

飞机制造技术丛书

计算机辅助 设计与制造

阎茂林 赵新力 徐微
李声远 李海泉 编著



国防工业出版社出版

T9391.7

111

飞机制造技术丛书

计算机辅助设计与制造

司茂林 徐 微

李 远 李海泉

赵新力 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书针对飞机制造的主要环节介绍国内外目前主要使用的CAD/CAM应用软件系统。全书共分五章。第一章介绍CAD/CAM的基本概念及国内外的发展与应用概况；第二章介绍3D-CAD软件及其曲线曲面的数学描述；第三章介绍计算机绘图软件；第四章介绍数控编程软件；第五章介绍CAD/CAM软件系统的集成。

本书可供航空、造船、汽车、机械设计制造行业的工程技术人员以及大专院校的师生参考。

岑 主编

JS453/36 13

飞机制造技术丛书

计算机辅助设计与制造

阎茂林 徐 微 赵鑫力 编著
李声远 李海泉

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: 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 1/32 印张5¹/₂ 143千字

1991年4月第一版 1991年4月第一次印刷 印数: 0,001—1,700册

ISBN 7-118-00581-9/V·47

定价: 4.60元

中国航空学会
飞机制造技术编委会

主 编：罗时大

副 主 编：马业广

编 委：董 孝 程宝莱 杨彭基 唐荣锡 屠德彰 陆颂善
戴世然 董德馨 郭兴中 孙肇卿 武厚忠 黄道宏

责任编辑：余发棣

秘 书 组：梁国志 张士霖 杨奇光

前 言

《飞机制造技术丛书》是由中国航空学会组织编写的。成立了编委会，编委们都是飞机制造技术专业的专家和学者，他们长期从事飞机制造技术的生产、研究、教学、管理工作，有丰富的实践经验。在此基础上，组织和编写了这套丛书。

《丛书》的编写目的是：既要总结我国三十多年来飞机制造的经验；又要有选择地吸取国外先进的飞机制造技术。总结出一套具有中国飞机制造技术特点的基本经验，为积累资料、培育人才、发展新技术打下基础。可以说，这是一项基础工程建设，具有重大的意义。

《丛书》共有十七分册。《计算机辅助设计与制造》是书中一个分册。全书共分五章：第一章是CAD/CAM的基本概念；第二章是3D-CAD软件及其曲线曲面的数学描述；第三章是计算机绘图软件；第四章是数控编程软件；第五章是CAD/CAM软件系统的集成。

飞机的结构复杂、气动外形的准确度要求高，在过去的设备条件下，一直采用模拟量传递几何尺寸的制造工艺方法。这种方法协调环节多，飞机试制周期长，限制产品质量和精度的进一步提高。改变这种工艺方法的唯一途径就是采用以数字量传递几何尺寸为基础的CAD/CAM技术。

当前，CAD/CAM技术已经成为现代飞机设计、制造不可缺少的手段。随着计算机技术、图形显示技术及数控技术的不断发展，CAD/CAM技术也不断扩大。但就其实质上讲，它主要由两部分组成：一是执行部分，包括数控机床、数控绘图机、数控测量机等；二是其信息处理部分，主要是计算机系统及相应的应用软件。本书的主要任务是介绍后者，重点是应用软件。CAD/

CAM 软件一般分为三大部分: CAE (计算机辅助工程分析), CAGD (计算机辅助几何设计), CAM (计算机辅助制造。按照国际上的流行概念, CAGD 即 CAD。

关于计算机辅助设计与制造方面的书刊, 国内已出版多种, 但没有一种专门介绍其应用软件的。由于篇幅有限, 本书主要介绍飞机制造的主要环节: 模线绘制、工艺装备制造、零件加工所用到的主要软件系统, 包括国内已经开发并应用得比较好的软件, 正在开发的软件; 国外著名的几何设计系统 CATIA, 绘图系统 CADAM, 数控编程系统 APT IV/SS。并着重介绍这些软件系统的功能和使用。

本书第二章由北京航空工艺研究所徐微编写; 第三章的 CADAM 部分由沈阳飞机公司赵新力编写; 第五章的 CADEM AS 部分由北京航空工艺研究所李声远和李海泉编写。其余部分均由阎茂林编写。阎茂林为主编。

本书由北京航空学院唐荣锡教授主审, 对书稿作了认真审校。另外, 北京航空工艺研究所王普对第四章第三节作了复审并补充了相应内容。该所忻可闻帮助主编作了大量工作。丛书编委们对本书的编写提出了许多宝贵意见, 在此一并对他们表示感谢。

由于编者水平有限, 而且 CAD/CAM 是一门正在不断发展的新技术, 本书难免有不足之处, 恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 引言	1
一、CAD/CAM的研究内容	1
二、CAD/CAM使用的计算机硬件	7
三、CAGD/CAM 应用软件	12
四、国外主要飞机公司的应用情况	15
五、我国飞机 CAGD/CAM技术的发展与应用	23
第二章 计算机辅助几何设计	30
一、曲线和曲面的解析描述	31
二、飞机外形曲面造型系统CAM251-GD	40
三、B-SURF 三维 CAD系统	46
四、C-SURF 曲面系统	47
五、三维几何设计系统 CATIA	49
第三章 计算机绘图软件	58
一、计算机绘图软件的一般介绍	58
二、CADAM系统	60
三、SKC-HT 绘图系统	87
第四章 飞机零件数控编程	93
一、概述	93
二、APT 的基本特性	96
三、雕塑曲面编程	107
四、SKC-NC 编程系统	133
第五章 CAD/CAM 系统的集成	145
一、集成 CAD/CAM 系统的理想模式	145
二、CAD/CAM 集成系统的数据管理	146
三、SIEMENS 7760 CAD/CAM系统	151
四、CADEMAs 计划	153

第一章 引 言

一、CAD/CAM 的研究内容

CAD/CAM 是指使用数字计算机完成一定的设计和生产任务的有关技术。这一技术涉及的范围有交互计算机图形显示技术、CAD系统、数控技术、计算机过程控制、机器人、成组技术、计算机集成生产管理和柔性制造系统 FMS。这些内容不仅彼此相关，而且表示了制造公司之间必须发生的连续活动，而不是各个独立功能的集合。用 CAD/CAM 把制造公司的设计与生产操作的每一环节进行集成和自动化是可能的。目前正在向设计与制造的更大集成化方向发展。

1. CAD 的定义

按最广泛的含义，CAD 是指用计算机解决设计问题的任何应用。但一般的定义是指使用计算机图形显示技术对工程设计进行开发、分析、修改和优化的应用。CAD 系统由完成特定用户设计功能的软/硬件组成。其典型硬件包括计算机、一个或多个图形终端、键盘及其它外围设备。其软件由计算机图形系统和应用程序组成。现代 CAD 系统（或 CAD/CAM 系统）是以交互计算机图形显示技术（ICG）为基础的。CAD 系统的发展一直与 ICG 的发展密切相关。CAD 系统主要完成五个方面的设计任务：几何造型、工程分析、设计评估、自动绘图、零件分类与编码。并为产品制造提供数据库。该数据库包括设计阶段产生的所有数据（几何数据、材料清单、零件表、材料规范等）。它使产品设计与制造间建立了直接联系。使一定范围的设计与制造自动化不仅是 CAD/CAM 的目标，也是为了使设计和制造数据传递自动化。

2. CAM的定义

按最广泛的含义，CAM是指计算机对制造过程的任何应用。即通过各种接口用计算机去规划、管理和控制制造工厂的操作。按此定义，CAM应用分两大类：

(1) 计算机监控

在这类应用中，计算机直接连到制造过程，以监督或控制产品生产，故称作直接应用。

(2) 制造支持应用

在这类应用中计算机用来支持工厂中的产品操作，在计算机和制造过程之间没有直接接口，故称作间接应用。如数控编程、计算机辅助工艺过程设计、生产调度、材料需求计划等。

但是CAM是CAD/CAM的一个集成部分，我们感兴趣的只是与CAD相关连的那部分CAM应用。从这个角度理解CAM，它将包括：从生产计划到原材料的合理使用，人员的适当安排，机械设备的有效利用等的生产管理；如何选择加工条件以及数控编程；具体生产时的生产技术。图1-1给出了CAM的各个软件

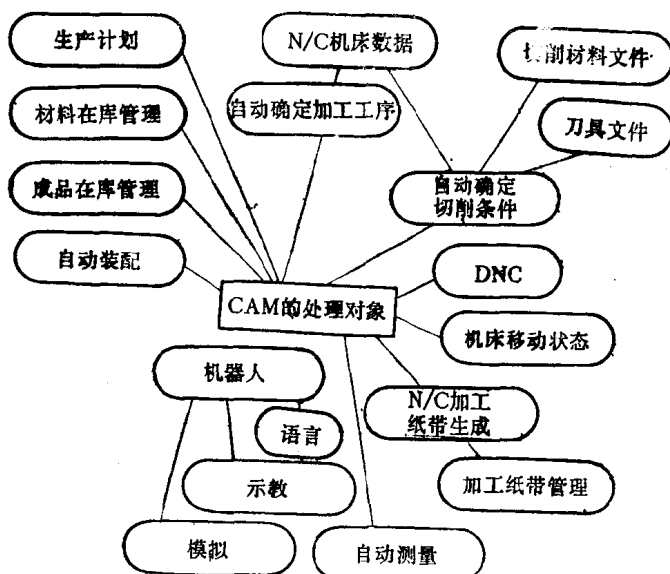


图1-1 CAM处理对象流程图

模块间的关系。各个模块各自完成一定的功能，且与其它模块交换数据，形成了实用性和通用性都很高的综合 CAM 系统。如果从最狭义的角度理解 CAM，一般是指数控编程。但从根本上讲数控编程在 CAM 处理的整个对象中只不过占据着很小的一部分。

3. 飞机 CAGD/CAM 定义

在飞机设计阶段，设计者根据少量的总体参数或三面图的外形数据，建立全机外形数学模型——用各种适当的曲面方程来表示飞机各部分的机体表面。此后，凡是后继的设计工作（如气动性能核算、结构的强度校验、系统设计的空间协调等）需要用到的的一切外形数据都统一用计算机从数学模型上提取；凡是与飞机外形有关的吹风模型加工、模线绘制、工艺装备元件（如钣金模具、标准样件的型面部分和定位基准等）和零件加工等都从数学模型上提取有关的外形数据。再用计算机通过数控加工或绘图软件系统进行处理，用数控机床或绘图机加工出零件或绘制出模线。这样，飞机的设计制造过程紧密相衔接，统一于全机数学模型，形成以计算机为中心手段，以数学模型为基础的设计、制造、检验过程。这就是计算机辅助飞机几何设计与制造的基本内容。CAD/CAM 应用软件一般分成三大部分：CAE、CAGD、CAM。对飞机而言，它们所包含的内容如下：

CAE——飞机性能计算及参数选择、飞机总体方案优化、气动系数计算、气动载荷、有限元结构分析、振动及颤振分析、重量重心及惯性矩、结构优化、飞机操纵性能、复合材料板件设计等；

CAGD——曲线曲面定义，飞机外形设计、机械零件及运动机械设计，电器安装及电缆铺设，管路布置，绘图及图纸发放等。

CAM——数控加工与测量，切削参数自动选择，工装制造，工艺过程设计(CAPP)，成组技术(GT)，质量控制，系统安装调试等。

随着计算机技术的发展，CAD/CAM 的研究内容也在逐步扩展。按照现在的理解，计算机辅助飞机设计、制造、管

究内容及相互关系如图 1-2 所示。从图可以看出, CAGD 是 CAE 和 CAM 的连接环节。按照国外习惯, CAGD 往往也称作 CAD。它主要完成对设计对象的几何形状设计工作。一般包括数学模型和计算机实现过程二个主要方面。其主要数学工具为“计算几

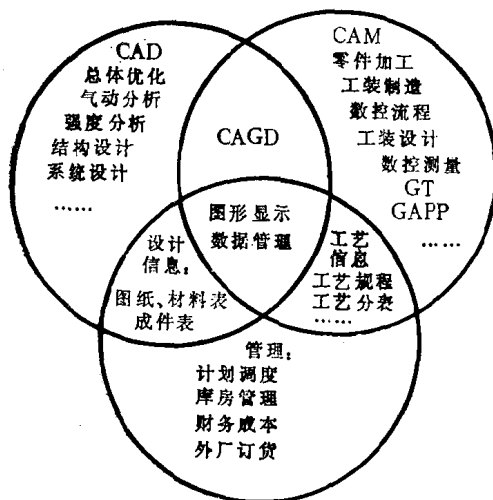


图1-2 CAD/CAM关系示意图

何”。计算几何是一门新的由函数逼近论、微分几何、代数几何、计算数学等形成的边缘学科。它主要讨论“对几何形状信息的计算机表示、分析和综合”。所谓的几何形状信息应包括两个方面。

(1) 几何信息

它用来确定几何形体的位置、几何描述及几何度量。

(2) 拓扑信息

它用来表示几何形体间的关系,说明形体的各个元素间以及元素与形体间的连接关系。

雕塑曲面和实体模型是目前计算几何中几何模型研究的二个主要领域。而几何模型的表示、设计、显示、分析以及程序实现(包括数据结构、数据库、图形的信息形式和调整方式等)等问题,是当今 CAGD 的主要研究对象和内容。

计算几何近年来的发展特点主要在离散化和图形化方面。为了在计算机和图形显示中表示和处理各种复杂曲面和几何体,需要进行大量的计算,很自然地要求把问题代数化、线性化、离散化。为了充分发挥人的创造性和对图形的快速鉴别能力,使用交互式图形显示系统进行产品设计工作,由此发展了一个新的研究方向——计算机图形显示学。它主要研究图形的生成、变换、显示、裁剪、隐藏线(面)的消去,明暗色调及相应的光顺处理等。

4. 完整 CAD/CAM 系统的构成

一个完整的 CAD/CAM 系统应由计算机系统、图形终端、绘图机等计算机硬件,数控机床、数控测量机等制造和检测设备,各种 CAD/CAM 软件系统组成。典型的 CAD/CAM 系统的工作流程如图 1-3 所示。

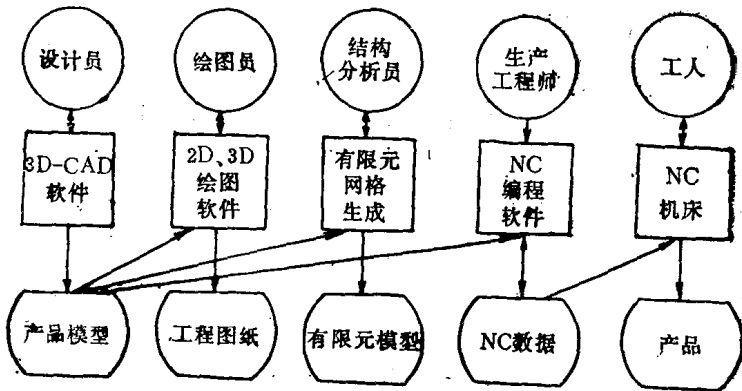


图1-3 CAD/CAM系统工作流程

5. CAD/CAM 在 CIMS 中的地位

在计算机集成制造系统 CIMS 中, CAD/CAM 系统的主要任务是为所有的设计、制造、管理活动提供公用数据库。如图1-4所示。这些活动包括产品说明、概念设计、最终设计、绘图、制造和检验。这些过程的每一阶段都可以增加数据、修改数据、使用数据,并在终端和网络上分配数据。这种单一数据库方法

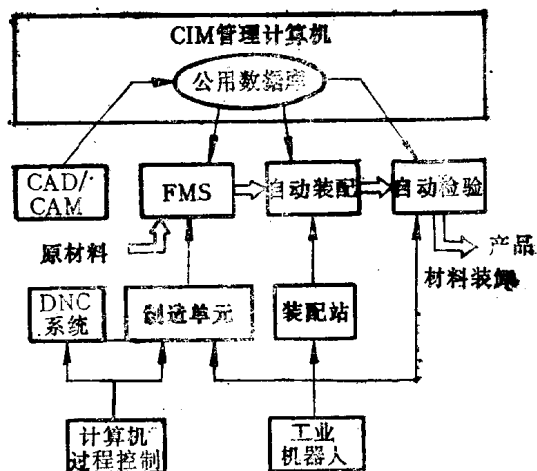


图1-4 CIMS的层次结构

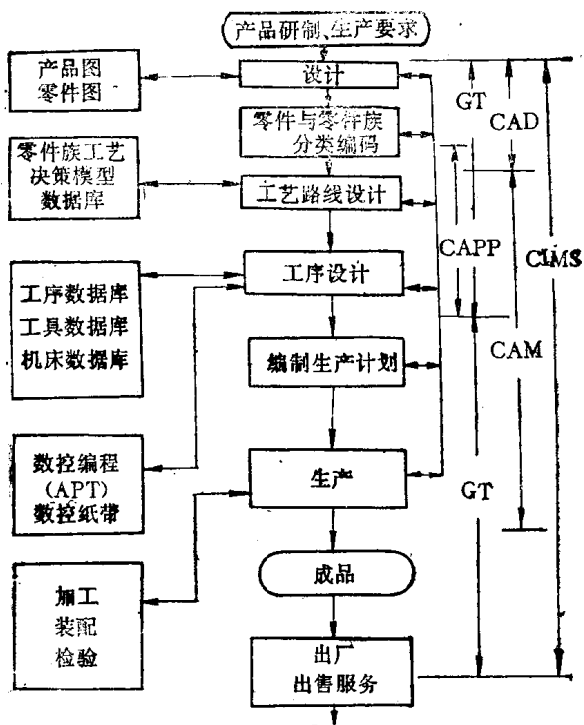


图1-5 CAD/CAM与CIMS关系示意图

减少了人为错误和大大缩短了从产品概念设计开始到最终产品的制造周期。在 CIMS 中, CAD、CAM、GT、CAPP 等所处地位及相互关系如图 1-5 所示。

二、CAD/CAM 使用的计算机硬件

CAD/CAM 系统使用的计算机硬件由三类设备组成: 计算机、工作站、绘图机。其选件有硬拷贝和大型数字化板。显然计算机是系统的核心, 它可以为大型机, 如 IBM4381、CDC 等, 也可为小型机或超级小型机, 如 VAX8200 等, 也可为微机或超级微型机, 如 IBM/PC, MICROVAX II 等。

1. 计算机的基本系统配置

当前使用的有四种基本系统配置

(1) 中心主机系统: 通常由大型或中型计算机连接多个图形显示终端构成。见图 1-6。

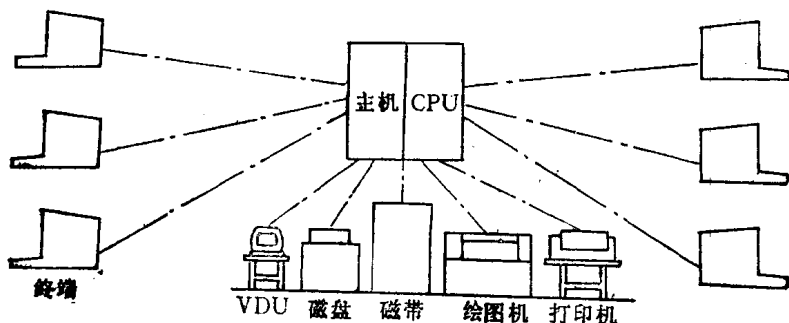


图 1-6 中心主机系统示意图

(2) 多主机系统: 它由几个小型机组成, 每个小型机上带有几台图形终端, 小型机间用局部网络系统相连。见图 1-7。

(3) 分布式系统: 它由很多工作站组成。每个工作站都有配套的计算机和图形显示终端。工作站间通过局部区域网连成一集成系统。其计算机可为小型机, 如 Prime2250, 也可为 32 位微型机, 如 APOLLO, SUN。见图 1-8。

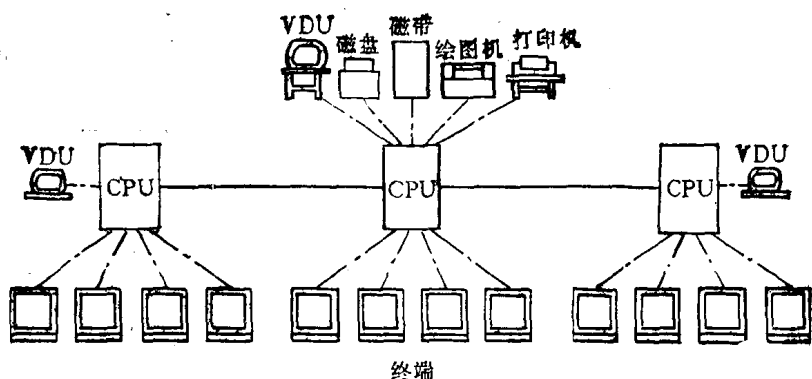


图1-7 多主机系统示意图

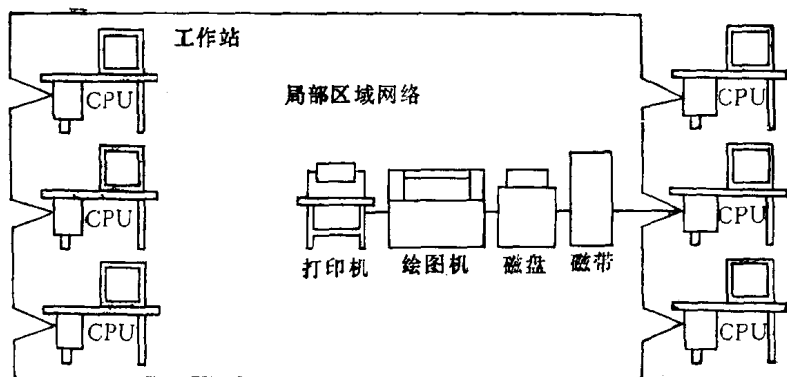


图1-8 分布式系统示意图

（4）单机系统：它由一台计算机带一台图形显示终端构成。其计算机既可为小型机，也可为微型机。

在主机和图形显示终端间增加一台小计算机可提高前两种配置的性能。减轻主机的负担，增加主机的响应能力。

2. 工作站的种类和基本组成

（1）工作站的种类

工作站有三种：哑工作站，指图形显示终端直接连到主机

上；智能工作站，它也用主机，但它具有许多基本图形功能的局部处理能力；内含式工作站，它既可以作为智能终端访问主机，也可作为局部区域网的节点工作。

(2) 工作站的组成

工作站由几种设备组成，系统不同，实际的设备配置有很大差别。

① 图形显示终端。它是工作站的核心部分，当前都使用阴极射线管 CRT 方法，且可以预料在今后一段时间内仍将使用这种方法。但平板式屏幕方法正在发展之中。有三种类型的 CRT 图形显示设备：存贮管式、随机扫描显示器、光栅显示器。其中应用最广的是光栅显示器。

② 字符显示终端。它是工作站的第二个要素。字符显示有两种方法。一种是在图形显示屏幕底部留一区域显示系统提示和信息；一种是用一台单独的字符终端显示系统提示和信息，而图显屏幕只显示图形与相关信息。相比之下，后者即双屏幕方法较受欢迎。INTERGRAPH 和 CALMA 都采用双屏幕方法。

③ 数字化板。这是大多数工作站都有的设备。它既可作菜单存取用，又可作光标控制用，还可分辨出它表面上的任何位置，其分辨率为 0.1mm。最大规格可到 A0 图纸大小，由此它可以把人工绘的工程图等图形数字化并输入到 CAD/CAM 系统中。

④ 光标控制。它既可为单独的控制装置，如控制杆、滚轮；也可为键盘上的装置，如母指轮、摇杆面板、触感面板；还可用数字化板控制光标。其中控制杆的方法最常用，数字化板的方法次之，触感面板是最新的方法。

3. 绘图机

CAD/CAM 系统有两种最常用的图形输出方法，一种是硬拷贝，用以把屏幕上显示的图形复制下来；一种是绘图设备，它从系统中接受绘图文件，并绘出与文件信息完全相同的图形。当前，CAD/CAM 系统使用三种绘图方法：笔式绘图、静电绘图、墨水喷射绘图。主要使用的绘图机有三种。

(1) 线型绘图机

它有四种类型

- ① 台式绘图机：速度慢，笔式，适合绘制工程图；
- ② 滚筒绘图机：速度快，可为笔式、静电式、墨水喷射式。适合多用户系统；
- ③ 平板绘图机：适合精度高和尺寸大的绘图。可为笔式、墨水喷射式；
- ④ 框架绘图机：它是兼顾平板式精度和滚筒式速度的折衷产物。

(2) 彩色或明暗填充型绘图机 静电或墨水喷射均可。

(3) 缩微胶片绘图系统。

4. MBB 公司的硬件配置

联邦德国 MBB 公司采用中心机系统。其配置情况如图 1-9 所示。

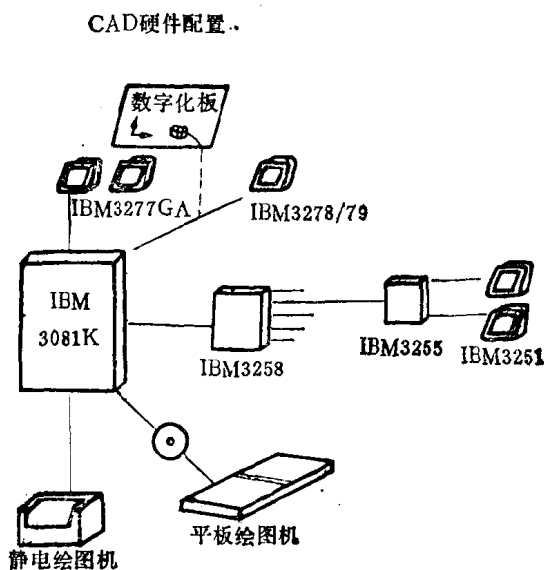


图1-9 MBB公司硬件配置示意图