



交通土建高职高专统编教材

结构力学

(第二版)

■ 李 轮 主编

■ 张延庆 [北京工业大学] 主审



人民交通出版社

China Communications Press

交通土建高职高专统编教材

结 构 力 学

Jiegou Lixue

(第二版)

李 轮 主编

张延庆[北京工业大学] 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为 21 世纪交通版交通土建高职高专统编教材。全书共分十章,主要阐述体系的几何组成分析、静定结构的内力和位移计算、结构反力和内力影响线的绘制和应用、力法计算超静定结构、位移法、力矩分配法等方面的基础内容。全书各章均附有复习思考题和习题,便于自学。

本书可作为高等职业技术教育道路与桥梁工程技术专业、公路工程监理与检测专业的教材,也可作为中等职业学校相关专业的教材,亦可供其他土建类专业师生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学 / 李轮主编. — 2 版. — 北京: 人民交通出版社, 2005.8

交通土建高职高专统编教材
ISBN 7-114-05684-2

I. 结... II. 李... III. 结构力学—高等学校: 技术学校—教材 IV. 0342

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 086656 号

书 名: 交通土建高职高专统编教材
结构力学(第二版)

著 作 者: 李 轮

责任编辑: 卢仲贤 王 霞

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中文盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 12.75

字 数: 312 千

版 次: 2002 年 7 月 第 1 版

2005 年 7 月 第 2 版

印 次: 2006 年 6 月 第 2 版 第 3 次印刷 总第 12 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05684-2

印 数: 47001 ~ 52000 册

定 价: 23.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

总 序

针对高职高专教材建设与发展问题,教育部在《关于加强高职高专教材建设的若干意见》中明确指出:先用2至3年时间,解决好高职高专教材的有无问题。再用2至3年时间,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材,形成一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

2001年7月,由人民交通出版社发起组织,15所交通高职院校的路桥系主任和骨干教师相聚昆明,研讨交通土建高职高专教材的建设规划,提出了28种高职高专教材的编写与出版计划。后在交通部科教司路桥工程学科委员会的具体指导下,在人民交通出版社精心安排、精心组织下,于2002年7月前完成了28种路桥专业高职高专教材出版工作。

这套教材的出版发行首先解决了交通高职教育教材的有无问题,有力支持了路桥专业高职教育的顺利发展,也受到了全国各高职院校的普遍欢迎。

随着高职教育教学改革的深入发展、高职教学经验的丰富与积累,以及本行业有关技术标准规范的更新,本套教材在使用了2至3轮的基础上,对教材适时进行修订是十分必要的,时机也是成熟的。

2004年8月,人民交通出版社在新疆乌鲁木齐召开了有19所交通高职院校领导、系主任、骨干教师共41人参加的教材修订研讨会。会议商定了本套教材修订的基本原则、方法和具体要求。会议决定本套教材更名为“交通土建高职高专统编教材”,并成立了以吉林交通职业技术学院张洪滨为主任委员的“交通土建高职高专统编教材编审委员会”,全面负责本套教材的修订与后续补充教材的建设工作。

经修订后,本套高职高专教材具有以下特色:

——顺应交通高职院校人才培养模式和教学内容体系改革的要求,按照专业培养目标,进一步加强教材内容的针对性和实用性,适应学制转变,合理精简和完善内容,调整教材体系,贴近模块式教学的要求;

——实施开放式的教材编审模式,聘请高等院校知名教授和生产一线专家直接介入教材的编审工作,更加有利于对教材基本理论的严格把关,有利于反映科研生产一线的最新技术,也使得技能培训与实际密切结合;

——全面反映2003年以来的公路工程行业已颁布实施的新标准规范;

——服务于师生、服务于教学,重点突出,逐章均配有思考题或习题,并给出本教材的参考教学大纲;

——注重学生基本素质、基本能力的培养,教材从内容上、形式上力求更加贴近实际。

本套教材的出版与修订再版始终得到了交通部科教司路桥工程学科委员会和全国交通职教路桥专业委员会的指导与支持,凝聚了交通行业专家、教师群体的智慧和辛勤劳动。

愿我们共同向精品教材的目标持续努力。

向所有关心、支持本套教材编写出版的各级领导、专家、教师、同学和朋友们致以敬意和谢意。

交通土建高职高专统编教材编审委员会

人民交通出版社

2005年5月

第二版前言

交通土建高职高专统编教材《结构力学》第一版于2002年7月由人民交通出版社出版发行,该教材是根据路桥工程学科委员会交通职业技术教育路桥专业教学研究与教材建设联络组2001年7月昆明会议精神编写的,该教材的出版填补了交通高等职业教育土建专业无相应教材的空白。

通过三年的试用,该教材的实用性得到了肯定,同时也收集到有关院校在使用过程中对教材的反馈意见。另外随着我国公路建设有关标准,规范的不完善、发行,《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)已陆续出版,非常有必要对该教材进行修订。因此人民交通出版社决定对该教材进行修改后再版。

本教材第二版认真全面地修改了第一版中的错漏之处,并对部分章节做了较大删减或调整。修改后《结构力学》更加注重教材的实用性,更贴近专业,并结合交通行业最新行业标准对相关内容进行了修改。同时,每章添加了学习要点,给出了教学参考大纲,利于教学,也便于自学。

教材中带星号的部分是选修内容,各院校可根据具体情况进行取舍。

人民交通出版社交通土建高职高专统编教材编审委员会特邀北京工业大学张延庆教授担任主审,张教授认真审核了该书,提出了中肯的修改意见,使该教材更加符合高职特色,在此向张延庆教授深表谢意。教材的修订工作由新疆交通职业技术学院李轮、陈秋玲完成,其中李轮负责了第一章至第六章的编写,陈秋玲负责了第七章至第十章的编写。本教材第二版是在第一版基础之上修订完成的,为此向参加第一版编写的有关人员表示敬意和感谢。

本书虽然经过全面审查和修改,但其中错误和不足之处仍在所难免,恳请读者及时批评指正,将发现的问题告知人民交通出版社,以便进一步修改和完善。

编 者

2005年7月



第一版前言

随着社会主义市场经济体制的建立,飞速发展的交通行业对职业技术教育提出了更高的要求,如何培养适应社会需要的理论功底扎实、实践动手能力强、具有较强创新意识、适应岗位工作快的高素质实用型人才是职业技术学院的任务。为了适应不断深入的高等职业技术教育改革的需要,填补交通高等职业技术教育公路与桥梁专业教材的空白,根据路桥工程学科委员会交通职业技术教育路桥专业教学研究与教材建设联络组 2001 年 7 月昆明会议精神,编写了本教材。

本教材在编写过程中,力求符合“路桥专业高职教材编审原则”之规定,体现高职教材特色。内容上既注重理论性,更注重实用性,以“必需、够用”为原则;结构上遵循循序渐进、承上启下的规律;文字上坚持少而精的原则,做到重点突出,逻辑性强。本书由浅入深,通俗易懂,利于教学,便于自学。

本教材具有较强的普遍性,以培养高等职业技术应用型人才为目标,不仅适用于全日制高等职业教育,也适用于中等职业教育、大学函授教育、成人教育和自学考试,或供其他土建类专业师生和有关工程技术人员学习参考。

教材中带有星号的部分是选修内容,各院校可根据具体情况进行取舍。

参加本书编写工作的有新疆交通职业技术学院李轮(第一至五章)、新疆交通职业技术学院侯晓民(第六章)、新疆交通职业技术学院陈秋玲(第七、八章)、新疆交通职业技术学院郭发忠(第九章)、江西交通职业技术学院蒋丽珍(第十、十一章)、江西交通职业技术学院刘文灵(第十二章)等。全书由李轮和蒋丽珍主编,宁夏交通职业技术学院韩东萍主审。

本书审稿会于 2002 年 5 月 24 日~5 月 28 日在银川举行,参加审稿会的有:人民交通出版社卢仲贤,新疆交通职业技术学院郭发忠、李轮,宁夏交通职业技术学院韩东萍、孙元桃、郭永峰等。根据审稿会精神,宁夏交通职业技术学院韩东萍同志对第十章内容作了大量修改,在此表示感谢。

本书在编写过程中,得到了人民交通出版社卢仲贤、新疆交通职业技术学院郭发忠、贵州交通职业技术学院张润虎的指导和帮助。同时,附于书末的主要参考文献作者们对本书的完成给予了巨大的支持,在此一并致以诚挚的谢意。

鉴于编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 6 月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 结构力学的研究对象和任务	1
§ 1-2 荷载的分类	2
§ 1-3 结构的分类	3
§ 1-4 结构的计算简图	4
第二章 平面体系的几何组成分析	7
§ 2-1 几何组成分析的基本概念	7
§ 2-2 平面体系的计算自由度	10
§ 2-3 几何不变体系的简单组成规则	11
§ 2-4 体系的几何组成分析	14
复习思考题	16
习题	17
第三章 静定梁和静定平面刚架	18
§ 3-1 单跨静定梁	18
§ 3-2 多跨静定梁	21
§ 3-3 静定平面刚架	26
复习思考题	32
习题	32
第四章 三铰拱	34
§ 4-1 概述	34
§ 4-2 三铰拱的计算	35
§ 4-3 三铰拱的压力线与合理拱轴线	39
复习思考题	42
习题	43
第五章 静定平面桁架	44
§ 5-1 概述	44
§ 5-2 结点法	45
§ 5-3 截面法	48
§ 5-4 截面法和结点法的联合应用	49
§ 5-5 各式常见桁架的比较	51
§ 5-6 静定平面组合结构	52
复习思考题	54
习题	54

小结	56
第六章 影响线及应用	59
§ 6-1 概述	59
§ 6-2 单跨静定梁的反力内力影响线	61
§ 6-3 结点荷载作用下的影响线	65
§ 6-4 多跨静定梁的反力内力影响线	67
§ 6-5 影响线的应用	68
§ 6-6 简支梁的绝对最大弯矩和简支梁的内力包络图	76
复习思考题	79
习题	79
第七章 静定结构的位移计算	83
§ 7-1 概述	83
§ 7-2 虚功原理和位移计算的一般公式	84
§ 7-3 荷载作用下的位移计算	87
§ 7-4 图乘法	92
§ 7-5 温度改变和支座移动引起的位移	97
§ 7-6 弹性结构的互等定理	101
复习思考题	103
习题	104
第八章 力法及其应用	107
§ 8-1 超静定结构概述	107
§ 8-2 超静定次数的确定	108
§ 8-3 力法原理和力法典型方程	110
§ 8-4 力法计算步骤和示例	114
§ 8-5 对称性的应用	120
§ 8-6 超静定结构的位移计算和最后内力图的校核	126
§ 8-7 温度改变和支座移动时超静定结构的计算	129
§ 8-8 用三弯矩方程计算连续梁*	132
§ 8-9 超静定结构的特性	139
复习思考题	140
习题	141
第九章 超静定拱	144
§ 9-1 概述	144
§ 9-2 弹性中心法计算对称无铰拱	145
§ 9-3 总和法	150
§ 9-4 无铰拱的影响线	152
§ 9-5 温度改变和混凝土收缩对无铰拱的影响	154
§ 9-6 支座移动对无铰拱的影响	156
§ 9-7 两铰拱的计算*	157
复习思考题	160



习题	160
第十章 位移法和力矩分配法	162
§ 10-1 位移法概述	162
§ 10-2 等截面直杆的转角位移方程	165
§ 10-3 位移法的应用	169
§ 10-4 对称性的应用	175
§ 10-5 力矩分配法	180
习题	186
附:《结构力学》参考教学建议	189
参考文献	190

第一章

绪论

本章学习要点:了解结构力学的研究对象及任务;掌握荷载及结构的分类方法;学会正确选择结构的计算简图。

§ 1-1 结构力学的研究对象和任务

工程中的桥梁、隧道、房屋、塔架、挡土墙、水坝等用以担负预定任务、支撑荷载的构造物,都可以称为结构。

结构按其几何形状可分为三大类:

1. 杆件结构

由杆件组成的结构称为杆件结构。杆件的几何特征是其横截面尺寸比长度小得多。梁(图 1-1a)、刚架(图 1-1b)、桁架(图 1-1c)等,都是杆件结构。

2. 薄壁板壳结构

由薄板(图 1-2a)或薄壳(图 1-2b)组成的结构称为薄壁板壳结构。这类结构的几何特征是其厚度比长度和宽度小得多,也称为薄壁结构。

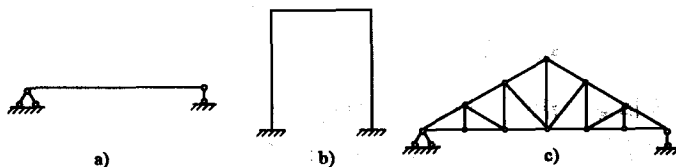


图 1-1

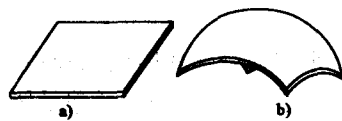


图 1-2

3. 实体结构

长、宽、厚三个方向的尺寸相近的结构称为实体结构。如桥墩、桥台、挡土墙等(见图1-3)。

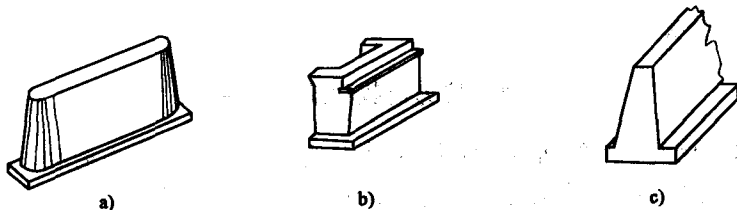


图 1-3

为了使结构既能安全、正常地工作,又能符合经济的要求,就需对其进行强度、刚度和稳定性的计算。这一任务是由材料力学、结构力学、弹性力学等几门课程共同来承担的。其中材料力学以单个杠杆为主要研究对象,结构力学则在此基础上着重研究杆件结构,弹性力学则以实体结构和板壳结构为主要研究对象。当然,这种分工也不是绝对的,各课程间也存在互相渗透的情况。

如上所述,结构力学的研究对象是杆件结构。它是一门研究杆件结构强度、刚度、稳定性和合理组成的科学。其具体任务是:

1. 研究结构在荷载等因素作用下的内力和变形的计算,以便进行结构强度和刚度的验算。
2. 研究结构的稳定性计算,以及动力荷载作用下结构的反应。根据教学大纲,本书对这一问题未作讨论。
3. 研究结构的组成规律和合理形式等问题。

结构力学是一门技术基础课,它一方面要用到数学、理论力学和材料力学等知识,另一方面又为学习建筑结构、桥梁和隧道工程等课程提供必要的基本理论和计算方法。

§ 1-2 荷载的分类

作用于结构上的主动力,称之为荷载,也称之为直接作用。如结构的自重,加于结构的水压力、土压力等。除此之外,还有其他因素可以使结构产生内力和变形,如温度变化、基础沉降、材料收缩等。从广义上来说,这些因素也可以叫做荷载,或者称为间接作用。

荷载可根据不同性质进行分类,通常分为:

一、分布荷载与集中荷载

根据荷载作用区域的大小,可分为分布荷载与集中荷载。均布荷载是分布荷载为常量时的特例。集中荷载是当荷载作用区域很小时的近似简化。

二、恒载与活载

根据荷载作用时间的长短,可分为恒载与活载。恒载是长期作用在结构上的不变荷载,如结构自重、土压力等。活载是暂时作用于结构上的可变荷载,如列车、人群、风、雪等。

三、固定荷载与移动荷载

根据荷载作用位置有无变化,可分为固定荷载和移动荷载。固定荷载在结构上的作用位置是不变的,如恒载及某些活载(风、雪等)。移动荷载其作用位置是在结构上移动的,如行驶的汽车、移动的人群等。

四、静力荷载和动力荷载

根据荷载对结构所产生的动力效应大小,可分为静力荷载和动力荷载。静力荷载是指其大小、方向和位置不随时间变化或变化很缓慢的荷载,它不致使结构产生显著的加速度,因而可以略去惯性力的影响。动力荷载是指随时间迅速变化的荷载,它将引起结构的振动,使结构产生不容忽视的加速度,必须考虑惯性力的影响。



§ 1-3 结构的分类

结构的分类实际上是指结构计算简图的分类。杆件结构按照其受力特性可分为：

1. 梁

梁是一种受弯构件,其轴线通常为直线。梁有单跨和多跨之分(图 1-4)。

2. 拱

拱的轴线为曲线,其力学特点是在竖向荷载作用下有水平支座反力,这使得拱内弯矩比跨度、荷载相同的梁的弯矩为小(图 1-5)。

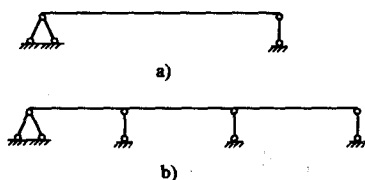


图 1-4



图 1-5

3. 刚架

由直杆组成并具有刚结点(图1-6)。

4. 桁架

由直杆组成,所有结点都为铰结点(图 1-7),当只受到作用于结点的集中荷载时,各杆只产生轴力。

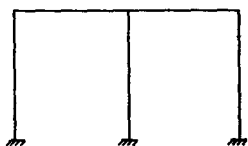


图 1-6

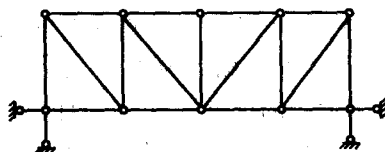


图 1-7

5. 组合结构

由桁架和梁或桁架与刚架组合在一起的结构,其中有些杆件只承受轴向力,另一些杆件则同时还承受弯矩和剪力(图 1-8)。

按照杆件轴线和外力的空间位置,结构又可分为空间结构和平面结构。如果结构的各杆轴线和外力的作用线都在同一平面内,称为平面结构,否则便是空间结构(如图 1-9)。实际上工程中的结构都是空间结构,不过在很多情况下可以简化为平面结构或近似分解为几个平面结构来计算。

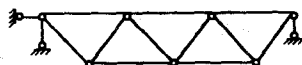


图 1-8

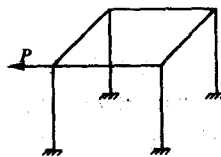


图 1-9

按照结构求解性质,结构又可分为静定结构和超静定结构。仅用静力平衡条件就可以求解的结构称为静定结构。如图 1-10a)所示简支梁,其三个支座反力和任意截面内力均可由静力平衡方程求出,故此梁为静定结构。必须综合运用平衡条件与位移协调条件求解的结构,称为超静定结构。如图 1-10b)所示一端固定另一端可动铰支的梁,其四个支座反力无法仅靠三个静力平衡方程求出,从而也就不能进一步确定各截面的内力。为了求出它的反力和内力,除了使用静力平衡条件外,尚需考虑位移协调条件,故此梁为超静定梁。

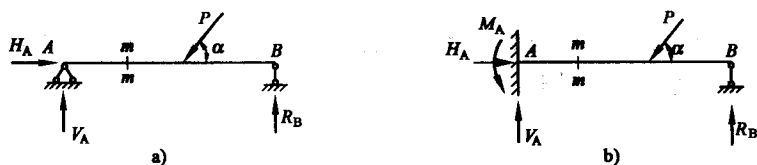


图 1-10

§ 1-4 结构的计算简图

一、概 述

实际结构是很复杂的,完全按照结构的实际情况进行力学分析是不可能的,也无此必要。因此,在对实际结构进行力学计算之前,需将它简化为既能反映其主要力学性能又便于计算的理想模型。这种在结构计算中用来代替实际结构的理想模型,称为结构的计算简图。

选择计算简图的原则是:

1. 从实际出发——计算简图要反映实际结构的主要性能。
2. 分清主次,略去细节——计算简图要便于计算。

计算简图的选择是力学计算的基础,极为重要。正确选择一个结构的计算简图是一项不容易的工作,它需要有结构计算的丰富经验和对实际结构的构造、受力情况等正确的了解和判断。对初学者,应在学习和工作中逐步提高这方面的能力。

二、杆件结构的简化

1. 几何形状的简化

当构件的长度大于它横截面尺寸 5 倍以上时,就可以作为杆件来考虑。在计算简图中,杆件用其纵轴线来表示。不论是直杆还是曲杆均可用轴线表示实际杆件。

2. 结点的简化

杆件相互联结处称为结点。在计算简图中,通常将结点分为铰结点和刚结点两种。

(1) 铰结点

铰结点的特征是各杆端可以绕结点中心自由转动,但不能有任何方向的相对移动。因而铰结点只产生杆端轴力和剪力,不引起杆端弯矩。图 1-11a)所示为一木屋架的结点构造。此时各杆端虽不能绕结点任意转动,但由于联结不可能很严密牢固,因而杆件之间仍有微小相对转动的可能。事实上,结构在荷载作用下,杆件间所产

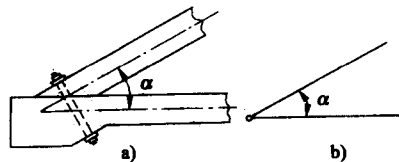


图 1-11

生的转动也相当小,所以该结点应视为铰结点,其计算简图如图 1-11b)。

(2) 刚结点

刚结点的特征是汇交于结点的各杆端之间既不能发生相对移动,也不能发生相对转动。因而刚结点对杆端有阻止相对转动的约束力存在,即除产生杆端轴力和剪力外,还引起杆端弯矩。图 1-12a) 所示钢筋混凝土刚架的结点,上、下柱和横梁在该处用混凝土浇成整体,钢筋的布置也使得各杆端能够抵抗弯矩。计算时这种结点则应视为刚结点,其计算简图如图 1-12b)。当结构发生变形时,汇交于刚结点各杆端的切线之间的夹角将保持不变(图 1-12c)。

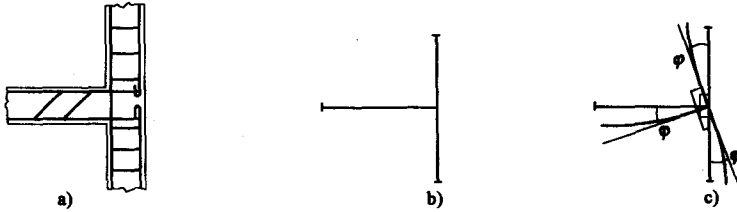


图 1-12

3. 支座的简化

把上部结构和基础联系起来的装置称为支座。支座的构造形式很多,但在计算简图中,通常归纳为以下几种:

(1) 可动铰支座

可动铰支座的构造如图 1-13a)、b) 所示。它容许结构在支承处绕圆柱铰 A 转动和沿平行于支承平面 $m-n$ 方向作微小移动,但 A 点不能沿垂直于支承面的方向移动。当不考虑摩擦力时,这种支承的反力 R_A 将通过铰 A 中心并与支承面 $m-n$ 垂直,即反力的作用点和方向都是确定的,只有它的大小是一个未知量。在计算简图中,这种支座常用一根链杆来表示(图 1-13c)。

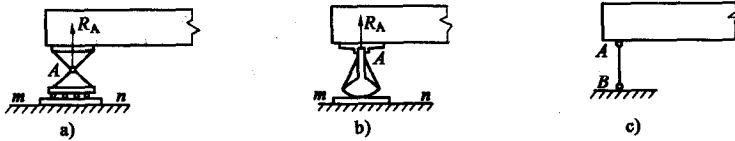


图 1-13

(2) 固定铰支座

固定铰支座的构造如图 1-14a)、b) 所示。它容许结构在支承处绕 A 铰转动,但 A 点不能作水平和竖向移动。支座反力 R_A 通过铰 A 中心,但大小和方向都是未知的,通常用 R_A 的水平分量 H_A 和竖向分量 V_A 来表示。在计算简图中,这种支座常用交于 A 点的两根链杆来表示(图 1-14c)、d)。

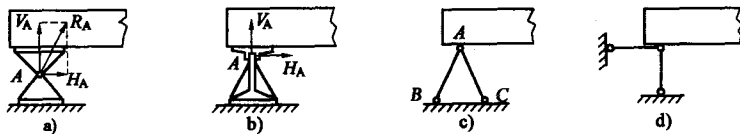


图 1-14

(3) 固定支座

固定支座的构造如图 1-15a)。它不容许结构在支承处发生任何移动和转动,它的反力大

小、方向和作用点位置都是未知的。通常用水平反力 H_A 、竖向反力 V_A 和反力偶 M_A 来表示。计算简图如图 1-15b)、c) 所示。

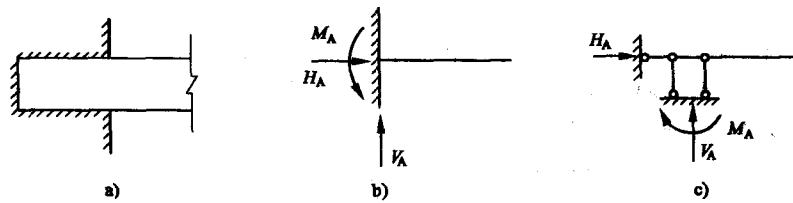


图 1-15

(4) 定向滑动支座

定向滑动支座的构造如图 1-16a)、c) 所示。它只容许结构沿它的支承面滑移, 限制其转动和垂直于支承平面方向上的移动, 其反力为一个垂直于支承面(通过支承点中心)的力和一个力偶。计算简图可用垂直于支承面的两根平行链杆表示, 如图 1-16b)、d)。

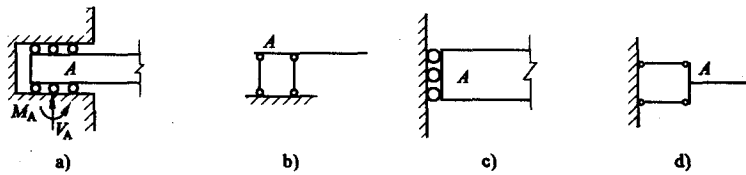


图 1-16

下面介绍两个选取结构计算简图的例子。

图 1-17a) 所示为一根梁两端搁在墙上, 上面放一重物。简化时, 梁本身用其轴线表示, 重物可简化为一集中荷载 P , 梁的自重简化为均布荷载 q 。两端的支承反力假定通过墙宽的中点, 考虑到支承面有摩擦, 梁不能左右移动, 但受热膨胀时梁仍可伸长, 故可将一端视为固定铰支座, 另一端视为活动铰支座(图 1-17b)。

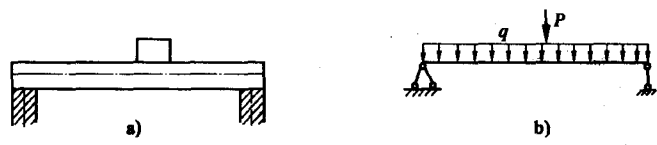


图 1-17

又如图 1-18a) 所示为一装配式钢筋混凝土门式刚架。两个异形构件是预制的, 将构件插入杯口基础后, 四周缝隙用沥青麻絮填实, 允许柱脚在杯口内有微小的转动, 因此在计算简图中, 柱脚 A 和 B 可设为铰支座。在中间结点 C , 用合页式的锁将两个构件连接, 因此结点 C 可取为铰结点。计算简图如图 1-18b), 这种结构叫做三铰刚架。

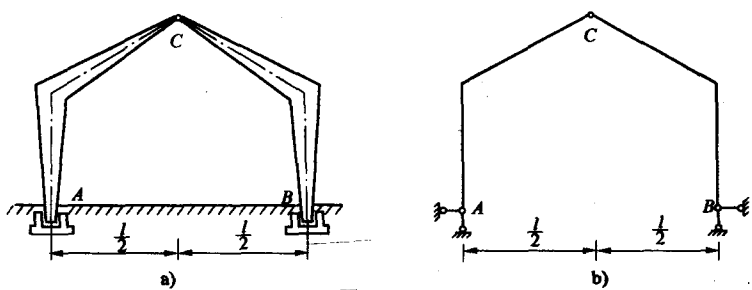


图 1-18

第二章

平面体系的几何组成分析

本章学习要点:了解平面体系几何组成分析的目的;掌握几何组成分析的有关基本概念;学会平面体系自由度的计算方法;并能熟练运用几何不变体系的简单组成规则进行体系的几何组成分析。

§ 2-1 几何组成分析的基本概念

一、几何不变体系与几何可变体系

图 2-1a)所示为由两根竖杆和一根横杆绑扎组成的支架。假定竖杆在地里埋得很浅,因此支点 C 和 D 可视为铰支座,结点 A 和 B 也可取为铰结点,图 2-1b)为其计算简图。显然这个支架是不牢固的,在外力作用下很容易倾倒,如图中虚线所示。但是,如果我们加上一根斜撑 AD ,就得到图 2-1c)所示支架,这样就变成一个牢固的体系了。

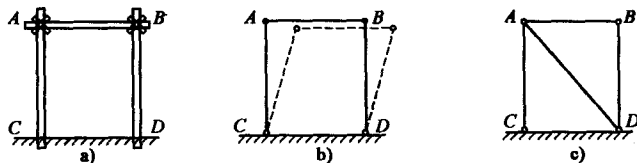


图 2-1

结构受荷载作用时,截面上产生应力,材料因而产生应变。由于材料的应变,结构会产生变形。这种变形一般是很小的,在几何组成分析中,我们不考虑这种由于材料应变所产生的变形。这样,杆件体系可以分为两类:

1. 几何不变体系(图 2-2a、b、c)

在不考虑材料应变的条件下,任意荷载作用后体系的位置和形状均能保持不变。

2. 几何可变体系(图 2-2d、e、f)

在不考虑材料应变的条件下,即使不大的荷载作用,也会产生机械运动而不能保持其原有形状和位置的体系。

一般结构都必须是几何不变体系,而不能采用几何可变体系。几何组成分析的一个主要目的就是要检查并设法保证结构的几何不变性。

二、瞬变体系

图 2-3 所示体系是几何可变体系的一种特殊情况,它的特点是两根链杆共线,三个铰在同

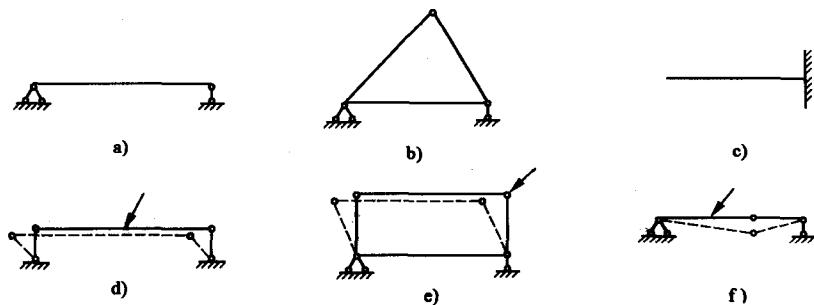


图 2-2

一直线上。

从微小运动的角度来看,这也是一种可变体系。因为链杆 1 和 2 分别绕铰 A 和铰 B 转动时,在 C 点处有一公切线,此时铰 C 可以沿此公切线做微小的上下移动。当 C 点沿公切线发生微小位移后,两根链杆就不再彼此共线,铰 C 的移动便不能再进行,于是体系变成几何不变体系。

上述这种本来是几何可变,经微小位移后又成为几何不变的体系称为几何瞬变体系。瞬变体系是可变体系的一种特殊情况。为了明确起见,可变体系还可以进一步分为瞬变体系和常变体系两种情况。如果一个几何可变体系可以发生大位移,则称为几何常变体系,图 2-2d)、e)、f)均为常变体系的例子。

瞬变体系能否应用于工程结构?为此我们分析图 2-4a)所示体系中 AC 和 BC 两根杆件的内力。取结点 C 为隔离体(图 2-4b),由

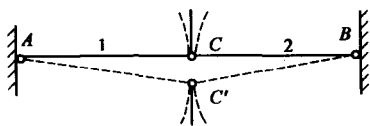


图 2-3

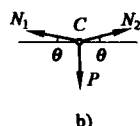
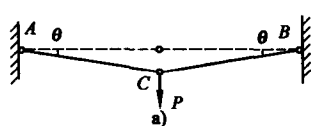


图 2-4

$$\begin{aligned}\sum X &= 0 \\ \sum Y &= 0\end{aligned}$$

$$N_1 = N_2 = N$$

$$2N \sin \theta = P$$

$$N = \frac{P}{2 \sin \theta}$$

在理论上, θ 为一无穷小量,故

$$N = \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{P}{2 \sin \theta} = \infty$$

可见,即使荷载不大,也会使杆件产生非常大的内力和变形。因此,瞬变体系在工程中不能采用,对于接近瞬变的体系也应避免。

三、自由度

图 2-5 所示为平面内一点 A 的运动情况。A 点在平面内可以沿水平方向 (x 轴方向) 移

