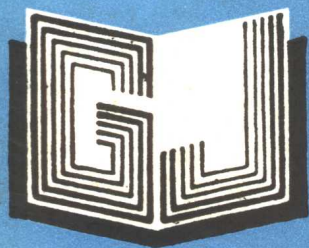
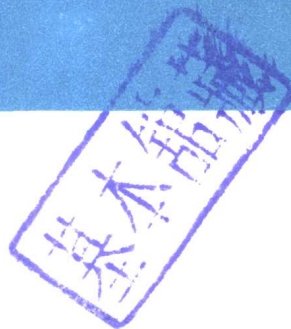


974329

TV7
4738

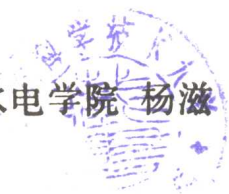


高等学校教材



水电站电气部分计算机辅助设计

华北水利水电学院 杨滋 主编



水电站电气部分计算机辅助设计

华北水利水电学院 杨滋 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书是根据高等学校水利水电专业教学委员会电类课程组1988年制订的编写大纲编写的水利水电动力工程专业的选修课教材。主要内容有：基础知识；电力网络的数学模型；短路电流实用计算；电气设备选择；电气主接线设计等，并附有有关源程序。

本书也可作为水利水电动力工程相近专业的选修课教材或参考书，也可供从事发电厂、变电所电气设计的工程技术人员参考。

高 等 学 校 教 材

水电站电气部分计算机辅助设计

华北水利水电学院 杨滋 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市地矿局印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 8.75印张 194千字

1994年6月第一版 1994年6月北京第一次印刷

印数0001—1040册

ISBN 7-120-01879-5/TV·683

定价4.10元

前 言

本书是根据高等学校水利水电专业教学委员会电类课程组1988年杭州会议通过的编写计划编写的。本书可作为水利水电动力工程专业或相近专业的选修课教材。

在计算机技术的各个领域、计算机辅助设计是一个重要的课题。本书主要介绍水电站和火电厂电气部分计算机辅助设计的计算方法及程序设计的有关问题。书中编入了作者近年来将计算机辅助设计用于教学和工程设计的诸多内容。通过对本课程的学习,学生可掌握水电站和火电厂电气部分计算机辅助设计的基本方法。对从事这方面工作的工程技术人员,本书亦能提供所需的帮助。

本书的有关程序使用通用的BASIC语言编写,且均在计算机上调试通过,可供读者随时调用。

参加本书编写工作的有华北水利水电学院吕春英(第一、二、三、四、五章)、周国安(第六章)。华北水利水电学院杨滋副教授任主编,河海大学陈金水教授主审。另外,在本书编写过程中,还得到了华北水利水电学院其他老师的热心帮助。在此,谨致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中遗漏与错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

1992年12月

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第一节 计算机辅助设计概述	1
第二节 水电站电气部分CAD软件的组成	3
第二章 基础知识	6
第一节 技术参数的计算机处理	6
第二节 插值计算与曲线拟合	12
第三节 线性方程组的解法	25
第三章 电力网络的数学模型	34
第一节 概述	34
第二节 电力系统的等值网络及其数学描述	34
第三节 节点方程及节点导纳矩阵	43
第四章 短路电流实用计算	47
第一节 概述	47
第二节 原始参数输入	48
第三节 三相短路电流实用计算	52
第四节 不对称短路电流实用计算	64
第五节 短路电流计算结果的输出与引用	68
第六节 短路电流实用计算程序的编制及计算实例	72
第五章 电气设备选择	89
第一节 技术参数的计算机存贮	89
第二节 短路电流热效应及载流导体的机械应力计算	92
第三节 高压电器的选择	98
第四节 发电机电压母线的选择	101
第六章 电气主接线设计	110
第一节 电气主接线方案的技术经济比较	110
第二节 布尔代数运算	120
第三节 电气主接线图形绘制	126
参考文献	133

第一章 绪 论

第一节 计算机辅助设计概述

计算机辅助设计,简称CAD(Computer-Aided Design),是一门利用计算机硬件和软件,辅助设计人员进行设计判断、计算、绘图,以实现综合设计要求的新兴科学。

一、CAD系统的构成及其功能

CAD系统包括计算机主机、专用外围设备和应用软件,是一种人机交互系统,即设计者与计算机通过交互式的人机对话和“菜单选择”的形式,在显示屏幕上进行产品设计和工程设计工作,并通过打印机、绘图机获得所需的设计图表及文件,以完成预定的设计任务。

一个完整的CAD系统应具备下列条件与功能:

(1) 情报资料存贮库。用以存贮设计所必需的技术资料,诸如数据表格、曲线、规则与设计经验等。

(2) 计算与解析功能。用以解决设计中的计算与解析,进行高速数据处理。

(3) 图形绘制功能。即用计算机控制的绘图仪绘出设计图纸(包括统计图表、曲线等)及工程施工图纸。

(4) 控制加工设备功能。即利用设计结果提供的数据进行施工或加工的自动控制,以完成所要求的工程或零部件的制作。

应用具有上述基本功能的CAD系统进行工程设计时,可充分发挥计算机的优势,用计算机代替设计人员进行资料检索、设计计算、图形绘制等繁杂而重复的工作。这样,设计人员可把主要精力放在思维、创造、想象与构思方面,从繁杂的事务中解脱出来,从事更多的创造性劳动。

当然,计算机解决问题的能力是靠人赋给的,计算机从事的每项工作都必须依靠人们事先编制好的程序才能完成。因此,CAD系统在运行时,主动权掌握在设计人员手中,是一种以设计人员为中心的系统。这个系统依靠充分发挥设计人员的聪明才智和计算机储存信息、快速运算的特长及图形绘制的功能,来寻求满足设计要求的最佳方案。

CAD是一门综合性的多学科的新技术。一个CAD的软件系统一般包括四部分:①图形技术;②数值分析;③最优化方法;④软件技术(人机界面和数据库等)。一般CAD的流程图如图1-1所示。

二、CAD技术发展概况

从本世纪50年代到80年代,CAD的发展经历了酝酿、试验研制、商品化和推广应用四个阶段。由于CAD技术的运用可大大增强设计能力,因而对整个社会产生了重大影响。在工业发达国家,CAD系统近十年来发展极其迅速。CAD技术首先用于产品设计制造,在机械工业(包括电机、汽车、船舶、航运等)中用得较早较多;其次是电子工业,多用于

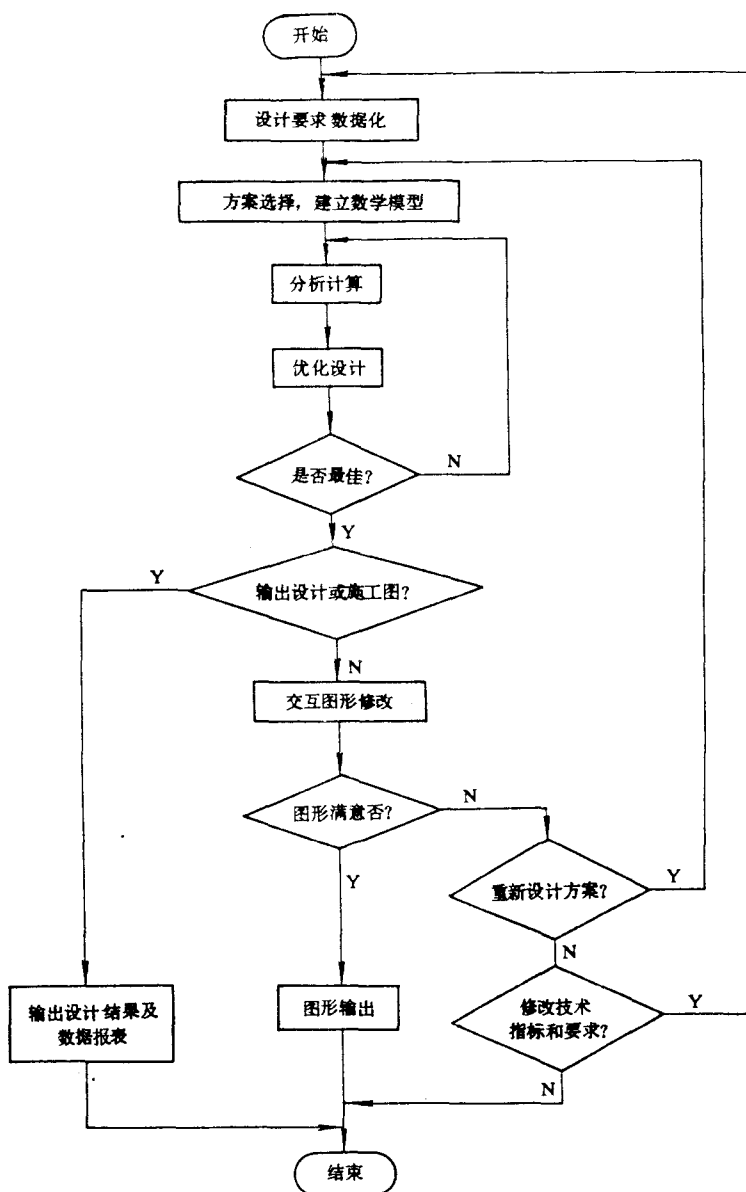


图 1-1 计算机辅助设计流程图

集成电路制造。通常，这些由CAD设计的产品与CAM(计算机辅助制造)相结合，从而大大缩短了设计与制造周期，提高了劳动生产率及产品质量。工程设计中应用CAD较晚，应用水平也还较低。

我国CAD技术的开发与应用始于本世纪70年代中后期。我国CAD工作者首先对交互技术，图形学、工程数据库、优化设计等基础技术进行了研究与探讨，同时在产品及工程设计中，在不同程度和不同范围内开展了CAD技术应用的尝试。在水利水电勘测设计领域中，结合工程设计的需要，曾陆续研制了一批专业性软件，其中在解决工程设计复杂的数

值计算如结构力学、水力学、水文等方面发展较快。至于CAD技术在较大范围内的普及和应用,则是从80年代中期才逐渐开展起来的。目前,在水电勘测设计领域中,正在研制的规模较大、系统性较强的CAD系统有:水能规划CAD系统(包括水能及经济系统,水力学,水库及环保等);水工建筑物(重力坝、土坝、厂房)CAD系统(包括地形、地质、枢纽布置、结构计算);机电部分CAD系统(包括闸门、启闭机、电气一、二次等);以及工程设计专用数据库等。预计在近几年内,这些系统将相继完成并用于生产。总的看来,水利水电行业和国内大部分行业一样,应用CAD技术仍处于起步、探索阶段。我国在应用CAD/CAM技术上,同先进国家相比,存在着一定的差距,但已经迈出了可喜的第一步,并取得了一些重要成果。

第二节 水电站电气部分CAD软件的组成

水电站电气设计是水利水电工程设计的一个组成部分,包括电气一次设计和电气二次设计,每部分又包括一系列的具体设计项目,如图1-2所示。

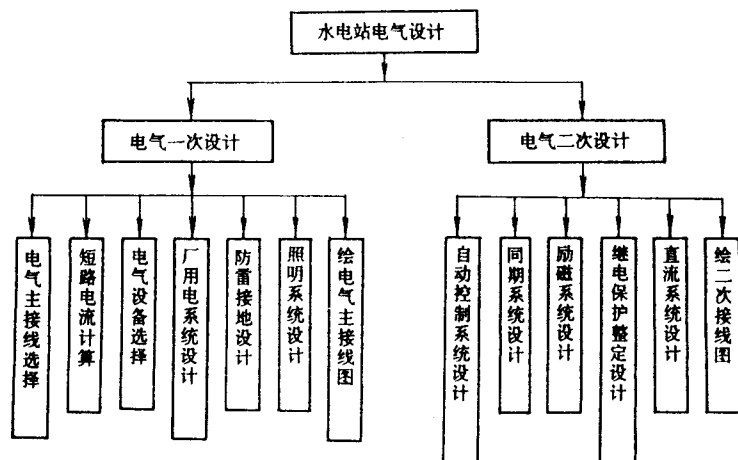


图 1-2 水电站电气设计项目

由图1-2可知,水电站电气设计包括广泛的内容,同时设计的综合性强,各部分之间即互相联系,又互相影响、互相制约。以电气一次部分的设计为例,电气主接线的设计形式将影响其它各部分的设计;而短路电流计算的结果又将制约电气主接线的选择及电气设备的选型。所以设计工作往往是同时或交叉进行的,而全部设计的完成又是一个从设计—修改—再设计—再修改、逐步完善的过程。因此,水电站电气部分CAD系统不是只解决某个单项问题或只局限于某个特定功能的程序,而是综合各个方面,最终实现设计、计算、绘图的多功能系统。

一、计算机系统

目前,水电系统的计算机辅助设计主要采用APOLLO工作站或IBM微机(包括兼容机)。APOLLO工作站只有一些大的设计单位才拥有,而IBM微机则比较普及。考虑到水

电站电气部分CAD系统对存贮容量、运算速度的要求不很高,图形处理也较简单,故可考虑在IBM微机(包括兼容机)上进行软件开发,以减少软件移植工作量和便于普及推广。水电站电气设计(尤其是电气二次设计)的绘图任务大,为了用计算机完成绘图工作,微机系统应具有较完备的图形输入输出设备(如绘图仪、坐标数字仪、图形输入板、光笔等)。

二、算法语言

目前使用较多的是BASIC语言和FORTRAN语言。

BASIC语言简单易学,是一种具有人机对话功能的交互式程序设计语言,非常适合于在微机上使用。目前应用的BASIC语言有解释BASIC和编译BASIC两种,CAD软件开发时可考虑采用前一种方式。由于解释BASIC是逐行执行的,程序的修改、变动以及会话非常方便,故适合于通过人机对话方式开发软件。BASIC语言的最大缺点是子程序不是独立的程序单位,变量名和行号在主程序和子程序中是统一的,不能重复使用,因而在将程序分割成若干子程序分别进行编制时,必须预先加强对变量名的管理。此外,BASIC语言本身所能支配的计算机内存容量有限,因而,运行大型CAD软件时往往受到限制。

FORTRAN语言主要用于数值计算,其运算功能较强,解题速度较快,但在输入输出方面的功能不如BASIC语言。同时,由于它是一种编译型语言,故调试过程比较麻烦。程序每修改一次(即使是很微小的变动)均须重新进行编译,才能执行。另外,各种版本的FORTRAN语言存在差异,在编制和移植程序时应注意这一点,以免出错。目前在IBM—PC及其兼容机上使用较多的是FORTRAN77。

由以上分析可见,BASIC语言较适用于对计算速度要求不太高,题目规模不很大,且需通过人机对话方式开发的软件。因此,在水电站电气部分CAD系统中,采用BASIC语言进行软件开发是较为方便的,尤其是TRUE BASIC语言,在计算、绘图方面都具有较强的功能。

三、程序结构

考虑到水电站电气部分各个设计项目之间既有一定的联系,又有相对的独立性,故在程序设计中可采用划分程序模块的系统设计方法,即将图1-2所示各个部分分别作为一个功能模块,分别采用不同的代码命名,并通过一个主控模块进行调用。一个程序模块运行完毕后,即自动返回到主控模块,然后再调用其它程序模块,直至各模块运行完毕为止。以电气一次部分设计为例,其系统流程框图如图1-3所示。

若某程序模块计算项目较多,各项目之间又有相对的独立性,而且符合单入口、单出口的要求,则可将该程序模块再划分为若干子程序模块,并由一个子程序控制模块控制运行。例如,本书中的短路电流计算程序模块就是按此方法设计的,即将整个程序模块分为基本参数输入、辅助计算、主体计算等几部分,由一个子程序控制模块进行调度,最终完成整个短路计算过程。具体程序设计方法及源程序见第四章。

四、数据处理

水电站电气设计所用的数据主要是《水电站机电设计手册》中的技术资料,包括文字资料、数据表格、曲线及各类产品规格目录、价格表等。这些资料数据类型多、数量大,采用数据库处理较为方便。但目前水电系统引进的APOLLO工作站及微机CAD系统没有通

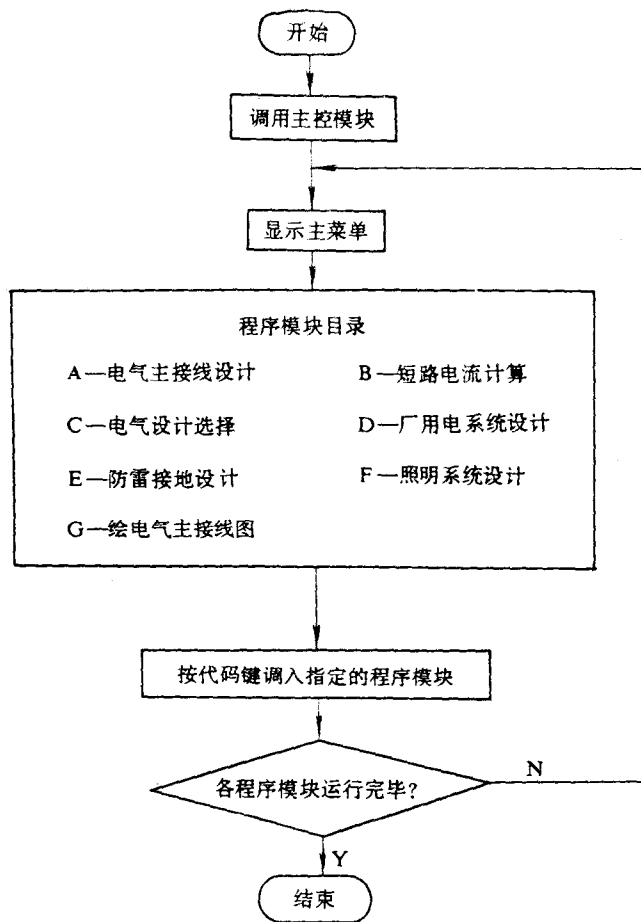


图 1-3 电气一次设计系统流程框图

用的工程数据库软件,如用户自己建库,则难度颇大。为解决这一问题,可利用“数据文件库”作为过渡。其优点是:数据文件不受数据库结构的影响,数据格式灵活,使用方便;同时,数据文件可边建边用,建库难度小;此外,数据文件库与通用数据库转换软件稍加修改即可作为CAD软件与通用数据库交换数据的桥梁。因此,电气设计用的资料数据可用数据文件的形式存贮。对于一些程序模块间无公用要求的资料数据,亦可用READ—DATA语句方式直接存放在相应的程序模块中,这样可提高软件系统的可移植性、便于初学者掌握。

运算过程中需要输入的基本设计参数,在BASIC状态下,可以采用INPUT语句以人机对话方式直接由键盘输入。

本书以水电站电气一次部分设计中的主接线设计及主接线图绘制、短路电流计算及电气设备选型为主要内容,介绍水电站电气部分CAD的方法及程序设计。书中所附程序均用扩展BASIC语言编写,且均在IBM—PC及其兼容机长城0520机上通过。

第二章 基础知识

本章介绍水电站电气部分计算机辅助设计的有关基础知识, 主要包括技术资料的计算机处理以及某些数值计算方法, 如插值计算与曲线拟合、线性方程组的求解等。

第一节 技术参数的计算机处理

在工程设计中, 经常需要查阅各种设计手册以及产品目录等。在这些手册中, 有关的技术资料常以数据表格(以下简称数表)或曲线的形式表示, 如产品系列参数表、模拟试验参数、各种计算公式的系数等; 还有些是经过一系列计算或试验预先制订好的曲线。

应用计算机进行水电站电气部分的辅助设计时, 数学模型的建立往往是模拟手算的过程。因此, 程序设计时必须将这些数表或曲线加以适当处理, 以计算机能够接受的方式存贮起来, 且在使用时能随意检索。可见, 数表及曲线的计算机处理是程序设计中的一项基本工作。

一、数表型资料的计算机处理

电气设计中遇到的数表类型很多, 根据变量的个数, 可分为一维数表和二维数表; 根据数表中参数之间的关系, 又可分为参数间有一定函数关系的数表和参数间无一定函数关系的数表。不管是哪种类型的数表, 在进行计算机处理时, 都要解决数表中数据的存贮和检索问题。下面先介绍数据的存贮方式。

1. 数据的基本存贮方式

在计算机中存贮数据的方式主要有以下几种:

(1) 把数据直接编在解题的程序中。这是一种最简便的方式, 常用的BASIC语言和FORTRAN语言都具有用DATA语句存放数据的功能。该方法的缺点是占用计算机内存较大, 更改数据时计算程序需作相应修改, 故这种方式主要用于数表中数据较少以及数据变更少的情况。一般某专项计算的数据, 可采用此种方式。

(2) 建立数据文件。数据文件是存贮数据的一种便利方式, 分为顺序文件和随机文件两种。数据文件可用多种方式建立, 既可以用计算机的行编辑功能直接建立, 也可以用BASIC或FORTRAN语言的数据文件功能建立。数据文件可使程序与数据分开, 数据部分作为独立文件贮存在外存介质上, 需要时可打开文件将数据读入内存。这种方法的优点是使计算程序简洁, 内存减少, 数据更改时不必修改源程序, 适用于数表中数据较多且变更较多的情况。

(3) 建立数据程序模块。使用此方法亦可使数据部分与计算程序分开。以BASIC语言为例, 首先用DATA语句把数据输入计算机, 然后用SAVE“文件名”, A指令将数据以ASCⅡ码方式存入磁盘以形成磁盘文件。当计算程序中需要调用这些数据时, 可以用文件

链接功能利用CHAIN MERGE“文件名”语句或直接用MERGE“文件名”指令将数据程序模块调入内存，与计算程序链接在一起（计算程序中应有读入该部分数据的READ语句）。采用这种方式存贮数据，不仅可以使计算程序简洁，数据更改方便，而且还可以做到数据共享。当数据较多且有几个计算程序共用该部分数据时，使用此方式较方便。

（4）建立数据库。数据库是一种通用的、综合性的，去除了不必要的冗长信息且存放方便的相关数据集合。它的特点是：数据扩充更改时不需要修改应用程序、检索方便，使用时不必将整个数据文件调入内存。但目前用于工程设计的数据库通用软件尚少，用户自己建库工作量颇大，所以使用不多。

2. 一维数表的计算机处理

一维数表即为单变量数表，分为参数间有一定函数关系的数表和无一定函数关系的数表。前者可用一元函数 $y=f(x)$ 来表达，以表格的形式反映参数间的函数关系；后者只是记载着不同对象的对应常数值，彼此间并无确定的函数关系。

表2-1为导体长期允许工作温度大于70℃时载流量的校正系数K值。由表中数字可以看出，载流量校正系数K是随导体工作温度的升高而增加的。因此，可用 $K=f(\theta)$ 表示这种函数关系，其中 θ 为自变量，K为对应函数值。用计算机存贮这类数表时，只要将变量和函数值分别用两个一维数组表示，然后按对应关系和大小顺序将两个数组存入计算机即可。

表 2-1 导体长期工作温度大于70℃时的载流量校正系数

导体长期工作温度 $\theta(^{\circ}\text{C})$	75	80	85	90	95	100	105
载流量校正系数K	1.045	1.090	1.130	1.170	1.210	1.245	1.280

以表2-1为例，如果采取上述第一种存贮数据的方式，则可用以下程序段存贮表2-1中的数据：

```

100 DIM Q1(7),K1(7)
110 FOR I=1 TO 7:READ Q1(I):NEXT I
120 FOR J=1 TO 7:READ K1(J):NEXT J
130 DATA 75,80,85,90,95,100,105,1.045,1.090,1.130,1.170,1.210,1.245,1.280

```

如果采用数据文件的形式存贮，则可使用下面的程序段：

```

100 DIM Q1(7),K1(7)
110 OPEN"SK1"FOR OUTPUT AS#1
120 FOR I=1 TO 7:READ Q1(I):PRINT #1,Q1(I):NEXT I
130 FOR J=1 TO 7:READ K1(J):PRINT #1,K1(J):NEXT J
140 DATA 75,80,85,90,95,100,105,1.045,1.090,1.130,1.170,1.210,1.245,1.280
150 CLOSE #1

```

运行上面的这个程序段，就将表2-1中的数据写入了磁盘，形成名为“K1”的磁盘文件。当计算程序中需要引用这些数据时，可用下面的程序段将数据从磁盘中读出：

```

100 OPEN "XSK1"FOR INPUT AS #1
110 FOR I=1 TO 7:INPUT #1,Q1(I):NEXT I
120 FOR J=1 TO 7:INPUT #1,K1(J):NEXT J
130 CLOSE #1

```

与第一种存贮方式相比,采用建立数据文件的方式可使计算程序简化,但需另外编写一段程序建立文件,使编程工作量加大。可见,只有当数表中数据较多且数据更改频繁或该部分数据需要在不同计算程序中引用时,使用建立数据文件的方式才显示出其优越性。对于上例,因其数据较少且数据不需更改,故直接将数据编入计算程序更为简便。

对于类似表2-1中的数表,因其参数间具有一定的函数关系,故检索时一般需采用插值计算的方法,即给定一个表列范围之内的允许工作温度 θ 值,就可以采用一元插值方法求出相应的校正系数 K 值。

表 2-2 导体材料的最大允许应力值

材 料	最大允许应力 σ (MPa)
铜	140
铝	70
钢	160

表2-2为反映载流导体所使用的材料与最大允许机械应力之间关系的数表。该表只是记载着不同对象的对应常数值,只要确定了导体材料,最大允许应力值也就确定了。对于这类数表,可以采用以下方法处理:将最大允许应力 σ 用一个一维数组 $N(I)$ 来表示,采用第一种存贮数据的方式,即利用READ—DATA语句

将数据直接编入计算程序。设用代码 A 表示该材料的允许应力在数组中的位置。只要由键盘输入材料代码 A ,就能检索出对应的允许应力 σ 等于 $N(A)$ 。对表2-2进行处理的程序段如下:

```

100 CLS
110 FOR I=1 TO 3:READ N(I):NEXT I
120 DATA 140,70,160
130 INPUT "材料代码A(1:铜, 2:铝, 3:钢)= ";A
140 XGMA=N(A)
150 PRINT "允许应力XGMA=";XGMA

```

程序运行时,屏幕上显示出材料代码的菜单,使用者据此可选择正确的材料代码,由键盘输入,便可检索出对应的应力值。另外,对于象表2-2这样简单的表格,也可采用在键盘上输入材料代码后,直接用条件语句逐一判断,然后分别赋值的方法进行处理。

3. 二维数表的存贮与检索

二维数表即双变量数表,亦有两种类型。一种是以表格的形式反映参数间的函数关系,另一种是由两个条件对应一个常数值,彼此间无一定函数关系。

对于第一种数表,通常是由两个自变量去查取一个对应的函数值,其数学表达式为 $z = f(x, y)$ 。表2-3所示短路电流运算曲线数字表就属于这一类型。

表中 I_{*z} 代表短路电流周期分量有效值的标么值, X_{js} 代表计算电抗, t 代表短路时间,三者之间的关系可用 $I_{*z} = f(t, X_{js})$ 表示。用计算机存贮这类数表时,可用两个一维数组

表 2-3

短路电流运算曲线数字表

X_{j1}	I_{∞}	0	0.01	0.06	...	...	...
0.18		6.13	5.70	4.62	...	...	...
0.20		5.53	5.18	4.30	...	...	...
0.22		5.06	4.77	4.03	...	...	...
⋮		⋮	⋮	⋮	...	...	...

分别表示两个自变量，用一个二维数组表示函数值，然后按对应关系和大小顺序将三个数组存入计算机即可。考虑到短路电流运算曲线数字表只是用于短路电流计算，且数据固定不变，故该数表虽然数据较多，仍可采用将数据直接编入计算程序的方式来处理。此外，亦可采用建立数据文件或数据模块的方法来存贮表中数据。

计算程序中引用上述数表时，一般需采用二元插值或二元曲线拟合方法。

对于参数间没有一定函数关系的二维数表，存贮方法同上。检索时，只要确定检索值在数表中行与列的位置即可，没有插值问题。

4. 不规则数表的计算机处理

以上介绍的一维和二维数表是较为简单的规则数表。在工程设计中，还常用到一些表现形式较为复杂的不规则数表。例如，在进行电气设备选择时，需要用到设备的型号参数表、载流导体的载流量及计算用数据表等。这类数表的表现形式为单变量、多函数值，是一种不规则数表。用计算机处理这类数表时，可先将数表作适当变化，变成易于用计算机存贮的形式，然后再将数表中的数据存入计算机。

表 2-4

户外少油断路器技术数据

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	额定断流量 (kA)	极限通过电流 峰值 (kA)	4s 热稳定电流 (kA)	固有分闸时间 (s)	...
SW ₂ -35	35	1000	24.8	63.4	24.8	0.06	...
SW ₃ -35	35	600	6.6	17	6.6	0.06	...
SW ₄ -110	110	1000	18.4	55	21	0.06	...
SW ₄ -220	220	1000	18.4	55	21	0.05	...
SW ₆ -110	110	1200	21	55	21	0.04	...
SW ₆ -220	220	1200	21	55	21	0.04	...
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...

表2-4为高压少油断路器的型号参数表。由表可见，每一种断路器的型号对应一系列参数值。如果以断路器的额定电流为自变量，给定一个电流值，即可从表中检索出相应的断路器型号及其它技术数据。这类数表的特点是一个变量与多个函数成一对对应关系，所以仍可按单变量数表进行计算机处理。将表2-4作适当变化，即用一个字符串数组 $DL\$$ 表示

断路器型号，而用几个不同的一维数组代表相应的其它参数，其形式如表2-5所示。

表 2-5 用数组表示的户外少油断路器技术数据

序号	型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	额定断流量 (kA)	极限通过电流 (kA)	4s热稳定电流 (kA)	固有分闸时间 (s)	...
1	DL\$ (1)	$U_e(I)$	$I_e(I)$	$I_{dn}(I)$	$i_{pf}(I)$	$I_t(I)$	$t_g(I)$	...
1	SW ₃ -35	35	600	6.6	17	6.6	0.06	...
2	SW ₂ -35	35	1000	24.8	63.4	24.8	0.06	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	SW ₆ -220	220	1200	21	55	21	0.04	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

按照序号 I 将表2-5中的数据和字符串逐一输入计算机中，便完成了计算机存贮数据的任务。至于存贮方式，可采用前面介绍的各种方法。

以上介绍了用查表检索处理数表型资料的方法。此外，对于一些参数之间明显存在某种规律性的数表，还可采用数表解析化的方法来处理。一般是采用最小二乘法利用多项式来拟合已知数据，求出近似表达式（具体计算方法见第二节）。当需要引用数表时，可直接由拟合多项式求出给定自变量所对应的函数值。

查表检索法与数表解析化的区别在于向计算程序提供数据的方式不同。前者是直接提供数据进行检索，后者是对数据进行处理后提供数学表达式。显然，后者比较方便，但并非所有数表都能做到。在电气设计中，相当多的数表是经验资料或试验数据的汇总记载，数据之间无一定函数关系。对这类数表只能采用查表检索法来处理。

二、曲线、曲线组的计算机处理

曲线、曲线组是技术资料的一个重要组成部分。工程设计中，常根据某些曲线来选取参数。例如电气设计中，应用短路电流运算曲线求短路电流值；利用矩形母线形状系数曲线查取形状系数以计算载流导体的机械应力等。在这种情况下，用计算机处理曲线的原则是把曲线做为数据来处理。常用的方法是将曲线离散为数据后存入计算机，数据的存贮方式及引用方法则与前述相同，下面主要介绍曲线的离散方法。

1. 一元曲线的离散存贮法

所谓一元曲线的离散处理是在连续曲线 $y = f(x)$ 上取若干个_点，查取各个点的坐标值，将各离散点的坐标 x 、 y 值分别用一维数组 $x(I)$ 、 $y(I)$ ($I = 1, 2, \dots, n$, n 为离散点个数) 表示，如图2-1所示。

为了存贮数据方便，可根据离散点的坐标值列出表达变量与函数关系的数表，如表2-6所示。

表 2-6 一元曲线离散点参数表

$x(I)$	x_1	x_2	x_3	...	x_i	...	x_n
$y(I)$	y_1	y_2	y_3	...	y_i	...	y_n

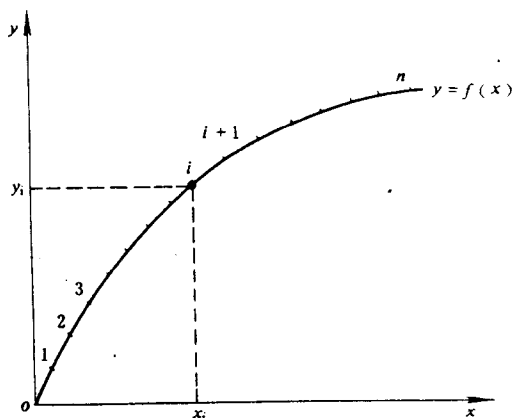


图 2-1 一元曲线离散示意图

曲线转换为平面曲线组。二元曲线离散时,一般采用网格离散法。下面以形状系数曲线为例加以讨论。

图2-2为矩形母线形状系数曲线网格离散的示意图。图中曲线的函数表达式为 $K = f(N, M)$,是一个二元曲线组。用网格法离散该曲线组时,可用一组 N 等于常数的直线与曲线组的各条曲线相交,形成非正交网格。利用这些网格的节点,便可把曲线组离散,如图2-2所示。如果用一维数组 $M(I)$ 表示网格节点各 M 值,用另一个一维数组 $N(J)$ 表示网格节点各 N 值,用二维数组 $K(I, J)$ 表示各节点所对应的 K 值(其中 $I = 1, 2, \dots, p, J = 1, 2, \dots, q, p$ 为曲线组曲线条数, q 为 N 等于常数的直线条数),在曲线坐标图上查出各离散点的两个自变量坐标值及与之对应的函数值,则可形成一个二维数表,如表 2-7 所示。

按照前述一维和二维数组输入计算机的方法,把表2-7中数组 $M(I)$ 、 $N(J)$ 、 $K(I, J)$ 的数据按大小顺序和对应关系输入计算机,便完成了该曲线组的离散存贮任务。

应用上述方法离散二元曲线,存贮方便,便于引用,是工程设计中常用的曲线处理方法。

表2-6中 $x(I)$ 代表离散点的自变量值, $y(I)$ 代表离散点的函数值。把一维数组 $x(I)$ 、 $y(I)$ 按大小顺序和对应关系输入计算机,便完成了该曲线的离散存贮。

离散点的个数一般根据计算要求的精度和曲线的形状确定。为了保证曲线的引用精度,在曲线曲率变化较大处可多取几点。

2. 二元曲线的离散存贮法

二元曲线的一般函数表达式为 $z = f(x, y)$,这种曲线实际上是空间曲线。为了应用方便,工程上常以等值线的方式把空间

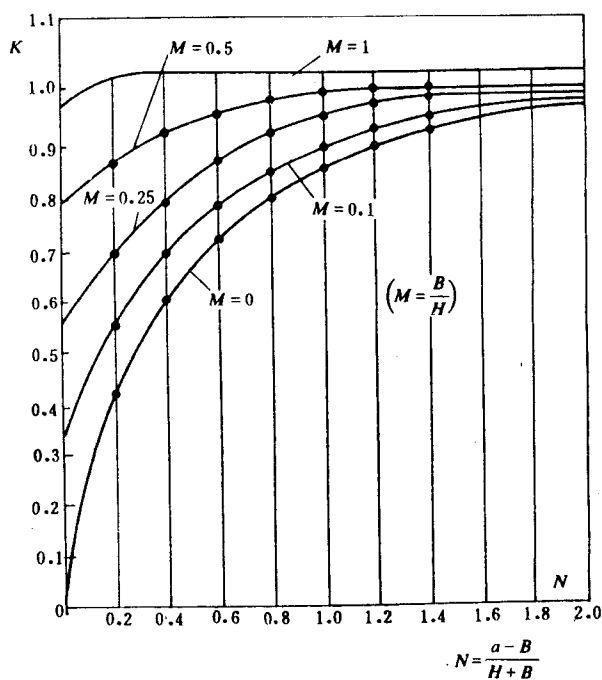


图 2-2 形状系数曲线网格离散示意图

表 2-7

形状系数曲线离散点参数表

$M(I) \backslash N(J)$	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	...	2.0
0	0	0.20	0.40	0.50	0.60	0.67	...	0.95
0.1	0.27	0.45	0.55	0.62	0.70	0.75	...	0.95
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
1	0.96	0.98	1.0	1.0	1.0	1.0	...	1.0

将曲线进行离散存贮后, 计算过程中可根据需要采用插值计算或曲线拟合的方法加以引用(详见第二节)。

工程设计中常用的技术资料, 除上述数表型资料和曲线型资料以外, 还有一些属于文字型资料。这类资料的特点是技术资料夹带于文字叙述之中。存贮这类资料时, 可将资料作适当处理, 将其数字抽出, 把文字型资料转化为数表型资料, 以便存贮和引用。

第二节 插值计算与曲线拟合

上一节介绍了在计算机中存贮各种曲线和数表的方法。在计算过程中, 如何引用这些曲线或数表, 是这一节要讨论的问题。工程设计中, 通常采用插值计算或曲线拟合的方法引用曲线或数表, 下面分别介绍其数学原理及程序设计方法。

一、插值算法

所谓插值算法, 就是寻求函数近似表达式 $p(x)$, 用以近似表达数表函数或复杂函数 $f(x)$ 。若构造 $p(x)$ 时, 使其在 x_i 处与 $f(x_i)$ 相等, 而在别处以 $p(x)$ 近似代替 $f(x)$, 则称 $p(x)$ 为插值函数。选取不同的插值函数 $p(x)$, 近似 $f(x)$ 的效果也不同。实际运用中, 常选取代数多项式作为插值函数(称为插值多项式)。插值的方法很多, 下面介绍常用的几种。

(一) 一元曲线的插值计算

1. 一元线性插值

一元线性插值是一种最简单的插值方法, 常用于精度要求不高的一元曲线或一维数表的插值计算。

若已知函数 $y=f(x)$ 在两个互异点 x_0, x_1 上的函数值 $y_0=f(x_0), y_1=f(x_1)$, 根据插值法的基本思想, 设法构造一个一次多项式 $y=p_1(x)$, 使其满足

$$p_1(x_0)=f(x_0) \quad p_1(x_1)=f(x_1)$$

则 $p_1(x)$ 可作为 $y=f(x)$ 的近似表达式。

从几何图形上看, $y=p_1(x)$ 表示通过两点 $A(x_0, y_0)$ 与 $B(x_1, y_1)$ 的直线, 如图2-3所示。由解析几何可知, 通过图中 A, B 两点的直线方程为:

$$p_1(x)=y_0+\frac{y_1-y_0}{x_1-x_0}(x-x_0) \quad (2-1)$$

将上式整理后可改写成如下形式: