三菱M70A系统在车铣复合加工中心上的应用

扫码了解更多

■ 大连大森数控技术发展中心有限公司 （辽宁 116023） 李洪波 冯明霞 李怡萱

摘要：加工效率和加工精度是金属加工领域追求的重要目标，复合加工技术也在这种需求下应运而生。为了提高复杂异型产品（如汽车和航空、航天零件等）的加工能力，数控系统厂商和机床厂商分别推出相应的产品。本文结合机床厂商的制造实例，介绍三菱M70A系统在车铣复合加工中心上的典型应用。

1. 实现方法分析

（1）机床的配置和功能要求。该机床是根据客户实际需求，结合通用复合机床的控制原理，以侧重于汽车零部件加工为主进行设计。机床采用动柱式龙门结构，其中，X_1、X_2轴采用同期控制，Y轴单独控制，Z_1、Z_2轴采用同期控制，B轴采用摇篮式摆动轴，B轴上装有A、C两个旋转轴，刀库采用PLC轴控制，主轴采用伺服主轴，NC轴和主轴共计10个轴。机床结构如图1所示。

（2）数控系统选型。根据机床的配置要求，参照三菱M70A的系统规格表（见表1），M70A的铣床版本，最多可以控制8个NC轴、6个PLC轴和2个主轴，总控制轴数最多11个，符合该机床的控制要求。

根据机械设计人员提供的机床各轴工作特性和转矩要求，选择配置如表2所示。

各轴电动机分配如表3所示。

2. 技术难点分析

（1）系统总控制轴数为10轴。根据机床的整体设计要求，总控制轴数必须达到10轴。其中，设计刀库时，原计划也要采用NC轴控制，但是限于M70A系统的NC控制轴数最多是8个，只能将刀库改为PLC轴控制，这样，机床一共有10个轴，其中有8个NC轴、1个PLC轴和1个主轴。

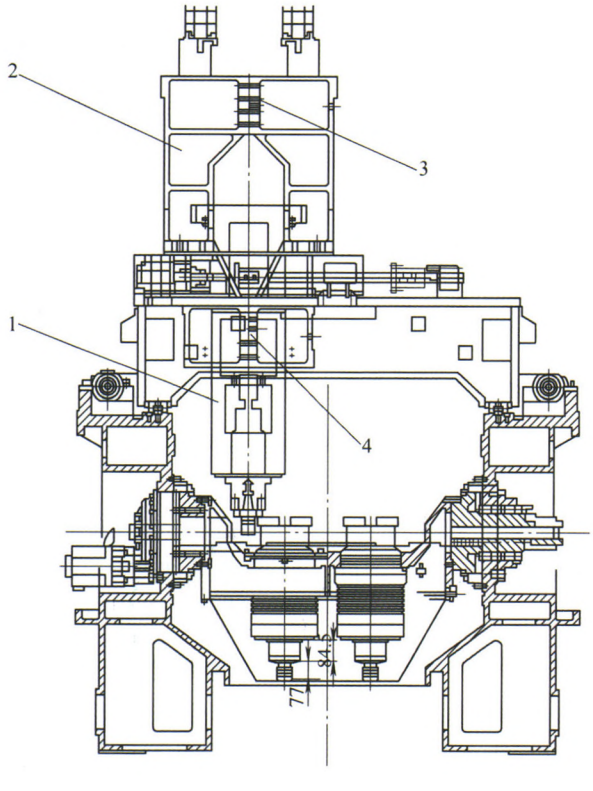

图1 机床结构

1.方滑枕 2.立柱 3.立柱上垫板 4.立柱下垫板

伺服连接后，如图2所示。

根据系统轴名称的命名规则以及便于控制和识别的原则，将各轴命名及通道编号设置如表4所示。

其中，*X*和*U*作为一组同期控制轴，*Z*和*W*作为一组同期控制轴，*P*作为PLC轴。

硬件连接和检查完毕后，开始通电调试。根据三菱标准参数表，设置好系统基本参数以及各轴参数后，系统上电，出现报警“Y07 连接轴数超限 0001”，如图3所示。

再次核对M70A的规格表，机床实际连接轴数均符合要求，没有超过限制轴数。因为PLC轴的控制方式有别于NC轴，于是去掉PLC轴，重新上电，还是出现相同报警；再去掉主轴，同时将#1039参数设为0，这时不再报警。经过进一步试验发现，无论去掉NC轴、PLC轴还是主轴，只要总的连接轴数为8个或以下，就不发生报警，据此判断，应为规格所限。连接手册中有一处说明，1个伺服通道最多只能连接8个轴，8个轴以上时，可以增加扩展单元（FCU7-EX891+HN552），扩展一个光缆接口。但是，增加的硬件订货周期较长，又增加额外成本。后来，查询到#11012参数，可以设定通道1的最多连接轴数，将其设定为1时，最多可连接16轴，但“OMR-DD”功能（与高速刚性攻螺纹有关）不可使用，因为MDS-D-SVJ3系列伺服本身不能使用“OMR-DD”功能，可以忽略此条件，报警问题得到解决。如表5所示。

表1　M70A系统规格

○标准 △选项 □选择

规格 \ 机种		铣床系		车床系	
		TypeB	TypeA	TypeB	TypeA
控制轴数	最大控制轴数（NC轴＋主轴＋PLC轴）	9	11	9	11
	最大NC轴数（系统合计）	5	8	4	9
	最大主轴轴数	2	2	2	4
	最大PLC轴数	6	6	6	6
	最大PLC分度轴数	4	4	4	4
	同时轮廓控制轴数	4	4	4	4
	系统内最大NC轴数	5	8	4	8
最大系统数		1	2	1	2
IC卡运行（前置式IC卡运行）		○	○	○	○
最小指令单位		0.1μm	0.1μm	0.1μm	0.1μm
最小控制单位		1nm	1nm	1nm	1nm
极坐标插补		—	—	○	○
铣削插补		—	—	—	○
快速进给恒斜率多段加减速（仅第1系统）		○	○	—	—
高速同期攻螺纹		△	○	△	○

表　2

序号	名称	型号	数量
1	控制单元＋显示器	FCA70P-2AVU	1
2	键盘单元	FCU7-KB026	1
3	基本I/O单元	FCU7-DX711	1
4	伺服驱动器	MDS-D-SVJ3-10NA	5
5	伺服驱动器	MDS-D-SVJ3-20NA	4
6	伺服电动机	HF223S-A48	3
7	伺服电动机	HF223BS-A48	2
8	伺服电动机	HF154S-A48	2
9	伺服电动机	HF303S-A48	1
10	伺服电动机	HF303BS-A48	1
11	主轴电动机	SJ-DG11/120-03T（F）	1
12	主轴驱动器	MDS-D-SP-200	1
13	电源单元	MDS-D-CV-185	1

表　3

电动机	型号
X_1/X_2轴电动机（同期控制轴）	HF223S-A48/HF223S-A48
*Y*轴电动机（主轴箱平移轴）	HF303S-A48
Z_1/Z_2轴电动机（同期控制轴）	HF223BS-A48/HF223BS-A48
*B*轴电动机（摆动轴）	HF303BS-A48
*A*轴电动机（第1旋转轴）	HF154S-A48
*C*轴电动机（第2旋转轴）	HF154S-A48
刀库轴电动机（伺服刀库）	HF223S-A48
主轴电动机	SJ-DG11/120-03T

表　4

#1022	*X*	*Y*	*Z*	*B*	*C*	*A*	*U*	*W*	*P*
#1021	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009
#3031	100A								

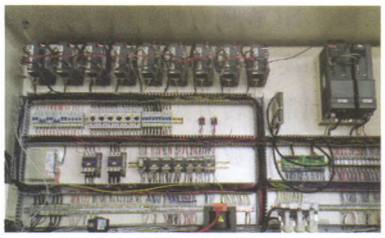

图2　伺服连接图

图3　“连接轴数超限”报警

连接正常后，屏幕坐标显示如图4所示（注：PLC轴在坐标画面不显示）。

（2）PLC轴控制刀库。前面提到，机床设计方案中，刀库采用伺服控制，但是限于M70A的NC轴数限制，只能改为PLC轴控制。刀库结构和控制原理是特殊设计的，与传统的斗笠式刀库和刀臂式刀库都不一样，因此，刀库动作流程和控制方式也与传统的刀库不同，宏程序的编写也要按动作流程重新设计。刀库样式如图5所示。

刀库共有30个刀套，采用固定刀套的方式，控制原理类似于钻攻机的夹臂式刀库。根据刀库动作流程，先编写换刀宏程序如下：

```
%
#199=#4003
#198=#4006
IF[#1016EQ1]GOTO100
M5
M34
G21G91G40
N20G30P2Y0Z0M19
IF[#1200EQ1]GOTO40
GOTO20
N40G30P3X0
M10
G30P3Z0
M54
G30P2Z0
M11
G30P2X0
M5
M35
N100#1100=1
G#199G#198
M99
%
```

表　5

11012（PR）	16 axes for 1ch	通道1 16轴连接设定	不使用扩展单元（FCU7-EX891 + HN552）时，切换连接到驱动器接口（通道1）的最大连接轴数（NC轴、主轴、PLC轴的合计） 0：通道1最多可连接8轴 1：通道1最多可连接16轴。但“OMR-DD功能”不可使用 本参数在已连接扩展单元时无效，1个通道最多只能连接8轴	0/1

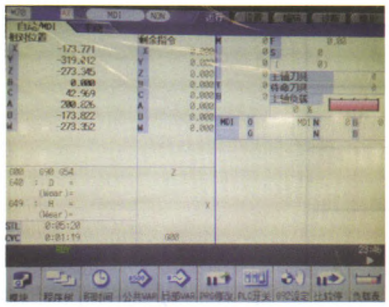

图4　坐标显示画面

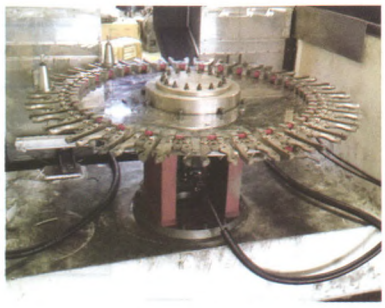

图5　刀库样式

对于换刀流程中的气动装置，刀库门开关等控制，都是用M代码编写，不存在难点，主要在于M54选刀指令，PLC中与刀库相关的旋转和计数等指令和功能，都要改为PLC轴的方式进行控制，这种控制方式的优点是，可以快速和精准地到达预定刀套位置，从而提高换刀速度。

根据《M700系列PLC编程说明书》中的PLC轴控制说明，如图6所示，编写PLC轴的控制旋转部分。

编写的PLC内容如图7所示。

调试PLC时，遇到一个问题，无论通过宏程序变量，还是通过PLC中寄存器的方式，每次将移动数据传送到R9448寄存器时，PLC轴都可以移动，但是，再次传送移动数据到R9448寄存器，执行下一步移动时，PLC轴却不动作。监控PLC轴状态时，发现R9441的bit2（轴移动中信号），一直在接通。检查PLC控制逻辑并与《M700系列PLC编程说明书》中的示例进行对比，没有发现异常。后来，在说明书中没有相关说明的情况下，我们尝试在PLC轴控制时，对“移动结束” 状态进行主动复位，问题解决。修改好的PLC内容如图8所示。

刀库中有30个刀套，每个刀套间隔12°，将旋转角度经计算后，由D203传送到寄存器R9446，实现刀套的精确定位。

（3）二组同期轴控制。为了保证机床的机械刚性和稳定性，机床设计为二组同期轴控制，即*X*

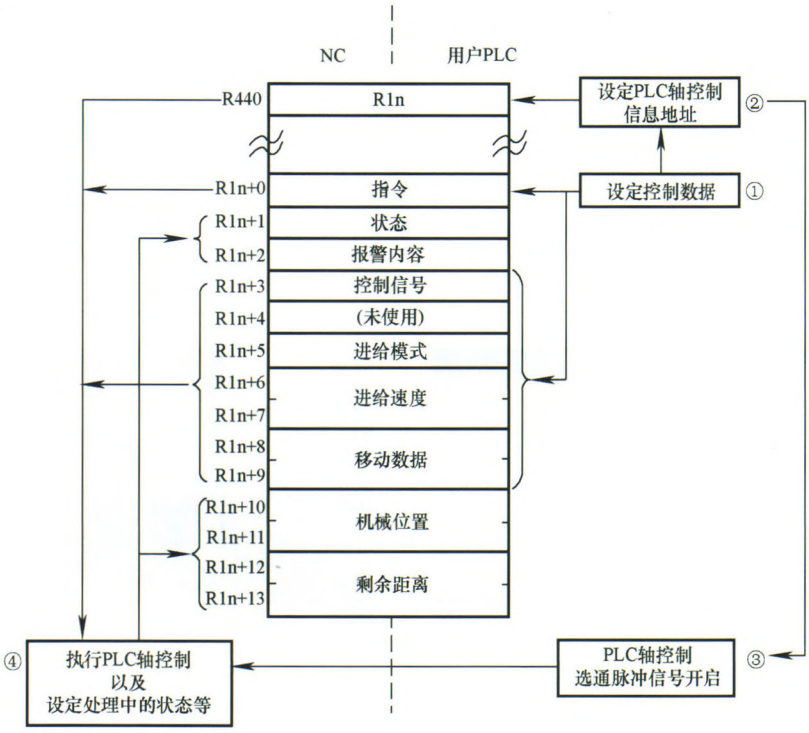

图6　PLC轴第1轴中的PLC轴控制流程

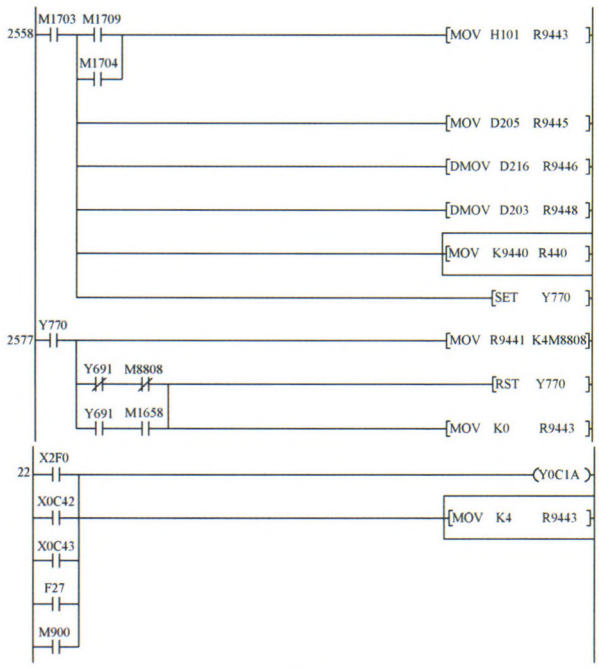

图　7

轴和*U*轴同期，*Z*轴和*W*轴同期。

参照《M700系列PLC编程说明书》中的说明，考虑到是4个轴参与同期，而寄存器R2589又无法分别指定，于是尝试将二组同期轴数据同时指定，实际上该方法完全可行。

指定方法：通过第1系统R2589寄存器，第2系统R2789寄存器指定同期控制。通过操作与R2589/R2789寄存器对应的各轴的位，切换同期控制的ON/OFF、NC在所有轴就位时进行动作的切换。

同期运转方式的指定：通过基本规格参数的slavno，打开与主动轴、从动轴相关的轴对应的两位。例如同期运转第2轴（主动轴），第3轴（从动轴）时，如表6所示。

单独运转方式的指定：使用主动轴指令打开欲使其运转的任意一轴相对应的位。例如仅移动第3轴（从动轴）时，如表7所示。

实际编写的PLC内容如图9所示。

同期轴动作正常后，又出现新的问题，也就是*X*轴移动速度不能太快。机床的设计快移速度是48m/min，结果，实际移动速度达到8m/min左右时，负载电流就会升高到300A以上，同时出现“过负载2”报警，如图10所示。再测试*Z*轴，也存在相同的报警问题。

考虑到同期轴可能存在的机械方面的同期误差，我们建议机械装配人员对机械同期性进行检测，未发现问题。而且，*Z*轴中的两个同期轴跨度只有400mm左右，因机械不同期而产生过负载的可能性很小。于是，我们脱开*X*轴两个同期控制电动机，用手转动丝杠，负载很轻。再上紧一个电动机，另一个电动机继续脱开，也就是用一个电动机带动双立柱运动，没有发生报警。试验中，只要2个电动机同时上紧，就会出现报警，因此，可以排除机械卡住、电动机功率选小等原因。另外，一个奇怪的现象是，只有执行G00指令时才出现报

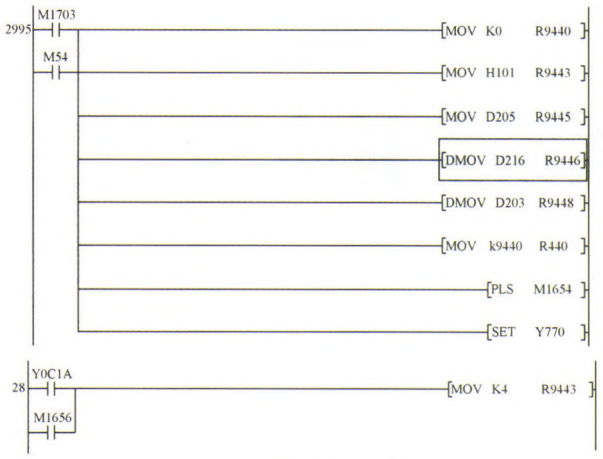

图 8

表 6

	7 6 5 4 3 2 1 0 HEX
R2589	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 6

表 7

	7 6 5 4 3 2 1 0 HEX
R2589	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 4

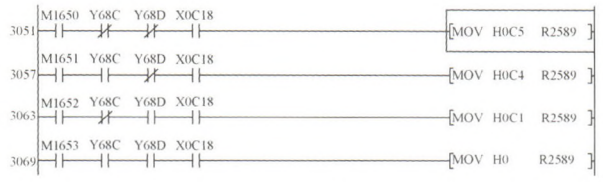

图 9

警，而用RAPID方式移动，相同的快移速度，却不产生报警。

于是，重点检查系统参数。首先核对伺服参数，没有问题；然后是加减速时间常数，加大和减小设定值，均无效果。接下来，对系统参数逐一核对，当检查到#2068参数时，发现异常，其中，*X*、*Y*、*Z*、*B*四个轴的设定值是50，而*C*、*A*、*U*、*W*的设定值是0，该参数是“G00前馈增益”，于是，将*X*、*Y*、*Z*、*B*的值改为0，再次试验，负载电流处于正常范围，并且没有报警，将快移速度提高到48m/min，也没有报警，问题解决。分析原因，应该是系统通电调试时，导入系统的是一套四轴加工中心的参数，并在此基础上，进行的10个轴的参数扩充和完善。原来的四个轴的#2068参数有设定值，而后扩展的几个轴的#2068参数都是默认值0，使得每组同期控制轴中的二个轴的“G00前馈增益”不一致，导致“过负载2”报警的发生。

图10 “过负载2”报警

3. 机床应用领域

该机床*X*轴和*Z*轴均采用同期控制，提高了机床刚性和稳定性，采用摇篮式*B*轴，上面加装2个旋转型*A*、*C*轴，可实现5轴类多零件加工。同时配备PLC轴刀库，换刀和选刀速度快，适合高效率加工。目前，该机床已应用于汽车等行业的零部件高效高精加工。机床主要结构及典型加工件如图11、图12所示。

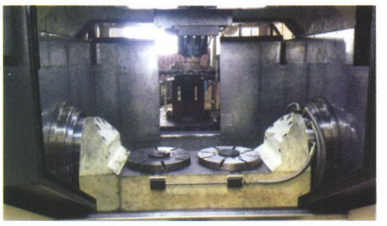

图11 摇篮式摆动轴和双转台结构

图12 加工的典型汽车零部件

4. 结语

车铣复合加工中心，以其紧凑、高效及高精度的复合加工方式，受到加工行业的欢迎。随着我国制造业水平的快速发展，以及对加工制造业越来越高的品质需求，车铣复合加工中心也一定会得到越来越广泛的普及和应用。

参考文献：

[1] 三菱电机. M700V/M70V系列编程说明书（M系） IB-1500992（CHN）-C[Z]. 2011.

[2] 三菱电机. M700V/M70V系列使用说明书 IB-1500990（CHN）-D[Z]. 2011.

[3] 三菱电机. M700/M70系列设定说明书 IB-1500110（CHN）-E[Z]. 2006.

[4] 三菱电机. M700系列PLC编程说明书IB-1500279-D[Z]. 2006.

[5] 三菱电机. M700系列PLC接口说明书IB-1500276-D[Z]. 2005.

MW（收稿日期：20180605）