

液压振动技术

朱文华 主编

YEYAZHENDONGJISHU

YEYAZHENDONGJISHU



TH137

54

3

液 压 振 动 技 术

主 编 朱文华

主 审 吕鑫祥

编 写

余彬泉 吕鑫祥 范瑞焱 杨维钢 徐士吉

my 4/10

江苏工业学院图书馆
藏书章

福建科学技术出版社

一九八四年·福州



B161840

内 容 提 要

液压振动技术是七十年代发展起来的一门新技术。

液压振动技术是以液体作工作介质，将压力能转换成活塞运动的动能，以振动或冲击的形式输出，进行能量控制、转换和传递的应用技术。

液压振动技术适用于需要产生振动或冲击的各类机械。由于它具有输出功率大、效率高，噪声低，振动频率及冲击能量易于调节等特点。因而，在各个部门获得广泛的应用。

本书论述了液压振动技术的基本原理，重点介绍了液压振动技术中各类振动机构的结构原理、设计计算、测试方法及其应用实例。

本书内容对于从事液压技术和机械设计制造的工程技术人员、工人和科技工作者，将会有一定的启发。亦可作为液压专业和其它机械专业的参考书。

液 压 振 动 技 术

朱文华 主编

*

福建科学技术出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 14印张 340千字

1984年4月第1版

1984年4月第1次印刷

印数：1—6,750

书号：15211·34 定价：1.50元

代 前 言

应用液压能来实现机械的传动和控制，这已是众所周知的。近年来，由于振动装置和冲击机械的蓬勃发展，应用液压能来实现振动或冲击动作，也逐渐形成了一个新的技术领域。

液压振动技术产生于六十年代末。一开始即在振动装置和冲击机械方面，展现了巨大的生命力，因为它比其他振动手段（机械、气动、电动、电磁）具有所不能替代的优点——输出功率大、效率较高、结构紧凑、控制方便。所以不久就在采矿、地质、冶金、煤炭、铁道、水利、机制、石化、建筑、运输、农机等领域得到了广泛的应用。并且，无可置疑地确立了它的地位——成为液压技术的一个分支。可以预料，这种技术手段将会在有关部门的装备中，获得更普遍的应用。

我国在液压振动技术方面，起步不算晚，国内许多单位都作了大量工作。为了探索这一技术，有关同志组织了液压振动技术交流组。这次液压振动技术交流组的同志收集了国内外大量资料，并在自己工作的基础上，编著了这本书。我认为这是十分可喜的。它及时满足了国内有关方面的强烈需求。同时也填补了液压技术书籍中的一个空白。对推广液压振动技术必定会产生促进作用。

当然，由于液压振动技术尚是一门发展中的学科，需要探索的课题极多，本书仅是一个开端。希望同志们共同努力，使液压振动技术日趋完善。

陆元章

1983.5.10

目 录

第一章 绪 论..... (1)

- 第一节 国内外液压振动技术发展概况..... (1)
- 第二节 液压振动技术的定义及其工作特征..... (2)

第二章 液压振动器的分类..... (6)

- 第一节 概 述..... (6)
- 第二节 强制配流式液压振动器..... (8)
- 第三节 自动配流式液压振动器..... (12)

第三章 阀配流的液压冲击振动器..... (15)

- 第一节 概 述..... (15)
- 第二节 外阀式液压冲击振动器..... (17)
- 第三节 内阀式液压冲击振动器..... (22)
- 第四节 弹簧式液压冲击器..... (28)
- 第五节 各类阀配流液压冲击振动器的比较..... (30)

第四章 无阀配流液压冲击振动器..... (32)

- 第一节 概 述..... (32)
- 第二节 液体弹簧原理..... (32)
- 第三节 无阀式活塞往复配流液压冲击振动器..... (35)
- 第四节 YH2S 型液压冲击振动器..... (37)
- 第五节 HARD—Ⅱ型液压冲击振动器..... (45)

第五章 液压射流式冲击器..... (48)

- 第一节 概 述..... (48)
- 第二节 液压射流的基本特性..... (48)
- 第三节 液压射流元件的结构..... (50)
- 第四节 冲击器液压双稳射流元件的设计..... (53)

第六章 液压自激振荡发生器..... (57)

- 第一节 概 述..... (57)
- 第二节 液压自激振荡器..... (59)
- 第三节 液压自激振荡器的测试及应用..... (64)

第七章 交流液压..... (67)

- 第一节 概 述..... (67)
- 第二节 交流液压的基本原理..... (68)
- 第三节 交流液压的特性..... (71)
- 第四节 交流液压元件..... (73)
- 第五节 交流液压振动器..... (80)

第八章 液压冲击振动机构的分析..... (87)

- 第一节 液压冲击振动机构的工作过程..... (87)
- 第二节 液压冲击振动机构各参数之间的关系..... (90)
- 第三节 液压冲击振动机构能量的利用..... (93)
- 第四节 破碎能力与冲击互撞过程的分析..... (101)

第九章 液压冲击振动器的计算与设计..... (106)

- 第一节 阀配流液压冲击振动器的计算方法..... (106)
- 第二节 无阀配流液压冲击振动器的设计计算..... (122)
- 第三节 液压冲击振动器的设计计算实例..... (130)
- 第四节 液压冲击振动器的结构设计与制造工艺..... (145)

第十章 液压振动系统参数的测试..... (154)

- 第一节 概 述..... (154)

第二节	压力的测试.....	(157)	第四节	桩工机械类.....	(194)
第三节	流量的测试.....	(163)	第五节	压力加工类.....	(196)
第四节	位移的测试.....	(165)	第六节	压实类.....	(200)
第五节	速度的测试.....	(168)	第七节	输送、筛分类.....	(202)
第六节	加速度的测试.....	(170)	第八节	模拟试验类.....	(203)
第七节	频率的测试.....	(174)	第九节	农业机械类.....	(204)
第八节	噪音的测试.....	(175)	第十节	其它类.....	(206)
第九节	振动力及冲击力的测试.....	(176)			
第十节	冲击能量的测试.....	(181)	附录一 本书使用的主要计算		
第十一节	测试数据的分析与处理.....	(184)	符号.....	(208)	
第十一章 液压振动技术的应用.....	(191)		二 液压振动机构的图形		
第一节	概 述.....	(191)	符号.....	(209)	
第二节	凿岩类.....	(191)	本书主要参考资料		
第三节	破碎类.....	(193)		(210)	

第一章 绪 论

第一节 国内外液压振动技术发展概况

自从人类将各种形式的能量应用于生产实践中以来,能量的控制、转换和传递便成为一项重要的课题。

远古古代,人们就已经开始利用水的能量,液压技术是在对水力利用的基础上发展起来的一种传递、控制和能量应用的技术。

在生产实践的基础上,1650年巴斯卡首先总结出液体压力传递的原理,1795年布拉玛制成了第一台水压机,1861年索迈勒发明风动凿岩装置,1876年弗·勃兰特发明了水力凿岩装置等等。二百多年来,液压技术日臻完善,且具有输出能量大,控制容易,传动平稳和安全可靠等特点,因此,这些都为液压技术的兴起创造了条件。

据不完全统计,目前苏、美、英、法、日、德、瑞士、加拿大、南非等几十个国家近百家公司相继研制了各种液压振动装置。从70年代开始,在市场上出售的产品已有十余种,数量近千台。在隧道开掘、矿山开采、岩石破碎等方面取得了较好的效果。目前,液压振动装置的应用还只局限于凿岩和破碎等少数项目。有的国家如苏联等广泛研究电——液振动装置,应用于机床设备和农业机械上。但从报导情况来看,大多属小功率输出形式。

我国从60年代末开始研制液压振动装置。最早研制的产品也只是应用在矿山采掘凿岩和道路路面的破碎设备上。在吸取国外经验的基础上,经过努力创新,已研制出一批符合我国国情的液压振动装置。在不到十年的期间,已经发展成一门比较成熟的技术——液压振动技术。一些基本的理论和技术问题得到了较好的解决。目前,这一技术已应用到冶金、建筑、铁路、煤炭、地质钻探和国防等部门。

产生液压振动的方法有交流液压方法,直流液压方法,液压自激振荡方法,液压射流方法和电——液伺服方法等。其中直流液压产生振动又可分为强制配流和自动配流两大类。

由于直流液压产生振动的方法结构简单、使用方便,因此是目前应用较广泛的液压振动方法。本书重点研究反馈配流的直流液压振动方法。

在液压振动机构的结构研究方面,我国已自行设计制作了自控式阀控活塞随动系统的各类结构,其中包括外阀式各种类型的液压振动器,内阀式的芯阀结构和套阀结构液压振动器,还有按液体弹簧原理制作的无阀式结构液压振动器。与此同时,对自激振荡式液压振动器和利用交流液压振动特性的振动装置也进行了研制。

在设计计算方面,已获得初步成果。在目前尚无完整和成熟的理论条件下,在实践基础上结合测试手段已逐步形成比较有系统的规范:寻求出振动活塞的运动规律,作为液压振动机构计算方法的基础。提出在保持液流连续性的条件下活塞运动的微分方程式,作为液压振动机构设计的依据。进而提出了液压振动机构的一般计算方法。结合实际测试,又推导出液压振动机构的简易算法,为推广和普及液压振动技术起到了很好的促进作用。

在此基础上,应用有限单元法和富里哀级数运动分析法列出计算程序,应用现代计算技

术（计算机语言）对各项参数进行综合分析，从而把液压振动装置设计计算的正确性提高到新的水平。

在测试技术方面已研制了各种测试仪器和装置，掌握了多种测试手段。

在液压振动装置中，压力、流量、位移、频率、速度、加速度、冲击力、冲击能量等各项物理参数与时间的变化有关，都是时间的函数。而且，这些参数的变化极其迅速。采用一般的机械式测量仪表进行量测是不能适应的，必须藉以非电量电测方法来进行测定。目前，这种方法已逐步完善。测试手段逐步完整，能够进行连续的自动测量，而且能实现遥测和遥控。

对于表示液压振动机构输出能量大小的重要参数——冲击能量，采用多种方法予以比较，从而提高了测试的精确度。

为了直观地观察液压振动机构活塞运动过程，应用了高速摄影法。

随着测试精度的不断提高，进一步促进了液压振动技术的发展。

液压振动技术在我国的发展是迅速的，但它的发展历史较短，很多方面还需不断探索。如广泛开展对各种液压振动机构的研究，包括对交流液压技术中振动特性的研究，对射流液压振动机构的研究，对自激振荡机构的研究以及对无阀和有阀式振动机构的研究等等。进而研制出适合不同用途的液压振动机构，使液压振动机械得到更为广泛的应用。

对有关理论方面，如无阀式的液体弹簧原理，交流液压脉动理论，以及其它各种机构的自动控制理论也需加强研究。逐步把理论研究工作提高到一个新水平。

今后，液压振动技术将朝高压、小流量、集成化的方向发展。

第二节 液压振动技术的定义及其工作特征

一、液压振动机构的形成过程

液压振动装置与一般液压传动装置的主要差别，在于其执行机构的工作状况不同。

液压振动机构的种类很多（详见第二章）现以有阀式和无阀式为例，介绍液压振动机构的形成过程。

在液压传动系统中，能源输出的压力液流通过控制元件（各种形式的控制阀）实现对液体压力、流量和流动方向的控制。借助压力阀建立整个系统的压力。流量阀调节流量大小，控制执行机构的速度快慢。方向阀变换液流流向，改变执行机构的运动方向。这就实现了对输出力、速度和运动方向的控制，最后驱动执行机构——油缸或油马达，使前者作直线运动，后者作回转运动。

这是一般的液压传动方式，也称之为阀控活塞传动。这种传动方式的输出力取决于外界负载，运动速度取决于泵的压力与流量，换向频率主要由电磁换向阀的换向频率决定。

整个系统中，液流是定向流动，压力能通过执行机构与外负载相互作用以静推力方式传递能量。这种传动方式实际上是定向液流与均匀缓慢运动物体相互作用的静力学机构。

由于目前电磁铁最高换向频率一般在240次/分左右，直线往复运动的液压缸最高起动频率为7~17次/秒，实际上阻止了机构以最高的频率换向。对于需要高频往复运动的机械，这种传动方式显然不能适应。然而，大量的机械装置需要输出高频振动和以力脉冲形式传递能量，以获得一定的冲击能量（例如各种类型的振动机械和打击机械等）。这就需要传动装置以另一种输出能量的方法来达到目的。

藉助阀控活塞的随动系统，以各种反馈形式达到自动调节目的，固然能提高执行机构的工作频率。但是一般阀控活塞的随动系统由于是以阀的缝隙调节原理工作的，其输出能量的利用率很低。这就需要改变阀控活塞随动系统的内部结构，使其执行机构能以全开口的形式切换，从而达到快速位移和能量利用的目的。我们称这种系统为开关式阀控活塞随动系统。

在液压振动技术中，快速位移是手段，能量利用是目的。液压振动机构着重考虑能量与效率。

在一般的开关式阀控活塞随动系统中，只在冲程利用能量，而回程的能量没有得到利用。

借助于风动机构的工作方式可以达到回程能量利用的目的。因为风动机构工作时，活塞在回程使其后腔封闭，形成压缩气垫以储存能量，冲程时气垫膨胀并对活塞作功。

因此，在开关式阀控活塞随动系统中，在回程可利用各种储能方式，包括机械弹簧储能、气体弹簧储能和液体弹簧储能（这里所指的弹簧具有广义的含意）。这样，回程时能量得以储存，而在冲程时释放能量对外作功。

从一般阀控活塞传动系统发展到开关式阀控活塞随动系统，又吸取了风动机构的特点应用各种储能方式，就逐步形成了目前有阀与无阀式液压振动机构。它既能作高频往复位移，又能输出大的冲击能量。

所以，我们可以说，液压振动技术是液压技术发展的必然趋势之一。

有阀式和无阀式液压振动机构目前国内研制较多，而且已付诸生产实践。因此了解它的机构工作原理和基本性质是很有必要的。

直流液压振动装置通常具有一般容积式液压传动的基本特点：

1. 具有静止的理想液体所具有的性质：压力方向垂直其作用面，各点压力在所有方向上都相等；加于密闭容腔中的静止液体一部份的压力以相等强度向液体的各部份传递（即帕斯卡定律）。

2. 液流变化遵循连续性方程，都在密闭容腔中进行，都以容积式机构的理论为依据。

3. 活塞在运动中视油流的运动为定常数，油液压力可视为不随活塞运动而变化，因而属静液压范畴。

4. 符合动能、压力能、位能相互转换（包括阻力损失）的广义伯努利定理。

即：
$$\frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + Z + H_e = \text{常数}$$

式中：第一项 $\frac{V^2}{2g}$ 为动能；

第二项 $\frac{p}{\gamma}$ 为压力能；

第三项 Z 为位能；

第四项 H_e 为阻力损失。

液压振动与液压传动的不同之处在于：

1. 液压振动机构是交变液流与运动物体相互作用的动力学机构。

液压传动机构是定向液流与静止物体（这里所指的静止物体确切地说是均匀缓慢运动的物体）相互作用的静力学机构。

2.在液压振动机构内,油压力主要由油液的体积力形成,压力能主要转换成活塞运动的动能输出。活塞运动的速度可达10米/秒以上。

液压传动机构内的油压力则主要由油液的表面力形成,压力能主要转变成活塞的静力对外做功。

液压振动属于开关式阀控活塞随动系统,但与一般的阀控活塞随动系统又有差异。前者的阀总是处于快速切换状态,总是在全开口的情况下工作;后者是利用阀的缝隙对被调对象进行控制调节。因此从能量利用角度分析,液压振动的能量利用率远比一般随动系统来得高。而且液压振动还借助各种形式的弹簧储能,从而得以输出较大的能量。

从随动系统的稳定性和精确性而言,对液压振动系统目前尚未予以强调,而对一般阀控活塞随动系统却有严格的要求。

二、液压振动的定义及其工作特征

液压振动是容积式液体传动的一种特殊形式。通常把容积式液体传动称为液压传动,把输出振动频率或力脉冲的液压传动称为液压振动。

液压振动的定义为:用液体为工作介质,将压力能转换成活塞运动的动能,以振动形式的输出来进行能量传递的一种传动形式。

液压振动的输入参数是液流的工作压力和工作流量。

液压振动的输出参数是工作频率、末速度、振幅和输出能量。

作为振动输出一般不强调末速度。作为冲击输出,末速度是一个主要的衡量指标。

一般来讲,振动频率是活塞运动的象征,其大小直接由油压力确定。振动能量以压力波的形式传递,也由油压力决定,与外部负荷无关。

两种输出方式(高频小振幅与低频大振幅)视工作要求可以互相转换,以达到输出同样冲击能量的目的。

一般来讲,振动型宜采取高频小振幅方式,冲击型宜采用低频大振幅方式。

液压振动按其工作原理还具有下列特性:

1.液压振动机构属于一次式液压传动装置,即本身既是液压振动发生装置,又是液压振动执行机构。

2.液压振动装置利用油路中交替变化的压力液流传递液压能,直接产生活塞的周期振动,并以振动或冲击方式输出能量。

3.油路中交替变化的压力液流是依靠液压振动装置在振动过程中的运动参数(如速度、加速度和振幅等)或液体参数(如压力、流量等)的变化作为反馈信号来控制。

4.液压振动装置是输出高频率和高能量的一种新型的阀——活塞组合的动力部件,其控制阀总是处于全能量的切换状态。流量自动调节装置(气体的、液体的或机械的蓄能装置)与液压振动的耦合特性能保证机构稳定运动和提高效率。

液压振动除具备一般液压传动的优点外,与其他振动形式相比还有以下优点:

1.输出功率大。液压系统的工作压力可达210~320公斤力/厘米²,远比气压工作压力(10公斤力/厘米²)和电动磁场电力强度(4~6公斤力/厘米²)高得多,因而液压振动装置输出的功率比风动或电动振动装置容易增大,效率也高,而构成的机械装置尺寸小,重量轻。

2.能量利用率高,输出特性易于调节。

3.噪声降低,且消除了对人体敏感危害较大的低频噪声,从而改善了劳动条件。

4.机构简单,运行可靠。润滑性好,磨损小,使用寿命长。

5.适宜在特殊作业环境下工作。

三、液压振动机构的职能符号

为便于绘制液压振动系统图，除采用通用的标准液压符号外，另提出新的液压执行机构——各种液压振动机构的图形符号（见附录二）。仅供参考。

第二章 液压振动器的分类

第一节 概 述

液压振动技术是利用液体压力能来产生振动的技术。因此，设计把液压能转化为机械振动能的液压振动器是液压振动技术的关键。根据不同的工作要求，国内外设计制造了各种类型的液压振动器。对这些液压振动器，我们可以从各种角度来进行分类。

从目前正在应用的液压振动器的情况来分析，以配流方式作为液压振动器的主要分类依据还是比较恰当的。因为当前大多数液压振动器是利用交变液流的压力能来推动振动活塞以产生振动能量的。所以分配压力液流的装置就成为液压振动器的一个关键。各个液压振动器也就可以此来分类。

从这一观点出发，我们可以将液压振动器分成三大类别。这就是：

1. 无配流液压振动器；
2. 强制配流液压振动器；
3. 自动配流液压振动器。

无配流液压振动器是指振动器内部无配流装置。这并非指它的驱动液压元件没有它本身的配流装置。如图2—1—1 (a) 所示，油马达驱动偏心轮，再由此偏心轮上的连杆带动一振动活塞。这样，就能把液压能转化为机械振动能。

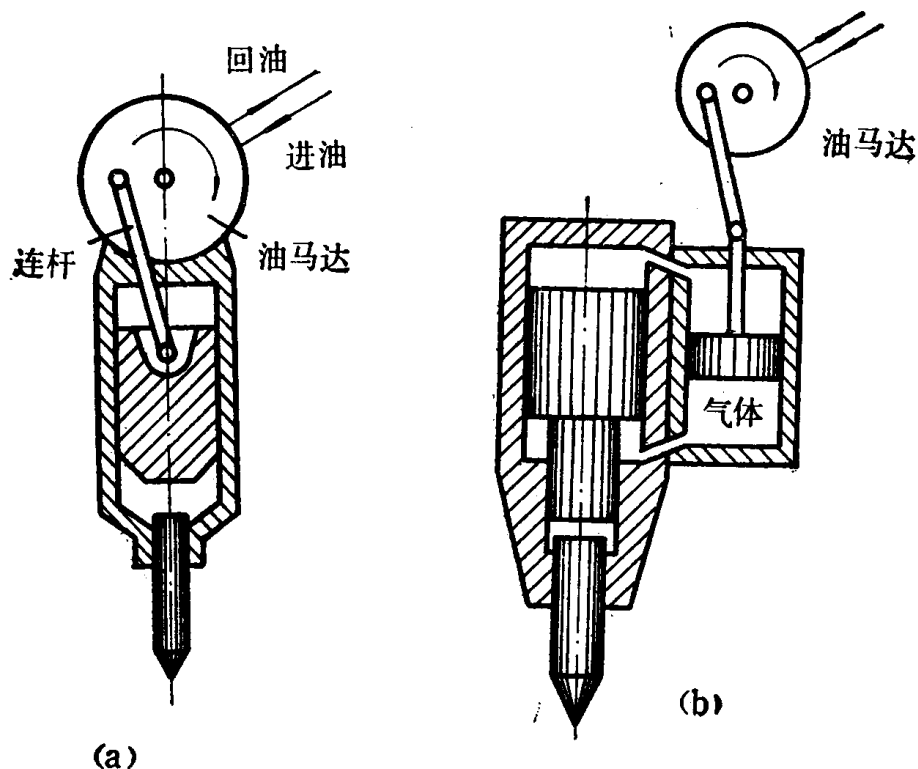


图2—1—1 无配流液压振动器

图2—1—1 (b) 所示为无配流液压振动器的另一种形式。它也是由油马达驱动的。所不同的是这种结构中，连杆不是直接带动冲击活塞，而是带动另一气缸中的活塞。两个并列缸体的前腔与后腔都分别连通，并充满压缩气体。因此，当油马达旋转而使右边活塞往复运动时，冲击活塞的前腔或后腔的气体就受到压缩。压缩的气体就推动冲击活塞，使之冲击做功或回复原位。由于这种传动方式中包含有气体这一环节，所以比图2—1—1(a) 的刚性传动缓冲性好，机件不易损坏，而且能量利用也较好。

上述无配流液压振动器构造简单，振动稳定。但由于基本上仍属机械传动形式，惯性较大，所以振动频率比较低。

在强制配流液压振动器中，冲击振动活塞是直接受交变液流的作用而振动的。这一交变压力液流是另有配流装置控制的。活塞的运动对配流装置无反馈关系。换句话说，配流装置的动作可以决定活塞的运动，而活塞的运动却不能影响配流装置的动作。

图2—1—2是这种液压振动器的原理图。从油泵送来的压力油分为两路，一路到换向转阀，另一路到油马达。油马达与换向转阀之间是用机械连接的。当油马达转动时，转阀就把压力油周期性的交替通入振动活塞的前腔或后腔，从而使振动活塞振动。在这类液压振动器中作为配流装置的，换向阀可以是转阀也可以是滑阀，可以机械传动换向也可用电磁铁切换。其振动频率可以由油马达转速控制也可以由电子振荡线路控制。在以下章节中将作较详细的介绍。

强制配流液压振动器的振动频率决定于配流装置的切换液流频率。例如配流装置为电磁阀时，液压振动器的振动频率就受限于电磁阀的最高切换频率。

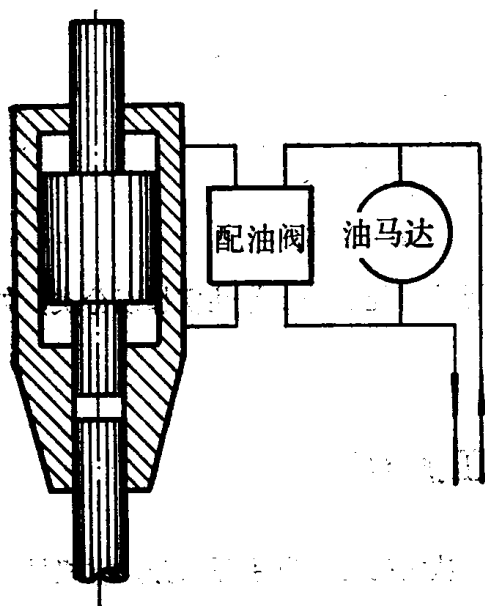


图 2—1—2 强制配流液压振动器原理图

在当前的工程实践中，使用最多的是自动配流式液压振动器，它同样是由交变压力液流来带动振动活塞的。但是，它的配流装置不是靠外界动力驱动，而是依靠配流装置与振动活塞间的反馈关系来驱动的。图2—1—3为其原理图，其中实线表示主油路，虚线表示配油装置与振动活塞间相互控制的反馈关系。液压系统的供油直接进入配油阀。压力油流经配油阀后，就去推动振动活塞。振动活塞动作后，又接通控制油路去切换配油阀。配油阀又改变进入振动活塞油腔的压力油方向，使活塞改变运动方向。接着活塞又接通另一控制油路，使配油阀再次切换。这样周期循环使活塞产生连续的振动。

根据配油阀与振动活塞反馈关系的性质。自动配流式液压振动器可以分为位移反馈、压力反馈、加速度反馈等几种。其中位移反应用得最多。根据配油阀的位置和结构，又可分为内阀式和外阀式两种。内阀式又包括芯阀式和套阀式。如将配流阀

与振动活塞做成一体又可做成无阀式液压振动器。液压自激振荡器也属于自动配流振动器。

现将各种液压振动器列表归类如下：

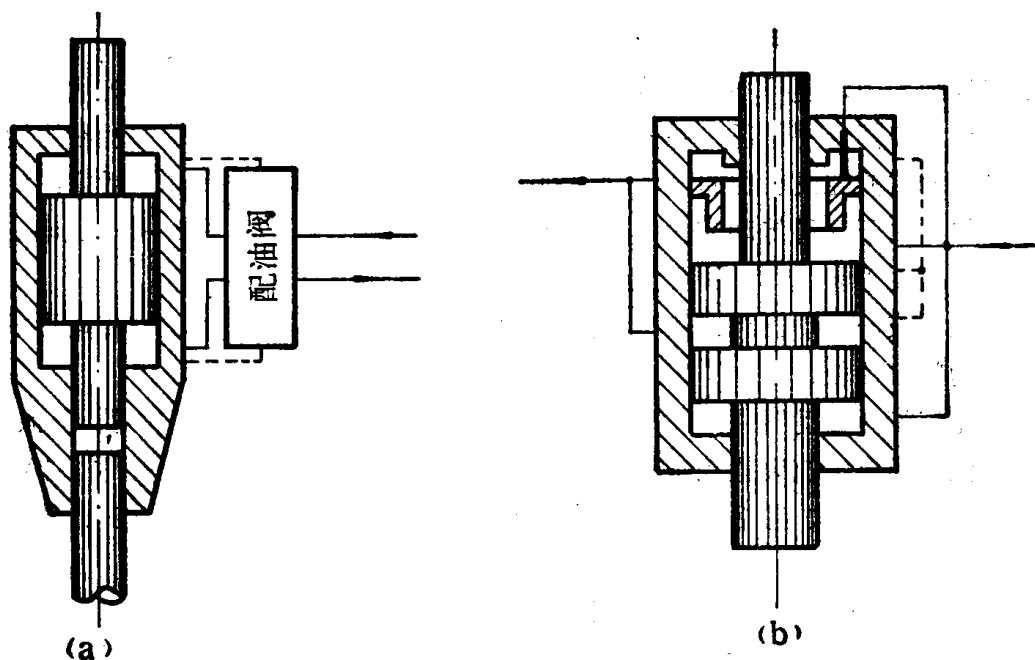
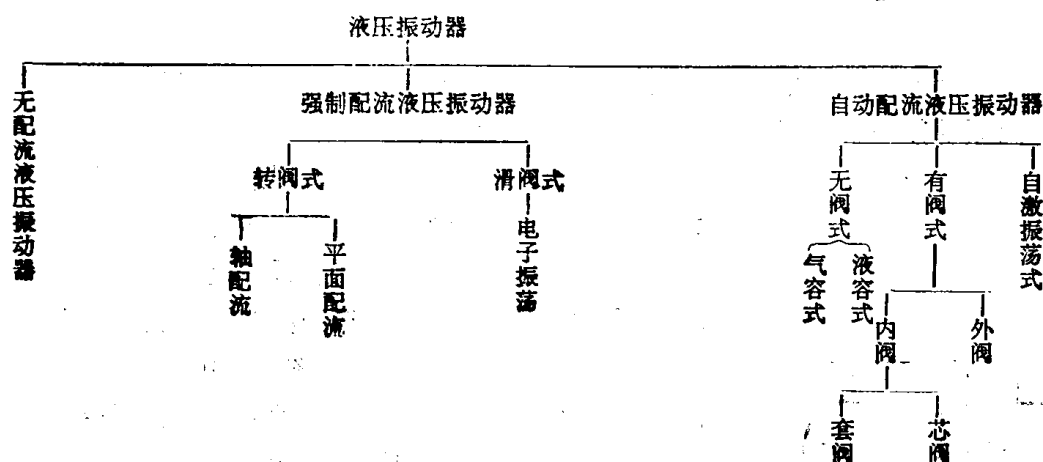


图2—1—3 反馈配流液压振动器原理

各种液压振动器归类如下。

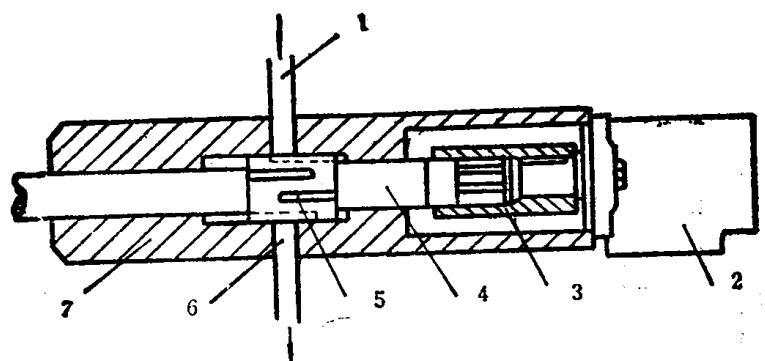


蓄能器在液压振动器中也占有重要的地位。所以也可从蓄能器的工作性质加以分类，如机械弹簧蓄能、气体弹簧蓄能和液体弹簧蓄能等。

第二节 强制配流式液压振动器

强制配流式液压振动器可以分转阀式和滑阀式二类。从它的起振发生源来分，有机械传动和电子振荡两种。现列举一些具体结构加以阐述。

图2—2—1是机械传动式转阀配流的液压振动器。它的构造较简单，由油马达2、花键套3、振动活塞4以及壳体7等部件组成。油马达固定在振动器壳体上，它的进回油路可以与振动器油路共接在同一油泵和油箱中。在油马达的输出轴端有一花键套3，它与油马达输出轴成刚性连接而与振动活塞上端的花键轴成滑动连接。所以，活塞不仅能被油马达带着旋转，而且还能在壳体内沿轴线自由滑动。在活塞中间的凸肩上开有对称的纵向配油槽5。



1.进油管 2.油马达 3.花键套 4.活塞 5.配油槽 6.回油管 7.壳体

图2—2—1 转阀配流液压振动器

它的动作过程如下：当压力油同时进入油马达及振动器时，振动器的活塞就被油马达带着旋转。如果油马达按图2—2—2所示方向旋转，那么当它转到图2—2—2(a)的位置时活塞凸肩上的配油槽把凸肩右面油腔与压力油接通。同时，凸肩左面油腔与回油路接通。所以，在压力油作用下，活塞迅速向左加速运动。在活塞向左运动的同时，油马达向箭头所示方向转过某一个角度后就可能使活塞凸肩上的配油槽既不与压力油路相通，也不与回油路接通。此时，活塞左右两腔的油液都处于封闭状态，活塞停止运动，完成它的冲程。这里必须指出，在此封闭状态时，由于油泵的供油并未停止，所以会产生很高的压力冲击。为了减轻这一瞬时高压的影响，应该在油路中安装蓄能器，以便使蓄能器能吸收这一压力波，避免液压系统受到损伤。同时，当蓄能器输出压力油时，又可使能量得到充分利用。

当油马达旋转转到图2—2—2(b)所示位置时，活塞凸肩的左腔与压力油接通，活塞向右运动，开始它的回程动作。由此可见，只要连续供应压力油，振动器就能不停地左右振动。

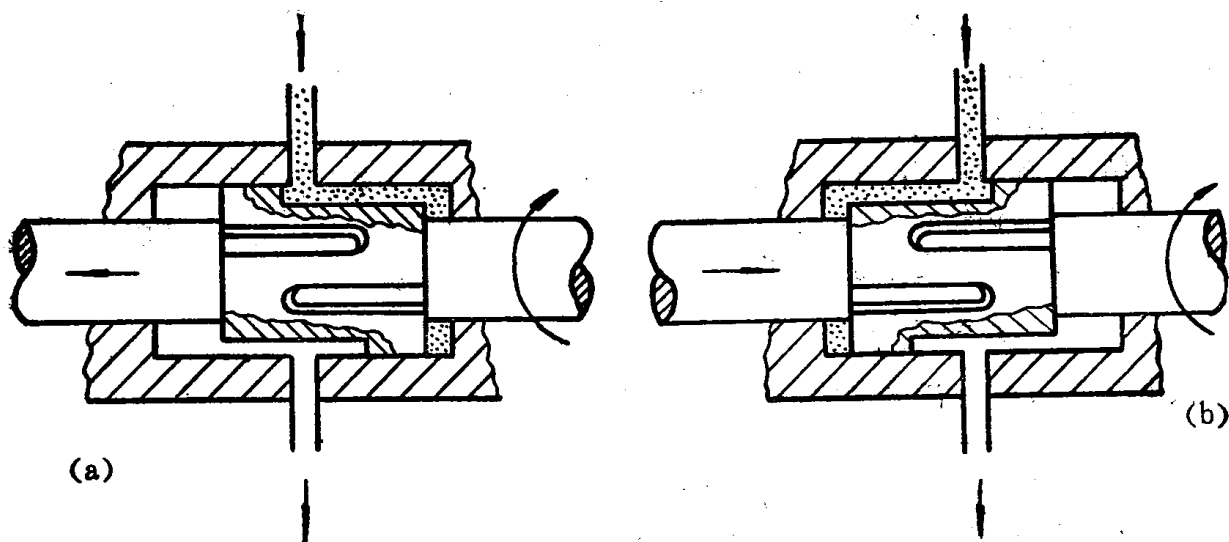
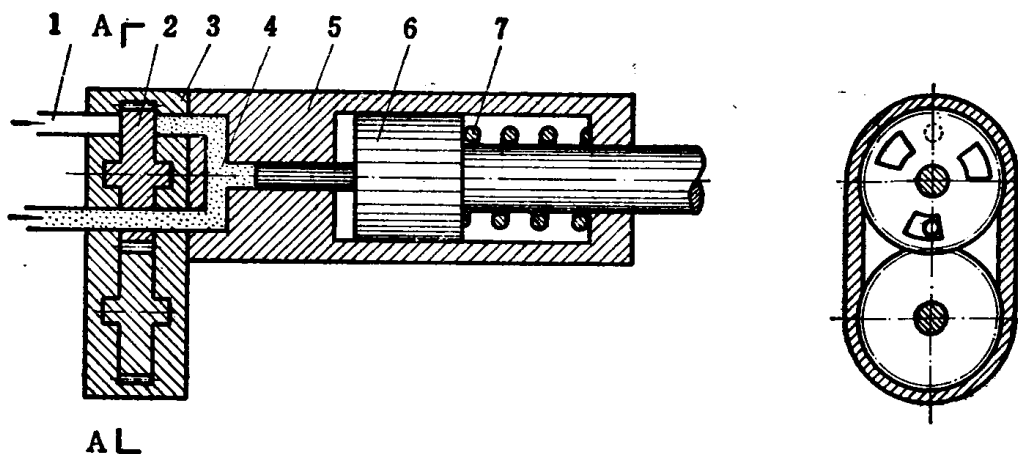


图2—2—2 转阀配流液压振动器工作原理

在这种液压振动器中能清楚地看到，强制配流式液压振动器的振动频率决定于配流装置的切换频率。它与油马达的转速和活塞凸肩上的配油槽数成正比。它们的关系表达如下：

$$f = \frac{Z \cdot N}{2 \cdot 60} = \frac{Z \cdot N}{120}$$



1.回油管 2.齿轮 3.齿轮油马达 4.柱塞腔 5.壳体 6.振动活塞 7.回程弹簧 8.配油孔

图2—2—3 平面配流液压振动器

式中 f ——活塞的振动频率（次/秒）；
 Z ——配油槽的总数；
 N ——油马达的转速（转/分）。

这种转阀式液压振动器除了轴向配流的形式外，还有平面配流的形式。图2—2—3就是这种形式的液压振动器。

图示振动器是由齿轮油马达3、壳体5、振动活塞6以及回程弹簧7组成。在齿轮油马达靠近振动器的一只齿轮上设有配油孔8（三只）。振动活塞的左端连有一柱塞。当压力油进入齿轮油马达时，齿轮立即旋转。同时，压力油也进入箭头所指的进油管。当进油管与齿轮上的配油孔对准时，压力油经配油孔流入柱塞腔4。由于此时回油管1被齿轮阻隔，所以压力油压缩柱塞，使之向右运动。当齿轮继续旋转而使进油管与柱塞腔阻隔开来时，活塞的冲程便告结束。随后片刻，柱塞腔立即与回油管接通，在回程弹簧的作用下，活塞进行回程动作。这样，随着齿轮的旋转，振动活塞在压力油与回程弹簧的交替作用下，不断振动。这种液压振动器的频率，同样与齿轮转速和配油孔数目有关，其关系如下：

$$f = \frac{Z \cdot N}{60}$$

式中： f ——活塞的振动频率（次/秒）；
 Z ——配油孔数目；
 N ——开有配油孔的齿轮转速（转/分）；

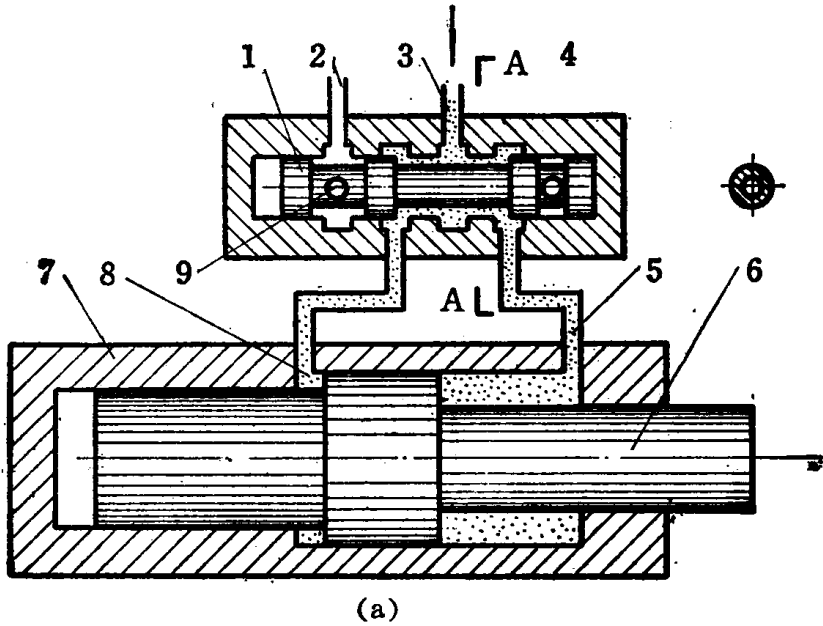
柱塞腔的直径应尽量设计得小些，这样可使每一振动周期所需流量减少，并使结构紧凑。

按蓄能形式，这种液压振动器属于机械弹簧蓄能这一类。图中的弹簧在冲程时受压缩（蓄能），回程时伸长（放能）。所以弹簧不能过硬，否则就会使有效振动能量减小。如果使弹簧在活塞回程时蓄能，在冲程时弹出做功，那就应该选择较硬的弹簧。

转阀配流的液压振动器的频率稳定而且易于调节。频率范围也较大，一般从数十赫芝到数百赫芝。但由于转阀还须另加动力源来驱动，故构造较复杂。

强制配流式液压振动器还可用滑阀作为配流装置。如图2—2—4所示结构，利用电子振

荡线路来推动电磁铁，进而控制滑阀的进回油路，最后驱动振动活塞。电子线路的振荡控制滑阀1的振荡，滑阀1的振荡再引起振动活塞的振动。具体过程如下：当滑阀处于图2—2—4 (a)位置时，压力油通过进油管进入阀腔。此时，与阀腔相连的冲程油腔和回程油腔同时进入压力油。由于回程腔环形面积比冲程腔大，所以振动活塞由于差动作用迅速作回程动作。



1.滑阀 2.回油管 3.进油管 4.阀体 5.回程油管 6.振动活塞 7.壳体 8.冲程油管 9.通孔

图2—2—4 电子液压振荡器原理图

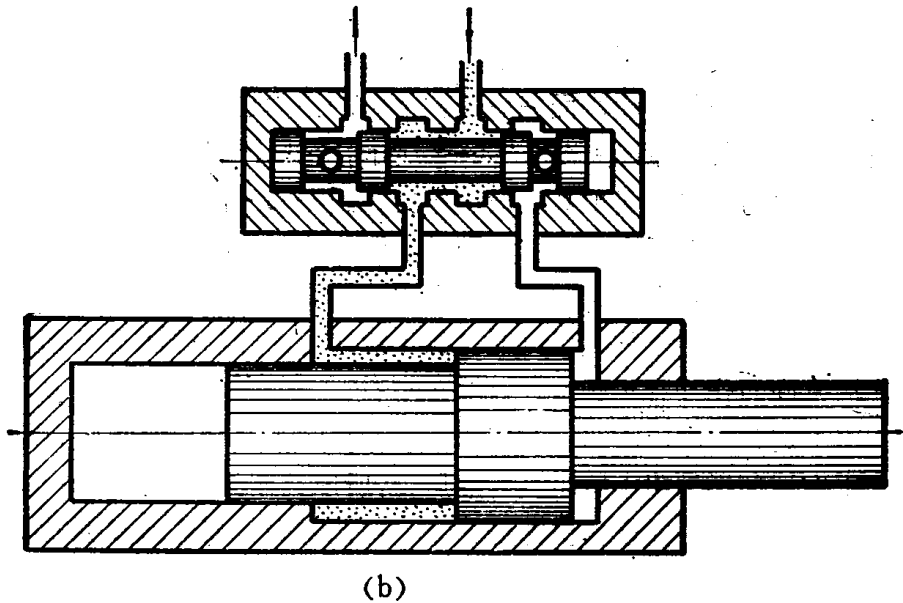


图 2—2—4 (续)

当滑阀切换到图2—2—4 (b) 所示位置时，压力油仅与冲程油腔有联系。回程油腔经阀腔与阀芯中心孔与回油管相通。因此，振动活塞在压力油作用下完成冲程动作。接着，滑阀在电磁力的控制下又换向，重复上述过程。这样当电气信号不断发出时，振动活塞就按信号频率不停地振动。

电子振荡液压振荡器是由电子元件组成振荡电路，通过电子放大器把振荡信号放大到足以推动电磁铁的强度，然后再由电磁铁（图中并未表示出来，一般装置在滑阀的两端）来推