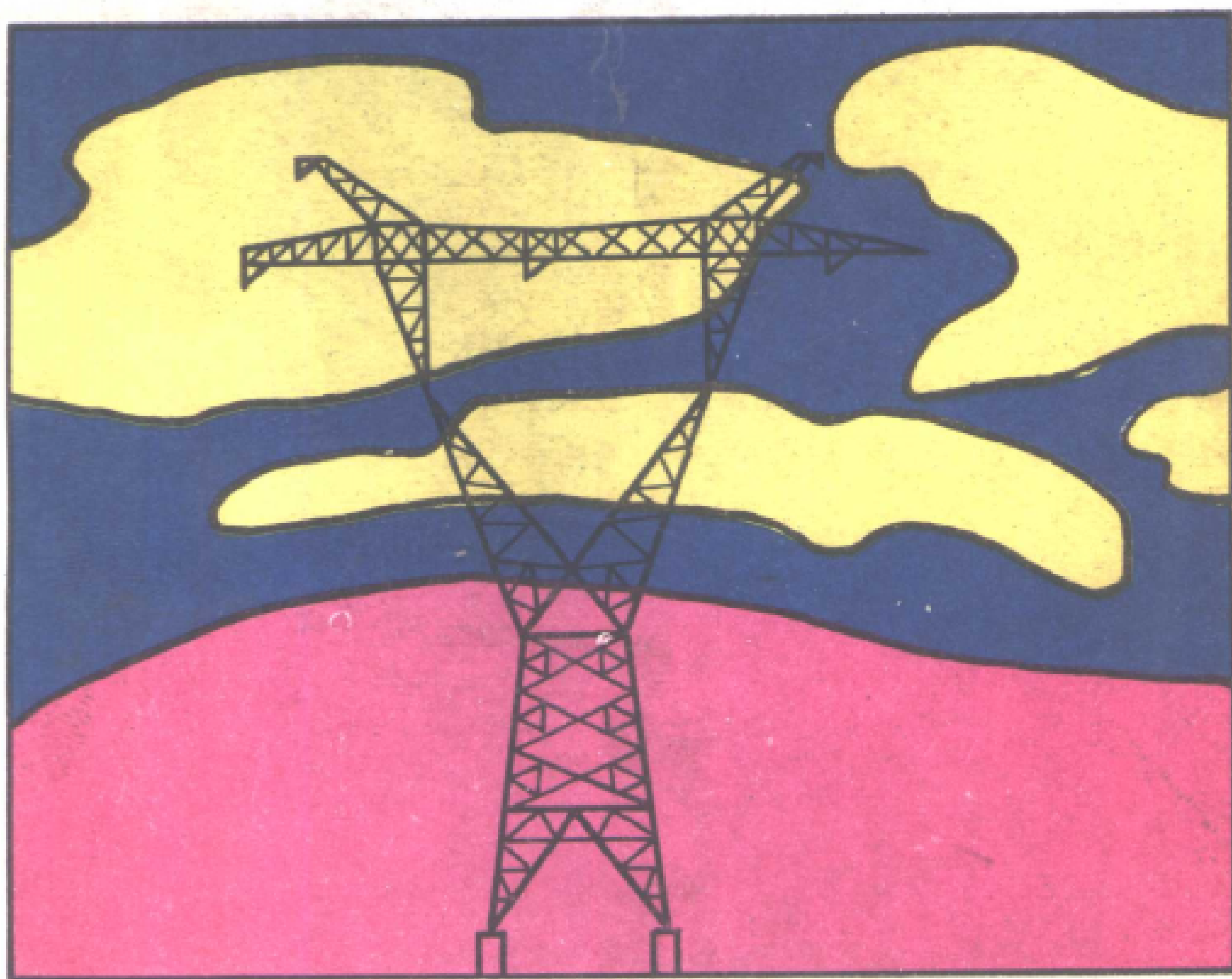


输电线路铁塔设计制造维护

宋连库 宋有声 宋亚光

黑龙江科学技术出版社



72.1872

8806137

输电线路铁塔设计制造维护

宋连库 宋有声 宋亚光

黑龙江科学技术出版社

1988年·哈尔滨

内 容 提 要

本书以教材的形式,较为系统地介绍了铁塔设计的基本知识,全书共分八章,备有必要的例题与附录。介绍了钢结构设计的基本知识、铁塔型式、用途、自立与拉线式铁塔的设计计算、节点、基础设计以及铁塔的维护、制造。浅显易懂,可供具有中学以上文化水平的同志阅读,也可供中专、技工学校作教学参考。

责任编辑:张丽生

封面设计:张可欣

输电线铁塔设计制造维护

宋连庠 宋有声 宋亚光

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

四平电业局印刷厂印刷

787×1092 16开本 20.375印张 487千字

1988年2月第1版·1988年2月第1次印刷

印数:1—5500册 定价:4.60元

ISBN 7—5388—0229—0/TM·9

前 言

随着四化事业的发展，电力工业得到了突飞猛进的发展。因此，输电线路趋向于大型化了，如输送容量的增大采用了分裂导线，增大了铁塔的承载能力，电压升高引起塔高的增大等。目前铁塔设计方面的资料不少。但大多数版本叙述简短，唯有东北电力设计院的《高压送电线路设计手册》较为系统。但毕竟是手册，对初学者阅读仍感不便。为此笔者收集了国内外的设计资料，结合多年的体会，编写了本书，以教材的形式，较为系统地介绍了这方面的基本内容。书中由钢结构设计的基本知识、铁塔的用途、构造、设计理论谈起，一直谈到制造与维护。特别着重于经济设计的知识，讨论了不同的塔身断面形状、构件的断面型式对消耗指标的影响。本书插入相当数量的例题，便于读者消化。

本书可供新参加铁塔设计的同志参考，也可作为中专、技工学校的教学参考书。

本书在编写过程中得到了有关领导及周玉兰、石敏同志的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

笔者虽经总结长期实践经验，写出了此一拙作，但由时间仓促，其中不当及不成熟之处恐在所难免，恳请广大读者予以指正。

笔 者

1987年5月

目 录

第一章 钢结构设计的基本知识	1
第一节 钢材的基本知识及力学性质.....	1
第二节 钢的机械性能、化学成分、用途及规格.....	5
第三节 力学基本知识.....	11
第四节 桁架及铁塔计算的基本知识.....	19
第二章 铁塔型式、用途及构造	28
第一节 铁塔的型式及用途.....	28
第二节 铁塔的构造.....	40
第三章 自立式铁塔计算	84
第一节 概述.....	84
第二节 多边形铁塔主材的内力计算.....	91
第三节 铁塔扭力计算.....	95
第四节 铁塔斜材内力计算.....	107
第五节 酒杯型直线塔的内力分析.....	113
第六节 城市电网的杆塔设计.....	121
第七节 铁塔构件的断面选择.....	131
第四章 拉线塔设计	178
第一节 拉线塔拉线与主柱的设计.....	178
第二节 横担设计.....	189
第三节 基础作用力计算.....	199
第五章 节点设计	225
第一节 概述.....	225
第二节 螺栓连接.....	231
第三节 焊接连接.....	237
第六章 铁(杆)塔基础设计	244
第一节 地基与土壤的参数.....	244

第二节	倾覆基础计算	260
第三节	上拔基础计算	270
第四节	下压基础计算	276
第七章	铁塔维护	286
第一节	铁塔的巡视检查与维护	286
第二节	铁塔的防锈	287
第三节	油漆施工的安全与防护	301
第八章	铁塔制造	303
第一节	铁塔放大样	303
第二节	下料加工	305
附 录		307
一、	热轧等边角钢规格表 (YB166—65)	307
二、	普通低合金钢热轧等边角钢规格表	310
三、	镀锌钢绞线 (GB1200—75)	311
四、	粗制螺栓允许荷载表	314
五、	钢管规格及截面特性表 (根据YBZ31—70及YB242—63计算)	315
六、	风级风速视力鉴别表	321

第一章 钢结构设计的基本知识

第一节 钢材的基本知识及力学性质

一、钢材的基本知识

金属从门类上可分为两大类，即有色金属与黑色金属，钢材及生铁（含碳量大于2%）属于黑色金属。它在建筑工业中用途最广泛。例如桥梁、屋架、输电线路的铁塔、各类气体及液体的容器以及近些年的钢窗、钢门等。

在一些资料中，往往把钢材的机械性能归纳在物理性能中。物理性能除本章所述的力学性质以外，还包括线性膨胀系数、临界温度、等温转变曲线、导热系数、磁学性能等。本章只讨论钢结构设计，故对后面所提到的性能不作讨论，而只介绍钢材的机械性能、化学成分，以及各种化学元素对钢材机械性能的影响。

钢主要是由铁(Fe)及碳(C)为主的元素制成的，其中含有天然杂质或人工掺料，如硅(Si)、锰(Mn)、铜(Cu)、硫(S)、磷(P)、硼(B)和其他元素。

钢的性能随着各类元素的多少而变化，以含碳量多少将钢分为三种。即

低碳钢——含碳量小于0.25%；

中碳钢——含碳量在0.25~0.56%范围内；

高碳钢——含碳量大于0.6%。

碳的含量愈多，强度愈高，质地愈硬。碳的极限含量虽不大于0.8%，但它却会使钢的塑性及韧性降低，使加工性能变坏——不易进行剪切、冲、弯曲以及焊接。因此，制造钢结构用的钢材中含碳量一般以不大于0.25%为宜。

硅能提高钢的强度，但它能使可焊性变坏，同时也降低了抗腐蚀的能力，所以一般碳素钢中硅的含量为0.07~0.35%。

在钢的冶炼过程中加锰，可使铁还原并减少硫的有害作用。锰和硫形成一种耐熔的硫化锰。锰能提高钢材的强度，而且又不能显著降低钢材的塑性和韧性。普通碳素钢中锰的含量可达2%。

磷和硫在钢中属于有害杂质，是铸铁熔炼成钢时残留在钢中的。磷能使钢变得冷脆，也就是低温冷脆，磷能提高钢的韧性及耐腐蚀性，但不甚显著。含磷量如果过多，会在低温和冷加工时容易发生裂缝，因此在结构钢中磷的含量不大于0.045%。

硫的混合物能使钢变得热脆（红脆），因而使钢在热状态下变成脆性，即在高温下不能很好地抵制机械力的作用，因此不宜于热加工。硫的含量在制作钢结构的普通碳素钢中限制在0.05%以下。

氧和氮易从铁液中溢出，其含量虽最少，但这两种杂质却可使钢变得很脆，氧比氮则更为严重。因此，对其含量应予以严格控制。

铜可以提高钢的强度和耐腐蚀作用，其含量一般在0.35%以下。

钢是由铸铁在平炉或转炉中冶炼而成的。在冶炼过程中，将多余的碳和部分有害杂质烧尽，同时掺入上述有益的掺料，从而改善钢的质量。

钢锭按浇铸的程序可分为沸腾钢与镇静钢两种。将炼钢炉中放出的钢液直接注入模内的钢，叫做沸腾钢。为了改善钢的质量，炼钢时附加部分锰和铝作为脱氧剂，使钢液在盛钢桶内放置一定时间。在此过程中脱氧剂保持所需的温度，并从钢中吸去氧，还使熔解在钢中的煤气量减少。这样得到的钢叫做镇静钢。

镇静钢因为在盛钢桶放置了一段时间，气体被溢出，因此，它的孔隙比沸腾钢少。而且细粒结构也较为均匀。所以镇静钢比沸腾钢质量高，价格也比沸腾钢昂贵。

一般钢结构均采用沸腾钢，但是对某些直接承受频繁交变荷载的焊接结构，宜采用镇静钢。镇静钢转脆的温度为 $-20^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ 之间，而沸腾钢则在 -20°C 以上。

二、钢材的力学特性

对于钢材的力学性质的讨论，主要是讨论钢材的强度性能及变形性能。这两个性能是对钢结构设计的理论分析及实际计算所必备的指标。其次，还要介绍一下钢材的硬度、疲劳及蠕变情况。为便于使用钢材的同志们核对、检查钢材的技术条件或试验报告，这里仅对普通碳素结构钢材的性能作简单的介绍。这种钢材的成分单纯，同时也是钢材中价格较为便宜且强度适中的一种钢材。因此，铁塔设计制造中多采用这种钢材。

1. 钢材的强度及变形

(1) 钢材的拉伸试验

讨论钢材的力学性质，通常是用拉伸试验机在常温下进行静荷载拉伸试验。在将使用的钢材中提取试样，并应按标准将被试钢材加工成标准试件，一式三个。标准试件如图1—1所示。试件的规格一般是直径 $d_0 = 5$ 或 10 毫米，标距长度 $l_0 = 5d_0$ 或 $10d_0$ ，分别

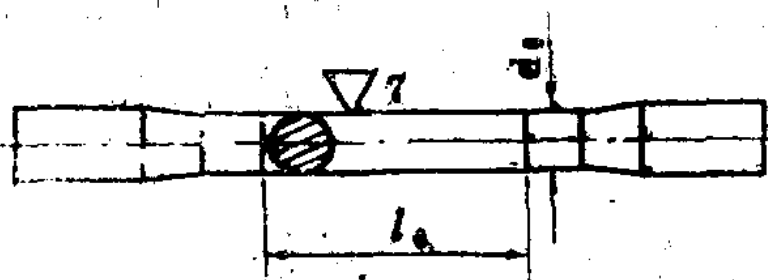


图 1—1

叫做5倍试件或10倍试件。标距 l_0 的两端应划以周线，以备在拉伸过程中测量变形的大小。例如，在甲类与特类普通碳素钢的机械性能表中，有 δ_5 及 δ_{10} 的符号，其意义就是5倍试件及10倍试件。型钢沿轧制方向取样，工字钢和槽钢在截面高度 $1/3$ 处取样，钢板在垂直于轧制方向取样。

试件装在试验机上，驱动试验机加拉力给试件，就会发现随拉力的增加试件也相应地伸长。当拉力加到一定程度时，试件发生断裂。这一完整的过程均在试验机的绘图装置上绘出拉力与伸长的关系曲线，这条曲线叫做拉伸曲线（ $P-\Delta l$ 曲线），如图1—2(a)所示。为了消除不同规格试件的影响，使试验准确地反映材料的性质，以便于同其他材料比较，把图1—2(a)的纵坐标除以标准试件的断面积 F ，并将横坐标的 Δl 除以原始标距 l_0 ，便得到图1—2(b)所示的形式。这条曲线叫做应力 σ —应变 ϵ 曲线，曲线消除了试件尺寸的影响。

(2) 拉伸过程

由图1—2可以看出普通碳素钢在拉伸过程中的几个阶段。但不是所有钢材的拉伸曲

线都象图1—2那样。对于淬火、回火及强度较高的钢材，在曲线上表示不出来屈服点。

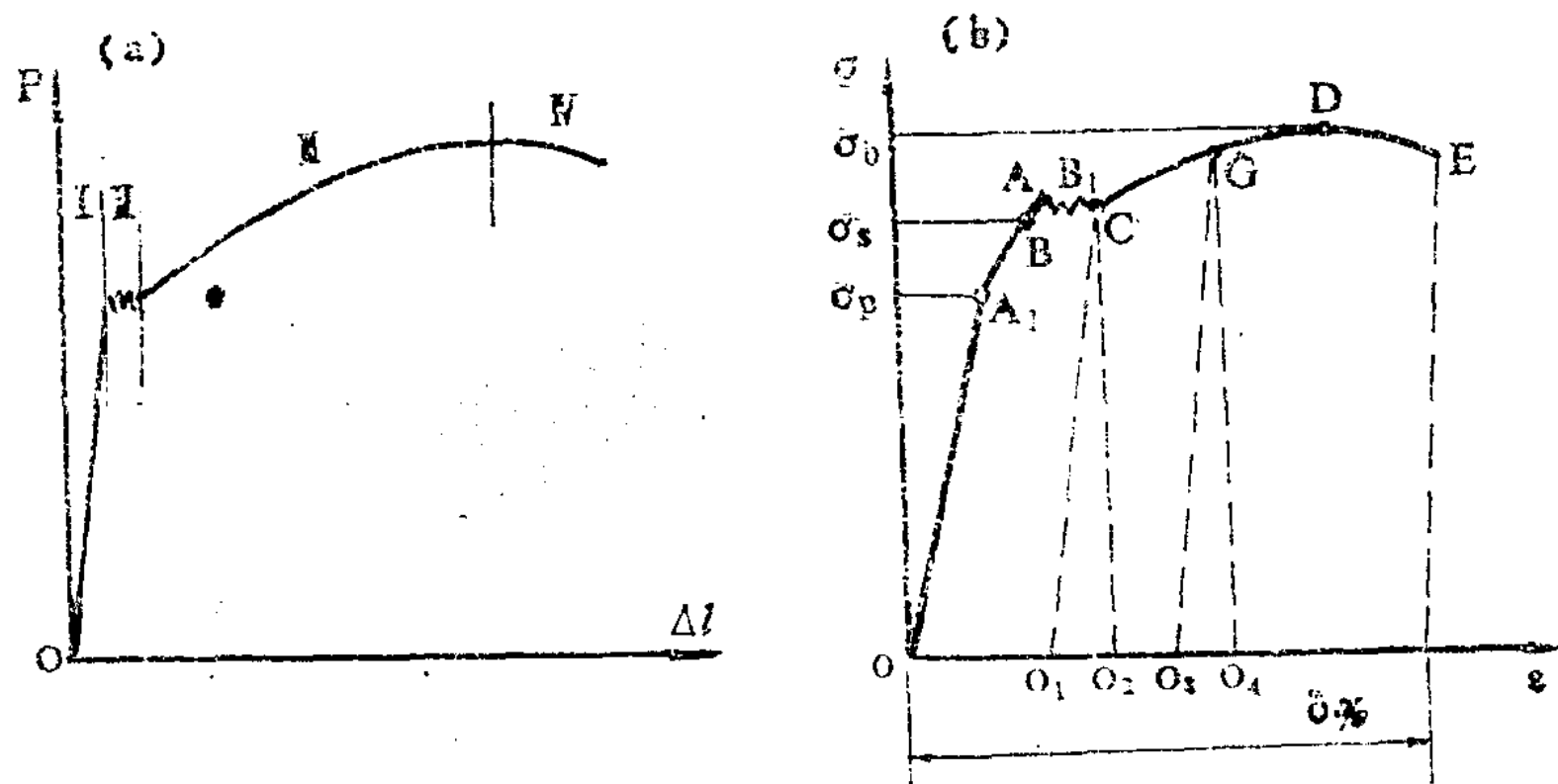


图 1—2

(a) 拉伸曲线 (b—Δl 曲线)

(b) 应力应变曲线 (σ—ε 曲线)

①弹性阶段 图1—2(b)所示曲线的第一阶段是OA部分，在这个阶段中应变ε随应力σ成比例地增加。经多次试验得知，在这个阶段中，若是逐渐去掉试件上的外力P，试件的变形也相应地恢复到零。我们把去掉荷载后能消失的变形，叫做弹性变形。因此，把这个阶段叫做弹性阶段。曲线中直线部分的最高点A₁所对应的应力叫做比例极限，以符号σ_p表示。因为OA₁是直线，所以，应力与应变成正比例关系：

$$\sigma = E\varepsilon \quad \text{或} \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (1-1)$$

在材料力学中把式(1—1)叫做虎克定律。式中的常数E叫做钢材的弹性模量或弹性系数。其单位通常以N/mm²表示。在钢结构设计中所用钢材的E值不能低于国家标准。因为它是抵制构件变形的指标。式(1—1)中

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

因此

$$\Delta l = \frac{Pl}{EF} \quad (1-2)$$

式(1—2)中的EF叫做受拉杆件或受压杆件抵制变形的刚度。

在拉伸试验的过程中还发现，试件受拉后产生了纵向变形即纵向应变ε，同时也产生了横向应变ε'。从体积不变的条件来看，若试件的纵向尺寸增大了，其横向尺寸就必然减小。两者成一定的比例关系：

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right| \quad (1-3)$$

把这个比例常数μ叫做泊桑系数。ε'随ε值的增大而减小。所以，两者具有相反符号。因此，式(1—3)可改写成

$$\varepsilon' = -\mu\varepsilon \quad (1-4)$$

碳素钢的泊桑系数 $\mu = 0.24 \sim 0.28$ 。

②屈服阶段 曲线的第二阶段，也就是图1—2(b)的 B_1C 部分，因为正应力以很小的幅度变化，而应变却迅速增加，因而呈现了微小的抖动波，其波幅较小，趋近于水平直线。这个过程表明钢材对变形的增大失去了抵制的能力，这种现象叫做屈服。 B_1C 叫做屈服平台，这个阶段叫做屈服阶段。在此阶段，B点所对应的正应力叫做屈服极限，以符号 σ_s 表示。

如在屈服平台末端C点，将试件的拉力慢慢去掉，试件的变形仅能恢复到 ϵ_1 ， $c\epsilon_1//OA$ ，在 $\epsilon_2 - \epsilon_1$ 段仍属于弹性变形， ϵ_1 叫做残余变形或塑性变形。而输电线路的铁塔却不允许产生这种变形。铁塔按容许应力法进行设计，普通碳素钢的容许应力远小于屈服极限。对A₃F钢材而言 $\sigma_s = 235\text{N/mm}^2$ ，容许应力 $[\sigma] = 157\text{N/mm}^2$ ，

$$\frac{\sigma_s}{[\sigma]} = 1.5。 \text{裕度很大。}$$

③强化阶段 曲线的第三部分CD又继续上升，表明钢材的正应力又随线应变而增大，这一阶段叫做强化阶段。D点的应力成为全部拉伸过程的最大值，D点对应的应力叫做强度极限，以 σ_b 表示。

④断裂阶段 曲线的第四阶段DE部分转为下降，钢材的正应力在D点以前时，变形在整个试件上基本是均匀的。当正应力达到强度极限 σ_b 时，试件某段开始有较大的横截面积收缩，叫做颈缩或细颈作用。试件在继续伸长的过程中，由于颈缩急剧发展，横截面积相应地急剧减小，而横断面上的应力却急剧地增加，迫使试件断裂。

承受动荷载或者经压力成型的加工件，除对前述强度指标有一定的要求外，还要求钢材具有一定的塑性变形能力，这就是塑性指标。主要的塑性指标有延伸率 δ 、截面收缩率 ψ 、刚度、刚性等。

(3) 延伸率 δ

延伸率是试件拉断后工作段的绝对伸长量和原来标距长度之比的百分数，即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 l_1 ——试件拉断后横向周线间的长度。

$\delta > 5\%$ 的材料叫做塑性材料，反之叫做脆性材料。

(4) 截面收缩率 ψ

它是用试件拉断处的截面面积收缩量与原截面面积之比的百分数来表示的，即

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 F_1 ——试件拉断处的截面积。

2. 钢材的硬度、疲劳及蠕变

(1) 硬度是钢材的软硬程度，或者说钢材抵抗硬的物体压入其表面的能力叫做硬度。测定硬度的方法主要有三种。

①布氏硬度 用一定的荷载 P （常用3000千克）把一定大小（直径一般取10毫米、5毫米或2.5毫米）经过淬硬的钢球压入材料的表面，以材料表面的压痕面积 F 来除荷载的

商，即为布氏硬度。用符号“ H_B ”表示。通常不标单位。其表达式为

$$H_B = \frac{P}{F} \quad N/mm^2$$

布氏硬度适用于较厚的普通碳素钢，低合金建筑用钢等。根据钢材的硬度便可以估算出钢材的抗拉强度 N ：

$$N \approx 0.35H_B \quad (1-7)$$

②洛氏硬度 用顶角为120度的金钢石圆锥体或直径 $D = 1.59$ 或 3.18 毫米的钢球，在一定荷载下压入试件的表面，由压坑的深度推算出的硬度，即为洛氏硬度。用符号 H_R 表示。采用不同规格的压头和荷载所测得的硬度值可分别用 H_{RA} 、 H_{RB} 或 H_{RC} 表示。通常不标单位。

H_{RA} 为采用600牛顿压力的钻石锥压入器所求得的硬度。它适用于测定硬度高的渗碳钢，碳化物及硬质合金等。 H_{RB} 为采用1000牛顿压力、直径为1.59毫米的淬火硬钢球测得的硬度。它适用于硬度较低的材料，如有色金属、退火钢等。 H_{RC} 为采用1500牛顿压力的钻石压入器求得的硬度值。它适用于硬度较高的材料，如淬火钢。

③维氏硬度 维氏硬度的测定采用顶头为136度的四棱锥形金刚石压入器，以压出的凹坑面积来除荷载所得的商。用符号 H_V 表示。它适用于测定硬度较高且较薄的试样。

(2) 疲劳

金属材料经受长期交变应力的作用，发生破坏的现象叫做疲劳破坏。例如，在输电线路中因导线震动导致横担的吊杆断裂就是疲劳破坏。

金属材料经受无数次反复交变荷载作用，不破坏的最大应力叫做疲劳极限或疲劳强度。对于一般钢材反复交变而不破坏的次数为 $10^6 \sim 10^7$ 次。

(3) 蠕变

金属材料在长期恒温、恒应力的作用下，虽然荷载小于屈服强度但能产生缓慢塑性变形的现象叫做蠕变。

蠕变的指标是强度极限。它是指试样在一定的温度 t 下和规定的持续时间 τ 内产生的蠕变量 δ ，或蠕变速度为某规定值时的最大应力，常以符号 σ_s^t/τ 表示。如试验温度

$= 700^\circ C$ ，持续时间为10000小时，产生的蠕变量为1%的蠕变极限可表为 $\sigma_1^{700}/10000$ 。

第二节 钢的机械性能、化学成分、用途及规格

钢材的机械性能由化学成分和生产工艺所决定。目前普通碳素钢共分特、甲、乙三类。特类钢厂按机械性能和化学成分供应，甲类钢按机械性能供应，乙类钢按化学成分供应。

一、特类、甲类普通碳素钢的机械性能

表 1—1列出了特类、甲类普通碳素钢的机械性能。

表 1—1

序 号	钢 号					机 械 性 能						180° 冷弯试验		
	碱性平炉钢		侧吹碱性转炉钢		侧吹酸性转炉钢	$\sigma_s \geq (N/cm^2)$			σ_b (N/cm^2)	δ_5	δ_{10}			
	甲类	特类	甲类	特类	甲 类	按尺寸分组						$\geq (\%)$	型 钢	钢 板
						1	2	3						
1	A ₁											d=0	d=0.5a	
	A _{1F}													
2	A ₂	C ₂	AJ ₂	CJ ₂		216	196	186	333~412	31	26	d=0	d=a	
	A _{2F}	C _{2F}	AJ _{2F}	CJ _{2F}										
3									373~392	27	23	d=0.5a	d=1.5a	
	A ₃	C ₃	AJ ₃	CJ ₃	AS ₃	235	226	216	402~422	26	22			
									431~461	25	21			
4									373~392	27	23	d=2a	d=2a	
	A _{3F}	C _{3F}	AJ _{3F}	CJ _{3F}	AS _{3F}				402~422	26	22			
									431~461	25	21			
5	A ₄	C ₄	AJ ₄	CJ ₄	AS ₄				412~432	25	21	d=2a	d=2a	
						255	245	235	441~471	24	20			
	A _{4F}	C _{4F}	AJ _{4F}	CJ _{4F}	AS _{4F}				481~510	23	19			
6									490~520	21	17	d=3a	d=3a	
	A ₅	C ₅	AJ ₅	CJ ₅	AS ₅	275	265	255	530~559	20	16			
									569~608	19	15			
7									588~608	16	13	—	—	
	A ₆		AJ ₆		AS ₆	304	294	294	628~657	15	12			
									667~706	14	11			
8	A ₇		AJ ₇						686~726	11	9	—	—	
									≥ 735	10	8			

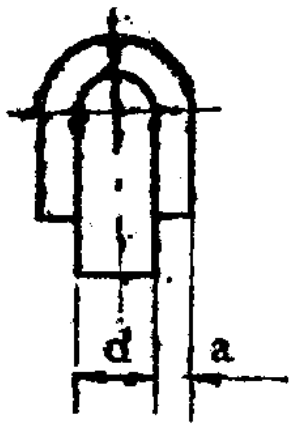
注: 1.冷弯试验

2. σ_s —屈服强度 N/cm^2

σ_b —强度极限 N/cm^2

a—试样厚度

d—弯心直径



屈服强度 σ_s 按钢材尺寸分组, 见表1—2。

表 1—2

组 别	名 称		
	钢棒直径或厚度 (毫米)	型钢和异型钢厚度 (毫米)	钢板厚度 (毫米)
1	≤40	≤15	4~20
2	>40~100	>15~20	>20~40
3	>100~250	>20	>40~60

表1—1中, 特类钢及甲类钢的主要用途如下:

序号1的各钢种用于制造金属结构构件、荷载小的零件、垫块、铆钉、垫圈、地脚螺栓、开口销、拉杆, 冲压零件及焊接件。

序号2的各钢种用于制造金属结构构件、拉杆、套圈、铆钉、螺栓、短轴、心轴、凸轮 (荷载不大的)、吊钩、垫圈, 渗碳零件及焊接件。

序号3、4的各钢种用于制造金属结构构件、心部强度要求不高的 渗 碳 或 氰 化 零 件, 吊钩、拉杆、车钩、套圈、气缸、齿轮、滑轮、焊接链、联轴器、螺栓、螺母、螺钉、铆钉、垫圈、挡圈、连杆、轮、轴、楔、盖及焊接件。

序号5的各钢种用于制造金属结构构件、转轴、心轴、拉杆、吊钩、箍、摇杆、螺栓、楔、键以及其它强度要求不高的零件。

序号6、7的各钢种用于制造转轴、心轴、主轴、啮合和摩擦离合器、链环片、刹车钢带、键以及强度要求高的零件。

二、特类、乙类普通碳素钢的化学成分

表1—3列出了特类、乙类普通碳素钢的化学成分。

表 1—3

炉种	钢 号		化 学 成 份 %				
	乙 类	特 类	C	Si	Mn	P	S
						≤	
碱 性 平 炉 钢	B ₂	C ₂	0.09~1.15	0.12~0.30	0.25~0.50	0.045	0.055
	B _{2F}	C _{2F}		≤0.07			
	B ₃	C ₃	0.14~0.22	0.12~0.30	0.40~0.65		
	B _{3F}	C _{3F}		≤0.07	0.30~0.60		
	B ₄	C ₄	0.18~0.27	0.12~0.30	0.40~0.70		
	B _{4F}	C _{4F}		≤0.07			
	B ₅	C ₅	0.28~0.37	0.15~0.35	0.50~0.80		
	B ₆		0.38~0.49				
	B ₇		0.50~0.62				

续表

炉种	钢 号		化 学 成 分 %				
	乙 类	特 类	C	Si	Mn	P	S
侧吹碱性转炉钢	BJ ₂	CJ ₂	0.06~0.12	0.10~0.30	0.25~0.55	0.045	0.055
	BJ ₂ F	CJ ₂ F		≤0.07			
	BJ ₃	CJ ₃	0.10~0.20	0.10~0.35	0.30~0.60		
	BJ ₃ F	CJ ₃ F		≤0.07			
	BJ ₄	CJ ₄	0.16~0.26	0.10~0.35	0.30~0.70		
	BJ ₄ F	CJ ₄ F		≤0.07			
	BJ ₅	CJ ₅	0.24~0.37				
	BJ ₆		0.37~0.50	0.12~0.35	0.50~0.80		
侧吹酸性转炉钢	BS ₃		≤0.14	0.12~0.35	0.25~0.55	0.085	0.065
	BS ₃ F			≤0.07			
	BS ₄		0.12~0.32	0.12~0.35	0.35~0.55		
	BS ₄ F			≤0.07			
	BS ₅		0.17~0.32		0.50~0.80		
	BS ₆		0.26~0.40	0.12~0.35	0.60~0.90		

几种普通低合金结构钢的化学成分及机械性能如表1—4所示。

表 1—4

钢 号	主要化学成份 (%)			性 能 指 标					用 途
	C	Mn	Si	钢材厚度或 直 径	σ_s N/mm ²	σ_b N/mm ²	δ_5	冷弯试验 180°	
09MnV	≤0.12	0.80~0.12	0.20~0.60	≤16 17~25	294 275	431	22	d=2a d=3a	钢结构等
16Mn	0.12~0.20	1.2~1.6	0.2~0.60	≤16	343	510	21	d=2a	压力容器, 钢结构
				17~25	323	490	19	d=3a	
				26~36	304	471	19	d=3a	
				38~50	284	471	19	d=3a	
				50~100 方、圆钢	275	471	19	d=3a	
16MnRe	0.12~0.20	1.2~1.6	0.20~0.60	≤16	343	510	21	d=2a	压力容器, 钢结构

注: 16Mn钢, 表示平均含碳量为0.16%。

三、各钢种的规格及误差

1. 角钢的规格及误差

目前生产的角钢分为如下三种：

等边角钢，其边宽为20~250毫米；

不等边角钢的边宽为25×16~250×160毫米；

60°等边角钢。

前两种的出厂长度为4~19米（通常用的是6~12米）。

角钢边厚、边宽及顶端直角的测量，应在距角钢端面不小于500毫米处进行。断面尺寸的允许偏差如表1—5所示。

表 1—5

单位：毫米

型 号 (等边)	允 许 偏 差		型 号 (不等边)	允 许 偏 差	
	边 宽	边 厚		边 宽	边 厚
20~45	±1.00	+0.30 -0.50	25×16~50×32	±1.00	+0.30 -0.50
50~90	±1.50	+0.50 -0.70	56×36~90×56	±1.50	+0.50 -0.70
100~140	±2.0	+0.70 -0.80	100×63~160×100	±2.00	+0.60 -0.90
160~200	±3.0	+0.80 -1.20	≥180×110	±4.00	±1.00
220~250	±4.0	+1.00 -1.50			

2. 扁钢的规格及误差

断面为矩形的带钢叫做扁钢。其宽度为10~200毫米，厚度为3~60毫米，一般长度为3~9米。扁钢的波浪度，每米不得超过5毫米，端头应切得正直，肉眼检查基本成直角，边缘不得有显著的凸凹弧形，镰刀弯每米不得大于5毫米。

扁钢宽度及厚度的允许偏差应符合表1—6的规定。

表 1—6

单位：毫米

宽 度	允 许 偏 差	厚 度	允 许 偏 差
10~50	+0.5 -1.0	3~6	+0.3 -0.5
>50	+1% -2%	>16	+2% -3%

扁钢的长度允许偏差如下：

长度小于4米	+30毫米
长度为4~6米	+50毫米
长度大于6米	+70毫米

四、钢件的机械性能

钢材、螺栓及焊缝的允许应力如表1—7所示。

表 1—7

单位：千牛/厘米²

应 力		拉 应 力	压 应 力	弯曲应力	剪 应 力	孔壁压应力
材 料						
3 号 钢		15.69	15.69	15.69	9.80	21.57
16 锰 钢		22.56	22.56	22.56	13.73	22.56
3号钢粗制螺栓		11.77	—	—	9.80	—
3号钢地脚螺栓		10.79	—	—	—	—
T—42焊条	对接焊缝	13.73	15.69	—	9.80	—
	贴角焊缝	10.79	10.79	—	10.79	—
T—50焊条	对接焊缝	19.61	22.56	—	13.73	—
	贴角焊缝	15.69	15.69	—	15.69	—

注：表中钢材孔壁压应力适应于构件端距为1.5d（粗制螺栓）的情况。

钢筋的设计强度和弹性模量如表1—8所示。

表 1—8

单位：千牛/厘米²

钢 筋 种 类		符 号	受拉钢筋设计强度 R _g 或R _y	受压钢筋设计强度 R' _g 或R' _y	标准强度 R _y ^b	弹性模量 E _g × 10 ⁶
I级钢筋 (A ₃)		φ	23.54	23.54	—	0.0206
II级钢筋 (16Mn)		Φ	33.34	33.34	—	0.0196
III级钢筋 (25MnSi)		Φ	37.27	37.27	—	0.0196
IV级钢筋 (44Mn ₂ Si等)		Φ	53.94	39.23	—	0.0196
冷拉I级钢筋直径≤12mm		φL	27.46	23.54	—	0.0196
冷拉II级钢筋	双 控	Φ	44.13	33.34	—	0.0177
	单 控		41.19			
冷拉III级钢筋	双 控	Φ	51.98	37.27	51.98	0.0177
	单 控		49.03			

五、钢铁产品的涂色标记

为了便于辨认和保管使用，除在钢材的某个部位上打印记外，还规定了代表各种牌号钢材的颜色，如表1—9所示。

表 1—9

标 准 名 称	牌 号 或 组 别	标 记 颜 色
普通碳素钢 GB700—79	1 号 钢 2 号 钢 3 号 钢 4 号 钢 5 号 钢 6 号 钢 7 号 钢 特 类 钢	蓝 色 黄 色 红 色 黑 色 绿 色 白 色+黑 色 红 色+棕 色 除上述标记外, 另加涂铝白色1条
优质碳素结构钢 GB699—65	05~15 20~25 30~40 45~85 15Mn~40Mn 45Mn~70Mn	白 色 棕 色+绿 色 白 色+蓝 色 白 色+棕 色 白 色 二 条 绿 色 三 条
钢筋混凝土用钢筋 GB1499—79	3号钢 (圆) 20MnSi (人字) 44Mn ₂ Si	红 色 — 绿 色

第三节 力学基本知识

一、定义

1. 力系

作用于物体上诸力的总称为力系。

2. 平衡及平衡力系

如果在某物体上作用一个力系后, 物体仍保持其原来的状态 (静止或等速运动), 则这些力互成平衡。这个力系称为平衡力系。

3. 力矩

作用在杠杆上的力 F_1 及 F_2 如图1—3所示, 是非平衡力系。显然, 它会使杠杆绕支点O转动。这种转动的效应叫做力对于该点之矩, 简称力矩。支点O叫做力矩中心或矩心。从支点到力的作用线的垂直距离, 称为力对此点之臂, 简称为力臂。如 F_1 的力臂为OA。

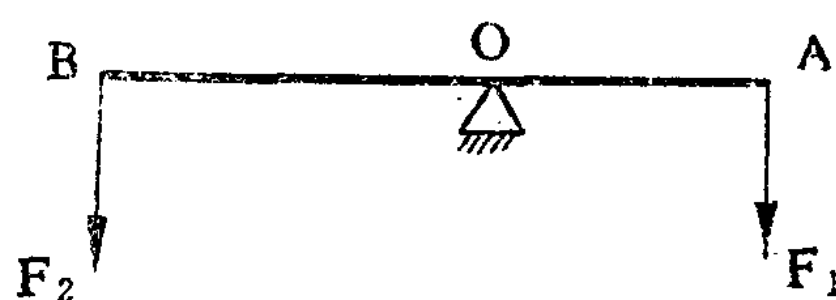


图 1—3

(1) 力矩定理

如共面力系合成为一个合力, 则合力