

DC/DC（铁路电源）模块电源应用指南--2016 年版

1 铁路电源模块选型指导.....	2
1.1 铁路电源综述.....	2
1.2 铁路电源标准.....	3
2 标准内容需求.....	3
2.1 输入电压范围需求.....	3
2.1.1 额定输入电压范围.....	4
2.1.2 输入电压瞬态（RIA12 需求）.....	4
2.1.3 输入电源中断、跌落.....	4
2.2 电磁兼容需求.....	5
2.3 振动、冲击需求.....	6
2.4 温度/湿度需求.....	6
2.5 隔离耐压需求.....	7
3 其他注意事项.....	8

1 铁路电源模块选型指导

1.1 铁路电源综述

车辆控制电子设备的供电主要是通过车载蓄电池进行供电，蓄电池可以用电池充电器、辅助逆变器和装有电子调压的发电机或发电机组充电。辅助设备启动或者电池充电器电压波动过程均会影响蓄电池的输出电压。在蓄电池的电压波动过程中，车辆控制电子设备不应该引起功能的改变。为了解决车辆控制设备的行业应用问题，满足电压波动和其他特性需求，需要宽电压范围输入电源产品满足需求。

金升阳铁路电源系列如下：

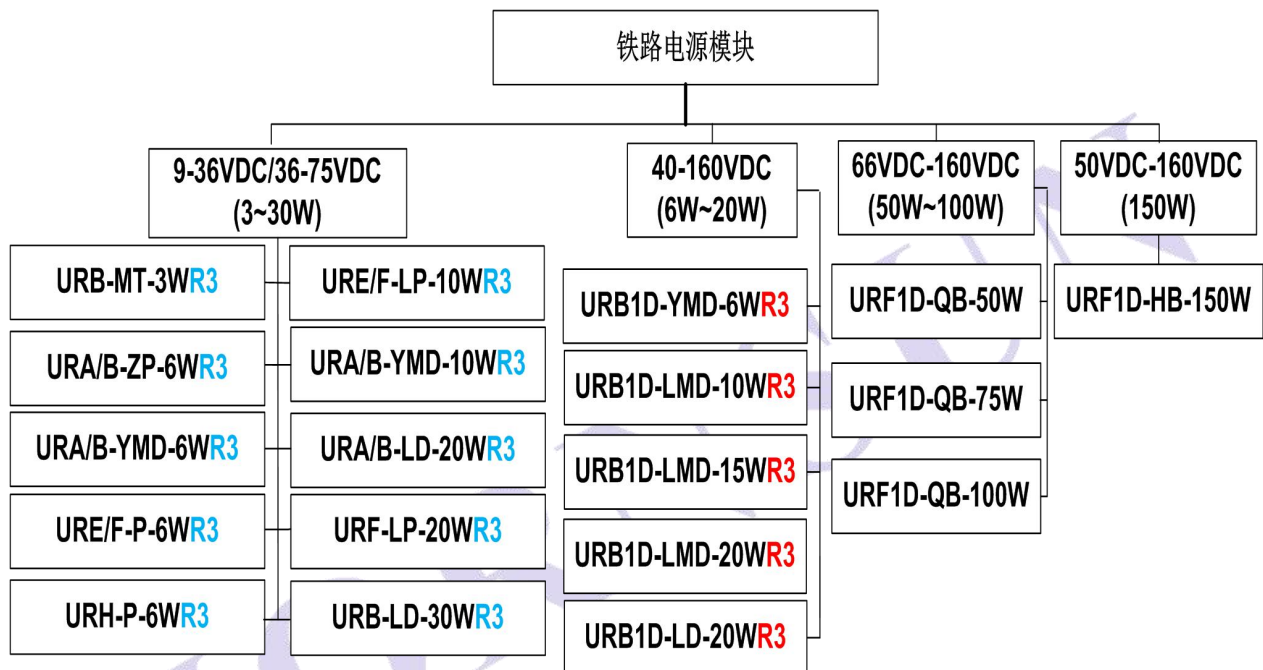


图 1. 金升阳 DC/DC 铁路电源结构

金升阳铁路电源 EMC 专业滤波器系列如下：

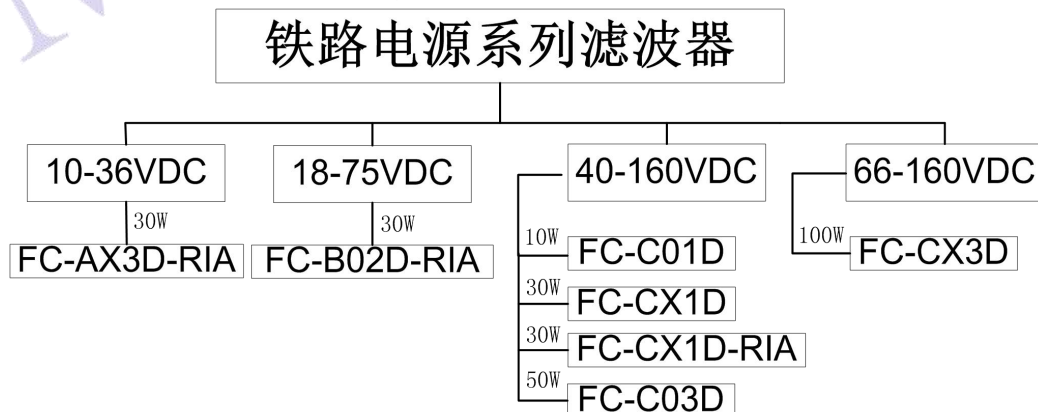


图 2. 铁路电源 EMC 滤波器

1.2 铁路电源标准

铁路上的车辆控制电子设备和器件，在国际上有着严格的规定和管控。在欧洲，最常用的是 EN50155:2007 标准——“铁路设施铁道车辆的电子设备”标准，中国最常用的是铁标 TB/T 3021:2001，而英国常用的标准为 RIA12 用于拖动及运载设备的直流控制系统中瞬态浪涌保护的通用规范”此规范是由铁路工业联合会开发制定的。欧盟标准 EN50155 与中国铁标 TB/T3021 要求基本一致，而 RIA12 标准则要求车载电子设备具有专门的抗浪涌能力。

欧盟标准 EN50155 已慢慢被许多铁路设备生产制造商认可，标准适合于安装在铁道车辆用作控制、调整、保护、供电的全部电子设备，并涉及到蓄电池供电系统和直接与接触系统连接或者未连接的低压电源，但是不适合主电路设备。电源模块作为总线电源转换器件，前端供电主要由车载蓄电池供电或者辅助电源供电。车载电子设备供电电源必须满足 EN50155 需求，其中主要有以下方面需求：

1. 输入电压范围需求；
2. 电磁兼容需求；
3. 机械需求—冲击和振动需求；
4. 温度和湿度工作需求；
5. 隔离电压需求；

EN50155 引用的主要标准和对应的中国铁标如下：

表 1. 欧标与铁标/国标对比

欧盟标准 EN 或 IEC	对应的中国铁标 TB/T 或者国标 GB/T
EN50155 / IEC60571:2007	TB/T3021-2001 铁道机车车辆电子装置
EN50155:2007 / IEC61373:1999	TB/T3058-2002 铁路应用 - 机车车辆设备、冲击和振动试验（IEC61373:1999 相同）
EN50121-3-2:2006	TB/T3034-2002 机车车辆电气设备电磁兼容性、试验及其限值
EN60068:2009	GB/T2423-2008 电工电子产品环境试验

2 标准内容需求

2.1 输入电压范围需求

车载蓄电池的额定供电电压主要有以下几种：24V、48V、72V、96V、110V 等 5 种规格，对于没有稳压装置的蓄电池供电的电子设备，必须在 $0.6V_N$ 和 $1.25V_N$ 间（辅助设备启动或者蓄电池充电电压波动）100ms 波动之间不能引起电子设备的功能改变；必须在浪涌电压 $1.25V_N$ 和 $1.4V_N$ 不超过 1s 间波动，不应引起设备的损坏，但是设备可以不运转。为了满足波动电压范围内使用要求，DC/DC 电源厂家为了留有足够的裕量，设计的输入电压参数能够在 $0.6V_N$ 和 $1.4V_N$ 电压范围内正常工作，并且兼容多个车载蓄电池电压等级。

如 1. 金升阳铁路电源产品 URB1D24LD-20WR3，输入电压范围为 40VDC~160VDC，可兼容车载蓄电池 72VDC、96VDC、110VDC 三个供电电压等级。

2. 金升阳铁路电源产品 URF1D24HB-150W，输入电压范围为 50VDC~160VDC，可兼容车载蓄电池 96VDC 和 110VDC 电供电电压等级要求

2.1.1 额定输入电压范围

表 2.EN50155 输入电压规范

车载蓄电池 V_N	输入电压范围 $0.7*V_N - 1.25*V_N$	电压跌落 (0.1s) ($0.6*V_N$)	瞬态电压 (1s) ($1.4*V_N$)
24V	16.6 - 30V	14.4V	34V
48V	33.6 - 60V	28.8V	67V
72V	50.4 - 90V	43.2V	101V
96V	67.2 - 120V	57.6V	135V
110V	77 - 137.5V	66V	154V

2.1.2 输入电压瞬态 (RIA12 需求)

英国铁路标准 RIA12 《拖动及运载设备的直流控制系统中瞬态浪涌保护的通用规范》，标准要求与供电电源蓄电池连接的电子设备，必须能够经受以下两种波形，尤其是对于 3.5 倍输入电压，持续时间 20ms 的浪涌电压，该浪涌脉冲电压的源阻抗为 0.2Ω ，如果考虑供电蓄电池额定电压为 110VDC，那么如果只是采用单一的钳压器件进行防护，很难吸收（设钳位电压 V_C 为 160VDC）高达 $W = V_N * \frac{3.5V_N - V_C}{r} * t = 2475J$ 的能量，一般瞬时钳压抑制器件很难满足要求，采用封装 1.5KE 系列的 TVS 管，瞬时能够承受 1500W 能量，但是只能承受 1.5J 的能量。

表 3.RIA12 波形参数要求

电压波形	电压等级	持续时间	源阻抗
A	$3.5V_N$	20ms	0.2Ω
B	$1.5V_N$	1s	0.2Ω

金升阳辅助滤波器采用串联导通功率器件形成有源钳位电路，将瞬态的浪涌电压钳位至铁路电源可承受的电压范围之内。

如辅助器 FC-CX3D，输入电压范围 66VDC~160VDC，输出最大功率为 100W，最大的限制钳位电压为 165VDC；采用专利电路--有源钳位电路，可实现最大 98%的效率。

2.1.3 输入电源中断、跌落

EN50155 规定，在输入电压范围内，输入电压可发生 10ms 的中断，规定等级如下：

- S1 级 无中断
- S2 级 10ms 中断

并且 EN50155 规定，在蓄电池组供电和稳定的电压源供电的转换期间，可能发生中断，规定等级如下：

- C1 级 在 $0.6V_N$ 时，100ms 期间不得中断
- C2 级 中断供电 30ms

单独依赖模块电源厂家很难满足 S1 级要求, 车载电子设备需要适当的外围储能电路来满足中断需求, 可采用在电源模块前端增加储能电容即可满足要求。如采用金升阳 URB1D24LD-20WR3 产品供电, 系统需求功率为 15W, 此时电源转换效率为 86%, 则电容可选取:

$$C = \frac{2 * (P_{out} / \eta) * Time}{V_N^2 - V_{star}^2} = \frac{2 * (15W / 0.86) * 10ms}{110^2 VDC - 40^2 VDC} = 33.6\mu F$$

注: 考虑到电解电容的容差, 以及低温条件下, 容值进一步降低, 建议电解电容的容值选择 68uF。

2.2 电磁兼容需求

机车车辆电气设备有不同的端口, 其机车设备端口的分类如下:

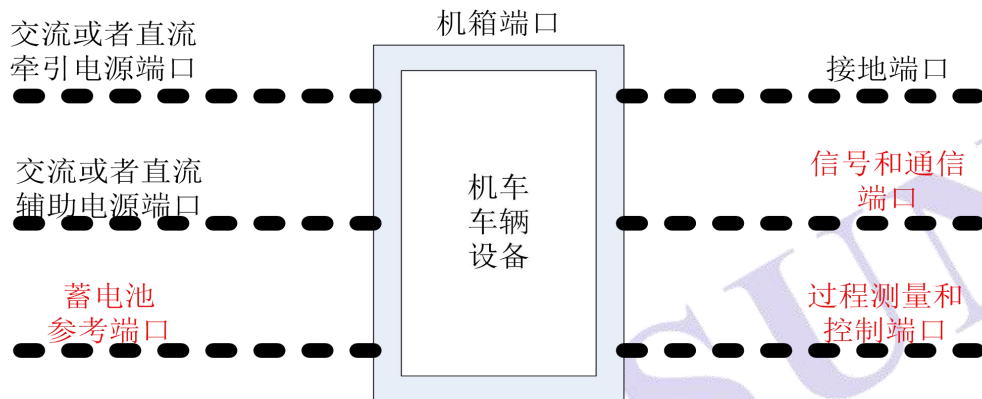


图 3. 机车电气设备接口

不同的电气设备端口, 对于 EMI 的要求是不一致的, 对于蓄电池端口, 在频率段 9kHz~150kHz 是没有传导的限值要求的。对于 EMI 要求部分, 中国的铁标和欧标的限值是不一致的。表 4 为 EN50131-3-2 对蓄电池端口的 EMC 需求, 对于信号和通信端口以及过程测量和控制端口也需要满足此要求。中国铁标 TB/T 3034 对于传导部分的要求为频率段 150kHz~500kHz, 限值要求 79dBuV 准峰值; 频率段 500kHz~30MHz, 限值要求 73dBuV 准峰值。

蓄电池端口对于 EMS 端口能力如表 4 所示, 需要注意的是浪涌骚扰抗扰度试验的浪涌发生器的内阻为 42Ω, 而中国铁标 TB/T 3034 对于浪涌要求是引用 IEC61000-4-5 标准中, 浪涌发生器的放电电阻为 2Ω (差模) / 12Ω (共模)。欧盟标准比中国铁标标准要求弱很多。

表 4. EMI 试验要求项目

试验项目	限值或者试验要求
CE emission <30MHz 150kHz~500kHz 500kHz~30MHz	99dBuV quasi-peak 93dBuV quasi-peak
RE qb at 10m >30MHz 30MHz~230MHz 230MHz~1GHz	40dBuV/m quasi-peak 47dBuV/m quasi-peak

表 5. EMS 试验要求项目

传导骚扰抗扰度	0,15 MHz ... 80 MHz 10 V (r.m.s) 80 % AM, 1 kHz Performance criteria A
群脉冲	± 2 kV 5/50 ns 5 kHz Performance criteria A
浪涌	1.2 / 50 μs ± 2 kV /42 Ω, 0.5 μF 共模开路电压 ± 1 kV /42 Ω, 0.5 μF 差模开路电压 Performance criteria B
静电放电	± 6 kV ± 8 kV Performance criteria B

2.3 振动、冲击需求

根据电子设备在车辆中的安装位置，可分为 3 类：

1 类 安装在车体上

A 级 直接安装在车体上或下的开关柜、部件、设备和零件

B 级 安装在设置于车辆上面或者下面的设备箱内任何物体

2 类 安装在转向架上

3 类 安装在轴上或者车辆轮上面系统

对于某些铁路应用，电子设备是悬挂在车辆的墙壁上或者置于车厢设备的箱内，必须满足 1 类 B 级要求。其试验的振动、冲击试验要求如下：

表 6. 冲击、振动要求

设备位置	性能	EN50155/IEC61373
车载电子	振动试验要求	Category<0.3Kg 5-150Hz 5g
	冲击试验要求	Long./Trans./Vert. axis 5g/3g/3g 30mS/30mS/30mS

为了更容易通过冲击和振动要求，将 DC/DC 电源内部灌满绝缘类环氧树脂，可以很容易阻挡由于冲击和振动带来的机械应力。

2.4 温度/湿度需求

机车车辆外部的环境温度为-40℃~50℃，内部靠近电子设备的空气温度可能处于-40℃~70℃之间变化，靠近印刷 PCB 板周围的空气温度由于器件发热等影响，必须考虑启动过程的过温等影响，印刷 PCB 板温度范围可到-40℃~85℃。

DC/DC 电源需要满足严苛的温度等级 TX 要求，并且在环境温度 85℃情况下，不应引起电源的热保护和车载电子设备的性能异常。

表 7. 温度等级需求

CLAS S	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4
	车厢外温度	车厢内温度	车厢内过温 (10min)	印刷版附近表面温度
T1	-25°C~+40°C	-25°C~+55°C	+15°C	-25°C~+70°C
T2	-40°C~+35°C	-40°C~+55°C	+15°C	-40°C~+70°C
T3	-25°C~+45°C	-25°C~+70°C	+15°C	-25°C~+85°C
TX	-40°C~+50°C	-40°C~+70°C	+15°C	-40°C~+85°C

金升阳铁路电源系列均能够满足环境温度 85°C 的使用要求，甚至部分产品可满足 100°C 的环境使用要求。

为了满足车载电子设备的过隧道要求，外部温度迅速变化过程，要求外界温度变化率要求为 3°C，其最大变化温度范围为 40°C。并且车辆在长距离运行时，外界的湿度也在变化中，需要车载电子设备必须经受交变湿热试验。车载电子设备的要求型式可靠性试验如下：

表 8. 可靠性试验要求

试验项目	依据标准
低温试验	EN60068-2-1 test Ad
高温老化试验	EN60068-2-2 test Bd
湿热交变试验	EN60068-2-30 test Db
低温储存试验	EN60068-2-1

金升阳铁路电源产品，均按照严格的质量管控体系进行设计和生产，可通过铁路要求的型式可靠性试验。

2.5 隔离耐压需求

车载电子设备的介电试验（耐压试验）的试验电压与车载蓄电池的供电电压相关，通过逐渐升压，将试验电压加载到车载电子设备上，并在规定的等级电压上 1min，期间不应出现闪络和击穿现象。试验要求电压如表 8。

表 8. 隔离电压需求

车载蓄电池	隔离耐压要求
24V	500VAC/50Hz/1min
48V	500VAC/50Hz/1min
72~125V	1000VAC/50Hz/1min
125VDC~315V	1500VAC/50Hz/1min

介电试验电压优先取 50Hz 的交流电压,采用相对于交流电压的峰值直流电压也是等同的。也就是说 2250VDC 的隔离电压等同于 1500VAC 的隔离电压要求。需要特别注意的是,对于 96VDC、110VDC 的车载蓄电池供电系统,其蓄电池电压可能被充电至大于 125VDC 及以上,1000VAC 的需求已不能满足其要求,隔离耐压至少达到 1500VAC 的要求。

3 其他注意事项

1. 冗余使用准则

为了增加车载电子设备的可靠性,许多设计对电源部分采用了冗余设计,对于冗余设计电源部分,推荐尽量采用同一厂家的同一型号进行设计。

2. 隔离原则

为了增加散热面积和散热效果,有一些设计直接将 DC/DC 电源模块的散热片直接同机箱外箱相连接,机箱外壳有直接同车厢的车体地相连。对于 96VDC、110VDC 的车载蓄电池来说,电子设备的输入端必须同车体的地保持良好的隔离,需要 DC/DC 电源的输入端同外壳之间保持良好的隔离要求。

3. 防反接功能

车载蓄电池是不支持反接的,一旦接反将会导致放电电流急剧增大,进入直接烧毁车载蓄电池。一般 DC/DC 电源厂家,都没有将防反接功能设计在模块电源中,所以需要增加机械防呆设计或者在 DC/DC 的输入端增加防反接电路。