

21世纪能源与动力工程类 **创新型** 应用人才培养规划教材

船舶与海洋工程



现代船舶建造技术

初冠南 孙清洁 主编
桂洪斌 主审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪能源与动力工程类创新型应用人才培养规划教材·船舶与海洋工程

现代船舶建造技术

主 编 初冠南 孙清洁
主 审 桂洪斌



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 介 绍

本书分为先进制造技术基础,零件、部件加工技术,分段、总段装配技术,区域舾装技术,涂装技术,建造精度管理和船舶修理理论七大部分,力求从技术上囊括前沿的基础制造技术,从工序上涵盖造船的各重要工序,从时空上全面反映壳、舾、涂一体化的现代造船模式。本书涉及工艺面范围广,信息量大,应用性强,内容涉及造、修船的先进技术基础和现代造船理念,对学习现代造船技术和模式,提高现代船舶生产工艺设计水平和管理水平有较大帮助。

本书既可供船舶与海洋工程专业教学之用,又可作为造船相关专业人员学习参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

现代船舶建造技术/初冠南,孙清洁主编. —北京:北京大学出版社,2014.1

(21世纪能源与动力工程类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-23703-8

I. ①现… II. ①初…②孙… III. ①造船法—高等学校—教材 IV. ①U671

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第004291号

书 名: 现代船舶建造技术

著作责任者: 初冠南 孙清洁 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-23703-8/TK·0007

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

720毫米×1020毫米 16开本 13.25印张 305千字

2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

定 价: 33.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着绿色制造意识和劳动力成本的提高,船舶制造业正由劳动密集型时代步入知识密集型时代,全球造船行业正处于一个动态的变革时期,船舶制造业面临更为严峻的挑战。

船舶建造是一门综合性极强的交叉学科,它的内涵十分丰富,包括船舶结构、船舶制图、船舶原理、材料加工(放样、切割、成形)以及相关设备和设施;需要了解或掌握船体建造技术、船舶舾装技术、船舶涂装技术、船舶焊接技术、控制变形及精度控制技术、CAD/CAM技术、人-机工程、船舶修理等诸多应用技术。

传统造船业的面孔是“脏、乱、差”,是典型的劳动力密集型产业,与目前先进的世界级现代化船厂相比,其生产效率相差十倍以上。生产效率差距如此悬殊,其根本原因在于造船模式和造船技术的落后。20世纪90年代以来,成组技术和信息技术促进和主导了现代造船模式的发展,促使船舶制造由“整体制造模式”、“分段制造模式”向“分道制造模式”和“集成制造模式”转变。现代造船模式日益受到各大船厂及主管部门的重视。现代造船模式的基础是成组技术等先进的工程技术和科学管理方式,目标是贯彻以“中间产品”为导向的建造策略,实现造船效率、质量和安全水平的不断提高。21世纪的造船模式将是敏捷制造模式,该模式的核心是“以人为中心”的智能化技术。

为了使学生开阔视野、掌握现代船舶建造技术的最新发展,培养复合型人才,“船舶建造技术”已作为很多高等院校船舶相关专业的必修课。但目前与之相配套的教材很少,需要有一本全面介绍这方面知识的书籍。本领域曾有几本面向高职的船舶建造用教材,但不适用于高等本科院校,编写时间也较早。随着科技的飞速发展,近几年涌现了不少新的制造技术,现代造船模式内涵也有了新的发展。本书是在江苏科技大学出版的《现代船舶制造技术基础》、李忠林等主编的《船舶建造工艺学》和邹劲等主编的《计算机辅助船舶制造》的基础上,同时根据船厂造船实际需求,添加了当前塑性成形技术的先进应用成果,然后规划、整理组织编写的。在此向上述三本教材的编者及沪东中华造船(集团)有限公司、北海船舶重工有限责任公司的技术人员表示感谢。编写本书历时18个月,由于新技术的迅猛发展和编者水平以及知识面的限制,书中内容并不代表全部当前最新的船舶建造技术,但其大部分仍然代表当前先进的造船技术和造船理念。

本书由初冠南负责全书结构的设计、提纲拟定、组织编写及最后的统稿定稿,并完成了其中第1章、第2章2.1节和第4章的编写。哈尔滨工业大学(威海)孙清洁博士完成了第2章2.2节和第5章的编写。哈尔滨工业大学(威海)于昌利博士完成了第3章和第8章的编写。哈尔滨工业大学(威海)张岩博士完成了第6章的编写。哈尔滨工业大学(威海)鲁国春博士完成了第7章的编写。合肥工业大学袁宝国博士完成了第9章和书中的全部导读材料整理。哈尔滨工业大学(威海)王建勋硕士、陈刚硕士完成了书中的图表制作。哈尔滨工业大学(威海)桂洪斌教授审阅了本书。哈尔滨理工大学李峰教授对本书提出了有益的建议,在此向他们表示衷心的感谢。

由于现代船舶建造技术所涉及的内容广泛、学科跨度大，鉴于编者的水平和视野所限，本书存在的不足、疏漏甚至错误之处在所难免，在此恳请广大读者提出宝贵意见，不吝指正。

编者
2013年10月

目 录

第 1 章 先进制造技术基础	1	第 3 章 现代造船模式下的船舶建造流程	45
1.1 计算机集成制造	3	3.1 现代造船模式	46
1.1.1 CIM 和 CIMS 的概念	4	3.1.1 现代造船模式的内涵	46
1.1.2 CIMS 的基本组成	5	3.1.2 现代造船模式的技术基础	47
1.1.3 CIMS 递阶控制系统	8	3.1.3 现代造船模式的专有技术	48
1.1.4 CIMS 的体系结构	10	3.2 现代造船模式下的生产布局及作业流程	50
1.1.5 CIMS 在我国的实施发展	11	3.2.1 现代造船模式下的生产布局	50
1.2 并行工程	13	3.2.2 现代造船模式下的作业流程	50
1.2.1 并行工程的定义	14	3.2.3 优化造船作业流程的手段	51
1.2.2 并行工程的运行模式	15	3.3 总装造船主流程	56
1.2.3 并行工程的特征	16	3.3.1 船体分道作业	56
1.2.4 并行工程的关键技术	17	3.3.2 区域舾装作业	60
1.2.5 并行工程的支持工具	18	3.3.3 区域涂装作业	62
1.3 成组技术	19	习题	64
1.3.1 成组技术的基本原理	20	第 4 章 船体加工与装配	65
1.3.2 零件分类编码系统	21	4.1 船体钢材预处理	66
1.3.3 零件分组方法	24	4.1.1 钢材的矫正	66
1.3.4 成组技术应用	27	4.1.2 钢材表面清理与防护	67
习题	31	4.2 船体零件加工	67
第 2 章 先进加工技术基础	32	4.2.1 边缘加工	68
2.1 塑性成形的的主要发展趋势	34	4.2.2 成形加工	69
2.1.1 省力成形	34	4.3 部件装配焊接技术	73
2.1.2 柔性成形	35	4.3.1 平台的种类和用途	73
2.1.3 轻量化成形	36	4.3.2 平板拼装和焊接	75
2.1.4 复合成形	37	4.3.3 部件装配和焊接	78
2.2 高效焊接技术	38	4.3.4 框架部件制造	82
2.2.1 窄间隙焊接技术	38		
2.2.2 双丝焊技术	39		
2.2.3 潜弧焊技术	42		
2.2.4 热丝电弧焊技术	43		
习题	44		



4.3.5 大型部件的组装	83	6.4 船舶涂装	138
4.4 分段装配焊接技术	85	6.4.1 船舶漆的分类	138
4.4.1 分段的分类	85	6.4.2 船舶漆的发展及应用	142
4.4.2 分段的制造方法	87	6.4.3 船舶主要部位对涂漆的要求	143
4.4.3 分段制造质量的控制	89	6.4.4 压载舱涂层性能标准——PSPC	145
4.4.4 典型分段的装配和焊接	90	习题	146
4.5 船台(坞)装配焊接技术	94	第7章 船舶下水	147
4.5.1 船台的类型	94	7.1 船舶下水方式	148
4.5.2 船台的安装方法	96	7.1.1 重力式下水	149
4.5.3 船台(船坞)的装焊工艺	99	7.1.2 漂浮式下水	152
4.5.4 密性试验	99	7.1.3 机械化下水	153
习题	100	7.2 船舶下水工艺分析及设备简介	159
第5章 区域舾装技术	101	7.2.1 船舶下水工艺分析	159
5.1 概述	103	7.2.2 船舶下水设备简介	163
5.1.1 船舶舾装的方法	103	习题	165
5.1.2 区域舾装法	106	第8章 船舶建造精度管理与过程控制	166
5.2 管件族制造	108	8.1 焊接变形预测与控制	168
5.2.1 管子加工技术	108	8.1.1 热弹塑性分析基本理论	169
5.2.2 管件族制造法概述	111	8.1.2 焊接变形预测的其他方法	171
5.2.3 管件族制造的设计和计划	112	8.1.3 焊接变形的控制方法	172
5.3 单元组装	117	8.2 造船误差与测量技术	174
5.4 分段舾装	120	8.2.1 船体结构变形与误差	174
5.5 船上舾装	120	8.2.2 船体建造精度测量技术	174
习题	121	8.3 船体建造补偿量计算与分配	178
第6章 船舶涂装	122	8.3.1 尺寸链理论	178
6.1 船舶涂装的意义及作用	123	8.3.2 补偿量的计算与分配	179
6.1.1 船舶涂装在船舶建造中的重要性	123	8.3.3 尺寸精度补偿的原则	183
6.1.2 船舶区域涂装的要求及作用	125	8.4 船体建造过程控制与精度标准	184
6.2 船舶涂装作业方式	126	8.4.1 造船精度的过程控制	184
6.2.1 原材料预处理	126	8.4.2 精度管理标准	185
6.2.2 分段涂装	129	8.4.3 提高精度管理水平的 手段	186
6.2.3 船上涂装	134	习题	187
6.2.4 完工涂装	136		
6.3 船舶涂装方式和施工装备	136		
6.3.1 船舶涂装方式	136		
6.3.2 船舶涂装施工装备	137		

第 9 章 船舶修理理论	188
9.1 修船生产准备	189
9.1.1 船舶修理目的及基本 任务	189
9.1.2 船舶修理的勘验	193

9.1.3 船舶进坞与 上墩	197
9.2 船舶修理原则	199
习题	201
参考文献	202

第 1 章

先进制造技术基础



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
先进制造技术	掌握船舶建造常用的先进制造技术	计算机集成制造、并行工程、成组技术



导入案例

从伊拉克战争看先进制造技术的重要性

随着高新技术的蓬勃发展和应用,先进制造技术迅速在全世界遍地开花。在伊拉克战争中,美英联军的辉煌战果,更是鲜明地展现了先进制造技术的无穷魅力。

进入20世纪80年代以来,各国制造业面临复杂多变的外部环境,传统的制造技术已经越来越不适应当今快速变化的环境。在这种大环境下,美国根据本国制造业的挑战与机遇,对制造业存在的问题进行了深刻的反省,为了加强其制造业的竞争能力和促进国民经济增长,提出了先进制造技术的概念。

随着伊拉克战争的偃旗息鼓,人类历史的长卷上又多了血腥的一笔。美国在面临着人道危机的同时,其先进的制造技术却在这一场战争中得到了极大的张扬和表现。强大的军事装备,必然来自于先进的制造技术。

美国海军所用的先进设备有“小鹰”级航空母舰、“尼米兹”级航空母舰(图1)、“黄蜂”级两栖的攻击舰(图2)等。“小鹰”级航空母舰是世界上最大的常规动力航空母舰;“尼米兹”级航空母舰是现代化的核动力攻击型航空母舰,其舰体和甲板采用高强度钢,可抵御半穿甲弹的攻击,弹药库和机舱装有63.5mm厚的“凯夫拉”装甲,防护措施完备。由此可见,美国先进的动力制造技术在战争中起着举足轻重的作用。

近年来,先进制造技术也得到了我国政府及各级领导的高度关注,前国务委员宋健就指出:“先进制造技术是一个国家、一个民族赖以繁荣昌盛的重要手段”,制造业的整体能力和水平将决定各国的经济实力、国防实力、综合实力和在全球经济中的竞争与合作能力,决定着一个国家,特别是发展中国家实现现代化和民族复兴的进程。

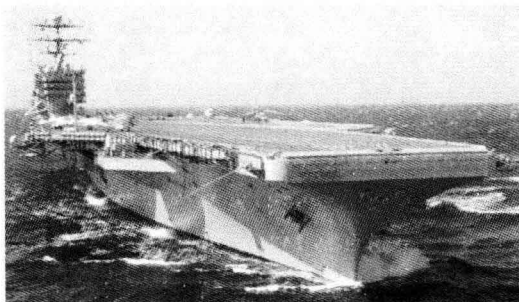


图1 “尼米兹”级航空母舰

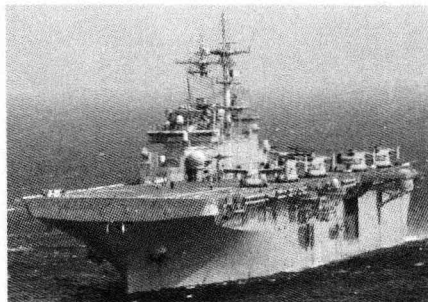


图2 “黄蜂”级两栖攻击舰

资料来源:罗辑,曹建国,黄熙.从伊拉克战争看先进制造技术的重要性.四川兵工学报,2004,(2):8-10.

自20世纪70年代以来,随着电子技术、信息技术及自动化技术的普及和应用,社会经济得到了快速的发展。社会经济的发展和科学技术的进步加剧了商品市场的竞争,并促使了一个统一的世界市场的形成。今天,无论哪个国家或地区,也无论哪种社会制度,都不可能离开这个世界市场而独立发展。

参加激烈的国际竞争,并在竞争中求得生存和发展是所有制造型企业的共同目标。为了达到这一目标,每一个制造型企业都在努力按照用户不同要求进行新产品的开发和制

造,从而使产品品种不断增加,市场竞争越加激烈,形成了世界市场多变的特点,即产品生命周期明显缩短,产品品种日益增多,产品成本结构发生改变,产品交货期不断缩短。面对多变的世界市场,制造企业必须努力使自己的产品功能强、上市快、质量好、成本低、服务好,成为一个具有 FTQCS(Function, Time, Quality, Cost, Service)特点的综合竞争者。

为此,一个制造型企业仅靠改进制造工艺、提高装备水平来提高制造过程的劳动生产率是无法实现上述目标的,还必须从总体策略、组织结构和管理模式等方面适应市场的需求。因而,进入 20 世纪 80 年代以来,计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing, CIM)、并行工程、精益生产、敏捷制造和智能制造等许多新概念、新思想和新的生产模式不断出现,其中有些得到广泛的应用,使制造业展现出前所未有的发展局面。

1.1 计算机集成制造



阅读材料 1-1

CIMS 的发展趋势

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing, CIMS)是随着计算机辅助设计与制造的发展而产生的,它是在信息技术自动化技术与制造的基础上,通过计算机技术把分散在产品制造过程中各种孤立的自动化子系统有机地集成起来,形成适用于多品种、小批量生产,实现整体效益的集成化和智能化制造系统。随着信息技术的发展和制造业市场竞争的日趋激烈,未来 CIMS 将有向以下 8 个方面发展的趋势。

1. 集成化

CIMS 的“集成”已经从原先的企业内部的信息集成和功能集成,发展到当前的以并行工程为代表的过程集成,并正在向以敏捷制造为代表的企业间集成发展。

2. 数字化

从产品的数字化设计开始,发展到产品全生命周期中各类活动、设备及实体的数字化。“数字化”不仅是“信息化”发展的核心,也是先进制造技术发展的核心。

3. 虚拟化

在数字化基础上,虚拟化技术正在迅速发展,它主要包括虚拟现实(VR)、虚拟产品开发(VPD)、虚拟制造(VM)和虚拟企业(VE)等。

4. 全球化

随着“市场全球化”、“网络全球化”、“竞争全球化”和“经营全球化”的出现,许多企业都积极采用“全球制造”、“敏捷制造”和“网络制造”的策略,CIMS 也将实现全球化。

5. 柔性化

积极研究发展企业间动态联盟技术、敏捷设计生产技术、柔性可重组机器技术等,以实现敏捷制造。



6. 智能化

智能化是制造系统在柔性化和集成化基础上,引入各类人工智能和智能控制技术,实现具有自律、智能、分布、仿生、敏捷和分形等特点的下一代制造系统。

7. 标准化

在制造业向全球化、网络化、集成化和智能化发展的过程中,标准化技术(STEP、EDI 和 P-LIB 等)已显得越来越重要。它是信息集成、功能集成、过程集成和企业集成的基础。

8. 绿色化

绿色化包括绿色制造、环境意识的设计与制造、生态工厂、清洁化生产等。它是全球可持续发展战略在制造业中的体现,是摆在现代制造业面前的一个崭新课题。

资料来源:李美芳. CIMS 及其发展趋势. 现代制造工程, 2005, (9): 113 - 115.

1.1.1 CIM 和 CIMS 的概念

CIM 的概念,是 1973 年首先由 Joseph Harrington 博士在 *Computer Integrated Manufacturing* 一书中提出来的,他提出两个重要的观点:①企业的各个生产环节是一个不可分割的整体,需要统一考虑;②整个企业生产制造过程实质上是对信息的采集、传递和加工处理的过程,最终形成的产品可看做是信息的物质表现。

Harrington 博士的这两个基本观点,一个强调的是企业的功能集成,一个强调的是企业信息化,将其加以综合,可将 CIM 简洁地理解为是“企业的信息集成”。

CIM 是制造型企业生产组织管理的一种新理念,其内涵是:借助于以计算机为核心的信息技术,将企业中各种与制造有关的技术系统集成起来,使企业内的各类功能得到整体优化,从而提高企业适应市场竞争的能力。

人们在研究和实践 CIM 的过程中,对之提出了各种不同的定义,表达了对 CIM 的不同认识和看法,国际标准化组织(ISO)将 CIM 定义为: CIM 是将企业所有的人员、功能、信息和组织等诸方面集成为一个整体的生产方式。我国 863/CIMS 主题认为: CIM 是一种组织管理企业的新概念,它将传统的制造技术与现代信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术等进行有机的结合,将企业生产全过程中有关人/机构、经营管理和技术三要素,及其信息流、物质流和能量流有机地集成并优化运行,以实现产品上市快、高质量、成本低、服务好,从而使企业赢得市场竞争。

CIMS 则是基于 CIM 理念而组成的系统,是 CIM 的具体实现。如果说 CIM 是组织现代化企业的一种哲思,而 CIMS 则应理解为是基于该哲思的一种工程集成系统。CIMS 的核心在于集成,不仅是综合集成企业内各生产环节的有关技术,如计算机辅助经营决策与生产管理技术(MIS、OA、MRP)、计算机辅助设计和分析技术(CAD、CAE、CAPP、CAM)、计算机辅助制造技术(CNC、DNC、FMC、FMS)、计算机辅助质量管理与控制技术等,更重要的是企业内的人/机构、经营管理和技术这被称之为 CIMS 三要素的有效集成,以保证企业内的工作流、物质流和信息流畅通无阻。

如图 1.1 所示, CIMS 中人/机构、经营管理和技术三要素之间相互作用、相互制约,构成企业内如下四类集成。

(1) 经营管理与技术的集成,是利用计算机技术、自动化技术、制造技术以及信息技

术等各种工程技术，支持企业达到预期的经营目标。

(2) 人/机构与技术的集成，是利用各种工程技术支持企业中各类人员的工作，使之互相配合，协调一致，发挥最大的工作效率。

(3) 人/机构与经营管理的集成，是通过人员素质的提高和组织机构的改进来支持企业的经营和管理。

(4) CIMS 三要素的综合集成，使企业达到整体优化。

在 CIMS 集成的诸要素中，人的作用最为关键。企业经营思想要正确贯彻，首先要通过人来实现；先进技术能否发挥作用，真正改善经营，取得经济效益，归根结底也取决于人。正确认识 CIM 的理念，使企业的全体员工同心同德地参与实施，制定合适的组织机构，严格执行管理制度和员工的培训，是 CIMS 保证人员集成的重要措施。

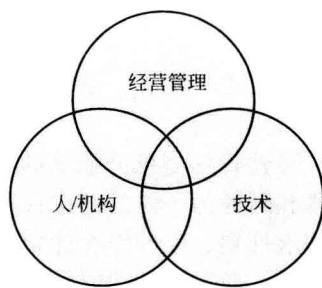


图 1.1 CIMS 的要素

1.1.2 CIMS 的基本组成

从系统的功能角度考虑，一般认为 CIMS 可由经营管理信息系统、工程设计自动化系统、制造自动化系统和质量保证信息系统四个功能分系统，以及数据库管理和计算机网络两个支撑分系统组成，如图 1.2 所示。然而，CIMS 这种组成结构并不意味着任何一个企业在实施 CIMS 时都必须同时实现所有的六个分系统。由于每个企业原有的基础不同，各自所处的环境不同，因此应根据企业的具体需求和条件，在 CIMS 思想指导下进行局部实施或分步实施，逐步延伸，最终实现 CIMS 的建设目标。

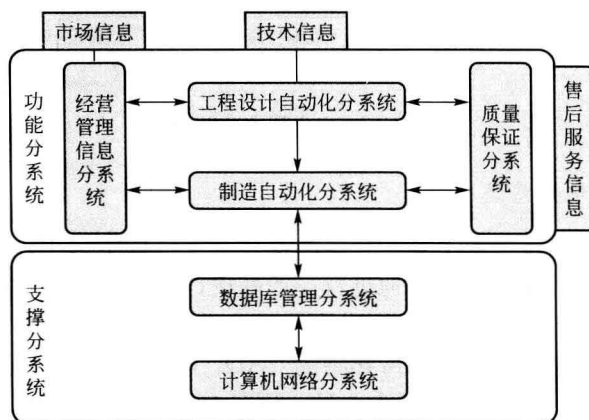


图 1.2 CIMS 的基本组成

下面对 CIMS 的六个基本分系统的功能逐一进行扼要的介绍。

1. 经营管理信息分系统

经营管理信息分系统是将企业生产经营过程中产、供、销、人、财、物等进行统一管理的计算机应用系统，是 CIMS 的神经中枢，指挥与控制着 CIMS 其他各部分有条不紊地工作。经营管理信息分系统具有三方面的基本功能。

(1) 信息处理：包括信息的收集、传输、加工和查询。



(2) 事务管理：包括经营计划管理、物料管理、生产管理、财务管理和人力资源管理等等。

(3) 辅助决策：分析归纳现有信息，利用数字方法预测未来，提供企业经营过程中辅助决策等问题。

经营管理信息分系统的核心是制造资源计划 MRP II。MRP II 是一个集生产、供应、销售和财务为一体的信息管理系统，如图 1.3 所示。它包含生产经营计划、产品数据、物料需求计划、生产作业计划、能力需求计划、库存管理、财务管理、采购管理、销售管理等模块。通过这些功能模块，MRP II 将企业内的各个管理环节有机地结合起来，在统一的数据下实现管理信息的集成，从而达到缩短产品生产周期、减少库存、降低流动资金、提高企业应变能力的目的。

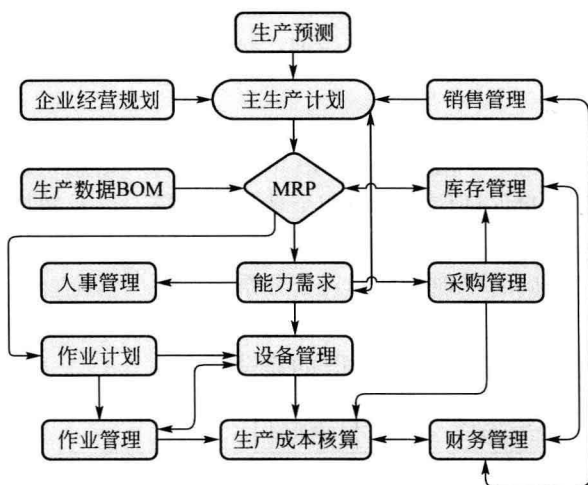


图 1.3 MRP II 基本功能模块

2. 工程设计自动化分系统

工程设计自动化分系统实质上是指在产品的设计开发过程中引用计算机技术，使产品设计开发工作更有效、更优质、更自动地进行。产品设计开发过程包括产品概念设计、工程结构分析、详细设计、工艺设计以及数控编程等产品设计和制造准备阶段中的一系列工作。工程设计自动化分系统包括人们所熟悉的 CAD、CAPP、CAM 系统。

CAD 是指工程技术人员以计算机为工具，用各自的专业知识，对产品进行产品造型、工程分析、模拟仿真和图形处理等整个设计活动的总称。一个完善的 CAD 系统，应具有计算机绘图、有限元分析、产品造型、图形分析处理、优化设计、动态分析与仿真、物料清单的生成等功能。

CAPP 是根据产品设计所给出的信息进行产品加工的方法和制造过程的设计技术。CAPP 系统功能包括毛坯设计、加工方法选择、工序设计、工艺路线制定以及工时定额计算等，其中的工序设计还应包括工装夹具的选择或设计、加工余量分配、切削用量选择、工序图生成，以及机床和刀具选择等功能。

CAM 通常是指刀具路径的确定、刀位文件的生成、刀具轨迹仿真以及 NC 代码的生成等作业。

由于CAD、CAPP、CAM技术长期处于独立发展状态，相互间缺乏通信和联系。CIM理念的提出和发展使CAD、CAPP、CAM集成技术得到快速的发展，便于产品数据在各自系统中交换和共享，从而可使基于产品模型的CAD、CAPP、CAM集成系统可取代基于工程图样的CAD、CAPP、CAM一个个自动化“孤岛”。

3. 制造自动化分系统

制造自动化分系统位于企业制造环境的底层，是直接完成制造活动的基本环节，是CIMS的信息流和物料流的结合点，是CIMS最终产生经济的聚集地。

通常，制造自动化分系统由机械加工系统、控制系统、物流系统和监控系统组成。机械加工系统用于对零件或产品的各种加工和装配，包括数控机床、加工中心、柔性制造单元和柔性制造系统等加工设备、测量设备和装配设备；控制系统用以实现对机械加工系统的操作过程控制，是制造自动化系统集成信息流、决策流的基础，保证CIMS从车间层到设备层协调可靠地运行；物流系统是制造自动化系统集成的基础，完成对工件和工具的存储、搬运、装卸等操作；监控系统是制造自动化工作质量保证的基础，完成制造过程中对加工对象、加工设备及加工工具的在线自动监控。

制造自动化系统是在计算机控制与调度下，按照NC代码将一个个毛坯加工成合格的零件并装配部件以至产品，完成设计和管理部门下达的任务；并将制造现场的各种信息实时地或经过初步处理后反馈到相关部门，以便及时地进行调度和控制。

制造自动化系统的目标可归纳为如下几点。

- (1) 实现多品种、小批量产品制造的柔性自动化。
- (2) 实现优质、低成本、短周期及高效率生产，提高企业的市场竞争能力。
- (3) 为作业人员创造舒适而安全的劳动环境。

制造自动化是生产发展的必然趋势，又是耗资最大的部分，若不从实际的条件和需求出发，片面地追求自动化，有时不仅不能达到目的，甚至会适得其反，导致企业陷入困境。而CIMS底层的制造自动化不等于全盘自动化，其关键在于信息的合成。

4. 质量保证分系统

质量保证分系统以提高企业产品制造质量和企业管理质量为目标，通过质量保证规划，工况监控采集、质量分析评价和控制，以达到预定的质量要求。CIMS中的质量保证分系统覆盖产品生命周期的各个阶段，它可由以下四个子系统组成。

(1) 质量计划子系统：用来确定改进质量目标，建立质量标准和技术标准，计划可能达到的途径和预计可能达到的改进效果，并根据生产计划及质量要求制定监测计划及检测规程和规范。

(2) 质量监测管理子系统：包括建立成品出厂档案，改善售后服务工作质量；管理进厂材料、外购件和外协议的质量检测数据；管理生产过程中影响成品质量等数据；建立设计质量模块，做好项目决策、方案设计、结构设计和工艺设计的质量管理。

(3) 质量分析评价子系统：包括对产品设计质量、外购外协件质量、工序控制点质量、供应商能力、质量成本等进行分析，评价各种因素对造成质量问题的影响，查明主要原因。

(4) 质量信息综合管理与反馈控制子系统：包括质量报表生成、质量综合查询、产品使用过程质量综合管理，以及针对各类质量问题所采取的各种措施及信息反馈。



5. 数据库管理分系统

数据库管理分系统是 CIMS 的一个支撑分系统，它是 CIMS 信息集成的关键之一。在 CIMS 环境下的经营管理数据、工程数据技术、制造控制和质量保证等各类数据需要在—个结构合理的数据库系统进行存储和调用，以满足各分系统信息的交换和共享。

CIMS 的数据库管理分系统处理出于不同节点的计算机中各种不同类型的数据，因此集成的数据管理系统必须采用分布式异型数据库技术，通过互联的网络体系结构完成全局的数据调用和分布式的事务处理。

为了处理有关工程的非结构化信息(如 CAD/CAM 信息)，往往需要建立功能齐全、通用性强的工程数据库管理系统，把工程应用的有关数据用统一的结构加以处理，以便尽可能地减少数据冗杂，避免重复更新，消除各种应用间的有关数据的不一致性，用统一的方式存储、操作、修改图形数据和非图形数据。

6. 计算机网络分系统

计算机网络分系统是 CIMS 的又一主要支撑技术，是 CIMS 重要的信息集成工具。计算机

网络分系统是以共享资源为目的多台计算机、终端设备、数据传输设备以及通信控制处理等设备的集合，它们在统一的通信协议的控制下具有独立自制的能力，具有硬件、软件和数据共享的功能。

依照企业覆盖地理范围的大小，有两种计算机网络可供 CIMS 采用：一种为局域网，另一种为广域网。目前，CIMS 一般以互联的局域网为主，如果工厂厂区的地理范围相当大，局域网可能要通过远程网进行互联，从而使 CIMS 同时兼有局域网和广域网的特点。

CIMS 在数据库管理分系统和计算机网络分系统支持下可方便地实现各个功能分系统之间的通信，有效地保证全系统的功能集成，CIMS 各功能分系统之间的信息交换如图 1.4 所示。

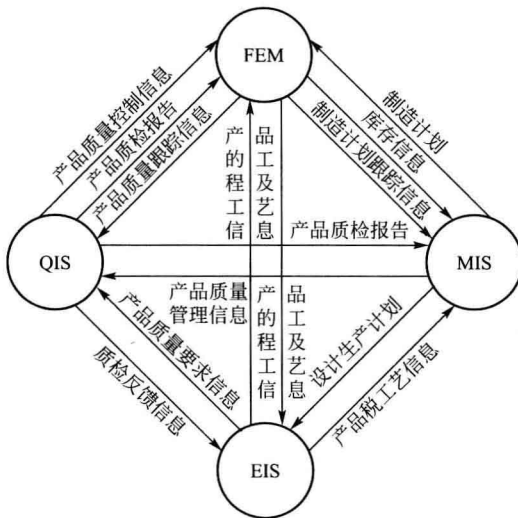


图 1.4 CIMS 各功能分系统之间的信息交换
MIS—管理信息系统；EIS—工程信息系统；
FME—柔性制造设备；QIS—质量信息系统

1.1.3 CIMS 递阶控制系统

CIMS 是一个复杂庞大的工程系统，通常采用递阶控制体系结构。所谓递阶控制，即将一个复杂的控制系统按照其功能分解成若干层次，各层次进行独立的控制处理，完成各自的功能；层与层之间保持信息交换，上层对下层发出命令，下层向上层回送命令执行结果，通过信息联系构成一个完整的控制系统。这种控制模式减少了系统的开发和维护难度，已成为当今复杂系统的主流控制模式。

根据目前制造型企业多级管理的结构层次，美国国家标准与技术局将 CIMS 分为五层递阶控制结构，即工厂层、车间层、单元层、工作站层和设备层，如图 1.5 所示。这种控

制系统包含了制造业的全部功能和活动，体现了集中和分散相结合的控制原理，已被国际社会广泛认可和引用。在这种递阶控制结构中，各层分别由独立的计算机进行控制处理，功能单一，易于实现；层次越高，控制功能越强，计算机所处理的任务越多；层次越低，则实现处理要求越高，控制回路内部的信息流速度越快。

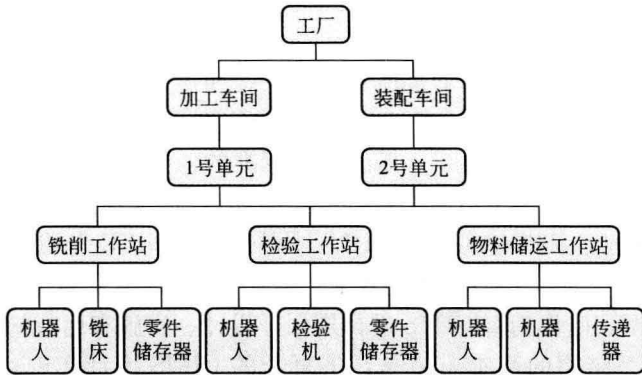


图 1.5 CIMS 递阶控制结构

1) 工厂层

工厂层是企业最高的管理决策层，具有市场预测、制定长期生产计划、确定生产资源需求、制定资源计划、产品开发以及工艺过程规划的功能，同时还具有成本核算、库存统计、用户订单处理等厂级经营管理的功能。工厂层的规划周期一般为几个月到几年。

2) 车间层

车间层根据工厂层的生产计划协调车间生产作业和资源配置，包括从设计部门的 CAD/CAM 系统中接受产品物料清单，从 CAPP 系统中接受工艺过程数据，并根据工厂层的生产计划和物料需求计划进行车间内各单元的作业管理和资源分配。其中作业管理包括作业订单的制定、发放和管理，安排加工设备、刀具、夹具、机器人、物料运输设备的预防性维修等工作；而资源分配是将设备、刀具、夹具等根据作业计划分配给相应的工作站。车间层的决策周期一般为几周几个月。

3) 单元层

单元层主要完成本单元的作业调度，包括零件在各工作站的作业顺序、作业指令的发放和管理，协调工作站间的物料运输，进行机床和操作者的任务分配及调度；并将实际的质量数据和零件的技术规范进行比较，将实际的运行状态与允许的状态条件进行比较，以便在必要时采取措施以保证生产过程的正常进行。单元层的规划周期为几个小时到几周。

4) 工作站层

工作站层的任务是负责指挥和协调车间中一个设备小组的活动，它的规划周期可以从几分钟到几个小时。制造系统中的工作站可分为加工工作站、检验工作站、刀具管理工作站、物料储运工作站等。加工工作站完成安装、夹紧、切削加工、检验、切削清除、工件卸除等工作顺序的控制、协调与监控任务。

5) 设备层

设备层包括各种设备(如加工机床、机器人、坐标测量机、无人小车等)控制器。设备层执行上层的控制命令，完成加工、测量、运输等任务。其响应时间为几毫秒到几分钟。