

## 资讯 News

---

- 27 日发航空装备,再次零的突破等8则消息

## 特别报道 Special Report

---

- 29 CCMT2016 主题新环境·新格局·新作为 机床协会传媒部  
Theme of CCMT2016:New Environment·New Pattern·New Action
- 31 陈惠仁对当前困难形势的认识应该保持理性客观 杨青等  
Chen Huiren keep a reasonable and objective understanding on present situation
- 34 团体标准将成为产业创新发展的助推剂  
——2015年机床工具行业标准化工作会议在京召开 张芳丽  
2015 standardization conference in machine tool & tool industry held in Beijing

## 产销市场 Production & Marketing

---

- 35 2015年上半年机床工具行业上市公司运行分析 杜智强  
Running analysis on public companies of machine tool & tool industry  
in first half year of 2015

## 展品评述 Exhibits Review

---

- 39 第十四届中国国际机床展览会特利叻日工机床评述(下) 特种加工分会  
Introduction of special machine on CIMA 2015
- 45 CIMA2015 国产数控系统展品综述 肖明 张幼龙  
Summary of domestic NC systems on CIMA 2015
- 53 CIMA2015 量具量仪展品评述 谢华锟执笔  
Measuring instruments on CIMA 2015
- 64 机床行业的发展对磨料磨具产品的需求变化  
——CIMA2015展会评述 磨料磨具分会  
New requirements to abrasive tool from the machine tool industry

## 专题综述 Topical Review

---

- 66 意大利重型机床产品综述 徐宁安  
Summary of Italian heavy machine tool

## 展会报道 Exhibition Report

---

- 72 第十四届中国国际机床展览会观感 董全宏  
Impressions on CIMA 2015

## 海外市场 Overseas Market

---

- 76 聚焦波兰国际机床展览会 单希强 执笔  
Report on Poland international machine tool exhibition

## 产品与技术 Products & Technology

---

- 80 双股冷却润滑液,切削和切断更轻松  
——瓦尔特双通道精密内冷刀具技术特点  
Features of Waller dual channel precision inner cold cutting tool
- 83 钣金变形因素及工艺参数分析研究 徐宗磊等  
Study on distortion factors and the technology parameters of sheet metal
- 87 充液成形与内高压成形复合生产线研究 马国礼等  
Study on the complex production line of Gilling forming and tube hydroforming technology
- 91 冲压测量分析系统研究及应用 韩永志等  
Study on the Stamping measurement and analysis system and the application
- 94 基于刚度灵敏度方法的白车身轻量化设计优化分析 王辉宇 杨伟  
Optimization analysis on the lightweight design of BIW based on stiffness sensitivity method
- 97 挂钩冲压工艺及模具设计 钟翔山等  
Stamping technology for pothook and the mould design
- 100 汽车轻量化技术的进步与展望 岳博 徐品才  
development of lightweight technology used on automotive

## 相关产业 Correlative Industries

---

- 103 103得自动化者得天下  
——埃马克助山东明宇重工完成自动化生产第一步  
EMAG help Shandong Mingyu Heavy Machinery Co., Ltd. Make the start of automated production
- 105 同步满足节拍与成本降低双项严苛要求  
——瓦尔特助力江淮铸造顺利实现发动机缸体加工工艺调整  
Walter cutting tools help JAC Casting realize the adjustment of machining technology of engine head
- 107 当导轨油遇见切削液,一定要离!  
Guide lubricating oil must be separated out from cutting fluid
- 52 52广告客户索引  
Advertisers' Index

## 日发航空装备，再次零的突破

9月14日，浙江日发航空数字装备有限责任公司（以下简称“日发航空装备”）收到中航飞机股份有限公司汉中飞机分公司发来的《中标通知书》，确认总装脉动生产线系统中标，合同价格总计4300万元。

该项目系日发航空装备与中国航空工业集团北京航空制造工程研究所（以下简称“625研究所”）强强联合，依托双方优势取得的成功中标。

日发航空装备自成立以来，就与625研究所积极探索合作方式，此次中标意味着双方合作迈出了战略性的一步，必将更有利于日发航空装备在航空航天领域的业务拓展。

该项目是国内首条全自动脉动生产线项目，也是意大利MCM公司JFMX软件在国内飞机自动化装备线的首

次应用。该项目的顺利实施，将对日发航空装备获取后续飞机自动化装备线项目奠定坚实的技术基础，带来更好的市场效应，也将对JFMX软件在国内的推广应用产生积极影响。

继日发航空装备成功获得贵飞飞机数字化精加工台项目后，此次成功中标陕飞项目标志着日发航空装备在飞机部装线和总装线领域均获得中航工业的认可，也展现出公司在积极寻求业务合作方式方面的突破。通过该项目，日发在产品结构及客户结构方面进行了有意探索和完善。如果说贵飞项目是日发航空装备的战略起点，那么陕飞项目的成功中标必将成为日发航空也是日发飞机发展史上具有划时代意义的历史转折点。

## 宝鸡忠诚精密数控车床及车削中心通过专项验收

9月21日，工信部04专项办组织召开了课题验收会，“BM63150C精密数控车床及BM63150X车削中心”课题通过专家验收。

该课题由宝鸡忠诚机床有限公司承担，课题参与单位有：西安理工大学、上海原创精密机床主轴有限公司。该课题主要技术指标是：主轴径向跳动 $\leq 0.0005\text{mm}$ ，轴向跳动 $\leq 0.001\text{mm}$ ，重复定位精度 $\leq 0.003\text{mm}$ 。课题主要研究内容有：精密数控车床整机

设计验证；精密动静压主轴轴承的研制；数控精密宏/微伺服进给系统研究；车床热变形分析及综合误差补偿技术、人造花岗岩床身技术等。宝鸡忠诚机床有限公司应用科研成果研制出5台样机，其规格为加工直径 $\phi 630\text{mm}$ ，加工长度1500mm。其中1台样机在山东济宁博特精密丝杠制造有限公司试用，取得较好效果。通过技术改造，课题承担企业初步形成生产能力。

（邵钦作）

## 华中数控并购江苏锦明工业机器人自动化有限公司签约仪式

华中数控加码机器人业务，拟以发行股份和支付现金的方式收购江苏锦明工业机器人自动化有限公司100%的股权。双方已于近日签署并购框架协议。

江苏锦明工业机器人自动化有限公司成立于2001年，主要从事玻璃机械的设计制造，以及机器人本体与机器人系统集成应用的设计研发，目前逐步发展成为自动化专用设备、工业机器人本体、机器人系统集成应用等产品系列的供应商，已具备为客户提供包括包装、物流等多领域机器人运用综合解决方案的能力，并在玻璃、食品、酒类、电子、3C等多个行业的龙头企业中取得了应用上的突破。

此次收购是华中数控通过外延式发展实施“一核两体”机器人业务产业发展战略，打造工业机器人领域“全产业链供应商”的重要举措。如并购审批获得国家有关部门批准，公司将与江苏锦明在运营管理、技术、资本与平台



签约仪式现场

方面实现较好的协同效应，实现市场互补，上市公司产业结构更加优化，提升业务规模和盈利水平，增强公司综合能力。

## GF加工方案将在瑞士比尔再建一座现代化机床厂

隶属于瑞士GF集团的GF加工方案公司，为满足客户在高速铣削机床方面的需求，计划增加铣削机床的产能。

SGF铣削机床的销售量在过去几年中翻了一倍，目前设在瑞士Nidau的工厂已经达到了其产能上限。为了长远发展，GF加工方案计划在Biel（比尔）投资一家新铣削工厂。新工厂包括最现代的研发中心和应用中心。新工厂的建设将根据节能高效的最高标准来设计。

新工厂将为Biel城市提供460个高端工作岗位。土地和建筑将采取租赁方式。工厂计划于2016年开工，具体日期取决于Biel城市管理部门的批准。

GF集团的CEO Yves Serra说，“这一现代化的工厂将提高GF加工方案的产能，优化其在尖端铣削加工领域的竞争力。该投资也强调了GF会将瑞士作为我们高精度机床的研发和生产中心这一承诺。”

## 安德建奇高精度六轴单向走丝线切割机床通过专项验收

9月18日，工信部04专项办组织召开了课题验收会，“带自动穿丝装置的高精度六轴数控单向走丝线切割机床”课题通过专家验收。

该课题由北京安德建奇数控设备有限公司承担，课题主要技术指标为：加工精度 $\pm 0.002\text{mm}$ ，加工表面粗糙度 $Ra \leq 0.0002\text{mm}$ ，加工效率 $\geq 275\text{mm}^2/\text{min}$ 。该课题主要研究内容有：纳秒级无电解电源研究；自动穿丝及恒张力机构研制；六轴数控系统及温度补偿装置研制；

电火花线切割加工工艺数据库开发等。课题承担单位开发出高精度六轴数控单向走丝线切割机床，并形成批量制造能力，2011~2014年间，年生产销售该类机床50~100台。检测报告显示，该机床主要技术指标达到国际同类产品先进水平。

该项目的技术开发和产品研制，对北京安德建奇数控设备有限公司主导产品的升级换代和产品出口起到了积极推动作用。（邵钦作）

## 自主创新 华东数控龙门导轨磨出口韩国

华东数控近日与韩国客户签订了MKW5230A/3m×14m数控龙门导轨磨出口订单，单台价值近千万元，该磨床是我国目前出口规格最大、出口价值最高的数控龙门导轨磨床，实现了该类产品出口的突破。目前已收到客户支付合同预付款，计划年底交付客户使用。

通过自主创新和研发制造，在解决了多项关键技术的基础上，华东数控已实现了龙门磨产品的系列化，并部分替代了进口高端品牌产品，华东数控龙门导轨磨在国内市场占有率达到70%以上，在满足国内高端装备制造需求的同时，每年出口近2000万元。（汤旭玮）

## 瞄准海外 秦川铸造获八大国际认证

日前，随着（DNV-GL）挪威—德劳船级社证书的取得，秦川铸造厂已顺利完成了意大利船级社RINA、法国必维船级社BV、日本船级社NK等全球八大船级社的铸铁件工厂认可工作。这也标志着秦川铸造在重视质量管理、强力实施提质增效中走上了向能源、风电、船用市

场等高端铸造市场拓展之路。

目前，共有欧美6家及国内3家风电行业等知名企业已成为秦川铸造的主要客户。在船用铸件市场方面，秦川铸造在前期开发顺利交货18台套之后，后续意向订单量也在继续扩大。（张林升）

## 西门子工厂工程设计和管理软件全面用于蒂森克虏伯工业解决方案

作为蒂森克虏伯集团旗下的工厂建设专业厂商，蒂森克虏伯工业解决方案选择在机构内部全面使用西门子Comos工厂工程设计和工厂管理软件解决方案，以进一步整合其全球工厂建设业务。由原伍德公司（Uhde）演变而来的工艺技术部自1997年以来一直使用Comos。通过使用标准软件，蒂森克虏伯工业解决方案能够更快、更高效地执行全球工程流程和工厂管理。蒂森克虏伯是全球领先的化工厂、炼油厂、水泥厂及其他业内工厂的

提供商，并为采矿、选矿和港口装卸提供机械设备。

Comos工厂工程设计和工厂管理软件涵盖组件和工厂的工程设计和全面自动化，其中包括电气设计、仪表测量和控制。功能规划符合相关标准，因此，从工艺设计、基本和详细工程设计及运营一直到自动化等各个环节都能高效、准确地实施。Comos可提供一个从工程设计到运营协调一致的系统环境。Comos使用户能够在工厂生命周期的所有阶段实现更高的工厂效率。

## CCMT2016主题：

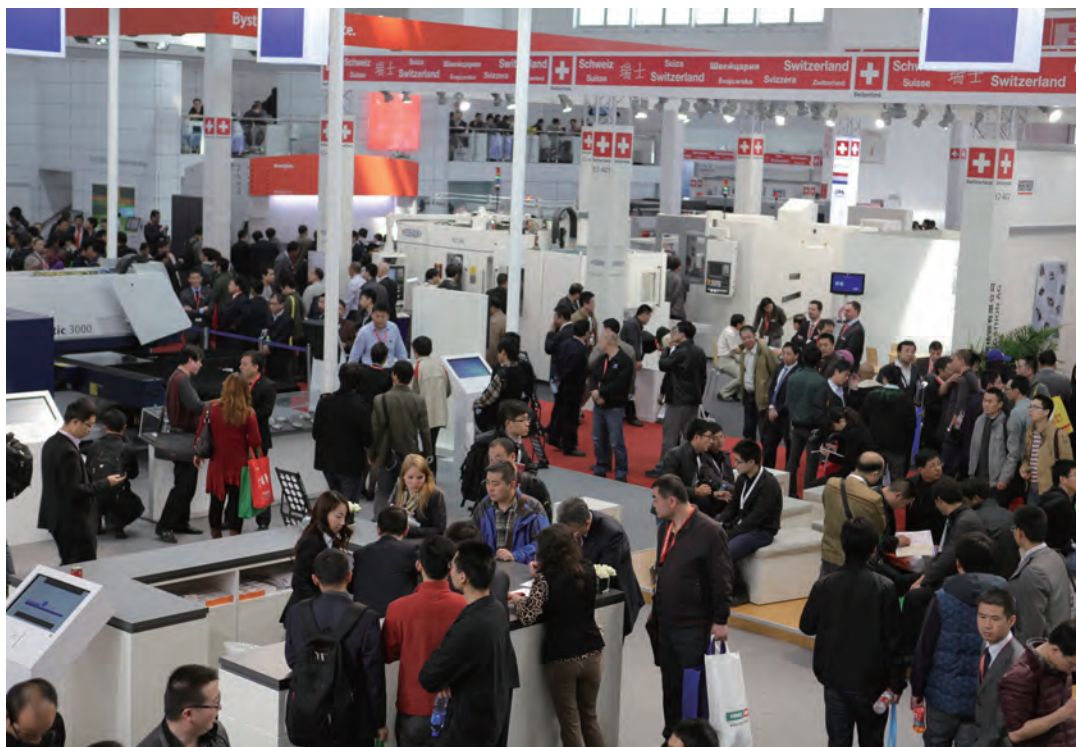
# 新环境 · 新格局 · 新作为

中国机床工具工业协会传媒部

第九届中国数控机床展览会（CCMT2016）将于2016年4月11-15日在上海新国际博览中心举办。经过长时间广泛征集和多轮认真讨论，展会主办方——中国机床工具工业协会将CCMT2016的主题确立为：新环境 · 新格局 · 新作为。

看到这个主题您是否觉得似曾相识？

不错。CCMT2014的主题是“新变化 · 新未来”，CIMT2015的主题是“新常态 · 新发展”。以“新”字为代表，统领主题形式，但每次又有不同的内容，成为CIMT和CCMT这两大权威机床展颇具标志性的主题宣示。应该说这些主题以其风格独特、文字简捷、寓意深刻已经在业界耳熟能详、深入人心。



作为由同一主办方连续3年举办的展览会，从CCMT2014（第八届中国数控机床展览会）到CIMT2015（第十四届中国国际机床展览会），再到即将举办的CCMT2016（第九届中国数控机床展览会），虽然时间、地点不同，但所处的大环境都是中国，所处的时期都是经济发展从高速向中高速换挡转型的时期。最近几年，随着国内外经济环境的变幻，中国机床产业从感知新变化到步入新常态，如今又看到新的格局逐渐显现，我们更需要有新的作为。

## 新环境：重大变化与历史机遇

全球经济仍处于全面而深刻的再平衡进程中，经济分化日益错综复杂，尤其是近期的市场动荡给缓慢的复苏进程增添了新的不确定因素，世界经济稳定面临新的风险。在此大背景下，中国经济进入新的发展阶段，增速放缓、结构调整和动力转换成为新阶段的主要特征。随着中国经济增速放缓的不断持续和结构调整的不断深入，中国机床工具市场需求也发生了显著变化：需求总量明显减少，需求结构加速升级的市场新特征日益明显。在经济下行压力不断加大的困难情况下，我们必须注意到中国正在发生的积极变化。在中国政府“四个全面”整体布局的统领下，不仅经济结构调整正在取得积极进展、新的增长动力正在加速形成，经济运行呈现缓中趋稳、稳中向好、稳中有进的良好态势，而且中国的政治生态、社会生态也已开始悄然重构，这些都为中国经济的长期、健康、稳定发展奠定了坚实的基础。尤其值得注意的是，《中国制造2025》的发布，明确了中国制造业发展的长期战略布局，高档数控机床更被确立为重点发展的领域之一。我们有理由相信，所有这些积极的环境变化因素，必将有力促进中国机床工具市场的长期健康发展，也必将为全球机床工具制造业提供新的更为广阔的作为空间。

## 新格局：此消彼涨的深刻变革

与发展环境巨大变化相伴的，是中国机床产业格局和市场格局正在发生的显著变化。在改革开放和结构调整过程中，中国机床工具产业中民营企业迅速崛起，迄今为止，其企业数量及利润总额在全行业占比均已超过80%，这一变化正在悄然并深刻地重构中国机床工具产业的整体格局。同时，中国经济结构正在发生积极变化，消费已经超越投资成为中国经济增长的第一拉动力。今年上半年，消费对中国GDP增长的贡献率已经达到60.0%。在重化工业高速增长阶段趋于结束对机床消费市场产生消极影响的同时，消费品制造对机床消费市场的拉动力则日益增强。试想，新的一带一路经济战略的实施，新增长动力的逐步形成，新产品、新技术的广泛应用，势必又会引发机床产业格局和市场格局更大、更深刻的变革？

此消彼涨的新格局正在形成。

## 新作为：更专注更务实更主动

新环境、新格局呼唤业界的新作为。面对新的变化，既不能被动应付，更不能消极等待，而应以积极、主动的心态，抓住新的机遇，谋划新的策略，施展新的作为。面对近几年变化的形势，有众多境内外优秀企业，积极采取有效措施，以专注的精神和专业的技术，深入挖掘用户需求，满足重点领域发展需要。在提高产品质量、提供成套解决方案的同时，不断提升服务能力和水平，在经济下行背景下实现逆势增长。未来，随着市场结构深入调整、产业格局逐步清晰，伴随严峻挑战的定是更多的历史性机遇。我们坚信，会有越来越多的企业新的市场环境和变化的格局中找到自己新的定位，满足更多细分市场的需求，以新的作为，结合新的技术应用，走好差异化发展之路。

新环境·新格局·新作为，让我们借助CCMT2016展示平台，共同迈向新的未来！□





# 陈惠仁：

## 对当前困难形势的认识应该保持理性客观

中国机床工具工业协会传媒部 杨青 阎晓彦 兰海侠

现在无论是中国机床产业还是中国制造业都处在一个时间窗口，既是一个结束，又在期待开始；既是个敏感和关键的时间点，也是个总结过去和思考未来的契机。

这个时间窗口有着许多标志性事件，例如，第十二个五年规划即将执行完毕，国家推出“十三五”规划之时；“一带一路”国家战略展开新一轮“走出去”宏伟蓝图，亚投行顺利建成为亚洲区域基础设施建设提供金融支持之时；国务院高调推出《中国制造2025》战略，智能制造成为下一轮政策导向的风口产业之时；以及新一代信息技术与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革之时；我国经济发展进入新常态，宏观经济运行正在持续降速的过程中接受考验之时，上述一系列重要机遇和挑战的时间点，形成了当今中国机床工业转型升级探索由大变强的时代背景，这时候的观察与判断将直接影响未来道路的选择和产业的命运，而此时也正是思想活跃、议论风生、见仁见智的一个特殊时期。

为此，本报记者日前专访了中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁先生，请他对当今中国机床工业的现实境遇和矛盾问题进行梳理和分析。

### 第一：形势判断

《中国机床工具》：中国经济增速从2011年下半年起告别过去近10年年均10%左右的高速增长，回落到年增长率7%左右，宏观上呈现出从高速增长转为中高速增长的新常态。在此期间，国内机床工具市场需求总量经历了一个持续的跌落过程，行业遇到了许多困难，具体情况和形势如何？

陈惠仁：就行业整体而言，我国机床工具制造业的下行始于2011年下半年，至今已经整整持续了4年时间。行业下行的直接原因是国内机床消费市场发生了显著且持续的变化，而市场变化的基本特征表现为两个方面：一方面是需求总量的明显减少，另一方面则是需求结构的显著升级。

据协会统计数据，与开始下行的2011年相比，2014年国内机床市场消费总额下降了18.6%。必须指出，市场需求总量的下降是结构性的，即低档通用型产品的需求下降最为突出，属于大幅下降，甚至称为“断崖式”下跌也不为过。而这一类产品的市场恰恰是我国机床产业过去赖以实现高速增长的主要依托。我们在这一市场领域长期占

据绝对主导的市场份额，因此该类市场需求的大幅下降，给大部分国内机床工具制造企业带来极大的冲击。因此4年来，行业企业一直承受着巨大的下行压力，并且从目前情况看，这种下行压力还在进一步加大。

根据协会重点联系网络的统计数据，今年上半年，金属加工机床新增订单同比下降6.3%，主营业务收入同比下降6.4%，机床产量同比下降15.3%，利润总额同比下降29.9%，其中金切机床领域的利润总额更是同比下降了207.1%。今年上半年，全行业亏损企业已占四成（39.4%），其中金切机床领域企业亏损面已接近一半（48.6%）。由此可见，上半年除出口指标（同比增长2.3%）外，全部呈下降走势。在持续下行的压力下，部分行业企业经营困难，少数企业已处于半停产甚至停产状态。

同时必须指出：下行压力持续加大和经营困难，不能代表行业现状的全貌。要全面准确地判断行业形势，必须从多角度多层次进行观察和分析。在刚刚结束的协会理事长工作会议上，我代表协会对行业现状提出了四点基本判断，并对今明两年的行业走势做出了四点基本估计。

对现状的基本判断是，第一：行业主体仍然处于下行区间，并且下行压力进一步加大；第二：需求总量明显减少，需求结构显著升级的市场变化基本特征日益明显；第三：多方面的行业结构分化开始显现；第四：行业转型调整过程中呈现积极变化。

对今明两年的基本估计是，第一，中国机床市场偏向消费的基本特征和变化趋势将更加明显；第二，行业运行还将承受更大的下行压力；第三，市场格局、企业竞争的结构性分化将进一步显现；第四，政府和企业的积极作为将有效对冲下行压力。

《中国机床工具》：在经历了10年高速增长之后，机床行业陷入了四年持续下滑的逆境。按理说还是在能够接受的上下波动区间，但我们很多人已经觉得受不了，没有思想准备，所以大家很关注底在哪儿。因为触底会回升，情况不会更坏。但这毕竟是感性的表达和反应，那么导致这些困难甚至危机的深层原因到底是什么？

陈惠仁：我们对当前困难形势的认识应该保持理性客观。用“危机”一词来形容有点儿过，叫“调整”更合适。因为这是经济发展规律所决定的一个必然的阶段，从长期角度看问题，调整是正常的，甚至是必须的。历史发展的逻辑不会是一条直线，经济增长也是上下波动式的。

跟发达国家相比，我国机床工具产业发展还处于初级

阶段，任何一个发达国家的机床行业是不可能我们有行业这么多数量的机床厂家。以日本为例，和二三十年前相比，日本机床厂的数量减少了一半。按照这个发展趋势，中国机床企业在结构调整中将经历一轮严苛的优胜劣汰。事实上，这一调整正在随着形势变化而展开。

正如调整之初2011年10月，我们在机床协会常务理事扩大会上做出的判断：行业已经开始进入新的历史发展阶段，并预计到这个阶段的基本特征之一，就是企业的分化和重组。无论从历史的角度，还是从发展的角度看，这样一个淘汰的过程是迟早要经历的，绕不过去，也不会舒舒服服就实现的。而当前经济环境的变化，就是一种外在推动力，在其作用下行业结构进行深度的调整。

调整中出现的问题和困难有许多，要透过现象看本质。表面上看是需求严重不足，实际上还是低端过剩和高端不足的结构性矛盾难以解决，是国内市场需求结构的快速升级与机床行业不能适应和满足这种需求的矛盾。现在看这个结构性问题，依然是主要矛盾。

造成结构性缺陷的原因，一是过去多年来，尤其是最近10年来，粗放式经济发展方式追求以量的扩张为优先，这样一个大的经济环境对我们行业的影响很大，单纯追求量，而忽视了质的发展。二是机床企业多年来的战略趋同现象，造成了企业无论大小轻重，几乎都是以“做大做强”为战略追求，战略趋同带来的后果就是低端产品的同质化竞争。三是多年来制造业的发展生态存在不健康因素，突出特征就是浮躁，静不下去，稳不下来，风风火火，奢望一日暴富，例如看到重型机床好卖，就一窝蜂去搞重型，弄得重型机床很快就严重过剩。

## 第二：问题分析

《中国机床工具》：中国机床行业确实一次次咽下了结构性缺陷的苦果，现在外部经济环境也在倒逼我们调整升级。其实“高端失守，低端混战”之痛早已是行业痼疾，大家不是没有认识，也不是没有努力，但为何且败且战，又且战且败呢？

陈惠仁：正如2011年底我们在协会常务理事扩大会上指出的，“不可否认，市场环境的显著变化是导致目前行业面临困难局面的直接原因，但是我们也必须清醒地认识到，在行业过去10余年的高速发展进程中，由于受到经济发展大环境的驱动和裹挟，以及行业发展阶段性的限制，发展方式转变没有得到应有的重视，相对于规模增长的巨大成就而言，结构调整则明显滞后。这是不容回避的又一重要原因，也可以说是更具根本性的原因。

四年之后的现实境况，起码从两个方面印证了当时的判断。一个方面是外部环境的结构性失衡愈加严重，由于发展方式转变缓慢，宏观经济的突出矛盾和问题集中在经济资源的脱实向虚，经济体征的实冷虚热。另一个方面是许多企业受累于前期规模扩张过猛，产能过剩，效益下滑更甚，显然是结构调整滞后带来的恶果。

可见，经济发展方式的转变及企业结构调整升级，是根本性的问题。而前者具有外部的、客观的属性，是不以我们的意志为转移的。后者则具有内部的、主观的属性，是能够通过我们的努力而改变的。这正是行业在新的历史发展阶段所面临的主要任务所在。

**《中国机床工具》：**如今我们深陷困局，调整升级已成华山一条路，怎样才能化被动为主动呢？

**陈惠仁：**我国机床工具行业已经到了爬坡过坎、滚石上山的关键时期，是否能在本轮严酷的调整中走出来，关键取决于企业资源的投向，企业资源投向取决于企业家，而首要的是企业家对问题和出路的认识。现围绕这一问题谈点个人看法。

(1) 关于硬问题和软问题。技术设备、营销手段、竞争条件、优秀人才等等，算是硬问题，花钱是可以解决的；而企业制度、文化、机制、氛围，是软问题，靠花钱解决不了。可见，软问题是企业转型升级的主要问题，是矛盾的主要方面，解决起来需要时间和精力。所以，解决软问题是硬任务。

(2) 关于同质化和差异化。通常我们认为从低端产品向高端产品的升级，就是解决生存发展的路径，其实关键问题并不止于此。比较起低端化来，同质化才是我们与国际先进更本质的差距。因为低端产品也能够依仗差异化获得生存空间，而差异化生存才是健康的产业生态。即使做高端产品，也要避免一哄而上盲目跟风。

(3) 关于广度与深度。千山万水、千家万户的市场策略，是在广度上做文章。而个性化订制、为用户提供全套解决方案等，是在市场的深度上下功夫。目前，一些企业已经在面上适当收缩，因为仅仅有广度无助于企业的升级，还是在走量的扩张的老路。

(4) 颠覆性创新和持续性改善。事实上，颠覆性创新是百年难遇的高级别创新，而相对于颠覆性创新，对于制造业这样一个需要扎实基本功的行业，持续性改善也许更行之有效。一些欧洲、日本制造业的百年老企业都在谈改善、积累，积小胜而大胜的持续性改善正是这些优秀制造企业的灵魂。而我们常说弯道超车，喜欢毕其功于一役，喜欢“颠覆”，做了许多次夹生饭，欲速则不达。

(5) 从“能做”到“做好”。做高端产品，一是要

能做；二是要做好。“能做”固然重要，而“做好”尤其不易，要把更多精力放在“做好”环节上。而不是熊瞎子掰苞米，满足于显示科研成果，便不再向“做好”努力了。

### 第三：政策探究

**《中国机床工具》：**在探讨了行业发展所处的外部环境及成因，以及内部变革所需厘清的认识问题后，还想就产业政策听听您的看法。

**陈惠仁：**关于机床工业的产业政策值得讨论。尽管国家一直高度重视数控机床产业的发展，多年来各级政府都对数控机床产业的发展给予了大力的支持，但是时至今日，我国数控机床产业与发达国家相比仍有较大综合差距，尤其是在高档产品和核心技术方面差距巨大，国家许多重点产业领域所需的高档机床装备还严重依赖进口。形成这种被动局面的原因是多方面的，需要产业自身继续做出全面的努力，但是国家产业政策思路的适当调整也是十分必要的。

众所周知，在我国，数控机床产业早已是一个充分竞争性产业，数控机床市场也是一个完全开放的市场，甚至对许多高档产品的进口还给予了减免税收的政策优惠。必须承认，上述政策环境对于我国数控机床产业开拓视野，扩大交流，主动融入全球产业合作和竞争，并在合作与竞争中发展进步发挥了积极的推动作用，但是同时也产生了相当程度的负面效果，最突出的负面效果是在相当程度上抑制了国产高档数控机床产品的进步和发展。

除了少数企业的少数品种，目前我们在高档产品和核心技术方面与发达国家仍然差距巨大，因此无法与国外强手在充分市场化的环境下同台竞争，在国外强手的巨大优势面前，我们在自家的市场上几乎被压得抬不起头来。

因此，我们认为，在高档产品和核心技术领域，当前阶段还不适宜采取完全市场化的政策方针，国家应给予适当的产业保护，以减缓国产高档产品和核心技术的市场压力，使其在适当的保护中逐步形成参与充分市场化竞争的能力。

同时我们还认为，以往国家政策多着眼于财政补贴手段，而西方发达国家更长于采取税收手段提供支持。在这方面，我国政府有必要考虑适当借鉴。目前，协会正在编制《中国机床工具2020》规划，主要目的一是为企业制定“十三五”规划提供参考；二是向政府制定产业政策提点建议。其中重要的一条就是建议采取相应的降低增值税等鼓励政策。□

# 团体标准将成为产业创新发展的助推剂

## ——2015年机床工具行业标准化工作会议在京召开

中国机床工具工业协会传媒部 张芳丽

8月18日，2015年中国机床工具行业标准化工作会议在京召开。国家标准委员会工业一部孙旭亮处长受邀参会并做报告，中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁先生致辞，中国机床工具工业协会各分会秘书长、副秘书长，机床工具行业全国标准化技术委员会和各分标准化技术委员会秘书长、副秘书长等共60余人参加了会议。会议由中国机床工具工业协会行业发展部主任郭长城主持。

今年3月，国务院发布了《深化标准化工作改革方案》，指出我国现行标准体系和标准化管理体系已不能适应社会主义市场经济发展的需要，甚至在一定程度上影响了经济社会发展。“改革方案”明确提出要培育发展团体标准，鼓励具备相应能力的学会、协会等社会组织，协调相关市场主体共同制定满足市场和创新需要的标准。陈惠仁在致辞中强调：“机床工具行业的标准化工作体系相对比较完善，我们有10个全国性标准化技术委员会，但也存在着标准缺失、老化、滞后、交叉重复、标准化体系不够合理、协调推进机制不完善等问题，制约市场主体活力的充分发挥。”因此，为了更好地发挥机床工具行业市场化程度高、技术创新活跃、产品类标准较多的特点，中国机床工具工业协会启动了协会标准相关工作，制定了“协会标准管理办法”。本次会议重点研究讨论了相关“管理办法”及实施步骤。

孙旭亮在报告中阐述了国家出台深化标准化工作改革方案的政策思路、改革总体要求及实施原则，并对机床协会开展团体标准工作提出了具体指导建议和建议。他说，组织实施标准化工作改革，有四个方面的提升考虑：（1）加快建立智能制造标准体系；（2）推进基础领域标准化建设；（3）推动重点领域标准化建设；（4）国际标准化推进及中国制造走出去相关标准化建



设。孙处长建议机床协会，要抓住政策契机、扎实开展工作、积极推进团体标准建设工作，尽快缩小与国际先进国家协会标准的差距。

中国机床工具工业协会行业发展部姜晓钟副主任，向与会代表作了协会标准管理办法编制说明及协会标准工作思路的工作汇报。他说，我们协会标准是对目前国家标准和行业标准的细化和补充，提高标准覆盖率，满足行业共性技术和管理需求，协会标准与现行的国家标准、行业标准形成互补，应具有先进性和时效性，并能满足反映市场需求和技术创新发展要求。此外还通报了《面向用户的数控机床产业链综合集成标准体系研究》课题的实施情况。

会议还邀请机械工业仪器仪表综合技术经济研究所副总师王春喜博士做了“从数字工厂到智能制造”的报告。报告介绍了数字化工厂的概念，阐述了我国当前形势及对数字化工厂的需求，讲述了世界各国在智能制造方面的推进政策及措施及相关国际标准的研究进展情况。

与会代表们对会议议题进行了充分讨论，分别发表了中肯的意见和建议。□

# 2015 年上半年机床工具行业 上市公司运行分析

中国机床工具工业协会 杜智强

2015 年中国机床工具行业下行压力进一步加大，企业经营普遍困难。机床工具行业中的上市公司一直是行业中资产优质、经营规范和成长性良好的代表，通过对行业中上市公司主要财务指标分析，可以侧面了解当前行业主体的运行状态和趋势。

## 一、上市公司概况

截止 2015 年 6 月，以机床工具产品制造为主

营业务的上市公司有 23 家，总注册资本 108.3 亿元。其中，沪市 A 股 6 家，深市 A 股 17 家；按主营业务分类，属于金属切削机床（含数控加工设备）制造领域的企业 10 家，属于金属成形机床制造领域的 4 家，属于配套零部件制造领域的企业 4 家，属于磨料磨具领域的企业 5 家。机床工具行业上市公司基本情况见表 1。

表 1 机床工具行业上市公司基本情况

| 股票代码   | 公司名称                  | 注册资本*<br>/万元 | 总股本*<br>/万股 | 流通股*<br>/万股 | 主营业务        |
|--------|-----------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 000410 | 沈阳机床股份有限公司            | 76547        | 76547       | 73982       | 金属切削机床      |
| 000519 | 湖南江南红箭股份有限公司（中南钻石股东）  | 103322       | 103322      | 103322      | 超硬材料        |
| 000795 | 太原双塔刚玉股份有限公司          | 44448        | 44448       | 44448       | 磨料磨具        |
| 000837 | 秦川机床工具集团股份公司          | 69337        | 69337       | 41004       | 金属切削机床、切削刀具 |
| 000988 | 华工科技产业股份有限公司          | 89111        | 89111       | 89111       | 激光加工设备      |
| 002008 | 大族激光科技产业集团股份有限公司      | 105597       | 105597      | 98120       | 激光加工设备      |
| 002026 | 山东威达机械股份有限公司          | 35413        | 35413       | 35413       | 机床附件        |
| 002175 | 东方时代网络传媒股份有限公司（原广陆测控） | 23056        | 23056       | 19996       | 数显量具量仪      |
| 002248 | 威海华东数控股份有限公司          | 30749        | 30749       | 22162       | 金属切削机床      |
| 002270 | 山东法因数控机械股份有限公司        | 18915        | 18915       | 13948       | 数控成套加工设备    |
| 002282 | 博深工具股份有限公司            | 33813        | 33813       | 18638       | 硬质合金工具      |
| 002520 | 浙江日发精密机械股份有限公司        | 32400        | 32400       | 31259       | 金属切削机床      |
| 002559 | 江苏亚威机床股份有限公司          | 35200        | 35200       | 29178       | 数控金属板材成形机床  |
| 300064 | 郑州华晶金刚石股份有限公司         | 67812        | 67812       | 60575       | 人造金刚石       |
| 300161 | 武汉华中数控股份有限公司          | 16174        | 16174       | 15637       | 数控装置        |
| 300179 | 河南四方达超硬材料股份有限公司       | 47520        | 47520       | 32249       | 人造金刚石       |
| 300280 | 南通锻压设备股份有限公司          | 12800        | 12800       | 12800       | 锻压设备        |
| 600243 | 青海华鼎实业股份有限公司          | 23685        | 23685       | 23685       | 金属切削机床      |
| 600783 | 鲁信创业投资集团股份有限公司        | 74435        | 74435       | 74435       | 磨料磨具        |
| 600806 | 沈机集团昆明机床股份有限公司        | 53108        | 53108       | 39018       | 金属切削机床      |
| 600862 | 南通科技投资集团股份有限公司        | 63792        | 63792       | 63792       | 金属切削机床      |
| 603011 | 合肥合锻机床股份有限公司          | 17950        | 17950       | 17950       | 锻压设备        |
| 603088 | 宁波精达成形装备股份有限公司        | 8000         | 8000        | 8000        | 精密压力机       |

注：\* 表示根据公开数据进行了取整。

## 二、上市公司主要财务指标分析

在近期股市剧烈波动过程中，机床工具上市公司的表现如何？运行前景怎样？上市公司的股市表现又反映出哪些产业运行发展中的深层次问题？要厘清这些问题除了分析宏观经济和资本市场等经济金融环境影响因素以外，另一个需要关注的就是上市公司运行的基本数据，这是企业长期投资价值所在。在经历几轮资本市场的潮涨潮落以后，实体经济借力资本市场实现快速发展的因果和主次关系就更加清晰，对实体经济的运行指标和趋势分析更有现实意义。下面从机床工具行业上市公司的综合情况、盈利能力、成长性、营运能力、偿债能力和流动性几个方面进行分析。

### 1. 综合情况——“整体走弱，运行分化”

从最近四个季度的机床工具上市公司每股指标（加权每股收益、每股净资产、每股经营性现金流和每股未分配利润）变化情况看（图1~图4），机床工具上市公司的运行呈现“整体走弱，运行分化”的特征。2015年第二季度的每股指标数据均低于之前三个季度，其中每股经营性现金流指标更是从2015年第一季度即开始大幅下降。同时，现金流指标也是下降最为剧烈的，反映机床工具行业上市公司的流动性非常紧张。

机床工具行业不同产品领域上市公司的综合运行呈现分化加剧的趋势，总的来看，金属切削机床制造领域上市公司的运行情况最差，金属成形机床制造领域上市公司的运行情况最好。同时，金属切削机床制造领域上市公司处于行业平均水平之下。

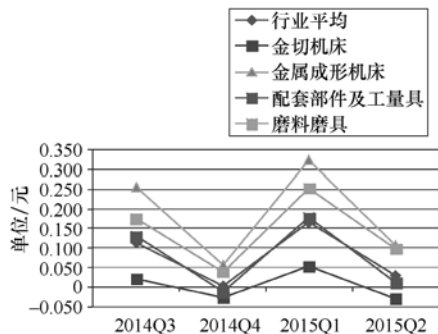


图1 机床工具上市公司加权每股收益情况

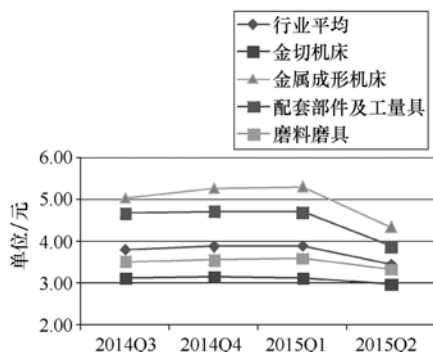


图2 机床工具上市公司每股净资产（调整后）情况

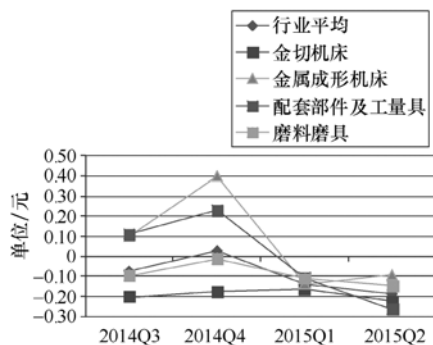


图3 机床工具上市公司每股经营性现金流情况

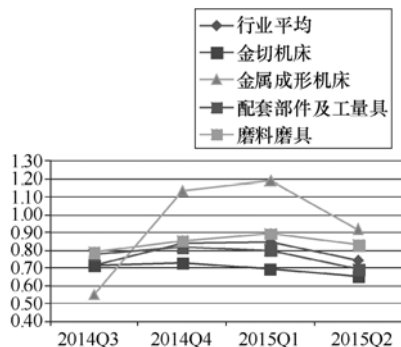


图4 机床工具上市公司每股未分配利润情况

综合对上述指标的分析结果，近期机床工具行业上市公司面临着“收益减少、资产缩水、流动性紧张、利润下滑”的不利局面。如果内外部环境没有大的变化，预计今年的下行压力将进一步加大。

### 2. 盈利能力——“运行基本稳定，盈利能力弱化”

在对机床工具行业上市公司盈利能力分析时，重点关注主营业务利润率、成本费用利润率、销售净利润率和主营业务利润几个指标。结合图5和图6机床工具上市公司主营业务利润和利润率的数

据分析,可以看出,虽然金属切削机床的主营业务利润总额相比其他分行业最高,但利润率却是最低的,说明金属切削机床的上市公司还处于规模发展的阶段,盈利能力较差。另外,从主营业务利润率的变化趋势上看,金属成形机床上市公司近期盈利状况下降,磨料磨具和配套件领域的上市公司盈利状况有所回升。

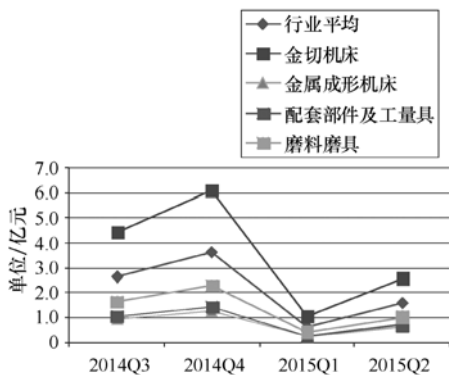


图5 机床工具上市公司主营业务利润

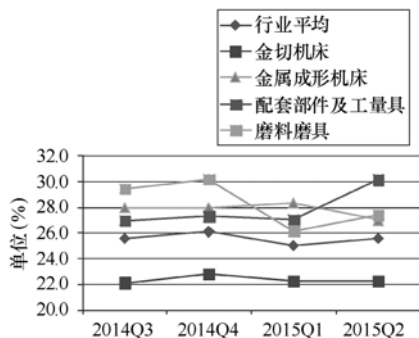


图6 机床工具上市公司主营业务利润率

从成本利润率角度分析机床工具上市公司的情况,图7和图8是机床工具上市公司成本费用利润率和销售净利润率的变化趋势情况。突出表现为,近期金属切削机床上市公司上述利润率均为负,

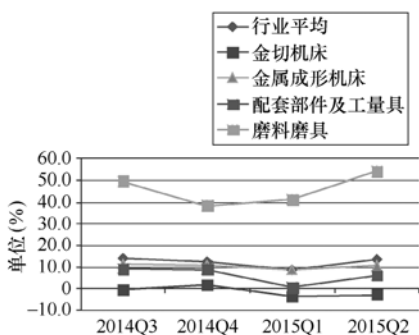


图7 机床工具上市公司成本费用利润率

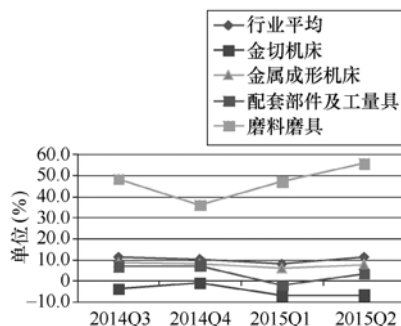


图8 机床工具上市公司销售净利润率

且呈现继续下降趋势,说明该分行业上市公司利润下降,经营成本和销售成本却在上升;磨料磨具上市公司盈利状况和综合成本都远远好于行业平均水平。

### 3. 成长性——“动力不足,增速显著回落”

从机床工具上市公司的主营业务收入增长率和净资产增长率两项成长性指标看,整体上呈现成长性减弱的态势。特别是2015年上半年机床工具上市公司的主营业务收入增长率的表现要差于2014年(见图9),其中金属成形机床上市公司为负增长(-7.4%)。

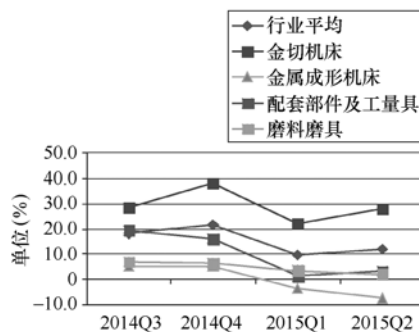


图9 机床工具上市公司主营业务收入增长率

另一方面,机床工具上市公司的净资产增速逐渐回落,其中配套件及工量具上市公司呈现陡降,由2015年第一季度的41.1%降到第二季度的1.2%,降幅达到39.9个百分点(见图10)。

### 4. 营运能力——“效率显著下降,加剧运行指标下降”

2015年上半年机床工具上市公司经营周转速度下降,应收帐款周转率为1.7次(见图11),存货周转率为0.7次,比2014年底分别下降57.5%和58.8%(见图12)。上市公司资产周转速度下降

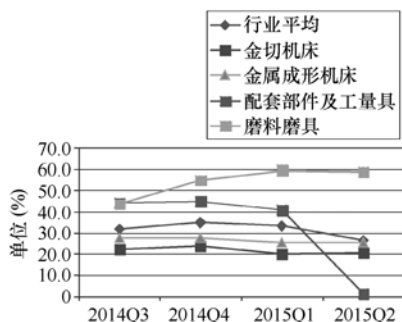


图10 机床工具上市公司净资产增长率

反映经营效率下降，资金占用水平上升，盈利能力和变现能力下降。

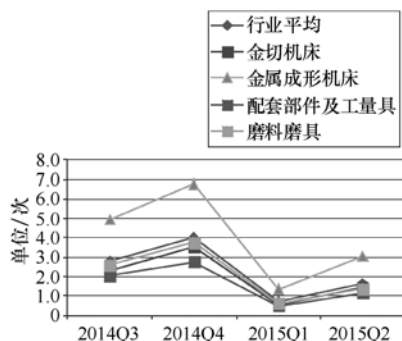


图11 机床工具上市公司应收帐款周转率

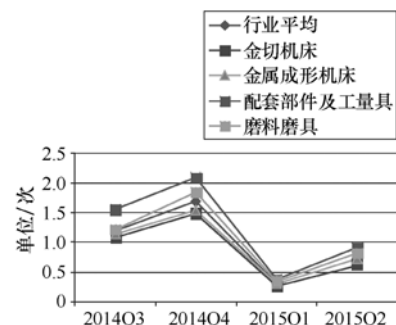


图12 机床工具上市公司存货周转率

### 5. 偿债能力——“负债高企，流动性弱化”

虽然机床工具上市公司的总资产基本稳定（见图13），但资产负债率处于高位（见图14）。2015年上半年行业资产负债率平均水平为39.7%，其中金属切削机床上市公司的资产负债率最高，为54.4%；金属成形机床上市公司的资产负债率最低，为27%。

从流动比率（见图15）数据看，2015年上半年金属切削机床上市公司的流动比率为1.6，低于行业平均水平（2.3），上述分行业公司的变现能力减弱。

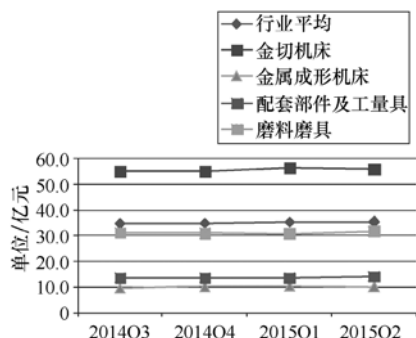


图13 机床工具上市公司总资产

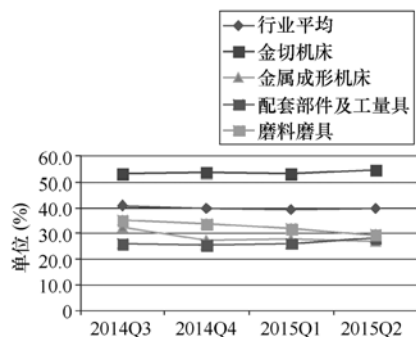


图14 机床工具上市公司资产负债率

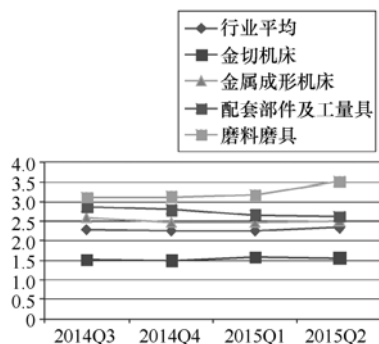


图15 机床工具上市公司流动比率

### 6. 流动性——“流动性严重不足的风险和影响正在扩大”

2015年上半年机床工具上市公司的现金流量比率均为负值（见图16），反映全行业性流动性不足的状况正在扩大，这一趋势正从局部的结构性流动性不足向全产业扩展。

## 三、结束语

“一叶落而知天下秋”，通过对机床工具行业上市公司运行情况的分析，可以间接了解整个行业（下转第65页）

# 第十四届中国国际机床展览会 特种加工机床评述（下）

CIMT2015 特种加工机床评述专家组

## 二、激光加工机床

作为 20 世纪最重要的发明之一，激光自 1960 年问世后不久就开始应用于小型、精密零件的打孔和焊接。此后 40 多年，伴随着激光技术的飞速发展和关键技术研究的不深化，激光加工技术不断拓展，目前已形成宏观制造和微纳制造两大技术领域。前者包括切割与制孔、焊接、熔覆与合金化、淬火与退火、冲击强化、快速成形、标记、清洗等系列工艺方法，在冶金、机械、造船、航空航天、汽车制造、能源等工业领域得到广泛应用；后者包括激光微/纳刻蚀、薄膜沉积、微/纳连接、微/纳熔覆等，主要应用于航空航天、能源、电子、生物、医疗等领域。可以说，先进激光加工技术在现代机械制造行业占据了不可或缺的一席之地。与此同时，世界新一轮工业革命正在加速推进，互联网、大数据等技术的兴起正在颠覆传统制造业的发展模式，基于互联网环境下的智能制造正在悄然兴起，激光加工设备制造正成为当今世界各国最为关注和发展最为迅速的行业之一。

本届展会在展馆面积非常紧张的情况下，较大幅度增加了激光加工机床的展出面积，在 W2 馆设立了成形和激光加工机床专馆，集中了 30 多家激光加工企业，实现境内外展商同台竞技，汇聚了当前世界激光加工产业的最新技术发展成果，展现了未来发展趋势。本届展会吸引了境内外厂商和用户的广泛关注和热情参与，云集了包括德国通快公司（TRUMPF）、德国德马吉公司（DMG）、瑞士百超公司（Bystronic）、意大利普瑞玛公司（PRIMA INDUSTRIE）、日本天田公司

（AMADA）、日本三菱电机公司（MITSUBISHI ELECTRIC）、日本山崎马扎克公司（MAZAK）、法国萨瓦尼尼公司（SALVAGNINI）及德国耶拿公司（JENOPTIK）等著名国外企业，国内的武汉法利莱切割系统工程有限公、上海团结普瑞玛激光设备有限公司、深圳大族激光科技产业集团股份有限公司、武汉奔腾楚天激光设备有限公司、济南铸造锻压机械研究所有限公司、江苏金方圆数控机床有限公司、江苏亚威机床股份有限公司、南京威克曼科技实业有限公司等也悉数参加。此外，激光器制造商德国 ROFIN 和南京东方激光有限公司，加工头和测量监测系统制造商德国普雷茨特（PRECITEC），KUKA、ABB 及 FANUC 等机器人公司也参加了展出。同时，本届展会还吸引了深圳迪能激光设备有限公司、北京久天宏一科技发展有限公司、南京中科煜宸激光技术有限公司、苏州普玛宝钣金设备有限公司、武汉华俄激光工程有限公司、苏州领创激光科技有限公司、济南邦德数控设备有限公司等新兴企业的积极参展。

据不完全统计，本届展会现场展出的激光加工机床超过 50 台套，与 CIMT 2013 相比几乎翻了一番，其中，CO<sub>2</sub> 激光平面切割机 5 台、光纤激光平面切割机 26 台、光纤激光平面切割 - 冲压复合加工机床 1 台、光纤激光三维加工机床 5 台、激光增材制造 5 轴铣削组合机床 1 台、金属 3D 打印机 1 台、三维光纤激光电弧复合焊接系统 1 套、YAG 激光焊接机 2 台以及其他激光加工专机等。本届展会展出的激光加工机床不仅数量大幅增加，而且种类也更丰富，一些国际知名的传统机床供应商也开始进入激光加工机床领域，特别是光纤激光

切割机床的快速发展，显示了光纤激光加工在适应市场不同需求方面所表现出的强大适应能力。但比较遗憾的是国内激光设备制造企业，展出的大幅面激光切割机主流基本上都是采用 IPG 公司的高功率光纤激光器，产品趋同严重，附加值不高，市场竞争力不强，因此国内激光加工装备制造企业的自主创新道路还很长。

本届展会展出的激光加工机床呈现以下特点：

(1) CO<sub>2</sub> 激光加工机床逐步萎缩，光纤激光一枝独秀。本届展会展出的光纤激光平面切割机占总展出激光加工机床的 50% 以上，CMT 2011 评述专家组曾预测的光纤激光加工机床将是未来激光钣金加工的发展方向已然成为现实，光纤激光加工工艺基本成熟。传统的基于 CO<sub>2</sub> 激光的老牌公司，如德国通快、瑞士百超等公司也推出了基于 1.064nm 波长的光纤激光或光纤耦合输出的激光加工系统，以提高加工设备的柔性，并可实现铝、铜、钛等的高反射及难加工材料的高品质加工。德国通快公司全球首发了其最新的 TruLaser 3030 Prime Edition Fiber 超高速光纤型激光切割机（见图 9），此款机型以全球顶尖的通快 TruLaser 3030 激光切割机为平台，融合工业领域最畅销的通快碟片式激光器，在提升中薄板加工速度的同时，可极大程度地节省能耗。瑞士百超公司推出了代表当今顶尖水平的搭载 4kW 光纤激光器的 ByJin Fiber4020，它采用最新的切割技术，可持续进行高质量的切割，用户不仅能获得极具竞争力的单件成本、更低的维护成本，还可实现最佳的材料利用率，适用于更厚的板材及复杂零件，淋漓尽致地诠释了“Bigger is Better”这一理念。本届展会仅有日本三菱电机公司和山崎马扎克公司坚持使用自己的 CO<sub>2</sub> 激光器。国内的激光加工装备制造企业主要以光纤激光切割机为主，反映出光纤激光在切割市场中的地位越来越重要，而大功率



图9 TruLaser 3030 Prime Edition Fiber 激光切割机

光纤激光器基本被 IPG 公司垄断。

(2) 组合、复合机床以巨大的综合优势将引领未来发展趋势。日本 AMADA 公司作为世界领先的综合金属加工机械设备制造商，以“金属加工机械综合制造商的全方位解决方案”为主题，推出了基于新概念的数字化钣金加工冲切解决方案——冲床与光纤激光复合设备 LC2515C1AJ（见图 10）。该装备是集光纤激光加工机和数控冲床于一



图10 LC2515C1AJ 冲床与光纤激光复合设备

体的复合加工机，当没有适合产品形状的模具时，通过激光进行加工，同时具有工序集约、高效、安全、安定、节能以及自动上下料等特点，显著缩短整体加工周期。另一个典型应用就是 DMG 推出了革命性的 LASERTEC 65 3D（见图 11），提供集激光堆焊技术与五轴铣削技术于一体的复合加工解决方案，可生产十分复杂几何形状的大型工件。该生产方式集粉末喷嘴、激光堆焊技术与铣削加工技术于一体，铣削与堆焊可交替进行，实现最高的表面质量和工件精度，构成独特的复合加工技术，开创了全新应用与几何形状的可能性。LASERTEC 65 3D 将增材制造与切削加工过程交替互动，有效改善了零件的外观与质量，大幅节省材料、降低成本，推进了增材制造技术实用化进程。LASERTEC 65 3D 配一个 2kW 的二极管激光器进行激光堆焊，可实现壁厚 0.1 ~ 5mm 任意几何形状的复杂 3D 轮廓，该装备的出现预示着半导体激光将在激光加工领域扮演越来越重要的角色。



图11 LASERTEC 65 3D 机床

(3) 加工速度不断向高速化方向发展。为了缩短切割机的非加工时间,提高生产效率,除了采用交换式双工作台外,提高机床的动态性能,实现高速定位是目前各厂商普遍采取的策略,采用先进的直线电机或直启盘式电机驱动技术是主要的实现途径。AMADA 的光纤激光加工机 LCG3015AJ,其轴移动速度为 170mm/min (XY 合成),实现了同级设备中的最高速。通过 Y 轴龙门架的轻量化 (与以往加工机相比重量减少了 30%) 实现了高速化。采用了利用薄板高速加工的低重心横梁 (Z 轴由 200mm 降低到 100mm)。采用了高转矩电机和斜齿结构,迅猛提升了加速度。材料交换的周期缩短了 50%。国内的江苏金方圆数控机床有限公司 TFC3015 激光切割机配置的碟片式 (Disk Laser) 光纤激光器,是运用碟片式晶体及新结构新机理研发的全球最先进的固体激光器,从根本上改善了传统固体激光器的“热透镜”效应,实现了固体激光器高平均功率、高峰值功率、高效率、高光束质量的完美结合,其最大定位速度达到 169m/min,代表了国内激光切割机的最高水平。

(4) 激光加工机床的柔性化、智能化不断发展。柔性制造单元和生产线在更大程度和范围内展示了自动化集成方面所取得的进展,智能化水平不断提高。萨瓦尼尼作为全球金属板材柔性生产的典范企业,推出了新一代高动态光纤激光切割机 L5,除了具有第一代光纤激光机所有的特点之外,更融入了萨瓦尼尼多年在自动化和提高效率方面的经验。设备各种构造完全为光纤激光切割所设计,减少了惯性和设计的局限性。L5 光纤激光切割机同其他柔性系统一样,可采用各种板料装卸配置,且很容易和 FMS 系统或 AJS 系统实现集成。在柔性线上的优势让萨瓦尼尼的机器都可以连接成线,降低了人为干预,减少了加工时间,提高了生产率和加工质量。日本三菱电机公司的 ML3015eX-45CF-R 激光切割机 (见图 12),围绕 3 个“e” (即 excellent 高性能、easytouse 操作简便且易维护和 ecology 成本低且排放少) 提升产品性能,在薄板切割中配备了超高速切割 (F-CUT) 功能,在厚板切割中配备了穿孔 (HPP) 功

能,在轨迹控制上导入了最新控制方式,使之成为三菱电机激光加工机标志性产品。德国 TRUMPF 的 TruLaser 3030 Prime Edition Fiber 秉承通快机床一贯的高智能性,拥有智能型切割头,能实现自动变焦、碰撞保护、穿刺监控,无需大量手动干预,实现简化而精准的操作,安全而高效的生产。日本 MAZAK 公司的 OPTIPLEX NEXUS 3015 集成了最先进的智能准备和智能监测功能,能快速实现喷嘴的自动交换及清洗、焦点自动检测及对焦,并进行自动仿形设定,同时在切割过程中可自动监测穿孔、过烧及透镜状态,通过配置各种智能化功能,就能方便地实现从薄板切割到厚板切割的自动转换。



图 12 ML3015eX-45CF-R 激光切割机

(5) 激光三维柔性加工系统成为发展方向。TRUMPF 展出的 TruLaser Cell 3000 通用固体激光加工机床,可搭配 TRUMPF 的全系列固体激光器,实现二维和三维结构的焊接、切割。德国耶拿 (JENOPTIK) 继续展示了其 3D 激光切割系统。该系统使用的机器手臂为空心结构,在每个手臂的关节处都安装了反射镜,光纤激光就是靠这些反射镜传输到激光头的。这种结构最大的好处就是避免了光纤激光进行三维加工时,光纤反复被缠绕而损坏。国内的大族激光也展示了三维光纤激光电弧复合焊接系统。机器人激光三维加工系统在本届展会上不断亮相,预示着光纤激光与机器人结合是未来激光三维柔性加工系统的发展方向。

(6) 激光切割技术应用广泛,其他激光加工技术市场前景广阔。本届展览会上仅大族激光展出了一套三维光纤激光电弧复合焊接系统,尽管激光焊接、合金化、熔覆、金属零件直接成形对机床技术指标的要求不高,但受相关成形工艺技术支持不足限制,激光焊接、合金化、熔覆、金属零件直接成形机床发展不足。另一方面,当前研究非常活跃的紫外及超短脉冲激光精细加工设备还

未见展品，但在今年的上海光电展中，各种新原理样机的纷纷亮相，预示着各种金属、半导体、陶瓷和高分子材料的精细打孔、切割、划槽、表面结构化处理将具有广泛的市场前景。随着激光技术及加工工艺技术的发展，激光加工产业值得期待。

### 三、增材制造（3D 打印）机床

2015 年 2 月，国家工业和信息化部、发展改革委、财政部共同研究制定并发布了《国家增材制造产业发展推进计划（2015—2016 年）》（以下简称《推进计划》），凸显了国家对于增材制造技术的高度重视，将其作为发展战略性新兴产业和引领企业转型升级的决策部署，视作抢抓新一轮科技革命和产业变革的重大机遇。在国家层面对于一项新技术迅速推出一项为期两年的推进计划，是极不平常的。

在《推进计划》中，一共涉及了 5 个方面。其中，第 3 方面即是加速发展增材制造装备及核心器件。通过此次展会人们欣喜地发现，参展的增材制造机床的企业（特别是国内企业）数量有很大增加，参展的增材制造机床（特别是金属材料增材制造机床）的数量也开始增加，质量有了明显提高，许多装备还形成了系列化，且能按用户的要求进行定制。非金属材料增材制造机床的参展厂商非常多，机床的工艺类型出现多样化，可以满足不同人群、不同价位、不同性能需求的特点，机床模块化设计的特点明显，呈现出欣欣向荣的气象。

#### 1. 金属材料增材制造机床

本次展会的一个亮点是有国产金属材料增材制造机床参展。

例如，中科院南京先进激光技术研究院和南京中科煜宸激光技术有限公司推出了 LDM 系列激光选区熔化/烧结增材制造机床，包括 RC-LDM-50、RC-LDM-80 和 RC-LDM-150 等型号，其中，参展的是 RC-LDM-50。它们以金属粉末为原料，通过高能激光逐层熔化沉积，直接从零件数字化模型一步实现大型复杂整体高性能金属构件的“近净成形”。它们制造出的结构件综合力学性能优异、材料利用率高、加工余量小。这些设备

基本上达到了先进国家设备的先进程度，特别是在成形件的大型化方向上。从展出的成形件来看，精度和表面质量较好，达到中等精度的要求。它们通过高温测温仪等系统监测加工过程，通过摄像监视系统监视观察加工过程，通过监测与反馈控制系统对成形过程进行实时监测，并根据监测结果对成形过程进行反馈控制，以保证成形工艺的稳定性 and 成形质量，从而实现激光直接制造、工件激光修复及开展功能梯度零件激光直接制造的研究，以满足生产和产品开发的需要。

武汉华科三维科技有限公司是由华中科技大学产业集团、华中数控、华工投资、合旭控股及华中科大快速成形技术团队等联合发起新成立的高新技术企业，开发了两款金属材料增材制造机床：HK M100 和 HK M250。它们利用较小功率的激光器直接熔化单质或合金金属粉末材料，逐层熔化沉积成形出任意复杂结构和接近 100% 致密度的金属零件。该技术的粉末材料利用率超过了 90%，特别适合于钛合金、镍合金等贵重和难加工金属零部件的成形制造。从展台上展出的成形件来看，这些设备达到了一定的精度，且表面粗糙度较好。

清华大学开发的电子束选区熔化增材制造机床，其电子束功率为 4kW，加速电压为 0 ~ 70kV，电子束流为 0 ~ 60mA，成形零件最大尺寸（长 × 宽 × 高）为 200mm × 200mm × 200mm，电子束斑定位精度为  $\pm 0.2\text{mm}$ ，成形室工作最低真空度为  $< 1 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 。由于它属于真空制造，适用的金属材料有钛合金、铝合金、镍基合金、高强度钢及其他性能活泼的金属与合金等。

北京航空制造工程研究所开发了电子束熔丝沉积增材制造机床，其原理是利用电子束作为热源，熔化送进的金属丝材，按预定路径逐层堆积，并与前一层形成冶金结合，直至形成致密的金属零件。其自制的 ZD60-10A 型电子束设备，由 60kV/10kW 电子枪、高压电源、真空系统、观察系统、三维工作台、含三轴对准装置的送丝系统、真空系统及综合控制系统组成。其最大加速电压为 60kV，最大电流 250mA，最大功率 15kW，空室容积为 4m × 2m × 2m。加工过程中，电子枪、送丝系统和三维工作台通过综合控制系统协调工作，

达到了自动化操作的要求，保证熔积过程稳定进行。其熔积层的宽度为 7.4mm，层高为 1.5mm。该所制造出钛合金实体结构试样。《推进计划》中对于这两种采用电子束作为热源的机床也强调了必须加速发展，可望两年内实现产品化并进入市场。

国外厂商踊跃参展。例如，英国雷尼绍（Renishaw）公司是专设展台的外国增材制造机床制造商，其原来主要从事 3D 扫描与测量设备的研发，推出的金属材料增材制造机床包括 AM250 和 AM125。它们以激光选区熔化/烧结工艺将金属粉末熔化制成三维实体，气压喷出的金属粉末层层堆积，同时用大功率光纤激光器把金属粉末层层熔化堆积在一起形成最终产品。主要用于医疗（骨科、齿科、整形外科等）行业和航空航天、高科技工程及电子领域。适用粉末材料包括不锈钢、模具钢、钴铬合金、钛合金、镍基高温合金和铝合金等。其系统的金属粉末料斗是外置式，内部是二级阀门控制，所以能保证运行中添加材料而对制程无影响，同时真空辅助系统保持舱内低氧量，具有较大灵活性，特别满足长时间加工大尺寸和多数量部件的要求。重力撒粉技术可灵活方便地控制送粉量以针对不同目的的加工要求，且一个粉舱更适合快速和方便地更换不同合金粉末材料，而两个粉舱清理起来则更费时和费力。特别是在用钛等活性材料制造时，水氧含量必须尽可能低。使用全密闭真空室能最大程度地降低气体消耗量，且坚固耐用。开放式系统更适合于开发机构和特殊项目导向型产品的灵活需求。它可通过手套式操作箱进行安全更换过滤系统和对粉末进行处理，最大程度地避免操作者与材料或辐射物接触。它应用的真空系统保证了在制作合金部件时的高品质和安全性，以及保证系统能更快速地启动和消耗更少的惰性气体。

北京上拓科技有限公司是美国 3D Systems 公司的代理商，本次展出的设备中包括金属材料增材制造机床 ProX200。3D Systems 公司的生产级 ProX 系列设备包括 ProX100、ProX200 和 ProX300，均采用光纤激光器，层厚可调，保证了成形件的精度。这些设备对于成形件的复杂程度没有限制，越复

杂越能体现其优越性。所支持的金属粉末最小颗粒可达直径 5 $\mu\text{m}$ 。因此，打印出来的成形件精度更高，表面粗糙度更好，特征细节分辨率更佳，可重复性好，X、Y、Z 重复精度均可达 20 $\mu\text{m}$ ，最小细节分辨率为：X 100  $\mu\text{m}$ 、Y 100  $\mu\text{m}$ 、Z 20  $\mu\text{m}$ 。其应用领域包括：航空航天、发动机/组件制造、医疗（骨科植入物、齿科、整形外科等）、工模具中的随形冷却镶件、珠宝和首饰业等。它们展出的 M2 Cusing 机型是基于之前研发并通过实践证明成功的 Concept Laser CUSING 技术，不同的是，M2 是世界首套能应付钛合金、铝合金等反射性金属材料激光 3D 打印的设备。它根据最近的防爆防火条例，装备了相应的传感元件及测量技术，因此保证了系统的安全。M2 同样带有专利的粉末操作装置，新一代的光纤激光器加上室温下操作的 Laser CUSING 专利技术，保证了所生产成形件的高分辨系数和杰出的机械性能。M2 是医疗行业生产元件的相当理想的选择，同时也适用于航天工业领域的部件生产。

北京恒尚科技有限公司是德国 EOS 公司的代理商。EOS 激光选区烧结/熔化工艺设备一向被誉为水平最高之列。EOS M400 的成形尺寸为：400mm × 400mm × 400mm。它采用 1kW 的 Yb 光纤激光器。其光学部件包括 F - theta - lens 平场聚焦透镜以及高速扫描振镜，可变焦点直径为 90 $\mu\text{m}$ 。扫描速度最高可达 7m/s。它具有自动清洁功能，可减少过滤器更换的次数，从而降低成本。它的精密软件系统把打印工作和准备工作分离开来，打印系统可专注于生产成形件，从而节省时间而降低成本。另外，EOS 公司还开发了越来越多种类的金属材料，包括模具钢、钛合金、铝合金及 CoCrMo 合金、铁镍合金等粉末材料，且用户还可根据需要，通过相应的 ParameterSets 系统对使用的工艺参数值进行修改。主要应用领域包括：精密金属部件的直接制造，防火部件直接制造，产品外观设计认证，人体植入物、牙齿、颅骨修复物、假肢等，以及文化、创意、服饰、家居用品等领域的创意设计与展示等。

## 2. 非金属材料增材制造机床

本届展会上，更多的参展商展出的是非金属

材料增材制造机床,《推进计划》也给予了这类机床充分的重视。其中列举的光固化成形、熔融沉积成形、激光选区烧结成形、无模铸型及材料喷射成形等增材制造装备,在展会上均有展品展出。

例如,武汉华科三维科技有限公司推出了 HK 各类系列设备。HK P 系列适用于尼龙、聚丙烯等熔点低于 170℃ 的高分子材料;HK S 系列适用于以树脂砂和可消失熔模为成形材料;HK C 系列适用于在陶瓷颗粒表面包覆一层高分子材料粉末。而 HK 系列的设备采用的是立体光固化工艺,适用的材料为光敏树脂。它们的技术基础是华中科技大学多年来在增材制造技术领域的科研工作。

杭州先临三维科技股份有限公司是专业提供三维数字成像技术综合解决方案的科技型企业,其自主开发了多款非金属材料增材制造机床。其展台展出的 Einstart - S 和 Einstart - L 桌面 3D 打印机是我国近年来开发的几十款桌面型增材制造机床的卓越代表。它们的打印精度分别为 0.15 ~ 0.35mm 和 0.10 ~ 0.40mm。前者为单喷头,后者可选用双喷头。其操作简便、快速,开机后 10min 即可打印出产品,打印出的成形件细节特征完整。

中国香港宝力公司多年来一直代理美国 Stratasys 公司的 FDM 系列设备和以色列 Objet 公司的 Polyjet 系列设备。这两家公司已经在 2012 年合并。前者在展会上强调其材料是成系列的,如热塑性塑料包括:ABS - M30 (多用途)、ABS - M30i (有生物相容性,通过 ISO - 10993 认证)、ABSi (半透明)、ABS - ESD7 (防静电)、PC - ABS (高强度抗冲击)、Polycarbonate (高强度抗拉伸)、PC - ISO (有生物相容性,通过 ISO - 10993 认证)、ULTEM9085 (高机械强度,通过 FST 认证)和 PPSF (抗高温和耐化学腐蚀)。Objet 公司的设备包括:Objet260 Connex、Objet24、Objet30、Objet Eden250 等。

北京上拓公司代理的美国 3D Systems 等公司的机床,在展会上也展出了多款非金属材料增材制造机床。其中,立体光固化增材制造机床使用紫外激光将液态光敏树脂和复合材料逐层覆盖在固体截面上。SLA® 机床提供高吞吐量,构建容量达 1524mm,具有最高的部件分辨率和精度,并可使

用广泛的印刷材料。它能提供更广泛的应用,包括要求最为苛刻的快速制造领域的应用。又如,ProJet® 3500 机床是高精度塑料件 3D 打印机,打印的塑料件质量高且耐用,尤其适合工程和机械设计的应用,包括功能性检测、构型和装配验证、快速原型、设计沟通、快速模具等。它适用于办公室环境,能为各种打印需求提供卓越的打印效果。此外,还有桌面型的 CubePro 机床 (可 3 种颜色同时打印),Projet 1500 机床 (可打印 6 种颜色的材料) 等。

《推进计划》中列举的另一种增材制造机床是医用材料增材制造装备,目前还属于高校和科研院所的研究项目,但已出现了许多机床产品,预计将在两年内进入市场。

《推进计划》中提出了加速发展增材制造机床核心器件的研发和产品化、产业化,这包括了高光束质量激光器及光束整形系统、高品质电子枪及高速扫描系统、大功率激光扫描振镜、动态聚焦镜等精密光学器件、阵列式高精度喷嘴/喷头等。

《推进计划》关于增材制造机床的进一步快速发展还提出了如下的具体要求:①不断提高金属材料增材制造装备的效率、精度、可靠性;②不断提高非金属材料增材制造装备的高工况温度和工艺稳定性;③不断提高个人桌面机的易用性、可靠性;④研制与增材制造装备配套的嵌入式软件系统及核心器件,提升装备软、硬件协同能力。

此外,《推进计划》还将建立和完善产业标准体系作为一个重要方面专门提出。我国是世界上第一个制定增材制造 (原称“快速成形”) 机床标准的国家,现已有十多项国家、行业标准,走在了世界各国的前列。通过本次展会,全国特种加工机床标准化技术委员会将进一步细致部署,提出新的工作任务,以促进增材制造机床的健康有序发展。

《推进计划》还要求开展质量技术评价和第三方检测认证;组织实施应用示范工程;支持建设公共服务平台;组织实施学校增材制造技术普及工程。这些要求非常具体,保证措施也非常完善,可以预计,增材制造机床及其核心器件将迎来快速发展的春天。□

# CIMT2015 国产数控系统展品综述

中国机床工具工业协会数控系统分会 肖 明 张幼龙

## 一、国产数控系统企业参展简述

2015 年 4 月 20 ~ 25 日，第十四届中国国际机床展览会（CIMT2015）在北京举行，国产数控系统企业积极参加本次展会，取得了很好的参展效果。国内外知名的机床制造企业和数控企业积极参展，许多企业展出了配置国产数控系统的中、高档机床。

参加本次展会数控系统展团的国产数控系统企业非常踊跃，按照机床协会的统一安排，国产数控系统行业企业统一安排在 N1 和 N5 馆。国内知名数控系统企业，如华中数控、广州数控、航天数控、大连光洋、大连大森、沈阳高精、南京华兴、北京凯奇等企业都积极参展，参展数控系统企业 20 余家。

在本届 CIMT2015 上，参展数控系统企业利用展会平台，充分展示创新成果，广泛交流企业自主研发的最新技术和产品，深入探讨行业发展的趋势和方向，细致了解并尽量满足用户行业的最新需求，都取得了很好的参展效果。

## 二、数控系统参展企业主要展品简述

根据中国机床工具工业协会数控系统分会与参展数控系统企业工作人员现场统计，数控系统主要参展企业展品情况如下。

### 1. 武汉华中数控股份有限公司

华中数控以“助力中国制造 2025”为契机，展出了公司最新技术成果：面向 3C 行业钻攻中心生产线展示区，华中 8 型高端智能数控系统展示区，数控系统云服务展示区。

(1) 3C 行业加工专家——华中 HNC - 818AM 钻攻中心生产线

华中数控基于华中 8 型高档数控系统基础上推出的针对 3C 行业高速钻攻中心数控系统 HNC - 818AM 目前已经成功在深圳、东莞等多家用户批量配套，加工效果已超过国外知名数控系统水平，加工效率比国外知名数控系统提高了近 20%，实现了国产数控系统在 3C 领域的重大突破。这就意味着今后我国将拥有自主知识产权的高速高精钻攻中心数控系统，打破了国外知名品牌数控系统对这一领域的长期垄断局面，首次将“巨头”抛在了脑后，具有划时代的意义。



3C 行业钻攻中心生产线展示区

(2) “互联网 +”时代的工业服务专家——华中数控“云服务”

华中数控“云服务”，利用 3G、WIFI 等技术，通过无线网络，监控公司展台上所有设备情况，及展馆内配置华中 8 型系统的机床情况。主要体现华中 8 型的远程



云服务展示区

监控功能及在线诊断功能，展示公司系统在数字化车间的应用，手机与 8 型系统联网 APP 等功能。

### (3) 华中 8 型高档智能数控系统展示区

华中 8 型高档智能数控系统内置温度、振动等数据采集、分析和补偿模块，实现机床动态误差补偿和热误差补偿，为机床健康状态保障和关键工序能力指数（CPK）的提升提供智能化平台。



华中 8 型高档智能数控系统展示区

## 2. 广州数控设备有限公司

### (1) 数控系统展示区

此次参展的数控系统包括 25iG、25iMB、986、980TDi、980MDi、980HC、980TC3、980TB3 系列，受广大用户欢迎的 928Tea、96、GPC1000A、988TA1、988TD、988MA、218MC、208D、990MC、25iM、25iTB、25iRA、983MA、25iMB 系列，以及 ZJY 系列主轴伺服电机、GS 系列交流伺服驱动器等，吸引了众多新老客户驻足参观。



### (2) 电机展示区：



### (3) 机器人展示区

1) 打磨去毛刺机器人工作站，两台 RB50 机器人协调工作，实现高精度、高效率的机器人自动去毛刺功能。

2) 机床上下料专用机器人，RB 机器人配合零点定位夹具的机床上下料模拟演示。

## 3. 北京航天数控系统有限公司

北京航天数控系统有限公司此次展会了全系列数控系统，包括：

CASNUC 2000G 一体化外圆磨床数控系统，CASNUC 2000TA1 车床闭环数控系统，CASNUC 2000MA 数控系统，CASNUC 3000MC 数控系统，CASNUC 2000eK 铣齿控制系统，CASNUC 3000MS 螺杆铣闭环数控系统等。系统特点：系统结构紧凑、便于安装，具有可靠性高、功能全面、操作简单、维修方便等优点。

### 主要展品 1：CASNUC 3000H 滚齿机数控系统



CASNUC 3000H

CASNUC 3000H 滚齿机数控系统是基于蜗杆型齿轮滚削原理开发的闭环数控系统，适用于五轴或五轴以下的齿轮机床等机械设备的控制。

### 主要展品 2：CASNUC 3000MS 螺杆铣闭环数控系统



CASNUC 3000MS

## 4. 北京超同步科技有限公司

### (1) CTB 系列主轴驱动器，Gs 系列驱动器可

以与多种数控系统良好接口,实现刚性攻丝,使数控钻、数控铣、数控车床、数控镗、加工中心等设备的功能得以充分发挥。适用机床:数控铣床、数控车床加工中心、数控镗床、龙门铣床、数控立车等数控设备主轴(电主轴)的驱动。技术特点:6000转以上的精密加工,低速强力重切削加工,40转以下的铰孔,低速螺纹加工,c轴功能。

(2) CTB 系列主轴电机。功率范围:1.1~315kW;额定电压:380/330/310V;防护等级:IP55;环境温度:-15~45℃;结构型式:b3/b5/b35;最高转速:15000r/min;额定频率:16.7/25/33.3/50/66.7/100Hz;工作制:连续(S1);绝缘耐压:AC1800V;噪声:≤70dB(A);环境湿度:95%RH以下(不结露);散热方式:强制风冷。外形美观;结构精巧;封闭式散热风道;噪音低,效率高;优化节能设计。

(3) 组合型伺服驱动器,采用先进的硬件及软件集成技术将多台伺服电机的驱动装置集成在一个驱动器内,该驱动器结构紧凑、安装方便,可广泛应用于数控车床、数控铣床、加工中心、立车等设备。



(4) 车床电主轴,全新一体化的风冷式车床电主轴稳定性好,振动小,噪音低,控制精度高,主轴安装简单,故障率低。



##### 5. 南京华兴数控技术有限公司

南京华兴数控展出了公司自主研发的7系列数控系统、9系列数控系统、3系列数控系统,以及伺服电机和伺服驱动。

(1) WA720T-3 是南京华兴数控在原有多种成熟产品的基础上,推出的新一代高性能车床数控加工中心。系统采用超大规模可编程逻辑电路方案,具有更高的加工控制品质和系统升级空间,系统可控制数字式交流伺服驱动器及三相细分步进驱动器。

(2) WA-901XT 是华兴数控根据国内行情推出的新一代高性价比、经济型数控系统,配置华兴数控高精度 DM500 系列伺服和 SJT 伺服电机,显著提高机械加工的精度和光洁度,性价比极高。系统采用8.4寸真彩色 TFT 液晶屏,分辨率为800×600,实现刀具形状图形仿真加工,支持各种直、锥螺纹、定点切入、梯形螺纹循环及变距螺纹,针对两轴车床配置各种输入输出,标配铝合金立体副面板,双USB接口,支持USB密码锁。可存储200个加工程序,附带中文说明。

(3) DM520-DM550 全数字交流伺服电机单元。①全数字交流伺服单元,20A/30A/50A。②采用DSP及大规模FPGA作为核心控制器。③三相步进驱动器,最大电流10A,进给当量1μm。



9 系列数控系统

7 系列数控系统

伺服驱动

##### 6. 大连光洋科技工程有限公司

GNC61 新一代高性能全功能型高档数控系统继承了GNC60的软硬件体系结构,继承了GNC60的多轴多通道控制能力,重点提升了数控系统的五轴控制技术,提升了数控系统及伺服驱动的动态响应能力,提升了数控系统的几何误差补偿能力,增加了系统3维在线切削仿真和GMDL会话式编程引擎,拓展了系统的人机交互能力,提供了更为方便的对刀方式和刀尖点坐标显示,提供了更便于数控程序调试运行的手轮速度功能,进一步增强了数控系统的开放性。

大连光洋还展示了 GNC61 数控系统二次开发

平台，该平台有三大功能：功能一是培训用户，用户可以像操作机床一样去操作；功能二是模拟仿真，用户为了避免碰坏昂贵零件，可以先在平台上进行首件的模拟仿真加工，安全不占机时；功能三是系统的二次开发，用户可以根据自身需要在平台上边开发边验证，验证之后可以形成用户自己特色的数控系统，从界面到功能都可以进行二次开发。

GNC09 光纤总线开放式高档数控系统集 NC、PLC、HMI、机床键盘、系统键盘于一体，系统与伺服之间采用以光纤为介质的 GLINK 全数字总线方式进行连接，配合模块化伺服驱动结构，实现了安全、可靠、最少化的布线。

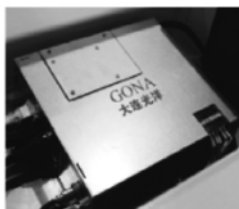


大连光洋展出了强力搬运机器人，是垂直多关节型六轴机器人，采用高精度伺服电动机及 GONA 高可靠性控制系统，重复定位精度达到  $\pm 0.2\text{mm}$ ；支持视觉、力觉等各种智能传感信息；可实现编程及示教方式运行；轻量化设计，实现最优机械结构设计，腕部可搬运 165kg 的零件；动作迅速，能够满足苛刻的生产节拍要求。

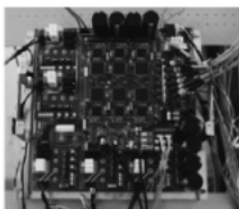
大连光洋还展出了 GDU 光纤总线式伺服驱动系统、机器人主控制器、6 关节机器人集成驱动器。



GDU 光纤总线式伺服驱动系统



机器人主控制器



6 关节机器人集成驱动器

## 7. 大连大森数控技术发展有限公司

(1) DASEN16i - L 以车代磨纳米级数控系统。

(2) DASEN16i - M 亮面铣/加工中心纳米级系统。DASEN - 16i 系统是大森数控推出的新型纳米级数控系统，可广泛应用于数控车床、数控铣床和加工中心等，具有优秀的高速高精度控制性能，系统特有的 ESH 功能，适合于高速高精度模具加工。



DASEN - 3i 数控系统

DASEN16i 数控系统

## 8. 沈阳高精数控技术有限公司

沈阳高精数控技术有限公司展出总线式系列化数控产品，包括总线式全数字高档数控系统 GJ400、中档数控系统 GJ330、普及型数控系统 GJ303/GJ301、木工及雕铣等行业专用型数控系统 GJ302W、GJS 系列伺服驱动单元 (0.5 ~ 15 kW)、工业机器人及机器人控制器 TRC200 等。产品可实现 8 通道 8 轴联动，64 轴控制，最小插补周期 0.125ms，最小控制分辨率 1nm，并具有 RTCP 等五轴联动控制功能。

LT - DNC 车间监控管理系统具备机床工件程序管理，机床实时状态采集与监控，机床加工效率统计、分析与决策，机床故障统计与分析，作



业计划管理，刀具与成本管理，远程视频监控，远程系统控制等功能，该系统致力于提升车间网络化、数字化与智能化水平，可为工厂“两化融合”的快速实施提供整体解决方案。

## 9. 北京凯奇数控设备成套有限公司

(1) 数控系统展示区：闭环控制、高精度、带立体图形显示、多过程、多种图形编程方式。

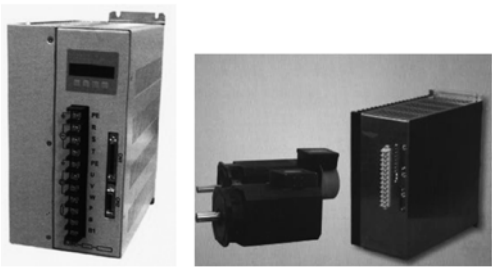
(2) 全数字交流伺服展示区：16D/A。多种控



NC-110 数控系统

NC-310 数控系统

制方式；+/-10V 模拟量输入，脉冲+方向灯多种故障保护方式。



SA 系列伺服电机

YBS 系列交流伺服控制器

10. 山东山森数控技术有限公司

主要展出：数控系统（单轴控制器、车床系统、铣床系统、加工中心系统）；机床操作面板、手摇、中间继电器模组、分线器模块、通信接口模块；安全门开关、交流电机电子制动器、警示灯、工作灯等。

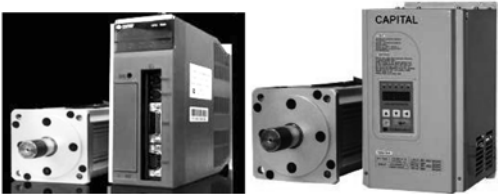


11. 上海开通数控有限公司

展品 1：SEC500/520 高性能网络数控系统系列。基于嵌入式平台、开放的体系结构，友好的图形人机界面，方便进行系统的二次开发，满足用户的个性化需求。显示和运动控制单元分体结构，通过标准以太网总线通信，操作面板通过 RS232 与显示单元通信；总体结构清晰，接线简洁，维护方便。



展品 2：KT270 - G/H、KT290 - A6 高性能全数字交流伺服驱动系统系列。



12. 上海维宏电子科技股份有限公司

展品 1：朗达系列。立足于具有传统优势的维宏控制卡，又将传统控制卡解放出来，使其专注于数据重组、解析与传输，轴运动控制脉冲的发送转交于控制器来完成。

展品 2：NK300BX 集成数控系统。基于工业级主板的集成数控系统，应用于高端雕铣机、加工中心、光纤切割等领域的控制。



展品 3：RC300 机械手集成数控系统。基于嵌入式工控平台的集成数控系统，目前可应用于二轴至五轴直角坐标机械手及关节机械手的运动控制。



### 13. 成都广泰实业有限公司

(1) 600 系列车铣复合数控系统。



(2) 150i 系列车铣复合数控系统



### 14. 上海森力玛电机有限公司

(1) SCNC 系列数控车床高效直驱伺服电主轴，是将机床主轴与伺服主轴电机融合为一体的直驱新技术。

(2) SMF 系列交流运动控制伺服电机及驱动系统是上海森力玛推出的新一代交流永磁同步伺服电机。



SCNC 系列电主轴

SMF 系列伺服电机

(3) YP、YPNC 系列变频电机系列，广泛应用于机床行业。

### 15. 武汉登奇机电技术有限公司

主要产品：GK6 系列交流伺服电机  $0.0955\text{N} \cdot \text{m}$  ( $30\text{W}$ )  $\sim 5000\text{N} \cdot \text{m}$  ( $250\text{kW}$ )；GM7 系列交流伺服主轴电机  $2.2 \sim 250\text{kW}$ ；GZ6 系列力矩电机  $22 \sim 50000\text{N} \cdot \text{m}$ 。

登奇已成为国内伺服电机类别、品种、规格最全，应用范围最广，拥有自主知识产权的交流伺服电机产业化研发、制造企业。



### 16. 南京锐普德数控设备有限公司

(1) R8090MA 精锐级铣床数控系统，四轴联动，可扩展到六轴联动， $0.1\mu\text{m}$  插补精度，前加减速内嵌 PLC 模块，支持斗笠式、圆盘式刀库控制，8 寸彩色宽屏 LED，32MB 程序存储容量。

(2) R8090TA 精锐级车床数控系统，四轴联动， $0.1\mu\text{m}$  插补精度，51 中 G 指令，多种精度补偿功能，内嵌 PLC 模块，支持梯形图实时监控，8 寸彩色宽屏 LED，32MB 程序存储容量，可存储 1000 个零件程序。

(3) 全数字双轴交流伺服驱动单元 RST2，集成度更高，可靠性更好，采用 1 片 DSP 控制，加减速更快，减速热损耗小，安装方便，性价比高。



R8090 精锐级车床数控系统

RST 系列伺服单元

(4) R8002P 可编程控制器，集成运动控制与 PLC 控制于一体，灵活应用各种工业自动化控制

领域。

### 三、国产数控技术发展趋势

#### 1. 智能化已成为发展方向

21 世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统,“智能”、“云”等概念在本届展会也被多家涉足。智能化的内容包括在数控系统中的各个方面。为追求加工效率和加工质量方面的智能化。如加工过程的自适应控制,工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方便的智能化,如前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等;简化编程、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;还有智能诊断、智能监控方面的内容,以及方便系统的诊断及维修等。

#### 2. 自动化进一步发展

随着用户需求不断升级和现代科技手段的推广应用,自动化在过去的基础上有了更进一步的发展,在本届展会上,由发那科、库卡、埃斯顿、广数、华中数控、大连光洋、巨能机器人等公司的关节机器人与各类车床、加工中心集成的加工单元,以及由桁架式机械手组成的自动生产线数量众多,可谓比比皆是,来势非同一般。

##### ①机器人的应用

国产机器人如雨后春笋般迅速萌生,国内越来越多的企业在生产中采用了工业机器人,而市场需求也在不断扩大。因为有部分国产机器人已经与国外的技术水平相当,此次展会上,华中数控、广州数控、大连光洋等公司都有自产的机器人产品全新亮相,其中不乏定位准确、行动快速或动力强大者。

广数“勤快”的机器人。针对机床上下料应用领域,广州数控专门研发了 RJ 系列三关节新型专用上下料机器人,并可根据客户具体要求提供优化设计方案。RJ 系列机器人结构紧凑,节省空间;运动节拍更快,性价比更高,适用于车、铣等多种机床的加工自动化。

华中数控机器人的 3C 钻攻中心生产线,主要用于手机、电脑等 3C 行业金属零件的加工。该系统为钻攻中心机器人自动化整体方案。通过采用

华数 608 系列机器人,实现钻攻中心之间的搬运工作;整条线采用一个主控系统(华中数控系统)进行控制,从而实现车间自动化作业,另外机器人及整线主控系统全部采用华中数控系统,可将生产数据接入 erp 管理系统,实现车间信息化管理,进一步提高车间档次。

大连光洋强力搬运机器人。大连光洋的强力搬运机器人是垂直多关节型六轴机器人,采用高精度伺服电动机及 GONA 高可靠性控制系统,重复定位精度达到  $\pm 0.2\text{mm}$ ;支持视觉、力觉等各种智能传感信息;可实现编程及示教方式运行;轻量化设计,实现最优机械结构设计,腕部可搬运 165kg 的零件;动作迅速,能够满足苛刻的生产节拍要求。

##### ②桁架机械手的应用

桁架机械手是目前较为典型的一个行业,桁架机械手是在机械化、自动化生产过程中发展起来的一种新型装置。在现代生产过程中,桁架机械手被广泛地运用于自动生产线中。桁架机械手虽然还不如人手那样灵活,但它具有能不断重复工作和劳动,不知疲劳,不怕危险,抓举重物的力量比人手力大的特点。桁架机械手可以完成许多工作,如搬物、装配、切割、喷染等等,越来越广泛地得到了应用。桁架机械手是数控加工提高自动化程度的发展趋势所需。

#### 3. 信息化、网络化成为发展趋势

(1) 华中数控新一代云数控平台。面向生产制造企业、机床厂商、数控厂商打造以制造设备为



华中数控新一代云数控平台

## 广告客户索引 Advertisers' Index

|                                                   |                    |
|---------------------------------------------------|--------------------|
| 开天传动技术（上海）有限公司                                    |                    |
| KTR Co., Ltd.                                     | front Cover        |
| 约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司                                | 广告号码 41            |
| Heidenhain                                        | inside front cover |
| 重庆机床（集团）有限责任公司                                    | 广告号码 128           |
| Chongqing Machine Tool (Group) Co., Ltd.          | inside back cover  |
| 第九届中国数控机床展览会                                      |                    |
| CCMT2016.                                         | back cover         |
| GF 加工方案                                           |                    |
| GF Machining Solutions                            | P1                 |
| 西门子（中国）有限公司数字化工厂集团                                | 广告号码 89            |
| Siemens Co., Ltd.                                 | P2                 |
| 埃马克机床（太仓）有限公司                                     | 广告号码 428           |
| EMAG Machine Tools (Taicang) Co., Ltd.            | P3                 |
| 亚德客国际集团                                           | 广告号码 491           |
| AirTAC International Group                        | P4                 |
| 卡尔蔡司（上海）管理有限公司                                    | 广告号码 488           |
| ZEISS Co., Ltd.                                   | P5                 |
| 沈阳机床（集团）有限责任公司                                    | 广告号码 36            |
| Shenyang Machine Tool (Group) Co., Ltd.           | P6                 |
| 健椿工业股份有限公司                                        | 广告号码 459           |
| KENTURN NANO TEC Co., Ltd.                        | P7                 |
| 山东法因数控机械股份有限公司                                    | 广告号码 38            |
| Shandong FIN CNC Machine Co., Ltd.                | P8                 |
| 涌镇液压机械（上海）有限公司                                    | 广告号码 486           |
| Yongzhen Hydraulic Machinery (Shanghai) Co., Ltd. | P9                 |
| 北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司                                 | 广告号码 24            |
| Agie Charmilles                                   | P10                |

|                                                          |          |
|----------------------------------------------------------|----------|
| 武汉华中数控股份有限公司                                             | 广告号码 90  |
| Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd.               | P11      |
| 北京凯奇数控设备成套有限公司                                           | 广告号码 460 |
| Beijing CATCH CNC Equipment Co., Ltd.                    | P12      |
| 江苏科瑞斯机件有限公司                                              |          |
| Jangsu KRIUS Machine Parts and Accessories Co., Ltd.     | P13      |
| 哈尔滨量具刀具集团有限公司                                            |          |
| Harbin Measuring & Cutting Tool Co., Ltd.                | P14      |
| 三一重型机器有限公司                                               |          |
| SANY Heavy Machine Co., Ltd.                             | P15      |
| 美孚工业润滑油                                                  |          |
| Mobilindustrial Co., Ltd.                                | P16      |
| 保定向阳航空精密机械有限公司                                           | 广告号码 34  |
| Baoding Xiangyang Aviation Precision Machinery Co., Ltd. | P17      |
| 博恩斯坦电子（太仓）有限公司                                           |          |
| Bernstein AG                                             | P18      |
| 《世界制造技术与装备市场》杂志                                          |          |
| WMEM magazine                                            | P19      |
| 北京北一机床股份有限公司                                             | 广告号码 47  |
| Beijing No1 Machine Tool Co., Ltd.                       | P21      |
| 上银科技有限公司                                                 | 广告号码 398 |
| Hiwin Technologies Corp.                                 | P22      |
| 天津第一机床总厂                                                 | 广告号码 88  |
| Tianjin No. 1 Machine Tool Works                         | P23      |
| 南京工艺装备制造有限公司                                             | 广告号码 70  |
| Nanjing Technical Equipment Manufacture Co., Ltd.        | P25      |
| 马波斯（上海）商贸有限公司                                            | 广告号码 414 |
| MARPOSS                                                  | P26      |

中心的数字化服务平台。领先的云数控模型提供“云管家、云维护、云智能”三大功能，完成制造设备从日常生产到维护保养、改造优化的全生命周期管理，随时监控设备状态、生产情况，享受专业、智能、安全的跟踪服务。

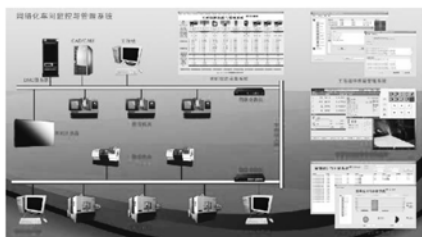
（2）蓝天数控推出了 LT-DNC 车间监控管理系统。该系统致力于提升车间网络化、数字化与智能化水平，为工厂“两化融合”的快速实施提供整体解决方案。系统采用 B/S 与 C/S 架构，具备机床工件程序编辑、审核与管理，工件程序的自动传输，机床实时状态采集与监控，机床加工效率统计、分析与决策，机床故障统计与分析，作业计划管理，刀具成本管理，远程视频监控，远程系统控制等功能。

率统计、分析与决策，机床故障统计与分析，作业计划管理，刀具成本管理，远程视频监控，远程系统控制等功能。

### 4. 五轴联动加工、复合加工和高速高精机床快速发展

采用五轴联动对三维曲面零件的加工，可用刀具最佳几何形状进行切削，不仅光洁度高，而且效率也大幅度提高。一般认为，1 台五轴联动机床的效率可以等于 2 台三轴联动机床，五轴联动加工可比三轴联动加工发挥更高的效益。但过去因五轴联动数控系统、主机结构复杂等原因，其价格要比三轴联动数控机床高出数倍，加之编程技术难度较大，制约了五轴联动机床的发展。

当前由于电主轴的出现，使得实现五轴联动加工的复合主轴头结构大为简化，其制造难度和成本大幅度降低，数控系统的价格差距缩小，因此促进了复合主轴头类型五轴联动机床和复合加工机床的发展。□



蓝天数控网络化车间与管理系统

# CIMT2015 量具量仪展品评述

中国机床工具工业协会工具分会 谢华锟 执笔

第十四届中国国际机床展览会（CIMT2015）于2015年4月20~25日在北京国际展览中心（新馆）成功举办。在我国经济处于中高速减缓发展新常态和政府提出的“一带一路”、“中国制造2025”新发展战略规划的激励下，无论是参展商还是参观者，对这次展览盛会都有着很高的期待。本届展会16个展馆的规模成为该展会的历史之最；新开辟的科技重大专项展区 and 高等院校科技成果之窗，受到业界人士普遍的关注。

当前我国制造业转型升级的发展途径，就是实现制造业的数字化、网络化和智能化，也就是实施传统制造技术与信息技术的集成和融合，以便最终实现自动化和智能化制造。作为获取制造活动全过程质量信息，包括产品性能及应用效果在内、产品全生命周期质量信息的精密测量技术及精密测量量具量仪，它的转型升级和发展应该走在整个制造业发展的前面，必须先行一步。切实推进我国测量技术和量具量仪产品的精密化、数字化、网络化，即提升量具量仪制造质量的精细化，实现测量信息的数字化和信息传输的网络化，广泛采用云技术和大数据等先进信息技术，对测量数据进行科学的集成、分析、处理、显示、反馈，从而为我国制造业实现智能化制造提供可靠扎实的测量能力和质量信息基础，这应该是我国精密量具量仪制造业近期发展的目标和努力的方向（见图1）。

创新是我国经济结构改革的动力，同样也是我国量具量仪制造业转型升级的动力，是持续发展的途径。在本届展览会上，无论是国营企业还

是民营企业，他们都亮出了不少新开发产品，显示出我国近年来在量具量仪数字化、网络化和智能化发展中所取得的创新成果，令人耳目一新。

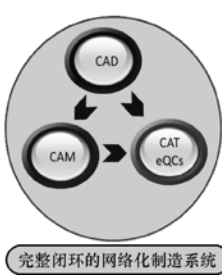


图1 数字化网络化制造系统

哈尔滨量具刀具集团有限公司重点推出的“锥齿轮数字化、网络化闭环制造系统”就是一个典型代表（见图2）。基于锥齿轮测量技术与加工生产技术的融合贯通，借助于先进的数字化和网络化技术，哈量将自行开发的数控锥齿轮切齿/磨齿机床与数控锥齿轮测量仪器（3维扫描式齿轮测量中心）集成，将锥齿轮设计加工和测量分析的软件相融通，构建成为一个先进的、高效高质量的锥齿轮闭环制造系统，实现了复杂精密零件锥齿轮的“零废品”生产。民营企业中大创远集团与哈尔滨智达合作开发，也推出了类似成套技术和产品。这表明我国锥齿轮整体制造加工技术，在集成、融合了精密数字化齿轮测量技术后，有了一个质的提升——是我国锥齿轮智能化制造发展新阶段的一个里程碑。

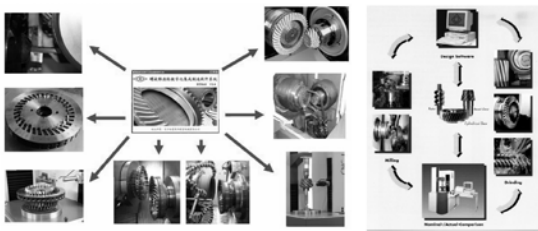


图2 哈量的锥齿轮数字化、网络化和智能化集成制造

“中国制造 2025”被认为是我国传统制造业发展的新标杆，它是“立足我国国情，发挥和挖掘我国制造业固有优势，通过稳步和可持续的产业升级，逐步向创新驱动转型的发展过程”的规划蓝图。我们应该怎样努力？要做好哪些准备？本届展览会给了我们有益的启示。

### 1. 精密量具和传感器——我国在纳米绝对光栅测量系统、高精度三维数字扫描测头及蓝牙微米数显量具方面的发展

作为精密制造的关键几何量位移测量传感器，光栅测量系统占据了最重要的地位。展会上众多的厂商及科研院所展示的新技术新产品，表明了我国量具量仪制造业在高精度长度计量和测量关键基础技术上所取得的新成就：自主创新开发，拥有了纳米分辨力、亚微米精度、绝对编码的高端光栅位移量传感器的成套制造技术和装备，已经生产出了能满足市场需求、批量生产的高质量可靠产品。在国家重大专项的支持下，我国近期在高档数控机床用光栅位移测量系统的开发上取得了重大的进展。以西安交大为首、通过产学研结合开发的微纳米光栅滚压印成套新技术及新装备，为我国高精度精密光栅的设计制造技术和加工工艺开辟了一条崭新途径；成功开发出的高档数控机床用长光栅，已获得用户认可；样品送交德国计量院 PTB 测定，其光栅周期精度达到  $\pm 0.2\text{nm}$ ，光栅槽深精度  $\pm 0.9\text{nm}$ ；中国计量院测试报告确认，其长光栅测量不确定度  $0.3\mu\text{m}/\text{m}$ （见图 3），显示了高精度滚压印光栅制造新工艺达到的高水平。

作为合作方、参与了西安交大国家光栅专项的珠海怡信光电科技公司，在会上展出的绝对式纳米精密光栅，采用了创新开发的阵列式莫尔传感器光学扫描测量系统，提高了光栅测量速度和系统抗污染能力。有自主知识产权的无背隙动平衡测量滑车、距离码/伪随机码编码方式的绝对码，以及创新的现场在机误差修正补偿技术（光栅尺有内置 DSP），使其光栅测量系统在分辨力达到  $0.1\mu\text{m}$  的状态下，测速可达  $180\text{m}/\text{min}$ ，精度  $\pm 3\mu\text{m}$ 。批产商品销售超过 5000 台套，已在苏州怡信光电等企业生产的高速数控机床得到了应

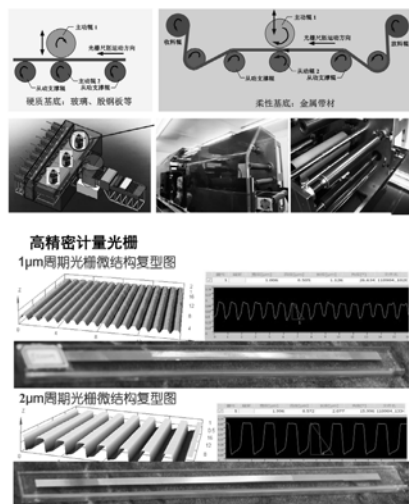


图 3 西安交大微纳米光栅滚压印新工艺和其高精度微米栅距主光栅尺

用（见图 4）。



图 4 怡信的精密绝对编码光栅测量系统及应用

长春禹衡光学所承担的国家重大专项：绝对式纳米级长光栅测量系统和 23 位光栅角编码器产品，首批几百套产品已经在高档数控机床及伺服系统上得到很好应用。2015 年下半年计划实施的技术改造和提升，将首次实现精密光栅传感器生产车间的全自动化无人生产，成为我国量具量仪行业的标杆。

哈量与重庆理工合作开发的时栅角位移传感器，其分辨力达  $0.1''$ ，精度达  $\pm 1''$ ，可与高精度光栅相媲美；新开发的“旁置式时栅”位移传感器系列，更便于实现大型机床主轴全闭环数控，还具有不怕振动、不易污染、便于安装等优点，已在国防民用项目中得到应用（见图 5）。

莱格光电的数控型精密不锈钢带光栅，产品最高精度可达  $\pm 3\mu\text{m}/\text{m}$ ，分辨力  $0.1\mu\text{m}$ ，工作速度  $\leq 60\text{m}/\text{min}$ 。该公司新开发的精密恒力智能长度计，具有国内领先的精度，示值误差最高可达  $0.2\mu\text{m}/3\text{mm}$ （视量程而异），最小分辨力可达



图5 哈量的旁置式时栅展台

0.02μm/≤1.0N（视测力而变），不过至少在外观上还有改进的余地。

齿轮测量中心及三坐标测量机所用的三维数字式扫描测头，被认为是坐标测头中的桂冠，技术难度大，历来都是由2~3家国外产品一统天下。经过多年不懈的努力，我国已取得了突破性的进展：哈尔滨智达测控技术在本届展会上展出了新开发的三维数字式扫描测头 Z3DDP，由三组正交平行片簧测量机构、三个高精度光栅位移传感器和三套可分别工作的锁紧装置构成，能实现全能式三维扫描测量，成品已成功应用于公司开发的齿轮测量中心，对锥齿轮的三维复杂齿面进行高精度测量。进一步强化实验应用、持续改进，一定能创出自己的品牌（见图6）。

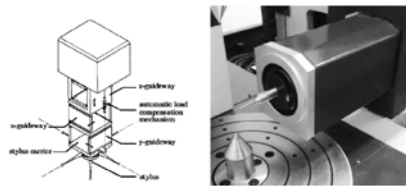


图6 智达的三维数字式扫描测头 Z3DDP 和结构原理图

占有触发式测头市场最大份额的英国 Renishaw 公司，配合其新的销售模式，推出了“即付即用”的 Primo 机床系统，包含了无线的工件测头及 3D 对刀测头等，可降低用户前期的投入资金。

2013 年与意大利 Marposs 合资的哈尔滨先锋开发的数控机床用红外/无线触发式测头，在国内独树一帜，性能堪称一流（见图7）。



图7 哈尔滨先锋的无线触发式机床测头

值得一提的是德国 Blum 公司推出触发式测头，在定位测量原理上别出新意：以 TC76 为例，其专利的端齿结构——shark360 测量机构，可吸收可能产生的任何扭矩，消除对测量的不利影响，光电原理产生测量信号，避免了机械磨损的影响；更有最新推出的、机床上使用的粗糙度测头 TC64 - RG，其粗糙度测量数据的传输，采用了最小干扰原则的 BRC 无线电技术，实现了检测讯号的无线传输，配有相应软硬件，可分析机床上被测工件表面的  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{max}$  等参数，还能对功能表面进行评定（见图8）。如将其用于齿轮加工机床或齿轮测量中心，可实现齿面粗糙度的在机测量。

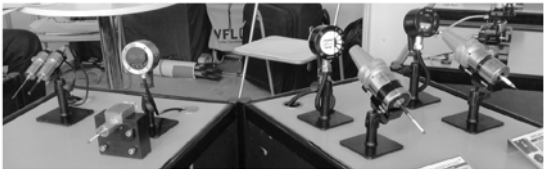


图8 BLUM 的 TC76 和 TC64 - RG 测头

作为使用量大面广的数显卡尺、数显千分尺和量表而言，我国早已是生产大国，每年有大量产品出口，但缺乏高端产品，主要是在测量精度的保持性和可靠性上有差距。在数显卡尺绝对编码、微米显示、新型轻量化材质、涂层、防水防尘和无线通讯、蓝牙数据传输等先进功能上，近年来全行业的产品都有了不同程度的提升，紧跟国外水准，更新换代的势头强劲。本届展会上，桂林广陆和桂林安一量具分别推出了分辨率达微米的数显千分级卡尺，极限误差为±0.007/100mm；青量开发了防护级别达 IP65 的 2mm 螺距快进数显千分尺，解决了精密大螺距批量加工工艺；成量推出蓝牙无线遥控的数显量表；东莞特马电子自行投资开发芯片，使该公司数显卡尺的测量速度和耗电性能位于前列。桂林晶瑞电子所开发的（陶瓷）玻璃容栅传感器式高精度数显量表，实现了数字/模拟量显示，绝对/相对测量，数显量表的分辨力达到1μm，精度为4μm/12.7mm。在取得不断进步的同时，应该看到我国在数显量具传感器方面仍以仿制跟随为主；由上海交大创新开发的、适用于数显量具用位移测量新原理和传感器已经进行了第三代开发——基于微线圈的涡流栅传感

器，采用 MEMS 工艺，在硅片上光刻了多个微线圈，组成了全数字式、多点多维微传感器阵列所构建的涡流栅传感器。我们期待着近年能在产业化上获得突破。深圳鹰旗及桂林安一的高精度高稳定性陶瓷步距规、陶瓷球规及陶瓷量规的系列化产品，得到了国内外计量机构的认证和用户的认可。

## 2. 精密量仪实现：机器人辅助测量自动化，琳琅满目；复合式光学坐标测量机，各家展现；大数据网络化测量系统，获得可喜进展

对于数控精密测量仪器的典型代表——三坐标测量机而言，使之集成于生产线，在车间现场实施更快速度、更高精度、更多功效的检测，历届展会上都有介绍，在本届展会上仍有不少亮点。机器人已大步进入测量工序，协助甚至独立完成零部件的自动检测、上下工件、识别分组、质量监测等。蔡司公司展示了多关节机器人在线测量系统（见图 9）。雷尼绍展示的并联机构比对测量机，在非笛卡尔坐标测量系统测量结果评定上，提出与传统三坐标机的比对测量理念，配备了上下料的机器人，适用于车间现场批量工件质量的监控和检测（见图 10）。



图 9 蔡司的机器人在线非接触测量



图 10 雷尼绍配备机器人的比对测量机

德国 Werth 和蔡司的工业 CT 测量机，是将 X 射线扫描成像技术与三坐标测量系统进行整合集成，以实现产品的无损可视化准确测量。Werth 公

司的 Tomo X-CT 测量机，号称是全球第一家工业 CT 测量机（见图 11），它还可配备光学测头、光纤测头、接触式探针以及激光测头等，以便于对工件内外部所有结构尺寸，包括工件材质的内部缺陷，可见的不可见的都能进行全面精确测量，仪器最大允许误差达到微米级。蔡司公司的 MET-ROTOM 也是一台适应于多种尺寸和材料密度测量的工业 CT 坐标测量机，它通过搜索被测零件在 X 射线和探测器间位置，自动选择理想放大倍率，以便得到最佳测量分辨率和精度。Werth 公司的 VideoCheck UA 超高精度复合式光学三坐标测量机，号称是世界精度最高的复合式光学三坐标测量机，其单轴精度可高达  $E_1 = 0.15 + L/900\mu\text{m}$ ， $E_2 = 0.50 + L/600\mu\text{m}$ ， $E_3 = 0.75 + L/500\mu\text{m}$ ，分辨力为  $0.001\mu\text{m}$ 。日本三丰的新品丰富，展出的超高精度 CNC 三坐标测量机 LEGEX 系列，通过彻底排除各种误差因素，在不同的测量范围均实现了主机超高精度  $E_{0, \text{MPE}} = 0.28 + L/1000\mu\text{m}$ （见图 12）。超精密坐标测量机的层出不穷，表明机械零件制造精度已进入亚微米、纳米时代。



图 11 Werth 的工业 CT 机



图 12 VideoCheck UA，精度最高的复合式光学测量机

在数控精密测量仪器的开发上，近年来国产齿轮测量仪器竞争力的不断增强，技术和质量水平的不断提高是有目共睹的。近年来不仅国内市场占有率不断提高，还有少量出口。本届展会上哈尔滨量具刃具集团、哈尔滨精达测量仪器和哈尔滨智达测控技术等公司分别展出的齿轮测量中

心，已经不但能对复杂形面锥齿轮进行测量，并能和数控切齿机床联网，构建成锥齿轮的闭环制造系统（见图13），就这点而言，缩小了与 Klingl-nberg 及 Gleason 公司的差距。同时针对锥齿轮高精度超硬切齿刀盘的需求，已开发出相应的锥齿轮切齿刀盘调刀测量仪。

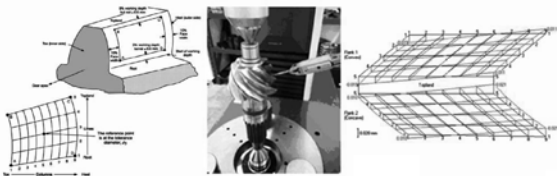


图 13 哈量展示的锥齿轮的测量和反调计算图示

为适应大批量汽车传动箱齿轮 100% 的装配生产现场质量检测的需求，哈尔滨精达、哈尔滨智达、金量和南京二机床等企业，先后开发出了结构不同、风格迥异的齿轮自动分选机。它们都以传统的齿轮双啮测量仪为主机，集成了不同的自动上下料和分选机构：转盘式、关节臂机器人式和桁架机器人式等，五光十色，引人瞩目，标志着我国齿轮测量仪器在自动化检测功能上的进展（见图14）。



图 14 精达、智达和南二开发的机器人式，转盘式和桁架机器人式齿轮自动测量分选机

哈尔滨同和光学精密机械有限公司，汇聚了哈工大精密工程研究所的精密机械和高精度气浮导轨/轴系制造等先进设计理论和制造技术，已经开发出大型高精度齿轮测量中心和大型数控复杂零件测量仪。期待这种新的产学研模式能为进一

步提高我国齿轮测量中心的制造水平做出贡献。日本东京技术和哈尔滨精达展出了沿啮合线方向测量渐开线齿廓的、三轴联动的数控齿轮测量仪器，这种新测量原理的齿轮测量仪器，有效解决了内齿轮测量测杆干涉问题，对大齿轮测量而言，缩短了测量行程，优化了仪器结构，提高了测量精度（见图15）。

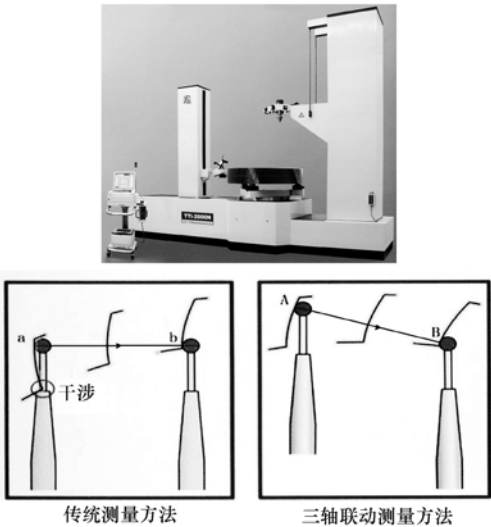


图 15 东京技术和精达开发的

‘沿啮合线测量渐开线齿廓’的齿轮测量仪及原理

以仪器测量坐标轴来分类上来看，齿轮测量中心实际上就是一台数控高精度四坐标测量机，除了能完成齿轮的测量以外，配备上有效驱动和测量软件，还具备测量曲轴、凸轮轴等回转体零件的功能，德国马尔的通用形状和齿轮检测系统 GMX600 就是一个代表。德国克林贝格的测量中心（P）系列同样声称，它可以取代多达四个传统测量设备，在一次装夹中自动完成齿轮测量、通用坐标测量、形位误差测量和粗糙度测量，测量本机精度达到 DIN 标准的 1 级，测量范围小于 1250mm 的仪器，其对于轴类工件测量的不确定度  $U_1 = 1.8 + L/250\mu\text{m}$ ，同心度和轴向跳动  $< 0.5\mu\text{m}$ （见图16）。德国 Wenzel 和美国 Gleason 的齿轮测量中心也具有类似功能。中航工业北京航空精密机械研究所（303 所）展出的 AGILITY 小型专用复合测量机，是一台三直线轴 + 回转台的电机直驱、数控四轴联动精密测量仪器，采用光学式/接触式扫描测头，针对航空发动机叶片、喷嘴、螺杆等复



图 16 P40 齿轮中心测曲轴

杂曲面零件实现车间现场的快速高效的测量（见图 17）。而赵施奈德博士测量技术（青岛）有限公司则针对曲轴、凸轮轴等复杂轴类零件三维尺度的快速精密测量，开发了 SMM 系列复合式坐标测量仪，它在高精度光学测量系统外还配有接触式触头系统和 SAPHIR 专业 3D 测量软件，关键参数：分辨力  $0.1\mu\text{m}$ ，长度测量最大允许偏差  $MPE_{EX,Y} = \pm (1.6 + L/200\text{mm})\mu\text{m}$ ， $MPE_{EXY} = \pm (2.5 + L/200\text{mm})\mu\text{m}$ ， $MPE_{EXYZ} = \pm (3.5 + L/200\text{mm})\mu\text{m}$ （见图 18）。德国 Jenoptik 公司的 CFM3010 测量仪也是光学测量系统为主的复合式测量仪，可全自动测量曲轴、齿轮轴和凸轮轴，重复精度可达  $0.3\mu\text{m}$ ，自动上下料，仪器采用气浮轴系和气浮直线导轨，花岗石主体结构。



图 17 303 所专用复合测量机



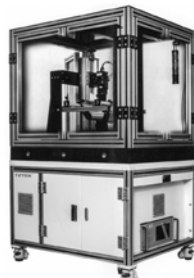
图 18 赵施耐德复合测量仪

本届展会上，深圳中图展出了用于精密螺纹的全参数检测仪器——万能螺纹扫描测量仪，填补了国内的空白，仪器获得用户的认可（见图 19）。该公司获得专利的微恒力扫描测量系统、移动测量滑台动平衡技术、摆动—直线扫描探测机



图 19 深圳中图的万能螺纹扫描测量仪

构，以及采用的超高精度光栅测量系统等，保证了仪器的高精度和可靠性。该仪器适用于圆柱螺纹环塞规、锥螺纹环塞规、圆柱/圆锥光滑环塞等内外量规的尺寸精度测量。仪器对圆柱螺纹规测量的不确定度：环规中/小径为  $\pm (2.0 + L/200)\mu\text{m}$ ；塞规中/小径为  $\pm (1.5 + L/200)\mu\text{m}$ ；螺距为  $\pm (0.5 + L/200)\mu\text{m}$ 。仪器分辨力  $0.01\mu\text{m}$ ，重复性  $0.1\mu\text{m}$ 。其性价比具有相当优势，可以和著名的 IAC 同类仪器相比。苏州天准科技股份有限公司推出的高速影像测量系统，能高效精确解决生产过程中大型液晶面板、PCB 板、薄膜等产品的质量检测。该公司还开发了线阵式影像测量系统，采用线扫描测量技术、龙门式机械结构，实现对产品几何尺寸的快速测量和表面瑕疵检测与判定（见图 20）。



展会上众多的刀具调整测量仪的制造商和展品，图 20 苏州天准的高速表明了刀具制造精度对于影像测量系统

切削加工质量、效率及效益的重要性。德国 Mapal 的框式刀调仪、赵施奈德公司的双测头结构刀调仪，在传统的 CCD 视频图像测量系统上，加上了接触式测头，增加了测量功能。德国 Haimer 公司推出了具有复合功能的刀具动平衡对刀仪 TD Pre-set，它将 Haimer 的动平衡技术和 Zoller 的刀具测量技术集成于一身，刀柄夹持在 Haimer 的高精度主轴上，可以在一次装夹的情况下，进行刀具整体的动平衡和尺寸测量，提高了刀具精度和加工

性能，省去了再次装夹时间（见图 21）。在 Kelch 展出的系列刀调仪中，KENOVA set lineV9 - S 是将对刀仪和热套装置结合所开发出的自动化装备，



图 21 Haimer 对刀平衡仪

它可以在刀具热胀过程中进行精确的长度调整和测量（见图 22）。Zoller 公司的 hobCheck 被认为是齿轮滚刀在对刀仪上实施全面检测的一个突破，该仪器将光学图像处理技术、数控轴和接触式测量传感器智能组合，可实现对滚刀所有参数的全自动测量，它具有可旋转的光学测量部件，能正确显示测量滚刀螺旋槽切削刃及自动确定切削刃的有效轮廓（见图 23）。



图 22 哈量 - Kelch 的对刀仪



图 23 Zoller 滚刀检测仪

奥地利的 Alicona 公司展出 Infinitefocus 三维光学微坐标测量仪系列产品，采用高分辨力的同轴白光聚焦测头。它将光学聚焦测头的精确测量和垂直扫描结合起来，采用自动变焦（Focus - Variation）技术得到工件被测表面的三维彩色拓扑信息，使用独特的算法重构出刀具的三维形貌，并具有自动分析功能，以满足复杂形状表面计量和检测的需要，其 Z 轴分辨力 $\leq 10\text{nm}$ ，可对整体刀具或刀片的外形轮廓尺寸精度、表面粗糙度以及表面形貌结构的测量，也可对刀具刃口微区进行测量（见图 24）。该公司的 IF - EdgeMaster 是专门用于全自动测量刀具刃口的光学三维测量仪。它



图 24 Alicona 仪器测量刀片及刃口形貌

可精确测量刀具刃口的钝化形貌（圆弧型、瀑布型及喇叭口型），可测刀具刃口半径（ $> 2\mu\text{m}$ ），刃口角度（刃口处的前角、后角），刃区的三维轮廓以及刃口粗糙度等。德国 Zoller 公司的 pomSkep-Go，也是用于刀具切削刃钝化测量的光学设备，它配有 pomSoft 软件，可显示切削刃的三维轮廓，可测量最小刀具刃口半径 $3\mu\text{m}$ （见图 25）。

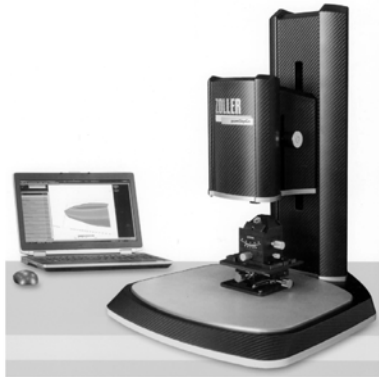


图 25 Zoller 刀具刃口钝化测量仪

随着制造精度和加工质量要求的提高，三维表面轮廓测量仪器得到迅速发展。Ametek 属下的美国 ZYGO 公司展出的仪器 NewView，据称为亚纳米级的光学轮廓仪，它采用了非接触式三维白光扫描干涉技术的测量原理及压电陶瓷和高线性的电容传感器的闭环扫描装置，Z 轴采用直流无刷微步进电机驱动，聚焦精度达  $0.1\mu\text{m}$ ，纵向分辨力  $<0.1\text{nm}$ ，横向分辨力  $0.34\mu\text{m}$ （见图 26）。而同属 Ametek 的英国 Taylor Hobson 展出的 LumphoScan（见图 27），则是一台基于多波长干涉技术（MWLI）的干涉式扫描测量系统，它是专门为旋转对称表面（例如非球面、球面、平面光学透镜和自由

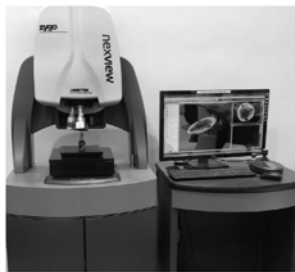


图 26 ZYGO 亚纳米光学轮廓仪

曲面)的超精密非接触式三维形状测量而设计的。该仪器使用了复杂的参考传感器和花岗石基座上的殷钢基准框架，三个参考传感器、高精度回转轴，以及两个平面反射镜确保了传感器和被测物体在基准框架中的位置精度，根据阿贝原理实现对机械轴 RZT 的误差补偿。超高精度的气浮轴系 C 轴能保证仪器的形状测量精度高于  $\pm 50\text{nm}$  ( $2\sigma$ )，重复性精度高于  $\pm 20\text{nm}$  ( $2\sigma$ )。其测量原理为：测量时 MWLI 点传感器连续测量传感器到被测物的距离，被测物件放在可  $360^\circ$  旋转的工作台 (C) 上，与此同时，传感器的位置，由两个直线工作台 (R 和 Z) 移动和旋转台 (T) 控制，在正常操作时传感器垂直等距于被测表面、沿被测件理想轮廓移动完成形面扫描。有时 C 台带动被测件旋转，进行螺旋式的扫描测量。最大型号仪器可测工件直径  $420\text{mm}$ 。

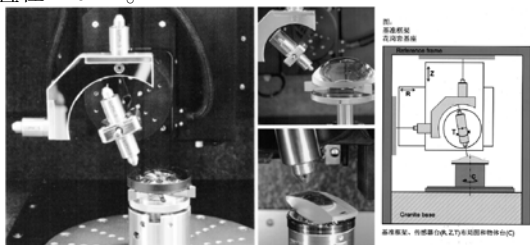


图 27 LumphoScan 超精密非接触式三维形状测量仪

为了将传统的表面粗糙度测量仪集成于生产线，日本三丰公司新开发的 CNC 自动表面粗糙度测量仪 SV-M3000CNC 系统的测头可实现 4 个方向的切换、Y 轴方向的测量及 X 轴驱动部的倾斜控制等功能，以便于有效测量重型工件或复杂形状的工件（见图 28）。赵施耐德公司展出的五轴复合式坐标测量机，适合于小型复杂零件的快速检测

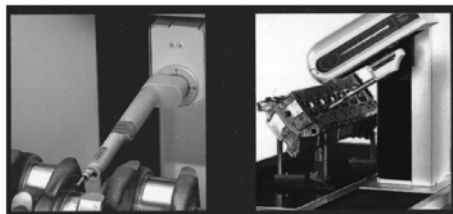


图 28 三丰 CNC 自动表面粗糙度测量仪

（见图 29）。此外，我国新天光电新开发的、带有显示屏的数字式高度仪和密封条激光视觉 3D 轮廓仪（见图 30），以及青岛前哨的测长机都有新的、可喜的技术进展。



图 29 赵施耐德五轴坐标机



图 30 新天高度仪

在用于高精度长度检测基准的激光干涉测量仪领域，成都工具研究所展出了由国家重大专项

支持的激光干涉仪产品，稳频精度达到 0.05ppm，线性精度 0.5ppm，测长范围 20m，测长分辨力达 0.01 $\mu$ m，最高允许测速 1m/s（见图 31）。深圳中图展出的激光样机同样给人印象深刻（见图 32）。美国 API 的 XD laser 6D 激光干涉仪可以一次安装测得一个直线运动轴上的 6 个参数：即 1 个位置度误差，2 个直线度误差和 3 个角度误差。它主要由稳频激光器、干涉镜和 6 维传感器组成，全程无线数据传输，提高了测量的可靠性和操作性；推介的 Swivecheck 角摆检查仪，与激光干涉仪配合，用于检查校准旋转轴摆转工作台。

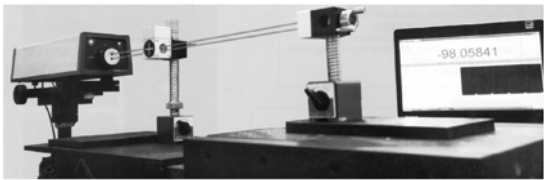


图 31 成都工具所激光测量系统

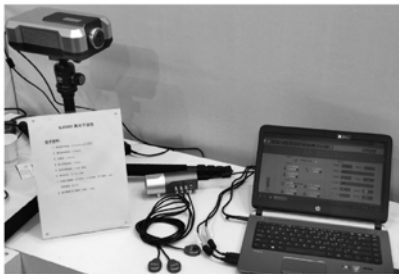


图 32 中图激光测量系统

英国雷尼绍的回转台激光测量系统，则开发了 XR20 - W 无线型回转轴校准装置，与激光干涉测量系统 XL - 80 和角度光学镜组配合使用，可进行回转轴全自动校准，精度达到  $\pm 1$  角秒。美国光动公司的激光测量系统，采用了基于激光多普勒干涉位移测量（LDDM）专利技术（见图 33），独具特色、其结构紧凑，操作方便，测量精度可达  $\pm 0.5$ ppm，分辨力 0.001 $\mu$ m，测速最大 5m/s，可以对数控机床轴线的定位精度和重复定位精度、数控机床的非接触圆运动轨迹精度、机床对角线位移精度以及回转轴线的几何精度进行检测。在高精度形貌激光干涉测量方面，Zygo 的 Verifire 系列激光干涉仪，融合了机械相移测量技术、数据采集技术、高性能光电成像技术、高稳频激光系统、振动补偿软件、非球面测量技术及波纹抑制

技术等，主要用于光学元器件的平面、球面、非球面和透射波阵面的快速高精度干涉测量。此外，API 的无线激光跟踪仪及无线智能测头（见图 34）、HEXAGON 的 LEICA AT960 绝对激光跟踪仪，与配备有触发或光学传感器的机器人组合，构建成完整的自动测量系统（见图 35），还有日本 Nikon 收购 Metris 的激光雷达 MV330/350 自动化大尺寸测量系统（见图 36），一种支持非接触和非目标式超大物体检测的多功能测量仪器，采用了调频相干激光雷达（FMCLR）测量技术，测量精度  $< 10$ ppm，都给人留下深刻的印象。

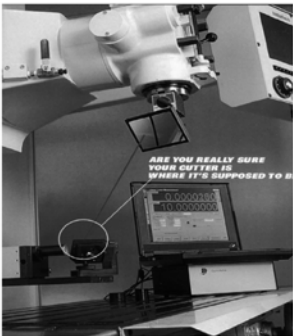


图 33 光动激光干涉仪



图 34 API 跟踪仪



图 35 Leica 测量系统



图 36 尼康激光雷达

生产过程在线/工位/主动测量和监控仪器方面，参加本次展会的国外厂商除了意大利马波斯和日本东京精密，还有新近参展的德国 Jenoptik 公司。除了常规的主动量仪展品外，马波斯展出了曲轴在线测量系统 Fenar L（见图 37），它安



图 37 Fenar L 曲轴测量

装在砂轮座上，在曲轴磨削过程中，实时提供测量信息，直至工件达到最终尺寸，绝对值测量仪 Protomar 主要用于直径的在线或加工后测量，实现被测直径绝对值的测量而不需特殊校准。其旗下的 Artis 公司推出的可对刀具、加工过程及机床状况实施集中监控的 CTM，以及对全自动刀具和加工过程监控的 Genior Modular（见图 38），受到不

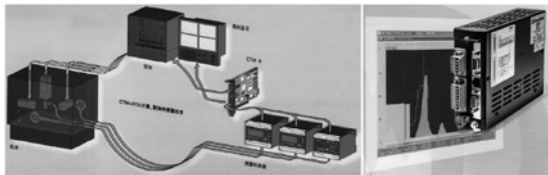


图 38 Artis 切削过程及机床监控系统

少观众关注。德国 Jenoptik 集团也介绍了可集成于生产线上的自动测量系统 Opticline CA610H，其旗下 Hommel – movomatic 公司开发的、适应高精度、快速方便调整使用的 DU200 等主动量仪给人留下深刻印象。值得一提的是，日本株式会社东京精密基于 PC 的测量系统 ‘USB – GAGES’，是个很有特色的理念和设计，其即将推出的 Air micro – USB 可将气动测量头和笔记本相连从而直接读取测量数据，实现全数字化通讯（见图 39）。



图 39 东京精密量具 USB 接口

国内一些小型主动量仪和工位量仪企业，通过多年来跟随国外先进水平，取得了一定的生存和发展空间，借助于价廉物美的产品和快捷周到的服务，在市场竞争中占有自己的位置，如中测量仪公司在展会上展出了多零件多品种多规格自动分选机及微机测量系统（见图 40）。



图 40 中测的多零件多品种多规格自动分选机及微机测量系统

本届展会上，便携式三维扫描测量仪器的展品层出不穷。美国 Ametek 集团下属的 Creaform 展台声势宏大，公司推出的系列便携式三维数字式扫描仪 Handy Scan 3D，其激光扫描测量速率最高，48 万次/s，分辨率 0.05mm，测量精度 0.03mm，具有高重复性（见图 41）。该仪器还可借助后期处理软件 VXmodel 将测量的 3 维数据传送至 CAD 或 3D 打印机，以扩大功能，也可使用 VXremote 远程访问软件，在公司认证的平板电脑上可异地显示及查询测量结果。其工业级光学 CMM3D 扫描系统——Metra Scan3D，为手持式光学三坐标三维扫描系统，它和 C – Track 双摄像头传感器进行组合，可确保在生产现场的精确测量。它还可以和机器人（或 HandyPROBE 便携式光笔测头）配合使用，提高在线检测和质量控制的可靠性、速度和功能。德国 Gom 公司也提供了类似产品的展品和资料。

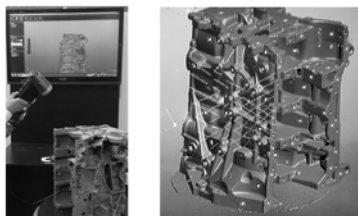


图 41 Creaform 公司的便携式三维数字扫描仪和工业级光学 CMM 3D 扫描系统

### 3. 展会的亮点：更多机器人融入测量，推进制造自动化；基于精细化数字化网络化测量系统的建立，将为智能化制造的质量测控奠定基础

本次 CIMT 展会呈现出的测量技术发展的亮点以及思考归纳如下：

（1）机器人技术和测量技术的集成融合，实现对批量工件实现自动上下料、识别、分选和测量，提高了检测过程的可靠性和灵活性，从而为自动化无人化生产奠定了基础。多家厂商的展出体现了这个理念的普及性和技术趋势（参见图 9、图 10、图 14 及图 42）。



图 42 东京精密和 KELCH 公司展出的机器人辅助测量仪器

(2) 数字化加工技术和测量技术、数字化网络化制造技术和信息技术的集成和融合，正在形成并积极推进智能化制造技术的发展。在齿轮制造领域，我国加快了追赶步伐。哈尔滨量具刀具集团和中大创远 - 哈尔滨精达各自分别实现了锥齿轮数字化闭环制造系统的开发（参见图 2），形成了软硬件成套技术与装备系统的生产能力。南京二机床成功开发的机器人控制智能化齿轮加工岛（见图 43），在实现了齿轮精度自动检测的同时，还可反馈测量结果对滚齿机和剃齿机的加工参数进行自动调整补偿的无人操作。可根据在线检测数据分析，自动判断误差，适时对岛内加工设备自动调整，实现齿轮加工全闭环控制。

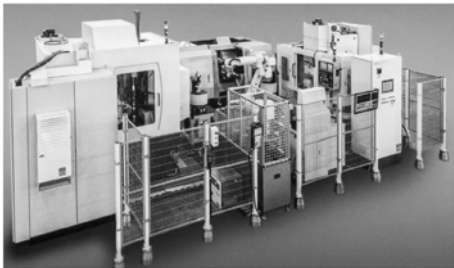


图 43 南二的机器人智能化齿轮加工岛

(3) 西安交大开发的“基于物联网测量的质量控制系统”（见图 44），则是我国在制造企业数字化、网络化质量管理上重要实践的一个代表。该技术已在企业车间质量管理中得到应用，并也在国家重点项目中得到应用。他们的这些实践——将数字化精密量具测量技术、信息技术、网络技术和生产车间或企业的数字化制造技术相集成融合，实现了车间或企业生产过程或产品质量的数字化网络化管理和控制。国内坐标测量机制造商西安爱德华公司也提出了类似理念（称为“网络智能测量系统”），这些都为我国机械制造业实现数字化、网络化和未来的智能化、无人化生

产作出了努力和贡献，它反映了在当今工业互联网技术、无线通讯技术以及大数据、云技术快速发展的时代，企业正在积极开发并打造一个包括产品全生命周期在内的、企业生产制造全过程质量的、网络化智能化测量和管理控制系统，标志着企业质量管理新时代的到来。尽管从这次展会的展品上与国外先进水平相比我们还有不小差距，但“中国制造 2025”规划了发展道路和目标，让我们全行业一起努力。

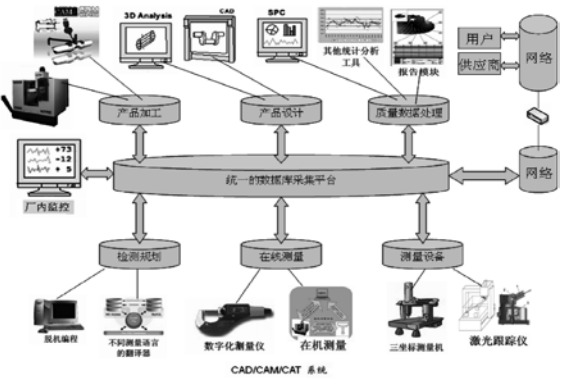


图 44 西安交大的基于物联网测量的质量控制系统

(4) 在近年国际经济发展动荡、恢复缓慢的状况下，量具量仪行业中的组合互补、兼并扩大的趋势明显，AMETEK 集团和 JENOPTIK 集团在这次展会上的亮相出现，反映了这种现象。前者至少包含有著名的英国的 TAYLOR HOBSON 公司、美国的 ZYGO 公司以及 CREAFORM 公司；后者则包含有 HOMMEL 公司和 MOVOMATIC。强强联合的大集团在技术、产品与市场的覆盖面更广更全面，优势更明显，相比之下，国内量具量仪行业似乎越来越分散，个体化、微小化的企业更多出现。如何形成行业合力共同发展，如何增强核心竞争力，值得我们全行业思考和努力。□

华中数控上半年数控系统收入同比增 81.12%

今年上半年，华中数控实现主营业务收入 2.38 亿元，其中，数控系统收入为 8415.33 万元，较上年同期增加 81.12%；数控机床收入为 6125.94 万元，较上年同期减少 51.36%；机器人收入为 2221.99 万元，较上年同期增加 122.39%。由于部分领域产品销售下滑，公司营业总收入同比下降 14.67%；因研发投入同比大幅增加，期间费用同比上升 40.10%，导致公司净利润同比下降 642.88%。

# 机床行业的发展 对磨料磨具产品的需求变化 ——CIMT2015 展会述评

第十四届中国国际机床展览会（CIMT2015），4月20日在北京中国国际展览中心（新馆）隆重开幕。13.1万m<sup>2</sup>的展出面积，28个国家和地区的1554家知名机床工具制造厂商参展。

作为机床工具的磨料磨具产品也有不少亮点，参加本次展会的国内外知名磨具企业有：国机精工、山东鲁信高新技术产业有限公司、苏州远东砂轮有限公司、苏北砂轮厂有限公司、宁波万福磨料磨具厂、福清市融马砂轮有限公司、郑州宇峰研磨材料有限公司、菅沼研磨（福州）有限公司、郑州捷利达研磨制品有限公司、淄博锐捷研磨科技有限公司、台湾嘉宝、日本则武、圣戈班、3M、泰利莱等知名企业。



苏州远东砂轮有限公司的展品

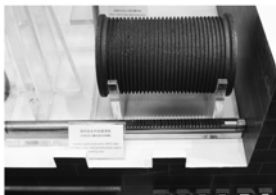


宁波万福新品展示

展会上，普磨分会组团参展企业，纷纷推出新品。山东鲁信高新技术产业有限公司拥有磨料、磨具、砂布砂纸、卫生洁具等四大主要产业，展出的陶瓷微晶磨料已达到世界先进水平，在高端磨

具制造市场占有了一席之地； $\phi 1550\text{mm}$ 树脂高速切割热轧钢坯砂轮填补了国内空白，已替代进口。宁波万福磨料磨具厂展出的陶瓷结合剂CBN系列、陶瓷结合剂金刚石系列、SG系列等各种形状、粒度的小砂轮、带磨杆、带柄小磨头及精磨超珩磨油石，在展会上共收获了5份订单的佳绩。

苏州远东砂轮有限公司展出了最新产品和主打产品SG磨料砂带；郑州捷利达展出的精密双面研磨机，平面度可达到 $1.5\mu\text{m}$ （国家标准要求达到 $3\mu\text{m}$ ），压力可控制在零压状态，受到参观者的一致好评，一位日本客户当时在展会现场就要买下展品样机。参展的外企也是精彩纷呈，作为硬齿面精

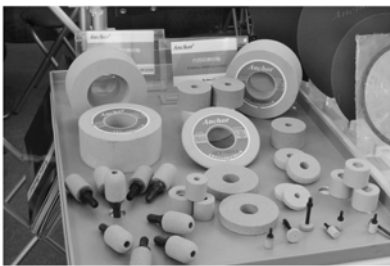


圣戈班展出新品

加工磨具市场的领先者——TYROLIT展示了展成磨砂轮、成型磨砂轮、陶瓷结合剂CBN外圆磨砂轮；圣戈班磨料磨具中国展出的高性能树脂双面磨砂轮采用了Quantum和SG等新型陶瓷磨料，采用新型磨料的砂轮具有非常高的金属去除率，能显著缩短加工周期，比普通砂轮多加工1倍的工件数量。



日本则武参展新品



台湾嘉宝参展产品

采用 Quantum™ 和 TGR 磨料砂轮同时采用 Vitrium3™ 陶瓷结合剂展出的陶瓷砂轮（80m/s），二者的强强联合使得磨具产品具有很高的金属去除率和形状保持性，非常适合航空航天、汽车零部件、齿轮、轴承等各种高速、高效磨削加工领域。

笔者通过和国内外参展企业的交流，深感国内企业产品与国外知名品牌产品还有比较大的差距，主要表现在以下几个方面：

（上接第 38 页）

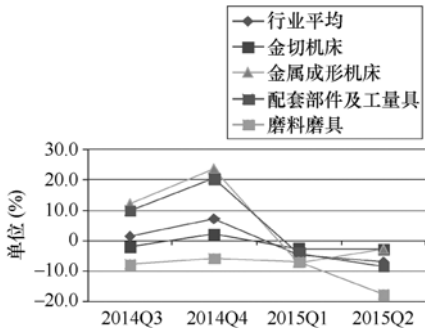


图 16 机床工具上市公司现金流量比率

的运行状况。作为资产优质、成长性和投资价值最高、内生动力最强的上市公司，依然出现收益下滑、经营困难和资金紧张的状况，其他非上市公司的运行状况有多恶劣就可想而知了。机床工

（1）高端产品少。近些年机床行业发展很快，数控机床占比增大，与之配套的磨具产品，绝大多数依靠进口，国内产品使用量很少，原因是产品的精细度不够。据台湾嘉宝营销部的负责人介绍，粗磨产品，台湾与大陆差不多，但随着机床行业发展，该企业开始往中磨、精磨产品发展，供对产品要求高的企业使用。

（2）产品质量的一致性差。据使用单位与出口反馈信息显示，同一批产品，磨削力、切割力都不一样，同一片磨具各部位磨粒与结合剂分布也有差异，所以产品很难打入高端市场。国外同行的经验告诉我们，好产品要从精细化做起，从原料开始，粒度要均匀稳定，每个部位的砂子、结合剂都要一致，同时生产环境一定要清洁，以保持产品的稳定。

（3）标准混乱，缺乏统一性，有待进一步提高和完善。高档磨具对铬刚玉、陶瓷刚玉、单晶刚玉、微晶刚玉的使用量增加，复合磨料等使用，磨具性能大大提高，建议国内企业在参展的同时要深入与国外、台湾等知名企业交流，学习他们先进的管理理念，先进的生产工艺，进而使自己的产品有质的提高，缩小与国外名牌产品的差距。磨具生产企业要了解高端产品使用企业对磨具产品的需求及建议，通过不断创新提高来满足用户的要求。□

具作为保障国家安全和国民经济发展的基础性、战略性产业，无论是产业发展，还是进行结构调整，都不能脱离企业实体的正常运行，一旦出现系统性问题，不仅会影响产业转型升级的顺利开展，而且会造成难以逆转的产业退化。因此，加大对实体企业的金融支持，降低企业负担，清除企业自主经营的藩篱，营造公平的市场秩序，以提高有效供给和做优产业增量，促进产业转型升级，从而应对经济波动对产业发展的冲击。

本文在进行上市公司选择过程中，主要选取其主营业务以机床工具产品制造为主的上市公司，这保证了产业背景和运行特性的相关性。分析结论以上市公司公开发布的季报数据为依据，供业内人士参考，如有偏颇之处还望指正。□

# 意大利重型机床产品综述

中国机床工具工业协会重型机床分会秘书长 徐宁安

## 一、概述

意大利重型机床制造业有着悠久的历史，生产厂家众多，产品门类齐全，为世界装备制造业提供了许多高水平重型机床产品，并以其强大的制造能力和高质量产品而享誉全球。

早在 20 世纪 80 年代末到就 90 年代，世界经济不景气，机床市场低靡，一些企业陷入困境，倒闭、重组之风席卷欧洲，致使世界机床市场竞争格局发生了巨大变化。特别是德国重型机床制造业遭受到了重创，从此德国重型机床企业落入空前的衰败，曾经代表世界重型机床一流水平的厂家纷纷倒闭或被并购重组。与此同时，也给当初世界二流水准的意大利重型机床制造业提供了市场机会，而意大利机床企业由于受到政府一系列优惠政策保护，使得众多机床企业得以生存下来，为意大利机床制造业的发展提供了有力支持，也为重型机床企业可持续发展奠定了坚实的基础，铸就了意大利重型机床制造业的今日辉煌，并逐步挤进世界一流水平。

进入 21 世纪后，随着世界机床市场逐步好转，市场需求发生结构性转变，意大利重型机床制造业抓住了这一历史性机遇，并得以迅速发展。如：以生产重型数控落地式铣镗床、重型数控卧式车床、重型数控龙门镗铣床而著称的 Innse（茵塞）公司；以专业化生产高精密数控镗铣床而闻名的 Pama（帕玛）公司；世界著名重型数控立式车床及龙门镗铣床生产厂家 Pietro Carnaghi（皮特·卡纳基）；老牌数控重型卧式车床和重型数控卧式镗铣床生产厂家 Lazaati（拉扎提）公司等，这几家企业是意大利重型机床制造业的代表，并后来居上，大有取代德国成为世界一流水平之势。

目前，意大利重型机床制造业最具代表性产品有重型数控立式车床、重型数控卧式车床、重型数控落地式铣镗床、重型数控镗铣床、重型数控龙门镗铣床、重型数控深孔钻床等，下面简要介绍最具代表性的产品。

## 二、意大利重型机床产品

### 1. 数控立式车床

重型数控立式车床的著名生产厂家是 Pietro（皮特）公司，该公司创建于 1922 年，是目前世界上生产立车产品历史最悠久的厂家之一，并于 2012 年后在中国上海临港建有独资生产企业，专门从事立车产品生产。产品有单柱固定式立车和双柱固定式立车，立式车床又分立柱移动式和工作台移动式。适于各种汽轮机、核电、风电、航空飞机发动机、航天、矿山工程机械、通用机械等领域零件加工。

#### （1）数控单柱立式车床

皮特公司生产的数控单柱立式车床分为 ATT 系列、ATF 系列、AS 系列三大系列产品：

#### ① 技术参数：

Pietr 公司 ATT 系列单柱立式车床

| 型号                   | ATT15                 |       | ATT24 |       |
|----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| 最大车削直径/mm            | 1500                  |       | 2400  |       |
| 工作台（交换台）直径/mm        | 1250                  | 1400  | 2000  | 2200  |
| 工作台最大承重/t            | 12                    |       | 20    |       |
| 工作台转速/（r/min）        | 4.4 -                 | 1.1 - | 0.7 - | 0.7 - |
|                      | 650                   | 400   | 275   | 250   |
| 切削功率/kW              | 60 - （100）            |       |       |       |
| 车削高度/mm              | 750 - （1000） - （1200） |       |       |       |
| 滑枕截面尺寸/mm            | 250 × 250             |       |       |       |
| Z 轴滑枕行程/mm           | 1000 （1250）           |       |       |       |
| 铣削功率/kW              | 37                    |       |       |       |
| 最大转速/（r/min）         | 3000 - （6000）         |       |       |       |
| X 和 Z 轴快速进给/（mm/min） | 30000                 |       |       |       |

Pietro 公司 ATF 系列单柱立式车床

| 型号                   | ATF10 T/TM                              |            | ATF14 T/TM |           |
|----------------------|-----------------------------------------|------------|------------|-----------|
| 最大车削直径/mm            | 1000                                    |            | 1400       |           |
| 工作台（交换台）直径/mm        | 630                                     | 800        | 1000       | 1200      |
| 工作台最大承重/t            | 2                                       | 3          |            |           |
| 工作台转数/（r/min）        | 5.5 – 1250                              | 5.5 – 1000 | 4.4 – 800  | 4.4 – 650 |
| 切削功率/kW              | 60 – （100）                              |            |            |           |
| 车削高度/mm              | 750 – （1000） – （1200） – （1500） – （1800） |            |            |           |
| 滑枕截面尺寸/mm            | 250 × 250                               |            |            |           |
| Z 轴滑枕行程/mm           | 1000 （1250） – （1500）                    |            |            |           |
| 铣削功率/kW              | 37                                      |            |            |           |
| 最大转数/（r/min）         | 3000 – （6000）                           |            |            |           |
| X 和 Z 轴快速进给/（mm/min） | 30000                                   |            |            |           |

Pietro 公司 AS 系列单柱立式车床

| 型号                   | AS65T/TM                                                           | AS80T/TM | AS100T/TM | AS120T/TM | AS140T/TM | AS160T/TM | AS180T/TM |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 最大车削直径/mm            | 6500                                                               | 8000     | 10000     | 12000     | 14000     | 16000     | 18000     |
| 工作台直径/mm             | 6000                                                               | 6500     | 8000      | 8000      | 10000     | 10000     | 10000     |
| 最大承重/t               | 250                                                                | 250      | 350       | 350       | 500       | 500       | 500       |
| 切削功率/kW              | 150 – （230） – （250）                                                |          |           |           |           |           |           |
| 加工高度/mm              | 固定梁：1500 活动梁：3000 – 3500 – 4000 – 4500 – 5000 – 6000 – 7000 – 8000 |          |           |           |           |           |           |
| 滑枕断面尺寸/mm            | 350 × 350 – （400 × 400） – （500 × 500） – （600 × 600）                |          |           |           |           |           |           |
| 滑枕行程/mm              | 1500 – （2000） – （2500） – （3000） – （4000）                           |          |           |           |           |           |           |
| 铣削功率/kW              | 40/60/71/100                                                       |          |           |           |           |           |           |
| 最大转数/（r/min/m）       | 2500 – 3000 （6000）                                                 |          |           |           |           |           |           |
| X/Z 轴快速进给速度/（mm/min） | 15000                                                              |          | 10000     |           |           |           |           |

② 结构特点：ATT 和 ATF 两个系列为紧凑型设计，采用立柱热对称结构，刚度高，阻尼性好，具有强力切削性能。其共同特点均采用双工作台形式，即立柱为并联结构，工作台中间隔开，采用全封闭式双工位布局，特点是节约占地面积，降低地基成本。ATT 采用双刀架滑枕结构，共用一个操作悬挂，操作者同时操作 2 台机床。而 ATF 则采用一个大型圆工作台，在该工作台上置于双工位工作台，共用一个立柱和横梁及刀架，在一台机床上可控制双工位工作台，这是该系列产品的一大技术结构上的创新，双工位工作台中间用隔板隔开，构成相对独立的两台机床，节约辅助装卡时间，提高了生产效率 2 倍。

③ 工艺性能：该机床可配备双工位工作台或交换工作台，工作台采用静压支撑技术，工作台承载大，转数高，最高可达到 600（r/min）/min。刀架和滑枕快速移动可达到 30m/min。配有刀库，实现快速自动换刀，并配备自动排屑装置，是目前立式车床中加工性能水平较高的产品，特别适合高速加工航空发动机等精密零部件。

(2) 数控双柱立式车床

该公司双柱立式车床主要有 AC 系列、AP 系列、AY 系列三大系列产品，其中：AC 和 AP 两大系列为数控双柱立车；AY 系列为工作台移动式双柱立车，下面仅列举 AP 系列技术规格参数：

① 技术参数：

Pietro 公司 AP 系列数控双柱立式车床

| 型号                    | AP70T/TM                                              | AP80T/TM | AP90T/TM | AP100T/TM | AP120T/TM | AP130T/TM | AP140T/TM |
|-----------------------|-------------------------------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 最大车削直径/mm             | 7000                                                  | 8000     | 9000     | 10000     | 12000     | 13000     | 14000     |
| 工作台直径/mm              | 6000                                                  | 6500     | 8000     | 8000      | 8000      | 10000     | 10000     |
| 最大承重/t                | 250                                                   | 250      | 350      | 350       | 350       | 500       | 500       |
| 切削功率/kW               | 120 - (180) - (300)                                   |          |          |           |           |           |           |
| 加工高度/mm               | 3000 - 3500 - 4000 - 4500 - 5000 - 6000 - 7000 - 8000 |          |          |           |           |           |           |
| 滑枕断面尺寸/mm             | (400 × 400) - (500 × 500) - (600 × 600)               |          |          |           |           |           |           |
| 滑枕行程/mm               | (2000) - (2500) - 3000 - (3500) (4000)                |          |          |           |           |           |           |
| 铣削功率/kW               | 60/71/100                                             |          |          |           |           |           |           |
| 最大转数/ (r/min/m)       | 2500 - 3000 (6000)                                    |          |          |           |           |           |           |
| X/Z 轴快速进给速度/ (mm/min) | 15000                                                 |          |          |           |           |           |           |

② 结构特点：数控双柱立车分为定梁和动梁两种结构形式；工作台分为固定式和移动式两种型式。工作台轴承可选用两种结构支承，一种是采用滚子轴承，另一种是静压滚子轴承支承，最大可承载 500t，最大切削功率为 300kW，具有承载能力大，刚度好，大扭矩，重切削，稳定性好等特点，适合加工超大零件。

③ 工艺性能：该公司生产的双柱立式车床的优势在于具有可选择性，无论是结构形式，还是加工范围以及工艺性能等方面，都为用户提供了多种选择。特别是工作台可移动结构，能满足用户在承重范围内选择工作台移动式结构，扩大加工直径，加工性能更加广泛灵活。滑枕配有铣削功能，能对回转零件进行多工序加工，这是超重型数控立车在工艺性能方面重要的技术升级。

2. 数控卧式镗铣床

意大利生产数控卧式镗铣床的厂家主要有 Pama（帕玛）和 Innse（茵塞）以及 Fpt 公司等厂家，帕玛公司是专门从事镗铣床生产的专业厂家，在世界上享有镗铣床世家的美誉，以其精密、高效而闻名于世。Pama 公司在上海临港建造了占地 10700m<sup>2</sup> 的厂房、培训中心，并于 2012 年元月投产使用。茵塞公司是老牌以生产重型、超重型镗铣床为主的厂家。Fpt 公司也是传统生产镗铣床的专业厂家，下面主要介绍帕玛公司的数控卧式镗铣床：

① 技术参数：

Pama 公司 SPEEDMAT 数控卧式镗床

|               |             |
|---------------|-------------|
| 工作范围          |             |
| X 轴（工作台）行程/mm | 2600 - 5000 |
| Y 轴（主轴箱）行程/mm | 2000 - 3000 |

|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Z 轴（立柱）行程/mm                        | 2300 - 2700               |
| 工件最大回转直径/mm                         | 2600 - 4600               |
| 工作台                                 |                           |
| 工作台或交换台尺寸/mm                        | 1250 × 1250 - 2000 × 2500 |
| 工作台承重/t                             | 10 - 25                   |
| 交换台承重/t                             | 8 - 20                    |
| 主轴箱                                 |                           |
| 镗轴直径/mm                             | 130 - 160                 |
| 主轴最大转数(标准或选项)/(r/min)               | 3500/4000 - 3000/3500     |
| 主轴最大功率 (51 - 100%) /kW              | 45 - 52                   |
| 主轴最大扭矩 (51 - 100%) /Nm              | 1860 - 2395               |
| 各轴快速移动速度                            |                           |
| X、Y、Z、W 轴快速移动<br>(标准/选项) / (mm/min) | 15000/20000               |
| 机床精度（参照 VDI3441 标准）                 |                           |
| X、Y、Z 轴定位精度 (P) /μm                 | 10                        |
| B 轴定位精度 (P) /arcsec                 | 5                         |
| X、Y、Z 轴重复定位精度 (Ps) /μm              | 5                         |
| B 轴重复定位精度 (Ps) /arcsec              | 3                         |

Pama 公司 SPEEDMAT HP 铣镗加工中心

|                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| 工作范围                            |                           |
| X 轴（工作台）行程/mm                   | 2600 - 4600               |
| Y 轴（主轴箱）行程/mm                   | 2000 - 3000               |
| Z 轴（立柱）行程/mm                    | 2300 - 3200               |
| 工件最大回转直径/mm                     | 2600 - 4600               |
| 工作台                             |                           |
| 工作台或交换台尺寸/mm                    | 1250 × 1250 - 2000 × 2500 |
| 工作台承重/t                         | 10 - 25                   |
| 交换台承重/t                         | 8 - 20                    |
| 直线轴参数（主轴箱 H - HV - A）           |                           |
| X 轴进给/快速移动/ (mm/min)            | 高达 40000                  |
| Y、Z 轴进给/快速移动/ (mm/min)          | 高达 45000                  |
| X、Y、Z 轴加速度/ (m/s <sup>2</sup> ) | 高达 2.5                    |
| X < Y、Z 轴推力/kN                  | 20000                     |

直线轴参数（主轴箱 H-HV-A）

|                        |          |
|------------------------|----------|
| X、Y、Z、W 轴快速移动/（mm/min） | 高达 30000 |
| X、Y、Z 轴推力/kN           | 20000    |
| 机床精度（参照 VDI3441 标准）    |          |
| X、Y、Z 轴定位精度（P）/μm      | 10       |
| B 轴定位精度（P）/arcsec      | 5        |
| X、Y、Z 轴重复定位精度（Ps）/μm   | 5        |
| B 轴重复定位精度（Ps）/arcsec   | 3        |

② 结构特点：该公司生产的卧式镗铣床以其高速、高精、大功率、大扭矩而闻名，主轴箱装在立柱中央，保证良好的刚性和运行稳定性，X 轴与 Z 轴床身安装在同一水平线上，以降低机床安装时间和地基建设成本。采用模块化设计，卧式镗铣床与镗铣加工中心的工作台和交换台、主轴箱、滑枕均可以通用。另一大特点是融入环保制造理念，将排屑装置和冷却液回收装置全部集成在防护罩内，机床实行全封闭，保证了机床的清洁度。可以一机配备多个交换工作台，组成柔性加工单元或柔性加工系统，这在大型镗铣床中还不多见，

体现了技术与制造能力的高度集成。

③ 工艺性能：主轴箱设计考虑了高速加工时刀具所产生的热量，导致主轴的伸长，使温度对主轴精度造成影响，专门设计了对主轴进行 CNC 实时控制，进行主轴延伸补偿（Pama 专利技术）。卧式镗铣加工中心的技术在目前世界同类产品中保持领先水平，快速进给和移动速度高达 45m/min，加速度达到了 3m/s<sup>2</sup>。可以配备各种铣头附件，实现五轴联动加工。

3. 数控落地式铣镗床

数控落地式铣镗床主要以 Innse（茵塞）和 Pama（帕玛）公司为代表，这两家均为世界上最早专门从事数控落地铣镗床生产的专业厂家之一。特别是 Innse（茵塞）公司系传统生产重型、超重型落地铣镗床的厂家，并具有较明显的技术优势和制造能力，被誉为重型落地式铣镗世家。下面介绍这两家公司的数控落地铣镗床产品。

① 技术参数：

Innse 公司 Aries 系列数控落地式铣镗床

| 型号               | Aries2      | Aries3      | Aries4      | Aries5      |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| X 轴行程（纵向）/mm     | >5000       | >6000       | >6000       | >10000      |
| Y 轴行程（垂直）/mm     | 2500-5000   | 4000-6000   | 5000-7000   | 6000-10000  |
| Z 轴行程（滑枕）/mm     | 1250-1500   | 1600        | 1700        | 1800-2000   |
| W 轴行程（镗杆）/mm     | 1000-1200   | 1200-1400   | 1500        | 1600-1800   |
| 滑枕尺寸/mm          | 420×450     | 500×550     | 600×650     | 720×890     |
| 镗轴直径/mm          | 150/165/180 | 180/200/225 | 200/220/260 | 260/280/320 |
| 主轴最高转速/（r/min）   | 3250/2500   | 2200/1800   | 2000/1600   | 1600/1200   |
| 主轴大功率/kW         | 51/74       | 100         | 130         | 150         |
| 铣/镗最大扭矩/Nm       | 3750/7500   | 13000/16000 | 20000/24000 | 28000/32000 |
| 线性轴进给速度/（mm/min） | 25000       | 20000       | 15000       | 13000       |

Pama 公司 SPEEDRAM 系列数控落地式铣镗床

工作范围

|               |           |
|---------------|-----------|
| Y 轴（主轴箱）行程/mm | 2000-8000 |
| Z 轴（滑枕）行程/mm  | 1000-1900 |
| W 轴（镗杆）行程/mm  | 700-1600  |
| Z-W 轴总行程/mm   | 1700-3500 |

主轴箱

|                |            |
|----------------|------------|
| 滑枕截面/mm        | 360×400    |
| 镗杆直径/mm        | 130-260    |
| 主轴最大转速/（r/min） | 4000-1400  |
| 主轴齿轮挡数         | 2-3        |
| 主轴最大功率/kW      | 37-145     |
| 主轴最大扭矩/Nm      | 1525-25683 |

各轴进给速度

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| X、Y、Z 轴进给速度/（mm/min） | 30000-12000 |
|----------------------|-------------|

② 结构特点：数控落地铣镗床的主要运动轴均采用静压导轨或滚珠丝杆副传动，X 轴和回转工作台均为静压导轨，回转工作台既可回转运动也可作垂直移动，最大台面尺寸达到 6.5m×12m，最大承重可达 600t。可翻转式回转工作台是该公司的一大创新亮点，即可回转，也可进行任意角度翻转，采用液压油缸升降与支撑定位，可以实现对任意角度的面和孔进行可加工。另外，Innse 公司将铣镗床立柱置于圆形工作台的中心，回转台作回转运动，可以分度，再进行镗铣加工，可以解

决大型回转零件的内孔车铣镗加工，解决个性化加工需要，特别适合核电反应堆吊篮内部加工。这种结构非常新颖，制造难度也较大。

③ 工艺性能：落地铣镗床以其配备强大的各种回转可移动工作台、附件、刀库等，附件是落地铣镗床扩大加工范围的有效手段，可以配备圆形、矩形、可翻转等回转台，可以直线移动和分度，高精定位；备有几十种附件可供选择，附件全部实现自动更换；还可以配备各种刀库，最多可以配备 600 工位刀库，完成各种不同零件多种工序的加工，其工艺性能是其他机床不可比拟的。

4. 数控龙门镗铣床

数控龙门镗铣床主要生产厂家有 Innse（茵塞）和 Pama（帕玛）公司等，Innse 公司是世界上生产数控龙门镗铣床最早的厂家之一，而 Pama 公司是 20 世纪 90 年代才开始生产，无论是规格和还是承载能力以及重切能力都不如 Innse 公司的产品，但是，Pama 公司的制造工艺和精度要优于 Innse 公司产品。数控龙门镗铣床主要分为龙门固定式和龙门移动式两大类，又分固定梁和动梁两种结构型式，下面主要介绍龙门固定与龙门移动式镗铣床。

① 技术参数：

Innse 公司 ATLAS P 系列数控龙门镗铣床

| ATLAS P         | ATLAS 2P            | ATLAS 3P            | ATLAS4P      |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|
| 定梁型             | 固定/移动               | 固定/移动               | 固定/移动        |
| X 轴移动（工作台）/mm   | 3500 – 8000         | 8000 – 16000        | 8000 – 16000 |
| 单工作台长度/mm       | 3000 – 15000        | 4500 – 16500        | 6000 – 18000 |
| Y 轴移动/mm        | 3900 – 6900         | 5200 – 7200         | 8000 – 11000 |
| 立柱间距/mm         | 2800 – 5800         | 4200 – 6200         | 7000 – 10000 |
| 滑枕垂直移动（Z 轴）/mm  | 1250 – 2000         | 1500 – 2500         | 2500 – 4000  |
| 横梁移动（W 轴）/mm    | 无/ > 1500           | 无/ > 2000           | 无/ > 2500    |
| 工作台面至主轴端面/mm    | 2500/待选             | 3000/待选             | 待选           |
| 滑枕截面/mm         | 550 × 550/570 × 600 | 550 × 550/620 × 620 | 680 × 680    |
| C 轴             | 分度/连续               | 分度/连续               | 连续           |
| 主轴最大功率/kW       | 60（80 可选）           | 80（100 可选）          | 100（130 可选）  |
| 主轴最高转速/（r/min）  | 4000（3000）          | 3000（2500）          | 2500         |
| 最大扭矩/Nm         | 3350（6000）          | 6000（9000）          | 9000         |
| 最大进给速度/（mm/min） | > 2000              | > 2000              | > 15000      |

Pama 公司 VERTIRAM 龙门加工中心

| VERTIRAM              | 1. 2. 3. 4. 5 |
|-----------------------|---------------|
| 立柱间距/mm               | 3600 – 6000   |
| 主轴端面至工作台最大距离/mm       | 4000 – 5000   |
| X 轴（龙门）行程/mm          | 6000          |
|                       | + N × 1000    |
| Y 轴（主轴箱）行程/mm         | 5900 – 7900   |
| Z 轴（滑枕）行程/mm          | 2000          |
| 滑枕截面/mm               | 590 × 590     |
| 主轴最大转速/（r/min）        | 4500          |
| 主轴齿轮挡数                | 4             |
| 主轴最大功率（S1 – 100%）/kW  | 80 – 100      |
| 主轴最大扭矩（S1 – 100%）/Nm  | 7600 – 9500   |
| X 轴进给/快速移动/（mm/min）   | 20000 – 15000 |
| Y、Z 轴进给/快速移动/（mm/min） | 25000         |
| W 轴进给/快速移动/（mm/min）   | 15000 – 10000 |

② 结构特点：大型、超重型数控龙门镗铣床关键部件为龙门框架，高刚性、高稳定性、高动态性决定了高速、高效加工性能。可根据需要在龙门架两边分别设置操作台，操作台随龙门移动，采用人体工程学原理，工作台独立升降采取全封闭式结构，安全、美观，环保。龙门移动导轨采用闭式静压导轨。

③ 工艺性能：龙门移动式镗铣床的优点是运行灵活，能加工超大面积零件，且各种功能部件配置齐全，可配备圆形工作台进行车、铣加工，能配置超大型附件库、超大容量刀库，附件库与刀库采用矩阵式结构，设置在机床旁，专门设有一个机械手随龙门移动，更换附件和换刀非常迅速、便捷，极大扩充了加工范围。

### 三、综述

纵观意大利重型机床制造业，随着市场竞争日趋激烈，竞争格局不断变化，兼并重组成为竞争的主旋律，企业不断转变经营模式，经过近十年的高速发展，最大特点是企业之间打破以往单一产品生产模式，产品交叉互补特征突出，品种门类更加齐全，产品技术含量越来越高，技术水平有了迅速提高，市场竞争力不断增强。值得一提的是意大利重型机床制造业体系始终保持较为完备，以其强大的竞争力展现在世界机床市场，并在欧洲机床体系中已超越德国重型机床制造业，主要原因在于德国重型机床企业逐渐萎缩，一大批世界著名企业已名存实亡，今非昔比。尽管仍保留了一些品牌，但作为独立的制造企业几乎不复存在。

从技术发展看,意大利重型机床已进入世界一流水平,甚至处于领先地位,完全可与原德国著名企业的产品技术相媲美,主要体现在设计创新、高速、高精、工艺性能、品质、远程诊断,环保、人体工程学应用等方面。设计创新体现在将工艺性能最大化,如:最大限度地扩大功能部件的工艺性能,回转工作台可翻转角度、立柱置于工作台中心;高速:  $\phi 130\text{mm}$  镗杆最大转速达到  $4000\text{r/min}$ , 高精: X、Y、Z 轴定位精度  $10\mu\text{m}$ , 重复定位精度  $5\mu\text{m}$ , 进给和快速移动最高可达到  $45\text{m/min}$ ; 工艺性能: 备有几十种各种铣头附件供

选用,可配备最大容量达到600工位的刀库,将工艺加工性能扩大到极至;远程诊断:重型机床远程诊断是机床设计必需优先考虑的技术能力,设计软件与诊断是主机厂家为用户提供技术服务的重要手段,可以实行远程适时监控,及时发现诊断各种故障,解决技术故障难题。同时,为用户提供工艺解决方案,为用户提供技术支持;环保:布局合理,排屑和液压冷却系统回收采取全封闭循环,无裸露痕迹,体现环保价值理念;品质:无论是操作台的设计,还是外观设计,都充分应用人体工程学原理,考虑操作的舒适、便捷、宜人性,并融入多种时尚元素,打破了传统机床制造理念,彻底跳出机床产品范畴,具有观赏价值,新颖、别致、亮丽,不失为工艺品。

综上所述, 重型机床已由单一品种向多功能复合机床方向发展, 以高速、高精、智能化、信息化提升产品档次; 以增强工艺性能进一步拓展加工范围, 特别是注重向功能部件技术扩展、延伸, 集主机与功能部件性能于一体, 全面优化主机的工艺性能。外观设计更加融入人体工程学元素, 强化工艺制造精细化理念, 突显宜人性和环保理念。

今后重型机床发展将进一步向高端、智能化方向发展,实现智能与网络的一体化,相信在不久的将来,机床制造业将加速推进信息网络与主机联网,实现网络联机一体化,机床进入互联网的时代即将到来,也是机床发展的必然趋势。□

## 勇克中国服务中心喜迎 10 周年

今年，德国勇克中国服务中心步入了其成立以来的第10个年头。这一特殊的时刻勇克通过一次员工聚会低调地完成了庆祝。

为了帮助客户的员工能熟练的正确的操作，维护和维修机床，勇克可为客户提供有针对性的定制培训，还可搭配一定时间的生产陪同，或者每年定期的检查维护。确保客户最大程度利用机床创造效益是我们的宗旨。在客户对机床不熟悉而需要挑选备件时，勇克工程师可以提供专业咨询并帮助挑选，确保客户只采购必要的正确的备件。

近些年勇克在中国接连获得来自天润曲轴有限公司和奇瑞汽车有限公司的最佳供应商奖以及上海通用汽车有限公司的技术创领奖。客户的肯定是公司的最高荣誉，也正是追求最佳服务的成果。“但是我们不会停留在中国市场。我们的中国工程师们都接受过良好的教育且经验丰富，其中一些可与我们的德国专家相当。假以时日，我们将走出中国，为亚洲其它国家甚至是欧美国家也提供服务”，勇克中国服务中心执行总监柯睿杰躊躇满志的说。

# 第十四届中国国际机床展览会观感

天水星火机床有限责任公司 董全宏

四月的北京春暖花开，我们又迎来了 CI-MT2015 这一机床工具行业盛会。本届展会规模宏大，精品荟萃，盛况空前。展会上新品云集，亮点多多。笔者通过参加此次盛会，开扩了视野，触发了灵感，参观后的一些看点、感想也愿与大家一同分享。

## 一、智能系统简约而不简单

当前，德国的“工业 4.0”热潮来袭，工业革命向更高层次发展。工业 4.0 的愿景是物流信息融合生产系统，它的构成和影响要素，其关键是通过人-人、人-机、机-机交互与合作，大幅度提高生产力和资源利用率。中国也在筹划自己的顶层设计“中国制造 2025”，特别是随着中国制造业的转型升级及“互联网+机床”的推进，“中国制造 2025”将成为未来几年行业和市场持续受关注的主题。恰好此次展会的焦点也是机械联网，焦点技术包括集成工厂、3D 打印、协作机器人、能源效率和智能电网等。物联网是智能工厂的基础，核心是数控设备。



当今，世界已进入高速发展的新工业革命时代，如何将日新月异的网络技术与机床制造业结合起来，正是业界同行们非常关注的一个问题。有的在思考如何机器换人构建自动化智能工厂；有的在研究如何将 CNC 融入 PLC 之中并实现网络联接，“互联网+机床”成了此次展会的一个焦点。

沈阳机床集团以“你好，明天”为主题，在展会上，以 i5 智能机床操作系统为基础打造的“i 平台”，将机床加工领域的设计、制造、服务、供应链、用户等环节集成到云端，改变传统的单机生产模式，用“互联网机床”的思维构建一张智能机床领域的互联网。共推出 15 款具有国际化水准的智能化、客户化产品，全面展示了沈阳机床的新技术、新理念、新服务和新模式。



此次展会，沈阳机床不仅展示了 i5 系列智能机床，更重点展示了 i5 智能机床的实操主题——“基于工业互联网的远程协同与分享网络”，让客户真真切切地感受到智能机床的远程在线控制。本次展出的 4 台 i5 智能机床中有两款是今年推出的新产品，一款是用于智能手机壳体加工的 i5M1.1；一款是针对一般加工机械行业的 i5T1。

为了让观众能够亲身体验 i5 智能机床易上手、易操作的特点，观众在展会现场与 i5 智能机床交互参与，现场以 3D 模式的形式向观众演示如何操作 i5 智能机床，观众可亲手操作 i5T3 加工一个笔筒，切身感受到外表“高冷”的机床其实距离我们的生活并不遥远。

i5 数控系统采用平板电脑操作，易学、易用、易见、易维护和易统筹。对于完全没有接触过机床操作的人来说，只需要半小时就可以掌握 i5 的操作特点并进行实际工作。也因为 i5 会思考，原来需要耗时 70min 的数控机床加工准备时间，可以通过 i5 缩短至 5min。在 i5 人性化、智能化的设计之下，身在千里之外也可通过手指在电脑或手机上操作，通过网络向 i5 智能机床下达指令。

另外，大连机床作为本次展会最大参展商之一，以“大制造、创精机”主题，以“智能化时代制造专家”形象亮相展会，其产品和服务加深了大家对“中国制造 2025”的理解。在大连机床展区，中国文化元素伴随着每一个前来参观的同行者。在了解大连机床制造的“工业精品”的同时还感受到中国传统文化的魅力。



本次展会大连机床集团最新研发的高精密机床装备和自动化制造生产线等产品集中参展，凭借高智能化、高效率和高精度等特性倍受瞩目。首次亮相的由三台 TD500A 钻攻中心、一台轨道式机器人组成的手机壳体加工自动线是为 IT 通讯行业提供的专用加工设备，目前大连机床生产的钻攻中心、雕铣机等产品在苹果、三星、华为等一批通讯企业应用了几千台。大连机床集团的柔性自动生产线将现代信息技术植入传统汽车发动机生产工艺，展会现场一套拥有 5 台加工中心的生产线用 72s 就把毛坯料加工成一个发动机缸盖成品，精度也大幅提升。针对当前手机、通讯和电子产品加工设备市场需求旺盛，大连机床集团还将发动

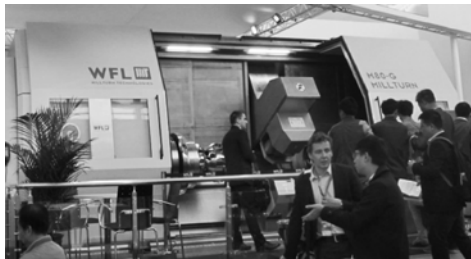
机自动生产线的制造优势向该领域转移，快速开发出用于手机金属外壳加工的全自动生产线，生产效率能提高 45% 左右，展会上一经推出就受到众多手机制造企业的青睐。据了解，大连机床与国家数控系统工程技术研究中心通过近几年来对用户设备需求、生产管理需求等多方面潜在需求的研究，借助目前日趋成熟的互联网技术，提出了具有跨时代意义的“三平一云·2025”智慧机床服务体系。

从 CIMIT2015 展会可以看到，本届展会的热点也几乎都是围绕智能制造展开的。我们谈自动化、追智能，其实目的只有一个，就是让机床的能力被充分发挥，让加工质量、效率最大化。

## 二、产品精度再上台阶

精度是机床区别于其他机械的特质所在，是机床界代代传承、不断追求的永恒目标。凭借多种现代综合技术的应用与精益求精的生产制造管理，机床的几何精度、控制精度、加工精度不断迈向新的高度。众多精密、高精度、亚微米精度的展品，将带您进入日常鲜有触及的微米甚至纳米世界，于细微之中领略精准制造的含义和魅力。

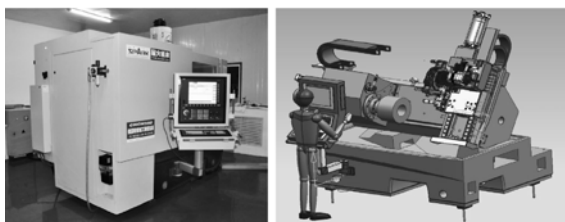
WFL 展出了一台 M80 - G MILLTURN/3000mm 车铣复合加工中心。WFL 车铣复合加工中心是一种高效、高精度机床，其设计原则就是通过一次装夹（或尽可能少的装夹）全部完成车 - 铣 - 钻 - 镗 - 铰以及成形（齿轮、凸轮、叶片）测量磨削等全部加工，以减小由于工序的转换而带来的精度损失以及加工工时的浪费。该车铣复合加工中心拥有超过 20 个不同的加工功能。



WFL 公司是全球目前专业致力于生产多功能车 - 镗 - 铣加工中心的机床生产商。与众多其他机床制造企业不同的是，WFL 只专注于车铣复合加工中心的研发及创新。或许正是得益于这种专

一的执著，现如今“MILLTURN”品牌代表的是生产高精度复杂零部件的机床。车铣复合加工中心的标准结构和为用户量身定制的独特解决方案，保证了复杂加工任务的完美解决方案。

这次展会国内天水星火有限责任公司展出的CNCH350 航空精密数控车床，采用多种先进技术获得了空前的精度，主轴径向跳动 0.0005mm、主轴轴向跳动 0.001mm，X/Z 定位精度 0.0003/0.0004mm，X、Z 重复定位精度 0.0002mm。普通车削刀具，完成工件表面纳米精度车削。这样高精度、高稳定性的三轴联动数控车床，目前只有德国、美国和日本等少数几个国家可以生产，CNCH350 高精精密数控机床的研制具有国际先进水平，可以替代进口。



CNCH350 航空精密数控车床，是天水星火有限责任公司为了适应国内市场的需求，向机床制造业最高境界的高速、高精度和高档方向的发展，以从法国索玛公司引进的高速五轴联动技术为基础，结合天水星火有限责任公司多年对数控车床的制造经验和成熟产品结构及现代先进技术而研制开发的产品，有自主知识产权的航空精密加工数控机床，是集伺服参数优化、热变形控制、补偿技术和精密主轴设计制造等技术为一体的智能化高技术产品。

CNCH350 航空精密数控车床主要创新技术在于：总体布局采用床头移动为 Z 轴；刀架只做 X 轴移动，打破传统的 X 轴，Z 轴交叉叠加的双层结构设计，提高了机床总体动态刚性；床身与床身底座均采用双频率大阻尼人造花岗岩，人造花岗岩与灰铸铁床身相比，具有高强度、高硬度、无辐射、抗振动、热变形小的性能；床身采用对称截面按照六边形设计，采用此对称结构，直线度好，热变形沿直线方向，既可以作为斜床身来安装，也可以用作平床身，任意摆放方向，斜床身可以给冷却和排屑带来优势；为了减少摩擦，机床的防

护罩采用柔性风琴式防护罩，机床的拖链也采用没有销孔连接、低噪音、高速度、小弯曲半径、小摩擦和小振动的工程塑料拖链；主轴采用高精度陶瓷球轴承，刚度高，转速能达到 6000r/min，而且温度增量小。为了避免传动引起的振动和平衡度。采用同步技术的电主轴，温度增量小，低速时扭矩大；该机床可广泛应用在航空、模具、汽车、军工等行业。

### 三、大型卧式专用机床尽显特色

与往届相比，本届展会的大型卧式专用机床有着较为明显的特征与变化，其自动化、专机化特色更为鲜明。



随着我国汽车、轮船、铁路、石油输送等行业的迅速崛起，及国防建设的需要，大型曲轴的加工技术对一个国家的汽车、轮船、铁路、石油输送等行业，有着举足轻重的影响力。星火机床这次展出的 CK43150/5.5m 数控曲轴连杆轴颈车床已成为船用曲轴加工行业的重要设备之一。该机床具有回转直径大，加工稳定性高，机床回转精度高，加工曲轴规格多，配重调整方便简捷，机床使用安全可靠，加工效率高等一系列特点。

数控曲轴连杆轴颈车床主要是如何保证加工精度、加工稳定性、两主轴的同步性及加工零件的平衡性。CK43150/5.5m 数控曲轴连杆轴颈车床针对曲轴的加工特点，采用了特殊的高刚性刀塔及专用刀杆刀具系统，采用世界知名品牌进口卧式八工位数控刀架，实现强力切削，且能实现一次装夹多刀具加工曲轴，达到一机多用的目的，缩短换刀时间，大大提高加工效率，降低了生产成本。并设有可调整的内平衡装置，及花盘上加平衡块的外平衡装置，可根据工件规格重量变化任意实现工件的配重，而且具有任意可调整偏心

#### 四、结束语

总之，从这届机床展可以看出，智能化、精细化已成为机床行业发展趋势，个性化定制、系统解决方案，这些正在变成现实。中国机床企业也面临着工艺与能效的双重考量，“智能”与“绿色”将成为核心关键词。一方面，针对特定的行业用户需求，提供符合工艺需求的智能化保障；另一方面，无论是从成本竞争角度，还是保护环境的需要，绿色驱动、节能减排都是摆在每个制造企业面前的现实问题。绿色驱动的价值一定会与日俱增。产品创新是实现驱动变革的基础，而解决方案是驱动创新的系统化载体。机床企业任重而道远，必须加大自主创新，不断提高产品技术水平，让我们携手一起努力吧！□

斯凯孚向吉利汽车  
提供轮毂和悬架轴承单元

斯凯孚汽车市场总裁 Stephane Le Mounier 表示：“与吉利汽车合作，充分证明了我们将全球实力转化为本地高效服务的能力。我们通过优化应用设计，加快开发速度，为客户传递价值。看到我们的团队取得了如此显著的成绩，我感到非常骄傲。”

预计斯凯孚将从 2017 年上半年开始向吉利汽车交付产品。

# 聚焦波兰国际机床展览会

中国机床工具工业协会 单希强 执笔

## 一、引言

2015 年 6 月 9 ~ 12 日波兰国际机床展览会在波兰重要工业城市波兹南隆重举办。



图 1 ITM Poland 2015 开幕式

## 一、展会概况

波兰波兹南工业博览会 (ITM Poland) 是一个综合性工业展会, 国际机床工具展是博览会的主体, 所占面积超过总体面积的 70%。除机床工具展以外, 博览会还设有焊接技术展、表面处理展、冶金铸造展、液压气动设备展和外协加工展。该博览会由波兰波兹南展览公司主办, 始办于 1921 年, 每年一届, 是波兰乃至中东欧地区极具影响力的工业博览会之一。展览会在波兹南会展中心举办。该会展中心已有 100 多年历史, 每年举办 80 多个展览会, 内容涉及多个行业。

据波兹南展览公司 ITM Pland 项目经理 Joanna Kucharska 女士介绍, 今年波兹南机床工具展的规模已经超过了捷克机床展。今年的博览会展出面积达 2.1 万 m<sup>2</sup>, 有 1.7 万名观众参观了博览会。共有 27 个国家的近 1000 家参展企业, 其中有 522 家为波兰参展商, 其余展商来自波兰国外。组团参展的有捷克、瑞士和台湾, 其他境外展商为独

立参展。境外参展商较多的国家有: 德国 130 多家, 意大利 60 余家, 捷克 30 多家, 瑞士 25 家。中国大陆 12 家, 中国台湾地区 18 家, 日本、韩国均不足 10 家。可见参展的境外企业主要来自波兰周边的欧洲国家。

在展会上, 随处可见世界各大知名机床企业, 金切机床企业如 DMG MORI、MAZAK、OKUMA、SODICK、HAAS、EMAG、SPINNER、AGIE CHARMILLES、STUDER、DOOSAN、GROB、CHIRON、HELLER, 成形机床如 BYSTRONIC (百超)、SCHULER (舒乐)、AMADA (天田)、PRIMA (普瑞马)、MITSUBISHI ELECTRIC (三菱)、TRUMPF (通快), 以及著名数控系统、测量仪器提供商 SIEMENS、FANUC HEIDENHAIN、RENISHAW 等。



图 2 捷克展团、瑞士展团、台湾展团和 DMG MORI 展台

在展会上我们看到, 参展商以代理商为主。代理商中有代理某一个国家产品的, 如专门代理日本机床的 DEMATECH, METALTEAM; 有代理某类产品的, 如经济型加工中心、磨床、普通车床和钻铣床等等, 更多的是代理多个厂家、多类产品的综合代理商。

我们了解到, 展会主办方从本届起尝试专业

化布展，因而组团参展的企业也被分散布置。但受总体规模局限、参展报名先后等因素影响，总体效果并不很好：在金切馆里也有成形机床、功能部件、刀具、软件等。MAZAK 的激光切割机并没有分到成形馆，而是和 MAZAK 的其他机床一起在金切馆内展示。在零部件及辅机馆内也有龙门加工中心等金切机床，还有天车、抛丸机、3D 打印、金融租赁等。

在 ITM Poland 2015 展会上，展品涉及金切机床、成形机床、功能部件、系统、工量刀具、检测测量、机器人等机床工具领域各类产品。金切机床展商以欧洲厂家为主，中小规格和中档水平居多；成形机床展品以数控折弯机和光纤数控切割机为主，汇集了世界主要知名品牌。

如同在世界其他重要展会上一样，DMG MORI 和 MAZAK 在这届展会上高调亮相。DMG MORI 推出了 4 台 2015 年的新产品：CTX beta 1250TC 车铣复合加工中心、DMU 100p 五轴加工中心、DMC 125 FD 车铣复合加工中心、DMC270U 龙门五轴加工中心。MAZAK 也展出了最新上市的 VARIAXIS i-700T 2+3 型五轴联动立式加工中心。

展会上五轴加工中心数量不少。例如：Handt-mann 公司的 HBZ Trunion 五轴卧式加工中心，现场展示了航空结构件的加工样件。捷克 KOVOSVIT 的 MCU700 摇篮式通用五轴加工中心，现场演示叶轮加工。GROB 公司的 G350 五轴联动加工中心，摇篮可上下移动，使工件可以 180° 翻转。德国 Roeders 公司展出了 RXP601 五轴联动加工中心。

展会在自动化方面也有所体现。例如，FANUC 展示了由两台立式加工中心组成的生产线，两台机床中间由一台机器人上下料。该公司还展示了一条机器人焊接生产线。一家波兰公司也展示了自动化分拣线模型。KUKA、KITAKAWA、STAEUBLI 和 GUEDEL 等公司展示了机器人应用。RENISHAW、STRATASYS、3D KREATOR 等几家企业还展示了 3D 打印。

开幕式后，主办方举行了颁奖仪式。共有 18 台参展机床和 7 项科研成果获得 2015 ITM Poland 年度 ZLOTY 金奖，奖励企业在创新和新技术应用方面的成就。

我们看到今年的 ITM Poland 展会有如下一些特点：

(1) 这个展会是中欧地区影响力比较高的专业机床展，世界知名的机床、工具和数控系统品牌几乎均在本届展会上亮相。协会应继续关注和跟踪这个展会。

(2) 展会上的展品以中小规格、中档水平为主，普通机床也比较多见，而高端机床和新产品很少，大重型机床几乎没有。这也体现了当地机床市场以汽车、电器类产品的配套加工需求为主的特点。

(3) 展会上机器人与机床配套应用展示相当普遍，此外也见到机器人组成自动生产线和 KUKA 等机器人公司产品的单独展示。表明波兰机床用户对通过自动化提高生产效率、节省人力的客观需求较为普遍。

(4) 波兰所需机床基本靠进口满足。历史上曾经实力较强的波兰机床行业已经显著退化，本土机床制造企业寥寥可数。目前波兰没有机床行业组织。

## 二、中国企业参展情况

在今年的 ITM Poland 展会上，中国共有 12 家企业参展。参展组织方是中国米奥兰特展览公司，该公司与波兹南展览公司签有战略合作协议，凡是波兹南的展会，均由该公司负责在中国组织。



图3 滕州喜力机床有限公司带来4台机床参展

参展的 12 家企业中，有 3 家是机床企业：滕州市喜力机床有限公司、大连达辉机床有限公司、扬州索尔机床有限公司；仪器仪表企业 2 家：东莞嘉腾仪器仪表有限公司、东莞中旺精密仪器有限公司；还有通用机械制造企业 1 家、焊接设备企业 2 家、耐火材料企业 1 家、国际贸易公司 3 家。

滕州市喜力机床有限公司带来 2 台普通铣床和 2 台简易数控铣床。该公司负责海外销售的陈经理谈到, 由于国内市场低迷, 他们开始重视海外市场, 严把质量关, 凭借伺服传动专利技术很快赢得了市场的信任。现在喜力年产值约 1 亿元人民币, 其中 30% 出口。该公司在波兰及周边地区已经经营多年, 2014 年在波兰的销售额达到 1000 万元人民币。他们的经销模式是, 产品由代理商进行销售并负责售后服务, 公司负责配件供应。在这个展会我们发现另有四五家经销商在销售喜力机床。

据了解, 中国企业的产品档次在波兰市场比较适销, 其中既包括普通机床, 也包括经济型及普及型数控机床。但打入波兰市场比较成功和成熟的途径还是通过与当地代理商合作。

除海德曼、滕州喜力等少数在当地有一定知名度的品牌之外, 大多中国企业打入波兰市场的方法采取的是 OEM 方式。因此, 虽然中国企业直接设立展台参展的数量较少, 但以波兰代理商品牌出现的中国机床却比比皆是, 如 WAGENA、BERNADO、CORMAR、JAZON、TOP POREBA 等。由这类代理商展示的中国机床所占面积估计超过 2000m<sup>2</sup>。

### 三、波兰机床企业参展情况

20 世纪中期波兰的机械工业基础曾相对较好, 机床产品质量和制造工艺水平较高, 当时我国也进口了不少波兰机床。但由于波兰机床产品中很少有世界知名品牌, 近 20 多年来随着波兰政治经济体制的变化和进入欧洲一体化进程, 波兰的机床工业不断萎缩, 目前已经很少具有较大影响力的波兰本土机床企业, 参展的机床制造企业寥寥可数。近年来很多世界知名机床企业在波兰设立独资厂, 收购当地机床企业, 外国品牌产品占据了绝大部分的市场份额。根据展会项目经理 Joanna Kucharska 女士的介绍, 我们走访了几家参展的波兰机床工具行业重点企业。

AFM (Andrychowska Fabryka Maszyn defum SA) 公司和 AVIA (Fabryka Obrabiarek Precyzyjnych) 公司是两家较大的波兰参展金切机床厂商。

AFM 展出了两台数控车床 (VENUS200、TUG56MN) 和一台立式加工中心 (R1000), 分别采用了西门子 808D、828D 和 FANUC 系统。两台数控车床的最大加工直径分别为 400mm、560mm, 分别配有 12 和 8 工位的立、卧回转刀架, 主轴最高转速均为 6000r/min。从展品的外观、主体结构、制造工艺水平看, 与欧洲顶尖品牌产品还有一定差距。

据了解, AFM 公司是波兰为数不多的较大的金切机床厂家, 成立于 1946 年, 20 世纪 70 年代就曾经与西门子合作开展数控产品研发。主要产品有: 数控车床 (最大加工直径为 1000mm)、中小型立式加工中心、中小型立车、数控镗床等。



图4 波兰机床企业 AFM 展台

AVIA 公司共展出 5 台机床, 两台小型数控立式铣床, 一台四轴立式加工中心和两台斜床身数控车床, 其中一台数控车床配有 FANUN 六关节机器人, 实现全自动上下料, 无人操作。AVIA 还展出了一台自行研制的大功率电主轴, 额定输出功率 50kW, 最大转速为 1500r/min, 主轴端径跳达到 0.0005mm。展品的外观和制造工艺与欧洲顶尖品牌产品很接近。AVIA 公司是波兰最古老的机床制造公司, 成立于 1902 年, 目前是波兰最大、也是最知名品牌, 在欧洲机床界有一定知名度。



图5 AVIA 公司展出的数控车床和电主轴产品

此外, 展会上还见到波兰本土品牌 ECKERT、KIMLA、EAGLE 的成形机床产品。这三家公司成立时间都不长。ECKERT 于 1990 年成立, 目前产

品有等离子火焰、水和激光切割机，这次展出一台数控光纤激光切割机，是他们今年刚刚研制的新产品。KIMLA 公司成立于 1996 年，最初产品是数控系统和控制软件，后来进入数控切割机行业，公司约有 150 名员工，这次展出了两台数控等离子火焰切割设备；EAGLE 公司成立于 2006 年，这次展出了数控折弯机。



图 6 ECKERT 展出的数控光纤激光切割机



图 7 KIMLA 公司展出的数控折弯机

虽然在展会上鲜见波兰机床制造企业，但波兰机床代理商的展台却很多。例如，ROMATEX、SCHENCK、DEMATEC、EUROTEC、GALIKA 等等，他们的展台的共同特点是面积大，装饰考究，展示的机床数量多、品牌杂，展台醒目的背板上喷着一长串所代理的厂商名称。这种现象正印证了波兰机床市场以国外进口产品为主的特点。

四、波兰机床市场概况

波兰位于中欧东北部，北临波罗的海，陆地上北部和东部与俄罗斯、立陶宛、白俄罗斯和乌克兰接壤，南部与捷克、斯洛伐克相邻，西部与德国接壤，是联系东西欧的纽带，进入中东欧地区其他国家的捷径，同时也是陆路及水陆交通枢纽。波兰人口 3810 万，比捷克、斯洛伐克、匈牙利三国人口的总和还要多，为欧洲人口第八大国。

波兰是中欧最大、欧洲第六大经济体，2014



图 8 ITM Poland 2015 展会外景

年 GDP 位居世界第 20 位。在 2009 年以后欧盟总体上受到全球金融危机严重影响而经济衰退的几年中，波兰经济一直保持增长态势，在欧盟中起着越来越重要的作用。

波兰 20 多年来采取了一系列适合本国国情的发展战略，社会经济发展取得了显著成就。一方面，波兰先后加入世界贸易组织、北大西洋公约组织和欧盟，加入申根协定，这使波兰融入欧洲一体化体系，从而进入欧盟统一大市场，实现人员、货物、服务和资本的完全自由流通，建立较为成熟的市场经济体系，降低商业活动的风险和成本，提高波兰对外资的吸引力，并且可以从欧盟得到对落后国家的各种资助。另一方面，波兰至今仍没有加入欧元区，这使得波兰能够控制自己的币值，通过兹罗提货币的主动贬值，提高了国际贸易的竞争力，从而实现了连续 20 多年经济正增长。这对经济和技术水平与周边发达西欧国家差距甚大的波兰来讲，是非常明智的选择。

1995 年后波兰建立了 14 个经济特区，以多种优惠政策吸引外资，形成了一波工业发展的高峰。这些经济特区的主要投资领域有：汽车、电子、家电、金属制品、建材、化工、食品等。目前，波兰有各类工业企业 40 多万家，主要产业是汽车、矿产、石油、电力、机械、食品、造纸、木工、电子等。其中多个行业对机床有大量需求。

波兰汽车工业通过大规模吸引外资得到了迅速发展，使波兰在较短时期内成为欧洲第 8 大汽车生产国（排在俄罗斯之后、捷克和瑞典之前）。目前，波兰汽车工业有企业 210 家，就业人数约 70 万。主要汽车生产企业包括：意大利菲亚特、韩国大宇、美国通用和德国大众等国际知名汽车集团投

（下转第 82 页）

# 双股冷却润滑液，切槽和切断更轻松

## ——瓦尔特双通道精密内冷刀具技术特点

瓦尔特研发出了一套新一代双通道精密内冷切槽刀具。它的主要优势是散热更快，性能更高，适合各种应用场合。

为了优化加工，对所有影响因素可进行调整。其中，最关键的是正确选择切削刀具材料和切削刃形状。但是，人们往往容易忽视了冷却润滑液（CL）的输送方式。最常见的方法还是浸式冷却系统。使用这种方法，CL 喷射流射向成屑点，这类冷却方式对开式加工工序绰绰有余。但是，在切槽和切断过程中，当刀具深插入窄隙内时，冷却液在短时间内根本无法到达切削刃位置。在这种情况下，只有内冷才是一种切实可行的解决方案。

但是，当今市面上采用内冷的切槽刀具寥寥无几。前不久，一些刀具制造厂才对他们的系统进行相应修改。“采用 Walter Cut，结合最新发现，我们研制出了一套相对新颖的工具系统，”瓦尔特公司切槽/螺纹车削产品经理 Markus Stumm 说道。“我们从一开始就保证我们的切槽刀具和切槽刀片的设计能适合内冷。因此，我们为市场研发趋势做好了充分准备。”

Walter Cut 的亮点是刀具采用两道内冷——前刀面冷却和后刀面冷却。切削过程中，两个冷却润滑液喷射流从切削刃附近的切槽刀具喷出，直接流到切削点。Markus Stumm 强调：“冷却液出口按流体力学原理设计。”采用 SX 切槽刀片及其深切深导板，能很好控制加工精度等要素。断屑槽优化，可保证冷却液喷射流畅通。前刀面冷却通道通过作为刀具柔性部分的顶部夹具，使与切屑刃的距离最短。引入“精密内冷”的概念较为贴切。

### 标准冷却压力即可

大多数切槽工具内冷系统为单股喷射流，只冷却前刀面。“但是，我们试用后表明，对于相对复杂的设计，在后刀面另加一股喷射流，冷却效果会好很多，”Markus Stumm 说。“因此，切屑刃的散热效果更好。从而磨损更小，当然这与材料和切削刃低积屑水平有关。即使采用 10bar 的标准冷却压力，与传统的浸式冷却系统相比，刀具寿命可延长三倍。”

因此，生产效率更高。精密内冷对切屑成形也有影响。切削更短，加工稳定性更高。此外，采用两股冷却液，可形成一层均匀的润滑膜，降低切削与槽口之间的摩擦。因此，有了这两方面的保障，表面质量最好。对用户来说，最重要的是：使用标准机床的冷却润滑液系统，即可达到上述效果。

在加工不锈钢、钛合金或高温合金时，采用更高的冷却润滑液供应压力（80 巴以上），优势特别明显。“例如，采用 ISO S 材料，通过高压冷却，切削速度可增加两倍，而刀具使用寿命不变，”瓦尔特产品经理说。“在加工对大多数机械师越来越重要的不锈钢或双相不锈钢时，以前需要大大降低切削参数。为了达到正常的刀具使用寿命，现在不再需要降低切削数据了。”

如果是热传导效果特别差的材料，通过“压力”和“体积流量”参数，能达到最佳加工效果。于是，专门的精密冷却为用户提供了更多机会，工作过程中，可优化刀具使用寿命和/或零件生产时间。

特别是，瓦尔特在 ISO S/M 材料的高压加工过

程中，对“冷却润滑液压力”和“体积流量”的影响做了深入研究。公司与亚琛 RWTH（理工大学）WZL 机床实验室密切合作，对此开展了专题研究。最大收获是：采用专门的冷却润滑液，可降低压力和体积流量。首先，刀具使用寿命随压力的增加而延长。压力约 150bar 时，刀具使用寿命最长。继续增加压力，使用寿命不会再延长。这是我们的重大发现，因为不必要的高参数值，可导致冷却润滑液系统运行增加不必要的高附加成本。Markus Stumm 补充说：“在 WZL 进行的试验确认了我们的发现：专门的精密内冷可明显提高生产效率和加工稳定性。”

瓦尔特推荐在使用精密内冷切槽刀具时，冷却润滑液循环系统安装细滤器。目前大多数机床已经配备了细滤器。“根据我们最近的所有研究成果，目前在使用内冷钻头的用户已经具备内冷切槽刀具的所有要求，” Markus Stumm 保证。

## 内冷优势凸显

蒙福特采用 RNC 500 型车床进行的实验室试验表明：即使在 10 ~ 15bar 的标准冷却液压力时，Walter Cut 刀具使用的双通道内冷系统，比传统浸式冷却系统具有明显的优势。在试用中，瓦尔特车床专家加工了 1.4404 ( $D = 60\text{mm}$ ) 材质样件（见图 1）。使用的刀具采用 G2012 型整体式刀柄，配套的刀片为 Tiger · tec® Silver 材质 SX 可转位刀片，切削材料为 WSM33S。其他参数：刀片宽度  $s = 3\text{mm}$ 、切深  $T = 25\text{mm}$ 、 $V_c = 120\text{m/min}$ 、 $f = 0.2\text{mm}$  和  $t_s = 7\text{s}$ 。



图 1 样件

外冷系统的刀具使用寿命：切槽 80 次。双通道精密内冷系统的刀具使用寿命：切槽 230 次。此外，采用双通道精密内冷系统，不会发生切屑堵塞，加工稳定性更高，表面质量更好。特别是在刚切入槽时，铁屑初始卷曲很好，切屑控制效果能够得到明显改善（见图 2）。

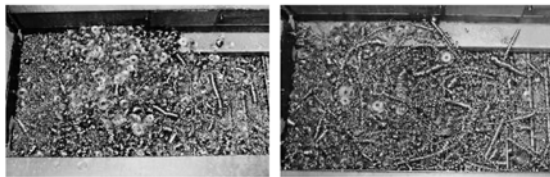


图 2 内冷（左图）断屑效果比浸式冷却好很多  
（首道切削特别明显）

在刀具使用寿命结束时，两块可转位刀片持续的热应力差很明显：与采用内冷的可转位刀片相比，没有采用内冷的可转位刀片后刀面发黑面积很大（见图 3）。结论：精密内冷系统散热效果更好。

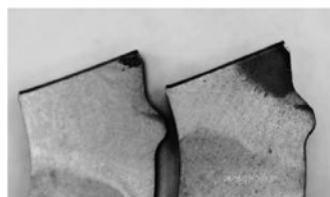


图 3 与使用外部浸式冷却系统而严重发黑的刀片相比，内冷刀具的可转位刀片（左边）承受的热应力低得多

## 工具系统简介

Walter Cut 切槽系统基于两类可转位刀片：单刃正向锁定 SX 切槽刀片和双刃 GX 刀片。围绕这两类切槽刀片的不同切槽刀具的分组使得系统布置井井有条，用户友好。结合多种槽型，为切槽应用专门研制的 Tiger · tec® Silver 刀具材料，性能十分卓越。SX 切槽刀片系列包括增强型切断刀板，可用于更深的切槽和切断，加工稳定性最佳。

另一大开拓创新：Walter Cut 刀具双通道内冷系统适用的最小刀片宽度为 2mm。两股冷却液分别流到前刀面和后刀面上。这就是所谓的瓦尔特“精密内冷”概念。其中，冷却润滑液出口的位置尽量靠近切削刃，可保证最佳的冷却效果。SX 可转位刀片断屑槽的凹槽也可保证冷却液喷射流精确地对准成屑点。

采用内冷系统，可选用更高切削参数。因此，我们专门为这种应用设计了 SX 刀片（见图 5）。SX 可转位刀片断屑槽的凹槽可保证冷却液畅通到达切屑刃。此外，SX 刀片还通过正向锁定装置固定在刀具上。因此，即使使用更高的切削参数，它

们也不会从刀片座上滑出，因此加工稳定性最好。特别是可使用内冷、切削参数更高的刀具，这显得特别重要。

通过图宾根刀具设计师的精心设计，Walter Cut 系统方案物超所值。我们为用户提供了大量的切槽刀具，例如左右手版本及反手版本（contra-version）的 SX G2042 增强型切断刀板。我们可从型号中看出刀片的特点：SX G2042R/L-C-P，中的“-P”表示冷却润滑油出口直接设在切削刃后方的“精密内冷”系统（见图4），其中两股冷却液精确对准前刀面和后刀面。刀板可使用接柄长度为20mm和25mm的标准G2661夹块夹紧（见图6），



图4 精密内冷系统



图5 SX可转位刀片

星盘转刀架（star and disc turrets）也可使用VDI刀板接头A2110/A2111。在这两种情况下，冷却液直接通过接头供应。刀板的安装方式随带密封件的延伸孔不



图6 带G2661夹块的G2042切断刀板

同而不同，因此切深也不同。接柄尺寸为16mm×16mm~25mm×25mm的单体刀架采用G1/8螺纹，可直接与冷却润滑油管连接。同理，他们的编号为GX G1011-P/SX G2012-P。

如图7所示，直供冷却润滑油的G2661夹块内的G2042R/L-C-P切断刀板。“R/L”代表“左/右手”；“-C”代表“反手”；“-P”代表双股冷却润滑油的“精密内冷系统”。特别是，夹块采用分体设计和倾斜夹紧螺丝，易于夹装。

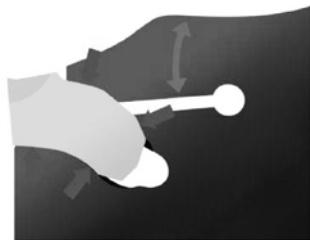


图7 带刀板的SX可转位刀片

如图8所示，采用直供冷却润滑油的VDI刀杆还可用于SX G2042R/L-C-P切断刀板。图示说明了星形转刀架的变型。为了正常使用和反向使用，此款产品设有双向锯齿定位。使用调节螺丝精准设置中心高度，这很有好处。□



图8 带VDI刀板刀杆A2110的G2042切断刀板

（下转第79页）

资的企业。主要汽车配件生产企业有DELPHI、丰田、大众和ISUZU等公司。

波兰采矿机械行业基础较好，在国际市场上有一定竞争力。主要采矿机械品种是：矿山工作面综合采煤设备、采煤机、带式输送机、吊挂列车、选煤设备、液压和控制设备、钻探设备和备件等。

机械工业是波兰传统主要产业之一，有相当雄厚的技术底蕴和人才基础。由于低成本优势明显，逐步成为欧洲工业发达国家机械产品配套的

基地，发达国家有不少汽车和家电厂商将装配线以及大量外协加工企业落户在这里，因此机床需求一直比较旺盛。我们看到世界知名的机床、工具和数控系统品牌几乎均在本届展会上亮相。很多世界知名企业，如SIEMENS、FANUC、AMADA、OKUMA等都在波兰设有代表处。

波兰本地机床市场需求稳定，且能辐射德国、俄罗斯、乌克兰等国市场。总体上波兰机床市场需求档次不是很高，只要产品成熟稳定，在当地建立起代理商渠道，我国机床产品在波兰是适销对路和具有竞争力的。希望行业内更多企业给予关注。□

# 钣金变形因素及工艺参数分析研究

山推工程机械股份有限公司材料成型分公司 徐宗磊 李 勇 李贺德

**【摘要】** 目前在钣金加工过程中，经常出现变形等问题，直接影响产品的尺寸精度及形状精度，因此对变形因素分析及控制迫在眉睫。本文通过对钣金加工过程中变形分析，得到影响钣金变形的主要因素，同时对钣金加工过程中工艺及加工参数进行了分析，为在实际生产过程中参数调整提供依据。

钣金是冲压工艺中最为普遍的成形方法之一，在成形过程中包含有接触碰撞、摩擦磨损以及弹塑性变形等多种复杂物理现象，常见有起皱、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，因此对钣金变形分析迫在眉睫。

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，采用应变能密度准则来分析应力和应变的变化对板料断裂的影响，并指出板料容易在应变能密度最大的地方产生裂纹。李欧卿和梁庆伟等根据 Mises 屈服准则，建立了弹塑性材料线性硬化条件下板料折弯成形的回弹计算模型，并推导出纯折弯条件下折弯的最小折弯半径计算公式。

本文对钣金变形易发生区域、变形因素、钣金加工过程中工艺及加工参数进行了研究分析。

## 1. 折弯机结构

折弯机结构如图 1 所示，折弯机工作通过两个基于变频器驱动的交流伺服电机来调整滑块的位移，使用两个伺服电机驱动后挡料，折弯机通过调整后挡料架左右前后、滑块上下位移，即可折成不同形状的弯曲件<sup>[1]</sup>。折弯过程为：根据折弯工件要求，后挡料架首先移动到工件直边定位点处，根据折弯半径选定上模，移动滑块及上模下压到折弯角度要求处对工件进行折弯，然后回程，重复以上过程直至折弯工件加工完毕。

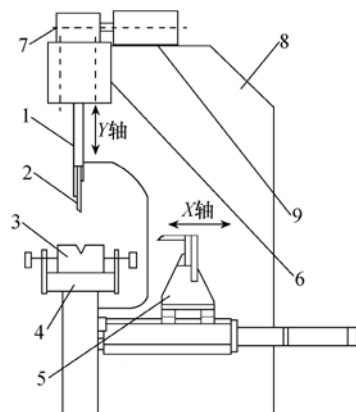


图1 折弯机结构

1. 滑块 2. 上模 3. 上模 4. 工作台 5. 后挡料架  
6. 传动机构 7. 联轴器 8. 机架 9. 伺服电机

## 2. 钣金变形分析

工件在折弯过程中，不可避免会发生弯曲变形，通过对弯曲过程中板材变化规律分析得到影响因素，从而在工艺设计中进行补偿。

### (1) 变形区域分析

通过对普通板材破坏分析，应力、应变进行 CAE 分析，可以得到板材发生变形的主要集中区域<sup>[2]</sup>，如图 2、图 3、图 4 所示。

由破坏分析可以得到，折弯过程中容易发生断裂或者撕裂部位主要集中在外皮区域。

由应变分析可以得到，折弯过程中应变由折弯内皮向中性层逐渐减小，由中性层向外皮逐渐增大，在折弯外皮处，应变达到最大值。

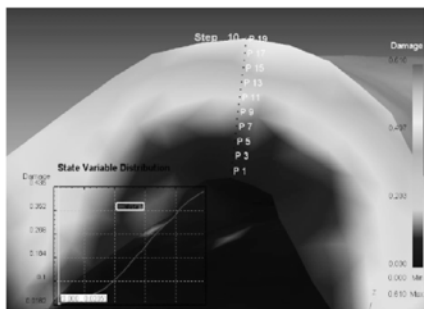


图2 破坏分析

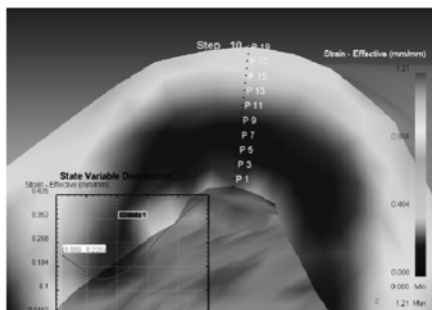


图3 应变分析

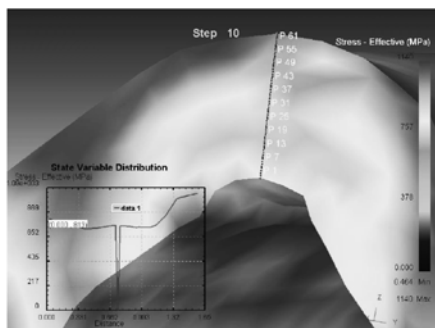


图4 应力分析

由应力分析可以得到,折弯过程中,应力主要集中于折弯外皮区域。

综上所述可以得到,折弯过程中工件应力、应变主要集中于外皮区域,因此容易发生变形及撕裂现象。

## (2) 工件弯曲变形因素

### 1) 弯曲部位局部变薄

工件在弯曲变形时,由于在板厚方向中心层逐渐内移,外层拉伸变薄区域范围逐渐变大,内层压缩变厚区域逐渐减小,因此外层变薄区域大于内层变厚区域,板材在板厚方向就会出现局部变薄现象。由于一般工件宽度要比板厚大得多,弯曲时,宽度方向可以近似看为不变形,根据塑

性变形体积不变原理,工件因为变薄而流动的材质使得长度方向增加。

局部变薄现象与工件相对弯曲半径 ( $r/t$ ) 有关,相对弯曲半径越小,弯曲变薄现象越严重,弯曲变薄现象不能完全消除<sup>[1]</sup>。

### 2) 弯曲回弹现象

工件在弯曲过程中分为四个阶段,弹性变形、弹-塑性变形、塑性变形以及弹性变形回复。工件在塑性成形过程中,总会伴随着弹性变形,当外在载荷去除之后,塑性变形保持弹性变形消失,使得工件弯曲形状与模具尺寸不同,发生回弹现象。

通过 CAE 分析,得到回弹半径、回弹角与板材、模具以及材料性质之间的关系<sup>[1]</sup>,如图 5 所示。

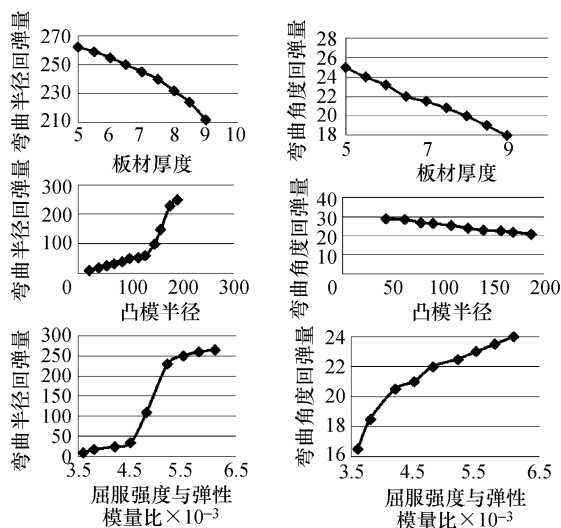


图5 回弹影响因素曲线

回弹现象影响因素很多,除了上述影响因素外还与弯曲半径、弯曲中心角、模具开口度、工件形状、摩擦系数、弯曲校正力、弯曲方式等因素有关。

### (3) 弯曲后发生翘曲、扭转现象

折弯过程中,工件长度方向发生变形,引起宽度方向的板料移动,以中性层为中心,中性层外侧工件拉伸变薄,板料由宽度方向流入对此进行补充,因此外侧宽度方向变短,中性层内侧相反变长,从而引起宽度方向变长,最终导致在弯曲方向发生翘曲,在折弯宽度相对较大时,工件就产生了相对宽度方向的扭转。

翘曲、扭转现象与材料性质、相对弯曲半径

以及模具刚度等因素有关。

### 3. 工艺参数分析

在工件加工之前首先需要对工件进行工艺参数分析，后续通过对折弯过程中加工参数的控制，保证产品的尺寸及形状精度。

#### (1) 工艺参数分析

在对工件进行工艺分析时，首先确定现有设备是否能够完成图样要求，即工艺可行性分析，判断参数主要有回弹角、工件尺寸、成形工艺力、工件相对弯曲半径、直边长度、孔边距等几何特征量，参数的确定将为工件生产所需设备、上下模具、毛坯下料以及加工参数设置等提供依据。

##### 1) 回弹角

由于板材在折弯完成之后，弹性变形回复，回弹量的多少直接影响工件的质量。通过回弹量（回弹角）的确定，为后续加工参数控制提供依据，如图6所示。

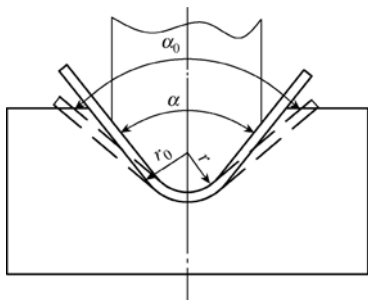


图6 回弹示意图

回弹角  $\Delta\alpha$ :  $r/t \leq 5$  时，简化为

$$\tan \Delta\alpha = \frac{0.375\sigma_m V \left[ 1.35 - 0.5 \lg \left( \frac{5}{64} V \right) \right]}{2E}$$

式中:  $\Delta\alpha$ ——回弹角度;

$\alpha_0$ ——工件弯曲角度;

$r$ ——上模圆角半径;

$\sigma_m$ ——工件屈服强度;

$E$ ——工件弹性模数;

$t$ ——板材厚度;

$V$ ——下模开口大小。

通过回弹角的确定为后续加工参数补偿量提供依据<sup>[4]</sup>。

##### 2) 折弯工艺力

折弯工艺力是弯曲工艺设计和选择设备、设

计模具的重要依据<sup>[3]</sup>，如图7所示。

对于V形弯曲

$$F_0 = \frac{1.42b\sigma_b T^2}{1000V}$$

式中:  $F_0$ ——弯曲力计算值;

$b$ ——展开长度;

$\sigma_b$ ——材料抗拉强度;

$T$ ——材料板厚;

$V$ ——下模开口大小。

在实际生产过程中工艺力一般选取  $F = 1.1F_0$ ，通过工艺力的计算确定所选设备。

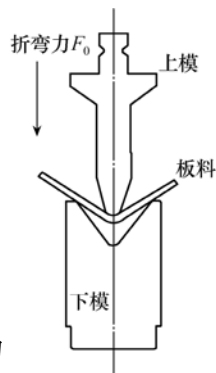


图7 折弯力示意图

##### 3) 相对弯曲半径

相对弯曲半径 ( $r/t$ ) 表征工件在弯曲时切向弯曲程度的大小,  $r/t$  越小, 弯曲时变形程度越大, 当  $r/t$  小到一定程度时, 会使工件撕裂或者折断<sup>[1]</sup>。

根据经验公式:

$$\left. \begin{aligned} r_{\min} &= kt \\ r &= 5/32V \end{aligned} \right\} \rightarrow r \geq r_{\min} \rightarrow V \geq 6.4kt$$

式中:  $r$ ——弯曲半径;

$r_{\min}$ ——最小弯曲半径;

$V$ ——下模开口;

$t$ ——板材厚度;

$k$ ——常数, 与材料轧制方向有关。

在实际生产过程中一般下模开口大小为板厚的8~10倍, 通过此可以选定折弯所用上模刀具以及下模开口大小。

##### 4) 直边长度、孔边距

通过计算确定工件的展开长度以及折弯线位置, 根据所选定刀具、下模开口大小, 确定直边长度以及孔边距的要求。

根据折弯线到工件边线或者到孔边线距离大于下模开口一半的原则, 即:

$$L > 1/2 \times V + A_1 \text{ (修正系数)}$$

通过以上计算确定在下料时, 是否需要增加余料以及孔是否处于变形区域范围内, 最终确定整个工件工序。

通过以上工艺分析确定工件是否可以加工, 并选定设备、上下模以及所需工序。

(2) 加工参数分析

折弯过程中，加工参数的选择直接决定加工出来的产品是否能够满足图样要求的尺寸精度以及形状精度。对数控折弯机而言，在折弯过程中主要参数包括滑块行程、后挡料定位。通过滑块行程控制能够得到工件要求的折弯角度；通过后挡料定位确定成形工件折弯区域的准确性<sup>[3]</sup>。弯曲示意图如图8所示。

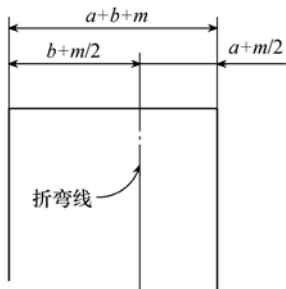


图8 弯曲示意图

① 后挡料定位

通过后挡料定位值以保证折弯位置的准确性。

对于不同折弯情况，后挡料板定位值如表1所示。

表1 后挡料板定位位置

| 定位点 | 定位值                                                                                                                                                         |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | $X = a + m/2$                                                                                                                                               |
|     | $X = a + m/2 + t/2$                                                                                                                                         |
|     | 当 $\alpha > 90^\circ$ 时<br>$X = a + m/2 + t/2 \text{ctg}\alpha/2 - h \text{ctg}\alpha$<br>当 $\alpha < 90^\circ$ 时<br>$X = a + m/2 + t/2 \text{ctg}\alpha/2$ |

注：表中， $X$  为定位值； $a$  为直边长度； $m$  为弯曲圆角展开长度修正值； $h$  为后挡料板高度； $t$  为板材厚度。

② 滑块下压量

滑块下压量为折弯机的折弯深度。工件折弯角度由折弯机折弯深度来决定。折弯深度（ $\gamma$ ）与所选模具、弯曲角度、板厚、材质、弯曲半径、回弹量有关，如图9所示。

a. 折弯理论下压量  $Y_1$ ：

$$Y_1 = V/2 \times \text{ctg}(\alpha/2)$$

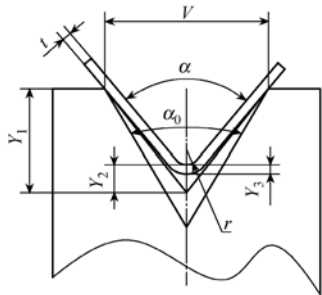


图9 下压量示意图

b. 变薄量  $Y_2$ ：

$$Y_2 = \zeta \times t$$

c. 圆角过渡修正量  $Y_3$ ：

$$Y_3 = (r + \zeta \times t) / \sin\alpha(\alpha/2)^{-(r - \zeta \times t)}$$

d. 回弹角补偿量：

$r/t \geq 5$  时，

$$\Delta Y = V/4 \times [1 + \text{ctg}(\alpha/2)]$$

$r/t < 5$  时，

$$\Delta Y = V/4 \times [1 + \text{ctg}(\alpha/2)] \times$$

$$\arctg\{(0.125 \times A \times V) / [(1 - x) \times t]\}$$

因此折弯实际深度值为：

$$Y = Y_1 - Y_2 - Y_3 - \Delta Y$$

式中： $\alpha$ ——折弯角度；

$V$ ——下模开口；

$Y$ ——折弯深度；

$r$ ——折弯半径；

$\zeta$ ——变薄系数；

$A$ ——材料简化系数；

$x$ ——中性层系数；

$t$ ——板材厚度。

4. 结语

通过对钣金加工过程中变形分析，得到以下结论：

(1) 钣金加工过程中容易发生变形区域主要集中在板材弯曲外皮处。

(2) 钣金加工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。

(3) 对工艺参数进行分析，确定钣金件折弯时所用设备、模具等。

(4) 对加工参数进行理论分析，为实际加工过程中参数设定提供依据。□

# 充液成形与内高压成形复合生产线研究

安徽江淮汽车股份有限公司技术中心 马国礼 夏咪咪 王 平 崔礼春

**【摘要】** 充液成形主要用于铝合金等传统成形困难的轻质材料的拉延生产，内高压成形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。本文章分别从这两个方面入手，分析实现这两种不同成形类型产品的复合型生产工艺和设备。

## 成形二、成形原理

### 1. 充液成形

充液成形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形的方法。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。被动式充液成形：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，取出成形

零件；主动式充液成形：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。

对于被动式充液成形技术，即板材充液拉深成形技术，由于流体压力介质辅助成形，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，提高零件的成形性及成形极限，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形，其应用更为广泛。

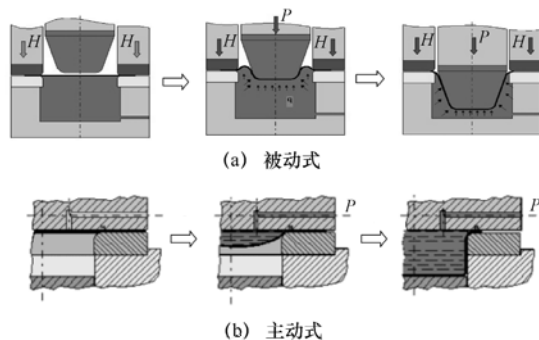


图1 板材充液成形原理

### 2. 内高压成形

内高压成形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。内高压成形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。

内高压成形工艺过程主要分为三大阶段，如图2所示。

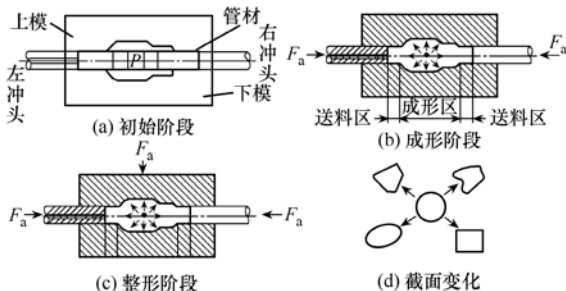


图2 内高压成形原理及工艺过程

(1) 初始充填阶段（图2a）：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) 成形阶段（图2b）：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形。

(3) 整形阶段（图2c）：提高内压使过渡 $R$ 角完全贴合模腔，工件完成成形。

从截面形状（图2d）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. 充液成形

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→液压机充液成形→机器人下料→清洗→激光切割→冲压件库。

充液成形生产线应配置的基本设备有：涂油机、清洗机、充液成形机、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形液压机，其提供大吨位的压边力、部分成形力、高压液体介质等。目前国外大吨位充液成形装备较为成熟，但核心技术严格保密，如图3、图4所示。

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

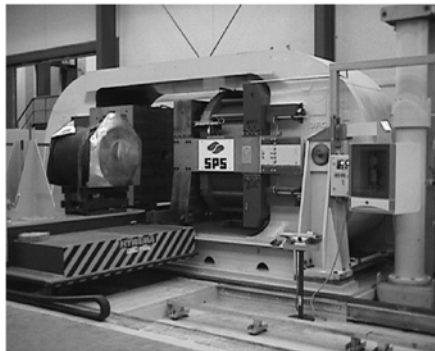


图3 SPS公司生产的大型板式充液成形机

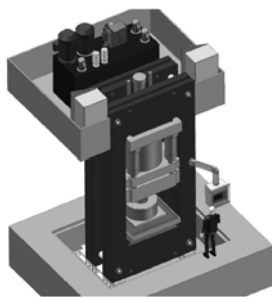


图4 AP&T生产的同轴式板式充液成形机

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国产板件充液成形液压机

#### 2. 内高压成形

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

一条专业的管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、内高压成形机、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形液压机，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。

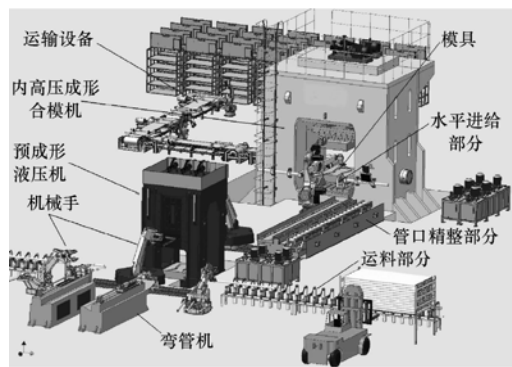


图6 内高压成形生产线



图7 10000t 管材充液成形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，其中充液成形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 充液成形液压机为例，其主要参数见下表。

表 某 5000t 充液成形液压机主要参数

| 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 |

内高压成形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、充液成形与内高压成形比较分析

依据成形原理，两种成形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，在充液成形中需要压机内滑块提供主拉伸力，为双动结构，内高压成形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。

两种成形的主要差别在于成形液体压力，充液成形需求为 0 ~ 60MPa，而内高压成形需求为 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形，而充液成形则更贴近普通冲压生产的成形工序。

根据上述两种成形的原理和工艺设备的相同点，为我们将两种成形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形的板形件，又可以生产内高压成形的管形件，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

根据上述对两种成形的对比分析，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。因为两种成形的复合，如果将两种成形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形，将一种功能开发到最大，另一种成形兼顾，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形，占地约 18m × 55m，以某种型号管形件为例，工艺流程为：管类原材料→弯管机→800t 液压机预成形→5000t

终成形→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 成形→激光切割→冲压件

库，其中主要差别为板形件涂油工序，该工序可以在就近手工涂油完成。

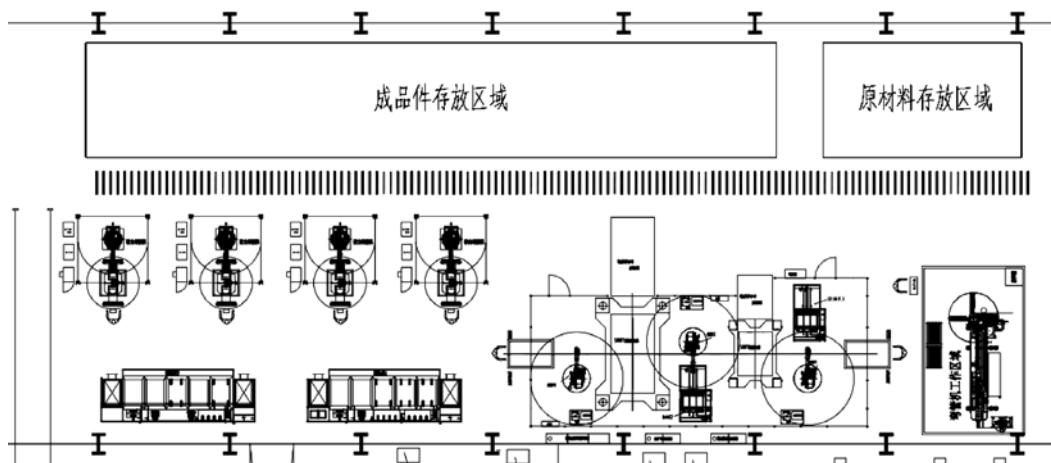


图8 内高压成形工艺布局图

## 2. 以充液成形为主生产工艺

此工艺布局是偏向于充液成形，占地约 22m × 40m，以某种型号板形件为例，工艺流程为：铝板原材料→涂油→5000t 成形→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 终成形→冲压件库，其中主要差别为管形件预成形、成形后清洗、切割、涂油等工序需生产线外完成。

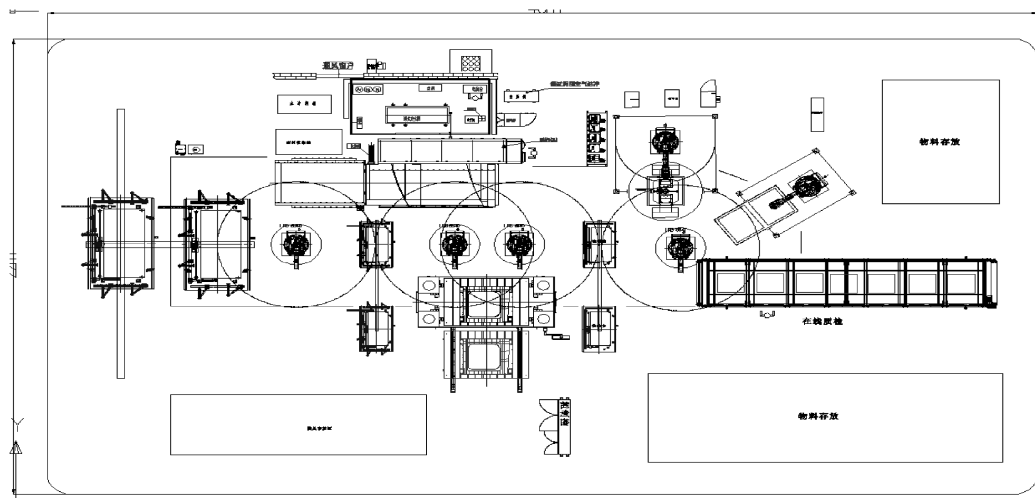


图9 板形件充液成形工艺布局图

## 六、总结

两种不同生产工艺毕竟差别较大，所以只能尽可能地优化布局，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。□

# 冲压测量分析系统研究及应用

安徽江淮汽车股份有限公司 韩永志 楚伟峰 赵烈伟 陈 馨 张国兵

**【摘要】** 首先阐述了冲压测量系统分析的意义，介绍了各种分析工具的应用及测量系统重复性及再现性的含义，详细说明了冲压测量系统重复性和再现性分析：数据收集、数据计算及结果分析，结合实践对冲压测量系统进行评价。

## 一、引言

当前汽车制造过程中，测量数据的使用比以前更频繁、更广泛。现在普遍依据测量数据来决定是否调整制造过程，把测量数据或由它们计算出的一些统计量，与这一过程的统计控制限值相比较，如果比较结果表明这一过程统计失控，那么要做某种调整。

## 二、冲压测量系统分析应用实践

### 1. 概述

在车身试制和量产阶段，很多活动都建立在测量和统计的基础上，对零件的测量使我们能够监控零件的质量（冲压件），对设备的测量使我们能够明确设备的状态（检具），对测量结果进行正确的统计分析就能够指导我们的调试工作顺利而有效地进行。每个测量系统都有自己的优缺点，在冲压使用较多的测量中：三坐标测量结果精确、适用范围广，但是工时长，费用较高；检具测量速度快、费用低廉，但是精度较低，通用性性差（每个测量对象需要一套检具）；量具测量（间隙尺、面差尺、卡尺、通止规和激光测量仪等）适用性广，但精度较低，人为因素影响较大。冲压模块检具使用最为广泛，本文重点分析检具测量系统。

### 2. 测量系统分析

#### （1）分析工具选择

本次实验系统为计量型，且重点分析重复性

及再现性，通常采用以下三种方法：极差法、均值极差法（包括控制图法）、ANOVA 法（方差分析法）。其中方差分析法（ANOVA）是一种标准的统计技术，可用它来分析测量误差和一测量系统研究中的其他变差来源。

#### （2）检具重复性和再现性数据收集

下面以某车型开发过程中对主机厂检具所做的测量系统分析：

① 本次选取其发动机盖外板为样本，测量特征为卡板 1（T01）处面差（见图 1、图 2），每个件测量一次，样本容量  $n = 10$ ，即选择 10 个发动机盖外板冲压件。

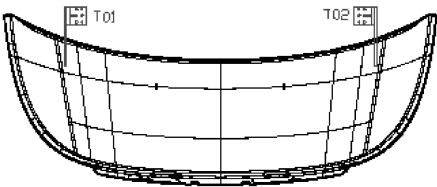


图 1 测量位置示意图

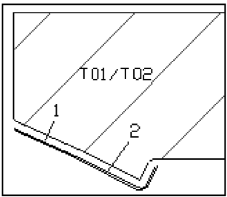


图 2 测量特征断面图

② 由 3 名测量人员测量数据，循环三次得出相应数据（见表 1）。

表 1 测量数据记录表

| 评价人 | 试验<br>次数 | 零件标号 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |          | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| A   | 1        | 2.8  | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
|     | 2        | 2.8  | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
|     | 3        | 2.8  | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| B   | 1        | 2.8  | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
|     | 2        | 2.8  | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
|     | 3        | 2.8  | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| C   | 1        | 2.8  | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
|     | 2        | 2.8  | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
|     | 3        | 2.8  | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |

(3) 结果分析 – 数值计算

① 重复性或设备变差

重复性也就是设备变差 ( $EV$  或  $\sigma E$ ) 由平均极差  $\bar{R}$  乘以常数  $K_1$  得到。 $K_1$  取决于量具研究中所做试验的次数, 等于  $d_2^*$  的倒数  $d_2^{*}$  可以从 MSA 手册附录 C 中查到。 $d_2^*$  取决于试验的次数 ( $m$ ) 和零件的数量乘以评价人数 ( $g$ ) (假设计算  $K_1$  值时  $g$  大于 15)。

即:  $EV = \bar{R} \cdot K_1$

式中,  $\bar{R}$  为三人平均极差值, 有  $\bar{R} = (\bar{R}_a + \bar{R}_b + \bar{R}_c) / 3$ ,  $\bar{R}_a$ 、 $\bar{R}_b$ 、 $\bar{R}_c$  分别为三人 10 次测量极差值的平均值, 级差值为同一个人对同一个零件测量三次数据中最大值减去最小值。可利用计算工具对数据进行计算, 结果如表 2。

表 2 重复性再现性数据收集表

| 序号 | 评价人                                                              | 试验次数 | 零件标号  |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 平均值                                |
|----|------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
|    |                                                                  |      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |                                    |
| 1  | A                                                                | 1    | 2.8   | 3.0   | 2.9   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 2  |                                                                  | 2    | 2.8   | 3.0   | 3.0   | 2.0   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 3  |                                                                  | 3    | 2.8   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 4  | 平均值                                                              |      | 2.80  | 2.97  | 2.93  | 2.90  | 3.00  | 3.00  | 3.90  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | $\bar{X}_a = 2.95$                 |
| 5  | 极差                                                               |      | 0.00  | 0.10  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $\bar{X}_b = 2.95$                 |
| 6  | B                                                                | 1    | 2.8   | 3.0   | 2.9   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 7  |                                                                  | 2    | 2.8   | 3.0   | 2.9   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 8  |                                                                  | 3    | 2.8   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 9  | 平均值                                                              |      | 2.80  | 3.00  | 2.93  | 2.90  | 3.00  | 3.00  | 2.90  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | $\bar{X}_b = 2.953$                |
| 10 | 极差                                                               |      | 0.00  | 0.00  | 0.10  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $\bar{R}_b = 0.01$                 |
| 11 | C                                                                | 1    | 2.8   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 12 |                                                                  | 2    | 2.8   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 13 |                                                                  | 3    | 2.8   | 3.0   | 2.9   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |                                    |
| 14 | 平均值                                                              |      | 2.80  | 3.00  | 2.97  | 2.90  | 3.00  | 3.00  | 2.90  | 3.00  | 3.00  | 3     | $\bar{X}_c = 2.957$                |
| 15 | 极差                                                               |      | 0.00  | 0.00  | 0.10  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $\bar{R}_c = 0.01$                 |
| 16 | 零件平均值 ( $\bar{X}_p$ )                                            |      | 2.800 | 2.990 | 2.943 | 2.900 | 3.000 | 3.000 | 2.900 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | $\bar{X} = 2.953$<br>$R_p = 0.200$ |
| 17 | $\bar{R} = [\bar{R}_a + \bar{R}_b + \bar{R}_c] / 3$              |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.0133                             |
| 18 | $\bar{X}_{DIFF} = [\text{Max } \bar{X}] - [\text{Min } \bar{X}]$ |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.007                              |
| 19 | $UCL_R = \bar{R} \times D_4$                                     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.034                              |
| 20 | $LCL_R = \bar{R} \times D_3$                                     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.000                              |

\*  $D_4 = 3.27$  (两次试验);  $D_4 = 2.58$  (三次试验);  $D_3 = 0$  (不大于 7 次试验)。 $UCL_R$  代表单个  $R$  的限值, 隔出那些限仁政的值, 查明原因并纠正; 同一评价人采用最初的仪器重复这些超限读数或者剔除这些超限值, 由剩余观测值再次平均并计算  $R$  和限值。

② 再现性或评价人变差

再现性或评价人变差 ( $AV$  或  $\sigma_A$ ) 是由评价人平均值的最大差值 ( $\bar{X}_{DIFF}$ ) 乘以一个常数 ( $K_2$ ) 来决定。 $K_2$  取决于量具研究中的评价人的人数, 其值为从 MSA 手册附录 C 查到的  $d_2^*$  的倒数。 $d_2^*$  取决于评价人的人数 ( $m$ ), 且  $g = 1$ , 因为只有一个极差计算。由于评价人变差被包含在设备变差中, 因此必须通过减去设备变差的一个分数来对其进行调整。因此, 评价人变差 ( $AV$ ) 可由下式计算得到:

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_D IFF \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{nr}}$$

式中,  $n$  = 零件的数量, 以及  $r$  = 测量次数。

③ 测量系统变差的重复性和再现性

测量系统变差的重复性和再现性 ( $GRR$  或  $\sigma_M$ ) 的计算为设备变差的平方加上评价人变差的平方, 然后再开根号, 如下式:

$$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

④ 零件与零件之间的变差

零件与零件之间的变差 ( $PV$  或  $\sigma_p$ ) 是由零件平均值的极差 ( $R_p$ ) 乘以一个常数 ( $K_3$ ) 所决定。 $K_3$  取决于量具研究中的零件的数量, 其值为从 MSA 手册附录 C 查到的  $d_2^*$  的倒数。 $d_2^*$  取决于零件的数量 ( $m$ ) 与 ( $g$ ), 在这情况  $g = 1$ , 因为只有一个极差计算。

$$PV = R_p \times K_3$$

⑤ 总变差

总变差 ( $TV$  或  $\sigma_T$ ) 是加总了重复性和再现性变差的平方与零件之间的变差 ( $PV$ ) 的平方, 再开根号计算而得。即:

$$TV = \sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2}$$

⑥ 设备变差占总变差的百分比

设备变差 ( $\% EV$ ) 占总变差 ( $TV$ ) 的百分比, 被计算为  $100 [EV/TV]$ , 其他因素占总变差的百分比计算方法相似, 如下式:

$$\% AV = 100 [AV/TV]$$

$$\% GRR = 100 [GRR/TV]$$

$$\% PV = 100 [PV/TV]$$

注: 每个因素所占的百分比之和将不等于 100%。

⑦  $n_{dc}$  值

数据分析最后为确定分级数, 使用统计学中  $6\sigma$  范围内的数值。

$$n_{dc} = 1.41 (PV/GRR)$$

规定  $n_{dc}$  为整数, 且  $n_{dc} \geq 5$ 。

(4) 结果分析 - 评价

根据国内外汽车厂测量系统分析研究, 往往靠经验判定其测量过程可接受规则。此外, 过程能被测量系统区分七的分级数 ( $n_{dc}$ ) 不小于 5。

通过对此测量系统分析,  $GRR$  值为 13.46%,  $n_{dc}$  值为 10.3763, 鉴于检具测量较稳定, 同时考虑引进新型测量技术成本较高, 判定测量系统可以接受。

二、结论

通过对检具的重复性和再现性及 AUDIT 评审系统研究, 可对冲压件尺寸和外观品质做出合格性判断, 基本可以满足汽车制造要求。通过检具测量基本满足判定冲压件质量要求, 针对大型冲压件测量过程中可能因变形、夹持顺序造成测量误差, 可考虑增加辅助测量以达到测量系统优化。□

参考文献:

[1] 焦巍, 项曙光, 王浩, 等. 化工过程数据处理系统的开发 [J]. 计算机与应用化学, 2006 (2).

[2] 陶灵丹, 曾其勇. 表面粗糙度仪的测量系统分析 [J]. 计量与测试技术, 2009 (2).

[3] 杨欣. 工件的计量型测量系统分析 [J]. 重型机械科技, 2004 (4).

[4] 李宇强. 照相测量冲压件的误差分析 [J]. 汽车工艺与材料, 2010 (6).

[5] 周世练. DPK 公司低成本条件下的质量控制研究 [D]. 华南理工大学学位论文, 2006.

# 基于刚度灵敏度方法的白车身轻量化设计优化分析

华晨汽车工程研究院 王辉宇 杨 伟

## 一、前言

随着能源的日益紧缺和制造成本的不断增加,汽车轻量化设计已经成为汽车制造商的主流设计。所谓轻量化,就是在保证汽车的强度和安全性能的前提下,尽可能地降低汽车的整备质量,从而可以提高汽车的动力性及燃油经济性,减少燃料消耗,降低汽车排放尾气对大气的污染。车身结构的轻量化设计主要是从优化分析车身及零部件板件厚度及变更新材料、新工艺等方法来进行的。在保证车身结构性能满足设计要求的前提下,充分提高材料的利用率,减少材料的浪费,以达到减轻车身重量的最终目的。在汽车轻量化设计中,有可能会降低车的某些性能,如整车刚度、模态和车的碰撞性能等。但在设计中,如果把车身刚度值控制在合理的范围内,势必会减少轻量化设计对车身性能的影响作用,因为车身模态、板件振动及 NVH 特性都可以直接或间接地通过刚度体现出来。因此,在对车身轻量化设计中,把车身刚度值、模态值及碰撞性能等作为轻量化设计的约束条件,是保证其他相关性能不明显减低的重要手段。白车身刚度主要包括弯曲刚度和扭转刚度。弯曲刚度可用车身在垂直载荷作用下产生的位移变化大小来描述。扭转刚度可以用车身在扭转载荷作用下产生的扭转角大小来描述。

## 二、轿车车身有限元模型的建立

### 1. 优化模型建立

轿车车身现在多数都是承载式结构,这种结

构对设计的轻量化实现提供了很好的平台。承载式车身承载了轿车行驶过程中扭转、弯曲等载荷,在这些载荷的作用下,轿车车身的刚度特性起着特别重要的作用。如果车身刚度不合理,将会直接影响轿车的可靠性、安全性、动力响应特性、NVH 性能及燃油经济性等关键性指标。另一方面,国内外汽车界对轿车车身及零部件的刚度分析也特别重视。因此,优化分析以刚度为约束条件具有重要的意义。对以刚度为约束条件的白车身优化分析,通常是以减少或增加板件的厚度来实现的。因此,在优化分析时取板件的尺寸为设计变量。具体约束条件为:板件优化后弯曲刚度值 $\geq 17000\text{N/mm}$ ;扭转刚度值 $\geq 17000\text{N}\cdot\text{m}/^\circ$ ;弯曲模态值 $\geq 40\text{Hz}$ ;扭转模态值 $\geq 40\text{Hz}$ 。

### 2. 灵敏度数学模型

优化分析以减少车身板件的重量为基础,同时应尽量确保减少修改零件的数量。还要考虑是否可以应用新材料新工艺来取代原有设计的不足。基于上述原因,进行优化分析时,需要进行灵敏度分析,用以确定最优的减化方案。当优化分析完成后,综合质量变化和各性能灵敏度的情况,保证修改变动零件的数量最小,而且车身性能降低很少或者不降,同时又减轻了车身的重量。因此,通过对车身板件结构的灵敏度分析,可以获得车身板件结构修改的最佳位置和最优尺寸。

## 三、对优化模型理论的验证

### 1. 弯扭刚度试验及模态试验

优化分析模型建立完成后,还需用具体试验

对这一模型优化结果进行有效验证,只有试验结果和理论优化结果一致或相差很小的情况下,才能证明优化结果的准确性及可行性。具体试验有白车身的弯曲刚度试验,扭转刚度试验及模态试验。

## 2. 试验结果的对比分析

通过白车身弯,扭刚度及模态试验的结果,与优化分析结果进行对比分析,找出其中的异同,从而确立优化分析结果正确与否,对优化分析改进与提高提供数据支持。

## 四、优化实例分析

本次以国内开发的某一款车为例进行优化分析。车身结构轻量化设计是一个复杂的交互式设计过程,本文仅以车身结构的刚度和模态优化,结合轻量化设计流程来说明轻量化设计的实施。车身结构的弯曲刚度、扭转刚度和模态是车身结构的重要力学性能,这3个指标反映了车身结构的整体刚度和基本的静动态特性。因此,基于此特性的轻量化设计具有很强的实际意义和应用价值。

优化分析是采用 LS-Dyna 的软件模块进行分析。在有限元模型中,钣金件的单元划分以四边形单元 CQUAD4 为主,过渡单元用三角形单元 CTRIA3,并控制在 5% 内,有限元模型完成后,验证单元满足相应的翘曲度、长宽比、雅可比值、歪斜度等要求,焊点采用 CWELD 单元来模拟。有限元建模完成后,在软件中进行如下条件的设置:

(1) 优化分析应以车身质量最轻为基础,同时要保证改动后车身的各项性能要满足原有的设计目标值。

(2) 以板件的厚度作为主要变量,但是,设计变量一般不能包括所有的白车身零件,同时应考虑材料是否可优化成新型材料,是否可改用新工艺来减轻材料的厚度等。

(3) 保证扭转刚度和弯曲刚度的性能降低不能超过 5%;保证碰撞性能满足原有设计目标值;并尽可能保证板件的厚度变化范围较小。

(4) 在以刚度和模态为约束条件的优化计算中,约束函数分别是约束门槛下部或纵梁下部一组 Z 向最大位移量和前后悬架弹簧支座位置 Z 向

平均位移量,来确保车身结构的弯曲和扭转刚度值满足设计要求,并约束 1 阶扭转模态和 1 阶弯曲模态的频率不低于原型车的相应频率值。实际弯,扭刚度试验和模态试验的加载与约束条件与优化模型的加载与约束条件相同。在确定优化变量的过程中,根据灵敏度分析的结果,设计变量的选择以对车身刚度和模态灵敏度小且对车身重量灵敏度大的设计变量和对车身刚度和模态灵敏度大且对车身重量灵敏度小的设计变量为优先选取。同时基于对碰撞性能的考虑,对车身的材料进行了相应优化:如 Dc04 改为 B220P2, SAPH440 改为 B410LA 等;对形状和结构进行优化等。对模型进行三轮优化分析并进行相应的试验印证。扭转刚度和弯曲刚度的载荷及约束条件见图 1 和图 2。

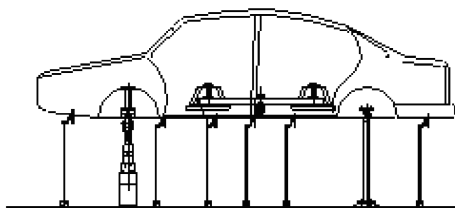


图1 弯曲工况载荷与约束图

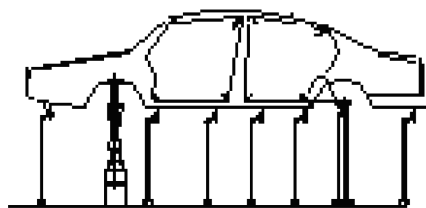


图2 扭转工况载荷与约束图

当完成上述设置后,提交有限元软件 LS-Dyna 进行分析计算。通过 LS-Dyna 可计算出车身各主要优化板件的厚度和调整结果(红色为调整后值)。具体见图 3、图 4。

车身减重优化后的具体变更数据和结果见表 1~表 5。

根据三轮调整后的构件数值对模型的厚度重新赋值并进行了刚度和模态分析,得到的扭转刚度值为  $19844 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{rad}$ ;弯曲刚度值为  $17518 \text{ N}/\text{mm}$ ,均符合约束条件目标值。试验实际减重后得到的扭转刚度值为  $18920 \text{ N} \cdot \text{m}/^\circ$ ,比理论值  $19844 \text{ N} \cdot \text{m}/^\circ$  略低 4.6%;弯曲刚度为  $17600 \text{ N}/\text{mm}$ ,比理论值  $17518 \text{ N}/\text{mm}$  略高 0.5%。车身减重后弯曲模态值为



# 挂钩冲压工艺及模具设计

江西省新余市长林集团亚洲富士长林电梯公司技术部 钟翔山 黄志雄 肖 军

**【摘要】** 针对零件结构及使用要求, 对其冲压工艺进行了分析, 通过利用孔变形补偿法, 确定了一种经济性加工工艺方案及零件的毛坯尺寸, 设计了实用的模具结构, 满足了零件的使用要求, 简化了零件的加工工艺, 降低了生产成本。

图1示挂钩是某公司产品上的零件, 采用2mm 08料制成, 生产批量较大。由于设计及使用上的要求, 该零件需弯成两个角度, 同时, 零件大部分边缘需翻成高度为3mm的边。根据零件安装使用要求, 图示的2处 $\phi 6.5$ 为M6螺栓联接用孔,  $17^\circ$ 角弯曲处的腰形孔为零件上的安装让位孔。

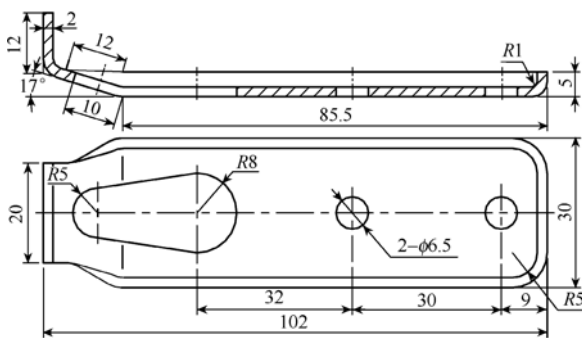


图1 零件结构简图

## 1. 工艺分析及工艺方案的确定

从零件结构可看出, 该零件属浅拉伸翻边件, 拉伸高度仅为3mm ( $5 - t = 5 - 2 = 3$ ), 材料变形很少, 应属于易翻边成形件。从其成形特性来看, 除零件四处R5圆角为拉伸变形外, 其余都为弯曲变形。

又由于零件右端的 $\phi 6.5$ mm安装孔及腰形孔边缘均离弯曲变形区很近, 其中 $\phi 6.5$ mm安装孔边缘离弯曲半径中心距离为:  $(9 - t - R_1 - 6.5/2 = 9 - 2 - 1 - 3.25 = 2.75)$  2.75mm小于不发生变形的最低要求 $2t = 4$ mm, 因此, 圆孔应有变形, 同样, 可

判断出腰形孔也应有变形。

根据上述零件的分析, 可制定出如下两套工艺方案。

方案一: 落料冲孔——翻边成形并弯曲

方案二: 落料——翻边成形并弯曲——冲孔

在这两个方案中, 第一工艺方案用2道复合工序生产出工件, 具有工序少, 零件制造成本低等优点。然而, 由于所冲孔尺寸会因为翻边成形及弯曲而发生变化, 毛坯尺寸不易掌握。

第二方案通过落料、翻边成形并弯曲、冲孔三道工序生产出工件, 生产的零件各孔尺寸稳定, 零件能很好地满足图样要求, 但由于增加了一道工序及一副模具, 不利于生产效率的提高, 从而增加了零件生产成本, 不易于企业经济效益的提高。

考虑到零件中的各孔可由冲孔补偿保证, 尽管尺寸不易通过计算掌握, 但展开料中孔的大小可以通过坯料试制确定, 基于上述分析, 最终确定采用方案一。

## 2. 毛坯尺寸的确定

根据零件成形特性可知: 除零件宽度30mm范围内的四处R5圆角属圆筒形拉伸变形外, 其余部分均属弯曲变形, 因此:

宽度30mm范围内的弯曲部分的展开长度  $L = 2a_1 + a_2 + l_1$

其中:  $a_1$  为板料弯曲后的高度5mm的直边数值  $= 5 - t - R_1 = 5 - 2 - 1 = 2$ ;  $a_2$  为板料弯曲后的直边30mm宽度的直边数值  $= 30 - 2t - 2R_1 = 30 - 2 \times$

$2 - 2 \times 1 = 24$ ;  $l_1$  为中性层展开长度  $= \frac{\pi}{180} \alpha \rho = 0.01745 \alpha \rho$ ;  $\rho$  为中性层半径  $= r + Kt$  ( $K$  为弯曲中性层位置系数)。

由于  $r/t = 1/2 = 0.5$ , 根据有压料 (模具设计时考虑使用有压料装置) 的 U 形压弯条件可查阅设计资料知,  $K$  为 0.33

代入上述数值于公式可求出宽度 30mm 范围内的展开料长为 33.2mm

宽度 30mm 范围内的四处 R5 圆角的展开根据外径为 14mm, 拉深高度为 5mm, 内角为 1 的简单圆筒件展开毛坯直径计算公式:

$$D = \sqrt{d^2 - 1.72dr - 0.56r^2 + 4dh}$$

其中:  $d$  为所求圆筒件中心层料厚处直径  $= 14 - t = 14 - 2 = 12$ ;  $r$  为所求圆筒件中心层料厚处内角半径  $= R_1 + t/2 = 1 + 2/2 = 2$ ;  $h$  为所求圆筒件中心层料厚处拉深高度  $= 5 - t/2 = 5 - 2/2 = 4$ 。

代入上述数值于公式可求出宽度 30mm 范围内的四处 R5 圆角的展开料毛坯半径为 8.55mm, 取 8.6mm。

考虑到有几处位于零件弯曲变形区内的孔将发生变形, 因此, 其孔径作如下调整, 即将位于右端的  $\phi 6.5$ mm 调整为  $\phi 6$ mm; 左端的 R5mm 调整为 R6mm, 以补偿弯曲、翻边对孔造成的变形影响。

尽管零件翻边后再弯曲, 该翻边高度方向的弯曲部位材料将受压缩应力的作用发生塑性变形, 从而可能使该部位材料向翻边高度方向凸出, 但考虑到整个零件翻边高度不大, 该部位的弯曲角度仅  $17^\circ$ , 因此, 不考虑弯曲可能对该部位展开料的影响。

综合上述考虑, 该零件展开料计算后的形状如图 2 示, 展开料以机械加工的方式制作供翻边、弯曲复合模使用。

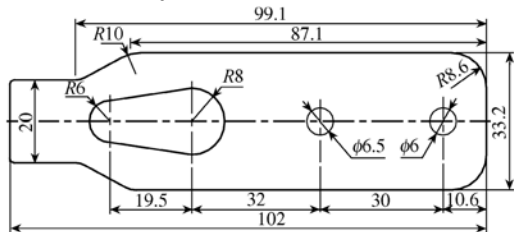


图 2 展开料简图

### 3. 模具结构及坯料的调试

#### (1) 翻边 - 弯曲复合模结构及工作原理

根据上述确定的工艺方案, 设计的翻边 - 弯曲复合模结构如图 3 示。

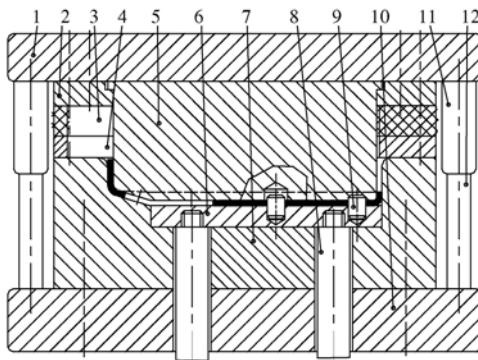


图 3 翻边 - 弯曲复合模结构简图

1. 上模板 2. 固定板 3. 聚氨酯 4. 卸料板
5. 翻边弯曲凸模 6. 卸料块 7. 翻边弯曲凹模
8. 顶杆 9. 定位销 10. 下模板 11. 导套 12. 导柱

工作时, 模具置于压力机工作台上, 压机滑块上升, 上、下模脱离接触, 顶杆 8 在压机顶料缸作用下顶至与翻边弯曲凹模 7 顶面平齐, 此时, 将机加好的坯料置于卸料块 6 的定位销 9 上, 随着压机滑块的下降, 卸料板 4 与卸料块 6、翻边弯曲凹模 7 共同作用将坯料压紧, 随着滑块的继续下降, 翻边弯曲凸模 5、翻边弯曲凹模 7 共同作用完成对压紧后的坯料的翻边、弯曲及其适度校正, 随着其翻边、弯曲、校正到位后, 压机滑块开始上升, 顶杆 8 在压机顶料缸作用下将完成翻边、弯曲、校正的零件推出翻边弯曲凹模 7 型腔。

#### (2) 模具设计要点

① 考虑到该零件翻边高度不大, 其中弯曲部位的弯曲直边短, 若采用较大的间隙则产生的弯矩不够, 易使弯曲处的直边不挺直, 直边不明显, 因此弯曲性质的零件部位模具单面间隙取  $2.0 \sim 2.1$ mm, 对零件弯曲  $17^\circ$  的部位及四处 R5 圆角拉伸部位, 为避免这些部位的材料在较小模具间隙下产生向翻边高度方向凸出的缺陷, 因此该部位模具单面间隙取  $2.1 \sim 2.2$ mm。

② 为保证零件翻边成形时, 卸料板 4 的压边不至于会影响零件左端后续的弯曲, 因此, 在卸料板 4 及聚氨酯 3 的该部位开设部分空位。

③ 模具设计时, 保证卸料板 4 在聚氨酯 3 没有压缩时, 其下平面高出翻边弯曲凸模 5 下平面, 使坯料在翻边、弯曲之前就被压紧。

### (3) 坯料的调试及落料冲孔凸模尺寸的确定

翻边-弯曲复合模设计制造完成后, 利用上述的坯料进行了零件的试制, 试制后的零件表明: 坯料右端的  $\phi 6\text{mm}$  加工后成为  $\phi 6.3 \sim \phi 6.4\text{mm}$  的椭圆, 而腰形孔经翻边及弯曲后, 发生了严重的形状变形, 变形后的形状如图 4 示 (其中: 图中虚线示为坯料的腰形孔尺寸, 实线为变形后零件孔的实际形状)。

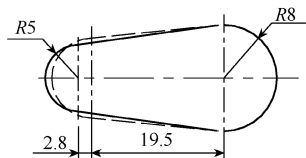


图4 腰形孔翻边-弯曲后形状简图

基于上述分析, 在零件展开料中作如下调整: 将坯料右端的  $\phi 6\text{mm}$  孔更改为  $\phi 6.1\text{mm}$ , 原腰形孔的  $R6\text{mm}$  更改为  $R7\text{mm}$ ,  $19.5\text{mm}$  更改为  $16.7\text{mm}$ , 按上述更改后的展开料重新机械加工后试模, 试制后的零件尺寸表明: 尽管与零件要求仍有少许差异, 但完全可以满足产品的使用要求, 为此, 确定上述更改后的尺寸即为最终展开料尺寸。落料冲孔凸模尺寸按最终确定的展开料尺寸确定, 整个模具设计依照确定的展开料进行, 由于模具结构

较为典型, 此处不再详述。

## 4. 模具使用效果及结论

整个加工工艺中使用的模具设计制造完成后, 试制的零件完全符合产品要求, 由于减少了模具数量, 缩减了加工工序, 从而降低了零件加工成本, 增加了零件的经济性。整个生产工艺经多年使用, 模具工作正常, 产品质量稳定。

挂钩的成功加工表明: 对处于弯曲或拉伸变形区内的孔 (一般判断条件为: 当料厚  $t \leq 2\text{mm}$  时, 若孔边缘至弯曲半径中心的距离  $\leq 2$  倍的板料厚度  $t$ , 则认为孔处于弯曲或拉伸变形区内), 通过采用展开料试模、孔变形补偿等办法是能较精确地确定其坯料尺寸的, 生产的零件能够满足产品要求; 而对翻边高度及弯曲角度均不大的零件展开料计算, 尽管其复合会发生变形, 但由于变形量不大, 通过适当增大模具间隙等方法, 是能够满足产品的要求, 忽略其变形的; 针对零件使用要求, 可有意识地通过坯料试验确定最终展开料尺寸的方法, 从而制订出高效、经济的加工方案。□

### 参考文献:

- [1] 冲模设计手册编写组编. 冲模设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [2] 万战胜. 冲压工艺及模具设计 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1995.
- [3] 敏度计算分析 [J]. 汽车工程, 2001, 23 (5).
- [4] 陈国定, 武力. 轿车白车身结构的相对灵敏度分析 [J]. 机械设计, 2007, 24 (4).
- [5] 陈鑫, 于雪, 林松. 轿车车身静态刚度计算及静态竖直弯曲刚度优化分析 [J]. 汽车技术, 2004, (1).
- [6] 马迅, 过学迅, 赵幼平, 等. 基于有限元法的结构优化与灵敏度分析 [J]. 机械科学与技术, 2002.
- [7] 段月磊, 毕传兴. 基于刚度和模态灵敏度分析的轿车车身轻量化研究 1006.1355 (2010) 07. 0079.04.
- [8] 王志亮, 等. 基于弯曲刚度和扭转刚度的白车身优化分析 [J]. 机械科学与技术, 2008.

(上接第 96 页)

转和弯曲刚度的灵敏度小的板件, 进行优化减重; 对质量灵敏度小, 而对扭转刚度和弯曲刚度大的板件, 进行相应的一些增重, 以弥补降低的刚度性能; 选择修改的板件数量要尽可能的少, 以确保成本的合理控制。

(4) 通过限制需要改动的车身板件数量和尺寸变化的量值, 既起到了对设计和生产制造的成本有效控制, 又提高了优化计算的效率, 从而确保了轻量化设计成功的实施. 该优化分析方法的成功, 对未来轻量化汽车的可能大批量生产实施, 提供了很好的参考路径。□

### 参考文献:

- [1] 高云凯, 蓝晓理, 陈鑫. 轿车车身模态修改灵

# 汽车轻量化技术的进步与展望

华晨汽车工程研究院 岳 博 徐晶才

**【摘要】** 简要介绍了目前汽车轻量化技术的发展状况，包括轻量化的概念和意义，汽车轻量化技术的发展状况，阐述了汽车轻量化的实施途径以及在汽车轻量化过程中遇到的机遇和挑战。

## 一、前言

能源短缺及环境污染问题已成为制约我国汽车产业可持续发展的突出问题，无论是从社会效益还是经济效益来考虑，低油耗、低排放的汽车都是节约型社会发展的需要。近年来，随着能源压力加剧、石油价格不断上升，世界各国对能源和 CO<sub>2</sub> 排放引起的环境问题更加重视。许多研究表明，地球变暖及酸雨与汽车排放的 CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和硫化物直接相关。2007 年底我国成立了汽车轻量化联盟，将围绕汽车轻量化共性关键技术开展攻关。汽车轻量化是国家节能减排战略的迫切需要，更成为车企和全行业提高核心能力的实现需求。轻量化技术无论对传统汽车还是新能源汽车，都是一项基础的共性技术，因此，汽车的轻量化已经成为世界汽车发展的潮流。

## 二、汽车轻量化的概念及意义

### 1. 汽车轻量化的概念

汽车的轻量化，就是在保证汽车的强度和安全性性能的前提下，尽可能地降低汽车的整备质量，从而提高汽车的动力性，减少燃料消耗，降低排放污染。

汽车轻量化不能以简单的减重多少来衡量，必须与所设计车身的尺寸和功能相关：

(1) 对于已有的功能可满足要求的汽车，轻量化的设计是降低重量而保持原功能不变，其轻

量化的效果是直接的减重；

(2) 现有功能尚不能全部满足要求或需要提升的汽车，轻量化设计是完善功能而保持质量不变；

(3) 既要提高改进性能，同时也使汽车减重。

正因如此，汽车轻量化设计实际上是功能改进，质量降低，结构优化和合理价格的结合。

### 2. 汽车轻量化的意义

研究显示，若汽车整车重量降低 10%，燃油效率可提高 6% ~ 8%；若滚动阻力减少 10%，燃油效率可提高 3%；若车桥、变速器等装置的传动效率提高 10%，燃油效率可提高 7%。汽车车身约占汽车总质量的 30%，空载情况下，约 70% 的油耗用在车身质量上。因此，车身变轻对于提升整车的燃油经济性大有裨益。

在驾驶方面，汽车轻量化后，加速性提高，车辆控制稳定性、噪音、振动方面也均有改善。从碰撞安全性考虑，碰撞时惯性小，制动距离减小。当发生碰撞时，塑性材料对人的冲击小，更加安全。

此外，车辆每减重 100kg，CO<sub>2</sub> 排放量可减少约 5g/km，因此，汽车轻量化对于节约能源、减少废气排放、实现我国汽车工业可持续发展十分重要。

## 三、我国汽车轻量化技术的发展现状

### 1. 行业政策及标准

2004 年我国出台《乘用车燃料消耗量限值》

国家标准,以期从长远角度提高能源利用率,并促进汽车轻量化发展,分阶段实施。2009年初出台的“汽车产业调整振兴规划”,其中规定购买1.6L及以下的小排量汽车可减免5%的车辆购置税。

## 2. 汽车轻量化技术发展现状

近年来,我国在汽车轻量化技术方面也取得了不少成果。一批汽车新材料项目被列为国家“863”、“973”高新技术项目和国家科技攻关重大项目,促进了汽车轻量化技术的进步。

“十五”期间,我国将镁合金应用与开发列为材料领域重点项目,一汽、东风、长安等汽车企业建立了压铸镁合金生产线;重庆汽车研究所在镁合金零件的性能测试、疲劳试验、计算机模拟等方面做了大量的工作;上海交大、湖南大学、重庆大学等高校就镁合金的强韧化、耐蚀性、阻燃性和抗高温蠕变性等开展了较深入的研究。

目前,国内汽车轻量化材料正在加速发展,车用高性能钢板、镁合金已在汽车上有所应用。如上海大众桑塔纳轿车变速器壳体采用镁合金。20世纪80年代,重庆汽车研究所就开展了双相钢研究;一汽轿车、奇瑞汽车也在轿车车身上进行了高强度钢板的初步应用试验。

在汽车结构优化设计方面,国内已从主要依靠经验设计逐渐发展到应用有限元等现代设计方法进行静强度计算和分析阶段。目前出现了一批拥有自主知识产权的汽车车身模具开发技术,如湖南大学与上汽通用五菱在薄板冲压工艺与模具设计理论方面开展了较深入的研究;北京航空航天大学开发了CAD系统CAXA,并已经开展了客车轻量化技术的研究,利用有限元法和优化设计方法进行结构分析和结构优化设计,以减少车身骨架、发动机和车身蒙皮的重量等。

## 四、汽车轻量化的主要途径

### 1. 合理的结构设计

具体结构合理设计有以下三个方面:

(1) 通过结构优化设计,减小车身骨架及车身钢板的质量,对车身强度和刚度进行校核,确保汽车在满足性能的前提下减轻自重。

(2) 通过结构的小型化,促进汽车轻量化,主要通过其主要功能部件在同等使用性能不变的情况下,缩小尺寸。

(3) 采取运动结构方式的变化来达到目的。比如采用轿车发动机前置、前轮驱动和超轻悬架结构等,使结构更紧凑,或采取发动机后置、后轮驱动的方式,达到使整车局部变小,实现轻量化的目标。

### 2. 使用新的材料

据统计,汽车车身、底盘(含悬架系统),发动机三大件约占一辆轿车总重量的65%以上。因此通过材料替代或采用新材料来使汽车轻量化,未来的发展会很有前景。在替代材料方面,可使用铝镁轻合金等有色金属材料、塑料聚合物材料、陶瓷材料等密度小、强度高的轻质材料,或者使用同密度、同弹性模量而工艺性能好的截面厚度较薄的高强度钢;亦或者使用基于新材料加工技术的轻量化结构用材,如连续挤压变截面型材、金属基复合材料板、激光焊接板材等。

### 3. 使用先进的制造工艺

采用先进的制造工艺,是使用基于新材料加工技术而成的轻量化结构用材,如连续挤压变截面型材,内高压成形,激光焊接技术,楔横轧技术等精密塑性成形等可达到轻量化目的。

## 五、我国汽车轻量化发展的机遇与挑战

### 1. 我国汽车轻量化发展的机遇

#### (1) 政策机遇

举例说明,中国在2011年重型柴油车和轻型车排放标准达到国IV标准,而在北京、上海等大城市已提前进入国IV标准,这就迫使汽车厂家从技术角度出发降低汽车排放,而减轻汽车自身重量无疑是汽车降低燃油消耗及减少排放达到节能、环保要求的最有效措施之一。

#### (2) 汽车使用成本增加

由于世界能源短缺,原油储量的不断减少,油价也因此不断走高,如此高的用车成本,在其他条件相似,油耗低的车将成为购车者的首选。而降低油耗的办法中,降低整车重量是其中一条重要技术路线。

### (3) 发达国家经验显示的市场机遇

以美国生产的汽车产品为例, 1976 年每车用铝合金仅 39kg, 1982 年达到 62kg, 而 1998 年则达到了 100kg。

美国汽车上的一些铸铁件将不断被铸铝件所取代, 如铝缸盖将从目前的 80% 增至 2007 年的 95%, 铝缸体将从目前的 25% 增至 2007 年的 60%。

目前, 汽车工业发达国家轿车平均用铝量已达 130kg 以上, 而日本轿车用铝量达 270kg。我国轿车平均铝合金用量在 80 ~ 100kg, 提高空间明显。

## 2. 我国汽车轻量化发展遇到的挑战

### (1) 市场竞争更为激烈

随着我国汽车市场的快速发展, 汽车轻量化要求不断提高, 一方面国外汽车轻量化材料提供商也纷纷进入中国汽车市场; 另一方面, 国内钢厂、铝厂等生产工艺、技术水平有了较大提高。预计未来汽车轻量化市场竞争更为激烈。

### (2) 轻量化材料在市场的普及需要过程

国内汽车厂商采用轻量化材料的制造工艺需要积累技术和经验。轻量化材料成本较高, 在中低端汽车产品的应用较为困难。

## 六、结论

随着能源日趋紧张、环境压力加剧, 我国汽车业的可持续发展面临挑战。

首先, 我国车用燃油消费占石油消耗的比例逐年增加, 而相对应的石油资源又处于日益紧张的情况。其次, 温室气体及有害气体排放量还在持续增加。目前, 发达工业国家已经开始加快产业、能源、技术贸易等相关政策的调整, 为抢占先机制定“游戏规则”。欧盟已经建立起统一的碳排放贸易市场, 大多数欧盟国家也建立了碳排放税收制度。一些行业已经能够出售碳排放配额获得收益。一旦西方国家通过征收“碳关税”迫使发展中国家接受量化减排, 发达国家将有能力实现

商业利益最大化, 掌握经济霸权, 发展中国家的发展空间将会受限。

作为有效的节能手段, 汽车轻量化技术已经成为汽车工业发展的重要研究课题之一。汽车轻量化是提高汽车竞争力的迫切需要, 更是国家节能减排战略的迫切需要。

轻量化技术无论对传统汽车, 还是新能源汽车, 都是一项基础的共性技术, 关系汽车安全、节能、环保的重要方面, 涉及到技术、经济、安全、环境等诸多方面的复杂系统工程, 包括零部件优化设计和检测技术、先进制造技术、材料回收与再生技术、零部件维修技术等一系列关键支撑技术。我国汽车工业发展较晚, 生产规模小而分散、研发能力薄弱、研发人才短缺, 制约我国汽车轻量化技术的快速发展。

中国汽车工业要做大做强并积极参与国际竞争, 自主研发、突破技术瓶颈、掌握核心技术是必由之路, 需要包括钢铁行业在内的所有相关行业同舟共济, 建立共同参与的合作机制。汽车产业联盟是一种有益尝试, 只有整合资源, 发挥“合力”优势, 重点突破, 才能使我国汽车行业向高性能、低耗能、低排放模式转变。□

### 参考文献:

- [1] 刘恩华. 汽车产业发展前景和轻量化进展情况 [Z]. 上海: 中国汽车技术研究中心, 2011.
- [2] 王予望. 汽车设计 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 刘小燕. 汽车轻量化之路 [J]. 北京: 世界金属导报, 2009 (7).
- [4] 冯美斌. 汽车轻量化技术中新材料的发展及应用 [J]. 十堰: 汽车工程, 2006 (6).
- [5] 杨沿平, 范叶, 孟先春, 等. 汽车轻量化技术及其实施途径 [Z]. 长春: 汽车工业研究, 2006.
- [6] 鲁春艳. 汽车轻量化技术的发展现状及其实施途径 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [7] 张彦如. 汽车材料 [M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2006.

# 得自动化者得天下

## ——埃马克助山东明宇重工完成自动化生产第一步

“建立无人化车间，实现生产完全自动化。”——占有中国中小型装载机市场 50% 份额的山东明宇重工机械有限公司（以下简称明宇重工）总经理衣学航先生说，“正所谓‘得自动化者得天下’，我们的理想就是要建立无人化工厂，实现生产完全自动化。而埃马克帮我们打开了这扇门，成为我们实现这一理想道路上的一块基石。”

作为广泛应用于公路、铁路、水电、建筑、港口、矿山等建设工程土石方施工主要机种之一的小型装载机，在我国城市化建设快速发展的今天具有非常大的作用。“明宇重工公司成立于 1996 年，2006 年开始介入小型装载机行业，随着中国城市化建设的快速发展，小型装载机的潜在需求也日益增加，但却都处于凭手工与经验野蛮生产的状态。”衣学航介绍，“如今，信息时代的高速发展以及中国人口老龄化程度的日趋严重，自动化成为大势所趋。特别是‘工业 4.0’以及‘中国制造 2025’的提出，更是加快了我国工业自动化、智能化的全面发展。”

明宇重工，中国中小装载机行业的领军企业之一，位于山东省莱州市，占地面积 12 万 m<sup>2</sup>，目前拥有年产量达 10 万台的现代化生产车间 12 座，具有世界领先水平的大中型设备 300 多台，是集科研、制造、销售、服务于一体的小型装载机专业生产厂家。其客户遍布世界各地，从国内到亚欧非，从建筑、农业到矿山随处都可见明宇重工设备的身影。

### 欲打造无人化工厂

“目前，明宇重工已占据国内中小型装载机市场的半壁江山，市场份额 50% 以上，成为中国中小型装载机行业当之无愧的领军企业。”衣学航表示，“我们的战略就是要专业打造成为世界一流的中小型装载机研发生产基地，并成为全球小型装

载机的领航者。”据了解，明宇重工拥有世界先进的科研实验设备、智能检测系统以及加工切割设备，并与国内著名高校、科研院所、企业建立良好的技术平台，拥有独立的高新技术产品研制开发能力。

明宇重工注重技术、坚持创新，是其得以保持快速发展，提高核心竞争力的关键。“明宇重工时刻以市场为导向，在人力成本上涨和劳动力结构改变的今天，全球信息化的发展要求我们必须改变生产模式，进行产业升级，才能满足市场发展的需求。为此，实现生产自动化成为明宇重工人的理想，而埃马克为我们打开了这扇门，让我们在自动化发展的道路上迈出了坚实的一步。”衣学航说道，“目前，明宇重工共拥有 3 台埃马克 VL 2 P 系列车床，另外 4 台也即将到位，主用于加工外径 100mm 以内的轴套（见图 1）等盘类件。”

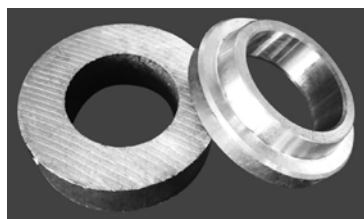


图 1 明宇重工生产的用于装载机加工的轴套

### 一见钟情 埃马克

“最早跟埃马克接触是在 2013 年的青岛国际机床模具展览会上，当我第一眼看到埃马克的设备

时就眼前一亮：较小的占地面积、独特的自动化上下料工艺，倒立式的加工方式，当即我就决定购买它了。”衣学航回忆说，“可以说，我对埃马克是一见钟情，而且他也确实没让我失望，无论是自动化程度、效率还是加工质量各方面都让我们非常满意。”

明宇重工购买的3台VL 2 P车床，占地面积小（机床安装面积仅为5m<sup>2</sup>），集成了自动化上下料系统、工件自动输送系统，工件加工节拍短，排屑容易，维修简单等特点。而且埃马克VL 2车床都是模块化设计，可以轻松实现加工组合，连成加工生产线。

“根据我们的生产要求，埃马克利用3台VL 2 P车床为我们量身设计了一套生产解决方案（见图2），极大提高了我们的生产效率和质量。”衣学航介绍，“以前，这些生产装载机的盘类件都是外协，质量参差不齐且很难控制，一致性较差。我们只能通过增加检测人员，对相关产品检测分类来解决这一问题。如今，使用埃马克设备生产这些零部件，不仅质量得到了保证，工件寿命也明显延长，产品零部件的使用寿命可达到普通产品的15~45倍。”



图2 埃马克为明宇重工量身定制的由3台VL 2 P联机的生产解决方案

## 高质、高效、高自动化

“我公司从研发、生产到销售、售后都始终坚持一套科学化、流程化、标准化的生产理念，从而可以更好地控制质量，降低各个环节的成本。”衣学航说，“埃马克的加入，不仅极大地提高了生产自动化程度，而且工序减少，可一次装夹完成多道工序，没有人为因素的影响，有效保证了质量和生产效率。”

埃马克VL 2 P车床采用倒立式结构，床身由

MINERALIT<sup>®</sup>高级矿物料浇铸而成，稳定性高，减震性能卓越。其独特的自动化上下料技术，通过工作主轴或刀塔将工件传输到加工区，无需额外的机械手和机器人，简洁、经济且又保证了很高的利用率；自动上下料主轴安装在床身前端的十字滑台上，可进行X轴和Z轴运动，具有极快的反应速度，且行程极短；位于工作主轴下端的刀塔，最多可以安装12把车刀或动力刀。此外，还可以在VL 2 P车床刀塔中配备一个Y轴，可大幅拓展生产的应用领域。整个自动上下料过程可实现不同工件的快速换型，有效提高生产效率。

“而且，埃马克在售后服务方面也做的非常到位，能在第一时间对我们所提出的问题作出反馈。但同时，也正因为其产品的先进性和技术性，我们希望埃马克能为我们的员工提供更多的编程及设备维护保养等方面的培训。”衣学航提出。

最后，衣学航表示：“自动化生产是明宇重工现在以及未来发展的重点，不光是加工，包括切割、焊接甚至装配都要向自动化考虑。而埃马克不仅在自动化技术、生产能力还是在售后服务方面，都让我们非常满意。未来，我们将继续和埃马克合作，努力实现我们无人化工厂的目标。”□

## 世界技能大赛中国队实现历史性突破！

在不久前落幕的第43届世界技能大赛上，中国军团32名选手在参与角逐的29个类别中，最终收获了5金6银3铜的优异成绩。其中数控铣、团队制造挑战赛、汽车喷漆、焊接、美发、5个项目获得金牌！创造了中国代表团参加世界技能大赛以来的最好成绩，实现了金牌零的突破，可喜可贺！

世界技能大赛由世界技能组织举办，被誉为“技能奥林匹克”，是世界技能组织成员展示和交流职业技能的重要平台，也是世界上规模最大的职业教育活动。

作为世界领先的金属切削刀具制造和供应商，山特维克可乐满一直致力于三个关键领域的发展——竞争力、创新和教育。山特维克可乐满是本届大赛的官方赞助商，为制造和工程技术领域中数控车床、样机建模和自动化技术三个赛项提供支持。山特维克可乐满捐赠了1000多种不同的刀具供学生们使用；在比赛期间的每一天，三名技术专家随时待命，为参赛者提供必要的指导和建议。其实，山特维克可乐满大中华区从41届世界技能大赛起就开始为中国国家队提供包括异地实训和参赛刀具等各项支持。

# 同步满足节拍与成本降低双项严苛要求

## ——瓦尔特助力江淮铸造顺利实现发动机缸体加工工艺调整

随着汽车消费市场需求逐渐升级，竞争日趋激烈，汽车及零部件制造企业面临着质量提升和降低成本双向压力，如何有效保证汽车零部件的加工质量和精度，并在此基础上不断提高加工效率，缩短单件产品的生产成本，成为当前汽车及零部件制造企业最为关注的重点。尤其是发动机制造，因其大批量、高精度、高质量、高稳定性的加工特性，要求发动机加工车间必须不断提高效率，以应对节拍要求。

江淮汽车是国产品牌中的佼佼者，其核心发动机 1.5TGDI 发动机是国内首款自主研发、技术成熟并广泛量产的机型，集国际先进的缸内直喷、废气涡轮增压、双可变气门正时、集成中冷器式塑料进气歧管和油气分离一体式缸盖护罩、静音链驱动、涨断连杆等多项先进技术于一身，具备高功率、高品质、低油耗、低排放、轻量化等特点，与普通发动机相比，它的待速油耗最高可降低 30% 以上，可使整车节油 20%，实现了强劲动力与超低油耗的完美融合。

### 满足节拍与效率要求

“这些主要是为江淮瑞风 S5 配套的，它的优势是低转速高扭矩，高转速高功率，这样就使得车辆起步更迅捷，动力也更充沛。平常我们都是开足两班，高效生产。”面对罗列在加工车间内正待进入下一道工序的 1.5TGDI 涡轮增压直喷发动机的缸体件，任建菊，合肥江淮铸造有限责任公司（以下简称江淮铸造，为江淮汽车股份有限公司控股子公司）车间主任表示，“集团一方面不断进行工艺优化，从工序调整上降低节拍；另一方

面，要求从单件成本降低上狠下功夫，从切削加工方面要效益。这对我们来说，是挑战也是机遇。”

江淮铸造的主要业务是为江淮汽车集团提供铸件产品，在同为集团下属的发动机厂的工序调整后，江淮铸造的机加车间承接了缸体的加工任务，主要集中进行缸体的半精加工和钻孔的精加工工序，以实现更严苛的加工节拍要求。据介绍，按照集团高效生产的要求，整体缸体加工的节拍要求是 2.5 ~ 3min，可是之前由于要兼顾缸体孔加工工序，整体节拍难以达到上述目标，会被延长至 5 ~ 6min。而现在通过工艺改进，由铸造公司完成孔加工工序，整体缸体加工的节拍可以缩短至 2'05"，这在同行里算是非常快的了。

“这道工序以前在集团公司发动机公司加工时，不仅满足不了整体生产线加工节拍，而且成本很高，转入铸造公司加工后，车间



加工车间内正待进入下一道工序的 1.5TGDI 涡轮增压直喷发动机的缸体件

建立了专业的加工生产线，在选择刀具时也进行了更严谨的比对。”任主任介绍说。由于是大批量生产，出现一个突发事件可能就会造成产品报废甚至影响整个生产线的节拍，因此只能选择稳定性更好的刀具。目前江淮铸造加工车间全部采用进口先进刀具，为了保证产能，在选用刀具时严格遵循优选耐用度高、切削效率高及使用成本低的原则，并最终确定使用了瓦尔特刀具最具代表性的三个产品系列：

瓦尔特-蒂泰克斯 (Walter Titex) 深孔钻, Walter BLAXX™ (黑锋侠) 和 Tigerotec® 老虎刀片。

在对节拍影响最大的孔加工方面, 江淮铸造采用的是瓦尔特-蒂泰克斯 Alpha 4 XD 系列高效整体硬质合金内冷深孔钻头 (简称 XD 深孔钻), 钻头的直径范围为 3 ~ 20mm, 钻孔深度达到 70xDc 时也能确保最高工艺可靠性并无需退刀。抛光的排屑槽有效保证了深孔加工过程中的可靠排屑, 从而确保了加工质量。由于该钻头有 4 个刃带, 在加工斜向出口和贯穿孔时的性能优越, 被广泛应用于汽车行业和通用机械行业中。此外, 为了满足现代机械加工的效率要求, 瓦尔特-蒂泰克斯 XD 钻头拥有卓越的性能和先进的涂层, 与单刃枪钻相比生产效率提高达 10 倍。

缸体孔加工为精加工, 其加工步骤为: 铣凸台毛坯面、钻  $\phi 6\text{mm}$  引导孔、钻  $\phi 6\text{mm}$  深孔 (深 175mm)、扩  $M10 \times 1$  底孔及倒角、攻  $M10 \times 1$  螺纹, 一步加工到位。钻孔的时间约一分钟左右, 每小时约加工 20 台缸体。“目前使用的 4 支钻头已经钻了 7000 多个孔, 几乎一个钻头可以加工 1600 ~ 1800 个孔, 对比之前用的另一个知名品牌的钻头最高钻 1200 ~ 1400 个孔, 可以说寿命更高。”在一番实际对比过后, 瓦尔特产品的优势凸显。据介绍, 江淮汽车这款发动机缸体的材料为 HT250, 因为含硅比较多, 对刀具耐磨性要求格外高。因此瓦尔特的这款钻头达到这么高的寿命远远超出了行业平均水平。另外, 刀具寿命的提升除了降低成本外, 也大大节约了换刀时间, 可谓是一举两得。

## 更长寿命 更低成本

在铣削刀具选择上, 江淮铸造采用了 Walter BLAXX™ (黑锋侠) 铣削缸体端面, 用瓦尔特 Tigerotec® 老虎刀片铣轴承孔上的两个端面。

瓦尔特老虎刀片取得的成功有目共睹, 业内人士几乎无人不晓老虎刀的威力。多年来, Tigerotec® 切削刀具材料在多个应用领域树立了切削新标准, 帮助数以万计的用户实现加工效率的提升。江淮铸造在 2012 年就已经开始应用老虎刀产品, 目前用它来加工缸体的五个面: 可以做到一次性加工完成, 所有面的加工要求是粗糙度  $R_a 1.6\text{mm}$ ,

公差控制在五丝以内, 这样到了江淮汽车发动机工厂那边, 只要把端面精铣一下, 就可以进入下一道工序了, 整体加工节拍得到很好保证。

Walter BLAXX™ (黑锋侠) 是瓦尔特近年来推出的全新一代铣刀产品, 代表了极其坚固同时极其精确的结构方式以及不同寻常的性能和工艺可靠性。瓦尔特技术专家介绍说: “刀片的设计优势是降低了刀刃的成本。由于使用了最新的压缩模技术, 并被设计成 4 个螺旋式的正型切削刃, 如此可配备不同尺寸的刀片、不同数量的切削刃。刀体芯部较大的体积保证了加工时的稳定性, 并且带来了加工时相对较安静的特点, 使加工工艺更加可靠。极小的振动使刀具寿命有了提高。另外, 刀片布置在外围也预留了以后可以设计更多切削刃的延伸空间。可以说, 黑锋侠完美地结合了刀体和刀片的优势, 使得刀具强度增加, 耐热、耐磨能力大大提高。另外, 新型 Tigerotec® Silver 银虎刀片切削材质的特性也不容小觑。”

“工作人员反映黑锋侠与之前采用的其他品牌进口刀具相比, 在同样的加工效率下寿命更长。比如之前 1 个刃可加工 30 个缸体, 现在是 1 个刃可加工 50 ~ 60 个缸体, 而且刀具本体抗震性有很好的改进。”任主任介绍道。

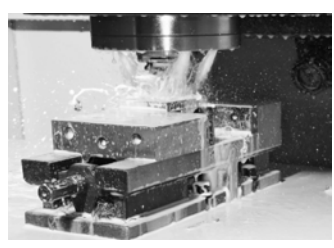
效率的提高最直接的体现就是生产成本的降低。“现在企业对降低制造成本的要求越来越高, 要求我们评算定额成本。不仅仅是单价核算, 而是核算到每一个加工步骤上, 挑战是很大的。”任主任表示。

任主任最后介绍道: “瓦尔特通过高性能的产品和服务帮助我们实现了工序上的顺利变化, 给我们带来了一定的经济效益和可持续发展的空间, 而且, 他们会经常主动询问产品的应用情况, 并结合自身的丰富经验给予改进意见, 这样的合作让人感到非常安心。如果有新的加工任务, 新的加工要求, 我们非常愿意试用瓦尔特的新产品, 也愿意跟他们讨论新的解决方案。”的确, 在加工工艺和解决方案的提供上, 瓦尔特始终与客户保持着及时、深入的沟通, 详细地了解客户的真正需求。凭借“优势技术能力”, 瓦尔特正不断助力客户同步实现提升加工效率、降低加工成本的升级目标。□

# 当导轨油遇见切削液，一定要离！

现代机加工车间里，导轨油的选择至关重要。导轨油能对机械加工的精度和金属加工液的使用寿命产生影响，并进而直接影响到机床的生产效率。理想的导轨油不仅需要具备出色的摩擦控制性，还应和金属加工过程中常用的水溶性切削液之间保持着卓越的可分离性。若选择的导轨油与切削液无法实现完全分离，导轨油将会乳化，或切削液性能会变差，这是导致现代机床导轨锈蚀和导轨润滑效果不佳的两大诱因。对于机加工来说，导轨油遇见切削液，只有一个使命，让他们“离”！

因此，企业在选择导轨油和切削液时，应当对两者的可分离性进行有效的评估和检验，避免



在实际的加工过程中造成损失。在选择最佳的导轨油与切削液组合时，如何评估及衡量两者的可分离性无疑有着举足轻重的作用。以下介绍的六个简单实用的方法可以帮助轻松搞定导轨油和切削液的可分离性问题。

## 一招识破：不良分离性能导致的症状

导轨润滑通常处于全开放状态，往往会污染切削液，因此，作为导轨油一个最重要的属性，就是必须能很好地与水溶性切削液分离、而不是混溶。良好的分离性不仅有助于避免生产成本增高，还能有效减少设备因故障而意外停工的发生。

倘若导轨油和切削液之间的分离情况不佳，导轨油将出现乳化现象，并引发以下问题：

- 润滑效果降低，摩擦增大；
- 可能导致更高的能耗；
- 与导轨接触的材料表面或涂层材料出现磨损；

- 机器及零部件遭受腐蚀。

不良的分离性还会使导轨油在水溶性切削液里产生大量浮油，从而导致：

- 切削液浓度发生变化，性能变得难以控制；
- 润滑效果变差，工具磨损现象严重，机械加工表面质量变差；
- 细菌繁殖的风险变大，产生异味；
- 降低切削液的 pH 值，可能造成腐蚀；
- 切削液出现太多泡沫。

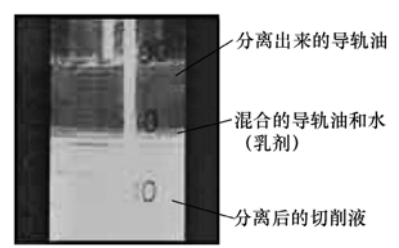
## 两招检验：快速鉴别导轨油与切削液的可分离性

被润滑油污染的切削液处理成本很高。因此，与其出现症状后亡羊补牢，不如防患于未然。机加工企业只需通过两个简单的标准测试就能快速判断待选的导轨油和切削液的可分离性。

### (1) TOYODA 抗乳化试验

TOYODA 试验对导轨油污染切削液的现象进行模拟。试验中，在容器内注入 90mL 的切削液和 10mL 的导轨油，将它们垂

直搅拌 15s，再在 16h 后观察容器内液体的状况，并测量容器内顶部、中部、底部三段液体的溶剂（以 mL 为单位）：分离出来的导轨油（顶部）、“乳剂”（中部）以及分离后的切削液（底部）。

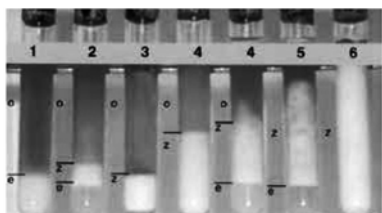


如记录的测试结果为 90/0/10（90mL 切削液，0mL 乳液，10mL 导轨油），这表明油和切削液实现“完全分离”；若结果为 98/2/0（98mL 切削液，2mL 乳液，0mL 导轨油），便意味着乳化反应发生，切削液和导轨油没有很好地分离。

## (2) SKC 切削液可分离性试验

这一试验对水溶性切削液污染导轨油的现象进行模拟。以 80/20 的比例，将导轨油分别与各种常规切削液混合，导轨油 8mL，切削油 2mL。以 1500r/min 的转速将混合物搅拌 1min，再在 1h、1 天和 7 天后分别目测混合物的状态。根据以下标准对混合物的状态进行 1~6 级的评分：

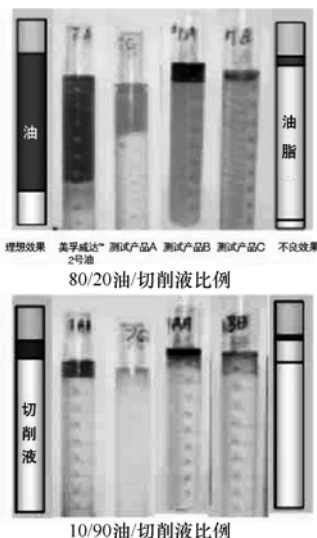
- |             |                  |
|-------------|------------------|
| 1 = 完全分离    | 4 = 油 + 中间物 + 乳剂 |
| 2 = 部分分离    | 5 = 中间物 + 乳剂     |
| 3 = 油 + 中间物 | 6 = 全部为中间物       |



1~6 级 SKC 切削液可分离性试验结果示例

实验证明，采用来自于同一个供应商的切削液和导轨润滑油有助于实现两者较好的分离性。

以实际产品为例，当分别以 80/20 和 10/90 的油/切削液比例将美孚威达™ 数字系列导轨及滑槽润滑油和美孚水溶性切削液美孚克特™ 系列相混合进行以上两种检测后发现：美孚威达™ 数字系列能够轻松地与切削液分离；美孚克特™ 切削液顶部留下一层润滑油，除油相当容易，并且只出现极少量的乳剂。



图示：美孚威达™ 数字系列导轨及滑槽润滑油明显具有更为出色的切削液分离性，仅产生极少量的油脂。

## 三招保养：确保生产车间高效运行的关键

当然，确定了导轨油和切削液的分离性也并不意味着一劳永逸。在设备的运转过程中，仍有

许多不可控的因素对导轨油和切削液的性能表现产生影响，这些同样不能忽视。日常的维护和保养工作也是确保车间高效运行的关键因素之一。

· 良好的维护：除了导轨油，其他的机床润滑油，如液压油、齿轮油等也会造成污染。因此，定期的维护必不可少，以防范因切削液接触不同的机床用油而引起的污染，防止厌氧细菌在切削液内增生，继而保持切削液的良好性能，延长其使用寿命，并减少异味的产生。

· 切削液性能监测：使用拆光仪定期监测切削液的浓度，在正常情况下，拆光仪上将出现一条鲜明的细线。但是如果切削液里含有较多乳化后的导轨油，拆光仪上的细线就会变得模糊，这便意味着浮油的含量比较高。或者，可通过滴定法测量切削液的浓度，然后将结果与新鲜切削液的浓度相比，也能得出浮油乳化程度。

· 去除浮油：许多现代机床都已配备自动浮油分离器，或者可为设备单独添置浮油分离器。在大型系统中，一般采用过滤器和离心机来去除浮油及其他污染物。此外，还可以采用工业真空清洁器等工具进行手工去除浮油。

天津平林机械有限公司旗下拥有 51 台加工中心，曾一度存在设备加工精度不稳定的问题，而且有些设备的导轨锈蚀情况严重。通过埃克森美孚技术服务工程师与客户技术人员的探讨、润滑问题原因分析后，自 2009 年起改用美孚威达™2 号导轨及滑槽润滑油，取得了十分满意的使用效果，导轨润滑良好，运行平稳顺畅，加工精度得以提高，产品合格率提高了 1.7%，导轨锈蚀现象也得到了明显的改善，经统计每年可为该企业节约综合成本约 530000 元。<sup>①</sup>

美孚威达™ 数字系列产品能满足大多数机床导轨及滑槽的润滑应用，专门设计应用于高速精密加工、高风险污染应用和注重废油处理的企业，美孚威达™ 数字系列以其安全、环保、高效的特点受到了众多机床设备生产商的认可。□

① 所引用的数据和结果是基于埃克森美孚对特定用户使用有关美孚产品的测试和分析，并经该特定用户确认。该产品的实际应用效果对不同的用户可能由于设备的种类、运行条件和环境、保养情况等的不同而有所差异。