

计算机在土木工程中的应用丛书

CAD软件工程

王邦宁 编著

人民交通出版社

计算机在土木工程中的应用丛书

CAD Ruanjian Gongcheng

CAD 软 件 工 程

王邦宁 编著

人民交通出版社

(京)新登字091号

内 容 提 要

本书是论述 CAD 软件工程的专著,书中系统地提出了 CAD 软件开发的工程化方法,能帮助读者提高 CAD 软件开发的质量,掌握好开发速度。帮助读者了解一个商品化的 CAD 软件(包)的开发分为哪些阶段及各阶段应做什么工作,交付什么文档,以便使软件工作规范化。

本书的读者对象包括 CAD 软件系统开发的组织者及开发人员。

* * * * *

《计算机在土木工程中的应用丛书》编委会:

主 编: 龙驭球 (清华大学, 教授)

副主编: 王道堂 (北方交通大学, 副教授)

编 委: 傅作新 (中国河海大学, 副教授)

赵超燮 (北京工业大学, 教授)

沈康辰 (上海海运学院, 教授)

计算机在土木工程中的应用丛书

CAD 软件工程

王邦宁 编著

责任编辑: 张征宇

插图设计: 裘琳 正文设计: 周元 责任校对: 周岫岩

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张: 5.5 字数: 138千

1991年10月 第1版

1991年10月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—3000册 定价: 10 元

ISBN7-114-01108-3

TU · 00018

前 言

随着计算机硬件、语言、支撑软件的发展，应用软件的开发规模越来越大，越来越复杂。国外曾经在这个发展过程中经历过一个痛苦的“软件危机”过程。在60年代初期，软件产业蓬勃发展，而软件开发的方法和手段，仍然沿用50年代那种个体作坊生产方式，因此使不少大型软件功能、性能达不到要求，进度赶不上需要，成本大量超支，软件难以维护，甚至造成整个系统开发失败。之后，人们才意识到要用科学的管理、合理的结构来组织管理和构造大型软件，这就出现了软件工程学这一新的学科。

近几年来国内掀起了CAD热，成千上万的工程师、学者和青年人，正在各种CAD系统上进行软件开发。然而至今还没有一本书专门论述CAD软件工程。目前所能见到的软件工程书籍，都是结合大型信息管理系统或大型分析系统的开发来论述的，编者并不想重述他们的工作，而是借用这些书中论述的软件工程基本原理结合CAD具体问题，从而系统地提出CAD软件开发的工程化方法，希望能帮助读者提高CAD软件开发的质量，掌握好开发进度。帮助读者了解一个商品化的CAD软件（包）的开发分为哪些阶段，及每个阶段应做什么工作，交付什么文档，以便使软件工作规范化。由于本书主要不是讲述软件工程的基本原理，而是论述软件工程基本原理与CAD软件开发实践的具体结合，因此就必须涉及到一个具体的CAD系统。编者近几年主要是在CALMA Apollo系统上学习和工作，因此讲到比较实际的问题时就列举CALMA-Apollo上的实例。这对于在其他系统上进行CAD软件开发的人员也有一定的参考价值。本书并不求理论上的完整性，而更强调实用性。软件工程学中有许多理论上的研究，诸如投资评估分析、可靠性分析等理论公式；那些目前在我国还不具

备的软件开发工具、软件开发环境以及各种学派的方法论述等，本书均省略。另外，也省略了那些软件设计比较初浅的知识，以免浪费读者的时间。

本书的读者对象包括 CAD 软件系统开发的组织者及开发人员。他们从不同的角度来理解 CAD 软件工程，以取得共同的理解和认识，从而能更好地配合工作。对于那些学专业出身而没有系统学过软件设计并且即将加入到 CAD 软件开发队伍中来的人员，本书将可以作为您开展工作的“导则”；对于那些多年来用“个体”方式开发分析软件，而现在将要转向 CAD 软件开发的人员，本书将帮助您重新整理思维方法，以便知识更新；对于那些不亲自动手编程，而是负责 CAD 软件开发组织管理的业务主管来说，本书将帮助您如何具体组织 CAD 的软件开发，使您与您的下属有更多的共同语言，并能向他们提出更切合实际的要求；本书将向那些对 CAD 陌生的人员介绍许多 CAD 知识，使他们对 CAD 产生浓厚的兴趣。

由于编者从事软件工程学和 CAD 方面研究时间不长，因此本书论及的深度可能是不够的，请读者提出宝贵的意见及批评指正。

本书在编写过程中得到能源部电力设计系统中从事 CAD 工作的领导和同事及中国土木工程学会计算机应用学会的朋友的关怀、支持和帮助。赵超燮教授、王道堂副教授兑编对本书进行了审查，提出了宝贵意见。董瑞菊高工作了校审。在此谨向他们表示由衷的感谢。

编著者 王邦宁

出 版 说 明

随着计算机的飞速发展，作为一种精确、迅速、有效的计算工具，计算机已经在许多方面发挥了重要作用，并且愈来愈受到重视。中国土木工程学会计算机应用学会，为了进一步推动计算机在土木工程中的应用，在人民交通出版社的大力支持下，决定编辑、出版《计算机在土木工程中的应用丛书》。

本丛书将介绍土木工程各专业中计算机应用的有关知识及应用程序与实例。我们希望本丛书能成为通俗易懂、结合专业及便于应用的读物，并可作为土木工程技术人员在职进修的材料。我们也希望通过本丛书，能帮助更多的工程技术人员掌握和应用计算机。

由于计算机应用的范围愈来愈宽广，我们打算继续选择读者需要的题材陆续编辑出版。欢迎广大读者向本丛书编委会反映你们的意见和要求。

《计算机在土木工程中的应用丛书》编辑委员会

1987.1.14

目 录

第一章	问题的提出	1
§1.1	目前软件开发中存在的一些问题	1
§1.2	影响软件质量的因素	4
§1.3	什么是软件工程学	5
第二章	可行性研究及需求分析	7
§2.1	概述	7
§2.2	系统逻辑图	8
§2.3	数据流图	17
§2.4	数据字典	20
§2.5	数据字典的公式描述及实例	35
§2.6	算法描述	40
§2.7	对开发环境的要求	41
§2.8	关于开发进度的安排	44
§2.9	软件开发任务书	51
§2.10	本阶段必需的文档	52
第三章	数据库设计	53
§3.1	数据库的主要结构	53
§3.2	数据库的逻辑安排及物理安排	56
§3.3	数据库的操纵命令	58
§3.4	数据库的管理和维护	59
§3.5	用户对数据库操作改进的实例	61
§3.6	本阶段必需的文档	62
第四章	模块设计	63
§4.1	对模块设计的几点要求	63
§4.2	CALMA 模块设计的特点	66

§4.3	将数据流图转换成模块图.....	72
§4.4	本阶段必需的文档.....	75
第五章	结构化程序设计.....	79
§5.1	概述.....	79
§5.2	三种基本控制结构.....	80
§5.3	结构化程序设计的图形表示方法.....	82
§5.4	本阶段必需的文档.....	85
第六章	编码设计.....	86
§6.1	设计分析语言(DAL)的特点	86
§6.2	编码风格.....	88
§6.3	一种有效的编码工具 PAL	93
§6.4	本阶段必需的文档.....	94
第七章	用户接口设计.....	95
§7.1	输入设计.....	95
§7.2	有关操作问题.....	97
§7.3	输出设计.....	100
§7.4	生成一条管道的例子.....	102
§7.5	本阶段必需的文档.....	127
第八章	软件的测试.....	128
§8.1	测试的阶段.....	128
§8.2	测试的方法.....	130
§8.3	测试报告的内容.....	135
第九章	软件的评审、鉴定和验收.....	138
§9.1	阶段评审.....	138
§9.2	鉴定.....	140
§9.3	用户文档.....	148
§9.4	功能模块的说明.....	151
§9.5	验收.....	156
§9.6	本阶段必需的文档.....	157
第十章	软件维护.....	158

§10.1	软件维护的意义	158
§10.2	软件维护中的问题	159
§10.3	程序的可维护性	160
§10.4	维护过程	161
§10.5	防止维护的副作用	164
参考文献		165

第一章 问题的提出

§ 1.1 目前软件开发中存在着的一些问题

一、缺乏系统分析

过去作小型分析软件都是一个一个的单项程序，互不联系，这种软件生产习惯至今还影响着 CAD 系统的开发。一个综合性的工程设计是由多专业、多学科综合在一起有序结合的，而辅助这一综合性工程设计的软件就必须是各种功能程序模块的有序集合，象管理信息系统一样，CAD 软件也首先面临着一个系统分析问题。所谓系统分析就是要从总体上考虑软件系统服务对象的要求、限制和约束，即按用户的需求来设计大的功能模块以及这些模块之间的相互关系，研究输入什么，输出什么。把每个大功能模块分解成若干程序模块，必须考虑各程序模块之间的相互关系、程序结构、数据结构、存贮介质、存取方法等等原则问题。一个综合性工程设计，必须考虑各个专业应用包之间的关系，每个应用包之间如何传递模型及信息，特别是每个应用包和数据库的关系，如何建立公共数据库、公共模型库、公共符号库、专用数据库，如何进行各专业之间的干扰检查等等问题。有些软件人员不仔细分析目标系统，按自己主观愿望来设计自己“理想”的软件，企图“改造”传统的设计方法，结果生产出的软件得不到用户的欢迎，不被用户采用。

二、对软件生产无科学的组织

软件设计和编制不分阶段，更谈不上阶段计划、阶段评审、阶段进度和对各阶段的文档要求。尤其不重视最后阶段的软件维护，以为一个软件通过了鉴定就完成了任务。对参加软件工作的

人员不分等级，不分层次，大家都干同样的工作，没有专人抓总，没有专人负责测试，软件投入运行后无专人维护。专业人员和软件人员也没有作到很好的配合，软件人员不尊重专业人员的意见或是专业人员固执己见。

三、对软件开发的成本和进度控制不住

由于没有对软件质量保证和进度计划采取有力的措施，软件开发中出现各种错误使得开发成本和进度都是原先估计的若干倍。由于没有进行充分的可行性研究使原订计划不符合客观情况，因而使成本上升，计划失控，使软件开发拖期或大返工，甚至失败。实践告诉人们应该在软件开发的每一个阶段严格实行质量控制和进度控制，把软件中的错误尽早暴露出来，不要积累到后期解决。事实上，前期产生的错误没有及时解决，比后期产生的错误对成本和进度的影响大得多。

四、软件的质量达不到要求

关于软件的质量标准列于图1.1。

一个可靠性差的软件，即指在功能上及性能上都达不到预期要求的软件。功能是指该软件能完成什么任务。性能是指该软件完成这些任务的程度。

例如，作一个钢筋混凝土框架设计软件包，它的功能应该包括：

- 1.构造框架的梁、柱、板、墙、结点三维外形图。
- 2.从三维外形产生各种平、立、剖二维外形图。
- 3.从外形图生成（二维/三维）计算草图，并与荷载数据一起形成应力分析数据文件。
- 4.应力分析及最不利应力组合。
- 5.配筋计算。
- 6.生成梁、柱、板、牛腿配筋详图。
- 7.生成板、墙的开洞图。

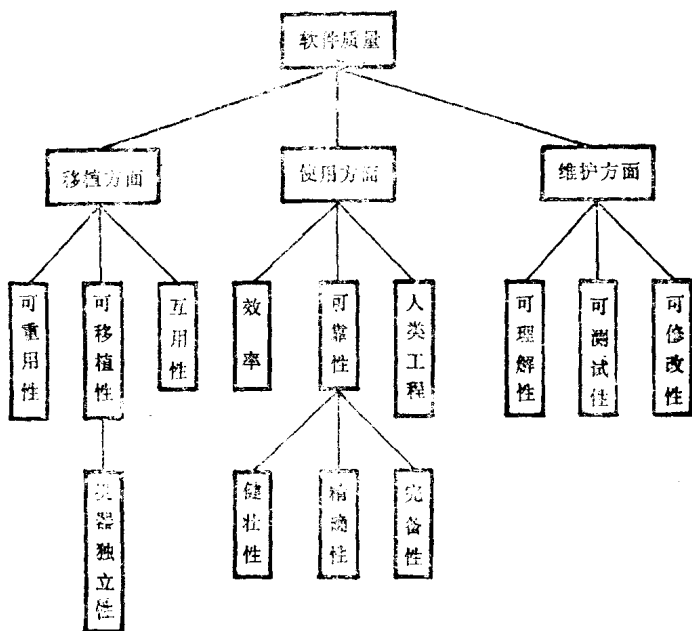


图 1.1

8.生成其他专业所要求的埋设件图。

9.生成各种报表，包括材料统计表。

而它的性能则是在指定的硬件环境下可以设计多大的框架（最高多少层，最多多少跨，多少根杆件）？软件包的运行方式是全自动或交互式（是绘图性质为主还是以模型设计为主）？应用包与其他专业应用包是否可以存在于统一的数据库？能否进行干扰检查等等。

软件的错误直接影响到软件的质量。软件的错误包括算法上的和编程上的错误。所谓算法，是指广义的建立模型的方法，当然也包括各种数学方法在内。

软件的可读性、可移植性、可扩充性、可测试性、可维护性及运行效率都是软件质量的表征，它们都是直接影响到该软件是否可以成为商品化软件的因素。

§ 1.2 影响软件质量的因素

应该指出,影响软件质量的因素包括以下各个方面:

一、对问题的目标没有充分地分析,对问题只有模糊了解就匆忙上阵着手编制程序。

二、没有研究一个好的算法,有的人写软件开发任务书,连他要开发一个什么软件,它的软件具有什么功能、性能,用什么方法来实现这些功能和性能都搞不清楚。有人习惯于无计划工作,甚至连框图都不画,采取“边走边瞧”的工作方法,碰到什么问题解决什么问题。

三、对软件编制的环境没有作充分研究,譬如对于硬件的内存、外存、速度、网络、外设、对支撑软件的图形支撑系统的各种功能函数,对图形语言的语法结构,对数据库管理系统结构等都没有进行很好的了解,对自己的需求没有作充分的估计。

四、没有良好的软件结构设计。我们在后面将会讲到,一个好的软件结构将是模块化的和结构化的,一个非模块化和非结构化的软件将使软件容易产生错误,可读性差、不易扩充、不易移植、不易测试、不易维护。

五、没有良好的编码风格。一个好的软件书写格式应该按一定的规范,例如:程序的名称、著者、编制日期、修改日期、版本号、该程序调用什么程序、它本身被什么程序调用、程序每个功能段的说明、每个子程序的说明、形参实参对应关系等等,都应该清清楚楚。一个良好的程序编码才能是可读、可测和可维护的。

六、没有好的测试、查错和维护措施。

七、没有必需的文档。在程序编制的每一个阶段必须有一定的文档以备查用。有的人编程序一动手就写编码,什么文档也没有,不但编出的程序杂乱无章,甚至过一段时间之后连他自己都看不懂,如果编程的人员调离本单位,别人就无法接手他的工作,造成以前的工作全部作废。

八、开发过程缺乏连续性。编程序是一个严密性很高的脑力

劳动，不连续地工作会造成前后不一致，风格不一致，尽管有文档但不连续工作也会增加出错的机会。

§ 1.3 什么是软件工程

以上问题国外称之为软件危机，针对这一问题所提出的解决办法就是用软件工程学原理来组织软件开发。

软件工程学是建立在软件科学、系统工程、管理科学、人类工程学之上的一门综合性科学。它将象对土木工程、机械工程开发管理那样来管理软件开发。因此要对软件开发进程进行合理的划分，对人员要进行科学地组织，要制定合理的开发守则，制定必要的软件标准、规范，制定阶段进度、技术要求及文档格式。在有条件的时候要求准备一个良好的开发环境，如好的语言、好的开发工具、测试工具等等。

软件工程的实施原则是：

- 一、严格按计划进度进行软件工程管理。
- 二、坚持进行阶段评审。
- 三、严格产品质量控制。
- 四、采用现代化的程序设计技术。
- 五、不断地改善软件工程实践。

软件工程的一重要理论是软件生存周期论，它指出一个软件从诞生到消亡所经历的各个阶段。这些阶段包括：

- 一、软件题目的确定及可行性研究
- 二、需求分析
- 三、软件设计
 1. 数据库设计
 2. 算法设计
 3. 模块设计
 4. 程序设计
 5. 编码设计
 6. 用户接口设计（输入、输出、操作设计）

7.设计评审

四、调试

五、测试验收

六、运行维护

七、淘汰

这本书不是泛泛地讨论软件工程理论，而是讨论如何将软件工程的方法用于 CAD 软件开发实践中。如果把这种软件实践看成是一个“社会”，把软件工程看成是指导这个社会活动的“哲学”，那么则是讨论如何将这个哲学理论与 CAD 具体实践相结合的问题。当前大多数软件工程的书籍都是面向信息处理系统，而 CAD 和信息系统不相同。例如：信息系统的数据流是信息，而 CAD 系统的数据流则是文字符号加图形或模型。现在讨论 CAD 软件工程，更离不开这样一个现实，即我们已经引进了 CALMA CAD 系统，引进了功能很强的基本图形包 DDM 和图形操纵高级语言 DAL，我们还引进了十多个应用包，在剖析了这些应用包之后，发现这些应用包十分规范化，程序结构统一、编码规格一致，具有商品化水平。因此必须使用 DDM 这个开发环境，使用 DAL 这个开发工具。在程序结构、数据结构、编码风格上尽量向 CALMA 的应用包靠拢，数据库的安排尽量不要同已有的软件冲突。所以，在后面提出的许多要求就是参照了 CALMA 现有的系统特征而提出的。当然，我们确信，将来一定会创造出自己的结构和风格，形成一套更先进的软件工程标准及规范，形成具有中国特色的软件产业。

第二章 可行性研究及需求分析

§ 2.1 概述

在软件工程学里，可行性研究和需求分析是两个不同阶段，所提出的问题是具有连续性和相似性的，但具体要求和要求深度不同。在国外，任务的提出者和软件开发者是不同的人，不同的部门，因此分为两个阶段是必要的。而在我们这里往往提出问题的人就是开发者自己或他的顶头上司。用户和开发者之间没有明确的界线，因此有些问题处理比较简单，为此建议把这两个问题合在一起讨论。

可行性研究阶段首先是确定问题的性质、工程的目标和规模。

如果软件的开发者是计算机专业或数学专业出身，所开发的是一个工程专业 CAD 软件，提出问题是本单位学专业的人员或专业科室的人员，那么开发者必须要向专业人员详细了解问题的性质、功能及性能上的要求，应该调查手工设计过程。等问题了解清楚之后应写成书面报告，提交专业人员审查，让专业人员确认开发者已经清楚地了解了问题的要求。开发者的下一个任务是对已明确的问题估计其工作量，根据自己的人力资源及硬件、软件环境进行可行性决策。

CAD 系统是用计算机直接参与设计过程的工作，并辅助建立各设计阶段的模型、图形、文档，自动生成各种输出。因此它和设计系统的生产过程是分不开的。合理的作法是从现在设计过程的物理模型出发，导出现有的系统逻辑模型，在此基础上修改成适应计算机的逻辑模型。

§ 2.2 系统逻辑图

系统逻辑图的主要用途是用图形的形式搞清楚开发对象各部分之间的逻辑关系，弄清各个数据流的关系，使之不致遗漏。根据这个图，主持者可以进行合理分工，估计工作量，制定工作计划。

CAD 软件的系统设计应该分几个层次进行，即：

一、总体系统逻辑图

任何一个工程都是由多专业活动组合在一起的，例如建造一栋公共建筑，它包括了地质、场地准备、建筑、结构、给排水、采暖通风、电力供应、热力供应、通讯系统、防火保安系统等。一个工厂设计更为复杂，除以上各专业必需以外，还包括各种工艺专业。如一个发电厂，就包括机器设备、锅炉设备、电气设备、化学设备的布置及安装，还包括联结设备的电缆、管道。图2.1和图2.2就是一个发电厂主厂房设计的系统逻辑图，根据这个图可以看到各个专业设计在总体设计中的地位。

任何一个工程设计过程首先是地形图的绘制，这一过程的主要功能是将测量数据变成地形等高线图。完成这一功能有多种方法，一种是通过人工测量（利用普通经纬仪或电子经纬仪），将各测点的平面坐标和高程按等高线绘制成地形图。如是电子经纬仪，各点的数据由经纬仪直接记录，就不必人工输入。地形图的显示可以是二维的也可以是三维的。二维图和普通地形图的形式一样，它是进一步布置建筑的基础，而三维地形图显示更富有真实感，让人们对地形有一直觉了解，但对下一步设计只起到参考作用。也可以把三维地形图保存起来，同三维总布置软件结合起来，共同显示厂区鸟瞰图。目前，国内的水平已达到，可以使大面积的地形图直接由航测照片经过图象处理生成。

第二个设计过程就是厂区总布置。总布置软件包首先确定主厂房的位置，然后布置有关的辅助车间。还有上煤系统、除灰系