

高性能铣刀磨削 技术指南

ANCA

ANCA软件产品经理汤姆森·马修(**THOMSON MATHEW**)，在刀具行业工作近25年，拥有丰富的专业知识和行业经验。

作为多款**ANCA**市场知名的软件产品的架构师，汤姆森撰写了制造完美铣刀的技术指南，全文分为五个部分，涵盖了：



1. 几何设计与参数验证



2. 磨床和配件设置



3. 生产工艺设置



4. 测量和质量控制



5. 24/7 无人值守生产中对磨床和生产的监控



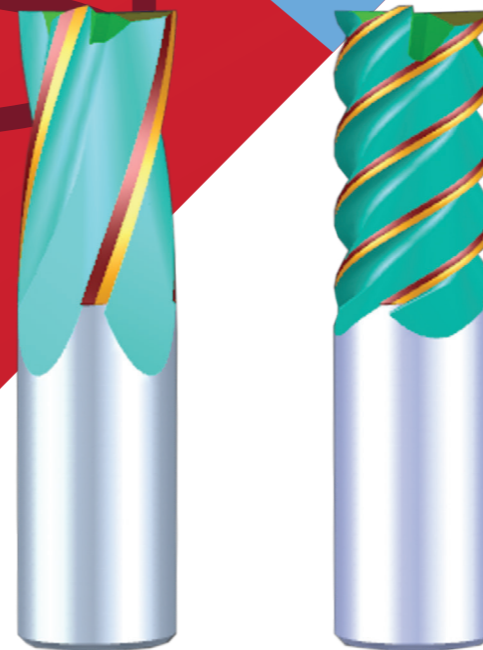
第一部分 几何设计与参数验证

每个铣刀的生产都是从设计开始的，精良的几何设计是生产高性能铣刀必不可少的步骤。

影响铣刀整体性能的因素很多。四个公认的主要因素是硬质合金材料的等级或质量、刀具的几何设计、精密制造工艺或质量控制和涂层的类型。

制作铣刀的材料通常是硬质合金，它的硬度取决于基体中碳化物的等级。较小的颗粒意味着较多的碳化物和较少的粘合剂，可用于制造高硬度的刀具。表面涂层能够延长刀具寿命，增强切削性能。质量控制则意味着车间每次都能生产出质量一致的刀具。

几何设计的作用更是举足轻重，凸显了艺术和工程的完美结合—再加上长期以来的反复试错—共同创造了完美的铣刀。这一切都始于设计。铣刀设计中的一些重要因素包括可变螺旋和分度槽几何设计的组合、芯厚的几何设计、外径间隙偏心角与平面后角设计、端面切削刃的设计。



低螺旋（15度）到高螺旋（60度）

正如我在另一篇文章里阐述的那样，铣刀行业在向“怪异”的方向发展，刀具制造商在避免“震颤”的同时追求更高的材料去除率。

当刀具与工件之间的谐波频率不同时，就会产生再生震颤。两个自激震动物体会相互撞击，这对表面光洁度和尺寸精度以及刀具和机床的寿命都是不利的。导致生产力和利润的浪费。

长期以来，高螺旋刀具(超过35度)因其强度高，进给和切屑清除率高而广受欢迎。在处理硬质材料时它们比低螺旋铣刀具有更多优势，但同时它们也更容易产生震颤。为了解决这个问题，很多试验都围绕可变的螺旋和螺距，从而提高刀具的动平衡。由此衍生出几何形状更为复杂的“怪异”的铣刀。

高螺旋刀具切削力在垂直方向分量更多，水平方向分量减少，从而减少了刀具偏转，能够快速有效的排屑。同时，更大的轴向前角有助于提高进给速度。由于螺旋的形状，刀具的芯部更厚实，刀具更坚固。高螺旋铣刀通常用于切削更硬的材料，因为它们耐磨性更好，不过它们也可用于像铝一样较软的材料。高螺旋铣刀的一个缺点是更容易产生震颤，而且它们与材料咬合更紧。

低螺旋刀具在加工软质材料时表现更好，不太可能震颤。他们的缺点是进给速度较低，因此材料去除率较低。对于减少震颤，我们现在的解决方案与过去的反复尝试已不可同日而语。几何结构和设计完全取决于要切割的材料，不管是软材料还是硬材料。

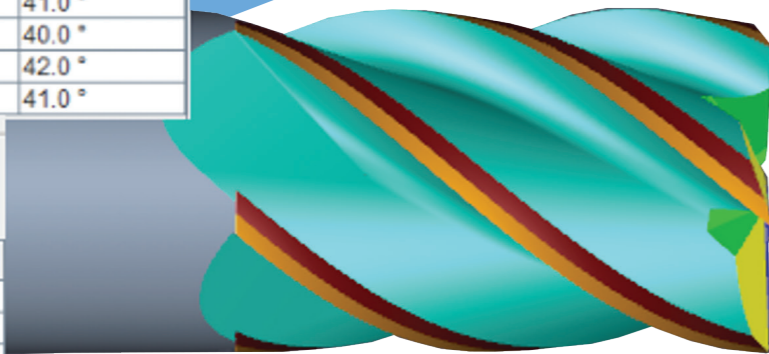
变螺旋变参数铣刀是当今最先进的铣刀。技术的核心是沿槽或在槽之间改变螺旋。可变螺旋线的目的是减少震颤。由于震颤是一种共振效应，最终目的都是为了打破槽和工件的共振效应来减少震颤。ANCA的ToolRoom RN34刀具动平衡软件是对抗震颤的完美解决方案。

Flute	EOT	Shank
1	38.0 °	42.0 °
2	39.0 °	41.0 °
3	40.0 °	40.0 °
4	37.0 °	42.0 °
5	38.0 °	41.0 °

Flute Spacing

Equal Variable

Flute	Index Position
1	0.0 °
2	74.0 °
3	140.0 °
4	220.0 °
5	284.0 °

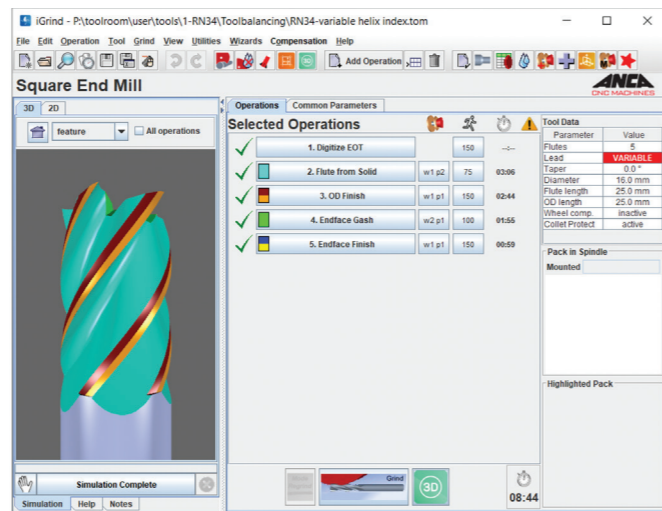


变螺旋变参数铣刀设计

ANCA是全球刀具制造商的合作伙伴—拥有近50年的刀具及相关领域的技术和经验—多条策略助力刀具制造商消除震颤。

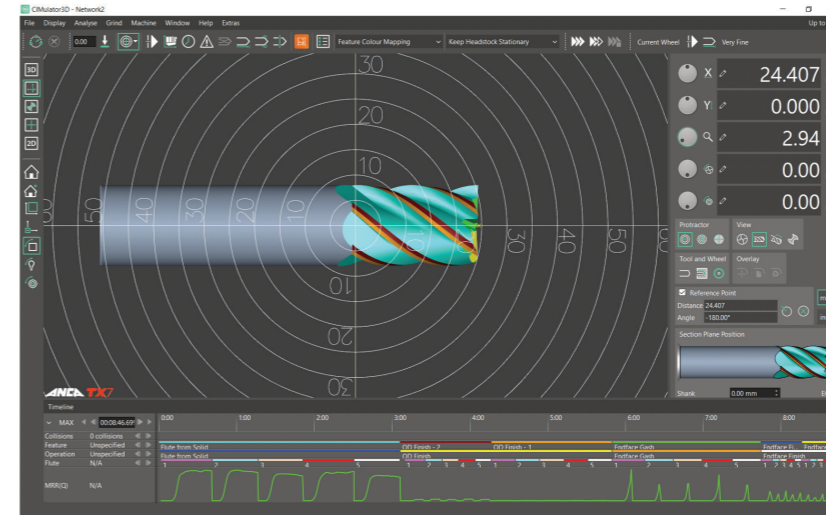
ToolRoom是众多以客户为主导的创新之一，减少制造日益复杂的立铣刀生产过程中的猜测和复杂性。它还与ANCA的CIM3D仿真软件无缝配合，用于研磨过程开始之前的模拟验证。

ANCA的ToolRoom软件套件有业界知名的刀具设计灵活性，轻松完成从最简单到最具挑战性的设计任务。工具向导，集成的2D和3D图像，ANCA的核心刀具设计软件iGrind中所有参数都有清晰的帮助图像，能够直接在磨床上设计用于生产的刀具，从而确保了最短的设计时间和最大的磨床利用率。



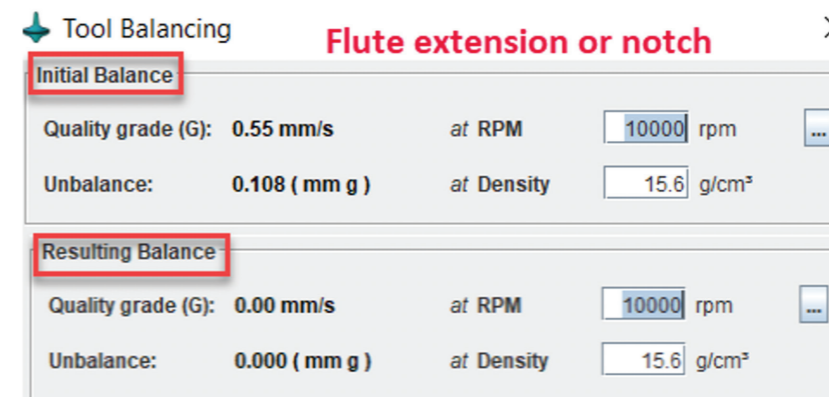
iGrind使用页面 (设计软件)

ToolRoom利用数十年来ANCA独立开发的先进的数学模型和算法来解决生成磨削路径的问题，以满足高精度要求。ToolRoom应用程序的多样性也是无法超越的，可确保您的ANCA磨床在当前和未来的CNC磨削中，能够满足所有行业类型的切削刀具的需求。



Cimulator 3D测量视图(测量软件)

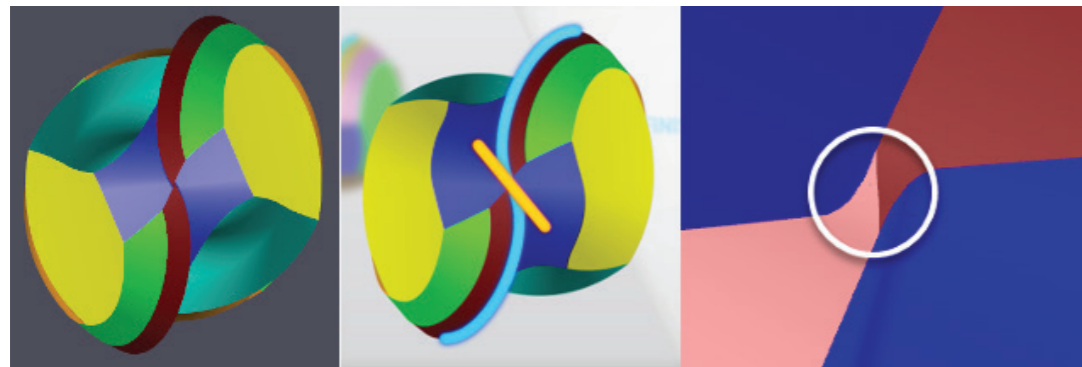
CIM3D允许用户模拟创建和测试刀具的磨削全过程。可以在实际磨削之前验证：碰撞可能性，刀具路径，循环时间，材料去除率等。



刀具动平衡软件(动平衡指标前后对比)

最新版的ToolRoom RN34进一步扩展了刀具类型，涵盖了模具，发电，航空航天，汽车，木工，医疗等所有行业。RN34中还包括针对可变螺旋/参数的刀具的自动刀具平衡功能，消除震颤，获得更好的表面光洁度以及更长的刀具寿命。

刀具平衡功能自动地计算减少偏心重量分布的最佳方案，从而有助于刀具用于高速主轴时消除噪音和振动。它在刀具设计时通过选择性地延长个别排屑槽长度或增加刀柄槽口来平衡刀具。



带横刃的设计师切削刃球头刀设计功能用于设计更锋利的切削刃—高螺旋线提高了抗断裂性，优化的不规则曲线减少了振动。

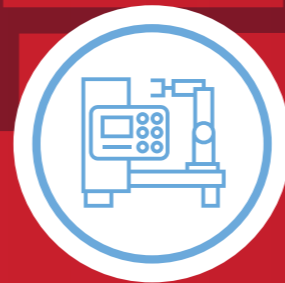
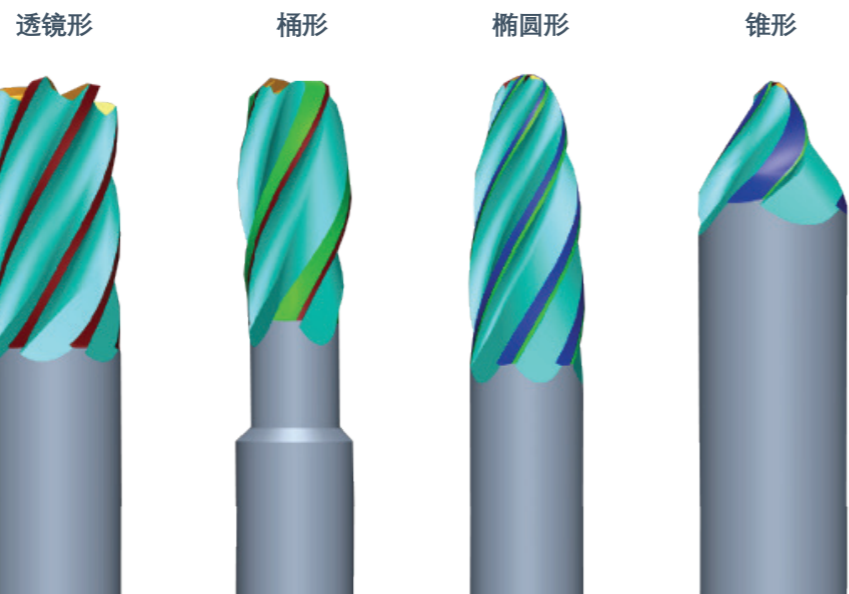
ToolRoom RN34还推出了全新的设计师切削刃球头刀设计功能，有多项改进的几何特性，包括横刃球头刀，特别适用于模具，发电和航空航天等行业。另一种新型的刀具类型是桶形和透镜形双圆角铣刀，也称为圆弧铣刀，特别适用于钛和铬镍铁合金。

与相应切削领域里其他刀具的几何形状相比，这些铣刀具有较大的半径，这为加工提供了全新的可能性。大半径刃口允许较大的跨步增量，从而可以在预精加工和精加工操作中，以更大的交叉螺距或更大的刀轨距离进行加工。大切线半径就好比具

有大切削直径的球头或圆角铣刀，这就是这些刀具相对于普通球头刀节省循环时间的原因。它们不仅提高了生产率，而且产生的工件表面光洁度也更好。

ANCA的另一项提升灵活性和定制化的新武器是脚本。在简单的层面上，它可以自动完成大多数的刀具设计任务；在更高的层面上，它可以用于创建复杂的解决方案，例如具有图形用户界面的功能齐全的自定义工具向导。脚本可以提供巨大的生产力优势，是一项不断持续发展的技术。每版ToolRoom的发行都有对脚本功能的不断扩展。

桶形和透镜形刀具(圆弧铣刀)



第二部分 磨床和配件设置

如果刀具设计是一个法国餐厅的菜谱，那么配件和磨床设置就是它的备料区。

法国厨师培训的第一个要点就是“一切就位”。虽然经营厨房和管理铣刀工厂生产有明显的区别，但是也有一些显著的相似之处。

做好每件事的关键都是尽可能高效的做好准备工作。无论是要去拿来本应在手边的器具或是配料，还是要换一个在生产开始之前本该更新的砂轮组，当操作员需要反复操作时，所有浪费的精力都会累积在一起。

ANCA的CPX Linear是繁忙车间的生产力助推器之一。四轴棒料准备磨床配备43 KW、250 mm砂轮(粗加工)主轴和9.7 KW、150 mm砂轮(精加工)主轴，可准备长380 mm，刀柄直径上至32 mm的棒料。表面光洁度优于0.2 Ra。在人员较少的情况下，CPX可与ANCA AR300低成本SCARA机器人配合使用，该机器人能够在三个托盘(1个空盘，2个满盘)中容纳221个棒料。



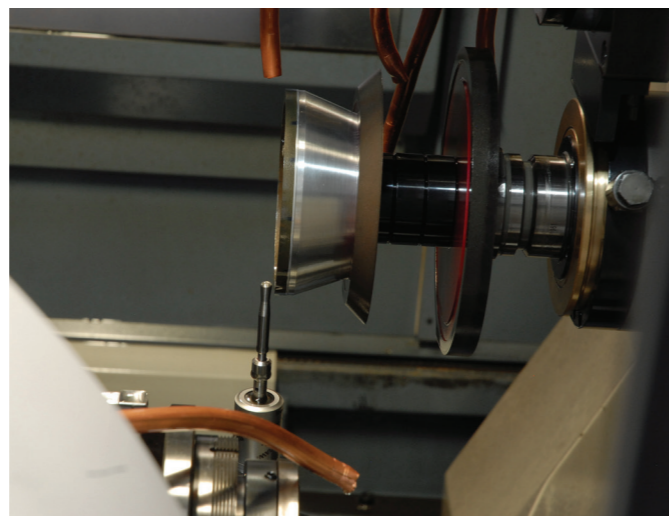
CPX Linear棒料外圆磨床

在人员较少或无人的生产环境中，附带冷却液歧管的六轮组转换站是FX7或MX7 Linear等高通量机型的重要组成部分。这些磨床采用全新的直线电机技术，能够实现更高的表面光洁度，精度和性能。为了尽量减少自动转换砂轮组的时间，砂轮站设置在靠近主轴的位置，最多只需要10到12秒。



MX7 Linear (新一代高效磨床)

包括MX7和FX7在内的所有ANCA的刀具和工具磨床都配有砂轮探头。它在磨床内进行测量和鉴定砂轮组，从而节省了手动鉴定的人力或其他昂贵的外部鉴定仪器。砂轮鉴定的准确性直接影响刀具的磨削质量，同时批次中第一把刀具的成品率也是非常重要的。磨床内部的砂轮鉴定提高了生产率，因为鉴定值会直接写入砂轮编辑器。



砂轮鉴定(磨床内自动测量和鉴定砂轮组)

iBalance软件可进一步优化砂轮性能，可在磨床内引导用户对砂轮组进行振动监测和平衡，从而得到最佳磨削位置和转速。消除砂轮振动，正确平衡的砂轮组有助于提高刀具的表面光洁度减少砂轮磨损，提高砂轮寿命，同时提升刀具质量。



正确的转速下磨床内部的砂轮平衡

ANCA的Premierplus夹头适配器是另一项专利创新，它易于安装，具有非常高的夹紧力。增大的夹紧力提高了同一批刀具几何形状的一致性。它具有极高的精度和一致性，刀具跳动不足5微米。通过使用PCA Premierplus夹头适配器和微调弹出式托架，精度还可以进一步提高。

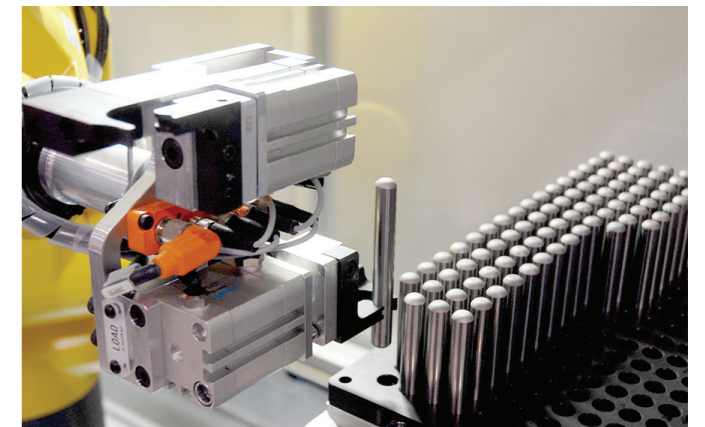
近年来，CNC磨床与机器人技术的配合日益增长，首先是上料，然后是砂轮组更换和其他应用。



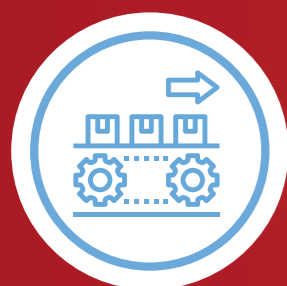
Premierplus夹头适配器(一致性和重复性更好，刀具跳动≤5微米)

RoboMate Fanuc上料机是一种灵活的多功能自动化解决方案，在FX7和MX7磨床上都非常有效。托盘和工具(例如夹爪)都是通用的，因此可以在任何配备RoboMate的ANCA磨床上使用它们。

所有Fanuc机器人上均使用获得专利的“兼容抓爪”从托盘向夹头上料，保持刀具跳动。新产品设计时在夹头内有少量“给进”的能力。如果存在轻微的对准误差，在将刀具或夹套加载到公差严格的夹头时，夹头头部可以轻微转动。



RoboMate带兼容抓爪—ANCA磨床的通用上料机

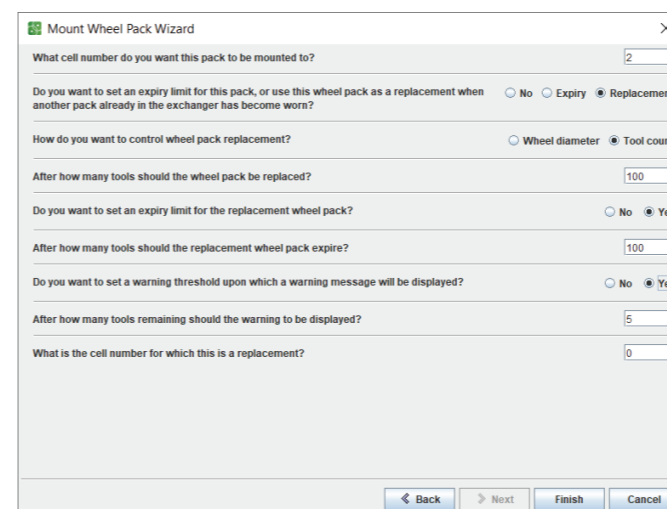


第三部分 生产工艺设置

在第二部分，我们大概讲述了如何将一切准备就绪，来开始大批量生产铣刀。在这部分，我们将继续介绍附件，尤其是有助于无人值守的自动生产过程中(可以是短期运行，轮班、一天甚至一个周末)使用的一些附件。

首先，让我们看看在无人值守生产大批量铣刀时如何管理砂轮组。砂轮组安装好后可用于生产，研磨了一定数量的刀具或被修整到指定的尺寸后，它就不能再使用了。在FX7和MX7等磨床上，砂轮转换器上有一个选项可用于设置备用砂轮组。在研磨刀具次数达到一定数量后磨损的砂轮就不再使用了。

通过安装砂轮组向导，可以设置在一段时间间隔内自动用新砂轮替换旧砂轮。当刀具数量接近设定值时可以设置提示信息，例如，当设定加工数量为100把铣刀时，仅剩5把时可给出更换提示。

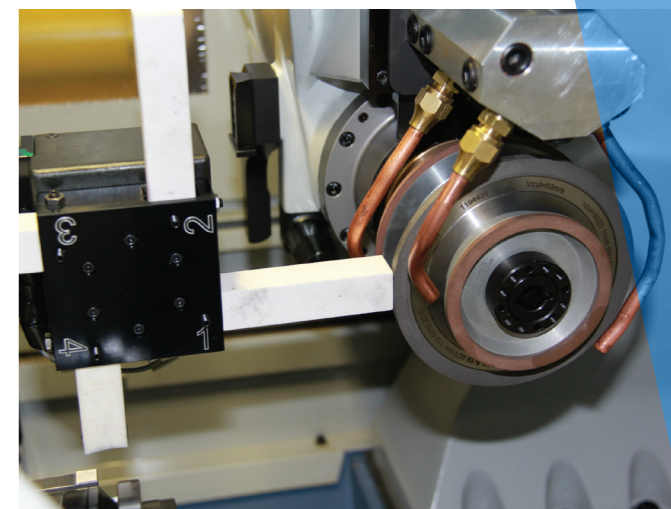


砂轮安装向导中刀具计数和设定阈值警告

当不断地研磨时，砂轮会变钝或粘有附着物。修锐能露出砂砾并去除嵌入砂轮中的碎屑(切屑)，从而使砂轮更好的磨削。所以，在更换砂轮之前，可以用修整块将其清理干净。砂轮修锐技术可实现更好的进给率和磨削比，更少的刀具烧伤和更高的生产率。钝化的砂轮可以使用氧化铝棒来进行修锐。

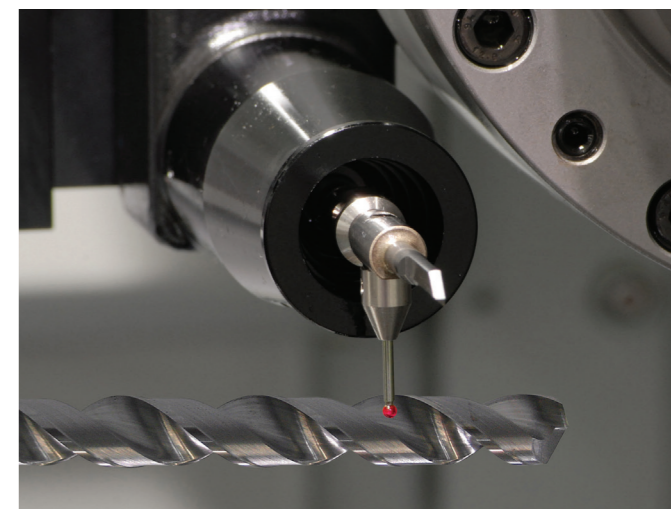
ANCA通过自动修锐组件实现了自动修锐，它使用气动装置弹出一根或四根修整棒，消除了操作员的人工，排除了危险。通过修整软件进行管理，可以根据使用频率、砂轮转速和砂轮磨损补偿等因素进行设置。

熄灯操作和大批量生产时，特别是像整体开槽这样去除大量材料的操作，可能砂轮磨损严重，直接影响到产品的芯厚轮廓的



在线砂轮修锐系统

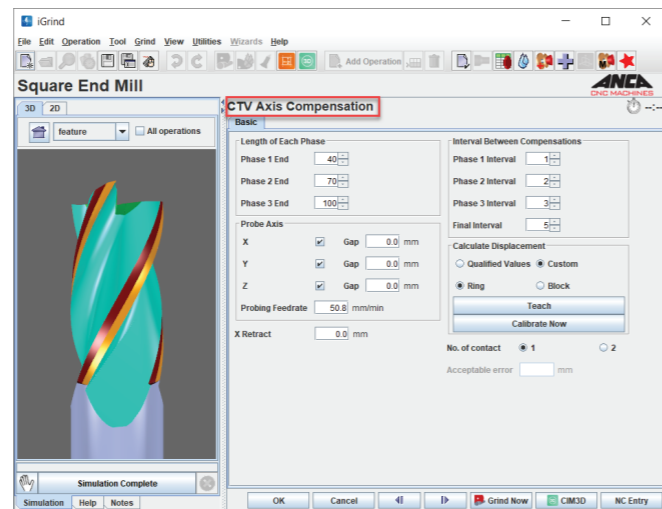
精度。创新的红宝石探针技术是补偿芯厚变化的一种方法。它在指定位置对芯厚进行在线测量，进行补偿以满足指定的公差。同样，该功能可根据铣刀的直径和材料去除量，设置不同的间隔。



在线测量并补偿芯厚

通常车间都会尽力保持合适的环境温度，磨床也要尽量保持热稳定性，但生产和磨床本身都会产生热量。ANCA的另一项长足创新，冷却液温度调节功能(CTV)和具有热稳定性和减震效应的聚合混凝土一样，提高了机床应对温度变化的能力。

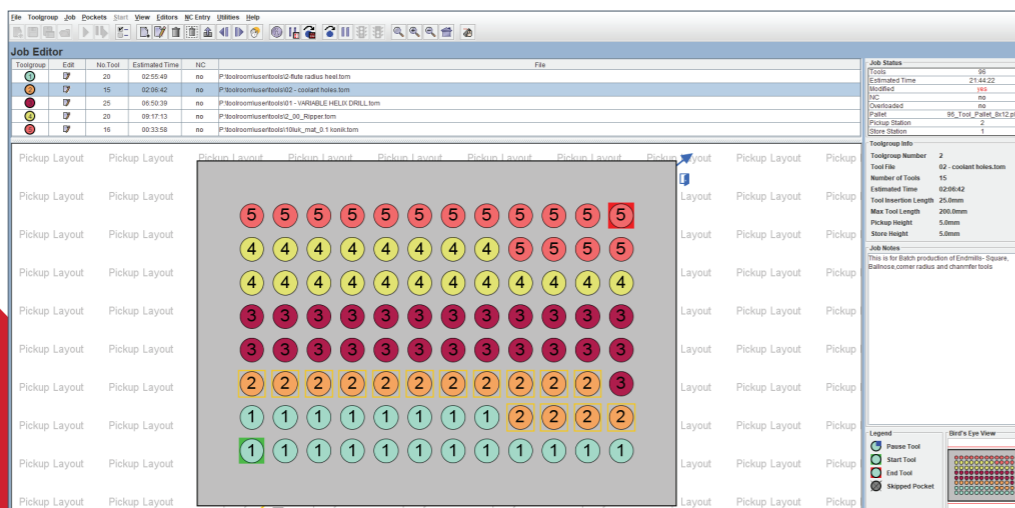
每台ANCA磨床上都有CTV。它可以补偿由于热膨胀和其他因素引起的偏移。它通过探测主轴箱和刀柄之间的定位环或定位块的位置，测量刀具和主轴之间的距离变化。可在生产一定数量的刀具后进行探测和补偿，随着磨床及冷却液的预热，温度变得更加稳定，补偿之间的间隔会越来越短。这还可以最大程度地减少循环时间，并保持批量生产的稳定性。



CTV(冷却液温度调节功能)设置页面

最后，机器人上料机是用于高效，精确地制造铣刀的重要附件，尤其是在无人值守的生产情况下。

ANCA的RoboMate解决方案使用Fanuc 200iD将刀具从托盘运送到夹头，可容纳直径最大32毫米，长度最大350毫米的刀具。它使用RoboMate托盘，可容纳两个或四个托盘，通过用户友好的RoboMate软件进行操作。



灵活而又用户友好的RoboMate软件



第四部分 测量和质量控制

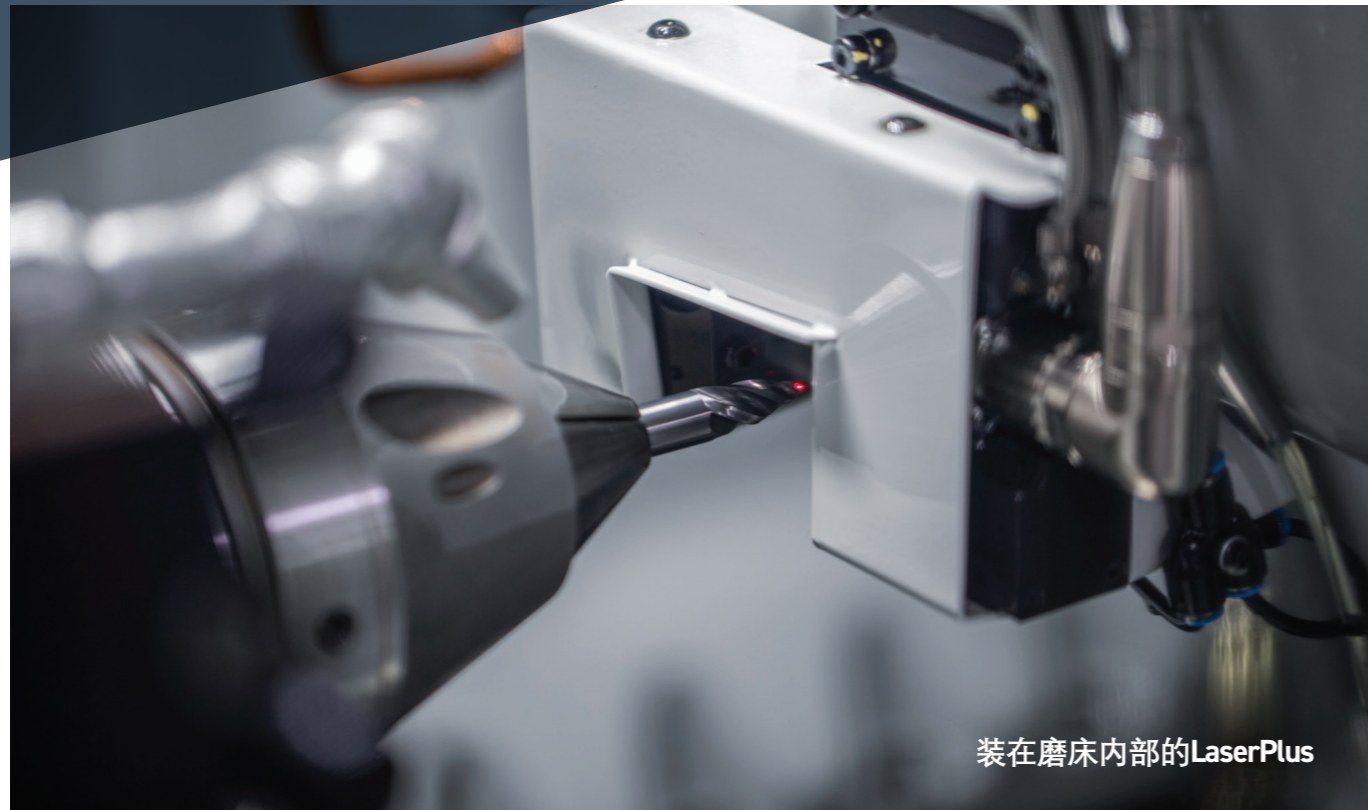
在本文的开头，我们探讨了使一把铣刀成为高性能铣刀的一些因素。

其中就提到了精密制造工艺或质量控制。为某个应用做出一把完美铣刀并不是全部，真正重要的是第100把铣刀也同样完美。

自从手持式仪表和千分尺问世以来，质量控制已经取得了长足的进步。

ANCA对质量控制令人骄傲的贡献之一是LaserPlus系统，它安装在磨床内部，使用非接触式激光测量。LaserPlus使用激光来精确测量和补偿切削刀具的几何尺寸，在大批量生产中是保持刀具严格公差保障。



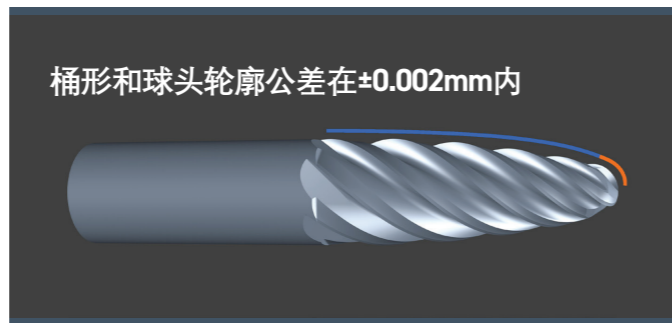


装在磨床内部的LaserPlus

安装在LaserPlus旁边的空气喷射装置能以最佳方式清除冷却液和切屑，以实现精确的亚微米级的测量。

使用激光，操作员无需从磨床上取下刀具就能准确的在线测量。磨床内测量和补偿刀具使客户减少废品，保持公差，提高生产率。

LaserPlus用于测量或比较刀具的几何形状并补偿误差，能在直径和轮廓上保持±0.002 mm的公差。它还消除了手动处理刀具的需要，节省了时间和精力，能更加安全的生产那些精细的微型刀具。



采用LaserPlus精准测量桶形球头铣刀

LaserPlus可以测量刀具的顶部和底部，将外径与统计过程控制软件集成。自从问世以来，已增加了许多功能，包括为球头和圆角铣刀生成测量报告的功能。

许多用户已将LaserPlus用作熄灯生产的一部分，用户也用它来降低废品率。

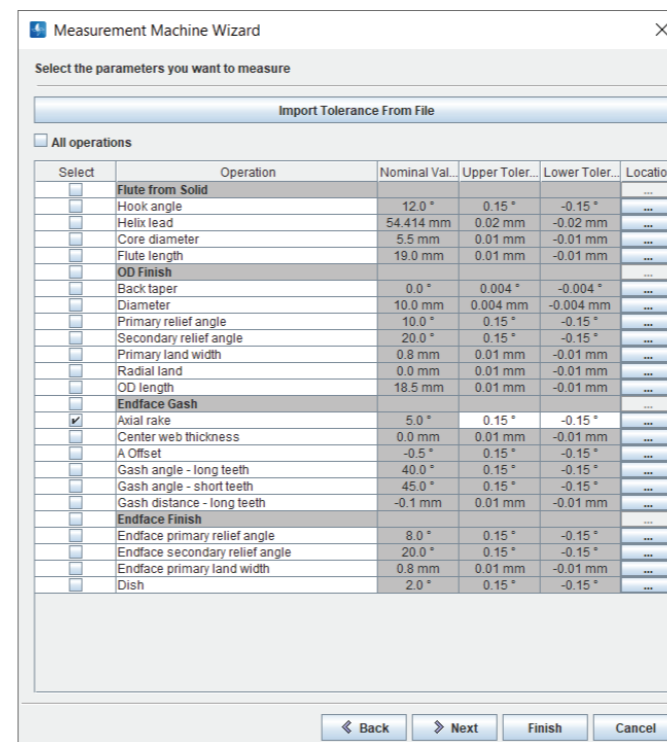
虽然LaserPlus是非常流行和有效的测量刀具外径和轮廓的方法，包括在线测量球头和圆角铣刀，但Zoller Genius 3测量仪可以自动测量更多的刀具特性。

Zoller通常用于磨床设置初始或运行期间，间歇性地进行更详细的刀具测量，以确保几何尺寸在公差范围内。

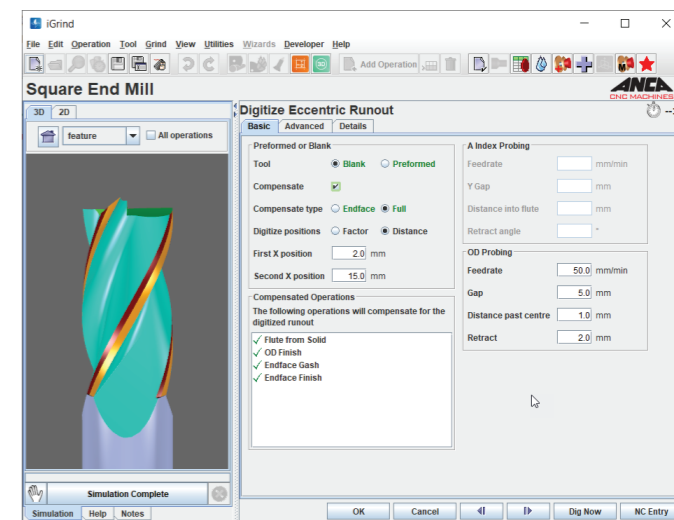
Zoller测量仪是目前市场上广泛采用的一种测量刀具复杂几何形状的有效工具。ANCA和Zoller合作，共同开发了相应的Zoller测量过程直接与ANCA磨削参数接口。如果Zoller和ANCA磨床在同一个网络上，数据可以通过U盘或直接网络通信进行传输。

另一个主要进展是iGrind中的刀具跳动测量和补偿。跳动是指在刀具旋转时，沿切削刃上刀具直径的差异或变化。当铣刀旋转时，重要的是在工件上，每一个刃都切在完全相同的位置，以延长刀具寿命和有效切削。同一批的每个刀具都进行测量并补偿跳动，可以确保整个批次都在公差范围内。

这也保证了第100把铣刀将和第1把一样优质。



Zoller的参数测量和补偿



批量生产时完整的刀具跳动补偿



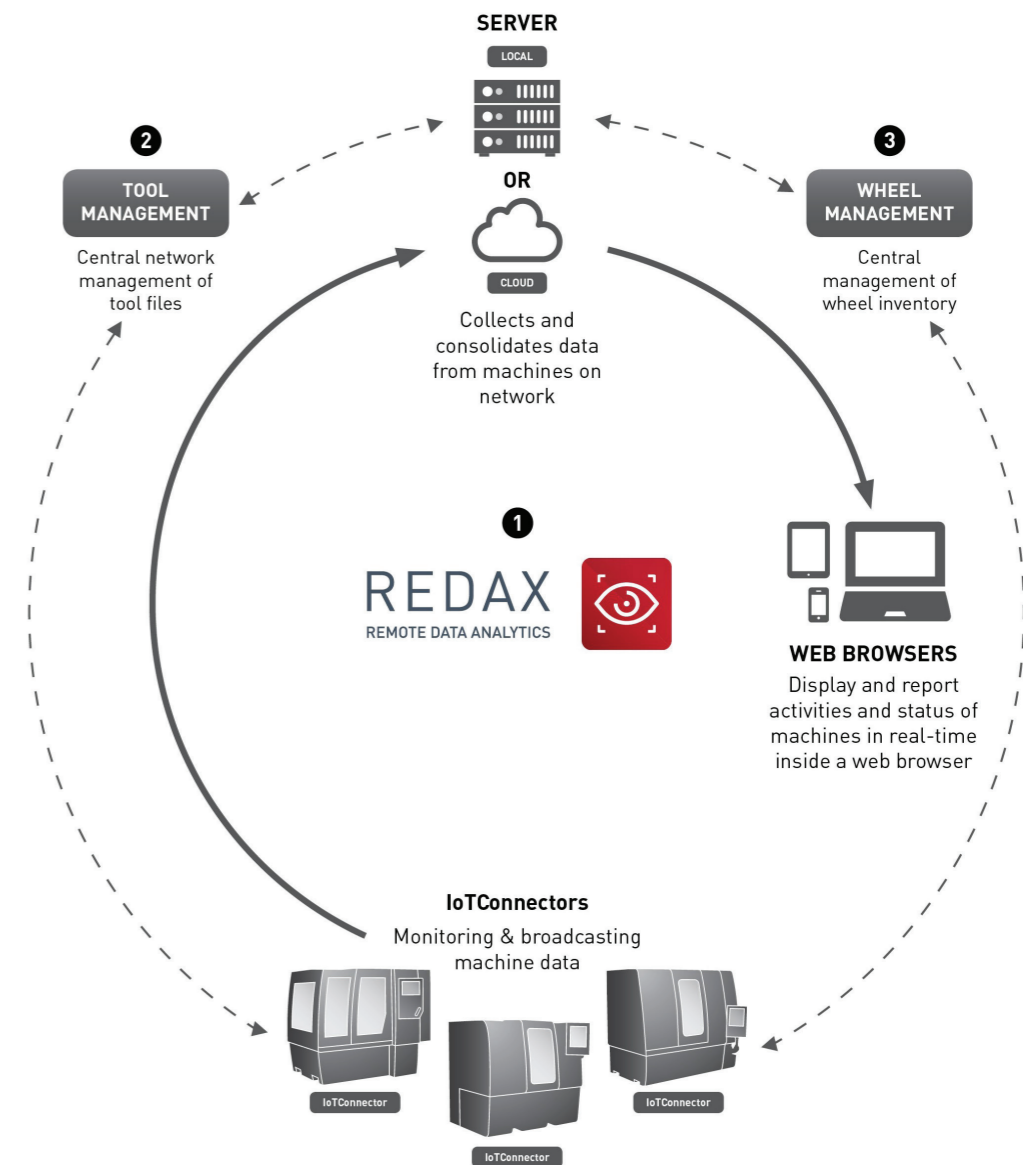
第五部分 24/7无人值守生产中的磨床 和生产监控

通过这个系列，我们探讨了生产出色的铣刀的不同方面，从设计开始，然后是磨床设置和配件，工艺设置和质量控制。

下面要讨论的是将操作员全部从生产中解放出来，然后让磨床完成其工作，而这是通过虚拟机监视技术实现的。

刀具制造商正在不断开发新方法，来提高车间效率，减少停机时间并管理磨削时间表来最大程度地提高产量。

ANCA的管理套件实现了CNC磨床行业的重大突破。使用这套软件，客户无论身在何处都能监视到磨床的运行情况，得到实时生产数据来进行智能的运行改进。管理套件提供了分析功能，能够生成有关磨床使用情况的高度准确的报告，从而发现浪费进而提高整体设备效率。

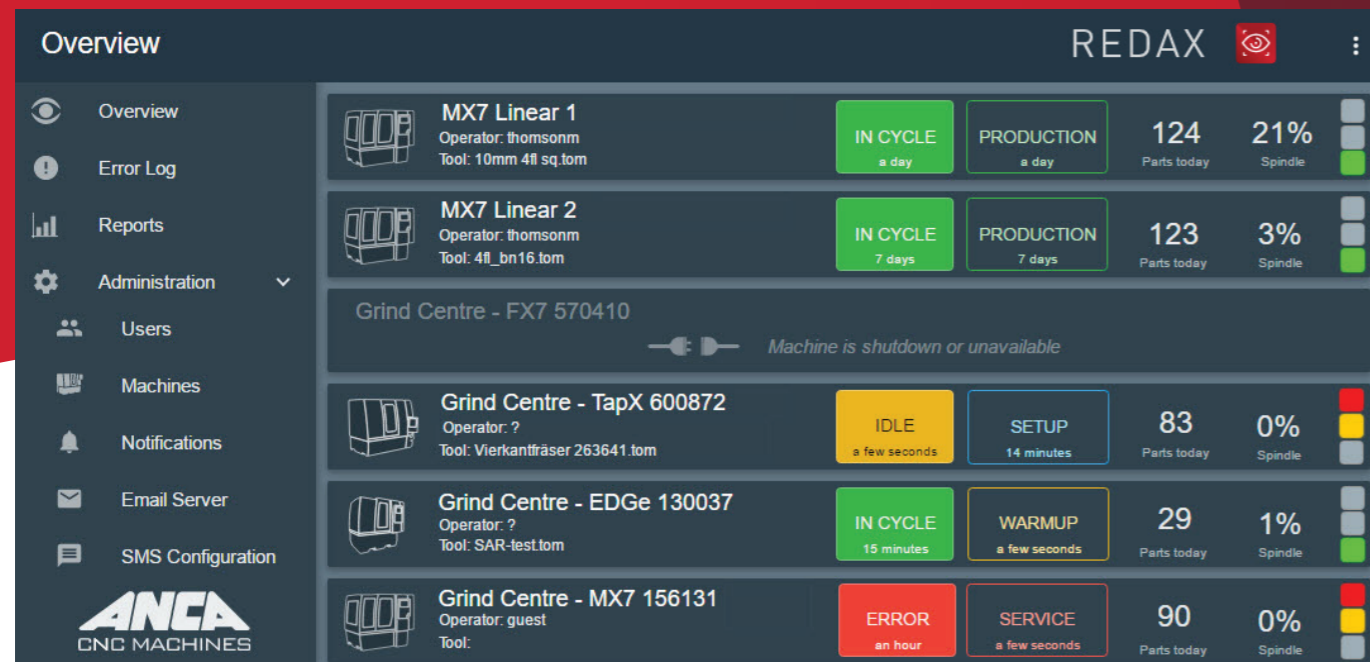


管理套件由三个产品组成：刀具管理、砂轮管理和RedaX。刀具管理允许您通过研磨程序的版本控制轻松恢复到旧版本。也可以使用文件差异工具直观地识别程序的更改。

砂轮管理是砂轮和砂轮组的中央集成管理软件。它提供了一个平台，可以在磨床之间轻松共享砂轮组和鉴定数据。便捷的搜索功能使操作员可以轻松找到所需的砂轮。

另一个关键功能是仿真轮和鉴定轮之间的区别，无需在磨床上使用实际砂轮，这样降低了碰撞发生的可能性，避免了磨床和砂轮组的损坏。

RedaX是用于磨床的远程数据分析和实时监视的解决方案。它的开放平台上可以统一收集所有磨床的信息，监视和分析磨床数据。用户可以通过网页浏览器实时监视机床运行状况。



RedaX页面

RedaX使每台联网的磨床共享数据。显示重要的机床实时信息，如主轴负载、温度、刀具和批次循环时间以及批次的Cp和Cpk值。报告可以比较一段时间内的差异，用来衡量和管理磨床的性能。有关刀具的生产信息可以集成到公司的ERP系统中，当刀具或批次准备发货时，系统可自动提示。

RedaX还为计划外的停机提供短信和电子邮件警报。

其中一个非常有价值的运用场景是完全无人生产。整个车间可能周末休假，但一个或多个成员可以远程监视生产情况。他或她会知道是否有停工(以及停工原因)，并前往工厂解决问题，最大限度地减少磨床的停机时间。

以前，这名工人本来必须整个周末都在现场才能发现问题，这对公司来说是一个明显的成本。



RedaX 仪表板显示详细的磨床状态实时信息

管理套件的另外两个成员是基于服务器的砂轮管理和刀具管理。这样整个团队的工作都以相同的砂轮库存和鉴定信息，或磨削文件为准。这些与24/7无人操作无关，但提供了跨用户信息共享的优势。

完美铣刀的无人生产是可能的。前四部分中提到的所有元素是前提基础。基础夯实后，就可以真正探索智能制造的无限潜能了。

ANCA还为铣刀生产提供辅助产品，包括AutoMarkX(刀具上的激光打标)。根据客户的要求和产量，激光打标可以是独立产品(AutoMarkX)，也可以并入MX磨床内的RoboMate上料机内。

展望未来

至此，您已拥有研磨优质铣刀所需的全部信息。但是，创新从无止境 - 随着技术的不断进步，改善磨削工艺和产品的机会必将层出不穷。

ANCA的集成制造系统AIMS正在走向市场，有望成为优化刀具生产的未来，为端到端刀具制造挑战提供全面的解决方案。

通过使用简化的制造工艺和连接的生产流程，它可以集成到IT系统中，实现刀具研磨生产的全自动化。AIMS的概念是最大限度地提高生产力，提高质量，把操作人员从简单的手工工作中解放出来，重新部署到更多增值任务中。

综上所述，AIMS是能够连接磨床，连接工艺环节，连接顺序生产工艺的智能自动化解决方案。刀具制造商可以通过连续无人值守的熄灯生产，大大提高机床利用率。

我认为刀具制造的未来前景无限。刀具行业不断成长和积累，日新月异的技术发展不断优化工艺和提高精度，都意味着未来我们会为市场提供更优质的刀具产品。