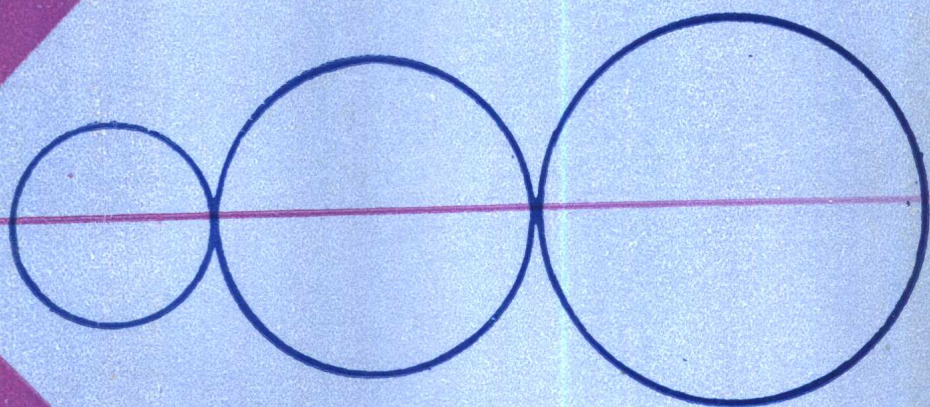


埃尔文·格拉内特 著

汪宁人 郭文杰 译

技术力学

应用静力学与动力学



技 术 力 学

(应用静力学与动力学)

埃尔文·格拉内特 著

汪宁人 郭文杰 译

上海科学技术文献出版社

技术力学

(应用静力学与动力学)

埃尔文·格拉内特 著

江宁人 郭文杰 译

上海科学技术出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行

浙江洛舍印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 11.75 / 字数 284,000

1986年8月第1版 1986年8月第1次印刷

印数: 1-3,500

书号: 15192-461 定价: 2.15 元

《科技新书目》123-194

译 序

本书根据美国霍特·莱因哈特·温斯顿出版公司出版的“Technical Mechanics”1983年第一版译出。作者埃尔文·格拉内特是纽约理工学院教授。本书是作者专为工艺技术专业学生编写的一本力学教材，其特点是说理深入浅出，明白易懂，着重应用，又不忽视培养读者利用基本原理分析问题的能力。为了突出概念，本书对读者的数学水平要求不高，只需学完代数学和三角学，即可读懂本书。书中选编了大量解说题，以利于启发读者的解题思路。此外，还收集了大量结合实际的习题，帮助读者掌握和巩固已学得的概念。书末汇编了各种附录备查，特别是《编程计算机在力学中的一些应用》一则，对帮助读者在学习力学过程中应用计算机将起有益的作用。本书的另一特点是除采用SI制单位外，在许多解说题和习题中采用了英制单位，并在附录中编入了SI制与英制单位间的换算因子。

本书可用作大、中专学生和职工大学、业余大学学员学习力学的参考书，也适用于一般工程技术人员。

本书共十三章，其中第十、十一和十二章由郭文杰译，其余各章由汪宁人译，并由郭文杰校阅全书。由于译者水平有限，疏漏误译之处在所难免，谨希读者不吝指正。

译 者

1985年8月

目 录

第一篇 静力学	1
1. 基本概念	1
1.1 引言	1
1.2 标量和矢量	1
1.3 静力学中的数学	7
1.4 小结	15
习题	15
2. 矢量与力系	21
2.1 引言	21
2.2 共线矢量的矢量加法	21
2.3 平行四边形法则	24
2.4 三角形法则与力多边形	28
2.5 分量法	33
2.6 矢量的矩	40
2.7 平行力系	42
2.8 空间力系	45
2.9 小结	49
习题	49
3. 平衡	58
3.1 引言	58
3.2 自由体图	58
3.3 平衡方程——三维力系	63

3.4 非共面力系	73
3.5 小结	76
习题	76
4. 结构	83
4.1 引言	83
4.2 节点法	84
4.3 截面法	90
4.4 框架	93
4.5 小结	96
习题	96
5. 摩擦	101
5.1 引言	101
5.2 摩擦理论	101
5.3 斜面	106
5.4 滚动摩擦	112
5.5 胶带摩擦	114
5.6 方螺纹的螺旋摩擦	117
5.7 小结	119
习题	120
6. 重心	123
6.1 引言	123
6.2 面积的重心	123
6.3 复合面积的重心	132
6.4 物体的重心	135
6.5 复合形状物体的重心	138
6.6 小结	140
习题	140

7. 惯性矩	148
7.1 引言.....	148
7.2 面积的第二矩力——面积的惯性矩.....	148
7.3 平行轴转换原理.....	150
7.4 复合面积的惯性矩.....	152
7.5 回转半径.....	154
7.6 物体的惯性矩.....	156
7.7 物体的平行轴转换原理.....	159
7.8 复合物体的惯性矩.....	161
7.9 物体的回转半径.....	163
7.10 小结	165
习题	165

第二篇、动力学175

8. 直线运动	175
8.1 引言.....	175
8.2 位移与距离.....	175
8.3 速率与速度.....	178
8.4 加速度.....	181
8.5 匀加速直线运动.....	182
8.6 抛射体运动.....	186
8.7 小结.....	191
习题.....	191
9. 旋转运动	198
9.1 引言.....	198
9.2 角位移.....	198
9.3 角速度.....	200

9.4	角加速度	201
9.5	直线运动与角运动间的关系	202
9.6	匀加速旋转运动	205
9.7	切向与法向加速度	207
9.8	小结	213
	习题	213
10.	平面运动	221
10.1	引言	221
10.2	平移运动和旋转运动的组合——相对运动	221
10.3	滚动体	228
10.4	瞬时中心	232
10.5	小结	237
	习题	238
11.	动力学	247
11.1	引言	247
11.2	第二运动定律	248
11.3	动平衡——惯性力概念	254
11.4	线性动平衡	255
11.5	旋转动平衡	259
11.6	平面运动方程式	263
11.7	小结	270
	习题	270
12.	功和能	280
12.1	引言	280
12.2	功	280
12.3	平移运动的势能和动能	283
12.4	平移运动的能量守恒	287

12.5	旋转动能	290
12.6	旋转运动的能量守恒	293
12.7	平面运动	294
12.8	功率和效率	297
12.9	小结	300
	习题	300
13.	冲量与动量	309
13.1	引言	309
13.2	线冲量与线动量	309
13.3	角冲量与角动量	313
13.4	动量守恒	317
13.5	碰撞	321
13.6	小结	325
	习题	325
附录 A	偶数习题答案	333
附录 B	各章摘要	342
附录 C	常用图表	350
附录 D	编程计算机在力学中的一些应用	360

第一篇 静力学

1. 基本概念

1.1 引言

静力学和材料力学是力学这门普通学科的两个分支。力学是研究作用于物体上的力的效应的。静力学的研究对象是在力系作用下处于静止或作匀速运动的物体。工程力学则是研究作用于刚体上的外力的效应。当外力系所引起的物体形变和物体内部状态变化成为重要研究对象时,这门学科就是材料力学。从历史来看,力学的研究可追溯到金字塔的建立和亚里士多德(公元前 384~322)与阿基米德(公元前 287~212)的著作年代。在中世纪作出贡献的是斯特维纳斯(1548~1620),他系统地阐述了矢量合成的平行四边形法则。继之而取得快速进展的是伽利略(1564~1642),然后是伊萨克·牛顿(1642~1727),他以著名的运动定律和万有引力定律使力学基本公式得以完善。

本章着重阐明一些基本概念,并对学习静力学所需的基本数学进行复习。

1.2 标量和矢量

标量(数量)和矢量(向量)的概念是人们所熟悉的。例如装在一个特定盒子中的鸡蛋的数量用一打来表示,这就是标量。由

此我们可以概括出标量的定义,即只有数量大小的量。然而,矢量则是除数量大小外,还包含方向的量。举例来说,要完整地描述火车的运动就应指明其速率(标量)和方向,例如速率每小时40英里,方向朝东。因此,要描述一个物体运动的速度,必须包括数量的大小和运动的方向,这就是矢量。矢量也可表示为有特定长度的有向线段。图1-1中所示,一端带有箭头的线段,其长度与该矢量所描述的数量大小成比例(例如1英寸=40英里/小时),而箭头所指即是运动的方向。在此图中,相对于参照轴的角度与水平成 45° 。

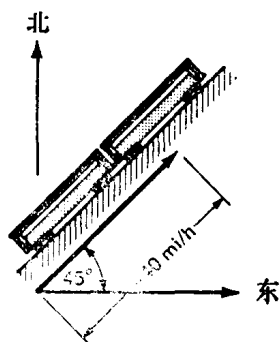


图1-1 以40英里/小时向东北行驶的火车的矢量表示法

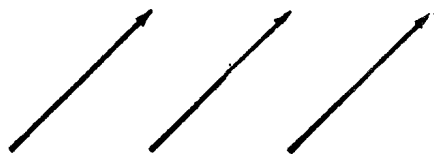


图1-2 自由矢量

必须分辨自由矢量与固定(或定位)矢量。自由矢量有指定的大小和方向,但它不是作用于空间某一指定点的矢量。固定矢量则既有指定的方向,又有确定的作用点。因此对固定矢量所下的完整定义必须指明其大小、方向和作用点(或线)。

自由矢量可举平动物体的位移矢量为例。平动物体中任一质点的运动(或位移)可用一矢量表示,此矢量可描述出该物体中每一质点运动(或位移)的数值和方向。然而,如果有外力作用于—可产生形变的物体,则物体的内部受力及运动情况就取

决于该外力的作用点,此外力即是一固定矢量。

力的概念对力学研究十分重要。通常将力定义为对物体施加的推动或拉动。尽管这一定义对力学研究来说还不够精确和严密,但它却使一个非常基本的概念具体化了:即力是一个物体对另一物体的作用,它使被作用物体的状态发生变化。由于被作用物体对另一物体的反作用,因此力总是成对出现的。还应注意,作用于物体上的力的效应取决于该力的大小、力作用线的方向以及力作用线对物体上的作用位置。可见力是固定矢量。

同一个力沿其作用线施加于刚体的不同部位,并不影响力的外在效应。作用于汽车上的一特定推力与作用于汽车的同样方向、同样大小的拉力可得到同样的速度。然而,作用于物体的力的内在效应要受力在物体上作用点的位置的影响。作用于刚体上的力的效应的概念被命名为力的可传导原理,就是说:作用于刚体上的力的外在效应与力沿其作用线的作用点的位置无关。因此,我们可使一个力沿其作用线作用于任意点而取得相同的外在效应。图 1-3 所示系汽车受大小相等、方向相同、并沿同一力的作用线的推力和拉力的情况。

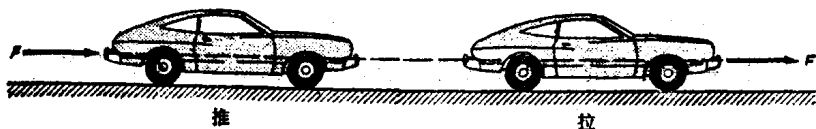


图 1-3 力的可传导原理

当有若干个力作用于—刚体上时,即称刚体受力系作用。为了研究方便,我们按力线的排列方式将力系分类。两种常用的分类方式是共面力系和非共面力系,前者是诸力都在同一平面内;后者是诸力不在同一平面内。

共面力系

共线力系

共线力系就是力系中诸力有同一作用线。图 1-4 所示为作用于一物体上的共线力系。

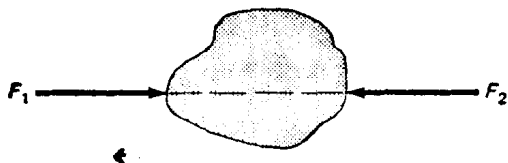


图 1-4 共线力系

共点共面力系

共点共面力系就是诸力的作用线都在同一平面内，并相交于一共同点。图 1-5 所示为此种力系。

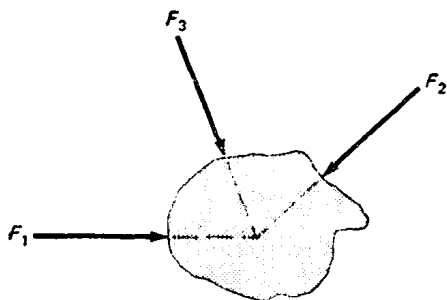


图 1-5 共点共面力系

平行共面力系

顾名思义，平行共面力系就是诸力线都在同一平面内并相互平行的力系，如图 1-6 所示。

非共点、非平行共面力系

力系中诸力的作用线在同一平面内，但诸力并不相交于一

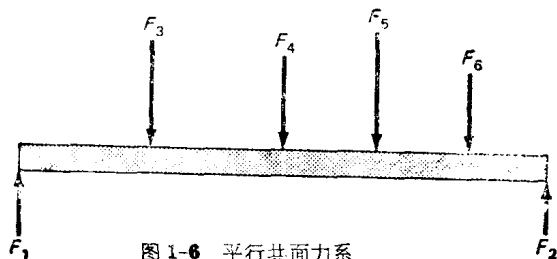


图 1-6 平行共面力系

共同点,也不相互平行,如图 1-7 所示,这种力系就是非共点、非平行共面力系。

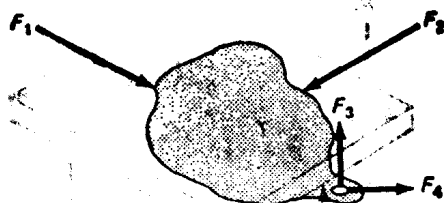


图 1-7 非共点、非平行共面力系

非共面力系

共点非共面力系

共点非共面力系就是力系中诸力的作用线相交于一共同点,但各力的作用线不在同一平面内,如图 1-8 所示。

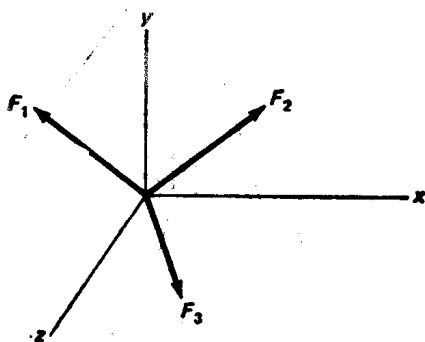


图 1-8 共点非共面力系

平行非共面力系

平行非共面力系就是力系中诸力的作用线相互平行,但它们不在同一平面内,如图 1-9 所示。

非平行、非共点、非共面力系

非平行、非共点、非共面力系指的是力系中诸力既不相互平

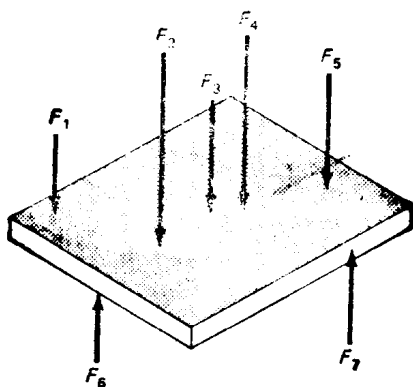


图 1-9 平行非共面力系

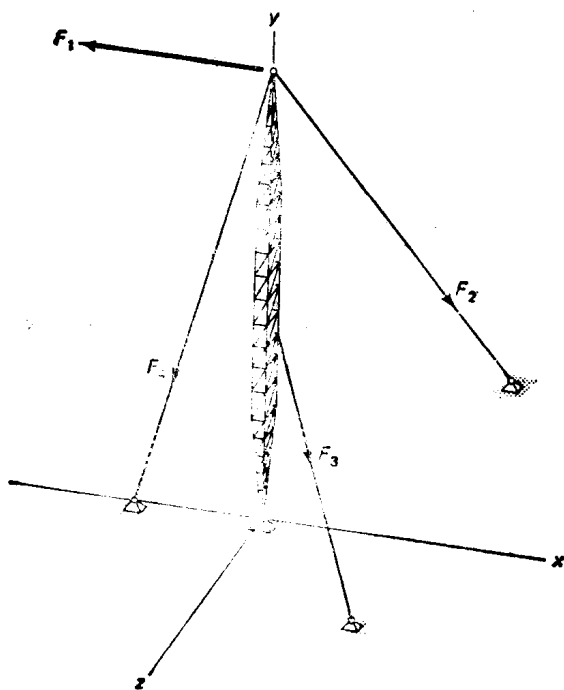


图 1-10 非平行、非共点、非共面力系

行、又不相交于一共同点、也不在同一平面内，这种力系最为常见，图 1-10 所示即为此种力系。

1.3 静力学中的数学

由于静力学是一门定量的学科，因此需要用某些数学分支对本书中的一些概念作定量的表达。在我们的研究中，大部分要用代数学、几何学和三角学作为分析工具。尽管大多数学生可以容易地运用代数学和几何学，但他们却往往不能同样熟练地应用三角学。为此，我们在这里复习一下需要用到的一些三角学的概念。

直角三角形是系统地阐明最普通的三种三角函数——正弦、余弦、正切和它们的反函数余割、正割和余切——的基础。图 1-11 中的直角三角形以大写字母 A 、 B 、 C 标注其三个

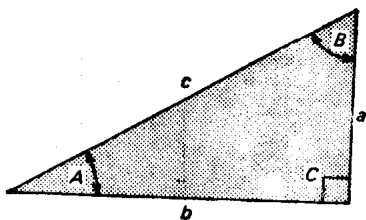


图 1-11 直角三角形

角，而三角形的三条边则相应地以 a 、 b 、 c 标注。角 C 是直角，直角的对边 c 则被称为直角三角形的斜边。根据定义，角 A 与角 B 的三种函数为：

$$\text{正弦 } A(\text{或 } B) = \frac{\text{对边}}{\text{斜边}}$$

$$\text{余弦 } A(\text{或 } B) = \frac{\text{邻边}}{\text{斜边}} \quad (1.1)$$

$$\text{正切 } A(\text{或 } B) = \frac{\text{对边}}{\text{邻边}}$$

利用缩写符号 $\sin$ 、 $\cos$ 和 tg ，则式(1.1)可写作

表 1-1 三角函数

角度	sin	cos	tg	角度	sin	cos	tg
0°	0.000	1.000	0.000	46°	0.719	0.695	1.036
1°	0.018	1.000	0.018	47°	0.731	0.682	1.072
2°	0.035	0.999	0.035	48°	0.743	0.669	1.111
3°	0.052	0.999	0.052	49°	0.755	0.656	1.150
4°	0.070	0.998	0.070	50°	0.766	0.643	1.192
5°	0.087	0.996	0.083	51°	0.777	0.629	1.235
6°	0.105	0.995	0.105	52°	0.788	0.616	1.280
7°	0.122	0.993	0.123	53°	0.799	0.602	1.327
8°	0.139	0.990	0.141	54°	0.809	0.588	1.376
9°	0.156	0.988	0.158	55°	0.819	0.574	1.428
10°	0.174	0.985	0.176	56°	0.829	0.559	1.483
11°	0.191	0.982	0.194	57°	0.839	0.545	1.540
12°	0.208	0.978	0.213	58°	0.848	0.530	1.600
13°	0.225	0.974	0.231	59°	0.857	0.515	1.664
14°	0.242	0.970	0.249	60°	0.866	0.500	1.732
15°	0.259	0.966	0.268	61°	0.875	0.485	1.804
16°	0.276	0.961	0.287	62°	0.883	0.470	1.881
17°	0.292	0.956	0.305	63°	0.891	0.454	1.963
18°	0.309	0.951	0.325	64°	0.899	0.438	2.050
19°	0.326	0.946	0.344	65°	0.906	0.423	2.145
20°	0.342	0.940	0.364	66°	0.914	0.407	2.246
21°	0.358	0.934	0.384	67°	0.921	0.391	2.356
22°	0.375	0.927	0.404	68°	0.927	0.375	2.475
23°	0.391	0.921	0.425	69°	0.934	0.358	2.605
24°	0.407	0.914	0.445	70°	0.940	0.342	2.747
25°	0.423	0.906	0.466	71°	0.946	0.326	2.904
26°	0.438	0.899	0.488	72°	0.951	0.309	3.078
27°	0.454	0.891	0.510	73°	0.956	0.292	3.271
28°	0.470	0.883	0.532	74°	0.961	0.276	3.487
29°	0.485	0.875	0.554	75°	0.966	0.259	3.732
30°	0.500	0.866	0.577	76°	0.970	0.242	4.011
31°	0.515	0.857	0.601	77°	0.974	0.225	4.331
32°	0.530	0.848	0.625	78°	0.978	0.208	4.705
33°	0.545	0.839	0.649	79°	0.982	0.191	5.145
34°	0.559	0.829	0.675	80°	0.985	0.174	5.671
35°	0.574	0.819	0.700	81°	0.988	0.156	6.314
36°	0.588	0.809	0.727	82°	0.990	0.139	7.115
37°	0.602	0.799	0.754	83°	0.993	0.122	8.144
38°	0.616	0.788	0.781	84°	0.995	0.105	9.514
39°	0.629	0.777	0.810	85°	0.996	0.087	11.43
40°	0.643	0.766	0.839	86°	0.998	0.070	14.30
41°	0.656	0.755	0.869	87°	0.999	0.052	19.08
42°	0.669	0.743	0.900	88°	0.999	0.035	23.64
43°	0.682	0.731	0.933	89°	1.000	0.018	57.29
44°	0.695	0.719	0.966	90°	1.000	0.000	∞
45°	0.707	0.707	1.000				