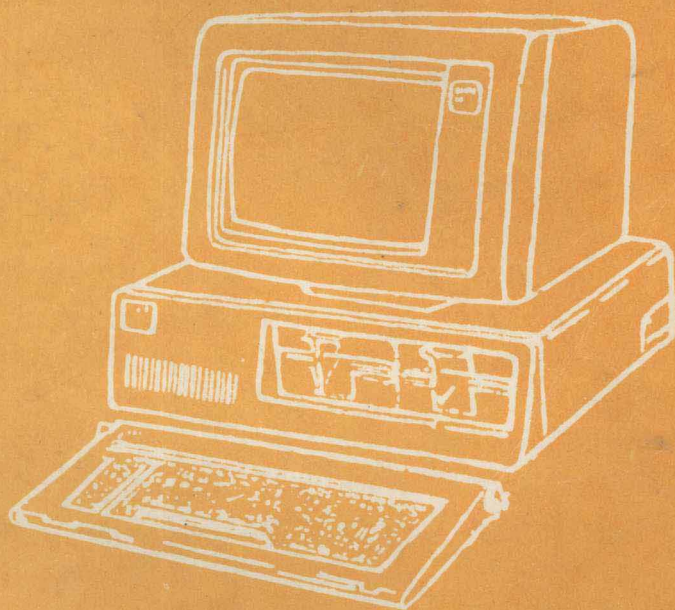


微机接口与应用系列丛书

C 语言高级图形程序设计技巧

张 昭 丁东等 编写



学苑出版社

微机接口与应用系列丛书

C语言高级图形程序设计技巧

张 昭 丁东等 编写
吴 言 审校

学苑出版社

1993.

(京)新登字 151 号

内 容 提 要

本书主要介绍在微机上用 C 语言进行高级图形程序设计的技巧,并附有大量实例。

欲购本书的用户,请直接与北京 8721 信箱联系,电话 2562329,邮码 100080。

微机接口与应用系列丛书

C 语言高级图形程序设计技巧

编 写:张 昭 丁 东

审 校:吴 言

责任编辑:甄国亮

出版发行:学苑出版社 邮政编码:100032

社 址:北京市西城区成方街 33 号

印 刷:兰空印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:27.375 字 数:649 千字

印 数:1~3000 册

版 次:1993 年 12 月北京第 1 版第 1 次

ISBN7-5077-0803-9/TP·14

本册定价:19.00 元

学苑版图书印、装错误可随时退换

前 言

本书是向你提供在个人计算机（即PC机）上如何用C语言写有关可视化图形（visualization graphics）的编程技巧。

如果你确实对C图形程序设计感兴趣，那你正好赶上好时候。产业界权威人士声称，九十年代将是个人计算机图形学的十年。

计算机图形学的编程包括了各种训练，如三维实体造型和真实感图形生成、模拟和动画、图象分析和润色、计算机视觉和图象处理、图象形变与中间帧生成（即morphing和weening）等等。显然这些工作有助于我们感觉和理解，其结果便是计算机可视化（Computer visualization，又称计算机直观法）——用计算机进行直观地思考。

计算机可视化增强了我们解决复杂问题的能力，从而实现创造性思维。可以说可视化改革并翻新了工程和建筑、工业设计和制造、视觉艺术及设计、医学、物理学和生物学、娱乐和广告业。计算机可视化已经唤起了第二次计算机革命。九十年代热门的多媒体（multi-media）和虚拟现实（virtual reality）莫不包含了这种极具生命力的技术。

具体说，本书的目就是帮助读者用C语言最大程度地在个人计算机上开发商业、科学、医学、工程设计等方面大的图形应用程序，编写娱乐的图形软件。

书中附有大约1MB的源代码（超过1万行的程序清单），同时还有约2百多幅画面、照片，非常适合在个人计算机上进行图形编程的各种层次的人员参考。

如果你刚刚涉及C语言编程，你可以使用书中的程序例子进行训练；如果你是中级或高级程序员，本书可以帮助你开发有效更具竞争力的软件，同时还介绍了一些先进的高性能技术。当然本书也对正从事或打算从事图形软件开发的管理人员、程序人员、系统分析员极为有用，对工程师和科学家也有重要参考价值。

本书的宗旨是实用，为此里面附有大量的实例，而且没有任何玩具程序。每个例子，每个演示程序，每个代码段，每个算法都是可用的。从这个意义上说，本书又是一个强有力的工程工具箱。

本书的一个重要特点，就是要运行的演示程序的全部代码和全部有关原理都在书内可以找到。为此书后附有一个代码工具箱，这种多模块的C语言编程方法使建立一个易于理解的高级的复杂程序成为可能。

本书的所有程序代码都用个人计算机上极为流行的Turbo C和Quick C完成。

我们希望本书能使各种读者各取所需，从中了解到计算机可视化图形学的重要应用，体会到使用C语言进行高级图形程序设计的奥妙。

目 录

前言

概述

第一部分 可视化的编程技巧

第一章	编程基础	(13)
第二章	色彩编程	(34)
第三章	位图编程	(66)
第四章	动画编程	(87)
第五章	鼠标器和数字化板编程	(98)
第六章	语音和声音编程	(109)
第七章	前端界面程序设计	(115)

第二部分 物体的可视化方法

第八章	三维空间编程	(150)
第九章	LAMBERT 明暗处理	(162)
第十章	Couraud明暗处理	(197)
第十一章	消除隐藏面	(203)
第十二章	程式动画	(210)
第十三章	运动动画	(241)

第三部分 基于图象的可视化

第十四章	图象处理	(259)
第十五章	计算机视觉	(270)
第十六章	Cel动画	(274)

第四部分 附录

附录一、	如何运行例子程序	(291)
附录二、	如何选择和使用其它图形库	(299)
附录三、	如何捕获程序中运行时错误	(313)
附录四、	用扩展内存和扩充内存写图形程序	(319)
附录五、	用C++增强图形系统	(320)
附录六、	高级应用	(322)
附录七、	工具包源代码一览表	(325)
附录八、	本书涉及的C选摘	(395)

附录九、图形适配器与色彩调色板	(405)
附录十、演示程序(代码段)、算法(功能)对照表	(409)
附录十一、键的ASCII码和扫描码(十六进制)	(413)

第五部分 其它

术语汇编	(414)
源程序代码一览表	(428)
几种3D商品	(430)
商标注释	(431)

概 述

G.Domik在New Results and New Trends in Computer Science一书中谈到了可视化(Visualization, 也译直观法)在数据理解中的作用^①, 这是从计算机科学的新成果及新趋势角度说的。随后K.W.Brodli等又针对科学可视化的技术与应用写了一本专集^②, 系统地描述了可视化的出现、技术原理及产品应用(特别提及了九十年代热门的高技术Virtual Reality)。

那么, 什么是可视化, 它又有什么作用呢? 简言之, 可视化就是把各种繁杂的数据转换成直观的图形和图象, 从而有利于人的理解和接受。可以说可视化图形学(Visualization graphics)的出现是第二次计算机革命, 这种新涌现的软件技术代表了使用计算机图形学(computer graphics)的一种新方法。

利用图象进行思考, 使我们更易模拟现实世界或探索抽象的概念, 甚至去遨游幻想的王国。使用可视化做为思考的工具, 有助于我们去解决问题, 实现新的设计和处理, 去推测不同的选择、不同的结果及不同的条件。我们的心是面向图形的(graphics-orient-ed), 这一点谁也不能否认。

计算机可视化(或称直观法)就是用计算机进行直观的思考。更重要的是它极大地增加了人的能力, 扩大了人的思考范围, 计算机本身比我们更具有可视化的原始机制。首先计算

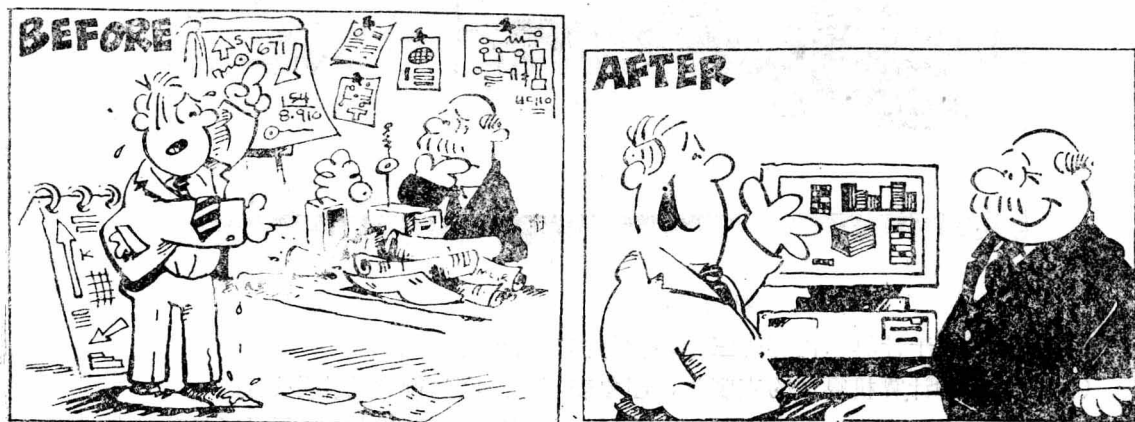


图 1 可视化的效果(漫画)

机不会感到疲乏, 可以生成一百次图象, 而每次的结果都一样地正确; 同时计算机也是一位细致的大师, 无论生成一幅图象的算法多么长, 数据多么复杂, 它都一直兢兢业业地去做; 计算机又是一位客观的合作者, 人进行可视化工作往往具有更多的主观处理, 而计算机生成的可视化图形可以消除人在计算上的局限, 让我们自由地进行主观的视觉比较。正是计算机处理了所有的客观的成分, 我们才能集中精力去做我们更想去做的事情。另外, 计算机还是一个有效的和极具说服力的通讯媒介, 无论可视化成一幅静止的图象, 还是一套动画序列, 图片的含义往往更深。

一幅图象可以克服语言障碍和专门的术语。技术人员、设计人员和工程人员可以利用可视化图形来解释复杂的信息，从而使管理人员、执行人员、客户、消费者及其它决策人员更容易理解。

人类通过观察去了解世界占总摄入量的百分之九十。可视化将是今后若干年内一种强有力的工具。

个人计算机（即PC机）已经是文本材料的强有力的处理器，如果我们再加入图形，那么就会戏剧性地至少提高百分之二十五的有效性。另外一种交互的可视化技术也使用户成为积极的参与者。如漫画中的两幅图形象地表达了计算机可视化的作用和效果。

这里还有五幅图说明了本书的内容，它们分别选自第九、十二章、十三、十四和十六章。

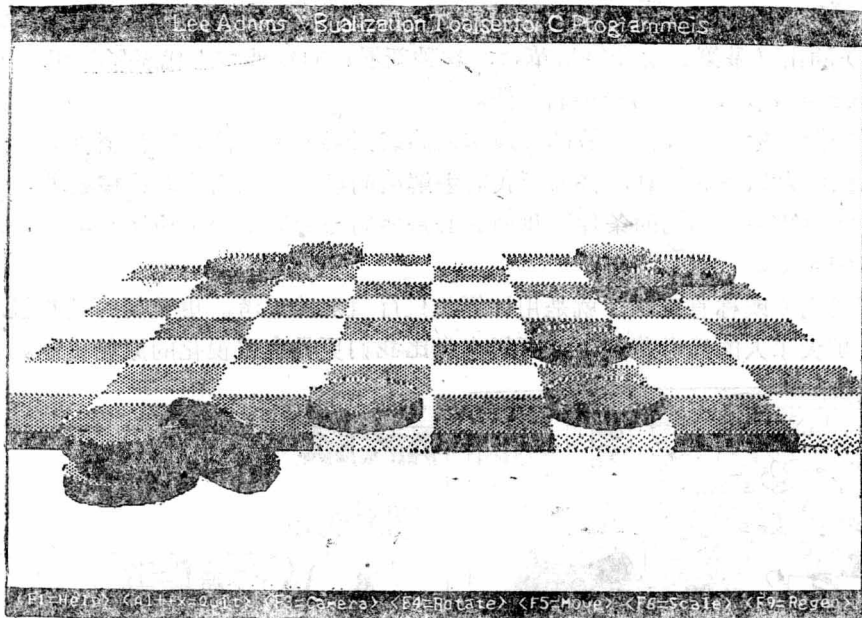


图 2 (a)

(a)图是存在于计算机内存的三维环境物体的可视化形象。

(b)图是一种计算机算法的直观化，图象表明了正在运行中的排序过程。

(c)图表示了运动动画（或称全动作动画）。物理定律，包括碰撞可以通过数学公式在三维环境中进行模拟。

(d)图演示了中间图形生成。计算机可以利用最左最右面的关键帧来产生中间的图象。

(e)图显示了程式动画、它可以结合计算机和适配器的能力来体现细微的形状、颜色、纹理位置等空间关系。

可视化图形有极为宽广的应用领域，可以说计算机可视化正在工程建筑、视觉艺术和设计、医药和生物科学、娱乐和广告、工业设计和制造、机器人和运动控制、数学和天文学等诸多领域产生革命性影响。

在医学领域内，计算机可视化利用X光层面扫描（tomography）进行内部疾病的诊断。

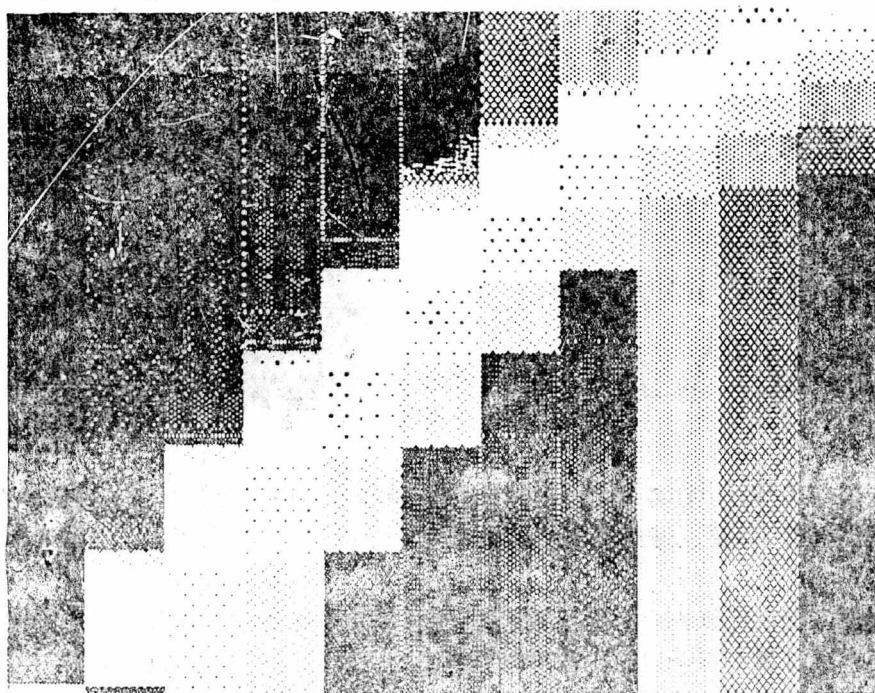


图 2 (b)

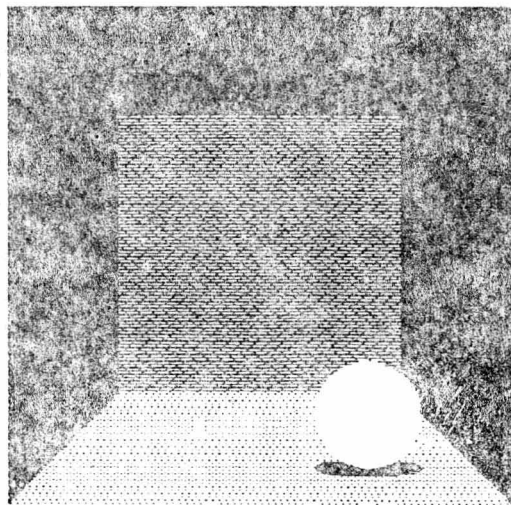


图 2 (c)

在物理和化学领域，科学可视化利用计算机生成能量、电子、场和数学公式的三维表示。

工业设计师、建筑师及工程师可利用计算机可视化准备二维布局、三维原型，进而帮助他们进行最佳的设计选择。

在广告和娱乐领域，计算机可视化能生成以假乱真的演员、产品、动画序列。

当然，计算机可视化并不局限在这些高层职业上，事实上它已渗透到我们每个人的生

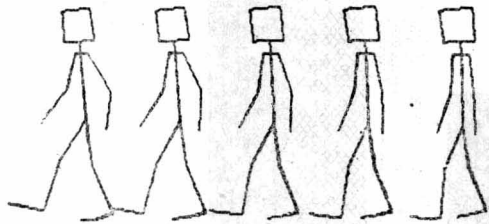


图 2 (d)

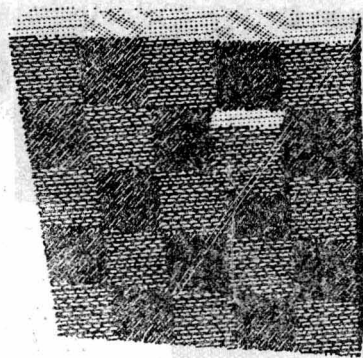


图 2 (e)

活当中。目前楼层商店 (Building supply store, 指和公寓楼配套的商店) 提供售点显示服务, 软件可以帮你购买你要想得到的各种形状或尺寸的物品, 甚至利用人工智能 (AI) 来为你提供商品系列报。

许多房地产经纪人提供计算机化的视觉数据库, 使你能快速地缩小选择范围满足你的购房要求, 不再花几个小时驱车查看房间, 你可以通过画面看看这房子是否符合你的条件。

屋内设计师——特别厨房设计人员——正开始利用个人计算机 (即PC机) 让你看看厨房是否真正适合于你。它可以很容易地把壁厨从一面墙移到另一面, 而无需在设计完或施工中进行改动。

发型师也利用可视化图形在个人计算机 (即PC机) 上来显示哪种发型更适合你。环境规划师及建筑开发者利用可视化图形进行各种图示来计划他们的工作。可以说可视化图形的应用每天都在增长。

现在显示计算机图形的硬件已有很大发展, 微型计算机自八十年代初IBM公司推出个人计算机 (IBM PC) 以来, 以Intel芯片为主的PC机已发展到80486机, 而且各种软件工具也很容易弄到。特别是大多数个人计算机都装配有VGA图形卡, 即使现有的配有EGA、MCGA、CGA和Hercules适配器的计算机也能提供可以接受的屏幕图象。应该说可视化图形已具备了世界性的市场, 作为一个C图形程序员, 你已处在了计算机图形学的黄金时代。

1990年	1995年 (预测)
2.8×10^{10} (美元)	4.5×10^{10} (美元)
30% 设计工程	25% 设计工程
25% 科学和医学	25% 科学和医学
20% 图形艺术	30% 图形艺术
10% 可视化通信	9% 可视化通信
10% 建筑设计	9% 建筑设计
5% 制图	2% 制图

图 3 市场分析

图3 给出了有关可视化图形的市场分析。

前面,我们谈到了计算机可视化及其应用。此外本书还有以下若干特点。

- 硬件和软件的兼容性。

书中的程序全都用Quick C和Turbo完成。强有力的预处理伪指令`#if`、`#elif`、`#endif`在源码中的使用确保了百分之百的语言兼容。我们可以参见第一章的有关讨论。

每一个演示程序中都有一个特殊的自动检测模块,这使得程序在启动时能支持你的系统上可能获得的最好图形。大多数演示程序支持所有流行的图形适配器:VGA、EGA、MCGA、CGA和Hercules。

和具体图形库(通常是Quick C的内部图形例程或Turbo C的BGI接口)相关的源代码主要限于附录七中的工具包模块。这同时意味着演示程序转到其它的C编程器,如Lattice C、WATCOM C、TopSpeed C、High C等相对容易。更重要的是多模块编程方法很容易使代码转向第三家图形库(如Essential Graphics、Meta WINDOW、Meta WINDOW/plus、HALO、GFX、TopSpeed's内嵌图形、WATCOM的内嵌图形、Flash Graphics等)。

- 程序清单和代码段采用一致的格式。

按下图的格式安排的代码可以使源码更易于理解。注意,每个程序清单和代码段都标上了行号,这也是从便于阅读角度考虑的。如果你想录入这些程序,切记不要敲入这些编号。

```
1201  LOAD ONE FRAME OF ANIMATION SEQUENCE FROM DISK
1202
1203
1204
1205  static void zloadframe(char * Name, char far * Blk,
1206                        int FrameNum, long Bytes) {
1207      /* On entry, Name must be an 5 character filename. FrameNum
1208       must be an integer in the range 1 to 999 not exceeding the
1209       number of frame files actually present on disk. Bytes must
1210       be the size of an individual frame file. Blk is the name
1211       of the target graphic array in the far heap. */
1212      FILE * frame_file; /* data stream for disk I/O */
1213      char FrameName[13]; /* full filename to load */
1214      int Radix=10; /* base 10 numbering system */
1215      char FrameCode[4]; /* coded portion of the filename */
1216      char FileExt[]="*.VDI"; /* denotes a VISCARTIZ-11a display file */
1217      char * CodePtr; /* pointer to coded portion of filename */
1218      if (FrameNum<1) return;
1219      if (FrameNum>999) return;
1220      CodePtr=itoa(FrameNum,FrameCode,Radix); /* convert to string */
1221      strcpy(FrameName,Name); /* grab first 5 characters of name */
1222      if (FrameNum<10) { /* if need to pad with two zeros... */
1223          strcat(FrameName,"00"); goto PAD_DONE;
1224      }
1225      if (FrameNum<100) strcat(FrameName,"0"); /* or pad with one zero */
1226      PAD_DONE:
1227      strcat(FrameName,FrameCode); /* append frame number */
1228      strcat(FrameName,FileExt); /* append filename extension */
1229      frame_file=fopen(FrameName,"rb"); /* open file for binary read */
1230      fread(Blk,1,Bytes,frame_file); /* read it */
1231      fclose(frame_file); /* close it */
1232      return;
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2626
2627
2628
2629
2630
2631
2632
2633
2634
2635
2636
2637
2638
2639
2640
2641
2642
2643
2644
2645
2646
2647
2648
2649
2650
2651
2652
2653
2654
2655
2656
2657
2658
2659
2660
2661
2662
2663
2664
2665
2666
2667
2668
2669
2670
2671
2672
2673
2674
2675
2676
2677
2678
2679
2680
2681
2682
2683
2684
2685
2686
2687
2688
2689
2690
2691
2692
2693
2694
2695
2696
2697
2698
2699
2700
2701
2702
2703
2704
2705
2706
2707
2708
2709
2710
2711
2712
2713
2714
2715
2716
2717
2718
2719
2720
2721
2722
2723
2724
2725
2726
2727
2728
2729
2730
2731
2732
2733
2734
2735
2736
2737
2738
2739
2740
2741
2742
2743
2744
2745
2746
2747
2748
2749
2750
2751
2752
2753
2754
2755
2756
2757
2758
2759
2760
2761
2762
2763
2764
2765
2766
2767
2768
2769
2770
2771
2772
2773
2774
2775
2776
2777
2778
2779
2780
2781
2782
2783
2784
2785
2786
2787
2788
2789
2790
2791
2792
2793
2794
2795
2796
2797
2798
2799
2800
2801
2802
2803
2804
2805
2806
2807
2808
2809
2810
2811
2812
2813
2814
2815
2816
2817
2818
2819
2820
2821
2822
2823
2824
2825
2826
2827
2828
2829
2830
2831
2832
2833
2834
2835
2836
2837
2838
2839
2840
2841
2842
2843
2844
2845
2846
2847
2848
2849
2850
2851
2852
2853
2854
2855
2856
2857
2858
2859
2860
2861
2862
2863
2864
2865
2866
2867
2868
2869
2870
2871
2872
2873
2874
2875
2876
2877
2878
2879
2880
2881
2882
2883
2884
2885
2886
2887
2888
2889
2890
2891
2892
2893
2894
2895
2896
2897
2898
2899
2900
2901
2902
2903
2904
2905
2906
2907
2908
2909
2910
2911
2912
2913
2914
2915
2916
2917
2918
2919
2920
2921
2922
2923
2924
2925
2926
2927
2928
2929
2930
2931
2932
2933
2934
2935
2936
2937
2938
2939
2940
2941
2942
2943
2944
2945
2946
2947
2948
2949
2950
2951
2952
2953
2954
2955
2956
2957
2958
2959
2960
2961
2962
2963
2964
2965
2966
2967
2968
2969
2970
2971
2972
2973
2974
2975
2976
2977
2978
2979
2980
2981
2982
2983
2984
2985
2986
2987
2988
2989
2990
2991
2992
2993
2994
2995
2996
2997
2998
2999
3000
3001
3002
3003
3004
3005
3006
3007
3008
3009
3010
3011
3012
3013
3014
3015
3016
3017
3018
3019
3020
3021
3022
3023
3024
3025
3026
3027
3028
3029
3030
3031
3032
3033
3034
3035
3036
3037
3038
3039
3040
3041
3042
3043
3044
3045
3046
3047
3048
3049
3050
3051
3052
3053
3054
3055
3056
3057
3058
3059
3060
3061
3062
3063
3064
3065
3066
3067
3068
3069
3070
3071
3072
3073
3074
3075
3076
3077
3078
3079
3080
3081
3082
3083
3084
3085
3086
3087
3088
3089
3090
3091
3092
3093
3094
3095
3096
3097
3098
3099
3100
3101
3102
3103
3104
3105
3106
3107
3108
3109
3110
3111
3112
3113
3114
3115
3116
3117
3118
3119
3120
3121
3122
3123
3124
3125
3126
3127
3128
3129
3130
3131
3132
3133
3134
3135
3136
3137
3138
3139
3140
3141
3142
3143
3144
3145
3146
3147
3148
3149
3150
3151
3152
3153
3154
3155
3156
3157
3158
3159
3160
3161
3162
3163
3164
3165
3166
3167
3168
3169
3170
3171
3172
3173
3174
3175
3176
3177
3178
3179
3180
3181
3182
3183
3184
3185
3186
3187
3188
3189
3190
3191
3192
3193
3194
3195
3196
3197
3198
3199
3200
3201
3202
3203
3204
3205
3206
3207
3208
3209
3210
3211
3212
3213
3214
3215
3216
3217
3218
3219
3220
3221
3222
3223
3224
3225
3226
3227
3228
3229
3230
3231
3232
3233
3234
3235
3236
3237
3238
3239
3240
3241
3242
3243
3244
3245
3246
3247
3248
3249
3250
3251
3252
3253
3254
3255
3256
3257
3258
3259
3260
3261
3262
3263
3264
3265
3266
3267
3268
3269
3270
3271
3272
3273
3274
3275
3276
3277
3278
3279
3280
3281
3282
3283
3284
3285
3286
3287
3288
3289
3290
3291
3292
3293
3294
3295
3296
3297
3298
3299
3300
3301
3302
3303
3304
3305
3306
3307
3308
3309
3310
3311
3312
3313
3314
3315
3316
3317
3318
3319
3320
3321
3322
3323
3324
3325
3326
3327
3328
3329
3330
3331
3332
3333
3334
3335
3336
3337
3338
3339
3340
3341
3342
3343
3344
3345
3346
3347
3348
3349
3350
3351
3352
3353
3354
3355
3356
3357
3358
3359
3360
3361
3362
3363
3364
3365
3366
3367
3368
3369
3370
3371
3372
3373
3374
3375
3376
3377
3378
3379
3380
3381
3382
3383
3384
3385
3386
3387
3388
3389
3390
3391
3392
3393
3394
3395
3396
3397
3398
3399
3400
3401
3402
3403
3404
3405
3406
3407
3408
3409
3410
3411
3412
3413
3414
3415
3416
3417
3418
3419
3420
3421
3422
3423
3424
3425
3426
3427
3428
3429
3430
3431
3432
3433
3434
3435
3436
3437
3438
3439
3440
3441
3442
3443
3444
3445
```

清单中的代码块是缩进的，从前面的代码行续下来的内容也是缩进的。Quick C和Turbo C编辑器被设置成用二个空格分隔代码的缺省方式。

完整长度的演示程序都以规范的标题块开始。如下图所示，这种方框中包含了关于源文件名字、代码的目的、源文件列表的重要信息。另外，它还包括使用完成的程序的信息。如果支持命令行变元，它们也在这里解释。更详细的信息可参阅第一章和附录一。

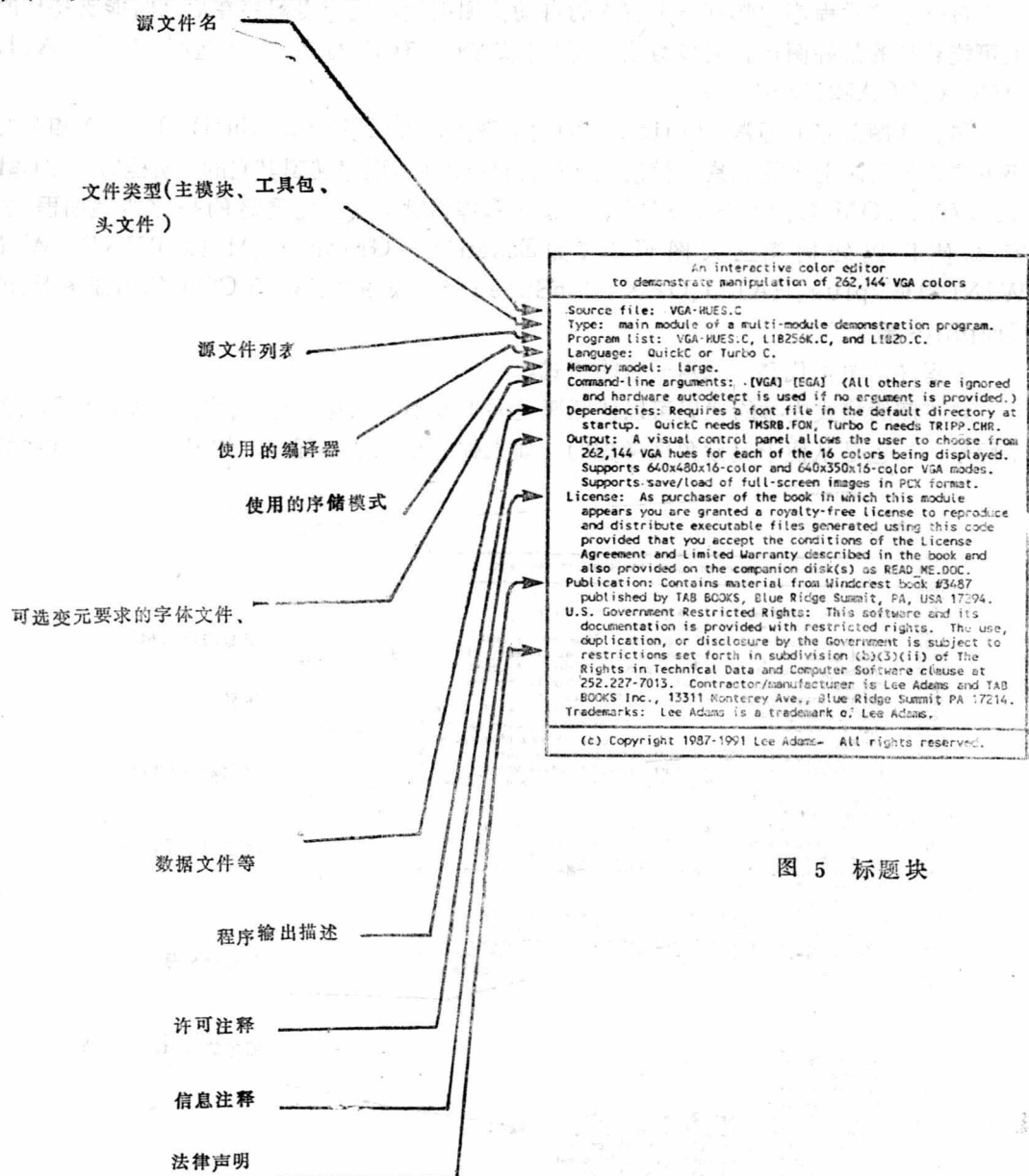


图 5 标题块

本书的代码段和程序清单都保持统一的编程风格，如下图所示。

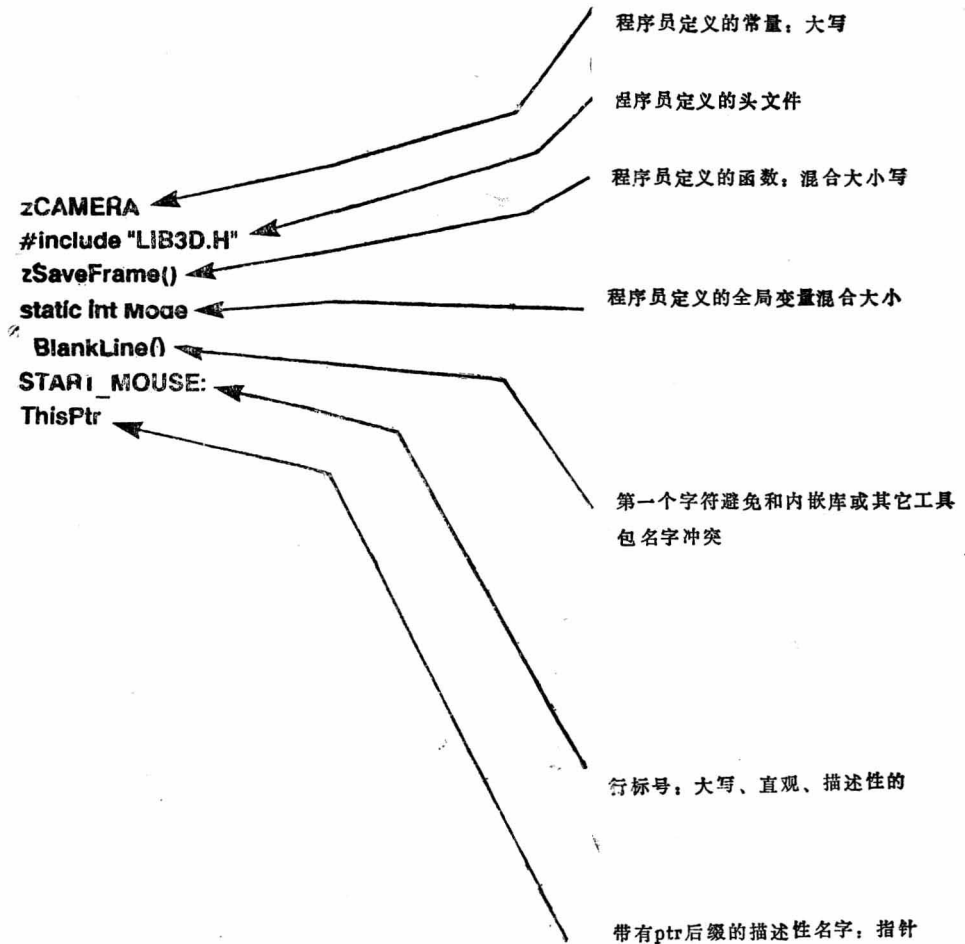


图 6 编程风格 I

每个常量的名字全都大写，第一个字母用Z来帮助避免同已有的编译器库或第三家库中的常量名字冲突。其它如变量名、程序函数名和指针变量名也都本着类似的原则。

编程风格还体现在C语言流程的控制处理上面。尽管C语言赋予了强有力的语句，但它也很容易使人滥用它的流程控制能力。

下图中while()语句产生难于调试的循环，特别是在控制条件块执行的测试表达式在运行时不完全可预测的情况下更是如此。这种类型的循环最好使用简单的yes-no条件。中间的for()语句由于使用不必要的复杂的初始化条件，测试表达式和修改表达式，也使它难于理解。这种类型的循环最好使用简单的计数条件。下面的硬代码循环(hardcoded loops)则容易同汇编语言相接，从而有利于速度和大小的优化。

C语言的Goto指令常常用于构造简单的循环，特别是在while()和for()生成的代码难于理解和维护的复杂情况下。可以说循环的goto风格经常用在减少代码复杂性和增加可读性的场合。甚至CASE工具也开始承认goto语句了。goto语句在生成结构化、有效的可维护的C代码的场合能扮演重要角色(参见第一章有关内容)。

本书中的每个程序清单都伴有一幅屏幕打印。这显然有助于解释和图解正在讨论的内容，

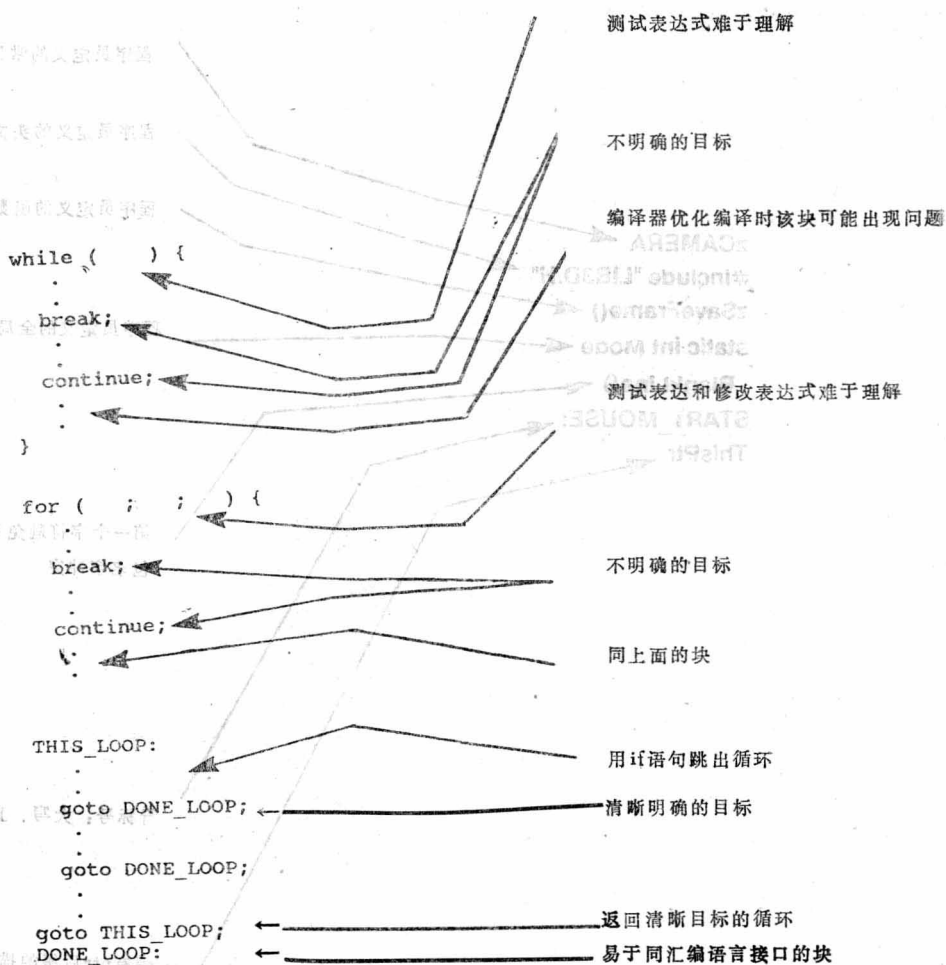


图 7 编程风格Ⅱ

同时也利于读者在自己的机器上进行比较。图8和图9分别表示了这种思想。

除了演示程序、代码段、伪代码、文字讨论外，本书还有二百多幅插图、卡片、图解和照片。许多声称是教如何进行图形编程的书，本身却缺少必要的图形，很难想象他们是怎样教的。

我们所了解的内容百分之九十多是通过观察、看、视觉经验获得的。在许多例子中，一个简单的设计好的图样能表达可能需要许多页纸才能解释清其复杂概念。作为可视化的核心，本书反映了在图形学，特别是计算机图形的能力方面不可动摇的信念。

本书是按实用和易用方式进行组织的。第一部分是重要的基础，它为后来的第二部分和第三部分的高级编程技术提供最基本的构造模块。

本书不想强调读者教条地去学。如果你是一个初学者或中等程度的程序员，你可以仔细地从头学到尾，定会从中获益，如果你已是中等以上的程序员，最好能一节一节地跳读，选择你最感兴趣的内容。

第一部分介绍了建立可视化软件的编程技巧，共分七章。

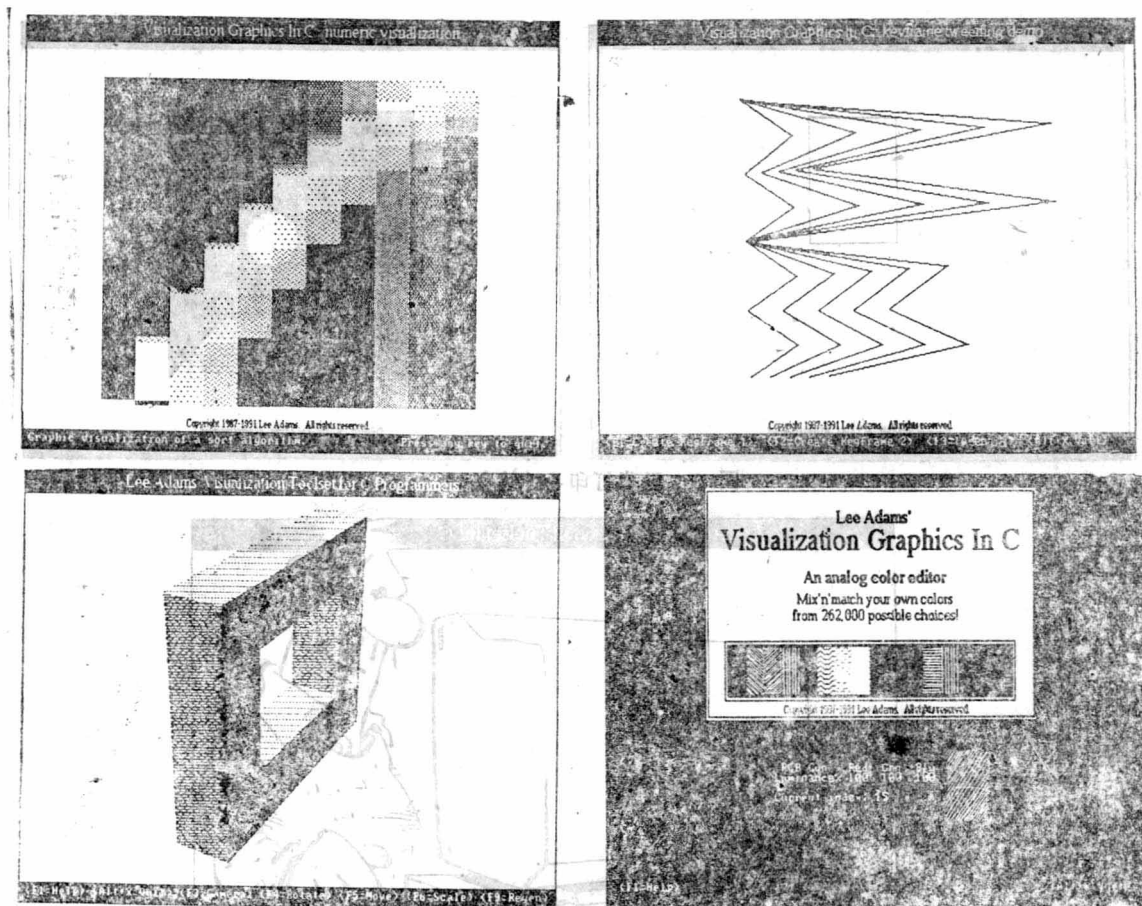


图 8 屏幕打印 I

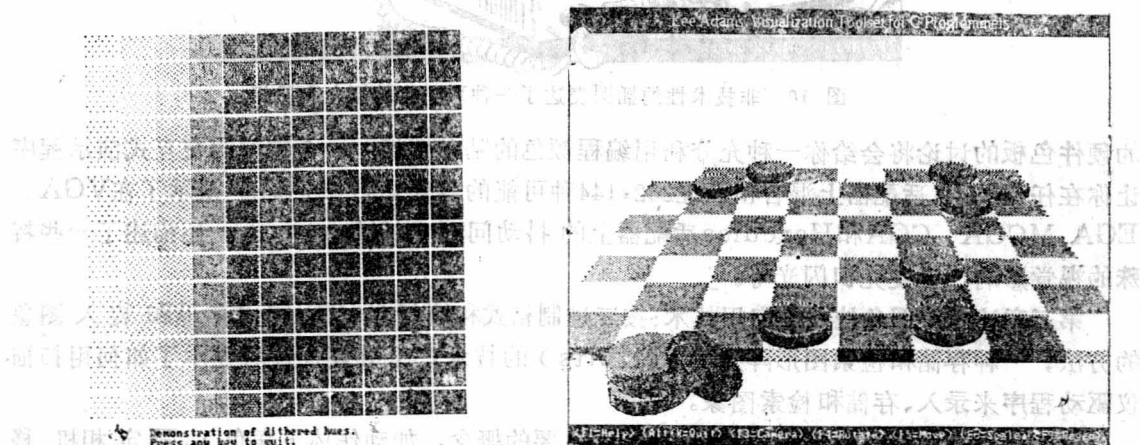


图 9 屏幕打印 II

第一章讨论了针对应用程序开发的实用技术，包括能使你的程序运行在不同图形适配器上的预处理伪指令的使用。你会看到如何更有效地使用Quick C和Turbo C编辑器和编译器；你也能学到如何用不同的语言来加一些屏幕信息，如何检索用户键入的命令行变元等。

第二章提供了关于色彩（hues）的实用技术。关于VGA如何处理多达262,000种颜色

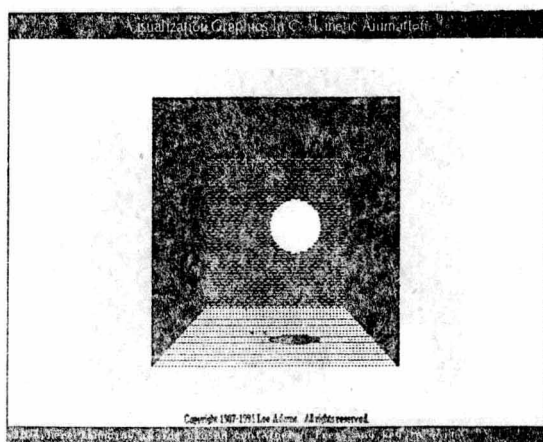
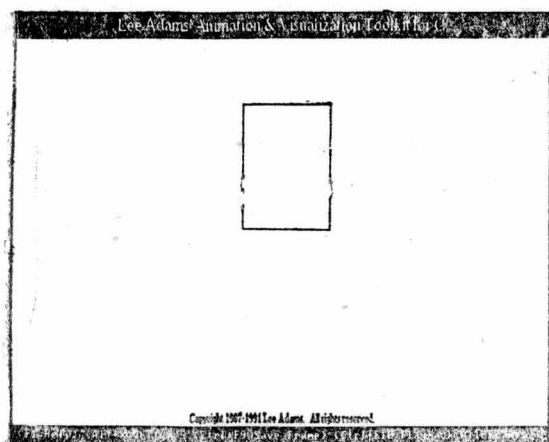


图 9 屏幕打印 I (续)

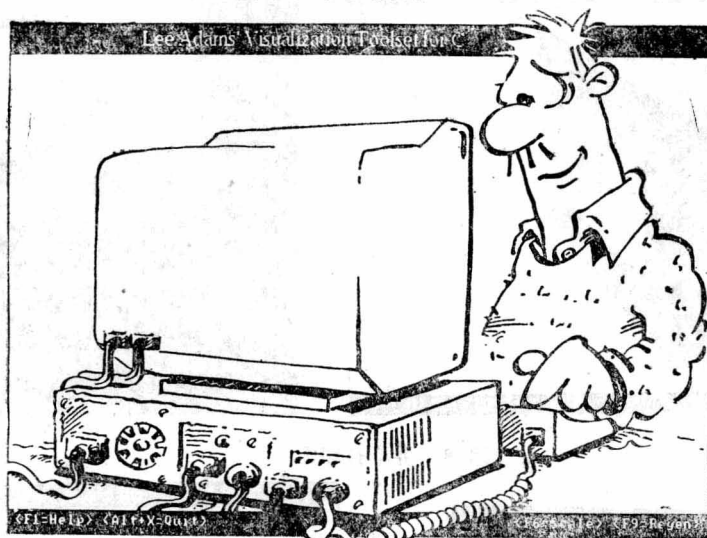


图 10 非技术性的插图表达了一种形象化的概念和思想。

的硬件色板的讨论将会给你一种充分利用编程颜色的基础知识。一个完整的交互式演示程序让你在任何VGA适配器上混合和匹配262,144种可能的色彩；第二个程序演示了在VGA、EGA、MCGA、CGA和Hercules适配器上的抖动问题(dithering)。还描述了一些特殊的视觉影响，如发光和闪光等。

第三章阐述了图象处理的实用技术：按二进制格式和流行的PCX格式存储和装入图象的方法；一种存储和检索图形阵列（即bitblts）的技术；此外还向读者显示了如何用扫描仪驱动程序来录入、存储和检索图象。

第四章讲述了基本的动画编程技术：一些重要的概念，如动作体（角色）、固定相机、移动相机、基于RAM的实时动画、基于磁盘的帧动画等也被引入和介绍；一些重要的代码段，如怎样精确控制帧速率，如何管理图形阵列动画，如何设置带前导、反导、单步和定格能力的交互式重放控制器等。

第五章描述了鼠标和数字化板的编程。你会学会和掌握每种定点设备的能力和弱点，而且会看到一组实用的鼠标例程。

第六章处理声音的编程问题。你会学到如何训练一个语音识别系统来处理语音命令，同时还介绍按一给定的音调和音长来生成声音的例程。

第七章讨论了前端界面(front_end)编程问题，这主要集中在菜单系统、控制面板和行编辑器。一个演示程序显示了在一种运行于图形方式下的C语言程序里如何提供全特征的文本编辑器。另一个演示程序提供了一个可为你的图形程序所用的下拉式菜单系统外壳。

第二部分(第八章至第十三章)提供了与物体可视化有关材料，共包括三维实体造型和真实感图形生成、表面浓淡处理、平滑浓淡处理、隐藏面消除、程式动画和运动动画。

第八章介绍了与三维编程有关的基本概念。对边界表示法(B_rep)和构造实体几何法(CSG)都进行了描述。对二次三维图素和浓淡处理方法学也进行了讨论；对象凸凹纹理生成、表面反射等高级技术也进行了研究。

第九章是关于表面浓淡处理的有用材料，你可以在你的配有VGA、EGA、MCGA、CGA和Hercules图形适配器的PC机上从中学到实现完全的有明暗处理的三维实体模型的效果好效率高的方法。提供了你能用一个完整的交互式演示程序来构造复杂三维景物的三维实体造型和浓淡处理编辑器。编辑器提供了自动的后平面的消除、元文件的存储与装入以及有用的重生成函数功能。演示程序还提供了七种不同语言的屏幕信息。

第十章针对三维实体造型的平滑浓淡处理算法进行了探讨。马赫带及数字虚象也进行讨论。就一个显示如何在PC机上实现平滑浓淡处理的色调插值方法的详细算法也作了细致的论述。

第十一章研究了隐藏面消除问题，对目标(物体)空间和图象空间的考虑方法也进行了评价。一个源代码片段提供了由几个三维实体组成的景物中隐藏面消除的易于理解的工具。

第十二章与程式动画有关，描述了脚本(剧本)动画和动作体(角色)，同时表述了静态观点的固定相机技术、动态观点的移动相机技术。一个演示程序提供了能用来构造复杂动画序列的交互编辑器。程序还提供了一个带有实时前导、反导、单步和定格的交互式重放控制器。

第十三章探讨了运动动画的概念和技术；科学可视化原理、物理学定律等；对质量、动量、速率和能量守恒等也进行了讨论。同时还研究了碰撞检测、刚体和弹性，一个演示程序显示了如何管理一个球体从一个三维容器的壁上反弹的可视化过程。

第三部分涉及图象可视化的题目，包括图象处理、计算机视觉、图象的变形与中间帧生成cel动画。

第十四章讨论了通常用在图象处理中的象素操作和变换，研究了诸如延伸、反转、镜像移动等几何处理技术。也描述了边缘检测，图象比较，相片润色等也进行，还讨论了扫描图象的编辑和调色技术。对傅里叶分析、超级采样和过滤技术也作了介绍。用一个演示程序提供了做这些工作的计算机算法的可视化。

第十五章计算机视觉、讨论了边缘检测和模式识别以及软硬件的需求。

第十六章介绍了图象变形与中间帧生成技术，即描述如何利用关键帧来构造一系列对动画和插图有用的图象。对线性插值和样条插值也进行了讨论。一个完整的交互式演示程序提供了用来构造关键帧的图形编辑器。编辑器也能为你自动地建立所有的中间图象。

除正文外，本书还提供了一系列的附录。

附录一提供了一种并非废话的指南，它会告诉你如何准备演示程序并在你的系统上用