

浅谈地铁列车电磁兼容(EMC)设计

魏 涛

(长春长客-庞巴迪轨道车辆有限公司技术部,吉林 长春 130062)

摘 要:本文通过对电磁兼容设计要点的研究,简单介绍了如何降低电磁干扰以达到电磁兼容的设计要求。

关键词:电磁兼容;电磁干扰;设计要点

[DOI]10.12231/j.issn.1000-8772.2021.09.220

1 引言

电磁兼容是研究在有限的空间、有限的时间、有限的频谱资源条件下,各种用电设备、分系统、系统可以共存,并不引起性能降低的一门科学。

2 地铁列车的电磁兼容设计要点

提高系统电磁兼容性的主要措施是:

对干扰源的发射强度进行抑制,减弱干扰源的发射;消除传播途径或减弱骚扰的耦合;降低被干扰设备的敏感度。其中骚扰源和敏感设备的发射和抗扰度有相应的 EMC 标准规定,因此列车电气集成的设计重点即如何切断电磁干扰耦合途径。列车的电气系统是个复杂的大系统,列车电气集成中的 EMC 设计规范可归纳为布线、接地、屏蔽和滤波 4 方面。

2.1 布线规范

在敷设电缆时,如遇到无法使不同种类电缆间距达到 EN50343 规定最小距离时(特别是 A 和 C 类电缆共同敷设场合的间距),这时应当使用金属管、金属薄膜、金属电缆槽、外形罩板等把它们隔开。同一级别的骚扰源电缆与敏感的信号电缆也应隔离,若受空间的限制,敷设在同一线槽中,应采用屏蔽措施。所有装置、子系统、元件都应该按照该分级隔离成不同的区。有效利用有限空间,最大限度的减小电气设备之间的辐射骚扰;合理设置各电气设备的接口,使列车的布线最简洁,电缆的长度最小,环路面积最小。高压电缆(包括回流电缆)不能与电动机电缆和辅助输出电缆敷设在了一起。电机电缆要用屏蔽电缆,捆扎成束,单独铺设,远离其它电缆,或用电缆槽隔开。DC110V 蓄电池等级电源回路为高脉冲波形载荷供电,电缆应当同其他负载隔离,连接尽量靠近电池组。

2.2 连接器使用规范

数据传输线、传感器信号线和控制线必须用单独的连接器。电缆屏蔽层与连接器外壳保证 360 度连接,以保证电缆屏蔽层到连接器的屏蔽完整性。可使用内部插针带有屏蔽层的连接器以保证多插针连接器内部各屏蔽电缆的屏蔽连续性。当不同的数据传输线共用一个连接器时,注意插针的分配,按导线的传输信号分区、隔离,这些导线在离开连接器的出口处按要求进行隔离。同一辆车上设备与设备间的数据传输线要直接相连,不允许通过连接器转接。

2.3 降低布线中的电场耦合

应合理布置电气设备的位置和接口,尽可能的减小电缆平行铺设的长度。应尽可能的增加电缆之间的距离(必须满足电缆间最小间距要求)。电缆应紧贴车体地铺设,尽可能减小与车体地的间距。

2.4 降低布线中的电场耦合

信号线和信号回流线应布置在同一线束中。若多条信号线要共用一根回流线,这些信号线和回流线应该布置在同一线束中或采用多芯电缆。每根信号线与其回线扭绞在一起,来减小差模辐射和提高抗扰度。DC110V 正线和负线应布置在同一线束中,多条供电线要共用一根回流线或多条回流线共用一根正的供电线,这些供电线和回流线应该布置在同一线束中或采用多芯电缆。三相交流负载的供电线(3 根或 4 根)应布置在同一线束中。单相交流负载的两根供电线应布置在同一线束中。牵引电动机电缆、辅助供电电缆应该牢牢捆扎成束。电缆的敷设尽量靠近车体的金属部分,使电缆与车体构成的地

环路面积最小化。供电电缆与电气设备组成的环路应该最小化。不同类型电缆交叉时,尽量布置成垂直交叉。

2.5 接地规范

接地分为安全接地、回流接地和屏蔽接地等。总的原则为,设备安全接地采用就近接地方式;回流接地通过转向架构架接地回流装置回到钢轨,转向架上设置车体接地点;屏蔽层接地根据所载信号的工作频率的高低采用单点接地、两点接地或多点接地。所有没有经过一个大的电气传导表面接地的箱体必须采用接地线接地,当线路工作频率较高时,接地线会产生较大的地阻抗以及形成天线效应,长宽比较高的电缆对高频有较低的阻抗,因此,对工作频率较高的设备箱体接地要求采用长宽比较大的电缆(如编织线)接地,例如,对牵引变流器、辅助变流器、电抗器、制动电阻箱体需要采用横截面长宽比较高(≥ 5)的编织线接地。不同车厢的车体底架各自构成每节车厢的接地参考电位。编织金属丝容易被腐蚀而引起断裂,断裂的金属丝在高频时可起有效天线作用。因此编织接地线要采取防腐措施。接地搭接面必须清洗干净,保证无灰尘、油膜、油漆、氧化层、阳极氧化膜以及其它非导电材料。为避免发生电化学腐蚀,影响接地效果。应在不同金属之间使用隔离材料等,或接地线金属和车体金属在电化序中应比较靠近。电缆屏蔽层要良好的接地,并且要与接地面进行 360 度搭接。接头处应具有良好的导电性(涂导电脂等)以确保接地良好。

2.6 屏蔽设计

电路中某一部分存储有电荷,就在其周围空间建立电场;电路中有电流流动,就在周围空间将建立磁场;高速变化的电场与磁场又可以互相转化形成电磁场,高速变化的电磁场在空间的传播形成电磁波。正因为如此,任何电子设备既对周围的电子设备产生电磁骚扰,又要受到周围电子设备的电磁骚扰。所谓屏蔽就是对两个空间区域进行金属的隔离,以抑制电场、磁场和电磁场由一个区域对另一个区域的感应和辐射。具体方式如下:(1)用屏蔽体将骚扰源(部件、电路、组合件、电缆或整个系统)包围起来,并将屏蔽体接地,阻止骚扰电磁场向外辐射。(2)用屏蔽体将敏感体(部件、电路、组合件、电缆或整个系统)包围起来,并将屏蔽体接地,阻止外界电磁场进入屏蔽体。

2.6.1 信号电缆的屏蔽规范

屏蔽电缆的屏蔽层应与电气设备机箱通过接插式连接器环接,使屏蔽电缆的屏蔽层成为电气设备屏蔽机箱的延伸,确保电磁屏蔽的完整性。屏蔽电缆进入电气柜时,要保证屏蔽的连续性。如果屏蔽无法 360 度环接,应采用“Pig tail”(猪尾巴)接法,那么屏蔽层接地引线长度应该尽可能的短。最大长度不应超过 10 厘米。

2.6.2 屏蔽接地表面的要求

接触面必须经过清洁处理,确保良好电气连接。为了防止氧化,清洁之后必须马上进行接地处理;接触表面必须采取防腐措施;连接要牢靠,满足相关抗震要求。

3 结束语

随着铁路事业的高速发展,电磁兼容问题已越来越受到重视。本文通过对电磁干扰和电磁兼容的简单介绍,进一步提出了多种电磁兼容的设计方案。降低电磁干扰的方案应在地铁设计初期进行运用,并通过实践逐步完善。