



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113555159 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 18

(21) 申请号 202110843402.8

H02G 1/06 (2006.01)

(22) 申请日 2021.07.26

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 109003741 A, 2018.12.14

申请公布号 CN 113555159 A

CN 111082193 A, 2020.04.28

CN 111293393 A, 2020.06.16

(43) 申请公布日 2021.10.26

CN 201213151 Y, 2009.03.25

US 2010194500 A1, 2010.08.05

(73) 专利权人 长飞光纤光缆股份有限公司

审查员 江成龙

地址 430074 湖北省武汉市东湖新技术开

发区光谷大道九号

专利权人 武汉长飞通用电缆有限公司

(72) 发明人 邱石 王念立 严骁智 吴付亮

(74) 专利代理机构 武汉臻诚专利代理事务所

(普通合伙) 42233

代理人 胡星驰

(51) Int. Cl.

H01B 11/18 (2006.01)

权利要求书2页 说明书10页 附图1页

(54) 发明名称

用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆及敷设模块

(57) 摘要

本发明公开了一种用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆其外导体包括依次首尾连接的长度在150~250米之间的正向第一区段、长度在50~100米之间的正向第二区段、长度在80~200米之间的中间区段、长度在50~100米之间的负向第二区段、以及长度在150~250米之间的负向第一区段;各区段具有相同类型的断点八字型槽。本发明提供的辐射型漏缆,通过分段优化,配合断点八字型槽孔设计,针对2G至5G的宽高频区域,通过多个区段之间的衰减性能和耦合损耗的配合,优化了长达500米的2G/3G/4G/5G信号波段漏泄电缆的综合损耗,即使在轨道交通通行系统没有预留电缆拓展接口的情况下,也能通过更换为本发明提供的辐射型漏泄电缆,方便的实现兼容2G/3G/4G通信的5G通信系统升级,无需增设区间设备。



1. 一种用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,其外导体包括依次首尾连接的长度在150~250米之间的正向第一区段、

长度在50~100米之间的正向第二区段、

长度在80~200米之间的中间区段、

长度在50~100米之间的负向第二区段、以及

长度在150~250米之间的负向第一区段;

各区段具有相同类型的断点八字型槽;所述断点八字型槽,包括关于该周期径向中轴对称的正向槽孔组和负向槽孔组;所述正向槽孔组具有第一槽孔对与第二槽孔对;其中第一槽孔对具有第一与第二槽孔,所述第二槽孔对具有第三与第四槽孔,第一至第四槽孔皆为一端弧形一端方形的狭长孔,其中:

第一与第二槽孔相对且共线,方形端相互靠近且平行,故第一与第二槽孔具有相同的倾斜角;第三与第四槽孔相对,方形端相互靠近且平行,其间距为槽孔对间距,故第三与第四槽孔具有相同的倾斜角;第一至第四槽孔按照信号传播的方向排列;

所述负向槽孔具有与第一与第四槽孔关于该周期径向中轴对称的第五与第八槽孔,其中第一槽孔与第八槽孔对称,第二槽孔与第七槽孔对称,第三槽孔与第六槽孔对称,第四槽孔与第五槽孔对称;第五与第六槽孔组成第三槽孔对,第七与第八槽孔组成第四槽孔对;

记: $L_i, i = 1, 2, \dots, 8$ 为第一至第八槽孔的长度, $W_i, i = 1, 2, \dots, 8$ 为第一至第八槽孔的宽度; $\alpha_i, i = 1, 2, 3, 4$ 为第一至第四槽孔对的倾斜角;

中间区段槽孔的长度与正向或负向第二区段槽孔的长度之比的处于[1.1, 1.2]之内,其槽孔的宽度与正向或负向第二区段槽孔宽度之比处于(1, 1.1]之内,其槽孔倾斜角度与正向或负向第二区段槽孔倾斜角度之比处于(1, 1.5]之内;

正向或负向第二区段槽孔的长度与正向或负向第一区段槽孔长度之比的处于[1.1, 1.2]之内,其槽孔的宽度与正向或负向第一区段的槽孔宽度之比处于(1, 1.1]之内,其槽孔倾斜角度与正向或负向第一区段槽孔倾斜角度之比处于(1, 1.5]之内;

使得由两端的区段至中间区段单位长度衰减呈增大趋势、耦合损耗值呈减小的趋势。

2. 如权利要求1所述的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,所述正向第一、第二区段分别与负向第一、第二区段具有相同的槽孔。

3. 如权利要求1所述的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,所述所有区段按照相同的节距 $P$ 周期性布设的断点八字型槽,节距 $P$ 在160~260mm之间。

4. 如权利要求1所述的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,所述断点八字型槽满足:

$$\alpha_1 = -\alpha_4, \alpha_2 = -\alpha_3$$

$$p_1 = \frac{P}{6}, p_1 = \frac{P}{3}$$

其中, $\alpha_i, i = 1, 2, 3, 4$ 为第一至第四槽孔对的倾斜角; $p_i, i = 1, 2, 3, 4$ 为第一至第四槽孔对的位置,槽孔对的位置即槽孔对相对的方形端面的中心点与该周期起始边的距离;

第一至第四槽孔对的间距相同且与第一至第八槽孔的宽度相当。

5. 如权利要求1所述的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,所述正向或负向第一区段,其3300~3700MHz百米衰减值在5~8dB之间,耦合损耗值在72.5~77dB之间;所述正向或负向第二区段,其3300~3700MHz百米衰减值在7~12dB之间,耦合损耗值在67~73dB之间;所述中间区段,其3300~3700MHz百米衰减值在10~19dB之间,耦合损耗值在61~68dB之间。

6. 如权利要求1所述的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,所述正向或负向第一区段其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~20°之间, $\alpha_2$ 在11~20°之间, $L_1$ 在13~18mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在13~18mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4mm之间, $W_2$ 在2.5~4mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在与 $W_1$ 一致;间隔 $b$ 与该区段槽孔宽度相当。

7. 如权利要求1所述的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,所述正向或负向第二区段其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~30°之间, $\alpha_2$ 在11~30°之间, $L_1$ 在14.3~21.6mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在14.3~21.6mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4.4mm之间, $W_2$ 在2.5~4.4mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在与 $W_1$ 一致;间隔 $b$ 与该区段槽孔宽度相当。

8. 如权利要求1所述的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其特征在于,所述中间区段其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~45°之间, $\alpha_2$ 在11~45°之间, $L_1$ 在15.7~25.9mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在15.7~25.9mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4.8mm之间, $W_2$ 在2.5~4.8mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在 $W_1$ 一致;间隔 $b$ 与该区段槽孔宽度相当。

9. 一种用于轨道交通通信系统5G升级的敷设模块,其特征在于,应用如权利要求1至8任意一项所述的辐射型漏缆,包括3300~3700MHz频段的信号辐射源、信号接收器、合路平台下行单元、合路平台上行单元;所述信号辐射源与所述合路平台下行单元相连,所述信号接收器与所述合路平台上行单元相连;所述合路平台下行单元与信号下行的所述辐射型漏缆相连,所述合路平台上行单元与信号上行的所述辐射型漏缆相连;

所述辐射型漏缆,其长度大于等于现有的轨道交通通信信号传输区间。

## 用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆及敷设模块

### 技术领域

[0001] 本发明属于无线通信领域,更具体地,涉及一种用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆及敷设模块。

### 背景技术

[0002] 辐射型漏泄同轴电缆的外导体上开得槽孔的间距与波长(或半波长)相当,其槽孔结构使得在槽孔处信号产生同相迭加。外导体上开着周期性变化的槽孔是典型的辐射型漏泄同轴电缆。辐射型漏泄同轴电缆是由外导体上开的槽孔直接辐射产生。槽孔的形状和尺寸严格依据所应用的频率范围而设计,因而辐射型漏泄同轴电缆是基于频率段优化的漏泄同轴电缆,在相关的频率段内具有非常优越的频率特性。而且漏泄的电磁能量具有方向性,相同的漏泄能量可在辐射方向上相对集中,并且不会随距离的增加而迅速减小。

[0003] 目前国内地铁和铁路通信系统中广泛使用漏泄同轴电缆(以下简称漏缆)作为地铁和铁路通信系统中信号收发的媒介,4G通信时代,通信系统仅覆盖800~2700Mhz的频率使用范围。当时地铁和铁路主流以1-5/8尺寸规格的漏缆为主,该规格漏缆最高截止频率约2800MHz左右,在满足通信系统覆盖频段的前提下具有较低衰减和较优异的辐射性能。然而2019年之后铁路和地铁通信系统开始敷设5G通信系统,通信频段从800~2700MHz扩展到700~3700Mhz,其中3300~3700MHz为电信联通的5G频段。原有地铁和铁路线路中的1-5/8规格不具有传输3300~3700MHz频段信号的能力,因此需要使用1-1/4尺寸规格的漏缆。

[0004] 现有的5G适用的1-1/4尺寸规格的漏缆损耗较大,不能满足现有轨道交通4G通信系统漏缆敷设时区间设备的设计要求,导致现有的轨道交通4G通信系统升级为5G通信系统时,成本居高不下且工程量巨大。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆及敷设模块,其目的在于通过对1-1/4尺寸规格的漏缆进行分段优化,将整体超过500米,甚至达到700米的信号传输区间,划分为多个预设长度的区段,通过多个区段之间的衰减性能和耦合损耗的配合,达到5G信号的频段及传输性能要求,并提供了应用该辐射型漏缆敷设模块,该模块兼容现有的4G电缆通信系统,无需增加现有的传输区间及相关区间设备,仅需要简单增加本发明的提供的5G通信电缆或敷设模块,又或替换4G通信电缆或敷设模块,由此解决现有的4G通信系统在升级为5G通信系统时,由于漏泄电缆在5G信号频段的损耗远超4G信号频段,信号传输区间过短,因此不能兼容现有的4G信号的传输区间,需要增加区间设备,导致5G通信系统布设工程量大、升级5G通信系统成本高的技术问题。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其外导体包括依次首尾连接的长度在150~250米之间的正向第一区段、

[0007] 长度在50~100米之间的正向第二区段、

- [0008] 长度在80~200米之间的中间区段、
- [0009] 长度在50~100米之间的负向第二区段、以及
- [0010] 长度在150~250米之间的负向第一区段；
- [0011] 各区段具有相同类型的断点八字型槽；
- [0012] 中间区段槽孔的长度与正向或负向第二区段槽孔的长度之比的处于[1.1, 1.2]之内,其槽孔的宽度与正向或负向第二区段槽孔宽度之比处于(1, 1.1]之内,其槽孔倾斜角度与正向或负向第二区段槽孔倾斜角度之比处于(1, 1.5]之内；
- [0013] 正向或负向第二区段槽孔的长度与正向或负向第一区段槽孔长度之比的处于[1.1, 1.2]之内,其槽孔的宽度与正向或负向第一区段的槽孔宽度之比处于(1, 1.1]之内,其槽孔倾斜角度与正向或负向第一区段槽孔倾斜角度之比处于(1, 1.5]之内；
- [0014] 使得由两端的区段至中间区段单位长度衰减呈增大趋势、耦合损耗值呈减小的趋势。
- [0015] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述正向第一、第二区段分别与负向第一、第二区段具有相同的槽孔。
- [0016] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述所有区段按照相同的节距 $P$ 周期性布设的断点八字型槽,节距 $P$ 在160~260mm之间。
- [0017] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述断点八字型槽,包括关于该周期径向中轴对称的正向槽孔组和负向槽孔组;所述正向槽孔组具有第一槽孔对与第二槽孔对;其中第一槽孔对具有第一与第二槽孔,所述第二槽孔对具有第三与第四槽孔,第一至第四槽孔皆为一端弧形一端方形的狭长孔,其中:
- [0018] 第一与第二槽孔相对且共线,方形端相互靠近且平行,故第一与第二槽孔具有相同的倾斜角;第三与第四槽孔相对,方形端相互靠近且平行,其间距为槽孔对间距,故第三与第四槽孔具有相同的倾斜角;第一至第四槽孔按照信号传播的方向排列;
- [0019] 所述负向槽孔具有与第一与第四槽孔关于该周期径向中轴对称的第四与第八槽孔,其中第一槽孔与第八槽孔对称,第二槽孔与第七槽孔对称,第三槽孔与第六槽孔对称,第四槽孔与第五槽孔对称;第五与第六槽孔组成第三槽孔对,第七与第八槽孔组成第四槽孔对。
- [0020] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述断点八字型槽满足:
- [0021]  $\alpha_1 = -\alpha_4, \alpha_2 = -\alpha_3$
- [0022] 
$$p_1 = \frac{P}{6}, p_1 = \frac{P}{3}$$
- [0023] 其中, $\alpha_i, i = 1,2,3,4$ 为第一至第四槽孔对的倾斜角; $p_i, i = 1,2,3,4$ 为第一至第四槽孔对的位置,槽孔对的位置即槽孔对相对的方形端面的中心点与该周期起始边的距离;
- [0024] 第一至第四槽孔对的间距相同且与第一至第八槽孔的宽度相当。
- [0025] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述正向或负向第一区段,其3300~3700MHz百米衰减在5~8dB之间,耦合损耗值在72.5~77dB之间;所述正向

或负向第二区段,其3300~3700MHz百米衰减在7~12dB之间,耦合损耗在67~73dB之间;所述中间区段,其3300~3700MHz百米衰减在10~19dB之间,耦合损耗在61~68dB之间。

[0026] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述正向或负向第一区段其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~20°之间, $\alpha_2$ 在11~20°之间, $L_1$ 在13~18mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在13~18mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4mm之间, $W_2$ 在2.5~4mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在与 $W_1$ 一致;间隔**b**与该区段槽孔宽度相当。

[0027] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述正向或负向第二区段其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~30°之间, $\alpha_2$ 在11~30°之间, $L_1$ 在14.3~21.6mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在14.3~21.6mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4.4mm之间, $W_2$ 在2.5~4.4mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在与 $W_1$ 一致;间隔**b**与该区段槽孔宽度相当。

[0028] 优选地,所述用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,其所述中间区段其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~45°之间, $\alpha_2$ 在11~45°之间, $L_1$ 在15.7~25.9mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在15.7~25.9mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4.8mm之间, $W_2$ 在2.5~4.8mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在与 $W_1$ 一致;间隔**b**与该区段槽孔宽度相当。

[0029] 按照本发明的另一个方面,提供了一种用于轨道交通通信系统5G升级的敷设模块,其包括3300~3700MHz频段的信号辐射源、信号接收器、合路平台(POI)下行单元、合路平台(POI)上行单元;所述信号辐射源与所述合路平台下行单元相连,所述信号接收器与所述合路平台上行单元相连;所述合路平台下行单元与信号下行漏泄电缆相连,所述合路平台上行单元与信号上行漏泄电缆相连;

[0030] 所述信号下行漏泄电缆与所述信号上行漏泄电缆为本发明提供的辐射型漏缆,其长度大于等于现有的轨道交通通信信号传输区间。

[0031] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0032] 本发明提供的辐射型漏缆,通过分段优化,配合断点八字型槽孔设计,针对2G至5G的宽高频区域,通过多个区段之间的衰减性能和耦合损耗的配合,优化了长达500米,甚至700米的2G/3G/4G/5G信号波段漏泄电缆的综合损耗,从而使得5G信号的传输性能及耦合性能满足现有的2G/3G/4G通信信息同的传输区间距离要求,即使在轨道交通通行系统没有预留电缆拓展接口的情况下,也能通过更换为本发明提供的辐射型漏泄电缆,方便的实现兼容2G/3G/4G通信的5G通信系统升级,无需增设区间设备。

[0033] 优选方案,各区段采用相类似的断点八字型槽设计,拓宽了适用的频率范围,漏缆的驻波在区段分段点上也没有明显的变化,保证了整段漏缆的使用效果。

[0034] 本发明提供的敷设模块,与现有的2G/3G/4G通信系统的信号传输区间长度相当,能兼容现有的2G/3G/4G通信系统的布设架构的同时,兼容2G/3G/4G信号。

[0035] 本发明只需要在相应的区间设备上,进行模块扩展、设备的复用、以及线缆的更新敷设,即可实现兼容2G/3G/4G通信的5G通信系统升级,无需改变敷设区间架构、增加区间设备,施工量小,成本大幅降低。

## 附图说明

[0036] 图1是本发明提供的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆结构示意图；

[0037] 图2是本发明提供的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆一个周期内断点八字型槽结构示意图；

[0038] 图3是本发明提供的用于轨道交通通信系统5G升级的敷设模块结构示意图。

## 具体实施方式

[0039] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0040] 目前已有一些技术，针对5G信号的长距离传输，对辐射型漏缆做出优化，然而这些技术要么仅仅针对5G频段，2.6GHz及3.5GHz，要么仅仅针对频段做优化拓展。然而轨道交通通信系统5G升级时，遇到没有电缆拓展接口时，需要更换电缆以兼容2G、3G、4G、5G频段时，现有的宽高频电缆，由于损耗较大，导致不能兼容现有的4G信号的传输区间，需要增加区间设备，导致5G通信系统布设工程量大、升级5G通信系统成本高。

[0041] 本发明提供的用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆，特别用于700米及其以内区间长度的旧有地铁和铁路线路通信系统5G升级改造，为1-1/4尺寸规格的漏泄电缆，如图1所示，其外导体包括依次首尾连接的

[0042] 长度在150~250米之间的正向第一区段、

[0043] 长度在50~100米之间的正向第二区段、

[0044] 长度在80~200米之间的中间区段、

[0045] 长度在50~100米之间的负向第二区段、以及

[0046] 长度在150~250米之间的负向第一区段；

[0047] 其中各区段具有相同类型的槽孔，正向第一、第二区段分别与负向第一、第二区段具有相同的槽孔；采用相似的结构，漏缆的驻波在区段分段点上也没有明显的变化，保证了整段漏缆的使用效果。

[0048] 中间区段槽孔的长度与正向或负向第二区段槽孔的长度之比的处于[1.1, 1.2]之内，其槽孔的宽度与正向或负向第二区段槽孔宽度之比处于(1, 1.1]之内，其槽孔倾斜角度与正向或负向第二区段槽孔倾斜角度之比处于(1, 1.5]之内；

[0049] 正向或负向第二区段槽孔的长度与正向或负向第一区段槽孔长度之比的处于[1.1, 1.2]之内，其槽孔的宽度与正向或负向第一区段的槽孔宽度之比处于(1, 1.1]之内，其槽孔倾斜角度与正向或负向第一区段槽孔倾斜角度之比处于(1, 1.5]之内；

[0050] 通过这样的调整，使得由两端的区段至中间区段单位长度衰减呈增大趋势、耦合损耗值呈减小的趋势。区段之间的变化趋势的差异程度是优化漏缆整体长度的关键所在；较大的差异能避免能量在最初传输阶段过多消耗，使传输的末端可以辐射更多的能量；过小的差异会导致最初传输阶段衰耗能量过多，且传输的末端辐射的信号能量较少，优化效果不理想。另外这种差异会导致漏缆的驻波在区段分段点上发生变化，使用效果受到影响。

[0051] 优选方案，所述所有区段按照相同的节距 $P$ 周期性布设的断点八字型槽，节距 $P$ 在

160~260mm之间,使槽孔单模辐射的频率范围包含所需的系统频率范围。相比其他槽孔结构,八字槽在宽高频段(如1700~3700MHz)具有更优秀的辐射性能。

[0052] 所述断点八字型槽,如图2所示,包括关于该周期径向中轴对称的正向槽孔组和负向槽孔组;所述正向槽孔组具有第一槽孔对与第二槽孔对;其中第一槽孔对具有第一与第二槽孔,所述第二槽孔对具有第三与第四槽孔,第一至第四槽孔皆为一端弧形一端方形的狭长孔,其中:

[0053] 第一与第二槽孔相对且共线,方形端相互靠近且平行,故第一与第二槽孔具有相同的倾斜角;第三与第四槽孔相对,方形端相互靠近且平行,其间距为槽孔对间距,故第三与第四槽孔具有相同的倾斜角;第一至第四槽孔按照信号传播的方向排列;

[0054] 所述负向槽孔具有与第一与第四槽孔关于该周期径向中轴对称的第四与第八槽孔,其中第一槽孔与第八槽孔对称,第二槽孔与第七槽孔对称,第三槽孔与第六槽孔对称,第四槽孔与第五槽孔对称;第五与第六槽孔组成第三槽孔对,第七与第八槽孔组成第四槽孔对。

[0055] 记: $L_i, i = 1, 2, \dots, 8$ 为第一至第八槽孔的长度, $W_i, i = 1, 2, \dots, 8$ 为第一至第八槽孔的宽度; $\alpha_i, i = 1, 2, 3, 4$ 为第一至第四槽孔对的倾斜角,其中 $\alpha_1 = -\alpha_4, \alpha_2 = -\alpha_3, p_i, i = 1, 2, 3, 4$ 为第一至第四槽孔对的位置,槽孔对的位置即槽孔对相对的方形端面的中心点与该周期起始边的距离;

[0056] 由于 $\alpha_1 = -\alpha_4, \alpha_2 = -\alpha_3$ ,以此排列可以有效抑制槽孔辐射的-2、-4等偶数次谐波; $p_1 = \frac{P}{6}, p_2 = \frac{P}{3}$ ,可以有效抑制-3次谐波;第一至第四槽孔对的间距相同,记作**b**,与第一至第八槽孔的宽度相当,可以在抑制-3次谐波的基础上进一步抑制-5次谐波,从而使工作频率的宽度得到展宽,以满足最大3700MHz以上频率。5g地铁和铁路通信系统改造等工程中,该发明的漏缆通过此特定槽孔排列,可传输1700~3700MHz范围内的通信频段。

[0057] 断点八字型槽孔,在5G频段上表现出了良好的辐射性能。相较常规八字槽和槽孔阵列,虽然高频拥有较好的辐射性能,但是低频段辐射性能存在过分优化的情况,低频段综合损耗值远远优于客户需求,导致高频段的衰减一定程度上有所增加。本发明槽孔除了调整槽长、槽宽以及倾斜角度以外,能同时对槽孔对的间距、槽孔对的倾斜角度进行分别精确的调整,并通过控制槽孔单元数量,一定程度上减轻了低频辐射能量,从而进一步集中优化了高频辐射的性能。常规八字槽的单行结构由于排布过于紧密,辐射性能调整范围亦受到一定程度上的限制。本发明优选的在保证满足客户需求的前提下,可以劣化低频的辐射能力来进一步提高高频的辐射能力,从而进一步提升电缆的使用长度,兼顾2G至5G频段的综合损耗,达到2G/3G/4G/5G合路使用的高宽频、500m以上甚至700m以上的长区间的电性能需求,从而方便的实现5G兼容2G至4G的敷设区间漏缆升级,即使没有预留漏缆拓展接口或模块,也可以通过简单更换信号频段和区间内的漏泄电缆,实现兼容2G至4G的5G信号升级。

[0058] 即同时调整:各区段 $L_i, W_i, \alpha_i$ ,并随之调整槽孔对间距**b**,使得:

[0059] 中间区段 $L_i$ /正向或负向第二区段 $L_i$ 处于[1.1, 1.2]之内, $i = 1, 2, \dots, 8$ ,

[0060] 中间区段 $W_i$ /正向或负向第二区段 $W_i$ 处于(1, 1.1]之内, $i = 1, 2, \dots, 8$ ,



[0061] 中间区段 $\alpha_i$ /正向或负向第二区段 $\alpha_i$ 处于(1, 1.5]之内, $i = 1,2,3,4$ ,

[0062] 正向或负向第二区段 $L_i$ /正向或负向第一区段 $L_i$ 处于[1.1, 1.2]之内,  
 $i = 1,2, \dots, 8$ ,

[0063] 正向或负向第二区段 $W_i$ /正向或负向第一区段 $W_i$ 处于(1, 1.1]之内,  
 $i = 1,2, \dots, 8$ ,

[0064] 正向或负向第二区段 $\alpha_i$ /正向或负向第一区段 $\alpha_i$ 处于(1, 1.5]之内, $i = 1,2,3,4$ ;

[0065] 槽孔对间距 $b$ 与该槽孔对的差值在 $\pm 0.1\text{mm}$ 之内。

[0066] 具体而言:

[0067] 所述正向或负向第一区段,其3300~3700MHz百米衰减在5~8dB之间,耦合损耗值(95%,2米距离)在72.5~77dB之间;其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~20°之间, $\alpha_2$ 在11~20°之间, $L_1$ 在13~18mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在13~18mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4mm之间, $W_2$ 在2.5~4mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在与 $W_1$ 一致;间隔 $b$ 与该区段槽孔宽度相当。

[0068] 所述正向或负向第二区段,其3300~3700MHz百米衰减在7~12dB之间,耦合损耗值(95%,2米距离)在67~73dB之间;其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~30°之间, $\alpha_2$ 在11~30°之间, $L_1$ 在14.3~21.6mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在14.3~21.6mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4.4mm之间, $W_2$ 在2.5~4.4mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在与 $W_1$ 一致;间隔 $b$ 与该区段槽孔宽度相当。

[0069] 所述中间区段,其3300~3700MHz百米衰减在10~19dB之间,耦合损耗值(95%,2米距离)在61~68dB之间;其断点八字型槽的 $\alpha_1$ 在11~45°之间, $\alpha_2$ 在11~45°之间, $L_1$ 在15.7~25.9mm之间, $L_2$ 在与 $L_1$ 一致, $L_3$ 在15.7~25.9mm之间, $L_4$ 在与 $L_3$ 一致; $W_1$ 在2.5~4.8mm之间, $W_2$ 在2.5~4.8mm之间, $W_3$ 在与 $W_2$ 一致, $W_4$ 在 $W_1$ 一致;间隔 $b$ 与该区段槽孔宽度相当。

[0070] 一种用于轨道交通通信系统5G升级的敷设模块,如图3所示,包括3300~3700MHz频段的信号辐射源、信号接收器、合路平台(POI)下行单元、合路平台(POI)上行单元;所述信号辐射源与所述合路平台下行单元相连,所述信号接收器与所述合路平台上行单元相连;所述合路平台下行单元与信号下行漏泄电缆相连,所述合路平台上行单元与信号上行漏泄电缆相连;

[0071] 所述信号下行漏泄电缆与所述信号上行漏泄电缆为本发明提供的辐射型漏缆,其长度大于等于现有的轨道交通通信信号传输区间。

[0072] 运营商信号通过POI将多路频率波段的信号合路成一路信号传输到单根漏缆中;隧道内信号从一根漏缆两端的poi送出,并向漏缆中间传输;POI端口的信号功率保持原隧道设计的输出功率不变的情况下,5G通信系统所使用的漏缆的衰减和辐射性能应能保证隧道区间漏缆半边长度的信号场强覆盖。

[0073] 以下为实施例:

[0074] 一种用于轨道交通通信系统5G升级的辐射型漏缆,分为五个区段,所述所有区段按照相同的节距 $P = 250\text{mm}$ 周期性布设的断点八字型槽,其最佳辐射频率范围由于节距和槽孔排布的设计,可达700~3700MHz。

[0075] 各区段参数如下表所示：

实 施 例	正向第一区段							
	区段长 (m)	$\alpha_1$ ( $^\circ$ )	$\alpha_2$ ( $^\circ$ )	$L_1、L_2$ (mm)	$L_3、L_4$ (mm)	$W_1、W_4$ (mm)	$W_2、W_3$ (mm)	$b$ (mm)
[0076] 1	250	15	15	15.5	15.5	2.8	2.8	2.8
2	200	14	14	15	15	2.8	2.8	2.8
3	150	11	11	17	17	2.8	2.8	2.8

实 施 例	正向第二区段							
	区段长 (m)	$\alpha_1$ ( $^\circ$ )	$\alpha_2$ ( $^\circ$ )	$L_1、L_2$ (mm)	$L_3、L_4$ (mm)	$W_1、W_4$ (mm)	$W_2、W_3$ (mm)	$b$ mm
[0077] 1	50	14	14	18	18	3.0	3.0	3.0
2	55	14	14	18	18	3.0	3.0	3.0
3	60	13	13	19	19	3.0	3.0	3.0

实 施 例	中间区段							
	区段长 (m)	$\alpha_1$ ( $^\circ$ )	$\alpha_2$ ( $^\circ$ )	$L_1、L_2$ (mm)	$L_3、L_4$ (mm)	$W_1、W_4$ (mm)	$W_2、W_3$ (mm)	$b$ mm
[0078] 1	100	15	15	21	21	3.2	3.2	3.3
2	90	17	17	20	20	3.2	3.2	3.3
3	80	15	15	22	22	3.2	3.2	3.3

[0079] 衰减测试结果如下：

[0080] 实施例1的衰减、耦合损耗测试结果(测试总长350米)

[0081]

频点	衰减值 (百米) dB			耦合损耗值 (dB)		
	第一区段	第二区段	中间区段	第一区段	第二区段	中间区段
900	2.61	2.71	2.76	86.55	84.12	84.17
1700	3.92	3.92	4.11	75.61	74.42	72.07
1800	4.04	4.08	4.31	75.19	74.38	70.45
1900	4.18	4.23	4.51	76.29	73.31	69.33
2000	4.37	4.41	4.77	73.25	73.09	68.96
2200	4.87	4.87	5.44	74.8	73.21	69.03
2400	4.98	5.25	5.8	74.36	73.34	67.79
2600	5.37	5.7	6.36	74.26	72.09	66.41
2700	5.49	5.91	6.72	74.66	71.38	68.65
3300	6.16	7.73	10.17	74.52	70.42	65.11
3400	6.54	8.47	11.75	73.61	69.36	63.52
3500	6.73	9.13	12.76	72.92	70.11	63.32
3600	6.99	9.93	14.97	72.57	68.44	62.73
3700	7.23	10.9	16.86	73.67	69.04	63.35

[0082] 实施例2的衰减、耦合损耗测试结果(测试总长300米)

[0083]

频点	衰减值 (百米) dB			耦合损耗值 (dB)		
	第一区段	第二区段	中间区段	第一区段	第二区段	中间区段
900	2.65	2.71	2.81	85.35	84.12	83.21
1700	3.81	3.92	4.19	76.63	74.42	71.11
1800	4.00	4.08	4.40	76.23	74.38	69.89
1900	4.14	4.23	4.65	76.91	73.31	68.53
2000	4.28	4.41	4.91	74.27	73.09	68.24
2200	4.77	4.87	5.60	75.97	73.21	68.50
2400	4.88	5.25	5.97	75.45	73.34	66.92
2600	5.26	5.70	6.55	75.45	72.09	65.77
2700	5.33	5.91	6.99	75.76	71.38	68.06
3300	5.92	7.73	10.58	75.65	70.42	64.44
3400	6.29	8.47	12.22	74.63	69.36	63.00
3500	6.47	9.13	13.27	74.12	70.11	62.76
3600	6.72	9.93	15.57	73.69	68.44	61.98
3700	6.95	10.90	17.53	74.83	69.04	63.03

[0084] 实施例3的衰减、耦合损耗测试结果(测试总长250米)

频点	衰减值(百米) dB			耦合损耗值(dB)		
	第一区段	第二区段	中间区段	第一区段	第二区段	中间区段
900	2.66	2.73	2.83	85.15	83.53	82.11
1700	3.88	4.00	4.23	75.99	73.28	70.99
1800	3.96	4.16	4.44	75.58	73.29	69.43
1900	4.10	4.31	4.67	76.77	72.18	68.30
2000	4.26	4.54	4.94	73.58	72.08	67.87
2200	4.75	5.02	5.63	75.35	72.15	67.97
2400	4.86	5.41	6.09	74.81	72.32	66.69
2600	5.24	5.87	6.65	74.70	70.94	65.39
2700	5.36	6.09	7.02	74.92	70.24	67.59
3300	6.01	8.04	10.73	75.00	69.25	64.06
3400	6.38	8.81	12.46	74.38	68.30	62.51
3500	6.57	9.50	13.65	73.76	69.05	62.32
3600	6.82	10.33	16.17	73.51	67.33	61.72
3700	7.05	11.34	18.38	74.59	68.03	62.34

[0086] 单侧350米、300米、250米漏缆各点的综合损耗均满足以下要求。

频率	900	1700	1800	1900	2000	2200	2400	2600	2700	3300	3400	3500	3600	3700
250m	91	84	84	85	83	84	85	84	84	84	84	85	86	95
300m	93	86	86	87	85	85	88	87	87	87	87	88	90	100
350m	94	89	89	89	89	88	91	90	90	90	90	90	93	105

[0088] 现有的1-1/4尺寸规格的漏缆,能满足截止使用频率为3700Mhz以上,但由于结构问题,综合损耗比1-5/8规格漏缆大;根据铁路和地铁轨道交通5G信号漏缆布设要求,1-1/4规格漏缆2700MHz频点350米处综合损耗为97dB,3600MHz频点350米处综合损耗为109dB;而1-5/8的在350米处2700MHz的综合损耗在94dB以内,比1-1/4漏缆具有更好的信号辐射能力。

[0089] 漏缆敷设时一般由一个射频拉远模块沿着隧道将漏缆连接至另一个射频拉远模块,一个射频拉远模块单端传输信号为一个区间(一个POI到另一个POI)长度的一半,原先覆盖700米区间时1-5/8漏缆要求其350米处2700MHz综合损耗为94dB;现在如果在旧有线路上敷设5G通信系统,那么使用1-1/4漏缆需要3600MHz在350米处达到94dB以内,才能保证区间长度不变且不改变设备功率不变的前提下,就能获得和旧有系统相近的信号强度。

[0090] 本发明采用分段混合式外导结构,通过特定的外导结构设计和电缆结构优化,使每一设计分段上各点的综合损耗均满足地铁和铁路5G通信系统使用要求的值,且单边传输长度满足最大350米的需求。

[0091] 具体地说,鉴于本发明的1-1/4规格漏泄电缆的综合损耗随着频率上升随之上升

的趋势,因而以3600MHz为例特别说明其所应达到的要求;本发明按照铁路和地铁漏泄电缆的要求,满足1700~3700MHz铁路和地铁通信系统的覆盖,以3600MHz为例,350米覆盖距离上各点的综合损耗均小于93dB。

[0092] 根据铁路和地铁漏泄电缆的需求,1-1/4规格漏缆2600MHz频点350米处综合损耗为93dB,3600MHz频点350米处综合损耗为109dB;而1-5/8的在350米处2600MHz的综合损耗在90dB以内,比1-1/4漏缆具有更好的信号辐射能力。

[0093] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

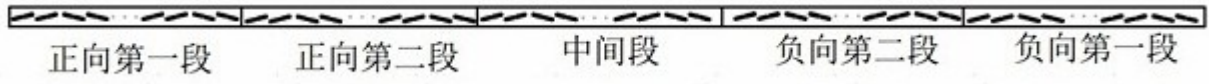


图1

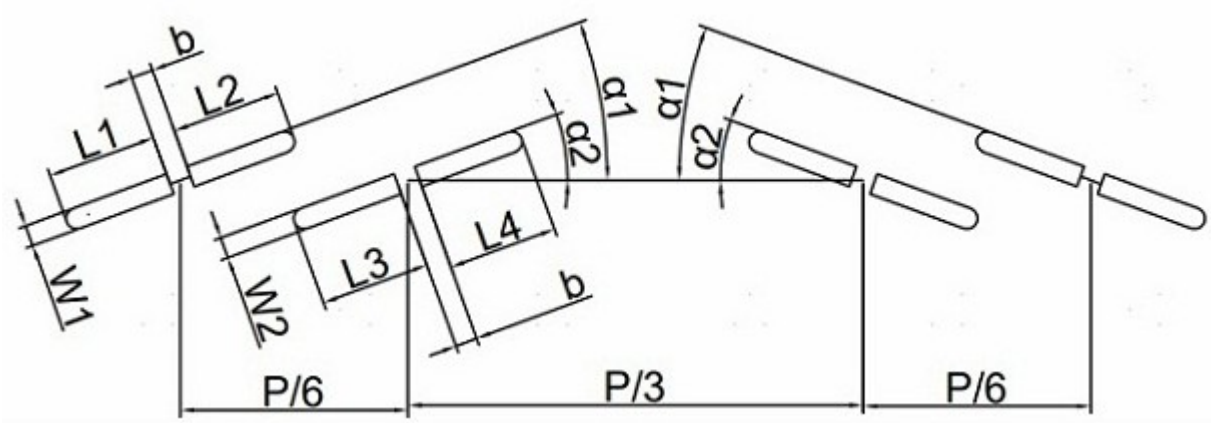


图2

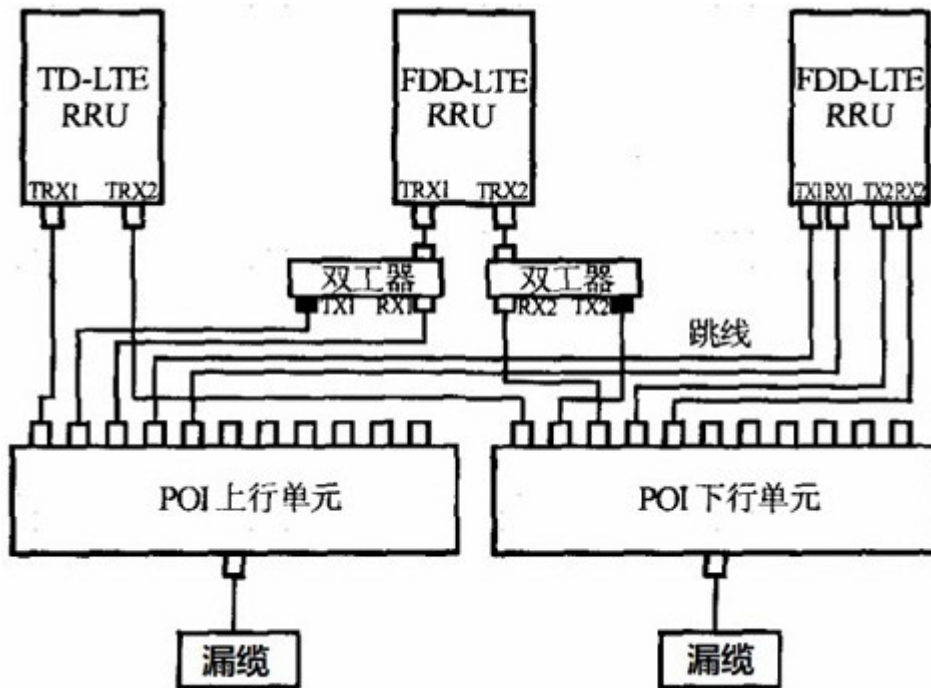


图3