

道路路线CAD

朱照宏 陈雨人等 编著



同济大学出版社

道路路线 CAD

朱照宏 陈雨人 等编著

同济大学出版社

前 言

近年来,我国各地交通部门正在大力加快公路和城市道路的建设,“道路路线计算机辅助设计”这一课程正是为了适应我国经济建设的这种形势而设立的,它已成为高等学校交通土建工程专业本科生必修或选修的一门热门课程。它内容新颖,反映了使用计算机软件高科技改革道路勘测和设计传统做法的最新研究成果,在学术上是多种学科交叉的产物。它对于道路建设产业部门提高设计质量、加快测设进度,将发挥很大的作用。

自 80 年代初期以来,我们在培养研究生中开设了本课程,1985 年后,又在本科高年级中开设该选修课。1990 年开始编写的《电算在公路建设中的应用》讲义,作为该课程的试用教材,至今已用了六年。我校为开设本课程,具有自己较长期开展这方面科学研究的基础,具备自己开发道路计算机辅助设计软件的能力。1990 年开发完成的道路计算机辅助设计软件已在全国 40 余个设计单位使用,获得了很大的经济效益和社会效益。现在,我们按照以前讲课和科研中的心得和体会,经过补充和修改,重新编成了这本教材,奉献给有志于 CAD 的广大读者,并衷心地希望它能对读者真正有所裨益。

本书由朱照宏、陈雨人、王国强三人合作完成,全书的结构,章、节的布置及内容的取舍,均由课题组集体研究后确定。朱照宏编写第一章,王国强编写第四章,其余由陈雨人撰写完成。最后,全书由朱照宏教授进行统一审定。

编 者 于同济园
1997 年 5 月

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 道路路线 CAD 总体概貌	(1)
1.2 道路路线 CAD 发展概况	(9)
第二章 道路 CAD 软件工程设计	(16)
2.1 道路 CAD 系统可行性研究	(17)
2.2 数据需求分析	(18)
2.3 道路 CAD 的总体设计	(21)
2.4 道路 CAD 详细设计	(23)
2.5 编码、测试、维护	(25)
2.6 习题	(25)
第三章 道路 CAD 系统数据结构设计与数据管理	(26)
3.1 数据文件格式	(26)
3.2 道路 CAD 数据管理	(32)
3.3 习题	(37)
第四章 系统核心模型	(38)
4.1 系统核心模型原理	(38)
4.2 数字地形模型理论	(42)
4.3 原始数据采集方法及数据接口	(47)
4.4 三角网数字地形模型	(54)
4.5 带状和面状数字地形模型	(60)
4.6 数字设计面模型	(62)
第五章 道路线形平、纵、横详细设计计算	(71)
5.1 道路平面线形设计	(71)
5.2 道路纵断面线形设计	(88)
5.3 道路横断面线形设计	(101)
5.4 习题	(114)
第六章 道路路线透视图	(115)
6.1 道路透视图概述	(115)
6.2 建立坐标体系,确定视点、视轴、视距	(116)

6.3	物点三维大地坐标计算	(117)
6.4	透视图消隐	(120)
6.5	全景透视图渲染	(123)
6.6	透视图的运行设计	(125)
第七章	道路工程设计图纸输出技术	(126)
7.1	设计图纸参数化描述	(126)
7.2	设计单元参数定义方法的可视化	(129)
7.3	设计图纸输出接口	(133)
第八章	道路 CAD 系统开发平台	(143)
8.1	道路 CAD 系统集成的思想	(143)
8.2	AutoCAD 及 ADS 技术简介	(144)
8.3	ADS 程序的构造基础	(145)
8.4	ADS 的高级技术	(148)
8.5	用 ADS 开发道路 CAD 程序	(153)

第一章 概 述

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)是近 30 年发展起来的一门新兴技术。随着计算机硬件和软件技术的巨大进步,CAD 技术已成为工程设计及科学研究中不可缺少的组成部分。CAD 技术充分利用了计算机的高速运算、数据处理和绘图模拟等能力,不仅可以缩短工程的设计周期,减少设计人员的繁杂劳动,而且能够提高工程质量,降低成本。同时,CAD 技术也为科学研究的发展和教学的现代化提供了方便的工具。

CAD 技术较早出现于投资大、成本高的大工业,如航空工业和汽车制造工业等,随后运用于电气电子工业方面。70 年代以后,在土木建筑领域内获得迅速发展。由于在运用计算机进行设计过程中都是以图形信息作为主要传递数据,它需要较大容量和快速运算,所以,早期 CAD 技术一般适宜在中小型计算机及其工作站上运行。随着 16 位、32 位微处理机的出现,使得微机也具备了较强的图形处理功能,从而使 CAD 技术的应用遍及各个工程领域,先进国家已经达到相当普及的程度。

1.1 道路路线 CAD 总体概貌

在土木工程领域内的 CAD 技术有两种类型,一种是适用于房屋、桥梁等结构工程的,另一种是适用于公路、铁道、机场、航道等工程设计的。前者偏重于数学和力学计算,它特别可以使用有限元方法充分发挥计算机的特长。后者是线状或面状的建筑物,它广泛地绵延于地面之上,很多与地形、地物、地质、水文等有关的自然地理数据是设计的原始依据,同时很多经济与交通等动态发展的因素又对设计产生很大的影响,因此,它更多地涉及到社会经济和自然地理的数据采集工作。再者,在设计工作中将更多地使用图形来表达,并且设计人员在设计工作中要求经常参与自己的见解以求解决错综复杂的问题,因此,在 CAD 中将更多地运用交互式图形工作方式。总之,道路路线 CAD 技术具备了它独自的特点。

道路路线 CAD 系统往往是现代化测绘设备、计算机及其外围设备和专用软件包的组合系统。在条件不具备时,也可运用原有设备适应传统测设方法自己开发实用的 CAD 系统。

道路路线 CAD 系统的使用业务范围根据用户的实际需要可广可窄。它一般包括道路几何线形设计以及路上所有工程结构物和设施的设计,它可以适用于公路、城市道路和机场工程的设计,有的还可适用于铁道、排水、矿山等的设计。软件开发应按软件工程的方法在系统开发前精心调查研究,作好需求分析和总体设计。

本节先就开发道路 CAD 系统可能形成的总体结构及其所需的软、硬件运行环境分别叙述。

1.1.1 系统整体结构

道路路线 CAD 技术就广义来讲,它可以是应用于道路的规划、设计、施工及运营管理中的计算机辅助系统。其业务领域除了道路线形几何设计外,还可包括交通设计、路上结构物

的设计、监控设计、营运管理设计等内容。在时间上有其延续性,即一个工程项目,从规划时进行宏观的概略设计,经过可行性研究进行立项分析确定设计要求,进入具体的工程设计(包括初步设计和施工图设计),然后在施工过程中进行施工组织设计和竣工验收审核调整,在投入使用后在营运中作出养护和管理的方案设计等。因而,道路路线 CAD 系统可以对设计对象整个生命周期的各种问题提供支持。

如果按狭义的道路路线 CAD 来构思系统的总体结构,也就是仅考虑可行性分析、初步设计和施工图设计三个设计阶段的设计文件,则可将道路路线计算机辅助设计组成为数据采集、优化技术以及计算机设计绘图与制表三位一体的组合系统(见图 1-1)。

按我国的公路测设的经验和习惯,一个工程项目一般应经历可行性分析(提出计划任务书)、初步设计与施工图设计三个阶段进行。各个阶段都应有独立的成果,按阶段从粗到细提供设计文件,供上级审批决策。只有在上一个阶段成果获得批准的情况下,才能颁发下一阶段的设计任务书。各个设计阶段在数据采集、优化技术和设计绘图制表三个环节上都应有不同的要求,以适应我国《公路基本建设工程设计文件编制办法》的要求。

以下对各个设计阶段在这三个环节上各自不同的要求作简要叙述。

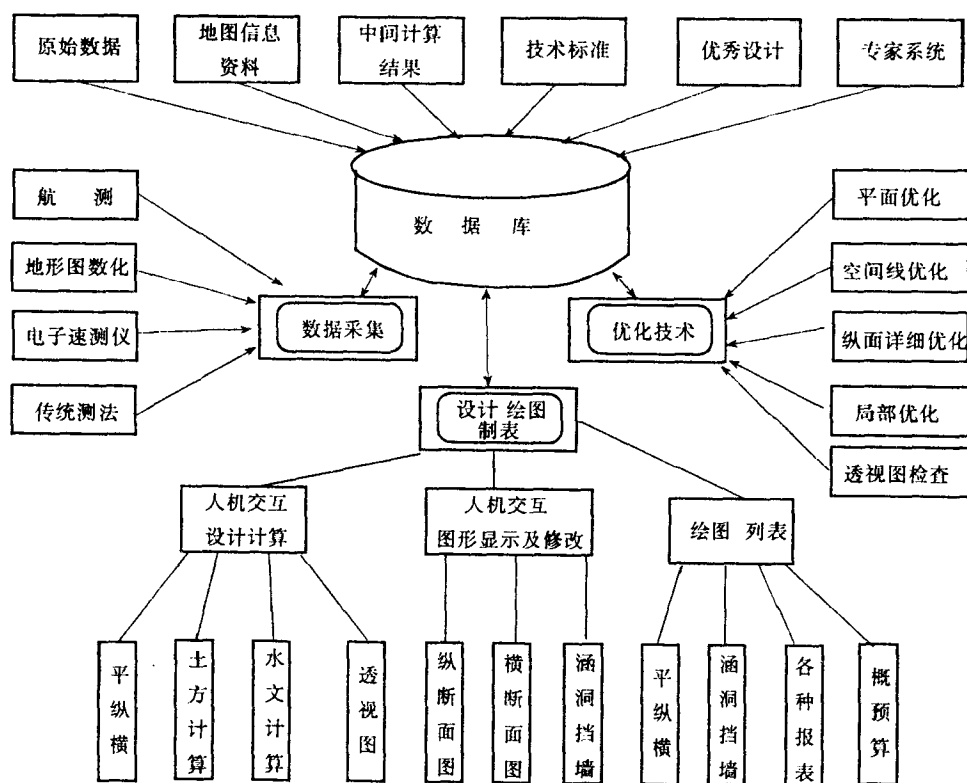


图 1-1 道路路线 CAD 模块化程序系统示意图

1. 数据采集

道路路线设计必须依靠大量的地面信息和地形数据,否则难为无米之炊。如果数据采

集仍然停留在原始和繁琐的手工采集和输入状态,则后续的快速计算机辅助设计制图和优化技术难以付之实践推广运用。因此,数据采集必须采用快速和自动化的现代化手段,建立易于调用的数据库。

在各个不同设计阶段,所需采集的数据由粗到细,在广度、精度和深度上各有不同。

在可行性分析阶段,需要各种社会、经济和交通运输信息,如人口、工农业生产、运输量生成和分布规律、交通流量等数据。社会和经济信息应由全国、一个省或地区范围内由统计局统一组织收集,建立常年的统计数据库,信息共享,供全国各部门使用。公路部门为预估远景交通所需的路上交通量,应在全国、一个省或地区范围内建立各路口长期的交通量连续自动观察站,收集入交通信息库,以备随时调用。

我国交通部于1979年开始,布置了在全国开展国家干线公路技术经济调查工作,在全国国道的各条线路路段上共设立了交通量间隙式观察站近3000个,连续式观察站约120个,但大多采用人工观测收集,至今已取得十余年的资料,并正在建立数据库。今后各个省或地区,还应就本地区范围内的道路网上增设交通量常年观察站,并向自动连续观测、储存和建立信息库方面发展。

收集地面信息和地形数据,现代化的方法是采用航空摄影测量手段建立数字地面模型。但在各个设计阶段所需数据的广度范围和精度要求不同。在进行可行性分析时,宜采用高空航测成果或采用现成的1:10000至1:50000航测像片或地形图,提供宽约为10km的地带建立数字地面模型;在初步设计时宜采用5000m高度带状航测成果,或现成的1:2000或有足够精度的大于1:10000可资加密放大的航测像片或地形图,建立1km宽度范围内的数字地面模型;在施工图设计阶段,如采用航测则须作1000m以下低空摄影,这在国内目前还难于大面积推广应用。

采用航测手段采集地面数据进行公路测设,在国内已经起步。获取航测成果,可有两种途径:一是为某一设计道路专摄航片;二是利用原有航测资料。采用专摄航片,需委托航测部门按数据采集的要求订立合同进行,但这种专摄航片受到时间、费用等因素的限制。除非是特别重点的建设项目,否则在目前条件下还难于普及推广。目前较为现实的办法,还是利用原有航测资料。由于我国大多数地区都已拥有一定精度的航片资料,可用来作为可行性分析和初步设计的原始依据。但往往又会遇到某些航测资料质量不高或过于陈旧,必须进行现场检核和补测后再用数字化仪输入计算机建立数字地面模型,同时对土壤地质、水文、地物、地面覆盖等信息也应一并补充采集收入。

在航测资料无法满足要求时,可采用全站仪地面实测的办法直接建立三维的数字地面模型,或是采用红外测距仪和手持计算机采集和存储数据。特别在施工图设计阶段,需要高精度的数据资料,目前只有采用地面实测的手段。

在技术测量中采用传统的经纬仪、水准仪和小平板仪测取横断面和地形图,在我国目前仍占较大比重。如何进一步革新,至少在取消手工记录、简化测设步骤、加快速度等方面,还有很多工作值得去做。致力于把繁重的野外测量任务缩减至最小程度,把采集数据能直接使用于数字地面模型的建立,仍然是当前首要解决的问题之一。

2. 路线优化设计

要使道路计算机辅助设计系统具备经济效益和获得质量较高的设计方案,必须包含有

优化技术。在进行优化设计时,如果选择的可行区范围过广,要求原始数据和评优目标过多过精时,势必造成过大的计算工作量和过大的数据储存量。因此,在各不同设计阶段,应有不同的重点要求,建立从粗到细逐级优化的思路。还应注意到多种复杂因素的干扰,在优化设计过程中,可不断发挥人机交互作用,以获得切合实际的最优方案。以下提出几项优化技术的子项目:

(1) 在可行性分析阶段,适宜于采用在宽带范围内路线走向方案的优化。特别在平丘地区,工程师往往难于直接在地形图上评判出较佳路线走向。利用研制的计算机程序系统,设计人员可对路线可行区域的各种因素作出定量评价。这些定量评价值可以按点、按线或按面列成费用值表,然后建立地面费用模型。计算机将可行区分成连接的网络结点,自动生成所有可能的路线走向方案,计算出通过各连接结点方案的费用总和,采用动态规划法优选出路线方案。

(2) 在初步设计阶段宜于采用在平面或空间一定范围内移线以改善设计方案的优化技术。目前,国内外对平面和空间线形优化,采用单个或多个目标函数,已开展了不少研究。但如果优化选择可行区的范围过大,涉及到的地形数据和其他因素过多,要使程序系统达到实用有效的目的,难度较大。如果能在可行性分析阶段已经优选出合理的最佳走向(或走廊),并通过工程师的经验选定合适的转折点和曲线要素(也可在计算机荧屏上以人机对话的方式进行),然后在窄带范围内实现小距离移线(在小范围内移动折点或改变曲线半径等)以获取最优方案,看来更为切实可行。优化方法可采用在一定的较小范围内作随机搜索或动态规划。在采用平面优化方案时,也必须平纵优化交叉多次进行,此时对纵断线形设计要采用某些概略化的措施。如采用空间优化方案时,则可使转折点在一个较小的空间范围挪动搜索优化方案。在计算机容量和速度容许时,除采用造价或工程量作为目标函数外,尚可选择另一个如营运费用作为第二个目标函数。

(3) 在技术设计阶段宜于采用多个目标函数的公路纵断面优化程序系统。经过在初步设计中运用上述方法进行平面或空间线形优化后,从宏观上看方案已基本确定,在平面上再次移线或作方案比较已属个别现象,此时应集中注意力把纵断面最佳方案优选出来。一个好的路线方案,除土石方量和造价较小外,还必须考虑运输经济、行程时间、线形质量(包括行驶安全和舒适)等指标,研究沿线随线形变化的行车速度和燃料消耗等,建立具备若干个目标函数的优化程序。此外,还可建立对局部路段、个别平曲线或竖曲线(包括半径改变和缓和曲线段改变)优化技术的程序,以便在技术设计与施工图编制时视需要随时采用。

(4) 对已完成的公路路线技术设计运用连续绘制的透视图(或动态透视图)进行评价,如发现有不符合安全行驶和景观环境要求的路段,进行切实改进,提高设计质量,也是一种优化设计的手段。

在公路路线辅助设计的软件系统中如能按各个不同设计阶段纳入如上的优化技术内容,可以有把握地使设计方案的土石方、小桥涵、挡土墙、道路用地等工程费用降低 10% 左右,并可提高公路线形质量,明显降低营运费用,达到路线的安全、舒顺和良好景观的要求。

3. 计算机辅助设计、绘图和制表

现代计算机辅助设计一般具备在荧屏上显示并采用人机对话对设计方案进行修改的功能,在设计完成后可以用绘图机输出各阶段所需的相应图纸,并由打印机输出工程量表和概

预算等。

在可行性分析阶段,可以根据采集到的经济、运输等信息,建立数学模型,预估远景年的交通流量,绘制出交通流量图。根据小比例尺的数字地面模型绘制出包括各个可行方案的路线基本走向图,通过投资估算提供费用效益评价表等。

在初步设计阶段,根据按 1:2000 航测成果建立的数字地面模型,可以绘制出平面和紧缩纵断面图等,并编制土方量、工程量及概算文件。

在技术设计阶段,如果没有精度很高的航测成果,则需要用地面实测方法或传统的技术测量方法建立沿线的鱼骨状数字地面模型,据此可以绘出带状等高线路线平面图、详细的纵断面图、大比例尺的横断面图以及小桥、涵洞、挡土墙等的施工图纸。最后由打印机输出各种设计报表、工程量详表和施工预算文件。

根据以上的总体设想,整个道路路线计算机辅助设计系统可如图 1-1 所示的由四个部分组成,即包括数据采集、优化技术以及设计和绘制图表三个子系统及一个数据库。系统采用模块技术,各子系统及子系统内的各个程序都成为单个独立的模块。在系统使用时,运用菜单技术,通过数据库,采用数据通讯的方式,有机地将各模块联系起来,在此,数据库起到了桥梁的作用。这种模块化了的程序系统,不仅节省了有限的计算机内存空间,而且还增添了系统的灵活性,即可以不断地把新模块增添到系统内,加强系统的功能。

1.1.2 硬件环境

整个道路路线 CAD 系统的硬件配置应包含有数据采集和输入设备,数据处理、分析计算和图形显示设备以及成果输出设备三个方面。采用航空摄影测量是一种快速的现代化数据采集方法,它需要成套的航测数据处理和成图设备。在缺乏设备条件时可采用现代化的测量仪器,如全站仪、红外测距仪等作现场测量,或使用传统的测量仪器设备。测量仪器在测量学中已有叙述,本节仅就适用于道路路线 CAD 的航测成图设备作简要的介绍。计算机及其外围设备是 CAD 运行环境中的主体,本节将就适宜于道路路线 CAD 系统的计算机配置及适用的输出输入设备如数字化仪、扫描仪、绘图机等作概略介绍。

1. 航测成图设备

当在道路沿线进行航空摄影测量获得像片后,将像片转换成可资设计运用的等高线地形图或数字地形模型,就要依靠一些内业仪器设备。这些仪器设备比较复杂,价格很贵,一般需要进口,仅有少数单位具备条件。其中主要的仪器设备有:纠正仪、立体量测仪、立体坐标量测仪、多倍投影测图仪、精密解析立体测图仪等。各种仪器的类型和型号繁多,以下作简略介绍。

(1) 纠正仪 它是航空摄影测量中纠正像片的仪器。主要部分有:底片盘,投影物镜,承影板等。将所摄底片放在底片盘内,经调整后可消除航摄像片上因航摄仪倾斜所引起的影像变形,并使影像具有一定的比例尺。在承影板上获得相当于水平像片的影像,再经晒像和冲洗,即得纠正好的像片。这个过程叫“像片纠正”。

(2) 立体量测仪 它是航空摄影测量中微分法测图的一种仪器。其特点是利用校正机械消除像片倾斜和航高差对地面点间高差量测值的影响。主要部分有:观测系统、像片盘、量测装置和校正机械。使用时,根据四个以上的高程控制点在像片上描绘出等高线,经分带

投影转绘后,可编制出等高线地形图。它适用于丘陵地区测图。

(3) 投影转绘器 航空摄影测量中用于分带投影转绘的仪器。主要部分有:投影器、倾斜装置和升降系统等。在像片上描绘的等高线和在测绘像片上的地物都是中心投影,为了把中心投影的地物、地貌改为正射投影,需将这些像片缩制成透明片,安放在投影器内,根据地形起伏情况分带投影转绘成图。

(4) 立体坐标量测仪 它是量测像片上像点坐标的仪器。主要部分有:观测系统、像片盘、量测装置等。将立体像对置于像片盘上,从观测系统进行立体观测,量测像点的坐标和视差,供航空摄影测量内业加密控制点用。

(5) 多倍投影测图仪 简称“多倍仪”。航空摄影测量中全能测图法中使用的一种仪器。主要部分有:支架、投影器、测绘器和绘图桌。将相邻航测底片缩制成透明正片,放在各投影器内,调正其位置,经投影构成与地面相似的立体模型,借以测绘成等高线地形图。

(6) 立体测图仪和精密解析立体测图仪 立体测图仪是航测全能法测图仪器的总称。仪器的主要部分有:投影系统、观测系统和绘图系统。投影系统一般有两个投影器,各构成一个投影射线束,经定向后由射线相交构成几何立体模型。最新产品配置电脑装置进行解析投影,做到全能全自动产生地形图或数字地形模型,称为精密解析立体测图仪。

我国公路建设部门以武汉交通部公路勘察设计二院的航测成图设备最为先进和齐全。现在配置有 C120 精密解析立体测图仪、A10 自动立体测图仪等。

2. 计算机配置

道路 CAD 系统计算机硬件配置与通用的计算机系统略有差异,其特点是应有较强的人机交互和输入输出设备以及分辨率较高的图形显示系统。在早期,考虑到存储容量和运算速度的要求,对中央处理器机型需要使用中、小型计算机,如在 80 年代交通部组织专家论证时,曾选用 VAX-11 中型机或 Apollo 小型机为主要机型。90 年代,随着微型计算机的快速更新,奔腾 586 机型微机已完全可以胜过 80 年代中、小型机的功能。根据近年来国内实践经验,由于微机的体积小,价格便宜,性能可靠,如采用 486,586 机型微机,内存容量采用 16MB

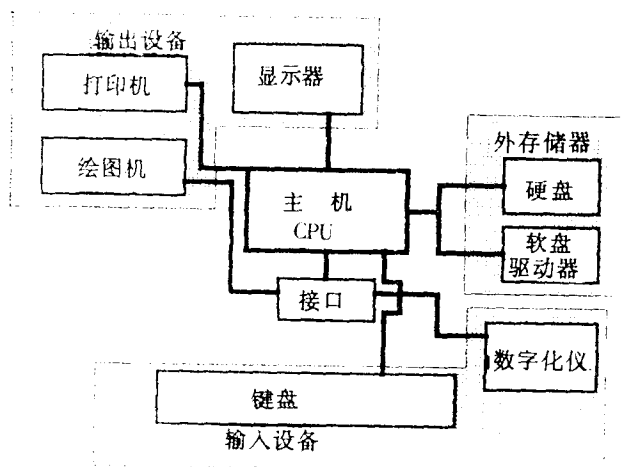


图 1-2 采用微机时的硬件配置

以上,硬盘容量为 500MB-1G,配置 0.28mm 的 SVGA-14" 显示器,按图 1-2 配置,即可满足一般设计单位道路 CAD 软件系统的基本要求。如能另行配置 1024 × 1024 高分辨率大屏幕显示器并备有相应的图形卡,则可提高图形显示能力,更有利于人机交互地在荧屏上修改设计图形。

对较大的设计单位,需要多个工程师同时使用终端时,可按图 1-3 的图式联网或专设服务器,有利于软件和数据的多终端共享。在希望强化工程项目彩色渲染图及动态透视图的功能时,可以配置功能更强的工作站。总之,一切应根据设计单位的规模、任务的多少精心地进行设计。

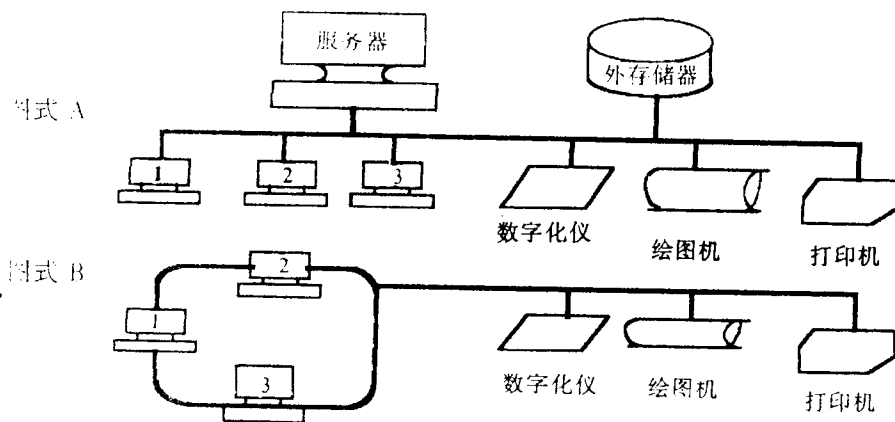


图 1-3 联机时的硬件配置

3. 数字化仪

数字化仪是一种辅助的输入设备。它可将图形自动转换成数据存入计算机,而不必通过键盘逐点按手键输入。它可大大地加快图形输入的速度,且不易出错。

数字化仪有跟踪式数字化仪和扫描式数字化仪(简称扫描仪)两类。

目前我们一般选用的手扶式跟踪数字化仪,例如美国 H.I. 公司的 TG-8024(A2 台面尺寸)或 TG-8036(A1 台面尺寸)型号的仪器,它是按图形上的特征点采用矢量法逐点输入计算机。该仪器是由输入装置(或称鼠标器)和面板两部分组成。面板底部设有电子部件,操作人员在面板的使用区域内使用鼠标器定位,就能将所需输入点的 x 和 y 坐标输送到计算机中。

扫描仪采用点阵式输入计算机,它适用于照像图或彩色图的快速输入。它也可用于工程图纸的扫描输入,但是如果要求进一步将图形转换为三维的数字地形模型或与设计图形相拼接,则需另用矢量化软件,但对于较复杂的图形往往容易失真。

4. 绘图机

绘图机是一种图形自动输出装置。适用于工程图纸的绘图机,其绘图笔是按矢量法移动的,称为矢量绘图机。它又可分为平板式和滚动式两类。

平板式绘图机有一固定大小的图板,图纸靠真空吸附、静电吸附或磁性压条固定在图板

上。板面上下边缘设有 x 方向导轨,顺着 y 方向有一可滑动的笔架,笔架上装有数支绘图笔。电机带动绘图笔架沿导轨在 x 方向移动,同时在 y 轴方向上下动作进行绘图,笔可根据信息抬起和落下。平板式绘图机由于图纸固定在板面上不易松动,所绘的图纸精度高些,但速度较低,绘图时用户可以见到整个作图过程。图板的大小可以有 A0, A1, A2, A3 四种。如绘制道路设计图纸,一般可选购 A1 或 A2 绘图机。

滚动式绘图机有一固定转轴的滚筒,绘图纸卷绕在滚筒上,纸随滚筒转动,笔架只能沿滚筒的轴向移动,两者配合构成 x, y 方向的平面运动。控制滚筒的转动和笔架的移动以及抬、落笔,就能绘图。滚动式绘图机结构紧凑,占地面积小,价格便宜,图纸幅面对纸长没有限制。由于纸张绕滚筒多次反复转动,在精度上较平板式略差,但可以满足道路工程图纸的要求,一般比较适用。如选用 DMP-52 系列绘图机,可采用 A1 图纸绘图。

1.1.3 软件环境

要使计算机正确地运行并解决像道路计算机辅助设计这样的任务,必须具备完整的软件系统。一个完整的系统需配置:系统软件、支承软件和应用软件。前二者又称为基础软件。各种基础软件等于使用的工具,大多随计算机购买时提供,或成为商品可以单独购买。

1. 系统软件

系统软件是与计算机主机直接关联的,一般是由软件专业工作者研制。它起着扩充计算机的功能和合理调度与运用计算机的作用。系统软件主要包括各种操作系统、文件和设备管理系统、各种高级语言编译系统等。

操作系统是协调和组织计算机运行的软件。为了提高计算机的使用效率及响应速度,各种计算机都配备了日臻完善的操作系统。如目前适用于微机上广泛应用的操作系统是 DOS, WINDOWS 3.x, WINDOWS 95(包括各种汉化版)。它们用来实现计算机硬件自身和软件资源的管理。

编译系统是把以高级语言编写的程序翻译成机器指令,并由计算机直接执行这些指令。目前,适用于微机道路 CAD 的有 C ++, TrueBASIC, PASCAL, FORTRAN 等语言编译系统,供不同的应用场合选用。

2. 支承软件

开发 CAD 系统,可以考虑选用一些合适的支承软件。例如,各种图形软件和数据管理软件。采用微机制图,可以选用 AutoCAD 软件,AutoCAD 是目前国内外微机系统中最为普遍使用的一种高性能作图软件,它具有通用性好、适用性广、功能较强的特点。它不但可以绘制直线、点、圆、圆弧、椭圆、矩形等基本图形,还能进行放大、缩小、移动、插入、复制等操作,而且可以将图形作为一个标准图块随意插入到所需的图形中,它还可作二维、三维图形,对图形进行着色、文字注释、尺寸标注等。在开发道路 CAD 应用软件中,为避免自己编制各种绘图指令和子程序,也可以选用 AutoCAD 作为支承软件。专用的 CAD 工作站一般备有现成的图形软件,如 Calma 公司的 DIMENSION 和 DDM, Intergraph 公司的 IGDS 和 MicroStation,西门子的 SICAD 等。

在开发 CAD 中,为便于数据管理和汉字处理,有很多现成的支承软件可以利用,如

BASE, FoxBase, 各种汉字库, 中文之星, WORD 中文版等。

3. 应用软件

为解决各个行业的实际问题, 往往需要另行开发各自适用的应用软件。道路路线 CAD 应用软件往往是一个较大的系统, 要用软件工程的方法来开发。

开发道路路线 CAD 应用软件可以采用其他图形软件作为支承软件进行二次开发, 也可独立地作集成化的软件开发, 一切取决于应用领域、用户需求、规模和工作量等方面的具体条件, 合理配置。

1.2 道路路线 CAD 发展概况

道路路线优化和辅助设计技术的研究和发展已有 30 余年的历史, 在国内, 从学习、试制和自主开发软件, 也已有 20 多年的时间, 取得了长足的进步。以下分别就国内、外在道路路线 CAD 开发研究方面的概况作一简要的回顾。

1.2.1 国内发展情况

从 1974 年起, 同济大学在全国率先收集和翻译国外关于道路路线优化技术和计算机辅助设计方面的资料, 举办培训和讨论班。自 1979 年起, 先后有同济大学、重庆交通学院、重庆公路研究所、交通部武汉第二公路勘察设计院、西安公路学院、上海铁道学院、西南交通大学、北方交通大学、铁道部铁路专业设计院等单位先后为公路和铁路的纵断面优化技术、公路及铁路的平面和空间线形优化技术等进行了研究, 编制了各自的优化程序。例如, 同济大学采用随机搜索-动态规划法编制的纵断面优化、空间线形优化和山区地形的平面优化程序; 重庆交通学院、上海铁道学院等采用动态规划法编制的纵断面优化程序; 西安公路学院考虑了目标函数中包括道路建造费用和营运费用的纵断面优化程序等。这些程序经过试算, 证明其优化效果是令人满意的, 但至今还没有被广泛地应用到实际的工程设计中, 有待于进一步的完善和应用开发。

80 年代中, 国内各高等院校和生产单位在计算机辅助公路路线设计方面也开展了研究, 开发和引进了一些辅助设计系统, 其中有些投入到实际的工程设计中, 取得了显著的经济效益。例如, 1985 年底鉴定的交通部武汉公路勘察设计院研制的公路航测和电算技术; 同济大学早期制作的微机道路初步设计程序也曾有好几个省使用; 西安公路学院开发的公路微机辅助设计系统也在一定的范围内使用。1984 年底, 交通部公路规划设计院以中美合营的方式成立“华杰工程咨询公司”, 引进了美国伯杰公司的 CANDID 软件, 配备了 Apollo 超级微机, 从事道路 CAD 软件的二次开发工作, 并进行了公路的实际工程设计, 取得了良好的效果。

辅助设计技术在铁道设计部门也得到了一定程度的应用。例如, 铁道部铁路专业设计院制成了一套从航测、设计到形成各种文件的辅助设计系统, 并与湖南大学合作, 使用了纵断面优化技术。铁道部铁路第三设计院也引进了各种先进的辅助设计用硬件设备, 包括小型计算机、大型高级绘图机、数字化仪、高分辨率的图形显示终端等, 同时开发了相应的铁路辅助设计软件, 并应用于实际的工程设计中。

1986年,交通部组织多次“道路CAD系统开发工程”目标和技术论证,决定把道路和桥梁CAD列入国家重点科研攻关项目,投入开发工作。该项目以Apollo小型机作为硬件平台,完成后由于缺乏维护组织,推广中尚存在一定的困难。但是,它的开发研究使我国道路CAD技术的水平向前推进了一大步,并培养造就了一大批既懂专业又懂计算机知识的复合型人才,为我国计算机高新技术的开发和应用奠定了较好的基础。

进入90年代以来,随着计算机硬件的快速更新和降价、微机功能的快速提高,使得在微机平台上开发的道路CAD软件占有一定的优势。同济大学从1986年起,在十余个省、市级设计院的支持下,于1986~1990年期间开发完成了微机道路计算机辅助设计TJRD软件系统,通过了较长时期的完善和维护,已在40多个设计单位使用,完成了包括若干条高速公路在内的大量设计任务,取得了很好的经济和社会效益。

目前,在国内生产中使用的国产软件尚有东南大学开发的立体交叉CAD,交通部第二公路勘察设计院开发的微机公路路线设计,以及各设计单位自行开发或基于AutoCAD支承软件作二次开发的各种软件等。

1996年在哈尔滨市召开的公路工程计算机应用年会上,交通部公路规划设计院推出的“道路集成CAD系统的开发研究”,交通部第二公路勘察设计院推出的“微机互通式立交IN-CAD系统”,都达到了新的高度。

总之,近十年来,我国道路设计单位大多在不同程度上已使用了CAD技术,把CAD作为做好工程设计的重要手段。

在今后相当长一段时间内,我国的道路交通建设事业仍将处于高速发展阶段,道路设计和修建部门所面临的任务仍将十分艰巨。目前,国内已有软件与国外优秀软件相比较,仍处于低水平、不完整和不稳定状态,与当前的任务多、时间紧的发展形势不相适应,迫切需要有快速高效系统完整的CAD软件系统来替代。

针对目前这种情况,我国国家计委、交通部领导都甚为重视,多方设法组织开发和维护软件的专职队伍,筹备建立国家级的道路CAD工程研究中心,并已把有关研究课题列入国家“九五”攻关项目。

建议在国内对道路CAD开发的方针方面,应继续贯彻自力更生为主,努力吸取国外先进经验,提高开发软件的水平 and 能力,落实开发软件的政策,认真地把开发和维护软件队伍建立起来;加速对用户的培训工作,在实践中积累经验,提高工程技术人员运用CAD的水平;同时也要强化高等学校在CAD技术方面的科研和教学能力。

考虑到自主开发与适应生产需要之间存在着时间差距,在目前状态下,建议在自主开发的同时,也需要在国内推广使用国外优秀软件。为此,需努力做好以下几点工作:

(1) 协助把国外软件汉化,使它符合国内使用要求。为此,除将国外软件菜单汉化和文字翻译外,更重要的是使设计成果能符合我国设计标准和规范的要求,在图纸格式、图例标注和设计文件用表等方面应符合中国习惯并采用汉字。

(2) 改革国内传统的测设方法,逐步使用先进的测量和采集数据的工具,如全站仪地面速测、航测建模等,以适应国际性的通用软件。

(3) 试探运用部分国外软件,统一数据格式,与国内某些使用成熟的部分国产软件嫁接、组合使用。

在有条件的情况下,也应探索与国外合作,共同开发适用于我国的较高水平的道路

CAD 软件系统。其中,需要努力去做有:提高与完善道路 CAD 开发的理论基础和核心模型;建立与国际统一的数据格式,开发适用于道路规划和设计的我国 GIS 系统;提高软件系统的柔软性,使它能适用于多种情况,便于修改、维护和嫁接等。

1.2.2 国外发展情况

世界上第一台计算机出现于本世纪 40 年代,早期的计算机系统用来处理图形信息是很困难的,但是,CAD 如果没有计算机图形功能支持的话,是很难成立的。在计算机图形处理上迈出的第一个重大步骤发生在 60 年代初期,图形信息可以显示在屏幕上,用光笔对之进行操作处理,这就是最初的一种交互式图形系统。这种交互式图形设备价格昂贵,而且都与大型主机相连,一般公司无力问津,故在当时仅能首先在飞机和汽车工业部门推开。只有到了 70 年代,随着集成电路技术的大大提高,小型计算机的逐渐普及,CAD 在土木建筑领域内才得到飞速的发展。

但就道路路线优化和辅助设计整体来看,其发展历史可以追溯到 60 年代,并可以作如下的归纳。

60 年代初期,电子计算机运用到公路设计中,首先对繁冗重复的大量计算工作,如平面和纵面几何线形的计算、横断面和土石方的计算以及输出数表等,编写成单独分开的程序。随着计算时间的节省,创造了可以进行多个方案比较的条件。为获得经济效益,英、美、法、德和丹麦等国家首先把注意力集中在公路路线纵断面优化技术方面,经过一段时间的探索,各国都研制成功了比较成熟的纵断面优化程序系统。例如,英国运输与道路研究所的 HOPS 程序;法国的 Appolon 程序;德国的 EPOS 程序;丹麦哥本哈根工业大学的程序等。1971 年在布拉格召开的 14 届国际道路会议上就有不少报导,并编就了《电算应用论文集》。1971~1972 年就“计算机进行路线最优化设计”召开了几次专门性的国际会议,由联合国经济合作与开发组织写了专题总结报告。报告中曾就意大利西西里岛上一条公路为例,采用以上四个纵断面优化程序进行了实例计算。试算结果表明:各国程序的优化效果是令人满意的。英、法等国的经验表明:纵断面优化程序的应用可以带来节省 15% 的土石方量以及 5% 的经济效益。

70 年代,道路路线设计优化技术拓宽到平面和空间(三维)选线;数字地形模型(DTM)开始应用;计算机绘图技术可直接提供设计和施工图纸。例如,在平面选线优化方面,有英国的 NOAN 程序,美国普度大学的 GCARS 程序,德国的 EPOS-1 程序。美国麻省理工大学把公路路线按三维空间优化开发了 OPTLOG 程序。由于平面线形或空间线形的优化涉及到更多复杂因素,需要大量的计算数据,给研究工作带来较大困难,同时也削弱了程序的实用性。数字地形模型就是把三维的地形资料经过数字化存储于计算机中,可用于等高线地形图绘制、土地填挖体积计算、支持平面和空间优化选线等。数字地形模型是伴随着电子计算机的高速运算和大存储量而产生的。为加快输入速度,可运用数字化仪按等高线地形图直接输入,也可利用航测立体测图仪直接以数据方式输入。随着各种型式绘图机的应用,作为电子计算机的外部设备,可以绘制等高线地形图,公路设计中的纵、横断面图以及路线透视图。

到了 80 年代,很多国家已建立了由航测设备、计算机(包括绘图机、数字化仪等外部设备)和专用软件包形成的组合系统。软件包往往包含从数据采集、建立数字地形模型、优化技术以至进行全套计算机计算、绘图和报表的完整系统。例如,美国路易斯·百杰公司的

CANDID 系统以阿波罗超级小型机为主机,可用于公路、涵洞、桥梁、房屋建筑等方面的设计和绘图工作;德国西门子公司的 SICAD 土地信息和图形处理系统,配备有道路 CAD 专用软件,可在超小型机工作站上接受速测信息,建立数字地形模型,进行道路路线设计和交互式的设计、修改和绘图;芬兰的 ROADCAD 程序系统,以 32 位小型机为主机,应用 Wild 解析立体测图仪直接从航测像片获取地面信息,建立地面信息数据库和数字地形模型,以此进行公路路线的初步设计和施工图设计,最终以施工图纸、屏幕显示或数据打印的方式输出设计成果。

1987 年在布鲁塞尔召开的第 18 届国际道路会议上,有 12 个国家在报告中提到已具备为公路设计绘图用的相当成熟的计算机软件。在正常的生产实践中,一般都已采用数字地形模型表征现场测量成果,然后从计算机中产生完整的图纸。在会议前五年期间的软件开发中,较大的进展为:改变批处理(采用规定格式成批输入数据和输出成果)为交互式对话处理;以数字地形模型为基础进行设计;以及使用更完善的设备如高分辨率显示器和高速绘图仪等进行道路的计算机辅助设计。有的国家建立了具有全国性综合网络的终端和微机系统,使边远地区都能获得极为完善的计算机硬、软件系统,使很多数据采集、道路规划和设计工作能分散地在各地进行。实践证明计算机辅助设计的效率和可靠性确信无疑,新一代的计算机还会更易于运用,各种新的应用软件还会不断的开发,各个国家各种不相同的程序不断出现。

进入 90 年代以来,通过市场竞争,国外逐步出现了若干个较为优秀的道路 CAD 软件,它们试图走向国际化,满足多元化的设计标准,提高柔软性(适应性)。它们克服各国在文字、测设方法、设计标准、技术规范等方面的差别,满足多种不同要求,开发适应于不同国家的版本。目前正在进行汉化试图进入中国市场的有德国 CARD/1 系统、英国 MOSS 系统、美国 Intergraph 系统等。以下对这三种国外的优秀软件作一个概略的介绍。

1. 德国 CRAD/1 软件系统

CARD 的原意是计算机辅助道路设计(Computer Aided Road Design)。德国 Basedow & Tomow 软件公司最新推出了 CARD/1-7.0 版本,经历了十余年的历史。原先 CARD/1 系统是一个从运用中发展起来的专门适用于道路测量和设计的软件包,到目前为止,它向土木工程领域中伸展,使 CARD/1-7.0 版本已具备了测量、道路、铁道、排水四个子系统。

CARD/1 系统特别适用于道路的勘测与设计,对于铁道、排水以及建筑景观规划、水利工程、矿山工程等各种土木工程也能有效地使用。在使用该系统过程中,从测量和数据采集开始,经数据的传输和处理、中线设计、纵断面和横断面设计、土石方计算,直到交付使用的施工图纸和文件,都可随时高效地完成任务。其主要特点为:

(1) CARD/1 是一个在生产实践中开发并服务于生产实践的系统,比较实用,界面友好,操作方便,易于学习和掌握。在使用时可随时调用相应的“在线帮助”信息。

(2) 在该系统的开发中,一开始就立足于微机平台以利于推广。原先可适用于 386,486 微机(2~4M 内存,MS-DOS 操作系统,硬盘容量要求 40~200M,屏幕 VGA 1024×768),目前普遍适用于奔腾微机(16M 内存,1G 硬盘)。

(3) 该系统采用模块化结构,模块相对独立,构成了通用的 CAD 整体,所有程序之间一般的数据交换无需人工的中间处理过程。如果不需要这样功能齐全而复杂的系统,则模块