



交通运输 液压设备 故障与维修

JIAOTONG YUNSHU
YEYA SHEBEI GUZHANG
YU WEIXIU

黄志坚 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



交通运输液压设备故障与维修

黄志坚 编著



机械工业出版社

本书采用大量的典型案例，介绍了交通运输液压设备安装、调试、维护、污染控制、泄漏治理、振动与噪声控制、温度控制、测试、故障诊断与排除、修理、技术改进的思路、技巧、要领与策略。

本书取材新颖广泛，数据翔实，侧重实用，力求反映交通运输各类液压设备诊断维修的具体环境与技术特点。

本书可供液压设备安装、调试、故障维修，及设备改造技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

交通运输液压设备故障与维修/黄志坚编著. —北京：机械工业出版社，2009.7

ISBN 978-7-111-27348-6

I. 交… II. 黄… III. ①交通运输工具—液压装置—故障诊断②交通运输工具—液压装置—维修 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 089918 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：沈 红 版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣

封面设计：马精明 责任印制：邓 博

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.75 印张·502 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-27348-6

定价：39.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术水平的进步与人民生活水平的提高，液压传动与控制技术在交通运输各部门的应用日益广泛，液压设备在现代交通运输装备体系中占十分重要的位置。

在交通运输系统中，液压装置主要应用在交通工具本身（主要是汽车、火车、船舶、飞机等）、场站码头等的辅助设施、交通运输工程建设施工机械等。

液压设备发生故障，轻则导致交通运输系统不能正常运行，重则引起安全事故，严重的还会造成灾难性后果。设备的故障诊断与维修是保证其运行安全可靠、性能良好并充分发挥效益的重要途径。交通运输液压系统运行环境复杂多变，技术要求更高，故障诊断与维修的条件不及室内固定液压系统。本书作者在国内液压技术培训中了解到，广大从业人员迫切希望拥有一本全面介绍交通运输液压维修技术的专著。本书的出版发行，将较好地满足广大读者的这一需求。

本书采用大量典型案例，介绍了交通运输液压设备安装、调试、维护、污染控制、泄漏治理、振动与噪声控制、温度控制、测试、故障诊断与排除、修理、技术改进的思路、技巧、要领与策略。

本书取材新颖广泛，数据翔实，侧重实用，力求反映交通运输各类液压设备诊断维修的具体环境与技术特点。

本书可供交通运输液压设备研究、开发、设计、制造、使用、维修人员，机电专业的大学生、研究生、教师参考；亦可供相关专业的管理人员阅读。

本书由黄志坚编著，袁周高级工程师审核了全部文稿，研究生王海军参与了资料整理工作。

作 者

目 录

前言

第 1 章 概述 1

- 1.1 交通运输液压系统故障诊断与维修
的重要意义 1
- 1.2 交通运输液压系统及故障的特点 1
- 1.3 交通运输液压控制系统故障诊断
与维修 2

第 2 章 液压装置常见故障及排除与 改进 5

- 2.1 压力失控问题及排除 5
- 2.2 速度失控及排除 9
- 2.3 动作失控及排除 12
- 2.4 温度升高异常及排除 15
- 2.5 闭式液压传动故障诊断与排除 18
- 2.6 变量泵常见故障与维护 20
- 2.7 液压系统振动与噪声的分析与排除 27
- 2.8 液压系统泄漏及其防治 34
- 2.9 防止空气进入系统 37
- 2.10 液压油污染的防治 40

第 3 章 公路运输液压设备故障诊断与 维修 44

- 3.1 汽车液压故障诊断与维修 44
- 3.2 汽车起重机液压故障诊断与维修 77
- 3.3 自卸汽车液压故障诊断与维修 91

第 4 章 铁路运输液压设备故障诊断与 维修 108

- 4.1 机车液压设备故障诊断与维修 108
- 4.2 铁道工程液压设备故障诊断与维修 133

第 5 章 船舶与港口液压设备故障诊断 与维修 156

- 5.1 船舶液压设备故障诊断与维修 156
- 5.2 港口液压设备故障诊断与维修 179
- 5.3 航运设施液压系统的故障诊断与
维修 212

第 6 章 飞机及机场液压故障诊断与 维修 229

- 6.1 飞机液压故障诊断与维修 229
- 6.2 机场液压设备故障诊断与维修 260

第 7 章 交通建设施工机械液压故障的 诊断与维修 270

- 7.1 压路机液压故障的诊断与维修 270
- 7.2 摊铺机与打夯机液压故障诊断与
维修 278
- 7.3 混凝土搅拌运输车液压系统故障
诊断与维修 283
- 7.4 液压凿岩机故障诊断与维修 295
- 7.5 盾构机液压系统故障诊断与维修 301

参考文献 309

第1章 概述

交通运输是国民经济的基础产业，与国计民生息息相关，是一个国家整个国民经济体系中的重要一环。

1.1 交通运输液压系统故障诊断与维修的重要意义

随着科学技术水平的进步与人民生活水平的提高，交通运输科技与工程在迅速发展演变。液压传动与控制技术在交通运输各部门的应用日益广泛，液压设备在现代交通运输装备体系中占十分重要的位置。液压技术本身及其在交通运输中的应用，也在不断更新。

在交通运输系统中，液压装置主要应用在交通工具本身（主要是汽车、火车、船舶、飞机等）、场站码头等的辅助设施、交通运输工程建设施工与维护机械等。

众所周知，液压设备发生故障，轻则导致交通运输系统不能正常运行，重则引起安全事故，严重的造成灾难性后果。设备的故障诊断与维修是保证其运行安全可靠、性能良好并充分发挥效益的重要途径。

可见，搞好交通运输液压系统故障诊断与维修，对保障经济建设顺利进行、对建设和谐社会，都有重要意义。

1.2 交通运输液压系统及故障的特点

1. 交通运输液压设备的特点

交通运输液压设备上非通用件较多，机械结构较复杂，零件上有较多的孔和槽，这些孔与槽的作用是用机械图表示的，阅读起来很不方便。这类设备液压系统的管系复杂，难以在较短的时间内清理。上述原因使油路分析与故障分析更加困难。

按设备的规模，液压设备可分大型设备、中型设备和小型设备。大型设备由于结构复杂，重量与体积大，装拆困难，是诊断与监测的重点与难点，是现场工程技术人员的主要关注对象。这类设备的故障诊断与排除往往需要用一定的人力因素在事先调查清楚，拟定出合理的工作方案，以便使工程顺利进行，并尽可能减少各类资源消耗。在多数情况下，大型交通工具及交通建设施工机械液压系统都比较复杂。现代交通系统采用计算机控制、用各类网络进行信息交流，其液压系统的复杂性也随之增高。另一些交通工具及交通建设施工液压系统是手控液压设备，其控制信息来自操作者，这类设备液压系统同样是比较复杂。

按设备的精密程度，液压设备可分作精密设备与普通设备。精密设备承担更加精确的工作任务，其构成的液压元件技术先进，精度也相应地高；往往采用伺服元件，液压系统的测试控制技术也更加先进。精密液压设备的性能参数的误差范围更小，对设备的操作使用环境有更严格的要求。这对有关的工程技术人员也提出了更高的要求，即要求他们更加深入细致地掌握设备的状况。同时，精密设备匹配了更加精密的检测仪器、仪表。在交通运输液压系

统中，飞机液压系统比较精密，一些辅助装置的液压系统相对精密程度低一些。

按设备在系统中的重要程度，可将液压设备分为关键设备、重点设备及一般设备。关键设备是系统的瓶颈，不允许出现意外停机的情况。重点设备一旦停机，会对系统带来较大的影响，关键设备与重点设备是监测的重点对象。交通运输液压系统虽然不是大型生产线的组成部分，但它们是比较复杂的机电系统的组成部分。在一些情况下有很高的安全要求（如民航飞机液压系统），因此，对液压元件与回路可靠性有较高的要求。显然，交通运输液压装置属于交通系统的关键设备。

交通运输液压系统运行环境复杂多变，工况都比较差，易于污染，元件的磨损速度快，技术要求更高，调整、检查、测试、故障诊断与修理的条件不及室内固定液压系统。交通运输液压系统常采用闭式回路，易于产生高温。显然，交通运输液压系统污染控制、温度控制、泄漏控制、振动与噪声控制等一直是关键问题。

2. 液压故障的重要特点

液压故障具有下列特点。

(1) 隐蔽性 液压装置的损坏与失效，往往发生在深层内部，由于不便装拆，现场上的检测条件也很有限，难以直接观测，各类泵、阀、液压缸与液压马达无不如此，由于表面的症状个数有限，加上随机性因素的影响，故障分析很困难。大型液压阀板内部孔系纵横交错，如果出现串通与堵塞，液压系统就会出现严重失调，在这种情况下找故障点难度很大。

(2) 交错性 液压系统的故障，症状与原因之间存在各种各样的重叠与交叉。一个症状有多种可能原因。例如，执行元件速度慢，引起的原因有：负载过大，执行件本身磨损，导轨误差过大，系统内存在泄漏口，调压系统故障，调速系统故障及泵故障等，一个故障源也可能引起多处的症状。一个症状也可能同时由多个故障源叠加起来形成的，液压系统在运行一段时间以后，多个元件均被磨损。例如，当泵、换向阀和液压缸均处于磨损状态时，系统的效率有较大幅度的下降；当逐一更换这些元件，效率将逐步地提高。对于一个症状有多种可能原因的情形，应采取有效手段剔除不存在的原因；对于一个故障源产生多个症状的情形，可利用多个症状的组合去确定故障源。对于叠加现象，应全面考虑各影响因素，并分清各因素作用的主次轻重。

(3) 随机性 液压系统在运行过程中，受到各种各样的随机性因素的影响，如电网电压的变化、环境温度的变化、机器工作任务的变化等。外界污染物的侵入也是随机性的。由于随机性因素的影响，故障具体发生的变化方向更不确定，引起判断与定量分析的困难。

(4) 差异性 由于设计、加工材料及应用环境等的差异，液压元件的磨损劣化速度相差较大。一般的液压元件寿命标准在现场无法应用，只能对具体的液压设备与液压元件确定具体的磨损评价标准，这需要积累长期的运行数据。

1.3 交通运输液压控制系统故障诊断与维修

交通运输液压控制系统的使用维修主要包括元件的安装调试、维护检查、故障诊断与排除、技术改进等。

1. 安装调试

液压控制系统的安装调试，主要包括以下内容：

1) 安装前的检查与调整,包括液压控制元件的检查与调整、液压系统其他元件及辅件的检查与调整、电气系统的检查与调整。

2) 液压元件安装前的清洗。

3) 液压元件与系统的安装。

4) 清洗与循环冲洗。安装后,液压控制系统要进行清洗与循环冲洗,直至达到规定的清洁度。

5) 运转调试。包括空载运转调试与负载运转调试。设备空载运转是全面检查各个液压元件,各种电气装置的工作是否正常可靠,工作循环或各种动作的自动转接是否符合要求,以便做好负荷运转的准备工作。在液压系统空载连续运行一段时间后,检查工作油液温升,其值不应超过规定值。负载运转是液压控制系统按实际工作要求或按设计预定的负载进行工作。检查内容主要有以下一些方面:系统能否实现力和速度等基本参数要求。工作部件运动、换向、速度换接时的平稳性,不允许存在爬行、跳动和冲击现象。噪声、振动是否在允许范围内,各元件、管道内外泄漏状况。液压系统功率损失状况,运转一定时间后温升状况。交通运输液压系统大量采用变量泵,闭式回路调整难度更大。

6) 后期工作,整理好技术资料。

2. 维护检查

日常检查即用目视、听觉和手摸等简单的方法进行外观检查,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,对妨碍液压设备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。

交通运输液压系统是移动式的设备,一些便携式的仪器仪表,常用于液压控制系统运行现场的日常检查。

液压控制系统对油的清洁度有较高要求,防止油液污染是设备维护工作中的头等大事,并贯穿于设备的整个寿命周期。要定期清洗过滤网、过滤芯,定期对油液进行取样检测,及时查明油液污染的原因,消除污染渠道,使故障率降到最低。

设备运行初期阶段应加强管理不放过任何异常现象,及时处理并做好详细记录。

设备运行中期应特别注意结合液压控制系统的随机表现,将故障控制在萌芽状态;对工作频繁的元件进行定期检测。此期间对设备维护的好坏,直接关系到整台设备使用寿命的长短。

防污染、防高温、防泄漏、防气蚀、防振动与噪声、防事故等是交通运输液压系统维护的重点。

3. 故障诊断与排除

液压装置故障诊断与排除的主要工作内容有:

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)。

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”。

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。

2) 机理分析。对故障的因果关系链进行深入的分析与探讨,弄清问题产生的来龙去脉。

故障排除主要是消除引起故障的各类因素,使系统恢复正常。在一些情况下,还要对轻微损坏件进行修复。

交通运输液压系统在远离维修基地处运行,一些特殊情况下,要对液压系统或元件作应急处理,待到达维修点后,再将其彻底修复。

4. 技术改进

液压设备的技术改进,就是采用先进技术与更合理的技术方案,对含有液压传动与控制系统的机械设备的液压装置或相关因素进行改进,使设备消除缺陷、提高性能,以满足企业生产工艺的需要。改进的对象是含有液压系统的机械设备,改动的具体部位是设备的液压元件与液压回路、辅助机构、电气系统与仪表系统等。改进的目的是消除设备的缺陷,使设备在控制精度、动力、可靠性、操作性、安全性、节能性与环保性等方面得以改善,由此满足企业生产工艺对设备性能的要求。

只有故障诊断分析结论正确,才能有效地排除故障。而要想彻底根除故障或缺陷,就要对设备实行技术改进。

对一些液压系统进行改进将取得显著效益,系统本身也有不尽合理之处需要完善。技术改进涉及机、电、液、测控与计算机,往往是一项复杂的系统工程,因此这项工作任务虽然艰巨,但意义重大。

第2章 液压装置常见故障及排除与改进

这一章以交通运输液压装置常见故障现象为线索，结合实例介绍故障判断、排除与改进方法。

2.1 压力失控问题及排除

2.1.1 压力失控问题

液压设备的压力失控，是最常见的故障。主要表现在：系统无压力、压力不可调、压力波动与不稳，以及卸荷失控等。

1. 系统无压力

设备在运行过程中，突然系统压力下跌至零并无法调节，多数情况下是调压系统本身的故障，应从下列方面去找原因：溢流阀阻尼孔被堵住；溢流阀的密封锥面上有异物；溢流阀主阀芯在开启位置上卡死；卸荷换向阀的电磁铁烧坏，电线断或电信号未发出；对于比例溢流阀还有可能是电控制信号中断。如：

1) 设备在停开一段时间后，重新起动，压力为零。可能原因有：溢流阀在开启位置锈结；液压马达反转；液压泵因过滤器阻塞或吸油管漏气未吸上油。

2) 设备在检修、元件装拆更换后出现压力为零现象。可能原因有：液压泵未装紧，不能形成工作容积；液压泵内未装油，不能形成密封油膜；换向阀芯装反；换向阀装反，如果系统中有U形中位机能的换向阀，一旦装反，便使系统泄压（图2-1）。

2. 系统压力不高

这类问题一般由内泄漏引起，主要原因有：①液压泵磨损，形成间隙，调不起压力，同时也使输出流量下降。②溢流阀主阀芯与配合面磨损，使溢流阀的控制压力（二级压力）下降，引起系统压力下降。③执行件（液压缸或液压马达）磨损或密封损坏，使系统压力下降或保持不住原来的压力，如果系统中存在多个执行件，某一执行动作压力不正常，其他执行件压力正常，则表明此执行件有问题。④系统内有关的阀，阀板存在缝隙，形成泄漏，使压力下降。

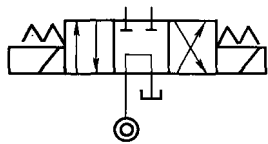


图2-1 U形换向阀装反导致系统无压力

3. 系统压力居高不下，且调节无效

这类问题的原因一般都在溢流阀上，即溢流阀失灵。当主阀芯在关闭位置上被卡死、锈结住，必然会出现系统压力上升，且无法调节的症状；当溢流阀的先导控制油路被堵死时，控制压力剧增，使系统压力也突然升高。

〔例〕某液压设备溢流阀，因不慎将先导阀座前端螺塞拧得过紧，使先导油路切断（图2-2），结果系统压力升至9MPa，超出正常调整压力4MPa。

4. 系统压力漂移与波动

压力漂移是指系统压力不能在调定值上稳定,随运行时间发生变化。压力波动是指系统的压力出现明显的振动。

(1) 引起系统压力漂移的原因 有以下几方面:

1) 引起系统压力漂移的主要原因是油温的变化,它可使油粘度下降,从而引起系统压力变化。

2) 系统设计不合理。如液压泵设计流量过大,而实际负载流量较小,大部分油经溢流阀溢流,引起了系统节流发热,使油粘度下降,导致压力下降。

3) 系统中存在泄漏口,也会因节流发热而使系统压力漂移。

4) 系统冷却能力失效也会引起这一问题。

5) 溢流阀的调节螺栓松,没有用螺母固定,也会使其调节状态变化,引起系统压力下降。

6) 比例压力阀因控制电路的参数漂移,引起信号的漂移,最终引起控制压力的漂移。

(2) 系统压力波动的原因 主要有:

1) 溢流阀磨损,内泄漏严重,使调节压力不稳定。

2) 溢流阀内混入异物,其内部状态不确定,引起压力不稳定。

3) 油内混入空气,系统压力较高时气泡破裂,引起振动。

4) 导轨安装及润滑不良,引起负载不均,进而引起系统工作压力的波动。

5) 液压泵磨损,如叶片泵定子内曲线磨损、泵轴承磨损等均会引起明显的压力波动与噪声,且症状随着工作压力的升高而增大。

6) 柱塞式液压马达因结构原因,会产生脱落与撞击现象,引起压力波动。

5. 卸荷失控

液压系统中的卸荷控制方式一般通过换向阀控制溢流阀或采用 M 形中位机能的换向阀来实现,其液压回路分别如图 2-3 和图 2-4 所示。

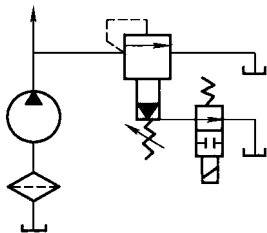


图 2-3 通过换向阀控制溢流阀卸荷

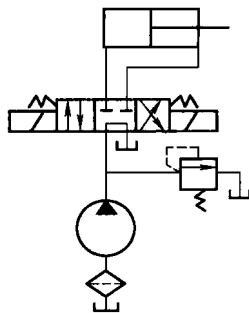


图 2-4 采用 M 形中位机能换向阀卸荷

(1) 对于通过溢流阀卸荷的液压系统 主要症状是卸荷压力不为零,引起此类问题的原因是:①溢流阀主阀芯不能完全打开。当溢流阀主弹簧预压缩量太大,弹簧过长或主阀芯卡滞等都会造成卸荷不彻底。②溢流阀在卸荷状态时,因外部原因,主阀芯压力平衡状态失控。③当换向阀卡死,不能充分打开时,也会使系统压力不能正在卸荷。

(2) 采用 M 形中位机能换向阀的液压系统 卸荷失控问题可能有下列情形:①换向阀装反,引起不卸荷。②换向阀装反 (M 形换向阀主阀芯不对称),引起不卸荷。③换向阀复位弹簧折断,阀芯不回中位,必然影响卸荷。④比例压力阀在未得到控制信号时自动卸荷,

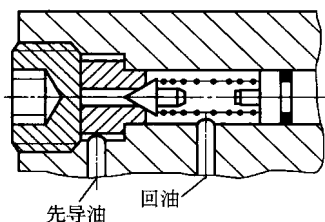


图 2-2 溢流阀先导阀油路被堵死的情形

如果比例电磁铁得到意外的电信号，系统压力自然不卸荷。此外，比例阀的主阀弹簧可调，如果调得过紧，也不能充分卸荷。

2.1.2 消除压力控制缺陷的改进措施

1. 消除卸荷与换向液压冲击的措施

高压大流量液压回路在卸荷或换向时会出现压力冲击，并引起严重振动，消除这类问题的基本做法如下。

(1) 预先泄放回路中的压力 当人们通过适当方式泄放封闭在液压缸中的压力能，再操纵主液压系统，可消除压力冲击，在此举一例说明。

液压回路如图 2-5 所示。液压缸上腔油路中有一个二位二通电磁阀，用于泄放压力。当工作完成以后，主换向阀换向之前，借助时间继电器使泄压阀得电接通，约 3 ~ 5s，当回路压力降为 0 或接近 0 时，再接通主换向阀，这时不会产生压力冲击。泄压阀的配管必须足够小（直径在 6mm 以内），否则会产生新的压力冲击。

图 2-6 是用换向阀和节流阀构成的泄压回路，电液换向阀 1 返回中位时，缸 2 上腔的压力通过节流阀 3 和单向阀 4 缓慢泄掉，故液压缸上行不需专门泄压。

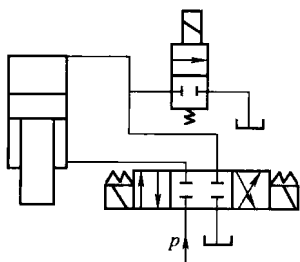


图 2-5 用电磁阀卸压

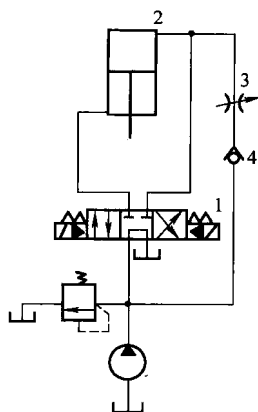


图 2-6 用换向阀和节流阀构成的泄压回路
1—电液换向阀 2—缸 3—节流阀 4—单向阀

(2) 延长压力泄放时间 液控单向阀普遍应用于大型压力机保压与泄压（图 2-7）。液压系统在保压过程中，油的压缩、管道的膨胀和机器的弹性变形所储存的能量在泄压时突然释放；液压缸在保压终了返回过程中，可能上腔压力未泄完下腔压力已升高，使液控单向阀的卸载阀和主阀芯同时顶开，引起液压缸上腔突然放油；二者合一，加剧了液压系统的冲击振动与噪声。

在液控单向阀的液控油路上设置一个单向节流阀（图 2-8），使液控口的通过流量得以控制，由此降低控制活塞的运动速度，延长泄压时间，可消除压力冲击。

图 2-9 是防止泵卸荷时液压冲击的回路。溢流阀 1 的出口设有防冲击阀 2，防止卸荷时产生冲击。防冲击阀 2 是由减压阀 *a* 和节流阀 *b* 构成的，电磁换向阀 3 出口接通油箱时，控制出口排

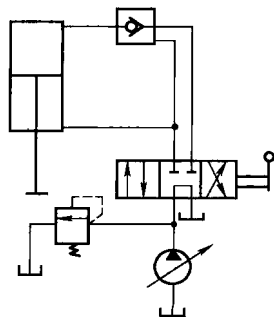


图 2-7 液控单向阀用于
压力机保压与泄压

出一定流量，使溢流阀缓慢打开泄压，避免了压力急剧下降引起的冲击。

对于比例溢流阀，可通过调节放大电路板上相应的电位器改变泄压时间。

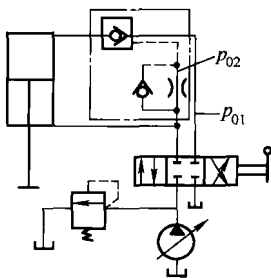


图 2-8 设置单向节流阀延长泄压时间

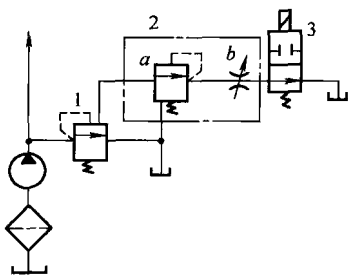


图 2-9 防卸荷液压冲击的回路
1—溢流阀 2—防冲击阀 3—电磁换向阀

2. 防止异常高压的措施

液压系统因起停液压冲击，外力或元件故障会形成异常高压。防止异常高压的基本措施是在回路中设置溢流阀和减缓液压冲击。

(1) 在液压回路中设置溢流阀 图 2-10 是防止异常外力高压的回路。缸 1 停止时，由于惯性作用，使缸内压力升高，设有溢流阀，可防止异常高压。图 2-11 是防止元件不动作引起异常高压的回路。缸 2 下降时，如平衡阀 1 有故障不动作，缸活塞杆侧产生异常高压，设置溢流阀 3，可防止这种情况。图 2-12 是防止停止时异常高压的回路。当液压马达 2 驱动惯性大的负载，换向阀 1 回到中位时，产生大的液压冲击，设置制动阀 3，可泄掉被压缩的高压油，同时又可通过单向阀从油箱吸入油液填补另一侧油管中的真空，以防气穴产生。

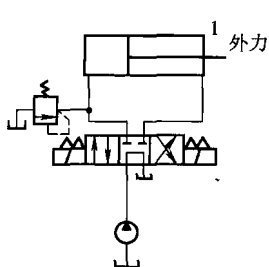


图 2-10 防外力高压回路
1—缸

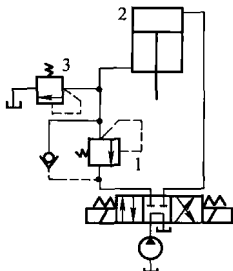


图 2-11 防止元件不动作高压回路
1—平衡阀 2—缸 3—溢流阀

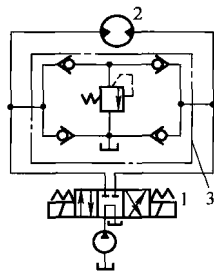


图 2-12 防停止高压回路
1—换向阀 2—液压马达 3—制动阀

(2) 减缓液压冲击 图 2-13 是利用流量阀减缓液压冲击的回路。起动时，电液换向阀 1 和电磁换向阀 2 同时换向，流量阀 3 的开口缓慢开大，液压马达 5 缓慢动作。停止时由电磁换向阀 2 控制流量阀 3 的开口缓慢关小，使液压马达转速减慢，这时电液换向阀 1 处于中间位置，液压马达完全停住。加速和减速时间由节流装置调整。

减缓液压冲击还可以通过设置液压缸端点缓冲措施和行程节流控制来实现。图 2-14 所示为液压缸典型结构，其中 6 与 11 号零件构成端点缓冲装置。

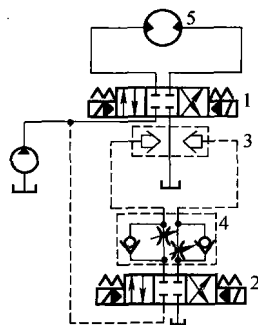


图 2-13 流量阀减缓液压冲击的回路
1—电液换向阀 2—电磁换向阀 3—流量阀
4—节流阀 5—液压马达

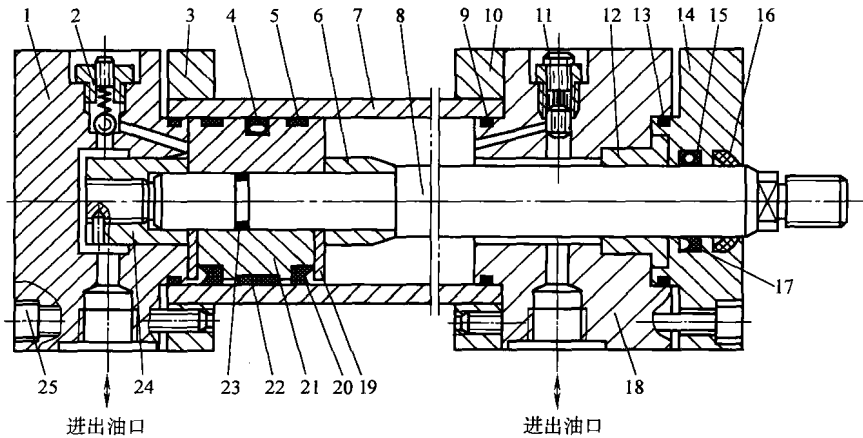


图 2-14 液压缸结构

1—缸底 2—带放气孔的单向阀 3、10—法兰 4—格来圈密封 5—导向环 6—缓冲套 7—缸筒
8—活塞杆 9、13、23—O 形密封圈 11—缓冲节流阀 12—导向套 14—缸盖 15—斯特圈密封 16—防尘圈
17—Y 形密封圈 18—缸头 19—护环 20—Y_x 密封圈 21—活塞 22—导向环 24—无杆端缓冲套 25—联接螺钉

3. 防止压力干扰的措施

液压系统往往有多个缸同时工作，各缸的负载不同，所需的工作压力也不同。若用同一油源，必然引起相互间的压力干扰；如果每个缸各带一个油源，必使液压系统过于复杂。解决这类问题的基本思路是，通过适当方式将不同工作压力的液压回路隔离开来。单向阀可保持液压回路较高的压力，而不受其他因素的干扰。有些液压回路要求压力保持平稳，在回路中设置单向阀和蓄能器，既可隔开主油路，又可补偿内泄漏引起的压力下降，使回路压力始终平稳。图 2-15 所示一回路有较高的压力控制要求，故设置了单向阀和蓄能器。

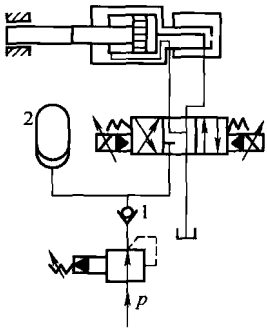


图 2-15 单向阀和蓄能器隔离回路
1—单向阀 2—蓄能器

2.2 速度失控及排除

2.2.1 速度失控

液压系统的速度（转速）失控，主要表现在爬行、速度慢、速度不可调、速度不稳等。

1. 爬行

所谓液压爬行就是液压缸在低速下运动时产生时断时速的运动现象。爬行现象的实质是当一物体在滑动面上作低速相对运动时，在一定条件下产生的停止与滑动相交替的现象，是一种不连续的振动。爬行现象容易产生在滑动面润滑不良、传动系统刚性低的低速运动系统中。

随着比例控制技术和伺服控制技术在液压传动和控制系统中的应用愈来愈广，随动运动和微量运动，以及高精度位置控制等运动越来越多地由液压缸来完成。当液压缸在低速运动

或微量运动时，常会产生爬行影响了控制结果的准确性。

(1) 爬行机理分析 当物体在滑动面上移动时，摩擦力 F 取决于正压力 p 和摩擦因数 μ ，即： $F = \mu p$ 。

摩擦因数的数值取决于摩擦面表面粗糙度、摩擦面材料性质、摩擦面间的润滑条件、相对运动速度及摩擦面运动前的停止时间 t 等。

图 2-16 表示当两相对滑动面为金属并有液体润滑时，摩擦因数 μ 随着速度 (dx/dt) 的变化规律。图 2-16 上从点 1 到点 2，对应从 μ_1 到 μ_2 的情况。从点 2 后随速度增加摩擦因数下降，下降至最低点 3 为止，这就是所谓摩擦力降落特征，也就是运动物体产生振动的主要原因。 μ 随速度增加而下降的原因，主要是由于润滑条件的变化。物体静止时，两润滑面间的润滑油被挤出，呈干摩擦或近于干摩擦，当运动后润滑剂不断增加，两润滑面间由干摩擦转化为半干摩擦，直至速度增加到点 3，完全转化为湿摩擦，这时两金属面

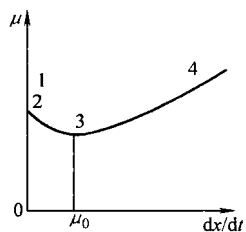


图 2-16 μ - dx/dt 特征

间建立了一层油膜，被油分子隔开。当速度继续增大，自点 3 到点 4 摩擦因数 μ 随速度增加而加大，这时摩擦力有正阻尼性质，能阻止物体产生高速振动。

油液刚度不稳定，特别是液压系统中混入一定的空气，空气的可压缩性使油液也具有一定的可压缩性，从而导致油液刚度减小。油液刚度愈大，产生爬行的可能性就愈小，在其他条件不变的情况下，一切使油液刚度变小的因素，都会产生爬行。

液压缸制造和使用不当也造成爬行。

(2) 爬行的原因 爬行是液压系统常见的问题。引起爬行的直接原因有：①油内混入空气，引起执行件动作迟慢，反应滞后。②压力调得过低，或调不高，或漂移下降。当负载加上各种阻力的总和与液压力大致相当时，执行元件表现为似动非动。③系统内压力与流量过大的波动引起执行元件运动不均。④液压系统磨损严重，工作压力增高则引起内泄漏显著增大。执行件在未带负载时运动速度正常，一旦带上负载，速度立即下降。例如，平面磨床的主工作台在工件未碰到磨头时运动速度正常，一旦碰到磨头，速度变得非常慢就属于这类问题。⑤导轨与液压缸运动方向不平行，或导轨拉毛，润滑条件差，阻力大，使液压缸运动困难且不稳定。⑥电路失常也会引执行元件运动状态不良。例如，当行程开关接触不良时，供给电磁铁的信号也可能是断断续续的，由此引起换向阀不能可靠地开启，并使执行元件的运动不稳定。

2. 速度失控其他问题

(1) 速度慢 液压系统运动速度慢，有多方面的原因，主要是：①液压泵磨损，容积效率下降；②换向阀磨损，产生内泄漏；③溢流阀调节压力过低，使大量的油经溢流阀回油箱；④执行元件磨损，产生内泄漏；⑤系统中存在未被发现的泄漏口；⑥串联在回路中的节流阀或调速阀未充分打开，或其他原因使油路不通畅；⑦系统的负载过大，难以推动。

(2) 速度不可调 速度不可调一般是由于流量控制阀卡死、锈死等原因引起的。调速阀本身损坏自然无法调速。电液比例调速阀如果电气信号不能调节也无法调整系统的速度。

(3) 速度不稳定 引起这类问题的主要原因是：①温度的变化，引起泄漏量的变化，致使可供给负载的流量变化，这与温度变化引起系统压力变化的情形相似。②节流阀的节流口有一个低速稳定性问题，这与节流口结构形式，液压油污染等因素相关。③液压系统混入

空气后，在高压下气体受到压缩，当负载解除之后系统压力下降，压缩气体急速膨胀，使液压执行元件速度剧增。

2.2.2 消除速度控制缺陷的措施

消除速度控制缺陷的措施主要是防止爬行、提高速度控制精度。

1. 防止爬行的措施

(1) 减小动、静摩擦因数之差 当执行机构有关摩擦面处于边界摩擦状态时，动、静摩擦因数差异大，动摩擦因数随着速度增大而减小，由此引起执行机构低速稳定性差。可通过下列途径减小动、静摩擦因数之差：①提高有关零件的几何精度，严格控制其形位公差与尺寸公差。②减小导轨的摩擦因数，如修刮导轨，去锈去毛刺，使两接触导轨接触面积大于75%，调好镶条，使油槽润滑油畅通等。③减小液压缸活塞杆轴心线与导轨的平行度误差，如以导轨面为基准，修刮液压缸安装面，保证在全长范围内平行度小于0.1mm；以V形导轨为基准调整液压缸活塞杆侧母线，两者平行度在0.1mm以内；或采用球副连接活塞杆与工作台。④减小液压缸活塞与活塞杆的同轴度，使其小于0.04/1000，所有密封安装在密封沟槽内不得出现四周上的压缩余量不等的现象，必要时以外圆为基准修磨密封沟槽低径。密封装配时，防止过紧和过松。

(2) 提高系统的刚度 液压系统的刚度低，对负载变化敏感，则容易产生爬行，可通过下列途径提高系统的刚度：①采取有效措施，防止空气吸入系统中，保证油液有较高的刚度；②采取有效措施，降低系统的内泄漏；③提高有关机构（如活塞杆和缸座）的刚度；④用调速阀取代节流阀；⑤在液压回路中增设背压阀。

2. 提高速度控制精度的措施

(1) 采用最小稳定流量小的调速阀 速度控制阀的一项重要技术参数就是最小稳定流量，当液压系统在低速时有较高的速度精确性要求，宜选用最小稳定流量小的液压阀。

(2) 采用制动阀消除外部负载对运动速度的干扰 在翻转过程中，当货物和翻转机架的重心越过回转中心时，由于自重作用，就有一个自动往下掉的倾向，有可能造成失控并引起严重冲击，因此翻转机液压系统要设置防止速度失控的特殊液压阀-制动阀。

图2-17是某翻转机液压回路图。制动阀的工作原理是：当换向阀3处于位置b时，压力油经单向阀2进入液压缸的有杆腔，实现带载翻转。在翻转开始阶段，由于翻卷机带着货物上升，还是个起重过程，所以液压缸的有杆腔必须有一定的压力才能使翻转机翻转。这时有杆腔进油管的油压也传给制动阀左边的控制活塞，使制动阀处于开通而有节流的状态，翻转机得以缓缓转动。当旋转到一定角度，翻转机和货物的重心越过回转支点后，由于货物重量要自动下落，即带动液压缸快速移动，这时有杆腔的压力也快速下降。制动阀在其弹簧的作用下主阀芯左移，使节流口逐渐减小，以至单向阀闭死，这样就限制了活塞运动速度。节流口接近闭死时，由于回

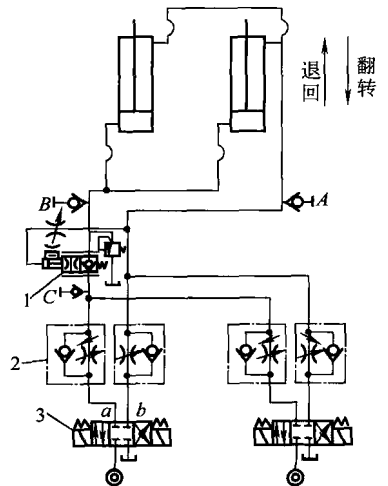


图 2-17 翻转机液压回路图

1—制动阀 2—单向阀 3—换向阀

油节流作用增大,有杆腔压力有所回升,故仍将制动阀节流口顶开一定开度,从而保证了翻转机始终缓缓旋转,直至到位。

类似应用场合,可设置制动阀来消除外部负载对运动速度的干扰。

(3) 其他 采用压力补偿器控制比例换向阀的压差,或采用闭环反馈控制。

3. 扩大速度调节范围的措施

在调速回路中,并联调速阀是扩大液压系统速度调节范围的有效措施。同时这种方式简单易行,所需投入也较少。在调速回路中,串联调速阀也是扩大回路调速范围的有效途径。在需要大范围调节执行件的运动速度、又对运动速度的精度有较高要求的应用场合,宜采用比例阀或伺服阀构成闭环或开环速度控制回路。采用比例调速阀的另一优点是:可适合同一工作周期、不同步骤对速度的不同要求。

2.3 动作失控及排除

液压系统执行件动作失控是常见的症状。主要表现在:不能按设定的秩序起始动作与结束动作、出现意外的动作及动作不平稳等。

2.3.1 动作失控

(1) 动作不能按设定的秩序起始 引起这类问题的直接原因主要是换向阀没有正常开启,可能的影响因素有:①换向阀阀芯卡死;②换向阀顶杆弯曲;③换向阀电磁铁烧坏;④电线松脱;⑤控制继电器失灵,使电信号不能正常传递,以及电路方面的其他原因使电信号中断;⑥操作不当,有的开关与按钮没有处在正确的位置便会切断控制信号;例如,注塑机的安全门打开以后,不能实现闭模运动,因为这时安全门将闭模运动的控制电路与控制油路切断了;有的注塑机在调模开关接通以后,其他动作的电路便切断了,此时不能进行别的动作;⑦串联在回路中的节流阀,调速阀卡死,无法实现正常动作,油液通道中任何一处出现意外堵塞(执行件),便不能正常起动;⑧由于各种原因,液压动力源不能由泄卸状态转入工作状态,也不能正常地推动执行元件运动;⑨当负载部分出现了故障,无法将它推动的情况也是偶有出现的。

(2) 动作不能按设定的秩序结束 这类问题一般是由于换向阀不能及时关闭所引起,可能原因有:①换向阀卡死,阀芯不能复位;②换向阀弹簧折断,阀芯不能复位;③换向阀的电信号未能及时消失(如执行开关故障,时间继电器故障,中间继电器故障等)。

(3) 出现意外的动作(误动作) 这类问题主要有换向阀故障与电信号故障引起。即:①换向阀的阀芯装反,如两位的换向阀关闭位置颠倒了,便会出现未通电便有动作的现象;②由于电路的故障,电磁铁得到了错误的电信号,引起误动作;③换向阀内部磨损严重,压力油可以从其缝隙中通过,进入液压缸的两腔,如果液压缸是单活塞杆的,则活塞两边的受力面积 A_1 与 A_2 不等 ($A_1 > A_2$),但两腔的油压力是相等的 ($p_1 = p_2$),故液压缸的活塞受到了一个朝有杆腔的作用力,并朝这一方向缓慢移动,其情形如图 2-18 所示。

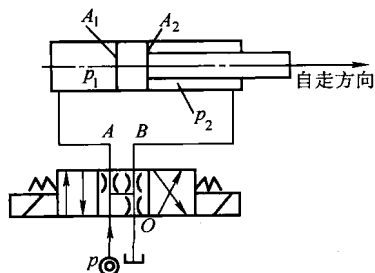


图 2-18 液压缸自走的情形