

上海轨道交通浦江线 Tetra 系统浅析

Analysis of Tetra System of Shanghai Rail Transit Pujiang Line

华佳鸣

Jiaming Hua

上海申凯公共交通运营管理有限公司 中国·上海 200070

Shanghai Keolis Public Transport Operation Management Co.,Ltd., Shanghai, 200070, China

摘要:上海轨道交通浦江线作为中国目前领先的无人驾驶运行线路,全线采用摩托罗拉 800MHz 频段的 Tetra 数字集群无线系统。Tetra 系统是为保证浦江线特有的安全、高密度、高效运营模式,而建设的城市轨道交通专用无线系统,它为浦江线线路运营的固定用户(控制中心及车站值班人员)和移动用户(维保及流动现场管理员)之间的语音和数据信息交换提供可靠的无线通信手段。同时,其独有的票务求助电话和无线手持台间热线功能这一创新通信模式有效提高优化了运营窗口服务能力,而且当浦江线运营出现有线通信故障或应急抢修工况下,该系统能迅速提供防灾防火救援和事故处理等 OCC 控制中心调度所需的通信手段。

Abstract: Shanghai rail transit Pujiang line is currently the leading unmanned operation line in China. The entire line uses Motorola's Tetra digital trunking wireless system in the 800MHz frequency band. Tetra system is a dedicated wireless system for urban rail transit built to ensure the unique safety, high-density, and high-efficiency operation mode of the Pujiang line. It serves fixed users (control centers and station attendants) and mobile users (maintenance and mobile site administrators) provide reliable wireless communication means for the exchange of voice and data information. At the same time, its unique ticketing help telephone and wireless hand-held hotline function, an innovative communication mode, effectively improves and optimizes the service capability of the operation window, and when the operation of the Pujiang line has a wired communication failure or emergency repair conditions, the system can quickly provide the communication means required for OCC control center dispatching such as disaster prevention, fire rescue and accident handling.

关键词:浦江线;无人驾驶;Tetra;无线系统

Keywords: PuJiang line; unmanned; Tetra; wireless system

DOI: 10.36012/etr.v2i8.2471

1 引言

目前上海城市轨道交通专用无线系统整体框架均沿用 Motorola 的 Tetra 系统,同时由两三个线路域组成一个 Zone 区,上端分别有东宝兴路主用与中山北路备用两个 MSO 移动交换局,浦江线无线 Tetra 系统也接入上海轨道交通既有交换中心,其属于 Zone 11。上海轨道交通浦江线 Tetra 系统核心图如图 1 所示。交换中心收到的数据交互及处理基于数据网络及应用相关网络协议,也包括调度台在内的中心设备,从而实现浦江线运行 Tetra 系统,同时与既有网路内其他线路 Tetra 系统互不干扰,且也能集中管理维护其 MSO 移动交换局。

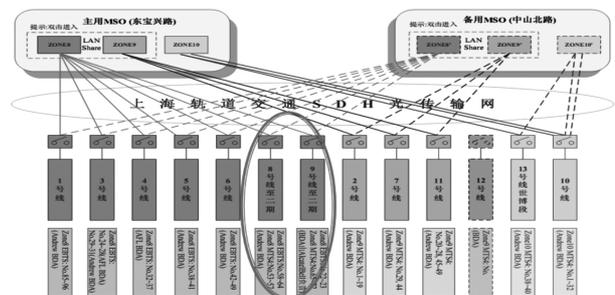


图 1 上海轨道交通浦江线 Tetra 系统核心图

2 浦江线 Tetra 系统构成

2.1 浦江线 Tetra 系统概况

基于浦江线无人驾驶的独特性,浦江线 Tetra 系统列车

【作者简介】华佳鸣(1986~),男,上海人,工程师,从事城市轨道交通通信信号设备运维研究。

不配备专用无线车载电台,也不设专用无线降级系统,新建独立控制中心,并将此浦江线控制中心纳入 COCC 的管理。概括浦江线 Tetra 系统全线共有 5 个调度台、2 个网络管理终端、3 个直放站近端机、5 个直放站远端机、4 个双载频基站,还有每车站安 1 个固定台加车辆基地共 7 个固定台、80 来台 Tetra 手持台,浦江线 Tetra 系统拓扑图如图 2 所示。

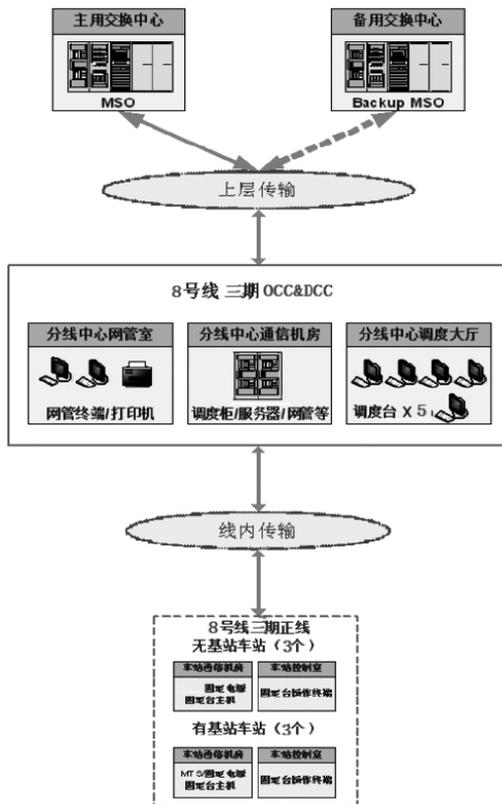


图 2 浦江线 Tetra 系统拓扑图

2.2 浦江线 Tetra 系统终端

2.2.1 MTP3150 手持台

摩托罗拉 MTP3150 数字集群 Tetra 手台是摩托罗拉最新推出的 Tetra 手台之一,如图 3 所示。MTP3150 手持台产品成熟、性能稳定、品质可靠,通过了最为严格的美国军用标准 (MIL-STD810-C/D/E/F) 对振动、撞击和跌落的测试和欧洲 ETS 300 019-1-5 class 5M2 和 5M3 抗冲击和振动测试,抗跌落符合 IEC 60068-2-27 和 IEC 60068-2-32 的要求。同时具测试表明摩托罗拉 MTP3000 系列手持台超出了 MIL STD 810 标准的全部 11 类要求,MTP3000 系列手持台还符合欧洲 ETS 300 019-1-7 class 5M3 标准,并具有业界最高的符合 IEC 60529 标准的 IP65 等级的防尘防水能力。在 MTP3150 设计和制造过程中,均通过摩托罗拉专业 ALT

(Accelerate Life Test)加速老化实验测试,通过模拟在恶劣环境下 6 年的使用。这些严格的测试可以确保产品在苛刻环境下长时间稳定且不间断地工作,性能稳定、故障率低,使用更加放心。其具备过往 800M 老手台等常用的单双工组呼、拨号、短信息甚至场强测试等常用且强大的手台使用功能,是浦江线 Tetra 系统坚强的终端设备输出保障。

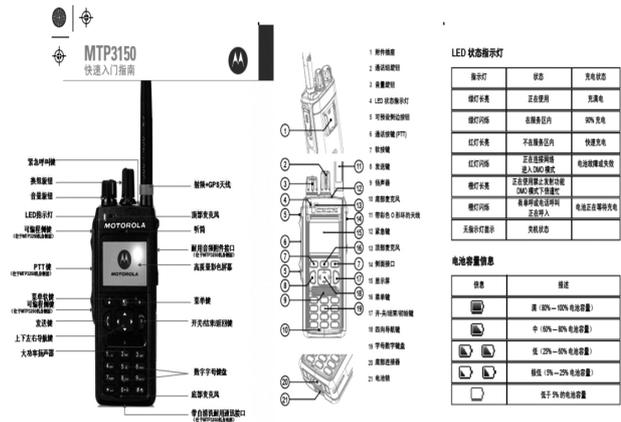


图 3 浦江线 MTP3150 手持台

2.2.2 固定台

浦江线车站固定台以摩托罗拉的 MTM5200DATA BOX 电台为平台,通过二次开发加装固定台控制盒、优化此无线终端的语音数据传输、信息通信、显示能力和对车站工作环境的适应能力。其安装于每个车站(包括车辆基地)消控室内,方便无线覆盖故障等特殊工况下车站值班员作为无线备用终端使用。消控室固定台终端如图 4 所示。



图 4 消控室固定台终端

2.3 站点及机房设备

浦江线站点及机房设备具体有 MST4 基站、远端直放站与近端直放站及调度台等,如表 1 所示。

2.3.1 基站

浦江线采用 MST4 基站设备为 Tetra 系统保障无线覆

表 1 点及机房设备

站名	MST4 基站	固定台	近端 直放站	远端 直放站	远端 调度台
总数	4 套	6 套	2 套	4 套	5 套
浦江线正线车站					
沈杜公路		1 套		1 套	
三鲁公路	1 套	1 套	1 套		
闵瑞路		1 套		1 套	
浦航路	1 套	1 套	1 套		
东城一路		1 套		1 套	
汇臻路	1 套	1 套			
浦江线控制中心及车辆段					
浦江线控 制中心及 车辆段	1 套		1 套	1 套	5 套

盖,基站链路传输通信至浦江线中心,再由网络交换机、核心路由器进行数据汇聚。总体上讲,基站可以视为浦江线无线数据网关,不但提供无线系统间的接口协议,还有数据流量网关接口协议之间切换。基站把外来收到的话众多数据和网络信息汇集到一个 2M 的 E1 上。浦江线 MST4 基站采用 143cm 高机箱,对多可提供 16 个信道,支持合并使用两个机箱,最多提供 32 个信道,主要功能组件如下^[4]。

①Tetra 基站控制器(TSC)。浦江线 TSC 提供到 Tetra 系统网络中心的 E1 远端链路,并经由网络控制收发信道机。基站控制器还支持新加入此基站的无线用户的注册,同时将多达 2000 个无线用户的注册信息暂存在基站控制器的存储器内,基站控制器会自动将这些注册信息上传给交换中心。基站控制器按冗余配置,并互为热备份,当主用基站控制器出现故障时,备用基站控制器会自动接替其工作。总结得出 TSC 有以下功能:管理站点业务;根据区域控制器 ZC 分配信道;根据需要完成本站集群操作。

②收发信道机(BR)。浦江线每个 MST4 基站具备 2 个收发信道机,每台收发信道机 4 个时隙,第 1 个收发信道机载频的第 1 个时隙为控制信道。如果有收发信道机出现故障,基站控制器将自动切换故障收发信道机,把通信数据更换到正常工作的其他收发信道机,因而保证了 Tetra 系统正常工作运行。收发信道机(BR)与 Tetra 基站控制器(TSC)如图 5 所示。

③射频分配系统(RFDS)。浦江线射频分配(RFDS)系统通过合路器合并收发信机内的数据信号,并且通过接收机多



图 5 收发信道机(BR)与 Tetra 基站控制器(TSC)

路耦合器回收信号然后分配到收发信道机内的收入信道单元内。需要指出的是,通过双工器把射频信号混合可以合理节省天线使用。

2.3.2 光纤直放站(近端机、远端机)

光纤直放站主要负责将基站输出的射频信号延伸覆盖,它是整个浦江线 Tetra 系统的一个重要组成部分。光纤直放站包括:

①光纤直放站主站。与基站设备放置安装于一个站点,称为光纤直放站主站,工作时通过 30dB 耦合器耦合信号,其方向为光单元指向,向远端机器侧提供输入射频信号源。在下行链路侧,通过接口单元分开射频信号后传输通信到光单元侧,然后光单元内部将射频信号转变成为光信号并传输给远端机,1310nm 单模光纤传输;在上行链路,光单元将收到的光信号转译成射频信号后并将其发送到基站侧。近端机如图 6 所示。

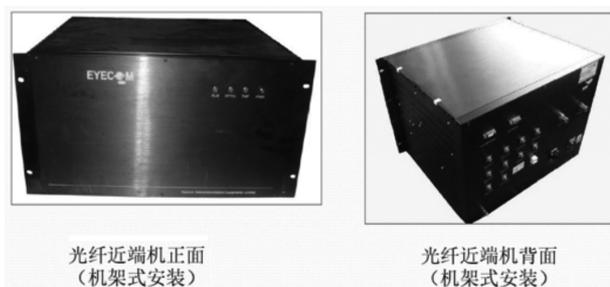


图 6 近端机

②光纤直放站远端站。远端站由直放站和远端光单元组成,具体如图 7 所示,远端光单元具备光学射频信号转译功能。此外,该单元还包含报警处理单元,以便通过光纤发送给主站接口单元。直放站单元与天馈系统相连接便可形成射频信号分布系统,可实现无线覆盖的延伸,扩展通信范围。

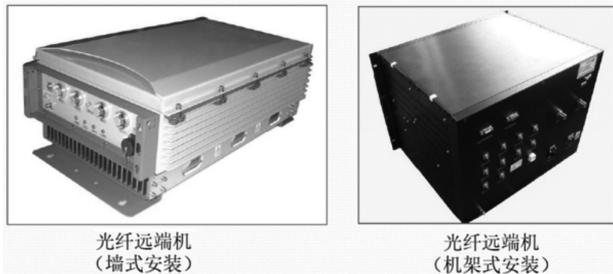


图 7 远端机

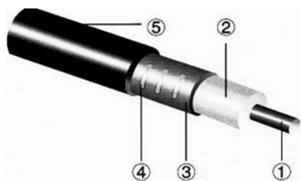
2.3.3 其他

①天线。浦江线站厅和车辆段使用全向或者定向天线实现无线信号的覆盖,如图 8 所示。



图 8 常用天线

②泄漏电缆。浦江线目前将漏缆应用于全线高架路段,基本在轨行区一边铺设泄漏电缆,从而达到对轨道区域进行无线信号的覆盖,如图 9 所示。



- ①—内导体 Inner Conductor;②—绝缘体 Dielectric ;
- ③—外导体 Outer Conductor;④—槽孔 Slot ; ⑤—护套 Jacket

图 9 漏缆

2.4 控制中心设备

2.4.1 调度台

浦江线调度员座席是 Tetra 系统里主要的人机界面,由 1 台工控机控制台作为主要设备,另配置诸如麦克风、扬声器、脚踏 PTT 等,从而实现浦江线调度员语音接口输出。浦江线调度台把与调度员相关的通话以音频方式输出给外部二次开发录音设备,进行录音及回放。调度员通过键盘或鼠标向系统发出命令或请求,系统通过监视器或其他输出设备进行响应,为调度员提供友好的人机界面。浦江线调度系统总体是由软硬件组成的数据传输网络。调度服务器 CAD 属于浦江线服务器端,客户端则是指各个调度台终端,两者经过

数据网络对接。上海浦江线 CAD 调度系统网络基于浦江线运营需求,在控制中心设置调度服务器 1 套(冗余热备),调度大厅设置调度台 5 套,提供给不同职能的调度员使用(如主任调度、行调及车站和场段调度等)。

2.4.2 网管

浦江线系统网管是设计为维护人员提供网管应用界面,网管设备经由以太网网络连接至无线终端机柜内各个设备,从而实现维护人员对网管设备的巡查与网络监视等。

2.4.3 二次开发网管

二次开发网管是应用在二次开发软件的网管系统,兼具可视化的操作界面,实现对浦江线 Tetra 系统网络中基站、近远端机及直放站等远程非本地终端无线设备状态的网络监管。

3 无线覆盖方式

浦江线使用基站与直放站相结合的结构,进行无线覆盖,无线覆盖拓扑图如图 10 所示。由于浦江线需要对所有车站站厅及站台、车辆基地车库、调度大厅与控制中心办公楼宇等进行无线全方位信号的覆盖,覆盖范围较大,根据其专用网络通信并不是在所有覆盖区域都有大话务量的要求但又需要无死角覆盖的特质,使用基站和直放站相结合的覆盖方式;直放站扩大基站覆盖的范围,精简基站数量,大大提高浦江线 Tetra 系统信号覆盖实用性。

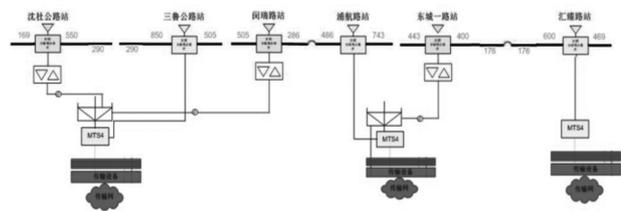


图 10 无线覆盖拓扑图

直放站归类可视为同频放大器,可以理解为无线链路收发过程中,使信号增强放大的无线终端转换设备,本质上也可看成射频信号放大器。上海轨道交通浦江线使用光纤直放站,整个直放站系统分为近端机和远端机两个部分,近端机远端机之间使用光纤相连,近端机侧从基站收到下行的射频信号,将下行射频信号转换成光信号后通过光纤传递到远端机侧,远端机将接收到的光信号转变成为下行射频信号,远端机功放模块将下行射频信号放大后用于无线信号的覆盖。

(下转第 62 页)