


# 机械动力学史

张策 著

 高等教育出版社

# 机械动力学史

张策 著

张策 著

ISBN 7-04-019282-0

定价：30.00元

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

ISBN 7-04-019282-0

高等教育出版社  
 地址：北京市西城区德胜门内大街2号  
 邮编：100120  
 电话：(010) 58581000  
 网址：http://www.hep.com.cn

## 内容提要

本书以第二次世界大战结束为分界线,分为两个阶段来阐述机械动力学的发展历史。

本书分为两篇。第一篇介绍:经典力学的创立为机械动力学的发展奠定了理论基础,两次工业革命对机械动力学提出了要求,以及机械振动学和机械动力学理论的早期发展。第二篇介绍:第二次世界大战后科技的大发展为机械动力学的进一步发展提供了指导思想、方法和技术手段,机械工业的巨大进步向机械动力学提出了新的要求,机械动力学在纵向形成为包括建模、分析、仿真、动力学设计与控制的综合学科,在横向形成了机构动力学、机械传动动力学、转子动力学、机器人动力学、机床动力学和车辆动力学等多个分支领域。

本书注意以时代的经济、社会和科技发展为大背景来展现机械动力学及其各分支的形成条件,描绘其发展的基本脉络。本书可以使动力学研究者在极短的时间内粗略了解机械动力学各分支领域发展的全面情况,有助于使他们从中得到启发和借鉴。本书可供机械工程领域的研究生、教师和科技人员阅读和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械动力学史/张策著.—北京:高等教育出版社,  
2009.10

ISBN 978-7-04-028134-7

I. 机… II. 张… III. 机械学-动力学-技术  
史-世界 IV. TH113-091

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第167322号

策划编辑 刘占伟 责任编辑 王素霞 封面设计 刘晓翔  
版式设计 王莹 责任校对 刘莉 责任印制 陈伟光

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	涿州市星河印刷有限公司	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×1092 1/16	版 次	2009年10月第1版
印 张	19.25	印 次	2009年10月第1次印刷
字 数	380 000	定 价	48.00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 28134-00

# 前言

机械动力学是机械科学中的一个重要领域。本书介绍机械动力学的发展历史。

科技史的研究是科技研究的一个侧面。我们有责任发掘出、记载下人类活动的这样一个重要侧面,对科技发展过程中的重要事件和人物做出评价。期望能使读者在了解历史素材的基础上得到一些启迪,有利于推动学科的创新与发展。现在,已经有一些科技发展史、力学发展史方面的著作,但是介绍机械发展史的书籍寥寥可数,而且偏于简略。在机械动力学的每一个分支领域都能找到一些综述性文章,但是,迄今还没有一本全面论述机械动力学发展历史的专著。

绝大多数机械动力学的研究者只涉足机械动力学的一两个分支领域。各分支领域在建模、分析、仿真、设计和控制等方面既有其共性,也各有其特点,发展也不平衡。本书对每一个分支领域的发展简史以万余字的篇幅做一简介,可以使动力学研究者在极短的时间内粗略了解整个机械动力学各分支领域发展的概况。这也许有助于他们从中得到启发和借鉴。

笔者从事机械动力学研究近 30 年,但也仅涉及机构和传动等部分领域。撰写本书的过程既是一个总结过程,又是一个学习过程。

各个分支领域都有若干公认的代表性专著,其中常有一些对发展历史的描述。尽管有的不是很详细,也不够系统和全面,但汇集这些描述的共同之处,综合这些描述的不同侧重点,辨析其中的矛盾之处,就不难抓住这一领域发展的粗线条脉络。

各个分支领域每隔一段时间就有综述性文章发表,它们常常能比专著提供更为详细的材料和更多的参考文献。但也要注意:尽管多数综述文章由名家撰写,但也有有的文章眼光局限于数年之内的发展,陈述多于分析,缺少高屋建瓴、穿透时空的笔力。

本书从专著和综述这两条渠道回溯既往,查清站在发展源头的人物,重笔点出里程碑式的人物、事件和文献,对他们的贡献给予评价。这种评价有的早已有公论,有的则表现出作者独特的视角。网络对本书中素材的收集也提供了很大的帮助。

到 20 世纪 50—60 年代,现代机械动力学的大多数分支领域已经基本成形。对此前的描绘,人物、事件和文献并重。但对近 20 年的发展则一般只重点地写出发展趋势,而对人物和文献的介绍从简。这里体现着这样一种认识:经过一段时期后再回去看历史,才能看得更清楚,才能去粗取精,评价也才能更准确。此外,本书只是侧重描绘历史的发展趋向,终究不是为站在前沿的研究者所写的文献综述。

本书中出现的人物多达数百个,为了读者查阅和检索的方便,在书后附有人名索引,提供了人物的全名、生卒年等资料。

本书承蒙多位机械史、机械动力学和机构学领域的专家作为审稿人:

北京航空航天大学郭可谦教授、东南大学博士生导师杨廷力教授作为全书主审人审阅了全书;

中国工程院院士、天津大学博士生导师陈予恕教授审阅了第三章第一、二节,第四章第四、五节,第七章第三节;

燕山大学博士生导师黄真教授审阅了第三章第三、四节,第四章第七节,第七章第四节;

西北工业大学博士生导师沈允文教授审阅了第三章第四节,第七章第二节;

北京工业大学博士生导师余跃庆教授审阅了第三章第五节,第七章第一、四节;

西南交通大学博士生导师翟婉明教授审阅了第七章第七节;

湖南大学博士生导师刘敬平教授审阅了第七章第六节。

各位审稿人对书稿提出了许多宝贵意见,更正了某些史实、推敲了一些提法、补充了某些内容,对提高本书的水平大有裨益。作者对他们表示衷心的感谢!

在撰写本书的过程中,得到了黄真教授、郭可谦教授、杨廷力教授、沈允文教授的鼓励和支持。杨廷力教授还与作者就本书的宗旨进行了深入的讨论,提出了很好的意见;郭可谦教授就科技史的撰写给予作者很多启迪。北京工业大学余跃庆教授、天津大学杜君文教授、王世宇副教授和李永刚博士都提供了一些资料和信息。作者对他们表示衷心的感谢!

张 策

2009年5月于天津大学新园村

# 目 录

绪论 .....	1
一、机械动力学的发展历史梗概 .....	1
二、机械动力学发展的背景与环境 .....	3

## 第一篇 机械动力学的早期发展 (第二次世界大战以前)

第一章 理论基础:经典力学理论的创立与发展 .....	9
第一节 经典力学理论体系的创立 .....	9
一、经典力学创立的时代背景 .....	9
二、经典力学创立之前的理论准备 .....	11
三、经典力学的创立 .....	12
四、分析力学的建立 .....	14
五、弹性力学的建立 .....	16
六、经典力学的局限性 .....	16
第二节 与机械动力学相关的早期数学理论的发展 .....	17
一、微积分理论的创立 .....	18
二、微分方程理论的建立和发展 .....	19
三、变分法的建立 .....	20
四、矩阵特征值问题 .....	21
五、概率论 .....	22
六、其他 .....	23
七、小结 .....	24

参考文献	25
<b>第二章 历史背景:第一次、第二次工业革命</b>	<b>27</b>
<b>第一节 第一次工业革命</b>	<b>27</b>
一、第一次工业革命的背景	27
二、蒸汽机的发明和改进	28
三、第一次工业革命时期的机械发明	29
四、铁路时代	30
<b>第二节 第二次工业革命</b>	<b>31</b>
一、电气时代	31
二、汽轮机的诞生和发展	33
三、内燃机的发明和进步	33
四、钢铁时代	35
五、第二次工业革命时期的机械发明	36
六、第二次工业革命的特点	37
<b>第三节 从动力学角度看机械发展的若干趋势</b>	<b>38</b>
一、机械和运载工具的高速化和大功率化	38
二、机械的精密化	40
三、机械的轻量化	41
四、机械的自动化	41
参考文献	42
<b>第三章 机械振动学、机构学和机械动力学的早期发展</b>	<b>45</b>
<b>第一节 振动理论的建立与发展</b>	<b>45</b>
一、振动理论研究的萌生	45
二、线性振动理论的发展	46
三、非线性振动理论的发展	49
<b>第二节 转子动力学研究的起步</b>	<b>52</b>
一、刚性转子平衡技术的发展	52
二、转子动力学的早期研究	53
三、轴承-转子系统动力学的萌生	54
<b>第三节 机构学的建立和机构结构学、运动学的发展</b>	<b>55</b>
一、机构学学科的形成	56
二、关于理论运动学的研究	56

三、机构学的德国学派 .....	57
四、机构学的俄苏学派 .....	59
第四节 机构的演进、发展和创新 .....	60
一、机构的演进 .....	60
二、传动装置的演进 .....	64
第五节 机械动力学分析方法的形成 .....	67
一、机械动力学分析方法的早期发展 .....	67
二、早期机械动力学分析方法的局限性 .....	69
三、机械动力学综合方法的早期发展 .....	69
四、变质量系统动力学 .....	72
参考文献 .....	73

## 第二篇 机械动力学的近期发展

### (第二次世界大战结束以来)

第四章 发展条件:科学与技术的全面进步 .....	79
第一节 横断科学——信息论、控制论和系统论的诞生 .....	80
一、信息论 .....	80
二、控制论 .....	81
三、系统论 .....	82
四、横断科学的历史地位 .....	82
第二节 电子计算机的发明和普遍应用 .....	83
一、电子计算机的发明 .....	83
二、电子计算机的演变历程 .....	84
三、电子计算机在机械工程中的广泛应用 .....	85
四、人工智能的出现与发展 .....	86
第三节 现代数值计算方法的进展 .....	88
一、常微分方程的数值求解方法 .....	89
二、求解矩阵特征值问题的数值方法 .....	90
三、有限元法和边界元法 .....	90
四、优化设计方法 .....	92
第四节 非线性科学的诞生和发展 .....	93
一、混沌现象的发现 .....	93



	二、非线性科学的形成 .....	94
第五节	振动理论的新进展 .....	95
	一、从简单的离散系统发展到复杂的连续系统 .....	95
	二、加强对两类反问题的研究 .....	96
	三、随机振动理论 .....	96
	四、非线性振动理论研究的新进展 .....	97
第六节	多体动力学的诞生与发展 .....	99
	一、多刚体动力学 .....	99
	二、多柔体动力学 .....	101
第七节	现代机构学的发展 .....	102
	一、机构学的美国学派 .....	102
	二、半个世纪以来现代机构学的进展 .....	103
	三、机构学在中国的发展简介 .....	107
第八节	信号分析方法的形成与发展 .....	108
	一、以 Fourier 变换为基础的经典信号分析方法 .....	108
	二、以小波变换为基础的现代信号分析方法 .....	108
	参考文献 .....	109
<b>第五章</b>	<b>历史背景:对机械设计的要求全面提升</b> .....	<b>115</b>
第一节	第二次世界大战后机械工业发展的总趋向 .....	115
	一、机械工业几个有代表性领域的发展状况 .....	116
	二、机械制造业生产模式的变化 .....	120
第二节	对机械设计的要求全面提升 .....	122
	一、新时期机械产品发展的总趋向 .....	122
	二、现代设计方法要解决的两大根本问题 .....	124
	参考文献 .....	127
<b>第六章</b>	<b>机械动力学在纵向发展为内容丰富的综合学科</b> .....	<b>129</b>
第一节	机械动力学建模方法的多样化 .....	130
	一、多刚体系统的建模方法 .....	130
	二、微幅振动弹性系统的建模方法 .....	131
	三、实验建模方法 .....	133
	四、多柔体系统动力学的建模方法 .....	133
	五、键合图方法 .....	134

第二节	机械系统动力学建模的精细化 .....	135
	一、精细地估计系统的刚度、阻尼和摩擦 .....	135
	二、计入材料非线性 .....	136
	三、计入几何非线性 .....	136
	四、关于冲击振动的研究 .....	137
	五、复杂机械系统中多种物理场的耦合 .....	138
第三节	动力学分析与仿真的发展 .....	139
	一、运动学、动力学分析软件 .....	140
	二、有限元分析软件 .....	141
	三、虚拟样机技术 .....	142
第四节	动力学设计理论与方法的发展 .....	142
	一、静态设计与动态设计 .....	142
	二、两大类动态设计方法 .....	143
	三、动态设计方法的发展 .....	143
第五节	振动控制技术的发展 .....	147
	一、多种多样的阻尼减振方法 .....	147
	二、主动控制减振方法的发展 .....	149
第六节	动态测试和故障诊断技术发展简介 .....	150
	一、动态测试技术的发展 .....	150
	二、故障诊断技术的发展 .....	152
	参考文献 .....	154
<b>第七章</b>	<b>机械动力学在横向形成多个分支领域 .....</b>	<b>159</b>
第一节	机构动力学 .....	159
	一、机构动力平衡研究的进一步发展 .....	160
	二、高速凸轮机构动力学的产生和发展 .....	163
	三、连杆机构弹性动力学的产生和发展 .....	166
	四、含间隙机械系统的动力学问题 .....	171
第二节	机械传动动力学 .....	173
	一、齿轮动力学的发展概述 .....	174
	二、齿轮动力学的起步——关于动载系数的研究 .....	175
	三、关于齿轮系统线性动力学的研究 .....	177
	四、关于齿轮系统非线性动力学的研究 .....	181
	五、齿轮系统的动态设计和减振降噪研究 .....	185

	六、齿轮系统动力学当前的研究趋向和重点 .....	186
	七、其他机械传动领域的动力学研究 .....	187
第三节	转子动力学 .....	189
	一、新时期转子动力学的发展背景及其主要内容 .....	189
	二、固有特性和振动响应的计算 .....	190
	三、柔性转子的动平衡技术 .....	191
	四、转子系统的动力稳定性 .....	192
	五、转子系统的非线性动力学 .....	194
	六、转子系统的故障诊断技术 .....	196
	七、转子系统的振动控制 .....	197
	八、机电耦合造成的轴系扭转振动 .....	198
第四节	机器人动力学 .....	199
	一、机器人的发展历史梗概 .....	199
	二、机器人机构学内容简介 .....	203
	三、机器人动力学简介 .....	205
	四、刚体机器人动力学的发展 .....	206
	五、柔性机器人动力分析方法的发展 .....	207
	六、柔性机器人的振动控制 .....	209
	七、更复杂的一些机器人动力学问题的研究 .....	210
第五节	机床动力学 .....	212
	一、机床的振动 .....	212
	二、关于机床颤振问题的早期研究(20世纪60年代中期以前) .....	213
	三、关于机床颤振问题的近期研究(20世纪60年代中期以来) .....	215
	四、关于机床动力学一般问题的研究 .....	216
	五、主轴系统动力学特性研究 .....	218
第六节	汽车动力学 .....	219
	一、汽车动力学的研究内容 .....	219
	二、汽车工业发展历史梗概 .....	220
	三、操纵动力学的研究历史 .....	222
	四、行驶动力学的研究历史 .....	224
	五、汽车动力学控制的进展 .....	227
	六、汽车纵向动力学 .....	230
	七、关于汽车碰撞问题的研究 .....	230
	八、当代汽车动力学建模与仿真的发展 .....	231

九、非线性汽车动力学的研究 .....	232
十、关于轮胎特性的研究 .....	233
第七节 铁路车辆动力学 .....	233
一、经典的铁路车辆动力学 .....	234
二、铁路车辆-轨道耦合动力学 .....	235
三、铁路车辆与桥梁的动力相互作用 .....	238
四、高速列车的动力学问题 .....	239
参考文献 .....	240
结束语 .....	255
人名索引 .....	257
中英术语对照表 .....	277
后记 .....	295

# 绪 论

## 一、机械动力学的发展历史梗概

机械动力学(machinery dynamics)是研究机械在力的作用下的运动和机械在运动中产生的力,并从力与运动相互作用的角度进行机械的设计和改的学科。机械动力学是机械科学的一个重要分支。

虽然人类使用机械的历史已有几千年,但是,古代机械由于使用人力、畜力和水力作为动力,速度很低,因此还基本上谈不到动力学问题。从动力学角度来考虑机器的设计和使用,基本上是工业革命以后的事情。

17世纪下半叶,Isaac. Newton(牛顿)创立经典力学,开辟了科学发展的新时代,奠定了力学发展的基础,也奠定了机械工程等技术科学发展的基础,它更是机械运动学和动力学的直接基础。

以蒸汽机的发明为标志的第一次工业革命和以电动机、内燃机的发明为主要标志的第二次工业革命,给人类提供了强大的动力,推动了机器的普遍使用和新机器的发明。此后,机械的日益高速化、轻量化、精密化和自动化则不断提出了各种机械振动和机械动力学方面的问题,推动了机械动力学理论的发展。到20世纪中叶,已形成了机械振动线性理论、机构动力学和转子动力学的基本框架。

第二次世界大战以后,世界在竞争与对抗中还是维持了大范围内的和平,经济与科技获得空前的大发展。

与机械动力学相关的各个科学技术领域取得了全面的进步。横断科学——系统论、控制论、信息论、非线性科学诞生,电子计算机被发明,以计算机为基础的各种现代设计方法和数值计算方法涌现出来,力学、振动理论和信号分析方法取得了新的进步。这些学科与机械动力学交叉、融合,为机械动力学的发展提供了新的指导思想、理论、方法和技术手段。

现代科学技术的发展引发了第三次工业革命。如果说前两次工业革命可称之为动力革命,那么第三次工业革命则是由计算机技术统领的信息化革命。

世界经济日益全球化,世界市场上的竞争日趋激烈。强国之间的对抗,也培育出了强大的军需产业,推动了太空的竞争。尖端科技的移植和扩散,也推动了民用技术的发展。

在激烈的竞争中,在对生产率和产品质量不断的追求中,机械进一步向高速化、轻量化、精密化、自动化和大功率化方向发展。与此同时,人类科技活动的范围扩大,潜入海洋,飞向外太空,航天器、机器人等现代机械陆续出现。这都对机械设计和机械动力学的发展提出了全面的、迫切的新要求。

机械动力学在当代获得了高速发展,呈现出全新的面貌。经济与社会发展、相关学科发展与机械动力学的关系如图 0.1 所示。一方面,机械动力学在纵向已发展为包括动力学建模、动力学分析、动力学仿真、动力学设计、动力学控制,以及动态测试和故障诊断等一系列领域的内容丰富的综合学科;另一方面,在横向形成了机构动力学、机械传动动力学、转子动力学、机器人动力学、车辆动力学、机床动力学和航空航天器动力学等多个分支领域。机械动力学在纵向的发展为其各个分支领域提供了基本理论与方法,而机械动力学在横向的各分支领域则与机械设计和生产实践直接衔接。纵横交织,机械动力学形成了一个内容丰富、结构庞大的体系。

本书以第二次世界大战结束作为分界线,分两篇论述了机械动力学的早期发展和近期发展。

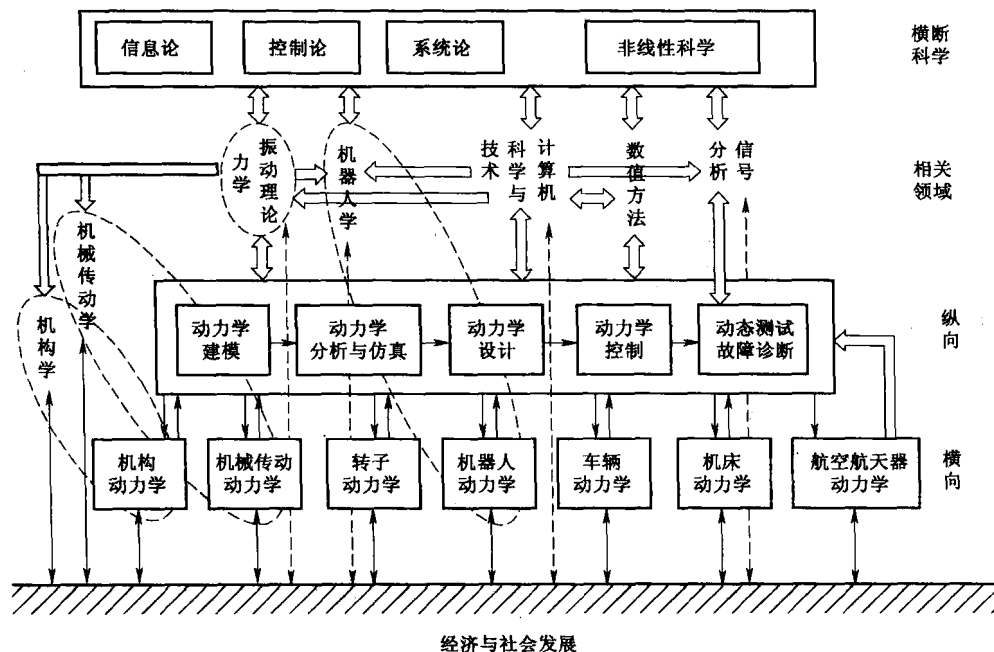


图 0.1 经济与社会发展、相关学科发展与机械动力学的关系

## 二、机械动力学发展的背景与环境

论述机械动力学学科的发展历史,不能就学科论学科。本书试图着重写出机械动力学及其各个分支领域产生和发展的背景——经济发展的背景、社会发展的背景,以及科学技术领域发展的背景。例如,要写出机械动力学的早期发展,必须先讲清经典力学的诞生和发展,讲清两次工业革命,特别要讲清机械动力学发展的第一推动力——机械速度的不断提高。要写出机械动力学的近期发展,就必须先讲清第二次世界大战后世界经济大发展、科学技术大发展这个时代背景,讲清相关学科的发展是怎样影响、推动了机械动力学学科的进步。

通过这种追溯和描绘,本书拟揭示如下三个重要问题:① 生产技术的发展与机械动力学发展的关系;② 相关学科的发展与机械动力学发展的关系;③ 机械动力学内在规律的认识扩展与深化。在本书中,从全书的整体安排到对具体问题的论述,都以这三个问题为纲。“纲举则目张”,期望能使读者在掌握历史素材的基础上对这三个问题有进一步的领悟,得到一些启迪。回顾历史最重要的目的是推动学科的创新与发展——这也正是撰写本书的主旨所在。

我们用图 0.1 来初步描述这三个问题。

### 1. 经济与社会的发展是推动学科发展的基础

经济与社会的发展,特别是生产技术的发展是各学科领域发展的推动力;而科学与技术的发展又反过来指导生产技术的提高,推动经济与社会的发展。经济与社会的发展需求是第一性的,处于基础的地位。所有科学,上至横断科学,下至机械动力学的各个分支领域,都与这个基础存在着互动的关系,概莫能外。

从横向——研究对象看,机械动力学中发展出机构动力学、机械传动动力学、转子动力学、机器人动力学、车辆动力学、机床动力学及航空航天器动力学等分支领域。它们是直接面向经济发展和生产技术第一线的学科,它们与基础的互动关系就特别鲜明。机械动力学所有分支领域的发展都与机械的高速化、轻量化、精密化、自动化密切相关,而背后则是不断提高的社会需求和日益激烈的市场竞争。

又例如,经济愈发全球化的趋向给计算机科学提出了新的课题,而互联网的发展则极大地、全方位地改变了社会生活的面貌。

### 2. 机械动力学的网状结构及其内部关系

从纵向——研究内容看,广义的机械动力学已发展为包括动力学建模、动力学分析、动力学仿真、动力学设计、动力学控制,以及动态测试和故障诊断等一系列领域的内容丰富的综合学科。当代的机械动力学形成了一个纵横交织的网状结构。纵、横两个领域存在着互动的关系:纵向领域的各种方法、软件和技术都首先来自某个横向分支领域,而后又推广扩展到其他分支领域。

在这一纵横交错的关系中,应特别指出:航空航天器动力学是各横向分支中发展

水平最高的,它的发展对机械动力学的各纵向分支领域有很突出的影响。多体动力学、有限元建模与分析方法(包括软件)、结构优化设计方法、振动监测与故障诊断等都是首先在飞机与航天器的力学分析和振动问题的研究中出现。而后这些方法又都渗透到机床动力学、转子动力学及其他各横向分支领域中去。

机械动力学依其研究对象的不同形成许多横向分支,体现出当代科技的高度分化。机械动力学纵横方向的网状结构以及机械动力学与各相关学科的互相影响,则体现出当代科技的高度综合。

### 3. 相关学科的发展极大地影响了机械动力学的发展

相关学科的进步对机械动力学的发展至关重要。

力学(包括其中的振动理论)始终是机械动力学的最重要的基础学科。力学史上从 Newton、Euler(欧拉)到 Lagrange(拉格朗日),再到当代的多体动力学;从 Huygens(惠更斯)、Poincaré(庞加莱)到 Rayleigh(瑞利),再到当代的随机振动理论和非线性振动理论;力学与振动理论的每一次大的进步都给机械动力学的发展以强大的推动力。

信号分析方法,尤其是快速傅里叶变换的出现成为现代振动测试、故障诊断技术的基础。

计算机技术和现代数值方法对力学、机械动力学发展的影响,怎样估计都不过分,甚至可以说,没有计算机和现代数值方法,就没有当代的机械动力学。数值方法和计算机技术二者也有相当程度的互动,例如,并联算法与并联计算机是同时发展的。

机构动力学、机械传动动力学和机器人动力学也分别是机构学、机械传动学和机器人学的有机组成部分。

站在这个网状结构最高端的是横断科学。这些横断科学是辩证唯物论在当代科技领域的具体化,它们对各个学科都起着认识论和方法论方面的指导作用。与此同时,横断科学也是由具体的科学和工程领域升华而形成的。

### 4. 机械动力学的发展对相关学科发展的影响

数学-力学-机械动力学,这三个学科形成了一个链状结构。力学的发展为机械动力学提供了理论基础,数学的发展为机械动力学提供了数学工具。反过来,机械动力学的发展向力学提出了需要解决的问题,机械学和力学的发展又向数学提出了需要解决的问题,从而也推动了数学和力学的发展。

例如,关于刚体运动的研究是微积分出现的主要动因,发明微积分的 Newton 既是一位伟大的力学家,也是一位伟大的数学家。微分方程的定性理论和求解方法(无论是解析方法、渐进解析方法还是数值方法)的发展在很大程度上是出于解决力学和振动问题的需要。

回溯力学理论的发展轨迹,从 Newton 的矢量力学、Lagrange 的分析力学再到第二次世界大战后的多体动力学,这三个发展阶段直接与要求力学所处理的对象相关。Newton 总结的主要是当时天文学的成果,研究的是自由质点(如天体)的运动。在一



百年以后的第一次工业革命中,机器得到迅速的发展,迫切要求对受约束的机械系统的运动和受力进行分析,这是 Lagrange 提出分析力学的背景。第二次世界大战以后,随着现代科学技术的发展,车辆、航天器、机器人、机构甚至人体这些由大量刚体和弹性体组成的系统都成为动力学的研究对象;同时,计算机出现并得到广泛应用,于是,多体动力学应运而生。