

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
计算机科学与技术

计算机图形学原理及算法教程 (Visual C++版)

和青芳 著

清华大学出版社



高等学校教材
计算机科学与技术

计算机图形学原理及算法教程 (Visual C++版)

和青芳 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书在系统介绍计算机图形学算法及原理的基础上,利用 Visual C++开发环境,编写相应的应用程序,较全面地把计算机图形学理论与计算机绘图的实践结合起来。

本书共 10 章,包括基本图形的生成、二维图形、图形交互技术、简单 CAD 绘图系统开发实例、三维图形、曲线与曲面、几何造型、消隐技术、真实感图形绘制及计算机动画等内容。

本书可作为大专院校计算机图形学理论课程教材、上机教材或工程技术人员自学计算机图形学和 Visual C++的参考书,也可作为计算机图形学教师理论教学参考书和课程设计的素材。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学原理及算法教程(Visual C++版)/和青芳著. —北京:清华大学出版社,2006.1

(高等学校教材·计算机科学与技术)

ISBN 7-302-11613-X

I. 计… II. 和… III. 计算机图形学-算法理论-高等学校-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 092528 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

责任编辑:魏江江

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:22 字数:515 千字

版 次:2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-11613-X/TP·7591

印 数:1~3000

定 价:29.00 元

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	覃 征	教授
	王建民	教授
	刘 强	副教授
	冯建华	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈 钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王 珊	教授
	孟小峰	教授
	陈 红	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈 明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
上海第二工业大学	蒋川群	教授
浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
南京大学	骆 斌	教授
南京航空航天大学	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授

南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	龚声蓉	教授
江苏大学	宋余庆	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	王林平	副教授
	魏开平	教授
武汉理工大学	李中年	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	肖 依	副教授
中南大学	陈松乔	教授
湖南大学	林亚平	教授
	邹北骥	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
西北大学	周明全	教授
长安大学	巨永峰	教授
西安石油学院	方 明	教授
西安邮电学院	陈莉君	副教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
长春工程学院	沙胜贤	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
山东科技大学	郑永果	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
福州大学	林世平	副教授
云南大学	刘惟一	教授
重庆邮电学院	王国胤	教授
西南交通大学	杨 燕	副教授

改改革开放以来，特别是党的十五大以来，我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就，高等教育实现了历史性的跨越，已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上，高等教育规模取得如此快速的发展，创造了世界教育发展史上的奇迹。当前，教育工作既面临着千载难逢的良好机遇，同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾，是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月，教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》，提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月，教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件，指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制订的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分，精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间（2003—2007年）建设1500门国家级精品课程，利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放，以实现优质教学资源共享，提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》精神，紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”，在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下，我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”（以下简称“编委会”），旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划，讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师，其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求，“编委会”一致认为，精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求，处于一个比较高的起点上：精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要，要有特色风格、有创新性（新体系、新内容、新手段、新思路，教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量）、先进性（对原有的学科体系有实质性的改革和发展、顺应并符合新世纪教学发展的规律、代

表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

清华大学出版社经过近 20 年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材经过 20 多年的精雕细刻,形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会
E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

计算机图形技术是随着计算机技术在图形处理领域中的应用而发展起来的一门新技术，是伴随着电子计算机及其外围设备的发展而产生的，现已成为计算机应用科学中的一个重要分支，在许多行业中起着越来越大的作用。这必然促使计算机专业人员、广大非计算机专业的应用人员，从计算机图形学的理论高度和计算机绘图的实用角度来研究和开发计算机图形的生成技术及软件。在多年的教学、科研和技术开发工作中，我们深刻地体会到：计算机图形学的原理和算法是开发图形软件的基础，对高级语言中绘图工具的掌握是理解和应用计算机图形理论的翅膀。只有扎实的计算机图形学理论基础，才能开发图形软件；必须灵活运用高级语言中的绘图能力才能开发出优质的图形软件。基于这些体会，作者认为很有必要编写出版这样的一本书，把计算机图形学理论与计算机绘图的实践结合起来，在计算机理论与交互式图形软件设计之间架起一座桥梁，对图形学的理论和方法尽量用简明的算法程序描述出来，掌握用 Visual C++ 开发工具进行交互式图形软件的设计，使学习者在掌握理论和实用知识两方面均感到应用自如。

本书从计算机图形学的基本图形生成讲起，采取循序渐进的内容安排，介绍计算机图形学的有关原理、算法，由简单到复杂、由二维至三维，理论与实践相结合，对所论述的算法或原理给出了 Visual C++ 详尽的程序设计过程。书中范例的许多算法与理论篇中的内容不尽相同，学习者须按照书中的讲解，将这些 Visual C++ 程序移植到范例中去，举一反三，就可容易地在计算机上得到验证与提高，从而为深入理解图形学原理提供重要的保证，并为今后的计算机图形学应用打下坚实的实践基础和编程积累。

本书要求学习者有线性代数和 Visual C++ 基础知识。读者可根据自身情况，在 Visual C++ 开发环境中上机练习，掌握和应用图形学的各种算法，并试着开发一些具有实用性的小型绘图软件。

本书由北京交通大学和青芳主编，参加本书部分编写工作的人员还有周四新、韩笑、冀国蕊、张生生、刘得昂、牛连斌、张春梅、张志鹏、李博、刘静、张曙光、蔡振江、索雪松、卢秀茹、苑玲彩、臧悦利、刘会芳、王雪娟、李天杰、刘铎等，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足，殷切希望广大读者批评指正。也可发电子邮件到 qingfanghe@sohu.com。

编者

2005 年 7 月

第 1 章 基本图形的生成	1
1.1 直线	1
1.1.1 DDA (数值微分) 算法	2
1.1.2 生成直线的中点画线法	2
1.1.3 Bresenham 算法	2
1.1.4 程序设计	3
1.2 圆	7
1.2.1 直角坐标法	7
1.2.2 中点画圆法	8
1.2.3 圆的 Bresenham 算法	8
1.3 椭圆扫描转换中点算法	11
1.4 多边形的扫描转换与区域填充	13
1.4.1 多边形的扫描转换	14
1.4.2 区域填充算法	15
1.5 字符的生成	22
1.5.1 点阵字符	22
1.5.2 矢量字符	23
1.5.3 字符属性	23
1.6 图形裁剪	23
1.6.1 线裁剪	24
1.6.2 多边形裁剪	25
1.6.3 字符裁剪	26
1.6.4 图形裁剪编程	26
1.7 Visual C++ 中基本绘图函数	38
练习题	41
第 2 章 二维图形	42
2.1 用户坐标到屏幕坐标的变换	42

2.1.1 窗口到视口的变换内容	42
2.1.2 窗口区到视口区的坐标变换	43
2.2 二维几何变换	44
2.2.1 基本变换	44
2.2.2 二维几何变换的级联	47
2.3 几何变换程序设计案例	49
2.4 平面曲线图	59
2.4.1 正叶线	60
2.4.2 正叶线蝴蝶结	60
2.5 平面曲线程序设计案例	60
练习题	63
第3章 交互技术	64
3.1 用户接口设计	64
3.2 逻辑输入设备与输入处理	65
3.2.1 逻辑输入设备	65
3.2.2 输入模式	66
3.3 交互式绘图技术	67
3.4 交互技术程序设计案例	68
练习题	75
第4章 简单 CAD 绘图系统开发实例	76
4.1 计算机图形学绘图基础	76
4.1.1 Visual C++开发系统基本绘图知识	77
4.1.2 计算机图形学绘图系统设计基本原则	79
4.1.3 图形程序设计步骤	79
4.1.4 在 Visual C++集成开发环境下程序的调试	81
4.1.5 计算机程序结构设计基础	81
4.1.6 绘图程序设计基本方法	82
4.2 图形的数据结构	85
4.2.1 图形信息的分类	85
4.2.2 图形数据结构	85
4.2.3 计算机对数据的管理——数据文件	86
4.2.4 图形数据的存储状态	87
4.2.5 动态文件数据结构的组织原则	87
4.2.6 简单 CAD 绘图系统编程实例中的数据结构	87
4.3 简单 CAD 绘图系统功能简介	103
4.3.1 简单 CAD 绘图系统运行界面	103

4.3.2 简单 CAD 绘图系统功能	103
第 5 章 三维图形变换	107
5.1 三维图形几何变换矩阵	107
5.2 三维图形基本变换矩阵	107
5.2.1 平移变换	107
5.2.2 比例变换	108
5.2.3 绕坐标轴的旋转变换	109
5.2.4 对称变换	110
5.2.5 错切变换	112
5.3 图形的投影变换	113
5.3.1 投影变换分类	113
5.3.2 平行投影	114
5.4 三维变换程序设计案例	118
练习题	146
第 6 章 曲线和曲面	147
6.1 曲线曲面参数表示的基础知识	147
6.1.1 非参数表示和参数表示	147
6.1.2 参数表示的基本特征	148
6.1.3 曲线段之间的连续性	150
6.1.4 曲线曲面设计中的几个概念	151
6.2 常用参数曲线	151
6.2.1 一般规则空间曲线	151
6.2.2 Bezier 曲线	152
6.2.3 B 样条曲线	158
6.3 参数曲面	164
6.3.1 函数式曲面	164
6.3.2 旋转曲面	165
6.4 常用曲面	166
6.4.1 双曲线曲面	166
6.4.2 Bezier 曲面	166
6.4.3 B 样条曲面	168
6.5 曲面与曲线编程案例	169
练习题	195
第 7 章 几何造型技术	196
7.1 实体的表示模型	196

7.1.1	分解表示	197
7.1.2	构造表示	198
7.1.3	边界表示	200
7.1.4	形体的边界表示模型	200
7.2	求交分类	202
7.2.1	求交分类	202
7.2.2	基本的求交算法	203
7.3	图形相交-相切程序设计案例	207
7.4	非传统造型技术	220
7.4.1	基本概念	221
7.4.2	分形造型对模型的基本要求	221
7.4.3	分形造型的常用模型	221
7.5	分形造型应用	222
7.6	分形造型编程设计	223
	练习题	238
第8章	消隐	239
8.1	线消隐	239
8.2	面消隐	240
8.2.1	区域排序算法基本思想	240
8.2.2	深度缓存 (Z-buffer) 算法	241
8.2.3	扫描线算法	241
8.3	图形几何构造	242
8.4	消隐技术编程案例	245
	练习题	259
第9章	真实感图形学	260
9.1	颜色模型	260
9.1.1	CIE 色度图	260
9.1.2	常用的颜色模型	261
9.2	简单光照明模型	263
9.2.1	Phong 光照明模型	263
9.2.2	增量式光照明模型	265
9.3	局部光照明模型	266
9.4	光透射模型	267
9.4.1	透明效果的简单模型	267
9.4.2	Whitted 光透射模型	268
9.4.3	Hall 光透射模型	268

9.4.4 简单光反射透射模型.....	268
9.5 纹理及纹理映射.....	269
9.6 整体光照明模型.....	270
9.6.1 光线跟踪算法.....	270
9.6.2 辐射度方法.....	272
9.7 真实感图形学编程案例.....	272
练习题	321
第 10 章 计算机动画	322
10.1 计算机动画概述.....	322
10.2 计算机动画的应用领域.....	322
10.3 计算机动画的分类和原理.....	322
10.4 目前计算机动画面临的问题.....	325
10.5 计算机动画程序设计案例.....	325
10.5.1 帧动画	325
10.5.2 实时动画	328
练习题	335
参考文献	336

基本图形的生成

计算机图形学已成为计算机技术中发展最快的领域，计算机图形软件也相应得到快速发展。计算机绘图显示有屏幕显示、打印机打印图样和绘图机输出图样等方式，其中用屏幕显示图样是计算机绘图的重要内容。

计算机上常见的显示器为光栅图形显示器，光栅图形显示器可以看作像素的矩阵。像素是组成图形的基本元素，一般称为“点”。通过点亮一些像素，灭掉另一些像素，即在屏幕上产生图形。在光栅显示器上显示任何一种图形必须在显示器的相应像素点上画上所需颜色，即具有一种或多种颜色的像素集合构成图形。确定最佳接近图形的像素集合，并用指定属性写像素的过程称为图形的扫描转换或光栅化。对于一维图形，在不考虑线宽时，用一个像素宽的直、曲线来显示图形。二维图形的光栅化必须确定区域对应的像素集，并用指定的属性或图案进行显示，即区域填充。

复杂的图形系统，都是由一些最基本的图形元素组成的。利用计算机编制图形软件时，编制基本图形元素是相当重要的，也是必需的。点是基本图形，本章主要讲述如何在指定的输出设备（如光栅图形显示器）上利用点构造其他基本二维几何图形（如点、直线、圆、椭圆、多边形域及字符串等）的算法与原理，并利用 Visual C++ 编程实现这些算法。

1.1 直 线

数学上，理想的直线是由无数个点构成的集合，没有宽度。计算机绘制直线是在显示器所给定的有限个像素组成的矩阵中，确定最佳逼近该直线的一组像素，并且按扫描线顺序，对这些像素进行写操作，实现显示器绘制直线，即通常所说的直线的扫描转换，或称直线光栅化。

由于一图形中可能包含成千上万条直线，所以要求绘制直线的算法应尽可能地快。本节介绍一个像素宽直线的常用算法：数值微分法（DDA）、中点画线法、Bresenham 算法。

1.1.1 DDA (数值微分) 算法

DDA 算法原理: 如图 1-1 所示, 已知过端点 $p_0(x_0, y_0)$, $p_1(x_1, y_1)$ 的直线段 p_0p_1 ; 直线斜率为 $k = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$, 从 x 的左端点 x_0 开始, 向 x 右端点步进画线, 步长=1 (个像素), 计算相应的 y 坐标 $y = kx + B$; 取像素点 $[x, \text{round}(y)]$ 作为当前点的坐标。计算 $y_{i+1} = kx_{i+1} + B = kx_i + B + k\Delta x = y_i + k\Delta x$, 当 $x=1$, $y_{i+1} = y_i + k$, 即当 x 每递增 1, y 递增 k (即直线斜率)。

注意: 上述分析的算法仅适用于 $k \leq 1$ 的情形。在这种情况下, x 每增加 1, y 最多增加 1。当 $k \geq 1$ 时, 必须把 x, y 地位互换, y 每增加 1, x 相应增加 $1/k$ (请参阅后面的 Visual C++ 程序)。

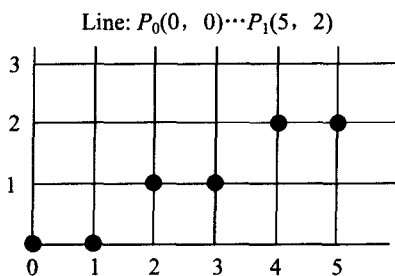


图 1-1 DDA 方法扫描转换连接两点

1.1.2 生成直线的中点画线法

中点画线法的基本原理如图 1-2 所示。在画直线段的过程中, 当前像素点为 P , 下一个像素点有两种选择, 点 P_1 或 P_2 。 M 为 P_1 与 P_2 中点, Q 为理想直线与 $X=X_p+1$ 垂线的交点。当 M 在 Q 的下方时, 则 P_2 应为下一个像素点; 当 M 在 Q 的上方时, 应取 P_1 为下一点。

中点画线法的实现: 令直线段为 $L[p_0(x_0, y_0), p_1(x_1, y_1)]$, 其方程式 $F(x, y) = ax + by + c = 0$ 。

其中, $a = y_0 - y_1$, $b = x_1 - x_0$, $c = x_0y_1 - x_1y_0$; 点与 L 的关系如下。

在直线上, $F(x, y) = 0$;

在直线上方, $F(x, y) > 0$;

在直线下方, $F(x, y) < 0$ 。

把 M 代入 $F(x, y)$, 判断 F 的符号, 可知 Q 点在中点 M 的上方还是下方。为此构造判别式 $d = F(M) = F(x_p + 1, y_p + 0.5) = a(x_p + 1) + b(y_p + 0.5) + c$ 。

当 $d < 0$, $L(Q)$ 点在 M 上方, 取 P_2 为下一个像素。

当 $d > 0$, $L(Q)$ 点在 M 下方, 取 P_1 为下一个像素。

当 $d = 0$, 选 P_1 或 P_2 均可, 取 P_1 为下一个像素。

其中 d 是 x_p, y_p 的线性函数。

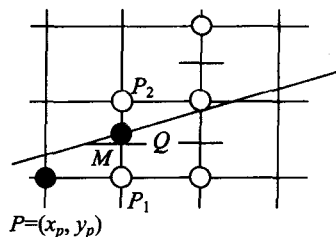


图 1-2 中点画线法每步迭代涉及的像素和中点示意图

1.1.3 Bresenham 算法

Bresenham 算法是计算机图形学领域使用最广泛的直线扫描转换算法。由误差项符号决定下一个像素取右边点还是右上方点。

设直线从起点 (x_1, y_1) 到终点 (x_2, y_2) 。直线可表示为方程 $y = mx + b$ ，其中 $b = y_1 - mx_1$ ， $m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) = dy/dx$ ；此处的讨论直线方向限于第一象限，如图 1-3 所示，当直线光栅化时， x 每次都增加 1 个单元，设 x 像素为 (x_i, y_i) 。下一个像素的列坐标为 $x_i + 1$ ，行坐标为 y_i 或者递增 1 为 $y_i + 1$ ，由 y 与 y_i 及 y_{i+1} 的距离 d_1 及 d_2 的大小而定。计算公式为

$$y = m(x_i + 1) + b \quad (1.1)$$

$$d_1 = y - y_i \quad (1.2)$$

$$d_2 = y_{i+1} - y \quad (1.3)$$

如果 $d_1 - d_2 > 0$ ，则 $y_{i+1} = y_i + 1$ ，否则 $y_{i+1} = y_i$ 。

式 (1.1)、(1.2)、(1.3) 代入 $d_1 - d_2$ ，再用 dx 乘等式两边，并以 $P_i = (d_1 - d_2) \cdot dx$ 代入上述等式，得

$$P_i = 2x_i dy - 2y_i dx + 2dy + (2b - 1)dx \quad (1.4)$$

$d_1 - d_2$ 是用以判断符号的误差。由于在第一象限， dx 总大于 0，所以 P_i 仍旧可以用做判断符号的误差。 P_{i+1} 为

$$P_{i+1} = P_i + 2dy - 2(y_{i+1} - y_i)dx \quad (1.5)$$

求误差的初值 P_1 ，可将 x_1 、 y_1 和 b 代入式 (1.4) 中的 x_i 、 y_i ，而得到

$$P_1 = 2dy - dx$$

综述上面的推导，第一象限内的直线 Bresenham 算法思想如下：

- (1) 画点 (x_1, y_1) ， $dx = x_2 - x_1$ ， $dy = y_2 - y_1$ ，计算误差初值 $P_1 = 2dy - dx$ ， $i = 1$ 。
- (2) 求直线的下一点位置 $x_{i+1} = x_i + 1$ ，如果 $P_i > 0$ ，则 $y_{i+1} = y_i + 1$ ，否则 $y_{i+1} = y_i$ 。
- (3) 画点 (x_{i+1}, y_{i+1}) 。
- (4) 求下一个误差 P_{i+1} ，如果 $P_i > 0$ ，则 $P_{i+1} = P_i + 2dy - 2dx$ ，否则 $P_{i+1} = P_i + 2dy$ 。
- (5) $i = i + 1$ ；如果 $i < dx + 1$ 则转步骤 (2)；否则结束操作。

1.1.4 程序设计

1. 程序设计功能说明

为编程实现上述算法，本程序利用最基本的绘制元素（如点、直线等），绘制图形。如图 1-4 所示，为程序运行主界面，通过选择菜单及下拉菜单的各功能项分别完成各种对应算法的图形绘制。



图 1-4 基本图形生成的程序运行界面

2. 创建工程名称为“基本图形的生成”单文档应用程序框架

- (1) 启动 VC，选择“文件”|“新建”菜单命令，并在弹出的新建对话框中单击“工程”标签。
- (2) 选择 MFC AppWizard(exe)，在“工程名称”编辑框中输入 “基本图形的生成”作为工程名称，单击“确定”按钮，出现 Step 1 对话框。
- (3) 选择“单个文档”选项，单击“下一个”按钮，出现 Step 2 对话框。
- (4) 接受默认选项，单击“下一个”按钮，在出现的 Step 3~Step 5 对话框中，接受默认选项，单击“下一个”按钮。
- (5) 在 Step 6 对话框中单击“完成”按钮，即完成“基本图形的生成”应用程序的所有选项，随后出现工程信息对话框（记录以上步骤各选项选择情况），如图 1-5 所示，单击“确定”按钮，完成应用程序框架的创建。

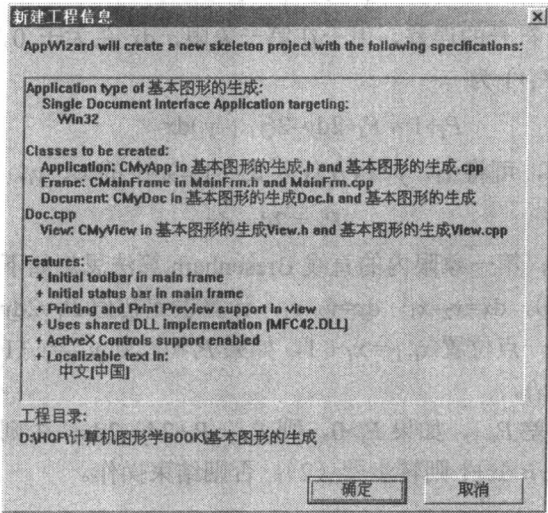


图 1-5 信息程序基本

3. 编辑菜单资源

设计如图 1-4 所示的菜单项。在工作区的 ResourceView 标签中，单击 Menu 项左边“+”，然后双击其子项 IDR_MAINFRAME，并根据表 1-1 中的定义编辑菜单资源。此时 VC 已自动建好程序框架，如图 1-5 所示。

表 1-1 菜单资源表

菜单标题	菜单项标题	标示符 ID
直线	DDA 算法生成直线	ID_DDALINE
	Bresenham 算法生成直线	ID_BRESENHAMLINE
	中点算法生成直线	ID_MIDPOINTLINE