



150MN 锻造液压机

吴生富 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

吴生富 编著



150MN锻造液压机



NLIC2970876886



国防工业出版社
National Defense Industry Press

内 容 简 介

由于重大装备持续大型化的需要,世界上出现了一批特大型锻造液压机,中国一重设计制造了世界首台集合多种现代技术的 150MN 锻造液压机。本书分析了现代锻造液压机的特点和发展趋势;系统阐述了 150MN 锻造液压机的总体结构以及横梁、工作缸、立柱等主要结构件的结构设计和强度、刚度计算分析方法;基于组合结构整体性设计的概念,对组合框架及下横梁进行了全面的整体性分析;介绍了水压传动系统及水油联合控制技术、电气自动化系统及其关键控制技术;讲述了结构优化设计理论及其在压机设计中的应用实例。

本书可作为从事液压机设计、维护的工程技术人员参考资料,也可作为高校锻压、液压专业教师和研究生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

150MN 锻造液压机/吴生富编著. —北京:国防工业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-118-08420-7

I. ①1... II. ①吴... III. ①锻造液压机 IV. ①TG315.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 311605 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 18 字数 524 千字

2012 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 98.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

重型锻造液压机是国家制造能力的重要表征,是国家经济发展与国防安全的战略性基础制造装备。建国初期,我国研制了国内第一代万吨级液压锻造机,支撑了我国一个历史时期国民经济发展与国防安全的需要。21 世纪我国进入新型工业化时期并面临着日益严峻的国际竞争,大型化、重载化、精准化和高可靠成为新时代重型装备最重要的技术特征,原有的第一代重型液压机已不能满足我国新时代发展要求。中国一重在总结国内外液压机运行、维护经验的基础上提出了新一代巨型液压机的功能构成、核心技术、总体构架和关键细部结构,运用现代设计制造理论、方法与技术,完成了我国第二代巨型液压机首台 150MN 锻造液压机的设计、制造,经过 4 年运行已成功达到设计指标,通过了当今世界最重、最大锻件的生产考验。使我国具备生产 700t 钢锭,锻件直径达到 $\phi 7000\text{mm}$ 的超大型制造能力。

本书作者主持了 150MN 锻造液压机的设计和制造,在本书中系统总结了液压机研制的基础理论、新结构原理、多学科单元技术的集成等一系列富有特色的创新工作。作者领导的创新团队首创了大型液压机全预应力组合框架、可调间隙的方立柱导向、整体铸造的上横梁和活动横梁等新结构,油—水联合先导控制比例正弦阀、被动安全保护技术、故障状态时的手动提升技术、工作缸冲击偏载预控技术、动梁位置的自适应预控系统、瞬时失载控制技术等创新技术;开发了参数监控—故障诊断及报警、水压机—操作机联动及程序锻造技术等。

压机制造中创造了 400t 级特大型箱形铸件整体制造、超大型件组合装配,超重型件吊装,整机一次调试成功等我国装备制造的

多项新记录。压机的技术参数、控制水平、安全和可靠性、锻件品质与精度等均充分表明了 150MN 锻造液压机具有当代国际一流水平。

150MN 锻造液压机的研制成功,解决了我国核电、火电、船舶、冶金、石化和航空航天等国民经济、国防重大工程急需大型优质锻件的难题,并将持续为我国长远发展提供强大的基础制造能力支撑。

150MN 锻造液压机是国内外自 20 世纪 60 年代以来,时隔 40 余年的第一台新一代大型液压锻造机。它运用了当代最新的设计理论和方法,集成了相关学科最新的技术成就,形成了独创的设计思想,通过突破超大型构件极端制造及装配等诸多问题,实现了压机功能的全面提升,使该台液压机成为当代巨型压机的代表作品,同时也充分证明我国已完全具有自主设计制造超大型重大装备的能力。

本书系统总结了巨型液压机设计和制造中的知识创新和技术创新工作,为从事锻压制造工艺与装备的专业人员提供了新思想、新知识和新技术,是一本理论、方法和技术相结合的科技专著,亦可作为高等学校相关学科教材。

钟掘
2012.9.

前 言

重型锻造液压机是重型装备基础材料制造的关键装备,其技术和装机水平是国家综合实力的标志。本书所讲授的是融合现代机械、材料、控制等诸多学科,整机装机水平和锻造精度处于当前国际领先地位的重型锻造液压机设计制造技术。作者将长期从事锻造设备的开发设计所积累的经验,运用到现代机、电、液制造及控制理论和方法中,通过对传统结构重型液压机多年服役过程中的故障处理分析的总结,提出了新一代万吨级锻造液压机所采用的全预应力组合框架结构、方立柱 16 面可调间隙平面导向、超大箱形横梁整体铸造、精稳控制、主被动安全及瞬时失载状态的冲击控制等创新结构及设计理论和技术,这些创新结构、理论和技术,均已成功地运用在重型锻造液压机设计制造的实践中,并在本书中进行了详细阐述,希望能对读者的理论知识和运用现代科学技术从事重型装备设计制造的能力提高有所帮助。同时,该书对于读者深入细致地了解和掌握重型锻压设备的结构和技术精髓,提高专业水平和专业能力应该具有借鉴、参考和指导作用。

为了使广大工程技术及使用人员、在校工科大学生等对现代重型液压机有个全面、系统的了解,对其在开发使用维护同类产品实践中有良好的启迪,经过多次修改正式出版了此书。希望能够帮助读者更好地扩展研究和学习重型装备新领域,更好地适应现代科技的发展以及社会对专业人才的需求。

本书的出版得到了燕山大学聂绍珉教授以及中国一重宋清玉、张景胜、刘林峰、张景利等的支持,特此表示感谢!同时,对钟掘院士在百忙中为本书作序,并给予高度评价表示衷心地感谢!

虽然作者经过多年的实践成就了本书内容,然而受精力和水平所限,还有许多新的知识需要不断学习和扩充,书中难免还存在错误及不足,恳请读者给予指正,提出宝贵意见以供改进。

作者
2012 年 9 月

目录

contents

第1章 现代自由锻造液压机概论

1.1 锻造液压机的原理	1
1.1.1 液压机的工作原理	1
1.1.2 锻造液压机的原理及工作循环	2
1.2 锻造液压机的传动方式	2
1.2.1 泵直接传动	3
1.2.2 泵—蓄势器传动	4
1.2.3 两种传动方式的比较	4
1.3 现代锻造液压机的系统构成	5
1.4 锻造液压机的主要技术参数	7
1.5 锻造液压机的主要结构形式	11
1.5.1 三梁四柱式锻造液压机	11
1.5.2 三梁两柱结构锻造液压机	12
1.5.3 两柱下拉式锻造液压机	15
1.5.4 四柱下拉式锻造液压机	17
1.5.5 缸动式锻造液压机	17
1.5.6 钢丝缠绕式锻造液压机	18
1.6 锻造液压机的发展史	20
1.7 现代锻造液压机的主要特点	27
参考文献	32

第2章 150MN 锻造液压机的本体结构

2.1 150MN 锻造液压机概述	33
2.1.1 150MN 锻造压机本体结构	33
2.1.2 150MN 锻造压机的技术参数	38
2.1.3 150MN 锻造压机的动力系统	39
2.1.4 150MN 锻造压机的液压传动及控制系统	40
2.1.5 150MN 锻造压机的电气自动化及信息处理系统	40
2.1.6 150MN 锻造压机的操作机	41

2.2 150MN 锻造压机预应力框架及其整体性分析	42
2.2.1 150MN 锻造压机预应力框架的结构及预紧原理	42
2.2.2 压机整体性计算的概念和意义	44
2.2.3 150MN 锻造压机框架的整体性分析模型	45
2.2.4 锻造压机全预紧框架整体性的预紧系数	46
2.2.5 锻造压机全预紧框架整体性的影响因素分析	48
2.2.6 150MN 锻造压机框架的整体性分析	60
2.2.7 各构件的内力分布	68
2.3 150MN 锻造压机的上横梁设计	69
2.3.1 对上横梁的基本要求	69
2.3.2 150MN 锻造压机的上横梁设计	71
2.3.3 上横梁强度、刚度的数值模拟	75
2.4 150MN 锻造压机活动横梁的设计	79
2.4.1 对活动横梁的基本要求	79
2.4.2 150MN 锻造压机的活动横梁设计	81
2.4.3 活动横梁强度、刚度的数值模拟	84
2.5 150MN 锻造压机的下横梁	89
2.5.1 对锻造压机下横梁的基本要求	89
2.5.2 150MN 锻造压机下横梁的结构	91
2.5.3 150MN 锻造压机下横梁的整体性分析	93
2.5.4 下横梁整体性的影响因素分析	102
2.5.5 基于人工神经网络的预紧参数优化	107
2.5.6 下横梁的整体性分析结论	110
2.6 150MN 锻造压机下横梁的强度与刚度分析	111
2.6.1 普通锻造工况强度与刚度的	

常规计算	111
2.6.2 下横梁强度和刚度的数值模拟	112
2.7 150MN 锻造压机的立柱设计	120
2.7.1 对立柱的基本要求	120
2.7.2 150MN 锻造压机立柱的结构设计	121
2.7.3 150MN 锻造压机立柱强度、刚度的数值模拟	122
2.8 工作缸的设计	130
2.8.1 150MN 锻造压机的工作缸的结构	131
2.8.2 工作缸“中心墩粗”的数值模拟	132
2.8.3 工作缸“拔长”工况的数值模拟	135
2.9 动梁—立柱的预置间隙分析	137
2.9.1 预置间隙分析的背景	137
2.9.2 计算模型	138
2.9.3 计算结果	138
2.9.4 计算结果的分析	143
2.9.5 锻件温度对间隙及面压的影响分析	146
参考文献	152

第3章 150MN 锻造液压机的液压系统

3.1 150MN 锻造液压机的液压系统简介	155
3.1.1 水压传动及控制系统	155
3.1.2 油压传动及控制系统	158
3.1.3 锻造液压机的安全性设计	159
3.1.4 油压和水压系统的比较分析	159
3.2 水压机基本参数计算	161
3.2.1 确定水压机基本参数	161
3.2.2 水压机水压系统设备基本参数计算	162
3.3 水压系统设计计算	164
3.3.1 原始参数	164
3.3.2 压力下力计算	165
3.3.3 主缸流量计算	165
3.3.4 管道直径、流速和压差	165
3.3.5 管道和水缸升压时间计算	167

3.3.6 高压水泵工作数量对应的锻造速度	168
3.3.7 充液罐尺寸确定	168
3.3.8 主缸固有频率的计算	169
3.3.9 增压方法	170
3.4 控制阀组的设计	171
3.4.1 控制阀的选择	171
3.4.2 液压控制回路	172
参考文献	172

第4章 150MN 锻造液压机的电气自动化系统

4.1 150MN 锻造水压机电气自动化系统的技术要求	173
4.2 150MN 电气自动化系统硬件和软件的结构及特点	173
4.2.1 水压机的装机水平	173
4.2.2 电气设备组成	174
4.2.3 总体设计方案说明	174
4.2.4 PLC 控制系统	174
4.2.5 工业控制计算机	175
4.3 150MN 锻造水压机的关键控制技术	175
4.3.1 压机—操作机联动控制原理	175
4.3.2 活动横梁位置的闭环控制技术	175
4.3.3 压机瞬时失载状态的冲击振动控制	178
4.3.4 压机的超偏载控制技术	178
4.3.5 水压机的故障分类、诊断报警及分析	179
4.4 其他自动化技术	180
4.4.1 压机各种工作方式的运行原理	180
4.4.2 水压机工作状态与泵站运行方式的匹配及其控制原理	187
4.4.3 锻造工艺参数的录入及自动执行	189
4.4.4 水压机运行状态的检测、显示及存储技术	189
4.4.5 锻造过程中实际工艺参数的自动检测、记录和存储	190
参考文献	190

第5章 液压机的结构优化设计

5.1 液压机结构优化设计的概念	191
5.1.1 液压机结构优化设计发展史	191
5.1.2 液压机本体结构优化设计 存在的问题	193
5.2 液压机框架的结构优化设计	194
5.2.1 约束变尺度算法	194
5.2.2 基于 WHP 算法的框架结构 优化	198
5.3 液压机框架的结构离散优化设计	205
5.3.1 结构优化中的离散优化方法	205
5.3.2 框架结构的离散优化数学模型	206
5.3.3 遗传算法 GAs	206
5.3.4 基于 SPG 算法的压机框架结构 离散优化	210
5.4 液压缸参数的结构优化设计	214
5.4.1 液压缸结构优化数学模型	214
5.4.2 液压缸有限元分析	219
5.4.3 液压缸的结构优化算法	219
5.4.4 优化算例	222
5.5 结构拓扑优化概述	225
5.5.1 离散体结构的拓扑优化方法	225
5.5.2 连续体结构拓扑优化方法	228
5.5.3 结构拓扑优化存在的问题 及发展方向	231
5.5.4 遗传算法及其在结构拓扑优化 中的应用	232
5.5.5 桁架结构拓扑优化的基结构 理论	233
5.6 液压机底座结构拓扑优化的 基结构法	236
5.6.1 箱形板系结构的特征	236
5.6.2 箱形板系结构中传力板间距与承 载板承载能力的关系	238
5.6.3 箱形板系基结构应遵循的原则	243
5.6.4 离散变量箱形板系结构拓扑优化 的数学模型	244
5.6.5 液压机下横梁结构拓扑优化 的基结构	245
5.7 压机下横梁结构拓扑的遗传优化	251
5.7.1 遗传优化算法的基本理论	251
5.7.2 基于 BP 神经网络的结构 近似分析	252
5.7.3 遗传拓扑优化中的约束处理	257
5.7.4 求解压机下横梁结构拓扑优化 问题的遗传算法	258
5.7.5 压机下横梁结构的拓扑优化	262
参考文献	277



第1章

现代自由锻造液压机概论

锻造是机械制造业的基础工艺之一。随着钢铁、汽车、化工、电力等产业的迅速发展,锻造在国民经济中的作用越来越重要。在锻造行业,按照锻件质量,可将锻件分为中小型锻件和大型锻件。其中大型锻件通常服役于重大装备,服役条件严酷,对其内部质量要求严格,制造难度很大。因而大型锻件的质量和生产能力是衡量一个国家工业发展水平的重要标志之一。一般将需要在 10MN 以上锻造液压机上生产的锻件称为大型锻件,如电站转子、护环、轧辊、容器筒节、封头等。

液压机是一种利用液体压力传递能量,以实现各种压力加工工艺的机器。由于其广泛的适应性,液压机普遍应用于机械、冶金、航空航天等国民经济的各个领域,对这些领域的技术进步具有重要作用。

自由锻造液压机(亦简称锻造液压机,本书称锻造压机或压机)是通过通用辅具或专用胎模将液压力施加于高温锻件,使其达到规定的形状和尺寸,并满足内在质量要求的大型装备。大型锻造液压机通常是指 60MN 以上的锻造液压机,其设计和制造水平也是一个国家工业和科技水平的重要标志。因为锻造液压机是生产大型锻件的唯一锻造设备,而大型锻件是国民经济各行业所需重大装备的关键零件。因此,国际上常以大型锻造液压机的主要技术参数和装机水平衡量一个国家的装备制造能力、科技水平,乃至国防实力,具有明确的战略意义。

近年来,随着新能源、电力、石油化工等工业的发展,对大型锻件的规格及质量的要求越来越高。锻件日趋大型化。轴类锻件的最大直径已近 3m,最大长度达 17m,最大筒类件的直径已超过 7m,最大钢锭已达 700t 级,加工后的最大轴类锻件已达 230t。同时,对大型锻件的内在质量和尺寸精度的要求更为严格。这极大地提高了对大型锻造液压机的要求,从而促进了大型自由锻造液压机的发展。目前无论是发达国家还是发展中国家,都十分重视大型锻造液压机的发展。我国目前在役的 100MN 以上级别的锻造液压机共 8 台,若计入在制和设计中的同类锻造液压机,总量已近 20 台,数量 and 生产能力已超过任何一个国家。

1.1 锻造液压机的原理

1.1.1 液压机的工作原理

液压机的工作原理为帕斯卡原理(Pascal law),即密闭容器内液体上的压强,能够大小不变地

向各个方向传递。

根据静压力基本方程 $p = p_0 + \rho gh$, 盛放在密闭容器内的液体, 其外加压强 p_0 发生变化时, 只要液体仍保持其原来的静止状态不变, 液体中任一点的压强均将发生同样大小的变化。这就是说, 在密闭容器内, 施加于静止液体上的压强将以等值同时传到各点。这就是静压传递原理或称帕斯卡原理。

压强等于作用压力除以受力面积。根据帕斯卡定律, 在水力系统中的一个活塞上施加一定的压强, 必将在另一个活塞上产生相同的压强增量。如果第二个活塞的面积是第一个活塞面积的 n 倍, 那么作用于第二个活塞上的力 F_2 将增大为第一个活塞力 F_1 的 n 倍, 而两个活塞上的压强仍然相等(图 1.1.1)。液压机就是上述规律应用的最佳范例。

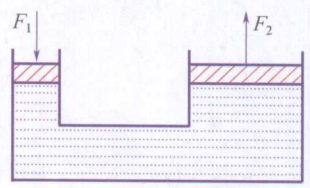


图 1.1.1 帕斯卡原理图

1.1.2 锻造液压机的原理及工作循环

图 1.1.2 所示为液压机的工作原理^[1]。锻造液压机的一次往复工作循环包括 5 种状态。

(1) 停止。停止指活动横梁 6 停止在行程空间的任意位置。停止状态时, 柱塞式工作缸 5 通低压, 相应的控制阀 3 处于排液位置; 回程缸 8 的控制阀 2 进、排液通道均关闭, 缸内液体被封闭在缸内, 并支撑下落部分的质量。

(2) 空程下行。空程下行指活动横梁 6 及其携带的工辅具在自身重力作用下向下运动, 并逐步接近锻件的过程。此时, 工作缸 5 内形成了类似真空的状态, 位于工作缸底部的充液阀 4 在缸内外压差作用下被打开, 充液罐 7 中的低压液体经充液阀进入工作缸; 回程缸 8 通低压, 其控制阀 2 处于排液位置, 如为水压机, 则平衡缸通高压。

(3) 压下。压下指活动横梁携带的工辅具接触锻件后锻件被压下变形的过程。此时, 工作缸 5 通高压, 控制阀 3 处于进液位置; 充液阀 4 被缸内压力关闭; 回程缸 8 仍通低压, 控制阀 2 继续处于排液位置。

(4) 回程。活动横梁 6 向上运动, 返回指定位置的过程。此时, 工作缸 5 通低压, 控制阀 3 处于排液位置; 回程缸 8 通高压, 控制阀 2 处于进液位置。活动横梁在回程缸柱塞推动下向上运动。

(5) 快锻。快锻指活动横梁 6 携带工辅具快速往复压下锻件的过程。其原理见第 3 章。

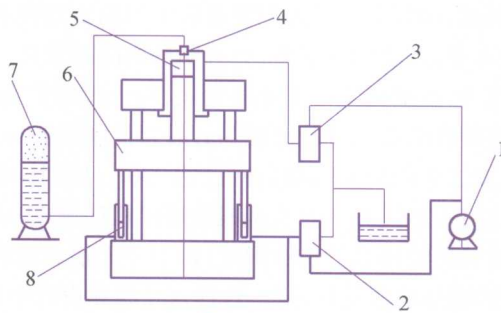


图 1.1.2 液压机工作原理图

1—液压泵; 2, 3—控制阀; 4—充液阀; 5—工作缸; 6—活动横梁; 7—充液罐; 8—回程缸。

1.2 锻造液压机的传动方式

锻造液压机有两种传动方式, 即两种为液压机供液的方式, 分别为泵直接传动和泵—蓄势器传动^[2]。

1.2.1 泵直接传动

液压泵将高压液体直接送入工作缸或回程缸,通过柱(活)塞驱动下落部分运动的传动方式,见图 1.2.1(a)。

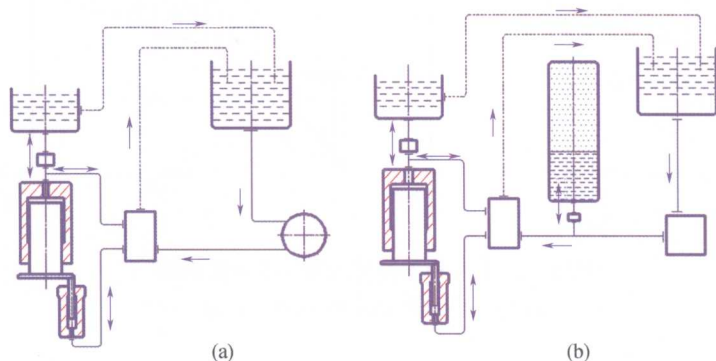


图 1.2.1 两种不同的传动方式

(a) 泵直接传动; (b) 泵—蓄势器传动。

柱(活)塞的速度 v 决定于供液量的大小,即决定于每台泵的流量和泵的数量,与变形抗力无关。 v 由式(1-1)计算,即

$$v = \frac{qn}{N \sum_{i=1} F_i} \quad (1-1)$$

式中 v ——柱(活)塞的速度,mm/s;

q ——单台泵的流量,L/min;

n ——运行泵的数量,台;

F_i ——第 i 个施压缸柱(活)塞的作用面积,mm²;

N ——施压缸的数量。

由式(1-1)可见,当总供液量 qn 和施压缸的数量 N 不变时,速度 v 是恒定的。要改变速度 v 有 3 个途径,即选用变量泵、改变单台泵的流量 q 、改变运行泵的数量 n 或通过缸的切换改变施压缸的数量 N 。

泵的供液压力 p 随锻件变形抗力 R 的大小而改变, R 大则 p 亦增大,两者的变化规律呈相似性。

若不考虑管道和阀口的压力损失,以及液压机自身的机械功耗,泵的输出功率 W_b 与液压机施加于锻件的变形功率 W_d 应相等,即

$$W_b = W_d = Rv = pqn \quad (1-2)$$

由式(1-2)可见,在 v 不变的条件下,泵的输出功率与变形抗力 R , (即 p) 成正比。此时,泵的输出功率全部消耗于锻件的变形,在给定压下行程内,锻件变形所消耗的功 W_d 为图 1.2.2(a) 中的曲线下面积 A_1 。定义

$$\eta_c = \frac{W_d}{W_b}$$

为理想传动效率,用来衡量不同传动方式的功耗,则泵直接传动的理想传动效率 $\eta_c = 1$ 。

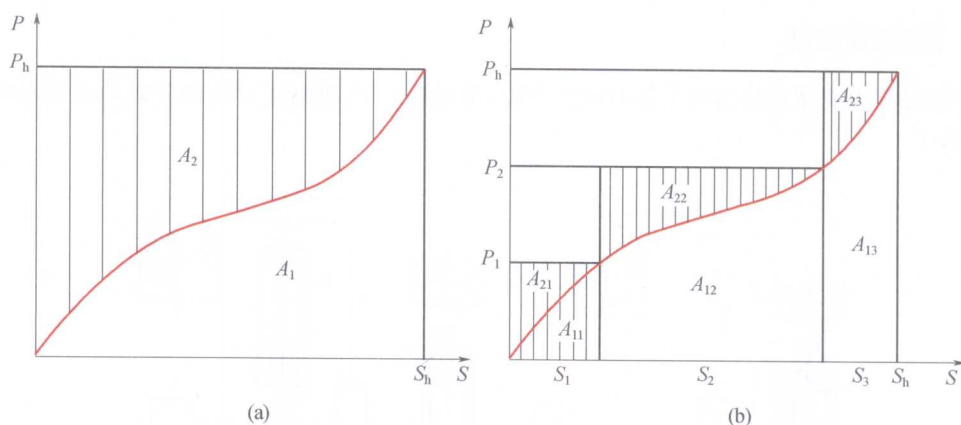


图 1.2.2 两种不同传动方式的功耗比较

(a) 泵直接传动; (b) 泵—蓄势器传动。

1.2.2 泵—蓄势器传动

这种传动方式的原理见图 1.2.1(b)。在泵的出口侧与压机并联一高压容器——蓄势器,蓄势器内的液体压力 p 由上部的压缩空气压力保证,与泵出口压力大致相等。当压机处于“停止”状态时,泵继续工作,高压液体进入蓄势器存储,分配器前仍保持高压状态。当压机处于“压下”状态时,泵和蓄势器同时向施压缸供液,泵的压力保持不变,蓄势器的压力由于上部气体体积变化会产生小幅波动。

泵—蓄势器传动的供液压力 p 与蓄势器的压力基本相同,保持在蓄势器压力波动范围内,可近似视为常压。若施压缸的数量 N 不变,则压下力 P 可视为常力。若压机所有的工作缸同时施压,压下力为压机的公称压力 P_h 。

压机速度 v 与变形抗力 R 有关, R 大则速度 v 降低,反之增大。

压机锻造时的功耗(泵和蓄势器输出的功)与供液压力 p 、施压缸的数量 N 及压下行程 S_h 有关。若 N 不变,则功耗为

$$W_d = P_h S_h \quad (1-3)$$

相应于图 1.2.2(a) 中的矩形面积 $(A_1 + A_2)$ 。但变形功 W_b 仍为图 1.2.2(a) 中的曲线下面积 A_1 , A_2 (阴影区) 为与变形无关的功,只是提高了变形速度。因此,对于泵—蓄势器传动,有

$$\eta_c = \frac{W_d}{W_b} = \frac{A_1}{A_1 + A_2} < 1$$

1.2.3 两种传动方式的比较

通常条件下,当工作介质为油时,选用泵直接传动;当工作介质为水时,选用泵—蓄势器传动。

仅就传动方式而言,泵直接传动的突出优势前已述及,即传动效率较高,运行中能耗较低;另外,当工作介质为油时,油泵的效率也较水泵高。但对于锻造压机,如选用泵直接传动,必须按最高压力且最大流量的工况配备液压泵,其泵站装机功率很高,但在其他工况下,实际功率并不高,从而造成大量的无功损耗。

泵—蓄势器传动因蓄势器的蓄能作用,可大幅降低泵站的装机功率,在同样条件下仅相当于泵直接传动的 60% ~ 70%,无功损耗较低。但其突出的缺点是传动效率低,加之工作介质为水,水泵

及其减速器自身的效率也较低,只相当于油泵的 80% ~ 85%,其能耗较高。为提高传动效率,选用泵—蓄势器传动的锻造压机,可采取压力分级的方法。如将三缸压机的压力通过改变施压工作缸的数量分为 3 级,即 P_1 、 P_2 、 P_h ,见图 1.2.2(b)。压下开始时,单缸施压,以 P_1 压下,行程为 S_1 ;当变形抗力超过 P_1 时,切换为两缸施压,以 P_2 压下,行程为 S_2 ;变形抗力超过 P_2 时,切换为三缸施压,以公称压力 P_h 压下,行程为 S_3 。压机的功耗为

$$W_b = P_1 S_1 + P_2 S_2 + P_h S_3 = (A_{11} + A_{21}) + (A_{12} + A_{22}) + (A_{13} + A_{23})$$

相应于为图 1.2.2(b)中 3 个小矩形面积的和。但曲线下面积仍为

$$W_d = A_{11} + A_{12} + A_{13} = A_1$$

而

$$A_{21} + A_{22} + A_{23} < A_2$$

$$\eta_c = \frac{W_d}{W_b} = \frac{A_1}{A_1 + (A_{21} + A_{22} + A_{23})} \geq \frac{A_1}{A_1 + A_2}$$

因此,与压力不分级相比,可有效减小能耗,提高传动效率。

1.3 现代锻造液压机的系统构成

现代锻造液压机由 5 部分组成,即锻造压机本体(主机)、液压传动及控制系统、动力系统、电气自动化及信息处理系统、锻造操作机,见图 1.3.1。

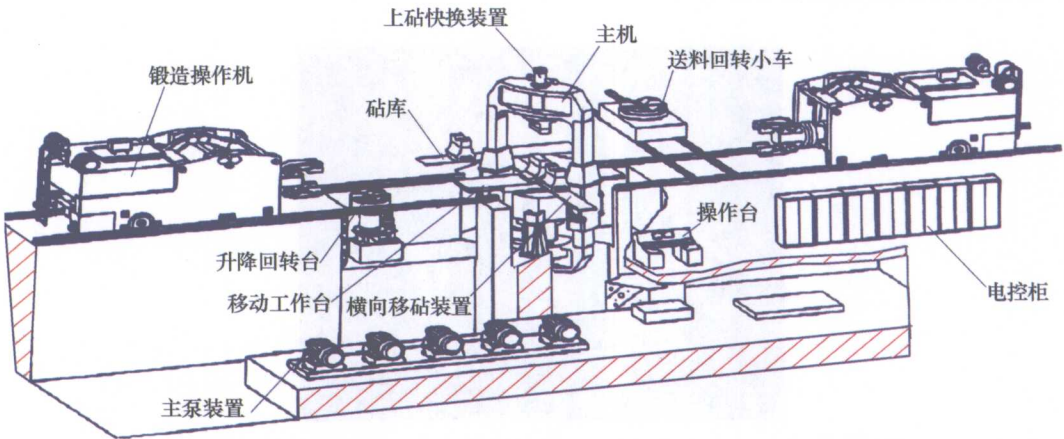


图 1.3.1 现代锻造液压机的组成(本图源自兰石公司样本)

(1) 锻造压机本体。本体为锻造压机的主机,是锻造压机容纳锻件和辅具,并对锻件施加工艺力的部分。包括由液压机上横梁、底座和立柱组件构成的封闭承载框架、工作缸、回程缸及平衡缸、活动横梁(下拉式压机为固定梁)及移动工作台、砧库和横向移砧装置等,见图 1.3.1。本体通过“工作缸—柱塞”驱动下落部分(包括活动横梁、柱(活)塞、部分辅具)对置于移动工作台上的锻件直接施加变形力,并使锻件在框架内变形。

回程缸在一次压下结束后驱动下落部分返回指定位置,从而完成一次工作循环。

平衡缸在空程向下时平衡下落部分的大部分质量,以防止因下落速度过快造成冲击,导致相关零部件损坏。

砧库内可容纳数组不同规格的水平砧、V 形砧等,以随时通过横向移砧装置快速移入压机框架,从

而有效减少更换辅具的时间,提高生产效率。

(2) 液压传动及控制系统。由泵站至本体间的高压和低压管道、各种阀组(充液阀、换向阀、溢流阀和安全阀、控制速度和压力的比例阀等,见图1.3.2)、容器(充液罐、缓冲器)等组成。可将泵站提供的高压液体输送到液压缸,并将卸压后的低压液体送回低压容器。通过各阀组间的匹配,可实现锻造压机的各种工艺动作,如空程向下、压下、回程、停止、移动工作台的前后移动、砧床和横向移砧装置的移动等^[3]。

(3) 动力系统。动力系统指锻造压机的泵站,为锻造压机提供高压液体。对于油压机主要指高压泵及电动机,对于水压机,除高压泵及电动机外,尚包括蓄势器及相应的高压气罐、空压机等。图1.3.3(a)所示为油压机的泵站,图1.3.3(b)所示为水压机泵站的高压水泵和蓄势器。

(4) 电气自动化及信息处理系统。在功能上包括压机主机的操纵和控制系统、操作机的操纵和控制系统、工艺信息的采集处理系统、设备信息的采集处理和分析系统、生产管理信息的采集和处理系统、现场的视频显示及话音通信系统等^[4]。

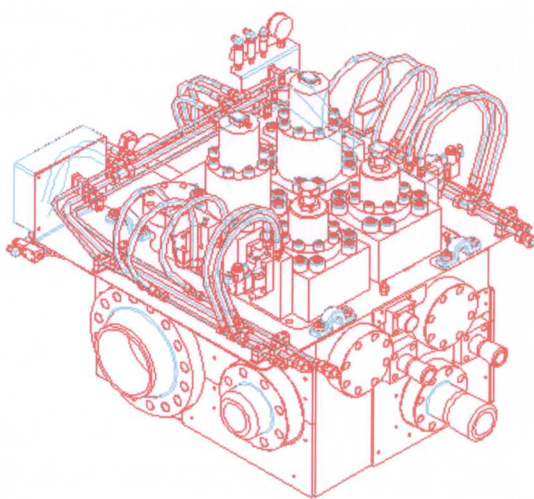


图 1.3.2 阀组



(a)



(b)



图 1.3.3 锻造液压机的动力系统

(a) 油压机泵站;(b) 水泵站的高压水泵及蓄势器。

通常以工业计算机系统(IPC)和可编程控制器(PLC)作为控制系统的核心,采用网络系统进行彼此间的通信。一般应在主操作台配备一台 IPC 作为操作工 HMI(图 1.3.4);另外的 IPC 可用于工艺开发与模型计算、锻造工艺数据的录入等。IPC 可完成设备数据(如工作缸的压力、活动横梁的位移数据等)的采集和管理,可以模拟画面的形式显示和存储设备运行状态及其具体参数;可自动记录具体锻件锻造工艺的实际执行数据;可自动生成生产管理数据;可进行故障诊断和险情报警。IPC 亦可实现主机与操作机的自动化联动。



图 1.3.4 操作台

(5) 锻造操作机。夹持并按锻造工艺要求操纵锻件。近年来,操作机已成为锻造压机不可缺少的组成部分,不仅实现了与主机的自动化联动,操作机本身亦为高度自动化的全液压设备。图1.3.5所示为国内几家企业配备的不同型号的操作机。

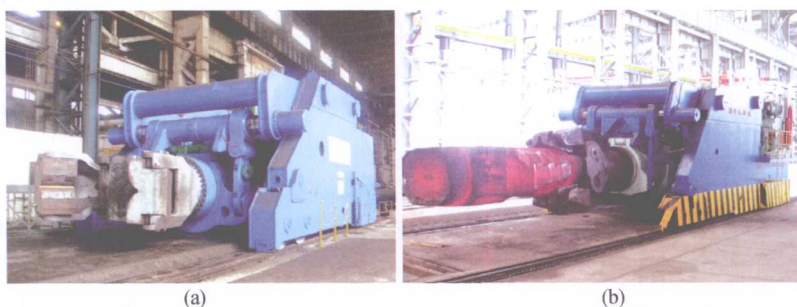


图 1.3.5 国内企业配备的操作机

(a) 上重 200t/5000kN·m 操作机; (b) 华东机械 60t 操作机。

1.4 > 锻造液压机的主要技术参数

技术参数是机械产品的基本技术数据,不同工艺用途液压机的技术参数之间存在明显差异,不同结构形式锻造压机的技术参数亦存在一定差异。锻造压机的主要技术参数反映了其工作能力及结构特点,及其与锻造压机的轮廓尺寸和本体总重的关系。另外,技术参数也是用户选购压机时的主要依据。设锻造压机沿宽边的方向为横向,沿窄边的方向为纵向,以三梁四柱式锻造压机为例(图 1.4.1),其主要技术参数包括以下几项。

(1) 公称压力 P (MN 或 kN) 及其分级。公称压力是指锻造压机能产生的最大名义压力, 为工作介质压力和工作缸柱(活)塞总工作面积的乘积(取整数), 它反映了液压机的工作能力。为提高压机的效率, 在满足工艺要求的前提下, 应尽可能降低泵站的输出功率。对于泵—蓄势器传动的大中型锻造水压机均通过施压工作缸数量的切换, 将公称压力分为 2 级或 3 级。现代泵直接传动的油压机也需要以同样的方式实现压力分级。

(2) 工作介质及介质压力 p (MPa)。工作介质为乳化液或液压油, 以乳化液为工作介质的锻造压机称为水压机, 以液压油为工作介质的锻造压机称为油压机。介质压力一般指液压泵的额定出口压力, 或以系统设定的压力与泵的最大出口压力共同表示, 如 31.5/35MPa 等。

(3) 回程力 Q_1 (MN)。回程力是推动活动横梁返回指定位置的力。计算回程力时, 要考虑下落部分的质量、工作缸排液阻力、各缸密封处的摩擦力及活动梁导向处的摩擦力等。对于锻造压机, 回程力通常取公称力的 10% ~ 15%。对于活塞式工作缸, 回程力按活塞缸下腔工作面积计算, 对于柱塞缸则按回程缸总工作面积计算。

(4) 净空距 H (mm)。净空距是活动横梁停在上限位置时, 自移动工作台上表面到活动横梁(含垫板)下表面的距离。净空距是十分重要的参数, 对锻造压机所能锻造的产品尺寸范围和工艺适应性、本体的性能和造价以及相关建设项目的投资均有程度不同的影响。应依据产品纲领和相应锻造工艺的需要谨慎及合理地确定。应在计入辅具高度的条件下, 考虑压机能容纳的最大坯料及锻件的高度尺寸。

(5) 最大行程 S (mm)。最大行程是活动横梁位于上限位置时, 立柱导套下平面到立柱限位套(块)上平面的距离, 即活动横梁能够移动的最大距离。最大行程也是重要的参数, 对锻造压机的锻件产品和工艺适应性有较大影响, 对工作缸和回程缸的长度及厂房高度亦有程度不同的影响, 亦应依据产品和相应锻造工艺的需要合理地确定。

(6) 立柱中心距 $A \times B$ (mm)。四柱中心距指四立柱沿横向和纵向的中心距。立柱横向中心距 A 决定了其所能锻造的环类、筒类和饼类件的最大直径, 是一个备受关注的参数; 同时, 立柱横向中心距对上、下梁的刚度和质量也有至关重要的影响。应根据产品结构及技术要求确定。

(7) 移动工作台的宽度和长度 $C \times D$ (mm) 及前后行程 L_q 、 L_h (mm)。移动工作台安装在下横梁上, 用于摆放工辅具。移动工作台的宽度和长度均指工作台上平面的宽度和长度。宽度 C 取决于最大砧座的长度或最大镦粗台的直径。长度 D 取决于常用锻造工艺所需一次性摆放的辅具尺寸, 同时需考虑扩孔马架摆放的需要。前后行程 L_q 、 L_h 的确定应考虑位于工作台任何位置的辅具均能移至压机中心, 同时还应考虑工作台面安装和吊出的需要。配备了横向移砧装置的锻造压机, 其移动工作台的长度可适当减小。

(8) 活动横梁速度 (mm/s)。活动横梁速度可分为空程速度 V_k 、加压速度 V_y 及回程速度 V_h 。空程速度 V_k 是活动横梁在接触锻件前下移的速度, 加压速度 V_y 是活动横梁接触锻件后对锻件施压的速度, 回程速度 V_h 是压下结束后, 活动横梁返回指定位置的速度。为提高生产效率, V_k 和 V_h 应在活动横梁停止或换向时不引起冲击及振动条件下取较高的值。加压速度 V_y 是一个比较含糊的概念, 因在许多情况下, 加压过程中 V_y 是变化的, 且变化范围较大; 本书是指在公称压力下活动横梁的最

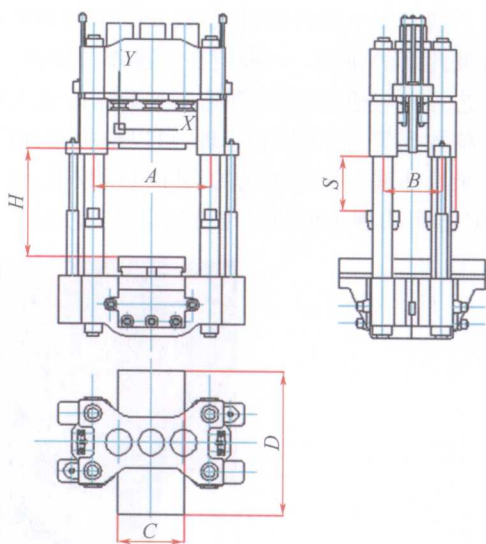


图 1.4.1 三梁四柱压机参数示意图