华中数控系统知识讲座

第8讲　电磁兼容性概述及屏蔽技术

武汉华中数控系统股份有限公司　（湖北　430223）　郑小年

电磁兼容是一门新兴的综合性学科。电磁兼容性（EMC）是指：电气设备产生的电磁骚扰不应超过其预期使用场合允许的水平；设备对电磁骚扰应有足够的抗扰度水平，以保证电气设备在预期使用环境中可以正确运行。在某种程度上也可以说电磁兼容性（EMC）是研究干扰和抗干扰的问题。

1. 电磁干扰的三要素

电磁兼容的主要内容是围绕造成干扰的三要素进行的，即电磁骚扰源、传输途径和敏感设备。

（1）电磁骚扰源　电磁干扰和电磁骚扰经常被人们混同起来，实际上电磁干扰和电磁骚扰是两个不同的概念，电磁干扰是指由电磁骚扰引起的设备、传输通道或系统性能的下降，而电磁骚扰是一种客观存在，只有在影响敏感设备正常工作时才构成了电磁干扰。

电磁骚扰源有多种，有的来自自然界，有的是人为造成的。来自自然界的电磁骚扰源主要是由雷电产生的大气噪声、宇宙射电噪声和太阳辐射等等。人为造成的电磁骚扰源又分为有意和无意的两种：所谓有意的是指那些必须发射电磁波的电子设备等等；所谓无意的包括计算机设备、电力传动设备、电力电子器件组成的变流装置等等。

（2）传输途径　电磁骚扰可能以电流的形式沿电源线和电缆传播，或是以辐射波的形式通过空间传播。传导发射可以由差模电流产生，也可以由共模电流产生，或者二者兼而有之。差模电流发射源包括同一电源上的其他用电设备，比如计算机设备、电器、电机等等。耦合到电源线上去的所有辐射源，可以通过杂散电容和电磁感应藕合到设备机架或外壳，产生共模电流。

辐射是由高阻抗的电场源比如单极子或者低阻抗磁场源比如变压器造成的。空间场的强弱取决于离开源的距离，频率和源的性质。

（3）敏感设备　电磁骚扰可以通过传导、辐射等各种途径传输到设备，但能否对设备产生干扰，影响设备的正常工作，取决于电磁骚扰的强度和设

（3）模拟伺服的自动偏差设定。

（4）Anti-pitch 偏差。

（5）$\sin^2$ 的加速度。

（6）根据不同的加工路径的精确速度控制。

对于复杂的加工路径，CNC 可以预处理 60 段程序块。

8. 3D 图形显示

对于一工件程序可以从不同的角度来看 3D 图形显示。

（1）等角投影，围绕所选轴旋转 +/-90°。

（2）3D 缩放，同时在同一页面上可以观察主视图、左视图、俯视图、剖视图。

9. 工件程序的传输

通常是由 CAD/CAM 生成的工件程序，采用的加工方式为边加工边传输（drip feed mode）方式，关于传输的形式为：

（1）传输率为 38 400b/s 的串行通信口。

（2）传输率为 115kb/s 的串行通信口。

（3）Ethernet 网络通信（PCNC 结构）。

在 NUM 数控系统中还提供了诸如：动态修改软限位、高级语言编程、比例缩放、角度偏置、多轴组、轴同步、自定义 G 指令等许多有特色而又灵活方便的功能。如能配合使用，在五轴插补的机床上能够应付任何复杂加工。

由于 NUM 强大的五轴功能，使其在航空航天工业、军事工业、铁路行业、发电行业和模具行业的应用特别广泛，国内许多厂商均采用了配备 NUM 数控系统的五轴加工机床，例如：沈阳飞机制造公司，南昌飞机制造公司，西安航空，黎明发动机公司，211 厂等。

（待续）　（收稿日期：20030509）

备的抗干扰能力，即设备的电磁敏感性。而设备的抗干扰能力通常由设备内部所含的最敏感电路或元件的抗干扰能力所决定，各类设备结构不同，电路不同，元件不同，所以抗干扰能力也不同。通常容易受电磁干扰影响的敏感设备有计算机设备等等。

2. 数控系统电磁兼容性要求

数控系统一般在电磁环境较恶劣的工业现场使用，为了保证系统在此环境中能够正常工作，系统必须达到 JB/T 8832—2001“机床数控系统通用技术条件”中的电磁兼容性要求。

（1）电压暂降和短时中断抗扰度　数控系统运行时，在交流输入电源任意时间电压幅值降为额定值的 70%，持续时间 500ms，相继降落间隔时间为 10s；在交流输入电源任意时间电压短时中断 3ms，相继中断间隔时间为 10s。电压暂降和短时中断各进行 3 次，数控系统应能正常工作。

（2）浪涌（冲击）抗扰度　数控系统运行时，分别在交流输入电源相线之间叠加峰值为 1kV 的浪涌（冲击）电压；在交流输入电源相线与保护接地端（PE）间叠加峰值为 2kV 浪涌（冲击）电压。浪涌（冲击）重复率为 1 次/min，极性为正/负极。试验时正/负各进行 5 次，数控系统应能正常工作。

（3）电快速瞬变脉冲群抗扰度　①数控系统运行时，分别在交流供电电源端和保护地端（PE）之间，加入峰值 2kV、重复频率 5kHz 脉冲群，时间 1min。试验时，数控系统能正常工作。②数控系统运行时，在 I/O 信号、数据和控制端口电缆上用耦合夹加入峰值 1kV，重复频率 5kHz 脉冲群，时间 1min。试验时，数控系统能正常工作。

（4）静电放电抗扰度　数控系统运行时，对操作人员经常触及的所有部位和保护地端（PE）之间进行静电放电试验，接触放电电压 6kV，空气放电电压 8kV，试验中数控系统能正常运行。

3. 机床数控系统抗干扰措施

从机床数控系统组成来看，如图 1 所示，系统中既包含高电压、大电流的强电设备，如各种交、直流伺服驱动器，步进电机驱动器，各种交、直流伺服电机，步进电机等；又包含低电压、小电流的控制与信号处理设备和传感器，即弱电设备，如工控机等。强电设备产生的强烈电磁骚扰对弱电设备的正常工作构成极大的威协。此外，系统所在的生产现场的电磁环境较恶劣，系统外各种动力负载的骚扰、供电系统的骚扰、大气中的骚扰等都会对系统内的弱电设备产生严重影响，由于弱电设备是控制强电设备的，所以一旦弱电设备受到干扰，最终将导致整个系统的瘫痪。

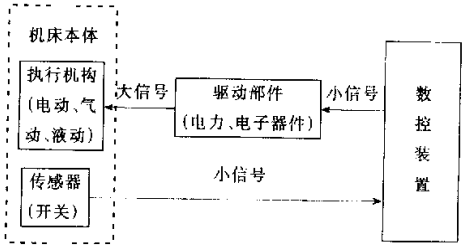


图 1　机床数控系统组成

针对电磁干扰的三个要素，通过抑制电磁骚扰的发射，切断电磁骚扰的传输途径，提高敏感设备的抗干扰能力是数控系统达到电磁兼容性要求的主要手段，最常采用的是屏蔽、滤波、接地三大技术。屏蔽用于切断空间的辐射发射途径。滤波用于切断通过导线的传导发射途径。接地的好坏则直接影响到设备内部和外部的电磁兼容性。

屏蔽技术用来抑制电磁噪声沿着空间的传播。即切断辐射电磁噪声的传输途径，通常用金属材料或磁性材料把所需屏蔽的区域包围起来，使屏蔽体内外的“场”相互隔离。

为防止噪声源向外辐射场，则应该屏蔽噪声源，这种方法称为主动屏蔽。为防止敏感设备受噪声辐射场的干扰，则应该屏蔽敏感设备，这种方法称为被动屏蔽。屏蔽按其机理可分为电场屏蔽、磁场屏蔽和电磁场屏蔽。

4. 电场屏蔽

当噪声源是高电压、小电流时，其辐射场主要表现为电场，电场屏蔽是抑制噪声源和敏感设备之间由于存在电场耦合而产生的干扰。

（1）电场屏蔽的机理　电场感应可看成是分布电容间的耦合，图 2 中，干扰源 A 和受感应物 B 的电位分别为 U_A 和 U_B，那么 U_A 和 U_B 间的关系为：

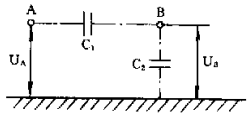


图 2　电场感应示意图

$$U_B = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U_A$$

式中 C_1——A、B之间的分布电容

C_2——受感应物对地电容

通过上式可以看出，为了减弱受感应物B上的电场感应，可能采用的方法：

①增大A、B的距离，以减小A、B间的分布电容。②尽可能使感受物B贴近接地板，以增大其对地电容。③可以在A、B之间插入一块称为屏蔽板的金属薄板，如图3所示，此时

$$U'_B = \frac{C'_1}{C'_1 + C_2 + C_4} U_A$$

其中 $C'_1 \ll C_1$，故 $U'_B \ll U_B$，起到屏蔽作用。

良好接地是金属板产生电场屏蔽的先决条件，如不接地或接地不良，则可能产生比没有金属板时更严重的干扰。

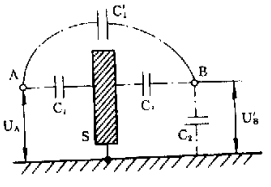


图3 金属板对电场屏蔽作用的分析

(2) 电场屏蔽设计要点

①系统中的强电设备金属外壳（伺服驱动器、变频器、步进驱动器、开关电源、电机）可靠接地，实现主动屏蔽。

②敏感设备（如数控装置等）外壳应可靠接地，实现被动屏蔽。

③强电设备与敏感设备之间距离尽可能远，一般在电柜内，强、弱电设备尽量保持30cm以上的距离，最小距离为10cm。

④高电压、大电流动力线与信号线应分开走线，例如使用独立线槽等，距离尽可能保持在30cm以上，最小距离为5～7.5cm，同时尽量避免平行走线，不能将强电线与信号线捆扎在一起。

⑤信号线应尽量靠近地线（或接地平板）或者用地线包围它。

⑥屏蔽电缆即能对电场起到被动屏蔽作用，也能起到主动屏蔽作用，条件是屏蔽层接地。如果屏蔽层不接地，则有可能造成比不用屏蔽线时更大的电场耦合。

⑦强电线如不能与信号线分开走线，则强电线应采用屏蔽线，屏蔽层应可靠接地。

5. 磁场屏蔽

当噪声源具有低电压和大电流性能时，其辐射场主要表现为磁场，磁场屏蔽是抑制噪声源和敏感设备之间由于磁场耦合所产生的干扰。

(1) 磁场屏蔽的机理 磁场屏蔽主要是依赖高导磁材料所具有的低磁阻对磁通起到分路的作用，使得屏蔽体内部的磁场大大减弱，图4说明了这一原理。

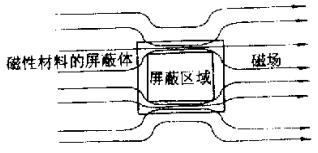


图4 磁场的被动屏蔽

(2) 磁场屏蔽的设计要点

①选用高导磁率的材料，如玻莫合金等，并适当增加屏蔽体的壁厚。

②被屏蔽的物体不要安排在紧靠屏蔽体的位置上，以尽量减少通过被屏蔽物体体内的磁通。

③注意磁屏蔽体的结构设计，对于强磁场的屏蔽可采用双层磁屏蔽体结构。

④减少干扰源和敏感电路的环路面积。最好的办法是使用双绞线和屏蔽线，让信号线与接地线（或载流回线）扭绞在一起，以便使信号与接地（或载流回线）之间的距离最近。

⑤增大线间的距离，使得干扰源与受感应的线路之间的互感尽可能小。

⑥如有可能，使干扰源的线路与受感应线的线路呈直角（或接近直角）布线，这样可大大降低两线路间的磁场耦合。

⑦敏感设备应远离干扰源（强电设备、变压器等）布置，距离应保持30cm以上。

6. 电磁场屏蔽

电磁场屏蔽用于抑制噪声源和敏感设备距离较远时通过电磁场耦合产生的干扰。电磁场屏蔽必须同时屏蔽电场和磁场，通常采用电阻率小的良导体材料。空间电磁波在入射到金属体表面时会产生反射和吸收，电磁能量被大大衰减，从而起到屏蔽作用。

（待续） （收稿日期：20030430）