

(1991—2000—2020)

中国机械工业 科学技术发展后 30 年

DEVELOPMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY IN MACHINE
BUILDING INDUSTRY OF CHINA FOR NEXT 30 YEARS



机 械 工 业 出 版 社

中国机械工业科学技术发展后 30 年
Development of Science & Technology in Machine
Building Industry of China for Next 30 Years

(1991~2000~2020 年)

丁 海 董丽筠 等编著



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

2181/32

本书是在机械电子工业部重大软科学研究课题“机械工业科学技术发展后 30 年”研究报告的基础上,总结了机械科学研究院多年来在规划、政策、预测等方面的研究成果并参考国外先进经验写成的。它对中国机械工业科学技术未来 10 年、30 年的发展前景作了科学预测,这个预测时间跨度大、涉及领域宽。

本书针对我国社会主义现代化建设的宏伟蓝图和实际需要,通过国际、国内环境的预测和描绘:市场需求分析;高技术、传统技术以及产品的协调发展;机械工业未来工厂的目标模式以及政策体系等内容,从战略高度,全面描述了机械工业科学技术未来 30 年发展模式和重点,明确提出了依靠科技进步、振兴机械工业的有效途径。本书还介绍了编制规划的实用方法。

本书可供规划、政策、预测的理论和实际工作者,经济和科技管理工作,政府部门、科研院所和企业的领导,以及软科学科研人员学习参考。亦可作为研究生或高校高年级学生的教学参考书。

中国机械工业科学技术发展后 30 年

Development of Science & Technology in Machine

Building Industry of China for Next 30 Years

(1991~2000~2020 年)

丁启海/董丽筠等编著

责任编辑:王鹏飞 封面设计:李梅

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

首都师范大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 21.5 字数 535 千字

1993 年 6 月北京第 1 版·1993 年 6 月北京第 1 次印刷

印数 0.001 2000·定价:50.00 元

*

ISBN 7-111-03801-5/T·15(X)

前 言

人类社会即将步入世纪之交,未来30年是人类社会历史上一个巨大变革的时期。科学技术的飞速发展及其广泛应用是今天也是未来推动经济发展、社会进步的最重要因素。依靠科技进步是振兴机械工业的必由之路。

本书对机械工业科学技术涉及的众多领域进行了跨越世纪的预测。这个预测打破了多年来沿用的单一的、从科技到科技的技术预测方法,而是将未来30年机械工业科学技术的发展置于机械工业乃至国民经济发展的环境中,并密切注视国际环境的变化、科学技术发展以及市场需求,既跟踪世界高技术的发展,又十分注意高、新技术对机械工业的融合(产业化)。本书内容包括:

第一篇“机械工业科学技术发展后30年”,这一篇从机械工业现状、差距和“瓶颈”问题分析入手,而对机械工业未来30年面临的形势与挑战,从深层次提出机械工业科学技术未来30年的发展目标、重点领域、高新技术群、重大产品技术、产业化途径以及实施目标的重大政策措施。此外还有机械工业科技发展未来30年重大研究开发项目、重点实验室的建议。

第二篇“我国未来30年的经济发展预测”,通过对未来10年、30年国民经济主要指标、产业结构、进出口贸易、人口与劳动力的预测,定量和定性地描绘了机械工业未来30年发展的外部环境,为机械工业和科学技术发展提供目标和依据。

第三篇“2000~2020年机械工业发展目标预测”,通过对机械工业主要指标以及技术进步对机械工业增长作用的分析,为未来30年机械工业科学技术的发展提供依据。

第四篇“2000年、2020年高新技术发展及其应用前景预测”和第五篇“机械工业科技发展目标及重点发展领域预测分析”综合预测了高、新技术的发展趋势,在机械工业中的应用重点以及未来10年、30年机械工业科技发展的目标和重点领域。

第六篇“未来的工厂”,借鉴国内外最新研究成果,结合对未来CIM等多项技术的分析,针对我国机械工业的特点、基础和实力,按10大要素以图文并茂的形式,提出了未来机械工厂的模式,为高新技术在未来机械工业企业中的应用及产业化提供依据。

第七篇“政策措施振兴机械工业科学技术发展对策”,结合机械工业特点和发展趋势,提出一整套有较强操作性的政策和措施建议。

第八篇“编制《科技发展规划》的实用方法”,概要列出了本书使用的定性、定量和评价方法,系统总结了本书作者在这一领域的研究成果并选择了编制科技发展规划的常用方法,实用性强。

本书是在“机械工业科学技术发展后30年”研究报告的基础上撰写成的,出版本书,旨在认真贯彻中央关于发展国民经济和“科学技术是第一生产力”的战略部署,从战略高度为机械工业科学技术未来10年、30年的发展和纵深布署提供依据,探讨振兴机械工业的有效途径。本书通过科学方法的应用、专家咨询、专题调研,力求预测和结论的科学性、准确性和实用性。本书信息量大、数据可信度高,可为编制机械工业中长期科技发展规划、行业规划以及区域科技发展规划及制定产业政策科技政策提供依据,亦为当前的科技工作以及其它非机械行业中长期科技发展规划的制订提供依据。

本书是在机电部姚福生总工程师的关怀下,机电部科技司朱森第司长、依英奇副司长以

及吴本奎、姚文宝，徐骏同志直接指导下完稿的。中国科学院学部委员丁舜年、雷天觉对本书的编者给予了具体指导。在本节撰写过程中，得到中国机械技术总公司蔡文熙总经理，兵科院系统分析研究所朱荣桂所长，国家科委综合司苑广增处长和机械情报所吴柏青主任大力支持和帮助。为本书作过咨询的专家、教授、政府官员达 450 余人。可以说，《中国机械工业科学技术发展后 30 年》的完稿和出版凝聚着全体作者，各个方面的专家、学者、政府官员的智慧、知识和辛勤的劳动，在此，我们向为本书作出贡献的各方面人士致以衷心的感谢。

本书第一篇由丁宗海、董丽筠、吴来、童丽珠、张爱萍撰写，丁宗海统稿；第二篇由张鸿博、赵文撰写；第三篇由秦宝庭、周超英撰写；第四篇由邱城、吴来撰写；第五篇由范存德、杨士忠撰写；第六篇由童丽珠、张凯军、丁宗海撰写；第七篇由董丽筠、陈金阳、潘晓燕撰写；第八篇由吴来、秦宝庭撰写。全书由丁宗海修改、审定，董丽筠、邱城、张爱萍参加全书的审阅。限于作者水平，加之本书内容涉及领域宽，时间跨度大，有相当难度，因此，书中缺点、错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

作 者

1992 年 1 月

目 录

第一篇 中国机械工业科学技术发展后 30 年（1991~2000~2020 年）

第一章 形势与挑战	1
一、现状与回顾	1
二、国际竞争与挑战	6
三、国内需求与挑战	11
第二章 机械工业科学技术发展后 30 年目标和战略	16
一、机械工业科技发展后 30 年目标	16
二、发展目标评价	16
三、机械工业科技发展后 30 年战略	18
第三章 机械工业科学技术后 30 年重点领域	19
一、以高、新技术应用和产业化为依托	20
二、牵引产品技术的发展	32
三、推进“未来工厂”模式的实施	40
第四章 政策措施	49
一、技术政策的制订原则	49
二、促进机械工业科技发展的政策要点	49
三、促进机械工业（后 30 年）科技发展的重大措施	52
四、建立监控系统，用行政、经济、立法手段加强规划的指导作用	53
第五章 机械工业科技发展后 30 年重大研究开发项目、重点实验室的建议	55
一、重大研究开发项目	55
二、重点实验室建议	57
参考文献	58

第二篇 我国未来 30 年的经济发展预测

第一章 国民经济主要发展指标	60
一、主要发展指标预测	60
二、主要发展指标分析	61
第二章 产业结构的发展与变化	61
一、社会总产值构成	63
二、国内生产总值构成	65
三、工业内部构成	66
四、产业结构的发展趋势	66
第三章 消费与投资	66
一、居民收入	66
二、居民消费和社会消费	67
三、消费结构	69
四、投资预测	70
五、未来投资结构	71

第四章 对外贸易的发展	72
一、出口与进口增长	72
二、进出口结构	73
三、进口结构	74
第五章 人口与劳动力	76
一、人口预测	76
二、劳动力预测	77
三、劳动生产率	79
结语	81
参考文献	82

第三篇 2000~2020 年机械工业发展目标预测

第一章 机械工业的战略地位	83
一、机械工业为国民经济各部门提供重要物质基础	83
二、机械工业与科学技术现代化密切相关	85
三、机械工业是出口创汇的重要部门	85
四、机械工业发展有利于解决劳动力就业	86
第二章 机械工业主要经济指标预测	86
一、机械工业发展预测的多目标规划模型	86
二、多目标规划模型的预测结果	95
第三章 依靠技术进步, 促进机械工业的发展	96
一、测定技术进步作用的模型, 经济量及参数估计	97
二、机械工业技术进步作用的历史分析	98
三、机械工业技术进步的预测	98
四、加速机械工业技术进步的对策	99
第四章 影响机械工业发展的制约因素分析	101
一、资金	101
二、能源	103
三、材料	104
参考文献	113

第四篇 2000 年、2020 年高、新技术发展及其应用前景预测

第一章 高、新技术的未来	111
一、高、新技术的现状与发展趋势	114
二、高、新技术的未来	126
第二章 高、新技术在机械工业中应用前景预测	127
一、高、新技术的发展对机械工业发展的影响	127
二、机械工业高、新技术的应用	128
三、机械工业对高、新技术的需求	131
第三章 促进机械工业高、新技术发展的建议	136
一、机械工业发展高、新技术的思路	136
二、促进机械工业高、新技术发展的政策建议	152
第四章 机械工业高、新技术重大研究开发项目建议	153
一、FMS 系统的研究内容	153
二、机器人技术研究内容	153

三、电力电子功率集成器件 (PID) 及功率集成电路 (PIC) 制造技术研究内容	154
四、精密加工基础及配套技术、非常规加工机理及工艺研究内容	154
五、新材料研究内容	154
六、太阳能光电化学储能方法及相应设备、煤的合理利用研究内容	155
七、利用生物技术改进机械设计技术的研究内容	155
八、超导技术应用研究内容	155
参考文献	155
第五篇 机械工业科技发展目标与重点发展领域预测分析	
第一章 我国机械工业面临的环境	156
一、国际环境	156
二、国内环境	157
第二章 我国机械工业的现状、水平和差距	158
一、现状	158
二、存在的主要问题	158
第三章 机械工业科技发展战略	159
一、涵义与内容	159
二、战略思想	160
三、科技发展的战略要点	163
第四章 机械工业科技发展目标	163
第五章 机械工业优先发展的科技领域分析	166
一、机械工业重大科技领域的确定	166
二、科技领域优先发展的评价准则	167
三、建立系统层次模型	167
四、重大科技领域对各准则的排序与分析	167
五、综合排序分析	170
第六章 需解决的关键技术	171
一、重大技术装备及工程系统技术领域	174
二、机电一体化技术领域	177
三、计算机及软件技术领域	178
四、设计技术领域	178
五、先进制造技术领域	179
六、测试传感技术领域	181
七、计算机集成制造技术领域	181
八、基础件综合技术领域	181
九、专用材料开发及材料应用技术领域	182
十、节能技术领域	183
十一、现代管理技术领域	184
第七章 国家级重点试验基地建设项目	184
参考文献	184
第六篇 未来的工厂	
第一章 企业面临的挑战	186
一、来自市场方面的挑战	186
二、技术革新和技术创新是企业成功的决定因素	187

三、降低生产成本	191
四、信息作为一种生产要素	191
五、自动化技术的发展——集成的趋势	192
第二章 “未来的工厂”的模式	193
一、计算机集成制造 (CIM)	194
二、智能计算机系统	199
三、战略规划	201
四、办公自动化 (OA)	203
五、零部件加工	204
六、工业机器人	210
七、装配	212
八、组织和人员	216
九、非常规加工工艺	219
十、新材料	221
第三章 2000 年、2020 年机械工业“未来的工厂”的目标和实施步骤以及相关技术分析	223
一、未来工厂的目标	223
二、相关技术分析	225
三、机械工业实现“未来的工厂”的措施	231
参考文献	232

第七篇 政策措施——振兴机械工业科学技术发展对策

第一章 政策性措施的思路	233
一、对现行制订政策措施的初步剖析	233
二、制订技术政策措施应遵循的原则	234
三、为适应后 30 年机械工业科技发展提出政策性措施的思路	234
第二章 技术政策、措施要点	235
一、促进企业的技术进步, 增强企业自我开发能力的提高	235
二、深化科技体制的改革, 不断增强研究机构的创新活动, 促进机械工业科技进步	236
三、加强机械工业的基础, 使机械工业的发展建立在科学的基础上	237
四、加速引进技术的消化吸收及国产化工作, 使机械工业从高起点上发展	237
五、重大技术装备国产化政策的建议	238
六、发展机电一体化技术的途径及对策	239
七、促进科技成果商品化的对策	240
八、促进高新技术的应用	241
九、大力开展科技工作的横向联合与国际间的合作与交流	242
十、加强管理技术的开发和应用	243
第三章 促进机械工业科技发展的保障措施	243
一、增加机械工业科技发展的投入	243
二、提高职工队伍素质、改善和调整人才结构的措施建议	248
三、加强机械工业科研测试基地建设的建议	252
第四章 实施规划的监控手段和监控系统的探讨	256
一、编制科技规划的必要性及其重要意义	257
二、用行政、经济、立法手段加强规划的指导作用	258
参考文献	260

第八篇 编制“科技发展规划”的实用方法

第一章 制定科技发展规划的程序	261
一、制定科技发展规划的前期工作	261
二、规划的制定程序	264
第二章 制定科技发展规划的方法	267
一、预测技术	267
二、评价技术	311
参考文献	333

第一篇 中国机械工业科学技术发展后 30 年 (1991~2000~2020 年)

第一章 形势与挑战

人类社会即将步入世纪之交,未来 30 年是人类社会有史以来一个巨大变革的时期。科学技术的飞速发展及其广泛应用,将成为未来这一时期中影响最深刻的因素,科学技术进步将极大地推动经济的增长、社会的进步。在这重大时刻,针对我国社会主义现代化建设的宏伟蓝图和实际需要,顺应国际科学技术发展的趋势和潮流,对未来 30 年我国机械工业科学技术的发展进行总体预测和展望是一项十分有意义的重大工程。

科学技术是第一生产力,是社会生产力中最活跃的决定性因素,是推动社会发展的伟大力量。近代社会的发展表明,国民经济各部门对新技术的需求大大增加,经济的发展越来越依赖于科技进步;产品的附加值在增加而生命期却在缩短,科技成果产业化的进程在加快。剧烈的国际市场竞争归根到底是科学技术和人才的竞争。未来——在以综合国力的竞争为重要特征的新世纪,谁掌握科学技术优势,谁就能够拥有经济上的优势而跻身世界先进国家之列。要实现机械工业的振兴,实现中华民族的振兴,未来 30 年是一个至关重要的时期。

一、现状与回顾

机械工业是为国民经济各部门提供装备的行业,各行业、企业技术水平、经济效益的高低,很大程度上取决于装备的性能和质量;机械工业亦为军事、人民生活需要提供各类适用的产品。机械工业兼有基础产业和带头产业的双重特性,机械工业的规模和水平是衡量一个国家经济实力和科技水平的重要标志。

(一) 机械工业发展概况

经过建国以来 40 年、特别是改革开放以来的 10 年建设,我国机械工业已形成一个拥有 100 多个行业、能生产近 6 万种产品、门类齐全的工业体系。1989 年原机械部系统拥有企业 10.4 万个,固定资产原值 867.51 亿元,职工 634.24 万人,完成工业总产值 1128.9 亿元,占全国工业总产值的 8.7%,总产值平均每年以 18.4% 速度增长; (1950 年~1989 年) 实现利税总额 192.41 亿元,占全国工业的 8.5%; 全员劳动生产率 17974 元/(人·年)。

1989 年共有 51 项机械产品获国家优质产品奖,创部优产品 515 项。获奖产品中有对国民经济产生重大影响的 30 万 kW 火电站锅炉, 10m³ 挖掘机, 108t 电动轮自卸车等。许多机械产品产量已进入世界前列,例如小型拖拉机、家用电冰箱、洗衣机、自行车已居世界首位,金属切削机床、摩托车居第四位,发电设备居第五位,滚动轴承、照相机居第六位,汽车已进入第十二位,其中载重汽车居第七位。

(二) 机械工业科学技术的发展

机械工业科学技术近 10 年也得到长足发展。全国机械行业共有各类研究开发机构 624 个,工程技术人员 42.4 万人,占职工总数的 14.7%; 10 年来,机械工业系统取得了 4 万多

项科研成果,其中获国家发明奖 206 项,国家科学技术进步奖 498 项,部级科技进步奖 9207 项,在 1988 年 518 项国家科技进步奖中,机械工业有 47 项。

特别是通过“六五”、“七五”的建设和改造,机械工业科学技术水平和科研开发能力有了进一步提高,替代进口、扩大出口的能力增强。近 10 年来研制了 1 万多种新产品,现在 85% 的机械产品已可立足国内,促进了国民经济各部门技术水平的提高。

1. 产品的技术水平有了明显提高,提供成套装备的能力显著增强

“六五”以来,机械工业围绕国家重大建设工程,通过技术引进、消化吸收和技术改造,初步改变了产品几十年一贯制的状况,已为农业、能源、交通、原材料等十几个部门和科学技术的发展提供了 80 多套较高水平的、先进适用的大型成套设备和大量单机产品,其中一些品种已达到或接近目前世界先进水平。如正负离子对撞机,龙羊峡 32 万 kW 混流式、葛州坝 12.5 万 kW 轴流式水轮发电机组,年产 1000 万吨级大型露天矿成套设备,300 万至 400 万 t 洗煤厂成套设备,采掘深度达 6000m 以下钻机及相应采油设备,年吞吐量 1000 万 t 级港口散料成套装卸设备,年产 15000t 短纤维成套设备,52 万 t 尿素成套设备,宝钢二期工程 2050mm 冷连轧机,1900mm 板坯连铸机,2030mm 热连轧机以及大型烧结焦炉等设备,秦皇岛煤码头三期工程成套设备,30 万 t 乙烯成套设备、12 万 t 及以下等级各种用途的船舶、气流纺纱成套设备,50000t 啤酒生产成套设备等。

在重要关键设备研制方面也有了新的进展,如:QH—EMCI 柔性加工单元,16m 数控立式车床,东风系列汽车驾驶室多品种混流机器人自动喷涂生产线等。B506MF 柔性单元数控系统,有五轴五联动通讯管理、监控、检测等功能,水平较高。200t 大型高速平衡机,智能化多功能超声诊断系统已应用于生产部门。

2. 通过引进国外先进技术,增强了产品开发能力

改革开放 10 年间,机械工业共引进先进适用技术 1800 项,通过对引进技术的消化、吸收、创新、国产化研究及组织批量生产,既采用先进的设计、制造技术和科学的管理方法,又结合企业技术改造,使机械工业企业的自主开发能力和制造水平有了大幅度提高,品种发展加快,行业总体水平和实力明显增强,极大地提高了机械产品的质量和水平。例如,每度电耗煤 315g 以内的 30 万、60 万 kW 火电成套设备,50 万 V 超高压输变电设备,320hp 推土机等都是结合引进技术的消化吸收研制成功的。

3. 应用电子技术改造传统产业,开发高技术产品成绩显著

60 年代后期以来,以集成电路和计算机为代表的电子信息技术的大规模兴起,带来了席卷全球的新技术革命。工厂生产要素的优化组合和生产过程的有效调节取决于以电子技术为主体的新技术群对传统工业的渗透程度,当今电子技术和机械技术的融合,已成为现代技术装备的主流。近年来,在计算机方面,我国已初步建立微型机和小型机产业,年产量达 10 多万台;开发和生产了 32K 高档微机,太极 2230 超级小型机,华胜 3000 工程工作站;不但具备了微型机、小型机、中型机的技术开发和批量生产能力,而且为大型机和巨型机的系统设计打下了基础。国产的超级小型机、微型机已成为国民经济各部门使用的主流机型。这几年还发展了一批机电一体化产品,如数控系统,已能批量生产 18 个机型,形成年产经济型数控系统 3000 套,低、中档多功能数控系统 500 套的能力。1989 年生产各类数控机床 2413 台,机床产值数控化率为 6%。工业用机器人,已研究投产的有喷漆、点焊、弧焊、装配及搬运机器人,并形成小批量的生产能力。形成年产各类 CAD/CAM 系统 1000 套的能力。10 年来,CAD

在我国各行业中逐步得到发展，江南造船厂同有关单位合作建立了船舶 CAD 系统，提高船舶设计能力 30%，迅速增强出口船的独立设计能力。通过攻关，机电部在 24 种大批量的重点机电产品中实现了 CAD 设计；初步建立了一批专业数据库。

4. 坚持狠抓“工艺突破口”工作，促进企业制造技术的发展

近年来，通过引进技术的消化吸收，新工艺、新技术的应用以及技术改造，机械工业的制造技术有了很大的提高。1986 年以来开展了以加强工艺管理、严格工艺纪律为突破口的的工作。通过四年多的努力，到 1989 年，1583 个企业工艺突破口工作取得成效，工艺基础工作得以加强，工艺管理逐步走向规范化；调整工艺路线 10479 条，使物流逐趋合理，试点企业的产品质量出现了稳定的提高。

5. 机电产品出口连年持续增长，进口替代取得进展

由于设计、制造技术发展，产品水平的提高，机电产品国际市场竞争力增强，机电产品的出口额连年增长。全国机电产品出口额由 1985 年的 16 亿美元增加到 1989 年的 83.19 亿美元，平均每年增长 49.2%（见表 1-1）。而且出口产品品种增加，技术密集型产品出口的比例有所增加。

表 1-1 1978~1989 年中国机电产品出口情况

单位：亿美元

年 份	我国机电产品出口额	占世界机电产品出口额的比重 %	占我国出口贸易额的比重 %
1978	6.59	0.15	6.76
1979	8.13	0.16	5.95
1980	13.90	0.23	7.67
1981	18.00	0.30	8.18
1982	19.45	0.33	8.71
1983	19.39	0.33	8.72
1984	21.96	0.34	8.40
1985	16.78	0.24	6.13
1986	24.82	0.30	8.02
1987	38.56	0.39	9.75
1988	61.59	0.54	12.96
1989	83.19	/	15.85

目前已公布机械工业替代进口的产品目录 14 批 11092 项，每年为国家节约大量外汇，仅杭州制氧机厂生产的 1 万 m³ 制氧机，替代进口每年即可节约外汇 3000 万美元。

（三）主要差距

10 年改革开放，我国机械工业、机械工业科学技术取得了长足的进步，但与工业发达国家相比还存在很大差距。主要表现在：

1. 设计制造技术落后，缺乏基础数据和先进方法

我国在强度、振动、噪声、腐蚀、摩擦、磨损、设计理论、材料应用、检测试验、自动化技术等方面的研究和应用还比较落后，基础数据及其规范完善程度只相当于发达国家 60 年代的水平。在设计上仍以类比、经验设计为主，新的设计理论和计算方法尚未普及。新产品的开发周期长，科研成果产业化时间长，影响着机械工业整体水平的提高。

2. 综合水平低、效益差, 结构不合理

按劳动生产率、材料消耗、能源消耗、机电产品国际竞争能力、管理水平、专业化程度、技术进步对产值增长速度的贡献、科研与技术开发能力、技术力量等 9 项指标评价, 我国机械工业与工业发达国家相比尚有相当的差距。产品水平、制造技术水平相当于国外 60 年代水平。例如, 重大装备的水平与国外尚有一定差距, 特别是石油化工装备, 现代化大型化工成套装置基本上依靠进口。大型复合化肥设备国外已将低能耗工艺流程用于工程建设, 使合成氨的能耗达到 700~750 万 kcal/t 氨, 而我国自行设计制造的合成氨装置的能耗为 1200~1300 万 kcal/t 氨。第一汽车厂卡车换型所需装备中的精密、高效关键设备大多需要进口 (价值占 40%)。从产品结构分析, 一般水平的产品多, 生产能力富裕; 高技术产品, 高档次、高水平的产品少, 能力不足, 例如金属切削机床 1989 年产量为 13.42 万台, 其中数控机床 1360 台, 仅占 1.01%, 而日本 1987 年数控机床产量 4.9 万台。我国每年尚需进口数控机床 500~700 台, 耗资 1.5 亿美元。

机电一体化水平低, 是我国机械产品又一缺陷。国外发展迅速, 而我国在这方面的差距很大, 在很多产品上电子化程度很低甚至空白。例如冶炼机械、空分设备等国外已实现电子计算机控制; 国外在汽车制造已广泛应用电子技术, 例如发动机燃油系统控制喷射装置、油耗和最佳档位显示器、控制点火和正时系统、监控牵引系统、诊断汽车故障装置、控制自动换档机构、控制化油器等等。国外电子束焊机和激光焊机应用计算机控制, 实现了自动跟踪。

由于我国机电产品水平低, 且售前售后服务差, 因此, 在国内外市场缺乏竞争力。“六五”期间, 机电产品进出口逆差达 316 亿美元, 1985~1989 年五年间平均每年进出口逆差高达 151 亿美元。

3. 忽视人才培养和智力开发, 职工队伍素质不能适应发展需要

目前, 我国机械工业职工队伍存在的主要问题是素质不高, 工人中有相当一部分技术工人实际水平低于工资等级; 管理人员中具有大专以上学历的比例较低; 工程技术人员仅占职工总数的 7.58%, 且结构层次不合理, 高层次人才和中年技术骨干人员尤其缺乏。

(四) 机械工业科技发展的“瓶颈”问题

影响机械工业和机械工业科技发展的因素很多, 但起主要制约作用的有以下几个问题。

1. 基础薄弱

长期以来, 机械工业存在着产品质量和性能差、技术水平低、品种不能满足需要、工艺落后等问题, 基础薄弱是导致这种状况的决定性因素。这里的“基础”其含义是广义的, 包括基础零部件及元器件、机加工装备、基础技术以及科技工作自身的基础等。基础薄弱可以说是长期以来阻碍机械工业以及机械工业科学技术发展的瓶颈问题。

(1) 首先看基础零部件及元器件行业。这些年虽然引进了不少技术, 但技术改造跟不上, 没有形成一批达到经济批量、技术先进的骨干企业, 厂点多, 力量分散。加之一些关键技术尚未很好掌握, 品种少、性能差、寿命低, 不能适应主机配套需要, 已成为影响重大装备发展的瓶颈问题。例如, 宝钢每年需要更换液压件 2.8 万件, 国内能配套的不足 30%。塑料机械出口 2000 万美元, 而进口大于出口 20 倍, 关键是液压、电器和控制部分不过关。国外, 铁路轴承可用于时速达 180~280km 的机车可靠度 99%, 寿命 150~280 万 km。而我国, 时速 60~100km, 可靠度 90%, 寿命只有 50~80 万 km。

基础件行业产品水平上不去的主要原因是: ①受体制和工业水平的制约, 主机市场分散,

引进了多国技术,配套困难且难以形成专业化批量生产。②投资强度不够,底子薄、基础差,技术开发能力薄弱,加之厂点分散,专业化程度低,低水平重复现象严重。例如,国外通用零部件专业化程度已达85%~95%,专用零部件专业化水平也达50%左右,特别是轴承、液压件、内燃机零配件等通用零部件已普遍进入国际性协作配套。而我国行政干预多,地区又追求自给性生产,在地域上发展大而全结构,难以形成经济规模。③制造技术和工艺装备落后。据对液压件行业调查,其装备的95%为通用设备,而国外柔性生产装备及专用设备占95%以上。④基础件用材,品种缺口大,且材料性能不能满足要求,直接关系到基础件性能、寿命和可靠性。

(2) 机加工设备的情况类似,作为工作母机的机床工具行业,普遍存在工艺装备落后,役龄长,技术装备严重老化,自身装备落后已达惊人地步。其固定资产中机器设备的净值率仅为51.8%,不仅低于全国的平均数66.5%,也是机械工业中最低的。其中28家重点骨干企业平均净值率为44.2%。近10年来,国家对机床工业行业投资强度低,除少数单位补充了科研开发手段外,绝大部分单位没有得到充实,缺少现代化的科研开发手段。机床工业的落后,直接影响到机械工业和其它行业产品的质量、性能和水平。机床产品的品种和质量也满足不了用户的需要,仅1985、1986两年,进口金属切削机床用汇11.98亿美元,即相当于我国机床当年产值的一半;进口锻压机械用汇2.8亿美元,与同期国内锻压机械的产值相当;而1985、1986年进口的铸造机械是同期国内铸造机械产值的1.5倍和2.4倍。

据1987年统计,我国金属切削机床拥有量达350多万台,仅次于前苏联居世界第二位。但与先进国家相比,构成相当落后,数控机床仅占0.24%(1985年),而日本为18.57%(1983年);自动专用机床仅占4%,而美国20%、日本22%(1983年)。铸造、锻压、焊接、热处理等量大面广的技术装备情况雷同。

(3) 近年来,机械工业基础技术研究任务严重不足,研究单位取消事业费后,无力安排基础技术研究项目,加之国家的科研投入太少,机械工业应用基础研究和应用研究逐渐弱化;开发研究虽能得到一定支持,但经费投向分散,低水平重复,很难形成综合成套地解决重大工程问题的能力。机械工业缺乏一个用于支持基础技术研究的相对稳定的经费渠道。因此,导致科研后劲不足,难以创新;从事基础技术研究的科研人员人心浮动,技术力量散失比较严重。

机械工业基础技术存在的最主要的差距有以下几方面:

① 企业设计人员比重小,设计与工艺分家,成套设计的能力弱;产品设计仍处于类比、缩放和测绘的阶段。设计基础数据不全,设计规范、标准陈旧落后,先进设计方法难以采用。

② 制造工艺、工艺装备、工艺材料、检测控制手段不能同步协调发展,无法形成实际生产的能力,造成国外早已普及的优质高效节能节材少污染的常规工艺在我国推广速度很慢,长期不能普遍应用。

(4) 科研投入严重不足,投资强度低。合适的资金投入是机械工业科技发展即机械工业发展的重要的必不可少的支撑条件。工业发达国家在发展科学技术方面投入了大量的财力和物力。1986年美国全国研究开发总预算1200亿美元,其中的48%为企业对研究开发的投入。日本1983年科研经费为65,037亿日元,其中政府负担占22.15%。

我国机械工业科研经费占总产值的比重远低于世界发达国家。1989年机械工业部科技三项费用、科研单位测试基地经费和事业费三项费用合计仅占总产值的0.6%,而日本、联邦德

国、法国、美国在 70 年代初用于机械工业的科研费用占销售额的比例分别为 1.92%, 2.29%, 3.95%, 4.8%。从机械口来看, 国家财政拨款到科研部门的科技三项费用, 1986 年以来呈下降趋势。

由于科研投入长期不足, 致使机械工业科研院所、企业的科研装备落后, 研究开发能力薄弱。随着竞争的加剧, 各国都日益重视高、新技术的开发, 其科研经费投入越来越大。谁在这方面领先, 谁就能迅速增强经济实力。

2. 科技结构不够合理, 层次不清, 力量分散, 中试能力薄弱

目前, 机械工业系统从事基础研究的单位没有, 从事应用研究的单位为数不多, 绝大部分单位从事新技术、新产品的开发没有形成从基础研究到推广应用“接力赛”的态势, 企业研究和开发工作薄弱, 发展也不平衡。

在技术开发范围内, 发展也不平衡。搞特定产品的科研机构比较多, 高技术的开发、产品的成套设计和系统开发则起步不久, 技术力量严重不足。一些领域科研中试手段薄弱, 也影响到科技成果的商品化。

3. 微电子技术、自动控制技术落后严重影响产品的性能、水平和可靠性

我国电子工业近年虽有很大发展, 但基础薄弱, 依赖性大, 自给率低, 特别是电子元器件和专用集成电路; 加之自动控制系统设计技术落后已成为行业实现技术进展的一个突出的卡脖子问题。例如数控装置是微电子技术、计算机技术、传感技术、监控检测技术与传统的机械加工技术的深度结合。数控装备是发展柔性制造系统 (FMS)、计算机集成制造系统 (CIMS) 和建立自动化工厂 (FA) 的技术基础和核心装备。

目前, 我国每年进口数控机床 5 亿美元, 以中、高档数控机床为主。“六五”引进日本 FANUC 技术和产品, 已累计生产数控系统 1120 套, 主要是组装。“七五”相继引进美国的 Dynapath-10 系统和 GE 的 MC-1、MC-C 系统, 也基本是组装。

4. 科技人员总体素质不高, 层次结构不合理

经对机械工业 480 个企业的调查, 1987 年从事 R&D 工作的科技人员仅占企业职工总数的 2.81%, 机械工业科研人员仅占职工总数的 0.7%。据统计, 部属科研院所大学毕业以上文化程度以及其他具有高、中级职称人员占科研院所职工总数的 41.9%。在高技术领域、新兴科学技术领域, 高、中级科技人员十分短缺。不少行业缺少高级设计人员和学科带头人; 高级软件人员、系统设计人员 (特别是自动化控制系统) 严重不足。由于设计力量薄弱, 加之设计技术落后, 使引进技术难以消化吸收, 人员素质不高、层次不合理, 无论是现在和今后都将严重影响机械工业、机械工业科学技术的发展。

二、国际竞争与挑战

(一) 世界机械工业发展趋势

世界机械工业今后发展的总趋势是实现产业的高度综合化, 向创新、知识密集型产业方向发展。产业高度综合化就是实现信息化、融合化、产品的高附加值化、生产技术高度集约化、系统集成化以及国际化。

(1) 信息化、软件化。近年来, 随着电子和信息相关产业的迅速增长, 信息技术在机械工业的各个领域得到广泛应用。据预测, 世界电子产业的市场需求, 将从 1987 年的 52.8 万亿日元增至 2000 年的 200.15 万亿日元, 为 1987 年的 2.79 倍。美国信息、通信产业预计将以年均 9.2% 的速度增长, 从 1990 年的 4225 亿美元增至 2000 年的 10184 亿美元。与此同时,

在机械工业各行业的设备投资中信息投资所占比重将不断提高。由于电子技术的发展,未来机械工业产值中软件比例将呈上升趋势,机、电、光技术的融合,将进一步推动机电一体化以及产业和产品的软件化。预计10~15年后信息与通信相关设备产品的市场将是主导方面,电子与信息产业将成为机械工业的主导产业。

(2) 融合化。技术融合是当今和未来技术和产业的重大特征,例如电工机械行业率先采用人工智能、生物技术和传感技术等。汽车行业也类似。技术的融合使机械产品的功能产生变化并得以提高,同时创造出新的产品,新的技术群和新兴产业,开拓更广阔的市场。

(3) 高技术化。高技术的发展和新技术的交替必将促进机械工业的高度技术化和高附加值化。预计,高技术的发展将推动未来的机械工业逐步发展成以高技术为基础的产业,例如目前世界汽车工业中半导体的需要量以年均15%的速度增长。据国外专家预测,至2000年,日、美、欧洲(英、法、联邦德国)某些高技术产品的需要量(如电子计算机、半导体、数控机床、机器人、办公自动化装置、CAD/CAM设备等)分别为1216亿美元、3323亿美元和1019亿美元,年平均增长速度预计为7.9%。根据产业发展趋势,今后具有主导产业特征的将是电子计算机及其相关设备,民用电工电子机械,工厂自动化设备以及办公自动化装置等。

(4) 高附加值化。各工业发达国家为实现产品的高附加值化,一方面努力发展高技术及相关产品,开发高附加值产品,同时将中低档、普及型产品的研制与生产转向海外;另一方面通过向大型化、多功能、高性能、高质量方向发展,提高已成熟机械产品的附加值。

(5) 系统集成化。现今,适应多品种小批量需求的新的柔性生产在技术上已完全能够实现,21世纪以生产者为主导的生产方式将逐步向以消费者为主导的生产方式转变,人们把CIM作为未来工厂发展的新的概念模式。未来的CIM系统将形成人与机械相融合并充分发挥人的独立性的集成系统。企业的办公自动化(OA)从单功能型OA阶段向局域网络型阶段、再向大范围网络型OA阶段发展,最后达到综合协调型。此外,在宇宙开发、海洋开发、交通和能源、流通和金融等众多领域实施更高级的系统、网络化方面,对机械工业将提出新的、更高的要求。未来,系统的集成大体包括三个阶段:接口的集成,网络的集成,系统的集成。

(6) 国际化。科学技术进步,国际竞争的加剧正在加速世界经济的全球化进程,推进世界机械工业国际化的进一步发展。其特点是,企业从全球战略出发实现企业经营资源最佳分配的、国内外事业统一的国际分工体制,推进生产全球化,研究与开发国际化,市场国际化。

(二) 未来世界机械工业产业结构

一般来讲,影响产业结构变化的主要因素有:科学技术进步和需求动向。以日本为例,据日本科技人员预测,到2000年,机械电子工业的发展速度为6.9%~7.5%,居各部门之首。从现在到21世纪初发展最快的行业主要是电子技术、新材料和生物工程以及应用这些高技术产业。也出现了所谓“2·5产业”,即以制造业为中心的第二产业。表1-2描绘了日本机电工业产业结构的简单轮廓。

(三) 国际市场需求与竞争

随着科学技术的发展、产业结构的变化、新兴产业的建立,未来10年、30年,国际市场将面临剧烈的在高新技术范围内高水平的竞争。

1. 未来世界机电产品贸易前景

1989年世界贸易出口总额达到3.09万亿美元,比1988年增长7.5%,预计2000年将达到9万亿美元。另据有关专家预测,世界机电产品贸易额将以年均5%~6%的速度增长,