

科技情报研究报告85(003)

1174
内部资料
注意保存

广州市发展计算机辅助设计(CAD)、 计算机辅助制造(CAM)技术与设备 的调研报告

广州市科学技术情报研究所

一九八五年二月

广州市发展计算机辅助设计(CAD)、计算机 辅助制造(CAM)技术与设备的调研报告

吴骏盛 工程师 (执笔)

卢 尧 工程师

洪金宝 工程师 (广州市无线电研究所)

目 录

一、概述.....	(1)
二、CAD和CAD/CAM系统的组成.....	(2)
三、国外CAD、CAM概况及趋势.....	(4)
四、国内应用CAD和CAM的现状水平.....	(8)
五、广州地区推广应用计算机辅助设计与制造现状、 差距及存在问题.....	(12)
六、关于在我市推广应用计算机辅助 设计与制造的建议.....	(15)
七、附表.....	(21)

一、概述

计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM) 在航空、汽车、铁路、船舶、兵器制造、机械工业、化工、电子、建筑、纺织等部门都有广泛的应用。

在工程设计中, CAD可算出很多有价值的方案, 供人们比较选择。例如大庆油田的开发方案是科技人员利用计算机对比分析六千多个方案后确定下来的。近20年来的开发实践表明, 当时所确定的方案, 基本上符合油层客观实际, 对保证油田的长期稳产、高产起了很大的作用。

CAD技术的发展已有二十多年历史。目前已发展到通过人机对话, 用户在屏幕或选键上输入必要的参数和限定条件, 就可以用图组合出某一设计方案。一个较完善的CAD软件, 通常具有几十个应用子程序, 大概用五万语句行左右即可将某方面的CAD应用准备得较齐全。用户设计时, 调用有关的图形子程序和文字说明程序, 即可形成设计方案。不少应用软件还安排了检查排错程序, 可协助用户在设计过程中及时发现错误。例如机械设计中出现碰撞、冲突时, 程序会自动发警报, 显示错误类型, 引起设计人员注意。这是常规设计手段所无法比拟的。

CAD系统, 利用了计算机高速、精密、有判断功能等特点, 将有关专家在某一领域的知识和判据写成应用软件, 供用户调用。

由于标准、规范、设计技巧已准备齐全，所以能大大提高设计人员的工作效率。在激烈竞争的国际市场中，各企业公司为求得生存和发展，缩短设计周期，CAD技术的作用是比较大的，本文将提供一些实例。

计算机辅助制造（CAM）是一个涉及面很广的技术，从产品的加工，检测，装配到有关的传递，管理，都属于CAM的范围。柔性加工系统（FMS）就是CAM的较高级的一种形式。

据日本调查，采用CAD和CAM后，设计时间缩短41.9%，节约人力19.8%，产品质量提高14%。

二、CAD和CAD/CAM系统的组成

作为一个较完善的CAD系统，应具有图形输入和图形输出设备，有较丰富的绘图软件和适于某一行业设计需要的较齐全的应用软件，今举几个例子说明CAD和CAD/CAM系统的组成。

1. 上海医药建筑设计院的IGS—500系统，这是美国著名的Calcomp公司的产品。整套系统38万美元。包括如下设备：

①主机：SOLAR—16/40，内存256KB；

②控制台：配CRT和键盘各一台；

③磁带机一台：9道，800位/英寸；

④磁盘机一台：50MB；

⑤图形输入编辑工作站2台；

⑥自动绘图仪一台;

⑦点阵式打印/绘图机一台;

⑧数字转化器一台(40英寸×48英寸);

⑨操作系统: EOS-D, RTES-D实时操作系统;

⑩系统软件: ASM16, PL16;

FORTANW/IGL(交互式绘图语言);

GTB基本绘图软件包;

EDS工程绘图软件包;

EDS-X扩充工程绘图软件;

⑪应用软件包:

工艺流程图绘图软件包;

管道俯视图绘图软件包;

建筑平面绘图软件包;

建筑透视图绘图软件包。

2. 西德布伦瑞克大学的CAD系统。

①主机: PDP11/34(内存128KB);

②操作系统: RSX-11M;

③磁盘: 50MB;

④CRT字符显示仪: VT-100, 4台;

⑤光笔图型显示仪一台;

⑥自动绘图仪一台;

⑦宽行打字机：2台；

⑧基本软件：PLOT-10，27个子程序；

⑨基本软件：DYNALB，80个子程序。

3. 日本的几种CAD/CAM系统：见附表

三、国外CAD, CAM的概况和趋势

1981年美国 and 日本的CAD/CAM在各行业应用大概比例如下：

	美国	日本
机械	50.0%	26.0%
电子电气	20.6%	45.0%
土木建筑	16.0%	9.0%
地图绘制	9.4%	
其它	4.0%	20.0%

美国在1981年全国共有CAD和CAM的设备台数为4000台左右，设备价值达8亿美元；预计到1985年，设备台数将达18,000台，设备价值将达28亿美元，而这些设备每年可创造价值达20—25亿美元。据美国调查，企业采用CAD与CAM后，利润可增加10%，这主要是因为采用CAD和CAM后，效率和质量都得到提高，设计周期缩短，所以利润就得到增长。

1. CAD/CAM在汽车制造与航空工业中的应用

目前美国和日本的汽车工业公司，从车身外壳到钣金另件，甚

至整个发动机的设计，都采用CAD，能够把设计计算与结构分析结合起来。例如美国通用汽车公司的CAD规模很大，在自己开发的CADNCE，FBX的基础上引进了洛克希德公司的CADAM系统，这使以往从设计到制造需4—5年时间缩短至2—3年。克莱斯勒公司投资1800万美元购买成套CAD/CAM系统，决心成为世界上第一家完全采用计算机设计汽车的企业。在欧洲，奔驰公司，大众汽车公司等都致力于开发CAD技术。日本的汽车制造厂更着手把CAD和CAM综合起来，例如，根据车外壳的CAD数据已可以自动产生相应压模的NC加工程序。

美国波音飞机公司的CAD系统已可作标准零部件设计。美国洛克希德——佐治亚公司用CAD设计C—5B运输机，使每架飞机的成本节省75万美元。

2. CAD在建筑等行业的应用

在国外，对于建筑，尤其是高层建筑，普遍采用CAD技术。在设计时，可以把建筑试样在彩色显示屏中生成，还能旋转。也能在用户进行人机对话输入给定的参数后，计算机即把结构的内力计算出来，自动核对是否符合标准，连同图纸一起输出。例如美国休斯敦市的Stone and Webster工程公司，已拥有100个建筑工程设计台，24部16位小型计算机。1983年承接一项大型电厂设计任务，90%的图纸都是在CAD系统支持下完成的。

3. CAD和CAM在机械行业中的应用

西德布伦克瑞工业大学机床与加工技术研究所用CAD设计组合机床多孔钻主轴箱。主轴箱设计的中心问题是传动系统设计。设计者首先输入第一个轴的位置坐标和有关参数，然后启动有关的绘图子程序即可在屏上画出相应的第一个轴的图形。借助光笔在屏上作业，确定下一个轴的位置。在事先准备齐全的子程序支持下，可以很快地按意图组合出一个设计方案，既产生图形，也同时产生有用的数据。软件中安排了图形的增、删、查错功能。当设计中发生差错，系统当即发出警报讯号，并指示错误类型，提示设计人员及时更改参数，排除错误。设计完成后可以产生文字数据文件和图形文件。设计速度比常规方法快几十倍。

国外的CAM系统实例很多。七十年代末八十年代初出现的柔性加工系统(FMS)和无人工厂都是CAM的典型例子。作为对比实例，日本山崎机床厂安排了两种生产系统：普通生产系统(CPS)和柔性生产系统(FMS)，都是月产400台机床的系统。按CPS方式，月产400台机床需要68台设备，400种刀具，215人，分三班进行生产；而按FMS方式，只需18台设备，63种刀具，12人管理操作。厂房面积也减少了一半。FMS系统的最大特点是适应产品批量少，品种多的特点。每个品种的批量可以是1台。

由于山崎厂的18台设备全部是数控加工中心，因而设备投资比一般生产方式高出54%（915万美元：595万美元）。但采用FMS后，占地和厂房投资大大减少（84.7万美元：180万美元），而且

在制品数量大大减少(30件:690件),所需流动资金大大减少(12万美元:276万美元),加工周期大大缩短(2天:90天)。因而投产第一年两种生产方式的固定资金与流动资金之和大致相同(1012万美元:1051万美元)。虽然头一年生产成本稍高(1263万美元:1187万美元),但利润大(239万美元:-49万美元)。这是由产品质量提高,应变能力强所带来的。山崎厂的中央计算机是PDP11/23,配置7台辅助计算机。这些计算机广州已有产品。

4. CAD和CAM在电子行业的应用

电子行业是运用CAD和CAM最成功的行业之一,可以提高整机、电子元器件的可靠性,大大加快更新换代的周期。通过计算机优化,可以使造型更加美观大方,成品率大大提高。

在线性电路方面的CAD实际上是辅助分析程序。针对大型网络的高速求解和存贮问题,出现了稀疏矩阵方法;针对时间常数的大范围分析的需要,出现了变阶变步长稳式积分算法。在这些基础上产生了近代电路分析程序,如SPICE 2, ECAP-Ⅱ, ASTAP, SYSCAP等,成为电路设计师不可缺少的工具。

集成电路设计应用CAD技术是1965年开始的,但当时IC处于小规模集成阶段,对CAD要求不很迫切。随着对集成度要求的提高,人工绘制掩模图变得极其困难,这时CAD就发挥了强大的作用。随着CAD技术的发展和IC集成度的提高,现已力求将各设

计阶段的程序综合成一个完善的CAD系统，统一管理和调度尽可能齐全的有关数据和图形。目前从掩模制作，芯片制造到组装，测试，都用计算机辅助，目前国外计算机辅助分析的规模是1000个门，1万个元件。与实验值相比，模拟精度可望在10%以内。

版图设计和掩模板制造阶段的CAD，目前研究和应用的软件可分三类：第一类是人工设计方式CAD软件，应用较广；第二类是自动设计软件，这尚在研制中；第三类是半自动设计软件，部分自动，部分人工，或先自动设计后用人工干预、补充、修改。版图自动检查属于CAM，也分三类：①设计规则检查；②连接性检查；③电路参数检查。

美国HP公司目前已拥有有源滤波器，振荡滤波器，变压器，低通滤波器，电路绘制等70多套电子设计程序软件，从印刷电路板设计到电路模拟，波形分析等，相当齐全。

四、国内应用CAD和CAM的现状和水平

目前国内各地都先后开展CAD和CAM的应用和探索。北京、天津和上海等地搞得较好，并具有一定水平。

北京地区现有大、中、小型计算机681台，微机1500台。各高等院校、科研机构、中央各部和北京市的企业开展CAD和CAM比较活跃，组织各方面力量进行软件开发应用。尤其是高等院校开展应用研究较早，如北京大学力学系自1974年开始，就进行旋转壳应

力分析的计算机程序系列的研究，并成功地应用于冷却塔设计，其BS程序已被华东、华北、西北、西南等地的电力设计院使用。机械工业部和航天工业部移植ES程序和BSD程序用于原子弹头外壳、导弹体和其它产品的研制。北京邮电学院在恒时延滤波器的优化设计、实用化逻辑电路设计、线性相位数字滤波器的CAD程序开发应用方面取得明显的经济效益，节省大量设计工时，提高了产品性能，减少了元件的消耗。北京工业学院开展CAD/CAM应用研究取得较大成绩，完成30多项工作，如“机械工程优化设计常用程序汇编”，“圆柱形拉压弹簧优化设计与绘图程序”、“微机控制七轴钻头磨床”等。天津大学机械系用CAD设计齿轮和轴类等机械另件。西安交通大学用CAD设计滚动轴承，共有七种型式，26个系列，667个型号。

中国科学院自动化研究所在研制CAD系统和图象识别系统等方面做了许多工作，如“GTX—A高速光笔图形显示装置”、“ZHJ—1200自动绘图系统”等项目已能向全国展览，达到国内先进水平，可以用于设计大规模集成电路。

机械工业部北京机械工业自动化研究所自1978年起进行CAD、CAM、CAT（机助测试）等软件研究，取得不少成绩。其中“钻孔组合机床多轴箱计算机辅助设计系统”的研制，是由上海交通大学、机械工业部自动化所、大连组合机床所、上海机电设计院、清华大学、机械工业部第三设计院和大连机床厂等单位联合研制成

功的。它从确定一系列设计参数开始，经过设计直至最后绘制装配图，输出装配表及另件明细表，全部由计算机辅助完成。该系统是在DJS-6机上用FORTRAN语言书写的，所配设备齐全，是目前国内比较完善的机床CAD系统。

化工部化工设计公司为CAD开发软件已可提供十多项成果，如“PDP-11/70 BENSON脱机绘图软件包”、“HRB城市煤气环网计算程序”等，已应用于实际取得成绩，效益明显。

北京重型电机厂1973年开始应用计算机辅助设计，使设计周期平均缩短近 $1/3$ 。设计小型汽轮机，过去用人工需两个月才能设计出几个方案，现在用计算机一周即可产生几十个方案。该厂用CAD设计出的850毫米长叶片汽轮机，达到国际七十年代水平，是国内运行时间最长的汽轮机。

石油化工科学研究院引进美国UNIVAC 1100/20计算机系统，内存2兆（字长36位），速度100万次，装有磁盘机8台（共1200兆字节），磁带机4台，宽打2台，终端26台，高精度平板式绘图机一台（CALCOMP748型），已装有制图软件，三维立体应用软件，汉字绘图软件，绘流程图软件等。这为开展CAD提供了强有力的工具。

铁道部天津第三设计院是部里选定的CAD试点单位，1979年花30万美元引进NOVA-3/D，设备很齐全，既有图形输入用的数字化仪，也有绘图输出用的绘图机（1.3米×1米），自己动手

开发了二十多项铁路勘测方面的应用软件，例如铁路路基的断面设计，桥台设计，钢筋混凝土箱涵设计、桥梁水文设计，站台设计，斜交涵洞设计，水塔设计讯号控制盘设计，行车牵引设计等。借助这些软件，普遍能使设计时间缩动几倍至几十倍。只要输入必要的参数和控制条件，很复杂的计算、优化、成图，计算机全给做了。如：过去设计一个30股道轨的站台要工程师干一人年，现在用CAD，一个小时即可扫描几百个方案，并从中进行优化。就是说一些成熟的设计经验已经较完整地写成许多子程序供用户调用，设计时通过人一机对话把必要条件限定后，计算机即高速地为你完成设计和成图，效率很高。该院很重视CAD技术培训，已举办4期CAD培训班。

上海造船工艺研究所1965年开始进行计算机辅助设计与制造的研究与应用，拥有计算机专业人员80人，其中软件人员50人，高级软件分析人员6人，是我国造船工业系统的软件开发中心。该所拥有的计算机是：IBM—4341，WANG—VS100，DJS—130，IBM—PCXT和一些微机。在船舶动力、船仓、船壳、管道阀门等方面开发了大量CAD应用软件。全部软件已积累了约200人年的成果。已经有一个软件能以6万美元的价值转让给外商。

据称，全国目前在开发应用CAD方面正在起步。具备图形输入输出能力的单位，已不下六、七十家，而且经常召开全国性的CAD学术交流会。这些单位的基本系统，其投资量从5万美元至

100万美元不等。根据他们的经验，要开展CAD和CAM工作，应当具备如下条件：

①确实有繁忙的设计、制造任务，对于需要计算机化的问题已有长期的工作经验，非引入计算机不足以赶上任务需求和市场竞争需要的；

②对于所述的任务有透彻的了解，对于需要计算辅助的任务的国内外动态有明确了解者；

③有人才：既精通本专业的国内外动态，又懂得一些计算机功能者；

④有资金：应有足够的资金将系统配齐，千万不要东引进一点，西拼凑一点，无法形成系统。

不少专家都很强调第④点，对于目前引进中一些既不配套、又有点盲目的做法表示不满，这是值得引以为戒的。

关于CAM，华南工学院已作系统的调查报告，“发展柔性加工系统”。

五、广州地区推广应用计算机辅助设计与制造的现状、差距及存在问题

广州地区目前拥有中小型计算机约50台，微机约520台。

广州造船厂1968年建立计算机站，1973年开始应用计算机进行数控放样，1979年搞计算机辅助设计，如船体结构设计计算，螺旋桨

计算及曲线绘制。该站计算机是DJS—21，各种设备较落后，不太适应发展的需要。现有计算机人员22人，其中软件11人。广州市设计院将要购入的计算机是VAX—11/750，现有计算机人员12人。该院应用计算机进行建筑工程的结构计算，由于设备不完善，未能绘制建筑图。广州重型机器厂1982年开始应用计算机，现有微机TRS—80一台，计算机专业人员只有2人，目前主要用于管理方面，在计算机辅助设计方面也做了一些工作，如“上海金山化工总厂醋酸脱水塔设计”、“云南糖厂蔗梳曲线的计算”、“离心机力学参数计算”、“离心机的临界转速计算”。这些项目取得一些经济效益。广州市柴油机厂虽然未有计算机，但对计算机技术应用很重视，1981年开始派遣人员参加各种软件技术进修班，现有5人可从事软件的编制工作，1982年与交通部广州计算中心，船检局广州办事处合作，在CROMENCO—80C机上用FORTRAN语言先后编制了“船舶动力装置轴系扭转振动计算程序”、“简谐分析程序”和“一缸发火情况下轴系扭振性能分析程序”，两年来先后对近50个不同的动力装置轴系进行了计算分析。过去用人工计算要半个多月，且计算精度差，现在用计算机则只用15分钟。广州机床厂是一间生产小型车床的老厂，设备陈旧、工艺落后，严重影响产量和质量提高，目前花了很大力量才使产品靠拢了ISO国际标准，要开发市场，实现产品更新换代，目前该厂研制了程控车床。广州第三机床厂与华南工学院合作研制数控车床，但与国内其他机床厂相比，

资金缺乏，设备陈旧，工艺落后以及技术力量不足。如不改变这种状况，则势必在竞争中被淘汰。广州无线电专用设备厂生产的DK6732电火花线切割机床是采用计算机控制的新一代产品，采用会话型微型计算机自动编程系统，主机是TRS—80微机，只要用户将图形上的有关参数用规定的符号输入计算机，计算机能够立即计算出图形的具体坐标并自动编出切割机指令，指挥线切割机动作。该数控线切割机床主要用于模具、形状复杂的精密工件、量规及样板等中小型金属件的切割加工，在省内30多个单位使用，效果良好，提高工效，质量稳定。

目前广州地区拥有中小型计算机的单位不少，技术力量较强，广东省计算中心主机为IBM—4341，交通部广州计算中心也有一台IBM—4341，华南工学院由联合国资助的计算机是HONEYWELL，中山大学计算机是VAX—11/750和M160，还有其他单位也有计算机专业，华南工学院和中山大学都有计算机专业，华南师范大学设有电子研究所，广州市无线电研究所与广州市自动控制研究所都有计算机应用研究室，华南计算机公司和广州远华微电脑公司都是经营计算机生产、销售、研制的企业。广州地区毗连港澳，可以通过各种渠道进行技术交流，引进国外先进技术。虽然广州地区有这些得天独厚的有利因素，但在推广应用计算机辅助设计与制造方面比之国内京津沪等地区落后很多，其推广应用的部门和单位少，在工业部门中计算机的应用主要侧重于生产过程控制和企业管