

结构力学 习题集

上海交通大学

王殿臣 主编

机械工业出版社

结构力学习题集

上海交通大学 王殿臣 主编



机械工业出版社

本习题集是根据高等工业学校“起重运输与工程机械”专业教学指导委员会1987年无锡会议的批准,配合高等学校教材《结构力学》的教学而编写的,作为矿山、工程、起重运输、石油矿场机械等四个专业的结构力学课程的辅助教学用书。

习题集内容包括:绪论;结构的机动分析;静定结构;影响线;结构位移;超静定结构的概念及力法计算;位移法;力矩分配法;受压杆件稳定性;杆系结构的矩阵分析;薄板弯曲;薄板稳定;薄壁杆件理论基础等十三章。每章均有基本要求、复习与思考、例题、习题、习题答案等五个部分。

习题集所选择的题目简明扼要,具有鲜明的专业特色,不仅适合四个专业的本科生使用,亦可供从事有关实践工作的工程技术人员参考和自学。

结构力学习题集

上海交通大学 王殿臣 主编

责任编辑:周性贤 责任校对:张佳
封面设计:郭景云 版式设计:冉晓华
责任印制:尹德伦

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $7^{3/4}$ · 字数 187千字

1990年10月北京第一版·1990年10月北京第一次印刷

印数 0,001—16,000 定价:1.95元

ISBN 7-111-02293-9/TB·107 (课)

前 言

本习题集是根据高等工业学校“起重运输与工程机械”专业教学指导委员会1987年无锡会议批准，配合高等学校教材《结构力学》的教学而编写的，作为矿山、工程、起重运输、石油矿场机械等四个专业的结构力学课程的辅助教学用书。

本习题集与《结构力学》教材中各章对应，内容也分十三章。各章中包括：基本要求、复习与思考、例题、习题和部分习题答案五个部分。全书共有复习与思考题125个、例题12个、习题140个。在内容安排上，除包括基本概念的题目外，还选择了部分结合专业特点的题目，以培养学生了解、熟悉专业，提高解决工程实际问题的能力。

此外，对用于扩展思路的内容，均在题前加有“*”，不作大纲要求，学生可借助于其他参考书进行练习。

在各章的习题后均附有习题答案，便于学生自己校核，但解题过程需要学生自己独立完成。

习题集由上海交通大学王殿臣主编。参加编写的有：王殿臣（第一、二、三、四、五、六、九、十三章），关银发（第七、十、十二章），张荣康（第八、十一章），上海技术师范学院朱从鉴在第十三章中提供了部分习题。

本习题集由大连理工大学王怀建主审，在阅审中提出了许多宝贵意见，对完善、提高习题集的质量有极大帮助。在编写过程中，曾参考了吉林工业大学矿机系、大连理工大学机械系、上海海运学院港机系等单位的《结构力学习题集》讲义，特此致谢。

限于编者水平，书中错误和不妥之处在所难免，诚恳希望使用本习题集的同志提出宝贵意见，以便今后修订提高。

编 者

1988年12月于上海

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 基本要求	1
§ 1-2 复习与思考	1
§ 1-3 习题	1
§ 1-4 习题答案	3
第二章 结构的机动分析	4
§ 2-1 基本要求	4
§ 2-2 复习与思考	4
§ 2-3 例题	4
§ 2-4 习题	6
§ 2-5 习题答案	8
第三章 静定结构	10
§ 3-1 基本要求	10
§ 3-2 复习与思考	10
§ 3-3 例题	10
§ 3-4 习题	12
§ 3-5 习题答案	18
第四章 影响线	24
§ 4-1 基本要求	24
§ 4-2 复习与思考	24
§ 4-3 例题	24
§ 4-4 习题	26
§ 4-5 习题答案	29
第五章 结构位移	33
§ 5-1 基本要求	33
§ 5-2 复习与思考	33
§ 5-3 例题	33
§ 5-4 习题	36
§ 5-5 习题答案	39
第六章 超静定结构的概念及力法计算	42
§ 6-1 基本要求	42
§ 6-2 复习与思考	42

§ 6-3 例题	42
§ 6-4 习题	45
§ 6-5 习题答案	49
第七章 位移法	54
§ 7-1 基本要求	54
§ 7-2 复习与思考	54
§ 7-3 例题	54
§ 7-4 习题	58
§ 7-5 习题答案	61
第八章 力矩分配法	67
§ 8-1 基本要求	67
§ 8-2 复习与思考	67
§ 8-3 例题	67
§ 8-4 习题	70
§ 8-5 习题答案	72
第九章 受压杆件稳定性	76
§ 9-1 基本要求	76
§ 9-2 复习与思考	76
§ 9-3 例题	76
§ 9-4 习题	79
§ 9-5 习题答案	82
第十章 杆系结构的矩阵分析	84
§ 10-1 基本要求	84
§ 10-2 复习与思考	84
§ 10-3 例题	84
§ 10-4 习题	92
§ 10-5 习题答案	94
第十一章 薄板弯曲	99
§ 11-1 基本要求	99
§ 11-2 复习与思考	99
§ 11-3 例题	99
§ 11-4 习题	101
§ 11-5 习题答案	102

第十二章 薄板稳定 103

§ 12-1 基本要求 103

§ 12-2 复习与思考 103

§ 12-3 例题 103

§ 12-4 习题 105

§ 12-5 习题答案 106

第十三章 薄壁杆件理论基础 108

§ 13-1 基本要求 108

§ 13-2 复习与思考 108

§ 13-3 例题 108

§ 13-4 习题 115

§ 13-5 习题答案 116

参考文献 120

第一章 绪 论

§ 1-1 基 本 要 求

了解结构力学的主要研究对象和任务。

掌握对结构、支座进行分类的条件。

初步学会把实际结构合理地“抽象”为用于力学分析的计算简图。

§ 1-2 复 习 与 思 考

1-2-1 在结构力学课程中,结构是怎样定义的?

1-2-2 结构力学的研究对象与任务是什么?

1-2-3 何谓计算简图?怎样把实际结构合理地“抽象”成计算简图?

1-2-4 何谓支座?它的作用是什么?

1-2-5 结构力学中讨论的刚性支座有哪几种型式?各反映的运动特点和力学特点是什么?

1-2-6 何谓载荷?对结构进行受力分析时,载荷是否是使结构产生内力与变形的唯一原因?

1-2-7 载荷有哪几类型式?为什么说载荷的合理确定是进行合理设计和结构计算的前提?

*1-2-8 对“计算机化了的结构力学才是真正的结构力学”的提法怎样理解?

*1-2-9 弹性支座与刚性支座相比,有什么特点?

§ 1-3 习 题

1-3-1 试选择图1-3-1所示梁式起重机桥架结构的计算简图。

1-3-2 试选择图1-3-2所示支腿为一刚一柔的门式起重机在门架平面内结构的计算简图。

1-3-3 试选择图1-3-3所示汽车起重机在变幅平面内臂架结构的计算简图。

1-3-4 试选择图1-3-4所示浮式起重机臂架系统中象鼻架结构的计算简图。

*1-3-5 试选择图1-3-5所示起重量 $Q = 20\text{ t}$ 的门座起重机的交叉门架在:

1) 载荷作用在交叉门架平面内;

2) 载荷作用在与交叉门架平面垂直的平面内的计算简图。

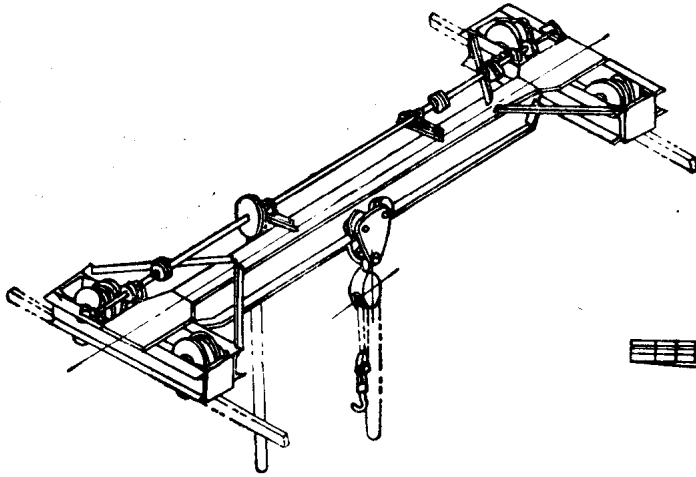


图 1-3-1

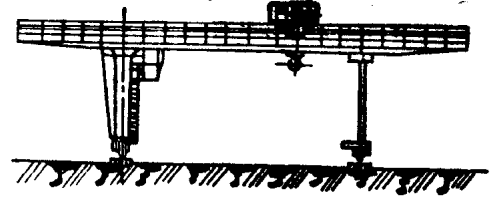


图 1-3-2

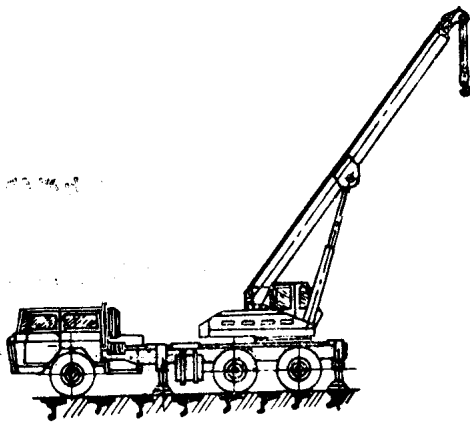


图 1-3-3

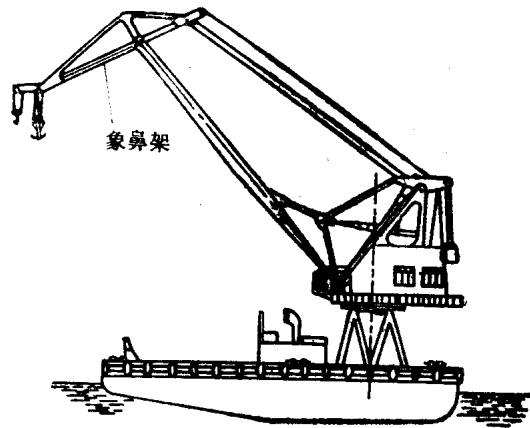


图 1-3-4

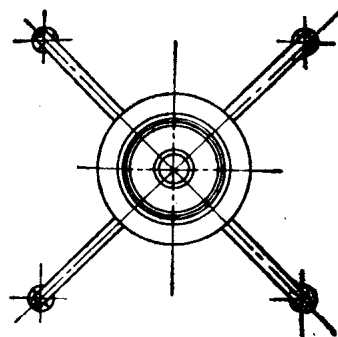
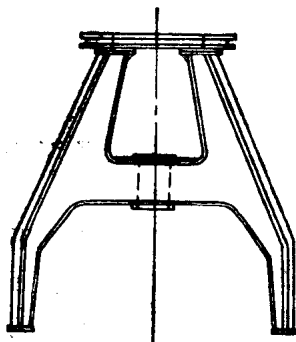
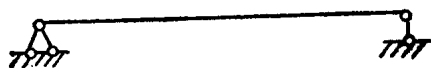


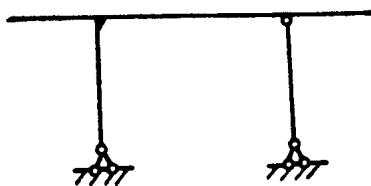
图 1-3-5

§ 1-4 习题答案

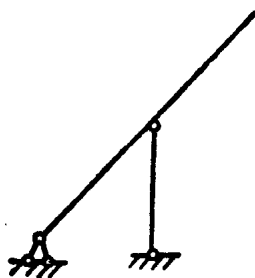
题1-3-1



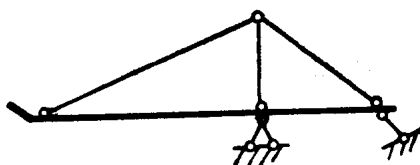
题1-3-2



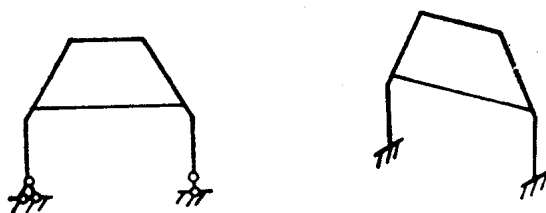
题1-3-3



题1-3-4



题1-3-5



a) 交叉平面内载荷时用

b) 垂直于交叉平面内载荷时用

第二章 结构的机动分析

§ 2-1 基本要求

了解机动分析的目的和其主要内容。

掌握各类杆系结构自由度的计算方法。

学会正确地、熟练地运用几何组成规律对结构进行机动分析。

§ 2-2 复习与思考

2-2-1 何谓机动分析？对结构进行机动分析的目的是什么？

2-2-2 对结构进行机动分析时，为什么把组成结构的各单元可看成“刚体”？

2-2-3 结构自由度和约束的概念是什么？计算结构自由度的目的是什么？

2-2-4 试推出平面桁架结构、平面刚架结构、空间桁架结构、空间刚架结构的自由度计算公式？

2-2-5 复铰的概念是什么？计算的目的何在？

2-2-6 对于平面桁架、空间桁架结构，各有哪些组成几何不变的简单规则？

2-2-7 如何利用几何组成规则判断多余约束？

2-2-8 在结构机动分析中，自由度计算和几何组成分析各是什么条件？为什么？

2-2-9 瞬变结构的特点是什么？为何在工程结构中不允许使用？

*2-2-10 网状结构组成有什么特点？如何证明它是几何不变结构？

§ 2-3 例题

【示例】 试对图2-3-1所示结构进行机动分析。

【解】

1) 计算自由度

图2-3-1 a 是平面刚架结构，故用下式计算：

$$W = 3j_R - (3m + r)$$

式中 $j_R = 10$ ； $m = 13$ ； $r = 3$ 。

得 $W = 3j_R - (3m + r) = 3 \times 10 - (3 \times 13 + 3) = -12$

图2-3-1b是平面混合结构，可用下式计算：

$$W = 3m - 2j - r$$

式中， $m = 9$ ； $j = 12$ ； $r = 3$ 。

得 $W = 3m - 2j - r = 3 \times 9 - 2 \times 12 - 3 = 0$

图2-3-1 c 也是平面混合结构，用同样公式计算：

$$W = 3m - 2j - r$$

式中, $m = 10$; $j = 13$; $r = 4$ 。

得

$$W = 3m - 2j - r = 3 \times 10 - 2 \times 13 - 4 = 0$$

和图2-3-1 b、c 计算相同, 图 d 的自由度仍是:

$$W = 3m - 2j - r$$

式中, $m = 8$; $j = 11$; $r = 2$ 。

得

$$W = 3m - 2j - r = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 2 = 0$$

计算的结果说明, 四个结构都满足了几何不变的必要条件, 但条件还不充分, 还需进一步分析几何组成。

2) 几何组成分析 (见与图2-3-1对应的图2-3-2)

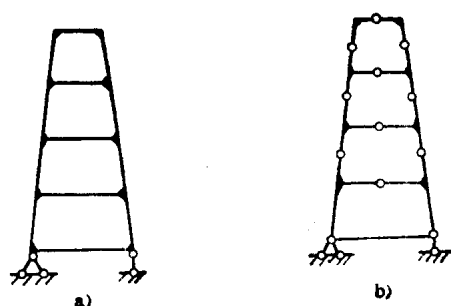


图 2-3-1

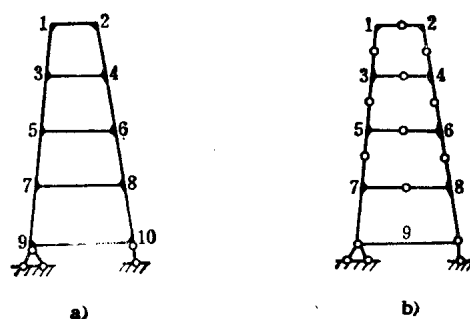


图 2-3-2

图2-3-2 a 是一平面刚架, 节点刚接, 不存在结构自身形状可变, 这个不变的“刚体”用三根既不互相平行, 又不交于一点的链杆与另一刚体 (地基) 相连, 符合组成几何不变的规则, 故图 a 结构几何不变。

图2-3-2 b 是一个平面混合结构, 编号见图, 组成分析时, 首先将杆 1 和杆 2 去掉, 因为它符合用不在一直线上两杆定出一个新节点的规则, 去掉它们不影响其余部分的可变性, 这样再依次去掉杆 3 和杆 4、杆 5 和杆 6、杆 7 和杆 8, 最后留下杆 9, 它也是用三根既不互相平行、又不交于一点的链杆与地基相连, 故图 b 结构也是几何不变的。

与图2-3-2 b 分析相同, 图 c 结构在去掉杆 1 和杆 2, 杆 3 和杆 4, 杆 5 和杆 6, 杆 7 和杆 8 后, 最后剩下杆 9 和杆 10, 再进一步分析, 可看出杆 9 和杆 10 与地基分别用铰相连, 但

因三个铰在同一直线上, 故图 c 结构是瞬变结构。

从图 2-3-2 d 的分析来看, 在去掉杆 1 和杆 2, 杆 3 和杆 4, 杆 5 和杆 6 后, 杆 7 和杆 8 的连接多了二个内部约束。虽然这样, 但它与地基只用了二根链杆相连, 显然位置可变, 故图 d 结构几何可变。

3) 结论

图 (2-3-2) a $W = -12$, 几何不变

图 (2-3-2) b $W = 0$, 几何不变

图 (2-3-2) c $W = 0$, 几何瞬变

图 (2-3-2) d $W = 0$, 几何可变

§ 2-4 习 题

2-4-1 试计算图 2-4-1 所示各结构的自由度。

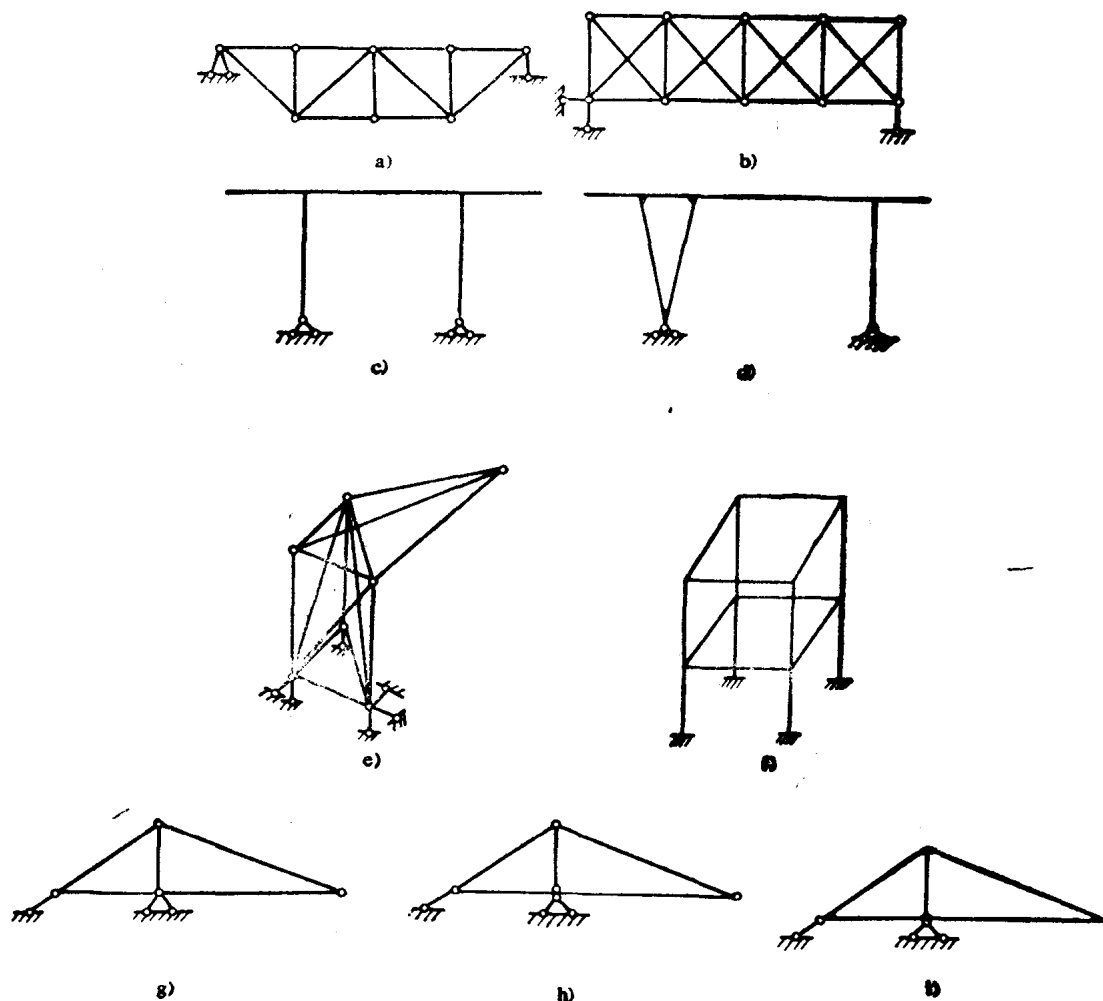


图 2-4-1

2-4-2 试对图2-4-2所示各结构进行机动分析。

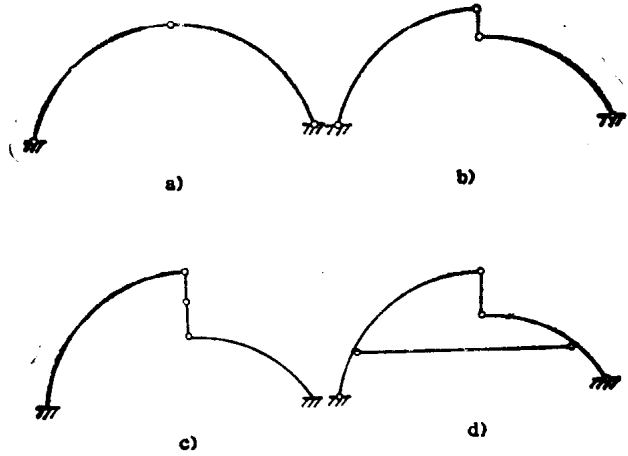


图 2-4-2

2-4-3 试对图2-4-3所示塔式起重机结构进行机动分析。

2-4-4 试对图2-4-4所示液压提升机结构进行机动分析。再讨论一下如何才能使它几何不变。

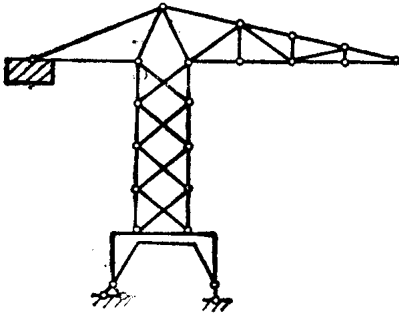


图 2-4-3

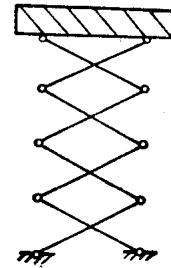


图 2-4-4

2-4-5 试对图2-4-5所示桁架式桥式起重机结构进行机动分析。

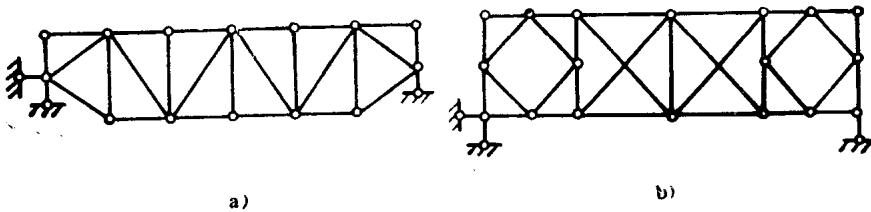


图 2-4-5

2-4-6 试对图2-4-6所示门式起重机支腿平面内的门腿结构进行机动分析。

2-4-7 试对图2-4-7所示集装箱装卸桥在门架平面内结构的不同计算简图进行机动分析。

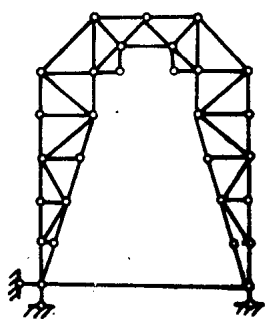
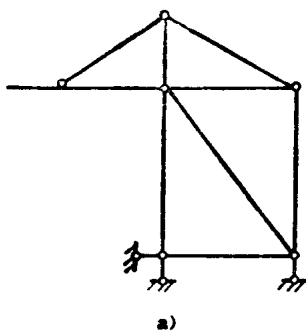
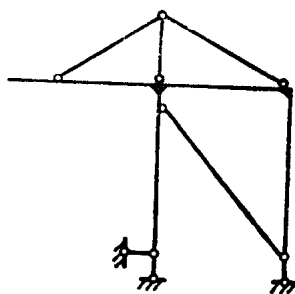


图 2-4-6



a)



b)

图 2-4-7

2-4-8 试对图2-4-8所示门座起重机上部结构所简化的不同计算简图进行机动分析。

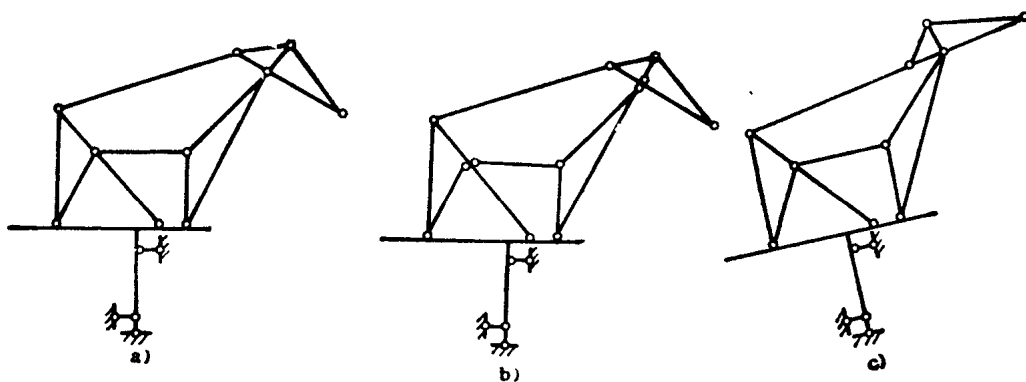


图 2-4-8

2-4-9 试对图2-4-9所示输送皮带机托架结构所简化的不同计算简图进行机动分析。

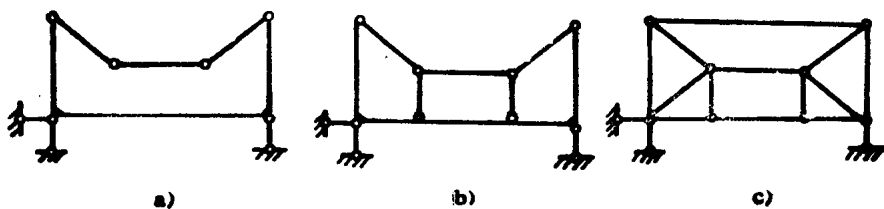


图 2-4-9

§ 2-5 习题答案

题2-4-1

图2-4-1 a $W = 0$

图2-4-1 b $W = -4$

c $W = -1$

d $W = -4$

e	$W = 0$
f	$W = -48$
g	$W = 0$
h	$W = -1$
i	$W = -6$

题2-4-2

图2-4-2 a	$W = 0,$	几何不变
b	$W = 1,$	几何可变
c	$W = 0,$	几何瞬变
d	$W = 0,$	几何不变

题2-4-3 $W = 0,$ 几何不变

题2-4-4 $W = 7,$ 几何可变

题2-4-5

图2-4-5 a	$W = 0,$	几何不变
b	$W = 0,$	几何瞬变

题2-4-6 $W = -1,$ 几何不变

题2-4-7

图2-4-7 a	$W = 0,$	几何不变
b	$W = -2,$	几何不变

题2-4-8

图2-4-8 a	$W = 0,$	几何不变
b	$W = -2,$	几何不变
c	$W = 0,$	几何瞬变

题2-4-9

图2-4-9 a	$W = 1,$	几何可变
b	$W = -1,$	几何不变
c	$W = 0,$	几何瞬变

第三章 静定结构

§ 3-1 基本要求

了解静定结构的基本特征和特性。

掌握静定结构的受力特点。

学会用几种介绍的方法计算静定结构的内力、正确绘制 M 、 Q 、 N 图。

§ 3-2 复习与思考

3-2-1 静定结构有哪些特征和特性?

3-2-2 静定平面桁架内力计算有哪几种方法? 如何正确选择?

3-2-3 何谓“零杆”? 判别零杆的方法有哪些? 结构中的零杆是否可以去掉? 为什么?

3-2-4 静定平面桁架与静定平面刚架的主要区别是什么?

3-2-5 绘制平面刚架内力图时, 应注意的规则是什么? 为什么要这样规定?

3-2-6 静定平面结构的内力图作出后, 如何判别它是否正确?

3-2-7 绘制“马一克”图的步骤是什么? 应遵循哪些原则?

§ 3-3 例题

〔示例〕 试用数解法求图3-3-1所示结构中各杆内力。

〔解〕 首先取定坐标系 xoy , 计算支座反力。

由 $\Sigma M_A = 0$

$$\left(P \times \frac{a}{4}\right) + \left(2P \times \frac{3}{4}a\right) - R_F \times a = 0$$

得 $R_F = \frac{7}{4}P$

由 $\Sigma M_F = 0$, (或用 $\Sigma F_y = 0$)

$$\left(2P \times \frac{a}{4}\right) + \left(P \times \frac{3}{4}a\right) - R_A \times a = 0$$

得 $R_A = \frac{5}{4}P$

结果见图3-3-1 b。

第二步计算各杆内力。由图3-3-1 b分析可知, 在各个节点上都汇交了三根杆件, 有三个内力未知数, 若用节点法, 每个节点只有二个平衡方程 ($\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$), 这样显然

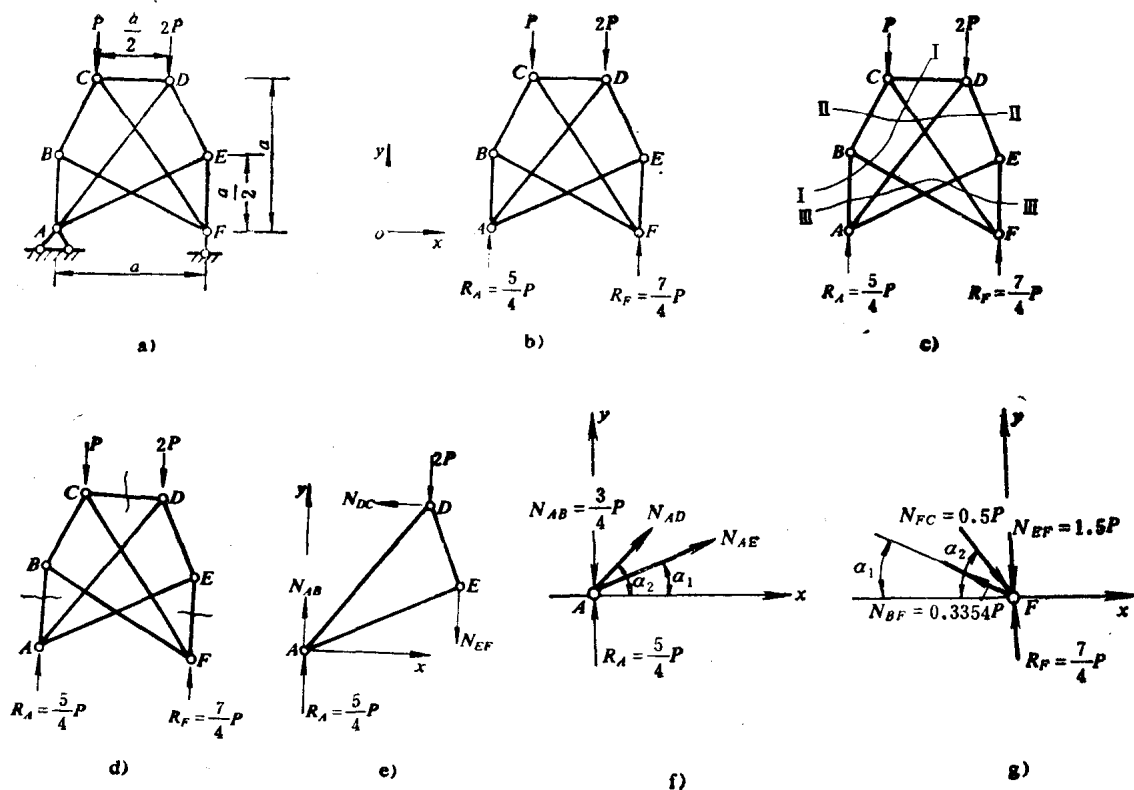


图 3-3-1

无法求解。

改用截面法进行分析,我们发现:若采用图3-3-1 c 所作的截面,无论是 I-I 截面,还是 II-II 或 III-III,这样截都要切断四根杆件,所取出的隔离体也无法利用三个平衡条件 ($\sum F_x = 0$; $\sum F_y = 0$; $\sum M = 0$) 求出全部杆件内力的。

怎么办呢?我们可采用图3-3-1 d 截法,用截面切断杆 AB, DC, EF,取出图 3-3-1 e 所示的隔离体,在这隔离体上只有三个未知内力 N_{AB} 、 N_{DC} 、 N_{EF} ,这样就可利用三个平衡条件求出结果:

$$\begin{aligned}
 \sum F_x = 0 & \quad N_{DC} = 0 \\
 \sum F_y = 0 & \quad R_A + N_{AB} - 2P - N_{EF} = 0 \\
 \sum M_A = 0 & \quad 2P \times \frac{3}{4}a + N_{EF} \times a = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{AB} &= -\frac{3}{4}P \\
 N_{DC} &= 0 \\
 N_{EF} &= -\frac{3}{2}P
 \end{aligned}$$

求出了这三根杆件的内力后,再用节点法计算就很方便了,因为这时每个节点上只有两个未知内力。