

军队“2110工程”三期建设教材

# 机械基础

JIXIE JICHU

吴新跃 张文群 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 机 械 基 础

吴新跃 张文群 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书根据教学改革要求,借鉴军、地院校机械基础类优秀教材,依据新制定的课程标准,在《舰用机械基础》教材的基础上修订而成。

全书共15章,可分为常用机构原理、通用机械零件设计两大部分。第一章~第四章为第一部分,主要包括:平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、回转件平衡等。第五章~第十四章为第二部分,主要包括:机械设计概论、连接、齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动、滑动轴承、滚动轴承、轴、联轴器和离合器、弹簧等。第十五章列举了舰船装备维修的三个教学案例。

本书可作为学历教育机械基础课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械基础/吴新跃,张文群主编. —北京:国防工业出版社,2016.6

ISBN 978 - 7 - 118 - 10461 - 5

I. 机... II. 吴... III. 机械设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 211483 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市众誉天成印务有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710 × 1000 1/16 印张 21 字数 400 千字

2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

# 前 言

本书根据海军初级指挥类、工程技术类军官学历教育新的人才培养目标,依据新制定的课程标准,在《舰用机械基础》教材基础上修订而成。

本书遵循素质教育、创新教育的指导思想,按照“厚基础、重实践、倡创新”的基本原则,以培养海军军官应具备的全面素质和综合能力为导向,遵循认知规律,着力提高学员理解机械的能力。在内容安排上突出“综合性”,把握“机构运动”和“零件失效”两个基本点,注重各章节内容的内在联系,通过装备实例和案例,加强机械基础理论与海军舰艇装备的结合。借鉴军、地院校机械基础类优秀教材,在保持机械基础知识体系完整的前提下,根据多年的教学经验,结合海军人才培养特点,对内容及其要求进行了合理的取舍,可满足不同专业机械基础课程的教学需求。

本书共 15 章,参加本书编写的有:吴新跃、张文群(绪论、第一章、第四章),郑建华(第二章、第七章),何世平(第三章),高霄汉(第五章、第六章),王基(第八章),韩江桂(第九章、第十二章),王素华(第十章),余丽(第十一章、第十五章),纪进召(第十三章、第十四章),潘兴隆(全书图形编辑)。全书由吴新跃、张文群担任主编。

本书承华中科技大学机械学院吴昌林教授和武汉理工大学刘正林教授审阅,他们提出了宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。

由于编者的水平和时间所限,误漏之处在所难免,诚恳欢迎广大读者提出批评和改进意见。

编 者  
2016 年 5 月

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 绪论 .....                       | 1  |
| 第一节 本书的主要内容 .....              | 1  |
| 第二节 现代机械的发展趋势 .....            | 3  |
| 第一章 平面机构 .....                 | 6  |
| 第一节 平面机构的组成 .....              | 6  |
| 第二节 平面机构运动简图 .....             | 8  |
| 第三节 平面机构的自由度 .....             | 13 |
| 第四节 铰链四杆机构的基本类型及其应用 .....      | 18 |
| 第五节 平面四杆机构的基本特性 .....          | 24 |
| 第六节 铰链四杆机构的演化 .....            | 27 |
| 第七节 平面四杆机构的设计 .....            | 32 |
| 第八节 凸轮机构的类型和应用 .....           | 37 |
| 第九节 凸轮从动件的常用运动规律 .....         | 39 |
| 第十节 图解法设计凸轮轮廓 .....            | 43 |
| 第十一节 设计凸轮机构应注意的问题 .....        | 47 |
| 习题 .....                       | 50 |
| 第二章 齿轮机构 .....                 | 55 |
| 第一节 齿轮机构的特点和类型 .....           | 55 |
| 第二节 齿廓实现定角速比传动的条件 .....        | 56 |
| 第三节 渐开线齿廓 .....                | 57 |
| 第四节 齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮的基本尺寸 ..... | 59 |
| 第五节 渐开线标准齿轮的啮合 .....           | 61 |
| 第六节 渐开线齿轮的切齿原理 .....           | 65 |
| 第七节 根切、最少齿数及变位齿轮 .....         | 68 |
| 第八节 平行轴斜齿齿轮机构 .....            | 70 |
| 第九节 锥齿轮机构 .....                | 75 |
| 习题 .....                       | 77 |
| 第三章 轮系 .....                   | 79 |
| 第一节 轮系的类型 .....                | 79 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第二节 定轴轮系及其传动比 .....          | 79  |
| 第三节 周转轮系及其传动比 .....          | 82  |
| 第四节 复合轮系及其传动比 .....          | 86  |
| 第五节 轮系的应用 .....              | 87  |
| 习题 .....                     | 90  |
| 第四章 回转件的平衡 .....             | 93  |
| 第一节 回转件平衡的目的 .....           | 93  |
| 第二节 回转件的平衡计算 .....           | 93  |
| 第三节 回转件的平衡试验 .....           | 98  |
| 习题 .....                     | 101 |
| 第五章 机械设计概论 .....             | 104 |
| 第一节 机械零件设计概述 .....           | 104 |
| 第二节 机械零件的强度 .....            | 105 |
| 第三节 机械零件的接触强度 .....          | 109 |
| 第四节 机械零件常用材料及其选择 .....       | 112 |
| 第五节 机械零件的工艺性和标准化 .....       | 114 |
| 第六章 连接 .....                 | 118 |
| 第一节 螺纹参数 .....               | 118 |
| 第二节 螺旋副的受力分析、效率和自锁 .....     | 120 |
| 第三节 机械制造常用螺纹 .....           | 122 |
| 第四节 螺纹连接的基本类型及螺纹紧固件 .....    | 125 |
| 第五节 螺纹连接的预紧和防松 .....         | 128 |
| 第六节 螺栓连接的强度计算 .....          | 131 |
| 第七节 螺栓的材料和许用应力 .....         | 136 |
| 第八节 提高螺栓连接强度的措施 .....        | 138 |
| 第九节 键连接、花键连接及销连接 .....       | 140 |
| 第十节 销连接 .....                | 144 |
| 习题 .....                     | 145 |
| 第七章 齿轮传动 .....               | 147 |
| 第一节 轮齿的失效形式 .....            | 147 |
| 第二节 齿轮材料及热处理 .....           | 149 |
| 第三节 直齿圆柱齿轮传动的的作用力及计算载荷 ..... | 152 |
| 第四节 直齿圆柱齿轮传动 .....           | 154 |
| 第五节 斜齿圆柱齿轮传动 .....           | 161 |
| 第六节 直齿锥齿轮传动 .....            | 165 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 第七节 齿轮的构造 .....            | 167        |
| 第八节 齿轮传动的润滑和效率 .....       | 169        |
| 习题 .....                   | 171        |
| <b>第八章 蜗杆传动</b> .....      | <b>174</b> |
| 第一节 蜗杆传动的特点和类型 .....       | 174        |
| 第二节 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸 ..... | 175        |
| 第三节 蜗杆传动的失效形式、材料和结构 .....  | 179        |
| 第四节 圆柱蜗杆传动的受力分析 .....      | 181        |
| 第五节 圆柱蜗杆传动的强度计算 .....      | 182        |
| 第六节 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算 ..... | 186        |
| 习题 .....                   | 189        |
| <b>第九章 带传动和链传动</b> .....   | <b>191</b> |
| 第一节 带传动概述 .....            | 191        |
| 第二节 带传动的工作原理 .....         | 199        |
| 第三节 带传动的张紧与安装维护 .....      | 205        |
| 第四节 链传动概述 .....            | 207        |
| 第五节 链传动的运动特性和受力分析 .....    | 213        |
| 第六节 链传动的正确使用和维护 .....      | 216        |
| 习题 .....                   | 219        |
| <b>第十章 滑动轴承</b> .....      | <b>220</b> |
| 第一节 摩擦的种类和基本性质 .....       | 220        |
| 第二节 滑动轴承的结构形式 .....        | 222        |
| 第三节 轴瓦及轴承衬材料 .....         | 224        |
| 第四节 润滑剂和润滑装置 .....         | 226        |
| 第五节 非液体摩擦滑动轴承的计算 .....     | 230        |
| 第六节 动压润滑的形成原理 .....        | 232        |
| 第七节 液体动压润滑的基本方程 .....      | 234        |
| 第八节 液体动压向心轴承的设计计算 .....    | 235        |
| 习题 .....                   | 239        |
| <b>第十一章 滚动轴承</b> .....     | <b>240</b> |
| 第一节 滚动轴承的基本类型和特点 .....     | 240        |
| 第二节 滚动轴承的代号 .....          | 244        |
| 第三节 滚动轴承的失效形式及选择计算 .....   | 247        |
| 第四节 滚动轴承的润滑和密封 .....       | 256        |
| 第五节 滚动轴承的组合设计 .....        | 258        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 习题 .....                    | 262        |
| <b>第十二章 轴 .....</b>         | <b>264</b> |
| 第一节 轴的功用和类型 .....           | 264        |
| 第二节 轴的材料 .....              | 265        |
| 第三节 轴的结构设计 .....            | 266        |
| 第四节 轴的强度计算 .....            | 270        |
| 第五节 轴的刚度计算 .....            | 275        |
| 第六节 轴的临界转速的概念 .....         | 277        |
| 习题 .....                    | 277        |
| <b>第十三章 联轴器、离合器 .....</b>   | <b>280</b> |
| 第一节 联轴器、离合器的类型和应用 .....     | 280        |
| 第二节 联轴器 .....               | 281        |
| 第三节 离合器 .....               | 288        |
| 习题 .....                    | 295        |
| <b>第十四章 弹簧 .....</b>        | <b>297</b> |
| 第一节 弹簧的功用和类型 .....          | 297        |
| 第二节 圆柱拉伸、压缩螺旋弹簧的应力与变形 ..... | 298        |
| 第三节 弹簧的制造、材料和许用应力 .....     | 301        |
| 第四节 圆柱拉伸、压缩螺旋弹簧的设计 .....    | 303        |
| 第五节 其他弹簧简介 .....            | 309        |
| 习题 .....                    | 312        |
| <b>第十五章 教学案例 .....</b>      | <b>314</b> |
| 第一节 教学案例一 .....             | 314        |
| 第二节 教学案例二 .....             | 318        |
| 第三节 教学案例三 .....             | 321        |
| <b>参考文献 .....</b>           | <b>326</b> |

# 绪 论

## 第一节 本书的主要内容

我们在生活、工作中几乎时时处处都离不开机器、机械。我们的舰艇、武器装备大多是由机械或机电一体化组合而成的,或本身就是一台机械(机器);机器的种类繁多,功能、外形各异,小到肉眼难以分辨(如纳米机器人),大到数十米高、数百米长的庞然大物(如航空母舰)。那么,机器、机械有些什么共同的特征呢?只要认真观察、稍加分析便可看出各种机器都具有以下三个方面的特征:

- (1) 机器是若干人为实体的组合;
- (2) 组成机器的各实体之间具有确定的相对运动;
- (3) 机器能用来代替或减轻人类的劳动去完成有用的机械功或转换能量。

进一步观察各种常见的机器(如牛头刨床、起重机、汽车、拖拉机等)便不难发现,这些机器都装有一个(或几个)用来接受外界输入能源的原动机(如电动机、内燃机等),并通过一系列运动及动力传送、改变或转换、分配或合并的中间装置(常见皮带轮、齿轮、凸轮等),把原动机的动作转变为机器工作部分为完成机器功能所要求的特定的动作(如牛头刨床上刨刀的往复动作,起重机吊钩的升降动作等),用于克服工作阻力,输出机械功。由此可见,一台完整的机器总是包括原动部分、传动部分和执行部分。如图 0-1-1 所示的单缸四冲程内燃机,由汽缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和 10 等组成。燃气推动活塞做往复运动,经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进、排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,在曲轴和凸轮轴之间安装了齿轮,齿数比为 1:2。这样,当燃气推动活塞、活塞带动连杆、连杆驱动曲轴运动时,就把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

不同机器的最终执行部分的运动规律千差万别,但是如果把机器拆开进行比较便会发现,在功能、外形、大小不同的机器中存在许多相似的结构或部件。例如,在大多数机器的传动部分中都用齿轮来传递或分配原动机的运动和动力,车床中有齿轮、汽车中有齿轮、舰船中也有齿轮,到处都可见到齿轮;也有很多机器中使用了皮带轮。如果撇开它们在做功和转换能量方面所起的作用,仅从结构和运动的

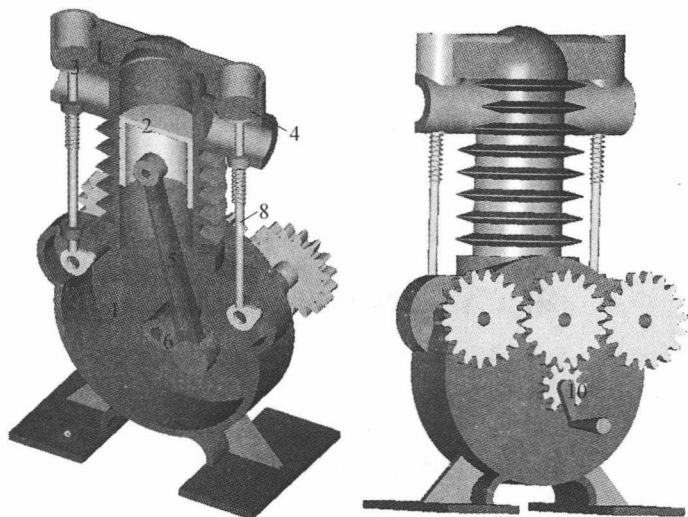


图 0-1-1 内燃机

角度分析,不难发现不同机器之间存在着共性。例如,内燃机和曲轴冲床都应用了曲柄—连杆—滑块(活塞或冲头)实现圆周运动与直线往复运动之间的相互转换。因此,为了能对机器进行更为深入、更为全面的研究,这里引入机构的概念。从上述例子中我们可以归纳出机构的主要特征:

- (1) 机构是若干人为实体的组合;
- (2) 组成机构的各实体之间具有确定的相对运动。

机构与机器二者的关系类似于化学中元素与化合物之间的关系。任何一台机器都至少应该用一种机构,而同一种机构可以用在不同的机器中。若撇开机器在做功和转换能量方面所起的作用,仅从结构和运动的观点来看,则机器与机构之间并无区别,因此,在习惯上用“机械”一词作为机器和机构的统称。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。那么什么是零件呢?零件是指在加工过程中的一个整体。构件可以是一个零件,也可以是几个零件组成的刚性连接(各零件间没有相对运动)。内燃机的连杆就是由连杆体、连杆盖、螺栓以及螺母等几个零件组成的。这些零件形成一个整体而进行运动,所以称为一个构件。由此可见,构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

机器中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等。机械零件也可分成两类:一类称为通用零件,它们在各种机械中都能经常遇到,如齿轮、螺栓、轴、轴承、弹簧等;另一类称为专用零件,它们只出现在某些机械中,如汽轮机或燃气轮机中的叶片、内燃机中的活塞等。

## 第二节 现代机械的发展趋势

当今高科技发展日新月异,以信息、能源、材料、生物工程和节能环保技术为代表的新兴科技正向人们展示出诱人的发展前景,虽然以机械工业为代表的传统产业已受到严峻的挑战,失去了在整个工业中的统治地位,但是这并不意味着机械工业真的会像夕阳一样日薄西山、停滞不前甚至出现倒退。机械工程技术是工程技术的重要组成部分,它是以自然科学与技术科学为理论基础,结合生产实践中的技术经验,研究和解决在设计、制造、安装、使用维修各种机械中的理论和实际问题的应用学科。各种机械的发明、设计、加工与制造以及使用与维修所涉及的技术均属机械工程技术的范畴。无论是现在还是在未来机械工业仍将是国家工业体系的主要基础和支柱。实际上现代机械已经大量采用当今高新技术成果从而取得了重大的进步,各种新技术、新材料、新工艺得到了迅速发展和广泛应用,机械工业正在经历着一场全面而深刻的变革。这些变革将推动机械工业向绿色化、智能化、服务化方向发展。

机电一体化技术就是其中一个重要的发展方向,并已经形成了一门新的复合型边缘学科,它由微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、信息处理技术、计算机技术、自动控制技术、伺服传动技术、精密机械技术以及系统总体技术等多种技术相互交叉、相互渗透与融合而成。机电一体化技术已经从根本上改变了传统机械的模式,赋予机械以新的生机和活力,出现了高度自动化并且具有一定智能化的机器。同时,机电一体化技术也给机械的设计、制造和使用等各方面带来了许多全新的概念理论和方法。

在信息技术推动下,基于计算机的现代仿真技术正在快速发展,使 CAX(CAD、CAM、CAE、CAT)等计算机辅助设计、制造、工程、测试技术近年来发展迅速,已在发达国家中得到了普遍应用,对机械设计及制造过程产生了极其深刻的影响。它不仅仅是实现了无图纸设计,更重要的是 CAX 技术使设计人员在制造出机械之前就能对所设计的机械进行全面的分析(如各零件的应力、应变分析,整机的模态分析等),甚至对其(虚拟样机)各方面性能进行测试,如汽车在设计阶段就可知其在什么路况、车速下每位乘客所能听到的噪声值。汽车的碰撞、炮弹的穿甲功能等都可设计阶段计算出来。许多在传统设计过程中难以实现的设计理论和方法(如动态设计、优化设计、模块化设计等)得以全面应用,大大提高了所设计机械的性能。同时,CAD 技术(特别是并行设计技术)与数控加工技术结合能大大缩短试制周期,降低研发成本。例如,波音 777 飞机采用虚拟数字样机设计分析技术,实现了无图纸、无样机一次成功。又如 ZD Net 网上杂志报道,波音飞机公司及洛克希德·马丁公司均希望在两年后取得美国国防部数千亿美元的合约。除设计新战机

外,它们建立的虚拟仿真系统,将用作研发和测试新战机,并用于训练飞行及地勤人员。两家公司的雏形机,目前已在加州一秘密机场用硅图公司(SGI)高速系统进行模拟,每个画面要处理上百万个多边形。该系统不仅呈现外形,也须呈现内部机械细节。新一代的机械模拟系统,更可透过机械臂回传力量及触觉,因此用户可真的摸到东西。美国两大航空业巨人正在参与的、利用虚拟仿真系统协助设计新世纪战机:“精密战机在停机坪上发动机隆隆响动,两枚飞弹缓缓送来,身穿橄榄色服装的地勤,准备为超级战机装备飞弹……”其实这里的飞机、导弹、停机坪等,都是未来的虚拟空间,驾驶员头戴虚拟头盔,坐在美国西雅图波音飞机公司虚拟实验室的JSF战机模拟系统中。在舰艇的论证、设计、试验中也大量采用此项技术,所有设计人员的设计直接在计算机上以虚拟实体,例如,美国海军“百人队长”级核动力潜艇(NSSN)的设计过程就完全采用计算机辅助设计的形式显示出来,图0-2-1就是该型潜艇的一种设计方案。在设计网络上形成了一个具有全部设计细节的虚拟潜艇。在最后制造之前完全取消了图纸,所有的设计都是在计算机上进行的。该潜艇的设计采用网络化的并行设计技术,设计阶段的所有活动都在设计数据库中综合和汇总。参与设计的每个人都能从网络上知道其所需知道的所有设计细节,每个人所进行的设计也都能实时地反馈给需要知情的人员,因此每项修改设计平均所用的时间由原来的几天减少到几小时,同时更为重要的是,这种设计信息的直接的、实时的反馈方式能够最大限度地避免由于不同设备设计人员之间协调不够而造成的设计失误。图0-2-2是这种设计方式的简况。正因为采取了先进的CAD技术,该级潜艇的方案设计工作进行得非常充分,在确定最后方案之前,先后一共设计了15个方案,最后从中选定“廉价、多能”的设计方案进行制造。必须引起注意的是,此处的设计方案与传统的设计方案完全是两个概念,这里的每一个设计方案都是已经设计出细节的,只要稍加完善就可以进行制造的完整设计,而不是那种只有框架的传统设计方案。据称该型潜艇的设计数据库容量达150GB。

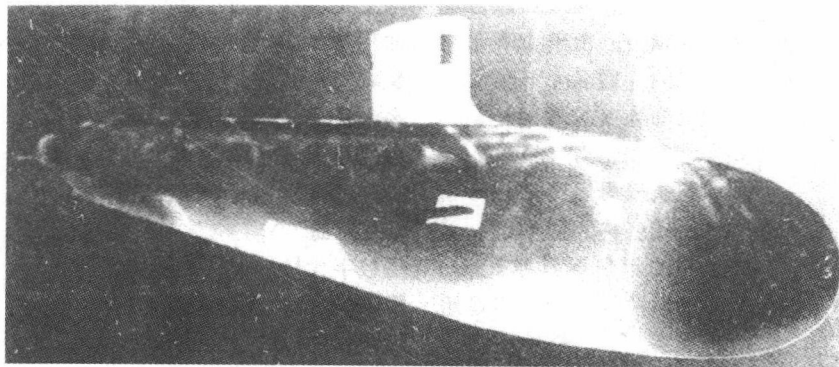


图0-2-1 美国海军“百人队长”级潜艇一种设计方案的计算机实体造型

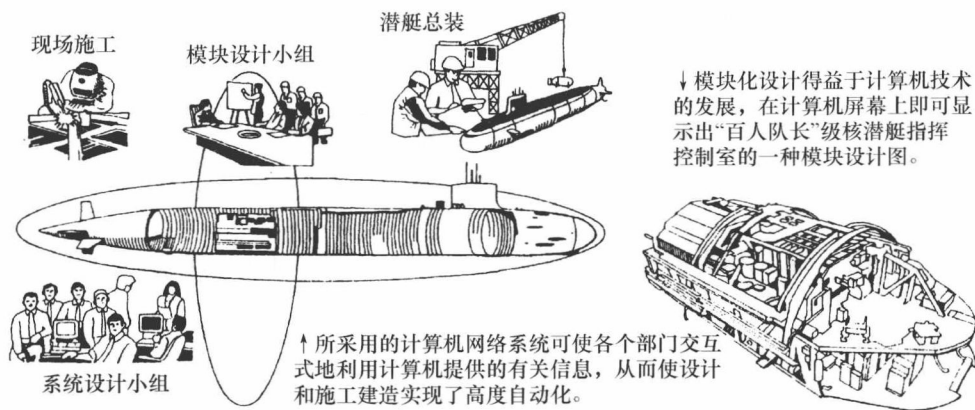


图 0-2-2 美国“百人队长”级潜艇计算机辅助设计过程

在武器装备的维护修理及教育、训练方面,CAX 技术及不断发展起来的虚拟现实技术起着越来越重要的作用。例如,有些结构复杂、精密的机械装备不能轻易进行实际拆装,但可在计算机上进行虚拟拆装、分析失效零部件,使维修工作手到病除;用于训练操作人员,可节省大量时间和经费。这些仅是 CAX 技术在海军工程中应用的例子,从中我们可以看到该技术对提高海军装备的技术水平,节省经费具有十分重要的意义。现代发展之中的虚拟现实技术,不但能使装备数字化、信息化,还可使战场环境信息化,战争演练在实验室中进行,我们应密切注意这些技术的发展。

因此在学习本课程时,除掌握好传统机械方面的知识外,应注意掌握机电一体化、CAX 等方面的理论基础和知识,注意设计创新能力的提高,为将来更好地管理使用好海军装备打好基础。

综上所述,机电一体化和 CAX 等高新技术正在或者说已经引发了机械科技发展史上的一次最为深刻而巨大的革命。现代机械工程技术人员应具备更高的素质,只掌握传统机械方面的知识是远远不够的,还必须具备电力、电子、控制、计算机等多学科的扎实理论基础和知识。本教材在介绍传统机械方面的基础知识的同时也将尽可能地多介绍一些新理论、新方法、新技术、新材料、新工艺,以及它们在海军工程中的应用,开拓大家的视野。

# 第一章 平面机构

如绪论所述,机构是由构件组成的,它的各构件之间具有确定的相对运动。显然,任意拼凑的构件组合不一定能发生相对运动,即使能够运动,也不一定具有确定的相对运动。讨论构件按照什么条件进行组合才具有确定的相对运动,对于分析现有机构或设计新机构都是非常重要的,对于上舰管理使用机械,掌握熟悉未曾遇到的机械装备也很有作用。

实际机械的外形和结构都很复杂,在工程中应当学会用简单线条和符号来绘制机构的运动简图,以便分析研究机构,因而我们应该掌握绘制机构运动简图的方法,此方法与分析电路时用的电路图一样对于分析机构十分方便。

所有构件都在相互平行的平面内运动的机构称为平面机构,否则称为空间机构。目前,工程中常见的机构大多属于平面机构,这些机构广泛应用于如船舶内燃机、舵机、减摇鳍、泵、锚机等各种甲板机械、飞机起落架、航空母舰上的各种飞行保障机械等多种装置中,本章限于讨论平面四杆机构及其演化、凸轮机构等平面机构。平面机构是分析研究空间机构的基础,对于空间机构,分析方法与平面机构是相似的。

## 第一节 平面机构的组成

一个做平面运动的自由构件有三个独立运动的可能性。如图 1-1-1 所示,在  $Oxy$  坐标系中,构件  $S$  可随其上任一点  $A$  沿  $x$  轴、 $y$  轴方向移动和绕点  $A$  转动,这种可能出现的独立运动称为构件的自由度。所以,一个做平面运动的自由构件有三个自由度。

机构是由许多构件组成的。机构的每个构件都以一定的方式与某些构件相互连接,这种连接不是固定连接,而是能产生一定相对运动的连接。这种使两构件直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。例如,轴与轴承的连接、活塞与汽缸的连接、传动齿轮两个轮齿间的连接等都构成运动副。显然,构件组成运动副后,其独立运动便受到约束,自由度便随之减少。

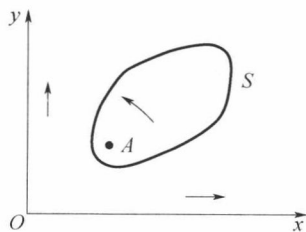


图 1-1-1 平面运动刚体的自由度

两构件组成的运动副,不外乎通过点、线或面的接触来实现。按照接触特性,通常把运动副分为低副和高副两类。

### 1. 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。平面机构中的低副有回转副和移动副两种。

(1) 回转副:若组成运动副的两构件只能在一个平面内相对转动,这种运动副称为回转副,或称铰链,如图 1-1-2 所示。在图 1-1-2(a)所示轴 1 与轴承 2 组成的回转副中,有一个构件是固定的,故称为固定铰链。图 1-1-2(b)所示构件 1 与构件 2 也组成回转副,它的两个构件都未固定,故称为活动铰链。

(2) 移动副:若组成运动副的两个构件只能沿某一轴线相对移动,这种运动副称为移动副,如图 1-1-3 所示。

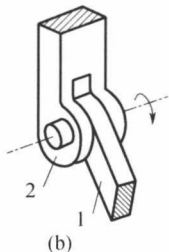
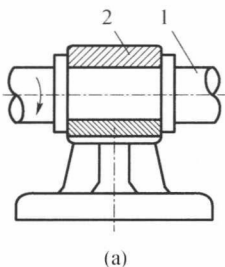


图 1-1-2 回转副

1—轴;2—轴承。

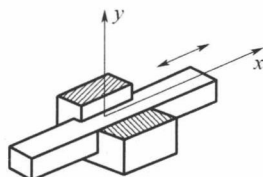
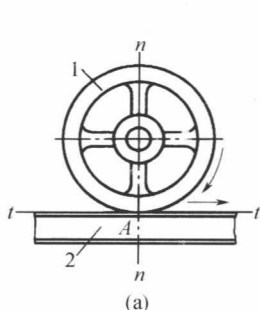


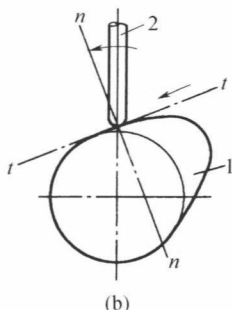
图 1-1-3 移动副

### 2. 高副

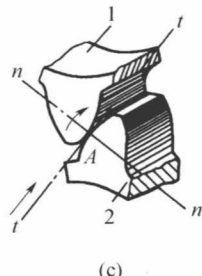
两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副。图 1-1-4(a)中的车轮与钢轨、图 1-1-4(b)中的凸轮与从动件、图 1-1-4(c)中的轮齿 1 与轮齿 2 分别在接触处 A 组成高副。组成平面高副两构件间的相对运动是沿接触处切线  $t-t$  方向的相对移动和在平面内的相对转动。



1—车轮;2—钢轨。



1—凸轮;2—从动件。



1—轮齿;2—轮齿。

图 1-1-4 平面高副举例

除上述平面运动副之外,机构中还经常见到如图 1-1-5(a) 所示的球面副和图 1-1-5(b) 所示的螺旋副。这些运动副两构件间的相对运动是空间运动,故属于空间运动副。空间运动副已超出本章讨论的范围,故不赘述。

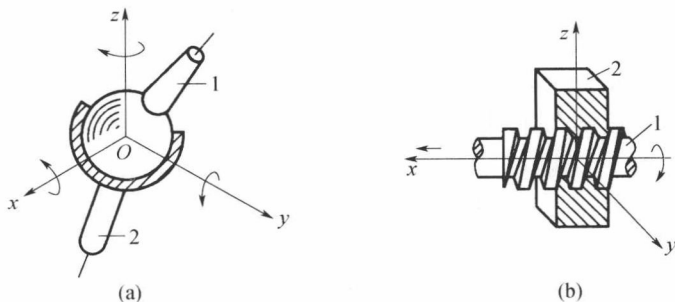


图 1-1-5 球面副和螺旋副

1—构件 1;2—构件 2。

机构中的构件按其运动性质可分为三类:

(1) 固定件(机架)——是用来支撑活动构件的构件。例如,图 0-1-1 中的汽缸体就是固定件,它用以支承活塞和曲轴等。研究机构中活动构件的运动时,常以固定件作为参考坐标系。

(2) 原动件——运动规律已知的活动构件。它的运动是由外界输入的,故又称为输入构件。例如,图 0-1-1 中的活塞就是原动件。

(3) 从动件——机构中随着原动件的运动而运动的其余活动构件。其中输出机构预期运动的从动件称为输出构件,其他从动件则起传递运动的作用。例如,图 0-1-1 中的连杆和曲轴都是从动件,由于该机构的功用是将直线运动变换为定轴转动,因此,曲轴是输出构件,连杆是用于传递运动的从动件。

任何一个机构中,必有一个构件被相对地看作固定件。例如,汽缸体虽然跟随汽车运动,但在研究发动机的运动时,仍把汽缸体当作固定件。在活动构件中必须有一个或几个原动件,其余的都是从动件。

## 第二节 平面机构运动简图

实际构件的外形和结构往往很复杂(如图 1-2-1(a) 螺旋桨调距装置),一时难以分析清楚它们的运动关系及原理。因此,在研究机构运动时,为简化问题,有必要撇开那些与运动无关的构件外形和运动副具体构造,仅用简单线条和符号来表示构件和运动副,并按比例定出各运动副的位置(如图 1-2-1(b) 调距机构),这样分析起来就简便多了,机构运动简图对于将来管理使用好机械装备非常重要。

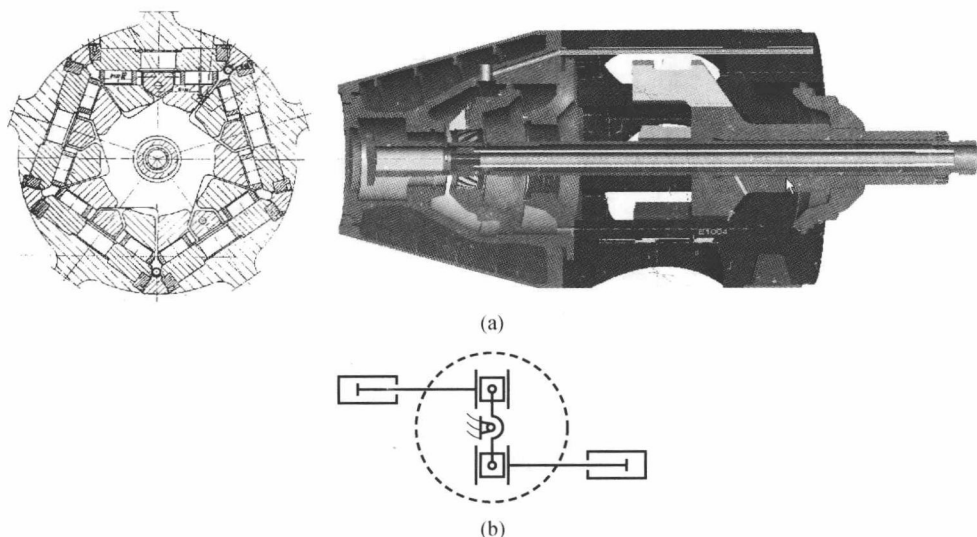


图 1-2-1 螺旋桨调距装置及机构  
(a) 螺旋桨调距装置; (b) 调距机构。

如图 1-2-2(a) 为航空母舰飞机止动装置的止动同步释放系统, 主要由同步轴、同步曲柄、释放油缸组件、止动释放杆组件、机架等组成。

止动同步释放系统的工作原理: 释放油缸在液压控制系统的驱动下, 通过活塞杆伸出和缩回, 带动同步轴旋转, 使止动挡板升起和释放, 在正常使用过程中, 整个机构动作灵活, 无异常杂音和阻滞现象。从机构学的角度讲, 止动同步释放系统实质上是一组平面多杆机构, 包括释放油缸、活塞杆、止动释放杆、滚轮组件和同步曲柄五个活动构件, 形成 7 个低副 (5 个转动副、2 个移动副), 如图 1-2-2(b) 所示。

这种说明机构各构件间相对运动关系的简单图形, 称为机构运动简图。机构运动简图与电路分析的电路图类似, 不仅可以简明地反映原机构的运动特性, 而且可以对机构进行运动和动力分析, 是设计及分析机构运动的重要环节。机构运动简图中的运动副表示如下。

图 1-2-3(a)、1-2-3(b) 是两个构件组成回转副的表示方法。用圆圈表示回转副, 其圆心代表相对转动轴线。若组成回转副的两构件都是活动件, 则用图 1-2-3(a) 表示。若其中有一个为机架, 则在代表机架的构件上加上斜线, 如图 1-2-3(b) 所示。两构件组成移动副的表示方法如图 1-2-3(c)、图 1-2-3(d) 所示。移动副的导路必须与相对移动方向一致。同前所述, 图中画有斜线的构件表示机架。