

理论力学思考题详解

及本科试题汇编与解答

● 程燕平 程邛 王雪 编



配套使用

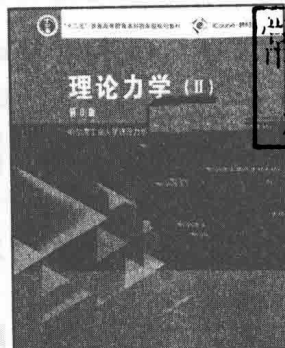
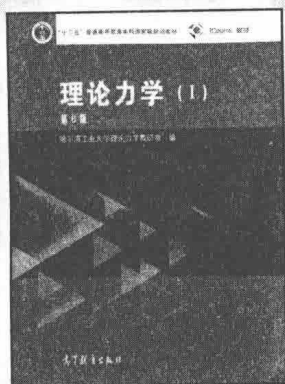


哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

理论力学思考题详解

及本科试题汇编与解答

● 程燕平 程邈 王雪 编



常州大学图书馆
藏书章

配套使



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

由哈尔滨工业大学理论力学教研室编,高等教育出版社出版的《理论力学》教材已出至第8版。本书是配合该教材的全部思考题的详细解答,思考题解答的内容与次序完全与该教材思考题的内容与次序相同。

本书把哈尔滨工业大学2009~2016共8年的16套理论力学期末试题汇编在一起,并给出了详细解答。哈尔滨工业大学1978~2008共30年的期末理论力学试题已由哈尔滨工业大学出版社出版。

本书可供高等工科院校本科、高职高专与成人教育在校学生学习理论力学之用,对报考研究生的同学也大有裨益,对高校理论力学教师也是十分有益的参考书,对高校理论力学教师,若哈尔滨工业大学38年(一年两套)的理论力学期末试题在手,可作为小型题库使用。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学思考题详解及本科试题汇编与解答/程燕平,程邈,王雪编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2017.10

ISBN 978-7-5603-6732-3

I. ①理… II. ①程…②程…③王… III. ①理论力学—高等学校—题解 IV. ①031—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 147361 号

策划编辑 杜 燕

责任编辑 张 瑞

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨久利印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 440 千字

版 次 2017年10月第1版 2017年10月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6732-3

定 价 36.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

关于思考题解

哈尔滨工业大学理论力学教研室编写的《理论力学》教材,1961年出版第1版,至今已出至第8版,是国内使用量最大从而也是最受欢迎的理论力学教材。还没有哪套理论力学教材有如此强的生命力,且仍然焕发着青春。

配合该教材的习题解答,1998年以前出过一些,1998年由哈尔滨工业大学出版社出版了配合《理论力学》第5版教材的《理论力学习题解答》,作者是主要参编者。此后该教材又出版了第6版、第7版,哈尔滨工业大学作者配合第6版、第7版没有出过习题解答,但由其他院校其他出版社出版了多种习题解答,作者手中就不下10种。现根据需要,配合高等教育出版社出版的《理论力学》第8版,由哈尔滨工业大学作者编写,高等教育出版社出版了习题解答,但没有出思考题解答。

相对于习题来说,对思考题的解答,需要学生对所学知识有更好、更全面的掌握,更深层次的理解,更佳的灵活运用能力。因此,相对于习题解答,思考题的解答难度更大一些,是“难啃的骨头”,所以多数参考书只是给出了习题解答,而没有给出思考题解答。作者作为主要参编者兼统稿,2000年9月,由哈尔滨工业大学出版社出版了《理论力学思考题解与思考题集》,2004年11月,由高等教育出版社出版了《理论力学思考题集》,这两本关于理论力学思考题的书,是国内理论力学思考题题量最大、类型最全的书,由于篇幅所限,对于大部分题目,给出了提示或答案,而没有给出详细解答。对这两本书,作为主要参编兼统稿,作者做了大量工作,因此可以说,具有一定的编写与解答能力。现在,由高等教育出版社,出版了配合哈尔滨工业大学理论力学教研室编写的《理论力学》(第8版)的习题解答,那么,出版配合该教材的思考题解答,也就成了必然,所以,作者编写了本书。

关于本科试题汇编与解答

到2018年,作者在哈尔滨工业大学理论力学教研室(虽然现在已不是这个名称了)工作40年了。1978年到教研室第一次就为国内力学界知名的老前辈王铎教授助课理论力学,可能是有心,当时就有意留存了王铎老师手写的理论力学期末试题,这样就养成了习惯,留存理论力学期末试题至2008年,时值恢复高考30年。也恰逢当时高校评估,评估专家说,这样全的期末试题的留存与收集,在国内高校“基本上是绝无仅有的”,并鉴于哈尔滨工业大学理论力学在全国的地位与影响,建议整理出版。是的,国内这么多高校,这么多课程与专业,

从恢复高考第一届试题到2008年30年的试题收集,确实是很少见的。在专家的建议下,2009年由哈尔滨工业大学出版社出版了《1978—2008 哈尔滨工业大学理论力学本科期末试题汇编》,此书不但为学生所用,许多教师也购买与收藏。

2008年至2016年,又过了8年,作者仍保留了这个习惯。从1978年王铎老师出题,后来好多老教师出题,至后来作者成为教研室的骨干并负责教研室的教学工作,组织出题并主要参加出题,及至后来单独出题,做了不少工作。这8年来,因为作者已是老教师了,所以出了大部分的理论力学期末试题。作为一线教师,深知出一套合适的试题的工作量、难度与辛苦,那时,为了出一套好的考题,教研室组织老师要讨论好几个回合的场景仍历历在目。把哈尔滨工业大学理论力学教研室这么多年来期末理论力学试题整理出版,具有重要的意义。

前已有哈尔滨工业大学30年的理论力学期末试题出版,那么,若把这近8年的理论力学期末试题延续出版,形成一整套的期末试题,很有必要。但考虑到实际问题,若单独出版,篇幅小,书本太薄。而单独出版本理论力学思考题解答,篇幅也小。所以在出版理论力学思考题解答的同时,把哈尔滨工业大学近8年的期末理论力学试题一并出版,就顺理成章了。仍然是考虑到篇幅,前30年的试题汇编对每个题只是给出了答案与提示,而对近8年的期末理论力学试题,给出了详细解答。

同时,把哈尔滨工业大学平时理论力学课堂小测题,收集与整理,并给出详细解答,也在本书中一并出版。

其他的话

本书不是主教材,属于教学参考、辅导类的书。但本书的编写,丝毫不比主教材和其他辅导书的编写所费精力、所用时间少。作者已单独编写、主要参编兼统稿28本有关理论力学方面的教材与参考书(见本书封三),都是亲力亲为,该书也是作者亲力亲为,所以对此深有体会。

该书的另外两位作者,一位是美国博士,一位是中国博士,在该书的编写、整理、计算、校核、绘图等方面做了大量工作,否则,该书的出版时间与质量将大受影响。

到2018年底,作者在哈尔滨工业大学理论力学教研室(虽然现在已不是这个名称)工作40年了。对这个单位,对理论力学这门课程,有着深深的感情。为配合第8版理论力学主教材,为了理论力学课程,出这本书的目的,作者的主观愿望是愿为该课程、该教材添砖加瓦,但愿能起到好的作用。

参加本书编写、整理、计算等工作的还有程邈华、肖寒等。

虽然做出了努力,书中还会存在缺陷与不足,恳请读者批评指正。

在本书即将成稿之际,作者患上了眼疾,有幸得到了北京同仁医院段安丽主任医师的诊治,使眼疾得以恢复。段安丽大夫为患者着想的态度,精湛高超的医术,给作者留下深刻印象,长存感念。在本书完稿出版之际,谨以此向段安丽大夫致以深深的感激之情!

作者程燕平

2017年5月于哈尔滨

目 录

第一部分 理论力学(I)

第一章 静力学公理和物体的受力分析	3
第二章 平面力系	8
第三章 空间力系	17
第四章 摩擦	23
第五章 点的运动学	30
第六章 刚体的简单运动	34
第七章 点的合成运动	38
第八章 刚体的平面运动	44
第九章 质点动力学的基本方程	60
第十章 动量定理	63
第十一章 动量矩定理	68
第十二章 动能定理	78
第十三章 达朗贝尔原理	95
第十四章 虚位移原理	100

第二部分 理论力学(II)

第一章 分析力学基础	109
第二章 非惯性系中的质点动力学	113
第三章 碰撞	115
第四章 机械振动基础	118
第五章 刚体定点运动、自由刚体运动、刚体运动的合成、陀螺仪近似理论	124
第六章 变质量动力学	128

第三部分 哈尔滨工业大学 2009~2016 年理论力学试题与解答

哈尔滨工业大学 2009 年(春)期末理论力学试题	131
哈尔滨工业大学 2009 年(春)期末理论力学试题解答	133
哈尔滨工业大学 2009 年(秋)期末理论力学试题	137
哈尔滨工业大学 2009 年(秋)期末理论力学试题解答	138
哈尔滨工业大学 2010 年(春)期末理论力学试题	144
哈尔滨工业大学 2010 年(春)期末理论力学试题解答	146
哈尔滨工业大学 2010 年(秋)期末理论力学试题	150

哈尔滨工业大学 2010 年(秋)期末理论力学试题解答	152
哈尔滨工业大学 2011 年(春)期末理论力学试题	159
哈尔滨工业大学 2011 年(春)期末理论力学试题解答	161
哈尔滨工业大学 2011 年(秋)期末理论力学试题	166
哈尔滨工业大学 2011 年(秋)期末理论力学试题解答	168
哈尔滨工业大学 2012 年(春)期末理论力学试题	174
哈尔滨工业大学 2012 年(春)期末理论力学试题解答	176
哈尔滨工业大学 2012 年(秋)期末理论力学试题	181
哈尔滨工业大学 2012 年(秋)期末理论力学试题解答	182
哈尔滨工业大学 2013 年(春)期末理论力学试题	188
哈尔滨工业大学 2013 年(春)期末理论力学试题解答	190
哈尔滨工业大学 2013 年(秋)期末理论力学试题	196
哈尔滨工业大学 2013 年(秋)期末理论力学试题解答	199
哈尔滨工业大学 2014 年(春)期末理论力学试题	206
哈尔滨工业大学 2014 年(春)期末理论力学试题解答	207
哈尔滨工业大学 2014 年(秋)期末理论力学试题	213
哈尔滨工业大学 2014 年(秋)期末理论力学试题解答	215
哈尔滨工业大学 2015 年(春)期末理论力学试题	223
哈尔滨工业大学 2015 年(春)期末理论力学试题解答	225
哈尔滨工业大学 2015 年(秋)期末理论力学试题	231
哈尔滨工业大学 2015 年(秋)期末理论力学试题解答	233
哈尔滨工业大学 2016 年(春)期末理论力学试题	242
哈尔滨工业大学 2016 年(春)期末理论力学试题解答	244
哈尔滨工业大学 2016 年(秋)期末理论力学试题	250
哈尔滨工业大学 2016 年(秋)期末理论力学试题解答	252

第四部分 哈尔滨工业大学理论力学平时小测题与解答

哈尔滨工业大学理论力学平时小测题	261
哈尔滨工业大学理论力学平时小测题解答	267

第一部分

理论力学(I)

第一章 静力学公理和物体的受力分析

1.1 说明下列式子与文字的意义和区别：

(1) $F_1 = F_2$; (2) $F_1 = F_2$; (3) 力 F_1 等效于力 F_2 。

解答：(1)若 F_1 与 F_2 表示的是力，此式表示两个力大小相等，方向相同，但不能表示出两力的作用点(线)是否相同，因此两力不一定等效。

(2)若 F_1 与 F_2 表示的是力，此式只表示两个力的大小相等。

(3)说明两个力的大小相等，方向和作用线(点)均相同。

1.2 试区别 $F_R = F_1 + F_2$ 和 $F_R = F_1 + F_2$ 两个等式代表的意义。

解答：前者表示两个矢量相加，是矢量表达式；后者表示两个代数量相加，是代数表达式。矢量与代数量是不同的概念，在书写矢量式与代数式时不加区别的问题相当普遍地存在。在正式出版物中，矢量字符用黑体表示，代数量字符用白体表示。手写时矢量有多种表示方法，如在字符上加“ $\rightarrow$ ”的写法，在字符上加“ $\sim$ ”的写法等，即把力矢量写为 $\vec{F}$ 或 $\bar{F}$ 等。

1.3 什么叫二力构件？二力构件与构件的形状有关吗？凡两端用铰链连接的杆都是二力杆吗？凡不计自重的刚性杆都是二力杆吗？

解答：只在两个力作用下平衡的构件被称为二力构件，二力构件与构件的形状无关。凡两端用铰链连接的杆不一定是二力杆，凡不计自重的刚性杆也不一定是二力杆。

解答提示：二力构件中的力，也可以是多个汇交力的合力。如图 1.1 所示杆件 AB，不计其自重，处于平衡状态，图 1.1(a)中 B 处有 n 个力汇交于 B 点，A 处作用一力；图 1.1(b)中，A、B 处均有一汇交力系作用，读者可思考，此两根杆是不是二力杆？

答案是：此两根杆均为二力杆。通过此题目，在实际做题时，可解答部分读者在某些题目中对二力杆的一些疑问。

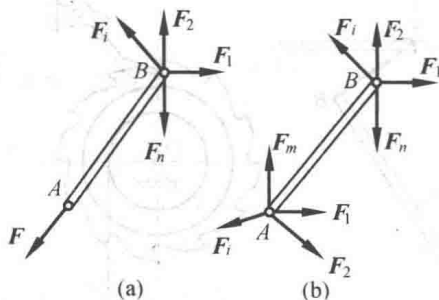


图 1.1

1.4 图 1.2~图 1.7 中各物体的受力图是否有错误？如何改正？

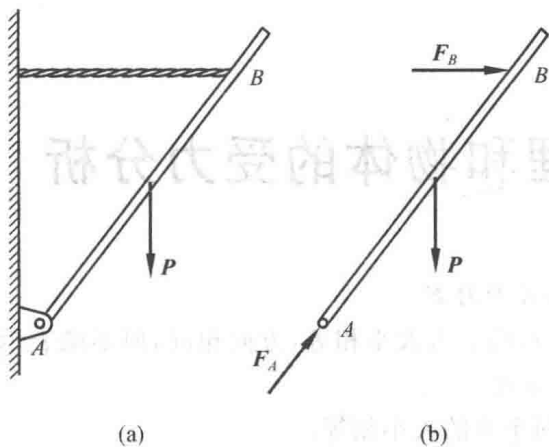


图 1.2

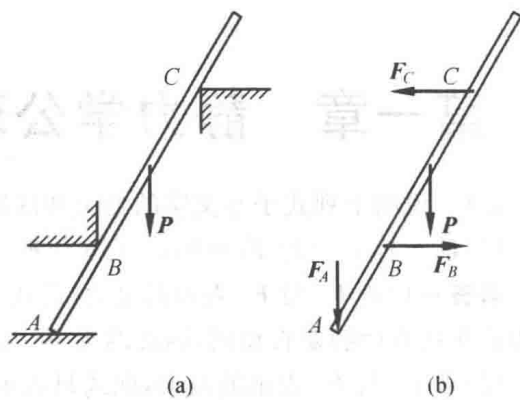
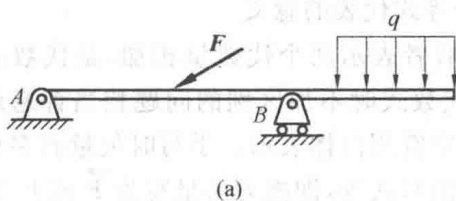
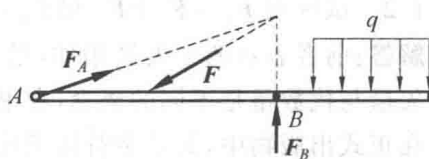


图 1.3

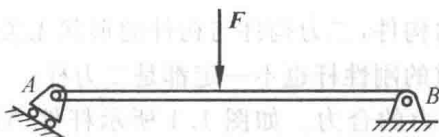


(a)

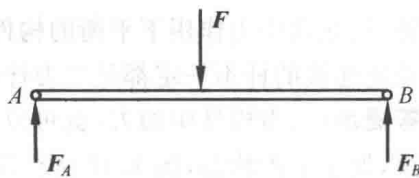


(b)

图 1.4

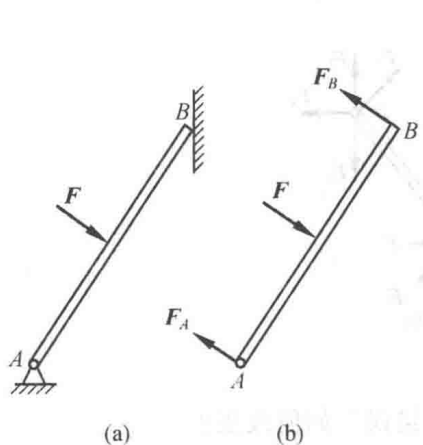


(a)



(b)

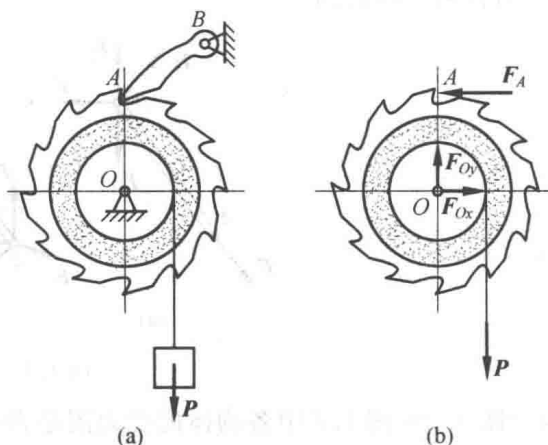
图 1.5



(a)

(b)

图 1.6



(a)

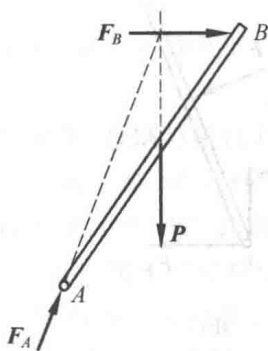
(b)

图 1.7

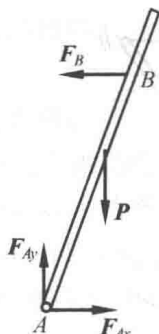
解答:图 1.2 中受力图有误,绳对杆的力只能为拉力,而不会是推力,A 处力不会沿杆,可按三力汇交画,也可按正交二力画。其正确受力图如图 1.8(a),(b)所示。

图 1.3 中受力图有误,A 处力不会向下,B,C 处力应沿接触处的公法线,读者可思考,

在此种情况下,何为 A, B, C 处的公法线? 其正确受力图如图 1.9 所示。



(a)



(b)

图 1.8

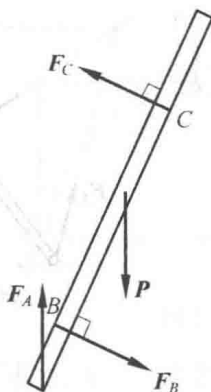


图 1.9

图 1.4 中受力图有误,均布载荷有一合力,水平梁 AB 受 4 个力作用, A 处约束力不能按三力汇交来画,可画为正交二力。其正确受力图如图 1.10 所示。

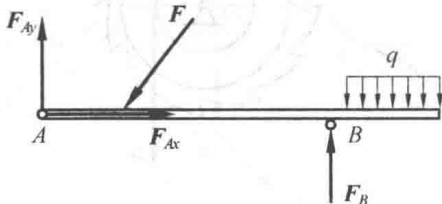
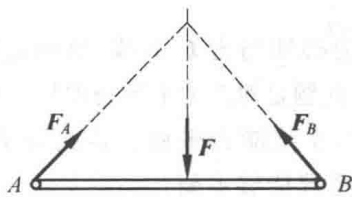
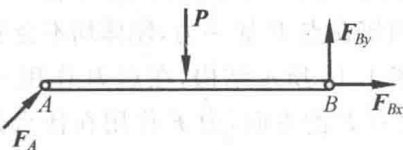


图 1.10

图 1.5 中受力图有误, A 处力应按滚动支座画,即垂直于斜坡向上, B 处力可按三力汇交画,也可画为正交二力。其正确受力图如图 1.11(a), (b) 所示。



(a)



(b)

图 1.11

图 1.6 中受力图有误, B 处力应沿接触处的公法线, A 处力可按三力汇交画,也可画为正交二力。其正确受力图如图 1.12(a), (b) 所示。

图 1.7 中受力图有误,注意棘轮与棘爪接触处为点接触,公法线不容易确定,约束力不好画。但此图中,实际上是不计棘爪重量,棘爪是一二力构件,棘爪受力应沿 A, B 两点连线且受压,如图 1.13(a) 所示。此时棘轮 A 处的力应沿直线 AB 向下,其正确受力图如图 1.13(b), (c) 所示。

注意:接触处的公法线一般易于确定,但也有难确定之处,此题中棘轮与棘爪接触处即为一例。读者可考虑,若约束类同“针尖对麦芒”接触,其约束力该如何画出?

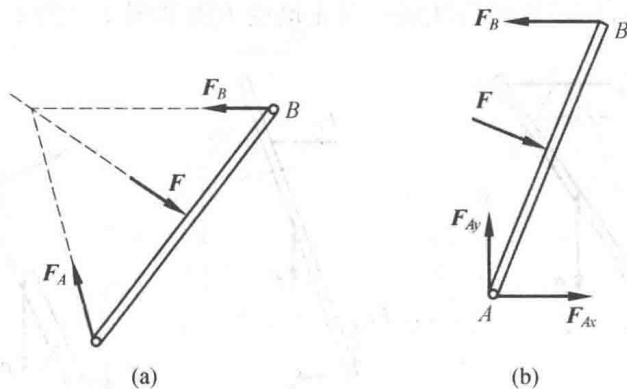


图 1.12

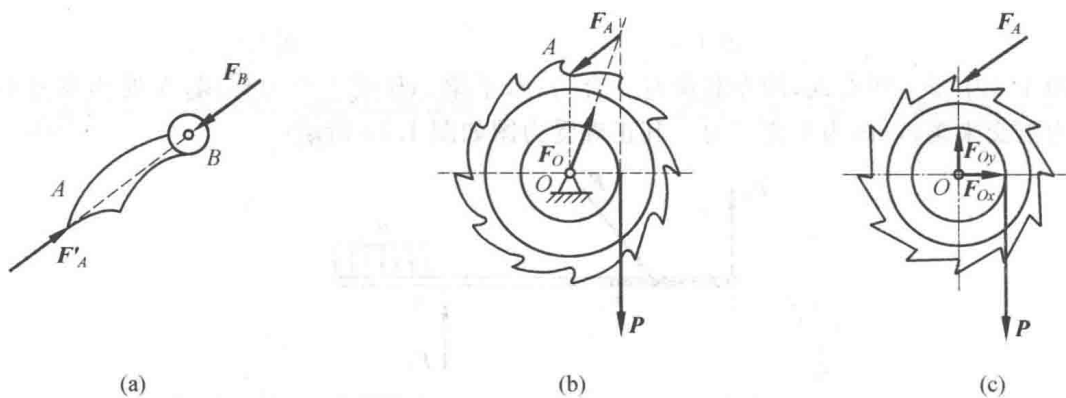


图 1.13

1.5 刚体上点 A 受力 F 作用,如图 1.14 所示,能否在点 B 加一力使此刚体平衡? 为什么?

解答: 均不能。由二力平衡公理,加在点 B 的力必须与力 F 共线、反向,这两点满足不了,所以无论如何,在点 B 加一力,刚体均不会平衡。此题是对二力平衡公理基本概念的考核。

1.6 如图 1.15 所示结构,在点 B 作用一力 F ,系统能否平衡? 若此力 F 仍作用在点 B ,但可改变此力 F 的方向,力 F 作用在什么方向,系统能够平衡?

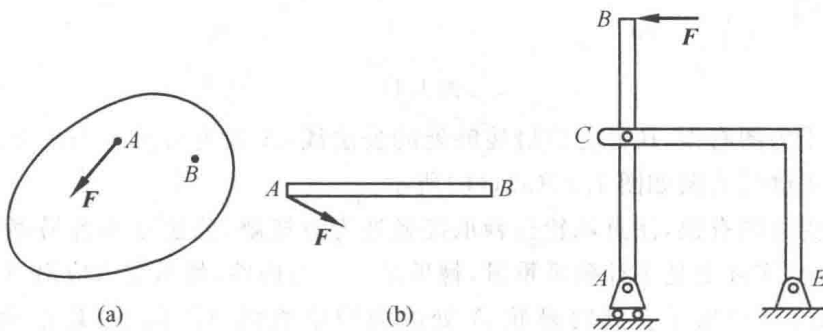


图 1.14

图 1.15

解答: 在如图 1.15 所示力作用下,系统不能平衡。因 CE 构件为二力构件,力沿 CE 方向, A 处为滚动支座,力沿铅直方向,三力不能汇交。若改变力 F 的方向,使其沿 BA 方向,

则系统能够平衡,因其满足二力平衡条件。此题是对二力平衡公理与三力平衡汇交定理等概念的考核。

1.7 图 1.16 中力 F 作用于三铰拱的铰链 C 上,不计各构件自重。

- (1)分别画出左、右拱与销钉 C 的受力图;
- (2)若销钉 C 属于拱 AC ,分别画出左、右拱的受力图;
- (3)若销钉 C 属于拱 BC ,分别画出左、右拱的受力图。

解答:(1)力 F 作用于三铰拱的铰链 C 上,不计各构件自重。则左、右拱均为二力构件,销钉 C 在三个力作用下而平衡。受力图如图 1.17 所示。

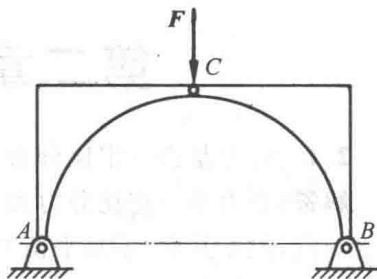


图 1.16

(2)若把销钉 C 归属于 AC ,则 A 处力仍沿直线 AC , BC 拱仍为二力构件,其给 AC 拱的力沿直线 CB , C 处的力为力 F 与沿直线 CB 的 BC 拱给 AC 拱的力,可看作在三个力作用下平衡,也可看作为二力构件。受力图如图 1.18 所示。

(3)把销钉 C 归属于 CB ,可做同样的分析。受力图如图 1.19 所示。

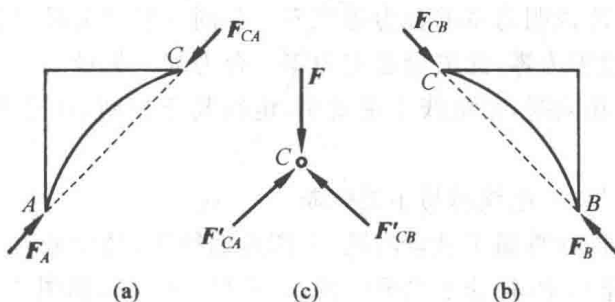


图 1.17

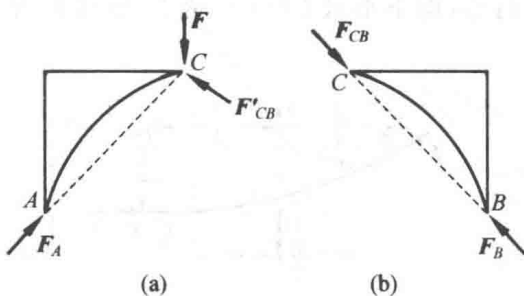


图 1.18

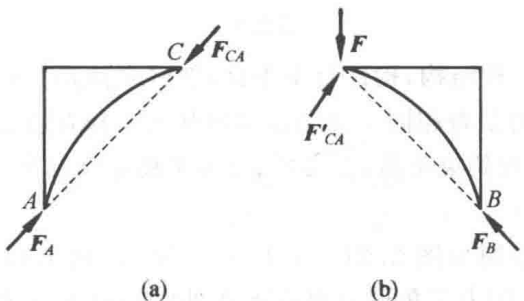


图 1.19

第二章 平面力系

2.1 合力是否一定比分力大? 三力汇交于一点, 但不共面, 是平衡力系吗?

解答: 合力不一定比分力大, 情况很多, 如: 合力可以为零但分力可以不为零等。三力汇交于一点, 但不共面, 不是平衡力系。

2.2 用解析法求平面汇交力系的合力时, 若取不同的直角坐标轴, 所求得的合力是否相同?

解答: 合力相同(指效果), 但表达式可以不同。

2.3 用解析法求解平面汇交力系的平衡问题时, x 轴与 y 轴是否一定要相互垂直? 当两轴不垂直时, 建立的平衡方程 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$ 能满足力系的平衡条件吗?

解答: 不一定相互垂直。当 x 轴与 y 轴不垂直(但不能平行)时, 建立的平衡方程能满足平衡条件, 因为这也能说明力系的合力等于零。如同一平面矢量, 只要此矢量在此平面内不平行的两根轴上的投影为零, 此矢量必定为零。合力为一矢量。

2.4 输电线跨度相同时, 是电线下垂量小, 电线易于拉断, 还是下垂量大, 电线易于拉断, 为什么?

解答: 电线下垂量越小, 电线越易于被拉断。

解答提示: 本题严格计算属于悬索问题, 采用近似解法, 精度可为工程接受。

设电线跨度为 l , 重为 P , 且处于水平位置, 下垂量 $CD = h$, 如图 2.1(a) 所示。假设电线重量为均匀分布, 取 AC 段电线, 画出其受力图如图 2.1(b) 所示, 可画出其封闭力三角形如图 2.1(c) 所示, 可见, 角 θ 越小, 即下垂量 $CD = h$ 越小, 电线拉力越大, 则电线越易于被拉断。

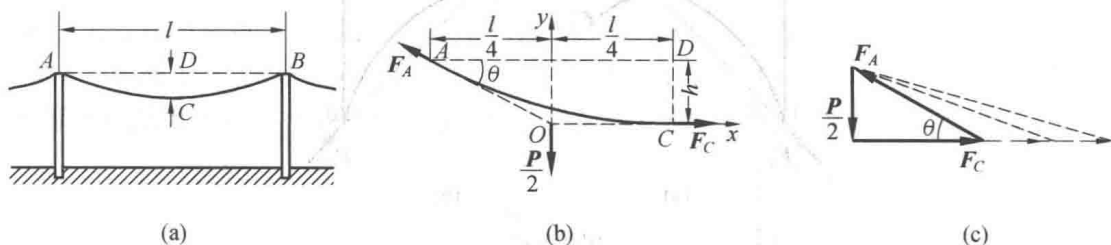


图 2.1

2.5 图 2.2 所示的三种结构, 构件自重不计, 忽略摩擦, $\theta = 60^\circ$ 。B 处都作用相同的水平力 F , 铰链 A 处的约束力是否相同? 画图表示出其大小和方向。

解答: 不同。(此题是对约束类型、二力杆、三力平衡汇交定理和封闭力三角形等概念的考核。)

铰链 A 处的约束力分别如图 2.3(a), (b), (c) 所示, 画出的封闭力三角形分别如图 2.3(d), (e), (f) 所示, 由封闭力三角形可知铰链 A 处的约束力方向, 其大小可由封闭力三角形求出。

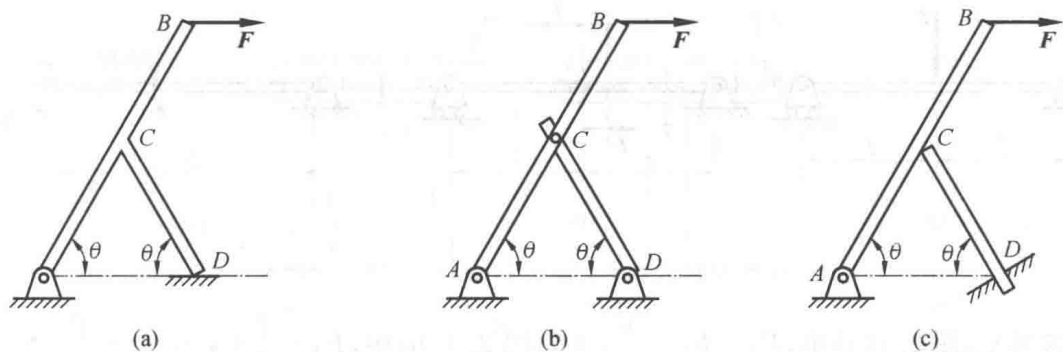


图 2.2

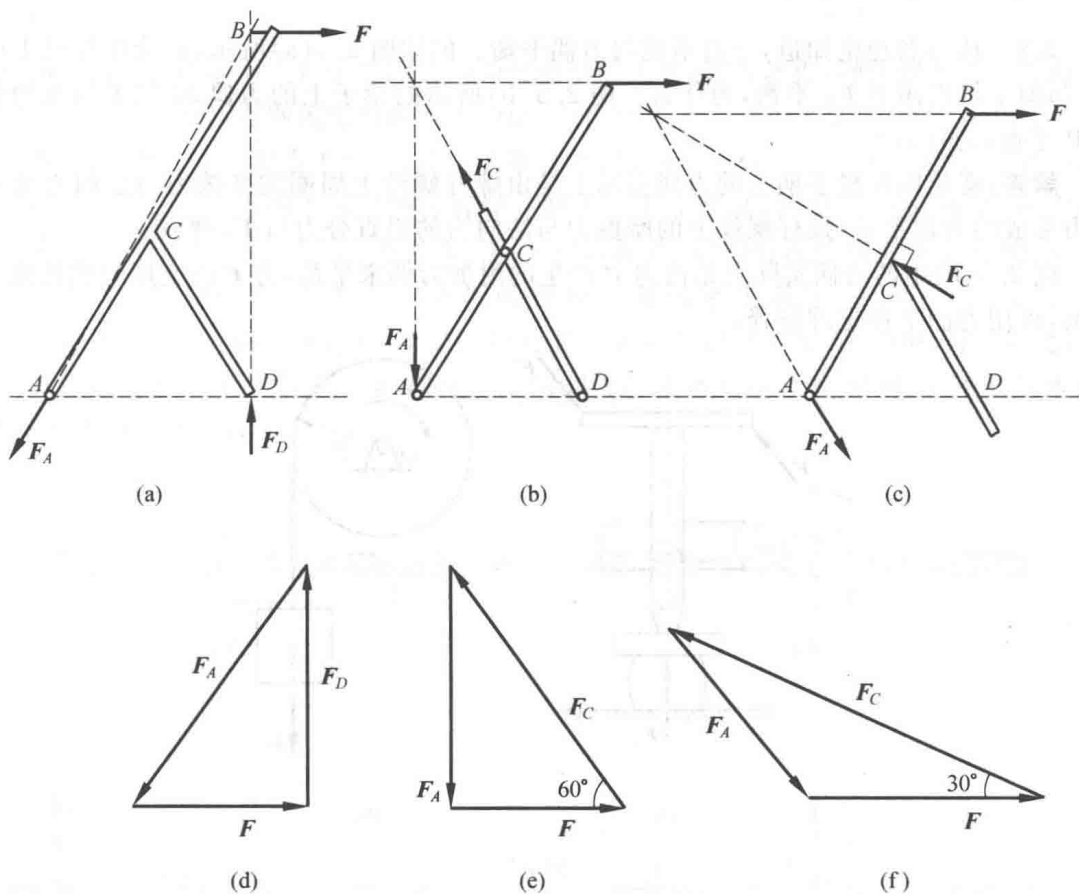


图 2.3

2.6 力矩与力偶矩有何异同。

解答:相同点是,都是使物体产生转动效应的度量;

不同点是,力矩作用效果与矩心位置有关,而力偶矩作用效果与矩心位置无关。

2.7 在图 2.4 各图中,力或力偶对点 A 的矩都相等,它们引起的支座约束力是否相同?

解答:图 2.4(a), (b) 中支座 B 处约束力相同,其余各支座处约束力不同。

解答提示:画出受力图求解,很简单,求解一下便知。