**基于GSM-R和DMR的双模列尾技术在青藏铁路应用展望**

作者

**摘要**：目前，青藏铁路装配的模拟列尾装置在保证列车安全运行中起着重要作用。但由于青藏铁路环境过于恶劣，高海拔、高寒、山区等条件导致模拟列尾在有些区段会出现通信中断的现象。于是，一种采用GSM-R和DMR的双模列尾技术受到了关注，通过支持GSM-R和DMR两种数字通信方式，来增加列车装置与列尾设备通信的可靠性。

**关键字**：青藏列尾设备，双模列尾，GSM-R，DMR

# 引言

青藏铁路全长1956Km，约900Km的路段平均海拔在4000Km以上，青藏铁路是全国平均海拔最高的铁路，穿过地形复杂的唐古拉山脉，地理环境极其恶劣。根据统计数据，在环境恶劣的区段，列尾装置与机车装置因通信不上而产生的年故障率在10%左右。这给安全行车带来一定的安全隐患，同时也说明现有的模拟列尾装置在解决青藏铁路的通信问题上存在不足。而具有更高可靠性的GSM-R和DMR的双模系统，将对解决这一难题起到重要作用。

# 双模系统介绍

基于GSM-R和DMR双模货物列车尾部安全防护系统包括机车设备、出入库检测装置、列尾设备、列尾检测装置，系统组成框图如图1所示：



1. 双模货物列车尾部安全防护系统框图

机车设备与列尾设备之间通过GSM-R和DMR两种方式进行通信，在两个通道上同时传输列尾风压、电池电压、运动状态等信息。目前，GSM-R的网络覆盖条件已经很好，基于GSM-R网络来通信，可以克服隧道、山区等恶劣的环境。而另一个通道上的DMR数据，将为双模系统提供直接通信的通道，具有更高的时效性。

## 系统功能

系统功能概述如下：

1. 通过机车装置向列尾装置手动查询列车尾部风压，机车装置显示返回的风压数值并进行语音播报。
2. 机车装置按规定的时间间隔自动向列尾装置查询列车尾部风压，并显示返回的风压数值。机车装置超过规定时间没有收到列尾信息时，发出通信失效告警。
3. 通过机车装置控制列尾装置辅助排风制动。
4. 列尾装置检测到列车管风压低于设定值时，自动向机车装置发送报警信息。机车装置显示风压值并进行语音提示，人工确认后向列尾装置发送报警确认信息，列尾装置收到后停止发送报警信息，机车装置停止语音提示。
5. 列尾装置检测到电池电量不足时，自动向机车装置发送报警信息，机车装置显示并进行语音提示，人工确认后向列尾装置发送报警确认信息，列尾装置收到后停止发送报警信息，机车装置停止语音提示。
6. 通过机车装置消号，机车装置和列尾装置解除连接关系。
7. 通过机车装置断连，机车装置解除连接关系。

## 通信机制

当机车设备向列尾设备发起查询操作时，会在GSM-R和400MHz连个通道都发送查询命令。列尾设备以收到信息的相应通道分别进行应答。

如果机车设备在规定的较短时间内（比如8s~10s），收到2个通道的信息，则只响应先接收的那个通道的信息。

# 列尾技术对比

## 模拟列尾技术

模拟列尾采用FFSK（Fast FSK）调制技术，将列尾风压、电池状态等原始信息生成FFSK已调模拟信号，再通过450MHz电台来传输。FFSK是2FSK一种特殊情况，调制后的信号包络恒定，相位连续，由于两个频率的频差满足相互正交，所以具有较好的传输特性。模拟列尾的收发原理如图2，图3所示：



1. FFSK信号发射



1. FFSK信号接收

## 双模列尾技术

### GSM-R系统

GSM-R（GSM-Railway）是铁路专用数字移动通信系统，青藏铁路已经全线覆盖GSM-R网络。可进行语音和数据传输。GSM-R系统具有以下特点：

* 基于GSM-R传输平台，可提双向安全数据传输通道；
* 基站采用交织组网，无盲区、设备冗余、实现加密；
* 能够满足移动速度高达500Km/h情况下的无缝通信；
* 有限频点数（例如20个）的有效利用；
* 网络覆盖情况好，载干比（C/I）至少达到12dB，在指定区域内场强信号达到95%的时间地点覆盖率，信号强度大于-90dBm；
* 越区切换成功率必须高于99.5%；
* 保证车站和编组站场以及隧道内的覆盖满足要求；

可见，GSM-R在数据的可靠传输方面具有很大优势，所以列尾设备通过GSM-R系统与机车设备进行通信，可以在恶劣环境下大幅提高通信成功率，破解目前的难题。

### DMR数字通信系统

DMR（Digital Mobile Radio）是欧洲电信标准协会于2005年4月推出的数字移动无线系统标准，用于替代模拟技术。DMR的主要应用市场可分为3大类别：商业、公共安全和专业行业用户。每种类别均有各异的产品和标准。而 DMR 则涵盖全部3大类别，例如公共安全、私人安全、政府、教育、学校和餐饮业、制造业和建筑业、公共设施、交通、石油和天然气行业等等。DMR的主要技术优点：

1. 音频性能卓越

DMR数字技术可更好地抑制噪音，尤其是在覆盖范围的边缘，拥有比模拟技术更优质的语音质量，这些优点均得益于窄带编解码器的应用以及数字纠错技术。

1. 用户容量增大一倍

DMR采用TDMA方式，在12.5kHz带宽上通过2个交替的时隙进行通信，提高了用户容量。

1. 安全性强

在模拟信道上，语音信号很容易被监听。然而，利用DMR先进的数字技术，如果信令或ID（总数达16776415个）不匹配，语音信号是无法被监听的，从而最大限度地确保用户通讯的安全性。

DMR是采用4FSK调制，空口传输数据率为9.6kb/s。在列尾设备中，采用DMR的CSBK（Control Signalling Block）帧进行数据传输，CSBK在DMR的标准中作为控制信令传输，具有较高的可靠性。用CSBK来进行列尾信息传输可以保证列尾信息可靠传输。

采用DMR技术的列尾设备与模拟列尾工作过程类似，不需要通过基站等设备，而是点对点的直接通信。其原理框图如图4所示：



1. DMR通道信号发射



1. DMR通道信号接收

## 技术对比

通过上面的介绍我们可以了解，双模列尾的其中一个模式是基于DMR电台进行信号传输，与模拟列尾采用模拟电台相类似，在技术上比较如下：

1. DMR标准的信道编码采用了可靠的前向纠错和交织编码技术，抗干扰能力强。而模拟列尾直接将原始数据进行传输，所以DMR系统具有更强的可靠性。
2. DMR属于时分系统，信道带宽12.5KHz，相比模拟技术具有更高的频谱利用率，增大了系统容量。
3. DMR的数据传输速率为9.6Kbps，FFSK调制可选1.2Kbps、2.4Kbps、4.8Kbps，铁路上采用1.2Kbps，所以DMR具有更高的数据传输速率。

综上DMR技术与模拟列尾技术对比如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统名称 | 主要技术 | 编码方案 | 信道带宽 | 数据率 |
| 模拟列尾 | FFSK | 无 | 12.5KHz（FDMA） | 1.2Kbps |
| 双模列尾 | DMR（4FSK） | FEC和交织 | 12.5KHz（TDMA） | 9.6Kbps |

另外，与上面2种技术相比，GSM-R系统是极为庞大。前面的章节已经介绍，不管在网络覆盖还是可靠性上，GSM-R都更加优秀。即便在双模系统中，GSM-R也是作为优先采用的通信模式。所以，GSM-R与DMR的双模技术是强强结合，公共完成信息的可靠传输。

# 结论

青藏铁路列尾防护系统已上线多年，通过了长时间的安全行车验证了系统的可靠性与安全性。但由于青藏铁路部分区段环境极为恶劣，需要更加优秀的技术方案来解决这样。在理论上， GSM-R与DMR都要优于现有的模拟技术。所以相信采用GSM-R与DMR技术的双模系统，经过现场试验的验证后，将会在青藏铁路发挥重要作用。

# 参考文献

[1]周峰，浅谈铁路列尾防护系统在青藏线的应用[J]. 铁道通信信号专刊 2016.

[2]黄敏,王长林,曹均平.基于GSM-R的增强型列车控制系统在青藏铁路的应用[J].铁路计算机应用，2006,15(7).

[3] 张守利.基于GSM-R和GPS技术的列车控制技术研究[J].铁道工程学报,2008(10).