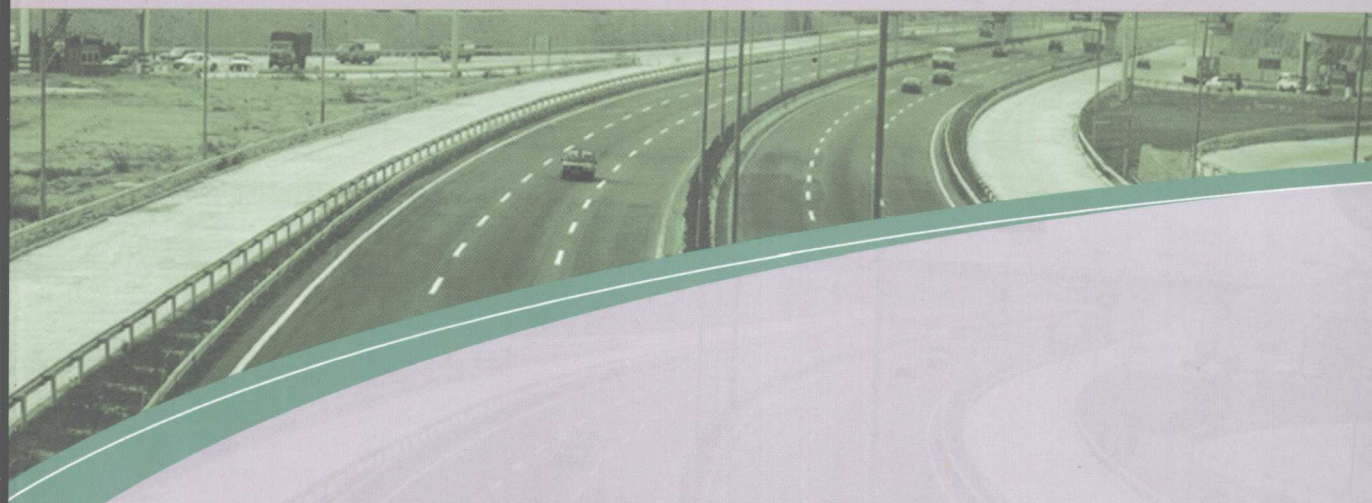


高等学校道路与桥梁专业规划教材

道路CAD

及其实用程序、工程实例

周艳 张华英 主编



中国建筑工业出版社

高等学校道路与桥梁专业规划教材

道路 CAD

及其实用程序、工程实例

周 艳 张华英 主 编
潘瑞松 宋君超 副主编

提供实用性源程序
依据现行设计规范
介绍翔实设计案例
结合流行设计软件
内容全面范围广泛

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

道路 CAD 及其实用程序、工程实例/周艳, 张华英主编.

北京: 中国建筑工业出版社, 2009

高等学校道路与桥梁专业规划教材

ISBN 978-7-112-10888-6

I. 道… II. ①周…②张… III. 道路工程-计算机辅助
设计-应用软件, AutoCAD-高等学校-教材 IV. U412.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 050836 号

计算机辅助设计(CAD)技术在道路工程中已经被广泛使用, 本书正是针对道路 CAD 的学习与应用而编写的。本书共分 5 章, 第 1 章、第 2 章介绍了 AUTOCAD 绘图的基本知识、道路设计二次开发的工程实例, 并且介绍了绘制路线缓和曲线及挡土墙的详细步骤; 第 3 章作为本书的核心, 介绍了道路 CAD 系统的思想, 平、纵、横及支挡结构、柔性路面的实用程序设计、道路透视图的绘制; 第 4 章介绍了数字地面模型与道路 CAD 方面的新发展和新技术; 最后一章根据现行规范, 结合设计实例, 详细介绍了应用纬地程序完成道路主线平面设计的案例, 具有很强的实用性和可操作性。

* * *

责任编辑: 王磊 姚荣华

责任设计: 董建平

责任校对: 刘钰 陈晶晶

本书附配套课件, 下载地址如下:

www.cabp.com.cn/td/cabp18137.rar

高等学校道路与桥梁专业规划教材 道路 CAD 及其实用程序、工程实例

周艳, 张华英 主编

潘瑞松 宋君超 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19 字数: 474 千字

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月第一次印刷

定价: 32.00 元(附网络下载)

ISBN 978-7-112-10888-6

(18137)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

道路计算机辅助设计系统随着计算机软硬件及公路勘测事业的发展得到了快速的发展,而“道路 CAD”课程正是为了适应我国公路勘测和道路设计逐渐由传统的设计方法向计算机自动化设计转变而开设的,截至目前,已培养了大批能够熟练掌握道路计算机辅助设计方法并且应用于设计工程实践的专业人才。编者自 1998 年开始从事道路计算机辅助设计的教学,曾编写《道路 CAD》讲义,作为该课程的试用教材。现综合长期的实践经验编写了本书。

编者在计算机辅助设计的教学时发现,适合作为道路计算机辅助设计课程教学的教材非常少:部分教材单单介绍用 AUTOCAD 来绘制道路、桥梁的工程图;部分教材仅介绍了道路路线计算机辅助设计的思想,而没有介绍路基、路面及支挡结构物的计算机辅助设计。本书集道路路线、路基、路面、支挡结构的计算机辅助设计系统于一体,同时介绍便于工程应用的实用程序、已有道路 CAD 系统的应用实例等,是一本比较全面、实用的介绍道路计算机辅助设计的教材。另一方面,随着道路计算机辅助设计的快速发展,已有的一些相关书籍显得比较陈旧,因此有必要将一些道路计算机辅助设计的新的方法、新的应用程序介绍给学生。

根据十几年的教学经验,编者结合其他各方面的道路计算机辅助设计书籍及道路计算机辅助设计的新的的发展,应用面向对象并且有友好界面的 VB 程序重新编制了一系列实用程序,包括能够在外业测设现场实时应用的道路平曲线要素计算、敷设程序,红外线仪实地放线程序,能够与 EXCEL 之间进行大量数据输入输出的纵断面设计高程计算程序、重力式挡土墙设计程序,应用程序调用 AUTOCAD 绘制挡土墙断面图,柔性路面设计程序等。这些程序编制深入浅出,且附有源程序及程序流程图、程序说明,易于学生理解、掌握,并且具有很强的实用性,界面非常易于操作。每一个程序都设计了工程实例,并经过手算与其他应用软件的验证。

本书共分 5 章,第 1 章、第 2 章介绍了 AUTOCAD 绘图的基本知识、道路设计二次开发的工程实例,并且介绍了绘制路线缓和曲线及挡土墙的详细步骤;第 3 章作为本书的核心,介绍了道路 CAD 系统的思想,平、纵、横及支挡结构、柔性路面的实用程序设计、道路透视图的绘制;第 4 章介绍了数字地面模型与道路 CAD 方面的新发展和新技术;第 5 章根据现行规范,结合设计实例,详细介绍了应用纬地程序完成道路主线平面设计的案例,具有很强的实用性和可操作性。

本书在编写过程中,参考了有关标准、现行规范、教材和论著,其中主要的参考资料列在了参考文献中。在编写过程中,应用了 HintCAD 和 HPDS 软件,在此向这些编著者及 HintCAD 和 HPDS 软件的开发者表示衷心的感谢。

本书其中第1章、第2章由张华英、宋君超编写，第3章由周艳编写，第4章由潘瑞松编写，第5章由周艳、张华英编写。全书所有程序编制工程应用实例均由周艳完成。全书由周艳负责统稿。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 CAD 技术及道路 CAD 系统概述	1
1.1 CAD 的基本概念	1
1.1.1 CAD 的定义	1
1.1.2 CAD 的组成	2
1.2 道路 CAD 系统	3
1.2.1 系统整体结构	3
1.2.2 系统运行的硬件环境	6
1.2.3 系统运行的软件环境	8
1.3 道路 CAD 发展概况	9
1.3.1 道路 CAD 的发展阶段	9
1.3.2 国内道路 CAD 新技术的开发和应用概况	10
1.3.3 国外道路 CAD 新技术的现状与发展趋势	12
第 2 章 AUTOCAD 的基础知识	18
2.1 AutoCAD 概述	18
2.1.1 AutoCAD 简介	18
2.1.2 AutoCAD 使用的基础知识	19
2.1.3 二维绘图	27
2.1.4 图形编辑命令	32
2.2 AutoCAD 与高级语言的接口	61
2.2.1 脚本文件的格式及执行	61
2.2.2 用高级语言生成脚本文件	63
2.2.3 脚本语言应用	70
2.2.4 型文件	78
2.2.5 线型文件	80
2.2.6 图案文件	81
2.3 AUTOCAD 的道路工程应用实例	83
2.3.1 路线平面设计图的绘制	83
2.3.2 挡土墙设计图的绘制	91
2.3.3 工程图例	104
第 3 章 道路 CAD 系统设计及实用程序设计	106
3.1 道路平面线形计算机辅助设计	106
3.1.1 道路平面线形设计系统的总体设计	106
3.1.2 路线外业——中桩组曲线测设计算实用程序	112

3.1.3 路线外业——选线组平曲线设计实用程序	126
3.1.4 红外线极坐标法实地放线实用程序设计	132
3.2 道路纵断面线形设计	140
3.2.1 道路设计原始数据	140
3.2.2 输入纵断面地面线	144
3.2.3 初拟设计方案	145
3.2.4 纵断面设计高程计算实用程序	147
3.2.5 纵断面设计方案研究	154
3.2.6 纵断面图的绘制	154
3.3 道路横断面线形设计	155
3.3.1 横断面设计所需要的原始资料	156
3.3.2 路基横断面的标准形式	157
3.3.3 横断面自动设计	157
3.3.4 横断面设计中应注意的一些特殊情况	160
3.3.5 土石方计算	162
3.3.6 道路横断面图的绘制	163
3.4 重力式挡土墙设计	163
3.4.1 概述	163
3.4.2 土压力计算及实用程序	166
3.4.3 稳定性验算及实用程序	178
3.4.4 挡土墙工程量计算及实用程序	183
3.5 路面设计及计算	189
3.5.1 柔性路面设计程序实例	189
3.5.2 HPDS 程序工程应用实例	195
3.6 道路路线透视图	203
3.6.1 道路路线透视图概述	203
3.6.2 透视图绘制原理	204
第4章 数字地面模型与道路 CAD 新技术	208
4.1 地形数据的采集与处理	208
4.2 数字地形模型及应用	212
4.2.1 道路 CAD 系统核心模型	212
4.2.2 数字地形模型	215
4.2.3 数字地形模型用于路线设计的基本方法	225
4.2.4 “3S” 技术在公路勘测设计中的应用	226
第5章 HintCAD 辅助公路路线设计示例	235
5.1 设计项目的相关设计资料	235
5.1.1 设计资料及技术指标说明	235
5.1.2 主要技术指标列表	235
5.2 地形原始资料的格式及处理	236
5.2.1 建立数字地形模型——二维地形图三维化	236

5.2.2 建立数字地面模型	238
5.3 HintCAD 路线平面设计	241
5.3.1 项目设置	241
5.3.2 路线平面定线	243
5.3.3 平面线形组合设计	248
5.4 设计向导及控制参数	257
5.4.1 设计向导	257
5.4.2 项目管理器	259
5.4.3 纬地项目中心	262
5.4.4 设计控制参数	262
5.5 HintCAD 路线纵断面设计	265
5.5.1 纵断面地面线数据的准备	265
5.5.2 纵断面控制点数据	266
5.5.3 交互式纵断面设计与修改	268
5.6 HintCAD 路线横断面设计	272
5.6.1 横断面地面线数据的准备	272
5.6.2 路幅宽度、超高及控制参数数据	274
5.6.3 支挡防护工程数据录入	276
5.6.4 路基设计计算	279
5.6.5 横断面设计与修改	279
5.7 HintCAD 路线设计成果输出	285
5.7.1 平面设计成果输出	285
5.7.2 纵断面设计成果	287
5.7.3 横断面设计成果输出	288
5.8 CARD/1 简介	290
5.8.1 山区高速公路平面定线的特点	290
5.8.2 CARD/1 系统路线轴线设计	291
5.8.3 工程应用	294
参考文献	295

第1章

CAD 技术及道路 CAD 系统概述

计算机辅助设计(Computer Aided Design)是近 40 年来工程技术领域中发展最迅速、最引人注目的技术之一。作为 20 世纪重大技术成就之一, CAD 技术正深刻地影响着当今各个工业和工程领域, 已成为工程设计及科学研究中不可缺少的组成部分。CAD 技术将计算机的高速计算、数据处理和绘图模拟等能力与人类的创造性思维相结合, 为现代设计提供了理想手段, 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 技术最早出现于投资大、成本高的大工业, 如航空领域和汽车制造业, 随后用于电气电子方面。20 世纪 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。随着高性能计算机的出现, 计算速度的提高和计算量的加大, CAD 技术得到了迅猛地发展, 不但能够进行计算和图形处理, 而且能够进行分析、优化设计和管理等。程序日益复杂、功能日益齐全、包括领域十分广泛、界面非常易于操作, 现在已经发展为 CAD、CAE(计算机辅助工程)、CAM(计算机辅助制造)、CAPP(计算机辅助工艺设计)、PDM(产品数据库)和 ERP(企业资源计划)等功能及它们的集成功能。

1963 年, 美国麻省理工学院(MIT)首次建立 CAD 的概念, 40 多年来, 随着计算机技术和微电子学的发展, 价格低廉、性能优良的 CAD 软硬件系统得到广泛的应用。

1.1 CAD 的基本概念

1.1.1 CAD 的定义

1973 年, 当 CAD(Computer Aided Design)的发展还处于它的初期阶段时, 国际信息处理联合会就给了 CAD 一个广义的, 至今仍使人感到耐人寻味的定义: “CAD 是将人和机器混编在解题专业组中的一种技术, 该技术使人和机器的最好性能得到有机联系”。人具有逻辑推理、综合判断、图形识别、学习、联想、思维、情绪、兴趣等能力及特点; 计算机则以运算速度快、精确度高、不疲劳、存储量大、不易忘记、不易出差错以及能迅速地显示数据、曲线和图形见长。所谓做好特性的“联系”就是通过“人机交互技术”, 让人和计算机之间自然方便地进行信息交流, 相互取长补短, 使人和机器的特性得到充分发挥, 从而提高设计能力、缩短设计周期、改善设计质量、降低设计成本。

通常所说的设计包括工程设计和产品设计两大类, 前者比如一条道路、一座桥梁、一幢房屋的设计; 后者比如一台机器、一辆汽车等的设计。设计工作作为一种基本的实践活

动,对社会经济、自然资源、环境以及人们的生活都有着巨大而深刻的影响。因此,运用先进的CAD系统,增强设计能力,对整个社会都是十分重要的。

由于各个设计领域的设计对象不同,其设计原理、方法、流程也各有特点,因而不同设计领域对CAD的理解和解释也有所不同,研究和开发的CAD系统在系统组成及目标上亦各有侧重。

CAD是一个完整的人机混合系统,它主要完成工程设计的方案选择、设计的分析与计算、施工图的设计与绘制、设计文件的编制与打印等任务。所以CAD系统的实际内容包括设计方案的构思和形成、方案的比选、工程计算与优化以及设计图表、表格及说明的自动输出等一系列工作。

从CAD的发展来看,它有两个重要特点:其一是工程计算与图形设计相互结合、互交叉经过多次反复最终产生设计文件;其二是作出几何图形的同时,产生各种表格和设计文件。

1.1.2 CAD的组成

CAD系统的基本构成应包括以下几项内容:

(1) 一个综合性的数据库:是一个通用性的、综合性的以及减少数据重复存储的“数据集合”。它按照信息的自然联系来构成数据库,即把数据本身和实体之间的描述都存入数据库,用各种方法来对数据进行各种组合,以满足各种需要,使设计所需的数据便于提取,新的数据便于补充。它的内容包括设计原始资料、设计标准与规范数据、中间结果、最终结果等。具体地说,一个服务于工程设计的数据库应该存储有如下数据资料:

- ① 各种设计标准图,历史上成熟的设计图纸;
- ② 现行的设计标准与规范;
- ③ 设计所需的原始数据。

(2) 工程计算与绘图软件包:这是一个大型的程序系统,它从数据库中获取设计所需数据进行工程分析与计算,并生成所要绘制的工程图及各种图表。工程计算与绘图软件包包括通用的数学函数和计算程序,以及在设计中所包括的常规设计和优化设计等,即CAD的应用软件包。它是实现工程设计、计算、分析、绘图等具体专用功能的程序,是CAD技术应用于工程实践的保证。

(3) 人机交互式计算机图形处理系统:这里所说的交互式系统指用户与计算机之间有双向通信联系。在这个系统中计算机接收来自键盘、鼠标、数字化仪等输入设备发来的信号,通过图形显示设备显示出设计对象的几何形状,用户可以通过输入设备发出简单的命令,而不需修改程序就可以对屏幕上的图形进行平移、旋转、放大、修改和删除等图形编辑命令,最后在绘图机上绘制出设计者满意的设计图纸,包括几何构型、绘制工程设计图、绘制各种函数曲线、绘制各种数据表格、在图形显示装置上进行图形变换以及分析和模拟等。图形系统是CAD技术的基础。

上述三方面的专业内容,是开发不同专业应用的计算机辅助设计系统必不可少的基础知识,也就是利用计算机提供的软、硬件资源,把图形处理技术、工程数据库技术与工程设计实践结合起来进行设计。因此,可以说计算机辅助设计是一门跨学科、综合性强的技术。

1.2 道路 CAD 系统

道路 CAD 系统,即利用计算机辅助设计系统进行路线设计。在数字地形模型支持下,借助数学方法,由计算机初定平面位置,并通过人机对话对设计方案进行修改,经过不断地人机交互作用,进行优化设计,根据计算机选择的最优方案和地形数字模型提供的地形资料完成整个路线平面、纵断面和横断面设计,以获得切合实际的最优方案,并且在设计完成时可以利用绘图机输出各设计阶段所需的相应的图纸和表格。

道路 CAD 领域的软件最初大致可分为两种类型:一类是适用于结构工程的,如路基、路面、挡墙、桥涵等构造物的 CAD 设计软件;另一类是适用于路线工程设计的。前者侧重于力学数值计算,后者所设计的为带状建筑物,广泛绵延于地面之上,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状况的动态发展因素也对设计产生很大影响。因此它涉及很多地理数据采集工作和图形处理工作。这两种类型的软件在各自不断发展的同时,也有集成到同一软件包的产品出现。

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使用的 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宽可窄。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,做好需求分析和总体设计。

1.2.1 系统整体结构

道路 CAD 软件系统一般包含七个模块,见图 1-1:

- (1) 线路平面测量和高程测量数据的录入、编辑和存储模块、数字地形模型的建立;
- (2) 平面设计、纵断面设计及横断面设计数据的录入、编辑和存储模块;
- (3) 根据路线平面设计,绘制路线平面图;
- (4) 根据路线纵断面设计,绘制路线纵断面图;
- (5) 根据路线横断面设计,绘制路线横断面图;
- (6) 路基结构物的绘制;
- (7) 路基路面结构设计。

1. 数据采集

公路路线设计必须依靠大量的地面信息和地形数据。

(1) 用现代化的测量方法,如:全站仪、自动安平水准仪、航空摄影测量、GPS 测量等。

1) 用现代化的手段如航空摄影测量建立数字地面模型,该方法快速、自动化水平高,但采用专摄影片,需委托航测部门按数据采集的要求订立合同,这种专摄影片受到时间、费用等因素的限制,除非对重点工程项目,在目前条件下对一般公路建设项目工程尚难于推广。

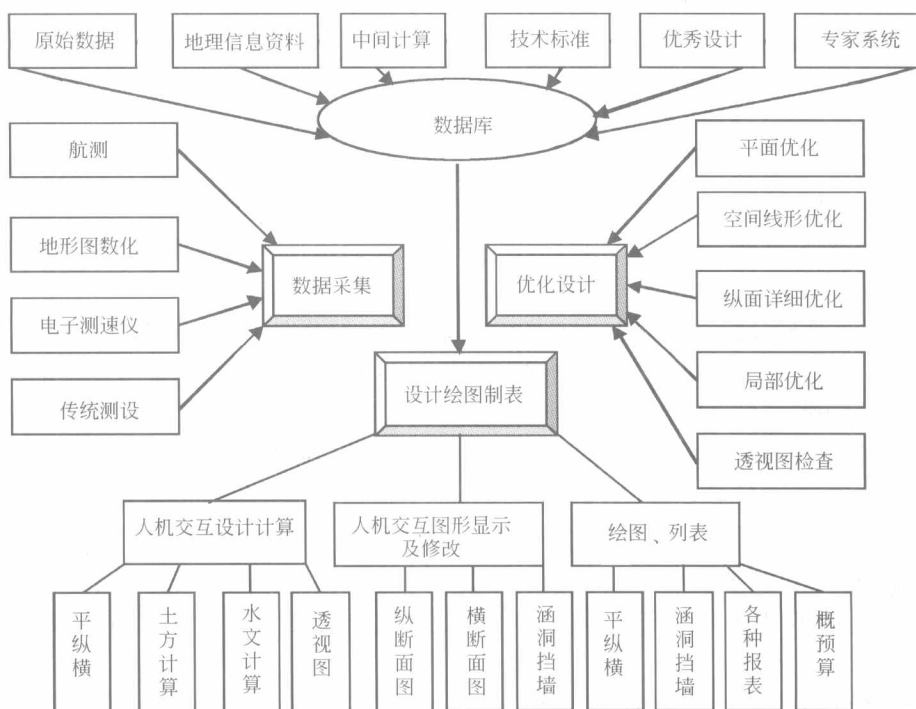


图 1-1 道路 CAD 模块化程序系统示意图

2) 全站仪 TPS——能自动测距、测角，还能快速完成一个测站所需完成的工作，包括平距、高差、高程、坐标以及放样等方面数据的计算。

3) 全球定位系统 GPS——(Global Positioning System)是全球性的卫星定位和导航系统，它能向全世界任何地方的用户观测站提供连续的、实时的位置(三维坐标)、速度和时间信息。整个系统包括空间卫星(24 颗卫星分布于距地面 2 万多米的 6 个轨道上)、地面控制站和用户接收站三个部分。

4) 超站仪 STGPS——如果将 TPS 与 GPS 集成在一起，并研制配套软件系统，则能取 TPS 与 GPS 各自之所长，优势互补，共同完成各自不能独立完成的许多测绘工作，可以克服外业内业交互进行、返工频繁、工期长等许多缺陷。通常的做法是：布设 GPS 控制网—GPS 外业观测—GPS 内业数据处理—TPS 加密控制点—TPS 测量碎部点或工程放样等。

5) GPS-RTK——实时动态(Real Time Kinematic)测量系统，是 GPS 测量技术与数据传输技术的结合，是 GPS 测量技术中的一个新突破。一般由以下三部分组成：GPS 接收设备、数据传输设备、软件系统，在 15km 范围内，其定位精度可达 1~2cm，RTK 测量系统由一套基准站和两套流动站组成。

6) 3S 技术——是卫星遥感技术(RS)，地理信息系统技术(GIS)，全球定位系统技术(GPS)的总称。

新型手表式全球定位系统(GPS)“GPS Pathfinder”，这款新产品仅重 84g，可以通过 GPS 卫星来准确定位佩带者的经纬度、到目标的距离、当前速度等，可存储资料备用，也

可以与计算机终端进行数据交换。

新产品 STGPS, 它将 GPS 接收机置于全站仪上, 与全站仪集成, 既保持了 GPS 和全站仪之所长, 又克服了两者之所短, 是具有超凡功能的高科技测量仪器, 见图 1-2。

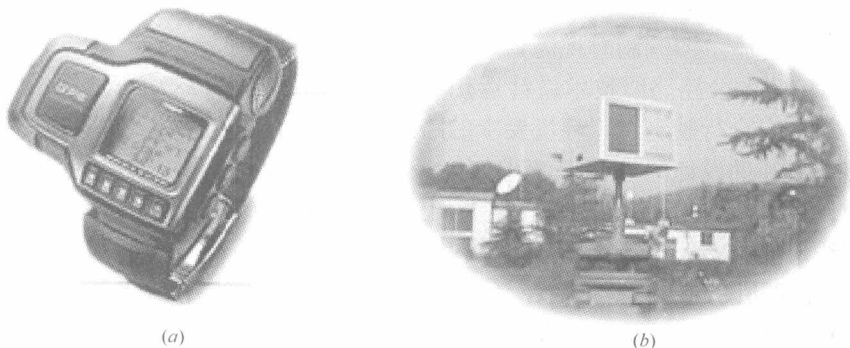


图 1-2 GPS 和 STGPS
(a)GPS; (b)STGPS

(2) 用传统的经纬仪、水准仪和小平板实测。

对于这些传统的仪器和方法, 这里就不作详述了。

2. 路线优化设计

要使公路计算机辅助设计系统能够设计出质量较高且经济效益好的方案, 就必须用到优化技术。在进行优化设计时, 根据不同设计阶段, 有不同的具体要求, 建立一个从粗到细逐级优化的思路。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。从确定路线最优方案的角度出发, 进行路线最优化的方法可分为两类:

第一类: 对于平面或纵断面各种比较方案, 快速准确地完成路线设计, 并计算出各方案的总费用和各项比较指标, 由设计者根据经验选出最佳方案。

第二类: 根据路线的初始方案, 利用最优化理论的数学方法, 由计算机寻找最优设计方案。即输入一个可行方案, 通过数学迭代方法来完成最优方案的求解。

(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。利用研制的计算机程序系统, 设计人员可就对路线可行区域的各种因素作出定量评价。这些定量评价可以按点、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联接的网络结点, 自动生成所有的路线走向方案, 计算出通过各联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。在可行性分析阶段已经优选出的最佳路线带(走廊)的基础上, 根据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(在小范围内移动转折点或改变曲线半径等)以获取最优方案。在优化平面方案时, 也必须平纵优化交叉多次进行。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, 尚可选择另一个如运营费用作为第二个目标函数。

(3) 在技术设计阶段宜采用多个目标函数的公路纵断面优化程序系统。在技术设计阶

段,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。

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,得到安全、舒适的路线和良好的景观。

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光屏上显示并通过人机对话对设计方案进行修改的功能。通过不断地人机交互作用,可获得切合实际的最优方案,在设计完成时可以利用绘图机输出各设计阶段所需的相应的图纸,并由打印机输出工程量和概预算等设计资料。

道路CAD模块化程序系统有四个部分组成,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,各自系统及子系统内的各个程序都成为单独的模块。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,可以不断地把新模块增添到系统内,加强系统功能。

1.2.2 系统运行的硬件环境

整个道路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: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：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：是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：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”，是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。

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 20 世纪 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。20 世纪 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 20 世纪 80 年代中、小型机的功能。当前随着计算机技术的快速发展，家用电脑、笔记本的配置非常高，内存通常可达 1G、硬盘通常也有 100G，有着分辨率极高的液晶显示器，而道路 CAD 系统的运行容量 16MB、硬盘 500MB 即可。对于设计单位，需要多个工程师同时使用终端时，可应用互联网或专设服务器。

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手工键入。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。

如手扶式跟踪数字化仪，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，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。

1.2.3 系统运行的软件环境

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、支撑软件和应用软件。前两者又称为基础软件。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WINDOWS2000、WINDOWSXP等(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++, TmeBASIC, PASCAL, FORTRAN等语言编译系统,供不同的应用场合选用。

2. 支撑软件

开发CAD系统,可以考虑选用一些合适的支撑软件。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 作为支撑软件。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,有很多现成的支撑软件可以利用,如 IASE, 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 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 CAD 应用软件可以采用其他图形软件作为支撑软件进行二次开发,也可独立地做集成化的软件开发,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。

1.3 道路 CAD 发展概况

1.3.1 道路 CAD 的发展阶段

CAD 技术在道路交通领域的迅速发展始于 20 世纪 70 年代。但就道路辅助设计整体看来,其发展历史可追溯至 60 年代。20 世纪 60 年代初,国外开始将计算机运用于公路工程,我国则是 70 年代开始公路 CAD 研究的,共经历了三个阶段:

1. 单纯的数值计算阶段

初级阶段,20 世纪 70 年代,计算机仅用于代替过去用手工进行的常规计算,如公路平曲线要素计算、纵断面设计高程计算、挡土墙土压力计算等。计算机的计算特点:机型庞大,算法语言功能差、操作繁琐、使用不方便。外围设备差、程序功能单一、计算机的应用范围较狭窄。

2. 计算、制表、绘图一体化阶段

中级阶段,20 世纪 80 年代,计算机发展到代替设计人员绘制工程设计图、编制和打印表格。如公路工程的结构分析计算、线形优化和工程概预算编制等。计算机计算特点:个人计算机出现,算法语言功能增强,汉字操作系统不断完善,外设不断改进,从公路野外勘测获取地形数据到内业平纵横设计计算形成了全套成果。

3. 计算机辅助设计阶段

高级阶段,20 世纪 90 年代以后,计算机辅助设计技术得到推广应用,公路工程设计方面的 CAD 研究、开发和应用出现。计算机计算的特点:个人计算机不断更新换代,功能进一步增强,运算速度和内存迅速增加。计算机可以帮助设计人员进行分析、判断和决策,人机交互技术使设计者的工作更加轻松自如,可以不断优化设计,反复修改成果逐步求精,并可以自动形成规定的设计文件,计算机也从以前的被动执行命令变为主动提供提示、警告等。总而言之,计算机已渗透到公路工程科研、设计、施工的各个领域,在公路规划、路线外业勘测和内业设计、公路人工构造物、工程概预算、施工组织管理、试验数据处理、公路养护管理、交通工程等方面都有成功的应用。

但是,也不要忘了人的主导作用,计算机并不是万能的,它只是工具而已,如果试图