

OMAL 欧玛尔拨叉式变扭矩—气动执行器技术成果及应用分析



【《控制阀信息》2013 年 3 月号报道】

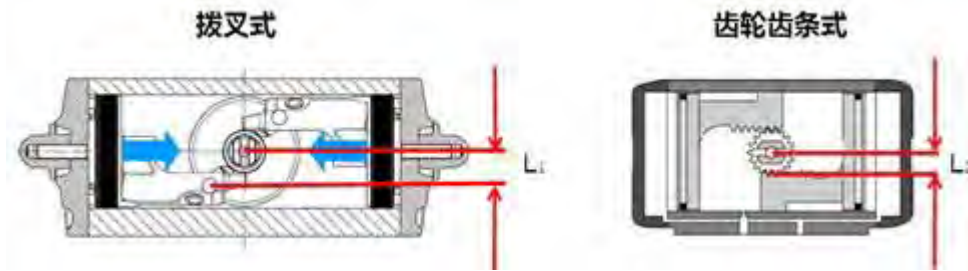
对于熟悉流体控制系统和集成设备的能源行业工程师而言，使用执行器和阀门有什么要点需要额外注意？首先，就现有使用情况来看，石油化工和天然气等技术业界对于产品耐用性有很高的期望，一般需要保证 20 至 25 年的使用期，因此特别看重每种元件的可靠性。同时希望执行器和阀门能够提供持久的承压能力与精确控制性，避免腐蚀性流体和气蚀的损害，在系统连接方面可保证长期的稳定性，满足能源行业对温度、环境变化和振动的严格要求。而另一个至关重要的方面，则是通过产品结构和性能的有机结合，使不同流量的介质得以精确控制，相对于常规系统，能源利用率可以大幅度提高。此外，它被要求可以在局促的场地内安装，在最小的空间拥有最大的功能，这对大规模流体控制系统，特别是长周期高负荷运行、流通能力要求更高和需要确保管道容器密封的行业而言尤为重要。

近年来，国际流体设备制造厂商如意大利 OMAL 欧玛尔公司为能源行业提供了必要的服务支持，创新技术与系统能效优化方案的高度融合，使流体设备的应用产生了极大的改变。作为世界上少数既生产执行器又生产自控阀门的制造厂商之一，OMAL 欧玛尔对产品的技术性能、应用质量、工艺配套、能耗和技术支持、维修保养、环境和安全保障等方面予以整体考虑，特别是生产研发的以拨叉式结构技术为基础的气动执行器，由于启闭转矩和动态响应灵敏、性能安全可靠、满足恶劣环境应用等特点，在油气管道行业的自控系统中占有较大优势。

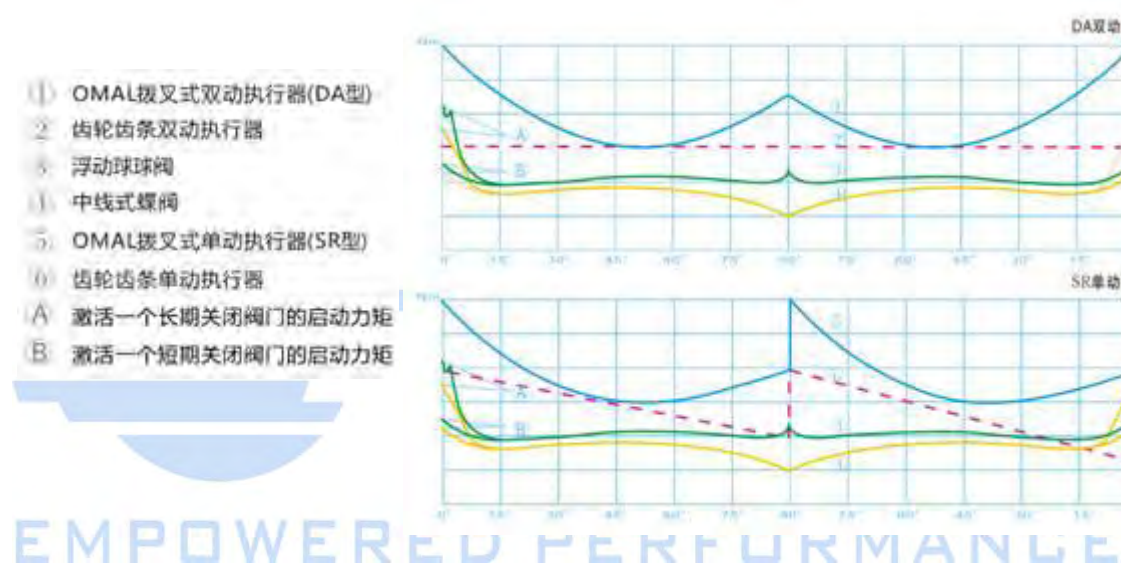
大力矩的拨叉式结构设计

目前角行程气动执行器主要有齿轮齿条式和拨叉式两种，对比电动执行机构均具有结构简洁、动作响应速度快、安全防爆等优点，随着 60 年代的化工业发展需要，得到了越来越广泛的应用。

但具体到内部结构设计上，拨叉式气动执行器与齿轮齿条式执行器之间有很大区别。齿轮齿条式执行器为啮合式平行结构，通过输出轴上的圆齿轮与直齿条啮合传输动力，由于齿合的位置是不变的，使往复输出扭矩恒定。拨叉式气动执行器为嵌入式转动结构，通过拨叉式活塞臂的转销推动“转动轴上的拨叉盘”转动来产生扭矩，转动销在拨叉盘滚动槽内几乎无阻力地相对滑动，有效力臂随之改变，最终使输出扭矩随轴的转角改变而改变，并在阀门开启和关闭点时达到最大值，从而得到最优化的输出力矩来满足蝶阀、球阀的控制需要。拨叉式嵌入结构增加了力臂有效长度，无须因为齿条的厚度浪费或减小力臂长度。在实际应用中发现，拨叉式执行器可产生比齿轮齿条式执行器大 50% 的启闭力矩（见图 1、图 2）。



(图1—拨叉式与齿轮齿条式执行器产生的力矩对比：力臂： $L_1 > L_2$ ，力矩 $M = FL$ ，当 F 相同时， $M_1 > M_2$ ，即拨叉式结构可产生比齿轮齿条式更大的力矩)



(图2—拨叉式执行器和齿轮齿条执行器的力矩曲线图形)

拨叉式气动执行器的拨叉盘与自润滑转动销的相互运动过程中不受磨损，传动时二者几乎没有摩擦阻力，强化合金钢制造的拨叉盘和转动销可以承受活塞往复运动时产生的冲击力，并将其转化成有效的输出扭矩，一方面保证了更柔性的转矩控制，一方面成为安全运转的关键。而齿轮齿条式执行器的直齿条为铝合金材质，齿轮轴为钢或不锈钢，二者通过一对一的齿与齿之间咬合传动，在承受载荷冲击中，齿牙极易受损。（见图3）在同类应用情况

下，OMAL 欧玛尔气动执行器的耐用性比齿轮齿条式执行器大 5—10 倍，同时降低了因材料脆性断裂、设备故障和不可预测性事故带来的风险。



（图 3—齿轮齿条式执行器在应用中受损的直齿条现状图）

独特优良的密封和润滑技术：

与传统的 O 形圈活塞密封不同的是，OMAL 采用其独特的 PTFE（特氟隆）填充碳石墨的密封环，结合同样材质的拨叉臂导向点及酚醛树脂轴套，构成多点导向密封，转动销采用自润滑专利技术，使密封性能大幅提高，摩擦系数有效降低，让活塞的运动更加平稳。传统 O 形活塞密封利用 NBR（丁晴橡胶）或 VITON（氟橡胶）的柔软特性，通过与缸筒内表面挤压变形达到密封作用，但摩擦阻力和磨损同时也随之产生，一旦气源中含有杂质会加剧密封圈和缸筒的磨损，高温和导致结冰的极低气候对其也会产生致命破坏。PTFE（特氟隆）填充固体润滑剂碳石墨后具有耐磨损、耐腐蚀、摩擦力小、无须润滑等优点，能够在高温、污染、腐蚀等环境下使用，但由于其材质较硬，通常无法直接作为活塞密封圈。在独特的工艺和高精度加工保证下，OMAL 欧玛尔使其变为可能。

体积更灵巧：

齿轮齿条式气动执行器的齿条厚度加大了尺寸缸筒内径，但无法增加有效力臂长度，在产生同样启闭扭矩时，OMAL 欧玛尔拨叉式气动执行器的嵌入式结构可以更有效利用缸筒内部空间，仅须更小的缸筒直径。加上拨叉式活塞比齿条式活塞重量更加轻盈，使执行器体积和重量大幅减少 50%。在如今力求精简项目投资的趋势下，OMAL 欧玛尔的执行器在这一点上体现出了巨大优势。众所周知，设备和管线的重量增加，造成了整个组块更庞大，对结构强度和能耗要求更高，这些直接造成工程投资几何比例增长，所以追求“瘦身”一直是石油化工工程设计和产品选型的重要指标之一。

尽管一组执行器或阀门所降低的能耗并不像单一的生产设备那样可以直观衡量，但系统的优化往往更能颠覆性地实现环保节能。在同等承压下，体积更小的设备能很好地满足油气管道企业尽量使生产设备少占用生产场地的需要，而在耗气量相比其它同类设备都少的情况下，更是每年可为工厂节省数百万元因为要提供气源而产生的能源浪费。某涂料厂在其化工工艺车间切断阀的改造工程中，原计划在一些管线较密集的地方选用齿轮齿条式执行器，但在安装中发现管线密集且工况要求较高的地方，齿轮齿条式执行器无法满足扭矩大而安装空间狭小的需要。OMAL 欧玛尔为此量身定制了“拨叉式执行器+平板球阀”的解决方案，在其自控系统中发挥了重要作用。

坚持创新：

为了让执行器更具可靠性及对系统工况变化有更好适应性，OMAL 欧玛尔长期推进着创新技术在其产品领域的应用，其创新性管理涵盖整个价值链——

从产品设计和开发，到产品生产、销售和服务。在公司内部，可靠性研究工作从未间断过，研发的每款产品都制定了相应的可靠性规格和过程实施计划，并成立了专门的研发团队，在设计阶段就为产品制定严格的可靠性要求。如特别针对产品实行专业的“效能测试”法，使设计人员以科学的评价标准和量化评价方法来测试产品的性能。以拨叉式执行器为例，在测试过程中经受超过 150 万次的工作循环测试，在实际应用中，甚至经受了超过 4500 万次的循环工作。

在生产领域，OMAL 欧玛尔全过程已实现高度的自动化、精密化和智能化，包括数字技术和三维空间检测技术在内的智能系统对所有生产阶段进行跟踪和检验，生产过程中的每个环节都有完善的信息记录，全部检验报告一律保存五年，以此来确保 OMAL 欧玛尔所有产品的世界性水准。

小结：

随着全球能源计划的不断推进，对流体设备的稳定运行、高效传输和变换应用提出了更迫切的需求，传统的阀门制造厂商也从简单的流体设备供应商变成了综合的能源、信息、解决方案服务商，除了为用户提供优质产品外，还需要利用先进的创新技术改进流体设备结构、实现系统升级换代、提高能源利用效率并降低能源消费量。而从石油、石化、天然气等诸多能源企业来说，如何逐步与产品质量好、企业信誉高、综合性价比合理的制造厂建立起长期的合作伙伴关系，根据生产对设备技术和功能的要求，了解各主要设备制造技术和国内外发展趋势，落实新设备新技术，也正在日益成为一个新的研究课题。