

机床行业机电一体化开发

Development of Mechanical and Electrical Integration in Machine Tool Industry

Siemens PLM Software

为了在保持竞争力和盈利能力的同时满足客户需求,机床制造商需要采用一个系统工程设计方法,改进其并行工程实践。一个基于系统工程的机床开发系统的基本单元包括功能建模功能,确保在涵盖机械、电气和自动化软件学科的机床设计过程中满足所有需求。另外,开发人员需要能够用三维虚拟方式建模、仿真和验证完整机床系统,确定系统满足所有功能和物理行为需求。

机床制造企业的主管们在其组织中发现有机会简化新产品开发与机械设备的最后装配,以缩短交付周期。集成机械、电气、自动化软件以及其他子系统是非常复杂的工作,它往往延迟了上市时间。目前当务之急是采用更高效的内部开发实践——从概念设计一直到详细设计和交付的内部开发实践。

原始设备制造商一般直接从客户需求进入详细工程设计阶段,而不为完整机床系统开发一个功能模型。在关键的概念开发阶段,设计人员把客户需求映射到功能规格中,通过为完整机床系统功能开发和分解一个模型,可以缩短项目时间,减少项目复杂性,因此在设计阶段评估替代设计就变得容易多了,从而能够确定满足性能与成本目标的创新解决方案,同时简化整个开发过程。

整个开发过程需要在设计早期采用能够促进“机电一体化”系统工程的开发方法。通过这些开发方法,可以使不同的工程学科之间实现密切合作,从而提高工程资源效率。随

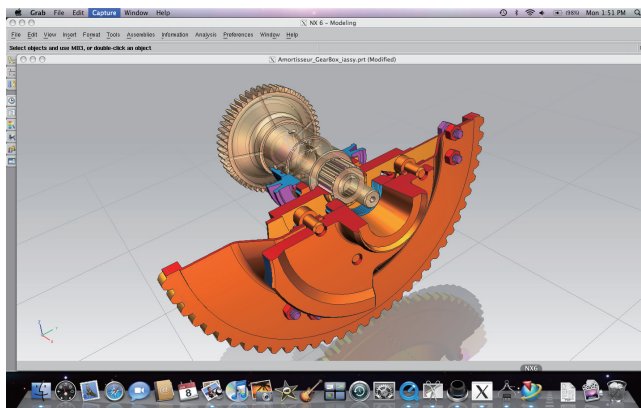
着集成设计工具的出现,为基于跨学科系统工程设计方法的功能建模提供了强有力的支持,不仅增强了机床原始设备制造商应对上市时间和系统复杂性挑战的能力,而且还确保最终系统满足客户需求与期望。

当前的机床开发与初始概念阶段

制造商现在需要扩大经营范围,提高机床包络功能,并且增加可靠性。因此,机床设计人员需要在上市及已经成为一个驱动力量的环境中

考虑更多的可能解决方案。

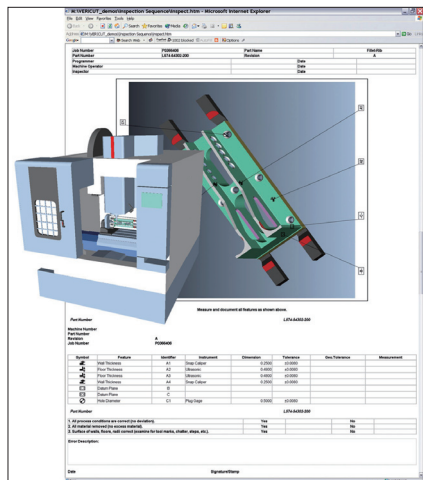
选择正确的部件,并且利用最新技术仍然是优化机床设计的重心。不过,当前的机床开发实践中存在很多效率低下之处,从而给优化带来了许多障碍。在采用涵盖从初始概念阶段到工程设计以及开发过程的集成设计工具方面,机床制造行业已经落后于其他行业。不管是新产品开发,还是特定客户对机床需求的响应、优化等,都始于初始概念设计阶段。在开发过程的这个早期阶段,时间是非常关键的因素,而机床制造商



采用NX进行齿轮组设计

的资源投入也很重要。

在概念设计阶段,MCAD 设计工具被广泛用于评估印痕面积和功能,估算最终定价,并且阐明满足要求的几何特征。在机床制造组织内,这一概念阶段通常被称为“Lego 工程”。这些概念化设计通常为机床及其主要部件的三维模型,不过不包括动态属性,能够根据尺寸几何图形和人员工程因素评估机械设计替代方案,但是根据动态属性确定最优部件的能力却有限。另外,这些概念设计与系统设计需求和功能规格之间的耦合比较松散,在概念分析过程中可能忽略需求,从而导致在机床总体设计中遗漏关键功能。随着更多生产步骤被合并到机床包络中,这一问题变得更加严重,从而增加了设计的复杂性。尽管复杂性增加,但是在概念设计过程中工程组织继续以序列、非协同方式运行。



机床零件工艺设计图

1 捕捉系统需求

一般而言,企业内部的每个工程组织(机械、电气、自动化、软件等)都根据客户需求来编写标准文档。这些内部工程组织分别针对自己的特定设计学科把客户需求转化为另一系列文档。现在的机床制造商用每个工程学科中的特定部件和设计文档在机床规格与需求之间建立关联关系,但是大多无效。

2 当前的工程实践对优化造成了阻碍

尽管有些机床制造商已经采用了非正式的并行工程方法,但是他们更多的时候是依赖于在以往几十年的机床设计过程中开发和传承的个人技能组合已有实践及知识。随着机床需求越来越复杂,设计团队成员数量达到了门限值,非正式并行工程过程往往被分解。如果设计过程中没有一个依存链,那么在一个工程小组中设定的设计约束很容易被其他工程小组忽略,这是因为在各个工程学科之间没有使用一个公共功能模型。

每个工程学科都是用与自己的工程领域相关的特定设计工具,这就引发了一些问题:机械工程师使用 MCAD,电气系统设计人员使用 ECAD,自动化软件开发人员依赖于自动化系统特定的开发环境。

每个工程小组都根据概念机械模型优化各自学科的解决方案。不过,每个工程学科的最优解决方案一般不会形成一个最优的系统设计。设计过程启动之后,设计人员需把握有限的机会引入替代解决方案。从根本上来讲,设计学科之间的模型集成往往比较难,通常认为单靠 MCAD 工具就足以把各个工程领域紧密地联系在一起,但事实上,在很多组织中 MCAD 只不过是一个机械系统设

计工具,很难或者根本无法与其他工程学科协同。

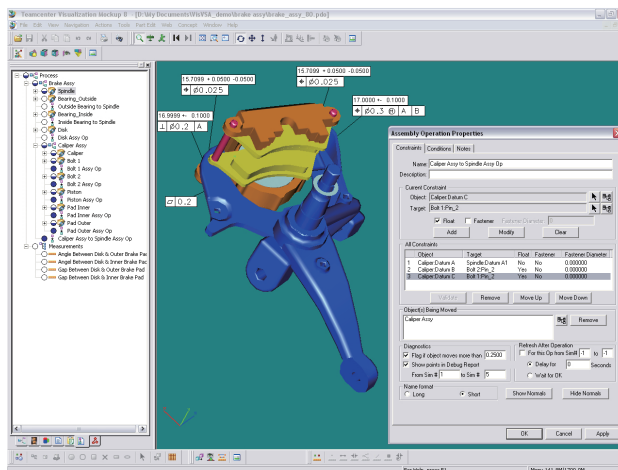
3 后期替代设计增加了项目风险

一般而言,当工程学科在设计过程结束之际衔接时,问题就会在跨学科设计上下文中出现。通常,这些问题是由于机械、电气和自动化软件之间的不完整或不准确衔接造成的。后期合并与系统集成问题一直是造成机床系统开发耗时及相关成本的主要原因之一。根据“10 倍”法则,每个集成阶段的错误传播产生的成本是原项目预估成本的 10 倍。

设计人员无法在机床开发周期的早期阶段评估主要设计概念与需求。现在,只有在完成大部分详细设计之后,工程组织才能从更高层次来认识机床的功能方面。机床行业还没有能够解决这一问题的集成工具。只有在设计人员定义了基本设计需求之后才能开始权衡或推荐替代解决方案,从而需要在开发过程后期进行进一步迭代,不仅延长了项目时间,而且还超出了成本预算。

4 模块原型被广泛用于减少集成问题

为了验证独立模块,机床制造商在开发周期各个阶段,广泛制作物理原型。但是这并不能杜绝所有的集成问题。在复杂的机床设计中,在下游设计活动中遇到的意料之外的约束条件还阻碍了设计人员满足准确



机床部件设计

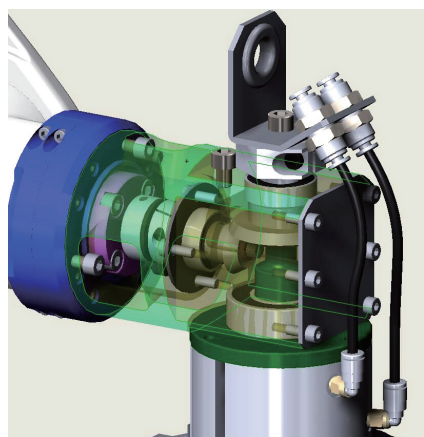
性、动态响应以及产能的能力。

早期,机床制造商在设计过程中,用于满足物理原型制作需求的一种方法是应用基于物理场的仿真。市场上现有的仿真技术要求设计人员开发复杂的分析模型,用于仿真机械或电气部件之间的动态交互作用。不仅如此,大多数仿真工具主要用于机械建模,没有任何产品能够支持多个工程学科的集成视图。最新一代仿真工具促进了详细子系统分析,但是无法令人满意地解决整个机床系统的集成问题。市场上现在急需快速简易的原型开发工具,以帮助缓解机床设计人员面临的时间压力。

在机床设计中,机床的实际性能取决于整个机床作为一个集成系统的性能。一个以系统为中心的机电一体化设计方法不仅能让设计人员为任何一组给定需求识别最佳解决方案,而且还能够确保根据这些需求在功能上集成所有的子系统和工程学科。

未来技术将实现机床系统早期验证

机床制造商目前面临的业务挑战中,很多都将通过新一代开发平台和最新仿真技术来解决。降低机床复杂性、管理跨学科工程、扩展开发周期、缩短交付时间等问题,将通过应用基于功能建模、系统工程以及先



转动部件的模拟

进仿真技术方法的机床开发环境来解决。

1 对系统工程起着重要作用的功能建模

在开发过程的初始阶段,设计人员从完整机床系统的一个功能模型中受益最多。一个功能模型源自应用一种系统工程方法,用该方法来表示建模系统里面的所有功能。就像可以根据总体系统需求分解出子系统一样,一个功能模型表示总体系统需求被分解成总系统的各个功能部件和单元。这样一个功能模型不仅为系统和子系统提供了一个概念视图,而且还定义了不同学科之间的数据管理接口,提供了一种准确方法把需求映射到特定系统功能。另外,这种模型还可以对客户数据需求进行追溯,直到设计部门,从而确保所有功能都可以追溯到系统总体需求和涉及到的各个工程学科。

2 早期系统验证缩短了开发生命周期

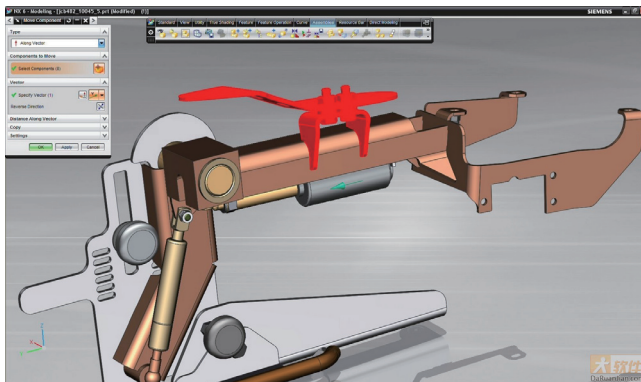
很显然,应该在早期解决总体机床需求与规格中驱动设计决策和部

不断增加,机床制造商需要组织一个恰当的协同平台,以便在开发过程早期阶段采用一种基于模型功能的设计方法。在总体设计过程中越早地验证功能,总体开发过程就会变得更快、更高效。

一个支持跨学科开发环境的协同开发平台可以减少设计变更。通过开发一个可以在设计过程早期捕捉所有工程学科接口的概念功能模型,可以避免后期变更,从而大幅减少开发时间和后续项目成本超支。总体而言,这样一个机电一体化开发环境可以解决上市时间和复杂性方面的主要问题。

3 三维可视化允许对完整系统设计进行虚拟验证

三维可视化工具提供了一项关键技术,实现了对跨学科系统的早期验证。这些工具以虚拟方式仿真并验证机床概念的物理概念、功能需求以及子系统相互作用行为。通过应用当今可供工业制造商使用的先进游戏引擎,三维可视化技术已经在基于物理场的仿真领域取得了重大进



机床部件运动模拟

件选择的单元。由于能够在设计周期中很早的阶段评估替代设计,从而可以确定满足性能与成本目标的创新解决方案,同时简化整个开发过程。使用一个基于系统工程的机电一体化开发平台促进了早期验证过程。

随着机电一体化开发复杂性的

展。不仅如此,通过一个用于分析机床部件之间物理相互作用的基于物理场的仿真解决方案,系统设计工程师可以仿真和验证运动与力、一般机床动力学、运动学、致动器和伺服器的关系,并且检测其与工装和夹具之间的冲突和干涉。通过使用这些仿真工具,设计人员可以锁定特定部件

对象,确定实际物理特性、行为以及实际运行参数(比如位置、速度和旋转)。

系统级仿真的目的不是详细分析和验证个别部件的特定特性(比如振动、热、频率响应或营利),而是仿真整个机床系统以及各个工程设计学科之间的相互作用行为。这种仿真的优点之一是,它能帮助机床系统设计人员建模并验证部件之间的相互作用以及在整个系统的行为。不仅如此,它还允许设计人员根据一个虚拟仿真机床模型更准确地设定发动机、致动器等部件。

通过使用一个跨学科开发平台,设计人员能够在进行任何物理原型制作或测试之前联合评估机械与电气部件设计。在一个早期系统级仿真环境中,各个工程学科可以在一个公共平台上共同使用一个模型,开发并提炼个别子系统需求。一经验证,就可以用与每个学科相关的工具来解决详细设计。

一般而言,机械设计人员将根据三维形状与部件以及运动学、齿轮、凸轮等机械属性创建设计。通过在一个协同仿真平台上工作,电气系统设计人员可以参与选择和定位传感器、致动器、伺服器等电气部件。另外,可以在仿真模型中加入自动化软件功能,用于验证自动化软件设计是

否符合功能模型。自动化与控制工程师可以用机电一体化开发平台来设计机床的基本逻辑控制,并且对运动和运动学进行编程。在这个环境中开发的自动化软件可以定义基于时间的行为和基于事件的控制。

4 设计重用与模块性对机电一体化系统开发至关重要

工程设计重用已经成为任何设计项目的一个基本要素。为了优化和缩短设计周期过程,工程师必须能够访问和检索现有设计的设计部件和模块。设计重用与模块性是使设计效率最大化的关键所在,对于跨学科机电一体化系统更是如此。

为了加快上市速度,机电一体化开发平台必须有重用机制和部件库。由于重用机制能够从部件设计(不仅包括机械设计而且还包括电气与自动化软件设计)中捕捉知识并且将其存储在一个虚拟对象库中,因此设计人员能够在其他机床项目中重用这些知识。不仅如此,他们还用嵌入智能功能来设计个别部件,提供与机床系统相关的部件特定功能的嵌入“知识”。捕捉和保留这些知识会大幅减少新项目的开发时间。不仅如此,由于现有设计是基于经过证明的概念和设计意图,因此重用还提高了设计质量。重要的是,由于设计工程师无须重复已经执行的设计任务,因

此重用加快了开发过程的速度。

通过采用机电一体化开发平台和仿真技术,机床设计人员能够更有效地处理他们现在面临的开发问题。把功能建模用于概念设计,虚拟建模、仿真验证机床系统的能力,以及大幅改进后的重用方法,将为采用这些工具的机床制造商提供一定的市场竞争优势。

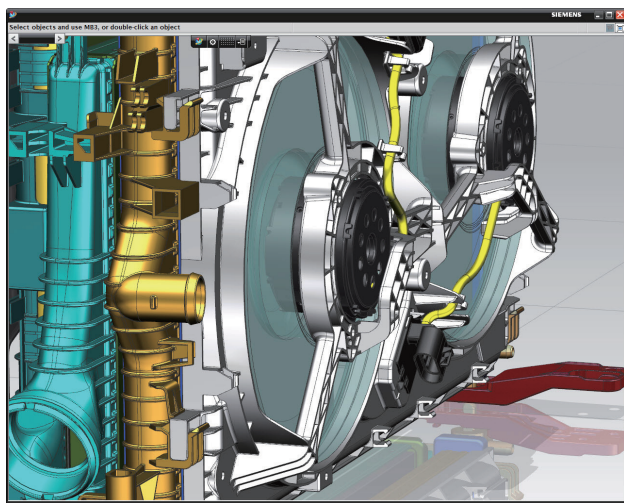
结束语

很显然,现在的机床制造商面临多重业务挑战,包括一个竞争激烈的市场、资本设备预算紧缩以及大幅缩短交付时间的客户需求。客户还要求更加智能的机床、更长的生命周期、简单易行的维护以及可靠性。所有这些都增加了管理一个由机械、电气和自动化软件设计单元组成的跨学科工程环境的设计过程的复杂性。不幸的是,在客户要求大幅缩短交付时间时,这一复杂性延长了设计与开发周期。

为了在保持竞争力和盈利能力的同时满足客户需求,机床制造商需要采用一个系统工程设计方法,改进其并行工程实践。一个基于系统工程的机床开发系统的基本单元包括功能建模功能,确保在涵盖机械、电气和自动化软件学科的机床设计过程中满足所有需求。另外,开发人员需要能够用三维虚拟方式建模、仿真和验证完整机床系统,确定系统满足所有功能和物理行为需求。

机床制造商要应对和处理上市时间缩短以及复杂性增加的双重挑战,就必须拥有缓解这些问题的工具、平台和过程。不仅如此,为了在一个要求苛刻、充满竞争的市场中不断创新,他们必须能够简化前期概念设计阶段,改善替代选择过程,使工程师能够集中精力改进产品,满足客户需求,而不是成天忙于管理项目延迟、成本超支和设计变更。

(责编 侧卫)



机床动力系统模拟