

液压传动发展历史、趋势及应用

李志敏 杨呈 刘世政 陈孝金

湖北洪城通用机械有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i3.14383

[摘要] 液压传动是机械传动的一种相对新的形式。17世纪中叶,帕斯卡提出静压传递原理,随即被应用于液压起重机、压力机等行业,已有近四百年历史。直到20世纪中叶,液压传动才在工业上得到推广使用。近几十年,液压传动结合微电子和计算机技术,应用于精确控制领域,得到了更大规模发展。目前,液压传动广泛应用于工程机械、重型装备、汽车、军工、医疗设备及机器人等领域,已成为机械传动中最普遍、最重要的一种传动形式。

[关键词] 液压传动; 阀门; 发展趋势

中图分类号: TS737+.3 **文献标识码:** A

History, Trends, and Applications of Hydraulic Transmission Development

Zhimin Li Cheng Yang Shizheng Liu Xiaojin Chen

Hubei Hongcheng General Machinery Co., Ltd.

[Abstract] Hydraulic transmission is a relatively new form of mechanical transmission. In the mid-17th century, Pascal proposed the principle of static pressure transmission, which was immediately applied to industries such as hydraulic cranes and presses, with a history of nearly 400 years. It was not until the mid-20th century that hydraulic transmission was widely used in industry. In recent decades, hydraulic transmission combined with microelectronics and computer technology has been applied in the field of precision control and has achieved greater development. At present, hydraulic transmission is widely used in fields such as construction machinery, heavy equipment, automobiles, military, medical equipment, and robots, and has become the most common and important form of transmission in mechanical transmission.

[Key words] hydraulic transmission; valves; development trends

前言

在当今工业领域,液压技术因其高效、精确的传动特性而被广泛应用于各类机械装备中。随着科技的进步,液压技术也在持续发展,其在提高生产效率、保障设备运行稳定性以及推动工业自动化方面发挥着重要作用。本文将系统梳理液压传动的发展历程,从国际到国内的演变轨迹,深入剖析其在工程机械、机床、汽车制造、冶金等行业中的应用现状,并结合液压系统在实际应用中的情况,探讨液压系统的技术改进方向 and 未来发展趋势,旨在为液压技术的进一步优化和创新提供参考,以期推动液压技术在更多领域的高效应用和可持续发展。

1 液压传动发展历史

1.1 液压传动国际发展史

液压传动源于17世纪帕斯卡的液体静压力原理,最初用水作为介质,20世纪初改用油,效果显著提升。一战后,液压传动广泛应用,元件实现标准化生产。欧美国家起步早,奠定基础;两次世界大战推动技术井喷。日本紧随其后,发展迅速。

上世纪中叶,液压传动应用于原子能、航空航天等领域,元件标准化。如今,液压传动向高压、高效、低噪声、高集成化等方向发展。

1.2 液压传动国内发展史

新中国成立后,液压传动技术开始发展。1952年,上海机床厂试制出我国首台齿轮泵。1959年,天津液压件(一)厂成立。20世纪60年代,我国液压工业走上自行开发道路。1973年,完成液压阀新系列设计。20世纪80年代,引进国外技术,行业整合发展。1990年,中国液压气动密封件工业协会成立。我国液压工业虽有进步,但与国际先进水平仍有差距,主要体现在产品品种不全、特种元件研发少、科研投入不足、国际市场认可度低等方面。

2 液压传动原理简介

2.1 液压系统组成

液压系统由动力元件(如油泵)、执行元件(如液压缸、液压马达)、控制元件(如液压阀)、辅助元件(如油箱、过滤器)和液压油组成。动力元件将机械能转换为压力能;执行元件将压力

能转换为机械能;控制元件调节压力、流量和方向;辅助元件保障系统正常运行;液压油传递能量。

2.2 液压传动基本工作原理

基于帕斯卡原理($F=P \cdot S$),液压系统通过油泵加压液压油,将压力油输送到执行元件的工作腔,驱动其动作。系统包含压力油源、控制回路、执行机构等。

2.3 液压传动与机械传动优缺点比较

优点:元件布置灵活;重量轻、体积小、响应快;操控方便,可无极调速;自动化程度高;使用寿命长;易实现直线运动。

缺点:液压油泄漏污染环境;性能对温度敏感;制造成本高;传动比不固定;维护要求严格。

3 液压技术的应用和液压系统主要零部件

3.1 液压技术应用领域

液压技术应用的主要领域是工程机械、机床、汽车制造业、冶金行业、武器装备、液压试验台、游乐设施等。其中机床产品液压系统应用了大量的**高压、大排量柱塞泵、液压阀件以及精密控制元件等;机车产品需要大量的转向助力泵、自动变速箱用的液压控制元件。基于液压传动的优点,其在很多新兴产业上拓展得非常迅速。

液压传动在阀门领域的应用:阀门的驱动系统主要分为手动、电动、气动和液动。在大型、高压阀门的驱动系统中,液压传动具有独特优势。液动阀门通常由阀门本体、液压系统和电气控制系统三部分组成。液压系统包括油泵装置、液压控制回路、液压执行机构、连接管路和液压油等。

3.2 液压系统主要零部件简介

油箱:油箱是液压系统介质的容器,按材质可分为碳钢和不锈钢。碳钢油箱内表面需酸洗磷化处理,外表面涂刷油漆;不锈钢油箱内表面一般不做特殊处理,外表面可涂刷油漆或采用抛光处理。

油泵:油泵是液压系统的核心动力源,按操作方式分为电动油泵和手动油泵,按结构可分为叶片泵、齿轮泵、柱塞泵、螺杆泵等。手动油泵通常作为备用,电动油泵作为常规动力源。

电动机:电动机将电能转化为动能,通过联轴器传递给油泵。按工作电源可分为直流电机和交流电机。三相异步电机在阀门液压系统中应用最广泛。

钟形罩、联轴器:钟形罩和联轴器用于连接油泵与电机,其质量直接影响油泵电机的运行效果和噪音水平。

液压阀件:液压阀件按功能分为压力阀、方向阀和流量阀。压力阀包括溢流阀和减压阀;方向阀包括单向阀和换向阀;流量阀包括节流阀和调速阀。

集成阀块:集成阀块是液压系统的关键零件,具有结构紧凑、安装方便、外观整齐、易维护保养的优点。材质通常为35#锻件,也可采用硬质铝合金或不锈钢。

液压执行机构:液压执行机构驱动形式多样,包括直接推拉式、齿轮齿条摆动式、摆动油缸式和多回转液压马达式。液压缸结构形式多样,按受力情况分为单作用式和双作用式。

蓄能装置:蓄能装置用于蓄积受压液体,分为压力油罐和蓄能器。蓄能器分为皮囊式、活塞式、隔膜式等。

密封件:密封件是液压系统的重要组成部分,其使用寿命与使用条件、材质、安装方法等有关。

管路:液压管路包括钢管、软管、管接头、管路阀件等。管路连接方式有焊接式和卡套式,各有优缺点。

液压油:液压油是液压系统的工作介质,主要用于传递压力和润滑元件。其性能取决于工作油温和污染度等级。

以上内容涵盖了液压技术在多个领域的应用,以及液压系统的主要零部件和工作原理。

4 液压系统在本公司产品中的应用及改进

4.1 液压元件

4.1.1 液压元件性能

以往液控阀的启闭时间按阀门口径分两档,但试验中发现速度不达标或不稳定。为此,公司设计了液压阀件测流速装置,对7个规格流量阀进行检测,发现普通节流阀稳定流量约2L/min,调速阀可达0.4L/min。基于这些数据,重新制定了液动阀门启闭时间,为设计选型提供参考。该装置已获专利。此外,公司计划设计液压元件测试台,对进厂元件进行检查,收集性能数据,改进设计选型。

4.1.2 液压原理及元件选型改进

液控阀液压原理及元件选型:液控阀原采用两个电磁阀控制多个插装阀和液控单向阀,存在停阀时阀门自开风险,且部分元件为自制,生产效率低。改进后,采用“二控二”原理,每个电磁阀分别控制两个插装阀,切断停阀时油缸压力,消除自开风险。所有液压阀件选用通用元件,降低生产周期和成本。后续项目中,优化油路块设计和元件布局,形成成熟控制方案。

进水阀液压原理及元件选型:进水阀分重锤关阀和蓄能器关阀两种。蓄能器关阀系统采用叠加阀方案,解决滑阀泄露问题,调节启闭时间,优化油路块布局。重锤关阀系统采用插装阀和电磁球阀控制油缸启闭,增加液控换向阀确保关阀可靠性。为提高关阀可靠性,单独设置机械过速保护油压关阀回路,独立于正常关阀回路,不受电气系统控制。经过多年改进,该回路已趋于成熟。

4.2 液压系统污染控制

4.2.1 液压油处理系统

针对DN4500双瓣阀项目,用户要求液压油污染度不高于NAS7级。公司设计了液压油处理系统,采用污油箱和净油箱循环过滤方案,容积均为3000L。通过加油小车注入原始液压油,经油过滤装置循环过滤,直至污染度达标。系统选用Parker产品,过滤流量不小于170L/min,精度为2 μ m,可在线监测污染度。整个系统预计5小时内可将5000L液压油从NAS10级过滤到NAS7级,最高可达NAS5级。系统还具备管路、阀件和液压系统整体冲洗功能。

4.2.2 生产及运行过程污染控制

所有液压零部件组装前需经油处理系统清洗,装配完成后

多次循环排除残渣,交付前全面清理油箱。产品说明书中增加液压油污染度要求及定期检测内容,制定污染控制规范。

4.3 液压系统结构改进

为满足用户需求,公司对液控阀液压系统结构重新设计。在宁夏多个项目中,将液压系统与电气系统集成,形成电液一体化装置,简化现场接线,安装便捷,结构紧凑。经优化,液压管路改用卡套式管接头连接,全程无焊接,柜体框架改用板筋折弯件,外观和内部结构大幅提升,得到用户好评。公司计划对液控阀液压系统重新系列化,标准化元件选型,优化结构布局,全面采用卡套式管接头,提升产品形象。

5 液压系统发展趋势及改进方向

5.1 现状概述

我公司自20世纪90年代初开始研发生产液压系统,至今已有30年历史。目前液压系统应用较为简单,主要由设备性能、用户需求和现场工况决定。例如,液控阀和进水阀仅需全开和全关监测,无中间过程控制需求,因此采用简单液压开关控制。液压调流阀虽需一定检测和调节,但用户对控制精度要求不高,成本敏感,故仅加装直线位移传感器,未采用高精度液压元件。

5.2 发展趋势及改进方向

5.2.1 提高元件标准化和利用率,小型化和微型化

优化设计结构:采用叠加阀和插装阀替代板式阀,减小油路块体积,将油路块与阀门集成,使油箱更精致,提升系统效率和美观性,降低成本。

生产工艺革新:学习先进生产工艺,优化油箱、油路块等重要部件,降低生产成本。

避免陈旧技术液压阀件:淘汰如AY系列液控单向阀、AJ系列单向阀等濒临淘汰的产品,改用华德、立新等力士乐系列阀件。鉴于研发技术落后、坯件组织困难、生产成本高等问题,建议不自行研发液压阀件,改用成熟产品。

优化设计选型:选用通用性强、可多品牌替代的液压元件,避免因品牌停产导致无配件更换。对液压阀件进行测试,积累功能数据,为合理选型提供支持。

研究更高压力等级液压系统:目前公司液压系统主要集中在16MPa压力等级,可考虑将系统压力等级提高到25MPa,提高蓄能器利用率,减小油缸规格,降低成本。需探索液压阀件、密封件、管路及参数设定值在高油压下的匹配性。

5.2.2 高度组化、集成化和模块化

模块化设计:已完成油泵电机组、蓄能器、油路块等模块设计,但仍需完善。坚持模块化设计,减少重复设计和设计失误,提升效率,降低成本。

高度集成化:摒弃多油路块设计,将控制功能集中在一个阀

块上,减少管路和安装结合点,降低泄漏量和维护成本。

5.2.3 与微电子技术结合,走向智能化

比例伺服系统应用:比例伺服系统可实现高效率、高响应、高精度控制,将阀门启闭时间误差控制在 $\pm 1s$ 内,实现高频次动作切换和精准定位反馈。

提高工作介质清洁度:比例阀、伺服阀对液压油污染度等级要求严格,需建设过滤精度至少达到NAS5级的油处理系统,降低普通液压系统故障率,为高端项目做准备。

加强智能化学习:液压系统与电气控制密不可分,需同步推进。公司需加强比例伺服系统的学习和经验积累,以应对高端阀门控制系统需求。

5.2.4 研究和开发特殊传动介质,推进工作介质多元化

气动传动:气动传动反应快但输出力小,适用于有快速启闭要求的小口径阀门。

纯水传动:纯水替代液压油作为传动介质是未来趋势。公司已有以水为介质的案例,但仅限于简单动作。需关注纯水传动研发动向,加强与高校合作,考虑将相关试验应用到产品中,为未来应用做储备。

液压技术的发展趋势是小型化、集成化、智能化和工作介质多元化。公司需优化设计结构,革新生产工艺,淘汰陈旧技术,提高元件标准化和利用率,探索更高压力等级液压系统,推进模块化和集成化设计,与微电子技术结合实现智能化,同时关注特殊传动介质的研发和应用。

6 结语

针对液压传动在阀门领域的应用,未来发展方向主要集中在智能控制、结构优化和提高环保水平等方面。智能控制在于各种自动化元件的应用,结合电气控制系统完善液压系统的监控和故障监测。结构优化在于新型元件的应用,以及油箱、油路块等重要部件的工艺改进。提高环保水平在于新型密封件的应用,减少泄漏量,并在允许下改用环保介质。

[参考文献]

[1]杨尔庄.二十一世纪液压技术现状及发展趋势[J].液压与气动,2001(3):2.

[2]陈忠强.国外液压技术现状及发展趋势[J].现代零部件,2004,(05):54-56.

[3]张伟.液压传动技术应用现状及发展趋势[J].中外交流,2021,28(9):162.

作者简介:

李志敏(1981--),男,汉族,湖北荆州人,本科,工程师,研究方向:机械设计。