

铁 路 工 务 部 门

工 人 技 术 等 级 标 准 学 习 资 料

装 吊 作 业

铁 道 部 工 务 局 组 织 编 写

中 国 铁 道 出 版 社

1 8 5 • 北 京

前 言

加速培养社会主义现代化建设人材，是一项重大的战略任务。铁路工务部门要逐步实现线桥作业机械化和科学化管理，当务之急是尽快提高职工的技术和管理水平。为了配合新修订的《铁路工人技术等级标准》（草案）的公布试行，加强对工人的技术培训，铁道部组织了各铁路局和桥梁、轨枕工厂，编写了工务部门各工种的技术学习资料。

这些技术学习资料是根据工务部门《铁路工人技术等级标准》（草案）的应知应会要求，结合当前工务部门的实际情况和今后新技术的发展并参考了一些有关书籍而编写的。编写范围是2~8级工的应知应会，内容包括理论知识和实际操作，其中以理论知识为主。

桥隧专业的学习资料共七册，其中《桥隧建筑物基本知识》《钢梁防锈作业》《钢筋混凝土作业》《砌石作业》《木结构作业》由成都铁路局主持，成都、上海、武汉等铁路局参加编写，编写人员有王制、冯福春、刘云庆等同志；《装吊作业》和《铆栓作业》由武汉铁路局高鹤江、叶鼎勋同志编写。

在编写过程中，主持局和编写小组作了很大努力，许多单位给了大力协助，提供了不少资料和图纸，使编写工作得以顺利完成。

内 容 简 介

本书是为实行《铁路工人技术等级标准》而编写的技术学习资料。

书中介绍了装吊作业的基础知识，起重装吊的操作方法，绳链及拴吊工具，常用起重机具及设备，架子作业，打桩，临时性便桥，换梁与架梁，以及桥涵顶进等。

本书供铁路部门桥梁工、隧道工、桥隧工，架子工，及装卸工学习，亦可供有关技术人员和技工学校、中等专业学校有关专业的师生学习与参考。

铁路工务部门
工人技术等级标准学习资料

装 吊 作 业

铁道部工务局组织编写

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米☆ 印张：16.125 插页：2 字数：351千

1985年8月 第1版 第1次印刷

印数：0001—5,000册 定价：2.25元

目 录

第一章 装吊作业的基础知识

- 第一节 力的知识..... 1
- 第二节 力的应用原理..... 17
- 第三节 物体部分参数的计算与吊点、
支点的选择..... 27
- 第四节 应力与材料强度..... 34
- 第五节 脚手板及木梁安全承重的计算..... 37

第二章 装吊作业的操作方法

- 第一节 起重装吊的基本操作方法..... 41
- 第二节 一般物件的吊装..... 52
- 第三节 喊号和信号..... 58

第三章 绳索及拴吊工具

- 第一节 麻 绳..... 65
- 第二节 钢丝绳..... 69
- 第三节 链 条..... 83
- 第四节 钢丝绳的辅助零件..... 84
- 第五节 绳索的编结..... 91
- 第六节 绳 扣 101
- 第七节 千斤绳 109
- 第八节 拴吊工具 114

第四章 常用起重机具及设备

- 第一节 滑车及滑车组 123
- 第二节 倒链滑车 141

第三节	钢丝绳手扳葫芦	144
第四节	千斤顶	144
第五节	绞磨、手摇绞车、电动卷扬机	156
第六节	地龙	166
第七节	扒杆	173
第八节	索 道	190
第九节	起重机	192
第五章 架子作业		
第一节	木脚手架	207
第二节	扣件式钢管脚手架	215
第三节	竹脚手架	219
第四节	脚手板	220
第五节	井架搭设	223
第六节	坡道架子、马道架子及平台架子	227
第七节	桥梁高空架子	235
第八节	隧道作业脚手架	251
第九节	拱架的架设和拆除	259
第十节	高空作业安全	276
第六章 打 桩		
第一节	常用的打桩设备	279
第二节	打桩设备的安装	282
第三节	打桩方法	289
第四节	拔 桩	303
第七章 临时性便桥		
第一节	枕木垛	306
第二节	木排架	313
第三节	钢塔架	329
第四节	轨束梁	351

第五节	工字钢束梁	368
第六节	六四式军用梁	382
第七节	拆装式桁梁	397
第八节	万能杆件组成的上承钢桁梁	413
第九节	临时性桥跨架设方法	414

第八章 换梁与架梁

第一节	有关的单项作业	422
第二节	人工法	437
第三节	架桥机法	446
第四节	大跨度钢梁的拼装	464
第五节	运营线上桥梁支座的更换	471
第六节	搬运与装卸	472

第九章 桥涵顶进

第一节	箱形桥顶进	478
第二节	小型涵管顶进	495
第三节	顶力计算	507

第一章 装吊作业的基础知识

第一节 力的知识

一、力的概念

停在轨道上的一辆平车，要使它顺着轨道走，用力推它才能动，而正在行走的平车，要使它停住，用力阻它才能止。因此说力是物体与物体之间的一种相互作用。

力能使物体产生变形，也能改变物体的运动状态。

在装吊作业中，一般见到的力可分机械力与重力两种。机械力是靠物体的连续性或直接接触来传递，如用断裂了的（无连续性）钢丝绳就拉不动物体，推车能使车走是手直接接触平车而传递推力的结果。重力则不靠接触而是通过空间发生作用，它是地球对物体的一种引力，如抬高了的石夯，当松手后石夯即由静止状态往下作加速度运动（改变运动状态），这是因为石夯已具有的重力在发生作用，而该重力是地球通过空间的引力而产生的。

二、力的三要素

第一，力有大小，常用公斤或吨来表示*。第二是力有方向，如想举起重物，就须向上用力，若向下或向水平方向用力，就不起作用。第三是力在物体上的作用点，如推绞磨

* 这是惯用的工程单位制，GB3102.3—82国家标准规定的力的单位为牛顿（N），即加在质量为1kg的物体上使之产生 1m/s^2 加速度的力。1公斤力相当于9.80665牛顿。

时，当力的大小与方向完全相同，而着力点在绞杠的端头与在根部所产生的效果就不一样，前者省力而后者几乎推不动如图 1—1。因此要完全表明一个力的作用，必须同时说明力的大小、方向与作用点，此即为力的三要素。

力的三要素可用图 1—2 表示，即一根绳索吊起 500 公斤重物，则绳索受力 500 公斤，*A* 示作用点，*B* 示方向，如以 1 厘米示 100 公斤，则该绳受力 500 公斤应以长 5 厘米来表示。



图 1—1

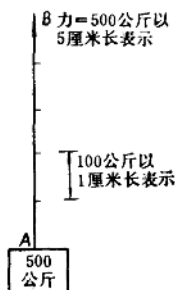


图 1—2

三、力的合成和分解

当一个力因为和另几个力的作用等效而能代替另几个力时，这个力就叫作另几个力的合力，而另几个力就叫作这个力的分力。由已知二个或二个以上的力去求它们的合力，这叫作力的合成。反之，由已知的一个力去求它的二个或二个以上的分力，叫作力的分解。

(一) 力的合成

由于各个力的作用点与作用方向不同，因而求合力的方法也不一样。

1. 在同一直线上作用力的合成

有三人在一条绳子上拉重物如图 1—3 所示，三力在同一直线上，方向皆向下，则其合力为每人所出的力相加。若

甲15公斤，乙20公斤，丙18公斤，则其合力 $=15+20+18=53$ 公斤。合力的作用点也在这根绳子上，方向也向下。

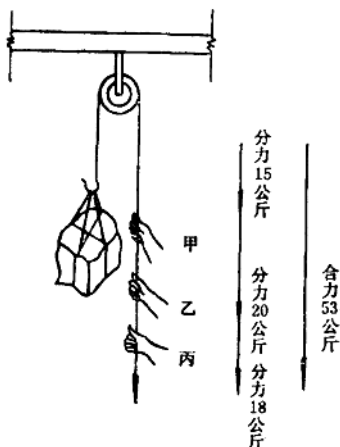


图 1—3

如果作用在同一直线上的两力方向相反，则其合力的大小等于二力相减，方向与数值大的相同，其作用点也在这条直线上。如拔河比赛，两队同拉一根绳子，若甲队力大，则绳子即被甲队拉过去，就是说合力的方向是甲队所拉方向，大小是甲队力减去乙队力的数值，作用点在这根绳子上。

2. 同方向平行力的合成

一个平面上的几条直线，把它们延长下去总不相交时，我们称这些线为平行线，如果两个力的作用线平行则称之为平行力。如两平行力的方向相同则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同。当两力大小相等时，其合力作用点在两力间的中央；两力大小不等时，其合力作用点与两力间的距离和力的大小成反比，如图1—4所示。甲物重5公斤，乙物重10公斤，挂在棒的两端，则合力丙为15公斤，方向与甲乙同（向下），作用点的位置可按下述反比例关系求得：

甲丙距：乙丙距 = 乙力：甲力 = 10：5

若甲乙距3米，按上述关系可求得甲丙距2米，乙丙距

1 米。如果在棒上悬一根绳子于丙的位置，就成为合力丙向下而绳子拉力向上的两个大小相等、方向相反、作用在同一直线上的两力。因而棒能保持平衡，如绳子不吊在丙的位置，棒就失去平衡而倾转。

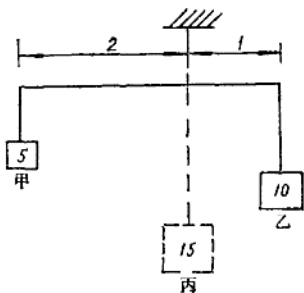


图 1-4

当求同方向的多个平行力的合力时，可先求出两个力的合力，把该合力与第三力再求一次合力，依此下去求得最后的合力。

3. 作用于一点而有夹角的两力合成

如图 1-5 所示作用于一点而有夹角 α 的两力（甲乙与甲丙），其合力为甲丁。该合力可用下述步骤求得：

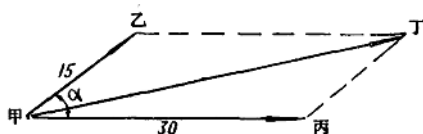


图 1-5

(1) 顺着力的方向将甲乙与甲丙两力按比例绘出，若甲乙为15吨以15毫米长表示，甲丙30吨即以30毫米长表示。

(2) 画乙丁平行甲丙，丙丁平行甲乙并相交于丁点，联结甲丁，则甲丁即为合力方向。

(3) 量出甲丁的长度为41毫米，表示该合力大小为41吨，作用点在甲处。该法即为力的平行四边形原理。

如果只画乙丁平行甲丙，并使乙丁长与甲丙长相等，联结甲丁就成三角形甲乙丁。其中甲丁为甲乙与甲丙的合力，该法即为力的三角形原理。

从上面看出，甲乙与甲丙的合力甲丁，随甲乙与甲丙的夹角 α 而变，夹角 α 愈大则合力甲丁愈小，夹角 α 愈小则合力甲丁愈大，当甲乙与甲丙两力完全重合，即两力在一条直线上时，合力甲丁为最大，其大小为两力相加。

4. 作用于一点而互成角度诸力的合成

作用于一点的力 1 、力 2 、力 3 、力 4 等，其合力可用力的多边形原理求得如图1—6所示。取同一比例，以不同长度显示力 $1 \sim 4$ 的不同大小数值，从0点开始，先按力 1 的方向作出按力 1 大小数值显示的长度，再从该长度末端按力 2 的方向作出按力 2 大小数值显示的长度，如此作图直至作完力 4 后，引0点至力 4 末端作一直线，该直线即显示力 1 、力 2 、力 3 、力 4 等力合力的大小数值与方向。

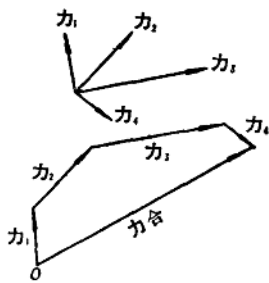


图 1—6

例 用作图法求图1—7所示的扒杆所受压力及拖拉绳所受拉力。

解 (1) 按比例作直线1—2其长表示物体与扒杆的已知重量。

(2) 从2点作与快绳的平行线，以同样比例作2—3之长表示已知的快绳拉力。

(3) 从3点作与拖拉绳的平行线。

(4) 从1点作与扒杆的平行线，与拖拉绳的平行线相交于4点。

(5) 以同样比例量取 3—4 之长即为拖拉绳所受的拉力，1—4 之长即为扒杆所受的压力。

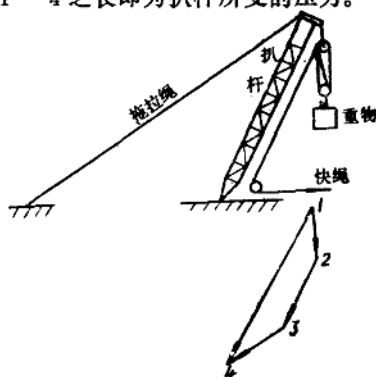


图 1—7

(二) 力的分解

力的分解与力的合成相反，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，只要我们知道分力的方向，便可用力的平行四边形或三角形原理求得分力的大小。

例 如图 1—8 为钢丝绳通过滑车吊一重物，求甲乙两绳所受之力。

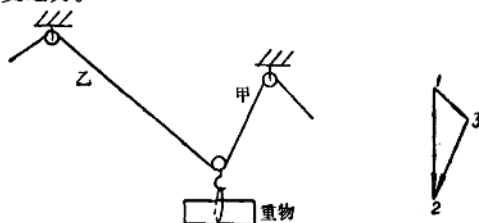


图 1—8

解

1. 按比例作直线 1—2，使其长度代表物体重量。
2. 从 1 点作与乙绳的平行线。

3. 从2点作与甲绳的平行线，此两线相交于点3。

4. 以同样比例尺度量1—3与2—3，即得甲乙两绳的力之大小。

四、力矩、力偶与力的平移

(一) 力矩：力矩是衡量物体转动的一种能力，它以力与力臂的乘积来表示。如图1—9所示，人挑 F_1 与 F_2 二物，肩膀挑力为 R ，力矩 $F_1 a_1$ 使扁担逆时针旋转，力矩 $F_2 a_2$ 使扁担顺时针旋转，当顺逆二力矩大小相等即 $F_1 a_1 = F_2 a_2$ 时，物体平衡，人才能平稳地挑物行走。

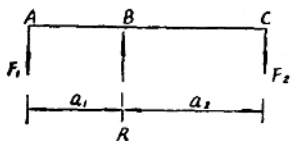


图 1—9

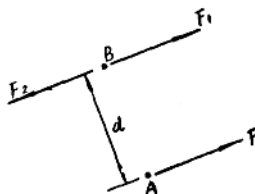


图 1—10

(二) 力偶：力偶是由一对互相平行且大小相等，方向相反的力组成，它没有合力，但能产生力矩，使物体绕着某轴转动。如拧螺丝、转动方向盘、推绞磨等都是在力偶作用下而平稳转动的一种作用。

(三) 力的平移：一个力在等效原则下，可以平行地移到另一点，这时必定附带产生一个力偶。如图1—10所示：原来的力 F 作用在 A 点，我们在 B 点增加一对大小相等但方向相反并与 F 相等且平行的力 F_1 、 F_2 ，因 F_1 与 F_2 合力等于零，故力的作用效果不变，但这时已由平移前作用 A 点的力 F 变为平移到 B 点后的一个平移力 F_1 和一个由 F 与 F_2 组成的力偶，其力偶矩为 $F \times d$ ，此力偶矩正好等于原力 F 对

B点的力矩。

因此一个力平行移动到另一点后，将产生一个力与一个力偶，该力的大小方向与原力相同，而力偶矩等于原力对该点的力矩。

五、力的平衡

一个物体受到两个或两个以上力的作用而仍然保持不动，这种现象叫力的平衡。

当物体处于力的平衡状态时，它们的合力应等于零，同时力矩的代数和也应等于零。比如拔河，只有当双方两队所施的力相等，也即它们的合力等于零（这时它们的力矩等于零，而力矩的代数和自然为零）时，绳子才保持平衡不动。又如前述，人之所以能平稳地挑物行走，是力矩的代数和等于零（这时其合力也等于零）的缘故。

六、力的简单解法

在装吊作业中，我们求解未知力时一般都采用将力作用在同一个平面上（称共面力），而且是在平衡条件下进行计算。所谓平衡条件是指当几个力同时作用在同一物体而不改变它的运动状态时，这几个力之间应当保持的关系。所说的同一物体可以是几个物体的组合，也可以是一个物体的一个部分，为了将同时作用在同一物体的几个力搞清楚，需要事先作分离体图。

作分离体图的方法就是用一闭合线将所要分析的物体分离出来（该闭合线要截割所分析的那几个力）。由于所分析的力一般为重力与靠直接接触传递的机械力，因此可先分析闭合线截割地方的接触力，看它的大小与方向是否已知，而作用点就在接触面处，然后再将物体的重力（重量）列入，重力的大

小一般是已知的,方向总是铅垂向下,作用点在物体的重心。

(一) 作图法

当交会于一点的三个或三个以下的力处于平衡状态时,常用作图法来求解,标出其中已知力的方向,大小及未知力的方向后,按首尾相接法则,使合力等于零,即取其中任一力的起点作起点,最后一力的箭头还是回到这起点,使力的多边形(或三角形)闭合,由于合力是零,这表明合力的外部效果是不改变物体的运动状态的(处于平衡状态),即原来静止的物体仍然静止,如图1—11所示。

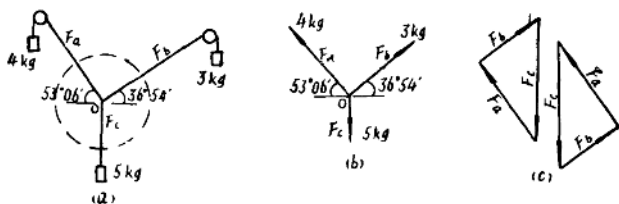


图 1—11

作图步骤:

1. 圈取分离体,如图1—11 a 所示。从图知 F_c 的大小(5 公斤)与方向 F_a 、 F_b 的方向已知,求 F_a 、 F_b 的大小。
2. 标出各力方向与已知力的大小,以长度表示,如图1—11 b。未知力 F_a 、 F_b 都是绳力,它们只能是拉力,即将箭头朝着分离体外的方向画,若 F_a 、 F_b 是杆力而一时还不知是拉力或压力时,可先标出箭头,最后按闭合多边形(或三角形)矢线的箭头(首尾相接法则)来校对。
3. 按首尾相接法则作闭合多边形(或三角形),如图1—11 c 所示。即先作 F_c 的矢线,再从该矢线的两端分别作线与斜绳平行,其交点即为力三角形的另一顶点,按首尾相接法则将力三角形另两边的箭头也标出。

4. 量出 F_x 、 F_y 矢线的长度即为所求 F_x 、 F_y 绳力的大小。

当已知 $F_c = 5$ 公斤时，由作图法量得 $F_x = 4$ 公斤， $F_y = 3$ 公斤。

(二) 投影法

当交会于一点为四个或四个以上的力时，采用投影法求解较为方便。

投影法的原理即用平行四边形进行力的分解。但为简便起见，我们将一个力 F 分解为任意方位而互相正交的 x 与 y 两个分力。即将力 F 分解为 F_x 与 F_y ，如图1—12所示，用公式表示如下：

$$F_x = F \cos \alpha \quad (1-1)$$

$$F_y = F \sin \alpha \quad (1-2)$$

式中 α 为 F 与 x 方向的夹角。

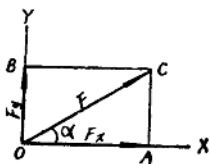


图 1—12

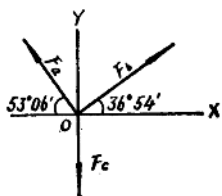


图 1—13

从图中看出， F_x （矢线 OA 的长短）是 F （矢线 OC 的长短）在 x 方向的投影， F_y 是 F 在 y 方向的投影，若将交会在 o 点的所有力都按上式进行分解，按等效原则，原有各力就和下述两个共线力系统等效，一个系统是在 x 方向，它由诸 F_x 项所组成，另一系统是在 y 方向，它由诸 F_y 项所组成，若原有各力是平衡的，即其合力等于零，相应地这两个

系统各自的合力也应是零。即:

$$\Sigma F_x = \Sigma F \cos \alpha = 0 \quad (1-3)$$

$$\Sigma F_y = \Sigma F \sin \alpha = 0 \quad (1-4)$$

现仍取作图法中之例, 画出图1—13, 按投影法计算, 先列出表1—1, 进行各力分解, 再将表内各值代入公式, (1—3) 与 (1—4) 得:

表 1—1

F	α	F_x	F_y
$F_a(\nearrow)$	$53^\circ 6'$	$-F_a \cos 53^\circ 06' = -0.6 F_a$ ($\leftarrow$)	$F_a \sin 53^\circ 06' = 0.8 F_a$ ($\uparrow$)
$F_b(\nearrow)$	$36^\circ 54'$	$F_b \cos 36^\circ 54' = 0.8 F_b$ ($\rightarrow$)	$F_b \sin 36^\circ 54' = 0.6 F_b$ ($\uparrow$)
$F_c(\downarrow)$	90°	0	$-F_c \sin 90^\circ = -5$ ($\downarrow$)

$$\begin{cases} \Sigma F_x = (-0.6 F_a) + (0.8 F_b) + 0 = 0 \\ \Sigma F_y = (0.8 F_a) + (0.6 F_b) - 5 = 0 \end{cases}$$

从前式解得

$$F_b = 0.75 F_a$$

代入后式得: $(0.8 + 0.6 \times 0.75) F_a - 5 = 0$

即

$$F_a = 4 \text{ 公斤}$$

$$F_b = 0.75 F_a = 3 \text{ 公斤}$$

解出的 F_a 与 F_b 是正号说明分离体图内该两力假定的指向是正确的, 若解出力是负号则表明分离体图内假定的指向应改为相反方向。

(三) 共面力的一般解法

图1—14所示摇臂吊机, C 点是通过销钉构造而支承着梁臂 AC , 另一端 A 被 AB 吊住, 重物 Q 作用在离 C 点为 a 距离之处, 假定 Q 为已知, 求解 AB 杆的杆力 T 及 C 点的支承力。

首先我们取分离体如图1—14b所示, 在这个分离体