



DC/DC模块电源在轨道交通行业的应用



1. 概述

随着全球城市化的快速发展，轨道交通网络的建设已经进入快速发展时期。同时对 DC/DC 模块电源在轨道交通领域的应用也提出了更高的要求和挑战。机车电子市场设备应用主要分为三个大类：一是车载设备，二是道旁设备，及地面设备。铁路车载设备因其特殊的应用环境，对电源的要求非常严格。

准确地、系统地理解国际、国内的相关标准，并正确地应用标准，根据标准要求正确的设计 DC/DC 模块电源，从而确认模块电源在轨道交通领域应用的可靠性显得尤其重要。

本应用对国际和国内的相关轨道交通标准进行分析和解读，主要从输入电压要求、电磁兼容要求、机械结构可靠性要求、工作环境要求及安全电气隔离要求等五个方面进行分析讨论如何应用 Density Power Solutions（以下简称 DP）公司的 DC/DC 模块电源方案来满足相关的标准要求。

2. 相关标准

近年来，国际和国内针对铁路系统上应用的电器和电子设备制定了一系列的相关标准，根据各个国家和地区的实际情况，相关的标准和要求各有不同，主要的标准如下：

- 国际/欧洲标准：EN50155, IEC571, EN50125, EN50163…
- 英国标准：RIA12, RIA13, RIA18, RIA20, BR1900…
- 法国标准：NF-F 48 系列, NF-F-01-510, NF-F67000, …
- 德国标准：VDE 0435, 19PFL, …
- 中国标准：GB/T 25119
- 电磁兼容标准：EN 50121-3-2 GB/T 24338-4

其中欧洲的铁路标准 EN50155 在业界的应用越来越广泛，主流的机车车辆上使用的电子装置都采用此标准。

本应用笔记不对相关的标准作一一的解释，重点讨论 DC/DC 模块电源在轨道交通领域应用的五个关键要求和指标：

- 输入电压要求
- 电磁兼容要求



- 机械结构可靠性要求
- 工作环境要求 (温度、湿度)
- 安全电气隔离要求

针对这五个关键要求指标，我们对相关标准的不同要求作了比较和分析，并分析 DP 的 DC/DC 模块电源是如何符合相关的标准和要求，确保产品满足在轨道交通领域应用的技术要求和可靠性。

3. 满足输入电压要求

铁路电子系统和装置一般由蓄电池直接供电，蓄电池供电系统的特性决定了其供电电压范围宽，不稳定性的特点，包括电压跌落、暂降、中断、波动等。一般蓄电池供电的额定电压为：24V，36V，48V，72V，96V 和 110V。

不同的标准对输入电压的要求各有不同，主要包括三个主要方面：正常的输入电压范围、电压快速瞬变、电压浪涌。

作为 DC/DC 模块电源的专业研发和生产者，凭借多年的技术积累和行业经验，DP 针对轨道交通领域应用的 DC/DC 模块电源采用了宽输入电压范围的设计和技术，完全能够满足 EN50155、GB/T25119、NF F 01-510 对输入电压的要求，包括标称输入电压、瞬态电压跌落和浪涌，并考虑了充分的设计裕量和经过严格的产品验证测试。公司的 DNC40W110、DQB100W110，DHB100U110、DHB200W110 等系列产品完全符合相关标准对输入电压的要求。

标称输入	EN50155、GB/T 25119			NF F 01-510			RIA12			Density Power Solutions 模块输入电压范围 (系列)				
	输入电压范围	瞬态		输入电压范围	瞬态		输入电压范围	瞬态			系列	输入电压范围	瞬态	
		低 (100ms)	高(1S)		低 (100ms)	高(100ms)		低 (100ms)	中 (1S)	高 (20ms)				
Vin	0.7-1.25 Vin	0.6xVin	1.4xVin	18-34 V	0.5xVin	12 V	40 V	0.7-1.25 Vin	0.6xVin	1.5xVin	3.5xVin			
24V	16.8-30 V	14.4 V	33.6 V	18-34 V	12 V	40 V	16.6-30V	14.4 V	36 V	84 V	XXW24	9-36 V	50V/100mS	
36V	25.2-45 V	21.6 V	50.4 V	/	/	/	26-45 V	21.6 V	54 V	126 V	XXW48	18-75 V	100V/100mS	
48V	33.6-60 V	28.8 V	67.2 V	/	/	/	33.6-60V	28.8 V	72 V	168 V	XXW48	18-75 V	100V/100mS	
72V	50.4-90 V	43.2 V	100.8 V	50-90 V	36 V	115 V	50.4-90 V	43.2 V	112.5 V	252 V	XXXW110	43-160 V	180V/100mS	
96V	67.2-120 V	57.6 V	134.4 V	/	/	/	67.2-120 V	57.6 V	144 V	336 V	XXXW110	43-160 V	180V/100mS	
110V	77-137.5 V	66 V	154 V	77-137 V	55 V	176 V	77-137.5 V	66 V	165 V	385 V	XXXW110	43-160 V	180V/100mS	

这里要特别说明的，英国 RIA12 的电源浪涌要求相对于其他的标准更为严酷，设备必需能承受大于正常输入电压 3.5 倍/20mS 的浪涌冲击电压。这个浪涌冲击的能量不是一般的压敏保护器件能满足的。例如，110V 标称输入的浪涌电压为 385V，浪涌电压的源阻抗为 0.2 欧姆，如果选用 TVS 将浪涌电压抑制到 160V，其需要吸收的能量约为;3600J。这基本上不可能实现的。也就是说，为了满足 RIA12 的浪涌冲击电压要求，必须设计一个特殊的保护电路和方案。DP 针对 RIA12 的要求，专门开发了一套完整的解决方案，如有相应需求，请联系公司 FAE，我们将会为客户提供模块化设计的解决方案或推荐分离器件设计方案，方便客户应用。

浪涌要求：

铁路电子系统和装置必须承受浪涌，保证设备和装置在工作期间不会因浪涌导致损坏和失效。有关浪涌的幅值、持续时间和源阻抗的要求，在相关的标准中有明确的规定。EN50155，RIA 12，EN61000-4-5，GB/T 25119，具体如下：



	GB/T 25119			EN50155			BRB/RIA 12			EN61000-4-5			
	等级	波形	源阻抗	等级	波形	源阻抗	等级	波形	源阻抗	等级	波形	源阻抗	
线-线耦合	1000V	5/50 μs	100Ω	1800 V	5/50 μs	100Ω	800V	10/100μs	5Ω	1	500V	1.2/50μs	2Ω
				1800 V	5/50 μs	5Ω	1500V	5/50μs	5Ω	2	1000V	1.2/50μs	2Ω
							3000V	0.5/5μs	100Ω	3	2000V	1.2/50μs	2Ω
							4000V	0.1/1μs	100Ω	4	4000V	1.2/50μs	2Ω
							8400 V	0.05/0.1μs	100Ω	7000V	0.05/0.1μs	100Ω	
线-地耦合	2000V	5/50 μs	100Ω	1800 V	5/50 μs	100Ω	800V	10/100μs	5Ω	1	500V	1.2/50μs	12Ω
				1800 V	5/50 μs	5Ω	1500V	5/50μs	5Ω	2	1000V	1.2/50μs	12Ω
							3000V	0.5/5μs	100Ω	3	2000V	1.2/50μs	12Ω
							4000V	0.1/1μs	100Ω	4	4000V	1.2/50μs	12Ω
							8400 V	0.05/0.1μs	100Ω	7000V	0.05/0.1μs	100Ω	

为方便客户的应用，DP 专门开发了相应的浪涌和滤波模块，客户选择相应的浪涌保护和滤波模块配合 DC/DC 模块电源使用从而满足相关的浪涌要求，从而大大的节约客户的开发、调试和测试时间。同时，考虑到客户的不同需求和使用的灵活性，公司提供专业的推荐设计方案可供客户参考。具体请联系公司 FAE。

4. 满足电磁兼容要求 (EMC)

铁路电子系统和装置在实际的工作期间会有不同等级的 EMI 和 EMS 的要求，根据设备和装置在不同的应用场合和环境，相应的 EMI 和 EMS 等级会有所不同。总体上，主流比较通用的 EMC 标准如下：

- EN50121-3-2: Railway Applications-Electromagnetic Compatibility-Part 3-2: Rolling Stock-Apparatus
- NF F 01-510: Railway Rolling Stock Environment Conditions Sustains or Produced by Devices or Organs in Vehicle
- BRB/RIA 18: General Specifications for Interference Testing for Electronic Equipment Used on Traction of Rolling Stock.
- GB/T 24388.4:轨道交通电磁兼容第 3-2 部分：机车车辆设备

测试项目	基础标准	EN 50155 (EN50121-3-2)	Density Power Solutions DC/DC Module Level
CE 0.09 - 0.15 MHz (quasi peak) 0.15 - 0.5 MHz (quasi peak) 0.5 - 30 MHz (quasi peak)	EN 50121-3-2 GB 9254	EN50111 level +20 dB No Limit 99 dBμV (Quasi peak) 93 dBμV (Quasi peak)	满足标准（加推荐的滤波电路）
RE 30 MHz - 230 MHz 230 MHz - 1 GHz	EN 50121-3-2 GB 9254	Measurement at 10m 40 dBμV/m 47 dBμV/m	建议随系统测试
ESD	EN 61000-4-2 GB/T 17626.2	Contact: 6KV Criteria: B Air: 8KV Criteria: B	模块满足：接触放电 6KV Criteria B 模块满足：空气放电 8KV Criteria B
RS (80MHz-1GHz)	EN 61000-4-3 GB/T 17626.3	10V/m Criteria: A	建议随系统测试
EFT	EN 61000-4-4 GB/T 17626.4	2KV Criteria A	满足2KV, Criteria A要求(加推荐的滤波电路)
Surge	EN 61000-4-5 GB/T 17626.5	2KV criteria B	满足4KV, Criteria B要求(加推荐的滤波电路)
CS (150KHz-80MHz)	EN 61000-4-6 GB/T 17626.6	10Vrms Criteria A	模块满足：10Vrms, Criteria A

根据电磁兼容的特性，DC/DC 模块电源作为机车电子系统和设备的一部分，相关的电磁兼容测试和要求需要在配合实际的系统和设备一起按相关的标准要求测试。为了更好的满足实际应用要求，根据多年积累的技术和行业经验，DP 在 DC/DC 模块电源产品研发和设计时充分考虑相关 EMC 要求，并最大程度的保证 DC/DC 模块电源本身满足 EMC 要求并按标准经过严格的测试。同时需要指出的，辐射骚扰 (RE) 和辐射骚扰抗扰度 (RS) 议配合系统



测试。

5. 满足机械结构可靠性要求：

铁路电子系统和装置根据不同的应用场合和条件，其相应的对机械结构可靠性的要求也会有所不同，主要的应用场合为以下 3 类，其中车载设备对振动和冲击的要求是非常严格的。

- 地面设备和系统
- 道旁设备和系统
- 车载设备和系统

相应的比较通用的标准包括如下：

- EN50155: Railway Application Electronic Equipment – Used on Rolling Stock
- EN61373: Railway Applications-Rolling Stock Equipment-Shock and Vibration Tests
- IEC68: Basic Environmental Testing Procedures
- NF F 05-510: Railway Fixed Equipment Environment Conditions Generated by or to Which Signaling or Driver Aid Devices or Equipment are Subjected
- BS2011: Basic Environment Testing Procedures
- BRB/RIA 13: General Specification for Electronic Equipment Used on Traction and Rolling Stock.
- BRB/RIA 20: Requirements for Vibration and Shock Testing for Railway Vehicles

DP 的 DC/DC 模块电源根据相应的标准作测试做了严格的测试和验证。DC/DC 模块电源采用高可靠性的灌胶工艺，从而保证了模块电源内部的结构强度和可靠性；同时在提供了灵活的安装方式：客户即可以通过底面锁螺丝将模块电源固定在 PCB 板上，也同时可以通过模块电源的顶部锁螺丝将模块电源固定在系统的结构件上。不仅增强了机械结构强度同时给客户提供了灵活性的安装方式。

应用场合	测试项目	EN50155 GB/T25119	EN50155 GB/T25119	NF F 01-510(Rolling stock)	BRO/RIA20	Density Power Solutions 模块电源检验标准
车载	Vibration Frequency range Acceleration	Category 1/Class B Long. / Trans. / Vert. axis 5 - 150 Hz 3.5/5.5/7.9 m/S ²	Category 1/Class B Long. / Trans. / Vert. axis 5 - 150 Hz 2.55/3.96/5.72 m/S ²	Category «Bogies» 0 - 150 Hz ASD density : 0.1g ² /Hz	Category 2 «Bogies» 20 - 600 Hz ASD density : 0.1g ² /Hz	符合
	Shock (Half sinus) Peak acceleration Duration	Long. / Trans. / Vert. axis 50 / 30 / 30 m/S ² 30 ms / 30ms / 30ms	Long. / Trans. / Vert. axis 50 / 30 / 30 m/S ² 30 ms / 30ms / 30ms	Category «essieu» 50g 10 ms	Category 2 «Bogies» 50g 11 ms	符合

6. 满足温度、湿度环境要求：

温度是影响 DC/DC 模块电源的可靠性的非常重要的因素。EN50155 和 GB/T25119 对温度要求都作了明确的规定，其中是 EN50155 明确的规定了 4 个不同等级的温度，及对应外部环境温度、柜内温度、10 分钟持续的高温等明确要求。具体如下表：



分级	GB/T 25119	EN50155			Density Power Solutions
	最大温度范围	外部环境温度	柜内温度	装置板周围环境温度	模块电源检验标准
T1	工作温度: -25°C to +85°C 最低存储温度: -40°C	-25°C to +40°C	-25°C to +55°C	-25°C to +70°C	-40°C to +85°C, 基板温度+100°C
T2		-40°C to +30°C	-40°C to +55°C	-40°C to +70°C	-40°C to +85°C, 基板温度+100°C
T3		-25°C to +45°C	-25°C to +70°C	-25°C to +85°C	-40°C to +85°C, 基板温度+100°C
TX		-40°C to +50°C	-40°C to +70°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C, 基板温度+100°C

在 DC/DC 模块电源实际应用时，不仅需要考虑工作的环境温度，同时也要考虑模块电源的外壳温度，DP 的模块电源设计保证在外壳温度 100°C 以下时，模块电源保证满功率输出。因此，在选用和使用过程中，建议客户综合考虑系统设计的散热设计，保证模块电源在正常和最恶劣的使用条件下，模块电源的外壳温度不要超过 100°C。DP 的电源模块内部采用高导热性能的灌胶工艺保证模块内部温度的均匀性，同时模块电源自带过温保护功能。在特殊情况下，如外壳温度超宽 100°C，模块电源将进入过温保护模式从而避免因高温而损坏模块电源本身。DP 的模块电源提供了灵活的散热片安装方式，客户在使用时可以根据实际的应用条件安装额外的散热器。

另外，铁路电子系统和装置对湿度也有相应的要求和规定。DP 的 DC/DC 模块电源全部符合相关的标准要求并通过测试。(EN50155, GB/T 25119.)

标准	GB/T 25119	EN50155	NF F 01-510	BS2011 / IEC-68-2-3
湿度要求	30天,95%RH	30天,95%RH	100%RH	56天,93%RH

7. 满足电气隔离绝缘要求

铁路电子系统和装置为了满足安全隔离要求，对相应的绝缘隔离作了规定。需要注意的，EN50155 和 GB/T25119 规定标称隔离电压是海拔高度不超过 1400 米，如果海拔是 2500 米等级的设备，其耐受电压应该乘以海拔修正系数 (Ka=1.145)。

额定输入电压	GB/T 25119	EN50155	NF F 670001	Density Power Solutions 模块电源耐压试验标准
24 VDC	500Vac/50Hz/1min.	500Vac/50Hz/1min. or 707Vdc/1min.	Group A : 1.5KVac/1min.	1.5KVac/1min.
48 VDC	500Vac/50Hz/1min.	500Vac/50Hz/1min. or 707Vdc/1min.*	Group A : 1.5KVac/1min.	1.5KVac/1min.
72 - 125 VDC	1KVac/50Hz/1min.	1KVac/50Hz/1min. or 1414Vdc/1min.*	Group A : 1.5KVac/1min.	1.5KVac/1min.
125 - 315 V	1KVac/50Hz/1min.	1.5KVac/50Hz/1 min. or 2121Vdc/1min.*	Group A : 1.5KVac/1min.	1.5KVac/1min.

About Density Power Group

Density Power Group 公司致力于全球领先的，高效率、高功率密度，高可靠性电源产品的研究、生产和销售。为客户提供电力电子变换器、工业应用电源的完整解决方案。公司产品广泛应用于工业控制、电力、轨道交通、仪器仪表、船舶、通信和数据中心等高性能与高可靠性领域。公司主要产品有 DC/DC 模块、AC/DC、UPS、EPS 和逆变器等，并为客户提供专业的定制和解决方案。公司拥有业界一流的技术和管理团队、完善的管理流程体系、先进的研发、测试、生产设备和系统平台，核心管理和技术团队来自国际知名电源公司，拥有 20 多年的电源行业经验。



公司开发的 DNC40W110、DQB100W110, DHB100U110、DHB200W110 系列产品, 面向轨道交通行业应用, 完全符合相关的国内、国际标准, 满足轨道交通行业应用的严格的要求。公司不仅提供标准的模块电源产品, 同时为客户提供本地化的、专业的电源定制和解决方案。

Density Power — Dedicated · Professional



附：DC/DC 模块电源在机车上的典型应用:

