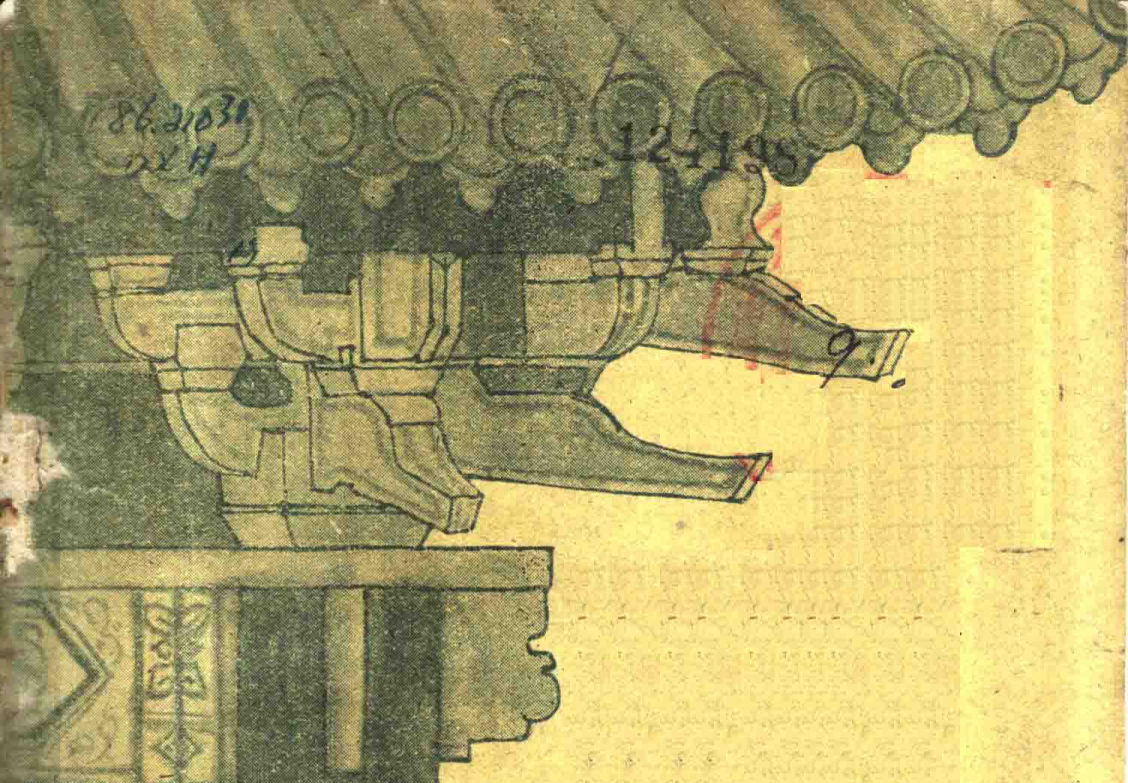


86.21031  
DLH

124195

9.1



技術知識叢書

# 建築力学概説

丁燮和 著

科技卫生出版社

92  
488

# 目 录

一、緒論	1
§ 1. “立得穩，用料省”是建筑力学要解决的主要任务	1
§ 2. 祖国劳动人民在建筑力学方面的贡献。	3

## 第一編 靜力学基础知識

二、基本概念	6
§ 3. 剛体的概念	6
§ 4. 力的概念	7
§ 5. 靜力学基本公理	8
§ 6. 約束与約束力	12
§ 7. 力的合成与分解	14
、共面共点力系	17
§ 8. 共面共点力的合成与分解	17
§ 9. 共面共点力系的平衡条件	20
§ 10. 三力平衡定理	22
§ 11. 力沿直角座标軸的分解——解析法	24
§ 12. 用解析法求力的合成——平衡方程式	25
四、共面力系	28

§ 13. 力矩和力偶的概念	28
§ 14. 共面力系的简化与平衡条件	32
§ 15. 平行力系的合成与平衡	39
五、图解静力学基本原则	44
§ 16. 图解法的实用意义	44
§ 17. 用图解法求共面力系的合力	44
六、重心与形心	49
§ 18. 刚体的重心	49
§ 19. 几何图形的形心	53

## 第二編 材料力学基础知识

七、材料力学研究的问题和它的任务	57
§ 20. 材料的破坏是材料力学首先要研究的问题	57
§ 21. 解决经济和安全之间的矛盾是材料力学的主要任务	58
八、变形固体的基本概念	59
§ 22. 材料性质的基本假设	59
§ 23. 物体的内力	61
§ 24. 外力作用下物体形状的改变	63
九、直杆受简单拉伸（或压缩）与剪切时的应力与变形。	65
§ 25. 内力强度的测定	65
§ 26. 虎克定理	70
§ 27. 材料的机械性质，软钢拉伸图	74

§ 28. 脆性材料的壓縮試驗·····	78
§ 29. 容許应力, 安全系数·····	78
十、桿件强度的校核与稳定問題·····	82
§ 30. 怎样来檢查桿件强度和設計截面尺寸·····	82
§ 31. 構件受压时的稳定問題·····	85
十一、梁的弯曲·····	95
§ 32. 一般概念·····	95
§ 33. 梁弯曲时橫截面上的內力——剪力和弯矩	100
§ 34. 梁內应力·····	106
§ 35. 梁的截面形式对抗弯能力的影响·····	113
十二、直桿的扭轉·····	116
§ 36. 园軸扭轉时的应力与变形·····	116
§ 37. 非园截面桿件的扭轉·····	119
十三、动力載荷·····	120
§ 38. 冲击載荷对桿件强度的影响·····	120
§ 39. 重复載荷对桿件强度的影响·····	122

### 第三編 桁架的基础知識

十四、桁架与桁架分析·····	126
§ 40. 桁架的一般概念·····	126
§ 41. 結構几何形狀不改变的条件·····	128
§ 42. 桁架的基本类型·····	131
§ 43. 桁架構桿內力的計算·····	135
§ 44. 桁架形式对構桿內力分布的影响·····	146
十五、桁架承受动載荷时的計算·····	148

2017/03/10

§ 45. 影响綫的概念.....	148
§ 46. 影响綫的应用.....	151

附录: 习 題

(一) 靜力学部分.....	154
(二) 材料力学部分.....	157
(三) 桁架部分.....	159

## 一、緒 論

### § 1. “立得穩，用料省”是建筑力学要解决的主要任务。

建筑师在設計和建造一个建筑物时，首先要考虑建筑物本身的結構形式和材料的選擇，必須貫徹中央指示的“經濟，实用，在可能条件下注意美观”的建筑方針。而这必定要依靠适当的材料，合理的結構以及一定的施工方法来完成这个任务。

在各个工地上，我們常看到有“百年大計，安全第一”很大的标語豎立在場地上，这是对从事建筑工程人員的主要指示和要求。从这个标語的意义來說，我們可以知道一个建筑物被使用时，必需要牢固而能經歷較長的时间不致破坏或倒塌，因此“立得穩”是对每一建筑物的第一个基本要求。

要求建筑物“立得穩”，必須牽及到使用材料的問題。从历史的发展来看，上古时代，人类和大自然搏斗过程中，早就知道如何来利用天然产生的各种材料来保护自己。例如用木柱草皮搭架簡陋的房子以避风雨，利用独木桥或接合石块作成小桥以溝通小河两岸的交通，这些簡單的結構，是初步做到“立得穩”的一个要求，而从力学的眼光来看，只是一个物体的平衡問題，也就形成了工程力学发展的初步基础，根据这样的过程我們將研究平衡的問題归納成为理論力学的一部分所謂“靜

力学”。

但是当人类社会生产力向前发展，生活方式和内容也跟着改变，原始社会所有的简单结构已不足满足一般的要求，同时由生产实践中，获得了许多对各种材料性质的知识，因此根据经验的积累和知识的推广，知道了如何选择材料，决定结构形式，计算杆件尺寸来制造工具以及建造建筑物，这就是上边提到的如何来利用“适当”的材料应用到“合理”的地方，也就是从“立得稳”的基本要求上再推进到“用料省”的要求，而技术科学在“立得稳，用料省”的基础上又创立了所谓“材料力学”一门科学。

材料力学所研究的是以一个单独杆件为对象，这门科学的发展，给我们带来了许多有关材料性质的知识，因而对材料的强度方面的研究得到很大的进展，同时因为生产力不断提高，推进了社会经济的繁荣，在工程建设方面需要建立大型的厂房，长跨的桥梁，以及高空架设高压电线的等，因而在材料力学中所研究的简单杆件的理论已不足应付这些要求，而桁架结构就代替了单独杆件的结构形式（图1），在所谓桁架结构的情形

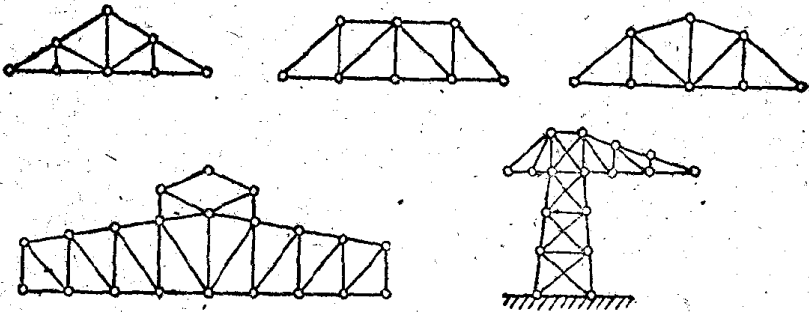


图 1

下，除去强度問題更又增加了有关整个框架的稳定和震动的复杂問題。在工程力学的发展过程中我們將有关这方面的問題归納成为“結構力学”一門科学。

結構力学所牽及的范围頗广，更須要較高的理論基础来分析問題。例如对物理和数学的要求都比較高深，同时其本身內容的理論推导和計算也比較复杂，所以在这本書中不拟詳加介紹。

## § 2. 祖国劳动人民在建筑力学方面的贡献

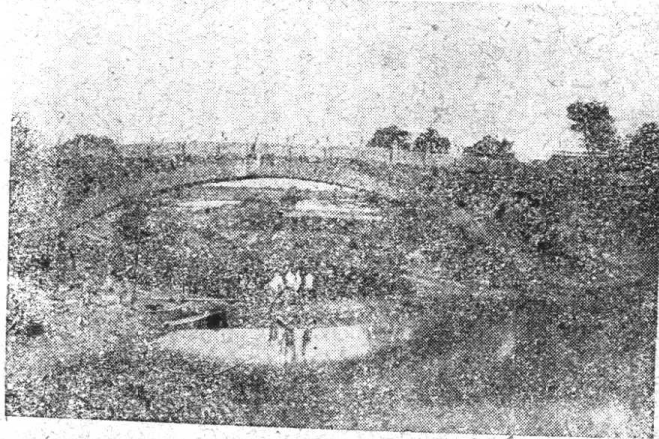
“建筑力学”是一門古老的科学，它是在劳动人民和社会制度的推动力下逐漸建立起来的。我国劳动人民在很早时代，对这方面，已經表现出有非常卓越的智慧和技術創造能力。万里長城，运河，都是世界上聞名的偉大工程。三千年前，在建筑方面就創造了特有的斗拱結構的民族形式。山西省五台山佛光寺的大殿是唐末大中年間（857年）建造的，而应县的佛宮寺木塔共有九层，高达66公尺，是辽代（1056年）建筑物。这些建筑虽有千年以上的历史，但至今大部分仍保持完整不坏。这可說明我国劳动人民，很早就知道利用天然木料来建造偉大而牢固的建筑。

在桥梁方面，我国很早就創成了拱式結構。隋代（581—681）杰出的工程师李春建造的河北省赵州石拱桥，在材料的运用以及理論基础方面都显示出有特殊的天才和技能。其他如我国西南地区，江水湍急、建立桥基不易，在很早就知道架設鉄索桥和竹索桥，飞越鴻溝，跨度長达100公尺。

在建筑內容和形式方面，我国劳动人民也有特殊的創造。



例如历代塔的形式，起初保留了由印度傳来的原有形式，但是后来因为形式既不合中国人民的审美观念，又不适合中国木結構方法，于是渐渐演变成适合于木結構的楼阁式木塔的新形式。六朝以



河北省赵州桥，建立于隋代（581年至681年），跨度37公尺，拱半徑25公尺，桥拱上有附拱，使洪水期排水得到很大的便利。

后(368年)由于木材缺乏，并为防止火灾，逐渐以磚代木，终于突破了木塔的旧形式而創造出适合用磚料的磚塔。

从这些資料中，我們可以看出，在14世紀以前，我国工程技术是全世界領先的；劳动人民积累了長时期的生产实践經驗，对于木料、石头、磚、鉄各种材料的性能都有了丰富的知識，并且知道怎样正确地使用它們。但是另一方面，由于封建制度束縛着社会发展，劳动人民一直地被輕視，因此，科学水平就逐渐落在世界各国之后了。

今天，我国已經摆脱了封建主义束縛，打败了帝国主义的侵略而建立了社会主义制度。近几年来，在社会主义制度的优越条件下，我国在建筑結構方面有了光輝无比的成就。長江大桥的建成，举世認為是一个奇蹟。其他如蘭新铁路，康藏公

路，佛子嶺水庫以及正在着手进行的三門峽河坝等偉大工程，  
这正說明我国在建筑結構技术方面有很大的进展，这也說明了  
社会主义制度是促成建筑力学发展的主要因素。

\*

\*

\*

現在在后面分成“靜力学基础知識”，“材料力学基础知識”以及“桁架基础知識”三編来叙述有关建筑力学的基本知識。

# 第一編 靜力学基础知識

## 二、基本概念

### § 3. 剛体的概念

在緒論中，我們也曾提到在工程力学发展的过程中，首先遇到的是物体的平衡問題，具体的來說，靜力学所研究的；是物体机械运动的一种特殊情况，即物体处于靜止状态时的情形。这里所說的物体的靜止，系指相对的靜止，即当所研究的物体与周圍的物体相对的保持靜止时的情况（例如相对于地球）。

在靜力学中，我們把一切物体当作剛体处理，所謂剛体，就是說物体中各点間的距离在任何情况下均保持不变。它在外力作用下，既不会破坏，也不会变形，这种物体，称为絕對剛体，換句話說，絕對剛体永远保持不变其本身的几何形狀。事实上，自然界中，絕對剛性体并不存在，对任何剛性体，我們总可以在相当的条件上看到或多或少的形狀改变，不过在很多的情况下，改变都是非常微小，我們現在主要的是研究物体在外力作用下保持平衡和位置变化問題，而它的破坏和变形等性質与研究的問題无关，因此可忽略不計。

把物体都假設为絕對剛体，可以大大地簡化了力对物体的作用以及力所处的平衡条件这个問題的研究，只有在研究过絕

对刚体静力学以后，才能进一步研究关于变形体平衡的更复杂的问题，这将在第二编中讨论材料破坏情况条件时再详加叙述。

#### § 4. 力的概念

在二千余年前，我国杰出学者墨子（墨翟）曾说过这样一句话“力，刑之所以奋也”。根据现代的解释，这就是说“力，使物体运动的原因”。在历史上这是最早提出对力的概念的一个比较正确的定义。

力这个概念，在日常生活中是常常体会到的。我们看到周围的物体在改变其本身运动状态，而这种改变，不仅是物体在空间的位置及方向的改变，并且还改变其速度。例如，在地面上物体受到地球的作用下坠而速度逐渐加快，停在路旁的小人车，用手推动它就向前滚动，再如在地面上滚动的足球因地面上的摩擦渐趋迟缓而终至停止。以上这些现象的发生到底是什么原因呢？要懂得这些，我们只要学习一下英国学者牛顿创立的几个定律就可以完全明白了。

根据牛顿定律，我们可以知道，一个物体运动改变的主要原因是在于另一个物体对于这一个物体的作用。例如，我们推动或拉动一个静止的物体，或阻止一个运动物体时，我们说这个物体受了力，而我们用了力，这个力对这个物体起了作用而引起运动的变化。因此可以说一切加于物体，使物体改变运动（包括运动快慢和方向）或引起物体运动作用叫做“力”。

力的概念是很自然的来到人们的思维中，每个人在童年时就已获得了一些初步有关力的概念的認識。孩子们在游戏中常常比赛“谁的力气大”。为了确定这一点，他们常常挑选各种

各样的方法；互相角力，举重，投掷石子，折断木条等。这些动作是由人的手臂运动完成的，在完成这种工作时，臂上的肌肉感到紧张，于是，以这种直接的感觉为基础，经过思维的抽象，力的概念就产生了。

恩格斯在分析力的概念时，强调在宇宙中力不是作为物质以外与物质的运动无联系的特殊因素而存在的。换句话说，力既是两物之间的作用，因此，力决不是单独存在于物质之外的。相反，它是与物质的运动不可分的，在力学中，并不探究力是怎样发生的而只研究力的表现，即力对于它所作用的物体所产生的效果。在我们现在所要研究的问题中，凡是谈到力的效果，只限于力对于物体平衡的影响而言，至于力对物体的变形的影响，将在力引起对材料的变形及破坏时再讨论。

由实验已知，力对于已知物体的作用或效果完全取决于下面三个因素，即(1)力的作用点，(2)力的方向，(3)力的大小。

力的作用点，是物体承受作用的一个质点，通过力的作用点作一直线以表明力的方位，则该直线称为力的作用线，而该物体所产生的运动方向也就是力的方向。

力的大小是指它和某一被选定作为标准的力作为单位力的比较，在工程单位制中，力的单位定为一公斤，因此每一力的数值的大小均以公斤(kg)来计算。

## § 5. 静力学基本公理

所谓公理，是符合客观现实的真理，它是从人类对于客观现实的无数次的缜密观察的结果与长期累积的经验而得出的结论，它的真确性只能用实验方法证实，而不能用更基本的原理

来证明。静力学的全部理论，即关于物体受力而保持平衡的理论，就是以五个这样的公理为根据而推导出来的。

通常，作用于一个物体的力往往不止一个而是若干个，这些力组成一个力系。假如物体在已知力系的作用下能保持静止，则此力系称为平衡力系。平衡力系中的任何一力对于其余的力来说称为平衡力。

公理(1) 二力作用于绝对刚体而使物体保持平衡，必须而且只须这二力大小相等，方向相反，并作用于同一直线上。

图2中AB为一直杆，  
两端受 $P_1$ 与 $P_2$ 的作用。如果杆子在这两个力作用下而保持平衡，则 $P_1$ 与 $P_2$ 必须

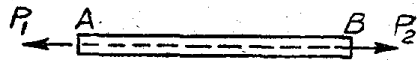


图 2

大小相等，方向相反且同以杆的中心轴綫（图中虚綫）作为作用綫，上面所說的这几个条件，是必须的而且也只要有这几个条件就可以使AB桿維持静止状态。

現AB桿受 $P_1$ 力作用后有伸長的趨勢，因此我們称之为拉力，反之，如果受两个相等的P力后而使AB桿有縮短的傾向，則称之为压缩力。（图3）



图 3

如果一个刚体所受的力不止一个，我們要决定它是否平衡是比较困难的，但是我們可以將原有的力系改換成一个我們認為比较容易考察的一个力系，这称为力系的互換。自然，两个互換的力系它們对物体的作用或效果必須完全相同的，应用同样的原則，也可以將两个不同作用的力系用一个第三个力系来

代替，只要这个力系的作用完全和原两个力系对物体引起最后的效果一样。

**公理(2)** 任一力系不因加入或取消一个平衡力系而改变其对于物体的效果。

設一物体，受一力系作用而产生一种效果，如果現在將另一平衡力系加于此物体上，則此物体处在一个新力系作用之下，不过这个新力系对物体的作用效果仍和原来不加平衡力系情况一样。决不因加一平衡力系而有所改变。同样，如果在原有力系中取消一个平衡力系，也会得同样結果。

根据这个公理可推論出力的一个重要性质。

設力  $P$  作用在一物体

A 点处(图 4(a))，今在  $P$  的作用綫上另一点 B 处加方向相反而大小相等的两个力  $P_1$  与  $P_2$  (图 4(b))。并令  $P_1 = P_2 = P$ ，因  $P_1$  与  $P_2$  是一个平衡力系，因此加了这一力系，与力  $P$  单

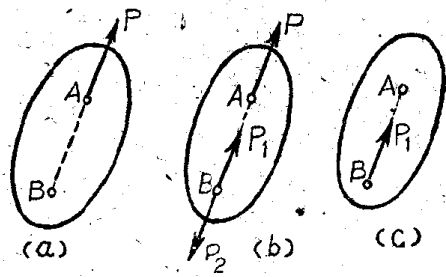


图 4

独对物体的作用效果是相同的。(根据公理2)，現  $P$  与  $P_2$  亦組成一个平衡力系，故可取消而不改变原有結果(根据公理2)，因此最后物体受力情况可成图 4(c) 所示。自然，在这个情况下，物体受力后发生的效果与  $P$  单独作用时完全相同，但因  $P_1 = P$ ，故原来  $P$  作用在 A 点，現在改移至其作用綫上任一点 B 处而对物体的作用的效果不变，这样的情况我們称之为力的可傳原理。

力的可傳原理的意義，可總結如下：力可沿其作用綫任意移動而不改變其對物體的效果，即力的作用綫上的任一點都可作為力的作用點，這一性質稱為力的可傳性。

必須注意，這個公理以及力的可傳性都只適用於絕對剛性體。如果考慮到物體的變形時，則當加入或取消一個平衡力系或將力移動，都將改變物體的變形情況，顯然，這個公理就不適用了。

**公理 (3)** 作用於物體上某點的兩個力，其合力等於這兩個力的幾何和。即，其大小與方向可用由這兩個力所組成的平行四邊形之對角綫來表示。

圖 5(a) 中，如以  $R$  代表  $P_1$  與  $P_2$  兩個力的合力，則

$$\vec{R} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$$

上式中  $+$  號代表幾何加法，即向量

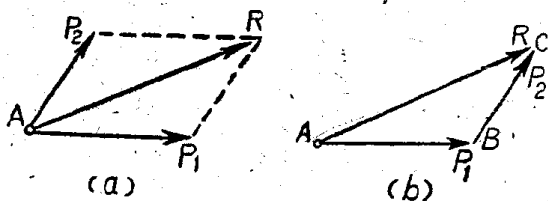


圖 5

$P_1$  與  $P_2$  根據平行四邊形規則相加的運算符號。這一公理又稱為力的平行四邊形原理。顯然，如果另作一三角形  $ABC$  如圖 5(b)，使  $AB$  代表  $P_1$  而  $BC$  代表  $P_2$ ，則第三邊  $AC$  同樣可代表合力  $R$ 。這一原理又稱為力的三角形原理。

**公理 (4)** 兩物體相互作用的力同時存在，大小相等，方向相反而在同一作用綫上。

此定律首先由牛頓創立，有時稱之為反作用定律。

例如兩物體相接觸，互相擠壓，則第一個物體對第二個物體的壓力（作用）必與第二個物體對第一個物體的壓力大小相



等而方向相反。

必須注意，反作用定律与以前所講的关于两个力成平衡的情况不能混为一談。作用力与反作用力是分別作用在两个物体上的，因此虽然它們“大小相等，方向相反，而在同一作用綫上”，但决不能說“作用力与反作用力成平衡”。

前已說明，任一物体的平衡完全决定于該物体所受的力，而与該物体施于其他物体的力无直接关系。

**公理(5)** 如变形体(非絕對剛体)在已知諸力作用下处于平衡状态(靜止)，如將此物体变成剛体，其平衡不受影响。

这一定律又称为**剛化原理**，它在研究变形体的平衡时，具有特殊重要意义。由这一个公理可知，剛体的平衡条件也适用于变形体的平衡問題。但必須注意，作用于絕對剛体上諸力平衡的条件，对于变形体的平衡來說却只是必要条件，还不是充分的条件。

## § 6. 約束与約束力

凡是可以自由地作任何运动的物体，称为**自由体**，如果物体在某种限制下，使它在某些方向的运动变成不可能，則这种物体称为**非自由体**，这种阻止物体运动的限制則称为**約束**。在靜力学中，所碰到的約束是由与該物体相連系或是相接触的物体所造成的。这些物体可以是剛硬的，也可以是柔韌的。約束作用于物体并阻止着物体在某些方面的运动的力称为**約束力**。

在建筑物中，这种約束是很普遍的。一个屋架，两端放置在支柱上，支柱就給它以約束而阻止它向地面墜落(图6(a))。或一座桥的桁架，因桥基的約束而不致落入水中，这对支柱或