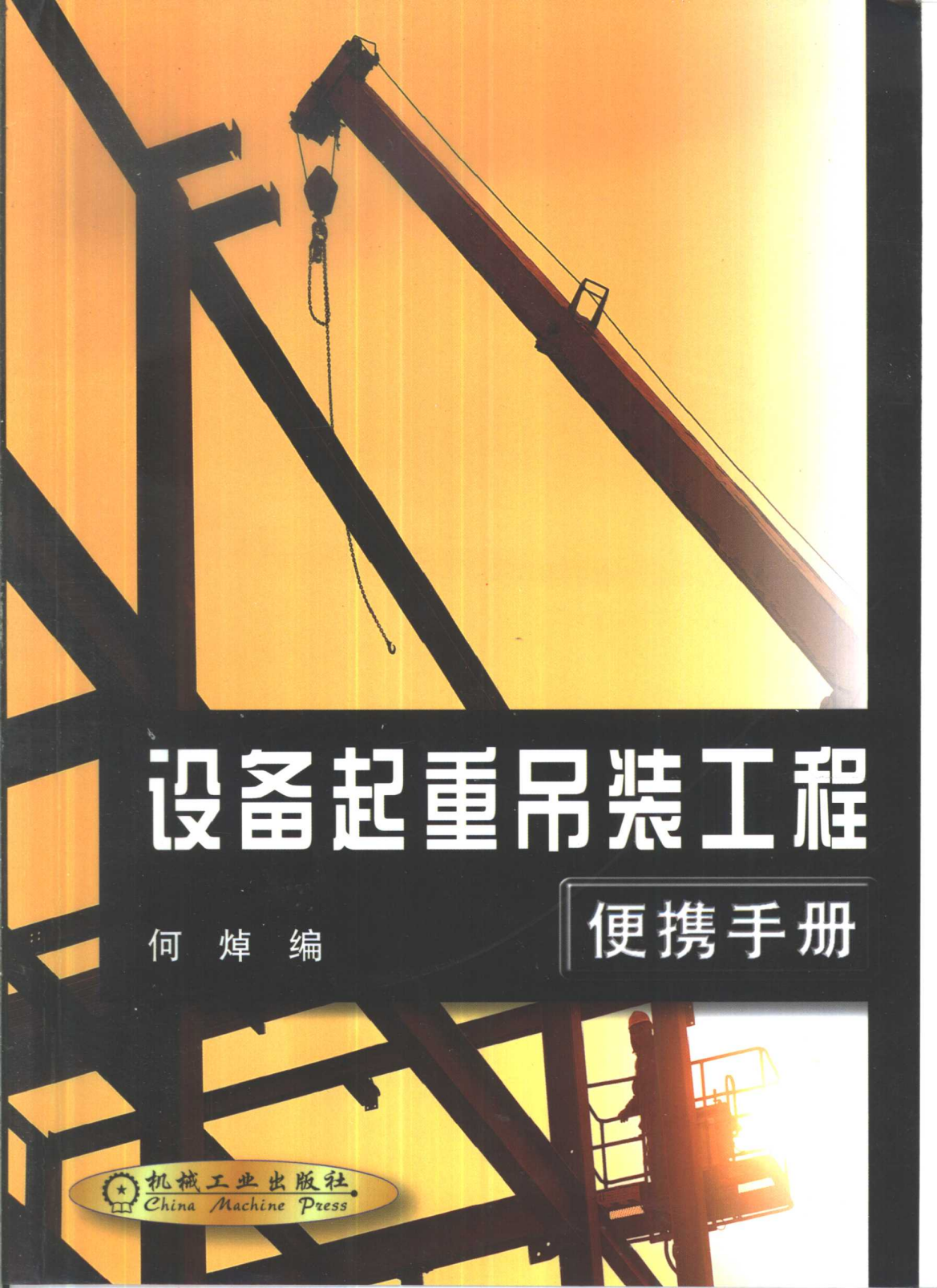




设备起重吊装工程

何焯 编

便携手册



机械工业出版社
China Machine Press

本书是安装工程便携手册系列之一。主要叙述起重作业基础知识、识图、起重索具与吊具及起重机具的选用、起重作业基本操作工艺、大、中型设备吊装方法、设备运输与装卸、脚手架的搭拆、设备起重的安全技术、起重吊装作业方案的制定等。

本书可供广大建筑安装工程施工技术人员在安装施工现场查找有关设备运搬及吊装实用技术知识及数据使用。

图书在版编目(CIP)数据

设备起重吊装工程便携手册/何焯编. —北京:机械工业出版社, 2002. 1

ISBN 7-111-09459-X

I. 设… II. 何… III. 起重机械—技术手册 IV. TH21-6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 071083 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:何文军 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧

封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·12.75 印张·401 千字

0 001—4000 册

定价 29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

编写成员

主 编	何 焯			
编写人员	刘树理	陈桂棋	郝 姬	王国英
	石振华	杜德华	陈望英	朱理智
	涂家麟	苏南海	白占一	何玉柱
	李君伟	马家钧	沈一鸣	鞠宝善
	杨世俊	苏宝良		

出版说明

21 世纪，举世瞩目的主要建筑市场是在中国。积极培养优秀建筑技术人才，不断提高技术水平，是面临此良好机遇的重要任务。

随着科学技术的进步，建筑业和建筑技术也不断迅速发展。近年来，国家制定并修订了新的施工规范；国内外的建筑新技术、新材料、新产品，不断应用于实际工程中。因此，在建筑安装施工领域，迫切需要一系列按建筑安装分项工程分类的详细而简明的介绍建筑安装工程施工工艺、操作技术和工程质量管理方面的综合性工具书。

为了满足广大建筑安装人员的需要，我社组织编写了建筑安装工程便携手册系列，按分项工程分册编写出版。手册贯彻国家及行业现行的施工质量标准和技术操作规程，紧密结合现场实际，突出实用性，文字简炼，数据翔实，图文并茂。

由于时间仓促，经验水平有限，手册中难免还存在缺点错误，欢迎广大读者批评指正。

目 录

出版说明

第一章 起重作业基础知识	1
第一节 力学知识	1
第二节 起重设备的主要参数	22
第三节 常用物体的计算方法	23
第二章 识图	33
第一节 投影原理	33
第二节 比例、图线及尺寸标注	38
第三节 建筑与设备安装施工图	40
第三章 起重索具与吊具	42
第一节 白棕绳	42
第二节 钢丝绳	43
第三节 钢丝绳的插接与连接	52
第四节 绳夹	57
第五节 卸扣	59
第六节 吊钩、吊环、平衡梁与吊耳	61
第四章 起重机具	68
第一节 起重机具选择原则	68
第二节 电动卷扬机	69
第三节 千斤顶	72
第四节 链式起重机	77
第五节 滑轮与滑轮组	78
第六节 起重桅杆	88
第七节 自行式起重机	102
第八节 纤绳桅杆式起重机	106

第九节	缆索式起重机	114
第十节	缆风绳	119
第十一节	地锚	121
第五章	起重作业基本操作工艺	127
第一节	撬动与转动	127
第二节	滑动与滚动	129
第三节	顶升与扳转	131
第四节	拨动与提升	132
第五节	人力搬运	134
第六节	设备吊运捆绑作业中的保护及运输路线的选择	135
第七节	起重吊运指挥信号	136
第六章	大、中型设备的吊装方法	147
第一节	桅杆的试验、安装、移动和拆除	147
第二节	桥式起重机的吊装	153
第三节	桥式起重机吊装设备	170
第四节	桅杆吊装设备	182
第五节	起重机吊装设备	192
第六节	利用构筑物吊装设备	224
第七节	特定条件下吊装实例	247
第七章	设备运输与装卸	275
第一节	设备运输	275
第二节	设备装车与卸车	280
第三节	滑运设备与滚运设备牵引拉力计算	282
第四节	运输设备的估算拉力	287
第五节	设备过坑（沟）运搬	288
第八章	脚手架的搭拆	290
第一节	钢管脚手架的搭设	290
第二节	搭、拆脚手架的安全要点	293
第九章	设备起重的安全技术	295
第一节	起重机械的安全装置	295

第二节	起重设备的安全操作技术	309
第三节	吊运作业的安全操作技术	313
第四节	安全用电	315
第十章	起重吊装作业方案的制定	317
附录		329
附录 A	起重作业常用计算参考数据	329
附录 B	单位换算	377
附录 C	化工工程建设起重施工规范 (HGJ201—83)	378
参考文献		399

第一章 起重作业基础知识

在机械设备安装过程中，始终离不开设备的搬运和吊装。而这两种作业方法，又离不开力学的基本原理。本专业应用的力学范畴主要包括静力学和材料力学两部分。前者是研究和分析物体的受力情况与计算方法，后者是探讨物体在外力作用下，变形和损坏的程度。

力学知识是设备搬运、吊装操作的理论基础，它具有很重要的应用价值。同时，在搬运、吊装作业中，选择合理、经济、高效的施工方法和机具是必须遵守的基本准则。

第一节 力学知识

一、力的概念

1. 什么是力 力是一个物体对另一物体的作用。如吊车起吊重物时，由于吊升的牵引力对重物产生了作用，使重物由静止到运动，发生了状态的改变。又如用手拉弹簧时，可使其伸长；当手松开时，弹簧又恢复了原状。因此，要改变一个物体的运动状态或形状，就必须有另外一个物体对它施加力的作用。

2. 力的三要素 力对物体的作用条件，要具备三个要素，即力值的大小、施力的方向、力的作用点。

(1) 力值的大小 力值有大有小，用起重机起吊重物比靠人力提起重物的提升能力要大得多。衡量力值的大小，所采用的法定计量单位为牛顿，其国际单位制符号是用 N 表示，有时用千牛顿作单位，符号为 kN，其换算方法见表 1-1。

(2) 力的方向 用起重机或手提起重物时，相对于地平面来说，用力总是向上的，否则不可能克服物体所受的重力将重物举起。同时，作用于物体上的重力的方向总是垂直向下的。

(3) 力的作用点 力的作用效果，除了与力的大小和方向有关外，还与力在物体上的作用点有密切关系，也就是说与力作用在物体上的位置

有关。如果力的作用点的延长线（力的作用线）通过物体的重心，该物体就会沿地面平移；如果力的作用点的延长线处于物体重心以外，该物体就会沿地面翻动（棱柱体）或滚动（圆或椭圆体）。

表 1-1 非法定计量单位与法定计量单位换算表

量的名称	非法定计量单位		法定计量单位		
	名称	符号	名称	符号	换算方法
质量	公吨	T	吨	t	$1\text{T}=1\text{t}=1000\text{kg}$
	斤				$1\text{斤}=0.5\text{kg}$
	磅	lb			$1\text{lb}=453.599\text{g}$
力	千克力	kgf	牛顿	N	$1\text{kgf}=9.81\text{N}$
重力	公斤力	kgf			$1\text{dyn}=10^{-5}\text{N}$
	达因	dyn			

3. 力的图示法 图 1-1 表示力的三要素，即以线段的长度表示力的大小；箭头的指向表示力的方向，线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点，沿力的方向所画直线，称为力的作用线。

二、力的合成与分解

在物体运输和吊装过程中，为了合理、科学地选用运输、吊装方法和机具，就要对作用在物体上的力进行分析，有时将几个方向的受力合成为一个力，也有时须将一个力分解为几个方向的受力。前者为力的合成，而后者即为力的分解。

1. 力的合成 一个物体同时受到几个力的作用时，如果找到一个产生的效果与上述几个作用力共同作用的效果相同的力，即称为几个力的合力。求合力的方法，由于各作用力的作用点与施力方向不同，因此也就有所差异。

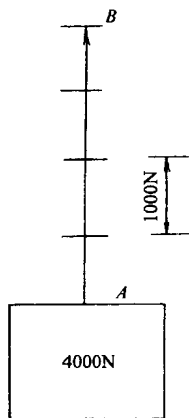


图 1-1 力的三要素

(1) 在同一直线上作用力的合成 见图 1-2a，有三人共用一根绳子拉重物，其作用力方向相同，因而合力的大小就是将每人所施的力相加求得，力的作用点在一根绳上。

当作用在同一直线的两个力的方向相反，此时合力大小，即是两力相减 ($F_2 - F_1$)，方向应与大的力的方向一致，见图 1-2b。

(2) 同方向平行力的合成 两个方向相同的平行力的合力，应是两平行力相加，合力的方向与两平行力方向相一致，合力的作用点在两平

行力作用点之间。当两平行力的大小相同时，其合力作用点恰在两平行力中间，见图 1-3a。如两平行力的大小不一致时，其合力作用点距两平行力间的距离，与各平行力的大小成反比，见图 1-3b。

(3) 作用于一点且互成角度时，两力的合成。

图 1-4a 是一个固定吊环，受有一定角度的甲、乙两根绳索拉力作用。当甲绳拉力为 20kN，乙绳拉力为 30kN，此时加在吊环 A 点上两个力的合力，见图 1-4b，可用以下方法求出：

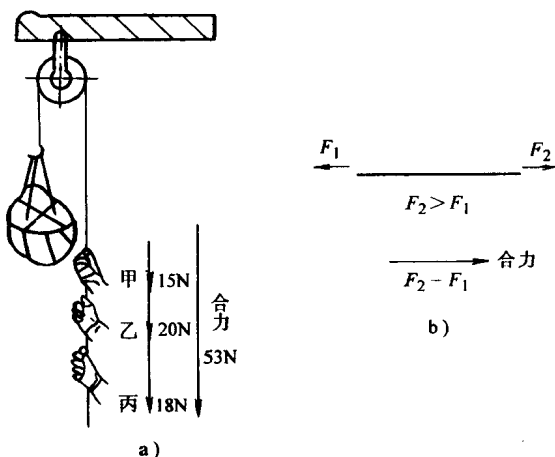


图 1-2 同一直线上作用力的合成

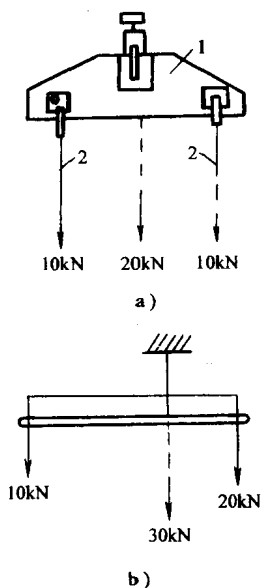


图 1-3 同方向力的合成
1—平衡梁 2—绳索

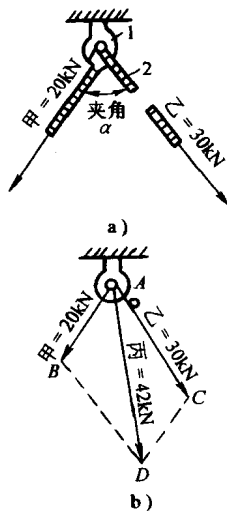


图 1-4 作用于一点有夹角的力的合成
1—吊环 2—绳索

1) 在 A 点沿力的作用方向将甲、乙两个力按比例画出。当 1cm 长表示 10kN 时, 甲力 $\overrightarrow{AB}$ 为 2cm , 乙力 $\overrightarrow{AC}$ 为 3cm 。

2) 连接 BD 平行于 AC , CD 平行于 AB , 并相交于 D 点, 再连接 A 、 D 两点, 此时 $\overrightarrow{AD}$ 线段即为甲、乙两力的合力。

3) 测得合力 $\overrightarrow{AD}$ 长为 4.2cm , 即甲、乙两力合力为 42kN 。合力丙的大小和方向恰好是以这两个力为邻边而作出的平行四边形的对角线。用这种方法作力的合成, 叫平行四边形法。

三角形法只画 AB 和 BD , 使 BD 平行 AC 且两者相等, 形成 ABD 三角形, AD 为甲、乙两力的合力。

(4) 作用在一点且互成一定角度的几个力的合成。

当几个力相交一点的合力, 其大小、方向决定于这些力的矢量 (具有大小、方向的量), 并按首尾相连的顺序形成力的多边形的封闭边, 即为合力, 见图 1-5。

2. 力的分解 由一个力分成几个力, 两者产生的效果相一致, 这叫力的分解。求力的分解一般有两种方法:

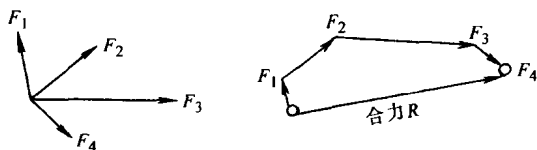


图 1-5 作用在一点且互成一定角度的几个力的合成

(1) 平行四边形法

力的分解用平行四边形法就是把要分解力作为平行四边形的对角线, 其四边形的两个边即是所求的分力, 见图 1-6。

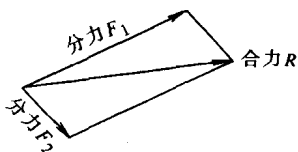


图 1-6 平行四边形法

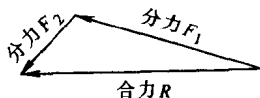


图 1-7 三角形法

(2) 三角形法 用三角形法求力的分解, 即三角形的一边 R 为合力, 其余两边 F_1 、 F_2 为分力, 见图 1-7。

(3) 用平行四边形法或三角形法, 对已知力分解为二个分力, 其中已知力的大小和方向之外, 还要具备下面条件, 见图 1-8。

- 1) 分力中一力的大小及方向, 见图 1-8a。
- 2) 二分力的方向, 见图 1-8b。

3) 二分力的大小, 见图 1-8c。

三、力矩、力偶和力偶矩

1. 力矩 用外力使物体发生转动(移动), 如用扳手拧螺母时, 力使螺母发生转动。为了衡量力的大小出现了力矩的概念。一般把物体转动的中心点称为矩心, 由矩心到力的作用线的垂直距离叫力臂, 力和力臂相乘即构成力矩, 用公式表示:

$$M = \pm PL$$

式中 M ——力矩 ($\text{N} \cdot \text{m}$);

P ——力 (N);

L ——力臂 (m)。

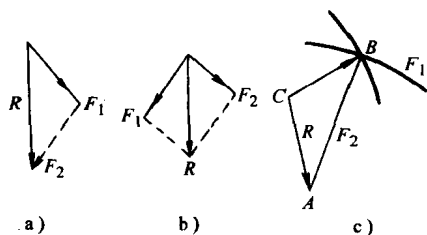


图 1-8 求分力的补充条件

从上面公式得出: 力对物体的转动效果与力矩成正比, 力矩愈大, 所产生效果愈强。式中正、负号表示: 当物体顺时针方向转动产生的力矩为正值, 而逆时针方向转动产生的力矩为负值。

2. 力偶及力偶矩 汽车司机用双手转动驾驶盘, 钳工用丝锥扳手攻螺纹等, 这是力的另一种作用方式, 它们具有一个共同特点: 作用在物体上的力由大小相等、方向相反, 作用线互相平行的两个力所组成。这种等值、反向、平行的两个力所组成的力系称为力偶。

力偶只能使物体单独的转动, 而不发生移动。一般用力与力臂的乘积来衡量物体的转动效果, 此乘积称为力偶矩。用符号 M 表示, 即

$$M = \pm F \times J$$

式中 F ——力 (N);

J ——力偶臂 (m)。

力偶的两个力组成的平面, 称力偶作用面, 一般规定逆时针转向的力偶矩为正, 顺时针转向的力偶矩为负。

在同一平面内, 几个力偶可以合成一个合力偶, 合力偶矩等于各分力偶矩的代数和, 即

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + \cdots + M_n = \sum M_n$$

四、杠杆

在运输和起吊作业中, 为了将重物移动或撬起, 常使用铁棍或木杠, 一端放在重物下面, 用力压另一端, 铁棍或木杠就绕着垫在其下面的物

体进行摆动,从而把重物位移或撬起。这种在力的作用下,在一个固定点(支点)进行作业的铁棍或木杠,称为杠杆。

(1) 杠杆有力点(杠杆上力的作用点),见图 1-9 上的 A 点,重点(杆杠与重物接触处),见图 1-9 上的 B 点,交点(杠杆绕其摆动或转动的固定支撑点),见图 1-9 上的 O 点;力臂(从力点到支点的距离),见图 1-9 上的线段 OA' ,重臂(从重点到支点的距离),见图 1-9 上的线段 OB' 。

(2) 按照力点、支点和重点的相互位置不同,杠杆可分为三种:

- a. 支点在中间
- b. 重点在中间
- c. 力点在中间

只有满足下列恒等式的要求,杠杆才能保持平衡:

$$\text{力} \times \text{力臂} = \text{重} \times \text{重臂}$$

从横等式可看出,要使杠杆处在平衡状态,作用在杠杆上两个力的大小,要同其力臂成反比,力臂是重臂的几倍,即力就是重物的几分之一。

(3) 使用杠杆时,力臂大于重臂,就能省力。对于第二种杠杆,重点在中间,力臂总是大于重臂,因而操作时,就能省力。第三种杠杆,力点在中间,力臂总小于重臂,在使用时不省力,但作用力的距离缩短了。

在实际工作中,不管哪种情况,力和力臂的乘积,始终等于重和重臂的乘积,这是杠杆的基本原理,因此,作功是相等的。但要注意的是:力臂和重臂的长度是指支点到力和重物作用方向的垂直距离,与臂的曲直无关。

五、滑轮与轮轴

1. 滑轮 滑轮是可绕轴转动的轮子,它的轮边上有沟槽以缚绳子滑脱。

滑轮有定滑轮,即轴固定不动,只是滑轮转动,如起重机吊杆顶端的滑轮。动滑轮是轴与重物一起移动,如起重机吊钩上的滑轮,见图 1-10。定滑轮与动滑轮组成滑轮组。

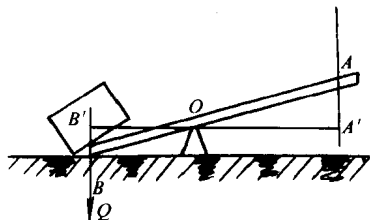


图 1-9 杠杆

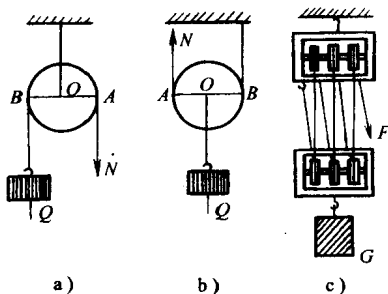


图 1-10 定滑轮、动滑轮和滑轮组

a) 定滑轮 b) 动滑轮 c) 滑轮组

滑轮实际上是杠杆的又一种形式，定滑轮的轴相当于杠杆的支点 O ， OA 是力臂， OB 是重臂。当定滑轮平衡时，

$$N \times OA = Q \times OB$$

因为 $OA = OB = \text{滑轮半径}$

所以 $N = Q$

由于用定滑轮时不能省力，而只能改变力的方向，所以用起来只是比较方便。

动滑轮平衡时，

$$N' \times AB = Q \times OB$$

因为 $AB = 2OB$

$$\text{所以 } N' = \frac{1}{2}Q$$

从上式看，力是重力的一半，即绕过动滑轮的每股绳，只承受物体重量的一半，因此，要省一半力。

按照定、动滑轮的特性，定滑轮虽能改变作用力的方向，但不能达到省力的目的，而动滑轮能省力，不能改变力的方向。

在对滑轮的受力的分解中，没有考虑滑轮与轴和钢丝绳间的摩擦力，也未计算滑轮自重，如将两项因素加进去，其作用力还要大一些。

图 1-10c 是一组由 3 个定滑轮和 3 个动滑轮组成的滑轮组。在滑轮组中，重物和动滑轮的总质量是由 6 股绳子承担的，每股绳只承担总质（重）量的 $1/6$ ，即 $F = G/6$ 。因此，用它提升重物，只需用总质（重）量 $1/6$ 的力，而且又能改变作用力的方向。

2. 轮轴 轮轴也是一种杠杆，见图 1-11。外圆表示轮，内圆表示轴， O 是轴心， OA 是轮的半径， OB 是轴的半径， N 是转动轮的动力， Q 是轴上悬吊物体质（重）量。过 A 、 O 、 B 三点连一条直线，就成为一杠杆，支点为 O ，力臂是 OA ，重臂为 OB 。根据平衡条件得出：

$$N \times OA = Q \times OB$$

$$\text{或 } \frac{Q}{N} = \frac{OA}{OB}$$

从上面公式不难看出，轮半径 OA 是轴半径 OB 的几倍，而力 N 仅为质（重）量 Q 的几分之一，因此，操作时，轮轴可省力。

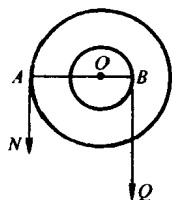


图 1-11 轮轴

六、斜面和螺旋

1. 斜面 斜面是与水平面形成一定角度的面。在起重作业中把重物装在车上，往往采用先向车上搭一块倾斜的木板，沿着木板将重物推（拉）上去，这比垂直装上车要省力。这个搭在车上的木板就是一个斜面。这种方法在起重作业中比较常用。

用三角形来表示斜面，见图 1-12， L 表示斜面长， h 表示斜面高， Q 表示重物的质（重）量。 N 表示推动重物所用的力。根据功的原理，使用任何机械都不能省功。把重物沿着斜面推上汽车而做的功，相当于直接把重物举上汽车所作的功，即：

$$N \times L = Q \times h$$

$$\text{或 } \frac{N}{Q} = \frac{h}{L}$$

从上面公式可以看出，斜面高度是长度的几分之一，所使用的力即是物体质（重）量的几分之一。一般斜面的长度总是大于它的高度，因此，把重物沿斜面推上车能省力。

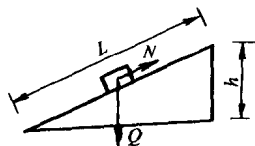


图 1-12 斜面

2. 螺旋 螺旋也是起重作业中的一种省力的简单机具。如螺旋千斤顶，它主要由螺杆和螺母组成的。在螺杆上装有手柄，当转动手柄，螺杆上升并将重物升起。

螺旋实际上是斜面的一种变形，用一张直角三角形的纸片卷在圆筒体上，见图 1-13，它的斜边在圆柱体上就绕成了螺旋线，因而用螺旋升起重物可省力。



图 1-13 斜面与螺旋的关系

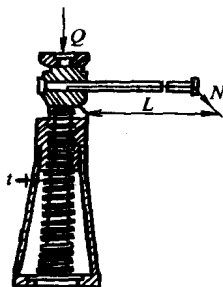


图 1-14 手动螺旋
千斤顶

使用螺旋千斤顶时, 见图 1-14, N 是作用在手柄上的力, N 的作用力到螺旋轴线的距离是 L , 当螺旋每转一周, 作用力 N 所作的功为 $N \times 2\pi L$ 。这时螺旋上升一个螺距 t , 克服重力 Q 作的功是 $Q \times t$ 。按照功的原理, 动力对机械所作的功, 等于机械克服阻力所作的功。因此, 得出:

$$N \times 2\pi L = Q \times t$$

即:
$$\frac{N}{Q} = \frac{t}{2\pi L}$$

用螺距 t 比手柄转一圈的周长 $2\pi L$ 要小得多, 所以用较小的力作用于手柄上, 就能把重物升起。

七、容重

材料在自然状态下单位体积的重量(质量), 称为容量。也称为体积密度。用公式表示:

$$\gamma' = \frac{G'}{V}$$

式中 γ' —— 容量;

G' —— 材料重量(质量);

V —— 体积。

表 1-2 表示常用材料的容重。

表 1-2 常用材料容重表

名 称	容重 / (kg/m ³)	备 注
1. 木材		
红松	400~500	质(重)量随含水率而不同
云杉、冷杉	400~500	质(重)量随含水率而不同
杉木	<400	质(重)量随含水率而不同
橡木, 马尾松(硬木)	500~600	质(重)量随含水率而不同
水曲柳	600~700	质(重)量随含水率而不同
普通木板条	500	质(重)量随含水率而不同
锯末	200~250	加防腐剂时为 300
木丝板	400~500	
软木	240	
软木板	250	

(续)

名 称	容重/(kg/m ³)	备 注
刨花板	600	
甘麻板	381~400	
椴木三夹板	559~590	
椴木五夹板	571	
柳木三夹板	560	
木屑板	1040	
东北落叶松	600~700	重量随含水率而变
2. 金属矿物		
铸 铁	7250	
工业金属铁	7870	
锻 铁	7750	
铁矿渣	2760	
钢 材	7850	
铸 钢	7800	
低碳钢	7850	碳含量 0.1%
中碳钢	7820	碳含量 0.4%
高碳钢	7810	碳含量 1%
不锈钢	7750	铬含量 13%
钢 材	8900	
黄 铜	8500~8850	
锡青铜	8800~8900	
锡黄铜	8450~8700	
铝黄铜	8200~8600	
铝 板	2730	
铝青铜	7800~8200	
硅青铜	8470	
防锈铝	2650~2670	
一号硬铝	2750	
锻 铝	2650~2800	