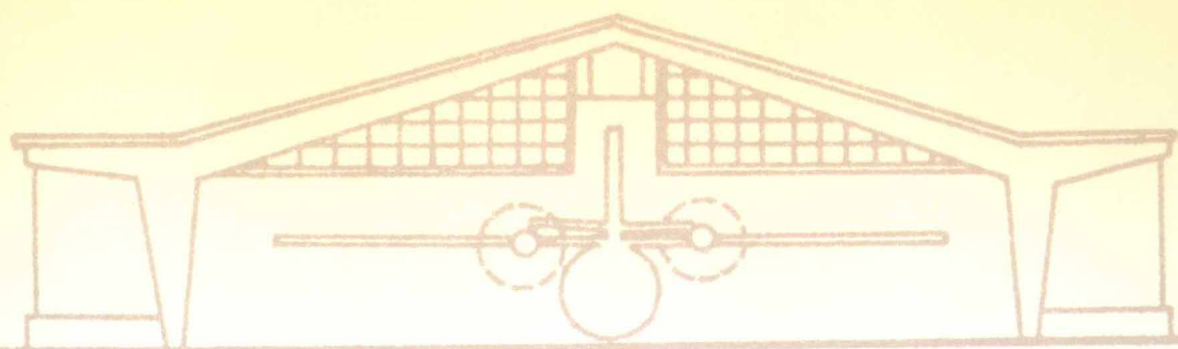




建筑力学复习与解题指导

JIANZHU LIXUE FUXIYU JIETI ZHIDAO

王俊民 徐烈烜 王斌耀 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

建筑力学复习与解题指导

王俊民 徐烈烜 王斌耀 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是根据高等工业学校“建筑力学”课程教学要求编写的教学辅导书。全书共分 19 章。其内容为绪论,刚体静力学的基本概念与基本力系的简化,空间任意力系的简化与物体的受力分析,力系的平衡、静定与超静定的概念,轴向拉伸与压缩,连接件的工程实用计算,扭转,弯曲内力、应力及强度计算,弯曲变形及刚度计算,应力状态与强度理论,组合变形,压杆稳定,平面体系的几何组成分析,静定结构的内力计算,静定结构的位移计算,力法,位移法,力矩分配法,影响线,截面图形的几何性质。每章由四个部分组成:理论概要,基本要求,典型例题,思考题。本书附有模拟试卷,且附有答案。

本书可作为高等学校工科类本科生、研究生的参考书,也可供相关专业的自学者、教师及科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学复习与解题指导/王俊民,徐烈烜,王斌耀编.

—上海:同济大学出版社,2011.11

ISBN 978-7-5608-4678-1

I. ①建… II. ①王… ②徐… ③王… III. ①建筑力学—高等学校—教学参考资料 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 188228 号

建筑力学复习与解题指导

王俊民 徐烈烜 王斌耀 编

责任编辑 解明芳 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×960 mm 1/16

印 张 16

字 数 320 000

印 数 1—3 100

版 次 2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4678-1

定 价 29.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

本书内容与国家有关部门制定的高等工业学校“建筑力学”课程教学基本要求相符,可作为高校工科类相关专业本科生的辅导参考书,也可作为研究生及有关教师、科技工作者的参考书。

本书每章由理论概要、基本要求、典型例题、思考题四个部分组成。附有四套模拟试卷,且附有答案。

在每章的理论概要部分,对主要概念、理论及公式进行简明介绍,且适当配以表格归纳,使思路清晰。

在典型例题部分,对常见的例题进行了详细分析,且采用同类(纵向)对比,异类(横向)对照的方法,使读者加深理解。每章还配以思考题,供读者思索,以巩固所学知识。

本书的第2章至第4章由王斌耀编写;第5章至第12章及第20章由徐烈烜编写;绪论、第13章至第19章由王俊民编写。王俊民负责全书统稿。

编者编写本书的目的是能使更多读者学好“建筑力学”这门课,由于编者的学识有限,书中可能存在欠妥之处,恳请专家及广大读者及时给予指正。借此机会,向历年来在建筑力学方面努力工作的学者、专家及参考文献中提及的作者们表示敬意。

王俊民 徐烈烜 王斌耀
2010年9月于同济大学

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 理论概要	1
1.2 基本要求	3
1.3 典型例题	3
1.4 思考题	4
2 刚体静力学的基本概念与基本力系的简化	5
2.1 理论概要	5
2.2 基本要求	10
2.3 典型例题	10
2.4 思考题	16
3 空间任意力系的简化与物体的受力分析	18
3.1 理论概要	18
3.2 基本要求	19
3.3 典型例题	20
3.4 思考题	23
4 力系的平衡、静定与超静定的概念	24
4.1 理论概要	24
4.2 基本要求	26
4.3 典型例题	26
4.4 思考题	34
5 轴向拉伸与压缩	36
5.1 理论概要	36
5.2 基本要求	38
5.3 典型例题	39

5.4	思考题	51
6	连接件的工程实用计算	52
6.1	理论概要	52
6.2	基本要求	53
6.3	典型例题	53
6.4	思考题	57
7	扭转	59
7.1	理论概要	59
7.2	基本要求	61
7.3	典型例题	61
7.4	思考题	66
8	弯曲内力、应力及强度计算	68
8.1	理论概要	68
8.2	基本要求	74
8.3	典型例题	74
8.4	思考题	85
9	弯曲变形及刚度计算	89
9.1	理论概要	89
9.2	基本要求	91
9.3	典型例题	91
9.4	思考题	99
10	应力状态与强度理论	101
10.1	理论概要	101
10.2	基本要求	106
10.3	典型例题	106
10.4	思考题	113
11	组合变形	115
11.1	理论概要	115
11.2	基本要求	119

11.3	典型例题	119
11.4	思考题	126
12	压杆稳定	128
12.1	理论概要	128
12.2	基本要求	130
12.3	典型例题	130
12.4	思考题	138
13	平面体系的几何组成分析	139
13.1	理论概要	139
13.2	基本要求	141
13.3	典型例题	141
13.4	思考题	145
14	静定结构的内力计算	146
14.1	理论概要	146
14.2	基本要求	148
14.3	典型例题	148
14.4	思考题	163
15	静定结构的位移计算	164
15.1	理论概要	164
15.2	基本要求	166
15.3	典型例题	166
15.4	思考题	175
16	力法	176
16.1	理论概要	176
16.2	基本要求	178
16.3	典型例题	179
16.4	思考题	189
17	位移法	190
17.1	理论概要	190

17.2	基本要求	193
17.3	典型例题	193
17.4	思考题	205
18	力矩分配法	206
18.1	理论概要	206
18.2	基本要求	207
18.3	典型例题	207
18.4	思考题	217
19	影响线	218
19.1	理论概要	218
19.2	基本要求	219
19.3	典型例题	219
19.4	思考题	228
20	截面图形的几何性质	229
20.1	理论概要	229
20.2	基本要求	231
20.3	典型例题	231
20.4	思考题	233
模拟试卷一		234
模拟试卷二		236
模拟试卷三		238
模拟试卷四		241
参考文献		245

1 绪 论

1.1 理论概要

1.1.1 建筑力学的任务和研究的对象

建筑力学的主要任务是研究建筑结构及其构件在载荷等外界因素影响下的工作状态,可归纳为研究力系的简化和力系的平衡、内力及分布、强度、刚度、稳定、几何组成分析等问题。

建筑力学研究的主要对象为轴线长度远大于横截面尺寸的(细长)杆件,及由杆件构成的平面杆系结构。

在建筑力学的第2、3、4章,将研究对象视为不会变形的刚体;在讨论构件及结构的变形或位移时,则将研究对象视为变形体。

1.1.2 建筑力学的研究方法手段

建筑力学的研究方法:①满足静力平衡条件(由外力求内力),②满足物理条件(由应力求变形或位移),③满足变形协调条件(求解超静定问题)。

建筑力学研究平衡的手段:考虑物体解除支座约束后的整体静力平衡(求支座约束力);以截面法或以结点法取部分物体为隔离体的静力平衡(求内力);或取微分单元体的平衡(进行应力状态分析)。

1.1.3 建筑力学的基本假设、计算附加假设、常用的原理

建筑力学在研究构件的强度、刚度、稳定等问题时,需将构件视为可变形物体,为简化计算,对组成构件的材料性质作下列(基本)假设:①连续性假设,②均匀性假设,③各向同性假设,④小变形假设。

建筑力学在研究轴向拉压、扭转、梁弯曲时,分别引用了计算附加假设,即各自对应的平截面假设。

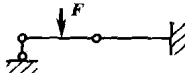
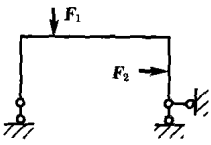
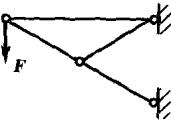
建筑力学中,除了使用静力学的基本原理之外,还经常运用叠加原理和虚功原理。

1.1.4 平面结构杆件的类型

建筑力学中,平面结构杆件按其受力特征可划分成不同类型,见表1-1所示。

表 1-1

常见平面结构(杆件)的各种类型及特点

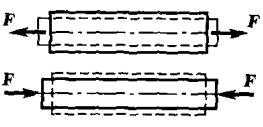
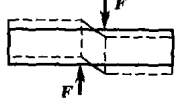
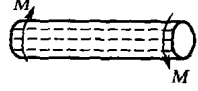
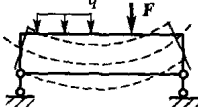
名称	受力特点	构造特点	结构图形
梁	在垂直载荷作用下,存在弯矩和剪力	(轴线)长度远大于横截面尺寸	
拱	在垂直载荷作用下,存在弯矩、剪力、轴力(主要内力)	轴线(通常为曲线的)长度远大于横截面尺寸	
刚架	外力作用下,杆件中存在弯矩(主要内力)、剪力、轴力	梁、柱(直或斜的)相互间用刚(或铰)结点连接	
桁架	集中载荷作用于铰接点,杆件只有轴力	直杆或斜杆,两端由铰连接	
组合结构	在梁受载荷作用时,桁架中的链杆只有轴力;梁有弯矩、剪力、轴力	由链杆和梁组合构成	

1.1.5 杆件变形的基本形式

建筑力学所涉及杆件变形的四种基本形式有四种:轴向拉伸或压缩、剪切、扭转、弯曲,见表 1-2。

表 1-2

杆件变形的四种基本形式

名称	受力情况	变形特点	杆件受力及变形图形
轴向拉压	在两端部受一对力作用,其大小相等、方向相反,作用线与轴线重合	轴向长度产生伸缩(横截面之间距离改变)	
剪切	受一对大小相等、方向相反、作用线相距很近的横向力作用	横截面沿作用力方向产生剪切(错动)	
扭转	在两端部受一对大小相等、转向相反、作用平面与轴线垂直的力矩作用	相邻横截面间的距离不变、发生相对转动	
弯曲	在杆的纵向对称平面内,受横向力(包括力偶)作用	横截面发生相对转动(仍为平截面),杆轴线变为曲线	

1.1.6 载荷的分类

建筑力学中,载荷是指主动作用于结构上的外力,根据不同特征可分类如下:

- (1) 按作用在结构上的分布情况,将载荷分为集中载荷与分布载荷。
- (2) 按作用在结构上的性质,将载荷分为静力载荷与动力载荷。
- (3) 按作用在结构上的位置变化及时间长短,将载荷分为固定(恒)载荷与移动(活)载荷。

1.2 基本要求

- (1) 了解建筑力学所研究的内容。
- (2) 了解常用结构的分类;常见载荷的分类及杆件变形的基本形式。
- (3) 理解建筑力学的基本假设。

1.3 典型例题

例 1-1 试比较建筑力学与工程力学、材料力学、结构力学不同课程间的异同点。

解 (1) 建筑力学通常由三部分组成:静力学、材料力学和结构力学。

(2) 工程力学通常由两部分组成:静力学、材料力学;也有部分(专业)工程力学教材由三部分组成:静力学、材料力学、理论力学中的运动学和动力学。

(3) 由上可见,静力学和材料力学的内容,建筑力学与工程力学都有,但建筑力学的内容、例题和习题偏于土木建筑类型,且增加了建筑结构计算模型等内容。

(4) 建筑力学中有关材料力学、结构力学的内容,没有单列课程材料力学、结构力学那么多。读者在学习建筑力学中的三部分内容时,可分别参考《理论力学》中的静力学、《材料力学》或《工程力学》、《结构力学》书籍中的对应内容。

例 1-2 在建筑力学中,什么时候可将物体视为刚体? 什么时候视为变形体?

解 在求结构的支座约束力时,可将物体视为刚体,解题时能运用(刚体)静力学的定理。而在研究结构的变形及位移时,将物体视为变形体,解题时就不能运用(刚体)静力学的某些定理(如力的平移定理、合力矩定理等)。

1.4 思考题

- 1-1 建筑力学与材料力学有何关联?
- 1-2 建筑力学研究的对象是哪些结构?
- 1-3 建筑力学的基本假设是哪些?
- 1-4 建筑力学课程总体包括哪些内容?

2 刚体静力学的基本概念与基本力系的简化

2.1 理论概要

2.1.1 力的概念

(1) 物体受力的作用,一般情况下,不仅有移动而且还有转动。因为力有大小、方向和作用点的缘故,因此,力可用矢量描述。对刚体而言力是滑移矢量,其三要素为力的大小、力的作用线方位和力的指向。

(2) 作用在物体上的同一点的两个分力 F_1 和 F_2 ,可以在此点合成为一个合力 F_R ,合力等于两分力的矢量和,写成矢量式为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

2.1.2 静力学基本原理

(1) 二力平衡原理。刚体上仅作用两个外力而平衡时,这两个力必须符合大小相等、作用线相同、指向相反的条件。

(2) 加减平衡力系原理。在刚体上加上或减去任意个平衡力系,不会改变刚体的原有运动状态。

(3) 作用力与反作用力定律。作用力与反作用力大小相等,作用线相同,指向相反,分别作用在两个物体上。此定律揭示了力的传递规律。

(4) 三力平衡定理。共面不平行的三力作用于刚体上,若其平衡,则三力必汇交于一点。

2.1.3 力的分解与力的投影

(1) 一个力必须在给定的条件下,才能分解出其确定的分力(表 2-1)。

(2) 不同的条件,有不同的投影方法(表 2-2)。

表 2-1

力的分解

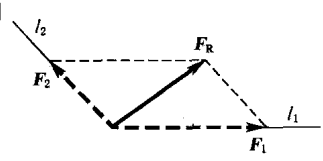
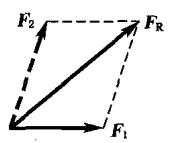
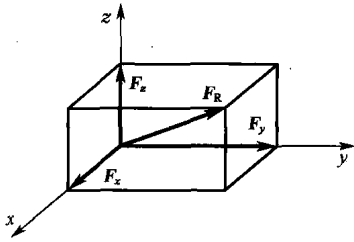
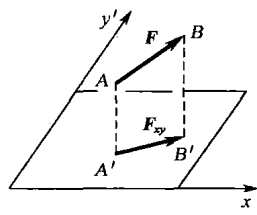
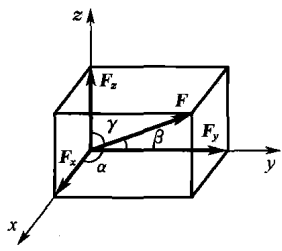
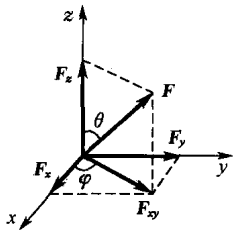
条件	已知两力的方位	已知一分力的大小与方位	力沿直角坐标系分解
图例			
表达式	$F_R = F_1 + F_2$	$F_2 = F_R - F_1$	$F_R = F_x + F_y + F_z$

表 2-2

力的投影

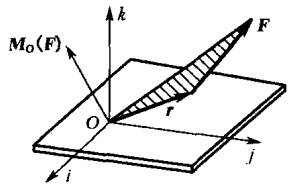
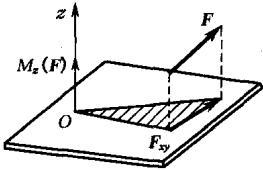
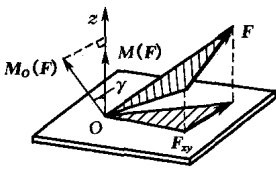
条件	力在平面上的投影	力在直角系上一次投影	力在直角系上二次投影
图例			
投影式	$\overrightarrow{F_{xy}} = \overrightarrow{A'B'}$ F_{xy} 是矢量	$F_x = F \cos \alpha$ $F_y = F \cos \beta$ $F_z = F \cos \gamma$	$F_x = F \sin \theta \cos \varphi$ $F_y = F \sin \theta \sin \varphi$ $F_z = F \cos \theta$

2.1.4 力对点的矩、力对轴的矩及二者的关系

力对点的矩是定位矢量,力对轴的矩是代数量,其表达式及二者的关系如表 2-3 所示。

表 2-3

力对点的矩与力对轴的矩的关系

条件	力对点的矩	力对轴的矩	力矩关系定理
图例			

续 表

条件	力对点的矩	力对轴的矩	力矩关系定理
表达式	$\begin{aligned} \mathbf{M}_O(\mathbf{F}) &= \mathbf{r} \times \mathbf{F} \\ &= \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} \end{aligned}$	$\begin{aligned} M_z(\mathbf{F}) &= M_O(\mathbf{F}_{xy}) \\ &= xF_y - yF_x \end{aligned}$	$M_z(\mathbf{F}) = M_O(\mathbf{F}) \cos \gamma$

2.1.5 合力矩定理

合力 ($\mathbf{F}_R = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$) 对一点(轴)的矩等于各分力对同一点(轴)的矩的矢量和(代数和)即

$$\mathbf{M}_O(\mathbf{F}_R) = \sum_{i=1}^n \mathbf{M}_O(\mathbf{F}_i), \quad [M_z(\mathbf{F}_R) = \sum_{i=1}^n M_z(\mathbf{F}_i)]$$

2.1.6 力偶及力偶矩

(1) 力偶由反向、平行的二力构成,其合力为零,是对刚体只产生转动效应的最简力系。

(2) 力偶对刚体的作用效应,由力偶矩决定,力偶矩取决于力偶的作用平面(用法线表示)、在平面中的转向及大小。因此力偶矩是矢量。

(3) 力偶对刚体上任意点的矩,就等于力偶矩本身。力偶矩矢是自由矢量。

2.1.7 力的平移定理

在刚体上,作用于点 A 的力 $\mathbf{F}$ 向任意一点 B 平移后,还必须附加一力偶,其力偶矩等于作用于点 A 的力对点 B 的矩,其大小为 $M = M_B(\mathbf{F})$, 其矩矢 $\mathbf{M}$ 垂直于力 $\mathbf{F}$ 。

反之,当 $\mathbf{M} \cdot \mathbf{F} = 0 (\mathbf{M} \neq 0, \mathbf{F} \neq 0)$ 时,通过力 $\mathbf{F}$ 的平移,可以合成为一个合力 $\mathbf{F}$,其平移的距离为 $h = \frac{|\mathbf{M}|}{F}$ 。

2.1.8 合力投影定理(矢量投影定理)

合力在一轴上的投影,等于各个分力在同一轴上投影的代数和。若投影轴为 x ,有 $F_{Rx} = \sum_{i=1}^n F_{ix}$ 。此定理适用各种合矢量与分矢量之间的关系。

2.1.9 基本力系的简化的结果

力系的简化——用简单的力系来等效替代复杂的力系。

基本力系简化的结果归纳为表 2-4。

表 2-4

基本力系简化的结果

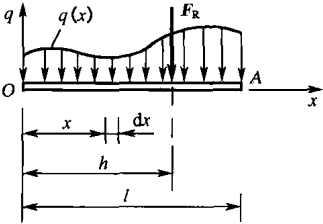
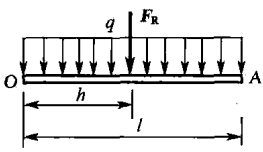
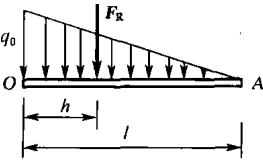
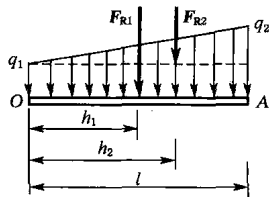
力系分类	简化结果的矢量表示	简化结果的标量表示
汇交力系	合力 $\mathbf{F}_R = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$ 合力过汇交点	$F_{Rx} = \sum_{i=1}^n F_{ix}, \quad F_{Ry} = \sum_{i=1}^n F_{iy}, \quad F_{Rz} = \sum_{i=1}^n F_{iz}$
力偶系	合力偶 $\mathbf{M} = \sum_{i=1}^n \mathbf{M}_i$	$M_x = \sum_{i=1}^n M_{ix}, \quad M_y = \sum_{i=1}^n M_{iy}, \quad M_z = \sum_{i=1}^n M_{iz}$

2.1.10 平行分布力的简化

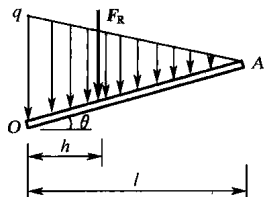
水压力、风力、重力均属分布载荷,这些面力和体力通过具体问题的不同抽象方法,往往可以简化为线分布载荷(力),如表 2-5 所示。当载荷与受作用物体垂直时,其合力的大小为载荷图的面积;当载荷与受作用物体不相垂直时,合力的大小不再是载荷图的面积。但合力的作用线位置仍由合力矩定理确定,均通过载荷图的形心。

表 2-5

几种常见的线分布载荷

图序	分布载荷的形式	合力的大小	合力作用线的位置	说明
1		$F_R = \int_0^l q(x) dx$	$h = \frac{\int_0^l q(x) \cdot x dx}{\int_0^l q(x) dx}$	
2		$F_R = ql$	$h = \frac{l}{2}$	
3		$F_R = \frac{1}{2} q_0 l$	$h = \frac{l}{3}$	
4		$F_{R1} = q_1 l$ $F_{R2} = \frac{1}{2} (q_2 - q_1) l$	$h_1 = \frac{1}{2} l$ $h_2 = \frac{2}{3} l$	在研究物体的平衡时,一般不需再求出总合力和其位置

续 表

图序	分布载荷的形式	合力的大小	合力作用线的位置	说明
5		$F_R = \frac{1}{2} q \frac{l}{\sin \theta}$	$h = \frac{l}{3}$	此为力不垂直所作用的物体

2.1.11 物体的重心与形心

1. 重心

对固体而言,其重力总是通过该物体或其延伸部分上一个确定点 C,该点称为物体的重心。

设 P_i 为微元体的重力, P 为总重力(图 2-1),则有

$$r_C = \frac{\sum_{i=1}^n P_i r_i}{P}$$

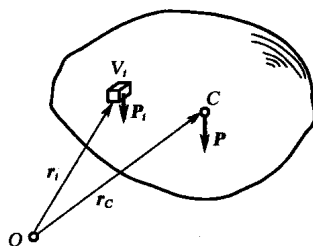


图 2-1

2. 形心

匀质物体的重心与形心是同一个点,形心完全取决于物体的几何形状,而与物体的重力无关。

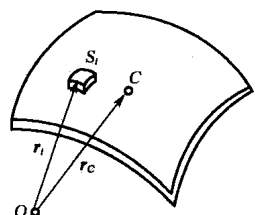
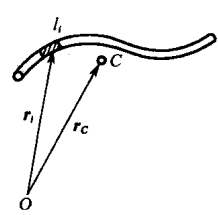
设 V_i 为微元体的体积, V 为总体积(见图 2-1),则有

$$r_C = \frac{\sum_{i=1}^n V_i r_i}{V}$$

两种特殊形状物体的形心如表 2-6 所示。

表 2-6

匀质等厚薄壳、匀质等截面细杆的形心

匀质等厚薄壳		匀质等截面细杆	
图 例	公 式	图 例	公 式
	$r_C = \frac{\sum_{i=1}^n S_i r_i}{S}$ 式中 S_i—微元体表面积; S—总表面积		$r_C = \frac{\sum_{i=1}^n l_i r_i}{l}$ 式中 l_i—微元体长度; l—总长度