

2009



执业资格考试丛书
一级注册建筑师考试辅导教材

第二分册 建筑结构

(第五版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编

本教材由北京市注册建筑师考试辅导班的教师编写，2001年初版正式面世。教材紧跟规范、规程的更新，紧密结合考试实际，每年修订再版。本（2009年）版教材根据《建筑抗震设计规范》（2008年版）和《中华人民共和国城乡规划法》等多条重要法规、规范的变更又进行了仔细修订。是备考注册建筑师考生必备的辅导教材。

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

一级注册建筑师考试辅导教材

第二分册 建 筑 结 构

(第五版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

一级注册建筑师考试辅导教材 第二分册 建筑结构/《注册建筑师考试辅导教材》编委会编. —5版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

(执业资格考试丛书)

ISBN 978-7-112-10490-1

I. 一… II. 注… III. 建筑结构-建筑师-资格考核-自学参考资料 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 171303 号

责任编辑: 张 建

责任校对: 刘 钰 关 健

执业资格考试丛书
一级注册建筑师考试辅导教材
第二分册 建筑结构
(第五版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 25 $\frac{3}{4}$ 字数: 626 千字

2008 年 12 月第五版 2008 年 12 月第八次印刷

印数: 39301—45800 册 定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-10490-1
(17414)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

赵春山

(住房和城乡建设部执业资格注册中心主任 兼全国勘察设计注册工程师管理委员会副主任 中国建筑学会常务理事)

我国正在实行注册建筑师执业资格制度，从接受系统建筑教育到成为执业建筑师之前，首先要得到社会的认可，这种社会的认可在当前表现为取得注册建筑师执业注册证书，而建筑师在未来怎样行使执业权力，怎样在社会上进行再塑造和被再评价从而建立良好的社会资源，则是另一个角度对建筑师的要求。因此在如何培养一名合格的注册建筑师的问题上有许多需要思考的地方。

一、正确理解注册建筑师的准入标准

我们实行注册建筑师制度始终坚持教育标准、职业实践标准、考试标准并举。三者之间相辅相成，缺一不可。所谓教育标准就是大学专业建筑教育。建筑教育是培养专业建筑师必备的前提。一个建筑师首先必须经过大学的建筑学专业教育，这是基础。职业实践标准是指经过学校专门教育后又经过一段有特定要求的职业实践训练积累。只有这两个前提条件具备后才可报名参加考试。考试实际就是对大学建筑教育的结果和职业实践经验积累结果的综合测试。注册建筑师的产生都要经过建筑教育、实践、综合考试三个过程，而不能用其中任何一个去代替另外两个过程，专业教育是建筑师的基础，实践则是在步入社会以后通过经验积累提高自身能力的必经之路。从本质上说，注册建筑师考试只是一个评价手段，真正要成为一名合格的注册建筑师还必须在教育培养和实践训练上下功夫。

二、关注建筑专业教育对职业建筑师的影响

应当看到，我国的建筑教育与现在的人才培养、市场需求尚有脱节的地方，比如在人才知识结构与能力方面的实践性和技术性还有欠缺。目前在建筑教育领域实行了专业教育评估制度，一个很重要的目的是想以评估作为指挥棒，指挥或者引导现在的教育向市场靠拢，围绕着市场需求培养人才。专业教育评估在国际上已成为了一种通行的做法，是一种通过社会或市场评价教育并引导教育围绕市场需求培养合格人才的良好机制。

当然，大学教育本身与社会的具体应用需要之间有所区别，大学教育更侧重于专业理论基础的培养，所以我们就从衡量注册建筑师第二个标准——实践标准上来解决这个问题。注册建筑师考试前要强化专业教育和三年以上的职业实践。现在专门为报考注册建筑师提供一个职业实践手册，包括设计实践、施工配合、项目管理、学术交流四个方面共十项具体实践内容，并要求申请考试人员在一名注册建筑师指导下完成。

理论和实践是相辅相成的关系，大学的建筑教育是基础理论与专业理论教育，但必须要给学生一定的时间使其把理论知识应用到实践中去，把所学和实践结合起来，提高自身的业务能力和专业水平。

大学专业教育是作为专门人才的必备条件，在国外也是如此。发达国家对一个建筑师的要求是：没有经过专门的建筑学教育是不能称之为建筑师的，而且不能进入该领域从事与其相关的职业。企业招聘人才也首先要看他们是否具备扎实的基本知识和专业本领，所以大学的本科建筑教育是必备条件。

三、注意发挥在职教育对注册建筑师培养的补充作用

在职教育在我国有两个含义：一种是后补充学历教育，即本不具备专业学历，但工作后经过在职教育通过社会自学考试，取得从事现职业岗位要求的相应学历；还有一种是继续教育，即原来学的本专业和其他专业学历，随着科技发展和自身业务领域的拓宽，原有的知识结构已不适应了，于是通过在职教育去补充相关知识。由于我国建筑教育在过去一时期底子薄，培养数量与社会需求差别很大。改革开放以后为了满足快速发展的建筑市场需求，一批没有经过规范的建筑教育的人员进入了建筑师队伍。而要解决好这一历史问题，提高建筑师队伍整体职业素质，在职教育有着重要的补充作用。

继续教育是在职教育的一种行之有效的教育形式，它特指具有专业学历背景的在职人员从业后，因社会的发展使之原有知识需要更新，要通过参加新知识、新技术的学习以调整原有知识结构、拓宽知识范围。它在性质上与在职培训相同，但又不能完全划等号。继续教育是有计划性、目标性、提高性的，从整体人才队伍和个人知识总体结构上做调整和补充。当前，社会在职教育在制度上和措施上还不够完善，质量很难保证。有一些人把在职读学历作为“镀金”，把继续教育当作“过关”。虽然最后证明拿到了，但实际的本领和水平并没有相应提高。为此需要我们做两方面的工作，一是要让我们的建筑师充分认识到在职教育是我们执业发展的第一需求；二是我们的教育培训机构要完善制度、改进措施、提高质量，使参加培训的人员有所收获。

四、为建筑师创造一个良好的职业环境

要向社会提供高水平、高质量的设计产品，关键还是要靠注册建筑师的自身素质，但也不可忽视社会环境的影响。大众审美的提高可以让建筑师感受到社会的关注，增强自省意识，努力创造出一个个经受得住大众评价的作品。但目前实际上建筑师的很多设计思想受开发商与业主方面很大的影响，有时建筑水平并不完全取决于建筑师，而是取决于开发商与业主的喜好。有的业主审美水平不高，很多想法往往只是自己的意愿，这就很难做出跟社会文化、科技、时代融合的建筑产品。要改善这种状态，首先要努力创造尊重知识、尊重人才的社会环境。建筑师要维护自己的职业权力，大众要尊重建筑师的创作成果，业主不要把个人喜好强加于建筑师。同时建筑师自身也要提高自己的素质和修养，增强社会责任感，建立良好的社会信誉。要让创造出的作品得到大众的尊重，首先自己要尊重自己的劳动成果。

五、认清差距，提高自身能力，迎接挑战

目前中国的建筑师与国际水平还存在着一定差距，而面对信息化时代，如何缩小差距以适应时代变革和技术进步，成为建筑教育需要探讨解决的问题，并及时调整、制定新的对策。

我们现在的建筑教育不同程度地存在重艺术、轻技术的倾向。在注册建筑师资格考试中明显感觉到建筑师们在相关的技术知识包括结构、设备、材料方面的把握上有所欠缺，这与教育有一定的关系。学校往往比较注重表现能力方面的培养，而技术方面的教育则相对不足。尽管这些年有的学校进行了一些课程调整，加强了技术方面的教育，但从整体来看，现在的建筑师在知识结构上还是存在缺欠。

建筑是时代发展的历史见证，它凝固了一个时期科技、文化发展的印记，建筑师如果不能与时代发展相适应，努力学习和掌握当代社会发展的科学技术与人文知识，提高建筑的科技、文化内涵，就很难创造出高水平的作品。

当前，我们的建筑教育可以利用互联网加强与国外信息的交流，了解和掌握国外在建筑方面的新思路、新理念、新技术。这里想强调的是，我们的建筑教育还是应该注重与社会发展相适应。当今，社会进步速度很快，建筑所蕴含的深厚文化底蕴也在不断地丰富、发展，现代建筑创作不能单一强调传统文化，要充分运用现代科技发展成果，使建筑在经济、安全、健康、适用和美观得到全面体现。在人才培养上也要与时俱进。加强建筑师科技能力的培养，让他们学会适应和运用新技术、新材料去进行建筑创作。

一个好的建筑要实现它的内在和外表的统一，必须要做到：建筑的表现、材料的选择、结构的布置以及设备的安装融为一体。但这些在很多建筑中还做不到，这说明我们一些建筑师在对结构、新设备、新材料的掌握和运用上能力不够，还需要加大学习的力度。只有充分掌握新的结构技术、设备技术和新材料的性能，建筑师才能够更好的发挥创造水平，把技术与艺术很好地融合起来。

中国加入 WTO 以后面临国外建筑师的大量进入，这对中国建筑设计市场将会有很大的冲击，我们不能期望通过政府设立各种约束限制国外建筑师的进入而自保，关键是要使国内建筑师自身具备与国外建筑师竞争的能力，充分迎接挑战、参与竞争，通过实践提高我们的设计水平，为社会提供更好的建筑作品。

《注册建筑师考试辅导教材》

编 委 会

主 任 委 员 赵知敬

副主任委员 于春普 翁如璧

主 编 曹伟浚

编 委 (以姓氏笔划为序)

于春普 张思浩 周惠珍 朋改非 赵知敬

贾昭凯 翁如璧 曹伟浚 曾 俊

编写说明

原建设部和人事部自 1995 年起开始实施注册建筑师执业资格考试制度。

为了帮助建筑师们准备考试,本书的编写教师自 1995 年起就先后参加了北京市一、二级注册建筑师考试辅导班的教学工作。他们都是本专业具有较深造诣的高级工程师和教授,分别来自北京市建筑设计研究院、北京建筑工程学院、北京工业大学、北京交通大学、中国人民大学、清华大学建筑设计院和原北京市城市规划管理局。作者以考试大纲和现行规范、标准为依据,在辅导班讲课教案的基础上,经多年教学实践的检验修改,于 2001 年全国考生编写、出版了本套考试辅导教材。教材的目的是为了指导复习,因此力求简明扼要、联系实际,着重对规范的理解与应用,并注意突出重点概念。

本教材严格按考试大纲编写,在每年教学实践中不断加以改进,出版 8 年来深受全国考生们的欢迎。本教材于 2001 年正式出版,2003 年按新的考试大纲及新的标准、规范对教材进行了全面修订;2004 年至 2008 年每年均根据规范、标准的修订、更新,对部分内容进行增补和替换,今年再次进行了修订。参加本教材编写的专家如下:第一及第八章,耿长孚;第二章,张思浩;第三章,王其明;第四章,姜中光;第五章,任朝钧;第六及第七章建筑部分,翁如璧;第九章,钱民刚;第十、十二、十三章及第七章结构部分,曾俊;第十一章,林焕枢;第十四章,汪琪美;第十五、十六章,李德富;第十七章,吕鉴、张英;第十八章及第七章设备部分,贾昭凯;第十九章及第七章电气部分,冯玲;第二十章,朋改非;第二十一章,杨金铨;第二十二章,周惠珍;第二十三章,刘宝生;第二十四章,李魁元。

为方便考生复习,本教材分 5 个分册出版。第一分册包括第一至第八章,内容为“设计前期 场地与建筑设计”部分;第二分册包括第九至第十三章,为“建筑结构”部分;第三分册包括第十四至第十九章,为“建筑物理与建筑设备”部分;第四分册包括第二十及第二十一章,为“建筑材料与构造”部分;第五分册包括第二十二至第二十四章,为“建筑经济 施工与设计业务管理”部分。

考生在复习本教材时,应结合阅读相应的标准、规范。本教材每章后均附有参考习题,可作为考生检验复习效果和准备考试的参考。此外,我们于 2001 年组织编写了《一级注册建筑师考试模拟试题集》,这几年每年都进行修订,收录了单选题约三千道,每题均提供了解题提示和答案;《模拟试题集》中还包括了作图题部分,并提供了参考答案,对考生备考必定大有好处。

根据《行政许可法》,本书编委会不再冠以注册建筑师管理委员会的名义,但书的内容未变。经过每年的修订补充,书的质量每年都会更上一层楼。

祝各位考生考试取得好成绩!

《注册建筑师考试辅导教材》编委会

2008 年 11 月

一级注册建筑师考试辅导教材

总 目 录

第一分册 设计前期 场地与建筑设计

- 第一章 设计前期与场地设计知识
- 第二章 建筑设计原理与标准、规范
- 第三章 中国古代建筑史
- 第四章 外国建筑史
- 第五章 城市规划基础知识
- 第六章 建筑方案设计（作图）
- 第七章 建筑技术设计（作图）
- 第八章 场地设计（作图）

第二分册 建 筑 结 构

- 第九章 建筑力学
- 第十章 建筑结构与结构选型
- 第十一章 荷载及结构设计
- 第十二章 建筑抗震设计基本知识
- 第十三章 地基与基础

第三分册 建筑物理与建筑设备

- 第十四章 建筑热工与节能
- 第十五章 建筑光学
- 第十六章 建筑声学
- 第十七章 建筑给水排水
- 第十八章 暖通空调
- 第十九章 建筑电气

第四分册 建筑材料与构造

第二十章 建筑材料

第二十一章 建筑构造

第五分册 建筑经济 施工与设计业务管理

第二十二章 建筑经济

第二十三章 建筑施工

第二十四章 设计业务管理

第二分册 建 筑 结 构

目 录

前言	赵春山
编写说明	
第九章 建筑力学	1
第一节 静力学基本方法	1
第二节 静定梁的受力分析、剪力图与弯矩图	6
第三节 静定结构的受力分析、剪力图与弯矩图	11
第四节 图乘法求位移	16
第五节 超静定结构	18
参考习题	24
答案	49
第十章 建筑结构与结构选型	51
第一节 概述	51
第二节 多层与高层建筑结构体系	56
第三节 单层厂房的结构体系	79
第四节 木屋盖的结构形式与布置	94
第五节 大跨度屋盖结构	100
参考习题	111
答案	114
第十一章 荷载及结构设计	116
第一节 建筑结构荷载及设计方法	116
第二节 砌体结构	134
第三节 钢筋混凝土结构	162
第四节 钢结构	224
第五节 木结构	256
参考习题	268
答案	283
第十二章 建筑抗震设计基本知识	284
第一节 概述	284
第二节 建筑结构抗震设计	296
参考习题	343
答案	348

第十三章 地基与基础	351
第一节 概述	351
第二节 地基土的基本知识	351
第三节 地基与基础设计	357
第四节 软弱地基	377
参考习题	381
答案	384
附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲	385
附录 2 全国一级注册建筑师资格考试规范、标准及主要参考书目	388
附录 3 2008 年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项	393
附录 4 解读《考生注意事项》	395

第九章 建 筑 力 学

建筑力学包括静力学、材料力学、结构力学三部分。

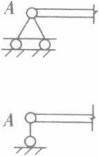
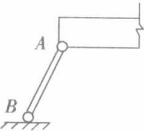
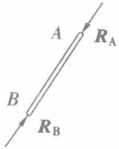
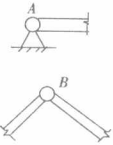
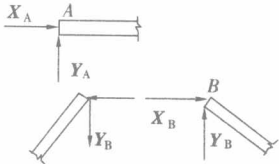
第一节 静力学基本方法

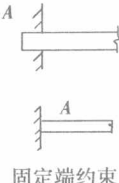
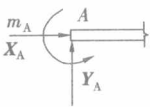
静力学研究物体在力作用下的平衡规律。

一、静力学基本概念

(一) 工程中常见的几种典型约束的性质以及相应约束反力的确定方法列于表 9-1 中。

表 9-1

约束的类型	约束的性质	约束反力的确定
 可动铰支座 (辊轴支座)	可动铰支座不能限制物体绕销钉的转动和沿支承面的运动, 而只能限制物体在支承面垂直方向的运动	 可动铰支座的约束反力通过销钉中心且垂直于支承面, 指向待定
 链杆约束	链杆约束只能限制物体沿连杆中心线方向的运动, 而其他方向的运动都不能限制	 链杆约束的约束反力沿着链杆中心线, 指向待定
 圆柱铰链与铰链支座	铰链约束只能限制物体在垂直于销钉轴线的平面内任意方向的运动, 而不能限制物体绕销钉的转动	 约束反力作用在垂直于销钉轴线的平面内, 通过销钉中心, 而方向待定

约束的类型	约束的性质	约束反力的确定
	固定端约束既能限制物体移动, 又能限制物体绕固定端转动	 约束反力可表示为两个互相垂直的分力和一个约束力偶, 指向均待定

(二) 力在坐标轴上的投影

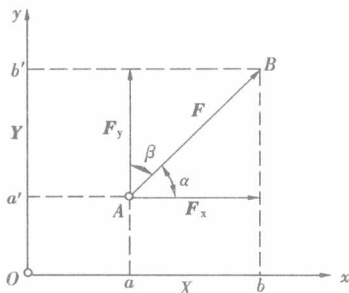


图 9-1

过力矢 F 的两端 A 、 B , 向坐标轴作垂线, 在坐标轴上得到垂足 a 、 b , 线段 ab , 再冠之以正负号, 便称为力 F 在坐标轴上的投影。如图 9-1 中所示的 X 、 Y 即为力 F 分别在 x 与 y 轴上的投影, 其值为力 F 的模乘以力与投影轴正向间夹角的余弦, 即:

$$\begin{aligned} X &= |F| \cos \alpha \\ Y &= |F| \cos \beta \end{aligned} \quad (9-1)$$

若力与任一坐标轴 x 平行, 即 $\alpha = 0^\circ$ 或 $\alpha = 180^\circ$ 时:

$$X = |F| \text{ 或 } X = -|F|$$

若力与任一坐标轴 x 垂直, 即 $\alpha = 90^\circ$ 时:

$$X = 0$$

(三) 力矩与力偶

1. 力对点之矩

力对刚体的运动效应包括两种: 移动和转动。力对点之矩是度量力使物体绕该点转动效应的物理量。

在空间问题中, 力对点之矩为矢量, 其方向由右手定则确定, 如图 9-2 所示。

在平面问题中, 力对点之矩为代数量, 表示为:

$$m_O(F) = \pm Fd \quad (9-2)$$

式中 d 为力到矩心 O 的垂直距离, 称为力臂。习惯上, 力使物体绕矩心逆时针转动时, (9-2) 式取正号, 反之取负号。

2. 力矩的性质

(1) 力对点之矩, 不仅取决于力的大小, 同时还取决于矩心的位置, 故不明确矩心位置的力矩是无意义的。

(2) 力的数值为零, 或力的作用线通过矩心时, 力矩为零。

(3) 合力矩定理: 合力对一点之矩等于各分力对同一点之矩的代数和, 即:

$$m_O(\mathbf{R}) = m_O(\mathbf{F}_1) + m_O(\mathbf{F}_2) + \cdots + m_O(\mathbf{F}_n) = \sum m_O(\mathbf{F}) \quad (9-3)$$

3. 力偶

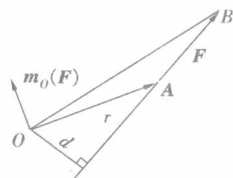


图 9-2

大小相等、方向相反、作用线平行但不重合的两个力组成的力系，称为力偶。用符号 (F, F') 表示。如图 9-3 所示。图中的 L 平面为力偶作用平面， d 为两力之间的距离，称为力偶臂。

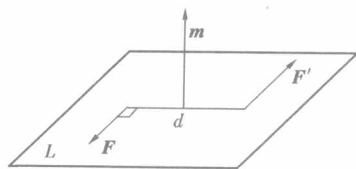


图 9-3

4. 力偶的性质

(1) 力偶无合力，即不能简化为一个力，或者说不能与一个力等效。故力偶对刚体只产生转动效应而不产生移动效应。

(2) 力偶对刚体的转动效应用力偶矩度量。

在空间问题中，力偶矩为矢量，其方向由右手定则确定，如图 9-3 所示。

在平面问题中，力偶矩为代数量，表示为：

$$m = \pm Fd \quad (9-4)$$

通常取逆时针转向的力偶矩为正，反之则为负。

(3) 作用在刚体上的两个力偶，其等效的充分必要条件是此二力偶的力偶矩矢相等。由此性质可得到如下推论：

推论 1 只要力偶矩矢保持不变，力偶可在其作用面内任意移动和转动，亦可在其平行平面内移动，而不改变其对刚体的作用效果。因此力偶矩矢为自由矢量。

推论 2 只要力偶矩矢保持不变，力偶中的两个力及力偶臂均可改变，而不改变其对刚体的作用效果。

由力偶的上述性质可知，力偶对刚体的作用效果取决于力偶的三要素，即力偶矩的大小、力偶作用平面的方位及力偶在其作用面内的转向。

图 9-4 (a)、(b) 表示的为同一个力偶，其力偶矩为 $m = Fd$

(四) 力的平移定理

显然，力可沿作用线移动，而不改变其对刚体的作用效果，现在要来研究如何将力的作用线进行平移。

如图 9-5 所示，在 B 点加一对与力 F 等值、平行的平衡力，并使 $F = F' = -F''$ ，其中 F 与 F'' 构成一力偶，称为附加力偶，其力偶矩 $m = Fd = m_B(F)$ 。

这样，作用于 A 点的力 F 与作用于 B 点的力 F' 和一个力偶矩为 m 的附加力偶等效。由此得出结论：作用于刚体上的力 F 可平移至体内任一指定点，但同时必须附加一力偶，其力偶矩等于原力 F 对于新作用点 B 之矩。这就是力的平移定理。

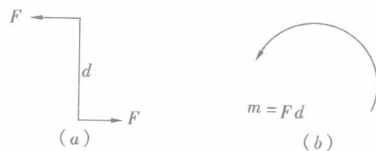


图 9-4

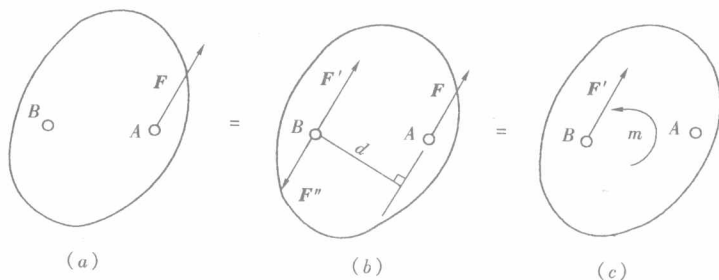


图 9-5

二、静力学基本方法

1. 选取适当的研究对象：整体或某一部分。
2. 画出研究对象的受力图：注意内力和外力，作用力与反作用力。
3. 列出平衡方程求未知力：平面问题 3 个方程求解 3 个未知力。

$$\begin{cases} \Sigma X = 0 \\ \Sigma Y = 0 \\ \Sigma m_A = 0 \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} \Sigma m_A = 0 \\ \Sigma m_B = 0 \\ \Sigma X = 0 \text{ (或 } \Sigma Y = 0) \end{cases}$$

例 9-1 节点法解简单桁架，如图 9-6 (a) 所示。

桁架特点：

- (1) 荷载作用于节点（铰链）处。
- (2) 各杆自重不计，是二力杆（受拉或受压）。

节点法：以节点为研究对象，由已知力依次求出各未知力。

注意：所选节点，其未知力不能超过两个。

见图 9-6 (b)。

节点 A:
$$\begin{cases} \Sigma X = 0: T_2 - T_1 \cos \alpha = 0 \\ \Sigma Y = 0: T_1 \sin \alpha - P = 0 \end{cases}$$

求出: $T_1 = \frac{P}{\sin \alpha}$, $T_2 = P \cot \alpha$

见图 9-6 (c)。

节点 B:
$$\begin{cases} T_4 = T_2 = P \cot \alpha \\ T_3 = P \end{cases}$$

见图 9-6 (d)。

节点 C:
$$\begin{cases} T_1 \cos \alpha = T_5 \cos \alpha + T_6 \cos \alpha \\ T_6 \sin \alpha = T_5 \sin \alpha + T_1 \sin \alpha + T_3 \end{cases}$$

求出: $T_6 = \frac{3P}{2 \sin \alpha}$, $T_5 = -\frac{P}{2 \sin \alpha}$

(与所设方向相反)

例 9-2 截面法求指定杆所受的力：不需逐一求所有的杆（见图 9-7）。

已知: $P = 1200\text{N}$, $F = 400\text{N}$, $a = 4\text{m}$, $b = 3\text{m}$ 。求 1、2、3、4 杆所受的力。

(1) 取整体平衡，求支反力，如图 9-7 (a) 所示。

$$\Sigma m_A = 0:$$

$$-P \cdot 2a - F \cdot b + Y_B \cdot 3a = 0$$

$$Y_B = \frac{2Pa + Fb}{3a} = 900\text{N}$$

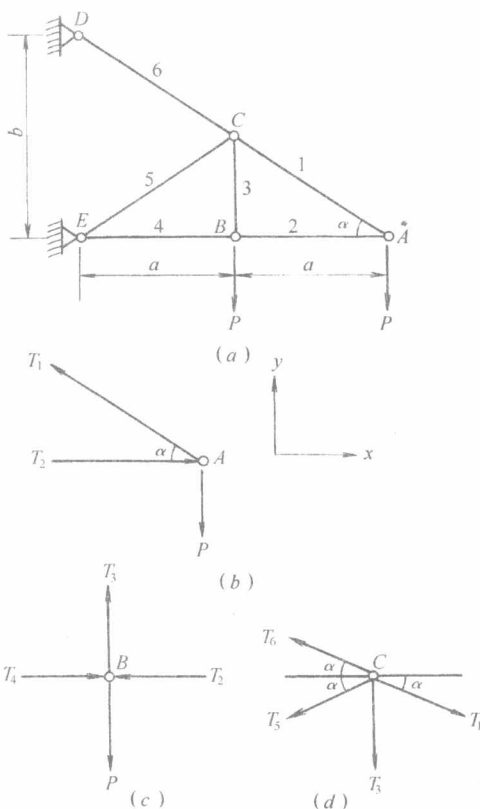


图 9-6 节点法解简单桁架

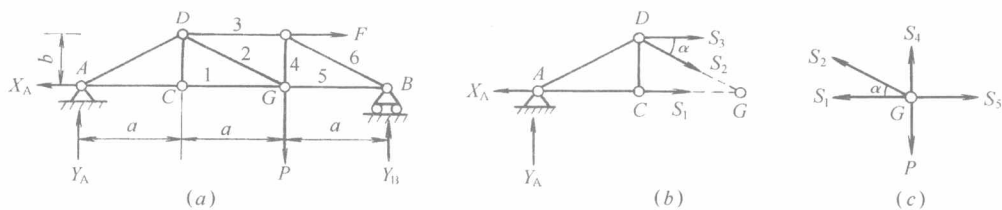


图 9-7 截面法解桁架受力

$$\sum X = 0:$$

$$X_A = F = 400\text{N}$$

$$\sum Y = 0:$$

$$Y_A + Y_B - P = 0$$

$$Y_A = P - Y_B = 300\text{N}$$

(2) 假想一适当截面，把桁架截开成两部分，选取一部分作为研究对象，如图 9-7 (b) 所示，求 S_1 , S_2 , S_3 。

$$\sum m_D = 0:$$

$$S_1 = \frac{X_A \cdot b + Y_A \cdot a}{b} = 800\text{N (拉力)}$$

$$S_1 b - X_A \cdot b - Y_A \cdot a = 0$$

$$\sum Y = 0:$$

$$S_2 = \frac{Y_A}{\sin \alpha} = 500\text{N (拉力)} \left(\sin \alpha = \frac{3}{5} \right)$$

$$Y_A - S_2 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\sum m_G = 0:$$

$$S_3 = -\frac{2aY_A}{b} = -800\text{N (压力)}$$

$$-S_3 \cdot b - Y_A \cdot 2a = 0$$

(3) 最后再用节点法求 S_4 ：取节点 G ，如图 9-7 (c) 所示。

$$\sum Y = 0:$$

$$S_4 + S_2 \sin \alpha - P = 0$$

$$S_4 = P - S_2 \sin \alpha = 900\text{N (拉力)}$$

注意：零杆的判断。

在桁架的计算中，有时会遇到某些杆件内力为零的情况。这些内力为零的杆件称为零杆。出现零杆的情况可归结如下：

(1) 两杆节点 A 上无荷载作用时 [图 9-8 (a)]，则该两杆的内力都等于零， $N_1 = N_2 = 0$ ；

(2) 三杆节点 B 上无荷载作用时 [图 9-8 (b)]，如果其中有两杆在一直线上，则另一杆必为零杆， $N_3 = 0$ 。

上述结论都不难由节点平衡条件得以证实，在分析桁架时，可先利用它们判断出零杆，以简化计算。注意：图 9-8 (a)、(b) 中 $\alpha \neq 180^\circ$ 。

设以 $\oplus$ 代表受拉杆， $\ominus$ 代表受压杆， $\circ$ 代表零杆，则下图所示桁架在图示荷载作用下