

机械设计基础

杨 勇 江京亮 郭安福 主编

机械设计基础

主 编 杨 勇 江京亮 郭安福

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共3大篇,包括典型机构与工作原理篇、常用机械零件与设计篇、知识应用与创新设计实例篇,又细分了18章,内容包括:绪论;机构的结构、自由度与速度分析;平面连杆机构;凸轮机构;齿轮机构及轮系;其他常用机构;机构中的常见动力学问题;机械设计基础知识;连接;带传动和链传动;齿轮传动;蜗杆传动;滑动轴承与滚动轴承;轴;联轴器、离合器、制动器;弹簧;机械创新设计——离心旋转式硬币分离验伪计数包装机;典型机床——冲床设计;典型建筑机械——干混砂浆混合机设计。每章后均附有练习题。

本书可作为高等本科院校和高职院校的机械类、机电类、模具类和近机械类专业教材,也可供其他相关专业的师生及工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 杨勇, 江京亮, 郭安福主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 2

ISBN 978-7-5682-6678-9

I. ①机… II. ①杨… ②江… ③郭… III. ①机械设计-高等学校-教材
IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 017006 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 27.25

字 数 / 640 千字

版 次 / 2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 88.00 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

Preface

本书根据教育部有关机械设计基础课程的教学基本要求,编者结合多年来教学实践的经验、当前国家在学生双创能力培养方面的战略规划以及新兴企业对新工科复合型创新人才的需求等编著而成。在本书的编写过程中,编者遵循系统严密、叙述清晰、概念正确、措辞严谨、图表规范等原则,力求做到精选内容,适当难度,反映最新成果,保持本书简明实用的特色。

本书在参考多本同类型教材的基础上,对相近和联系密切的知识点进行了重新规划和调整,如将效率与自锁、机械的平衡、机械运转速度波动的调节等3部分内容整合成1章;将齿轮、轮系两部分内容整合成1章,将滑动轴承、滚动轴承两部分内容整合成1章,使本书更具系统性和科学性。另外,每章中都含有工程应用案例是本书特色。特别是,结合课题组教师多年来指导学生参加科技创新竞赛的总结和在科研方面形成的成果,编写了适合学生参考的知识应用与创新设计实例。相比其他教材,本书在培养学生的工程设计能力和创新能力方面更具有优势和鲜明特色。

本书由杨勇、江京亮、王德祥、崔金磊、刘新福、金霞、肖小红、郭安福以及朱颜编写,并由杨勇、江京亮、郭安福为主编。具体分工是:杨勇(全书统编、绪论、第5、9、16章),江京亮(第3、4、10、11章),郭安福、朱颜(第17、18章),王德祥(第6、12、13、14、15章),刘新福(第1章),金霞(第2章),肖小红(第7章),崔金磊(第8章)。

本书承林晨教授和王静教授精心审阅,提出了不少宝贵的意见,特致以衷心感谢!

本书在编写过程中参考了大量文献,引用了一些著者的插图和资料,在参考文献中或未能一一列出,在此一并表示诚挚的谢意!

本书难免仍有漏误及不当之处,敬请广大读者不吝指正。

编 者
2018年6月

绪 论	(1)
1 课程研究的对象和内容	(1)
2 课程的目标	(3)
3 机械设计的基本要求和过程	(4)
习题	(5)

第一篇 典型机构与工作原理

第 1 章 机构的结构、自由度与速度分析	(9)
§ 1—1 机构的结构	(9)
§ 1—2 平面机构的运动简图	(11)
§ 1—3 平面机构的自由度	(13)
§ 1—4 平面机构的速度分析	(17)
§ 1—5 工程应用案例:手动压水机	(20)
习题	(21)
第 2 章 平面连杆机构	(23)
§ 2—1 平面四杆机构的类型与应用	(23)
§ 2—2 平面四杆机构的基本特性	(30)
§ 2—3 平面四杆机构的设计	(34)
§ 2—4 平面多杆机构	(38)
§ 2—5 工程应用案例:多功能自动翻身床	(40)
习题	(42)
第 3 章 凸轮机构	(44)
§ 3—1 凸轮机构的应用和分类	(44)
§ 3—2 凸轮机构从动件运动规律与主要参数的确定	(47)
§ 3—3 凸轮机构的设计(图解法和解析法)	(54)
§ 3—4 工程应用案例:缝纫机	(61)
习题	(63)

第4章 齿轮机构及轮系	(65)
§4—1 齿轮机构的特点和类型	(65)
§4—2 齿廓实现定传动比的条件	(66)
§4—3 渐开线齿廓及其特性	(67)
§4—4 标准直齿圆柱齿轮的名称和基本尺寸	(68)
§4—5 渐开线标准齿轮的啮合	(72)
§4—6 渐开线齿轮的切齿原理与变位齿轮	(76)
§4—7 斜齿轮机构	(81)
§4—8 锥齿轮机构	(85)
§4—9 轮系及其分类	(88)
§4—10 轮系的传动比	(89)
§4—11 轮系的应用	(98)
§4—12 工程应用案例:电动卷扬机减速器	(102)
习题	(102)
第5章 其他常用机构	(107)
§5—1 棘轮机构	(107)
§5—2 槽轮机构	(110)
§5—3 其他常用机构简介	(116)
§5—4 工程应用案例:自行车超越式棘轮结构	(124)
习题	(125)
第6章 机构中常见的动力学问题	(126)
§6—1 效率与自锁	(126)
§6—2 机械的平衡	(129)
§6—3 机械运转速度波动的调节与飞轮设计	(133)
§6—4 工程应用案例:矿山起吊设备	(137)
习题	(138)

第二篇 常用机械零件与设计

第7章 机械设计基础知识	(141)
§7—1 机械零件的失效形式与设计准则	(141)
§7—2 机械零件的强度	(145)
§7—3 机械零件的接触强度	(151)
§7—4 机械零件的耐磨性	(153)
§7—5 机械零件常用的材料及其选择	(156)
§7—6 极限与配合、表面粗糙度和优先数系	(159)
§7—7 机械零件的工艺性及标准化	(165)

习题	(169)
第 8 章 连 接	(170)
§ 8—1 螺纹参数	(170)
§ 8—2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	(172)
§ 8—3 机械制造常用螺纹	(174)
§ 8—4 螺纹连接的基本类型及螺纹紧固件	(178)
§ 8—5 螺纹连接的预紧和防松	(180)
§ 8—6 螺栓连接的强度计算	(183)
§ 8—7 螺栓的材料和许用应力	(187)
§ 8—8 提高螺栓连接强度的措施	(189)
§ 8—9 螺旋传动与滚珠丝杠	(191)
§ 8—10 滚动螺旋简介	(194)
§ 8—11 键连接和花键连接	(195)
§ 8—12 销连接	(200)
§ 8—13 工程应用案例:卷扬机	(201)
习题	(202)
第 9 章 带传动与链传动	(205)
§ 9—1 带传动的类型及其应用	(205)
§ 9—2 带传动的工作情况分析	(207)
§ 9—3 普通 V 带传动的设计计算	(211)
§ 9—4 链传动的特点和应用	(219)
§ 9—5 链传动的运动不均匀性	(222)
§ 9—6 链传动的设计计算与主要参数选择	(224)
§ 9—7 链传动的布置、张紧和润滑	(229)
§ 9—8 工程应用案例:固定式皮带输送机	(233)
习题	(233)
第 10 章 齿轮传动	(234)
§ 10—1 轮齿的失效形式	(234)
§ 10—2 齿轮材料及热处理	(236)
§ 10—3 直齿圆柱齿轮传动的作用力及计算载荷	(239)
§ 10—4 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(244)
§ 10—5 直齿圆柱齿轮传动参数的选取	(255)
§ 10—6 斜齿圆柱齿轮传动	(256)
§ 10—7 直齿圆锥齿轮传动	(259)
§ 10—8 齿轮的构造	(262)
§ 10—9 齿轮传动的润滑	(264)
§ 10—10 工程应用案例:减速器	(266)

习题	(271)
第 11 章 蜗杆传动	(273)
§ 11—1 概 述	(273)
§ 11—2 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(274)
§ 11—3 蜗杆、蜗轮的材料及结构	(279)
§ 11—4 圆柱蜗杆传动的受力分析	(280)
§ 11—5 圆柱蜗杆传动的失效形式和强度计算	(281)
§ 11—6 圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(284)
§ 11—7 工程应用案例:减速器	(289)
习题	(292)
第 12 章 滑动轴承与滚动轴承	(294)
§ 12—1 摩擦状态	(294)
§ 12—2 滑动轴承的结构形式	(295)
§ 12—3 轴瓦及轴承衬材料	(297)
§ 12—4 滑动轴承的润滑	(300)
§ 12—5 非液体摩擦滑动轴承的计算	(303)
§ 12—6 滚动轴承的类型、代号及其选择	(305)
§ 12—7 滚动轴承的计算	(309)
§ 12—8 滚动轴承的润滑和密封	(315)
§ 12—9 滚动轴承的组合设计	(317)
§ 12—10 工程应用案例:带式输送机和纺织机	(321)
习题	(323)
第 13 章 轴	(324)
§ 13—1 轴的功用和类型	(324)
§ 13—2 轴的材料及热处理	(325)
§ 13—3 轴的结构设计	(326)
§ 13—4 轴的工作能力计算	(331)
§ 13—5 工程应用案例:矿用凿井绞车	(335)
习题	(339)
第 14 章 联轴器、离合器、制动器	(340)
§ 14—1 联轴器	(340)
§ 14—2 离合器	(346)
§ 14—3 制动器	(349)
§ 14—4 工程应用案例:汽车	(350)
习题	(352)
第 15 章 弹 簧	(353)
§ 15—1 弹簧的功能、类型和材料	(353)

§ 15—2 圆柱形螺旋弹簧的结构和几何参数	(356)
§ 15—3 圆柱形螺旋压缩和拉伸弹簧的设计计算	(361)
§ 15—4 工程应用案例:弹簧式凸轮-顶杆夹紧机构	(363)
习题	(364)

第三篇 知识应用与创新设计实例

第 16 章 机械创新设计——离心旋转式硬币分离验伪计数包装机	(367)
§ 16—1 机器功能介绍	(367)
§ 16—2 主要功能和性能指标	(368)
§ 16—3 机器方案设计	(369)
§ 16—4 关键零部件功能分析	(388)
§ 16—5 理论设计计算	(391)
§ 16—6 机器实物、创新点与应用前景	(393)
第 17 章 典型机床——冲床设计	(397)
§ 17—1 冲床结构组成	(397)
§ 17—2 冲床设计	(400)
§ 17—3 冲床机构运动与动力学分析	(407)
第 18 章 典型建筑机械——干混砂浆混合机设计	(410)
§ 18—1 机器功能介绍	(410)
§ 18—2 基于外筒旋转与叶片振动的新型干混砂浆混合机设计	(411)
§ 18—3 基于外筒旋转与叶片搅拌复合作用的新型干混砂浆混合机设计	(418)
§ 18—4 基于气力与机械联合驱动的新型干混砂浆混合机设计	(421)
附 录 滚动轴承基本额定动载荷与静载荷	(423)
参考文献	(425)



1 课程研究的对象和内容

人类为了满足生活和生产上的需要,创造了各种各样的机器,其主要目的是降低劳动力和提高生产率。随着生产的发展,在各类机械制造、土建、电力、石油化工、采矿冶金、轻纺、包装、食品加工等部门已广泛使用着各种类型的机器。

机器的种类很多,用途各不相同,但它们却有着共同的特征。

图1所示的单缸内燃机是由气缸体1、活塞2、连杆3、曲柄4、齿轮5和6、凸轮7、顶杆8

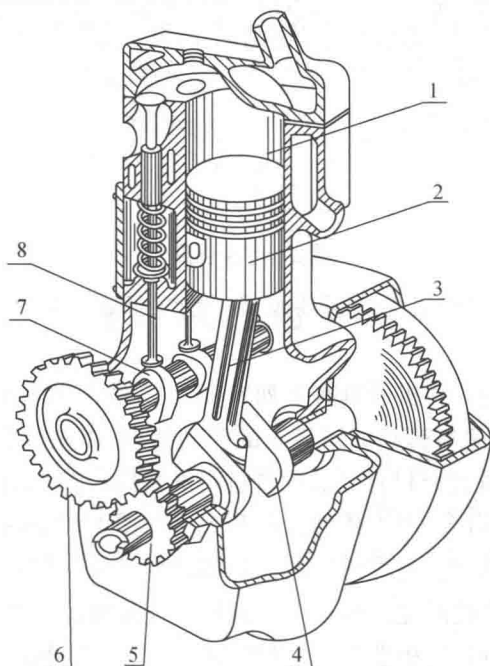


图1 内燃机

等组成。燃气推动活塞作往复运动,经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲柄每转两周进、排气阀各启闭1次,利用固定在曲柄上的齿轮5带动固定在凸轮轴上的齿轮6转动。这样,当燃气推动活塞运动时,进、排气阀有规律地启闭就把燃气的热能转变为曲柄转动的机械能。

图2所示的牛头刨床是由曲柄5(与大齿轮固定在一起)、滑块2和6、导杆7、刨头8、床身1、小齿轮4、电动机3以及其他一些辅助部分(图中未画出)所组成。当电动机3经带传动、变速箱(图中未画出)并通过小齿轮4使曲柄5作连续转动时,齿轮5上装有用销轴连接的滑块6,一方面绕轴销转动,同时又可在导杆7的导槽中滑动。导杆7的下部分导槽又与另一滑块2连接,而滑块2可绕固定在床身1上的销轴转动。故当齿轮5转动时,便可通过滑块6带动导杆7作平面复杂运动。导杆7上端用销轴与刨头8相连,刨刀固定在刨头8的前端,随同刨头一起运动,完成有效的机械功。

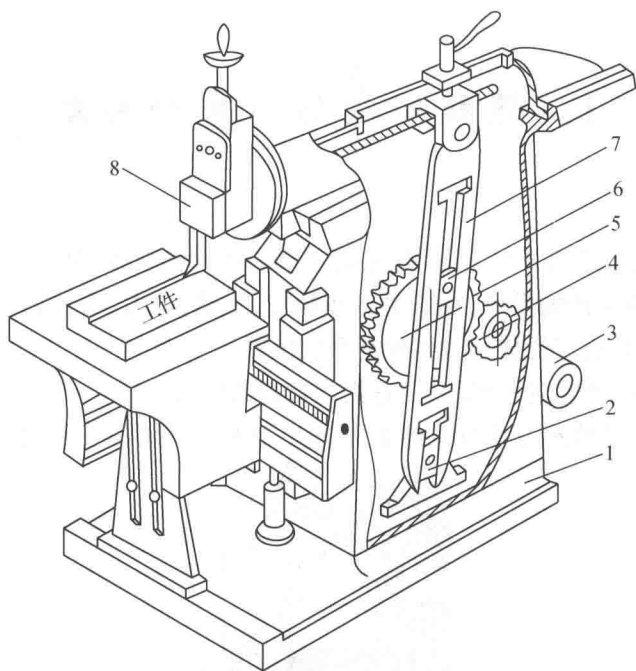


图2 牛头刨床

又如电动机是由转子(电枢)和定子所组成。当定子输入电流后,转子作回转运动,使电能转换为机械能。

从以上3个例子可以看出,机器具有下列特征:(1)是人为的实物组合;(2)是执行机械运动的装置;(3)能代替人进行劳动或减轻人的劳动强度,以完成有效的机械功(如机床、起重机、洗衣机等),传递能量、物料与信息,或者进行能量的变换(如内燃机、发电机等)。

机构也是人为的实物组合,用来传递运动和力。如图1所示的内燃机中,活塞、连杆、曲轴和气缸体组成曲柄滑块机构,可将活塞的往复移动变为曲柄的连续转动。凸轮、顶杆和气缸体组成的凸轮机构,将凸轮的连续转动变为顶杆的往复移动。曲柄、凸轮轴上的齿轮和气缸体组成齿轮机构。由此可见,机器是由机构组成的。在一般情况下,一部机器可以包含几个机构,而电动机则只有一简单的二杆机构。

从结构和运动的角度来看,机器与机构之间并无区别。因此,习惯上用机械作为机构与机器的总称。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件可以是单一的整体,也可以是几个元件的刚性组合。如上述的齿轮一般用平键与轴刚性地连接在一起(图3)。这样平键、轴和齿轮之间便无相对运动,成为一个运动的整体,也就是一个构件;组成这个构件的3个元件称为零件。由此可知,构件是运动的单元,零件是制造的单元。

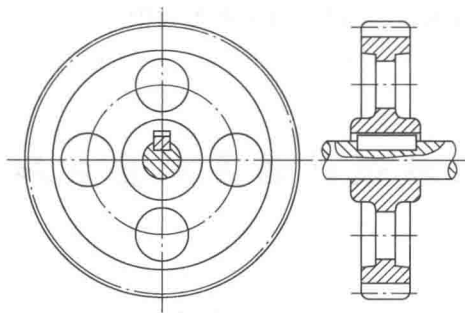


图3 齿轮

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、间歇运动机构等。

机械中的零件分为两类:一类是通用零件,在各类机械中经常可以遇到,具有同一功用及性能的零件,如螺纹连接件、键、带、齿轮、蜗杆、涡轮、链、轴、轴承、联轴器、弹簧等;另一类为专用零件,仅在特定形式的机械上出现,如内燃机的活塞,汽轮机的叶片,农业机械中的犁铧等。

本课程将分别研究几种常用的机构(平面连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、间歇运动机构)的组成形式和运动特性、选用原则以及机器动力学的基本知识;同时研究各通用机械零件的特点、结构及工作原理、选用原则、使用及维护、设计和计算方法,介绍有关的国家标准和规范。

2 课程的目标

随着机械化生产规模的日益扩大,除机械制造部门外,在动力、采矿、冶金、石油、化工、轻纺、食品等许多生产部门工作的工程技术人员,都会经常接触各种类型的通用机械和专用机械。他们必须对机械具备一定的基础知识。因此,机械设计基础如同机械制图、电工学、计算机应用技术一样,是高等学校工科有关专业的一门重要的技术基础课。

机械设计基础将为有关专业的学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。机械设计基础将使从事工艺、运行、管理的技术人员,在了解机械的传动原理后,在设备的选购、正确使用和维护、故障分析等方面获得必要的基本知识。

通过本课程的学习和课程设计实践,学生初步具备选用、分析以及维护保养简单机械传动装置的能力,运用手册可以设计简单机械传动装置,为学习专业设备中的机械部分奠定基础。

机械设计是多学科理论和实际知识的综合运用。机械设计基础的主要选修课程有机械制图、工程材料及机械制造基础、金工实习、理论力学、材料力学等。除此之外,考虑到许多近代机械设备中包含复杂的动力系统和控制系统,因此,各专业的工程技术人员还应当了解液压传动、气压传动、电子技术、计算机应用等有关知识。

3 机械设计的基本要求和过程

机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机器的性能。设计机械应满足的基本要求为以下几点。

(1)良好的使用性能。实现预期功能,满足使用要求。操作容易,保养简单,维修方便。不必追求“多功能”,因为“多功能”会增加成本,降低可靠性。

(2)安全。许多重大事故源于机械故障。起落架故障引发空难,刹车失灵酿成车祸,密封件泄漏导致“挑战者号”航天飞机失事,频繁出现的汽车“召回”事件更暴露了机械设计不良造成的安全隐患。机械设计必须以人为本,凡关系到人身安全或重大设备事故的零部件都必须进行认真、严格的设计计算或校核计算,不能凭经验或以“类比”代替。计算说明书应妥善保管,以备核查。暴露的运动构件要配置防护网。易造成人身伤害的部位必须有安全连锁装置或能实施远距离操纵。电气元件、导线的规格和安装必须符合安全标准。除此之外,为了保护设备,还应设置保险销、安全阀等过载保护装置以及红灯、警铃等警示装置。

(3)可靠、耐用。在预定的使用期限内不发生或极少发生故障。大修或更换易损件的周期不宜太短,以免经常停机影响生产。但是,也不宜过分强调“耐用”。现代化生产推行定期更新和逾期强制报废,个别零部件的“长寿”对整机并无实际意义。因追求“耐用”而滥用贵重材料只会增加成本。

(4)经济。设计中应尽可能多选用标准件和成套组件,它们不仅可靠、价廉,而且能大幅减少设计工作量。可以说,设计中使用标准件的多少是评价设计水平的重要标志。要节约贵重原材料,降低成本。零件设计必须关注加工工艺性,力求减少加工费用。良好的经济性不仅体现制造成本低,更应该体现机器使用中的高效率、低能耗。

(5)符合环保要求。机器噪声不超标,不采用石棉等禁用的原材料,确保机械在使用过程中不泄露水、油、粉尘和烟雾,生产中的废水、废气必须经过治理,达标排放。

除此之外,欲使产品具有市场竞争力,机械设计人员还应与工艺美术人员密切配合,力求产品造型美观。

在明确设计要求之后,机械设计包括以下主要内容:确定机械的工作原理,选择合适的机构;拟定设计方案;进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷;进行零部件工

作能力计算、总体设计和结构设计。

一部机器的诞生,从萌生设计念头、明确设计要求开始,经过设计、制造,直到最后产品定型,是复杂、细致的过程。机械设计的一般过程如图4所示。

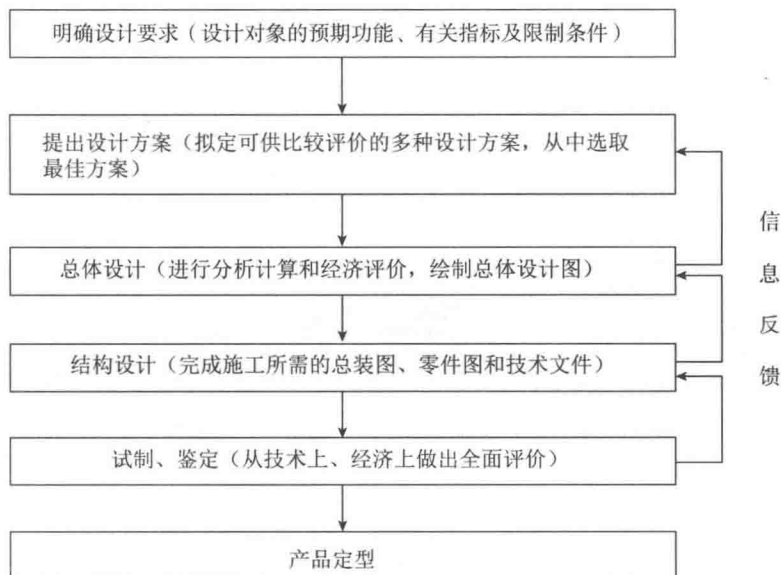


图4 机械设计的一般过程

设计人员要善于把设计构思、设计方案用语言、文字、图形方式传递给主管人和协作者,以获得支持。除技术问题之外,设计人员还要论证下列问题:①此设计是否确实为人们所需要?②有哪些特色?能否与同类产品竞争?③制造成本上是否经济?④保养、维修是否方便?⑤是否有市场?⑥社会效益与经济效益如何?

设计人员既要富有创造精神,又要从实际出发,善于调查研究,广泛听取用户和工艺人员的意见,在设计、加工、安装、调试过程中及时发现问题,反复修改,以期取得最佳的成果,并从中积累设计经验。

习题

1. 试说明机械、机构的概念及其特征,并各举一例。
2. 试说明构件与零件的区别。
3. 试说明专用零件和通用零件的区别,并各举一例。

第一篇

典型机构与工作原理

