

现代工程科学与技术丛书

总主编·袁渭康

# 机械与动力工程

李培宁 主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

现代工程科学与技术丛书

袁渭康 总主编

# 机械与动力工程

李培宁 主编

科学出版社

北京

TH  
L6

## 内 容 简 介

本书是华东理工大学机械与动力工程学院博士生导师及资深教授,根据其长期从事科学研究积累的经验及取得的成果,为化工过程机械、机械设计与理论与机械制造与自动化等专业的博士研究生开设的学科前沿技术进展讲座的汇编教材。内容包括机械强度与失效、承压设备结构完整性技术、换热与节能、先进机械制造与设计技术、材料服役性能、先进过程技术及传感器等的最新技术进展。

本书可作为高等院校机械工程与动力工程专业博士、硕士研究生的教材或参考书,也可供机械工程相关专业科技人员阅读与参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械与动力工程/李培宁主编. —北京:科学出版社,2008

(现代工程科学与技术丛书/袁渭康总主编)

ISBN 978-7-03-021145-3

I. 机… II. 李… III. ①机械工程②动力工程 IV. THTK

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 035242 号

责任编辑:陈 婕 张 敏 / 责任校对:张怡君

责任印制:刘士平 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年6月第一版 开本:B5(720×1000)

2008年6月第一次印刷 印张:27

印数:1—3 000 字数:525 000

定价:60.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

# “现代工程科学与技术丛书”编委会

总主编：袁渭康

编委：（按姓氏笔画为序）

马桂敏 王利民 田 禾 叶 勤 李培宁

辛 忠 房鼎业 赵庆祥 胡春圃 俞金寿

秘 书：王燕春

## “现代工程科学与技术丛书”序

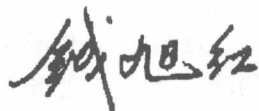
近几年,我校研究生教育发展迅速,所培养研究生的质量不断提高。按研究生的培养目标,在业务方面应要求他们掌握坚实宽厚的基础理论和系统深入的专业知识,能应用所学理论独立进行科学研究,具有开拓创新能力。为了达到这一要求,使研究生能了解本学科各领域的研究进展和研究动向,了解高新科技在本学科中的交叉和渗透,我校各一级工程技术学科都设置了一门“学科技术进展”课程,作为博士生和硕士生的必修专业课程,课程采用专家讲座的形式,每个学科 15~20 讲,形成系列。讲座由各学科的博导、教授们承担,每人一讲。“学科技术进展”课程经过多年实践,取得了很好的效果。实践表明,系列讲座拓展了研究生的知识面与专业面,提高了学生分析问题与解决问题的能力,培养了学生的创新思维与创新能力。

本丛书汇编了我校各工程学科为研究生开设的技术进展讲座的内容,名为“现代工程科学与技术丛书”,按学科分为 7 个分册,分别是《化学工程与技术》、《应用化学与技术》、《生物科学与工程》、《材料科学与工程》、《信息科学与工程》、《环境科学与工程》及《机械与动力工程》。丛书可供研究生学习时使用,也可供相关科学研究与工程技术人员参考。

本丛书具有以下特点:①内容新。科学技术日新月异,研究内容不断深化,研究领域不断交叉,研究成果不断创新。只有紧紧跟踪研究前沿,才能使科学研究充满活力。本丛书的作者们在指导研究生的过程中非常关注国外科技的最新进展,他们在对研究生开设“学科技术进展”讲座时,每年都要更新与补充内容。②覆盖面宽。现代科学技术的发展需要学科间的交叉与渗透,研究领域才能得以不断拓展。本丛书的各分册覆盖了各工程技术学科的多个研究方向与研究领域,内容覆盖面广。③案例多。作为对研究生的讲座课程,各主讲教师非常重视理论联系实际,在讲座中有大量生动的研究与开发案例,这些案例有些是作者自己的研究成果,生动直观,有些是国内外同行的最新成果,内容新颖,吸引力强。④应用性强。本丛书的 7 个分册都是工程技术的一级学科,工程技术学科重视工程理论的实际应用,面向经济建设主战场,面向企业,面向技术进步和社会发展,各讲座内容反映了这一特色。

本丛书由袁渭康院士担任总主编,他对丛书的编写工作进行了统筹策划,提出了指导性意见,对讲座内容成文进行了具体指导,各分册主编和研究生院为编辑出版也做出了贡献。由于全书作者多,虽经修改、审核,但疏漏之处在所难免,诚请专家、读者批评指正。

华东理工大学校长

A handwritten signature in black ink, reading '钱旭红' (Qian Jiahong), the name of the president of East China University of Science and Technology.

## 前 言

从博士生课程教材建设的需要出发,华东理工大学组织编写《现代工程科学与技术前沿丛书》,机械与动力工程学院负责编写机械与动力工程分册。

华东理工大学机械与动力工程学院的前身是化工机械系,1981年学位制度正式实施,国务院学位委员会批准本系化工过程机械学科为全国首批博士学位与硕士学位授予点,流体机械及流体动力工程学科和固体力学学科为硕士学位授予点,据定一教授为首批博士生导师。经过25年的建设,单科性的华东化工学院变成了多科性的华东理工大学,化工机械系变成了机械与动力工程学院,化工过程机械学科被批准为国家重点学科及上海市重点学科,一个二级学科博士学位授予点已发展成为动力工程及工程热物理一级学科博士学位授予点,包括了化工过程机械、热能工程、动力机械、流体机械等多个二级学科授予点,同时在另一个一级学科——机械工程学科中获得了机械设计及其理论学科、机械制造及其自动化学科两个二级学科博士学位授予点。如果按硕士学位授予点来统计,本学院导师跨及5个一级学科(除动力、机械外,还有力学、安全工程、材料3个一级学科),因而在同一分册中包括所有二级学科现代工程科学与技术前沿的内容是很难实现的。

几十年来,导师队伍完成了新老交替,学科创始人据定一教授已于2006年仙逝,老博导吴东棣、柳曾典、王志文、蔡仁良,包括我本人,均已先后退休。现在招收博士生的导师有涂善东、王正东、潘家桢、徐宏等20位教授,他们都是具有博士学位的中青年学者,学术思想活跃,勇于探索创新,走学科交叉与产学研结合并举之路,研究范畴日益扩展。1985年化工机械研究所成立时,设立压力容器的材料、断裂疲劳、强度、密封、数值分析5个研究室,以压力容器为中心开展研究,目前学院的研究方向已伸向国民经济的多个领域,从机械到电子,从大型成套机械到微化工机械,从先进制造与过程强化到安全维护与延寿技术,提出以“安全、可靠、绿色、高效”的装备技术与优势发展方向为目标,仅“十五”期间就获得国家科技进步奖4项、省部级进步奖27项。由于项目众多,工程科学与技术前沿教材分册不可能包含所有项目涉及的内容。

从实际出发,本人动员机械与动力工程学院在“动力工程与工程热物理”及“机械工程”两大一级学科中的所有博士生导师及个别资深教授参加本书编写。争取一人一篇,题目及内容根据导师们自己研究的主攻方向,探讨该学科分支前沿研究动向及进展,因而本分册基本上反映了本校动力工程及机械工程两大学科博士生导师的科学研究,特别是已毕业博士生学位论文的研究方向的特色及成果。本书

的编著有利于在校攻读的硕士和博士研究生了解本学院师生研究方向的国际学术前沿动向,拓宽视野,有助于研究生学位论文选题,为取得更大的创新成果,发展本学院学科特色提供支持帮助。应该说明的是本学院导师及学生在高温结构完整性、热壁加氢反应器、微化工机械、油水旋流分离技术、超高压容器等方面均有所建树,遗憾的是因篇幅所限,加上个别导师实在太忙或因病未能完稿,只能等待再版时补充了。

李培宁

华东理工大学机械与动力工程学院

2008年2月



# 目 录

## “现代工程科学与技术丛书”序

### 前言

第 1 章 机械强度理论与失效学的发展与展望	1
1.1 机械强度理论与失效学的起源	1
1.2 机械强度与失效学的研究内容与现实意义	3
1.3 机械强度理论与失效学的研究现状和发展趋势	12
1.4 基础研究存在的主要问题	23
1.5 值得关注的重要科学问题	27
参考文献	30
第 2 章 近代含缺陷承压设备合乎使用评定技术	33
2.1 引言	33
2.2 断裂评定的基本方法及相关工程规范	34
2.3 失效评定图技术	36
2.4 面型缺陷断裂评定所需相关技术的进展	43
2.5 合乎使用评定所需的塑性失效载荷(最大载荷)的估算技术	48
2.6 承压设备结构完整性技术前沿动向	49
2.7 结束语	51
参考文献	52
第 3 章 复杂条件下的过程装备剩余寿命评价技术进展	55
3.1 引言	55
3.2 裂纹扩展控制参量	55
3.3 蠕变疲劳交互作用下的裂纹扩展规律和剩余寿命评价	62
3.4 材料老化和环境因素的影响	65
3.5 相关标准规范进展	67
3.6 小结与展望	69
参考文献	70
第 4 章 承压设备和管道法兰接头的设计和 research 进展	76
4.1 引言	76
4.2 Taylor-Forge(ASME)法及其评述	77
4.3 PVRC 方法及其评述	78

4.4	EN 13445 Part3 附录 G 方法及其评述 .....	80
4.5	法兰应力分析的解析解和数值解 .....	85
4.6	法兰设计的理论和试验研究 .....	86
4.7	欧盟法规及其法兰和垫片标准化 .....	93
4.8	结束语 .....	95
	参考文献 .....	96
<b>第 5 章</b>	<b>煤气化与煤基多联产技术 .....</b>	<b>99</b>
5.1	我国能源资源现状与存在的问题 .....	99
5.2	煤炭气化技术 .....	101
5.3	煤基多联产系统 .....	104
5.4	结束语 .....	108
	参考文献 .....	109
<b>第 6 章</b>	<b>换热器强化传热技术进展 .....</b>	<b>111</b>
6.1	引言 .....	111
6.2	传热强化研究进展 .....	112
6.3	管壳式换热器的发展 .....	117
6.4	紧凑式换热器的发展 .....	121
6.5	换热网络的研究进展 .....	122
6.6	结束语 .....	123
	参考文献 .....	123
<b>第 7 章</b>	<b>化工过程系统节能技术 .....</b>	<b>126</b>
7.1	引言 .....	126
7.2	化工过程能量系统与系统节能的基本内涵 .....	127
7.3	化工过程系统用能的诊断及调优方法 .....	128
7.4	结束语 .....	137
	参考文献 .....	137
<b>第 8 章</b>	<b>基于激光冲击波力学效应的先进制造与检测技术 .....</b>	<b>139</b>
8.1	激光冲击波抗疲劳制造 .....	139
8.2	激光冲击成形 .....	149
8.3	激光喷丸成形 .....	158
8.4	激光冲击标识 .....	159
8.5	结束语 .....	163
	参考文献 .....	164
<b>第 9 章</b>	<b>精密与超精密加工技术 .....</b>	<b>167</b>
9.1	引言 .....	167

9.2 精密和超精密加工概述 .....	167
9.3 精密和超精密加工机床 .....	170
9.4 使用金刚石刀具的超精密切削技术 .....	173
9.5 结束语 .....	181
参考文献 .....	182
<b>第 10 章 流体润滑研究领域的现状及发展趋势 .....</b>	<b>183</b>
10.1 流体润滑研究方向概况 .....	184
10.2 动载滑动轴承的研究概况 .....	187
10.3 多油楔滑动轴承的研究概况 .....	192
10.4 弹性流体动力润滑理论的国内外发展概况 .....	197
10.5 流体润滑研究前沿问题的新发展 .....	200
参考文献 .....	202
<b>第 11 章 混合智能机械系统 .....</b>	<b>205</b>
11.1 引言 .....	205
11.2 混合驱动系统 .....	206
11.3 混合控制系统 .....	209
11.4 混合机构系统 .....	213
11.5 结束语 .....	216
参考文献 .....	216
<b>第 12 章 复杂机电系统虚拟样机工程技术 .....</b>	<b>217</b>
12.1 引言 .....	217
12.2 虚拟样机技术及其发展 .....	219
12.3 虚拟样机工程关键技术 .....	224
12.4 结束语 .....	233
参考文献 .....	234
<b>第 13 章 基于投影理论的三维反求重建方法的研究与应用 .....</b>	<b>236</b>
13.1 三维反求与重建概述 .....	236
13.2 基于正轴测投影的模型三维反求 .....	237
13.3 由透视图反求真实形状的方法 .....	248
13.4 基于图像矢量化模型的三维设计与重建 .....	253
13.5 结束语 .....	257
参考文献 .....	258
<b>第 14 章 在役设备材料力学性能的小冲杆测试法研究进展 .....</b>	<b>259</b>
14.1 小冲杆试验法的原理及发展现状 .....	259
14.2 小冲杆试验用于材料力学性能测试的研究 .....	262

14.3	小冲杆试验用于评价材料的抗断裂性能·····	267
14.4	小冲杆试验用于材料蠕变性能试验的研究·····	270
14.5	结束语·····	275
	参考文献·····	275
<b>第15章</b>	<b>金属材料的表面自身纳米化技术</b> ·····	<b>278</b>
15.1	概述·····	278
15.2	实现表面自身纳米化的方法·····	280
15.3	表面自身纳米化的组织结构特征·····	282
15.4	表面纳米化对性能的影响·····	285
15.5	结束语·····	296
	参考文献·····	296
<b>第16章</b>	<b>奥氏体不锈钢高温服役中脆性相析出导致材料脆化</b> ·····	<b>298</b>
16.1	引言·····	298
16.2	奥氏体不锈钢在高温下的行为·····	299
16.3	析出相析出导致材料脆化及材料脆断实例·····	304
16.4	高温奥氏体钢的选材和使用·····	307
16.5	结束语·····	309
	参考文献·····	309
<b>第17章</b>	<b>现代制造业中的表面工程技术</b> ·····	<b>311</b>
17.1	引言·····	311
17.2	现代制造业的特征·····	311
17.3	表面工程技术的发展史和内涵·····	314
17.4	先进的表面工程技术·····	315
17.5	表面工程技术在现代制造业中的应用·····	317
17.6	结束语·····	319
	参考文献·····	320
<b>第18章</b>	<b>分形几何在金相分析中的应用——金相组织的分形维数</b> ·····	<b>323</b>
18.1	引言·····	323
18.2	分形与分维·····	324
18.3	分形在金属材料研究中的应用·····	326
18.4	分形金相研究中的几个问题·····	330
18.5	金相分维的具体测量计算方法和应用软件·····	334
18.6	结束语·····	342
	参考文献·····	343

---

<b>第 19 章 超细加工技术在制药工程中的应用</b> .....	344
19.1 超细加工技术及其应用 .....	344
19.2 药品的超细加工技术和设备的要求 .....	346
19.3 中药的超细加工技术及装备 .....	352
19.4 结束语 .....	356
参考文献 .....	357
<b>第 20 章 超高压技术的理论和实践</b> .....	359
20.1 引言 .....	359
20.2 超高压的理论基础 .....	360
20.3 超高压的产生方法 .....	365
20.4 超高压容器设计的理论基础 .....	365
20.5 超高压技术的应用 .....	369
20.6 结束语 .....	377
参考文献 .....	378
<b>第 21 章 微小型氢气传感器</b> .....	380
21.1 纳米氢气传感器 .....	381
21.2 温差电氢气传感器 .....	384
21.3 声表面波球传感器 .....	386
21.4 光学氢气传感器 .....	387
21.5 热传导氢气传感器 .....	389
21.6 发展微小型氢气传感器需解决的关键问题 .....	389
参考文献 .....	390
<b>第 22 章 机电系统早期故障智能预示与智能传感器网研究进展</b> .....	393
22.1 引言 .....	393
22.2 机电系统早期故障智能预示概述 .....	393
22.3 基于多传感器数据融合的智能传感器网研究进展 .....	403
22.4 智能无线传感器网络与 ZigBee 技术 .....	409
22.5 结束语 .....	412
参考文献 .....	412

## 第 1 章 机械强度理论与失效学的发展与展望

本章分析了国家经济建设对机械强度理论与失效学的重大需求和学科发展的需要,提出了机械强度与失效学领域的共性基础问题,认为针对我国机械装备事故概率居高不下的现实,应着力构建重大装备安全保障的理论基础,同时为高技术产品的设计、制造提供强度学的支持,重点开展多损伤机制耦合的结构失效理论、复杂载荷与复杂载荷史作用下的结构可靠性、先进制造工艺的强度学基础、机械结构损伤检测与监测的新原理和新方法以及微/纳系统的强度与失效等领域的研究。

### 1.1 机械强度理论与失效学的起源

所谓强度是指物体抵抗破坏的能力,在荷载作用下构件不至于破坏(断裂),即具有足够的强度。材料的强度一般由试验确定。试验方法有多种,最常见的有单向静力拉伸试验。采用不同的试验形式可以得到材料的剪切强度、疲劳强度、蠕变强度和屈服强度(刚度)等。有了材料的基本强度后,演绎机械结构的破坏必须依据强度理论。强度理论是判断材料在复杂应力状态下是否破坏的理论,依载荷形式和环境的不同,强度理论也不尽相同。而失效学一般是物体破坏后检验知识的归纳,它进一步保障了新设计的安全性。强度理论与失效学是现代机械装置安全保障技术的重要基础,安全尽管不是机械产品追求的第一功能,但它是人类赖以生存的基本要素。强度理论与失效学致力于回答结构安全功能如何保证这一基本命题,并在解决结构安全问题中逐渐建立和发展起来。因此它在现代工业生产和学科发展中有不言而喻的重要性。人类从学习制造工具开始,就遇到了强度与失效的问题,不同材料(石头、木头等)的强度不同,所制造出来的工具的耐用程度(失效时间)就大不相同。但是,远古的人类由于缺乏基本的科学知识,还不可能对强度和失效问题有深入理性的思考。到了欧洲的文艺复兴时期,科学才得以迅速地发展。Galileo(1564~1642年)在研究砖、铸铁和石头的拉伸断裂时,发现当施加应力达到一临界值时材料发生断裂,由此得出最大正应力准则(或第一强度理论)。Mariotte(1620~1684年)对最大伸长准则(或最大应变准)则首次作了论述,认为最大伸长线应变达到极限值时,材料就发生脆性断裂,即为第二强度理论。随后Coulomb在研究土和砂岩的压缩强度后,于1773年提出:当材料的破坏沿着一定剪切平面进行时,所需的破坏力不但与剪切力有关,也与剪切面上的法向力有关。1864年,法国工程师 Tresca 根据对金属所作的一系列挤压试验中得到的结果,把

材料发生塑性变形的原因归结于最大剪应力,并提出当材料中的最大剪应力达到一定值时,材料就发生屈服。这就是第三强度理论,用数学式可表达为

$$\tau_{\max} = k \quad (1.1)$$

或

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2k \quad (\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3)$$

1913年, von Mises 考虑了变形能的作用,提出无论材料处于什么应力状态,只要形状改变比能达到极限值,就发生屈服破坏,即为 von Mises 准则(或第四强度理论),可以表达为

$$\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = \sigma_s^2 \quad (1.2)$$

尽管针对不同材料与结构的破坏规律曾经提出了上百个模型或准则<sup>[1]</sup>,但以上四个强度理论最为著名,它们构成了强度理论的基础,使大型机器、装置的建造成为可能,为 20 世纪制造业突飞猛进的发展奠定了重要基础,并使人类在农业、石油化工、电气与电子、交通运输、医药卫生与生命科学、核能利用与空间探索等领域都获得了巨大的成功,社会生活水准日益提高。很难想象,没有近代强度理论的发展,人类能够设计制造出汽车、高速铁路、潜艇、超音速飞机、燃气轮机,可以发射人造卫星、航天飞机、太空平台,建造核反应堆、核电站以及大型石油化工装置。但是机械装置的大型化、复杂化、高参数化引入了更多的不可预测因素,使当代经济活动、生产活动与科学探索中的事故更具有突发性、灾难性、中断性以及社会性。自 20 世纪以来,各种事故频繁发生,可见结构强度与失效作为事物的两个方面是此消彼长的互动过程。随着人类文明的发展,新的复杂结构与装置的出现,又会产生新的失效问题,甚至更加突出,因此发展强度理论、与结构失效作斗争将是人类长期的任务。

为了解决不断出现的结构破坏的问题,最近半个世纪掀起了以断裂理论、损伤理论、细观理论、多尺度力学理论等为代表的一波接一波的研究热潮,新的强度理论得到高度重视。20 世纪初,断裂力学理论的研究开始得到重视,英国学者 Griffith 对玻璃破坏的研究,奠定了脆性材料断裂力学的基础,第二次世界大战以后美国海军研究实验室(NRL)一批科学家针对实际断裂问题进行研究, Irwin 修正了 Griffith 理论,使断裂理论真正进入了实用阶段,并成立了 ASTM E-24 工作委员会<sup>[2]</sup>,以解决高强合金钢的断裂阻力的定义和测量问题。损伤理论能够发展成为现代力学的一个独立分支,主要应归功于苏联学者 Kachanov 的贡献,在其 1958 年发表的论文中引入了一个称为连续性因子的场变量  $\Psi$ ,用以描述材料劣化的综合效应<sup>[3]</sup>,这首次使材料微观损伤的离散过程可以用连续的变量进行描述;连续损伤理论作为一个独立的学科在 70 年代得到了充分的发展,法国学者 Lemaitre<sup>[4]</sup>和 Chaboche 进而在不可逆热力学的框架下将损伤作为内部状态变量处理,并提出了

处理塑性、黏性、疲劳及其交互作用条件下损伤的数学模型,这给工程构件的寿命预测提供了一个十分有用的工具。强度理论的尺度相关性实际上 Galileo 已进行了研究,但只是到了微纳米技术快速发展的今天,建立多尺度的力学才显得具有前所未有的迫切性,因为没有多尺度的强度理论,将无法应对微电子、微机械、微化工技术中所引申出来的可靠性问题。

机械失效学的发展可以溯及美国海军研究办公室于 1967 年 4 月成立的机械故障预防小组(Mechanical Fault Prevention Group, MFPG)和相应的机械失效预防技术学会,支持单位包括原子能委员会、美国国家航空和宇航局及若干海军部门。此后欧洲的英国、瑞典、丹麦、法国、挪威、葡萄牙等发达国家以及亚洲的日本也相继对机械故障预测预防进行了系统研究。进入 20 世纪 80 年代后,我国学者针对工业装备高发事故率,开展了结构安全评价和失效预测预防的协同研究,逐渐形成了由诊断、预测与预防三者组成的机械失效学的体系<sup>[5]</sup>。近年来,失效研究已不局限于机械装备,在畑村洋太郎教授的倡导下日本于 2002 年 11 月成立了失败学会(Association for the Study of Failure),失效学成为了探讨人类如何与失败(效)正确相处,积极、系统地利用失败(效)知识的学问<sup>[6]</sup>。由此机械强度理论和失效学的研究也渐成气候。

## 1.2 机械强度与失效学的研究内容与现实意义

### 1.2.1 机械强度理论和失效学的研究内容

强度理论研究材料结构及机械系统在机械载荷、热载荷及各种力学、物理、化学广义驱动力作用下产生的变形、性能和功能的变化,以及由此导致的结构破坏和机械系统功能失效的过程,它包括结构、材料和驱动力三个要素。机械失效学的研究领域十分宽泛,限于篇幅,本章着重讨论机械结构失效学。机械结构失效学以强度理论为基础,通过吸收或发现机械结构破坏和功能失效的新知识,改进机械结构的设计、制造与运行,以达到机械装置经济和安全可靠性兼备的目的。现代机械强度理论及失效学的学科基础、涉及的基础研究内容及主要应用领域如图 1.1 所示。其研究领域实际上涵盖了机械产品全寿命周期中诸多方面的内容,如图 1.1 所示。

(1) 强度设计方法:安全寿命设计、损伤容限设计、全寿命周期设计、可靠性设计、风险设计等。

(2) 制造工艺强度学:抗疲劳制造、抗腐蚀制造、抗高温制造、抗磨损制造等。

(3) 结构完整性评价。

(4) 老化和环境破坏评价。

(5) 风险工程、可靠性工程。



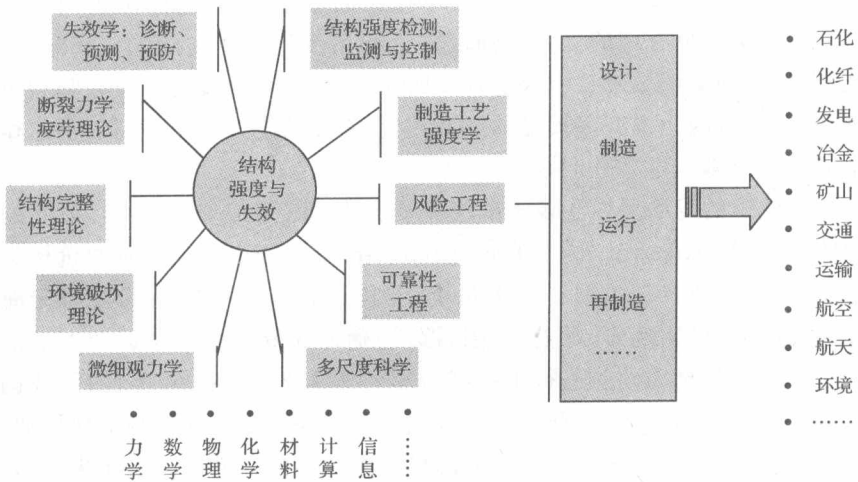


图 1.1 机械强度理论及失效学的内涵与外延

- (6) 失效分析与失效控制。
- (7) 损伤检测与监控。
- (8) 再制造结构的安全评价。
- (9) 机械结构安全管理。

现代机械强度理论及失效学与其他学科有着密切的关系。一方面当代力学、数学、物理、化学、材料科学、计算机与信息科学等学科的进展为强度理论及失效学提供了坚实的科学基础。例如,断裂力学、损伤理论的进展为结构强度评价奠定了基础;可靠性数学是结构可靠性设计的基础;物理和化学的发展提供了机械强度研究的新方法,也为机械装备检测与监测技术提供新的原理和手段。另一方面新材料、计算机技术和先进制造技术的快速发展有力地推动了强度理论及失效学的发展。例如,新的结构材料大大提高了结构固有安全性;大规模计算可以进行复杂结构与系统的安全分析;先进的制造技术不仅可以提高结构与系统的安全性,也可以延长其使用寿命。因此机械强度理论及失效学的研究必须坚持采用多学科交叉和综合的方法,不断地将其他学科的研究成果应用到强度理论及失效学的发展中去。

尽管我国科技工作者对机械强度理论也进行了长期的研究,但总体上看,研究的系统性还较差,投入规模甚小,能向工业领域转移的成果尚还有限,研究水平与发达国家相比还有较大差距,由此直接或间接地导致了机械产品的安全性能无法得到保障,特别是重大装备事故不断发生,造成了人员和经济的巨大损失,同时也严重影响了装备制造业的发展进程。为了有效地控制重大装备事故概率,提高产品的品质,强度理论与失效学的研究必须针对机械装备的设计、制造、运行和再制造的整个生命周期的诸环节。在今后一段时期内,机械强度理论与失效学的研究