

电磁兼容设计在铁路信号设备中的应用

齐尚军

中铁六局集团电务工程有限公司维管分公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘要: 电磁兼容设计的概念是指设备本身产生电磁干扰信号以及抗电磁干扰的能力,是衡量设备性能的重要指标。电磁兼容英文简称EMC, EMC设计就是要解决一是设备运行产生的电磁干扰符合限值,二是设备具有一定的抗扰度。因此本文从结构设计、线缆设计、装配设计等方面探讨铁路信号设备电磁兼容设计实现,结合实际测试提出改进方式,论述如何提高铁路信号设备的电磁兼容性能。

关键词: 铁路信号; 电磁兼容; 设计; 应用

交通流量形成规模的基础上,铁路信号设备对铁路运行有重要的影响,铁路信号设备是多种设备集成为一体,正因如此设备内外的电磁环境越发恶化,因此电磁兼容性能是新时期铁路信号设备设计中需要解决的问题。EMC设计需要根据国家规范与行业要求,倘若设计不规范,无法为铁路运输提供支持。铁路运输是国家交通体系的一部分,关系到居民出行甚至国防安全,通过技术手段来指挥与控制列车,提高行车速度和行车密度,改善行车工作效率,掌握铁路运行质量。

1 铁路信号产品

铁路信号产品是一种专业信号控制设备,为铁路运输提供数据资料,帮助铁路运输顺利进行,新时期铁路运输呈现出高速重载、安全正点、铁路现代化建设的趋势,对铁路信号的安全性、可靠性各方面提出更多要求。铁路信号产品的精度、灵敏度与数字化程度越来越高,在这种情况下铁路信号设备的电磁兼容设计,降低现阶段铁路信号设备受到诸多电气设备干扰的情况,铁路信号的控制使用大量低功耗、高速度、高集成度控制系统实现高度集成所设计成的电子电路。现阶段铁路信号在使用中,由于设备种类多,让电子电路信号设备跟不跟容易遭受到干扰的威胁。因此实际发展中需要信号设备具备平别能力、抗干扰能力,能够抑制自身的电磁干扰,而且电磁辐射也会超过可以接受的辐射电平,确保任何系统运行都不会受到其他子系统产生的电磁辐射所影响。铁路信号系统在实际运行中处于十分复杂的电磁环境中,在实际运行中接口传输线路产生耦合静电放电、工频磁场所产生的电磁干扰、10KV电压产生的电磁干扰、信号机械室产生的内因子电子设备辐射电磁效应等对铁路信号设备产生的电磁干扰。在设备运行中干扰源通过耦合作用影响敏感设备的实际运行质量。直接耦合是干扰铁路信号设备传输的主要源头,由导线

传输到电子设备中影响到设备的正常工作。电子设备信号连接包含室外、室内控制设备,通过导线来连接室内外,联通信号接通导线。因此信号电子设备在产品设计和研发阶段需要充分考虑这些影响因素,采取积极的措施来做好防护作用^[1]。

2 电磁兼容设计

2.1 结构设计

(1) 设计方式

铁路信号产品在设计上,良好的结构设计是解决EMC问题的关键,在产品电磁兼容结构设计中,要充分考虑设备面临的电磁干扰源、电磁干扰以外,还要分析屏蔽措施。在电磁兼容设计中通过屏蔽设计和优化结构布局等措施最大程度降低外部电磁干扰和内部辐射发射量。在铁路信号设备中的设计,具体设计包含:①屏蔽设计关键是电气连续性,在电气设计上具备全封闭的金属壳体是最优化连续性的屏蔽设计。电气结构通常设计出有出线孔和散热孔等,出线孔与散热孔位置存在电磁干扰,屏蔽设计的关键在于保证电气系统的稳定性减少孔位造成的干扰。在屏蔽结构的设计上尽量保持简洁,除了设置必须要设置的通风孔以外,减少不必要的孔洞、缝隙结构的存在。通风孔使用圆孔并列阵排放设计减少开孔。②屏蔽部件对内部电磁波和外部干扰电磁波都可以起到吸收能量、抵消能量和反射能量的作用。对系统进行屏蔽设计可降低干扰,在铁路设计上通常将设备、线缆以至于整个系统包围起来,隔离设备内外存在的信号干扰。③为减少缝隙位置的辐射泄露情况,屏蔽位置主要是进行组闸、单板、机柜结构件缝隙进行屏蔽。现实生活中常用屏蔽材料是弹簧、金属屏蔽条来处理构件的缝隙,从而更好屏蔽机箱。

(2) 案例

某产品进行辐射发射试验,辐射值超过限定值导致

测试值不能通过。本次案例所存在问题的解决方式：检查柜内设备、线缆接地情况；调整产品柜内外的走线，将电源线、信号线、地线之间的距离拉开。进行上述整改以后的试验，辐射值虽然降低但是系统没有通过试验，因此在机柜柜门打开、关闭的情况下发射，辐射值基本一致，可确定机构不能达到设计效果。为了让产品的设计更美观，因此在柜体主体结构、内部构件上喷涂绝缘漆，导致机柜的屏蔽效果差和辐射泄露多。解决方式：本次案例中，将柜体主体结构与大部分内部结构由普通喷漆钢板改成镀铝锌钢板。这种调整方式成本高，但是具备理想的性能。将这种材料运用在新柜体上，重新装置配置，降低限定值后通过发射实验^[2]。

2.2 线缆设计

(1) 设计方式

线缆是产品设计中必不可少的组成部分，每一个产品都需要线缆，但是产品的孔缝会影响到系统的屏蔽性，因此降低孔缝泄露的干扰是铁路信号设计中的重点。在设备工作的时候线缆会产生电磁干扰，因此电磁兼容设计也是设计中的关键。产品在设计中针对电磁信号发射比较强的设备要进行特殊处理，如系统中使用的CAN通信与网络通信，为保证系统的稳定，因此使用双绞屏蔽线来保证产品外壳的导电性能，提高对整个系统的屏蔽性能。

(2) 提升线缆电磁兼容设计的效果与方式有：通过屏蔽连接器转接，这一设计方式的实现主要取决于插头的屏蔽效果，为增强屏蔽效果，需要配合屏蔽线缆与屏蔽层、插头衔接处的可靠连接。系统使用的时候尽量多点接地，减少不必要的耦合和串扰，减少不必要的麻烦。可设计信号线缆接地，选择屏蔽电缆接地，为发挥更好的屏蔽效果，屏蔽网的覆盖率应增大，因此在设计上尽量选择360°可靠的方式来接地。另外，也可以在电路中安装滤波器，即电源电路串接电源滤波器，信号使用信号线滤波器相连接。这两种方式不仅仅可以滤波，还可以达到屏蔽效果，安装滤波器的时候需要将滤波器外壳与设备外壳连接来增加滤波效果。这种设计方式如果线缆多设计成本也会随之增加。

(3) 案例：某产品的输入线缆进行电快速脉冲调试的时候，出现信号误采的情况，导致设备试验不能通过。排查问题：通过对线缆重新进行接地设计，保证屏蔽层的接地尽量充分；整理线缆走线，保证输入线缆和其他线缆空间间隔。完成上述调整之后仍旧存在误采现象，之后将输入线缆屏蔽层和其他屏蔽层对比，发现屏蔽相对稀疏。解决方案：将原本方案中屏蔽层为40%的线缆更换

到75%以上进行重新试验，误采现象小而通过试验^[3]。

2.3 装配设计

(1) 装配设计，产品电磁兼容设计中装配重点非常重要，系统结构设计的时候，设备的布局也要按照一定的原则，重的设备放置机柜的下方，比如UPS、工控机、电源模块等设备，另外重量轻的设备，如板卡、显示器、交换机等设备。产品设计中设备的种类、数量、结构与安装位置都规定不过，但是配线不固定，配线可以走左右槽线，从不同路径走干扰设计也不一样，系统设备配线电源线、信号线与地线，每一种线缆在空间上拉开距离避免线缆之间的耦合效果。电源线一般从机柜后侧进入机柜通过浪涌保护和滤波保护，经过浪涌保护和滤波隔离的前电源了不能与滤波和防雷隔离后的电源线交叉和捆绑在一起。在浪涌保护器的设计原则是安装在入口位置保护系统设备。浪涌保护器接地设计应使用较粗的导线，直接联通接地铜排。

(2) 案例

某产品在进行辐射发射试验的辐射值超过限定值导致测试不能通过。问题排查：检查柜内的设备与线缆接地是否可靠，将设备调节到最短后重新进行测试，辐射值降低有限，但是并没有通过试验。通过检查产品柜的线缆走线，发现电源线走线连接存在问题，电源线从最底部到最顶部连接贯穿整个机柜，与通信信号线绑扎在一起。违背电线和通信信号线绑扎分开走的原则，线缆集中绑扎很容易造成线间耦合，出现辐射值超标的情况。解决方式：对线缆布设进行整改，对信号线和电源线进行隔离与分开，之后测试验证辐射值达标试验通过^[4]。

2.4 接地设计

(1) 接地设计中，好的接地设计是解决EMC问题的最直接最有效达方式，接地原则是路径短、导线面积大的特征，不仅仅可以提高抗干扰度，也可以降低电磁发射。接地设计相对复杂，在设计上有浮地、单点接地、多点接地、混合接地的方式。浮地设计方式优势是不受到大地电气特征的影响，但是在雷电情况下会产生电弧，导致操作人员被电击。因此需要考虑附近是否有强干扰电流或者是系统无法接地，否则不使用浮地方式。单点接地是指一个电路中仅仅存在一点，被定义为接地参考点。多点接地指产品设备直接与大地相连接。混合连接形式是多点连接的方式。

(2) 案例：某产品电源端口进行传导发射测试的时候，测试值没有通过。排查问题：通过整理电线原来，整改以后的线路虽然有好转但是并没有通过试验。更换电源端口的滤波器进行重新测试，测试纸基本与更换前

相一致。检查滤波器接地发现滤波器并不可靠，滤波器外壳并没有与机柜完全搭接，导致辐射无法有效泄放。解决方式：更换滤波器的安装方式，截断导轨之后将滤波器直接安装在端子安装板上，让滤波器与屏蔽安装板充分接触，扩充泄放通道，之后进行测试，让辐射符合标准。

结语：

综上，电磁兼容设计的基本观点是控制干扰源，同时也要提高敏感系统的抗干扰能力，因此在系统的设计上不能单纯强调一个方面，而是在系统上陈聪分考虑电磁兼容的设计方案，且在产品的制造、调试、维修中加

以施行，确保可以达到理想的效果。

参考文献：

- [1]刘尚峰. 电磁兼容设计在铁路信号设备中的应用[J]. 铁路通信信号工程技术, 2022, 19(3):6-6.
- [2]权戈亮,李骊. 初步设想北斗卫星导航系统在海外铁路信号系统中的应用[J]. 国际工程与劳务, 2020(12):5-5.
- [3]李隽鹏,董成文,吴卉,等. 解析铁道行业标准《铁路信号计轴设备》[J]. 铁道技术监督, 2021, 49(6):4-4.
- [4]张旭柏,杨帆. BIM技术在铁路通信信号室内施工的应用探讨[J]. 铁路技术创新, 2020(1):4-4.