

材料力学计算机应用

cai liao li xue ji suan ji ying yong

云南科技出版社

杨桂生 编著



1

序 言

材料力学是一门带有大量工程计算内容的学科。在以往的教学实践中，由于受到计算工具的限制，对于许多复杂的、繁琐的、甚至手算难以完成的计算，深感教学中不易正面涉及。不少学生对此类计算问题的基本理论因缺乏必要的练习而认识不清，影响解决实际工程问题能力的培养。作者认为这是材料力学教学内容改革需要考虑的问题之一。

目前计算机应用技术正在迅速地向几乎所有学科领域强烈渗透，大批计算机应用软件正在不断涌现。在这种形势下，作为与工程计算密切相关的材料力学，应当充分利用计算机这一先进工具，并相应地调整教学内容。这是材料力学学科发展的必然趋势。近几年来，许多工科院校都在本科学生中逐步实行计算机应用不断线的教学计划，在材料力学中应用微机是这种“不断线”教学计划的重要环节。由于时间不长，至今尚缺乏系统的程序软件和一本比较适合本科学生使用的教材。从1984年开始，我院在材料力学教学中陆续引入了计算机程序。实践证明，在确保原课程基本内容的前提下，引入计算机程序后，大大扩充了原来手算所不能胜任的解题范围，对学生能力的培养和知识面的拓宽、加深都起到了促进作用，效果很明显。传统的材料力学完全有可能在计算机应用技术引入后变得生机勃勃。编写本书的目的，在于促成这种局面早日形成。

本书针对材料力学中的主要计算问题，着重介绍如何应用计算机进行计算，各章都提供了相应的计算机程序。本书不可能也不企图取代普通的材料力学教材，因此一般情况下不再系统阐述材料力学的基本概念和基本理论。各章都直接针对计算问题提出适合于电算的计算方法，并列出了程序中用到的全部计算公式，因此读者应对算法语言和材料力学有关章节的内容有所了解。本书可作为力学教师开展计算机教学的参考书，对已经将计算机引入材料力学教学的工科院校本科生，可作为教材的一部分和上机实习的指导书。书中程序都具有一定的实用价值，因此本书对机械、土建、水工、起重运输等专业的工程技术人员也有一定的参考价值。此外，书中的某些程序能作为机械零件课程设计计算时的方便工具。

本书提供的计算机程序是作者经过几年实践，反复修改后逐步形成的。编制程序时力求通用性，兼顾使用简便和作图美观。在程序设计构思、计算方法等方面充分考虑计算机的特点。各章程序都有较强的功能，较宽的适用范围，填写信息尽量简便。相信读者在使用本书程序时能体会到这些特点。考虑到多数院校在材料力学课程之前学生已学过 BASIC 算法语言，并且这种语言目前在工程技术界比较普及，其功能用于材料力学计算已经足够，因此本书全部计算机程序均用扩展 BASIC 语言编写，适合于在 I.B.M—PC 及各种兼容微机上运行。在 APPLE—II、PC—1500 等微机上移植本书程序时，需要注意根据不同机型对变量标识符的字符数，绘图语句及每一标号语句允许的并列子句数作相应修改。一旦计算程序软件已经正确建立，读者只要阅读程序适用范围和使用说明，即可上机进行计算。借此机会，作者顺便申明，乐意无偿为对本书程序感兴趣的单位复制已有软件。

众所周知，编制计算机程序是一项工作量很大且十分仔细的工作，限于时间和精力，部分与材料力学计算有关的内容尚未完成程序编制工作（当然某些简单的计算也不必勉强使用计算机）。本书编写时间短促，水平有限，书中缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

昆明工学院刘北辰教授和北京理工大学蒋维城教授仔细审阅了全部书稿，并提出了许多宝贵意见，对此作者深表感谢。

杨桂生

1988年3月写于

昆明工学院

目 录

序言

第一章 弯曲内力计算及作图的通用程序	(1)
§ 1—1 程序的适用范围和功能	(1)
1.1.1 程序的适用范围	(1)
1.1.2 程序的功能	(1)
§ 1—2 程序的使用说明	(1)
1.2.1 符号和单位	(1)
1.2.2 输入信息顺序	(2)
§ 1—3 计算例题及上机操作	(3)
§ 1—4 程序中的计算方法	(11)
1.4.1 线性分布载荷的合力及其作用线位置	(11)
1.4.2 支反力计算	(12)
1.4.3 剪力和弯矩的计算	(14)
§ 1—5 剪力和弯矩的计算程序	(14)
1.5.1 变量标识符含义	(14)
1.5.2 程序框框图和主要流程图	(15)
1.5.3 源程序 <i>BEAM</i>	(15)
第二章 组合截面几何性质的计算程序	(24)
§ 2—1 程序的适用范围、功能和使用说明	(24)
2.1.1 程序的适用范围	(24)
2.1.2 程序的功能	(24)
2.1.3 程序的使用说明	(24)
§ 2—2 计算例题	(26)
§ 2—3 计算公式	(30)
2.3.1 定义式	(30)
2.3.2 简单图形的几何性质	(31)
§ 2—4 组合截面几何性质计算程序	(34)
2.4.1 变量标识符含义	(34)
2.4.2 程序流程图	(34)
2.4.3 源程序 <i>AREA</i>	(34)
第三章 变曲正应力强度计算通用程序	(38)
§ 3—1 程序的适用范围及功能	(38)
3.1.1 程序的适用范围	(38)
3.1.2 程序的功能	(38)
§ 3—2 程序的使用说明	(39)
§ 3—3 计算例题	(40)

§ 3—4 弯曲正应力强度计算公式	(48)
3.4.1 强度校核	(48)
3.4.2 截面设计	(48)
3.4.3 确定许用载荷	(49)
§ 3—5 弯曲正应力强度计算通用程序	(49)
3.5.1 变量标识符含义	(49)
3.5.2 程序框图	(50)
3.5.3 源程序(STRENGH)	(51)
3.5.4 工字钢数据库源程序(BASE)	(56)
第四章 等截面梁弯曲变形计算及作图的通用程序	(57)
§ 4—1 程序的适用范围、功能及使用说明	(57)
4.1.1 程序的适用范围	(57)
4.1.2 程序的功能	(57)
4.1.3 程序的使用说明	(57)
§ 4—2 计算例题	(57)
§ 4—3 计算方法和计算公式	(63)
4.3.1 左端固定悬臂梁	(64)
4.3.2 右端固定悬臂梁	(64)
4.3.3 简支梁	(64)
4.3.4 右端外伸梁	(68)
4.3.5 左端外伸梁	(69)
4.3.6 两端外伸梁	(70)
§ 4—4 等截面梁弯曲变形计算通用程序	(72)
4.4.1 变量标识符含义	(72)
4.4.2 程序框图及主要流程图	(72)
4.4.3 源程序(DEF—A)	(72)
第五章 变截面梁弯曲变形计算及作图的通用程序	(82)
§ 5—1 面积—静矩法的基本理论	(82)
5.1.1 面积—静矩法	(82)
5.1.2 由边界条件确定 θ_1 和 y_1	(84)
§ 5—2 程序的适用范围、功能和使用说明	(85)
5.2.1 程序的适用范围	(85)
5.2.2 程序的功能	(85)
5.2.3 程序的使用说明	(86)
§ 5—3 计算例题	(86)
§ 5—4 变截面梁弯曲变形计算的通用程序	(95)
5.4.1 变量标识符含义	(95)
5.4.2 程序框图	(96)
5.4.3 源程序(DEF—B)	(96)

第六章 平面应力状态和平面应变状态计算程序	(104)
§ 6—1 平面应力状态的计算公式和应力圆	(104)
6.1.1 平面应力状态分析的计算公式	(104)
6.1.2 应力圆	(105)
§ 6—2 平面应力状态分析的计算机程序	(106)
6.2.1 程序的使用说明	(106)
6.2.2 源程序(<i>STRESS</i>)	(108)
§ 6—3 平面应变状态分析	(109)
6.3.1 平面应变状态分析	(109)
6.3.2 应变测量和应变花	(110)
6.3.3 平面应力—应变状态的广义虎克定律	(111)
§ 6—4 平面应变状态分析的计算机程序	(111)
6.4.1 程序的使用说明	(111)
6.4.2 源程序(<i>STRAIN</i>)	(112)
第七章 杆系结构矩阵分析计算机程序	(114)
§ 7—1 平面刚架的计算分式	(114)
7.1.1 单元刚度方程	(114)
7.1.2 总刚度方程	(116)
7.1.3 杆件节点内力的计算	(117)
7.1.4 支反力的计算	(117)
§ 7—2 总刚度矩阵的形成	(118)
7.2.1 总刚度矩阵的特点	(119)
7.2.2 总刚度矩阵的形成	(119)
7.2.3 总刚度矩阵—维压缩存储	(120)
§ 7—3 边界条件的处理	(122)
7.3.1 引入边界条件的实质	(122)
7.3.2 划行划列处理任意已知位移	(122)
§ 7—4 总刚度方程的求解	(123)
7.4.1 追赶法基本理论	(123)
7.4.2 计算公式	(123)
§ 7—5 平面刚架计算机程序	(125)
7.5.1 程序粗框图	(125)
7.5.2 程序使用说明	(126)
7.5.3 源程序(<i>PMGT</i>)的说明	(127)
§ 7—6 平面刚架计算例题	(128)
§ 7—7 平面桁架计算机程序	(144)
7.7.1 单元刚度矩阵	(145)
7.7.2 程序使用说明	(145)
§ 7—8 空间桁架计算机程序	(151)

7.8.1 单元刚度矩阵	(151)
7.8.2 程序使用说明	(152)

第一章 变曲内力计算及作图的通用程序

§ 1—1 程序的适用范围和功能

梁的剪力和弯矩计算是材料力学的重要内容。梁上的载荷比较复杂时，剪力、弯矩方程的数量多，剪力、弯矩图的形式也较为复杂，不仅手算费时，且很容易发生错误。本章介绍一个计算剪力、弯矩并绘制剪力、弯矩图的通用程序，取名为“BEAM”。使用本程序解题时，一定会使读者感到十分简便，引起浓厚兴趣。

1.1.1 程序的适用范围

任何一个计算机程序都有一定的适用范围，使用一个已经编制好的程序之前，了解清楚程序的适用范围是必要的。本章的程序适用于一切不带有中间铰链的静定直梁，梁上可以有任意个作用在任意位置的集中力和集中力偶，以及任意个作用在任意梁段上的线性分布载荷（包括均匀分布、三角形分布及梯形分布载荷）。因此能满足材料力学中关于弯曲内力这一章的大部分解题要求。本程序不适用于曲梁、刚架和静不定梁的内力计算。

1.1.2 程序的功能

按下一节的使用说明提取具体问题的计算信息后，通过本程序的运算，得到如下计算结果：

1. 两个支反力（包括固定端处的反力偶）。铰支座的支反力以 $R(x)$ 表示；固定端处的支反力以 $R(x)$ 和 $M(x)$ 表示，括号中的 X 表示坐标位置。
2. 全梁的 $|Q|_{\max}$ 、 M_{\max} 和 M_{\min} 及这些内力所在的截面位置。
3. 全梁各计算截面上的剪力和弯矩。程序中按计算剪力、弯矩时的梁的分段规则，将梁分为 N 段；每一段又按需要分为 K 等分，共有 $N(K+1)$ 个计算分点。这些分点截面上的剪力和弯矩计算后存入 $Q(N, K)$ 和 $M(N, K)$ 数组中，当你命令计算机输出时，便可显示或打印出来。
4. 屏幕显示剪力图和弯矩图。这是使用绘图语句编制的内容，图形按比例绘出，极为形象，必要时可用点阵打印命令在打印机上打出。

§ 1—2 程序的使用说明

使用本程序时，需要了解如下规定。

1.2.1 符号和单位

梁上的载荷和支反力的正负号实际上反映了它们的方向或转向。手算时由计算简图可直接知道载荷的方向或转向，因此，一般无需对已知载荷作正负规定。对于支反力，则需要先在计算简图上假设它们的方向或转向，再由计算结果来判定它们的实际方向或转向。对于截面上的剪力和弯矩，在材料力学中有明确的正负规定，以保证不论用截面左侧还是用截面右侧的外力来计算同一截面上的剪力或弯矩时有相同的结果，同时也为了由内力的正负可直接了解该截面的变形形式。

与手算类似：用计算机进行计算时必须将受力简图的信息传给它，因此需要对输入的

载荷作正负规定:

规定集中力和分布载荷向下为正, 向上为负;
规定集中力偶逆时针方向旋转为正, 反之则为负.

计算机算出的集中反力 R 为正值时, 表示该反力向上; 集中反力偶为正值时, 表示该反力偶为逆时针转向.

计算机算出的剪力 Q 和弯矩 M 的正负与材料力学中对剪力、弯矩的正负规定一致.

根据上述规定, 图 1-1 中的载荷 P 、 M_0 、 q 、反力 R_B 、 M_B 、 X 截面上的剪力 Q_x 和弯矩 M_x (指内力方向) 均表示在正值方向.

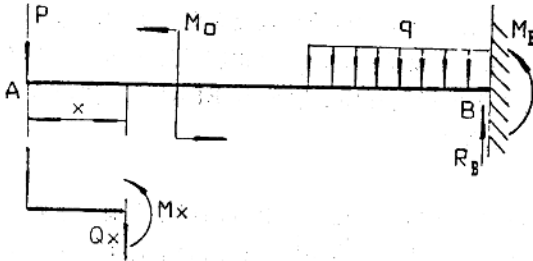


图 1-1

力和长度的单位可任选, 输入输出的同类力学量单位相同. 但应注意单位的统一, 例如规定力的单位为 N , 长度的单位为 m , 则分布载荷的单位应为 N/m , 力偶的单位应当为 $N \cdot m$. 有时, 算题中的载荷和长度是以字符表示的, 例如分布载荷为 q , 集中力为 qa , 集中力偶为 qa^2 . 计算时可令 $q=1$, $a=1$, 算出结果后, 再在反力 R 和剪力 Q 中乘 qa ; 在反力偶和弯矩中乘 qa^2 即可.

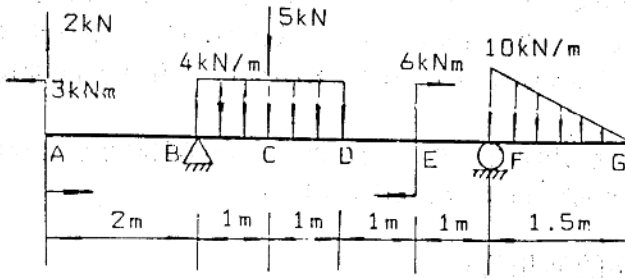


图 1-2

1.2.2 输入信息顺序

从具体问题中提取计算信息是一个程序设计中的技巧问题. 程序使用时的简繁与之大有关系. 提取计算信息有多种方法, 主要技巧在于使输入的各项信息都是必不可少的, 各信息之间不出现重复导出现象, 以求总的信息量尽量少.

以图 1-2 为例, 说明本章程序需要输入计算机的信息及其填写顺序.

1. N (程序中使用的符号, 下同) 为全梁的分段数. 图 1-2 所示的两端外伸梁应分为 6 段: 即全梁有 6 个独立的剪力方程或弯矩方程. 在某些特殊情况下 (见例 1-4), 也可以

在无外力作用点增加分段点，但一般无此必要。

2. K 为每一段梁再等分的小段数，这是一个可以任选的控制信息。如果梁上没有分布载荷，剪力、弯矩图均为直线，则可取 $K=1$ ，这不影响计算结果；如果梁上有均布载荷，则 K 值应取大一些，以免实际最大弯矩截面不在分点上而产生误差。一般取 $K=8$ 即可。

3. X 为每段梁的长度，共有 N 个数。

4. NP 为各类载荷的总数。图 1-2 所示的梁上共有 7 个载荷(2 个集中力、2 个集中力偶和 3 个分布载荷)；应当注意，不能把 BD 段的分段载荷作为一个载荷看待，因为程序中的分布载荷是指在一个梁段上的载荷。

5. $TYPE$ 、 $COORD$ 、 P 和 $P1$ 表示一个载荷的信息。其中 $TYPE$ 表示载荷的类型，规定“1”表示集中力；“2”表示集中力偶；“3”表示分布载荷。 $COORD$ 为集中力、集中力偶或分布载荷的左端到梁的最左端的距离。 P 为集中力、集中力偶或分布载荷左端载荷集度的代数值，如果是集中力或集中力偶，则用三个数就能确定它们的信息；如果是分布载荷则需要再加一个 $P1$ 表示分布载荷右端的载荷集度(均布载荷 $P1$ 与 P 相等)，本项信息共需填写 NP 组数，每一组数为 3~4 个，载荷输入的顺序可以任意。

6. $L1$ 和 $L2$ 为两个约束反力所在位置的坐标，对于悬臂梁则填两个相同的数。

以上是本程序需要输入的全部信息，图 1-2 所示的梁的全部数据为：

6(全梁应分 6 段)

8(每段再 8 等分，有 0 至 8 共 9 个截面)

2.1.1.1.1.1.5(6 段的长度)

7(共有 7 个载荷)

1.0,-2000(A 点的集中力)

2.0,3000(A 点的集中力偶)

3.2,4000,4000(BC 段的均布载荷)

1.3,5000(C 点的集中力)

3.3,4000,4000(CD 段的均布载荷)

2.5,-6000(E 点的集中力偶)

3.6,100000,0(FG 段的分布载荷)

2.6(两个约束反力的坐标)

将以上数据键入 3000 DATA 开始的数据语句中，即可开始运算。

如果计算题目载荷简单，则信息量是很少的，填写也极为方便。

§ 1-3 计算例题及上机操作

例 1-1 用“BEAM”程序计算图 1-3(a)所示外伸梁的剪力和弯矩。

力以牛顿(N)为单位；长度以米(m)为单位。因为梁上有均布载荷，每一段再分为 8 等分进行计算。根据使用说明，数据语句为

3000 DATA 4.8,4,4,4,3,5,3,0,1000,1000,1,4,2000,3,4,
1000,1000,2,8,10000,1,15,2000,0,12

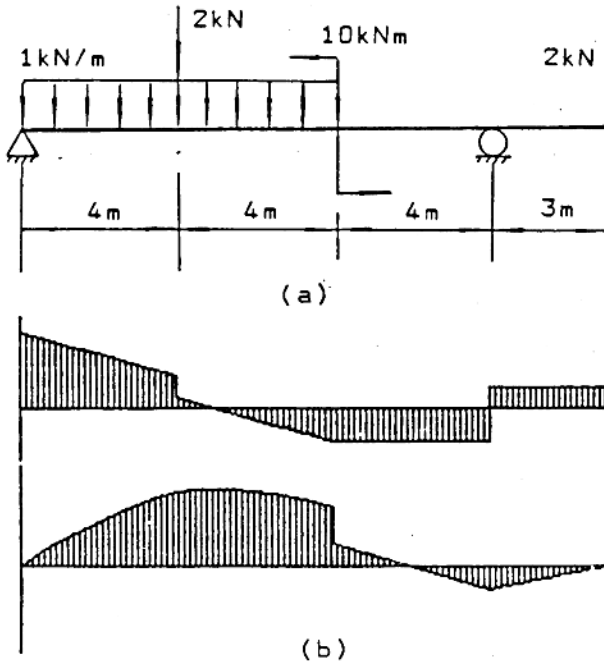


图 1-3

在“BASIC”状态下，从磁盘中将“BEAM”程序调入计算机内存，将上述语句键入计算机后开始运行，屏幕首先显示输入的全部数据，以帮助检查输入数据是否正确：

NUMBER OF SEGMENTS OF BEAM: N = 4

NUMBER OF SMALL SEGMENTS OF EVERY SEGMENT: K = 8

LENGTH OF EVERY SEGMENT: 4 4 4 3

TOTAL NUMBER OF LOADS: NP = 5

TYPE	COORD	P	Pt
3	0	1000	1000
1	4	2000	
3	4	1000	1000
2	8	10000	
1	15	2000	

POSITIONS OF SUPPORTED REACTION: L1 = 0 L2 = 12

接着立即输出计算结果

SUPPORTED REACTIONS:

X = 0 R(0) = 7000

X = 12 R(12) = 5000

MAXIMUM SHEAR: X = 0 Q max = 7000

MAXIMUM MOMENT: X = 5 M_{max} = 20500

MINIMUM MOMENT: X = 12 M_{min} = -6000

并询问还要计算其它截面上的剪力和弯矩吗?

DO YOU STILL WANT TO CALCULATE SHEAR AND MOMENT ON ANY OTHER SECTION (Y
N)?

如果回答“Y”则立即显示 N(K+1)组剪力和弯矩值,因数据很多,截取一段表示如下:

X	Q(X)	M(X)
0	7000	0
.5	6500	3375
1	6000	6500
1.5	5500	9375
2	5000	12000
2.5	4500	14375
3	4000	16500
3.5	3500	18375
4	3000	20000
4	1000	20000
4.5	500	20375

如果回答除“Y”以外的任何字符,则上述数据不显示。注意: X=4 处有两组 Q 和 M 前一组表示第一段的第 8 分点;后一组表示第 2 段的第 0 分点,这两点的坐标是相同的,但在分段点上,可能发生剪力或弯矩的突变。

接着,计算机屏幕显示如图 1-3(b)所示的剪力图(上)和弯矩图(下)。

在 I.B.M-PC 及各种兼容微机上如需打印上述数据,最好在“BEAM”源程序的所有 PRINT 语句之后,插入同样内容的 LPRINT 语句。当数据较少时,也可强制打印已显示在屏幕上的所有字符。若还需要打印剪力、弯矩图,则因系统软件的版本和打印机的型号不同而有所不同,需要参阅有关的专门资料。

显示剪力、弯矩图后,屏幕的左上方会出现“?”号,这没有其它含意,主要是等待看清图形,或用手描或强制打印。若不再需要图形时,只要按一下回车键,图形即消失,本例计算结束。

这里再来讨论一下控制信息 K 的选取问题。如果本题令 K=10,则计算结果得

MAXIMUM MOMENT: X=5.2 M_{max}=20480

与 M_{max}=20500 略有差别,原因是当 K=10 时, X=5 不在分点上,因此,当梁上有分布载荷,且从弯矩图看出最大弯矩就在该梁段时,可改变 K 值多算几次,以找到真正的最大弯矩。

例 1-2 用“BEAM”程序计算图 1-4(a)所示悬臂梁的剪力和弯矩。

图中的载荷和长度都是符号,因此令 q=1, a=1,最后在计算所得的力上乘 qa;力偶上乘 qa²。根据使用说明,数据语句为

3000 DATA 2.8,1,1,3,2,1,3,3,1,1,1,1,2,2,0,0

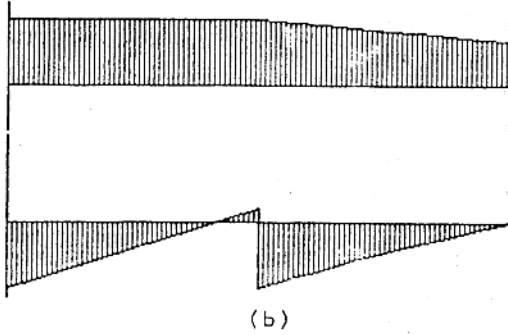
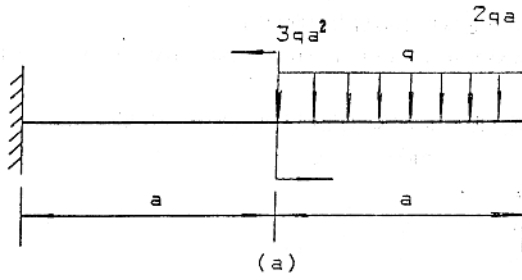


图 1-4

运算后屏幕显示

NUMBER OF SEGMENTS OF BEAM: N = 2

NUMRER OF SMALL SEGMENTS OF EVERY SEGMENT: K = 8

LENGHT OF EVERY SEGMENT: L1 = 1

TOTAL NUMBER OF LOADS: NP = 3

TYPE	COORD	P	P1
2	1	3	
3	1	1	1
1	2	2	

POSITIONS OF SUPPORTED REACTION: L1 = 0 L2 = 0

SUPPORTED REACTIONS:

X = 0 R(0) = 3

X = 0 M(0) = 2.5

MAXIMUM SHEAR: X = 0 Q_{max} = 3

MAXIMUM MOMENT: X = 1 M_{max} = .5

MINIMUM MOMENT: X = 0 M_{min} = -2.5

屏幕绘出的剪力、弯矩图如图 1-4(b)所示。

例 1-3 用“BEAM”程序求解图 1-5(a)所示简支梁的内力。

本例需要填写的计算信息极为简单，但若用手算方式求解，为了求得梁上的最大弯矩并绘制剪力、弯矩图，求解过程还是比较麻烦的。读者可先作手算，再用计算机进行计算，并加以比较。根据使用说明，数据语句为：

3000 DATA 2.8,.5,.5,1.3,0,1,1,0,1

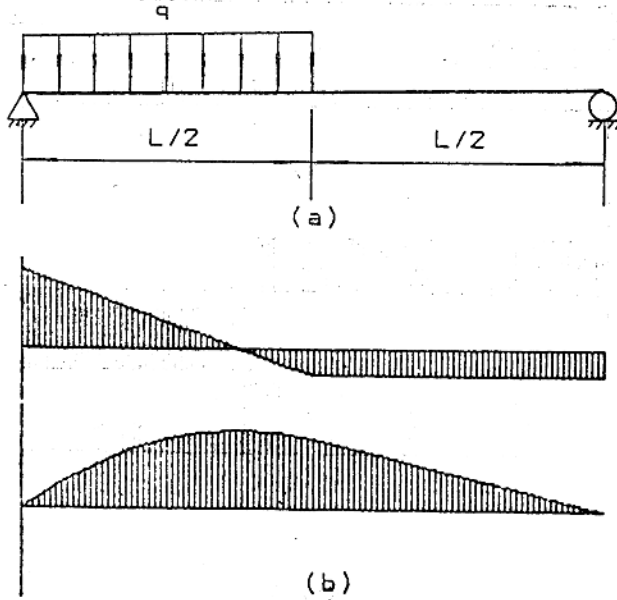


图 1-5

运算后屏幕显示：

NUMBER OF SEGMENTS OF BEAM: N=2

NUMBER OF SEGMENTS OF EVERY SEGMENT: K=8

NUMRER OF SMALL SEGMENTS OF EVERY SEGMENT: K=8

LENGHT OF EVERY SEGNENT: .5 .5

TOTAL NUMBER OF LOADS: NP=1

TYPE	COORD	P	P1
3	0	1	1

POSITIONS OF SUPPORTED REACTION: L1=0 L2=1

SUPPORTED REACTONS:

X=0 R(0)=.375

X=1 R(1)=.125

MAXIMUM SHEAR: X=0 |Q|max=.375

MAXIMUM MOMENT: X=.375 Mmax=.0703125

MINIMUM MOMENT: X=0 Mmin=0

剪力、弯矩图如图 1-5(b)所示。

例 1-4 图 1-6(a)所示的简支梁，D 截面处有明显的削弱，进行强度计算时需要知道该截面的剪力和弯矩值，试用“BEAM”程序求解。

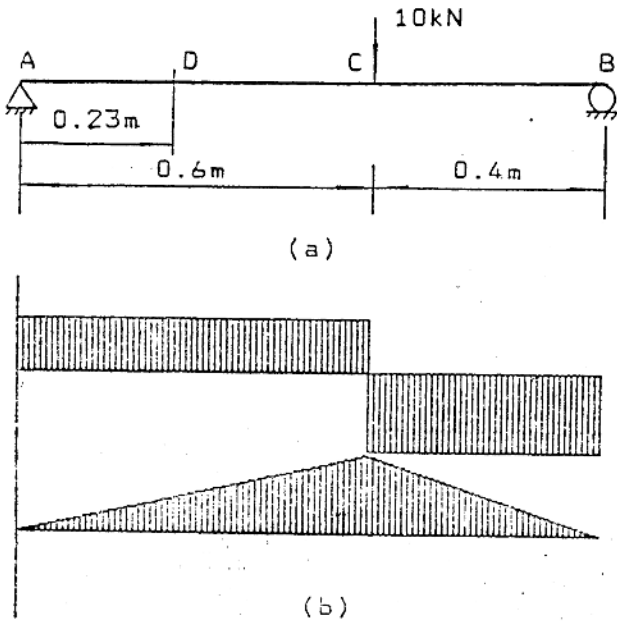


图 1-6

按梁的自然分段规则，该梁只有两个独立的剪力或弯矩方程，因此只需要分为两段。但为了使 D 点恰好在 AC 段的分点上，则应当使 $K = 0.6 / 0.01 = 60$ (0.01 是 0.23 的最大整除数)。这样处理后，还必须在计算机显示的大量数据中找出 D 截面的剪力和弯矩。与其这样处理，不如干脆将 D 点设为一个分段点，将梁分为 3 段。由于梁上无分布载荷，取 $K = 1$ 。数据语句为：

```
3000 DATA 3,1,.23,.37,.4,1,1,.6,10000,0,1
```

运算后屏幕显示

```
NUMBER OF SEGMENTS OF BEAM: N=3
```

```
NUMRER OF SMALL SEGMENTS OF EVERY SEGMENT: K=1
```

```
LENGHT OF EVERY SEGMENT: .23 .37 .4
```

```
TOTAL NUMBER OF LOADS: NP=1
```

TYPE	COORD	P	P1
1	.6	10000	

```
POSITIONS OF SUPPORTED REACTION: L1=0 L2=1
```

```
SUPPORTED REACTIONS:
```

```
X=0 R(0)=4000
```

```
X=1 R(1)=6000
```

MAXIMUM SHEAR: X=.6 Q_{max}=6000
 MAXIMUM MOMENT: X=.6 M_{max}=2400
 MINIMUM MOMENT: X=0 M_{min}=0

当计算机询问是否还要计算其它截面的剪、弯矩时，回答“Y”，屏幕又显示

X	Q(X)	M(X)
0	4000	0
.23	4000	919.9999
.23	3000	919.9999
.6	4000	2400
.6	-6000	2400
1	-6000	0

上面的数据中，D截面的剪力、弯矩重复显示了两次，这是因为现在D截面是个没有外力作用的分段点，第1段的最后分点(即第K点)与第2段的0点没有区别。

剪力、弯矩图如图1-6(b)所示。

例1-5 图1-7(a)所示两端外伸梁，梁上的载荷比较复杂，用“BEAM”程序分析其弯曲内力。

力以N为单位；长度以m为单位。由于计算机能将输入的数据按原输入的顺序反馈显示，因此下面用反馈数据表示本题需要输入的数据及计算结果

NUMBER OF SEGMENTS OF BEAM: N=6
 NUMBER OF SMALL SEGMENTS OF EVERY SEGMENT: K=8
 LENGTH OF EVERY SEGMENT: 2 1 1 1.5 1 2
 TOTAL NUMBER OF LOADS: NP=7

TYPE	COORD	P	P1
1	0	10000	
2	0	-3000	
3	2	2000	2000
1	3	-5000	
3	3	2000	2000
2	5.5	6000	
3	6.5	4000	0

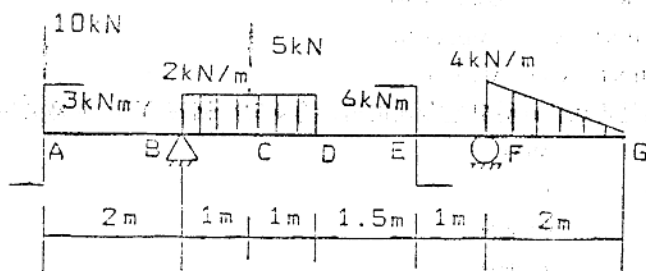
POSITIONS OF SUPPORTED REACTION: L1=2 L2=6.5

SUPPORTED REACTIONS:

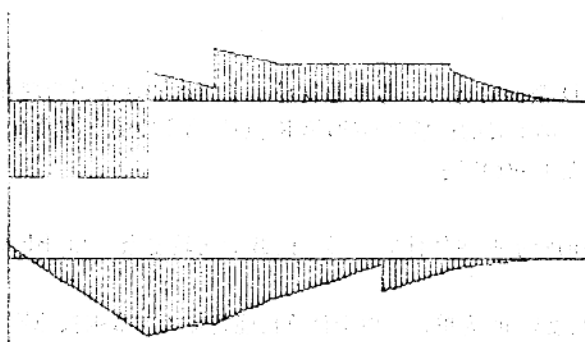
X=2 R(2)=13740.74
 X=6.5 R(6.5)=-740.741

MAXIMUM SHEAR: X=0 Q_{max}=10000
 MAXIMUM MOMENT: X=0 M_{max}=3000
 MINIMUM MOMENT: X=2 M_{min}=-17000

图1-7(b)为该梁的剪力、弯矩图。



(a)



(b)

图 1-7

例 1-6 图 1-8(a)上部所示为一五跨的连续梁, 这是一个 4 次超静定(或称静不定)问题。用第七章介绍的平面刚架计算程序可以求得: $p_1=p_3=0.1184P$; $p_2=p_4=0.5987P$, 方向如图 1-8(a)下部所示。现将这四个支反力作为已知载荷, 将连续梁转换为一根简支梁, 用“BEAM”程序绘出剪力、弯矩图, 以分析载荷 P 对各跨内力的影响。

屏幕反馈显示的数据及计算结果为:

NUMBER OF SEGMENTS OF BEAM: N= 6

NUMRER OF SMALL SEGMENTS OF EVERY SEGMENT: K= 1

LENGHT OF EVERY SEGMENT: 1 1 1.5 1 1

TOTAL NUMBER OF LOADS: NP= 5

TYPE	COORD	P	PI
1	2.5	1	
1	1	.1184	
1	4	.1184	
1	2	-.5987	
1	3	-.5987	

POSITIONS OF SUPPORTED REACTION: L1= 0 L2= 5

SUPPORTED REACTIONS:

X= 0 R(0)= 1.970003E-02