

汽车协同制造 网格

QICHE
XIETONG ZHIZAO
WANGGE

曹源 姜恺
武殿梁 戴轶 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

汽车协同制造网格

曹 源 姜 恺 编著
武殿梁 戴 轶

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统介绍了网格计算技术应用于现代汽车制造业的关键技术和典型案例。主要内容
包括协同制造网格的基本理论和体系结构,协同制造网格的系统平台开发与集成技术,以及协
同制造网格在汽车耐撞性协同仿真、汽车耐撞性数据挖掘、汽车整车数模协同评审、汽车总装
线协同工艺仿真等方面的四项典型应用系统和示范案例。

本书可供从事数字化设计与制造、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、计算
机仿真、并行计算、网格计算、机械设计与制造、汽车设计与制造等行业的研究人员和工程技术
人员参考。也可作为机械工程、计算机工程等专业的研究生辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

汽车协同制造网格 / 曹源等编著. —北京:国防
工业出版社,2010.4

ISBN 978-7-118-06802-3

I. ①汽... II. ①曹... III. ①网络-计算技术-应用
-汽车-车辆制造 IV. ①U466

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 041502 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)
国防工业出版社印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 字数 510 千字
2010年4月第1版第1次印刷 印数 1—1500册 定价 65.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

中国是世界汽车制造和消费大国,但要实现从制造大国向制造强国的转变,关键是提升企业技术创新能力和产品自主开发能力。纵观国际先进汽车制造业,数字化制造技术是快速提升企业技术创新能力和产品自主开发能力的有效途径之一。数字化制造需要大量的资源,既包括设备资源,如超级计算机、数控机床等,也包括人力资源,如技术人员、管理人员等。对于像我国这样一个人口众多、地域广阔的发展中国家来说,地区之间、企业之间、部门之间的资源不平衡在过去一直存在,在今后相当一段时间内还会存在。在这种国情下,实现资源共享就显得尤其迫切和重要。网格计算技术是近十多年来发展起来的新技术,网格计算的基本思想就是充分利用社会资源,快速、高效、方便和安全地实现资源共享。因此,推动网格计算技术在现代制造业中的广泛应用对于实现我国从制造大国到制造强国的根本性转变具有重大现实意义和实用价值。

上海交通大学、上海超级计算中心和上海汽车集团股份有限公司技术中心长期进行产学研合作,推广并行计算技术、网格计算技术在现代制造业,特别是汽车制造业中的应用示范。2005年以来,合作研究完成了国家自然科学基金重大研究计划“以网络为基础的科学活动环境研究”中重点项目“协同制造网格示范应用”(编号:90612017),国家高技术研究发展计划(“863计划”)“中国国家网格南方主节点建设及应用服务关键技术研究”(编号:2006AA01A112),上海市科学技术委员会重点攻关项目“汽车协同制造网格”以及上海市信息化专项基金项目“基于高性能计算数据的可视化服务平台研发与应用”。目前,正在承担国家“863计划”重大项目“高效能计算机及网格服务环境”中重点课题“工业仿真与优化设计网格应用社区”(编号:2009AA01A131)和“行人交通事故的数字化重构技术及其应用示范”(编号:2007AA11Z234)。

本书主要内容是以上科研项目研究成果的系统总结和理论提升。因此,首先感谢国家自然科学基金委员会及其“以网络为基础的科学活动环境研究”专家组、国家“863计划”及其相关课题专家组、上海市科学技术委员会和上海市经济和信息化委员会的大力资助。还要感谢这些科研项目的承担单位:上海交通大学、上海超级计算中心和上海汽车集团股份有限公司技术中心的长期合作,特别要感谢上海汽车集团股份有限公司技术中心提供了良好的应用示范环境和条件。最后,要对所有参与这些项目研究的教师、工程技术人员和研究生表示感谢。正是大家的共同努力,才使本书成功面市。

本书内容共包括7章。第1章是绪论,主要介绍协同制造技术和网格计算的现状和发展趋势。第2章和第3章主要介绍网格计算和协同制造网格的基本理论、体系结构和平台系统等。第4章、第5章、第6章和第7章则分别介绍汽车协同制造网格的4个典型应用系统和相

关示范实例。

本书是在上海交通大学严隽琪教授的亲自指导下,由上海交通大学、上海超级计算中心和上海汽车集团股份有限公司技术中心的研究人员共同完成的。第1章、第4章和第5章由上海交通大学的曹源、金先龙、赵志杰、王建炜和上海汽车集团股份有限公司技术中心的戴轶分别撰写,最后由曹源统稿。第2章和第3章由上海超级计算中心的姜恺、陈家慧、李根国、徐彬和上海汽车集团股份有限公司技术中心戴轶分别撰写,最后由陈家慧统稿。第6章和第7章由上海交通大学的武殿梁、范秀敏、胡勇、甄希金和上海汽车集团股份有限公司技术中心的戴轶分别撰写,最后由武殿梁统稿。

本书内容丰富、取材新颖、体系完整。可供从事数字化设计与制造、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、计算机仿真、并行计算、网格计算、机械设计与制造、汽车设计与制造等行业的研究人员和工程技术人员参考。也可作为机械工程、计算机工程等专业的研究生辅助教材。

现代制造业的需求是多种多样和千变万化的,网格计算技术也还是一门发展中的新技术,网格计算技术在现代汽车制造业中的广泛应用还存在许多难点。本书只是作者在汽车协同制造网格研究和应用方面的初步探索,加之作者水平有限,书中难免存在不足和错误之处,敬请读者批评指正。

编著者
2009年12月28日

目 录

第1章 绪论	1	3.2 协同制造网格平台系统 设计.....	37
1.1 背景、意义和目标.....	1	3.2.1 平台业务流程	38
1.1.1 背景.....	1	3.2.2 平台基本功能模块	40
1.1.2 意义和目标.....	3	3.2.3 平台总体结构	43
1.2 国内外研究现状	4	3.3 协同制造网格平台关键 技术.....	46
1.2.1 协同制造国内外 研究现状.....	4	3.3.1 资源管理技术	46
1.2.2 网格技术国内外 研究现状.....	6	3.3.2 任务管理技术	50
1.3 应用前景.....	11	3.3.3 应用集成技术	57
参考文献	12	3.3.4 用户访问技术	64
第2章 协同制造网格概念与体系 结构.....	15	3.3.5 安全技术	70
2.1 引言.....	15	3.4 汽车协同制造网格平台 实现.....	74
2.2 网格计算基本概念.....	16	3.4.1 网格中间件	74
2.2.1 网格的产生	16	3.4.2 部署环境	77
2.2.2 网格的定义	18	3.4.3 汽车协同制造网格 平台视图	79
2.2.3 网格的发展	19	3.4.4 平台应用支持.....	115
2.2.4 网格体系结构	20	3.4.5 应用场景.....	118
2.3 协同制造网格体系结构.....	27	3.5 小结	119
2.3.1 定义及特征	27	参考文献.....	120
2.3.2 相关术语	29	第4章 汽车协同制造网格耐撞性 仿真应用	121
2.3.3 体系结构	30	4.1 引言	121
2.4 小结.....	36	4.2 汽车耐撞性协同仿真应用 分析	122
参考文献	36	4.2.1 工业需求分析.....	122
第3章 汽车协同制造网格平台.....	37	4.2.2 存在的主要问题和	
3.1 引言.....	37		

技术难点	124	5.2 汽车耐撞性数据挖掘应用	
4.2.3 开发目标	126	分析	170
4.3 关键技术	127	5.2.1 工业需求分析	170
4.3.1 耐撞性协同仿真应用		5.2.2 存在的主要问题和	
中间件技术	127	技术难点	171
4.3.2 耐撞性协同仿真网格		5.2.3 开发目标	171
workflow	134	5.3 关键技术	172
4.3.3 面向信息安全的模型		5.3.1 分布式数据挖掘	
协同设计方法	140	应用中间件技术	172
4.4 汽车耐撞性协同仿真实现	145	5.3.2 分布式数据挖掘	
4.4.1 汽车耐撞性协同仿真		网格 workflow	175
系统架构	145	5.3.3 网格环境下分布式	
4.4.2 开发流程	149	数据挖掘分类算法	
4.4.3 基本应用服务		及元数据求解	176
介绍	151	5.4 汽车耐撞性数据挖掘实现	192
4.4.4 关键服务的实现	153	5.4.1 汽车耐撞性数据挖掘	
4.4.5 网格服务执行流程	154	系统结构	192
4.4.6 协同仿真成员间的		5.4.2 网格环境下分布式数	
信息安全	155	据决策树挖掘服务	193
4.4.7 网格试验床与		5.4.3 网格环境下分布式数	
Portal	156	据挖掘流程	196
4.5 汽车耐撞性协同仿真典型		5.4.4 分布式数据挖掘网格	
应用	157	试验床	199
4.5.1 整车有限元模型及		5.5 汽车耐撞性数据挖掘典型	
试验场景	157	应用	199
4.5.2 汽车耐撞性协同		5.5.1 整车有限元模型及	
仿真过程	159	验证	200
4.5.3 汽车耐撞性仿真		5.5.2 乘员约束系统的	
结果分析	164	主要组成及其工作	
4.5.4 典型应用总结	166	原理	203
4.6 小结	166	5.5.3 源数据的构建	204
参考文献	167	5.5.4 汽车耐撞性数据	
第5章 汽车协同制造网格耐撞性		挖掘过程	206
数据挖掘应用	169	5.5.5 挖掘结果分析及	
5.1 引言	169	知识验证	211
		5.5.6 应用总结	212

5.6 小结	213	第7章 汽车协同制造网格装配	
参考文献	214	仿真应用	277
第6章 汽车协同制造网格数模		7.1 引言	277
评审应用	216	7.1.1 生产线工位协同装配	
6.1 引言	216	工艺仿真应用及技术	
6.1.1 汽车设计中的整车数		现状	277
模评审应用及技术		7.1.2 基于网格计算的协同	
现状	216	装配技术特点与意义 ...	283
6.1.2 基于网格的整车数模		7.2 汽车协同装配工艺网格体系 ...	284
可视化评审技术特点		7.2.1 协同虚拟装配仿真	
及意义	220	对网格的需求	284
6.2 汽车数模协同评审网格体系 ...	222	7.2.2 汽车协同装配仿真	
6.2.1 应用需求分析	222	网格体系结构	285
6.2.2 汽车数模协同评审		7.2.3 协同装配仿真应用	
网格体系结构	227	过程	288
6.2.3 汽车数模协同评审		7.3 汽车协同装配仿真资源与	
工作流程	228	服务	290
6.3 汽车数模协同评审网格		7.3.1 装配场景维护资源	
管理技术	231	与服务	290
6.3.1 任务管理与调度	231	7.3.2 模型数据转换资源	
6.3.2 资源管理	240	与服务	304
6.3.3 数据管理	250	7.3.3 干涉与间隙分析	
6.4 汽车数模协同评审资源服务 ...	255	资源与服务	308
6.4.1 场景维护资源服务	256	7.4 汽车协同装配仿真网格	
6.4.2 渲染资源服务	260	管理技术	316
6.4.3 图像输出资源服务	263	7.4.1 任务管理与调度	316
6.4.4 可视化客户端	265	7.4.2 用户管理	319
6.5 汽车数模协同评审网格		7.4.3 仿真数据管理	324
的开发与应用示范	266	7.5 汽车协同装配仿真网格	
6.5.1 汽车数模协同评审		开发与应用示范	326
网格的开发	267	7.5.1 汽车协同装配	
6.5.2 应用示范背景与目标 ...	270	仿真网格开发	326
6.5.3 应用示范过程与结果 ...	270	7.5.2 应用示范背景与目标 ...	330
6.6 小结	275	7.5.3 应用示范过程与结果 ...	331
参考文献	275	7.6 小结	340
		参考文献	341

第1章 绪 论

1.1 背景、意义和目标

1.1.1 背景

1.1.1.1 汽车制造业面临的问题

制造业一直是国民经济发展的基础,发达国家的经济起飞就起源于工业革命之后^[1-4]。世界制造业的发展由劳动密集型、资源密集型到资源资本要素投入型,再发展到技术资本密集型和知识技术创新型;由传统制造业到高新技术产业、先进制造业,并将进一步到先进制造业与现代服务业互动共融发展;由传统生产方式到先进制造模式,并最终实现循环经济发展模式。而先进制造业的发展正适应了制造业全球化,即生产全球化、销售全球化、融资全球化、服务全球化和研发全球化的趋势^[5,6]。

网络技术的发展和应用,大大拓展了企业的制造和销售范围。全球生产、全球销售已经成为许多跨国公司的经营战略。要在经济全球化的浪潮中得以生存和发展,21 世纪的制造企业首先要转变其制造模式来适应经济全球化的大趋势。因此,全球制造需要企业之间有效协作,共享资源,才能快速响应动态和不可预测的市场。协同制造是以虚拟企业的形式迅速而高效地制造出产品的能力,通过计算机网络组织和协调分布在多个企业中的人力、设备和信息资源,缩短产品的开发和生产周期。目前,制造业已经广泛采用了协同制造模式,对于复杂产品(如汽车),其设计、制造、装配、分析、试验和工艺等过程通常由不同工程领域和企业部门的、地理上分布的多个小组协作完成。

另一方面,在我国以汽车产业为代表的先进制造业发展迅速。汽车生产、需求迅速扩大。目前,我国汽车生产达到了空前规模。2009 年,国内产销量均突破了 1000 万辆,成为世界上最重要的汽车生产和销售市场之一。汽车工业已成为国民经济的支柱产业。然而,中国汽车工业最大的软肋当属缺乏自主品牌、自主开发。如果采取传统方法开发自主品牌汽车,则投资大、周期长、风险也大。国内单个汽车制造企业还缺乏汽车自主品牌开发所需的各种技术资源和人力资源。

网络信息技术的发展给中国汽车工业自主品牌开发提供了一个机遇,利用协同制造网络,可以对分布在各地的多种技术资源、人力资源进行整合。这对于缩短汽车自主品牌开发周期,减低汽车自主品牌开发成本具有更重要的实用价值。然而当前使用的技术还不能很好地解决制造过程中的资源共享和协同工作等问题,以汽车工业为代表的制造业所面临的问题可归纳为下列几个方面。

(1) 采用传统理论和技术开发的系统,制造资源都是静态分配,应用与资源静态绑定在垂直架构内^[7]。在构造协同制造应用时就确定了各设计单元、制造单元和设计计算、存储等资源之间的对应关系,两者被静态地绑定在一起。制造执行过程中,无论制造资源的负载轻重,

这种静态绑定关系都不会发生改变。这些系统成为一个个孤立的个体,难以与其他系统共享和重用各种资源和功能。静态绑定方式容易造成某些制造资源成为整个系统运行瓶颈,一些制造资源负载过重,而另外一些资源则不能够被充分利用。

(2)制造数据的表示没有统一。定义设计工程师与制造工程师能够共同理解的制造数据是制造系统正确运行的前提条件。但是,目前制造业还没有给出数据类型方面的规定,制造数据类型和语义的表示就需要使用制造体系之外的技术来完成。

(3)缺乏对制造全生命周期的支持。产品的设计、分析和制造过程没有完全同步,将会引起协作性很强的设计、分析和制造过程的反复,往往造成上市周期的延长和成本的提高。产品的设计、分析和制造过程使用在线协作的工作方式,已经成为分布式制造系统迫切需要解决的问题。

(4)缺乏对大型制造应用的支持。对于复杂的产品(如汽车等),受限于计算能力缺乏对其进行整体装配模拟和整体分析计算。使用高性能计算机或网格平台来进行并行计算,是解决大型制造应用中计算需求的有效手段。

(5)制造系统的安全性不强。现有制造系统对安全性考虑较少。分布式制造系统往往被限制在企业的局域网内运行,以防在广域网上造成泄密现象。分布式制造系统的规模和完整性受到了严重的限制。

(6)制造系统的容错性较差。由于传统制造系统的资源是被静态分配的,当系统某个瓶颈环节出现问题时,将造成整个系统的失效。这样的制造系统缺乏必要的容错能力。

针对汽车设计和生产过程中存在的问题,发展和提供更加先进的技术手段是汽车产业协同制造发展的根本出路。网格计算是当前较为先进的分布式计算解决方案,它为协同制造所面临的困难提供了一种可能的解决途径。网格技术可以通过对网格计算环境中资源的有效聚合形成一个动态的协同制造平台,为设计制造提供统一的安全访问机制、巨大的计算能力、丰富的信息处理和可视化工具等来达到信息的充分共享、数据的统一访问和安全管理等,从而解决协同制造过程中所面临的问题。

1.1.1.2 汽车工业对网格的需求

网格计算为汽车产业的协同制造的进一步发展提供了技术支持,同时汽车协同制造的研究反过来也会促进网格技术研究的提升和深入。汽车的协同制造要求实现跨地域全面的信息共享、各种资源能够有效地聚合与分散、研究工作的各个学科能有效协同与交流、针对问题的灵活多样的求解工具、需要对制造数据进行有效组织管理、异构交换和统一访问等。因此,汽车的设计与制造对网格计算的需求主要可以归结为以下几个方面。

(1)提供网格计算应用支撑中间件来屏蔽异构资源,实现异构资源的无缝集成,为用户提供逻辑上一致的资源环境。

(2)提供对逻辑资源的交互机制,支持时间、空间上分布的群组工作,实现协同工作模式和交流方式。

(3)提供丰富的大规模、协同工作解决问题的工具,如编程环境、编程语言、编程模型、视算工具(远程图形、图像可视化处理与访问)、数据远程存储工具、高亲和力的交互门户工具等。

(4)对各种异构和不同访问方式的科学数据进行有效的组织管理,提供统一的访问机制来满足各类不同应用对数据的操作和利用。

(5)完善产品协同服务,企业计算模式走向集成的、多层次的分布系统,实现各类服务组件跨地域、跨企业的动态实践过程。

1.1.2 意义和目标

如前所述,协同制造是先进制造技术的一个重要方面,是推动我国由“制造大国”向“制造强国”迈进的技术保障之一。企业对于各类资源的波动性需求使得企业拥有产品设计、开发和制造所需的全部资源是不现实的。而且,随着工业领域分工协作细化,越来越多的设计转移到为大生产商提供服务的供应商和服务者方面,要求资源、信息和经验等的共享更全面、开放和灵活。另一方面,传统的公共资源的使用模式单一、易用性差,难以满足工业用户多样性的需求。所以,当前整个产品设计和制造过程中的多个重要环节都需要协同技术来解决所面临的各种问题。但由于技术、经验、资源的缺乏和不均衡,以及共享机制的欠缺使得我国在这方面与发达国家存在较大差距。

本书依托著者完成的多项国家和省部级课题,在借鉴国内外的最新研究进展的基础上,总结了在汽车协同制造、网格理论和技术方面的多项成果,并以此为基础详细描述了在复杂分布式企业环境中实现应用与资源的动态集成和安全共享的工程实例。本书介绍的研究成果将有助于解决协同设计与制造过程中所面临的问题。进一步推广和应用,可实现不同领域、不同组织和地理上分布的各种资源的协同与共享,为我国工业产品的自主开发,提供技术上的支持。

另一方面,世界各国都在积极开展对网格计算的研究,我国也在大力发展网格技术。国家自然科学基金、“863 计划”等均为此成立了专项,组织国内科研院所着手研究网格的关键技术,包括网格操作系统、网格节点、宽带网络系统、资源管理和任务调度工具以及应用层的可视化工具等。因此,基于具有自主知识产权的网格软、硬件技术,开发网格应用系统对我国网格技术的发展具有战略性意义。

本书提出、设计和建立的汽车协同制造网格尝试实现以下几个目标。

(1)根据汽车协同设计和制造的要求,研究“汽车协同制造网格”的功能、组成和体系结构等基本理论,研究“汽车协同制造网格”中资源管理、任务管理与调度、安全机制、通信技术和用户界面等关键技术。为网格计算技术开拓新的应用领域。

(2)针对网格技术的体系结构和技术特点,研究汽车工业中协同制造的新内涵和新特征,研究汽车设计与制造资源的建模、封装和集成等关键技术,重点解决“汽车协同制造网格”中设计制造过程的并行性、信息获取与处理的智能性、组织结构的灵活性、以及运行管理的敏捷性等问题。为协同制造的研究、实施提供新的集成技术和运行环境。

(3)以国家网格南方主节点——上海超级计算中心为基地,以特大型国际化工业城市——上海市为示范范围,结合上海市的“一网两库”公共平台建设,对上海市的先进设计和制造资源进行整合,建立具有国际先进水平、国内领先的“协同制造网格示范平台”。充分发挥上海在高性能计算和网格计算方面的硬件优势和软件优势,充分发挥上海已有的知识优势和人才优势,更加有效地为上海市和全国的制造企业提供共享资源和公共平台。

(4)结合汽车生产实际,以具有大批量定制特点的汽车制造为应用对象,利用“汽车协同制造网格”辅助制造企业建立满足市场需求的动态联盟、柔性生产线和多学科的仿真平台,为提高汽车制造企业的新产品开发能力提供先进手段和工具。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 协同制造国内外研究现状

1.2.1.1 协同制造的国外研究现状及分析

近些年来,发达国家纷纷制订了基于网络的先进制造技术发展战略,旨在建立共享、集成、协作的产品开发模式,进一步缩短产品开发周期,提高产品质量,从而在激烈的市场竞争中获胜。例如,美国提出敏捷制造(Agile Manufacturing)战略,旨在利用信息高速公路及动态联盟的组织形式,将分散的企业有效地组织起来,加速新产品的的设计开发和制造;日本提出智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS)的研究计划,目标是实现当前生产技术的标准化,开发出能使人和智能设备都不受生产操作和国界限制、彼此合作的高技术生产系统;德国提出生产2000(Production 2000)战略计划,研究重点包括利用信息和通信技术,促使制造业的现代化、全球化和企业直接的协同,并大力开展相关的标准化问题的研究。在这些先进制造技术发展战略中,网络化产品协同作为一种重要的支持技术,已经引起各国研究机构和企业界的广泛重视,关于协同设计与制造的研究也已经成为各国先进制造发展战略重大研究计划中不可缺少的重要组成部分。

为了实施先进制造战略,各国纷纷启动了一系列研究项目,均把协同设计作为其重要的研究内容,一些有代表性的研究项目举例如下。

美国伯克利加州大学的集成制造实验室在美国国家科学基金、美国国防部先进研究计划代理和福特汽车公司的资助下开展了一个名为Cybercut的研究项目,建立了世界上第一个基于Web的设计和制造系统^[8,9]。美国斯坦福大学的大型智能化网络化协同设计系统PACT项目^[10,11],用于研究大规模分布式并行工程系统,此项目较为系统地研究了网络化协同设计的问题。由APAR SISTO资助Stanford大学CDREIT及SIMA合作开发的SHARE项目支持Internet网上的设计小组进行同步的产品设计^[12]。CoCount^[13]是一个开放分布式环境、支持异地的设计人员合作协商共同完成同一产品的设计制造,此项目现在仅支持协同设计部分。Eprint资助的RACE CAR^[14]以汽车工业为应用背景进行了并行工程的研究。CECED^[15]以协同设计为出发点进行了并行工程支撑环境的研究。Boeing公司从20世纪90年代初开始开发Boeing777时,为方便分布在异地的设计人员及节省时间,缩短设计周期,进行了名为FlyThru的项目研究^[16],FlyThru的开展为设计人员提供了异步协调的手段,并节省了大量的资金。Toni Robertson^[17]分析探讨了多媒体远程教学软件从早期的研制开发到原型系统的产品化过程中协同设计的一些问题。

欧盟Bridge项目^[18]对企业协同设计行为进行了分类:面向研究的协同、面向技术的协同和面向市场的协同。并针对不同情况总结了协同设计对企业的帮助。该项目分析并提出了当代协同设计系统需要在功能、互操作、安全性、QoS、性能和监控方面应达到的要求。

在美国以敏捷化产品开发与制造为主题的大型研究计划TEAM(Technologies Enabling Agile Manufacturing)、NAMT(National Advanced Manufacturing Testbed)、AMII(The Agile Manufacturing Information or Infrastructure)以及欧洲和日本的高技术发展计划(ESPRIT计划和IMS计划)中,也都把协同设计与制造作为其重要的研究内容。

另外,从事协同设计研究的项目还有:美国麻省理工学院 CAD 实验室的 DME 项目^[19]和 DICE 系统^[20,21],美国 Spectra 图形公司的 TeamSolutions 系统^[22],美国 WebScope 公司基于 Web 的 CAD 协作支持工具^[23]等。

在先进制造业发展中,汽车制造业的发展和协同技术应用处在领域的前列。激烈的市场竞争中,汽车制造商一方面要缩短研发周期、改善质量、降低成本;另一方面消费者对汽车安全性、舒适性提出了更高的要求。面向全球的汽车制造商与零部件供应商强强联手,协同开发汽车产品可以很好地解决以上矛盾^[24]。因此,整合优势资源进行新车协同设计成为普遍关注的焦点。汽车业的科研人员在各个方面对汽车的协同设计做了大量的研究与实际工作:Roman Nossal 等针对汽车电子的协同制造,提出了适用于 OEM - supplier 方式的 Information Domains 模型和合同机制^[25,26]。该方案尝试在保护制造商与部件商各自知识产权前提下,实现协同开发。S. H. Kong 等针对汽车冲压件,提出了一个基于互联网的协同制造系统,该系统基于 COR-BA 技术,实现了设计信息的共享,以及多方设计的冲突解决方案^[27]。R. Ansgar 等针对汽车电子系统的协同设计,基于 CSCS 与 DOM 技术提出了一个实时协同设计系统框架,该系统可以实现单用户应用系统的扩展^[28]。S. D. Noh 等在汽车协同装配领域,提出了基于 Java、VRML 以及多代理技术的汽车零部件协同装配系统,解决了多部件商与整车商异地、同步协同装配的问题^[29]。M. Murphy 等探讨了将网格技术应用于汽车协同制造领域,用来处理 BMW 公司的加拿大与德国研究机构之间的可视化协同开发。利用网格技术在资源共享及协同上的优势,基于智能代理技术利用系统内闲置计算资源进行车辆模型的 3D 显示,并讨论了将此架构用于汽车碰撞仿真的可能性^[30]。

1.2.1.2 协同制造的国内研究现状及分析

国内对协同设计与制造技术的研究起步较早,也有很多成果。1997 年,国内有关单位和学者成立了“现代设计与产品研究开发网络”、“虚拟异地合作设计组织”,随后国家自然科学基金和“863 计划”开始鼓励研究网络化设计与制造领域。目前,国内有很多学者企业正在掀起网络化设计与制造的研究与应用热潮,华中理工大学杨叔子院士等在国家自然科学基金资助下进行网络化制造方面的研究,提出了“基于 Agent 的网络化制造”模式和分布式网络化制造系统(Distributed Networked Manufacturing System, DNMS)^[31-36];香港理工大学李荣彬教授和同济大学张曙教授以香港和内地的产品设计、生产和销售协作关系为背景,提出了一种“分散网络化生产系统(Dispersed Network Production System, DNPS)”模式^[37-41];重庆大学制造工程研究所所长刘飞教授在国家 863/CIMS 主题和重庆市科委资助下,针对我国西部发展战略以及为了加强地方政府在网络化制造合作中的作用,提出了“区域性网络化制造系统(Regional Networked Manufacturing System, RNMS)”模式^[42]等。

近年来协同设计研究更加深入和丰富。参考文献[43]分析了实现异地设计与制造的若干关键技术,并提出基于产品装配模型、软件代理和特征技术解决动态产品模型数据和冲突信息的自动收集转换和传输等关键问题。参考文献[44]提出了制造资源的封装,采用了开放式体系结构,利用异构制造资源之间的通信与协作使不同的制造资源能够快速集成到系统的集成框架中。参考文献[45]提出了表述多级协作目标进度和协作方制造资源变化等信息的综合自相似算法。基于该算法,提出依靠每一个子任务的 Web 曲线来获取进度信息的自相似方法。阐述了综合多个同级子目标进度的方法,以获得总的进度情况。参考文献[46]给出了制定信息安全策略的基本准则。基于分形 Agent 的动态角色,制定了一套适合于网络协同制

造系统的 Web 访问控制策略。参考文献[47]提出了基于网格的跨企业协同制造平台。该平台包括制造资源管理系统、制造任务建模系统和制造任务管理系统以及面向网格的协同工具。参考文献[48]描述了复杂产品协同制造支撑平台的系统组成、系统集成技术及其主要技术特点。参考文献[49]提出 ASP 模式网络化协同制造系统的体系结构,该体系是网络化协同制造 ASP 平台总体技术体系中的重要组成部分。

软件开发商也在开发基于 Web 的设计系统和协同设计支持系统方面积极开展工作,并已推出了一批新的商用软件。在这些新软件中,一类是对原有的 CAD 系统进行扩展,增加基于 Web 的功能,另一类是重新开发的网络化系统设计支持环境。前者由于实在原有系统的基础上增加了 Web 的壳,所以,在支持真正的异地异构环境下的设计方面还存在许多问题;后者主要目标是提供协同交流的环境,而普遍缺乏常用的 CAD 系统的设计和集成信息的功能。

综合目前研究现状,可以得到如下认识:基于网络的各种协同技术迅速发展,作为支撑技术,网络化产品协同设计已经成为产品设计与制造领域的研究热点。从总体上说,目前使用的技术还不能很好地解决协同设计过程中的资源动态共享和协同工作等问题,所面临的技术难点:①资源静态分配;在构造协同系统时就确定了各设计单元和计算、存储等资源之间的对应关系,两者被静态绑定。协同过程中,绑定关系不能发生改变。②缺乏对设计过程协同的支持;设计、分析过程没有完全同步,导致协作性很强的设计、分析过程的反复,造成周期延长和成本提高。③缺乏对复杂设计应用的支持;对于复杂产品,限于计算能力,难以对其进行整体装配和分析计算。④协同设计环境的安全性不强;现有协同系统对数据安全和知识产权保护考虑较少,协同系统往往被限制在企业内部运行。因此协同设计系统的规模和完整性受到了严重的限制。

为了解决上述难点,许多研究项目和学者已经开始尝试应用新的支撑技术,如网格计算,来建立更完善地支持协同设计的系统环境。但是这些研究还不够深入,不仅与实际应用结合不足,而且较多地停留在概念层次上,缺乏系统的理论体系和关键技术的突破。

1.2.2 网格技术国内外研究现状

网格的基本思想是将每个分布的计算资源都看成一个节点,通过高速网络连接这些分布的、异构的计算资源节点,从而形成网格。在软件配置系统、软件工具和应用环境的支持下,使这些资源互相协调形成单一的超大计算环境或网络虚拟超级计算机。实现这些计算资源连接、配置、运行和管理的技术被称为网格计算技术,简称网格计算。

2000 年, Ian Foster 在《网格的剖析》中把网格描述为“在动态变化的多个虚拟机构间共享资源和协同解决问题。”2002 年 7 月, Ian Foster 在《什么是网格? 判断是否网格的三个标准》一文中,限定网格必须同时满足三个条件:①在非集中控制的环境中协同使用资源;②使用标准的、开放的和通用的协议和接口(Ian Foster 认为目前只有 Globus 才算得上标准协议);③提供非平凡的服务。这三个条件非常严格,像 P2P(Peer to Peer, 对等)、SUN Grid Engine、Condor、Entropia、MultiCluster 等都被排除在网格之外。但并不是所有人都同意他的观点,例如,有许多人赞同广义的网格概念,它称为巨大全球网格(Great Global Grid, GGG),它不仅包括计算网格、数据网格、信息网格、知识网格、商业网格,还包括一些已有的网络计算模式,例如,对等计算、寄生计算等。

不管是狭义还是广义的网格,其目的是要利用互联网把分散在不同地理位置的电脑组织成一台“虚拟的超级计算机”,实现计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、软件资源、存储

资源、通信资源、知识资源、专家资源等的全面共享。其中每一台参与的计算机就是一个节点,就像摆放在围棋棋盘上的棋子一样,而棋盘上纵横交错的线条对应于现实世界的网络,所以整个系统就叫做“网格”了。在网格上做计算,就像下围棋一样,不是单个棋子完成的,而是所有棋子互相配合形成合力完成的。传统互联网实现了计算机硬件的连通,Web 实现了网页的连通,而网格试图实现互联网上所有资源的全面连通^[50-52]。

目前,网格技术的研究已不单单是早期的对各种网格中间件软件,如 GLOBUS, UNICORE 的开发,随着全球化的制造趋势及高性能计算的广泛应用,人们逐渐关注网格的应用领域。基于 HPC 的工程仿真、优化问题也对网格技术提出需求,需要网格技术支持异地、异构平台上工程仿真的协同以及对各种高性能计算硬件资源、软件资源、算法的有效共享。

1.2.2.1 网格技术的国外研究现状及分析

网格技术的研究在国外有比较长的历史。网格技术起源于美国通过网络使用超级计算机的研究,所以,在网格技术开发和网格示范系统方面,美国已有了多年丰富的资源积累。但是在 2004 年,网格的研究和应用开发已经由美国为中心转向了北美洲、欧洲和亚洲并重的局面,同时网格研究的重心由科研界转向了工业界。随着开放网格服务体系结构 OGSA 和 Web 服务资源框架 WSRF 的提出,单纯面向科学活动的网格计算已经真正开始转向面向服务的信息网格。工业界开始积极参与网格研究并逐步起到主导作用。目前,范围最广泛的,还是以面向科学活动的国家和地区网格为主。

在网格项目开发上,面向科学活动的大型传统网格项目应用的范围和规模持续增大。此类项目主要由国家或地区机构资助,为具有广泛社会效益的科学应用提供基础支撑。有许多研究网格计算的项目,例如,美国的 Globus、Legion、WebFlow、NetSolve、NASA IPG 和 DOE e-science 等。日本的 Ninf 和 Bricks。澳大利亚的 Nimrod/G 和 DISCWorld。欧洲的 UNICORE、CERN Data Grid、MOL、Globe、DAS、MetaMPI 等。

Legion^[53]是维吉尼亚大学开发的基于对象的元系统。Legion 提供软件框架以便一个地理上分布的异构系统、高性能机器能够无缝交互。Legion 试图在工作站上提供给用户一个单一的、连续的虚拟机器。在 Legion 系统中,任何事情都是一个对象——对象代表所有的硬件和软件组件。每个对象是一个活动的进程,它响应系统内来自其他对象方法的调用。Legion 为对象交互定义了 API,采用不同途径来提供元计算环境:它把所有的组件包装起来成为对象。使用面向对象方法有很多好处,但也并不能克服许多问题,而它们当中许多是 Legion 与合法应用服务交互需要相联系的。

NetSolve^[54]是 20 世纪 90 年代由美国田纳西大学创新计算实验室开发的提供用户无缝访问远程计算硬件和软件资源的网格计算系统。NetSolve 系统的体系结构主要包括 NetSolve agent(一个信息服务和资源的调度器)、NetSolve 服务器(它提供可计算的硬件和软件资源)和 NetSolve 客户端的库(Client Libraries,它允许用户用调用远程计算服务的形式来实现自己的应用程序代码)。在 NetSolve 及其有关的应用结构中,NetSolve 是属于网格中间件,它是把实际应用同硬件和软件的需求结合起来的粘结剂。在 NetSolve 的 agent 层上,NetSolve 提供了 C API 和 Fortran API,使得建立协同制造的求解及应用非常方便。这些 API 还可以支持 Matlab、SCIRun 等。

Globus^[55]项目是美国 Argonne 国家实验室等科研单位的研发项目,在初始阶段,全美有十多所大学和研究机构参与了该项目的研究工作。Globus 对信息安全、资源管理、信息服务、数

据管理以及应用开发环境等网格计算的关键理论和技术进行了广泛的研究,开发出能在多种平台上运行的网格计算工具包软件(Globus Toolkit),能够用来帮助规划和组建大型的网格试验和应用平台,开发适合大型网格系统运行的大型应用程序。Globus 工具包是 Globus 最重要的实践成果,其第 1 版在 1999 年推出。在 2005 年 4 月 30 日发布的最新版本 Globus Toolkit 4.0 被称为是距今为止“最能满足企业需求”的版本。

美国能源部(DOE)支持的科学网格(Science Grid)用 622Mb/s 的 ESNet 网络连接了能源部的两台超级计算机,网格计算能力达到每秒 5 万亿(5×10^2 , 5T)次,存储能力达到 1300 万亿字节;美国国家科学基金 NSF 支持的 TeraGrid 将连接位于五个不同地方的超级计算机,达到每秒 20 万亿次的计算能力,并能存储和处理近 1000 万亿字节的数据。该项目更强调与现有的网格技术成果和网络技术软、硬件领域成果的综合应用。如集成 Globus、conder 等构成一个更大的分布式计算环境来满足网络环境的各类活动——主要是科学活动的需要。DOE science Grid 的体系结构包括 PSE 及应用、网格共同服务层(标准化服务和统一资源接口)、分布式资源以及 Internet 和通信服务层。

亚太地区网格(Asia Pacific Grid, ApGrid)是亚太地区的合伙网格计算项目。2004 年 5 月底,已有来自 15 个国家(包括澳大利亚、加拿大、中国、日本、美国等)共 49 个组织加入 ApGrid。ApGrid 主要支持两大应用:地球科学(如气候模拟、流体模拟、地震工程等)和生物信息(如基因科学等)。

Grid3 是一个国际数据网格联盟项目,目的是建设下一代 iVDGL(international Virtual Data Grid Laboratory)实验室,为 LHC 产生以及分析应用提供基础设施和服务支持,同时 Grid3 项目也为包括 LIGO、SDSS 应用之类的计算机科学技术演示提供一个通用平台。该项目跨越美国与韩国,超过 25 个站点,拥有 2000 多个 CPU。目前,有 7 个应用运行在 Grid3 上,其中三个关于高能物理模拟以及四个关于高能物理、生物化学、天体物理以及天文学的数据分析。

目前,针对工业领域中协同问题求解的研究和计划:英国的 UK e - science 计划,它计划总投入 1.2 亿英镑,其中的 7500 万英镑用于建立许多科学和工程领域的大规模 UK e - science 的先导性的项目,构建一个支持分布、异构计算和数据资源共享以及支持科学家群体之间的有效协作的基础设施。这个基础设施参照的就是网格。另外的 1000 万英镑投向了 Teraflop 计算机的研究开发。余下的 3500 万英镑组成了 UK e - science 的“核心计划(Core Programme)”。核心计划的目标就是加速开发协作应用所需的鲁棒的和通用的网格中间件。

EUROGRID^[56,57] (2000—2004)由欧洲第六框架资助的(grant no. IST 1999 - 20247)。该项目基于并扩展拥有 C/S 结构的网格中间件 UNICORE,为欧洲的工程应用提供网格计算支持。其扩展功能包括有效的数据传输,由于该网格项目应用在 Internet 环境,因此需要对海量数据进行快速而安全的数据传输;资源代理,针对远程、异构节点的计算网格资源代理;应用服务代理机制(Application Service Provider, ASP);应用耦合,大型工程计算应用往往涉及子问题的相互作用,这些子问题通常处在不同的机器上。典型的案例是流体与固体的耦合问题,他们拥有不同的算法,且算法分布在不同的主机上。针对此问题,该项目开发了集成这些子问题的中间件系统。

SIMDAT^[58] (2004—2008)由欧洲第六框架资助(grant no. IST 2004 - 511438),基于 GRIA 网格中间件的涉及工业产品开发的网格应用项目。该项目针对汽车制造、航天制造、药物制造、气象预测应用的需求,重点研究了网格中的虚拟组织管理、网格基础设施的集成、分布式数据管理、科学应用问题的 workflow 技术、分析服务的集成以及知识服务。目的是共享和集成

异地数据和流程,建立不同学科之间的合作,以及整合和相关设计,仿真和试验。

DataMiningGrid (2004—2006)由欧洲第六框架计划资助,应用于对分布式数据挖掘场景的支持。网格基础基于 GT4,数据挖掘工具 WEKA 以及 TRIANA 工作流模块,OGSA - DAI 作为分布式数据访问模块^[59]。

Bridge^[18] (Bilateral Research and Industrial Development Enhancing and Integrating GRID Enabled Technologies,2007—2009)由欧洲第六框架资助(grant no. IST 2006 - 045609)。该项目是异构网格平台在工程领域中用于仿真和设计的应用。该项目基于中欧两地在先前项目中已经取得的成果,着力于解决由于成员间远程合作以及密集协作与知识产权保护之间的目标分歧所引起的主要技术问题。BRIDGE 在中国的 CNGRID 和欧洲的 GRIA 基础设施之间建立一个可进行分布式工作流操作和访问分布式存储仓库的互操作界面。通过对特定分析服务的远程访问,能够对这些产品和过程开发进行的分析服务进行真实,可控的使用,而不必暴露其细节。

NEES GRID^[60,61] (Network for Earthquake Engineering Simulation,地震仿真网络 2000—2004)由美国国家科学基金 NSF 资助。该网格系统由众多部门开发,包括国家科研机构、实验室及私人机构。NEES 为全美的地震研究者提供一个统一的研究平台,他们可以共享计算资源及试验设备,支持远程系统规划、物理试验和基于模型的仿真、计算分析,提高日益复杂的分析和数值模型试验。目前,依靠圣地亚哥超算中心,NEES Cyber infrastructure Center (NEESit)向地震研究者提供信息服务工具及基础设施,使其可以远程参与地震试验、执行混合仿真、共享数据以及与其他同事协同工作。该网格项目的任务是通过使用、部署以及提供计算资源和信息技术来提高远程异地观测和控制的能力,能够在试验、计算、理论、数据库和基于模型的模拟等方面实现分工、整合以进行地震工程的研究和教育,进而优化抗震设计,提高建筑性能。

信息产业界诸如 IBM、HP、Sun、Microsoft、NTT、Intel 和 SGI 等 IT 公司也相继公布了与网格目标一致的研究开发计划。IBM 在 2001 年 8 月宣布,将投入 40 多亿美元进行“网格计算创新计划”(Grid Computing Initiative),全面支持网格计算。IBM 经过努力不仅成为 Globus 的首席合作伙伴,还成为 OGSA 标准的制定者之一。由于掌控了制高点,IBM 不仅是 DOE 科学网格的主要承包商,还得到英国国家网格的合作伙伴。目前,IBM 正在将网格技术嵌入到它的 WebSphere 平台和一系列中间件中,以图在网格市场中抢占先机。

Sun 与其竞争对手一起支持 AVAKI 与 Globus 等行业组织,积极参与网格计算开放标准的建立,并推出了其新的网格软件。2001 年 11 月,Sun 推出了 Sun Grid Engine 企业版 5.3 版软件的 β 版,一年多来其 Sun Grid Engine 5.2.3 版软件的用户已经增长了 20 倍。

Microsoft 的研究部门也参与了网格计算研究项目,包括容错远程文件系统 Farsite 以及建设分布式系统的 Millenium;HP 也表示将提供 Coolbase 软件,使用户可以通过 Internet 共享各种计算设备;Compaq 宣布正在制定一个全球性的网格计算解决方案计划,建立了网格计算高级研究中心,并与加拿大 Platform Computing 结盟,为用户提供完整的、集成的、开放的网格解决方案。

1.2.2.2 网格技术的国内研究现状及分析

在我国,网格技术研究虽然起步较晚,但各种网格项目积极开展:1999 年—2001 年,在教育部支持下,李三立院士带领清华大学网格研究组率先进行了先进计算基础设施(Advanced Computational Infrastructure,ACI)的研究。ACI 将分布于北京和上海的两台自主研发的超级计