

液压支架电液控制系统的应用现状及发展趋势

于京龙 李浩 刘文

三一重型装备有限公司

摘要：随着现代煤矿安全生产要求的提高与智能化水平的不断发展，液压支架作为煤矿关键安全设备的电液控制系统在提高煤矿生产效率与保障工人安全方面发挥着重要作用。本文概述了电液控制系统在煤矿液压支架上的应用现状，并分析了其未来可能的发展趋势。我们发现，虽然当前已有许多智能化与自动化技术的应用成果，未来的电液控制系统还将向更为集成化、智能化及网络化的方向发展。此外，本文还讨论了以机器学习和大数据为基础的预测性维护和故障诊断技术的发展以及如何在设计和应用中进行集成。

关键词：液压支架；电液控制系统；煤矿安全；智能化；自动化；未来趋势

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.191

引言

液压支架是煤矿安全生产的重要组成部分，用于确保工作人员的安全和支撑矿井的稳定。近年来，随着技术的发展，电液控制系统在液压支架的应用变得日益广泛。这一系统利用先进的传感技术和控制算法，实现对支架操作的精确控制，提高了煤矿作业的安全性和效率。

一、电液控制系统的应用现状

1. 基本组成及工作原理

电液控制系统，作为先进的控制技术在各种机械装置中的应用，已在液压支架设备中得到广泛运用。电液控制系统的基本组成包括电控单元（ECU）、液压元件、传感器和执行机构。电控单元是系统的“大脑”，负责接收传感器的信号并根据预设程序或算法计算出控制指令，随后输出至执行机构，如电磁阀或伺服电机，从而对液压泵、阀门等液压元件进行精确控制。

工作原理方面，传感器首先捕捉到如压力、位置、速度等关键参数，并将这些数据实时传输至电控单元，后者处理这些信息并生成相应的控制信号。这些信号通过电液转换元件影响液压系统，调整油路中的流量或压力，从而驱动液压马达、液压缸等执行机构完成相应动作，如推进、提升、旋转等。这一整个流程实现了精确控制，改善作业效率及响应速度，并提高了设备运行的安全性。

2. 当前技术特点与应用实例

当前技术特点方面，电液控制系统的发展突出体现在一系列的技术进步上，这些进步包括系统集成化、智能化、网络化以及精确的动态控制能力。比如，通过集成先进的微处理器和软件算法，现代电液控制系统能够

完成复杂的控制任务，而智能传感器的使用又可以提供高精度的反馈参考。此外，网络化的发展允许电液控制器可以与其他工业控制系统如SCADA或者工业物联网平台实现接口，实现远程监控、故障诊断和维护优化。应用实例方面，电液控制系统广泛应用于采煤机的液压支架中，用以实现自动化控制层帮、虚拱的形成，保护工人安全和提高生产效率。例如，在故障检测和反馈环节上，智能传感器能够实时监测支架的工作状态以及可能发生的地压等自然力变化，并反馈到中控室，让操作员能够快速调整支架的布局 and 压力分配。在另一些应用场景下，例如大型机械装备或航空航天领域，电液控制系统的高精度和快速响应特性能够保证在严苛条件下的高可靠性和稳定作业性能。

3. 在矿业安全生产中的作用

在现代矿业安全生产中，电液控制系统扮演了极为关键的角色。这种系统通过集成先进的电子控制技术与传统的液压机械装备，大大提高了矿业设备的操作精准度、响应速度和可靠性，从而为矿工安全提供了更加坚实的保障。在繁复多变的矿业环境中，电液控制系统能够实时监测设备状态，如液压支架的压力和位置，通过精细调节来防止意外事故的发生。尤其是在支撑矿洞的液压支架中，电液控制系统通过自动调节支架的高度和压力来适应巷道内瞬息万变的压力环境，确保了矿洞的稳定和矿工的安全。这些支架在危险状况出现时能够自动执行故障锁定程序，从而避免或减少了塌方造成的潜在伤害。此外，电液控制系统还允许远程操作，并通过集成智能算法实现了对矿业机械的优化管理，这些管理功能不仅包括设备操作，也涉及维护与故障诊断。这意味着在可能出现故障之前，系统能够预警并引导进行维

护，进一步减少了设备故障对矿业生产造成的中断。

二、智能化与自动化技术的集成

1. 自动化控制技术的最新应用

自动化控制技术在液压支架的应用中体现了显著的进步，目前允许支架系统在无须人工干预的情况下独立完成从支撑到撤离的整个操作过程。最新技术的应用，如实时数据处理、机器视觉、机器学习，以及多传感器融合技术，都在提高煤矿液压支架系统的自动化水平。例如，现代自动化技术使得液压支架能够实现自适应控制，通过情境感知和环境识别，支架可以在不同的工况条件下作出最佳的支护动作。同时，这些系统还可以集成实时监控和决策支持功能，利用人工智能算法不断从历史数据中学习，预测未来的环境变化，并自动调整策略以保持最优性能。这进一步减少了人为操作的需求，并提升了总体作业的安全性及效率。

2. 智能传感器的作用与挑战

智能传感器技术在液压支架系统的智能化和自动化中起着不可或缺的作用。这些传感器能够实时监控煤层的压力变化、支架的位置、倾斜度等关键参数，为自动化控制系统提供必要的信息。通过对这些数据的精确测量和快速处理，自动化控制系统能够做出灵活的反应，以适应不断变化的煤矿工作环境。然而，智能传感器的应用也面临着诸多挑战。在恶劣的矿井条件下，传感器需要有极佳的耐久性和抗干扰能力以保证数据的准确性和可靠性。此外，传感器产生的大量数据需要专业的分析和处理，因此对传感网络的带宽、数据存储和计算能力都提出了相应的要求。更不用说为了实现系统整体的智能化，需要解决传感器数据的集成和融合问题，还要在提高智能传感器灵敏度和减少误报之间找到平衡。随着技术的不断发展，这些挑战正在逐步被克服，推动液压支架电液控制系统向更高级别的自动化和智能化发展。

3. 通信技术的应用进展

在智能化与自动化技术的集成领域，通信技术的应用进展是一个关键因素，它使得设备、系统和人员之间的相互连接和信息共享成为可能。近年来，随着工业物联网（IIoT）和5G等先进通信技术的兴起，设备间通信变得更加高效、稳定和快速。这些技术支持了大量数据的即时传输，允许现场设备不仅能够与本地控制系统通信，而且可以与云端服务器、AI分析平台甚至其他工厂

的系统进行数据交换。例如，在自动化制造业中，通信技术使得各种传感器和执行机构可以无缝连接到中央控制系统，实现生产过程的监控、控制和优化。借助于高速、低时延的通信，可以实时地搜集设备状态、生产数据和环境传感信息，并通过边缘计算快速处理，进行实时决策和预测性维护。这不仅增强了生产的灵活性和适应性，还显著提高了操作效率和生产安全。与此同时，在远程监控和控制方面，采用高级通信技术的自动化系统允许运营商通过互联网从事务所或家中对工厂进行管理。而在矿业领域，通信技术的进展则实现了深井内的设备同地面控制中心的实时联络，显著提升了矿工的安全性和生产效率。在国家 and 全球范围内，通信技术也在推动智能电网、智慧交通和智慧城市建设中发挥越来越重要的角色，为不同行业和生活领域的智能化与自动化集成创造无限可能。总而言之，通信技术在智能化与自动化技术集成中的应用使得信息透明化和即时反应成了新的常态，极大地拓展了操作及商业模式的新边界，对整个工业生态系统有着深远的影响。随着技术的不断革新，我们可以期待这些通信技术会继续推进自动化与智能化设备及系统的集成，带来更多革命性的变化。

三、电液控制系统的发展趋势

1. 数字化与网络化的趋势

电液控制系统正经历着显著的数字化与网络化变革，这一趋势不仅促进了系统智能化水平的提升，而且加强了系统间的互连互通。随着工业4.0和物联网（IoT）理念的深入实践，电液系统现在可以通过数字化组件，如传感器、控制器与执行器的紧密集成，实现数据的实时采集、处理和分析。这些数据经过网络传输，可以实时监控电液系统的运行状况，优化控制策略，实现远程故障诊断及预防性维护。网络化则允许电液控制系统通过无线或有线的连接方式接入更广阔的企业网络和管理云平台，进行数据的高效交换与共享，以及控制指令的集中发布。通过这样的网络化部署，电液系统不仅可以实时响应本地控制需求，也能够参与到更大规模的生产过程协同之中，例如与供应链管理、生产调度以及其他自动化设备进行实时互动。数字化和网络化的集成使得电液控制系统更加智能和模块化，为实现预设的性能指标和维护调度提供了强大的支持。未来的系统将更加依赖于这些集成的数字组件和网络协议来提升效率、可靠性和可适应性。随着5G、边缘计算等技术

的发展，电液控制系统的数字化与网络化趋势将更加显著，推动自动化技术向着更加智能化和集成化的方向发展。

2. 预测性维护与故障诊断技术

电液控制系统在数字化和网络化方面的发展趋势反映出了全球工业自动化领域的广泛变化和进步。随着工业4.0策略的推进和物联网（IoT）技术的快速发展，电液控制系统越来越多地融入了高级的数字化元素，实现了更加智能化的运作。数字化主要表现在传感器和执行器等设备的智能化上。现代传感器可以更准确地监测系统状态，如压力、温度、流量和位置，而执行器则可以更精确地响应控制指令。此外，控制器也被赋予了更高的计算能力，并开始采用如边缘计算等技术来实时处理数据。网络化发展则体现在电液控制系统与内部网络和互联网的集成上。这使得系统能够实现跨平台通信和云数据处理。通过网络化，控制系统不仅可以本地实时响应，还能够远程监控和维护，甚至实现跨设备和跨工厂的数据共享与协同工作。与此同时，这种数字化与网络化的趋势还推动了大数据分析和人工智能（AI）在电液控制系统中的应用。通过利用收集到的大量数据，可以对系统性能进行优化分析，进而进行故障预测、维护规划和资源优化配置。集成了AI算法的系统可通过学习过去的操作经验，自动调整控制策略，以应对各种复杂的工作情况。未来的电液控制系统将更加重视数字化和网络化集成，以实现资源最优化和操作的最大化自动化。这将进一步增强系统的可靠性、灵活性和效率，促进各种工业应用的技术革新和经济效益的提升。通过引入先进的通信协议、云计算平台和AI技术，电液控制系统有望达到前所未有的智能化水平。

3. 系统集成化与模块化设计

随着现代工业自动化程度的不断提升，电液控制系统的发展亦越来越倾向于系统集成化与模块化设计。此趋势以提高系统可靠性、简化工程设计、加快产品开发周期和促进维护效率为核心目标，这为电液控制系统在众多行业中的应用开辟了更广阔的空间。系统集成化指的是将电子控制、液压设备及相关辅助组件结合成为一个完整的控制单元，实现各功能部件的协同工作。这不仅缩短了设备的组装时间，还通过统一的接口和标准化的通信协议降低了系统的复杂性，从而加强了系统的

兼容性与互操作性。而模块化设计，则是指将电液控制系统划分为功能独立的模块单元，每个模块完成特定任务，同时具备与其他模块快速连接的能力。模块化设计让系统具备高度灵活性，满足定制需求的同时，还便于扩展和升级，能在不改变现有系统架构的情况下，添加新功能或提高性能。此外，模块化也极大地方便了维修与故障排除工作，当系统某一部分发生故障时，只需替换相应模块，而不需对整个系统进行停工维修。这样不仅降低了维护成本，也减少了系统停机时间，提高了生产效率。在实际应用中，集成化与模块化设计的电液控制系统，通过使用标准化接口和通信协议，也可以更容易地与其他工业自动化系统整合，构建复杂的自动化生产线。与此同时，这种设计方式也促进了跨领域的技术融合，如结合IoT、大数据分析、人工智能等前沿技术，为设备智能化和远程监控管理提供支持。总的来说，随着系统集成化和模块化设计理念的广泛应用，电液控制系统所呈现的灵活性、易维护性和高效率将不断推动其在各类先进制造和自动化控制领域的革新及发展。

结束语

总体来看，电液控制系统在实现煤矿液压支架自动化、高效、智能化方面发挥了关键作用。未来的发展势必将更加侧重于系统的集成化、智能化，并深入到故障诊断及预测性维护的层面。同时，技术的不断进步和创新将提供更多解决方案，以适应越来越复杂的矿业环境和生产需求。为了实现这些目标，研究人员、工程师、以及决策者需要紧密合作，共同推动电液控制技术向更高的水平迈进。

参考文献

- [1] 陶虹京, 孙志鹏, 崔欣超. 基于PLC的液压支架电液控制系统设计[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(18): 25-27.
- [2] 张晓海, 田慕琴, 张敏龙, 等. 智能工作面液压支架电液控制系统端头控制器设计[J]. 工矿自动化, 2020, 49(8): 30-36.
- [3] 王鹏. 关于综采工作面液压支架电液控制系统的研究[J]. 能源技术与管理, 2021, 48(2): 105-107.
- [4] 申丹. 液压支架电液控制系统故障诊断分析研究[J]. 能源与节能, 2020(3): 164-166.