

高等学校教材

结构力学

上册

(第三版)

湖南大学结构力学教研室 编

杨蕪康 李家宝 主编

高等教育出版社

第一版(1958年版)序

为了适应祖国大规模工业建设的需要,大量培养工程技术干部就成为当前最重要的工作之一。我国高等工业学校在一系列教学改革工作之后,已经取得很大的成绩,惟学生学习负担过重的问题,迄未完全解决。

目前已经翻译出版的苏联结构力学教材很多,但大都与部订教学大纲不能完全切合,内容分量过多,学生参考费时,且翻译名词各书不一致,更增加了初学者阅读上的困难。

这本讲义系根据我院情况编写的。我院有工民建、铁道桥隧、铁道建筑和公路与城市道路等四个专业,所用结构力学的教学大纲各不相同。在编写这本讲义之初,只能参考1955年部订内容最多的“桥隧”专业用和“工业与民用建筑结构”专业用“结构力学及弹性塑性理论教学大纲”作为编写的依据,再结合我院其他专业的需要并参照目前工程界的实际情况来安排内容。在编排的次序方面,也是根据教学实际情况来决定的。至于讲授的内容,则由任课教师按专业的需要自行选择取舍。讲义主要取材于下列各书:

- | | |
|-------------|--------------------------|
| 1. 结构理论 | И. П. 普洛珂费耶夫著 |
| 2. 建筑力学教程 | И. М. 拉宾诺维奇著 |
| 3. 杆件系统结构力学 | И. М. 拉宾诺维奇著 |
| 4. 结构静力学 | А. В. 达尔柯夫、В. И. 库兹聂错夫合著 |
| 5. 结构静力学 | Б. Н. 日莫契金、Д. П. 巴谢夫斯基著 |
| 6. 结构力学 | А. И. 杜霍维奇内著 |
| 7. 静定结构学 | 钱令希编 |
| 8. 弹性力学 | М. М. 费洛宁柯-鲍罗第契著 |
| 9. 弹性理论 | Б. Н. 日莫契金著 |
| 10. 弹性力学 | 钱伟长 叶开沅著 |

这本讲义分别由李廉锟、周泽西、张炳宇、俞集容、杨蒴康等同志编写,并分工修改与校阅,插图由庄述权、邓如鹤、李家宝、尹业良等同志协助绘制。这本讲义曾在本院各专业教学中两度使用,对解决学生学习上的某些困难,尚能起一定的作用。我们根据实际使用结果,曾先后进行修改和补充,现在我们又再度将静定结构部分进行了若干修改与补充,先行出版,其余部分也正在陆续修改与校阅之中。

由于我们的业务水平及教学经验所限,虽然在主观上尽了自己的努力,但实际上一定还存在许多不妥的地方。我们衷心希望各学校的兄弟教研组在使用或参考这本讲义时,能把所发现的缺点及改进意见随时告诉我们,使这本讲义能够逐步完善起来。

中南土木建筑学院

结构理论教研组

1957年6月

内 容 提 要

本书是根据1980年5月审订的高等工业学校本科四年制土建类专业的“结构力学教学大纲”(草案)进行修订编写的。

全书共十五章,分上、下两册出版。上册共九章,内容包括:平面体系的几何组成分析,静定结构的内力计算,静定结构的影响线及其应用,虚功原理及结构的位移计算,解算超静定结构的力法。下册共六章,内容包括:位移法(含剪力分配法),渐近法(主要介绍力矩分配法、无剪力分配法及迭代法)和连续梁的影响线及其内力包络图,矩阵位移法,结构的极限荷载,结构的弹性稳定计算,结构的动力计算。每章后面附有思考题和大量习题以及大部分习题的答案。

本书可作为土建类专业本科及函授生“结构力学”课程的教材,也可供有关专业以及土建工程技术人员参考用。

本书责任编辑余美茵。

(京) 112 号

图书在版编目(CIP)数据

结构力学 上册/杨康,李家宝主编;刘光栋等编写.
3版.-北京:高等教育出版社,1983.1(1995重印)
ISBN 7-04-000451-8

I.结… II.①杨… ②李… ③刘… III.结构力学-建筑
结构-高等学校-教材 IV.TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第11500号

●
高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
四川省金堂新华印刷厂印装

●
开本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 300 000

1958年5月第1版

1983年1月第3版 1995年8月第13次印刷

印数 111 243—120 266

定价 9.20 元

第三版(1982年修订本)序

本书是在我室所编《结构力学》(1965年修订本)一书的基础上,根据1980年5月审订的高等工业学校本科四年制土建类专业的“结构力学教学大纲”(草案)再次修订的。

修订时,我们注意保持1965年修订本的特点,力图贯彻“少而精”的原则,在内容的阐述上,尽可能做到由具体到抽象,由简单到复杂,以符合学生的认识规律,利于教和学。为了加强基本理论、基本知识和基本技能的训练,对于1965年修订本中符合新订大纲要求的内容,修订时作了适当的充实;另外,根据新大纲的要求,增加了矩阵位移法一章,加深了虚功原理、结构的稳定和动力计算等内容的论述。全书内容分基本部分(第1~12章)和选学部分(第13~15章)。书中还有少量属于参考性的内容,在该节标题前面以“*”号注明。

这次修订工作由杨蕪康、李家宝担任主编,参加编写工作的有:杨蕪康(第8、15章)、李家宝(第1、2章)、刘光栋(第10、11、12、14章)、罗汉泉(第5、6、7、13章)、李存权(第3、4章)、罗宗对(第9章)。王兰生、何放龙、李俊东负责演算全书的习题。全书的插图由王秀贞描绘。

本书由王光远、郭长城、王荫长、刘铮同志担任主审、杨天祥同志担任复审。1982年5月工科结构力学教材编审小组在长沙召开了审稿会,参加审稿会的编委有杨天祥、龙驭球、秘书朱伯钦以及王荫长、刘铮、郭长城、王道堂等同志。参加审稿的同志对本书提出了许多很好的意见。此外,郑州工学院寿楠椿和本校王貽荪同志也曾对初稿提出过书面修改意见。对此,我们表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中缺点错误必定不少,希望使用本书的教师和读者多加批评指正。

湖南大学结构力学教研室

1982年6月

第二版(1965年修订本)序

本书是在我室所编“结构力学”一书的基础上,根据1962年5月审订的高等工业学校本科五年制工业与民用建筑专业和铁道建筑、公路与城市道路以及桥梁与隧道等专业的“结构力学教学大纲”(试行草案)修订的,同时也照顾了河川枢纽及水电站建筑专业的需要。

修订时,我们基本上依据教学大纲的要求,力图贯彻“少而精”的原则,删去了大量枝节内容和偏深的非基本内容,重新改写了绝大部分的章节;在少数问题上,对大纲的规定作了一些变动,如删去了用零载法检查平面桁架的可变性、索式桁架的概念、简支梁的内力包络图,增加了分析静定空间桁架的截面法、半穿式桁架桥的上弦杆的稳定问题等。

为了符合学生的认识规律,在内容的阐述上,尽可能注意由具体到抽象、由简单到复杂。如力法和位移法的概念都是先从一个最简单的例子引出,然后扩展到一般情况;又如静定结构的特性,则是在讲完内力计算之后,通过与超静定结构的特性对比才提出的。

由于本书兼顾了两种专业的某些不同要求,因此,就每一专业来说,各有一部分内容是毋庸讲授和学习的。对于铁道建筑、公路与城市道路以及桥梁与隧道等专业的学生来说,可略去以下章节:§14-5, §14-6, 第十六章, §17-5;对于工业与民用建筑专业的学生,可略去下列各节:§3-6, §3-8, §4-4, §5-9, §5-10, §6-6至§6-8, §8-11至§8-13, §11-4至§11-6, §15-2, §15-3, §18-9。此外,关于超静定桁架和混合结构,就工业与民用建筑专业来说,可只限于最基本的内容,不妨结合本书§10-4中的例10-3对桁架和混合结构的计算特点稍加详细交代,而将第十二章整个略去。在第十一章中,所述无铰拱和两铰拱两部分具有相对的独立性,重复讲述了总和法,以便对工业与民用建筑专业可以单独着重讲授两铰拱部分。书中还有少量属于参考性的内容,一律采用小字排印。

本书初版是由我室教师周泽西、俞集容、杨蒨康和原为我室成员现为长沙铁道学院教师李廉锴、张炳宇通过集体讨论、分工执笔并相互修改写成的。这次修订工作由周泽西、俞集容主持进行,执笔的有万良逸(第5、7、8、9、10章)、周泽西(第1、20章)、俞集容(第2、14、15、17章)、杨蒨康(第4、6、13、19章)、刘光栋(第3、11、12、16、18章)。

本书承哈尔滨建筑工程学院王光远同志审阅,并提出不少宝贵意见,对此我们表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,缺点和错误必定不少,希望使用本书的教师和读者多加批评指正。

湖南大学结构力学教研室

1965年4月

上册目录

第一版序	
第二版序	
第三版序	
第一章 绪论	1
§ 1-1 结构力学的研究对象和任务	1
§ 1-2 平面和空间结构的支座	4
§ 1-3 结构的计算简图	6
§ 1-4 平面杆系结构的分类	8
§ 1-5 荷载的分类	10
第二章 平面体系的机动分析	12
§ 2-1 机动分析的目的	12
§ 2-2 平面体系的自由度	12
§ 2-3 平面体系的机动分析和举例	16
§ 2-4 平面体系在静力学解答方面的特性	19
思考题	21
习题	21
第三章 静定梁和静定平面刚架	25
§ 3-1 单跨静定梁的计算	25
§ 3-2 多跨静定梁的计算	30
§ 3-3 静定平面刚架的计算	35
思考题	44
习题	44
第四章 静定拱结构	49
§ 4-1 概述	49
§ 4-2 实体三铰拱的数解法	50
§ 4-3 实体三铰拱的图解法	54
§ 4-4 实体三铰拱的合理轴线	56
§ 4-5 三铰刚架的计算	59
思考题	62
习题	62
第五章 静定平面桁架	66
§ 5-1 概述	66
§ 5-2 结点法	69
§ 5-3 截面法	73
§ 5-4 结点法与截面法的联合应用	79
§ 5-5 图解法	82
§ 5-6 各类平面梁式桁架的比较	85
§ 5-7 组合结构的计算	86
思考题	89
习题	89
第六章 静定空间桁架	93
§ 6-1 概述	93
§ 6-2 空间桁架的机动分析	93
§ 6-3 结点法	95
§ 6-4 截面法	98
§ 6-5 分解成平面桁架法	100
§ 6-6 静定结构的静力特性	100
思考题	102
习题	102
第七章 静定结构的影响线	104
§ 7-1 一般概念	104
§ 7-2 用静力法作静定梁的影响线	105
§ 7-3 间接荷载作用下的影响线	110
§ 7-4 用机动法作静定梁的影响线	111
§ 7-5 用静力法作平面桁架的影响线	113
§ 7-6 集中荷载和分布荷载的影响	116
§ 7-7 最不利荷载位置	118
§ 7-8 简支梁的绝对最大弯矩	123
§ 7-9 简支梁的内力包络图	125
思考题	127
习题	127
第八章 虚功原理和结构的位移计算	130
§ 8-1 概述	130
§ 8-2 虚功方程的两种应用	134
§ 8-3 用虚力原理推导结构 位移计算的一般公式	133
§ 8-4 静定结构在荷载作用下的位移计算	143
§ 8-5 图乘法	148
§ 8-6 静定结构由于支座位移、 温度变化所引起的位移	15
* § 8-7 变形体的虚位移原理	

及虚功原理小结.....	156	§ 9-5 超静定结构的位移计算.....	177
§ 8-8 线性变形体系的互等定理.....	157	§ 9-6 最后内力图的校核.....	178
§ 8-9 位移影响线.....	160	§ 9-7 温度改变及支座位移时 超静定结构的计算.....	179
思考题.....	161	§ 9-8 对称性的利用.....	182
习题.....	161	§ 9-9 弹性中心法.....	190
第九章 力法	164	§ 9-10 超静定拱的计算.....	193
§ 9-1 力法的基本概念.....	164	§ 9-11 超静定结构的特性.....	203
§ 9-2 超静定次数的确定.....	166	思考题.....	203
§ 9-3 力法的典型方程.....	168	习题.....	204
§ 9-4 力法的计算步骤和示例.....	169		

第一章 绪 论

§ 1-1 结构力学的研究对象和任务

在土木工程中,由建筑材料按照一定的方式组成并能承受荷载作用的物体或体系称为工程结构(简称结构)。例如图 1-1 所示工业厂房中的屋架、柱、基础等结构,它们起着支承荷载的骨架作用;再如图 1-6a 所示承受土压力的挡土墙,它也是一个结构的例子。无论是由单个构件(例如梁)或多个构件(例如屋架)所组成的结构,当不考虑材料的应变时,则其本身各部分之间都不致发生相对运动,且应直接或间接地与地基联成一个整体,这样才能用以承受荷载,并将其上所受的荷载传到地基。

结构按其几何特征可分为三种类型:

1. 杆系结构 它是由若干根长度远大于其他两个尺度(截面的宽度和高度)的杆件所组成的结构,例如图 1-1a 为单层厂房的空间结构图。图 b 为其中一个横向承重排架,它即为杆系结构。如果组成结构的所有各杆件的轴线都位于某一平面内,并且荷载也作用于此同一平面,则这种结构称为平面杆系结构,否则,便是空间杆系结构。

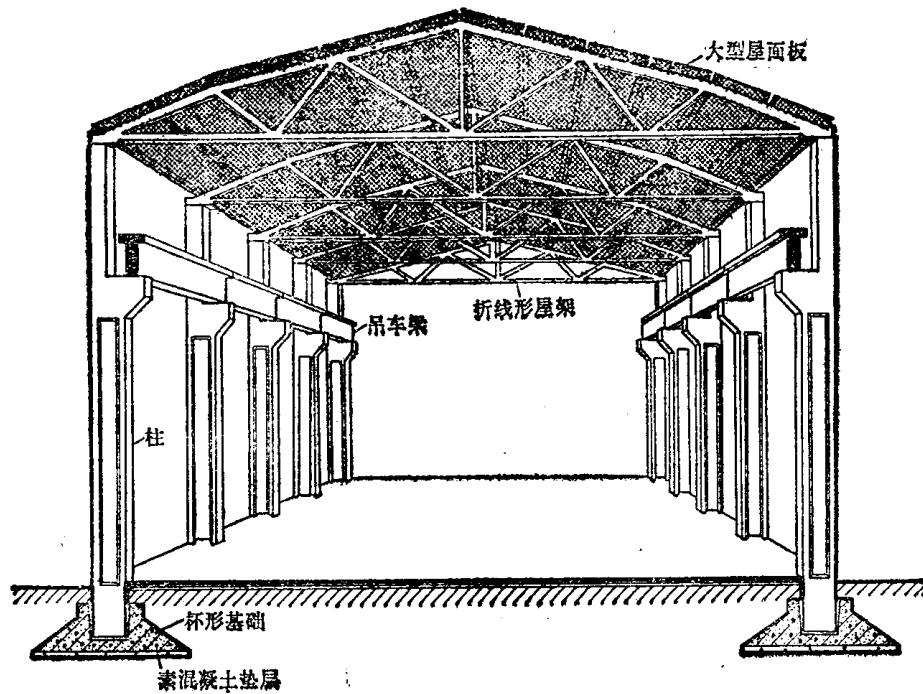
2. 薄壁结构 它是厚度远小于其他两个尺度的结构。当它为一平板状物体时,称为薄板(图 1-2);当它具有曲面外形时,称为薄壳(图 1-3)。由若干块薄板或薄壳可组成各种薄壁结构(图 1-4、图 1-5)。

3. 实体结构 它是三个方向的尺度大约为同量级的结构,例如堤坝、挡土墙、块式基础(图 1-6)等均属实体结构。

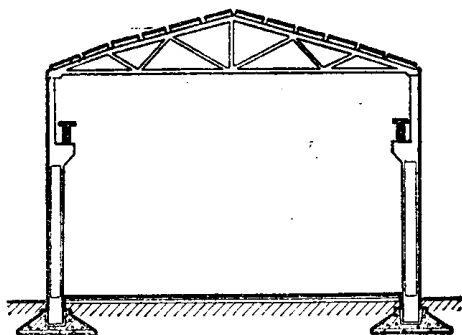
结构力学的任务是研究结构的组成规律和合理形式以及结构在外因作用下的强度、刚度和稳定性的计算原理与计算方法。研究组成规律的目的在于保证结构各部分不致发生相对运动,使可能承担荷载并维持平衡。进行强度和稳定性计算的目的在于保证结构的安全并使之符合经济的要求。计算刚度的目的在于保证结构不致发生过大的在实用上不能容许的位移。上述强度、刚度和稳定性的计算,不仅在设计新结构时需要进行,而且在已有的结构需要承受以往没有预计的荷载时,也应加以核算,以判明是否需要加固。研究结构的合理形式是为了有效地利用材料,使其性能得到充分的发挥。

结构力学与材料力学、弹性力学有着密切的关系,它们的任务基本相同,但在研究对象上则有所分工。材料力学基本上只研究单个杆件的强度、刚度和稳定性的计算,结构力学主要是研究由杆件所组成的体系(杆系结构),弹性力学则研究各种薄壁结构和实体结构,同时也对杆件作进一步的精确分析。

结构力学是一门技术基础课,在专业学习中占有重要的地位。一方面与前修课程有密切的



(a)



(b)

图 1-1

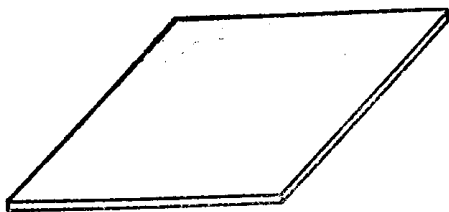


图 1-2

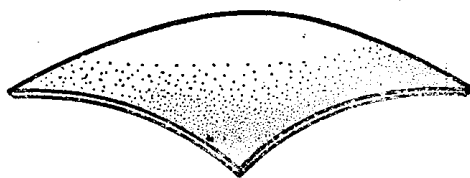
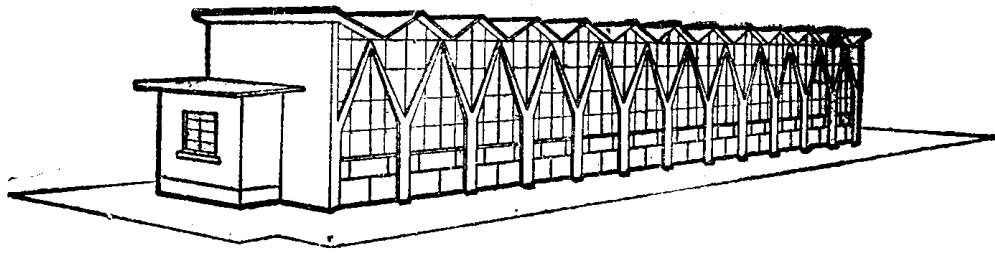


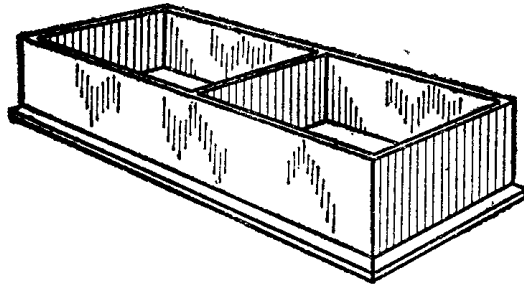
图 1-3

联系;另一方面,又为进一步学习钢筋混凝土结构、钢木结构等专业课程奠定必要的力学基础。

对杆系结构进行强度计算时,首先必须确定在外因作用下所产生的内力,然后便可按此选定或验算各杆件的截面尺寸。在杆系结构的刚度和稳定性计算中,也将涉及内力计算问题。因此,研究杆系结构在外因作用下的内力计算便成为本课程今后所要讨论的重要问题。

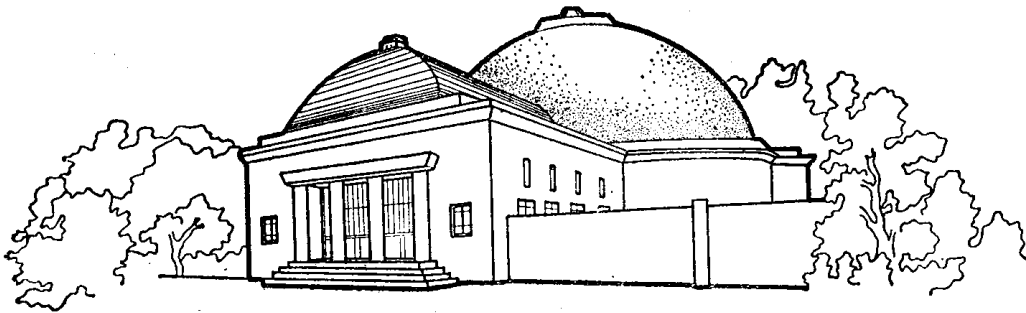


(a)

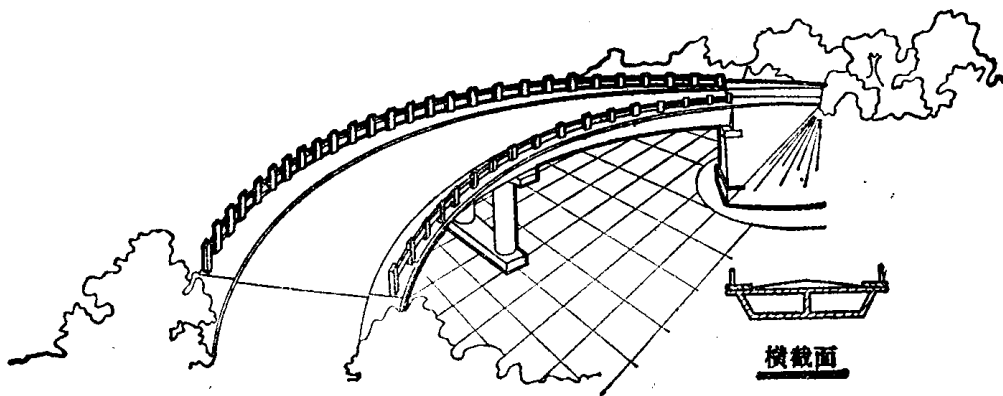


(b)

图 1-4



(a)



(b)

图 1-5

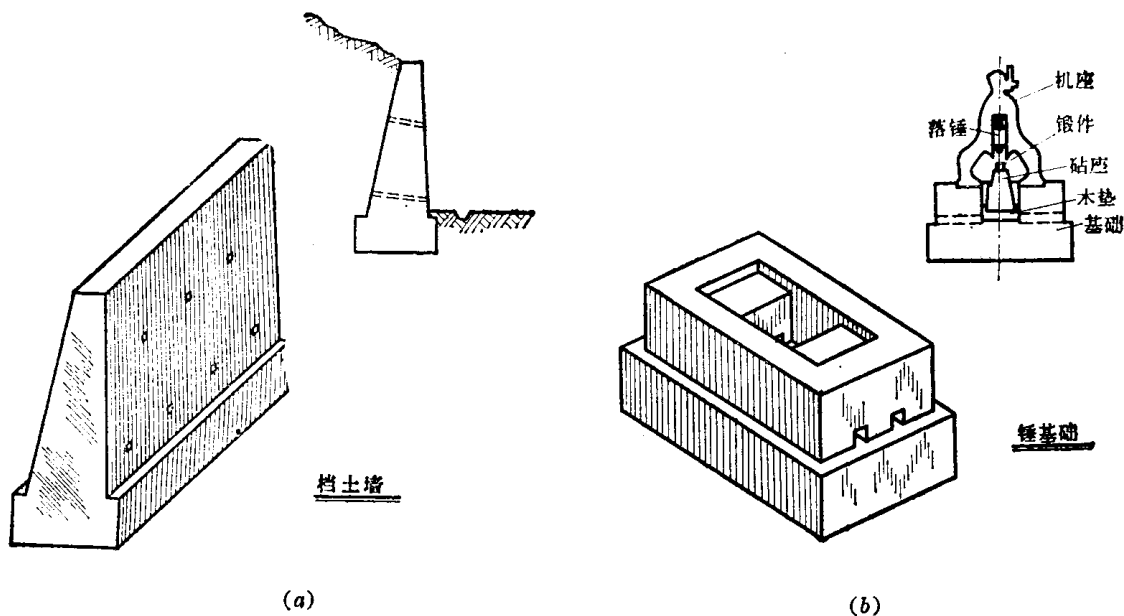


图 1-6

§ 1-2 平面和空间结构的支座

把结构与基础或其他支承物联系起来，以固定结构位置的装置，叫做支座。

平面结构的支座一般有以下四种形式：

1. 活动铰支座 这种支座的构造简图如图 1-7a 所示，它将容许结构绕铰 A 转动，并可沿支承平面的 $m-n$ 方向移动。因此，当不考虑支承平面上的摩擦力时，这种支座的反力将通过铰 A 的中心并与支承平面相垂直，即反力的方向和作用点是确定的，只有它的大小 R_A 是一个未知数。根据上述特征，这种支座可以用一根链杆 AB 来表示(图 1-7b)，因为与 AB 杆相联的结构不仅可绕铰 A 转动，而且当链杆绕 B 转动时，也可以在 AB 的垂直方向移动。显然，链杆 AB 的内力即代表该支座的反力。

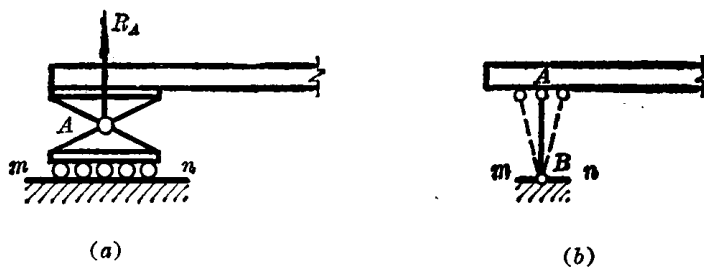


图 1-7

2. 固定铰支座 这种支座的构造简图如图 1-8a 所示，它容许结构绕铰 A 转动，但不能移动。因此，这种支座的反力将通过铰 A 的中心，但其方向和大小都是未知的。显然，它可用两个沿确定方向的未知分反力 H_A 和 V_A 来表示。对于这种支座，可用交于一点 A 的两根链杆 AB 和 AC 来表示(图 1-8b)。

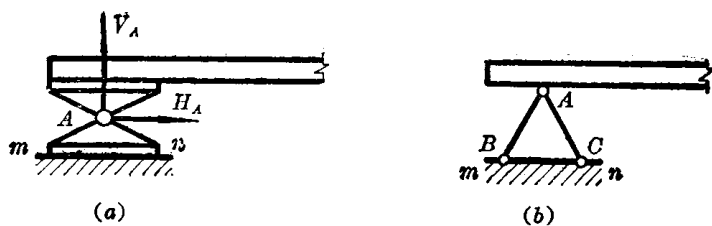


图 1-8

3. 固定支座 这种支座不允许结构发生任何转动和移动。它的反力的大小、方向和作用点都是未知的，因此，可以用水平和竖向的分反力 H 和 V 以及力偶 M 来表示(图 1-9a)。这种支座也可以表示为三根既不全平行又不全交于一点的链杆 AB 、 AC 和 DE (图 1-9b)，它们的内力可在杆端构成两个分力 H 、 V 以及力偶 M 。

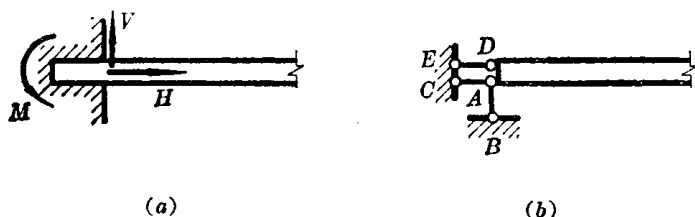


图 1-9

4. 定向支座 这种支座是将杆件末端的上下两面各用辊轴夹着并嵌入墙或基础中(图 1-10a)。这样，它可以允许杆件沿着杆轴方向发生不大的移动，而不允许杆端发生转动及垂直于杆轴方向的移动。这种支座反力的方向是确定的，而其大小和作用点则是未知的，因此可以用一个作用于杆端并垂直于支承平面的未知力 V 及一个未知力偶 M 来表示。定向支座可以用两根互相平行且垂直于支承平面的链杆来表示(图 1-10b)，相应于这种表示方法，结构可以沿垂直于链杆的方向作不大的移动。同时，这两根链杆上的反力可在杆端简化为一个力和一个力偶，故也能符合支座反力的情况。

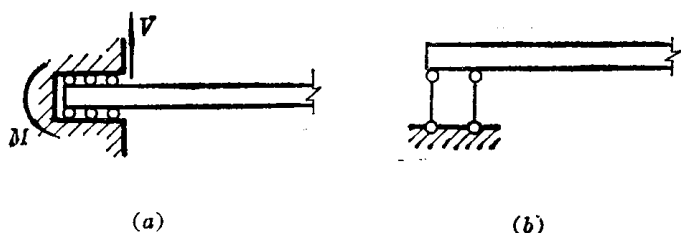


图 1-10



图 1-11

图 1-11 所示为定向支座的另一种情况。这种支座可以允许杆件沿着垂直于杆轴的方向作不大的移动，而不允许杆端发生转动及沿杆轴的方向移动。两根平行链杆上的反力则可在杆端简化为一个沿杆轴方向作用的力 H 和一个力偶 M 。

空间结构的支座，通常可分为下列三类：

1. 固定球形铰支座(点支座) 如图 1-12a 所示，在上下两均衡托之间嵌入一个圆球，同时，下均衡托是固定在基础上的。于是结构只能绕球心作空间转动而不能有任何移动。这种支座的反力通过球心，但方向和大小均不知道。显然，可用三个不共面的分反力(R_x 、 R_y 、 R_z)来表示它。

对于这种支座，可用交于一点且不共面的三根链杆来表示(图 1-12b)。由于这种支座使结构只能绕一点转动，故亦称为点支座。

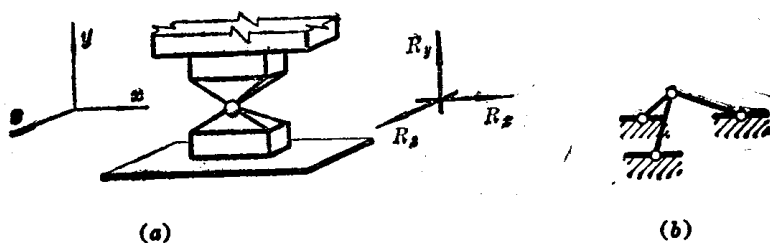


图 1-12

2. 可动圆柱形支座(线支座) 如图 1-13a 所示,这种支座与上述固定球形支座的区别在于它的下均衡托下面安置有一组平行的辊轴。因此,结构除能绕球心转动外,并可在支承平面内沿与辊轴垂直的方向(图 1-13a 中的 x 方向)移动。这种支座的反力通过球心并在与移动方向相垂直的平面内,因而可用两个分反力 R_y 、 R_z 来表示它。对于这种支座,可用反力所在平面内的两根链杆来表示(图 1-13b)。由于它使结构能沿一直线方向移动,故亦称为线支座。

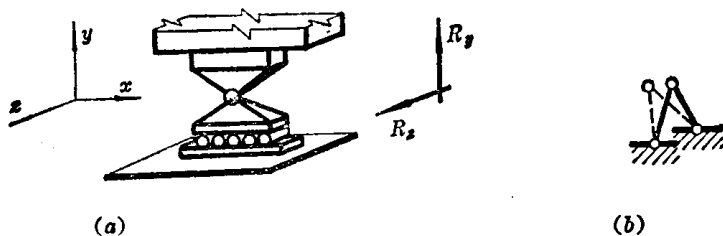


图 1-13

3. 可动球形支座(面支座) 如图 1-14a 所示,在结构物与基础之间自由地放置一圆球,这样,结构除可绕球心转动外,并可在支承平面内沿两向移动。这种支座的反力通过球心并与支承平面相垂直,故只有它的大小 R_y 是未知的。对于这种支座,可用一根垂直于支承平面的链杆来表示(图 1-14b)。由于它使结构能沿支承平面移动,故亦称为面支座。

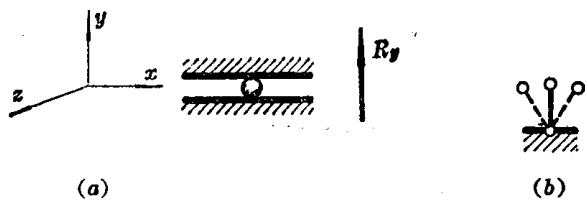


图 1-14

§ 1-3 结构的计算简图

一、计算简图的概念

实际结构是多种多样的,要想完全严格地考虑每一结构的全部特点及其各部分之间的相互作用来建立理论和进行计算,将是不可能的。因此,必须有意地略去一些次要因素,把在主要方面具有共同特点的同类结构进行科学概括并加以典型化,然后才能建立起相应的计算理论。例

如,截面尺寸比长度小许多并承受横向荷载的杆件,虽然它们的形状、材料、所受荷载和支承情况等都可能不同,但都具有以下共同的特点,即主要产生弯曲变形而轴向变形和扭转变形都可忽略,并且变形后横截面基本上仍保持为平面且与杆轴垂直。根据这些共同特点,可对这类杆件作出如下的基本假定:(1)杆轴不伸长也不缩短,(2)变形后任意横截面仍为一平面并垂直于变形后的轴线。据此假定,杆件就可抽象地用其轴线来表示,并在此基础上建立相应的计算理论。对于这类杆件,以后就统称为梁。

在进行结构计算时,除了需依据同类结构共同的基本假定外,尚需根据其具体情况作出一些补充的简化计算的假定,并采用一种简化了的图形来代替实际结构。这种简化图形称为该结构的计算简图。

例如,一根横梁(图 1-15a)两端搁置在墙上,中间悬挂一重物。这虽是一最简单的结构,但如果一定要按照实际情形进行分析,则因反力沿墙宽的分布规律难以知道,所以仍无法确定其两端的反力。现若假定其反力为均匀分布,并进一步以其作用于墙宽中点的合力来代替分布的反力。梁则用其轴线来代替。这样,图 1-15a 所示的实际结构物便抽象和简化为图 1-15b 所示的计算简图。显然,只要墙宽和梁的长度相比小很多,则作上述简化在工程上是完全许可的。

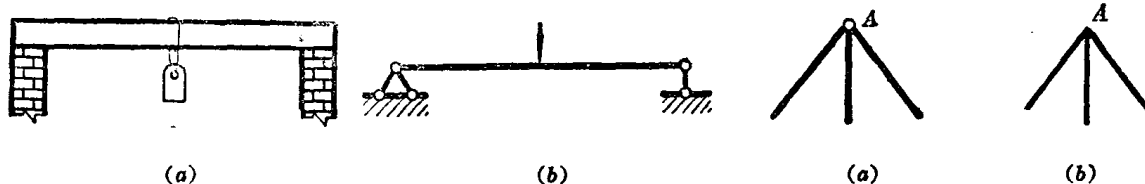


图 1-15

图 1-16

二、结点的简化及分类

在杆系结构中,几根杆件相互联接的地方称为结点。在计算简图中,结构的结点通常可简化为以下两种理想情况:

(1) 铰结点 这种结点的特性是它所联接的各杆件都可以绕结点自由转动,即在结点处各杆件之间的夹角可以改变。若将平面杆系结构中的各杆件用其轴线来代替,则铰结点可用图 1-16a 表示。

(2) 刚结点 这种结点的特性是它所联接的各杆不能绕结点自由转动,即在结点处各杆端之间的夹角始终保持不变。平面结构的刚结点用图 1-16b 表示。

三、计算简图示例

在工程实际中,只有根据实际结构的主要受力情况去进行抽象和简化,才能得出它的计算简图。为了说明这一点,下面来研究图 1-1 所示结构中钢筋混凝土屋架的计算简图。

该单层厂房结构是由许多横向的平面单元(图 1-1b)通过各种纵向构件(如屋面板和吊车梁等)联系起来的复杂空间结构。首先,由于各个横向单元沿厂房的纵向是有规律地排列的,而且作用在结构上的荷载一般又是沿纵向均匀分布的,因此,在计算横向的平面单元时,可不考虑整体的空间作用,而将它们视为彼此独立的平面结构,作用在结构上的荷载,则通过纵向构件分配到各横向平面结构上。这样,就把一个空间结构分解为若干个平面结构来进行计算。其次,对于

横向单元内的屋架,在计算其上各杆的内力时,可把它单独取出,在屋架与柱顶联接的地方,分别视为固定铰支座和活动铰支座,屋架就成为一个由杆件组成的平面杆系结构。假定屋架的各杆均用其轴线来表示,并假定所有这些轴线都位于同一平面且在每一结点处都相交于一点,这些交点就抽象地代替了实际的结点。根据力学分析和实测的验证可知,当荷载只作用于结点时,屋架各杆的内力主要是轴力,弯矩和剪力都很小,因而从力学的观点来看,可把屋架的各个结点均假定为理想铰结点。于是,得到图 1-17 所示的屋架计算简图。当屋架的跨度不很大时,按这种计算简图所得的各杆内力(只有轴力)与实际轴力比较接近。

计算任何结构时,必须先选定计算简图。它应遵循下述原则:一方面应该尽可能正确地反映实际情况,使计算的结果保证可靠与精确;另一方面又必须忽略某些次要因素,以便于进行计算。

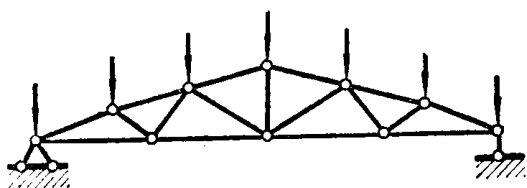


图 1-17

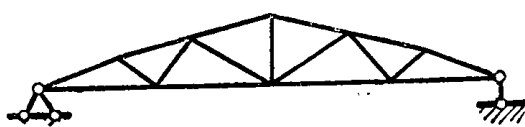


图 1-18

有时,对于同一结构,根据不同情况,可以分别采用不同的计算简图。例如,在初步设计杆件截面时,往往先采用一个较粗略而简单的计算简图,而在最后计算时,再采用一个较复杂但较精确的计算简图。

较精确的计算简图可通过放弃某些简化假定,或代以较为符合实际情形的假定而获得。例如,对于图 1-1 中的钢筋混凝土屋架,如不采用理想铰接的假定,而将各杆端相互联接处看成绝对刚性,便可获得如图 1-18 所示具有刚结点的计算简图。这样的假定虽然也不完全符合实际情况,但比较接的假定要接近实际些。可是计算工作就要繁复得多。目前,由于使用了电子计算机,故在实际工作中,许多较为复杂但比较精确的计算简图已被采用。

要恰当地作出某一实际结构的计算简图,这需要有较多的实际经验,并善于判断各个不同因素的相对重要性。对一些新型结构,往往要通过反复试验和实践才能获得比较合理的计算简图。不过,对于常用的结构型式,可利用前人已积累的经验,直接采取其常用的计算简图。最后需要指出,计算简图确定之后,在作结构设计时,还应采取相应的构造措施,以使实际结构的内力分布和变形特点与计算简图的情形相符。

§ 1-4 平面杆系结构的分类

平面杆系结构是本书研究的主要对象,它有如下几种类型:

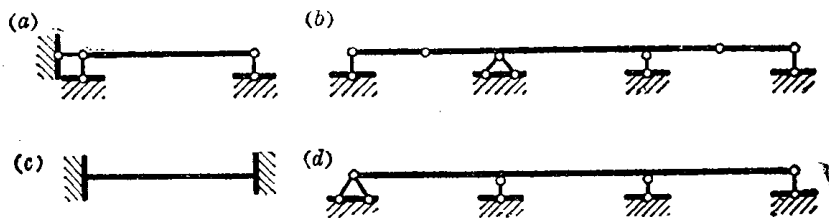


图 1-19

1. 梁 梁是一种受弯杆件,可以是单跨的(图 1-19a、c),也可以是多跨的(图 1-19b、d)。

2. 拱 拱是曲杆形的且在竖向荷载作用下将产生水平推力的结构(图 1-20a、b)。这种水平推力将使拱内弯矩远小于跨度、荷载及支承情况相同的梁的弯矩。

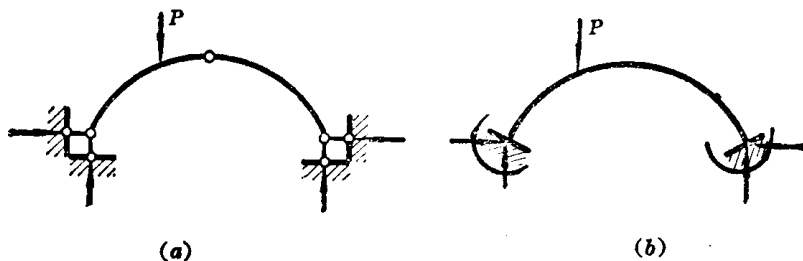


图 1-20

3. 刚架 刚架是由梁和柱组成的结构(图 1-21),具有刚结点为刚架的特点,其上各杆主要承受弯矩。

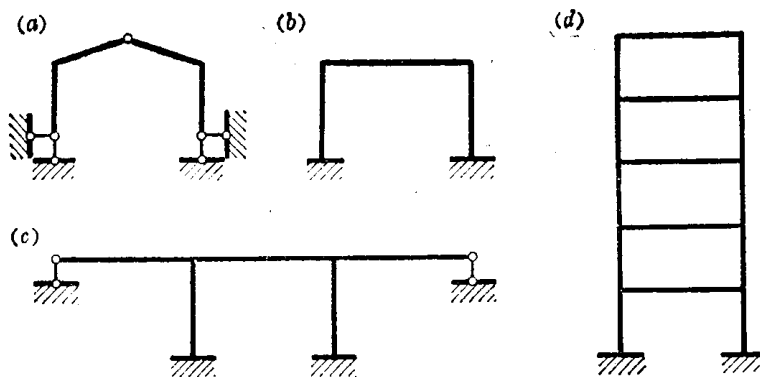


图 1-21

4. 桁架 桁架是由若干根杆件在两端用理想铰联接而成的结构(图 1-22)。其上各杆的轴线一般都是直线,当只受到作用于结点的荷载时,各杆将只产生轴力。

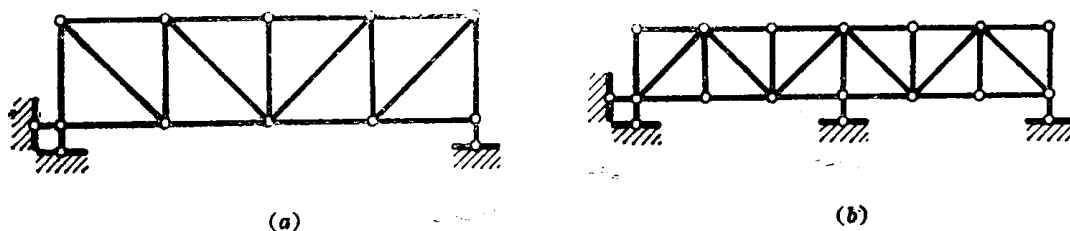


图 1-22

5. 组合结构 在这种结构(图 1-23)中,有些杆件只承受轴力,而另一些杆件还同时承受弯矩和剪力。

根据所用计算方法的特点,杆系结构还可区分为静定结构和超静定结构。若一结构在承受任何荷载时,所有反力和任一截面上的内力都可由静力平衡条件求得,且其值是确定的,则此结构称为静定结构。若一结构的所有反力和内力不能只由静力平衡条件来确定,还必须考虑变形条件才能求得,则此结构称为超静定结构。

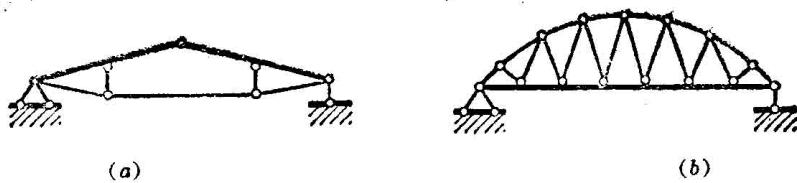


图 1-23

例如,图 1-24a 所示的简支梁 AB,其三个支座反力可由该梁的整体平衡条件求得,然后将任一截面截开即可由平衡条件求出该截面上的内力,故此梁为一静定结构。与此相反,图 1-24b 所示的梁,单靠平衡条件将无法确定其四个支座反力,从而也就不能确定各截面的内力。为了求得它的反力和内力,除了使用静力平衡方程外,还必须考虑变形条件,故此梁为一超静定结构。

应该注意,静定的意义只限于对结构的反力和内力,并不涉及其他量值。在静定结构中的其他量值,例如应力和位移即不能单由静力平衡条件求出,它们必须结合考虑结构的变形条件(包括变形的几何连续条件和应力应变之间的物理条件)才能确定。



图 1-24

§ 1-5 荷载的分类

作用于结构上面的荷载按其作用时间的久暂可分为恒载和活载两类。恒载是指永久作用在结构上的荷载,如自重以及固定在结构上的附属物传来的重量。活载是指暂时作用于结构上的荷载,如车辆、吊车、人群、风、雪等。活载还可划分为可动荷载和移动荷载两类。可动荷载是指在结构上能占有任意位置的活载(如风载、雪载),而移动荷载则为一系列互相平行、间距保持不变且能在结构上移动的活载(如车辆、吊车)。

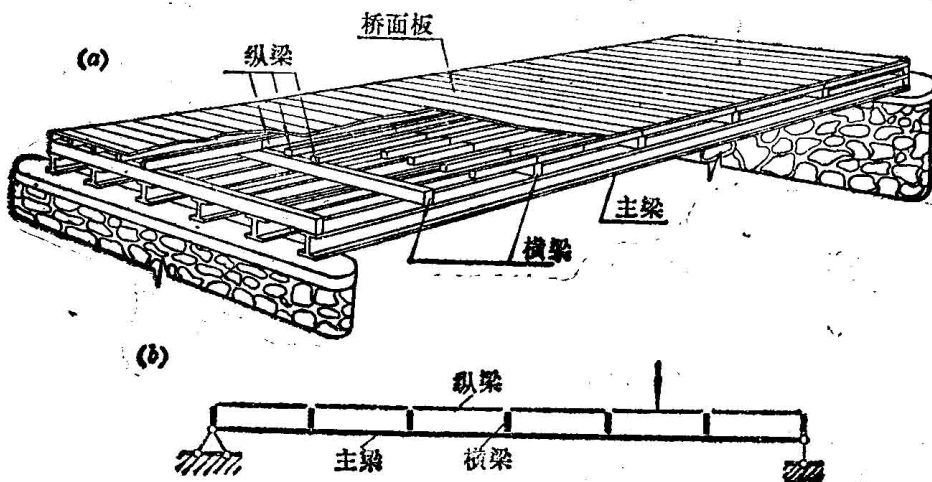


图 1-25