

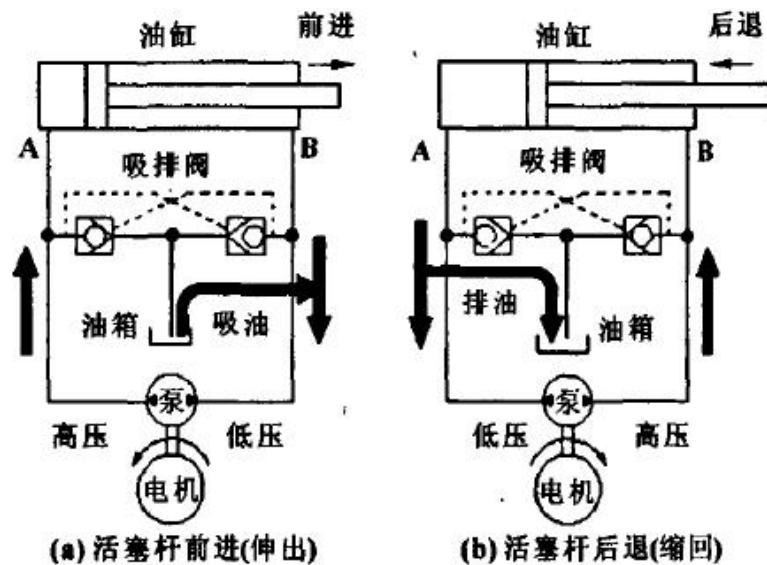
直驱式容积控制（DDVC）电液伺服系统及应用

液压控制技术在工业领域中的应用已有很长的历史，早在第二次世界大战期间和战后，由于液压系统具有重量轻、尺寸小、反应速度快和负载刚度大等优点而被广泛应用于军事目的。

液压伺服技术发展至今，有其自身的优点，特别是计算机技术、控制理论、数学分析、电子技术和液压基础理论的研究和发展，更为液压伺服技术注入了新的活力，因而在航天航海、军事和民用工业上得到了广泛的应用。

液压伺服技术在非军事工业上的应用也越来越广，最多的是机床工业，在早些年代，数控机床的工作台定位伺服装置中多采用由液压伺服马达控制的电液系统来代替人工操作，其次是工程机械，大量的工程机械设备都是由液压伺服控制来实现。在未来的几十年中，电液控制技术的工业应用又将进一步扩展到工业机器人、地质和矿藏探测、塑料加工、可移动设备自动化控制以及燃气或蒸汽涡轮控制等，前景广阔。

在近十几年来，借于液压技术领域应用成熟的容积控制系统和电机领域交流伺服电机广泛应用的背景下，出现了永磁交流同步伺服电机直接驱动双向定量泵容积控制的电液伺服系统，也称 DDVC (Direct Drive Volume Control) 系统或则无阀电液伺服系统。该系统的液压执行机构的换向、调速、调压三大功能全由交流伺服电动机直接控制，所以叫“直接驱动”，油泵的出油流量的改变也是由电机直接控制，具有高效节能、小型集成化、操作与控制简单、成本低等优势，因此其发展相当迅速，尤其在一些能源短缺国家更是得到了极大的重视。



这种系统不是靠改变泵的排量而是靠改变泵的转速来改变其输出的流量达到调节执行元件变速的目的，从而实现对液压系统的控制。它具有电机控制的灵活性和液压出力大的双重优点，而且与传统电液伺服系统相比，最突出的优点是节能高效、小型集成化、环保、操作方便、成本低，目前已经在多个领域的装置上得到应用并取得了很大的经济效益。但系统动态频响特性不高的问题使其应用场合受到限制。直驱式容积控制电液伺服系统有传统的阀控系统所不具备的优点：

- (1) 成本低，节能效果显著，具有高效节能的优点，
- (2) 系统元件数目少，可实现集成一体化，体积小、重量轻、效率高。
- (3) 伺服电机控制灵活，当执行元件不工作时，伺服电机就停止工作，而传统阀控系统的液压泵站始终处于工作状态，这样可大大提高资源的利用率，而且可以采用闭式系统，油箱的体积可以很小。
- (4) 直驱式系统可采用无管连接，减少了流量损失，极大地消除管道对伺服系统的影响，不存在系统高压引起管路振动的问题。
- (5) 提高了系统的寿命和可靠性，可以选用价格低廉、可靠性高的定量泵，因此对液压油及过滤要求降低，减少了泵的磨损和系统的噪声，提高了使用寿命和系统的可靠性。

美国、德国、俄罗斯、瑞士等国家对直驱式电液伺服系统的研究目前集中在电动静液驱动器（EHA）、注塑机、制砖机和液压电梯上，在国外已有用于飞机、舰船、压力机、轧机、材料试验机、印刷机、钢厂连铸设备、水渠闸门和六自由度运动平台等十余种实际应用例子。美国 MOOG 公司研制的新型电动静液驱动器 1997 年在 F-18 上作了飞行试验。1997 年瑞士的 BERINGER 公司在德国奥斯布格的 97' INTERLIFT 国际电梯展览会上展出了其最新研制的变频驱动液压电梯控制系统，取得了成功。从国外的直驱式电液伺服装置的研制情况可以看出，目前国外在直驱式电液伺服装置的研制方面已具备相对成熟的技术，而且有专业厂家生产。

日本对直驱式容积控制电液伺服系统已有十几年的研究，并取得了很大的成果。日本钢管株式会社（NKK）福山制铁所连铸设备采用第一电气株式会社（Japan's Electric Co., Ltd.）设计的无阀电液伺服系统，节能效果十分明显，每年电费从 500 万日元锐减为 9 万日元，只占改造前的 1.8%。而且无阀系统所用的液压油相对较少，改造后的连铸设备解决了废油处理和环保等方面的难题。东京海洋大学的练习船“汐路丸”号舵机于 1998 年改造时也采用了日本第一电气株式会社设计生产的无阀电液伺服驱动的舵机装置，所需电力只为改造前的 10%，该系统投入使用 5 年来，运行状况大大超过改造前。日本第一电气株式会社研制的无阀伺服系统已经在船用舵机、连铸设备、六自由度平台、2500 吨液压以下高压成形机上得到了应用。

日本的 NAMBU 公司和 OPTON 公司已经开发出自己的直接驱动容积控制电液伺服系统（DDVC）的成型产品。这两年，日本对直驱式电液伺服系统的研究更加广泛，据最新消息，在今年年初日本的相关杂志大幅的介绍了最新设计的直驱式电液伺服系统，它的频率响应达到了 5Hz，这就大大提高了直驱式系统的动态性能。

早在多年前，日本油研即开始研究以伺服电动机驱动定量/变量泵的 ASR 系列产品替代定量泵+P/Q 比例阀的控制系统及异步电机驱动变量泵的负载敏感液压系统，可以实现对压力和流量的负载匹配控制，并率先应用于注塑机以降低能耗；

上述系统，以及现在主流的异步电机带伺服阀控系统，依然不能解决系统使用阀类元件而存在内泄和压力损失而带来的功率损耗，以及高精度、结构复杂的伺服泵阀所带来的故障率高、不耐污染，采购/维修成本高的问题；

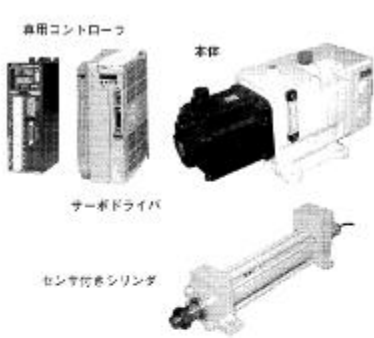
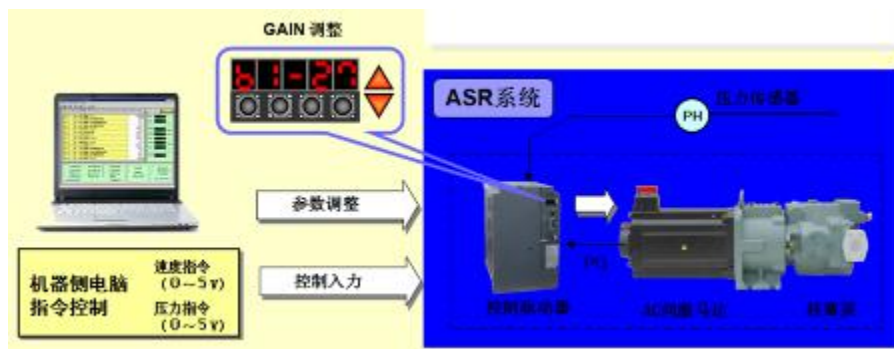


图1 IHサーボドライブパック

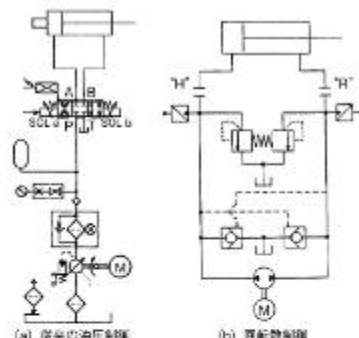


图2 油圧基本回路

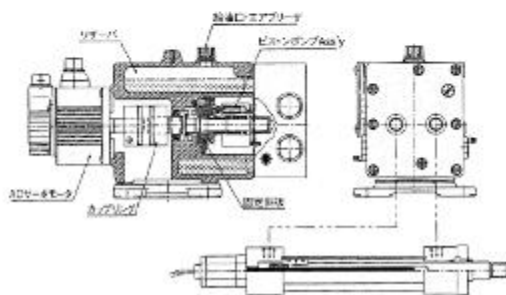


图3 IHサーボドライブパック構造

油研公司与主机厂合作，成功的开发出用于数控机床的 DDVC 液压伺服直驱系统，其关键液压元件为双向高效高压柱塞泵：



该泵具有高压、高效、低噪音、可正反向旋转、耐污染性强等特点，在主机上的使用取得了显著的节能效果；

做为日本油研海外最大代理商和合作伙伴的爱力公司，爱力公司在推广该项产品的同时，正着手开发直驱电液伺服系统；其应用领域和潜在市场包括锻压机、升降机、注塑机、试验机等等。

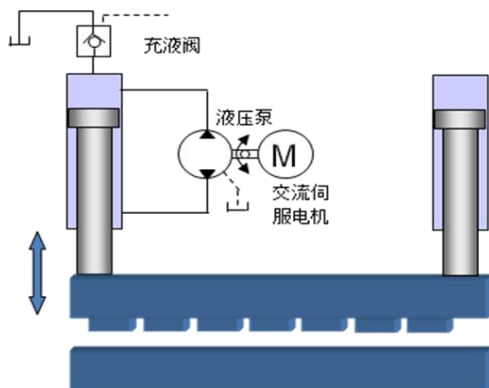
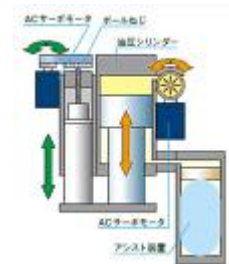
数码液压伺服系统

■ 省能源效果：

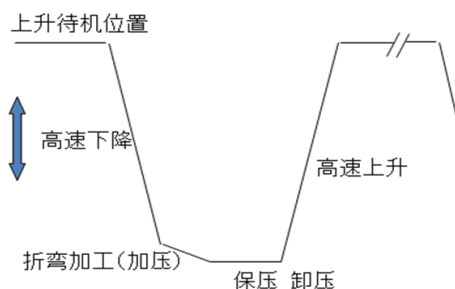
电源容量减少15%，消费能量减少80%（本公司内比较）

■ 环境：

液液约为原来机器的1/5（本公司内比较）



<折弯机基本作動>



从国内外相关课题的研究情况可以看出，国外对直驱式电液伺服系统的研究已很深入，具备相对成熟的技术和条件，且已在广泛的领域内有成功的实际应用，并获得了很好的经济效益。相比国外，国内对直驱式容积控制电液伺服系统的研究起步稍晚，主要研究单位有北京航空航天大学、广东工业大学、太原理工大学、浙江大学、哈尔滨工业大学等。我国对 DDVC 电液伺服系统的研究大多数还集中在节能方面，却还很少将这种调速方式用于位置伺服控制，且实际应用还很少。随着我国的经济发展、环保意识及节能要求的提高，直驱式容积控制电液伺服系统必将在相关领域中得到更广泛的应用。因此，深入对直驱式容积控制电液伺服系统的理论分析和试验研究，研制性能优良、可实用化的直驱式容积控制电液伺服系统并大力推广，可以带来巨大的经济效益和社会价值。