

高速锤锻造

《高速锤锻造》编写组 编

机械工业出版社

机械工业技术革新技术改造选编

高 速 锤 锻 造

《高速锤锻造》编写组 编



机 械 工 业 出 版 社

本书共分三篇，第一篇为高速锤设备：高速锤分类及工作原理、设备参数的确定，主要零部件的结构及计算、高速锤液气系统及电气系统的设计等；第二篇为高速锤锻造工艺：高速锤锻造工艺基础、模具、锻造工艺实例及高速锤锻造的其他工艺等；第三篇为高速锤锻造加热：火焰炉、保护涂层和浴炉获得少、无氧化加热，以及中频感应透热等。

本书主要供从事锻压生产方面的工人、技术人员，以及大专院校锻压专业师生参考。

高 速 锤 锻 造

《高速锤锻造》编写组 编

*

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）

北京第二新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $22 \frac{3}{4}$ · 字数 560 千字

1978 年 6 月北京第一版 · 1978 年 6 月北京第一次印刷

印数 00,001—18,000 · 定价 1.85 元

*

统一书号：15033 · 4445

前 言

我国机械工业战线的广大工人、科技人员和干部，在毛主席“独立自主、自力更生”方针指引下，从六十年代初就开始从事高速锤的试验研究工作，取得了很大成绩，特别是无产阶级文化大革命以来，高速锤锻造这项新技术得到迅速发展，在社会主义建设中发挥了积极的作用。为了及时总结生产经验，普及和提高高速锤锻造技术，积极推广少无切削新工艺，我们组织编写了《高速锤锻造》一书。

目前，高速锤主要用于精密模锻、模锻、热挤压、板料压制、粉末压制等方面。其中以精密模锻、热挤压应用最多。我国的高速锤结构形式很多，但对设备性能研究还不够，基本参数的选择还存在一定问题，如往往不适应工艺要求；高速锤模具寿命低等问题。

本书着重反映我国高速锤在设备设计制造、锻造工艺及加热等方面的生产经验。同时，根据“洋为中用”的精神，也参考和吸取了部分国外资料。

本书设备部分：重点介绍机架的强度计算（力法及有限元素法），锤杆结构、材料和热处理规范的确定，减震器的设计计算和基础受力分析等。工艺部分：重点介绍高速锤锻造工艺特性，锻件分类及其锻造方法，锻件图的制定，锻造工艺实例以及模具设计、模具材料及提高模具寿命的途径等。加热部分：重点介绍中频感应透热的基本原理及其特点，电流频率选择，透热时间确定，感应透热温度的分布及其控制方法，感应器的类型和结构以及感应器的设计计算等。此外，对双频感应透热，快速感应透热，异形毛坯感应透热过程中的负载变化特性也作了介绍。

本书由上海市机电设计院主编。参加编写工作的单位有：上海交通大学，上海汽轮机厂、上海海运学院、复旦大学、上海电机锻造厂等。在编写过程中，有许多兄弟单位参加编审工作，并提供大量的技术资料，谨此表示衷心感谢。

由于我们思想水平和业务水平所限，书中可能有不少缺点和错误，希望读者批评指正。

《高速锤锻造》编写组

目 录

前 言

第一篇 高速锤设备	1
第一章 概述	1
第一节 高速锤分类和工作原理	1
第二节 各种高速锤的特点	13
第二章 功能计算	14
第一节 设备参数的确定	14
第二节 框架和锤头系统的运动规律	22
第三章 零部件的结构和计算	28
第一节 机架结构及其与模座的连接形式	28
第二节 机架的强度计算	31
第三节 框架内力公式的推导	50
第四节 有限元素法在框架强度计算中的应用	53
第五节 工作缸	64
第六节 锤杆、锤头和内导轨	71
第七节 快放油阀、启动阀和反回打阀	81
第八节 减震器	86
第九节 顶出缸	95
第十节 外导轨和机座	97
第十一节 保险装置和防松装置	98
第四章 控制系统及其附件	100
第一节 液气控制系统设计的注意事项	100
第二节 油泵压力、流量及驱动用电动机功率的确定	101
第三节 蓄压器	103
第四节 阀件	106
第五节 油箱及冷却器	108
第六节 管道及附件	110
第七节 密封元件	114
第八节 油泵、高压空压机用电机的保护和起动控制	120
第九节 蓄压器的液位指示器	123
第十节 高速锤液气系统和电气控制接线	131
第十一节 高速锤安装的技术要求、使用中注意的问题、常见故障及排除办法	154
第二篇 高速锤锻造工艺	156
第一章 高速锤锻造工艺基础	156
第一节 锻造工艺特性	156
第二节 锻件分类及其锻造方法	163
第三节 锻件图制订	168
第四节 加热温度的确定	173

第五节 润滑剂的选择	174
第六节 变形能量的计算	176
第二章 高速锤模具	180
第一节 模具设计	180
第二节 模具材料及其加工	188
第三节 提高模具寿命的途径	206
第三章 高速锤锻造工艺实例	211
第一节 齿轮精锻	211
第二节 叶片挤压	218
第三节 齿轮坯精锻	224
第四节 导向筒精锻	225
第五节 支架精锻	229
第六节 履带节模锻	232
第七节 磁极模锻	235
第四章 高速锤锻造的其它工艺	237
第一节 棒料切断	237
第二节 冷挤压	239
第三节 粉末锻造	242
第四节 中温锻造	245
第三篇 高速锤锻造加热	249
第一章 用火焰炉、保护涂层及浴炉获得少、无氧化加热	249
第一节 概述	249
第二节 用火焰炉获得少、无氧化加热	255
第三节 用保护涂层或浴炉获得少、无氧化加热	259
第二章 中频感应透热及其应用	262
第一节 概述	262
第二节 感应透热电流频率的选择	264
第三节 感应透热时毛坯中的温度分布及其控制	267
第四节 中频感应透热电源发生装置类型的选择	273
第五节 透热用感应器的结构	279
第六节 中频供电网路的电气计算	284
第七节 钢质毛坯感应透热的负载特性	298
第八节 一般中频感应透热装置的设计和计算	303
第九节 特殊感应透热装置的设计和计算	342

第一篇 高速锤设备

第一章 概 述

高速锤是二十世纪五十年代末期才发展起来的一种新型锻压设备。它的动作原理是以高压气体作介质,借助于一种触发机构,使高压气体突然膨胀,以推动锤头系统和框架系统作高速相对运动而产生悬空打击。

高速锤的打击速度比其它锻压设备高。例如,曲柄压力机的滑块运动速度为0.3~1.5米/秒,蒸空两用模锻锤的打击速度为5~9米/秒,而高速锤的打击速度可高达12~25米/秒。由于高速锤是悬空高速打击,因此,与同能量的蒸空两用模锻锤相比,它的重量要轻得多,体积要小得多。例如,2吨蒸空两用模锻锤的本体重量为20吨,砧座重量为40吨,总重量为60吨,锻锤外形尺寸(长×宽×高)为2960×1670×6272毫米;而同能量的5.5吨·米高速锤其本体重量只有4吨,同时没有砧座,它的外形尺寸(长×宽×高)为1370×600×2532毫米。另外,由于高速锤是悬空打击,且有减震装置,因此,打击力基本上不传到基础上去,对地面几乎是沒有振动,这样高速锤就不需要象模锻锤那样庞大的基础,对厂房的要求也低,节省投资。

由于高速锤打击速度高,金属在模腔中的流动速度很快,充填性能好,对形状复杂、薄壁、高肋的零件和高强度钢、耐热钢以及钼、钨、钽等高熔点难变形的金属,它都能进行加工。在高速锤上所制的锻件,加工精度高(可达0.02毫米),表面光洁度高(达▽5以上),同时提高了机械性能和使用性能。

我国工人阶级创造的快放油结构的高速锤,种类很多,其特点是打击速度稍低(12~18米/秒),能量、行程、速度等可以方便地调节,回程快,循环周期短。在这种锤上不但能进行精密锻造,而且还能部分代替模锻锤进行一般模锻。

我国以高压氮气为主要动力形式,同时也有汽油爆发、火药爆炸等形式。

第一节 高速锤分类和工作原理

一、分类

高速锤按照它的工作原理可分为以下几类:

1. 液气式

(1) 单向驱动

1) 快放油式: 分强迫式及压差式两类。(见图1-1, 图1-2)。

2) 气压悬挂式: 分端面及径向两类(见图1-3, 图1-4)。

3) 机械托锁式: 分行程可变及行程固定两类。

(2) 对击式

1) 双向驱动。

2) 液压联动。

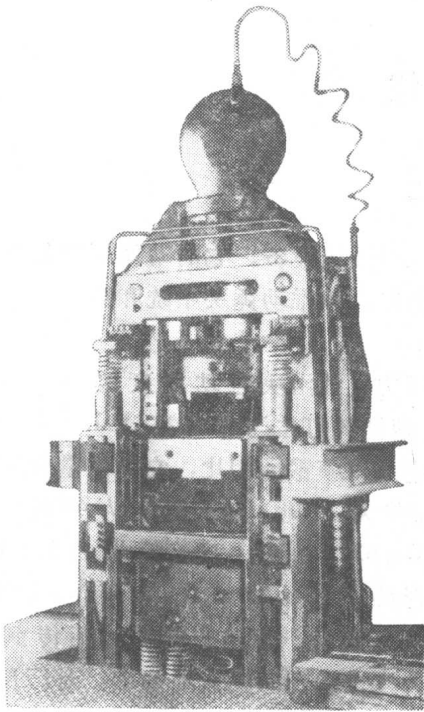


图 1-1 强迫式快放油(组合框架)高速锤

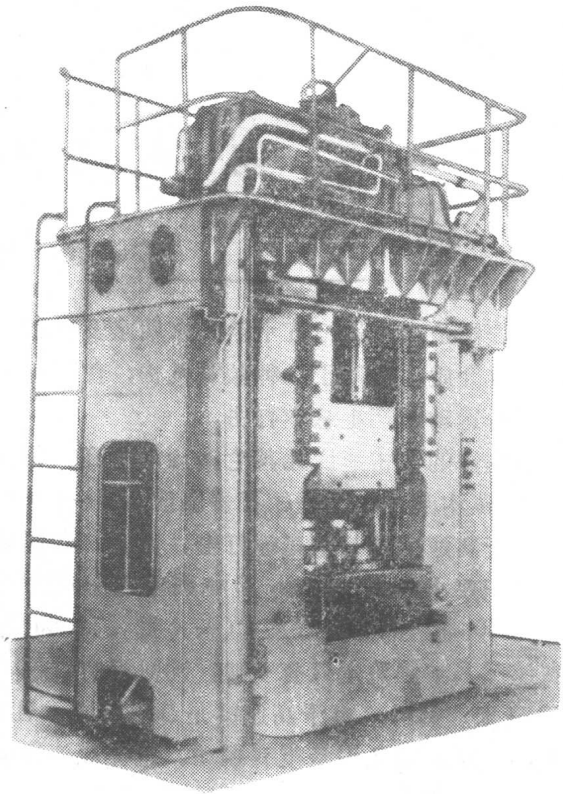


图 1-2 压差式快放油(组合框架)高速锤

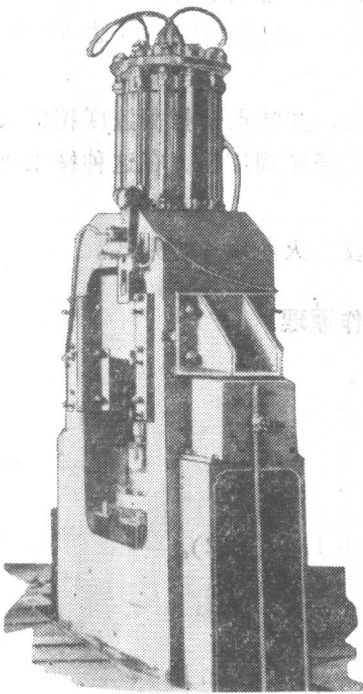


图 1-3 端面密封悬挂式(整体框架)高速锤

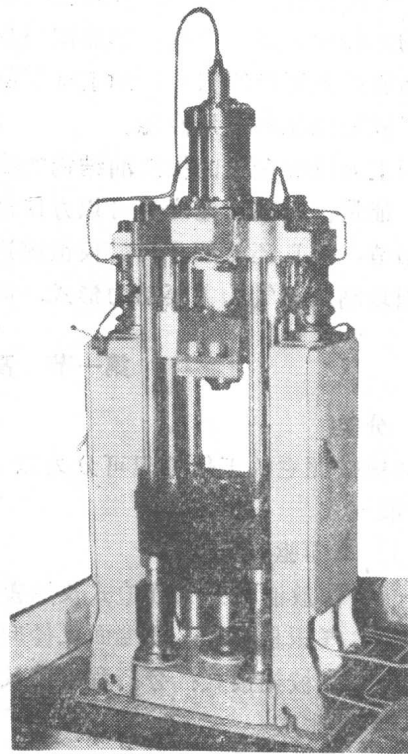


图 1-4 径向密封悬挂式(三梁四柱)高速锤

2. 内燃式

3. 纯气式

高速锤按照它在打击过程中的运动情况，其零部件可归纳为下列三个系统：

1. 锤头系统：包括锤杆、锤头、上模等。此系统在打击过程中向下运动。
2. 框架系统：包括框架和安装在框架上的零部件（如回程缸、工作缸、顶出缸、保险锁、下模和模座等）。此系统在打击过程中向上运动。
3. 机座系统：包括机座及安装在机座上的零部件（如外导轨、减震器缸体等）。此系统在打击过程中静止不动。

二、工作原理

1. 强迫式快放油高速锤：其工作原理如图 1-5 所示，该图所示为待打击状态。 A 腔内充有高压气体， B 腔内为高压油。均匀分布在工作缸 1 缸壁上的排油口 4 被快放油阀 5 所关闭。这时，锤头系统受到高压气体、高压油以及锤头系统自重的作用。其中，高压气体所产生的作用力及锤头系统的自重，力图使锤头系统向下运动；高压油所产生的作用力则使锤头系统向上运动。当高压油产生的作用力与高压气体所产生的作用力以及锤头系统的自重平衡时，锤头系统就处于“悬挂”状态。进行打击时，只要操纵换向阀让 D 孔通入高压油，同时使 E 孔卸荷以形成压差，推动快放油阀下降， B 腔内的高压油通过排油口快速排向中间油箱 3，经 C 孔回油箱。这时锤头系统的力系平衡被破坏， A 腔中的高压气体作绝热膨胀，在高压气体的作用下，锤头系统向下运动，框架系统向上运动，进行悬空打击。

打击以后，操纵换向阀让 E 孔通入高压油， D 孔卸荷，推动快放油阀上升，关闭排油口，使 B 腔与中间油箱不通，然后从 F 孔通入高压油，使高压油经过快放油阀与锤杆 2 之间的环形缝进入 B 腔，推动锤头系统向上运动。在锤头系统向上运动的过程中， A 腔中的气体受到压缩。只要操纵换向阀停止向 B 腔进高压油，就可以使锤头系统“悬挂”在任意位置，并且可以在任意“悬挂”位置上进行打击。

框架 7 经减震器 6 支承在机座 8 上，并且可以沿着机座系统的外导轨作上下移动。顶出缸 9 装在框架的下部作顶出锻件用。

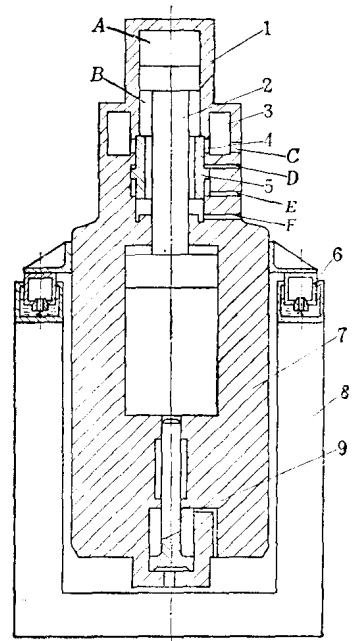


图 1-5 强迫式快放油高速锤的工作原理

- | | | |
|-------|--------|--------|
| 1—工作缸 | 2—锤杆 | 3—中间油箱 |
| 4—排油口 | 5—快放油阀 | 6—减震器 |
| 7—框架 | 8—机座 | 9—顶出缸 |

2. 压差式快放油高速锤：其工作原理如图 1-6 所示，该图所示为待打击状态。 A 腔内充有高压气体， B 腔内为高压油。均匀分布在工作缸 1 缸壁上的排油口 5 被快放油阀 4 所关闭。这时，锤头系统在高压气体、高压油及锤头系统自重的作用下处于“悬挂”状态。进行打击时，只要操纵换向阀让 D 孔和油箱相通， C 腔内的油液就从 D 孔排出， B 腔的油也力图经过 C 腔从 D 孔排出，但此时浮动环 3 已因自重压紧在快放油阀上， B 腔的油必须经过浮动环和锤杆 2 之间的很窄的环形缝才能流到 C 腔，因而在 B 腔和 C 腔之间形成很大的压差，

在此压差作用下,使浮动环连同快放油阀一起向下运动,打开了排油口, *B* 腔的油液经过排油口很快的排入中间油箱 6, 经 *E* 孔流入油箱。这时锤头系统的力系平衡被破坏, *A* 腔中的高压气体作绝热膨胀, 在高压气体的作用下, 锤头系统向下运动, 框架系统向上运动, 进行悬空打击。

打击以后, 操纵换向阀让 *D* 孔通高压油, 借助于油的压力首先把快放油阀向上推, 关闭排油口, 使 *B* 腔与中间油箱不通。油液经过锤杆和快放油阀之间的环形缝, 推开浮动环进入 *B* 腔, 推动锤头系统向上运动。在锤头系统向上运动的过程中, *A* 腔中的气体受到压缩。只要操纵换向阀停止向 *B* 腔进高压油, 就可以使锤头系统“悬挂”在任意位置, 并且可以在任意“悬挂”位置上进行打击。

框架 8、减震器 7、机座 9 及顶出缸 10 等的作用同前。

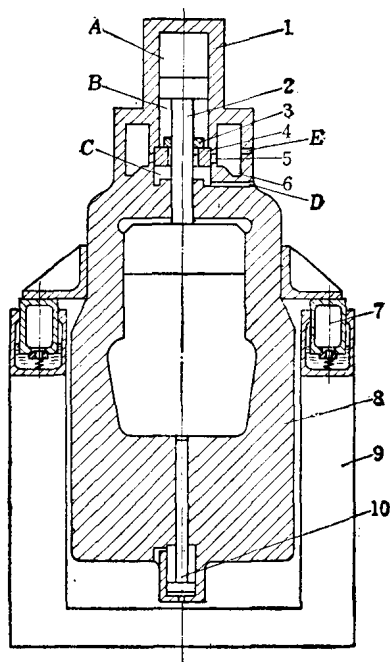


图 1-6 压差式快放油高速锤的工作原理

1—工作缸 2—锤杆 3—浮动环 4—快放油阀
5—排油口 6—中间油箱 7—减震器 8—框架
9—机座 10—顶出缸

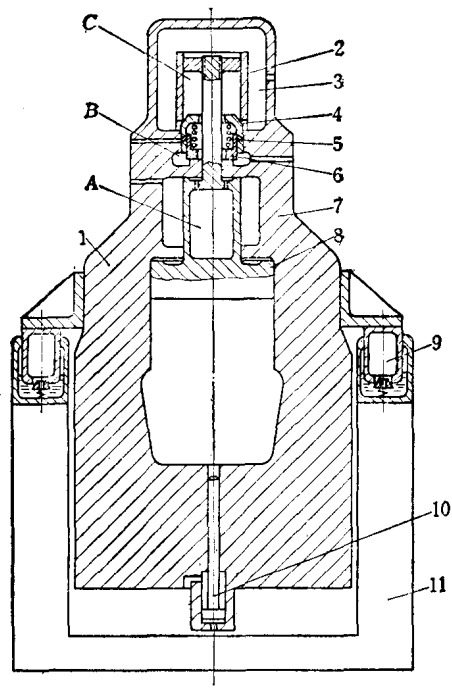


图 1-7 上油下气压差式快放油高速锤的工作原理

1—框架 2—回程缸 3—中间油箱 4—排油口
5—快放油阀 6—单向阀 7—工作缸 8—锤头
系统 9—减震器 10—顶出缸 11—机座

3. 上油下气压差式快放油高速锤: 其工作原理如图 1-7 所示, 这种锤的快放油部分采用组合阀的结构形式。组合阀的外阀是快放油阀 5, 而内阀则是一个单向阀 6。该图所示为待打击状态。工作缸 7 内充有高压气体, 锤头系统 8 中的 *A* 腔也作为工作缸的一部分。 *C* 腔内为高压油。位于回程缸 2 底部的排油口 4, 被快放油阀所关闭, 而单向阀在弹簧的作用下处于最低位置。这时, 锤头系统在高压气体、高压油及锤头系统自重的作用下处于“悬挂”状态。进行打击时, 操纵换向阀使 *B* 腔内的高压油排回油箱, 快放油阀即迅速向下运动, 打开排油口, *C* 腔内的高压油经过排油口排入中间油箱 3, 这时锤头系统的力系平衡被破坏,

工作缸内的高压气体作绝热膨胀,在高压气体的作用下,锤头系统向下运动,框架系统向上运动,进行悬空打击。

打击以后,操纵换向阀使高压油进入 B 腔,先把快放油阀向上推,关闭排油口,使 C 腔与中间油箱不通,然后高压油打开单向阀进入 C 腔,推动锤头系统向上运动。在锤头系统向上运动的过程中,工作缸中的气体受到压缩。只要操纵换向阀停止向 C 腔进高压油,就可以使锤头系统“悬挂”在任意位置,并且可以在任意位置上进行打击。

框架 1、减震器 9、机座 11 以及顶出缸 10 等的作用同前。

4. 端面密封悬挂式高速锤:其工作原理如图 1-8 所示,该图所示为待打击状态。此时,工作缸 3 被端面密封圈 2 分成两部分: A 腔和 B 腔。 A 腔体积小,它通过启动阀 1 与大气相通,其相对压力为零。 B 腔内充有高压气体。依靠高压气体作用在锤杆 4 上端圆锥面上的压力,使锤头系统压紧端面密封圈。这时锤头系统受到高压气体、锤头系统自重以及端面密封圈反压力等的作用,只有当作用在锤杆上端圆锥面上的气体压力大于锤头系统自重以及端面密封圈的反力之和时,锤头系统才能处于“悬挂”状态。因此,工作缸中气体的最低使用压力受到这一条件的限制。

进行打击时,先将保险锁 5 从锤头上退出,然后切换启动阀, B 腔内的高压气体就通过启动阀进入 A 腔,破坏了“悬挂”条件,高压气体在工作缸内作绝热膨胀,在高压气体的作用下,锤头系统高速向下运动,框架系统向上运动,进行悬空打击。

打击以后,在回程杆 8 下部通入高压油,回程杆上升,把锤头系统向上推动,直到锤杆上端面压紧端面密封圈为止。然后再切换启动阀, A 腔与大气相通,排出 A 腔中的气体,这样,锤头系统又处于“悬挂”状态。“悬挂”以后,保险锁插进锤头,以防止“悬挂”失灵造成误

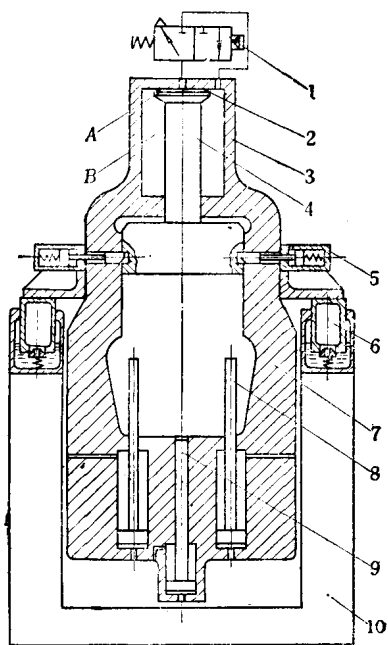


图 1-8 端面密封悬挂式高速锤的工作原理

1—启动阀 2—端面密封圈 3—工作缸 4—锤杆
5—保险锁 6—减震器 7—框架 8—回程杆
9—顶出缸 10—机座

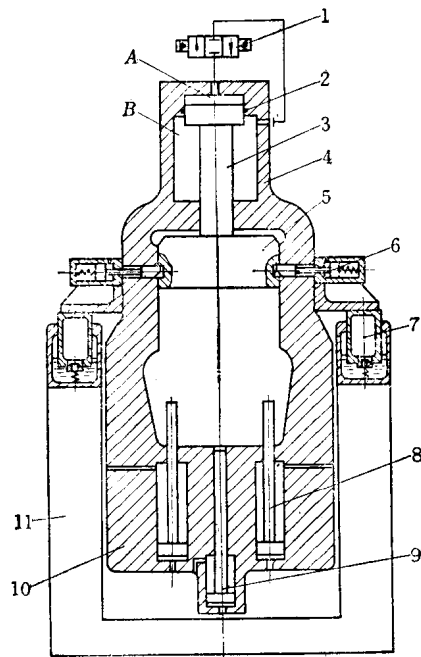


图 1-9 径向密封悬挂式高速锤的工作原理

1—启动阀 2—径向密封圈 3—锤杆 4—工作缸
5—锤头 6—保险锁 7—减震器 8—回程杆
9—顶出缸 10—框架 11—机座

打击。这时回程杆回到最低位置，准备下一次打击。

框架 7、减震器 6、机座 10 以及顶出缸 9 等的作用同前。

5. 径向密封悬挂式高速锤：其工作原理如图 1-9 所示，该图所示为待打击状态。此时，工作缸 4 被锤杆 3 分成两部分：*A* 腔和 *B* 腔。*A* 腔体积很小，里面是低压气体。*B* 腔内充有高压气体。*A* 腔中的低压气体作用在锤杆活塞的上部，力图使锤头系统向下运动，*B* 腔中的高压气体作用在锤杆活塞的下部，阻止锤头系统向下运动。这时锤头系统受到高压气体、低压气体及锤头系统自重等的作用，只有当这一力系平衡时，锤头系统才处于“悬挂”状态。

进行打击时，先将保险锁 6 从锤头 5 上退出，然后切换启动阀 1，*B* 腔内的高压气体通过启动阀流入 *A* 腔，破坏了“悬挂”条件，锤头系统就向下运动，框架系统向上运动，但此时运动速度较慢，直到锤杆活塞脱离径向密封圈 2 以后，即 *A*、*B* 两腔连通时，锤头系统和框架系统才高速相对运动，进行悬空打击。

打击以后，在回程杆 8 下部通入高压油，回程杆上升，把锤头系统向上推动，当锤杆活塞伸进径向密封圈以后，工作缸又被锤杆分成 *A*、*B* 两腔，随着锤头系统的不断上升，锤杆活塞把 *A* 腔内的气体通过启动阀挤到 *B* 腔里，直到锤头系统运动到最高位置为止。然后切换启动阀，使 *A*、*B* 两腔的通路切断，再让回程杆下降。这时，作用在锤头系统上的向下作用力大于向上作用力，因此，锤头系统向下移动。同时，*A* 腔体积增加，*A* 腔内的气体压力下降，直到作用在锤头系统上的力系平衡时，锤头系统才停止向下运动，并处于“悬挂”状态。“悬挂”以后，保险锁插进锤头，以防止“悬挂”失灵造成误打击。这时回程杆一直下降到最低位置，准备下一次打击。

框架 10、减震器 7、机座 11 以及顶出缸 9 等的作用同前。

6. 机械托锁式高速锤：根据它的动作特点，可分为工作行程可变和工作行程固定两种。图 1-10 所示为工作行程可变的机械托锁式高速锤的工作原理。机械托锁 5 装在回程缸的回

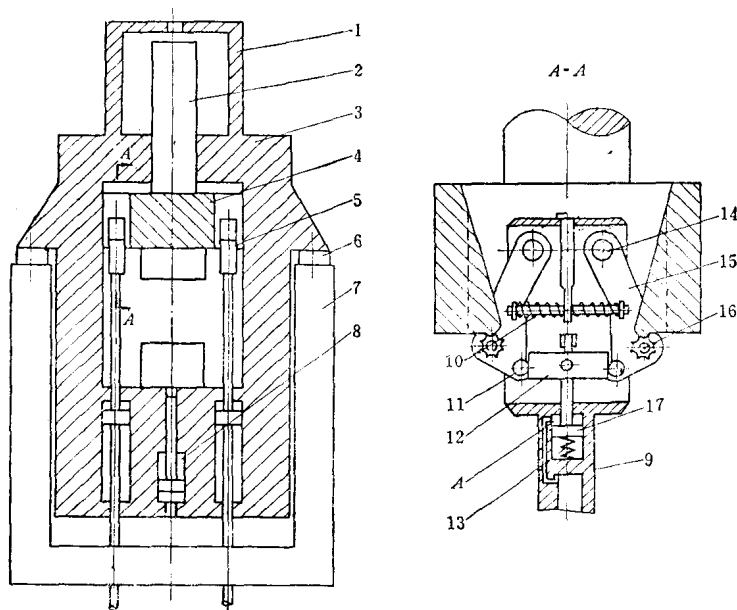


图 1-10 工作行程可变的机械托锁式高速锤的工作原理

1—工作缸 2—锤杆 3—框架 4—锤头 5—机械托锁 6—减震器 7—机座 8—顶出缸 9—回程杆 10—弹簧
11—滚子 12—锁紧块 13—弹簧 14—小轴 15—挂板 16—梅花轴 17—小活塞

程杆 9 上端。图 1-10 所示为待打击状态。此时，锤头系统被机械托锁托住。挂板 15 是一个弯曲杠杆，在它上面安装着梅花轴 16 和滚子 11。锤头 4 及锤杆 2 等压在梅花轴上，在锤头系统压力作用下，挂板有绕小轴 14 向中间旋转的趋势，由于滚子被锁紧块 12 撑着，因此挂板不能旋转。进行打击时，只要通过回程杆中间的孔道，向 A 腔通入高压油，靠油压把小活塞 17 连同锁紧块一起向下拉，当锁紧块和滚子脱开后，挂板失去了平衡，随即在锤头系统压力作用下向中间旋转，使梅花轴与锤头脱开，这时，锤头系统失去了支托，在工作缸 1 内高压气体的作用下，锤头系统高速向下运动，框架系统向上运动，进行悬空打击。打击以后，回程杆回程，挂板靠弹簧 10 的弹力自行张开。若使锤头系统上升，应首先将 A 腔的高压油排回油箱，小活塞和锁紧块在弹簧 13 的作用下回到图示的位置。然后回程缸下部通高压油，随着回程杆的上升，机械托锁又托住锤头，并一起向上运动。只要控制回程杆的上升高度，就可以使锤头系统停在任何位置，并能在任何位置上进行打击，因此其工作行程是可变的。

框架 3、减震器 6、机座 7 以及顶出缸 8 等的作用同前。

图 1-11 所示为工作行程固定的机械托锁式高速锤的工作原理。该图所示为待打击状态。机械托锁 5 装在框架 8 的上梁上，十字杆 2 中间的活塞把工作缸 1 分成两部分：A 腔和 B 腔。A 腔为油缸，这时处在卸荷状态，B 腔内充有高压气体。十字杆在高压气体作用下位于最高位置，锤头 4 及锤杆 3 由机械托锁托住。进行打击时，先向 A 腔进高压油，十字杆在高压

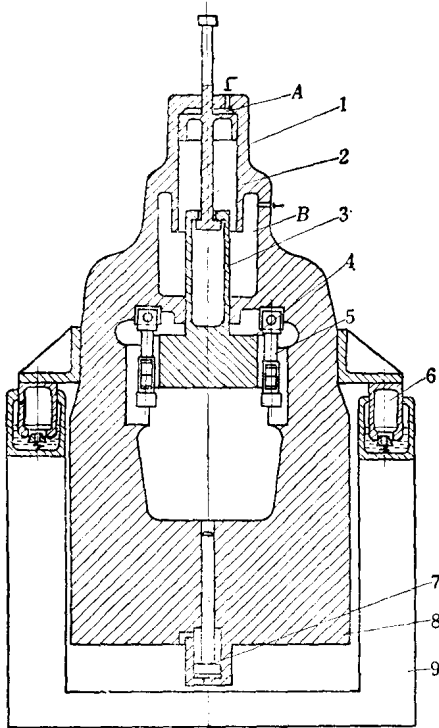


图 1-11 工作行程固定的机械托锁式高速锤的工作原理
1—工作缸 2—十字杆 3—锤杆 4—锤头 5—机械托锁 6—减震器 7—顶出缸 8—框架 9—机座

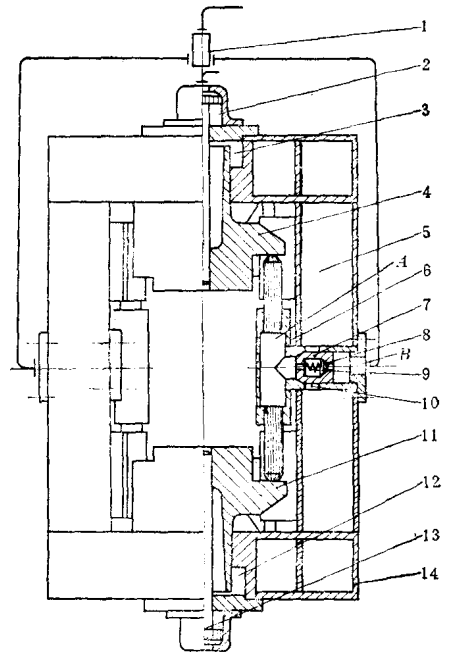


图 1-12 双向驱动对击式高速锤的工作原理
1—换向阀 2—上顶出缸 3—上工作缸 4—上锤头系统 5—中间油箱 6—回程缸 7—快放油阀 8—小锥阀 9—弹簧 10—排油口 11—下锤头系统 12—下工作缸 13—下顶出缸 14—机座

压油作用下向下运动到最低位置，同时使 B 腔内的高压气体受到压缩。这时使机械托锁脱开（其动作原理和工作行程可变的机械托锁完全一样），锤头系统失去支托，在 B 腔高压气体作用下，锤头系统高速向下运动，框架系统向上运动，进行悬空打击。打击以后，将 A 腔中的高压油排回油箱，在 B 腔高压气体推动下，十字杆上升，同时把锤头系统向上拉到上死点时，机械托锁又托住锤头系统，准备下一次打击。

框架 8、减震器 6、机座 9 以及顶出缸 7 等的作用同前。

7. 双向驱动对击式高速锤：其工作原理如图 1-12 所示，这种锤有上下二个锤头系统 4、11 和上下二个工作缸 3、12，其左右两侧各有一套快放油阀和回程缸。该图所示为待打击状态。此时，快放油阀 7 关闭了排油口 10，使 A 腔和中间油箱 5 不通。小锥阀 8 在弹簧 9 的作用下回到如图 1-12 所示的位置，它中间的一个小孔是作对模用的。回程缸 6 有上下二个回程杆，它们在 B 腔高压油的作用下，分别支托上下二个锤头系统。

进行打击时，先切换换向阀 1， B 腔的油回油箱，快放油阀在 A 腔高压油的作用下被推向外侧，打开了排油口， A 腔中的高压油经过排油口回到中间油箱，上下二个回程杆作相对运动，这时上下锤头系统失去了支托，在工作缸内高压气体的作用下高速相对运动，进行悬空打击。

打击以后，切换换向阀， B 腔通高压油，高压油先把快放油阀向内侧推，关闭排油口，使 A 腔与中间油箱不通，然后打开小锥阀，高压油进入 A 腔，把上下二个回程杆向外推，使锤头系统回程，回程结束后，立即停止向 B 腔进油，油路系统保压，准备下次打击。

该锤没有框架，所有零件都安装在机座 14 上，在其上下各有一个顶出缸 2、13 作顶出锻件用。

8. 液压联动对击式高速锤：其工作原理如图 1-13 所示，该图所示为待打击状态。这时， D 腔内为高压油，主阀门 5 在 D 腔高压油作用下处于最高位置，并将 E 、 C 二腔隔开。 E 腔与油箱相通，下锤头 4 在自重作用下位于最低位置。由于油箱位置比 F 腔高，因此， F 腔内仍然充满油。 C 、 B 二腔内充满高压油，上锤头 3 在 B 腔高压油的作用下，克服工作缸 1 内 A 腔高压气体的反作用力而位于最高位置。先导阀套 6 在自重作用下位于最低位置，将 C 、 D 二腔分开。

进行打击时，操纵换向阀使 D 腔通油箱， E 腔进高压油。这时主阀门在高压油作用下迅速向下运动，使 F 、 C 、 B 三腔相通，上锤头在高压气体作用下高速向下运动，此时将 B 腔内的油通过 C 腔排向 F 腔，同时下锤头以一定速度向上运动，上下锤头进行悬空打击。

打击以后，操纵换向阀使 D 腔进高压油， E 腔通油箱，主阀门在高压油作用下又位于最高位置，继续将 F 、 C 二腔隔开，高压油推开先导阀套经过 C 腔进入 B 腔，在 B 腔高压油作用下，上锤头回程又位于最高位置，下锤头依靠自重将 E 腔内的油液排回油箱，并回到最低位置，准备下一次打击。上下锤头和机座 2 之间设有缓冲垫 7。

9. 内燃式高速锤：其工作原理和普通内燃机相似。图 1-14 所示为内燃式高速锤的工作原理，这种高速锤的一个工作循环大致分为五个过程。

(1) 充气：在工作缸 7 的上部，设有燃烧室 6，内装有启动阀 3，平时靠 A 腔内高压气体的作用力将启动阀下端锥形阀芯压紧在燃烧室下端的锥形阀座上，即切断 B 、 C 二腔的联系，这时， B 、 C 二腔内的气体压力同大气压。锤头系统 8 在 D 腔低压空气的作用下位于最高位置。进行打击时，首先必须打开进气阀 5，向燃烧室充入 6~15 公斤力/厘米²的低压空

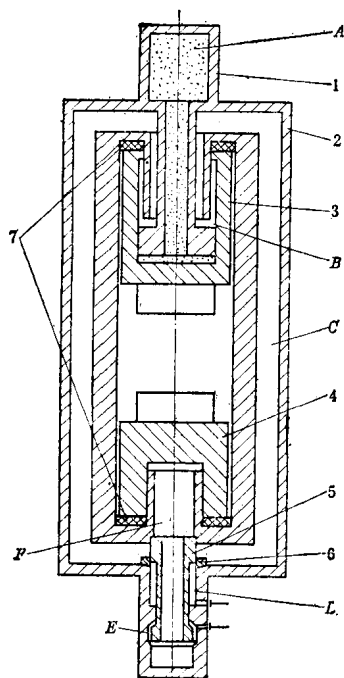


图 1-13 液压联动对击式高速锤的工作原理

1—工作缸 2—机座 3—上锤头 4—下锤头
5—主阀门 6—先导阀套 7—缓冲垫

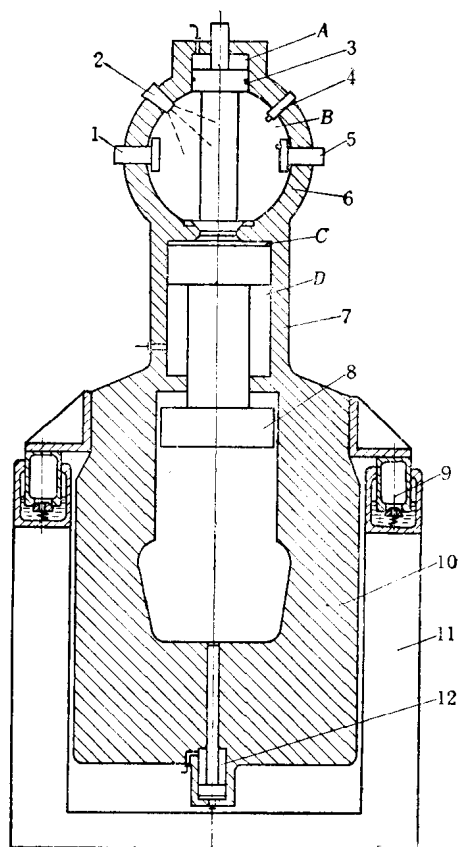


图 1-14 内燃式高速锤的工作原理

1—排气阀 2—喷油嘴 3—启动阀 4—火花塞
5—进气阀 6—燃烧室 7—工作缸 8—锤头系
统 9—减震器 10—框架 11—机座 12—顶出缸

气，即完成充气过程。

(2) 喷入燃料：通过喷油嘴 2，将一定数量的碳氢燃料喷入燃烧室和充入的低压空气均匀混合，组成可燃混合气体。

(3) 点火：火花塞 4 放电点火，则混合气体很快燃烧，使燃烧室内的气体压力猛增至充气压力的 6~8 倍。

(4) 打击：将 A 腔内的高压气体通大气，这时由于启动阀下端阀芯直径小于上端活塞直径，故在燃烧气体压力作用下启动阀立即上升，锥面密封破坏，B 腔内的燃烧气体立即进入 C 腔，在燃烧气体的作用下，锤头系统克服 D 腔低压气体的背压高速向下运动，框架系统向上运动，进行悬空打击。

(5) 回程：打击后，立即打开排气阀 1，使 C、B 二腔的废气迅速排出，同时锤头系统在 D 腔低压气体作用下向上运动，悬挂在最高位置，随即 A 腔进高压气体，启动阀下降，依靠锥面密封切断 B、C 二腔的联系，准备下一次循环。

减震器 9、框架 10、机座 11 和顶出缸 12 等的作用同前。

10. 纯气式高速锤：其工作原理如图 1-15 所示。这种锤的能源是空气压缩机 7 所产生

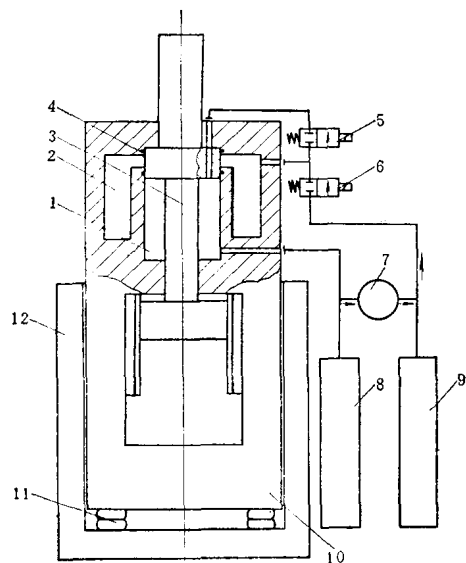


图 1-15 纯气式高速锤的工作原理

1—工作缸 2—高压室 3—锤头系统 4—径向密封圈 5—启动阀 6—进气阀 7—空气压缩机 8—低压气瓶 9—高压气瓶 10—框架 11—减震器 12—机座

的高压空气。

由于在锤杆中间的活塞上开有小孔，所以活塞上下二面的气压是相等的。因为活塞上面的锤杆较粗，活塞下面的锤杆较细，因此气缸内气体作用在活塞上的总压力是向上的。所以锤头能稳定地停在上死点，如图 1-15 所示位置，此时，启动阀 5 和进气阀 6 均处于关闭状态，工作缸 1 与低压气瓶 8 相通，因此工作缸内气体压力较低。

若要打击时，先打开进气阀，让高压空气充满高压室 2 后，再把它关闭。然后打开启动阀，高压气经启动阀流入活塞上部，因节流损失较大，所以锤头下降速度是很慢的。直到活塞下降到脱开径向密封圈 4 以后，高压室的高压空气直接作用在活塞上面，推动活塞加速向下运动，框架 10 向上运动，进行悬空打击。在锤头向下运动过程中，活塞上部的气体压力迅速下降。在打击瞬间，它低于活塞下部的气体压力。这样，打击后锤头系统 3 就能立即抬起，它能有效地防止因锤头系统的弹性回跳所引起的二次打击。并能使上模尽快地与热锻件分离，有利于提高模具寿命。

随着锤头系统的上升，活塞上面的气压逐渐增高，由于活塞上小孔的存在，活塞上下面的气压逐渐趋于平衡，因活塞下面的承压面积大，最后使锤头系统停止在工作缸的上死点，准备下一次打击。

空气压缩机周期地将低压气瓶内的气体压缩成高压气体输向高压气瓶 9。

框架经减震器 11 支承在机座 12 上。

高速锤本体结构总图举例如下：

1. 压差式快放油（整体框架）高速锤本体结构总图见图 1-16。可分为以下部件：工作缸 1，锤头系统 2，框架 3，减震器 4 等。

2. 强迫式快放油（整体框架）高速锤本体结构总图见图 1-17。可分为以下部件：工作缸 1，框架 2，锤头系统 3，机座 4，减震器 5，顶出缸 6 等。

3. 端面密封悬挂式（整体框架）高速锤本体结构总图见图 1-18。可分为以下部件：工作缸 1，锤头系统 2，框架 3，保险锁 4，减震器 5，回程缸 6，机座 7，顶出缸 8 等。

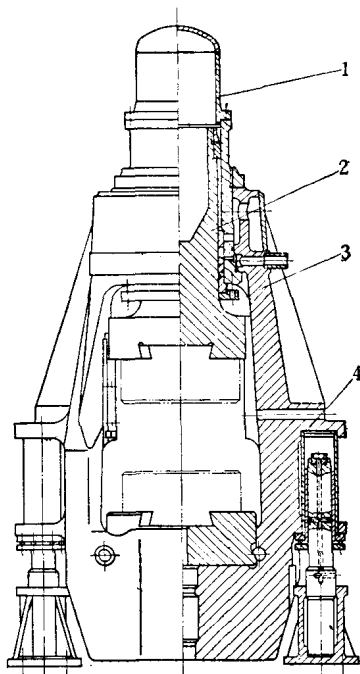


图 1-16 压差式快放油（整体框架）高速锤本体结构总图

1—工作缸 2—锤头系统 3—框架 4—减震器

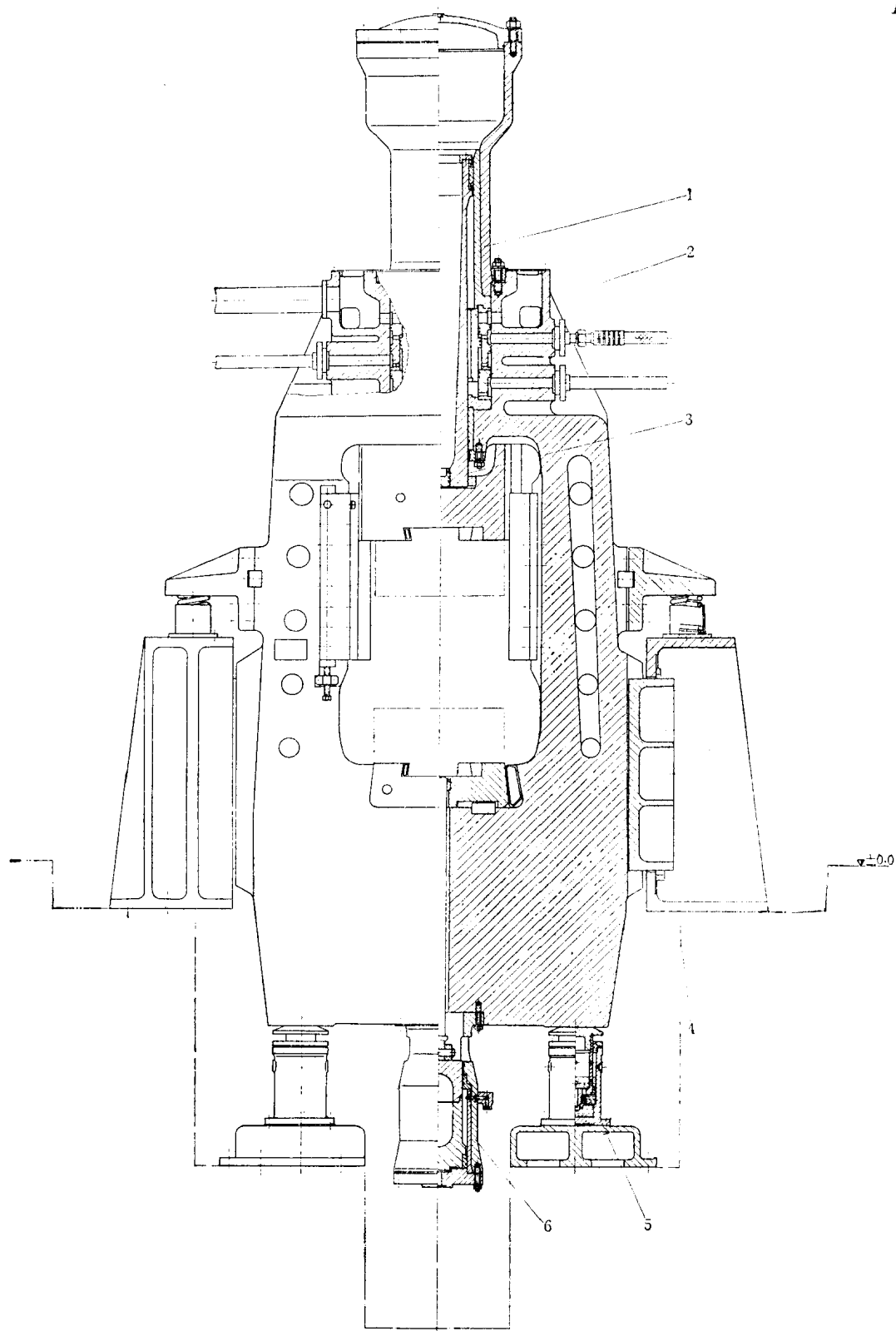


图 1-17 强迫式快放油(整体框架)高速锤本体结构总图

1—工作缸 2—框架 3—锤头系统 4—机座 5—减震器 6—顶出缸