

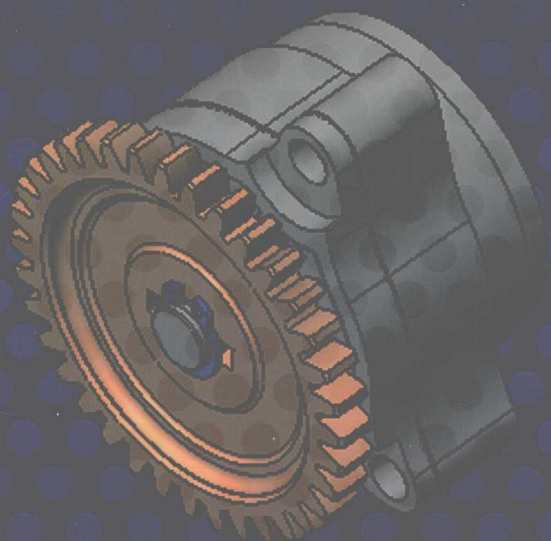


附送超值
多媒体教学光盘

计算机辅助技术

— CAD/CAE/CAPP/CAM 应用教程

邱会朋 李小敏 编著



计算机辅助技术教材!

立体化教学素材配送!

专家经验、课件支持!

CSWA、Pro/E认证考试!



清华大学出版社

计算机辅助技术

——CAD/CAE/CAPP/CAM 应用教程

邱会朋 李小敏 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

计算机辅助技术是机械设计制造领域的高新技术,是现代设计技术和先进制造技术的典型代表。它涵盖了计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)和计算机辅助制造(CAM)等方面的内容。本书具体讲述了计算机辅助技术基础、4C(CAD/CAE/CAPP/CAM)软件概况及其比较、世界3D设计标准软件(中端)——SolidWorks 2007应用、国产计算机辅助工艺过程设计(CAPP)软件——CAXA工艺图表2007应用和全球最普及3C集成软件(高端)——Pro/ENGINEER Wildfire 3.0应用。

本书的重点内容是中端3D设计软件(SolidWorks 2007)和高端3C集成软件(Pro/ENGINEER Wildfire 3.0)的应用,参照SolidWorks的CSWA认证考试(SolidWorks公司面向院校学生的原厂认证考试,全称为SolidWorks认证助理工程师)和清华大学Pro/E系列课程(零件设计及工程图、产品装配设计、数控加工等)认证考试的考核要求和考核大纲而编写。

本书可作为大中专院校机械类乃至近机类各专业师生学习计算机辅助技术的教材或教学参考书,也可作为SolidWorks的CSWA认证考试和Pro/E系列课程认证考试的培训教材或教学参考书,还可作为机械行业社会从业人员进修计算机辅助技术的教材或参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助技术——CAD/CAE/CAPP/CAM 应用教程/邱会朋, 李小敏编著. —北京: 清华大学出版社, 2008.4

ISBN 978-7-302-16951-2

I. 计… II. ①邱… ②李… III. 计算机辅助技术-应用软件-教材 IV. TP391.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第010865号

责任编辑: 许存权 张丽萍

封面设计: 范华明

版式设计: 赵丽娜

责任校对: 王 云

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 三河市溧源装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 24.25 字 数: 539千字

(附DVD光盘1张)

版 次: 2008年4月第1版 印 次: 2008年4月第1次印刷

印 数: 1~5000

定 价: 42.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号: 026494-01

前 言

众所周知,中国是世界制造中心之一,并正在向世界创造中心转变。制造中心也好,创造中心也好,计算机辅助技术在其中的地位和所起的作用都是不言而喻的。所以,不管是本科、高职高专及高技,还是中专中技,只要是机械类乃至近机类的师生,都必须花大力气学习和掌握计算机辅助技术。教师学习、掌握计算机辅助技术,是为了顺应潮流,完成现代设计类课程或制造类课程的教学。学生学习、掌握计算机辅助技术,是为了适应激烈的人才竞争市场,多几招实用本领。教师不学就下岗,学生不学找不到金饭碗,这是21世纪以来的真实写照。还有,社会上正处在低层次岗位只能靠卖力气赚取微薄酬劳的青年员工,要想改变劳动环境,提高薪金待遇,下决心学习计算机辅助技术是一个很不错的选择。

编著本书的宗旨是以必要的计算机辅助技术基础理论做指导,突出典型的中端3D设计软件和高端3C集成软件的应用,为培养计算机辅助技术的复合应用型人才做贡献。因此,它既不同于以理论为主,泛泛而谈的“CAD/CAM”,也不同于只讲某一个软件应用,而无理论指导的“一点通”之类。泛泛而谈的“CAD/CAM”是“隔靴抓痒”,无理论指导的“一点通”之类实际是“瞎子摸象”。

全书紧扣计算机辅助技术的新潮流、新发展,按照从一般了解到具体操作应用的思路,以先理论概念再实例操作的方式,以重点内容要从基础应用讲到高级应用的目标要求,全面讲述了计算机辅助技术基础、4C(CAD/CAE/CAPP/CAM)软件概况及其比较、世界3D设计标准软件(中端)——SolidWorks 2007应用、国产计算机辅助工艺过程设计(CAPP)软件——CAXA工艺图表2007应用和全球最普及3C集成软件(高端)——Pro/ENGINEER Wildfire 3.0应用。

本书是一个老机械设计工程师、老高等教育教育工作者,潜心学习计算机辅助技术,精心教授计算机辅助技术,用心研究计算机辅助技术的辛劳结晶。现在将其奉献给各位读者,虽然经过六七年的艰辛努力,毕竟水平有限,难免有疏漏或谬误之处。敬请专家高手和各位读者批评指正。

在本书编写过程中,参阅了一些文献数据,并得到了妻子马金秀在后勤方面的有力保障,使得本人能以全身心投入到编写工作。为此向这些文献数据的作者们以及辛劳的妻子表示由衷的感谢!

另外,清华大学出版社编辑在本书的策划与出版方面给予了积极协助和配合,为此表示诚挚的谢意!

目 录

第 1 章 计算机辅助技术基础.....	1
1.1 CAD 技术基础.....	1
1.1.1 图形技术基础.....	1
1.1.2 造型技术基础.....	4
1.2 CAE 技术基础.....	8
1.2.1 CAE 概述.....	8
1.2.2 机械 CAE 技术.....	8
1.2.3 CAE 应用的发展趋势.....	10
1.3 CAPP 技术基础.....	11
1.3.1 CAPP 的基础技术.....	11
1.3.2 CAPP 的系统组成.....	12
1.4 CAM 技术基础.....	13
1.4.1 数控机床的轴数定义.....	14
1.4.2 数控加工中的坐标系和参照点.....	15
1.4.3 数控加工中的刀具和夹具.....	16
1.4.4 数控编程.....	17
1.4.5 数控加工仿真.....	17
1.5 4C 系统集成技术.....	17
1.5.1 4C 系统集成概述.....	17
1.5.2 数据交换及其标准.....	20
1.6 4C 相关新技术.....	21
1.6.1 产品数据管理 (PDM) 与产品生命周期管理 (PLM)	21
1.6.2 制造资源计划 (MRPII) 与企业资源计划 (ERP)	22
1.6.3 并行工程 (CE) 与逆向工程 (RE)	22
1.6.4 协同设计 (CD) 与虚拟制造 (VM)	24
习题.....	25
第 2 章 4C 软件概论.....	27
2.1 二维绘图软件.....	27
2.2 中端三维设计软件.....	30
2.2.1 SolidWorks 2007 概述.....	30
2.2.2 Solid Edge V19 概述.....	33

2.2.3	Cimatron E8.0 概述	33
2.2.4	TopSolid 2007 概述	34
2.3	高端 3C 集成软件	35
2.3.1	Pro/E 野火 3.0	35
2.3.2	UGS NX5.0	38
2.3.3	CATIA V5R17	39
2.3.4	国产的高端 3C 集成软件——CAXA V5 3D	43
2.4	软件的比较与选用	45
2.5	4C 软件的发展趋势	49
	习题	50
第 3 章	SolidWorks 2007 的三维设计	52
3.1	概述	52
3.1.1	十大创新点	52
3.1.2	常见术语含义	53
3.1.3	设计意图	55
3.1.4	SolidWorks 2007 用户界面	56
3.2	草图绘制与实例	57
3.2.1	草图的意义	57
3.2.2	草图的绘制	58
3.2.3	草图的状态	60
3.2.4	草图的类型	60
3.2.5	草图的平面	62
3.3	特征创建与实例	62
3.3.1	定位特征	63
3.3.2	草图特征	65
3.3.3	应用特征	78
3.4	零件设计与实例	80
3.5	装配设计与实例	87
	习题	95
第 4 章	SolidWorks 2007 的工程图生成	96
4.1	工程图生成的准备工作	96
4.2	工程图生成的基本知识	97
4.3	零件工程图生成的实例	99
4.4	装配工程图生成的实例	108
	习题	118

第 5 章 SolidWorks 2007 的分析功能	119
5.1 SolidWorks 2007 的分析功能概述	119
5.2 COSMOSXpress 应用与实例	121
5.2.1 只能用于零件的线性静态分析	121
5.2.2 COSMOSXpress 用户界面与分析步骤	122
5.2.3 COSMOSXpress 应用实例	124
5.3 比较 COSMOSXpress 与 COSMOSWorks Professional	131
5.4 COSMOSWorks Professional 应用简介	134
5.4.1 功能简介	134
5.4.2 分析的基本概念	136
5.4.3 分析步骤 (Analysis Steps)	137
习题	138
第 6 章 CAXA 工艺图表 2007 的应用	139
6.1 CAXA 工艺图表 2007	139
6.1.1 概述	139
6.1.2 系统界面	140
6.1.3 常用术语	141
6.1.4 文件类型	143
6.2 工艺图表创建	143
6.2.1 工艺模板定制	143
6.2.2 工艺卡片填写	144
习题	152
第 7 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的基本操作	153
7.1 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 概述	153
7.2 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的工作界面	154
7.2.1 关于 Pro/ENGINEER 主窗口和对话框	155
7.2.2 选取	158
7.3 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的系统设置	160
7.4 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的显示控制	161
7.5 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的工作目录	162
7.6 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的文件管理	162
7.7 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的鼠标操作	164
7.8 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的层操作	165
7.9 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的窗口操作	166
7.10 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的模型播放器	167
7.11 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的新增功能	167

习题.....	168
第 8 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的草图绘制.....	170
8.1 草绘概述.....	170
8.1.1 常用草绘术语.....	170
8.1.2 草绘的进入模式.....	171
8.1.3 草绘的基本流程.....	171
8.2 绘制平面几何图形 1.....	173
8.3 绘制平面几何图形 2.....	176
8.4 绘制平面几何图形 3.....	179
习题.....	182
第 9 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的基准特征创建.....	183
9.1 基准特征.....	183
9.1.1 基准特征概述.....	183
9.1.2 一般基准特征和高级基准特征.....	184
9.2 基准平面创建.....	184
9.2.1 基准平面的概念.....	184
9.2.2 基准平面的创建时机.....	185
9.2.3 基准平面的创建方法.....	185
9.2.4 基准平面的创建实例.....	185
9.3 基准坐标系创建.....	188
9.3.1 基准坐标系概述.....	188
9.3.2 基准坐标系的功用举例.....	188
9.3.3 基准坐标系的创建实例.....	188
9.4 基准轴创建.....	190
9.4.1 基准轴概述.....	190
9.4.2 基准轴的创建方法.....	190
9.4.3 基准轴的创建实例.....	191
9.5 基准点创建.....	192
9.5.1 基准点概述.....	192
9.5.2 基准点创建实例.....	192
9.6 基准曲线创建.....	194
9.6.1 基准曲线概述.....	194
9.6.2 基准曲线创建实例 1.....	194
9.6.3 基准曲线创建实例 2.....	195
习题.....	196

第 10 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的基础实体特征创建	197
10.1 基础实体特征概述	197
10.2 拉伸特征创建	198
10.2.1 拉伸特征概述	198
10.2.2 拉伸特征创建实例 1	198
10.2.3 拉伸特征创建实例 2	200
10.2.4 拉伸特征创建实例 3	202
10.2.5 拉伸特征创建实例 4	203
10.3 旋转特征创建	204
10.3.1 旋转特征概述	204
10.3.2 旋转特征创建实例 1	205
10.3.3 旋转特征创建实例 2	206
10.4 可变截面扫描特征创建	206
10.4.1 可变截面扫描特征概述	206
10.4.2 恒定截面扫描实例	208
10.4.3 可变截面扫描实例	209
10.5 混合特征创建	211
10.5.1 混合特征概述	211
10.5.2 混合特征创建实例 1	211
10.5.3 混合特征创建实例 2	213
10.5.4 混合特征创建实例 3	215
10.6 工程特征创建	216
10.6.1 工程特征概述	216
10.6.2 工程特征创建实例 1	216
10.6.3 工程特征创建实例 2	217
10.7 构造特征创建	220
10.7.1 构造特征概述	220
10.7.2 构造特征创建实例 1	221
10.7.3 构造特征创建实例 2	223
10.8 扭曲特征创建	225
10.8.1 扭曲特征概述	225
10.8.2 扭曲特征创建实例 1	226
10.8.3 扭曲特征创建实例 2	227
习题	230
第 11 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的编辑特征与特征操作	231
11.1 特征复制操作	231
11.1.1 特征复制概述	231

11.1.2 特征复制实例 1	232
11.1.3 特征复制实例 2	234
11.2 特征父子关系与特征修改	235
11.2.1 特征父子关系	235
11.2.2 特征修改实例	236
11.3 曲线和曲面的编辑操作	237
11.3.1 曲线和曲面的编辑概述	237
11.3.2 曲线编辑综合实例	244
11.3.3 曲面编辑综合实例	246
11.4 特征的其他编辑与操作	247
11.4.1 特征的其他编辑与操作概述	247
11.4.2 特征的其他编辑与操作实例	248
习题	251
第 12 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的高级实体特征创建	252
12.1 高级实体特征概述	252
12.2 扫描混合特征创建	253
12.2.1 扫描混合特征概述	253
12.2.2 扫描混合特征创建实例	255
12.3 螺旋扫描特征创建	257
12.3.1 螺旋扫描特征概述	257
12.3.2 螺旋扫描特征创建实例	260
12.4 边界混合特征创建	262
12.4.1 边界混合特征概述	262
12.4.2 边界混合特征创建实例	263
12.5 高级倒圆角特征创建	267
12.5.1 倒圆角概述	267
12.5.2 创建可变倒圆角	268
12.5.3 创建完全倒圆角	272
12.5.4 创建圆锥倒圆角	273
习题	275
第 13 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的产品装配设计	276
13.1 产品装配的基本操作	276
13.1.1 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的装配操控板及约束类型	276
13.1.2 产品装配的基本流程	279
13.2 自顶向下设计	282
13.2.1 自顶向下设计概述	282
13.2.2 自顶向下设计实例	284

13.3 元件的操控.....	287
13.3.1 元件的操控概述.....	287
13.3.2 实现产品设计自动化的高级组合工具.....	287
13.4 产品装配设计的综合应用实例.....	291
13.4.1 曲柄摇杆机构模型设计.....	291
13.4.2 画装笔设计.....	295
习题.....	299
第 14 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的工程图设计.....	300
14.1 Pro/E 工程图概述.....	300
14.1.1 工程图概念.....	300
14.1.2 Pro/E 工程图的应用场合.....	300
14.1.3 用 Pro/E 生成工程图的优点.....	301
14.1.4 Pro/E 工程图模块的工作界面.....	301
14.1.5 Pro/E 关于工程图的数据接口.....	303
14.2 用 Pro/E 生成工程图的准备工作.....	304
14.2.1 设置 Pro/E 系统的配置文件“config.pro”.....	304
14.2.2 设置 Pro/E 系统的国标工程图文件“GB.dtl”.....	305
14.2.3 制作国标工程图格式文件“×××.frm”.....	307
14.2.4 制作国标工程图模板文件“×××.drw”.....	308
14.2.5 图层管理.....	309
14.2.6 用 Pro/E 生成工程图的准备步骤.....	309
14.3 用 Pro/E 生成和编辑工程图.....	310
14.3.1 工程视图概述.....	310
14.3.2 第一视角与第三视角.....	311
14.3.3 生成视图的基本原则与基本步骤.....	312
14.3.4 工程视图范例.....	313
14.4 用 Pro/E 进行工程图的标注.....	319
14.4.1 Pro/E 的工程图标注概述.....	319
14.4.2 Pro/E 的工程图及其标注实例.....	321
习题.....	323
第 15 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的分析功能.....	324
15.1 Pro/E 的分析功能概述.....	324
15.2 Pro/E 的常规分析.....	325
15.2.1 测量模型几何.....	325
15.2.2 模型分析.....	327
15.2.3 几何分析.....	329
15.2.4 比较零件.....	331

15.3 Pro/E 的专业分析.....	333
15.3.1 Pro/E 的行为建模.....	333
15.3.2 机械分析.....	337
15.3.3 机构.....	341
15.3.4 塑料顾问.....	345
习题.....	349
第 16 章 Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 的数控加工.....	350
16.1 Pro/NC 概述.....	350
16.1.1 Pro/NC 专业术语.....	350
16.1.2 为什么要用 Pro/NC.....	354
16.1.3 Pro/NC 的子模块.....	354
16.2 Pro/NC 的操作流程与实例.....	355
16.2.1 Pro/NC 的准备工作.....	355
16.2.2 Pro/NC 操作流程与实例.....	356
习题.....	372
参考文献.....	373

第 1 章 计算机辅助技术基础

本章讲述计算机辅助技术基础，以指导后面各章的学习，包括如下内容：

- CAD 技术基础
- CAE 技术基础
- CAPP 技术基础
- CAM 技术基础
- 4C 系统集成技术
- 4C 相关新技术

1.1 CAD 技术基础

CAD 是计算机辅助设计 (Computer-Aided Design) 的首字母缩写词，用于进行产品设计的软件解决方案。典型的 CAD 内部处理流程如图 1-1 所示。

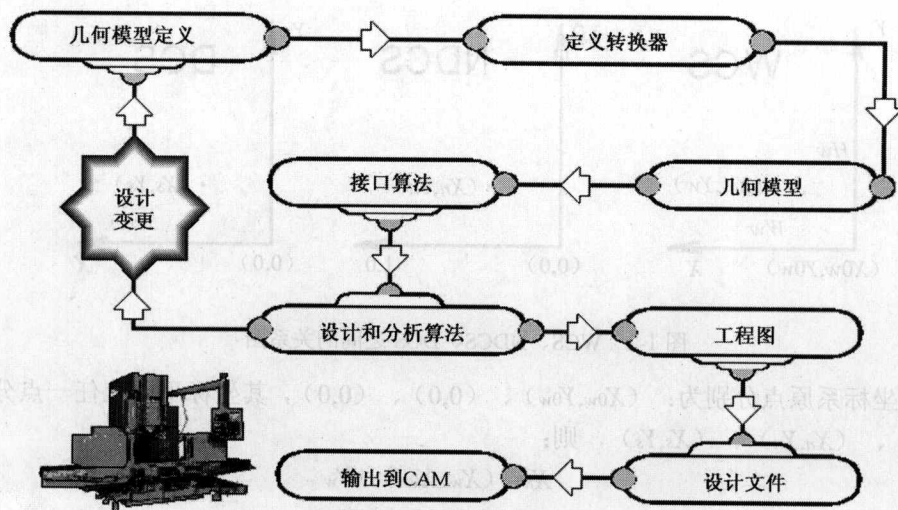


图 1-1 典型的 CAD 内部处理流程

1.1.1 图形技术基础

在任何 CAD (计算机辅助设计) 系统中，交互式的图形操作都是最基本、最大量的工

作内容。这种交互式图形功能的强弱是评价一个 CAD 系统的最重要指标之一。因此, 计算机图形处理是 CAD 中的重要组成部分。计算机图形处理的技术基础包括坐标系、图形变换、图形裁剪、图形消隐、交互技术等。下面对这些内容进行简要介绍。

1. 坐标系

CAD 采用 4 种坐标系: 世界坐标系(WCS)、设备坐标系(DCS)、规格化坐标系(NDCS)、观察坐标系(VCS)。4 种坐标系的含义、作用如下:

(1) 世界坐标系 (WCS)

世界坐标系 (WCS) 是用户在设计绘图以及用图形应用程序描述几何形体时, 用来描述几何形体的二维或三维直角坐标系, 故又称为用户坐标系。世界坐标系 (WCS) 的单位可以是 mm (毫米)、m (米) 等, 取值范围无限制。

(2) 设备坐标系 (DCS)

设备坐标系 (DCS) 是图形输出设备自身的坐标系, 一般是二维坐标系, 个别为三维坐标系。设备坐标系 (DCS) 的取值范围受设备的输入输出精度和有效幅面的限制, 一般是某个整数域。其常用单位是像素、绘图笔步长。坐标原点在设备的左下角或左上角, 接受无符号的整型数据。

(3) 规格化坐标系 (NDCS)

规格化坐标系 (NDCS) 是将世界坐标系 (WCS) 转换为设备坐标系 (DCS) 的过渡坐标系。世界坐标系 (WCS)、规格化坐标系 (NDCS)、设备坐标系 (DCS) 三者之间的关系如图 1-2 所示。

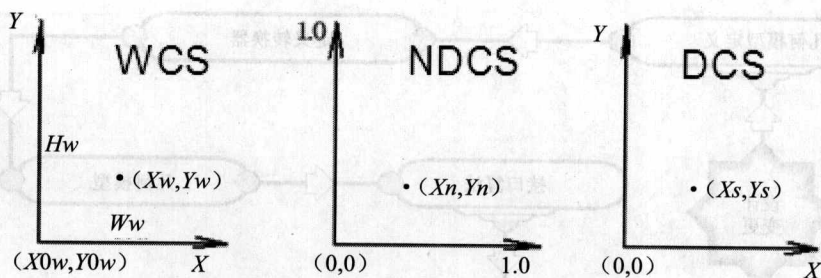


图 1-2 WCS、NDCS、DCS 之间的关系图

设三坐标系原点分别为: (X_{0w}, Y_{0w}) 、 $(0,0)$ 、 $(0,0)$, 其坐标平面上任一点分别为: (X_w, Y_w) 、 (X_n, Y_n) 、 (X_s, Y_s) , 则:

$$X_n = (X_w - X_{0w}) / W_w$$

$$Y_n = (Y_w - Y_{0w}) / H_w$$

又设世界坐标系 (WCS) 原点 (X_{0w}, Y_{0w}) 为 $(0,0)$, 则:

$$X_n = X_w / W_w$$

$$Y_n = Y_w / H_w$$

再设在计算机的 VGA 显示模式下的分辨率为 640×480 , 而设备坐标系 (DCS) 的取值范围是: X 为 $0 \sim 639$ 、 Y 为 $0 \sim 479$, 则:

$$X_s = 639 \times X_n = (639 * X_w / W_w)$$

$$Y_s = 479 \times Y_n = (479 * Y_w / H_w)$$

式中方括弧中的“*”表示对其内容取整，因为 X_s 、 Y_s 为整数。利用上式即可在屏幕上显示输出或用打印机打印出用户以世界坐标系描述的图形。

(4) 观察坐标系 (VCS)

观察坐标系 (VCS) 是一个定义在世界坐标系 $X_wY_wZ_w$ 中任何方向、任何地方的左手三维直角辅助坐标系 $X_eY_eZ_e$ ，其原点与视点重合， Z_e 正向为观察方向，与之垂直的平面叫做观察平面， Z_e 轴与此观察平面的交点叫做视点，将世界坐标系 $X_wY_wZ_w$ 中的物体（机件）转换成观察坐标系 $X_eY_eZ_e$ 中的像，如图 1-3 所示， P^* 点即是 P 点的像。

观察坐标系 (VCS) 主要用于指定裁剪空间，确定三维几何形体哪一部分需要在屏幕上输出；另外，通过观察平面可以把世界坐标系 $X_wY_wZ_w$ 中的三维几何形体需要输出部分的坐标值转换为规格化坐标系 $X_nY_nZ_n$ 中的坐标值。

2. 图形变换

图形变换是计算机图形学中的重要内容，它包括图形的比例缩放、裁切、旋转、平移、投影与透视等。

二维图形几何变换原理如图 1-3 所示。在二维平面中，任何一个图形都可以认为是点之间的连线构成的。对一个图形作几何变换，实际上就是对一系列点进行变换。例如，在图 1-4 中，要实现四边形 $abcd$ 的变换，只需分别求出四边形新顶点 a' 、 b' 、 c' 、 d' 的坐标，再依次连接，即可得到变换后的新四边形。而三维图形的几何变换是二维图形几何变换的简单扩展。

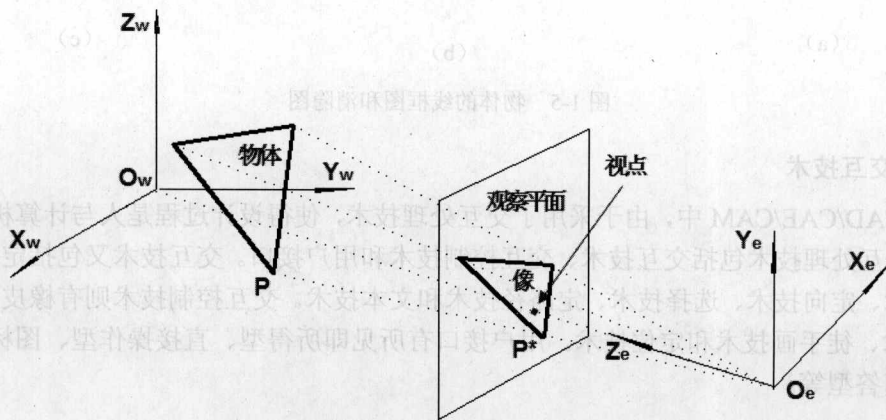


图 1-3 二维图形几何变换原理图

3. 图形裁剪

利用窗口和视区技术，可以把整体图中的某一部分进行显示。但是要将窗口中的图形正确识别，还要应用图形的裁剪技术，即对窗口边框上的图形进行裁剪，保留图形在窗口

内的部分,舍弃窗口外的部分。图形的裁剪包括点的裁剪、直线段的裁剪和字符的裁剪。

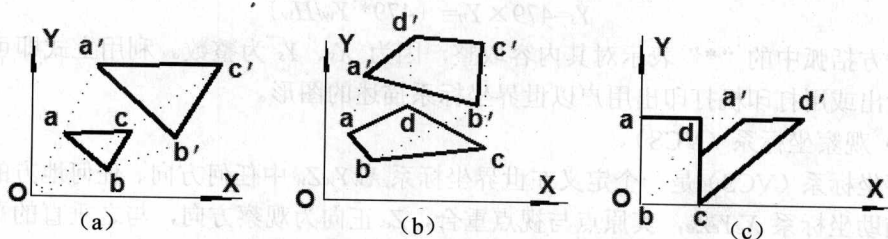


图 1-4 四边形 abcd 的交换

4. 图形消隐

根据三维图形变换,可以画出一个物体的轴测图。但是,这是将物体所有部分(包括可见部分)均投影到投影平面上显示出来。这样画出的轴测图所表示的空间立体往往是不确定的,如图 1-5 (a) 所示的轴测图,既可能是图 1-5 (b) 的两拉伸特征叠加,也可能是图 1-5 (c) 的两拉伸特征相减(大的减去小的)。这样当然不符合要求,要解决这一不确定性问题,则必须采用图形消隐技术,解决物体隐藏线和隐藏面的消除问题。

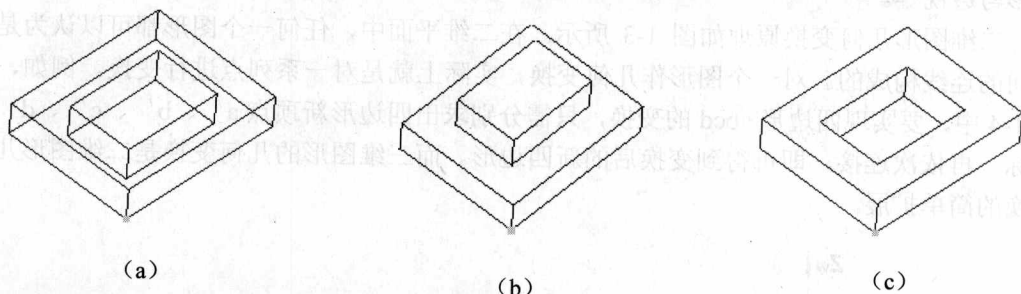


图 1-5 物体的线框图和消隐图

5. 交互技术

在 CAD/CAE/CAM 中,由于采用了交互处理技术,使得设计过程是人与计算机双向互动的。交互处理技术包括交互技术、交互控制技术和用户接口。交互技术又包括定位技术、定量技术、定向技术、选择技术、定路径技术和文本技术。交互控制技术则有橡皮筋技术、拖动技术、徒手画技术和定位技术。用户接口有所见即所得型、直接操作型、图标型、菜单型和问答型等。

1.1.2 造型技术基础

产品设计过程中在计算机上表达产品信息的方式即称为产品造型技术,包括零件造型技术与装配造型技术两方面。其中零件造型技术包括二维绘图、线框造型、曲面造型、实体造型、特征造型,以及基于特征的参数化造型、变量化造型等,经历了由线框造型→曲面造型、曲面造型→实体造型、实体造型→参数化造型、参数化造型→变量化造型等 4 次

CAD 技术革命。而装配造型又分为自底向上装配造型和自顶向下装配造型。

从现代 CAD、CAE、CAPP、CAM（简称 4C）等有机结合，即实现集成的角度出发，要求从产品整个生命周期各阶段的不同需求来描述产品，既要描述产品的点、线、面、体等几何信息，又要描述产品的材料、公差、配合、表面粗糙度等非几何信息。线框造型、曲面造型、实体造型的共同特点是只能描述产品的点、线、面、体等几何信息。只有特征造型，以及基于特征的参数化造型、变量化造型才能满足既要描述产品的点、线、面、体等几何信息，又要描述产品的材料、公差、配合、表面粗糙度等非几何信息的现代 4C 集成的产品信息技术要求。

各类造型包含的信息由少到多，由它们构成的三维模型可以由信息含量多的模型转化为信息含量少的模型，却不能由信息含量少的模型转化为信息含量多的模型。例如，实体模型可以转化为曲面模型，乃至线框模型，而线框模型却不能转化为曲面模型，更不能转化为实体模型，如图 1-6 所示。



图 1-6 不同三维模型的转化

下面简要介绍除二维绘图外的三维造型技术。

1. 线框造型技术

线框造型是利用基本线素来定义零件的棱线部分，再由这些棱线构成立体框架，以表示所描述的零件。例如，图 1-7 所示的线框造型是由 12 个顶点和 18 条边（构成了 8 个面）来表示的。

2. 曲面造型技术

曲面造型是通过对实体的各个表面或曲面进行描述而构造零件模型的一种建模方法。

3. 实体造型技术

实体造型是用点、线、面等几何元素进行拉伸、旋转、扫描、放样（混合）等几何变换或者利用基本体素（如圆柱、球体）的布尔集合运算（交集、并集、差集）来生成零件实体模型。世界上广为使用的两种几何模型描述语言（又称造型核心）是 Parasolid 和 ACIS。