

《国外机械工业基本情况》参考资料

金属切削机床

第二篇 国外机床基础技术概论

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，增产，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，有信心，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。

《国外机械工业基本情况》参考资料金属切削机床部分共三篇分五册出版。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。

本册为第二篇国外机床基础技术概论。主要介绍国外机床制造工艺，机床关键件用材料及热处理，机床基础理论的研究，机床数字控制技术，机床的检测技术等。编写单位：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

一九七五年三月

第一章 国外机床制造工艺	1
第一节 提高切削效率, 缩短机加工时间	1
一、广泛采用先进刀具, 提高切削效率	1
二、发展强力磨削, 实现以直代弯	1
三、采用多刀多刃成形切削	1
第二节 提高自动化程度, 缩短辅助时间	2
一、快速换刀有了很大发展	2
二、采用多工作台机床, 重合装卸时间	2
三、扩大采用自动测量与数字显示	2
第三节 采用高效率设备, 提高生产效率	3
一、大件平面加工, 采用以铣代刨, 多刀组合加工工艺	3
二、扩大应用数字控制机床	3
三、在大批生产机床中采用高效率组合机床	3
四、试验引用计算机直接控制一批机床	3
五、在机床生产中建立装配生产线	4
第四节 采用先进夹具, 缩短生产准备周期	4
一、组合夹具	5
二、通用调整夹具	6
三、拼拆夹具	6
四、气动液压夹具	7
第五节 改进生产准备工作, 推行成组加工工艺	7
一、成组工艺的原理	7
二、成组工艺的零件分类法则	8
三、成组工艺的工艺准备工作	12
四、成组工艺的技术经济效益	16
第六节 关键零部件的制造与质量检验	17
一、关键零件的切削加工	17
二、关键零件的质量检验	18
三、部装与总装的检验与试车	19
第二章 国外机床关键件用材料及热处理	22
第一节 机床导轨材料及热处理	22
一、机床导轨铸铁材料	22
二、机床导轨的表面热处理	23
第二节 机床铸件的时效处理	25
第三节 机床主轴材料及其热处理	29
第四节 机床丝杠材料及其热处理	31
一、滚珠丝杠	31
二、普通丝杠	32

第五节 机床齿轮材料及其热处理	32
一、机床齿轮用材料和热处理现状	34
二、齿轮材料的研究和发展	35
三、齿轮热处理设备和工艺发展的几例	36
第六节 蜗轮、蜗杆的材料及其热处理	37
第三章 国外机床基础理论的研究	41
第一节 概述	41
第二节 切削和磨削	42
一、切削	42
二、磨削	46
第三节 刚度	48
一、静刚度	48
二、动刚度	50
第四节 振动	52
一、强迫振动和抗振性	52
二、自激振动和加工稳定性	55
第五节 热变形	57
第六节 噪音	58
一、齿轮传动装置产生噪音的机理	58
二、机床的噪音源及其消除方法	59
三、噪音测量及仪器	60
第七节 机床鉴定方法和标准	61
一、机床的动态精度	61
二、机床抗振性和加工稳定性	62
第四章 机床数字控制技术	65
第一节 总述	65
一、数控机床的特点与地位	65
二、国外数控机床的发展概况	65
三、国外数控机床生产的发展趋势	69
第二节 程序编制	71
第三节 数控系统	74
一、普通数控装置	74
二、计算机数控系统 (CNC)	82
三、计算机多机数控系统 (DNC)	86
四、数控机床的适应控制系统 (AC)	93
第四节 机床伺服驱动系统	100
一、步进电机及其拖动系统	101
二、电液脉冲马达及其拖动系统	104
三、电液伺服驱动元件—伺服阀、液压马达、电液伺服阀	107
第五章 机床的检测技术 (自动测量)	114
第一节 概述	114
第二节 机床检测技术的现状	116

一、光学测量装置—计量光栅	116
二、电磁测量装置—同步分解器与感应同步器	126
三、磁性测量装置—磁尺	137
四、激光测量	147
五、磨床主动测量装置	150

第一章 国外机床制造工艺

第一节 提高切削效率，缩短机加工时间

一、广泛采用先进刀具，提高切削速度

国外的机床制造企业已广泛使用了不重磨硬质合金刀片，如在日本的机床厂中，使用的不重磨刀具约占 30%⁽¹⁾。此外陶瓷刀具也在逐步推广应用。这些先进刀具的推广应用，为机床采用高速切削打开了途径。车削速度一般提高到 200 米/分，新设计的机床已达到更高的切削速度，如西德的皮特勒厂 (Pittler) 1972 年在奥林匹亚机床展览会上展出的 AND 型数控车床，车削速度 475 米/分，最高可达 700~800 米/分。在齿轮加工方面，也由于刀具材料的改进，采用了高性能高速钢和硬质合金刀具，滚齿机和插齿机也实现了高速切削，一般在工业生产中，高速钢滚齿速度已达 65~70 米/分，进给量也提高到 2 毫米/转以上。至于新设计的机床允许的切削用量则更高，如日本桧藤制作所的高速滚齿机，切削速度达 305 米/分，滚切一个直径 50 毫米，模数 2 毫米，厚度 20 毫米的齿轮只要 18 秒钟，英国赛克斯厂 1972 年在奥林匹亚展览会上展出的 SH200 型高速插齿机床表演时，精插采用 1440 转/分的冲程速度，一个 24 齿，模数 2.5 毫米的齿轮，只要 40 秒钟就可加工完成。这台机床的最高进给率是 2500 毫米/分。在磨床方面，由于高速砂轮的普遍采用，磨削速度一般已达 60 米/秒，有的甚至高达 80~100 米/秒。目前，在美、日、英、西德、苏等国都正在大力发展高速磨削，高速磨削的机床品种已有 100 多种，几乎各类磨床都有高速磨床的品种。

二、发展强力磨削，实现以磨代铣

强力磨削是通过加大进给量和提高磨削速度的一种高效率磨削方法。在金属加工方面，采用强力磨削，在某些方面可以代替车削和铣削，可大大提高切削效率，减少机加工时间，因此，各国对强力磨削的研究和发展均很重视。

1972 年第六届日本国际机床展览会上，东芝机械公司展出的 KRTB-16A 重型磨床，其磁力工作台的直径为 1550 毫米，砂轮直径为 810 毫米，主电机功率为 75 千瓦。一次磨削深度达 20 毫米，每转进给量为 1 毫米。

1973 年在西德汉诺威机床展览会上布洛姆公司 (Blohm) 展出的 HFS 310 型平面磨床，其工作台面积为 100×400 毫米，砂轮电机 18.5 千瓦，磨轮尺寸为 400×80×127 毫米，可从实体工件上直接磨出各种沟槽。现场表演从实体工件上一次行程成形磨出一个沟槽，工件材料为 90MnV8，未淬火，工作台速度 300 毫米/分，磨削速度 33 米/秒，磨削时间 1 分钟，金属磨除量为 57 厘米³/分。

此外，美国汤普森 (Thompson) 公司 CX 型卧轴矩台平面磨床功率为 125 马力，加工灰铸铁机床底座，顶面和底面的磨削余量分别为 9 毫米和 3 毫米，磨削时间为 20.8 分钟，磨削速度高达 50:1，光洁度 $\nabla 8$ ，上下两面平行度为 0.025 毫米。

三、采用多刀多刃成形切削

在单工序机床上的另一个显著特点是多刀化，在中小型车床上较广泛的采用多刀架的配

置方案,单能机、小立车的刀架多达4~5个。

在磨床方面,多砂轮和宽砂轮以及成形砂轮磨削也普遍使用。在龙门铣床、龙门刨床上也都采用多刀架的加工方法,如莱芝机械一台龙门铣磨机床上,就有四个磨头,可同时磨削。此外,阪神内燃机工业公司生产的龙门刨床可实现往复切削,消除了空程时间。

第二节 提高自动化程度,缩短辅助时间

一、快速换刀有了很大发展

国外已较普遍的采用快换刀夹(见图1-1、图1-2),可予调刀具直径,长度。例如英国赫伯特(Herbert)公司在其六角车床厂的加工车间内,成立一个机外对刀服务站,这个站把刀具对好后,连同工艺卡片及刀具布置图用小车送到机床旁,使工人在更换加工零件时,可迅速换刀。一个调整工可服务二十台机床。在设计机床时就考虑了快速换刀的可能性,是对用于成批生产条件的机床的重要要求。如英国赫伯特公司新发展的 Batchmatic 50/2 车床,更换两个转塔刀架,十余个工位的刀具及夹头最多需10分钟。西德皮特勒的 Pimat 63/200 数控车床更换一种加工零件所需的调整机床时间为20分钟。机外调整一般采用光学对刀装置,对刀精度可达 ± 0.01 毫米^[3]。



图 1-1

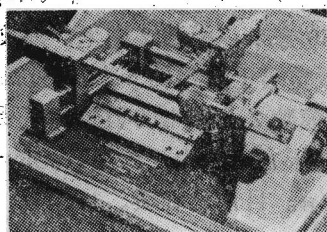


图 1-2

二、采用多工作台机床,重舍装卸时间

不少机床,尤其是钻、镗、铣、自动换刀数控机床(即加工中心机床)、磨床等采用了双工作台或多工作台。当一个工作台上的工件在加工时,另一个工作台同时在装卸工件。这样就使工件装卸时间与切削时间重合,从而可以提高机床利用率。例如日本山崎铁工所在加工大规格车床床身时,在所用的龙门铣床、龙门刨床上就采用了备用工作台,人工更换工件。据介绍一班可节约二小时。新日本工机采用双工作台的龙门铣床,在加工特大工件时,两个工作台还可拼起来当一个统一的工作台使用^[3],图1-3为其联接形式。

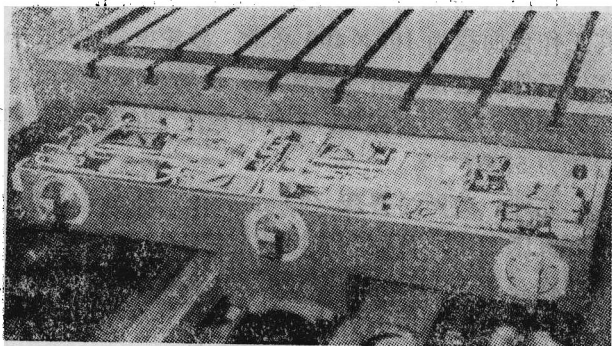


图1-3 新日本工机的双工作台龙门铣床联接形式

三、扩大采用自动测量与数字显示

目前自动测量与数字显示技术已在机床上应用得比较普遍,其目的既是为了大大压缩甚至取消停机测量时间,也是为了保证尺寸精度及其一致性。测量元件有的采用光栅,有的采用感应同步器或旋转变压器。我国1972年赴英机床考察组在英国参观机械制造工厂时,

看到测量元件以采用感应同步器的为多。这是因为光栅在维护上比较困难而旋转变压器测量精度又较低。但最近英国菲兰梯、荷兰菲利浦以及法国索佩朗等公司研制成的粗光栅可以克服维护上的缺点，可以与感应同步器相竞争。

第三节 采用高效率设备，提高生产效率

一、大件平面加工，采用以铣代刨，多刀组合加工工艺

国外机床生产中，大件平面加工多采用铣削工艺，牛头刨床几乎不用。成批生产的中小机床的床身加工，多采用多头组合铣床，一次铣削成功。

1973年在西德汉诺威机床展览会上，据西德一些机床厂的有关人员介绍，他们在进行设备更新时，已采用以龙门铣床代替龙门刨床的措施，据介绍，铣削工艺比刨削工艺效率可提高8倍左右。因此，他们已基本停止了龙门刨床的生产。在这种龙门铣床上装上附件还可以进行镗孔加工，铣削进给速度高达1.5米/分，效率较高。

对于大型机床支承部件的平面加工则倾向于采用工序集中的方法，来提高加工效率，有的采用大型龙门铣床多刀加工，有的采用多工序镗铣床。如日本池贝铁工所采用一台在一个31米长床身上装有三个镗床立柱和一个摇臂钻床立柱的机床进行大件平面加工。

二、扩大应用数字控制机床

目前在技术先进的机床制造厂中也已普遍采用，尤以日本更为突出。日本机床生产中采用的数控机床占全厂金属切削机床总数的5~8%，个别厂达12%。以五大厂为例：池贝铁工所的沟口工厂实际使用的250台机床设备中有数控机床20台，占8%；日立精机的我孙子工厂有设备350台，数控机床有30台，占8.6%；日立精机的习志野工厂采用数控机床占到10%；大隈铁工所的500台设备中，数控机床有63台，占12.6%；丰田工机采用了31台数控机床；生产大型机床的东芝机械也采用了较多的数控机床，其沼津工厂采用了38台。从品种看，以数控车床、镗床和铣床为多，其次是数控钻床、自动换刀数控机床、数控组合机床和数控立车等。

在国外的机床制造业中，对工序较长、批量不大的箱体零件，较广泛地采用了自动换刀数控机床，一般厂都有3~4台，多的6~7台。据说，采用这种机床加工箱体件，一台能顶七、八台普通机床。

三、在大批生产机床中采用高效率组合机床

对于批量较大的品种，为了提高生产效率，多采用组合机床加工。如日本，当机床产量在1000~2000台时，所用组合机床约占全厂设备的2%；当机床产量在5000台时，组合机床占到8%。山崎铁工月产车床250台的生产车间里，有组合机床20台；日立精机在六角车床的生产中也采用了6台组合机床。由于组合机床能同时多轴加工多面，是提高效率、保证质量的有效方法。山崎铁工在大规格车床床头箱的生产中，采用了4台三面的多轴组合镗床，一个人操作，就完成了全部孔的粗精加工。

四、试验引用计算机直接控制一批机床

用电子计算机管理一批机床，对一批机床发出加工对象、加工顺序、工件运送顺序和装卸机构工作顺序动作的控制指令，以及实现编制计划，对机床工作状态进行监督和对生产实际情况进行统计等，这类控制系统其他国家按其控制的内容分别称为电子计算机直接控制系统(DNC)及计算机控制生产系统(CAM)。它可以进一步提高生产效率，改进生产管理，缩

短生产周期。日本一些较大的机床厂开始装备了低级形式的这类控制系统。如日立公司的多机控制系统，除装卸工件外，其余工序均由电子计算机直接控制。该系统由毛坯自动仓库和13台机床（铣床6台，自动换刀数控镗床3台，数控镗床1台，六角车床2台，卧式转塔车床1台）组成，可用于加工近一百种小箱体、盖板、法兰类零件。加工对象的指令，从仓库内取出毛坯、中间运送、成品零件的运出、刀具的更换等均由电子计算中心自动控制。包括磨刀对刀工人在内，只需8个工人。大大提高了加工效率，也保证了加工质量。

在日本比较完善的计算机群控系统包括装卸料工序在内均由计算机自动控制，如大隈铁工安装的由计算机控制的多品种轴类零件加工自动线，由转塔车床、复合加工机床、外圆磨床及自动装卸料机构、中间机械手、自动测量等装置组成，用于加工直径20~100毫米，长度为150~500毫米的轴件，可完成车外圆，打中心孔，车螺纹、铣键槽、淬火以及磨外圆、自动测量等工序。每件的加工时间为6~7分钟。自动线由电子计算机操纵，无需工人参与工作。此外，还在尝试采用“工业机器人”操纵机床的自动化生产方式。如池贝铁工就采用“工业机器人”操纵3台多刀数控车床，加工轴类和法兰盘类的零件。但这种自动化生产方式尚未广泛采用。

五、在机床生产中建立装配生产线

在机床生产中，装配是一个关键工序，占用工时比较长，也较难实现自动化。为了提高生产率，缩短生产周期，国外在装配工作上进行了一些改进。例如日本中型以上的机床厂对批量稍大一些的产品多设有装配线。大隈铁工有五条装配线。一条数控机床装配线，7小时装一台机床；两条普通车床装配线，每条1小时40分钟装一台机床；两条磨床装配线，每条90分钟装一台。山崎铁工也有两条装配线，每条每天可装8台机床。池贝铁工有A20和A25车床装配线，每月生产能力为100台。在这些装配线上普遍采用了传送带^[2]。

第四节 采用先进夹具，缩短生产准备周期

近来，随着机床品种的不断增长，国外机床制造业对于夹具的设计与制造均给予一定的重视。因为在新产品试制过程中，设计与制造专用夹具的劳动量在新产品的生产准备中，占有很大的比重。根据有关资料介绍，一般占新产品生产准备总劳动量的80%以上。因此，减少专用夹具设计与制造的劳动量对于缩短新产品的生产准备周期具有很大的意义。

为了解决这个问题，夹具零部件的标准化工作是个重要条件。目前，英、美、苏、东德、日本等国都有夹具零部件的标准，大大减少了设计和制造的劳动量，也为组织专用夹具零部件的集中生产创造了有利条件。在专用夹具零部件标准化的基础上，为了缩短生产准备周期，使夹具零部件有可能多次重复使用，目前国外在单件小批生产中普遍地采用了组合夹具，在成批生产中采用了拼拆夹具及可调整夹具。

随着机床自动化程度的提高，数控机床的普遍应用，为了缩短装夹工件的辅助时间，国外在通用机床上普遍采用了气动液压快速夹紧夹具。

为此，国外对机床附件的研究和生产也比较重视，以日本为例，在日本机床附件工业会有16个公司，包括47个工厂，分别从事各种卡盘、离合器、电磁离合器、分度头、分度盘、工作台、工具、夹具等的生产。现在又有专业厂生产成系列的齿盘定位工作台，分度精度可达1微米的钢珠定位工作台，以及微调镗刀杆和自动换刀数控机床的工具配备系统等。每年产值达到300亿日元。可满足本国的机床行业和其他部门的需要，还有力量出口外销。由于

附件齐全，提高了机床效率。据机床附件工业会的负责人介绍，还在四年之前，日本机床的辅助时间占50~60%，当时美国只有30~40%，欧洲国家约为40~50%。由于近年来日本加强了机床附件的研究和生产，并大力推广使用，经过几年的发展，现在日本机床工作的辅助时间已迅速下降，只占20~30%，比美国和欧洲下降得还要快^[2]。

近年来国外在机床制造业中，为适应中小批生产的需要，所采用的先进夹具主要有以下几种：

一、组合夹具

组合夹具是由一套事先准备好的标准元件所组成，它包括基础件、支承件、定位件、导向件、夹紧件、紧固件及其他件等七大类元件。另外，还有事先组装好的标准合件。当加工需要时，可迅速由这些标准元件和合件在数小时或更短的时间内组装成所需要的专用夹具。产品下厂后，这些夹具又可立即拆卸，以备下次组装其他夹具时再用，因此，组合夹具的采用大大缩短了新产品的试制周期，降低了夹具的制造成本，大量节约了原材料。目前，国外对组合夹具的采用比较广泛，苏、美、英、德、捷等国都有自己的系统。近年来随着数控机床的广泛应用，为了满足加工对象不断变换的需要，国外在数控机床上多采用组合夹具来组装专用夹具。

组合夹具分为槽系和孔系两种。槽系组合夹具的基础板上设有网形分布的T型槽，元件间用键槽和键连接及定位。孔系组合夹具的基础板上设有均匀分布的孔（其上部为光孔，下部为螺孔）。

西德沙尔曼（Scharmann）公司制定了自己的组合夹具系统（见图1-4），主要用于该公司的卧轴镗铣床及自动换刀数控镗床上安装和夹紧工件^[3]。

该系统是基于五种类型尺寸带有T型槽的基础板所组成（图1-4 a）；其中三种槽宽为20毫米，高80毫米，底面尺寸为600×500、800×600和1000×800毫米，另外两种槽宽为24毫米，高125毫米，底面尺寸为1200×1000和1600×1600毫米。在基础板的底面设有键槽，以便在机床上定位。在整套系统中包括有角铁（图1-4 b），其顶角为30°和45°，槽宽为20毫米，轮廓尺寸为400×300×300、600×500×500、800×600×600和1000×800×800毫米；箱式板（图1-4 c），夹紧座（图1-4 d），支承（图1-4 e），V型铁（图1-4 f），定位元件（图1-4 g），侧夹紧器（图1-4 h）。

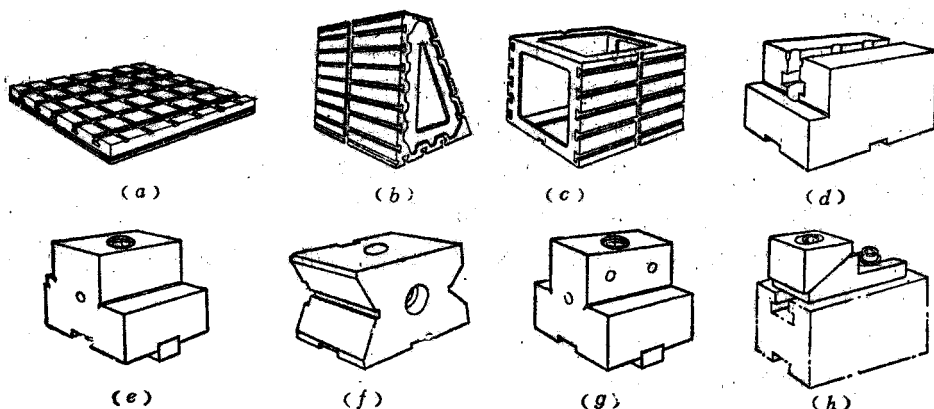


图1-4 西德舍尔曼公司夹具的组合夹具系统

a) 基础板；b) 角铁；c) 箱式板；d) 夹紧座；e) 支承；f) V形铁；g) 定位元件；h) 侧夹紧器

美国纽司工程公司采用了孔系的组合夹具^[4]，其基础板带有网形分布的精密孔（中心孔50.8毫米），在长度203毫米内的偏差为 ± 0.012 毫米，孔的上部为直径25.4毫米的光孔，下部为1/2"的螺孔，使用时将基础板紧固在机床工作台上，在其孔内可安装一些组合夹具元件，用以准确地把工件紧固在事先选择好的位置上，并按此位置，编制控制程序。所使用的定位和夹紧元件由程序编制人员来选择。夹具元件的编号以及在基础板上安装这些元件的孔的数字座标全都登记在工序卡上。

该公司由于采用了这类夹具，机床利用率已提高到75~80%。

英国的沃尔顿（Walton）公司采用了槽系和孔系混合的组合夹具系统^[5]，图1-5a所示为该公司现采用的组合夹具，它代替了原有的专用夹具（图1-5b）。其成本只要几个月即可回收。在夹具拆卸以前要进行照相和编号，并将有关资料填入卡片存档，以备下次组装这一夹具时再用。

近来随着数控机床的发展，苏联在数控机床上也广泛采用了槽宽分别为18、12和16毫米的组合夹具系列。如在2P118HP-2和2P135 ϕ 2有转塔头的钻床上以及MA-655的铣床上所采用的专用夹具，就是用莫斯科组合夹具厂制造的组合夹具标准元件组装而成的。

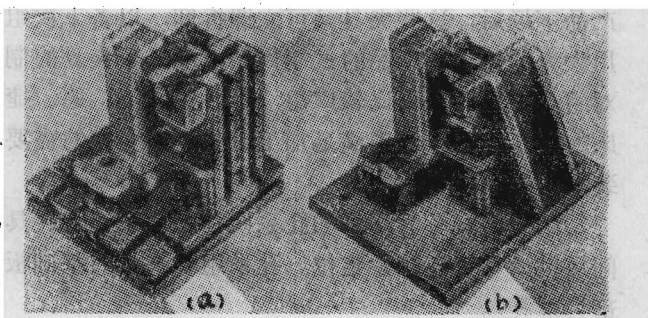


图 1-5

a) 沃尔顿公司的组合夹具；b) 沃尔顿公司的专用夹具

二、通用调整夹具

通用调整夹具在成批和小批生产中用得比较广泛。这类夹具的特点是它的基本部分（基体、底座、机械传动部分，操纵机构）是通用的，并长期安装在机床上。当加工不同形状和尺寸的零件时，只要相应地在夹具的基本部分更换或调整其夹紧和定位元件就行了。这些调整元件通常也可由标准化的零件和合件所组成。最常用的通用调整夹具有虎钳、卡盘和工作台等。

苏联在6H13-ГЭ2铣床上所用的通用调整快换夹具，就是在一个基础板上加上调整件来进行夹紧和紧固工作的。基础板上具有带座标位置的精密孔。被加工工件相对于机床《零点》的位置是借助安装在基础板标准孔内的柱销来测定的。

三、拼拆夹具

近年来，国外在一些成批生产的企业里，为了缩短新产品的生产准备周期和减少夹具设计及制造的劳动量，在对产品进行结构和工艺分析的同时，进行了工艺过程典型化和工艺装备标准化的工作，并且设计了适合本厂产品需要的拼拆夹具。

拼拆夹具是由一套标准化的夹具元件组成的。这些元件可以事先加工好入库保存，在加工产品零件时，可基本上由这些标准化元件拼装成所需要的专用夹具。当改换产品时，这些夹具可以拆掉，所有标准化的夹具元件还可入库存放以备再用。拼拆夹具的主要标准化元件有基础板、基体和角铁等。

和其它夹具比较，拼拆夹具具有以下特点：

1. 结构简单，元件制造成本低；
2. 适于成批生产中使用；
3. 具有机械化的气液快速夹紧元件，可以手动夹紧，也可实现快速夹紧。

四、气动、液压夹具

为了减少辅助时间,国外在成批生产中广泛采用了快速作用的动力夹紧装置。

在数控机床上也较普遍地采用了通用液压夹紧装置,其动力源为电、液压泵和气液增压机构。

西德布克哈特—韦贝尔(Burkhardt & Weber)公司在数控座标镗床上采用了通用液压夹具,该夹具是由带T型槽基础板、通用定位元件及液压夹紧装置所组成。基础板放在机床工作台上。西德科尔布(Kolb)公司也采用了类似的夹具。

国外在数控车床上广泛采用了气动、液压和电动的自定心三爪卡盘⁽⁵⁾。

第五节 改进工艺准备工作,推行成组加工工艺

成组工艺作为一种工艺方法和生产准备方法,在英国、日本、法国、西德、苏联、东德、捷克、波兰等国家中已经得到了比较广泛的应用,并获得了良好的经济效益。它能缩短单件和小批生产的生产准备时间,从而使多品种、小批量生产的零件也能采用高效率的工艺及设备组织流水生产,为发展品种和提高产量创造了先决条件。

针对机床工业品种多、批量小的特点,为了扩大批量,提高生产经济效益,近年来,国外有不少机床制造厂家也先后采用了成组工艺技术,并有明显扩大应用的趋势。如日本的不二越公司在1971年采用了成组加工工艺。另外,三菱重工业公司京都精机制作所的机床制造部门也引进了成组工艺技术。据介绍,他们从引进成组工艺技术过渡到新的管理系统,只用了半年的时间,并在新的生产管理体制中应用了电子数据处理系统(EDPS),使多品种小批量的机床生产,采用了大量生产的加工设备和技术。

英国赫伯特公司的机床制造部门也采用了成组加工工艺。据该公司介绍,采用成组加工后效率可提高60%。赫伯特公司还特别从成组工艺观点出发,发展了小批、中批及大批生产用的自动化车床。

随着生产技术的不断发展,为了适应劳动生产率不断增长的需要,根据机床工业中、小批生产的特点,估计今后成组加工的采用将会更加广泛。据国际机械生产技术研究学会(CIRP)的一篇调查报告,预计到1990年将在75%的工业中采用成组加工工艺。

一、成组工艺的原理

为了使小批量生产的产品能够采用大批和大量生产的先进技术与加工方法,从而达到提高劳动生产率和降低制造成本的目的,首先就必须提高一次投入生产的零件数量。为了解决这个问题,必须从传统的拟订个别零件单个的工艺过程过渡到拟订成组零件的工艺过程,也就是采用成组工艺的方法。

成组工艺就是根据零件结构和工艺上的特点对企业的所有被加工零件进行分类分组。在零件分类分组的基础上,对同一组的零件要求在同一类型的设备上,用稍加适当调整的相同夹具及机床来加工。由加工某一种零件转变为加工同一组的另一种零件时,机床不需要作大的重新调整,只要把夹紧零件的成组夹具以及刀具本身等稍作适当变更,就可在机床一次调整的情况下,加工整组内的许多零件。因此,在多品种生产时,采用成组加工工艺,尤为适宜。

成组加工工艺既可用于某一单个的工序,也可用于具有共同工序的零件的全部加工过程。根据国外采用成组工艺的情况来看,成组工艺所解决的主要问题有以下几点:

- (1) 消除现有工艺过程不必要的多样性, 有利于提高机床产品的“三化水平”;
- (2) 使落后的中、小批生产的工艺方法提高到大批生产的先进水平;
- (3) 减少工艺装备的数量和种类, 为发展品种及降低成本创造条件;
- (4) 提高生产管理水平, 并能适应采用电子数据处理系统管理业务和组织生产。

二、成组工艺的零件分类法则

零件分类是成组工艺的主要环节。把零件按结构特征及尺寸大小进行合理的分类, 可以减少生产中日益增多的图纸数量, 并为编制典型的成组工艺过程和采用高效率的机床及工艺装备奠定基础。分类的合理与否直接关系到采用成组工艺的经济效果。因此, 近年来国外对成组工艺分类系统的研究特别重视。随着电子计算机的广泛应用, 国外有不少企业已应用电子计算机进行零件的分类和编码工作。经过分类的每一个零件都采用一数列的号码来表示, 数列中每一个号码的含义都与零件的形状、尺寸大小以及材料、精度等特征有关。

成组工艺的零件分类及编码法则, 从设计角度来考虑, 首先要有利于零件的通用化, 以减少现有生产中图纸的数量; 从工艺角度来看, 要利于扩大批量, 以采用高效率的组合机床、数控机床及自动线等设备。随着电子计算机的广泛应用, 还必须考虑进一步借助电子计算机管理生产的可能性。

目前国外应用成组加工的企业, 所采用的分类系统主要有以下几种:

(一) 奥匹兹分类法则

这是由西德阿亨工业大学奥匹兹 (Opitz) 领导研究制定的。它基本上是按零件形状和结构特点进行分类的法则 (见图1-6)。每个零件的编码数列包括九位数字, 属于十进制的九位法则。前面五位数字表示零件的形状要素, 后面的四位数字表示尺寸、材料、毛坯形式及加工精度的辅助要素。目前这种分类法则在西德、英国一些采用成组加工的企业里, 应用得比较广泛。

在进行零件分类时, 首先用电子计算机的程序制出一个包含专门数列号码的表格, 并把各零件的形状、尺寸、材料以及精度等特征列于表上, 并根据奥匹兹分类法则确定相适应的

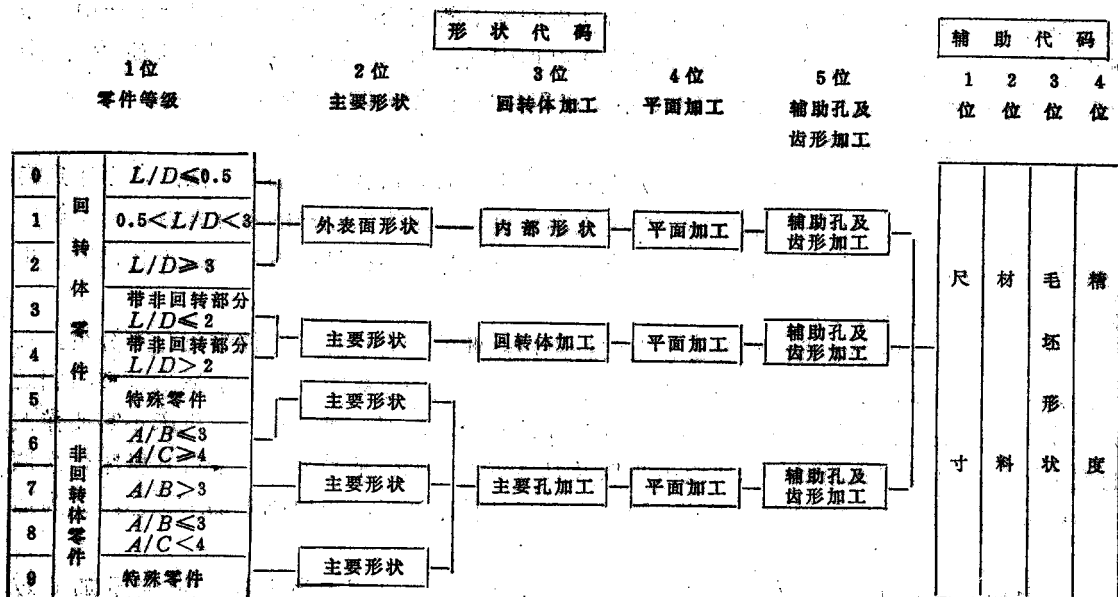


图1-6 奥匹兹分类法则的基本组成

类, 然后依据与该类零件有关的各种数据, 确定该类零件的主要加工路线以及选择加工它们所需要的机床及有关工艺装备。这种法则的特点是能把作用明显不同的各种零件分为一类来进行加工, 以便扩大批量和更有效地组织生产。

(二) 布里施分类法则^[7]

布里施的分类法则及代号系统是由英国布里施—帕特纳斯 (Brisch & Partners) 公司成员布里施 (E. G. Brisch) 提出的。目前在英国、法国以及其他一些国家的许多企业已经采用了这一法则。它是建立在按零件形状划分全部零件图纸的形状法则, 基本上是十进制的五位法则。每个零件用一个所谓“数列”的号码来表示; 而一个组中的每张图纸, 都有一个三位数字的零件号码, 零件通常在 001 到 999 范围内。数列只与零件的形状有关, 而与零件的作用、所属的产品、原始数据以及其他特征无关。数列中的每个数字的排列, 要符合零件号码和分组号码。但数列和零件号码是同时出现同时存在的。数列的第一位数字, 表示零件的类, 如 1 代表原材料; 2 代表外购件; 3 代表机械加工的零件等; 数列中其它各项数字所代表的形状特征都已列入各企业的代号手册, 通过各零件的数列可以迅速识别其结构特征。

(三) 米特洛范诺夫分类法则^[7,10]

米特洛范诺夫 (С. П. Митрофанов) 分类法则是由苏联人提出的。它是以零件加工工艺方式为分类基础, 也就是按在自动机床、六角车床、普通车床、铣床、钻床及其他机床所加工的零件分成零件类。每类零件又可分为组。

分类的主要目的是要准备零件的组, 使在加工每一组零件时不仅要用同一类型的设备, 而且要用相同的夹具及机床调整来加工。

分组时要考虑零件的外形尺寸, 因为它们决定加工所需要的机床及夹具的尺寸。此外, 还应考虑以下几点:

- (1) 零件的几何形状, 即组成零件外形表面的一致性;
- (2) 需要加工的表面的一致性;
- (3) 被加工表面的精度及光洁度;
- (4) 毛坯的同类性;
- (5) 成批性;
- (6) 工艺过程的经济性。

零件分类是为了便于以后把零件再分为组的准备阶段, 并无其它意义。

图 1-7 是把零件按加工形式分类并最终分组的图表。从图表可以看出, 一种情况是整组零件从开始到终了的全部工序都在同一类型的设备上来完成的, 第二种情况是这组零件的同一设备上只完成某一加工工序, 而其余的加工工序属于另外一组或是单独进行。还可能有第三种情况, 即这组零件有相同的工艺路线, 可在不同类型设备上完成相同的多工序工艺过程。

在第一种及第三种情况, 零件是在按工序先后次序配置的设备上进行加工。在每个工序上采用成组夹具及成组调整措施。这样, 经稍微调整后就可整批地加工该组的任一零件, 同时, 也为采用成组流水线创造了有利条件。

按个别工序采用成组加工过程 (第二种情况) 可提高完成这些工序的生产效率及生产管理水平。

米特洛范诺夫分类法的编码系统, 基本上属于十进制的 13 位法则。

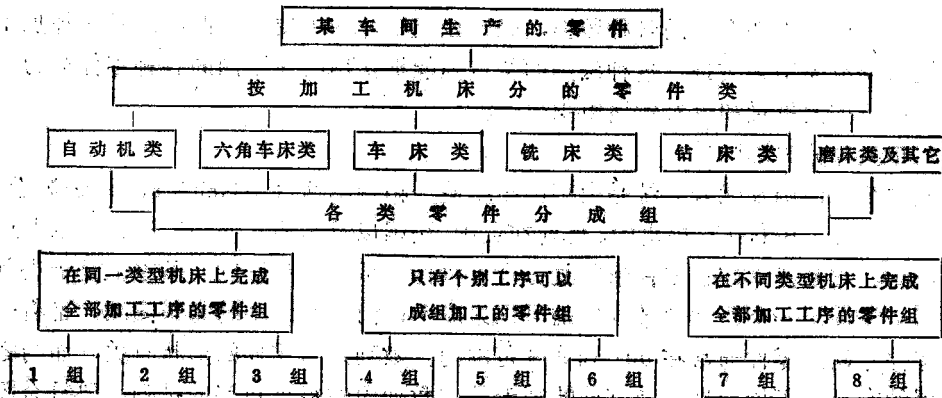


图1-7 成组加工零件分类图

(四) 捷克斯洛伐克的分类法则

捷克斯洛伐克的分类法则主要是针对中、小规模工厂的特点而制定的。其基本构成是十进制的4位法则。如图1-8所示的捷克机床制造部门所编制的索引表、分类号码具有4位数字，在对一个零件进行分类时，它的各个代号按下列顺序确定：

- 1——类
- 2——级
- 3——组
- 4——材料

半成品与材料			
材料	普通钢材(品质等级10~11级)		
	12010	14120	16120
	12020	14221	16121
	12030	15124	16130
			16220
			16320
		14220	16231
			16420
			16520
			16720
	12030	14140	15220
	040	150	231
	059	240	240
	069	330	290
	061	351	261
铸件	072	341	16249
	15122	342	280
	141	15130	331
	240	131	430
	242	151	460
		224	531
	14100	15151	16341
	14103	15241	16640
	14200		
	其余改良钢材		
铸件	非铁合金 42 32~40		
	43 40~40		
	铸 铁 42 24		
	展性铸铁4225; 铸钢 42 26;		
	合金钢铸件 42 27~29		
	非铁金属 42 35~39		
	42 41~49		
	非金属材料		

分类号构成方法举例:

5	3	7	2
类	级	组	材料
别	别	别	别

3——在旋转轴线上带有通孔的旋转体类零件

5——原始半成品的最大直径为40~80毫米其长度比 $L/D < 1$

7——零件具有随旋转轴线的轴纹，在旋转轴纹外部有孔，以及内槽与圆座等

2——零件系钢材，改良，淬硬，铸钢

符号缩写含义:

D_p ——原始半成品的最大直径(毫米)

D ——工件最大直径(毫米)

L ——工件最大长度(毫米)

B ——工件宽度(毫米)

G ——工件重量(公斤)

图1-8 捷克

(五) ZAFO 零件分类法则

ZAFO 零件分类法则是由司皮斯 (Spies) 研究制定,并由齐默尔曼 (Zimmermann) 加以改进的分类系统。它的数列涉及 26 位庞大的数字 (图 1-9)。前面的 10 位把零件按结构形状进行分类,接着的第 11~20 位把零件按其附加形状要素进行分类,后面的 21~26 位由不同企业的辅助因素所构成。这种分类法则虽然比较详细的概括了零件的形状要素,但实际使用起来是比较困难的。

零件种类	旋转体类零件					平板型零件与不规则形体零件	箱形零件	其他零件		
	在旋转轴线上有孔			带有齿或花键				(大多数不须加工)		
	无孔	盲孔	通孔	旋转轴线上有孔						
				无孔盲孔	通孔					
1	2	3	4	5	6	7	8			
零件类别	D_p	L/D	毛坯形状			棒形	毛重	半成品		
	0	<1		棒形	0~200				0~30	锻压过的截面
	1	1~6			200~	30~200	棒料			
	2	>6		平板形	0~200	200~500	管料			
	3	<1			200~	500~1000	板料			
	4	1~4		不规则形体	1000~		线材			
	5	>4								
	6	<3			0~200					
	7	>3			200~					
	8	<3								
9	>30						其它			
零件类别	0	光滑		带螺旋齿 <th>花键</th> <td></td> <td rowspan="2">其它</td> <td></td> <td>不加工</td> <td></td>	花键		其它		不加工	
	1	在旋转轴线上有螺纹			其它			部分加工		
	2	在旋转轴线上有孔		带锯齿齿 <th>花键</th> <td></td> <td rowspan="2">其它</td> <td></td> <td>不加工</td> <td></td>	花键		其它		不加工	
	3	内槽或切口			其它			部分加工		
	4	由1~2个螺孔-孔的组合		带梯形齿 <th>花键</th> <td></td> <td rowspan="2">其它</td> <td></td> <td>不加工</td> <td></td>	花键		其它		不加工	
	5	由1~3个螺孔-内槽的组合			其它			部分加工		
	6	由2~3个孔-内槽		多级齿轮 <th>花键</th> <td></td> <td rowspan="2">其它</td> <td></td> <td>不加工</td> <td></td>	花键		其它		不加工	
	7	由1~3个螺孔-内槽的组合			其它			部分加工		
	8	有键体		其它 <th>花键</th> <td></td> <td rowspan="2">其它</td> <td></td> <td></td> <td></td>	花键		其它			
	9	非圆形的多轴线的(偏心)			其它					

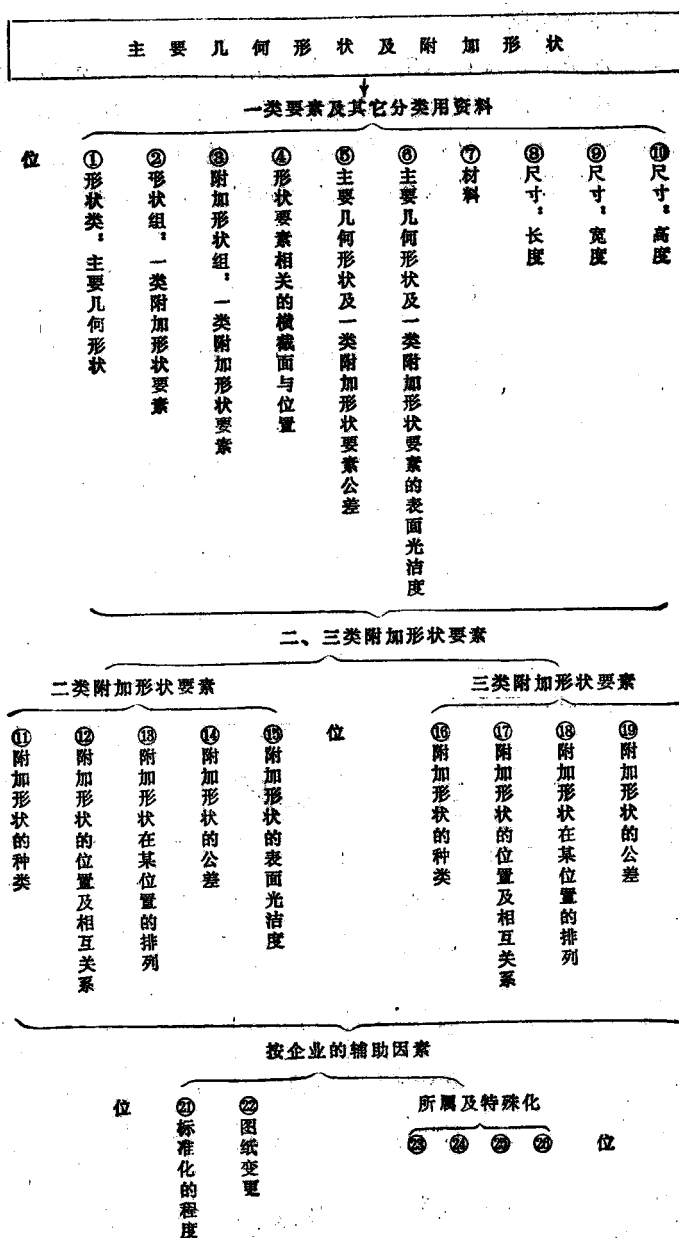


图1-9 ZAFO 分类法则

三、成组工艺的工艺准备工作

采用成组工艺需要进行大量的工艺准备工作，一般来说，它包括以下几个主要环节：

（一）零件分类

根据企业的生产性质及生产管理方面的特点，首先选择合适的分类法则进行零件分类。

（二）拟订每组零件的工艺过程

拟订成组工艺过程的目的，在于建立一种与一般的工艺过程差异不大的、可加工一组中任何零件的工艺过程。成组加工的工艺过程是按一个所谓复合零件来编制的。这个复合零