

新编《信息、控制与系统》系列教材

出 版 说 明

信息、控制与系统学科是在 20 世纪上半叶形成和发展起来的一门新兴技术科学。在人类探索自然和实现现代化的进程中,信息、控制与系统学科的理论、方法和技术始终起着重要的和基础的作用。基于信息、控制与系统科学的自动化的发展和应用水平在一定程度上是一个国家和社会的现代化程度的重要标志之一。本系列教材是关于信息、控制与系统学科所属各个领域的基本理论和前沿技术的一套高等学校系列教材。

本系列教材所涉及的范围包括信号和信息处理、模式识别、知识工程、控制理论、智能控制、过程和运动控制、传感技术、系统工程、机器人控制、工业自动化、计算机控制和仿真、网络化系统、电子技术等方面。主要读者对象为自动控制、工业自动化、计算机科学和技术、电气工程、机械工程、化工工程和热能工程等专业有关的高年级大学生和研究生,以及工作于相应领域和部门的科学工作者和工程技术人员。

10 多年前,清华大学出版社同清华大学自动化系,曾经组编出版过一套《信息、控制与系统》系列教材,产生了较大的社会影响,其中多数著作获得过包括国家级教学成果奖和部委优秀教材奖在内的各种奖励,至今仍为国内众多院校所采用,并被广大相关领域科技人员作为进修和自学读物。我们现在组编的这套新编《信息、控制与系统》系列教材,从一定意义上说,就是先前那套教材的延伸和发展,以反映近年来学科的发展和在科学研究与教学实践上的新成果和新进展,以适应当前科技发展和教学改革的新形势和新需要。列入这套新编系列教材中的著作,大多是清华大学自动化系开设的课程中经过较长教学实践而形成的,既有多年教学经验和教学改革基础上的新编著的教材,也有部分原系列教材的更新和修订版本。这套新编系列教材总体上仍将保持原系列教材求新与求实的风格,力求反映所属领域的基本理论和新近进展,力求做到学科先进性和教学适用性统一。需要说明的是,此前我们曾以《信息技术丛书》为名组编这套教材,并已出版了若干种著作。现为使“书”和“名”更为相符,这些已出版的著作将在重印或再版时列入这套新编系列教材。

我们希望,这套新编系列教材,既能为在校大学生和研究生的学习提供内容先进、论述系统和教学适用的教材或参考书,也能为广大科学工作者与工程技术人员知识更新与继续学习提供适合的和有价值的进修或自学读物。我们同时要感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并热忱欢迎提出批评和意见。

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

2002 年 6 月

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

顾	问	李衍达	吴澄	边肇祺	王桂增	
主	编	郑大钟				
编	委	徐文立	王雄	萧德云	杨士元	肖田元
		张贤达	周东华	钟宜生	张长水	王书宁
		范玉顺	蔡鸿程			
责任编辑		王一玲				

前言

现代制造企业最根本的问题是增强自主创新能力和竞争能力,特别是自主的产品开发能力。企业面临全球化的市场竞争,新产品更新换代加快,产品生命周期缩短,只有利用信息技术才能适应这种变化。同时,企业要增强产品开发能力,需要有效地管理、控制和使用产品生命周期中的各种信息,这是进行产品创新的基础信息和技术源泉。

随着计算机技术的发展和 CAD、CAE、CAPP、CAM 系统的广泛应用,制造企业中的产品开发能力和设计质量得到了有效的提高,但必须清醒地看到,这些计算机应用系统只能解决企业产品设计与生产过程中的一些局部问题,并且由于很多计算机异构系统的应用,又带来了一系列新的问题。例如,数据资源急剧增加,检索重用困难,数据无法共享,数据缺乏安全性,甚至会出现数据泛滥以及产品生命周期中的信息集成问题。如果没有一种有效、透明的数据管理方法和手段,制造企业中大量的数据资源并不能产生应有的价值。从国际上看,20 世纪 70 年代中期到 80 年代初,美、英等国的企业开始大量应用计算机技术。他们花费了大量的成本来解决产品生命周期中各种数据的管理问题。

制造企业产品生命周期中的数据包括所有与产品有关的数据,以及来自产品设计、生产、支持的过程信息。这些产品数据在一定程度上已经成为企业十分重要的知识资源和生产要素。企业的很多业务活动都是在计算机网络的基础上,围绕这些产品数据和技术信息而开展的。因此,从企业发展的角度来看,应该建立一个能满足产品生命周期的信息管理框架,来组织和规范企业的各种数据资源,使产品生命周期中的市场信息、产品数据、技术文档、工作流程、工程更改、项目信息和质量信息等能够有效地进行交换、集成和共享,实现产品生命周期的信息集成、过程集成和协同应用。

近年来,产品生命周期管理(Product Lifecycle Management, PLM)技术得到了迅速发展,它是为了满足制造企业对产品生命周期管理的需求而产生的一种新的管理模式。

PLM 是指一类软件和服务,使用 Internet 技术,使每个相关人员在产品的生命周期内协同地对产品开发、制造、销售进行管理,而不管这些人员在产品开发和商务过程中担任什么角色、使用什么计算机工具、身处什么地理位置或在供应链的什么环节。因此,PLM 是企业信息化的重要组成部分,可以对企业有关产品信息和过程进行统一的管理和系统集成,其核心在于能够使所有与项目有关的人员在整个信息生命周期中共享与产品相关的异构数据,成为支持企业经营管理、产品开发、过程重组的企业级的集成支撑环境。

PLM 是在产品数据管理(Product Data Management, PDM)技术的基础上发展起来的,是 PDM 的功能延伸。PDM 不但可以用于企业的文档管理、产品结构与配置管理、工程变更管理、过程管理等方面,而且可以作为企业流程优化、ISO 9000 认证、协同设计与虚拟制造的支撑平台。但 PDM 主要针对产品开发过程,强调对工程数据的管理,其应用也是围绕工程设计部门而展开的,而 PLM 是一种对所有与产品相关的数据在其整个生命周期内进行管理的技术。可以说,PLM 完全包含了 PDM 的全部内容和功能。但 PLM 又强调了对产品生命周期内跨越供应链的所有信息进行管理和利用的理念,这是它与 PDM 的本质区别。

PLM 与 ERP 是一种互补的关系。ERP 侧重于企业内部的资源管理,可以管理企业的产、供、销和人、财、物等信息,但是 ERP 没有考虑数据源的问题。而 PLM 可以解决数据源的问题,包括市场数据、设计数据、工艺数据、维修数据等,尤其是可以解决产品的 BOM 信息来源问题。PLM 可以把设计数据和工艺数据融合起来,把 E-BOM 转换成 M-BOM,再导入到 ERP 系统中。

产品生命周期管理的理念倡导科学管理和技术的密切结合。实施企业的产品生命周期管理,不是单纯的技术问题,更重要的是企业在经营理念、企业文化、发展战略、组织管理、业务流程等层面进行相应的变革,因而实施 PLM 系统是一个典型的管理改造工程。同时,PLM 实施是一项复杂的系统工程,它涉及的范围广、部门多,不仅涉及技术,而且涉及企业管理、业务组织和流程再造。因此,需要用系统观点和方法论做指导。

本书注重理论联系实际。从企业问题分析的角度和系统工程的观点出发,以企业单一产品数据源的组织为核心,主要从产品数据、产品生命周期管理两个方面,贯彻系统集成的理念,对产品数据与生命周期管理的方法学进行了系统的介绍。本书的主要特点如下。

① 以单一产品数据源的组织为核心,组织分布于企业各个部门的产品数据,进行统一管理,保证产品数据的一致性、完整性和可靠性,并作为整个企业所有相关产品数据的共同访问资源。

② 围绕产品生命周期,对制造企业的产品数据管理、配置管理、过程管理、项目管理、质量管理和应用系统集成等内容进行了系统的论述。

③ 在对 PDM 和 PLM 基本原理与方法进行阐述的基础上,重点对制造企业产品数据的组织、建模、管理等问题进行了系统的分析。同时,结合一些具体的工程应用,使本书

的内容更加具体、翔实。

本书共分 11 章。第 1 章概述了现代制造企业的产品生命周期管理问题;第 2 章介绍了产品生命周期管理的概念与内涵;第 3 章讨论了制造企业产品数据的分类与组织方法;第 4、5 章分别阐述了制造企业产品生命周期中的数据管理、产品结构与配置管理;第 6 章论述了产品开发过程的管理;第 7、8、9 章从产品生命周期的角度出发,分别介绍了产品开发项目管理、质量管理和应用系统集成等内容;第 10 章说明了 PLM 与先进制造模式的关系;第 11 章对目前主流的 PDM/PLM 商用软件、实施方法与应用案例进行了介绍。

本书是我们多年的科研成果和技术积累,同时也参考了许多国内同行的成果。本书是作者在 2004 年秋季新开设的研究生学位课程“产品数据与生命周期管理”讲义的基础上,进行补充和完善而成的,并吸收了选修该课的研究生的反馈意见和建议,在此一并表示感谢。限于水平,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

本书可作为高等院校有关专业研究生的教材或参考书,也可作为制造企业技术人员及管理人员或从事企业信息化研究与开发人员的参考读物,还可作为企业进行 IT 项目实施和培训的教材。

本书的相关研究工作得到国家自然科学基金(NSFC 69884002)的资助,在此致以特别的感谢!

张和明

2006 年 3 月于清华园

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 制造企业计算机应用技术的发展	1
1.1.1 计算机辅助工具	1
1.1.2 企业管理信息系统	5
1.1.3 计算机辅助质量管理	8
1.2 产品生命周期管理产生的背景	8
1.3 制造企业对产品生命周期管理的需求	13
1.3.1 产品信息管理的现状	13
1.3.2 计算机应用中需要解决的问题	14
1.4 制造企业产品生命周期管理的目标与主要内容	17
1.4.1 产品生命周期管理的目标	17
1.4.2 产品生命周期管理的主要内容	18
1.5 制造企业产品生命周期管理的基本框架	21
1.6 制造企业实施产品生命周期管理的意义	22
第 2 章 PLM 的概念与内涵	25
2.1 PDM 的基本概念及主要功能	25
2.1.1 PDM 的基本概念	25
2.1.2 PDM 系统的体系结构	26
2.1.3 PDM 的主要功能	28
2.2 PLM 概念的演变	29

2.3	PLM 的内涵	34
2.4	PLM 的功能框架	37
2.5	PLM 的关键技术	43
第 3 章	制造企业产品数据的分类与组织	45
3.1	基本概念	45
3.2	产品数据分析	46
3.2.1	传统的 product 数据描述方式	46
3.2.2	基于 3D CAD 系统的 product 数据定义	48
3.2.3	基于 3D 模型的 product 数据拓展	49
3.3	产品数据的分类	52
3.3.1	产品数据的内容与特点	52
3.3.2	产品数据的主要类型	53
3.4	产品结构层次模型	54
3.4.1	产品的功能与结构分解	54
3.4.2	产品装配结构的层次关系	58
3.4.3	产品结构关系与物料清单(BOM)	60
3.4.4	产品数据的层次描述方式	63
3.5	产品数据的组织方式	63
3.5.1	单一产品数据源的概念	63
3.5.2	单一产品数据源的组织原理	64
3.5.3	单一产品数据源的建立方法	66
第 4 章	制造企业产品生命周期中的数据管理	69
4.1	概述	69
4.2	产品数据对象的信息模型	70
4.2.1	面向对象的产品数据模型表达	71
4.2.2	基于产品结构的产品数据层次对象模型	75
4.2.3	产品数据对象与文档的关系模型	77
4.2.4	文档对象的分类管理模型	79
4.3	PDM 系统的基本原理	80
4.3.1	电子仓库	80
4.3.2	基于电子仓库的 PDM 应用功能	82
4.3.3	基于电子仓库的数据检入与检出	83
4.4	工程文档的管理	85

4.4.1	工程文档管理问题的分析	85
4.4.2	工程文档管理的实现	88
4.5	零件库管理	91
4.5.1	零件库管理的意义	91
4.5.2	零件库的基本概念与建立方法	92
4.5.3	零件库管理系统的框架	96
4.5.4	零件分类管理的实现	97
4.6	产品工艺数据的管理	103
4.6.1	产品工艺数据的主要内容	103
4.6.2	产品工艺数据的信息模型	105
4.6.3	产品工艺数据的管理	108
4.7	产品数据的版本管理	109
4.7.1	产品数据对象的版本概念	109
4.7.2	产品数据对象的版本管理模型	111
4.7.3	产品数据版本管理的实现	112
4.8	产品数据管理的安全性问题	117
第 5 章	产品生命周期中的结构配置管理	121
5.1	概述	121
5.2	产品结构模型	123
5.2.1	产品数据的结构树模型	123
5.2.2	产品数据的关联模型	125
5.3	产品结构管理	126
5.4	x-BOM 的构成与映射原理	129
5.4.1	BOM 的生成与表示形式	129
5.4.2	x-BOM 的构成原理分析	137
5.4.3	x-BOM 的转换方法	144
5.5	产品配置管理	147
5.5.1	产品配置的概念	147
5.5.2	产品结构配置的视图模型	148
5.5.3	产品配置管理的方法	152
5.6	产品配置的实现	158
5.6.1	产品配置规则	158
5.6.2	单一产品配置	159
5.6.3	系列化产品配置与构型管理	160

5.6.4	产品结构多视图管理	162
第 6 章	产品开发过程的管理	167
6.1	概述	167
6.2	集成化产品开发过程管理的技术框架	168
6.2.1	集成产品开发的特点	168
6.2.2	集成化产品开发过程管理的基本方法	169
6.2.3	基于项目管理与 workflow 管理的过程集成框架	172
6.3	产品开发过程建模	175
6.3.1	产品开发过程建模方法	175
6.3.2	产品开发过程的分析与定义	177
6.3.3	产品开发过程的分解	178
6.3.4	产品开发流程分析实例	180
6.4	产品开发过程规划与分析	186
6.4.1	集成产品开发过程的分级规划模型	186
6.4.2	产品开发过程的规划方法	188
6.4.3	产品开发过程的分析与重组	190
6.5	基于 PLM 的产品开发过程管理	193
6.5.1	基于 PLM 的产品开发过程管理框架	193
6.5.2	产品开发过程中的 workflow 管理技术	194
6.5.3	基于 PLM 的产品开发过程管理方式	197
6.5.4	PLM 系统中人员角色与资源定义	203
6.6	产品生命周期中的工程变更管理	206
第 7 章	产品开发项目的管理	212
7.1	概述	212
7.1.1	项目管理的内涵与特点	212
7.1.2	制造企业产品开发项目的管理问题	216
7.2	产品开发项目管理的组成与内容	217
7.3	复杂产品开发项目的分解	223
7.3.1	产品开发项目的分层结构描述	223
7.3.2	产品开发项目的分解方法	225
7.4	项目计划与控制	228
7.4.1	项目计划的形式与内容	228
7.4.2	项目进度计划与控制	231

7.4.3	项目资源计划	236
7.4.4	项目费用计划与管理	237
7.4.5	项目管理中的网络优化技术	240
7.5	项目变更控制	241
7.5.1	项目变更因素分析	241
7.5.2	项目变更控制的基本方法	243
7.6	现代产品开发项目管理技术	245
7.6.1	现代项目管理的基本理念	245
7.6.2	现代项目管理系统的总体框架	246
7.6.3	项目管理软件系统简介	249
第8章	产品生命周期中的质量管理	251
8.1	概述	251
8.1.1	产品质量概念的演变	251
8.1.2	现代质量管理的理念	253
8.1.3	全面质量管理	254
8.1.4	开展产品生命周期质量管理的意义	256
8.2	制造企业质量管理体系的建立	257
8.3	集成化产品质量管理系统	261
8.3.1	集成质量系统的总体框架	261
8.3.2	集成质量管理的技术方法	264
8.4	面向质量的产品设计技术	267
8.4.1	质量管理对产品设计的要求	267
8.4.2	质量功能配置方法	268
8.5	质量计划	272
8.5.1	质量计划的主要内容	272
8.5.2	质量计划的分析方法	273
8.6	产品生命周期中的质量控制与管理	276
8.6.1	质量保证	276
8.6.2	质量控制	276
8.6.3	质量控制与管理的方法和技术	278
8.7	集成化质量管理系统的支撑平台	281
第9章	产品生命周期中的应用系统集成	285
9.1	应用系统集成的必要性	285
9.2	应用系统集成的基本框架与技术方法	287

9.3 CAD/PLM 的应用集成	290
9.3.1 CAD/PLM 系统集成的基本功能	290
9.3.2 CAD/PLM 应用系统集成的数据组织方式	292
9.4 CAx/PLM 的应用集成	293
9.5 PLM 与 ERP 的应用集成	297
9.6 PLM 与 PM 的应用集成	302
9.7 异构 PDM 系统的应用集成	307
第 10 章 PLM 与先进制造模式	313
10.1 现代集成制造系统	313
10.2 并行工程	316
10.3 大规模定制	320
10.4 虚拟制造与虚拟样机技术	326
10.5 网络化制造	329
第 11 章 PLM/PDM 软件产品与应用实例	332
11.1 国外 PLM 商用软件	332
11.1.1 Windchill	332
11.1.2 TeamCenter	336
11.1.3 国外 PLM 软件比较	339
11.2 国内 PLM 产品	341
11.2.1 XTPLM	341
11.2.2 TiPLM	344
11.2.3 IntePLM	345
11.2.4 开目 PDM	347
11.3 PLM/PDM 的应用实施	348
11.3.1 PLM/PDM 应用实施问题的分析	348
11.3.2 PLM/PDM 的实施方法	351
11.3.3 PLM 软件选型	353
11.3.4 PLM 系统实施的一般过程	356
11.3.5 PLM 系统的实施步骤	358
11.4 航天某企业的 PLM 应用实施案例	363
11.5 齐车公司 PDM 应用实施案例	371
附录 A 英文名词索引	378
参考文献	383



第 1 章

概 论

1.1 制造企业计算机应用技术的发展

1.1.1 计算机辅助工具

随着计算机技术的迅速发展,CAD、CAE、CAPP、CAM 系统在过去的几十年中得到了广泛的应用。

1. 计算机辅助设计(CAD)

计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD)作为一门学科始于 20 世纪 60 年代初,一直到 70 年代,由于受到计算机技术的限制,CAD 技术的发展非常缓慢。进入 80 年代,计算机技术快速发展,加上功能强大的外围设备的问世,如大型图形显示器、绘图仪、激光打印机等,极大地推动了 CAD 技术的发展。目前,CAD 技术已经实用化,很多 CAD 系统广泛应用于机械、电气、电子、建筑、纺织等领域的产品设计和开发之中。例如,机械设计的 2D 绘图和 3D 建模,可用于总体设计、产品造型、结构设计等各个环节;电气 CAD 系统可以用来进行电气装置的系统设计、电气布局设计、电气布线图绘制以及电气元器件清单的编制;电子 CAD 系统用来进行 IC 设计、电子电路设计、PCB 设计;建筑 CAD 系统用来进行建筑场景、建筑布局、建筑结构、室内装饰、市政道路等设计。对于产品或工程的设计,借助 CAD 技术,可以大大缩短设计周期,提高设计效率。

计算机辅助设计涉及的范围很广,如概念设计、优化设计、计算机辅助绘图、工艺规

划、设计过程管理等。CAD 概念中的 D 最初是指 Drawing,即计算机辅助绘图和一些设计计算,仅仅是用 CAD 系统来替代传统的手工绘图功能,属于非创造性的工作,并不能进行真正的设计;随着 CAD 技术的发展,D 的含义更多是指 Design,即带有创造性的设计,如方案构思、工作原理拟定、3D 建模等。在工程设计中,创造性的设计需要发挥人的创造性思维能力。一个好的计算机辅助设计系统既能充分发挥人的创造性作用,又能充分利用计算机的高速分析计算能力,是人和计算机的最佳结合。另外,计算机辅助设计还包括很多其他内容,如优化设计、智能 CAD、概念设计、工程数据库、计算分析与仿真、CAD/CAM 集成等。

2. 计算机辅助工程分析(CAE)

计算机辅助工程分析(Computer Aided Engineering,CAE)是随着计算技术与 CAD 建模技术的发展而产生的。目前,CAE 技术已成为一门专门的学科,在工程中得到了非常广泛的应用。

常见的工程分析包括:对质量、体积、惯性矩、强度等的计算分析;对产品的运动精度、动、静态特征等性能分析;对产品的应力、变形等结构分析。其中,有限元分析是最重要的工程分析技术之一。它广泛应用于弹塑性力学、断裂力学、流体力学、热传导等领域。有限元方法是 20 世纪 60 年代以来发展起来的数值计算方法。其基本思想是将结构离散化,用有限个容易分析的单元来表示复杂的对象,单元之间通过有限个结点相互连接,然后根据变形协调条件综合求解。由于单元的数目是有限的,结点的数目也是有限的,因此称为有限元法。这种方法灵活性很大,只要改变单元的数目,就可以使解的精确度改变,得到与真实情况接近的解。随着计算机技术的发展,有限元法在各个工程领域中不断得到应用,现已遍及宇航工业、核工业、机电、化工、建筑、海洋等领域,也是机械产品动、静、热特性分析的重要手段。

目前,市场上有一些典型的商用仿真分析软件,有力地推动了仿真技术在产品设计中的应用。例如,在有限元分析领域中,MSC 公司的 Nastran 和 Ansys 公司的 Ansys;多体动力学领域的 ADAMS、SIMPACK 和 DADS;控制学领域中 MathWork 公司的 MATLAB/Simulink 和 Integrated Systems 公司的 MATRIXx;电子电路领域的 PROTEL、ORCAD 和 PSPICE;流体力学领域的 AMEsim、Easy5 等。这些商用分析软件大多提供了友好的图形操作界面,工程技术人员可以直观地进行产品建模与仿真分析。同时,仿真算法也随着软件版本的提升不断改进,使得仿真效率和精度大大提高。除此之外,一些领域知识被大量地集成到商用仿真软件中,越来越多的商用仿真软件开始提供模型模板库,如 ADAMS 和 MATLAB/Simulink 等。这些模型模板库由该领域比较权威的工程技术公司开发完成,包含该领域一些典型产品的仿真模型。工程技术人员在对这些模型模板做少量改动的基础上,可以快速地开发出符合自己要求的模型,大大缩短建模时间,提高建模效率。

3. 计算机辅助工艺过程规划(CAPP)

工艺设计是现代制造系统的重要组成部分。有关资料表明,根据我国现有工业水平,生产准备周期一般要占整个产品研制周期的 50%~70%,而工艺装备的设计制造周期又占生产准备周期的 50%~70%,所以工艺过程设计对于产品的开发周期、批量投产上市的时间有重大的影响。

工艺过程设计的任务是:在给定的资源(机床、刀具、夹具等)约束下,为实现期望的目标(可行的工艺计划,优化的费用等),选择和确定详细的工艺过程,使零件毛坯经过确定的形状、性质和表面质量的改变,成为所需的成品。

计算机辅助工艺过程规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)是连接计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)的桥梁,CAD 系统的产品信息必须经过 CAPP 系统才能转变成 CAM 系统的加工信息。同时,CAPP 系统的输出结果也是管理信息系统(MIS)的重要信息来源和生产计划与调度(PPS)部门的重要依据。CAD 的结果能否有效地应用于生产实践,NC 机床能否充分发挥效益,CAD 与 CAM 能否真正实现集成,都与工艺设计密切相关。因此,CAPP 是企业信息集成中的一个重要环节。

对 CAPP 的研究始于 20 世纪 60 年代中期,1969 年挪威发表的第一个 CAPP 系统 AUTOPROS,它是根据成组技术原理,利用零件的相似性去检索和修改标准工艺过程的方式,形成相应零件的工艺规程。1976 年,美国 CAM-I 公司研制出一种可以在微型机上运行的结构简单的 CAPP 系统,其工作原理也是基于成组技术。国内从 20 世纪 80 年代开始开展 CAPP 研究,已开发出不少 CAPP 系统。在已应用系统中,针对回转类零件的 CAPP 比较成熟,而且多应用于单件小批量生产。

在设计方法上,CAPP 经历了检索式、派生式和创成式 3 种主要模式。检索式是 CAPP 最初采用的方法,它实际上是一个对已有的标准工艺文件的管理系统。派生式设计方法是在成组技术的基础上,利用零件的相似性去检索和修改典型工艺以形成新零件的工艺文件。派生式系统在 20 世纪 70 年代发展很快,有些系统还得到了生产实际的应用。20 世纪 70 年代中期开始创成式 CAPP 系统的研究开发。创成式设计方法的基本原理是依靠决策逻辑和制造工程数据信息,根据输入的零件信息自动生成新零件的工艺过程。但是由于创成法至今仍不成熟,因而出现了许多半创成式系统,这类系统显得比较实用。

工艺过程设计的内容根据不同的企业规范和不同的生产要求而有所变化。但一个 CAPP 系统一般应该具有以下功能。

- ① 检索标准工艺文件;
- ② 选择加工方法;
- ③ 安排加工路线;

- ④ 选择机床、刀具、量具、夹具等；
- ⑤ 选择装夹方式和装夹表面；
- ⑥ 优化选择切削用量；
- ⑦ 计算加工时间和加工费用；
- ⑧ 确定工序尺寸和公差及选择毛坯；
- ⑨ 绘制工序图及编写工序卡。

有的 CAPP 系统还具有计算刀具轨迹、自动进行 NC 编程和进行加工过程模拟的功能,也有专家认为这些功能属于 CAM 的范畴。

4. 计算机辅助工装设计(CAFD)

计算机辅助工装设计(Computer Aided Fixture Design, CAFD)是根据产品的 CAD 几何信息、CAPP 加工工艺信息,进行夹具的方案设计、结构设计、夹具元件的选取、夹具的快速三维组建、夹具出图。在此阶段对 CAPP 加工工艺中有关定位、夹紧面及切削用量的选取进行评价,并产生反馈信息给 CAD 或 CAPP,以保证工艺设计的合理性。

5. 计算机辅助制造(CAM)

目前,计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)有狭义和广义的两个概念。CAM 的狭义概念指的是从产品设计到加工制造之间的一切生产准备活动,它包括 CAPP、NC 编程、工时定额的计算、生产计划的编制、资源需求计划的制定等。这是 CAM 系统最初的狭义概念。如今, CAM 的狭义概念更进一步缩小为 NC 编程的同义词。CAPP 已被作为一个专门的子系统,而工时定额的计算、生产计划的制定、资源需求计划的制定则划分给 MRP II /ERP 系统来完成。

而通常 CAM 是指根据被加工零件的技术特性、几何形状、尺寸及工艺要求,确定加工方法、加工路线和工艺参数,再进行数值计算获得刀位数据。然后根据工件的尺寸、刀具中心轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、刀具进给量、切削深度等)以及辅助功能(主轴正反转、冷却液开关等),按数控机床所采用的代码及程序格式,编制出工件的数控加工程序。

CAM 的广义概念所包括的内容则广泛得多。广义上讲,除了上述 CAM 狭义概念所包含的计算机辅助生产计划、工艺设计、数控编程、加工过程控制等内容外,它还包括制造活动中与物流有关的所有过程(加工、装配、检验、存储、输送)的监视、控制和管理。

总之,随着计算机技术的迅速发展, CAD、CAE、CAPP、CAM 系统在过去的几十年中在各自领域得到了广泛的应用。为了进一步提高产品设计制造的自动化程度,制造企业需要实现 CAD/CAPP/CAM 系统的集成。

1.1.2 企业管理信息系统

1. 管理信息系统(MIS)

管理信息系统(Management Information System, MIS)是一个能进行企业信息的收集、传送、存储、维护和使用的系统,它能够监测企业各种业务的运行情况,并利用历史数据预测未来走势,从企业全局的角度出发辅助企业领导进行科学决策。

管理信息系统辅助完成企业日常的信息处理任务,一般认为 MIS 的主要任务如下。

① 对基础数据进行规范的管理,要求计量工具标准化、程序和方法使用正确,保证信息的准确性、一致性,并使信息流通渠道顺畅。

② 确定信息处理过程的标准化,统一数据和报表的标准格式,以便建立集中统一的数据库。

③ 高效低能地完成日常事务处理业务,合理分配各种资源。

④ 充分利用已有的资源,包括现有的和历史的数据信息,运用各种管理模型,对数据进行加工处理,支持管理和决策工作。

从系统构成上,MIS 系统一般可以分为 4 个基本部分。

① 企业数据处理:主要完成数据的收集、输入,数据库的管理、查询、基本运算、日常报表的输出等。

② 数据分析:对数据进行深加工,如运用各种管理模型、定量化分析手段、程序化、运筹学方法等,对企业的生产经营情况进行分析。

③ 决策支持: MIS 的决策模型多限于以解决结构化的管理决策问题为主,其决策结果要为高层管理者提供一个最佳的决策方案。

④ 数据库: 主要实现数据文件的存储、组织、备份等功能,数据库是管理信息系统的核心部分。

MIS 与 ERP 密切相关,目前 MIS 与 ERP 在系统功能上已有很多重叠。

2. 企业资源计划(ERP)

企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)是在制造资源计划 MRP II 的基础上,经过进一步的功能扩充和完善而形成的。MRP II 是以物料需求计划 MRP 为核心的闭环生产计划与控制系统。构成 MRP II 的主要部分包括生产计划大纲、主生产计划、物料清单、库存管理、能力需求计划及车间作业计划等内容。而 ERP 从企业全局的角度进行经营管理和生产计划,是企业集成的生产计划与经营管理系统。图 1-1 说明了 MRP、MRP II、ERP、ERP II 之间的关系。

无论是对单件小批量型生产的企业,还是对大批量生产、按类生产的企业而言,生产

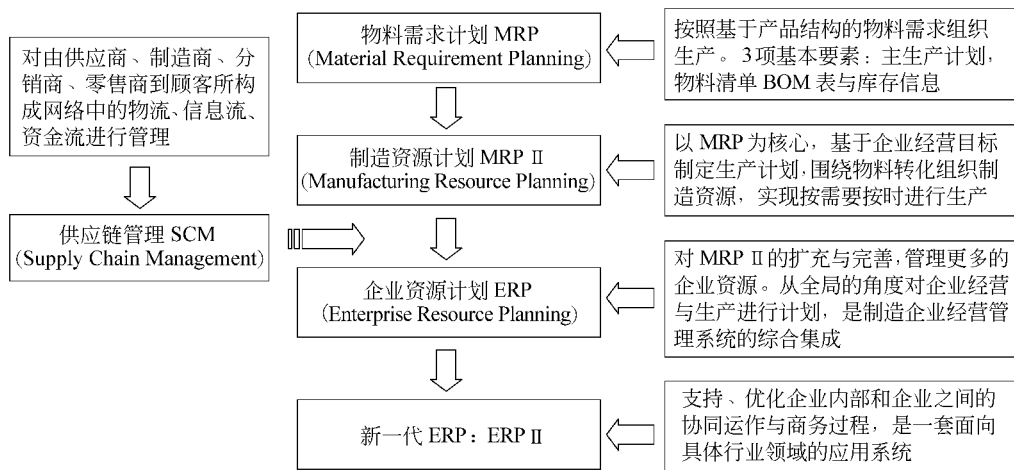


图 1-1 MRP、MRP II、ERP、ERP II 之间的关系

计划与控制系统在订单处理过程中都起着核心的作用。

在订单处理过程中，生产计划与控制系统的各个重要的企业活动之间都是相互联系的。在某个时刻，根据按类生产企业的产品品种计划，或根据批量生产企业由顾客订单管理系统制定的需求计划，确定企业的产品需求。然后，根据上述的产品需求和设计部门提供的物料清单，考虑各个零部件是自制还是外购，由此推算出所有的物料需求。对于外购件，必须向采购部门提供所有外购件的相关信息；对于自制件，则制定企业内部的生产任务清单。进度计划确定了企业的生产任务清单、工艺过程规划以及工序计划。制定工艺过程规划的任务是，根据生产任务清单以及由设计部门提供的工程图和物料清单，编制工艺过程规划和 NC 程序。为了制定能力需求进度计划，应该将各个工序与相关的设备和人员在某一确定的时间上联系起来考虑。

ERP 主要用于企业的生产、采购、供应、销售等的管理，除此之外，还用于财务管理、控制和人力资源管理等。

一般而言，除了 MRP II 的主要功能外，ERP 系统还包括营销管理、客户管理、财务管理、设备管理、人力资源管理、质量管理、运输管理和项目管理等。ERP 的主要子系统功能如下。

① 库存管理子系统。对库存的控制、库存台账的管理、订货计划的制定和仓库自身管理等。

② 生产管理子系统。物料需求计划的制定、生产计划的安排、生产调度和日常生产数据的管理分析等。

③ 人事管理子系统。人员的档案管理、考勤管理、人员培训计划的制定等。

④ 财务管理子系统。财务账目管理、生产经营成本管理、财务分析和财务计划的制