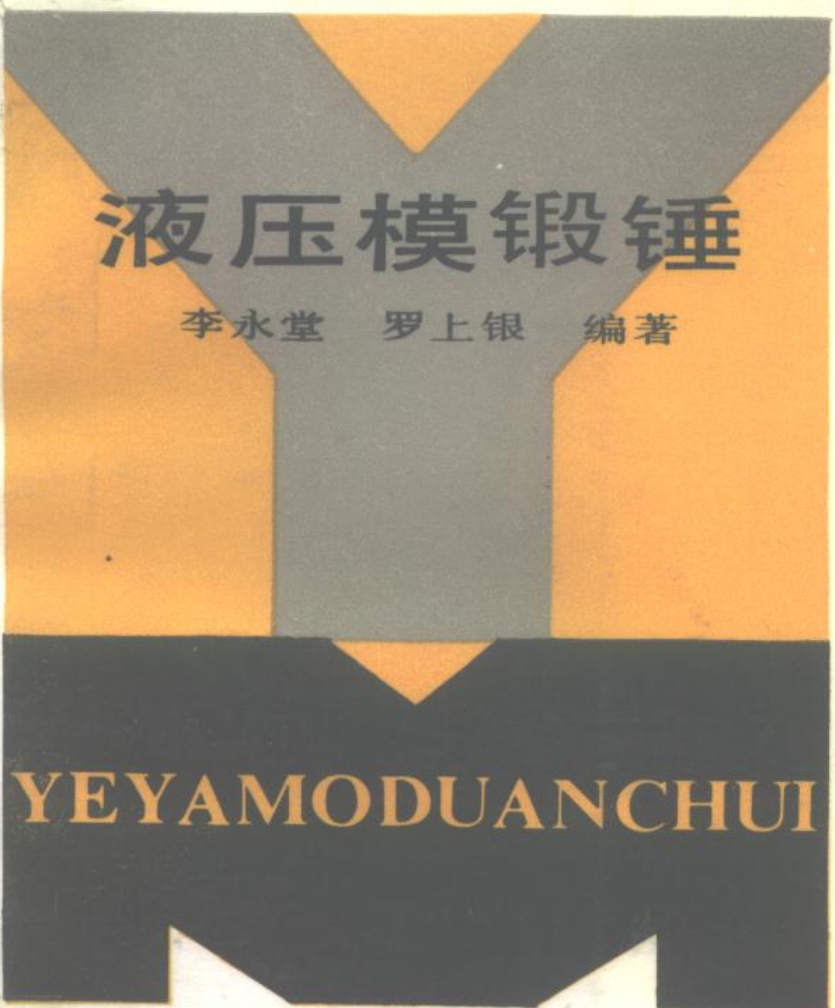


The background features a large, stylized graphic of a hammer head. The upper part is a grey 'Y' shape on an orange field, and the lower part is a black 'M' shape on a black field. The title '液压模锻锤' is centered in the orange area.

液压模锻锤

李永堂 罗上银 编著

YEYAMODUANCHUI

机械工业出版社

液 压 模 锻 锤

李永堂 罗上银 编著



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字054号

液压模锻锤是一种新型锻压设备，它具有效率高，节约能源，动力源简单，振动小，对厂房、基础要求低，有利于实现锻造生产机械化与自动化等优点，既可广泛地用于汽车、拖拉机、轻工和纺织机械以及机器制造业，又可用于工具、五金等行业。

本书主要论述了砧座微动型液压模锻锤的工作原理、结构型式、参数设计计算、液压系统设计及其动态特性的研究、液压模锻锤性能分析及安装、使用、维护等内容，并介绍了用液气驱动原理对燕一空锻锤进行的节能改造。

本书可供工程技术人员和大专院校锻压专业师生参考。

液 压 模 锻 锤

李永堂 罗上银 编著

*

责任编辑：董连仁 责任校对：孙志筠

封面设计：刘 代 版式设计：胡金瑛

责任印制：卢子祥

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 6 · 字数 132 千字

1992年1月北京第1版·1992年1月北京第1次印刷

印数 0,001—2,500 · 定价：5.20元

*

ISBN 7-111-01626-2/TG·420

DV5960

前 言

液压模锻锤是一种新型锻压设备，它是采用液压驱动和下锤头（或锤身）微动上跳与上锤头对击的结构型式，具有高效、节能、减少振动、简化动力设备和改善工作环境、有利于实现锻造生产机械化与自动化等显著特点。本书主要论述砧座微动型液压模锻锤的结构、工作原理、设计计算及其性能分析等。

作者通过多年对液压模锻锤设计、研究和实验的经验，积累并参阅了国内外近年来的研究成果和文献，编写成此书，旨在为推动我国锻压设备的更新换代和锻压生产现代化方面尽一点薄力。书中部分内容曾作为太原重型机械学院锻压专业选修课教材。本书可供锻压行业的工程技术人员和生产人员参考，也可供大专院校锻压专业师生参阅。

作者首先要感谢朱元乾教授，他为我国液压模锻锤的发展做了很多开拓性的工作，为本书的编写提供了许多有益的资料，并对书稿进行了详细的审阅。在本书编写过程中，还得到了哈尔滨工业大学高乃光教授、吉林工业大学张天鹏研究员、太原重型机械学院有关老师和同志们们的热情帮助和支持，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，不妥之处，请读者指正。

作 者

1990年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 模锻锤的特点及发展概况	1
第二节 液压模锻锤综述	7
第二章 液压模锻锤工作原理和结构型式	26
第一节 锤身微升式液压模锻锤	26
第二节 上、下两锤头对击式液压锤	38
第三节 电液锤工作原理简介	41
第三章 液压模锻锤参数设计计算	49
第一节 功能和结构参数计算	49
第二节 液压系统计算要点	67
第三节 液压模锻锤的操作与控制方式	78
第四章 液压模锻锤结构设计计算	81
第一节 主要零部件受力分析	81
第二节 主要零部件强度校核	87
第三节 利用有限元方法进行强度计算实例	95
第五章 液压模锻锤液压系统分析	99
第一节 闭式液压回路概述	99
第二节 液压锤液压系统动态特性分析	103
第三节 液压锤液压系统的数字仿真	115
第四节 开式回路的应用	123
第六章 液压模锻锤性能试验和分析	126
第一节 液压模锻锤参数测定及分析	126
第二节 液压模锻锤振动分析	137
第七章 液压模锻锤经济效益分析	147

第一节	液压模锻锤功能及效率计算方法	147
第二节	液压锤效率实验	155
第八章	液压锤的安装、使用和维护	160
第一节	砧座微动型液压锤的基础	160
第二节	液压锤的安装和调试	161
第三节	液压锤的使用和维护	163
九章	用液气驱动技术对蒸-空锻锤进行	
	技术改造	167
第一节	电液自由锻锤	167
第二节	用液气动力头对蒸-空模锻锤进行技术改造	172
第三节	蒸-空锻锤节能改造的技术经济分析	174
	录	178
附录 I	液压锤用气体工作介质的热力学性质	178
附录 II	液压油的性质和选用	180
附录 III	用铜柱敏粗法检测锻锤打击量能	182
参考文献		185

第一章 绪 论

现代工业的高速发展，需要越来越多的高精度、高质量的模锻件。模锻件的生产率高、尺寸稳定、材料利用率高，尤其是精密锻件，可以减少或省去切削工作量，有利于提高材料的力学性能，降低锻件成本。模锻件所占锻件的比例，标志着一个国家锻造业的生产水平。

目前我国模锻件占锻件的比例还很小，就1980年的统计资料看，我国模锻件所占全部锻件的比例还不到30%，而国外一些工业发达国家，模锻件占全部锻件的60%~70%，相比之下，我国模锻件生产还存在不小的差距。现在有些工厂在无模锻设备的情况下，采用胎模锻造或自由锻锤模锻化，这样不但工人的劳动强度大，而且很不经济。因此，在发挥现有模锻设备生产能力的情况下，研究制造新型模锻设备，对于提高我国模锻工业生产水平，对于实现工业现代化，都具有重要意义。

第一节 模锻锤的特点及发展概况

锻锤是完成锻造工艺最廉价和万能的设备，在锻造工业中发挥了和正在发挥着重要作用，是机械制造业中量大面广、不可缺少的一种锻压设备。随着其它一些锻压设备如液压机和机械压力机等的发展和出现，在一定程度上取代了一部分锻锤的工作。但是直到现在，锻锤，尤其是模锻锤在各国模锻工业中仍占主导地位，绝大多数模锻件都是在锤上生产的。

在美国和西欧一些工业发达国家中, 锤类模锻设备占各种设备中的很大一部分, 并且其数量还在不断增加。例如, 原联邦德国160家模锻专业厂中, 从60年代初到70年代初这十年期间, 模锻锤总数增加了450台。美国158个厂家1980年的调查结果表明, 模锻锤占模锻设备总数的56%, 并且从1961年至1980年新增加的模锻设备来看, 模锻锤的增加量仍高于其它各种模锻设备。英国最大的GKN锻件公司, 1980年拥有的模锻锤占该公司各种模锻设备的66.2%。

在我国现有的模锻设备中, 尽管近些年机械压力机、螺旋压力机及其它种模锻设备均有较快的发展, 但由于模锻锤具有其它设备无法比拟的优点, 因而仍在生产中起着重要作用。表1-1列出了几个典型锻造厂的模锻设备现状。从表中可以看出, 模锻锤, 主要是蒸—空模锻锤是锻压车间主要的模锻设备, 承担着绝大部分锻件的生产任务。

表1-1 几家锻造厂模锻设备构成

厂 名	模 锻 设 备 构 成							
	蒸—空模锻锤(台)					对击锤	锻压机	平锻机
	1 t	1.5 t	2 t	3 t	≥5 t	(台)	(台)	(台)
南京汽车锻造分厂	4	—	3	1	1	2		1
常州锻造厂	2	—	3	—	1	—	—	—
北京内燃机锻造分厂	2	—	2	2	2	—	1	1
第一汽车厂锻造厂	5	2	6	4	4	—	8	11

注: 1. 此表根据1983年的资料统计;

2. 常州锻造厂1985年引进了一台KHZ2型液压模锻锤。

一、模锻锤的主要特点

(1) 锻锤是一种冲击成形设备, 打击速度高, 一般为

7~9m/s, 因此金属容易充满模腔, 即成形性好, 特别是对于形状较复杂的锻件, 优越性就更明显些。

(2) 模锻锤上的锻模操作空间大, 抗偏心锻造能力强。在一台锤上可以完成拔长、滚挤、预锻、终锻等各种工序的操作, 即工艺性能好, 因而不需制坯设备。

(3) 行程次数比较高, 制坯时行程次数为 110min^{-1} , 预锻、终锻时为 $70\sim 90\text{min}^{-1}$, 使锻件在锻造过程中来不及冷却, 因而有较高的生产率。

(4) 锻锤是一种定能量设备, 它不同于定行程设备的热模锻压力机和定力设备的液压机。其锻造能力不严格受吨位限制, 当锻锤的有效能量小于锻件变形所需要的能量时, 可以多打几锤。另外在进行变形量较小的终锻时, 可以产生很大的打击力。

(5) 模锻锤通用性强, 更换模具方便, 所生产的锻件品种多, 特别适用于中小批量的生产厂使用。

(6) 模锻锤结构简单、制造容易、价格便宜, 是热模锻压力机投资的30%~20%。

鉴于上述优点, 所以直到现在, 模锻锤, 主要是蒸一空模锻锤仍然是模锻生产中的主要设备, 并且其数量仍在不断地增加。但是, 通常使用的蒸一空模锻锤也存在着一些问题, 例如,

(1) 蒸一空模锻锤振动、噪声大, 这不仅恶化了锻工的工作环境, 而且还影响到厂内外的机加工设备、精密仪器的工作和附近的居民。

(2) 由于振动大, 因而厂房造价高, 例如安装5t以上锻锤就要考虑用钢结构厂房, 它比混凝土厂房增加2/3的造价。另外, 为提高打击效率和模锻精度, 有砧座模锻锤需要

有一个庞大的下砧座。蒸—空模锻锤的下砧座重量为锤头重量的18~25倍。同时还需要庞大的基础，因此安装费用比较高。

一般蒸—空模锻锤的基础费用为锻锤总投资的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 。

特别是对于我国南方来说，水位较高，安装更困难。

(3) 蒸—空模锻锤需要蒸汽动力设备或空气压缩站，这不但增加了投资，而且浪费了人力。

(4) 蒸—空模锻锤的最大缺点是能量有效利用率低。锤每次行程排除废气的损失，锅炉内部的损失，再加上由锅炉房到锻锤这段较长输气管道中的损失，致使蒸—空模锻锤的热效率只有1%~3%。即使使用压缩空气，其热效率也不超过5%。

二、模锻锤的发展概况

20世纪初，由于汽车制造业的兴起，蒸—空模锻锤作为一种模锻设备应运而生了，并显示了它独特的优点，到20世纪40年代，模锻锤已在模锻领域中独占鳌头。但与此同时，蒸—空模锻锤也暴露了前面所述的缺点。于是促使人们对它进行改进和完善，或谋求用其它种模锻设备来取代它的工作。例如，本世纪50年代，由于热模锻压力机开始进入模锻设备的行列，与蒸—空模锻锤相比，热模锻压力机具有生产率高、劳动条件好、易于实现自动化等优点，所以曾有人主张用热模锻压力机来代替模锻锤。然而，热模锻压力机虽然具有很多优点，但在经济上它的投资要比模锻锤高3~5倍，在工艺上它的成形速度慢，模锻空间小，一个模腔内只能一次锻击成形，必须配有制坯设备等，这些都影响了它的进一步使用和发展。

模锻方式应适应锻件的成形条件、精度要求、生产批量

以及技术经济指标等。在大批大量锻件生产条件下，近期逐渐采用以热模锻压机为主机的模锻生产线。但这并不意味着在所有情况下模锻锤都将被压力机所取代，具体问题要作具体分析。在模锻生产中，除了大批量生产以外，更多的还是中小批量生产的模锻件，各种模锻设备应该扬长避短、互相补充，充分发挥各自的优势。因而，各种模锻锤不仅仍被广泛使用，而且还有创新和发展。就国内外现状来说，模锻锤的问题，还不是一举淘汰的问题，而是如何革新和改造的问题，正是走向更新换代的时代。

众所周知，蒸一空模锻锤产生的振动是模锻车间主要公害之一。减少振动的主要方法：一是在设计时采用对击式的工作原理；二是对现有的有砧座锤采取隔振措施。

所谓隔振措施，通常是在下砧座与基础之间装上弹性元件，使砧座的剩余动能在弹性元件的弹性与阻尼作用下逐渐消失。常见的隔振基础有：悬吊式板弹簧隔振基础、砧下橡胶垫支撑式隔振基础等。

蒸一空模锻锤的能量有效利用率低，考虑到国家能源紧缺和工厂技术经济指标，人们设想和研究着各种节能措施，如综合利用蒸汽热能及通过改善配汽滑阀的结构等来减少热能的损失。另一个方向就是发展电液锤，采用液压动力头来代替蒸一空模锻锤的驱动装置。

本世纪30年代德国推出了对击锤(无砧座锤)，由于对击锤通常采用蒸汽或压缩空气驱动，所以又称为蒸一空对击锤。蒸一空对击锤采用上、下锤头对击的结构型式，用活动的下锤头代替了庞大的砧座，使得锤本身的重量减少了 $\frac{2}{3}$ 左右，

基础体积减少到具有相同能量有砧座锤的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{10}$ ，它的打

击是悬空对击，不向地面传播振动，消除了传统锻锤的危害。由于对击降低了锤头打击速度，使得锻锤结构受力减小，延长了各零部件的寿命。从一个锤头单击发展到两个锤头对击，是锻锤结构设计上的一大突破。

蒸一空对击锤的上、下两锤头质量大致相等，上、下锤头的打击速度和行程也大致相等。气缸中的蒸汽或压缩空气驱动上锤头，上锤头又通过联动装置带动从动的下锤头与之同步反向运动，实现对击。典型的联动方式有钢带联动和液压联动。蒸一空对击锤的研究和实践无疑是成功的，但是它并没有解决传统蒸一空模锻锤的热效率低的问题。同时，由于对击锤上、下锤头行程相同，也就是说，下锤头要向上运动很长一段距离，因此这就给操作者带来了很大的不便。多年的实践表明：对击锤适于发展大吨位的模锻锤，我国目前已制造了1000kJ对击锤。

50年代出现的高速锤，是以高速为特征，在对击锤的对击原理基础上，又进一步使整个锤身的质量（包括气缸）做为下锤头，向上迎击落下的上锤头，落下部分走一个长距离，锤身部分向上走一个短距离，以实现对击。对击速度达20m/s，比一般模锻锤的打击速度高3~4倍左右，又称高能高速锤。在此之前，模锻锤的设计都是固定式锤身，而高速锤的锤身则是向上跳动的，而且用提高速度的办法来提高锤的打击能量，用较小质量的设备发挥出较大的打击力，这一构想和实践是锻锤结构设计上的又一个飞跃。另外，高速锤采用液气驱动原理，其工作介质是高压氮气，与普通蒸一空模锻锤相比，大大提高了能量利用率。

我国从60年代开始研制高速锤，很快就生产出了二百余台，并研制出了快放油式高速锤。但是人们通过实践认识到，

早期高速锤也存在一些问题,例如力重比过高,锤身质量小,打击时容易出现松动,甚至发生锤身断裂等问题。另外,由于打击速度高,空打力太大,模具承受的能量过载大,再加上打击频率低,闷模时间长,模具所受的热负荷大,因此使用一般模具材料时,模具寿命低。

那么,如何克服上述的蒸一空模锻锤、对击锤和高速锤的缺点,又要吸收它们的优点呢?人们自然地把注意力和研究的重点集中到了液压模锻锤方面。因此,出现了目前对液压模锻锤的研究与应用。

第二节 液压模锻锤综述

采用纯液压驱动,或者采用液气驱动的锻锤,一般称为液压锤。由于它主要用于热模锻工作,所以又称为液压模锻锤也叫做液气锤。现在所说的液压模锻锤通常指砧座微动型,即打击时锤身(或下锤头)微动上跳结构型式的液压锤,而把具有固定的锤身或砧座,采用液压力头驱动的锤,称为电液锤。

液压模锻锤早在30年代就已出现,限于当时液压技术比较低,所以没有得到发展。随着液压技术的提高,到了50年代,特别是60年代,液压模锻锤得到了较为迅速的发展。由早期的单作用落锻锤发展到电液或液气联合驱动的双作用锤,并且结构不断改进,品种越来越多,能量越来越大。目前已有德国、捷克斯洛伐克、英国、美国、日本、苏联等国家的十几家公司,生产出了十几种不同规格、不同类型的液压模锻锤,最大规格已做到500kJ,成为模锻设备的一支新军,正在与传统的模锻设备争夺市场。

一、液压模锻锤基本特点

一种新型设备的应用和发展,必有其特点,液压模锻锤

也是如此，与蒸一空模锻锤、对击锤和高速锤相比，液压模锻锤具有下列优点：

1. 液压模锻锤能量利用率高，可以节约能源。

与蒸一空模锻锤不同，液压模锻锤采用液压或液气驱动。在采用液气驱动的情况下，工作前向锤的工作气缸一次充入定量的压缩空气(或氮气)，工作期间并不向外排气，通过液压力的改变，使定量封闭的气体进行反复地压缩蓄能、膨胀做功。输入的是液体压力能，得到的是气体膨胀功并转变为打击能量。液压模锻锤的主要能源消耗是电机消耗的电能，因此它的能量有效利用率比蒸一空模锻锤高得多。据有关资料表明，吉林工业大学研制的CJ83系列25kJ、50kJ、75kJ、125kJ液压锤的能耗，只是相当能量10、20、31.5、50kN 蒸

汽模锻锤的 $\frac{1}{24}$ 、 $\frac{1}{17}$ 、 $\frac{1}{15}$ 和 $\frac{1}{13.3}$ 。

2. 液压模锻锤简化了动力源装置，可以节约投资

液压锤的动力源装置是电动机、油泵以及液压传动系统。液压系统自成一个集成体系，与锻锤配合紧凑，而且也不复杂。工作前向气缸进行一次充气只需一台小型充气设备。既不需要蒸一空模锻锤所必需的大型动力设备(锅炉或空气压缩站)，又可以使用户安装方便，使用上马快，且占地面积小，从而节约了投资。

3. 采用对击式结构的液压锤，可以减少振动

不管是上、下锤头对击式或是锤身微升与锤头对击式的液压锤，均不需用庞大的基础，因为对击式锤的一个主要优点就是在很大程度上消除了锻锤的强烈振动，既可以改善劳动条件，又节约了基础费用。无砧座式液压锤的基础仅为普通蒸一空模锻锤基础重量的 $1/4$ 左右。由于对击，液压模锻

锤还提高了打击效率。

另外，与蒸一空对击锤比较，液压模锻锤能量有效利用率高，锤头导向精度提高近一倍。且由于下锤头或锤身向上运动行程小（仅为上锤头行程的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{12}$ ），所以工人操作起来较方便。与高速锤相比，液压模锻锤打击速度低（液压模锻锤的打击速度与蒸一空模锻锤大致相等），所以克服了高速锤由于速度高而带来的一些弊病。且在打击次数、工艺万能性、设备通用性等方面也优于高速锤。

虽然如此，液压模锻锤也存在着一些问题，有待于进一步研究、改进和完善。首先要从操作灵活性和工艺万能性上入手，使液压模锻锤赶上或超过蒸一空模锻锤。由于使用高压液体和较高压力的气体，因此对锤的制造精度和密封程度要求较高。例如，集成后的液压系统若加工精度不高或密封不好，就会出现漏油现象。液压锤在工作中，液压设备的维修工作要比蒸一空模锻锤细致、复杂。此外，液压模锻锤需要适合其工作特性的液压元件来配套，如质量高、动作迅速可靠的液压阀以及可靠的密封件等。

二、国外液压模锻锤发展概况

国外生产的液压模锻锤种类很多，结构各异，驱动方式也不尽相同，但大致可以归结为两大类：一类是由液压动力头驱动的有砧座式液压锤；另一类是由液压或液气驱动的对击式液压锤。

1. 采用液压动力头驱动的有砧座式液压锤

这类液压锤具有坚固的锤身和砧座结构，形似普通模锻锤，在锤的顶部装有流量大、效率高、体积小的液压动力头，代替传统蒸一空模锻锤的驱动系统。这种锤可以采用纯液压

驱动,也可以采用液气驱动,其效率比蒸汽或压缩空气驱动的有砧座锤可提高几倍到十几倍。由于采用电液或电液气驱动,容易实现打击能量、打击次数等程序控制:比较典型的结构是德国Lasco公司生产的KH、KGK系列液压锤,英国MASSEY公司生产的Hydrostamp型液压锤及捷克和斯洛伐克ZDAS工厂生产的KPH系列液压锤,苏联新克拉玛托尔斯克列宁机械厂生产的160kJ和250kJ液压模锻锤也是这种类型液压锤。这种锤在其系列参数中,既给出了打击能量,也给出锤头重量,尤其适用于对现有蒸一空模锻锤进行革新和改造。我国已开始这方面的研究,并有产品问世。

2. 液压或液气驱动的对击式液压锤

这类锤的共同特点是:采用液压或液气联合驱动;打击行程中,在上锤头下落的同时,下锤头(或锤身)上跳与上锤头实现悬空对击。这不仅吸取了蒸一空模锻锤、对击锤和高速锤的优点,又在一定程度上克服了它们的缺点。在这一类锤中,Lasco公司的GH型电液无砧座锤和捷克斯洛伐克SMERAL工厂的KJH系列、KHZ系列锤身微升式液压模锻锤,具有一定的先进性和代表性。

自60年代中期,Lasco公司就致力于无砧座液压锤的研究,并在本国和其它国家陆续获得了一些专利, GH系列电液无砧座锤就是该公司近些年发展的新品种。在研制过程中,主要考虑了以下几方面问题:如何提高锻件精度,提高设备利用率;操纵简单、安全可靠;提高设备操纵自动化程度,实现打击能量的程序控制等。

为满足上述要求,进行了必要的改进,改进后的设计有下列主要优点:

(1) 工作过程中上锤头在下锤头中导向,具有与有砧

座锤同样的导向精度和锻造精度。和一般对击锤相比，导向精度提高了一倍。

(2) 锤头速度与其质量成反比，上锤头质量是下锤头质量的 $1/4$ 左右。当合成速度为 6m/s 时下锤头速度约为 1.2m/s 。由于下锤头行程小($120\sim 150\text{mm}$)速度低，故操作起来较方便，避免了在打击过程中锻件跳动或出模现象。

(3) 下锤头有顶出器孔，即下模可以安装顶出器，这就增大了设备使用范围。例如，可用来进行无飞边模锻等，并有利于实现机械化与自动化。另外，使用顶出器可以缩短锻件在模腔中的停留时间，提高模具寿命。

(4) 采用液气驱动，节约能源；利用对击原理，减小振动，节省了辅助装置和基础的投资。

(5) 通过控制打击能量和打击力，以满足锻件变形的需要，保护机器不超负荷工作，既节约能量，又减少了维修工作量。

(6) 工作介质可采用不燃液体，安全可靠。

(7) 下锤头下方装有气垫，既可推动下锤头上跳，又起缓冲和减振作用，减少对地基的冲击。

GH型电液无砧座锤主机结构，可分为机架部分、工作部分、驱动装置和操纵控制系统四大部分。机架部分主要包括底座、侧架和上梁，全部采用铸钢件或焊接件装配而成。工作部分又称运动部分，主要包括上锤头、锤杆、下锤头和上下模块，锤杆导向长且安全。为了防止锤杆断裂，液体外流这一意外情况，锤杆导向处装有自动闭锁装置。驱动装置——液动力头，通过隔振装置安装在机架上。动力头中装有油箱和全部液压系统，还装有油温自动检测和控制装置。