

# 市域铁路 C2+ATO 自动折返现场验证 工作小组会议记录



〔2022〕07 号

## 通信信号车载接口协议及 通信测试序列讨论会会议记录

2022 年 5 月 6 日，铁四院牵头召开了市域铁路 C2+ATO 自动折返现场验证通信信号车载接口协议及通信测试序列讨论会。会议采用线上视频会的形式。参会单位有铁四院、北京六捷、天津 712 厂、上海通信信息集团、上海通号工程局。

会上铁四院对北京卡斯柯实验室试验环境搭建进度及信号设备准备情况进行了介绍，天津 712 厂对北京卡斯柯现场实验室现场对接情况进行了汇报，上海通信工厂针对通信测试大纲及测试指标提出了调整建议。各参会单位针对以上内容开展讨论，形成会议纪要如下：

1、根据北京卡斯柯实验室目前现场条件，完成了 LTE 车载台、调度服务器、调度台与 LTE 核心网对接；LTE 车载台与应用接口服务器对接（车次号校核、列车启动停稳、调度命令等协议交互功能）；LTE 车载台与车载信号设备对接（车次信息协议交互功能，包括车次号、实速、公里标、激活端、启停等）的预

接入模拟测试。其中，卡斯柯 CTC 服务器环境不具备，采用六捷提供的 CTC 模拟软件代替测试；卡斯柯仅具备一套车载信号设备模拟试环境，在单端模拟了折返换端场景的验证，尚未实现双端折返激活切换功能的测试。通过此次接口测试发现的问题，分别对《市域铁路 CTCS2+ATO 列控系统 LTE 应用接口系统接口协议》、《市域铁路 LTE-M 移动通信系统车载台与车载信号设备接口方案细则》协议中的部分字段进行了修改。修改内容如下：

1) 车次号信息由原 **“8 位” 更改为 “9 位”**，车次号信息格式修改为限定最大 4 位车次号标识符+最大 5 位车次号数字部分，不足 9 位补充 0x00，预留字段由原 **“20 个字节”** 调整为 **“19 个字节”**。

2) 无效车次号由原 **“20H=空” 改为 “ 0x00=空”**。

3) 通信车载设备接收信号 ATP/ATO 应答器编号信息为十六进制，通信自行定义对应转换关系判断线路编号。

以上修改内容已经过通信车载及卡斯柯信号车载设备厂家确认，修改后通信与信号车载接口协议见附件 2，后续各设备厂家按附件内容统一执行。

2、根据市域铁路 C2+ATO 自动折返信号现场验证测试序列和案例，上海通信工厂针对通信测试大纲及测试指标提出了调整建议，经过讨论形成统一意见，修改后测试大纲详见附件 3。其主要建议如下：

1) 通信在北京卡斯柯实验室以完成通信车载及调度命令等相关测试为主, 暂不测 LTE 集群功能 (纳入 LTE 系统独立试验验证)

2) 测试大纲内容分为实验室静态测试和现场动态测试, 如现场测试不具备条件, 将动态测试内容纳入静态测试一并完成。

3) 测试阶段由六捷提供的接口监测系统及第三方测试单位 (北交大) 完成抓包和数据分析, 各家配合做好测试记录, 并形成测试报告。5 月 22 日前完成测试案例记录表格及相关第三方测试准备。

附件 1: 参加会议人员名单

附件 2: 市域铁路通信车载台与 ATP/ATO 设备通信接口协议

附件 3: 市域铁路 C2+ATO 自动折返现场验证试验大纲 (通信部分)

市域铁路 C2+ATO 自动折返

现场验证工作小组

2022 年 5 月 9 日

---

分送: 市域铁路 C2+ATO 自动折返现场验证工作小组各成员单位

拟稿: 中铁第四勘察设计院集团有限公司      辛怡

---

### 附件 1：参加会议人员名单

序号	单位	姓名	备注
1	中铁第四勘察设计院集团有限公司	辛怡	
2	通号通信信息集团上海有限公司	张露露、肖正杰	
3	天津 712	姚金龙、庞通、唐 艳兵	
4	北京六捷	杨鹏	
5	上海通号工程局	雷杰	

## 附件 2: 市域铁路通信车载台与 ATP/ATO 设备通信接口协议

车载信号设备发送通信车载设备的数据帧格式见表 G.1。

序号	内 容	字节数	内 容 说 明
1.	数据帧头	2	数据帧头 10 02
2.	数据长度	2	数据内容与 CRC 校验长度加和
3.	通信序号	1	0x00~0xFF 循环累加计数
4.	版本号	4	软件版本, 信号厂家自定义, 软件升级时递增此值
5.	车次信息	9	顺序填入 ASCII 码。(A=0x41 0x00=空) 无效时全部固定填入 0x00 车次号构成: 最大 4 位车次号标识符+最大 5 位车次号数字部分 例: S1234、S12345、AB1234、ABCD12345
6.	激活信息	1	0x00 当前端未激活, 0x01 当前端激活, 0xFF 无效或未知
7.	年、月、日、时、分、秒	7	十六进制, 年 2 字节, 月、日、时、分、秒各一个字节 无效时全部固定填入 0xFF
8.	应答器编号	3	十六进制 b23~b14: 地区编号 (高 7 位=大区编号, 低 3 位=分区编号) b13~b0: 应答器标识号 (高 6 位=车站编号, 低 8 位=应答器编号) 无效时全部固定填入 0xFF 例如: 应答器编号为 041-1-1-037 对应 0x52 41 25
9.	公里标(ATP)	4	单位:米 四字节:公里标绝对值 无效时全部固定填入 0xFF K374+524 对应 0x00 05 B6 FC K375+995 对应 0x00 05 BC BB 需将此种格式公里标转换为单位为米的整数
10.	实速	3	列车实际速度, 单位 km/h, 整数 120km/h 对应 0x00 00 78
11.	车辆启动/停稳	1	0x01 列车启动、0x02 列车停稳, 0x00/0xFF 未知
12.	预留	19	默认填写 0xFF
13.	CRC	2	数据校验结果

序号	内 容	字节数	内 容 说 明
1.	数据帧头	2	数据帧头 10 02
2.	数据长度	2	数据内容与 CRC 校验长度加和
3.	通信序号	1	0x00~0xFF 循环累加计数
4.	版本号	4	软件版本，信号厂家自定义，软件升级时递增此值
14.	数据帧尾	2	数据帧尾 10 03

通信车载设备应答车载信号设备的数据帧格式见表 G.2。

序号	内 容	字节数	内 容 说 明
1.	数据帧头	2	数据帧头 10 02
2.	数据长度	2	数据与 CRC 校验长度加和
3.	通信序号	1	应答接收的相同序号，0x00~0xFF
4.	版本号	4	软件版本，车载台厂家自定义，软件升级时递增此值
5.	车次信息	9	顺序填入 ASCII 码。（A=0x41 0x00=空） 无效时全部固定填入 0x00 确认当前信号发送的车次号，或调度确认后的车次号
6.	换端状态确认	1	0x00 当前端未激活，0x01 当前端激活，0xFF 无效或未知，跟随车辆信号控制
7.	车载台的工作状态	1	十六进制， 0x00 工作异常，0x01 工作正常，0xFF 当前状态未知或正在自检
8.	预留	19	默认填写 0xFF
9.	CRC	2	数据校验结果
10.	数据帧尾	2	数据帧尾 10 03

### 附件 3：市域铁路 C2+AT0 自动折返现场验证试验大纲（通信部分）

## 1.1 通信

### 1.1.1 试验准备

#### 1.1.1.1 技术制式和试验频率

市域铁路基于 LTE 系统的 C2+ATO 市域铁路的自动折返功能试验验证，LTE 系统主要技术制式和试验频率如下：

- （1）技术制式：采用基于 3GPP 及 B-TrunC 标准的 TD-LTE 系统；
- （2）试验频率：根据现场测试结果，试验频率拟采用 1.8GHz。要求试验系统设备硬件应支持 1785~1805MHz 频段。

#### 1.1.1.2 试验条件

（1）动态试验前完成试验线路 1.8GHz 电磁干扰摸底测试工作，了解吕四站周边实际的电磁环境状况，对于此频道干扰信号报请当地无委及时协调清频。

（2）动态试验前应完成实验室内各厂家设备的功能验证，以及核心网与信号 CTC 设备、TSRS 设备互联、核心网与应用系统互联、核心网与调度服务器互联等测试，确定试验设备版本。

（3）试验段沿线设备安装调试完成，并完成 LTE-M 网络优化，符合试验要求。

### 1.1.2 静态试验

验证实验室静态条件下对 LTE-M 系统、应用接口服务器、车载终端及调度台设备条件进行确认，确保 LTE-M 系统与应用接口服务器、通信信号车载设备接口互联等实验预置条件及业务功能验证；试验期间记录试验设备版本、设备配置及关键技术指标。

### **1.1.3 动态实验**

#### **(1) LTE-M 网络关键服务质量指标试验**

测试 LTE-M 网络基本性能：上下行数据吞吐量（机房内静态）、端到端数据传输时延、丢/误包率、传输干扰率等。

#### **(2) LTE-M 承载 C2+ATO 业务、调度命令/车次号校核业务功能试验及主要性能**

1) 验证 LTE-M 承载调度命令及列车无线车次号校核信息传送业务的转发成功率、时延等。

2) 验证 LTE-M 承载 ATO 自动驾驶信息传送业务的连接成功率、连接丢失率等。

#### **(3) LTE-M 宽带集群通信业务功能试验**

1) 验证 LTE-M 宽带集群技术承载调度语音通信功能，利用试验用车载台设备与地面固定台进行车地双向调度语音通话，包括个呼、组呼、功能寻址等。

2) 验证 LTE-M 宽带集群技术承载调度语音通信类业务服务质量指标，包括呼叫建立时间和成功率、组呼 PTT 抢占时间和成功率、语音质量 MOS、端到端语音延时、语音业务带宽等。

#### **(4) LTE-M 车载台与信号设备间接口功能试验**

1) 验证通信车载台通过信号车载 ATP/ATO 设备对运行公里标、车次号等信息的获取、本地查询与转发功能。

2) 验证通信车载台配合信号自动折返功能的车次号注册与注销，以及换端信息的传送。



## **(5) LTE 应用接口系统试验**

### **1) 业务功能测试**

- 验证 LTE 应用接口系统转发无线车次号校核信息正常
- 验证 LTE 应用接口系统转发列车停稳/启动信息正常
- 验证 LTE 应用接口系统转发调度命令信息正常
- 验证 LTE 应用接口系统转发列车进路预告信息正常

### **2) 网管告警功能测试**

- 验证调度命令信息转发失败告警功能正常
- 验证列车进路预告信息转发失败告警功能正常
- 验证应用单元网口连接中断告警功能正常
- 验证应用单元性能指标超过门限的告警功能正常
- 验证应用单元重要进程缺失告警功能正常

### **3) 冗余功能测试**

- 验证应用单元单网口故障，业务正常
- 验证应用单元双网口故障，主备发生切换，切换后业务正常

## **(6) LTE-M 接口监测系统试验**

### **1) 业务监测功能测试**

- 验证监测无线车次号校核信息功能正常
- 验证监测列车停稳/启动信息功能正常
- 验证监测调度命令信息功能正常
- 验证监测列车进路预告信息功能正常
- 验证监测 C2+ATO 列控业务数据功能正常

- 验证监测处理 C2+ATO 呼叫记录功能正常

## 2) 信令监测功能测试

- 验证监测 eNodeB 与 S-GW 之间的 S1-MME 接口信令功能正常
- 验证监测处理 S1-MME 接口信令交互过程功能正常
- 验证监测 C2+ATO 呼叫 TCP 信令功能正常

## 3) 统计功能测试

- 验证统计调度命令转发成功率功能正常
- 验证统计列车进路预告转发成功率功能正常
- 验证统计 C2+ATO 呼叫 TCP 重传率功能正常
- 验证统计 C2+ATO 呼叫 TCP 空中时延功能正常

### 1.1.4 测试方法

#### 1.1.4.1 静态测试

测试工具	通信车载台、通信调度台、网线、信号车载 ATP/ATO 设备、应用接口服务器设备			
测试条件	LTE-M 网络环境搭建完成 信号车载 ATP、ATO 设备搭建完成 应用接口服务器设备搭建完成 通信车载台与车载 ATP/ATO 设备网线连接			
备注	实验室静态测试			
序号	测试流程	预期结果	测试结果	备注
1.	通信车载台上电	1、设备上电正常 2、硬件设备自检通过		
2.	通过终端查询或指示灯等状态确认当前与信号车载 ATP/ATO 设备网络连接状态	连接或断开网络连接时，正确提示网络连接状态		有明确警示提示信息

3.	通信车载台与应用接口服务器设备网络连接状态	通信车载台 PING 应用接口服务器检测通过		通过无线或有线网络连接
4.	接收信号车载 ATP/ATO 设备车次信息	通信车载台可接收到车载信号 ATP/ATO 设备发送的车次信息数据，并在通信车载台界面正确显示。		
5.	车次信息转发	应用接口服务器设备可接收到激活端通信车载台发送的车次信息		
6.	与信号车载 ATP/ATO 设备网络断开，手动激活通信车载台	1、通过通信车载台的激活按钮发送手动激活信号 2、车载台指示本端处于激活状态		
7.	与信号车载 ATP/ATO 设备网络断开，手动设置车次号	1、通过通信车载台操作终端手动设置车次号，车载台界面显示手动设置的车次号 2、应用接口服务器可接收到手动设置的车次号数据		
8.	恢复与信号车载 ATP/ATO 设备网络连接，接收车载 ATP/ATO 设备的激活信息	1、A 端车载台接收激活状态信息，在界面指示当前为激活状态。 2、B 端车载台接收非激活状态信息，在界面指示当前为非激活状态。		
9.	接收调度命令信息	1、通信车载台接收到调度命令信息后，显示调度命令信息并发出提示音 2、通信车载台返回自动确认信息和手动签收信息		
10.	无线车次号校核	1、激活端通信车载台发送无线车次号校核信息 2、应用接口服务器接收无线车次号校核信息		
11.	列车启动和停稳信息	1、通信车载台从车载 ATP/ATO 设备获取列车启动和停稳信息发送		

		应用接口服务器		
12.	自动折返换端	1、车辆两端通信车载台接收到车载 ATP/ATO 设备的换端信息，在车载台主界面主动提示激活状态信息。		两端车载台以热备模式运行
13.	应用接口服务器业务通信成功率	1、应用接口服务器接收车次号校核信息 20s*100 时长内成功接收 100 次		传输成功率 $\geq 95\%$

#### 1.1.4.2 动态测试

测试工具	通信车载台、网线、信号车载 ATP/ATO 设备、应用接口服务器			
测试条件	LTE-M 网络环境搭建完成 信号车载 ATP、ATO 设备安装完成 应用接口服务器搭建完成 通信车载台安装完成 通信车载台与信号车载 ATP/ATO 设备网线连接			
备注	吕四站现场试验			
序号	测试流程	预期结果	测试结果	备注
1.	通信车载台上电	1、设备上电正常 2、硬件设备自检通过		
2.	通信车载台入网测试	1、断开天线馈线重连后自动入网注册 2、在终端界面查询并确认当前 PLMN 参数		入网注册 $\leq 30s(95\%)$ , $\leq 35s(99\%)$ , $\leq 40s(100\%)$
3.	接收信号车载 ATP/ATO 设备车次信息	1、通信车载台可接收到车载信号 ATP/ATO 设备发送的车次信息数据，并正确显示		
4.	车次号信息转发	1、应用接口服务器设备可接收到激活端通信车载台发送的车次信息，非激活端不发送		

5.	与信号车载 ATP/ATO 设备网络断开，手动激活	1、通过通信车载台的激活按钮发送启动激活信号 2、通信车载台显示界面指示本端激活状态		
6.	与信号车载 ATP/ATO 设备网络断开，手动设置车次号	1、通信车载台界面显示手动设置的车次号 2、应用接口服务器设备可接收到手动设置的车次号重新恢复网络连接，车次号更新为车载 ATP/ATO 设备传送的最新车次号		
7.	接收车载 ATP/ATO 设备的激活信息	1、A 端通信车载台接收激活状态信息，在界面指示当前为激活状态。 2、B 端通信车载台接收非激活状态信息，在界面指示当前为非激活状态。		
8.	接收调度命令信息	1、通信车载台接收到调度命令信息后，显示调度命令信息并发出提示音。 2、通信车载台返回自动确认信息和手动签收信息。		
9.	无线车次号校核	1、激活端通信车载台发送无线车次号校核信息		
10.	列车启动和停稳信息	1、通信车载台从车载 ATP/ATO 设备获取列车启动和停稳信息发送应用接口服务器		
11.	自动折返换端	1、两端通信车载台接收到车载 ATP/ATO 设备的换端信息，在通信车载台主界面主动提示激活状态 2、通信车载台主动通知地面调度设备激活端信息。		
12.	调度台向通信车载台发起司机呼叫	1、调度台根据当前车辆的激活端信息，主动呼叫激活端通信车载台。 2、激活端通信车载台在响铃后接听，实现全双工通话。		单呼建立时延≤500ms
13.	通信车载台向调度台发起调度呼叫	1、按下通信车载台请呼调度按钮后，自动呼叫当前调度用户。 2、调度台在响铃后，主动接听		单呼建立时延≤500ms

		后实现双方全双工通话。		
14.	调度台根据机车号/车次号信息向通信车载台发起语音组呼	1、调度台根据机车号/车次号选择列车，按下 PTT 按钮向当前车辆发起半双工语音呼叫，并讲话 2、车辆两端通信车载台接听当前组呼通话，可在任意一端通信车载台摘机按下 PTT 按钮进行应答通话		组呼建立时延 $\leq 300\text{ms}$ 话权申请 $\leq 200\text{ms}$
15.	通信车载台发起语音组呼通话	1、两端通信车载台摘机后按下 PTT 按钮在当前车辆通话组进行组呼通话。 2、加载并管理该车辆的调度台可以接收当前通话，并在该通话过程中打断进行插话。		组呼建立时延 $\leq 300\text{ms}$ 话权申请 $\leq 200\text{ms}$
16.	调度台呼叫所有列车	1、调度台选择列车通播组，向所有列车发起语音组呼 2、所有列车的通信车载台接收该呼叫，并可以依次应答		除待测车辆，其他车辆使用手持台模拟
17.	通信车载台根据列车位置发起车站呼叫	1、通信车载台根据当前公里标信息或应答器编号，识别当前管辖车站信息 2、发起车站呼叫，自动拨打当前车站的固定台号码发起呼叫。 3、车站固定台响铃后接听，实现全双工通话。		单呼建立时延 $\leq 500\text{ms}$ 通过信号模拟三个车站应答器信息、公里标信息，能够分别呼叫对应车站号码(手持台模拟)
18.	通信车载台发起紧急呼叫	1、通信车载台长按紧急呼叫按钮，向调度台发起紧急呼叫。 2、调度台显示紧急呼叫请求信息并提示。 3、通信车载台与调度台之间进行高优先级的半双工紧急组呼通话。		组呼建立时延 $\leq 300\text{ms}$ 话权申请 $\leq 200\text{ms}$
19.	应用接口服务器业务通信成功率	1、应用接口服务器接收车次号校核信息 20s*100 时长内成功接收 100 次		传输成功率 $\geq 95\%$

### 1.1.5 评判标准

#### 1.1.5.1 调度集群通话功能

LTE-M 承载铁路语音业务除应满足《城市轨道交通车地综合通信系统（LTE-M）总体规范》中对集群语音业务的功能需求及指标要求。具体要求如下：

1、测试内容：网络注册、注销时延

指标要求：≤30s（95%），≤35s(99%),≤40s(100%);

2、测试内容：通信车载台向调度台发起语音单呼（连接）建立时间

指标要求：<500ms(99%);

3、测试内容：调度台向通信车载台发起语音单呼（连接）建立时间

指标要求：<500s(99%);

4、测试内容：通信车载台发起守候组语音组呼（连接）建立时间

指标要求：<300ms (99%);

5、测试内容：调度台发起通信车载台守候组语音组呼（连接）建立时间

指标要求：<300ms (99%);

6、测试内容：呼叫（连接）建立失败概率

指标要求：<10<sup>-2</sup>;

7、测试内容：应用接口服务器通信

指标要求：发送成功率 >95%。

#### 1.1.5.2 数据通信服务质量

LTE-M 承载铁路窄带数据业务除应满足《城市轨道交通车地综合通信系统（LTE-M）总体规范》中对数据业务的功能需求及指标要求外，还必须满足铁路 ATO 信息传送、车次号校核信息传送、调度命令信息传送等铁路特殊应用功能需求及指标要求。具体要求如下：

1、测试内容：数据传送时延

测试方法：检测车动态检测，分别检测上、下行运行区间；每小区分别发送 128 字节和 1024 字节的数据包各不少于 30 个，总数不小于 1000 个；

指标要求：

（1）128 字节：平均延迟 $<0.5s$ ；95%概率下延迟 $<1.5s$ ；

（2）1024 字节：平均延迟 $<2s$ ；95%概率下延迟 $<7s$ ；

2、测试内容：UDP 数据丢包率

测试方法：检测车动态检测，分别检测上、下行运行区间；每小区分别发送 128 字节和 1024 字节的数据包各不少于 30 个，总数不小于 1000 个；

指标要求：

（1）128 字节： $<10^{-4}$ ；

（2）1024 字节： $<10^{-4}$ ；

注：每小区分别发送 128 字节和 1024 字节的数据包各不少于 30 个，总数不小于 1000 个。

3、测试内容：吞吐量



测试方法：静态检测或检测车动态检测，检测时间不少于 30min；对上行吞吐量和下行吞吐量分别进行检测。

指标要求：系统对铁路窄带数据业务须通过优先级等方式确保上行最小吞吐量 $\geq 512\text{kb/s}$ ，下行最小吞吐量 $\geq 512\text{kb/s}$ 。宽带数据业务同时运行时，应确保窄带数据业务的吞吐量指标不受影响。

#### 4、测试内容：信息传送成功率

##### （1）车次号校核信息传送成功率：

测试方法：检测车动态检测，分别检测上、下行运行区间；按《列车无线车次号校核信息传送系统》的有关规定传送车次号校核信息，检测终端总发送次数应不小于 200 次；

指标要求： $\geq 99.99\%$ ；

##### （2）调度命令信息传送成功率：

测试方法：检测车动态检测，分别检测上、下行运行区间；在地面综合检测设备上发送调度命令，发送间隔不小于 60s，发送总数应不小于 200 次；

指标要求： $\geq 99.99\%$ ；

##### （3）ATO 信息传送成功率：

测试方法：检测车动态检测，分别检测上、下行运行区间；按照 ATO 相关规定传送 ATO 信息，检测终端总发送次数应不小于 200 次；

指标要求： $\geq 99.99\%$ 。

## 1.2 试验条件及试验结束确认

因本次参加试验的设备厂家众多，提供的试验设备相互交叉使用，共同搭建一套试验环境。为确保试验的有序进行，应遵循下列原则：

（1）开展第一次试验前，搭建试验环境的相关设备要开展静态试验，验证满足各方要求后，记录各厂家试验设备版本及详细配置参数，所有设备厂家要相互签字确认。

（2）轮换设备厂家开展下一轮试验时，上一轮的设备厂家要及时拆除下轮试验不用的设备。本轮试验的设备厂家要对上一轮设备厂家提供的试验环境进行验收确认。通信核心网设备厂家应保障各自提供的无线电磁环境及进行网络优化工作。

（3）最终试验全部结束时，吕四站既有室内外设备、试验用车要全部恢复原状。

（4）最终试验全部结束时，参试设备厂家全部确认后，再拆除、回收相关设备。