

高等学校教学用书

# 锻造与冲压工艺学

**G**AODENG

XUEXIAO

JIAOXUE

YONGSHU

冶金工业出版社

## 前 言

《锻造与冲压工艺学》是根据冶金高等院校“八五”教材规划和金属压力加工专业“锻造与冲压工艺学”教学大纲要求编写的。它是一本论述锻压工程理论和各种锻造与冲压工艺方法，拟订工艺规程和简要模具设计以及合理选择锻压设备为主体内容的教学用书。

本书特点是，内容精练丰富，叙述简明扼要，结合冶金技术发展需要，突出高合金钢及合金的锻造开坯工艺。自由锻、模锻和板料冲压是本书的重点，对国内外一些特殊锻压新工艺及新设备也作了适当的介绍。

本书每章的末尾附有复习思考题，以利学生掌握本书的重点内容。

本书共分两篇：第一篇锻造工艺学从第一～第八章，由王允禧编写；第二篇板料冲压从第九～第十七章，由李体彬编写。全书由王允禧任主编。

本书承主审单位西安冶金建筑学院严崇年老师、武汉钢铁学院老师和北京科技大学袁康老师审阅，提出许多宝贵意见和建议，编者在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，恳切希望各用书单位教师和读者提出批评和建议。

编者

1993. 1.

## 第一篇 锻造工艺学

第一章 总论	1
第一节 锻压生产在国民经济中的地位	1
第二节 锻压工艺技术概况	3
第三节 锻压设备情况	5
第四节 我国与工业发达国家的差距	6
第五节 发展趋势与任务	8
第六节 电子计算机辅助设计和辅助制造的应用	10
第七节 本门课的性质与任务	12
复习思考题	12
第二章 锻压设备综述	13
第一节 引言	13
第二节 锻压设备的种类和特性	16
第三节 锻锤	21
第四节 水压机	24
第五节 精锻机和摆锻机简介	30
复习思考题	32
第三章 锻造对金属组织和性能的影响	34
第一节 冷变形后金属的组织和性能	34
第二节 热变形后金属的组织和性能	37
第三节 锻压比、纤维组织和力学性能的关系	39
第四节 纤维组织与零件寿命的关系	40
第五节 金属的可锻性	41
复习思考题	45
第四章 坯料加热、锻件冷却和热处理	47
第一节 坯料加热方法及其性能变化	47
第二节 锻造温度范围和加热制度	56
第三节 锻件冷却和热处理	60
复习思考题	62

第五章 自由锻造	64
第一节 自由锻工序与锻件分类	64
第二节 锻造时坯料变形特点及力能计算	78
第三节 自由锻工艺规程的制定	98
复习思考题	108
第六章 高合金钢及合金的锻造	110
第一节 钢的组织及合金元素对可锻性的影响	111
第二节 高合金钢锭及锻前清理	113
第三节 高速钢锻造	115
第四节 高温合金锻造	122
第五节 胎模锻造	128
复习思考题	131
第七章 模锻	132
第一节 锤上模锻	133
第二节 在其他锻压设备上模锻简介	141
第三节 模锻的修整工序	150
复习思考题	151
第八章 特殊锻造工艺简介	152
第一节 精密模锻	152
第二节 粉末热锻	155
第三节 超塑性模锻	157
第四节 多向模锻	160
复习思考题	164

## 第二篇 板料冲压

第九章 总论	165
第一节 概述	165
第二节 冲压加工的分类和发展方向	166
第三节 冲压设备简介	168
复习思考题	171

第十章 冲压变形的理论基础	172
第一节 冲压变形时的应力与应变	172
第二节 冲压变形的趋向性与控制	178
第三节 板料冲压工艺性的试验方法	182
复习思考题	186
第十一章 冲裁	187
第一节 冲裁变形机理	187
第二节 凸、凹模刃口尺寸的确定	191
第三节 冲裁力的计算及降低冲裁力的方法	198
第四节 冲裁件的整修	200
复习思考题	204
第十二章 冲裁模	205
第一节 冲裁模的基本类型与构造	205
第二节 冲裁模的主要部件与零件	208
第三节 冲裁模的结构设计	215
复习思考题	217
第十三章 弯曲	218
第一节 弯曲变形过程分析	218
第二节 弯曲时的应力与应变状态	221
第三节 应变中性层的位置与最小弯曲半径的确定	223
第四节 弯曲力矩与弯曲力的计算	227
第五节 弯曲件弹复的计算与减少弹复的措施	229
第六节 弯曲件坯料尺寸的计算	237
第七节 弯曲模工作部分尺寸的确定	240
复习思考题	243
第十四章 拉深	245
第一节 拉深变形过程中的应力应变状态	246
第二节 拉深工件的起皱与防止	254
第三节 圆筒形工件拉深工艺计算	257
第四节 拉深凸、凹模工作部分的尺寸	261

第五节	变薄拉深	268
复习思考题		271
第十五章	胀形与翻边	272
第一节	胀形	272
第二节	翻边	277
复习思考题		285
第十六章	其他成形方法简介	286
第一节	旋压成形	286
第二节	爆炸成形	287
第三节	电水成形	288
第四节	电磁成形	289
复习思考题		290
第十七章	冲压工艺设计	291
第一节	冲压件的工艺性分析	291
第二节	确定冲压加工的最佳方案、工序数目与工顺序的 几项原则	294
第三节	确定半成品尺寸的原则	296
第四节	确定模具的结构、选择设备及编制工艺文件和说 明书	298
复习思考题		299
参考文献		300

# 第一篇 锻造工艺学

## 第一章 总 论

锻造与冲压是机械制造的基础工艺之一，是机械产品加工不可缺少的重要手段。长期以来，在机械工业中除了部分板料冲压件以外，锻件一直是用来为各种机械零件提供毛坯的。尤其是一些质量要求高的重要零件往往必须采用锻件作毛坯。近年来，锻压技术有了飞速地发展。锻压生产已经突破了主要是提供毛坯的范畴，向着部分或全部取代切削加工、直接大量生产机械零件的方向发展。它已成为机件加工极为重要而又很有前途的新加工方法之一。

### 第一节 锻压生产在国民经济中的地位

锻压在工业生产中占有举足轻重的地位。在冶金联合企业中，尤其是优质钢冶炼工厂中，在建立轧钢车间的同时还建有锻钢车间，因为很多低塑性的高合金钢大都需要经过锻造开坯后，再进行轧制。在工矿交通各行各业，如汽车、拖拉机、机床、矿山机械、动力机械、航天航海等部门，如无现代工业生产技术的支柱锻压生产的密切配合，其发展将是不堪设想的。锻压生产能力及其工艺技术水平，对一个国家的工业、农业、国防和科学技术水平所能达到的高度影响很大。根据国外预测，到本世纪末，飞机上采用锻压加工的零件占85%，汽车将占60%~70%，农机、拖拉机将占70%，电器、仪表将占90%<sup>[1]</sup>。

锻压技术所包括的工艺范围目前也越来越广，专业分支越来越细。锻压零件成形工艺包括了锻造（自由锻、模锻、环锻、多向锻）、板料成形（拉延、胀形）、冲裁、弯曲成形、挤压、

拉拔、轧制（辊锻、斜轧、楔横轧、辗压、捻捻）、旋压等几大类。其中根据成形时原材料的状态，又包括体积成形、板材成形、粉末成形、液态成形、超塑性成形等。根据成形温度特点，又有热态成形、冷态成形、中温成形和等温成形等。此外，锻压件成形还可以按不同的力的传递方式，有如使用工模具成形、气压成形、液压成形、弹性材料模具成形、电磁成形等。同时各种不同的成形过程中的变形速率又可以有好几个数量级的差别。随着现代技术的发展，新的锻压工艺还在不断涌现。各专业分支在实际应用中还常常交织、组合，为机械零件的加工提供了越来越多的工艺可能性。

早在两三千多年前，我国劳动人民就已熟练地应用锻造方法制造生产工具和各种兵器，锻造技术达到了相当高的水平。在陕西秦始皇陵兵马俑的出土文物中，有三把合金钢锻制的宝剑足以为证<sup>[2]</sup>。其中一把至今仍寒光夺目，锋利如昔，目睹者叹为观止。但是，由于长期的封建统治和鄙薄科学技术的陋习，近百年来，我国又受帝国主义列强的疯狂侵略和肆意掠夺，加以清政府以及后来国民党反动当局的黑暗统治，极大地阻碍了社会生产力和科学技术的发展。

新中国建立初期，我国锻压生产的技术水平不高，除了手工锻造外，主要是中小型锤上自由锻和胎模锻。板料冲压也只得有一些小型冲压件生产，并且规模小，机械化程度低。各高等院校都没有独立的锻压专业，更谈不上锻压自成一门科学了。

经过三十多年的努力，目前我国锻压行业已发展成为机械制造的一支举足轻重的生产力量。形成了完整的教学、科研和生产体系。在锻压工艺、理论、装备和配套技术等各方面做了大量工作，取得了很大的成绩。

根据粗略统计，目前我国机械工业系统约有锻造生产厂点4000多个。锻件年生产能约为290万t。除了建国以来陆续兴建的一批中大型锻造厂点外，近年来又新建了一批具有国际先进水平的现代化锻造生产厂或车间，基本上可以满足我国发电设备、造



船、石油化工、汽车以及仪器、仪表等机械工业部门生产和发展的需要，并且还开始有部分产品出口。

我国锻压生产工艺技术过去基本上以自由锻、胎模锻和一般模锻为主。对于锻压新工艺技术的试验研究约始于50年代末期。经过广大锻压科技人员的长期努力，我国锻压工艺技术取得了很大进展。在工业先进国家中出现和采用的主要锻压工艺技术，国内也大部分进行了研究，其中有不少已用于生产。

## 第二节 锻压工艺技术概况

电站大锻件常被人们视为衡量锻造技术水平的重要标志之一。我国在60年代初已有了3台10万kN级自由锻水压机。这些年来我国几个主要重机厂对国外先进的大锻件锻造技术，如“降温锻造法”等，进行了大量试验研究，吸收了国外先进经验，改进和完善了锻造方法。目前，30万kW以下的电机转子锻件和包括60万kW高、中压汽轮机转子在内的汽轮机转子锻件（低压整体转子除外）的制造基本上可以立足于国内。

对大型发电机护环，国内在生产中采用了各种强化方法，包括半热锻、冷锻、楔块扩孔、爆炸扩孔等。目前已掌握了先进的液压胀形强化技术。并成功地用于30万kW以下护环的生产。

大型曲轴的弯曲锻（全纤维锻造），在1965年就已赶上国际先进水平。并且还创造了无拐头曲轴的锻工艺。目前全国已有多个厂点能生产锻曲轴锻件，其中主轴径最大可到380mm。天津重型机器厂现已具备月产弯曲锻曲轴400根的能力。

精密模锻技术国内自60年代开始研究，主要是伞齿轮和叶片的精锻。到70年代行星伞齿轮和部分半轴齿轮已陆续开始成批稳定生产，试验并初步掌握了直径 $\phi 200\text{mm}$ 以上直齿伞齿轮和螺旋伞齿轮的精锻技术。目前全国许多省市都可以生产中小型的精锻齿轮。

近年来我国还试验掌握了汽车同步器齿环的精锻技术，投入了大量生产。大叶片的精密锻造结合我国的情况，提出了采用精

辊锻和热精整复合工艺，并与汽轮机厂合作研究成功了700mm不锈钢大叶片的精辊锻精整成形工艺。叶片的质量和精度达到了国外同类精锻片的水平，而设备投资只有国外液压螺杆锤精锻的1/30。目前700mm大叶片精辊锻精整工艺已用于批量生产。

板料冲压在我国也是一项应用较早的传统工艺技术。研究工作的重点是冲压变形的基本规律和冲压件的形状和尺寸精度控制，板材冲压性能以及冲压新工艺的开发应用。目前多工位自动冲压在国内应用还不够普遍，主要是模具和设备问题。液压胀形、橡皮成形、爆炸成形等技术在生产中也都得到了应用。液压胀形皮带轮和波纹管，橡皮成形自行车架接头，爆炸整形空心叶片等都已在生产中应用多年，取得了显著的经济效益。精密冲裁国内在70年代初开始研究，关键是工艺参数的制定、精冲模具的加工和原材料的处理等。为了在普通压力机上推广采用精冲技术，我国发展了液压精冲模架，目前国内除引进少量国外精冲压力机外，大部分精冲零件的生产都是在液压精冲模架上进行的。精冲的高碳工具钢零件厚度已达8~10mm。国内用精冲工艺生产的零件已有数百种。用得最多的是仪器仪表、钟表、电器、办公设备等行业。

冷挤压技术的研究工作在我国开始较早。在60年代末，低碳钢和中碳钢的冷挤压就已在汽车、拖拉机、标准件、轻工、电器、仪表等行业推广应用。据粗略统计，目前在机械工业各部门采用冷挤压冷锻方法生产的零件种类已超过1000种。冷挤压生产点几乎遍及全国各地。冷挤压零件的形状也日趋复杂。

超塑性成形技术是国际上60年代以后才出现的一个新的技术领域。我国从70年代开始进行大量涉及机理、材料和成形工艺的研究工作。我国超塑性研究的一大特点是比较注重实用，在材料选择上注重其实用价值，认真研究解决超塑性成形实际应用的许多具体问题。因此在超塑性成形技术的研究和应用上比较快地赶上了国际先进水平，引起了国外同行专家的重视。目前在我国电子、电器、仪表、军工和模具等行业以及工艺制品行业都有大量

零件用超塑性成形技术进行生产。关于金属超塑性加工理论研究  
工作，我国开始也较早。建国初期中国科学院就开始了金属和合  
金工艺塑性的研究工作。以后理论研究工作逐渐增多，在内容和  
深度上也逐步向国际水平靠近。国内各高等院校和研究所结合  
各自专长在锻压的各个技术领域做了大量的理论研究工作，对推  
动我国锻压技术的发展起到了重大作用。

### 第三节 锻压设备情况

提高锻压生产技术水平，设备条件具有很大影响。建国初  
期，机械工业所需的较大型锻压设备主要由前苏联及东欧国家提  
供。60年代以后从西方国家引进一些先进锻压设备，但为数不  
多，其中有些设备由于国内工艺技术水平尚未跟上以及其他原因，  
在生产中没有发挥应有的作用。建国初期国内只能生产一些中型  
锻压设备。60年代初上海江南造船厂和第一重型机器厂先后自行  
设计制造了两台120MN自由锻水压机。以后我国还自己设计制造  
了300MN模锻水压机、80MN热模锻压力机和1000kN·m无砧座  
锤等。在新工艺设备的研制上国内也做了大量工作，并且在吸收  
国外先进经验的基础上发挥了我們自己的独创性。如设计研制的  
6300kN液压精冲压力机，采用了内阻尼静压导轨，推出了新的  
导轨结构，获得了精密导向和良好的刚度。另外设计制造的2500kN  
活塞销自动冷挤压机，创造性地采用了球面蜗轮副，作为锻压设  
备上的主传动。经过十几年的生产使用证明，这种设计有许多优  
点，完全可以在一定范围内在锻压设备上推广应用。在长期对螺  
旋压力机进行研究的基础上，提出了气-液螺旋压力机的设计并  
获得国家专利。通过样机研制和实验表明，这种设备具有高效、  
节能、快速等一系列优点。

1976年以后，随着我国经济政策的开放，从国外引进了一批  
具有世界先进水平的大型锻压设备和新型设备，如120MN热模锻  
压力机自动生产线，AMP高速锻压机等。这不仅加强了我国锻压生  
产的能力，同时也提供了向国外先进技术学习吸收的机会。此外

我国有关部门通过技术交流、合作生产及引进专利制造技术等方式与德国、美国等先进的锻压设备制造厂建立合作关系，进一步加快了我国锻压设备制造水平的提高。1987年第二重型机器厂按西德引进技术为第一汽车制造厂生产一条120MN楔式热模锻压力机生产线。在此之前北京机电研究所也研制出了原西德奥姆柯 $\phi 460$  辊锻机机械手和120MN楔式热模锻压力机机械手，并已交付工厂使用。

我国生产的大型水压机及机械压力机已经向国外出口。济南铸锻机研究所通过技术引进和研制，与工厂合作研制了多工位冲挤机、高速冲床和冲压柔性加工系统，均达到国外先进水平。

#### 第四节 我国与工业发达国家的差距

从以上简单介绍来看，我国的锻压技术水平和生产能力三十多年来有了明显提高，但从总体来看与国外先进水平相比，还存在着一定的差距。

##### 一、锻压工艺技术水平

从锻压理论研究和新工艺的研究来看，差距主要表现在研究工作的深度方面以及试验研究的方法和手段不如国外。但尽管如此，我们在这方面取得的进展还是显著的，不少新工艺，新技术经过我们的努力，已经在生产中得到应用。一些出现不久的工艺技术也很快赶上了国际水平。

##### 二、锻压装备水平

包括现在拥有锻压设备的水平和设计制造水平。我国在生产中应用的锻压设备目前仍以自由锻锤为主。据统计，全国有自由锻锤约11000台，约占锻压设备的2/3，其中400kg及以下的空气锤就占8200台左右，约占75%，而模锻锤只有250台，热模锻压力机40台，10MN以上的螺旋压力机20余台，另外还有少量平锻机和无砧座锤。而且在生产中应用的这些锻压设备有些已相当陈旧，不能发挥原有的能力。

在国外先进工业国家生产中应用自由锻锤所占比例很小，大

部分中、小锻件用模锻生产。而模锻设备中，热模锻压力机又占大部分。如美国模锻设备总数中压力机占72.8%，日本压力机占79%。目前我国模锻件产量仅占总产量的26%，而前苏联1979年模锻件产量已占67.5%，日本为55%，美国为73%。这种情况与我国锻压设备的落后组成有直接关系。在锻压设备的设计制造能力和水平上，尽管近年来有了很大提高，但与国外先进水平相比还有较大差距。我国锻压设备的设计方法陈旧，对关键部件的研究做得不够深入，加工制造水平低。这不仅反映在国产设备的性能指标上，同时还造成设备的可靠性差，故障多。再加上生产周期长，价格高，在颇大程度上影响了国产锻压设备的扩大生产和应用。

### 三、先进技术应用

在先进锻压技术的生产应用上，与国外差距更为明显。不少先进的锻压工艺虽然在技术上已掌握，但在生产中未能广泛应用。造成这种情况的主要原因是：

(1) 锻件生产分散。按1981年对全国41个工业城市的统计，锻造生产厂点就有近4000个，其中专业化锻造厂不足1%。250台模锻锤分散在近130个企业中，其中大约有2/3的企业仅有1台模锻锤。由于锻件生产分散，品种多，批量小，无法采用先进的锻压工艺和设备，同时也使现有的老设备不能充分发挥能力。我国现有锻压设备的年生产能力虽然可以达到290万t，但实际锻件产量仅占生产能力的37%左右。

(2) 经济管理体制落后。长期以来，我国生产企业各有自己的系统，界线分明，习惯于自给自足的生产方式，不计成本和效益，从而不能发挥全社会的生产能力，进一步加剧了生产的分散性。如上海某厂建有2500kN半自动双向挤压机可年产300万件活塞销，而实际年产仅90万件。而随后山东潍坊某厂又建立冷挤压活塞销生产线，能力为年产120~150万件，实际生产任务只有30万件，尚不足生产能力的1/5。全国还有20多个活塞销生产小厂仍在用切削加工生产。这种地方和部门割据式生产经济，无疑对

新工艺的采用起着很大的阻碍作用。

(3) 关键配套技术尚未完全过关。有些配套技术尚未完全过关，影响了锻压新工艺技术的采用。其中如材料的工艺性能、模具寿命、高效精密下料技术、少氧化和无氧化加热和保护气体加热、工艺润滑等还有许多研究和改进工作要做。

## 第五节 发展趋势与任务

锻压技术的发展趋势一般说受社会对锻件生产需求的变化和当代科学技术发展状况的影响。在生产需求上，由于我国经济体制的改革，国民经济加快了发展速度。为了适应社会主义商品经济发展的需要，提高机械产品的质量，增加经济效益，加强市场竞争能力，机械工业各部门对锻压生产必然会提出越来越高的要求，这就从客观上对锻压技术发展起着强有力的推动作用。

今天，锻造工艺的主要支柱仍然是自由锻和模锻。在不同工业水平的国家，这二者之间的比例关系是不尽相同的。工业发达国家，其模锻件即使按重量计算，也超过自由锻件。如美国、英国、德国等西方国家，模锻件占锻件总重的70%以上；前苏联50年代末期，模锻件占锻件总重的58.5%，到60年代中期上升到65.2%<sup>[2]</sup>。

模锻是锻造生产的主要工艺。从模锻发展的趋势看，压力机上模锻将更多地代替锤上模锻。以锻造业发达的前西德为例，170家锻造厂商，1960年拥有模锻锤1650台，曲柄压力机100台，螺旋压力机188台。可是到了1970年情况转变为模锻锤2100台，曲柄压力机290台，螺旋压力机798台。由此可见，压力机的增长速度远远超过模锻锤。这种明显的变化，与模锻工艺走向高度精密化密切相关。因为模锻锤不如压力机适应精锻工艺和实现机械化自动化连续生产的要求。

锻造业面临的任务主要是提高锻件精度、节约金属材料。如自由锻件的大部分金属在机械加工中变成切屑，用钢锭生产的自由锻件，有1/3或1/4的金属作为冒口和底部切除，加以机械加工

余量大，因而材料的利用率很低。为了发挥锻造业的优势，要求锻件种类规格化和标准化，从而增大每一类品种的生产量，为集中生产和生产专门化创造条件。专门化大批量生产不仅有利于进行精锻，并使少切削和无切削锻造的配套技术等同时得到发展。如无氧化加热、精密下料、工艺润滑涂料、模具精密加工、锻件质量检验技术等，都将得到相应的发展。在成批生产条件下，一般采用通用设备，如模锻锤、曲柄压力机、摩擦压力机、平锻机和高速锤等，而模具则应是专用的。单件或少量生产条件下，不仅锻压设备应当是通用的，而且工具也应是通用的。这说明技术的先进性与经济的合理性是有联系的，在其他工业发达的国家也不乏例证。例如，形状复杂的叶片精锻技术虽然已经掌握，但在少量生产的情况下，也仍然使用方钢坯机械切削加工成形叶片的传统工艺。

锻造工艺除自由锻和各种模锻工艺之外，还有一些特殊成形方法，如电锻、冷挤压、温挤压、旋转锻造、辊锻、粉末锻造等，在国内外近十多年来发展很快。如挤压技术更受到普遍重视。除此之外，还有一些特殊的锻造新工艺正在露头，或成熟在望，例如：

(1) 摆动辗压。这是利用摆动的锥形凸模连续辗压圆盘形件或杯形件，所需压力是原来的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ ，具有以小干大的特殊功能。

(2) 多锤头精锻。主要用来锻造各种台阶轴或空心管件，在管坯内加放芯棒可锻出花键或枪管内来复线。

(3) 超塑性成形。这是将金属或合金在特定条件下进行成形的新工艺。这种变形的特性近似高温玻璃或高温聚合物，在很小的应力作用下获得很大的变形。有人把超塑现象简要归纳为四句话：大延伸；无缩颈；小应力；易成形。

(4) 静液压成形。是将金属置于极高的静液压状态下进行大塑性变形的特殊方法。开始时这种方法只用于线材或棒材成形。

现在研究应用到锻压方面，以满足复杂形状锻件成形的需要。

(5) 磁力锻造。它是一种结构比较简单的磁力锤上进行锻造的特殊方法。半吨重的锤头，锻造能力相当于 15kN 的一般模锻锤。

(6) 悬浮式锻造。是将金属悬浮在磁场中熔融，并使之变成合适的预制坯，然后再用以进行一般方法的终锻成形。

(7) 超声波润滑成形。已在拉拔工艺中得到证明，采用超声波润滑时，模具寿命显著提高，变形抗力下降 50% 左右。

以上所列举的特殊锻造工艺，仍处于探索阶段，个别工艺刚开始用于生产（如多锤头锻造）。这里的方法是为有兴趣者作进一步探讨和创新的提示。

## 第六节 电子计算机辅助设计和辅助制造的应用

当代新兴科学技术的出现，主要是计算机技术和电子技术的广泛应用，对锻压技术的发展有着巨大影响。

诸如美国、英国、德国、日本、捷克等不少国家，对计算机辅助设计和辅助制造锻件和锻模，给予了很大重视。在模锻生产上应用愈为广泛，并取得了明显的经济效果。无论是圆盘类锻件、长轴类锻件、或是形状复杂的叶片锻件，使用计算机辅助设计和制造锻模，均有例证。当然，由于投资大，其应用尚局限于一些大厂家或大公司。我国在这方面仅处于起步阶段，但可以相信，国内外的这一差距会日益缩短。因为已经认识到电子计算机辅助设计具有最优化、省劳力、省时间、提高生产率、降低成本等优越性。他是一项带方向性的技术项目，势在必行。

国内高校为了培育这方面的人材，已经开始计算机在板料冲压成形等方面的辅助设计。在 85 届大学生毕业论文中就有关于计算机辅助设计拉深件毛料外形设计的软件开发。计算机辅助设计和辅助制造具有下列优点：

(1) 提供了科学依据。计算机系统内存贮有综合化的各种有关的专业知识，为锻模设计和制造提供了科学基础，可以体



现人机联系，充分发挥有利因素，使设计和制造得以最优化。

(2) 缩短了生产准备周期。设计和制造过程的自动化，缩短了生产准备周期，产品得以提早问世。

(3) 节省人力和时间。节省设计人员和时间，并能实现最优设计方案，有助于降低模具和产品的成本。

(4) 充分发挥人的创造才能。设计人员从繁琐的设计运算工作中解放出来，有利于更好地从事创造性劳动。

电子计算机辅助设计和辅助制造模锻、锻件的程序如下：

锻件生产的首项任务是设计锻件图（详见第七章模锻）。内容包括：(1) 选择锻件分模面；(2) 规定锻件表面机械加工余量和尺寸公差；(3) 选择模锻斜度；(4) 选定圆角半径；(5) 确定连皮尺寸；(6) 规定必要的技术条件。

锻件质量在很大程度上与上述设计内容完成的正确程度有关。所以应把这些设计内容的指导原则，数据化的资料输入到计算机系统，作为最优化设计的依据。锻件设计后，需把锻件转化为终锻模膛，终锻模膛由模膛本体与毛边槽组成。有关毛边槽的设计规则和数据资料，也应输入计算机程序中去，以便制订最合适的毛边槽结构和尺寸。终锻模膛的形状确定后，把它加入到模块或镶块上。外部形状和尺寸均可使之标准化，只是内部型槽尺寸和顶杆随锻件而变化。使用标准模块有利于计算机辅助设计的程序编制。因为这样的模块尺寸可以存贮，只要把型槽尺寸加到镶块上去，便可得到锻模设计图。

应当指出，所运用计算机能够识别的信息或语言，应便于设计人员掌握。在设计锻件图时，把所要设计的零件按其基本几何体（如：平面、直线、圆柱、圆锥）进行描述输入计算机。根据描述的几何体数据，并调用设计规则和材料变形等资料，进行程序计算，得出锻件的几何体数据，直到满足设计要求为止。在具有图像显示、人机对话型的设计系统中，还能够利用屏幕显示设计结果。当锻件图的各典型横截面数据输出后，则可输入预锻工步或制坯工步的设计规则、材料变形条件等数据，通过程序设计得