

JIMTOF 见证日本物联网技术

文 | 朱正平



图 1

JIMTOF 是每两年一次举办于东京的世界机床工具大型展览会，也是全世界规模最大的机床展之一。来到 JIMTOF 之前，我们小组的组员在北京和台北见过不少机床展、自动化展的参观经验，但是中国的展览大部分仍停留在传统加工的制造面，一个展览内可能有超过半数都是在展示加工刀具以及车床铣床在加工精度上的提升，而真的

在发展现代自动化生产的公司却寥寥可数，因此在来到 JIMTOF 之前，便已想象过它将带来的冲击，而实际参观后，还是不得不说，这真的远远超出我们的想象，科技的进步令人震撼，本文中电介绍了几家有特色的展台。

HIWIN

上银的展品中央机器人跳着舞，搭

配卡通电影歌曲，营造出和蔼可亲的氛围，随着音乐节奏摆动，使原本冰冷的手臂有了生命似活泼了起来，从手臂挥舞的魄力，可见上银手臂的稳定度及精确度有一定的水准，不只在手臂上的正逆向运动学运算，背后机器人学学术研究也无庸置疑的优越。

螺杆应用创新

精密机械产业龙头上银展出最新螺杆设计，利用转动螺帽，不转螺杆（图2），以改良之前在行程过长时产生的振动问题。再者，传统上使用伺服马达搭配皮带和减速机经过长时间的运作都会有磨

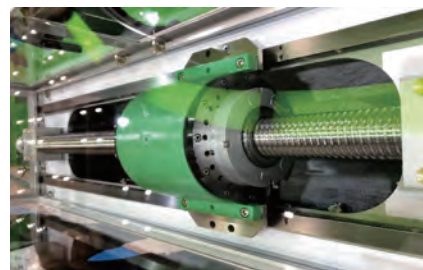


图 2 HIWIN 转矩马达搭配螺杆上的螺帽



图3 智慧滚珠丝杆



图4 HIWIN 在 JIMTOF 2018 的展区

耗和寿命上的问题，因此使用转矩马达直接配合螺帽可以避免此问题发生，虽然成本上升，但可以大幅提高产品出货的良率以及降低设备损坏的程度。同时也因为没有使用油压，因此不会有油耗与油污，可应用于射出成形机，在食品加工业上的应用，如利乐包的生产上，将会是一个很大的优势。

控制创新及传统改良

线性滑轨控制一直为上银公司的强项，进入转角看见上银的滑轨有着两杯红酒利用前馈控制达到减震效果，可推论上银已不再趋向于传统的精密机械，同时也积极进入电控产业做开发(图3)，是一家非常有潜力的公司。一旁还有驱动器与线型马达结合并达寿命不减，此技术是我们从未见过的，又可做出如此稳定控制，令人拍案叫绝。

MITSUBISHI

在展会中不但展出最新的工业 4.0

机床解决方案，也展出新款机械手臂 RV-FR 系列。

三菱机器人手臂

在交谈过程，与日本工程师探讨机器人手臂的改良中发现，未来将可能不再是碰到运行中的手臂而停止，而是在手臂安装数个感测器，改良成接近手臂时自动侦测而停止，工程师也透露此概念为它们公司正在研发的一部分，一旦这项技术改进，将可大幅减低马达承受瞬间负载，进而提高手臂寿命，值得注意的是，当手臂速度快时感测范围应当

提升，手臂放慢时则反之。

手臂改良方向

手臂在今天的工业界已经相当普遍，而在观测手臂时发现，当手臂在运作时，并无法平顺移动，中间都会有一格停靠点，导致手臂角速度递增又递减，或许可以利用数值分析法或是模糊控制来将此问题改善，促进手臂路径更平顺一些，又或者可以进一步探讨，有何种更好的控制技术能帮助手臂实现平滑移动。



图5 三菱展台 3D 打印机

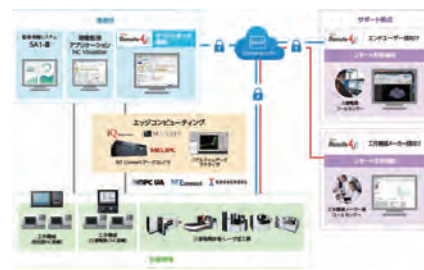


图6 三菱的数字化解方案

THK

双臂机器人 & 灵活手掌

THK 展出双臂机器人，颠覆大家普遍对单臂机器人的印象，利用两台摄影机产生出 3D 影像，如此一来除了系统复杂度将会大幅提升，手臂还需作出更精准避障路径规划，不只局限于正逆向运动学和 Jacobian 运算，还要再做沟通媒介和讯号处理，然而这样的改变可以在一定的范围内作更多稳定的事。另外 THK 也展示如人类手掌般拥有多个手指的夹爪，可以使手臂在工业中更稳定夹取各种形状的物品，使自动化产线更加灵活，广泛套用到各种产线需求上。

NSK

刀具检测、预防代替维修

NSK 提出一个机床刀具检测方案，将刀具上的有线传感器更换为蓝牙传输模组，并将之连接物联网，以便即时监控，当警报响起时，可以即时通知工程师，或作业员作处理，避免机台过于疲劳、损毁或刀具断裂，导致维修成本大幅提升。工程师透露此设备大约为三、四万人民币，即可获得定制化最新服务。

iSTC

工业 4.0 解决方案

iSTC 为刚新创两年的生产线远端控制公司，这次的机床展绝大部分的大型机床企业所提出的产品功能都是由机床本身性能提升发展出来的工业 4.0 生产模式，但对于日本大部分的中小企业来说，生产模式暂时仍维持在于工业 2.0 或工业 1.0，购买这样新的大型综合机床的性价比其实不高，因此 iSTC 发展



图 7 Mazak 展区

出了另外一套将生产线智能化的方式。

iSTC 的服务类似通讯公司的概念，以月租提供感测器、讯息发射器、接收器等硬件，并在软体部分替生产线设计整合感测器及接收器讯号的图形化接口，建立数据资料库，以利生产线稼动率、生产效率管理，并同时监控客户生产线的各项数据，不仅可在机台发生错误时由 iSTC 的工程技术人员进行数据分析及机台的修正，也可以在生产效率低落的时候提供制程优化的建议。

MAZAK

Mazak 是在此次展会东四厅占地最大的厂商之一，当我们一走进东四厅时，第一个注意到的就是这家厂商。

AI 成熟应用于刀具补偿

为了应答工业 4.0 的发展，MAZAK 主打 IoT 物联网的运用，将生产线搭配 AI 整合成一个智能系统。其中一项是铣削上的应用，在主轴上装震动感测器，利用加速度传感器和主轴电流测定的讯号相互比较，侦测刀具铣

削瞬间的震动，并且随时将这个振动值回传，做成倾向分析图，可以记录主轴加工时收到的震动力。藉由这个数据来预测最佳的切削转速，将可大幅提升加工精度和刀具效益，在展场看到的削铝合金样本在使用 AI 自动补正功能前后可以使表面粗糙度从 Ra 2.96 μm 到 Ra 0.39 μm ，是一项极大的改善。同时这些数据，包含主轴震动的倾向分析图、主轴负载、加工状态以及刀具寿命等图表都会呈现在触控控制面板上，方便操作人员随时监测机台的工作状态。

定制化

为了达到加工优化，客户可以根据材料和加工方式，依照自己的需求修改参数，例如循环时间、精加工表面和匹配形状，皆可通过显示屏上的滑动开关进行调整，并且藉由微小程序递增来定义工件轮廓，对于形状复杂的工件加工效率亦将提升，根据官方给的数据，产品的加工时间缩短原本的 10% ~ 20%，大幅降低时间成本。

经过设定上调整，使用者可以决定是否将调整好的状态储存起来，以便日后重复使用。

数据联网

测量方面，MAZAK 推出了“机上检测软体”，让工件在加工完尚未取下时直接在机台上测量，减少取下后造成的测量误差，也避免过去工件取下后基准面偏移的问题。另外还有热变位补正的功能，以往只要遇到长时间的加工，刀具和工件往往会因为摩擦生热导致温度提升，进而产生变形，使工件尺寸的精度下降，因此 MAZAK 也开发了相应的软体，根据主轴转速和温度感测器的



图 8 MAZAK 智慧工厂宣传照



图 9 FANAC 人机协作机械手臂

讯号来调整室温，使加工状态和精度稳定，同时也能达到 24h 连续加工的成效。最后，这些数据和加工机台的状态都会传上云端，以便远端监控。这部分他们用的系统是 Cisco System，使用多协定路由器能将各种不兼容的电脑网络系统整合在一起，确切实现物联网的重点技术，是工业 3.0 自动化生产迈入工业 4.0 智慧化生产的一项重大指标。

迈向工业 5.0

在过去，加工刀具的寿命预测和切削转速都只能依靠技师的经验和技术，精确程度因人而异，因此无法达到最高

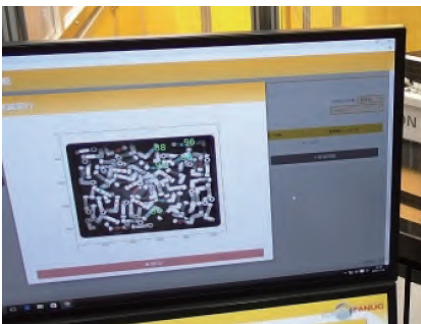


图 10 FANUC 机器学习面板图

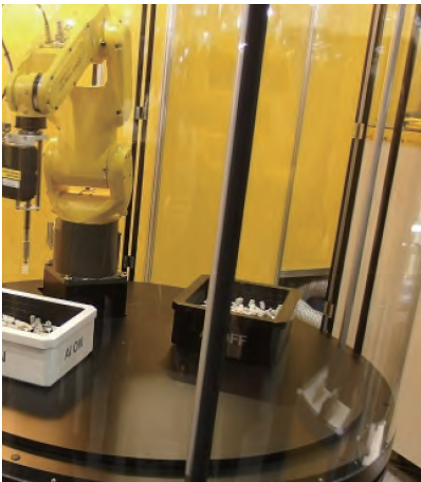


图 11 FANUC 机器学习手臂

的使用效率，而现在有了 IoT 物联网和 AI 人工智能的海量数据整合能力，只需要靠电脑运算便能在瞬间做出预测和补正，能更快也更精准的加工，减少能量和成本的浪费。Mazak 利用 AI 打造了一套完整的智慧加工系统，考虑传统加工方式在各方面的不足并提出解决方法加以改善，真的令人不得不佩服。

FANUC

手臂安全升级

FANUC 推出了人机合作机械手臂，外壳用海绵包覆并安装压力感测器，

有侦测撞击且减速的功能以保护操作人员的安全 (图 9)。另外，在夹爪部分有装激光感应器，会在手臂前方侦测人的距离，以此界定安全范围，增加人机互动的安全性。FANUC 的机械手臂也透过黄色和绿色来区分功能性，绿色的代表有加装感测器保护工作人员，是安全的意思，像是上述说明的人机合作，机械手臂即为绿色手臂；反之黄色的就是没有，例如 FANUC 在整个展场最大的机械手臂使用的就是他们标志性的亮黄色，在颜色设计上的巧妙也让使用者一目了然。

机器学习

除了人机协作实现外，FANUC 也在机械手臂的控制器中植入了人工智能的功能 FANUC 这段的展示也相当有意思：此区放了两台并联式机械手臂，且两边的工作同样为透过吸盘式的末端效应器来吸取不规则工件，左边的手臂前端装有摄影机，但由于只有摄影机基本的视觉辨识搭配制式化的拿取动作，所以在许多次拿取的动作中，其实并没有实际拿到工件，只是机械手臂形式上的移动；反之右边的机械手臂，除了摄影机外，算法中还多了人工智能的判读，一旁的电脑也展示出人工智能如何透过每次的夹取判断哪个断面是较容易吸

优缺点 人工智能	优点	缺点
有	工作速度越来越高	可能须多聘请算法团队
无	成本较低	手臂工作速度永远为定值



图 12 FANUC 的巨型机械手臂

取的，也因此随着时间拉长，右边的机械手臂工作速度越来越迅速也越精准，相比之下左边的手臂效率就只能维持定值。

世界级机械手臂

在这世界级的展会中，FANUC 不免俗提出吸睛的产品，成为全场焦点，这只巨大的机械手臂可以举重达 2300kg(图 12)，它在展场中不断挥舞着，展现出 FANUC 在众多厂商中，有着非凡的实力，是一个顶尖的公司。

FIELD System

FANUC 以 Connect Everything 的标语打造出了 FIELD System，全名是 FANUC Intelligent Edge Link & Drive system，中文可称作“发那科智慧边缘连结及装置系统”，出于安全考虑以及本地化考虑，所以数据不会直接上传云端，而是以做软件和 APP 的形式管理整个系统的状态。在装置端和云端之间加上了边缘运算层 (Edge Computing Level)，可以即时处理资料并回馈到装置端上，避免将所有资料一并传上云端再做整合，因此不需要使用到大规模的运算能力，同时也可以增强云端的功能。



图 13 FIELD System 示意图

边缘运算层主要是由许多周边装置所组成的，其中包含多个应用程序，能提供 FANUC 公司、应用程序开发商和顾客一个容易使用的应用平台；还有由 FANUC 公司和产品开发商共同开发的数据整合平台 (Converter) 藉由软体能让不同装置做信号传递整合，达到互相沟通的效果。而 FANUC 也提供一个开放式的开发空间，让产品开发端能够自己创建整合平台以供自家产品使用。

OKUMA

机械手臂结合机床 ARMROID

利用机械手臂和机床结合出来的新系统 ARMROID，使机械手臂可以在加工时做碎屑处理和工件辅助，能够代替作业员进行取料和夹持工件的工作，减少作业员的负担并增加加工效率，还有

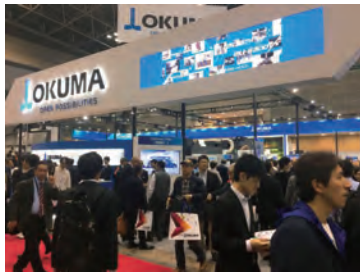


图 14 OKUMA 在 JIMTOF 2018 的展区



图 15 OKUMA 推出两台一体的五轴立式加工机

两台一体的五轴立式加工机(图15),
靠各自的控制版控制,再透过网络传输
数据就可以一起加工互相合作使加工效
率提升。

最后 OKUMA 还有一展示区是将前述所有技术结合形成一个完整生产线的机床及机械手臂单元组合，在机台内就可以完成胚料放置→单一组件的粗加工、精加工→完工收纳，从此可以看出未来机床可能可以透过功能性单元的方式组合成大型机台，也可以对应不同的产品来组装出不同的大机台。

DMG MORI

DMG MORI 为欧洲第一大机床集团 DMG 和日本机床大厂 MORI 的合并机床事业体, 其展区占据该展厅一半的场地 (图 16), 不难看出 DMG MORI 在机床市场领先的地位。

设计艺术化

DMG MORI 和其他机床厂最大的不同就是外型了，有别于他厂的机床以功能导向，DMG MORI 的机床以平滑的曲线取代大部分机床刚硬的直线条，且沉头孔及隐藏接合处的设计都相当仔细，除了招牌的黑白涂装外，外观基



图 16 DMG MORI 在 JIMTOF 2018 的展区



图 17 应用结构科学的机床

本上无任何补丁的特征，也因此 DMG MORI 的机床不仅仅有加工用途更带有一点现代艺术的气息。

DMG MORI 将这些曲线设计的概念应用在结构科学上，透过有限算法分析将机床中对于支撑贡献较低的结构拿掉，让整个机床呈现一个树枝状的结构（图 17），不仅降低机床的重量，剩余的结构也因此降低了许多负载。

然而，与 DMG MORI 工程师聊天后也发现这项技术还是有难以克服的地方，由于不规则的结构，无法透过一般的机床加工，所以只能透过金属 3D 列印组装、锻造配上热处理来硬化，强度相较于过去的设计较为不足。



图 18 DMG 智慧工厂

智慧无人工厂

除了硬件机床展示外，DMG MORI 也已从机械自动化走向工厂智能化，在智能工厂的部分 DMG MORI 规划了其中一块展示区用来展示无人工厂的运作模式，展示区中有一台 DMG MORI 的五轴加工机、一台搭载机械手臂的运送车以及一台光学量测仪，结合物联网科技，机床于工件完成后通知运送车，以机械手臂夹取至运送车后，再移至光学测量仪进行检测工作，合格部分夹取至另一个完成品平台，而不合格件还可以在制程结束后搜集起来回到五轴加工机作修正，减少目前完工来回检测的程序（图 18）。

由于数据的智能化，加工的修正参数也能直接从光学测量仪的测量中产出，减少修正制程开发授权的程序。数据搜集的部分，展场内也展现物联网的真实状态，无论发生任何状况，工厂管理者皆能即时掌握，今天早上检讨昨天生产指标，下午再度检视上午各产线进度确保工厂进度符合公司预期。透过此管理智能化系统，每一台 CNC 的物联网资料都会传送至云端平台进行运算、

分析，即便管理者外出，也可在管理者的随身 3C 产品上明确掌握生产线状况，使管理更加方便，决策更有弹性。

CELOS

CELOS 是 DMG MORI 开发的一套数据整合机（图 19），设计理念为“整合，持续，兼容”三大要素。其中整合是指所有机台的数据整合；持续是指数据传输的连续，同时也有能让机床实现长时间持续加工的意思；最后兼容则是指不同机床之间的相互沟通都能透过 CELOS 来实现，更包含人与机器互相兼容的意义在其中，也因此 DMG MORI 在使用者界面的设计上也更加人性化。

使用者介面系统化



图 19 CELOS



图 20 手机传输模块

和现今人人都熟悉的手机相似，CELOS 的使用界面是以各式应用程序为基础来设计的，让使用者能轻松上手，管理起来也更快速。CELOS 包含了多达 26 种应用程序，能够系统化的管理所有 DMG MORI 出产的最新加工机，实现所有的制程和数据的可视化，让使用者能根据这些资料做调整，能缩短加工时间并使生产效率提升以达到生产最佳化。

CELOS 作为应用程序的统合者，提供了一个完整的数据平台，并且也推出 PC 接口可以让管理者坐在办公室内便可直接对机台做规划调整，无论是要新增机台或是查看特定加工机台的当前状况都一目了然，利用 CELOS 可达到的制程弹性化非常可观，令人叹为观止。

资料安全管理

在机床台和 CELOS 之间的数据传输并不是直接的，而是透过 DMG MORI 开发的数据整合机 IoT Connector，它可以外接手机传输模块

(图 20)，透过电信公司将整合好的资料传输给 CELOS，再透过 CELOS 将这些数据有系统地呈现出来。此时我们也提问：“为何要透过电信公司而不是直接利用网络连接到客户端？如此一来也不用和电信公司合作，甚至能够降低一些成本。”而展场摊位上的工程师则解释到：“这样的做法不是不行，若是客户要求的话我们也能做到利用网络传输资料，但是相对来讲却比较不安全。在这个数据化的时代里，若是将所有数据

都放上云端，谁也无法保证是否某天会有黑客入侵，窃取整个公司的命脉。”也因此他们才会选择使用自己开发的产品和传输系统，保护客户的资料同时也保护公司的智慧财产。

IOT 物联网

试想未来工厂情形，A 产线临时停机，会议室主管面色严肃，主管面前不再是一叠叠纸本报告，而是一台台显示屏，屏幕上呈现每台机台状况及不同曲线及数字，各位工程师对着电脑接头接耳讨论，不久，其他产线成员立刻回答“今日产线已达标，愿意帮忙 A 产线。”

以往要下班才能汇整当日生产讯息，再递交到管理者手中，不要说数小时，隔天完成都已经算十分有效率了。有了 IOT 科技的整合，透过实时侦测、监控，工程师们还可实时分析图表，讨论下一步动作（图 21），达成工厂生产自动化、智能制造，不但节省人力，也使生产线更有弹性。NFC



图 21 IOT 物联网展场图示