

机械力学

上册

重庆大学等八院校合编

PDG

毛 主 席 語 录

阶级斗争是綱，其余都是目。

教材要彻底改革。

实践的观点是辩证唯物论的认识论之第一的和基本的观点。

要把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上。

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

编 者 的 话

遵照毛主席关于“教育要革命”，“教材要彻底改革”的指示，在毛主席教育革命路线的指引下，今年二月在广州召开的全国二十二所高等院校锻压专业教材会议商定，编写《锻压机械力学》新教材，以适应教育革命的要求和三大革命斗争的需要。

今年四月，有全国十一个院校的代表，工人和工农兵学员的代表在重庆大学举行了《锻压机械力学》教材编写会议。与会代表认真学习了毛主席关于教育革命的一系列指示，开展了革命大批判。与会代表一致认为编写新教材必需以毛主席教育革命思想为指针，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，坚持政治统帅业务，努力体现党的方针政策，为培养无产阶级革命事业接班人服务。会议拟定了编写教材的原则和编写大纲，落实了编写任务。经过大家的努力，得到工农兵和工农兵学员的帮助，在重庆大学已编写的《锻压机械力学》的基础上，编写了这本《锻压机械力学》教材。今年八月在上海交大有全国十三个院校的代表共同进行了审查和讨论。

在编写的过程中，我们努力贯彻辩证唯物论的认识论。在学员参加锻压生产实践，学习了《锻压设备概论》，对锻压机械有了感性认识的基础上，从分析锻压机械的典型另件入手，揭示力学的内在规律和联系，把力学和锻压机械生产与设计密切地联系起来，努力做到学用一致的原则。注意了由浅入深、循序渐近，培养学员分析问题和解决问题的能力，贯彻理论与实践的统一。就锻压机械的特点，内容力求少而精，加强针对性。还注意了便于学员自学，在每章前写有学习基本要求，每章后配有作业及答案。

为了便于开门办学，结合典型任务和生产实践组织教学，本教材共分上、下两册。上册为基本内容共五篇。下册为六个专题，各院校可根据专业的不同要求和典型任务的实际情况选用。

编写单位的分工是：上册，基本内容。第一篇另件的静力分析（重庆大学），第二篇另件的强度计算（重庆大学），第三篇另件的变形计算（内蒙古工学院），第四篇另件的运动分析（重庆大学），第五篇另件的动力分析（上海交大）。下册专题。变形计算的能量法（华中工学院），液压机工作缸的强度计算（湘潭大学），交变应力作用下另件的强度校核（吉林工大），电测实验应力分析，（上海交大），振动基本知识（天津大学、山东工学院），压杆稳定（华中工学院）。

由于我们对马列主义，毛主席著作学习得不好，领会得不深，特别是走与工农兵相结合的道路做得不够，实践经验也不多，因此，离“教材要彻底改革”的要求还有很大的差距，书中也还存在着不少缺点错误，恳切地希望广大的工农兵读者提出批评和改进意见。

《锻压机械力学》教材编写组

1976·8

上册 目 录

第一篇 另件的静力分析

第一章 另件的受力分析

- § 1—1 力的基本性质 (5)
- § 1—2 几种常见的另件之间的作用力 (9)
- § 1—3 另件的受力分析 受力图 (11)
- § 1—4 锻造操作机钳杆平行升降机构的受力分析 (13)
- § 1—5 曲柄压力机传动机构的受力分析 (14)

第二章 另件受平面汇交力系作用的平衡问题

- § 2—1 平面汇交力系合成的几何法及平衡条件 (21)
- § 2—2 平面汇交力系合成的解析法和平衡方程 (24)
- § 2—3 精压机曲柄肘杆机构的受力分析与计算 (28)

第三章 力矩和力偶

- § 3—1 力矩的概念和计算 (32)
- § 3—2 锻造操作机稳定性计算 (35)
- § 3—3 重心位置的确定 (36)
- § 3—4 压力中心的计算 (39)
- § 3—5 力矩的平衡 (40)
- § 3—6 力偶和力偶矩 (42)
- § 3—7 力线的平移 (43)

第四章 另件受平面力系和空间力系作用的平衡问题

- § 4—1 平面力系的平衡方程 (48)
- § 4—2 几种另件反力的计算 (50)
- § 4—3 操作机钳杆平行升降机构的静力计算 (55)
- § 4—4 空间力系的平衡问题 (57)
- § 4—5 压力机曲轴和飞轮轴支承反力的计算 (59)

第五章 摩擦问题

- § 5—1 滑动摩擦力的基本性质 (68)
- § 5—2 几种常见的摩擦问题的分析 (70)
- § 5—3 有摩擦时曲柄连杆机构的受力分析 (80)

第二篇 另件的强度计算

第六章 另件轴向拉伸、压缩时的强度计算

- § 6—1 轴向拉伸压缩时横截面上内力、应力和强度条件 (88)
- § 6—2 1100吨精压机滑块允许负荷图的确定 (91)
- § 6—3 储气罐的强度计算 (93)
- § 6—4 材料在拉伸、压缩时的机械性质 (94)
- § 6—5 许用应力、安全系数 (102)
- § 6—6 应力集中的概念 (104)
- § 6—7 斜截面上的应力 一点应力状态的概念 (105)

第七章 另件剪切时的强度计算

- § 7—1 剪切实用计算 (110)
- § 7—2 挤压实用计算 (112)
- § 7—3 联接件的强度计算 (113)
- § 7—4 冲裁力的计算 (113)
- § 7—5 纯剪切 剪切虎克定律 (119)

第八章 另件弯曲时的强度计算

- § 8—1 计算简图的选取 (122)
- § 8—2 弯曲时横截面上的内力计算 (126)
- § 8—3 弯曲变形时的应力 (131)
- § 8—4 常用截面惯性矩计算 平行移轴定理 (141)
- § 8—5 弯曲变形时的强度计算 (145)
- § 8—6 截面合理形状的讨论 (150)
- § 8—7 弯曲与轴向拉伸或压缩组合变形时的强度计算 (151)

第九章 传动轴等轴类另件的强度计算

- § 9—1 传动轴等轴类另件的内力计算 (164)
- § 9—2 扭转变形时的应力计算 (166)
- § 9—3 传动轴等轴类另件危险点处应力状态分析 (169)
- § 9—4 传动轴等轴类另件的强度计算 (174)

第三篇 另件的变形计算

第十章 另件弯曲时的变形计算

- § 10—1 变形计算的任务 (186)
- § 10—2 弯曲变形的度量——挠度与转角 (187)

§ 10—3	挠曲线微分方程及其积分	(188)
§ 10—4	变形计算的迭加法	(194)

第十一章 超静定另件的变形计算

§ 11—1	超静定梁	(199)
§ 11—2	超静定刚架	(204)

第四篇 另件的运动分析

第十二章 另件的平行移动

§ 12—1	另件平行移动两种形式	(213)
§ 12—2	另件的直线平行移动	(214)
§ 12—3	曲柄连杆机构中滑块的运动分析	(216)
§ 12—4	平行四连杆钳杆升降机构的运动分析	(219)

第十三章 另件的定轴转动

§ 13—1	另件的定轴转动	(222)
§ 13—2	定轴转动另件上点的运动	(224)
§ 13—3	传动比	(226)
§ 13—4	几种典型压机传动系统传动比的计算	(229)

第十四章 另件的平面运动

§ 14—1	平面运动分解为移动和转动	(234)
§ 14—2	平面运动另件上点的速度	(235)
§ 14—3	曲柄肘杆机构的运动分析	(237)
§ 14—4	速度图解法	(242)

第五篇 另件的动力分析

第十五章 另件平动时的动力分析

§ 15—1	质点动力学基本定律	(247)
§ 15—2	锻锤落下部分运动时的加速度	(249)
§ 15—3	动静法	(251)
§ 15—4	锻造操作机起动和制动时的动力分析	(252)
§ 15—5	动量和动量守恒定理	(253)

第十六章 另件绕定轴转动时的动力分析

§ 16—1	另件绕定轴转动时的惯性力和惯性力矩	(255)
§ 16—2	转动轴通过质心(重心)的另件转动惯量计算	(256)

§ 16—3	转动轴不通过质心的另件转动惯量计算	(258)
§ 16—4	转动定理	(260)
§ 16—5	飞轮转动时轴承负荷的影响 动反力	(261)
§ 16—6	飞轮轮缘的动荷应力	(262)

第十七章 功 和 能

§ 17—1	功和能的概念	(264)
§ 17—2	功的计算	(265)
§ 17—3	机械的效率	(267)
§ 17—4	功率	(268)
§ 17—5	动能定理	(269)
§ 17—6	制动带松边张力的计算	(271)
§ 17—7	飞轮积蓄和释放能量的原理	(272)
§ 17—8	螺旋摩擦压力机的动力分析	(273)
§ 17—9	锻锤冷击时锤杆的应力	(277)

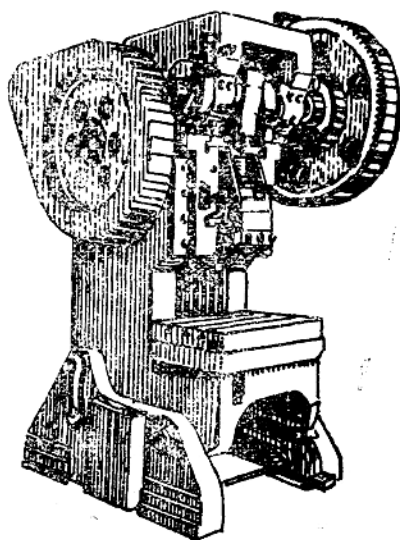
緒 论

锻压生产是一种无切削和少切削的先进工艺。它有很多的优点，能达到产品质量好，材料消耗少和生产率高的要求。为了迅速发展锻压生产，在毛主席和党中央的领导下，二十多年来和其它社会主义建设事业一样，锻压机器的生产和使用，有了空前的巨大的发展，一万二千吨水压机的制造成功和投入生产，是我国工人阶级执行毛主席“独立自主，自力更生”方针所取得的丰硕成果。经过无产阶级文化大革命，批林批孔运动以及反击右倾翻案风的伟大斗争，在毛主席革命路线的指引下，目前，我国不但能制造一般的普通的锻压机器，而且已经能自行设计和制造重型的锻压机器了。如8000吨的热模锻压力机，4000吨精压机，3500吨闭式双点压力机，16吨模锻锤，12500吨多向模锻水压机，……等。锻造机器已在电器、仪表、飞机、汽车、坦克、机车、农业、轻工业等工业部门中得到普遍地使用。

我国的锻压机械共分为八大类。即机械压力机、液压机、自动锻压机、锤、锻机、剪切机、弯曲校正机和其他。常用的一些锻压机器，在《锻压设备概论》课程中，就其结构、工作原理、维修使用，已作了叙述。本课程就锻压工艺和锻压机器的设计和计算中，即将遇到的一些力学问题，结合锻压机械中的一些典型零件加以系统讨论，提供必要的基础知识。

图(0—1)表示 J23—80 型压力机的外观图。

这种锻压机器，它的电动机、传动机构和工作机构都安放在机身上，而与机身结合在一起。在设计这些机构和机身时，就必然要碰上一系列的力学问题。例如，对传动系统的布置，传动级数和各级传动比的分配，飞轮位置的确定以及滑块运动规律的分析，无论对压机的设计或是使用，都具有重要的意义。对于传动轴，曲轴以及机身等作受力分析，进行强度和刚度计算，合理地选择截面尺寸，也是十分必要的。对于工作行程作功的计算，离合器，制动器位置的确定，飞轮储蓄和释放能量的原理以及确定电动机的功率等等，都是我们要讨论的一般力学问题。根据少而精，理论与实际相统一的原则，把锻压机械中的力学问题，归纳为如下的五大部



图(0—1) 80 T开式双柱曲柄压力机外观图

分,作为本课程的基本内容。

(一)另件的运动分析:从几何学的角度,研究锻压机器机构中另件运动的几何性质。例如为了设计的需要,必须分析压力机中曲柄、连杆及滑块的运动规律。

(二)另件的静力分析:当锻压机器中的另件受了力的作用而处于平衡状态时,研究这些另件受了什么力的作用,怎样进行静力计算。

(三)另件的强度计算:为了保证锻压机器在工作时,主要另件在受力作用后,不致破坏,能安全可靠地工作,需要对这些另件进行强度计算,研究其强度条件,合理地选择另件尺寸或确定其允许载荷。

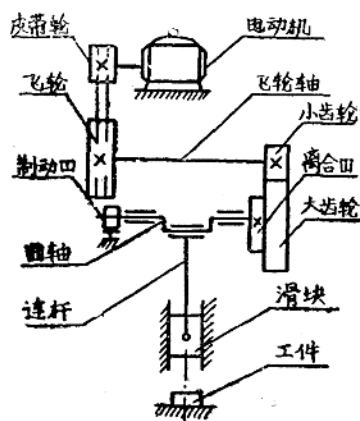
(四)另件的变形计算:对锻压机器中的一些重要另件,如曲轴、床身等,不仅要满足强度要求,而且还要根据被加工另件的精度等条件,把它的变形限制在许可的范围内。即是研究另件在外力作用下变形的大小问题,在力学上称为另件的刚度问题。

(五)另件的动力分析:在锻压机器中有一些重要另件,必须研究其外力与运动之间的规律,进行动力分析和计算,或判定惯性力对另件的影响。

此外,在进行锻压机器的设计时,还可能遇到一些专题性的问题,例如,采用液压传动时,就需要对液压缸进行强度计算。因此,还讨论了六个专题。即液压缸的强度计算,变形计算的能量法,交变应力、电测实验应力分析,振动基本知识,以及压杆稳定。总括起来,本课程的任务就是结合锻压机器的典型另件,按照上述五个基本部分和六个专题阐明力学的一些基本规律,为设计锻压机器提供理论基础和必要的计算方法。

第一篇 另件的靜力分析

现在开始讨论力的分析和力的计算问题。图(I-1)表示80吨双柱单面传动曲柄压力机的传动机构简图。从图上可以看出,皮带轮、齿轮、飞轮轴、曲轴、连杆、滑块等另件,总是与其它另件相互接触、按一定方式联结起来。例如,齿轮可用键固定在轴上,而轴又装在轴承内,当轴旋转时,可进行运动和动力的传递。又如对于曲柄连杆机构来讲,导轨与轴承是安放在床身上不动的,滑块就受到导轨的限制只能沿导轨移动,曲轴受到轴承的限制只能在轴承内作旋转运动,而连杆一端套在曲柄颈上,另一端用销钉与滑块相连,使连杆只能作平面运动。因此,另件之间不同的接触和不同的联结方式,对另件的运动就有不同的限制。在力学上就把另件之间的相互接触,相互联结就叫做相互作用着力。所以,力是另件之间相互的机械作用。例如,齿轮之间就相互作用着齿间压力,导轨和滑块之间相互作用着侧压力,轴承和轴之间有相互力的作用等等。



图(I-1) 80T双柱单面传动曲柄压机机构简图

此外,在机器另件上,还可能受到各种外力作用,例如,传递的动力,冲压力,油压力,另件的重力等等。

总之,机器的另件,不论是传动用的皮带、齿轮、离合器、曲轴、连杆或是支承用的床身、轴承、导轨、或是完成锻件塑性变形工作的滑块等都是在受力的情况下工作的。力对另件的作用表现为两方面的效果(或效应)。

(一)运动效果或外效应 力能使另件的运动状态发生改变,这种效果称为运动效果,或外效应。如机器起动时,由于力的作用,使传动另件由静变动,由慢变快,当制动时,也由

于制动力的作用,使传动另件由快变慢,由动变静。在机器稳定运转的过程中,另件虽然受到了力的作用,但其运动状态并不发生改变,而处于平衡状态。一般来讲,所谓平衡是指另件保持相对静止,或作匀速直线运动,或作匀速转动的状态。这是因为作用在另件上的力相互平衡,它们所产生的运动效果相互抵消的缘故。另件的平衡是一种特殊状态,一切平衡都是相对的和暂时的,只有当另件所受的力满足一定的条件时才会出现。因此,研究另件受力而处于平衡的条件,是静力分析的一个主要任务。

(二)变形效果或内效应 力能使另件产生变形,这种效果称为变形效果或内效应。如弹簧受拉力会伸长,锻压加工时,压力使工件产生变形等。总之任何另件受力后,或多或少要产生变形,但是,实际上机器的另件的变形是限制在微小的范围之内,它对静力分析所要讨论的问题(力的平衡条件)影响不大,因此,在对另件进行静力分析时,另件的变形可以忽略,而把另件视为没有变形。

在设计机器的另件时,一般应保证另件有足够的强度和刚度,因此,要选择适当的尺寸,使另件具有合理的粗细。于是,除了对另件进行运动分析而外,还必须对另件进行强度和刚度的计算,要对另件进行强度和刚度计算,首先,必须知道另件究竟受了些什么力的作用,也就是要对另件进行受力分析,并且研究计算这些力的方法。另件的受力分析问题,则有平衡计算(也叫静力计算)和动力计算之分。所谓静力计算是当另件处于平衡状态时,应用力的平衡条件计算另件所受的力。在静力计算中,由于不存在另件的运动对其受力的影响,因此,这种计算只适用于另件的平衡问题,即适用于相对静止、匀速直线运动或匀速转动的另件。对于变速运动(非平衡问题)的另件,应根据动力分析所提供的方程进行计算。总括起来,静力分析的任务,一是对另件进行受力分析,二是对另件作平衡计算。

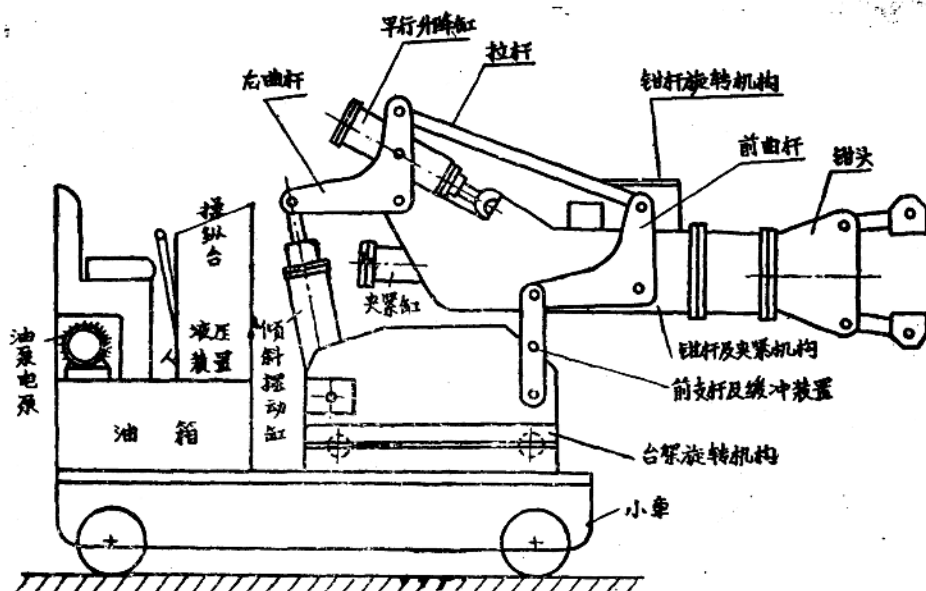
第一章 另件的受力分析

- 基本要求：1. 弄清力的基本性质。
2. 通过典型另件的受力分析，掌握受力分析的一般方法。

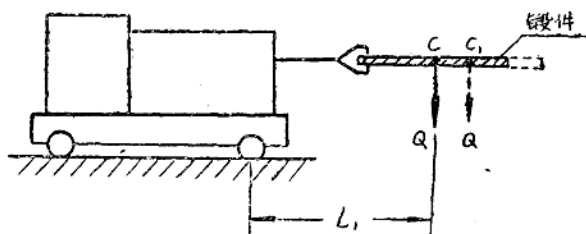
§1-1 力的基本性质

(一)力的三要素 在前面已经谈到力是通过另件之间的相互接触或吸引的作用才产生，这种作用称为另件之间的机械作用，其作用的效果可表现为运动效果和变形效果两个方面。

实践证明，力对另件作用的效果决定于力的大小、方向和作用点（或作用线）的位置这三个要素，当这三个要素中任何一个因素改变时，力对另件作用的效果也就不同。例如图（1—2）为图（1—1）所示的锻造操作机整机载重力矩计算简图。Q为操作机能够夹



图(1—1) 全液压平行四连杆式锻造操作机结构简图



图(1-2) 锻造操作机整机载重力矩计算简图

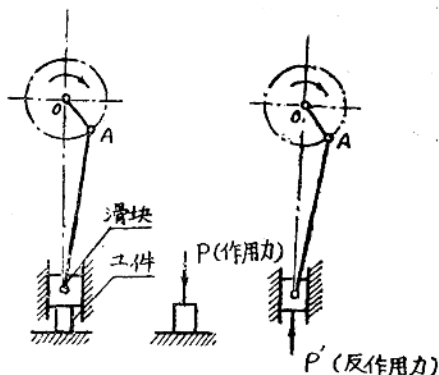
持锻件的最大重量(kg)，C为锻件重心。显然，当锻件的重量大于操作机能夹持的最大重量时，就可能使钳口松开，夹持不住，或使整机失去稳定，向前倾翻，造成事故。可见力的大小不同对另件作用的效果也不同。当其锻件的长度超过被限制的最大长度时，尽管锻件的最大重量Q仍保持不变，由于重心C向右移动至 C_1 ，即是力的作用点(或作用线的位置)向右移到 C_1 ，整机也将会失去稳定，向前倾翻。可见力的作用点(或作用线)的位置不同，对另件作用的效果也显然不一样。所以对于一台操作机来讲所能夹持的锻件的最大重量与长度，都作为设计时要确定的基本参数。就一般情况而言，若力的方向改变了，力作用的效果也会发生改变。因此，不论对力作用的外效应或内效应来讲，力对另件作用的效果决定于力的大小、方向和作用点(或作用线)的位置。这三个要素，就叫做力的三要素。

在工程中力的单位用公斤(kg)或用吨(T)。

力对另件作用的效果既然决定于它的三要素，因此，力是矢量，故可用带有箭头的线段来表示。如图(1-2)所示Q力的大小用线段的长度表示(选择一定的比例尺，例如1厘米代表200公斤)线段末端的高头表示力的指向为向下，力的作用点用线段的起点或终点表示。线段所在的直线称为力的作用线。本书以后各章中，在带有箭头的线段旁边用英文大写字母表示力的大小或代号。

(二) 作用力与反作用力

由于力是另件之间的相互机械作用，所以，当一另件对另一另件施加一个作用力时，它必然同时受到一个反作用力。图(1-3)表示一曲柄压力机的曲柄连杆机构，当滑块对工件施加一作用力P时，则滑块也必定同时要受到工件的反作用力R。此两力大小相同，方向相反，沿同一直线分别作用在工件和滑块上。由此可见，力是成对出现的，任一作用力必有反作用力，两者相互依存，同时出现，同时消失。我们以后在进行受力分析时必须注意这一点。



图(1-3) 作用力与反作用力

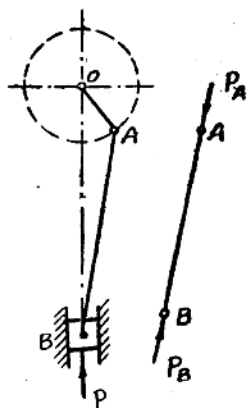
我们还必须注意,作用力和反作用力不是作用在同一另件上,而是分别作用在相互作用的两个另件上的。如图(1—3)所示,滑块对工件的作用力是作用在工件上,而工件对滑块的反作用力则是作用在滑块上。因此,今后在应用这个规律分析另件的受力情况时,我们一定要分清每一个力是“谁”对“谁”的作用,而在每一个另件上只画出它所受的力,绝对不能把作用力和反作用力同时画在一个另件上。

(三) 二力平衡条件

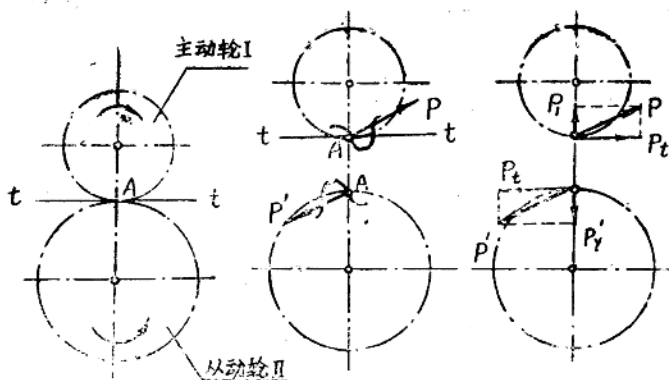
在机械结构中,只受两个力同时作用的另件是常见的。如图(1—4)所示80吨曲柄压力机中的连杆,在不计重量和摩擦的情况下,就是受二力作用的另件。对连杆来说,曲柄销给连杆一个作用力 P_A 同时滑块给连杆一个作用力 P_B , 现在要问连杆只受这两个力作用,它在什么条件下才能保持平衡。显然,平衡的条件是这两个力大小相等,方向相反,两力沿同一直线作用,即所谓等值、反向、共线。反之,如果在一个另件上只作用有两个力,并且这两个力等值、反向、共线,则这个另件一定处于平衡状态。

(四) 力的合成与分解

图(1—5)所示两齿轮在节点A啮合,两点之间必然存在着相互作用力。设主动轮I对从动轮II作用着力 P' , 同时它受到从动轮II的作用力 P , 这两个力大小相等、方向相反、分别作用在两个齿轮上。为了说明力对另件作用的效果可以分解的情况,把合力 P 沿节圆的切线及法线方向分解为 P_t 和 P_r 两分力。 P_r 称为径向分力,它使齿轮



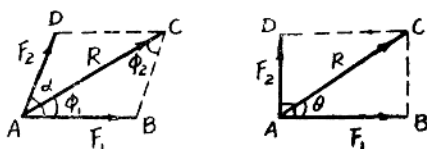
图(1—4) 受二力作用的连杆



图(1—5) 齿间作用力的分解

与轴压紧, 没有转动作用。而 P_t 称为切向分力, 它不仅使齿轮与轴压紧, 同时还有转动作用。这两个分力同时作用于齿轮的效果与啮合力 P 对齿轮既有压轴与转动两方面的作用效果完全一致。从这个实例的分析我们可以看到, 一个力对另件作用的效果可用其两个分力综合作用的效果来代替, 反之, 两个分力对另件综合作用的效果又可用一个单力作用的效果来代替, 此力就称为该二分力的合力, 这就是我们常说的力的分解与合成。

总结起来, 将几个分力等效地合并为一个合力的过程, 称为力的合成。反过来, 将一个力等效地分解为几个分力的过程, 称为力的分解。从实践中, 人们掌握了分力与合力的关系, 这个关系最基本的法则则是力的平行四边形法则。这个法则是: 设作用于另件上同一点的两个力 F_1 和 F_2 , 它们对另件的作用可以用一个合力 R 来代替。合力的大小, 方向和作用线的位置是以 F_1 和 F_2 两力为边所作成的平行四边形的对角线表示, 如图(1—6)所示。



图(1—6)力的平行四边形法则

力合成的平行四边形法则反映了力的方向性的特征, 因此, 叫矢量加法。合力 R 是力 F_1 和 F_2 的矢量和, 可用矢量等式表示为

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (1-1)$$

当力 F_1 与 F_2 之间的夹角为 α 时, 合力 R 的大小可用余弦定理计算为

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \alpha} \quad (1-2)$$

由图(1—6)中还可以看出, 合力 R 和分力 F_1 、 F_2 以及它们夹角之间的关系可以用正弦定理表示为

$$\frac{R}{\sin(180^\circ - \alpha)} = \frac{F_1}{\sin \phi_2} = \frac{F_2}{\sin \phi_1} \quad (1-3)$$

当 F_1 与 F_2 互成直角时, $\alpha = 90^\circ$, 则合力的大小和方向为

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

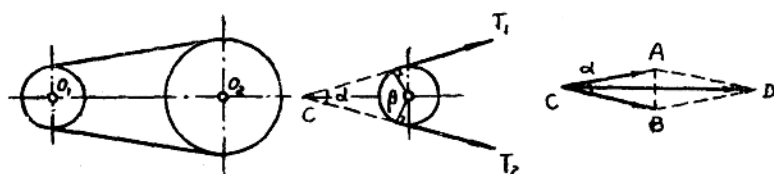
$$\tan \theta = \frac{F_2}{F_1}$$

图(1—7)所示为皮带传动装置。已知没有传动时皮带的张力 $T_1 = T_2 = 50$ 公斤, 若小皮带轮的包角 $\beta = 120^\circ$, 试求两根皮带作用于小皮带轮上的合力的大小。

由于对称的关系, 张力 T_1 和 T_2 的作用线延长交于两轴心连线上的 C 点。从图(1—7)可以看出, $\alpha + \beta = 180^\circ$

$$\text{所以} \quad \alpha = 180^\circ - \beta = 180^\circ - 120^\circ = 60^\circ$$

以力 T_1 和 T_2 为边作平行四边形, 由公式(1-2)有



图(1-7) 皮带拉力计算

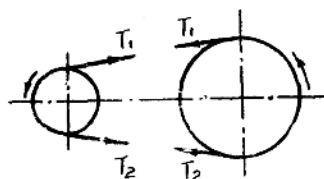
$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2T_1 T_2 \cos \alpha} = \sqrt{2T_1^2 (1 + \cos \alpha)}$$

$$= \sqrt{2 \times 2500 (1 + \cos 60^\circ)} = 86.6 \text{ 公斤}$$

这个力就是两根皮带作用于小皮带轮上的合力, 也就是小皮带轮作用于轴 O_1 上的合力。

§ 1-2 几种常见的另件之间的作用力

下面分析几种常见的典型的另件之间相互作用力。通过分析使我们掌握确定另件之间相互作用力的基本规律, 为我们对另件进行受力分析提供依据。



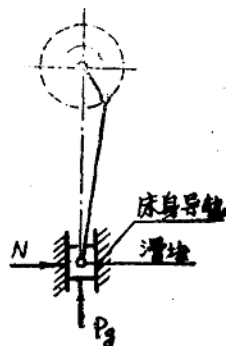
图(1-8) 皮带拉力

通常用 T 表示皮带的拉力。

(一) “柔软的”皮带给予另件的作用力
皮带只能承受拉力, 而不能抵抗压力和弯曲。

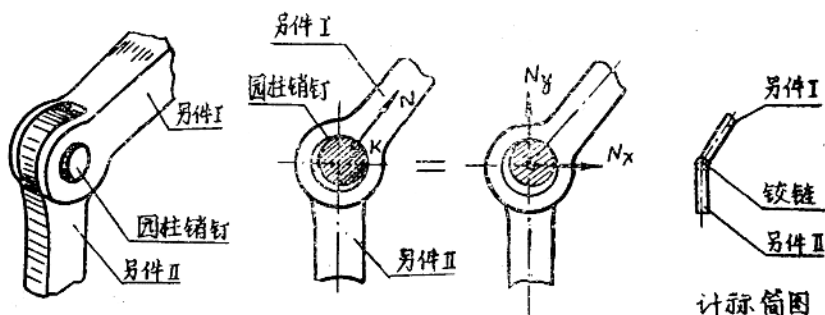
所谓“柔软”就是指的这种力学性质。根据“柔软”这一特性, 就可以确定“柔软的”皮带给予另件的作用力, 其作用线一定沿着皮带, 并且只能是拉力, 如图(1-8)所示。

(二) “光滑的”接触面给另件的作用力 当另件的接触面之间的摩擦力较小, 和其他作用力相比, 摩擦力成了次要因素, 可以忽略不计时, 这样的接触面就认为是“光滑的”。如图(1-9)所示床身导轨, 它限制了滑块在水平方向(即滑块和导轨的公法线方向)的运动, 因而滑块就受到导轨的正压力(垂直于接触面, 即公法线方向) N 的作用。当接触面的润滑良好, 可视为“光滑的”接触面, 摩擦力较小可以忽略不计时, 导轨给滑块的作用力就只有正压力 N 。因此“光滑的”接触面, 不论是平面还是曲面, 给予另件的作用力, 其作用线总是沿接触面的公法线, 称为法向压力, 通常用 N 表示。

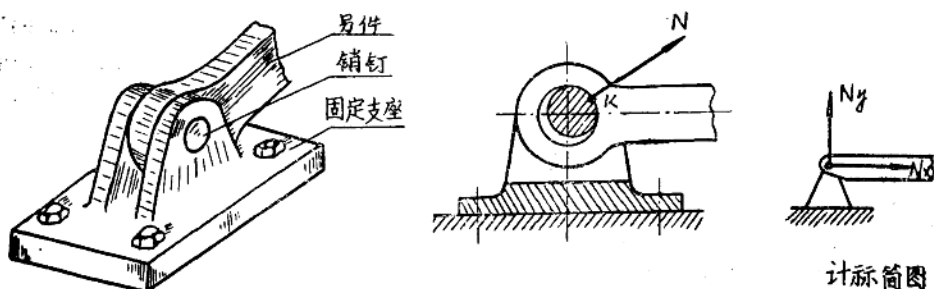


图(1-9) 导轨给滑块的
正压力

(三)光滑的圆柱形销钉或圆柱形铰链的反力 在两个另件联结处具有相同的圆孔用销钉穿起来,使另件只能绕销钉的轴线转动,如图(1—10, a)所示,这种联接方式在力学上称为圆柱形销钉或圆柱形铰链。若其中一个另件是固定于地面或是固定于机架上,这种圆柱形铰链又称为固定铰链支座,如图(1—10, b)所示。它们在工程上应用的极为广泛,例如,曲柄连杆机构中连杆两端就可视为用销钉连结。从图(1—10, a)上可以看出,如果略去摩擦,则销钉与另件的圆孔形成了光滑圆柱面接触,按上一段光滑接触面给另件的作用力的分析,光滑圆柱形销钉给于另件的作用力,其作用线应沿圆柱面接触点K处的公法线,即沿销钉的横截面内通过接触点K的半径方向。由于销钉与孔的接触点K不能预先确定,它与外力等因素有关,因而反力 N 的作用线也不能预先确定,故可将销钉给另件的反力 N 用两个互相垂直的分力 N_x 和 N_y 来表示。固定铰链支座给另件的反力与圆柱形销钉给另件的反力其表示方法完全相同。它们的计算简图分别表示在图(1—10 a, b)上。



图(1—10, a) 圆柱形销钉或圆柱形铰链反力



图(1—10, b) 固定铰链支座

(四)径向轴承的反力 径向轴承又叫向心轴承。图(1—11)表示径向轴承的示意图。它使轴在轴承内可以转动,也可以沿轴线方向移动。由图(1—11)可以看出,如果略去摩擦,轴颈A与轴承实际上是两个光滑圆柱面的接触。由光滑的接触面给另件的反力的分析可知,径向轴承反力 N 亦应沿两圆柱面接触点K的公法线,即沿轴的横截面内通过接触点K的半径方向。但因接触点K往往不能预先确定,它与外力等因素有关,因此反力 N 的作用线也不能