

国外机械工业基本情况

锻 压

北京机电研究所 编



机械工业出版社
China Machine Press

本分册收集了世界约 20 个国家近几年来锻件的生产情况,有锻件产量、产值、销售量、销售额、锻件的平均价格;各工业部门(如汽车、农业机械、建筑、矿产、国防、铁路等)对锻件的需求情况;锻件进出口情况,如锻件进出口国家、数量、销售额及比例等;还有各种自由锻件、模锻件、冷锻件、辗扩环形件、冲压件等的生产量、销售额,及与上一年同期相比增长的比例等资料。为了直观易读,还绘制了锻件生产、销售,自由锻、模锻的生产比例曲线图。书中还着重介绍了锻造、冲压、回转成形及其他塑性加工成形的工艺和设备的技术水平、研究状况、应用前景、发展规划及未来展望。对近几年开发的一些锻压新工艺、新技术方法、原理、应用作以简单介绍。

图书在版编目(CIP)数据

锻压/北京机电研究所编. —北京:机械工业出版社, 2002.4

(国外机械工业基本情况)

ISBN 7-111-09956-7

Ⅰ. 锻… Ⅱ. 北… Ⅲ. 锻压-概况-世界 Ⅳ. TG31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 014789 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:左浩泓 王丽滨 版式设计:霍永明 责任校对:李汝庚

封面设计:姚毅 责任印制:王书来

林业大学印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·20 印张·496 千字

0 001—1 000 册

定价:58 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

出版说明

机械工业肩负着为国民经济提供实用、先进的技术装备的重任。根据我国机械工业实现战略性机构调整,完成产业升级和推进企业技术创新的要求,综合研究国外机械工业发展规律和成果,系统地了解国外机械工业发展趋势和特点,以借它山之石促进我国机械工业的技术进步,我们组织编写了第五轮“国外机械工业基本情况”。这一轮是在前四轮的基础上,针对我国机械工业发展的实际要求,系统地介绍了国外主要工业国家重要公司名牌产品、重点产品的技术水平和研究开发方向;介绍了先进工艺、生产管理方法;介绍了市场及进出口情况等。本轮着重报道了国外 20 世纪 90 年代中后期机械工业发展水平及 21 世纪初的发展趋向。

第五轮“国外机械工业基本情况”采用滚动分册出版的方式。本册为《锻压》分册,由北京机电研究所编。

机械工业信息研究院

前 言

国外机械工业基本情况——《锻压》一书是由北京机电研究所王焱山研究员级高工主编，书中内容涵盖了 20 世纪 90 年代以来国外锻压工业发展的基本情况。全书共分 4 章，第 1 章为锻造工业，第 2 章为冲压工业，第 3 章为回转成形及其他塑性加工成形技术，第 4 章为锻压设备。书中的附录部分，介绍了国外部分锻压企业。全书约 50 余万字。

本书收集了约 20 个国家近几年来锻件的生产情况，有锻件产量、产值、销售量、销售额，锻件的平均价格等；各工业部门（如汽车、农业机械、建筑、矿产、国防、铁路等）对锻件的需求情况；锻件进出口情况，如锻件进出口国家、数量、销售额及比例等；还有各种自由锻件、模锻件、冷锻件、辗扩环形件、冲压件等的生产量销售额，及与上一年同期相比增长的比例等资料。为了直观易读，还绘制了锻件生产、销售，自由锻、模锻的生产比例曲线图表。有的国家还介绍锻造的规模、人员、每个工人平均年产锻件数量等。

书中着重介绍了锻造、冲压、回转成形及其他塑性加工成形的工艺和设备的技术水平，研究状况，应用前景，发展规划及未来展望。对近几年开发的一些锻压新工艺、新技术方法、原理、应用予以简单介绍。

本书还介绍了日、美、英、德、法、意、瑞士、瑞典等国家的部分先进锻压企业的规模、人员、投资、产品、产量、通信地址、联系电话、传真等。

由于时间和水平的关系，提供的资料可能不够全面，有遗漏和不足之处，请提宝贵意见！并可放入下一轮“国外机械工业基本情况”中编写。

在编写中，得到全国锻压学会和中国锻造协会的大力支持，受到许多同行、专家、教授、学者的大力帮助，提供了大量的资料，在此致以衷心的感谢！

本书的作者王焱山、张倩生、段琚、刘淑英、王丽滨向锻压界的同行致谢！

北京机电研究所

目 录

出版说明

前言

第1章 锻造 1

1.1 欧洲的锻造工业 1

1.1.1 概述 1

1.1.2 欧洲锻造联盟生产情况 1

1.1.3 欧洲的锻造技术 4

1.2 德国的锻造工业 7

1.3 法国的锻造工业 9

1.3.1 模锻 9

1.3.2 自由锻和辗环 9

1.3.3 冷锻 9

1.3.4 非铁金属的模锻 10

1.3.5 法国锻造业各类锻件的生产量、 销售额、进出口量及锻件价格 统计 10

1.4 英国的锻造工业 17

1.5 意大利的锻造工业 19

1.5.1 锻造生产 19

1.5.2 意大利锻造协会机构 19

1.6 西班牙的锻造工业 19

1.6.1 1998年度的销售额及生产量 20

1.6.2 按需求行业分类的生产量 和销售额 20

1.6.3 直接出口 20

1.6.4 1999年锻造生产 20

1.6.5 1998/1999年的销售单价和 成本 20

1.6.6 雇员及生产情况 23

1.7 波兰的锻造工业 23

1.8 瑞典、捷克、比利时的锻造工业 25

1.8.1 瑞典的锻造工业 25

1.8.2 捷克的锻造工业 25

1.8.3 比利时的锻造工业 26

1.9 俄罗斯的锻压工业 27

1.9.1 俄罗斯重型锻压机械的生产 27

1.9.2 俄罗斯的板料冲压设备 27

1.9.3 俄罗斯的体积成形设备 29

1.9.4 俄罗斯的热锻成形 29

1.10 日本的锻造工业 30

1.10.1 日本的锻件生产 30

1.10.2 日本的自由锻造业 36

1.10.3 日本的冷锻技术 38

1.11 印度的锻造工业 42

1.12 印度尼西亚的锻造工业 47

1.13 韩国的锻造工业 49

1.13.1 韩国的锻件生产 49

1.13.2 韩国的精锻工业 49

1.14 北美的锻造工业 55

1.15 美国的锻造工业 61

1.16 巴西的锻造工业 64

1.17 国外大型锻件的生产技术水平 66

1.17.1 大型锻件及其主要应用方向 66

1.17.2 工业发达国家大型锻件的 生产技术水平 67

1.18 国外精锻成形技术现状及发展 71

1.19 国外连杆锻件和曲轴锻件 75

1.19.1 国外连杆锻造工艺技术 的进步 75

1.19.2 国外曲轴锻件的生产 78

1.20 国外铸坯模锻的现状 81

1.20.1 概述 81

1.20.2 国外铸造毛坯在模锻中的 研究和应用 82

1.20.3 铸造毛坯在模锻生产中 应用的特点 82

1.20.4 铸坯模锻的应用方法 83

1.20.5 铸坯模锻效益分析 83

参考文献 84

第2章 冲压 86

2.1 国外冲压技术的发展及生产情况 86

2.1.1 国外冲压技术发展动向 86

2.1.2 当代冲压技术的基本水平 89

2.1.3 日本金属冲压件生产情况 90

2.2 国外汽车零部件冲压技术	91	研究	130
2.2.1 汽车大型零件冲压生产的特点	92	2.8.3 板料成形毛坯展开方法的	
2.2.2 冲压装备水平与动向	93	研究	133
2.2.3 汽车覆盖件冲压仿真现状及		2.9 国外高精剪、板材激光拼焊	
发展趋势	97	生产线	135
2.2.4 冲压用大型多工位自动压力机		2.9.1 概述	135
的发展	101	2.9.2 普通剪切和精密剪切	136
2.3 国外精冲技术水平	104	2.9.3 设计高精剪的关键技术	137
2.3.1 概述	104	2.9.4 技术难题	138
2.3.2 精冲工艺	104	2.9.5 结束语	138
2.3.3 精冲材料	105	2.10 国外大口径直缝焊管 UOE 成形技术	
2.3.4 精冲模具	106	及发展	138
2.3.5 精冲设备	107	2.10.1 概述	138
2.3.6 国外生产精冲零件的部分		2.10.2 UOE 成形方法及其技术特点	139
厂家	110	2.10.3 UOE 生产线的建设背景	140
2.4 氮气弹簧在冲压工艺中的应用	111	2.11 国外快速经济模具的应用与发展	141
2.4.1 概述	111	2.11.1 概述	141
2.4.2 氮气弹簧的发展综述	112	2.11.2 快速经济模具的国外概况	141
2.4.3 氮气弹簧标准系列	113	2.11.3 快速经济模具在中国的发展	
2.5 国外板材加工柔性制造系统情况	115	与应用	143
2.5.1 概述	115	参考文献	146
2.5.2 采用板材加工 FMS 的效果	116	第 3 章 回转成形及其他塑性成形	148
2.5.3 采用板材加工 FMS 生产举例	116	3.1 国外楔横轧和螺旋孔型斜轧	148
2.5.4 制造板材加工 FMS 的公司	118	3.1.1 楔横轧国外概况	148
2.6 国外冲压柔性制造系统 (冲压 FMS)		3.1.2 国外螺旋孔型斜轧的发展	
概况	121	与应用	154
2.6.1 概述	121	3.2 国外金属旋压的发展概况	155
2.6.2 美国 Tranemo 公司生产的		3.2.1 概述	155
冲压 FMS	121	3.2.2 旋压工艺的特点和应用	156
2.6.3 日本 NKK 公司生产的冲压		3.2.3 旋压装备	159
FMS	123	3.2.4 旋压毛坯	162
2.6.4 Erfurt 公司开发的冲压 FMC	123	3.2.5 金属旋压工艺	163
2.6.5 几个企业的冲压柔性系统	124	3.3 国外摆动辗压的发展与应用	165
2.7 国外冲压级进模 CAD/CAM 技术	124	3.3.1 概述	165
2.7.1 概述	124	3.3.2 工业发达国家摆动辗压的发展	
2.7.2 冲压级进模 CAD/CAM		与应用	165
技术发展	124	3.4 国外辗环和径向锻造技术的发展	
2.7.3 级进模 CAD/CAM 系统的		与应用	169
展望	127	3.4.1 国外辗环技术的发展与应用	169
2.8 国外板料成形数值模拟的研究	128	3.4.2 国外径向锻造的发展与应用	173
2.8.1 板料成形数值模拟软件的		3.5 国外液压成形技术的最新进展	174
研究	128	3.5.1 概述	174
2.8.2 板料成形压边力控制理论		3.5.2 板材液压成形工艺的进展	174

3.5.3 管材液压成形工艺的进展	176	3.12.2 常用 RP 系统及其原理简介	202
3.5.4 液压成形设备的进展	177	3.12.3 常用 RP 系统的选择原则	204
3.5.5 液压成形技术的发展趋势	177	3.13 国外几种新成形技术	208
3.6 国外激光技术在塑性加工中的 应用	178	3.13.1 无模拉深成形技术	208
3.6.1 激光切割技术	178	3.13.2 金属冷挤压新方法—— FCF 工艺	209
3.6.2 激光打孔技术	178	3.13.3 挤压模体可轴向振动挤压 新技术	211
3.6.3 激光成形技术	179	3.13.4 发动机连杆裂解加工新技术 ..	213
3.6.4 激光加工设备的新发展	180	3.13.5 粘介质成形工艺特点与应用 ..	216
3.7 国外电磁成形设备的概况	181	3.13.6 电弧喷涂成形技术	219
3.7.1 引言	181	3.13.7 金属板材分层渐进成形技术 ..	220
3.7.2 电磁成形设备的组成和 工作原理	181	3.14 国外润滑技术在金属压力加工中 的应用	222
3.7.3 国外电磁成形设备的概况	181	3.14.1 概述	222
3.8 国外金属半固态加工技术及其在 工业中的应用	183	3.14.2 压力加工中摩擦的特点	223
3.8.1 半固态金属加工的主要工艺过程及 适用范围	183	3.14.3 压力加工中使用的润滑剂	223
3.8.2 半固态金属加工的特点	184	3.14.4 固体润滑剂的使用	225
3.8.3 半固态金属加工技术工业 应用现状	184	参考文献	226
3.8.4 国外用半固态金属成形技术生产的 一些典型零件	185	第 4 章 锻压设备	228
3.8.5 半固态成形专业生产厂家 及技术	186	4.1 国外锻压机械的发展概况和趋势	228
3.9 国外铝合金液态模锻现状	188	4.1.1 概述	228
3.9.1 铝合金液态成形工艺	188	4.1.2 CNC 回转头压力机	228
3.9.2 液态成形与原材料	189	4.1.3 板料折弯机	232
3.9.3 发挥液态成形工艺的特点	190	4.1.4 剪板机	235
3.9.4 液态成形零件的形状和尺寸	190	4.1.5 多工位冲压和多工位压力机	237
3.9.5 液态成形零件实例	191	4.1.6 锻压 FMS 和锻压 CIMS	239
3.10 国外粉末冶金烧结锻造技术的 发展	191	4.2 国外金属成形机床市场概况	243
3.10.1 发展状况及经济价值	191	4.2.1 世界机床(金切+成形) 生产情况	243
3.10.2 烧结锻造种类	192	4.2.2 世界机床贸易情况	244
3.10.3 烧结热锻	193	4.2.3 世界机床消费情况	244
3.10.4 烧结冷锻	195	4.3 国外液压机发展概况	246
3.11 国外超塑性成形的研究与应用	196	4.3.1 国外锻造液压机与配套设备 的发展	246
3.11.1 概况	196	4.3.2 国外快速锻造液压机	247
3.11.2 金属超塑性的研究	196	4.3.3 国外机械—液压压力机	250
3.11.3 超塑性成形的应用	200	4.3.4 液压数控回转头压力机	252
3.12 国外快速成型技术	201	4.4 国外中小型多工位压力机和高速 精密压力机	254
3.12.1 概述	201	4.4.1 中小型多工位压力机的现状 与发展	254
		4.4.2 高速精密压力机的特点及其	

发展趋势	255	4.9 国外离合器式高能螺旋压力机回程	
4.5 国外锻锤技术发展	257	驱动机构	272
4.5.1 国外锻锤技术	257	4.9.1 概述	272
4.5.2 美、德三家公司锻锤的		4.9.2 回程驱动机构分析	274
技术分析	259	4.9.3 推拉式回程机构	274
4.5.3 液压模锻锤技术现状与发展	261	4.9.4 结论	275
4.6 国内外粉末冶金压力机的		4.10 国外锻造坯料下料工艺及设备	275
研究与应用	263	4.10.1 常规剪切下料	275
4.6.1 概述	263	4.10.2 精密剪切下料	276
4.6.2 国内粉末冶金压力机的应用		4.10.3 热剪切（锻造温度）下料	277
与开发	263	4.10.4 锯床下料	278
4.6.3 国外粉末冶金压力机的技术特点		4.11 21 世纪初国外锻压机械水平	279
与发展	264	参考文献	281
4.6.4 小结	265	附录 国外锻压企业介绍	283
4.7 国外折弯机技术的新发展	265	日本部分锻压企业	283
4.7.1 国外参展公司及展品	265	美国部分锻压企业	289
4.7.2 国内展品	267	英国部分锻压企业	293
4.7.3 其他参展公司	268	德国部分锻压企业	295
4.7.4 折弯机技术的发展趋势	269	法国部分锻压企业	301
4.8 国外自动锻锤机的冲头顶出机构	270	意大利部分锻压企业	303
4.8.1 概述	270	瑞士、瑞典及其他国家部分锻压企业	306
4.8.2 国外几种类型的冲头顶出		各国锻造协会和学会	308
机构	270		

第 1 章 锻 造

1.1 欧洲的锻造工业

1.1.1 概述

欧洲锻造联盟 (Euroforge) 所涵盖国家的锻造工业的发展现状基本可以代表欧洲锻造工业的发展。欧洲锻造联盟创建于 1953 年, 其会员单位有 400 个, 雇员 65 000 人, 年生产锻件 430 万 t。欧洲锻造联盟的会员国有: 英国、法国、德国、比利时、捷克、意大利、波兰、瑞典、西班牙。

1.1.2 欧洲锻造联盟生产情况

1998 年欧洲锻造联盟的钢锻件总产量为 432.5 万 t, 其中, 锤锻件、压力机锻件和镦锻件为 291.8 万 t (欧洲锻造联盟独立锻造公司生产的锻件为 237 万 t, 汽车零部件及其他工业自用锻件 54.8 万 t), 法兰及管接头锻件 21.8 万 t, 冷锻件 30.5 万 t, 自由锻件 88.4 万 t。

1998 年全世界的钢质模锻件年产量约为 960 万 t, 按地区或国家划分, 即按欧洲、东欧 (如俄罗斯等)、北美 (美国、加拿大等)、南美和中美、远东 (中国大陆、中国台湾省、韩国等)、日本、印度等, 其产量所占的比例如图 1-1 所示。

1998 年欧洲锻造联盟 (独立锻造企业) 的模锻件产量为 236.8 万 t, 欧洲锻造联盟各国的模锻件产量所占的比例如图 1-2 所示。

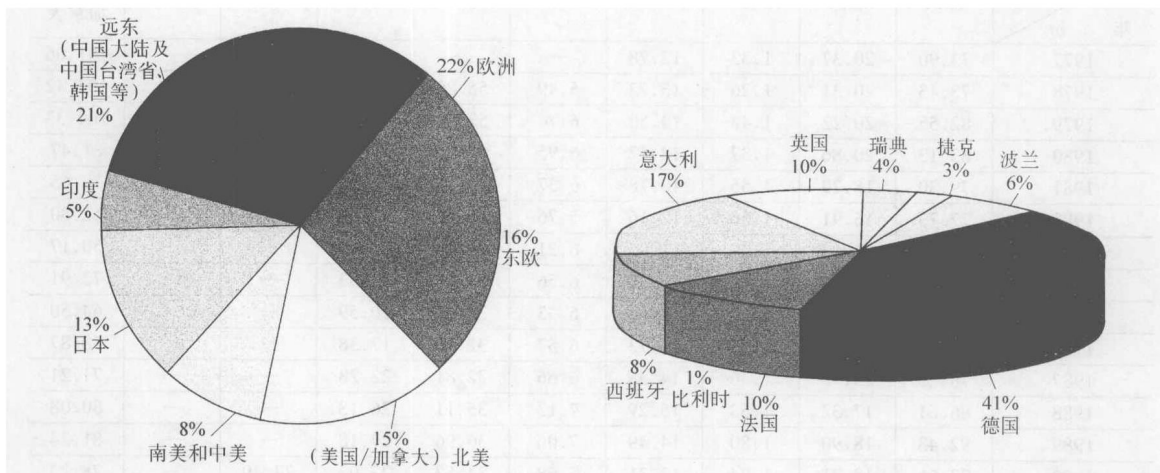


图 1-1 1998 年全世界钢质模锻件产量比例 图 1-2 1998 年欧洲锻造联盟各国的模锻件产量比例

欧洲锻造联盟的锻造公司的规模分为四类: 雇员 < 50 人、雇员 $\geq 50 \sim 199$ 人、雇员 $\geq 200 \sim 400$ 人、雇员 > 400 人, 各类公司所占的比例如图 1-3 所示。

欧洲锻造业的用户所占的比例 (按重量计) 如下: 轿车、卡车用户占 57.8%, 机械制造业用户占 10.6%, 农业机械用户占 7.6%, 矿山机械用户占 2.3%, 铁路用户占 2.3%, 航天设备用户占 0.5%, 其他用户为 18.9%。图 1-4 为欧洲锻造业用户比例图。

欧洲锻造联盟各国和美国、加拿大 1977~1997 年的模锻件生产量见表 1-1 所示，其坐标图如图 1-5 和图 1-6 所示。图 1-5 和图 1-6 直观地表示了欧洲锻造联盟各国锻造业的生产发展情况。表 1-2 所示为世界主要国家锻件生产量，表 1-3 所示为 1997 年世界主要国家锻件生产水平，图 1-7 所示为世界上汽车构件用材料比的推移。

欧盟锻造公司提出的奋斗方向是：提高生产率，加大产品出口，加速生产的国际化、专业化和集约化，锻造产品的全方位服务，推行净型锻造技术，提高质量。

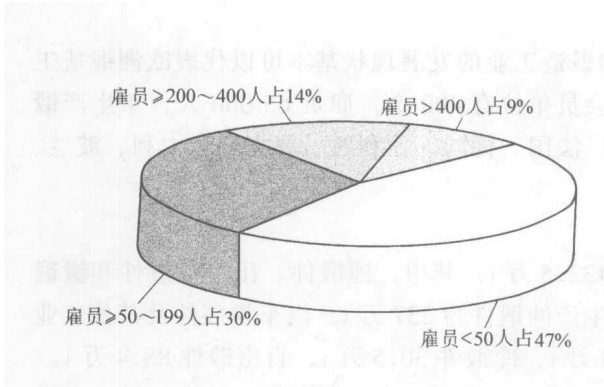


图 1-3 欧洲锻造联盟的锻造公司规模比例

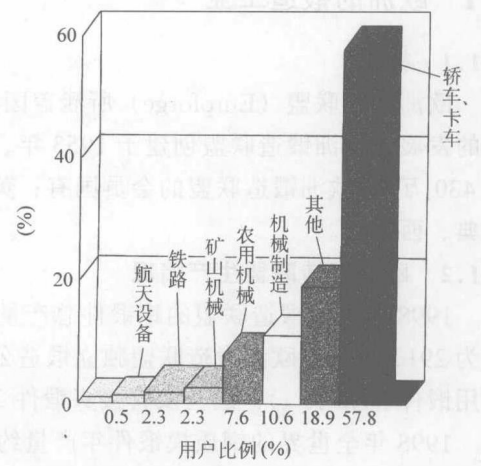


图 1-4 欧洲锻造业用户比例

表 1-1 欧洲锻造联盟各国和美国、加拿大 1977~1997 年间模锻件生产量 (单位: 万 t)

国家名 年 份	德国	法国	比利时	西班牙	瑞典	意大利	英国	捷克	波兰	美国 加拿大
1977	73.90	20.37	1.33	13.78	—	—	52.97	—	—	101.06
1978	73.43	20.31	1.26	13.72	5.49	55.20	46.26	—	—	104.42
1979	82.55	20.22	1.43	14.50	6.76	57.81	45.10	—	—	104.33
1980	83.13	20.86	1.37	13.42	6.95	55.65	29.53	—	—	81.47
1981	79.30	18.79	1.55	10.78	6.37	47.25	23.73	—	—	79.65
1982	77.73	16.91	1.56	12.16	5.76	41.58	21.98	—	—	52.80
1983	72.77	14.12	1.59	11.95	6.31	38.46	22.27	—	—	50.17
1984	74.52	14.26	1.62	11.31	6.56	36.53	22.33	—	—	72.91
1985	79.35	14.64	1.67	12.68	6.33	32.82	20.59	—	—	64.50
1986	80.71	14.84	1.55	13.73	6.57	32.15	17.38	—	—	58.87
1987	78.25	15.48	1.46	14.38	6.66	32.81	22.28	—	—	71.21
1988	86.61	17.32	1.63	15.29	7.13	35.11	26.13	—	—	80.08
1989	92.43	18.90	1.80	14.49	7.06	36.96	27.18	—	—	81.24
1990	93.66	18.71	1.04	12.31	5.68	34.52	23.03	27.49	—	78.23
1991	91.54	17.80	1.23	11.61	5.15	32.60	17.53	18.07	—	77.41
1992	84.62	16.81	1.06	11.78	4.07	31.00	15.90	11.34	—	94.63
1993	68.72	14.70	0.94	9.82	4.01	30.00	15.27	8.52	—	94.03
1994	79.24	17.83	0.68	12.99	5.69	35.06	17.43	8.82	—	115.16
1995	91.50	19.84	0.78	15.86	6.71	38.92	19.40	—	—	127.95
1996	83.20	18.68	0.94	15.02	6.13	35.84	21.50	6.91	14.70	139.33
1997	90.50	20.83	1.11	17.83	7.17	39.80	23.00	6.10	14.50	144.00

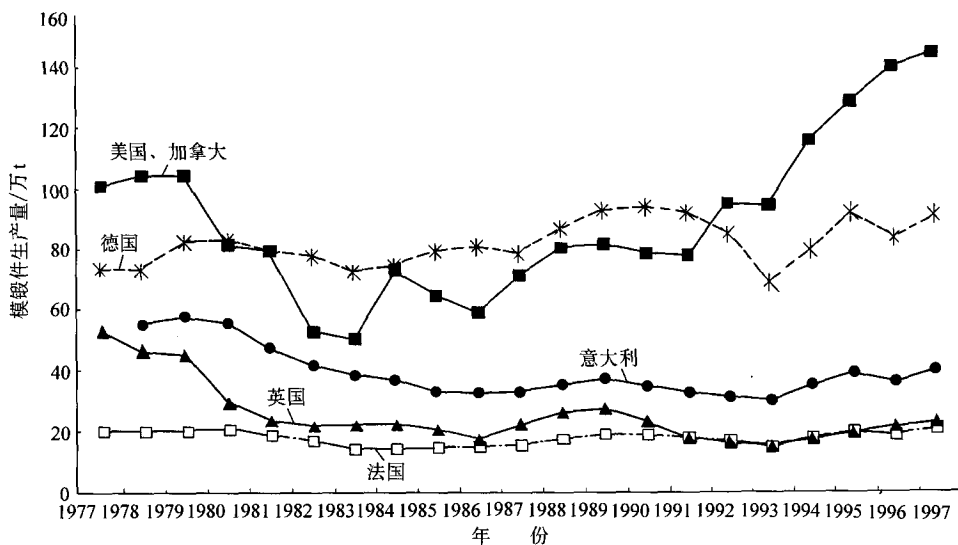


图 1-5 欧洲锻造联盟各国和美国、加拿大模锻件产量坐标图

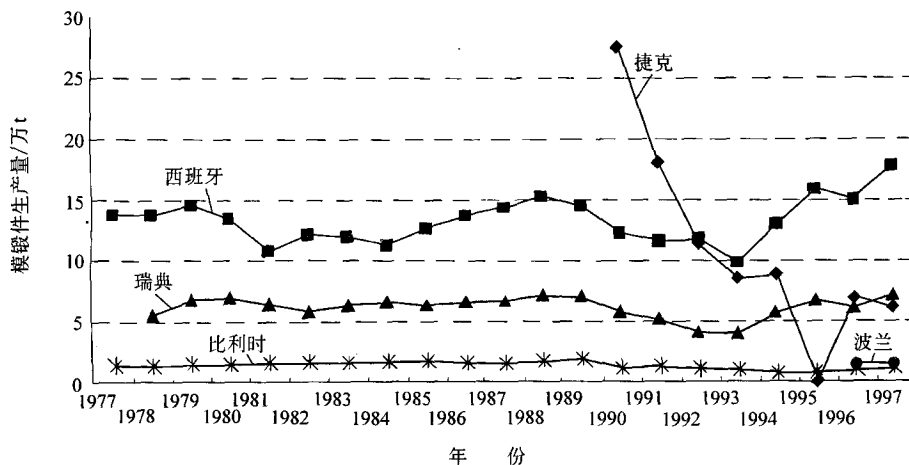


图 1-6 欧洲锻造联盟各国模锻件产量坐标图

表 1-2 世界主要国家锻件生产量

(单位: 万 t)

国 家 \ 年 份	1992	1995	1997	1998
美国、加拿大	141	198	206	—
英国	16	29	—	—
德国	176	178	189	206.4
法国	33	40	—	—
意大利	33	60	—	—
韩国	25	42	—	—
日本	270	284	291	247

表 1-3 1997 年世界主要国家锻件生产水平

国 家	西班牙	法国	英国	德国	日本	北美
指 标						
t/(总人数·年)	68	51	55	55	150	75
t/(锻工·年)	92	85	73	75	260	132

(续)

指 标 \ 国 家	西班牙	法国	英国	德国	日本	北美
kg/(锻工·h)	53	52	35	49	133	67
销售(百万日元)/(总人数·年)	14	15	12	17	43	16
材料费(日元)/kg	92	113	117	108	127	87
能源费/锻件售价(%)	6.3	5.4	5.1	6.3	5.8	4.8
模具费/锻件售价(%)	4.6	8.6	6.1	11.0	11.3	5.5
效益/锻件售价(%)	15.3	3.1	3.1	5.8	6.6	4.5
人工费/锻件售价(%)	25.5	25.2	29.8	37.0	19.0	25.8

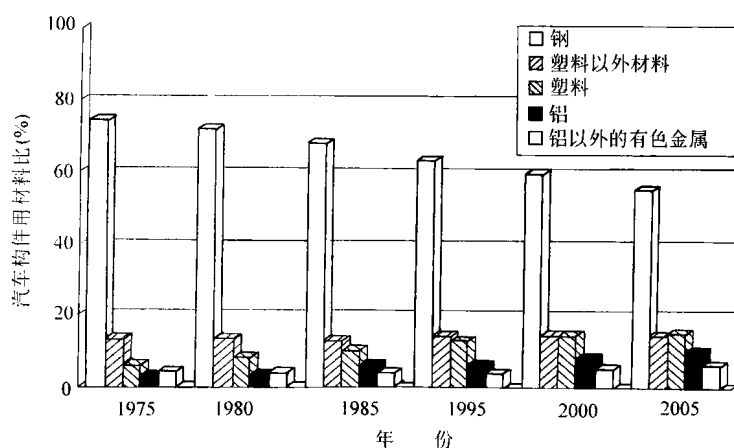


图 1-7 世界上汽车构件用材料比的推移

1.1.3 欧洲的锻造技术

近年来，为了巩固在世界锻造领域内的领先地位，欧洲锻造企业在许多方面进行了有益的尝试。采取专业化、集约化、国际化的方法，增加出口量，开发精密锻造成形技术，提高产品质量，降低生产成本，实现工艺能力的最大化。在模具技术方面，广泛采用 CAD/CAM 技术，对锻造过程进行数值模拟，优化结构，推广补焊技术，降低制造成本。因此，面对快速发展的世界经济，作为一项历史悠久的传统产业，欧洲的锻造工业并没有出现明显的萎缩。

1. 锻造设备

(1) 电动螺旋压力机 电动螺旋压力机由德国米勒万家顿股份公司于 1963 年首先开发成功。电动机专为频繁开关及正反转运行而设计，转子与螺杆直接联接，驱动滑块进行锻打。由于取消了中间传动机构，减少了摩擦损耗，能量利用率较高。该设备结构简单、可靠，维修工作量少，运行安全，使用寿命长。为了减少电动机起动对电网的影响，20 世纪 80 年代，该公司又成功开发了变频控制系统。

电动螺旋压力机机身结构可分为三种形式：小型 PA 整体式、中型 PSM/PSH 两体拉杆式和重型 PZS 四体拉杆式。锻造力范围 2500~325000kN。设备装备有上、下顶杆系统，可减少锻件的拔模斜度，适合精密锻造和大批量生产。滑块打击速度为 0.6~0.7m/s，锻造噪声比锻锤低 20dB (A)。控制系统采用工业 PC 及光纤总线技术，具有在线监控、管理和故障诊断等功能。滑块位置、打击次数和打击能量都可以进行编程，从而确保能够生产高精度的锻件。打击能量从 1%~100% 无级可调，且具有较高的重复精度。

米勒万家顿股份公司已累计生产电动螺旋压力机 2000 多台，在世界各国曲轴、前轴、

连杆、叶片等锻件生产中发挥着巨大作用。

(2) 高性能全自动锻造压力机 德国米勒万家顿股份公司最新开发成功 PK 系列高性能全自动锻造压力机。该设备的特点为：滑块行程次数高，适合大批量生产；配备了三维送料系统，强制同步，动态性能稳定，可实现锻造过程自动化；机身纵向、横向刚度大，变形小；偏心轴、双连杆驱动方式；X 形导轨及上下顶杆，锻件精度高；可对全部动作进行编程、监控；适合黑色及非铁金属锻造。

(3) 程控电液锤 程控电液锤最早由德国 Bêché 公司开发成功，用于替代传统高能耗蒸汽锤，具有十分显著的节能效果。1999 年，米勒万家顿股份公司将 Bêché 公司收入其麾下，成为一家能够提供各种类型锻造设备的系统供应商。

电液锤采用进油打击原理，打击能量可在额定范围的 1%~100% 之间预置，打击过程实现了程控。锤身采用 U 形砧座和宽导轨，可进行多模膛锻造。锤头与导轨之间的间隙可控制在 0.1mm 以内，能有效克服上下锻模沿水平方向的错移和转动，锻件精度高。为了减小锻件拔模斜度，以及便于深型腔锻件出模，电液锤还可以在模座内配备液压顶出装置，对顶出力、顶出行程等参数进行编程。

程控电液锤价格低，使用灵活、方便，特别适合多品种、中小批量锻件的生产，是许多欧洲锻造企业目前普遍采用的一种锻造设备。

近年来，中国锻造企业充分认识到电液锤具备的技术优势，除大力开展现有蒸汽锤换头改造外，还陆续引进了 9 台打击能量在 25~100kJ 的 Bêché 电液锤，对中国的精密锻造事业的发展起到了积极的推动作用。目前，中国国内使用 Bêché 电液锤生产的 488 连杆、捷达连杆、依维柯转向节等精密锻件已替代进口，并且出口欧美。

2. 环保技术

欧洲锻造企业有着严格的环保措施，主要表现在对振动和噪声的控制上。根据工厂与居民区的距离，政府规定了不同控制等级的标准。

在隔振技术方面，德国 GERB 公司代表着当今的国际先进水平，其开发的各类减振单元被欧洲锻造企业普遍采用，用于锻锤、热模锻压力机、螺旋压力机等锻造设备的隔振。

锻造车间的噪声主要来自设备运行、锻打过程等方面，采取的降噪措施有安装设备隔声罩，采用吸声材料建造车间墙体等。

2000 年 11 月，中国代表团参观了德国 Galladé 公司锻造厂。该厂毗邻居民区，在其钢架式厂房内安装了 6 台捷克 Smeral 公司制造的热模锻压力机。由于采取了良好的隔振、降噪措施，站在车间门口，几乎感觉不到振动和噪声。

3. 精密锻造

精密锻造属于近净成形技术范畴，由于具有节省材料，后续加工量少，能提高锻件力学性能等优点，在欧洲锻造工业中的应用日趋广泛，闭式锻造和浮动载荷模具技术得到推广。

许多发动机零件可以进行精密锻造，能够达到的尺寸精度为 IT7~IT9。通常，在精锻工艺之后进行锻件的冷精整，可节省大笔机加工费用。

与普通模锻工艺比较，精密锻造有许多特殊的要求，具体表现在：①较高的毛坯要求。为了剔除热轧棒料的表面缺陷（脱碳、微裂纹等），通常需要进行扒皮处理。为了保证严格的坯料体积公差（ $\pm 0.3\% \sim 0.8\%$ ），通常采用带锯下料。根据锻件的形状，有时，毛坯也可采用挤压无缝管材；②严格的加热规范。为了防止出现过多的氧化皮，应保持一定的加热速度。毛坯始锻温度允许波动范围应控制在 $\pm 10^\circ\text{C}$ 以内；③稳定的模具温度。模具应设计

加热/冷却装置。生产前，锻模应进行充分的预热；④稳定的锻造工艺参数。锻造过程中的工艺参数，如锻造力、打击能量、润滑液数量、顶出力、顶出行程等应保持稳定。

最近，德国汉诺威大学开发了电机爪极/齿轮精锻工艺及设备，只需一个生产工序，可以替代传统工艺 5~9 个工序，生产率为 5~10 件/min。

4. 模具设计、制造及修复

(1) 数值模拟 在许多欧洲锻造企业，锻造过程的计算机数值模拟已经成为新产品开发的重要的前期环节之一。通过计算机模拟，可以获得金属流动、锻件及模具内部应力场和温度场等方面的信息，从而实现锻造工艺过程的优化，锻件缺陷的预测，模具型腔设计的优化，提高模具寿命，预测和控制锻件金相组织和力学性能。

数值模拟的最终目标是缩短新产品试模时间，降低模具研制费用，提高材料利用率，降低废品率。

然而，数值模拟结果是否准确可信，在很大程度上与设定的边界条件（锻造力、材料、摩擦、温度等）有关。由于许多边界条件是锻造变形过程的函数，具有多重非线性，加上测试技术方面的困难，进行准确的预测难度较大，因此，数值模拟目前还不能完全替代工艺试验。

(2) 模具 CAD/CAM 及高速切削 20 世纪 80 年代中期，模具 CAD/CAM 技术被引入锻造技术领域，引发了模具设计及制造技术的一场革命。近年来，CAD/CAM 在欧洲锻造企业中得到普遍推广。目前，常用的商用三维造型软件有 EUCLID 和 ProEngineer，设计生成的 NC 数据可直接输入机加工设备，用来制造电极或模具型腔。

传统制模工艺需要在加工出型腔后进行淬火处理，以提高模具硬度。由于存在着热处理变形，势必影响模具及锻件精度。随着机床及刀具技术的不断进步，高速切削（HSC）已经进入模具制造领域，可以直接加工淬火硬度达 50HRC 的锻模型腔。它不仅可提高加工精度，而且能缩短制模周期，对于开发新产品具有重要意义。现代数控高速铣床的主轴转速已达 30000~50000r/min，铣刀厚度为 4~6mm，并采用 CBN 涂层。

(3) 模具补焊技术 作为提高锻模、切边模重复使用寿命的措施之一，欧洲锻造企业普遍采用了模具补焊技术。焊条材料为高合金钢，补焊后的模具材料硬度可达 60HRC。由于焊后模具硬度较高，只能采用电火花、高速切削、磨削等方法进行加工。补焊工艺有手工电弧焊、氩弧焊和 CO₂ 气体保护焊等。

德国 Capilla 公司是一家专业生产补焊焊条的公司，其产品已开始在中国锻造界推广、应用。所需主要设备为普通直流电焊机和预热炉，工人经过简单培训后，可迅速掌握模具补焊技术。根据中国国内某企业的试用结果，补焊后镶块式连杆锤锻模的平均寿命提高了 1.63 倍。

(4) 辊锻和楔横轧模具 CAD/CAM 软件 辊锻和楔横轧工艺均用于模锻前制坯，也可用来直接生产锻件，在欧洲应用十分普遍。辊锻和楔横轧模具型腔是加工在圆柱面上的三维空间曲面，形状十分复杂。长期以来，模具的设计过程，如计算坯料、工步分配、选取毛坯断面形状和断面缩减率、型腔设计等，都依赖设计人员的实践经验，设计周期长，精度低，模具成本高。

经过多年的持续努力，德国 Eratz 公司成功开发了辊锻模具 CAD/CAM 软件——VeraCAD，已有近 30 家的欧洲锻造公司应用了该软件，是国际上唯一的辊锻模设计商业软件。

VearCAD 软件可直接输入锻件的三维造型数据，自动计算辊坯沿轴线的截面积分布图，并根据飞边、冲孔连皮等因素进行修正，从而获得合适的辊坯形状。辊坯形状也可以人工输入。在确定了总的辊锻道次后，软件能够自动计算每道次轧制后的毛坯形状及模具型腔形

状，并生成加工模具型腔所需的 NC 数据。整个模具设计过程可在一天内完成，比原手工设计不仅提高效率的 30 倍，而且锻件材料变形分配合理，废品率低，质量好。该软件已在国内某连杆锻造厂推广，取得了良好的效果。

近年来，楔横轧工艺在欧洲锻造界得到日益普遍的应用，并有替代辊锻工艺的趋势。对模具设计和制造提出了与辊锻工艺类似的需求。

1.2 德国的锻造工业

德国在欧洲锻造联盟中是生产锻件最多的国家，其产量占欧洲锻造联盟总产量的 41%。1997 年和 1998 年德国模锻工业从德国总体经济上升中获益，与上一年相比锻件销售量净增 9%。1998 年德国模锻工业销售量以 98.7 万 t 创下新的纪录。

1998 年德国锻造工业生产总量为 206.4 万 t，各类锻件的生产量及所占的比例见表 1-4 所示。

虽然 1997 年的出口贸易是模锻工业的经济动力，但 1998 年国内销售额的增长也是很重要的因素。与 1997 年相比 1998 年模锻件国内销售额增长 13.5%，达到 74 万 t 左右。与 1997 年相比 1998 年模锻件出口增长 1% 左右，出口量保持在 24.7 万 t，出口份额约占 25%。

1997 年和 1998 年德国的模锻工业主要获益于经济状况良好的汽车与机床制造业。1998 年用于汽车结构的模锻件的销量净增长 15.5%，由于汽车业生产的发展，在该领域锻件的销量相应地也在增长。1998 年汽车业所采购的模锻件占国内总销售量的 72%。与 1997 年相比，1998 年机床制造业对模锻件的需求增长接近 15%。由于农机和运输设备对模锻件的采购量增长，使该行业的模锻件增加率已高于原有的比例。机床制造业的模锻件占国内市场份额的 16.5%。1998 年其他行业，如采矿、铁路、造船、飞机行业对模锻件的采购量与 1997 年相比减少约 0.5%，这些用户的市场份额总占有率在 11% 左右。

1999 年德国模锻工业的发展呈现下滑趋势，如 1 月份，根据不同市场区域的统计表明，模锻件销量均有不同的下降趋势。从典型的市场区域及相关的采购行业来看，与 1998 年相比，1999 年这些领域模锻件的生产变化见表 1-5。

根据锻造业采购部门的统计，与 1998 年相比，1999 年德国锻造业的生产量下降 6%，模锻公司整体经济的积极发展对雇员数量有影响，1998 年德国锻造业雇员 16500 人，与 1997 年相比雇员增长约 6.5%，而 1999 年由于经济发展的减缓，随之而来的雇员也在减少。

为更全面地介绍德国锻造工业，表 1-6 统计了德国钢锻件 1993~1998 年的生产量、产值以及相对于上一年的产量比。为了更直观地了解德国的锻造工业，绘制了德国钢锻件生产量推移图（见图 1-8）和德国各类锻件生产量比例图（1998 年）（见图 1-9）。

表 1-4 各类锻件的生产量及比例

产 品 类 别	生产量/万 t	比例 (%)
模锻件	98.7	47.8
自由模锻件	38.9	18.9
冷挤压件	14.75	7.2
锻锻件	33.1	16.0
法兰	11.2	5.4
管道型钢件	9.75	4.7

表 1-5 1999 年德国模锻件需求
行业生产变化率

行 业	比例 (%)
汽车工业	-3.0
客车及旅行车	-3.0
6t 以下公用车（总重）	-7.0
6t 以上公用车	-10.0
公共汽车	4.0
机床制造业	0
钢铁行业	-8.0
铁、钢及可锻铸铁厂	-4.0
铁、板材及合金行业	0
建筑产业	-1.5

表 1-6 德国钢锻件生产统计

年份 项 目	1993		1994		1995		1996			1997			1998		
	生产量 /千 t	生产值 /千马克	生产量 /千 t	生产值 /千马克	生产量 /千 t	生产值 /千马克	生产量 /千 t	生产值 /千马克	与上一年 的产量比 (%)	生产量 /千 t	生产值 /千马克	与上一年 的产量比 (%)	生产量 /千 t	生产值 /千马克	与上一年 的产量比 (%)
1. 模锻件合计	960.1	—	1093	—	1238.0	—	1170.0	—	94.5	1265.5	—	108.2	1376.0	—	108.7
专业厂	687.2	2814.5	792.0	—	915.0	3450.0	832.0	3215	90.9	905.0	3456.1	108.8	987.0	3899.0	109.1
汽车厂自产	139.9	—	150.0	—	160.0	—	173.0	—	108.1	185.0	—	106.9	200.0	—	108.1
组装厂自制	88.0	—	100.0	—	110.0	—	115.0	—	104.5	123.5	—	107.4	134.0	—	108.5
其他行业自产	45.0	—	50.0	—	53.0	—	50.0	—	94.3	52.0	—	104.0	55.0	—	105.8
2. 法兰件合计	92.9	386.6	99.1	—	98.1	450.8	102.6	477	104.6	107.1	503.9	104.4	106.9	526.1	99.8
3. 管、接头类合计	59.2	500.1	60.5	—	60.0	563.7	93.2	860	155.3	92.9	932.4	99.7	95.0	974.1	102.3
4. 冷锻件合计	101.9	—	103.7	—	114.7	—	118.0	—	102.9	131.1	—	111.0	151.4	—	115.5
专业厂	64.2	345.9	61.7	—	70.0	450.0	66.7	480	95.3	76.1	545.0	114.1	89.4	628.9	117.5
自制	37.7	—	42.0	—	44.7	—	51.3	—	114.8	55.0	—	107.2	62.0	—	112.7
5. 自由锻件合计	240.6	968.1	244.3	—	272.9	1074.3	272.0	1137	99.7	296.2	1232.9	108.9	334.0	1262.1	112.8
碾环	69.3	222.8	—	—	—	—	91.5	288	—	111.6	335.0	122.0	121.0	376.6	108.4
其他(铁棒、半成品除外)	171.3	745.3	—	—	—	—	180.5	849	—	184.6	897.9	102.3	213.0	885.5	115.4

资料来源:德国锻造工业会(IDS)

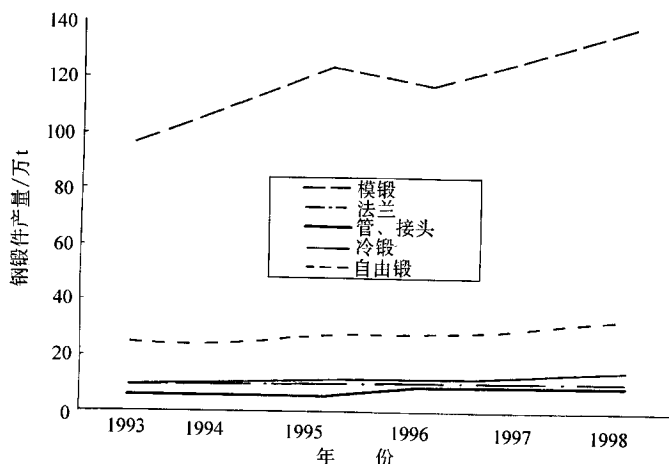


图 1-8 德国钢锻件生产量推移

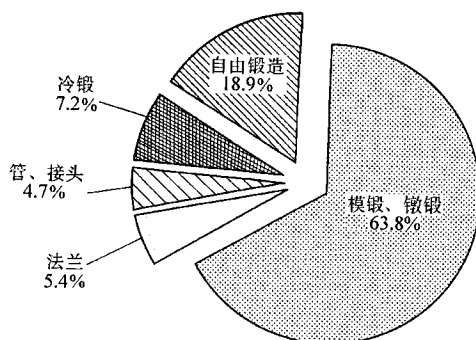


图 1-9 德国各类锻件生产比例图 (1998 年)

1.3 法国的锻造工业

法国是欧洲锻造联盟国之一，其锻造业的产量（模锻件）占欧洲锻造联盟国总产量的 10%，与英国模锻件生产量并列世界第三大国。下面就法国的模锻、自由锻（含辗环）、冷锻、有色金属模锻以及其他各类锻件生产、销售、进出口、企业数、从业人员、锻件价格等的统计量数据予以介绍。

1.3.1 模锻

1995 年法国的模锻生产状况比较好，而在 1996 年其模锻件的产量和销售额都有所下降。1996 年模锻件销售额 29 亿法郎，比 1995 年下降了 3.4%，模锻件产量为 18.68 万 t，比 1995 年下降了 5.9%。但 1996 年模锻件的出口情况比较好，总出口销售额为 9.16 亿法郎，与 1995 年相比，出口额上升 2.2%，其数量为 6.75 万 t。

1.3.2 自由锻和辗环

1996 年法国自由锻件和辗环件的总产量为 4.66 万 t，比 1995 年增加了 9.7%，总销售额为 12 亿法郎，但是，在销售额中法国国内的销售 1996 年比 1995 年只增长了 4.3%，而在出口销售额方面则比 1995 年增长了 17%。

1.3.3 冷锻

法国的冷锻业与汽车制造领域有着紧密地联系，1996 年法国的冷锻业并没有像模锻业