

# 机械制造工程训练

贺小涛摇曾去疾摇汤小红摇主编

中南大学出版社

# 序摇摇言

湖南省高等教育学会金工教学委员会在总结本地区多年课程教学改革经验的基础上,认真吸取与借鉴国内兄弟院校的教学改革成果,组织一批经验丰富的骨干教师,几历艰辛,成功编写了愿本一套《工程材料及机械制造基础》的系列教材。该套教材囊括了课堂教学、工程实践教学和教学指导三部分必备的内容,注重扩充制造领域的新材料、新技术和新工艺,重视零件设计的结构工艺性;使之既符合目前金工系列课程改革的发展方向,又体现了湖南地区高校课程改革的基本特色。

金工系列课程虽然属于工艺性技术基础课程的范畴,但它在大学实现其整体教育目标中所起的作用,并不亚于任何一门其他重要课程。这是因为:

它包含讲课、实习和实验三部分完整内涵,是工艺理论与工艺实践高度结合的课程,尤其是“实践”这一必须经历的重要过程,正是我国高校学生所普遍缺乏的。

工程训练中心所提供的大工程背景和严格按照教学规划所实施的全面训练,使其不只是为后续课程打基础的一般性业务课程,而是全面贯彻落实素质教育的综合性课程。

工艺课程体现出很强的综合性。任何一个小的工艺问题,都必然涉及一系列相关的边界问题。因此,工艺问题的解决,实际上总是可以转化为类似于对一个多元方程求优化解,在解决问题的思维方法上可以给学生以启迪。

设计创新与工艺创新是相互关联和密切联系的。事实上,工艺创新愈深入,设计创新就愈活跃。真正懂得工艺的人,才能更好地实施设计创新。在这里,零件的结构工艺性只是体现其中的一个方面,工艺方法本身的不停顿创新则显得更为重要。国内外的专家学者目前对此问题的看法已经基本趋于一致。

当今的高等教育，旨在培养出一大批基础宽、能力强和素质高的复合性人才。从未来社会的发展趋势看，人文社会学科的学生应该具备一些工程技术方面的知识和经历；同样，理工学科的学生也应该具备更好的人文素质。金工系列课程中的工程训练则可以为实现这种交叉和融合提供一个良好的界面。

要高质量、高效率地实现预定的教学目标，在教学中应该合理、适度地采用已经日趋成熟的现代教育技术。

通过改革后的金工系列课程的教学过程，来实施新的课程教学目标：学习工艺知识，增强工程实践能力，提高综合素质，培养创新精神和创新能力。从全国金工同仁的实践看，这一目标是完全可以实现的。

教育部副部长吕福源同志于 1999 年 5 月在上海举办的“第一届国际机械工程学术会议”开幕式上的致辞中提出：“中国是一个拥有 12 亿人口的发展中国家，机械工程不仅影响和制约着国民经济其他工业的发展，而且还直接影响广大人民的衣、食、住、行和信息交流……大力发展高新技术，用高新技术改造传统制造业和其他产业，将设计创新与工艺创新紧密地结合起来，将是‘十五’期间我国机械工业发展的重要特点。”

工艺系列课程的重要性已经不容置疑，中南大学出版社出版的这套系列教材应时而出，期待它为培养新世纪的高质量人才作出新的贡献。

清华大学傅水根

1999 年 7 月 10 日于清华园

---

\* 傅水根：清华大学教授，国家教育部《工程材料及机械制造基础》课程教学指导组

# 《工程材料及机械制造基础》系列教材编写委员会

主任委员 胡昭如

副主任委员 刘舜尧

委员 (以姓氏笔画为序)

刘舜尧 刘培德 朱起凡

何少平 陈永泰 张亮峰

汤猷则 郑哲文 周继伟

周增文 杨瑾珪 胡昭如

钟世金 贺小涛

## 内 容 提 要

本书在传统的“金工实习”基础上，根据工程训练教学目标，吸取兄弟院校的教学改革经验，结合编者的教学实践，并考虑更好地适应不同类型高等学校的需要编写而成。

本书共 10 章，包括工程材料、铸造、锻压、焊接、车工、刨削、铣削、磨削、镗削及齿型加工、钳工、数控加工技术、特种加工、表面技术等内容的基本知识、常用的加工方法、设备和工具，并简单介绍了相应的安全生产、环境保护、经济分析。

本书可作为高等学校机械类及近机类各专业的机械制造工程训练教材。高等专科学校、高等职业技术学院可根据教学条件和教学计划的需要，对书中的内容有所取舍。

# 前摇摇言

“工程训练课程”的教学目标是：学习工艺知识，增强工程实践能力，提高综合素质，培养创新精神和创新能力。

为实现上述目标，编者在传统的“金工实习”教材内容基础上，认真总结各兄弟院校关于本课程教学内容与课程体系教学改革的经验，并结合自身的教学实践，写成了《机械制造工程训练》一书。本书力求在以下几个方面有所突破：

强调大工程背景和全面训练。本教材增加了“机械制造生产过程及组织”的内容。传统的“金工实习”强调技能训练，只涉及生产的工艺过程。为缩短学生毕业后踏入工作岗位的适应期，本书对从产品设计、备料、工艺准备、加工制造到生产管理等机械产品生产全过程的相关概念作了简明扼要的介绍，强调技能训练与产品设计制造综合项目训练相结合。

作为“工程材料与机械制造基础”系列教材的第一册，增加了“机器组成及设备分类”内容，目的是使学生在专业学习之前，对“机械学科”有初步的认识和了解。在介绍机器的组成上从“功能”组成的角度着手；同时在介绍产品设计概念时，强调同一“功能”可以有多个不同的解。力争在解决问题的思维方法上给学生以启迪。

章节增加了安全生产技术、环境保护、经济分析等内容，以适应培养现代工程高级人才应具备的相关素质和意识的需要。

随着人们对机电产品外观质量要求的提高，表面技术越来越重要。本书增加了“表面技术”的相关内容。

本书强调知识面的宽度，同时力争提高起点，着重介绍实践操作指导，工艺设备的作用。为适应机械工业的快速发展，加强了“数控机床”和“特种加工”的相关内容。相关工程材料、工艺的理论知识只作简单介绍。

参加本书编写的人员有中南大学贺小涛（第1章、第2章、第3章）、何少平（第4章、第5章）、中南林学院汤小红（第6章）、湘潭大学李其清、温卫国（第7章）、湖南工程学院郭蒲清（第8章）、曾去疾、彭文静、楚电河（第9章）、周宏（第10章）、国防科技大学吴正洪（第11章）、卢耀晖（第12章）。全书由贺小涛、曾去疾、汤小红担任主编。

本书是湖南省高等教育学会金工教学委员会组织编写的“工程材料及机械制造基础”系列教材之一。在编写过程中，得到了编委会及相关院校有关专家的指导和帮助。在此谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编摇者

圆年猿月

# 目 录

员 概述 .....	( 员 )
摇 员 员 摇 机器的组成及设备分类 .....	( 员 )
摇 员 员 摇 机械制造生产过程及组织 .....	( 缘 )
摇 员 员 摇 制造工程训练内容 .....	( 员 )
摇 摇 复习思考题 .....	( 员 )
圆 工程材料 .....	( 员 )
摇 圆 员 摇 工程材料的分类 .....	( 员 )
摇 圆 员 摇 金属材料及其热处理 .....	( 员 )
摇 圆 员 摇 非金属材料及其成型 .....	( 圆 )
摇 圆 员 摇 复合材料 .....	( 猿 )
摇 摇 复习思考题 .....	( 猿 )
猿 铸造 .....	( 猿 )
摇 猿 员 摇 概述 .....	( 猿 )
摇 猿 员 摇 砂型铸造 .....	( 猿 )
摇 猿 员 摇 模样及芯盒 .....	( 缘 )
摇 猿 员 摇 铸造工艺图 .....	( 远 )
摇 猿 员 摇 铸造合金的熔炼 .....	( 远 )
摇 猿 员 摇 铸件的浇注、落砂、清理及铸件质量分析 .....	( 苑 )
摇 猿 员 摇 特种铸造介绍 .....	( 苑 )
摇 猿 员 摇 铸造生产安全技术及经济分析 .....	( 愿 )
摇 猿 员 摇 铸造生产中的环境保护 .....	( 愿 )
摇 摇 复习思考题 .....	( 愿 )

源 摇 锻 压 .....	( 愿 怨 )
摇 摇 源 摇 概 述 .....	( 愿 怨 )
摇 摇 源 摇 坯 料 的 加 热 和 锻 件 的 冷 却 .....	( 怨 愿 )
摇 摇 源 摇 自 由 锻 .....	( 怨 愿 )
摇 摇 源 摇 锤 上 模 锻 和 胎 模 锻 .....	( 愿 猿 )
摇 摇 源 摇 冲 压 .....	( 愿 猿 )
摇 摇 源 摇 常 见 锻 件 质 量 分 析 .....	( 愿 怨 )
摇 摇 源 摇 锻 压 安 全 生 产 技 术 及 经 济 分 析 .....	( 愿 圆 )
摇 摇 源 摇 锻 压 生 产 中 的 环 境 保 护 .....	( 愿 源 )
摇 摇 复 习 思 考 题 .....	( 愿 缘 )
缘 摇 焊 接 .....	( 愿 苑 )
摇 摇 缘 摇 概 述 .....	( 愿 苑 )
摇 摇 缘 摇 焊 条 电 弧 焊 .....	( 愿 愿 )
摇 摇 缘 摇 气 焊 与 气 割 .....	( 愿 苑 )
摇 摇 缘 摇 其 他 焊 接 方 法 .....	( 愿 愿 )
摇 摇 缘 摇 焊 接 生 产 经 济 分 析 .....	( 愿 猿 )
摇 摇 缘 摇 焊 接 生 产 安 全 技 术 及 环 境 保 护 .....	( 愿 源 )
摇 摇 复 习 思 考 题 .....	( 愿 愿 )
透 摇 切 削 加 工 的 基 本 知 识 .....	( 愿 怨 )
摇 摇 透 摇 切 削 加 工 概 述 .....	( 愿 怨 )
摇 摇 透 摇 机 械 加 工 零 件 的 技 术 要 求 .....	( 愿 猿 )
摇 摇 透 摇 常 用 金 属 切 削 机 床 简 介 .....	( 愿 愿 )
摇 摇 透 摇 刀 具 材 料 与 刀 具 角 度 .....	( 愿 远 )
摇 摇 透 摇 常 用 量 具 .....	( 愿 源 )
摇 摇 复 习 思 考 题 .....	( 愿 圆 )
苑 摇 车 工 .....	( 愿 猿 )
摇 摇 苑 摇 卧 式 车 床 .....	( 愿 猿 )
摇 摇 苑 摇 车 刀 及 其 安 装 .....	( 愿 怨 )
摇 摇 苑 摇 工 件 的 安 装 及 所 用 附 件 .....	( 愿 愿 )
摇 摇 苑 摇 基 本 车 削 工 作 .....	( 愿 远 )

摇摇苑缘	典型零件车削工艺简介 .....	( 园员)
摇摇苑远	其他车床介绍 .....	( 园猿)
摇摇	复习思考题 .....	( 园缘)
愿	刨削、铣削、磨削、镗削及齿形加工 .....	( 园苑)
摇摇愿员	刨削加工 .....	( 园苑)
摇摇愿圆	铣削加工 .....	( 园苑)
摇摇愿猿	磨削加工 .....	( 园苑)
摇摇愿源	镗削加工 .....	( 园缘)
摇摇愿缘	齿形加工 .....	( 园愿)
摇摇愿远	机械加工安全技术及经济分析 .....	( 园怨)
摇摇	复习思考题 .....	( 园猿)
怨	钳工 .....	( 园源)
摇摇怨员	概述 .....	( 园源)
摇摇怨圆	划线 .....	( 园苑)
摇摇怨猿	锯削 .....	( 园愿)
摇摇怨源	锉削 .....	( 园苑)
摇摇怨缘	钻削加工( 钻孔、扩孔和铰孔) .....	( 园猿)
摇摇怨远	攻螺纹和套螺纹 .....	( 猿员)
摇摇怨苑	钳工工艺综合作业 .....	( 猿缘)
摇摇怨愿	刮削 .....	( 猿愿)
摇摇怨怨	装配与拆卸 .....	( 猿员)
摇摇	复习思考题 .....	( 猿员)
员	数控加工技术 .....	( 猿圆)
摇摇员员	数控加工概述 .....	( 猿圆)
摇摇员圆	数控加工编程基础 .....	( 猿怨)
摇摇员猿	数控车床的编程与实例 .....	( 猿愿)
摇摇员源	数控铣床的编程与实例 .....	( 猿苑)
摇摇	复习思考题 .....	( 猿猿)
员	特种加工 .....	( 猿苑)
摇摇员员	概述 .....	( 猿苑)

电火花加工	(猿苑)
数控电火花线切割及自动编程技术	(猿园)
激光加工	(猿苑)
超声波加工	(猿园)
复习思考题	(猿缘)
表面技术简介	(猿远)
金属材料表面处理的分类	(猿远)
金属表面层改质处理	(猿远)
表面被覆处理	(猿愿)
产品涂饰工艺过程	(源愿)
表面技术中的环境保护	(源园)
实践操作	(源猿)
复习思考题	(源源)
英语专业词汇表	(源缘)
主要参考文献	(源源)

# 1 概述

## 1.1 机械机器人的组成及设备分类

### 1.1.1 机械机器人按功能分析机器人的组成

在现代日常生活和生产活动中，广泛地使用着机器以代替或减轻体力劳动，提高产品质量和生产效率。如日常生活中所见的缝纫机，交通运输中的汽车，各工业部门中使用的纺织机、轧钢机、起重机以及生产机器的工作母机——各种机床等。这些机器的性能、用途千差万别。为了便于识别机器人的组成，可根据机器人组成部分的功能进行分析。常见的机器人按功能一般由如图 1-1 所示的四大部分组成。

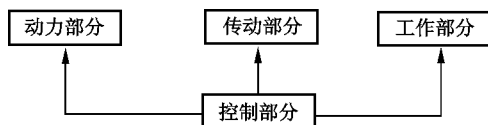


图 1-1 机械机器人的功能组成

#### 1.1.1.1 动力部分

机器人的动力部分是驱动机器人运转的动力源。常见的动力设备有电动机和热力机（如内燃机、汽轮机）及其在特殊情况下应用的联合动力装置。其中电动机的使用最广泛，如制造工程训练中常见的金属切削机床大都使用 Y 系列三相异步电动机。机器人依靠这些动力装置驱动来做功。

#### 1.1.1.2 传动部分

机器人的传动部分是位于动力部分和工作部分之间的中间装置，主要用来传递动力和运动、分配能量、改变速度和运动形式等。机器人的传动形式有多种类型，主要有机械传动、流体传动、电气传动以及以上几种方式的联合传动（如机械—电气—液压联合传动）。常见的传动分类如图 1-2 所示。

机械传动是目前应用最多的传动形式。制造工程训练中常见的切削机床大都用到了以上的机械传动，其中带传动、齿轮传动的应用尤其广泛。

流体传动分为液体传动和气压传动。用液体作为工作介质来进行能量传递

的传动方式被称为液体传动。按作用原理，液体传动又分为液压传动和液力传动。液压传动主要利用液体压力能来传递能量，如磨床、液压牛头刨床上就用到了这种传动方式；而液力传动则主要利用液体的动能来传递能量。气压传动是利用压缩空气的压力来传递动力或运动的流体传动。其传动系统是将压缩空气经管道和控制阀送给气动执行元件（如气缸、气马达等），把气体压力能转变为机械能而对外做功。其特点是成本低，无污染，使用安全，过载保护性好，但结构尺寸大，噪声较大。

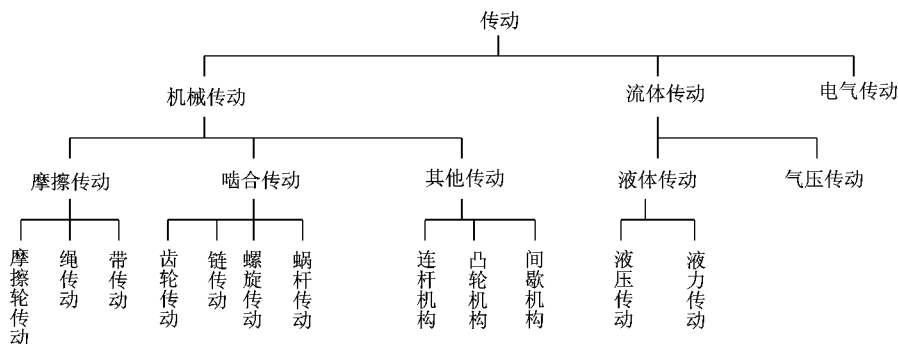


图 1-1 传动分类

电气传动是利用电动机将电能转换为机械能，来驱动机器的传动。电气传动通常由电动机、传递机械能的传动机构、控制电动机运转的电气控制装置和电源组成。

电气传动的特点是便于远距离的自动控制，所需电易于输送和集中生产，运行可靠，效率高。

### 3 工作部分

工作部分是直接完成机器预定功能、直接进行生产的部分，是综合体现一台机器的用途、性能的部分，它标志着各种机器的不同特性，是机器设备分类的依据。有不少机器其原动机和传动部分大致相同，但由于工作部分不同，而构成了用途、性能不同的机器。如汽车、拖拉机、推土机等，其原动机均为内燃机，其传动部分大同小异，但由于其工作部分不同就形成了不同类的机器。

### 4 控制部分

控制部分是为了提高产品质量、产量，减轻人们的劳动强度，节省人力、物力等而设置的那些控制器。控制系统由控制器和被控对象组成。不同控制器组成的系统不一样。如由手动操纵进行控制的手动控制系统，由机械装置作为控制器的机械控制系统，由气压、液压装置作为控制器的气动、液压控制系统，由电气装置或计算机作为控制器的电气或计算机控制系统。随着科学技术

的发展，计算机控制系统广泛应用于工业生产中。

一般而言，控制器要完成被控参数的调节，应具备四个基本部件：

葬) 给定值发生器。它输出与被控量目标值相对应的信号。

遭) 比较器。把被控参数的实际值与给定值进行比较，产生误差信号送给驱动器。

糟) 驱动部件和执行机构。它把误差信号放大，变成能驱动执行机构的物理量，参与被控量的调节。

遑) 检测及变换元件。对被控参数的实际值进行测量，并把测得的物理量转换成电量。

图 员源为上述四个基本部件组成的控制器和被控对象组合成的控制系统框图。

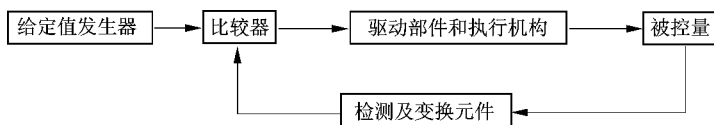


图 员源 控制系统框图

### 5 实例

图 员源为一台普通车床的示意图。图中动力部分是电动机 员，工作部分是主轴、卡盘 圆和刀架 猿。介于上述两部分之间的带传动 源、齿轮传动 缘、螺旋传动 远等是传动部分，主轴箱上的按钮和手柄分别控制电动机的启、停和主轴的变速，进给箱上的手柄控制光杠和丝杠的转速，溜板箱上的手柄控制刀架的启停，这些都是控制部分。现代机器中广泛使用了计算机控制，机器性能显著提高。

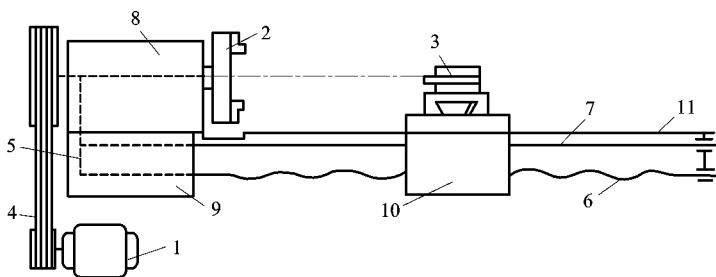


图 员源 普通车床组成的示意图

员—电动机；圆—卡盘；猿—刀架；源—皮带传动；缘—齿轮传动；远—丝杠；  
苑—光杠；愿—主轴箱；怨—进给箱；员园—溜板箱；员员—导轨

## 1.1 摇机器设备的分类

为了设计、制造、管理及工作方便，可按不同需要、不同的目的对设备进行分类，最常用的分类方法有以下几种：

### 1.1.1 按设备用途分类

这种分类方法应用十分广泛，是各管理部门、生产部门常用的一种分类方法。共分为十大类：

(员) 动力机械。指用作动力来源的机械，也就是原动机。如常用的电动机、内燃机、燃气轮机以及在无电源的地方使用的联合动力装置。

(圆) 金属切削机床。指对机械零件的毛坯或半成品件进行金属切削加工用的机械。由于其产品的工作原理、结构性能特点和加工范围不同，又分为车床、铣床、刨插床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、拉床、锯床、特种加工机床和其他机床等。

(猿) 金属成型机床。指除金属切削加工机床以外的金属加工机械，如锻压机械、铸造机械等等。

(源) 交通运输机械。指用于长距离载人和物的机械，如飞机、汽车、火车、船舶等。

(缘) 起重运输机械。指用于在一定距离内移运货物或人的提升和搬动机械，如各种起重机、运输机、升降机、卷扬机等。

(远) 工程机械。指在各种建设工程设施中，能够代替笨重体力劳动的机械与机具。它包括挖掘机、铲运机、工程起重机、压实机、打桩机、钢筋切割机、混凝土搅拌机、装修机、路面机、凿岩机、军工专用工程机械以及其他专用工程机械等。

(苑) 农业机械。指用于农、林、牧、副、渔业等各种生产中的机械，如拖拉机、排灌机、林业机械、牧业机械、渔业机械等。

(愿) 通用机械。指广泛用于工农业生产各部门、科研单位、国防建设和生活设施中的机械，如泵、阀、制冷设备、压气机和风机等。

(怨) 轻工机械。指用于轻纺工业部门的机械。如纺织机械、食品加工机械、印刷机械、制药机械、造纸机械等。

(员园) 专用机械。指国民经济各部门生产中所特有的机械。如冶金机械、采煤机械、化工机械、石油机械等。

### 2.1 按固定资产的基本属性分类

为了进行固定资产管理、清查、登记、统计等工作，员怨源年颁布了国家标准《固定资产分类与代码》(员怨源年颁布)。该标准按固定资产的基本

属性分类,适当兼顾行业的需要,将固定资产分为通用设备、专用设备、交通运输设备、电气设备、电子产品及通信设备、仪器仪表、计量标准器具及量具、衡器等十个门类。

其中通用设备门类按大类的分类见表 员原员

表 员原员 摇摇通用设备的分类

代码	固定资产名称	代码	固定资产名称
园远	锅炉及原动机	员源	气体压缩机
园苑	金属加工设备	员缘	气体分离及液化设备
园愿	起重设备	员远	制冷空调设备
园怨	输送设备	员苑	真空获得及应用设备
园园	给料设备	员愿	分离及干燥设备
员员	装卸设备	员怨	减速及传动设备
员圆	泵	圆园	金属表面处理设备
员猿	风机	圆员	包装、气动工具等通用设备

摇摇当然还有从其他角度对设备进行分类的。例如,我国机械制造企业通常按设备工艺性质将其分为二大类十大项。二大类为机械设备和动力设备。机械设备又分为金属切削机床、锻压设备、起重运输设备、木工铸造设备、专业生产设备及其他机械设备六大项。动力设备分为动能发生设备、电器设备、工业炉窑及其他动力设备四大项。每大项还可以细分。

机械工业是国民经济的装备部门,涉及到方方面面、各行各业,并随着新兴行业的发展而发展。制造工程训练中主要涉及到各种金属切削机床和金属成型机床。

## 圆圆 摇摇机械制造生产过程及组织

### 1圆圆 摇摇机器的生产过程

机器的生产过程是指将原材料转变为成品的全部过程。如图 员圆圆所示。主要内容包括产品设计、工艺准备、毛坯制造、机械加工及改性处理、装配调试以及各种生产服务过程。

#### 1圆圆 产品设计

“产品”是一个比“机器”内涵更广泛的概念。从价值属性来看,“产品”具有使用价值和审美价值,其使用价值强调产品的用途和功能,而审美

价值是指能够为人们心理带来美的感受，如工艺品。

产品设计时，首先确定产品的功能，进行功能分析，作出原理方案设计；然后选择能够实现预期功能的结构，再进行总体设计，绘出总体装配图；最后画出零部件图进行施工设计。

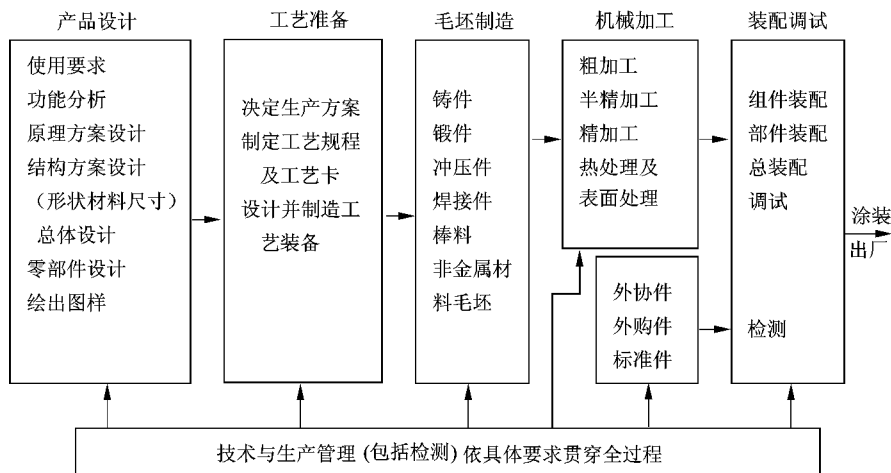


图 1-1 机械产品生产过程

功能分析是方案设计的出发点，是产品设计的第一道工序。机械产品的常规设计是从结构件开始，而功能分析是从对机械结构的思考转为对它的功能的思考，从而做到不受现有结构的束缚，以便形成新的设计构思，提出创造性方案，功能分析要善于抓住问题的实质。例如，要解决老鼠糟蹋粮食的问题，某些设计师会理解成要设计一种捕杀老鼠的装置。但问题的实质是保护粮食免遭损失。只有这样认识问题，才有可能提出驱赶老鼠的超声波发生器方案。

功能分析要适当抽象，抽象的表达才可能得到思路更开阔的解答。如表 1-1 原圆示例，台钳的“夹紧”功能，可直接地表述为螺旋加压，其结构解法就是螺旋丝杆；如果“夹紧”功能抽象为机械加压，或进一步抽象为形成压力，那么其对应的结构解法范围更广。

表 1-1 原圆台钳功能表述对解法的影响

适当抽象化 ↓	功能表达	解法
	螺旋加压	螺旋丝杆
	机械加压	螺旋丝杆 垣偏心机构……
	形成压力	螺旋丝杆 垣偏心机构 垣气动机构、液压机构……

摇摇如前所述，机器一般具有四大功能部分，但并不是每台机器都应具备上述