



高职高专“十二五”规划教材·汽车类
示范性院校课程改革项目成果

汽车

机械基础

主编 吴笑伟

主审 杨宗田



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

汽车

机械基础

主编 刘永福
副主编 李永强



机械工业出版社



高职高专“十二五”规划教材·汽车类
示范性院校课程改革项目成果

汽车机械基础

主 编 吴笑伟
副主编 徐荣政 贺平平
参 编 杨长征 袁留奎
乔丽霞 赵长荣
主 审 杨宗田

内容提要

本书由5个项目内容组成,分别为汽车构件的力学分析、常用零部件的应用与拆装、常用机构的应用与拆装、机械传动装置的应用与拆装、液压传动装置的应用与拆装。每个项目又分解为若干任务,全书共有16个任务。

本书主要作为应用型高职院校汽车运用技术、汽车整形技术、汽车技术服务等专业的必修课教材,也可以作为中职学校汽车类专业教材,还可以作为有关技术人员、管理人员和技术工人的培训参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/吴笑伟主编. —哈尔滨:哈尔滨
工程大学出版社,2011.6

ISBN 978-7-5661-0017-7

I. 汽… II. 吴… III. 汽车-机械学-高等职业
教育-教材 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 111278 号

出版发行:哈尔滨工程大学出版社

社 址:哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮 编:150001

发行电话:0451-82519328

传 真:0451-82519699

经 销:新华书店

印 刷:北京紫瑞利印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12

字 数:255 千字

版 次:2011 年 6 月第 1 版

印 次:2011 年 6 月第 1 次印刷

定 价:25.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书责编联系。邮箱:jixie_book@sina.com

总序

课程建设与改革是提高教学质量的核心，也是教学改革的重点和难点。为贯彻教育部教学改革的重要精神，同时为配合高等职业院校课程改革和教材建设，更好地为职业院校深化改革服务，我们结合学院实际情况，对汽车专业的课程体系和教学模式进行了探索性的改革。经过两年多的课改实践，学生在顶岗实习以及就业后的工作中上手快，技术水平提升迅速，受到了企业的欢迎和认可。

基于此，我们与哈尔滨工程大学出版社合作，按照课改成果，重新组织整理编写了《高职高专“十二五”规划教材·汽车类示范性院校课程改革项目成果》系列教材，其中包括职业技术基础课程教材《汽车应用材料》、《汽车机械基础》，职业核心课程教材《汽车发动机机械系统检修》、《汽车发动机电控技术》、《汽车电气设备检修》、《汽车舒适与安全系统检修》、《汽车传动系检修》、《汽车行驶、转向与制动系检修》以及职业拓展课程教材《汽车合理使用与性能检测》、《汽车保险与理赔》、《二手车鉴定与评估》、《汽车维修业务管理》、《汽车专业英语》等。本套教材主要适用于汽车运用技术专业及汽车类相关专业，整套教材以学习性工作任务组织教学内容，采用理论与实践一体化的教学模式和授课方式。

一、教学内容的选取和组织

根据汽车维修企业作业项目和作业量的调查，选取作业面较大的维护内容和检测维修项目，并考虑到学生的今后发展，遵循教学规律，考虑实训条件，适度、适量地选取和组织理论与实训教学内容。突出学习内容的实用性，将学习内容与企业维修项目紧密结合，使学生学到的知识和技能能满足企业维修岗位的要求。

二、教材编写特点

1. 本套教材及时跟踪、反映汽车最新的技术和结构，体现教学内容的先进性和前瞻性，如发动机可变正时系统、无极自动变速器、电控动力转向、电控悬架系统、车载网络等，这些新技术、新结构在本套教材中都有体现。

2. 本套教材理论部分的编写本着必需、够用的原则，且理论和实践都从提高学生的实际动手能力、分析问题和解决问题能力入手，体现能力本位的原则。

3. 本套教材的职业核心课程以学习情境组织教学内容，每个学习情境设有若干个学习和工作任务，以任务为导向，以项目为载体，理论知识部分围绕任务的需要进行组织和编写，并针对维修企业岗位要求进行适当的拓展和延伸；实训内容则采用系列照片组附加文字的方式对操作步骤进行表达，对维修作业中的注意事项标注说明。教材注重培养学生的综合素质和职业能力，充分体现了职业教育的特点。

三、教学组织要求

本套教材的核心课程在教学实施中应采用工作过程系统化的教学形式，配合教材编写学习工作页，让学生在明确任务、获取知识、制定计划、实施计划、评价反馈的整个学习过程中，完成对理论知识的获取和操作技能的掌握。建议教学中采用四节课连上的授课形式，将学生分成六组，注意对学生的合理分工组织、工具的管理和发放、教学设施中的环境控制等。

本套教材在编写过程中进行了广泛的调研，在制定编写提纲的过程中广泛听取了企业人员和在校师生的建议，在编写过程中得到了学院领导和有关教师的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

系列教材编委会

序

高等职业教育是高等教育的重要组成部分，高等职业教育是构建终身教育链条上的一个重要环节。没有高等职业教育的科学发展，就不可能有终身教育体系的建设和发展。人类进入 21 世纪，进入知识经济时代之后，在终身教育的背景下，对高等职业教育课程体系应当有一个新的认识，构建适应我国实际需要的高等职业教育课程体系已迫在眉睫。

高等职业教育课程体系必须本着服务行业、满足行业、适度超前的原则建构，基于战略发展设置育人标准、基于行业需要设置专业、基于岗位能力设置课程，这样才能促使高等职业教育健康、科学发展。以能力为核心的高等职业教育课程体系是进行高质量特色专业建设的关键和载体，已成为全国高职院校共同探讨的重大课题。

通过对国内外教材长时间以来的思考与探索，哈尔滨工程大学出版社正式启动了国家级“十二五”规划教材编写项目。本书就是在此背景下结合作者多年的教学经验编写的，旨在探索建立以“就业为导向、知识为基础、能力为本位”的适合高等职业教育的新型课程体系，以满足学生就业教育与终身教育的双重需求。该教材以实用性、科学性和针对性为特色，以能力培养为主线，突出了技能型教材的特点。

以能力为核心的高等职业教育系列教材的开发和出版必将有力推动高等职业院校教学内容与课程体系改革。

奚 鹰

同济大学教授、博导

前 言

本书是根据哈尔滨工程大学出版社国家级“十二五”规划教材的要求编写的，旨在满足全国高等职业教育技能型紧缺人才培养、培训工程培养汽车类应用型人才的需要。

本书融合工程力学、机械原理、机械零件、液压传动等内容为一体，意在探索建立以能力为核心的适合高等职业教育的新型课程体系。本书淡化学科体系，选取大量汽车工程中的实例，以实现汽车专业课程与基础课程的有机融合，培养学生分析问题和解决问题的能力。除在内容上有所创新外，在体例上也有所突破，主要探索项目导向、任务驱动的课程模式。本书每一项目有项目情境和项目目标，每一任务有任务描述、任务分析、任务实施、相关知识、任务归纳、任务测评和思考题，体例新颖，重点突出。

本书主要作为应用型高职院校汽车运用技术、汽车整形技术、汽车技术服务等专业的必修课教材，也可以作为中职学校汽车类专业教材，还可以作为有关技术人员、管理人员和技术工人的培训参考用书。

本书由河南交通职业技术学院吴笑伟副教授担任主编，河南工业职业技术学院徐荣政和三门峡职业技术学院贺平平担任副主编，河南工业大学汽车系主任杨宗田副教授担任主审。参与编写工作的还有河南交通职业技术学院杨长征、袁留奎、乔丽霞，湖南机电职业技术学院赵长荣。同济大学奚鹰教授在百忙之中为本书作序，在此致以衷心的感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免存在不妥或疏漏之处，恳请广大读者批评指正，以便再版时修正。

编 者

目 录

项目 1 汽车构件的力学分析	1
任务 1 汽车构件的静力学分析	1
1.1 画受力图	1
1.2 用平面汇交力系的平衡条件求未知力	4
1.3 认识力偶矩	6
1.4 用平面任意力系的平衡条件求未知力	9
任务 2 汽车构件的强度分析	13
2.1 拉伸与压缩时的强度分析	13
2.2 剪切与挤压时的强度分析	16
2.3 轴扭转时的强度分析	19
2.4 梁弯曲时的强度分析	22
项目 2 常用零部件的应用与拆装	27
任务 3 螺纹连接件的应用与拆装	28
3.1 螺纹和螺纹连接件	30
3.2 螺纹连接的基本类型	32
3.3 螺纹连接的预紧和防松	33
任务 4 键连接装置的应用与拆装	36
任务 5 销连接装置的应用与拆装	42
任务 6 轴系零部件的应用与拆装	47
6.1 轴	50
6.2 轴承	54
任务 7 联轴器的应用与拆装	66
7.1 联轴器的性能要求与分类	67
7.2 常用联轴器的结构和特点	68
7.3 十字轴万向联轴器的检修	73
任务 8 离合器的应用与拆装	75
8.1 离合器的功能和工作原理	77
8.2 常见离合器的结构	78
8.3 离合器的检修	80
任务 9 制动器的应用与拆装	82
9.1 制动器的性能要求与分类	85
9.2 常用制动器的结构和特点	85
9.3 制动器的检修	87



项目 3 常用机构的应用与拆装	90
任务 10 平面四杆机构的应用与拆装	91
10.1 平面运动副	94
10.2 铰链四杆机构	95
10.3 滑块四杆机构	98
任务 11 凸轮机构的应用与拆装	101
11.1 凸轮机构的类型	105
11.2 凸轮机构的工作过程	106
11.3 凸轮机构常见的故障	107
项目 4 机械传动装置的应用与拆装	110
任务 12 带传动装置的应用与拆装	111
12.1 带传动的应用、类型和特点	112
12.2 带传动的结构和主要参数	114
12.3 带传动的失效形式	118
12.4 带传动的张紧和维护	119
任务 13 链传动装置的应用与拆装	122
13.1 链传动的应用、类型和特点	123
13.2 链传动的结构和主要参数	125
13.3 链传动的主要失效形式	126
13.4 链传动的张紧和维护	127
任务 14 齿轮传动装置的应用与拆装	130
14.1 齿轮传动概述	132
14.2 直齿圆柱齿轮传动	134
14.3 斜齿圆柱齿轮传动	138
14.4 直齿锥齿轮传动	140
14.5 齿轮传动的失效形式和齿轮材料的选择	140
14.6 齿轮的结构及润滑和保养	143
14.7 蜗杆传动	144
14.8 轮系	147
项目 5 液压传动装置的应用与拆装	158
任务 15 认识液压千斤顶	158
15.1 液压传动的工作原理	160
15.2 液压传动系统的组成	161
15.3 液压传动的基本参数	162
任务 16 液压元件的认识和拆装	164
16.1 动力元件	166
16.2 执行元件	171
16.3 控制元件	173
16.4 辅助元件	179
参考文献	184

项目 1

汽车构件的力学分析

【项目情境】

汽车在高速行驶过程中，车上的构件承受着复杂的作用力，同时存在多种变形。对于一名汽车设计师或维修工程师而言，必须考虑汽车的安全性和可靠性，如怎样计算汽车转向盘的转矩，汽车发动机能提供的最大驱动力矩是多少，传动轴设计成空心是否合理，传动轴直径设计成多大才安全，制动踏板在制动时是否达到强度要求等。这些问题均可以利用工程力学知识进行解答。

【项目目标】

能力目标

1. 能对各种汽车构件进行静力学分析；
2. 能分析各种汽车零件的强度问题。

知识目标

1. 正确描述力矩、力偶矩；
2. 正确描述平面力系的平衡条件；
3. 正确描述各种基本变形的受力特点；
4. 正确描述拉伸与压缩、剪切与挤压、扭转与弯曲的强度计算。

任务 1 汽车构件的静力学分析

1.1 画受力图

【任务描述】

如图 1-1 所示结构，杆 AB 中点有一作用力 F ，杆 AB、BC 不计自重，杆 BC 在 B 端受到中间铰链约束。试确定杆 AB、BC 的受力图。

【任务分析】

画受力图，首先要把研究对象隔离出来，对其进行受力分析，将其他物体对它作用的

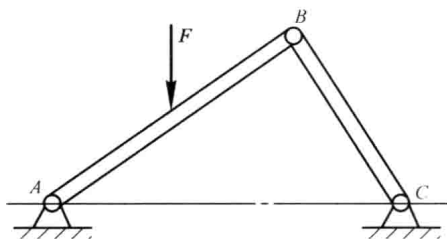


图 1-1 受约束杆件

所有主动力和约束力全部表示出来，从而确定研究对象的受力图。上述任务由画杆 AB 受力图和杆 BC 受力图两项任务构成。

【任务实施】

1. 画杆 BC 的受力图

(1) 选取研究对象。选杆 BC 为研究对象。

(2) 受力分析。杆 BC 受二力作用处于平衡状态，是一个二力构件。故杆 BC 受力情况可利用二力平衡公理确定。

根据二力平衡公理，杆 BC 在 B 处受到约束力 F_{NB} ，方向由 B 指向 C；在 C 处受到约束力 F_{NC} ，方向由 C 指向 B。两个力大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。

(3) 画受力图。杆 BC 受力如图 1-2 (a) 所示。

2. 画杆 AB 的受力图

(1) 选取研究对象。选杆 AB 为研究对象。

(2) 受力分析。杆 AB 在 A、B 两点受力并受主动力 F 作用，是三力构件，中间铰点 B 按作用与反作用公理可确定其受力方向，即杆 AB 在 B 点受到约束力 F'_{NB} ，与 F_{NB} 大小相等、方向相反。主动力 F 方向已知，按三力平衡汇交定理即可确定铰点 A 处的受力方向，A 处受力大小可利用力的平行四边形法则进行合成确定。

(3) 画受力图。根据以上分析，杆 AB 的受力如图 1-2 (b) 所示。

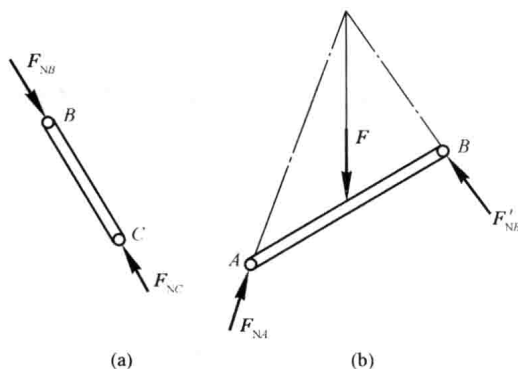


图 1-2 杆件受力图



【相关知识】

1. 力系

力是指物体间相互的机械作用。力的效应取决于力的大小、方向、作用点，这三个因素称为力的三要素。因为力具有方向性，所以力是一矢量，用带有箭头的线段来表示。力的法定计量单位为牛（N）或千牛（kN）。作用在物体上的一群力称为力系。作用线在同一平面内的力系称为平面力系。作用线汇交于一点的平面力系称为平面汇交力系。

2. 平衡

平衡是指物体相对地球处于静止或匀速直线运动的状态，是物体机械运动的特殊形式。让物体处于平衡状态的条件称为平衡条件。让物体处于平衡状态的力系称为平衡力系。

3. 约束

在静力学中，为了便于研究物体间的相互作用，将限制非自由体向某些方向运动的其他物体称为约束。约束作用于非自由体上的力称为约束力。例如轴承是轴的约束，轴承对轴的作用力就是约束力。如图 1-3 所示，在路上行驶的汽车受到地面的支撑力也是约束力。为了与约束力相区别，将那些主动地作用于非自由体上，使非自由体产生运动或使非自由体有运动趋势的作用力称为主动力，如重力、牵引力等。而约束力却是被动的，它的大小和方向不仅与主动力有关，而且与接触处的约束特点有关。

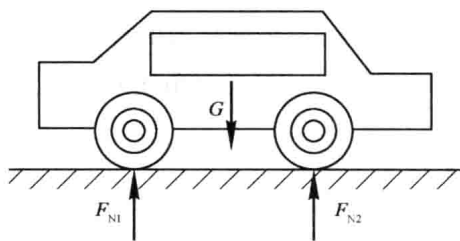


图 1-3 汽车的约束力

4. 受力图

为了清楚地表示物体的受力情况，首先需要把所研究的物体从周围物体中分离出来，单独画出它的简图，这种从周围物体中分离出来的物体称为分离体。画出分离体上所有作用力的图，称为物体的受力图。

5. 刚体

在研究物体平衡时，若物体变形很小，则可以忽略形变效应。假设物体受力后其几何形状和尺寸保持不变，这样的物体称为刚体。静力学的研究对象都是刚体。

6. 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的充要条件是：这两个力大小相等、方向相反、且作用在同一直线上。如图 1-4 所示，即 $F = -F'$ 。工程中经常遇到不计自重，



只受两个力作用而平衡的构件，称为二力构件，当构件为杆状时，又习惯称为二力杆。根据二力平衡公理，作用于二力杆上的两个力的作用线必定沿着两个力作用点的连线，且大小相等，方向相反。

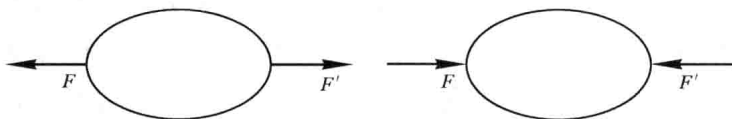


图 1-4 二力平衡条件

7. 作用力与反作用力公理

两个物体之间的作用力与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，但分别作用在这两个物体上。

由于作用力和反作用力分别作用在两个物体上，因此不能视为平衡力系。而二力平衡公理中的两个力则是作用在同一物体上，是平衡力系。

8. 三力平衡汇交定理

如图 1-5 所示，刚体受不平行三个力作用而平衡，若其中两个力的作用线交于一点，则第三个力的作用线必过此交点且三力共面。

9. 力平行四边形法则

如图 1-6 所示，作用于物体上同一点的两个力的合力也作用于该点，且合力的大小和方向可用这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线来确定。

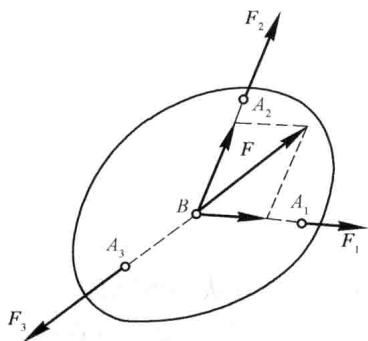


图 1-5 三力平衡汇交定理

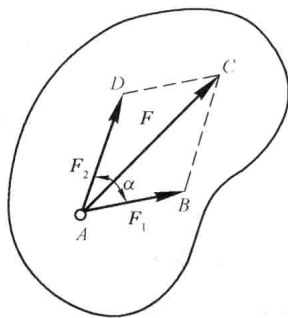


图 1-6 力平行四边形法则

1.2 用平面汇交力系的平衡条件求未知力

【任务描述】

图 1-7 所示为汽车制动操纵装置，制动时用力 F 踩踏踏板，通过拉杆 CD 使汽车制动。 $F=100\text{N}$ ，踏板和拉杆的自重不计，求图示位置时拉力 F_Q 及铰链支座 B 的约束反力。

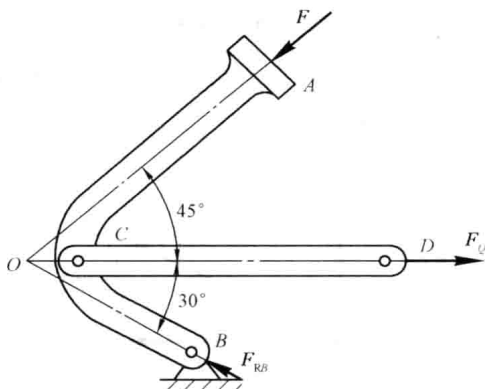


图 1-7 汽车制动操纵装置

【任务分析】

在平面汇交力系中求解未知力,首先要确定研究对象,然后对研究对象进行受力分析。制动踏板受到三个力的作用,根据三力平衡汇交定理可确定支座 B 所受的约束力方向,根据平面汇交力系平衡条件可确定各未知力的大小。

【任务实施】**1. 确定研究对象**

选取整个制动踏板为研究对象。

2. 受力分析

整个制动踏板受到三个力的作用,即在踩踏踏板的主动力 F 、拉杆拉力 F_Q 及支座反力 F_{RB} 的作用下处于平衡状态。其中 F 和 F_Q 的方向已知, F_{RB} 方向待定。根据三力平衡汇交定理可得 F_{RB} 的作用线必定通过 F 和 F_Q 作用线的交点 O 。画受力图如图 1-7 所示。

3. 列平衡方程求解未知力

$$\sum F_x = 0$$

即

$$F_Q - F_{RB} \cos 30^\circ - F \cos 45^\circ = 0 \quad (1-1)$$

$$\sum F_y = 0$$

即

$$F_{RB} \sin 30^\circ - F \sin 45^\circ = 0 \quad (1-2)$$

由式 (1-2) 得

$$F_{RB} = \frac{F \sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{100 \times 0.707}{0.5} = 141.4 \text{ (N)}$$

将 F_{RB} 的值代入式 (1-1) 解得 F_Q

$$F_Q = F_{RB} \cos 30^\circ + F \cos 45^\circ = 141.4 \times 0.866 + 100 \times 0.707 = 193.2 \text{ (N)}$$

【相关知识】**1. 力在坐标轴上的投影**

如图 1-8 所示,设力 F 作用于物体的 A 点,在力 F 作用线所在的平面内取直角坐标系



Oxy , 过力 F 的始点 A 和终点 B 分别向 x 轴引垂线, 得到垂足 a, b , 则线段 ab 称为力 F 在 x 轴的投影, 用 F_x 表示。同理过 A, B 两点分别向 y 轴引垂线, 得到垂足 a', b' 。线段 $a'b'$ 称为力 F 在 y 轴上的投影, 用 F_y 表示。

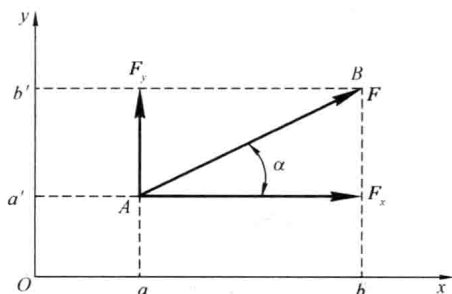


图 1-8 力在坐标轴上的投影

力的投影是代数量, 其正负号规定如下: 由 a 到 b 的方向与 x 轴正向一致时, 力的投影为正, 反之为负。

若已知力 F 的大小及其与 x 轴的夹角 α , 则力 F 在 x, y 轴上的投影 F_x, F_y 为

$$\left. \begin{aligned} F_x &= \pm F \cos \alpha \\ F_y &= \pm F \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

2. 平面汇交力系的平衡条件

平面汇交力系的平衡条件为力系中各力在每个坐标轴上投影的代数和都等于零, 即

$$\left. \begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

式 (1-4) 称为平面汇交力系的平衡方程。

1.3 认识力偶矩

【任务描述】

图 1-9 所示为驾驶员双手操作转向盘的示意图, 现对其操作分析如下:

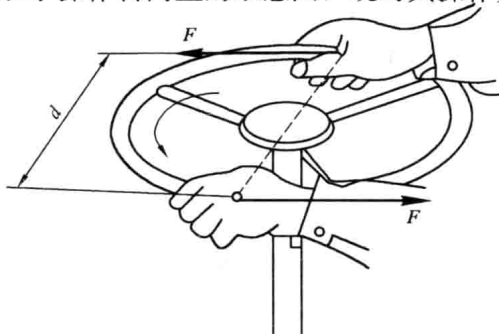


图 1-9 汽车转向盘的操作



问题一：驾驶员双手如何用力才能保持转向盘静止不动？

问题二：驾驶员双手如何用力才能使转向盘转动？

问题三：如果驾驶员双手施加的力增大一倍，双手之间的距离减少一半，转向盘的转动有无变化？

【任务分析】

要分析双手操作转向盘使其不动，首先涉及力矩的知识，其次需要用到力矩平衡条件。要分析双手使转向盘转动，需要运用力偶的知识，当改变双手用力的大小和双手之间距离而分析转向盘转动效应时，需要运用力偶的等效来分析。

【任务实施】

问题一：驾驶员双手如何用力才能保持转向盘静止不动？

分析：汽车转向盘是可转动物体，转向盘保持静止不动，说明转向盘处于平衡状态，也就是转向盘上所有力矩的代数和等于零，即符合力矩平衡条件： $\sum M_O(\mathbf{F}) = 0$ 。驾驶员双手施加两个力，双手作用在转向盘的力矩应该大小相等，转向相反，且双手作用在转向盘上的力臂大小相等。

问题二：驾驶员双手如何用力才能使转向盘转动？

分析：双手欲使转向盘转动，双手的作用力应大小相等，方向相反，作用线平行，且不在同一条直线上，相当于有力偶作用在转向盘上。

问题三：如果驾驶员双手施加的力增大一倍，双手之间的距离减少一半，转向盘的转动如何变化？

分析：转向盘的转动没有变化，因为作用在转向盘上的力偶矩大小和方向没有改变，力偶使转向盘转动的效应就没有改变。

【相关知识】

1. 力矩

力对刚体的效应，包括移动效应和转动效应。转动效应可用力对点之矩（简称力矩）来度量。

如图 1-10 所示，当用扳手拧螺母时，力对螺母的转动效应不仅与力的大小 F 有关，还与力 F 至转动中心 O （矩心）的垂直距离 d （力臂）有关。因此用力的大小 F 与力臂 d 的乘积及其转动方向来度量力的转动效应，称为力 F 对矩心 O 之矩，简称为力矩，记为 $M_O(\mathbf{F})$ ，即

$$M_O(\mathbf{F}) = \pm Fd \quad (1-5)$$

式 (1-5) 中正负号表示力矩在其作用面上的转向，一般规定：力 F 使刚体绕矩心作逆时针转动时为正，反之为负。力矩的国际单位为牛·米 ($\text{N} \cdot \text{m}$)。

作用于转动物体上的所有力的力矩代数和等于零，则转动物体将静止不动。这就是力矩平衡条件，即



$$\sum M_O(\mathbf{F}) = 0 \quad (1-6)$$

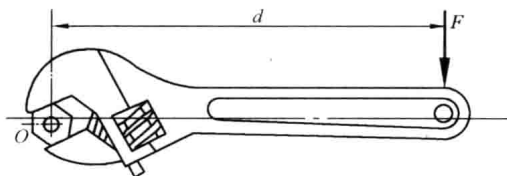


图 1-10 力对点之矩

2. 力偶矩

力偶是指作用于物体上大小相等、方向相反、作用线平行的两个力组成的力系。如图 1-11 所示，驾驶员双手转动转向盘就是力偶作用的例子。力偶用符号 $(\mathbf{F}, \mathbf{F}')$ 表示， $\mathbf{F}$ 、 $\mathbf{F}'$ 分别表示组成力偶的两个力。

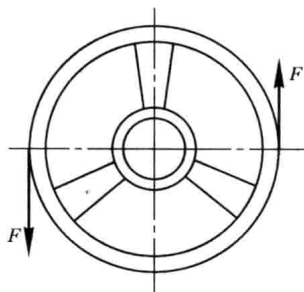


图 1-11 力偶的应用

力偶使刚体产生纯转动的效应可以用力偶矩来度量。力偶矩是指力偶中力的大小与力偶臂的乘积，记为 M ，即

$$M = \pm F \cdot d \quad (1-7)$$

式 (1-7) 中 d 为力偶臂，指力偶中两个力之间的垂直距离，如图 1-12 (a) 所示。正负号表示力偶的转动方向，一般规定：使物体作逆时针转动的力偶矩为正，反之为负，如图 1-12 (b) 所示。力偶矩的单位为牛·米 ($\text{N} \cdot \text{m}$)。

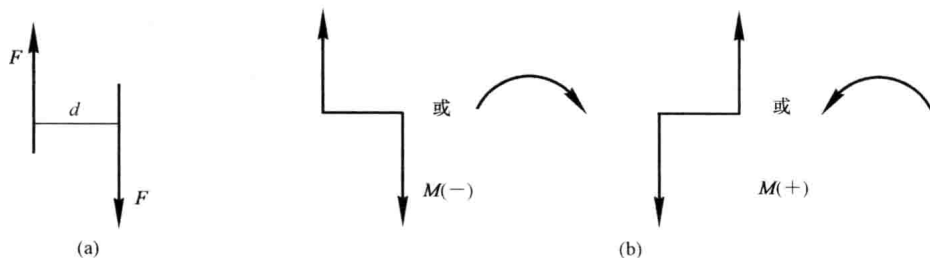


图 1-12 力偶矩的符号