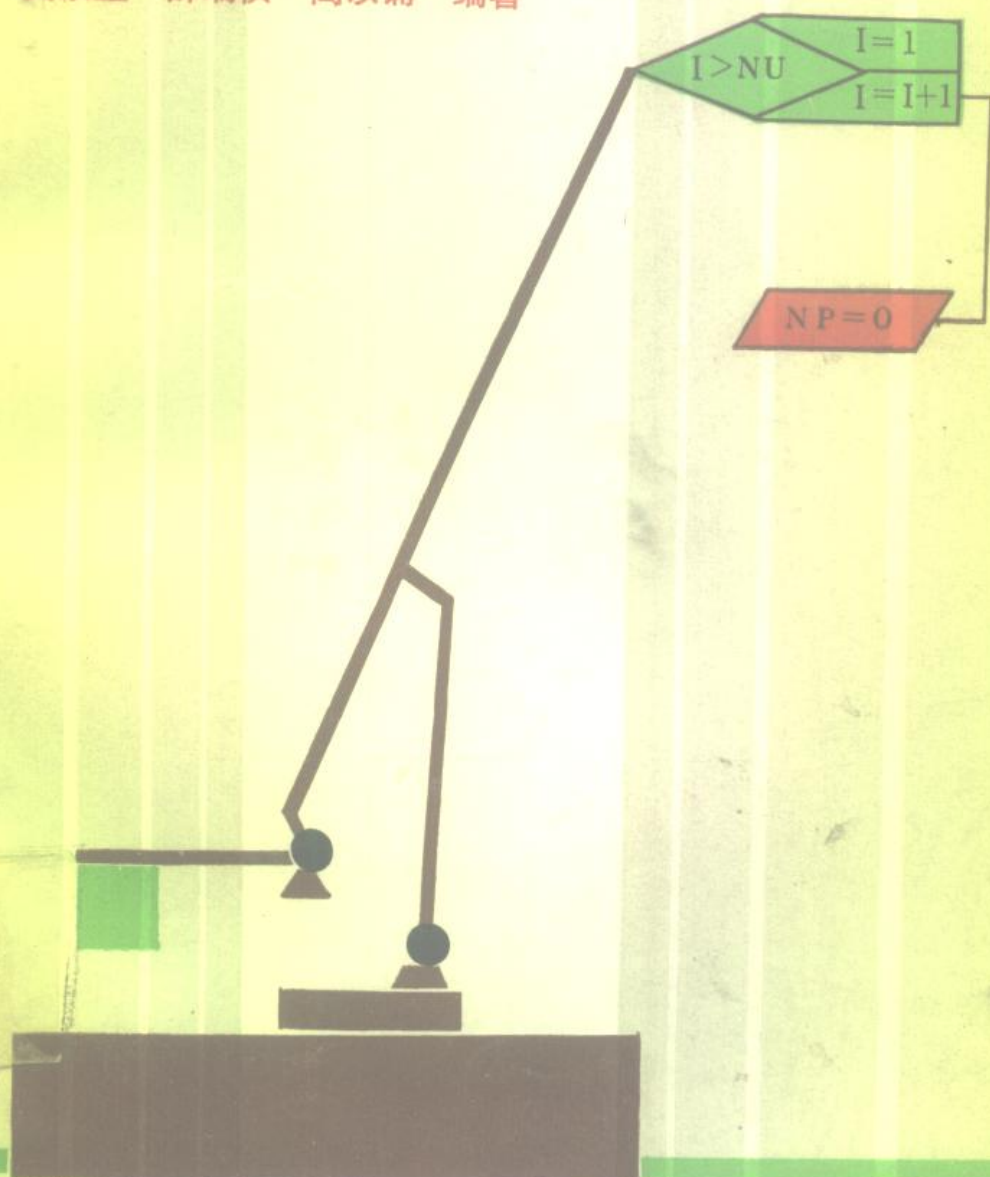


工程机械 CAD

黄宗益 薛瑞祺 阎以诵 编著



同济大学出版社

TJ1122

H95

工 程 机 械 CAD

黄宗益 薛瑞祺 阎以诵 编著

同济大学出版社

(沪)新登字204号

内 容 提 要

本书前四章对CAD作了入门性的介绍,包括CAD的概念、功能、发展和未来展望;硬件组成及其工作原理;CAD软件的基本内容等。后三章介绍工程机械实际设计时,CAD数学模型的建立和程序的编制。书中附有较多的算例,可以借鉴引用。

DN 48/05
责任编辑 洪建华
封面设计 王肖生

工程机械 CAD

黄宗益 薛瑞祺 阎以诵 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行

常熟市印刷二厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.5 字数: 270 千字

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数 1—3000册 定价: 2.60元

ISBN7-5608-0823-9/TH·21

前 言

本书是经高等工业学校“起重运输与工程机械”专业教学指导委员会讨论确定的,作为七·五期间工程机械专业的一本增补教材,同时又是工程机械行业推广新技术的一本参考书。

计算机辅助设计(简称CAD)是一项新技术,已在我国机械设计领域得到了应用,并正在推广普及,对工程技术人员来说需要对CAD有一个大致的基本了解。同济大学工程机械专业从1984年起开设了“工程机械计算机辅助设计”这门选修课,受到了同学们欢迎。在几年来教学实践的基础上,再加上十多年来我们从事工程机械CAD科研的总结,写成了这本书。

本书包括以下两部分内容:

前四章对CAD作入门基本介绍。介绍了计算机辅助设计的概念、功能、发展概况和未来展望;CAD硬件的组成和各种装置的大致工作原理;CAD软件的基本内容和有关软件的基本知识。还介绍了如何建立数学模型,把实际设计问题CAD化,输入计算机进行处理等。

后三章介绍工程机械实际设计问题,例如:工作装置连杆机构设计;齿轮变速箱分析;铲土运输机械的牵引计算和稳定性计算;汽车起重机的总体计算等。继而介绍其CAD数学模型的建立和程序的编制。在书中还附有大量的具体实用的设计程序,可供有关厂家、科研单位和高等院校参考和使用。

本书由黄宗益担任主编,曹善华担任主审。全书共分七章,第三章由薛瑞琪编写;第七章由阎以诵编写,其余部分为黄宗益编写。

由于我们水平有限,初次编写,时间仓促,书中难免会有缺点和错误,恳切地希望读者提出批评和指出。

编者

1990年7月

目 录

第一章 概述	1
§ 1-1 设计的概念、性质和内容	1
§ 1-2 计算机辅助设计概念、内容和特点	3
§ 1-3 CAD系统基本组成和类型	6
§ 1-4 CAD的应用	10
§ 1-5 CAD发展概况和未来展望	14
第二章 CAD 硬件	20
§ 2-1 CAD硬件的组成	20
§ 2-2 外存储器	21
§ 2-3 图形显示器	24
§ 2-4 输入装置	28
§ 2-5 输出装置	33
第三章 CAD 软件	41
§ 3-1 CAD软件的组成原理	41
§ 3-2 系统软件	42
§ 3-3 物体的模型及其在计算机内表示方式	51
§ 3-4 图形支撑软件(Graphics support software)	60
§ 3-5 工程数据库	79
§ 3-6 软件工程及其在CAD系统设计中的应用	84
第四章 设计问题的CAD化	89
§ 4-1 设计问题的数学表示	89
§ 4-2 数表和线图的程序化	96
§ 4-3 数表存取、查询程序	116
第五章 工作装置连杆机构CAD	128
§ 5-1 连杆机构在工程机械上的应用	128
§ 5-2 平面连杆机构运动分析通用程序	130
§ 5-3 平面连杆机构力分析通用程序	159

§ 5-4	空间机构力分析通用程序	177
§ 5-5	推土机刀板侧倾机构运动分析	190
第六章	铲土运输机械 CAD	201
§ 6-1	匹配和牵引计算	201
§ 6-2	轮式装载机横向稳定性	217
§ 6-3	计算机辅助变速箱转速分析	234
第七章	汽车起重机总体设计 CAD	258
§ 7-1	总体设计	258
§ 7-2	液压变幅机构三铰点设计	261
§ 7-3	支腿反力计算	268
§ 7-4	起升高度和起重特性曲线计算	277

第一章 概 述

§ 1-1 设计的概念、性质和内容

要了解计算机辅助设计,首先要搞清设计是什么,设计包含哪些内容,设计工作的特点,设计是怎样的过程。

所谓机械设计就是设想出最能满足给定使用要求(功能)的机械系统和装置;并把这种设想明确化、具体化、以一定方式(图纸和设计文件等)表达出来;使制造者和其他人能理解,以保证能正确地制造出来。

简要地说设计完成以下两项工作:

设计对象的确定工作:决定采用何种机构、装置和系统;确定描绘此机构、装置和系统的参数和具体结构。

设计对象的信息化工作:将确定的设计对象通过图纸和技术设计文件(或其他信息表达形式)表达出来。

设计输入的是人们的需求欲望,有生产上的和生活上的形形色色的要求,具体来说就是对产品的使用(功能)要求。根据这些要求,人们运用人类所掌握的全部知识和经验,应用各种先进技术和现代手段,构思设想,按给定的目标进行优化选择,在一种传递信息的媒介(例如纸或磁带)上造物。设计输出的是存在于传递信息媒介体上的抽象物——产品的具体设想。

设计一般经历以下三个阶段:

概念设计:通过调查研究、资料收集、进行分析对比、方案构思和论证,确定所设计对象的概貌。

基本设计:确定设计对象的基本参数,检验其各种性能是否符合要求;绘总体布置草图,确定各部件基本结构和形状、主要尺寸。

详细设计：确定设计对象的细部结构，具体绘制总体布置图和零部件图等，进行细部计算，整理完成各种设计文件。

设计工作从接受设计任务开始到完成制造图纸和技术文件结束，包括以下具体内容：

1. 搞清设计任务。

要充分了解所设计的产品应满足哪些性能要求、要达到的目标、有哪些限制条件，把这些要求和条件用简明的文字叙述和表格形式作为文件固定和明确下来（如设计技术任务书、要求明细表等），作为以后设计的基本依据。

2. 方案设计

根据设计任务中的功能要求寻找解决问题的物理原理；提出实现功能要求可供选择的方案；进行方案分析对比和评价决策。

3. 设计分析计算

通过分析计算来确定机械的主要参数，预估其各项性能指标。以铲土运输机械为例来说，分析计算包括以下内容：

总体性能计算：牵引计算、稳定性计算、生产率计算等。

主要系统设计计算：工作装置、传动、行走、转向和制动系统等的设计计算。

零部件设计计算：运动分析和力分析，强度、刚度、寿命和可靠性等的计算。

4. 设计绘图

进行总体布置，确定各部件相对位置，绘制总布置图；确定各系统的组成，绘制系统图；进行结构设计、绘制部件装配图和零件图。

5. 编制设计文件

编写设计计算书，用文字、数据、表格和线图来清晰地表示设计分析计算的结果；编写零件明细表，材料统计表，外购件和毛坯件统计表等，供生产准备和制造用；安装、运输和运转说明书。

设计是创造，创造出自然界没有的人工物，设计是一种创造性

的脑力劳动。设计依赖理论知识和实践经验,设计师面临着形形色色处理对象,必须有灵活的头脑、丰富的想像力、强的逻辑分析和推理判断能力,还需要有灵感,这些都说明设计是创造性的思维活动过程。这是万物之灵——人类所具有的特异功能。

然而在设计过程中,要使方案具体化,需要有解决问题的具体手段和工具:试验和检测手段,技术情报检索工具,计算,制图和文书工具等。有许多具体工作要做:大量的计算、绘图和文书工作量,以及繁杂的日常事务性工作和费时伤神的重复性劳动,往往使设计人员陷于困境,搞得疲惫不堪,严重地影响着产品开发的速度和周期。据先进工业国分析某单件小批生产企业的资料表明,在设计工作中进行创造性工作的时间只占 32%,绘图和改图时间占 37%,编制技术文件所占时间为 15%,其他日常事务工作时间占 16%。可以说目前的设计工作中,大量的的是非创造性工作。其所占比重的多少与设计水平有关,设计水平愈低,非创造性工作所占比重就愈大。例如工业水平低的国家和地区的设计工作中,抄袭和模仿往往占重要地位,搬抄别人图纸,测绘样机进行仿制,创造性工作所占比重就小。但是抄袭和模仿是必要的,这是一种学习,通过学习进行吸收消化,逐步进行独立开发,能使产品迅速赶上和超过先进水平。

§ 1-2 计算机辅助设计概念、内容和特点

一、CAD 的具体内容

计算机辅助设计的英文名称叫“Computer Aided Design”,简称 CAD,顾名思义是计算机帮助进行设计的意思。有人把设计中使用了计算机就算是 CAD;有人把用计算机进行计算分析看成是 CAD;有人把 CAD 理解为计算辅助制图,这样 CAD 中的“D”实际上不是“Design”,而变成“Drafting”或“Drawing”了,他们把 CAD 看成是利用人机对话图形处理系统来设计绘图;也有人把 CAD 理解为在设计中用计算机进行计算加绘图。总之对 CAD 存

在着不同的理解。人们关心的是弄清楚计算机在设计工作中能帮助我们做些什么工作和解决什么问题,如何在自己的设计工作中运用计算机。根据目前我国设计技术水平,计算机可以帮助我们完成以下工作:准备和提供信息资料,帮助快速进行情报、资料和数据检索;利用计算机进行各种设计计算、绘制各类图纸和编制所有设计文件。实际上计算机的功能还远远不止这些,在设计领域上的应用正在不断扩大,可以说人类利用 CAD 还处于初级阶段,它的应用功能还有待于人们不断开发,正如日本 CAD 专家冲野教郎所说“CAD 与其说它是实用技术,不如说它是将来技术,正在迅速发展中的技术”。正因为如此,人们对 CAD 的认识还没有统一,还有待于深化发展,因此迄今还没有统一的明确的定义。

二、CAD 的特点

为了充分全面利用 CAD,需要深刻地理解 CAD 的基本概念和含义,有必要分析了解 CAD 的特点。

(一) CAD 是利用计算机进行各种设计信息处理的总称。

设计过程实际上是一个获取信息、处理信息和输出信息的过程。从市场需求信息出发提出设计任务,归纳为设计要求这是设计的输入信息。设计过程从调查研究和收集资料开始,积累有关资料和数据,这是设计信息的收集过程,一个好的设计是建立在充分掌握大量有效的信息基础上的。接着把已积累的大量设计信息进行整理、变换、分析、对比等处理,作出决策,确定方案。然后定参数,进行分析计算和综合优化等数值信息处理工作;进行结构设计,确定形状和尺寸,作图形信息处理工作;编各种技术设计文件、作文字信息处理工作。最后以纸为媒介输出设计结果信息。

从上所述可知设计纯粹是信息处理过程,然而这样大量的信息处理工作,过去主要靠人工来完成。直到计算机的出现才改变了面貌,因为计算机是专门处理信息的机器,它用于设计领域是非常自然的事,它能把大量收集到的设计信息(数据、公式、表格、线图、图形、标准、规范、设计方法和步骤等等)存贮在计算机内,进行

各种形式的转换和处理(输入、输出、查询、数值计算、图形和文字处理等等),这正是设计工作所需要的。从信息处理这个角度来理解 CAD,这对了解 CAD 的实质是必须的。

(二) CAD 是合理和充分地利用计算机及其外围信息处理装置,组成人机对话一体化设计系统。

CAD 是人机组合,把各自的特点有机地结合起来,充分发挥各自的特长,各尽其能。

人具有创造性思维能力,能学习和总结,掌握知识和经验,具有逻辑分析、推理和判断能力。

计算机的特点是:

1. 具有大容量的信息存贮能力、高速的信息交换功能,能记住大量的设计资料和数据,快速存入或取出数据、检索数据。
2. 具有快速和高精度的计算和数值分析能力。
3. 现代计算机都具有很强的图形和文字处理能力。

CAD 就是将人的创造性、决策作用、组织能力和计算机强的信息处理能力结合起来,使设计发生了巨大变革。

人机结合是以人为主,以机为辅。在 CAD 中人起主导作用,而机只能完成人所规定和安排好的工作。曾有人设想和生产自动化一样搞设计自动化(Design Automation),即所谓 DA,他们把人和机等同起来,企图以计算机来替代人来进行设计,搞所谓“无人化设计”,为了达到目的,把系统搞得很复杂和很庞大,没有什么实用价值,结果发现走了弯路。应该合理有效地利用计算机,人完成创造性工作,机完成具体处理工作。

在强调人的作用的同时,又应充分发挥和利用计算机的能力,在设计工作中凡能用计算机进行的工作,都交付给计算机做,最大限度地减轻人的劳动,使人从繁重的事务工作中解脱出来,更好地发挥其聪明才智,进行创造性的工作。应该不断地开发计算机在设计中的应用领域,随着计算机技术的发展,计算机将更多更好地代替人工作。

CAD是人机结合一体化来进行设计,就需人机对话、互相交换信息。设计过程不是简单的输入程序、数据,经处理后输出结果。而是在人机对话、互相问答的形式中进行的。设计者提出方案和设想,请计算机分析后给予回答;计算机问设计者现在要进行什么工作,请设计者输入计算所需的参数;设计者具体的结构考虑,请计算机显示出来,以便分析比较。设计工作是试行的过程,设计过程往往是算算看,参数选择得是否合适,性能是否符合要求;画画看构造形状,尺寸大小是否合理恰当。这样不断地人机对话过程,实际上是由计算机进行具体处理、人作出决断的过程。

人机对话不仅通过文字符号,而且还通过图形来完成。通过图形输入板直接输入图形,不断在屏幕上显示并进行修改,最后通过自动绘图机将图形输出。

§ 1-3 CAD 系统基本组成和类型

设计需要信息资料(即软件)和计算制图工具(即硬件)。下面我们将人工设计和CAD作个大致比较:

人工设计的硬件:计算工具——计算器;

制图工具——笔、纸、橡皮和绘图仪器。

软件:手册和资料。

CAD的硬件:计算机、显示屏幕、图形输入板和自动绘图机等;

软件:数据库、程序库、图形库和菜单作图命令。

从对比中可以看到两者有相同的地方, CAD系统包括软件和硬件二部分。

一、CAD的硬件系统(图1-1)

CAD硬件是指系统中全部物理装置,由以下部分组成:

主机:是整个系统的核心,它指挥和控制整个系统工作,执行实际运算。

外存储器:存放程序和数据,一般使用磁盘和磁带。

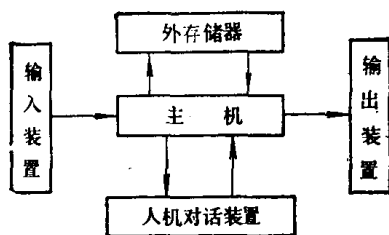


图 1-1 CAD 硬件系统组成

输入装置：一般用键盘输入程序和数据，用图形输入板输入图形。

输出装置：打印机输出计算结果和各种文件；绘图机输出图形。

人机对话装置：图形显示器可作为人与计算机互通信息的装置，它既可输入又可输出，配合键盘和图形输入板等组成人机对话装置。

二、CAD 的软件系统

软件是程序的集合，是指记录在磁盘、磁带或其他介质上的构成程序的一连串指令，而不是指记录它的介质。计算机没有软件就不能发挥作用。CAD 软件包括系统软件和应用软件两部分（如图 1-2 所示）。

系统软件：现代计算机都有一套与硬件相配合工作的系统软件。是计算机的组成部分。系统软件包括：

操作系统：它由许多控制功能和管理功能的子程序组成，对计算机进行有效的管理和控制。

语言加工程序：它加工处理用户的应用程序，如编译程序、解释程序和汇编程序。

数据库管理软件：对数据集合进行编辑、使用、管理和维护。

通讯软件：把多个计算机系统连接成为一种网络，使网上用户能够实现数据传送，共享网络中的所有硬件、软件和数据等资源。

应用软件：用来解决各种实际问题的程序。进行机械设计需下列应用软件：

机械设计数据库：存入各种设计数据、标准和规范、材料性能、标准件、产品结构性能参数等，进行集中管理和使用。

图形软件和图形库：包括基本图元、图形变换、二维及三维图形处理，专用图形软件等。

通用方法程序库：内容包括基本数学和力学计算程序，数值计算和优化程序，有限元分析，可靠性分析和动态分析等通用程序。

专用软件程序库：包括机械零件设计程序，机构分析程序，液压零部件设计程序，各种工程机械设计计算程序等等。

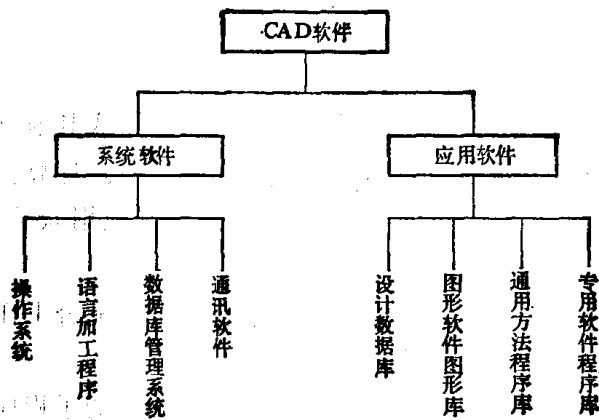


图 1-2 CAD 软件系统

三、CAD系统的类型

按照硬件组成及其控制方式可分为以下几类：

(一) 主机型

以一台高性能的大、中型计算机为主机，联接若干台终端。为了提高响应速度，常采用智能终端，终端内带微机，帮助进行基本

图形的图面控制、编辑和图形操作等工作。采用这种分散处理方式，大大提高了工作效率。这种系统配备大容量的外存装置、大型绘图机和数字化仪；有丰富的软件，完善的数据库、图形库和程序库；软硬件功能都很强，扩充性能好。这种系统适用于需巨大信息量的设计，复杂的结构分析和模拟计算，一般用于汽车、航空、造船、建筑和电器等大型企业，或大学和科研机构。价格很昂贵，一般被安置在专门的机房内，使用不方便。

（二）独立使用型

这种系统以小型机或高档微机为主机，将图形输入装置、显示装置和绘图机等 CAD 全部外围设备连接起来，组成所谓的“交钥匙”系统。具有完整的应用软件包，可满足不同的行业的需要，用户买来后，转动钥匙就能投入使用。这种系统体积较小，可放在设计室里，便于设计人员使用，价格较便宜。

（三）普及型

这种 CAD 系统建立在微机（个人微机 Personal Computer）基础上，配置价格低廉 CAD 外围装置。具有最低限必要的图形处理功能，一般只能处理二维图形，不能进行大型工程分析计算，边设计边制图能力差。但这种系统价格很低，体积小，可以直接放在设计者面前，供个人随意使用，很适宜中小企业使用，可作为初学者的训练机，供普及用。

（四）微机网络型

随着微机性能不断提高以及网络技术的发展，使得有可能将主机集中控制改为分布式网络系统。连网的各 CAD 子系统（工作站）可以独立使用，也可以连网使用，连网时各 CAD 子系统都可以透明地共享在网的软硬件资源，可像大型 CAD 系统一样，具有运行大的复杂的软件的能力，从而大大地提高了性能价格比。具有极灵活的扩展能力，适用于不同的投资能力，且随着用户水平的提高，可以逐步投资扩充各站资源，其后期投资效益会越来越超过以前的效益。可靠性和可维护性也提高了，一个结点出故障，其他结点照常工作。因此这是一种很有发展前途的 CAD 系统。

§ 1-4 CAD 的应用

CAD 技术已经广泛地应用于各个工业领域——机械、电子、土建、化工、以至纺织、服装和家具等。工业技术先进国家在这方面的投资逐年增加,安装台数每年以 30% 以上的速率增长,1985 年统计世界上大约有近 7 万个 CAD 工作站在使用。采用 CAD 技术的企业日益增多,从大企业逐步向中小企业扩展,目前美国职工人数为 500 人左右的公司中,已有 50% 以上安装和使用了各种型号的 CAD 系统。根据 1979 年美国密执安大学预测,到 1990 年美国和日本将有 50% 的机械制图由计算机绘制完成。

随着 CAD 的普及,它的重要作用愈来愈被人们所认识。美国国家科学基金会生产中心曾这样说:“CAD/CAM 技术是一项自电子技术发明以来,比其他技术具有更大的潜力,又能更快地提高生产率的技术。”纽约时报曾在一篇报道中说:“CAD 的水平是衡量一个国家工业现代化水平的重要标志。”

一、CAD 的功能、意义和价值

(一) 随着科技飞速发展,很多高性能复杂产品的设计,依靠人力已经很难或完全无法完成,只有采用 CAD 才能进行设计。例如大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)的设计只能用 CAD;复杂的空间机构不用 CAD 就很难进行设计。

(二) 现代化设计理论和方法建筑在 CAD 基础上

CAD 进入了设计领域使设计面貌发生了巨大变化,摆脱了过去传统设计方法的束缚,促进了设计现代化。从静态分析设计发展到动态分析设计;以液压系统设计为例,过去静态计算无非是:根据力要求决定油压和缸径;根据油缸运动速度确定油泵流量。而现在动态设计考虑其瞬态响应、过渡状态特性和振动系统稳定性等。从经验设计发展到理论设计;过去强度计算采用材料力学简单公式,根据比较应力作对比计算;现在进行有限元应力分析,可靠性寿命估算。从近似计算发展到精确计算,从试凑法发展到