

上海市CAD应用工程丛书

CAD 图形开发工具

何援军 王慧强 赵冬梅 陈根珍 著



上海科学技术出版社

上海市 CAD 应用工程丛书

CADKit

CAD 图形开发工具

CAD Graphics Development Kit

何援军 著
王慧强 赵冬梅 陈根珍

上海科学技术出版社

上海市 CAD 应用工程丛书

CAD 图形开发工具

何 援 军

王慧强 赵冬梅 陈根珍 著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷三厂印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 11 字数 250,000

1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月第 1 次印刷

印数 1 - 4,000

ISBN 7-5323-4433-9/TP · 78

定价: 19.00 元

35137/104

内 容 提 要

CAD 图形开发工具 CADKit 软件(CAD Graphics Development Kit)是作者 20 多年来从事计算机图形处理工作的成果。该项成果曾在国家科委于 1993 和 1995 年组织的“具有自主版权 CAD 支撑软件评测”中分获一等奖和二等奖,并获船舶总公司的科技进步奖和国家计委、国家科委颁发的“‘八五’国家重点科技项目(攻关)计划重大科技成果”奖。

本书的内容分成两个方面:

第一方面介绍一个交互式图形编辑系统和三维几何造型系统,用于平面图形和三维场景的建立、编辑、管理和输出。上述二、三维交互系统在安装以后即可使用,易学易用。

本书的第二方面介绍供开发者使用的图形工具。包括向应用程序提供图形输出的应用接口 AI(输出的图形可供交互修改),各种几何定义、几何变换、几何运算、几何位置关系、几何属性等图形处理必需的数学函数库。作者公开了经过 20 余年使用的 C 源代码、样板程序和使用说明,目的是希望这些成果能广泛地为社会所使用。

本软件直接可供 CAD 科技人员、制图人员使用,亦可在本科生、研究生的计算机制图教学中应用或用于毕业设计和毕业论文的出图工作。

由于软件在 Windows 环境中开发,因此该软件产生的图纸可直接通过 Windows 的 OLE 技术用于 Word 的文档编辑工作。

《上海市 CAD 应用工程丛书》编辑委员会

主任委员：李启炎

副主任委员：顾长庚 张申生 胡大卫

委员：（按姓氏笔划为序）

江 云	李启炎	何援军
张申生	胡大卫	钮晓鸣
顾长庚	黄瑞清	程景云

序

计算机辅助设计,即 CAD 技术是当代最杰出的科学技术成就之一,它集计算机图形学、数据库、计算机硬件、数值分析与计算、优化方法以及专业学科知识于一体,特别在拟定设计方案、优化分析、产品及生产模拟、工艺准备、自动加工、图纸绘制以及生产管理等各个环节中起着十分重要的作用。CAD 技术的应用,完全改变了传统的设计和制造的方式及内容,已成为促进科研与生产发展的最有力的技术手段之一。经过 30 多年的发展, CAD 技术从形式到内容已经历了许多次飞跃,尤其是计算机和现代通信技术突飞猛进的发展,更加快了 CAD 技术发展与应用的步伐。异地设计与制造、无图纸加工的实现,显示出 CAD 技术不凡的功绩,开创了现代制造业的一个新的里程碑。

我国 CAD 技术的开发与应用起步于 70 年代,20 多年来,在引进、吸收、消化国外先进技术的同时,走出了自主创新的道路。特别是“八五”期间在国家科委及中央有关部委的组织与领导下,在全国部分省市开展了“CAD 应用工程”实践,一批优秀的具有自主知识产权的 CAD 软件脱颖而出,一大批企业通过应用 CAD 取得了显著的经济效益,提高了管理水平。近年来,分布在全国各地的 CAD 培训网络已培训学员达数十万人次,有力地促进了 CAD 技术在国内的应用和发展。

上海是全国首批 CAD 推广应用示范省市之一,市科委已制定了《“九五”上海市 CAD 应用工程发展规划》,将“CAD 应用工程”列为重大科技攻关项目,在制造业、建筑业、造船业等多个领域中建立了一批 CAD 应用示范企业,并积极推进我国自主知识产权软件的开发与应用,通过技术辐射和滚动发展,使 CAD 技术的应用得到不断的普及和提高。

鉴于 CAD 应用工程的实施以及广大工程技术人员学习和应用 CAD 技术的需要,“上海 CAD 应用工程专家组”组织了编委会,针对不同领域和技术层次,结合国内自主知识产权软件的推广应用与实际工程应用背景,邀请了上海 CAD 及相关领域的专家编撰《上海市 CAD 应用工程丛书》,将陆续出版。这套《丛书》丛书理论联系实际,注重应用,技术起点高,特色鲜明。在《丛书》丛书的选题、组织过程中,得到了各级领导、专家的关心、指导与支持。我们相信,它的出版将对从事 CAD 技术培训、开发、研究和应用的广大工程技术人员、高校师生有所帮助,对推进 CAD 的应用与普及起到良好的作用。同时我们也衷心希望广大读者不吝赐教,对不当之处批评指正,不断地为《丛书》丛书注入新的内容。

《上海市 CAD 应用工程丛书》编委会

一九九六年十二月

前言

70年代初期,当时的第六机械工业部第十一研究所(611所)从国外引进我国第一台大型数控绘图机DC300/DM1830,并设立了《曲线拟合和双圆弧逼近》课题。从绘出我国第一条用双圆弧逼近的样条曲线开始,到1978年获得全国科学大会奖为止,为船舶、潜艇、飞机、螺旋桨、机械和光学精密零件等成百个产品绘制了数以千计张图纸。建立了在DJS-8机和DC300大型数控绘图机上运行的DPS(Drawing Processing System)的最初模型^[2-4]。

1977年到1980年,这个系统作为船舶总公司计算机应用“七五”期间的六大关键技术之一——计算机绘图技术在计算机辅助造船集成系统一期工程(CASIS-I)中应用^[6,14]。

1981年,设立了《立体图形的计算机绘制》课题,进行三维图形处理方面的研究工作,发表了当时影响较大的“隐藏线消除算法”^[5,7-13,16,18,22]。

1983年开设了《直线、圆弧的建立和相贯处理程序包》课题,采用全新的几何方向性概念,用几何方法替代国内外常用的代数方法,将这个图形处理的最基础工作在效率、精度等方面提到一个新的高度,被同行广泛采纳^[9-20]。

上述三项课题在图形变换、分类算法、几何算法、二维几何构型、图形输入和图形描述以及三维物体的自动生成、隐藏线消除等方面有了较大的发展并在图形数据结构、几何方向性概念、算法稳定性分析、复杂性分析等范围广泛的计算机图形学的基础理论的研究工作有了一定的进展,为DPS系统打下较为坚实的基础。

1984年,由研究生进行《图形输入》的研究工作。这是CAD应用的“瓶颈”。提出了用等长的四元组表示点、线、圆等基本几何元素,并含有运算功能的图形描述策略。建立了参数化绘图的基本手段^[15,21,23]。

1985年,在对上述多年积累的工作加以系统的整理后,形成了具有曲线拟合和双圆弧逼近,点、直线和圆的定义、建立和相贯处理,图形变换,汉字发生器,图形输入,二维几何构型和三维图形处理等功能的在IBM4341、IBM-PC机上运行的DPS 2.0版^[25]。专家们评价这个系统“算法精练,程序运行稳定,效率高,较好地处理了多值问题,在计算机图形学的算法,图形数据处理等方面达到了国际先进水平”。这个版本很快被全国教学、科研、工厂等20多个单位应用。并在该年年底将这些成果的基本内容总结成《计算机图形学算法与实践》一书于1986年初交湖南科技出版社并于1990年出版发行^[1]。

1986年,第一批Apollo工作站在611所安装,开发交互式图形系统的条件就基本具备。虽然启动这样一个工作量大,难度高的工程将付出巨大的代价,但是,“要有我们自己的CAD系统”的思想支持着这项工作。经过三年努力,一个具有二、三维图形处理功能的交互式系统DPS 3.0系统初具规模^[24-31]。

系统的建立只是第一步。功能的完善,运行的稳定,人机界面的友好等许多工作需要做。清华大学、上海交通大学、同济大学、广东重工业设计院等单位大力支持了系统的推广,协助试用,我们从这些单位的反馈信息中吸取了许多有用的东西,促进了系统的发展。

1989年,江南造船厂引进大批CAD工作站,设计一所的计算机应用研究室和产品室的

科技人员冒着风险采用了 DPS 系统作为《船舶舱室 CAD 系统》的图形支撑。开发人员和应用人员密切配合,互相谅解,互相支持,在该厂 H2186 出口德国的六万五千吨散装货船设计中使用了该系统。经过两年多的研究和实践,建立了有 1 000 多个标准件的图库,覆盖了船舶内装设计中 80%以上的设绘工作量,为出口德国、美国、香港等国家和地区以及国产的散装货船、储油船、远望 3 号科学考察船、多用途杂货船等各类船舶绘制了数百张生产用图,形成了相当的生产规模。尤为可喜的是,这个二次开发的成果偕同 DPS 系统又一同移植到上海造船厂,而且在一个月之内绘出了第一张图纸,受到厂方的好评。并且他们的应用又鼓舞了开发人员,促进了 DPS 的成熟和发展。可以说 DPS 的发展离不开这些应用人员的支持。我们也不会忘记他们对 DPS 发展作出的贡献^[44]。

1991 年 12 月, DPS (3.1 版) 通过由中国船舶工业总公司(部级)主持,以著名 CAD 专家唐荣锡教授和浙江大学 CAD/CG 国家重点实验室主任石教英教授为首的专家鉴定:“DPS 系统是一个具有我国自主知识产权的全开放交互式图形支撑软件。提供了丰富的图形编辑和几何造型手段。操作方便,易学易用,为 CAD 应用提供了一个良好的图形环境。用户反映良好。证明了 DPS 系统是一个实用性、开放性均比较突出的图形支撑软件,已经产生了良好的技术经济效益。……系统功能已达到计划任务书的要求。系统的总体功能达到了国内先进水平,系统本身的可扩充性和对用户的开放性在国内领先,达到了国际先进水平”^[48]。

同时,这个版本在某合资公司进行日文化工作并以“上海 CAD”的软件名称推向日本市场。根据日方统计,到 1993 年 5 月止,已销出 212 套,价值 1 300 万日元。

1991 年 11 月至 1992 年 3 月,中国机电一体化技术应用协会受国家科委委托组织了全国首次“具有自主知识产权 CAD 支撑软件”评测工作,经过初审、复审、实题考核和横向比较, DPS 系统(3.1 版)获得了同类软件(图形系统)的专家评分总分第一名^[52, 53]。国家科委以《船舶 CAD 图形支撑软件》名义立项将 DPS 的发展与推广作为“八五”重点科技项目(分专题号 85-18-01-03/10),拨款数十万元用于 DPS 的商品化工作。并由当时的机电部组织实施^[54]。1995 年 12 月通过机械部科技司组织的国家验收^[64]。

“评测”以后,我们吸收了国内外许多优秀软件的长处,对 DPS 3.1 版作了重大改进:分离的二维和三维子系统已合并为统一的整体;二维功能覆盖域进一步扩大,增加了汉字词组建立等功能;绘图输出增加了绘图机的种类和图纸布局等功能;三维性能有了大幅度的提高;并以 C 语言形式重构了微机版本,即 DPS 4.0 版。这个版本在 1995 年 3 月国家科委组织的全国第二次“具有自主知识产权 CAD 支撑软件”评测中获得了二等奖。

随着 Windows 的普及和其强大功能的被认识,单纯的交互式系统已不能适应一般 CAD 应用的需求,需要建立一个具有 Windows 风格的、功能齐全、操作方便、开放性好的综合性 CAD 图形开发工具。这就是本书提供的在 DPS 上进一步开发的开启软件(CADKit——CAD Graphics Development Kit)的初始版本。这个版本对原有的 DPS 进行了大规模的改造,它不再只是一个交互式绘图系统,而是企图既利用 Windows 在管理、OLE 等方面的强大功能和技术,又充分发挥开发人员和应用人员的积极性。争取合理而又最大限度地组织信息资源、技术资源、人才资源和各用户单位早期和今后已投入和将投入的财力资源。达到在 Windows 风格下的应用集成和 CAD 集成等内容广泛的系统集成,且不仅是 CAD 软件,也是 Office 软件的综合集成。目前这个项目已被列入上海市“九五”CAD 应用工程的基础课题。

本书主要包括下列七个方面:

1. 系统设计说明书

阐述了系统的总体结构、基本功能、应用接口、数学函数和运行环境。进行 CAD 集成、应用集成和 Win 集成的开发策略和关键技术。

2. 操作手册

介绍交互操作的说明书。以菜单名、功能、操作步骤和注意之点列表叙述。手册附录列出了出错代码及说明等。

3. 应用接口

提供供应用开发的图形函数库子程序使用说明。包括子程序名、功能、输入/输出参数、相关子程序及注意之点等。这个函数库给应用程序提供一个图形工具, 它所产生的图形文件能被 CADKit 的交互系统所接受。

4. 数学库

本手册详细列出了应用系统常用的数学函数: 坐标系建立及变换、几何建立(点、直线、圆和曲线)、几何位置关系、几何属性以及数学工具。这些函数已经经过较长时间的考验, 将给应用开发带来方便。

5. 建库工具

介绍一个可以在 DOS 环境下单独运行的参数化图库建库工具 PART。详细叙述了参数化图库的数据结构, 零件描述格式, 以及怎样在系统图库中加入用户零件的方法。

6. 数据文件

介绍 CADKit 生成的图形、图段、物体、场景等数据文件格式。这些文件均是可读、可编辑的。

7. 安装手册

介绍 CADKit 系统安装节点树, 使用户对系统的安装情况、系统实体、样板程序、数据文件、执行文件、字库等有一个总体的概念。并叙述了系统安装过程。

书的最后, 列出了已经发表的 CADKit 文献^[1-50]和系统的有关文件^[51-66]。

一些由 CADKit 系统产生的图纸也被列出。

参与本书撰写和正在参加系统开发工作的还有王慧强、赵冬梅和陈根珍等。

参加过本系统开发的还有上海大学、武汉水利水电大学、上海交通大学、同济大学和上海理工大学的乔怡、殷先亚等 20 余位研究生。先后参加过系统开发的还有董建军、马波勇、李新华、姚玮、吴燕辉等。

作者感谢国家科委工业司陈贤杰司长、蔡文沁处长; 中船总公司科技局张祥麟研究员; 中国机电一体化协会张月芳、陈静高工; 上海市科委工业处处长顾长庚研究员、钮晓鸣高工和上海市 CAD 应用工程专家组李启炎、张申生、程景云、黄瑞清教授等对项目的支持、指导和帮助。

今天, 提供给读者和用户的 CADKit 软件还是一个初步的系统。殷切希望读者、用户和同行提出宝贵意见。只有应用, 才能提高。欢迎使用, 欢迎合作。

何援军

1997 年 2 月 于上海

目 录

前 言	
第 1 章 系统设计	1
第 2 章 系统安装	6
§ 2.1 运行环境	6
§ 2.2 安装步骤	6
§ 2.3 系统结构	7
2.3.1 交互系统文件	7
2.3.2 样板文件和应用接口文件	8
第 3 章 交互系统	9
§ 3.1 文件	14
3.1.1 图形文件	14
3.1.2 三维文件	15
3.1.3 文件删除	15
3.1.4 退出	15
§ 3.2 图形编辑	16
3.2.1 直线(折线)	16
3.2.2 圆	19
3.2.3 圆弧(切圆弧)	20
3.2.4 矩形	25
3.2.5 正多边形	26
3.2.6 曲线	27
3.2.7 图段	29
3.2.8 参数化图库	32
3.2.9 图素修改	32
3.2.10 图素编辑	36
3.2.11 作图辅助点	39
3.2.12 查询及修改图素的参数	39
3.2.13 图层编辑	39
3.2.14 查询及修改图素所在的图层号	41
3.2.15 图素属性修改	41
§ 3.3 二维标注图素编辑	42
3.3.1 中心标志	42
3.3.2 对称轴线	42
3.3.3 剖面线	43

3.3.4	标注圆(圆弧)的直径或半径	44
3.3.5	标注距离或长度	45
3.3.6	标注点到直线的距离	46
3.3.7	标注两平行直线的距离	46
3.3.8	标注角度	47
3.3.9	标注字符与汉字	48
3.3.10	标注图素的编辑	48
3.3.11	图纸、图框与标题栏	50
3.3.12	形状公差和位置公差	50
3.3.13	表面粗糙度	51
3.3.14	基准符号	51
§ 3.4	视图控制	52
3.4.1	二维重显	52
3.4.2	二维视图控制	52
3.4.3	三维视图控制	53
3.4.4	设置正投影图	53
3.4.5	设置标准轴测图	54
3.4.6	采用罗盘设置轴测图	54
3.4.7	设置透视图	55
3.4.8	设置消隐开关	55
3.4.9	设置渲染图	55
3.4.10	显示纹理图	56
3.4.11	三维重显	56
§ 3.5	系统设置	57
3.5.1	系统初始化	57
3.5.2	设置编辑背景(二维坐标系)	57
3.5.3	设置基本图素属性	58
3.5.4	设置标注图素属性	58
3.5.5	设置系统参数	59
3.5.6	设置窗口背景颜色	61
3.5.7	设置三维坐标系	61
3.5.8	显示功能按钮	61
§ 3.6	几何造型	62
3.6.1	基本体素	62
3.6.2	垂直扫描产生三维物体	63
3.6.3	旋转扫描产生三维物体	64
3.6.4	几何变形造型	65
3.6.5	集合运算造型	65
§ 3.7	三维装配	66
3.7.1	场景创建	66

3.7.2 场景重装	66
3.7.3 显示比例	67
3.7.4 存为实体	67
3.7.5 存放场景	67
§ 3.8 图形输出(绘图或打印)	68
3.8.1 设定绘图范围	68
3.8.2 设定图纸比例	68
3.8.3 设定绘图单位	68
3.8.4 设定绘图笔号	68
3.8.5 设定绘图笔宽	69
3.8.6 绘图输出操作	69
§ 3.9 工具	69
§ 3.10 用户	70
§ 3.11 帮助	70
3.11.1 联机帮助	70
3.11.2 关于 CADKit	71
交互系统附录一 出错代码与出错信息	72
交互系统附录二 点的输入和捕捉	77
交互系统附录三 尺寸公差的输入(存放)格式	78
交互系统附录四 Roland 型绘图仪操作说明	79
交互系统附录五 菜单快捷键与功能按钮	80
第 4 章 应用接口	81
§ 4.1 图形应用接口	81
§ 4.2 图形应用接口样板程序	81
§ 4.3 应用接口程序使用说明	87
4.3.1 开始一个图形	87
4.3.2 结束一个图形	87
4.3.3 开始一个图形层	87
4.3.4 结束一个图形层	87
4.3.5 开始一个图段	87
4.3.6 结束一个图段	87
4.3.7 输出一个矩形	87
4.3.8 输出一个正多边形	87
4.3.9 输出一个圆	88
4.3.10 将图示位置移动到给定的位置	88
4.3.11 输出从当前图示位置到给定点的一条直线段	88
4.3.12 输出一个直线段	88
4.3.13 输出一个圆弧段	88
4.3.14 输出一条拟合曲线	88
4.3.15 输出分段一阶连续三次多项式插值曲线	88

4.3.16	输出一条折线	88
4.3.17	图段的引用	89
4.3.18	输出一个中心标志	89
4.3.19	输出一剖面线	89
4.3.20	输出一个圆(弧)十字对称轴或对称圆	89
4.3.21	输出两平行线的对称轴	89
4.3.22	输出一个圆(弧)斜十字对称轴	89
4.3.23	输出一个圆(弧)的内标直径尺寸	89
4.3.24	输出一个圆(弧)的外标直径尺寸	90
4.3.25	输出一个圆(弧)的外标引线直径尺寸	90
4.3.26	输出一个圆(弧)的内标半径尺寸	90
4.3.27	输出一个圆(弧)的外标半径尺寸	90
4.3.28	输出两点的距离尺寸	90
4.3.29	输出点到直线的距离尺寸	91
4.3.30	输出两直线的距离尺寸	91
4.3.31	输出两直线的夹角尺寸	91
4.3.32	输出圆弧的张角尺寸	91
4.3.33	输出直线的倾角及倒角尺寸	91
4.3.34	输出一文字串	92
4.3.35	输出一组汉字	92
4.3.36	设置颜色	92
4.3.37	设置线型	92
4.3.38	设置线宽	92
4.3.39	查询一号文字大小	92
4.3.40	设置一号文字大小	93
4.3.41	设置文字号	93
4.3.42	设置文字角度	93
4.3.43	设置汉字大小	93
4.3.44	设置汉字角度	93
4.3.45	设置图段属性	93
4.3.46	设置箭头宽度	93
4.3.47	设置箭头类型	93
第5章	数学库	94
§ 5.1	坐标系建立及变换	94
5.1.1	二维旋转齐次变换阵的求取	94
5.1.2	以一向量为 X 轴, 其中垂线为 Y 轴的坐标系变换矩阵的求取	94
5.1.3	以一直线为 X 轴, 一点为中心的坐标系变换矩阵的求取	95
5.1.4	世界坐标系窗口中心到屏幕坐标系窗口中心变换因子的求取 (左手)	95
5.1.5	世界坐标系窗口左下角到屏幕坐标窗口系左上角变换因子的求取	

(左手)	95
5.1.6 以窗口方式 ZOOM 后新变换因子的求取	95
5.1.7 以比例中心和比例方式 ZOOM 后新变换因子的求取	95
5.1.8 PAN 后的新变换因子的求取	96
5.1.9 设置初始变换因子	96
5.1.10 将 X 世界坐标变换为屏幕坐标(左手)	96
5.1.11 将 Y 世界坐标变换为屏幕坐标(左手)	96
5.1.12 将世界坐标长度值变换为屏幕坐标长度值	96
5.1.13 将 X 屏幕坐标变换为世界坐标(左手)	96
5.1.14 将 Y 屏幕坐标变换为世界坐标(左手)	96
5.1.15 将屏幕坐标长度值变换为世界坐标长度值	97
5.1.16 世界坐标系窗口中心到视图中心变换因子的求取(右手)	97
5.1.17 世界坐标系窗口左下角到视图左下角变换因子的求取(右手)	97
5.1.18 将 X 世界坐标变换为视图坐标(右手)	97
5.1.19 将 Y 世界坐标变换为视图坐标(右手)	97
5.1.20 将世界坐标长度值变换为视图坐标长度值	97
5.1.21 将 X 视图坐标变换为世界坐标(右手)	97
5.1.22 将 Y 视图坐标变换为世界坐标(右手)	98
5.1.23 将视图坐标长度值变换为世界坐标长度值	98
§ 5.2 二维图形变换	98
5.2.1 二维旋转变换	98
5.2.2 二维平移变换	98
5.2.3 二维比例变换	98
5.2.4 二维对称变换	98
5.2.5 二维剪切变换	99
5.2.6 二维齐次变换	99
5.2.7 不同坐标系下平面直线系数的变换	99
§ 5.3 三维图形变换	99
5.3.1 三维点坐标变换	99
5.3.2 形成正投影变换矩阵	100
5.3.3 形成标准轴测投影变换矩阵	100
5.3.4 任意轴测图产生程序	100
5.3.5 形成各类投影变换矩阵	101
5.3.6 形成绕坐标轴旋转的变换矩阵	101
5.3.7 绕平行于 X 轴的直线作三维旋转变换之齐次变换阵生成程序	101
5.3.8 绕平行于 Y 轴的直线作三维旋转变换之齐次变换阵生成程序	102
5.3.9 绕平行于 Z 轴的直线作三维旋转变换之齐次变换阵生成程序	102
5.3.10 绕任意轴的旋转变换	102
5.3.11 由罗盘形成轴测投影变换矩阵	102
5.3.12 倾斜画面产生二灭点或三灭点透视变换矩阵	102

5.3.13	由旋转产生一灭点、二灭点、三灭点透视变换矩阵	103
5.3.14	形成四阶单位阵	103
5.3.15	两个四阶矩阵之乘积	103
5.3.16	建立工作平面	103
§ 5.4	点、直线和圆弧的定义与交切计算	104
5.4.1	判别直线上任意两点其走向是否与直线的方向一致	104
5.4.2	对直线上任意两点排队,使其走向与直线的方向一致	104
5.4.3	已知两点,求它们的内分点或外分点	104
5.4.4	过已知点向已知直线作垂线,求垂足	105
5.4.5	求直线外一点,使其到直线上已知点定距离,且此点和已知点的 连线垂直于已知直线	105
5.4.6	已知劣弧段的起点,终点及有向半径,求劣弧段的圆心坐标	105
5.4.7	以直线为对称轴,求与已知点对称的点	105
5.4.8	求直线上与已知点定距离的点	105
5.4.9	求两直线的交点	106
5.4.10	求两线段的交点	106
5.4.11	求两向量的参数解及交点的特征(向量的旋向)	106
5.4.12	求圆弧段的中点	106
5.4.13	求圆周上与已知点相距为 α 弧度的点	106
5.4.14	求圆周上与已知点相距为定长的点	107
5.4.15	求直线与圆的交点	107
5.4.16	求直线段与劣弧段的交点	107
5.4.17	求两圆的交点	107
5.4.18	求圆和直线段的交点	107
5.4.19	求圆和劣弧段的交点	108
5.4.20	求两劣弧段的交点	108
5.4.21	过两个已知点建立直线,使直线的右侧为正,左侧为负	108
5.4.22	通过已知点且与X轴的夹角为 α ,建立直线	108
5.4.23	求与已知直线相距为定长的平行线	108
5.4.24	求过已知点与已知直线成 α 角的直线	109
5.4.25	过平面上一点,作直线垂直于已知直线,所求直线与已知直线 构成右手坐标系,并以已知直线为X轴	109
5.4.26	求两个已知圆的外公切线或内公切线	109
5.4.27	求两已知点中垂线,其方向与向量绕其中点逆时针旋转 90° 相同	109
5.4.28	过已知点作一有向直线与已知直线平行,其方向与已知直线相同	109
5.4.29	过圆上一点作圆的切线,其方向与圆的走向相同	110
5.4.30	过圆外一点P作圆的切线,求切点T,PT的方向和圆的方向一致	110
5.4.31	过已知点,用已知半径,作与已知直线相切圆,求圆心及切点, 劣弧走向由所给半径符号决定	110
5.4.32	过已知点,以已知半径作圆,与已知圆相切,求圆心及切点,从	

已知点出发至所求切点的劣弧走向与已知半径相同	110
5.4.33 过两已知点 P_1 , P_2 , 作与已知直线 L 相切圆, 求圆心, 半径 及切点 T , 所求圆的走向保证 P_1P_2T 的走向与直线方向相同 ..	111
5.4.34 过两已知点 P_1 , P_2 作圆, 与已知圆相切, 所求圆的劣弧 P_1P_2 走向与已知圆满足皮带轮规则	111
5.4.35 以已知半径作圆, 与两直线相切, 其走向由直线 L_1 经劣弧走向直 线 L_2	111
5.4.36 以已知半径作圆, 与两个已知圆相切, 其方向由圆 1 出发经所 求圆的劣弧走向圆 2	112
5.4.37 以已知半径作圆, 与已知直线和圆相切, 求圆心及切点, 其方 向由直线出发经所求圆劣弧沿已知圆走向	112
5.4.38 以已知点为圆心作圆, 与已知圆相切, 两圆的走向符合皮带轮 法则	112
5.4.39 过已知三点作外接圆, 求圆心和半径, 圆的方向和三点走向相 同	113
5.4.40 作已知三点构成的三角形的内切圆, 求圆心及半径, 圆的走向 和三角形走向相同	113
5.4.41 以已知两点连线为直径作圆	113
5.4.42 已知始末两点及弧的张角, 求弧的半径和圆心	113
5.4.43 已知弧的起点、弧心和张角, 求弧的半径及另一端点	113
5.4.44 以已知点为圆心作圆与已知直线相切	114
§ 5.5 曲线拟合与求交	114
5.5.1 大挠度曲线拟合程序	114
5.5.2 小挠度曲线拟合程序	114
5.5.3 双圆弧逼近程序	114
5.5.4 三点抛物插值求导数函数	115
5.5.5 两圆弧曲线求交子程序	115
§ 5.6 几何位置关系	115
5.6.1 确定一点在右手坐标系中的象限号	115
5.6.2 一点相对于窗口的代码	115
5.6.3 确定一点相对于直线段的位置	116
5.6.4 判断一点是否在窗口上	116
5.6.5 判断一点是否在直线段上	116
5.6.6 判断一点是否在圆上	116
5.6.7 判断一点是否在圆弧(劣或优弧)上	116
5.6.8 判断两点是否重合	117
5.6.9 判断一点是否在直线段上	117
5.6.10 判断圆上一点是否在圆弧段上	117
5.6.11 设置动态误差	117
5.6.12 得到当前动态误差	117

§ 5.7 几何属性	117
5.7.1 计算直线段的最小外接矩形框	118
5.7.2 计算劣圆弧段的最小外接矩形框	118
5.7.3 计算圆弧曲线的最小外接矩形框	118
5.7.4 计算圆弧曲线中某部分的最小外接矩形框	118
5.7.5 直线裁剪	118
5.7.6 圆弧裁剪	119
5.7.7 圆裁剪	119
5.7.8 求两向量的旋向	119
5.7.9 求两已知点的距离	119
5.7.10 求点到直线的方向距离	119
5.7.11 求圆上两已知点间的劣弧的弧长和夹角	120
5.7.12 求两点连线与 X 轴的方向角	120
5.7.13 求已知直线与 X 轴的夹角	120
5.7.14 求两条已知直线的夹角	120
5.7.15 求圆弧段的张角	120
5.7.16 计算由三点围成的三角形的有向面积	120
§ 5.8 数学工具	121
5.8.1 求两个实数中大的实数	121
5.8.2 求两个实数中小的实数	121
5.8.3 将一个实数的符号赋予另一个实数	121
5.8.4 符号函数	121
5.8.5 交换两个实数变量	121
5.8.6 交换两个整数变量	121
5.8.7 最近归整求一个实数的二字节整数	122
5.8.8 将两个实数由小到大排序	122
5.8.9 将一组实数由小到大排序	122
第 6 章 建库工具	123
§ 6.1 概述	123
§ 6.2 参数化图库设计的数据结构	124
6.2.1 零件名	124
6.2.2 零件定值参数	124
6.2.3 零件数据模式	125
6.2.4 参数化零件模型的例子	126
6.2.5 参数化设计指令索引表	126
§ 6.3 参数化图库图素节点描述	127
6.3.1 表示点的各种节点	127
6.3.2 表示直线的各种节点	128
6.3.3 表示圆的各种节点	129
6.3.4 其他图形元素的节点形式	131