

工业专科学校試用教科書



# 結 构 力 学

JIEGOU LIXUE

(土建类型各专业用)

湖北省三年制工业专科学校  
工程力学教材选編組选編

湖 北 人 民 出 版 社

工业专科学校試用教科書



# 結構力学

(土建类型各专业用)

湖北省三年制工业专科学校

工程力学教材选編組选編

湖北人民出版社

## 內 容 提 要

本書包括：緒論及基本概念、平面結構的机动分析、影响綫的一般理論及其應用，多跨靜定梁、靜定梁式平面桁架、推力結構、关于結構变位的一般原理、用力法解超靜定結構、超靜定桁架、連續梁、超靜定实体拱、用形变法解超靜定結構等十二章。

本書的主要讀者是三年制工业专科学校土建类型各专业的學生，也可作二年制专科同类型专业的教材。

工业专科学校試用教科書

結 构 力 学

(土建类型各专业用)

湖北省三年制工业专科学校

工程力学教材选編組选編

\*

湖北人民出版社出版 (武汉解放大道332号)

武汉市书刊出版业营业許可証新出字第1号

湖北省新华书店发行

湖北省新华印刷厂印刷

\*

787×1092毫米  $\frac{1}{32}$ ·10 $\frac{5}{16}$  印張·1插頁·243,000字

1961年7月第1版

1961年7月第1次印刷

印数：1—2,250

統一書号：15106·204

定 价 1.80 元

## 序

为解决工业专科学校基础課和各类专业共同的基础技术課的教材問題。中央教育部責成我們：組織选編高等数学、普通物理、普通化学、俄語、工程力学、画法几何及制图、机械原理及机械零件、电工学、热机学及金屬工艺学等 10 門課程的 19 种教材；同时要求在四月全部脫稿，并在質量上比現有教材有所提高。

对于我們的力量來說，这个任务是艰巨的。但我們也認識到，这是貫徹“調整、巩固、充实、提高”的八字方針和提高教學質量的重要措施之一；从当前工业专科学校教材缺乏的严重情况来看，是一項政治任务。應該尽我們最大的努力去完成。为此，我們一面紧紧依靠中央教育部和中共湖北省委宣傳部的領導，一面从我省 24 所高等院校中抽出 91 位教师集中力量进行选編工作；并承广东省高等教育局的协助，选派了四位教师参加。这就使我們的工作既有明确的方向，又有比較可靠的力量，保證了任务的完成。

在选編过程中，我們特別注意了如下几个問題。首先是从工业专科学校的实际出发。由于時間紧迫，而又沒有現成的工业专科学校的教材作为选編基础，我們只好从本科教材中选择一些适当的藍本进行加工。根据这种客观情况，我們一再強調选編教材的分量与質量要从工业专科学校的教学要求出发；要注意到专科和本科的培养目标、每門課程的具体任务和学时数都是不同的。

其次，由于目前专科学校的教学条件（比如教师和学生的水平、教学仪器设备等等）还比較差，学生負担也比較重，因此我

---

們特別強調貫徹“少而精”的原則，吸收几年來各校對課程內容精簡、加深、更新的經驗，反對不適當地“求多、求全、求深、求新”的思想。

第三，由於我們選編的是通用的基礎課和基礎技術課的教材，為了使學生獲得比較廣博和鞏固的基礎理論知識，對於基礎課，我們特別注意了貫徹“在保持科學系統性和基本內容的前提下，密切聯繫實際和適當結合專業”的原則。對於基礎技術課，雖然具體課程都經過具體分析，但基本上也都是根據上述原則進行選編的。

為達到上述目的，參加選編工作的教師同志們曾進行多次調查訪問，對原稿進行反復討論、修改和審查。但由於任務重，時間緊，特別是經驗不足，水平有限，我們這次選編的教材，只是解決了“有無”的問題。缺點和錯誤是在所難免的。懇切希望使用這些教材的全體師生同志們，多多給我們提供意見，以便今後進行修改，使這些教材的質量逐步得到提高。

湖北省教育廳

1961年5月10日

## 选編說明

本書的主要藍本是楊耀乾著的“結構力學”(人民教育出版社1960年增訂版)。

為了適應三年制工業專科學校的具体情况，只選編了藍本中結構靜力學部分的主要內容，並對下列部分根據其它書籍進行了一些修改補充，如：

§ 5-4 “桁架內力的圖解法”選自西安冶金學校編的“建築力學教程”第一冊(人民教育出版社1960年版)。

§ 8-8 “對稱性的利用”選自金寶楨主編的“結構力學”(人民教育出版社1960年版)。

§ 12-12 “力矩分配法”選自俞忽譯 A.B. 達爾科夫及 B.H. 庫茲涅佐夫著“建築力學”。

此外，為了便於根據專業性質選擇有關內容，對次要部分改用了小字排印。

本書由武漢城市建設學院鄭承志(第一章至第七章)、武漢橋樑工程學院張學稅(第八章至第十二章)選編，由武漢城市建設學院唐化馴、武漢水利電力學院史述昭校訂，並由武漢水利電力學院栗一凡負責主持。

湖北省三年制工業專科學校工程力學教材選編組

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第一章 緒論及基本概念 .....             | 1  |
| § 1.1 結構力學及其任務 .....          | 1  |
| § 1.2 結構力學的發展簡史 .....         | 2  |
| § 1.3 結構的計算簡圖及其分類 .....       | 4  |
| § 1.4 荷載的型式 .....             | 8  |
| § 1.5 計算方法 .....              | 10 |
| 第二章 平面結構的機動分析 .....           | 11 |
| § 2.1 平面結構的支座 .....           | 11 |
| § 2.2 支座的機動分析 .....           | 14 |
| § 2.3 平面結構的自由度及可變度 .....      | 17 |
| § 2.4 平面桁架的自由度及可變度 .....      | 20 |
| § 2.5 穩定結構的形成 .....           | 22 |
| 第三章 影響綫的一般理論及其應用 .....        | 26 |
| § 3.1 影響綫概念 .....             | 26 |
| § 3.2 以靜力法作直接荷載下的單跨梁影響綫 ..... | 28 |
| § 3.3 以靜力法作間接荷載下的影響綫 .....    | 34 |
| § 3.4 以機動法作影響綫的概念 .....       | 37 |
| § 3.5 以機動法作梁與剛架的影響綫 .....     | 39 |
| § 3.6 利用影響綫求內力 .....          | 44 |
| § 3.7 最不利的荷載位置 .....          | 46 |
| § 3.8 特殊情形 .....              | 51 |
| § 3.9 簡支梁的絕對最大力矩 .....        | 55 |
| 第四章 多跨靜定梁 .....               | 61 |
| § 4.1 多跨靜定梁的形成 .....          | 61 |
| § 4.2 多跨靜定梁在靜荷載下的計算 .....     | 63 |
| § 4.3 多跨靜定剛架在靜荷載下的計算 .....    | 66 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| §4.4 多跨靜定梁的影响綫 .....         | 68  |
| <b>第五章 靜定梁式平面桁架</b> .....    | 72  |
| §5.1 一般概念 .....              | 72  |
| §5.2 靜定梁式平面桁架的分类 .....       | 76  |
| §5.3 求桁架內力的解析法 .....         | 78  |
| §5.4 桁架內力的图解法 .....          | 91  |
| §5.5 再分桁架的形成及其作用 .....       | 98  |
| §5.6 以解析法画桁架內力影响綫 .....      | 102 |
| <b>第六章 推力結構</b> .....        | 111 |
| §6.1 推力結構的分类 .....           | 111 |
| §6.2 三鉸拱的数解法 .....           | 115 |
| §6.3 三鉸拱的图解法 .....           | 119 |
| §6.4 三鉸拱的合理拱軸 .....          | 123 |
| §6.5 三鉸拱与三鉸剛架的內力图 .....      | 125 |
| §6.6 三鉸拱的影响綫 .....           | 127 |
| §6.7 三鉸桁架拱的內力影响綫 .....       | 133 |
| <b>第七章 关于結構变位的一般原理</b> ..... | 138 |
| §7.1 通論 .....                | 138 |
| §7.2 实功与位能 .....             | 141 |
| §7.3 虛功 .....                | 148 |
| §7.4 互等定理 .....              | 151 |
| §7.5 求变位的基本公式及其应用 .....      | 153 |
| §7.6 以解析法求結構变位示例 .....       | 155 |
| §7.7 图乘法 .....               | 162 |
| §7.8 图乘法示例 .....             | 166 |
| §7.9 阶形柱的变位 .....            | 171 |
| §7.10 溫度变位 .....             | 173 |
| §7.11 基础沉陷作用下的变位 .....       | 176 |
| §7.12 变位影响綫 .....            | 178 |
| <b>第八章 用力法解超靜定結構</b> .....   | 180 |
| §8.1 超靜定結構的特性及其計算方法 .....    | 180 |



|                          |            |
|--------------------------|------------|
| § 8.2 力法的基本原理及其正则方程式     | 183        |
| § 8.3 力法示例               | 187        |
| § 8.4 温度变化的影响            | 192        |
| § 8.5 基础下沉的影响            | 195        |
| § 8.6 内力图作法及其校核          | 167        |
| § 8.7 弹性中心               | 200        |
| § 8.8 对称性的利用             | 206        |
| <b>第九章 超静定桁架</b>         | <b>211</b> |
| 9.1 超静定桁架的一般解法           | 211        |
| 9.2 基本结构的选择              | 212        |
| <b>第十章 连续梁</b>           | <b>215</b> |
| § 10.1 三弯矩方程式            | 215        |
| § 10.2 力矩、剪力、反力的一般公式     | 221        |
| § 10.3 定点与定点比            | 222        |
| § 10.4 荷载跨度内的支点力矩        | 225        |
| § 10.5 影响线               | 229        |
| § 10.6 在均布活荷载作用下最不利的荷载配合 | 235        |
| § 10.7 包络图               | 237        |
| <b>第十一章 超静定实体拱</b>       | <b>241</b> |
| § 11.1 绪论                | 241        |
| § 11.2 无铰拱、沿拱轴的截面变化      | 242        |
| § 11.3 拱轴的选择             | 244        |
| § 11.4 基本结构与弹性中心         | 247        |
| § 11.5 冗力的计算             | 252        |
| § 11.6 内力与压力曲线           | 260        |
| § 11.7 温度变化与混凝土收缩的影响     | 264        |
| § 11.8 拱轴缩短的影响           | 267        |
| § 11.9 二铰拱计算的概念          | 268        |
| <b>第十二章 用形变法解超静定结构</b>   | <b>272</b> |
| § 12.1 基本概念              | 272        |
| § 12.2 基本结构与未知数数目        | 276        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| § 12.3 正則方程式的組成 .....     | 278 |
| § 12.4 未知數前的係數 .....      | 280 |
| § 12.5 荷載項的計算 .....       | 284 |
| § 12.6 形變法示例 .....        | 289 |
| § 12.7 最後內力圖的作法及其校核 ..... | 292 |
| § 12.8 多層剛架與對稱剛架的計算 ..... | 295 |
| § 12.9 溫度變化的計算 .....      | 298 |
| § 12.10 混合法 .....         | 300 |
| § 12.11 聯合法 .....         | 303 |
| § 12.12 力矩分配法 .....       | 304 |
| 主要參考書目 .....              | 321 |

# 第一章 緒論及基本概念

## §1.1 結構力學及其任務

由人手創造出來的東西，用以支承或平衡外來的荷載者，謂之結構。工程上所用的結構常用一根或許多杆件或部件連接而成。這些杆件可以是軸向受拉的拉杆，軸向受壓的壓杆、支撐或柱，受到撓曲的梁，受到扭曲的軸，或同時受有幾種不同作用的複式杆件。此處，還可以用受力更為複雜的薄壁構件、大面積的平板或薄殼等作為結構的主要部件。除了受到扭曲的軸以外，其他各種類型的杆件或部件在工程結構中是常遇到的。

工程技術人員在設計一個工程結構時，他必須知道，從安全與經濟的觀點出發，在結構的各部分應該採用什麼樣的尺寸大小，才能滿足結構的強度與剛度的要求。為此，他不得不需要將實際的結構變成為紙上的計算簡圖，又不得不將實際載重簡化成為設計用荷載，從而可以分析結構各部分的受力情形以及整個結構的變形。在材料力學中曾經研究了一根簡單杆件的穩定問題。同樣地，當一個結構在變形時，也有喪失穩定的可能，這些有關結構穩定的計算，也是工程技術人員所必須知道的。同時，由於生產的發展與擴大，機器的使用更為廣泛而且速度亦大為提高，这样就迫使工程技術人員面對着另一個問題，就是如何在動力荷載的作用下來分析結構的強度、變形與穩定的問題。

由上所述，可見結構力學的任務，在於研究在靜力與動力作用下，結構的內力、變形與穩定性的分析。此外，結構力學的任

务也应该包括結構外形对其內力与变形的影响。

工程技術人員在設計結構时所面临的一个总的問題是，如何在安全的条件下来貫徹節約的原則。党和政府一再号召全国人民，努力增产，厉行節約。为了在基本建設中貫徹節約的指示，首先要树立正确的設計思想和提高設計質量，同时在設計中还要注意从各方面考虑節約建筑材料，特別是鋼材。因此，如何充分运用結構力学的分析方法以实现国家頒布的技术政策，正是結構設計師們的光荣而又艰巨的任务。

由于生产力的不断发展，推动着結構力学这門科学的不断扩大与深化。現在，它本身已发展成为結構靜力学、結構动力学与結構稳定等几門独立的学科，而散体压力理論以及按极限荷載的結構計算等部門正在逐漸脫胎而出成为独立的学科。結構力学本身又是建筑力学的一个部門，正如材料力学是建筑力学的一个部門一样。一般地說，材料力学是对于单一杆件的分析，而結構力学是对于一个結構的分析。然而它們的严格分界是沒有的。

在本書內只介紹結構靜力学的一些主要內容。

## § 1.2 結構力学的发展簡史

祖国古代的文明史充分地显示出祖国劳动人民在結構工程方面的創造能力。在远古的时候，石料是最初被利用为建筑材料的。我們的祖先对于石料的抗压性能有了一定的認識，并且由于他們穴居于山洞之中，从而启发了他們对于拱形的利用。远在秦代的时候(二千多年前)，我們已經創造了最古老的偉大工程——万里长城。长城的截面形状，基本上与現代的重力式擋土墙相类似，而它的城門洞做成了拱圈的形状。拱的作用很早就被利用于桥梁工程中。远在隋代的时候，距今一千三百多年前，杰出的工程师李春建造的跨过洧水的赵州桥，这是跨度約为37米的开式石拱

桥。拱的理論是结构力学中的一个重要部分，而它却早已体现在古代偉大的拱桥工程以及其他的拱式结构中。以悬索来支承桥面系的悬式桥梁是近代桥梁中的重要形式之一；然而它的設計思想早已体现在十七世紀末所建成的泸定鉄索桥，此桥在四川省境内跨越大渡河，全长104米。总之，历史的記載充分地说明了祖国古代工程建筑的偉大成就。这些成就非但隐藏着許多重要的力学原理，而且凌駕于当时欧洲的科学技术水平之上。然而，毕竟由于被落后的封建制度生产关系所限制，束縛着生产力，从而使结构的建造与設計长期停留在經驗的阶段。

力学，作为一門科学来说，大約是在十六、七世紀的时候形成的。在十六世紀，达·芬奇曾經在这一方面发表过正确的理論，不过他的貢獻始終停留在稿子上。在十七世紀四十年代，伽利略从事于力学的研究，他的成就奠定了力学的基础。在十八世紀中，俄国彼得堡科学院院士欧拉对直杆稳定的問題作出了重要的貢獻。

可是，结构力学一直到十九世紀初叶才从力学中分裂出来，作为一門独立的科学。当时由于鉄路的出現，需要荷载大、跨度长的桥梁；在这样的环境下结构力学得到了发展。在这个时候以前已經有了关于梁的变形的一些假設和結論。这些結論被以后的許多实验証明了。在十九世紀中，由于运输航运的发展，出現了一些关于板与壳的理論。进入到二十世紀后，随着生产力的发展，生产技术的提高，就有了大規模的鋼鉄生产。因此在十九世紀末二十世紀初的期間，就出現了桁架理論。随之而起的是关于桁架合理形状的研究以及桁架变形的理論。至于混凝土的被用作建筑材料，不过是近几十年的事。由于鋼筋混凝土结构的整体性与連續性，使剛性构架的理論有了进一步的发展。近年来，由于机械工业的发展，作用在结构上的振动力愈形增大，这样就使结构动力学得到

了飞跃的发展。晚近航空工业的迅速发展,进一步扩大与深化了关于薄壁杆件以及薄板与薄壳的理論。

世界学者如:納維袁、克拉潘朗、儒拉夫斯基、舒霍夫、卡斯奇梁諾、摩尔、普罗斯古拉柯夫、雅辛斯基、加僚金、柏潑考維奇、伏拉索夫等,在結構力学方面均有杰出的貢獻。

在解放以前,祖国結構力学方面的研究工作受到了反动統治階級的阻撓和摧殘。随着祖国大陆的解放,社会主义建設的迅速发展,生产力大大地提高,科学水平得到了新的高漲。在党和政府的号召、鼓励与领导下,我們在結構力学方面,已經开始取得了巨大的成就。例如在許多大規模的建筑工程的設計与施工中,曾提出不少有关結構理論方面的問題,但都完滿地得到了解决。深信随着我国社会主义建設事业的日益发展,祖国的結構力学也将取得更大的成就。

### § 1.3 結構的計算簡图及其分类

結構分析的工作常常根据結構的計算簡图进行。結構的計算簡图与实际結構之間尚存在着一定的差別。为了实用的理由,我們常常需要对实际結構作一些必要的簡化,保留其中的主要因素、作用与条件,略去其中的次要因素与作用,使其簡化成为一个既簡單又較精确的結構計算簡图。有时,在初步設計中采用一个很簡單然而精确度不高的簡图,然后在最后設計中改用另一个在計算上較繁而精确度較高的图形。

确定一个結構的計算簡图,特別是比較复杂的結構計算簡图,决不是一件容易的工作,它需要有結構計算的丰富經驗,以及对結構各部分的丰富构造知識和受力情形正确判断的能力。

在結構力学中,我們常用“結構”这一名詞,实际上它指的是結構的計算簡图。

结构的类型很多，可以按不同的方法加以分类。

一个结构总是具有长、宽、高三个方向的尺寸的。凡是三个尺寸都很大的结构，称为实体结构，如挡土墙(图 1.1)等。结构之长宽方向内的尺寸很大而其厚度很小者谓之薄壳(壁或板)结构，如板、壳(图 1.2)等。由一根或许多根杆件连接而成，每根杆件的长度很长但其截面的两个尺寸很小，由此所形成的结构称为杆接结构，如梁与柱合成的结构(图 1.3)以及桁架(图 1.4)等均属之。

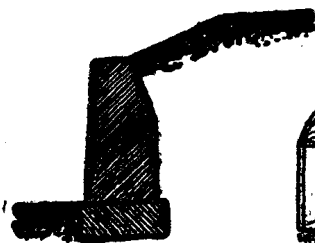


图 1.1

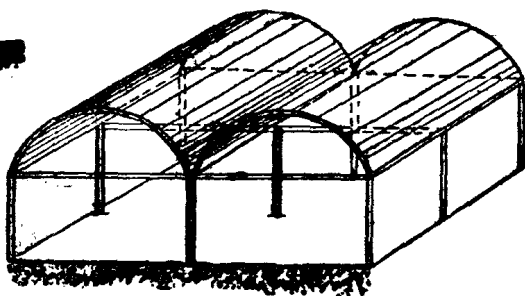


图 1.2

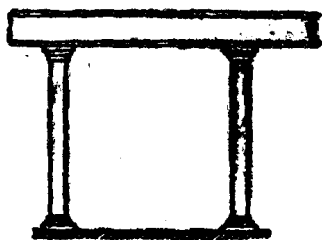


图 1.3

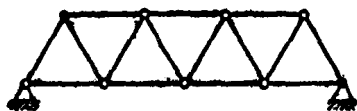


图 1.4

杆接结构，又可按其各根杆件之是否排列在同一平面内而分为平面结构与空间结构二种。凡各杆的轴以及全部的外力均在一

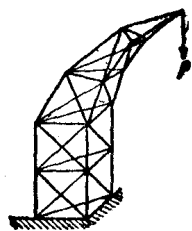
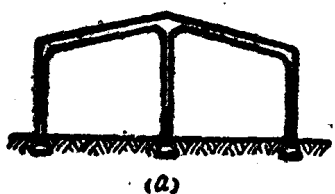


图 1.5

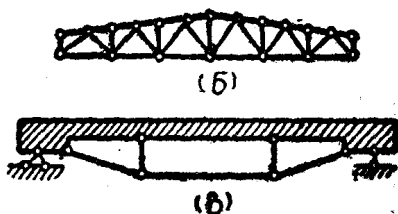
个平面内者，謂之平面結構，如图 1.4 所示者即其一例；凡不具备上述条件的杆接結構，称为空間結構(图 1.5)。

就連接的方法而言，則杆接結構又可分为桁架剛架，混合結構三种。桁架系在各杆之間用沒有摩擦阻力的鉸連接而成，故各杆在結点处可以自由旋轉(图 1.4)及(图 1.6b)。而剛架則是所有杆件都用剛性結点組成的結構，如图 1.6a 所示。所謂剛性結点，系指：当結構变形时，在結点处杆軸末端的切綫之間的夾角始終維持不变的結点。又如图 1.6c 所示的結構它的結点有的是鉸結合，有的是剛性結合，这样的結構叫混合結構。

按支承反力的方向而言，結構又可分为梁式結構(图 1.4)与推力結構(图 1.7)。前者在豎直荷載作用下仅有豎直反力，而后者則在豎直荷載作用下还发生水平反力。



(a)



(b)

(c)

图 1.6

就結構几何图形的稳定性來說，我們又可以把它分为几何稳定与几何不稳定的两种結構。在任何种荷載作用下，恒能保証静止状态的結構称为稳定結構；反之則为不稳定結構。不稳定結構是不能作建筑工程結構之用的。稳定結構又可分为靜定与超靜定二种。前者其內力与反力均可由靜力平衡的条件来求得，而后者則



須借助于结构变形的額外条件来决定。图 1.8a 所示为一靜定稳定的结构；图 1.8b 所示为一超靜定稳定的结构；而图 1.8c 則为一不稳定的几何图形。

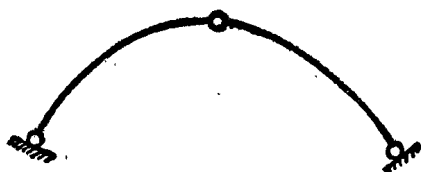


图 1.7

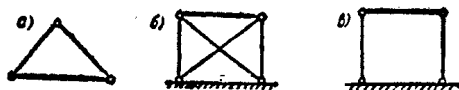


图 1.8

图 1.9 a) b) 示出了从实际结构中取出计算简图的典型示例。

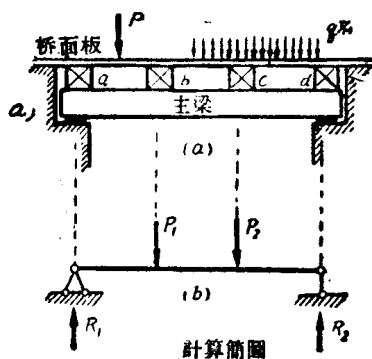


图 1.9