

机床产品创新和开发 流程探究

——“森精机”案例分析

Innovation and Development Flow of Machine Tool

哈尔滨工业大学 黄仲明 田也壮 张 曙

[编者按] 在 2008 年 10 月刚刚结束的 CIMS 2008 上,森精机制作所携其 4 款机型参展,吸引了大批专业观众。其融合了重心驱动、直接驱动马达、箱中箱结构及八角型滑枕等一系列森精机独创技术的 NMV5000 DCG 立式加工中心成为展览的一大亮点。为此,本刊特邀黄仲明、田也壮、张曙 3 位专家共同撰稿,解析森精机的机床产品创新与开发流程,以飨读者。

我国机床产业近年来发展迅速,规模、质量和品种都取得了令人瞩目的成就。就产值而言,沈阳机床集团 2007 年名列世界第 8,大连机床集团名列第 10,进入了世界第一方阵。但是,我国在产品创新方面仍然落后于欧美和日本。本文通过对“森精机”的加工中心开发案例的研究,探讨机床产品创新途径,领悟现代数控机床设计之道。

森精机的全名是株式会社森精机制作所,1948 年成立,1958 年开始

从事机床的制造和销售。2001 年以来,森精机以理解客户需求、分析市场环境、研发核心技术作为基本战略,积极迎接变革与挑战,迅速取得了业界的领先地位。

发展理念

森精机所以能够取得成功,在于重视企业发展战略和中长期发展规划。森精机的战略定位是一家金属切削机床综合制造商,因此必须做到以下几点:

(1) 掌握最先进的新产品开发技术,理解客户的生产工艺、操作与流程要求,能够快速开发顶级的产品。

(2) 运用精湛而缜密的生产技术,包括功能部件的设计和制造以及先进的铸造和钣金加工工艺,打造品质完美而且价格有竞争力的产品。

(3) 建立全球快捷销售和周到的服务网络。在世界各地设立了 42 个技术服务中心、4 个零件中心和 2 个工程部(不包括日本本土)。

森精机在上述战略框架下,通过优质的服务和合理的价格,为客户提供实用性强、精度高、工作可靠且无故障的机床,并将免费保修期延长到2年(2007年4月以后售出的机床)。旨在使森精机的产品能提高客户企业的生产能力及生产效率,为客户的生产活动做出贡献。为此,森精机提出了公司使命:赋予机床新的价值,为客户提供无限可能,真正成为客户心目中的全球第一。

1 Mori-568 规划

森精机认为:机床产品的平均寿命是15年,为了能够为客户提供持续的支持,必须保证企业是稳定的实体。除了凭借高品质的工程和服务确保稳定的收益和人才的安定外,有必要从受需求趋向和材料价格变化影响的体制中跳出来,采用以考虑客户盈利需求而开发新的生产技术和产品,摆脱对市场环境变化的依存,建立稳定的企业经营模式,确立在机床行业的领先地位。

为此,森精机在2005年策划了旨在实现企业经营能够稳定成长的3年(2006~2008)中期经营规划——Mori-568。该规划由以下3个部分组成:

(1) Mori-5是指获得5%的全球市场份额。森精机2006财政年度的业绩就达1723亿日元,占全球市场份额的4.9%,超过预期。

(2) Mori-6是指销售额的原价率为60%。2006年开始自行制造主轴和丝杆,降低了成本,2007年3月达到59.4%。

(3) Mori-8是指建立月产800台的生产能力。在2007年3月的产量就达到了831台,超过预期。

2 长期规划

森精机的长期规划重点是:

(1) 进一步提高制造技术。扩建伊贺工厂,在奈良建立模具实验室。通过制造模具积累经验,改进机床性能,促进机床的销售,同时为客

户提供技术诀窍。

(2) 提出10条“森精机之路”,使员工明确长期的使命和愿景,形成进取的企业文化,在所有领域取得成功,保持财务的稳定增长。

(3) 建立“森精机大学”,培养下一代经理、工程师和管理人员,并成为公司内部的沟通渠道,提高员工的团队精神。

(4) 加强产品的市场营销能力,在莫斯科和印度建立现代化的技术中心,积极参加世界各地的机床展览会。

创新的基础:核心技术

机床产品创新是建筑在核心技术的基础之上的。一家机床制造企业如果没有自己的原创性核心技术,就谈不上真正的产品创新,只能够在模仿他人的基础上做一些改进。核心技术往往基于长期和稳固的产学研合作,从而形成知识供应链。

森精机公司目前有4项核心技术:重心驱动、直接驱动、内置电动机的转塔刀架和8角滑枕,分别介绍如下。

1 重心驱动(DCG)

机床部件移动时所产生的振动是阻碍机床高速化和高精化的主要原因。森精机提出利用两根滚珠丝杠驱动移动部件虚拟重心的原理,即重心驱动(Driven at the Center of Gravity, DCG),成为森精机最有特色的核心技术。重心驱动使加工过程振动最小化,明显提高加工精度和零件的表面光洁度。NV4000型加工中心采用DCG技术,由于主轴部件的驱动力作用在重心位置,因此部件的升降无需配重。

借助双丝杠实现了横梁和主轴部件(Y轴和Z

轴)的重心驱动,使部件在定位时不会发生振动,而非重心驱动的机构会较长时间持续振动。

重心驱动的研究表明,定位时的振动大小与驱动点距重心的距离成正比。非重心驱动还使移动部件在加速的起点发生偏转振动,造成表面加工质量的恶化。而重心驱动的部件在加速的起点位置不发生偏转振动,一开始即可以最大驱动力加速。

重心驱动还解决了运动方向改变时的反向间隙和振动问题,提高了机床的运动精度。

2 直接驱动(DDM)

森精机的主轴和回转工作台全部采用直接驱动方式,即电主轴和电工作台。特别是在五轴联动加工中心上应用直接驱动回转工作台(Direct Drive Motor, DDM),在简化了机床结构的同时,实现了高速旋转和高精度定位,提高了机床的性能。由于直接驱动不使用机械传动装置,因此避免了振动和反向传动间隙问题。

3 内置电动机的转塔刀架(BMT)

森精机在开发NL系列数控车床时,采用电动机内置的转塔构造(Build-in Motor Turret, BMT),将铣削电动机安装于转塔刀架内部。通过采用这种结构,不仅可将发热和



振动控制在最低限度,而且可提高传动效率。切削能力、速度、表面质量及精度都大幅提高。

4 八角形滑枕(ORC)

主轴滑枕是保证机床加工精度的关键部件,森精机将滑枕设计成正八角形结构,对边距400mm,4边对称支撑,从而形成双V字形导向面,进而获得良好的位移直线度。在卧式配置时八角形滑枕的长度保证Y轴移动量达到最大值时,重心也不会从支撑部分溢出,以有效地控制挠度,使高精度加工成为可能。

在八角形滑枕的内部可内置直接驱动电动机,实现电主轴的任意分度(B轴)。

我们必须清楚地认识到,一家机床制造企业掌握核心技术,并不一定能够开发出被市场认同的创新机床产品,并从而提高市场占有率、赢得更大的利润。关键在于企业要把核心技术作为产品发展战略和概念设计的内核,并不断转化为新的产品平台,开发出具有相同技术、不同系列的新产品,使核心技术成为本企业的“代言人”和与竞争对手实现产品差异化的“秘密武器”。

例如,仅2006年森精机就相继推出NVD6000 DCG、NV6000 DCG、NH5000 DCG新系列立式和卧式加工中心以及NMV5000 DCG、NMH6300 DCG新一代五轴加工中心,2007年又推

出NMV8000 DCG和NMH10000 DCG,全部采用重心驱动核心技术,成为森精机的拳头产品。

创新产品举例

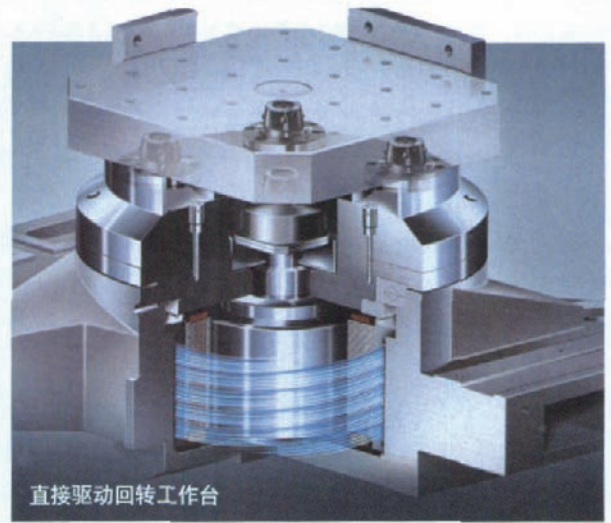
森精机的主导产品是N系列,共有200多款型号。许多产品先后获得日本机械学会、日刊工业新闻的各种奖项。如NMV5000 DCG获得2007年度日本机械学会优秀产品奖,NMH10000 DCG获得2008年日刊工业新闻社的第38届机械工业设计奖中荣获了日本品牌奖。

NMV5000 DCG是中等规格高精度的立式加工中心,概念设计和产品配置都颇有创意。

NMV5000加工中心是动梁动柱式结构,横梁可沿Y轴移动,主轴滑座可沿X轴移动,主轴部件可以沿Z轴升降。各移动部件的结构非常紧凑,使重量最轻,以减少移动时惯性的负面影响。此外,在B轴工作台配置了C轴工作台,构成了双工作台的台中台(Table in Table)结构,工作台回转90°时的定位时间仅为0.6s。借助独特的高刚性结构,实现稳定的加工精度。

分析表明,轴承的尺寸是影响台中台刚度的主要因素,NMV5000 DCG加工中心B轴和C轴的工作台采用大尺寸的轴承,其内外直径分别为 $\phi 740\text{mm}$ 、 $\phi 560\text{mm}$ 和 $\phi 435\text{mm}$ 、 $\phi 265\text{mm}$,从而保证工作台具有足够的刚性。当

工作台中心载荷 $F=1200\text{N}$ 时,变形位移量仅为 $2.0\mu\text{m}$, $F=3000\text{N}$ 时为 $5.0\mu\text{m}$ 。



C轴除了作为回转进给外,由于采用特殊设计的直接驱动,可以在高速旋转的车削模式下工作,最大转速可达1200r/min。

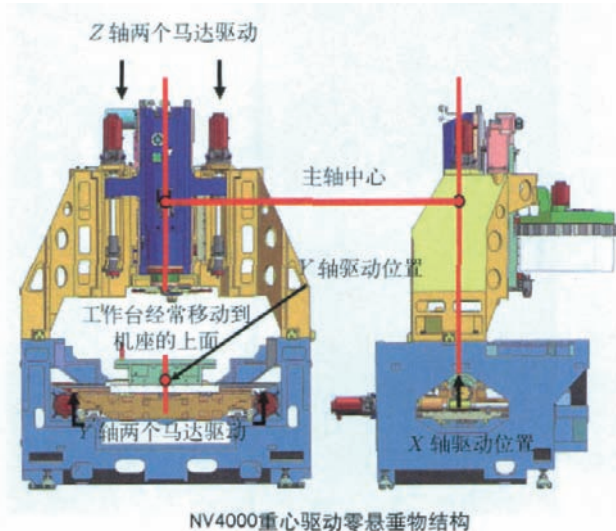
在机床配置上,NMV5000除了采用重心驱动和直接驱动的台中台结构外,还采用八角滑枕实现Z轴的垂直移动,由于八角滑枕的结构是对称的,滑动导向面的发热不会引起主轴中心的漂移。

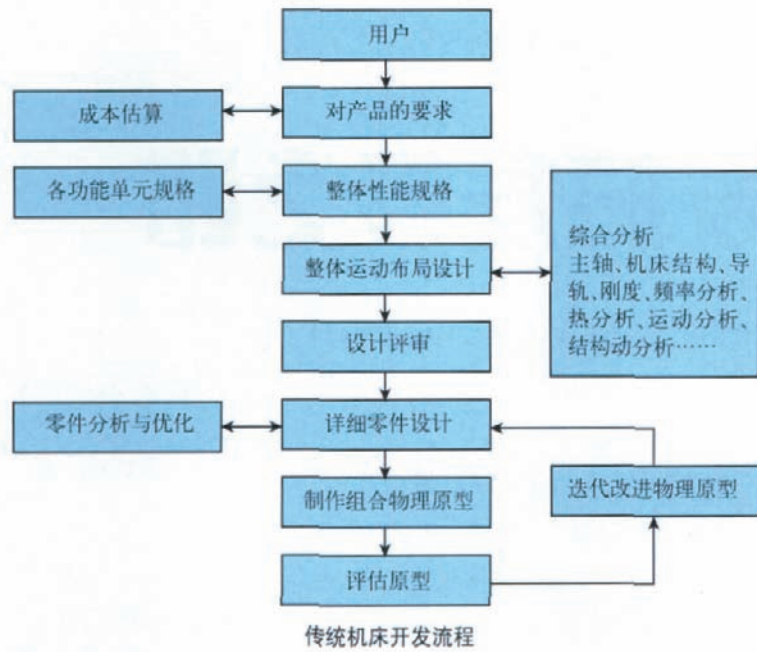
通过这个案例分析,可以看到森精机的核心技术在产品创新过程中的作用:核心技术必须具有先进性、实用性、高技术含量和独有性的特征,在提高产品档次的同时,不容易被竞争对手效仿。

一切源于概念

怎样才能保证开发出的产品是创新产品,这可能是大多数读者最关心的问题。如果一家机床企业没有明确的产品开发机制是无法实现这个愿望的。那么,我们就进一步来探讨森精机产品开发的理念、机制和流程,从中体会其成功的精髓。

森精机的机床产品开发的理念是“一切源于概念”,重视产品的概念设计和开发,认为产品的设计水平





和质量主要来自概念，而不是具体的结构设计和计算。

森精机基于一切源于概念的理念，首先提出的机床产品开发目标是：

- (1) 生产效率提高 30%。
- (2) 加工的利润提高 100%。

这个“价值创新”目标表明森精机的产品开发定位在高速、高精度数控机床，适用于加工高附加值的零件，并体现于为客户创造价值的重要理念。

基于这样一个目标，机床设计师的首要任务是分析典型零件的加工工艺和机床结构的发展趋势，对机床的配置进行全面的分析比较和优化。

因为随着复合加工和五轴加工机床的出现，“面向制造的设计”概念有了很大的变化，机械零件的结构越来越复杂，因此机床产品概念设计的成功与否与机床的配置是否优化有很大关系。

“一切源自概念”的理念使森精机的 4 项核心技术在不同产品系列中得到了全面而巧妙的应用，提高了产品竞争力。

我国大多数机床企业对概念设计和开发重视不够，过分热衷机床的结构设计，把产品设计和输出图样等

同起来，忽视基础研究，导致机床产品创新能力薄弱。森精机明确提出“一切源于概念”的产品开发思路值得我们深思。

开发机制和流程

传统机床开发流程主要问题是，当样机制造(物理原型)后，如果无法达到预计指标时将造成大量资源和时间的浪费。

森精机采用数字化设计，在计算机上建立产品的模型，并进行仿真分析，预测产品的性能，进而改进产品设计，最重要的是节省了样机试制成

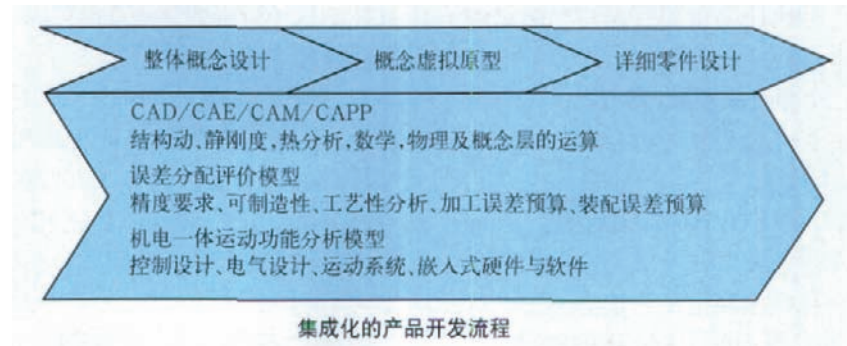
各阶段之间并无明显的界限，各个阶段反复进行优化。

虚拟原型技术不但要具备相应的设计知识、设计规则和软件，还要创建机制，管理设计知识库、数据库及图形库等作为设计的基础，必须通过不断积累虚拟与物理模型试验数据提高应用迭代改进，效果才会慢慢显现。

森精机应用全球资源，以伊贺、千叶、奈良的研发中心为核心，与在美国的数字技术实验室(Digital Technology Lab)以及各研发分支机构构成完整的研发体系。在伊贺、千叶、奈良的开发团队负责概念设计开发、详细设计和试加工，地处美国加州的数字技术实验室从事设计验证和分析，包括机床的固有振动频率分析、热变形分析、流体分析、加速度试验和振动试验等。日本的设计团队和美国加州的数字化实验室人员利用亚洲和美洲的时间差，实现了 24 小时不间断的开发体制。

通过网络将在日本设计的产品数据传送到美国，使用各种各样的分析手段进行验证，充分发挥了日本机械设计和美国信息技术的不同优势。大幅度缩短了产品开发周期，确保开发出最佳的机床。

它山之石、可以攻玉。本文通过对森精机株式会社的核心技术、典型



本，减少了因缺少预测而带来的浪费。CAD 模型输出到 CAE, CAM 和 CAPP 系统进行仿真计算，将结果与试验结果进行比较与分析，验证 CAD 模型的正确性。机床产品设计

产品和产品开发体系进行了分析和评述，企图探索机床产品创新的要素和设计开发之道，为提高我国机床制造企业的创新能力注入新的活力。

(责编 侧卫)