

# 我国液压模锻锤的研究、开发与展望\*

李永堂 杜诗文

(太原重型机械学院材料科学与工程分院 太原 030024)

摘要:分析了液压模锻锤的特点和国内外液压模锻锤的研究历程与发展概况。介绍了新一代 C83 系列程控液压模锻锤的结构、原理和性能。讨论了我国液压模锻锤发展和推广中存在的问题及对策,指出了液压模锻锤是我国锤类设备的发展方向。

关键词:锻锤 液压锤 锻压设备

中图分类号: TG315

## 0 前言

锤类锻压设备具有打击速度快、行程次数多、成形工艺性好、结构简单、安装方便和价格便宜等优点,是完成锻造工艺最廉价和万能的设备。因此直到今天,不论在国内还是国外,锻锤尤其是模锻锤,仍是完成锻造生产的主要设备之一。

然而,常用的蒸汽—空气锤具有能耗大、热效率低、振动噪声大和工作环境差等缺点,与之相配套的蒸汽动力站又带来了污染环境、浪费水资源等问题。随着生产的发展和科学技术的进步,这些问题表现得越来越突出。因此,蒸汽—空气锤被国家列为近期淘汰使用的设备。

为了既能发挥锤类设备的优点又能克服蒸汽—空气锤存在的缺点,国内外许多科技人员在现有锻锤革新、技术改造和研制发展新型锤类设备等方面进行了不懈的努力和卓有成效的工作,液压模锻锤就是随着科学技术的进步,保留了锤类设备的特点,吸收了其他种锻锤的优点而发展起来的一种新型锻锤。

## 1 锻锤的改进和发展

围绕如何解决蒸汽—空气锤浪费能源和振动公害等问题,国内外在改造现有锻锤和发展新型锻锤的研究实践中取得了一定的成就,归纳起来,有以下几个方面。

(1) 对现有蒸汽—空气锤进行革新和技术改造,以提高能量利用率。如综合利用蒸汽热能及通过改善配汽滑阀的结构来减少热能的损失;研制、

开发电液锤或液压动力头,用于对传统蒸汽—空气锻锤进行节能换头改造,可实现节能 85% 以上<sup>[1]</sup>。

(2) 在有砧座式锻锤的下砧座与基础之间安装隔振装置,以消除振动,改善锻压车间工作环境。目前较成熟的隔振装置有:悬吊式板弹簧隔振基础和砧下橡胶垫支撑式隔振基础等<sup>[2]</sup>。

(3) 我国 20 世纪 50 年代末发展的蒸—空对击锤(也称无砧座锤),采用上、下锤头等行程对击的结构,主要有钢带联动和液压联动等联动方式,具有消除锻锤强烈的振动和减轻设备与基础重量等优点。但仍采用蒸汽—空气驱动,热效率低,下锤头上跳行程长,给工艺操作带来了不便。

(4) 20 世纪 60 年代,我国开始研制和发展高速锤。它采用液气驱动和高压氮气作为工作介质,大大提高了能量利用率;高压气体驱动上锤头打击的同时,也驱动锤身上跳,实现对击。但高速锤也存在力重比过大,打击速度过高,打击频率低和模具热负荷大等问题。

(5) 随着生产的发展和液压技术的进步,液压模锻锤作为一种新型锻压设备得到了迅速发展和应用。液压模锻锤采用液气驱动原理和下锤头(或锤身)微动上跳对击的结构形式,保留了锤类设备的特点,同时克服了蒸汽—空气锤,对击锤和高速锤能耗大、振动大、操作不方便和力重比过高等缺点,是高效、节能和环保型机电一体化新产品。实践表明:液压模锻锤是集前人所研制的各种锻锤的优点于一身的蒸汽—空气锤理想的换代产品。

## 2 液压模锻锤的主要特点和发展概况

液压模锻锤不论是从工作原理上还是结构型式上都对传统锻锤进行了根本的变革,与蒸汽—空气锤和其他类锻锤相比,液压模锻锤具有以下主要特点。

\* 纪念《机械工程学报》创刊 50 周年——“机械工程技术的历史、进展与展望”主题征文。20030611 收到初稿,20030830 收到修改稿

(1) 由于采用液气驱动, 所以与蒸汽—空气锤相比, 其能源有效利用率要高得多。按折合成一次能源计算, 可节约能源达 85% 以上。

(2) 由于采用下锤头(或锤身)微动上跳对击的结构形式, 在基本不影响生产操作的情况下, 消除了锻锤强烈的振动, 改善了锻压车间生产及其周围生产、生活环境<sup>[3]</sup>。

(3) 与蒸汽—空气锤相比, 甩掉了蒸汽动力站, 消除了锅炉房严重的环境污染, 实现了清洁生产, 节约了大量的水资源。

(4) 液压模锻锤的动力源是电源, 通电即可工作, 节省了辅助动力设备投资, 安装方便、占地小、上马快和便于车间生产管理。

(5) 由于采用液气驱动和电液控制, 可以实现锻造生产自动控制, 并有利于建成以液压模锻锤为主机的自动化锻造生产线。

液压模锻锤的雏形早在 20 世纪 30 年代就已出现, 但直到 60 年代才得到迅速发展。其发展过程也是由早期的单作用落锤到双作用锤, 由有砧座式结构发展到下锤头(或锤身)微动式结构。结构不断改进, 原理日臻完善, 性能不断提高。

国外研制液压模锻锤的有德国、捷克、俄罗斯、英国和美国等国家。其中德国 Lasco 公司研制的 GH 系列砧座微动型液压锤、捷克 SMERAL 工厂研制的 KJH、KHZ 系列锤身微升式液压模锻锤和德国米勒万家顿公司 Beche 无砧座电液锤最具有代表性。

GH 系列液压锤采用上、下锤头对击的结构形式。驱动部分——液动力头通过防震装置安装在机器顶部。下锤头下方装有两个密封气垫, 内部充有一定压力的气体, 其作用力足以支撑下锤头并能使其产生向上的加速运动。打击时, 上锤头在自重和液压油作用下向下打击。下锤头在下方气垫的推动下上跳, 实现对击。打击后上锤头回程, 下锤头在自重和两侧顶杆推动下克服气垫压力复位。

GH 系列液压锤采用 U 型结构下锤头, 工作时上锤头在下锤头和上横梁中导向, 保证了导向精度和锻造精度。上锤头和下锤头的质量比为 1:4 左右。当合成打击速度为 6 m/s 时, 下锤头速度约为 1.2 m/s。下锤头行程为 120~150 mm, 故操作起来方便, 也避免了打击过程中锻件跳动或出模情况。该锤采用细锤杆结构, 并在锤杆导向处装有自动闭锁装置。操作系统采用控制面板和脚踏板联合操作, 可实现打击能量的程序控制。

KJH 系列液压模锻锤是捷克 SMERAL 工厂早期产品。该系列液压锤采用液气驱动原理和锤头锤身对击的结构形式, 打击时锤头在压缩空气作用下

加速向下运动, 同时通过机身两侧的液压—杠杆联动机构和气缸内气体反作用力推动锤身上跳, 与锤头实现对击。该锤的锤头在刚性较大的锤身中导向, 导向精度高, 可用于偏心锻造和精密模锻。泵站、液压系统和控制系统与主机分开, 有利于调整和维护。

在 KJH 基础上, 该厂又发展了新 KHZ 系列锤身微升式液压锤。KHZ 系列液压锤将原二分式锤身改为整体式锤身, 增加了锤身刚性; 将原来的两套液压—杠杆联动机构和打击控制阀改为一套, 既避免了不同步现象, 又使结构紧凑; 液压系统也将原闭式回路改为开式回路。该锤实现了打击能量和打击次数的程序控制。我国常州锻造厂、成都锻造厂和东北齿轮厂等单位曾购买了该系列 20KJ、80KJ 等规格的产品。

为了发展我国自己的液压锤技术和产品, 替代进口, 满足锻压生产需求, 20 世纪 70 年代, 太原重型机械学院和吉林大学等单位的科研人员开始从事液压模锻锤的研究与开发, 并于 20 世纪 70 年代末研制了 25KJ、63KJ 和 100KJ 等规格的不同结构原理的液压模锻锤。

然而, 由于当时技术水平和液压、电气元件性能质量落后等条件限制, 使得第一代液压模锻锤在性能方面还存在一些缺陷。在设计方面, 由于受原捷克 KJH 系列液压模锻锤的影响, 主机多采用锤身微升式结构, 这给上、下液压缸的连接带来了困难; 液压系统多采用闭式回路, 油液易发热, 且打击后转回程时, 系统动态响应慢, 焖模时间长, 影响打击效率<sup>[4]</sup>; 主要液压阀多采用滑阀, 连接多为管式联接, 元件性能差, 难以保证液压锤打击频率、控制精度和工作可靠性; 控制系统均采用手动(或脚踏)的继电器控制, 谈不上程序控制和自动化。

为了解决第一代液压模锻锤存在的问题, 促进液压模锻锤的发展, 使它在生产中发挥更大的作用, 我国科研人员对液压模锻锤产品进行了不断的改进和完善。同时开发出了 C83 系列程控液压模锻锤和气压回程液压打击的消振液压锤等新产品。

### 3 C83 系列程控液压模锻锤

经过多年的理论与试验研究, 参考国外液压模锻锤发展的先进技术, 太原重型机械学院与有关单位合作, 研究开发了具有自主知识产权的新一代 C83 系列程控液压模锻锤。该产品采用液气驱动、液压联动、单工作缸和单联通缸结构, 主机结构有下锤头微动和锤身微动两种结构形式, 液压系统采

用插装阀集成开式液压系统，控制系统采用 PLC 程序控制系统。

### 3.1 C83 系列液压模锻锤原理和结构特点

C83 系列液压模锻锤主要有两种结构形式：一种是下锤头微动型结构；一种是锤身微动型结构。

图 1 是下锤头微动型液压模锻锤结构和原理。工作缸 5 的上腔一次性充入压缩气体，下腔是液压缸，通过控制插装阀 6 和 8 及寸动阀 7 可以实现液压模锻锤提锤、任意位置悬锤、寸动、轻打和重打等各种动作循环。该锤的上、下锤头系统是两个独立的打击体，工作时上锤头在 U 型的下锤头中导向，保证了导向精度和锻造精度，下锤头行程是上锤头行程的 1/5。由于采用液压联动结构，保证了打击时上、下锤头系统动量相等和打击效率。6.3KJ 和 25KJ 等规格的程控液压模锻锤采用了这种结构。

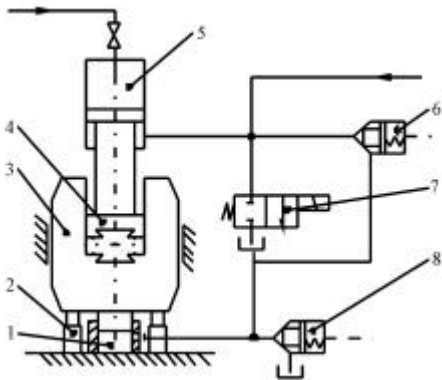


图 1 下锤头微动型液压模锻锤结构和原理

1. 联通液压缸 2. 气垫 3. 下锤头 4. 上锤头  
5. 工作缸 6,8. 插装阀 7. 寸动电磁阀

锤身微动型液压模锻锤结构和原理如图 2 所示。工作前一次性向工作缸 6 上腔充入压缩气体。

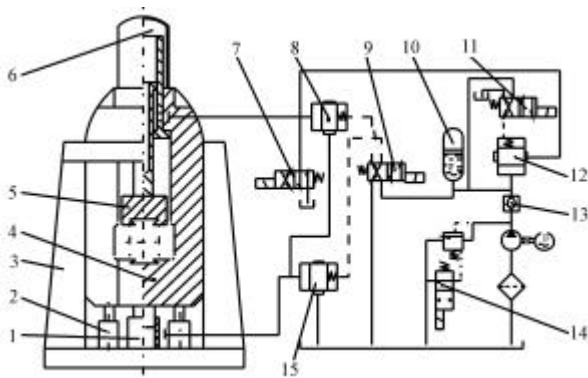


图 2 锤身微动型液压模锻锤结构和工作原理

1. 联通缸 2. 气垫 3. 外框架 4. 锤身 5. 上锤头  
6. 工作缸 7,9,11. 电磁阀 8,12,15. 插装阀 10. 蓄能器  
13. 单向阀 14. 电磁溢流阀

当下腔进入高压液体时，锤头回程并使上腔气体进一步压缩蓄能。控制液压系统使阀 8 打开，阀 15

关闭时，工作缸液体经联通油路进入联通缸 1，锤头系统在上腔气体膨胀作用下加速下行，与此同时，锤身 4 在联通缸液体与气垫 2 的共同作用下上跳，与锤头系统实现打击。该液压模锻锤的优点是结构紧凑、锤身上跳量小，因而工艺操作方便。新型 25KJ 等规格的液压模锻锤采用此结构，其联通油路采用高压软管连接。

C83 系列液压模锻锤的另一结构特点是在下锤头(或锤身)下方使用了气垫，清除了回程时下锤头(或锤身)对底座和基础的冲击和振动，同时减少了打击时的联通油压，能量利用率提高了 11%。

### 3.2 C83 系列液压模锻锤的液压系统

C83 系列液压模锻锤的液压系统为泵直接传动的开式液压系统，如图 2 所示。该液压系统有如下特点：采用泵直接传动，可保证锻锤长时间连续打击；泵站和集成后的液压系统旁置，可使液压系统免受锻锤工作时的影响且调整方便；系统内设控制油源并由一小型蓄能器保压，回程时又可为系统提供部分油源，既节约了能源，又提高了行程次数；主要控制阀均采用插装阀，切换灵活、动作可靠，通油流量大、系统能量损失小和传动效率高。

与第一代液压模锻锤使用的闭式液压系统相比，开式液压系统简单；有利于系统中油液的循环和散热；打击时联通油路与主油路断开，保证了下锤头(或锤身)的上跳速度和上跳量；通过用“灰箱”建模法对开式液压系统进行建模与仿真分析，表明开式液压系统具有良好的动态性能<sup>[5]</sup>。如在液压模锻锤打击后转到回程这一过程中，开式液压系统的响应时间只是闭式液压系统的 1/4。

### 3.3 C83 系列液压模锻锤的程序控制系统

液压模锻锤的发展与应用，根本上改变了传统蒸汽—空气锤的手动操作方式和恶劣的工作环境，使锻锤实现自动的程序控制成为可能。液压模锻锤是一种冲击成形设备，打击速度快( $v=7\text{ m/s}$ )，打击频率快( $n=60\sim 120\text{ min}^{-1}$ )，锻造工艺复杂，工作时会产生振动，因此在设计程控系统时要充分考虑车间环境、设备特点和工艺特点，软、硬件设计要有良好的操作性、适应性和扩展性。

C83 系列液压模锻锤采用了 PLC 程序控制系统。与传统的继电器控制系统相比，该系统控制灵活、可靠；与单板机或微机控制系统相比，更适合于锻压车间的生产环境。液压模锻锤采用控制面板和脚踏板联合操作，系统的控制程序包括电动机 Y—启动程序、监测与保护程序、手动操作程序、脚踏板操作程序和自动操作程序。在自动操作程序中，设计了锻件打击能量和打击次数预选程序，用

户可根据每一种锻件生产工艺随时调整,并能很方便地修改程序。

应用结果表明,新型液压模锻锤的程控系统具有工作可靠性好、控制灵敏度高、抗干扰能力强和性能价格比高等特点,改善了锻压车间工作条件,实现了单机自动程控操作,为构成以液压模锻锤为主机的自动化锻造生产线创造了条件。

## 4 结 论

液压模锻锤具有节约能源、减少振动、简化动力设备、消除环境污染、节约水资源和实现了机电一体化等优点,是传统蒸汽—空气锤理想的更新换代产品,极具发展前途和推广应用前景。但是我国从开始研制液压模锻锤至今有 20 余年,为什么还没有得到应有的推广呢?作者认为存在以下几个问题。

首先是观念和认识问题,提到液压模锻锤,许多人担心会出现漏油现象,有些人担心液压模锻锤的打击频率和操作灵活性不如蒸汽—空气锤,其实这种担心是多余的。新开发的 C83 系列程控液压模锻锤打击频率在  $70 \text{ min}^{-1}$  以上,操作灵活性、可靠性和工作环境都比蒸汽—空气锤好得多,另外随着液压技术的进步、高性能液压元件的应用和密封件性能的提高,液压系统漏油现象已从根本上得到了解决。当然液压模锻锤的定期保养、检修还是必要的,其他设备也需如此。

第二,对于液压模锻锤的研究开发单位和制造厂家来说,要始终把提高液压模锻锤的质量和性能放在第一位,坚持用户跟踪走访和售后服务,倾听各方面人士对液压模锻锤的意见,以利于改进设计和完善液压模锻锤的性能,切勿停留在取得几项研究成果或只将设备售出的阶段,同时还要注意模具设计制造等辅助装置供应。

第三,目前在液压模锻锤开发中,存在规格型号太少,用户选择面小,以及缺乏必要的配套设施,尤其缺乏整条生产线的研究与开发等问题。锻锤虽然是冲击成形设备,可在一定范围内调节能量使用,但还应按部颁标准(JB3582—1984)开发出液压模锻锤系列产品,以给用户更大的选择余地。当然也可按用户具体要求开发制造。要提高设备柔性化和工艺适应性,扩大设备应用范围。尤其应注重中、大规模液压模锻锤产品和以液压模锻锤为主机的自动化锻造生产线的研究开发。

总之,液压模锻锤的开发和推广对于国家和企业都会带来巨大的经济效益与社会效益。可以相信,在国家有关部门的指导和有关政策的支持下,在有

关企业人士的关注下,在研究和制造单位广大工程技术人员的不懈努力下,液压模锻锤会得到更广泛的推广应用。

## 参 考 文 献

- 1 Lei B F, Li Y T. Research on the energy economization of electro—hydraulic hammer. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2000, 13(1): 64~69
- 2 陈维民,曹喜滨,高乃光,等. 锻锤的振动分析及砧下直接减振研究. 机械工程学报, 1992, 28(1): 36~41
- 3 Li Y T. Simulation on the vibration of the hydraulic hammer. In: Proceedings of DETC'01. Pittsburgh, U.S.A. Sep. 9~12, 2001,
- 4 李永堂,朱元乾. 液压锤开式液压系统动态特性研究. 机械工程学报, 1993, 29(2): 19~23
- 5 Li Y T, Lei B F, Ting K L, et al. "Gray-box" modeling method and parameters identification for large-scale hydraulic system. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2003, 16(1): 1~3
- 6 李永堂,罗上银. 液压模锻锤. 北京:机械工业出版社, 1992
- 7 Jiang W L, Fu W Z, Zhang T P, et al. A study on dynamic characteristics of hydraulic-pneumatic hammer and its hydraulic system. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 1992, 5(1): 68~77

## RESEARCH, DEVELOPMENT AND PROSPECT ON THE HYDRAULIC DIE FORGING HAMMER

*Li Yongtang Du Shiwen*  
(Taiyuan Heavy Machinery Institute)

**Abstract**: The advantages of hydraulic hammer and its developments at home and abroad are analyzed. The structure, principle and performance of new typed C83 series program controlled hydraulic hammer are introduced. The problems and measures for developing and spreading the hydraulic hammer are discussed. It is indicated that the hydraulic hammer is the developing direction of die forging hammers in our country.

**Key words**: Forging hammer

Hydraulic hammer

Forging equipment

作者简介:李永堂,男,1957年生,博士,教授。主要从事锻压设备理论、控制及先进集成制造技术方面研究,获省、部级科技进步二等国家奖励 7 项,发明专利 4 项,出版著作、教材 4 部,发表论文 80 余篇。