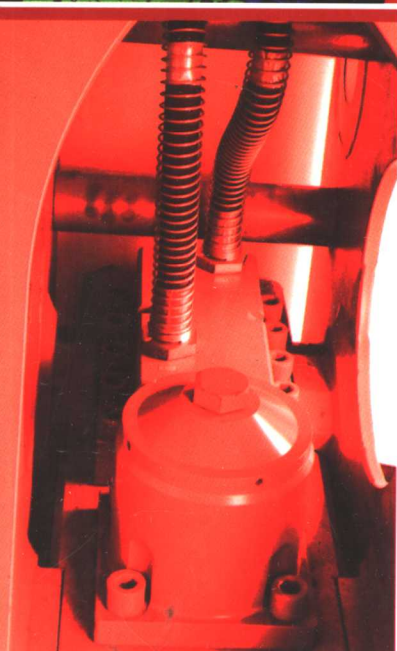


XUNENGQI
SHIYONG JISHU

马雅丽 黄志坚 编著

蓄能器

实用技术



化学工业出版社

XUNENGQI
SHIYONG JISHU

蓄能器 实用技术

马雅丽 黄志坚 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

蓄能器实用技术/马雅丽, 黄志坚编著. —北京: 化学工业出版社, 2007.6
ISBN 978-7-122-00287-7

I. 蓄… II. ①马…②黄… III. 蓄能器 IV. TH137.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 055613 号

责任编辑: 张兴辉 黄 滢

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm 1/16 印张 13¼ 字数 226 千字 2007 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

蓄能器作为液压系统中的重要辅件,对保证液压系统正常运行、改善其动态品质、保持工作稳定性、延长设备的工作寿命、辅助能源、降低噪声等起着重要的作用。

近年来,国内外蓄能器的开发、制造、应用都有长足的进步。国内蓄能器专业厂家在竞争中逐渐成熟与壮大。

蓄能器技术在液压系统中有其显著的动态特点,目前,液压自动化技术的发展日新月异,蓄能器技术也已被广泛应用,然而长期以来关于蓄能器的著作却寥寥无几,这种情况显然不利于蓄能器的推广应用。

为帮助广大液压自动化专业的读者更好地认识蓄能器,正确地应用蓄能器,进而推动我国蓄能器技术及液压技术的发展进步,我们编著了此书。

全书共6章。其中第1章是概述,第2章介绍蓄能器的基本功能,第3章介绍各类蓄能器的性能与特点,第4章介绍蓄能器应用的设计计算,第5章介绍蓄能器的使用维修技术,第6章介绍蓄能器在各工业技术领域的具体应用。

本书是天津布柯玛蓄能器有限公司与广东工业大学机电学院合作技术开发与专题攻关的过程中,作者结合蓄能器实际应用的大量数据资料编撰而成的。本书的特点是密切联系实际,素材新颖,通过大量典型案例介绍技术方法,有利于读者解决蓄能器实际应用相关技术问题。

本书由马雅丽、黄志坚编著。其中第1章、第2章、第3章由马雅丽执笔;第4章、第5章、第6章由黄志坚执笔。侯桂庆硕士、林东阳硕士参与了资料整理,并编写了附录。

天津布柯玛蓄能器有限公司夏海高级工程师对全书文稿进行了审阅,并提出了重要的修改意见。

本书的主要读者是广大从事蓄能器设计、开发、制造、使用、维修的工程技术人员,以及大专院校液压专业的师生。

在本书出版之际,向为本书编著提供过帮助的人员表示衷心的感谢。

编著者
2007年4月

目 录

第1章 蓄能器技术概述	1
1.1 蓄能器的工作原理	1
1.2 蓄能器的类型	1
1.3 蓄能器的功用	3
1.4 蓄能器的使用维修	4
1.5 历史回顾及研究现状	5
1.6 未来研究发展方向	7
第2章 蓄能器的基本功能	9
2.1 存储能量	9
2.1.1 作辅助动力源	9
2.1.2 保持恒压	12
2.1.3 作液体补充装置	14
2.1.4 作应急动力源	14
2.2 吸收液压冲击	15
2.2.1 概述	15
2.2.2 应用实例 I	16
2.2.3 应用实例 II	16
2.2.4 应用实例 III	17
2.3 消除脉动、降低噪声	18
2.3.1 概述	18
2.3.2 应用实例	19
2.4 回收能量	19
2.4.1 概述	19
2.4.2 应用实例 I	21
2.4.3 应用实例 II	22
2.4.4 应用实例 III	23
2.5 其他功能	24

2.5.1	输送异性液体·····	24
2.5.2	作液压空气弹簧·····	24
第3章	蓄能器结构与性能 ·····	26
3.1	蓄能器分类与比较 ·····	26
3.1.1	蓄能器分类·····	26
3.1.2	蓄能器性能用途比较·····	26
3.2	隔膜式蓄能器 ·····	27
3.2.1	隔膜式蓄能器概述·····	27
3.2.2	螺纹隔膜式蓄能器·····	29
3.2.3	高频电子束焊接式隔膜蓄能器·····	30
3.2.4	不锈钢螺纹隔膜蓄能器·····	31
3.3	胶囊式蓄能器 ·····	32
3.3.1	胶囊式蓄能器概述·····	32
3.3.2	主要产品·····	33
3.4	活塞式蓄能器 ·····	40
3.4.1	活塞式蓄能器概述·····	40
3.4.2	HXQ 型活塞式蓄能器·····	41
3.5	其他类型的蓄能器 ·····	43
3.5.1	重力式蓄能器·····	43
3.5.2	弹簧式蓄能器·····	43
3.5.3	非隔离式蓄能器·····	44
3.5.4	液体密封活塞式蓄能器·····	44
3.5.5	差动活塞式蓄能器·····	45
3.5.6	直通气囊式蓄能器·····	45
3.5.7	盒式蓄能器·····	45
第4章	蓄能器应用设计计算 ·····	47
4.1	蓄能器应用设计计算方法 ·····	47
4.1.1	蓄能用的蓄能器的计算·····	47
4.1.2	蓄能器有效排油量验算·····	51
4.1.3	其他情况下蓄能器总容积 V_0 的计算·····	53
4.1.4	重锤式蓄能器设计计算·····	55
4.1.5	非隔离式蓄能器计算·····	56

4.2	蓄能器应用设计计算实例	58
4.2.1	LF 液压站能力计算和设计	58
4.2.2	液压高速回路中蓄能器的分析和计算	61
4.2.3	采用蓄能器吸收压力脉动的回路配置	64
4.2.4	液压升降机能量回收系统设计计算	67
4.2.5	车辆液压辅助动力系统的设计	70
4.2.6	电液锤液压系统中蓄能器的选择	74
第5章	蓄能器的使用维修	78
5.1	蓄能器的安装与维护要点	78
5.1.1	蓄能器的安装	78
5.1.2	蓄能器的维护检查	79
5.2	蓄能器的充气	80
5.2.1	充气方法	80
5.2.2	蓄能器充气压力的检查	82
5.2.3	一种蓄能器充气装置	83
5.3	蓄能器故障的分析与排除	84
5.3.1	蓄能器常见故障的排除	84
5.3.2	蓄能器引发液压系统故障的诊断与排除	86
5.4	蓄能器使用维修实例	89
5.4.1	薄板坯连铸机液压振动台故障的诊断	89
5.4.2	蓄能器充气压力不足引发的一起制动故障	90
5.4.3	Atlas1838 型凿岩机蓄能器充气方法及故障排除	92
5.4.4	砼泵车液压系统蓄能器故障的分析	94
5.4.5	组合机床液压滑台故障分析	95
5.4.6	专用机床蓄能器回路的改进	97
5.4.7	液压泵站异常振动与噪声故障诊断与排除	99
5.4.8	锁定型蝶阀开启时系统油管振动的处理	101
5.4.9	造波机液压系统振动与噪声的消除	102
5.5	蓄能器动态性能计算机辅助测试	103
5.5.1	系统主要结构与功能要求	103
5.5.2	系统硬件	103
5.5.3	系统软件	105
5.5.4	蓄能器测试	105

第 6 章 蓄能器应用典型实例	108
6.1 蓄能器在机床与金属加工设备中的应用	108
6.1.1 蓄能器在机床液压夹紧系统中的应用	108
6.1.2 蓄能器在拉床液压系统改进中的应用	110
6.1.3 350-CT-10 型压铸机建压增压系统的改进	111
6.1.4 蓄能器在快速剪板机液压系统中的应用	112
6.2 蓄能器在工程机械中的应用	114
6.2.1 蓄能器在混凝土泵液压系统中的应用	114
6.2.2 蓄能器在冲击压路机中的应用	116
6.2.3 蓄能器在液压锤系统中的应用	117
6.3 蓄能器在冶金设备中的应用	119
6.3.1 蓄能器在高炉鼓风机液压系统中的应用	119
6.3.2 炼铁污水处理液压系统的改造	121
6.3.3 炼钢大包滑动水口液压站的改进	123
6.3.4 蓄能器在粗轧机平衡液压系统中的应用	126
6.3.5 2500 中板轧机液压微调系统的改进	130
6.3.6 带钢轧辊平衡液压控制回路的改进	135
6.3.7 卷取机气动改液压的设计与创新	138
6.4 蓄能器在电力机械中的应用	141
6.4.1 蓄能器在集成型电液控制快速关断阀中的应用	141
6.4.2 蓄能器应用于 KD741X-6V 型自动保压式液控蝶阀	145
6.4.3 蓄能器在装卸桥液压系统中的应用	148
6.5 蓄能器在煤矿机械中的应用	149
6.5.1 稳压减振蓄能器在采煤面液压系统中的应用	149
6.5.2 蓄能器在提升机液压站改进中的应用	151
6.6 蓄能器在石油机械中的应用	153
6.6.1 以蓄能器平衡载荷的变频液压闭式节能抽油机	153
6.6.2 液压蓄能修井机系统	155
6.7 蓄能器在轻工机械中的应用	158
6.7.1 陶瓷挤管机液压系统的改进	158
6.7.2 蓄能器在冰箱内胆热成型机液压系统中的应用	159
6.8 蓄能器在文化卫生设施中的应用	161
6.8.1 蓄能器在剧院舞台升降装置中的应用	161
6.8.2 蓄能器在医用自动牵引床液压系统中的应用	164

6.8.3	蓄能器在液压电梯中的应用	165
6.8.4	公交车辆制动能量回收与再利用系统	170
6.9	液压蓄能器在航空航天及武器装备中的应用	172
6.9.1	液压蓄能器在火箭姿态伺服控制中的应用	172
6.9.2	采用增压补油器改进某型飞机应急供压系统	176
6.9.3	蓄能器在扬弹机液压系统中的应用	179
附录 1	国内部分蓄能器专业制造厂	182
附录 2	国外部分蓄能器专业制造厂国内办事处	183
附录 3	蓄能器附件	184
附录 4	部分蓄能器标准目录	198
参考文献		199

第 1 章

蓄能器技术概述

蓄能器是一种能把液压能储存在耐压容器里，待需要时又将其释放出来的能量储存装置。蓄能器是液压系统中的重要辅件，对保证系统正常运行、改善其动态品质、保持工作稳定性、延长工作寿命、降低噪声等起着重要的作用。蓄能器给系统带来的经济、节能、安全、可靠、环保等效果非常明显。在现代大型液压系统，特别是具有间歇性工况要求的系统中尤其值得推广使用。

1.1 蓄能器的工作原理

液压油是不可压缩液体，因此利用液压油是无法蓄积压力能的，必须依靠其他介质来转换、蓄积压力能。例如，利用气体（氮气）的可压缩性质研制的皮囊式充气蓄能器就是一种蓄积液压油的装置。皮囊式蓄能器由油液部分和带有气密封件的气体部分组成，位于皮囊周围的油液与油液回路接通。当压力升高时油液进入蓄能器，气体被压缩，系统管路压力不再上升；当管路压力下降时压缩空气膨胀，将油液压入回路，从而减缓管路压力的下降。

蓄能器类型多样、功用复杂，不同的液压系统对蓄能器功用要求不同，只有清楚了解并掌握蓄能器的类型、功用，才能根据不同工况正确选择蓄能器，使其充分发挥作用，达到改善系统性能的目的。

1.2 蓄能器的类型

蓄能器按加载方式可分为弹簧式、重锤式和气体式。

弹簧式蓄能器如图 1-1(a) 所示，它依靠压缩弹簧把液压系统中的过剩压力能转化为弹簧势能存储起来，需要时释放出去。其结构简单，成本较低。但是因为弹簧伸缩量有限，而且弹簧的伸缩对压力变化不敏感，消振功能差，所以只适合小容量、低压系统（ $P \leq 1.0 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ），或者用作缓冲装置。

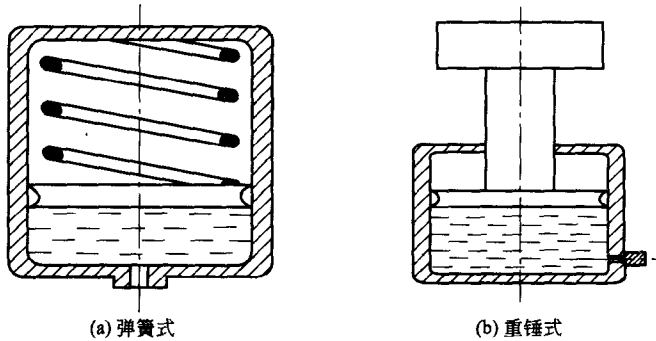


图 1-1 弹簧式和重锤式蓄能器

重锤式蓄能器如图 1-1(b) 所示，它通过提升加载在密封活塞上的质量块把液压系统中的压力能转化为重力势能积蓄起来。其结构简单、压力

稳定。缺点是安装局限性大，只能垂直安装；不易密封；质量块惯性大，不灵敏。这类蓄能器仅供暂存能量用。这两种蓄能器因为其局限性已经很少采用。但值得注意的是，有些研究部门从经济角度考虑在这两种蓄能器的结构上做一些改进，在一定程度上克服了其缺点。比如国内某厂采用改进弹簧式蓄能器的结构。如图 1-2 所示，加大弹簧外径（大于液压腔直径）、限定弹簧行程（将弹簧最大载荷限定在许用极限载荷以内）的方法提高了蓄能器的工作压力和容量，降低了成本。

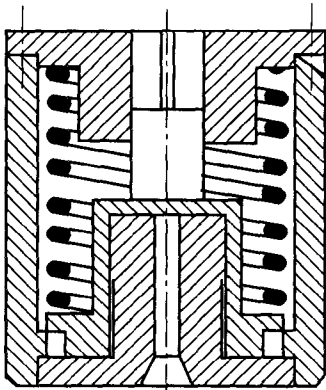


图 1-2 外弹簧式蓄能器

气体蓄能器的工作原理以波义尔定律（ $PV^n = K = \text{常数}$ ）为基础，通过压缩气体完成能量转化，使用时首先向蓄能器充入预定压力的气体。当系统压力超过蓄能器内部压力时，油液压缩气体，将油液中的压力转化为气体内能；当系统压力低于蓄能器内部压力时，蓄能器中的油在高压气体的作用下流向外部系统，释放能量。选择适当的充气压力是这种蓄能器的关键。这类蓄能器按结构可分为管路消振器、气液直接接触式、活塞式、隔膜式、气囊式等。

如图 1-3 所示，皮囊式蓄能器由铸造或锻造而成的压力罐、皮囊、气体入口阀和油入口阀组成。皮囊材质按标准，通常采用丁腈橡胶（R）、丁基

橡胶 (IR)、氟化橡胶 (FKM)、环氧乙烷-环氧化氯丙烷橡胶 (CO) 等材料。

囊式蓄能器由耐压壳体、弹性气囊、充气阀、提升阀、油口等组成。这种蓄能器可做成各种规格,适用于各种大小型液压系统;胶囊惯性小,反应灵敏,适合用作消除脉动;不易漏气,没有油气混杂的可能;维护容易、附属设备少、安装容易、充气方便,是目前使用最多的。

管路消振器是直接安装在高压系统管路上的短管状蓄能器,结构如图 1-4 所示。这种蓄能器响应性能良好,能很好地消除高压高频系统中的高频振荡,多应用在高压消振系统中。

气液直接接触式蓄能器充入惰性气体。优点是容量大、反应灵敏,运动部分惯性小,没有机械磨损。但是因为气液直接接触,尺寸小,充气压力有限;密封困难,气液相混的可能性大。所以这种蓄能器气体消耗量较大,元件易汽蚀,容积利用率低。附属设备多,投资大。

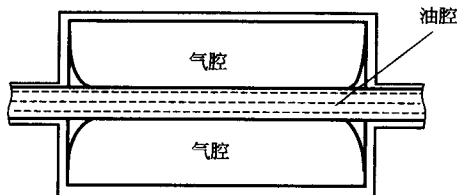


图 1-4 消振器

于低压吸收脉动。

隔膜式蓄能器是两个半球形壳体扣在一起,两个半球之间夹着一张橡胶薄膜,将油和气分开。其重量和容积比最小,反应灵敏,低压消除脉动效果显著。隔膜式蓄能器橡胶薄膜面积较小,气体膨胀受到限制,所以充气压力有限,容量小。

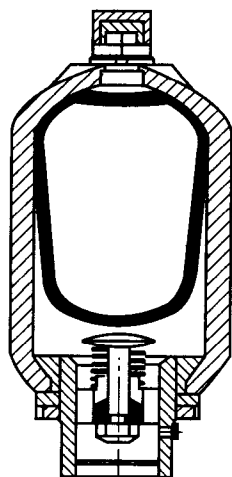


图 1-3 皮囊式蓄能器

活塞式蓄能器利用活塞将气体和液体隔开,活塞和筒状蓄能器内壁之间有密封,所以油不易氧化。这种蓄能器寿命长、重量轻、安装容易、结构简单、维护方便,但是反应灵敏性差,不适

1.3 蓄能器的功用

蓄能器的功用主要分为存储能量、吸收液压冲击、消除脉动和回收能量四大类。

第一类:存储能量。这一类功用在实际使用中又可细分为:①作辅助动

力源，减小装机容量；②补偿泄漏；③作热膨胀补偿；④作紧急动力源；⑤构成恒压油源。

以上五种功用原理基本相同，都主要应用蓄能器能够较大量存储能量的功能。其主要区别是参数选择不同，采用不同的参数选择公式就可以实现所需功用，满足所要求。

第二类：吸收液压冲击。换向阀突然换向、执行元件运动的突然停止都会在液压系统中产生压力冲击，使系统压力在短时间内快速升高，造成仪表、元件和密封装置的损坏，并产生振动和噪声。为保证吸收效果，蓄能器应设置在冲击点附近，所以蓄能器一般装设在控制阀或液压缸等冲击源之前，可以很好地吸收和缓冲液压冲击。

第三类：消除脉动、降低噪声。对于采用柱塞泵且其柱塞数较少的液压系统，泵流量周期变化使系统产生振动。装设蓄能器，可以大量吸收脉动压力和流量中的能量，在流量脉动的一个周期内。瞬时流量高于平均流量的部分油液被蓄能器吸收，低于平均流量部分由蓄能器补充，这就吸收了脉动中的能量，降低了脉动，减小了对敏感仪器和设备的损坏程度。

第四类：回收能量。用蓄能器回收能量是目前研究较多的一个领域。能量回收可以提高能量利用率，是节能的一个重要途径。蓄能器因为可以暂存能量，所以可以用来回收多种动能、位置势能。这方面的主要研究有：①回收车辆制动能量；②回收工程机械动臂机构位能；③回收液压挖掘机转台制动能量；④回收石油修井机及钻机管下落重力势能；⑤回收电梯下行重力势能。

1.4 蓄能器的使用维修

蓄能器的使用维修主要包括蓄能器的安装维护、故障诊断与排除及修理等。

蓄能器的安装包括安装前的检查、安装、充氮等。正确的安装固定与充气，是蓄能器正常运行、发挥应有作用的重要条件。参数的测量与各类工具仪表的正确使用不可忽略。

蓄能器在使用过程中，需防振、防高温、防污染、防泄漏，要定期对气囊进行气密性检查及其他方面的检查。因此，日常检查与维护保养不可少。日常检查即用目视、听觉和手摸及仪表等简单的方法进行外观及状态的检查，检查时既要检查局部也要注意设备整体。在检查中发现的异常情况，对妨碍蓄能器继续工作的应作应急处理；对其他的则应仔细观察并记录，到定

期维护时予以解决。一些损坏的零部件也需要及时更换。主动维护是继故障维修、预防维修、状态维修后,国际上近几年来提出的一种新的设备管理理论。它的定义是:对导致设备损坏的根源性参数进行修复,从而有效地防止失效的发生,延长设备的使用寿命。主动维护是在设备磨损之前针对其根源问题采取的措施,有效地控制磨损及失效的发生,从而大幅度地延长修理周期。主动维护不但为液压设备与元件可靠运行提供保障,同时可大幅度降低维修成本。

蓄能器在液压系统中属于危险部件,所以在操作过程中要特别注意安全。

蓄能器故障诊断与排除,既包括蓄能器本身故障的诊断与排除,又涉及蓄能器所在液压系统的故障诊断与排除,两者之间相互交织。故障诊断的主要工作内容有:①判定故障的性质与严重程度。根据现场状况,判断是否存在故障,是什么性质的问题(压力、速度、动作还是其他),问题的严重程度(正常、轻微故障、一般故障、还是严重故障)。②查找失效元件及失效位置。根据症状及相关信息,找出故障点,以便进一步排除故障,这里主要弄清“问题出在何处”。③进一步查找引起故障的初始原因。如液压油污染,元件可靠性低,环境因素不合要求等。这里主要弄清故障的外部原因。④机理分析。对故障的因果关系链进行深入地分析与探讨,弄清问题产生的来龙去脉。⑤预测故障发展趋向。根据系统磨损劣化的现状及速度、元件使用寿命的理论与经验数据,预测蓄能器或液压系统将来的状况。分析、对比、统计、归纳与综合,找出规律。

1.5 历史回顾及研究现状

17世纪和18世纪是液压理论发展的鼎盛时期。形成并成熟于这段时期的流体静压传递理论、现代流体动力润滑理论、流体动力学等理论,基本上奠定了现代液压理论的基础。而因为实际应用的要求,也出现一些简单的蓄能器,比如用装满水的容器作质量块的重锤式蓄能器。

第二次世界大战后期,液压机械受到青睐,液压伺服传动在军事武器制造业的应用使液压传动和控制技术得以发展,液压控制技术、材料密封润滑技术和自动控制技术的进步也为液压控制理论的发展奠定了理论基础。战后由于军事需要而发展起来的技术逐步转向工业民用领域,并开始蓬勃发展。也就是从这一时期开始,针对成熟液压控制理论和实用技术的蓄能器理论研究逐步受到重视。出现了一些具有通用性的蓄能器,比如弹簧式蓄能器、更加成熟的重锤式蓄能器和一些简单的气体蓄能器。

从 20 世纪 70 年代开始, 研究人员开始重视蓄能器基本理论(诸如参数选择公式和频率计算公式等)的研究, 并不断使其发展和完善。70 年代末期, 汽车节能技术的发展推动了蓄能器和蓄能器节能技术的研究, 利用蓄能器在液压系统中节能的功用开始引起重视。80 年代, 蓄能器的结构、种类、形式及功用开始多样化, 研制各种类型的蓄能器成为主要研究内容。90 年代, 新型计算机软、硬件和控制技术的发展为液压系统和智能型液压元件的研究提供了先进的研究工具和研究手段, 这为蓄能器的研究提出新的要求。

液压理论及技术的发展离不开新型液压元件的研制和开发。目前, 国内外针对蓄能器的研究工作大致有以下几个方面。

① 适应新型液压系统研究的发展, 技术应用方面的研究开展较多。因为随着液压系统向高压、高速、高精度方向发展, 很多特殊系统不断出现, 这些系统对某个方面的要求一般很高, 单纯依靠改进其他元件不能达到目的, 所以需要研制特殊蓄能器作为手段。比如针对吸收脉动, 日本的 Shini-chi YOKOTA 研制了一种新型有源蓄能器, 由多级式的 PED(Piezo-Electric Device)装置驱动, 可有效消除由液压元件引起的高频脉动(500~1000Hz)。又如西安交大的邢科礼等人研制的一种串联囊式蓄能器, 对频率为 112~288Hz 的脉动有良好的吸收效果, 而且与常规蓄能器相比, 它的衰减频宽更宽。

② 将已有的蓄能器理论和新的分析手段、控制理论等结合起来, 在理论上进行创新, 即以现有理论为基础, 采用较先进的研究手段和方法得出更有价值的理论成果。比如, 哈工大的陈照第等人运用键图理论分析蓄能器对管路系统压力冲击的影响。他们利用键图理论建立了蓄能器的动态数学模型, 证明了蓄能器对压力冲击的抑制作用, 针对蓄能器吸收压力脉动的功用提出了有价值的理论。此方法还可推广到其他含有蓄能器的液压系统的动态分析中去。

③ 以现有蓄能器理论和液压系统理论为基础, 结合不断出现的新型设计和计算软件为支撑软件, 开发用于蓄能器回路辅助设计和计算或测试的软件。比如 Par. ker Hannifin Corp 推出的 Sharp EL512 计算器, 可以帮助用户进行蓄能器参数选择。还有燕山大学的吴晓明等人对蓄能器及其理论进行充分研究的基础上, 利用“嵌入式”专家系统理论, 对蓄能器及其回路软件进行智能化开发, 得到的蓄能器及其回路辅助设计软件, 可以帮助系统设计人员简便选择合适的蓄能器。目前对蓄能器的特征测试还缺乏十分有效的方法, 直接导致蓄能器的参数不完善, 动态特性不明确, 对蓄能器的最佳工作区域等属性认识也比较模糊, 这给蓄能器的选型带来很大的困难, 也间接

导致了选型的误差；另外选型系统不能根据液压回路的动态特性来精确确定它，如充氮压力等，也就是说在根本上还没有解决蓄能器参数与应用环境的匹配问题。开发蓄能器动态性能测试技术具有重大实用价值。将虚拟仪器技术应用在蓄能器的测试当中，充分发挥虚拟仪器技术在检测中的简便、快速、高效、准确的特点，准确地测试出蓄能器性能动态参数，使系统适用于蓄能器的性能特点和使用要求。通过对蓄能器的在线、模拟测试可得出不同规格蓄能器的性能曲线。

随着液压系统的发展，系统要求越来越高，现有蓄能器的基础理论和蓄能器结构已经不能满足液压系统和液压元件研究的发展。其主要原因是现有蓄能器基本理论大部分是建立在20世纪70~80年代，而且是通过经验总结得到的，所以这些理论很多是经验化的，既不标准也不统一，对系统设计只能起到初步的指导作用，实际的使用还要依靠工作人员不断调试选择。而且现有蓄能器的结构决定了在其安装到系统上之后就不能根据系统要求随动地改变自身参数以满足系统的不同需要。这给液压系统的研究和液压系统在工程实践中的应用带来了障碍。

1.6 未来研究发展方向

在总结分析国内外同行的蓄能器研究成果的同时，结合自己的理论研究和实践经验，预测今后蓄能器研究的主要发展方向如下。

① 出于满足技术应用的目的，结构改进方面的研究将继续发展。主要包括以下两个方面：a. 以皮囊式气体蓄能器为研究对象，按照实际系统的需要做相应改进，以保证能够最大程度上改善系统性能；b. 以弹簧式或者重锤式蓄能器为对象，在满足系统要求的前提下，从经济效益的角度对其进行改进。结构改进方面的研究既能满足某些特殊系统的需要，又不需要做太多的工作，所以将继续受到工程技术研究者的重视。

② 随着工程实际对液压系统性能要求的提高，针对蓄能器吸收液压冲击、消除高频脉动和回收能量的研究成为重点，继续深入。主要工作包括：a. 随着大型液压系统的出现，研制相应的大规格或者带有附属设备的蓄能器吸收液压冲击；b. 随着高频振荡系统的出现，研制能够吸收高频振荡波的蓄能器以减少高频振荡对系统的危害；c. 随着绿色节能概念在实际应用中备受重视，针对不同系统继续研究蓄能器节能技术。

③ 有关蓄能器的基本理论研究将受到重视。现有的蓄能器基本理论已经过于陈旧，所以完善蓄能器的基本理论，尤其是总结出准确全面的蓄能器

公式是当务之急。这是一项开创性的工作。

④ 智能化蓄能器的研究将逐步开展。新型液压元件的研制和使用使液压系统具有高压、高速、高精度等优点,单纯在沿袭现有蓄能器结构基础上对蓄能器做简单改进将不能满足要求。而且由于系统工况变化的不确定性和本身复杂的非线性,无法将蓄能器的功用严格地分割开来。这就要求在系统工作过程中,能够实时地调整蓄能器各项参数,发挥其不同功用来满足系统的需要。所以,需要研制出一种能够实时监控系统参数变化、实时处理、实时发出指令调整蓄能器各项参数的蓄能器,以满足这些复杂系统的要求。

⑤ 在使用维修方面,新的理论与方法将逐步应用于蓄能器的诊断、监测与维修。蓄能器及液压系统是结构复杂的机、电、液综合系统,具有机液耦合、时变性和非线性等特性。故障的发生具有一定的随机性。故障的多样性、因果关系的复杂性、故障诊断对领域专家经验的依赖性 etc 是液压故障的重要特点,智能诊断系统日益显示出它的重要性和不可替代性。随着现代化大生产的不断发展和科学技术的不断进步,机械设备正朝着大型、高速、精密、连续运转以及结构复杂的方向发展。对蓄能器及液压设备进行在线监测是保障其安全、稳定、长周期、满负荷、高性能、高精度、低成本运行的重要措施。智能维护系统(Intelligent Maintenance System, IMS)提供给蓄能器制造公司智能性的工具,通过因特网或者无线通信系统来监控它们的蓄能器运行状况。IMS 里面最重要的功能是预诊断能力,通过对蓄能器性能退化进行评估,对产品给出较合理的预反应式的维护,从而减少蓄能器的损坏与停工时间,消去不必要的周期性维护活动。