

地方电厂岗位检修培训教材



张本贤 主编

燃料设备检修



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

地方电厂岗位检修培训教材

燃料设备检修

张本贤 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

本书立足于适应现代专业检修企业对燃料设备检修专业的培训需求,针对火力发电厂的各种燃料设备,包括卸煤设备、输煤设备、储煤(煤场)设备、采样设备、筛碎煤设备、除铁(木)设备等,介绍燃料设备检修的基础知识、专业知识和技能以及检修管理的有关内容。

本书从技术实用性出发,全面介绍了设备结构、工作原理、运行维护、故障排除和设备检修等相关技术内容,可作为各类火力发电企业(检修企业)燃料设备检修的专业培训教材,也可作为各类职业学校相关专业的教学参考书及自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

燃料设备检修/张本贤主编. —北京:中国电力出版社, 2016.3

地方电厂岗位检修培训教材

ISBN 978-7-5123-8709-6

I. ①燃… II. ①张… III. ①火电厂-电厂燃料系统-检修-岗位培训-教材 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 315548 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

三河市万龙印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 3 月第一版 2016 年 3 月北京第一次印刷

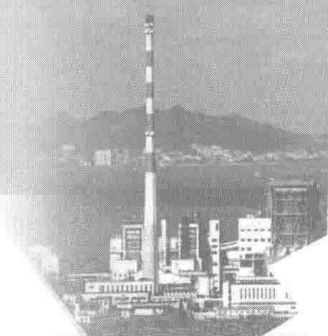
787 毫米×1092 毫米 16 开本 34.5 印张 940 千字

印数 0001—2000 册 定价 98.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

火力发电企业的燃料设备及系统在其安全经济运行中处于十分重要的地位。如何通过有效的检修措施使这些设备长期保持良好的运行生产状态是企业检修生产过程中着力追求的目标。

燃料系统十分复杂,涉及的设备也很多,包括卸煤设备、输煤设备、储煤(煤场)设备、采样设备、筛碎煤设备、除铁(木)设备等。在火力发电厂的运营生产过程中既要完成进厂煤的受卸、采样和储存,又要完成连续向锅炉提供燃煤的过程。燃料系统很多设备及部件长期工作在室外,工作在寒暑交替、风霜雨雪交加、高粉尘和高磨损的恶劣条件下,要保证这些设备和部件更可靠和更有效地工作,既要在制造过程中以科学合理的设计和制造工艺保证其原始质量,又要在检修过程中以有效和可靠的检修作业来保证检修的设备和部件同样有很高的可靠性和有效性,这就要求我们的检修工作人员掌握必要的检修技术和技能。

燃料设备涉及多个专业,因而其检修就涉及多个工种。既有机械、电气起重等常见工种,又有液压、计算机控制、内燃机化工等特殊工种。要较好地完成一次大修,需要多个工种的协同作业,这就要求大修的指挥调度人员熟悉各个工种的检修作业,以便统筹安排和指挥。

电力体制改革加快了火力发电企业技术改造的步伐,同时又使得火力发电企业生产过程有更加明确的分工,一大批专业检修机构应运而生。这些专业检修企业由于是新组建的企业,因此更具有现代企业的理念,对培训更加重视;也由于这些企业中老员工居多,他们更加习惯于凭老方法干活,因此更有必要通过培训和学习使其进一步提高现代企业设备检修的理念。

编写这样一本燃料设备检修教材,立足于适应现代专业检修企业对燃料设备检修专业的培训需求,以 50~350MW 机组的燃料设备为对象,试图全面介绍有关燃料设备检修的基础知识、专业知识和技能以及检修管理的有关内容,以期能对相关人员通过培训或自学提高相关知识和技能有所帮助。

东北电网有限公司大连培训中心从 2001 年成立以来,十分重视开展火力发电企

业所需求的各类培训业务，结合电力行业特殊工种的职业技能鉴定工作，适时地开发了燃料设备检修培训课程，并在很多企业实施了这一培训，收到了很好的培训效果和好评。

本书是在多年培训授课的基础上，由张本贤老师联合多家火力发电厂的现场工程技术人员，针对火力发电厂各种燃料设备，从技术实用性出发，力求全面介绍有关的技术内容，包括设备结构、工作原理、运行维护、故障排除和设备检修等，进行编写而成的，可作为各类火力发电企业（检修企业）燃料设备检修的专业培训教材，也可作为各类职业学校相关专业的教学参考书及自学教材。

在本书编写过程中，笔者曾经多次到辽宁发电厂、辽河石油勘探局热电厂、抚顺发电厂、铁岭发电厂、大连热电集团公司香海热电厂、华能大连电厂等企业调研和考察学习，得到了这些企业领导和相关人员的大力支持和帮助，在此表示深深的谢意！

本书由张本贤主编并编写第二章、第四章、第六章、第九至十一章、第十三至二十九章。张晓编写第一章，苏博编写第三章，郭建国编写第五章，那欣编写第七章，李欣芳编写第八章，鲍国庆编写第十二章。张本贤负责全书统稿。



目 录

前言

第一篇 燃料设备检修基础知识

第一章 力学知识.....	1
第一节 力的概念.....	1
第二节 燃料设备的受力分析.....	7
第二章 润滑知识	11
第一节 概述	11
第二节 燃料设备的摩擦与磨损	13
第三节 燃料设备的润滑	15
第四节 常用机械零部件的润滑	18
第五节 润滑剂	19
第三章 液压传动	23
第一节 液压传动的工作原理	23
第二节 液压系统	24
第三节 常用液压元件	26
第四章 机械基础知识	42
第一节 连接	42
第二节 传动	47
第三节 轴承与轴	57
第四节 联轴器	63
第五节 减速器与变速箱	65
第五章 燃料设备检修常用工具及钳工工艺	70
第一节 普通工具	70
第二节 量具	74
第三节 钳工作业	79
第六章 燃料设备检修的相关知识	89
第一节 起重	89
第二节 焊接.....	100
第三节 检修工艺纪律.....	113

第二篇 燃料设备电气检修

第七章 燃料设备电气检修常用工器具.....	118
------------------------	-----

第一节	万用表及其使用	118
第二节	绝缘电阻表及其使用	123
第三节	钳形表及其使用	127
第四节	红外测温仪及其使用	130
第八章	燃料设备电气检修综述	136
第一节	燃料设备常用电工材料	136
第二节	燃料设备电气故障检修方法	137
第三节	燃料系统电气故障的常见类型	140
第四节	燃料系统常见恶性电气故障	142
第五节	电缆基本性能测试及电缆头的制作	143
第九章	低压电器的检修	154
第一节	隔离开关的检修	154
第二节	空气断路器的检修	157
第三节	交流接触器的检修	160
第四节	断路器的检修	163
第五节	主令控制器及信号开关的检修	169
第六节	继电器的检修	172
第七节	滑触线的检修	176
第八节	电磁制动器的检修	179
第九节	电阻器的检修	184
第十节	熔断器的检修	186
第十章	电动机的检修	190
第一节	电动机的安全要求	190
第二节	电动机常见故障及处理	194
第三节	电动机的检修管理	200
第四节	电动机的检修工艺	206
第十一章	输煤程控系统的检修	217
第一节	输煤程控系统	217
第二节	PLC 的日常维护和检修	219
第三节	称重仪表的检定及检修	224
第三篇 燃料设备通用机械的检修		
第十二章	机械设备拆装与通用件检修装配工艺	234
第一节	机械设备拆装	234
第二节	轴上套装件的拆卸与装配	235
第三节	螺纹连接拆装	240
第四节	键、销连接装配与取出	244
第五节	管道及阀门的检修	245
第十三章	联轴器的检修	251
第一节	一般联轴器的检修	251
第二节	电动机联轴器找正的方法及标准	253

第三节	联轴器的安装	260
第四节	液力联轴器的检修	264
第五节	磁滞联轴器的检修	266
第十四章	泵的检修	271
第一节	水泵的检修	271
第二节	齿轮泵的检修	282
第三节	螺杆泵的检修	284
第十五章	减速器的检修	287
第一节	齿轮与蜗轮传动装置检修	287
第二节	滚动轴承的检修	290
第三节	减速器箱体的检修	297
第四节	带式输送机常用减速器的检修	299

第四篇 输煤机械检修

第十六章	带式输送设备的检修	305
第一节	输煤系统的带式输送设备概述	305
第二节	带式输送机的主要零部件	307
第三节	带式输送机常见故障处理	317
第四节	带式输送机的检修与维护	321
第五节	受煤装置的检修	328
第十七章	除铁设备的检修	335
第一节	除铁设备概述	335
第二节	电磁除铁器	336
第三节	除铁器的检修	342
第四节	除铁器的安装与清洗	344
第十八章	燃料系统除尘器的检修	346
第一节	电除尘器检修	346
第二节	布袋除尘器的检修	356
第三节	多管冲击式除尘器的检修	360
第四节	湿式除尘器的检修	362
第五节	除尘系统其他设备的检修	365
第十九章	筛煤设备的检修	370
第一节	筛分概述	370
第二节	筛煤设备及检修	372
第二十章	碎煤设备的检修	382
第一节	细碎机的检修	382
第二节	锤击式碎煤机的检修	386
第三节	环锤式碎煤机的检修	389
第二十一章	电厂燃煤采样装置的检修	395
第一节	入厂煤采样装置及检修	395
第二节	入炉煤采样装置及检修	405

第二十二章 给配煤设备检修	409
第一节 叶轮式给煤机检修	409
第二节 带式给煤机检修	416
第三节 振动给煤机检修	419
第四节 环式给煤机检修	423
第五节 犁煤器检修	427
第六节 配煤车检修	430

第五篇 卸储煤设备检修

第二十三章 翻车机检修	433
第一节 翻车机卸车系统	433
第二节 翻车机的构造	435
第三节 翻车机的主要附属设备	439
第四节 翻车机故障的常用诊断方法	442
第五节 翻车机的维护及故障处理	444
第六节 翻车机的检修	448
第二十四章 螺旋卸煤机检修	454
第一节 螺旋卸煤机概述	454
第二节 螺旋卸煤机检查维护、故障处理及检修	456
第二十五章 链斗卸煤机检修	460
第一节 链斗卸煤机简介	460
第二节 链斗卸煤机的维护与检修	462
第二十六章 卸船机检修	468
第一节 原煤卸船机概述	468
第二节 卸船机的故障处理	470
第三节 卸船机的检修项目和质量标准	473
第二十七章 其他卸煤机械的检修	481
第一节 底开车的维护保养及故障处理	481
第二节 汽车卸煤机的维护及故障处理	484
第三节 装卸桥的故障处理及检修	488
第二十八章 推煤机检修	495
第一节 推煤机及维护保养	495
第二节 推煤机典型故障及处理方法	498
第三节 推煤机的检修	500
第四节 推煤机典型检修及故障排除案例	507
第二十九章 堆取料机检修	510
第一节 斗轮式堆取料机概述	510
第二节 斗轮式堆取料机的维护、调试及常见故障的处理	528
第三节 斗轮式堆取料机的检修	533
参考文献	544

燃料设备检修基础知识

第一章 力学知识

第一节 力的概念

一、力的概念与静力学公理

1. 力的概念

力的概念是人们在长期生活和生产实践中逐步形成的。力是物体与物体之间相互的机械作用。使物体的机械运动发生变化，称为力的外效应；使物体产生变形，称为力的内效应。力对物体的作用效应取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点。

力是矢量，常用一个带箭头的线段来表示，在国际单位制中，力的单位为牛顿（N）或千牛顿（kN）。

2. 静力学公理

公理 1：力的平行四边形法则

作用在物体上同一点的两个力，可以合成一个合力。合力的作用点仍在该点，合力的大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定。其矢量表达式为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

根据公理 1 求合力时，通常只需画出半个平行四边形即可。如图 1-2（b）、（c）所示，这样力的平行四边形法则就演变为力的三角形法则。

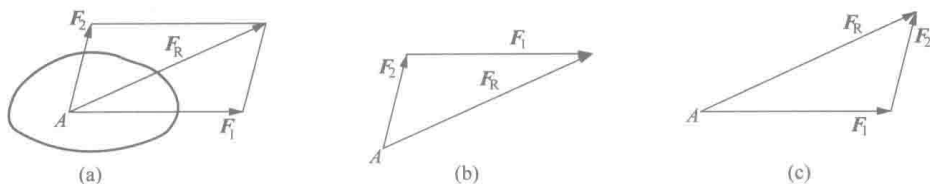


图 1-1 力的合成

（a）力的平行四边形法则；（b）、（c）力的三角形法则

公理 2：二力平衡公理

刚体仅受两个力作用而平衡的充分必要条件是：两个力大小相等，方向相反，并作用在同一直线上。

公理 3：加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上，加上或减去任一平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。加减平衡力系公理主要用来简化力系。

推论 1：力的可传性原理

作用于刚体上的力，可以沿其作用线移至刚体内任意一点，而不改变该力对物体的作用效果。力对刚体的效应与力的作用点在其作用线上的位置无关。因此，作用于刚体上的力的三要素是：力的大小、方向、作用线。

推论 2：三力平衡汇交定理

若刚体受到同平面内三个互不平行的力的作用而平衡时，则该三个力的作用线必汇交于一点。

公理 4：作用和反作用定律

作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用线相同，但同时分别作用在两个相互作用的物体上。

这个公理表明，力总是成对出现的，只要有作用力就必有反作用力，而且同时存在，又同时消失。

公理 5：刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡，如将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。

这个公理提供了把变形体抽象为刚体模型的条件。

二、约束与约束反力

在工程实践中，构件总是以一定的形式与周围其他构件相互连接，即物体的运动要受到周围其他物体的限制，如转轴要受到轴承的限制，梁要受到立柱的限制。这种对物体的某些位移起限制作用的周围其他物体称为约束，如轴承就是转轴的约束。约束限制了物体的某些运动，所以有约束力作用于物体，这种约束对物体的作用力称为约束力。工程实践中将物体所受的力分为两类：一类是能使物体产生运动或运动趋势的力，称为主动力，主动力有时也叫载荷；另一类是约束反力，它是由主动力引起的，是一种被动力。

1. 柔性约束（柔索）

柔性约束由绳索、胶带或链条等柔性物体构成。只能受拉，不能受压。只能限制沿约束的轴线伸长方向。柔性约束对物体的约束反力作用在接触点，方向沿着物体的中心线背离物体，通常用 F_T 表示，如图 1-2 所示。

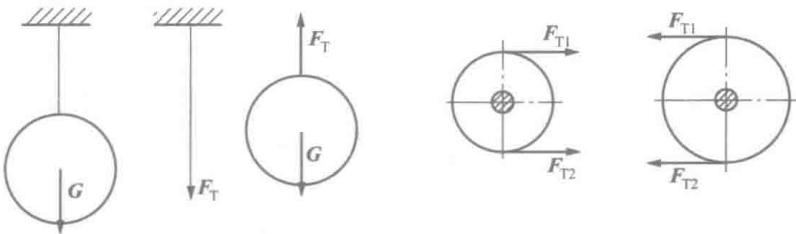


图 1-2 柔性约束

2. 刚性约束

当两物体接触面之间的摩擦力小到可以忽略不计时，可将接触面视为理想光滑的约束。这时，不论接触面是平面或曲面，都不能限制物体沿接触面切线方向的运动，而只能限制物体沿着接触面的公法线指向约束物体方向的运动。因此，光滑接触面对物体的约束反力是：通过接触点，方向沿着接触面公法线方向，并指向受力物体。这类约束反力也称法向反力。

3. 光滑圆柱形铰链约束

(1) 连接铰链。两构件用圆柱形销钉连接且均不固定，即构成连接铰链，其约束反力用两个正交的分力 F_x 和 F_y 表示。见图 1-3。

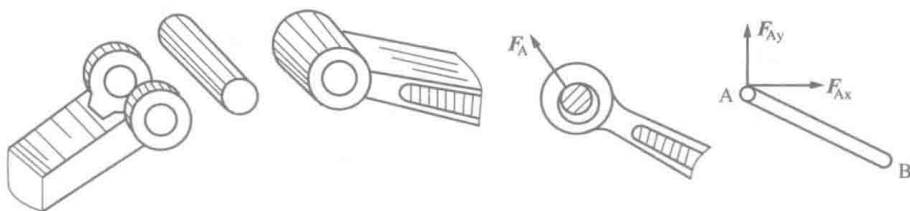


图 1-3 铰链连接

(2) 固定铰链支座。如果连接铰链中有一个构件与地基或机架相连,便构成固定铰链支座,其约束反力仍用两个正交的分力 F_x 和 F_y 表示,如图 1-4 所示。

(3) 活动铰链支座。在铰链支座的底部安装一排滚轮,可使支座沿固定支承面移动,这种支座的约束性质与光滑面约束反力相同,其约束反力必垂直于支承面,且通过铰链中心,如图 1-5 所示。

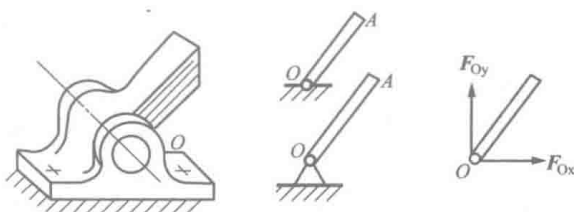


图 1-4 固定铰链支座

4. 固定端约束

固定端约束能限制物体沿任何方向的移动,也能限制物体在约束处的转动。所以,固定端的约束反力可用两个正交的分力和力偶表示。

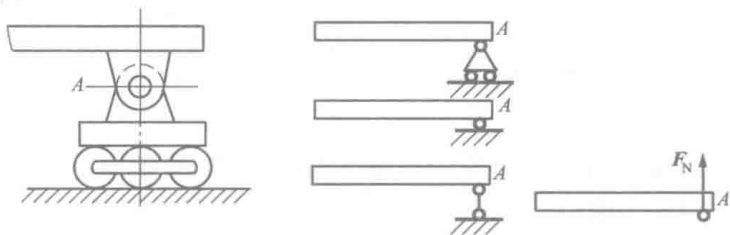


图 1-5 活动铰链支座

5. 球铰链支座

球铰链是一种空间约束,它能限制物体沿空间任何方向移动,但物体可以绕其球心任意转动。球铰链的约束反力可用三个正交分力表示。

三、受力图

在工程实践中需要对结构系统中的某一物体或部分物体进行力学计算。可根据已知条件及待求量选择一个或几个物体作为研究对象,对它进行受力分析。分析物体受哪些力的作用,并确定每个力的大小、方向和作用点。为了清楚地表示物体的受力情况,需要把所研究的物体(称为研究对象)从与它相联系的周围物体中分离出来,单独画出该物体的轮廓简图,使之成为分离体,在分离体上画上它所受的全部主动力和约束反力,就称为该物体的受力图。

画受力图是解平衡问题的关键,画受力图的一般步骤如下。

第一,根据题意确定研究对象,并画出研究对象的分离体简图。

第二,在分离体上画出全部已知的主动力。

第三,在分离体上解除约束的地方画出相应的约束反力。

画图时要分清内力与外力,通常将系统外物体对物体系统的作用力称为外力,而系统内物体间相互作用的力称为内力。由于物体系统内力的总和为零,因此,取物体系统作为研究对象画受力图时,只画外力,而不画内力。

例如，重力为 G 的均质杆 AB ，其 B 端靠在光滑铅垂墙的顶角处， A 端放在光滑的水平面上，在点 D 处用一水平绳索拉住，则出杆 AB 的受力图如图 1-6 所示。

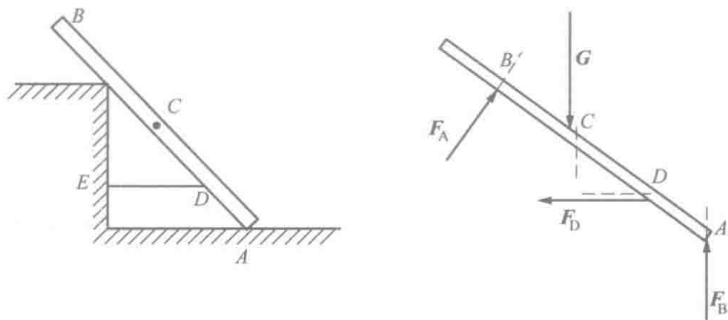


图 1-6 受力图

各力的作用线汇交于一点的力系称为汇交力系。

四、力矩

实践证明，力对刚体的作用效应，不仅可以使刚体移动，而且还可以使刚体转动。其中，移动效应可用力矢来度量，而转动效应可用力矩来度量。

1. 力对点之矩

如图 1-7 所示，用扳手拧紧螺母时，力 F 对螺母拧紧的转动效应不仅与力 F 的大小有关，而且还与转动中心 O 至力 F 的垂直距离有关。可用两者的乘积 Fd 来度量力使物体绕点 O 的转动效应，称为力 F 对点 O 之矩。点 O 称为矩心， d 称为力臂。力矩是一个代数量，其正负号规定如下：力使物体绕矩心逆时针转动时，力矩取正号，反之为负。

由力矩的定义及计算式可知：力的作用线通过矩心时，力臂值为零，故力矩等于零。当力沿作用线滑动时，力臂不变，因而力对点之矩也不变。

力矩的单位是牛 [顿] 米 ($N \cdot m$)。

2. 合力矩定理

合力矩定理：平面力系的合力对平面上任一点之矩，等于各分力对同一点之矩的代数和。

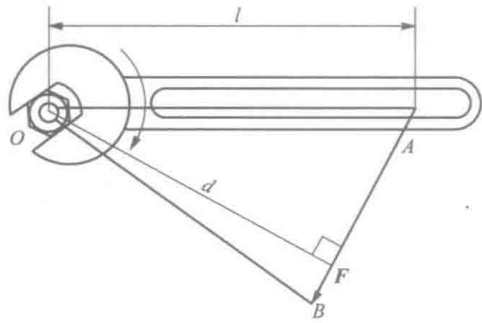


图 1-7 扳手之力矩

3. 力对轴之矩

从空间角度来看，扳手绕 O 点的转动，实际上是绕过 O 点且垂直于扳手平面的轴线 Oz 轴的转动（见图 1-7）。所以，也可以说力 F 对 O 点之矩也是力 F 使刚体绕 Oz 轴转动效应的度量，称力 F 对 Oz 轴之矩。

五、力偶

1. 力偶及其力偶矩

由大小相等，方向相反，而作用线不重合的两个平行力组成的力系称为力偶，记作 (F, F') 。力偶中两力所在的平面称为力偶作用面，两力作用线间的垂直距离 d

称为力偶臂。

力偶矩为 $M = \pm Fd$ 。力偶矩是代数量，一般规定使物体逆时针转动为正，顺时针转动为负。力偶矩的单位是牛 [顿] 米 ($N \cdot m$)，如图 1-8 所示。

2. 力偶的性质

性质 1：力偶既无合力，也不能和一个力平衡，力偶只能用力偶来平衡。

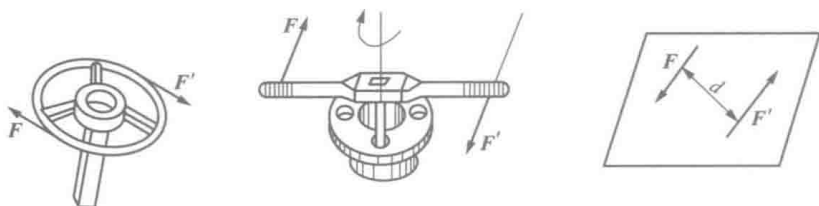


图 1-8 力偶及力偶矩

力偶是由两个力组成的特殊力系，在任一轴上投影的代数和为零，故力偶不能合成一个合力，或用一个力来等效替换。力和力偶是静力学的两个基本要素，力偶对刚体只能产生转动效应，而力对刚体可产生移动效应，也可产生转动效应，所以，力偶也不能用一个力来平衡。

性质 2：力偶对其作用面内任一点之矩恒为常数，且等于力偶矩，与矩心的位置无关。

这个性质说明力偶使刚体绕其作用面内任一点的转动效果是相同的。

性质 3：力偶可在其作用面内任意转移，而不改变它对刚体的作用效果。

性质 4：只要保持力偶矩的大小和转向不变，就可以同时改变力偶中力的大小和力偶臂的长短，而不改变其对刚体的作用效果。因此，力偶可用力和力偶臂来表示，即用带箭头的弧线表示，箭头表示力偶的转向， M 表示力偶的大小，如图 1-9 所示。



图 1-9 力偶的表示方法

3. 平面力偶系的简化与平衡

在同一平面内由若干个力偶所组成的力偶系称为平面力偶系。平面力偶系的简化结果为一合力偶，合力偶矩等于各分力偶矩的代数和，即 $M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum M$ 。

平面力偶系的简化结果为一合力偶，因此平面力偶系平衡的充要条件是合力偶矩等于零，即 $\sum M = 0$ 。

六、力的平移定理

作用于刚体上的力，可以平行移动到该刚体上任意一点，但必须附加一个力偶，其力偶矩等于原来的力对平移点之矩。当力平行移动到作用线外任意位置且又要保持其作用效果不变时，应根据力的平移定理附加相应的条件。

力的平移定理：作用于刚体上的力，可以平行移动到该刚体上任意一点，但必须附加一个力偶，其力偶矩等于原来的力对平移点之矩，如图 1-10 所示。

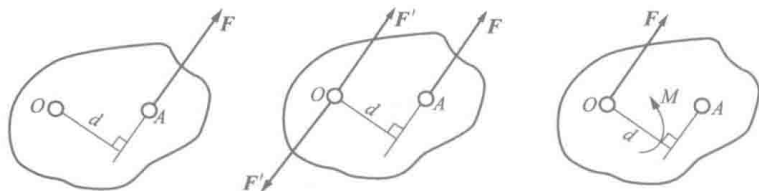


图 1-10 力偶矩的表示方法

七、摩擦与自锁

1. 滑动摩擦

两个相互接触的物体，当它们之间有相对滑动或相对滑动趋势时，在接触面之间产生彼此阻碍运动的力。这种阻力称为滑动摩擦力。

如图 1-11 所示, 设重为 G 的物块受一水平力 F_T 的作用, 当力 F_T 由零逐渐增大时, 物块由静止变为滑动。下面我们分别讨论有相对滑动趋势、临界状态和已经相对滑动三种状态的滑动摩擦力。

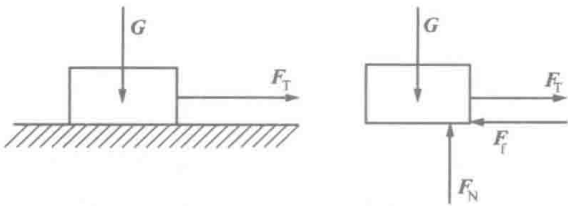


图 1-11 滑动摩擦力的受力分析图

(1) 静滑动摩擦力。当力 F_T 由零逐渐增加但不超过某数值 $F_{\max}$ 时, 物块不会滑动, 仍处于静止状态。由平衡条件可知, 这时支撑面对物块除作用一法向反力 F_N 外, 还有一个阻碍物块滑动的切向反力, 即静滑动摩擦力, 简称静摩擦力, 用符号 F_f 表示。

(2) 最大静滑动摩擦力。当 F_T 继续增加而达到一定数值 $F_{\max}$ 时, 物块处于将要滑动而未滑动的临界状态。这时只要力稍大一点, 物块立即开始滑动。这说明当物块处于平衡的临界状态时, 静摩擦力达到了最大值, 称最大静滑动摩擦力, 用 $F_{\max}$ 表示。如果 F_T 再继续增大, 但静摩擦力不会再随之增加, 物块将失去平衡而滑动, 因此, 静摩擦力并不随主动力 F_T 的增大而无限增大。

(3) 动滑动摩擦力。当静滑动摩擦力达到最大值时, 若 F_T 继续增加, 物块开始滑动, 此时物体接触面之间仍作用阻碍其相对滑动的阻力, 即动滑动摩擦力, 简称动摩擦力, 用符号 F'_f 表示。

大量实验证明: 动摩擦力 F'_f 的大小与两物块间的正压力成正比。此式称为动摩擦定律。其比例系数称为动摩擦因数。它也决定于接触物体的材料及接触面状况, 且与接触点的相对滑动速度有关。

2. 摩擦角自锁

(1) 摩擦角。将支撑面对物块的法向反力和切向反力合成, 称为支撑面的全反力。全反力与接触面法线的最大夹角, 称为摩擦角。摩擦角的正切等于静摩擦因数。摩擦角与静摩擦因数一样, 也是表示摩擦性质的物理量。

(2) 自锁。物块平衡时由于静摩擦力不可能超过最大值, 因此, 全反力的作用线也不能超出摩擦角以外, 即全反力必在摩擦角之内。作用于物体上的全部主动力的合力, 不论其大小如何, 只要其作用线与接触面法线的夹角小于或等于摩擦角, 物体保持静止。这种现象称为自锁。

(3) 考虑摩擦时的平衡问题。要解决有摩擦时物体的平衡问题, 必须在受力图上考虑摩擦力, 摩擦力的方向与相对滑动趋势的方向相反。摩擦力是一个未知量。

3. 滚动摩擦简介

利用滚动代替滑动省力。如图 1-12 所示, 运输重物时, 若在重物底下垫滚轴, 则要比将重物直接放在地面上推动省力。在工程实践中, 车辆采用车轮, 机器采用滚动轴承, 也是为了减轻劳动强度, 提高劳动效率。

如图 1-13 所示, 在水平面上有一轮子重为 G , 半径为 r , 当轮子中心受一水平拉力 F_T 作用, 若 F_T 力不大时, 轮子仍保持静止, 此时轮与地面接触处都发生变形。轮与地面接触处受力分布作用。将这些力向轮子的最低点 A 简化, 得一力 (将此力分解为沿接触面的切向分力 F_f 和法向分力 F_N) 和一力偶 M_f , 这一阻

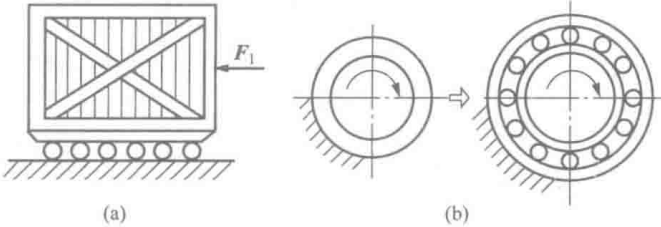


图 1-12 重物底下垫滚轴滚动摩擦

(a) 重物下垫滚轴; (b) 滚动轴承

碍轮子滚动的约束力偶称为滚动摩擦力偶，滚动摩擦力偶的转向与轮子的滚动趋势相反。

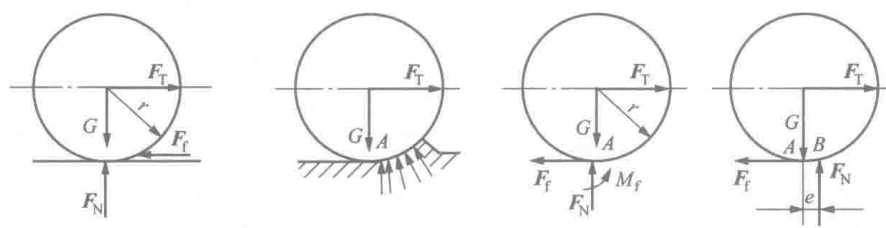


图 1-13 滚动摩擦力的受力分析图

与静滑动摩擦力的性质相似，滚动摩擦力偶矩随主动力的变化而变化，当主动力偶 (F_T 、 F_f) 的力偶矩增大到一定值时，轮子处于将要滚动的临界平衡状态，滚动摩擦力偶矩 M_f 达到最大值 M_{fmax} 。由此可见，滚动摩擦力偶矩的大小在零到最大值之间。

实验证明，最大滚动摩擦力偶矩 M_{fmax} 与支撑面的正压力成正比，即

$$M_{fmax} = \delta F_N \tag{1-2}$$

这就是滚动摩擦定律。式中： δ 为滚动摩擦系数， δ 是一个具有长度单位的系数，单位一般用 mm。滚动摩擦系数由实验测定，它与滚子和支撑面的材料硬度、湿度等因素有关。

常用材料的滚动摩擦系数见表 1-1。

表 1-1 常用材料的滚动摩擦系数

材料名称	滚动摩擦系数	材料名称	滚动摩擦系数
铸铁与铸铁	0.05	淬火钢与淬火钢	0.01
木材与钢	0.3~0.4	轮胎与路面	2~10
木材与木材	0.5~0.8	软钢与软钢	0.05

第二节 燃料设备的受力分析

一、构件的承载能力

燃料设备很多是由构件构成的。例如，输煤栈桥、螺旋卸煤机、堆取料机等。为保证设备正常工作，设备的构件应具有足够的能力负担所承受的载荷。因此，构件应当满足以下要求。

1. 强度要求

强度要求即构件在外力作用下应具有足够的抵抗破坏的能力，指构件在规定的使用条件下不发生意外断裂或塑性变形。

2. 刚度要求

刚度要求即构件在外力作用下应具有足够的抵抗变形的能力。在载荷作用下，构件即使有足够的强度，但若变形过大，仍不能正常工作。例如，主轴的变形过大，将影响工作精度；齿轮轴变形过大将造成齿轮和轴承的不均匀磨损，引起噪声。刚度要求就是指构件在规定的使用条件下不发生较大的变形。

3. 稳定性要求

稳定性要求即构件在外力作用下能保持原有直线平衡状态的能力。承受压力作用的细长杆等应始终维持原有的直线平衡状态，保证不被压弯。稳定性要求就是指构件在规定的使用条件下不产生丧失稳定性破坏。

如果构件的横截面尺寸不足或形状不合理,或材料选用不当,不能满足上述要求,将不能保证工程结构或机械的安全工作。相反,如果不恰当地加大构件横截面尺寸或选用高强材料,这虽满足了上述要求,却使用了更多的材料和增加了成本,造成浪费。

在工程实际问题中,一般来说,构件都应具有足够的承载能力,即足够的强度、刚度和稳定性,但对具体的构件又有所侧重。例如,储罐主要保证强度,主轴主要要求具有足够的刚度,受压的细长杆应该保持其稳定性。对某些特殊的构件还可能有相反的要求。例如,为防止超载,当载荷超过某一极限时,安全销应立即破坏。又如为发挥缓冲作用,车辆的缓冲弹簧应有较大的变形。

研究构件的承载能力时必须了解材料在外力作用下表现出的变形和破坏等方面的性能,即材料的力学性能。材料的力学性能由实验来测定。经过简化得出的理论是否可信,也要由实验来验证。此外,对于一些尚无理论结果的问题,需要借助实验方法来解决。

二、变形固体的基本假设

材料力学所研究的构件,由各种材料所制成,材料的物质结构和性质虽然各不相同,但都为固体。任何固体在外力作用下都会发生形状和尺寸的改变——变形。因此,这些材料统称为变形固体。

变形固体的性质是很复杂的,在对用变形固体做成的构件进行强度、刚度和稳定性计算时,为了使计算简化,经常略去材料的次要性质,并根据其主要性质作出假设。

连续性假设:假设在固体所占有的空间内毫无空隙地充满了物质。实际上,组成固体的粒子之间存在空隙,但这种空隙极其微小,可以忽略不计。于是可认为固体在其整个体积内是连续的。基于连续性假设,固体内的一些力学量(如点的位移)即可用连续函数表示。

均匀性假设:材料在外力作用下在强度和刚度方面所表现出的性能称为材料的力学性能。所谓的均匀性假设,指材料的力学性能在各处都是相同的,与其在固体内的位置无关,即从固体内任意取出一部分,无论从何处取也无论取多少其性能总是一样的。

各向同性假设:即认为材料沿各个方向的力学性质是相同的。具有这种属性的材料称为各向同性材料。例如,钢、铜、铸铁、玻璃等,有些各向异性材料也可近似地看作是各向同性的。

构件在外力作用下将发生变形,当外力不超过一定限度时,绝大多数构件在外力去掉后均能恢复原状。当外力超过某一限度时,则在外力去掉后只能部分地复原而残留一部分不能消失的变形。外力去掉后能消失的变形称为弹性变形,不能消失而残留下来的变形称为塑性变形。应该指出,工程实践中多数构件在正常工作条件下只产生弹性变形,而且这些变形与构件原有尺寸相比通常是很小的。

三、内力、应力与截面法

1. 内力的概念

构件周围的其他物体作用于其上的力均称为外力,这些外力包括荷载、约束力、重力等。按照外力作用方式的不同,外力又可分为分布力和集中力。

构件即使不受外力作用,它的各质点之间本来就有相互作用的内力,以保持其一定的形状。内力是指因外力作用使构件发生变形时,构件的各质点间的相对位置改变而引起的“附加内力”,即分子结合力的改变量。这种内力随外力的改变而改变。但是,它的变化是有一定限度的,不能随外力的增加而无限地增加。当内力加大到一定限度时,构件就会破坏,因而内力与构件的强度、刚度是密切相关的。

2. 截面法

截面法是已知构件外力确定内力的普遍方法。