

智能车间 自动化和网络化 生产显神威



刊首语

尊敬的读者：

自动化和数字化网络已是行业媒体和展会中无所不在的流行语。言过其实吗？或许您需要认真听听，因为您可能已身处未来发展的浪潮之中，或许在不远的未来，您将搭上这列发展的快车？如何驾驭呢？

位于德国明斯特的Trimatec公司专注于加工生产，他们以智能自动化解决方案回答了这个问题。他们采用海德汉“智能制造”软件包中的海德汉DNC接口使生产实现全自动化，甚至将最小批量仅单件的生产自动化。

有关“状态监控”软件和网络化生产的报道，我们将展示数字化和网络化如何在无损自定义能力的情况下，全面掌握控制数据的使用。此外，我们还准备了大量有关TNC新功能的信息、更多的培训信息以及超常规的创造性非凡故事。

希望我们的选题有助于您更好地使用我们的有效工具，让您在竞争激烈的市场环境中准确地定位。欢迎阅读！

Trimatec公司部署的全自动六面铣削系统支持最小批量仅单件的生产。

在终端平台上用HIT 3.0
互动地学习

法律信息

出版方

DR: JOHANNES HEIDENHAIN GmbH
邮政编码1260
83292 Traunreut, 德国
电话: +49 8669 31-0
海德汉公司网址:
www.heidenhain.com.cn

编辑

Ulrich Poestgens (主编),
Judith Beck, Frank Muthmann
Klartext网址:
www.klartext-portal.com

布局

Expert Communication GmbH
Richard-Reitzner-Allee 1
85540 Haar, 德国
E-mail: info@expert-communication.de
www.expert-communication.de

照片提供

所有图片:
© DR.JOHANNES HEIDENHAIN GmbH





Klartext

68 + 09/2018

内容

04



16



18

零设置时间的单件批次生产
Trimatec公司的智能自动化系统

4

透视车间
状态监控：采集和显示机床信息

8

正确的网络化
“智能制造”的实际应用

10

3D时代
显示3D数据的新版CAD阅读器

13

齿轮加工更轻松
复杂加工操作的新循环

14

这就是HIT!
HIT 3.0互动式学习

16

自己动手
维修培训：不仅向机床制造商开放

18

伟大的创举
您很难相信LTN Servotechnik选用TNC 620的原因

20

驱动力
进给轴电机如何影响精度和表面质量

24

高精度的传统
全闭环位置测量和新干线高铁列车

26

在海德汉服务培训中，维修人员在实践中学习用数控系统维修和维护机床。

零设置时间的单件批次生产

Fastems联手海德汉帮助 Trimatec公司圆梦智能自动化 生产解决方案

最小批量仅单件的六面铣削全自动解决方案：这是Trimatec公司着眼未来的生产工艺。持续的积累和不断丰富的实际经验以及专业的自动化公司Fastems的支持，位于德国明斯特并拥有丰富经验的加工企业正在将理想变为现实：配新版海德汉TNC 640数控系统的两台DMC 60 H加工中心用机器人从升降式工件库为机床装件，机器人甚至能夹持毛坯件和半成品件。

Trimatec公司的生产经理Oliver Schöning简要介绍公司自动化解决方案的理念时说：“我们希望的生产环境是无需人工操作，例如为六面加工而手动转动工件”。Trimatec公司的销售经理Carlos Beja补充说：“现在能在夜间加工大量不同的任务，最小批量仅为单件，同时我们的员工无需换班，工作时间更友好。”这是全新的生产世界！Trimatec是如何圆梦的呢？


机器人不是自动化的起点

“我们的自动化系统不是两年或三年前建立的，实际上这是我们着手实施的时间。我们很早就开始着手自动化技术”，Carlos Beja在介绍漫长的发展过程时说。

“机器人不是自动化的起点；实际上机器人代表了自动化的结果”，Beja总结Trimatec公司在自动化项目中收获的经验时说。他继续说：“仅当全部其它准备都就绪时才能使用机器人。”

Trimatec公司的主要准备工作是完全掌握生产工艺。Beja介绍他们长期学习的过程时说：“开始考虑自动化系统前，必须确保所有程序都能在正常手动操作下平稳地运行，熟悉刀具和刀具监测技术，掌握夹刀功能，受控地清洁工件和托盘等”。





“我们将20多年积累的铣削
专业技术全部用在该自动化
系统和机器人中。”

Trimatec公司的销售经理Carlos Beja

核心：
机器人的工作范围可达升降式工件库系
统、台钳架、台钳位、定心位和缓存位。

但Trimatec公司的自动化系统是如何实际工作的呢？站在该系统前时，看到的是庞大的升降式工件库，该工件库可容纳374件工件的17个抽屉。工件抽屉本身又分为多个区，用于110 mm x 120 mm到250 mm x 280 mm大小不等的工件，最大工件高度达80 mm。升降式工件库的左侧是控制整个系统的主机。机器人位于该升降式工件库后方的中央。除工件库升降系统外，在机器人周围还有两台DMC 60 H加工中心、夹紧工件的台钳位、台钳架位、定心位、翻转位和两个工件预夹紧的缓存位，所有这些设备都在机器人的工作范围内，机器人可以自主地工作。

Trimatec公司一天生产达32小时

Oliver Schöning列举该系统的事实和数据，他说：“这样的配置，特别是374位升降式工件库系统和两台加工中心的243位刀库，我们可以72个小时不间断地进行六面加工，如果需要还能生产374个单件工件”。Carlos Beja说：“在普通8小时的自

班中，我们的机床操作员为系统装件、输入任务、为两台加工中心提供必备的刀具和冷却润滑油，并执行需要的维护”，他补充说：“这些操作后，甚至全部操作过程中的部分操作后，每台加工中心可高生产力地生产至少16个小时”。Beja继续说：“由于该自动化系统，一名员工一天的生产时间可达32个小时”。或者，员工享受周末休息时仍能保持高生产力。

自动化系统的主机为机床操作人员提供有效的支持，为操作人员提供有用的信息和许多实用的工具。原因是主机执行的任务不局限于控制机器人和升降式工件库系统。整个自动化系统在自己独立的网络环境中，独立于公司的网络。因此，主机需要周期性地从网络文件夹中调取任务数据和NC程序。Fastems的FastWizard软件基于这些数据生成任务。然后，主机重新检查必备的刀具是否就绪和这些刀具的使用寿命是否充分，以及工件毛坯或半成品是否正确和数量是否充分。此外，主机预测计划的任务将进行的时间和预计开始的时间。如有任何资源缺失，主机不启动

执行该任务。相反，将自动跳至任务列表中的下一项任务，当然，也为机床操作人员提供跳过该任务的原因，以及需要进行的操作。机床操作人员可以随时干预和手动调整优先级。因此，当收到紧急任务时，例如生产备件任务时，可单独进行处理。

机床间的任务共享

两台加工中心中的标准刀具提供一定的灵活性。如果加工能力允许和可以换刀，主机可修改计划和在两台加工中心间分配标准加工操作。机床中的刀具数据由特别设置的刀具测量系统提供并专用于自动化系统，并可数据直接转发给主机和数控系统。

为确保加工精度达到要求的百分之一的范围，用测头测量工件，以补偿工件夹紧中可能的误差。为此，Trimatec公司用TNC数控系统的测头探测循环。

生产计划部提供自动化系统的CAM程序。生产计划部在发出CAM程序前，在CAM系统的虚拟机床中进行程序的全面仿真。这项附加工作使Trimatec公司在加工前确保自动化系统的顺利运行。理想情况下，一旦向自动化系统上传了一个项目，就不需要任何其它人工操作。

除加工程序外，还提供含机器人控制数据的程序标头。程序头中共有27个参数，用于确保自动化系统无差错地运送工件。除工件尺寸和重量外，还包括机器人的最大夹持力和台钳的最大涨紧力。



创新型自动化系统的强大合作伙伴：Trimatec公司的Oliver Schöning和Fastems公司的项目经理Johannes Louven在两台自动化DMC加工中心之一的机床TNC 640数控系统旁。

海德汉数控系统是Trimatec的必然之选

尽管自动化系统完全由主机控制，无人直接操作数控系统，Trimatec也能立即回答有关自动化系统的机床数控系统类型的问题。Carlos Beja说：“事实上从一开始，两台DMC加工中心都无例外地配TNC数控系统”。

Oliver Schöning补充说：“对于铣削加工，我们的程序几乎全部由CAD/CAM系统生成，一致的数控系统使我们拥有标准化接口的优势，因此只需一个后处理器。这能显著提高NC程序编程的工艺可靠性。编程时，我们也使用海德汉的循环。” Carlos Beja还谈到另一个优点：“由于海德汉数控系统已广泛应用于高难应用且熟悉海德汉系统、受过专业培训或拥有海德汉系统使用经验的人才很多，因此当我们需要增加员工时，可以比较容易找到高素质员工。”

Fastems公司的项目经理Johannes Louven积极评价通过海德汉DNC接口轻松将海德汉数控系统连接到主机上并通过PROFINET连接机床，其简便性令人满意。他解释说：“海德汉为数控系统提供非常可靠的文档和接口说明；接口说明与实际情况完全一致。很遗憾其它一些产品常常不一致”，他介绍其它项目的经历时说。Louven继续说：“此外，有关细节问题和具体应用的调整，海德汉都提供出色的答复和支持。我们能快速联系海德汉的研发部，能获得一流的帮助和全面的专业支持。海德汉DNC接口直接连接运行我们Fastems FastWizard软件的主机，无任何通信问题。”

同时自2017年年中，该自动化系统已全面投入生产。Trimatec公司成功的秘诀是：每天高生产力地工作8小时+高灵活性、最小批量仅单件的高难工件自动化生产能力=客户高满足度+员工更低劳动强度。这是大获成功的案例！



“我们的加工中心全部配海德汉数控系统。对于铣削加工，海德汉数控系统是第一选择，特别是5轴联动加工时。对于车削加工，操作和编程都超级简单，对用户特别友好。”

Trimatec公司的销售经理Carlos Beja



“状态监控”软件提供完整的机床状态信息。

透视车间

“状态监控”系统采集和显示机床重要信息，现已独立于机床型号和数控系统

时过境迁，在个人生活中，商店橱窗曾经是获取新品和潮流信息的最佳渠道。而如今，我们在计算机、平板电脑或手机的显示屏上从互联网上获取这些信息。我们还能评估、比较、确定最适合我们的产品。这与您、与您的工作以及与海德汉有什么关系呢？事实上，关系很大…

在许多公司，定期巡视加工车间仍是生产部门员工的任务之一。这是为了了解最新状态：机床正在执行的任务单、加工进度、必要的换刀操作、切屑箱中的切屑量和冷却润滑液箱的液位、毛坯件存量、成品件数量等。

尽管事实上，其中的大部分工作并非必要，因为这些信息都能在全数字化的生产环境中直接获得。除将机床接入公司网络中，例如通过“智能制造”接入，还需要智能软件采集必要的的数据并图形化地显示，这是观察车间状况的窗口：“状态监控”。



“状态监控”主动通知
生产中事件。



HEIDENHAIN
StateMonitor

+ 有关“状态监控”的直接信息，欢迎访问
www.klartext-portal.de/statemonitor



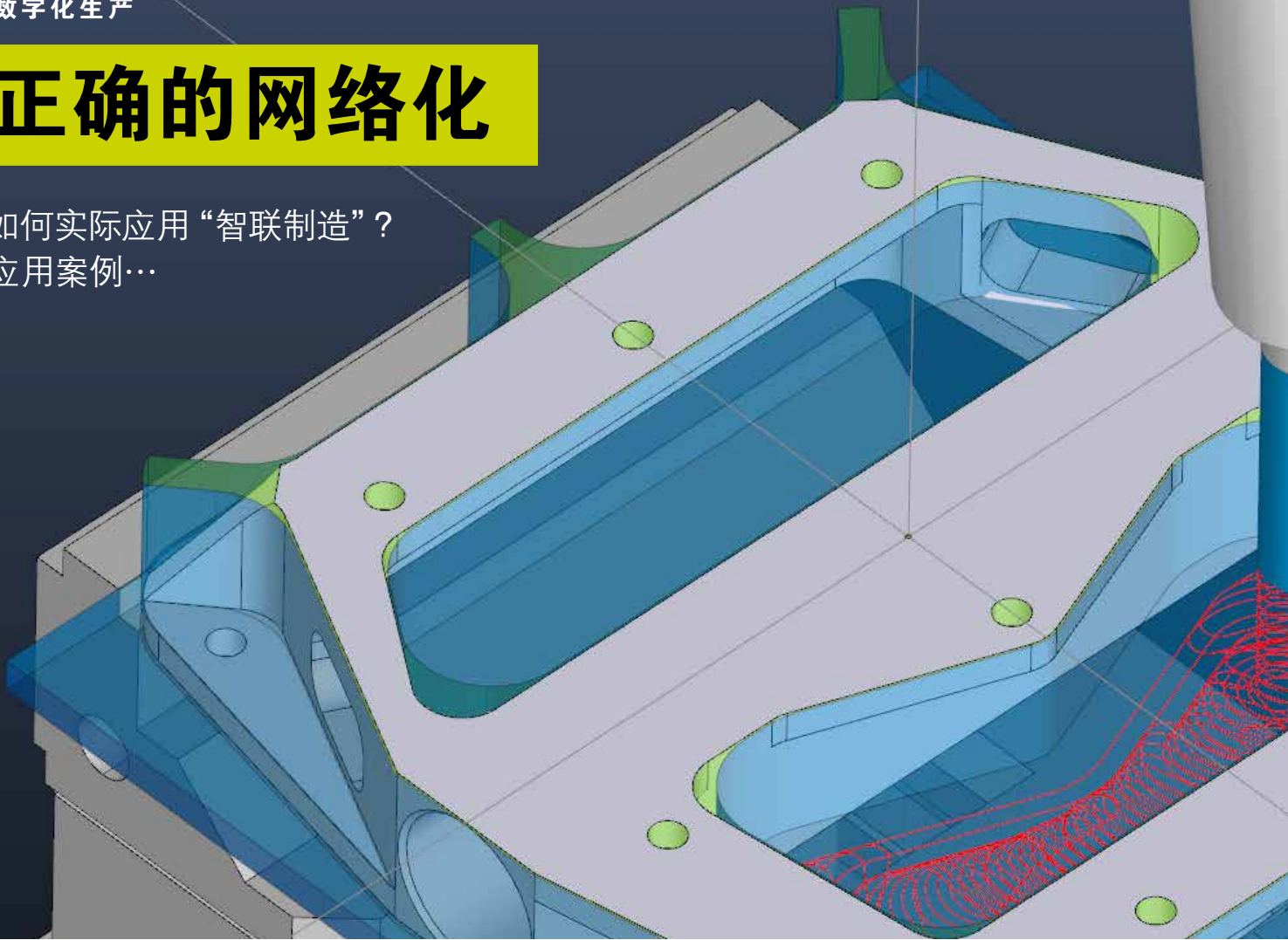
“状态监控”允许实时地查看各机床的状态。而且不局限于配海德汉数控系统的机床。可连接任何提供以下接口的机床：海德汉DNC, OPC UA, MTConnect或Modbus。根据接口和机床数控系统，可显示的信息包括操作模式状态、程序、机床信息和倍率调节信息。

然后，“状态监控”允许快速和轻松地评估这些数据，提高效率和生产力。任务数据的采集和反馈还能分析机床数据中与任务单相关的数据。重要的是：您的数据仍由您掌握，因为“状态监控”软件允许根据您的需求和生产环境的要求完全个性化地进行配置。确定评估范围。设置对数据

的访问权限。按照您的要求定义数据的存储位置。还为MES和ERP系统提供数据。“状态监控”适应您的需求，而非给您提要求。

正确的网络化

如何实际应用“智能制造”？
应用案例…

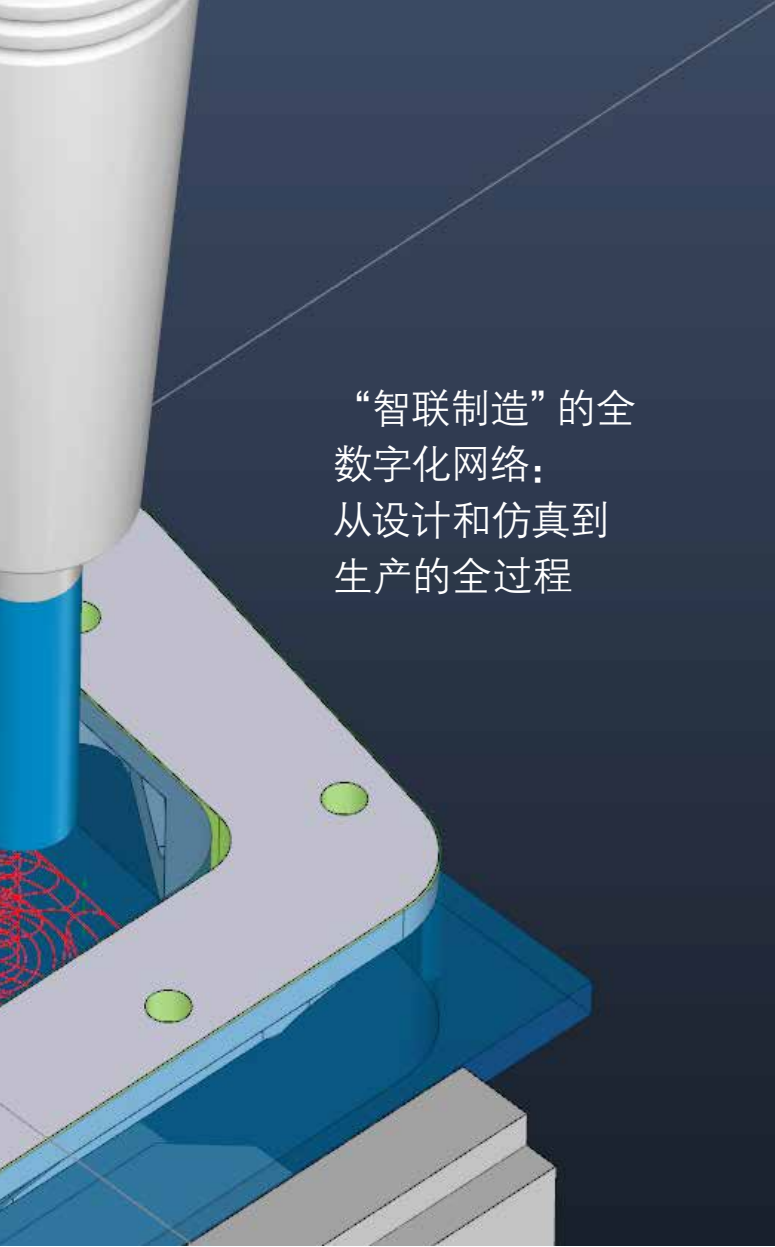


数字化、网络化生产和智能工厂等流行语是当前制造业热点的代表。通过自行车脚踏的生产案例，我们高兴地为您介绍这方面信息和“智能制造”提供的解决方案。

“智能制造”可在数字化的网络中将工作步骤全部连接在一起，从工件的工程设计到成品件的交付全过程，这将是怎样的生产系统呢？如果不细看，与传统生产方式并无太大区别，因为相关方都相同。只是各工位之间的数据流现在为数字化的和完全无纸化的方式，对于“智能制造”，车间中的海德汉数控系统是数据通信的中枢。网络化的角色通常包括：

- 含CAM编程和仿真的设计
- 刀具准备和刀具供应
- 配机床和海德汉数控系统的车间
- 质量检测
- 毛坯件和刀具的采购流程
- 成品件交付的发运流程
- 任务计划和处理





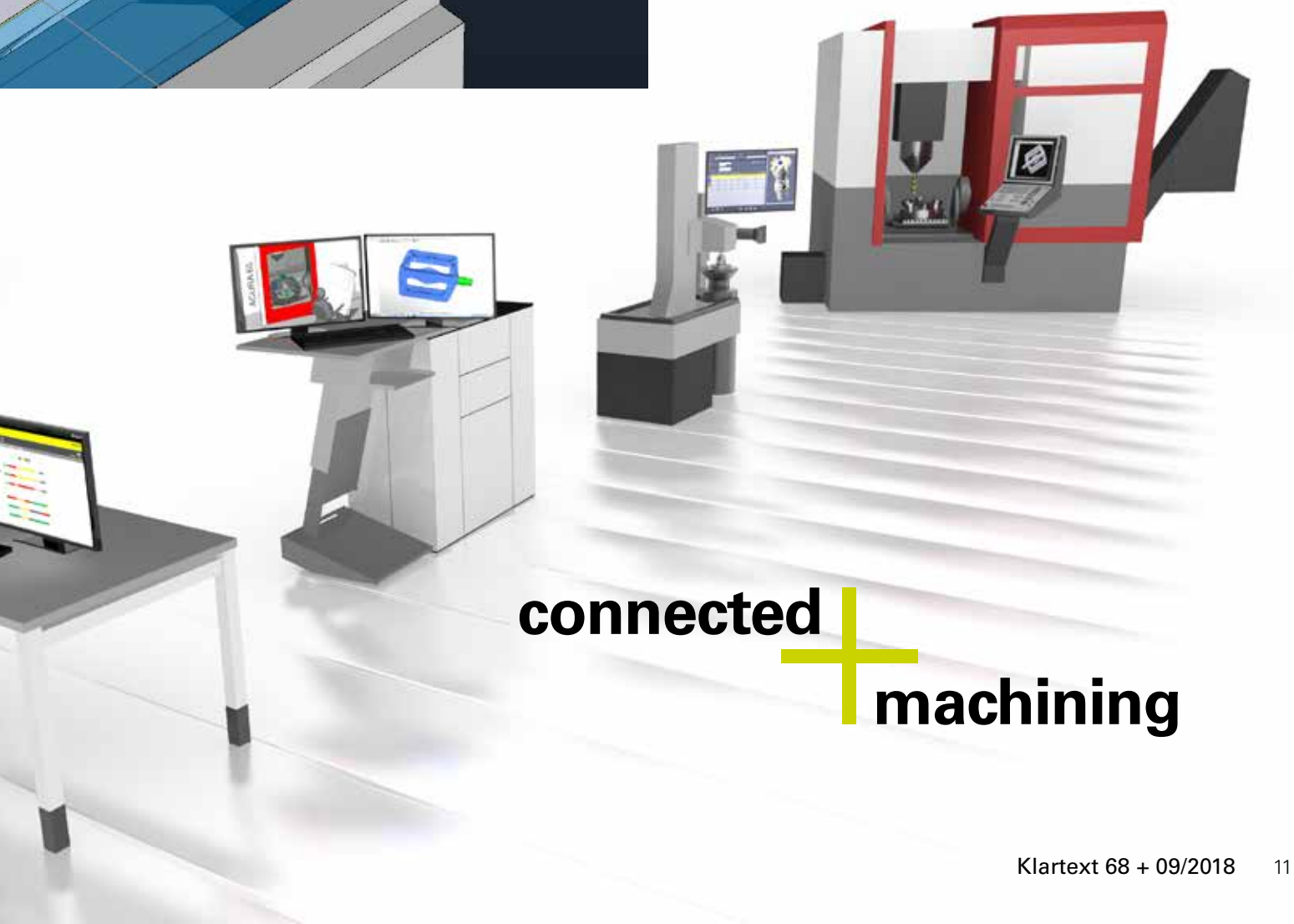
“智能制造”的全
数字化网络：
从设计和仿真到
生产的全过程

数字网络的中心：海德汉数控系统

以我们数字化网络生产为例，我们从创造实际价值的车间开始。工件已固定在机床的托盘上，等待后续操作。但机床操作员如何知道应该进行哪些操作呢？

通常给机床操作员一个文件夹或一叠任务单，在几页（或很多页）纸中提供全部需要的信息：图纸、零件清单、刀具表、截止日期等。然后，机床操作员在其中寻找需要的信息。由于只有在个别情况下文件夹中的文件才是顺序排列的，只有这时才能快速找到生产需要的信息。

然而，在“智能制造”数字化网络的生产环境中，无需这样的文件夹。在数控系统上，例如TNC 640，直接从车间访问与生产有关的所有公司数据，这就是网络化。



connected + **machining**

直接交换数据：工程设计数据和NC程序

用海德汉“远程桌面管理器”选装项直接从海德汉数控系统访问CAM系统。而CAM系统用刀具数据库的信息创建程序。

及时信息：任务计划

现在用TNC 640的“加工批次管理器”制定机床的生产任务计划。NC程序和托盘上的工件夹具位置都与特定任务关联在一起。“加工批次管理器”还提供与加工持续时间有关的信息。还能用于制定任务单计划，例如安排其它成品件的物流或机床的后续任务。

全面的一手信息：刀具数据和刀具数

校准完毕的刀具已在机床的刀库中。刀柄处的条形码准确地标识刀具。向刀库装刀时，用读码器方便地读取条形码。因此，TNC 640能立即知道机床中已有哪些刀具。通过以太网直接由刀具管理系统提供刀具数据。

由于安全原因，数控系统自动比较NC程序中使用的刀具与机床中实际可用的刀具。然后，数控系统报告缺失的刀具，并报告预计加工时间。可以输出刀具差异表，该表只含仍待准备的刀具。

成品件：
山地自行车的脚蹬



及时和网络化：补订刀具

用任务计划中的数据和刀具管理系统中的数据订购新刀。如果需要新刀，刀具准备站将立即收到新刀的任务单。根据刀具管理系统中的数据，刀具准备站立即提示准备新刀，用刀具预调仪校准新刀。

这时，刀具预调仪将准确的刀具设置数据发给刀具管理系统。在预调的刀具刀柄部位加上一个带唯一标识号的条形码之后，CAM程序和虚拟机床都可以准确地读取这些数据。

持续改善工艺：质量保障

最后，自动校准机床上的工件，为质量保障提供重要数据。那么，用数控系统轻松存档数据或直接评估数据。当然，还能将测量数据发布给所有其它系统，这就是说优化从NC数控程序到刀具的整个工艺链上的每一个环节。

3D时代

大约10年前，机床操作员已能在TNC数控系统中直接打开DXF图纸文件并能将其数据转到NC程序中。新版CAD阅读器现在可以打开3D文件。

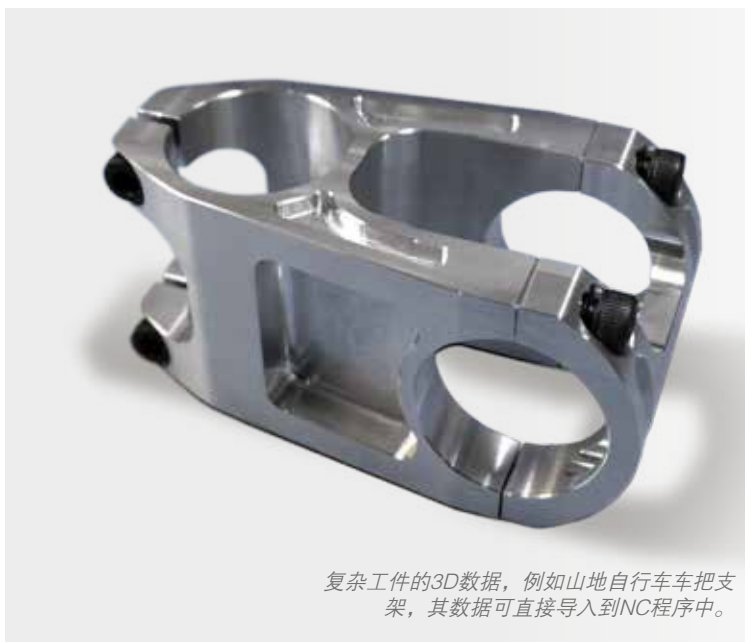
长久以来，DXF文件格式一直是为2D设计数据的交换创建的。正如3D电影现在已成为电影院的标配一样，现在的设计对象主要是3D模型。毕竟，3D模型更易于展现复杂的工件。因此，海德汉自然为TNC数控系统增加对3D CAD数据的支持。

TNC数控系统的CAD阅读器支持3D数据。CAD阅读器一直都是我们数控系统的标准功能，例如从05版软件开始的TNC 640。CAD阅读器可以直接在数控系统上打开和查看STEP、IGES和DXF文件格式的数据。如果尺寸有疑点，可查看图纸的尺寸，例如还可以在数控系统上打开有修改的图纸，以检查数据。CAD导入功能（选装项42）是CAD阅读器的扩展功能，自08版新版软件开始允许将以上特定格式的数据方便和直接地转到NC程序中。

CAD导入选装项支持面向车间的编程功能

CAD导入功能允许在数控系统上或海德汉编程站上将3D数据模型中的轮廓和位置转到NC程序中。新版CAD导入功能还支持常见的STEP和IGES格式。无需从现有的3D模型创建过渡用的任何单独DXF文件。除转入轮廓和位置外，还可以在CAD导入中定义原点和倾斜加工面。当图纸与加工位置不符时，可任意找正坐标系的能力有效帮助用户车削轮廓。

CAD阅读器，特别是CAD导入扩展功能是车间编程的利器。CAD数据导入能力不仅能加快编程速度，还能显著提高可靠性。同时，直接在机床上进行车间编程允许TNC用户将其丰富的专业知识体现在NC程序中。



复杂工件的3D数据，例如山地自行车车把支架，其数据可直接导入到NC程序中。



齿轮加工更轻松

如果要加工内齿齿轮的轮齿，刮齿技术是当前齿轮加工的发展趋势。新循环已简化复杂操作顺序的编程。

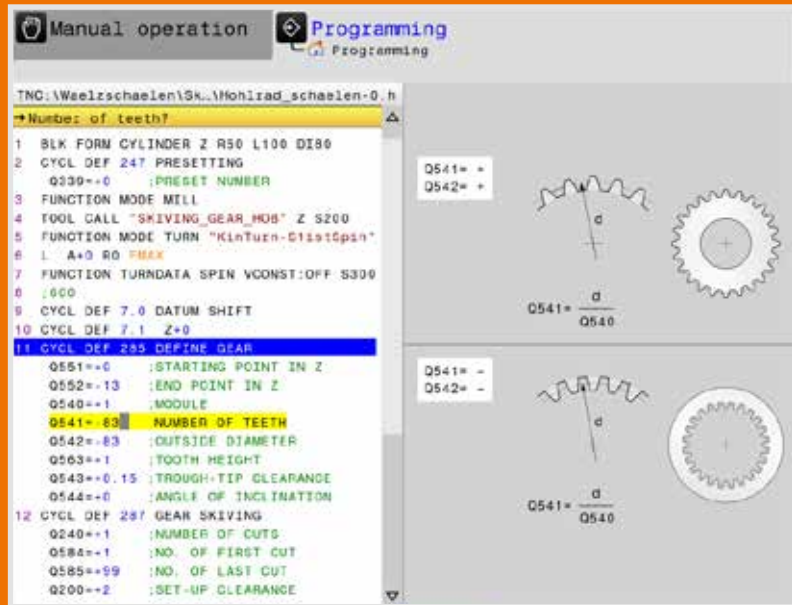
许多机床操作人员仍感觉齿轮加工的难度很大，只适用于专业人员。然而，TNC 640新增的三个加工高质量内齿和外齿齿轮的循环彻底改变了这种状况。无论是刮齿还是滚齿，都能一次装夹轻松和经济、完整地加工直齿或斜齿齿轮。该软件还允许在铣削和车削模式下执行这两种齿轮加工。

看不到的内齿和外齿齿轮多如牛毛，例如全部机动车都用齿轮。从自行车到建筑机械，从电动踏板车驱动到液压重型机械驱动，轮毂与驱动齿轮副间需要完美啮合才能运动。齿轮加工通常仍需要专用机床，需要费时费力地二次装夹工件。传统齿轮加工工艺通常还十分消耗时间。TNC数控机床的高动态性能齿轮加工循环允许一次装夹完成齿轮加工，大幅缩短加工时间、减少工作量和降低成本。

轻松编程复杂运动

新循环287“齿轮刮齿”提供复杂刮齿操作程序的编程能力。只需要定义齿轮的几何数据和需要使用的刀具数据。TNC 640执行所有其它计算，特别是计算复杂的同步运动。因此，内齿齿轮的加工已成为可轻松掌握的标准。

与传统插齿方式相比，刮齿的生产效率和生产力更高，因此刮齿是成功的齿轮加工技术。在双主轴模式下，新的刀具技术和TNC 640数控系统的高动态性能运动可满足复杂刮齿加工操作顺序的要求。其唯一要求是机床的工件主轴需具有足够高的速度并已恰当地配置主轴的同步运动。



编程时，只需少量的齿轮加工和刀具信息。

轻松地滚齿

与刮齿同样简单，也基于齿轮几何和刀具定义生成程序，TNC 640的循环286“齿轮滚齿”也能简化齿轮加工。滚齿主要适用于外齿齿轮副。滚齿的优点是高生产力和可用比较简单的刀具加工大量齿形。

一次定义，反复使用

新齿轮加工循环是基于循环285“定义齿轮”。顾名思义，用该循环定义齿轮几何，操作人员只需定义齿轮几何一次。后续生产过程中的全部所需的操作，例如粗加工和精加工，都基于该定义。

优化退刀，确保安全

除编程简单外，该新循环还提供高安全性的另一大优点。为避免程序意外中断造成损坏，例如断电，循环286和287提供优化的退刀功能。这两个循环自动定义刀具自工件退离的方向和路径。

刮齿

在同步主轴的机床上连续加工外齿，主要用于加工内齿齿轮的操作顺序。

优点：

- 一次装夹完整加工工件
- 无需专用机床
- 无需换机床 — 节省时间和提高质量

滚齿

连续加工外齿齿轮（特殊情况下内齿齿轮）。刀具轴与工件主轴之间所需的同步运动可用机械传动方式实现，也可用数控系统的电子方式实现。

优点：

- 生产的多样化和复杂的齿形
- 广泛的标准刀具和易于制造的专用刀具
- 高生产力的加工工艺

退刀

用于程序意外中断时控制刀具和刀具轴退出工件，并确保退出过程中无碰撞。

优点：

- 避免损坏工件、刀具和主轴
- 重新启动后，顺利地继续执行中断的加工操作
- 自动化的操作程序，无需人工干预

+ 更多相关信息，欢迎访问：
amb.heidenhain.de





HIT

这就是HIT!

海德汉新版互动培训系统 — HIT 3.0互动式学习

HIT是多媒体学习系统,用于学习海德汉TNC数控系统的Klartext对话式NC程序车间编程技术。HIT支持初学者、进修用户和专业人员的资格培训和继续教育培训。可以自学也可以面授学习。新版HIT还允许用便携式设备。

2011年年底,海德汉推出第一版HIT学习系统。自那时起,已有20,000多名用户获益于HIT互动式培训,通过培训熟悉了Klartext对话式编程语言。无论是在办公室、家中还是出门在外,3.0版新系统都无需复杂的安装操作,用标准网页浏览器,在任何独立平台的计算机、平板电脑和智能手机上学习。

HIT学习模块“3轴铣削加工”及多个学习模块详细介绍CNC数控铣削加工中心和TNC数控系统的重要组成部分和

Klartext对话式TNC编程语言的基本功能。“ISO编程”学习模块介绍ISO编程与Klartext对话式编程的主要区别。

HIT以成功的教学系统为基础:

- 视频和动画清晰地演示学习内容。
- 在TNC编程站上进行辅助(仿真)编程和实际练习,用户可熟悉实用的编程方法和TNC数控机床的操作方法。
- 互动式知识测验反复地检查学员学到的技能并为学员反馈可靠的学习状态。

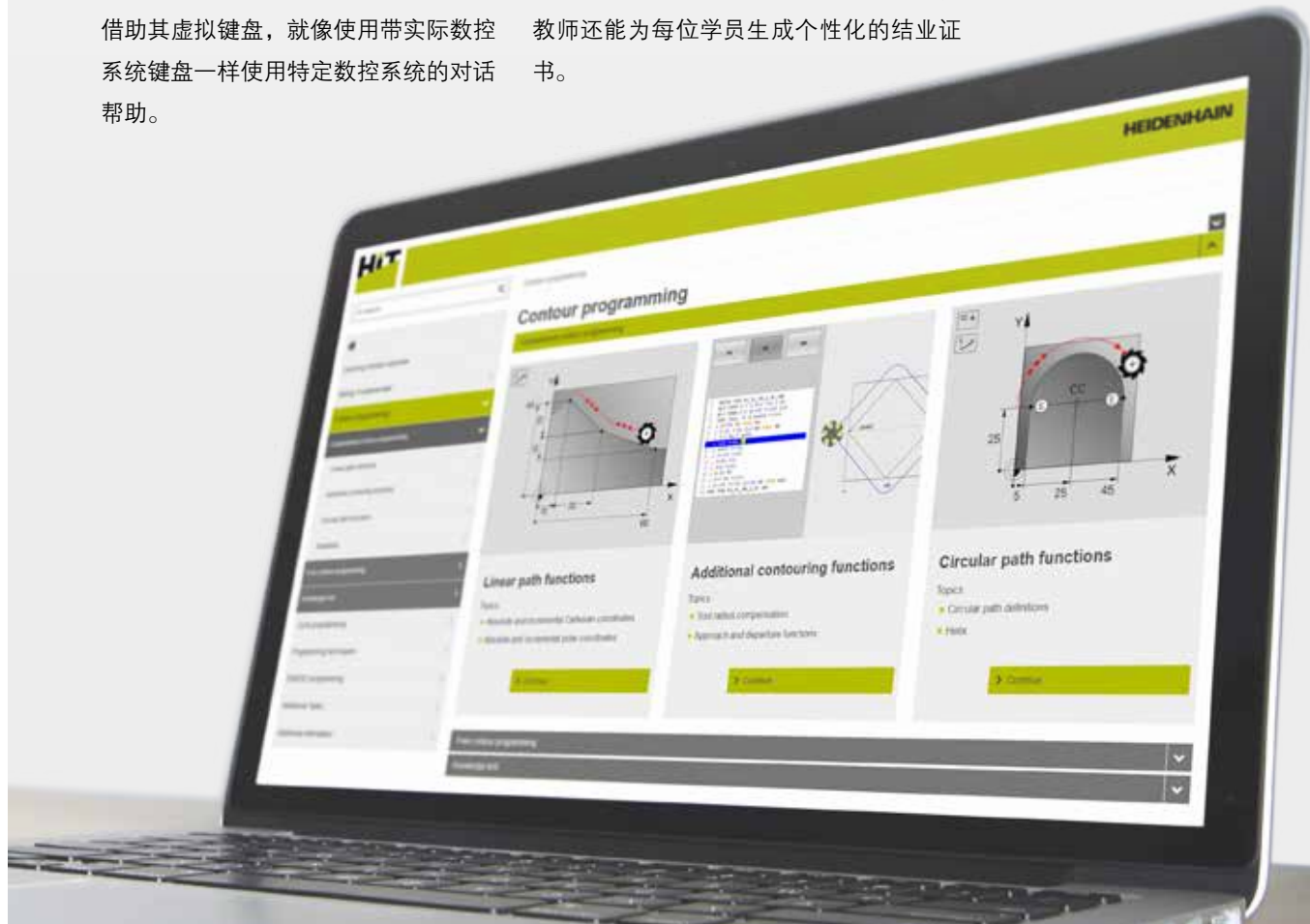
HIT组成

- HIT学习软件介绍全部必要的控制功能。
- HIT学习手册是HIT学习软件的使用说明，为用户提供与编程有关的简要内容，也可在完成学习模块包后用作参考书。
- 编程站是基于计算机的机床数控系统的镜像版。用免费的编程站演示版可完成HIT的全部编程任务并进行图形仿真。借助其虚拟键盘，就像使用带实际数控系统键盘一样使用特定数控系统的对话帮助。

全新**海德汉学习平台**是新版HIT学习软件的管理系统。HIT学习平台以Moodle学习系统为基础，这也是许多学校和大学广泛使用的学习系统，特别是该系统为教师提供众多的实用功能。例如，高级课堂版许可证不仅为学员提供HIT学习软件，还允许保存自己创建的内容并将其提供给学员使用。如果学员成功通过全部知识测验，教师还能每位学员生成个性化的结业证书。

学习模块

- 3.0新版HIT学习模块“3轴铣削加工”取代之前的“HIT Klartext”和“HIT DIN/ISO”学习模块。
- 明年，新版HIT学习模块“5轴铣削加工”将取代之前的“HIT倾斜面加工3+2”学习模块。



+ 有关HIT的“3轴铣削加工”学习模块，特别是有关其多种许可证的详细信息，欢迎访问
www.klartext-portal.com/en/training/hit-learning-method



+ 如需订购印刷版HIT学习手册，请访问：
www.tnc-verlag.de



自己动手

海德汉还培训数控系统维修工程师。而且不仅限于机床制造商。

信息实用、充分和面向用户：不仅适用于编程培训，也适用于海德汉维修培训。Kenny Magasiner和Christoph Etzelsdorfer都参加了“TNC 640维修”培训，完全赞同以上结论。

五名学员，五个完全不同的培训目标，但同为一个专题培训课程。在“TNC 640维修”培训中，学员学习机床异常时的应对方法。主要是：数控系统在维修中的作用？

培训概要介绍许多理论知识：诊断方法、出错信息、数据备份和编码器接口；对于外行人来说这些内容实在无趣。但学员的看法完全相反。格劳博机床制造商维修培训教师Kenny Magasiner借茶歇机会，介绍说：“教师在培训开始前了解和考虑每一名学员的条件和预期”。奥地利注塑模专业公司ifw mould tec维修部的Christoph Etzelsdorfer补充说：“从理论到实践的过程让我意犹未尽。在教室中，最多两名学员共用一台测试台，因此能通过实践巩固刚学的知识。然后转到机床上，测试各种可能的情况。”例如，比较理论的PLC排查故障课程，学员在海德汉培训中心的机床车间饶有趣味地实际动手练习。

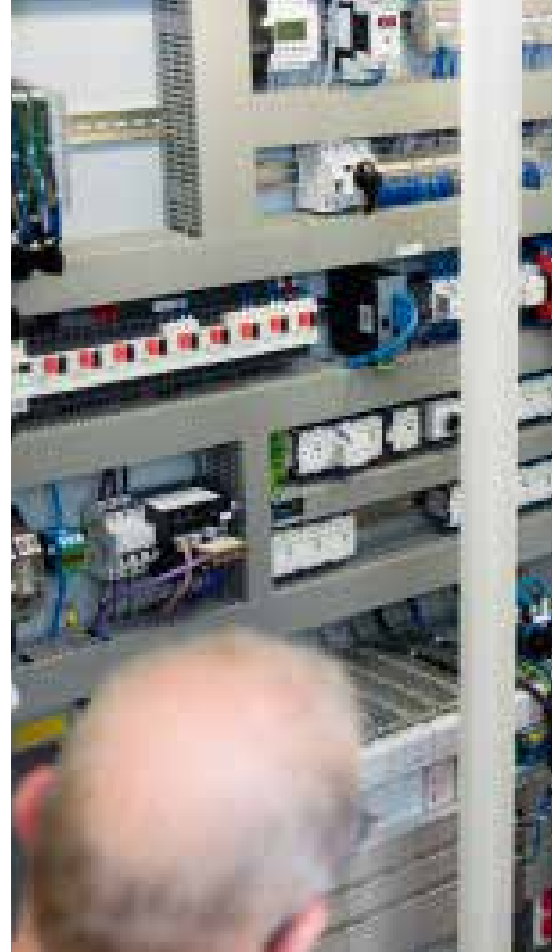
正在为自己的培训任务紧锣密鼓地准备：Kenny Magasiner即将开始培训格劳博机床的用户。

Christoph Etzelsdorfer是一名铣削专家，已拥有10年的机床操作经验。四年前，他转到维修部，现在主要忙于公司机床的安装。“我肯定不是一名服务专家，但我的职业背景让我拥有用户和工程师的良好基础知识。我发现培训很有意义。我学到很多下次安装机床时用到的知识；例如备份机床参数时。”

Kenny Magasiner是一名教师，将来他将为格劳博机床的用户上课。因此，他非常准确地知道他对培训教师赞扬的含义：

“我需要详细的技术背景信息，以回答日常工作中的相应问题。这些知识正是海德汉清晰告诉我的。”

实例：机床主轴损坏、急停、全部瘫痪不动。但是，必须再次移动机床才能使吊



车固定到主轴上，进行拆卸。从海德汉维修培训毕业后，这都将不是问题。尽管存在急停、机床停机和全部进给轴显然无法运动的情况，但可将主轴切换到仿真模式，用其它轴将主轴移到需要的位置。这样（看上去）很理论的维修培训专为学员的日常工作提供特别的帮助。





机床电气柜内电气技术
维修培训，理想的实践
练习工作环境。

“从理论到实践的过程让我
意犹未尽。在教室中，最多两名
学员共用一台测试台，因此能
通过实践巩固刚学的知识。然
后转到机床上，测试各种可
能的情况。”

ifw mould tec公司维修部的Christoph
Etzelsdorfer



+ 有关海德汉培训课程的最新信息，欢迎访问：
www.klartext-portal.com/en/training



服务

伟大的创举

LTN Servotechnik自改造旋转变压器的绕线机后,就开始用TNC 620控制绕线机。该铣削数控系统的应用创意实在令人难以置信。

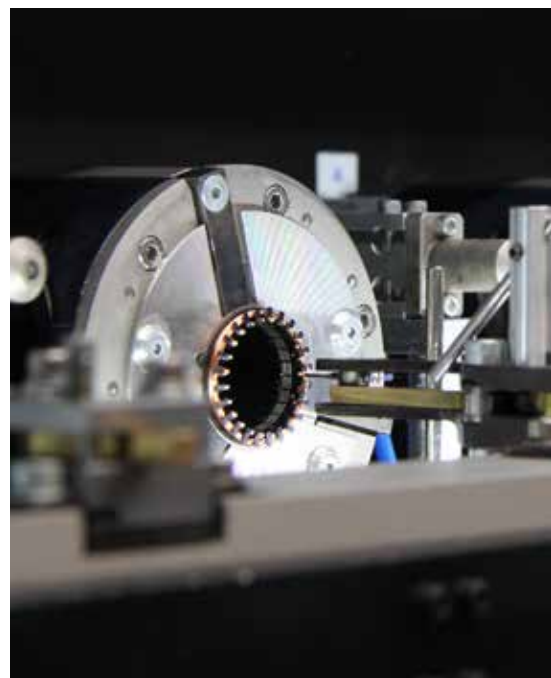
LTN Servotechnik公司位于德国慕尼黑附近的奥特分,该公司的旋转变压器绕线机已不停地工作了长达20多年。长时间的工作不可避免地留下磨损,年复一年的生产必然发生机械磨损,老旧的DOS控制系统已无法进行编程。怎么办?彻底改造。首台绕线机改造三个月后就可表现出许多积极的变化。

初看LTN的旋转变压器生产过程,似乎这家公司更像是纺织企业,而非高科技的电子公司。绕线机成排地排列,喂丝装置特别引人瞩目,其线圈在绕线机的顶部运动。由多股线绕成的线圈位于各绕线机的工作区内。每台绕线机通常有8个平行的绕线位。

股线不是麻线,而是高纯度的铜丝。最细的铜丝直径仅50 μm ,标准线径为70 μm 。也就是说铜丝的粗细与发丝一样,极易断线。铜丝不是简单地绕成线圈,而是在定子绕组铁心上进行复杂的绕线操作。毕竟,工作时需要为线圈通电,使其为带旋转变压器的轴提供准确的角度位置信息。

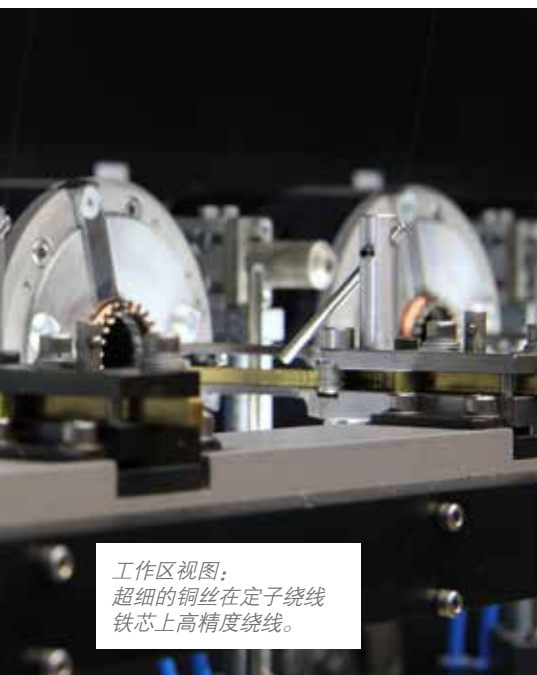
生产设备设计师Andreas Willerer负责LTN的改造项目。自项目之初就已明确:只有原有的旋转变压器绕线机得到全面升级,该项目才有价值,也才算成功。“我们不追求表面效果,我们需要改造后的绕线机能适应未来的要求。”为此,工程师们对第一台需要改造的绕线机进行彻底的重建,采用新传动系统、新伺服电机取代了老旧的直流电机、新变速箱、新控制电路和海德汉EnDat串行接口的全新多圈绝对式编码器。“我们希望知道可能的情况和如何改造其它绕线机。毕竟,公司还有6台需要改造的绕线机。”不容忽视的另一个问题是控制系统…

Andreas Willerer特别喜欢TNC 620触控屏的简单易用。





不同类型的铣削加工：
TNC 620可靠地控制旋转变
压器绕线机的复杂5轴运动。



工作区视图：
超细的铜丝在定子绕线
铁芯上高精度绕线。

“绕线本身与5轴加工没有实质区别。尽管没有刀具进行材料切削；只是绕线针将铜丝绕在定子绕线铁芯上。”

LTN Servotechnik生产设备设计师Andreas Willerer



搭载TNC 620数控系统的升级版旋转变压器绕线机位于顶头位置。到2019年年底，将改造左侧六台绕线机中的三台。

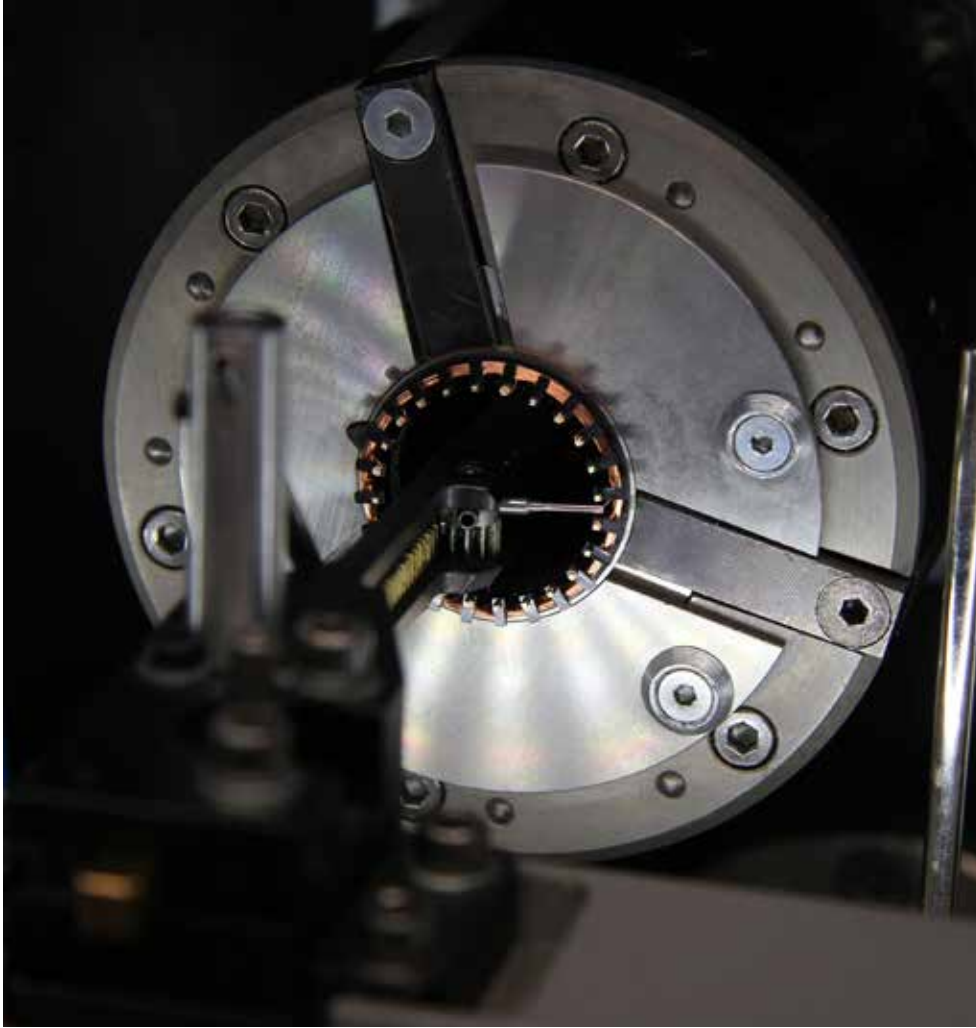
需求是方向

旋转变压器绕线机没有专用的控制系统。然而，可以调整广泛用于自动化解决方案的大量控制系统，使其适用于该应用的要求。为确定正确的控制系统，Andreas Willerer首先拟定了一份需求明细。“包括线圈和喂丝的5轴运动控制以及3D图形仿真，在进行生产前进行有意义的预览。”由于Andreas Willerer还负责LTN的铣床机械生产，他开始思考。这些关键要求也是铣床上使用的海德汉TNC数控系统的两项基本功能。但将铣削数控系统用在旋转变压器的绕线机上真的可行吗？

为确定可行性，Andreas Willerer咨询机械生产部门的海德汉数控系统用户。“我主要想知道他们用数控系统进行所需的运动顺序编程的看法。”令他吃惊的是，他的同事认可他的设想：“实际上，绕线与5轴加工没什么不同。尽管没有刀具进行材料切削；只是绕线针将铜丝绕在定子绕线铁芯上。”

海德汉的NC编程服务热线为LTN设备改造人员提供了莫大帮助。根据绕线机的特点，他们对数控系统的运动特性进行了个性化和必要的调整。Andreas Willerer解释说：“运动特性中含A轴和C轴旋转轴，但仅需考虑C轴的运动控制”。“A轴执行转子的旋转运动，C轴单独负责补偿运动，这样就能满足我们的运动控制要求。”

还有其它选择铣削数控系统的理由吗？Andreas Willerer介绍控制系统非同寻常的选择过程时说：“其中的关键是我们公司熟悉TNC数控系统的机械加工同事的确认，Klartext对话式编程可直接用于绕线生产编程，我们公司已拥有程序编程的丰富经验”。



为到达定子绕线铁芯的背面，铜丝导线针横向打结，使铜丝送到线圈的后方。



之前和之后：上方为绕线前的空定子绕组铁心，下图为绕线后的定子绕组铁心。

简化编程和更多优势

合作开发了Klartext对话式程序，现在只需输入不同的铁心参数，就能调整程序，使程序适用于不同的绕组，且无需改变编程系统。当需要调整Klartext对话式程序时，现在都在TNC 620上由旋转变压器生产部门的员工直接修改程序，无需机械生产部门同事的帮助。

2018年5月中旬以来，第一台改造后的绕线机一直高效地工作。改造只用了四周的时间。在改造前用了几乎6个月的时间进行基础设计和制定实施规划。远超预期：

- 现在，高效率的电机加快了生产速度。绕组的生产时间已缩短约30%。
- 尽管速度更快，但TNC 620稳定的运动控制质量已实现稳定和高速的绕线速度，因此也能确保铜丝稳定的张力。减少断丝导致的废品。最初曾考虑价格昂贵的铜丝张力控制系统，现已无需使用。
- 由于电机采用绝对式旋转编码器，因此，现在可以随时停止和继续执行绕线程序。
- 手轮很快让旋转变压器生产部门的员工爱不释手。用手轮可将导线器准确地定位在线圈的前端，大幅简化设置操作。



驱动力

高精度和高表面质量是高质量生产的目标。进给轴电机有决定性的影响。



为保持领先的生产质量，加工生产企业需要为机床、带特殊功能和选装项的数控系统、测量技术、刀具，当然也包括为提高员工素质投入大量时间和资金。不幸的是：进给轴电机几乎未受到重视，这种情况完全没有道理。为此，我们将说明其原因。

良好的加工效果需要机床全部部件间的协调配合。也包括进给轴电机。专用于机床的进给轴电机不仅需要平衡的刚性和良好的加速能力，还需要较低的扭矩波动。高精度的光学编码器和高机械刚性也是机床的突出优势。

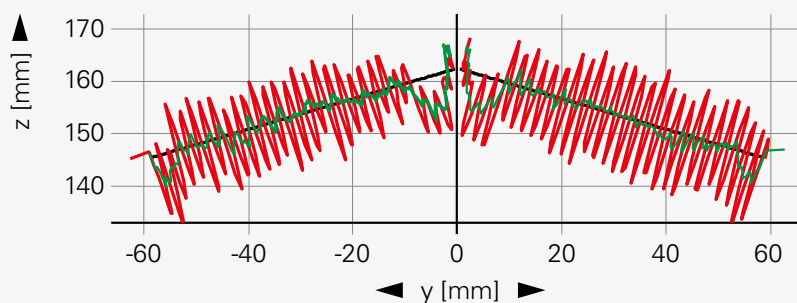
而用于自动化系统的电机设计注重整体系统的加速能力。这些电机也允许较大的扭矩波动。如果将这些电机用于机床，将严重影响表面质量。

抗干扰

如果一台大扭矩车牵引一辆轻型拖车，阵风或恶劣路况对整个系统的干扰小于同等扭矩的轻型车牵引的重型拖车。尽管轻型拖车比重型拖车更易于受这些因素的影响，但上述事实依然正确。这就是说，机床应使用尽可能大的电机驱动重量尽可能轻的工作台，以最大限度地减少对整个系统的干扰（如铣削力或工作台的振动）。

尽管电机转动惯量与负载十分不同，也需要降低控制环增益。增益的降低将导致刚性下降，整个系统对负载端破坏性干扰的响应更激烈。而且，较高转动惯量的电

机设计与尽可能高的加速能力相矛盾。由于电机本身的转动惯量越高，必须用更大的扭矩才能按照要求加速整个系统，包括电机和被驱动的负载。然而，这将直接影响成本，因为电机的最大扭矩越高，需要的磁体材料越多或质量越高，因此电机价格越贵。



样件加工的轮廓误差测量值；
低扭矩波动的海德汉进给轴电机（绿线）
适配调整的偏差较大的电机（红线）
轮廓误差的放大倍数：1000

机床专用：海德汉QSY系列进给轴电机



电机转速的稳定性

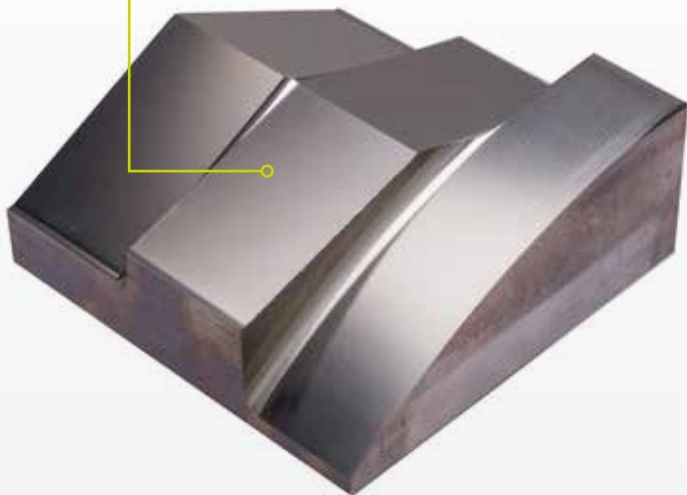
除外部干扰外，电机本身对系统也有干扰，进而影响加工质量和工件表面质量。理论上，其重要原因是电机的扭矩波动，即电机轴在一圈转动过程中产生的电机扭矩偏差。

测试表明扭矩波动的影响不仅体现在测量数据上，也体现在

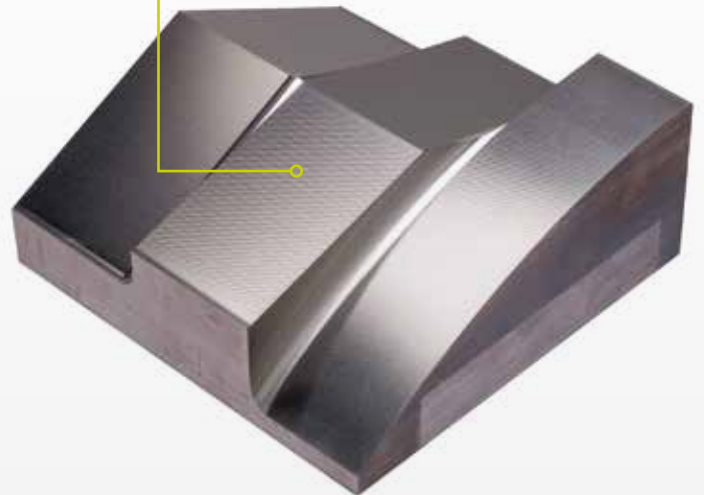
样件表面的视觉效果上。采用特别为机床进给轴优化设计的进给轴电机，平斜面上无可见的暗区。也就是说，如果选择自动化用的进给轴电机并将其适配调整后用于机床，扭矩波动的影响在斜面上的暗区明显可见。




由机床专用的海德汉电机加工的平斜面无任何明显暗区。



由自动化应用和不适用于机床的电机加工，工件斜面上有明显的暗区





高精度地加工

高精度的传统

日本新干线高速列车与海德汉直线光栅尺的全闭环位置测量之间有何共同之处？都拥有传统的高精度！

高动态性能机床的精度是今年东京JIMTOF展会的主题之一。海德汉将用两件铣削的新干线列车模型为例展示直线光栅尺直接位置测量的重要性。大家知道，日本新干线享誉全球的代表性特色是：准时，即精确和高速。

其中一个新干线车模表面光滑无暇，而另一个车模的表面有明显的触感和可见的凸棱。其不同的原因在于加工过程中的进给轴位置测量方式。对于表面光滑的车模，全闭环系统中的直线光栅尺测量直线轴的实际加工位置。而表面有“凸棱”的车模，其加工机床的伺服电机用旋转编码器测量位置。

半闭环控制系统是导致机床定位误差的主要原因：主要来自加工过程中机床本身的热变形。对滚珠丝杠的分析表明：由于滚动和滑动摩擦的综合作用，滚珠丝杠的温度明显升高且不均匀，其程度与进给速率有关，温度甚至超过50°C。

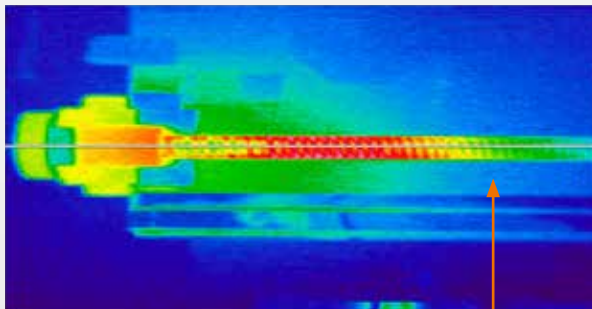
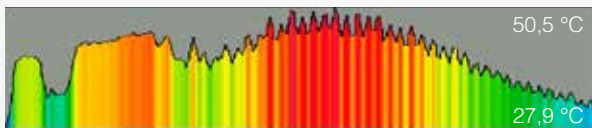
由于机床部件随温度热胀冷缩，如果没有适当的误差补偿，温度波动可导致惊人的偏差，从新干线车模上可明显地看出。如果不采用直线光栅尺，热变形在轴向导致的变化将使最终工件的形状产生偏差。

当然，在全闭环系统中采用高精度直线光栅尺自身不影响发热，因此可避免进给部件的轴向热膨胀。直线光栅尺进行位置测量不受热膨胀变形的影响。相反，直线光栅尺测量实际进给轴位置，因此结合进给轴反馈控制功能，可补偿滚珠丝杠的轴向热漂移。

其原理当然也适用于机械齿轮传动的旋转轴。对于旋转轴，将角度编码器用于机床轴，高精度和不受温度影响地进行位置测量（全闭环）取代通过齿轮速比和电机旋转编码器的位置测量（半闭环）。全闭环控制系统还显著提高旋转轴精度和重复精度。



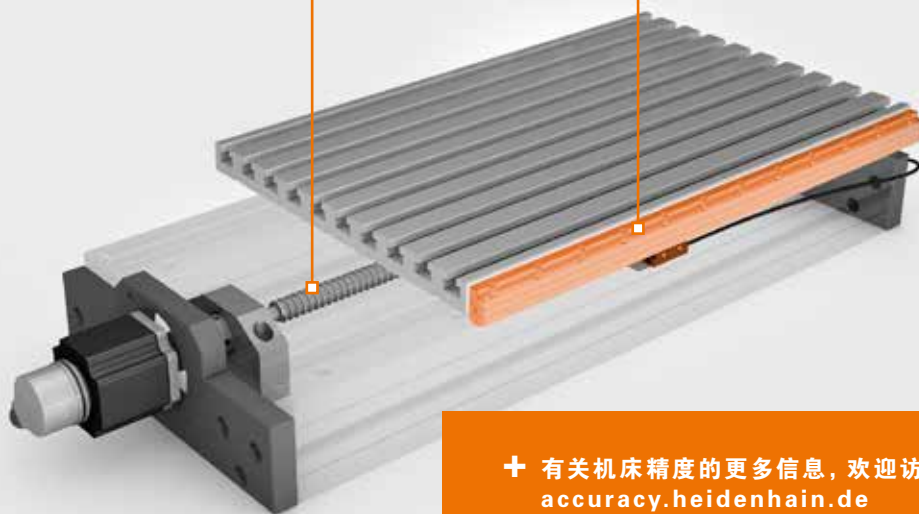
两个新干线车模的一项决定性不同：全闭环控制系统加工的表面光滑无瑕，而半闭环控制系统加工的车头表面有凸棱。



惊人的误差：加工过程中，滚珠丝杠温度大幅升高和温度十分不均。



补偿热偏差：高精度直线光栅尺用于全闭环控制系统的机床



+ 有关机床精度的更多信息，欢迎访问：
accuracy.heidenhain.de





HEIDENHAIN

PARTNER / AUTOMATION

量身定制的自动化解决方案

强大的自动化合作伙伴为您打造成功的自动化项目：

- 高质量的客户咨询服务
- 快速实施
- 更高投资安全性

我们的伙伴、他们的服务，自动化案例等：

www.heidenhain.de/automation-partners

