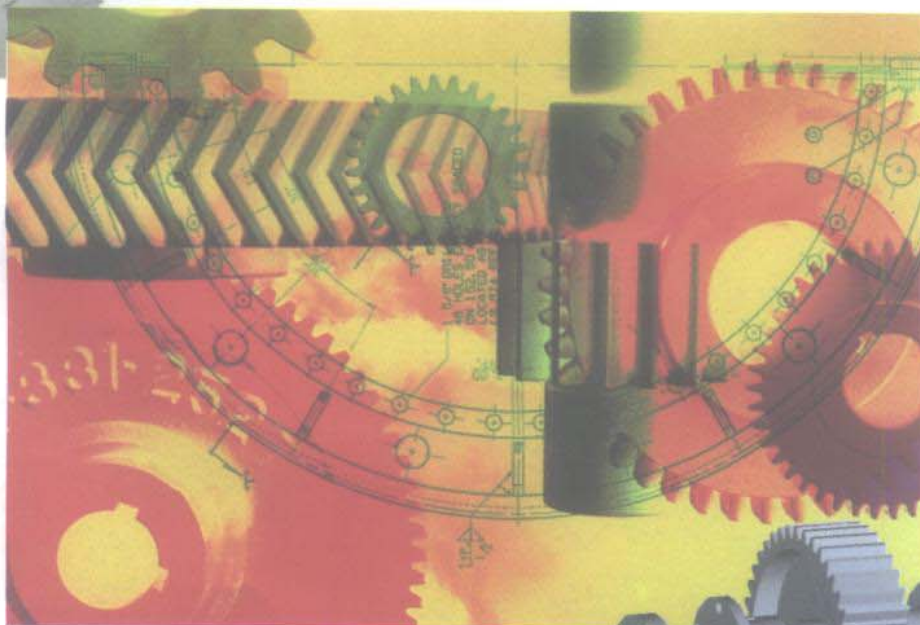


面向 21 世纪教材

机械设计 CAD 技术基础

荣涵锐 荣毅虹 编著



● 哈尔滨工业大学出版社



771122
R64
面向 21 世纪教材

机械设计 CAD 技术基础

荣涵锐 荣毅虹 编著

哈尔滨工业大学出版社

哈 尔 滨

内 容 简 介

本书主要介绍了机械设计 CAD 的基础知识, 以设计计算和结构设计的 CAD 为主, 将机械传动装置设计贯穿全书, 强调技能训练和设计能力培养, 突出了应用性和综合性, 并以 AutoCAD R14 为绘图软件。

本书共分十章, 包括机械设计 CAD 概述、机械零件设计计算程序、AutoCAD R14 绘图环境、绘图命令、图形编辑、剖面线、文本、尺寸标注、块和部件设计。

本书可作为高等工科院校机械类专业本科生和研究生的教材, 也可作为广大机械工程技术人员的参考书。

DZ71/18

机械设计 CAD 技术基础

Jixie Sheji CAD Jishu Jichu

荣涵锐 荣毅虹 编著

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

黑龙江大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 11.25 字数 272 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—5 000

ISBN 7-5603-1340-X/TH·67 定价 16.00 元

前 言

机械设计是一个“设计—评价—再设计”反复迭代、不断完善的过程。传统的人工设计周期长,不能适应激烈竞争的市场经济需要。因而,缩短设计周期、提高设计质量、降低设计成本已成为机械设计中亟待解决的问题。CAD技术的出现,使这些问题的解决成为现实。目前,世界各国都把发展CAD技术作为重要的战略目标。CAD技术已成为一个国家科学技术现代化和工业现代化水平的标志。

我国的CAD技术从总体上看,与发达国家还存在着较大差距。但幸运的是,我们已充分地认识到这一点。早在1991年江泽民总书记就对应用CAD技术的意义作过十分精辟的论述:“计算机辅助设计,推动了几乎一切领域的设计革命……”。当时国家科委主任宋健提出了“到2000年甩掉图板”的目标。国家科委等有关部委组织开展“CAD应用工程”。目前我国CAD技术已得到较快的发展。

对广大工程技术人员进行CAD技术培训和在高等学校开设CAD技术课程,无疑是开展CAD技术应用工程的重要环节。作者长期从事机械设计与机械设计CAD教学工作,对机械设计过程和机械设计CAD技术的应用有较为深刻的理解。本书是作者在总结多年机械设计CAD教学体会的基础上编写的,书中主要介绍了机械设计CAD的基础知识,以机械设计中的主要工作——设计计算和结构设计为主要内容,将机械传动装置设计贯穿全书,强调技能训练和设计能力培养,突出了应用性和综合性。本书还以圆柱齿轮减速器设计为题,将圆柱齿轮减速器的设计分解到每一小节中,在最后一章又从部件设计角度进行了归纳总结。本书以AutoCAD R14为绘图软件是基于以下几点考虑:① AutoCAD R14能满足一般机械装置设计的需要(包括汉字输入);② AutoCAD实现了向Windows/Objects/Web的战略转移,体现了世界CAD技术发展的趋势;③ 目前全球有5万所院校讲授AutoCAD,每年有100多万学生学习AutoCAD、980个AutoCAD培训中心和300多万注册用户。AutoCAD广泛流行,随处可见,已成为沟通全世界产品设计的工程语言。在全球经济一体化的今天,学习和使用AutoCAD,有利于国际间的经济技术交流与合作,便于走向国际市场。机械设计CAD技术基础课作为机械设计课的后续课,可按80学时(讲授40学时,上机40学时)组织教学,并在课程设计中安排100机时的上机,应用CAD技术完成圆柱齿轮减速器的设计。通过以上两个阶段的学习和训练,学生可初步掌握机械设计CAD技术的应用。

本书由荣涵锐(第一~三、六~十章)和荣毅虹(第四、五章)编著,全书由荣涵锐统编定稿。

在本书编写过程中得到哈尔滨工业大学机械工程系教学指导委员会和机械设计教研室的关心和支持,哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学、东北林业大学等兄弟院校机械设计教研室的老师对本书的编写提出了宝贵意见,哈尔滨工业大学出版社黄菊英同志对本书的出版给予大力支持,在此作者一并表示感谢。

限于作者水平,书中错误和不周之处在所难免,恳请批评指正。

作 者

1998年6月

目 录

第一章 机械设计 CAD 概述

- 1.1 机械设计 (1)
- 1.2 机械设计 CAD 概述..... (2)
- 1.3 机械设计 CAD 系统及其硬件和软件..... (3)

第二章 机械零件设计计算程序

- 2.1 机械零件设计计算程序的特点及编制步骤 (6)
- 2.2 数表的程序化 (6)
- 2.3 线图的程序化..... (10)
- 2.4 函数插值..... (10)
- 2.5 数表和线图的公式化..... (11)
- 2.6 机械设计中若干常见问题的处理方法..... (12)
- 2.7 直齿圆柱齿轮传动设计计算..... (12)
- 2.8 程序设计..... (17)

第三章 AutoCAD 绘图环境

- 3.1 AutoCAD R14 启动与退出 (26)
- 3.2 AutoCAD R14 界面 (30)
- 3.3 AutoCAD 的坐标系 (32)
- 3.4 图形数据查询..... (36)
- 3.5 目标捕捉功能..... (38)
- 3.6 Tracking 追踪功能..... (41)
- 3.7 图层、颜色及线型 (42)
- 3.8 图形显示..... (47)
- 3.9 文件操作命令..... (51)
- 3.10 建立样板图 (52)

第四章 绘图命令

- 4.1 绘图命令概述..... (55)
- 4.2 Line 命令 (56)
- 4.3 Circle 命令 (59)
- 4.4 Arc 命令 (61)
- 4.5 Ellipse 命令..... (63)
- 4.6 Rectang 命令 (66)
- 4.7 Polygon 命令 (67)
- 4.8 几何点..... (69)
- 4.9 Sketch 命令 (69)
- 4.10 XLine 命令 (70)

第五章 图形编辑

- 5.1 图形编辑概述..... (74)

5.2	编辑对象的选择	(74)
5.3	Erase、Undo Redo、Cancle 命令	(79)
5.4	Trim 命令	(79)
5.5	Break 命令	(81)
5.6	Extend 命令	(83)
5.7	Stretch 命令	(84)
5.8	Chamfer 命令	(87)
5.9	Fillet 命令	(88)
5.10	Move 命令	(90)
5.11	Rotate 命令	(91)
5.12	Scale 命令	(94)
5.13	Copy 命令	(95)
5.14	Mirror 命令	(98)
5.15	Array 命令	(101)
5.16	Offset 命令	(103)
5.17	特性编辑	(105)
第六章 剖面线		
6.1	Boundary Hatch 对话框	(109)
6.2	画剖面线的一般过程	(113)
6.3	Exploded 分解剖面线	(114)
6.4	Boundary Style 边界模式	(114)
6.5	剖面线封闭边界的保留	(115)
6.6	Define Boundary Set 定义边界集	(115)
6.7	剖面线编辑	(117)
第七章 文本		
7.1	文本类型设置	(119)
7.2	文本输入	(121)
7.3	文本编辑	(124)
7.4	快速文字模式	(125)
第八章 尺寸标注		
8.1	尺寸标注格式	(126)
8.2	尺寸标注	(134)
8.3	尺寸标注编辑	(149)
第九章 块		
9.1	块的生成	(150)
9.2	块的插入	(151)
9.3	带属性的块	(153)
第十章 部件设计		
10.1	部件设计概述	(156)
10.2	轴承部件的结构设计	(157)
10.3	输出轴部件设计实例	(160)
参考文献		(174)

第一章 机械设计 CAD 概述

1.1 机械设计

机械设计是根据市场要求,利用科学原理、技术知识和想像力,给出具有特定功能和最佳经济效益的机械或机器的工程描述的过程。通常,要构想出产品的工作原理、运动方式、力的传递过程、采用的材料、结构形状尺寸等,并以工程图和设计文件的形式表达出来。设计是从需求出发,创造出的一个产品的蓝图,因而,只有经过加工、装配等环节成为产品,再经过销售才能为人们所使用,才能评价所做的设计是否满足了人们的需要。一般来说,在加工、装配、销售和使用中,都要对设计提出改进意见,设计者应根据这些信息修改设计。在多数情况下,这个过程要反复进行。广义的机械设计过程如图 1.1.1 所示。

机械设计是产品从设计、制造、装配、销售到使用整个过程中的第一个环节,对产品的功能和经济效益起决定性的作用。德国工程师协会文件 VDI2225 的调查分析指出,产品成本的 75%~80% 是由设计阶段决定的。因而,人们历来十分重视设计工作。

机械设计的一般过程(见图 1.1.2)为:

- (1) 制订设计任务书。进行市场调查,进行可行性报告,制订设计任务书。
- (2) 方案设计。通过功能分析、构思方案和分析评价,确定一个方案。
- (3) 技术设计。根据方案设计,进行零部件的布置、运动学、动力学和零件工作能力等设计计算和结构设计,绘制装配图。
- (4) 施工设计。根据装配图设计,考虑制造工艺性和经济性,绘制零件图,以供生产使用。
- (5) 整理设计文件。

机械设计不仅仅是设计计算和结构设计。在多数情况下,机械设计过程要反复进行多次。机械产品在经历了制造、安装、销售、使用、维护等环节后,返回大量信息,设计者根据这些信息将对产品进行不断修改。机械设计是一个“设计—评价—再设计”的反复迭代、不断优化的

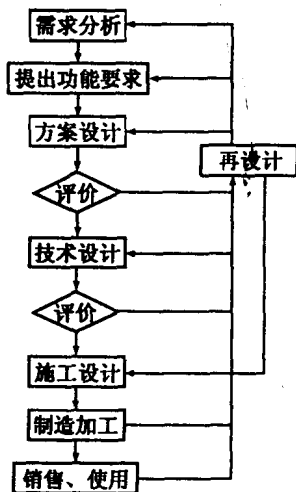


图 1.1.1 广义的机械设计过程

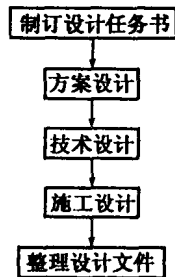


图 1.1.2 一般的机械设计过程

了制造、安装、销售、使用、维护等环节后, 返回大量信息, 设计者根据这些信息将对产品进行不断修改。机械设计是一个“设计—评价—再设计”的反复迭代、不断优化的过程。在人工设计情况下, 设计周期长, 因而, 迫切需要实现某种程度上的设计自动化, 以缩短设计周期, 降低设计成本, 提高设计质量, 这便为计算机辅助设计(CAD)的出现提供了必要性条件。

1.2 机械设计 CAD 概述

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是随着计算机及其外围设备和软件的发展而形成的一门新技术。

20 世纪 60 年代初, 美国麻省理工学院的 I. E. Satherland 开发了用光笔在显示器上选取、定位图形要素和图层的技术, 为 CAD 技术奠定了基础。同一时期, 美国通用汽车公司和洛克希德飞机公司等, 在 IBM 大型机上开发了 CAD、CAM 等机械设计与制造方面的软件。进入 80 年代, 随着计算机, 尤其是微机和计算机绘图技术的发展, CAD 技术在机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、轻工、纺织、建筑等行业的应用越来越普遍。

据美国国家工程科学院对人类 1964~1989 年 25 年间工程成就的评选, 其结果是, CAD 技术的开发应用是十大成就之一。据 1988 年统计, 国外 CAD 技术产业, 一年的销售额达到近百亿美元, 其中机械 CAD 占 60%, 到 80 年代中期, 年增长率达到 20% 以上。

CAD 技术所产生的经济效益是十分可观的。美国科学研究院工程技术委员会 1986 年的统计分析是:

- (1) 降低工程设计成本 13%~30%;
- (2) 减少产品设计到投产的时间 30%~60%;
- (3) 产品质量的量级提高 2~5 倍;
- (4) 减少加工过程 30%~60%;
- (5) 降低人力成本 5%~20%;
- (6) 增加产品作业生产率 40%~70%;
- (7) 增加设备的生产率 2~3 倍;
- (8) 增加工程师分析问题的广度和深度的能力 3~35 倍。

总之, CAD 已是改造传统过程的必由之路, 同时也是衡量一个国家科学技术现代化和工业现代化水平的重要标志。世界各国都把发展 CAD 技术作为战略目标, 制订了很多由政府或工业界支持的发展规划。

我国的 CAD 技术, 从总体水平上看, 与发达国家相比较, 存在着较大的差距。我国的 CAD 技术的研究及应用, 始于 70 年代初, 主要研究单位是为数不多的航空和造船工业中的几个大型企业和高等院校。到 80 年代后期, 我国的 CAD 技术有了较大的发展, CAD 技术的优点开始为人们所认识。1991 年江泽民总书记曾对应用 CAD 技术的意义作了十分精辟的论述: “计算机辅助设计, 推动了几乎一切领域的设计革命……”。当时国家科委主任宋健提出了“到 2000 年甩掉图板”的目标。各工业部门纷纷提出开发

用水平达到国外发达国家 80 年代末 90 年代初的水平。

机械设计 CAD 是 CAD 技术的重要领域。目前, 机械设计 CAD 过程是, 把人的主导性和创造性放在首位, 同时充分发挥计算机的优势, 把二者结合起来, 实行人机交互工作方式。机械设计过程是一个复杂的综合、分析和反复修改的过程, 更是一项创造性的活动, 尤其是在方案设计阶段, 在方案的构想和评价中, 很多工作是很难量化进行计算的, 只能通过思考、推理、判断来解决, 设计者经验的多少和专业知识的深浅起着决定性的作用。CAD 技术只是设计过程中的先进手段和工具, 它不能代替人的思维, 只能起到辅助作用。CAD 技术只有为具有专业知识、有丰富工作经验、有丰富的创造力和科学的思维方法的技术人员所掌握, 才能发挥作用。

CAD 技术的应用将从根本上改变过去的传统的设计过程, 改变人们的思维方式、工作方式和生产管理方式。因为载体发生了变化, 已不再是图纸。CAD 工作方式体现在: ① 并行设计。进行产品设计的各个部门, 如总体设计部门、各部件设计部门、分析计算部门及试验测试部门, 可以平行地进行各自的工作, 同时, 还能共享到他人的信息, 从网络上获得产品总体结构形状和尺寸, 各部门的设计结果、分析计算结果和试验测试数据, 并能对共同感兴趣的问题进行讨论和协调。在设计中, 这种协调是必不可少的。② 在设计阶段就可以模拟零件加工和装配, 以便及早发现加工工艺性方面的问题, 甚至运动部件的相碰、相干涉的问题。③ 在设计阶段可以进行性能的仿真, 这将大幅度地减少试验工作量和费用。

1.3 机械设计 CAD 系统及其硬件和软件

机械设计 CAD 系统包括硬件和软件两部分。

由于微机的飞速发展, 微机 CAD 系统也得到了迅速发展。微机 CAD 系统的硬件由微机 and 外围设备组成。机械设计 CAD 的硬件与一般微机系统不同, 区别在于机械设计 CAD 系统的硬件必须有处理图形的输入输出设备, 如鼠标器、图形显示器和绘图机等 (见图 1.3.1)。

软件是 CAD 技术的核心, 决定着 CAD 系统的功能。机械 CAD 系统的软件分为系统软件、支撑软件和应用软件 (见图 1.3.2)。支撑软件是从市场上买到的商品软件。应用软件是用户为专门任务而自己开发的软件。

对于一般机械设计, 设计计算和结构设计是最基本的工作。下面介绍设计计算和结构设计所用的软件。

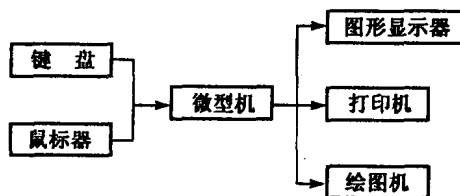


图 1.3.1 机械设计 CAD 系统的硬件

一、程序设计语言

可用于设计计算的程序设计语言很多, 常用的有:

(1) FORTRAN。FORTRAN 语言在科学计算上应用广泛, 可使用的软件资源丰富、通用性好, 是科技人员所熟悉的一种语言。其缺点是数据结构功能和交互功能较

弱。

(2) BASIC。BASIC 语言是微机的基本语言, 简单易学, 有良好的交互性, 很受初学者的欢迎。解释性 BASIC 语言不需要编译即可运行, 且调试程序方便。但其不适宜编制大型程序。

(3) C。C 语言虽然比 FORTRAN、BASIC 语言出现得晚, 但得到了迅速的推广应用。C 语言功能丰富、表达能力强、使用灵活、应用面广、可移植性好, 能对硬件进行直接操作。但是, 它对编写和调试程序人员的技术水平要求较高。目前, C 语言是 CAD 软件工程中最流行的程序设计语言。

我国各高等院校在机械设计程序设计中, 主要是应用 BASIC 语言; 也有用 FORTRAN 语的; 考虑与绘图程序的衔接, 也有用 C 语言的。

二、绘图软件

绘图软件用于绘制装配图和零件图。绘图软件以交互方式为主。商品化的绘图软件种类很多。在微机上用的有 AutoCAD、CADkey、PD (Personal Design)、Micro-CADAM、Micro-Station、3DS MAX 等。现在国内也开发了几种机械设计 CAD 软件。下面介绍 AutoCAD 软件。

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司 1982 年用 C 语言开发出的微机绘图软件。在 1982~1997 年的 15 年中, AutoCAD 更新版本 10 多次, 平均一年多更新一次, 升级速度很快。经过多次更新换代, 其功能越来越强, 因而用户越来越多, 是世界上流行最广的图形软件, 也是我国应用最广的图形软件。<Autodesk in China>1996 年第 3 期报道: 全球有 5 万多所院校选择 Autodesk 软件, 每年有 100 多万学生接受 Autodesk 软件的技术教育、980 家 Autodesk 培训中心和 300 多万注册用户。

1997 年推出的 AutoCAD R14, 实现了向 Windows/Objects/Web 的战略转移, 体现了世界 CAD 技术的发展趋势, 使其功能更强, 不但能写汉字, 而且可以完成一般机械传动装置设计, 例如, 齿轮减速器装配图的全部内容, 包括视图、尺寸标注、公差配合、表面粗糙度、技术要求、零件编号、明细表和标题栏等。图 1.3.3 和图 1.3.4 分别为 AutoCAD R14 绘制的齿轮减速器装配图(A0 幅面)和齿轮零件图(A3 幅面)。

AutoCAD 不但具有很强的绘图能力, 而且还具有开放式的结构, 提倡“当地化”, 用户可以把它作为平台开发某种专门的绘图软件。目前国内已有几种商品化机械 CAD 软件是以 AutoCAD 为平台开发出来的。

AutoCAD R14 具有网络功能, 能够在网络上运行是它受欢迎的一个主要原因。通常一项设计工作不是某个人的力量所能完成的, 需要多人合作, 而网络功能就为相互间的交流协作提供了可能, 并且可以在权限允许的范围内, 相互了解工作进度, 相互引用已绘图形。

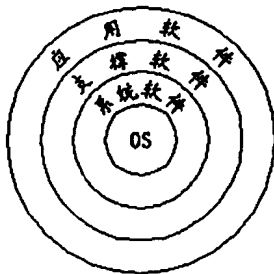
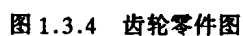
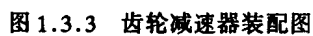


图 1.3.2 机械设计 CAD 软件层次



第二章 机械零件设计计算程序

2.1 机械零件设计计算程序的特点及编制步骤

用计算机对机械零部件进行设计计算与计算机演算复杂的数字式不同,前者要涉及到许多特殊问题,现简述如下:

(1) 数表和线图的程序化及检索问题:这一问题涉及到怎样把数表和线图输入计算机、怎样检索数表和线图的数据以及怎样用插值法求数表中所没有的数据。

(2) 设计参数的处理问题:这个问题涉及到计算机怎样对各种机械零部件的设计参数根据具体情况进行合理的处理。例如,在齿轮传动中,要把计算出的模数取为标准值、齿数取为整数等。

(3) 设计方案的校核和处理问题:这个问题涉及到怎样由计算机对各种机械零部件进行校核;当校核不合格时,又怎样通过程序进行自动处理或者用人机对话的方法来处理。

(4) 选择标准件的类型问题:多数机械零件已标准化、系列化,对这类零件的设计参数必须按有关标准进行选择。如选择滚动轴承的型号、选择三角胶带的带长等。

进行机械零件设计计算时,编制设计计算程序是一个重要环节。编写程序的一般步骤可大致归纳如下:

(1) 列出手算步骤:根据设计任务来编写。

(2) 建立数学模型:对没有数学模型的要先行建立。常用的机械零件大多有现成的数学模型可直接利用。

(3) 设计粗、细框图:当程序较长、比较复杂时,往往不易搞清程序的走向。因此,在编写复杂程序之前,要先画框图。粗框图要反映主程序段的内容、输入和输出的内容以及设计计算中的判别性内容,而子程序段多在细框图中反映出来。细框图应尽量反映出各语句间的关系。框图可参考手算步骤来设计。

(4) 处理表格和线图:这个问题是机械零件设计程序编制的重要问题。

(5) 确定程序变量名称。

(6) 编制程序:程序根据设计框图来编写,且因采用的算法语言不同,编写出的程序也不尽相同。

2.2 数表的程序化

工程技术中的问题通常是很复杂的,有很多问题往往很难用理论公式来表示,而是制成数表来表示。下面通过两个例子来说明数表程序化的方法。

例1 试编写A型普通平键的数表和检索程序。

编程步骤如下:

(1) 确定程序变量名并写成数组形式。虽然程序中的变量名可以取各种形式，但为了便于识别和记忆，为变量命名时，最好与原计算公式中的变量名相一致。在计算式中键长用字母 L 表示，故程序中变量名也取用字母 L 。键长系列如表 2.2.1 所示。这样同一个变量名就有 19 个数值。若给每个 L 数值一个序号，则有 19 个序号（由 1~19）。序号也是变量，令其变量名为 I ，那么，键长系列就是一组下标变量的值：

$$L(1) = 20, L(2) = 22, \dots, L(19) = 160$$

这样就把它写成了数组形式。若制成表，就如表 2.2.2 所示。

表 2.2.1 键长系列

键长 L :	20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100,
	110, 125, 140, 160

表 2.2.2 用下标变量表示的键长系列

序号程序变量	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
键长程序变量	$L(1)$	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160

(2) 用 DATA 语句存放数组元素的值，用 READ 语句和循环语句为数组各元素提供数据。程序如下：

```

20  DATA  20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90,
      100, 110, 125, 140, 160
400  FOR  I=1  TO  19
500  READ  L(I)
700  NEXT  I
    
```

(3) 用 DIM 语句说明数组的大小。

因为每个数组元素在计算机的内存储器中需要一个内存单元存放其数值，所以，要用 DIM 语句说明数组的大小，并且应放在 READ 语句之前。在本例中该语句为：

```

10  DIM  L(19)
    
```

(4) 用条件语句检索标准键长。

设按挤压强度确定的计算键长为 L_1 ，则键长 $L = L_1 + B$ 。可用条件语句将其圆整为标准值：

```

600  IF  L <= L(1)  THEN 800
    
```

如在程序中用 INPUT 语句提供键长的值，那么检索标准键长的完整程序如下：

```

10  DIM  L(19)
20  DATA  20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90,
      100, 110, 125, 140, 160
40  INPUT  L
400  FOR  I=1  TO  19
500  READ  L(I)
    
```

```

600 IF L <= L(I) THEN 800
700 NEXT I
800 L = L(I)

```

例2 试编写 A 型普通平键的基本尺寸数组及其检索程序。

表 2.2.3 是 A 型普通平键基本尺寸表。此表与表 2.2.1 的不同在于：① 某一范围的轴径只有一个键宽值，因此，在查找对应于某一轴径的 b 和 h 时，先要判定轴径在哪个范围，然后才能检取相应的 b 和 h ；② 检取的数值有 b 和 h 两项。其编程步骤如下：

表 2.2.3 A 型普通平键的基本尺寸

轴 的 直 径 d	键 宽 b	键 高 h
自 6~8	2	2
>8~10	3	3
>10~12	4	4
>12~17	5	5
>17~22	6	6
>22~30	8	7
>30~38	10	8
>38~44	12	8
>44~50	14	9
>50~58	16	10
>58~65	18	11
>65~75	20	12
>75~85	22	14

(1) 确定程序变量名，并写成数组形式。

用 D 、 B 、 H 作为轴径 d 、键宽 b 、键高 h 的程序变量名， I 为序号变量名，取表 2.2.3 中轴径范围的下限值组成数组 $D(13)$ ，制成表 2.2.4。

(2) 用 DATA 语句存放各数组元素的值，用 READ 语句和循环语句为各数组元素提供数据。程序如下：

```

30 DATA 8, 2, 2, 10, 3, 3, 12, 4, 4, 17, 5, 5, 22, 6, 6, 30, 8,
      7, 38, 10, 8, 44, 12, 8, 50, 14, 9, 58, 16, 10, 65, 18,
      11, 75, 20, 12, 85, 22, 14
310 FOR I=1 TO 13
320 READ D(I), B(I), H(I)
340 NEXT I

```

该程序提供数据的顺序为： $D(1)=8, B(1)=2, H(1)=2, D(2)=10, B(2)=3, H(2)=3, \dots, D(13)=85, B(13)=22, H(13)=14$ 。

表 2.2.4 A 型普通平键基本尺寸数组

	序 号	轴 径	键 宽	键 高
参 数 名 称		d	b	h
程 序 变 量 名 称	I	D(I)	B(I)	H(I)
	1	8	2	2
	2	10	3	3
	3	12	4	4
	4	17	5	5
	5	22	6	6
	6	30	8	7
	7	38	10	8
	8	44	12	8
	9	50	14	9
	10	58	16	10
	11	65	18	11
	12	75	20	12
	13	85	22	14

(3) 用 DIM 语句说明各数组的大小。在同一条数组说明语句中, 可以同时说明几个数组, 各数组间用逗号隔开。在本例中该语句为:

```
10 DIM D(13), B(13), H(13)
```

(4) 设实际轴径为 D 。首先用条件语句判定轴径的界限, 然后再检取键宽 B 、键高 H 。其语句如下:

```
330 IF D <= D(1) THEN 350
```

```
350 B=B(I): H=H(I)
```

(5) 应当指出, 当实际轴径 D 超出表 2.2.3 的范围时, 不能使用该程序段。可以用两个条件语句来限定:

```
50 IF D < 6 THEN 400
```

```
60 IF D > 85 THEN 400
```

如果用 INPUT 语句提供实际轴径 D 的值, 那么完整程序如下:

```
10 DIM D(13), B(13), H(13)
```

```
30 DATA 8, 2, 2, 10, 3, 3, 12, 4, 4, 17, 5, 5, 22, 6, 6, 30, 8,
      7, 38, 10, 8, 44, 12, 8, 50, 14, 9, 58, 16, 10, 65, 18,
      11, 75, 20, 12, 85, 22, 14
```

```
40 INPUT D
```

```
50 IF D < 6 THEN 400
```

```
60 IF D > 85 THEN 400
```

```

310 FOR I=1 TO 13
320 READ D(I), B(I), H(I)
330 IF D<=D(I) THEN 350
340 NEXT I
350 B=B(I): H=H(I)
400 END

```

2.3 线图的程序化

在机械设计资料中, 参数间的关系也常用线图来表示。在编制程序中必须将线图程序化。线图程序化的方法是先把线图变换成相应的数表, 然后用上节的方法将它以数组形式程序化。

图 2.3.1 为渐开线齿轮的齿形系数曲线图, 图中横坐标表示齿数 Z , 纵坐标表示齿形系数 Y_F , 根据不同的齿数 Z 即可从此曲线找出相应的齿形系数 Y_F 。

为了将此曲线变换成数表, 先在曲线上取一些结点, 然后再把这些结点的坐标值制成数表, 如表 2.3.1 所示。

结点的选取随曲线的形状而异, 选取结点的原则是使各结点函数值不致相差很大。如图 2.3.1 中, 齿数 Z 较小时, 它对齿形系数 Y_F 的影响较大, 此时, 结点区间应取小些, 以提高精度和减少插值误差。反之, 齿数 Z 比较大时, 它对齿形系数 Y_F 的影响较小, 因而结点区间可取大些。

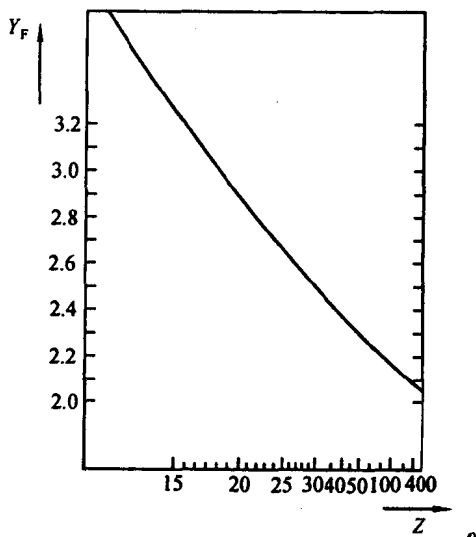


图 2.3.1 齿形系数

表 2.3.1 齿形系数结点值

齿 数 Z	17	19	21	24	27	31	40
齿形系数 Y_F	30.8	29.7	28.7	27.6	26.7	25.7	24.5
齿 数 Z	50	60	80	100	200	400	
齿形系数 Y_F	2.36	2.31	2.24	2.2	2.16	2.1	

2.4 函数插值

有些函数关系也可用数表来表示。用数表表示的函数只能给出结点 $X_0, X_1, \dots, X_{j-1}, X_j, \dots, X_n$ 对应的函数值 $Y_0, Y_1, \dots, Y_{j-1}, Y_j, \dots, Y_n$ 。不在结点上的函数值, 当精度要求较低时, 可检取结点上的函数值来近似; 当精度要求较高时, 就要用插值方法来

处理。一般常用一次插值法, 设 X 为 X_{j-1} 和 X_j 之间的任意点, 其函数值 Y 应在 Y_{j-1} 和 Y_j 之间, 则

$$Y = Y_{j-1} + (Y_j - Y_{j-1}) (X - X_{j-1}) / (X_j - X_{j-1})$$

例3 试编写渐开线齿轮的齿形系数检索程序。所制成的表见表2.4.1

表2.4.1 齿形系数数组

序 号	程序变量 N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
齿 数 Z	程序变量 Z(N)	17	19	21	24	27	31	40	50	60	80	100	200	400
齿形系数 Y_F	程序变量 Y(N)	3.08	2.97	2.87	2.76	2.67	2.57	2.45	2.36	2.31	2.24	2.2	2.16	2.1

取 Z 、 Y 分别为齿数 Z 、齿形系数 Y_F 的程序变量名, N 为序号变量名。渐开线齿轮的齿形系数检索程序如下:

```

20 DIM Z(13), Y(13)
30 INPUT Z
910 IF Z=17 THEN Y=3.08 : GOTO 980
920 IF Z>400 THEN Y=2.1 : GOTO 980
930 FOR N=1 TO 13
940 READ Z(N), Y(N)
950 IF Z<=Z(N) THEN 970
960 NEXT N
970 Y=Y(N-1)+(Y(N)-Y(N-1))*(Z-Z(N-1))/(Z(N)-Z(N-1))
980 PRINT Y
990 DATA 17, 3.08, 19, 2.97, 21, 2.87, 24, 2.76, 27, 2.67, 31, 2.57,
        40, 2.45, 50, 2.36, 60, 2.31, 80, 2.24, 100, 2.2, 200,
        2.16, 400, 2.1

```

第30句提供实际齿数, 第980句打印输出齿形系数值。第970句为函数插值语句。该程序在齿轮传动中以子程序形式出现。

2.5 数表和线图的公式化

在机械设计中, 考虑到手工计算费时较多, 为了提高计算效率, 常常把复杂的计算公式变换成线图或数表直接查取有关数据。但在用计算机计算时, 为了发挥其高速进行大量计算的特点, 在进行程序设计时, 则应尽可能地把线图或数表公式化, 凡是原来有公式的, 就应尽量利用原有公式, 而不用线图或数表。对原来没有公式的线图和数表, 如能推算出计算公式或适当简化后能推出其近似的计算公式时, 都应用公式来代替。

优质碳素钢(钢质)的试验齿轮的齿根接触疲劳极限如图2.7.1(c)所示。为便于计算机直接计算而公式化。该直线的方程式(点斜式)为