数控卧车主轴ZF齿轮箱换挡故障分析与处理

■ 中车株洲电力机车有限公司 （湖南 412001） 龙 斌 罗 斌

摘要：本文以台湾LEADWELL数控卧式车床主轴ZF齿轮箱换挡故障为例，分析故障原因，并提出解决方案，供同行参考交流。

我公司LEADWELL数控卧式车床主要用于各型电力机车、城轨车辆车轴的车削加工。机床配备SIEMENS 802D sl数控系统，主轴采用德国采埃浮（ZF）齿轮箱传动，具有加工精度高、自动化程度高等优点。

1. ZF齿轮箱简介

采埃孚（ZF）公司是世界上著名的传动系统生产商，ZF齿轮箱具有高扭力、耐冲击、高效率、低背隙、体积小及质量轻等特点，广泛应用于各种机床及机械装备领域。由变速箱体、轮毂、滑环、轴套、太阳轮、行星轮、对轮毂、滑环及轴套等部件组成。

2. ZF齿轮箱传动故障现象

2016年以来，LEADWELL数控卧车主轴断续出现700058：ZF Gear unit error or gear change fault（ZF齿轮箱换挡故障）报警，通过人工辅助换挡可消除报警，机床能正常工作。但由于齿轮箱内部机构逐步失效，前段时间报警愈发频繁，现机床已无法继续使用。

3. 故障分析及处理

LEADWELL数控卧车主轴变速箱采用德国采埃浮（ZF）公司设计的行星齿轮变速箱，电磁铁驱动拨叉进行换挡。下面重点从数控系统换挡控制、齿轮箱换挡原理等方面进行分析、处理。

（1）SIEMENS 802D sl系统换挡原理介绍及相关参数说明。SIEMENS系统主轴换挡有2种控制模式：M指令强制换挡、S指令自动换挡。LEADWELL数控卧车既可以通过M指令强制换挡，也可以通过转速S指令自动换挡。下面重点介绍S指令自动换。

S指令自动换挡即主轴在一个特定的转速区间范围内自动选择合适的挡位。若要实现最优速度换挡需要设置轴MD相关参数。主要参数如表1所示。

S指令自动换挡方式，系统在AUTO或MDI方式下执行主轴S指令，NCK根据S指令数据同MD35110至MD35120的数据比较判断并输出相应的齿轮挡位选择信号GEAR-A、GEAR-B、GEAR-C（对应V39022000.0、V39022000.1和V39022000.2）。PLC根据NCK给出的V信号执行自动换挡，速度与挡位选择信号关系如表2所示。

（2）齿轮箱换挡故障排查。LEADWELL数控卧车主轴配备的ZF变速箱只有2个挡位（1挡为低速挡，2挡为高速挡），在调试、维修时只需检测1、2挡的参数即可。①检测主轴换挡相关的参数设置情况。操作机床面板，进入系统界面，检查MD35110（0～2）、MD35120（0～2）参数设置情况，参照上述换挡介绍确认参数设置是否正确。②检查继电器RLY21、RLY22前端24V和0V之间的电压是否正常，现场实测为23.5V。③检查ZF齿轮箱信号电缆：K21-4、K22-4（换挡电磁铁电源线）I13.6、I13.7（挡位检测信号线）现场测量确定线路接触良好。④启动机床选择MDI模式编程：M03 S150（主轴换低速挡，150r/min）旋转，执行程序观察主轴电动机是否旋转，Q8.7

表1　主轴换挡轴MD相关参数

参数名	参数释义
MD 32300	MAX AX ACCEL：轴最大加速度
MD 35100	SPIND VELO LIMIT：主轴最高转速
MD 35110	GEAR STEP MAX VELO（*n*）：第*n*挡最高速度，即用于自动换挡的本齿轮级的最高转速
MD 35120	GEAR STEP MIX VELO（*n*）：第*n*挡最低速度，即用于自动换挡的本齿轮级的最低转速
MD 35130	GEAR STEP MAX VELO LIMIT（*n*）：第*n*挡最高速度极限，在本挡中此速度不能被超过
MD 35140	GEAR STEP MIX VELO LIMIT（*n*）：第*n*挡最低速度极限，编程中即使有较小值也不会低于此值
MD 35200	GEAR STEP SPEEDCTRL ACCEL（*n*）：第*n*挡加速度，速度模式控制运行的加速度
MD 35210	GEAR STEP POSCTRLL ACCEL（*n*）：第*n*挡加速度，位置模式控制运行的加速度
MD 35400	SPIND OSCILL DES VELO：主轴摆动速度
MD 35410	SPIND OSCILL ACCEL：主轴摆动加速度
MD 35440	SPIND OSCILL TIME CW：主轴正向摆动时间
MD 35450	SPIND OSCILL TIME CCW：主轴负向摆动时间
MD 36060	STANDSTILL VELO TOL：转速误差
MD 36200	AX VELO LIMIT（*n*）：第*n*挡速度监控

表2　GEAR-A、GEAR-B、GEAR-C信号状态和挡位关系

GEAR-A	GEAR-B	GEAR-C	挡位	参数号
1	0	1	空挡	MD35110（0～*n*）
1	0	0	1挡	
0	1	0	2挡	MD35120（0～*n*）
1	1	0	3挡	

是否输出信号、继电器RLY21是否有动作。现场观察确定主轴电动机以50r/min的速度左右摆动，继电器RLY21得电动作，低速挡电磁铁动作切换到低速挡。⑤选择MDI模式编程：M03 S600（主轴换高速挡，600r/min）旋转，执行程序观察主轴电动机是否旋转，Q9.0是否输出信号、继电器RLY22是否有动作。现场观察确定主轴电动机以50r/min的速度左右摆动，继电器RLY22得电动作，高速挡电磁铁动作切换到高速挡。⑥重复执行④、⑤步，故障依旧。拆开换挡电磁铁检查动作情况，现场试验换挡电磁铁动作正常，挡位检测信号正常。由此可以确定是减速机内部机械动作不到位。解体ZF齿轮箱，逐一检查各部件，对换挡密切关联的轮毂、滑环、轴套和太阳轮精整研磨配合，调整拨叉与齿轮的间隙，更换磨损严重的部件及齿轮箱润滑油。依次装配好各个部件。循环执行④、⑤步，主轴可以正常换挡，但偶尔还会出现700058：ZF Gear unit error or gear change fault报警，伴随异常噪声。⑦机械、电气整体优化。仔细观测自动换挡的全过程，解体维修后的齿轮箱换挡机构动态响应特性及刚性变化，无法完全与原驱动参数及PLC程序同步响应，故换挡过程中偶发性报警。因此，还需对轴MD参数及PLC相关参数进行优化，如表3所示。

完成上述参数优化调整后，反复测试换挡功能，整个换挡过程平顺、柔和，齿轮转换啮合过程中的噪声完成消除，故障彻底解决。

4. 结语

数控机床主轴换挡故障是比较常见的故障，不论是齿轮箱厂家不同、结构不同，还是换挡形式不同，只要了解其结构、动作原理，分析故障原因，逐步仔细检查，设置优化相关参数，即可排除故障。

表3　机械、电气整体优化轴MD参数及PLC相关参数

序号	参数号	原始值	优化值	参数调整说明
1	MD 32300	30	25	最大加速度略微调整，减小加速过程中的作用力
4	MD 35400	50	10	根据齿轮模数调整出最佳换挡摆动速度，消除换挡噪声
5	MD 35410	25	2	摆动加速度柔和，促进齿轮啮合
6	MD 35440	1.0	0.8	现场验证，调整出最佳正向、反向摆动时间
7	MD 35450	0.8	0.6	
8	T18（PLC）	50	150	略微延长换挡结束信号的发出时间以确保齿轮完全啮合到位
9	T38（PLC）	100	250	适当延长换挡全过程时间

参考文献：

[1] LEADWELL. LEADWELL数控卧式车床LTC-50使用说明书[E]. 杭州：台湾丽伟机械股份有限公司，2009：3-12.

MW（收稿日期：20170315）