两层16件托盘(如图5所示)。



图4

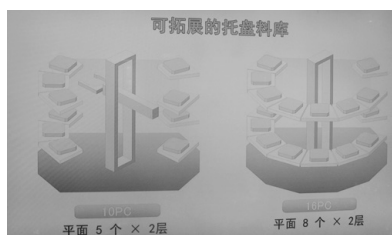


图5

托盘规格400×400mm,最大工件尺寸为 $\phi 630 \times 900\text{mm}$,最大工件重量400kg。其托盘库的尺寸也完全是沿用了HCN-4000自身所能携带的最大工件来设计的。

无独有偶,DMG-森精机也展示了一套代号为RPP的扇形FMS,原理上与MAZAK基本一致,与之配合的NHC4000也同样是一台400×400mm托盘尺寸的卧式加工中心。如图6、图7所示。



图6



图7

托盘规格400mm×400mm,最大工件尺寸为 $\phi 630\text{mm} \times 900\text{mm}$,最大工件重量400kg。可以发现其实DMG-森精机的这台在天津工厂生产组装的卧式加工中心,在血统上更接近日本机床,托盘参数方面与MAZAK完全一致。

扇形FMS结构的特点在于,每一组扇面上的托盘,其对应的最大工件直径是一定的,当需要进行托盘扩展时,只能通过增大层数和排布密度来实现。而通过扩大扇形的直径的方式,则会遇到这样的问题(如图8所示)。

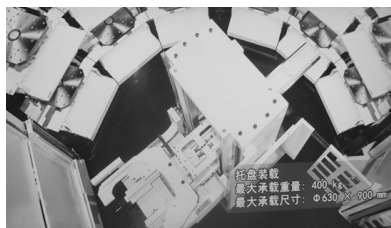


图8

因为处于中间的托盘穿梭车需要为货叉提供足够的支撑,所以穿梭车的外框架会被设计的较为宽大,这也造成了穿梭车本身在旋转过程中需要占用较大的空间。如图6 红线部分所示,为了避免与托盘库上的工件干涉,托盘会被放置在一个较远的距离,而货叉就需要更大的行程来完成托盘的转运工作,这势必造成货叉的悬臂更长。

由于扇形FMS受到托盘工件直径和穿梭车货叉悬深这两个相互制约因素的双重影响,在一层的有限空间内只能布置一定数量的托盘。为了在尽可能小的场地内布置尽可能多的托盘,以便发挥扇形FMS节省占地空间的特点,MAZAK和DMG-森精机均提供了双层托盘库的解决方案。

然而,当我们试图将托盘库加高到第三层时,显然缺乏上部支撑的穿梭车很难通过简单加高的方式来抓取第三层的托盘(如图9所示)。

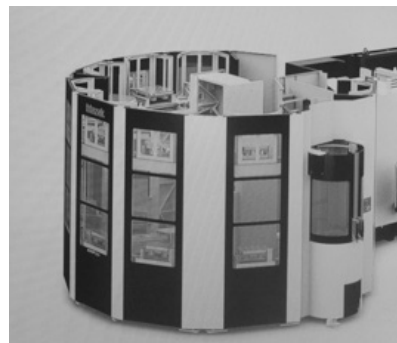


图9

以汽车刚性生产线见长的GROB,也为我们展示了一套代号为PSS-R的扇形FMS柔性生产单元(如图10所示)。



图10

与MAZAK和DMG-森精机不同是,在面对相同占地面积更多托盘的需求时,GROB的这套柔性单元,则通过另一种方式来实现。它的一部分托盘库仓位是为低矮工件准备的(如图11所示)。

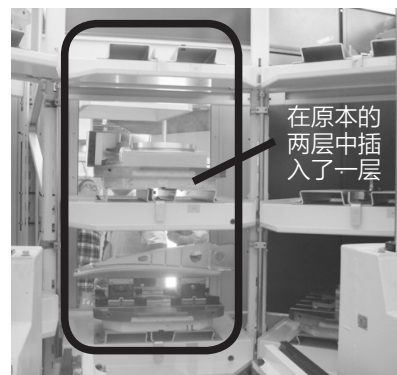


图11

当用户的工件高度较低时,就可以通过不改变整套柔性线总层高的方式,来布置更多的托盘。通过模块化的托盘库平台,用户可以根据自己的

需要随时订制自己的托盘库，来应对变化的产品加工需求。

日发精机旗下的意大利MCM公司这次也为我们展示了一套FMS产品，它由一台五轴CLOCK800卧式加工中心和一台四轴CLOCK800卧式加工中心，配合可以容纳18件托盘的托盘库组成（如图12所示）。



图 12

CLOCK800作为500×500托盘规格的卧式加工中心模块化平台，可以灵活地搭配组合，满足用户对柔性线的不同需求。

其中五轴CLOCK800采用了西门子840D solution line控制系统，四轴CLOCK800则采用的FANUC 31i-B控制系统，通过MCM自主开发的j-FMX柔性制造控制系统，可以实现对不同数控系统、不同类型机床的统一控制，无论是立式车床、立式加工中心、磨床，甚至是EDM电火花加工机床都可以并入到传统卧加的柔性线中进行管理和控制，用于各种加工工艺和工序的安排。

此次展示的五轴CLOCK800还采用了矩阵式刀库设计，刀具容量可以按照需求从150~999把进行个性化选择（如图13所示）。

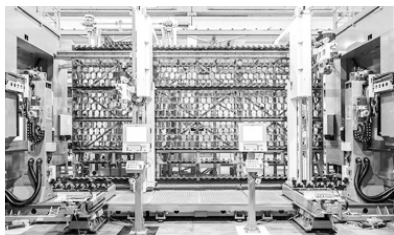


图 13

在MCM的柔性制造系统中，矩阵式刀库也被越来越多地应用到机床中，这不仅是因为矩阵式刀库拥有远大于传统链式、盘式刀库的刀具存储容量，来应对各种各样零件柔性加工的刀具要求。更重要的是，采用两台机床配合一套矩阵式刀库的布局方式，可以将刀库中绝大部分刀具在两台甚至多台机床上进行共享，大大降低用户刀具的投入成本，并提高企业在刀具管理上的效率

三、FMS柔性制造系统的控制系统

在MAZAK的扇形FMS的装卸站一侧，我们并没有发现专门用于数据输入的终端电脑，如图14所示。而在上一次CMT2015展会中，他所展示的直线排布FMS则依然使用了输入终端的设计（如图15所示）。

实际MAZAK将输入终端集成到了机床的操作面板内。与MAZAK一样，DMG-森精机的柔性线也取消了装卸站的输入终端，并集成到了自己机床操作面板。

作为全球两大机床集团，在扇形FMS的成本优化上，MAZAK和DMG-森精机想到了一起。美中不足是，这样的集成式方案，造成操作人员需要在间距2~3米的装卸站和机床操作面板之间来回跑动（如图16所示），特别是对于工件信息录入和查询工作造成了不便。这也是这种成本优化方式中的一个弊端。



图 14



图 15



图 16

欧洲的几家老牌机床厂，比如MCM、GROB，则还是保留了操作人员输入终端的设计和布局，并非一味的追求成本优化，用户良好体验也非常重要。MCM将输入终端布置在离操作人员和工件装卸站最近的位置（如图17所示）。



图 17

抛开成本优化，从技术角度，之所以MAZAK和DMG-森精机两家公司都能够将FMS控制系统和CNC操作系统集成在一起，其实很大程度上要归功于他们自主开发的CNC系统均采用了Windows等通用平台。包括西门子的840D和FANUC 310i在内，机床操作系统本身已经更接近与PC电脑，而CNC系统已经逐渐成为了机床操作系统内的一款软件。

如今软件行业的蓬勃发展，也让机床行业受益匪浅，当我们需要对

机床的功能进行扩展时，可以通过更为高效的Windows通用平台进行开发来实现，很好地避免了之前建立在CNC系统独立平台上的二次开发工作。

软件工程师的加入，使得机床的功能扩展变得更为丰富多彩，柔性制造系统也因此具备了强大的应用和扩展能力（如图18、图19所示）。

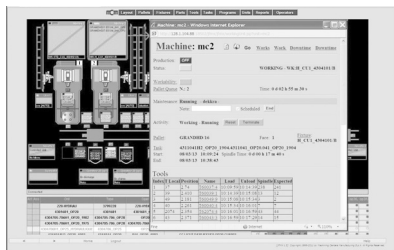


图 18

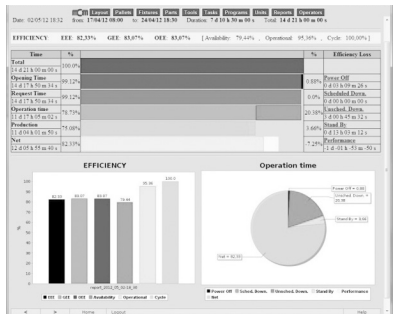


图 19

在此次展会的柔性制造讲座中，来自MCM的软件大师 Giuseppe Fogliazza先生给我们带来的由德国发起的“工业4.0”在欧洲的未来布局（如图20所示）。



图 20

在传统自动化金字塔概念中，我们通过不同的系统层级来定义解决整套自动化方案。从最底层的传感器、执行器和数据传输FIELD，到开合控制回路PLC，从HMI人机接口SCADA，到上层的详细计划生产数据、材料质量管理的MES，最终通

过生产计划和订单执行的ERP来实现（如图21所示）。



图 21

CPS (cyber physical systems) 信息物理系统，作为计算进程和物理进程的统一体，是集成计算、通信与控制于一体的下一代智能系统。信息物理系统通过人机交互接口实现和物理进程的交互，使用网络化空间以远程的、可靠的、实时的、安全的、协作的方式操控一个物理实体。

它打破了原有的刚性层级式的概念，每一个CPS可以通过各个层级来实现复杂的功能，因此我们形成了一个新的金字塔表达方式（如图22所示）。



图 22

通过CPS我们可以在原有金字塔层级建立联系的基础上实现更为清晰明确的各项功能，而原有的层级式架构依然可以得到保留。

在工业4.0概念被提及之前，我们一直强调着自动化概念，层级式的架构可以很好地管理我们的生产。

“智能化”概念的提出，显然对我们提出了更高的要求。机床、设备、系统本身，其实并不存在“智能化”，“智能化”其实是人将自身的经验和经历通过特定的方式赋予我们的机床和系统，使之变得“智能化”。CPS的引入使得原有的自动化变得更加聪明。

四、总结

FMS柔性制造系统已经走过了五十多年，从机床的数字化到制造系统的自动化，再到如今的“智能化”，无论是计算机领域“云”概念的引入，又或是“共享”经济的诞生，作为机床人的我们也开始慢慢发现，机床已经不是简单的机械、流体和电气等传统技术的结合。软件技术，网络技术的加入，让我们的机床，我们的柔性线具备了更为宽广的发挥空间。不久的将来，也许我们并不用担心我们的工业是否能够“智能化”，可能只是需要用心思考，工业“智能化”，那人会不会被替代呢？□

资讯

机床协会积极参与数控机床互联互通协议标准工作



近日，《数控机床互联互通协议标准与试验验证》课题项目节点检查会在北京航空航天大学召开，作为项目参与单位的代表，中国机床工具工业协会行业部姜晓钟主任参加了会议。数控机床互联互通协议标准与试验验证课题项目组11个成员单位代表近30人参加了会议。会议由课题技术负责人华中科技大学路松峰教授主持。

会议对课题相关技术工作内容进行了交流与讨论，各课题参与单位进行了进度汇报和技术交流，路松峰教授作了课题总结并提出下一步工作安排及时间节点。

会议要求所有成员单位要按时完成相关工作并做好总结。（姜晓钟供稿）

CIMT2017展览会

高精度绝对式位移传感器评述

中国科学院自动化研究所 卢国纲

一、序言

本届展会上位移传感器参展外企有德国的HEIDENHAIN（海德汉），西班牙的FAGOR（发格），日本的Magescale Co.Ltd（磁栅尺有限公司）、MITUTOYO（三丰），英国的RENISHAW（雷尼绍），奥地利的RSF，立陶宛PRECIZIKA（普斯克）等。参加展会的大陆中国企业有长春禹衡、苏州怡信、东莞万濠、贵阳新天、广州诺信、北京中科恒业、廊坊莱格、无锡科瑞特、长春三峰、深圳博望、桂林广陆等。从位移传感器的参展商和展品来看，体现了CIMT2017展会的主题“新需求·新供给·新动力”除立陶宛PRECIZIKA（普斯克）外其他参展企业多数都是历届CIMT的参加单位，大家每届都有创新，共同促进位移传感器产业的发展。本文是对本届展会展出的用于数控机床的位移传感器产品进行评述，并对其产业的发展方向进行讨论。

机械加工精度的提高是伴随着机床位移传感器的发展而发展，位移传感器从微米级发展到纳米级，机械加工精度也成倍提高，目前线位移和角

位移传感器构成的测量系统从增量式测量逐步发展为绝对式测量。绝对式全闭环数控系统是现代高档机床显著的特点。绝对式位移传感器普遍采用2个码道，一个码道是采用将不同宽度和不同间距的栅线以绝对位置数据用编码形式直接制作到标尺上用来确定绝对位置；另外一个码道是增量码道，通过信号细分提供高分辨力的位置值，确定光栅的精度和分辨力。绝对式位移传感器和数控系统连接时采用双向数字接口，可以传输绝对式编码器的位置值也可以传输增量式编码器的位置值，还能读取和更新保存在传感器中的信息。由于采用串行数据传输方式，可以实现绝对式传感器的位置值高效、可靠、具有诊断功能的传输。安装有绝对式位移传感器的机床或生产线在重新开机后无需执行参考点回零操作，就立刻重新获得各个轴的当前绝对位置值以及刀具的空间指向，因此可以马上从中断处开始继续原来的加工程序，大大地提高数控机床的有效加工时间；并对重要部件的状态进行实时监控，提高机床的可靠性；另外，还可以在任何时间确定机床运动部件所处的位置，通过在数控系统中作相应的设置可以省去行程

开关，提高了机床使用时的安全性。采用绝对式位移传感器大大提高了机床的生产效率和可靠性，这促进了绝对式位移传感器广泛的应用。

本届展会位移传感器的特点：

（1）数控机床全部采用全闭环的绝对式位移传感器，增量式位移传感器只用于测量仪器和手动数显机床。

（2）用于数控机床的位移传感器主要是光栅和磁栅。

（3）现今的位移传感器的准确度和分辨力已达到各个档次的数控机床和测量仪器的需求，本届展会上没有见到更高端的产品，只是见到生产厂家将产品改进和更适用。

（4）在传统的光栅企业也推出电磁感应式“栅式”长度和角度传感器，作为光栅传感器的补充，如德国海德汉的AMO，日本的三丰。

二、从DMG MORI（德马吉森精机）看位移传感器的配置

2013年10月来自德国制造业的DMG（德马吉），和来自日本制造业的MORI SEIKI（森精机），合并组成德马吉森精机有限公司（DMG

MORI SEIKI Co.Ltd)。是全球金属加工机床最大制造商之一,也是全球领先的数控车削中心和铣削加工中心制造商之一。该企业是全球机床行业的领先供应商,引领机床的技术发展和工业4.0时代机床的研发。该企业全球有员工7400名,2015年数控机床的产量就达到2万台。该企业对位移传感器的选配,会影响到位移传感器的指向。在本届展览会上他们在W3馆1000平方米的展示面积上展出了20台安装了绝对式位移传感器的全闭环高档数控机床,其中配置的位移传感器磁栅和光栅各一半。在德马吉森精机公司的数控机床中在德国生产的配置光栅的是采用SIEMENS(西门子)、HEIDENHAIN(海德汉)的数控系统,在日本生产的是配置磁栅的是采用MITSUBISHI(三菱)、FANUC(发那科)的数控系统,在2015年上届展览会上,该公司展出的33台数控机床中,全部配置SR27/SR67A绝对式磁栅尺和RS97/RU97绝对式磁栅角度编码器。由于磁栅测量技术对于恶劣环境条件不敏感,如水分、油、灰尘和震动,磁栅位移传感器的防护等级可以达到IP65,并且和机床热膨胀系数一致,能确保0.01mm高度精确的位置检测和机床控制,再加上磁栅尺公司是DMG MORI旗下的公司,所以德马吉森精机公司首选的位移传感器是磁栅。由于中国和欧洲的用户习惯采用光栅,所以本届展会上安装了一半的海德汉光栅。该公司2016年在中国市场的销售额是20亿人民币。

三、参展的生产位移传感器的主要企业

1. 德国HEIDENHAIN(海德汉)

德国Dr. Johannes Heidenhain

GmbH(海德汉)公司集中在光刻制造领域,以研发和生产高精度、高质量的光栅位移传感器和数控系统而著称世界,一直引导光栅测量技术的发展。海德汉公司目前在49个国家和地区设有办事机构。海德汉每年大约销售150万个旋转编码器和角度编码器、50万支光栅尺、1万台数显表、1.5万台高端数控系统。自1948年海德汉公司在德国Traunreut(特劳恩罗伊特)重建后,现已累计交付超过600万套直线光栅尺,1800万套旋转编码器和角度编码器,50万台数显装置和27万套TNC数控系统。在海德汉的展台上还展出了海德汉所属企业奥地利AMO电感位移测量系统,和瑞士ETEL的直接驱动的组合力矩电机。

海德汉展出的光栅尺和角度编码器的主要产品如下:

(1) LC100系列标准外壳绝对式封闭直线光栅尺

◇光栅尺采用DIADUR刻线工艺的玻璃尺,两个码道,增量码道的栅距 20 μ m;

◇测量长度从140mm到4240mm;

◇精度等级 $\pm 3\text{mm}/\pm 5\text{mm}$;

◇分辨力至1nm;

◇最大速度180m/min;

◇接口 EnDat2.2, FANUC, MITSUBISHI, SIEMENS

(2) LC200系列标准外壳绝对式封闭直线钢带光栅尺

◇光栅尺采用METALLUR刻线工艺的钢带尺,两个码道,增量码道的栅距 40 μ m;

◇测量长度从1,640mm到28,040mm;

◇精度等级 $\pm 5\text{mm}$;

◇分辨力至1nm;

◇最大速度180m/min;

◇接口 EnDat2.2, FANUC,

MITSUBISHI。

◇这项产品解决了大型数控机床的绝对式测量。

(3) ROC 2000/7000系列26/28位分离式联轴器的绝对式角度编码器

◇外径 $\phi 110\text{mm}$;

◇空心轴 $\phi 20\text{mm}$, $\phi 35\text{mm}$;

◇每圈位置值28bit/26bit;

◇系统精度 $\pm 2.5''/\pm 5''$;

◇最大转速3000 r/min;

◇接口 EnDat2.2, FANUC, MITSUBISHI;

◇该产品应用于回转工作台、倾斜轴、直接驱动。

(4) RCN 8000系列内置轴承29位绝对式角度编码器

◇采用DIADUR刻线工艺的玻璃圆光栅,一个增量码道和一个绝对码道;

◇空心轴 $\phi 60\text{mm}$ 和 $\phi 100\text{mm}$;

◇外径 $\phi 200\text{mm}$;

◇每转位置数536870912(29位);

◇系统精度 $\pm 1''/\pm 2''$;

◇每个信号周期的最大位置误差 $\pm 0.15''$;

◇最高转速1500 r/min;

◇接口 EnDat2, FANUC, MITSUBISHI;

◇在机床的回转工作台、摆动铣头和车床的C轴的位置控制和速度控制方面得到广泛的应用。

2. 日本Magescale(磁尺)

日本的磁栅尺过去是由索尼公司(Sony Manufacturing Systems Co.)生产,在2010年该公司被日本森精机(MORI SEIKI)收购后,更名为磁尺有限公司(Magescale Co.Ltd),现在是DMG MORI旗下的公司,仍然继续从事基于磁栅测量技术的开发、生产和销售,并加强了磁栅在数控机床上的配套应用,现在

该公司的主要生产基地和总部还在日本神奈川县伊势原 (Isehara)。该公司在2010年以后又在德国Wernau建立了欧洲磁尺公司 (Magnescale Europe GmbH), 在美国加州Irvine也有美国磁尺公司 (Magnescale Americas Inc.)。这几年日本磁尺公司全部恢复了SONY公司过去产品, 而且供不应求。磁尺公司提供给德马吉森精机的绝对式磁栅尺的系列是SR27A/SR67A, RS87等; 绝对式磁栅角度编码器系列是RS97/RU97和RS77。本届展览会上虽然没有磁尺公司的产品直接展示, 但DMG MORI展台上展示的10台全闭环数控机床上都安装了磁尺公司的磁栅尺和磁栅角度编码器, 磁栅尺测量系统的分辨力0.01mm, 抗冲击性450 mm/s², 抗震性250 mm/s², 并且抗结露和耐油性能优异。

下面将DMG MORI在数控系统中使用的绝对式磁栅传感器介绍如下:

(1) SR87封闭式绝对式磁栅尺主要技术规格:

- ◇ 测量长度 从140mm到3040mm;
- ◇ 精度等级 $\pm 3\text{mm}$;
- ◇ 分辨力 0.01mm;
- ◇ 最大速度 200m/min;
- ◇ 振动 $\leq 250\text{ mm/s}^2$;
- ◇ 冲击 $\leq 450\text{ mm/s}^2$;
- ◇ 防护等级 IP54, IP65(注入压缩空气时)。

(2) SR97敞开式绝对式角度编码器

- ◇ 系统精度 $\pm 2.5''$;
- ◇ 每圈位置值 2 5bit;
- ◇ 接口FANUC, MITSUBISHI, SEIIMENS;
- ◇ 空心轴直径 $\phi 96\text{ mm}$, $\phi 180\text{mm}$;
- ◇ 防护等级IP65。

(3) RU97封闭式绝对式角度编

码器

- ◇ 系统精度 $\pm 2.5''$;
- ◇ 每圈位置值 2 5bit;
- ◇ 接口FANUC, MITSUBISHI, SEIIMENS;
- ◇ 空心轴直径 $\phi 20\text{ mm}$, $\phi 22\text{mm}$;
- ◇ 防护等级IP65。

3. 西班牙FAGOR (发格)

西班牙发格自动化有限公司 (Fagor Automation S.Coop) 成立于1972年, 是从制造数显表、光栅尺开始成为专门从事生产数控产品的公司。研发、创新及基础设施的不断投资, 使发格自动化取得了今天的成功, 公司可能解决具有高度战略意义的项目, 比如说, 用于生产刻线玻璃的光刻术的新设施, 刻线玻璃广泛地应用在发格的线性反馈系统中。多年以来, 发格自动化用于研发和创新的年均费用都超过销售额的10%, 目前公司拥有85名研发工程师及6位博士, 他们致力于将新的自动化技术及光学技术应用于发格自动化研发的产品中。在这次展览会上该公司配合高档数控机床的发展, 展出了绝对式光栅尺和绝对式角度编码器。其产品如下:

(1) 封闭式50米钢带绝对式光栅尺

该光栅尺的型号为LA, 其测量长度从440mm到50m, 该产品采用的不锈钢带, 增量码道的栅距为40 μm , 具体数据:

- ◇ 钢带准确度 $\pm 5\mu\text{m}$;
- ◇ 最大速度180m/min;
- ◇ 测量分辨力至0.01 μm ;
- ◇ 通讯协为SSI, 支持FANUC, MITSUBISHI, SEIIMENS。

(2) 封闭式玻璃绝对式光栅尺
该系列光栅尺有3个型号GA、

SA、SVA, 测量长度从140mm到3040mm, 增量码道的栅距为20 μm , 具体数据:

- ◇ 准确度 $\pm 3\text{mm}$, $\pm 5\mu\text{m}$;
- ◇ 最大速度180m/min;
- ◇ 测量分辨力至0.01 μm ;
- ◇ 通讯协为SSI, 支持FANUC, MITSUBISHI, SEIIMENS。

(3) HA-D200系列封闭式绝对式角度编码器

- ◇ 系统精度 $\pm 1''$, $\pm 2''$;
- ◇ 每圈位置值 2 7bit;
- ◇ 最大转速1000r/min;
- ◇ 接口FANUC, MITSUBISHI;
- ◇ 防护等级IP65。

4. 日本MITUTOYO (三丰)

三丰公司(Mitutoyo Corpation)是著名精密测量仪器的制造公司, 主要产品是各种测量工具以及坐标测量机、形状测量仪、图象及光学测量仪等。该公司去年在全球有48个分支机构, 有职工大约5千人, 销售额1087亿日元 (大约9.6亿美元)。光栅和电磁感应测量系统是该公司精密测量的基础, 三丰的光栅尺主要是供给本公司的测量仪器使用, 他们的生产量仅次于海德汉, 电磁感应直线编码器是绝对式防水卡尺的长度标准, 今年又推出了用于反馈系统的封闭式的绝对式电磁感应直线栅尺 (Electromagnetic induction-type ABS AT scale) ABS AT1100。该尺是采用感应式的栅式结构, 具有优异的耐油性、耐水性, 有坚固的防尘和防水措施, 其标尺是和光栅一样是做在玻璃基体上, 标尺和读数头之间有0.4mm间隙, 该尺的机械安装尺寸与海德汉完全相同, 具有互换性。此外, 三丰还有用于数控机床配套的高精度的封闭式AT353、AT555和AT203系列绝对式光栅尺, 它们的光栅尺的栅距基本上都是20mm,

AT203系列光栅尺最大测量长度到达6000mm,分辨力为0.1 μm 。

(1) 绝对式防水直线栅尺 AT1100

- ◇测量基准;电磁感应系统;
- ◇测量长度 140mm至3040mm;
- ◇精度等级 $\pm 3\text{mm}$, $\pm 5\text{mm}$;
- ◇分辨力0.05mm;
- ◇最大速度3m/s;
- ◇抗振动 20G;
- ◇抗冲击 30G;
- ◇热膨胀系数 $\approx 8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$;
- ◇防护等级 IP57, IP67(注入压缩空气时);
- ◇接口 FANUC, MITSUBISHI, SEIMENS。

(2) AT353和AT555封闭式绝对式光栅尺

- ◇测量长度 100mm至3000mm;
- ◇精度等级 $\pm 3\text{mm}$;
- ◇分辨力0.005mm;
- ◇最大速度150m/min;
- ◇抗振动 20G;
- ◇抗冲击 35G;
- ◇接口FANUC, MITSUBISHI, PANASONIC。

5. 英国RENISHAW (雷尼绍)

RENISHAW公司是一家跨国公司,成立于1973年,专门从事高精度检测仪器与设备的制造,2016年6月30日在35个国家/地区设有70多个分支机构,员工约4,000人。其中,约有2,600名员工在英国本土工作,参与并完成其大部分研发和制造。2016年销售额4.3亿英镑,其中亚太地区占40%。位移测量主要的产品是直线光栅尺、角度光栅编码器以及磁旋转编码器和直线磁栅尺。RENISHAW的位移传感器为非接触直线光栅及圆光栅测量系统,光栅是金属反射光栅,它采用了开放式、非接触、小型紧凑结构的光学测量系

统,能在高速、高分辨力的工作条件下还具有抗光栅表面被污染的能力。该公司能够提供品种繁多的高速增量式和绝对式直线光栅系统,在机床、测量机、直线电机和半导体专用设备方面得到广泛的应用。展会上的部分展品包括:

(1) 增量式光栅尺

光栅尺的栅距有20 μm 和40 μm 两种,其表面采用保护膜或聚酯涂层,光栅尺可按设备的具体需要剪切至合适的长度,其背面有自粘的特别设计,能快速安装(栅尺的最大长度70m),镀金光栅尺的精度为 $\pm 3 \mu\text{m}/\text{m}$,分辨力到1nm,速度10m/s。对于所有直线光栅读数头和接口组合,读数头中均内置有LED安装指示灯,这可提高安装速度,而且无需其他安装装置,读数头中有内置细分电路,提供分辨率从10 μm 到1nm的数字反馈信号。新推出的ATOM微型直线光栅非常适合于对空间大小有严格限定的各种运动控制、检测和计量应用。

(2) RESOLUTE绝对式光栅

由RESOLUTE读数头和30 μm 栅距的RSLM不锈钢栅尺组成,具有独特的单通道绝对刻度,将绝对位置数据和移相信息整合为一个代码(即将增量式相位信息直接嵌入绝对位置代码),这种设计的内在功能就是在任何扭摆都不会造成光栅读数错误,分辨力可达1 nm,测量长度到5m,精度 $\pm 4 \mu\text{m}$,速度达到100m/s。RENNISHAW绝对式光栅尺采用的通信协议是IC-HAUS的BISS-C接口,此外还配有DRIVE-CLIO、FANUC和MITSUBISHI通信接口。

(3) 角度光栅编码有增量式和绝对式

- ◇采用不锈钢圆光栅;
- ◇增量式圆光栅基本数据:栅距为20 μm ;圆光栅外径为52mm

至550mm;最高速度2938r/min(在52mm);分辨力5 μm 到10nm;刻线数7192至86400;

◇绝对式圆光栅基本数据:栅距30 μm ;外径52mm至550mm;最高速度18000r/min(在52mm);通讯协议:BISS-C、DRIVE-CLIO、FANUC和MITSUBISHI;分辨力:BISS-C18位、26位、26位,DRIVE-CLIO、FANUC和MITSUBISHI 23位、27位。

(4) 奥地利RSF公司

奥地利RSF电子有限公司(RSF Elektronik Ges.m.b.H)1973年成立,是海德汉旗下的公司,公司现在奥地利St. Georgen。该公司主要目标是研发光栅测量系统和生产增量式光栅尺、增量式圆光栅编码器以及配套的光栅数显表,其产品和德国海德汉公司相近。该公司现有的工作人员超过100人。现在RSF公司主要的产品是封闭式直线光栅尺、敞开式直线光栅尺、圆光栅编码器、光栅长度计和数显表。RSF光栅尺采用的是透射式单场扫描成像测量原理,提高了光栅信号的质量和抗污染能;其读数头内可以内置到100细分电路。RSF产品的品质质量较好,有相当的竞争力。

RSF光栅尺的基本技术参数为:

- ◇刻制光栅的基体:玻璃、陶瓷玻璃和钢带;
- ◇栅距:玻璃尺8、10、20mm,钢带尺40mm;
- ◇最大测量长:封闭式玻璃为3040mm,敞开式钢带为30040mm;
- ◇精度等级:封闭式玻璃为 $\pm 2\text{mm}$ 、 $\pm 3\text{mm}$ 和 $\pm 5\text{mm}$,敞开式钢带为 $\pm 5\text{mm}$ 、 $\pm 15\text{mm}$ 和 $\pm 30\text{mm}$;
- ◇分辨力:封闭式可到0.1mm,敞开式到0.01mm;
- ◇最大测量速度:封闭式到2m/s,

敞开式到30m/s;

◇输出信号: ~1Vpp、TTL矩形波和RS422接口。

6. 立陶宛PRECIZIKA(普斯克)

立陶宛PrecizikaMetrology(普斯克测量技术公司)成立于1991年,其前身是创立于1961年的前苏联机床工具研究所维尔纽斯分部。在1970—1990年间,前苏联一半以上的编码器和三坐标测量机均由Precizika公司设计生产。Precizika公司目前不到90人,主要产品有:

①旋转编码器:有11个型号,增量式到5000线,绝对式到21位;

②光栅尺有封闭式和敞开式,封闭式光栅尺的测量长度140到3240mm、准确度 $\pm 3\text{mm}$ 、 $\pm 5\text{mm}$ 和 $\pm 10\text{mm}$ 。

7. 长春禹衡公司

长春禹衡光学有限公司是光电编码器专业制造商,其主导产品光栅编码器及相关部件,2015年销售量超过62万个光电编码器,销售额1.3亿元,其产品广泛用于数控机床、交流伺服电机、电梯、和自动化设备。禹

衡作为国家重大专项《绝对式旋转编码器》产业化的承担单位,将成为中国绝对式旋转编码器的生产基地。在本届展览会上展出的绝对式编码器:

HND系列绝对式旋转编码器:

◇每圈位置值单圈13~23bit,多圈7~19位;

◇准确度 $\pm 30''$;

◇最高转速12000r/min;

◇输出正弦信号1Vpp,512线、1024线、2048;

◇防护等级IP65;

◇通讯协议BISS-C、SSI。

8. 长春光机所

长春禹衡光学公司承担的“高精度、高分辨力绝对式光栅旋转编码器研制”重大专项,经过8年的长期研发,成功研制出JC系列绝对式光栅尺。

JFT-1型绝对式光栅尺:

◇尺体采用玻璃尺,两个码道,增量码道的栅距 $20\mu\text{m}$;

◇测量长度从220mm到4040mm;

◇精度等级 $\pm 3\text{mm}$ 、 $\pm 5\text{mm}$ 和 $\pm 10\text{mm}$;

◇分辨力0.1mm、0.05mm和0.01mm;

◇运动速度 $\leq 180\text{m/min}$;

◇振动 $\leq 100\text{mm/s}^2$;

◇冲击 $\leq 300\text{mm/s}^2$;

◇接口BISS-C。

◇该光栅尺已经试制了500支,正在光洋、华中、广数等数控机床上使用。

9. 广东万濠公司

该公司以光栅尺、影像仪、坐标测量机、直线电机和数控机床为经营范围。开发了单场扫描感测芯片,有效提高光栅尺抗拒制造缺陷与环境污染的能力,光栅尺产量已处于全行业第一。本届展会上展出了WTG系列绝对式光栅尺技术参数如下:

◇测量长度从70mm到3000mm;

◇精度等级 $\pm 3\text{mm}$ 、 $\pm 5\text{mm}$;

◇分辨力0.1mm、0.5mm和1mm;

◇运动速度 $\leq 120\text{m/min}$;

◇振动10G;

◇冲击30G;

◇接口BISS-C。 □

（上接第36页）

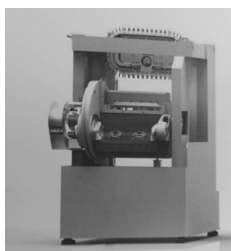


图23

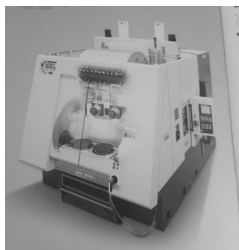


图24

类似结构展出的还有VIGEL的不带交换工作台的双主轴五轴联动卧式加工中心VPlatform4 TW 400(见图24)等。

五、结束语

纵观金切机床行业,五轴联动机床正在被大量生产和使用,为各行各业复杂零件的加工提供了支撑,促进了新技术的快速发展。国外五轴机床正在不断融合高速、高精、高效的理念,多种材料的机床主体结构、直驱电机的使用、温升的精确控制、高刚

性导轨的应用、车铣磨及超声和激光等不同加工方式的复合、多主轴的配置、交换工作台的选用、智能控制及生产线的集成等都是这种理念不断深化的体现。与国外先进五轴机床制造企业相比,国产五轴机床品种还不够丰富,质量还有待提升,新技术、新工艺的运用还需要加强,特别是关键零部件、数控装置和软件等更需各方共同努力,快速迎头赶上,满足市场日益多样化的需求。

需求是发展的动力,险境中蕴含着勃勃生机,迎接挑战就是迎接机遇! □

浅谈五轴立式加工中心的新发展

大连科德数控股份有限公司 侯延星

第十五届中国国际机床展览会（CIMT217）于2017年4月17-22日在北京中国国际会展中心（新馆）举办。本届展会以“新需求·新供给·新动力”为展会主题，诠释了当前环境下机床工具产业面临的全新挑战和机遇。

装备制造业是一个国家建设的基石，机床是一个国家制造业水平的象征，而代表机床制造业最高境界的五轴联动数控机床，则反映了一个国家的工业发展水平状况。机床设备不但同国家航空工业、船舶制造、军工产业、科技技术、精密器械等设备制造行业有着非常大的关系，而且还与人们的日常生活等方面面密不可分。

五轴联动数控机床对一个国家的航空航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等行业，有着举足轻重的影响力。长期以来，西方工业发达国家，一直把五轴联动数控机床作为重要的战略物资，对我国实行封锁禁运。进入二十一世纪，我国机床行业获得了突飞猛进的发展，现已成为世界第一机床制造国，但高档、大型、精密、高速数控机床以及数控系统依然依靠进口。我国要想成为制造业强国，就必须拥有自己的五轴数控机床技术。本文仅对五轴立式加工中心谈谈自己的看法。

五轴形式：一般分为摆头式：包括（双摆头类和一摆一转类）（见图1）；摇篮式：双转工作台类（见图2）。

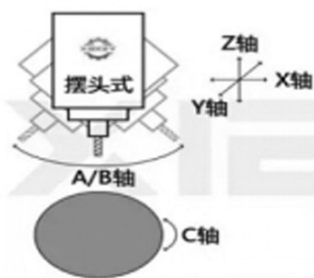


图1 摆头式

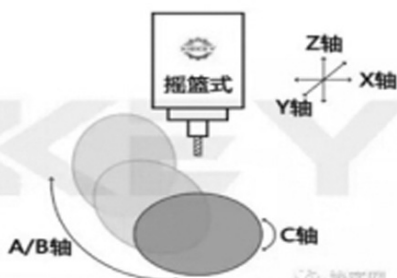


图2 摇篮式

对于千变万化的五轴机床，从UG或POWERMILL之类的编程软件的后处理的角度来看，只有三大类：

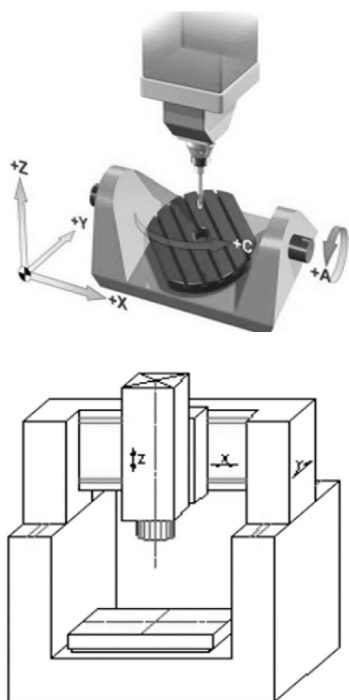
（1）双摆铣头类（UG称之为：5轴带双转头/5-AXIS with dual rotary heads）。

（2）一摆一转类（UG称之为：5轴带转头和轮盘5-AXIS with rotary head and table）。

（3）双转工作台类（UG称之为：5轴带双轮盘/5-AXIS with dual rotary tables）。

摆头式由于工件只做C轴运动，甚至有些连C轴都由主轴箱旋转来完成，这种形式对于超大超重型零件加工有着不可替代的作用。但是必须配备断电保护功能，使机床在遭遇突然断电后能寻原路退至原点。否则在偏摆主轴打孔或攻丝时突然断电就只能呵呵了；摇篮式适用于轻型零件，主轴只作直线轴运动，所以结构更简单可靠，主轴刚性及精度也会更好。配上直线电机和力矩电机可做高速加工及铣车复合加工，在小型精密模具行业有着重要意义。

一、摇篮式双摆台双五轴立式加工中心（两个转动坐标直接控制空间的旋转）



典型代表1：德国哈默全功能的5轴数控高性能C42U动态加工中心



产品特点：

- (1) 改良的龙门设计，系统地避免了传统龙门的缺陷。
- (2) 刀具3轴移动设计，动力不受工件限制，为快速移动和进给力（最大可达60m/min）提供了理想的先决条件。

(3) 工作台模块构造，多功能床身具有多种可选配置。

(4) 驱动与导轨在工作区域之外。

(5) Z轴带有电动机械快速急停，避免非受控掉落。

(6) 复合设计，对空间要求不高。

(7) 最优化的静态以及动态特征。

(8) 高运行精度，定位精度，以及长期精度。

(9) 加工过程高动态。

(10) 得益于动力版本中 6m/s^2 或 10m/s^2 的高加速度，使得定位、启动时间短。

(11) Y滑轨移动，三个滑块在三个交叉排列的导轨上。

(12) 三点支撑与中心驱动系统造就了卓越的导轨移动性。

(13) 所有线性轴均使用滚珠导轨，造就了持续稳定的动态条件。

(14) 带有的数码AC伺服马达和永久预紧力滚珠丝杆副位置监控系统。

(15) 永久定位监测。

(16) 低养护率的自动中心润滑系统。

典型代表2：现代威亚XF6300高端五轴机



产品特点：

- (1) X/Z轴的新型箱中箱结构更是在最大程度上减小热变形。
- (2) A/C轴采用伺服电机直驱

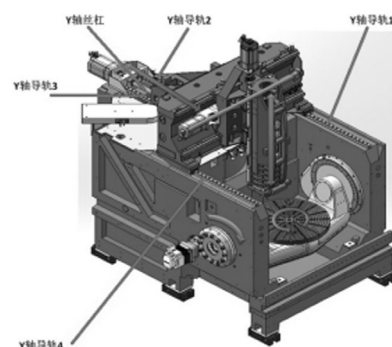
方式，可实现五轴联动加工，且工作台最大承重达600kg，显著扩大各类复杂零部件产品加工范围。

(3) 创新的环形刀库设计更是显著降低切削对切削时间，可实现同级别设备最快4.5s的切削对切削时间，标准1层34把，可选2层68把，3层102把多样化刀具配置显著提高了适用加工范围。

(4) 高精度电主轴标配15000r/min，可选最大40000r/min，尤其在精密产品加工中表现出优秀加工品质。

(5) 标配的激光方式的刀具在线监测更是能保证精密加工特性。1000段程序预读功能及8CH的热变形补偿装置等综合模具包选项，更是能保证高端零部件产品精密要求。

典型代表3：大连光洋KMC1250UMT五轴立式加工中心



产品特点：

(1) 采用的改良龙门框架结构设计，采用人造大理石材料床身，与铸铁床身相比具有极佳的抑振性和抗热变形性能。

(2) 机床联动轴数为5，刀具3轴移动设计，采用高性能伺服驱动电机直联滚珠丝杠传动，动态性能不受工件限制，实现高动态特性、高效率加工。

(3) 工作台摆动而主轴不摆动，因而主轴不受摆动影响，刚性

好。刀具长度不影响摆臂长度，不影响摆动误差。

(4) y轴采用四导轨支撑和重心驱动方式。自动拾取式环形刀库与床身融为一体，结构紧凑节省空间，拾取式换刀速度更快（屑对屑时间为5s）。

(5) 数控回转摆动工作台实现双臂支撑和单/双驱动，实现C轴连续360°旋转并支持高速车铣功能，A轴±130°摆动。

(6) 机床采用通用性设计，兼容3~5轴机床扩展功能，4轴可选单/双驱控制，C轴可选铣削/铣车功能，x/y/z轴支持半闭环/全闭环控制，三种规格车铣复合电主轴，多种机床配置形式可满足不同用户的加工要求。

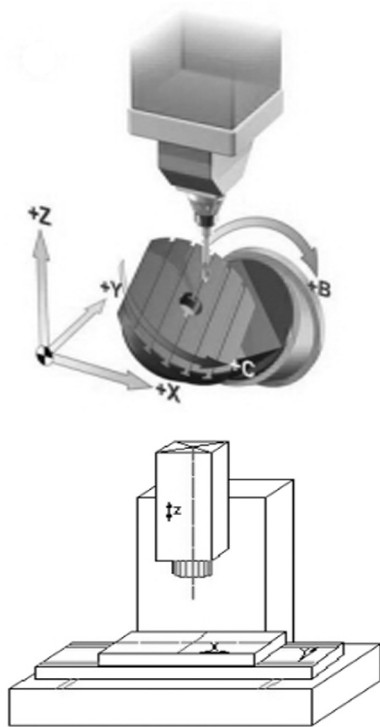
(7) 同时机床作业空间大，干涉范围小，切削刚度强，动态性能高、安装空间紧凑。具有3维切削仿真和3维防撞功能，机床MTBF达到1500h。

(8) 科德数控自主研发的KMC1250U五轴铣车复合立式加工中心采用模块化设计概念，具有更大的作业空间，更小的干涉，更强的切削刚度，更高的速度、精度和更紧凑的安装空间，是目前亚洲最大的摇篮式双摆台双五轴立式加工中心。

典型代表4：台湾永进



二、俯垂型双摆台立式加工中心（两个坐标轴在工作台上，但旋转轴不与直线轴垂直）



典型代表：D800Z



目前，国内五轴加工越来越普遍，这种通过倾斜接触工件、缩短刀具夹持距离的加工方式，不但实现了高精度，而且无需二次夹装即可从各个方向加工复杂工件的技术，大大缩短了加工时间，在这些优势下，以前设法用三轴加工的工件现已越来越多地转移到五轴上加工。

1. 出色的精度

D800Z 无关负载（可达1,200kg），其第4轴和第5轴整体式直驱马达和高刚性的机床支撑结构都能够提供敏捷、平滑的运动，确保出色的精度。此外，牧野对机床的热稳定性非常重视，通过轴芯冷却滚珠丝杠，直驱马达温度控制等，保证机床提供持久的精度。

2. 可靠的刚度

设计独特的“Z”形摇篮式可倾转工作台（不是传统的悬臂梁设计），确保了工作台和工件的重心总是落在B轴和C轴的旋转中心，而不受倾斜角度的任何影响。工作台是由一个大直径的十字交叉滚柱轴承来支撑，与传统的悬臂工作台相比，具有更小的偏摆，能够提供更卓越的硬度和刚度。

3. 高速度

D800Z 有两种主轴规格 D800Z(#40)和D800Z(#50)，可以组合出四种不同的主轴配置：标配14,000r/min (HSK-A63)，可选配20,000 r/min (HSK-A63)、12,000 r/min (HSK-A100)或18,000 r/min (HSK-A100)。每个主轴牧野都确保无振动加工，这种广泛的主轴选择让D800Z可以定制，以满足精密零件、模具和航空航天领域的不同应用。快速进给方面，X、Y、Z轴均为36,000 mm/min，B和C轴为18,000°/min(50r/min)。

最新加入牧野D系列大家庭（D300和D500）的D800Z五轴立式加工中心，是在D500获得市场认可的成功基础上研发并推出的，重点追求精度、刚度和速度优异的性能，专为精密零件、模具和航空航天领域应用。同D300和D500一样，D800Z也可轻松接近主轴和工作台操作；具有高刚性的结构；快速响应切削；高质

量的加工表面及可选配自动化装置。然而，D800Z绝对是D家族的“大哥大”，可加工直径达1m，重达1.2t的大型工件，提高装夹效率，减少操作工序，缩短生产时间，快速平稳移动，切实实现高精度、高效率加工。

4. 精度控制

作为D800Z的特色之一，也是牧野的专利技术——新一代超级几何智能控制(SGI.4)软件，专门用于高速、小公差下，对复杂三维模型中微小程序段的处理加工，这可比标准的数控系统生产速度更快，精度更高。有助于复杂型腔、型芯和航空航天部件缩短多达40%的模具加工周期和成本。还有刀具中心点(TCP)控制，可基于刀尖进行编程，以便应用刀具补偿功能。TCP还能优化刀具路径，实现更高的加工质量。

5. 操作方便安全

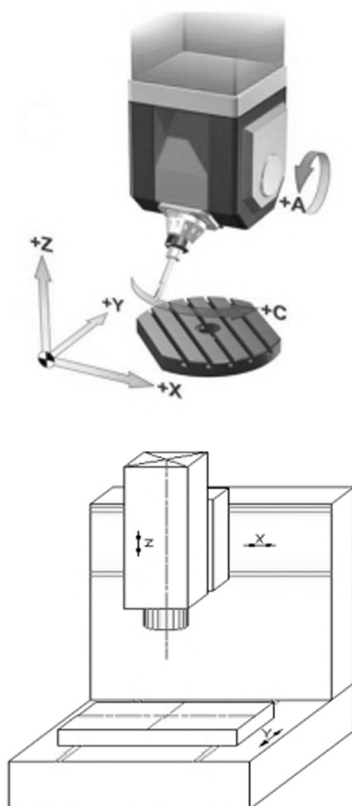
防护门采用正面与顶面同时开放的设计，这就更方便接近主轴和工作台及装载大型工件；配备的大视窗，视野更开阔；标配的主轴-工作台防撞功能，可有效防止主轴与工作台间的干涉，消除错误编程或误操作而引起的碰撞风险。友好的用户操作界面，大大简化了五轴加工的应用。

6. 经济的运行成本

D800Z旨在通过减少人工和能耗，降低工厂的运行成本。工件可以一步加工完成或少于以前的工序，无需再手动干预、测量或补偿。具体来说，就是很少或不用手工抛光、去毛刺等方式来提高加工质量和精度。该机体积小占地空间仅为3,350mm(W) × 4,990 mm (D) × 3,600mm(H)，为了降低功耗，节约能源，D800Z设有Eco模式，在不需时关闭外围设备；液压单元的蓄电池在泵处于空闲状态时保持零功耗。

D800Z可以从容应对五轴加工大型零件所面临的工件尺寸、重量和加工范围等诸多挑战。始终提供持久稳定的动态精度，高质量的加工表面及加工精度，降低加工成本，满足客户生产需求。

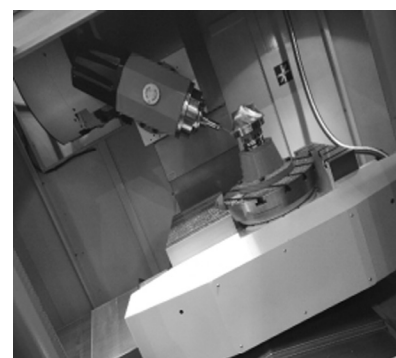
三、一摆一转形式立式加工中心（两个转动坐标一个作用在刀具上，一个作用在工件上）



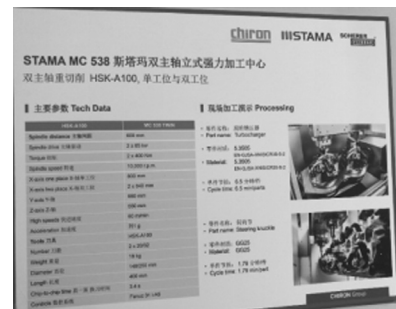
该结构形式常见于“龙门+立车结构”，在中小型立加上展会上也有所体现：主要是台湾一些厂家，基于经典的十字滑台结构，保持了原有结构的共性特点外，在原有机床基础上在主轴箱上增加摆动B轴功能，在十字滑台轴上增加C轴功能，实现典型小叶片等零件的五轴联动加工。

第十五届中国国际机床展览会展出的多轴立式加工中心主要体现在4

个层次梯队：



第1梯队，以欧系为代表的多轴立式加工中心，主要结构为摇篮式双摆台双五轴立式加工中心，同时也有哈默、巨浪等国际知名厂家双主轴立式强力加工中心，针对行业客户的细分市场，产品无论从外观内在，还是设计水平及创新性，抑或加工能力和加工精度，几乎无可挑剔。产品不仅具有良好的机床精度和性能，更为关注机床的加工效率和能耗的控制，精工细作，精益求精，机床加工精度极高，产量很低。因价格实在太贵，使用成本实在太高，用户往往在迫不得已的情况下才会选购。这些企业属于世界领先产品制造商。



(下转第72页)

充液成型与内高压成型复合生产线研究

安徽江淮汽车股份有限公司 马国礼 夏咪咪 王平 崔礼春

充液成型主要用于铝合金等传统成型困难的轻质材料的拉延生产，内高压成型主要用于管类件胀形及冲孔生产，上述两种生产设备及工艺具备多个共同点，如高压源、大吨位压机、液体介质等。单独生产线的建设费用高，利用其共同点，经过分析确认两种工艺所对应的主要设备可以复合在一套设备中。该复合生产线能够满足前期小批量实验生产，可以有效节约投资，提高设备利用率。

一、引言

随着雾霾天气增多，日益扩大的环境污染成为人们关注的焦点。汽车作为常见污染源的一种，得到人们特别的关注，尤其对汽车环保的要求日益加强。汽车企业从各方面出发，努力实现汽车对环境污染的降低。其中轻量化技术的普遍应用，是解决这些问题的关键途径。所谓轻量化，就是通过使用轻质材料、优化结构设计等方法来达到减重目的一种先进制造技术。轻量化有两个主要途径：一是材料途径，就是采用铝合金、镁合金、钛合金和复合材料等轻质材料；二是结构途径，采用空心变截面、变厚度薄壁件等优化结构。本文分别从这两个方面入手，分析实现这两种不同成型类型产品的复合型生产工艺和设备。

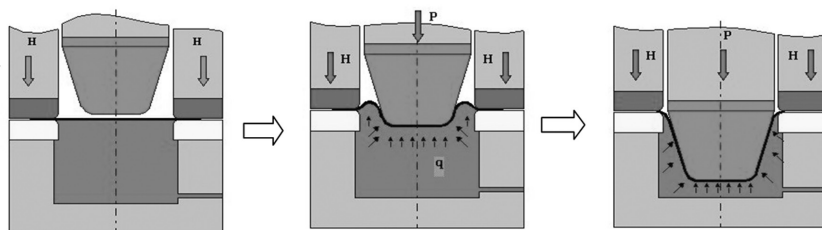
二、成型原理

1. 充液成型

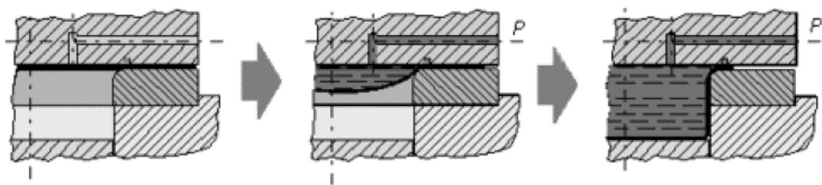
充液成型是一种利用液体作为传力介质，代替刚性的凹模或凸模直接

作用于板材进行成型的方法。其根据加压方式的不同分为两种：被动式和主动式，其原理如图1所示，被动式充液成型：流体作为辅助手段，先在凹模内充满液体，放上拉深坯料，施加一定的压边力，凸模下行进行拉深，同时启动液压系统使液体保持一定的压力，直到拉深结束，然后抬起凸模、压边圈，取出成型零件；主动式充液成型：流体作为主动加压方式，夹持装置与板材之间一般有密封装置，以防止液体的外泄。

对于被动式充液成型技术，即板材充液拉深成型技术，由于流体压力介质辅助成型，可增加变形坯料与拉深凸模之间的有益摩擦，克服拉深凸模圆角部位坯料的破裂，提高零件的成型性及成型极限，具有节省工序、简化模具结构、降低成本、提高尺寸精度等优点。相比较主动式充液成型，其应用更为广泛。



(a) 被动式



(b) 主动式

图1 板材充液成型原理

2. 内高压成型

内高压成型是一种以管材为坯料，以油液为传压介质，在管材内部施加超高压的同时，对管坯的两端施加轴向推力进行补料。因两种外力的合力作用，管坯产生塑性变形，最终与模腔内壁贴合，使管坯成为具有三维形状零件的现代塑性加工技术。内高压成型工艺适用于制造沿轴线具有不同截面形状的空心零件，截面形状可以为圆形、矩形或异型截面口。

内高压成型工艺过程主要分为三大阶段，如图2所示。

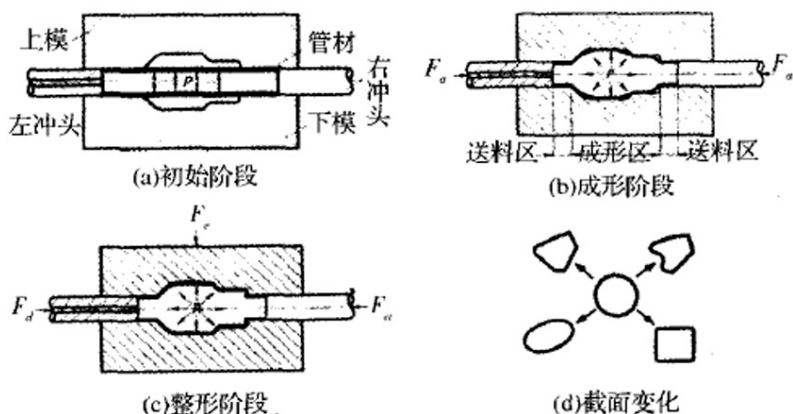


图2 内高压成型原理及工艺过程

(1) 初始充填阶段(a): 将管坯放入模腔并合模，两端的轴向冲头水平推进，形成密封。通过在预充液体将管内空气排出。

(2) 成型阶段(b): 在管坯加压胀形的同时，冲头按设定的加载曲线向内推进补料，在内压和轴向补料的联合作用下使管坯基本贴靠模具。此阶段除过渡R角外的大部分区域已经成型。

(3) 整形阶段(c): 提高内压使过渡R角完全贴合模腔，工件完成成型。

从截面形状(d)可看出，工件截面可为梯形、矩形、椭圆形或各种非规则形状。

三、工艺流程及设备

1. 充液成型

生产工艺流程如下：金属材料库(定尺板料存放)—机器人上料—涂油—液压机充液成型—机器人下料—清洗—激光切割—冲压件库；

充液成型生产线应配置的基本设备有：涂油机、清洗机、充液成型机、外围设备(如激光切割机等)、自动化装置等。其中，最主要的设备是充液成型液压机，其提供大吨位的压边力、部分成型力、高压液体介质等。目前国外大吨位充液成型装备较为成熟，但核心技术严格保密，如图3、图4所示。

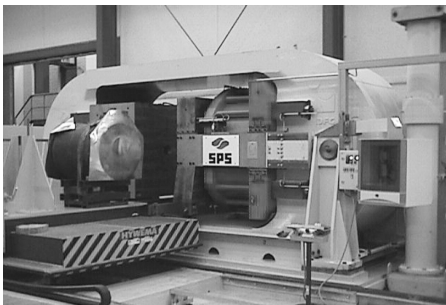


图3 SPS公司生产的大型板式充液成型机

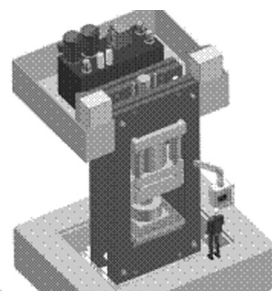


图4 AP&T生产的同轴式板式充液成型机

国内虽然起步较晚，但经过近几年的发展，如天锻、合锻等设备制造厂家也具备了生产大吨位液压机的能力，部分研制产品已经在各科研单位或生产厂家投入实际生产，如图5所示。



图5 550t、1050t和1600t国产板形件充液成型液压机

2. 内高压成型

生产工艺流程如下：管类件—弯管机—液压机预成型—液压机终成型—清洗—激光切割—漂洗—涂防锈油—冲压件库。

一条专业的管形件内高压生产线应配置的基本设备有：割管机、弯管机、清洗机、内高压成型机、外围设备(如激光切割机、焊机等)、自动化装置等，如图6所示。其中，最主要的设备同样是内高压成型液压机，其作用是提供合模力、管端轴向推力、高压液体介质等，并按照设定的曲线控制内压和轴向推力，如图7所示。

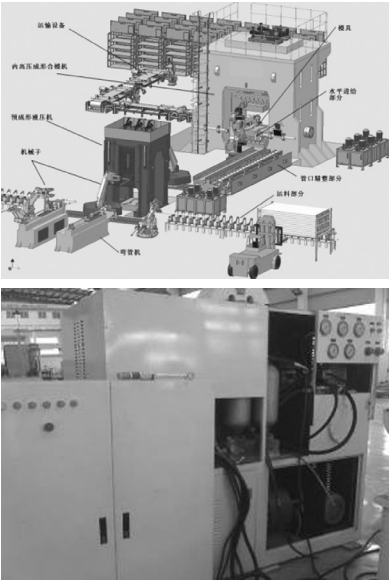


图6 内高压成型生产线



图7 10000T管材充液成型机及其所配置的超高压源

3. 关键设备

大吨位液压机为以上两种工艺关键设备，其中充液成型机需提供给模具压边力和拉伸力，结构为双动，主要特点是滑块分为内外滑块两部分，内滑块提供拉伸力，外滑块提供压边力，以某5000t充液成型液压机为例，其主要参数如表1所示。

表1 某5000T充液成型液压机主要参数

序号	规格	单位	参数
1	总公称力	/kN	50000
2	拉深滑块公称力	/kN	35000
3	压边滑块公称力	/kN	15000
4	回程力	/kN	3500
5	设备系统压力	/MPa	31
6	工作台台面	/mm	4500 × 2500
7	拉深滑块台面	/mm	1800 × 1600

内高压成型机需提供给模具合模力，结构为单动，需求吨位一般为3500t以上，其参数和普通液压机类似。

四、充液成型与内高压成型比较分析

依据成型原理，两种成型都以高压液体为传力介质，使材料根据模具的形状贴合，最终形成需要的工件。该高压液体为水基乳化液（在水中添加防腐剂等材料形成），通过特定的增压装置（高压源）使其在密闭的环境中达到需求的压力，在使用过程中存在溢出损耗，需不定时增加。

生产线设备方面，都需要大吨位液压机设备以及高压源、自动化、涂油机、清洗机等相关辅助设备。上述两种生产线核心装备为大吨位液压机，在充液成型中需要压机内滑块提供主拉伸力，为双动结构，内高压成型时需要将内外滑块锁在一起即单动结构，共同施压，液压机其他部位无区别。

两种成型的主要差别在于成型液体压力，充液成型需求为0~60MPa，而内高压成型需求为200~250MPa。高压源为液体增压装置，提供以上需求压力，也可以根据不同的需求配置不同的高压源装置。同时还有工艺流程的部分区别，如内高压需求弯管机和预成型，而充液成型则更贴近普通冲压生产的成型工序。

根据上述两种成型的原理和工艺设备的相同点，为我们将两种成型工艺和设备复合在一起提供了充分的条件。同一条生产线既可以生产充液成型的板形件，又可以生产内高压成型的管形件，对于中小批量的实验试制，将节约超过40%的一次性投入。

五、复合生产线工艺布局

根据上述对两种成型的对比分析，组成复合生产线是可行的，而且在成本投入上有较为可观的减少。本设备主要针对中小批量的生产、试验，如需要大批量生产，投入专业生产线更为合理。因为两种成型的复合，如果将两种成型的所有设备都整合在一起，生产线既复杂又成本高，所以需要选择性的偏向一种成型，将一种功能开发到最大，另一种成型兼顾，关键节约点为主设备共

用,故在工艺布局方面根据不同偏向有两种不同的工艺布局,下面将分别进行叙述。

1. 以内高压为主生产工艺

此工艺布局是偏向于内高压成型,占地约18米×55米,以某种型号管形件为例,工艺流程为:管类原材料—弯管机—800T液压机预成型—5000T终成型—清洗—激光切割—漂洗—涂防锈油—冲压件库。以某种型号板形件为例,工艺流程为:铝板原材料—涂油—5000T成型—激光切割—冲压件库,其中主要差别为板形件涂油工序,该工序可以就近手工涂油完成。

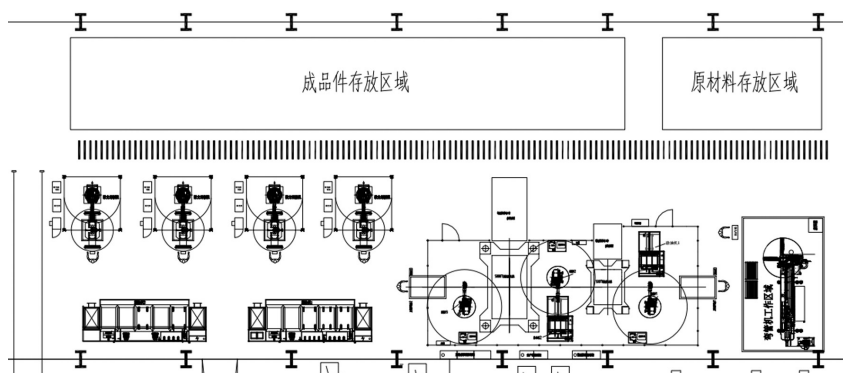


图8 内高压成型工艺布局图

2. 以充液成型为主生产工艺

此工艺布局是偏向于充液成型,占地约22米×40米,以某种型号板形件为例,工艺流程为:铝板原材料—涂油—5000T成型—激光切割—冲压件库。以某种型号管形件为例,工艺流程为:管类半成品件—5000T终成型—冲压件库,其中主要差别为管形件预成型、成型后清洗、切割、涂油等工序需生产线外完成。

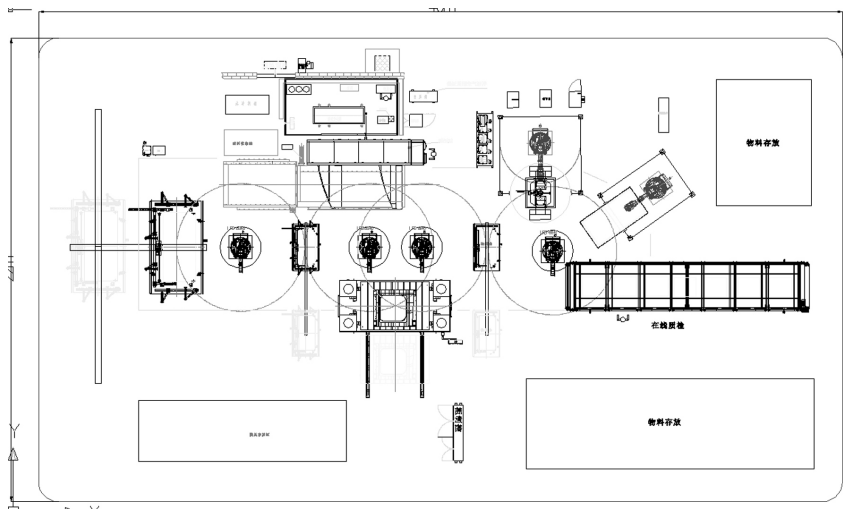


图9 板形件充液成型工艺布局图

六、总结

两种不同生产工艺,毕竟差别较大,所以只能尽可能的优化布局,但还是需要牺牲掉某一种批量更小生产工艺的自动化率,用线下手工生产满足缺少部分工艺,从投资者角度考虑,使关键设备具有两种生产模式,可以有效节约设备一次性投入的同时,也减少了厂房、设备基础、水电气等其他辅助性投资,并可以满足中小批量生产和试验的能力,是一种较为可行的工艺改进手段,也响应国家节能减排的号召,为新车型轻量化提供有效的验证资源和小批量生产能力。□

参考文献:

- [1] 杜长胜、何成《汽车制造业》2015年第07期《铝合金覆盖件充液成形技术工艺研究》;
- [2] 裴华军、马国礼、崔礼春《现代零部件》2013年第6期《内高压成型工艺及设备概述》;
- [3] 王春明、李立丰《金属加工 冷加工》2012年第12期《内高压成型机液压控制系统研究》;
- [4] 孟宝、万敏、吴向东、袁胜、许旭东、刘杰《机械工程学报》2013年12月《板材充液拉深动态加载系统开发及应用》;
- [5] 宋鹏《哈尔滨工业大学》2010年《5A02铝合金弯曲轴线超薄异型管内高压成型研究》;
- [6] 滕宏春《锻压技术》2008年02期《圆管受轴压和充液内高压成型极限的理论解析》;
- [7] 赵德春、任再青《装备制造技术》2006年03期《超高压液压系统的设计》;
- [8] 刘钢、韩聪、王小松、苑世剑《现代零部件》2011年第3期《内高压成型技术与装备》;
- [9] 王会廷、高霖、沈晓辉、陈明和《中国有色金属学报》2010年05期《铝合金2A12-O的动态充液拉深》;
- [10] 苑世剑、何祝斌、刘钢、王小松、韩聪《中国有色金属学报》2011年10期《内高压成形理论与技术的新发展》。
- [11] 张帆、郎利辉、程鹏志、王韬、武海《锻压技术》2014年3月《异形截面构件多工序充液成形工艺及过程优化》;
- [12] 曹婷婷、薛克敏、李萍、陈龙《锻造与冲压》2011年11月《拼焊板汽车覆盖件的充液拉深成形》。

浅谈回转工作台同心度误差、水平回转平面端跳误差和分度精度的重要性

武汉智德立精工 王学新

一、技术分析

为了在阐述过程中的需要,现将回转工作台的中心设定为Y轴,工作台平面设定为X轴,分度精度基准零位线设定为X0,分度射线为Xa,工作台平面上下跳动设定为X正和X负,如图1所示。

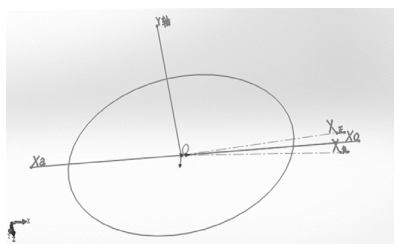


图1 回转工作台水平端面跳动示意图

回转工作台的分度精度和重复定位精度首先取决于回转工作台的圆心Y轴的精度,Y轴径向跳动误差过大就会直接影响分度的精准度,因为圆心都不在同一个圆心上,所以测量出来的角度就谈不上精准,更谈不上重复定位的精准(这里谈的是实际测量值和理论值是有差异的),因此Y轴(即圆心)的径向精度是确保分度精度和重复定位精度的重要基础。如果Y轴径向跳动过大,那么当X0旋转180°至Xa位置时就会在O点形成O—X0和O—Xa两线之间一定的夹角,本

来Xa—O—X0是在同一直线上,无论工作台怎样旋转这条直线始终保持才是最理想的.但由于O点的偏摆导致这条直线度不理想.这里要想达到理想的直线度只能是O点的偏摆越小越好,如果在加工箱体两个对面上的同轴轴承孔时就会产生这样的情况;X0面的孔先加工.刀头固定不动,回转台通过机床工作台向刀头方向水平移动进给加工完X0面的孔,工作台退回再转动回转台使Xa旋转至X0位置加工Xa面的孔,这时由于O点发生了位移至使相对不动的刀头对应Xa面的孔的圆心在水平方向产生了偏移,从而使两对孔的圆心在水平方向就不同心,如果转台本身O点有0.01的精度误差,那么两对孔在水平方向的圆心误差最大就可达到0.02的误差。同理如果回转工作台平台回转端跳误差过大,就会直接导致两对孔中心高方向的误差,如图2、图3、图4所示。

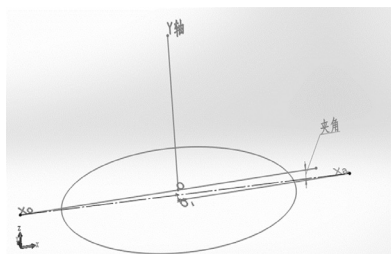


图2 工作台平面旋转180° 圆心偏移示意图

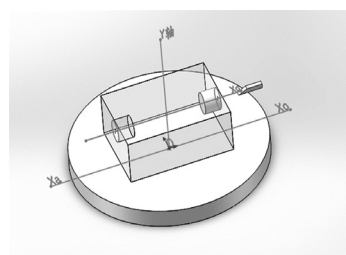


图3 工作台初始加工发动机机体端孔示意图

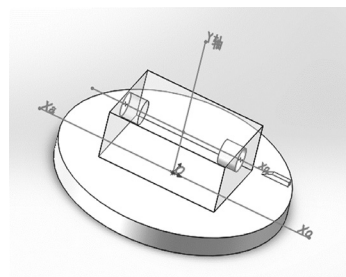


图4 工作台平面旋转180° 圆心偏移加工发动机另一端端孔示意图

二、结论

从上述的分析中,可以得出结论,只有回转工作台的同心度误差、平面回转误差以及分度误差越小,是确保上述空间坐标系中各轴线垂直度、平行度、同轴度的有力措施,有了这个重要基础的保证,才能确保各种零部件的加工精度。

机械设备是由大量的机械零部件所组成的,尤其是对于一些复杂的大型机械设备其更是需要大量的机械零部件,并对机械零部件的加工精度提出了较高的要求。单机械零部件的加工精度出现问题将会导致在机械设备的装配过程中这一误差会不断的累积,并最终对机械设备的加工制造精度及使用寿命、使用质量产生极大的影响。

在对汽车发动机机体的加工过程中,通过有效地控制回转工作台同心度误差、端面跳动误差以及分度误差,才可以大大提高发动机机体的空间座标轴线和曲轴轴瓦孔的同轴度的精度,从而提高发动机的动力转化效率,使一单位的燃料或电力可以产生更多的动力输出,同时也能降低零件的磨损减少噪声,使其工作寿命得以延长。□

回转工作台X轴(工作台平面)回转精度,即X正和X负,Y轴的径向精度,分度精度和重复定位精度,是确保空间坐标的各轴线垂直、平行的重要保证的基础,有了这个重要基础的保证,才能确保各种零部件的加工精度。下面以汽车发动机机体加工和变速箱的加工为例,谈谈回转工作台的X、Y轴精度、分度精度、重复定位精度,对其加工整体精度的影响。

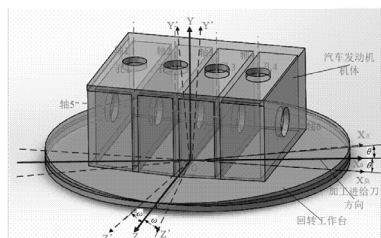


图5 回转工作台加工汽车发动机机体三维示意图

回转工作台加工汽车发动机机体的过程假设孔7、8、9为一加工进给过程,然后旋转180°,孔5、6为另一加工进给过程,孔1、2、3、4分别为另外单独加工进给过程。

如图所示,在加工孔5、孔6的过程中,由于回转工作台的同心度误差以及分度误差的存在,会导致原本应与平面平行的孔6的圆心与其在水平

方向出现一定的夹角,由于回转工作台端面跳动误差的存在,会导致本应于平面平行的孔6与其在垂直方向出现一定的夹角,这使得理论与机体四个侧面平行于两个端面垂直的孔6与各面出现一定的夹角。同样在加工孔7、孔8、孔9过程中也会出现同样的问题,甚至因为工作台旋转180°后,其分度精度和重复定位不够精准,可能会导致误差更大。这两个加工过程的分步进行,导致理论上应与四个侧面平行,两个端面垂直的基准线重合的孔5、孔6的中心轴线不仅没有与其重合,甚至还会出现不在同一直线上的现象。另外对于孔1、孔2、孔3、孔4的加工,理论上四个孔的轴线应都与水平基准线垂直且互相平行,但是上述误差的存在,会导致轴1、轴2、轴3、轴4的平行度出现误差,以及其与孔5、孔6的轴心线垂直度也会出现相应的误差。由于各加工过程的误差原因,使得各加工过程与理论定位存在相应的偏差,再加上各加工过程的多步骤进行,导致加工零件在整体上的误差进一步放大,这使得产品在精度上的要求不能达到理想的期望值,导致产品的性能大打折扣。

广告客户索引 Advertisers Index

南京工艺装备制造有限公司..... 广告号码70
 第十届中国数控机床展览会..... 广告号码58
 约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司..... 广告号码41
 马波斯(上海)商贸有限公司..... 广告号码414
 西门子(中国)有限公司数字化工厂集团..... 广告号码89
 埃马克机床(太仓)有限公司..... 广告号码428
 开天传动技术(上海)有限公司..... 广告号码450
 斗山机床(烟台)有限公司..... 广告号码83
 卡尔蔡司(上海)管理有限公司..... 广告号码488

中国工量具商城..... 广告号码706
 武汉华中数控股份有限公司..... 广告号码90
 北京珊达兴业科技发展有限责任公司..... 广告号码701
 《世界制造技术与装备市场》..... 广告号码703
 北京北一机床股份有限公司..... 广告号码47
 沈阳机床(集团)有限责任公司..... 广告号码36
 江苏科瑞斯机件有限公司..... 广告号码710
 上银科技有限公司..... 广告号码398

解析我国先进工艺切削技术的差距与基于可调模型的系统工程的技术对策

上海敦智信息有限公司 范亚炯
南京能新电力实业有限公司 杨芸
兰州电务段 于帆

我国制造业的规模与总量已进入世界前列，成为全球制造大国，但发展模式仍比较粗放，核心工艺技术创新能力薄弱，先进工艺切削技术相对制造强国仍有较大差距。以精密、高效、低成本、绿色为特征的现代先进切削技术，在发达国家已成为先进制造业主体技术群的关键技术，综合效应得到空前提高。相比我国引进的许多高档数控机床和先进刀具却未充分发挥效益。如何抓住机遇，迎接挑战，以更快的速度、更高的质量、更低的成本、更少的消耗实现刀具核心工艺切削技术的全面突破与飞跃，需要我们尽快熟悉正向设计全面创新的过程要求，并建立、健全相应的机制与对策。

我国制造业的规模与总量已进入世界前列，成为全球制造大国，但发展模式仍比较粗放。核心工艺技术创新能力薄弱，先进工艺切削技术相对制造强国仍有较大差距。以精密、高效、低成本、绿色为特征的现代先进切削技术，在发达国家已成为先进制造业主体技术群的关键技术，综合效应得到空前提高，相比我国引进的许多高档数控机床和先进刀具却未充分发挥效益。可能侧重于逆向工程的跟踪研仿，未注重于正向设计可调式刀具的自主创新是其原因之一。

如何抓住机遇，迎接挑战，以更快的速度、更高的质量、更低的成本、更少的消耗实现刀具核心工艺切削技术的全面突破与飞跃，需要我们

尽快熟悉正向设计全面创新的过程要求，并建立、健全相应机制与对策。

一、可调式刀具正向设计

1. 功能分解与系统综合的创新特征

相对不可调刀具，可调式刀具技术的含量与复杂程度将越来越高，为缩短研发周期、降低成本，工艺切削设计需在早期综合考虑刀具的一维模型、三维模型、控制模型等，并在概念阶段对产品的架构进行验证和优化，以在研发早期发现和解决工艺切削系统高层设计中适应现代制造业的

新要求与新问题。基于可调模型的现代刀具应用系统工程（MBSE）的解决方案，为刀具的研制与应用提供了一个模型驱动的系统工程工作环境，即从现代工艺切削系统的需求阶段开始即通过模型（而非文档）的不断演化、迭代，实现刀具全生命周期的系统设计，为各节点提供一个公共、通用、无二义性的信息交流平台。因而能通过模型的结构化定义，在设计初期清晰刻画刀具的初始架构、功能与行为等各方面协调的需求，并通过仿真测试对设计方案进行验证和优化。

刀具的正向设计包含概念设计的全部内涵，就是根据刀具生命周期各阶段工艺切削需求的具体要求进行其使用功能关联与有效性的市场需求与

服务分析,确定其功能分解与综合的原理、功能载体的选择和方案组成等。这种设计使不可调刀具的单向可转位、单项可调换、不重磨低层次的可调创新提高到刀具切削参数综合可调的全面创新与效用的突破。因而,刀具系统的效用手段与方法,即系统目标必须具有的控制、调节等功能,进入与目标相适应的状态,并能排除一定的非线性干扰,即:转位、调整、重磨、调换、紧固、自保系列使用功能效用的有序关联,映射到操作程序就能表达了刀具动态参数动态优化与工序能力指数与集中程度的提高。其执行机构在接触弧面上有限往返,生成工艺动作的多样性安全、可靠,保证了能力拓展的有效性。可调式刀具综合工具系统(发明专利号:20130171116.7)刀头构件的弧面接触低运动副就是其成功实施的案例,具体说明了可调式刀具正向设计的创新特征。

2. 工艺切削系统作业环境分析

由于被切削材料性能和切削条件的千变万化,考虑刀具应用工程开放系统时,除要了解系统的具体特征外,还必须了解工艺切削环境等因素对系统的影响方式和程度。所以,及时抓住正向设计工艺需求、功能分解、系统综合的发展创新要求,就能将工程科学、刀具技术专业(包括可转位刀片材质、涂层与系统参数等)知识、经验、技巧,以及科学工艺加工方法和产品模块化与供应链协调等各方面知识融合在一起,进行刀具的系统挖掘与创新。这需要我们全面深刻认识刀具系统的效用手段和方法的全程性,对延续刀具全生命周期各阶段使用功能进行深入的系统解析,有效协调各使用功能序列的关联技术,使刃口切削参数的分布式控制功能的实现,不是由一个控制者子系统来执

行,而是分散地由系统的和各组成部分协同地、按一定概率分布发出的控制信号来加以实现,这种自组织机制能保证工艺切削质量的提升和系统效益的全面提高。

二、刀具系统效用手段、方法的综合机理

1. 刀具使用功能的系统效用性与应用意义

我国的机械加工行业始终未能将延续刀具全生命周期的效用手段、方法,即各阶段上的使用功能:转位、调整、重磨、调换、紧固、自保技术经过系统综合和协调的反思、考量和评估,从而提出工艺切削参数动态优化的最佳途径和方法,运用于现代制造业整体效益与质量的提升,以最小的优化资源满足现代制造业的最新要求。现不可调刀具在延续刀具生命周期的关键节点上,缺乏效用的系统性,一直局限在转位、调换与重磨与不重磨功能的单向延伸上,不在延长其生命周期上对各使用功能的有序关联与系统综合上做相关延长刀具生命周期的动态研究与推广。静态参数的优化,提升不到刀具使用功能的动态领域,说明刀具机构有限运功的可靠性研究与分析方法赶不上时代对制造业的新需求,以致刀具几何参数缺乏动态优化理论的支持,海量参数无法形成能够聚类分析的核心关联技术、相应的流程与自组织机制。以致刀具适应性不广,工序能力指数不高,发展无动力。

2. 不可调刀具静态结构的保守性

刀具应用工程系统指出:即使在刀具—工件材料副与涂层技术上获得较大发展,耐用度与适应性在高速、

硬切削工艺性能上有较大提高,而在动态结构(一有结构部件,又有一定活动性)的综合功能上无所突破,只是硬技术的单向延伸。因为,一个整体功能的实现,不是也不可能是某个要素单独作用的结果。这种硬系统思维方式,对于刀具系统功能与刃口几何参数的认识局限于分散的点的阶段,还未延伸至能相互联系、作用的链段的较高层次。因而,无法突破转位、调整、重磨与不重磨、调换(刀片)以及刀头构件分散的孤立关系,难以随工艺系统目标、条件与资源的变化而随机变化,也无法根据其在系统中的有效关联,指导其集约与绿色化进程,而呈现其静态的保守性。

只有对不可调刀具工艺切削性能单一、加工参数落后的现象进行相关不协调的综合分析,才能指出其仅讲静态结构功能和刀具材料之间的硬性关系;否则,工艺切削集中能力的提高就不大,不能突破其系统庞杂的弊病。虽然,其机构也有单项运动和简单的线性变换功能,但其部件数量、运动副连接方式都不足以形成刀具结构综合可调的新的系统特性,以至工艺的分散设计性强,系统效应不高。

现代先进机床、先进刀具未充分发挥效益的重要原因之一,在于沿用单刃与多刃刀具的加工方法——即传统的加工方法(Conventional Cutting),存在着工件被加工成形时能量利用率低和难于适应超级耐热合金、非结晶金属等缺陷。切削参数静态优化能力通用强、超精密切削的微量进刀和刃口偏角的微量调整操作与高质量、高效率的工艺难题得不到完善的新的解决方法,以及断屑可控性不足,这都说明不可调刀具技术使延续刀具使用寿命、拓展其工艺加工深度与宽度性能的拓展面很小或为零,完全割离了转位、重磨各使用功能的关联性,使得单项与综合技术均得不

到提高。因而，工序能力指数只能处于B级（ $1.33 > C_{pk} \geq 1.0$ ）的一般状态，制程因素稍有变异即有产生不良的危险，应利用各种资源及方法将其提升为A级，这都说明其参数静态优化功能需要向变参数的动态优化功能拓展。

3. 可调式刀具动态结构的可调制机制

以上解析说明改变刀具的静态结构或简单系统（线性系统）结构，就能改变其单项工艺切削性能适应性不广、生产系统效应不高的弊病。刀具结构的动态功能具有长远的创新意义，也说明了刀具系统硬技术、硬系统方法论需要软系统方法论补充与支持。

其过程为：发现工艺切削问题——确定问题状况——分析、定义工艺关联事项、挖掘关联技术——设计层次较高决策——前馈合理、可行的预期使用功能变化方案——改善与延长系统生命状况。

所以，其复合机构中包含了刀具诸多适应工艺切削性能随机变化的因素和过程。因而，可调式刀具工具系统效用手段与方法的综合可调模式就包括切削参数的集成效应与关联技术的指导、服务与流程的诠释，打破了不可调刀具在工艺程序上分散模式与短期被动式的低价值反应，侧重于较长生命周期的高质量、高效能、低成本的集中效应。至少能考虑经过一段工艺时间后，刀具在正常磨损与意外损耗后，如何运用效用手段与方法，分别协调转位、调整、重磨、调换等效用手段，修复优化刃口系统参数，顺应加工条件与工艺要求的变化，其工序能力指数就可能提升为A级（ $1.67 > C_{pk} \geq 1.33$ ）能力良好，状态稳定，还有可能提升为A+

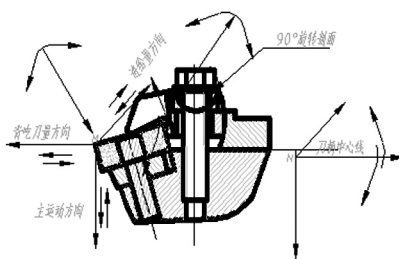
级（A+级 $2.0 > C_{pk} \geq 1.67$ ），这符合现代制造业的最新要求。

三、刀具工艺集中的自组织特征与工艺程序

不可调刀具应对工艺决策的层次一般是较低是分散式程序，因而信息量大，经验性强，关联性缺少，形成了刀具类型与品种的庞杂体系。加之工件强度与硬度以及刀具耐用度的分散性，其决策必须考虑其最高标准与最低状态，静态优化参数只是一种总体的相对优化，不能保证工艺各个节点均处于优化，只能是缺乏刀具工艺集中的自组织特征与前馈的保守状态。不可否认，这也确定了可调的空间尺码与可行性。

1. 可调式刀具实用模型MBSE的演进新方法

可调式刀具重视了市场需求的牵引，并从刀具生命周期平台在体系中的定位出发，细化多批量、少品种不同生产类型的工艺切削系统作业协调的概念，可调式刀具简化模型表达了其工艺切削综合性能迭代需求，打造正向设计能力，实现在需求和功能方面创新的可能性与现实性。如图1所示。



可调式刀具简化模型

图1

可调式刀具的简化模型实是一种工艺切削性能集中的简化模型，说明

刀具完整的系统设计，除包括三个重要活动：需求定义、功能分解和系统综合外，还包括系统分析与控制活动。与三项技术活动不同的是系统分析与控制活动属于管理范畴，其在可调式刀具设计体系中是较为独立的过程，但管理活动和技术活动整合起来研究才能有所创新和突破。完整的系统设计使其工艺切削效用手段和方法具有集成的功能，例如：刃口动态优化参数可调、断屑能力、冷却润滑、切削力超载刀头跌落自保、刀柄（刀杆与方形加持套的组合机构）配合弹性力的调整等功能都能集成于一体，也便于灵活操作与系统的集中管理。当然也不是一成不变的。它能根据工艺目标、条件和资源的变化而简约形成一定的特定结构模块。

2. 工艺切削需求的系统新特点

现代制造业的刀具行业朝着体系与体系、系统与系统对抗的方向发展，网络、信息使系统内部各要素之间的联系更加紧密，系统综合效能的提高日益依赖于各要素之间的集成，体系结构体现了“组成系统的各部件之间的关系以及支配它们设计和演变的关联原则”。可调式刀具实用简化模型的方法对体系结构进行描述，进而开发合理的体系结构，从而为刀具工艺切削功能指数的提高增添了丰富的内涵。可以肯定，不可调刀具对工艺切削问题认识仅停留在可预知的平稳工艺环境、可预知的动态工艺环境和随机的平稳工艺环境中，分析其系统作业与协调问题，即可按封闭系统对待，也可概率论描述其概率分布特征。其通用的静态结构或刚性执行机构，不能考虑与实施工艺集中、绿色、环保等多项现代制造业的新要求，也不适应定制化不同批量生产形式集约化的经济要求。

我国上世纪60年代开发可转位

刀具技术, 80年代、90年代基本成长、成熟, 至今所推出的刀具性能参数只有少量的增加, 进一步完善已有技术所产生的效益不大, 企业应研究新的可调式刀具核心技术, 以便在适当的时候替代现有的不可调刀具核心技术。

如图2所示, 表示了新旧技术性能随时间的变化规律S型曲线的状况。

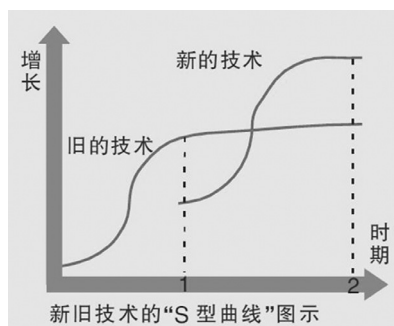


图2

所以, 刀具机构应由通用性较强的功能—行为—结构 (FBS) 功能求解模型, 向针对性较强的工艺行为—执行动作—执行机构 (PAM) 功能求解模型发展, 这需要工艺程序设计与刀具机构学结合起来, 进行刀具复合机构的综合设计。

四、可调式刀具的基本特征与创新点分析

基于模型的工艺切削系统, 它强调的是中央系统模型, 与不可调刀具技术的不同在于, 能同时捕捉以精密、高效、低成本、绿色为特征的现代制造业的整体需求和满足这些需求的工艺切削的高层设计与节点的具体决策, 并通过模拟系统模型来验证成本、性能拓展和设计选择。我国工具企业至今还未掌握这种正向设计中的需求定义、功能分解、系统综合等基于模型的系统工程 (MBS) 的新方

法, 并对其流程有全面的认识与经验的突破, 以致核心工艺切削技术相对制造强国尚有一定的距离。

由于不可调刀具未通过建立并使用一系列模型对整个自动化生产过程, 以及各种生产类型的工艺切削系统工程的原理、过程和实践进行初步控制, 也未通过连续、集成、综合等覆盖全周期的综合使用功能迭代驱动工作进程, 大幅降低管理的复杂性, 提高系统的鲁棒性和精确性。所以, 可调式刀具系统机构的演变能说明, 不可调刀具功能的互操作应由独立向基于共享资源的交互演进, 接口定义由功能性的聚合、松耦合向高度综合、紧耦合的方向发展, 集成工作由简单功能向更加复杂的功能发展, 系统的互联由离散向高度网络化的互联发展, 系统失效模式由透明化的简单行为向不透明的复杂综合行为发展, 刀具的动态结构与核心工艺技术才能得到长足的发展与提高。

刀具是工艺切削性能的主要载体, 单一使用功能机构不能满足与适应其复杂的工艺过程。所以, 其刀头、刀杆、刀柄均是创新型复合机构。其核心技术不仅要满足各使用功能机构的复合要求, 还要满足各单项机构的多功能要求。因而, 刀具构件必须进行多功能的综合设计, 各构件之间可调运动副的从属与并联的有机联系就显出刀具可调的系统目标, 组成了与原各机构特点不同的创新型可调复合机构。

1. 刀头机构

刀头的形位设计技术基本要求:

- a. 满足刀台与刀片安装角的各项装配与接合强度要求;
- b. 满足主偏角与前、后角调整幅度与重磨次数的调整预留尺度的二维要求;
- c. 满足刀头尾部加持部分后侧肘

节机构调整刀头;

d. 满足刀头绕刀杆轴线旋转调整, 刀片刀口前、后角调整对刀台配合刀片的高度要求;

e. 满足刀片旋转、定位与接合面二维变化的浮动夹紧和矢量调整等的一系列要求。

2. 刀柄机构

刀柄机构是由刀杆子机构、刀套子机构、肘节子机构及弹力调整子机构复合组成。其构成要素所包括的保证体系的闭锁结构力也是可调的, 因为刀杆前段为中空短锥、中部为中空圆柱套导杆与其固联, 导杆尾部拉伸紧固外螺纹、紧固外螺纹尾部配内螺纹堵销, 所以刀杆结合面的压强包括传递切削力矩所需要的最小压强 $P_{\min}$, 与零件不失效所允许的最大压强 $P_{\max}$, 所需要的最小过盈量不足, 就可通过刀杆尾部螺纹销增加其弹性力, 通过刀柄上部螺纹增压机构增加其最小过盈量与不产生塑性变形所允许的最大过盈量, 因而能保证系统动态调整与动作协调的可靠性, 在质量与精度所要求的范围内, 根据系统中出现的相近几何参数, 指导其工序集中与功能集成的流程, 加工信息含量与工艺决策层次都较高。所以, 能从被动式的分散工艺切削技术转为适应定制化不同批量生产条件下的自组织工艺过程, 所以也是现代制造业工艺切削核心技术提高的最佳途径。

刀头、刀柄可调机构说明, 可转位不重磨刀具虽然初步解决了刀具的识别技术、监控技术及管理技术的提高问题, 但对于现代制造业的新需求, 却未完全适应。因为它未反映, 如IBM Rational Harmony for Systems Engineers 等广泛应用的MBSE 流程重点关注的是系统功能分析, 并关注如何将功能要求转换为一致的系统操作描述, 且灵活使用系统

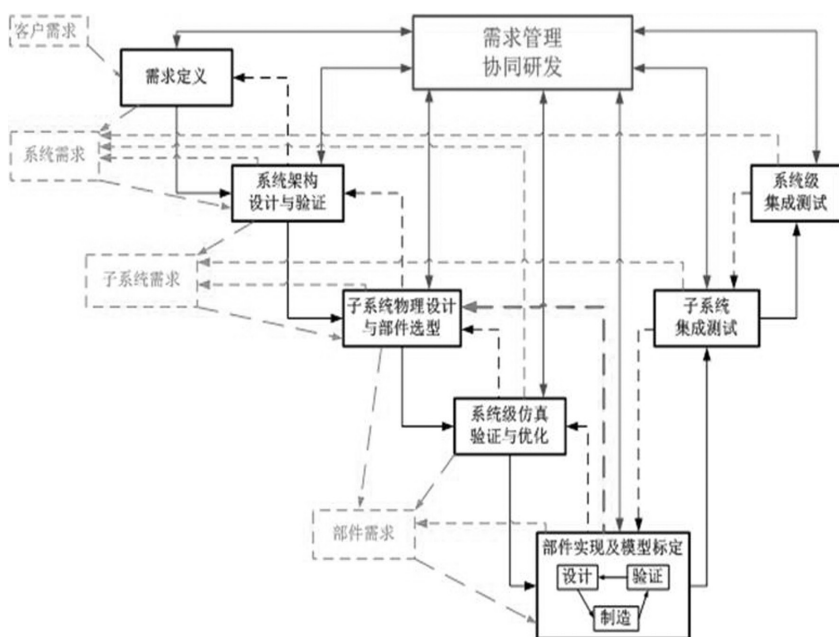
操作获得所分配系统架构块之间的端口和接口。这些接口形成了各子系统之间的正式切换基础,但在不可调刀具的静态技术范畴内得不到实现,刀具工艺加工能力指数与工艺集中能力均不高就是避免不了的矛盾。

3. 进一步体现突破的关键技术

通过分析现有不可调刀具技术满足不了现代制造业工艺切削要求的实际状况,需要进一步突破其静态优化技术的局限。

现不可调刀具的加工参数优化模型多数是对切削速度、切削深度、进给量等工艺参数进行优化,其背景主要针对一台机床与一种工件材料,使得优化模型的实用功能受到很大限制。这主要受制于刀具几何参数优化静态技术。所以,切削参数优化空间的进一步拓展,不管是单向目标向多目标延伸,优化算法由离线调整向在线自适应控制拓展,优化目标由定参数向变参数拓展,还是由确定型向模糊化拓展,都说明了应对刀具工艺切削需求作系统的关联性分析与定义,以便和功能分解相互作用形成回路。即对延续刀具使用寿命与提高其工序能力指数,拓展其工艺加工性能的各功能事务的相关兴趣度作系统的深入调研、推广与应用。

不可调刀具的工艺切削流程传递信息的方式,仅仅局限在某个大批量少品种生产条件的参考体系内,信息之间的相互依赖性隐形的,是静态信息,缺乏整体。MBSE传递的模型,是包括需求、结构、行为和参数在内的动态信息。MBSE方法论是用于支持在“基于模型的”或“模型驱动的”背景环境中系统诸多相关流程、方法和工具的集合。通过标准系统建模语言,构建需求模型、功能模型、架构模型,实现需求、功能到架构的分解和分配,通过模型执行实现系统需求和功能逻辑的“验证”和“确认”,并驱动联合仿真、产品设计、实现、测试、综合、验证和确认环节。模型使整个组织中各类专业工程和技术领域人员更加直观地理解和表达系统,确保全程传递和使用的是基于同一模型。其流程如图3所示。



五、结论

可调刀具技术模型的系统工程（MBSE）强调在前期对需求开展充分的分析和验证工作,并基于需求开展功能分析和架构设计,而过去不可调刀具技术以仿制为主,对需求的分析能力不足,重视程度不够。所以,刀具企业的转型升级,应表现在刀具研制模式转型升级的过程中,需要对刀具工艺切削条件、操作需求开展深入和细致的分析,并在需求基础上进行功能分析和架构设计,实现需求层层传递细化。所以,基于需求开展正向设计,是刀具技术不容忽视,值得重视的重要课题。□

参考文献

- 1.田锋 精益研发2.0：面向中国制造2025的工业研发 机械工业出版社 2016年4月；
- 2.顾培亮《系统分析与协调》天津大学出版社 2008年6月P30--31；
- 3.闻邦椿《机械系统概念设计与综合设计》机械工业出版社 2014年12月；
- 4.李瑰贤《机构设计》化学工业出版社 2013年3月
- 5.闻邦椿《创新设计与绿色设计》2014年12月；
- 6.机械设计手册《连接与紧固》机械工业出版社 2007年3月
- 7.高亮 扬扬 李新宇《数控加工参数优化的研究现状与进展》航空制造技术 2010年第22期 P49-51
- 8.范亚炯 浅议车床类刀具综合可调功能各方面的关联分析与挖掘技术《世界制造技术预装配市场》2016（4）P83
- 9.仇启源 庞思勤《现代金属切削技术》华中科技大学出版社 1989年
- 10.李大磊 王栋 机械制造工艺学 机械工业出版社 2014年8月

高强度板材折弯工艺性研究

山推工程机械股份有限公司材料成型分公司 张永良 李勇 李贺德

高强钢板在冲压成型时易产生起皱、拉裂、回弹等多种缺陷，对零件的形状、尺寸精度及生产效率有很大的影响，为此本文对几种常用高强板材的力学性能进行了归纳、比较，并通过试验与生产相结合的方法得出了高强度板材折弯过程中折弯半径、模具参数、轧制方向等工艺参数的选取原则及折弯力计算的经验方法，为在实际生产过程中参数调整提供依据。

近年来，随着我国低碳经济及生产技术的不断发展，高强度钢板在制造领域的应用越来越广泛，其主要应用于重要的（低温）高强度结构件、工程机械、矿山钢结构件等。目前，对于高强板的界定并无统一的定义，在我国国内普遍认为抗拉强度超过420MPa的称为高强度钢。由于钢板在冲压成形时，会变硬，不同的钢材，变硬的程度不同；高强板的成型过程中与普通板材变得完全不同，一般钢板成型只略有20MPa增加，不到10%。而高

强板屈服强度增加很多，强度越高屈服强度增加越多。本身高强板比较硬而脆，成型时更易产生起皱、拉裂、回弹等多种缺陷，对零件的形状、尺寸精度及生产效率有很大的影响，因此对高强度板材折弯工艺性研究迫在眉睫[1]。

基于此国内外专家学者对此进行了深入研究分析，You. Min Huang等将Lagrangia增量型弹塑性有限元法应用于典型的V形板料折弯分析，并指出板料容易在应变能密度最大的地方产生裂纹[2]。孙彩华

通过分析高强度钢板的物性及其冷成形的性能，并根据实际应用中产生的问题，提出了相应的工艺措施[3]。黄春峰叙述了弯曲力矩及弹性回弹量 $\Delta \alpha$ 的计算，全面分析了影响弯曲件弹性回弹的主要因素并介绍了各种先进的控制弯曲弹性回弹的工艺技术方法[4]。

本文通过试验与生产相结合的方法得出了几种常用高强度板材折弯过程中折弯半径、模具参数、轧制方向等工艺参数的选取原则及折弯力计算的经验方法。

一、常用高强板材性能统计

目前我们常用的高强板主要有T系列、BIS系列、HARDOX系列、WELDOX系列：

T系列：T510L、T550L、T610L、T700L

BIS系列：BISPLATE80、BISPLATE100、BISPLATE360、BISPLATE400、BISPLATE450、BISPLATE500

HARDOX系列：HARDOX400、HARDOX450、HARDOX500

WELDOX系列：WELDOX700、WELDOX900、WELDOX1030、WELDOX1100、WELDOX1300

表1 高强板力学性能和特性

钢板牌号	抗拉强度 /Mpa	屈服强度 /Mpa	板材布氏硬 度 (HBS)	板材理论回弹 角度 (°)	断后延伸率 (%)
T510L	510-630	≥355			≥24
T550L	550-670	≥400			≥23
T610L	560-690	≥500			≥18
T700L	≥700	≥620			≥17
BISPLATE80	830	750	255		26
BISPLATE100	1030	950	320		22
BISPLATE360	1100	950	360		25
BISPLATE400	1320	1070	400		14
BISPLATE450	1400	1150	450		12
BISPLATE500	1640	1400	500		10
HARDOX400	1250		400	9-13	
HARDOX450	1440		450	11-18	
HARDOX500	1550		500	12-20	
WELDOX700	860		270	6-10	
WELDOX900	1030		330	8-12	
WELDOX1030	1340		430	10-32	
WELDOX1100	1440		460	11-18	
WELDOX1300	1540		490	12-45	

二、板材成型工艺参数

1.最小相对弯曲半径

工件弯曲时，材料圆角区外层受到拉伸，内层则受到压缩。弯曲时，相对折弯半径 r/t （ t 为板材厚度）越小，弯曲时的切向变形程度就越大。即当材料厚度 t 一定时，折弯内圆角 r 越小，材料的拉伸和压缩比就越大，变形区外表面所受的拉伸应力和拉伸应变越大。当拉伸应变超过工件材料性能所允许的极限时，甚至会出现裂纹或者折断。

在自由弯曲中，最小相对弯曲半径与上模圆角半径、板材厚度、弯曲角度、下模开口宽度及材料性质有关。其中，起主要作用的是下模开口宽度 L ，由经验公式 可求得。

2.成型方向

弯曲方向有垂直于轧制方向和平行于轧制方向两种。由于板料的各向异性存在差异，同时影响着材料的弯曲变形，特别是对塑性较差的材料。

在弯曲加工中，由于钢板在轧制方向的伸长率大于垂直于轧制方向的伸长率，要避免弯曲线与轧制方向平行，尽可能在垂直于轧制方向进行弯曲。如果必须多方向弯曲时，则应使弯曲线与纤维方向成一定角度（70°）或进行退火处理后再折弯[5]。

3.折弯磨具及折弯力

（1）折弯上模。上模 R 弧半径不能小，否则出现压痕比较严重，甚至会使板材折裂。尤其对于强度较大的钢，则推荐使用半径等于或大于弯曲半径1.5倍以上的上模。

（2）折弯下模。折弯时V形槽的宽度一般以板料厚度的8~14倍为最佳。假如凹模开口距过小，则由于弯曲半径减小，可能会使折弯层断裂。开口过大，折弯力和挤压印记会减小，但会带来回弹值的增加，无法满足板材回弹量的需

求。下模的开口必须考虑钢板的回弹。例如，如果将HARDOX500钢板弯曲90°，其下模开口角应不大于70°。此外，下模开口边的硬度必须等于或大于被弯曲的硬度，以免损坏模具。

（3）折弯力的计算。折弯工艺力通常按下式计算：

$$P = \frac{1.6b^2 R_m}{1000L} \quad \text{①}$$

式中：
 P ——折弯工艺力，ton；
 t ——板料厚度，mm；
 b ——板料宽度，mm；
 L ——下模V形槽宽度，mm；
 R_m ——典型抗拉强度，MPa。

利用此公式可估算所需弯曲力，精度±20%。如果弯曲中所利用的上模半径比表1中的列出的半径大许多，则需要的力就比公式计算的力大许多，但可以增加下模口宽度来减小这种增大的趋势。由于板料折弯力和被折弯工件的材料厚度成正比，可在折弯前对板料进行V型开槽，减小剩余板料的厚度，折弯力也会相应的减小[6]。

4.回弹

板料加工中不可避免的存在回弹现象，这是由于板料塑性变形使弯曲件离开模后发生形状与尺寸的改变，弯曲横截面上不仅存在塑性变形，还存在弹性变形。回弹的程度通常用弯曲后工件的实际弯曲角与模具弯曲角的差值即回弹角的大小来表示。

回弹现象的出现影响零件的成形，还增加后续校正的工作量，所以尽量做到在弯曲加工中减小回弹的角度。对回弹的控制，国内采用的方法有：补偿法、拉弯法、加压校正法。目前大多是通过模具设计时，采取一定的措施来减小回弹或折弯后增加校

正工序来解决。本实验和生产中均采用的是补偿法,利用数控系统在编程时对折弯角度进行校正,达到减小回弹角的目的[7]。

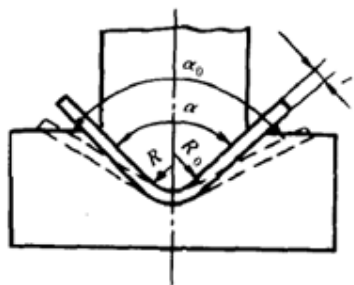


图1 板材回弹现象

5. 折弯半径

折弯半径即工件折弯后内圆弧半径,也是折弯工艺中需要考虑的问题。

自由折弯工艺的折弯角度取决于上模尖圆弧和工件进入下模口V型槽的深度,因而可以利用一副模具将工件折弯成各种角度。其特点是折弯力较小,因而模具和机器的寿命较长,上模更换少,用简单的模具能完成多种角度的折弯,对不同板材厚度或圆角半径,可随时更换凹模的V形开口度。

在自由弯曲时,不管板料厚度如何,试验中采用的折弯半径约等于弯曲下模具V形槽开口距的1/3~1/2。折弯半径小于或等于板料厚度时,弯曲层很容易断裂[8]。

1.1 其它注意问题

(1) 高强板材成型时,当两个或者多个折弯部位相邻或某一条边折弯部分为长度方向部分折弯时工件需要预留止裂槽。

(2) 当工件上的小圆孔离折弯半径较近时应考虑折弯和加工孔的顺序,根据经验可判定当小圆孔边缘距折弯后圆弧切线的距离大于两倍板厚时,小圆孔不会发生变形。

(3) 折弯件的直边高度不宜太小,最小高度按要求: $h > 2t$;弯边

侧边带有斜角的直边高度。当弯边侧边带有斜角的弯曲件时,侧面的最小高度为: $h = (2-4)t > 3\text{mm}$ 。防止侧边扭曲变形。

(4) 在折弯线与边的距离小于1/2下模开口时,要注意增加余料以防止折弯变形;当折弯线与孔或者槽的距离小于两倍的板厚时,也要增加余料以防折弯变形。

(5) 当折弯多道弯工件时要注意折弯顺序,以免产生干涉现象。

三、板材折弯试验及数据分析

根据生产需要,我们采用了生产与试验相结合的方式进行,分别使用了1000t、2000t进行折弯成形试验。

1. HARDOX系列板材折弯试验及生产



图2 板材折弯试验



图3 高强板成型生产

表2 HARDOX系列板材折弯数据统计

序号	名称	单位	工件1	工件2	工件3	工件4
1	板材型号		HARDOX系列			
2	板材抗拉强度	/MPa	1450			
3	伸长率	(%)	12			
4	板材硬度	HBS	400、500、700			
5	板材理论回弹角	(°)	9~13			
6	板材厚度	/mm	8、10			
7	折弯方向		垂直轧制方向		平行轧制方向	
8	下模口宽度L	/mm	100	110	100	110
9	理论计算折弯力	/t	200.0	181.8	400.0	381.8
10	工件外形尺寸	/mm	1000×500	1000×500	2000×500	2000×500
11	折弯长度	/mm	1000	1000	2000	2000
12	上模尖R弧	/mm	R25	R25	R25	R25
13	编程折弯角度	(°)	90	90	90	90
14	编程修正度修正	(°)	-11	-12	-11	-12
15	实际折弯吨位	/t	240.0	218.2	240.0	218.2
16	工件折弯后最终角度	(°)	91.3	91.8	91.9	92.4
17	实际回弹角度	(°)	12.3	13.8	12.9	12.4
18	工件折弯后内半径R	/mm	R30	R35	R40	R45

2.BIS系列与WELDOX板材垂直轧制方向的折弯试验



图4 板材折弯试验



图5 高强板成型生产

表3 BIS系列板材折弯数据统计

序号	名称	单位	工件							
			BIS	BIS	BIS	WELDOX 700	WELDOX 900	WELDOX 1030	WELDOX 1100	WELDOX 1300
1	板材型号		BIS	BIS	BIS	WELDOX 700	WELDOX 900	WELDOX 1030	WELDOX 1100	WELDOX 1300
2	板材抗拉强度	/MPa	1250	1440	1550	860	1030	1340	1440	1540
3	伸长率	(%)	10	9	8	17	15	11	11	10
4	板材硬度	HBS	400	450	500	270	330	430	460	490
5	板材理论回弹角	(°)	9~13	11~18	12~20	6~10	8~12	10~32	11~18	12~45
6	板材厚度	/mm	10	10	10	6	10	10	10	8
7	折弯方向		垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直
8	下模口宽度L	/mm	100	100	120	50	80	90	100	100
9	理论计算折弯力	/t	220.0	250.4	206.7	110.1	203.0	438.2	440.4	387.7
10	工件外形尺寸	/mm	1000×500	1000×500	1000×500	1000×500	1000×500	2000×500	2000×500	2000×500
11	折弯长度	/mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
12	上模尖R弧	/mm	R25	R30	R50	R8	R25	R30	R30	R40
13	编程折弯角度	(°)	90	90	90	90	90	90	90	90
14	编程修正度修正	(°)	-11	-15	-18	-7	-10	-10	-15	-18
15	实际折弯吨位	/t	240.0	276.5	248.0	118.9	247.2	465.9	476.5	429.2
16	折弯后最终角度	(°)	91.3	91.3	91.3	91.3	91.3	91.3	91.3	91.3
17	实际回弹角	(°)	12.3	16.3	19.3	8.3	11.3	15.3	14.3	18.3
18	折弯后内半径	/mm	R30	R40	R50	R10	R30	R35	R40	R40

四、试验数据分析

1.回弹角

回弹角的大小与折弯的压力 P 大小有关，而压力又取决于折弯下模的槽宽 L 与板料的厚度 t ，所以回弹的大小与折弯下模槽宽 L 和材料厚度 t 有关。槽宽 L 变大，压力 P 变小，回弹就变大，否则相反；料厚 t 变大，压力 P 变大，回弹变小，否则也相反[11]。

因此，如果折弯上模尖圆弧半径相同或圆弧半径相近时，折弯后内圆弧半径 R 的大小，影响最大的因素是折弯下模槽宽 L 及材料的厚度 t 。

从表2中不难看出，在相同材料、厚度、折弯力以及下模口宽度的情况下，平行于轧制方向回弹角比垂直轧制方向大，约为4.9%。不论平行于轧制方向还是垂直于轧制方向，在下模口增加了10mm时，回弹角增加了0.5mm。

在表3中，理论折弯角度为90°，根据材料抗拉强度和硬度的增加会采用更大的上模尖R弧，参照板材理论回弹角度，采用编程修正度进行修正，修正后的误差大约为1.4%，增加了工艺精度。

此外，还可以通过改变凸模圆角半径和凹模形状深度，对工件的圆角处进行过盈挤压塑性变形，使角部的材料变薄，或在弯曲过程中采用远比实际所需弯曲力大的弯曲力来进行强力弯曲，效果很好。

2.折弯半径

在表3中，90°折弯常使用标准的70°下模，对WELDOX板材作垂直轧制方向的折弯试验时，其V形槽开口宽度分别为50mm、80mm、90mm、100mm等多种规格，工件折弯后内半径分别为R10mm、R30mm、R35mm、R40mm。试验中，板材的厚度大都为10mm，工件折弯后内圆半径随着板材抗拉强度和V形槽开口宽度的增加而增加。

实际生产中钢板成型时折弯半径选取原则是板厚的2倍。根据试验和生产情况T系列和BIS系列高强度板的选取可参考以上两种类型高强度板。

3.折弯方向

HARDOX400板材的平行和垂直方向的折弯对比试验，如表3所示。试验数据表明钢板的轧制方向

对于折弯 R 弧和回弹影响较大，在相同的压力的情况下，垂直于轧制方向折弯 R 弧和回弹比平行轧制方向小。

折弯的上模和下模，上模尖圆弧半径不能过小，否则会出现压痕。上模圆弧半径随着工件硬度和强度的增加而增加，同时还影响着折弯后内圆弧的半径。下模V形槽的开口尺寸是重要的折弯参数，它与折弯板厚和折弯力有关。如表2所示，在相同的板厚情况下，开口尺寸越大，所需折弯力越小，但是相应的回弹量也会增大；表3中的数据还说明了在相同厚度的情况下，随着板材的抗拉强度和硬度的增加，开口的尺寸要相应的增大，折弯力也随之变大；板厚越厚，所需开口尺寸越大，折弯力也会变大。

折弯下模有不同宽度和不同角度的V形槽。由于折弯存在回弹现象，通常板材进行90°折弯时，V形槽口应小于90°。标准模具都是设计成88°进行直角折弯的。试验对象的厚度和强度比较大，在折弯时应选择较小的下模开口角，正常选择不大于70°的模具。

表4 板材弯曲时推荐最小上模半径与下模开口宽度

材料 $8 \leq t < 20$	最小上模半径 r/t		下模开口 L/t	
	垂直轧制方向	平行轧制方向	垂直轧制方向	平行轧制方向
WELDOX700	2.0	3.0	7.0	8.5
WELDOX900	3.0	4.0	8.5	10.0
WELDOX1030	3.5	4.5	9.0	11.0
WELDOX1100	4.0	5.0	10.0	12.0
WELDOX1300	4.0	5.0	12.0	14.0
HARDOX400	3.0	4.0	10.0	10.0
HARDOX450	4.0	5.0	10.0	12.0
HARDOX500	5.0	6.0	12.0	14.0

4.折弯力

折弯力实际值都比理论计算的大些，实际的折弯力 $P \approx 1.2P$ ，这是因为折弯稳定性的缘故，折弯压力小的时候，机床滑块在下行折弯板材时，容易出现滑块受到负载产生抖动现象，加大压力后抖动现象好转。钢板的抗拉强度和硬度越高，所需的折弯力越大，角度越大，内R弧越大。

五、总结

试验通过对国际上通用的各种高强度板材进行折弯加工和测量，了解到高强度板材折弯精度的影响因素，掌握了各种高强度板材折弯的基本数据和控制方向，确定了各种板材折弯的安全方法，以及钣金过程中容易发生变形区域主要集中在板材弯曲外皮处，钣金过程中工件变形的主要因素为板材弯曲部位局部变薄、发生回弹以及发生翘曲和扭转现象。

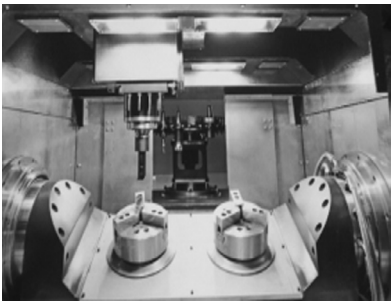
总之，本文通过试验与生产相结合的方法得出了几种常用高强度板材折弯过程中折弯半径、模具参数、轧制方向等工艺参数的选取原则及折弯力计算的经验方法，为在实际生产过程中参数调整提供依据。□

=====（上接第55页）=====

第2梯队为德国的DMG及牧野等日系产品，产品品质、科技创新方面大幅领先。具体表现为：天然或者人造大理石床身技术、床身恒温技术、直线电机驱动、滚珠丝杆中心冷却、重心驱动、超快速换刀机构、高速电主轴等先进技术。典型代表为DMG立式车铣复合加工中心及牧野的俯垂型双摆台立式加工中心，在中小规格的立加结构上采用动工作台动工件的理念是比较合乎加工力学模型的，同时主轴保持良好的刚性，供持久稳定的动态精度，高质量的加工表面及加工精度，重点追求精度、刚度和速度优异的性能，专为精密零件、模具和航空航天领域应用。

第3梯队为韩系产品、中国台湾地区产品及中国大陆本土产品，第3梯队大多是国外及中国台湾地区机床企业在大陆的合资品牌或者在大陆生产，同时勉强把大陆做的相对好的产品厂商统统归到第3梯队。第3梯队总体上具有有较强设计能力，注重实效，产品不追求完美，讲究实用，在

机床的生态环境中扮演了狼的角色，对推动国内机床业的技术、管理及营销水平，起到了相当积极的作用。



第4梯队，这支梯队至少有一半的厂家采用组装光机的方式生产立加，产品同质化严重，进入门槛比较低。如果工厂规模相当、管理合理，不同品牌品质之间的差异很小。选择这支梯队的机床需要用户具备比较强的应用能力，可以根据自己的实际需要灵活选择最适合自己的机床部件和选配件，用对、用好机床可以生产出让人刮目相看的产品。

四、结语

总之，在最基本的机械结构上，

无论是哪个梯队都可以找到相似的外形，基本可以做到形似，功能上也能达到特定领域用户的基本要求，在满足用户基本要求同时，都在向单机自动化，自动化组线，工艺复合提高加工精度，提高零件加工高效率方向发展。但从产品品质的角度看确实不可同日而语，但无论如何都在技术上都离不开人造大理石床身技术、床身恒温技术、直线电机驱动、滚珠丝杆中心冷却、重心驱动、超快速换刀机构、高速电主轴等先进核心技术的掌握与应用研发，都离不开主轴，各种摆头，各种形式转台，数控系统，伺服驱动，刀库，排屑器，防护等机床附件等功能部件的研发，先进的制造技术体系的打造，高性价比的供应链体系的整合。真正的产品必须以服务满足于用户的需求为前提，所以未来谁真正拥有核心技术，拥有最高性价比的技术产业链，最根植于用户需求的完美理解，谁才是最后的赢家！□

自动化冲压生产线压机、模具及自动化设备之间关系研究

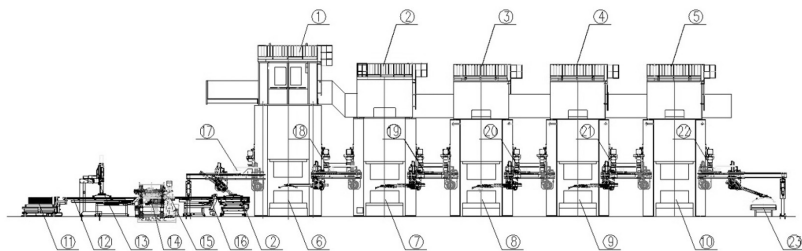
一汽解放青岛汽车有限公司 陈军绪 祝成林 赵赦

未来冲压车间的生产，自动化冲压生产线会越来越普遍，研究自动化冲压线压机、模具及自动化设备之间的关系使我们更清晰地了解冲压自动化生产所需要的核心条件以及困难所在，有助于我们提升冲压自动化水平。

随着汽车行业产销量的不断扩大，各大汽车生产商在生产线上也不断要求提高生产效率。自动化生产作为提高生产效率最为有效的手段已经大规模的发展起来。冲压是汽车生产的第一工序，冲压自动化的发展速度也十分迅猛。近几年来自动化冲压生产线在国内主流汽车厂的普及程度已经很高，而且节拍也是越来越快。本文就针对冲压自动化生产线进行剖析，将最为核心的压机、模具及自动化设备这三大块彼此之间的相互要求关系进行详细研究。

一、典型的冲压自动化形式

目前典型的冲压自动化形式主要分为机器人形式和机械手形式两种。其原理都是一致的，即通过机器人或者机械手代替人工搬运冲压板料。本文以机械手形式为例（机器人的形式与此基本一致），整条冲压自动线主要自动化设备分为：上料小车、拆垛机械手、皮带机、清洗机、涂油机、对中系统、上料机械手、输送机械手（若干）、下料机械手、下料皮带机等。



①~⑤压机 ⑥~⑩ 模具 ⑪ 上料小车 ⑫ 皮带机 ⑬ 拆垛机械手 ⑭ 清洗间 ⑮ 涂油机
⑯ 对中装置 ⑰ 上料机械手 ⑱~⑳ 输送机械手 ㉑ 下料机械手 ㉒ 下料皮带机

图 1

二、压机、模具及自动化设备之间的关系

自动化冲压生产线的主要工作流程为：车间工人将坯料用行车或叉车放置到上料小车上、将模具用行车放置到压机移动工作台上。上料小车进入生产线，带有模具的移动工作台进入压机内部，生产线启动。每台压机边废料斗打开，废料线自动运行（冲压生产时产生的废料自动滑落至地坑内的废料输送线输送至废料收集间内），拆垛机械手将一个料片从上料小车上抓取送至皮带机，之后料片进入清洗机、涂油机进行清洗、涂油，随后进入对中装置中对中，再由上料机械手抓取送入首台压机内进行冲压成型，之后通过输送机械手将料片送至每一工序的压机内完成指定的冲压工作，最后由下料机械手将成品冲压零件放置到下料皮带机上，人工检验，最后下线装筐。当然也有更先进的生产线下料时自动检验、机器人装筐。

从冲压线自动化生产的工作流程可以看出：从坯料上料到成品冲压零件下线整个过程十分复杂，涉及多个设备之间的相互关联，而整个冲压自动线内需要废料线、压机、模具、自动化设备之间相互配合、传输过程。若要使整个冲压生产顺利进行，这些内容之间需要怎样的配合关系或者特殊的设置才能满足生产需求呢？下面我们就针对这个问题进行分析。

1. 通过空间

在冲压生产过程中，压力机是负责零件的冲压生产，自动化设备是负责从压机间将零件输送的，模具则是负责将板料生产成所需要形状的工装期间，安装在压机的工作台与滑块中间，要使冲压件顺利的一台压机输送到下一台压机，则必须充分考虑其通过性，与通过性有关的内容涉及到压机滑块的行程、模具的基准面高度以及自动化设备的运行空间。

压机滑块行程是指压力机在冲压生产过程中滑块从下死点移动到上死点这段距离。由于自动化形式的不同，自动化设备通过压机内所需要的空间也有所不同，因此在定义滑块行程时除考虑生产需求外，还需要结合自动化进入压机内的设备所需要的空间定义滑块行程。在满足使用条件的情况下滑块行程越低越好。

在冲压自动化生产时，机械手要顺利将冲压零件从一台压机上运送到下一台压机过程中，机械手所需要占用到压机内的空间。通常对于不同的冲压零件，由于其外形的不同，其所暂用的空间也不一样，我们所指的空间是指机械手可以应对各个零件时，其运动曲线所需要的最上限与最下限之间的空间。

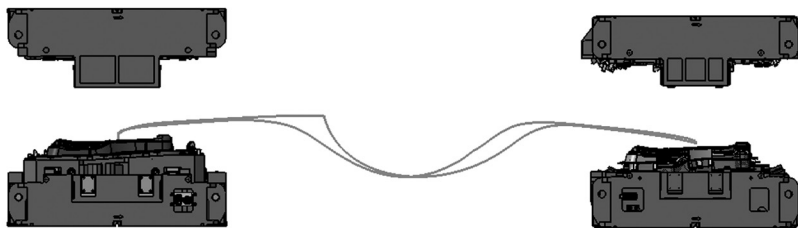


图2 两个工序之间带模具带运动曲线

2. 信息交换

(1) 生产信息交换

在自动化冲压生产中，信息数据交换就显得尤为重要。在自动生产中，整个冲压生产线的主导控制设置在自动化设备的总控台上，当生产一个零件时，操作人员只需在总控台上将此零件调出，并设定需要的生产节拍，其他相关的一切生产信息则会由系统自动从事先设定好的程序中调用即可，如皮带机的输送速度、清洗机、涂油机棍子转速、自动化机械手的输送轨迹、压机的成型力、模具夹紧器组合方式、模具调整位置等。

模具与压机之间的信息交换。虽然生产时总控台会调出所要生产的零件的相关参数，包含模具的信息，但是模具毕竟是在生产线外更换的，不排除有放错的可能，因此模具与压机之间会有一个数据识别线，可以叫压机识别所生产的模具，当生产时若模具给压机模具识别信号与自动化总控台传递过来的零件信息不一致时，则无法生产，若传递的信息一致，说明是同一零件，人工换

模正确，可以继续生产。

自动化生产中模具与自动化之间的信息交换也必须有，当一块板料放置到模具上时，机器是无法识别其位置是否是合适的，因此在模具设计时，在适当的位置我们会增加零件到位感知信号，当自动化接收到到位感知信号时，说明板料已经到位，压机可以冲压生产，反之，说明板料位置存在问题，整线停产。



(a)



(b)

图3

(2) 安全信息交换

压力机、自动化设备都带有必备的安全保障装置，但是对于整个冲压自动化生产线需要有统一的安全保障措施，因此在自动生产时，压机需将自身的安全信息交给自动化总控台，由自动化统一控制。当任何安全措施发生问题，无论是自动化设备带有的安全实施，还是压机带有的安全实施被触发时，都会引起整线的安全程序启动。如生产时，安全门不小心被人为打开，为确保安全，整线需要停线。当生产结束，换模过程中，移动工作台外出时，人员违规操作进入冲压线内，触发安全光栅，整线也会停线。

3. 设备的特殊要求

(1) 自动模具夹紧器

自动化冲压生产与手动生产除了生产时无需人员劳作外,换模过程也是可以自动化完成的。这就需要压机的滑块上安装自动模具夹紧器,换模时,移动工作台至压机内部,滑块按该套零件设定好的参数下降至所需的高度,自动模具夹紧器打开,通过U型槽深入至模具内并夹紧,即完成了模具的安装。由于自动模具夹紧器的价格也较为昂贵,因此其数量、位置、夹紧力都是需要和模具、压机滑块共同协调、仔细计算完成。要保证不同大小模具全部可以夹紧到位,需在滑块两侧预先设定相当的数量夹模器,分成各种组对,每种组队与相应的模具配对完成模具安装。

(2) 型面高度

自动化生产若要高节拍进行,模具型面高度也是有要求的。要求所有的模具型面的高度要尽可能保持一致。当然同一零件拉延工序与后续的冲孔整型等对模具的成型力要求不一样,因此模具的型面不可能完全一致,同时不同零件形状不同,也不可能做到完全一致,因此在模具设计时则会定义一个基准面,所有在此生产线生产的模具其型面的高度在此基准面上下浮动。这样设计的原因是使机械手的运动曲线较为平缓,保证了高速的生产节拍,减少自动化设备的故障。

(3) 下模模腔

自动生产所用的模具较手动线生产所用模具要有很大的不同,其主要的要求基本都在下模上得以实现。首先,模面上要留有板料到位检测开关,除在模具上预留出其检测开关的位置(根据零件不同位置不同,数量也不同),在下模的型腔内同样要考虑开关的走线,因此模腔内要事先开出走线口。在下模腔的边侧还需要留

出安装接线盒的位置,主要为安装模具识别插座、板料到位检测插座用。对于一些节拍很高的高速冲压生产线,其废料的输送要求也很严格,除每台压机前后带后废料出口外,压机中间也带有废料出口,这样设计可以将废料冲切的更加小巧,使得废料更有利于滑落输送,与此同时除模具下腔考虑废料排口外,相应的移动工作台也要考虑废料排口。

(4) 空工位

一条冲压自动化线通常由多台压力机组成,以一条线5台压力机为例,并非每个冲压零件生产时所需的工序都是5序,有的甚至才3序而已。若是人工生产这种情况很容易解决,直接在零件最后一序生产的压机后进行收料装筐,但是自动线不一样,由于安全缘故操作人员在生产过程中是无法进入生产线内部的,因此零件的工序少于压机台数的时候,零件同样需要输送到冲压线线尾皮带机。由于没有冲压任务的后工序的压机上没有模具,因此在其工作台上可以设置一个零件支架,支架上可以放置零件支撑器具,满足不同零件的空工位过渡。



图 4

三、结束语

随着生产节拍提升的要求以及人工成本的提升,在未来的汽车制造行业里,冲压自动化生产会越来越普及。本文通过对当下典型的冲压自动化生产线压机、模具以及自动化设备之间关系的研究,分析出了自动化冲压生产线各个系统之间所必须的条件,为新接触冲压自动化项目或者进行人工线升级改造自动线的项目同行提供一点技术分享。当然冲压自动化所涉及到的内容及条件比本文所讨论的内容复杂得多,本文仅对最基本最核心的内容进行了分析。□

EMAG KOEPFER HLC 150 H: 高灵活性、低成本的全方位滚齿加工解决方案

埃马克（中国）机械有限公司

在如今的汽车工业领域内，所使用生产工艺的灵活性已逐渐成为对生产计划人员的重大挑战。制造商必须适应不断变化的零部件范围。举例来说，零部件几何形状的变化就非常迅速。尤其是在滚齿领域内，这种发展趋势更是势头强劲。

以转向系统部件为例：生产计划人员需要能对转向小齿轮、蜗杆和蜗轮进行高效滚齿加工的极其灵活的机床。如何使用一台机床完成 EPS 转向系统整个传动齿轮箱的加工？独具创新精神的机械制造商能够完成这项任务。

EMAG KOEPFER 最新推出的卧式滚齿机 HLC 150 H 是其中最为优秀的一款机床，是不折不扣的全方位解决方案。这款高效机床可加工的工件范围极广：传动轴、电枢轴、小齿轮以及行星齿轮均可加工，最大长度达 500mm。机床具有例如滚齿、刮削滚铣、蜗杆铣削和蜗杆刮削及倒棱等所有相关的滚齿工艺。因此，可以无毛刺加工模数不超过 3 的各类高品质零部件——滚齿生产灵活性达到了前所未有的高度。

巨大的加工批量、截然不同的工件要求，以及从高硬度钢种类到软

塑料的材料：汽车制造中的齿轮生产是一个非常广泛并极具挑战性的领域。有鉴于混合动力驱动系统以及各类辅助系统的广泛应用，汽车中需要采用滚齿工艺生产的零部件越来越多。因此，最大的问题显得尤为突出：使用哪种生产解决方案可以高效完整地尽可能多不同种类的工件进行滚齿加工？

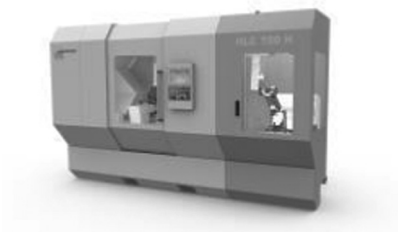


图1

以较低的成本实现全方位的加工

“这正是我们在开始研发机床 HLC 150 H 时的问题”，位于德国菲林根-施文宁根的 EMAG KOEPFER 公司销售总监 Jorg Lohmann 解释说，“针对这一问题，我们研发出了一种采用高性能部件的通用型解决方案。机床上应用了包括倒棱在内的所有相关加工工艺技术，而且机床轴间距达到 130 mm，并配备功率高达 28

kW 的刀头。因此，该机床可以为最大模数 3、齿顶圆直径最大 150mm、长度最大 500 mm 的多种工件进行高效滚齿加工。成本的降低和工件质量的提高能为客户带来巨大的益处”。

“传动轴”的例子便能清楚说明这一点——HLC 150 H 能够保证无二次毛刺地完成滚齿加工和倒棱：在第一步对齿轮进行粗加工后，进行挤压去毛刺加工，并通过第二次滚齿完成最终精加工。最后得到的成果便是无毛刺、已完成倒棱的运行齿轮。

同时，使用 HLC 150 H 还能够降低成本。例如，机床配备的高性能调频式液压机组，只有在需要时才会接通介质供应。此外，配备快速夹紧系统的支座以及机床良好的可达性也能保证在最短时间内更换所有刀具。这样，便能将比如更换批次时的非生产停机时间降至最低。“另外还必须强调其成本优势，客户在初期投资时便能从极具吸引力的性价比中获益”。Lohmann 补充说，“原因在于埃马克在德国策普斯特和中国金坛均设有高效率的生产基地。具有高效流程的机床的基本结构便分别在这两个生产基地中诞生”。



图2

确保工件质量

HLC 150 H 的一系列技术细节也让人印象深刻，正是这些细节保证了工件的高品质和流程的安全性。例如，刀头采用刚性悬挂方式，并且在铣削加工过程中，只有整个刀头会移动。两条轴通过内插方式构成移位轴。由此便可在确保较大铣头摆动角度的同时，达到较长的窜刀距离。其结果：铣削过程非常平稳和精确。滚齿质量（即使从绝对值测量系统的角度来看）能够达到最顶级的水平。EMAG KOEPEFR 所采用的切屑处理设计方案也同样具有重要特性。切屑能自然掉落，不会形成切屑堆积，这个特性能为客户带来极大的优势。因此，机床也非常适合用于干加工。

此外，还可以采用例如刮板输送机或永磁输送机等多种解决方案送出切屑，也可以选配磁性粗分离辊的深床过滤器，以过滤铁磁性材料、有色金属和塑料。“无论采用哪种方式，我们都能确保顺利地送出切屑，并保证极高的进程可靠性”，Lohmann 解释说，“尤其是在高性能大批量生产过程中，这是非常重要的”。

模块化的工件输送系统设计方案，范围广泛

最后还有很重要的一点，这款机床还可配备一套模块化的工件输送系统，能够确保极短的换装时间。HLC 150 H 可手动或通过工件输送系统上料。作为第二种选择，重量不超过三公斤的轻型工件可使用配备有双旋转机械手的内置高速桁架机械手。而对于不超过 10 公斤的重型工件，则可使用 V 型线性机械手。另外，该系统还能够简单地整合到埃马克生产线中。“总而言之，我们可以自豪地说，在灵活加工长度不超过 500 mm 的工件这一

领域内，我们的这款机床树立了一个新的行业标杆。

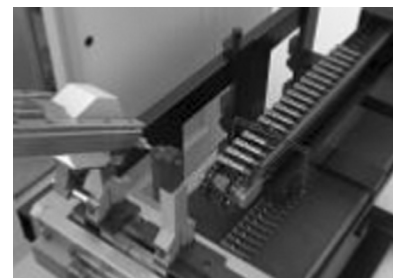


图3

许多转向系统部件，例如转向小齿轮、蜗杆和蜗轮以及传动轴等，都属于可加工范围”，Lohmann 总结说，“这款机床集多项优点于一身，例如切削功率高达 28 kW 的刀头，集成在加工区内、可保证工艺流程的完整性的挤压去毛刺或倒棱工艺，还有便于整合到生产线中的、极为灵活的工件输送系统设计方案等。最终的结果便是转向系统部件或传动轴的加工成本降低，而质量却有所上升。我们确信，在汽车制造行业中，HLC 150 H 拥有巨大的市场销售潜力，必将获得广大供应商的青睐！” □

资讯

汉江机床专项课题成果获用户认可

日前，国家科技重大专项监督评估专家组以及科技部科技评估中心和重大专项办有关领导一行6人，对汉江机床有限公司牵头承担并已通过终验收的5个重大专项任务进行了实地调研评估。

评估组首先听取了汉机公司项目负责人对专项课题完成情况、标志性研究成果在转化应用方面的详细汇报，现场听取了有关意见和建议，随后实地考察了专项研究成果在生产现

场的应用情况。评估组一致认为，汉机公司牵头承担的5个重大专项课题全部顺利通过终验收。评估结果表明，企业的研发工作很扎实，产品各项指标都达到了专项要求，研究成果在本企业已实现规模化应用，并得到行业用户的充分认可，获得新增订单，在国家重大专项研发领域具有代表性。

近年来，汉机公司借助承担重大专项任务之机，充分发挥自身在螺纹加工、检测方面积淀的深厚产业基础

和研发优势，以“打造完整滚动功能部件产业链，为行业提供全面工艺技术方案”为宗旨，科学制定企业发展规划，合理选择符合企业发展战略的专项课题，助力企业快速发展。同时，汉机公司还参与成都飞机集团、宝鸡忠诚、昌河飞机集团、南京理工大学等单位数十项专项课题（子课题）研究任务，成功解决了国产滚动功能部件为相关单位配套的问题。

（唐照河供稿）

融入生产之中

蔡司集团



振动会影响发动机并施加很大的应力，最终会导致爆炸。弹性联轴器可以使动力传输无振动，这是针对所使用的发动机进行精心设计的，特别是针对船舶上发动机的应用。因此制造商VULKAN生产的联轴器和齿轮系统的型号和品种也是相应地多样化发展。考虑到需要优化其生产工艺流程时，他们迈出的第一步就是使用数字化设备扫描检测超过40个品种的产品组件。ZEISS T-SCAN CS手持式激光扫描仪作为快速精确的解决方案被投入使用。

现在正是14号甲板上的午休时间。虽然船上有近1000名乘客在阳光下休闲，但是在他们的甲板下面，船上九米的螺旋桨却一直在水中旋转。巨大的发动机使这艘邮轮以20节的速度加速航行，而几乎没有任何声音。柴油发动机的曲柄驱动会导致不平衡扭矩而发生危险。不平衡扭矩会产生振动，并将振动传递到齿轮单元和螺旋桨。这些振动会彼此影响而加剧振幅，并导致强大破坏力，最终可能使曲轴断裂。不管是游船、油轮还是集装箱船，发动机在公海上出现故障就

可能具有致命的危险。VULKAN生产的高弹性联轴器就是为了防止这样的灾难发生。

位于Herne（德国）的公司总部，整个部门都投入到扭力振动的计算中。现在所有的员工都在公司新建的玻璃幕墙大楼里进行工作，员工们为每艘船研制合适的设计方案。所有的联轴器都包含一个金属橡胶组合。这些组件可以抑制振动，还可以在发动机和齿轮单元之间进行轴向和径向移动。发动机输出，船舶的特定设计和要求决定需要大量的橡胶混合物用于硫化。

可靠产品的快速流程

高弹性RATO S联轴器的上一代型号是30年前该公司产品组合的一部分。现在这些联轴器是VULKAN公司最畅销的产品系列之一。但是，在过去几年中生产成本已经提高了很多。这就是为什么该公司要制定一项优化工艺流程的计划，并交给Andreas Ladwig作为他的硕士论文的一部分的原因。这位公司以前的实习生作为一名全职的初级精益生产主管在较短时间内完成了这个项目。Ladwig将RATO S产品系列作为他的工艺优化方案的重点。这类联轴器一般包括四个不同的部分，最后组装成一种圆盘。四个部分都包含两种铸件，它们用橡胶接合在一起，来达到所需联轴器的弹性要求。存在的问题是：在实际情况下，技术图纸和实际铸件并不总是能够做到100%的对应。其结果会经常导致次品的出现，并且员工需要投入更多的时间进行重新加工。Ladwig认为需要检查RATO S系列产品的所有硫化工具，并根据需要对它们进行修改。这些工具确保金属零件在硫化机的规定位置上。因为将铸件和橡胶通过压力和热量结合在一起的化学过程，每个工件需要八个小时，因此出现次品是特别昂贵的事情。

对40个产品型号进行数字化改造优化过程的核心部分是评价硫化工具和铸件。后者由子公司和供应商完成，然后在VULKAN做进一步处理。Ladwig解释说：“我们的RATOS系列产品有40个型号和规格。使用滑规捕获这些产品的几何形状需要我们几年的时间。”因此公司正在寻找一种更快、更准确的方法。测量实验室在另外一个大厅里，并且已经满负荷运转。另外，硫化工具太重，将其搬运到测量实验室非常不容易。Ladwig一位属于工艺优化部门的同事提出了一个建议：他在一个内部交易会上看到一款3D测量技术的激光扫描仪。他的提议使得Ladwig很好奇，他正是需要那种能够使铸件和工具数字化、并且能够使它们的实际状况与现有的技术图纸准确一致的装置。之后他和他的同事对多台激光扫描仪进行了测试，最终他们更加偏爱他的同事最初建议的设备：ZEISS的T-SCAN CS激光扫描仪。“有了这台设备，可以快速完成扫描并且可以保证获得完整的数据，”Ladwig说。手动测量设备还有另外的好处：因其是可移动的，而且比他和他的同事测试过其他产品更稳固，因而最终打动了工程师。一开始他们决定先租几个月激光扫描仪进行试用，以便确定该设备是否是最合适的选择。



全部实时显示

“速度和极高的精度从一开始就打动了，”在硫化部门工作的员工Ralf Redecker说。他是在VULKAN使用激光扫描仪执行数字化任务的员工。经过为期两天的培训课程，他自己已经可以捕获第一个硫化工具：“我是训练有素的画家和漆匠。我对我自己手的动作掌控游刃有余。”他确实如此轻松地指挥ZEISS T-SCAN CS在工件表面上移动，就如同他在若无其事地挥动着画笔一样。现在Redecker还几乎不需要测量设备提供声音和光学显示。当红色激光束击中表面上的绿色光点时，该设备与工件的距离处于最佳状态，并且每秒的捕获次数高达330次。当出现这种情况时，激光仪以点云的形式捕获工件的形状，每秒达210,000个点。ZEISS colin3D数据捕获软件根据这些点去生成工件的3D模型。在实时扫描过程中，3D模型逐渐显示在监控器上。因此，Redecker可以准确地看到他扫描过的部位并且可以无任何间隙地对工件进行数字化处理。这位漆匠直接在生产车间进行测量，离硫化机不远。他将RATO S联轴器部件放在一个台钳上。然后在现场测量这些重达5吨的工具。除了手动激光仪和运行数据捕获软件的计算机，该系统的第三个部分是一个光学跟踪仪。ZEISS T-TRACK CS+放在一个离工件两米远的支架上，通过使用集成的红外跟踪仪记录激光扫描仪的运动。这是相机通过一个虚拟的坐标系统中的激光扫描仪记录捕获到的点的方法。这个原理允许操作者在不使用参考点的情况下，可以在室内的任何位置执行测量，只要操作者位于光学跟踪仪的范围之内即可。



这一效果立竿见影

在几周之后，Redecker已经使用激光扫描仪完成了对多个工具和首批铸件的数字化。当他在硫化部门捕获数据时，Ladwig则负责进行评估。他接受了一次有关如何使用ZEISS的INSPECTplus检测软件的培训课程。扫描和CAD模型是否对应，如果对应，对应程度如何等都可以通程序可视化显示出来。它也可以显示扫描数据与理论工件之间的偏差。在这个标称/实际比较中，红的区域表明材料过多，蓝色区域则表示材料太少。按照这位机械工程师说法，操作该软件并不复杂：“该软件的工作就像一个稍加修改的CAD程序。你会立即看到结果。”在ZEISS T-SCAN CS租赁期即将结束的时候，他们做出了购买该设备的决定。优化工作继续向前推进：Ladwig和他的同事将CAD模型与扫描数据进行了比较，然后对“旧”的CAD模型进行了修改。铸件供应商给他们送来了新的图纸和CAD模型，作为模具制作的一个模板他们一直使用至今。他们将“新”铸件通过激光扫描对初始样品进行测试。该方法也仍在使用：Redecker对初始样品进行扫描，Ladwig使用ZEISS INSPECTplus软件创建检测报告。有了这个软件，供应商可以立即知道铸件与标称几何尺寸的对应程度。“速度快得令人难以置信，”Ladwig说。“如果Ralf在早

晨进行扫描，我有时间在下午进行分析，那么我们就可以在一个工作日内完成该组件的初始样本测试。而在过去这个过程我们需要几周的时间。”

极少次品

在40多种RATO S系列产品的初始样品测试接近完成的时候，对硫化工具的数字化和改造工作早已完成。成功的工艺优化已经开始大显身手：联轴器零部件的次品数量以及返工所需的时间和精力都大大的减少。过去，在优化和返工之前，为了使尺寸正确，工作人员必须重新安装铸件。现在，VULKAN完全省略了这一步。Ladwig自豪地宣布说，“我们已经使产品系列的零部件进入了生产环节。”但对于他和他的同事Redecker以及他们的激光扫描仪来说工作才刚刚开始，因为这仅仅是RATO S的开始。产品线联轴器的种类就像世界海洋船舶的种类一样多。Ladwig其他部门的同事们也已经开始对激光扫描仪的潜能显示了极大的兴趣。在不久的将来，针对ZEISS T-SCAN CS的操作，公司将更多的员工进行培训。

VULKAN集团

该公司成立于1889，一直以家族式管理的VULKAN集团已经运营

有超过125年。今天，该公司拥有约1,200名员工，遍布全球20个不同的地点。VULKAN联轴器是公司效益最好的三个部门之一。其重点是在航运和发电系统中的柴油发动机上的应用。挑战：如果不使用阻尼联轴器，柴油发动机产生的振动会严重损坏传动轴。这就需要有一个由动力传递机构、偏移补偿和扭转振动阻尼组成的一个具有挑战性的产品。而该产品就是这个家族企业的核心竞争力之一。50多年来，VULKAN联轴器已经应用到世界各地的各种类型的船舶上。

ZEISS T-SCAN CS 总结

在开发ZEISS T-SCAN CS激光扫描仪的时候，快速、直观、精确就是ZEISS 3D扫描仪专注的重点。最后得到的是一个具有极高动态的手动设备，能够仅通过一次性设置捕获不同的颜色表面，数据速率每秒高达21万个点。这表示在整个6.3立方米的测量范围内，测量的不确定性仅为0.1。设备的人性化设计，其约为一公斤的重量，也使操作者能够毫不费力地到达工件难以进入的部位。手动扫描仪通过ZEISS T-TRACK CS+光学跟踪仪加以辅助。跟踪仪在空间内跟踪激光仪的运动，记录在虚拟坐标系统中捕获的点。这样操作者可以在跟踪仪的范围内任意选择测量区域。ZEISS colin3D数据捕获软件使用捕获的点云生成工件的3D模型。□

