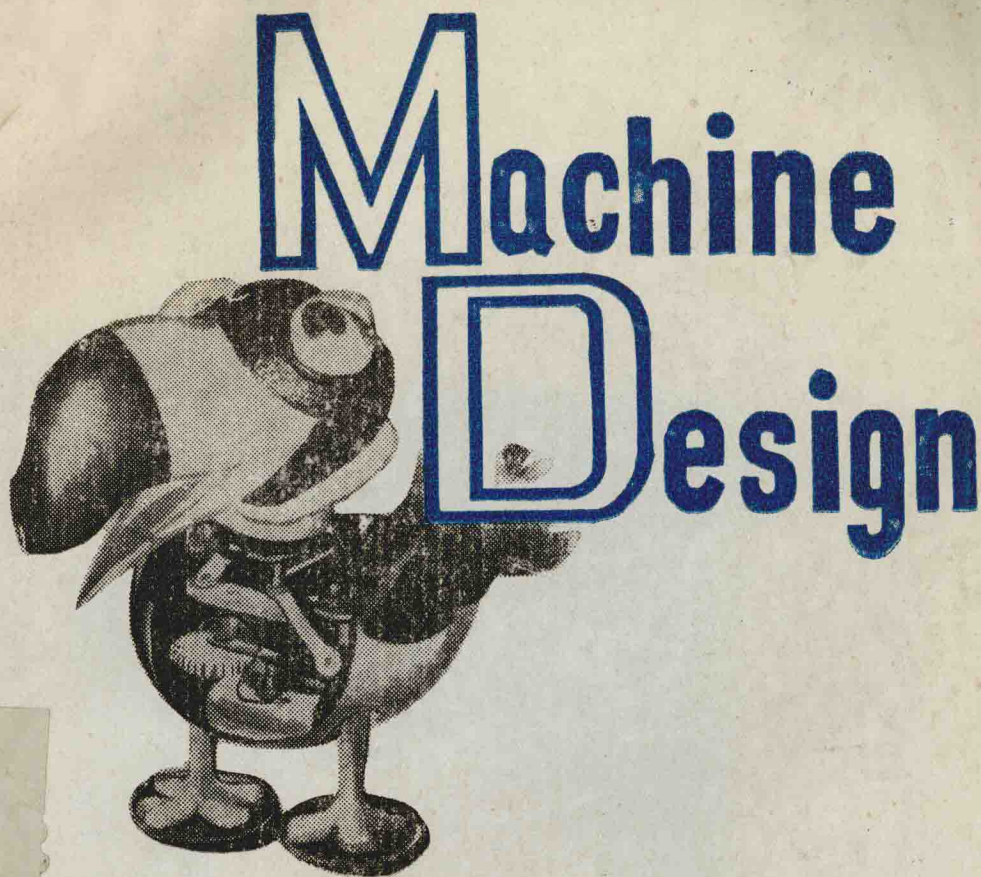




# 机械设计

南京机校机械设计教研组译 1982.7

本教科书的目的是为学生提供在机口设计广泛领域内的基础知识。本书是为工程技术人员和工艺人员编写的，因此，对工科学校、社区大学和四年制学院的技术课程也适用。尽管本书介绍了必需的理论，但重点放在弄懂力学运动和实际应用上。因为雇用工程技术人员和工艺人员的将是工业部门。经验表明，在一门课程学完之后，若不在工作中运用，其中抽象的理论是要遗忘的。

我们假定学生对机械制查、机制工艺、理论力学和材料力学已有基本的了解。由于微积分主要用于推导所需的数学关系，所以不是一门必需的预备知识。

本教科书的重要目的是：

- (1) 填补学生和专业设计人员之间的差距；
- (2) 开发对机口设计的社会作用的认知；
- (3) 鼓励创造能力，加强分析能力；
- (4) 开发制订完善的设计方案的能力；
- (5) 提供综合性的实际设计课题，这些课题可加强总的设计概念。

作者力图引导学生亲自参加机口设计。必须让学生进行革新和分析，促使学生运用创造能力，这样，由于个人取得的成绩就能激励他们学习。本书介绍了实际分析的方法，学生毕业后可利用这些方法去解决他们所遇到的各类问题。

作者谨对罗伯特·莫特教授有益的建议表示感谢；最后还要感谢妻子玛丽为打印书稿花费了许多时间。

安绍内·伊斯普留院

# 目

# 录

## 第一章 机口设计引言

- 1.1 什么是机口设计
- 1.2 机口设计的基础知识
- 1.3 机口设计的哲学
- 1.4 设计的联络过程
- 1.5 活塞发动机与转子发动机比较
- 1.6 活塞发动机的四个冲程
- 1.7 转子发动机
- 1.8 机口设计的重要方面
- 1.9 初始的设计构思
- 1.10 强度分析
- 1.11 材料选择
- 1.12 外观
- 1.13 制造工艺
- 1.14 经济性
- 1.15 安全
- 1.16 环境影响
- 1.17 可靠性和寿命
- 1.18 法律探讨
- 练习

## 第二章 失效分析和尺寸的决定

- 2.1 概述
- 2.2 静拉伸强度
- 2.3 材料的设计特性
- 2.4 剪切与压缩的静强度
- 2.5 动载荷

- 4.7 抗摩轴承寿命
- 4.8 抗摩轴承润滑
- 4.9 抗摩轴承安装
- 4.10 抗摩轴承预紧
- 4.11 轴颈轴承与抗摩轴承比较
- 练习

## 第五章 轴与联轴器

- 5.1 概述
- 5.2 转轴的扭转
- 5.3 空心轴设计
- 5.4 转轴的弯曲
- 5.5 扭转与弯曲综合
- 5.6 轴的临界转速
- 5.7 挠性轴
- 5.8 键
- 5.9 刚性联轴器
- 5.10 挠性联轴器
- 5.11 十字滑块联轴器
- 5.12 万向联轴器
- 5.13 扭矩极限联轴器
- 练习

## 第六章 凸轮分析与应用

- 6.1 概述
- 6.2 平面凸轮廓线分类
- 6.3 凸轮从动杆分类
- 6.4 凸轮术语
- 6.5 从动杆运动分类
- 6.6 凸轮廓线绘制
- 6.7 确定最大压力角
- 6.8 确定最大许用压力角

- 2.6 疲劳强度
- 2.7 疲劳失效—耐久极限图
- 2.8 应力集中
- 2.9 降低应力集中的方法
- 2.10 许用应力和安全系数
- 2.11 温度对屈服强度和弹性模量的影响
- 2.12 蠕变：塑性现象
- 2.13 热应力（温度应力）
- 2.14 过盈配合
- 练习

### 第三章 润滑与轴颈轴承

- 3.1 概述
- 3.2 摩擦理论
- 3.3 轴颈轴承
- 3.4 润滑剂特性
- 3.5 轴颈轴承的摩擦分析
- 3.6 轴颈轴承的压力
- 3.7 动压轴承
- 3.8 轴颈轴承的发热
- 3.9 止推轴承的滑动
- 3.10 多孔轴承
- 3.11 自位轴颈轴承
- 练习

### 第四章 抗摩轴承

- 4.1 概述
- 4.2 滚动阻力
- 4.3 滚珠轴承
- 4.4 滚柱轴承
- 4.5 滚针轴承
- 4.6 止推抗摩轴承

8.10 周转轮系

8.11 汽车传动

练习

## 第九章 带与链

9.1 概 述

9.2 包角与带长

9.3 平 带

9.4 平带要求的摩擦系数

9.5 三角带

9.6 变速三角带传动

9.7 其它带传动

9.8 滚子链

9.9 链条的几何关系

9.10 滚子链的功率容量

练习

## 第十章 离合器与制动器

10.1 引 言

10.2 爪状离合器

10.3 平舌离合器

10.4 锥形离合器

10.5 弹簧离合器

10.6 超越离合器

10.7 电磁离合器

10.8 离心式离合器

10.9 流体离合器

10.10 干流体离合器

10.11 块状制动器

10.12 带状制动器

10.13 汽车鼓状制动器

10.14 汽车盘状制动器

练习

- 6.9 降低压力角的方法
- 6.10 在实际设计时凸轮与从动杆接触关系的研究
- 练习

## 第七章 齿轮基础

- 7.1 概 述
- 7.2 轮齿术语
- 7.3 正齿轮基本公式
- 7.4 啮合规律
- 7.5 渐开线齿形
- 7.6 绘制一对啮合着的正齿轮
- 7.7 轮齿的干涉和根切
- 7.8 重合度
- 7.9 齿条和齿轮
- 7.10 内正齿轮
- 7.11 齿轮制造方法
- 7.12 轮齿的标准比例
- 7.13 轮齿受力分析
- 7.14 正齿弯曲强度
- 7.15 正齿接触强度
- 练习

## 第八章 轮 系

- 8.1 概 述
- 8.2 斜齿轮
- 8.3 人字齿轮
- 8.4 锥齿轮
- 8.5 蜗杆与蜗轮
- 8.6 各类齿轮传动特性
- 8.7 简单轮系
- 8.8 复合轮系
- 8.9 回归轮系

## 第十三章 流体传动导论

- 13.1 引 言
- 13.2 流体传动泵
- 13.3 液压执行件
- 13.4 液压阀
- 13.5 液压回路
- 13.6 蓄能器
- 13.7 液控压力计
- 13.8 液压保险片
- 13.9 增压器
- 13.10 闭环控制系统
- 13.11 气动
- 练习

## 第十四章 设计课题选编

- 14.1 液压千斤顶
- 14.2 刚性联轴器
- 14.3 汽车速度表的传动系统
- 14.4 焊接结构
- 14.5 车库自动开启器
- 14.6 参观生产工厂现场
- 14.7 轴颈轴承
- 14.8 动力传动轴
- 14.9 带轮—轴承总成
- 14.10 扭矩限制器
- 14.11 齿轮减速箱
- 14.12 滚轮—链传动装置
- 14.13 离心鼓风机的带传动系统
- 14.14 水塔架
- 14.15 旋转标牌
- 14.16 电梯消震器

## 第十一章 机械式联接

- 11.1 概 述
- 11.2 螺纹术语
- 11.3 普通螺纹联接
- 11.4 联接受力分析
- 11.5 传动丝杠
- 11.6 垫 圈
- 11.7 挡 圈
- 11.8 销联接
- 11.9 其它联接
- 11.10 铆钉联接
- 11.11 焊接联接
- 练习

## 第十二章 弹簧设计

- 12.1 概 述
- 12.2 圆柱螺旋拉簧与压簧
- 12.3 圆柱螺旋弹簧应力
- 12.4 弹簧的材料和许用应力
- 12.5 圆柱螺旋弹簧的变形
- 12.6 弹簧的串联与并联布置
- 12.7 动载荷
- 12.8 扭力杆
- 12.9 螺旋扭簧
- 12.10 板 簧
- 12.11 碟状弹簧
- 12.12 圆锥形和蜗形弹簧
- 12.13 常力弹簧
- 12.14 动力弹簧
- 12.15 夹紧盘簧
- 练习

- 14.17 手动绞车
- 14.18 弹簧控制的离心式离合器
- 14.19 供汽车风扇脱开用的离合器
- 14.20 汽车电瓶貯水口
- 14.21 液压放大器
- 14.22 汽车吸能式保险杠
- 14.23 汽车汽油变速装置

# 第一章 机器设计引言

## § 1.1 什么是机械设计？

机械设计是一门应用技术科学，用以创造新产品，改进老产品来满足人们的需要。它是工程技术的一个广泛领域，它不仅研究以产品尺寸、形状和结构详图等表示的产品的基本构思，而且研究产品制造、销售和使用等种种因素。

产品可定义为机件、结构物、工具和仪表等任何一个生产项目。图1-1显示的是一种常见产品，一般称为草坪椅。其放大部分为橡子形锁紧螺母，它是用以紧固管状底座同管状腿部和臂部的。图1-2为儿童玩具“机灵的小鸟”剖视图，一对挠性轴能使玩具有象人一样能转动的眼睛（图的前部显示由人握着的挠性轴）。显然，草坪椅和玩具小鸟都是人们需要的产品。

执行机械设计各种职务的人称为设计人员或设计工程师。机械设计基本上是一种创造性的活动，他除了是革新者外，还必须在工程技术的基础方面有着坚固的基础知识。

## § 1.2 机械设计的基础知识

设计人员必须在机械制图、机构学、力学、工程材料、材料力学和工艺学方面有实际知识。下面说明基础知识的各个课程对机械设计的关系。

(1) 机械制图 图1-1的草坪椅和图1-2的玩具，用照片达到了清楚地描述了它们的形象的目的。但是，用这种照片是不能加工出产品来的。必须备有标明各个零件准确形状、尺寸和材料的零件图，还要有表示按适当顺序将每个零件联接在一起的装配图。

(2) 机构学 本课程的知识，例如会分析“机灵的小鸟”内部机构的运动，这种分析要包括综合出眼睛转动的动作。通常对玩具的这种运动综合和它内部机构的综合，称为机构学，是机械设计一开始便要研究的内容。

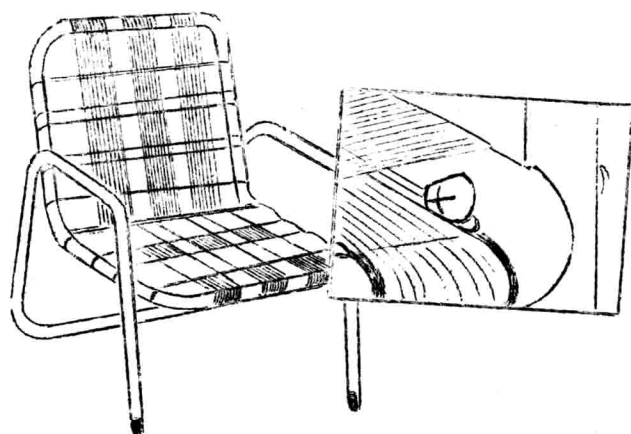


图 1—1

采用锁紧螺母作紧固件的铝质草坪椅

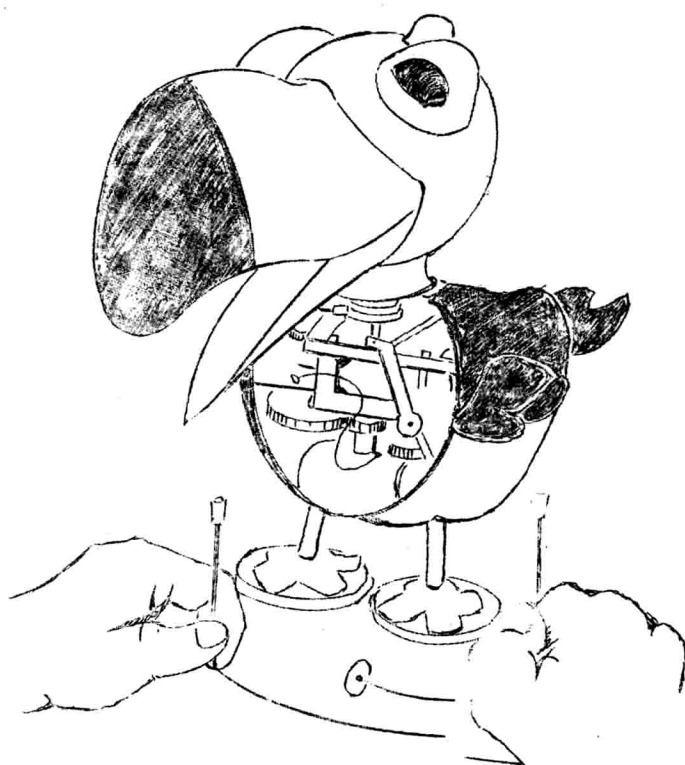


图 1—

“机灵鸟”，眼睛能自动的玩具

(3) 力学 本课程提供力学分析。例如分析人坐在图 1-1 草坪椅上的作用力。显然，一个人如果鲁莽地跳到椅子上，就可能把椅子弄坏。实际上，这个运动（跳上椅子）就是给草坪椅加上了动载荷。而不是原先设计时，所考虑的逐渐加上的（静）载荷。这种使用错误的后果是形成很大的力，造成永久性破坏。所以，在设计之初，就该运用力学定律来估计动载荷的合理数值。

(4) 工程材料 因为草坪椅通常在室外使用。所以管子用铝或钢，可防锈蚀；编织品由塑料编织，它即使长期暴露在阳光下和潮湿的水汽中也不致很快变质。恰当地选择材料是机口设计的重要方面。

(5) 材料力学 本课程涉及零件是否承受得住由力学计算出的外力。例如，草坪椅（正常使用）铝管截面尺寸和形状，就是根据最大应力和变形也不致使其失效的条件下确定的。应力和变形的大小取决于零件的尺寸和形状，同样也取决于它的材料，结构和作用在它上面的实际载荷。

(6) 机制工艺学 极力看出图 1-2 所示的小鸟是一个简单的玩具。玩具每个零件如何加工，整个玩具如何装配，所用方法要在机制工艺学中学。这里设计师要掌握其实际成本。小鸟采用挠性轴，就是因为挠性轴不用昂贵零件，也省去了为安装和对中刚性传动轴所化劳动的费用，从而简化了制造。

连同前节要用的工程基础知识，在机口设计的一般领域，还有许多有意义的因素必须研究。其中有安全问题、环境影响、外型和经济性等。这些因素将在 1.8 节到 1.18 节中讨论，在这些章节将完整地考察机口设计的各个方面。

### § 1.3 机口设计的哲学

下节这首诗《这种设计师》是一位无名作者写的。它叙述某位设计师十分欣赏自己的设计，他把设计弄得如此复杂，以致要把它制造出来，实际上是不可能的。

这种设计师

设计师弯腰扑在盘板上，  
新奇的玩意儿在他脑中生。  
他有节奏地搔头脑浆讲：

“我该如何搞出个难以对付的名堂？  
如果我把零件设计得简单又可靠，  
我知道它工作起来准是第一号。  
但铤铤鏖鏖太容易，  
也永不会使加工的人感到苦恼。  
所以我宁愿把诡计暗藏好，  
望着那些娃娃们急得把头发绞。  
好多孔都闷着不通，  
我把孔口朝下，你就钻不了。  
我敢打赌：这玩意儿你办不了——  
它不能放进模板，也不能装上卡盘；  
它既不能磨，也不能钻。  
真的，这设计可极为奇妙。”  
他看了又看，开口道：  
“最后，胜利一定属于我  
——它甚至不能铸造。”

显然，这是首讽刺诗，然而它明确地强调设计师必须具有产品工艺性观念的重要性。

如前所述，机械设计的目的是生产产品去满足人们的需要。发明、发现和科学知识并不一定对人们有利，只有结合到新设计的产品中去才体现出对人们有利。所以应该承认，在各个产品设计之前，必须考虑和人们需要的一致性。图1-3为心脏外科医生极有帮助的产品。它是一种精緻的新工具，延长了外科医生所能达到的部位。为夹住人造心脏瓣膜安全地放进活组织，提供迴转运动。7½英寸长由Monel材料\*制成的挠性轴，配上外科手术仪的曲柄，轻轻地夹住新瓣膜，把它送到位，然后将工具脱开并取出。

有时，可以承认人们有需要，但对此却无所作为。理由可能很简单，就是认为这时报酬抵不上为此消耗的时间和精力。可是如果造出的产品满足了人们的需要，整个设计方案就必须清楚地加以说明。

---

\* Monel 材料为含镍、铜、铁、钼的合金——译者注

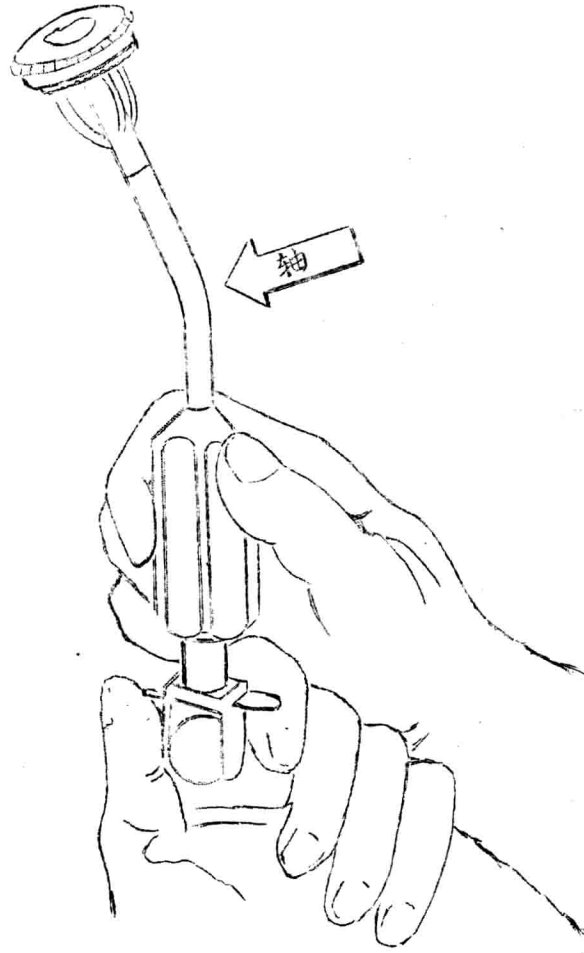


图 1—3 用于心脏外科手术仪上的挠性轴

机械设计应视为运用创造性的才能去展望产品设计的一个机会。在对系统分析之后，要提出如何生产这种产品的良好见解。懂得工程基本准则比记住一些实例和公式更为重要，因为不可能单独运用实例或公式搞出一个良好的正确的方案。而另一方面，任何运算都应细心和精确，例如一个小数点弄错了，即使可用的设计也不起作用。

好的设计要求作新思想的尝试和甘愿冒某种程度的风险，要知道新思想不成立，老方法就可能被保存。设计人员必须有耐心，因为时间和精力的耗费并不保证成功。创造一个全新的设计通常

要求摒弃许多老的已经建立的方法。这是不容易的，因为很多人往往墨守成规。设计工程师应该探索改进现存产品的各种途径，并确定哪些老的已被证明的观点应当继续采用，哪些新的未经尝试的观点也应结合采用。

新设计通常有许多缺陷或者未及预料的问题。这些问题必须预先解决，新设计的优越特性才能得到赏识。因此优质产品只是在冒较大风险时才有机会生产。必须强调，要是设计不值得用全新的方法，而只是为了一些变动，那就不必采用这种新方法。

在设计开始阶段，应允许发挥创造性，而不受各种拘束。即使许多不切实际的想法发生了，也可在设计早期，在要求绘制生产图纸之前加以纠正。这样，就不会阻塞创新思想。通常，要搞一个以上的设计方案，在各方应彼此加以比较。很可能，最后采用的设计是利用了一个没被多数同意的设计里的思想。

心理学家经常谈及要使人适应于其操作的机口。而努力使机口适应人，乃是设计工程师的基本责任。这是一个不简单的任务，因为没有一个人操作尺寸和操作过程都是最佳的标准人，但是人的操作特征必须考虑，其中包括：

- (1) 手轮、控手、开关及踏脚的尺寸和位置；
- (2) 工作区域的空间分配；
- (3) 通风；
- (4) 色彩和照明；
- (5) 操作者体力；
- (6) 安全特征；
- (7) 操作者单调的动作；
- (8) 操作者验收。

#### § 1.4 设计的联络过程

另一个应当承认的重要之点是设计工程师必须能够与共同合作的有关人员交流见解进行联络。首先，设计人员必须将开始设计告知管理人员并取得其赞同。这通常用口头讨论结合图纸和书式材料方式完成。为了有效的联络，必须回答下述问题：

- (1) 本设计是否真正为人们的需要服务？
- (2) 它对竞争公司现有产品有竞争能力吗？

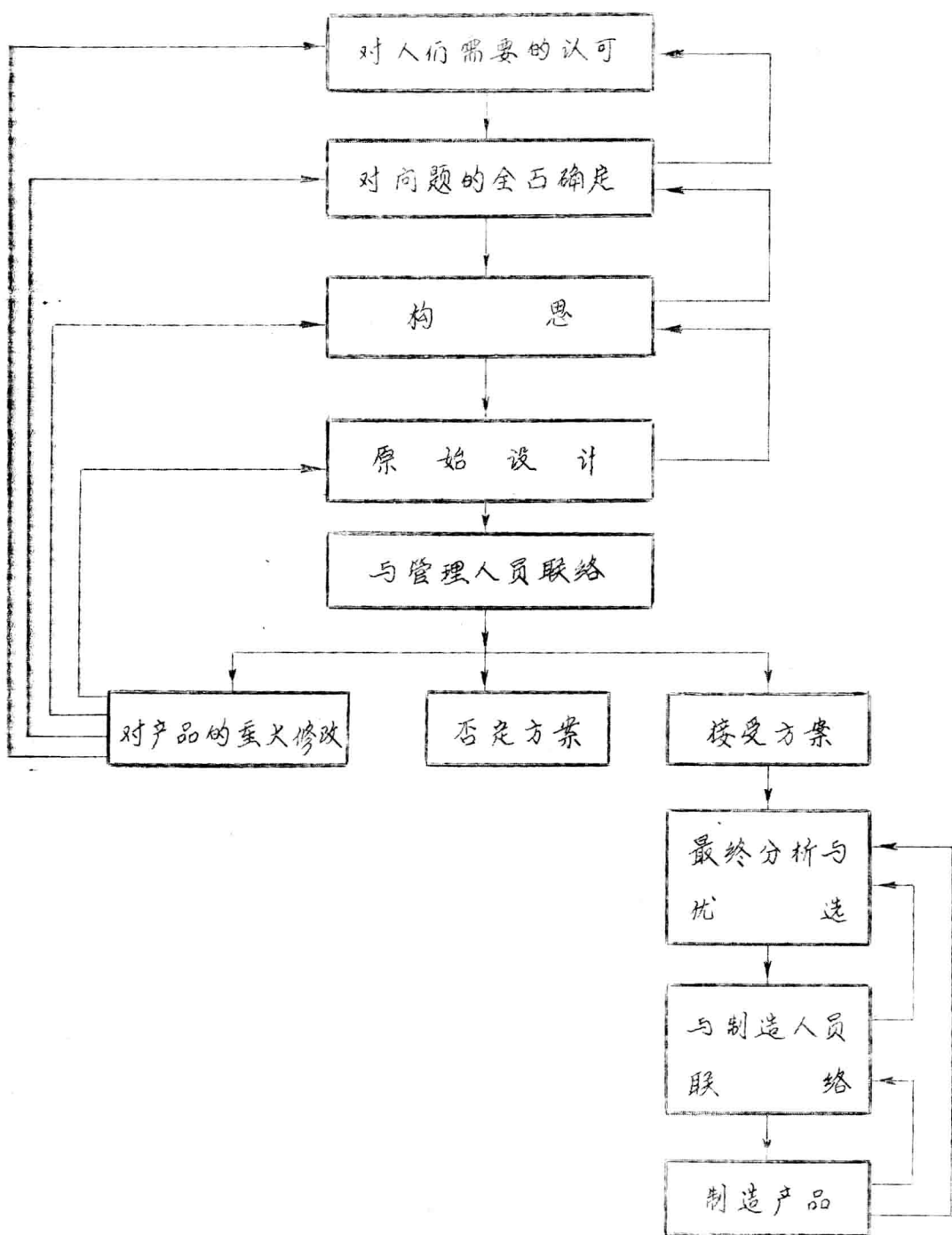


图 1—4 设计的联络过程