

王新华 主 编
沈景凤 石云霞 副主编

高等机械设计

GAODENG
JIXIE SHEJI



化学工业出版社

王新华 主 编

沈景凤 石云霞 副主编

高等机械设计

GAODENG
JIXIE SHEJI



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

高等机械设计 / 王新华主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 6

ISBN 978-7-122-17190-0

I. ①高… II. ①王… III. ①机械设计 IV.
①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 086721 号

责任编辑: 韩亚南 陈 丽
责任校对: 吴 静

文字编辑: 杨 帆
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 371 千字 2013 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元



前言

本书是在学习“机械设计基础”课程的基础上，专门为机械专业后续课程的学习而编写的教材。

根据高校的学科群分类和教学计划的修订，机类、近机类和一些非机类专业拥有一个共同的课程平台，这也为我们进行课程改革提供了契机，经过对国内国外高校同类课程的调研和机械设计一线教师的反复研讨，我们认为“机械设计基础”可以作为课程平台的必修课程，而我们撰写的教材可以作为机械类学生继续学习机械原理和机械零件内容的深化和提高。根据多年的教学体会和经验，我们对教材的章节进行了精致编排。本书以应用为主线，全面系统地阐述了高等机械设计的分析理论和系统综合，并将机构的组合与变形应用于创新设计中，同时配有大量的实例。

通过学习本课程，应达到：熟悉常用机构的工作原理、运动特性，学会设计简单机械；了解机械的平衡与调速；掌握机械传动中通用零件和典型零件的工作原理、几何尺寸计算、强度计算、结构设计和选用等。设计人员要有创造精神，从实际出发，调查研究，采用先进的科研成果和技术，以期取得最佳成果。

本书共分14章，由上海理工大学王新华担任主编，沈景凤和石云霞担任副主编。参加本书编写的人员有沈景凤（第4章、第6章、第7章），王新华（绪论，第1章、第10章、第13章的“变速器设计”部分），石云霞（第5章、第9章、第12章），吕方梅（第2章、第3章），钱炜（第8章），崔建昆（第11章），赵高晖（第14章），黄一晴（第13章的“变位齿轮设计”部分），全书由王新华负责统稿。

本书承上海理工大学陈彩凤副教授细心审阅，并提出许多宝贵意见；丁晓红教授对教材体系的规划和编写给出了具体的指导意见；机械设计系许多同事在本书的编写过程中给予了热情支持和帮助，在此表示真诚的谢意！

由于编者水平有限，在教材体系和内容方面难免存在不足和疏漏之处，编者殷切期望广大读者在使用过程中对本书的不足和欠妥之处给予批评指正。

编 者



目录

○ 绪论

1

第1篇 机械创新设计与系统综合

○ 第1章 机械创新理论与方法

4

- 1.1 创新设计 4
- 1.2 TRIZ 理论 6
- 1.3 设计中的冲突与解决原理 7
- 1.4 技术系统进化模式 9

○ 第2章 机械系统运动方案设计

12

- 2.1 机械系统运动方案的构思 12
- 2.2 机构型式设计 18
- 2.3 机械系统运动方案的评价与决策 22
- 2.4 机械系统运动方案设计示例 29

○ 第3章 工艺动作过程构思与运动协调设计

35

- 3.1 机械功能原理设计 35
- 3.2 机械动作运动规律设计 38
- 3.3 执行机构的运动协调设计 43
- 3.4 机械系统的运动循环图设计 47

○ 第4章 机构的组成原理与类型综合

55

- 4.1 机构结构分析和综合概述 55
- 4.2 平面机构的组成原理和结构分析 56
- 4.3 平面机构的高副低代 59
- 4.4 平面机构的类型综合 62

4.5 机构组成原理与机构创新设计	65
-------------------------	----

◎ 第5章 平面机构的运动分析和力分析	71
---------------------	----

5.1 概述	71
5.2 速度瞬心及其在平面机构速度分析中的应用	72
5.3 用相对运动图解法作机构的速度和加速度分析	74
5.4 用解析法作机构的运动分析	78
5.5 平面机构的力分析基础	87
5.6 平面机构的静力分析	94
5.7 平面机构的动态静力分析	97

◎ 第6章 机构组合与创新设计	104
-----------------	-----

6.1 基本机构及其运动特性	104
6.2 基本机构及其组合的概念	111
6.3 机构的串联组合与创新设计	113
6.4 机构的并联组合与创新设计	115
6.5 机构的叠加组合与创新设计	116
6.6 机构的封闭组合与创新设计	119
6.7 其他类型机构的组合与创新设计	121

◎ 第7章 机械系统设计实例	124
----------------	-----

7.1 冲床的冲压机构和送料机构设计	124
7.2 输送机构设计	130
7.3 牛头刨床的主传动机构分析与设计	133

第2篇 机械动力学

◎ 第8章 机械运转及其速度波动的调节	140
---------------------	-----

8.1 概述	140
8.2 机器等效动力学模型	141
8.3 机械运动方程式的建立及求解	143
8.4 机械的速度波动及其调节	144
8.5 飞轮设计的近似方法	145

◎ 第9章 机械平衡	150
------------	-----

9.1 概述	150
9.2 刚性转子的平衡设计	151

9.3 刚性转子的平衡实验	154
9.4 平面机构的平衡	157

○ 第 10 章 机械振动与隔离 164

10.1 概述	164
10.2 转轴的振动	165
10.3 机械系统的隔振	166
10.4 阻尼减振技术	171

第3篇 机械设计专题

○ 第 11 章 机械密封 175

11.1 概述	175
11.2 垫片密封	177
11.3 填料密封	179
11.4 润滑油密封	180
11.5 密封圈密封	183
11.6 机械密封	185

○ 第 12 章 摩擦轮传动 188

12.1 概述	188
12.2 摩擦轮传动中的滑动	189
12.3 摩擦轮传动的基本类型和结构	190
12.4 摩擦轮材料	191
12.5 摩擦轮传动计算	192
12.6 摩擦无级变速器简介	195

○ 第 13 章 变位齿轮与变速器设计 198

13.1 概述	198
13.2 变位齿轮的功用	198
13.3 变位齿轮的加工	199
13.4 变位齿轮传动的几何计算	200
13.5 变位齿轮传动的类型	203
13.6 变速器分类	204
13.7 变速器传动机构	205
13.8 变速器主要零件的结构形式	207
13.9 变速器主要参数的选择	208
13.10 变速器操纵机构	212

13.11 变速器行业发展趋势分析	213
-------------------------	-----

○ 第 14 章 机械摩擦与磨损	217
------------------	-----

14.1 概述	217
14.2 摩擦	218
14.3 磨损	222
14.4 润滑剂及润滑方法	225
14.5 流体润滑原理	227

○ 参考文献	232
--------	-----

绪 论



学习提示

本章主要讲述高等机械设计研究的主要内容和机械设计的发展趋势与动向；要求熟悉高等机械设计的研究方向和设计方法，掌握高等机械的分析原理和机构综合。

(1) 概述

在古代，机械工业一直没有形成独立的设计理论与设计方法，所以其发展经历了漫长的过程。直到 18 世纪欧洲工业革命后，蒸汽机的应用繁荣了机械工业，机械工业的发展又促进了机械应用和研究的日益深入，这才逐渐形成研究及其理论的独立学科。

机械的使用减轻或代替了人类的劳动，改善了人类的生活条件，促进了人类社会的进步与发展，但长期以来，人们只是凭匠人的身传和言教来制造机械。

随着科学技术的发展，机器的含义也有发展。传统的机器定义为：机器是一种能完成有用机械功或变换机械能的能代替人类劳动的机械运动装置。现代化的机器含义已突破上述定义，有些机器的应用不是以代替人类劳动为目的，如照相机、录像机、电动玩具等消费产品的生产动机则有很强的服务性质。还有些机器中的运动变换并非通过机械装置来实现，而是借助电磁效应、光电效应来实现。越来越多的机器是机械装置和电子装置相互结合的机电一体化产物。

机械设计及理论是研究机械科学中具有共性的基础理论和设计方法的学科。创新是一个民族进步的灵魂，创新设计是实现产品自主开发能力的重要途径。在机械产品的设计过程中，机构系统运动方案的设计最能体现出创新的价值，因此，开展机构创新设计理论与方法的研究也就成为机构学的重要内容之一。随着现代生产的飞速发展，除机械制造部门外，各种工业部门都会接触到各种类型的通用机械和专用机械。

机械中的零件分为两类，一类称为通用零件，它是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、齿轮、蜗杆、蜗轮、链、轴、轴承、联轴器、弹簧等；另一类为专用零件，它只在特定形式机械上出现，如内燃机的活塞，汽轮机的叶片等。

本课程将学习平面机构运动分析和组合机构设计与应用创新，培养学生的创新意识和创新能力，以及机器动力学的基本知识；同时研究几种典型零件的特点、结构及工作原理、选用原则、使用及维护、设计和计算方法。

(2) 本课程的主要内容

本课程共分 14 章，主要为机械创新理论与方法，机械运动方案设计，工艺动作过程构思与运动协调设计，机构的组成原理与类型综合，平面机构的运动分析和力分析，机构组合与创新设计，机械系统设计实例，机械的运转及其速度波动的调节，机械平衡，机械振动与隔离，机械密封，摩擦轮传动，变位齿轮及变速器设计，机械摩擦与磨损。

绪论：介绍本书的主要内容和研究方向，阐明高等机械的研究现状和发展趋势。

第 1 章 机械创新理论与方法：主要介绍创新设计与 TRIZ 理论。

第 2 章 机械系统运动方案设计：主要阐述机构选型的基本原则，机构的创新设计和机

械运动方案的构思、设计顺序和主要步骤,以及机械运动方案的评价体系和评价方法。

第3章 工艺动作过程构思与运动协调设计:介绍工作原理方案设计及工艺动作设计的基本概念,并根据工作原理设计中提出的工艺动作过程及各种动作的运动规律选择合适的运动形式。

第4章 机构的组成原理与类型综合:介绍平面机构的组成原理与机构综合方法,阐述平面低副机构的结构分析和组成原理。

第5章 平面机构的运动分析和力分析:主要讲述机构的位移、速度和加速度分析,介绍机构的理分析原理与方法。

第6章 机构组合与创新设计:从机构组合理论出发讨论机构的组合,探讨机构创新设计的新方法。

第7章 机械系统设计实例:通过机构系统设计实例,说明机械运动方案设计的内容、方法和步骤,综合运用所学的知识,理论联系实际去分析和解决工程实际问题。

第8章 机器运转及其速度波动的调节:研究机械运转速度的波动及其调节方法,介绍飞轮的设计及计算方法。

第9章 机械平衡:从机械平衡的概念开始,着重介绍回转件的平衡以及机构的平衡。

第10章 机械振动与隔离:主要介绍机械振动及隔离的基本概念和理论,阐明机械系统的隔振原理和阻尼减振技术。

第11章 机械密封:主要介绍机械密封的作用,分类及材料。

第12章 摩擦轮传动:主要讨论定传动比摩擦轮传动,介绍其设计和润滑剂选择。

第13章 变位齿轮及变速器设计:介绍变位齿轮的特点,加工及设计;讲述变速器的设计特点及分类。

第14章 机械摩擦与磨损:主要讲述机械零件的摩擦、磨损机理,以及如何利用摩擦、磨损理论减小摩擦、减轻磨损。

(3) 学习本课程的目的

机械设计的内容是研究现有机械的运动及工作性能和设计新机械的知识的基础,是机械类专业必修的一门重要技术基础课程。通过对本课程的学习,将为学习机械设计、机床、机械制造工艺以及其他机械性质的专业打下基础。

任何机械的改革和创造都是设计、工艺等各种机械知识的综合运用,但机械设计的知识是最为基础的。要了解机器的性能,就需要学习机械原理,掌握机构分析的方法,进而才能了解机器的性能和更合理地使用机器。

本课程所学的内容,一方面是有关的专业课程的基础,而同时其本身也是工科学生所应具备的关于机械的一般基础知识。

(4) 本课程的学习方法

机械设计是一门技术基础课程。一方面它比物理、理论力学等理论课程更加结合工程实际;另一方面,它与机械性质的专业课程又有所不同。为了打好这个基础,就要着重注意搞清楚基本概念,理解基本原理,掌握机构分析和综合的基本方法。

其次,本课程中对于机械的研究,是通过以下两个途径来进行的:

①研究各种机构和机器所具有的一般共性问题。包括机构的组成理论,机构的运动学,机器动力学。

②研究各种机器中的常用的机构的运动和动力性能,以及它们的设计方法。

这两部分内容虽然自成系统,然而却又是相互结合的。应注意把一般的原理和方法与研究实际机构和机器时的具体运用密切联系起来。

第三,要十分注意各种理论和方法的适用范围和条件,以求能逐步做到正确而灵活的运用。

此外,要求有工程观点,要养成综合分析、全面考虑问题的习惯和科学的、一丝不苟的工作作风。

(5) 机械设计学科的发展现状

当今世界正经历着一场新的技术革命。新概念、新理论、新方法、新工艺不断出现。作为向工业部门提供装备的机械工业产业,也得到迅猛的发展。现代机械工业日益向高速、重载、高精度、高效率、低噪声等方向发展。对机械提出的要求也越来越苛刻。有的需要用于宇宙空间,有的要有深海作业,有的小到能沿人体血管爬行,有的又是庞然大物,有的速度倍于声速,有的又要以微米级的速度移动……处于机械工业发展前沿的机械原理学科,为了适应各种情况,新的研究课题与日俱增,研究方法日新月异。

为适应生产发展的需要,当前在自控机构、机器人机构、仿生机构、柔性及弹性机构和机电液综合机构等的研制上有很大的进展。在对机械的分析与综合中,也由只考虑其运动性能过渡到同时考虑其动力性能;考虑到机械在运转时,机构的振动和弹性变形,运动副中的间隙和机构的间隙和构件的误差对机械运动及动力性能的影响;以及如何对机构进一步作好动力平衡的问题等。

在连杆机构方面,重视了对空间连杆机构、多杆多自由度机构、连杆机构的弹性动力学和连杆机构的动力平衡的研究;在齿轮机构方面,发展了齿轮啮合原理,提出了许多性能优异的新型齿廓曲线和新型传动,加速了对高速齿轮、精密齿轮、微型齿轮的研制;在凸轮机构方面,重视对高速凸轮机构的研究和为了获得动力性能好的凸轮机构,在凸轮机构的推杆运动规律的开发、选择和组合上做了很多工作。此外,为了适应现代高速度、高节拍、高性能的需要,还发展了高速定位精度的分度机构,具有优良的综合性能的组合机构,以及各种机构的变异和组合等。

目前,在对机械的分析和综合中广泛地应用了计算机,发展并推进了计算机辅助功能设计、优化设计、考虑误差的概率设计。提出了多种便于对机械进行分析和综合的数学工具,编制了许多大型的通用或专用的计算程序。此外,随着现代科学技术的发展,测试手段的日臻完善,也加强了对机械的实验研究。

总之,作为机械设计学科,其研究领域十分广阔,内涵非常丰富。在机械原理的各个领域,每年都有大量的内容新颖的文献资料涌现。但是,作为一门技术基础课,根据教学要求,我们将只研究有关机械的一些最基本的原理及最常用的机构分析和综合的方法。这些内容也都是进一步研究机械设计课程所必需的知识基础。



小结

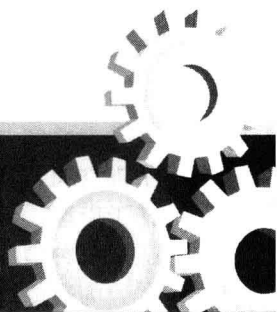
- 机械设计及理论是研究机械科学中具有共性的基础理论和设计方法的学科。
- 机械设计的内容是研究现有机械的运动及工作性能和设计新机械的知识的基础。
- 机械设计要求有工程观点,要养成综合分析、全面考虑问题的习惯和科学的、一丝不苟的工作作风。

思考题和习题

- 0-1 高等机械设计研究的主要内容有哪些?
- 0-2 本课程的主要特点和研究方法?
- 0-3 简述高等机械设计的发展现状。
- 0-4 结合实际谈谈你对学习高等机械设计课程的想法。

第 1 篇

机械创新设计与系统综合



第1章 机械创新理论与方法



学习提示

本章要求了解机械创新设计的基本概念和特点，熟悉 TRIZ 理论解决发明创造问题的过程；掌握机械创新设计的基本理论和方法。

机械创新理论与方法是解决发明创造问题的根本途径，通过创新理论和方法的学习，可以帮助设计人员对产品进行创新设计，提高产品设计效率；了解技术系统的进化法则，可以用来解决难题，预测技术系统的产生并加强创造性问题的解决。本章着重介绍机械创新设计的基本理论和方法。

1.1 创新设计

1.1.1 创新设计的基本概念

创新设计是指充分发挥设计者的创造力，利用人类已有的相关科技成果进行创新构思，设计出具有科学性、创造性、新颖性及实用性产品的一种实践活动。

设计按研究的目的不同，可以分为三个层面，即：设计哲学，从心理学及认知的层面研究设计的本质；设计理论与方法，依据设计哲学的研究结果及设计的实践，建立分步的或细化的设计过程模型、研究过程模型的支持工具、开发工具软件；设计的应用，包括产品设计、可靠性设计、稳健设计、优化设计及动态设计等。将创新理论和创新方法融入到设计过程中，不仅能够有效地推动设计向前发展，还能更好地设计出优秀的产品。

创新是设计本质的要求，也是时代的要求。创新设计是解决发明问题的设计，该过程的核心是概念设计。

1.1.2 创新设计的特点

创新设计有以下主要特点：

①独创性。独创性体现为敢于提出与前人、众人不同的见解,敢于打破一般思维的常规惯例,寻找更合理的新原理、新机构、新功能、新材料。独创性能使设计方案标新立异,不断创新。

②实用性。实用性体现在对市场的适应性和可生产性两方面。

③突破性。人们往往从考虑某类问题获得成功的思维模式中寻求解题方案,受到“思维定式”的约束。突破性敢于克服心理上的惯性,从思维定式的框框中解脱出来,善于从新的技术领域中接受有用的事物,提出新原理、创造新模式、贡献新方法,为工程技术问题打开新局面。

④多向性。善于从多种不同角度考虑问题,是创新设计的重要特征。

⑤连动性。创造性思维也是一种连动思维,它引导人们由已知探索未知,开阔思路。连动思维包括纵向、横向、逆向思维。纵向思维针对某现象和问题进行纵深思考,探寻其本质而得到新的启示。横向思维通过某一现象联想到特点与它相似和相关的事物,从而发现新应用。逆向思维针对现象、问题和解法,分析其相反的方面,从另一角度探寻新的途径。

⑥突变型。自觉思维、灵感思维是在创造性思维中对问题产生的一种突如其来的领悟和理解。在思维过程中突然闪现出一种新设想、新观念,从而使问题得到解决。例如阿基米德从洗澡时浴缸中水的溢出产生灵感而推出浮力定律;又如美国工程公司杜里埃在研究如何使汽油和空气均匀混合以保证内燃机有效工作的问题时,一天他看到妻子喷洒香水而受到启发,创造了发动机的汽化器。

1.1.3 创新设计的类型

创新设计主要有以下几种类型:

①开发设计。在未知情况下,根据产品总功能和约束条件,提出新原理,进行技术设计。

②变异设计。在已有产品的基础上,针对产品的缺点和用户的要求,进行变型产品的开发,以适应市场需要。

③反求设计。针对已有的新进展产品和样机,分析其关键技术,在消化、吸收、引进先进技术的基础上,利用移植、组合、改造等方法,设计创新产品。

1.1.4 创新技法

创新技法是指创造学家收集大量成功的创造和创新的实例后,研究其获得成功的思路 and 过程,经过归纳、分析、总结,找出规律和方法以供人们学习、借鉴和仿效。简言之,创新技法就是创造学家根据创新思维的发展规律而总结出来的一些原理、技巧和方法。

创新设计方法有很多种,下面简单介绍智力激励法、提问追溯法、联想类推法、反向探求法、系统分析法、组合创新法六种。

(1) 智力激励法

人的创造性思维特别是直觉思维在受激发情况下能得到较好发挥。一批人集合在一起,针对某个问题进行讨论时,由于各人知识、经验不同,观察问题的角度和分析问题的方法各异,提出的各种主意能互相启发,填补知识空隙,启发诱导出更多创造性思想,通过激励、智慧交流和集智达到创新的目的。

例如,美国北方,冬季严寒,在大雪纷飞的日子里,电线上积满了冰雪,大跨度的电线常被积雪压断,造成事故。

过去,许多人试图解决这一问题,但都未能如愿以偿。后来,电讯公司经理决定应用智力激励法寻求解决难题的办法。他在做了一定准备工作之后,召开了智力激励会,让与会者自由畅谈。

有人提出设计一种专用的电线清雪机；有人想到用电热来化解冰雪；也有人建议用振荡技术来清除积雪。后来有人提出能否带上几把大扫帚，乘坐直升飞机去扫电线上的积雪。对于这个想法，大家心里尽管觉得滑稽可笑，但在会上也无人提出批评。

相反，有一位工程师在百思不得其解时，听到“用飞机扫雪”的想法后，大脑突然受到激励，一种简单可行且高效率的清雪方案冒了出来。他想，每当大雪过后，出动直升飞机沿积雪严重的电线飞行，依靠高速旋转的螺旋桨即可将电线上的积雪迅速扇落。他马上提出用直升飞机扇雪的新设想，顿时又引起其他与会者的联想，有关“除雪飞机”、“特种螺旋桨”之类创意，又被激励出来。

会后，公司组织专家对设想进行分类论证。专家们从技术经济方面进行比较分析，最后选择了用改进后的直升飞机扇雪的方案。实践证明，这的确是个好办法。在此基础上，一种专门清除电线积雪的小型直升机也应运而生。

（2）提问追溯法

提问追溯法是有针对性地、系统地提出问题，在回答问题过程中，便可能产生各种解决问题的设想，使设计所需要的信息更充分，解法更完善。提问追溯法有奥斯本提问法、阿诺尔特提问法、希望点列举法、缺点列举法。

（3）联想类推法

通过由此及彼的联想和异中求同，同中求异的类比，寻求各种创新解法。利用联想进行发明创新是一种常用而且十分有效的办法。许多发明者都善于联想，许多发明创新也得益于联想的妙用。类比联想由一事物或现象联想到与其有类似特点的其他事物或现象，从而找出创新解法。

（4）反向探求法

将人们通常思考问题的思路反转过来，从背逆常规的途径探寻新的解法，因此反向探求法亦称逆向思维法。例如声音既然是振动，那么振动为什么不能复现原声呢？通过这样的反问，发明了留声机。

（5）系统分析法

对于技术系统，根据其组成有影响其性能的全部参量，系统地依次分析搜索，以探索更多和解决问题的途径。

（6）组合创新法

组合创新法是将现有技术和产品通过功能、原理、结构等方面的组合变化形成新的技术思想的新产品。组合法应用的技术单元一般是已经成熟和比较成熟的技术，不需要从头开始，因而可以最大限度地节约人力、物力和财力。组合创新的类型很多，常用的有性能组合、原理组合、功能组合、结构重组、模块组合等。

1.2 TRIZ 理论

1.2.1 TRIZ 理论的基本概念

TRIZ 的含义是发明问题解决理论，其拼写是由“发明问题的解决理论”（Theory of Inventive Problem Solving）俄语含义的单词首字母（Теория Решения Изобретательских Задач）组成，在欧美国家也可缩写为 TIPS。

TRIZ 理论是由苏联发明家阿利赫舒列尔（G. S. Altshuller）在 1946 年创立的，他也被尊称为 TRIZ 之父。1946 年，Altshuller 开始了发明问题解决理论的研究工作。当时他在前苏联里海海军的专利局工作，在处理世界各国著名的发明专利过程中，他总是考虑这样一个问题：当人们进行发明创造、解决技术难题时，是否有可遵循的科学方法和法则，从而能

迅速地实现新的发明创造或解决技术难题呢？答案是肯定的！

经过长时期的研究总结，他发现任何领域的产品改进、技术的变革、创新和生物系统一样，都存在产生、生长、成熟、衰老、灭亡等过程，是有规律可循的。人们如果掌握了这些规律，就能能动地进行产品设计并能预测产品的未来趋势。以后数十年中，Altshuller 穷其毕生的精力致力于 TRIZ 理论的研究和完善工作。在他的领导下，前苏联的研究机构、大学、企业组成了 TRIZ 的研究团体，分析了世界近 250 万份高水平的发明专利，总结出各种技术发展进化遵循的规律模式，以及解决各种技术矛盾和物理矛盾的创新原理和法则，建立起了一个由解决技术、实现创新开发的各种方法、算法组成的综合理论体系，并综合多学科领域的原理和法则，建立起 TRIZ 理论体系。

20 世纪 80 年代中期前，该理论对其他国家保密，20 世纪 80 年代中期，随一批科学家移居美国等西方国家，逐渐把该理论介绍给世界产品开发领域，对该领域已产生了重要的影响。

21 世纪，每个国家都不可能离开全球市场而独立发展，在经济全球化的趋势下，就必然要在激烈的市场竞争中求生存，而成功生存的法定就在于创新。胡锦涛同志于 2006 年 1 月 9 日在全国科技大会上宣布了中国未来 15 年科技发展的目标：2020 年建成创新型国家，使科技发展成为经济社会发展的有力支撑。这也奠定了创新中国的理论。TRIZ 理论正可以帮助我们实现批量发明创新的夙愿。

1.2.2 TRIZ 理论核心思想和基本特征

现代 TRIZ 理论的核心思想主要体现在三个方面：

首先，无论是一个简单产品还是复杂的技术系统，其核心技术的发展都是遵循着客观的规律发展演变的，即具有客观的进化规律和模式。

其次，各种技术难题、冲突和矛盾的不断解决是推动这种进化过程的动力。

再次，技术系统发展的理想状态是用尽量少的资源实现尽量多的功能。

1.2.3 TRIZ 解决问题的过程

发明问题解决理论的核心是技术进化原理。按这一原理，技术系统一直处于进化之中，解决冲突是其进化的推动力。进化速度随技术系统一般冲突的解决而降低，使其产生突变的唯一方法是解决阻碍其进化的深层次冲突。

G. S. Altshuller 依据世界上著名的发明，研究了消除冲突的方法，他提出了消除冲突的发明原理，建立了消除冲突的基于知识的逻辑方法，这些方法包括发明原理（Inventive Principles）、发明问题解决算法（ARIZ, Algorithm for Inventive Problem Solving）及标准解（TRIZ Standard Techniques）。

在利用 TRIZ 解决问题的过程中，设计者首先将待设计的产品表达成为 TRIZ 问题，然后利用 TRIZ 中的工具，如发明原理、标准解等，求出该 TRIZ 问题的普适解或称模拟解（Analogous solution）；最后设计者再把该解转化为领域的解或特解。

1.3 设计中的冲突与解决原理

1.3.1 冲突的概念

由于市场竞争的加剧，产品快速开发已成为企业生存的核心，某种特定产品占有市场的时间已明显变短，技术系统进化速度已成为现代经济竞争的焦点。

在企业研发过程中，设计人员知道如何提高自己的产品性能，但不知道如何提高自己的产品的级别。当产品一个特征参数的改进对另一特征参数产生负面影响时，已产生了冲突。按

照传统的设计方法,折衷法是解决设计中的冲突常用的方法,但折衷解往往不是创新解,设计人员不掌握同时满足冲突双方的解法是造成这种结果的关键。

在新产品或工艺的开发策略中,发明问题解决理论(TRIZ)的核心是技术系统进化原理。按照这些原理,技术系统的进化速度随一般冲突的解决而降低,使其产生突变的唯一方法是解决阻碍技术系统进化的深层次冲突。

(1) 冲突及其分类

1) 设计中的冲突

产品是功能的实现,任何产品都包含一个或多个功能,为了实现这些功能,产品要由具有相互关系的多个零部件组成。为了提高产品的市场竞争力,需要不断对产品进行改进设计。当改变某个零件、部件的设计,即提高产品某些方面的性能时,可能会影响到与这些被改进设计零部件相关联的其他零部件,结果可能使另一些方面的性能受到影响。如果这些影响是负面影响,则设计就出现了冲突。

发明问题的核心是解决冲突,而解决冲突所应遵循的规则是:改进系统中的一个零部件或性能的同时,不能对系统或相邻系统中的其他零部件或性能造成负面影响。

2) 冲突的分类

G. S. Altsbuller 将冲突分为 3 类,即管理冲突(Administrative Contradictions)、物理冲突(Physical Contradictions)、技术冲突(Technical Contradictions)。

管理冲突是指为了避免某些现象或希望取得某些结果,需要行动,但不知道如何去行动。如希望提高产品质量、降低原材料的成本,但不知道方法。管理冲突本身具有暂时性,对产品创新设计过程无启发价值。因此,不能表现出问题的解的可能方向,不属于 TRIZ 的研究内容。物理冲突是指为了实现某种功能,一子系统或元件应具有某种特性,但同时出现了与该特性相反的特性。物理冲突出现的两种情况:

①一子系统中有用功能加强的同时导致该子系统有害功能的加强。

②一子系统有害功能降低的同时导致该子系统有用功能的降低。

技术冲突是指一个作用同时导致有用及有害两种结果,也可指有用作用的引入或有害效应的消除导致一个或几个子系统或系统某方面性能变坏。技术冲突常表现为一个系统中两个子系统之间的冲突。

技术冲突出现的几种情况:

①在一个子系统中引入一有用功能,导致另一子系统产生一有害功能,或加强了已存在的有害功能。

②消除一有害功能导致另一子系统的有用功能变坏。

③有用功能的加强或有害功能的减少使另一子系统或系统变得太复杂。技术冲突是设计中经常出现的一类冲突。本文后续的内容只研究该类冲突的解决方法。

(2) 技术冲突解决类型

技术冲突是由矛盾双方所引起的。设参数 A 与 B 代表矛盾双方,参数 A 的选择可使产品某方面的性能提高,但将使参数 B 影响产品另一方面的性能并使之降低。技术冲突传统的解法是根据设计经验确定一折衷点作为解。

TRIZ 与折衷法不同,在选择参数 A 与 B 时,既要使参数 A 所影响的质量提高,又要使参数 B 所影响的质量提高,即要消除冲突。

TRIZ 所得到冲突的解分为两类:

①离散解(Discrete):彻底消除了技术冲突,或新解使得原有技术冲突已不存在。

②连续解(Continuous):新解部分消除了冲突,但冲突仍然存在。不断地消除冲突的

同时产生一系列新的冲突，这些冲突称为冲突链。

1.4 技术系统进化模式

1.4.1 概述

任何领域产品都与生物一样，存在着产生、生长、成熟、衰老和灭亡的进化规律。掌握了这些规律，人们就能能动地进行产品的设计开发，有目的地制订技术改进和创新方向，预测产品当前和未来的地位趋势。TRIZ 法进化理论把技术的进化分为新发明、技术进步和技术成熟三个阶段，并将产品分为婴儿期、成长期、成熟期和衰退期四个阶段。技术系统进化有其自身固有的模式，并总结归纳出技术系统进化八大模式。

1.4.2 TRIZ 的技术系统八大进化法则

G. S. Altshuller 的技术系统进化论可以与自然科学中的达尔文生物进化论和斯宾塞的社会达尔文主义齐肩，被称为“三大进化论”。TRIZ 的技术系统八大进化法则分别是：

- ①技术系统的 S 曲线进化法则。
- ②提高理想度法则。
- ③子系统的不均衡进化法则。
- ④动态性和可控性进化法则。
- ⑤增加集成度再进行简化法则。
- ⑥子系统协调性进化法则。
- ⑦向微观级和场的应用进化法则。
- ⑧减少人工进入的进化法则。

技术系统的这八大进化法则可以应用于产生市场需求、定性技术预测、产生新技术、专利布局 and 选择企业战略制定的时机等。它可以用来解决难题，预测技术系统，产生并加强创造性问题的解决工具。

(1) 技术系统的 S 曲线进化法则

技术系统的 S 曲线分为婴儿期、成长期、成熟期和衰退期四个阶段，如图 1-1 所示。技术系统的 S 曲线法则需强调关键技术与核心技术的区别，在现有的产品 S 曲线的基础上，如果对产品中的关键技术作改进和创新，会形成新一轮的 S 曲线，多次关键技术创新会形成多个 S 曲线，形成在同一核心技术支持下的 S 曲线族，如轮轨技术到高铁技术的发展；但一旦核心技术发生变化，就应该形成新的产品，形成新的 S 曲线，并依靠相应的自有的关键技术的进步，形成新的 S 曲线族，如磁悬浮技术的使用。

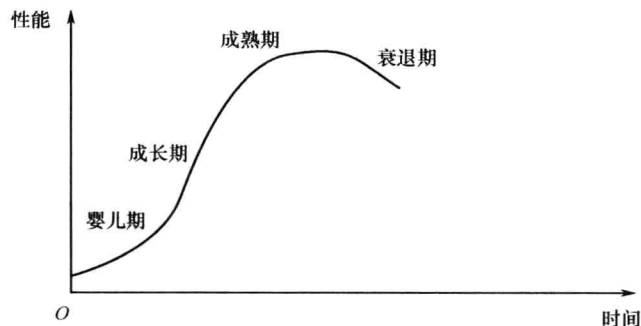


图 1-1 S 曲线