

工 人 岗 位 培 训 教 材

汽 车 司 机

铁道部基本建设总局组织编写

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 1 年 · 北 京

组 编 说 明

当前，职工教育已转向岗位培训为主。为适应按岗位职务要求进行对技术工人培训的需要，铁道部基建总局商同工程指挥部和通号公司组编了这套《工人岗位培训教材》丛书。第一批出版的有线路工、混凝土工、钢筋工、石工、瓦工、木工、装吊工、隧道(开山)工、通信工、信号工、电力工、变电工、接触网工、测量工、焊接工、铆工、机床工、机械钳工、内燃钳工、汽车司机、土方机械司机和各工种通用的政治与职业道德教育读本共二十二种。编写的依据是铁道部基建总局组织编制的相应工种的《工人岗位职务规范》。教材内容着重实用，以本工种生产技术及理论知识为主，系统地阐述了技术等级标准中“应知”、“应会”的要求，也是技术等级考试学习的主要书籍。书中有不妥之处，敬希指正。

铁道部基本建设总局

内 容 简 介

本书为铁道部基建总局“工人岗位培训教材”丛书之一。根据铁路基建部门“工人岗位职务规范《汽车司机》”和教学大纲编写。全书内容有力学基础、汽车材料、机械识图与制图、机械基础、钳工基础、汽车构造、汽车电气设备、汽车排保与修理、汽车驾驶、道路交通管理及交通安全、汽车运输企业管理。本书适于汽车司机学习,也可供有关人员参考。

本书由石家庄铁道学院王景山主编,参加编写的有张东琦(第一篇)、王景山(第二、九篇)、张新来(第三篇)、师署霞(第四篇)、刘圣华(第五篇)、张伟(第六篇)、曹祥(第七篇)、王满增(第八篇)、贾铭著(第十、十一篇)。全书由石家庄铁道学院王振斌、易新乾、陈敬诚主审。

工人岗位培训教材

汽 车 司 机

铁道部基本建设总局组织编写

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 陈晓东 封面设计 刘景山

北京怀柔县燕东印刷厂印

开本: 787×1092mm 1/16 印张: 49.75 字数: 1212千

1991年6月 第1版 第1次印刷

印数: 1—8000册

ISBN7-113-06893-3 U·276

定价: 17.75元

目 录

第一篇 力学基础

第一章 静力学基础	1
第一节 静力学基本概念	1
第二节 力的基本性质	2
第三节 约束与反约束作用力	4
第四节 物体受力情况分析	6
第二章 平面汇交力系	8
第一节 平面汇交力系合成	8
第二节 力的分解	9
第三节 平面汇交力系合成与平衡的 解析法	10
第三章 力矩和力偶	13
第一节 力矩的概念和计算	13
第二节 两个平行力的合成	14
第三节 力矩平衡条件	14
第四节 力 偶	15
第五节 平面力偶系合成及平衡条件	16
第六节 力的平移定理	16
第四章 平面一般力系	18
第一节 平面一般力系向一点的简化	18
第二节 平面一般力系的平衡方程	19
第三节 平面平行力系的平衡方程	19
第四节 物体系的平衡	20
第五章 摩 擦	21
第一节 滑动摩擦	21
第二节 摩擦角与自锁	22
第三节 考虑摩擦时物体的平衡问题	23
第四节 滚动摩擦阻力的概念	24
第六章 材料力学基础知识	26
第一节 基本概念	26
第二节 拉伸和压缩时的应力与变形	28
第三节 拉伸和压缩时材料的力学性能 和强度计算	31

第四节 剪切与挤压	35
第五节 扭 转	37
第六节 直梁弯曲	39

第二篇 汽车材料

第一章 汽车用金属材料	43
第一节 金属的机械性能	43
第二节 铸 铁	45
第三节 碳素钢和合金钢	47
第四节 有色金属	50
第二章 汽车用非金属材料	58
第一节 燃 料	58
第二节 润滑油料	66
第三节 制动液、减震器油和防冻液	76
第四节 橡胶和轮胎	80
第五节 塑 料	83

第三篇 机械制图

第一章 投影作图	87
第一节 投影的概念	87
第二节 三视图的形成及其投影规律	88
第三节 组合体的三视图	90
第四节 尺寸标注	93
第五节 看图的方法	95
第二章 机件形状常用的表达方法	98
第一节 视 图	98
第二节 剖视图	101
第三节 剖 面	108
第四节 表达方法的综合运用	111
第三章 标 准 件	115
第一节 螺 纹	115
第二节 螺纹联接件	118
第三节 键联接、销联接	121
第四章 常 用 件	125

第一节	齿轮和蜗杆、蜗轮	125
第二节	弹簧	135
第五章	零件图	137
第一节	零件图的概述	137
第二节	零件图的视图选择	138
第三节	零件图的尺寸标注	139
第四节	零件图上的技术要求	145
第五节	看零件图的方法	154
第六章	装配图	157
第一节	装配图的作用和内容	157
第二节	装配图的表达方法	159
第三节	看装配图的方法	161
附 录		163

第四篇 机械基础

第一章	机械传动	167
第一节	摩擦轮传动	167
第二节	皮带传动	169
第三节	链传动	174
第四节	齿轮传动	175
第五节	蜗杆传动	184
第六节	轮 系	187
第二章	轴系零件	190
第一节	键、销及其联接	190
第二节	轴和轴承	194
第三节	联轴器	211
第三章	常用机构	215
第一节	平面连杆机构及应用	215
第二节	凸轮机构	219
第四章	液压传动	226
第一节	工作原理及系统组成	226
第二节	压力与流量	227
第三节	液 压 泵	228
第四节	阀	231
第五节	液压缸及液压辅件	239

第五篇 钳工基础

第一章	常用工、夹、量具	247
第一节	常用工、夹具	247

第二节	常用量具	250
第二章	钳工基本操作	254
第一节	平面划线	254
第二节	整 削	257
第三节	锉 削	258
第四节	锯 削	260
第五节	钻 孔	262
第六节	攻丝与套丝	267
第七节	刮 削	270

第六篇 汽车构造

概 述	273
第一章 发动机的种类及工作过程.....	276
第一节 发动机的种类.....	276
第二节 单缸四冲程发动机工作 过程.....	277
第三节 二冲程发动机的工作原理.....	280
第四节 发动机的组成及功用.....	281
第二章 机体与曲轴连杆机构.....	283
第一节 机 体.....	283
第二节 活塞连杆组.....	286
第三节 曲轴和飞轮.....	291
第三章 配气机构.....	293
第一节 概 述.....	293
第二节 配气机构的机件.....	294
第三节 气门间隙的调整.....	295
第四章 柴油机供给系.....	297
第一节 柴油机供给系的组成及 功用.....	297
第二节 柴油机的燃烧室.....	297
第三节 喷 油 器.....	300
第四节 喷 油 泵.....	301
第五节 调 速 器.....	305
第六节 柴油机供给系的其他机件.....	312
第五章 汽油机燃料系.....	315
第一节 汽化器的基本工作原理.....	315
第二节 汽化器的主辅供油装置	317
第三节 典型汽化器的构造.....	321

第四节 汽化器的分类	323
第五节 汽油供给装置	326
第六章 润滑系统	329
第一节 润滑系的功用	329
第二节 润滑系统的组成及润滑 油路	329
第三节 润滑系的主要机件	333
第七章 冷却系统	338
第一节 水冷却系	338
第二节 水冷却系的主要机件	339
第八章 电气设备	342
第一节 概 述	342
第二节 蓄电池点火装置的构造	343
第三节 点火线路图	347
第九章 汽车传动系统	349
第一节 传动系的功用、组成与 布置	349
第二节 离 合 器	351
第三节 变速器与分动器	361
第四节 万向传动装置	372
第五节 汽车后桥	376
第十章 汽车行驶系	387
第一节 汽车的车架	387
第二节 车桥及车轮	391
第三节 汽车悬架	398
第十一章 汽车的转向系	409
第一节 概 述	409
第二节 转 向 器	410
第三节 转向传动机构	414
第十二章 汽车制动系	417
第一节 概 述	417
第二节 制 动 器	418
第三节 液压式制动传动机构	427
第四节 气压制动传动机构	428

第七篇 汽车电气设备

第一章 蓄 电 池	435
第一节 蓄电池的用途与构造	435
第二节 蓄电池的工作原理	437

第三节 蓄电池的容量	438
第四节 蓄电池的充电	439
第五节 蓄电池的维修与保养	441
第二章 发 电 机	443
第一节 发电机的构造和工作原理	443
第二节 发电机的保养、故障检测和 修理	448
第三章 发电机调节器	453
第一节 发电机调节器的构造与工作 原理	453
第二节 发电机调节器的检验与 调整	459
第四章 蓄电池点火系	462
第一节 蓄电池点火系的功用、组成 及工作原理	462
第二节 蓄电池点火系的构造	463
第三节 点火系的保养及故障检测	466
第五章 起 动 机	468
第一节 起动机的构造和工作原理	468
第二节 起动机的传动机构和控制装 置	469
第六章 汽车仪表、信号及照明装置	472
第一节 汽车仪表	472
第二节 信号与照明装置	473

第八篇 汽车排保与修理

第一章 汽车零件的失效分析	475
第一节 汽车零件的磨损	475
第二节 汽车零件的变形	482
第三节 汽车零件的疲劳	485
第四节 汽车零件的蚀损	487
第二章 汽车技术保养制度及修理 类别	490
第一节 汽车技术状况的变化	490
第二节 汽车保养制度概述	490
第三节 汽车的定期保养	492
第四节 汽车非定期保养	498
第五节 汽车修理内容分类	499
第三章 汽车技术保养	501

第一节	发动机的保养	501
第二节	汽车底盘的保养	510
第三节	电器设备的保养	520
第四章	汽车修理工艺和竣工检验	527
第一节	汽车修理的工艺过程	527
第二节	汽车的拆卸与装配	529
第三节	汽车及零件的清洗	534
第四节	零件的检验	535
第五节	零件的修复方法	537
第六节	零件的检修举例	539
第七节	汽车的修竣检验	543
第五章	汽车诊断技术概述	548
第一节	概 况	548
第二节	汽车运行故障的直观诊断	549
第三节	现代诊断技术的应用	550
第六章	汽车发动机故障的诊断与排除	558
第一节	汽油机燃料系故障的诊断与排除	558
第二节	点火系故障的诊断与排除	565
第三节	油、电路综合故障的诊断与排除	572
第四节	发动机机械性故障的诊断与排除	578
第五节	充电回路故障的诊断与排除	583
第六节	柴油机燃料系故障的诊断与排除	586
第七章	底盘常见故障的诊断与排除	593
第一节	离合器故障的诊断与排除	593
第二节	变速箱常见故障的诊断与排除	595
第三节	传动轴后桥常见故障的诊断与排除	597
第四节	转向装置常见故障的诊断与排除	598
第五节	液压制动装置常见故障的诊断与排除	600

第六节	气压制动装置常见故障的诊断与排除	603
第八章	途中急救	606

第九篇 汽车驾驶

第一章	汽车驾驶基本理论	613
第一节	汽车行驶时的主要作用力	613
第二节	汽车的稳定性	615
第三节	汽车的制动性	617
第四节	汽车的通过性	619
第五节	汽车的燃料经济性	621
第六节	汽车的平顺性	624
第二章	汽车驾驶基本训练	625
第一节	驾驶准备	625
第二节	原地驾驶	627
第三节	初步训练	629
第四节	式样驾驶	633
第三章	实地驾驶	639
第一节	一般道路驾驶	639
第二节	复杂地段驾驶	641
第三节	恶劣气候中的驾驶	644
第四节	特殊条件下驾驶	646
第五节	城市和夜间驾驶	647

第十篇 道路交通管理及交通安全

第一章	道路的基本知识	649
第一节	道路的分类及公路分级	649
第二节	公路的组成	649
第三节	路 线	661
第四节	路 面	662
第五节	桥 涵	664
第二章	道路交通管理法规	666
第一节	道路交通管理法规概述	666
第二节	道路交通管理法规的主要内容	667
第三节	违反交通管理的行为	675
第四节	加强法制观念,提高遵守交通法规的自觉性	676

第三章 道路交通安全	678	第二节 车辆管理工作	727
第一节 影响交通安全的因素	678	第三节 车辆保修计划	730
第二节 汽车技术检验	682	第四节 职工的培训工作	732
第三节 人、机、路系统的安全性对策	686	第六章 车辆的保修计划	734
第四节 一般安全性对策	692	第一节 车辆保修计划的编制	734
第五节 交通事故原因分析	696	第二节 车辆保、修作业计划	737
		第三节 计划评审技术	739
第十一篇 汽车运输企业管理		第七章 汽车运输企业的质量管理	744
第一章 概 论	699	第一节 质量管理概述	744
第一节 汽车运输企业管理的性质、职能及研究对象	699	第二节 全面质量管理	745
第二节 汽车运输企业的特征和任务	700	第三节 质量计划工作	747
第三节 汽车运输企业管理机构及组织机构形式	701	第四节 质量管理的统计方法	750
第二章 汽车运输企业的经营管理	704	第八章 汽车运输企业的物资供应管理	753
第一节 经营管理的内容	704	第一节 物资供应管理工作的任务和重要性	753
第二节 经营决策	705	第二节 物资消耗定额及物资供应计划的编制	753
第三节 信息管理	707	第三节 物资采购工作	757
第三章 汽车运输企业的计划管理	710	第四节 仓库管理及物资节约措施	758
第一节 计划管理的意义和任务	710	第九章 汽车运输企业的劳动管理	761
第二节 计划的分类和指标体系	710	第一节 劳动生产率及提高劳动生产率的含义	761
第三节 计划的综合平衡	714	第二节 劳动定额	762
第四节 运输经济合同	715	第三节 劳动组织和劳动纪律	763
第四章 汽车运输企业的生产管理	718	第十章 汽车运输企业成本管理与经济核算	765
第一节 运输生产过程及运行管理工作	718	第一节 汽车运输成本管理	765
第二节 旅客、货物的运输管理工作	719	第二节 降低汽车运输成本及成本分析	767
第三节 零担货物运输及成组运输	720	第三节 经济核算概述	770
第四节 营运车辆的生产率及提高生产率的途径	721	第四节 车队、车站及车间的经济核算	773
第五章 汽车运输企业的技术管理	726	第五节 运输企业的经济活动分析	779
第一节 技术管理工作的内容和任务	726	总附录	780

第一篇 力学基础

第一章 静力学基础

第一节 静力学基本概念

一、力的概念

人们从生产劳动和日常生活中通过推、拉、提、掷等活动，由于肌肉的紧张收缩，感到人对物体加了力，因而使物体的运动状态发生变化。后来人们进一步观察到物体与物体之间也有这样的相互作用。通过长期的生产实践和科学实验，人们建立了力的概念：力是物体间的相互机械作用，这种作用使物体的运动状态发生改变（包括变形）。所以力不能脱离物体凭空产生或存在。某一物体受到力的作用，一定有另一物体对它施加这种作用。但是，在分析物体受力时，必须分清哪个是受力物体，哪个是施力物体。

力对物体的作用效果决定于三个要素：（1）力的大小，（2）力的方向，（3）力的作用点。这三个要素中，任何一个改变时，都会改变力对物体的作用效果。

为了测定力的大小，必须确定力的单位。在国际单位制中力的单位是牛顿（N）。有时也是以千牛顿作单位，符号是 kN。目前在工程上有的仍采用工程单位制，即公斤力（kgf）或千公斤力即吨力（tf）作为力的单位。牛顿和公斤力的换算关系是

$$1(\text{kgf}) = 9.807(\text{N}) \approx 10(\text{N})$$

力是具有大小和方向的物理量，所以力是矢量。力的三要素可用带箭头的有向线段表示出来。线段的始端（或末端）表示力的作用点，沿着力矢顺着箭头的指向表示力的方向，力矢的长度按比例尺代表力的大小。通过力的作用点沿力的方向的直线，称为力的作用线如图 1-1-1 所示。

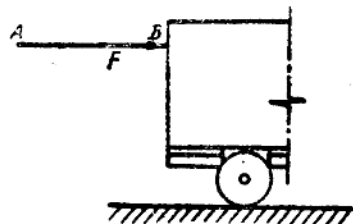


图 1-1-1

二、刚体的概念

在任何力的作用下保持大小和形状不变的物体称为刚体。在研究静力学时，常把受力物体看作是刚体。实际上，力对物体的效果，除了使物体的运动状态发生变化外，还使物体发生形变。但在正常情况下，工程上的机械零件和结构构件在力的作用下发生的变形是很微小的，甚至只有用专门的仪器才能测量出来。例如一般机械中的轴，其最大挠度都在轴承间距的万分之五以下，最大扭转角为每米轴长不超过 $0.5 \sim 1^\circ$ 。这种微小的变形对于力对物体作用效果的研究影响极小，因此略去形变，不仅不会对所研究的结果产生显著的影响，却会使

研究的问题得到简化。所以，刚体是力学中对物体进行抽象简化后得到的一种理想模型。这种简化是必要的，也是实际所许可的。

然而，当变形这一因素在所研究的问题中跃居主要地位时（例如材料力学中），一般就不能把物体看作刚体了，即使变形很小也应考虑，不能忽略不计。

三、平衡的概念

在工程上物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。平衡只是物体机械运动的特殊形式。必须注意，运动是绝对的，而平衡、静止则是相对的。例如固定于基础上的机床床身，只是相对于地球处于静止状态，实际上床身随着地球在宇宙空间以极高的速度运行着。如果作用于物体上的力系满足一定条件，物体可以处于平衡状态，但一旦物体所受的力发生变化，平衡的条件被破坏，物体就由平衡状态转化为不平衡状态。

如果物体在力系的作用下处于平衡状态，这种力系称为平衡力系。力系平衡所满足的条件称为平衡条件。

第二节 力的基本性质

一、二力平衡条件

作用于刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是：这两个力的大小相等，方向相反，且作用在同一直线上（简称等值、反向、共线）。如图1-1-2所示的刚体，当受到两个力 F_1, F_2 的作用，且 F_1 的大小和 F_2 相等，方向相反、作用在同一直线上，即 $F_1 = -F_2$ 则刚体平衡。

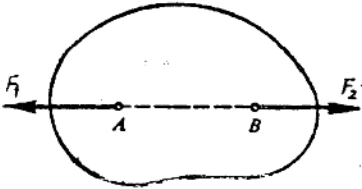


图 1-1-2

在两个力作用下处于平衡的刚体称为二力体。如果刚体是一个杆件，也可以称为二力杆件。凡是作用于同一刚体上而使刚体处于平衡状态的力系，称为平衡力系。

但是，应该注意的是，对于非刚体来说，二力平衡条件只是必要条件而非充分条件。例如绳索的两端受等值、反向、共线的两个拉力作用时可以平衡，而受等值、反向、共线的两个压力就不能平衡了。

二、力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力也作用于该点上。合力的大小和方向，用这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定。

如图1-1-3a所示， F_1, F_2 为作用于O点的两个力，以这两个力为邻边作出平行四边形OACB，则从O点作出此平行四边形的对角线OB，OB就是 F_1 与 F_2 的合力R。

实际上，在求合力R时，不一定要作出整个平行四边形OACB。可根据平行四边形对边平行且相等的性质，只要作出对角线一侧的一个三角形OAB（或OBC）就可以。如图1-1-3b所示，从O点出发，把代表 F_1 和 F_2 的线段OA、AB首尾相接地画出来，连接O和B，从O指向B的线段就表示合力R的大小和方向。这种作图法叫做三角形法（或力三角形法）。

作三角形 OBC 同样可以求出 F_1 和 F_2 的合力 R 。

如果有两个以上的共点力作用在物体上，我们就可以应用平行四边形法则或三角形法求出它们的合力：先求出任意两个力的合力，再求出这个合力跟第三个力的合力，直到把所有的力都合成进去，最后得到的合力就是这些力的合力。

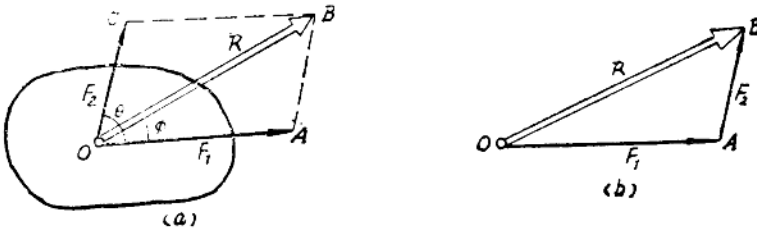


图 1-1-3

合力的大小和方向，还可以利用公式来计算。如图 1-1-3 a 若 F_1 和 F_2 的夹角为 θ ，根据余弦定理得到合力 R 的大小。

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta} \quad (1-1-1)$$

合力的方向可以用合力跟原来任一个力的夹角表示出来。如图 1-1-3 a 中合力 R 跟 F_1 的夹角用 ϕ 来表示。通过 ϕ 角的正切算出 ϕ 角的度数，这样就可以知道合力 R 的方向。

$$\tan\phi = \frac{F_2 \sin\theta}{F_1 + F_2 \cos\theta} \quad (1-1-2)$$

三、作用和反作用定律

力是物体之间的相互作用。物体间相互作用的这一对力，常常叫做作用力和反作用力。把力分成作用力和反作用力并不是绝对的。我们可以把其中一个力叫做作用力，另一个力就叫做反作用力。

两个物体相互作用的力符合于下述规律：两物体间的作用力和反作用力总是成对出现，且大小相等，方向相反，沿着同一直线，分别作用于两个物体上。例如，车刀在工件上切槽时，车刀作用于工件的切削力为 F ，同时工件必须有反作用力 F' 加于车刀上。 F 和 F' 总是等值、反向、共线，但分别作用在工件和车刀上面。因此，对于每一物体，不能认为作用力与反作用力相互平衡，组成平衡力系。

作用力和反作用力同时存在，同时消失，并且是同一性质的力。

作用和反作用定律是力学中的一个基本定律，机械中动力的传递，都是通过机械零部件之间的作用与反作用的关系而实现的。

四、加减平衡力系原理

在作用着已知力系的刚体上，加上或减去任意平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。

根据上述力的基本性质，可以导出以下关于力的性质的两个重要推论。

1. 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力，可以沿其作用线移到刚体上任意一点，而不会改变该力对刚体的作用效果。

2. 三力平衡汇交原理

刚体受不平行的三个力作用而平衡时，这三个力的作用线必在同一平面且汇交于一点。

第三节 约束与反约束作用力

机械和结构中的每个零件、构件，总是与其他零件、构件相联系接触的。在互相联系的零件、构件之间，保持着一定的作用力，为了研究工程中的力学问题，合理地设计零件、构件，必须对每一构件作受力分析。

如果物体在空间沿任何方向的运动都不受限制，这种物体称为自由体。如果物体受到其它物体的限制，而使此物体在某些方向的运动成为不可能，这种运动受到限制的物体称为非自由体。那些限制非自由体运动的周围物体称为约束。例如列车受钢轨限制，只能沿轨道运动，钢轨就是列车的约束。

当物体受到约束时，物体与约束之间相互作用着力。约束给物体的力限制物体的某些运动。约束给被约束物体的力称为约束反作用力或简称为约束反力。这种力的方向总是与它所能限制的运动方向相反。约束反力以外的力（重力、切削力、电磁力）称为主动力。物体所受的主动力的方向和大小往往是已知或可测定的。在静力学中，主动力和约束反力组成平衡力系，因此可利用平衡条件来求约束反力。下面介绍约束的几种基本类型并进行约束反力的分析。

一、柔性约束

由柔软的绳索、链条、皮带等所形成的约束称为柔性约束。柔性约束只能承受拉力，不能承受压力，其约束反力作用于联接点，方向沿着绳索而背离物体。例如在皮带传动中，皮带给两个皮带轮的力（ s_1 、 s_2 、 s_1' 、 s_2' ），都是拉力（图 1-1-4）。同理可以确定在钢丝绳通过铁环吊起一减速箱时，根据柔性约束反力的特点，可以确定钢丝绳给铁环的力一定是拉力。钢丝绳给箱盖的力也是拉力。

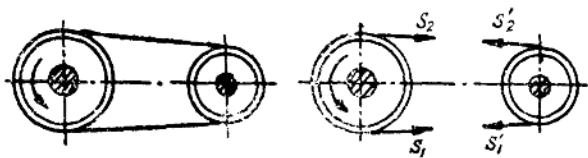


图 1-1-4

二、光滑面约束

两个互相接触的物体，如接触面上的摩擦力很小，可略去不计时，这种光滑接触面所构成的约束，称为光滑面约束。若两物体间的接触面是光滑的，则物体可以自由地沿接触面滑动，或沿接触面在接触点的公法线方向脱离接触，但不能沿公法线方向压入接触面。因此，光滑接触面给被约束物体的力，方向必须沿接触面的公法线，并且只能是压力。这种约束反力通常以符号N表示。图 1-1-5 a所示重为G的圆轴搁在V形铁上，接触于A、B两点。圆轴

受到V形铁所给的力 N_A 、 N_B ，它们分别沿着圆轴与V形铁两接触面在 A 、 B 两点的公法线。V形铁受到圆轴所给的力 N_A' 、 N_B' 。 N_A 与 N_A' ， N_B 与 N_B' 互为作用力与反作用力。又如重为 G 的机床工作台与床身以平面导轨和V形导轨相接触（图1-1-5b）， N_1 、 N_2 、 N_3 是床身导轨给工作台的约束反力， N_1' 、 N_2' 、 N_3' 是工作台给床身的力，它们分别与 N_1 、 N_2 、 N_3 互为作用力与反作用力。

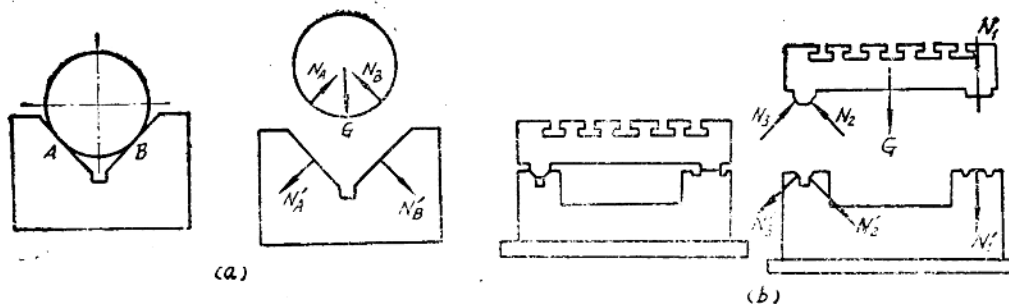


图 1-1-5

三. 光滑铰链约束

由光滑铰链构成的约束，称为光滑铰链约束，简称铰链约束。这种约束通常由一圆孔套在一个圆轴外面构成。它在工程中有多种具体形式。

1. 圆柱形销钉连接

在机器中常用圆柱销 C 插入构件 A 和 B 的圆孔内而构成（图1-1-6a、b）。如果销钉和销孔是光滑的，那么销钉只限制两零件的相对移动，而不限其相对转动。这种铰链约束如图1-1-6c所示。铰链的应用很广，例如门窗的铰链（又称合叶）冲床的曲柄与连杆、连杆与滑块都是分别用圆柱形销钉连接起来的。

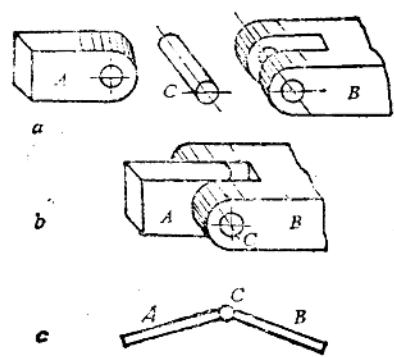


图 1-1-6

2. 固定铰链支座

工程上常用铰链将桥梁、起重机起重臂等结构同支承面或机架等连接起来，这就构成了铰链支座。如果圆柱销联接的两构件中，有一个是固定件，称为支座。如图1-1-7a所示，圆柱销3固定于支座1上，构件2可绕圆柱销中心旋转。其简图如1-1-7b所示。

固定铰链支座约束能限制物体（构件2）沿圆柱销半径方向的移动，但不能限制其转动，其约束反力的作用线必定通过圆柱销的中心，但其大小 R 及方向 α 均为未知（1-1-7b），需根据构件受力情况才能确定。在画图时，可用两个正交分力 R_x 、 R_y 来表示，如图1-1-7c所示。

3. 活动铰链支座

如果在支座和支承面之间有辊轴，就成为可动铰链支座，图1-1-8是可动铰链支座

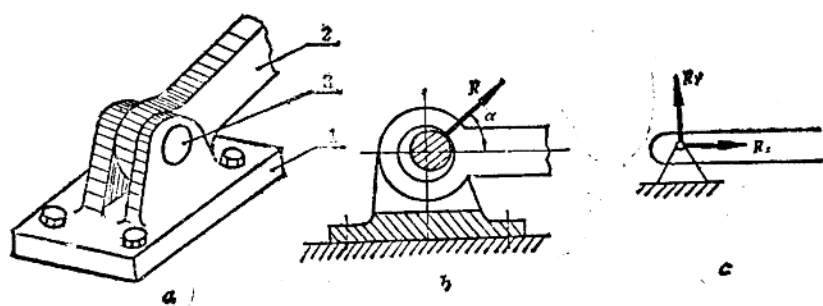


图 1-1-7

的简化图。在不计摩擦的情况下，支座只能限制构件沿支承面垂直方向的移动，因此，活动支座的约束反力 R 的方向必须垂直于支承面，且通过链的中心。如桥的一端用固定支座，另一端就是用活动支座，当桥因热胀冷缩而长度稍有变化时，活动的可动铰链支座相应地沿支承面滑动，从而避免桥产生温度应力。

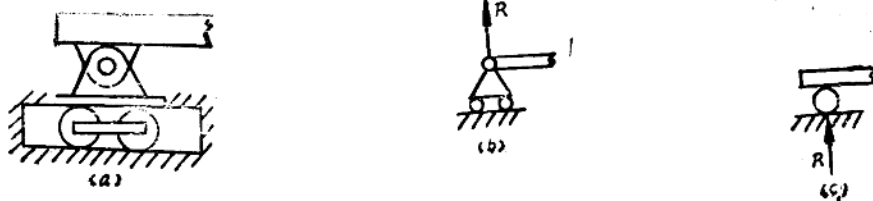


图 1-1-8

第四节 物体受力情况分析

在研究物体的平衡或运动等力学问题时，首先需要明确研究的对象，把它从周围物体中隔离出来，单独分析这个物体受到哪些力的作用，即分析周围有哪些物体对它施加力的作用，各是什么性质的力，每个力的大小，力的作用位置和力的作用方向，这个分析过程称为物体的受力分析。如果将这些力都一一画在图上，则这个画有分离体及其所受各力的图称为受力图。

对物体受力分析和画物体受力图是解决静力学平衡的第一步，也是学好静力学的关键，

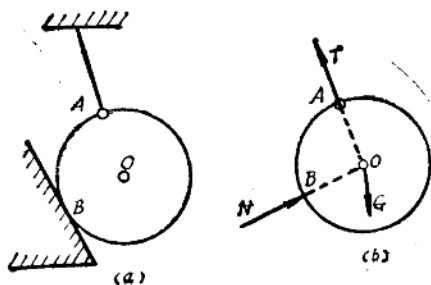


图 1-1-9

必须正确无误，否则以后的分析和计算不可能得到正确结果。

例如一均匀球重为 G ，用绳系住，並靠在光滑的斜面上，如图 1-1-9 a 所示，分析它的受力情况，并画受力图时，我们就要从以下几个方面来考虑：首先确定球为研究对象；其次分析作用在球上的各个力（即作用在球上有三个力，（1）重力 G ，作用于球心，铅直向下。（2）绳的拉力 T ，作用于 A 点，沿绳并离开球。（3）斜面的约束反力 N ，作用于接触点 B ，垂直于斜面并指向球。）；最后根据以上分析，将球及其所受的各个力画出，即得球的受力图，如图 1-1-9 b 所示。

第二章 平面汇交力系

各力的作用线在同一平面内并且相交于一点的力系称为平面汇交力系。例如起重机在吊起重物时，作用于吊钩上的力以及作用于起重机机臂联结点的力，都是平面汇交力系。平面汇交力系是各种力系中较简单的一种，本章分别用几何法和解析法研究它的合成和平衡问题。

第一节 平面汇交力系合成

一、合成的几何法

设在刚体上作用有平面汇交力系 F_1 、 F_2 、 F_3 和 F_4 ，各力的作用线汇交于 A 点（图 1-2-1 a）现在要将这一力系合成。为此可据力的可传性原理，将力系中各力分别沿其作用线移到汇交点 A ，则该力系便转换为平面共点力系（1-2-1 b）要求出该力系的合力，可连续应用力三角形法则将各力依次合成，即先求出 F_1 与 F_2 的合力 R_1 ；然后再求 R_1 与 F_3 的合力 R_2 ；最后再将力 R_2 与 F_4 合成，求出总的合力 R ，就是整个汇交力系的合力（图 1-2-1 c、d）。即

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

合成的顺序并不影响最后结果。但必须注意力多边形的矢序规则：即各分力矢量要首尾相接，

它们的指向顺着力多边形周边的同一方向，而合力矢量应从第一个分力矢量的起点画到最后

一个分力矢量的终点，即合力沿相反的方向连接力多边形的缺口。

由此得出结论：平面汇交力系的合力等于各力的矢量和（几何和），合力的作用线通过各力的汇交点。

上述结论也适用于汇交力系有 n 个力的情形。其矢量式为

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \cdots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i$$

简写为

$$R = \sum F \quad (1-2-1)$$

如果力系中各力沿同一直线作用，则此力系称为共线力系。这种力系是平面汇交力系的特殊情形，它的力多边形各边都在同一直线上，取某一方向力为正，相反方向的力为负，则合力的大小等于各力的代数和的绝对值。

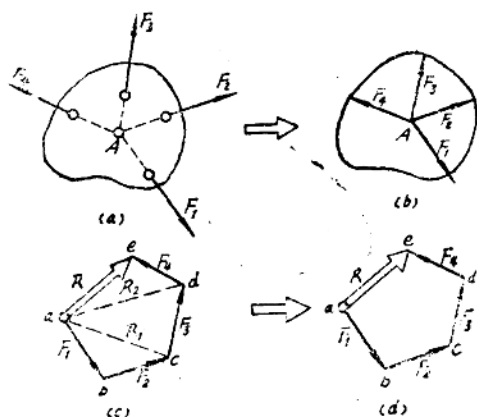


图 1-2-1

二、平衡的几何条件

由于平面汇交力系可以合成为一个合力，即用一个合力来代替。显然，平面汇交力系平衡的必要与充分条件是：该力系的合力等于零。

即

$$R = \sum F = 0 \quad (1-2-2)$$

如图 1-2-2a 设物体在 A 点受到一个由五个力组成的平面汇交力系作用而处于平衡。我们用力多边形的法则求得其中任意四个力（如 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 ）的合力 R_1 （图 1-2-2b），则原力系 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 与力系 R_1 、 F_5 等效。原力系是平衡力系，所以力系 R_1 、 F_5 也是平衡力系。根据二力平衡条件， R_1 与 F_5 应等值、反向、共线共作用于 A 点。可见 R_1 与 F_5 合力等于零，也就是原力系的合力等于零。

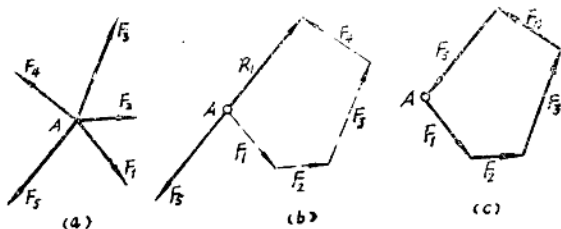


图 1-2-2

由图 1-2-2c 可以看出，平面汇交力系在平衡的情况下，力多边形中最后一个力的终点与第一个力的起点相重合，这时的力的多边形称为封闭的力多边形。这表明，平面汇交力系平衡的充分和必要的几何条件是力多边形自行封闭。

第二节 力的分解

作用在物体上的一个力往往产生几个效果。拖拉机拉犁耕地，对犁的拉力 F 是斜向上方的，这个力可以产生两个效果：使犁克服泥土的阻力前进，同时又把犁上提。这两个效果相当于两个力产生的：一个水平的力 F_1 使犁前进，一个竖直向上的力 F_2 把犁上提。可见力 F 可以用两个力 F_1 和 F_2 来代替。于是可得出结论：几个力，如果它们产生的效果跟原来的一个力产生的效果相同，这几个力就叫做原来那个力的分力。求一个已知力的分力叫做力的分解。

力的分解是力的合成的逆运算，故将一个力分解为两个力，同样遵守平行四边形法则。把一个已知力作为平行四边形的对角线，那么与已知力共点的平行四边形的两个邻边就是已知力的两个分力。如上例，拖拉机拉犁耕地时， F_1 和 F_2 就是 F 的两个分力。

我们知道，用平行四边形法求分力，如果没有其他限制，对于同一对角线，可以作出无数个不同的平行四边形，也就是说，同一个力 F 可以分解为无数对大小、方向不同的分力。要使一个力的分解仅有一对确定的结果，一般是首先知道两个分力的方向，或者先知道一个分力的大小和方向，然后再进行分解。

例如，把物体放在斜面上，物体受到竖直向下的重力，但它并不能竖直下落，而要沿着斜面下滑，同时使斜面受到压力。这时重力产生两个效果，使物体沿斜面下滑以及使物体压斜面。因此重力应该分解为这样两个力：平行于斜面使物体下滑的力 F_1 ，垂直于斜面使物体压紧斜面的力 F_2 （图 1-2-3）。

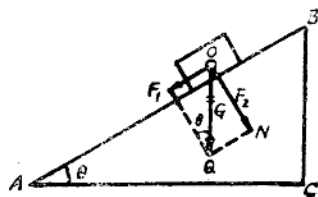


图 1-2-3