

锻压手册

锻压车间设备

中国机械工程学会塑性工程学会 编



第3版
修订本



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

锻 压 手 册

第 3 卷

锻 压 车 间 设 备

第 3 版 (修订本)

中国机械工程学会塑性工程学会 编



机 械 工 业 出 版 社

为了提高我国机械电子行业的工艺水平,推动企业技术进步,满足科研、生产发展的需要,中国机械工程学会塑性工程(锻压)学会于1993年组织编写并出版了这部综合性工具书,并于2007年修订出版了第3版。此修订本在第3版的基础上进行了部分内容的增删,压缩了一些用量少且各行业已有相应标准的内容。修订后的本手册内容以国内生产实践经验和科研成果为主,同时吸收一些国外新的先进经验和先进技术,使其更具有实用性、科学性、先进性和全面性。本手册共分3卷:第1卷锻造、第2卷冲压、第3卷锻压车间设备。

本卷是《锻压手册》第3卷,其内容包括:液压机、曲柄压力机、锻锤、螺旋压力机、旋转成形设备、柔性制造系统、机械化自动化装置及设备、剪切设备及其辅助设备、加热设备以及快速成形设备。主要介绍了这些设备的原理、结构、性能、型号、选用原则、安装使用、维护保养及安全技术等。

本手册可供锻造、冲压车间的工程技术人员使用,也可供大专院校师生、科研单位的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

锻压手册. 第3卷, 锻压车间设备/中国机械工程学会塑性工程学会编.
—3版(修订本). —北京: 机械工业出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-111-42353-9

I. ①锻… II. ①中… III. ①锻压-技术手册②锻压设备-技术手册
IV. ①TG31-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第091292号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑: 孔 劲 责任编辑: 孔 劲 版式设计: 霍永明
责任校对: 刘志文 封面设计: 姚 毅 责任印制: 杨 曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2013年9月第3版第1次印刷
184mm×260mm·54.5印张·23插页·1966千字
0001—3000册
标准书号: ISBN 978-7-111-42353-9
定价: 158.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务	策划编辑:(010)88379772
社服务中心 : (010)88361066	网络服务
销售一部 : (010)68326294	教材网 : http://www.cmpedu.com
销售二部 : (010)88379649	机工官网 : http://www.cmpbook.com
读者购书热线: (010)88379203	机工官博 : http://weibo.com/cmp1952
	封面无防伪标均为盗版

《锻压手册》第3版编委会

主任委员 曹春晓 聂绍珉

副主任委员 王仲仁 李硕本 俞新陆 宋湛莘
周贤宾 张凯峰

委 员 (按姓氏笔画排序)

朱伟成	孙友松	宋玉泉	刘彩英
阮雪榆	李志刚	李明哲	杨 合
杨建辉	张士宏	张倩生	陆 辛
钟约先	胡正寰	海锦涛	黄树槐

本卷第3版编写人员

主 编 俞新陆 何德誉 聂绍珉

编写人员（按姓氏笔画排列）

干肇智	王 敏	卢清萍	史 竞	邢伟荣
孙 胜	何永标	何成宏	何国泰	何德誉
余世浩	束学道	宋湛革	张人佶	张吉光
张 浩	张维成	杨文成	杨艾青	杨晋穗
杨爱平	陈适先	陈国邦	陈柏金	陈绳德
林道盛	俞新陆	胡正寰	赵晓卫	钟约先
原加强	涂光祺	秦襄陵	郭和德	陆煜众
常增岩	戚宗康	曹桂荣	裴兴华	樊德书
潘宪平	颜永年	燕 扬		

本卷第2版编写人员

主 编 俞新陆 何德誉
篇负责人 第一、六篇 俞新陆
 第二、七篇 何德誉
 第三、四篇 何永标
 第五篇 樊德书
 第八篇 张维成
 第九篇 史 竞
 第十篇 卢清萍

编写人员（按姓氏笔画排列）：

王广春	王长生	王金河	王显东	卢清萍
史 竞	刘继高	汤 达	安连生	孙 胜
李振声	杨文成	杨津光	宋湛苹	张吉先
张晓平	张维成	何永标	何德誉	陆煜众
陈适先	陈国邦	陈绳德	沈 巍	林道盛
胡正寰	俞新陆	钟约先	涂光祺	郭和德
曹桂荣	戚宗康	韩英淳	储伯温	巢克念
裴兴华	樊德书	潘宪平		

《锻压手册》第1版编委会

荣誉主任委员 何光远

主任委员 海锦涛

副主任委员 周大隽 王焱山 闵学熊

王仲仁 李硕本 俞新陆

委员 (按姓氏笔画顺序排列)

王祖唐 付沛福 刘才正 刘庚申

刘彩英 朱红海 孙育志 阮雪榆

陈上达 陈适先 陈锡禄 李成功

李社钊 李郁华 李铁生 吴听松

杨志敏 辛宗仁 何绍元 何富源

张承鉴 肖景荣 林秀安 俞云焕

胡世光 胡正寰 皇甫骅 姜奎华

夏天赳 常希如 黄树槐 程瑞全

霍文灿 戴可德

第3版修订本前言

《锻压手册》锻压车间设备卷（第3卷）第3版自2008年初出版以来，已过去将近五年。在这五年中，我国国民经济飞速发展，国防实力有了极大提高，相应地，机械制造业在我国的发展更是突飞猛进。以汽车制造业为例，汽车年产量早已突破千万辆，航空宇航工业、造船工业、发电设备等行业均有全面而飞跃的发展。

在这种形势下，我国锻压设备自主设计与制造能力的发展也呈一日千里之势。例如在锻造液压机方面，近年来，仅100MN（万t）以上的重型自由锻造液压机就建造了10台，拥有量居世界之冠。而两台400MN和300MN钢丝缠绕单缸模锻液压机的设计、制造和顺利投产，对我国飞机等重要锻件的国产化起到了关键作用，这两台压机的新颖结构思想和实践，也属全球首创（部分为坎合预紧结构）。360MN钢丝缠绕钢管挤压机组的投产，则为我国自主生产大口径无缝钢管开辟了新途径，而且是目前世界上最大的反挤钢管液压机组。

新型激光切割板材设备近年来也有很大发展且被广泛应用，光纤激光、三维数控激光切割、大尺寸厚板切割等新技术方面的发展也日新月异。

节能环保是我国重要国策和战略规划。它指导我国加热设备的发展与更新，在修订本中，作者增加了节能环保技术的内容，删除了部分煤炉资料。

综上所述，我们在修订本中，尽可能增加和反映我国在锻压车间设备方面的最新发展。

在修编过程中，国内外不少公司和厂家给我们提供了最新技术资料 and 样本，其中有：太原重工股份有限公司（太重）、北方重工集团有限公司（沈重）、中国重型机械研究院有限公司（重机院）、济南铸造锻压机械研究所有限公司、济南二机床集团有限公司、二十二冶集团精密锻造公司、兰州兰石重工有限公司（兰石）、山东通裕重工股份有限公司、天锻压力机有限公司、合肥锻压机床有限公司、湖州机床有限公司、徐州压力机械有限公司、青岛华东工程机械有限公司、南通锻压设备股份有限公司、湖北三环发展股份有限公司、江苏亚威机床股份有限公司、江苏扬力集团有限公司、江苏金方圆数控机床有限公司、天水锻压机床有限公司、首钢长钢锻压机械制造有限公司、日本天田（Amada）公司、德国潘克/威普克（Pahnke/Wepuko）公司、德国辛北尔康普（Siempelkamp）公司等。

在修编过程中我们还得到姚保森、郭玉玺、宋拥政、曾凡昌、韩炳涛、郑文达、徐刚、金红、聂绍珉、李俊伟、张林禄等专家学者的协助，在此一并表示感谢。

本书的审查和改编除第三篇第五章锻锤基础、第四篇第一章概述、第二章摩擦螺旋压力机、第七篇第四章冲压机械手及机器人以及第五章锻压车间传送装置因联系不到原作者，由主编代为审改外，其余各篇章均由原作者审改。

俞新陆 何德誉
于清华园

附注：由于虽经多次联系，个别国有大型企业未能提供相关技术资料，个别项目报道只好付诸阙如。

第3版前言

《锻压手册》是中国机械工程学会塑性工程（锻压）学会组织编写的一部反映行业最新技术发展的大型工具书，第1版、第2版顺利出版，并受到了广大读者和社会各界的好评，在生产、科研和教学中起到了十分显著的指导作用。它发展到今天，凝结着中国锻压行业几代人的劳动和心血。近年来新技术、新工艺不断出现，塑性加工技术取得了空前的进展，加之相关标准的修订和替换，作为锻压行业的权威工具书，为了跟上技术发展的步伐，继续保持其实用性、先进性、可靠性、综合性的特色，更好地为广大技术人员服务，决定对该手册进行第3版修订，使《锻压手册》这一成果继续发展并传承下去。

在21世纪开始的几年中，我国国民经济持续高速增长，汽车工业、钢铁工业、计算机及电子工业、航空航天工业及家电工业等都有突飞猛进的发展及质的飞跃。这些都带动着锻压车间设备制造业的蓬勃发展。

同时，世界机床技术也有着很大变化与发展，其中，现代化锻压设备技术有着更为突出的变化与进步。

总的说来，锻压设备正向着高度自动化、高速化、柔性化、网络化、复合化、高精度、高效率、更加环保与节能，以及成套化与成线化的方向发展。本卷第3版的改编与补充将充分反映上述发展趋势。

锻压设备中的一些最新技术也将在这次改编中充分反映，如交流伺服电动机直接驱动、高速飞行光路、网络联接与服务系统、基于现场总线的计算机控制系统等。

在这些年中，锻压设备的型号与技术参数也有了大范围的更新。感谢国内外不少厂家给我们提供了最新样本与技术资料。其中有：沈阳重型机械集团公司、太原重型机械集团公司、西安重型机械研究所、北京机电研究所、兰州兰石新技术开发公司、天津天锻压力机公司、徐州压力机械公司、湖州机床厂、合肥锻压机床公司、重庆江东机械公司、济南二机床集团公司、济南捷迈数控机床公司、济南捷迈锻压机械公司、江苏金方圆数控机床公司、江苏扬力集团、江苏亚威机床公司、湖北三环（黄石）锻压机床公司、天水锻压机床公司、长治钢铁（集团）锻压机械制造公司、忻州锻压机床公司、西安通力锻压机床公司等；国外厂家有德国通快（Trumpf）公司、德国拉斯科（Lasco）公司、德国潘克（Pahnke）公司、德国威普克（Wepuko）公司、德国力士乐（Rexroth）公司、德国米勒万家顿（Müller Weingarten）公司、日本天田（Amada）公司、日本会田（Aida）公司、瑞士奥斯瓦尔德（Oster Walder）公司等。

根据上述各公司的最新资料，作者在第3版中也尽可能更新了型号与技术参数。

主编 俞新陆
何德誉
聂绍珉

目 录

第3版修订本前言

第3版前言

第一篇 液 压 机

第一章 概论	1	第三节 精冲压力机的结构	114
第一节 液压机工作原理	1	第四节 自动化装置	117
第二节 液压机的特点	3	第六章 挤压液压机	121
第三节 液压机的分类与型号	4	第一节 概述	121
第四节 液压机的基本参数	7	第二节 挤压液压机的基本结构	122
第二章 锻造液压机	9	第三节 挤压液压机的结构特点	124
第一节 锻造液压机的结构与技术参数	9	第四节 挤压速度的控制	128
第二节 锻造液压机的液压控制系统	25	第五节 辅助机构	128
第三节 快锻液压机的计算机控制系统	30	第六节 挤压机的型号及主要技术参数	130
第四节 泵控液压系统	34	第七节 近五年来我国挤压液压机的 新发展	135
第五节 泵及泵—蓄势器站	37	第七章 液压板料折弯机与折边机	137
第六节 锻造液压机的辅助装置	46	第一节 概述	137
第三章 模锻液压机	53	第二节 同步系统与滑块定位	140
第一节 大型有色金属模锻液压机	53	第三节 结构特点	142
第二节 黑色金属模锻液压机	66	第四节 后挡料定位与数控系统	146
第三节 等温锻造液压机	77	第五节 前托架与机器人	147
第四节 中小型模锻液压机	79	第六节 板料折弯机的型号与技术参数	148
第五节 冷模锻液压机	83	第七节 折边机	148
第四章 板料冲压液压机	86	第八节 四边折边机	149
第一节 通用液压机	86	第九节 自动化折弯装置	151
第二节 单动薄板冲压液压机	88	第八章 冲孔拔伸液压机	152
第三节 双动薄板拉伸液压机	90	第一节 冲孔液压机	152
第四节 厚板冲压液压机	93	第二节 拔伸液压机	155
第五节 汽车纵梁液压机	97	第三节 联合压力机及多工位压力机	159
第六节 汽车车门折边包边液压机	101	第九章 其他液压机	161
第七节 换热器板片成形液压机	106	第一节 模具研配液压机	161
第五章 精冲压力机	108	第二节 胀形液压机	166
第一节 精冲压力机的用途、特点及分类 ..	108	第三节 压制液压机	169
第二节 精冲压力机的型号及主要技术 参数	110	参考文献	181

第二篇 曲柄压力机

第一章 曲柄压力机工作原理、结构及 性能	183	第三节 曲柄滑块机构的工作特性	185
第一节 曲柄压力机工作原理及结构组成 ..	183	第四节 曲柄压力机滑块许用负荷图	187
第二节 曲柄压力机类型、技术参数、 现状及发展	183	第五节 曲柄压力机能量核算	192
		第二章 通用压力机	195
		第一节 通用压力机的用途、特点及分类 ..	195

第二节	通用压力机的型号及技术参数	196	第五节	平锻机的滑块许用负荷图	269
第三节	通用压力机的曲柄滑块机构	204	第六章	挤压机	271
第四节	通用压力机的传动系统	210	第一节	挤压机的用途、特点及主要技术参数	271
第五节	通用压力机的离合器、制动器	211	第二节	挤压机的结构	274
第六节	通用压力机的机身	223	第七章	板料多工位压力机	278
第七节	通用压力机的附属装置	225	第一节	板料多工位压力机的用途、特点及主要技术参数	278
第八节	通用压力机的控制系统	233	第二节	板料多工位压力机主体结构	280
第九节	交流伺服电动机直接驱动的通用压力机	236	第三节	板料多工位压力机送料机构及工作循环图	283
第三章	拉深压机	239	第八章	板冲高速自动压力机	287
第一节	拉深压力机的用途、特点及主要技术参数	239	第一节	板冲高速自动压力机用途、特点及主要技术参数	287
第二节	下传动双动拉深压力机	242	第二节	板冲高速自动压力机主要结构	291
第三节	单点双动拉深压力机	243	第九章	冷锻机及多工位自动成形机	295
第四节	双点双动拉深压力机	244	第一节	冷锻机及多工位自动成形机的用途、特点及主要技术参数	295
第五节	四点双动拉深压力机	247	第二节	冷锻机及多工位自动成形机的传动系统及工作循环图	297
第四章	热模锻压机	251	第三节	冷锻机及多工位自动成形机的送料切料及顶出机构	300
第一节	热模锻压机的用途、特点及主要技术参数	251	第四节	冷锻机及多工位自动成形机的夹钳转送机构	302
第二节	热模锻压机的工作原理及结构	253	第十章	其他压力机	305
第三节	热模锻压机的装模高度调节机构及顶件机构	255	第一节	精压机	305
第四节	热模锻压机过载及其解除	258	第二节	电热锻机	308
第五节	预锻及精整成形压力机	258	参考文献		313
第五章	平锻机	260			
第一节	平锻机的用途、特点及主要技术参数	260			
第二节	垂直分模平锻机	261			
第三节	颚式水平分模平锻机	263			
第四节	开式水平分模平锻机	266			

第三篇 锻 锤

第一章	锻锤的工作特性及分类	314	第三节	蒸汽-空气锤使用不同介质的比较和调节	336
第一节	锻锤的工作特性	314	第四节	蒸汽-空气锤零部件的改装设计和使用经验	338
第二节	锻锤的分类	316	第四章	液压锤和对击锤	344
附录	用铜柱锻粗法检测锻锤的打击能量	317	第一节	液压有砧座锤	344
第二章	空气锤	320	第二节	对击模锻锤	358
第一节	空气锤的结构和工作原理	320	第五章	锻锤基础	367
第二节	空气锤的配气操纵机构	323	第一节	非隔振锻锤基础	367
第三节	模锻空气锤	328	第二节	锻锤隔振基础	369
第三章	蒸汽-空气锤	330	参考文献		372
第一节	蒸汽-空气自由锻锤	330			
第二节	蒸汽-空气模锻锤	333			

第四篇 螺旋压力机

第一章	概述	374	第二节	螺旋压力机的基本参数	376
第一节	螺旋压力机的分类和工作原理	374	第三节	螺旋压力机的力能关系	378

第四节	螺旋压力机的工艺适应性	381	第三节	液压螺旋压力机液压系统分析	411
附录 A	用单位力计算螺旋压力机的线性刚度	383	第五章	螺旋压力机的基本结构部件和基础	417
附录 B	螺旋压力机刚度计算	383	第一节	螺旋压力机的基本结构部件	417
第二章	摩擦螺旋压力机	386	第二节	螺旋压力机的控制系统	429
第一节	摩擦螺旋压力机的分类	386	第三节	螺旋压力机的基础	431
第二节	摩擦螺旋压力机的技术参数	388	第四节	螺旋压力机的隔振基础	432
第三节	摩擦螺旋压力机的横轴部件	391	第六章	离合器式螺旋压力机	435
第四节	摩擦螺旋压力机的压紧力和滑块行程次数	393	第一节	一般介绍	435
第五节	摩擦螺旋压力机的控制系统	397	第二节	离合器式螺旋压力机基本结构、工作原理和性能特点	435
第三章	电动螺旋压力机	401	第三节	离合器式螺旋压力机的液压和电控系统	439
第一节	电动螺旋压力机的工作原理和种类	401	第四节	离合器式螺旋压力机的使用特点	441
第二节	电动螺旋压力机的特点	402	第五节	国外几种离合器式螺旋压力机的技术特点	441
第三节	电动螺旋压力机的技术参数	403	第六节	离合器式螺旋压力机的技术发展	442
第四章	液压螺旋压力机	405	参考文献		442
第一节	液压螺旋压力机的工作原理和种类	405			
第二节	液压螺旋压力机的结构和参数	406			
第五篇 旋转成形设备					
第一章	旋转成形设备的特点及类型	444	第四节	辊式板料校平机	488
第一节	旋转成形设备的特点	444	第七章	辊锻机	491
第二节	旋转成形设备的类型	444	第一节	辊锻机的工作原理、用途及类型	491
第二章	楔横轧机	445	第二节	辊锻机的传动形式及技术参数	493
第一节	楔横轧机的工作原理与类型	445	第三节	辊锻模的固定形式	496
第二节	二辊立式楔横轧机的类型与调整要求	446	第四节	辊锻模的调节机构	498
第三章	斜轧机	449	第五节	自动辊锻机	501
第一节	斜轧机的工作原理与类型	449	第八章	旋转锻造机	505
第二节	斜轧机的特殊要求	451	第一节	旋转锻造机的工作原理、用途及技术参数	505
第四章	辗扩机	452	第二节	心轴式旋转锻造机	506
第一节	辗扩机的特点及用途	452	第三节	轮圈式旋转锻造机	506
第二节	辗扩机的类型、工作原理及技术参数	452	第四节	滚筒式旋转锻造机	506
第三节	多工位自动辗扩机	456	第九章	径向锻机	508
第四节	辗扩机的主要结构	457	第一节	径向锻机的工作原理、特点、用途、类型及技术参数	508
第五节	径向与轴向辗扩机的液压系统	458	第二节	立式径向锻机	509
第五章	旋压机	461	第三节	卧式径向锻机	511
第一节	旋压机的工作原理与类型	461	第四节	径向锻机的主要结构和辅助机构	511
第二节	通用旋压机	461	第五节	径向锻机的液压系统	513
第三节	专用旋压机	466	第六节	径向锻机锻造生产线	515
第六章	弯曲校正设备	476	第十章	摆动辗压力机	516
第一节	卷板机	476	第一节	摆动辗压力机概述	516
第二节	弯管机	485	第二节	摆动辗压力机的结构	517
第三节	型材卷弯机	487	第三节	卧式摆动辗压力机的结构	521

第四节	多用摆动辗压力机和双轮摆动辗压力机	522	参考文献	526
第五节	摆动辗压铆接机	522		

第六篇 柔性制造系统

第一章	板件柔性制造系统	527	第一节	概述	564
第一节	概述	527	第二节	高压水切割机的组成	564
第二节	板件柔性制造系统的典型组成	527	第三节	高压水切割的工艺参数	565
第三节	板件 FMS 在我国生产中的应用实例	530	第四节	高压水切割机的型号及性能	566
第四节	国内外厂家生产的最新板件 FMS	532	第六章	数控直角剪板机与冲剪复合机	567
第二章	数控步冲压力机	536	第一节	数控直角剪板机	567
第一节	数控步冲压力机用途、特点及主要技术参数	536	第二节	数控冲剪复合机	569
第二节	快速换模式数控步冲压力机	539	第七章	物料储运系统	570
第三节	转塔自动换模式数控步冲压力机	540	第一节	概述	570
第四节	直线自动换模式数控步冲压力机	542	第二节	自动仓库	570
第三章	板材激光切割机	544	第三节	板材上料装置	571
第一节	概述	544	第四节	冲剪零件的分选码垛装置	571
第二节	激光切割机的构成	545	第五节	机器人	571
第三节	CO ₂ 激光切割常用材料的工艺参数	547	第六节	自动导向运输车	571
第四节	激光切割机的性能与技术参数	549	第七节	成组技术和计算机仿真	572
第五节	激光切割机发展中的几个问题	553	第八章	冲压 FMS 及锻造 FMS	574
第六节	激光切割机近年的新发展	554	第九章	板件柔性制造系统的控制与管理	577
第四章	等离子切割机	560	第一节	概述	577
第一节	概述	560	第二节	CNC 冲压设备控制系统	577
第二节	切口质量与工艺影响因素	561	第三节	板件柔性制造系统的控制网络结构	581
第三节	等离子切割机的组成	562	第四节	板件柔性制造系统的调度与监控	585
第四节	等离子切割机的技术参数	562	第五节	板件柔性制造系统控制实例	588
第五章	高压水切割机	564	参考文献	589	

第七篇 机械化自动化装置及设备

第一章	锻造操作机	590	第四节	使用中的问题	616
第一节	锻造操作机的用途、特点及主要技术参数	590	第三章	锻造机械手	618
第二节	锻造操作机的结构	594	第一节	锻造机械手的工作过程及结构组成	618
第三节	快速锻造操作机的应用与特点	605	第二节	热模锻压力机机械手	627
第四节	锻造操作机的液压系统	606	第三节	辊锻机机械手	640
第五节	锻造操作机的选用	608	第四节	平锻机机械手	649
第二章	装出料机	609	第四章	冲压机械手及机器人	654
第一节	装出料机的工作特点及主要技术参数	609	第一节	冲压机械手的工作过程及结构组成	654
第二节	装出料机的结构及液压系统	610	第二节	气动上下料冲压机械手	660
第三节	装出料机的平面布置及选用	615	第三节	通用冲压机械手	661

第四节 关节型机器人	663	第二节 冲压车间的传送装置	677
第五章 锻压车间传送装置	674	参考文献	682
第一节 锻造车间的传送装置	674		

第八篇 剪切设备及其辅助设备

第一章 棒料剪断机	683	第三节 联合冲剪机的工作原理及结构形式	703
第一节 棒料剪断机的用途及技术参数	683	第四章 板材开卷校平自动线	707
第二节 棒料剪断机的工作原理及结构	684	第一节 板材开卷校平自动线用途	707
第三节 棒料剪断机的自动上下料装置	690	第二节 板材开卷校平自动线的类型及技术参数	707
第四节 棒料剪断机常用刀片的结构形式	691	第三节 板材开卷校平自动线主要设备的结构性能	711
第二章 剪板机	693	第四节 板材开卷校平自动线一些辅机的性能介绍	715
第一节 剪板机的用途及分类	693	第五节 板材开卷校平自动线的应用前景	717
第二节 剪板机的技术参数	694	第六节 开卷线产品的发展动态	717
第三节 剪板机的工作原理和结构	697		
第三章 联合冲剪机	701		
第一节 联合冲剪机的用途及分类	701		
第二节 联合冲剪机的技术参数	702		

第九篇 加 热 设 备

第一章 概述	721	第三章 电加热设备	759
第一节 锻压加热设备的用途	721	第一节 电阻加热炉	759
第二节 锻压加热设备分类	721	第二节 空气循环加热电炉	765
第三节 炉型选择的原则	721	第三节 感应加热装置	771
第四节 炉子与锻锤的配置	723	第四章 炉子基本组成部分	782
第五节 燃料选择	724	第一节 炉膛基本尺寸的确定	782
第六节 锻造炉节能	724	第二节 供热装置	782
第七节 炉子工况调节	725	第三节 余热利用装置	803
第二章 火焰炉	727	第四节 炉前管道	812
第一节 间歇式炉	727	第五节 排烟系统	813
第二节 连续式炉	738	第六节 测量控制	818
第三节 局部加热炉	750	参考文献	820
第四节 煤气发生炉	753		

第十篇 快速成形设备

第一章 快速成形制造技术概述	821	第六章 无模铸型制造快速成形机	838
第二章 立体光固化快速成形机	826	第七章 快速制造设备	842
第三章 熔融沉积快速成形机	830	附录 国内外快速成形制造 (RP&RM) 设备生产厂家	850
第四章 激光选区烧结快速成形机	833		
第五章 叠层实体制造快速成形机	835		

第一篇 液 压 机

第一章 概 论

清华大学 俞新陆

第一节 液压机工作原理

液压机是一种以液体为介质用来传递能量以实现多种锻压工艺的机器。

液压机是根据帕斯卡原理制成，其工作原理如图 1-1-1 所示。两个充满工作液体具有柱塞（活塞）的封闭容腔由管道相连通，当小柱塞 1 上作用有力 P_1

时，液体的压强为 $p = \frac{P_1}{A_1}$ ， A_1 为柱塞 1 的横截面积。

根据帕斯卡原理：在密闭的容器中液体压强在各个方向上完全相等，压强 p 将传递到容腔内的每一个点，这样大柱塞 2 上将产生向上的作用力 P_2 ，使工件 3 变形，且

$$P_2 = P_1 \frac{A_2}{A_1}$$

式中 A_2 —— 柱塞 2 的横截面积。

液压机一般由本体（主机）及液压系统两部分组成。

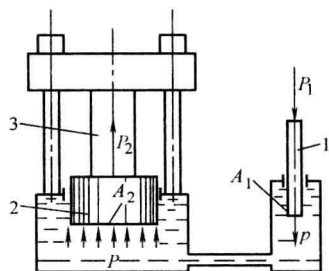


图 1-1-1 液压机工作原理

1—小柱塞 2—大柱塞 3—工件

最常见的液压机本体结构简图如图 1-1-2 所示。它由上横梁 1，下横梁 3，四个立柱 2 和 16 个内外螺母组成一个封闭框架，框架承受全部工作载荷。工作缸 9 固定在上横梁 1 上，工作缸内装有工作柱塞 8，它与活动横梁 7 相连接，活动横梁以 4 根立柱为导向，在上、下横梁之间往复运动，活动横梁下表面一般固定有上模（上砧），而下模（下砧）则固定于下

横梁 3 的工作台上。当高压液体进入工作缸并作用于工作柱塞上时，产生了很大的作用力，推动柱塞，活动横梁及上模向下运动，使工件 5 在上、下模之间产生塑性变形。回程缸 4 固定在下横梁上，回程时，工作缸通低压液体，高压液体进入回程缸，推动回程柱塞 6 及活动横梁向上运动，回到原始位置，完成一个工作循环。

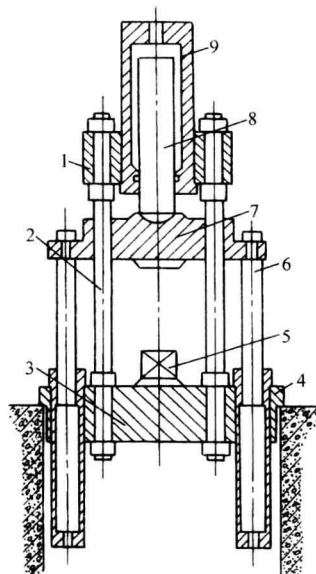


图 1-1-2 本体结构简图

1—上横梁 2—立柱 3—下横梁
4—回程缸 5—工件 6—回程柱塞
7—活动横梁 8—工作柱塞 9—工作缸

许多中小型液压机采用活塞式工作缸，如图 1-1-3 所示。当活塞缸的上腔与下腔交替通入高压液体时，可以相继实现工作行程与回程，而不需单独设置回程缸。

液压机的工作循环一般包括停止、充液行程，工作行程及回程。上述的不同行程是由液压控制系统中各种功能的阀门动作来实现的。

液压机的液压系统包括各种高低压泵、高低压容

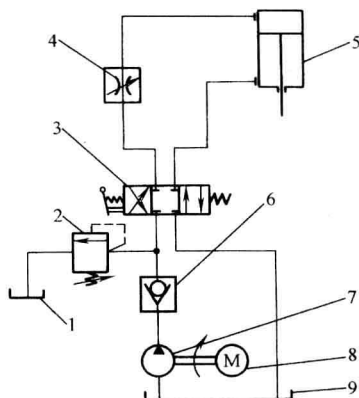


图 1-1-3 活塞缸液压机及其
液压系统简图

- 1—油箱 2—溢流阀 3—换向阀
4—节流阀 5—液压缸 6—单向阀
7—泵 8—电动机 9—油箱

器（油箱、充液罐、蓄势器等）、阀门及相应的连接管道等。其传动方式可分为泵直接传动和泵—蓄势器传动两种。

1. 泵直接传动

泵直接传动是由泵将高压液体直接供给液压机的工作缸及其他辅助装置，其最简单的液压系统如图 1-1-3 所示，它通过一个三位四通滑阀，即换向阀 3 来实现各种行程。

(1) 充液行程 换向阀 3 处于直通位置，活塞式液压缸 5 的下腔通向低压油箱，活动横梁从上停止位置靠自重下降，下腔液体排回油箱，泵供给的工作液体经换向阀 3 通入活塞缸上腔，由于此时活动横梁的运动阻力很小，故泵在低压下工作，主要是将工作液体输往活塞缸上腔，补偿由于活动横梁下行时活塞缸上腔所空出的容积，直到上模（上砧）接触工件为止，完成充液行程。

(2) 工作行程 换向阀 3 仍处于直通位置。当上砧接触工件后，阻力增大，动梁下行速度减慢，泵的出口压强（工程上常习惯称为压力，下面无特殊说明，压强都用压力表示）随之增高，高压液体进入活塞缸上腔并作用于活塞上，通过活动横梁对工件进行压力加工，活塞缸下腔的液体继续排回油箱。

(3) 回程 换向阀 3 换到交叉相通位置，高压液体进入活塞缸下腔，带动活动横梁上行，活塞缸上腔的液体排回油箱。

(4) 停止 换向阀 3 处于中间位置，活塞缸上下腔内的液体均被封闭于缸内，下腔的液体支持运动

部分的重量，停于任意所需的位置，完成一个工作循环。

2. 泵—蓄势器传动

泵—蓄势器传动则在液压系统中增加了蓄势器，蓄势器的主要作用在于贮存高压液体，使泵的负荷均匀化。它一般利用高压气体来保持工作液体的压力。在液压机不需要大量高压液体时，如回程或停止时，泵供出的高压液体可以部分或全部贮存于蓄势器中，而当液压机需要大量高压液体时，则由泵及蓄势器同时供给。

泵—蓄势器传动的液压控制系统原理简图如图 1-1-4 所示，它通过一个摇杆式四阀分配器来实现各种行程：

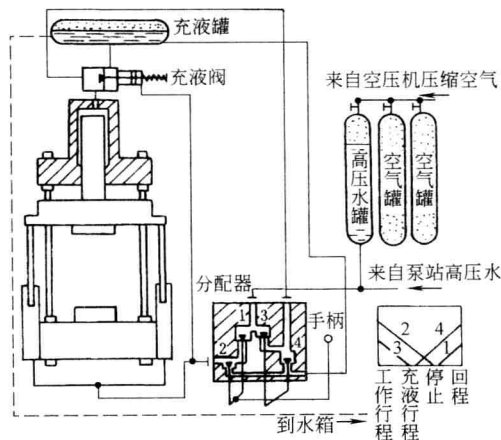


图 1-1-4 泵—蓄势器传动的液压控制系统简图

- 1、3—进水阀 2、4—排水阀

(1) 充液行程 工作循环开始时，回程缸排水阀 2 打开，活动横梁从上停止位置靠自重下行，回程缸中的液体排回低压水箱或充液罐。工作缸内液体压力下降，由于充液罐上部充有 $(4 \sim 6) \times 10^5 \text{ Pa}$ 的压缩空气，在工作缸和充液罐中液体压力差的作用下，充液阀被顶开，充液罐内的液体在低压空气或重力作用下，大量流入工作缸内，实现活动横梁空程向下的充液行程，直到上砧（上模）接触工件时，动梁运动停止，工作缸和充液罐中液体压力差消失，充液阀在弹簧作用下自动关闭。为使充液行程平稳，在接近充液行程终点时，应降低回程缸排水阀的开启高度，使活动横梁减速，以减少撞击与振动。

(2) 工作行程 充液行程结束后，充液阀应完全关闭，回程缸仍通低压。当工作缸进水阀 3 打开时，从高压泵或蓄势器来的高压液体，经充液阀腔

进入工作缸并作用于柱塞上,通过活动横梁对工件进行压力加工。此时,回程缸排水阀 2 继续打开排水。

(3) 回程 工作行程结束后,工作缸进水阀 3 先关闭,工作缸排水阀 4 随之打开,卸掉工作缸和管道中高压液体的压力,尔后回程缸排水阀 2 关闭,回程缸进水阀 1 打开,使回程缸和充液阀接力器通高压液体,强迫打开充液阀。活动横梁在回程缸高压液体作用下,向上作回程运动,迫使工作缸中大量液体排入充液罐。

(4) 停止(悬空) 当活动横梁上行到停止位置时,回程缸进水阀 1 关闭,此时回程缸的排水阀 2 仍处于关闭状态,而工作缸排水阀 4 继续打开,工作缸仍通低压,活动横梁由封闭在回程缸内的液体所支撑,所以活动横梁可以停在行程中的任意位置上。

在泵直接传动时,泵供给的液体压力随工件变形阻力而变化,是不恒定的,活动横梁的行程速度取决于泵的供液量,而与工件变形阻力无关。

泵—蓄势器传动时,泵和蓄势器供给液体的压力保持在蓄势器压力波动值范围内,波动范围约为最高压力的 10% ~ 15% 左右。工作行程的速度则随工件变形阻力的增加而减少。

有时为了供给液压机以更高压力的工作液体,在工作缸与相应的阀之间增设增压器。增压器的结构简图如图 1-1-5 所示。缸 1 与下梁铸成一体,通过立柱 7 与上梁 6 形成受力机架。缸 1 内有空心柱塞 2,它本身又是空心柱塞 3 的工作缸,当高压液进入缸 1 后,推动空心柱塞 2 向上运动,将增压后的液体从空心柱塞 3 中压出,回程由回程缸 4 来实现,增压比为大、小柱塞直径平方之比。

液压机的工作介质主要有两种,采用乳化液的一般称为水压机,采用油的称为油压机,两者统称为液压机。

乳化液由 2% 的乳化脂和 98% 的软水搅拌而成,它应具有较好的防腐蚀和防锈性能,并有一定的润滑作用。乳化液价格便宜,不燃烧,不易污染场地,故耗液量大的以及热加工用的液压机多采用乳化液作为工作介质。

油压机中应用最广的是液压油,有时也采用透平油或其他类型的机械油。油在防腐蚀、防锈和润滑性能方面都比乳化液好,油的粘度比较大,也容易密封。因此,近年来,采用油为工作介质的越来越多,但是油易燃,成本高,易污染场地。

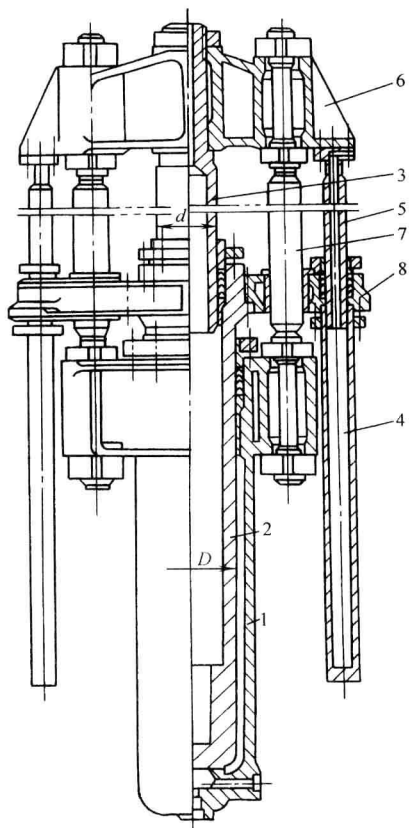


图 1-1-5 增压器结构简图

1—缸 2、3—空心柱塞 4—回程缸
5—回程柱塞 6—上梁 7—立柱 8—动梁

第二节 液压机的特点

液压机与其他锻压设备相比较具有以下特点。

1) 基于液压传动的原理,执行元件(缸及柱塞或活塞)结构简单。结构上易于实现很大的作用力,较大的工作空间及较长的行程,因此适应性强,便于压制大型工件或较长较高的工件。

2) 在行程的任何位置均可产生压力机额定的最大压力。可以在下转换点长时间保压,这对许多工艺是十分需要的。

3) 可以用简单的方法(各种阀门)在一个工作循环中调压或限压,而不至超载,容易保护各种模具。

4) 滑块(活动横梁)的总行程可以在一定范围内任意地无级地改变,滑块行程的下转换点可以根据压力或行程的位置来控制或改变。

5) 滑块速度可在一定范围内进行调节,从而适应工艺过程对滑块速度的不同要求。用泵直接传动