

胡亚民 主编

精锻模具图册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

精 锻 模 具 图 册

主 编 胡亚民

副主编 何怀波

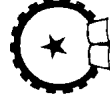
参编者 刘红杰

主 审 张 猛

车路长 王 昶

林 剑 程 娅

钱进浩 刘 春 李 津



机械工业出版社

本书分上下篇。上篇主要介绍了净形或近似净形加工过程中精锻模设计的基本知识。如冷锻件材料、冷精锻前的热处理、磷化皂化、热精锻前的加热、精锻模设计的一般准则、使用条件；还专门提供了一个典型冷挤压件的全套图纸。下篇分列专章介绍了各种各样的精密成形模具，如正挤压模具、反挤压模具、复合挤压模具、镦挤模具、镦锻模具、多工位成形模具等。书的最后附录中收入了许多冷精锻件实物照片。全书结合我国国情，并参考了欧美、日本、前苏联的有关资料，广证博引，模具结构新颖、型式多样。

希望本书能为锻压界的广大工程技术人员缩短精锻模具的设计周期，提高模具设计质量，缩短模具调试时间，降低模具制造成本，少走或不走弯路作贡献。也希望能为高等学校相关专业师生在科研、教学过程中起到参考作用。

图书在版编目 (CIP) 数据

精锻模具图册/胡亚民主编. —北京: 机械工业出版社, 2002.10

ISBN 7-111-10982-1

I. 精... II. 胡... III. 锻模—图集 IV. TG315.2-64

中国版本图书馆CIP数据核字 (2002) 第 072317 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 刘彩英

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

890mm×1240mm A4·1/32 印张·423 千字

0 001—4 000 册

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前言

锻造在机械制造业中占有很重要的地位。在科学技术迅速发展，市场竞争异常激烈的今天，产品更新换代的速度大大加快，对锻造业提出了新的、更高的要求，并且希望能生产出越来越多的精密成形（净形和近似净形加工）件。

为了大规模推广精密成形技术，缩短精密成形模具的设计周期，提高设计质量，不走或少走弯路，降低生产成本，本图册尽量反映国内外的最新成就，结合我国国情，几乎囊括了近二十年来国内有关科研和生产实践中的行之有效的模具，还参考了欧美和日本等有关资料，特别是借鉴了前苏联 B.A.Бабенко 等人编写的《精密模锻图册》的谋篇布局、选材范围及写作特征。

全书分上、下篇。上篇除主要介绍了冷锻成形的基础知识，例如冷锻件所使用的材料、成形前的热处理、精锻模设计的一般准则及其使用条件等以外，还专门提供了一个典型冷挤压件的全套生产用图样。下篇分列专章介绍了各种各样的精密成形模具，如正挤压模具、反挤压模具、复合挤压模具、精挤模具、精锻模具、多工位成形模具等。我们力图使模具结构形式多样化，力争做到图例清晰、简明易懂，以使此图册能受到锻造领域的广大技术人员及高等学校的有关专业师生欢迎。

本图册的编写工作从 1995 年开始，历时 6 年有余，经过大家共同努力，终至今日基本完稿。要办成一件事，必须有很大的毅力和韧力，奋斗拼搏，方能成功。

本图册主审为张猛教授。

付梓之时，向关心和支持本图册出版的各级领导、老师、朋友、同学表示真诚的谢意。

编者

2002 年 9 月 16 日定稿于重庆工学院

目 录

前言

上篇 精锻基本知识

第 1 章 冷锻用材料、软化和处理和润滑	1	第 4 章 冷锻用模具材料及热处理	28
第 2 章 冷锻件工艺设计	6	第 5 章 通用精锻模架	29
第 3 章 精锻模具设计	19	第 6 章 精锻模生产参考图样	38

下篇 精锻模总装图

第 1 章 正挤压模	60	图 1-13 花键轴正挤压模	73
图 1-1 铆管正挤压模	61	图 1-14 带圆形中心孔圆柱齿正挤压模	74
图 1-2 指针座正挤压模	62	图 1-15 带阶梯孔圆柱齿正挤压模	75
图 1-3 带方法兰圆管正挤压模	63	图 1-16 双金属件正挤压模	76
图 1-4 带圆锥台件正挤压模	64	图 1-17 洗衣机渐开线花键轴正挤压模	77
图 1-5 带上下顶料装置的正挤压模	65	第 2 章 反挤压模	78
图 1-6 带法兰盲孔件正挤压模	66	图 2-1 熔断器铝帽反挤压模	80
图 1-7 微型电动机转子正挤压模	67	图 2-2 磁壳反挤压模	81
图 1-8 纯铁底座正挤压模	68	图 2-3 可调式反挤压模	82
图 1-9 带通孔法兰件的正挤压模	69	图 2-4 无导向装置反挤压模	83
图 1-10 自行车前钢碗正挤压模	70	图 2-5 自行车钢碗反挤压模	84
图 1-11 不锈钢外壳正挤压模	71	图 2-6 梭心套反挤压模	85
图 1-12 螺母正挤压模	72	图 2-7 旋鈕帽反挤压模	86

图 2-8 加压器反挤压模	87
图 2-9 管壳反挤压模	88
图 2-10 管罩反挤压模	89
图 2-11 花键套反挤压模	90
图 2-12 磁极芯反挤压模	91
图 2-13 碗形件反挤压模	92
图 2-14 深杯形件反挤压模 (1)	93
图 2-15 深杯形件反挤压模 (2)	94
图 2-16 深杯形件反挤压模 (3)	95
图 2-17 深杯形件反挤压模 (4)	96
图 2-18 深杯形件反挤压模 (5)	97
图 2-19 开式浅杯形件反挤压模	98
图 2-20 闭式浅杯形件反挤压模	99
图 2-21 活塞销反挤压模	100
图 2-22 奥拓轿车空调压缩机用罩体反挤压模	101
图 2-23 钢杯反挤压模	102
图 2-24 U 形件反挤压模	103
图 2-25 内阶梯形孔反挤压模	104
图 2-26 锥顶杯形件反挤压模	105
图 2-27 多层方形罩壳反挤压模	106
图 2-28 隔离罩反挤压模	107
图 2-29 罩壳反挤压模	108
图 2-30 容器盖落料冷挤压模	109
图 2-31 一模挤三件的反挤压模	110
图 2-32 带制坯工位的反挤压模	111
图 2-33 高速锤用反挤压模	112

第 3 章 复合挤压模

图 3-1 带浅坑的复合挤压模	113
图 3-2 杯杆复合挤压模	114
图 3-3 齿圈复合挤压模	115
图 3-4 多层旋转体复合挤压模	116

图 3-5 壳体复合挤压模	118
图 3-6 凸缘壳体复合挤压模	119
图 3-7 二极管管座复合挤压模	120
图 3-8 气门护套复合挤压模	121
图 3-9 气门嘴防护帽复合挤压模	122
图 3-10 力车轴挡复合挤压模 (1)	123
图 3-11 力车轴挡复合挤压模 (2)	124
图 3-12 活塞销复合挤压模 (1)	125
图 3-13 活塞销复合挤压模 (2)	126
图 3-14 带盲孔阶梯件的复合挤压模	127
图 3-15 火花塞壳复合挤压模	128
图 3-16 带内六方孔件的复合挤压模	129
图 3-17 自行车变速轴左盖复合挤压模	130
图 3-18 带阶梯内孔轴管复合挤压模	131
图 3-19 2Cr13 不锈钢件复合挤压模	132
图 3-20 轴承内圈复合挤压模	133

第 4 章 锻挤模

图 4-1 支脚切断冷锻模	134
图 4-2 后电极冷锻模	135
图 4-3 天线拉杆锻挤模	136
图 4-4 “T”形零件锻头模 (1)	137
图 4-5 “T”形零件锻头模 (2)	138
图 4-6 汽车球头销冷锻模 (1)	139
图 4-7 汽车球头销冷锻模 (2)	140
图 4-8 铆轴冷锻模	141
图 4-9 十字螺钉冷锻模	142
图 4-10 汽车轮胎螺栓冷锻模	143
图 4-11 带中间凸缘轴冷锻模	144
图 4-12 拖拉机转轴冷锻模	145
图 4-13 复杂形状销钉锻挤模	146
图 4-14 钻夹头钥匙冷锻模	147

图 4-15 浮动锻管模	149
图 4-16 管件锻头模	150
图 4-17 凸缘轴温热挤压模	151
第 5 章 精锻模	152
图 5-1 极靴冷精锻模 (1)	154
图 5-2 极靴冷精锻模 (2)	155
图 5-3 直流接触器法兰盘冷精锻模	156
图 5-4 汽车气门弹簧座冷精锻模 (1)	157
图 5-5 汽车气门弹簧座冷精锻模 (2)	158
图 5-6 汽车气门弹簧座冷精锻模 (3)	159
图 5-7 自行车花盘冷精锻模 (1)	160
图 5-8 自行车花盘冷精锻模 (2)	161
图 5-9 汽车轮毂杯形螺母锻挤模	162
图 5-10 端面齿形精锻成形模	163
图 5-11 摩托车轴套精密成形模	164
图 5-12 不锈钢齿轮温精锻模	165
图 5-13 摩托车棘轮温精锻模	166
图 5-14 单向浮动等速万向节星形套精锻模	167
图 5-15 双向浮动等速万向节三销轴精锻模	168
图 5-16 锥齿轮精锻模 (1)	169
图 5-17 锥齿轮精锻模 (2)	170
图 5-18 锥齿轮精锻模 (3)	171
图 5-19 锥齿轮精锻模 (4)	172
图 5-20 锥齿轮精锻模 (5)	173

图 5-21 圆柱齿轮精锻模	174
图 5-22 锥齿轮粉末冶金热锻模	175
图 5-23 铣刀坯高速锤锻模	176
图 5-24 钢丝钳精锻模	177
图 5-25 极爪精锻模	178
图 5-26 带爪齿轮坯精锻模	179

第 6 章 自动冷锻模

图 6-1 台阶轴自动冷锻模	182
图 6-2 杯形件自动冷锻模	183
图 6-3 带杆杯形件自动冷锻模	184
图 6-4 螺塞自动冷锻模	185
图 6-5 内六角螺钉自动冷锻模	186
图 6-6 定位钉自动冷锻模	187
图 6-7 活塞销自动冷锻模	188
图 6-8 球头钉自动冷锻模	189
图 6-9 阶梯套自动冷锻模	190
图 6-10 偏头套自动冷锻模	191
图 6-11 偏心六方自动冷锻模	192
图 6-12 偏心轴自动冷锻模	193
图 6-13 球头销自动冷锻模	194
图 6-14 圆锥套筒件自动冷锻模	195

附录 精锻件照片	196
----------------	-----

参考文献	204
------------	-----

上篇 精锻基本知识

第 1 章 冷锻用材料、软化处理和润滑

冷锻用材料，一般为线材和棒材。生产中常按图 1-1 所示的制造工序制备。

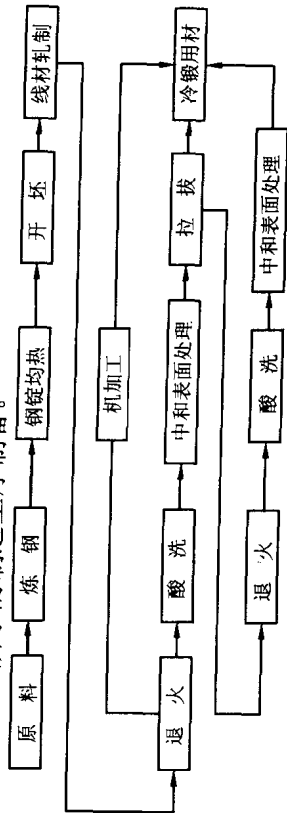


图 1-1 冷锻用材料制造工序

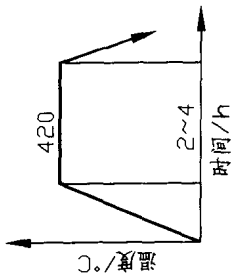
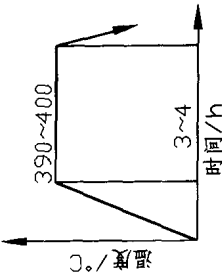
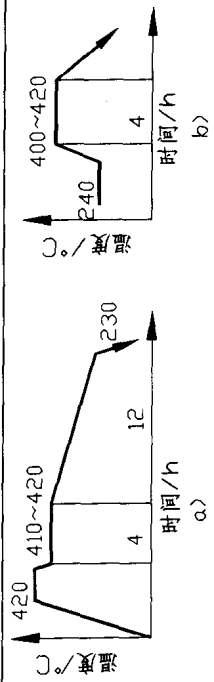
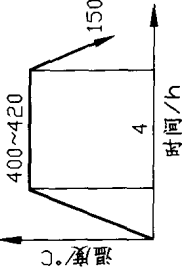
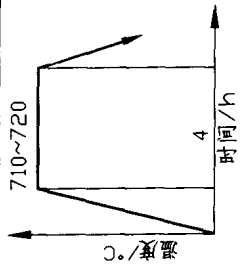
冷锻用原材料应该具有塑性较好、变形抗力较低和对加工硬化不敏感的性能。常用的冷锻材料见表 1-1。

表 1-1 冷锻材料

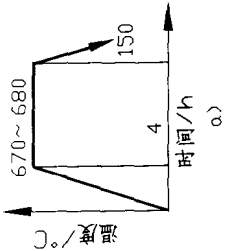
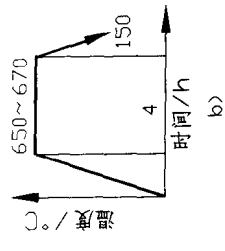
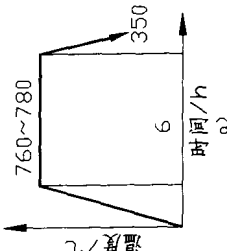
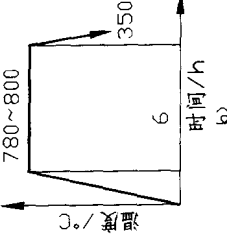
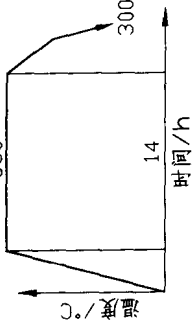
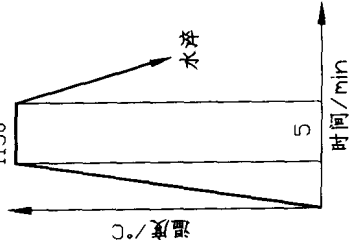
材料名称		材料牌号
铝及铝合金	纯铝	1070A, 1060, 1050A, 1035, 1200
	防锈铝合金	5A02, 5A05, 3A21
	硬铝合金	2A11, 2A12, 2A13
	锻铝合金	2A50, 2A14
	超硬铝合金	7A09
铜及铜合金	纯铜	T1, T2, T3
	黄铜	H62, H68, H70, H80, H85, H90
锌及锌合金	纯锌	纯 Zn
	锌铜合金	Zn-Cu 合金
	锌铝镁合金	Zn-Al-Mg 合金
纯铁	纯铁	DT1, DT2, DT3, DT4
	优质碳素结构钢	08F, 15F, 10, 15, 20, 25, 35, 40, 45, 50, 15Mn, 20Mn
钢	渗碳钢	S10A, S15A, S20A
	合金结构钢	15Cr, 20Cr, 30Cr, 40Cr, 15CrMo, 20CrMo, 30CrMo, 35CrMo, 42CrMo, 12CrNi2, 30Mn2, 40CrNiMo
	不锈钢	1Cr13, 2Cr13, 3Cr13, Cr17, Cr17Ni2, 0Cr18Ni9, 1Cr18Ni9
	轴承钢	GCr9, GCr15
	碳素工具钢	T8

为了提高冷锻用原材料的塑性，降低其硬度和变形抗力，在冷锻之前需要进行软化处理。对于某些冷锻中间工序的半成品，在冷锻之前也需要进行软化处理。其软化处理规范如表 1-2。

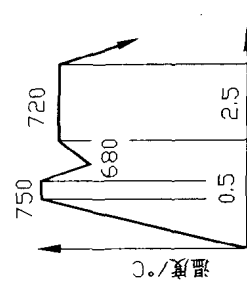
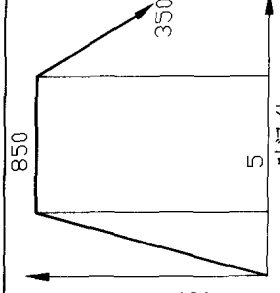
表 1-2 冷锻材料的软化处理规范

材 料	规 范 图	处理前硬度 HBS	处理后硬度 HBS	备 注
纯铝 1070A~1200			15~19	暴露退火出炉空冷
防锈铝			28~33	高温 (420°C) 入炉 暴露退火，出炉空冷
硬铝 2A11 2A12		105	65~73	a) 高温入炉 b) 低温入炉暴露退火
锻铝 2A14			70	随炉冷至 150°C 后，空冷
纯 铜 T1~T4			38~42	暴露退火亦可水淬软化

(续)

材 料	规 范 图	处理前硬度 HBS	处理后硬度 HBS	备 注
黄 铜	 		55~60	规范 a 用于 H62
			50~55	规范 b 用于 H68 暴露退火随炉冷至 150°C
钢	 		107~121	规范 a 用于 10,15,S10A,S15A 规范 b 用于 20,S20A 密封光亮退火
			113~120	随炉冷至 300°C 后空冷
		170~217	120~130 150~163	密封光亮退火
合金结构钢				
不锈钢		200	130~140	

(续)

材 料	规 范 图	处理前硬度 HBS	处理后硬度 HBS	备 注
碳素工具钢		(HV195)	(HV160~165)	中间随炉冷至680℃
轴承钢			174~192	随炉冷至350℃

在冷锻之前对材料进行表面处理和润滑，使材料在冷锻过程中，获得适合于塑性流动的变形条件。提供足够韧度，能经受重压而不被损坏。显著降低摩擦系数，降低模具载荷，减小磨损，延长模具使用寿命。

润滑剂必须无毒，价格低廉，使用方便。

不同的冷锻材料应采用不同的表面处理方法和润滑剂。如表 1-3 所示为钢件的磷化处理过程，表 1-4 所示为不锈钢草酸盐处理过程，表 1-5 所示为硬铝合金氧化处理过程。

在冷锻时所采用的润滑剂一般为油基二硫化钼、水基二硫化钼、植物油、矿物油、动物油、石蜡等。有色金属的冷锻润滑剂如表 1-6。

表 1-3 钢件磷化处理过程

工 序	溶液成分/(g/L)	处理温度/℃	处理时间/min	工 序	溶液成分/(g/L)	处理温度/℃	处理时间/min
1 去 油	氢氧化钠	>85	1~5	6	热水洗	>60	1~3
	碳酸钠			7	磷 化		
	磷酸钠			8	冷水洗		
	硅酸钠			9	热水洗		
2 冷水洗	流动自来水	室温	1~3	10	中 和	60~70	1~3
3 热水洗		>60	1~3	11	皂 化	60~70	20~30
4 酸 洗	盐酸	室温	2~5	12	干 燥	80~120	全干为止
5 冷水洗	流动自来水	室温	1~3				

表 1-4 不锈钢草酸盐处理过程

	工序	溶液成分/ (g/L)	处理温度/℃	处理时间/min	工序	溶液成分/ (g/L)	处理温度/℃	处理时间/min
1	去油	苛性钠等去油溶液	>85	1~5	6	水洗	室温	1~2
2	水洗	流动水	室温	1~2	7	草酸盐处理液	90	10~20
3	酸洗	硫酸+硫酸亚铁+氟酸	室温	>10	8	流动水	室温	1~2
4	水洗	流动水	室温	1~2	9	氯化石蜡 (85%)、MoS ₂ (85%)	50~60	1~3
5	中和	肥皂溶液	室温	1~2				

表 1-5 硬铝合金氧化处理过程

	工序	溶液成分/ (g/L)	处理温度/℃	处理时间/min	工序	溶液成分/ (g/L)	处理温度/℃	处理时间/min
1	氧化	苛性钠 NaOH	40~60	3~7	4	中和	60~70	1~3
2	冷水	流动水	室温	1~2	5	皂化	60~70	10~20
3	热水	流动水	>60	1~2	6	干燥	80~120	全干为止

表 1-6 有色金属冷锻润滑剂

类别	名称	含量 (%)	配制与涂敷方法	注意事项	适用范围
纯油 脂类	猪油 羊毛脂 工业豆油 蓖麻油 工业菜油	100	1. 加热熔化后，坯料浸入油中涂敷 2. 坯料浸入油中涂敷	涂敷均匀，且薄薄的一层，若涂得太厚，在冷锻中多余的油脂无法走散，留在压制件上面，将发生小的皱痕	纯铝 硬铝 纯铜 黄铜
	硬脂酸锌 (粉状)	100	将洁净坯料与硬脂酸锌粉末一起放入木制滚筒中，滚动一刻钟。或将坯料置于硬脂酸锌的布制口袋中滚揉	1. 表面粘敷均匀，不应有堆积现象 2. 防止硬脂酸锌粉末潮湿结块	纯铝 黄铜
混合 溶剂类	十四醇	80	混合后，坯料浸入涂敷	当气温较低时，十四醇应预热	
	酒精	20			
	猪油	5		涂敷均匀，且薄薄的一层	纯铝
	甘油	5	猪油、甘油加热至 200℃，然后冷却至 40℃以下，倒入四氯化碳搅拌均匀。最后倒入气缸油		
	气缸油	15			
	四氯化碳	75			
	猪油	25		涂敷均匀，不宜过厚	
	液体石蜡	30	猪油加热至 200℃，冷却后加入四氯化碳，搅拌均匀后加入十二醇，冷却后加入液体石蜡		
	十二醇	10			
	四氯化碳	35			
	猪油	18	猪油加热至 200℃后加入少许四氯化碳，然后加入气缸油和石蜡油，升温至 250℃稍冷后则加入工业甘油和十四醇。当冷却到 150℃时，再把四氯化碳全部加入	涂敷均匀，不宜过厚	防锈铝合金 (5A02、3A21)
	气缸油	22			
	石蜡	22			
	十四醇	3			
	四氯化碳	35			
	猪油	13	将猪油加热至 200℃，几分钟后将入纯机油，两者搅拌均匀(约 3min)最后加入十四醇	涂敷均匀，不宜过厚	纯铜 黄铜
	十四醇	3			
	纯机油	84			

第 2 章 冷锻件工艺设计

(一) 变形程度

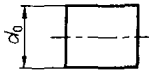
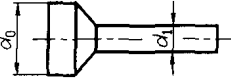
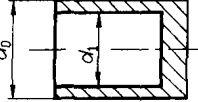
简单冷锻件的变形程度一般用截面缩减率 ϵ_A 来表示, 也可用锻造比和对数塑性变形表示, 见表 2-1。

表 2-1 变形程度的表示方法

术 语 名 称	计 算 公 式	换 算 关 系	符 号 意 义
截面缩减率	$\epsilon_A = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$	$\epsilon_A = (1 - \frac{1}{r}) \times 100\%$ $r = \frac{1}{1 - \epsilon_A}$	F_0 — 冷锻前毛坯的横截面积 (mm ²)
锻造比	$r = \frac{F_0}{F_1}$		F_1 — 冷锻后工件的横截面积 (mm ²)
对数塑性变形	$R = \ln \frac{F_0}{F_1}$		

许用变形程度取决于冷锻材料的塑性和变形抗力的大小、模具材料的性能及其承载能力。常用有色金属及其合金和低碳钢及某些低合金钢的许用变形程度见表 2-2。

表 2-2 冷锻的许用变形程度 (一)

变形方式	变 形 略 图		截面缩减率 ϵ_A	锻 造 比 r	对数塑性变形 R
	坯	工 件			
实心件 正挤压			$\epsilon_A = (\frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2}) \times 100\%$	$r = \frac{d_0^2}{d_1^2}$	$R = \ln(\frac{d_0^2}{d_1^2})$
杯形件 反挤压			$\epsilon_A = (\frac{d_0^2}{d_1^2}) \times 100\%$	$r = \frac{d_0^2}{d_1^2}$	$R = \ln(\frac{d_0^2}{d_1^2})$

(续)

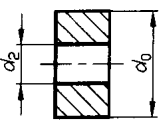
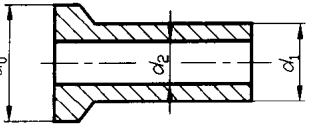
变形方式	变 形 略 图		截面缩减率 ϵ_A	锻造比 r	对数塑性变形 R
	坯 料	工 件			
空心件 正挤压			$\epsilon_A = \left(\frac{d_0^2 - d_2^2}{d_0^2 - d_1^2} \right) \times 100\%$	$r = \frac{d_0^2 - d_2^2}{d_1^2 - d_2^2}$	$R = \ln \left(\frac{d_0^2 - d_2^2}{d_1^2 - d_2^2} \right)$

表 2-2 冷锻的许用变形程度 (二)

材 料		反 挤 压		正 挤 压		自 由 锻 粗	
名 称	代 号	ϵ_A (%)	R	ϵ_A (%)	R	ϵ_A (%) ^①	R
合金结构钢	15Cr	42~45	0.55~0.60	53~63	0.75~1.0	53~60	0.75~0.9
	34CrMo	40~45	0.5~0.6	50~60	0.7~0.9	50~60	0.7~0.9
铝及铝合金	1070A	90~99	2.3~4.5	95~99	3~4.5	~96	~3.2
	5A03	90~95	2.3~3.0	95~98	3~4	~92	~2.5
	LY11、2A11	75~82	1.4~1.8	90~92	2.3~2.5	70~78	1.2~1.5
铜及铜合金	M1、M2	85~90	1.9~2.3	92~95	2.5~3.0	78~82	1.5~1.8
	H62	75~78	1.4~1.5	75~87	1.4~2.0	73~80	1.3~1.6

① ϵ_A 为锻粗许用变形程度

$$\epsilon_n = \left(\frac{H_0 - H_1}{H_0} \right) \times 100\%$$

H_0 ——毛坯高度；

H_1 ——锻粗后的高度。

(二) 冷锻力的计算

冷锻力的确定是模具设计、模具材料、热处理和冷锻设备吨位选择的依据。它的大小与冷锻材料的性能、冷锻件的变形程度、模具的几何形状和润滑条件等许多因素有关。由于生产实践中种种因素的影响，冷锻力是难以准确计算的，尤其是形状复杂的工件。主要靠实际经验，没有一个完善完美的计算方法和实用可靠的公式图表。国内外各种文献资料上的有关公式图表，只可参考，绝不可盲目照搬。

一般认为冷锻力的大小与单位冷锻力和冷锻的真实作用面积的大小成正比，即 $P=q \cdot A$ 。式中， P 为冷锻力； q 为单位冷锻力； A 为冷锻的作用面积，一般按投影面积计算。

单位冷锻力 q 可按表 2-3 查得。

根据计算所得的冷锻力，再结合生产实践经验和本单位的实际情况选择冷锻设备。

表 2-3 冷锻时单位压力的近似值

材 料	正 挤 压		反 挤 压	
	ϵ_A (%)	q / MPa	ϵ_A (%)	q / MPa
10 钢	50~80	1400~2000	40~75	1600~2200
30 钢	50~70	1600~2500	40~70	1800~2500
50 钢	40~60	2000~2500	30~60	2000~2500
纯 铝	97~99	600~800	97~99	~800
铝合金	92~95	800~1000	75~82	800~1200
黄 铜	75~87	800~1200	75~78	800~1200

(三) 冷锻件的工艺设计

冷锻件的工艺设计步骤，如表 2-4 所示。表中所列项目内容互相关联，互相制约，不能孤立、静止、片面地分开研究，需反复交叉进行。在设计模具过程中，还可能再对初始的工艺方案进行修正，在试验过程中进一步补充完善，并就本单位实际作业条件，重新评价工艺设计，直至相当完善。

表 2-4 冷锻工艺设计步骤

序 号	项 目	计 算 公 式	备 注
1	计算坯料体积	$V_{\text{坯料}} = V_{\text{冷锻件}}$	根据冷锻件图，按体积不变定律计算
2	确定坯料尺寸	$D_0 = \sqrt{\frac{4V_{\text{坯料}}}{\pi \cdot H_0}}$ $H_0 = \frac{4V_{\text{坯料}}}{\pi \cdot D_0^2}$	注意检验还要满足下列条件： 1. $H_0/D_0 \geq 0.8$ (冷剪时) 2. $(H_0 - H_1)/H_0 < \epsilon_A$ 许用 D_0 ——坯料直径； H_0 ——坯料原始高度； H_1 ——冷锻后坯料高度
3	计算总变形程度	$\epsilon_A = (F_0 - F_1)/F_0$	根据冷锻件图
4	确定挤压次数	一次 $\epsilon_{A1} = \epsilon_A < \epsilon_A$ 许用	同时还应考虑冷锻件尺寸因素、形状复杂程度以及模具寿命、设备状况、生产效率、综合成本等
		多次 $\epsilon_A > \epsilon_A$ 许用 $\epsilon_{A,n} < \epsilon_{A,n-1} < \epsilon_A$ 许用	

序号	项目	计算公式	备注
5	下料	$H_0/D_0 \geq 0.8$	剪切下料
		$D_0/H_0 \geq 3$	冲裁下料
	冷锻	$\epsilon_A = (H_0 - H_1)/H_0$	$\epsilon_A \leq \epsilon_{A\text{III}}$
	校形	$\epsilon_A \leq 30\% \sim 50\%$	
	中间成形工序	ϵ_A 中间 = (70%~90%) ϵ_A $V_{\text{中间}} = V_{\text{毛坯}} - V_{\text{冷锻件}}$ $H_1 < H_0$ $r_1 < R_0$	1. 最大变形量的冷锻成形放在中间成形工序 2. 按体积不变定律, 确定预制坯形状的横截面尺寸及轮廓图形 3. 中间工序的冷锻尺寸 (H_1) 小于冷锻件上相应部位尺寸 4. 各工序间的圆角半径尽量一致
	最终成形工序	$\epsilon_{\text{最终}} = \epsilon_A$	一道工序挤压成形
		$\epsilon_{\text{最终}} < \epsilon_A$	多道工序挤压成形
	辅助工序	$H_0 \geq 130$ (低碳钢)	1. 退火 2. 磷化皂化 3. 润滑
6	工艺评价与估算	材料利用率 η : $\eta = V_{\text{成品}} / V_{\text{冷锻件}}$ 设备负荷系数 k : $k = \text{计算台数} / \text{采用台数}$ 单件成本: $C = \frac{P}{100} \Sigma I + M + \frac{\Sigma b}{N}$	P — 杂费的百分数; ΣI — 工资总额; M — 材料费用; Σb — 模具总费用; N — 年产量

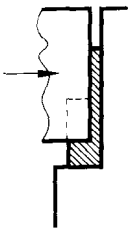
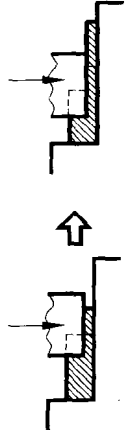
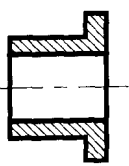
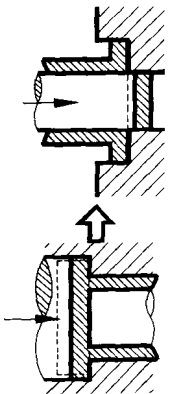
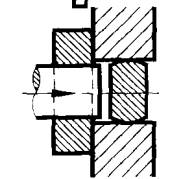
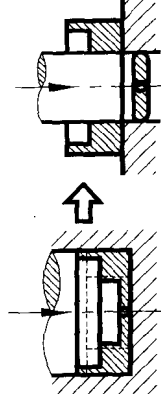
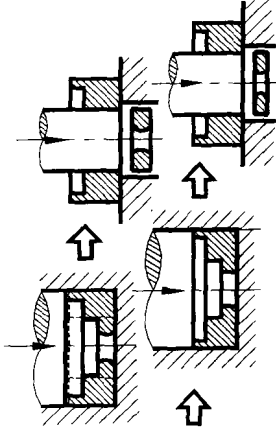
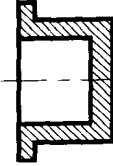
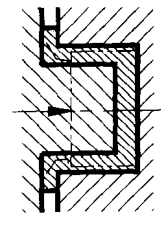
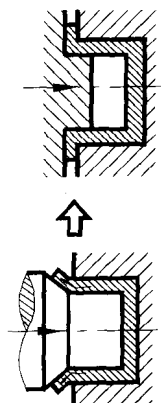
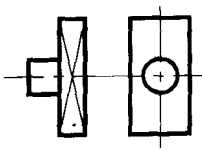
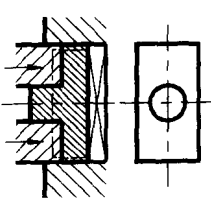
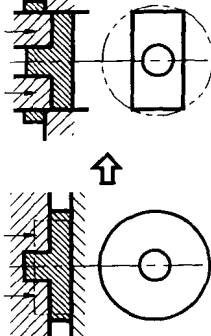
对于给定的材料来说, 冷锻的工序数目直接取决于形状的复杂程度和变形程度的大小。表 2-5 列出影响冷锻工序数目选择的一些因素。

表 2-6 说明了冷锻工艺的选择和设计原则之一是减少冷锻力, 延长模具寿命。表 2-7 反映了从防止坯料产生变形缺陷及破坏的角度来确定冷锻工艺。表 2-8 所示为从节约材料的角度来设计冷锻工艺。

表 2-5 冷锻工序数目的确定

影响因素	工序数	一道工序	两道工序	多道工序
变形程度	$\epsilon_{\text{总}} < \epsilon_{\text{AIII}}$			$\epsilon_{\text{总}} > \epsilon_{\text{AIII}}$
几何形状	形状简单, 如杆形件、杯形件	形状较为复杂, 如锥形件、阶梯轴、带凸缘轴	形状复杂, 或为了成形某一部	
冷锻件尺寸	5~120mm, 坯料尺寸与冷锻件尺寸相近	> 120mm, 坯料尺寸与冷锻件尺寸相差甚远	细长件、孔径过小件、深孔件、圆角半径过小件	
材料性能	塑性极好, 延展性高, 硬度低, 变形抗力小	塑性较好	塑性较差	
单位冷锻力	变形程度小, 单位冷锻力小	单位冷锻力大, 为了降低单位冷锻力和延长模具寿命, 可以将冷锻工序分为几道进行		
设备能力	设备的吨位和额定能量足够	设备的吨位和额定能量不够, 或为了提高劳动生产率则可以将冷锻工序分为几道进行		
生产批量	批量小	批量大		
模具寿命	在模具寿命达到经济批量的前提下尽量依次冷锻成形	大批量生产时, 增加冷锻道次可以延长模具寿命		
润滑条件	能在整个冷锻过程中保证润滑条件良好	润滑条件受到限制时, 为了保持润滑的稳定性, 可考虑增加工序及工序间的润滑		

表 2-6 降低加工力和延长模具寿命的工艺设计举例

考虑方法	制件	差的工艺	好的工艺	备注
1. 减少同时加 压的面积	1.1 			压缩面分两次压出
	1.2 			采用空心坯料减少变形力
	1.3 			内孔挤出的连皮先冲掉, 精整工序 中材料向内流动容易
	1.4 			反挤和法兰锻粗分工序进行, 第一 工序的压力减低
2. 减少模具对 变形中的材料的约 束	2.1 			最初采用较厚的坯料, 侧面自由扩 展后进行切边