

78.39

YJG

78.39

YJG

《国外机械工业基本情况》参考资料

模 具 制 造

第一机械工业部 编
桂林电器科学研究所

第一机械工业部技术情报所

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的模具制造部分，主要内容是介绍美国、日本、英国、西德等国模具制造行业情况、生产技术水平、专业化生产情况、科研工作和技术发展动向等，可供专业工程技术人员、教学工作者和有关领导参考。

模 具 制 造

一机部桂林电器科学研究所 编

(内部资料)

*

第一机械工业部技术情报所编辑出版

北京印刷二厂印刷

中国书店(北京琉璃厂西街)经售

上海市科技书店 重庆市新华书店

*

1980年3月北京

代号: 79—64 • 定价: 0.69元

出版说明

以华主席为首的党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这项工作第一次开始于1973年，1975年基本完成。这次是第二轮，在内容和范围上都比上次有所充实和扩大。

这套参考资料按专业分册出版。本书为模具制造分册，主编单位是一机部桂林电器科学研究所，主要执笔人员是陈良杰、徐怀同志。

第一机械工业部技术情报所

目 录

一、综 述.....	(1)
(一) 模具行业情况.....	(1)
(二) 模具技术水平.....	(2)
(三) 模具生产技术发展动向.....	(8)
(四) 模具制造中带有全局性、战略性的问题及其预测.....	(9)
(五) 模具制造中有待研究解决的几个问题.....	(10)
二、模具专业化情况.....	(12)
(一) 美国的模具专业化生产.....	(12)
(二) 日本的模具专业化生产.....	(16)
(三) 英国的模具专业化生产.....	(21)
(四) 西德的模具专业化生产.....	(23)
三、模具生产技术情况.....	(23)
(一) 模具设计结构.....	(24)
(二) 模具制造工艺.....	(61)
(三) 模具材料与表面强化处理.....	(65)
(四) 模具的标准化.....	(76)
(五) 模具的计算机辅助设计和辅助制造 (CAD/CAM)	(77)
(六) 模具的科研工作.....	(80)

一、综 述

模具是机械工业生产的基础工艺装备,也是发展和实现少无切削新技术不可缺少的工具。没有模具就根本不存在少无切削工艺。汽车、拖拉机、电器、电机、仪器、仪表等行业有60~90%的产品零件需用模具加工,螺钉、螺母等标准紧固件,没有模具无法大量生产,推广工程塑料、粉末冶金、橡胶、压铸、失腊铸造、玻璃成形等工艺全都需要模具。

产品更新换代也少不了模具,模具不及时供应,新产品就不能上马,模具精度不高,产品质量就得不到保证,模具结构落后,产品产量就难于提高。所以模具技术发展状况和水平的高低,直接影响机械工业产品的发展,也是衡量一个国家工艺水平的重要标志之一。

模具类别繁多,有冷冲模、锻模、塑压模、压铸模、粉末冶金模、橡胶模、玻璃模等。目前最小的模具只有0.1公斤,最大模具重达80吨,小的模具工作面积只有10毫米²,大的模具工作面积有10米²。模具多为单件生产,型面复杂、精度要求高、加工难度大,这样就给模具的生产供应带来困难,许多机电企业在生产过程中都感到模具的压力很大。工业先进国家对模具工作极为重视,日本为了发展模具生产,在1956年制定的“机械工业振兴措施”把日本的模具行业独立列为一个工业体系,成立了日本模具工业会。美国也把工模具作为机械工业要素之一,建立了独立的体系。

(一) 模具行业情况

国外除产品制造厂有工具车间制造模具外,其发展趋势是组织专业化生产,近十多年来模具专业厂有很大的发展。这些厂的专业性较强,但规模不大,美、日等国家由模具专业厂供给的模具约占总数的50~70%。美国的工模具工业体系由5000个独立的或与生产厂订有合同的模具专业厂组成,1975年共有职工95000人,1976年模具专业厂商的销售总额为25亿2千万美元,美国商业部门通过统计分析,展望1985年工模具专业厂商生产的总销售额将达50亿美元,每年平均增长7.6%,10年内提高一倍多。美国除模具专业厂外,各产品厂尚有1000多个工具车间生产日用的模具或部分出售,1976年除日用外其销售额为1亿3千万美元,1976年美国进口模具价值7千9百万元,出口模具价值1亿1千1百万元。

根据1976年的统计,日本有6097个模具专业厂(主要力量是9人以下的小集体)、从业人员有51308人,年产金额为121559百万日元,日本每年模具工业生产额增长速度较快,据统计1977年比1976年增长达21%。日本1965年至1970年模具品种的增长率是:塑压模平均每年增长27%、锻模25%、压铸模18%、冷冲模16.6%。但四者需要量的比值如以压铸模为1计,则冷冲模为7.4、塑压模3.7、锻模1.2。

英国的模具也是由模具专业厂和使用模具的产品厂附属工具车间两个部门供应的,但大部分模具是由工具车间制造的,共有900多个工具车间,以制造自用模具为主,有时也出售部分模具给同行业的生产厂。独立的模具专业厂有250个,主要为高压塑料成形模具服务。其中约有100个专业厂为冲压模具和一般模具服务。专业厂共有7130人,其中4540人为生产技术人员。1968年模具专业厂的产值为一千三百万英镑,1968年模具总的需要量估计为六千

万英镑，1975年估计达九千万英镑，其中三千七百万英镑由专业厂承担，1968年英国进口模具为四百五十万英镑，出口模具为二百四十万英镑。

(二) 模具技术水平

模具技术牵涉面较广，有模具本身的因素，还有外界的因素。两者必须配合协调，才能有效地提高模具技术水平。日本高木六弥从模具设计，制造，使用三方面着手，把模具本身相关因素归纳成图1-1所示。

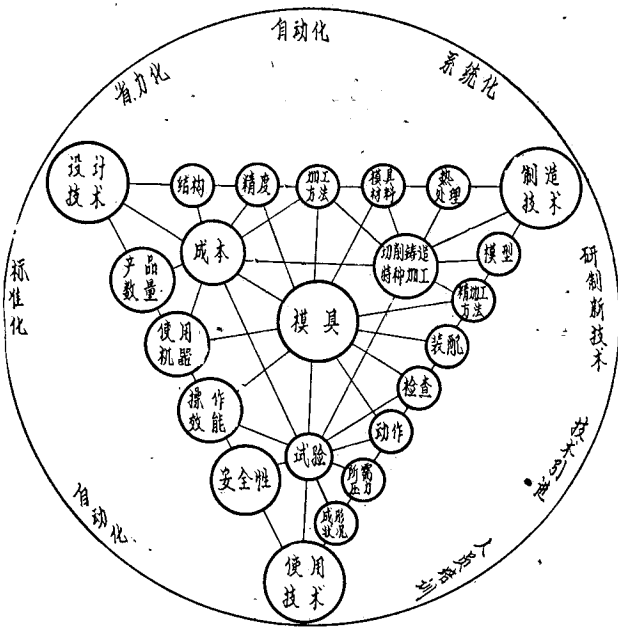


图 1-1

英国模具制造工业的调查研究报告中指出，模具工业是整个国家工业系统必不可少的组成部分。许多部门或机构直接影响或密切依附于模具工业，主要关联部门有图 1-2 所示的几个方面：

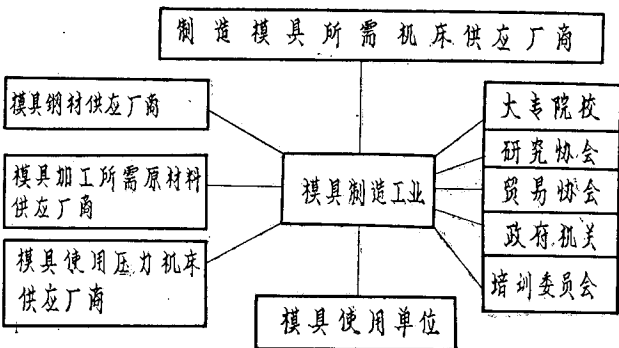


图 1-2

工业先进国家为了提高模具技术水平，采取了各种有效措施。首先，他们对逐年模具生

产工厂、人员、品种、数量、产值等进行统计分析。为了适应生产的发展，不断研制模具新结构、新材料、新工艺、新设备。根据模具单个生产和制造难度大的特点，合理组织调整生产体系，加强计划管理和大力开展标准化、系列化工作。另外对人员培训、安全生产、防止公害、科学研究、情报交流、技术引进等也做了大量的工作。

模具的种类和形状千差万别，要确切地划分是困难的。一般按尺寸大小可分大型、中型与小型；按精度可分高精度、中精度、低精度；按几何形状可分二座标平面形模具、三座标立体形模具。按工件生产批量大小所需模具结构可分：多工位（或多腔）自动化模具，一般模具、简易模具，而它们之间又是相互关联的。根据要求的不同、模具的制作方法也有较大的差别，加工方法选择的适当与否，对模具的质量、成本有很大的影响。

制造模具的技术集中了机械加工技术的精华。但是，这种技术与其说是学术研究的对象倒不如说是手工技巧技术的集中。一般说来，富于秘密性，缺乏公开性，主要在于多年实践经验的积累。国外多数有声望的模具专业厂（或车间）都是由有多年实践经验的熟练技术工人组成。随着生产的发展，模具向大型化和复杂精密方向发展，同时模具的需要量逐年增长。如英国塑料模的年增长率为15%，而模具生产力的增长只有4%，需要量与供应量的差距越来越大，所以模具制造也不得不采用机械化、自动化、特种加工等合理的方法。现在加工方法从过去的全部切削加工逐步扩大到使用切削、精密铸造、塑性加工、物理化学等新技术。近年正在研制和采用从设计、制造和管理方面都使用电子计算机的全自动加工系统，即模具的计算机辅助设计和辅助制造（CAD/CAM）。

现在模具加工方法大致可分为精密铸造、切削和特种加工三种。

表1-1 各种模具制造方法的特点

制模方法	适用区分			适用的模具	加工精度	所需技术	使用的问题
	型腔	型孔	备注				
(A) 铸造方法							
1. 用锌合金制造	○	○	多种少量(试制)	冲压、塑料、橡胶、其他	一般	铸造	铸造模型
2. 用低熔合金制造	○		多种少量(试制)	塑料、冲压	一般	铸造	铸造模型
3. 肖氏工艺方法	○			冲压、锻造、压铸、其他	一般	铸造	铸造模型
4. 用钎(膏)铜方法	○			塑料	一般	铸造	铸造模型
5. 用合成树脂方法	○		试制	冲压	一般	铸造	铸造模型
(B) 切削加工							
1. 一般机床	○	○		全部	一般	熟练	
2. 精密机床		○		冲压、其他	精	熟练	
3. 仿形铣	○	△		全部	精	操作法	仿形模具
4. 雕模机	○			全部	一般	操作法	仿形模具
5. 靠模机床		○		冲压、其他	粗	操作法	
6. 数控	○	○		全部	精	操作法	制穿孔带
(C) 特殊加工							
1. 冷挤压模法	○			塑料、橡胶	精		原阳模
2. 超声波加工	○	○		冲压、其他	精		刀具(模型)
3. 电火花加工	○	○		全部	精		电极(模型)
4. 化学加工: 1. 电解	○	○		全部	粗		电极(设计、制造)
2. 电解磨削		○		冲压	精		成形模型
3. 电铸	○			冲压	精		成形模型
4. 腐蚀	○			塑料、玻璃	一般		图面模型

各种加工方法的特征如表1-1。

没有那一种加工方法能适应所有的要求，这就需要充分了解各种加工方法的特点，综合判断其加工可能性和限制性，选取与要求相适应的方法。为了发挥各种加工方法的特点，在模具制造中常把一种加工方法与其它技术综合应用，例如：

1. 仿形铣加工后，再用电火花精加工。
2. 用电铸法制造电火花加工型腔用的电极。
3. 数控铣先加工，电火花精加工，数控加工与电极制造用同一数控穿孔带。
4. 精密铸造后，电火花加工，加工电极按铸造模型制作。
5. 利用电铸法或喷镀法制造型腔。
6. 电解加工型腔，用计算机辅助设计来设计和制造电极。

各类模具从粗、精加工到装配和测试，美、日、德等国家都发展配备了各种形式和规格的高效精密加工设备，基本上实现了机械化生产。加工装备除有光学控制、程序控制的精密成型磨床、座标镗床、座标磨床、多轴成形铣床、加工中心、三座标测试设备外，电火花加工、电解加工等特种加工设备得到了迅速发展和广泛应用，美国 Cincinnati 公司生产的电流10000安培，工作台面积6000×4500毫米采用多电极多回路设备加工大型模具，瑞士 Charmilles 公司采用数控三维多向伺服控制装置 (Isocut) 使型腔加工不局限于上大下小的范围，且加工速度提高3~5倍。美国 Poco公司的石墨电极，可打0.15毫米的狭槽，比铜钨电极更耐磨。当前数控线电极切割技术的发展，成为冲裁模的主要加工手段。近年来，美国、瑞士、日本、西德都有完全自动的线切割装置，最大切割面积有400×700毫米和530×530毫米。电解加工机床容量可达40000安，电解池容积达4200×2250×2400毫米。英国制造技术研究所 (PERA) 的电解加工技术，据称能在电极与工件接触时不产生短路。精密铸造技术经多年的研究与应用，对不同金属铸造模具型腔达到了相当高的精度，重达2.25吨铸造模具其尺寸精度为+0.02吋，这一工艺主要用于锻模和塑料模。国外型腔模的表面抛光，除了普遍采用电动风动工具外，正在研究采用超声波研磨、挤珩、仿形抛光、化学抛光等技术。

大型模具和小型精密模具的加工方法是有区别的。国外对汽车车身模具和大型锻模、塑料模的加工是向自动化方向发展，主要利用大型仿形铣床或用数控测试仪通过与主模型面接触，直接由电子计算机制出穿孔带，使数控铣床沿着指令方向加工。电火花加工主要用来加工冷冲模、塑料模和压铸模的型腔。目前国外大型塑料注射模已用于5万克的压机，配合高速注塑，热流道模具已普遍采用。电解加工多用来制造锻模。对于少量生产的大型试制模具则多采用锌合金、低熔点合金、塑料、金属喷镀等方法制造简易模具。另外爆炸成形，放电成形等新技术也能做到模具的简易化。

对于电机、电器、仪器、仪表、无线电元件、钟表、照相机、计算机零件所需小型模具，精度越来越高，有的是百分之一或千分之一毫米，以精密冲裁模为例，凸模与凹模的间隙以及有关配合位置都在0.01毫米以内的要求。另外对于大批量生产多采用多工位的自动化、高速化模具。国外多工位级进模，多达20多个工位。在模具中可以攻丝或装配。为了提高寿命，模具材料多采用硬质合金。这种模具，大多结构复杂，精度高，国外加工这些模具多集中采用数控线电极切割、电火花加工、成型磨削、电铸成形、座标镗床座标磨床等精密加工技术。

为了加快模具生产定货过程，充分发挥各企业生产能力和提高特殊机床设备的利用率，

美国国家工模具与精加工协会在华盛顿建立了一个综合服务中心 (Open time service) 为全国各行业无偿服务, 此中心也就是一个计算机中心。有7500个会员厂商把它们日常生产情况输入储存计算机数据库。数据主要由以下三种情报组成:

(1) 承担工模具服务: 列举32种不同冲压模具, 12种不同型腔模具, 8种不同钻夹具与量具, 6种专用机床以及各种工程设计服务项目。

(2) 承担专业服务和提出专业产品: 列举32种不同专业服务范围, 如热处理, 金属喷镀等等以及75种不同专业可提供的产品, 例如模架, 电解加工设备等。

(3) 承担精密加工任务: 列举了会员工厂拥有的精密加工设备名称、规格、如摇臂钻的臂长、立柱大小、电火花加工机床工作台尺寸和电源大小。

顾客要求服务时, 只需打电话给计算中心说明要求、内容, 就可免费告知你能接受任务的厂名地址。参加服务中心的工厂应将新的生产情况即时地用简单的阿拉伯字——数字编码提供计算机中心。现在英、日等国家也拟建立这样的服务中心, 为工模具生产开辟方便之门。

模具标准化是专业化生产的重要前提, 也是系统解决提高劳动生产率, 提高技术水平, 提高产品质量和改善劳动组织的最重要条件之一。各先进工业国家对模具的标准化工作很重视, 不断扩大模具的标准范围。不仅许多零件的形状和尺寸已标准化, 还制订各种典型组合和典型结构, 并组织专业化生产, 以充分满足用户自由选用, 象普遍工具一样在市面上销售和选购。这种生产经营和供应方式对推动模具标准化正在发挥很大的促进作用。

合理地选用模具材料是关系到模具使用寿命和制造成本的重要因素之一。国外是根据工件批量多少、尺寸大小、复杂程度、精度要求来选择模具材料。随着少无切削新工艺的发展和应用, 对模具钢提出了各种新的更高的要求, 所以近20年来国外模具新钢种有较大的发展。

模具技术水平的高低, 最终表现在制造周期、使用寿命、模具精度和制造成本四个主要方面。

(1) 制造周期:

模具的制造周期反应了模具的生产技术水平和组织管理水平。在制造周期方面国外是十分重视的, 国外对一般冲裁模具 (二座标) 和中小型的成形模具 (三座标) 因有较成熟的加工经验和标准件的采用, 在正常情况下其制造周期约为10天至30天。一付高精度多工位级进模为2~3月。美国 Oberg 公司制造一付长达2米多的五工位定、转子硬质合金冲模, 设计2个月、制造4个月。对大中型的塑料模、压铸模、锻模, 其周期则较长。英国1970年对这类模具作了调查, 一般定货安排周期为:

模具设计和材料准备	1~2月
生产车间规划	0~3月
加工	1~3月
钳工修配	1~3月
检查和试验	0~1月
总计:	3~12月

至于汽车覆盖件模具, 其尺寸更大, 形状更加复杂, 一般重量达到25~40吨、70~80吨的也不少见。其加工难度更大, 制造周期更长。下面是英国制造汽车覆盖件模具的进度安

排:

模具设计与模型制造 (4个月)	辅助工具的制造 (3个月)	加工与装配 (9个月)	试模 (2个月)
(共需18个月)			

英国制造一种型号汽车仅覆盖件共需400付不同模具。全套模具约需一百万制造工时,价三百万英镑,下面引述实例:

中等大小, 2门轿车加改型	800000工时
中等质量轿车	780000工时
四门轿车改型	400000工时
客货两用轿车改型	230000工时

西德制造全钢车顶使用的8付模具,其制造工时约为50000工时。

为了缩短制造周期采用计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)是方向性和有效的方法。国外在冷冲模、挤压模、塑压模、压铸模、锻模和汽车覆盖件模具上都有所应用,从而使模具设计制造周期平均缩短了60%(详见后)。

(2) 模具寿命:

提高模具寿命是一个综合性问题。国外除了努力研究和正确选用模具钢材外,还在模具设计结构、制造方法、测试设备、热处理工艺、模具使用时的润滑条件、冷却方式以及压力机设备的精度和维护保养和坯料情况等各个环节予以改进和提高。

国外还对模具失效机理进行试验研究,采取措施,进一步提高寿命,例如对冷冲模的合理间隙值进行了试验研究,从塑性变形与受力状态分析提出一般冲压件过去间隙偏小,可放大二倍,模具寿命可提高三倍左右。根据七十年代的统计资料,先进工业国家几种模具的寿命分别引述如表1-2。

表1-2

模 具 类 别	总 寿 命
冷冲模 (以硅钢片冲模为例)	钢 模: 最高500~800万次 硬质合金模: 7000万次~1亿次, 加长刃口最高3亿次
压 铸 模	压铸锌、锡合金: 最高100万次 压铸铝合金: 最高20万次 压铸铜合金: 最高10万次 压铸黑色金属: TZM钼基合金8000~20000次; 3Cr2W8V钢350次
冷 挤 压 模	挤压铝合金: 钢模10万~100万次 挤压铜与铜合金: 钢模5万~20万次 挤压黑色金属: 钢模最高10万次; 硬质合金模30~500万次
锻 模	小型锻模 20000~30000次 大型锻模 3000~8000次
塑 压 模	不淬火钢塑压模10~60万次 合金工具钢塑压模160~250万次
粉 末 冶 金 模	凹模 (硬质合金) 20~50万次 凸模 (D2钢) 1.5~5万次 芯杆 5万次

(3) 模具精度:

模具精度可分为零件所需的精度(即成形凸模、凹模的精度)和发挥模具效能所需的精度。如面的平行度、垂直度、定位及导向配合等精度是为了发挥模具效能所需的精度。加工精度受到加工方法、加工机械自身精度的限制。当前国外使用机械加工和特种加工能达到的精度如表1-3。

表1-3 加工方法和精度

加工方法	可能精度(mm)	经济精度 (mm)
仿形铣	0.02~0.1	
数控加工	0.01~0.02	
仿形磨	0.005~0.01	
坐标镗	0.002~0.01	
电火花	0.005~0.02 ~0.03	
电 解	0.05~0.1 ~0.5	
电解磨削	0.02~0.03 ~0.05	
坐标磨	0.002~0.005~0.01	
线切割	0.005~0.01 ~0.02	

通常所讲的模具精度是指凸凹模的尺寸精度。日本对各类模具工作部分的尺寸精度和表面质量要求如表1-4。

表1-4

模具品种	质量划分	尺寸公差绝对值 (mm)	表面光洁度 (S)
冲裁模		大型: 0.01 小型: 0.005	0.8以下
拉伸模		0.005	0.4以下
锻模		0.03	0.8以下
压铸模		0.01	0.4以下
塑压模		0.01	0.4以下
玻璃模		0.015	0.4以下
橡胶模		0.01	2 以下
粉末冶金模		0.005	0.4以下
陶瓷压模		0.05	3 以下

国外对大批量生产用的高寿命模具, 对其精度要求更高。一方面要求前后不同模具冲压出的工件可以互换, 另一方面模具本身的凸凹模如有损坏, 也要求可以互换。例如美国 and 英国制造电机定、转子片硬质合金级进模的凸模与凹模拼块的精度可达 0.25μ , 不仅工件可以互换, 而且整付凸凹模也可以互换。

(4) 模具制造成本:

模具制造成本因各国工资、物价、标准不一, 难以比较。模具因是单个生产, 机械化、自动化程度不高, 且多凭熟练工人的技艺加工, 故模具价格是相当高的, 美国一付直径为250毫米左右的电机定子冲片复合模售价2400美元, 相当于一辆普通福特牌轿车的价钱。美

国 lamina 模具厂制造一付中型电机定、转子硬质合金级进模,平均每付成本为40000美元,价格惊人,但其总寿命据报导可达3亿次。美国 Producto 公司的10吋×7吋铸铁冲模模架每付100美元,钢模架每付120美元。英国塑料注射模平均每付1270英镑,其中材料费占1/3,制造工时为400小时。英国一付简单的环形工件的粉末冶金模成本为80英镑。齿轮成型模为2500英镑。英国一种型号汽车所需的400付车身模具成本为3百万英镑,平均每付7500英镑。资本主义国家模具的结构和钢材,是根据产品批量和工件大小来选择的。对于小型模具;钢材用量不大,可选用较好的钢材。对于大型模具必须根据生产批量慎重选择材料。批量不大时,可用增强塑料、铸铁、锌合金、铝青铜、铸钢等材料来制造。

(三) 模具生产技术发展动向

国际生产技术研究协会(CIRP)预测,今后粗加工的75%、精加工的50%以上要采取塑性加工,而且超塑性加工要占25%,塑性加工中的50%可用自动化生产。近年来塑性加工向(1)高速化、(2)自动化、(3)精密化、(4)安全化、(5)大型化方向发展,同时电子工业的超小零件都要求模具精密微型化。所以模具尺寸的范围越来越大,对模具的要求越来越高,为此许多国家对模具技术的发展非常活跃,例如英国1970年由科学研究协会的制造技术委员会组织了九所大学和工艺学院对全国模具生产情况以塑压模和锻模为主进行了调查,对现有加工方法作了评定,最后制订了科研规划,规划包括电火花加工、电解加工、精密铸造、表面强化、热处理与热传导、计算机辅助设计和制造、估价和成本七个方面21个项目,据1977年报导,这些项目已部分取得成果,其他国家也对模具技术进行了大量的工作,发展的主要动向是:

1. 模具的设计结构要与成形工业的高速、自动、精密化相适应,即发展高效率、高寿命、高精度的模具。

2. 积极开展模具标准化工作,扩大模具标准化范围。

3. 发展采用计算辅助设计(CAD)模具,提高模具设计质量,缩短设计周期。

4. 尽量减少模具制造中的手工操作,提高加工机械化自动化程度。

1) 发展电加工用的无损耗电极,适应控制回路等的高精度高效率化。

2) 发展高精度高速度的数控线切割机床对电源要运用微处理机。

3) 发展数控的金刚石丝的锯磨床。

4) 研制带有反馈控制自动仿形磨床。

5) 扩大数控多轴铣床的加工范围。

6) 发展电解加工机床加工模具。

7) 发展电火花磨削技术。

8) 发展计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)的模具生产系统。

9) 研究精密铸造新技术铸出精度较高的型腔。

5. 发展经济、快速的简易模具制造工艺。

6. 建立专为模具服务的计算机中心。

7. 建立专门的电加工用的电极制造厂。

8. 在发展具有高强度、高寿命及特殊性能的模具钢材的同时,重视简易模具材料的研究和使用。

9. 研究模具表面研磨抛光的新技术新设备。

10. 发展模具表面强化处理工艺, 提高模具寿命。

11. 研究模具破损机理提出提高模具寿命的措施。

12. 总结提出模具成本和估价的合理运算方法。

(四) 模具制造中带有全局性、战略性的问题及其预测

电子计算机已经在各个重要领域中得到应用。机械制造部门将向由计算机控制的自动化无人化工厂发展。国际生产技术委员会 (CIRP) 在1970年预测, 到1990年将有 50% 的机床数控化。还认为日本在 1980 年就能达到, 并对计算机在机械制造业中应用进行了预测: 到1980年生产全盘自动化需要的计算机软件系统和工序的最佳化将进入实用阶段, 到1985年有 75% 以上金属加工作业和整个工厂 50% 以上生产作业将实现电子计算机中心控制全盘自动化。2000年作为设计和制造之间联系手段的图纸将失去作用, 而是由全盘自动化的集成生产系统 (IMS) 来完成。

模具是单个生产, 加工型面比较复杂, 精度要求高, 能不能实现计算机控制的自动化生产, 在六十年代以前, 模具界是有不同看法的, 模具的加工包括型腔部分和机能部分, 前者是模具的主体部分, 后者是从属部分, 机能部分的加工为车削、平面切削、钻孔等, 进行数控全盘自动化是没有问题的, 而型腔加工数控自动化难以解决。近十年来, 许多国家的模具设计和制造人员越来越缺乏, 招收培养这样的人员又极为困难, 因为培训时间长, 模具加工多凭手艺, 青年人不愿干这种工作, 据报导美国某工业区模具工人因退休或其他原因的减少率比补充率高一倍。美国模具工人的平均年令高达50岁。这样给模具设计制造带来的压力越来越大。为了解决这一矛盾, 有些模具制造部门, 将 CAD/CAM 于模具生产中作了尝试。首先是美国通用汽车公司 (GM) 对车身模具进行了试验研究, 结果研制了 INCA 系统, 1964 年开始用于生产模型, 到1970年大量车身模具采用此新技术生产。模具生产周期比过去提前 2~3 个月, 凸凹模表面逼真精确, 相配得很好, 由于精度高, 使装配与试模快而易, 最后精加工时间可节省 25%, 采用此系统, 产品如有变化, 模具修改也容易, 由于效果显著, 西德 Opel 汽车厂引进了此系统, 并将英制改为米制。

现在日、法、加拿大、英、苏等国家制造汽车车身模具都采用 CAD/CAM 技术, 除了汽车车身模具外, 近几年来美国的 Die-comp 和 oberg 硬质合金模具厂、意大利的 Olivetti 公司、捷克的金属加工工业研究所分别研制了 PDDC、Unigraphics、Optal、AKT 系统来设计制造冷冲模 (包括级进模), 大大缩短了设计制造周期, 美国巴特尔 (Battele) 研究所对锻模和挤压模的 CAD/CAM 进行了研究, 已为透平、压缩机叶片精密锻模的设计制造发展了 BLDFORG 和 BLDSURF 两种系统。

1977~1978 年美国 Newark Die 模具厂和 Plas-Tool's 工厂已用价格为 250000 美元的计算机数控加工中心加工塑料模具, 其效率比普通加工提高了三倍, 另有十二家公司采用了高功率价较廉的微型处理机设计塑料模具, 最近美国国家计算机科研系统成功地把 CAD 与 CAM 联系起来, 命名叫 Compu Tool 系统, 利用此系统可将模具从设计到制造完成的时间缩减 90%, 此系统由三个部分组成: 1) 一支铅笔状的计算机扫描器, 它与模型表面接触移动, 把数据输入计算机 2) 计算机图形处理器, 把输入的数据转换为三座标图形, 设计者可用光笔进行修改, 3) 数控加工机床根据处理的图形加工模具, 据报导四轴数控铣可加工圆弧或型面的精度为 0.0025 毫米, 美国-塑料制品厂已装置了这一套系统来生产模具, 整个系统价格高达 750000 美元, 但该厂仅在两年内产值就由 10 百万美元增至 35 百万美元, 产值的增长绝

大部分是由于CAD/CAM新技术的采用,大的投资很快得到偿还,另外国外还有些厂用这技术来制造电加工的电极,也取得较好的效果,从以上报导可以看出CAD/CAM是模具生产走向全盘自动化的有效措施,是一项重大的技术革命,美国加工工程师学会和密执安大学最近进行了一次调查,预测到1982和1987年将分别有19%和33%的模具是直接从计算机辅助设计图样输入数控机床而制得,展望今后模具制造厂和使用者的合同关系是使用者把数控穿孔带提供模具制造厂,制造厂按此生产所需的模具。当然这一技术现在用在模具上并不是完整无缺的,它对于形状亟复杂的自由型面和尖峰狭槽的自动编程还有困难,另外设备投资大,一般制造厂商无力承担,美国国会很关心小的模具厂面临生产技术的变化需要高的投资所处的困境,当前国外的趋势是大的模具厂(或车间)采用计算机数控技术设计和制造大型的复杂的模具,小的模具厂则集中力量制造一般模具。

现在工业先进国家或大城市都在建立商业性的计算机中心,为塑料制品厂、压铸厂、模具厂的模具设计服务。计算机中心能在极短的时间内为模具的型腔部分进行设计并制成穿孔带,模具制造厂利用穿孔带生产模具,而对于模具的机能部分,如模块外缘加工,导向孔的定位与钻加工,支承附件等则可编成标准穿孔带来加工,所以对模具专业厂来讲,计算机辅助设计可以摆在第二位,而数控机床是必要的。

为了简化计算机辅助设计和制造模具的编程工作,应该把模具的型腔进行形状分类,英国对200多套锻模图纸分析的结果,可归纳为15种或16种基本形状,约有80%的锻模可由基本形状组成,对基本形状进行编程,把这些编程组合应用,则整个编程时间大为缩短。有一模具实例,编程时间由二星期减至半小时。当前一些塑料制品厂和压铸厂在经济上还没有能力来研究型腔基本形状的分类,这一研究工作感到迫切需要,因为机床制造厂可将更多的数控机床卖给模具制造厂,而模具制造厂能很快地采用这项新技术,英国国家工业研究室拟主办这项工作。

(五) 模具制造中有待研究解决的几个问题

1. 靠模、电极的制造

仿形铣需要靠模、数控铣有的也先要利用靠模测绘尺寸来制作数控带,电火花和电解加工都需要电极。靠模的制造多数是手工操作,花费工时。电极的制造除机械加工外虽研制了石墨电极的振动磨削成形法,金属电极的电铸法或喷镀法以及薄板电极的放电成形制造法,还有采用计算机辅助设计、辅助制造的方法,日本Japax公司研制了EMM30石墨电极成型机床,该机采用直径为0.6到1.0毫米的金刚石工具丝,借助数控工作台的进给来加工轮廓形状,制造的石墨电极精度能控制在 $\pm 0.01 \sim 0.15$ 毫米范围内,但这机床只能加工通孔模用的电极,美国3M公司最近研制了铜钨电极的模铸成形法,这些方法,虽发挥了一定效果但对单个生产的模具来讲还不够理想,如时间长、成本高、并对形状特别复杂的电极还难以成形,因此有待研究更完善的方法。

2. 模具的研磨抛光

模具的研磨抛光是费力难以实现自动化的范畴,电火花加工和线电极切割等的发展普及,使模具型腔加工效率显著提高,但相反,对于在模具加工表面产生硬化层的研磨工序,添增了更多的困难,美、日、英等国为了解决这一问题,研制了挤珩研磨技术及装备,对穿孔模具有一定的效果,但对不通孔模具和大型模具,其使用受到了限制。也有研究采用电化学抛光技术的,目前仅对简单型面可提高光洁度一级到二级,复杂型面还有困难。日本

还研制了一种自感式仿形研磨机，磨头自动沿型面作三向运动进行研磨加工，对大型面取得一定效果，但窄缝狭槽还得手工研磨，日本近年来对超声波研磨从原理到实际采用进行大量工作，获得较好的成果，但这技术适用于小型模具，对大型模具还不够理想，为此有必要进一步研究改进或将几项新技术有效地综合应用。

国外模具技术水平见表1-5。

表1-5 国外模具技术水平汇总表

技术内容	达 到 水 平	技术内容	达 到 水 平
寿命： 冷冲模 以硅钢片冷冲模为例	总 寿 命 钢模500~800万次 硬质合金模一亿次（如加长刃口最多3亿次）		套设备的生产体制，有数控的磨、镗、铣等；电解机床、电加工机床等大到电极重量为30吨；线切划的零件大到400×700毫米，厚度为150毫米，采用计算机辅助制造
压铸模	压铸合金 100万次 压铝合金 20万次 压铜合金 10万次 黑色金属压铸 T2M合金8000~2万次 3Cr2W8V 350次	模具结构设计	小批试制多采用简易模，有20多种简易模制造方法，有专业厂生产。 中批生产用典型组合与标准件 大批生产用多工位连续模，并在工位中增加攻丝、焊接、装配工序。冲压大型成型零件用自动传递模及多滑块自动弯曲模
冷挤模	挤铝合金钢模10~100万次 挤铜合金钢模 5~20万次 挤黑色金属 { 钢模10万次 硬模30~50万次	模具材料	微变形钢，钨高速钢，含Cr40%的高耐磨钢及硬质合金等，有易切削钢，予硬化钢真空冶炼、电渣重熔改善工具钢性能
锻模	小型锻模2~3万次 大型锻模3000~8000次	热处理	采用真空热处理，气相沉积TiC、渗硼、离子氮化、气体软氮化。 例如，电渣重熔钢使某付模具寿命从1万次提高到5万次
塑压模	不淬火钢10~60万次 合金工具钢160~250万次	模具制造专业化	各行业所用模具具有50~70%在专业厂生产。各厂规模不大，专业性很强，工模具专业厂产值，估计美国在1985年达到50亿美元（现在是20亿）
模具精度	日本要求冲裁模的制造公差为3μ，英国<1μ，美国电机定、转子片冲模精度为0.25μ 要求达到互换性	科研工作	除日本有一个模具研究所外，其他国家尚无独立模具研究机构，大公司和大型模具厂附属有模具研制部门，还可组织大专院校与工厂协作进行科研
模具制造周期	日本生产大型精密连续模3个月 美国 Oberg 制造一付2米长的电机定、转子模为4个月	生产效率	日本平均每人每月生产模具1.1~1.3付（级进模比例大） 模架生产：美国（75人计）每年生产标准模架6万套
模具标准化程度	标准模架，模具标准件，典型组合，锻模标准模块 中批生产标准化程度为85%。苏联按金属重量算95%的标准件		
模具制造专用设备和机械化程度	有各种高效率、高精度的专用设备。实行了机械化生产，并有模具加工成		

二、模具专业化情况

组织专业化生产是当代工业发展的必然趋势。由于模具在机械加工中的地位越来越重要，普遍引起各国的重视，作为机械工业要素之一，并成为独立体系。

国外除产品制造厂有工具车间制造模具外，模具专业厂有很大的发展。据1976年不完全统计，美国有约5000多个模具专业厂；日本有6000多个模具专业厂。这些厂的规模都不大，人数不多，但专业性较强。在美日等国家，模具总数的50~70%都是由模具专业厂供应的。

(一) 美国的模具专业化生产

美国模具行业包括两种类型的厂家(公司)，一种是属于某一产品公司的工具部门，另一种是单独的模具专业厂。前者是专门为本公司生产成套的模具或亟少部分出售，全国各产品厂约有1000个这样的模具车间，而后者大部分厂是为用户厂订制模具，也有部分厂生产标准或专用模架、标准凸、凹模等通用零部件供应国内外。通常，较大的产品公司(如福特汽车公司)都有自己的模具制造部门。

美国模具行业设有一个工模具精密加工协会(NTDPMA)，下属约有2000个厂商，其中生产模具的约有600~700家，这些厂商绝大部分是小企业，平均人数只有25~35人，仅有十几个厂商是大于200人的。

另外还有一个冲模制造协会(NAPM)和模架服务局(DSSB)下属有12个厂家，大部分也是工模具协会的成员。

工模具协会是民间的商业组织。协会的业务包括有：选择模具材料、研究提高生产率、办函授大学、编写教材、制定推荐标准、向国家提出劳保、防污及其他条例、组织交流技术、情报(参观、会议)、参加国际贸易等。

在美国还有2000~3000个厂商制造模具，他们没有参加协会。

美国工模具专业厂商组织情况如表2-1(1972年统计)

表2-1 美国工模具专业(厂、商)组织情况(1972年)

人 数	专业厂数	职工(千)	生产工人(千)	制造产值(百万美元)	材料成本(百万美元)	销 售 额(百万美元)	新的基本建设费用(百万美元)	年终盘存(百万美元)
1~4人	2752	5.2	5.1	115.9	40.9	156.8	12.8	13.7
5~9人	1262	8.5	7.1	153.9	49.0	202.2	12.5	14.8
10~19人	1335	18.3	14.9	322.7	104.5	423.8	17.6	29.5
20~49人	920	27.1	22.1	487.2	171.9	650.8	25.2	60.7
50~99人	224	14.9	12.0	269.5	98.3	363.9	15.0	41.4
100~249人	107	15.2	12.4	288.3	127.5	411.7	12.1	63.8
250~499人	9	2.6	2.1	37.4	15.6	52.8	0.4	7.5
500~999人	4	2.4	1.8	31.0	15.8	47.1	0.7	3.5
1000~2499人	3	3.9	3.1	93.3	24.8	117.6	0.7	8.5
总 计	6616	98.1	80.7	1799.4	648.2	2426.7	97.0	243.4

美国1967年~1976年工模具专业厂商和整个工业部门生产的工模具销售额情况如表2-2。
美国工模具产值分布情况如表2-3。

表2-2

	1967年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1975~1976 百分比变化
工模具专业厂商:								
销 售 额 (百万美元)	2204	2160	2247	2931	3107	2400	2520	5
职工总数 (千)	114	99	98	106	114	95	—	—
生产工人 (千)	96	81	81	87	94	82	—	—
整个工业部门:								
销 售 额 (百万美元)	2520	2310	2732	3169	3327	2550	2650	4
进口模具 (百万美元)	—	—	43	55	64	69	79	15
出口模具 (百万美元)	—	—	52	62	78	99	111	12

表2-3 美国工模具产值分布情况

工 模 具 产 品 名 称	1972年产值 (百万美元)	1967年产值 (百万美元)	工 模 具 产 品 名 称	1972年产值 (百万美元)	1967年产值 (百万美元)
总产值(包括工具、模具、夹具)	(2713.5)	2520.2	模架	29.2	39.6
其中模具:			标准冲头、弹簧	51.8	20.9
弯板模	148.9	19.2	其他专门设计工模具	148.5	306.5
<500磅	44.9		专用工模具	135.9	
成型拉延模	501~3000磅		工业模型	640.3	446.2
>3000磅	83.8		其中: 压铸模	93.6	99.3
级进冲模<高速钢	98.5	185.6	铁模	14.3	8.8
硬质合金	30.2		橡胶模	48.5	40
其他冲模	204.4	189.1	塑压模: 注射模	301	168.1
锻 模 (开)	7.5	22.2	压模	33.7	25.5
(闭)	30.9	25.7	其他	21.3	18.2
挤、拔模<高速钢	7.5	20.5	玻璃模等	69.3	41.0
硬质合金	12		其他	58.6	34.4
其他模具			专用工模具超过10人以上的专业厂	340.9	251.1
标准专用模具零件模架	97.7	44.1	专用工模具少于10人的专业厂	212.2	103.1

从表2-3中可以看出: 模具在1967年~1972年产值增长最多的是标准冲头(≈151%), 其次是冷冲模(≈81%), 注射模(≈80%)。而且在这期间小厂商(10人以下)的产值增长达106%。

据美国商业部门通过统计分析, 展望到1985年工模具专业厂商生产的总产值将达50亿美元, 平均每年增长7.6%。

表2-4为美国生产冷冲模的部分厂商经营产品情况:

美国生产塑压模的专业厂按营业性质重复计算约700多家, 其类别和厂商数如表2-5所示: