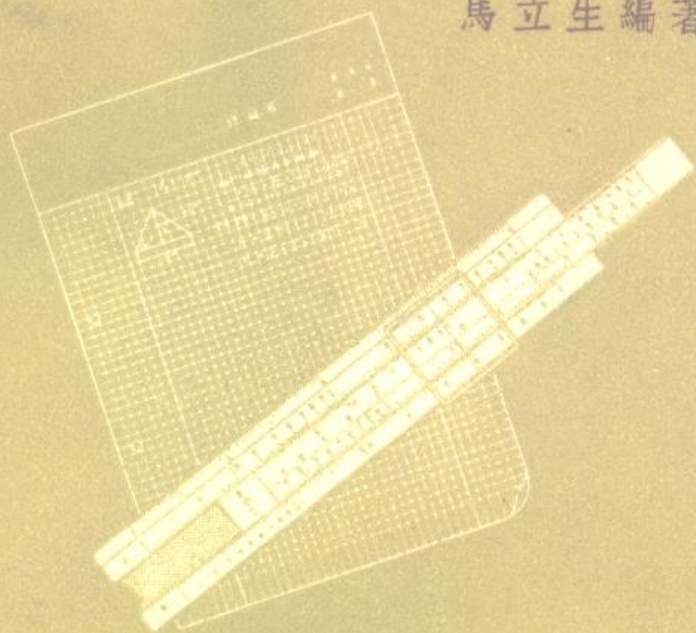


馬立生編著



初級結構工程自學叢書

結構力學入門

上海科學技術出版社

初級結構工程自學叢書

結構力學入門

馬立生編著

上海科學技術出版社

內 容 提 要

本书为“初級結構工程自学丛书”之第三种,共分九章:
緒論、多跨靜定梁、靜定剛架、三鉸拱、靜定平面梁式桁架、
靜定結構的影响綫、結構的变位、超靜定剛架、連續梁。文
字淺近,詳解詳明,适合土木建筑方面有初中文化水平之工
作人員自学进修,亦可作为土建水利初級技術人員訓練班
教材。讀者依次讀完后,可独立作簡單設計,亦可为进一步
閱讀中等技术学校教材打下基础。

2102/04

初級結構工程自学丛书

結 构 力 学 入 門

馬 立 生 編 著

*

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海劳动印制厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印張 6 16/32 字數 142,000

1959年12月第1版 1959年12月第1次印刷

印數 1—11,000

統一書号: 15119 · 1360

定 价: (十) 0.62 元

前 言

自从党中央提出大搞技术革命和文化革命的号召后，在全国范围内便掀起了学习高潮，从事土木建筑工程的工人同志和技术干部与业务管理干部，特别是青工们，也并不例外，均迫切地要求进一步钻研有关这一方面的基本理论和知识，文化学习更为他们创造了有利条件。在工农业生产大跃进以后，全国农村已普遍成立了人民公社，在农村建设中也需要一些具有初级土建工程学识的干部。

我们出版这一套“初级结构工程自学丛书”的主要目的侧重在初学的人自学，同时也可作为有关单位开办技术训练班时作教材，因此取材较一般中等技术学校的教材更为浅显，而以切合实用，便于无师自通为准则，希望具有初中文化程度并略有三角基本知识的读者们都可以理解清楚。当然各人的程度不同，可能在学习过程中发生一些困难，但决不是不可克服的困难，主要应有毅力，坚持学习精神，并不断向人请教，一定可以成功的。

这一套丛书初步拟出版下列八种：

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 静力学入门 | 5. 钢筋混凝土结构入门 |
| 2. 材料力学入门 | 6. 木结构入门 |
| 3. 结构力学入门 | 7. 砖石结构入门 |
| 4. 地基与基础入门 | 8. 钢结构入门 |

读者可循序渐进，但前四种属于基本性质，更应该按照次序先读，后四种的次序可以视需要缓急来酌分先后。

我们出版这一套丛书尚是尝试性质，如果读者面很广，要求出版其他方面的土建工程自学丛书，我们还打算进一步考虑。写作这套丛书的同志们虽对于中等技术学校的教学工作积累了很多经验，但要写成这样浅显便于自学的书，实在也很不容易，因此也免不了是尝试性质。

这一套丛书的内容一定还存在不少问题和缺点，特别是取材问题，很难恰当，希望读者们在学习过程中多提意见，以便今后不断改进。

上海科学技术出版社 1959年1月

目 录

第一章 緒 論

§ 1-1 引言	1
§ 1-2 结构的計算簡图和型式分类	1
§ 1-3 荷載的分类	5

第二章 多跨靜定梁

§ 2-1 多跨靜定梁的基本知識	7
§ 2-2 多跨靜定梁的构造	9
§ 2-3 多跨靜定梁的数解法	11
§ 2-4 多跨靜定梁鉸接特性的应用	14
§ 2-5 多跨靜定梁的图解法	16

第三章 靜定剛架

§ 3-1 剛架的基本知識	21
§ 3-2 靜定剛架数解法	22

第四章 三鉸拱

§ 4-1 拱的概念	32
§ 4-2 拱的型式和分类	33
§ 4-3 三鉸拱支座反力数解法	34
§ 4-4 三鉸拱内力計算	41
§ 4-5 三鉸拱的压力曲綫	45
§ 4-6 三鉸拱图解法	46

第五章 靜定平面梁式桁架

§ 5-1 概述	53
§ 5-2 桁架的理想情况和实际情况	55

§ 5-3	桁架的分类	56
§ 5-4	节点数解法求桁架杆件内力	58
§ 5-5	截面数解法求桁架杆件内力	68
§ 5-6	通路法求桁架杆件内力	75
§ 5-7	节点图解法求桁架杆件内力	78
§ 5-8	截面图解法求桁架杆件内力	82
§ 5-9	桁架合理外形的讨论	85

第六章 靜定結構的影响綫

§ 6-1	概念	91
§ 6-2	簡支梁和外伸梁的影响綫	92
§ 6-3	影响綫和內力图的区別	98
§ 6-4	多跨靜定梁的影响綫	98
§ 6-5	节点傳遞荷載时的簡支梁影响綫	109
§ 6-6	用影响綫求內力	111
§ 6-7	簡單桁架的杆件內力影响綫	117

第七章 結構的变位

§ 7-1	概念	127
§ 7-2	变位的符号	128
§ 7-3	靜力的功	129
§ 7-4	功的互等定理和变位互等定理	131
§ 7-5	結構变位的計算——图形相乘法	133

第八章 超靜定剛架

§ 8-1	超靜定結構的概念	142
§ 8-2	剛架超靜定次数的決定	143
§ 8-3	力法的基本知識	147
§ 8-4	基本型式和贅力的安排	148
§ 8-5	力法典型方程式	150
§ 8-6	力法計算簡單超靜定剛架	152

第九章 連續梁

§ 9-1	概念	162
-------	----------	-----

§ 9-2	連續梁三彎矩方程式	163
§ 9-3	連續梁支座反力的求法	175
§ 9-4	連續梁固定端的處理	178
§ 9-5	連續梁中任意截面的彎矩和剪力的計算	181
§ 9-6	連續梁承受活荷載的最不利位置	185
§ 9-7	連續梁彎矩範圍圖	186
§ 9-8	查表計算連續梁	189

第一章 緒 論

§ 1-1 引 言

在材料力学中,我們已經研究过在外力作用下个别构件的强度、剛度和稳定等問題。結構靜力学則是就整个結構(由多个构件按一定規律組合成的整体)来討論这些問題,并且还要从安全和經濟的观点来研究所采用的結構型式及其合理的計算方法。

我們在研究結構靜力学时,必須应用靜力学、材料力学的若干原理和方法。

§ 1-2 結構的計算簡图和型式分类

任何建筑物的結構型式都不是非常簡單的,即使是比較簡單的結構;仔細分析起来,它的实际情况也是很复杂的。如果一定要按实际情况来进行分析計算,那是非常困难的,甚至是不可能的。为了解决实际問題,不得不簡化結構型式,放弃一些不重要的因素,用一种簡化的图形来代替实物进行分析計算,这就是結構的計算簡图。当然,計算簡图的选定是一項非常重要的工作,它應該尽可能的使計算簡單,而又尽可能的接近于結構的实际情况。下面的簡單例子,可以說明选择計算簡图的必要和可能。

一根橫梁擱置在牆上[图 1-1(a)],梁頂中部放一重物,这

可以說是最簡單的結構了。但是要完全按照实际情况来分析，也是难以解决的問題。首先，物件放在梁頂，重力是分布在一定面积(物体与梁的接触面)内，其次反力也是分布在墙頂的整个寬度上，这些分布情况都无法了解，只好假定：“物件的重力集中于一点，反力均匀分布在墙的寬度上”，这样就可認為重力作用在梁的中点，反作用力作用在墙寬的中点。再用梁的軸綫来代表梁身，就得出了計算簡图[图 1-1(b)]，这个簡图就非常容易分析計算了。它得出的結果也可以符合实际情况，因为物件的体积对整个梁說起来是很小的，假定反力均匀分布，虽与真实情况有区别，但由这个假定所造成的計算上的誤差也是微不足道的。

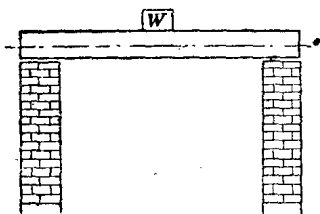


图 1-1(a)

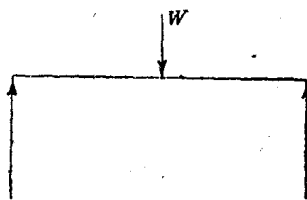


图 1-1(b)

各种不同的結構都可以选定各自的計算簡图，我們可以把結構分成不同的类型：

(一) 从形体的几何特征分类：

(1) 实体結構 結構物的截面尺寸和长度相仿佛，亦即三向尺寸都是相当重要而可以比較的。擋土牆、基础、堤坝等都是

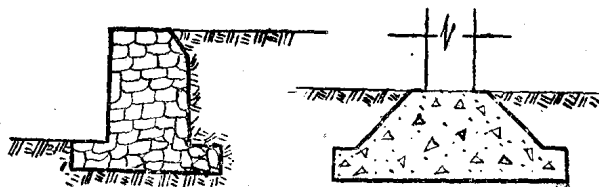


图 1-2

这类结构的实例(图 1-2)。

(2) 壳体结构 结构物的厚度较长度远为薄小,如各种板形、壳形结构均是,薄壳屋面就是这类结构的实例(图 1-3)。

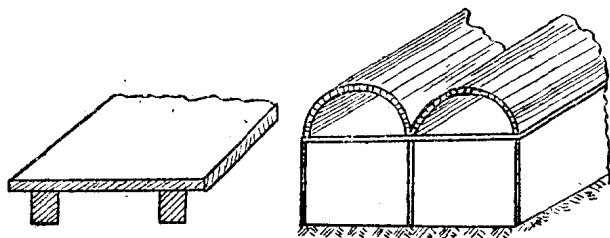


图 1-3

(3) 杆件体系结构 结构物是一个或多个细长杆件组合而成,这些杆件的截面尺寸都较长度为小。本书的内容主要就是讨论这种结构。桥梁和屋顶桁架是这类结构的实例,其型式如图 1-4 所示。进一步按构造情况又可分为两种:一种是平面结构,这种结构所有组成杆件的轴线及作用的荷载均在同一平面内;也就是说,结构的分析计算是按照平面力系来进行的。另一种是空间结构,这种结构的组成杆件的轴线以及荷载作用线

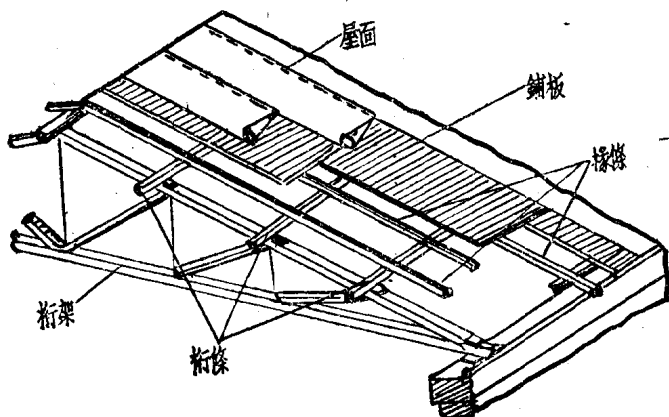


图 1-4

并不在同一平面内；也就是說結構的分析計算要按空間力系来进行。事实上，結構物都是立体的，也可以說都是空間結構；但是根据各部分組織的相互关系和荷載的傳達途徑，常常可以將

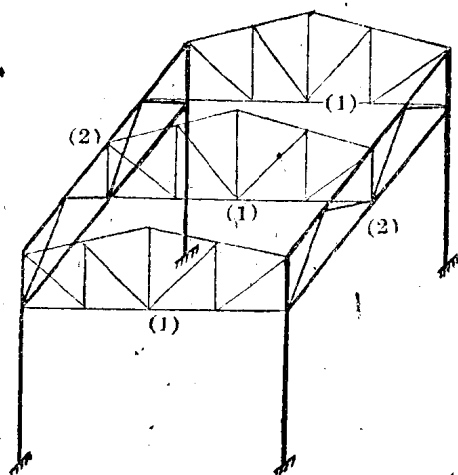


图 1-5

空間結構分解成几个平面結構来处理，因此使計算簡化，所得結果也相当可靠。如图 1-5 是一个单层厂房鋼骨架，在計算时，就可以將它分解成为两类平面結構：桁架 (1) 和剛架 (2)，前者是支承在剛架上的平面結構，由它將屋面

荷載傳达到剛架上，然后剛架再按平面結構計算。

当然，也有一些空間結構不可能簡化为平面結構处理。

(二) 从結構杆件連接的方式分类：

在杆件体系結構中，还可按杆件連接的不同方式分成下列几类：

(1) 剛架：結構杆件連接的方式是有完全連續性——剛接。各杆件在連接端連成一体，不能有任何相对移动和轉动，也就是說杆件的內力除了有軸向拉压作用之外，还可能有弯矩和剪力。图 1-5 的剛架 (2) 即是这种結構。

(2) 桁架：結構杆件連接是用鉸連系起来的(实用时，即使是用焊接或鉚釘的結構，計算时也是假定为鉸接的)，受力后，只发生拉力和压力而无弯曲应力。图 1-4 即是桁架的一种。

(3) 混合构架：結構中有些杆件的結合是剛接，有些杆件的結合是鉸接，这类結構叫混合构架。

(三) 从支承反力分类

(1) 梁型結構：結構在豎向荷載作用下，支座位发生豎向反力的属于梁型結構，如图 1-6 即是。

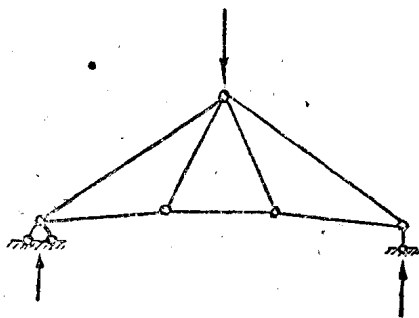


图 1-6

(2) 拱形結構：結構在豎向荷載下，支座位將有水平分反力出現，这种結構属于拱型結構，图 1-7

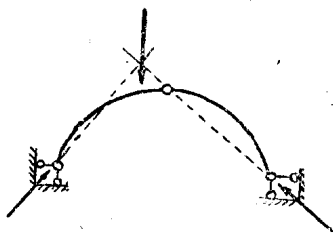


图 1-7

即是。

(四) 从分析計算的方法分类：

(1) 靜定結構：只用靜力平衡条件就可以分析結構的应力和变形的属于靜定結構。

(2) 超靜定結構：只用靜力平衡条件不能分析結構的应力和变形，还須其他补充条件(形变几何条件)的属于超靜定結構。

§ 1-3 荷載的分类

根据荷載作用的性質，我們可以把荷載分成很多种类。

(一) 恒載与活載 自始至終永远存在于結構物上的荷載，如結構的自重是为恒載。只是在某一時間内作用于結構物上的荷載，如风力吹压屋面，車輛通过桥梁等荷載是为活載。

(二) 靜力荷載与动力荷載 靜力荷載作用于結構物上是毫无震动的,逐漸的,从零达到最后值的。它的大小和位置均与時間无关。相反地,动力荷載作用在結構物上,它的大小和位置都随時間迅速地变化,如打桩时的冲击荷載,即属于动力荷載。討論只有靜力荷載作用在結構上的力学,是为結構靜力学。討論有动力荷載作用在結構上的力学,是为結構动力学。

根据荷載分布的情况,又可以把荷載分为集中荷載和分布荷載,分布荷載中又有均布的和非均布的区别,这些情况已在材料力学中講过。

此外,結構物除了正式承受荷載之外,有时也还承受一些其他作用,如温度的变化、材料的收縮、支承沉陷的移动等。

复 習 思 考 問 題

1. 結構力学的任务是什么? 它和材料力学有何不同?
2. 什么叫結構的計算簡图? 为什么它是必要和可能的?
3. 怎样按不同的观点来进行結構物的分类?
4. 什么叫靜力荷載? 什么叫动力荷載? 什么是結構靜力学? 什么是結構动力学?

第二章 多跨靜定梁

§ 2-1 多跨靜定梁的基本知識

建築物的寬度較大時，如用一根橫梁，則其跨度必然很大。按照材料力學的理論，我們可以知道，跨度愈大，梁內彎矩亦大，彎矩愈大，所用截面尺寸亦大，這樣的結構就不符合經濟的要求了。為了彌補這個缺點，我們常常在一個很大的跨度中間加添支座，使之成為好幾個跨度，於是一個梁支承在好幾個支座上，就形成了多跨梁（圖 2-1）。

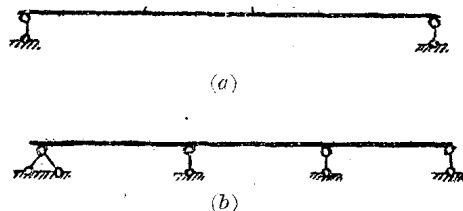


圖 2-1

多跨梁又可以建造成二個類型：一種是僅僅將單跨梁加添中間支座而成，梁件的本身仍是一根到底的材料制成，這就形成了超靜定的連續梁，圖 2-1 (b) 即是這種連續梁。關於它的性能和計算將在以後的章節里討論。另一種是除了加添中間支座外，梁的本身是由好幾段梁件用鉸連接起來的，這樣的跨梁是可以靜定的計算方法分析的，所以稱作多跨靜定梁，如圖 2-2 所示。屋蓋結構中的桁條，為了減小斷面，有時就採用多跨靜定

梁的型式做成。它的接头不設在桁架或立柱的上面，而設在跨度之內。这种桁条的鉸接点，每隔一跨安設二个，接头以斜切面用直徑不大的螺栓系紧，这样連接不受弯曲力矩，所以是一种多跨靜定梁(图 2-2b)。为什么这样的多跨梁是属于靜定計算的范围呢？当然与它本身的构造有关。在图 2-1(b)的連續梁中，

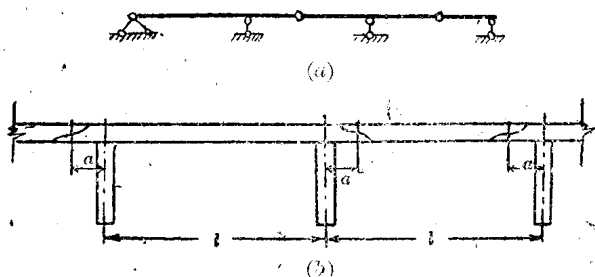


图 2-2

我們可以看出，它共有四个支座，其中第一支座是鉸接固定支座，反力未知数是二个(大小与方向)，第二、三、四支座是一根鏈杆支座，反力未知数只有一个(大小)，总共有五个反力未知数。平面一般力系的平衡条件只可以列出三个方程式，因而，仅仅用靜力学的平衡条件是不能解决这样的問題的。它还要其他补充条件(如形变的关系)列出补充方程式才能解决问题，所以这个梁是属于超靜定計算的范围。可是在图 2-2(a)的多跨梁中，就完全不同了，虽然它也是具有五个反力未知数，虽然靜力学平衡条件也只有三个方程式，可是它的本身却多了二个鉸，利用这两个鉸又可以多列出二个靜力学平衡方程式，这样一来，共有五个方程式，去解决五个未知数，当然就沒有問題了。为什么多了两个鉸就可以多列二个方程式呢？我們曉得，鉸接处是不能抵抗轉动弯矩的，因此，在这个截面上所受弯矩之值必然为零，我們可

以取铰的一边(左或右)为割离体而写出 $\sum M_{\Sigma} = 0$ 。每有一个铰就可以这样应用一次,所以这个梁就多了二个方程式,反力的求得也就属于静定计算的范围了。

由上可知,多跨静定梁中,每有一个铰就可以多写一个平衡方程式,因此,梁中铰的数目是应该符合一定的要求的。为了使一个多跨静定梁达到静定和稳定的目的,我们说“铰的数目一定是支承链杆的数目减3”。设支承链杆数目是 n , 则铰的数目 $j = n - 3$ 。因为支承链杆的个数也就是反力未知数的个数,铰的数目就是除静力学三个平衡方程式以外所增加的方程式个数。这个道理上面已经讲得很清楚了,此处不必再谈。

§ 2-2 多跨静定梁的构造

为了正确地分析多跨静定梁的受力情况,必须首先弄清楚它的构造情况,所谓多跨静定梁的构造,就是指各梁段是怎样用铰连系起来的,连系起来后,荷载的传递途径如何。

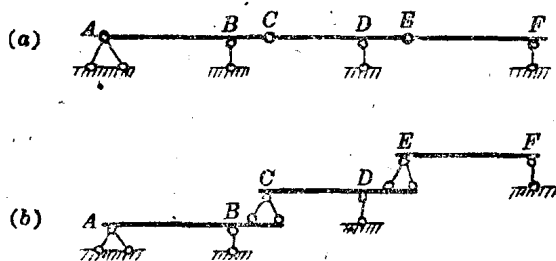


图 2-3

图 2-3(a) 是一个多跨静定梁,图(b)是直接表示梁件之间连系关系的构造图。在这个图中,我们可以看出 ABC 是一个右端外伸的简支梁,在它的外伸臂端 C 处用一个铰连系着梁件 CDE,也就是说梁 CDE 一端支承在梁 ABC 上,另一个支承直

接安放在地面上。同样,梁件 EF 也是这样的安放,一端支承在梁件 CDE 上,另一个支承直接安放在地面上。

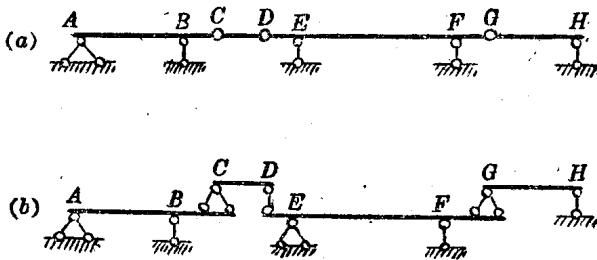


图 2-4

图 2-4(a) 又是一个多跨静定梁,从图(b)可以看出梁件 CD 是在两端用两个铰连系于梁件 AB 和 EF 上的,梁件 GH 则是一端承放在梁件 EF 上,一端直接承放在地面上。在图 2-4(a) 中 D 处本是一个铰接支座(相当于二个相交的链杆),在图(b)中就变成了一个链杆支座,而将多余的一根链杆移到邻近的支座 E 处去了。这样作一方面是为了使每一节梁都成为稳定,另一方面这样作在竖向荷载作用下对梁的应力并不发生影响。

看了上面的两个例子,我们就应该了解多跨静定梁各梁件之间相互连系的关系。了解了这种连系关系之后来分析受力情况就大大的方便了。所谓梁件之间的相互连系,就是要分清那几节梁是放在那几节梁的上面,也就是说要分清二类梁件:一种是承受荷载后直接将荷载传到基础上去的主梁(图 2-3 的 AB 和图 2-4 的 AB , EF 等梁件);另一种是承受荷载后,必须经过主梁才能将荷载(或其中一部分)传到基础上去,这种梁可以称作次梁(图 2-3 中的 CD , EF , 图 2-4 中的 CD , GH 等梁件)。

图 2-5 是又一种分清层次的多跨静定梁构造情况,读者可