



《国外机械工业基本情况》参考资料

金属切削机床

第一篇

国外机床行业综述

北京机床研究所

第一机械工业部情报所

出版说明

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在党的十大精神鼓舞下，我国机械工业形势一派大好。广大革命职工，高举毛泽东思想伟大红旗，深入开展批林批孔运动，狠抓革命，猛促生产，巩固和发展了无产阶级文化大革命的丰硕成果，毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的伟大号召，正在胜利地实现。

“知彼知己，百战不殆”。为了介绍国外机械工业基本情况，我们组织有关单位，按机械工业各行业分别编写与出版一套《国外机械工业基本情况》参考资料。

毛主席教导我们：“……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”资本主义、修正主义国家的东西，必然打上资本主义的社会烙印和带有资产阶级的阶级偏见。因此，在参考国外情况的过程中，必须遵照伟大领袖毛主席的教导，采取分析、批判的态度。

《国外机床行业基本情况》部分共三篇、二十五章，分五册出版。第一篇国外机床行业情况综述；第二篇国外机床基础技术概论；第三篇国外机床产品分论，其中第三篇分为三个分册。参加编写工作的共有三十七个单位。

本册为第一篇国外机床行业情况综述，编写单位是北京机床研究所。

由于我们水平有限，编辑工作中定有不少缺点和错误，请读者批评指正。

第一机械工业部情报所

一九七五年

TG5

2997

目 录

第一章 发展简史	1
第一节 机床技术的发展	1
一、十八世纪的英国机床	1
二、十九世纪的美国机床	2
三、本世纪初期至三十年代的国外（美、德、瑞士）机床	4
（一）美国	4
（二）德国	5
（三）瑞士	7
四、四十年代国外机床的发展	8
五、五十年代国外机床的发展	9
六、六十年代以后国外机床的发展	10
第二节 机床行业的发展	12
一、概述	12
二、第一次世界大战前后	12
三、二十至三十年代经济危机时期	14
四、第二次世界大战前后	14
五、五十年代以后	17
（一）美国	17
（二）英国	24
（三）西德	26
（四）法国	28
六、日本机床行业的发展	30
七、苏联机床行业的发展	35
第二章 经济分析	42
第一节 经济指标的综合对比	42
一、产值	42
二、产量及其构成	43
三、规模和劳动生产率	46
四、进出口贸易	65
第二节 机床在国民经济中的地位	65
一、机床产值占国民经济总产值的比例	66
二、机床产量与国民经济主要产品产量的比例	66
三、机床拥有量及其与国民经济主要产品产量的关系	67
四、机床与其他金属加工设备产量（和拥有量）的比例	75
第三章 行业组成及代表企业	78

第一节 美国	79
一、行业概述	79
二、行业组织	82
(一) 美国机床制造者协会	82
(二) 美国机床代销协会	83
三、代表性机床企业	83
(一) 辛辛那提·米拉克隆公司	83
(二) 格里森公司	85
(三) 克罗斯公司	89
(四) 布朗-夏普制造公司	92
(五) 卡尼-特雷克公司	96
第二节 西德	98
一、行业概述	98
二、行业组织	101
三、机床企业一般情况	101
四、代表性机床企业	102
(一) 席士-佛罗里普公司	102
(二) 瓦德里希·科堡厂	108
(三) 沃坦机床公司	110
(四) 林德纳公司	111
(五) 皮特勒公司	113
(六) 赫夫勒公司	114
第三节 英国	115
一、行业概述	115
二、机床企业一般情况	116
三、代表性机床企业	117
(一) 艾弗雷德-赫伯特公司	117
(二) 赫伯特-英格索尔公司	119
(三) A·A·琼斯-希普曼公司	120
(四) 马屈克斯机床公司	121
(五) 阿思奎斯公司	123
第四节 法国	123
一、行业概述	123
二、企业概况	125
三、代表性机床企业	127
(一) 艾尔诺-索姆阿公司	127
(二) 拉蒂埃-福雷工厂	129
(三) 雷诺汽车公司机床厂	130
第五节 日本	133
一、行业概述	133
二、企业概况	134
三、代表性机床企业	139

(一) 东芝机械公司	139
(二) 日立精机公司	143
(三) 不二越公司机床制造所	148
(四) 东洋工业公司机床分厂	149
(五) 牧野铣床制作所	151
(六) 管铁工所	153
第六节 苏联	155
一、行业概述	155
二、代表性机床企业	157
(一) 莫斯科“红色无产者”机床厂	157
(二) 奥尔忠尼启则机床厂	158
(三) 明斯克“自动线”工厂	160
(四) 列宁格勒“斯维尔德洛夫”机床联合企业	160
(五) 莫斯科磨床厂	161
第七节 瑞士	162
一、行业概述	162
二、企业概况	163
三、代表性机床企业	165
(一) 西浦公司	165
(二) 豪泽公司	168
(三) 托诺斯公司和佩特曼公司	170
(四) 肖布林公司	172
(五) 马格齿轮公司	173
(六) 莱斯豪尔公司	174
第四章 科研组织和学术团体	177
第一节 国外机床科研组织	177
一、英国的机床科研组织	177
(一) 英国的机床科研管理体制	177
(二) 有关机床科研的政府管理部门	178
(三) 英国的机床科研单位	179
二、日本的机床科研组织	183
(一) 日本机械技术研究所	184
(二) 日本东京工业大学精密工学研究所	186
(三) 日立精机的科研情况	187
三、西德的机床科研组织	188
(一) 阿亨工业大学机床和企业管理研究所概况	189
(二) 研究所内各专业的研究范围和内容	190
四、苏联金属切削机床实验科学研究院(ЭНИМС)	193
(一) ЭНИМС 的组织和工作概况	193
(二) ЭНИМС 研究工作的发展过程	194
五、捷克斯洛伐克的布拉格机床与金属切削研究所(简称沃索, VÚOSO)	196
(一) 沃索的发展简史	196

(二) 组织机构	197
(三) 主要研究活动	198
六、美国企业所属机床科研机构简介	198
第二节 国外机床学术团体	199
一、国际机械生产技术研究学会 (CIRP) 简介	200
二、CIRP 的主要工作内容	200
第五章 机床标准化工作	203
第一节 概述	203
一、标准化的意义及机床标准发展简介	203
二、机床标准的种类及其发展水平	204
(一) 质量标准	204
(二) 参数标准及通用化、系列化	205
(三) 零部件标准	207
(四) 机床附件和连接尺寸标准	208
(五) 其他机床标准	208
三、国外机床标准化组织及标准的贯彻办法	208
第二节 各国机床标准化工作概述	209
一、西德	210
二、英国	211
三、法国	212
四、美国	213
五、日本	214
六、苏联	216
七、捷克斯洛伐克	219
八、东德	219
九、意大利	220
第三节 机床方面的国际标准化工作	220
第四节 机床标准化工作的发展特点和趋势	222
附录: 国外主要机床企业一览表	224
一、美国	224
二、英国	244
三、西德	253
四、法国	277
五、日本	280
六、苏联	287
七、瑞士	292
八、意大利	299
九、其他国家	305
主要参考资料目录	308

第一章 发展简史

第一节 机床技术的发展

机床是制造机器的机器，亦称工具机或工作母机，原义包括金属切削机床、锻压机械、铸造机械及木工机械。我国习惯上所说的“机床”，仅指金属切削机床。这套资料也是沿袭这个习惯，限于介绍国外有关金属切削机床生产技术的发展情况，所称“机床”，均指金属切削机床。

这个“简史”，着眼于近代机床技术延续不断的发展过程，没有试图追溯和论证世界上最早出现的原始机床。

一、十八世纪的英国机床

从近代机床延续不断的发展过程来讲，英国是发展机床最早的国家。由十八世纪六十年代至十九世纪中叶，其机床技术一直在世界上居于首要地位。

十八世纪六十年代，正是工场手工业向大机器工业生产方式的转变时期，当时英国毛纺工业已很发达，迫切需要动力。1765年瓦特（Watt）在前人创造的大气机的基础上改进成为蒸汽机，开始利用蒸汽动力资源，从而促进了英国产业革命的深入开展。机床就是在这一历史条件下，首先为满足蒸汽机汽缸加工的需要而迅速发展起来的。

1769年斯米顿（Smeaton）首先制成的汽缸镗床，是用水力驱动使刀具回转，工件进给运动采用绞盘和绳索牵引。加工直径700毫米的缸孔，误差约10毫米，远不能满足制造蒸汽机的精度要求。1775年威尔金森（Wilkinson）制成了一台比较精确的汽缸镗床，采用了有尾架支承的镗杆和径向对称的镗刀，可加工1270毫米直径的汽缸，但误差仍达3毫米左右。由于当时机床的发展很不完善，机器零件的加工精度，全靠熟练工人的手艺，效率低，费用极为昂贵。

然而工业发展的需要，不断地推动着机床技术的发展。1797年莫兹利（Maudslay）创造了滑动刀架的车床。这台车床全长约1米，用铜制的丝杠传动刀架和拖板，丝杠直径25毫米。这台机床的发明是使用机械方法控制刀具运动的开始，摆脱了依靠工人的手艺来达到加工精度的笨重劳动，从而可以更精确地加工外圆和内孔，并使机器零件的加工效率和精度有了一个飞跃。莫兹利的车床已具备了现代车床的基本特征。三年之后，莫兹利已经运用了交换齿轮的原理，以改变刀具进给速度。到1830年已能制造出花盘直径达2.7米的车床，可加工直径为6米的飞轮和直径3米的汽缸等大型工件。

车床的发明和发展，为英国机器工业的发展创造了物质技术基础。十九世纪初期，蒸汽机已被大量采用作为毛纺工业和煤矿中的动力，逐步取代了以水力作为动力资源的地位。1819年第一艘蒸汽动力的轮船横渡大西洋，1829年英国开始建筑第一条铁路，说明蒸汽动力

已被应用于交通运输。

继车床之后，为了加工蒸汽机阀门的滑动平面以及车床床身导轨等平面，于1814~1825年间，罗伯特（Robert）、普拉特（Pratt）等人在不同地点先后制成了往复运动的龙门刨床。1817年普拉特制造的龙门刨床工作台长1320毫米，宽280毫米。工作台运动通过平齿轮和齿条传动，但进给仍是靠人力的。到1839年博德麦（Bodmer）制成的单柱刨床已克服了这一缺点。龙门刨床的出现，使当时的平面加工从笨重的手工劳动中解放出来，使平面加工的费用降低到原来用手工劳动时的数十分之一，效率和精度也大大提高了。

1831~1840年间内史密斯（Nasmith）制成了牛头刨床，接着又制成了插床。到了十九世纪三十年代，英国机器工业中已有车床、钻床、镗床、龙门刨床、牛头刨和插床等机床供实际应用，加工零件的精度已达到1.6毫米。

此后，由于机器工业的发展和机械产品不断增加，对于机械加工的精度要求也不断提高。熟练工人的技艺虽已很高，但在没有相应测量工具的情况下，是无法使精度再提高一步的。于是促进了计量技术的发展。1825年前后，惠特沃思（Whitworth）创立了用三块铸铁平板交互研配的原理，制成了第一块基准平板，奠定了制造机器零件几何平面的基础。1841年惠氏又第一次制订了螺纹标准（ 60° ），被英国工业标准协会（B.S.A.）确认。1856年惠氏制成了以“比较测量法”为原理的测长机，这种测量机上已装有类似千分尺原理的刻度盘和副尺，用以指示长度。为了进行长度比较，惠氏又制成了块规和环规。当时利用这种方法已可测到0.025毫米的精度。

螺纹标准的建立和测量技术的发展，结束了当时机械加工中的混乱状态，对机器工业的发展和机床精度的提高起了重大作用。因此，在十九世纪中叶，英国机床技术在世界上处于绝对优势的地位，各国都向英国购买机床。但是十九世纪六十年代以后，美国机床技术迅速发展，逐步取代了英国机床的垄断地位。1867年的巴黎展览会上，英国机床同美国机床相比，已开始相形见绌。而到1873年的维也纳国际展览会，美国机床技术已显著地超过了英国。

二、十九世纪的美国机床

美国机床的发展比英国晚约半个世纪。十八世纪后半期，美国还是一个农业国。当时为发展纺织工业所需的机器和机床全部向英国购买。但是后来居上，自十九世纪后半期起，美国机床技术一步步取代了英国的地位；特别是在大量生产技术方面，取得了重大进展。

1792年惠特尼（Iri Whitney）因发明轧棉机闻名之后，1798年接受了美国军事部门大量毛瑟枪的订货。开始进行了零件互换性的研究和尝试。经过多年试验，制订公差标准，设计制造了一些专用机床，终于制成了第一批（10支）零件能够互换的毛瑟枪。这种互换性零件的生产方式，开创了美国大量生产方式的先声。

1818年惠特尼在续继研究互换性零件的大量生产方法的过程中，设计制成了第一台平铣床。但是铣床所用的盘形多刃刀具，形状复杂，而当时这种铣刀又只能用手工制造，费用大，因而很少实际应用。

北美的工业是在十九世纪二十年代开始发展的。到十九世纪中叶，美国机器工业的发展使互换性零件的生产方式趋于完善。大量生产方式的本质在于零件的互换性，而这种生产方式的发展必然要求机床具有更高的精度和效率。同时大量零件的尺寸控制和质量检验，也必须有相应的测量工具相配合。在这种历史条件下，美国机床制造者发展了一些不同于英国风

格的机床和工具，如铣床、六角车床、自动车床、拉床、磨床、千分尺、游表卡尺以及磨料磨具和高速钢刀具等。

继惠氏制作铣床之后，罗宾斯-劳伦斯 (Robbins & Lawrence) 公司于 1853 年也制造了一台相似的铣床。接着，林肯 (Lincoln) 公司于 1854 年又按布朗 (Brown) 的改进设计制造铣床作为商品出售。

布朗-夏普 (Brown & Sharpe) 工厂是 1833 年创立的。1855 年布朗在他自己的工厂中创制了一台带分度头的万能铣床。这台铣床已具有现代万能铣床的基本特征。万能铣床创造后，有利于各种形状铣刀的制造，这使铣床在机械加工中开始发挥其实用价值。布朗又继续对切制摆线齿轮的成形铣刀进行研究，并创造了铣刀刃磨用的刀具磨床。万能铣床最初的用途主要是铣削麻花钻头的沟槽和圆柱齿轮的齿形。

六角车床则是罗宾斯-劳伦斯公司于 1855 年为了大量生产螺钉、螺帽以及缝纫机零件的需要而最先创造的。

“游标”的原理是法国人韦尼埃 (Vernier) 于 1631 年发明的。但是直到 220 年之后，当美国大量生产方式的发展，开始对精密测量工具提出大量需要时，才被重视和应用。1851 年布朗运用这一原理先后制成了可测 0.025~0.0025 毫米的游标卡尺，继之又制成了分角器。至于千分尺，1848 年已由法国人帕尔默 (Palmer) 发明并取得了专利，但当时在欧洲并未传播。直到 1867 年在巴黎展览会上展出，为布朗和夏普发现，组织仿制和改进，第二年正式开始生产作为商品出售，才成为一种广泛应用的测量技术。当时测量精度可达 0.01 毫米。

十九世纪六十年代以前，机床的润滑还都是采用动植物油脂，效果差而臭味大。六十年代开始才采用石油工业的矿物油脂润滑机床。

1864 年美国制成的第一台外圆磨床，实际上是用砂轮架代替了车刀架的车床。到 1868 年布朗-夏普工厂才制成了现代形态的万能磨床。不久之后，这个工厂磨床部成员诺顿 (Norton) 又创制了平面磨床和其他几种磨床。随着磨床的发展，电磁卡盘开始在磨床上得到应用。但是当时磨床所采用的砂轮还都是天然磨料制成的，直到 1892 年法国人莫阿桑 (Moissan) 发明了电炉，同年美国人艾奇逊 (Acheson) 把焦炭和砂子放在这种电炉中熔炼，制出了碳化砂，才是使用人造磨料的开始。这使磨床的应用也更完善了。1894 年又制成了人造氧化铝。

十九世纪六十年代，美国机床技术已赶上并超过了英国。美国的机床新技术以及大量生产方式反而向英国和欧洲大陆传播了。

十九世纪中叶以后，缝纫机 (1847 年)、自行车 (1875 年)、摩托车 (1878 年)、电话 (1876 年)、电灯、煤油机等民用机械产品相继发明，促进了美国民用工业进一步向大量生产的方式发展，为大量生产这些产品服务的机床技术也继续有所发展。

1870 年斯潘塞 (Spencer) 运用凸轮机构控制的原理研究制成了自动车床。

1875 年格里森 (Gleason) 公司试制成功用单刨刀靠模加工的直齿锥齿轮刨齿机。到 1905 年又改进为采用两把往复运动刨刀、且具有滚切运动的刨齿机。

1882 年前后，普拉特-惠特尼 (Pratt & Whitney) 工厂制成了卡规。

为满足矿山设备和船舶等大型零件加工的需要，1890 年出现了立式车床。

1898 年费洛斯 (Fellows) 制成了插齿机，1902 年拉普因特 (Lapointe) 制成了拉床。

这时美国工业大量生产方式的技术实践已经基本完成，为这种生产方式所必需的机床和工具品种也已相当完备了。

电技术在十九世纪中叶虽已发明，但电气机械尚未完善和发展。到十九世纪末，机床的动力传递仍是靠天轴和塔轮通过皮带来驱动的。机床上所用的齿轮，在十九世纪六十年代以前都是未经切制的铸造齿轮。六十年代以后由于铣床的发明而开始了切制摆线齿轮的应用。机床的轴承，已从原始的铸铁轴承或青铜轴承改进为采用比较柔软的巴比特合金(Babbitt Metal)或凯尔米(Kelmet)轴承(一种用铅青铜镶衬的低碳钢轴承)。至于机床所用的刀具，一般都是含炭0.7~1.5%的炭素钢。到1895年，由于冶金技术的进步，也有把钨、铬两种钢作为工具材料开始在市场上出售。当时机床受刀具切削能力的限制，切削速度最高不过10米/分；最高转速不超过100转/分。

三、本世纪初期至三十年代的国外(美、德、瑞士)机床

在二十世纪初到三十年代，国外机床技术以美国最具代表性，同时德国和瑞士的机床技术也从原来的仿制阶段逐步发展形成自己的特点。这三个国家的机床技术，可以基本上反映当时世界上机床技术发展的面貌。

(一) 美国

二十世纪初，美国机床技术，尤其是高效率 and 自动化技术方面，续继在世界上领先。美国的泰勒(Taylor)在十九世纪末所发明的刀具新材料，对于这个时期机床技术的发展起了重要的作用。

1898年，工人出身的泰勒，在他长期进行切削试验的过程中发明了高速钢。这种钨铬合金的新型刀具，单位时间内的切削量(铁屑重量)比炭素钢刀具提高五倍，切削速度可达50米/分左右。这在当时是一个技术上的重大突破，使采用了这种刀具的一些美国工厂的生产率，普遍提高了60%。后来又对这种材料加以改进，获得了更好效果。

二十世纪初，海恩斯(Haynes)又制成了在钴、铬基合金中加入钨、钼以显著提高硬度的合金(硬度为Rc61)。1913年这种合金作为新的工具材料在市场出现。以后又继续改进，成为“超高速钢”。

机床的结构刚性和转速范围，从来都是以炭素钢刀具为前提而设计的。由于高速钢的发明，所有机床的设计就有全部更新的必要了。同时，在十九世纪后半期，轴承、齿轮、润滑冷却液、交流电动机以及精密测量等技术都有很大进步，也为机床设计的更新准备了必要的条件。

二十世纪初美国机床设计的革新内容主要是：

1. 用单独电动机驱动，代替原来的皮带和塔轮驱动；
2. 用全齿轮封闭式变速箱，代替原来的挂齿轮变速机构；
3. 采用滚珠轴承以代替原来的巴比特合金或凯尔米轴承；
4. 加大机床的转速和功率；
5. 提高机床的刚度；
6. 提高精度等。

辛辛那提铣床公司(Cincinnati Milling Co.)于1900年首先制成了全齿轮传动的铣床在巴黎展览会上展出。1907年美国巴恩斯(Barnes)公司制成了全齿轮传动的钻床。到第一次世界大战前不久，大部分机床都已发展了改进设计的全齿轮传动结构，并于三十年代得到普及。

由于刀具材料的发展,促使改进设计后的机床转速大为提高。在此期间,随着各国汽车工业的迅速发展,滚动轴承工业也迅速发展起来。滚动轴承的品种日益增多,精度不断提高,而且成本降低了。于是机床上普遍地采用滚动轴承以代替滑动轴承。在机床上承受重载荷的部分则采用了滚柱轴承。轴承间隙的进一步缩小,有利于机床精度和转速的提高。同时为了抵偿因高转速而产生的振动,在机床设计上普遍加强了主轴、床身、立柱、横梁、工作台和刀架的刚度。为了提高传动效率,在传动机构中开始采用花键。

1913年应汽车工业发展的需要,格里森公司发展了弧齿锥齿轮铣齿机。同时还出现了许多新型磨床,如1889年辛辛那提公司制成第一台万能工具磨床。1903年诺顿公司制成了曲轴磨床。1906年希尔德(Heald)公司制成了卧轴矩台平面磨床。1910年兰迪斯(Landis)公司制成凸轮轴磨床等。

在各类机床中,铣床和磨床的发展特别迅速。1915年前后,铣床开始实现强力切削,为此铣刀轴柄的直径逐步加大,而铣床的结构也有相应的改变。

二十年代中期,首先在磨床和拉床上开始采用液压控制。这个时期各国汽车工业和滚动轴承工业的发展特别迅速,在这些工业发展的带动下,出现了一些新型机床。

1922年辛辛那提公司和瑞典立德柯平(Lidköping)公司为磨削滚柱和活塞销等零件而创造了无心磨床。

应汽车工业高效率加工棒料零件的需要,美国的一些机床公司,如艾克米·格里德利(ACME Gridley)等发展了多轴(四轴和六轴)自动车床。另外一些公司,如福斯特(Foster)、1935年克莱斯勒(Chrysler)和诺顿等则为提高汽车轴类零件的精度而发展了超精抛光机以及其他一些专用机床。出现了动力头和组合机床。三十年代初,美国汽车工业采用了第一条组合机床自动生产线。

1928年硬质合金刀具从德国传到美国,使机床的结构改革继续沿着提高切削速度和精度,加大刚性和功率的方向发展。

最先按硬质合金刀具的切削能力来设计和制造的机床是德国的车床,其次就是美国的金刚镗床和铣床。

1930年1月,美国“Machinery”杂志首先发表了考特(Coulter)式的金刚镗床,这是为高效率加工汽车发动机缸体孔和连杆孔而发展的新型机床,切削速度340~380米/分,一次加工可代替拉、铰、刮等几道工序,效率大为提高。

1931年美国卡尼-特雷克(Kearner-Trecker)公司的“Milwaukee K”型铣床是第一次以硬质合金刀具为前提而设计制成的铣床,主轴最高转速1500转/分,功率15马力。

此后由于硬质合金材料性能的改进和完善化,于是以这种硬质合金刀具所容许的切削能力来决定机床的切削速度和相应的结构成为一个普遍的趋势。

本世纪前半期,由于刀具的发展而影响机床设计主参数的改变,可以车床为例列表说明如表1-1。

同时(四十年代)切削速度已达90米/分,拉削速度20米/分,磨削速度30米/秒。

这个时期机床技术其他方面的进步是:出现了度盘式变速装置;手动控制快速进给;电气控制等。直接连结电动机和液压控制的机床普及了。

(二) 德国

重型机床是德国机床技术最大特色。然而在本世纪初,德国机床产品基本上还都是引进

表1-1 各年代车床设计主参数的发展⁽³⁾

年 代	刀 具 材 料	车床回转直径	最高切削速度	主轴最高转速	单 机 重 量	功 率
		(毫米)	(米/分)	(转/分)	(吨)	(马力)
本 世 纪 初	炭素工具钢	—	10	100 以下	—	皮带传动
二 十 年 代	高 速 钢	400	50	300~500	1.0	”
三 十 年 代	超 高 速 钢	400	75	500~700	1.5	5
四 十 年 代	硬 质 合 金	400	160	1000~1600	2.1	7

美国机床技术和仿制美国产品。1901年德国洛伊 (Loewe) 公司购买了美国布朗-夏普公司的磨床专利。1905年开始生产磨床。同年又向美国赖斯 (Rice) 公司买了钻床专利。1902年洛伊公司建立了一个机床试验室, 规模虽小, 但这是世界上最早的机床试验室。德国在引进国外机床技术的同时, 比较重视机床技术的理论研究。并且在向外国派遣研究人员和培养熟练工人等方面都有一套计划。这是德国机床技术发展快的因素之一。

到第一次大战前夕, 德国机床在国际市场上, 已是英、美两国机床的重要竞争对手。德国机床行业在其国内机械工业中是发展最快, 也是最为活跃的一个部门。

本世纪初, 德国的采矿、动力和船舶等工业就已比较发展, 相应地要求重型机床制造业随之发展。十九世纪后半期建立的席士 (Schless) 、佛罗里普 (Froriep) 和瓦德里希 (Waldrich) 等工厂很快发展起来, 成为德国重型机床生产的主要基地。第一次大战后, 世界上最大的立式车床 (加工直径25米, 重1400吨, 功率400马力)、最大的龙门刨床 (工作台 5×29 米)、最大的镗床 (镗轴直径320毫米)、最大的滚齿机 (工件直径12米)、最大的车床 (工件直径6米) 等, 几乎都是德国的产品。

在第一次大战前不久, 德国发明了差动齿轮机构并制成了滚齿机。普福特 (Pfauter)、劳伦茨 (Lorenz)、赖内克尔 (Reinecker) 等工厂最早投入了滚齿机的生产。

1920年瓦德里希工厂制成了冶金设备制造业需用的大型轧辊磨床。

1918年德国战败后, 国内外市场完全丧失, 同时又在战争赔偿重负之下, 国内经济极为混乱。1921年又经历了世界性经济危机的袭击。在这种形势下, 德国机床制造商致力于机床技术的发展, 企图制造出在质量上超过美国的第一流机床产品, 打入国际市场, 建立声誉。为此, 全部更新了战前机床产品的设计, 并系统地制订了德国工业标准 (DIN), 其中特别是机床精度标准, 这在世界上是一个创举。

为了向世界市场展示德国的工业产品并促进各制造厂间在技术上的竞争和发展, 自1925年起每年春、秋两季在莱比锡举行展览会。

此外, 硬质合金刀具材料的发现也是机床技术发展史上的一件大事。

早在十九世纪末, 人们就已知道碳化钨合金是一种硬度极高的材料, 但是这种合金的铸造物性质很脆, 作为工具是没有使用价值的。大战期间, 由于德国缺乏金刚钻, 不能制出拉制钨丝 (灯泡中用的) 的模具。奥斯拉姆 (Osram) 灯泡公司在寻找金刚钻的代用材料的研究中, 发现了把钨和钴的粉末按一定比例配成, 在高温下烧结而成的一种硬质材料, 硬度达布氏 (Brinell) 2000, 可作为金刚钻的代用品。德国克虏伯 (Krupp) 公司购买了这项专利,

于1926年把这种新合金作为新的工具材料公布于世。不久就传遍各国。

硬质合金材料的发现，不仅是工具材料上的一大进步，而且对机床结构的进一步变革起了重要的作用。德国卡尔格（Kärger）工厂的高速车床是最先以硬质合金刀具为前提新设计的机床。

德国在发动第二次大战以前大力扩充了机床工业。军事工业发展的要求，对于机床结构的改进也有显著影响，特别是在加大功率和相应提高机床结构刚性方面有显著改变。由于加工材料性质的改变、切削速度的提高和切屑的大量增加，则要求机床床身的设计充分考虑到易于排屑。

为了在战时节约金属，德国在战前就开始了机床代用材料的研究。钢筋水泥床身和焊接结构机床都曾作为铸铁的代用材料在战前作过试验，并在战时有所应用。

对于掌握军火工业用的高效率专用机床的生产，德国在战前就已有所准备。而当时机床生产批量的扩大，也促使德国机床工业采用高效率的生产方法制造机床。皮特勒（Pittler）工厂在六角车床的装配时已采用了在传送带上进行流水式装配了。

德国在战前的大规模扩军备战，把美国的大量生产技术广泛地移用于军火生产。为了满足这种生产方式的需要，德国机床工业广泛地仿制了美国式机床，包括多轴自动车床，动力头和组合机床等。同时为了摆脱战时对国外的依赖，许多工厂开始了齿轮磨床（如Kolb，和Reinecker厂）、座标镗床（Lindner厂）等精密机床的生产。这样就使德国机床行业的产品品种显著地扩大了。

（三）瑞士

瑞士是以钟表生产闻名的国家，十九世纪后期，国内只有一些小规模的机械工场，主要是生产仪表机床为钟表工业服务，同时也兼作精密工具和仪器。在长期的生产实践中养成了精密技艺的特长，后来把这种技术特长应用于机床，发展了一系列精密机床，成为瑞士机床的特色。

十九世纪后期，日内瓦大学的物理仪器工厂（即后来的西浦公司）为制造长度计量工具的需要，首先制成了一台500毫米的长刻线机。后来经过改进，为巴黎国际度量衡局刻制了标准米尺。1900年为德国克虏伯公司制造了一台直径2米的圆刻线机。1909年以后，刻线尺和测量机械成为该厂的主要产品。1921年把刻线尺应用到机床上，作为工作台运动的座标基准，这是座标镗床的开始。从1934年起确定了在座标镗床上采用液压进给，用刻线尺和显微镜放大法测量移动座标的机构。后来又不断改进，提高精度，使这类机床成为机器制造业中制造工夹具和精密零件所必需的品种。

以齿轮磨床著名的瑞士马格（Maag）公司，最初是以生产齿轮起家的。

十九世纪初，渐开线和摆线齿形已在各国工业中广泛应用。渐开线齿形虽有许多优点，然而标准的渐开线齿形有严重的“根切”，尤其是齿数不多的情况下，使齿根显得单薄。

1908年，马格（Max Maag）在苏黎世一个工厂工作时，就已开始了对齿轮的研究。后来他利用对齿顶高修正的可能性研究出一套比较理想的修正渐开线齿形的方法，其成果积累成为“马格齿轮修正表”。同时提出了用齿条形刀具按范成原理切制齿轮的方法，获得了德国专利。1910年在苏黎世建立了一个小规模工场制造“马格”齿轮。

1912年马格设计了第一台按范成法工作的插齿机，可加工直径为2米的直齿轮和斜齿轮，1913年制成4台供应市场。精度比其他齿轮加工机床高。与此同时，马格也在1912年设计了

一台磨制齿轮的机床以解决钢质淬火齿轮的变形问题。这台机床是运用范成运动的原理，而用两个碟形砂轮进行磨削，其关键是对砂轮磨损的不断修正。经多次试验，才制成了砂轮磨损的补偿机构。1913年出了一台样机。1914年末，开始生产最初系列的齿轮磨床。目前马格的产品中，最大的插齿机可加工6米直径的齿轮，最大的齿轮磨床可磨制3.6米直径的齿轮。在发展精密齿轮加工机床的同时，马格也发展了一系列齿轮检查仪。

莱斯豪尔 (Reishauer) 公司具有长期制造各种工具的历史。在制造螺纹刀具和螺纹量具的生产实践中，为了改进生产技术，于1928年开始研制磨削螺纹量规用的磨床。最初是采用单线砂轮的螺纹磨床，1931年又发展了用于磨制丝锥的多线砂轮式螺纹磨床。在螺纹磨床技术成就的基础上，该厂又继续研究发展齿轮磨床，经过十五年的试验研究，于1945年制成了以滚切原理磨削的蜗杆砂轮型齿轮磨床。

豪泽 (Hauser) 公司在第一次大战时期原是以制造牙科用的钻机著名的。1924年开始制造小型单柱座标镗床，1929~1930年开始生产双柱座标镗床。1939年制成了轮廓投影仪。第二次大战时期，把牙科用钻机的技术运用到座标镗床上，制成了第一台5 SM型座标磨床。目前这个公司所生产的座标镗床都带有高转速的电动磨头。

此外像斯图德 (Studer) 的高精度外圆磨床；莱斯豪尔的高精度丝杠车床；梅格勒 (Magerle) 的精密平面磨床；肖布林 (Schaublin) 的精密车床；米克隆 (Mikron) 的仪表齿轮加工机；迪克西 (Dixi) 的卧式座标镗铣床等等高精度机床，也都是在世界上占有一定地位的。

四、四十年代国外机床的发展

第二次大战以前，国外生产机床的主要国家，机床技术的发展都是相互渗透的。机床品种的发展大都是通过仿制其他国家的优秀产品。这使各国在机床品种的发展上得到一个大大的平衡。虽然如此，某些国家长期积累的技术经验，仍保持有一定的专长，例如美国的高效率、自动化机床；德国的重型机床；瑞士的精密机床、仪表机床等。因此，也就没有一个国家能够完全摆脱对国外的依赖而不进口机床。但就品种的数量来说，以美国和德国较为齐全。

第二次大战时期，世界机床技术的发展在很大程度上受军火生产所影响。战前用于生产汽车、无线电、电器等民用产品的大量生产技术，在战时被广泛地移用于军需品的大量生产。工序单一化的生产分工进一步发展了，这不仅是为了提高生产效率，而且也是为了应付战时熟练工人的不足。在这种情况下，使用万能机床显然是不经济的，因此单工序的专用机床得到更大的发展，同时也促使机床的性能具有更高的自动化，广泛地采用电器和液压控制系统，使操作更为简化。此外，由于机床品种规格的不断增多，某些较大的公司开始实现机床产品的系列化，零、部件的通用化和标准化，以求产品生产和品种变革上的灵活性和经济性。

因此，第二次大战前后各国机床技术发展的一般趋势是：

1. 实现机床产品的系列化，零、部件的通用化和标准化；
2. 实现刀具趋近、进给、退出、回程、工件上、下料夹紧等机床动作的自动化；
3. 简化机床的操作，广泛采用电气控制和液压传动，减少手柄，采用各种无级调速系统；
4. 各种机械的或液压仿形装置在机床上普遍应用；

5. 设计和发展高效率的单工序机床和专用机床；
6. 设计和发展单工位的多刀机床和多工位的多刀机床，包括动力头和组合机床；
7. 在单机自动化的基础上发展多工位的自动生产线；
8. 继续提高转速和功率，相应地加强机床刚性并改善排屑过程；
9. 简化机床的维护；
10. 在新工艺的基础上发展新型机床，如珩磨机、电火花加工机床等。

机床自动化的发展使电气装置和液压装置在机床上占据了重要地位。这些装置的价值约占整台机床的30%左右，使电气和液压技术同机床技术密切结合起来了。建立了一些专业化的生产机床电器和液压件的工厂，使电器和液压元件的质量和性能进一步提高，成本降低，于是又反过来促进了电气装置和液压装置在机床的传动和控制方面得到普及。

十九世纪前半期，机床只有车、镗、钻、刨等少数品种。十九世纪后半期美国发展了一系列适用于大量生产的高效率、自动化机床，如铣床、六角车床、磨床、自动车床、插齿机、拉床等。二十世纪初期，德国发展了重型机床；瑞士发展了精密机床和仪表机床。到四十年代末，机床已有车、镗、钻、刨、铣、插、拉、锯、磨、齿轮加工、珩磨、抛光、刻线等基本品种。而就机床尺寸范围来说，分为仪表机床、普通机床、大型和重型机床等；就精密程度来说，分为粗加工、普通、精密和高精度机床；就自动化程度来说，分为普通、半自动、自动机床等；就性能范围来说，分为多能机床和单能机床，而多能机又可分为万能机床、普通机床（生产型）和简易机床等。就世界范围来说，不同性能和尺寸的通用机床品种约有一千种左右。

五、五十年代国外机床的发展

第二次大战以后，机床技术的发展是进一步发展高效率机床提高生产效率，以满足机械工业的需要。在提高自动化和机床整个工作循环速度的同时，单工位机床上采用多刀或组合刀具（如多刀车床、多轴钻床、六角刀架等），以及多面组合机床的发展非常迅速。当需要更多的工位时，就采用自动生产线。自动线的发展又促进了单机自动化的发展和完善。

五十年代开始，电子、电气技术和塑料技术的发展特别迅速。这在机床技术的发展上也得到反映。

为提高磨床的自动化程度，发展了一种在磨削进程中自动控制尺寸（Gage-Matic）的自动测量装置。

为了节省辅助时间，发展了自动选速和集中按钮控制等形式，特别是在卧式镗床等大型机床上，采用悬挂式集中按钮控制板，可大为节省加工和调整的辅助时间。

自动生产线的发展，使刀具的更换成为一个突出的矛盾。因为参加工作的刀具愈多，则消耗于换刀的辅助时间愈多。于是发展了采用机械的或其他记忆装置按预定步骤进行换刀的程序控制换刀装置。

1952年美国麻省理工学院（MIT）试制成功了最早的一台数控铣床，开创了机床自动化的新阶段。随着数控技术的发展，1956年美国数控机床达到了商品化。1958年美国首先制成了自动换刀数控机床（即加工中心）。

五十年代在刀具材料上的一大进步是“金属陶瓷”的发现，为机床切削速度的提高又开辟了新的前景。五十年代中期车床的转速一般已提高到1500转/分（钢件加工），某些专用机

床甚至更高。功率一般比十年前提高了一倍。

磨床技术上提高自动化的速度加快了。采用了自动上下料,改进了砂轮的自动修整和工件的尺寸自动控制。挤压成形砂轮磨削(Crush Grinding)的扩大使用,可使许多精磨零件达到过去所不能达到的精度。磨削速度一般在35米/秒左右。

数控机床的发展,促使机床结构发生了某些改变,主要是滚珠丝杠、步进电机、滚柱导轨和静压技术的应用。

在大型机床上开始采用塑料导轨。可控硅无级调速技术开始发展和应用。

六、六十年代以后国外机床的发展

现代机床技术的发展仍然在于进一步提高精度和提高生产率两个方面。前者是与精密测量技术的发展密切相关的,后者在一定程度上受刀具材料的发展所制约。

(一) 关于提高精度

六十年代各类高精度机床的发展,大体是结合精密测量元件的发展而进行的。电子和光学技术的发展,使精密机床得到了光电显微镜、光屏读数、电磁分度、磁尺、光栅、准直仪、圆度仪、干涉仪、数字显示等计量技术的应用。

“激光”技术的发展,由于这种独特光源的单色性好,相干性强,为精密测量技术的发展又开辟了新的前景。近年来这种技术日趋成熟,已开始机床上应用,很有发展前途。

由于机械加工精度要求日益提高,使高精度机床在生产上的应用从五十年代起就已走出了工具车间的范围,而直接在生产车间中使用了。这种使用范围近年来日益扩大。同时由于精密零件生产批量的不断扩大,对于高精度机床的自动化要求日益提高。

目前采用激光技术进行长度计量已可达到0.01微米的精度。刻线尺的精度已可达到 ± 0.5 微米/米。坐标镗床的定位精度达2~3微米。齿轮磨床磨削齿轮精度可达4级。螺纹磨床磨削螺距精度可达2~3微米。高精度丝杠车床加工螺距误差可达 ± 2.5 微米/300毫米。高精度外圆磨床加工工件椭圆度可达0.25微米,光洁度 ∇_{14} 。高精度平面磨床磨削平面度可达1.5微米/1000毫米。高精度卧式滚齿机加工齿轮精度可达4级。高精度精密车床加工椭圆度可达0.04微米。坐标磨床磨削椭圆度可达1微米,光洁度 ∇_{10} 。

(二) 关于提高切削效率

机床的切削效率近年来仍停留在硬质合金和陶瓷刀具所容许的切削能力范围内。金属陶瓷刀具质量的改善,使车床的最高转速已可达3000转/分。轻金属加工用的机床的转速甚至更高。刨削速度在100米/分左右。

在提高切削速度的同时,为了进一步提高生产率,一般是采用更高效率的工艺以代替另一种工艺,因此近年来“以铣代刨”和“以磨代切”等工艺有较大发展,并发展了强力铣削和强力磨削技术。龙门铣床的切削速度达20米/分,铣头的功率达50~100马力,甚至更高。

五十年代的磨削速度一般保持在35米/秒左右;六十年代提高到45米/秒;最近的磨削速度已提高到60~100米/秒,甚至更高。

切削加工时,如果刀具的耐磨性不够,则切削速度不能成倍地增加,然而把磨削速度提高两、三倍,不会使砂轮的磨耗量有明显的增加。因此磨削速度的提高成为近年来磨床技术发展的主要趋势之一。

(三) 关于缩短辅助时间

在提高生产率方面，过去往往把较多注意力集中于缩短切削时间和提高单机自动化，而忽略了整台或整批机床的利用时间。然而机床的切削速度愈高，则一个工件在机床上的实际切削时间大为减少，于是辅助时间的比重就相对地非常突出了。特别是在小批生产的情况下，据统计，实际上一个工件在车间中只有5%的时间是真正在机床上运转着，其他95%的时间是被工件的运送和停候等时间消耗了。而且在这5%的运转时间中，真正进行切削的时间还不到30%，而定位、装料、测量、回程、空转等时间却占70%。为了节省辅助时间，近年来所采取的措施如下：

1. 发展一机多能的多功能机床，使一台机床上能进行多种工序的加工，从而减省工件在机床之间转移搬运的时间。较多的情况是在普通机床上装设转塔式刀架，以及在镗铣床上安设可自动换刀的刀库。另一种情况是在大型机床上安设辅助附件以扩大加工性能范围，例如龙门刨床上安设镗头、磨头等附件；立式车床加镗头或转塔刀架等等。

2. 广泛采用数字显字式自动测量，以保证工件一次加工完成即能达到精度要求，避免中间停车检查的辅助时间。近年来，各种电动和气动测量工具和测量机的发展是实现快速测量并保证工件精度的必要条件。

自动化的质量检查，不仅减少停机待检的辅助时间，而且也减少了废品。大量生产方式的发展，使现代化的自动检验技术往往采用计算机进行控制和逻辑分类。而且为了减少加工时的废品损失，零件的非破坏性试验技术和原材料的自动化质量控制技术日益发展了。目前“质量控制”在国外已成为一项专门的技术在研究和发展着。

3. 装配工作的机械化和自动化是节省辅助时间，减轻体力劳动的重要趋势。机器的装配工作量在整个机器制作过程中占很大比重。长期以来装配工作仍然是依靠工人技艺的笨重劳动。零件精度的提高可以为装配工作减少技巧和工作量，同时也为装配工作的自动化创造了条件。各种机动的手提式工具和吊运工具是实现机械化装配的有效手段，在国外早已有广泛的采用，然而近十年来自动装配机有了很大发展。1973年美国共拥有自动装配机17290台，比1963年的5538台增加了两倍多。主要用于汽车、电器、仪表等制造部门。日本1973年自动装配机产量为427台。为实现装配工作的自动化，这类机床的发展看来是有前途的。

4. 五十年代数控机床的出现，是机床自动化方面的一个突破。因为它不仅解决了中小批零件生产的自动化问题，而且也解决了复杂形状零件的自动化生产问题，从而使这类零件的生产摆脱了对熟练工人技艺的依赖。随着电子计算机技术的发展，许多生产技术上的复杂问题，包括设计和生产管理以及产品改型等，都可由计算机在很短的时间内解决。计算机同机床相结合，无疑将是今后工业中普遍使用的工具。因此国外从六十年代起已大力发展各种数控机床，发展步伐日渐加快。美国1973年共拥有数控机床26695台，占全国机床拥有量的1.1%。预期在七十年代中这类机床将迅速发展和普及。

5. 在刀具材料继续发展和提高质量（如碳化钛、碳化硼刀具等）的同时，改进刀具的形式，如“不重磨刀具”，“微调镗刀”，“可调整磨耗的刀具”，和“快换刀夹”等，可以减少换刀所需的辅助时间，同样有利于生产率的提高。

（四）关于在新工艺基础上发展新型机床

机械工业中耐磨硬质材料的采用日益广泛。这种材料的坚韧性，使用一般的机床和刀具来加工是比较困难的。五十年代开始出现了运用放电加工原理的电火花加工机床和运用超声波原理的超声波加工机床。六十年代又发展了运用电化学加工（电解加工）、电子束加工、