

新规范

第2版

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



设备起重吊装工程 便携手册

(第 2 版)

何 焯 编



机械工业出版社

本书是设备起重吊装工程便携手册第2版。主要叙述起重力学的基础知识,起重吊装设备的主要参数查定及常用物体相关的计算方法,起重、运搬作业常用操作方法,起重作业常用索具和吊具,常用起重机具,起重吊装工艺,起重吊运作业中的指挥信号,设备的运输与装卸,设备起重的安全技术,吊装施工方案的编制等。

本书第2版内容均根据新颁发的施工规范及最新的技术资料选编而成,具有先进性、实用性和系统性。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. —2版. —北京:
机械工业出版社, 2005.2

ISBN 7-111-15714-1

I. 设… II. 何… III. 起重机械—技术手册
IV. TH21-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第124366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:霍永明 责任校对:程俊巧
封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2005年1月第2版·第1次印刷
890mm×1240mm A5·14.5印张·457千字
0 001—4 000册
定价:33.00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、88379646
68326294、68320718

封面无防伪标均为盗版

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材, 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系列便携手册, 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, 文字简练, 数据翔实, 图文并茂。

本手册第 2 版遵照中华人民共和国 2002 年颁发执行的新国家标准, 作了相应的改编、改写, 并增加了部分新技术内容。

由于经验水平有限, 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

1 起重力学的基础知识	1
1.1 静力学的基础知识	1
1.1.1 力的概念	1
1.1.2 刚性物体	2
1.1.3 力的合成与分解	3
1.1.4 力矩、力偶和力偶矩	5
1.1.5 杠杆	7
1.1.6 滑轮与轮轴	8
1.1.7 斜面和螺旋	9
1.1.8 约束和约束反力	11
1.1.9 重心与稳定性	12
1.1.10 摩擦力	15
1.1.11 惯性力	16
1.2 材料力学的基础知识	17
1.2.1 材料力学的基本内容	17
1.2.2 弹性变形与塑性变形	17
1.2.3 物体受力变形的几种形式	18
1.2.4 组合变形概念	22
1.2.5 压杆稳定	26
2 起重吊装设备的主要参数查定及常用物体	
相关的计算方法	28
2.1 起重吊装设备的主要参数查定	28
2.1.1 主要参数	28
2.1.2 特性曲线的应用	29
2.1.3 计算荷载	30
2.2 常用物体相关的计算方法	32
2.2.1 物体面积的计算	32
2.2.2 物体体积的计算	33

2.2.3	物体侧表面积和表面积的计算	35
2.2.4	物体重量的计算	37
2.2.5	圆周等分弦长度的计算	37
2.2.6	用三角形求角度、受力大小和相关尺寸	38
3	起重、运搬作业常用操作方法	42
3.1	撬动	42
3.2	转动	43
3.3	滑动	44
3.4	滚动	44
3.5	顶升	45
3.6	扳转	46
3.7	拨动	47
3.8	提升	48
3.9	人力搬运	49
4	起重作业常用索具和吊具	50
4.1	麻绳	50
4.2	钢丝绳	52
4.2.1	钢丝绳的性能和规格	52
4.2.2	钢丝绳的报废标准	56
4.3	吊索	56
4.4	绳扣	59
4.5	使用钢丝绳注意事项	61
4.6	钢丝绳的连接	62
4.7	绳夹	67
4.7.1	绳夹的规格	67
4.7.2	绳夹的使用标准	69
4.7.3	使用绳夹的要点	69
4.8	卸扣	70
4.8.1	卸扣的种类、构造和规格	70
4.8.2	使用卸扣的注意事项	71
4.9	吊钩、吊环、平衡梁、吊耳及特制吊具	72
4.9.1	吊钩与吊环	72
4.9.2	平衡梁	74
4.9.3	吊耳	75
4.9.4	特制吊具	77

4.10 缆风绳与地锚	80
4.10.1 缆风绳	80
4.10.2 地锚	82
5 常用起重机具	91
5.1 起重机具使用选择原则	91
5.2 卷扬机	92
5.2.1 手摇卷扬机	92
5.2.2 电动卷扬机	94
5.3 千斤顶	96
5.3.1 千斤顶的使用	96
5.3.2 千斤顶的构造、种类与技术规格	97
5.3.3 使用千斤顶应注意的要点	101
5.4 链式起重机	102
5.5 滑轮与滑轮组	105
5.5.1 滑轮的分类	105
5.5.2 滑轮的作用	106
5.5.3 选配滑轮组的原则	106
5.5.4 滑轮的材质和系列	106
5.5.5 起重滑轮的穿绕方法	109
5.5.6 滑轮与滑轮组的计算	111
5.5.7 滑轮的使用要点	114
5.6 起重桅杆	116
5.6.1 起重桅杆的特点和作用	116
5.6.2 起重桅杆的分类	117
5.7 纤缆式桅杆起重机	134
5.8 缆索式起重机	143
5.9 塔式起重机	148
5.10 自行式起重机	149
5.11 手扳葫芦	155
6 起重吊装工艺	157
6.1 吊装工艺选择的原则	157
6.2 设备吊运的安全保护措施	158
6.3 桅杆的试验、安装、移动和拆除	159
6.4 桥式起重机的吊装	166
6.4.1 直立桅杆吊装法	166

6.4.2 斜立桅杆吊装法	179
6.4.3 斜立双桅杆吊装法	183
6.4.4 利用厂房柱头吊装法	189
6.4.5 利用屋架吊点吊装法	191
6.4.6 桥式起重机吊装基本参数	191
6.4.7 桥式起重机相关数据	192
6.5 桥式起重机吊装设备	197
6.5.1 利用单台桥式起重机吊装设备	197
6.5.2 使用两台桥式起重机抬吊设备	198
6.5.3 桥式起重机和单桅杆联合吊装设备	204
6.5.4 桥式起重机与双桅杆联合吊装设备	205
6.5.5 在桥式起重机大梁上系起吊滑轮组或立人字 桅杆吊装设备	207
6.5.6 在 50t 桥式起重机大车梁上设置起吊横梁吊装 114t 反应堆压力壳	209
6.6 桅杆吊装设备	213
6.6.1 倾斜单桅杆夺吊大型设备	213
6.6.2 双桅杆双尾排滑移法抬吊制氧装置冷箱	221
6.6.3 双桅杆滑移抬吊设备危险工况的分析计算	224
6.6.4 滑移法吊装不同步提升时力的基本计算	229
6.6.5 人字桅杆扳立铁塔	236
6.6.6 双人字桅杆抬吊设备	239
6.6.7 双桅杆双向夺吊大型设备	240
6.6.8 龙门桅杆吊装重型设备	244
6.6.9 在车间柱顶组立纤绳式桅杆吊装设备	254
6.7 起重机吊装设备	255
6.7.1 选择自行式起重机的原则	255
6.7.2 自行式起重机吊装设备或构件	256
6.7.3 起重机的稳定性及站立位置的规定	262
6.7.4 自行式起重机加大吊装能力的方法	264
6.7.5 起重机吊装设备的计算方法	283
6.8 利用构筑物吊装设备	288
6.8.1 利用构筑物组立桅杆	289
6.8.2 利用厂房屋架吊装设备	291
6.8.3 倾斜式单桅杆加系结在建筑物上的缆风绳吊装设备	295

6.8.4 桅杆系结到建筑构件上吊装设备	298
6.8.5 滑轮组系挂到吊车梁和屋架梁上吊装设备	300
6.8.6 生产装置改建与扩建中的设备吊装	309
6.9 采用液压提升技术安装大型设备和构件	312
6.9.1 采用液压提升技术安装大型龙门起重机	312
6.9.2 集群千斤顶整体提升(滑移)大型构件技术	314
6.10 倒装法吊装设备	318
6.10.1 采用倒装法安装斗式提升机	319
6.10.2 倒装法安装螺旋湿式气柜	320
6.10.3 微波塔倒装法安装工艺	324
6.11 特定条件下吊装设备实例	332
6.11.1 高层建筑空调机组的高空整体吊装	332
6.11.2 催化裂解装置“高空对接、直立移位、同步就位” 吊装技术	333
6.11.3 低空间设备吊装工艺	337
6.11.4 地下铁道车站自动扶梯的吊装	340
6.11.5 群杆吊装法在容器施工中的应用	342
6.11.6 巧吊大型塔群	344
6.11.7 超高层建筑顶层大型设备吊装	348
6.11.8 小桅杆吊装大设备	352
7 起重吊运作业中的指挥信号	359
7.1 指挥人员和司机使用的信号	359
7.1.1 指挥人员使用的信号	359
7.1.2 司机使用的音响信号	365
7.2 信号的配合应用	365
7.3 对指挥人员和司机的基本要求	366
7.4 信号管理的有关规定	367
8 设备的运输与装卸	369
8.1 运输路线的选择	369
8.2 设备(构件)运输	370
8.3 设备装车与卸车	376
8.4 设备运输牵引力的计算与估算	379
8.4.1 滑运设备牵引力计算	379
8.4.2 滚运设备牵引力计算	380
8.4.3 设备运输牵引力估算	383

8.5 设备过坑（沟）搬运方法的选择	385
9 设备起重的安全技术	387
9.1 起重吊装机械的安全装置	387
9.2 起重设备的安全操作和故障处理	403
9.2.1 起重机械的安全操作	403
9.2.2 起重机械的故障及其处理方法	406
9.2.3 大型桅杆的安全操作	410
9.2.4 利用建筑物、构筑物吊装设备（构件）的安全操作	412
9.3 吊运作业中的安全操作技术	412
9.4 安全用电	415
10 吊装施工方案的编制	417
附录 起重作业常用计算参考资料	430
参考文献	454

1 起重力学的基础知识

在设备安装施工过程中，从开工到竣工始终离不开设备的搬运和吊装。而这种工艺操作的理论基础离不开对起重力学的运用。运用起重力学的基础知识来分析了解物体的受力情况、运动状态、变形甚至产生破坏等因素，从而合理地选用搬运和吊装方法以及所用的辅助材料及工具的材质、尺寸和形状，以保证吊运作业的顺利进行。

起重力学包括静力学和材料力学两部分。前者是分析物体在受力作用时，如何使各受力点保持平衡关系，并求出受力的计算方法；而后者是分析在外力作用下材料变形和破坏的因素，并提出物体合理的承载能力，其中包括物体的刚度、强度和稳定性等，进而确定物体合理的形状和尺寸，保证达到使用安全和良好的经济效果。

设备搬运和吊装运用起重力学的基础理论，它可以指导人们正确与科学地选择机具设备，正确使用维护机具。并且，运用起重力学的基础理论与搬运吊装作业中积累的实践经验相结合，能解决搬运和吊装过程中的关键作业和疑难问题。因此，这种基础理论，具有广泛的和重要的应用价值，它也是起重作业中，选择合理、经济、高效施工方法和施工机具的基本准则。

学好并运用好起重力学，在起重工作中充分发挥作用，是每一位起重作业者必须掌握的一项重要内容，务必认真对待，以期达到运用自如的程度。

1.1 静力学的基础知识

1.1.1 力的概念

(1) 什么是力 力是一个物体对另一物体的作用，其结果是使物体改变运动状态或产生变形。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，弹簧恢复原状。因此，要改变一个物体的运动状态和形状，必须有另外一个物体对它施加力的作用。在物体

受力时，要分清受力和施力两种不同情况。

(2) 力的三要素 力对物体的作用条件，要具备三个要素，即力的大小、施力方向、力的作用点。在这三个要素中，其中任何一个改变时，都会改变力对物体的作用效果。

1) 力的大小 力有大有小，用起重机提升重物比人力提升重物要大的多。衡量力的大小，采用的法定计量单位为牛顿，某国际单位符号用 N 来表示，也有用千牛顿作单位，符号为 kN。其换算方法，见表 1-1。

表 1-1 非法定计量单位与法定计量单位换算法

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	1T = 1t = 1000kg
	斤				1斤 = 0.5kg
	磅	lb			1lb = 453.599g
力	千克力	kgf	牛顿	N	1kgf = 9.81N
	公斤力	kgf			
重力	达因	dyn			1dyn = 10 ⁻⁵ N

2) 施力方向 用起重机或手提升重物时，对地平面来说，用力方向总是向上的，否则不可能克服物体所受重力将其举起，同时作用于物体上的重力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，该物体就会沿平面平移。如果力的作用点的延长线在重心以外处，该物体就会沿地面翻动（指棱柱体）或滚动（指圆或椭圆体）。

(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。沿着力的作用点、力的方向画出的直线，叫作力的作用线。

1.1.2 刚性物体

在外力作用下，物体不产生大小和形状的变化，

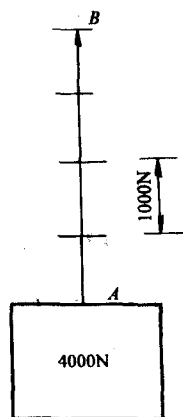


图 1-1 力的三要素

称为刚性物体。在静力学范畴内，通常把受力物体当作刚体。而事实上，受外力作用的物体，都会产生大小和形状的改变。这种微小的变化，可通过仪器进行测定。

1.1.3 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。

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。

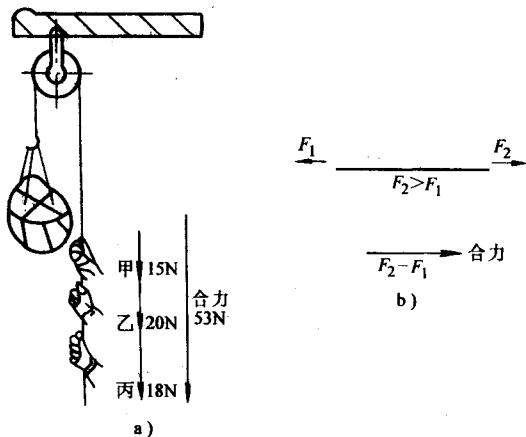


图 1-2 同一直线上作用力的合成

3) 作用于一点且互成角度时，两力的合成。

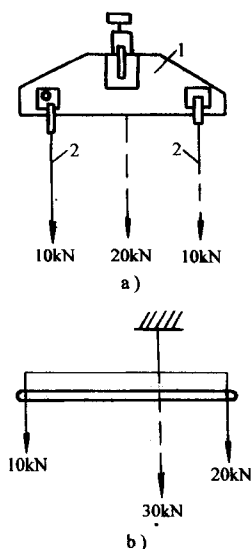


图 1-3 同方向力的合成

1—平衡梁 2—吊索

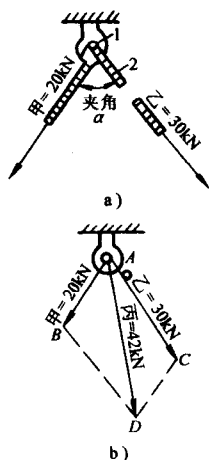


图 1-4 作用于一点有

夹角的力的合成

1—吊环 2—绳索

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：

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:

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。

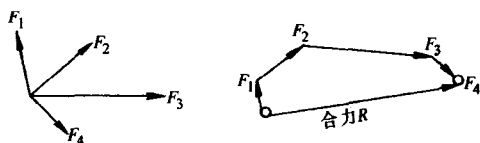


图 1-5 作用在一点且互成一定角度的几个力的合成

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。

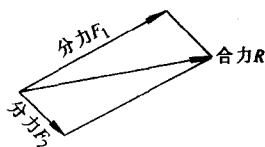


图 1-6 平行四边形法

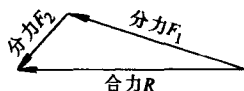


图 1-7 三角形法

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。

1.1.4 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。为了衡量力的大小而出现了力矩的概念。通常把物体转动的中心点叫矩心, 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

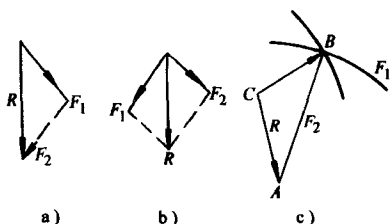


图 1-8 求分力的补充条件

式表示:

$$M = \pm PL$$

式中 M ——力矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$);

P ——力 (N);

L ——力臂 (m)。

从上述公式得出: 力对物体的转动效果与力矩成正比, 力矩愈大, 所产生的效果愈强。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。当力等于零, 或力的作用线通过矩心时力矩等于零。

力矩的平衡条件:

在工作和生活中, 遇到绕定点 (轴) 转动物体的平衡问题, 如杆秤、钳子等。

当固定转动中心的物体上有几个外力, 各力对转动中心 O 点的力矩为 $n_1 (\vec{F}_1)$ 、 $n_2 (\vec{F}_2)$ …… $n_n (\vec{F}_n)$, 则绕定点转动物体的平衡条件是: 各力对转动中心 O 点的力矩的代数和等于零, 则合力矩为零:

$$n_1 (\vec{F}_1) + n_2 (\vec{F}_2) + \cdots + n_n (\vec{F}_n) = 0$$

或写成 $\sum n_n (\vec{F}_n) = 0$

上式称作力矩平衡方程式。利用力矩平衡方程式, 可以对杠杆、绞车、滑轮等简单机械的定点转动平衡问题进行分析和计算, 并能求出某些力的数值。

(2) 力偶和力偶矩 当物体受到两个大小相等、方向相反、且不在同一作用线上的平行力的作用时, 致使该物体产生转动。如汽车司机用双手转动方向盘, 钳工用丝锥扳手攻螺纹等, 这是力的另一种作用形式, 它们具有一个共同的特点: 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。

力偶不能合成为一个力, 或用一个力来等效替换, 也不能用一个力去平衡。因此, 力和力偶是静力学中两个基本力学量。

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

$$M = \pm FJ$$

式中 F ——力 (N);

J ——力偶臂 (m)。

力偶的两个力组成的平面，叫力偶作用面。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

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

力矩和力偶都能使物体发生转动状态，这是两者的共性。然而力矩使物体的转动效果与矩心的位置有关，而力偶对其作用面内任一点的矩心为常数，它等于力偶。

力偶的等效条件：

用一个力偶来代替作用在物体上的另一个力偶，其中不改变它对物体的作用效果，这两者即为等效力偶。由此产生两个结果：

1) 力偶可在它的作用面内任意转动和移动，而不改变它对物体的作用效果。因此，力偶对物体的作用与力偶在其作用面内位置无关。

2) 只要保持力偶矩的大小和力偶的转向不变，可同时改变力偶中力的大小和力偶臂的长短，而不改变力偶对物体的作用。

由于力偶总是使物体绕某一垂直于力偶作用面的轴转动，所以当力偶作用面平行移动时，并不改变它对物体的作用效果。

1.1.5 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、支点和重点的互位置不同，杠杆可分为三种：

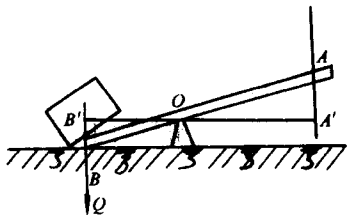


图 1-9 杠杆