

机械工程前沿著作系列 HEP
HEP Series in Mechanical Engineering Frontiers MEF

机械创新设计理论与方法

(第二版)

邹慧君
颜鸿森 著

Theory and Method of
Mechanical Innovative Design

高等教育出版社

机械工程前沿著作系列 HEP
HEP Series in Mechanical Engineering Frontiers MEF

机械创新设计理论与方法

(第二版)

Theory and Method of
Mechanical Innovative Design

邹慧君 颜鸿森 著

JIXIE CHUANGXIN SHEJI
LILUN YU FANGFA



高等教育出版社·北京

内容简介

机械创新设计是为了设计出工作机理独特有效、机构系统新颖巧妙的机械产品。机械创新设计的关键是方案设计,它决定了产品的质量、性能、功效和性价比等。机械产品的升级换代必须依靠创新设计。

为了系统地阐释机械创新设计理论与方法,本书共设 16 章,除第 1 章绪论外,其余 15 章分为三篇。第一篇为创新设计基础,包括创新思维和创新原理、创新技法;第二篇为机构创新设计,包括机构的拓扑构造、机构的表示和特征、闭链机构的创新设计、开链机构的创新设计、变链机构的创新设计、电动机-轮系组合机构的创新设计;第三篇为机械系统创新设计,包括机械产品的市场需求和工作机理、机械创新设计过程模型和功能求解模型、工艺动作过程构思和分解、机械运动系统方案的计算机辅助设计、机电一体化系统方案设计基本原理、机械运动方案的评价体系和评价方法、机械创新设计实例分析。

本书内容丰富、理论独特、实用性强,适合从事机械装备和机电一体化装备设计、研究与应用的科研人员、教学人员以及高年级本科生和研究生等读者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械创新设计理论与方法 / 邹慧君, 颜鸿森著. --
2 版. -- 北京: 高等教育出版社, 2018. 5
ISBN 978-7-04-049562-1

I. ①机… II. ①邹… ②颜… III. ①机械设计
IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 054882 号

策划编辑 刘占伟
插图绘制 邓超

责任编辑 刘占伟
责任校对 吕红颖

封面设计 杨立新
责任印制 赵义民

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京盛通印刷股份有限公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 22.75
字数 440千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2008 年 12 月第 1 版
2018 年 5 月第 2 版
印 次 2018 年 5 月第 1 次印刷
定 价 89.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 49562-00

第二版前言

任何一个国家想要真正强大,就必须有完整、坚实的制造业,特别是装备制造业。装备制造业是制造业之母。为了满足社会新需求,为了发展先进生产力,我们必须不断地设计和制造出各种新颖、高效的机械装备。只有这样才能使我国由制造大国转变为制造强国。

创新和设计是两个不同的概念,但两者的关联又十分密切。创新是设计的灵魂,没有创新就无法使设计具有新颖性,也无法使设计达到先进的水平;同时,创新必须由设计来完成,设计是实现创新的手段,设计的各个阶段都可实现相应的创新。

本书的书名中将“创新”和“设计”紧密联系在一起,并不是将设计区分为创新的和非创新的,只是强调设计必须要创新,创新必须依赖设计,这是一种将创新与设计融为一体的概念,大家一定会理解和接受的。

当今世界正面临着工业和经济的重大转折,面临着机器的重大革命。近年来,有学者提出第三次工业革命已经来临,也有学者认为现在已面临第二次机器革命。工业革命和机器革命均是当今世界科学技术迅速发展的必然结果,也是将世界经济推向新高度的重大举措。各国为实现经济的迅速发展,纷纷提出各自的愿景,例如德国提出“工业 4.0”,美国提出“工业互联网”,中国提出“中国制造 2025”,等等。由此可以看出,各国发展的共同目标是实现机械装备的数字化和智能化,加快工业和经济的发展速度,扭转经济下行的不利局面。作为机械设计与制造领域的科技人员,责任重大,任重道远。

机械装备的数字化和智能化的实质是设计出满足各种需求的新机器,统称为机电一体化机械系统,也可称之为现代机械系统。书中第 14 章编写的“机电一体化系统方案设计基本原理”,就是为了使大家在创新设计智能化、数字化机械系统时有一个基本思路和方法。

机械产品方案创新设计是机械产品设计中决定产品质量、性能、功效、性价比等指标的关键。因此,机械产品方案设计(又称机械产品概念设计,或机构系统方案设计)是机械产品创新设计中最重要的内容。作为一本阐述机械创新设计理论与方法的著作,其内容重点应放在机械产品的方案创新设计上。

不同于其他产品,机械产品是实现机械运动的传递和变换,同时完成机械能的利用或产生的机械装备。根据作者多年来对机械创新设计的研究,机械产品创新设计过程应具有如下步骤:

- (1) 根据市场需求确定机械产品的功能;

- (2) 按照机械产品的功能寻求产品的工作机理;
- (3) 根据产品工作机理来构思产品的工艺动作过程;
- (4) 将产品工艺动作过程分解为若干可行的执行动作;
- (5) 选择或创新设计执行机构,实现分解后的各种执行动作;
- (6) 将所得的执行机构按工艺动作过程程序进行组合,从而设计出执行机构系统(也称之为机械运动方案)。

上述步骤(1)~步骤(4)是机械产品运动方案设计的基础和出发点,这4个步骤需要运用各种创新性思维和创新技法实施。由步骤(5)和步骤(6)可以看出,机械创新设计最后还是要落到实处,努力做好机构创新设计和执行机构系统创新设计,使方案设计更具创造性,使机械产品更具竞争力。

本书分为3篇,创新设计基础、机构创新设计和机械系统创新设计就是顺应上述思路而来的。

在第一版的基础上,本书增加了两章内容:第9章电动机-轮系组合机构的创新设计和第16章机械创新设计实例分析,使全书在机械创新设计方面的内容更为新颖、更为完整、更注重实际运用。

本书共16章,除第1章绪论外,其余15章分为3篇。第一篇为创新设计基础,包括第2章创新思维和创新原理、第3章创新技法;第二篇为机构创新设计,包括第4章机构的拓扑构造、第5章机构的表示和特征、第6章闭链机构的创新设计、第7章开链机构的创新设计、第8章变链机构的创新设计、第9章电动机-轮系组合机构的创新设计;第三篇为机械系统创新设计,包括第10章机构产品的市场需求和工作机理、第11章机器创新设计过程模型和功能求解模型、第12章工艺动作过程构思和分解、第13章机械运动系统方案的计算机辅助设计、第14章机电一体化系统方案设计基础原理、第15章机械运动方案设计的评价体系和评价方法、第16章机械创新设计实例分析。

本书由上海交通大学邹慧君教授和台湾成功大学颜鸿森教授紧密合作完成。两人长期以来对机械创新设计理论与方法潜心研究,颇有心得。因此,本书对机械产品创新设计理念的阐释具有明显特色,希望对读者有所启发和帮助。

本书第1章、第2章、第3章、第10章、第11章、第12章、第13章、第14章、第15章、第16章由邹慧君教授撰写;第4章、第5章、第6章、第7章、第8章、第9章由颜鸿森教授撰写。

由于作者水平有限,不当之处在所难免,敬请广大读者不吝指正。

邹慧君 颜鸿森

2017年12月

第一版前言

21 世纪世界全面进入知识经济时代,人们更强烈地意识到一个国家的创新能力是决定其国际竞争和世界总格局中地位的重要因素。

创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。当前,机械产品的国际竞争愈演愈烈,要使我国机械产品在世界市场中占有一席之地,特别是中高端市场,关键是增强我国机械产品的创新设计能力,迅速摆脱照搬照抄的传统设计模式,从而使我国制造业不但做大而且做强。

机械创新设计已经引起国内外机械工程界的普遍重视,机械创新设计的理论、方法、技术和应用已经被国内外从事机械设计的科技人员广泛研究。总的来说,机械创新设计的目的就是设计出独特有效的产品工作机理、新颖巧妙的产品结构,从而使新型机械产品具有较高的附加值和实用性。机械创新设计的内涵是比较广泛的,大致可分为机械产品方案创新、机械产品构形创新和机械产品工业设计创新 3 个方面,它们大体对应于 3 项专利,即发明专利、实用新型专利和外观设计专利。

机械产品方案创新是机械产品设计中决定产品的质量、性能、功效、性价比等指标的关键,因此机械产品方案设计(又称机械产品概念设计)是机械创新设计中最关键的内容。作为一本阐述机械创新设计原理与方法的著作,其内容重点应放在机械产品的方案创新设计上。

机械产品不同于其他产品,它具有传递性、变换运动性、机械能的互换性等机械特征,因此应牢牢把握机械产品特征来研究机械创新设计的理论和方法。根据作者多年来对机械创新设计的研究,认为机械产品创新设计的过程应具有显著的创新性和可操作性,具体表现在:

- (1) 根据市场需求确定机械产品的功能;
- (2) 按机械产品的功能寻求产品工作机理;
- (3) 根据产品工作机理构思产品的工艺动作过程;
- (4) 将产品工艺动作过程分解为若干可行的执行动作;
- (5) 选择或创新设计执行机构,实现分解后的各种执行动作;
- (6) 将所得的执行机构按工艺动作过程程序进行关联组合,从而设计出机构系统。

从上述 6 个步骤来看,步骤(1)~步骤(4)是机械产品运动方案设计的基础和前提,为创新思维的发挥和展示提供了舞台,对机械产品的创新设计具有很大的影响。由步骤(5)和步骤(6)可以看出,进行机械创新设计必须着重做好机构创新设计和

机构系统创新设计两方面的工作,这也是本书加强对机构创新设计和机构系统创新设计理论和方法阐述的原因。为了使机械产品设计体现更大的创造性,还必须掌握好创新思维、创新原理、创新技法等,因此本书还专门对这些创新基础知识加以阐述。

本书共 14 章,除第 0 章绪论以外,其余 13 章分成 3 篇。第一篇为创新设计基础,包括第 1 章创新思维和创新原理、第 2 章创新技法;第二篇为机构创新设计,包括第 3 章机构的拓扑结构、第 4 章机构的表示和特征、第 5 章闭链机构的创新设计、第 6 章开链机构的创新设计、第 7 章变链机构的创新设计;第三篇为机械系统创新设计,包括第 8 章机械产品的市场需求和工作机理、第 9 章机器创新设计过程模型和功能求解模型、第 10 章工艺动作过程构思和分解、第 11 章机械运动系统方案的计算机辅助设计、第 12 章机电一体化系统方案设计基本原理、第 13 章机械运动方案评价的评价体系和评价方法。

本书由上海交通大学邹慧君教授和台湾成功大学颜鸿森教授紧密合作完成。两人长期以来对机械创新设计理论和方法进行了潜心研究,颇有心得。因此本书对机械产品创新设计理念的阐释具有明显特色,希望广大读者喜欢。

本书第 0 章、第 1 章、第 2 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章由邹慧君教授撰写,第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章由颜鸿森教授撰写。

由于作者水平有限,不当之处在所难免,敬请广大读者不吝指正。

邹慧君 颜鸿森

2007 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 机械的基本概念	1
1.1.1 机构、机器和机械	1
1.1.2 机械系统	2
1.1.3 人、机、环境的广义机械系统	2
1.1.4 机械系统设计的重要性	3
1.1.5 机械系统的能量流、物质流和信息流	4
1.2 机器的类型及其基本特征	7
1.2.1 机器的分类	7
1.2.2 机器的基本特征	8
1.2.3 动力机器类别与功能	9
1.2.4 工作机器的类别与功能	9
1.2.5 信息机器的类别与功能	10
1.3 机械产品设计的一般程序和内容	10
1.3.1 机械产品设计的类型	10
1.3.2 机械产品设计的一般程序	11
1.3.3 机械系统设计的基本内容	11
1.4 机械创新设计的内涵和方法	13
1.4.1 关于设计	13
1.4.2 机械创新设计的内涵	14
1.4.3 机械创新设计主要内容	14
1.5 关于文献的说明	20

第一篇 创新设计基础

第 2 章 创新思维和创新原理	23
2.1 概述	23
2.1.1 创新是人类社会进步的强大动力	23

2.1.2	创新的内涵	24
2.2	创新思维方法	25
2.2.1	思维的分类	25
2.2.2	创造性思维的特点	26
2.2.3	创造性思维的主要形式	26
2.2.4	创造性思维的方向	28
2.2.5	创造性思维过程的4个阶段	28
2.3	创造性基本原理和思维活动方式	29
2.3.1	创造性基本原理	29
2.3.2	创新思维活动方式	30
2.4	创新法则	31
第3章	创新技法	33
3.1	创新技法的作用和分类	33
3.2	智力激励法	34
3.2.1	智力激励法的4项原则	34
3.2.2	智力激励法的运用程序	34
3.3	类比创新法	37
3.4	列举创新法	37
3.5	组合创新法	39
3.6	移植创新法	39
3.6.1	移植创新法的基本原理	40
3.6.2	移植创新法的分类和应用	40
3.7	形态分析法	40
3.7.1	形态分析法的基本原理	41
3.7.2	形态分析法的基本步骤	42

第二篇 机构创新设计

第4章	机构的拓扑构造	45
4.1	机构的组成	45
4.1.1	构件	45
4.1.2	运动副	46
4.1.3	机构	46
4.2	自由度和约束运动	47
4.2.1	自由度	47
4.2.2	约束运动	49
4.3	链、一般化链及运动链	51

4.3.1	链	51
4.3.2	一般化链	51
4.3.3	运动链	55
4.4	机构的构形综合(型综合)	58
第5章	机构的表示和特征	61
5.1	矩阵表示	61
5.1.1	杆邻接矩阵	61
5.1.2	拓扑构造矩阵	62
5.2	图表示和特征	63
5.2.1	基本定义	63
5.2.2	链和图	66
5.3	排列群	67
5.3.1	杆群	67
5.3.2	运动副群	68
5.3.3	链群	68
5.3.4	相似类	68
5.3.5	排列群	68
5.4	机构的一般化	70
5.4.1	一般化原则	70
5.4.2	一般化规则	70
5.4.3	一般化(运动)链	71
5.5	机构的特殊化	73
5.5.1	特殊化链和机构	73
5.5.2	特殊化演算程序	74
第6章	闭链机构的创新设计	79
6.1	引言	79
6.2	设计方法	79
6.2.1	设计程序	79
6.2.2	原始机构	80
6.2.3	一般化	81
6.2.4	数目综合	82
6.2.5	特殊化	82
6.2.6	具体化	83
6.3	设计范例	83
6.3.1	范例一:摩托车前轮防俯冲机构	83
6.3.2	范例二:汽车自动变速器机构	89

6.3.3 范例三:指南车	95
第7章 开链机构的创新设计	103
7.1 加工中心的自动换刀机构	103
7.1.1 坐标系统	103
7.1.2 换刀动作简图	105
7.1.3 换刀动作图表示法	106
7.1.4 换刀动作特性	107
7.2 设计方法	111
7.2.1 原始机构	111
7.2.2 机构树形图	111
7.2.3 一般化树形图	111
7.2.4 树形图目录	112
7.2.5 特殊化树形图目录	112
7.2.6 机构目录	113
7.3 无换刀臂式加工中心机构的构形综合	113
7.3.1 无换刀臂式加工中心原始机构	113
7.3.2 无换刀臂式加工中心机构树形图	114
7.3.3 无换刀臂式加工中心机构一般化树形图	114
7.3.4 无换刀臂式加工中心机构树形图目录	115
7.3.5 无换刀臂式加工中心机构特殊化树形图目录	116
7.3.6 无换刀臂式加工中心机构目录	119
7.4 具有换刀臂式加工中心机构的构形综合	123
7.4.1 具有换刀臂式加工中心原始机构	123
7.4.2 具有换刀臂式加工中心机构树形图	124
7.4.3 具有换刀臂式加工中心机构一般化树形图	125
7.4.4 具有换刀臂式加工中心机构树形图目录	126
7.4.5 具有换刀臂式加工中心机构特殊化树形图目录	126
7.4.6 具有换刀臂式加工中心机构目录	130
第8章 变链机构的创新设计	135
8.1 可变运动副	135
8.2 拓扑构造表示	139
8.2.1 图表示	139
8.2.2 运动副码	142
8.2.3 有限状态机械	142
8.3 构形设计方法	143
8.3.1 原始机构	144

8.3.2	机构图表示	145
8.3.3	一般化图	145
8.3.4	一般化图目录	146
8.3.5	特殊化图目录	146
8.3.6	机构目录	147
8.4	设计范例	148
8.4.1	范例一:双暂停曲柄滑块机构	148
8.4.2	范例二:阻块式可变号按键锁	153
第9章	电动机-轮系组合机构的创新设计	161
9.1	原动机与传动机构组合设计	161
9.1.1	电动机	162
9.1.2	齿轮传动机构	162
9.2	图表示法	163
9.3	设计方法	165
9.3.1	分析现有设计	165
9.3.2	可行齿轮系图目录	165
9.3.3	组合设计图目录	166
9.3.4	可行组合设计图目录	167
9.3.5	新型组合设计图目录	169
9.4	设计范例	172
9.4.1	设计范例一:4杆电动机-轮系组合机构	172
9.4.2	设计范例二:发电机-轮系组合机构	175
9.4.3	设计范例三:组合型行星齿轮同心式电动机	178

第三篇 机械系统创新设计

第10章	机械产品的市场需求和工作机理	183
10.1	市场需求是产品开发的起点	183
10.1.1	需求与产品设计的关系	183
10.1.2	需求的内涵	184
10.2	基于需求的功能分析	188
10.2.1	企业产品开发规划	189
10.2.2	设计任务书	191
10.2.3	基于需求的功能分析	191
10.3	功能细分和功能求解	193
10.3.1	确定待研制的产品的总功能(功能抽象表述)	194
10.3.2	功能的细分和设计	194

10.3.3	功能元的组合方式	196
10.3.4	确定合适的技术原理	197
10.3.5	功能元求解	197
10.4	机械产品的工作机理	198
10.4.1	机器工作机理的内涵和表达	199
10.4.2	机器工作机理的重要特征	200
10.4.3	机器工作机理的构成要素	201
10.5	机器工作机理的基本特征和分类	202
10.5.1	机器工作机理的表现形式	202
10.5.2	机器工作机理的主要类别	202
10.5.3	按工作机的行业特点对工作机理分类	203
10.6	机器工作机理分析和求解方法	204
10.6.1	机器工作机理的组成	204
10.6.2	机器工作机理的行为表达	205
10.6.3	机器工作机理的分解	206
10.7	机器工作机理行为表述的应用	207
10.8	工作机理行为表述是机器功能原理求解的有效方法	208
10.9	结论	209
第 11 章	机器创新设计过程模型和功能求解模型	211
11.1	机器的基本要素与系统特性	211
11.1.1	构成机器的基本要素	211
11.1.2	机器所具有的基本系统特性	211
11.2	机器创新设计的构架和过程	212
11.2.1	机器创新设计的基本框架	212
11.2.2	创新设计过程中的几个重要概念	214
11.2.3	机器创新设计过程中的主要步骤	215
11.3	设计方法学中常用的功能求解模型	216
11.3.1	设计目录求解模型	216
11.3.2	功能—结构求解模型(F—S)	216
11.3.3	功能—行为—结构求解模型(F—B—S)	216
11.3.4	功能—效应—原理解求解模型	217
11.3.5	运动链发散创新求解模型	217
11.4	功能—效应—工艺动作过程—执行动作—机构的求解模型(F— E—P—A—M)	217
11.4.1	构建 F—E—P—A—M 功能求解模型	217
11.4.2	F—E—P—A—M 功能求解模型的特点	218
11.4.3	F—E—P—A—M 功能求解模型示例	219

11.5	执行机构选型和机构知识建模	220
11.5.1	机构的分类原则和方法	220
11.5.2	动作的描述和机构属性表达方式分析	221
11.5.3	机构知识库结构模型	222
11.5.4	计算机编码原则	222
11.5.5	知识存储	224
第 12 章	工艺动作过程构思和分解	225
12.1	工艺动作过程的构思	225
12.1.1	网络图的基本要素和绘制	226
12.1.2	工艺动作过程和机器工作循环图	227
12.1.3	工艺动作过程构思的方法和步骤	231
12.2	工艺动作过程的分解	233
12.2.1	工艺动作过程的分解准则	233
12.2.2	工艺动作过程的分解方法	234
12.3	动作结构创新	235
12.3.1	动作分组创新法	236
12.3.2	动作变换创新法	238
12.4	机械系统运动方案的运动协调设计	240
12.4.1	机器的机构传动系统类型和工作原理	240
12.4.2	机器执行机构的协调设计	243
12.4.3	执行机构协调设计的分析计算	245
第 13 章	机械运动系统方案的计算机辅助设计	247
13.1	引言	247
13.2	基于 F—P—A—M 功能求解模型的机械运动系统方案计算机 辅助设计流程	248
13.2.1	F—P—A—M 功能求解模型	248
13.2.2	基于 F—P—A—M 模型的计算机辅助设计流程	249
13.2.3	机械运动系统方案设计过程中相关状态的抽象描述	250
13.3	执行机构的信息模型	251
13.3.1	产品设计信息模型的特征	251
13.3.2	层次化执行机构的信息模型	252
13.4	执行机构运动特性和机构知识库	253
13.4.1	执行机构输入—输出运动类型	253
13.4.2	输出运动基本特性描述	253
13.4.3	执行机构知识库建立原则	254
13.4.4	机构的知识表示	254

13.4.5	机构知识库的建立	255
13.5	机构自动化选型	256
13.5.1	机构自动化选型的问题空间 Ω_p	256
13.5.2	机构自动化选型的解空间 Ω_j	257
13.5.3	机构自动化选型原理	258
13.5.4	机构自动化选型应用举例	259
13.6	机构系统自动化组成理论及其实现	260
13.6.1	基于 F—P—A—M 模型的机构系统自动化组成过程	260
13.6.2	机构系统组合的相容性准则	261
13.6.3	机构系统自动化组成的实现	262
13.6.4	机构系统自动化组成实例	262
13.7	机械系统方案计算机辅助设计的展望	263
第 14 章	机电一体化系统方案设计基本原理	265
14.1	概述	265
14.1.1	机电一体化系统的形成和发展	265
14.1.2	机电一体化系统的定义	266
14.1.3	机电一体化系统的研究状况	266
14.1.4	机电一体化系统的组成	268
14.1.5	机电一体化系统组成的新认识	269
14.2	机电一体化系统应用和特点	270
14.2.1	机电一体化系统的应用	270
14.2.2	机电一体化产品的主要特点	271
14.3	机电一体化系统方案设计过程模型及数学描述	272
14.3.1	机电一体化系统设计过程模型的建立	272
14.3.2	机电一体化系统设计过程的数学描述	274
14.4	广义执行机构子系统的类型和设计	275
14.4.1	传统执行机构	275
14.4.2	广义执行机构	276
14.4.3	广义执行机构的种类和基本特性	277
14.4.4	驱动元件的机械特性和基本特点	278
14.4.5	驱动元件与执行机构的匹配	282
14.4.6	广义执行机构的运动方程式	283
14.5	检测传感子系统的类型和设计	283
14.5.1	检测传感器的分类与基本要求	283
14.5.2	位移检测传感器	286
14.5.3	速度、加速度传感器	287
14.5.4	力、力矩传感器和其他传感器	287

14.5.5	传感器与微机的接口	288
14.5.6	检测传感系统的设计原则	289
14.6	信息处理及控制子系统的类型和设计	290
14.6.1	信息处理及控制子系统的基本构成	290
14.6.2	信息处理及控制子系统的一般设计过程及内容	290
14.6.3	主要控制方法	292
14.6.4	控制系统的种类	295
14.6.5	动作控制方式及其特点	296
14.7	机电一体化系统设计举例	298
14.7.1	线料自动切断机	298
14.7.2	多功能缝纫机的横针机构	300
第 15 章	机械运动方案设计的评价体系和评价方法	303
15.1	评价指标体系的确定原则	303
15.2	评价指标体系	304
15.2.1	机构的评价指标	304
15.2.2	几种典型机构评价指标的初步评定	305
15.2.3	机构选型的评价体系	305
15.2.4	机构评价指标的量化	306
15.2.5	机构系统选型的评估方法	307
15.3	价值工程方法	307
15.3.1	产品的功能	307
15.3.2	产品的寿命周期成本	308
15.3.3	产品的价值	308
15.3.4	机械运动方案的价值评定	309
15.4	系统工程评价法	310
15.4.1	系统工程评价方法的基本原则	310
15.4.2	建立评价指标体系和确定评价指标值	311
15.4.3	建立评价模型	311
15.5	模糊综合评价法	313
15.5.1	模糊综合评价中主要运算符号	313
15.5.2	模糊集合的概念	313
15.5.3	隶属度函数的确定方法	314
15.5.4	模糊综合评价	316
15.6	实例分析	321
15.6.1	系统工程评价法评价机械运动系统方案	321
15.6.2	模糊综合评价法评价机械运动系统方案	324

第 16 章 机械创新设计实例分析	331
16.1 机械创新设计实例的意义和作用	331
16.2 冰淇淋自动包装机创新设计分析	332
16.2.1 市场需求分析和机器功能确定	332
16.2.2 机器工作机理和工艺动作过程构思	332
16.2.3 机器工艺动作过程分解	332
16.2.4 机器运动方案分解	333
16.3 电动机电枢自动嵌绝缘纸机创新设计分析	334
16.3.1 市场需求分析和机器功能确定	334
16.3.2 机器工作机理和工艺动作过程	335
16.3.3 机器工艺动作过程分解	335
16.3.4 机器运动方案分解	335
16.4 提花织物纹版冲孔机创新设计分析	337
16.4.1 市场需求分析和机器功能确定	337
16.4.2 机器工艺动作过程构思	337
16.4.3 机器工艺动作过程分解	337
16.4.4 机器运动方案分解	338
参考文献	341