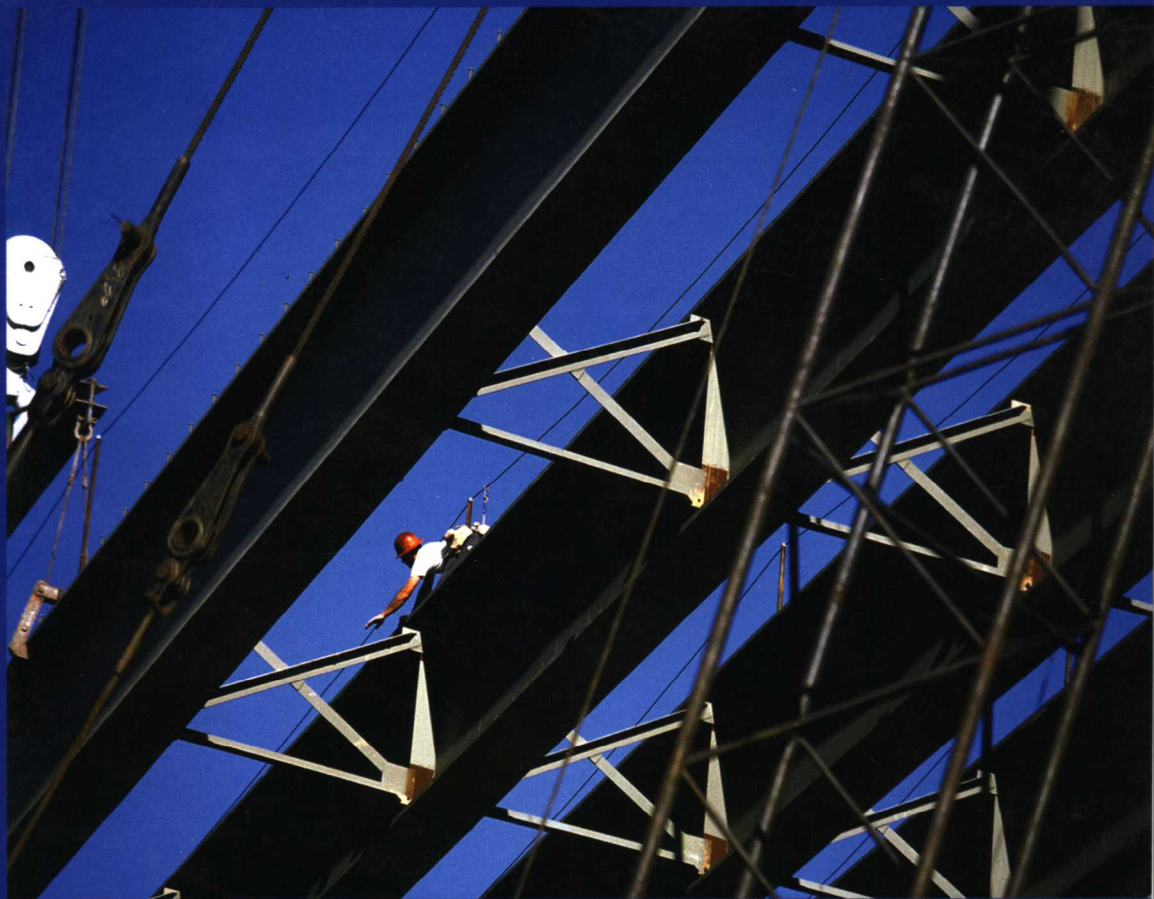


江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材

# 高处作业

江苏省安全生产宣传教育中心组织编写

主 编 李德明    审 核 李玉生 王群依



东南大学出版社

江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材

# 高处作业

主编 李德明

审核 李玉生 王群依

东南大学出版社

## 内 容 提 要

本教材从高处作业的基础知识入手,介绍了高处作业人员必须掌握的安全技术、安全防护和安全管理知识,包括基本理论知识和实际操作技能。既适用于高处作业人员,高处作业设施和设备的安装、检验、维修人员以及高处作业安全管理人员进行上岗前的安全技术培训,也适用于上岗后不断巩固、提高安全技术水平。可根据不同工种及针对不同授课对象选用。书中部分章节也适合有关工程技术人员自学使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

高处作业/李德明主编. —南京:东南大学出版社,2006.7

ISBN 7-5641-0489-9

I. 高... II. 李... III. 高空作业—教材  
IV. TU744

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082370 号

---

书 名 高处作业

主 编 李德明

责任编辑 张 慧

出版发行 东南大学出版社

(江苏省南京市四牌楼2号东南大学校内 邮政编码 210096)

网 址 <http://press.seu.edu.cn> E-mail: editorzhang@126.com

印 刷 溧阳市晨明印刷有限公司

开 本 700mm×1000mm 1/16

印 张 14.25

字 数 287千字

版次印次 2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

定 价 17.50元

---

(东大版图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系,电话 025-83792328)

# 江苏省安全生产培训教材

## 编委会成员名单

### 一、编写委员会

主任：杨增夫

副主任：陆贯一 赵建军 刘文华

委员：(按姓氏笔画排列)

马 群 印安东 丛跃滋 刘荣林 许亦武

乔 勇 华仁杰 苏 斌 张登平 陈忠伟

谷红彬 余树培 杨 涛 杨准宝 肖正亚

单昕光 赵启凤 赵兴根 赵昶东 赵和平

夏天南 彭寿保 褚福银 潘 振

编委会办公室主任：刘荣林

编委会办公室副主任：肖正亚 赵和平 褚福银

### 二、编写工作领导小组

组 长：刘荣林

副组长：褚福银 肖正亚 赵和平

成 员：吴孝洪 李守标 李建军 程继平

### 三、教材编写业务技术组

组 长：李守标

技术组负责人：朱兆华

业务组负责人：李建军

## 序

安全生产是经济社会发展永恒的主题。党和政府历来高度重视安全生产工作,近年来,江苏省努力构建企业负责、行业管理、部门监管、社会参与的安全生产工作格局,围绕“和谐社会”、“两个率先”、“两个降低”和“平安江苏”的工作目标,强化安全生产综合监管体制建设和生产经营单位安全监管执法工作,全省安全生产状况呈现总体相对平稳且趋于好转的态势。但我们也应该看到,目前全省安全生产形势平稳好转是相对的,这只是动态发展过程中的阶段性工作的反映,还远远没有达到理想目标中的可控安全,现实中的一些重、特大事故还时有发生,诸多不安全因素仍然存在。究其原因,除了生产力水平发展不平衡,产业结构不尽合理,作业环境差,生产方式、技术装备落后外,主要原因在于人的遵章作业意识淡薄、作业技能滞后。

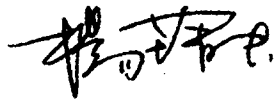
当前,企业从业人员整体安全技术素质难以适应新型工业化安全生产发展要求的矛盾日显突出,解决这类矛盾的关键在于真正树立“以人为本”、“人才兴安”、“培训促安全”、“培训出效益”的人本观念和安全理念,充分认识安全培训是预防和减少各类安全生产事故的基础工程、战略工程,是治本之策、长效机制。必须花大力气抓好从业人员的安全技术培训,扩大安全培训规模,大面积提高培训质量,增强从业人员防范与处理安全生产事故的能力,有效地遏制重、特大事故的发生,促进江苏安全生产向本质、可控性目标迈进。

搞好安全技术培训的一项十分重要的工作是安全技术培训教材建设。教材是教学活动的载体,是学员获得系统专业知识,提高学员智能和技能的重要工具,是教师进行教学的具体依据。教材的好与差决定着培训质量的高低。为此,江苏省安全生产监督管理局组织全省具有丰富培训工作经验的专家、教授、工程技术人员共同组织编写了这套教材。

本套教材分为初训与复训两类。教材的编写以国家相关部门现行考核大纲、标准为依据,参考现有各地教材,结合安全生产工作的实际,突出以“安全”为主线,介绍了生产经营单位管理人员和特种作业人员必须掌握的安全技术知识与技能。教材坚持安全教育与生产技术教育的统一性,突出新的安全生产教育理念和创新精神,遵循认知规律,改进教材的呈现方式,为学员留有自主学习、自主探究空间,具有科学性、先进性、实用性的特点,是安全生产经营单位负责人上岗前取得安全资格证和特种作业人员上岗、复审前取得特种作业操作证进行安全技术培训的指定教材,同时也是安全生产管理人员、工程技术人员的工具书。

本书的编写时间紧、任务重、要求高,所有参加编写和参与组织工作的同志们都以高度负责的精神忘我工作,为此付出了辛勤的劳动。同时,在编写和出版过程中,各市县安监部门的同志和省内从事安全生产工作的专家们提出了不少宝贵意见和建议,给予了大力的支持,在这里一并表示谢意。

江苏省安全生产监督管理局局长



2005年11月20日

# 前 言

特种作业人员的安全教育培训是企业安全管理和政府安全监督的重要内容,做好这项工作,对于保障特种作业人员及其他人员在作业过程中的生命安全,防止重特大设施、设备及人员伤亡事故,提高企业安全生产水平及经济效益,具有十分重要的作用。

江苏省的特种作业人员培训工作已经进行了多年,为企业培训了大批的安全技术人员,促进了企业安全生产水平的提高,促进了江苏安全生产形势的持续稳定好转。随着经济社会的快速发展、科学技术的不断进步和安全法制建设进程的加快,极大地推进了安全生产工作,同时也对新形势下的安全生产和安全培训工作提出了更新的标准、更高的要求。为了适应新形势,进一步落实党的“安全第一,预防为主”的基本方针,实施《安全生产法》、《江苏省安全生产条例》,依法加强特种作业人员的安全培训和持证上岗的管理,规范安全培训工作,大面积提高安全培训质量,促进安全生产,江苏省安全生产监督管理局根据国家安全生产监督管理局《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》的要求,组织编写了特种作业人员安全技术培训系列教材。

这套教材包括《电工作业》、《焊接与热切割作业》、《危险化学品作业》、《高处作业》、《制冷与空调作业》、《烟花爆竹作业》、《矿山作业》,共7套12本初、复训教材。本套教材概括了7类特种作业人员必须掌握的安全生产基础知识和基本技能,内容新颖,结构紧凑,重点突出,融科学性、系统性、针对性、实用性为一体。

由于任务紧迫、水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者指正。

江苏省安全生产宣传教育中心

2006年1月

# 目 录

<b>第一章 基础知识</b> .....	(1)
第一节 高处作业定义.....	(1)
第二节 高处作业高度计算.....	(2)
第三节 高处作业分级.....	(3)
第四节 力学基本概念.....	(5)
思考题 .....	(10)
<b>第二章 高处作业基本类型</b> .....	(11)
第一节 临边作业 .....	(12)
第二节 洞口作业 .....	(15)
第三节 攀登作业 .....	(18)
第四节 悬空作业 .....	(21)
第五节 交叉作业 .....	(23)
第六节 操作平台作业 .....	(24)
思考题 .....	(30)
<b>第三章 高处作业个体防护装备</b> .....	(31)
第一节 安全网 .....	(31)
第二节 安全带 .....	(35)
第三节 安全帽 .....	(37)
第四节 防护服、防护鞋和防护手套.....	(39)
思考题 .....	(42)
<b>第四章 高处作业安全管理</b> .....	(43)
第一节 高处作业人员要求 .....	(43)
第二节 高处作业安全要求 .....	(46)
第三节 高处作业安全检查 .....	(53)
第四节 高处作业事故预防 .....	(58)
第五节 高处作业事故应急救援 .....	(61)
思考题 .....	(66)



<b>第五章 脚手架搭设作业</b> .....	(68)
第一节 概述 .....	(68)
第二节 扣件式钢管脚手架 .....	(70)
第三节 碗扣式钢管脚手架 .....	(102)
第四节 满堂脚手架 .....	(112)
第五节 内脚手架 .....	(117)
思考题 .....	(123)
<b>第六章 特殊脚手架搭设作业</b> .....	(125)
第一节 门式钢管脚手架 .....	(125)
第二节 悬挑脚手架 .....	(140)
第三节 附着升降脚手架 .....	(146)
思考题 .....	(152)
<b>第七章 高处悬挂作业</b> .....	(153)
第一节 座式登高板 .....	(153)
第二节 高处作业吊篮 .....	(158)
第三节 擦窗机 .....	(182)
思考题 .....	(193)
<b>第八章 高空作业机械</b> .....	(195)
第一节 高空作业机械分类及规格 .....	(195)
第二节 高空作业机械技术要求 .....	(197)
第三节 高空作业机械安装 .....	(199)
第四节 高空作业机械作业安全 .....	(200)
第五节 高空作业机械安全管理 .....	(202)
第六节 绝缘高空作业车 .....	(203)
思考题 .....	(204)
<b>附录 高处作业事故案例</b> .....	(206)
<b>参考文献</b> .....	(216)
<b>后 记</b> .....	(218)

# 第一章 基础知识

高处作业,是从相对高度概念出发的。根据 GB/T3608《高处作业分级》国家标准的规定,凡在有可能坠落的高处进行施工作业,当坠落高度距离基准面在 2 m 及 2 m 以上时,该项作业即称为高处作业。所谓基准面,即坠落下去的底面,如地面、楼面、楼梯平面、相邻较近建筑物的屋面、基坑的底面、脚手架的通道板等。底面可能高低不平,所以对基准面的规定为,发生坠落时最低坠落着落点的水平面。这最低坠落着落点指的是,在坠落中可能跌落到的最低点。与此相反,如果处在四周封闭状态,那么,即使在高空,例如在高层建筑的居室内作业,也不能称为高处作业。

## 第一节 高处作业定义

### 一、区分“高处作业”的意义

随着经济的发展,需要从事的高处作业种类越来越多,高度越来越高,对高处作业人员的劳动保护问题也越来越受到高度重视。高处坠落是高处作业事故中比例最高、伤亡最严重的事故,因此,明确高处作业的概念,对高处作业的有关定义、分级等进行科学的探讨,做出确切的规定,是高处作业时采取劳动安全防护措施和加强劳动安全科学管理,减少这类事故发生的一个极其有效的措施。

### 二、划分“高处作业”的依据

从事故调查、统计来看,80%的坠落死亡事故发生于 2~16 m,而 2 m 以下死亡事故,全是因脑受伤引起的。由此可见,2 m 以下的坠落事故,其严重程度主要是由受伤部位来决定的。在人体高度范围内的高处坠落,伤害可能性较小。因此,定 2 m 为高处作业起始点,规定 2 m 以上(含 2 m)的作业为高处作业是比较科学合理的。

### 三、高处作业的基本定义

1. 高处作业:凡在坠落高度基准面 2 m 以上(含 2 m)有可能坠落的高处进行的作业称为高处作业。

高处作业指的是在建筑、设备、作业场地、工具、设施等的高部位作业,亦包括作业时的上下攀登过程。

2. 基础高度:以作业位置为中心,6 m 为半径,划出一个垂直水平面的柱形空间,此柱形空间内最低处与作业位置间的高度差称为基础高度。基础高度通常用

$h$  表示。

3. 可能坠落范围半径:为确定可能坠落范围而规定的相对于作业位置的一段水平距离称为可能坠落范围半径。其大小取决于与作业现场的地形、地势或建筑物分布等有关的基础高度。可能坠落范围半径通常用  $R$  表示。

4. 可能坠落范围:以作业位置为中心,可能坠落范围半径为半径划成的与水平面垂直的柱形空间,称为可能坠落范围。

5. 坠落高度基准面:通过可能坠落范围内最低处的水平面称为坠落高度基准面。

考虑高处作业有可能坠落的最危险状态,将作业者在作业位置可能坠落到的最低着落点的水平面(与可能坠落范围的半径有关),定为计算高处作业高度的基准面。

6. 高处作业高度:作业区各作业位置至相应坠落高度基准面的垂直距离中的最大值,称为该作业区的高处作业高度。简称作业高度。作业高度通常用  $H$  表示。

确定高处作业高度时,须先确定最低坠落着落点,要确定最低坠落着落点,又须先确定坠落高度基准面,“坠落高度基准面”是计算高处作业高度的基准。

## 第二节 高处作业高度计算

### 一、高处作业高度计算方法

1. 以作业位置为中心,6 m 为半径,划出一个垂直水平面的柱形空间,确定此柱形空间内最低处与作业位置间的高度差为基础高度  $h$ 。

2. 根据基础高度  $h$  确定可能坠落范围半径  $R$ 。

当基础高度  $h$  为 2~5 m 时,可能坠落范围半径  $R$  为 3 m;

当基础高度  $h$  为 5~15 m 时,可能坠落范围半径  $R$  为 4 m;

当基础高度  $h$  为 15~30 m 时,可能坠落范围半径  $R$  为 5 m;

当基础高度  $h$  为 30 m 以上时,可能坠落范围半径  $R$  为 6 m。

3. 确定高处作业高度  $H$ 。

根据可能坠落范围半径  $R$ ,将作业者可能坠落到的最低着落点的水平面,定为计算高处作业高度的基准面。确定作业区各作业位置至相应坠落高度基准面的垂直距离中的最大值,作为该作业区的高处作业高度  $H$ 。

### 二、高处作业高度计算示例

例 1-1 如图 1-1,其中  $h=29.5$  m,  $R=5$  m,  $H=4.5$  m。

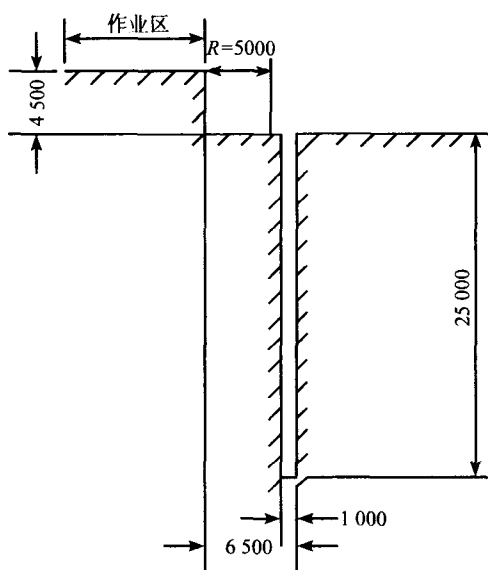


图 1-1 例 1-1 图

### 第三节 高处作业分级

#### 一、高处作业高度的分区

在其它条件相同的情况下,高度越高,坠落者受伤程度越严重。这一点一方面可从事故分析中直接得出结论,另一方面,从力学观点分析,人体在高处坠落运动过程中,始终受到重力影响,其落地时的初速度随着坠落高度的增加而增大。所以将高处作业按照高度分为 2~5 m、5~15 m、15~30 m 及 30 m 以上四个区域。

##### 1. 2~5 m 高处作业

高处作业高度在 2~5 m 时,由于高度不太高,因高度造成的不安全因素可通过各种措施较容易地加以解决,所以在此高度范围内造成的事故,大部分是轻伤。

##### 2. 5~15 m 高处作业

高处作业高度在 5~15 m 时,发生重伤的可能性较大,因此将 15 m 定为一个分界点。

##### 3. 15~30 m 高处作业

高处作业高度在 15~30 m 时,发生的事故基本上是死亡事故。

##### 4. 30 m 以上高处作业

30 m 以上高处作业发生的事故,从伤害严重性来看,又比 15~30 m 高处作业

更为严重。当“高度”引起的危险性达到一个极端（即指最危险状态）时，就没有必要再细分。因此，将 30 m 以上的作业统统划为一个区域。

## 二、引起高处作业坠落的客观危险因素

由于工作的需要，有相当一部分高处作业条件比较特殊或恶劣，通常有九种较易引起坠落的客观危险因素：

### 1. 阵风风力六级以上。

六级风的风速是 10.8~13.8 m/s，单位迎风面积上的风压为 150~246 N/m<sup>2</sup>，六级风能使大树枝摇摆，电线呼呼有声，在此情况下的高处作业是危险的。

### 2. 《高温作业分级》国家标准规定的Ⅱ级以上的高温条件。

《高温作业分级》国家标准中Ⅱ级以上高温下作业容易发生中暑、晕眩等症，在高空作业中，人的中暑和晕眩等可直接造成坠落事故。

### 3. 气温低于 10℃ 的室外环境。

气温低于 10℃ 时在高空露天作业，寒冷感增加，影响了操作灵活性，加之风压增大，容易发生坠落事故。低温时作业人员手部皮肤温度下降，当降到一定程度时，手部操作灵活性显著受到影响，肌力下降，在此情况下的高处作业，特别容易在攀登作业过程中发生坠落事故。

### 4. 场地有冰、雪、霜、水、油等易滑物。

冰、雪、霜、水、油等易滑物（特别是冰）覆盖在作业场地，会产生打滑现象，使作业者可能滑倒而造成坠落。

### 5. 自然光线不足，能见度差。

自然光线不足，能见度较差，采用人工照明进行高空作业时，由于改变了人们一般的生活习惯，容易引起疲劳和不适应。又因人工照明的效果一般比不上日光照明，因此，自然光线不足时的高处作业更容易发生事故。

### 6. 接近或接触危险电压带电体。

采取地（零）电位或等（同）电位等作业方式，接近或接触带电体，对带电设备和线路进行高空作业时，作业人员可能由于某些客观原因交叉跨越或误入邻相，引起触电坠落危险。

### 7. 立足处不是平面或只有很小的平面，致使作业者无法维持正常姿势。

无立足点或立足点是在斜面、柱面等非平面上，或立足点虽是平面但其面积很小，或立足点有震动、摇晃的高处作业，作业者为了保持身体的平衡，无法采用正常的姿势进行作业，其坠落可能性较大。

### 8. 抢救突然发生的各种灾害事故。

在发生灾害的环境中从事的高处作业，作业条件极其恶劣和特殊，抢救者高度紧张，容易造成坠落事故。

### 9. 超过 GB12330《体力搬运重量限值》国家标准规定的搬运。

超过搬运重量限值(见表 1-1)的高处作业人员,在超负荷的状态下易发生坠落事故。

表 1-1 人体搬运重量最大限值

性 别	搬运类别	单 位	搬运方式		
			搬	扛	推或拉
男	单次搬运重量	kg	15	50	300
	全日搬运重量	t	18	20	30
	全日搬运重量和相应步行距离乘积	tm	90	300	3 000
女	单次搬运重量	kg	10	20	200
	全日搬运重量	t	8	10	16
	全日搬运重量和相应步行距离乘积	tm	40	150	1 600

### 三、高处作业的分级

在划分高处作业等级时,一是从坠落的危险程度考虑,二是从高处作业的危险性质考虑,主要考虑高度和作业条件这两个因素,将可能坠落的危险程度用高处作业级别表示。分级时,首先根据坠落的危险程度,将作业高度分为 2~5 m、5~15 m、15~30 m 及 30 m 以上四个区域,然后根据高处作业的危险性质,对不存在本节列举的任一种直接引起坠落的客观危险因素的高处作业按表 1-2 规定的 A 类法分级,存在本节列举的一种或一种以上直接引起坠落的客观危险因素的高处作业按表 1-2 规定的 B 类法分级。

表 1-2 高处作业分级

级 别 分 类 法	作业高度(m)			
	2~5	5~15	15~30	>30
A	I	II	III	IV
B	II	III	IV	IV

## 第四节 力学基本概念

### 一、力的基本知识

#### 1. 力的概念

力是指物体之间的相互作用,这种作用使物体产生变形或改变物体的运动状

态。比如，力作用在钢管上，能使钢管变直、变弯曲、伸长或缩短等。

力对物体的作用效应取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点。

力是矢量，在图上，可以用带箭头的线段表示，如图 1-2 所示。线段的首端表示力的作用点的位置；线段的长度按设定的比例表示力的大小；线段的方位和箭头的指向表示力的方向。

按照国际单位制的规定，力的单位用牛顿(N)或千牛(kN)。

### 2. 力的合成与分解

若一个力和一个力系等效，则称这个力是该力系的合力，力系中的各个力都是其合力的分力。

把各分力代换成合力的过程，称为力系的合成。把合力代换成几个分力的过程，称为力的分解。

(1) 力的平行四边形法则。两个互成角度的共点力的合力，合力的大小和方向可以用表示这两个力的线段为邻边的平行四边形的对角线来表示，如图 1-3 所示。

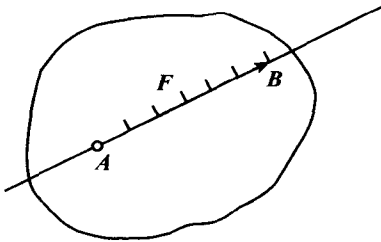


图 1-2 力的图示

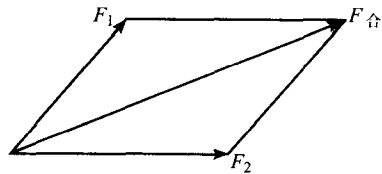


图 1-3 力的平行四边形法则

(2) 力的正交分解。将一个力沿两个互相垂直的方向进行分解的方法，称为力的正交分解法，如图 1-4 所示。

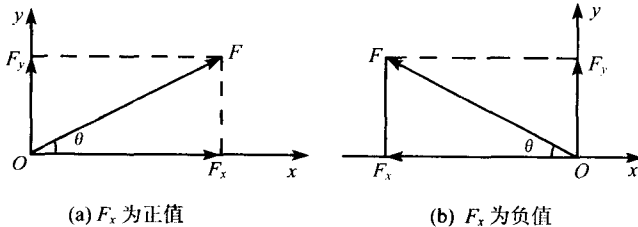


图 1-4 力的正交分解

若已知力  $F$  的大小为  $F$ ，它和  $x$  轴的夹角为  $\theta$  (取锐角)，则力可以分解为

$$F_x = \pm F \cos \theta$$

$$F_y = \pm F \sin \theta$$

如果力的方向与坐标轴方向一致,则取正值;反之,取负值。

如果力在坐标轴  $x$  和  $y$  上的分力  $F_x$  和  $F_y$  已知,则可由下式确定力  $F$  的大小和方向

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

力  $F$  作用线与  $x$  轴的夹角为  $\theta$ ,则

$$\tan \theta = \frac{|F_y|}{|F_x|}$$

**例 1-2** 试求出图 1-5 所示各力的合力。设  $F_1 = 100 \text{ N}$ ,  $F_2 = 200 \text{ N}$ ,  $F_3 = 400 \text{ N}$ 。

**解:**把各力在  $x$  轴和  $y$  轴上分解

$$\begin{aligned} F_x &= F_1 + F_3 \cos 45^\circ + F_2 \cos 90^\circ \\ &= 100 + 400 \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 0 = 382.8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= F_1 \sin 0^\circ + F_3 \sin 45^\circ + F_2 \\ &= 0 + 400 \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 200 = 482.8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{382.8^2 + 482.8^2} = 616.14 \text{ N}$$

$$\tan \theta = \frac{|F_y|}{|F_x|} = \frac{482.8}{382.8} = 1.26, \text{ 则 } \theta = 52^\circ$$

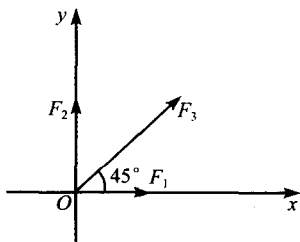


图 1-5 例 1-2 图

## 二、受力分析和受力图

在静力学中,要研究力系的简化和力系的平衡条件,就必须会分析物体的受力情况,并画出受力图。

通常把研究对象的约束解除,从周围物体中分离出来,成为人为的自由体,简称分离体。将其所受的全部主动力和约束反力表示在分离体上,这个过程称为受力分析;这样得到的图形,称为受力图。画受力图的步骤如下:

1. 明确研究对象,画出分离体。
2. 在分离体上画出全部主动力。
3. 在分离体上画出全部被动力。

现举例说明受力图的画法。

**例 1-3** 梁  $AB$  如图 1-6(a) 所示。 $A$  端为固定铰支座, $B$  端为活动铰支座,梁中点  $C$  受主动力  $F$  的作用,梁重不计。试分析梁的受力情况。

**解:**

- (1) 以梁  $AB$  为研究对象并画出分离体。
- (2) 画出主动力  $F$ 。



(3) 画出约束反力,如图 1-6(b)、(c)所示。

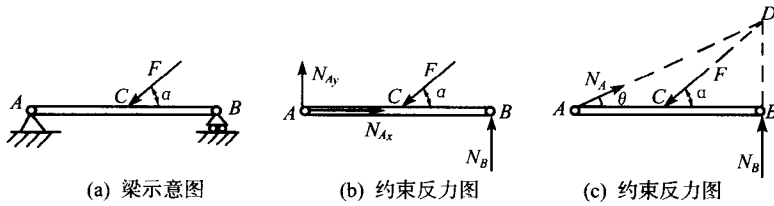


图 1-6 例 1-3 图

### 三、简单结构的平衡

#### 1. 共点力的平衡

如果作用在构件上的所有荷载和支座反力的作用线相交于一点,则称为共点力。

共点力平衡条件是合力为零,即各力在坐标轴上的分力的代数和为零,即

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

例 1-4 试求出图 1-7(a)所示桁架中 AB、AC 杆的轴力。

解:(1) 首先考虑整个桁架的平衡,求出约束反力,如图 1-7(b)所示。

因为荷载和结构都是对称且垂直的,故 A 点和 F 点的约束反力是对称且垂直的。于是有

$$X_A = 0$$

$$Y_A = R_F = 1.5P$$

(2) 以节点 A 为研究对象,其受力图如图 1-7(c)所示。

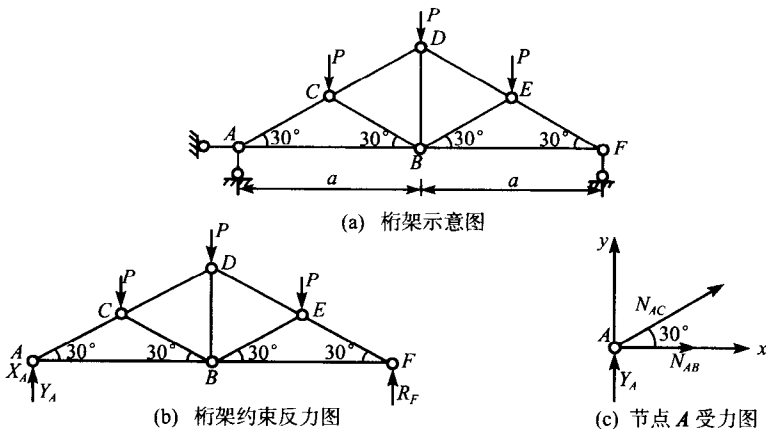


图 1-7 桁架计算图