精准带通滤波器在铁路通讯上的应用

Precision Bandpass Filters in the Applications of Railway Communications

刘寅、吴昉、史庆军，苏州络湾电子科技有限公司

国内铁路无线通讯系统使用的GSM-R的上行频率是885-889MHz，下行是930-934MHz；无线通讯运营商，如中国移动及中国联通的GSM系统下行频段为935-960MHz，两者相隔仅1MHz。因为两者间隔很近，在实际应用中，铁路通讯系统极易被运营商的高功率信号干扰并造成通讯闭塞及掉线。特别是在突发事件等意外发生时，这种通讯闭塞往往会加大突发事件所衍生的损失。滤除铁路无线通讯系统受到的干扰对保障通讯畅通、安全，提高铁路系统应变能力至关重要。

苏州络湾公司为满足铁路系统需求，开发了精准滤波器。[1、2]此滤波器的特点是，在下行频带边缘，即频率大于934-935MHz区间，陡度大于16dB。此滤波器经过实验室及装车在实际使用环境中测试，完全能满足使用要求。

精准滤波器参数规格

络湾公司的滤波器性能如表1所示。本滤波器带内插损为：频带中心小于1dB，频带边缘（934MHz）<1.8dB；在隔绝GSM-R与GSM的关键区域934-935MHz范围内陡度大，抑制达16dB以上。

由于机车内设备室尺寸有限，要求附加器件的尺寸小、重量轻。络湾公司的滤波器尺寸为225×115×75mm，重量为2kg。

表1
络湾公司精准滤波器参数

	频率（MHz）	特征值（dB）
插入损耗	885-889	<1.0
	930-933.5	<1.0
	933.5-934	<1.8
带外抑制	934.5	>5
	935	>16
	>936	>20
带内波动	885-889	≤0.5
	930-934	≤1.0
回波损耗	885-889	≥10
	930-934	≥10
温度稳定性	-40–70℃	无明显变化

测试方法及设置

本实验采用的测试设备有：安捷伦8753E网络分析仪、安捷伦E5071C网络分析仪、铁路机车车载标准通信设备、泰克SA2600频谱仪。

本次测试主要分为三种环境：

一、无线实验室：滤波器在发射功率50W的无线实验室微蜂窝环境中，利用频谱仪对滤波器通带和阻带进行精确测试。目的是在无线环境中测量滤波器S12参数的具体值，分析滤波器的实际性能。

二、环境实验室：测量滤波器在不同温度及震动环境下的工作稳定性。

三、机车实际运行环境：滤波器连接在高铁列车的天线与车载通讯设备间进行实际环境测试。测试在列车运行中是否有掉线或断网现象。

表2
环境测试条件

	振动幅值	位移幅值3.5mm (频率范围10-55Hz)
振动试验（正弦）	加速度幅值	10m/s²
	振动方向	3轴向
	等待时间	3×2扫描周期10min
	样品状态	不带包装
自由跌落试验	跌落高度	1m
	次数	每个面各一次
	样品状态	包装状态
高温储存	试验条件	70℃
	试验持续时间	72h
	恢复时间	2h
低温储存	试验条件	-40℃±3℃
	试验持续时间	72h
	恢复时间	2h
高低温试验	试验条件	-40，70℃
	试验持续时间	16h
	恢复时间	2h

表3
高低温试验过程中参数变化

温度	平均带内插损		带外抑制
	885-889MHz	930-934MHz	935MHz
25℃	-0.34	-1.40	-17.1
70℃	-0.34	-1.37	-16.0
-40℃	-0.34	-1.42	-18.6
25℃	-0.34	-1.40	-17.2

表4
机车测试数据表

机车	原状态	不加滤波器	加滤波器后	引入插损
1	语音信号	-51	-53	2
	数据信号	-53	-55	2
	语音数据天线互换状态			
	语音信号	-55	-55	0
	数据信号	-51	-51	0
	频谱仪测试933.2Mhz			
	语音信号	-59	-59.8	0.8
2	语音信号	-63	-63	0
	数据信号	-73	-73	0
	语音数据互换状态			
	语音信号	-73	-73	0
	数据信号	-63	-63	0
	频谱仪测试933.2Mhz			
	语音信号	-61.92	-63.2	1.28
	数据信号	-61.52	-62.98	1.46
3	语音信号	-63	-63	0
	数据信号	-73	-73	0
4	语音信号	-67	-67	0
	数据信号	-57	-59	2
平均损耗		-60.5	-60.8	0.3

测试结果

1、无线实验室测试：

络湾公司的精准滤波器在上海铁路局无线实验室中发射功率50W的微蜂窝环境下，用频谱仪进行测试，测试频段为930.2-934.6MHz。

通带范围：在930.2-934.0MHz频段，加入滤波器带来的插损为0.08dB-1.1dB。

阻带范围：在934.2MHz处，加入滤波器带来的插损为3.4dB。

在934.4MHz处，加入滤波器带来的插损为5.7dB。

在934.6MHz处，加入滤波器带来的插损为7.3dB。

无线实验室的测试数据与网络分析仪的测试结果吻合。

2、环境实验室测试：

环境试验根据国标GB/T2423.10-2008完成。具体细节见表2。

各项试验过程前后参数无变化。高低温试验过程中参数无变化（表3）。

3、机车实际运行实验

实验包括四个阶段：

阶段一：装车测试：

共有两个滤波器被分别安装在上海铁路局高铁动车组首尾两个车头上进行测试。

试验中分别对4部机车安装滤波器，用机车上无线强度表测试安装滤波器前后无线电频带的强度，并用频谱仪进行测试对比。频谱仪显示加入滤波器后在933.2MHz处带来的信号强度变化为0.8dB，机车无线强度表显示信号强度变化平均值为0.3dB（表4）。

经实际车载测试，930-934MHz通带内信号插损为0.3。

阶段二：机车运行测试：

2013年7月26日至8月23日，滤波器装车运行时间约1个月。列车南至厦门，北达北京，经历了罕见的高热天气（45℃）。期间未发现任何断网掉线的现象。

阶段三：运行后机车测试：

用于车载实验的滤波器样品在车载前后经网络分析议进行测试（表5），由表5中可见性能变化不大。

在上述试验后，公司改进了滤波器设计。网络分析仪测试的数据见图1。新的滤波器带内插损在拐点934MHz处约为-1.6dB，带外抑制在935MHz处约为-21.5dB。

新的滤波器在和谐号高铁上配置于天线和动态监视系统（DMS）间，进行了实际运行测试。结果表明，装载滤波器后，系统行进中的时延减少了25%以上，从而改善了机车和监控中心的通讯。

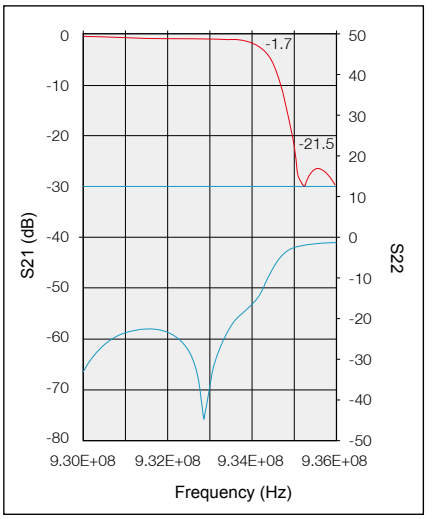

图1. 新一代滤波器S21和S22测试图。

结论

苏州络湾公司开发的车载铁路无线通讯系统用滤波器成功通过了实验室测试和国标环境测试，并进行了车载运行实验。本次测试的滤波器经过一个月左右的连续车载实验，滤波器随列车南至厦门，北达北京，经历了罕见的高热天气（45℃），期间未发现任何断网掉线的现象，保证了885-889MHz以及930-934MHz频段内通话正常，成功滤除此频段外的干扰信号。滤波器在动态监视系统使用后，减少了时延25%以上。■

参考文献

1. 刘寅、吴昉等：《用于同轴谐振双工器的谐振腔和同轴谐振双工器》专利号：ZL201320328370.9。
2. 刘寅、吴昉、史庆军等：《一种射频滤波器、含射频滤波器的装置及其设计方法》，专利申请号：201210264987.9。

表5
滤波器装车前后S12参数测试比较表

滤波器		885MHz	889MHz	930MHz	934MHz	935MHz
GSM-I(1)	装车前	-0.26	-0.37	-0.93	-1.8	-18.3
	车载实验后	-0.35	-0.31	-1.4	-1.4	-16.46
GSM-I(2)	装车前	-0.71	-0.26	-0.73	-1.63	-15.5
	车载实验后	-0.96	-0.3	-0.71	-1.71	-17.3