

数字化调频广播覆盖系统

产 品 介 绍

众传数字

杭州众传数字设备有限公司
2019年12月

数字化调频广播隧道覆盖系统

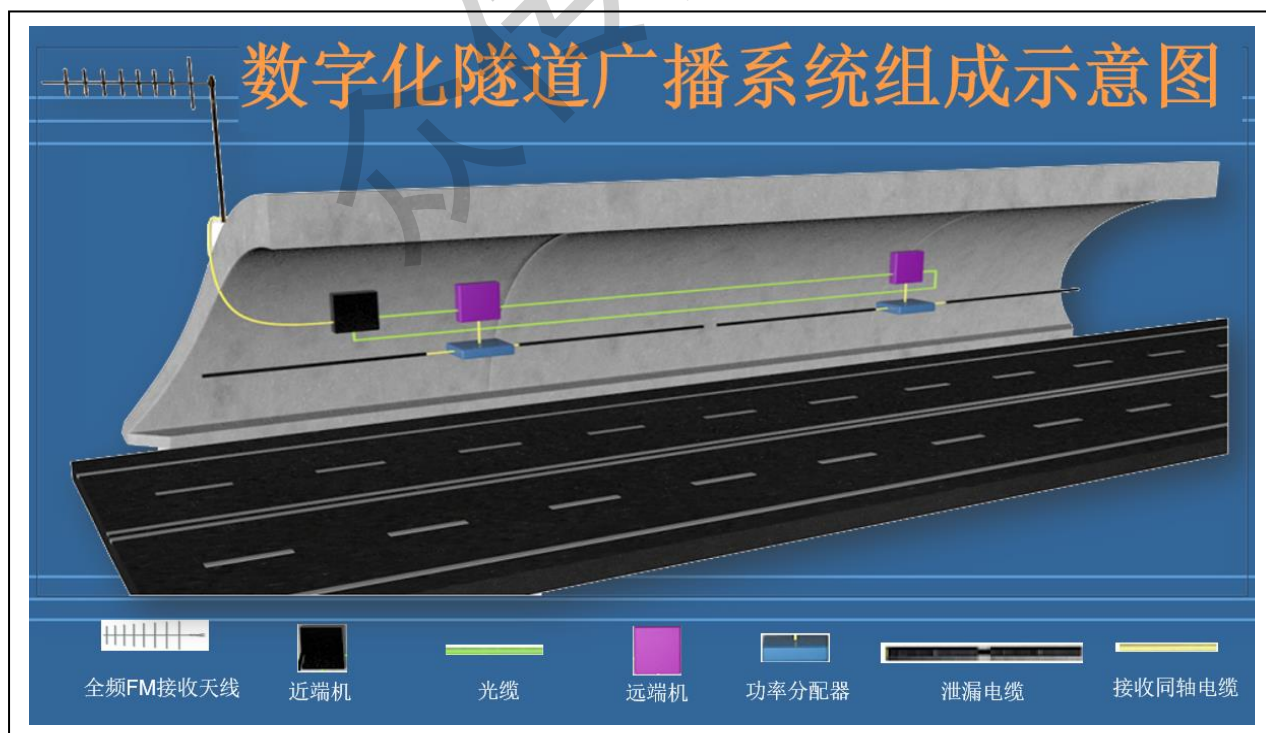
一、数字化调频广播隧道覆盖系统简介

(一) 系统概述

数字电子技术的快速发展使得调频广播隧道覆盖工程变得越来越简单易行。一个数字化隧道调频广播覆盖系统（最多可实现16套调频广播隧道覆盖）主要由以下几部分组成，即：

- 1) **户外FM全频段接收天线**：接收隧道外调频广播信号。
- 2) **隧道广播近端机**（下文简称**近端机**）：对收到的信号进行数字化处理后，以光信号形式送往远端机进行放大。
- 3) **光缆**：连接近端机和远端机，传输数字射频信号和监控信号。
- 4) **隧道广播远端机**（下文简称**远端机**）：光电转换及射频放大，启动辐射元件。
- 5) **泄漏电缆**（或**小型FM发射天线**）：辐射元件，将高频广播信号辐射到隧道中。
- 6) **远程集中监控管理系统**：实时掌握系统设备运行状态及调频广播信号在隧道内的覆盖质量情况。

系统示意图如下图一所示：



图一、数字化调频广播隧道覆盖系统示意图

(二) 系统工作原理

安装在隧道口外部较高处（附近无建筑物阻挡）的接收天线，将空中的调频广播信号接收下来送到近端机；

在近端机内进行选频滤波、电平均衡、时间延时等一系列数字化处理后，以光信号形式通过光缆与各远端机相连接。光缆中传输的不仅有近端机发出的数字射频信号，还有远端机发出的监控数据信号。

在远端机内，光电转换模块还原出射频信号，该信号送给射频功率放大器进行超线性放大到指定功率；同时将远端机的运行状态回传给近端机进行远程集中监测管理。

放大后的射频信号驱动无线辐射元件，将调频广播信号辐射到隧道内。辐射元件有 2 种，即**泄漏电缆**和**小型化发射天线**。两者各有利弊，见下表：

	覆盖效果	频率带宽	施工周期	建设成本
泄漏电缆	好	很宽（电视+广播+通讯）	长	高
发射天线	好	较窄（仅调频广播）	短	低

由于采用了数字选频转发方式，所以隧道外和隧道内的调频信号完全相同，满足调频同步广播“同步”、“同相”、“同调制度”的要求。故在隧道出入口和发射天线之间或漏缆之间几乎感觉不到同频干扰。

为了便于实时掌握隧道的广播覆盖情况和播出质量，需要配置一套**远程集中监控管理系统**。一旦出现设备损坏或播出质量问题，可以通过各种形式进行报警、通知管理人员进行处理。

(三) 系统主要功能

- 1、实现隧道内 1~16 套调频广播信号**高质量覆盖**；
- 2、可插播交通管理部门的**应急疏导信号**（隧道上、下行可分别选择插播与否）；
- 3、可集中远程监测各近端机、远端机运行**工作状态参数**；
- 4、可集中远程监测隧道覆盖场强、信噪比等**播出质量参数**，并可实时监听。

二、数字化隧道广播系统架构及主要技术指标

如前所述，数字化隧道广播覆盖有以下两种方式，即：**发射天线覆盖方式**和**泄漏电缆覆盖方式**。

发射天线覆盖方式：每隔 500 米放置一台远端机和两副天线（上下行各 1 副）；

泄漏电缆覆盖方式：每隔 1000 米放置一台远端机和 1km 漏缆。

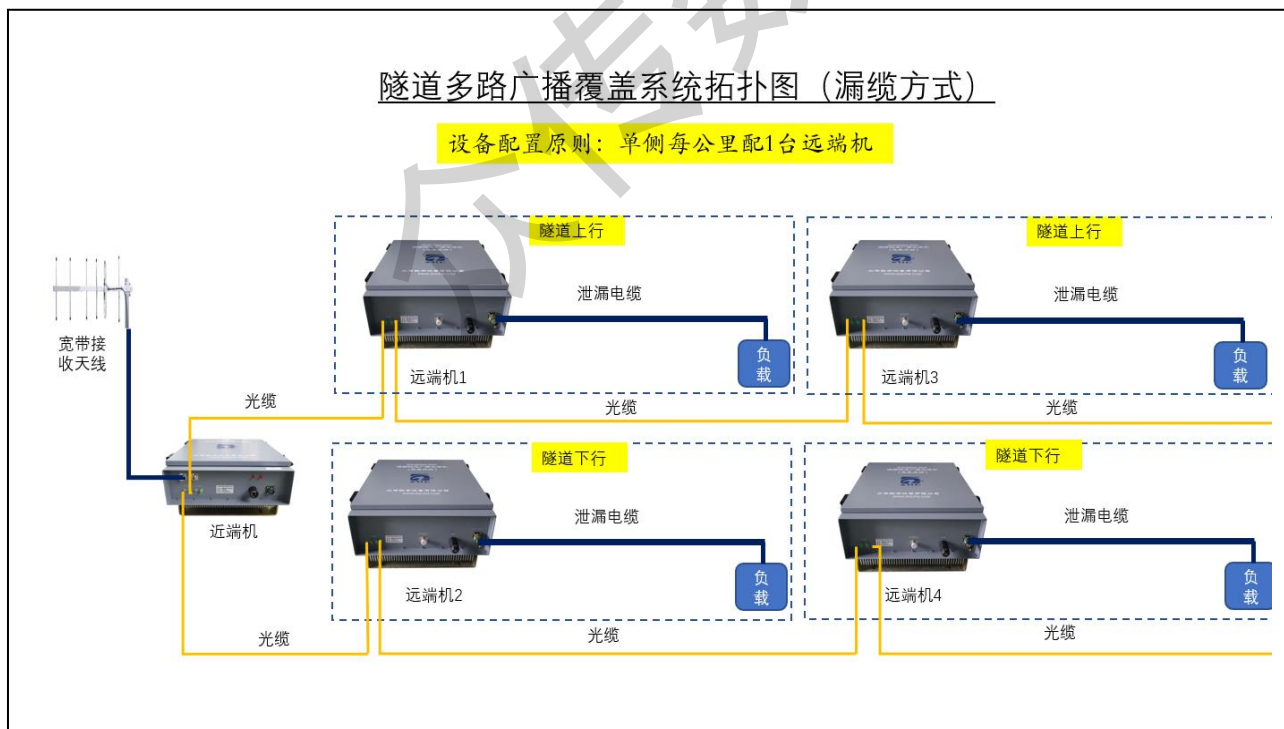
参见下图：

(一) 采用发射天线作为辐射元件的覆盖方式





（二） 采用泄漏电缆作为辐射元件的覆盖方式



图二、隧道广播覆盖系统拓扑图（天线方式和漏缆方式）

（三） 系统主要技术指标

1、 信源处理部分

- 1) 应满足1~15路调频广播节目的接收和转发能力。
- 2) 转发的调频广播节目要求内容清晰无噪音,转发质量稳定可靠。
- 3) 转发输出的信号要求具有优良的射频指标(交互调 $\leq -60\text{dBc}$),不能对调频频带外的其它频段产生干扰。
- 4) 在外场架设调频广播信号接收天线,接收的宽带调频信号送给近端机,近端机对信号进行处理后,转换为光信号送至隧道内远端机。
- 5) 直接射频数字滤波处理、并可灵活配置该数字滤波器的带宽。
- 6) 隧道发生事故或紧急事件时,可以接入隧道管理所的应急广播音频,将正常的广播节目切换为应急广播音频。
- 7) 应急广播插播必须有授权机制,避免误操作和非法操作。
- 8) 近端机采用壁挂式全密封机箱,无风扇设计。

2、远端放大发射部分

- 1) 隧道内覆盖场强达到普通车载收音机最低要求($\geq 35\text{dBuV/m}$)。
- 2) 交互调产物要足够小,不影响所有频道正常接收($\leq -40\text{dBc}$)。
- 3) 远端机采用壁挂式全密封机箱,无风扇设计。
- 4) 发射天线体积小巧,不能影响大型货车行走,采用壁挂式安装。
- 5) 泄漏电缆安装在2.5米以上高度,每米安装一个电缆支架。
- 6) 远端机的运行状态可通过光缆回传至近端机进行集中监测监控。

3、应急广播部分

- 1) 根据用户角色、权限实现相应权限范围内的应急广播。
- 2) 可以接收隧道管理方的应急广播音频和应急广播控制信令。
- 3) 可以根据隧道管理方的控制信令对指定的隧道进行应急广播插播。
- 4) 可以根据隧道管理方的控制信令对隧道上下行洞独立控制进行应急广播插播。
- 5) 可以在转发的所有调频频率上进行应急广播插播。
- 6) 具有应急广播权限管理功能,仅限授权情况下进行应急广播插播。
- 7) 具有应急广播监管功能,对应急广播事件进行及时上报和留痕记录。
- 8) 需在隧道管理所设置应急广播控制台,完成与隧道管理方的管理对接。
- 9) 应急广播控制台需具备硬件密钥功能,实现硬件加密保护。

4、远程监控部分

- 1) 系统内各节点设备均应具备联网和监控通讯功能。
- 2) 建立统一的监控管理中心,可以通过网络连接系统内的所有设备。
- 3) 网络连接应采用安全的连接方式。

- 4) 监控管理中心可以读取设备状态参数、下发设备控制指令。
- 5) 可以对隧道内无线广播信号进行接收、解调、流化、回传，在监控中心进行参数记录和在线监听。
- 6) 监控管理中心应具有严格的软件登录管理机制，应采用短信验证码或二维码扫描登录等最新的安全登录技术。
- 7) 监控管理中心应有明确的用户及权限管理机制，尤其是控制权限，应做到限人、限时。
- 8) 监控管理中心应具有留痕、溯源机制，记录所有的关键性操作。
- 9) 监控管理中心应保留至少一年的监控历史数据。
- 10) 监控管理中心应具有可配置的报警机制，可通过动态的调整来降低漏报率和误报率。
- 11) 监控管理中心应具有防火墙等网络安全设备，确保监控系统的网络安全。

三、主要设备功能介绍

1、FM 全频段接收天线



功能：接收空中所有调频广播信号。

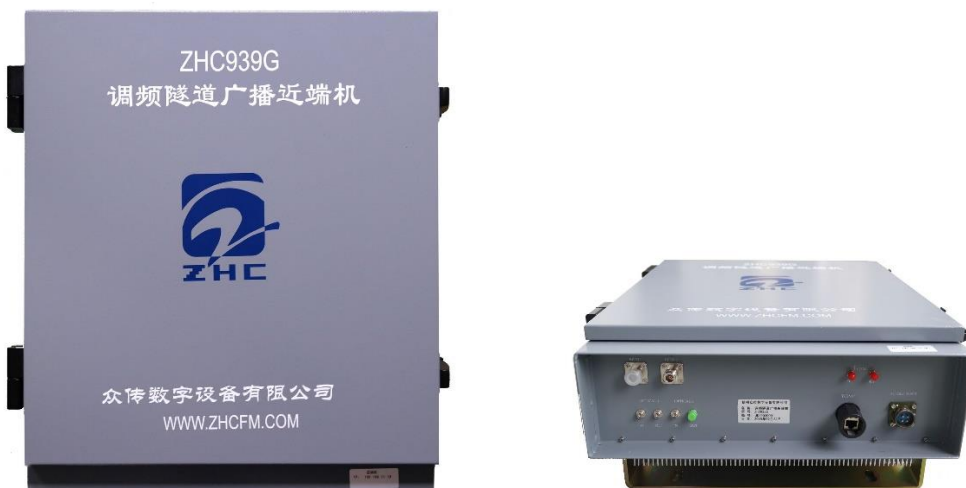
技术描述：宽接收频率范围：87-108MHz；

高天线增益：>3.6dBi；

高抗风能力：能抗12级以上台风；

材料：防腐蚀，304 不锈钢。

2、近端机



功能：对接收到的调频信号进行**低噪声放大**和**数字选频**，选出想要使用的频率（最多 16 个）并可进行数字**延时**；驱动四路双向数字光纤模块；通过单芯光纤与各远端机进行数据通讯。在紧急情况下，可让 16 个频率同时广播隧道管理部门的紧急通知等音频内容。

技术描述：近端机由 FM 预放单元，数字处理单元、数字光模块单元、远程监控单元等四部分组成。

◇ **FM 预放单元：**对输入的高频信号进行低噪声放大。

频率范围：87-108MHz；增益： $\geq 20\text{dB}$

◇ **数字处理单元：**完成各种数字处理功能。

从天线收进来的广谱电磁波中、采用数字滤波的方法筛选出想要的调频广播节目，最多可处理 16 套节目。滤波带宽可根据需要调整，既可满足普通 FM 广播、也可满足 CDR 广播的要求。可对调频载波进行群时延以满足同步广播需求。

数字处理后的载波与收进来的载波完全一致，满足调频同步广播“三同”的技术要求。不会在隧道的出入口产生明显的同频干扰。

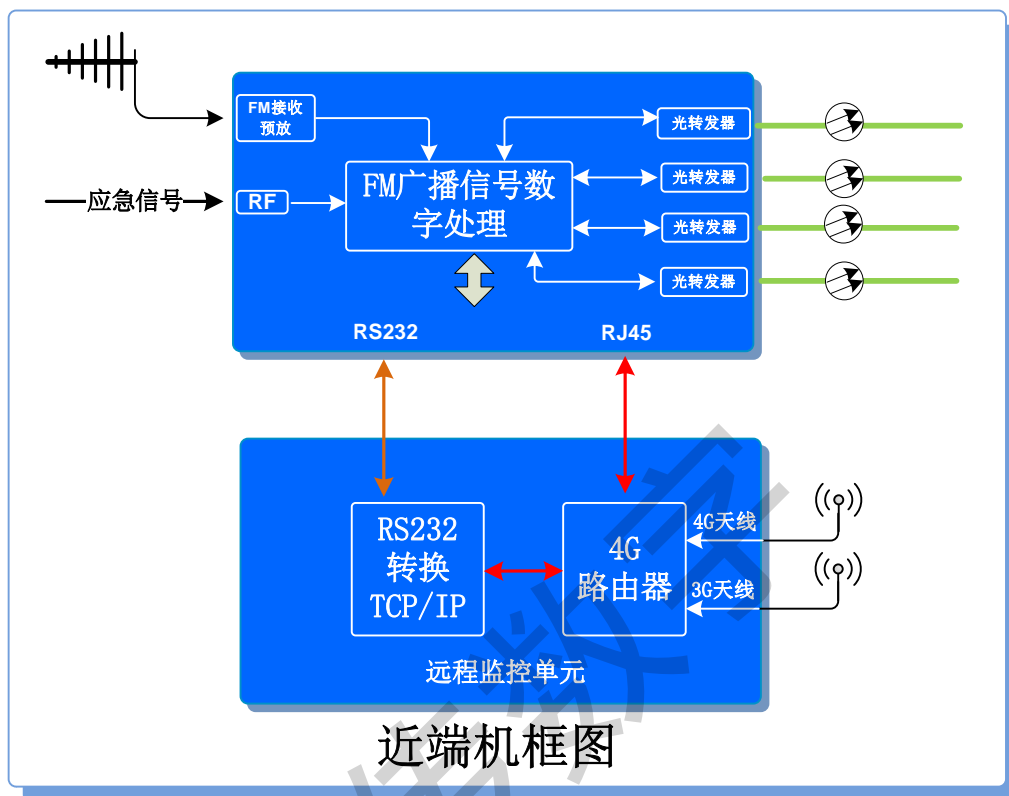
◇ **数字光模块单元：**驱动四路光模块进行信号远传。

经数字处理单元处理后的 16 路调频信号数字和监控数据一起、驱动 4 路数字光模块，经过单模单纤光缆与远端机相连接。根据工程光纤资源和远端机地理分布情况，近端机与远端机连接可采用多种形式的组网结构，如：链型、星型、树型、环行等。

◇ **远程监控单元：**实现近端机和远端机状态监控。

通过无线 4G 路由器，将近端机、远端机的实时参数与监测中心进行数字交换。

近端机原理框图如下：



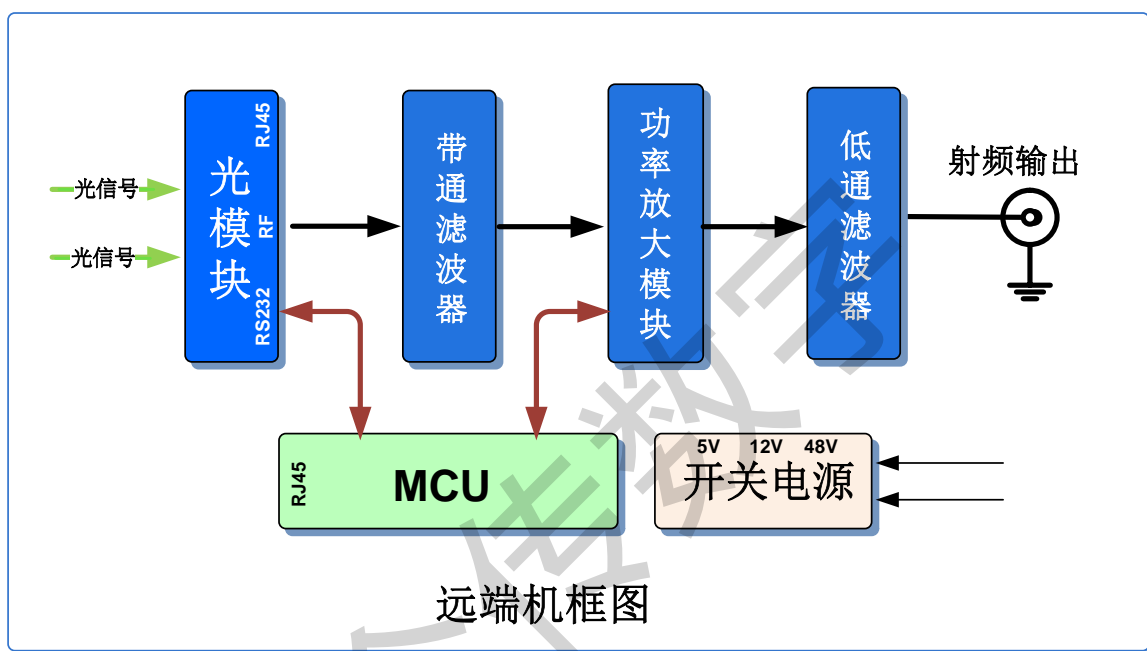
3、远端设备:包括远端机（光直放站）、漏缆（或小型 FM 发射天线）组成。

远端及（光直放站）主要有光模块、带通滤波器、功率放大器、低通滤波器、电源、中控模块 MCU 六部分组成。

- ✧ 功放及主控板部分在机箱内处于全封闭状态。设备自然散热，所有输入输出接口均从底部面板接入引出，便于在隧道内安装。
- ✧ 电源部分将 220V 交流电转换成发射机工作所需要的直流电源。
- ✧ 主控板提供各模块工作所需要的直流电，AD 转换，网口通信，接收光报警信号等功能。
- ✧ 功率放大器由功率放大、滤波器、功率检测三个部分组成。采集功率、电压、电流、温度等模拟电压参数，传送给主控单元，同时接受执行主控单元的控制命令，并根据这些采集数据控制功率放大器的输出功率。同时将采集的数据通过光缆回传到近端机。高线性功率放大单元：宽带线性放大高线性功率放大，有效降低互调和带外产物。
- ✧ 光模块：还原调频群载波信号，作为功率放大器的信号源。双向的光模块同时回传监测数据到近端机。

- ◇ 滤波单元：带通滤波器主要滤波光模块产生的 87-108MHZ 带外杂波。低通滤波器主要滤波功放放大后产生的 108MHZ 以上多次谐波。
- ◇ 监控单元：远端机的运行数据通过光纤链路回传到近端机。通过近端机内置的远程 GPRS 模块，传递隧道内的远端机被监测的数据到监测中心。近端机以 4G 通讯方式、通过无线链路实现远程监控。。
- ◇ 中控模块 MCU：通过 MCU 的 RJ45 网口连接笔记本电脑显示校验该远端机的工作参数。

远端机方框图二。



4、**无线发射元件**：有两种无线发射形式，即泄露电缆发射和小型化发射天线。这两种无线发射元件将远端机（光直放站）输出的射频信号以无线方式发射到隧道内。

四、数字化调频广播覆盖系统的特点

- ◇ 本系统采用全数字化技术，使得系统架构简单，功能灵活强大，成本较低。
- ◇ 近端机的所有功能以积木方式汇集在一块结构紧密的光纤板内，体积小，安全性高。含有 4 路光口、双向光通道可以同时传输 16 路 FM 载频信号。采用 4G 无线链路作为远程监控媒介，大大简化了监控设备的配置，也为今后 5G 技术打下良好的基础。在近端机设有二路射频输入口，一路是调频广播的天线输入口，另一路是应急信号输入口，在紧急情况下，所有设定的频点均调制在应急插播的音频信号，汽车收音机不管在收听那个频率，均可以收听到应急插播信号。

- ◇ 远端机通过双向光缆与近端机组成监测局域网，实现远程监控。具有光旁路功能，当组网中某台远端机停电、中频板损坏及同步失败等某一种影响设备工作的情况，后续远端机应不受影响并可正常工作。环形组网中某条光缆出现断裂等影响设备工作的情况，系统可自动调整链路，继续正常运行，同时监控软件会报告定位故障光缆方便及时维修。
- ◇ 根据需要可灵活配置泄漏电缆或发射天线作为无线电辐射元件，适应性较广。

五、工程实例分析

1、 工程目标

在 4000 米双向隧道内、实现高质量覆盖 1~16 套调频立体声广播节目（可在近端软件配置节目套数）；隧道内 FM 广播信号场强不小于 35dBuV/m。

2、 工程概况

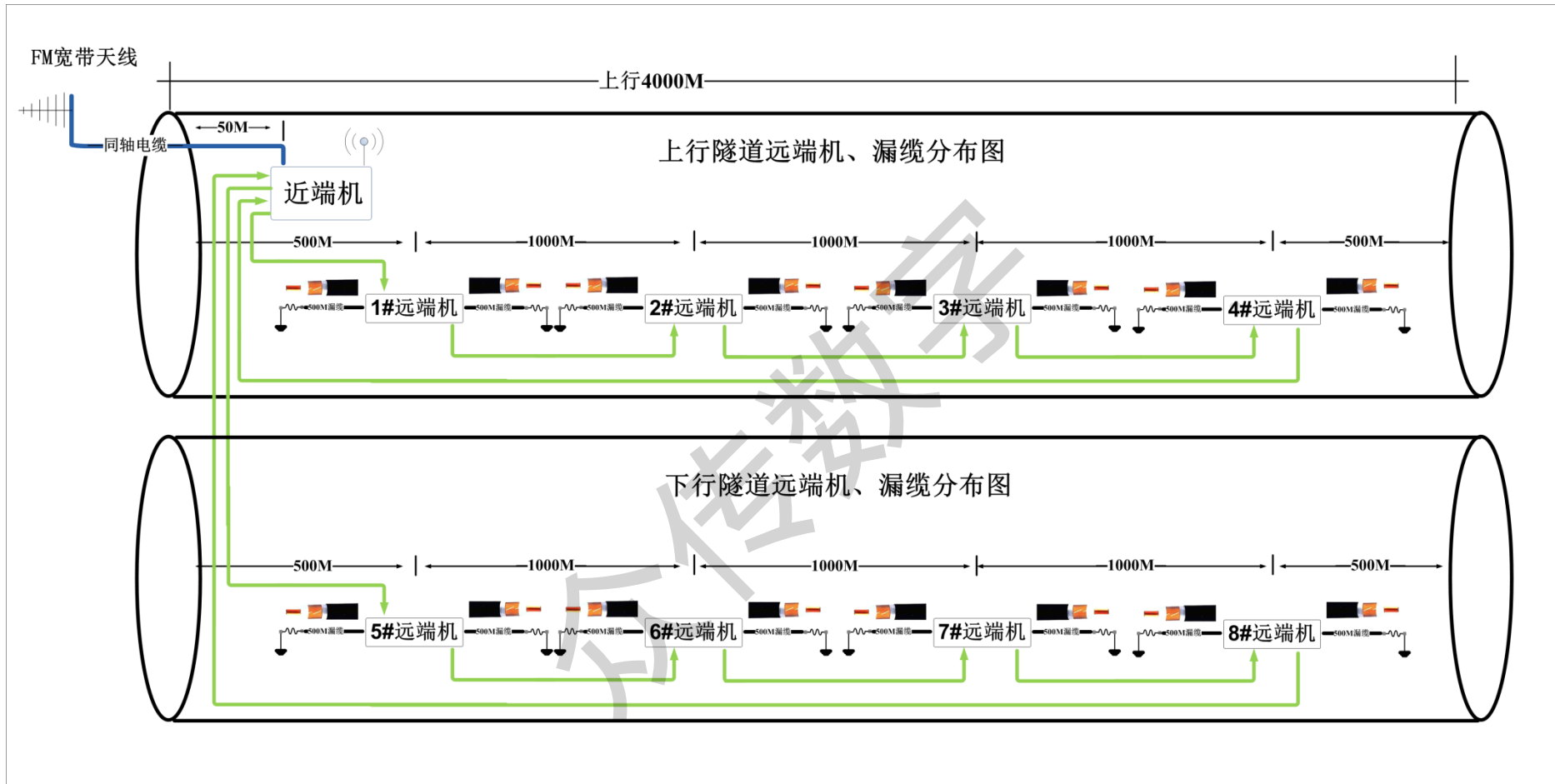
- ◇ 分别采用漏缆和发射天线进行设计；
- ◇ 采用漏缆的方式：每隔 1000 米配置 1 台远端机。每个远端机的射频输出经功率分配器，分别向两侧敷设一根 500 米的漏缆和终端负载，每侧隧道需配置 4 台远端机，共需要 8 台远端机。（见图三）
- ◇ 采用天线方式：每隔 500 米配置 1 台远端机。为每个远端机的射频输出经功率分配器后分别连接上行、下行各一个 FM 宽带天线。整条隧道需配置 8 台远端机。（见图四）。
- ◇ 采用光环路组网形式。其优点是当组网中连接某台远端机光纤断裂、光接头损坏等某一种情况下，后续远端机不受影响并可正常工作。此时系统可自动调整链路，形成新的组网架构保持远端机正常工作；同时监控软件会报告定位故障光缆、方便及时维修。
- ◇ 近端机和远端机的调频信号传输和监控信息传输可波分复用共用一根光缆，大大降低光缆的成本。
- ◇ 由于近端机和远端机均采用壁挂结构、悬挂与隧道墙壁上安装，不需单独设置机房。

3、 远程监控系统

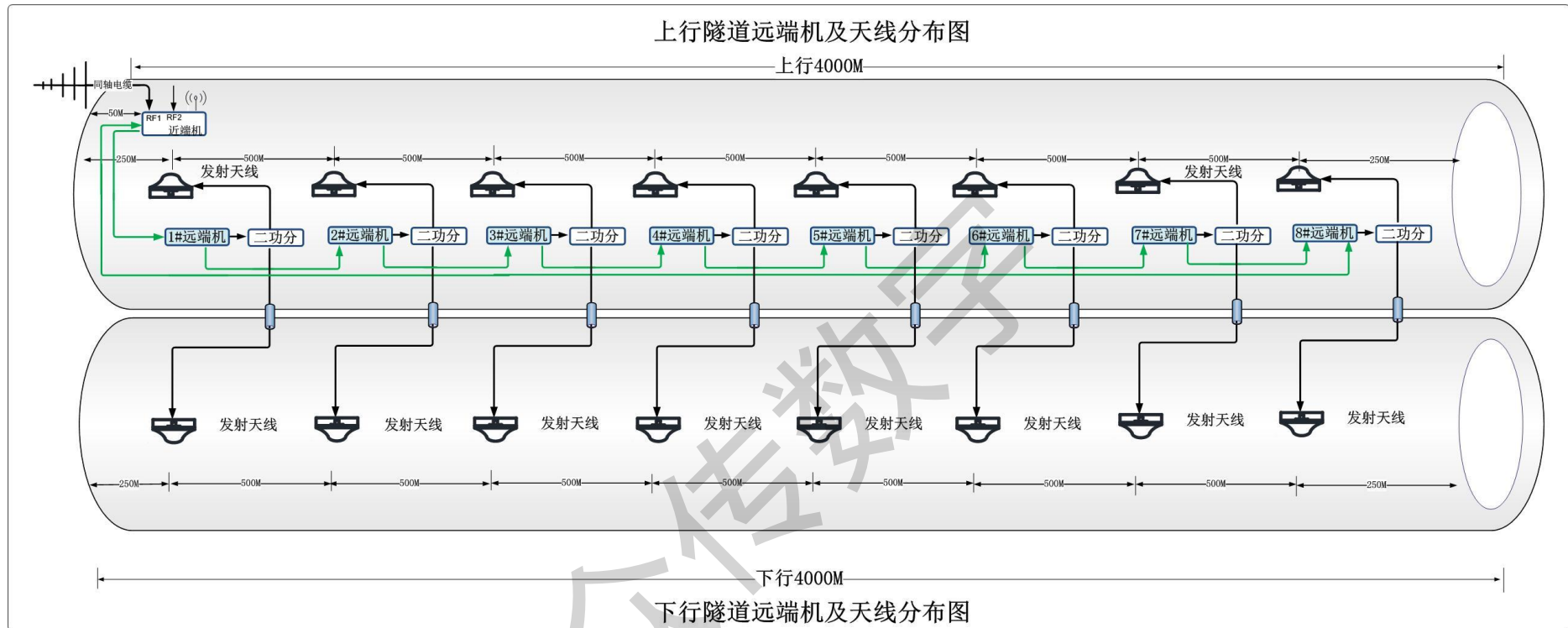
可随时监测近端机、远端机的工作状态，并自动做好参数记录备查，发现异常情况可实时报警。参数包括：近端机信号输入电平、远端机输入光功率、远端机射频输出功率、工作温度、端口驻波比、等等。

远程监控为架设一套网管中心，以 GPRS 为平台，可远程监测任何一台设备。此网管中心一般放置于中心机房内。监控系统利用已放置的传输调频信号的光缆传输监控信息，不必另外放置光缆，大大节约了光缆成本。

- ◇ **监测：**对射频处理器的射频信号的输入和输出状态、光发射机的输出光功率、远端机的正向功率、反向功率、温度。
- ◇ **监听：**对隧道内播出的调频广播信号解调后回传至服务器进行实时监听。
- ◇ **控制：**远端机的功率调整、开射频、关射频。射频处理器的射频输出信号的幅度和延时量调节。
- ◇ **报警：**当远端机的正向功率、反向功率、温度等低于或超出设置的门限时。当射频处理器的射频输出信号低于或超出设置的门限时。
- ◇ **统计查询和存储打印：**可统计设备的运行和报警数据；可查询设备的实时数据和历史数据，关键数据保留 10 年以上，普通数据保留 1 年；可打印各类报表。
- ◇ 系统提供完善的**授权**管理。授权级别不同，操作权限和优先组/级就不同，以保证系统安全运行；用户的登陆数据可按用户要求存入后台数据库备查。
- ◇ 所有监测/监听/监看功能及报警日志均集中在统一显示界



图三、隧道调频广播系统图（采用漏缆方式）



图四、隧道调频广播系统图（采用天线方式）

4、设备清单一（4000米双向隧道，采用发射天线覆盖方案）

序号	设备名称	规格型号	数量	单价	合价	备注
(一)近端设备						
1	FM 宽带接收天线	FM-DV1	1 副			
2	近端机	ZHC939G	1 台			可处理 16 套节目
3	应急广播处理器	ZHC368M	1 台			
4	辅材及安装费					
(二)远端设备（4000米+4000米）						
1	远端机	ZHC929G-25W	8 台			
2	功率分配器	ZHC-SP2	8 台			
3	发射天线	FM-CX1	18 副			
4	超柔阻燃同轴电缆	1/2'	400 米			配齐射频接头
5	光缆	4 芯，铠装	3950 米			配齐尾纤
6	辅材及安装费		1 套			
(三)监控系统						
1	VPN 路由器		1 台			全系统配 1 台
2	监控软件	ZHC618-MCS4.3	1 台			
3	多路调频广播监测仪	ZHC828-3	2 台			
4	辅材及安装调试费		1 套			

5、设备清单二（4000米双向隧道，采用泄漏电缆覆盖方案）

序号	设备名称	规格型号	数量	单价	合价	备注
(一)近端设备						
1	FM 宽带接收天线	FM-DV1	1 副			
2	近端机	ZHC939G	1 台			可处理 16 套节目
3	应急广播处理器	ZHC368M	1 台			
4	辅材及安装费					
(二)远端设备（4000米+4000米）						
1	远端机	ZHC929G-25W	8 台			
2	假负载	100 瓦	16 只			
3	泄漏电缆	7/8'	8000 米			
4	漏缆安装支架	-22	8000 只			配齐射频接头
5	光缆	4 芯，铠装	8000 米			配齐尾纤
6	辅材及安装费		1 套			
(三)监控系统						
1	VPN 路由器		1 台			全系统配 1 台

2	监控软件	ZHC618-MCS4.3	1 台			
3	多路调频广播监测仪	ZHC828-3	2 台			
4	辅材及安装调试费		1 套			

众传数字