

高等学校建筑学专业试用教材

力学·结构·选型

丁慎思 傅 筠 等编著



武汉工业大学出版社

前 言

高等学校建筑学专业(本科)建筑力学、建筑结构、结构选型三门课程的教材如何更好地结合专业需要,成为建筑学专业亟待解决的问题。本书根据“全国高等学校建筑学专业教育评估标准”中“建筑结构”课程必须达到的基本质量要求进行编写。其基本质量要求是:

(1)了解(指一般认识)结构体系在保证建筑物的安全性、可靠性、经济性、适用性以及建筑造型美观等方面的重要意义,理解(指对该领域知识有较全面、深入的认识,能对其进行阐述并发挥)结构体系与建筑形式间的相互关系。

(2)理解几种常用结构体系在各种作用力影响下的受力状况和主要结构构造要求。

(3)有能力(指能把所学的理论知识用于分析和解决实际问题)在建筑设计中进行正确合理的结构选型。

(4)有能力利用简化方法对常用结构构件进行初步估算,以满足方案和扩初设计的要求,并能在整个设计过程中与结构工程师密切地协调配合。

为了满足上述要求,本书将建筑力学、建筑结构、结构选型三部分内容合在一起,以结构划分章节;通过对小型建筑的结构布置和构件计算、构造,以正确理解结构的力的传递和受力情况。达到对常用结构的构件利用简化方法进行估算,以满足方案和扩初设计的要求;对较复杂的结构,有能力在建筑设计中进行正确合理的结构选型。前者采用力学与结构相结合,即以结构为纲,用什么力学问题就阐述什么力学问题;构造与受力、计算相结合;理论与例题相结合;讲授与练习相结合,除完成一定量的习题外,还安排一周的结构课程设计,如配合中小学建筑设计完成其结构设计。后者则需掌握各类结构的形式、尺寸、受力特点、适用范围和结构布置作为正确选定结构形式的依据。为满足上述要求,章节内容划分如下:绪论;静定梁的反力、内力、应力和变形;钢筋混凝土梁、板和柱;梁板结构;混合结构;拱和桁架;排架和刚架;多层和高层建筑结构;薄壳结构;网架和网壳结构;悬索结构等十一章。其中第一至第四章由丁慎思执笔,第五、六、七、九、十、十一章由傅筠执笔,第八章由王光成执笔,全书由丁慎思统稿。本书蒙王清敏教授主审。

本书为建筑学专业编写,也可供城市规划专业、建筑经济管理专业使用,又可供有关工程技术人员参考。

限于我们的认识和水平,有不妥及错误之处,敬请读者多加指正。

编者

1994. 1.

(鄂)新登字 13 号

图书在版编目(CIP)数据

力学·结构·选型/丁慎思,傅筠等编著. —武汉:武汉工业大学出版社,1995,5
ISBN 7-5629-0980-6/TU·47

I. 力… I. ①丁… ②傅… III. 建筑结构—结构力学—造型 IV. TU311

武汉工业大学出版社出版发行
(武昌珞狮路 14 号 邮编 430070)

新华书店湖北发行所经销

武汉工业大学出版社核工业三〇九印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:50 千字

1995 年 5 月第 1 版 1995 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—3000

定价:17.80 元

目 录

第一章 绪论	1
一、建筑设计的基本要素	1
二、建筑结构方案及其影响因素	2
第二章 静定梁的反力、内力、应力和变形	3
第一节 力的基本知识.....	3
第二节 梁的计算简图.....	6
第三节 梁的支座反力	10
第四节 梁的内力	16
一、剪力和弯矩	16
二、剪力图和弯矩图	18
第五节 梁横截面上的应力	25
一、梁横截面上的正应力	25
二、梁横截面上的剪应力	29
第六节 梁的变形	30
第七节 钢梁和木梁的强度和挠度	32
第三章 钢筋混凝土梁、板和柱	36
第一节 钢筋与混凝土	36
第二节 受弯构件正截面承载力	38
一、受弯构件的工作	38
二、单筋矩形截面梁	41
三、双筋矩形截面梁	47
四、T 型截面梁	48
第三节 受弯构件斜截面承载力	51
一、概述	51
二、无腹筋梁的抗剪承载力	53
三、有腹筋梁斜截面抗剪承载力	53
四、保证斜截面抗弯强度的条件	57
第四节 受扭构件	60
一、纯扭构件.....	60
二、弯剪扭构件	62
第五节 钢筋混凝土柱	64
一、轴心受压柱	64
二、偏心受压柱	66

95A1-12A

第六节 钢筋混凝土构件的裂缝与变形	69
一、裂缝	70
二、变形	71
第四章 梁板结构	75
第一节 概述	75
第二节 肋形楼盖的结构布置和计算简图	75
第三节 连续梁板的内力	77
一、内力计算	78
二、钢筋混凝土连续梁按弹性和塑性理论计算	89
第四节 单向板肋形楼盖设计	92
第五章 混合结构	106
第一节 砌体材料及其强度等级	106
一、块材	106
二、砂浆	107
三、砌体的种类	108
四、砌体的抗压强度	109
五、块材及砂浆的选用	109
第二节 装配式楼盖	110
一、结构布置	111
二、铺板式楼盖的构件形式	112
三、装配式楼盖的构造要求	114
四、装配式楼盖的计算特点	115
第三节 静力计算方案	116
一、三种静力计算方案的判别标准	116
二、三种静力计算方案的计算简图	116
第四节 墙体高厚比验算	118
一、墙、柱的高厚比验算	118
二、带壁柱墙的高厚比验算	120
第五节 墙体承载力计算	122
一、受压构件的承载力计算	122
二、砌体局部受压承载力计算	127
三、轴心受拉、受弯、受剪构件的承载力计算	132
第六节 刚性方案房屋的墙体设计	133
一、计算单元的选取	133
二、控制截面的选择	134
三、荷载的确定	134
四、墙体的构造措施	135
第七节 刚性条形基础设计	141

丁
西

一、刚性基础台阶宽高比	141
二、刚性条形基础的类型	143
三、基础底面宽度计算	144
四、基础埋置深度(H)的确定	145
第八节 悬挑构件	146
一、悬挑构件的受力特点	146
二、挑梁的计算	146
三、悬挑阳台设计	149
第九节 混合结构房屋的抗震构造措施	151
一、多屋砌体房屋的抗震构造措施	151
二、单层砖柱厂房和空旷砖房的抗震构造措施	155
第十节 楼梯	156
一、现浇板式楼梯	157
二、现浇梁式楼梯	160
第六章 拱和桁架	163
第一节 拱式结构	163
一、拱式结构的应用	163
二、拱的受力特点和承受拱脚水平推力的结构措施	164
三、拱结构的形式与主要尺寸	167
四、结构布置	169
五、拱结构工程实例	170
第二节 桁架	173
一、桁架的受力特点	173
二、桁架的形式	174
三、桁架选型的一般原则	177
四、桁架工程实例	180
第七章 排架和刚架结构	181
第一节 排架结构	181
一、排架的组成和受力特点	181
二、排架结构的分类	182
第二节 刚架结构	186
一、刚架的受力特点	186
二、单层刚架的种类	187
三、单层刚架的截面形式和尺寸	188
四、刚架的结构选型	191
第八章 多层和高层建筑结构	193
第一节 概述	193
一、多层和高层建筑的发展和特点	193

二、多层和高层建筑的结构类型	193
三、多层和高层建筑的结构体系	194
四、场地土对结构类型和体系的影响	197
第二节 多层和高层建筑的结构布置	199
一、结构的总体布置	199
二、框架结构的布置	207
三、剪力墙结构的布置	211
四、框架-剪力墙结构的布置	213
五、筒体结构	215
六、高层建筑结构的转换层	219
七、旋转餐厅	222
第三节 多层和高层建筑的基础	224
第九章 薄壳结构	226
第一节 薄壳结构的特点和应用	226
第二节 薄壳结构的力学特征和曲面形式	226
一、壳体的力学特征	226
二、曲面形式	228
第三节 筒壳	231
一、筒壳的组成和应用	231
二、筒壳的分类	232
三、筒壳的采光	234
第四节 圆顶薄壳	235
一、受力特点	235
二、结构形式与特点	236
第五节 双曲扁壳	238
一、受力特点	239
二、结构形式与特点	239
三、工程实例	239
第六节 鞍壳、扭壳	240
一、受力特点	241
二、结构形式与特点	242
三、工程实例	242
第七节 折板	244
一、受力特点	245
二、结构形式和基本尺寸	246
第十章 网架和网壳结构	248
第一节 网架的特点和应用	248
第二节 平板网架	248

一、平板网架的结构形式	248
二、平板网架的受力特点	256
三、网架的主要尺寸	257
四、网架的杆件与节点	259
五、网架的支承方式与支座节点	261
六、平板网架的结构选型	266
第三节 网壳结构	267
一、网壳的特点	267
二、网壳的结构形式	267
三、网壳的矢高	270
第十一章 悬索结构	271
第一节 悬索结构的应用	271
第二节 悬索结构的受力特点	271
一、悬索结构的组成	271
二、索网的基本力学原理	272
三、边缘构件的内力分析	273
四、下部支承构件内力分析	273
第三节 悬索结构的结构形式	273
一、单曲面悬索结构	273
二、双曲面悬索结构	274
三、悬索结构的优点	279
第四节 悬索屋盖的刚度和稳定问题	280
一、悬索屋盖的刚度和稳定问题	280
二、结构措施	281
第五节 悬索结构工程实例	282
附表 1 钢材的分组尺寸	285
附表 2 钢材的强度设计值	285
附表 3 焊缝的强度设计值	285
附表 4 常用树种木材的强度设计值和弹性模量	286
附表 5 木材强度设计值和弹性模量的调整系数	286
附表 6 钢受弯构件的挠度限值	287
附表 7 木受弯构件的挠度限值	287
附表 8 钢筋混凝土受弯构件的挠度限值	287
附表 9 原混凝土规范混凝土标号与《规范》混凝土强度等级换算表	287
附表 10 混凝土强度设计值、标准值、弹性模量和疲劳变形模量	288
附表 11 钢筋强度设计值、强度标准值及弹性模量	288
附表 12 钢丝强度设计值、强度标准值及弹性模量	289
附表 13 混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率	289

附表 14	钢筋混凝土受弯构件正截面抗弯能力计算系数表	289
附表 15	钢筋混凝土板每米宽的钢筋面积表	290
附表 16	钢筋截面面积表	291
附表 17	纵向受拉钢筋的锚固长度 l_a	292
附表 18	两跨梁内力系数表	293
附表 19	三跨梁内力系数表	294
附表 20	四跨梁内力系数表	295
附表 21	五跨梁内力系数表	297
附表 22	砖砌体抗压强度设计值	299
附表 23	混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值	299
附表 24	毛料石砌体的抗压强度设计值	299
附表 25	毛石砌体的抗压强度设计值	300
附表 26	沿砌体灰缝截面破坏时的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值 和抗剪强度设计值	300
附表 27	沿块体截面破坏时的烧结普通砖砌体的轴心抗拉强度设计值和弯曲 抗拉强度设计值	301
参考文献	302

第一章 绪 论

一、建筑设计的基本要素

建筑是人类通过劳动与自然界长期斗争中形成的产物,使自然界为自己的生活与生产服务,从而达到支配和改造客观世界。

建筑物一方面要满足人类社会不断增长的物质文化生活的功能要求,同时又要满足人们精神文明的要求。

建筑设计的方针——“适用、经济、在可能条件下注意美观”,全面地指出了建筑作为一个物质产品在功能、技术、经济和美观方面的统一。充分体现了我国在建设社会主义物质文明和精神文明方面对建筑设计的要求。

目前,我国处在社会主义的初级阶段,要集中力量发展生产力,把国民经济搞上去,实现社会主义现代化。建筑工程在国家的经济建设中占有重要地位。因此,必须正确理解建筑的内在涵义。

1. 建筑功能的要求

建筑功能要求建筑必须适用,是建筑设计的第一要素。工厂、学校、住宅、科研、文化、体育建筑各有不同的功能要求。根据不同的功能要求,组织不同的建筑空间,选用不同的建筑材料和结构形式,以及不同的施工技术。但建筑功能并不是构成建筑的唯一要素,建筑物不能仅仅满足于功能要求而不顾建筑的物质技术条件和建筑形象的要求。

2. 建筑材料和建筑结构的物质技术条件

建筑材料是构成建筑的物质基础,不同材料构成不同的结构,并形成不同的建筑体型。各种新材料和新技术的出现,不但充实了建筑物的使用功能,而且促进建筑向新的功能方向发展。建筑结构是建筑物的骨架,离开骨架就形不成建筑物。所以建筑材料、建筑结构及施工技术物质技术条件也是构成建筑的另一重要因素。

3. 建筑物的形象

建筑物的形象包括:建筑物的体型,各部位的主从、对比、韵律、比例、尺度、色调、质感等符合美的要求。而且还要考虑建筑的局部与整体的关系;内部空间与外部空间的关系;建筑个体与周围环境的关系(即个体与群体的关系)形式与内容的关系;民族传统与推陈出新的关系等等。总之,对建筑形象的要求是一个多样统一的要求。

上述三个方面是辩证统一的,不可分割的,但又有主次之分。功能是主导,对结构技术和建筑形象起着决定性的作用。但不能忽视它要受到结构、技术等方面的制约。如澳大利亚的悉尼歌剧院,其屋顶结构方案为九个悬臂薄壳组成,如同天际归帆,既轻巧又别致。但在绘制施工图时发现原方案无法实现,只能将悬臂薄壳改为预制带肋的拱,拱的悬臂长度大为缩小。由于反复修改设计,使工程延续了17年时间,到1973年才竣工。工程造价为原预算的10倍。由此可见,结构方案、结构选型是建筑设计的重要环节。

二、建筑结构方案及其影响因素

没有建筑结构就没有建筑,没有好的结构方案构思,就不可能有好的建筑设计。没有好的结构选型,也不能出现合理、美观的建筑形象。至于建筑是否经济,更在很大程度上看结构方案及其它建筑技术条件的选用是否恰当。

在古代建筑设计中,由于结构和材料都比较简单,结构方案和结构选型也比较简单,许多优秀的建筑设计可较容易地由建筑师同时解决建筑设计、结构方案和施工技术。但在现代建筑中,建筑结构和建筑材料日益复杂,结构方案的构思需要较深厚的技术功底,一个较大型的建筑设计必须由建筑师、结构工程师和其他技术人员通力合作、共同工作才能取得较好的效果。一个建筑师必须具备结构方案和结构选型的基本知识及其它科学技术知识,才能在建筑设计时综合考虑各种问题并和各类技术人员有共同语言。那种建筑师画方案、结构工程师配计算的旧的工作方式,已经远远不能适应现代建筑设计工作的需要。

建筑结构方案是综合性、技术性很强的工作,其影响因素很多。

结构方案和结构选型首先要考虑建筑功能这个因素。任何建筑都有对空间环境的要求,它决定着建筑的尺度、规模和相互关系。不但要把建筑物的主要功能要求分析清楚,一些相应的特殊功能要求如防火、防振、防爆、抗震等等也应统一考虑进去。

建筑材料是形成结构的物质基础。不同的材料构成不同的结构,而又形成各自的建筑造型。随着工业的发展,建筑材料也在不断发展。旧的材料有的在改进产品性能,有的逐渐被抛弃;新的建筑材料将不断出现并被陆续地应用到建筑上。新的建筑材料将产生新的结构形式和新的施工技术,从而促进建筑造型的巨大变革。

施工技术水平的高低影响着结构选型,各种新的施工技术不断出现,促使结构形式发生变革,所以在构思结构方案时必须先考虑材料、施工技术条件。同时在一定的条件下,新的结构方案在施工部门的支持下,也往往会反过来促进施工技术生产水平的提高。

新的结构与新的材料不断应用与实践,人们逐渐更深入地认识了客观物质世界的内在矛盾和规律,并将其上升为理论认识,从而发展了结构理论,提高了结构的设计水平。电子计算机可以解决复杂的平面和空间结构的静力、动力计算。过去由于计算手段跟不上,只能凭经验订出一、二个可行的结构方案做简单的分析比较。电子计算机的广泛应用,就可以做多种结构方案和结构形式的比较,使结构方案与结构选型的质量得到有力的保证。

结构方案是否经济,其衡量的指标是结构方案在满足建筑功能与造型要求的条件下做到既安全坚固、又节约材料,同时又能便于施工、缩短施工周期、减少能源消耗、提高生产效率和降低维修费用。结构方案经济与否是一个综合的优化设计问题,也是国家对基本建设要求的多、快、好、省的统一。

制订结构方案除了要考虑以上几个方面的主要影响因素外,还要考虑地震、台风、地质、防火、防爆、能源等因素的影响。

第二章 静定梁的反力、内力、应力和变形

本章讨论简支梁、外伸梁和悬臂梁的反力、内力、应力和变形。在讨论静定梁之前,需先介绍一下力的基本知识。要计算工程中梁的反力,就要根据梁的实际构造情况,找出便于计算分析用的计算简图。在求梁的反力时,要运用平衡的概念,这涉及到力矩与力偶,然后根据梁处于静止不动的平衡状态求反力。梁在外力(荷载与反力)作用下,梁的内部会产生与外力相应的内力——弯矩和剪力,在此基础上绘制弯矩图和剪力图。弯矩使梁截面产生正应力,剪力使梁截面产生剪应力。为保证梁的正常工作还应满足变形的要求。通过钢梁和木梁的强度和挠度计算,阐述以概率理论为基础的近似概率极限状态设计法。

第一节 力的基本知识

1. 力的概念

在长期的生产劳动和日常生活中人们逐渐地建立了力的概念。对力的最初认识是从对物体的推、拉、举、抛等肌肉活动中得到的。如用手推车、举起铁锤、抛出铁饼,都必须使出一定的劲,这就是人对车子、铁锤、铁饼施加了“力”。通过生产实践观察,不仅人对物体能施加力,物体对物体也能发生力的作用。如起重机起吊预制梁时,起重机的钢丝绳对预制梁就有力的作用;梁放在墙上,梁的自重及其上的荷载对墙就有力的作用,等等。实践中的感觉和印象反复多次,这样,力的概念就产生了:力是一个物体对另一个物体的作用。力不能离开物体单独存在。力的作用可以使物体的运动状态发生变化(即力对物体作用的外部效果),也可以使物体的形状发生变化(即力对物体作用的内部效果)。

建筑工程要求结构保持静止不动,所以就要研究力与物体的动、静变化关系,就是研究怎样才能保持结构静止不动。物体实际变形复杂,可归纳为拉伸、压缩、弯曲、扭转等。结构构件的变形就是研究其受力后变形会不会过大或破坏。

2. 力的三要素

作用在物体上的力,如果力的大小不一样,或者力的方向不一样,或者力的作用点不一样,都会产生不同的效果。因此,力的大小、力的方向和力的作用点是决定力对物体作用效果的三个要素。

力是既有大小,又有方向的量,称为矢量。可以用一段带箭头的线段表示(图 2-1);线段的长短表示力的大小,箭头的指向表示力的方向,线段与物体的接触点是力的作用点。为了衡量力的大小,规定力的单位为:牛顿(N)或千牛顿(kN)。

3. 力的可传性及其应用条件

力的作用点是物体直接受力作用的点,通过力的作用点沿着力的作用方向的直线叫做力的作用线。作用在物体上某点的力,可以在物体上沿着它的作用线移

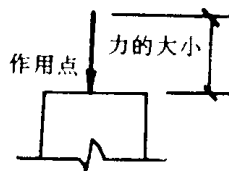


图 2-1 力的三要素

动,而不改变该力对物体的作用效果。如图 2-2(a)的车子,用力 F 在 A 点推车,和沿着力的作用线在 B 点用力 F 拉车(图 2-2(b))的外部效果是一样的。这种力沿着它的作用线移动而不改变外部效果的性质叫做力的可传性。它是研究力的合成、平衡所必需的基础。

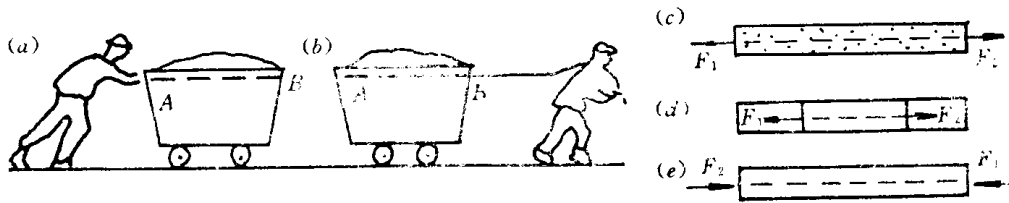


图 2-2 力的可传性

应该指出,力沿着它的作用线移动对物体的内部效果(即物体在力的作用下都要发生或大或小的变形)是有影响的。如图 2-2(c)中力 F_1 、 F_2 作用在杆件的两端,使整个杆件受拉,产生拉伸变形;而在图 2-2(d)中, F_1 、 F_2 沿着力的作用线向内移动了一段距离,结果只使杆件中间一段受拉,拉伸变形也只发生在杆件的中间一段;如图 2-2(e)中的两个力沿着力的作用线移动较远,结果使杆件受压,整个杆件产生压缩变形。所以研究力对物体的内部效果时,不能应用力的可传性。

4. 力的合成与分解

力的合成与分解规律,是力学运算的理论基础,它是从生产实践中抽象出来的客观规律。如图 2-3(a)中的木夯,当木夯被拉起来的时候,绳子给木夯两个方向的力 F_1 、 F_2 。通过长期实践、观察和实验,作用在木夯上的两个力 F_1 和 F_2 的延长线交于一点,其合力 R 通过交点,合力 R 的大小和方向,是由 F_1 和 F_2 为邻边所构成的平行四边形的对角线表示。这个规律叫做力的平行四边形法则。

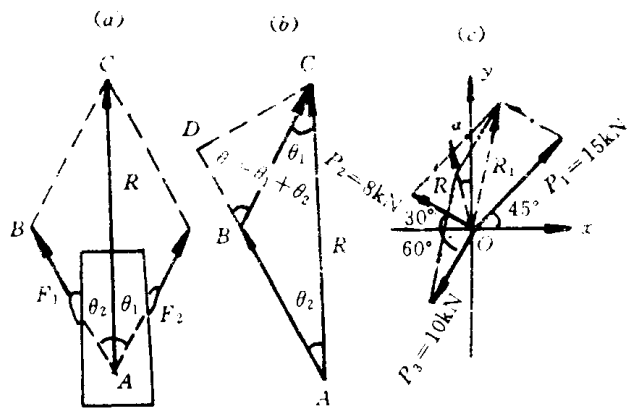


图 2-3 力的合成

利用平行四边形法则,用线段长度代表力 F_1 和 F_2 ,作 F_1 和 F_2 的平行四边形,其对角线就是合力 R 的大小和方向,可用比例尺和量角器直接测定。

其实,求合力 R 只需画出力平行四边形的一半(图 2-3(b))。在图 2-3(b)上先画出矢量 $AB = F_1$,再由 B 点画出矢量 $BC = F_2$,矢量 AC 代表合力 R 。用力的三角形求合力的方法叫做力的三角形法则。

利用三角公式,可由 $\triangle ACD$ 求得合力 R

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta} \quad (2-1)$$

合力 R 的方向可由下式求出

$$\frac{F_1}{\sin\theta_1} = \frac{F_2}{\sin\theta_2} = \frac{R}{\sin\theta} \quad (2-2)$$

现在讨论图 2-3(a)的各种特殊情况:

- ①如果 $\theta=0^\circ$, 即 F_1 和 F_2 同方向, 则合力 R 的大小为 $R=F_1+F_2$, 其方向与 F_1, F_2 相同;
- ②如果 $\theta=90^\circ$, 即 F_1 与 F_2 互相垂直, 其合力 $R=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ 。合力 R 与 F_1 间的夹角正切 $\operatorname{tg}\theta_1=F_2/F_1$;
- ③如果 $\theta=180^\circ$, 即 F_1 和 F_2 反向, 当 $F_2>F_1$ 时, 合力 $R=F_2-F_1$ 。合力的方向和 F_2 的方向相同;
- ④如果 $\theta=180^\circ$, 且 $F_1=-F_2$, 则合力 $R=0$, 表示 F_1 和 F_2 处于平衡状态。

多个力交汇于 O 点求合力时(图 2-3(c)), 可先求 P_1 与 P_2 的合力 R_1 , 再求 R_1 与 P_3 的合力 R 。也可应用坐标轴的投影关系, 分别求 P_1, P_2, P_3 在 x, y 轴上的投影, 然后求 x, y 轴上投影的代数和 $\sum F_x, \sum F_y$:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= P_1 \cos 45^\circ - P_2 \cos 30^\circ - P_3 \cos 60^\circ = 15 \times 0.7071 - 8 \times 0.866 \\ &\quad - 10 \times 0.5 = -1.321 \text{ kN (坐标轴正向为正, 反之为负)} \\ \sum F_y &= P_1 \sin 45^\circ + P_2 \sin 30^\circ - P_3 \sin 60^\circ = 15 \times 0.7071 + 8 \times 0.5 \\ &\quad - 10 \times 0.866 = 5.947 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{合力 } R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2} = \sqrt{(-1.321)^2 + (5.947)^2} = 6.092 \text{ kN}$$

$$\text{合力 } R \text{ 的方向 } \operatorname{tg}\alpha = \left| \frac{\sum F_x}{\sum F_y} \right|, \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{1.321}{5.947} \right) = 12.52^\circ$$

利用平行四边形法则或三角形法则, 也可以把一个力分解成两个力。但一个合力 R 可以作出无穷多个平行四边形(图 2-4(a)), 即可以分解成无穷多组分力 F_1 和 F_2, P_1 和 P_2, T_1 和 T_2 等等。为此, 必须规定两个分力的方向。如图 2-4(b)中, 物体的重力 P 被分解成垂直和平行于斜面的分力 P_1 和 P_2 。图 2-4(c)中的荷载 P 被分解成分别沿绳 AC, BC 的分力 P_{AC}, P_{BC} 。这些分力就是荷载 P 作用在 AC, BC 两绳上的拉力。

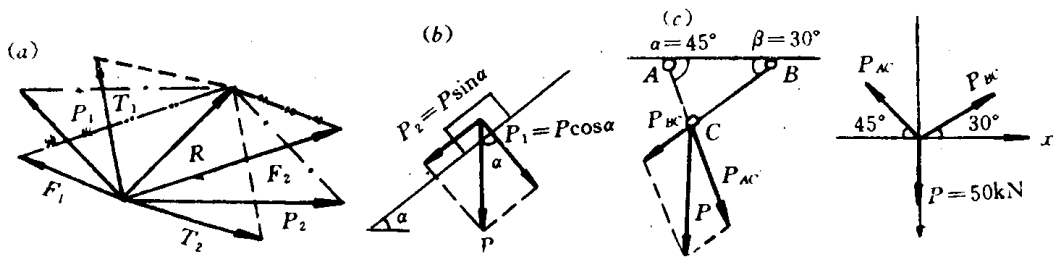


图 2-4 力的分解

5. 力的平衡

工程中的平衡是指物体相对于地面保持静止状态或作匀速直线运动。建筑工程中的各种构件, 如屋面板、梁、墙、基础等等。都是在力作用下相对于地面处于静止状态, 即处于平衡状态的物体。匀速起吊的楼板、梁也是处于平衡状态的物体。由此可见, 平衡是运动的特殊情况, 在这种情况下, 所有作用在物体上的力的作用效果是: 只使物体产生变形, 而不改变物体的运动状态。

要使物体保持平衡状态, 作用在物体(图 2-5)上的力 F_1 与 F_2 必须大小相等方向相反, 作用在同一直线上! 这就是二力平衡的条件。

若多个力交汇于一点并处于平衡状态,则各力在两坐标轴上投影的代数和必分别为零

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0 \quad (2-3)$$

应用上述平衡方程可求得交汇于一点的各力中的两个未知力。如图 2-4(c) 两绳 AC、BC 的未知的拉力 P_{AC} 、 P_{BC} 与已知的荷载 P 在两坐标轴上的投影关系为

$$\sum F_x = P_{AC} \cos 30^\circ - P_{BC} \cos 45^\circ = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = -P_{AC} \sin 30^\circ - P_{BC} \sin 45^\circ + 50 = 0 \quad (2)$$

联立①、②两式解得两绳 AC、BC 所受的拉力 $P_{AC} = 36.6 \text{ kN}$ 、 $P_{BC} = 44.83 \text{ kN}$ 。

6. 作用和反作用

力是一物体对另一物体的作用,很明显这至少要有两个物体存在。如图 2-6 的手提水桶,手给桶的力 T 作用在桶上,而桶给手的力 T' 作用在手上。 T 和 T' 是作用和反作用的关系,它们分别作用在两个物体上。即两个物体间的作用和反作用,总是大小相等、方向相反、在同一直线上,但它们是分别作用在两个物体上。应当注意,在自然界中不存在单方面作用力,作用力和反作用力都是成对地出现,同时存在,同时消失。这两个力不会互相平衡,也不会互相抵消。

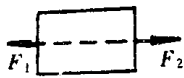


图 2-5 力的平衡

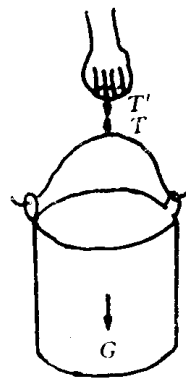


图 2-6 力的作用和反作用

还要注意,作用力和反作用力规律和二力平衡条件是性质不同的两个问题。对于图 2-6 来说,水桶受到水的重力 G 和手提水桶的力 T 的作用,是作用在一个物体上的二力平衡问题。手提水桶的力 T 和水桶拉手的力 T' ,是作用在两个物体上的作用力和反作用力的问题。

第二节 梁的计算简图

1. 计算简图的概念

任何实际建筑结构的构造和受力情况,往往很复杂。完全按照结构的实际情况进行力学分析是不可能的,也是不必要的。因此在对实际结构进行力学分析时,必须对实际结构进行抽象简化,用一种简化的图形来代替实际结构,作为力学分析的对象和依据。这种既能反映结构实际工作情况而又便于计算的图形叫做结构的计算简图。

以图 2-7(a) 的花篮形截面的钢筋混凝土梁为例,梁承担着空心的预应力混凝土楼板,梁的两端支承在砖墙上。梁有一个竖向对称平面,梁两边铺装的楼板对这个对称平面对称的,所以可把图 2-7(a) 的梁简化成图 2-7(b) 的平面图形。但这种图形还是不便于进行力学计算,由于梁的横截面尺寸比梁的长度小得多,可以用它的轴线表示;梁放置在砖墙上,梁在荷载作用下发生下垂,带动梁的端部发生轻微的转动,故把梁的这种支座看做是铰支座;梁所受的力是楼板传来的均匀分布力和梁的自重(也是均匀分布力)。这样所得到的图 2-7(c) 就是图 2-7(a) 的计算简图。

由图 2-7 选取梁的计算简图的过程可知,选取结构的计算简图应当满足:反映结构的实际工作性能和便于计算。就是说选取计算简图,一方面要尽可能反映结构的实际工作情况,使计算结果与实际情况足够接近;同时也要忽略次要的细节,使计算工作得到简化。因此,选取计算

简图的过程,是对结构实际构造和受力状态进行分析和简化的过程。在这个过程中要从实际出发,分清主次。

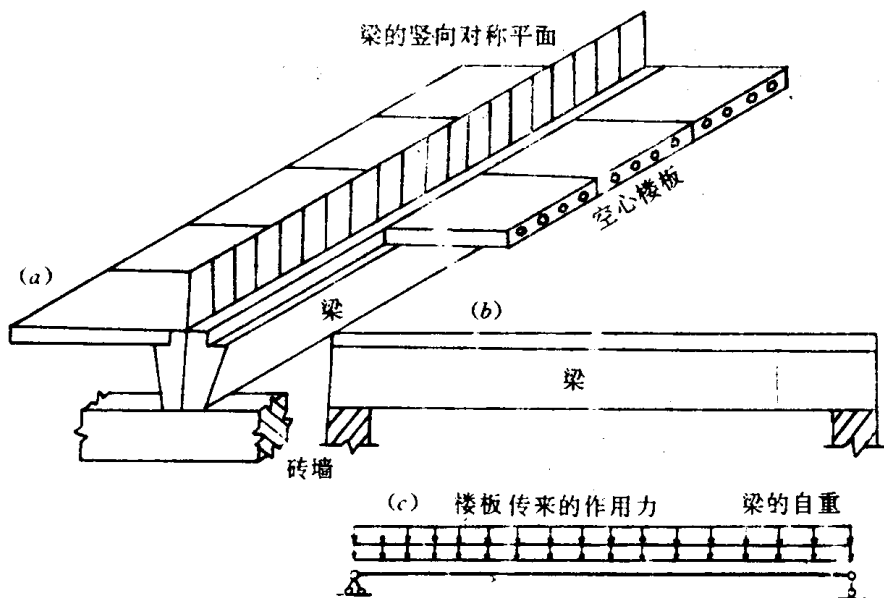


图 2-7 计算简图

2. 建筑结构上的作用及荷载的简化

(1) 建筑结构上的作用

作用是指能使结构产生效应(内力、变形、应力、应变、裂缝等)的各种原因的总称。因此可分为对建筑结构的直接作用和间接作用。

对建筑结构的直接作用有:结构及装修等的自重;作用在楼面或屋面上的人群、设备、施工临时堆积的材料及工具等;作用在屋面上的雪荷载;作用于房屋的风荷载;工业厂房的吊车荷载或其它工艺荷载。

对建筑结构的间接作用有:地基不均匀沉降,使结构产生外加变形,引起内力效应;温差变形;材料的收缩、徐变;地震造成的地面运动,使结构产生加速度反应和外加变形,引起惯性力,从而产生内力效应。

结构上作用荷载随时间的变异分为三类:

永久荷载:在设计基准期内(可取为 50 年),其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计的荷载。如结构自重、土压力、预加应力等。

可变荷载:在设计基准期内,其值随时间变化,而且它的变化与平均值相比不可忽略的荷载。如楼面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载、安装荷载等。

偶然荷载:在设计基准期内,偶然作用在结构上的荷载可能未出现,而一旦出现它的数值很大,作用时间很短。如地震、爆炸、撞击等。

(2) 荷载的简化

在建筑结构中,选取计算简图时,常把结构上的荷载抽象为便于计算的集中荷载、分布荷载等。下面讨论它们的简化方法。

① 分布荷载

图 2-8 为某教室的楼面结构图。预应力混凝土空心楼板搁置在钢筋混凝土梁上,梁支承在两边的砖墙上。作用在楼面上的荷载有楼板及面层的自重、楼面活荷载等,它们通过楼板传到梁上,梁再把承担的荷载及梁的自重传到墙上。图 2-8(a)的梁通常采用图 2-8(d)所示的计算简图,承担沿梁长度方向的均匀分布荷载。下面来分析这种荷载的简化过程。

首先要确定荷载的数值。在结构设计中,材料的自重和楼面活荷载等数值可从荷载规范中查得。20mm 厚水泥砂浆面层为作用在楼板上的均布面荷载,其标准值为 $0.02 \times 20.0 = 0.4\text{kN/m}^2$ (20.0kN/m^3 为水泥砂浆的自重);楼板自重产生的均布面荷载的标准值为 1.7kN/m^2 ;横截面尺寸为 $200\text{mm} \times 400\text{mm}$ 的钢筋混凝土梁单位长度的均布线荷载的标准值为 $0.2 \times 0.4 \times 25.0 = 2.0\text{kN/m}$ (25.0kN/m^3 为钢筋混凝土的自重);楼板下表面的白灰砂浆粉刷层厚 20mm,其均布面荷载的标准值为 $0.02 \times 17.0 = 0.34\text{kN/m}^2$ (17.0kN/m^3 为白灰砂浆自重)。

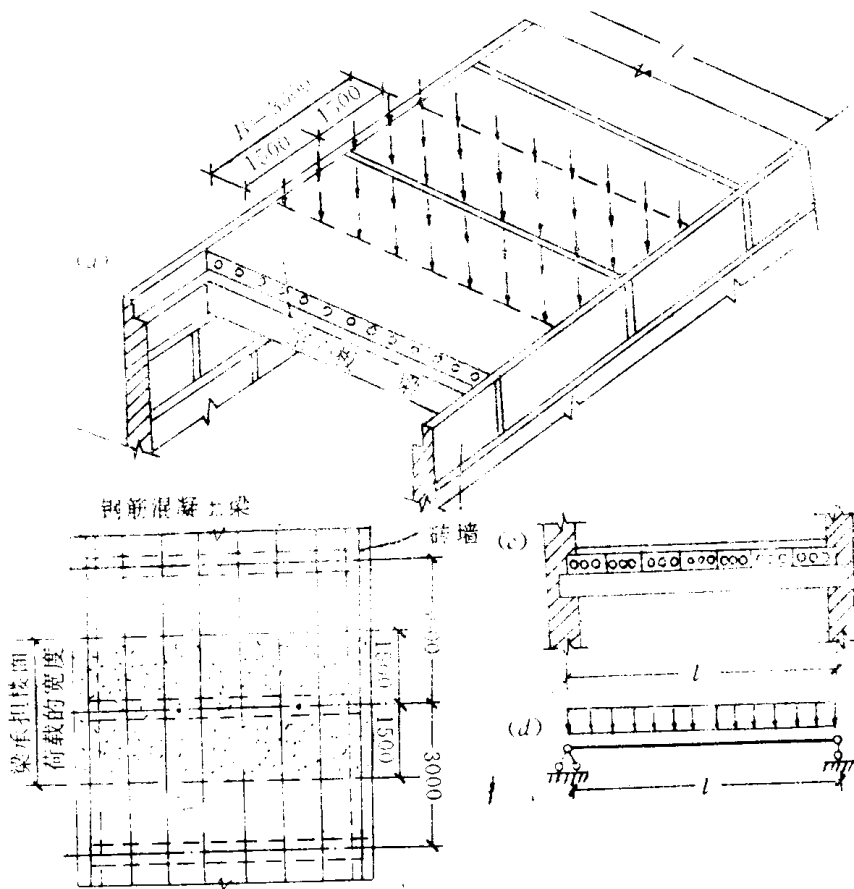


图 2-8 荷载的简化

其次,求作用在梁上的均布线荷载。图 2-8(a)表示梁的受荷面积,在计算梁的线荷载时要考虑梁承担的荷载范围。

作用在梁上的永久荷载的标准值 $G_k = (0.4 + 1.7 + 0.34) \times 3.0 + 2.0 = 9.32\text{kN/m}$ 。

作用在梁上的可变荷载的标准值 $Q_k = 2.0 \times 3.0 = 6.0\text{kN/m}$ (2.0kN/m^2 为教室楼面活荷载的标准值)。

图 2-8(d)梁计算简图上的均布线荷载标准值为 $q_k = G_k + Q_k = 9.32 + 6.0 = 15.32\text{kN/m}$ 。

②集中荷载