

液压系统 污染控制

龚烈航 主编
王强 涂群章 程建辉 编著

YEYA XITONG WURAN KONGZHI

工程机械系列教材

液压系统污染控制

龚烈航 主编

王 强 涂群章 程建辉 编著



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是作者多年来从事军用工程机械装备在该方向上的科研及教学工作的总结,全书深入浅出、重点突出,其中第1章~第4章为液压系统质量、污染控制及可靠性的相关基础知识,在此基础上重点讲述液压系统的故障主要原因、油质性能及质量管理,污染原因、危害及控制,液压系统及元件的清洗、冲洗方法、程序、检测、标准及质量控制,可靠性保障的管理与维护措施。全书以军用工程机械装备为研究对象,以故障发生频率较高的液压系统为重点,以污染控制为主要途径和技术手段,以提高整机质量和可靠性为最终目标。全文结构严谨、概念清楚、通俗易懂、内容翔实,适合作为工程机械装备类师生和工程技术人员教学、培训的教材和必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压系统污染控制 / 龚烈航主编. —北京:国防工业出版社,2010.6

(工程机械系列教材)

ISBN 978-7-118-05799-7

I. 液… II. 龚… III. 液压系统-污染控制-高等学校-教材 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 086654 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16½ 字数 376 千字

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

随着现代高新技术的迅猛发展,液压传动与控制技术在我军机械装备中得到广泛应用,极大提高了我军新型军用机械装备的战术技术性能。液压系统的可靠性在整机可靠性中占据了十分重要的位置,据经验统计,机械装备中的故障 80% 以上来自液压系统和电子电路系统,而液压系统 75% 以上的故障源自液压油的污染和油质劣化变质,因此军用机械装备的可靠性在很大程度上取决于有效的液压油污染控制。为了适应新时期我军现代化建设的需要,加速培养我军工程技术人才,实现高素质人才与精良武器装备的最佳结合,极大地发挥新型机械装备的战斗力,特编写本教材。

本教材列入总装备部技术基础科研计划,适用于部队从事机械装备管理、使用、维修等人员的培训,也适用于研究生、本科生的选修课教学及其他从事液压控制技术的人员,包括农业机械、矿山机械、机床液压等工程技术人才的培训教材或自学教材。

本教材由龚烈航教授担任主编,负责编著第 1 章~第 8 章和第 11 章;王强教授编写第 9 章;涂群章博士编写第 10 章。本书由程建辉同志全文校对。在编写过程中得到解放军理工大学工程兵工程学院军用机械装备教研室众多同志的帮助和支持,在此谨表衷心感谢。

液压系统的可靠性问题是一个综合性、多学科交叉的问题,其技术领域涉及到机械学、普通化学、石油化工、胶体化学、材料学、摩擦学、电化学等,本教材中缺点错误在所难免,欢迎给予批评指正。

编 者

目 录

第1章 概述	1
1.1 军用机械装备液压系统可靠性及其对策	2
1.2 国内外军用机械装备液压污染控制现状和水平	2
第2章 液压传动基础	4
2.1 液压传动的工作原理	4
2.2 液压传动的特点	5
2.3 液压传动系统的组成	5
2.4 液压系统图的图形符号	6
2.5 液压传动的优缺点	6
2.6 液压传动基本回路	7
2.6.1 压力控制回路	7
2.6.2 速度控制回路	12
2.6.3 方向控制回路	14
2.6.4 多缸工作控制回路	15
2.6.5 缓冲回路	18
第3章 液压流体力学基础	20
3.1 流体静力学	20
3.1.1 流体静压力及其特性	20
3.1.2 静止液体中压力分布规律——液体静力学的基本方程	20
3.1.3 压力的表示方法及其测试单位	21
3.1.4 静压传递原理	21
3.1.5 液压力对固体壁面的作用力	22
3.2 流体动力学基础	23
3.2.1 几个基本概念	23
3.2.2 流动液体的连续性方程——液体的质量守恒定律	24
3.2.3 流动液体的能量守恒定律——伯努利方程	25
3.2.4 液流的动量定理	27
3.3 管路系统的压力损失	28
3.3.1 液体的流动状态	28
3.3.2 圆管层流特性及其沿程压力损失	29
3.3.3 圆管紊流特性及其压力损失	31
3.3.4 局部压力损失	32

3.3.5	管路系统的总压力损失	32
3.4	液体流经小孔及缝隙的流量压力特性	33
3.4.1	液体流经小孔的流量压力特性	33
3.4.2	液流经缝隙的流量压力特性	35
3.5	液压冲击及空穴现象	40
3.5.1	液压冲击	40
3.5.2	空穴现象	42
第4章	液压液	43
4.1	液压液的分类	43
4.2	液压液的性质	43
4.2.1	密度	43
4.2.2	重度	44
4.2.3	可压缩性	44
4.2.4	黏性	45
4.2.5	液压油的其他理化性能	48
4.3	军用机械装备对液压液的要求	49
4.4	矿油型液压油的选择	52
4.5	抗燃液压液的选择	54
4.6	液压液黏度的选择	56
4.6.1	油泵对液压液黏度的要求	57
4.6.2	环境温度对液压液最佳黏度的影响	60
4.6.3	液压系统的黏度极限	61
4.6.4	液压液的使用温度、黏温特性和黏度稳定性对最佳黏度的影响	62
4.7	液压液的具体选定	62
第5章	摩擦、磨损与润滑	64
5.1	摩擦	64
5.1.1	干摩擦	64
5.1.2	边界摩擦	65
5.1.3	流体摩擦	66
5.2	磨损	67
5.2.1	腐蚀	67
5.2.2	油液变质	68
5.2.3	疲劳	68
5.2.4	黏着	68
5.2.5	磨蚀	69
5.3	相互作用和磨损	70
5.3.1	油液和元件表面之间的摩擦	70
5.3.2	运动副表面间的磨损	71
第6章	液压污染控制	75

6.1	液压系统污染分析	75
6.1.1	污染物种类和特性	75
6.1.2	固体颗粒污染物的特性	76
6.1.3	污染试验粉尘	79
6.1.4	空气	80
6.1.5	水	81
6.2	油液中颗粒污染物材质的鉴别	81
6.2.1	光谱法	82
6.2.2	X 射线能谱分析法	82
6.2.3	X 射线波谱分析法	82
6.2.4	铁谱法	83
6.3	油液污染度的评定	83
6.3.1	称重法	83
6.3.2	颗粒计数法	84
6.3.3	现场油液污染度简易评定方法	88
6.4	油液中空气和水的测定	89
6.4.1	空气含量测定	89
6.4.2	含水量的测定	90
6.5	液压系统油液的取样	91
6.5.1	取样容器的清洁度控制	91
6.5.2	容器取样方法	92
6.5.3	在线取样污染分析	92
6.6	油液污染度等级	93
6.6.1	美国 NAS—1638 污染度等级	93
6.6.2	ISO—4406 国际污染度等级标准	93
6.6.3	我国 GB/T 14039—93 污染度等级	95
6.7	典型液压系统油液污染度分析	95
第7章	油液过滤与净化	98
7.1	概述	98
7.1.1	过滤与净化方式	98
7.1.2	过滤原理	98
7.2	滤油器主要性能参数	99
7.2.1	过滤精度	99
7.2.2	压差特性	102
7.2.3	纳污容量	103
7.3	滤油器过滤性能试验与评定	103
7.3.1	试验方法与原理	103
7.3.2	试验程序	104
7.3.3	试验结果与性能评定	105

7.4	液压过滤系统油液污染度	106
7.4.1	液压过滤系统的污染控制方程	106
7.4.2	流量波动对过滤性能的影响	108
7.4.3	滤油器旁路泄漏对过滤性能的影响	109
7.5	滤油器的选择	110
7.5.1	滤油器在系统中的安装位置	110
7.5.2	滤油器的精度	111
7.5.3	滤油器系列型号	112
7.6	多机理高精度净油机理及技术	113
第8章	液压元件的清洗与系统冲洗	114
8.1	液压元件的清洗	114
8.1.1	液压油箱的清洗	114
8.1.2	液压管路总成清洗	115
8.1.3	阀组件的清洗	115
8.1.4	密封件的清洗	116
8.1.5	液压缸组件的清洗	116
8.1.6	液压泵的清洗	117
8.1.7	液压马达的清洗	117
8.2	液压系统组装环境质量控制	117
8.2.1	组装车间空气净化	117
8.2.2	野战条件下液压设备抢修	118
8.3	液压系统冲洗	118
8.4	液压油注入系统前的过滤与净化	118
第9章	液压系统质量与可靠性保障的管理与维护措施	120
9.1	管理与维护的一般原则	120
9.1.1	管理与维护的重要性	120
9.1.2	管理、维护和机械装备设计的关系	120
9.1.3	新、旧液压系统管理维护的重点	121
9.2	管理、维护的具体方法和知识	122
9.2.1	装备的操作知识	122
9.2.2	发现异常现象的方法	123
9.2.3	使用说明书的主要内容及其正确使用	123
9.3	运转管理与检查的程序	124
9.3.1	液压系统的检查	124
9.3.2	日常检查的要点和程序	124
9.3.3	定期检查的要点和程序	126
9.3.4	大修前的检查要点和程序	128
9.4	液压系统的故障及其产生原因和排除方法	130
9.4.1	液压系统故障概念	130

9.4.2	常见故障及其产生原因	131
9.4.3	液压系统故障的特点	131
9.4.4	系统故障对装备及其工作的影响	132
9.4.5	故障排除的步骤与方法	132
第 10 章	液压系统的可靠性技术及其应用	135
10.1	概述	135
10.2	液压故障及其分类	136
10.2.1	液压故障的基本概念	136
10.2.2	液压故障的分类	137
10.3	液压可靠性指标和故障分布规律	138
10.3.1	可靠性的定义及表达	138
10.3.2	液压故障规律	140
10.3.3	液压故障分布	141
10.4	液压故障模式和故障机理	148
10.4.1	液压故障模式	148
10.4.2	液压故障机理	150
10.5	液压系统工作可靠度及其应用	151
10.5.1	液压元件故障率和工作可靠度的估算	151
10.5.2	液压系统工作可靠度 $R(t)$ 的估算	152
10.5.3	液压设备可靠度的应用	153
第 11 章	液压油液净化技术	159
11.1	静电净油技术	160
11.1.1	静电净油电场分布	160
11.1.2	颗粒在电场中带电与极化	166
11.1.3	颗粒在电场中的受力与运动	167
11.1.4	影响净油性能的有关参数	171
11.1.5	电极与集尘体材料、结构的改进必要性	174
11.1.6	电极结构的改进	175
11.1.7	集尘体材料处理与结构改进	177
11.2	离心分离原理及实验分析	181
11.2.1	概述	181
11.2.2	离心机的流体动力学	182
11.2.3	离心沉降机理研究	185
11.2.4	特性参数及实验分析	190
11.3	油水分离原理及实验分析	192
11.3.1	概述	192
11.3.2	油水分离机理	194
附录		201

管路中提取液样.....	201
ISO—4406—1987 液压流体动力—流体—固体颗粒污染度分级标准	203
美国航空航天标准 NAS—1638—1964 液压系统元件的清洁度要求	207
中华人民共和国国家标准液压系统通用技术条件.....	209
中华人民共和国国家标准液压系统工作介质固体颗粒污染等级代号.....	238
中华人民共和国机械行业标准液压阀污染敏感度评定方法.....	242
中华人民共和国机械行业标准液压元件清洁度评定方法及液压元件 清洁度指标.....	248
参考文献.....	253

第1章 概述

现代高新技术有力地促进和推动传统的机械加工业的发展,新的先进机械设计以及制造加工设备和技术的发展与提高,使液压元件的加工精度大大提高,促进了液压传动与控制技术的发展。同时,液压传动与控制技术的广泛应用促进了现代工业的发展。当前,液压技术已广泛地应用到社会生产、生活、军事装备等各个领域,如在最新的计算机集成加工系统(CIMS)、工业智能化“柔性加工”(FMS)系统、工业机器人及海洋工程、信息工程、航天工程等高新技术领域得到成功地应用。机—电—液—信联合控制在自动控制领域里显示了独特的优越性,促使液压系统进一步向高压、高性能、微型集成化方向发展。液压元件的加工精度也越来越高,高性能电液伺服阀的滑阀间隙、轴向柱塞泵缸体与配油盘之间的间隙公差已精确到 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 的精度。与此同时,现代液压系统对可靠性、无故障寿命、动态特性要求越来越高,这之间出现了新问题,问题的关键是液压系统的工作介质油液的性能劣化及污染危害。

液压系统在加工、组装、运输过程中都有可能遗留加工残屑及外界固体微粒的侵入,液压油在注入系统前,在装罐、运输、贮存过程中都会生成胶体状氧化物,吸入外界粉尘及潮气,这些加工残屑和新油注入前的污染物,一旦进入液压系统就会产生磨蚀、磨料、磨粒磨损,以及多种磨损与疲劳相组合的作用,使液压元件的运动界面进一步磨损、剥落,使油液进一步污染,产生连锁化恶性循环;开式液压系统每次吸排油都会从外界带入固体粉尘、水分、空气,液压系统在工作过程中产生的局部高温高压促使水分、空气与油液生成胶状氧化物,改变油质的黏度、酸值等指标,使油液性能劣化变质和污染。这种液相、固相、气相的污染物会对液压系统产生各种不同机理的危害。

固体污染物使液压系统油泵、控制阀、油缸、液压马达等元件的滑动、转动副配合面腐蚀、磨损,甚至会导致滑阀的卡紧和卡滞,使控制系统动作完全失灵,以致故障、停工检修或发生灾难性的突发事件。美军调查结果表明:飞机污染磨损费用达245美元/飞行小时,舰艇污染磨损费用达56.94美元/航行小时,这个费用接近燃料消耗费用。

液体污染物使油液本身的物理、化学性能改变,如酸值、黏度、抗磨性、油膜承载能力等性能劣化,同时生成胶体氧化物或酸性物质,使滑阀黏滞、驱动力增加,液压元件金属表面腐蚀,起到液压系统损坏的催化剂作用。

气体污染物使系统的液压弹性模量改变,液压控制系统的静态、动态特性下降,这对于响应速度快、稳定性、精度要求高的系统是很不利的。液压油中混入气体,无论溶解在油液中或悬浮在油液中,都会在系统压力变化时引起空穴与气蚀,产生冲击、噪声与局部高温,加快油液的氧化变质。

现代液压系统元件的高精度化与系统高可靠性、耐久性、安全性要求,使液压系统对一切外来有害物质和能量变得较为敏感。过去被粗糙的加工元件所掩盖的液压油液劣化与污染危害,现在越来越显露出来,严重地阻碍了液压技术的发展,液压污染控制已经成

为一门液压传动与控制、摩擦与磨损学、润滑学、材料学、胶体物理化学等多学科交叉的新学科。20年前美国流体动力协会统计认为:液压系统75%以上的故障是因油液污染引起的,而当前国内外学者普遍认为80%液压系统故障甚至90%液压系统故障是因油液性能劣化与污染引起的,这一估计可以充分说明研究液压油质污染控制对提高液压控制系统、整个机器设备和武器装备的质量与可靠性的重要性和必要性。

1.1 军用机械装备液压系统可靠性及其对策

对于军事武器、装备、设施的液压系统,如飞机、潜艇、军舰、导弹、坦克战车、工程机械等武器装备上的液压系统,在野战条件下,应有很高的可靠性,无故障率,以及快速故障诊断、预报、修复的要求,以提高战斗进攻能力和工程保障能力。合理有效地净化过滤军事装备液压系统中的油液,保证液压系统完好运行,这在军事意义上显得尤为重要。

军用飞机液压系统主要用于飞机的飞行姿态控制和起落架的升降,这些系统的可靠性和使用寿命都会直接影响飞机的飞行安全、人员生命安全和战斗力的发挥。在历史上军用飞机和民用飞机因液压污染导致控制阀失灵,起落架不能及时放下而导致机毁人亡的事件已有几起。由于对可靠性的特殊要求,飞机采用高性能、高质量、高清洁度的航空液压油(红油),应该说对油质的质量控制从设计开始就高度重视,但是后期的使用管理、维护保养、过滤净化、实时监控仍存在问题,这些问题的存在或有意无意的油质管理中的疏忽,使飞机液压系统的可靠性存在着潜在的问题。与此类同,潜艇的升降平台液压系统、军舰的舵操作控制液压系统、导弹发射架液压控制系统、坦克战车的稳定器及调节液压系统、工程保障装备的作业液压系统,可以说液压技术涉及到全军武器装备、设施的各个方面,这些液压系统在野战条件下要高质量高可靠性地发挥作战效能,达到人机的最佳配置和最强战斗力的生成,非常重要的一个环节就是对军用机械装备的液压系统油质实施严格的全程有效控制。液压技术独特的优越性与系统可靠性方面存在的问题,是一对矛盾,必须通过对工作介质的有效控制,科学合理地杜绝因油质劣化与污染而诱发的各种危害。

1.2 国内外军用机械装备液压污染控制现状和水平

国内相关情况与国外发达国家的发展过程基本相似,所不同的是由于整个工业基础水平不同,对液压系统油液污染发生、危害、对策等问题的认识相对滞后。20世纪80年代随着改革开放和对外学术交流合作的开展,在一批访美学者中,主要是美国俄克拉何马州州立大学机械及航天工程学院流体动力研究中心主任菲奇(E. C. Fitch)教授的带领下,培养了一批这一学术领域的专家,推动和促进了航天液压系统、机床液压系统、煤炭矿山机械液压系统等液压系统污染控制学术研究和科技进步,逐步使国内的学术界和同行达成共识,引起方方面面的重视。20世纪80年代中期,原国家机械委曾开展机械液压系统“治脏治漏”专项整治活动,收到了良好的效果,首先使对液体系统工作介质的污染问题在观念上达到质的飞跃和提高。

在军用机械装备技术领域,对液体污染控制的必要性、重要性的认识基本与国内其他

部门同步,首先在航空航天部门、导弹发射设施液压系统中得到重视。尽管武器装备液压系统的可靠性问题、油质污染控制问题在战场环境下显得更为重要,但是从总体来讲,对液压油质污染控制现状和水平不容乐观,武器装备液压系统的可靠性不高,平均无故障寿命低仍然是个问题,其主要原因是在装备加工组装和投入使用后的使用管理、维护、保养、检修当中,缺乏严格的污染管理体制,由于技术水平、认识水平、观念和习惯的差异,在平时训练操作时重视不够,不同牌号的油品混合使用,在不干净的环境场地拆修液压系统等情况时有发生,其后果表现在液压系统密封间隙早期磨损、泄漏、密封失效,内外泄漏加剧、能量浪费、油温上升,油温上升使油的黏度降低,进一步促使间隙泄漏加剧,造成恶性循环。滑阀运动间隙固体污染物卡紧、滑阀不能动作、控制失效。由于内泄漏过大,输出力或力矩不足,导致机械设备不能动作等故障。因此要使军用机械装备的质量与可靠性达到更高的水平,提高对液压污染控制的思想认识水平和技术水平,加强人员培训,强化管理机制,严格规范标准体系是非常必要的。

第2章 液压传动基础

2.1 液压传动的工作原理

根据帕斯卡定理,作用在密闭容器内的液体上的压强,会等值向各个方向传递,这是液压系统的基本工作原理。

图2-1是液压传动原理图。活塞3和8、缸体2和9、单向阀4和7、放油阀11、油箱12,通过油管5、6、10把这些元件连接起来,其内部充满了液体,这就组成了液压系统。

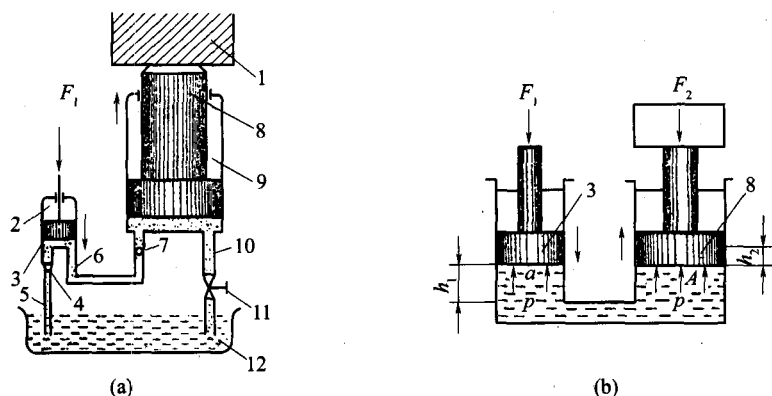


图2-1 液压传动原理图

1—重物; 2—小缸体; 3—小活塞; 4、7—单向阀; 5、6、10—油管;
8—大活塞; 9—大缸体; 11—放油阀; 12—油箱。

分析此系统工作时,首先作如下假定:工作液体不可压缩;系统没有泄漏;液压元件均为刚体,不产生变形;不考虑摩擦力。当小活塞3向上提起时,它的下腔容积增大,形成一定的真空,单向阀7关闭,油箱12中液体在大气压力作用下,推开单向阀4进入活塞3下腔。反之,当小活塞3上作用一个主动力 F_1 ,向下压时,活塞3下腔液体受压,压力升高,此时,单向阀4关闭,而单向阀7打开,根据帕斯卡定理,大小液压缸中的液体压力相等。当压力 p 上升到足以克服负载力 F_2 时,活塞8被顶起。这时压力 p 为

$$p = \frac{F_2}{A} \quad (2-1)$$

式中 A ——大活塞的承压面积。

从式(2-1)可以看出,当 A 一定,且 F_1 足够大时,系统的压力 p 由负载力 F_2 决定。

根据帕斯卡定理可得

$$\begin{cases} p = \frac{F_1}{a} = \frac{F_2}{A} \\ F_2 = F_1 \frac{A}{a} \end{cases} \quad (2-2)$$

式中 a ——小活塞的承压面积。

从式(2-2)可以看出,在 F_1 一定的情况下,大小活塞面积的比值愈大,大活塞所能克服的负载力 F_2 值愈大。

当小活塞向下移动距离 h_1 时,其所排开液体的体积为 ah_1 ,这些液体进到液压缸体 9 内,使大活塞上升距离 h_2 ,则

$$ah_1 = Ah_2$$

若完成这个动作的时间为 t ,得

$$a \frac{h_1}{t} = A \frac{h_2}{t}$$

即

$$\begin{aligned} av_1 &= Av_2 \\ v_2 &= v_1 \frac{a}{A} = \frac{Q}{A} \end{aligned} \quad (2-3)$$

式中 v_1 ——小活塞运动速度;

v_2 ——大活塞运动速度;

Q ——液体的流量,即单位时间内通过某一过流断面的体积。

从式(2-3)可以看出,大活塞上升的速度取决于流量 Q 。

从能量转换来看,作用在小活塞上的机械能在小液压缸内通过活塞 3 对液体的作用转换成液体的压力能;又通过液体传递压力能,从小液压缸传到大液压缸;在大液压缸内,又通过液体对活塞 8 的作用,将液体的压力能转换成机械能,从而实现能量的传递。

2.2 液压传动的特点

通过上述液压传动工作原理的分析,可归纳出液压传动基本特点如下:

- (1) 采用液体作为传动介质。
- (2) 必须在封闭的容器内进行。
- (3) 靠液体内部的静压力来传递力(或力矩)。
- (4) 液压传动性能的主要参数是压力 p 和流量 Q 。系统压力 p 取决于负载,与流量无关;而负载的运动速度取决于流量,与压力 p 无关。

2.3 液压传动系统的组成

从图 2-1 可知,一个能完成能量传递的液压传动系统由五部分组成:

- (1) 液压动力元件,通常称液压泵,其职能是将机械能转换为液体的压力能,如图 2-1 中的 2 和 3。

(2) 液压执行元件,其职能是将液体的压力能转换为机械能。液压执行元件包括液压缸和液压马达,液压缸作往复运动,液压马达作旋转运动。如图 2-1 中的 8、9。

(3) 液压控制元件,通常称阀,其职能是控制和调节液体的压力、流量及液流的方向。如图 2-1 中的 4 与 7、11 等。

(4) 液压辅助元件,通常称液压辅件,包括油箱、滤油器、油管与管接头、密封件、冷却器与加热器、蓄能器、压力表等。如图 2-1 中的 12、5、6、10 等。

(5) 传动介质,即工作液体,通常称工作液或称液压油。

2.4 液压系统图的图形符号

比较复杂的液压系统都由许多元件组成,如果各元件都用结构图来表达,虽然直观性强,容易理解,但是绘制起来非常复杂,而且往往难于将其原理表达清楚。为了简化液压系统图,各国对液压元件都规定了职能符号。我国 1976 年制定的液压元件图形符号(GB 786—76)也是职能符号。液压元件的图形符号只表示元件的职能,不表示元件的具体结构和参数。元件的符号通常只表示静止或初始位置状态,不表示从一个工作状态转到另一个工作状态的过程。用液压元件的图形符号绘制的液压系统图只表示各元件的职能及其连接关系,也不表示元件的具体结构、参数、安装位置以及布管位置。元件的名称、型号及参数(如压力、流量、功率、管径等),一般在系统的元件目录表中说明,必要时可标注在元件符号旁边。标准中未规定的图形符号,可以根据标准化的原则和所列图例的规律性派生。当无法直接引用或派生时,或者有必要特别说明系统中某一重要元件的结构及动作原理时,均允许局部采用结构简图表示。

2.5 液压传动的优缺点

液压传动与机械、电力传动相比,有如下优点:

(1) 能实现无级调速,且变速范围大,最大变速范围可达 500,甚至更高,而最低稳定转速可低至每分钟几转。因此,可用液压缸或液压马达直接获得低速强力或低速大扭矩的运动,无需用减速器。

(2) 采用液压缸或液压马达,能实现直线往复运动或转动。

(3) 有很大的功率放大系数,其值可达 10^6 。

(4) 能容量大,在功率相同的情况下,液压传动装置体积小、重量轻,如液压马达的外形尺寸约为同功率电机的 12%,重量为后者的 10%~20%。由于体积小、重量轻,所以惯性小,启动与换向快,动作灵敏。如启动一个中等功率的电机需要 1s~2s,而启动相同功率的液压马达只要 0.1s。

(5) 液压系统易于实现安全保护。采用液体作为工作介质,具有一定的吸振与吸收冲击的能力,工作平稳。工作介质本身就是润滑油,可使液压元件自行润滑。因此延长了元件的使用寿命。

(6) 液压传动操作简便省力,便于实现自动化。特别是电液联合应用时,能够充分发挥两者的优点,成为目前各种大功率机械实现复杂运动的主要控制手段。

(7) 由于液压元件间用管路连接,便于安排各液压元件空间位置,易于实现合理布局。

(8) 液压元件易于实现系列化、标准化、通用化,便于设计、制造及推广使用。

液压传动的主要缺点:

(1) 液压油的黏度随温度变化而变化,从而影响传动性能。因此,液压传动一般不宜在低温和高温条件下工作。

(2) 液压元件制造精度要求高,成本高。

(3) 液压系统出了故障不容易检查和排除。

(4) 液压传动以液体为工作介质,难以避免泄漏。由于液体的泄漏、液体的可压缩性以及高压下管道弹性变形的影响下,使液压传动无法保证严格的传动比。

(5) 液压传动除有机械摩擦损失外,还有液体摩擦和液体泄漏的损失,致使总效率有时会低于机械传动效率。由于液体在管道中流动时有压力损失,故不适用于远距离传动。

总之,液压传动优点较多,并且随着科学技术的发展,有些缺点正在逐步地改进和克服,因此,液压传动必将在各工业部门,特别是在车辆上更加广泛地应用。

2.6 液压传动基本回路

任何复杂的军用机械装备,其液压系统都是由一些简单而基本的回路组成。液压基本回路是用液压元件组成并能完成特定功能的典型回路。因此,掌握和熟悉这些基本回路的组成、工作原理、特点及应用,对于分析液压系统,合理确定液压油和系统清洁度等级,根据液压元件回路和系统实施针对性的污染控制是有必要的。

本章介绍一些经过实践考验的、在液压系统中常遇到的典型液压基本回路。

2.6.1 压力控制回路

压力控制回路是利用压力控制阀来控制系统压力的回路,可以达到稳压、减压、增压、卸荷以及多级调压等各种控制,以满足执行元件对力或扭矩的要求。

按照使用目的不同,压力控制回路主要有以下几种:

1. 调压回路

1) 压力调定回路

在液压系统中,要求系统油路保持一定的压力,这就必须采用压力调定回路。

图2-2是一种常用的压力调定回路,溢流阀1与系统油路并联,溢流阀调定压力就是系统的工作压力,在液压系统工作时,溢流阀是常开的。

2) 压力限定回路(安全回路)

液压系统要求限制极限最高压力,来防止系统过载,以保护系统不损坏。这就需要采用压力限定回路。

图2-3是一种常用的压力限定回路,安全阀1与系统油路并联,安全阀的调定压力就是系统极限的最高压力(通常比系统额定工作压力高20%左右),在液压系统正常工作时,安全阀是关闭的。