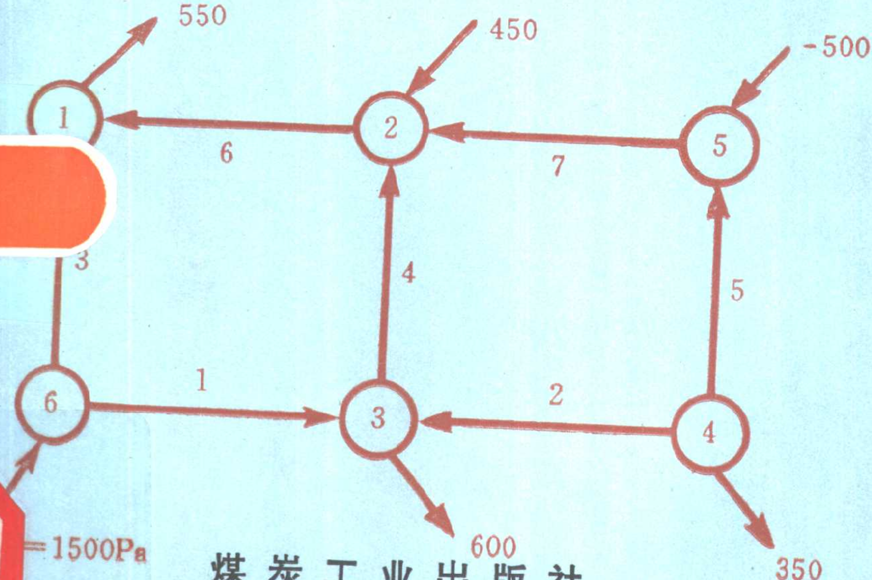
358

燃气管网水力计算程序设计基础

李长明 编著



煤炭工业出版社

燃气管网水力计算程序设计基础

李长明 编著

煤炭工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

燃气管网水力计算程序设计基础/李长明编著. -北京:
煤炭工业出版社，1997
ISBN 7-5020-1477-2

Ⅰ.燃… Ⅱ.李… Ⅲ.煤气 管网-水力计算-程序设计
-基本知识Ⅳ.TU996

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第12856号

燃气管网水力计算程序设计基础

李 长 明 编著

责任编辑：辛广龙 黄朝阳

*

煤炭工业出版社 出版发行
(北京安定门外和平里北街21号)
北京房山宏伟印刷厂 印刷

*

开本787×1092mm 1/32 印张5 1/2 插页1
字数114千字 印数 1—1,165
1997年9月第1版 1997年9月第1次印刷
书号 4246 定价 11.00元

前　言

在燃气管网工程设计中，水力计算关系着管网设计的经济性与可靠性，是燃气工程设计的重要内容。所以，精确的水力计算是燃气工程设计的前提。

本书主要阐述了目前常用的两种水力平差方法：“节点法”、“解环方程法”。内容从数字模型、公式推导，一直到程序编制要点、步骤、语句示范，都作了系统的介绍。

“节点法”是伴随着电子计算机的发展而发展起来的一种管网水力计算平差方法。其平差计算采用的是“矩阵代数”的运算方法，而矩阵的运算过程具有鲜明的规则性与单一性，这正是使电子计算机得以充分发挥其效能的最理想的条件。

“节点法”是目前最常用、最先进的一种水力平差法。所以，本书把该法作为重点来介绍。该法的最大优点是运用比较灵活，适应性强，对于气源，不论是给定压力还是给定流量，也不论是部分给定压力、部分给定流量都能共同参与计算。另外，此法在平差前，无需给定管段流量。

“解环方程法”是一种传统的水力平差法，它的优点是概念清晰、简单易学，平差程序也简单。而此法的缺点正是“节点法”的优点，此法只能在各气源压力相同的情况下，才能进行平差计算。另外一点是，平差前必须计算出管段流量。为此，笔者首先编制了管段流量计算程序，解决了用“解环方程法”进行计算机平差计算问题。

为了使初学者能够接受，笔者在写作过程中，力求做到具体、详细、通俗，在程序语言上选用了初学者易于掌握的BASIC语言。

以前，在用“解环方程法”平差计算时，都是先用笔算，计算出管段流量，然后再上机计算，这样就限制了计算机优越性的发挥。为此，笔者编制了管段流量计算程序，这样就使在用“解环方程法”进行平差计算时，完全脱离了笔算。先计算出管段流量，还有一个好处，就是可以较为精确的用计算机选择直径，这一点对“节点法”平差也有好处，因为“节点法”平差开始时的管径是凭经验决定的。

为了配合管段流量的计算及选择直径，书中除对回路矩阵补充新的信息外，还推出了几个新的概念：（1）导向节点数组；（2）转输流量分配系数；（3）压降回路。

于风川、周长志、张化修对本书进行了审阅。

由于作者水平所限，书中难免有错，恳请广大读者提出宝贵意见。

编　者

1996年9月

内 容 提 要

本书系统地阐述了常用的两种燃气管网水力计算方法，即“节点法”和“解环方程法”，并对其程序设计方法也做了详尽的说明，同时考虑了不同种类燃气程序设计的不同点。内容详细、具体、结合实际。

本书可作为城镇燃气工程设计人员学习管网程序设计的入门读物，也可作为大专院校燃气、给水专业师生的教学参考书。

目　　录

第一章　矩阵代数的基本知识

由于在“节点法”平差中有一些矩阵运算，故首先对矩阵代数的基本知识作一介绍。

第一节　矩阵的定义与类型

在研究物理、力学、工程等各领域的具体问题时，各种因素之间无不存在着错综复杂的联系，需要用一定的数学形式来表达它、分析它；而其中最简单并且最常用的一种就是线性关系。为了更好地研究和解决各种线性关系的具体问题，人们大力发展线性代数这个数学分支，而矩阵理论正是它最得力的工具。

1.矩阵

矩阵的概念是从线性关系问题引进来的：

设一组变元x_1，$x_2\cdots$，x_n与另一组变元$y_1,y_2\cdots y_n$之间存在着线性关系

$$\left.\begin{array}{l} a_{11}x_1+a_{12}x_2+\cdots+a_{1n}x_n=y_1 \\ a_{21}x_1+a_{22}x_2+\cdots+a_{2n}x_n=y_2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ a_{m1}x_1+a_{m2}x_2+\cdots+a_{mn}x_n=y_n \end{array}\right\}$$

如果把上式中的全部系数按原来的顺序排列成下面的形式，并用符号来表示，它就被称为一个矩阵。

现在我们给矩阵下一个定义：由一组数（或符号）排列成具有m行与n列的长方形的“表”，称为矩阵（$m\cdot n$阶）。

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{2n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (m\cdot n\text{阶}) \qquad (1\text{-}1)$$

它的形式如式（1-1），或简写作

$$A=[a_{ij}] \qquad (m\cdot n\text{阶})$$

其脚标中$i=1,2,\cdots m$；$j=1$，2，$\cdots n$。

式（1-1）的矩阵A是由$m\cdot n$个数字（或符号）组成的，其中每一个数（或符号）称为元素或简称“元”，用符号a_{ij}来表示。每一条横线上的各元素组成一行，每一竖线上的各元素组成一列，因此式（1-1）是一个具有m行与n列的长方形矩阵，称为（$m\cdot n$）阶矩阵。它的任意元a_{ij}的脚标，用来表示这个元的位置在第i行第j列。

通常用直钩括弧$[a_{ij}]$来表示整个矩阵，或直接用字母（例如A）表示一个矩阵。

2.方阵

当矩阵的行数与列数相同，即$m=n$时，称为正方形方阵或方阵。

例如

$$A=\begin{bmatrix} 3 & 2 & -4 \\ 6 & 1 & 8 \\ 7 & -2 & 5 \end{bmatrix}$$

就是一个（3.3阶）方阵。

3.行矩阵与列矩阵

仅有一行的矩阵，如

$$A=[a_2 \ \ a_1\cdots a_n] \qquad (1\cdot n\text{阶}) \qquad (1\text{-}2)$$

称为行矩阵或行向量。

仅有一列的矩阵，如

$$A=\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} \quad (m\cdot 1\text{阶}) \qquad (1\text{-}3)$$

称为列矩阵或列向量。通常可记作

$$A=\{a_1\ \ a_2\cdots a_n\} \quad (m\cdot 1\text{阶}) \qquad (1\text{-}3a)$$

以节省篇幅。

4.对角线方阵与单位方阵 **I**

除对角线以外，其它各元均为 0 的方阵，如

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & & & & & \\ & a_{22} & & & & \\ & & \cdot & & & \\ & & & \cdot & & \\ & & & & \cdot & \\ & & & & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (n\cdot n\text{阶}) \qquad (1\text{-}4)$$

称为对角线方阵。上式所有空白处的元素均为 0 。

当对角线方阵中，主对角线上的元都等于1时，即

$$\mathbf{I}=\begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & \cdot & & & \\ & & & \cdot & & \\ & & & & \cdot & \\ & & & & & 1 \end{bmatrix} \quad (n\cdot n\text{阶}) \qquad (1\text{-}5)$$

称为单位方阵，并以固定的符号I表示之。

在矩阵代数中，单位方阵I相当于一般代数中纯数1的概念。

5.零矩阵 0

矩阵的全部元素为 0 时，称为零矩阵，并以固定符号 0 表示之。这里，零矩阵可以是（$m \cdot n$）阶的长方形矩阵，也可以是（$n \cdot n$）阶的方阵。

在矩阵代数中，零矩阵 0 相当于一般代数中纯数 0 的概念。

6.三角形方阵

主对角线以下的各元为 0 的方阵，如

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdot & a_{1n} \\ & a_{22} & a_{23} & \cdot & a_{2n} \\ & & a_{33} & \cdot & a_{3n} \\ & & & \cdot & \cdot \\ & & & & \cdot \\ & & & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (n \cdot n\text{阶}) \qquad (1\text{-}6)$$

称为上三角形方阵，其中空白各元均为 0 。

主对角线以上各元为 0 的方阵，如

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & & & & & \\ a_{21} & a_{22} & & & & \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (n \cdot n\text{阶}) \qquad (1\text{-}6a)$$

称为下三角形方阵。

7.矩阵的转置——转置矩阵

将矩阵A的行与列对换成列与行，就得到A的转置矩阵，用符号A'表示。也就是说，当

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (m\cdot n\text{阶})$$

则它的转置矩阵为

$$A'=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \cdots & a_{m1} \\ a_{12} & a_{22} & \cdots & a_{m2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{1n} & a_{2n} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (n\cdot m\text{阶}) \qquad (1\text{-}7)$$

这里要注意：A为（$m\cdot n$）阶矩阵，A'为（$n\cdot m$）阶矩阵。

8.对称方阵

当方阵A具有$A=A'$亦即$a_{ij}=a_{ji}$的性质时，称A为对称方阵。其全部元素沿主对角线呈对称分布，例如

$$\begin{bmatrix} 1 & 8 & -1 & 3 \\ 8 & 4 & 5 & 2 \\ -1 & 5 & 7 & -3 \\ 3 & 2 & -3 & 6 \end{bmatrix} \quad (4\cdot 4\text{阶})$$

当$A=-A'$，亦即$a_{ij}=-a_{ji}$时，称反对称方阵。显然它的主对角线上的元素全部等于0。

第二节　行　列　式

1.行列式的值

首先要指出，决不能将行列式与矩阵的概念混淆起来。两者虽都为一组数排列成的“表”，但行列式可以通过运算求出其值，而矩阵则不能。

通常以符号$|A|$表示一个包含n^2个元素的n阶行列式

$$|A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \quad (n\text{阶}) \qquad (1\text{-}8)$$

行列式的值，等于任一行（或列）中全部元素a_{ik}与其代数余因式A_{ik}乘积之和，即

$$|A| = \sum_{k=1}^{n} a_{ik}A_{ik} \qquad (1\text{-}9)$$

所谓元素a_{ik}的代数余因式A_{ik}，是指划去a_{ik}所在的行与列（即第i行第k列）各元素后，所有剩下的元素构成的一个（$n-1$）阶行列式，并且乘以$(-1)^{i+k}$来决定其正负。这样，就把n阶行列式展开为（$n-1$）阶行列式之和的形式。重复这一降阶程序，最后可求出$|A|$的值。

例如三阶行列式

$$|A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

若取第3列各元素进行求值计算，它的代数余因式为

$$A_{13} = (-1)^{1+3}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} = (a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$A_{23} = (-1)^{2+3}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} = -(a_{11}a_{32} - a_{12}a_{31})$$

$$A_{33} = (-1)^{3+3}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})$$

于是 $$|A| = a_{13}A_{13} + a_{23}A_{23} + a_{33}A_{33}$$