

[美] R. C 约翰逊 著

MECHANICAL DESIGN SYNTHESIS

*- Creative Design
and Optimization*

机械设计综合

创造性设计与最优化

机械工业出版社



机械设计综合

创造性设计与最优化

〔美〕 R. C 约翰逊 著

陆国贤 丁 怡 倪庆兴 译

汪一麟 校



机械工业出版社

本书是第一部全面地论述机械设计综合的专著。作者从设计方法学的观点介绍创造性设计的过程和方法,并将创造性设计与优化设计有机地结合起来。书中举有大量来自生产实践的机械设计综合实例。

全书分两篇。第一篇论述结构型式综合,讨论如何根据设计准则选择最佳结构型式的问题。第二篇论述材料和尺寸的选择,讨论零件的最佳形状及关于选择材料和尺寸的最优化问题,介绍电子计算机在优化设计中的应用。

本书可供从事机械设计和研究的工程技术人员以及高等工科院校的教師、研究生和高年级学生使用。

MECHANICAL DESIGN SYNTHESIS

—Creative Design and Optimization Second Edition

RAY C. JOHNSON

ROBERT E. KRIEGER PUBLISHING COMPANY

HUNTINGTON, NEW YORK

1978

* * *

机械设计综合

创造性设计与最优化

〔美〕 R. C 约翰逊 著

陆国贤 丁怡 倪庆兴 译

汪一麟 校

*

责任编辑:夏曼苹

封面设计:郭景云

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $18 \frac{1}{4}$ · 字数 440 千字

1987 年 9 月北京第一版·1987 年 9 月北京第一次印刷

印数 0,001—4,950 · 定价: 4.70 元

*

统一书号: 15033 · 6588

译 序

本书对机械设计综合作了全面论述,讨论了拟定和选择机械的结构型式、外形、材料和尺寸的创造性过程和方法。本书讨论的重点是最优化,作者力图简明而实用地阐明设计方法学的观点,在书中附了大量的实例、图片、详细的设计步骤、计算框图以及电子计算机计算程序。我们向机械工程技术人员介绍本书,期望会有助于读者在设计和科研工作中,提高机械产品的技术经济效益实现创新和优化。

本书的翻译分工如下:陆国贤同志译第一、二、三、四、五章,丁怡同志译第六、七、八章,倪庆兴同志译第九章和附录A、B、C、D。全书由汪一麟同志统稿和校订。在本书翻译过程中,陈立周同志提供了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于水平所限,如有不妥之处,敬请批评指正。

前 言

工程是一种创造性行业。现代社会近年来在科学技术上正以空前的速度不断进步，在这方面工程的各个分支（有时单独地，有时共同地）起了显著的作用。不管怎样，科学技术上的这些进步都可以用设计和综合这两个词来加以说明。根据机械行业的现状和对未来的预测，R. C. 约翰逊（Ray C. Johnson）教授以院士、工业顾问和设计师的身份，通过他最近出版的《机械设计综合》一书，向见习工程师和在职的专业人员介绍了他在机械优化设计方面的丰富经验和领导方法。

本书是以有才华学者的严密细致笔法写成的，并按在职工程师的实用逻辑作了修改。对于缺少机械设计和综合方面知识的人，本书向他们直截了当地介绍了新的概念。作者力求通过自己与工业界的广泛接触所得来的各种各样实例和问题来阐明每个概念。对于已经熟悉机械设计和综合的人，本书为他们满意地论证了结构型式综合的概念，并将其与选择实际的材料和尺寸相结合。有关机械零件设计的理论和应用已用特殊的方法联系起来。这些方法是作者所创造的，而在编入本书之前已通过教学和咨询工作作了现场检验。

我和我的同事有幸首先看到约翰逊教授所首创的崭新而切合实际的机械设计方法。我们感到，本书在设计方面所起的作用犹如现代喷气式飞机在运输方面所起的作用。学生和在职工程师认真学习了本书，将能为尽量减少不必要的人力和尽量提高机器的输出功率而更加有效地工作。

唐纳德·N·兹威普（Donald N. Zwiep）

序 言

在机械设计的全过程中,有许多问题必须由有成就的工程技术人员来解决。最重要的一个阶段是进行创造性的结构型式综合。随后的另一个重要阶段是选择材料和尺寸。本书的基本目的是,介绍并说明一些不大被人知道的简明方法,以便在上述设计过程的早期,帮助解决机械设计综合的一些关键性问题。

书中所介绍的方法并不普遍适用于一切设计问题,因为从全局来看,有许多决策毕竟还不是关键性的,并且设计技术的基础必定来自实际经验和科学方面的才能和知识。不过,本书所介绍的方法将能补充大家的基础知识,因而至少能增加实现优化设计的可能性,而优化设计正是我们所力求实现的。因此,本书的中心论题是最优化,当然要符合实践中通常遇到的整个系统的实际约束条件。

第一章是本书的绪论。本章叙述了机械设计综合与设计全过程程序的关系,说明了最优化在其中所起的作用,并概括地列举了一些有关机械设计综合的介绍性例子。此外,还提供了一些来自不同工业领域的先进设计的图片,以表明在机械设计过程中由于长期以来不断力求实现最优化而已经或将要获得的成果。其中有些例子也许可以启发人们不断致力于机械设计综合,从而改进他们所研制的产品。实际上,作者希望本书能协助读者在决策过程的早期,制定和应用简明方法来解决机械设计综合的关键性问题。

本书的第一部分论述设计过程中的结构型式综合。第二章讨论了设计中有关创造性的一些问题。随后在第三章和第四章中介绍了一些能促进或激发创造能动性的方法。第五章从尽可能充分满足整个系统要求的观点出发,讨论了如何根据一套设计准则选择最优结构型式的问题。

本书的第二部分论述设计过程中材料和尺寸的选择。第六章讨论了如何应用书中所介绍的简明方法,这是属于先进设计的内容。第七章讨论了零件的最优形状。第八章则讨论了较通用的有关选择材料和尺寸的最优化问题,它具有特殊性,并受离散值约束和局部约束的限制。第九章说明了比较复杂的先进设计问题,其中列举了将数字计算机应用于最优化方法的几个例子以及工业上获得成果的几个例子。这一章中也说明了在各种运算方法中必须考虑整个系统的要求,还汇集了前几章所介绍的一些方法。

为使本书的篇幅不致过大,凡是能从其它书刊查到的内容,力求避免重复。因此,略去某些推导和技术资料,并不会降低它们在机械设计综合全过程中的使用价值。作者假定,设计工程师已掌握这些公开发表的资料,并在机械设计的全过程中能适当地加以应用。

本书可按不同的方式使用。书中各章举了许多说明性例子、工业上的实例和例题,可供对设计感兴趣的在职工程师和教师自学之用。本书也可用作大学教科书,更适宜用于高年级学生或研究生读的设计类课程。本书涉及的范围很广,足够供两学期课程之用,如果再补充一些推导、基础知识和摘自别的书刊而这里所没有的机械综合方面的其它一些课题,则更会引起人们的兴趣。本书也可用于高年级学生或研究生读的一学期课程,使学生广泛了解机械设计综合的一些独特问题和解题方法。因此,本书的内容加上从其它书刊上补充的内容后,可

使本书具有广泛的适用性。尽管本书所采取的方式特殊,读者还是能够较深地理解机械设计综合中的一些独特问题和如何在实践中明确地解决这些问题。

我要感谢的人员名单实在是太长了,因为有很多人为本书提供了必要的基础知识。我要向德国库尔特·海因(Kurt Hain)教授表示感谢,当我们十年前在耶鲁大学一起讲授高等设计课程时,他给我以鼓励。那次接触导致我研究连杆机构分类法,并在第三章中作为创造性设计的手段来介绍这一方法。此外,当我担任设计顾问时,曾与工业界人士频繁接触,其中有J. P.基朗斯基(John P. Kieronski), L. C.赖斯(Lynwood C. Rice)和H. B.密勒(Harry B. Miller)等先生。我深信,不接触到工业上的实际问题,就不能制定和应用书中所介绍的这些方法。

最后应该指出,目前在设计问题中基本上都强调要满足整个系统的要求,在本书的专业内容中列举了这方面的例子,就这种普遍情况来说,我要感谢在不同行业内象我一样从事整个系统各方面的优化设计的人们,因为这对能够写成这本书起了重要作用。首先,就工业界来说,我特别要感谢兰斯顿(Langston)公司工程部主任J. H. 奥斯古德(John H. Osgood)先生,他为机械设计综合的应用提供了许多机会。第九章的§9-5和§9-6举出了由于有这些机会而在工业上获得成果的具体例子。顺便指出,还值得称赞他的是,他提醒我注意第六章§6-2所引用的O. W. 霍姆斯(Oliver Wendell Holmes)的语录,这是有关最优化方法基本原理的早期著作。其次,就学术界来说,我特别珍惜在伍斯特(Worcester)综合工学院讲授机械设计综合的机会,为此我要感谢机械工程系主任D. N. 兹威普教授。我深信,没有这次机会,就不能拟定和编写现在这样一本书。第三,在工程界之外,我要深深感谢戈登(Gordon)学院院长和古波士顿派克街教堂前教长H. J. 奥肯茄(Harold J. Ockenga)博士所表示的鼓舞、促进和个人关心。第四,我早年对机械设计的兴趣主要是我的父亲奥拉夫A. 约翰逊先生培养的。他在机械设计方面的擅长促使我从事这方面的工作。最后,我要深深感谢我的家庭成员,他们参加了本书的编写工作。尤其是我的妻子海伦,在长期进行这项工作的过程中,表现了最大的耐心和理解。此外,我还要深深感谢制图员格伦、手稿打字员巴巴拉和助理秘书卡罗尔,他们给了我巨大的帮助。

R. C. 约翰逊 (Ray C. Johnson)

再 版 序 言

本书的第二版基本上是第一版的增补版,在第三、第四、第八章中增加了新的材料,并增补了附录A到D。限于篇幅,第一版中有关创造性设计的一些材料,只概要地介绍一下,而略去了一些推导和解释。此外,初版未涉及的新材料近年来已日益显得重要。因此,在编写第二版时,重点是使本书成为一本在机械设计综合方面更加完善和合乎时宜的书。

修改最多的是第三章,现在已将该章大大扩充,作了更多的推导和解释,并增加了七个例子来说明实际应用。该章所论述的连杆机构分类法是有关创造性设计的很实用的方法,它在美国尚未受到重视。作者在1961年首先认识到它的重要性,当时正在耶鲁大学同德国K.海因博士一起讲授高等设计课程。K.海因博士向授课班级介绍了他称之为“数值综合”的基本方法,并将创造性设计实际应用于夹持机构和自调节制动器的设计中。后来,作者与K.托弗(K. Towfigh)先生合作,大大发展了这个理论,并将其应用于行星齿轮系的设计中。最后,作者又进一步发展了这些方法,并将其应用于工业上的许多问题中,其中一些问题在本书中作了说明。在创造性设计方面,这一课题显得及时而实用,在过去十五年中它引起了学习创造性设计的学生的很大兴趣,因而在第二版中对第三章作了扩充。读者将会看到附录A和B是新增加的。在这两个附录中列出了连杆机构的基本型式,以便将它应用于按连杆机构分类法进行创造性设计时所发生的新问题。

同样,对第四章也作了扩充,但扩充较少。这章载有有关其它两种创造性设计方法的进一步说明和实例。根据最优化目标而制定的蕴含法,读者有时一开始会感到难以理解。此外,要掌握用线路图进行创造性设计的方法则需要认真学习和实践。因此,在这两种情况下,都增加了内容来改进讲解,并举了一些较简明的例子来说明基本方法。

在第八章的结尾添加了说理性的一小节,这对制定优化设计问题的解法非常重要。此外,所增加的附录C是关于用计算机作自动优化设计的内容。这是优化设计方面一个最新的重要领域,附录C中所概括的简要内容将能促使人们进一步研究这一课题。我要感谢范德比尔特(Vanderbilt)大学的G. E. 约翰逊先生,正是听取了他的评论和建议,才增加附录C的。

最后指出,最近几年美国已作出了采用国际单位制的决定。目前,美国许多有经验的工程师最熟悉英制单位,但在不久的将来一定要转到熟悉国际制单位。因此,首先要考虑的是,将第一版中的各种数值计算题从英制单位转换成国际制单位。然而,在相当长的一段时期内,特别是在工程计算方面,美国工程师必须对两种单位制都得熟悉。非如此不可,因为他们必须查阅和使用过去以英制单位计量的报告和资料,同时必须研究以国际制单位计量的新问题。因此,本书决定保留第一版中以英制单位计量的数值计算题,而增加了介绍机械设计中国际制单位的附录D,作为学习用的补充内容。附录D能有助于工程师熟悉使用国际制单位,使他解决以这种单位制计量的新的设计问题。

本书的第二版将会引起企业中以某种方式从事或参与设计工作的工程师的兴趣。这是因为,在机械设计综合的问题中,要用到书中所介绍的方法的机会多得不可胜数。此外,本书

的第二版也将引起大学里高年级学生和研究生兴趣，尤其是在机械工程设计方面的。因此，凡与工程设计有关的人，包括大学生、教授、规划工程师、设计工程师、管理人员等等，都会从本书第二版得到收获。机械设计综合这一课题是目前在发展的有吸引力的领域，我们高兴地看到工程行业中对它的重视正在不断增长。

R. C. 约翰逊 (Ray C. Johnson)

1977 年 8 月

目 录

译序

前言

序言

再版序言

第一章 绪论

§ 1-1 基本术语	1
§ 1-2 机械设计简史	1
§ 1-3 设计过程的程序	2
§ 1-4 达到目标的方法和最优化	5
§ 1-5 介绍性实例 1 ——惰轮支座设计问题	5
§ 1-6 介绍性实例 2 ——赛车设计问题	8
§ 1-7 工业中的机械设计一例	10
§ 1-8 获得成功或使成就达到最大的原理	10
§ 1-9 先进设计与机械设计综合	14

第一篇 创造性设计中的结构型式综合

第二章 创造性设计概论

§ 2-1 创造能动性的过程	17
§ 2-2 创造能动性的特点	18
§ 2-3 激发创造能动性	18
§ 2-4 几种激发方法一览	19

第三章 连杆机构分类法

§ 3-1 概述	21
§ 3-2 综合用的一些基本连杆机构	25
§ 3-3 机械装置的综合	40
§ 3-4 几种具有 $F = +1$ 特征的机构的综合	42
例3-1 双搅拌器传动机构	42
例3-2 具有齿轮和齿条的凸轮控制滑块传动	43
例3-3 机械效益大的凸轮控制滑块传动	43

例3-4 行星轮系	50
§ 3-5 几种承受外载荷的结构的综合	55
例3-5 具有水平承载面而连杆在承载面之下的结构	55
§ 3-6 几种内力加压装置的综合	57
例3-6 复式杠杆起重器	58
例3-7 复式杠杆铁丝剪	59
例3-8 自调节夹持机构	59
例3-9 自调节制动器	65
例3-10 轭式铆机	72
§ 3-7 具有 $F \geq +2$ 特征的差动机构的综合	72
例3-11 分离式轧辊传动机构	72
例3-12 工作时可调质量, $F = +2$	73
例3-13 工作时可调质量, $F = +3$	77

第四章 创造性工作中的其它一些辅助手段

§ 4-1 概述	79
§ 4-2 逻辑模块法	79
一般方法	79
例4-1 可拆式钢丝绳套管	80
例4-2 零件少的进给系统	81
§ 4-3 蕴含综合法	86
一般方法	86
例4-3 支承式套管	88
例4-4 弹簧加载凸轮机构	89
例4-5 拆卸工具设计	89
§ 4-4 用线路图的综合法	94
一般方法	94
例4-6 承载盘槽轮传动机构	96
例4-7 堆叠胶片的重锤	97

第五章 最优结构型式的选择

§ 5-1 概述	101
§ 5-2 一般方法	101
§ 5-3 应用举例	104
例5-1 阻尼器最优结构型式选择	104
例5-2 机构的最优结构型式选择	104

第二篇 用优化设计法选择 材料和尺寸

第六章 先进设计概论

- § 6-1 先进设计的一些内容.....108
- § 6-2 关键设计区.....108
- § 6-3 材料、尺寸和系统要求.....109

第七章 形状设计

- § 7-1 概述.....111
- § 7-2 用简单积分法进行形状设计.....111
 - 例7-1 高速连臂.....111
- § 7-3 用变分法进行形状设计.....113
 - 一般方法113
 - 例7-2 最短路线.....114
 - 例7-3 下降最快的滑行路线.....115
 - 具有配连条件的变分问题116
 - 例7-4 围场问题.....116
 - 例7-5 高速机械的平衡重形状.....118
 - 例7-6 阻力最小的机翼设计.....120
 - 例7-7 重量最轻的钢绳套管设计.....122

第八章 优化设计概论

- § 8-1 最优化的基本问题.....125
- § 8-2 优化设计方法.....127
 - 具有正常技术要求的情况130
 - 具有多余技术要求的情况131
 - 优化设计方法的介绍性例子136
 - 例8-1 下降时间最短的落体设计.....136
 - 例8-2 被围面积最大的围场设计.....138
 - 例8-3 磨损率最小的接触块设计.....139
 - 例8-4 工作时间最长的电路设计.....146
 - 例8-5 传热率最大的实心圆柱体设计.....151
 - 例8-6 变形最大而不发生疲劳破坏的弯曲弹簧设计.....159
 - 优化设计方法小结167
- § 8-3 函数的变化.....167
 - 例8-7 优化设计中的平稳点.....169
- § 8-4 线性规划法.....171
 - 例8-8 用优化设计方法求解线性规划问题.....171
- § 8-5 拉格朗日乘子法.....174

例8-9.....175

§ 8-6 对偶变量法.....177

例8-10178

§ 8-7 优化设计中的数字计算机方法.....179

精确方法179

迭代搜索法180

例8-11 迭代搜索法在优化设计中的应用181

§ 8-8 机械优化设计方法的比较一览表.....185

§ 8-9 靠改变边界值来改进设计.....185

例8-12 弯曲弹簧设计中边界值的改变186

§ 8-10 对设计最优化的策划188

第九章 零件和系统的先进设计

§ 9-1 系统设计概述.....191

系统运转中的某些复杂零件

§ 9-2 车辆悬挂装置的扭杆设计.....192

数值例子9-1

用数字计算机求解200

§ 9-3 凸轮传动系统中螺旋弹簧的设计.....203

数值例子9-2

用数字计算机求解221

高速机械系统中的某些机构

§ 9-4 用数字计算机进行的高速转位

机构的优化设计.....222

§ 9-5 高速机械传动机构的重新设计.....232

§ 9-6 高速机械新型传动机构优化设计的综合.....240

§ 9-7 高速机械优化设计的一般目标.....248

附录

A 具有简单铰联接的扩充的容许异构体一览表252

B 具有一个复合联接的 $F = +1$ 容许异构体一览表262

C 计算机在自动化优化设计方面的应用263

D 国际制单位在机械设计方面的应用270

名词术语汉英对照275

第一章 绪 论

§ 1-1 基 本 术 语

首先应该讨论一下机械设计综合这个术语。机械一词是指具有结构型式、外形、材料和尺寸的一个有形物体。设计一词与其同义词 $\ominus$ 计划一样，也可作为动词或名词。然而，综合一词则表示将事物合在一起的过程。因此，机械设计综合这个术语，是指拟定和选择一个有形物体的结构型式、外形、材料和尺寸的创造性过程。本书的重点是介绍机械设计这方面的问题。

§ 1-2 机 械 设 计 简 史

从前，基本的侧重点是对已有的机械结构进行分析。例如，几百年前意大利物理学家和天文学家伽里略曾研究了摆、落体、抛射体、行星和恒星等物体的状态。不久以后，英国数学家和自然哲学家伊萨克·牛顿爵士研究了引力定律及其与行星的关系、光的特性及其通过棱镜的折射问题，以及其它许多重要的物理现象。因此，开头的基本侧重点是对已有结构的性能进行分析。

H. R. 坎贝尔
机车

1836年2月5日获专利

后来，综合成新的机械结构的重要性日益明显起来了，于是就开始侧重于这个方向。图1-1表示 H. R. 坎贝尔 (H. R. Campbell) 于1836年发表的机车专利的原图。图1-2表示 G. B. 塞尔登 (G. B. Seldom) 于1895年发表的“汽车发动机”专利的原图。在本世纪初，美国企业中由机械技师作出发明的事例屡见不鲜，因此要请制图员将车间里根据经验综合而成的结构画在纸上。这样，在纸上进行综合的重要意义立刻就被人们所认识，因为在纸上进行修改终究要比在车间里重做零件来得便宜而有效。从以上的概述可知，在机械设计综合方面早期的成果主要是属于发明性质的，而极大多数是用试凑法获得的，这就是其特点。

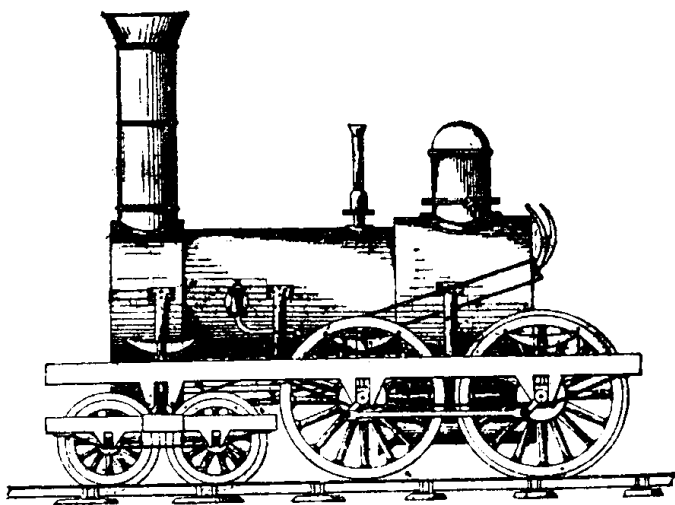


图1-1 机车的早期专利图

目前的趋向是，在机械设计综合过程中适当地应用理论。虽然如此，总的讲来还要强

$\ominus$ 英文中，design和plan是同义词——译者注。

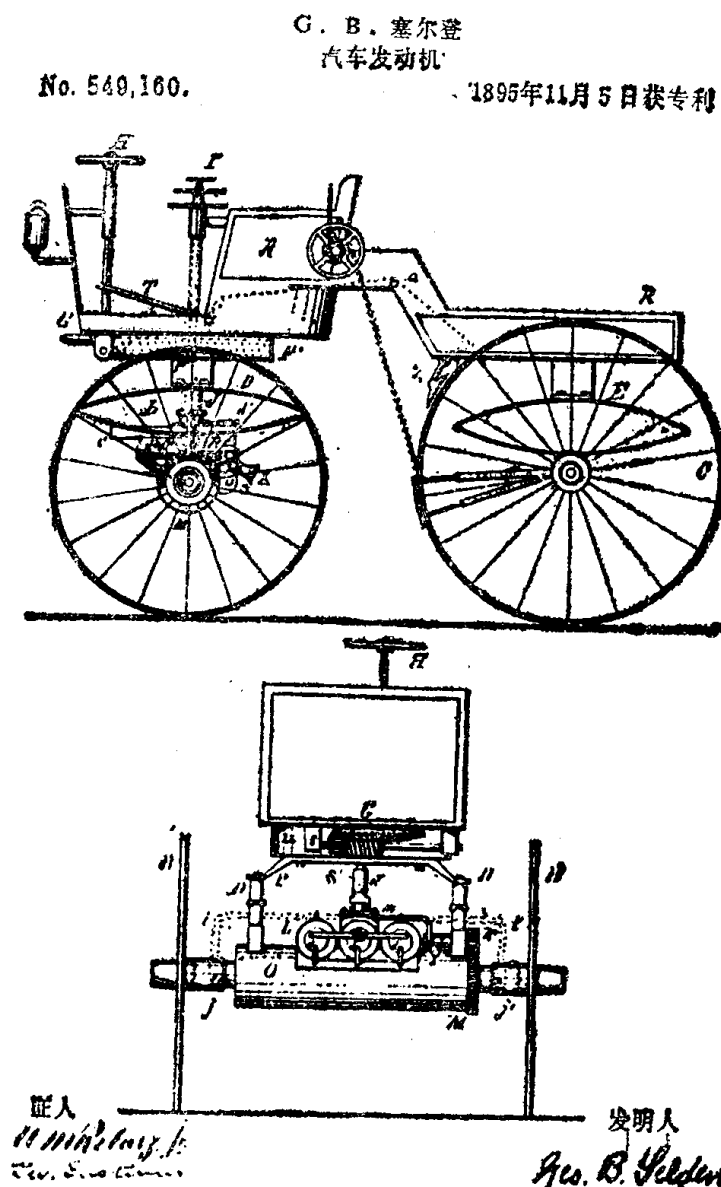


图1-2 “汽车发动机”的早期专利图

调，在设计过程中必须适当地融合各种艺术、科学、工程、实际经验和才智等一切有用的要素。因此，在我们这个时代要成功地完成机械设计综合，就必须利用数字计算机一类的现代工具来细致地协调许多人才所发挥的力量。

§ 1-3 设计过程的程序

机械设计全过程的程序可分解为如图 1-3 所概括的基本组成部分。第一步是认识和明确设计问题，从而制定待制造的产品所需满足的技术要求。第二步是回顾一下以往在解决类似设计问题时的做法。这种资料可从专利、专业文献、其它刊物、人员接触和经验等来源获得。

图 1-3 中第三步是进行基本结构型式综合，以便有可能解决设计问题。在这一具有创造性的步骤中，通常很需要有创造才能和有系统的综合技巧。这时应该先提出各种设想而暂不

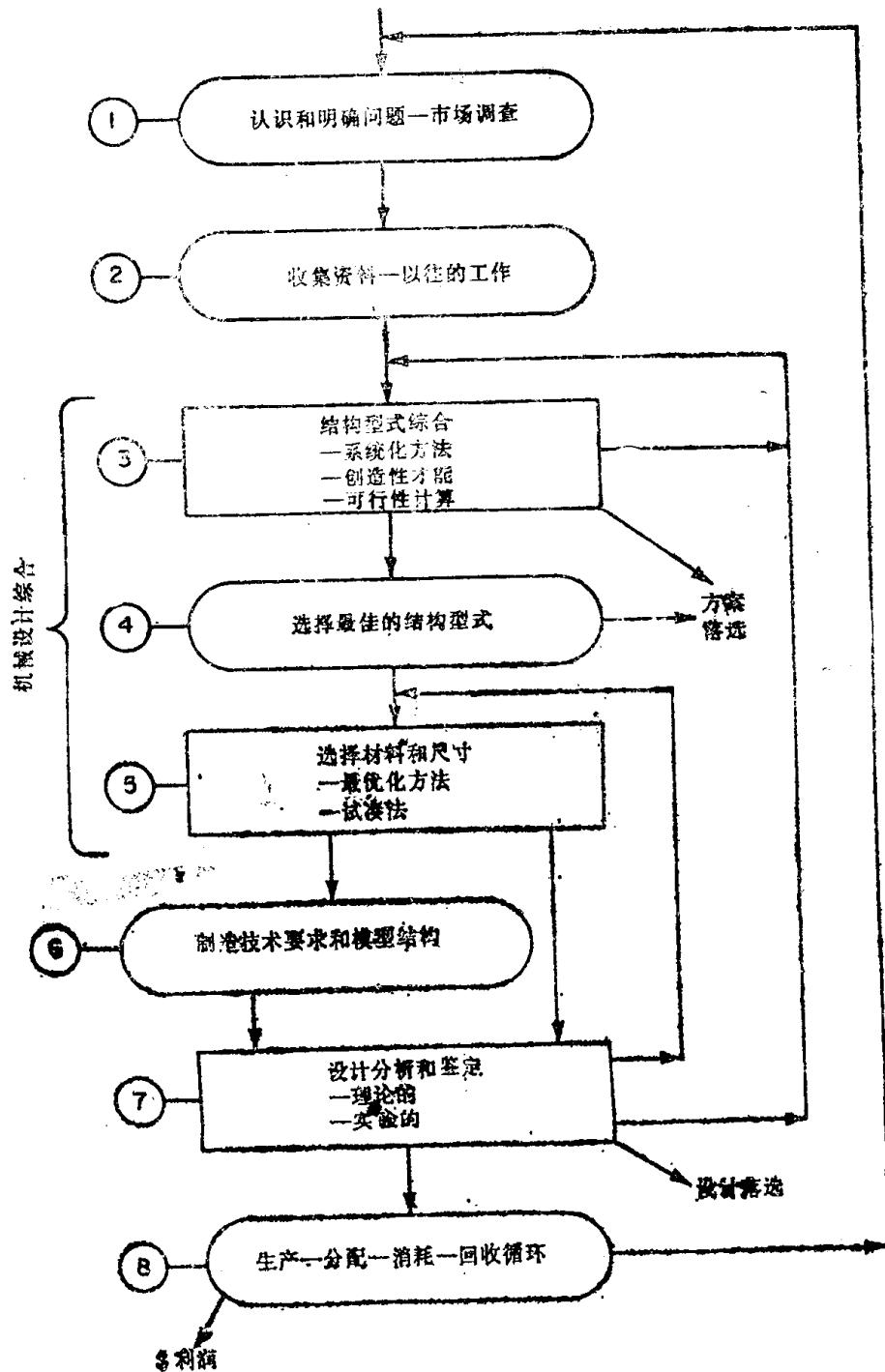


图1-3 机械设计过程的程序 (表示一些典型的反馈回路)

考虑最终的价值。根据经验和通过简单的可行性计算, 可以鉴别出其中有许多是不可取的, 应该将其及早摒弃。一般会有几种设想留下来, 在第四步中必须从中选出最有希望的一种。第五步是按所选的结构型式确定尺寸和材料。对于重要的设计问题, 这时应该采用最优化方法。另一方面, 从方便的角度看, 采用试凑法再配合一些简单的分析计算, 往往是比较合适而妥当的。

接着在图 1-3 的第六步中, 准备为制造所设计的原机而制定技术要求。第七步是进行理论分析和试验鉴定, 以真正检验我们的设计到底是成功还是失败。能检验厨师水平的在于菜肴味道, 而不在于烹调方法。同样, 真正能检验设计人员水平的在于产品性能, 而不在于图

纸上的设计技术要求。一个产品如果在严格的鉴定过程中能顺利地获得通过，即可进入第八步的生产—分配—消耗—回收循环。至此，我们算是达到了所在企业的总目标，不久就可获得利润了。

机械设计过程是一个反馈的过程，图 1-3 中表示了一些典型的反馈回路。一个有成就的设计人员的基本特点是决不丧失信心。因此，在设计过程程序中的任何一步，都可以获得信息，从而使他能按图上反馈回路所示的路线返回到前一步。实际上，为生产—消费循环所证实了的设计上的成功，常常是由于在设计过程中同时作了试制研究而获得的。因此，在长期持续不断的基础上反复应用图 1-3，可使产品设计获得很大的进步。至于在产品获得这种很大的进步后能达到什么目标，则可通过图 1-4 和 1-5 所示的目前先进型式与图 1-1 和 1-2 所示的产品原始型式的相应对照来加以说明。

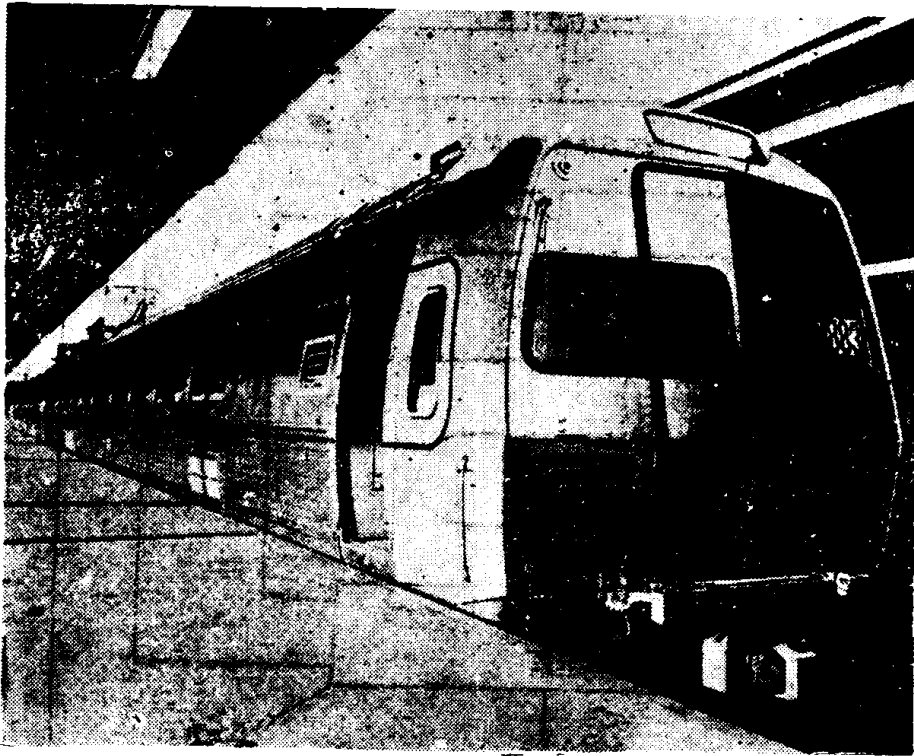


图1-4 巴德(Budd)地铁列车，铁路运输中的一个先进设计实例（自行式，每辆机车2560马力，速度大于100英里每小时，空气弹簧悬挂，等等）

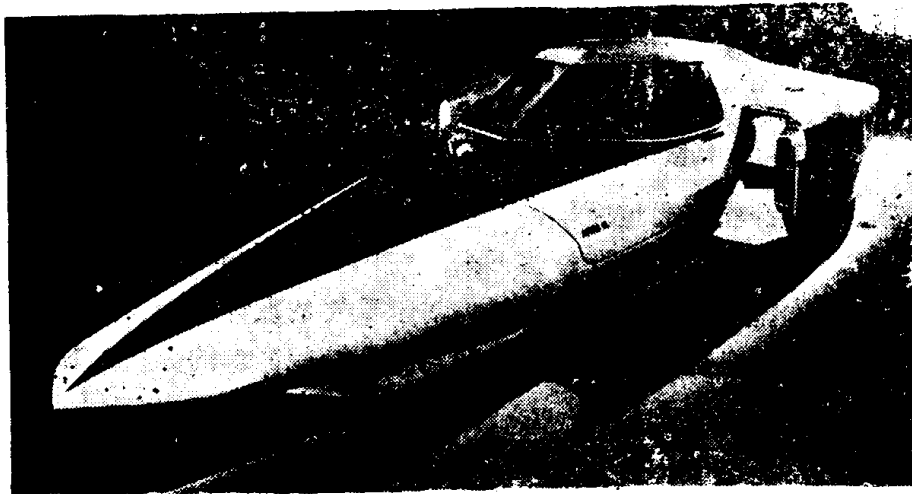


图1-5 切弗罗列特·阿斯特罗 (Chevrolet Astro) III型实验汽车，汽车中的一个先进设计实例（三轮型结构，装于车尾的艾科森 (Allison) 燃气轮机发动机，后面用闭路电视监视等等）

§ 1-4 达到目标的方法和最优化

机械设计综合是一个决策过程，其总目标是要按图 1-3 的程序将第一步到第八步有效地衔接起来。一般说来，一个设计问题有许多可能的解法，图 1-6 所示的 12 种方案表明了这一点，实际上，单就图 1-3 的第五步来说，选择尺寸和材料通常就有无数种可能的设计方案，这将在后面第八章和第九章中的许多优化设计变量分析时加以说明。在进行机械设计综合时，由于程序中的各步往往是互相关联的，因此每作出一个决策都必须考虑设计全过程。在决策过程中，为达到预定目标而选择具体的方法，显然不是很简单。

由于可能的方案有很多，如果基本目标仅仅是将图 1-3 中的第一步到第八步衔接起来，则在设计过程中必然要用试凑法。然而，为使我们的设计获得成功，必须实现最优化。因此，只要我们深信在完成设计后能够取得重大收获，在决策过程中就应力争达到最优指标。在力图实现最优化时，应该注意到，设计人员将遵守一切有效而切实可行的约束条件，其中包括对所花的时间和费用的限制。

至于达到机械设计综合程序中最终目标所用的方法，将结合最优化的中心论题来加以详述。在本书的其它部分将多次举例说明这一点。在决策过程中所涉及的机械设计综合的某些基本特点将在本章后面举例加以说明。另一方面，机械设计综合问题的具体解法则在以后各章中加以讨论和说明。

§ 1-5 介绍性实例 1——惰轮支座设计问题

在所要设计的一台机器中，假定主动齿轮 1 必须驱动从动齿轮 3 按同一顺时针方向旋转。仅仅为了做到这一点，就必须采用一个惰轮 2，如图 1-7 所示。在这个设计阶段，假定传递的功率 (HP)₁、齿轮转速 ω_1 和 ω_3 以及齿轮直径 D_1 和 D_3 都是定值。因此，这时图 1-7 所示惰轮的节圆线速度 V 以及轮齿上作用力 $F_{s/2}$ 和 $F_{t/2}$ 也都是定值。作用于惰轮轮齿上的合力以 R_{o_2} 表示。假定齿轮压力角 ϕ 是已知值。这时，对于惰轮及其支座，在设计上具有一定的自由度。下面我们将研究几个简单的方案，以便得出一些重要的设计结论。

根据过去的经验可知，惰轮有两种支承方式，如图 1-8 所示，从刚度达到最大而轴承载

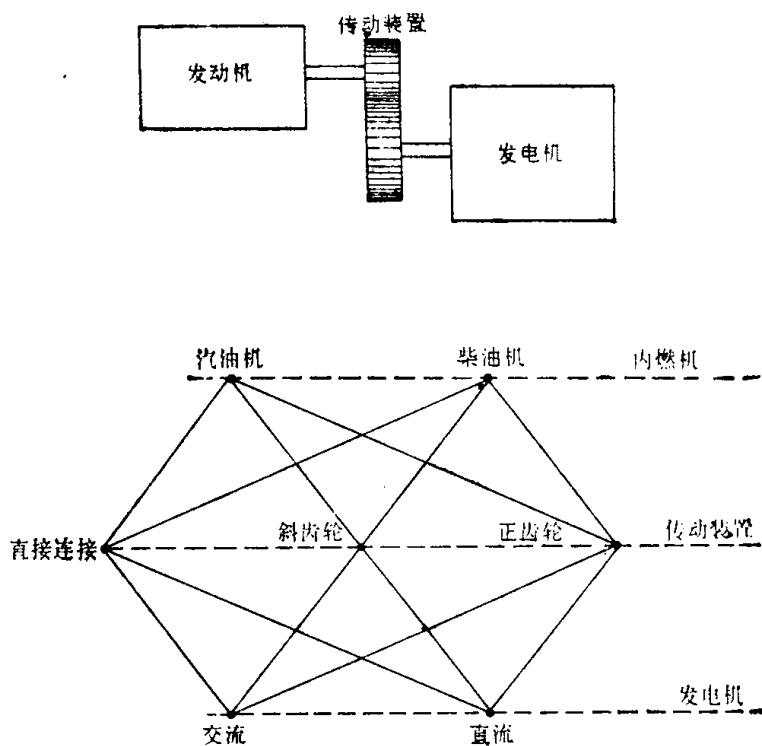
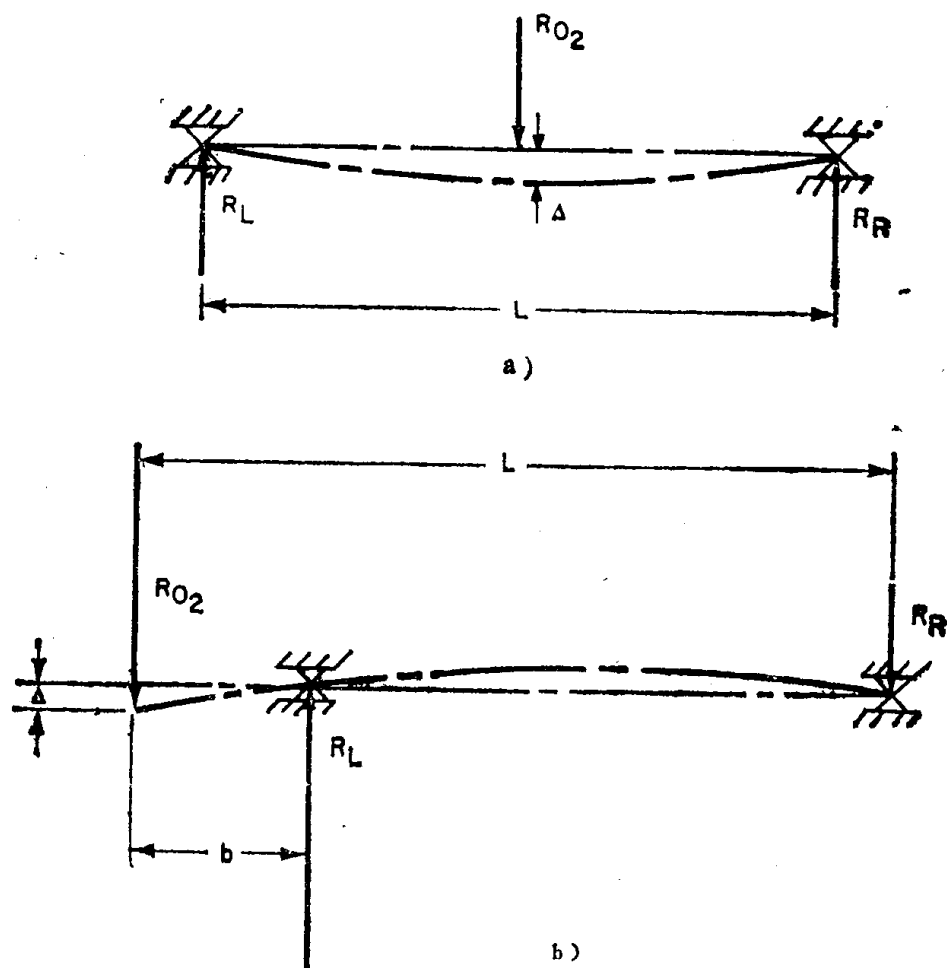
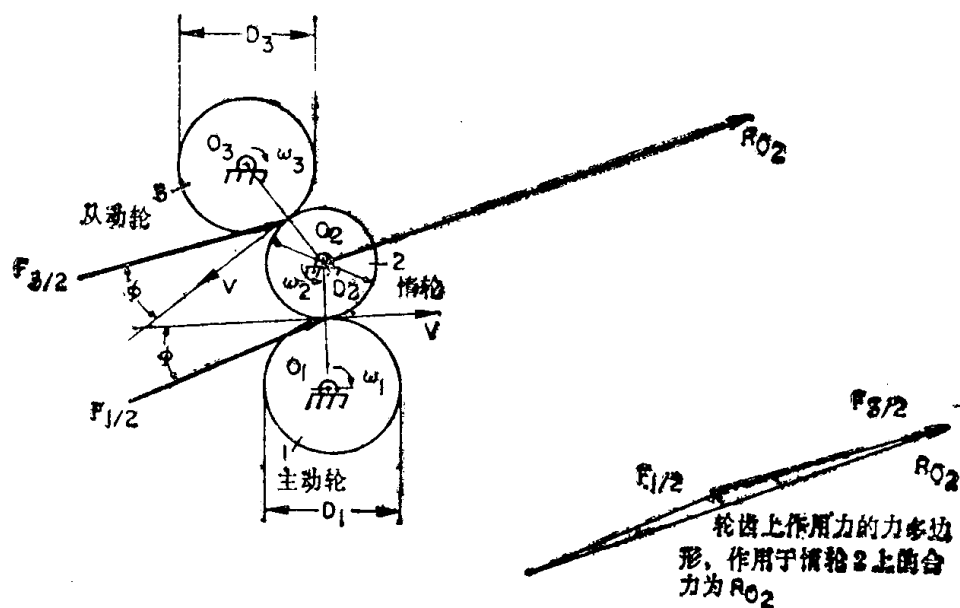


图1-6 发动机—发电机组的一些候选设计方案
电动机—发电机结构型式的 $2 \times 3 \times 2 = 12$ 种可能组合



荷达到最小的角度看，可以得出，跨装式是较好的方案。然而，某些重要的因素却影响了我们最后的决策。譬如说，假定要求惰轮在机器中能定期拆卸，那么从这种特定场合的使用性观点看，最后决定选用悬臂式支座是较好的。

现在我们来考虑一下，在设计惰轮及其支座时是否有一些指标属于重要的最优化目标。