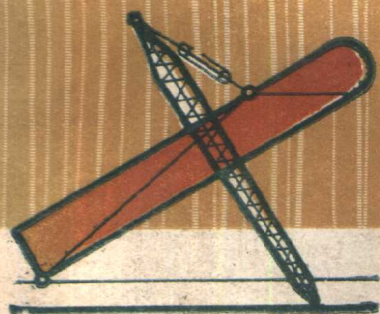


安装工人技术学习丛书

设 备 起 重 工

(第二版)



中国建筑工业出版社

安装工人技术学习丛书

设备起重工

(第二版)

杨文柱 编

中国建筑工业出版社

本书是安装工人技术学习丛书之一。书中主要内容包
括：设备起重有关的力学、简单机械原理、材料性能等方面
的应用知识，设备起重工的基本操作法，起重绳索与吊具，
设备的运输与装卸，安装桅杆吊装设备，起重机吊装设备，
利用构筑物吊装设备，起重工艺与计算和起重技术管理等。

本书第二版增加起重事故原因分析，绳索与吊具的受力
计算，钢丝绳的插接与连接，起重机械设 备管理、装备原
则、考核指标及设备的保养等内容。

本书供设备起重工人和技术人员阅读，也可作技工培训
的参考读物。

安装工人技术学习丛书

设备起重工

(第二版)

杨文柱 编

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：16⁵/₁₆ 插页：1 字数：366 千字

1986年12月第二版 1986年12月第二次印刷

印数：23,131—30,670册 定价：2.00元

统一书号：15040·5117

目 录

第一章 设备起重工的工作内容	1
第二章 设备起重工应用基础知识	4
第一节 力、重心与稳定	4
第二节 载荷与应力	28
第三节 简单机械原理	40
第四节 常用材料与性能	49
第三章 设备起重工的基本操作法	89
第一节 抬、撬、迈	89
第二节 拨、顶、吊	93
第三节 滑、滚、转、卷	94
第四节 喊号与信号	96
第五节 设备起重安全工作的重要性与安全注意事项	101
第六节 常见事故及原因分析	103
第七节 安全操作与维护保养制度	104
第四章 绳索与吊具	108
第一节 麻绳与尼龙绳	108
第二节 钢丝绳	116
第三节 吊装绳索的计算	138
第四节 钢丝绳几种使用形式的受力变化	145
第五节 钢丝绳绳扣、插接与连接	147
第六节 钢丝绳使用的夹具	158
第七节 焊接链与片式链	162
第八节 卸扣	170

第九节	吊钩与吊环	171
第十节	平衡梁	173
第五章	常用起重机具	190
第一节	滑轮组及其使用	190
第二节	千斤顶	208
第三节	手摇绞车与电动卷扬机	210
第四节	支撑回转铰链	221
第六章	设备的运输与装卸	228
第一节	设备的运输	228
第二节	气垫运输设备	236
第三节	设备的装车与卸车	238
第四节	设备与散装单元货物的运搬	242
第五节	斜坡滑移安装设备法	253
第六节	设备的翻转(翻转 180°)	253
第七节	设备的装卸	254
第七章	安装桅杆吊装设备	268
第一节	木桅杆吊装设备	273
第二节	管式桅杆吊装设备	282
第三节	格构式桅杆吊装设备	292
第四节	人字桅杆吊装设备	308
第五节	龙门桅杆吊装设备	310
第六节	回转式桅杆吊装设备	312
第七节	使用各式桅杆吊装设备时的注意事项	315
第八节	地锚	316
第九节	缆风绳	328
第十节	桅杆的试验	332
第八章	起重机吊装设备	338
第一节	起重机吊装设备的要求与选用原则	338
第二节	起重机吊装工艺	350
第三节	起重机附加装置吊装设备	364

第四节	自行式起重机的安全装置	391
第五节	起重机吊装设备的安全注意事项	393
第九章	利用构筑物吊装设备	396
第一节	构筑物与桅杆吊装设备的比较	396
第二节	利用建筑物组立桅杆	397
第三节	利用屋架吊装设备	400
第四节	单倾斜式桅杆加固定在建筑物上的 缆风绳吊装设备	406
第五节	安装桅杆紧固到建筑构件上吊装设备	411
第六节	滑轮组紧固到吊车梁和屋架梁上吊装设备	414
第七节	生产装置改建与扩建中的设备吊装	419
第十章	起重工艺与计算	424
第一节	吊装场地的布置	424
第二节	起重机具的组立	427
第三节	设备吊装的计算	438
第十一章	起重技术与设备的管理	491
第一节	起重施工技术管理	491
第二节	起重机具的管理	493
第三节	起重机械的试验	494
第四节	起重机械设备装备的原则	499
第五节	起重机械设备的考核指标	500
第六节	机械设备的经济核算	504
第七节	机械设备的保养	508
第八节	安全技术	513

第一章 设备起重工的 工作内容

机械设备是现代化工业生产的重要组成部分。机械设备应按照工艺生产线的要求安装到固定的位置上。一般来说，安装设备时，除了对设备提出标高、水平度和垂直度等项技术要求外，还有一项重要的技术指标，就是安装设备的组合装配程度，组合装配程度越高，则工效越高，装配质量也能得到保证。但是设备组合装配化程度越高，势必增加设备吊装的重量，特别是随着工业生产能力的提高，设备整体联动程度和形体重量都增加了，因此，在安装设备的过程中，设备起重运输的技术要求也相应提高了。由此可见，设备起重工作是一项十分重要的工作。

重量从几吨到数百吨、甚至上千吨的机械设备，要移动它时，必须使用适用的起重运输机具，采用一定的起重运输方法，这项工作就是我们这本书所要介绍的设备起重运输工作。按照通常的说法，起重是把机械设备从地面起吊（或推举）到空中，再放到设备预定要安装的位置上去的过程；运输（又称搬运）是指把机械设备沿着地面水平地或坡度很小地移动。也可以说，把起重叫做垂直运输，把搬运叫做水平运输。

起重运输作业在设备安装工作中占有相当大的比重，约占安装总工期的1/3以上。由于有些设备形体庞大，重量重，在起重运输过程中若稍有疏忽就会发生安全事故。因此，设

备的起重运输工作必须特别注意安全作业。

从事设备吊装工作的设备起重工，必须具备下列的知识和技能：

1.必须熟悉设备起重工的应用基础知识，掌握普通数学、力学与简单的机械原理。对各种设备的面积、体积、重量、重心、摩擦力与惯性力、力的分解与合成、载荷与应力、材料的强度能进行简单的估算。

2.熟悉型钢、钢管与钢板，木材、研磨料、油料等常用材料的用途与性能。

3.熟记常用的索吊具与各种机具的名称、规格和用途，了解各种钢丝绳、绳卡、卸扣、滑轮、千斤顶、卷扬机、倒链的构造、性能与操作方法以及维护保养与安全试验的知识。

4.掌握抬、撬、迈、拨、顶、吊、滑、滚、转、卷等基本操作方法，并熟悉喊号与手势旗语信号和安全操作的一些必要措施。

5.掌握各种机械拴绳及棕麻绳打结和接头的方法，常用索具检查及磨损程度的鉴别方法。了解各种棕麻绳、钢丝绳的安全使用应力。

6.掌握复式滑轮组的应用原理，滑轮组的穿绳方法和跑绳拉力的估算与卷扬机的选用。

7.掌握桅杆、人字架、三角架的组立、拆卸、放倒和移动的方法，埋设各类地锚以及缆风绳和地锚负荷能力的简单计算。

8.掌握一般设备和金属结构的组对和固定方法，各种设备的安全起吊和翻转、平移的方法以及吊装一般设备和金属结构的加固方法等。

9.看懂一般机械设备安装平面图和起重施工方案图。熟悉起重工艺中的吊装场地布置,机械设备的搬运技术,以及各种常用的吊装工艺与简单的应力计算。

10.掌握起重机吊装设备的要求与选用的原则。熟悉使用几种起重机具同时吊装设备与构件时的配置和注意事项。

11.熟悉和了解利用建筑物与构筑物吊装设备时的受力情况和注意事项。

12.掌握常用起重机具的简单维修和保养知识。熟悉起重施工技术管理工作,了解起重施工方案编制的内容,施工前的准备工作和吊装作业中的安全注意事项等。

此外,设备起重工还应经常注意国内外起重技术的发展动态,了解和学习吊装新技术、新工艺的内容,不断地提高设备起重吊装的技术水平。

下面我们分章介绍设备起重工应知应会的基本内容,并介绍一些国内外起重吊装的新技术与新工艺。全书共分十一章,重点阐述设备起重工的应用基础知识和基本操作法,起重常用索具与吊具,常用起重机具,设备的装卸与运搬,安装桅杆吊装设备,起重机吊装设备,利用建筑物吊装设备,起重工艺与计算,起重技术与设备的管理等。

第二章 设备起重工应用 基础知识

在设备的起重、装卸、搬运过程中，经常会遇到数学和力学方面的概念和问题，例如被起重设备有多大的重量，选用什么样的机具，采用什么样的方法进行吊装比较合理，都需要进行有关力的分析和材料强度的计算等。因此，有关设备的面积、体积、重量、重心、摩擦力与惯性力、力的分解与合成、简单的机械原理、载荷与应力、材料的强度等基本概念和简单计算等，都是设备起重工的应用基础知识。

第一节 力、重心与稳定

一、力和力的单位

力的概念是人们在生产劳动中形成的，例如通过推、拉、举、抛等，能引起物体机械运动，并由此得到一定的效果。以后，由于人们通过生产劳动的实践，创造了各种机械，逐步在生产中利用畜力、水力、风力，甚至蒸汽压力等。由于人们不断地积累经验，对力的认识也就逐步完善与精确化，于是便形成力的科学概念：“力就是一个物体对另一个物体的作用，这种作用使物体的运动状态发生改变或者使物体的形状发生改变。”在这里，我们可别忘记，说到力的作用时，必须注意要有两个物体。平时，我们往往只说某物体受到力的作用，虽然没有明白地说出究竟是那个物体对它的作

用，但一定可以找到这个物体，所以力是不能离开物体而单独存在的。

二、力的三要素

任何一个力，要正确地表明它的作用，必须具备下列三个基本条件：

1. 力的大小：表明物体间作用力的强弱程度。工程上度量力的大小通常以“吨力”、“公斤力”为单位，习惯上简写为吨（或t）、公斤（或kg）。它们与重量的单位是一样的。

$$1\text{吨} = 1000\text{公斤}$$

或写为

$$1\text{t} = 1000\text{kg}$$

2. 力的方向：力的作用具有方向性，力的方向即在该力作用下，静止的物体开始运动的方向。如用绳索从不同方向施加拉力于同一物体时，则物体运动方向也不相同。

3. 力的作用点：

力的作用点就是物体上直接受力作用的点。例如在轨道上推平车（见图2-1），力的大小就是人推平车时所用力量的大

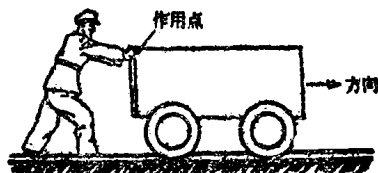


图 2-1 人力推平车

小；力的方向就是顺着轨道往前推车的方向；力的作用点就是人手接触平车的着力点。有了这三个基本条件才能完整地表明一个力（推平车）的作用。缺少其中任何一个条件，都不能构成这个力的完整状态。

三、力的合成与分解

力的合成，就是已知有两个以上的力，去求它们的合

力。力的分解，是把已知的一个力，分成两个以上的力。

1. 作用于一点而且在一条直线上的力的合成（如图 2-2）。

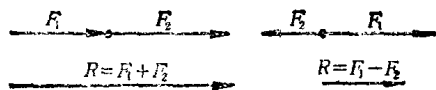


图 2-2 作用于一条直线上力的合成

该两力作用方向相同时，合力为二力的和，即

$$R = F_1 + F_2 \quad (2-1)$$

如两力作用方向相反时，合力为二力的差，即

$$R = F_1 - F_2 \quad (2-2)$$

2. 作用于一点且互成角度时二力的合力（如图 2-3）。



图 2-3 二力互成角度的合力

交于一点而互成角度的两个力的合力，它的大小和方向都等于以这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线，这叫做力的平行四边形法则，或叫做平行四边形公理。

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \quad (2-3)$$

3. 作用于一点，互成角度多个力的合力（如图 2-4 所示）。

汇交于一点的多个力的合力，其大小和方向均决定于由这些力的矢量按首尾相连的次序所作的力多边形的封闭边。

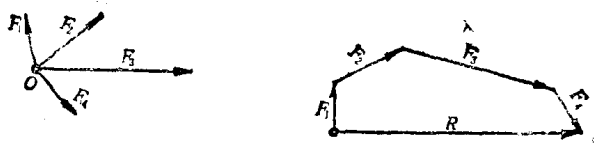


图 2-4 作用于一点互成角度多个力的合力

4. 力的分解：力的分解基本上有两种方法。

平行四边形法：力的分解可用平行四边形法求得，就是把分解的力当做平行四边形的对角线，平行四边形的两边，就是所求的分力（见图2-5）。

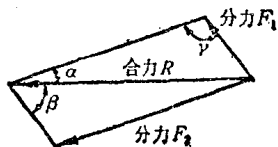


图 2-5 平行四边形法

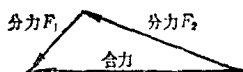


图 2-6 三角形法

$$F_1 = \frac{R \sin \alpha}{\sin \gamma} \quad (2-4)$$

$$F_2 = \frac{R \sin \beta}{\sin \gamma} \quad (2-5)$$

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

如果 $\gamma = 90^\circ$ 时

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}; \quad F_1 = R \sin \alpha; \quad F_2 = R \cos \alpha$$

三角形法：力的分解做一闭合三角形（见图2-6）求得，就是被分解的力当做闭合三角形的一边，其余两边，就是所求的分力。

不论用平行四边形法或三角形法，将一已知力分解为二

分力，除了待分解的力的大小及方向必须是已知外，还要有下列的补充条件：

- 1) 分力中一力的大小及方向 (见图2-7)；
- 2) 二分力的方向 (见图2-8)；
- 3) 二分力的大小 (见图2-9)。

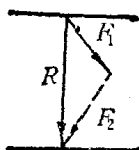


图 2-7 分力中一力的大小及方向



图 2-8 二分力的方向

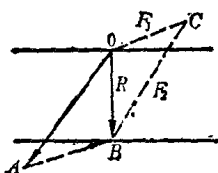


图 2-9 二分力的大小

解这个问题时，可用三边（即代表力 F_1 、 F_2 、 R 的线段 OC 、 OB 、 BC ），作出三角形 OBC ，再补充作出一平行四边形，如图2-9所示。 OC 与 BC 即是二分力的大小。

1 厘米代表 1 公斤

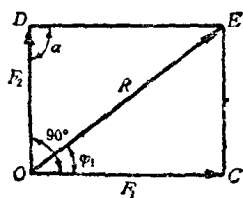


图 2-10 求合力

【例题 1】 设 $F_1 = 4$ 公斤， $F_2 = 3$ 公斤，若两力间夹角为 90° 时，合力 R 是多少？合力 R 与 F_1 之间的夹角为多大？

【解】 用图解法：以比例尺 1 厘米代表 1 公斤，画 F_1 、 F_2 两力（见图2-10），画平行四边形及其对角线 OE ，量 $OE = 5$ 厘米，所

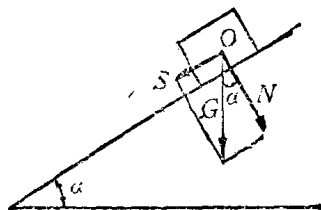
以 $R = 5$ 公斤。 R 与 F_1 间夹角量得约为 37° 。

用数解法：以已知数值代入公式得

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha} \\
 &= \sqrt{4^2 + 3^2 + 2 \times 4 \times 3 \times \cos 90^\circ} \\
 &= 5 \text{ 公斤} \\
 \sin \varphi_1 &= \frac{F_2 \sin \alpha}{R} = \frac{3 \sin 90^\circ}{5} = 0.6
 \end{aligned}$$

查三角函数表得 $\varphi_1 = 36^\circ 50'$

【例题 2】 在倾斜角为 $\alpha = 30^\circ$ 的斜面上，放置一个 100 公斤的设备（见图 2-11），试求在不计摩擦力的条件下，斜面所受的垂直压力是多少？设备沿斜面下滑力是多少？



【解】 设斜面所受的垂直压力为 N ，与斜面平行的下滑力为 S 。

图 2-11 放在斜面上的设备

已知：设备重量 $G = 100$ 公斤， $\alpha = 30^\circ$

则 $S = G \sin \alpha = 100 \times \sin 30^\circ = 50$ 公斤；

$N = G \cos \alpha = 100 \times \cos 30^\circ = 86.6$ 公斤。

答：斜面受的垂直压力为 86.6 公斤，设备沿斜面下滑力为 50 公斤。

【例题 3】 假设设备重 $Q = 1000$ 公斤，设备在两滑轮中间，两绳夹角为 120° ，求两钢丝绳受力 F_1 和 F_2 （见图 2-12）。

【解】 用作图法：以比例尺作直线 AC 的长，50 毫米代表 1000 公斤，从 A 点开始作与绳 2 的平行线，再从 C 点作绳 1 的平行线，此二线相交于点 B ，以同样比例尺度量 AB 与

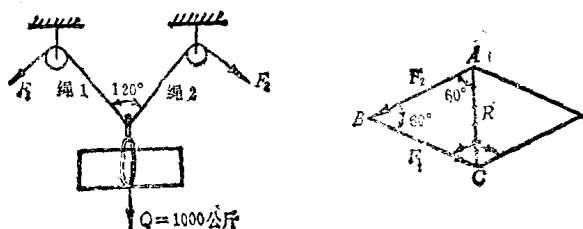


图 2-12 设备吊装计算简图

BC的长, 得到分力 F_1 与 F_2 , 即AB与BC长为50毫米, 因此, $F_1 = F_2 = 1000$ 公斤。

用数解法:

$$F_1 = \frac{R \sin 60^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{1000 \times 0.866}{0.866} = 1000 \text{ 公斤}$$

$$F_2 = \frac{R \sin 60^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{1000 \times 0.866}{0.866} = 1000 \text{ 公斤}$$

四、重心与稳定

在起重与吊装工作中了解设备重心很重要。重心的位置不仅关系到设备的平衡, 而且关系到设备的平衡稳不稳——平衡的稳定性。例如要

保证起重机不翻倒, 必须使其重心处在适当的位置; 又如我们用一根绳子吊一设备时, 应把绳子拴在与重心成一铅垂线的部位上, 否则设备起吊后要发生转动(见图2-13)。

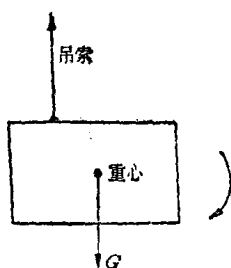


图 2-13 吊点未通过设备重心时, 设备起吊后发生转动

在起重运输设备的作业中, 如起吊、拖运设备等, 必须保证设备的稳定性, 即: 不倾

斜、不转动、不翻倒。这就须要根据设备的重心来选择适当的吊点位置。下面谈一谈设备的稳定与重心的含义。

1.重心 每一台设备都是由很多的质点组成的。每个质点都受到竖直向下的重力作用。这些力可以认为是彼此平行的。因此，任何设备都受到很多平行力（即设备的各质点都受到重力的作用）。所有质点重力的合力就等于设备的重量，而这个合力的作用点就叫做设备的重心（见图2-14）

2.稳定 面支承设备的平衡都是稳定平衡，但是，这些设备平衡的稳定程度是不一样的。从简单的实验可以知道（见图2-15），长方体设备的两种放置法中，第一种放置法（1）容易倾倒，而第二种放置法（2）就很稳定。

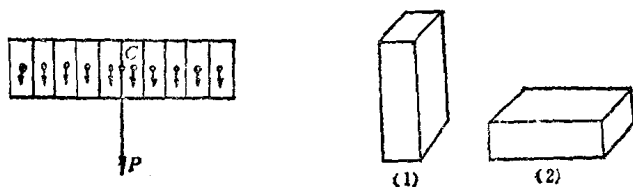


图 2-14 设备的重心 图 2-15 长方体设备的两种稳定平衡

为了增加面支承设备平衡的稳定程度，我们可以采用两种办法：

1) 增大设备支承面的面积[见图2-16(2)]。

2) 降低设备的重心[见图2-16(3)]。

图2-16中，三个设备转动一角度时，（1）不能回到原来位置，但（2）与（3）因已将支承面加大，或已将重心降低，因而仍能恢复原来的平衡位置。

设备的稳定是很重要的。例如，安装的设备、构成的建筑物等都要有一定的稳定度，以保证安全。所以一般设备的