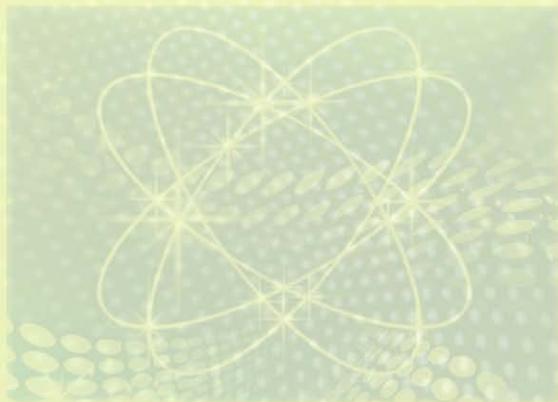


基于Pro/Engineer winldfire的 直齿圆锥齿轮虚拟设计与制造

蔺吉顺 著



内蒙古科学技术出版社

基于 Pro /Engineer Wildfire 的 直齿圆锥齿轮虚拟设计与制造

蔺吉顺 著

内蒙古出版集团
内蒙古科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于 Pro/Engineer Wildfire 的直齿圆锥齿轮虚拟设计与制造 / 蔺吉顺著. — 赤峰: 内蒙古科学技术出版社, 2014. 7

ISBN 978 - 7 - 5380 - 2060 - 1

I. ①基… II. ①蔺… III. ①直齿锥齿轮—机械设计—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TH132.421-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 196112 号

出版发行: 内蒙古出版集团 内蒙古科学技术出版社

地 址: 赤峰市红山区哈达街南一段 4 号

邮 编: 024000

电 话: (0476)8225264 8224848

邮购电话: (0476)8224547

网 址: www.nm-kj.com

责任编辑: 张文娟

封面设计: 永 胜

印 刷: 赤峰金源彩色印刷有限责任公司

字 数: 78 千

开 本: 880×1230 1/32

印 张: 3.5

版 次: 2014 年 7 月第 1 版

印 次: 2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 引言	1
1.2 虚拟制造技术现状及国内外发展趋势	2
1.2.1 国外研究概况	3
1.2.2 国内研究概况	4
1.2.3 我国虚拟制造技术存在的问题	6
1.2.4 实施虚拟制造技术应采取的措施	6
1.3 直齿圆锥齿轮虚拟设计和制造的研究意义	7
1.4 直齿圆锥齿轮虚拟设计和制造所实现的功能和 主要内容	8
第二章 Pro/Engineer Wildfire 软件设计和加工特点	10
2.1 CAD 造型技术发展过程简介	10
2.2 Pro/Engineer 软件概况	18
2.2.1 Pro/Engineer 软件的发展	18
2.2.2 Pro/Engineer 的技术特点	19
2.3 Pro/Engineer Wildfire 新功能介绍	21
2.4 Pro/Engineer Wildfire 的工作流程	22
2.5 Pro/Engineer 同 CAM 的联系	23

2.6	NC 加工模块介绍	25
2.6.1	NC 加工模块功能	25
2.6.2	NC 加工过程描述	26
2.7	本章小结	29
第三章	直齿圆锥齿轮的基本知识及其参数化设计	30
3.1	基本概念	30
3.2	圆锥齿轮的传动原理	33
3.3	圆锥齿轮的齿廓曲线原理	35
3.4	圆锥齿轮的当量齿数	39
3.5	直齿圆锥齿轮的主要部分名称和意义	43
3.6	圆锥齿轮传动的几何计算	45
3.7	采用 Pro/Engineer 软件设计齿轮的优点	49
3.8	直齿圆锥齿轮的参数化设计	50
3.8.1	直齿圆锥齿轮三维参数化建模的特点	50
3.8.2	直齿圆锥齿轮参数化设计思路	51
3.8.3	直齿圆锥齿轮三维参数化建模的基本 参数	52
3.8.4	直齿圆锥齿轮三维参数化设计的基本 步骤	53
3.9	本章小结	65
第四章	直齿圆锥齿轮的虚拟数控加工	66
4.1	直齿圆锥齿轮虚拟数控加工过程操作流程	66
4.2	直齿圆锥齿轮的加工工艺过程	67
4.3	直齿圆锥齿轮精铣齿虚拟数控加工过程	68
4.4	直齿圆锥齿轮的分块加工	81

4.5	后置处理	84
4.6	利用 VERICUT 系统对锥齿轮的精加工过程进行 加工仿真	87
4.6.1	VERICUT 软件功能	87
4.6.2	VERICUT 对锥齿轮精加工仿真	87
4.7	本章小结	89
第五章	总结与展望	91
5.1	研究总结	91
5.2	需进一步的研究工作	92
附 录		93

第一章 绪 论

1.1 引言

随着社会的不断发展、市场竞争的日益激烈,虚拟设计和制造技术得到了迅速发展,为制造型企业带来了新的活力。实现产品的虚拟设计与制造可以解决传统制造业在产品设计、制造过程中存在的问题。

首先,对于传统制造业来说,进行产品设计要求设计人员具备良好的综合素质、丰富的实践经验、扎实的理论基础及创新精神。但是,仅仅具备这些条件,对于那些复杂程度不高的产品是可以的,对于大型的、复杂程度较高的产品则还不够。在设计大型、复杂程度较高的产品时,由于受客观条件及人的自身生理因素的限制,设计容易出错,造成人为疏漏,并且往往缺乏预见性。对于所设计的产品加工工艺性是否良好、各部分尺寸是否正确、有无人为疏漏、装配性如何等等,传统 CAD 技术无能为力。但正是这些问题直接影响产品质量,造成产品质量不高、预见性差,而虚拟设计和制造技术则可以提高产品设计质量且具有很好的预见性。

其次,可以说在计划经济时代,是大鱼吃小鱼。而在市场经

济时代,则是快鱼吃慢鱼。市场响应快的企业往往能占得先机,在竞争中获胜。那些市场响应慢的企业则面临被淘汰的命运。在激烈的市场竞争中,“蛇吞象”的事已不足为奇。传统 CAD 虽然使部分企业甩掉了图板、缩短了产品设计周期、提高了设计质量,但是没有从根本上解决问题。目前的市场情况是:产品的生命周期越来越短,生产形式也越来越呈现出单件小批量的格局,以适应市场的快速多变。这些都向传统的设计、制造模式提出了严峻挑战。虚拟设计和制造技术可以缩短产品设计和制造周期,快速响应市场。

最后,传统制造业为了测试产品的性能,有时需要做一些性能试验。有些试验是破坏性的,有些是耗资巨大的,在某些情况下根本无法试验。这些都给产品的设计、制造带来困难,并增加额外费用。这些额外费用有时是很高的。而且由于产品设计质量不高、预见性差,出现废品的概率增大,使成品率降低,分摊在每个产品上的成本增加。虚拟设计和制造技术可以降低产品设计、制造费用,降低产品成本,使产品具有强大的市场竞争力。

1.2 虚拟制造技术现状及国内外发展趋势

虚拟制造技术的发展是在其支撑技术的发展上取得进展的,例如,虚拟现实技术、仿真技术等。特别是一些单元技术与制造业的结合不断深入,并为其作出了巨大的贡献,更推动了这些技术的进一步发展。同时,支撑技术和单元技术的不断成熟和在制造业中发挥越来越大的作用,也推动了虚拟制造技术的组合和集成。但由于各技术的相对独立性,其统一的特征模型

的建立、数据共享和交换等遇到了巨大的挑战。基于 STEP、EDI、TCP/IP 等标准的集成技术是唯一的发展方向。

虚拟制造技术虽然于 20 世纪 80 年代才刚刚提出来,但随着计算机技术的迅速发展,在 20 世纪 90 年代得到了人们的极大重视并获得迅速发展。

1.2.1 国外研究概况

由于虚拟制造技术具有诱人的应用前景,促使发达国家对其进行深入研究,并已出现许多成功的应用范例。1983 年美国国家标准局 NEL 发展并提出了“虚拟制造单元”的报告,以更大的柔性完成分析、行程和时序安排、报告、监控等功能。1989 年麻省理工学院的“虚拟制造”的报告提出了虚拟制造在产品概念设计和性能早期评价方面的优势。1993 年爱荷华大学的报告“制造技术的虚拟环境”提出了建立支持虚拟制造的环境,包括虚拟制造的评估系统、装配顺序计划和材料去除过程模拟,以及离线编程等技术。里海大学的报告则提出了与 CAD/CAM、CIM、CAPP、快速成型、敏捷制造、柔性制造有关的可制造性等问题。1995 年美国标准与技术研究所的报告“国家先进制造实验台的概念设计计划”,强调分散的、多节点的分散虚拟制造(DVM),即虚拟企业的概念,强调企业、政府和大学的联合。美国国家研究委员会的报告“制造中的信息技术”探讨了产品集成、过程设计、车间控制、虚拟工厂等的信息技术问题。1997 年美国标准与技术研究所的报告“使用 VRML 的制造系统建模”则探讨了虚拟现实技术及其在网络上的应用。可见,美国已经从虚拟制造的环境和虚拟现实技术、信息系统、仿真和控制、虚

拟企业等方面进行了系统的研究和开发,多数单元技术已经进入实验和完善的阶段。例如,美国华盛顿大学的虚拟制造技术实验室发展的用于设计和制造的虚拟环境 VEDAM、用于设计和装配的虚拟环境等已经初具规模。但虚拟制造作为一个完整的体系,尚没有进行全面的集成。应特别说明的是:虚拟企业(工厂)的研究在美国得到政府和企业界的极大关注,研究异常活跃,成为其敏捷制造技术的主要支柱之一。欧洲以大学为中心也纷纷开展了虚拟制造技术研究,如虚拟车间、建模与仿真工程等的研究。日本在 20 世纪 60~70 年代的经济崛起受益于先进制造与管理技术的采用。日本对虚拟制造技术的研究也秉承其传统的特点——重视应用,主要进行虚拟制造系统的建模和仿真技术,以及虚拟工厂的构造环境研究。

1.2.2 国内研究概况

我国在虚拟制造技术方面的研究只是刚刚起步,其研究也多数是在原先的 CAD/CAE/CAM 和仿真技术等基础上进行的,目前主要集中在虚拟制造技术的理论研究和实施技术准备阶段,系统的研究尚处于国外虚拟制造技术的消化和与国内环境的结合上。我国由于受到 CAD/CAE/CAM 基础软件、仿真软件、建模技术的制约,阻碍了虚拟制造技术的发展。但这几年,我国虚拟制造技术受到普遍的重视,发展很快,发展势头强劲,虚拟制造技术也引起我国科技工作者的关注。据不完全统计,目前我国已有 34 家科研机构、高等院校和企业正在开展虚拟技术方面的研究。国家 863CIMS 主题组也将“制造系统的可视化、虚拟建模与仿真”确定为研究重点。国家自然科学基金也

有专门的研究课题。国内以清华大学、上海交大为主的高等院校正在开展基础技术研究,正处于理论体系初步研究阶段。其中清华大学 CIMS 工程研究中心虚拟制造研究室是国内最早开展虚拟制造研究的机构之一,目前该中心正在建立支持产品生产全过程的虚拟制造平台。可见我国在虚拟现实技术、建模技术、仿真技术、信息技术、应用网络技术等单位技术方面的研究都很活跃。但研究的进展和研究的深度还处于初期阶段,与国际的研究水平尚有很大的差距,除了三维建模已经有了 4 种商业软件外,其他方面还没有形成产业化。我国的研究多集中于高等院校和少量的科研院所,企业和公司介入的较少。

国内的研究主要集中在 4 个方面。

(1) 虚拟制造基础研究

虚拟制造涉及的技术领域极其广泛,从产品建模、过程建模、可交换数据模型到分布式仿真、离散事件仿真、面向对象方法、人工智能、虚拟现实及计算机网络技术等等,这些技术构成了虚拟制造的技术基础。当然,有些技术非虚拟制造所特有,相关研究已经展开和应用。在虚拟制造概念下,这些技术也具有了新的内涵,虚拟制造技术不是各单项技术的简单组合,而是在相关理论和已积累知识的基础上对制造知识的系统化组织,需要进一步深化。

(2) 产品虚拟设计技术

主要包括虚拟产品开发平台、虚拟测试、虚拟装配,以及机床、模具的虚拟设计实现等。

(3) 产品虚拟加工技术

主要包括材料热加工工艺模拟、加工过程仿真、板材成型模拟、模具制造仿真等。

(4) 虚拟制造系统

主要包括虚拟制造技术的体系结构、技术支持、开发策略等。

1.2.3 我国虚拟制造技术存在的问题

我国虚拟制造技术与先进工业发达国家的主要差距表现在以下几方面：

- a. 虚拟制造研究开发环境缺乏总体规划,资源分散,利用率低。
- b. 缺乏支持虚拟制造的国产化软件。
- c. 缺乏既懂专业又懂计算机、既懂设计又懂工艺的复合型人才。
- d. 企业需求日趋旺盛,但企业信息化基础薄弱。
- e. 投资强度不够,缺乏能全面支持虚拟制造的大型研究与开发中心。

1.2.4 实施虚拟制造技术应采取的措施

(1) 高度重视和全面规划

虚拟制造技术与其他的先进制造技术是相互关联、彼此交叉的,其涉及面广、技术难度大,研究及推广应用需要投入大量人力、物力及资金,政府部门应从宏观上加强对虚拟制造技术的指导,同时要使虚拟制造技术与各种先进制造技术相互衔接、协调发展。

(2) 加强人才培养和培训工作

人是先进制造的主体,没有高素质人的参与,再好的技术也发挥不了应有的作用。因此,企业领导应有人本思维,采用人机

一体的技术路线。企业应在培养和引进高层次、高质量研究型、管理型和开发应用型人才的同时,大力普及 CAD/CAM 技术,及时推行精益生产、并行工程等思想和技术,全面提高企业员工的技术素质。企业与高校应探索人才的联合培养新模式,不断增强科技创新能力。

(3)加强关键技术的研究、开发和应用

虚拟制造技术包括软件技术和硬件技术,其中建模技术、计算机仿真技术和虚拟现实技术等是实施虚拟制造的关键技术。我国科研力量分散,建立分布式网络化研究中心,以企业为主体,产学研相结合,重点投资与自身发展有关的关键技术的研究,进行研发和推广,是一条值得深入探索的道路。

(4)从企业实际出发,分阶段实施

企业要实现虚拟制造,应分阶段逐步实行,要做好全面扎实的基础工作,应加强 CAD/CAPP/CAM/NC/FMC/CAE 技术的研究和推广,在全面实施并行工程的基础上实施虚拟制造。

1.3 直齿圆锥齿轮虚拟设计和制造的研究意义

目前,虚拟制造技术已经在国外有所应用,它对未来制造业和企业的发展都将会产生深远影响。

a. 运用软件对制造系统中的五大要素(人、组织管理、物流、信息流、能量流)进行全面仿真,使之达到前所未有的高度集成与优化,达到“快、好、省”的目的,为先进制造技术的进一步发展提供更广大的空间,同时也推动相关技术的不断发展和进步。

b. 可加深人们对生产过程和制造系统的认识和理解,有利

于对其进行理论升华,更好地指导实际生产,即对生产过程、制造系统整体进行优化配置,推动生产力的巨大跃升。

本书对直齿圆锥齿轮虚拟设计和制造的研究具有以下几点意义:

a. 提供影响直齿圆锥齿轮性能、影响制造成本、影响生产周期的相关信息,以便使决策者能够正确处理直齿圆锥齿轮的性能、制造成本、生产进度和风险之间的平衡关系,做出正确的设计和管理决策,使决策者能直观感受和准确理解各种分析结果,做出正确决策。

b. 提高直齿圆锥齿轮的设计质量,减少设计缺陷,优化其性能。

c. 提高直齿圆锥齿轮的工艺规划和加工过程的合理性,优化其制造质量。

d. 通过对直齿圆锥齿轮制造的仿真,可以优化资源配置和物流管理,实现柔性制造和敏捷制造,缩短制造周期,降低生产成本。

e. 通过提高直齿圆锥齿轮的质量、降低其生产成本、缩短其开发周期及提高企业的柔性,以适应用户的特殊要求和快速响应市场的变化,形成企业的市场竞争优势。

f. 通过直齿圆锥齿轮的虚拟制造技术的应用将加快企业人才的培养速度,在商战中为企业把握机遇和带来优势。

1.4 直齿圆锥齿轮虚拟设计和制造所实现的功能和主要内容

本书所进行的主要工作可以归纳总结为以下几点:

a. 对直齿圆锥齿轮的传动原理和各部分尺寸进行了深入的研究。

b. 利用 Pro/Engineer Wildfire 软件创建出精确的渐开线曲线,并且可以在很小的工作量的前提下完成齿轮参数的修改,让一个齿轮可以轻松改变齿数、模数等参数,可以随意改变形状和大小。

c. 利用 Pro/Engineer Wildfire 软件精确创建出直齿圆锥齿轮精加工刀具轨迹。

d. 利用 Pro/Engineer Wildfire 软件进行后置处理来生成直齿圆锥齿轮精加工的数控程序,并利用 VERICUT 软件进行加工仿真。

此书研究内容主要实现了直齿圆锥齿轮的参数化设计与虚拟数控精加工,组织结构大致如下:

第一章大致介绍了此方向的研究意义、目的和所做的工作。

第二章主要介绍了 Pro/Engineer Wildfire 软件概况及其设计和加工的特点。

第三章详细介绍直齿圆锥齿轮的主要名称和各部分尺寸计算,重点介绍利用 Pro/Engineer Wildfire 软件进行直齿圆锥齿轮的参数化设计过程。

第四章重点介绍利用 Pro/NC 实现直齿圆锥齿轮的精加工过程。

第五章对全书进行了总结,介绍了该书研究结果和创新之处,并进一步提出了展望。

第二章 Pro/Engineer Wildfire 软件设计和加工特点

2.1 CAD 造型技术发展过程简介

CAD 技术在 20 世纪 50 年代后期起源于美国,经历了一个由二维设计技术向三维实体设计技术发展的过程。在 CAD 软件发展初期,主要是二维的计算机辅助绘图,CAD 的含义仅仅是图板的替代品,意指 Computer Aided Drawing(或 Drafting),而非现在经常讨论的 CAD(Computer Aided Design)所包含的全部内容,只是起到了一个电子图板的作用。因为二维机械 CAD 技术不能很好地解决设计中最困难的几个问题,包括复杂的投影线的生成、尺寸漏标、漏画图线、设计的更新与修改、设计工程管理等问题,所以二维机械 CAD 技术没有起到真正的计算机辅助设计的作用。CAD 技术以二维绘图为主要目标的算法一直持续到 20 世纪 70 年代末期,之后作为 CAD 技术的一个分支而相对独立、平稳地发展。早期应用较为广泛的二维绘图软件是 CADAM 软件,近十年来占据绘图市场主导地位的是 Autodesk 公司的 AutoCAD 软件。在我国的 CAD 用户特别是初期 CAD 用户中,将 CAD 技术用于二维绘图的仍然占有相当

大的比重。

人们在设计零件时的思维活动是三维的,是与颜色、材料、硬度、形状、尺寸、位置、相关零件、制造工艺等概念相关联的,甚至带有相当复杂的运动关系,只是由于表达手段有限,人们不得不共同约定了正交投影的二维视图表达规则,用有限个相关联的二维投影图来表达自己的三维设想。

二维视图的表达是极不完整的,而且需要经过专门训练的人来进行绘图、读图。在计算机上用二维视图来表达三维图形极不方便,并且工作效率较低。三维 CAD 技术的发展经历了 4 次技术革命:曲面造型技术、实体造型技术、参数化特征造型技术、变量化特征造型技术。

1) CAD 技术的第一次技术革命——曲面造型技术

CAD 技术发展到 20 世纪 60 年代初期,出现了用线框模型来简单表达图形的三维 CAD 系统,但仅能表达零件的基本几何信息,不能有效表达零件几何数据间的拓扑关系,并且由于线框建模缺乏形体的表面信息,无法实现 CAM 和 CAE(Computer Aided Engineering)等功能。进入 20 世纪 70 年代,发达国家的汽车及航空工业得到了飞速发展。在飞机和汽车制造过程中遇到了大量的自由曲面问题,由于当时设计师只能采用多截面视图和特征纬线的方式近似地表达所设计的自由曲面,制作出来的样品往往与设计者想象的形状有很大的差异,设计者对所设计的曲面形状能否满足要求没有确切的把握。后来将按比例制作的油泥模型作为设计评审或方案比较的依据,但这种既慢且繁的制作过程大大拖延了产品的研发时间,因此要求更新设计手段的呼声越来越高。此时法国人提出了贝赛尔算法,使得