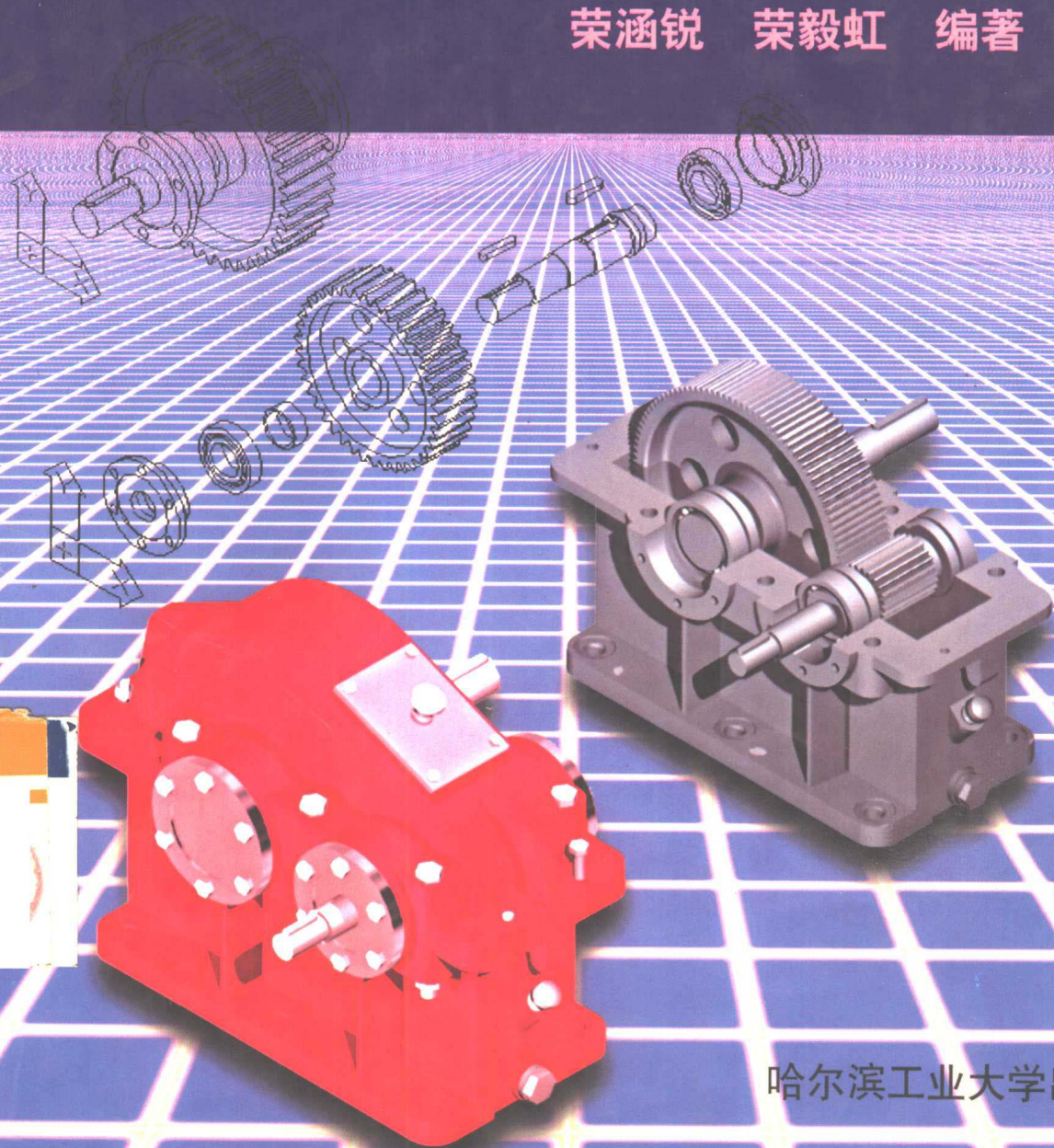


21世纪教材

AutoCAD

三维图形在机械设计中的应用

荣涵锐 荣毅虹 编著



哈尔滨工业大学出版社

21 世纪教材

AutoCAD

三维图形在机械设计中的应用

荣涵锐 荣毅虹 编著

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍 AutoCAD R14 的三维实体造型技术,由三维实体生成二维视图技术,以及将设计的产品转换成彩色图像的技术,并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。

全书共分十章,包括绪论,三维坐标系,三维图形显示,三维实体绘制,三维图形编辑,由三维实体生成二维视图,常用机械零部件设计,消隐、着色和渲染,材料,光源。

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。

AutoCAD 三维图形在机械设计中的应用

AutoCAD Sanwei Tuxing zai Jixie Shejizhong de Yingyong

荣涵锐 荣毅虹 编著

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区教化街21号

电话:0451-6414749 邮编:150001

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 398 千字

1999年9月第1版 1999年9月第1次印刷

印数 1~4 000

ISBN 7-5603-1417-1/TH·72 定价 19.00 元

前 言

随着计算机技术、软件编程技术和三维彩色图像仿真技术的飞速发展,机械设计 CAD 也已从二维设计发展到三维设计。近年已经推出许多可以在微机上进行三维设计的软件,AutoCAD 便是优秀的三维设计软件之一。

AutoCAD 三维设计的优点是:①符合人的思维过程。设计师在设计时,总是先构思后表达,即先构思出产品的形状,然后再将构思出的产品形状表达出来。由于在脑海中构思出的产品形状是三维立体的,因而,画三维立体图自然是理想的表达方式。按照形体分析,通过交并差计算可以将简单几何形体组成复杂形体。三维设计符合设计师的创新思维过程、创新意识流,有利于创新设计的进行。②得到的三维立体图,直观易懂,有利于与他人,尤其是与不懂机械制图的人交流,还可将设计的产品转换成精制的三维立体的彩色图片,使用户直接看到产品,有利于征求用户意见和产品销售。③不仅得到几何形体,而且还得到设计所必需的信息:材料特性(如密度、杨氏模量、泊松比等)和力学特性(如质量、质心、惯性积、惯性矩等)。④可以在计算机上进行虚拟装配,检查零件的装配情况,如是否干涉、松动等,减少昂贵的产品模型制造费用。⑤可以将三维实体转换成二维视图。

可以预料,随着微机计算速度的不断提高和软件产品的不断完善,不久的将来,在 CAD/CAE/CAM 领域,将会像普及二维 CAD 那样普及三维 CAD。

作者长期从事机械设计和机械设计 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和机械设计 CAD 教学体会的基础上编写的。本书在介绍 AutoCAD R14 三维实体设计的基础上,强调技能训练和设计能力培养,将机械传动装置设计贯穿全书,突出了应用性和综合性。本书作为机械设计后续课的教材,可按 80 学时(讲授 40 学时,上机 40 学时)组织教学。

本书介绍 AutoCAD R14 的三维实体造型技术,由三维实体转换成二维视图技术,以及将设计的产品转换成精制的彩色图片的技术。全书分十章,包括绪论,三维坐标系,三维图形显示,三维实体绘制,三维图形编辑,由三维实体生成二维视图,常用机械零部件设计,消隐、着色和渲染,材料,光源。

本书由荣涵锐主编,荣毅虹、罗玉利参与其中部分内容的编写。

在本书编写过程中得到哈尔滨工业大学机械设计教研室领导和同志们的关心和支持,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,在此一并表示感谢。

限于作者水平,书中不足和疏漏之处在所难免,恳请批评指正。

作 者

1999 年 8 月

目 录

第一章 绪论

- 1.1 机械设计..... (1)
- 1.2 机械设计 CAD 概述 (2)
- 1.3 三维设计与 AutoCAD 软件 (3)
- 1.4 AutoCAD R14 启动与退出 (7)
- 1.5 AutoCAD R14 界面 (11)
- 1.6 AutoCAD 的坐标系 (14)
- 1.7 图形数据查询..... (17)
- 1.8 目标捕捉功能..... (19)
- 1.9 图层、颜色及线型 (22)
- 1.10 图形显示 (27)
- 1.11 文件操作命令 (28)

第二章 三维坐标系

- 2.1 AutoCAD 的三维坐标系 (31)
- 2.2 坐标图标..... (31)
- 2.3 UCS 命令 (32)
- 2.4 UCS Contorl 对话框 (40)
- 2.5 UCS Orientation 对话框 (42)

第三章 三维图形显示

- 3.1 视线..... (47)
- 3.2 Viewpoint Presets 对话框 (48)
- 3.3 基本视图与轴测图..... (50)
- 3.4 View Control 对话框 (54)
- 3.5 Vpoint 命令 (56)
- 3.6 Plan 命令 (58)
- 3.7 Dview 命令 (59)
- 3.8 三维实体的显示质量控制..... (67)

第四章 三维实体绘制

- 4.1 三维实体..... (70)
- 4.2 Sphere 命令 (70)
- 4.3 Box 命令 (71)
- 4.4 Cylinder 命令 (74)
- 4.5 Cone 命令 (77)
- 4.6 Wedge 命令..... (78)

4.7	Torus 命令	(8 1)
4.8	Region 命令	(8 3)
4.9	Extrude 命令	(8 4)
4.10	Revolve 命令	(8 7)
4.11	Slice 命令	(8 8)
4.12	Section 命令	(9 1)
4.13	Interfere 命令	(9 2)
第五章 三维图形编辑		
5.1	三维图形编辑简介	(9 5)
5.2	Union 命令	(9 6)
5.3	Subtract 命令	(9 6)
5.4	Intersect 命令	(9 7)
5.5	3DArray 命令	(9 8)
5.6	Mirror3d 命令	(100)
5.7	Rotate3d 命令	(103)
5.8	Align 命令	(106)
5.9	Fillet 命令	(109)
5.10	Chamfer 命令	(110)
第六章 由三维实体生成二维视图		
6.1	空间与视区	(113)
6.2	Vports 命令	(115)
6.3	Mview 命令	(117)
6.4	Solview 命令	(119)
6.5	Soldraw 命令	(125)
6.6	Solprof 命令	(127)
6.7	浮动视区图层的可视性的控制	(129)
6.8	图纸空间的尺寸标注	(131)
6.9	图纸空间线型比例	(133)
第七章 常用机械零部件设计		
7.1	部件设计概述	(134)
7.2	轴承部件的结构设计	(136)
7.3	输出轴部件设计实例	(138)
7.4	轴	(140)
7.5	普通平键联接	(143)
7.6	齿轮	(146)
7.7	滚动轴承	(153)
7.8	轴承盖	(157)
7.9	轴承部件的安装	(161)
7.10	轴承座及轴承旁凸台	(165)

第八章 消隐、着色和渲染	
8.1 消隐、着色和渲染的效果	(177)
8.2 消隐.....	(179)
8.3 着色.....	(180)
8.4 渲染操作和 Render 对话框	(181)
8.5 渲染类型及其选项.....	(186)
8.6 背景.....	(192)
8.7 雾.....	(198)
8.8 Statistics 渲染信息.....	(200)
8.9 渲染图像的生成、存储和打开	(201)
第九章 材料	
9.1 Materials 对话框	(207)
9.2 Materials Library 材料库	(209)
9.3 分配材料.....	(210)
9.4 查询实体的材料.....	(213)
9.5 删除材料.....	(215)
9.6 修改材料的属性.....	(217)
9.7 创建新材料.....	(233)
9.8 向材料库存储新材料.....	(233)
第十章 光源	
10.1 色彩基本知识	(235)
10.2 光源基本知识	(237)
10.3 Lights 对话框	(238)
10.4 点光源	(240)
10.5 聚光光源	(243)
10.6 平行光光源	(246)
10.7 场景	(248)
10.8 综合示例	(249)
参考文献	(263)

第一章 绪 论

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,要构思出产品的工作原理、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、销售到使用的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)如下:

(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,进行零部件的布置、运动学、动力学和零件工作能力等计算和结构设计,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

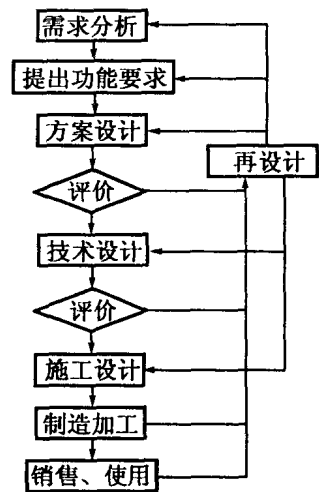


图 1.1.1 广义的机械设计过程

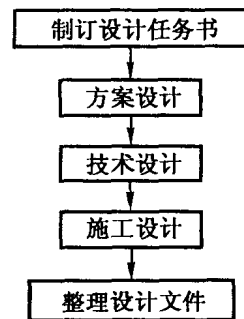


图 1.1.2 一般的机械设计过程

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”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种新技术。

20世纪60年代初,美国麻省理工学院的 I.E. Sutherland 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单位,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 技术带来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) 提高产品质量的量级 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 已是改造传统设计过程的必由之路,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应用 CAD 技术的规划,国家科委等有关部委提出了开展“CAD 应用工程”,并将其作为实现国民经济第二步发展战略目标的重大措施。其目标是,到 2000 年我国 CAD 技术应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 的过程是, 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, 将二者结合起来, 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, 尤其是在方案的构思和评价中, 很多工作是很难量化计算的, 自然只能通过思考、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、丰富工作经验、丰富创造力和科学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, 还能共享他人的信息, 从网络上获得产品的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, 以便尽早发现加工工艺性方面的问题, 甚至包括运动部件相碰、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 三维设计与 AutoCAD 软件

机械设计方法是随着科学技术的不断发展而发展的, 经历了几个不同的发展阶段。在工业革命初期, 设计过程是, 首先由工程师在作坊中直接指挥工匠进行加工和修改, 直至得到满意的产品后, 再请绘图师测绘产品, 来获得设计图纸。到 20 世纪初, 人们逐渐认识到, 如果先在设计图纸上进行设计和修改, 直到满意后, 再进行加工, 将会大大缩短设计周期、提高设计质量、降低设计成本, 并开始采用这种设计方法, 同时称这种设计方法为图纸设计方法, 一直沿用至今。

尽管相对于先前在作坊中的设计方法, 图纸设计方法有很大进步, 但仍然存在许多不足。其中最主要的不足是, 要进行三维和二维之间的转换。虽然实际产品是三维立体的, 但是, 由于纸张是二维平面的, 由于表达的需要, 设计时, 设计师就不仅要构思产品的形状, 而且还要在脑海中把构思的产品的立体形状, 转化为便于在纸张上表达的二维视图。直到目前, 仍然把这种三维和二维之间的转化作为设计师必须掌握的一项基本技术, 并把机械制图称为工程语言。设计的本质在于创新。这种三维和二维之间的转换往往会打断设计师的创新意识流, 干扰设计思维进程。不仅如此, 这种三维和二维之间的转换还大大增加了设计师的脑力劳动量, 并且成为把没有受到机械制图训练的人拒之设计大门之外的拦路虎, 成为机械设计师和不懂机械制图的人们相互交流的障碍。因而, 直接进行三维设计已成为人们的迫切需要。

近年来, 由于计算机技术、三维彩色图像仿真技术和软件编程技术的飞速发展, 计算

机绘图也从二维平面图发展到三维立体图。机械设计 CAD 也已从二维设计发展到三维设计。比尔·盖茨在《未来之路》一书中提到,在波音 777 喷气式飞机的设计中,波音公司不再使用蓝图和模型,而使用数字三维模型。设计师不仅可以在计算机屏幕上看到设计结果,还可看到其内容的各种不同形式,并能用在纸张上无法进行的方式对设计中的任意部分进行修改。使用数字文件,波音公司节省了近 10 万张图纸,以及复制所需的人力和时间。三维设计已成为现实。目前,三维设计不仅可以在工作站上进行,而且还可以在微机上进行。近年来已经推出多种可以在微机上进行三维设计的软件。AutoCAD 绘图软件就是优秀的三维设计软件之一。

使用三维设计软件的优点是:

①三维设计符合人的思维过程。设计师在设计时,总是先构思后表达,即先构思出产品的形状,然后再将构思出的产品的形状表达出来。由于在脑海中构思出的产品形状是三维立体的,因而,画三维立体图自然是理想的表达方式。画三维立体图符合设计师的创新思维过程,符合设计师的创新意识流,有利于设计的进行。

②由三维设计得到的三维立体图具有直观、易于理解等特点,不仅能促进设计师的思维深入,有利于设计的扩展,而且也便于与他人进行交流,尤其是与不懂二维机械制图的人们的交流。

③画三维立体图有利于解决复杂的几何造型问题。

④可以由简单体素通过交并差计算获得复杂几何形体,并能自动生成相贯线,不仅减轻了设计工作量,而且还降低了对机械制图基础知识的要求。

⑤不仅可以得到描述对象的形状、大小和位置等几何特性,而且还可以得到许多材料特性(如密度、杨氏模量、泊松比、导热率等)和力学特性(如质量、质心、惯性积、惯性矩等)。

⑥可以在计算机上对零件进行虚拟装配试验,检查零件的装配情况(如检查是否干涉、松动等),从而减少制造昂贵的产品模型的数量。

⑦可以将三维实体转换成二维视图。

⑧可以将设计的产品转换成精制的彩色图片,使用户直接看到产品,有利于产品销售。

可以预料,随着微机的计算速度的不断提高和软件产品的不断提高,在不久的将来,CAD/CAE/CAM 领域,也会像普及二维 CAD 那样普及三维 CAD。

本书以介绍 AutoCAD R14 的三维实体造型技术为重点,同时还介绍由三维实体转换成二维视图的技术,以及将设计的产品转换成精制的彩色图片的技术。图 1.3.1 为使用 AutoCAD 软件设计安装后的轴承部件的轴测图。图 1.3.2 为分解开的轴承部件的轴测图。图 1.3.3 为由三维实体生成的二维视图。图 1.3.4 为拆盖的一级圆柱齿轮减速器的渲染图。图 1.3.5 为有灯光的一级圆柱齿轮减速器的渲染图。图 1.3.6 为有灯光并配有材料的一级圆柱齿轮减速器的渲染图。

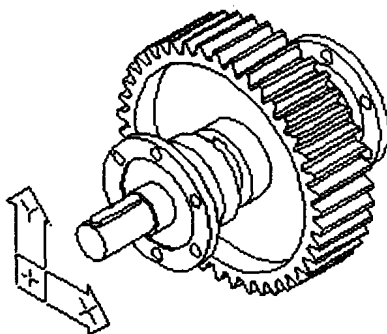


图 1.3.1 安装后的轴承部件的轴测图

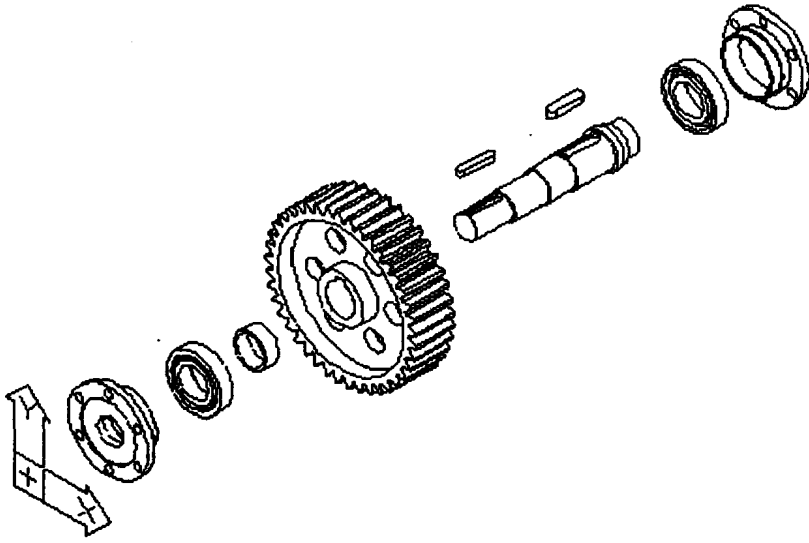


图 1.3.2 分解开的轴承部件的轴测图

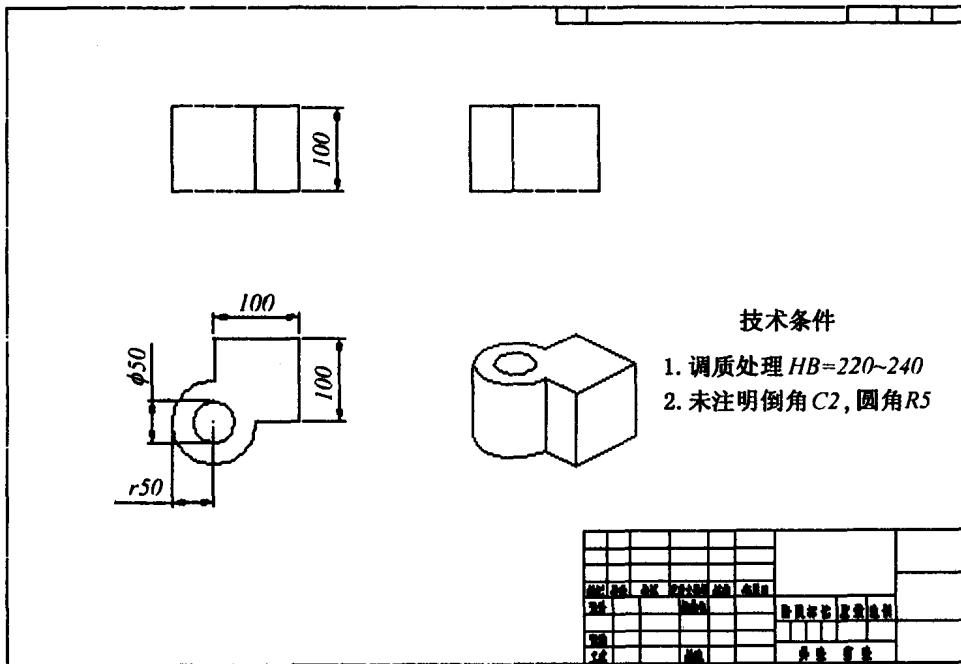


图 1.3.3 由三维实体生成的二维视图

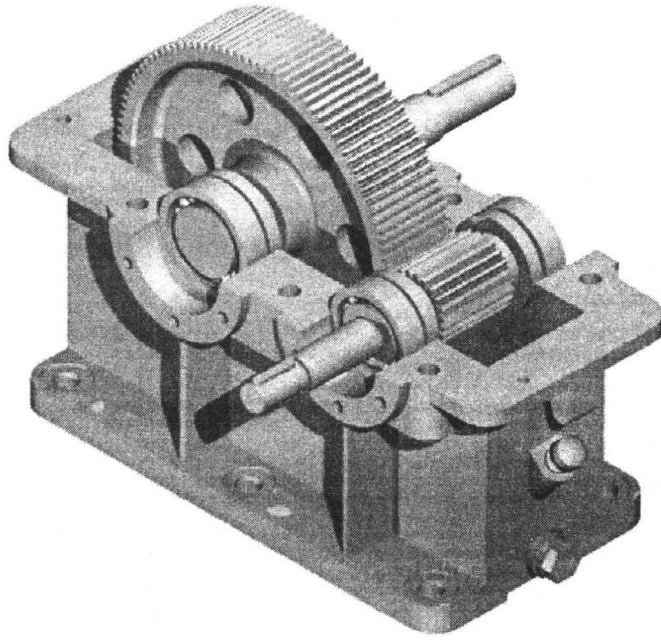


图 1.3.4 拆盖的一级圆柱齿轮减速器的渲染图

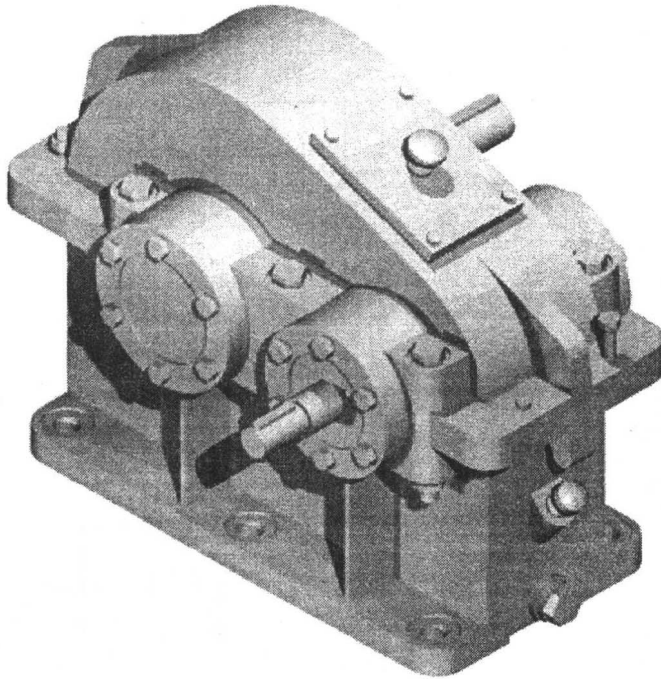


图 1.3.5 有灯光的一级圆柱齿轮减速器的渲染图

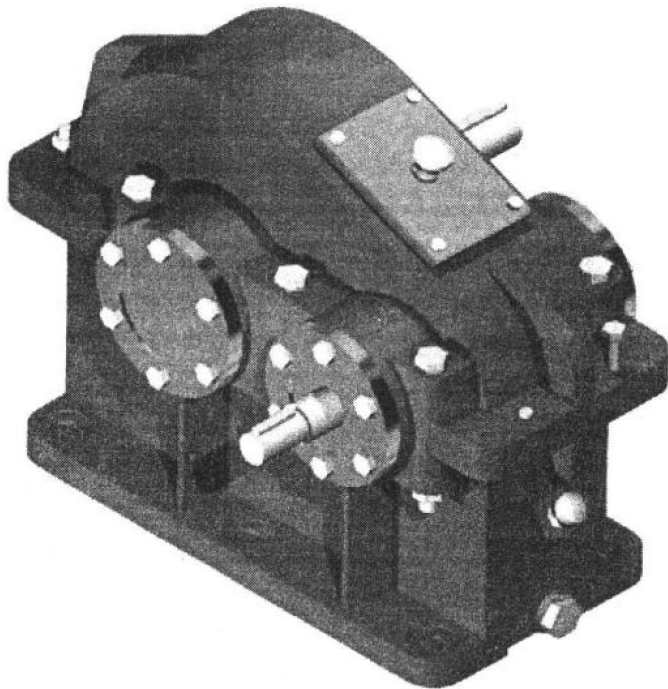


图 1.3.6 有灯光并分配有材料的一级圆柱齿轮减速器的渲染图

1.4 AutoCAD R14 启动与退出

1. 启动

在 Windows98 操作窗口上,用鼠标双击 AutoCAD R14 图标来启动 AutoCAD R14,屏幕上显示 AutoCAD R14 应用程序窗口(见图 1.4.1)。

启动后,在 AutoCAD R14 应用程序窗口中间显示 Start Up 启动对话框。Start Up 启动对话框是 AutoCAD R14 的新内容。Start Up 对话框左侧有五个选择钮,当选择某个钮时将在中间显示简要说明、选项和预览。用户可以通过选择某个钮来确定绘图工作开始的方式。

选取 Use Wizard 向导钮(见图 1.4.2),系统将指导用户利用 Quick Setup 快速设置或 Advanced Setup 高级设置来完成绘图需要的基本设置。

选取 Use a Template 样板图钮(见图 1.4.3),用户可以选择某个样板图,以该图为基础来绘制新图,从而提高工作效率。样板图形文件的扩展名为 .dwt。在 Select a Template 下拉表中给出了许多样板图形文件,其中 Acadiso.dwt 为公制单位标准样板图形文件,Acad.dwt 为英制单位标准样板图形文件。AutoCAD R14 提供的样板图形文件不符合我国标准,用户应建立自己的样板图,以 .dwt 文件存储,路径为 C: \ Program Files \ AutoCAD R14 \ Template。A3C.dwt 为作者建立的样板图。

选取 Start from Scratch 缺省设置钮(见图 1.4.4),用户将从缺省设置状态开始绘图。

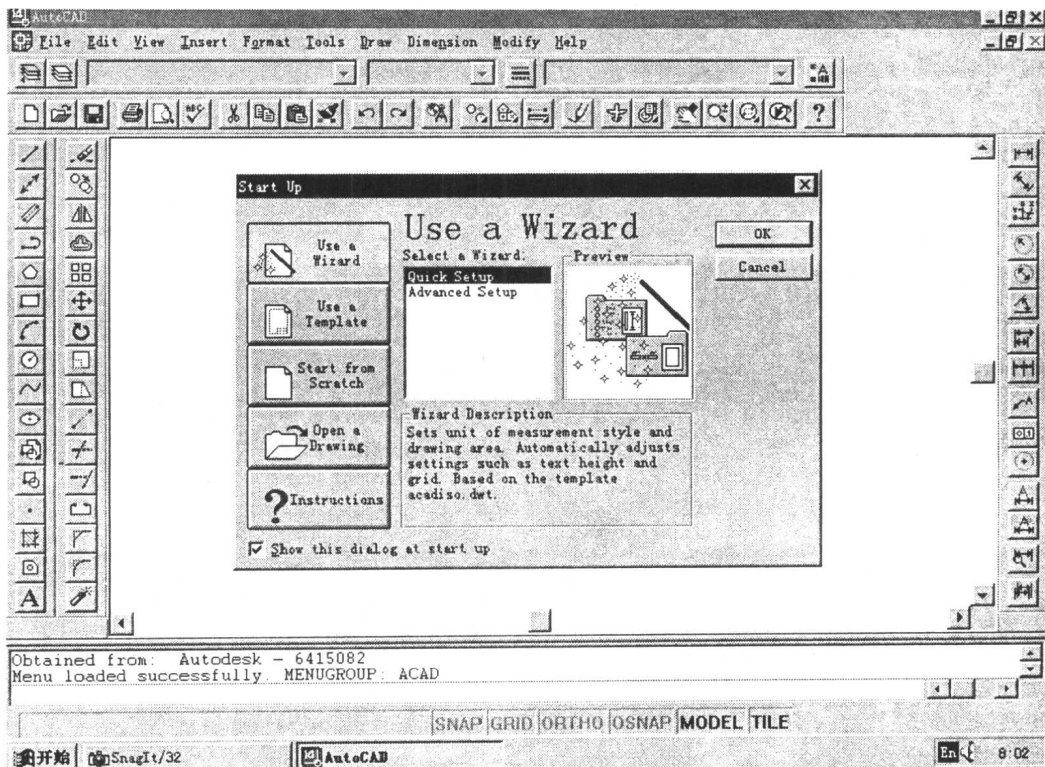


图 1.4.1 AutoCAD R14 应用程序窗口

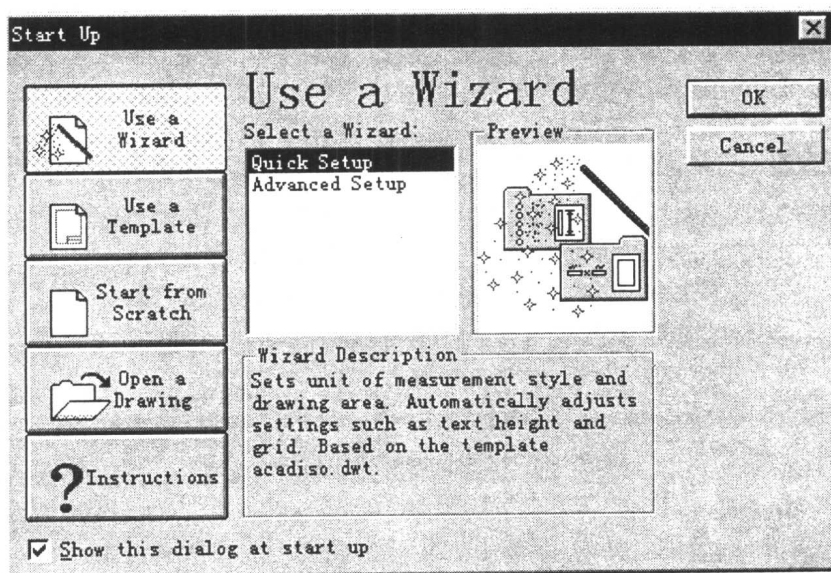


图 1.4.2 Use a Wizard 对话框

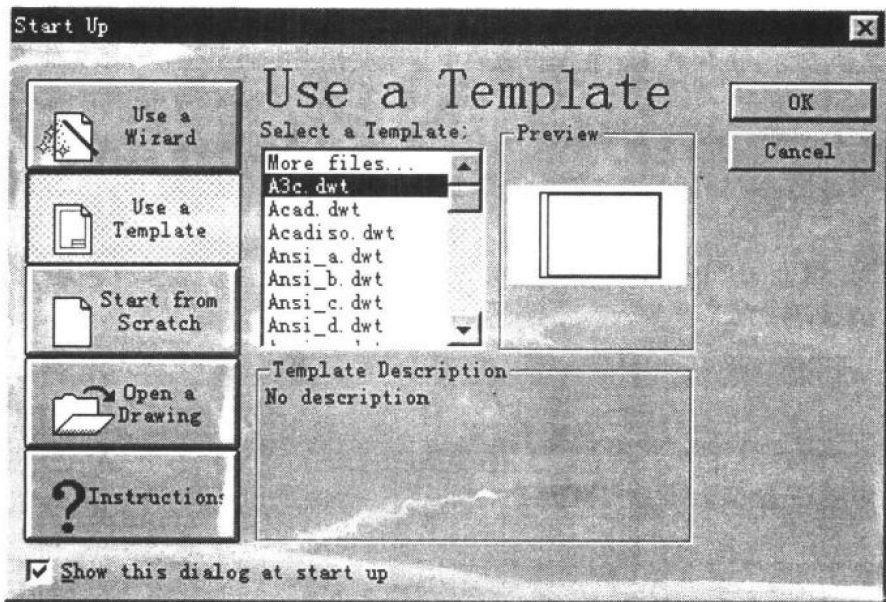


图 1.4.3 Use a Template 对话框

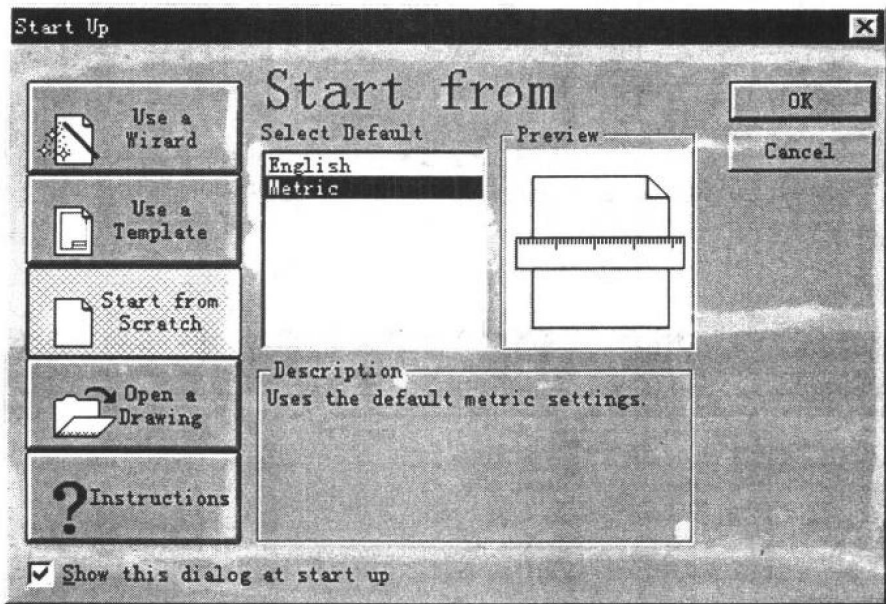


图 1.4.4 Start from Scratch 对话框

在 Select Default 缺省设置选择表中，给出 English 英制和 Metric 公制两种缺省设置，供用户选择。

选择 Open a Drawing 打开图形按钮(见图 1.4.5)，用户可以从 Select a File 文件列表中选择要打开的图形文件，在 Preview 预览区中可以预览。如果在 Select a File 文件列表中没有要选的文件，可双击表中“More file...”，打开 Select File 选择文件对话框，从中选择要打开的文件。

在 Select File 选择文件对话框(见图 1.4.6)中，在 look in 搜索下拉表中显示文件夹名

称。在其右侧的 4 个按钮依次为，转向上一级文件夹按钮、建立新文件夹按钮、列表显示文件夹按钮和详细显示文件夹内容按钮。在其下方表中显示文件夹中的文件名或子文件夹。若为子文件夹，还须双击子文件夹来打开该子文件夹，直到显示文件名为止。在 File of Type 文件类型下拉表中选取文件类型扩展名 .dwg。当从文件表中选择某一图形文件时，将在 File Name 文件名称框中显示该文件名，并在 Preview 预览区中显示该图形。按 Open 打开按钮，将打开所选的文件。

在绘图中也可用 File/Open 下拉菜单，或 Standard Toolbar 标准工具条中的 Open 图标调出 Select File 对话框。

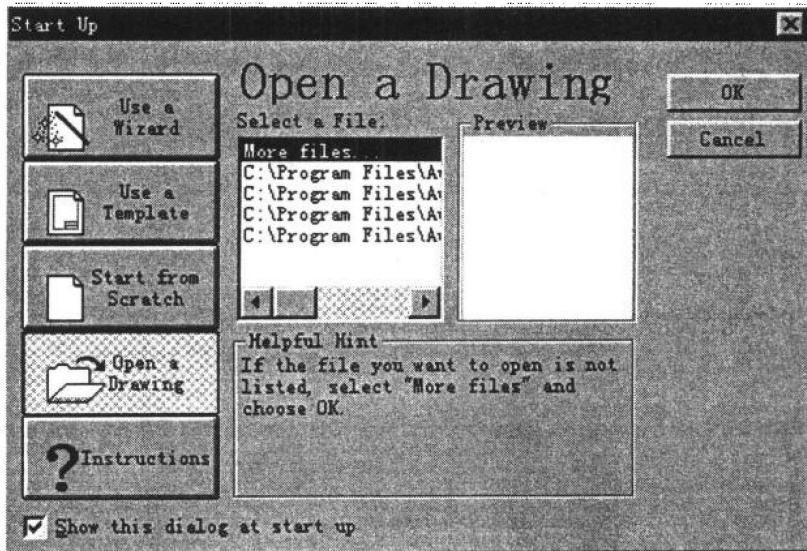


图 1.4.5 Open a Drawing 对话框



图 1.4.6 Select File 对话框

选择 Instructions 简介按钮(见图 1.4.7)，将在对话框中间显示本对话框的使用说明。

2. 退出 AutoCAD