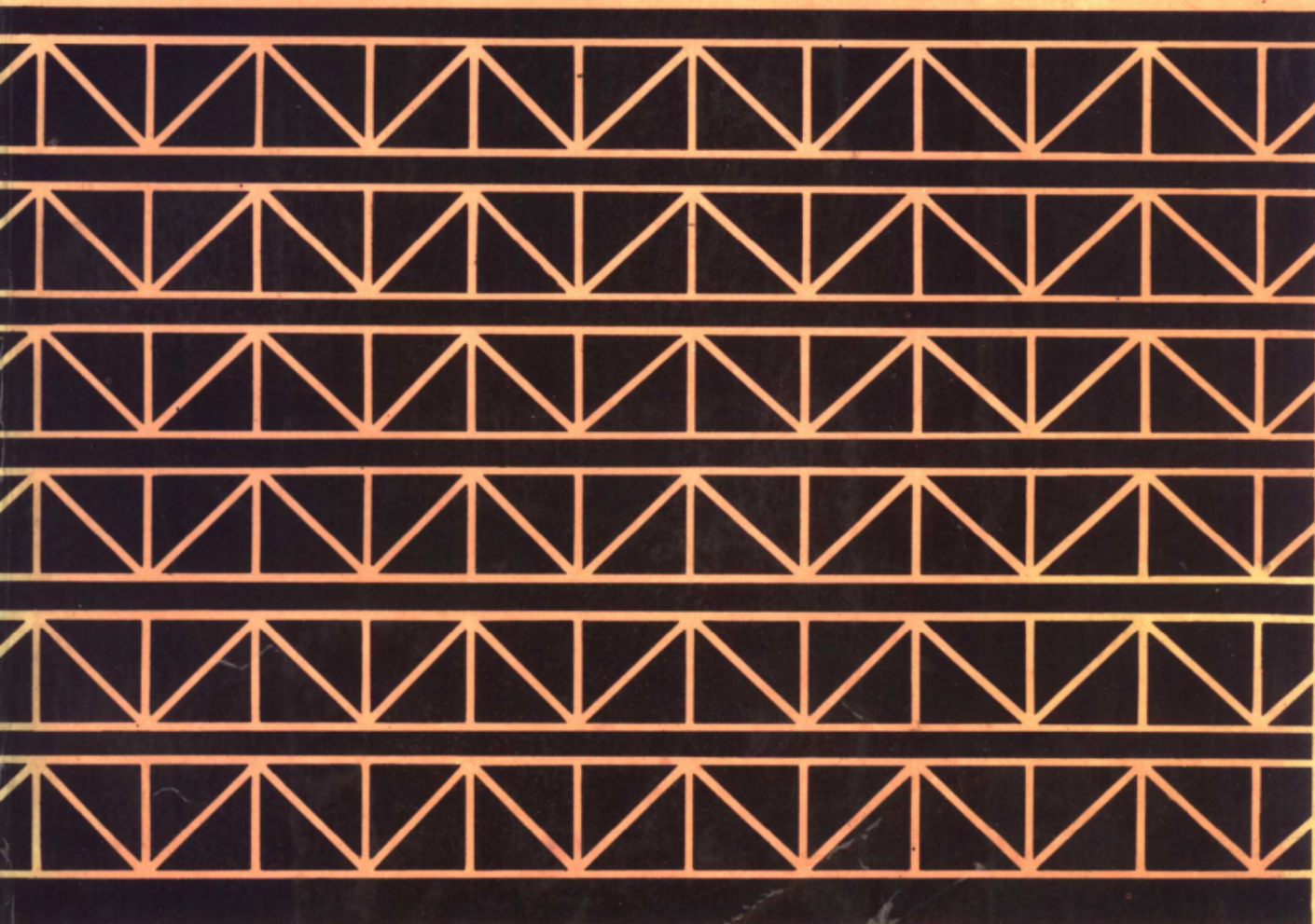


教 学 参 考 书

结构力学解题指南

于建华 王长连 编著



成都科技大学出版社

教 学 参 考 书

结 构 力 学 解 题 指 南

于建华 王长连 编著

成都科技大学出版社

(川)新登字015号

内 容 提 要

全书共十一章。内容包括结构计算简图,平面杆件体系的几何组成分析,静定结构的内力和位移计算,用力法、位移法、渐近法、矩阵分析法计算超静定结构,影响线及其应用,结构动力计算和梁、刚架塑性分析等方面的概念练习题476道,计算练习题645道。概念练习题均有答案,计算练习题都给出解答或提示。

本书是根据现行大专结构力学教学大纲编写的,在编写过程中也参考了本科及中专大纲。它是大专、电大、夜大、函大、业大、职大及广大中专生学习结构力学的良师益友,即使对于大学本科生、大中专教师和工程技术人员也不失为一本有价值的教参两用书。

结构力学例题指南

于建华

成都科技大学出版社出版发行
四川省新华书店经销
德阳新华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 33.75

1993年8月第1版 1993年8月第1次印刷

字数: 780千字 印数: 1—5000

ISBN 7-5616-1600-7/O·106

定价: 15.00元

前 言

结构力学这门课程,无论是对于土建大中专院校,或是机械大中专院校,许多专业都要设置的一门技术基础课。实践证明,无论是在校学习的学生或是自学函授的学生,要学好这门课程的基本概念和基本理论,除认真学习课文外,都需要做一定数量的习题才能得到巩固和深化。同学们一般学习时间都较紧张,在有限地学习时间内,选多少或选哪些题目才能收到最佳效果,这往往是任课教师颇费思考和自学者热切希望引导的一个问题。作者根据这种情况,结合自己多年教学经验,参考有关结构力学资料,编写了这本“结构力学解题指南”,希望能在这个问题上有所建树。

本书共十一章。内容包括结构计算简图,平面杆件体系的几何组成分析,静定结构的内力和位移计算,用力法、位移法、渐近法、矩阵分析法计算超静定结构,影响线及其应用,结构动力计算和梁、刚架塑性分析等方面的概念练习题476道,计算练习题645道。

在撰写形式上力图突破现行结构力学模式,每章按五部分编写,每部分的特点是:

一、内容提要与学习要求 这部分内容是根据教学目标责任制的精神编写的。它概括了本章的主要内容,同时也明确了学习的目的和要求,并且对怎样学好这一章指明了方向。

二、要点学习指导 这部分简明扼要地集中了有关理论和基本公式精华,省略了枝节问题和一些不必要的论证,是一份快速复习基本理论的好资料。

三、概念练习题 结构力学概念较抽象,这部分以简洁的文字,形象的事例,利用填空、判断、选择、简答等有趣题型,具体地将基本概念进行复习、加深。这些题型在同类书中是很少见到的。

四、计算题选解 结构力学计算题类型很多,且每种题型基本上都有自己独特解法。这部分从大量习题中,精选出若干不同性质和不同类型的例题加以详解,其重点放在巩固加深基本概念和提高分析问题与解答技巧上,目的在于通过解题弄懂基本理论。

五、计算练习题 结构力学是一门实践性很强的课程,作习题也是一种实践。这部分选择了各种类型练习题供读者演算。在练习题的后面都有解答或提示。这样,一避免读者不动脑筋思考就看解答;二当不会解答时,能很快找到答案。题目多为中等深度,只要搞清基本概念,看懂例题,一般独立解答没有多大问题。

本书是根据现行土建、机械大专结构力学教学大纲编写的。为了扩大本书的实用范围,在编写过程中也参考了成大及中专大纲要求,所以本书是大专、电大、夜大、函大、业大、职大、中专广大学生学习结构力学的良师益友,即使对于大学本科生、大中专教师和工程技术人员也不失为一本有价值的教参两用书。

编写分工:一、二、三、四、九、十一章由王长连高级讲师编写;五、六、七、八、十章由于建华法国工科博士、教授编写,署名以姓氏笔划为序。成都科大蒋明健、陈红同志描图和贴图。成都科大出版社主任赖晓霞副教授为责任编辑。

由于编者水平有限,书中错误或不妥之处在所难免,衷心希望读者提出宝贵意见。

编 者

一九九三年二月

12/11/08/12

目 录

第一章 结构计算简图..... 1

一、内容提要与学习要求..... 1

二、要点学习指导..... 1

(一) 选择结构计算简图的原则及需要考虑的问题..... 1

(二) 选择结构计算简图的思路..... 1

(三) 计算简图简化的内容..... 2

(四) 计算简图选择具有相对性、灵活性..... 8

(五) 结构的分类..... 8

三、概念练习题..... 9

(一) 填空题..... 10

(二) 判断题..... 10

(三) 单项选择题..... 11

(四) 多项选择题..... 12

(五) 简答题..... 13

概念练习题答案..... 13

四、结构计算简图分析题选解..... 14

五、分析练习题..... 17

附解答..... 18

第二章 平面杆件体系的几何组成分析..... 20

一、内容提要与学习要求..... 20

二、要点学习指导..... 20

(一) 平面体系..... 20

(二) 刚片..... 20

(三) 平面体系的自由度与约束..... 21

(四) 关于几何不变体系的三个组成规则..... 21

(五) 两两相交原则..... 22

(六) 几何组成分析方法..... 23

(七) 三刚片体系虚铰在无限远处情况..... 25

(八) 超静定结构多余联系的判别..... 26

(九) 各类平面体系的特征..... 27

(十) 检验瞬变桁架的零载法..... 27

三、概念练习题..... 28

(一) 填空题..... 28

(二) 判断题..... 29

(三) 选择题..... 30

(四) 简答题..... 36

概念练习题答案..... 36

四、几何组成分析题选解..... 37

五、分析练习题..... 46

附解答..... 50

第三章 静定平面结构的内力计算..... 58

一、内容提要与学习要求..... 58

二、要点学习指导..... 58

(一) 绘制内力图的规定与要求..... 58

(二) 运用截面法求内力注意事项..... 59

(三) 运用叠加法作梁、刚架的弯矩图..... 59

(四) 利用内力与荷载的微分关系指导绘制梁、刚架的内力图..... 61

(五) 静定平面刚架M图的正误判别..... 62

(六) 三铰拱的受力特点及其合理轴线..... 64

(七) 三铰平面拱在竖向荷载作用下的内力计算..... 64

(八) 三铰拱内力图的一些特点..... 65

(九) 桁架的受力分析..... 66

(十) 桁架结点平衡的特殊情况..... 67

(十一) 组合结构的内力分析..... 68

三、概念练习题..... 68

(一) 填空题..... 68

(二) 判断题·····	70	比较·····	203
(三) 选择题·····	72	(九) 超静定结构最后内力图的校核·····	204
(四) 因果选择题·····	78	三、概念练习题·····	204
(五) 连接题·····	79	(一) 选择题·····	204
概念练习题答案·····	79	(二) 判断题·····	205
四、计算题选解·····	80	(三) 填空题·····	206
五、计算练习题·····	103	(四) 简答题·····	207
附解答·····	107	概念练习题答案·····	214
第四章 静定结构的位移计算 ·····	126	四、计算题选解·····	215
一、内容提要和学习要求·····	126	(一) 一般结构的计算·····	215
二、要点学习指导·····	126	(二) 对称性的利用·····	228
(一) 结构位移的概念·····	126	(三) 温度变化及支座沉陷原因所引起内力的计算·····	234
(二) 位移计算中的叠加原理·····	127	(四) 超静定结构的计算·····	237
(三) 虚功与实功的概念·····	128	(五) 超静定结构计算结果的校核·····	239
(四) 变形体的虚功原理·····	129	其它类型·····	241
(五) 结构位移计算公式集锦·····	129	五、计算练习题·····	242
(六) 单位荷载法·····	131	附解答·····	253
(七) 图乘法·····	133	第六章 用位移法计算超静定结构 ·····	273
(八) 四个弹性互等定理·····	135	一、内容提要和学习要求·····	273
三、概念练习题·····	137	二、要点学习指导·····	273
(一) 填空题·····	138	(一) 位移法的解题思路·····	273
(二) 判断题·····	140	(二) 等截面直杆的转角位移方程·····	274
(三) 选择题·····	143	(三) 位移法的基本结构与基本未知数·····	275
(四) 连接题·····	146	(四) 位移法典型方程的物理意义·····	277
概念练习题答案·····	147	(五) 应用位移法典型方程求解超静定结构内力的步骤·····	278
四、计算题选解·····	148	(六) 对称性的利用·····	278
五、计算练习题·····	170	(七) 建立位移法方程的两种具体作法·····	279
附解答·····	175	(八) 位移法与力法的比较·····	279
第五章 用力法计算超静定结构 ·····	195	三、概念练习题·····	280
一、内容提要和学习要求·····	195	(一) 填空题·····	280
二、要点学习指导·····	195	(二) 判断题·····	283
(一) 学习力法的基础·····	195	(三) 选择题·····	284
(二) 超静定结构的两个特征·····	195	(四) 简答题·····	288
(三) 超静定次数的确定·····	195	概念练习题答案·····	289
(四) 力法原理·····	196		
(五) 力法基本结构的合理选择·····	198		
(六) 关于超静定结构位移的计算·····	201		
(七) 用力法解题过程中需注意的一些问题·····	203		
(八) 超静定结构与静定结构的			

四、计算题选解	292	(三) 整体分析	356
五、计算练习题	300	(四) 各杆内力的计算	358
附解答	303	(五) 计算步骤及应注意之处	358
第七章 渐近法	318	三、概念练习题	362
一、内容提要和学习要求	318	(一) 填空题	342
二、要点学习指导	318	(二) 判断题	363
(一) 力矩分配法的基本思想	318	(三) 选择题	363
(二) 力矩分配法中的几个基本概念	318	(四) 简答题	366
(三) 单结点力矩分配计算的步骤	319	概念练习题答案	367
(四) 多结点力矩分配的计算步骤	319	四、计算题选解	368
(五) 用力矩分配法计算应注意之处	320	(一) 用直接刚度法计算平面刚架	368
(六) 用迭代法计算刚架的基本思想	320	(二) 用直接刚度法计算平面桁架	375
(七) 迭代法中的基本未知量	320	(三) 用直接刚度法计算连续梁	381
(八) 用迭代法计算无侧移刚架	321	五、计算练习题	385
(九) 用迭代法计算有侧移刚架	322	附解答	388
(十) 迭代法计算应注意之处	323	第九章 影响线及其应用	400
三、概念练习题	323	一、内容提要和学习要求	400
(一) 填空题	323	二、要点学习指导	400
(二) 选择题	324	(一) 影响线的概念	400
(三) 判断题	325	(二) 静力法作影响线	401
(四) 简答题	325	(三) 机动法作影响线	401
概念练习题答案	326	(四) 多跨静定梁的影响线	403
四、计算题选解	327	(五) 间接荷载作用下梁的影响线	404
(一) 单结点力矩分配法	327	(六) 桁架的影响线	404
(二) 多结点力矩分配法	329	(七) 最不利荷载位置的确定	405
(三) 迭代法	335	(八) 简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	407
五、计算练习题	340	(九) 超静定梁影响线作法及其包络图	409
附解答或提示	343	三、概念练习题	410
第八章 矩阵位移法	353	(一) 填空题	412
一、内容提要和学习要求	353	(二) 判断题	413
二、要点学习指导	353	(三) 选择题	414
(一) 矩阵位移法的基本原理与解题思路	353	概念练习题答案	417
(二) 单元分析	354	四、计算题选解	418
		五、计算练习题	431
		附解答	434
		第十章 结构动力计算	444

一、内容提要与学习要求·····	444
二、要点学习指导·····	444
(一) 弹性体系振动的自由度·····	444
(二) 动力计算的特点·····	444
(三) 建立运动方程的方法·····	445
(四) 单自由度体系的自由振动 ·····	445
(五) 单自由度体系的受迫振动 ·····	447
(六) 多自由度体系的自由振动 ·····	449
(七) 多自由度体系在简谐荷载力 作用下的受迫振动·····	452
(八) 多自由度体系在任意荷载作 用下的受迫振动·····	452
(九) 能量法计算自振频率·····	453
三、概念练习题·····	453
(一) 填空题·····	453
(二) 判断题·····	454
(三) 简答题·····	455
概念练习题答案·····	455
四、计算题选解·····	457
(一) 单自由度体系的自由振动 ·····	457
(二) 单自由度体系有阻尼的振动 ·····	458
(三) 单自由度体系的强迫振动 ·····	460
(四) 多自由度体系的自由振动 ·····	462
(五) 多自由度体系在简谐干扰力作 用下的强迫振动·····	464

(六) 结构自振频率的近似计算 ·····	468
--------------------------	-----

五、计算练习题·····	469
附解答或提示·····	474

第十一章 梁和刚架的塑性分析····· 482

一、内容提要与学习要求·····	482
------------------	-----

二、要点学习指导·····	482
---------------	-----

(一) 理想弹塑性材料的特性·····	482
---------------------	-----

(二) 极限弯矩与塑性铰·····	483
-------------------	-----

(三) 内力重分布现象·····	484
------------------	-----

(四) 对结构进行塑性分析时采用的 假设·····	485
------------------------------	-----

(五) 确定极限荷载的三个定理 ·····	485
--------------------------	-----

(六) 确定极限荷载的静力法和机 动法·····	485
-----------------------------	-----

(七) 基本机构数目的确定及组合 机构·····	486
-----------------------------	-----

三、概念练习题·····	487
--------------	-----

(一) 填空题·····	487
--------------	-----

(二) 判断题·····	488
--------------	-----

(三) 选择题·····	488
--------------	-----

(四) 简答题·····	490
--------------	-----

概念练习题答案·····	490
--------------	-----

四、计算题选解·····	491
--------------	-----

(一) 用静力法计算梁和刚架的极 限荷载·····	491
------------------------------	-----

(二) 用机动法计算梁和刚架的极 限荷载·····	499
------------------------------	-----

五、计算练习题·····	515
--------------	-----

附解答·····	517
----------	-----

第一章 结构计算简图

一、内容提要与学习要求

所谓建筑结构，系指在建筑物或构筑物中，能承受荷载、维持平衡并起骨架作用的整体或部分，简称结构。在结构设计中，需要对实际结构进行受力分析，计算它在荷载或其它因素作用下的内力和变形。但实际结构的组成、受力和变形情况都是很复杂的，要完全按照实际结构进行受力分析、计算是不可能，也是不必要的。因此，对实际结构进行力学计算前，必须把实际结构抽象简化为既能基本反映实际受力情况，又便于计算的图形，这种简化了的力学计算模型称为结构计算简图。本章主要研究的内容为：

1. 选择结构计算简图的原则及需要考虑的问题；
2. 结构计算简图简化的内容；
3. 结构的分类。

通过本章学习应达到下列要求：

1. 弄清什么叫结构的计算简图，选择计算简图应遵循什么原则；
2. 掌握选择结构计算简图应考虑哪些因素，应进行哪些简化；
3. 熟悉常见结构的结点、支座的计算简图及其受力、变形特点，会画常见结构的计算简图。

二、要点学习指导

（一）选择结构计算简图的原则及需要考虑的问题

选择结构计算简图的原则是：一所选的结构计算简图基本上符合实际结构的受力和变形特点，二便于分析和计算。

计算简图的选取受多种因素的影响，其主要因素有：

1. 结构的重要性 重要的结构应采用比较精确的计算简图，反之可采用较简略的计算简图。
2. 设计阶段 在初步设计阶段可选用较简略的计算简图，在技术设计阶段要选用较精确的计算简图。
3. 计算问题的性质 通常对结构的静力计算选用较复杂的计算简图；对于结构的动力和稳定计算，因本身计算较复杂，一般采用较简单的计算简图。
4. 计算工具 结构计算使用的计算工具越先进，采用的计算简图就要越精确些。

（二）选择结构计算简图的思路

选择结构计算简图的思路是“从实际出发”和“分清主次”。

所谓从实际出发，就是全面考虑结构的布置和构造，了解结构受力的实际情况。例如，图1—1所示的杯形基础，是预制柱两种杯形基础的做法。图1—1a示，柱插入杯口较深，四周用细石混凝土填充，可以简化成固定支座；图1—1b示，柱插入杯口较浅，一般填充，柱端可以发生微小转动，所以简化为铰支座。当地基较软，基础较小时，图1—1a所示情况也可简化成铰支座。

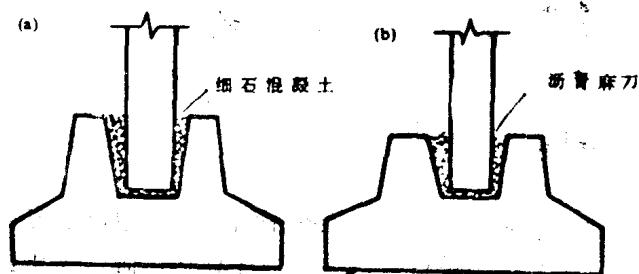


图1—1

所谓分清主次，就是对实际结构的受力状态进行分析，区别主要因素和次要因素，为此引出结构各部分的相对刚度这个概念。如图1—2为一等截面两跨连续梁，短跨BA的转动刚度（使杆端产生单位转角的力矩，叫杆端的转动刚度，它是杆件抗扭转能力的量度。此概念参见第七章）比长跨BC的转动刚度要大得多。当BA跨受荷载作用时（图1—2a），BA跨以BC梁为弹性支座（后面讲）。此弹性支座弹性较弱，因此BA跨的M图与相应简支梁（图1—2c）的M图相近。反之，当BC跨受荷载作用时（图1—2b），BC跨又以BA梁作为弹性支座。此弹性支座弹性较强，因此BC跨的M图与左端固定、右端简支梁（图1—2d）的M图相近。

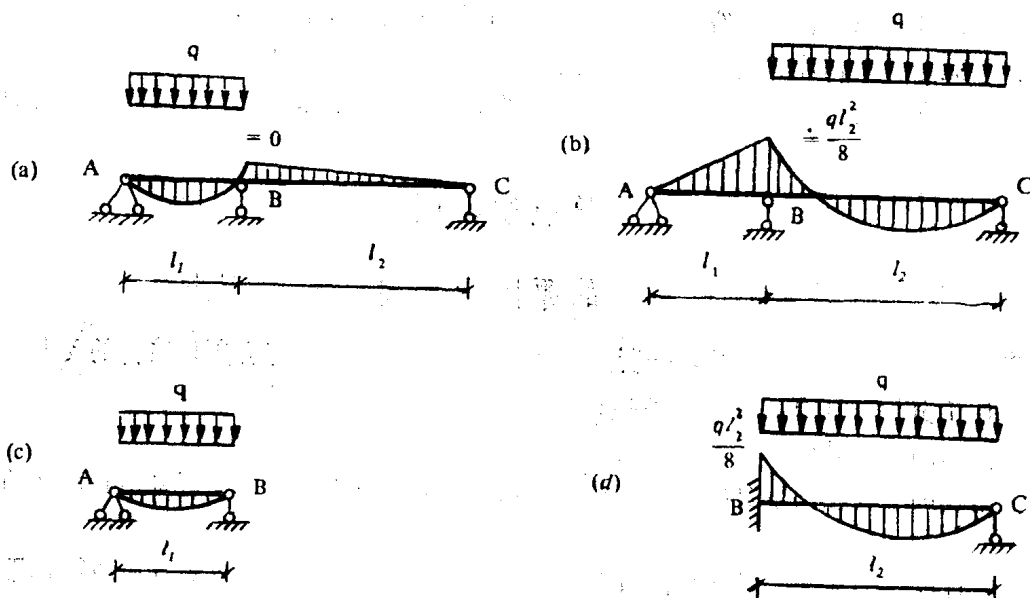


图1—2

即当结构相邻部分刚度相差较大时，可按极限情况（刚度为无限大或为零）处理，以简化计算。如图1—2a、b示的梁，只要两梁的转动刚度相差20倍以上，其计算简图可以分别简化为图1—2c、d所示。所得结果其误差仅在5%之内。

（三）计算简图简化的内容

将实际结构简化成计算简图，通常要进行下列五方面的简化：

1. 支座简化

任何结构都必须支承在某一基础或某一结构之上,才能承受荷载维持正常工作。工程中,将结构与基础相连接或相接触的部分称为支座。结构是靠支座支承在基础上的,结构上所承受的荷载是通过支座传递到基础或其它结构上。在传力过程中,支座将产生支座反力。因此在结构计算中所选用的支座简图必须与支座的实际构造和变形特点相符合。工程中的支座通常简化为活动铰支座、固定铰支座和固定支座三种,有时也简化成弹性支座、定向支座等。

(1) 活动铰支座 这种支座的特点是,在支承部分有一个铰结构或类似于铰结构的装置,上部结构可以绕铰结点自由转动,而整个结构部分又可在某一个方向微小移动,其计算简图

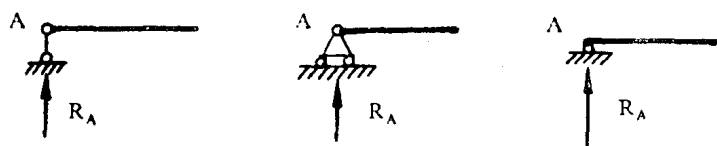


图1—3

如图1—3所示。显然这种支座只有垂直于梁的支座反力,它的作用点在链杆的顶铰处,其作用线为支座的中轴线。

(2) 固定铰支座 这种支座与活动铰支座的区别在于,整个支座不能移动,但上部结构仍可绕某一固定轴线或铰自由转动,其计算简图如图1—4所示。显然,这种支座反力必通过铰点,但其方向、大小均未定。一般处理方法,将这种支座反力分解成互相垂直的支座反力,其方向任意选定,最后由计算结果的正、负确定正误。即计算结果为正,说明方向选对了;计算结果为负,说明方向选反了。

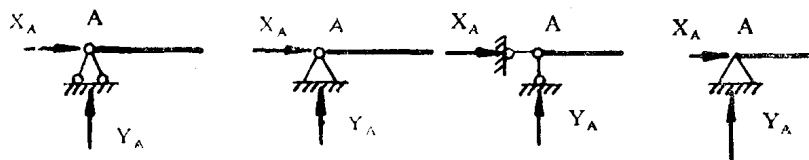


图1—4

(3) 固定支座 如果某一结构与基础相联结时,其二者既不能相对移动,又不能相对转动,这种联结称为固定支座,其计算简图如图1—5示。因这种支座既不允许移动,又不允许转动,根据力的定义应有三个支座反力,如图1—5所示。

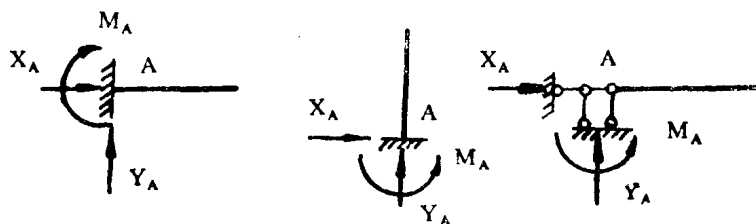


图1—5

(4) 弹性支座 以上三种支座是最常见的,也是最基本的支座型式,统称为刚性支座,即这些支座在外荷载作用下本身不产生弹性变形。但在工程中,也会遇到支承结构的基础具有一定的弹性,在外荷作用下产生弹性变形,从而影响结构的变形和内力,这种支座称为弹性支座,其计算简图如图1—6a示。弹性支座的反力与结构支承端相应的位移成正比。

(5) 定向支座 这种支座只允许沿某一方向发生移动,而不允许发生转动,显然这种支座只有两个反力,其示意图如图1—6b所示。其反力依次为: $X_A=0$, $Y_A \neq 0$, $M_A \neq 0$; X_B

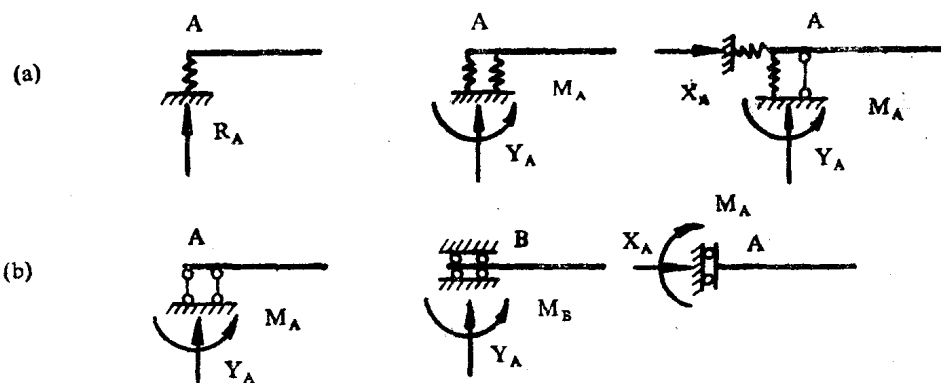


图1—6

$=0, Y_B \neq 0, M_B \neq 0; X_A \neq 0, Y_A = 0, M_A \neq 0$ 。

2. 结点的简化

凡是由两根或两根以上的杆件相联接而汇交的点，称为结点。

在结构计算中，通常将结点简化为铰结点和刚结点。

图1—7a示为钢筋混凝土排架柱顶与屋梁端部的构造。柱顶和屋梁端点底部都预埋钢板，屋架吊装就位后，把两块钢板焊接在一起。这样，屋架端部与柱顶不能发生相对线位移，但仍可能发生微小的相对转动。因此常把这种结点简化为铰结点（图1—7b）。

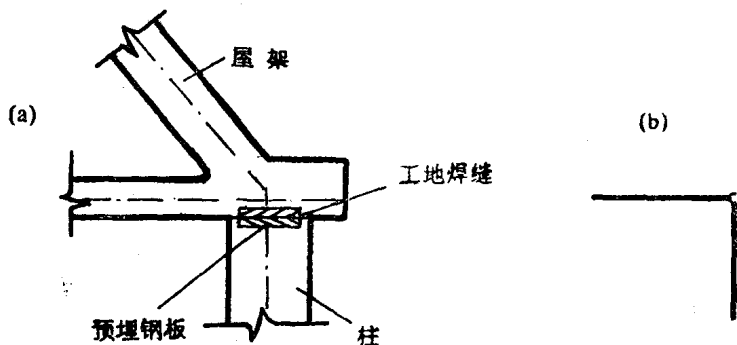


图1—7

再如实际桁架结构中，每个节点都不是用铰来联接，相反，联接处往往焊有节点板，而计简图中的节点均可当作为理想铰。虽然粗看上去似乎和实际情况相差很远，但由计算和实验证明，这样的简化是和实际受力情况相差不大的。

图1—8a所示现浇钢筋混凝土框架顶层结点处的构造。因为梁与柱用钢筋联接，其混凝土为整体浇注，而且钢筋又能传递弯矩，故梁与柱在结点处不能发生相对移动和相对转动，因此把它简化为刚结点（图1—8b）。

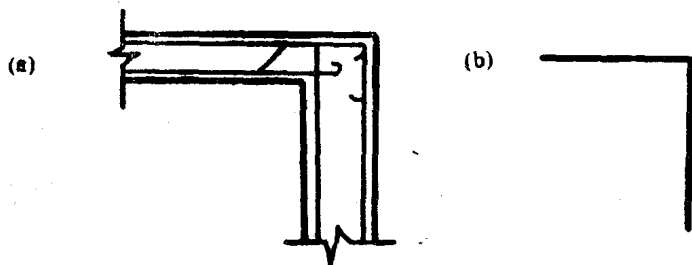


图1—8

确定结点简图时，除要考虑结点的构造外，还要考虑结构的几何组成情况。例如图1—

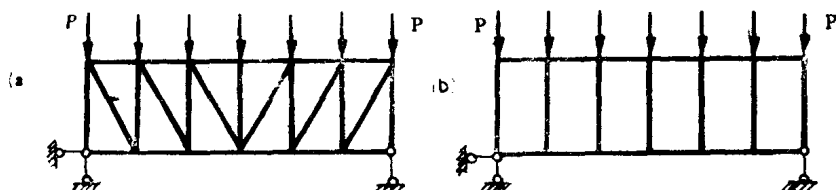


图1—9

9a所示结构，结点可以取为铰结点，按桁架计算；图1—9b所示结构，结点就必须取为刚结点，按刚架计算。

从几何组成上讲，桁架和刚架的根本区别是：桁架的几何不变性依赖于杆件的布置，而刚架的几何不变性主要依赖于刚结点的刚性。工程中的钢屋架和钢筋混凝土屋架，虽然从结点构造上看接近于刚结点，但其受力状态与一般刚架不同，其轴力是主要的，而弯矩、剪力是次要的，称为次内力。因此计算钢屋架和钢筋混凝土屋架时也可把结点简化为铰结点。

总起来说，结点简图是根据结点的受力状态和构造情况而确定的。影响结点受力状态的因素主要有两个：一个是结点的构造情况，另一个是结构的几何组成情况。凡是由于结点构造上的原因，或者是由于几何组成的原因，在结点处各杆的杆端弯矩较小，可以忽略不计，都可以简化成铰结点。

3. 杆件的简化

杆件的截面尺寸（宽、厚）通常比杆件长度小得多，截面上的应力都是根据截面的内力来确定。因此在计算简图中，杆件用轴线表示，杆件之间的联结用结点表示，杆长用结点间的距离表示，而荷载的作用线也要转移到轴线上。

以上是杆件简化的一般原则，下面再说明几个具体问题。

(1) 以直杆代替微弯或微折的杆件

图1—10所示厂房排架柱的上下两段具有不同的截面尺寸，截面形心的连线不是一条直线。在计算图（图1—10b）中，上柱和下柱用一条直线表示。柱高为基础顶面到屋架下弦的距离。排架跨度可取下柱轴线间的距离。因为对于柱顶为铰结的排架，当柱上作用着荷载时，排架跨度对排架内力并无影响。如果柱顶为刚结时，则上柱间的跨度要取上柱轴线间的距离。

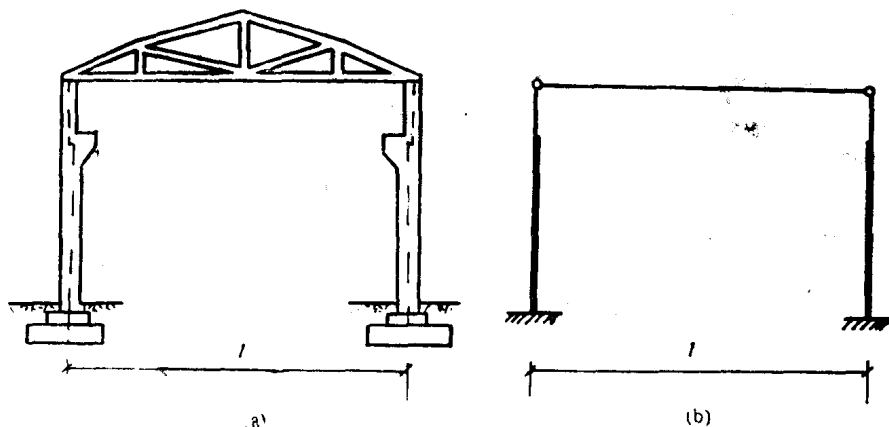


图1—10

图1—11a示为一门式刚架。因为杆件是变截面的，梁截面形心的连线不是直线，柱截面形心的连线不是竖直线。为了简化计算，在计算简图(图1—11b)中，斜梁的轴线采用斜梁顶部截面形心引出的平行于上表皮的直线，柱的轴线采用从柱底截面形心引出的竖直线。

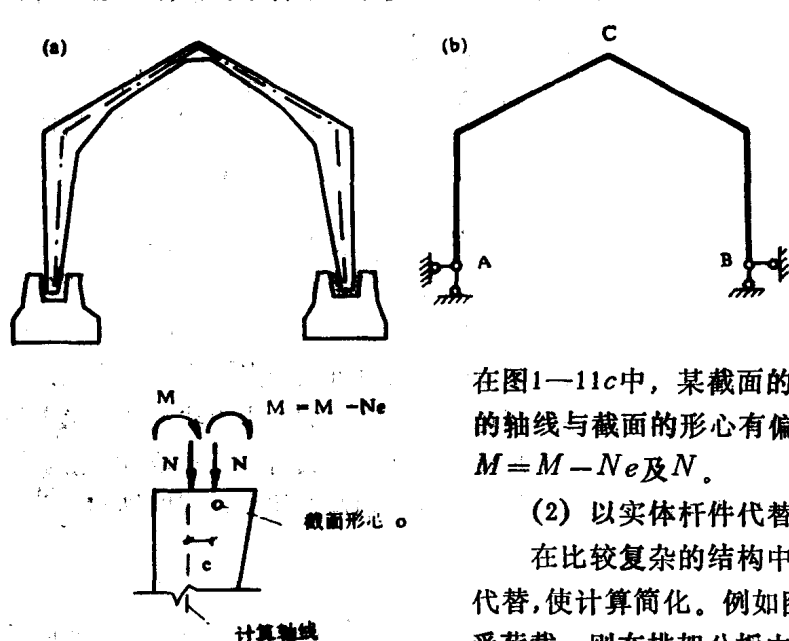


图1—11

还需指出，按以上简图计算出来的内力是计算简图轴线上的内力。因为计算简图的轴线并不是各截面形心的连线，因此在选择截面尺寸或计算配筋时，应将算得的内力转化为截面形心的内力。例如在图1—11c中，某截面的内力为 M 和 N 。因为计算简图的轴线与截面的形心有偏心 e ，故截面形心处的内力为： $M = M - Ne$ 及 N 。

(2) 以实体杆件代替格构式杆件

在比较复杂的结构中，格构式杆件常以实体的杆件代替，使计算简化。例如图1—10a所示厂房排架，如柱承受荷载，则在排架分析中，可用实体横梁代替屋架(图1—10b)。至于屋架各杆本身的内力，可按简支桁架计算。在计算时，除考虑屋面结点荷载外，还要考虑排架

分析中横梁两端承受的力。

(3) 杆件刚度的简化

结构中某一杆件与其它杆件相比，如果它的刚度大得多，则可把它的刚度设为无限大；反之，如果它的刚度小得多，则可把它的刚度设为零。采用这种假设可使计算得到简化。

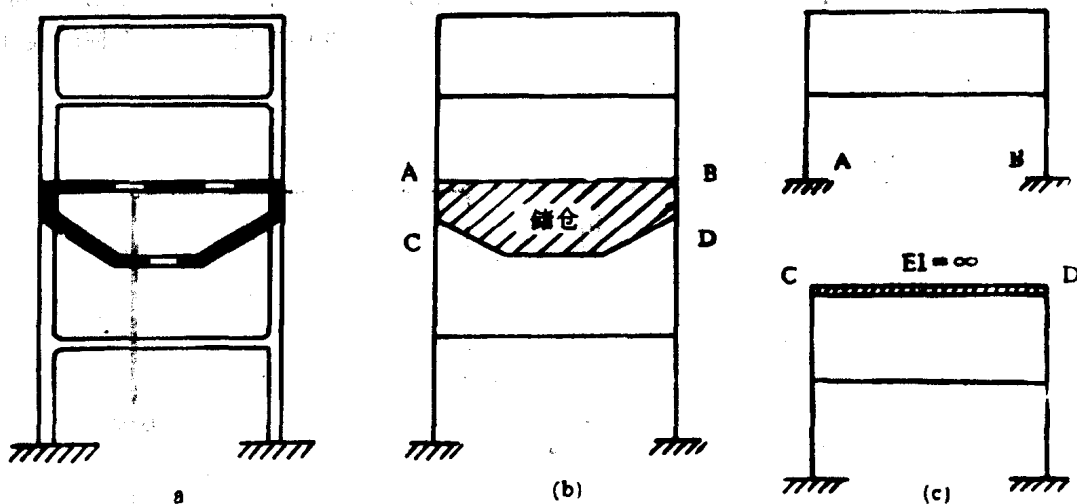


图2—12

图1—12a为矿山建设中常遇到的有贮仓的框架结构。由于贮仓的刚度很大，计算刚架时，可以假设它的刚度为无限大(图1—12b)。其计算简图如图1—12c示。横梁的 $EI=\infty$ ，C和D点的转角为零。

4. 结构体系的简化

前面讨论了结构中支座、结点、杆件的简化问题，下面讨论结构整个体系的简化问题。

一般讲，实际结构都是空间结构，各部分互相联成为一个空间整体，来抵抗各个方向可能出现的荷载。因此，在适当的条件下，根据受力状态的特点，设法把空间结构分解为平面结构，这是结构计算时常采用的方法。如图1—13a所示多跨多层框架结构，实际上由梁和柱组成空间结构，而在结构设计中都是按平面结构计算。对于风荷载、地震力等水平荷载来说，结构的横向刚度比较小，纵向刚度比较大。为了保证结构的承载能力，通常截取横向刚架(图1—13c)进行计算。计算横向刚架时要考虑竖向荷载和横向水平荷载；而纵向刚架(图1—13b)则只承受纵向风载及纵向地震力。平常对横向刚架只验算地震力，由于它的迎风面积小，风载比较小，而抵抗的柱子多，因此风载所产生的内力可以忽略。另外，横向刚架还有一个优点，就是刚架形式简单，便于计算。

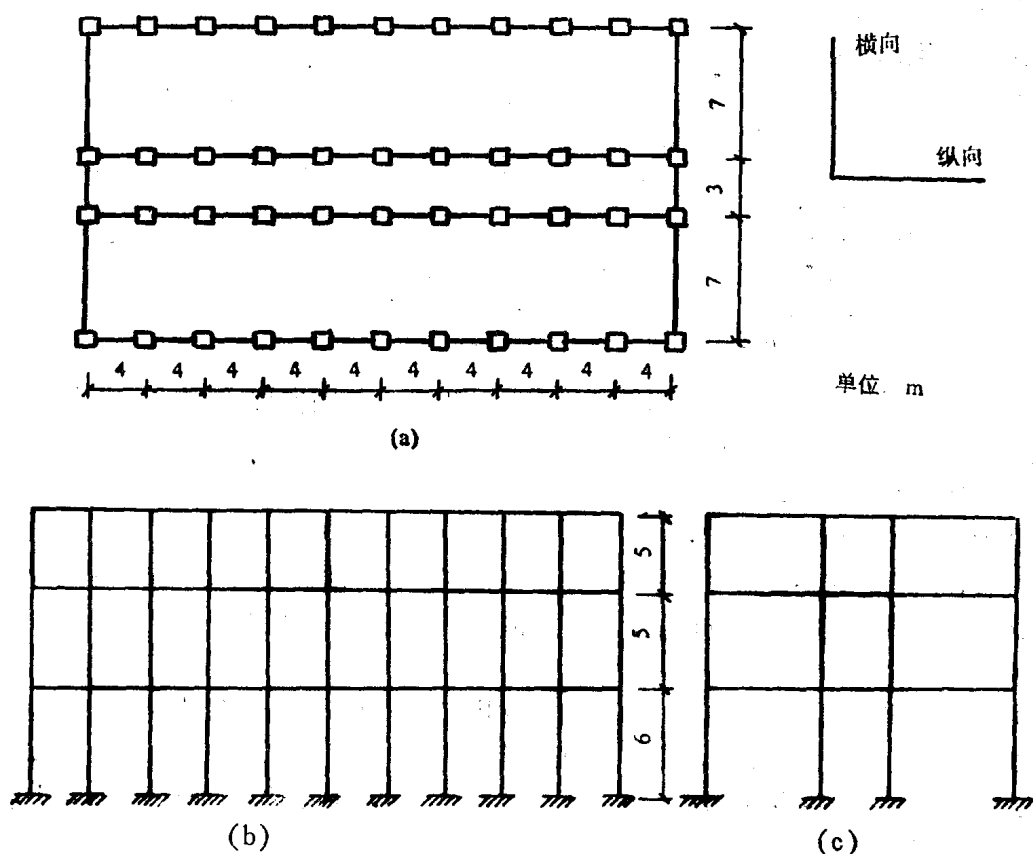


图1—13

5. 荷载的简化

所谓荷载系指主动作用在结构上的外力。如结构的自重、加于结构上的水压力、土压力及设备自重等。除荷载外，还有一些因素会使结构产生内力和变形，如温度变化、基础沉

降、材料收缩等，它们叫做间接作用。

在结构计算前，先要确定结构所受的荷载。荷载的确定是结构设计中一个十分重要的工作，马虎不得。如荷载确定太大，会使设计的结构过于笨重，且造成浪费；如荷载确定太小，会使设计的结构不安全。要根据图纸所标构件尺寸，组成构件材料的自重和所要承担的活荷载，以及传力途径，正确地确定结构所承受的荷载。在结构计算中一般将荷载化成集中荷载、线荷载、面荷载等。

(四) 计算简图选择具有相对性、灵活性

对于同一实际结构，在前述选择原则的前提下，可根据不同情况的需要选取不同的计算简图。一般来说，在选取计算简图时忽略的因素越多，带来的误差就越大。而由此确定的计算简图也将较为简单。相反，在结构计算简图的选择中，考虑的问题越多，其计算简图越复杂、计算越困难、计算精度越高。通常可根据结构的重要性、设计阶段、计算问题的性质以及所采用的计算工具等情况，来确定采用什么样的计算简图。

确定结构计算简图是一项十分复杂的工作，对于初学者来说是很难掌握的，它将随着读者结构力学知识和工程经验的积累，而逐渐提高结构计算简图的选取能力。

在此值得提出的是，尽管选取结构计算简图十分复杂、重要，但对于工程中常用的结构，前人已根据长期的实践经验确定了合理的计算简图，对于这样的问题可以直接引用，不必再冥思苦想。例如，房屋建筑中两端搁置于砖墙的楼面梁，当其上铺设预制板时，就可将这种梁简化成简支梁。又如，当雨蓬的一端嵌在墙内时，可简化为悬臂梁。本教材所用的计算简图，都是从实际结构中选出来的较为成熟的简图。而对于新结构的计算简图则应慎重处理，不要无根据地轻易确定计算简图。要经过多次计算分析比较，甚至通过实验来确定。

(五) 结构的分类

在此讲的结构分类，不是对实际结构的分类，而是对结构计算简图的分类。结构可根据不同的观点分成若干类别。对结构分类的主要目的在于：区分各种不同结构构造特征，找出相同类型结构的共同点，以便于设计计算。

1. 按几何特征分类

(1) 杆件结构 这种结构由杆件或杆系组成，这些杆件的长度远大于横截面尺寸（即一个方向的尺寸远大于其另两个方向的尺寸）。如图1—2、图1—9及图1—10所示的梁、桁架、排架等都属于杆件结构。

(2) 薄壁（薄板或薄壳）结构 这种结构的特点是，两个方向的尺寸（长与宽）远大于另一个方向的尺寸（厚），如薄壳屋顶、闸底板等。

(3) 实体结构 这种结构的特点是，三个方向的尺寸属同级数量，如重力坝、挡土墙等。

2. 杆件结构按空间观点分类

(1) 平面杆件结构 组成结构的所有杆件的轴线及荷载作用线均在同一平面内的结构。

(2) 空间杆件结构 组成结构杆件的轴线或荷载作用线不同在一平面内的结构。前面已讲过，实际的建筑物都是空间的，但取计算简图时，多数都可以分成一个或几个平面结构计算。

3. 按杆件的联接方式分类

(1) 铰接结构 即联接杆件的结点都是用理想铰联接的, 且每一铰所联接的各根杆件都可绕该铰自由转动, 铰接结构一般称为桁架。

(2) 刚接结构 即联接杆件的结点都是刚结点, 各杆件之间不能相对转动, 这种结构称为刚架。

(3) 混合结构 在同一结构上, 有些杆件为梁, 有些杆件为二力杆的结构, 如图1—14所示的加强梁就属于混合结构。

4. 按计算方法分类

(1) 静定结构 只需用静力平衡条件, 就可求得全部反力或内力的结构。

(2) 超静定结构 只用静力平衡条件, 不能求得全部反力或内力的结构。分析这种结构, 除需考虑静力平衡条件外还需考虑变形的几何条件。

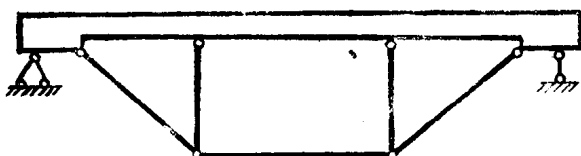


图1—14

三、概念练习题 (附答案)

〔例1—1〕插入杯形基础中的钢筋混凝土柱, 当用细石混凝土紧密填实时, 若地基较硬, 可简化成_____支座; 若其地基较软且基础较小时, 可简化为_____支座。

解: 钢筋混凝土柱插入杯形基础内, 用细石混凝土填实时, 因为细石混凝土强度很高, 它不允许柱子与基础发生相对运动, 地基土较硬不会使基础发生转动, 故可简化成固定支座; 当地基较软, 基础较小时, 它不能阻止基础发生转动, 故可简化成固定铰支座。

〔例1—2〕单跨梁就是简支梁。()

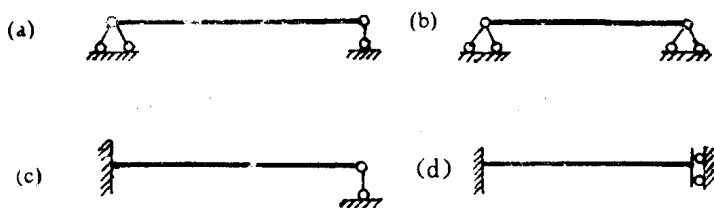


图1—15

解: 单跨梁的类型很多, 例如如图1—15a、b、c、d所示的梁均为单跨梁, 但它们不都是简支梁, 简支梁系指一端为固定铰支座, 另一端为活动铰支座的单跨梁, 图1—15a所示梁为简支梁。

〔例1—3〕平面杆系结构是指()。

A. 结构中所有杆件的轴线都位于同一平面内的结构;

B. 作用于结构上所有荷载作用线均位于同一平面内的结构;

C. 结构中各杆的轴线均位于同一平面内, 且荷载作用线也均在此平面内的结构。

解: 平面结构是指不但各杆轴线均在同一平面内, 而且各荷载作用线也均在此平面内的结构。如果结构各杆轴线均在同一平面内, 而荷载作用线不同在此平面内, 这不是平面结构, 而是空间结构, 故选择C项。