NC 装置“OSP”迎来开发 50 周年

大隈株式会社　FA 系统本部　足立　光明

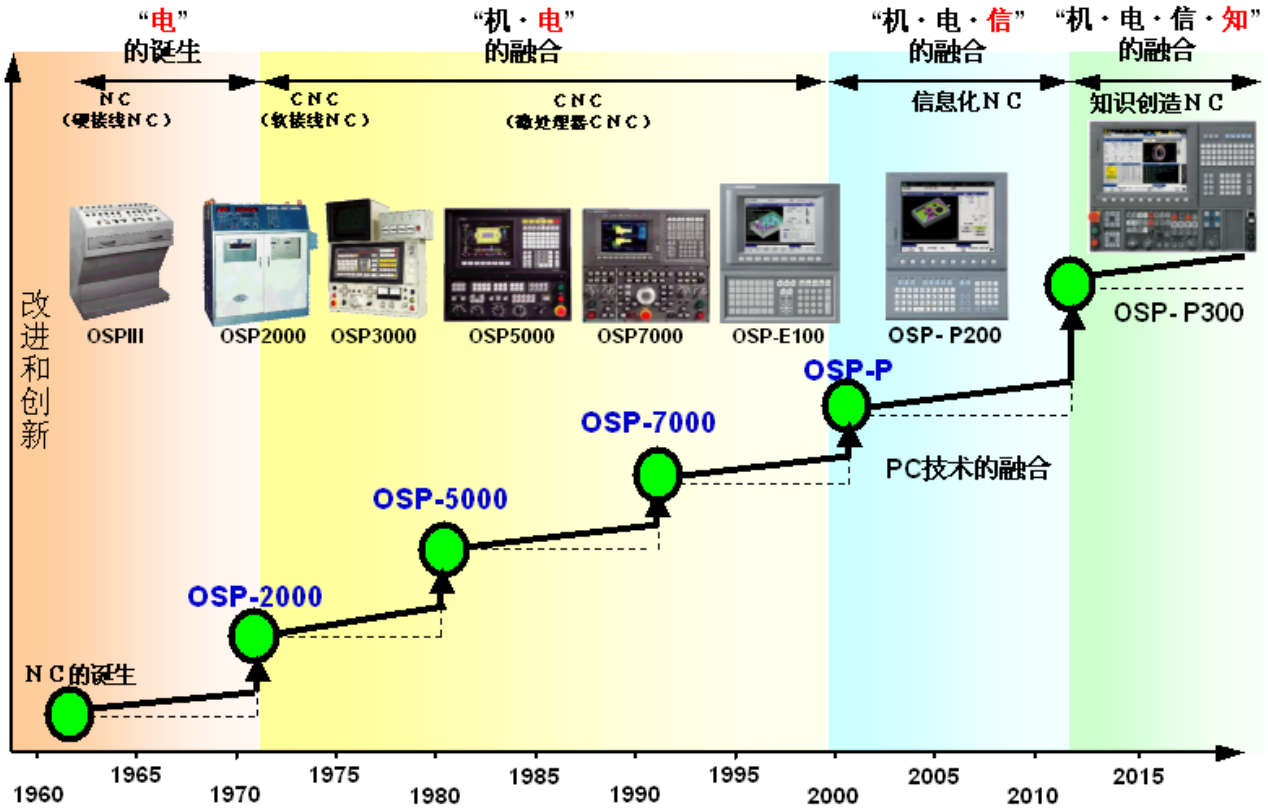


图 1　NC 装置“OSP”产品型号的变迁

我公司是一家机床制造厂，创立于 1898 年，率先开始了数控技术的开发，并在 1963 年制造出了自己的数控装置“OSP 系列”。在各方人士的大力支持下，今年我们得以迎来 50 周年纪念，在此表示衷心的感谢。

我公司是机床制造厂，但我们的业务领域也扩展到了 NC 装置，这是因为我们秉承《全面责任（总体一致性责任）》这一企业理念。承担《产品制造服务》的责任，怀揣为客户提供全世界最好服务的信念，进行 NC 装置开发。

我们奉行《绝对值的哲学》。不允许进行相对性的评估，以绝对的标准，不断创造出更好的超越其他公司的 NC 装置。

图 1 所示，是我们对这 50 年的回顾。

1963 年成功开发了 NC 装置，主要用于在硬接线的电路中定位。

从 1980 年开始，由于计算机技术的飞跃发展，已能进行复杂而精密的控制。我公司加强了机械设计与电气控制一体化的技术开发，创造出了能够在刚性更高的机器上，以高精密的数字伺服系统，进行高速、高精度模具加工的高速 NC 控制技术，乃至热位移补偿技术等大量的机电融合技术。

从 1990 年开始，内联网形成的网络得到了普及。我公司在机・电融合技术中加强了信息一体化的技术开发，建立了对网络的程序下载与生产管理系统之间的合作、确保各个机器的监视状态等管理整个工厂的信息的机・电・信融合技术。

图片 1　使用微型计算机的 NC 装置“OSP2000”

2000 年以后，通过 PC 基础对应的 CNC，已能使用在 Windows 上运行的应用程序，用户的扩展性得到了大幅度的提高。我们还进一步在机·电·信融合技术中加入了知识创造技术，开发了防止机器碰撞的功能，以及搜寻最佳加工条件等功能，至今已使四项智能化技术实现了产品化。

我们的机械设计、电气控制、信息、智能化等各项技术与时俱进，并且将其融合创造出了新的技术，下面将介绍其中我公司引以为傲独一无二的技术项目。

图片 2　配备“IGF”对话式编程功能的 NC 装置“OSP5000”

＜独创技术的介绍＞

①　绝对位置检测（1963 年～）

开发第一台“OSP”时，行业中普遍使用的是“增量方式”，将特定位置作为“原点”，从该位置向电机发出脉冲信号进行驱动的同时对脉冲进行计数累积，检测可动部分的位置。当然，若切断 NC 的电源脉冲计数则会丢失，因此在接通电源时，将可动部分向确定位置移动的“原点复归”操作变得十分必要，此外，若脉冲计数错误，则存在会在检测位置偏移的状态下继续运转的问题。

而我公司从第一台“OSP”开始就坚持自己的特色而开发的“绝对位置检测方式”，通过对齿轮传动的机械状态进行检测，接通电源后可立即在整个可动范围的任何一处确定位置进行检测。因此，不需要电源接通时的“原点复归”操作，由于是绝对位置的检测，所以不会位置在偏移的状态下对其进行控制，可以说是一种可靠性高的控制方式。

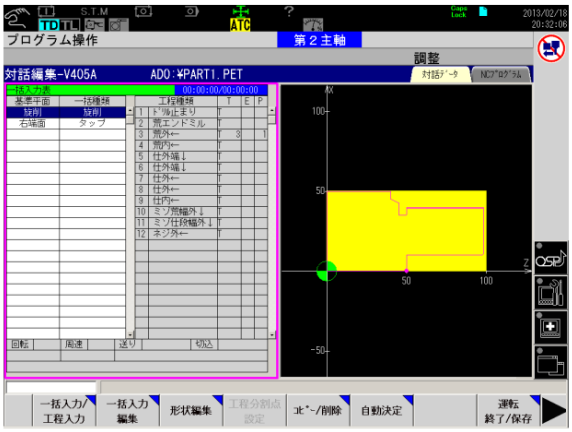
②　软件可变（1972 年～）

机床引进后已使用了 10 年以上。当时的 NC 是所有数值控制逻辑全部由硬件实现的“硬接线 NC”，因而无法更新引进时的功能。

我公司以“软件可变”为理念，率先将在自行开发的 NC 专用高速微型计算机上配备了数值控制软件的“软接线 NC”投入了实际应用（**图片 1**）。通过数值控制逻辑的软件化，使圆弧插补、刀具直径/刀尖 R 补偿、各种自动循环等的高度控制成为可能，高性能化不断发展，数控机床被正式引进工厂，极大促进了生产力的提高。

③　对话式编程功能（1981 年～）

进入 20 世纪 80 年代后，随着数控机床的不断引进，数控操作人员出现了短缺，随着数控系统的功能不断提高，人们期望有一种能简单使用这些功能的数控系统。



图片 3　“快乐对话”的对话式编程功能

我公司开发了不使用 G･M 代码来编制 NC 程序，仅以对话的形式，依次输入加工方法、形状、刀具、切削条件即可编制 NC 程序的对话式编程功能“IGF”（**图片 2**）

此后，只需输入加工形状即可自动决定全加工工序，在机床复杂化和加工方法不断进步的同时，依然能在各种复杂的加工中简单使用“快乐对话”（**图片 3**）此项功能。

④　*高精密数字伺服（1982 年～）*

由于当时的主流直流伺服电机，是通过测速发电机输出模拟速度信号进行控制的，因此存在着温度漂移造成的定位误差，以及测速发电机的纹波电压造成的振动等问题。

于是，我公司开发了使用微处理器的高精密数字伺服系统。该系统采用电机每次转动可进行 16 万分割的高分辨率位置检测器，根据数字检测出的绝对位置进行软件处理，由此来进行伺服控制，所以可稳定进行高精密的控制。此外，将控制软件化，已成为后来建立各种高精度化伺服技术的基础。

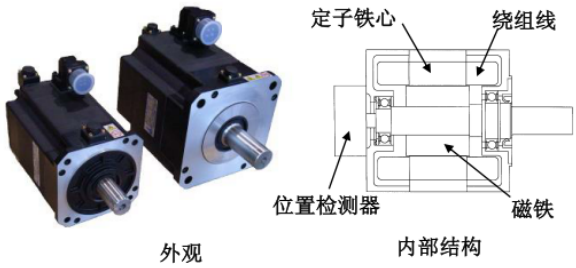


图 2　无刷伺服电机

此外，电刷产生火花而造成的闪络会限制直流伺服电机的高速化，可进行电刷更换作业的机械结构在设计上受到制约。因此，作为高精密数字伺服的一环，我公司率先开发了世界第一台无刷伺服电机。其结构简洁，不带电刷，可高速旋转（**图 2**）。我公司无刷电机的特征为齿槽转矩脉动（电机转矩脉动）小于 0.5%，通过流畅的进给实现了高品位的加工面。

⑤　*高速轮廓加工控制功能「Super-NURBS」（1987 年～）*

在 20 世纪 80 年代的后半期，我们使用了多台已实现了高性能化的微处理器，灵活运用上述数字伺服技术，开发了高速轮廓加工控制，它可高速且高精度地加工具备汽车的冲压模具和塑料模具形状特征的自由曲面。

这种控制是由自由曲面加工的 NC 程序高速且大量读取庞大数量的微小直线指令，并在内部生成曲线，根据曲率自动进行加减速控制，由此一边补偿加工精度一边高速加工曲面形状的技术。近年来，我们以 XYZ3 个基本轴的控制为基础加入了 2 根旋转轴，同时使其发展为 5 轴的高速轮廓加工控制（**图片 4 和图 3**）。

图片 4　使用高速轮廓加工控制功能“Super-NURBS”的加工状况

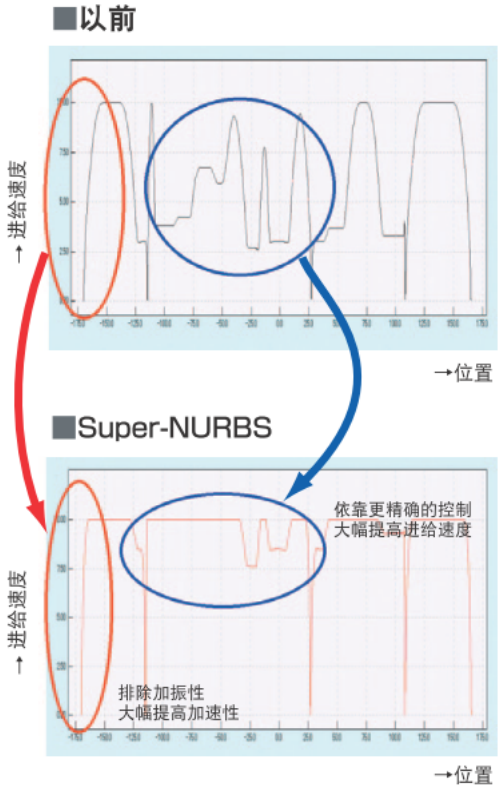


图 3 “Super-NURBS”高速轮廓加工控制功能的速度控制

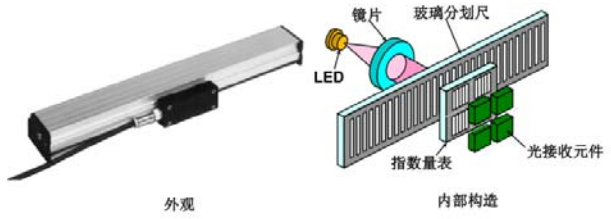


图 4　绝对位置线性编码器“绝对光栅尺”

⑥　绝对位置线性编码器“绝对光栅尺”（1988 年～）

一般来说，滚珠丝杆在工作时会产生热膨胀导致加工精度差。对此，我们采取的对策是利用直线位置检测器直接检测可动部分的位置。一般情况下使用的是感应同步器和线性编码器，但前者的安装作业和信号调整作业非常麻烦，后者由于是增量方式，所以存在噪音等可靠性方面的问题。

我公司开发了可弥补感应同步器和线性编码器这些缺点的“绝对光栅尺”（**图 4**）。即一种精彩的兼具高分辨率位数和绝对位置位数的双轨道光学编码器。这种双轨道的检测方式，使以后绝对值位数演变为不规则循环代码，在今天各编码器制造厂家已将其作为绝对位置线性编码器进行了生产。

⑦　加工管理（1993 年～）

要提高机器加工的生产力，必须减少准备时间，提高实际加工的时间比例。1993 年，作为“加工管理功能”，我公司开发了自动收集机器的加工业绩（何时加工了多少什么样的部件）、运转业绩（通电时间、切削时间、准备时间等），将其用图表进行显示，并通过网络向管理计算机进行实时报告的功能。

⑧　“PREX”电机（1997 年～）

一般来说，车床刀架上会配备 2 个电机，即进行刀架旋转和定位的伺服电机，以及在高速旋转下驱动旋转刀具的感应电机。我公司开发了可兼具定位用伺服性能和高速旋转的同步磁阻电机，实现了刀架的单一电机化（**图 5**）。该电机不使用永磁，而是通过励磁电流控制励磁，因此连高速旋转都可自由控制。

⑨　高精度化的伺服技术（2000 年～）

・象限突起抑制控制

在曲面凸部顶点等象限反转部分，伺服电机的后续延迟会变为突起，在模具加工中，该突起会变为条纹出现在加工面上（**图 6**）。过去是通过被称为研磨的手工作业进行修正的，但近年来出现了无需研磨的要求，因此我们开发了对应抑制象限反转突起的加速度的反转补偿控制。

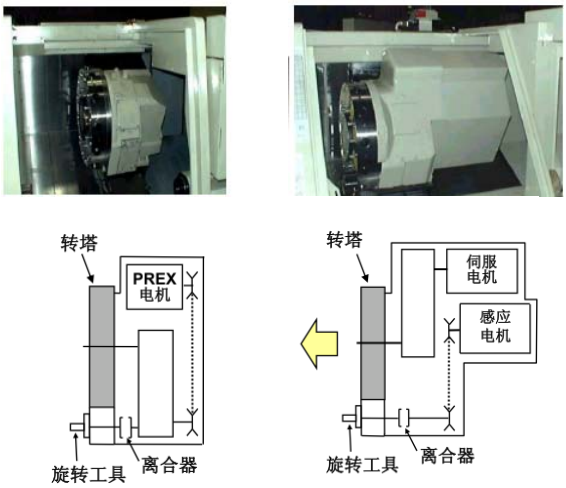


图 5 同步磁阻电机“PREX”实现的刀架的单一电机化

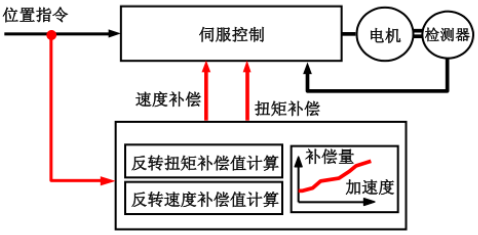


图 7　象限突起抑制控制的块状图

反转时后续延迟的原因，是非线性变化的摩擦力，我们在彻底分析摩擦模式的基础上，对反转时的电机转矩进行了精密的补偿控制。图 7 显示的是对应加速度的反转补偿控制的块状图。

・滚珠丝杆的挠度补偿

在加工汽车车身模具的大型机器上，加减速造成的滚珠丝杆的挠度大约为 50μm，在进行往返操作的模具加工中，如图片 5 所示，会出现变为折痕的挠度误差。

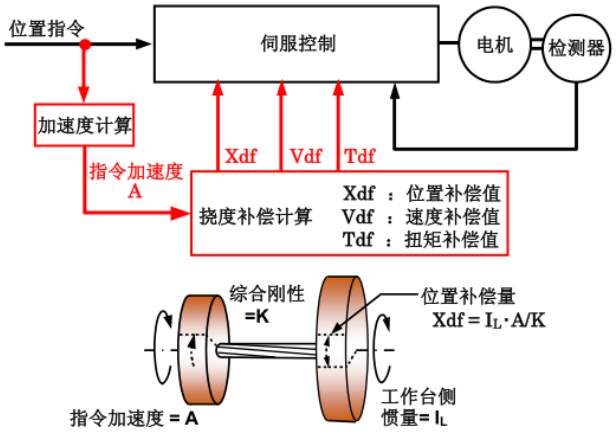
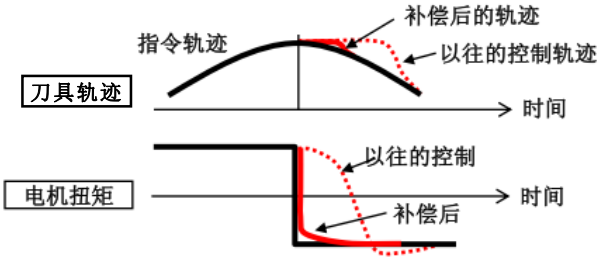


图 8　滚珠丝杆挠度补偿的块状图



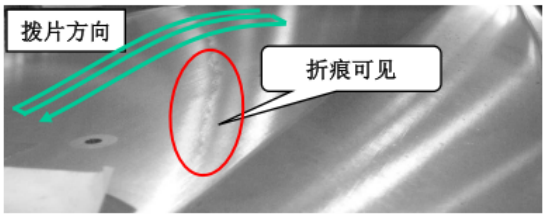
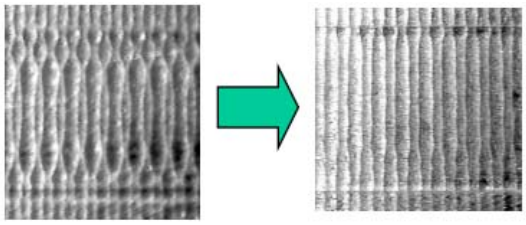


图 6　象限反转突起例



图片 5　模具加工面的折痕

对于这种折痕的对策是，根据指令加速度预测计算滚珠丝杆的挠曲量，对位置、速度、转矩进行补偿。图 8 显示的是该滚珠丝杆挠度补偿控制的块状图。

⑩　“IT Plaza”（2000 年～）

20 世纪 90 年代后半期受到以网络为代表的 IT 革命的影响，为了在制造业中建立新的生产工艺，在不断导入各种 IT 工具的过程中，我公司于 2000 年提出了将信息技术融合在机械・加工・控制技术中的生产系统“IT plaza”。图 9 显示的“IT plaza”的概念模型，旨在立足于设计及生产技术工艺、生产管理工艺、知识管理这 3 个基础，对“快速、低廉地制造高附加值产品”的生产工艺进行改革，显示了以后的方向。

图 9　“IT Plaza”的概念模型

图片 6　最新的 NC 装置“OSP-P300”

图片 7　刀具登记的“一屏操作”

＜最新技术的介绍＞

下面将介绍将最新的 PC 技术与我公司的控制技术相融合，并能代替熟练的机器操作人员的“智能化功能”，以及实现了初学者和资深者都能“简单操作”的最新 NC 装置“OSP-P300”（**图片 6**）。

◆智能化功能

・热位移控制“与热亲和概念”

本功能是以 ①热位移是单纯的 ②当机床结构可以使温度均匀分布其热位移是单纯化的③增加了高精度的热位移补偿控制的这一独特的概念而实现的，在一般的工厂环境下不必在意热位移，即能够以稳定尺寸精度进行加工。

・防止碰撞功能“防碰撞系统”

本功能采用了机床、毛坯、刀具的三维数据，先模拟一点点机器的实际运行，即可在实际碰撞发生前立即使机器停止，即便在运转、机构复杂的复合及 5 轴加工机上也可放心操作。

・加工条件搜寻功能“加工导航”

“加工导航”是一种可搜寻加工条件的功能，该条件可使加工状态可视化，即便不是熟练工人也可轻松地最大限度地灵活运用机器和刀具的能力。例如，当铣削加工中发生振刀时，该功能会对其进行分析，显示最佳的主轴旋转速度，所以操作人员可按照画面说明改变旋转速度，对效果进行确认。

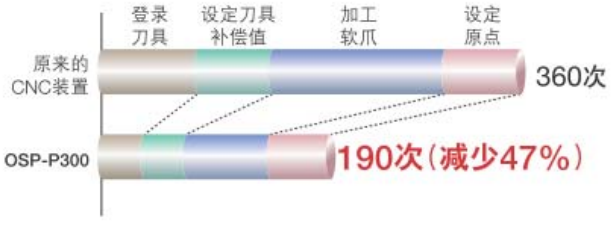


图 10　与传统型 NC 装置操作次数的比较

◆最新 NC 装置“OSP-P300”的简单操纵功能

对操作人员的作业程序进行分析，实现符合操作人员意愿的顺畅操作，这就是“简单操作”。

例如，在使用各种各样刀具的复合加工机上，刀具的准备作业负担很重。具体如①各种各样刀具的装配、校正的设定，②以“快乐对话”的对话式编程功能参考的刀具登记，③利用“防碰撞系统”防止碰撞功能的刀具登记。

“一屏操作”（**图片 7**）无需繁琐地切换这些操作画面，就能以顺畅的程序进行。**图 10** 是装配在我公司复合加工机上的传统型 NC 与“OSP-P300”键操作次数的比较，它追求了无法表现在数值中的操作程序的顺畅，同时还大幅减少了键操作的次数。

＜结束语＞

所谓创新就是“新结合”“新轮轴”。自 1963 年以来，以“机・电一体”“机・电・信一体”的概念创造了技术新潮流的“OSP”，今后也将不断致力于提高客户的附加值、提高生产性，以开辟未来制造业的“机・电・信・知一体”的概念，不断向革新创造迈进。