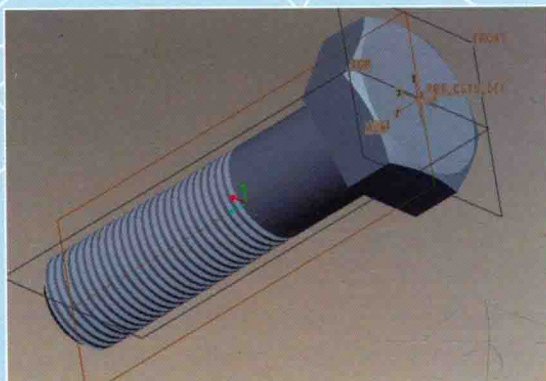




高等职业院校机电类专业“十三五”系列规划教材



常用机构与通用零件设计

CHANGYONG JIGOU YU TONGYONG LINGJIAN SHEJI



主 编 李如钢

副主编 王江林 李 蕊

刘全峰

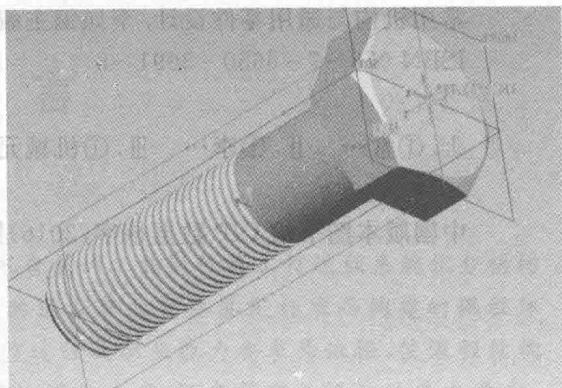


合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



高等职业院校机电类专业“十三五”系列规划教材

第1版 (2016) 第1次印刷



常用机构与通用零件设计

CHANGYONG JIGOU YU TONGYONG LINGJIAN SHEJI

主 编 李如钢

副主编 王江林 李 芯

刘金峰



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

常用机构与通用零件设计/李如钢主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2017. 1
ISBN 978-7-5650-3091-8

I. ①常… II. ①李… III. ①机械元件—机械设计 IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 285817 号

常用机构与通用零件设计

主 编 李如钢

责任编辑 马成勋

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 理工图书编辑部:0551-62903200
市 场 营 销 部:0551-62903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版 次 2017 年 1 月第 1 版
印 次 2017 年 1 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 14.75
字 数 348 千字
印 刷 安徽昶颜包装印务有限责任公司
发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-3091-8

定价: 35.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换

前 言

职业活动导向课程是在对某行业有一定技术含量的工作岗位群工作过程系统化分析的基础上,提炼形成岗位群职业能力,并结合相关的国家职业资格鉴定标准而构建的课程体系。职业院校的课程应该以职业或岗位现场工作过程及职业能力要求为依据,使课程结构和教学内容最大限度地体现职业功能,最大限度地满足生产、服务等职业活动的基本要求。课程突出能力目标,课程内容的主要载体是项目和任务。职业活动导向课程的核心是培养学生具备与工作岗位群相对应的的技术实践能力,除了要求学生具备必需的相关理论知识外,更注重培养学生运用相关的理论知识解决实际问题的能力,培养学生运用相关的理论知识解决职业活动中实际问题的能力是职业活动导向课程建构的最终目标。学生通过实施项目化教学,工作现场情景化演练,角色扮演等教学方式,具备从事某几种技术岗位工作的基本能力,形成良好的职业素养,具有一定的职业潜移能力和职业发展能力。

机械设计基础是高等职业院校机械类专业的一门技术核心课程,旨在培养工程技术人员所需的常用机构和通用零件设计的基本知识、基本理论和基本技能,使之具有分析、运用和维护机械传动装置和机械零件设计的能力,为今后解决生产实际问题及学习新的科学技术打下基础。它是从理论性、系统性很强的基础课和专业基础课向实践性较强的专业课过渡的课程,在整个学习过程中占有非常重要的地位。多年来,国内一些从事教学的教师,进行了课程内容的重组、教学方法的创新、考核方式的探索、实践教学环节的改革。使部分内容形成了模块式的分类教学,案例式的目标教学等。改善了传统教学中以本科压缩型的教学模式,理论部分不注重实用性与综合性,理论偏多、偏深,没有考虑到理论与技能上的内在联系,没有切实突出高职教育的特色。但仍缺乏把应用能力训练作为中心,与相关行业的生产实践脱节,缺乏实用性,课程跟不上行业的发展,滞后现象明显,不能与行业的发展同步,学生知识更新速度慢等缺点。尽管教学效果有一定的提高,但课程用教材、教学大纲、实践教学环节、以及考试方法等仍保持原学科体系的模式,没有系统性地对课程进行基于职业活动导向的开发,课程难以建立在职业工作的整体性、工作过程的完整性之中,不能体现“教、学、做”一体化。我们通过深入实际工作现场,与机械工程专家、工程师和企业生产一线人员的访谈研讨,调研典型职业活动的工作过程。并走访武汉工程职业技术学院等院校的教师,对教材、教法、实训、考试等方面作了探讨和分析,一致认为有必要对原机械设计基础课程,以职业岗位的典型工作任务归纳职业行动领域,再按照教育规律,转换为新的学习领域课程——基于职业活动导向的常用机构与通用零件设计课程。

本书是以单缸内燃机的运动分析、带式传输机传动装置设计两个典型的工作任务作为课程项目,以此为载体实现职业活动导向的课程开发而编写。具体实现了:(1)有利于学生职业综合能力的形成。使能力目标、知识目标、素质目标融为一体。(2)有利于实现“教、学、

做”一体化。打破以知识传授为主要特征的传统学科体系课程模式,转变为以职业活动导向的课程内容。(3)有利于实现“工学结合”。将抽象的理论更具体化、工作化、过程化,使学生成为课程实施和评价的主体,明确工作任务所需的知识点,主动地投入有启发性的学习情境中,能动地构建知识。(4)有利于帮助学生认识典型工作岗位“做什么”、“怎么做”和“怎么做得更好”。

本课程由鄂州职业大学机械工程学院和武汉工程职业学院机电工程学院教师共同编写。鄂州职业大学机械工程学院副教授李如钢担任主编,鄂州职业大学机械工程学院副教授刘全锋、讲师王江林和武汉工程职业学院机电工程学院讲师李芯等担任副主编。李如钢编写绪论、项目二中的子项目1、4;刘全锋编写项目二中的子项目5、6;王江林编写项目一中的子项目1、2、3;李芯编写项目二中的子项目2、3。

为了方便教师教学,本课程配有电子教学课件。由于编者水平有限加之时间仓促,缺点和错误在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

2016年12月

目 录

绪论 常用机构与通用零件设计的预备知识	(001)
项目一 单缸内燃机的运动分析	(007)
子项目 1 单缸内燃机中的机构运动条件分析	(008)
子项目 2 单缸内燃机中的曲柄滑块机构分析	(017)
子项目 3 单缸内燃机中的配气机构分析	(033)
项目二 带式传输机传动装置的设计	(046)
子项目 1 机械传动装置的总体设计	(047)
子项目 2 带式传输机传动装置中的带传动设计	(064)
子项目 3 带式传输机中减速器的齿轮传动设计	(098)
子项目 4 带式传输机中减速器的箱体设计及联接件的选择	(159)
子项目 5 带式传输机中减速器轴的设计	(183)
子项目 6 带式传输机中减速器轴承及联轴器的选择	(204)

绪论 常用机构与通用零件设计的预备知识

0.1 机械的基本知识

1. 机械的组成与特征

人类在改造世界的过程中,为减轻劳动强度,提高工作效率,创造并发展了各种机械设备。如汽车、起重机、洗衣机、自行车和各种机床等机器。

机械的种类繁多,形式各不相同,但却有共同的特征。

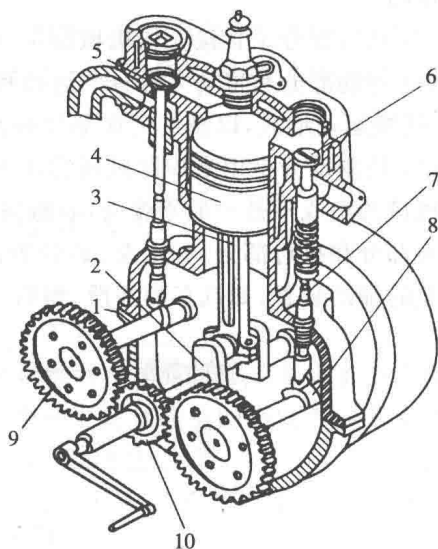
如图 0-1 所示的自行车,它由后轮 1、飞轮 2、链条 3、踏板 4、链轮 5 等组成。当人蹬踏使链轮顺时针转动带动链条运动时,飞轮内的棘轮棘爪机构驱使后轮转动,使自行车向前运动。

如图 0-2 所示的单缸内燃机,它由缸体 1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8 及齿轮 9 和 10 等组成。通过燃气在汽缸内实现进气压缩爆燃排气的循环,推动活塞移动连杆,使曲轴作连续转动,从而使燃气的热能转变为曲轴转动的机械能。



1-后轮; 2-飞轮; 3-链条; 4-踏板; 5-链轮

图 0-1 自行车



1-缸体; 2-曲轴; 3-连杆; 4-活塞; 5-进气阀;
6-排气阀; 7-推杆; 8-凸轮; 9, 10-齿轮

图 0-2 单缸内燃机

如图0-3所示的颚式破碎机,它由电动机1、带轮2、带轮4、V带3、偏心轴5、动颚板6、定颚板7、肘板8等组成。当电动机的转动通过V带传动使偏心轴转动,而实现动颚板作平面运动,它不断地将料斗中的矿石向定颚板挤压,以达到破碎矿石的目的。

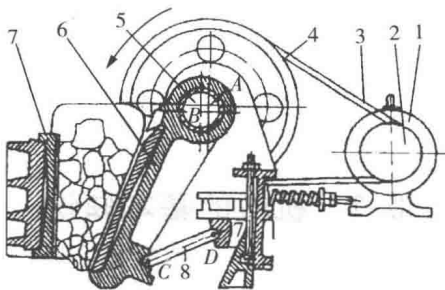


图 0-3 颚式破碎机

1—电动机;2、4—带轮;3—V带;5—偏心轮;6—动颚板;7—定颚板;8—肘板

根据上述实例分析,从机械的组成与运动的确定性和机械的功能关系来看,它们都具有以下3个共同的特征:

- (1) 结构特征 —— 它们都是人为的实物体(构件)组合;
- (2) 运动特征 —— 各个实物体(构件)之间具有确定的相对运动;
- (3) 功能关系特征 —— 能做有用的机械功或完成能量、物料与信息的转换和传递。

从机械的构成来看,一部完整的机器主要有以下4个部分组成:

- (1) 动力部分是机械的动力来源,其作用是把其他形式的能转变为机械能以驱动机械运动并作功。
- (2) 执行部分是直接完成机械预定功能的部分。
- (3) 传动部分是将动力部分的运动和动力传递给执行部分的中间环节,它可以改变运动速度、转换运动形式,以满足工作部分的各种要求。
- (4) 控制部分是用来控制机械的其他部分,使操纵者能随时实现或停止各项功能。

机械的组成不是一成不变的,有些简单机械不一定完整具有上述4个组成部分,有的只的动力部分和执行部分,如水泵、砂轮等;而对于较复杂的机械,除具有上述4个部分外,还有其他的辅助装置,如汽车的润滑、照明、喇叭等部分。

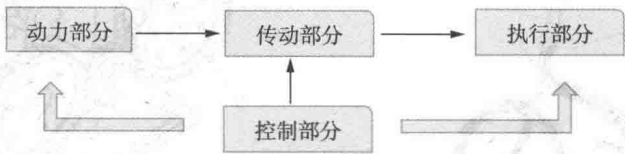


图 0-3 机械组成图

2. 机械中的几个概念

要研究机械,首先掌握几个基本概念

(1) 机器和机构

从上面典型机械的分析可知,同时具备结构、运动和功能关系3个特征的实物组合体称

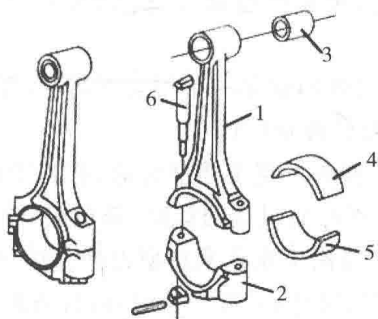
为机器。只具备结构和运动前两个特征的实物组合体称为机构。机器包含一个或多个机构,如内燃机由3大机构组成,分别是曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构。

如从结构和运动的角度来看,机器与机构并无区别,因此,通常把机器与机构统称为机械。

(2) 构件和零件

组成机构的各个相对运动部分称为构件。它是运动的最小单元,可由一个或多个实物体组成。如图0-5所示的内燃机连杆,它是由连杆体1、连杆盖2、轴瓦3-5、螺栓6、螺母、开口销等实物体所组成。

组成构件的每一个实物体称为零件。它是制造的单元,是不可拆的,如齿轮、轴、螺栓、螺母等。



1-连杆体; 2-连杆盖; 3~5-轴瓦; 6-螺栓

图0-5 连杆简图

零件可分为两大类:通用零件和专用零件。通用零件是指各种机器中经常用到的零件,如齿轮、轴、螺栓、螺母等。专用零件是只出现在某些特定的机器中,如涡轮机的叶片、飞机的螺旋桨内燃机的曲轴等。

0.2 机械设计的基本知识

一、机械设计的基本要求

机械设计包括:应用新技术、新方法开发创造新机械和在原有机机械的基础上重新设计或进行局部改造,从而改变或提高原有机机械的性能等两种。设计质量的高低直接关系到产品的性能、价格及经济效益。

机械零件是机器的基本制造单元,在讨论机械设计的基本要求之前,应初步了解设计机械零件的一些基本要求。

1. 设计机械零件的基本要求

零件工作可靠并且成本低廉是设计机械零件应满足的基本要求。

零件的工作能力是指零件在一定的工作条件下抵抗可能出现的失效的能力,对载荷而言称为承载能力。失效是指零件由于某种原因不能正常工作,只有每个零件都能可靠的工

作,才能保证机器的正常运行。

为此在设计时应该注意以下几点:

- ① 合理选择材料,降低材料费用。
- ② 保证良好的加工工艺性,降低制造成本。
- ③ 尽量采用标准化通用化设计,简化设计过程,从而降低成本。

2. 机械设计的基本要求

机械产品设计应该满足以下几方面的基本要求。

(1) 实现预定功能 设计的机器能实现预定的功能,在规定的工作条件下能正常运转,并有一定的寿命。

(2) 满足可靠性要求 机器由许多零件及部件组成,其可靠性取决于零部件的可靠度。机械系统的零部件越多,其可靠性也就越低,因此在机械设计时应尽量减少零件的数目。

(3) 满足经济性要求 经济性指标是一项综合性指标,要求设计及制造成本低,生产效率高,能源和材料消耗少、维护及管理费用低。

(4) 操作方便、工作安全 操作系统要简便可靠,有利于减轻操作人员的劳动强度。要有各种保险装置,以消除由于误操作而引起的危险,避免人身伤害及设备事故的发生。

(5) 造型美观、减少污染 运用工业艺术造型设计方法对机械产品进行工业制造设计,使所设计的机器不仅使用性能好、尺寸小、价格低廉,而且外形美观、富有时代特点。机械产品的造型直接影响产品的销售和竞争力,在机械设计中不容忽视。

此外,还必须尽可能地降低噪声,减轻对环境的污染。

二、机械设计的内容与步骤

机械设计是一项复杂、细致和科学性很强的工作。随着科学技术的发展,对设计的理解在不断地深化,设计方法也在不断地发展。

机械设计过程通常可以分为以下几个阶段:

(1) 产品规划 产品规划的主要工作是提出设计任务和明确设计要求,这是机械产品设计首先需要解决的问题。通常人们是根据市场需求提出设计任务,通过可靠性分析后才能进行产品规划。

(2) 方案设计 在满足设计任务书中设计具体要求的前提下,由设计人员构思出多种可行性方案并进行分析论证,从中优选出一种能完成预定功能、工作性能可靠、结构设计可行、成本低廉的方案。

(3) 技术设计 在既定设计方案的基础上,完成机械产品的总体设计、部件设计、零件设计等,设计结果以工程图及设计说明书的形式表达出来。

(4) 制造及试验 经过加工、安装及调试制造出样机,对样机进行试运行或在生产现场试用,将试验过程中发现的问题反馈给设计人员,经过修改完善,最后通过鉴定。

与设计机器时一样,设计机械零件也常需拟定出几种不同的方案,经过认真比较选用其中最好的一种。设计机械零件的一般步骤如下:

- ① 根据机器的具体运转情况和简化的计算方案,确定零件的载荷。
- ② 根据零件工作情况的分析,判定零件的失效形式,从而确定其计算准则。

③ 进行主要参数选择,选定材料,根据设计计算准则求出零件的主要尺寸,考虑热处理及结构工艺性要求等。

④ 进行结构设计。

⑤ 绘制零件工作图,制定技术要求,编写设计计算说明书及有关技术文件。

对于不同的零件和不同的工作条件,以上这些步骤可能有所不同。此外在设计过程中这些步骤又是相互交错、反复进行的。

三、机械零件的失效形式及设计计算准则

零件丧失预定功能或预定功能指标降低到许用值以下的现象,称为机械零件的失效。由于强度不够引起的破坏是最常见的零件失效形式,但并不是零件失效的唯一形式。进行机械零件设计时必须根据零件的失效形式分析失效的原因,提出防止或减轻失效的措施,根据不同的失效形式提出不同的设计计算准则。

1. 失效形式

机械零件最常见的失效形式大致有以下几种情况。

(1) 断裂

机械零件的断裂通常有以下两种情况:① 零件在外载荷作用下,某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时将发生断裂(如螺栓的折断)。

② 零件在循环变应力的作用下,危险截面上的应力超过零件的疲劳强度而发生疲劳断裂(如齿轮的断裂)。

(2) 过量变形

当零件上的应力超过材料的屈服极限时,零件将发生塑性变形。当零件的弹性变形量过大时也会使机械不能正常工作,如机床主轴的过量弹性变形会降低机床的加工精度。

(3) 表面失效

表面失效主要有疲劳点蚀、磨损、压溃和腐蚀等形式。表面失效后通常会增加零件的磨损,使零件尺寸发生变化,最终造成零件的报废。

(4) 破坏正常的工作条件引起的失效

有些零件只有在一定的工作条件下才能正常的工作,否则就会引起失效,如皮带传动因过载会打滑,使传动不能正常工作。

2. 机械零件的设计准则

同一零件对于不同的失效形式的承载能力也各不相同。根据不同失效原因建立起来的工作能力判定条件,称为设计计算准则。主要是下面两种。

(1) 强度准则

强度是零件应满足的基本要求。强度是指零件在载荷作用下抵抗断裂、塑性变形及表面失效(磨粒磨损、腐蚀除外)的能力。强度可分为整体强度和表面强度(接触与挤压)两种。

整体强度的判定准则:零件在危险截面处的最大应力(σ 、 τ)不应超过允许的限度(即许用应力,用 $[\sigma]$ 或 $[\tau]$ 表示),即

$$\sigma \leq [\sigma]$$

或

$$\tau \leq [\tau]$$

表面接触强度的判定准则:在反复接触应力作用下,零件在接触处的接触应力 σ_H 应该小于或等于许用接触应力值 $[\sigma_H]$,即

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

对于受挤压的表面,挤压应力不能过大,否则会发生表面塑性变形、表面压溃等。挤压强度的判定准则为:挤压应力 σ_{bs} 应小于或等于许用挤压应力 $[\sigma_{bs}]$,即

$$\sigma_{bs} \leq [\sigma_{bs}]$$

(2) 刚度准则

刚度是指零件受载后抵抗弹性变形的能力,其设计计算准则为:零件在载荷作用下产生的弹性变形量应小于或等于机器工作性能允许的极限值。

四、机械零件的常用材料与结构工艺性

1. 机械零件的常用材料

机械零件的常用材料有碳素结构钢、合金钢、铸铁、有色金属、非金属材料及各种复合材料。其中碳素结构钢和铸铁应用最广。

2. 材料的选择原则

- (1) 满足使用性能要求;
- (2) 有良好的加工工艺性;
- (3) 选择材料要综合考虑经济性要求。

3. 机械零件的结构工艺性

机械零件良好的工艺性是指:在一定的生产规模和生产条件下,能用最少的时间和最小的劳动量以及用一般的加工方法将零件制造出来,而且装配方便。机械零件工艺性能的好坏取决于零件的结构,所以又称为结构工艺性。零件的制造过程一般包括毛坯生产、切削加工、热处理和装配等阶段,各阶段对零件的结构要求互相联系、互相影响。所以,在设计零件的结构时必须全面考虑,应使所设计的零件具有良好的工艺性。

0.3 本课程的主要内容和任务

1. 主要内容

研究机械中的常用机构、通用零件的工作原理、结构特点、运动特性、基本设计理论、计算方法;零部件的选用原则、国家有关标准等。

2. 课程任务

通过本课程的学习,应培养学生的基本技能、综合分析和解决工程实际问题的能力;培养创新意识和团队协作精神;掌握通用零件的基本知识、分析方法、设计计算方法;常用机构的基本理论;具有运用标准、手册、图册等有关技术资料的能力。

项目一 单缸内燃机的运动分析

单缸内燃机是一个含有平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构的典型机器。本项目以单缸内燃机为载体,以分析单缸内燃机的运动为项目任务,从而掌握机构的组成,机构运动简图的画法,机构自由度的计算及机构具有确定运动的条件。进而能具体分析工程实际中的常用机构组成、特性及必要的设计。

能力目标

- (1) 根据机构组成的知识,能绘制各种机构的运动简图,计算自由度,并能判断机构的运动是否确定;
- (2) 根据机构的组成及特性,能对平面连杆机构和凸轮机构进行运动分析;
- (3) 根据图解法设计原理,能绘制平面凸轮的轮廓曲线。

知识目标

- (1) 了解机械的组成、凸轮机构中从动件的常用运动规律;
- (2) 熟悉极限位置、极位夹角、行程速比系数等概念;
- (3) 熟悉运动副、自由度、约束的概念;
- (4) 掌握机构运动简图的绘制方法及机构自由度的计算;
- (5) 掌握平面四杆机构的基本型式及其特性与其演化;
- (6) 掌握凸轮机构的基本类型、应用及凸轮轮廓的图解法设计。

素质目标:

- (1) 规范 —— 作为通用零件设计,设计图纸要符合制图标准,参数的选用也要符合国家或行业标准;
- (2) 严谨 —— 设计计算不能出现差错,必要的校核计算一定要进行;
- (3) 敬业 —— 设计的产品必须满足使用性要求,反复比各种方案,选出最优设计结果;
- (4) 安全经济 —— 设计成果可靠、实用、低成本;
- (5) 创新和质量改善 —— 设计成果要适应行业发展趋势,具有设计特色。
- (6) 职业道德 —— 不能从网络下载、复制、抄袭其他已经是成果的设计;
- (7) 团队协作 —— 在方案确定,要充分听取团队成员的意见,并与之进行充分沟通和协商。

子项目 1 单缸内燃机中的机构运动条件分析

能力目标

根据机构组成的知识,能绘制各种机构的运动简图,计算自由度,并能判断机构的运动是否确定;

知识目标

- (1) 了解机构组成;
- (2) 掌握平面机构运动简图的绘制及自由度的计算;
- (3) 掌握机构是否有确定运动的条件。

素质目标

- (1) 培养严谨的工作态度,提高职业道德素质;
- (2) 培养良好的性格特征,使其具有稳定乐观的情绪。

1.1.1 任务导入

图 1-1-1 所示为单缸内燃机的汽缸机构,气缸内燃气膨胀推动活塞做功,再通过曲柄连杆机构输出机械功,从而实现发动机的往复运动。画出运动简图并计算出机构的自由度,判明机构是否有确定的运动。

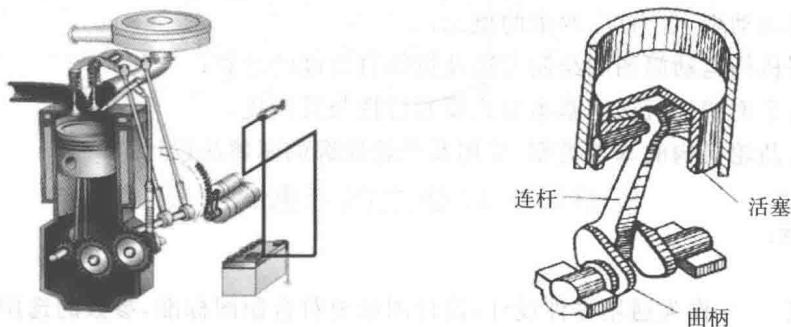


图 1-1-1 单缸内燃机汽缸机构

1.1.2 相关知识

一、机构的组成

1. 运动副:

两个构件直接接触并产生某些相对运动的可动连接,称为运动副。

两个构件上参加接触的运动副表面称运动副元素,运动副的元素是点、线、面。

平面运动副:两构件相对运动为平面运动的运动副(低副、高副)

低副:面接触的运动副(回转副、移动副)如图 1-1-2(a)、(b) 所示。

高副:点、线接触的运动副,如图 1-1-3 所示的齿轮副和凸轮副。



图 1-1-2 低副

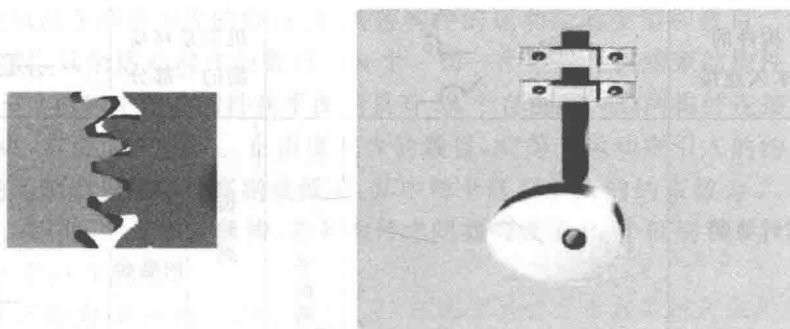


图 1-1-3 高副

2. 构件

机构的构件有三类:

- (1) 机架:固定不动的构件。
- (2) 原动件:机构中按给定的已知运动规律独立运动的构件。
- (3) 从动件:其余活动构件。

二、机构运动简图

1. 机构运动简图的定义:

在研究机构运动特性时,为使问题简化,可不考虑构件和运动副的实际结构,只考虑与运动有关的构件数目、运动副类型及相对位置。用简单的线条和规定的符号代表构件和运动副,并按比例定出各运动副的相对位置。这种能表达机构运动情况的简单图形称为机构运动简图。不严格按比例绘制的机构运动简图称为机构示意图。

2. 机构运动简图的作用:

- (1) 可以简明地表达一部复杂机器的传动原理。
- (2) 机构运动简图能反映出机构的运动特性。可以用来进行机构的结构、运动及动力分析。

(3) 可以在研究各种不同的机械运动时起到举一反三的效果。例如：活塞式内燃机，空气压缩机和冲床，尽管它们的外形和功用各不相同，但它们的主要传动机构都是曲柄滑块机构，可以用同一种方法研究它们的运动。

3. 平面机构运动简图的符号表达

机构运动简图的符号已有标准(GB 4460—1984)，该标准对运动副、构件及各种机构的表示符号作了规定，见表 1-1。

表 1-1 常用构件和运动副的简图符号 (摘自 GB 4460—1984)

名称		简图符号	名称		简图符号
机架	轴、杆		构件	机架	
	三副元素构件			机架是转动副的一部分	
	构件的永久连接			机架是移动副的一部分	
平面低副	转动副		平面高副	齿轮副 外啮合 内啮合	
	移动副			凸轮副	

4. 绘制机构运动简图的方法和步骤：

第一步：通过观察和分析机械的运动情况和实际组成，先搞清机械原动部分和执行部分，然后循着运动传递的路线分析，查明组成机构的构件数目和各构件之间组成的运动副的类别、数目及各运动副的相对位置。

第二步：恰当地选择投影面。选择时应以能简单、清楚地把机构的运动情况表示出来为原则。一般选机构中的多数构件的运动平面为投影面。

第三步：选取适当的比例尺。根据机构的运动尺寸，先确定出各运动副的位置（如转动副的中心位置、移动副的导路方位及高副的接触点的位置等），并画上相应的运动副符号，然后用简单线条或几何图形连接起来，最后要标出构件序号及运动副的代号字母，以及标出原动件的转向箭头。

三、平面机构的自由度

1. 自由度的计算

1) 自由度：运动构件相对于参考系所具有的独立运动的数目，称为构件的自由度。

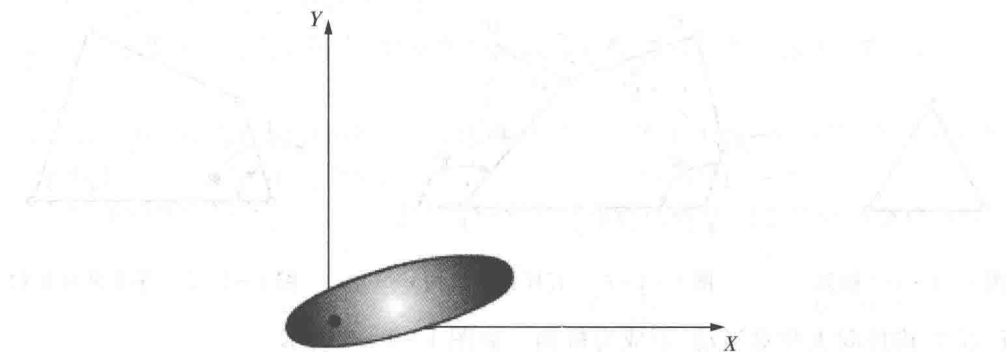


图 1-1-4 参考系

2) 约束:当两构件组成运动副后,它们之间的某些相对运动受到限制,对于相对运动所加的限制称为约束。每加上一个约束,自由构件便失去一个自由度。

3) 平面机构自由度的计算

机构的自由度取决于活动构件的数目、联接各构件的运动副的类型和数目。设一个平面机构中除去机架时,其余活动构件的数目为 n 个。而一个不受任何约束的构件在平面中有三个自由度,故一个机构中活动构件在平面共具有 $3n$ 个自由度。当两构件连接成运动副后,其运动受到约束,自由度将减少。自由度减少的数目,应等于运动副引入的约束数目。由于平面机构中的运动副只可能是高副或低副,其中每个低副引入的约束数为 2,每个高副引入的约束数为 1。因此,对于平面机构,若各构件之间共构成了 P_L 个低副和 P_H 个高副,则它们共引入 $(2P_L + P_H)$ 个约束。

机构的自由度 F 应为: $F = 3n - 2P_L - P_H$ 。

由公式可知,机构自由度 F 取决于活动构件的数目以及运动副的性质和数目。

2. 具有确定相对运动的条件

例如图 1-1-5 自由度为: $F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 2 - 2 \times 3 - 0 = 0$, 它的各杆件之间不可能产生相对运动。

例如图 1-1-6 机构其自由度为: $F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 = 2$, 原动件数 < 机构自由度数, 机构运动不确定, 表现为任意乱动。

例如图 1-1-7 机构其自由度为: $F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$ 。原动件数 = 机构自由度, 机构有确定的运动。

机构都是由机件和运动副组成的系统, 机构要实现预期的运动传递和变换, 必须使其运动具有可能性和确定性。如图 1-1-5 所示, 由 3 个构件通过 3 个转动副联接而成的系统就没有运动的可能性。如图 1-1-6 所示的五杆系统, 若取构件 1 作为主动件, 当给定角度时, 构件 2、3、4 既可以处在实线位置, 也可以处在虚线或其他位置, 因此, 其从动件的位置是不确定的。但如果给定构件 1、4 的位置参数, 则其余构件的位置就都被确定下来。如图 1-1-7 的四杆机构, 当给定构件 1 的位置时, 其他构件的位置也被相应确定。

由此可见, 机构要能运动, 它的自由度必须大于零, 机构的自由度表明机构具有的独立运动数。

机构具有确定运动的条件是: 原动件数目应等于机构的自由度数。