自动化

生产准备时间缩短一半

在生产准备工作实现自动化之后，才能实现节约生产成本的目标。而利用弗劳恩霍夫 IPA 生产技术和自动化研究所开发的“设计链（Designchain）”系统可实现生产准备的自动化。

文 | Lars Rödel、Jonas Krebs、Gregor Müller 和 Timo Denner

当前，虽然经济形势不容乐观，但 Ceratizit 公司的订单合同依然比较充足。究其原因，是由于此前受全球疫情影响，Ceratizit 公司忘记了如何快速高效地处理客户合同订单，还是因为供应链受到干扰而出现订单积压？

在追究谁该为这种现状负责时，得到的结果却是企业的生产准备部门因为每一批合同订单中的订货数量正在逐步减少。近期大规模定制带来的挑战以及生产准备自动化在降低产品生产成本方面日益重要的有关问题。这里所说的大规模定制，是以大规模生产方式来完成最小生产数量为一件的合同订单。

从弗劳恩霍夫 IPA 生产技术与自动化研究所的角度来看，提高订单处理速度和效率的潜力还是非常巨大的。只有能够快速地处理合同订单，做好生产准备才能够节约生产时间，在同样的时间里完成更多的订单合同。

用设计自动化取代低效的生产准备工作

目前，许多企业的生产准备部门都涉及到设计部门和生产部门，有些企业甚至受到这些部门的影响。各部门之间的相互合作通常都具有被称之为“霍尔思维”的特征：这意味着首先要搜集信息，尤其是在跨部门的工作流程中收集信息。而这样做的结果就是低效的生产准备工作流程和更长的产品交货期。

另外，这样的生产准备团队需要许多领域或者企业特有的专业技术知识和技能。例如，选择完成合同订单应采用的技术、制定生产加工工艺路线和工艺图纸。而在许多企业中这些工作都是人工手动完成的。

图 1 Ceratizit 公司高精度刀具产品实例。这些特种专用刀具需要很快地完成加工，并及时交货

生产准备自动化应用程序恰恰是解决这方面问题的重要方式。它能将日常工作中重复性生产准备工作实现数字化、自动化和标准化。构成这一系统的重要组成部分是非常好用的、跨部门的定制模块。例如，对工艺人员来说非常有用的 3D 建模或自动化工艺图软件。只有注意从客户要求到企业生产的全过程之后，企业才能获得实质性的效益。在这样的背景条件下，本文详细介绍一下生产准备自动化的有关问题。

基于复杂的 CAD 模型

弗劳恩霍夫 IPA 研究所定义的“设计链”，指的是从接收客户特殊要求订单开始到生产技术准备的自动化、数字化技术的自动化生产过程。例如，设计链在生产准备过程提供了做好不同变型产品生产准备工作的可能性。它能将客户提出的特殊要求转化为产品的特性以及技术参数等，也包括转变为非常复杂的 CAD 模型；转化为大型设备使用的数字化模型。利用这一数字化模型，可以将 CAM 工具中的产品特性数据和信息转化成数控设备所需的 NC 数控程序。在自动化 Cax 链的帮助下，与客户产品生产有关的文档信息都可以转化成生产过程中有用的数字化信息。这种全自动化的

生产准备过程是提高不同变型产品生产能力的基础。

而全自动的设计链也只能在付出巨大努力之后才能实现：弗劳恩霍夫 IPA 生产技术和自动化研究所的不同项目组正在开发设计链中的不同组件、模块。Ceratizit 公司中实施的项目就是一个最好的例子。

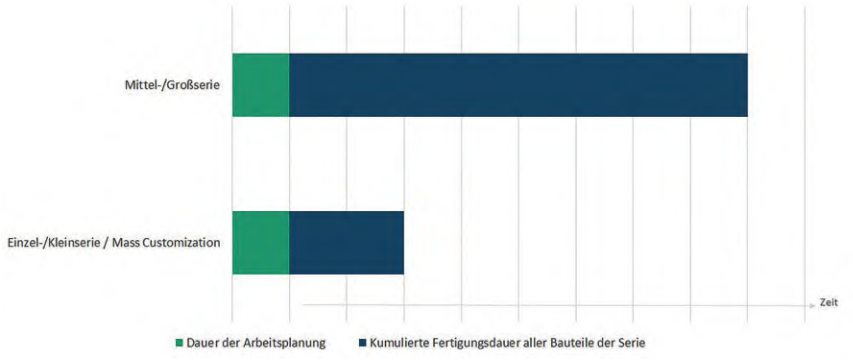

图 2 生产准备所需的时间与所需时间的比较（源于 Hussong 2021）

Ceratizit 公司缩短专用刀具的交货期

Ceratizit 公司是一家开发和制造专用切削刀具、可转位刀片、硬质合金棒料和耐磨件的专业企业。客户对该公司产品提出的要求也各不相同，因此就导致了该公司产品的变型种类非常多。但无论这些产品的复杂程度如何，客户都希望能够在最短的时间内交货。面对这些挑战，Ceratizit 公司生产经理 Thomas Reindl 说道：“我们必须考虑客户要求的特殊性、重新设计我们的工作流程：自动化处理每一家客户的订单合同、找出产品中的共性和特性才能快速完成客户订单产品的生产。弗劳恩霍夫 IPA 研究所的科研人员利用研发成功的系统和实用的技术方案给了我们极大的帮助和支持。”

Ceratizit 公司和弗劳恩霍夫 IPA 研究所已经在订单合同管理、专用刀具的设计和生产准备中采取了多项符合设计链理念的技术措施。这些措施都大大缩短了专用刀具的生产周期，确保了能够按时交货。

特种专用孔加工的特点是对高精度切削刀具提出很高的加工精度要求；同时，由于各个客户提出的要求不同，使得特种专用孔加工刀具的生产还能实现规模化的经济性生产。在设计链项目之前，Ceratizit 公司已经在设计和工艺制定过程中采用模块化技术，并能利用模块化技术系统的显示器显示专用孔加工刀具的基本结构设计和相应的生产加工工艺。为了使生产车间的工作也能实现自动化，就有必要将手工质量检测的工序也“嵌入”到自动切削加工过程中去、将其“集成”到生产准备制定的工艺路线中。

自动化的质量检测过程提高生产设备的利用率

人工手动的样板和量规检测自动化是凭借 Blum Novotest 有限公司提供的 3D 测量探针来替代的。在测量探针和测量软件 Vectorprobing 的帮助下，新开发的测量仪可以完成复杂几何结构尺寸的测量，并在机床控制系统确定各个测量点之间的相互关系。根据加工机床控制系统对测量结果的评估比较就可以控制和校正高精度切削刀具再次切削加工的进给量、进行下一步切削。为了实现这一点，就必须在生产准备过程中编写一个测量控制程序、确定各个监测点的坐标信息和质量要求数据，使其成为“设计链”的一个组成部分。

各种不同孔加工刀具的几何特征有一些共性的基本特点。这些共性的几何特征为构建一个参数化的几何模型提供了坚实的基础，其中包括了需要测量的测量点位置和数量等。因此，可以自动调用这些测量点进行质量检测，并将测量结果反馈给加工设备的控制系统，调整切削加工的下一道切削加工量。除了从参数化模型中生成测量点之外，还可以将含有质量信息要求的测量程序也集成到生产准备的“设计链”之中。这就使设计链测量模块也知道了需要检测的测量点信息和测量公差数据；设计链中的加工模块将测量结果等数据传送给加工刀具系统、再次进行加工并在正确的切削加工位置处调用测量程序进行复查。

质量检测工步的自动化是提高单件产品生产和小批量产品生产效率的重要一步。利用这一解决方案能够可靠地降低人工使用成本，摆脱人员短缺的困境。

变型产品的数量越多自动化越有益

自动的制定工艺文件也确保了更多的自动化：没有畅通无阻的 CAx 数据链，就必须根据客户的技术图纸人工手动编写各个专用刀具的数控加工程序。通过双方合作实现的数字化和零件加工自动化，并结合 Ceratizit 公司现有的技术解决方案，最大程度地减少了 Ceratizit 公司的设计链构建工作量。

根据弗劳恩霍夫 IPA 研究所的工作成果，有望将整个生产准备工作减少 50% 的时间。企业产品的变型数量越多，生产准备设计链的效率就越高、生产过程的数字化和自动化也就能够得到越大的回报。弗劳恩霍夫 IPA 研究所第一步的工作成果就是“设计链 - 快速测量”。它将生产企业的生产准备工作过程（订单处理）整合到一起了。MM