

公路工程

实用电算

廖正环 唐 勇 编著
凌天清 高建平

中南工业大学

图书馆藏

人民交通出版社

Gonglu Gongcheng Shiyong Diansuan

公路工程实用电算

廖正环 唐 勇 编著
凌天清 高建平

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是为拥有个人电脑的公路工程师编写的一本关于计算机专业应用的技术读物,目的在于推进电算技术在公路科技领域的普及和提高。书中介绍了公路工程电算程序的编制方法和步骤,并提供了按现行技术规范用 QuickBASIC 语言编制的,包括路线、路基、路面、挡土墙、施工管理、公路试验、工程概预算等内容的实用程序及计算示例。这些程序绝大部分是作者近十年来的工程实践成果,已在实际工程的设计和施工中多次使用,运行稳定,计算结果可靠。只要能操作计算机,并初步具备电算知识的读者都能利用本书的程序解决工程实际问题。本书系统性强,简明实用,可以作为公路与城市道路和桥梁工程专业大中专学生学习《公路电算》课程的教学参考书,也可供路桥专业科技人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程实用电算/廖正环等编著.-北京:人民交通出版社,1998.3

ISBN 7-114-02937-3

I. 公… II. 廖… III. 道路工程-工程计算-程序设计 IV. U412

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 05207 号

公 路 工 程 实 用 电 算

廖正环 唐 勇 编著
凌天清 高建平

责任印制:孙树田

插图设计:李京辉 版式设计:崔凤莲 责任校对:王静红

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

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:17 字数:424 千

1998 年 8 月 第 1 版

1998 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001-4000 册 定价:30.00 元

ISBN 7-114-02937-3

U · 02099

前 言

电子计算机的日益普及和应用,必然引起工程设计方式的变革。通过公路科技工作者多年的探索和实践,公路电算技术有了很大的发展,计算机已逐渐成为公路设计、施工管理工作中不可或缺的工具。因此,熟练掌握和卓有成效地应用电算技术是公路工程师必备的基本素质之一。

由于目前大多数公路工程的应用软件都是针对计算中心编制的,虽然系统十分完善、功能齐全,但需要的设备庞大,运行条件苛刻,个人使用不甚方便。同时,一般公路工程的勘测、施工、试验等都在野外进行,若干计算结果的时效性要求很强,不可能都送到计算中心去等待处理。由此可见,一套系统的、适合在个人计算机上运行使用的公路工程实用电算软件,对广大的公路科技工作者而言是十分必要的,同时,也有助于电算技术在公路工程领域的推广与普及。本书正是针对实际工程的这种需要而编写的,无论是个人还是计算中心使用,都是十分方便的。

书中提供的电算程序,采用 QuickBASIC 语言编写,是作者近十年来的工程实践成果,绝大多数程序都在实际工程中多次使用。考虑到目前市场上有关 QuickBASIC 语言的书籍较多,因此本书不再作介绍。书中涉及的已有商品化软件的内容,如路面设计、概预算编制等,只介绍使用方法和计算示例,无源程序。

全书内容共十章。廖正环编写第一、九章,唐勇编写第二、三、四章,凌天清编写第五、六、七、八章,高建平编写第十章。由廖正环负责全书的统稿工作。

本书是为公路工程专业工程师编写的一本实用技术读物,也可以作为相关专业本专科学学生学习《公路电算》课程的教学参考书。作者希望通过本书将电算知识在公路工程领域中得以普及和推广,进而促进电算技术实际应用水平的提高。

在本书编写过程中,得到有关单位的支持和协助,在此谨表谢意。

由于我们掌握的资料有限,书中内容不尽完善,热忱希望同行专家及使用本书的读者提出宝贵意见,函告重庆交通学院道路工程系(邮政编码 630074),以便修订时参考。

编著者

1997.9

目 录

第一章 公路工程中的电算技术

第一节 公路工程电算的发展	1
第二节 电算技术对公路工程师的要求	2
第三节 公路 CAD 技术	4

第二章 路线平面测设

第一节 常用平曲线测设	7
第二节 特殊平曲线测设	30
第三节 红外仪极坐标法实地放线	47

第三章 公路纵断面设计

第一节 原始数据采集及处理	52
第二节 纵断面设计计算	52

第四章 路基横断面设计

第一节 路基超高及加宽计算	56
第二节 横断面设计及绘图	60
第三节 路基土石方计算及制表	68
第四节 横净距计算	75

第五章 路基稳定性设计

第一节 路基边坡稳定性分析	85
第二节 陡坡路堤整体稳定性验算	98
第三节 滑坡推力计算	108
第四节 加筋边坡设计	114

第六章 重力式挡土墙设计

第一节 程序设计思路	122
第二节 土压力计算	122
第三节 挡土墙计算	124
第四节 源程序及算例	125

第七章 加筋土挡土墙设计

第一节 基本原理及设计总框图	140
第二节 内部稳定性分析	141
第三节 外部稳定性验算	144
第四节 源程序及算例	147

第八章 路面设计与计算

第一节 柔性路面设计指标计算	172
第二节 柔性路面结构设计	176

第三节 水泥混凝土路面设计.....	192
第九章 公路施工、管理及试验	
第一节 解线性规划问题.....	201
第二节 施工网络图计算.....	209
第三节 求最短路径.....	217
第四节 频数分布直方图.....	222
第五节 试验数据分析——一元曲线.....	230
第六节 试验数据分析—— n 次多项式	237
第十章 公路工程计算机辅助造价系统	
第一节 概述.....	243
第二节 计算机辅助概(预)算系统的设计思想和目标.....	244
第三节 XJTU 系统简介.....	246
第四节 XJTU 系统的应用	251
主要参考文献	265

第一章 公路工程中的电算技术

第一节 公路工程电算的发展

自 70 年代以来,电子计算机技术在我国科学研究和工程技术领域逐渐推广应用。经过 20 余年的发展,我国公路工程中的电算技术,大致经历了以下几个阶段:

1. 单纯数值计算阶段

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、纵断面设计高程、挡土墙的土压力等。虽然成倍提高了计算速度和数据的准确性,但计算机只是根据各个单项程序在研究和设计工作的某些环节上孤立地发挥作用。

当时的计算机体形庞大,算法语言的功能差,操作繁琐,使用很不方便。由于主机功能弱、外围设备差,因此,开发的电算程序主要是数据处理和分析计算。程序功能单一,尚未形成较完善的程序系统,因而计算机的应用范围就较为狭窄。

2. 计算、制表、绘图一体化阶段

进入 80 年代,由于个人计算机的出现,算法语言功能的增强和汉字操作系统的不断完善,以及各类打印机、绘图机等外围设备不断改进,公路工程电算从数值计算发展到代替设计人员绘制工程设计图、编制和打印设计表格等。

这一阶段的应用,包括了从野外测设获取地形数据到公路路线内业的平面、纵断面和横断面的设计计算,最后形成路线设计的全套成果。应用的重点是路线设计程序系统,采用的算法语言主要是 FORTRAN 和 BASIC。这一阶段,电算在公路工程的结构计算、线形优化和工程概预算的编制等应用中取得了显著成绩。

3. 计算机辅助设计阶段

从 80 年代末至今,个人计算机不断更新换代,功能进一步增强,运算速度和内存迅猛增加,其水平已超过以往的小型或中型计算机。特别是数据库技术、图形支持软件、人机交互技术、图形终端等的发展,促进了计算机辅助设计(即 CAD)技术的推广应用。公路工程设计方面的 CAD 研究、开发和应用,也是在这一时期出现的,TrueBASIC 语言和 C 语言开始用于公路电算程序的系统开发。

计算机辅助设计的主要标志是:在选择设计参数、拟定初始设计方案阶段,计算机可以帮助设计人员进行分析、判断和决策;在设计过程中,人机交互技术使设计者和计算机紧密联系,不断优化设计;设计成果是在计算机屏幕上反复修改、逐步求精,并按有关技术规范的要求自动形成设计文件。目前,公路 CAD 技术还处于较低的层次,因为,人机交互设计能力很弱,对有关设计标准、设计规范和路用建筑材料力学参数的工程数据库、现行设计图和各种标准图的图形数据库的研究开发方面,所做的工作还不够深入。现有的诸如小桥涵、挡土墙等公路人工构造物的设计程序还没有形成规模和系列。

总之,计算机技术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非常成功的应用。

但是,公路的规划与设计要综合考虑自然、环境、经济、技术、美学、政治等多种因素,而这些因素很难用明确的数学模型和数学公式来表达,因此,试图寻求一种将整个设计工作转嫁给计算机的一劳永逸的方法是很不现实的。电算技术的发展,对传统的公路设计方法是一个严峻的挑战,在计算、绘图、制表等方面都发生了革命性的变化,但在确定设计参数、生成设计方案、构造物的结构形式等重大的关键问题上,人的作用始终是主导性的。

第二节 电算技术对公路工程师的要求

电算技术的推广应用,已在工程技术领域产生了巨大的效益。速度快、精度高、费用省、调整和修改十分方便,这些优点是传统的方法无可比拟的。正因为如此,电算技术的应用日益广泛,可以说,现在任何工程的设计和施工都离不开电子计算机。因此,掌握电算知识和技能已成为工程技术人员知识结构的重要组成部分。从目前电算技术的发展水平和公路工程的实际需要出发,为了正确而有效地应用计算机,一个合格的公路工程师应掌握以下基本知识。

一、具备计算机的基本知识

1. 计算机的组成、结构及工作原理

这里所说的计算机是指微机,即个人计算机(PC机),是应用电算技术进行工作的必需设备。应了解微机硬件结构和功能,了解键盘、显示器、打印机、软硬盘驱动器等微机常用输入、输出设备的基本配置、原理和用途。

2. 程序设计语言与数据库语言

掌握 BASIC 语言(包括 TrueBASIC 和 QuickBASIC)或 FORTRAN 语言的程序结构、语句、函数、变量等的格式、功能和用法,了解 C 语言的基本结构和特点,了解数据结构、数据库的基本概念,了解 dBASE 等数据库语言的基本功能和用法。

3. 微机操作系统

掌握和熟悉微机操作系统。主要是掌握 DOS 及汉字 DOS 系统的基本概念、汉字信息处理原理和常用的 DOS 命令的格式、功能和用法,以及 Windows 和 Windows 下的中文平台等。

4. 常用微机工具软件

至少掌握一种中文文字处理软件和表格处理软件的基本用法,了解 DOS 文件管理和磁盘管理工具,如 PCTools、Norton Commander 的基本功能和用法。

5. CAD 基础

了解计算机辅助设计即 CAD 的基本概念,了解计算机绘图的原理、交互式绘图软件 AutoCAD 的基本功能和用法。

6. 计算机病毒知识

了解计算机病毒对电算技术应用的危害性,掌握常用查毒、杀毒软件的使用方法等。

二、掌握计算机的操作技能

1. 微机系统及其外围设备的操作使用

严格按正确的开机、关机步骤操作使用计算机。掌握软、硬盘的使用方法,熟悉键盘、显示器、打印机、绘图机、鼠标器、数字化仪等设备与主机的连接步骤和方法。

2. 键盘操作技能

牢记键盘上各键的键位和功能,熟练掌握键盘操作的基本指法和键盘录入的基本技术。至少应掌握一种汉字输入方法。了解键盘操作的技巧,提高操作速度,减少差错。

3. DOS 及各种工具软件的操作使用

熟练应用 DOS 命令或借助工具软件完成基本的 DOS 操作。值得注意的是,由于电算技术的飞速发展,DOS 和各种工具软件更新换代频繁,新的版本不断出现,应随时吸收新的知识,提高计算机的利用效率。

4. 电算程序的编制、输入、编辑、调试及运行

能针对工程实际问题,运用算法语言编制计算机程序,并能将程序输入计算机进行修改、编辑、调试,运行后得到正确的计算结果。

掌握计算机的操作技能,关键是要加强上机操作实践环节的训练。上机操作,需要具备计算机的基本知识,而这些知识,在操作过程中更能加深理解,两者是相辅相成、缺一不可的。因此,学习和掌握电算技术,上机实践是十分重要的。

三、能使用和维护工程技术软件

当前,国内公路交通部门已引进和开发了若干较为成熟的公路专业电算软件,在公路路线、路基、路面、桥涵、挡土墙、施工组织管理等方面都有可供使用的电算程序。对于具备基本电算知识和操作技能的一般工程技术人员,只要按照使用说明进行操作,都能掌握和使用这些软件。但是,公路科学技术和计算机科学技术都在不断发展,例如,新材料、新技术的出现,工程设计标准、施工规范的修改,计算机功能的增强等,都将导致现有软件的功能落后于现实的科技水平,这就不可避免地要对现有的软件作不同程度的修改、调整、扩充,使之适应变化了的情况,或符合本地区、本部门的设计惯例,或掌握计算机的新功能等,这就是所谓的软件维护。进行软件维护,首先要能读懂、理解源程序;其次要求有一定的编程经验,同时还必须对软件涉及的实际工程技术问题有较深入的了解。因此,软件维护对公路工程师的计算机知识水平和实际的操作能力都提出了较高的要求。

四、能开发和研制公路专业软件

这是对公路工程师的更高要求。一般的专业软件由公路专业电算人员完成,必要时还需要计算机专业人员的协助和配合。

软件开发,包括一般计算程序设计和大型软件系统设计两个层次。

一般计算程序设计就是通常所说的计算机编程,即针对某一工程设计的计算问题,用计算机语言编制的能解决该问题的独立程序。任何程序都由相互关连的语句系列组成,如路线设计

高程计算、土压力计算、公路交通量换算、边坡稳定性验算等,都属于一般计算程序设计。

大型软件系统设计,就是将单个的独立应用程序有机地组合起来,形成一个能完成整个工程设计任务的综合性程序系统的过程。大型软件系统设计,不仅要有高级语言和娴熟编程技术的支持,而且还应注重按软件工程的观点和方法进行设计,并同时考虑使用方便。因此,实际工作中一般都要经过系统分析、设计、编程、调试和运行等五个阶段。所谓软件开发,主要就是指大型软件系统设计,如公路路线 CAD 系统、桥梁 CAD 系统等就属于大型软件系统设计的成果。

公路工程电算技术在我国日益普及,传统的公路设计方法和步骤正在被日新月异的电算技术取代。一个合格的公路工程师,应该很快学会使用商品化的软件,并具备一定的软件维护能力和初步的软件开发能力,才能跟上时代前进的步伐,使我国的公路电算整体水平不断提高。

第三节 公路 CAD 技术

一、CAD 的基本概念

随着计算机技术的发展,国外自 60 年代后期开始研究一项旨在利用计算机帮助人们完成设计过程的新技术——计算机辅助设计,英文名称为 Computer Aided Design,缩写成 CAD。这项技术从原来的电子领域逐步扩展到机械工程和土木工程领域,甚至被引伸到管理、教育等学科门类而出现了 CAM、CAE 等等。今天,CAD 技术已日益成为现代设计的重要手段之一。

所谓 CAD 技术,就是人和计算机之间通过“人机交互技术”建立联系,充分利用人的逻辑推理能力、综合判断能力、图形识别和联想思维能力等特点,与计算机的运算速度快、数据精度高、不疲劳、记忆能力强、不易出错、成图迅速等特长,相互取长补短,实现信息交流,使人和计算机都能充分发挥自身的优势,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。

由于各设计领域的设计对象、原理、方法各有特点,因而不同领域对 CAD 的理解亦有差异。就工程设计 CAD 而言,可以这样说,CAD 是一个完整的人机混合系统,该系统能综合各种因素,按最优的方式选择工程设计方案、进行分析计算、设计与绘制工程图、编制与打印设计文件等。因此,CAD 系统的实际内容包括了工程设计方案的构思和形成、方案的比较和选择、设计计算与优化,以及设计图纸、表格及说明等的自动输出这一系列工作。

要实现以上目的,CAD 系统的基本构成应包括的内容有:①一个综合性的数据库,容纳若干通用数据,如标准图、设计规范、基本的原始数据(材料的力学强度、土的地质参数、气象资料等);②工程计算与绘图软件包,能依据数据库中的数据进行分析、计算,并生成和绘制相应的工程设计图表;③人机交互式计算机图形处理系统,利用该系统进行人与计算机之间的双向通讯联系,通过屏幕对图形进行平移、放大、旋转、增补、删除等,从而得到优化的设计图纸。

二、公路 CAD 系统配置

公路 CAD 系统包括路线设计 CAD 和结构设计 CAD 两大子系统。就我国目前的水平,完

成路线几何设计的路线 CAD 已日臻完善,而用于路基、路面、桥涵、挡土墙等结构物设计的结构设计 CAD 有待进一步研究。下面介绍的是我国目前正在使用的几个公路 CAD 的基本配置。

1. 系统硬件配置

1) 主机

要求使用 386 以上的微机,也可用超级小型机作为系统主机。考虑到大型结构计算的需要,以及今后逐渐面向 Windows 操作环境的趋势,主机内存应在 4M 以上,CPU 选用 486 以上芯片。

2) 输入装置

除常规的键盘、鼠标器等输入装置外,为了能够输入图形,还应配置能实现图数转换的图形数字化仪。

公路 CAD 系统多采用美国 HI 公司生产的 TG 系列数字化仪。目前该设备主要用作输入路基横断面地面线,以建立横断面地面线资料数据文件。

3) 输出装置

输出装置有显示器、打印机和绘图机。

显示器是基本输出设备,是实现人机对话的窗口。为适应复杂图形的显示,应选用 SVGA 高分辨光栅扫描彩色图形显示器。在一些大型系统中采用两个显示器,一个用于命令提示和文件输出,一个用于图形监视。

打印机宜选用具有图形打印功能的机型,以便将屏幕显示的图形拷贝下来,供中间分析用。针式、喷墨式和激光打印机均可。

绘图机按结构形式有平板式和滚筒式两种,按控制方式有开环控制和闭环控制。公路 CAD 系统多配备滚筒式绘图机,绘图机的大小不应小于 A3 型号,以适应交通部《公路工程设计文件编制办法》规定的图幅规格。开环式控制绘图机的绘图精度较低,因此,条件允许时,宜配置闭环控制绘图机。

4) 人机对话装置

人机对话装置包括键盘、鼠标器、数字化图形输入板或触摸屏幕等指示设备。通常通过移动鼠标器来实现人机对话的各种操作。

5) 外存储器

经常使用的存储介质是软磁盘和硬盘,目前由 CD-ROM 驱动的大容量光盘也开始逐渐作为系统的外存使用。

2. 系统软件配置

1) 面向用户的系统软件

包括各种源程序设计语言及其编译程序、解释程序、汇编程序等构成的语言加工系统,应用软件包,数据库及各种工具软件。

2) 面向计算机的系统软件

包括诊断修复系统,输入输出控制系统,操作系统等。

3) 图形核心系统

是一种通用的辅助绘图软件,它可提供一组实体如直线、圆、曲线、文字、符号等用来构成图形,同时可按设计者的需要对图形进行修改、调整;而不需重新编制程序。

目前最流行的图形核心系统是 AutoCAD 辅助绘图软件包,以及 GKS 和 CANDID 等绘图软件包。在系统配置的软件中,与工程设计人员直接有关的还是面向用户的应用软件包。

三、实用公路 CAD 系统简介

以下介绍的是近十余年来国内外已开发研制成功的较为完善、实用的公路 CAD 系统的概况。读者从中可以看到,计算机技术在公路工程中的应用前景是十分广阔的。

1. 高等级公路路线综合优化和 CAD 系统

国家“七五”重点科技攻关项目,是在 APOLLO 图形工作站上开发完成的。

系统采用航空摄影测量技术或带有自动记录器的电子仪器进行地形数据采集,直接传输进计算机生成数字地形模型,然后人机交互地进行路线平、纵、横设计优化及人工构造物的设计,分析工程造价,完成设计图表的屏幕编辑,最后输出整个设计文件。

工程实践表明,该系统能覆盖路线内业设计工作量的 60%~70%,提高设计效率 3~5 倍,提高绘图效率 20 倍以上,节约工程造价约 2%~3%。采用路线平面和纵断面的优化技术后,能减少土石方工程数量 5%~10%。

2. ESPADD 公路、桥梁、建筑专家系统

由美国 Louisberge 国际工程公司研制的能用于公路工程自动设计的应用软件包,主要内容有 CANDID 交互式绘图系统和以下专业程序:土石方调配程序,计算道路用地程序,等高线绘制程序,公路透视图绘制程序,多孔涵洞设计及绘图程序,简支梁桥设计程序,连续梁桥、框架桥、斜拉桥设计计算程序,预应力计算和自动布筋程序,桥梁上部结构和下部结构绘图程序。

3. 公路路线计算机辅助设计系统

国内多家单位均有研制成果,系统组成结构、系统功能目标大同小异,都能完成路线平、纵、横设计计算,土石方计算和调配,纵、横断面及路线透视图绘制,各种设计表格的自动打印输出等一般任务。但在线形优化、人机界面、图形编辑修改、工程数据库应用方面,则各有特色。

今后,路线 CAD 系统应进一步向公路动态仿真、立交枢纽三维透视、线形模糊评价、平面线形优化、自动化选线专家系统的方向发展,并在人机交互技术、人机界面等方面进一步深化和完善。

4. 公路构造物设计 CAD 系统的开发应用

公路构造物 CAD 系统主要完成公路路基边坡、支挡结构物、路面结构、桥涵、立交枢纽等公路人工构造物的设计计算任务。

在路基稳定性方面,已有用于直线滑动面和圆弧滑动面的边坡稳定性分析、陡坡路堤整体稳定性计算、滑坡推力计算的程序。在支挡构造物设计方面,已有比较成熟的重力式挡土墙、加筋土挡土墙设计计算程序。路面设计方面,已有可以完成路面厚度计算与优化、旧路补强设计、多圆荷载作用下的多层弹性体系的多点应力与弯沉计算程序,并出现了商品化的沥青路面、刚性路面设计软件。

国家“七五”重点科技攻关项目“高等级公路桥梁 CAD 系统”,是一个大型集成化的软件系统,分为桥梁结构布置、桥梁结构有限元分析、桥梁施工详图设计、桥梁工程造价分析等子系统,可以拟制草图、拼装三维模型、进行强度检验及常用中小桥设计等,能覆盖整个桥梁设计内业工作量的 50%。“八五”期间,桥梁 CAD 系统重点开发大跨度和弯坡斜桥,以及桥梁设计专家系统,逐步实现智能化的桥梁 CAD 系统。

由于公路人工构造物的多样性,要开发一个包罗万象的通用 CAD 系统是很困难的。目前已有的构造物 CAD 系统,也还需进一步开发,尽快提高其标准化、规范化、实用化程度。

第二章 路线平面测设

路线平面测设包括路线平面设计和路线敷设两项工作。公路路线由直线和曲线组成。曲线组合类型多,占路线总长的比例较大,曲线测设计算是影响路线平面测设进度和质量的重要因素。

本章着重讲述各类平曲线测设计的电算方法及红外仪放线的电算程序。

第一节 常用平曲线测设

一、单交点平曲线

如图 2-1 所示,只设一个 JD 点的平曲线称单交点平曲线。平曲线由前缓和曲线 LS_1 、中间圆曲线 LY 、后缓和曲线 LS_2 构成。当 $LS_1=LS_2=LS$,即前后缓和曲线等长时,称对称基本型平曲线,否则称非对称基本型平曲线;当 $LY=0$,即整个平曲线由前后两段缓和曲线首尾相连时,称凸型曲线。当两个单交点平曲线首尾相连时,还可构成所谓 S 型曲线或 C 型曲线。

1. 单交点平曲线设计

确定圆曲线半径和缓和曲线长是平曲线设计的主要任务。考虑地形、地物、设计标准及线形协调等要求,半径 R 和缓和曲线长 LS 值根据不同情况可分别由外距 E 、切线长 T 及曲线上任一点的支距 t_0 、 y_0 求得。

1) 外距控制

(1) 编程依据

将外距计算公式

$$E = \left(R + \frac{LS^2}{24R} \right) \sec \frac{PJ}{2} - R$$

变换为有关 R 的一元二次方程标准形式:

$$\left(\sec \frac{PJ}{2} - 1 \right) R^2 - ER + \sec \frac{PJ}{2} \cdot \frac{LS^2}{24} = 0 \quad (2-1)$$

式中 LS 若由设计人员选定,则解方程求得 R 值;若需满足线形协调要求,程序按 $LS=LY$ 的附加条件与上式联立解算出 R 、 LS 值。

(2) 源程序

外距控制单交点平曲线设计源程序

· 外距控制单交点平曲线设计

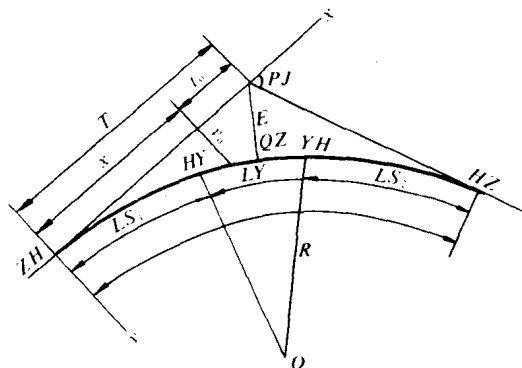


图 2-1 单交点平曲线

```

DECLARE SUB QG (X!, A!!, B!!, C!!)
DECLARE SUB DH (RAD!, DMS!)
COMMON SHARED PI
CLS
PI = 3.14159
INPUT "路线偏角 PJ="; JP
CALL DH(PJ, JP)
M1: INPUT "控制外距 E="; E
INPUT "需满足线形协调要求吗? (y/n)"; YN$
YN$ = UCASE$(YN$)
IF YN$ = "Y" THEN
R = E / ((1 + PJ ^ 2 / 96) / COS(PJ / 2) - 1)
LS = PJ / 2 * R: LS = CINT(LS)
ELSE
INPUT "拟定缓和曲线长 LS="; LS
END IF
A = 1 / COS(PJ / 2) - 1: B = -E: C = 1 / COS(PJ / 2) * LS ^ 2 / 24
CALL QG(R, A, B, C)
IF R = 0 THEN BEEP: BEEP: PRINT "缓和曲线过长或外距过小,请重新拟定其值!":
GOTO M1
T = (R + LS * LS / 24 / R) * TAN(PJ / 2) + LS / 2
E = (R + LS * LS / 24 / R) / COS(PJ / 2) - R
LY = PJ * R - LS: L = LY + 2 * LS
LPRINT
LPRINT "路线偏角          PJ="; USING "####.###"; JP
LPRINT "圆曲线半径        R ="; USING "####.##"; R
LPRINT "缓和曲线长        LS="; USING "####.##"; LS
LPRINT "切线长            T ="; USING "####.##"; T
LPRINT "外距              E ="; USING "####.##"; E
LPRINT "中间圆曲线长      LY="; USING "####.##"; LY
LPRINT "平曲线总长        L ="; USING "####.##"; L
LPRINT
INPUT "计算结果满足标准要求吗(y/n)", YN$
PRINT
YN$ = UCASE$(YN$)
IF YN$ = "N" THEN GOTO M1
PRINT "程序结束!"

```

```

END
SUB DH (RAD, DMS)
'度分秒化弧度子程序
JD = ABS(DMS); D = INT(JD); M = INT(JD * 100) - D * 100
S = JD * 10000 - D * 10000 - M * 100
RAD = D + M / 60 + S / 60 / 60
RAD = RAD * PI / 180; RAD = RAD * SGN(DMS)
END SUB
SUB QG (X, A1, B1, C1)
'一元二次方程求根子程序
D = B1 ^ 2 - 4 * A1 * C1
IF D < 0 THEN X = 0: EXIT SUB
X = (-B1 + SQR(D)) / 2 / A1
END SUB

```

(3)标识符及程序说明

PI——圆周率；

JP——用度分秒形式输入的路线偏角值，若路线偏角为 $24^{\circ}16'32''$ ，则输入 24.1632；

R——圆曲线半径；

LS——缓和曲线长；

PJ——将度分秒形式转换为度形式后的偏角值。

程序运行后，若拟定的缓和曲线过长或控制外距过小，将导致式(2-1)无解，此时应根据屏幕提示重新键入合适的控制值。

(4)算例

某公路曲线偏角实测为 $30^{\circ}47'28''$ ，为保证曲线内侧一楼房不拆除，需控制曲线外距不大于 8m。按预先选定缓和曲线长 40m 和满足线形协调要求两种情况，程序输出结果如下：

路线偏角	PJ=30.4728	路线偏角	PJ=30.4728
圆曲线半径	R=205.92	圆曲线半径	R=198.51
缓和曲线长	LS=40.00	缓和曲线长	LS=53.00
切线长	T=76.79	切线长	T=81.32
外距	E=8.00	外距	E=8.00
中间圆曲线长	LY=70.66	中间圆曲线长	LY=53.68
平曲线总长	L=150.66	平曲线总长	L=159.68
先定缓和曲线长结果		满足线形协调结果	

2)切线长控制

(1)编制依据

切线长计算公式为

$$T = \left(R + \frac{LS^2}{24R} \right) \operatorname{tg} \frac{PJ}{2} + \frac{LS}{2} - \frac{LS^3}{240R^2} \quad (2-2)$$

上式可变换为有关 R 的一元三次方程，若 LS 预先拟定，可用迭代法解求 R ；若需满足线

形协调要求,可按 $LS : LY : LS = 1 : 1 : 1$ 的最佳比例即 $LY = LS$ 与式(2-2)联立解算出 R 、 LS 值。

用迭代法解式(2-2)时,先将该式变换为其等价形式:

$$R = \frac{T - \frac{LS}{2} + \frac{LS^3}{24R^2}}{\operatorname{tg} \frac{PJ}{2}} - \frac{LS^2}{24R} \quad (2-3)$$

式(2-3)右端近似解 R 可由式(2-2)去掉最末一项后解一元二次方程求得,将其代入式(2-3)右端,可得左端新解 R 值。经反复迭代,当左右两端 R 值相差小于 0.01m 时,可认为其解已满足精度要求。

(2)源程序

切线长控制单交点平曲线设计源程序

' 切线长控制单交点平曲线设计

DECLARE SUB QG (X!, A!!, B!!, C!)

DECLARE SUB DH (RAD!, DMS!)

COMMON SHARED PI

CLS

PI = 3.14159

INPUT "路线偏角 PJ="; JP

CALL DH(PJ, JP)

M1: INPUT "切线长 T="; T

INPUT "需满足线形协调要求吗? (y/n)"; YN\$: YN\$ = UCASE\$(YN\$)

IF YN\$ = "Y" THEN

$R = T / ((1 + PJ^2 / 96) * \tan(PJ / 2) + PJ / 4 - PJ^3 / 1920)$

$LS = PJ / 2 * R$; $LS = \text{INT}(LS)$

ELSE

INPUT "拟定缓和曲线长 LS="; LS

END IF

$A = \tan(PJ / 2)$; $B = LS / 2 - T$; $C = \tan(PJ / 2) * LS^2 / 24$

CALL QG(R, A, B, C)

IF $R = 0$ THEN BEEP: BEEP: PRINT "缓和曲线过长或切线长过小,请重新拟定其值!"; GOTO M1

DO UNTIL $\text{ABS}(R - R0) < .01$

$R0 = R$; $R = (T - LS / 2 + LS^3 / 240 / R0^2) / \tan(PJ / 2) - LS^2 / 24 / R0$

LOOP

$T = (R + LS * LS / 24 / R) * \tan(PJ / 2) + LS / 2$

$E = (R + LS * LS / 24 / R) / \cos(PJ / 2) - R$

$LY = PJ * R - LS$; $L = LY + 2 * LS$

LPRINT

```
LPRINT "路线偏角"      PJ=";    USING "####.###"; JP
LPRINT "圆曲线半径"    R=";    USING "####.##"; R
LPRINT "缓和曲线长"    LS=";    USING "####.##"; LS
LPRINT "切线长"        T=";    USING "####.##"; T
LPRINT "外距"          E=";    USING "####.##"; E
LPRINT "中间圆曲线长"  LY=";    USING "####.##"; LY
LPRINT "平曲线总长"    L=";    USING "####.##"; L
```

LPRINT

INPUT "计算结果满足标准要求吗(y/n)", YN\$

PRINT

YN\$ = UCASE\$(YN\$)

IF YN\$ = "N" THEN GOTO M1

PRINT "程序结束!"

END

SUB DH (RAD, DMS)

'度分秒化弧度子程序

JD = ABS(DMS); D = INT(JD); M = INT(JD * 100) - D * 100

S = JD * 10000 - D * 10000 - M * 100

RAD = D + M / 60 + S / 60 / 60

RAD = RAD * PI / 180; RAD = RAD * SGN(DMS)

END SUB

SUB QG (X, A1, B1, C1)

'一元二次方程求根子程序

D = B1 ^ 2 - 4 * A1 * C1

IF D < 0 THEN X = 0; EXIT SUB

X = (-B1 + SQR(D)) / 2 / A1

END SUB

(3)算例

某曲线偏角为 $26^{\circ}30'27''$, 由于交点链距较短, 为保证与前一平曲线间直线最小长度, 需控制其切线长不大于 97.79m。按预先选定 LS 值和满足线形协调要求两种情况, 程序输出结果如下:

路线偏角	PJ=26.3027
圆曲线半径	R=308.68
缓和曲线长	LS=50.00
切线长	T=97.79
外距	E=8.79

路线偏角	PJ=26.3027
圆曲线半径	R=278.72
缓和曲线长	LS=64.00
切线长	T=97.79
外距	E=8.26