

Jichuang Chanpin
Chuangxin yu Sheji

机床产品

创新与设计

张曙 等编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

Jichuang Chanpin Chuangxin yu Sheji

机床产品创新与设计

张 曙 等编著



 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

南京 · 2014

内容简介

本书是一本全面阐述现代数控机床发展新理念、新进展、新结构和新方法,同时具有前瞻性、可读性和实用性,内容新颖、图文并茂、资料详实的专著。

全书共 12 章,大体上分为五部分。第一部分是现代数控机床的组成,包括绪论、机床的总体配置和结构设计、机床的主轴单元、机床的进给驱动和机床的数控系统;第二部分是机床的性能设计,包括机床的几何精度和测量、机床的动态性能及其优化和机床的热性能设计;第三部分是机床的工业设计、机床的节能和生态设计;第四部分是虚拟机床;第五部分是机床创新产品的案例。

本书可供从事机床设计和制造的工程技术人员、生产管理和市场营销人员作案头参考,也可作为高等院校的机械制造及其自动化等专业师生的教学和科研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机床产品创新与设计 / 张曙等编著. —南京:东南大学出版社, 2014.9

ISBN 978-7-5641-5171-3

I. ①机… II. ①张… III. ①数控机床 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 203126 号

机床产品创新与设计

编 著	张 曙等
出版发行	东南大学出版社
社 址	南京四牌楼 2 号 (邮编: 210096)
出 版 人	江建中
责任编辑	唐 允
印 刷	南京顺和印刷有限公司
开 本	787mm × 1092mm 1/16
印 张	24
字 数	562 千字
版 次	2014 年 9 月第 1 版
印 次	2014 年 9 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5641-5171-3
定 价	88.00 元

張曙教授及其帶領的團隊在對我國機床
製造企業廣泛調研和彙集國際有關資
料的基础上所著“機床產品創新和設計”一
書，對我國機床製造業廣大從業產品研發
的科技人員是一部具有基礎性和前瞻性
的參考，很有指導性和實用價值。此
書的發表，對我國機床製造業的創新發展
一定會起到推動作用。

二〇一三年三月
何光遠

序 言

随着我国经济和制造业的快速发展,对数控机床产品的需求不断增加。我国机床的消费和进口已连续十余年位居世界第一。强劲的市场需求,不仅推动了国内机床产业的蓬勃发展(如沈阳机床集团 2011 年产值已跃居世界首位),同时也吸引了世界主要机床制造商在华投资建厂,使中国近年来逐步成为最大机床生产国。

消费、进口和生产这三个第一,只能说明我们是机床大国,在世界装备市场中具有举足轻重的地位,但并不能说明我们已经是机床强国。中国机床的出口值仅为进口值的 1/10,且多为低附加值的产品。我国航空航天、汽车制造、电子通信等关键领域所需的高端数控装备仍然主要依赖国外进口。

机床制造业是基础性、战略性产业。国家对振兴装备制造业、特别是高端数控机床制造业非常重视,先后出台了一系列扶持政策,诸如《加快实施高档数控机床与基础制造装备科技重大专项》和《装备制造业“十二五”规划》等,极大地推动了我国机床产业的技术进步。

当前,全球经济正在经历深刻的再平衡,产业新格局正在形成,必将对机床制造业产生深远影响。中国装备市场需求的明显变化,也向我国机床制造业提出了新的挑战,转型升级迫在眉睫,机床产品创新能力的高低已成为未来市场竞争胜负的关键。

2010 年,为了能够为我国机床产业做一点实事,我们造访了中国机械工业联合会和机床工具工业协会,听取和了解有关领导部门对机床产业发展的意见和政策。嗣后,考察了全国北至齐齐哈尔、南到广州、西至重庆昆明、东到长江三角洲 30 余家机床企业,有沈阳机床这样的大集团,也有小到仅数十人的民营小企业,还包括若干中外合资和在华的独资企业,与企业领导、设计人员进行了座谈、广泛交换意见,了解到我国机床产业所取得的成就和存在的问题。与此同时,还先后出访了美国哈斯、日本山崎马扎克、德国德马吉、因代克斯和勇克等世界著名机床公司以及德国的有关高等院校,参观了国内外举办的机床展览会和模具展览会。

面对考察了解到的中外机床企业发展观念和文化的迥异以及生产管理和技术上的巨大差距,不得不引起作者的深思,如何才能使我国机床制造业尽快由大变强?当前软肋究竟在哪里?概括起来,不外乎观念、创新和人才 3 个方面。

我国大多数机床企业的经营理念是追求规模、产量和产值,热衷做大,产品趋同,以低成本优势进行价格战而取得市场份额,这种观念在相当程度上影响了工程技术人员的创新激情。欧洲机床制造商大多是小、特、专、精,追求特定领域的“冠军”,凭借产品的高质量和特色取得市场份额,以引领发展潮流为己任。

我国机床产业发展战略特征是“拿来主义”，目标聚焦于“快”，至今尚未完全离开“模仿为主”的路线，知其然而不知其所以然。加以共性技术基础研究投入不足，产品创新能力相对薄弱，企业缺乏专有技术的历史沉淀，高校和研究所缺乏持之以恒的长期研究方向，对国外机床长期发展趋势缺乏深入剖析和掌握。

创新和技术突破取决于人才。迈向机床强国不仅需要政策和资金，更需要各方面的人才。我国的高等工程教育脱离生产实际，远不能满足制造业发展的需求。更重要的是，为我国机床行业发展正在致力于创新的各类工程师缺乏有效的“知识供应链”，信息渠道不畅，难以把握技术发展前景和洞悉竞争对手的动向。

针对实地考察发现的差距和企业需求，我们先后撰写了《我国机床转型升级途径》和《机床产品创新和设计》两个专题，在“制造技术与机床”杂志上连载发表，深受广大读者的认可和鼓励。继而在上述两个专题文章的基础上，多方搜集国内外有关机床产品设计和研究的成果，集近千文献之精髓，汇百余产品之创意，力求撰写成一本全面阐述机床发展新理念、新进展、新结构和新方法，同时具有前瞻性、可读性和实用性，内容新颖、图文并茂、视野宽阔、资料详实的专著，呈献给从事机床设计和制造的工程技术人员、生产管理和市场营销人员，也可作为高等院校机械制造及自动化等专业师生的教学和科研参考书，以期为我国数控机床产业的发展摇旗呐喊、推波助澜，贡献一点点微薄的力量。

本书极其荣幸地得到何光远先生亲笔题词，在编写过程中又承蒙朱森第先生和梁训瑄先生的指点，以及张晔女士、徐彤女士、梁玉女士的帮助，在此一并致以衷心的感谢。

本书共分12章，由张曙（第1、2、3、4、8、12章）、张炳生（第6、7章）、卫汉华（第9、10章）和樊留群（第5、11章）共同编写，由张曙、张炳生统稿、定稿。

现代数控机床是多学科交叉的机电一体化产品，品种繁多，日新月异。限于作者水平，难免疏漏和欠妥之处，敬请广大读者不吝赐教，感激之至。

张曙、张炳生、卫汉华、樊留群

2014年7月于上海

目 录

何光远先生题词

序言

第一章 绪论	1
第一节 中国机床工业的建立和发展	1
第二节 机床与过程的相互作用	13
第三节 机床与人和环境的关系	18
第四节 机床产品的创新理念	21
第二章 机床的总体配置和结构设计	28
第一节 机床设计的新方法	28
第二节 机床的结构配置	31
第三节 机床结构的优化	36
第四节 机床结构件的材料	41
第五节 机床的轻量化设计	44
第六节 机床结构配置的创新案例	51
第七节 本章小结与展望	54
第三章 机床的主轴单元	57
第一节 概述	57
第二节 主轴单元的设计	60
第三节 主轴的性能分析	75
第四节 工况监控和智能化	81
第五节 本章小结与展望	88
第四章 机床的进给驱动	90
第一节 概述	90
第二节 导轨系统	92
第三节 直线进给	99
第四节 圆周进给和回转圆工作台	108
第五节 测量传感系统	115
第六节 本章小结与展望	118

第五章 机床的数字控制	121
第一节 概述	121
第二节 开放式数控系统	126
第三节 人机界面及其二次开发	131
第四节 数控核心	137
第五节 进给驱动的控制	144
第六节 数控系统典型案例分析	149
第七节 本章小结与展望	155
第六章 机床的几何精度和测量	158
第一节 概述	158
第二节 机床几何误差的分析	162
第三节 机床几何精度设计与案例	168
第四节 几何精度的检测与补偿	177
第五节 本章小结与展望	186
第七章 机床的动态性能及其优化	189
第一节 概述	189
第二节 建模、仿真和优化	193
第三节 动态性能的测试	199
第四节 切削颤振及其抑制	208
第五节 本章小结与展望	214
第八章 机床的热性能设计	217
第一节 概述	217
第二节 机床的温升及温度分布	218
第三节 机床热性能的测试	221
第四节 机床热变形的控制	225
第五节 机床热性能的建模和仿真	229
第六节 机床热误差的补偿	237
第七节 本章小结与展望	242
第九章 机床的工业设计	245
第一节 概述	245

第二节	机床的人因工程设计·····	247
第三节	机床的宜人性设计·····	253
第四节	机床的外观设计·····	257
第五节	外观设计的应用案例·····	263
第六节	本章小结与展望·····	268
第十章	机床的节能和生态设计·····	272
第一节	概述·····	272
第二节	机床的生态影响·····	280
第三节	机床的能耗、能效和节能·····	284
第四节	减排与变废为宝·····	291
第五节	生态机床的典型案例分析·····	294
第六节	本章小结与展望·····	298
第十一章	虚拟机床·····	302
第一节	概述·····	302
第二节	数字样机：建模和仿真·····	305
第三节	可视化和虚拟现实·····	311
第四节	虚拟机床的应用案例·····	318
第五节	本章小结与展望·····	324
第十二章	机床创新产品的案例·····	327
第一节	高精密和超精密机床·····	327
第二节	微机床和桌面工厂·····	337
第三节	复合加工机床·····	344
第四节	倒置加工机床·····	349
第五节	并联运动机床·····	356
第六节	重型和超大型机床·····	361
第七节	本章小结与展望·····	367
致谢·····		371

第一章 绪 论

第一节 中国机床工业的建立和发展

一、中国机床工业的开局

机床，也称为工具机，是制造机器的机器。机床工业是一个国家的战略产业，关系到国家的工业和国防实力，同时也是一个国家经济发展水平的缩影。

1949 年新中国成立时，基本没有机床工业，只有上海、沈阳、昆明等地的一些机器修配厂兼产少量皮带车床、牛头刨床和钻床等简易机床，全国金属切削机床当年产量仅 1 582 台，不到 10 个品种^[1]。

新中国成立后，有关工厂由政府接管，投入大量资金，购置设备，恢复和发展生产，开始从机械修配业向机床制造业转变，仿制英美和前苏联的机床。

1952 年 9 月中央重工业部召开了全国工具机会议，对当时的机床产品发展方向和工厂布局作了初步规划。1953 年又按照前苏联专家建议，确定了全国 18 家机床厂的分工和发展方向。由于人们对这 18 家机床厂寄予厚望，就称他们为“十八罗汉厂”，1957 年时我国机床工业的概况见表 1-1。从表中可见，到“一五”期末，我国机床工业生产的品种已

表1-1 1957年十八罗汉机床厂的概况

厂 名	职工人数	技术人员	主要产品
沈阳第一机床厂	5 562	712	普通和专用车床
沈阳第二机床厂	2 797	407	钻床、镗床
沈阳第三机床厂	3 137	356	六角车床、多轴自动
大连机床厂	2 209	377	普通车床、组合机床
齐齐哈尔第一机床厂	4 375	589	立式车床
齐齐哈尔第二机床厂	2 757	324	铣床
北京第一机床厂	2 236	324	铣床
北京第二机床厂	1 480	111	牛头刨床
天津第一机床厂	1 327	124	插齿机
上海机床厂	3 985	551	外圆磨床、平面磨床
无锡机床厂	2 108	268	内圆磨床、无心磨床
南京机床厂	2 175	236	六角车床、单轴自动
济南第一机床厂	1 969	154	普通车床
济南第二机床厂	2 380	355	龙门刨床、压力机
长沙机床厂	1 638	240	牛头刨床、拉床
武汉机床厂	1 389	200	工具磨床
重庆机床厂	2 303	223	滚齿机
昆明机床厂	3 309	452	镗床、铣床

经相当齐全，而且从业人员规模已经达到相当大的程度，技术人员所占比例已经超过 12%^[1]。

在“一五”期间的 156 项重点建设项目规划中，涉及机床工具工业有 3 项：沈阳第一机床厂、武汉重型机床厂和哈尔滨量具刃具厂。1955 年，沈阳第一机床厂参照前苏联红色无产者机床厂的模式改建完成，建立了 7 条流水生产线，可年产 1A62 普通车床 2 200 台，堪称当时世界一流的机床厂。

1956 年，机械工业部又开始对昆明机床厂等 27 家机床厂、工具厂、附件厂分期分批进行技术改造，形成了中国现代机床工具工业的雏形。

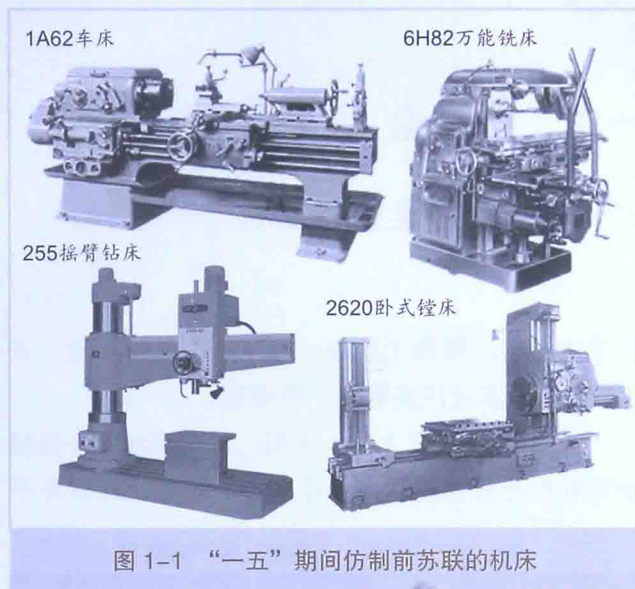


图 1-1 “一五”期间仿制前苏联的机床

“一五”期间机床工业发展很快，到 1957 年底，累计生产通用机床 204 种，年产量达到 2.8 万台，先后向全国机械制造企业提供了 10.4 万台机床，满足了当时工业建设需要的 80% 以上^[1]。产品大多是按照前苏联图纸生产和仿制的苏联机床，例如：1A62 车床、255 摇臂钻床、6H82 万能铣床和 2620 镗床等，如图 1-1 所示。

这些按照前苏联图纸生产的机床，技术相对先进性能比较可

靠。在短短几年里，从一无所有到掌握 20 世纪 50 年代的机床制造技术，使我国机床工业跨越了一个时代，其速度在世界工业发展史上也属罕见，为我国机床工业以后的发展奠定了稳固的基础。时至今日，仍然可以在我国机床产品中找到这些机床的历史踪迹。

建立一个新的产业需要大量的人才。1952 年国家决定在校大学生提前一年毕业，以适应经济发展的需要。同时教育部批准哈尔滨工业大学按照前苏联教育体制，设立机床与工具专业，学制 5 年，直接授予机械工程师资格。这个专业曾为我国机床工具工业输送了一大批高级技术人才和管理人才。

从仿制过渡到自主开发，离不开科学试验研究。1956 年，机械工业部在沈阳设立第一专业设计处（后迁往大连改名大连组合机床研究所）、在北京成立机床研究所、在济南成立锻压机械设计研究处（后与铸造机械设计室合并为济南铸锻研究所）、1957 年在苏州成立电加工研究所、在成都成立工具研究所、1958 年在郑州成立磨料磨

具和磨削研究所、1959 年在广州成立热带机床研究所。这批研究所引领我国机床工具的实验研究和产品创新 40 年，功不可没。

为了在济南第一机床厂技术改造中借鉴沈阳第一机床厂的经验，第一专业设计处从大连机床厂、北京机床研究所、哈尔滨工业大学、清华大学借调工程师、教师和学生开展组合机床的设计和研



图 1-2 在车间使用的 UT-001 组合机床

了整条流水线装备。图 1-2 所示为我国第一台由大连机床厂自行设计和制造的、加工 C616 车床主轴箱体的 UT-001 组合机床（本书第一作者是主要设计人员之一）。该机床先后一共制造了 2 台，时隔数十年，这 2 台组合机床仍在济南第一机床厂和重庆第二机床厂车间里使用。

高等学校不仅要培养人才，还要积极开展科学研究，推动工业技术的进步。1957 年，清华大学和哈尔滨工业大学先后研制成功数控铣床。

哈工大研制的数控铣床采用电子管计算机编程、磁带记录控制，主轴传动采用电磁离合器齿轮变速，进给驱动采用步进电动机—液压马达扭矩放大器—滚珠丝杠和光栅反馈。这一总体设计构思与当时世界先进水平是同一档次，毫不逊色^[2]。其实，我国数控机床研究起步并不晚，但由于种种原因，未能坚持研究下去，致使今日我国与日本、德国在高端数控机床技术领域差距甚远，实为憾事。

二、从大跃进到十年动乱（1958~1978）

正值我国机床进入全面发展时，外部环境发生了变化。一方面，大跃进提出超英赶美，违背客观规律、浮夸成风。机床产量不断翻番，造成管理混乱、质量急剧下降，所生产的机床大部分质量很差。另一方面，随着国家经济建设的发展，不仅需要普通中小型机床，还需要重型机床、精密机床和自动化机床。我国机床工业不得不在各种干扰下艰难地前进。

1958 年 156 项之一的武汉重型机床厂建成，1959 年自行设计和制造了 C681 重型卧式车床、B1025 龙门刨铣床，开始扭转重型机床主要依靠进口的局面。

1958 年，当时我国还不能生产高精度精密机床，从国外进口没有外汇支持，加以欧美国家对华技术封锁、前苏联也中止合作，只能自力更生。1960 年，中央召开高精度精密机床会议，成立领导小组，在对重点用户需求调查的基础上，制定了 1960~1970 年开发 56 个品种、年产 700~800 台高精度精密机床的 10 年规划。到 1970 年，发展了 35 种高精度精密机床，年产量达到 1 225 台^[1]。

在此期间，北京机床研究所会同高等院校和工厂对国外典型精密机床样机进行了全面试验，并对精密机床零件用材、冷热加工工艺及其检测技术都进行了比较深入的研究，在保证规划顺利实施上起到了极其重要的作用。

上世纪 60 年代的精密机床会战取得丰硕的成果。例如，上海机床厂试制成功的 Y7131 齿

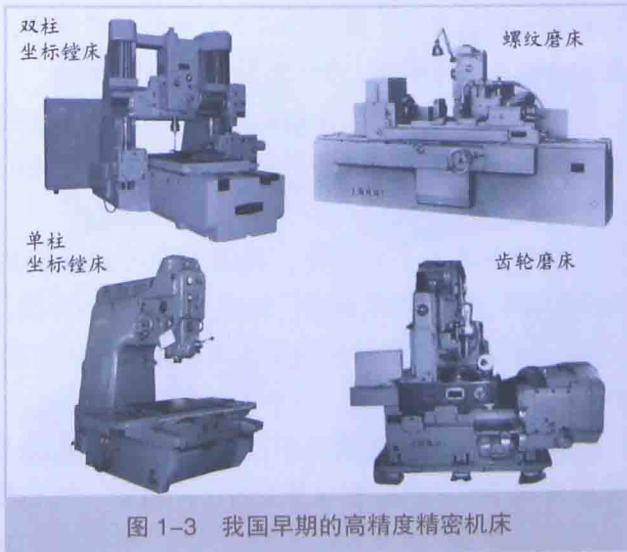


图 1-3 我国早期的高精度精密机床



轮磨床和 Y7520 螺纹磨床, 昆明机床厂试制成功的 T4163 坐标镗床和 T42100 坐标镗床等都是接近当时国际水平的产品, 外观如图 1-3 所示。从此, 我国机床工业跨入了精密加工领域, 开始有了自己的高精度精密机床产业。

在研制高精度精密机床的过程中, 高精度精密机床发展规划的制定策略和具体实施过程都在我国机床发展史上可圈可点, 特别是老老实实、脚踏实地有针对性而非功利性地开展科学实验研究, 直到现在仍然值得继承和借鉴。

1960 年 11 月 25 日《光明日报》发表了哈尔滨工业大学机械系机床及自动化专业和哈尔滨机联机械厂共同署名的《从设计积木式机床试论机床的内部矛盾运动的规律》文章。该文在总结哈尔滨机联机械厂创造积木式机床经验的基础上, 以自然辩证法的观点, 讨论切削过程中工件与刀具的对抗形态对机床结构配置的影响, 引起了毛主席的关注, 并作了批示^[3], 复印件如图 1-4 所示。

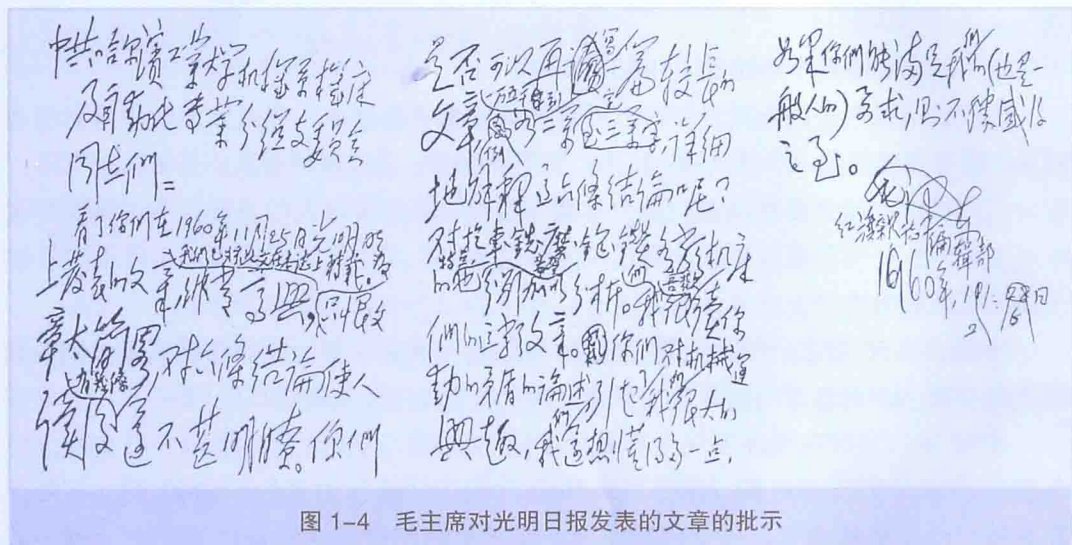


图 1-4 毛主席对光明日报发表的文章的批示

对工程实践进行研究总结, 并且上升到哲学理念是一项有重大意义的探索, 它可以帮助人们从更高、更深的层次来理解工程现象, 探讨未来的发展趋势。这种思考问题的方法和理论探索, 今天仍然值得大力提倡。

尽管时代不同了, 计划经济已经转变为市场经济, 环境迥然不同, 体制和价值观都发生了明显变化。但是, 回顾历史、总结过去的产学研经验对解决今天产学研存在的种种问题也许不无帮助。

由于中苏关系的变化, 我国工业布局开始从沿海向内地转移。1964 年开始到 1974 年间, 采用由沿海老厂包建、包投产的办法, 先后在青海、宁夏、贵州等地建立了 17 家机床厂, 从而改变了我国机床工业的布局, 对发展西部工业起到了很大推动作用。

1966 年, 为了发展汽车工业, 国家决定在湖北襄樊建立第二汽车制造厂。机械工业部成立了“二汽成套设备战役”办公室, 制定规划, 组织全国力量进行设备的设计与制造。参加的企业、科研单位和高等院校共有 138 个单位, 为建设二汽提供了 369

种 7 664 台高效专用专门化机床，包括组合机床自动线 34 条、回转自动线 6 条，到 1975 年建成投产。尽管在为二汽提供的设备中有 30% 存在不同程度的质量缺陷，但它标志着中国机床工业有能力提供年产 10 万辆载重卡车的成套设备，完成从单机到成线、成套的飞跃，积累了许多宝贵的经验，为以后发展自动化成套装备奠定了基础^[1]。

1977 年，我国金属切削机床的产量达到 19.87 万台，是 1957 年的 7 倍，1979 年机床拥有量达到 278.4 万台，居世界前列，真是“大跃进”。但事后分析，从 1958 年到 1978 年的 20 年间，质量好的机床充其量不过 1/3，大多是废铁一堆。一个突出的案例是 1970 年沈阳第一机床厂的 CW6140A 车床改型，不计算、不试验，42 天完成设计和样机，投产后发现切槽时振动、床头箱发热等严重缺陷，不到一年被迫停产^[1]。这种大干快上、无视科学规律、盲目追求速度和数量、不求产品质量的做法留下了极其深刻的教训和后患，应永远引以为戒。

三、进入数控机床发展期（1980~2000）

1979 年，改革开放，济南第一机床厂与日本马扎克（Mazak）公司签订了来图来样加工、合作生产返销车床的协议。此闸一开，迎来上世纪 80 年代对外合作的高潮。据不完全统计，1980 年到 1999 年，我国机床工业先后与国外多家企业合作，引进技术约 150 项，包括技术转让、许可证生产、合作生产等，可分为 4 个阶段，见表 1-2。

在此期间，借助国外技术力量，迅速提高了我国机床工业的产品水平、工艺制造水平和管理水平，特别是数控技术的掌握和应用。随着改革开放，打开国门，引进技术，我国开始进入发展数控机床为主线的时期。从表 1-2 可见，这 20 年，数控机床产量增加到 663%，数控机床品种增加到 1 327%，成绩斐然。图 1-5 所示是上世纪 90 年代我国机床工业生产的典型数控机床例子。

在这 20 年间，国家和机床制造企业都认识到数控技术的重

表1-2 1981-2000年我国数控机床生产概况

年代	特征	机床产量	数控产量	数控品种
1981~1985年 “六五”期间	国内数控机床的起步阶段	592 300	7 133	113
1986~1990年 “七五”期间	国内数控机床与国外合作生产的阶段	831 900	12 812	
1991~1995年 “八五”期间	国内数控机床具有自主知识产权阶段	大波动时期,1991~1993年平均年增速达20%，1994年负增长25%，1995年负增长14.2%，全行业出现亏损		
1996~2000年 “九五”期间	提高数控机床国内市场占有率阶段	801 800	47 300	1 500



图 1-5 我国上世纪 90 年代生产的数控机床



6 要性。从“六五”开始，国家投入属于数控攻关和数控机床国产化的技改专项有 75 项，“七五”期间有 58 项。企业也投入大量人力物力发展数控机床和数控系统，一方面，在数控机床的设计和制造技术方面有较大提高，培养出一批设计、制造、使用和维护的人才；通过合作生产现代数控机床，使机床设计、制造和使用水平大大提高，缩小了与世界先进技术的差距；通过利用国外的功能部件、数控系统配套，开始能自行设计和制造高速、高性能、5 面或 5 轴联动加工的数控机床。另一方面，对关键技术的试验、消化、掌握及产品创新尚处于摸索之中。许多重要功能部件，诸如主轴部件、滚动导轨和滚珠丝杠、数控系统等主要依赖国外技术支撑，还没有走出以仿为主的圈子，与德国、日本、意大利等国的差距仍然很大。

特别是数控系统，从“六五”到“九五”的 20 年，尽管出现了华中数控、广州数控、北京凯恩帝等数十家数控系统制造商，厂多人众，但大多把主要精力放在国外技术的跟踪上，基础理论和应用研究皆有所欠缺，加以与机床主机制造厂家结合不紧密，没有形成合力，进展较缓慢。时至今日，中国高端数控系统市场仍以德国西门子和日本发那科两家公司的产品为主流。

在技术进步的同时，我国机床产业的结构发生了巨大变化。1980 年以后，随着国家政策的放开和改革的深入，吸引了一批民营企业投资机床行业，部分国有机床工具企业国退民进，转为民营企业。机床工具行业打破了国有企业一统天下的局面，形成了国有企业、集体企业、民营企业、中外合资企业和外资独资企业多种所有制形式并存的新格局。机床企业的数量急剧增加，大型机床集团开始形成。1995 年沈阳第一机床厂、中捷友谊厂（第二机床厂）和第三机床厂合并组建成沈阳机床股份有限公司，成为国营机床企业成功转制的范例，带动了国有机床企业的转制改造。到 1999 年底，我国机械工业系统共有机床工具企业 621 家，其中重点骨干企业 183 家。621 家中属于国有经济的 344 家、集体经济的 116 家、联营经济 13 家、股份制 68 家、中外合资合作经营的 19 家、港澳台合资合作经营的 7 家、其他 54 家^[1]。可以认为，到 20 世纪末，我国基本建成了比较完整的机床工业体系。

四、黄金发展和成熟期

进入 21 世纪，国家实施振兴装备制造业的战略^[6]，将发展大型、精密、高速数控装备和数控系统及功能部件列为加快振兴装备制造业 16 项重点任务之一。在国家的政策支持推动和市场需求的拉动下，特别是汽车工业的快速发展，制造装备产品需求旺盛，使我国机床工业迅速走出低谷，迎来前所未有的黄金机遇。

自 2004 年开始，我国跃居机床工业大国，连续 9 年成为世界第一机床消费大国和第一机床进口大国，成为全球瞩目的机床大市场，与此同时国产机床所占比重也逐年提升，如图 1-6 所示。

我国沈阳、北一、大连等大型机床集团率先抓住机遇，迎接挑战，进入世界舞台，并购了若干家世界著名机床企业，如德国的 Schiess、Waldrich-Coburg、

Zimmermann 等, 同时进行土地置换, 搬离市区, 在郊区新建厂房, 扩大生产基地, 建立了世界一流的现代化机床制造企业。这些企业在完成搬迁和技术改造后, 大力开展产品更新换代的工作, 取得了显著的成果。例如, 沈阳机床集团通过自主研发, 于 2010 年推出“新一代”系列新产品, 如图 1-7 所示。

为进一步加强企业与高等院校的联系, 开展机床产品创新、探索新形势下的产学研模式, 沈阳机床集团牵头组成“数控机床产业技术创新联盟”, 共有 15 家企业、高等院校和研究所参加, 如图 1-8 所示。

处在我国机床工业这个黄金发展期, 民营企业毫不示弱, 积极参与, 强势出击, 有的还兼并了大型国有企业。例如, 浙江天马集团收购齐齐哈尔第一机床厂, 成立了齐重数控装备股份有限公司, 江苏新瑞收购了常州多棱机床厂和宁夏长城机床厂, 组成江苏新瑞重工科技有限公司。这些新组建的公司既具有国有企业多年积淀下来的技术实力, 又具有民营企业的经营管理活力, 是我国机床产业中不可忽视的一支生力军。

例如, 齐齐哈尔第一机床厂是我国最早的重型机床厂, 在重型立车和卧车领域具有举足轻重的地位。重组后焕发了新的活力, 推出许多令人刮目相看的创新产品, 诸如 HT630 系列数控重型卧式车床 (最大工件重量 350t、最大车削直径 $\Phi 4\,500\text{mm}$ 、最大加工长度 20 000mm、主电动机功率 250kW)。又如 CWT130 $\times$ 145/180L-MC 数控重型曲轴旋风切削加工中心的成功研制, 结束了大型船用曲轴只能依赖进口的历史。

再如, 新瑞重工汇集了新瑞机械、宁夏长城、江苏多棱三大品牌 10 个系列的数控

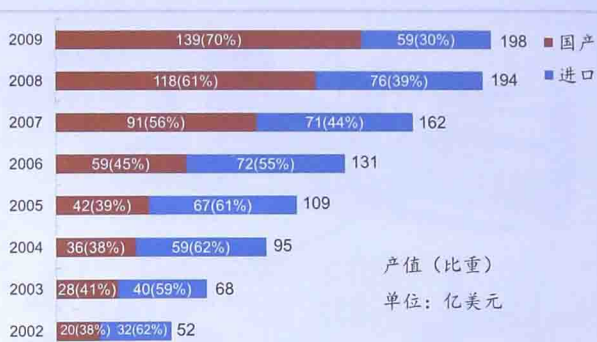


图 1-6 2002~2009 年我国机床的生产和进口



图 1-7 沈阳机床集团的新五类产品



图 1-8 数控机床技术创新联盟

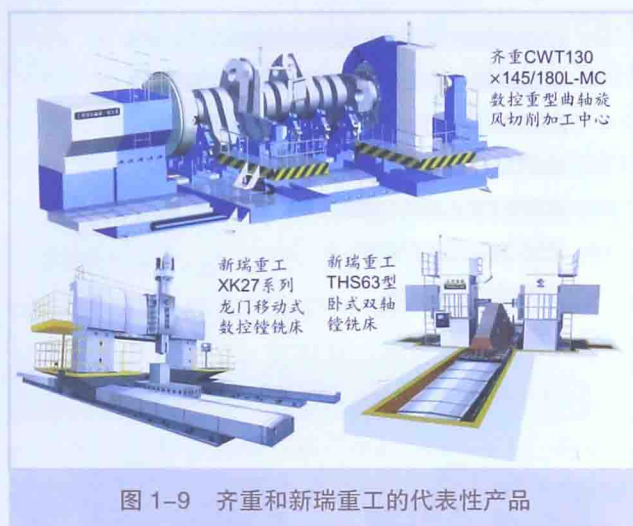


图 1-9 齐重和新瑞重工的代表性产品

GF 加工方案、马扎克、哈斯等公司已经不能满足合资合作生产的模式，纷纷在华独资建厂，生产适合中国市场需要的机床。

例如，宁夏小巨人机床有限公司，是马扎克公司在中国的独资工厂，按照马扎克智能网络化工厂的构建理念，采用马扎克生产的现代化装备和软件管理系统，建立起智能网络化的生产环境，成为我国机床工业第一家智能网络化工厂。该公司职工 450 人，人均年劳动生产率 200 万元人民币以上，居全国之首，成为效益最好的机床制造厂家。

该公司先后分 3 期扩建，到 2010 年底完成了年产 4 000 台数控机床的规模，成为中国最大的、信息化和自动化程度最高的数控机床生产基地之一。工厂高效率的运作有赖于信息技术和制造技术的深度融合。先进的制造手段、自动化生产设备加上数字化、信息化和网络化管理，确保工厂高效率运行和产品质量。技术、销售、生产、管理各部门的数据在同一网络中流动，信息完全共享，从而实现了缩短生产准备时间和交货周期、提高生产效率、降低成本的目标。数字化、信息化和网络化的发展，将促使企业机构的

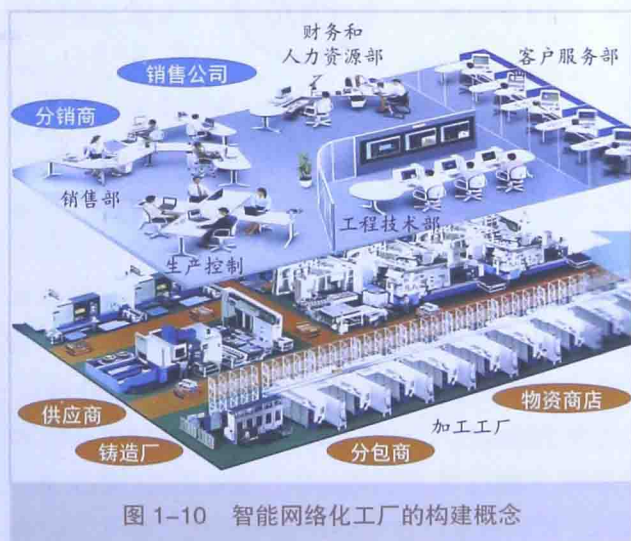


图 1-10 智能网络化工厂的构建概念

机床产品，目前已成为我国数控机床产品门类较为齐全的大型机床制造企业之一，在常州和银川组建了两大研发制造基地。以高新技术和新产品帮助客户提升传统产业，为客户提供最佳解决方案。齐重和新瑞重工的代表性机床产品如图 1-9 所示。

中国的庞大机床市场使全球的机床企业向往不已。特别是进入黄金发展期以来。国外的著名机床企业，如德马吉森精机、

改革。建立以顾客为核心的经营模式，使各部门与客户实现零距离沟通，为顾客提供最佳的技术支持和服务。这就需要将各类信息准确传达和分配，并及时对工厂底层的物流流进行控制，如图 1-10 所示。

外资独资企业不仅在国内生产先进的机床产品，而且带来新的经营管理理念和模式，形成了国企、民营和外资三足鼎立，三分天下的既竞争又共赢的局面。