

建筑工人技术学习丛书

建筑结构吊装

(第三版)

中国建筑工业出版社

建筑工人技术学习丛书

建筑结构吊装

(第三版)

梁建智

中国建筑工业出版社

本书系建筑工人技术学习丛书之一，主要介绍常用的建筑结构吊装基本知识、工业和民用建筑结构吊装方法以及结构吊装的新技术。内容包括：吊装作业的基本知识、索具设备、起重机和运输车辆、构件运输和拼装、单层装配式结构构件吊装、多层装配式结构构件吊装、土法吊装、特种结构吊装（包括升板法、大跨度屋盖的整体提升和网架吊装等）以及建筑结构吊装的安全技术。

本书可作建筑安装企业起重工的自学读物和技工培训读物，也可供从事建筑结构吊装的施工人员参考。

本书初版由陕西省建筑工程局组织编写，主要执笔人为梁建智、汪耀瀛；第二版由陕西省机械施工公司主编，主要执笔人为梁建智、虞近安。

建筑工人技术学习丛书

建筑结构吊装

（第三版）

梁建智

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：11¹³/₁₆ 字数：265千字

1982年10月第三版 1982年10月第五次印刷

印数：141,621—172,720册 定价：0.94元

统一书号：15040·4293

第三版说明

《建筑工人技术学习丛书》于1973年起出了第一版，并于1978年前后相继出了增订版第二版。这里提供给读者的是第三版，主要目的是为了配合国民经济调整中对基建战线广大职工培训的需要。

这套丛书基本上是按工种编写的，着重介绍操作技术，辅以必要的理论知识；对于工程质量标准和安全技术，作了适当的叙述；各工种有关的新技术、新机具和新材料，也作了必要的介绍。丛书可供具有初中文化程度的工人作自学读物，也可供技工培训用。

第三版与前一版比较，内容范围一般有所扩大，有的工种大体上增加了更高一级技工（相当于五级工）的应知应会内容。

丛书虽经又一次修订，但肯定还有不足之处，希望广大读者提出意见，以利不断提高和改进。

中国建筑工业出版社

1981年7月

目 录

第一章 吊装作业的基本知识.....	1
第一节 力的基本知识.....	1
第二节 结构吊装起重工的基本操作知识.....	25
第三节 钢筋混凝土、预应力混凝土和钢材.....	32
第四节 装配式结构的型式和基本构件.....	35
第二章 索具设备	43
第一节 白棕绳.....	43
第二节 钢丝绳.....	49
第三节 吊装工具.....	62
第四节 滑车、滑车组、倒链和手扳葫芦.....	79
第五节 千斤顶.....	92
第六节 绞磨和卷扬机.....	97
第三章 起重机和运输车辆	105
第一节 起重机	105
第二节 运输车辆	131
第三节 起重机的转移	134
第四章 构件运输、堆放和拼装	139
第一节 构件运输和堆放	139
第二节 构件拼装	155
第五章 单层装配式结构构件吊装	162
第一节 概述	162
第二节 柱子吊装	165
第三节 吊车梁吊装	188
第四节 屋盖吊装	193
第五节 钢构件吊装	218

第六章 多层装配式结构构件吊装	228
第一节 柱子吊装	228
第二节 H型框架吊装	238
第三节 楼层梁吊装	240
第四节 楼层板吊装	242
第五节 外形不规则的构件吊装	243
第六节 大型墙板吊装	249
第七章 土法吊装	255
第一节 独脚拔杆	255
第二节 人字拔杆	273
第三节 台灵架	280
第四节 桅杆式起重机	284
第五节 悬臂式拔杆	286
第六节 绳索起重机	292
第七节 桩架起重机(打桩架)	297
第八章 特殊结构吊装	299
第一节 门式刚架吊装	299
第二节 预应力V型折板吊装	303
第三节 升板法	305
第四节 梁板式大跨度屋盖的整体提升	319
第五节 网架吊装	329
第九章 安全技术	347
附 录	355
一、常用的数学公式	355
二、钢丝绳报废标准降低率	364
三、钢丝绳合用程度判断	364
四、指挥信号	365
五、结构安装允许偏差	367
六、钢丝绳的长绳	370

第一章 吊装作业的基本知识

第一节 力的基本知识

一、力的概念

人们通过无数次的生产实践认识到：劳动必须用力。如举起铁锤要用力；拉架子车要用力；驾驶起重机扳动操纵杆也要用力。这些现象，我们叫人对物体发生力的作用。

物体对物体也能发生力的作用。如用锤打铁时，锤对铁块发生了力的作用；起重机吊起重物时，起重机对重物发生了力的作用。

在人对物体或物体对物体发生力的作用时，物体会产生变形或改变运动状态。如打铁时，铁块在铁锤的作用下改变了形状；人们举起铁锤时，铁锤由静止变为运动等。

综上所述，我们说：力是人对物体或物体对物体的作用。它可以使物体产生变形或改变物体的运动状态。

力有大小的不同。为了衡量力的大小，必须确定一个标准，这就是力的单位制。在工程上，力的单位与重量的单位相同，即公斤或吨（1吨=1000公斤）。例如，用一根绳子把1吨重的物体吊起后，绳子所受的力就是1吨。力不但有大小，而且还有方向。比如，要想举起重物，就必须向上用力，如果向下用力或向水平方向用力，就不能把物体举起。

此外，力作用在物体上所产生的效果，不但跟力的大小和方向有关，而且还跟力在物体上的作用点有关，也就是说，与力作用在物体上的位置有关。比如，在推绞磨（图1-16甲）

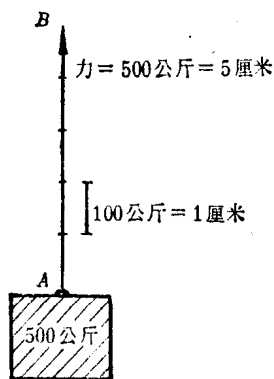


图 1-1 力用带箭头的
线段表示法

的时候，如果我们用力的大小和方向完全相同，着力点在绞杠的端头，与着力点在绞杠的中间或绞杠的根部所产生的效果就不一样，前者推转省力，后者推转则费力，甚至推转不动。撬东西也是这样，要把垫点尽量靠近物体（图1-13），这样撬起来就轻，否则就重，甚至撬不动。因此，要完全表明一个力的作用，必须同时说明力的大小、力的方向和力的

作用点。通常我们把力的大小、方向和作用点，叫做力的三个要素。

力的三个要素可以用带箭头的线段表示出来。如图1-1，物体重500公斤，用一根绳索吊起。从力的作用点A起，依照力的方向画一条线段，使线段的长短和力的大小成比例。如用1厘米表示100公斤，那么500公斤的力就用5厘米长的线段表示。在线段的末端B画出箭头表示力的方向。

二、力的合成与分解

（一）力的合成

当一个物体同时受到几个力作用的时候，如能找到这样

一个力，这个力产生的效果跟原来几个力共同作用的效果相同，我们把这个力叫做那几个力的合力。求几个力的合力叫做力的合成。

由于各个力的作用点与作用的方向不同，因而求合力的方法也不一样。

(1) 在同一直线上作用力的合力

如图1-2所示，有三个人共同用一条绳子拉一重物，他们的用力方向都是向下的，其合力就是将每个人所出的力相加起来。如甲出15公斤，乙出20公斤，丙出18公斤，则他们的合力为 $15+20+18=53$ 公斤。合力的方向，与各人用力的方向一致，都是向下的，力的作用点在这根绳子上。

如果作用在同一直线上的两力方向相反，其合力的大小等于大力减小力，方向和大力方向相同。比如拔河比赛中两队同拉一根绳子，要是甲队的力量大，那么绳子就被甲队拉过去，也就是说，合力的方向是甲队所拉的方向。

(2) 同方向平行力的合力

在一张纸上画几条直线，如果把它们延长画下去，它们都不相交，我们把这些线称为平行线。如果表示力的线也具有这样的性质，我们称它们为平行力。例如，我们吊装柱子

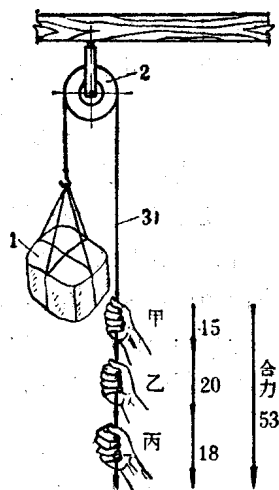


图 1-2 作用在同一直线上的力的合成

1—重物；2—滑车；3—绳子

用的铁扁担，挂在它下边的两根吊索（千斤）所受的力，基本上是两个平行力（图1-3），因为这两个力的方向相同（都是向下），所以又称为同方向的平行力。

两个同方向平行力的合成，其大小为两力相加，方向与原来力的方向相同，合力的作用点在两力之间；当两力相等时，合力作用点在两力的中央；当两力大小不等时，则作用点距两力间的距离同力的大小成反比。如图1-4所示，甲物体重10公斤，乙物体重20公斤，挂在一根棒的两端，其合力丙为 $10+20=30$ 公斤。方向与原来力的方向一样，是向下的。合力丙作用点的位置，符合下面的比例关系：

$$\frac{AC \text{ 距离}}{BC \text{ 距离}} = \frac{\text{乙力}}{\text{甲力}} = \frac{20}{10}$$

从上式中可以看出，AC距离为BC距离的2倍。即如果棒的长度为3米，则AC距离为2米，BC距离为1米。如在棒上合力丙作用点C处用一根绳子吊起，则绳子拉力与合力丙方向相反，大小相等，而且作用在同一条直线上。

如果同方向的平行力为三个或更多时，求它们的合力，可先求出其中两个力的合力，再把求出来的合力与其它的力

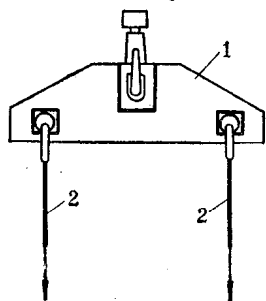


图 1-3 平行力

1—铁扁担；2—吊索

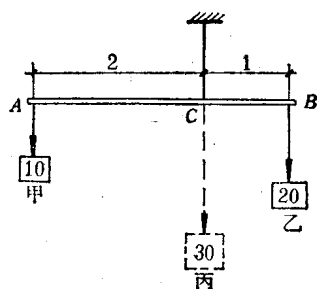


图 1-4 平行力的合成

求合力，依此下去便可求出最后的合力。

(3) 作用在一点有夹角的两力的合力

一个固定的吊环，受甲、乙两根有夹角的绳索拉力的作用（图1-5甲），若甲绳拉力为2吨，乙绳拉力为3吨，则作用在吊环A点上的这两个力的合力丙（图1-5乙）可用下述方法求出。

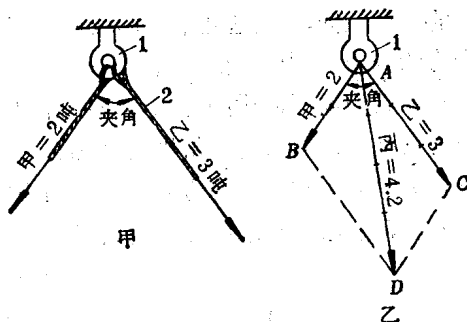


图 1-5 作用于一点有夹角的两力的合成

1—吊环，2—绳索

1. 从A点顺着力的方向将甲、乙两力按比例画出，如取1厘米表示1吨，则画甲力为 $AB=2$ 厘米（2吨），乙力为 $AC=3$ 厘米（3吨）。

2. 画 BD 平行于 AC ， CD 平行于 AB ，相交于D点，然后连接A点和D点， AD 即为合力丙。

3. 量 AD 的长度为4.2厘米，即甲和乙的合力为4.2吨。这个方法叫做力的平行四边形原理。

如果只画 AB 和 BD ，并使 BD 长与 AC 长相等，连接 AD 就成为一个三角形 ABD 。其中 AD 即为甲和乙的合力，这个方法叫做力的三角形原理。

从上面可以看出，合力丙随甲、乙两力夹角的变化而变

化，夹角愈大合力愈小；夹角愈小则合力愈大；当甲、乙两力完全重合（即在一条直线上）时，合力丙最大，其数值为 $2 + 3 = 5$ （吨）。

（二）力的分解

把一个力分成几个力，且这几个力所产生的效果跟原来一个力产生的效果相同，则这几个力叫做原来那个力的分力。求一个力的分力，叫做力的分解。

力的分解和我们前面所讲的力的合成恰恰相反。力的合成是已知分力求合力，而力的分解则是已知合力求分力。只要我们知道合力的大小和分力的方向，便可用力学的平行四边形原理或力的三角形原理，求出分力的大小。

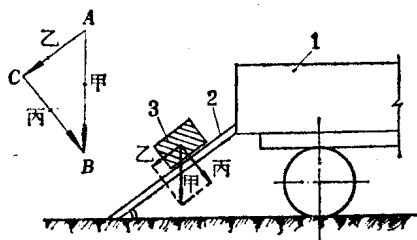


图 1-6 斜面上的力的分解

1—汽车；2—滑板；3—重物

例如：从汽车上卸一件 120 公斤的重物时，如果让重物沿着滑板下滑，则重物甲在滑板上产生两个分力（图 1-6）。一个是使重物沿着斜面下滑，另一个是使重物压在斜面上。因此，

可以把重物的重量甲分解成平行于斜面的力乙和垂直于斜面的力丙。现用力学的三角形原理求分力乙和丙的大小。

1. 取 1 毫米表示 5 公斤，并画出重物甲力的大小和方向如 AB（AB 线段长 = 24 毫米）。

2. 从 A 点画 AC 平行于力丙，从 B 点画 BC 平行于力乙，二者相交于 C 点，则线段 AC 即为力乙的大小，线段 CB 即

为力丙的大小。

3. 量 $AC=15$ 毫米，
 $CB=20$ 毫米，就知力乙为
 75公斤，力丙为100公斤。

由此可见，利用斜面
 进行装卸作业可以达到省
 力的目的。

又如把重为 1 吨的重
 物挂在三角架上，如图1-
 7所示，其斜杆AB和横杆
 BC所受的力，亦可用力
 的平行四边形原理或力的三角形原理求出。

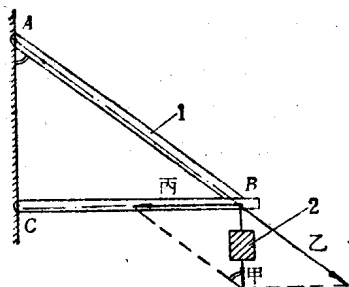


图 1-7 用力的分解法求三角架
 杆件中所受的力

1—三角架；2—重物

三、力的平衡

在两个或两个以上的力的作用下，物体保持不动，这种情形叫做力的平衡。几个力成平衡的条件是它们的合力等于零，否则物体将沿着合力的方向移动。如前面所举拔河的例子，只有当甲、乙两队的拉力相等，也就是合力等于零时，绳子才能保持平衡。

比如，有钢筋混凝土梁一根，重 3 吨，由甲、乙两根与水平线的夹角为 45° 的吊索吊起（图1-8甲），试求这两根吊索受力的大小。

根据上述力的平衡原理，取 1 厘米 = 1 吨。平行于重力方向画出梁重 3 吨 = 3 厘米的线段 AB，在同一条直线上，沿梁重的相反方向画出与梁重大小相等，方向相反的力的线段 AC，则这个力与梁重互成平衡。然后把这个力按照两根吊索的夹角进行力的分解，画出平行四边形 ADCE，量出

AD、AE长度，即可得甲、乙两根吊索所受的拉力各为2.1吨（图1-8乙）。

如果所吊重量不变，把吊索的夹角减小，则吊索的受力就要增大；把吊索的夹角增大，其受力却减小；当夹角为 90° 时，吊索所受的力最小，各为梁重的一半。

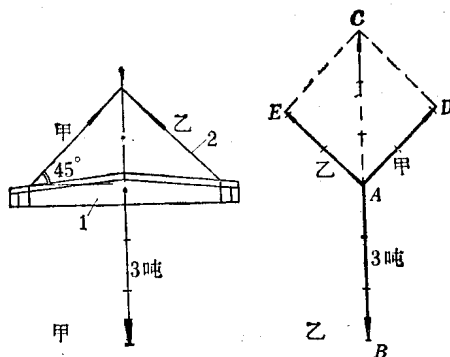


图 1-8 吊装钢筋混凝土梁时力的平衡

1—钢筋混凝土梁；2—吊索

四、摩 阻 力

一个物体在另一个物体的表面上移动时，由于物体接触面粗糙不平，两个物体之间就产生了一种与物体移动方向相反、阻止物体移动的力量，这个力叫做摩擦力，或者叫做摩擦阻力，也可以简称摩阻力。

摩阻力在日常劳动及工程中都很重要。比如，用铁锹铲土时，把手掌唾湿，铁把就不会在手中滑动。公路上有冰雪时，汽车轮胎上挂上铁链，有助于安全行车。这都是利用了摩阻力的作用。但是，事物都是一分为二的。摩阻力有有益的一面，也有有害的一面。它增加了动力消耗，加速了机件磨

损，就是其有害的一面。因此，人们常常采取各种办法来减少摩阻力。例如在机件的接触面上加润滑油；用人工搬移机械设备时，下边垫入滑板或滚筒等。

摩阻力有滑动摩阻和滚动摩阻两种。当一个物体在另一个物体的表面上滑动时（例如用人工移动机械设备时下边垫滑板），所产生的摩阻力叫做滑动摩阻力。当一个物体在另一个物体的表面上滚动时（例如搬运机械设备时托板下边加滚筒），所产生的摩阻力叫做滚动摩阻力。在表面性质相同的情况下，滚动摩阻力要比滑动摩阻力小，所以在搬运物体时，用滚动的办法比滑动的办法省力。

（一）摩阻系数和摩阻力的计算

在钢轨上拖拉物体比在木板上拖拉要轻快，轴承上加油的车子比不加油的车子推起来省力。由此可见，摩阻力的大小和物体的材料性质及接触面的光滑程度有关。几种常用材料的滑动摩阻系数和滚动摩阻见表1-1和表1-2。

滑 动 摩 阻 系 数 表

表 1-1

序 号	摩 擦 材 料		起动时表面情况			运动时表面情况		
			干燥的	水湿润的	润油的	干燥的	水湿润的	润油的
1	木材与	顺 纹	0.62		0.11	0.48		0.08
	木 材	横 纹	0.54	0.71		0.34	0.25	
2	木材与	粗面材料	0.5~ 0.8			0.5		
	麻 绳	光面材料	0.93					
3	木 材 与 钢		0.6	0.65	0.11	0.4	0.24	0.11
4	砖与砖或石与砖			0.5~ 0.75				

续表

序号	摩擦材料		启动时表面情况			运动时表面情况		
			干燥的	水湿润的	润油的	干燥的	水湿润的	润油的
5	钢与钢	压力小时 (<1000 公斤/平方厘米)	0.15		0.11	0.11		0.08~0.1
		压力大时	0.15~0.25		0.11~0.12	0.07~0.09		
6	钢与石灰石		0.42~0.49			0.24~0.29		
7	青铜与生铁		0.20			0.16~0.18		0.08
8	兽皮带与生铁滑轮		0.28					
9	混凝土与混凝土		0.70					

滚动摩擦系数表

表 1-2

序号	摩擦材料	滚动摩擦系数
1	机械中钢与钢	0.005
2	生铁轮或钢轮对钢轨	0.05
3	钢板间的滚子(桥梁的活动支座)	0.02~0.07
4	木材对钢	0.03~0.04
5	小料车与钢轨之间	(1)有滚珠轴承 0.009 (2)无滚珠轴承 0.021
6	铁轮箍大车与公路之间	(1)无路面坏路 0.15 (2)干实土路 0.04 (3)坏路面 0.04 (4)沥青路面 0.01
7	汽车轮胎与沥青道路之间	0.021
8	硬木轮对硬木走板	0.05~0.06
9	淬火钢珠对钢	0.001

注：表中数字指运动中的滚动摩擦系数，计算启动摩擦阻力时，应视情况增加2.5~5.0倍。

摩阻力的大小可按下列公式计算：

滑动摩阻力 = 物体正压力 $\times$ 滑动摩阻系数

滚动摩阻力 = 物体正压力 $\times$ 滚动摩阻系数
 $\div$ 圆轮半径 (厘米)

以上两个算式中，摩阻力的单位与物体重量单位一致。
当接触面为水平面时，物体的正压力即为物体的重量。

(二) 减小摩阻力的方法

减小摩阻力的方法有以下两种：

1. 改变摩阻面。 如果我们在铺好的枕木上移动一个设备，设备下边用木拖板，它的摩阻系数按表1-1查出是0.62，就是说要用620公斤的力，才可拉动1000公斤的设备。如果将枕木换为钢轨，并在钢轨表面涂上黄油，由表1-1查得木料与涂润滑油的钢轨的摩阻系数为0.11，这样只需110公斤的力就可以把1000公斤的设备拉动了。

2. 改滑动摩阻为滚动摩阻。如前所述，如果在设备下边放上钢托板和10厘米直径的厚壁钢管，摩阻系数就减低到0.05，考虑起动时摩擦力增加2.5倍，所以只要用25公斤 $\left(1000 \times \frac{0.05}{5} \times 2.5 = 25\right)$ 的力就可把1000公斤的设备拉动了。因此，当我们在地面上搬移物体时，一般都采用滚动的办法。

五、重心与形心

重心是物体各部分重量的合力作用点。我们可以认为物体的全部重量都作用在重心上。

在吊装作业中，了解物体的重心是很重要的。当我们用