液压

# 机床液压夹紧中的安全设计理念

**德国 HAWE 公司推出的 NSMD 型液压夹紧模块是针对机床特别是车床的液压旋转夹紧系统开发的一款特定产品，在设计理念上充分考虑了在机床夹紧系统中的安全性问题。**

文 | 杨政 · 哈威油液压技术（上海）有限公司

德国 HAWE 液压公司是一家专门从事液压元件设计和制造的厂家，在产品研发方面一直沿袭了自己独特的设计思路，针对不同应用领域研制了很多极具特性的产品。

对于机床行业，特别是数控车床，在主轴及工件的夹紧液压系统中，安全性一直是十分重要的因素，而在以前从液压的角度来探讨系统的安全性，又是相对欠缺的。德国 HAWE 公司推出的 NSMD 型液压夹紧模块（图 1）是针对机床特别是车床的液压旋转夹紧系统开发的一款特定产品，在设计理念上充分考虑了在机床夹紧系统中的安全性问题。该产品已经在欧洲机床市场上广泛应用。为了帮助读者更深入的了解该产品，首先简单介绍液压夹紧系统的安全设计理念。

图 1 HAWE 公司推出了 NSMD 型夹紧模块

## 系统工作的先后顺序对安全的影响及排除

在任何液压系统中，都普遍存在的安全隐患是：如果液压系统中的一个功能元件，由于不同原因：如阀芯卡滞，在未达到预设的工作位置（如换向未到位）或压力前，下一个功能元件就开始工作，可能会造成系统的不确定性和危险性。对于车床的液压夹紧系统也是一样。

标准的液压机床夹紧系统一般由电磁换向阀、减压阀和压力继电器组成。该系统也可以根据不同要求增加节流阀或调速阀对夹紧速度进行控制。简单描述液压夹紧过程：机床得到需要夹紧的信号，电磁换向阀上的电磁铁得电，换向阀开始换向，当换向阀的阀芯换向到位后，压力油从 P 口进入夹紧模块，经过减压阀，到达换向阀的 P 口。压力油通过换向阀进入夹紧油缸，工件被夹紧。此时换向阀的 A 口压力升至减至阀弹簧设定压力。压力继电器发讯，此信号反馈回电控系统，以确认工件已被夹紧，动作完成（图 2）。在这一机床液压夹紧动作过程中，液压的动作过程主要表

现在以下两个方面。

其一，电磁换向阀阀芯是否换向到位的确认。对于一个安全的液压夹紧系统，如果不能保证换向到位以后，减压阀再打开并开始工作，就会给系列的操作过程带来很多不确定性，而这一不确定性可能带来夹紧中压力或流量的未预见性波动，为整个系统带来未知的安全隐患。

在 NSMD 型换向阀中创造性地增加了一个连通油路 X。在原理图中可以看到这条 X 油路连接了换向阀芯和减压阀的控制阀芯。也就是说，只在换向阀阀芯达到最终位置前的极短瞬间，即达到换向终点时，控制通道 X 和相应负载油口之间的内部连通，即 X 油路才能很快建立，并保持到换向与减压阀芯沟通。减压阀打开，并执行其减压作用。所以只有电磁换向阀的阀芯已达到最终切换位置，夹紧压力应答信号和压力监控信号才发出。

其二，从减压阀输出的压力油只有达到需要的减压压力时，压力继电器才可以发讯。在压力继电器发讯之前，元件动作又有两个基本顺序点需要注意：第一个就是减压阀减压压力是否到位，另外是压力继电器的发讯是否是在到达减压阀的设定压力时发讯。这就要在设计系统元件中考虑：如何将减压阀和压力继电器的两个数值完全统一。在传统的液压元件选型中减压阀和压力继电器是两个独立元件，也就是说在一个元件的压力值设定好以后，另外一个压力值的设定就需要不断的参照前一个元件来设定压力，并不断比对以确保设定值的统一性。这不但增加了机床调试的人力成本，同时其安全可靠

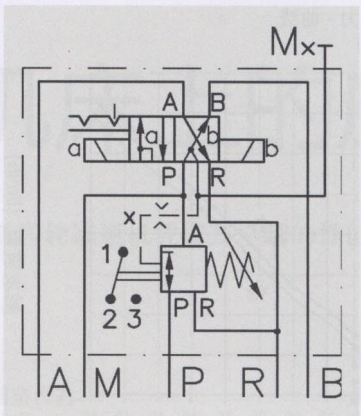

图 2 夹紧模块原理图

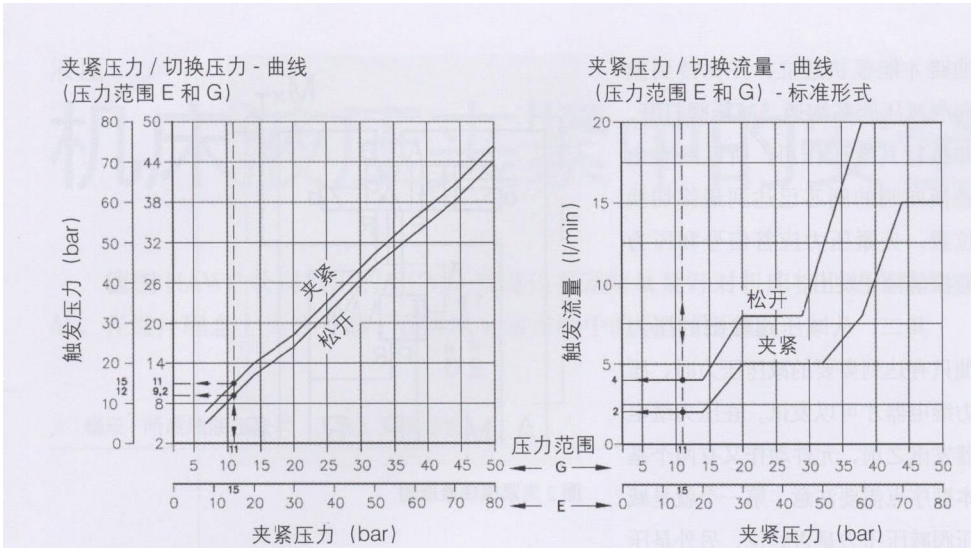


图 3 夹紧松开发讯曲线

性也很难保障。

NSMD 夹紧模块是针对车床夹紧液压系统专门设计的液压元件，其独特优势在于将减压阀和压力继电器的阀芯设计在一起，换言之，减压阀的阀芯上集成了微型压力开关。在未达到减压阀设定的压力值时，压力继电器就触发信号。当减压阀的设定压力变更时，压力开关又能自动跟随这一变化，无需人工校对，既可保持原来预定的压差，同时也能避免减压阀变更过程中存在的安全隐患。

## 系统中突发故障的监控及防范

在机床运行过程中，必须充分考虑其可能存在的各种故障或其他不确定因素，因为这些不确定性将给液压系统及机床工作带来风险。而这些风险是可以通过机床液压系统的优化设计来规避的。

第一，对于非正常压力和流量的监控。

对于机床夹紧液压系统，产生风险时的直接表现就是压力和流量上的异常。因此在设计液压夹紧模块时，就要针对压力和流量的异动给出相应的处理措施。NSMD 型夹紧模块可以监控整个夹紧过程（起点和终点），以及由于故障（如管路断裂、泵故障）引起的压力消失或流量激增等状况。

参看图 3 曲线可明确认识这一发讯过程。左曲线表明 NSMD 夹紧模块对于压力的监控。减压阀设定压力为 1.1 MPa，压力继电器动作，触发信号，工件夹紧。而压力在≤ 1.1 MPa 和≥ 0.92 MPa 时，系统认为夹紧压力正常，机床正常工作。当夹紧压力低于 0.92 MPa 时，压力继电器触发，触发后可以根据机床设计者的要求，停机或发出报警信号。参看右曲线，夹紧时切换流量达到 2 L/min 时，系统认为是正常范围开始夹紧工作。切换流量超过 4 L/min，系统认为有意外故障导致流量增大，将会触发信号，同样可以发出故障报警。将夹紧模块设置在整个夹紧压力范围内，这样压力开关就总能发出清晰的应答或监控信号。这一功能可利用与夹紧压力相关的压力继电器装置的转换来实现。另外，该模块还可附加监控低于压力调整范围的夹紧压力和流量，确保夹头到达终点位置并达到夹紧压力时，压力开关就会触发信号（夹紧压力应答）。

第二，在机床工作过程中突发断电产生的故障保护。在设计 NSMD 型夹紧模块时也对这样的可能性进行了充分考虑。

首先利用一直接安装的辅助模块，对 NSMD 型夹紧模块进行手动调节和电比例调节。这样，就能实现 A 和 B 油口压力在各自压力范围内的电比例控制。因此，可以从设备控制盘上对系统进行操纵，也可以利用外部控制装置，如 SPS、CNC 或者 PC，对系统进行操纵。

当输入动力失效，一个附加的安全功能仍然可以保持原先的压力设定。电比例辅助模块由一个先导减压阀、一个截止阀和一个活塞组成，此活塞可对夹紧模块的 2 通减压阀的弹簧施加作用力。先导减压阀产生的比例控制压力，低于压力流道中的压力。此控制压力作用到活塞上，从而压缩弹簧，而弹簧又加载于 2 通减压阀的控制阀芯。

在比例压力调节实现之前，先导减压阀的附加元件应打开截止阀，使介质液体自由从减压阀流入控制活塞。一旦动力失效（如电子装置失效或电缆断裂），先导减压阀的活塞就跳回原始位置，使截止阀关闭，进而控制活塞上的压力被锁定。如果上述情况发生，夹紧压力也只降低 4%。

综上所述，德国 HAWE 液压公司开发设计的 NSMD 型夹紧模块在设计中充分考虑了机床使用过程中的各种安全隐患。为机床的夹紧系统提供了一个安全可靠的解决方案。在实际使用过程中得到了机床设计者的一致认可。MM