

LILUN LIXUE JIETIZHIDAO



理论力学
解题指导



李心法 李建华 编
甘肃人民出版社

理论力学解题指导

李心宏 李建华 编

甘肃人民出版社出版

甘肃省新华书店发行 兰州新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张16.75 插页2 字数356,000

1983年1月第1版 1983年1月第1次印刷

印数1—11,000

书号：13096·80 定价：1.80元

前 言

理论力学是研究物体机械运动一般规律的一门学科。

理论力学一般又分为静力学、运动学与动力学三部份内容。因此，本书也分三部分编写。

理论力学是工科院校一门重要的技术基础课。学过这门课的人普遍反映，道理容易懂，但作题难。说明了在教学过程中，贯彻理论联系实际的原则，更具有突出的重要意义。

首先，学习理论力学，应当善于运用理论去解决实际问题；同时又必须通过联系实际，在运用理论的过程中，逐步加深与巩固所学过的理论。理论与实际的这种辩证关系，要求在理论力学教学过程中，应当高质量地完成必要数量的习题。因此，如何对待和完成作业，对于能否把理论力学真正学好是带有根本性的关键问题之一。

试编这本解题指导旨在，帮助读者正确地掌握作习题这个重要的环节。它说明，作题前，应经过充分的复习；作题时，要有严格细致的分析；作题后，还要很好地总结作题基本思想和一般的方法步骤，并把题目归纳成几种基本类型，总结规律性。

本书系根据一九七七年十一月教育部委托召开的高等学校工科力学教材会议上拟定的大纲编写，共搜集与编写了一百三十七个例题，二百五十五个习题。兼顾了机械类和土建类的共同需要，可以作为高等工科院校和电视大学等师生教

学参考用，也可供工程技术人员参考用。

书内采用国际单位制，每部分内容均有提要、解题步骤、注意事项与讨论，例题和部分习题，习题均有答案，供读者参考。

由于经验不足，水平有限，书中的错误与不当之处，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

目 录

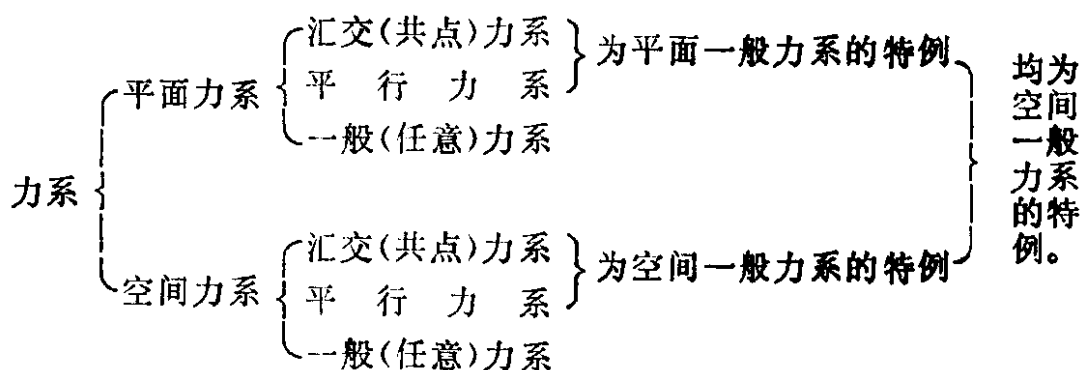
前 言	(1)
第一篇 静力学	(1)
第一章 受力分析与画受力图	(2)
第二章 平面汇交力系	(15)
第三章 力矩与平面力偶系	(31)
第四章 平面一般力系	(44)
第五章 平面力系图解法	(74)
第六章 平面桁架	(85)
第七章 摩擦	(107)
第八章 空间力系	(127)
第九章 重心与形心	(157)
第二篇 运动学	(179)
第十章 点的运动学	(180)
第十一章 刚体的基本运动	(202)
第十二章 点的复合运动	(219)
第十三章 刚体的平面运动	(239)
第十四章 刚体的转动合成	(265)
第三篇 动力学	(281)
第十五章 动力学基本方程	(282)
第十六章 动量定理	(306)
第十七章 动量矩定理	(331)

第十八章	动能定理·····	(354)
第十九章	达伦伯原理(动静法)·····	(385)
第二十章	单自由度系统的振动·····	(410)
第二十一章	碰撞·····	(430)
第二十二章	质点的相对运动·····	(449)
第二十三章	分析静力学基础 ——虚位移原理·····	(465)
第二十四章	分析动力学基础——动力学普遍方 程与第二类拉格朗日方程·····	(502)
附录	国际单位与公制单位的换算关系·····	(528)

第一篇 静力学

通常，作用于物体上的力不止一个而是若干个，这若干个力总称为力系。

按力系中力的作用线分布不同可将力系分为：



静力学主要讨论两类问题

1. 力系的简化(或合成)；
2. 力系的平衡条件及其应用。

两类问题中，应以平衡为重点。

理论力学里，抽象的理想模型质点、质点系以及刚体，以及力、用平行四边形法则求两个力的合力等基本概念，在“物理学”等课程中，读者已学过。在此，不详细复习，只侧重于它们的应用。

第一章 受力分析与画受力图

一、内容提要

机械和结构中的每个零件、构件，总是与其它零件、构件相联系与接触的。在相互联系接触的零件、构件之间，相互作用着力。为了研究工程中的力学问题，合理地设计零件、构件，必须分析零件、构件的受力情况，即作受力分析。

作用在物体上，有些力主动地使物体运动或有运动的趋势，这种力称为主动力。如重力、水压力、土压力等等，都是主动力，工程上也常称之为荷载。

工程中的非自由体的运动又受到与其联系与接触的周围其它物体的限制，我们把那些限制非自由体某些运动的条件称为约束，约束对被研究非自由体的作用力称为约束反力或简称为反力，而这些限制条件总是由被约束物体周围的其它物体所构成的。

在力学中，我们通常把所考察的非自由体或自由体称为研究对象；而在静力学中，又把研究对象具体称之为脱离体（分离体、隔离体、平衡体等等）。静力学中，主要是力系的合成（简化）和平衡规律两大类问题，又以平衡问题为主。作用在脱离体上主动力往往是已知的，而约束反力则是未知的。因此，静力学主要是研究如何通过已知的主动力求出未知的约束反力。这样，正确地分析约束反力又成为静力学的一个关键。

某些约束的约束反力的作用点、方位或方向，却可根据

约束本身的性质加以确定，确定的原则是：约束反力的方向总是与约束所能阻止的运动方向相反。下面将平面问题和空间问题里常见的几种约束的实例、简化记号及对应的约束反力表示方法列表归纳如下。表中，对指向不定的约束反力，表中图上的指向是假设的。

除表 1—1 表 1—2 所列的常见约束外，摩擦（滑动、滚动）也属于一种约束类型，专章论述。

另外，除上述根据约束性质可判定约束反力方向外，还有一些零件或构件还可以据受力特点判定约束反力方向。如常见的根据二力平衡公理（受两力作用的刚体处于平衡状态的必要和充分条件是，这两个力的大小相等，方向相反，作用线相同——简称等值、反向、共线）可求二力构件（或称二力杆）的约束反力。又如常见的根据三力平衡汇交定理（刚体受不平行的三个力作用而处于平衡时，这三个力的作用线必汇交一点）也可判定约束反力的方向。我们还可以看到，在平行力系作用下，有时也可判定未知约束反力的方向，等等。

应特别指明的是，上述总结的约束类型均是理想模型。工程实际问题是错综复杂的，如何正确地合理地抽象简化，使之符合实际，这是设计的重要前提，这种抽象简化能力是一个工程技术人员一辈子都要重视的问题。如实际工程中零件或构件之间的联接可能是绑接、铆接、焊接、榫接、刚接等，必须合理简化成理想模型。

二、受力分析与画受力图的步骤

1. 明确脱离体

常见的平面问题约束一览表

表 1-1

约束种类	图 例	简 图	对运动的限制	反力数	反 力 表 示
光滑接触			限制在接触点公法线方向的运动	1	
绳索			限制沿绳索方向脱离绳索的运动	1	
活动铰支坐			限制上下运动	1	
固定铰支坐			限制移动(上下、左右)	2	
铰链连接			限制移动	2	
双滑支坐			限制水平方向和转动	2	
固定端(插入端嵌入)			限制移动并限制转动	3	

常见的空间问题约束一览表

表 1-2

约束种类	图 例	简 图	反力数	反 力 表 示
球 铰			3	
普通轴承 (颈轴承)			2	
止推轴承			3	
固定端			6	

就是明确研究那些物体，或那一个物体，或物体的那一部分。

2. 画脱离体的受力图

把所有作用在脱离体上的外力，全部画在脱离体身上，而且作用在脱离体上的外力一个不能画多，一个也不能画少，一定要如实地反映情况。千万不要把脱离体给周围物体的力画在脱离体身上，也不要画内力。

为此，建议先画作用在脱离体身上的主动力，主动力往往是已知的，不要遗漏了，也不要随便增添任何力。画完主动力后，再画约束反力，约束反力乃是周围其它物体给脱离体的力，约束反力一般都是通过与脱离体接触处（点、线、面）作用给脱离体。画约束反力时万万不能猜想，而应根据总结出的约束类型和受力特点来画。有一个力，必定有一个施力物体。全部外力画完后，再检查一遍，力画得多不多、少不少；力的方向画的对不对，根据什么画的，受力图画得正确与否，是解题重要前提，受力图上的力多了一个或少了一个或画错一个，在错误的前提下，后面的题解就全错了。因此，如何正确地画脱离体的受力图，乃是关键性的一步，必须十分重视，千万不可粗心大意。

3. 在分别画两个有联系的脱离体的受力图时，要特别注意它们之间的作用力与反作用力必定是等值、反向、共线，遵循作用与反作用定律。

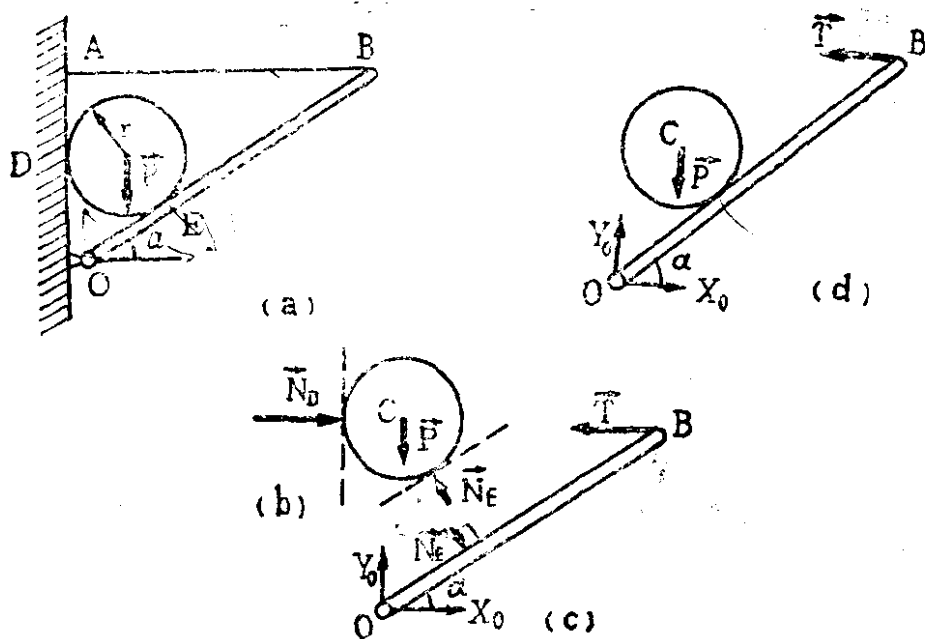
4. 力是矢(向)量，力矢的起点或终点应画在力的实际作用点，而且画力矢时，读者必须头脑很清醒，是谁对谁的作用，即必须明确谁是施力物体，谁又是受力物体。

三、例题

例 1—1 均质圆柱重 P ，半径 r ，支在光滑铅直墙 OA 及光滑斜杆 OB 上，杆 OB 用一光滑铰链与墙相连，上端用一

水平绳 AB 拉住。杆的重量不计，试画(1)圆柱，(2)杆，(3)圆柱和杆的受力图。

解：



例 1—1 图

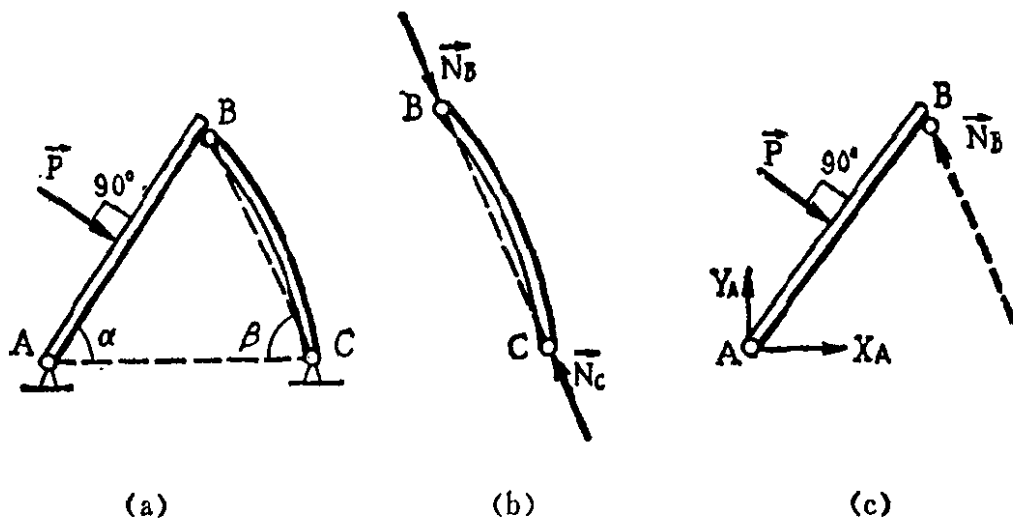
(1) 首先取圆柱为脱离体，其受力图如(b)所示。图中 P 为圆柱的重力，作用于圆柱的重心 C ，系铅直向下。 N_D 为铅直墙的反力，水平朝右， N_E 为杆 OB 的反力，与杆垂直。

(2) 再取杆为脱离体，其受力图如图(c)所示。图中 $N_{E'}$ 系圆柱作用于杆的力，据作用与反作用定律，应与图(b)中的 N_E 等值、反向、共线。 T 为绳 AB 的约束反力，为拉力，背向脱离体，系水平朝左。铰链 O 的反力方向不定，可用相互垂直的 X_0 与 Y_0 表示之。

(3) 最后取圆柱和杆为脱离体，其受力图如图(d)所示。此时，圆柱与杆的相互作用力 N_E 与 $N_{E'}$ 为内力，在受力图上不画，其它同前。

例 1—2 直杆 AB 与曲杆 BC 以光滑铰链相连〔图(a)〕, 并在 A 端和 C 端分别以光滑铰链与固定支坐连接。二杆的重量均略去不计。在 AB 杆的中点有一与杆垂直的 P 力作用。二杆处于平衡。试分别画二杆的受力图。

解:



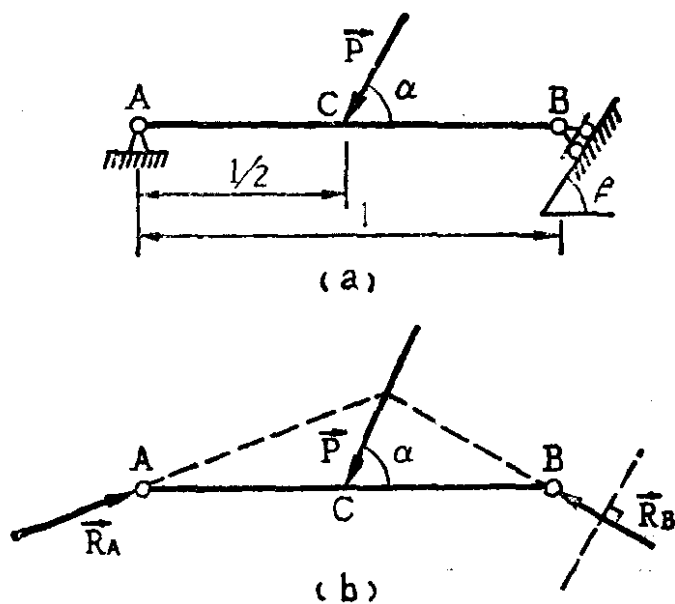
例 1—2 图

(1) 首先取曲杆 BC 为脱离体, 由于杆 BC 重不计, 杆 BC 在两端铰链的约束反力 N_B 与 N_C 作用下处于平衡。根据二力平衡公理, N_B 和 N_C 必沿 BC 的连线, 并且方向相反, 大小相等, 如图(b)所示。

(2) 再取直杆 AB 为脱离体, 其受力图如(c)所示。图中铰链 B 的约束反力 $N_{B'}$, 根据作用与反作用定律, 应与(b)图中的 N_B 等值、反向、共线。铰链 A 的约束反力一般方向不定。图中以相互垂直的二分力 X_A 与 Y_A 表示之。当然, 本题也可用三力平衡汇交定理确定 A 点约束反力方向, 见下例。

例 1—3 均质水平梁, 梁长 $AB = l$, 在梁跨中 C 点作用 P 力, α 角已知, β 角亦已知, 试画 AB 梁的受力图。

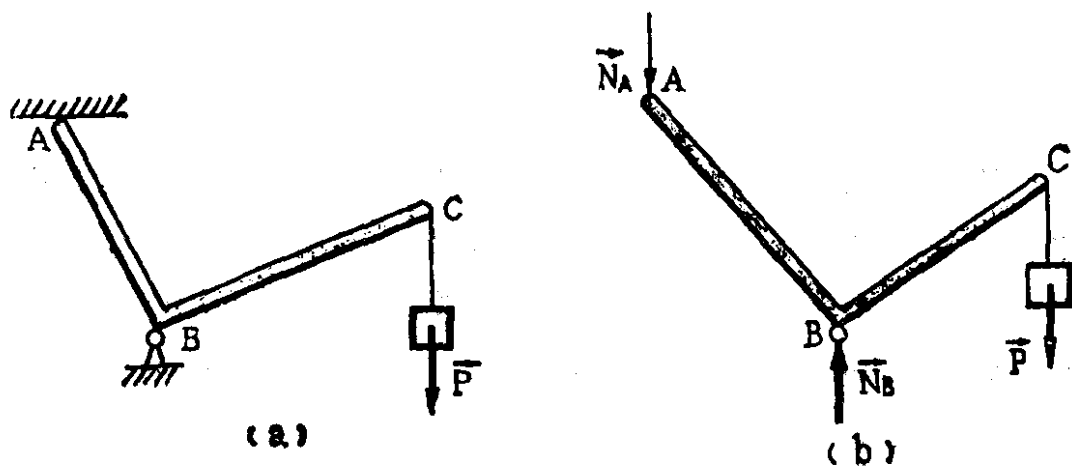
解： AB 水平梁上受有已知主动力 P （ α 角已知）， B 点约束反力 N_B 应垂直于斜面，据三力汇交平衡定理， R_A 也知，如图(b)所示。



例 1—3 图

例1—4 角形杆 ABC 的一端挂有重 P 的物体。杆重略去不计，且接触面及销钉均光滑，试作杆 ABC 的受力图。

解：

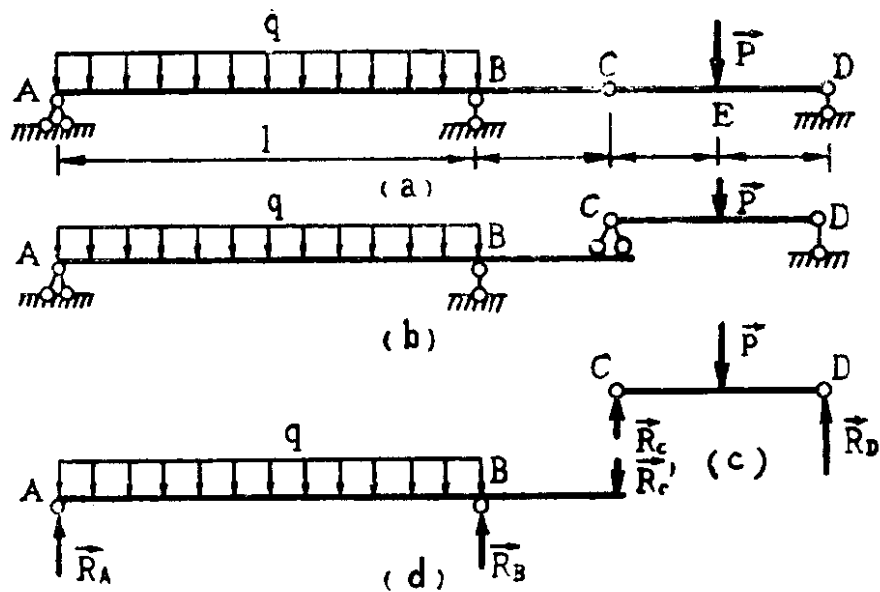


例 1—4 图

角形杆上受主动力已知， A 点为光滑接触，约束反力过 A 点朝下，则显然可知 $N_A \parallel P$ ，这样， B 点约束反力也应 $N_B \parallel N_A \parallel P$ ，则 N_B 过 B 点向上。

例 1—5 多跨静定梁，尺寸如图所示，在 AB 段受有均布荷载，其荷载集度为 q （单位长度上所受的力称荷载集度）， E 点受有集中力 P ，试分别画出 AC 与 CD 段梁的受力图。

解：



例 1—5 图

对于多跨静定梁，只要了解它的组成和各部分的传力次序，其受力图就不难画出。(a)图可以画成层次图(b)， AC 部分称为基本部分， CD 称为附属部分。由(b)层次图可见：基本部分的荷载并不影响附属部分；而附属部分的荷载作用则必须传至基本部分。因此，在画多跨静定梁的受力图时，应先画附属部分，再画基本部分。

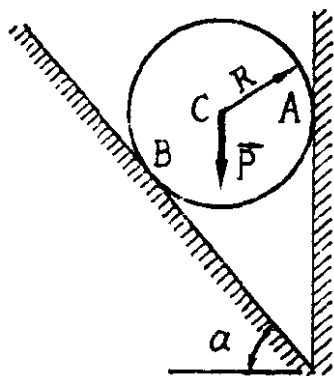
(1)先画 CD 梁受力图。 P 为已知主动力, D 约束反力是过 D 的 R_D ,因为 $P \parallel R_D$,则 R_C 方向也已知如图示,设 R_C 过 C 点向上。

(2)再画 AC 段梁受力图。根据作用与反作用定律 R_C' 向下, R_B 设过 B 点向上, q 均向下,则又是平行力系作用,则 R_A 设过 A 点向上。则 AC 段受力图如图(d)所示。

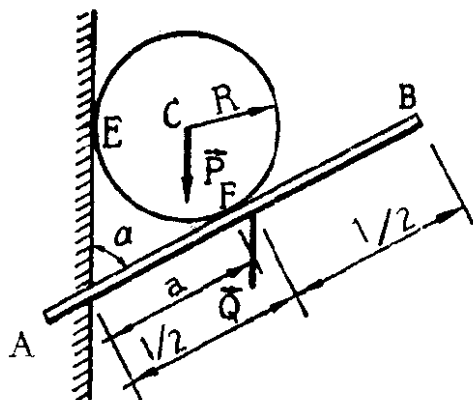
四、习题

1—1 均质球重 P ,半径为 R ,置于光滑斜面及光滑铅直墙之间。画其受力图。(答:略)

1—2 一均质圆柱半径为 R ,重为 P ,夹在光滑的铅垂墙 AE 与光滑均质杆 AB 之间处于平衡,均质杆重为 Q ,尺寸 a 与 l 已知。试分别画(1)圆柱,(2) AB 杆,(3)圆柱与 AB 杆的受力图。 A 处为固定端约束。(答:略)



习题 1—1 图



习题 1—2 图

1—3 均质杆 AB ,重为 P ,重心为 G 点;各尺寸若均已知,试画 AB 杆的受力图。(答:略)

1—4 刚架 $ABCD$ 如图所示,其本身重量不计,受水平力 P 作用, A 、 D 为光滑铰链,画刚架受力图。(答:略)