

面向电缆隧道巡检机器人的漏泄电缆分布式系统

随着电网隧道化及隧道网络化的不断扩大,保障电缆隧道安全稳定运行成为了首要任务。机器人巡检自动化的发展为电缆隧道安全巡检提供了有效途径,然而电缆隧道的特殊环境严重制约了传统天线系统的通信距离和质量,给巡检机器人的移动通信带来了困难。为此,首次将漏泄电缆技术应用于电缆隧道巡检机器人通信中,以替代传统天线,并针对电缆隧道的高电压环境,提出了一种面向电缆隧道巡检机器人的漏泄电缆分布式系统。首先分析无线电波在电缆隧道内的传播特性,得出传统天线系统在隧道内通信困难的原因,并提出采用漏泄电缆通信技术;然后分析漏泄电缆的原理及主要特性,并针对电缆隧道的特殊性,分析高压电力电缆线路对漏缆线路的影响,在此基础上进行电缆隧道巡检机器人的漏泄电缆分布式系统设计。以5 km电缆隧道工程模型为例,进行工程实际评估,并对系统的构建及链路预算进行分析。分析结果表明,该系统能够较好地克服电力电缆产生的电磁干扰,并满足电缆隧道内巡检机器人上下行通信的场强覆盖要求,有效地解决了电缆隧道内无线信号长距离传输的问题。

卢嘉栋/山西省机电设计研究院



卢嘉栋/工程师

关键词/Keywords

电缆隧道·
漏泄电缆·
巡检机器人·
无线通信·
电磁干扰·

0 引言

近年来,随着我国电力事业的飞速发展,电网隧道化及其隧道的网络化已成为城市电网,特别是现代化大型城市电网的特色和发展方向,越来越多的中、低压电力架空线路以及部分超高压电缆进入地下隧道。为了确保地下电缆安全,需对电缆隧道进行定期巡检,目前主要依靠人工及少量监控设备实现。但是由于隧道的恶劣环境,一旦发生突发事件,将严重威胁巡检人员的人身安全,采用机器人代替人进行电缆隧道巡检可以有效地减少事故的发生。机器人

在电缆隧道内巡检时必须与外界基站建立可靠的移动通信,如何研制一套面向电缆隧道巡检机器人的无线通信系统成为了迫切需要解决的问题。对于机器人通信,目前已有不少相关的研究,文献[1]提出了一种基于帐篷定律和各次反射线传输距离迭代算法的矩形隧道无线传输信道模型;文献[2]针对隧道的特殊环境及无线信号在其中的传输特性,分析了不同频率、不同极化方式的电磁波对隧道内无线通信的影响;文献[3]采用FPGA并行控制无线模块实现全双工通信;文献[4]从变电站强电磁干扰环境出发,提出了多级控制通信系统,实现了机器人的实时巡检和路径规划;文献[5]根据矿井巷道中特殊的工作环境和功能需求,设计了无线局域网组网的通信系统。

上述文献采用的通信系统均为传统的天线系统,此类系统在狭长的隧道内存在无线通信传输距离短、信号衰减快和场强分布不稳定等问题。虽然通过合理的设计组网方式、控制手段等可以暂时满足所需通信要求,但是不能从根本上解决上述问题。为了解决上述问题,本文首次将用于矿井、地铁等地下隧道中通信的漏泄电缆应用于电缆隧道巡检机器人通信中,以替代传统天线,并针对电缆隧道的高电压环境,提出了一种面向电缆隧道巡检机器人的漏泄电缆分布式系统。

1 电缆隧道内无线电波传输特性

与自由空间不同,电缆隧道空间

狭长,存在拐角和岔口,加上隧道内敷设有大量的电力电缆,构成了一种闭域空间传播环境。无线电波在这种环境中传播时,电波会在电力电缆表面及隧道表面不断地进行反射和折射,致使无线接收机除接收直射波外,还接收反射波和折射波,而在拐角处主要接收反射波、折射波和绕射波。同时隧道内的电力电缆对电磁波也有吸收、反射、散射和绕射等作用。接收机收到来自不同路径的信号,造成了隧道内无线电波的多径传播现象。多径传播虽然可以使信号绕过障碍物,改善隧道内信号的覆盖情况,但是带来了更严重的负面作用,即产生多径效应,导致接收信号的时延扩展、瑞利衰落以及多普勒频移,这些都给无线电波传播带来严重困难。

由上述分析可知,多径效应是电缆隧道内无线通信的主要障碍。传统的天线系统无法解决这个问题,造成隧道内无线通信传输距离短,信号衰减快,场强分布不稳定。为了满足巡检机器人在电缆隧道内的移动通信要求,结合国际上先进的地下无线通信方式,本文将研究无线漏泄电缆通信技术。

2 漏泄电缆理论

漏泄电缆是根据特定的电磁场理论在电缆外导体上配置一定规律的槽孔而形成的,电磁波沿电缆轴向传输时可以通过槽孔向径向四周辐射,具有传输线和连续天线的双重功能^[6]。因其独特的优势,漏泄电缆可以有效地解决无线电波在电缆隧道中传播困难的问题。

2.1 漏泄原理

传统的射频电缆是采用径向全屏蔽的方法使电磁波不能穿透电缆,以此减小传输过程中不必要的损耗。为了使电缆中传输的TEM型电磁波能够向外辐射,需有意减小屏蔽作用,即在外导体上开设槽孔,以切断流过漏缆外导体上的部分电流,从而产生向外辐射的激励。

2.2 主要电气指标

漏泄电缆的电性能和物理性能取决于漏泄电

缆内外导体、绝缘介质和保护套的材料和物理结构及其工艺,而外导体上的槽孔结构影响着漏泄电缆几乎所有的电气参数^[7]。漏泄电缆主要有三个电气指标^[8],即传输衰减、耦合损耗和使用频带。对于无线通信系统,前两个指标至关重要,它们影响着信号传输的距离。

2.2.1 传输损耗

漏泄电缆的传输损耗是用来描述漏缆内部所传输电磁能量的损失程度。导致漏缆传输损耗的因素有导体损耗、介质损耗和漏泄损耗,这三种损耗限制了漏缆的纵向传输距离^[9]。

2.2.2 耦合损耗

漏泄电缆的耦合损耗是描述漏缆辐射量和可接收量的综合指标,它是区别于射频电缆的唯一指标。

2.2.3 使用频带

漏泄电缆的使用频带是指满足“仅处在单模辐射状态,其他模处于非辐射状态”条件时的频率范围^[6]。目前漏泄电缆的使用频带已经拓展到了2 400 MHz以上的超宽频带,不但可以传输窄带的语音、数据信号,还可以传输多路宽带视频图像信号^[10-11]。

3 漏泄电缆通信系统的构建

由于电缆隧道的特殊闭域空间环境,要在隧道内实现无线通信,可采用漏泄电缆进行覆盖,以实现巡检机器人与外界基站的实时通信。下面首先分析电力线路对漏缆线路的电磁影响,并在此基础上研究漏泄电缆分布式系统的组成和设计。

3.1 电力线路对漏泄电缆线路的电磁影响

由于漏泄电缆线路和电力线路共用公共走廊,两者不可避免要平行并且接近,此时电力线路主要通过传导耦合影响漏泄电缆线路。本文主要从无线电干扰和纵向感应电压两个方面进行分析。

3.1.1 无线电干扰

无线电干扰场是指电力线路电晕放电形成的

电流注入电力线，并在电力线周围产生干扰磁场^[12-13]。电缆隧道内的电力电缆（110 kV及以上）一般采用单芯结构的交联聚乙烯电缆，其横截面积尺寸较大，缆芯由高绝缘性的材料包围，正常负荷运行下电缆表面电场强度较小，达不到绝缘层的击穿场强，此时电缆周围不会产生电晕放电，也就不会产生无线电干扰。

由于漏泄电缆线路与电力线路长期并存，受雷电、气候和人为误操作等影响，电力电缆表面可能存在瞬态过电压放电，此时将产生无线电干扰。根据以往的统计结果，电晕放电产生的干扰频谱处在0.15~4 MHz频率范围内，且随着频率的升高，其频谱分量迅速减小^[14]。因此，为了减小由于电力电缆电晕放电产生的无线电干扰，在漏泄电缆线路中采用高频以上的载波信号以及相应的滤波器来切断干扰的耦合路径，从而消除低频无线干扰。同时，采用数字化通信机制也可以有效地减小此类干扰。

3.1.2 纵向感应电压

在电缆隧道内的漏泄电缆分布式系统中，由于漏泄电缆线路与电力电缆线路并行接近，电力线路上的电压或电流将通过容性耦合或感性耦合，在漏泄电缆内、外导体上产生纵向感应电压，对漏泄电缆线路中的设备及维护人员人身安全造成威胁。纵向感应电压的大小与漏泄电缆的长度和电力电缆中的电流成正比。

电力电缆正常运行状态下，在漏泄电缆芯线上产生的纵向感应电压很小，不超过容许值60 V，不会对线路中的设备造成威胁。当电力电缆发生短路故障时，会在电缆中产生短暂的短路大电流，并在漏缆中产生大的纵向感应电压。GB 6830—1986《电信线路遭受强电线路危险影响的容许值》^[15]中规定：“电缆芯线上的纵向感应电动势容许值为电缆直流试验电压的60%。漏泄电缆（HLRHTY型）的直流测试电压达11 kV，则纵向感应电压容许值为6.6 kV。”电力电缆发生短路故障时在漏缆上产生的纵向感应电压不超过6.6 kV，对漏泄电缆本身没有威胁^[16]，但是漏缆线

路中连接的设备必须加以保护。为了降低漏缆线路中的感应电压和保护线路中的设备，可采取以下保护措施：

1) 将一条长漏泄电缆分成多段漏泄电缆并接入光纤干线，通过减小每段漏泄电缆的长度来降低其上的感应电压。

2) 漏泄电缆金属外套两端可靠接地，并在线路中并联放电管和高压端子箱进行保护。

3) 将漏泄电缆与电力电缆分层敷设，并敷设在电力电缆下方，减少电力线路火灾对通信线路的影响。同时每500 m漏泄电缆加装一个直流阻断器。

3.2 漏泄电缆分布式系统的基本组成

在减小电力线路对漏缆线路电磁干扰的基础上，构建如图1所示的漏泄电缆分布式系统。

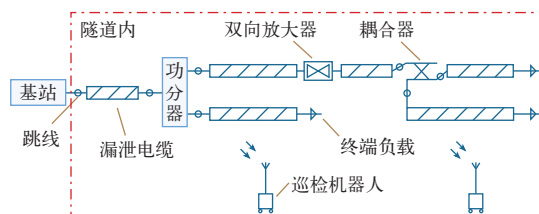


图1 漏泄电缆分布式系统组成图

从图1中可以看出，漏泄电缆分布式系统由基站、巡检机器人、功分器、耦合器、双向放大器和终端负载等组成。

1) 基站。设有收、发信机，用以接收巡检机器人发来的数据、视频信息，并向机器人发送相应控制指令。基站将接收到的多路载频数据、视频信号分别进行解调，还原出原始的数据、视频信号并送入相应的显示器与监控机。同时，基站将控制指令调制后经漏泄电缆传输给机器人。

2) 巡检机器人。配置了多个摄像头，可以实现多方位实时视频监控，并配有多种传感器用以监控电缆隧道环境。机器人图传模块对多路视频信号进行分别调制，并混合成一路射频信号发送给漏泄电缆，以实现多通道视频单向传输。机器人数据传模块对数据信号进行调制解调，以实现数据双向传输。

3) 射频器件。系统中的射频器件包括功分器、耦合器、双向放大器和终端负载等。这些射频器件在系统中起着信号分配与合成的作用。

3.3 漏泄电缆分布式系统设计

针对电缆隧道的特点,设计适用于巡检机器人的漏泄电缆分布式系统。主要包括漏泄电缆路由设计、系统链路预算以及放大器系统设计。

3.3.1 漏泄电缆路由设计

通过对电缆隧道环境以及漏泄电缆本身特性的分析,漏泄电缆路由设计比较简单,沿着隧道延伸方向敷设即可。对于隧道分岔处,可采用功分器或耦合器进行信号分支。

在漏泄电缆路由设计中,经常使用放大器级联结构,用以弥补漏泄电缆传输损耗与耦合损耗带来的信号功率衰减,尽量延伸无线信号在漏泄电缆中的传输距离,保证隧道内足够的接收电平。放大器级联结构适合电缆隧道不断延伸的需要,隧道通到哪里,漏泄电缆通信系统就可以通过放大器级联将无线信号延伸到哪里。

3.3.2 系统链路预算

链路预算的主要目的是校核初步设计的漏泄电缆分布式系统能否满足正常通信要求。链路预算主要是上下行接收强度预算。对于电缆隧道的长距离敷设,需在系统中加装射频放大器,此时还应该进行交调预算以及噪声预算等。

在设计电缆隧道漏泄电缆覆盖区时,需考虑三个相互制约的要素,即覆盖距离、通信质量和通信概率。在此基础上,可利用下面的设计方程来权衡

$$\begin{cases} SM = SG - SL \\ SG = P_t + G_t + G_r - P_{\min} \\ SL = L_A + L_a \end{cases} \quad (1)$$

式中, SM 为系统余量; SG 为系统增益; SL 为系统损耗; P_t 为发射机输出功率; G_t 为发射天线的增益; G_r 为接收天线的增益; $P_{\min}$ 为接收机的灵敏度; L_A 为漏泄电缆传输损耗与耦合损耗之和; L_a 为附加损耗(包括跳线、接头损耗等)。

3.3.3 放大器系统设计

为了实现无线信号的长距离传输,可以采用链路中加装放大器来弥补射频信号的损耗,以满足信号覆盖的要求。

放大器系统的设计可按如下步骤进行。

(1) 确定信号源与第一个放大器的距离

在最坏的情况下,第一个放大器的位置应该使机器人接收到的信号电平刚好是接收机的灵敏度 $P_{\min}$ 。由式(1)可以求出漏泄电缆传输损耗与耦合损耗之和

$$L_A = P_t + G_t + G_r - P_{\min} - L_a - SM \quad (2)$$

漏泄电缆的损耗由两部分组成

$$L_A = Loss_{\text{coup}} + Loss_{\text{long}} \quad (3)$$

式中, $Loss_{\text{coup}}$ 为漏泄电缆耦合损耗; $Loss_{\text{long}}$ 为漏泄电缆传输损耗。

由式(2)和(3)可以求得信号源与第一个放大器之间允许的最大传输损耗

$$Loss_{\text{long}} = P_t + G_t + G_r - P_{\min} - L_a - SM - Loss_{\text{coup}} \quad (4)$$

对于选定的漏泄电缆型号,其传输衰减为 α (dB/100 m),信号源与第一个放大器之间的长度 l_{01} (m)为

$$l_{01} = \frac{Loss_{\text{long}}}{\alpha} \times 100 \quad (5)$$

(2) 确定放大器之间漏缆最大长度

为了保证两个放大器之间的隧道覆盖满足通信要求,两个放大器之间的漏泄电缆传输损耗应不大于前一放大器的增益。因此放大器之间漏泄电缆最大长度为

$$\Delta l = \frac{G_A}{\alpha} \quad (6)$$

式中, Δl 为放大器之间漏泄电缆的最大长度; G_A 为放大器最大增益; α 为漏泄电缆传输衰减。

(3) 放大器级联数量的确定

为了增加无线信号的覆盖距离,需要级联多个放大器以达到通信要求。放大器数量可由下式求出

$$N = \text{ceil} \frac{l - l_{01}}{\Delta l} \quad (7)$$

式中, N 为所需放大器个数; $\text{ceil}[]$ 为取大于括号内数值的最小整数; l 为电缆隧道总长度。

(4) 放大器间实际距离的确定

所需放大器个数 N 确定后, 两个放大器之间的实际距离为

$$\Delta l' = \frac{l - l_{01}}{N} \quad (8)$$

式中, $\Delta l'$ 为放大器间实际距离。

4 实例分析

以5 km电缆隧道工程模型为例, 对上述漏泄电缆分布式系统的构建过程及可行性进行分析。

该隧道采用单个巡检机器人对隧道进行监控, 需传输4路视频信号与1路数据信号, 因此上行载频数为5, 其中图传模块载频数为4, 每载频发射功率为20 dBm, 数传模块载频数为1, 发射功率为20 dBm, 接收灵敏度为-110 dBm。信号源为基站, 需传输1路数据信号, 下行载频数为1, 发射功率为33 dBm, 接收灵敏度为-124 dBm。采用的漏泄电缆工作频段为450 MHz, 其传输衰减 α 为1.7 dB/100m, 95%耦合损耗为79 dB。

若直接采用漏泄电缆进行覆盖, 此时无线信号最大传输距离可按式计算

$$l_{\max} = \frac{P_{\text{Bt}} - \text{Loss}_{\text{coup}} - L_a - P_{\text{Mmin}} - SM - Lm_1 - Lm_2}{\alpha} \quad (9)$$

式中, P_{Bt} 为基站发射功率, 33 dBm; $\text{Loss}_{\text{coup}}$ 为耦合损耗, 79 dB; L_a 为跳线、接头损耗, 4 dB; P_{Mmin} 为机器人接收机灵敏度, -110 dBm; SM 为系统余量, 12 dB; Lm_1 为设计储备量, 5 dB; Lm_2 为工程余量, 6 dB。

由式(9)计算的 $l_{\max} = 2\,176\text{ m} < 5\,000\text{ m}$, 通过计算可以看出, 直接采用漏泄电缆进行敷设显然是无法满足5 km的通信距离, 因此需要增加放大器来延长信号传输距离。本系统采用某公司生产的放大器, 其性能指标为: 上行最大增益为35 dB, 下行最大增益为35 dB, 噪声系数 ≤ 6 。

(1) 放大器系统设计

由上述分析可知, 信号源基站与第一个放大器间的距离 $l_{01} = l_{\max} = 2\,176\text{ m}$ 。根据式(6)、式

(7)和式(8)可求出放大器间漏缆的最大长度为 $\Delta l = (35/1.7) \times 100 = 2\,058\text{ m}$, 放大器级联的数量为 $N = \text{ceil}[(5\,000 - 2\,176)/2\,058] = 2$ (个), 放大器间实际距离为 $\Delta l' = (5\,000\text{ m} - 2\,176\text{ m})/2 = 1\,412\text{ m}$ 。电缆隧道信号覆盖系统结构示意图如图2所示。



图2 电缆隧道信号覆盖系统

(2) 下行链路预算分析

下行链路预算如表1所示。

表1 下行链路预算分析

数量/长度	损耗/dB	输出电平/dBm
基站发射功率	单载频	33
跳线、接头	2处	$-4 \times 2 = -8$
传输损耗	5 000 m	$-5\,000 \times 1.7/100 = -85$
耦合损耗		-79
系统余量		-12
设计储备量		-5
工程余量	3 dB/km	-15
放大器增益	2处	$35 \times 2 = 70$
95%概率		
接收电平		-101
机器人		
接收灵敏度		-110
下行链路余量		$-101 + 110 = 9$

由表1可以看出, 该通信系统能够满足电缆隧道下行通信场强覆盖要求, 且下行链路余量为9 dB, 因此放大器下行实际增益调至30.5 dB以上即可。

(3) 上行链路预算分析

上行链路预算与下行链路预算类似如表2所示。

由表2可以看出, 该通信系统能够满足电缆隧道巡检机器人上行通信的场强覆盖要求, 且上行链路余量为10 dB, 因此放大器上行实际增益调至30 dB以上即可。

(4) 上行链路噪声预算

由于放大器本身是有源设备, 其自身的噪声

表2 上行链路预算分析

	数量/长度	损耗/dB	输出电平/dBm
机器人 发射功率	5载频		20
跳线、接头	2处	$-4 \times 2 = -8$	12
传输损耗	5 000 m	$-5\,000 \times 1.7/100 = -85$	-73
耦合损耗		-79	-152
系统余量		-12	-164
设计储备量		-5	-169
工程余量	3 dB/km	-15	-184
放大器增益	2处	$35 \times 2 = 70$	-114
95%概率 接收电平			-114
基站接收 灵敏度			-124
上行链路余量			$-114 + 124 = 10$

系数和产生的杂散、互调信号如果控制不好会对网络产生干扰,降低网络的质量,严重时会造成系统瘫痪。电缆的耦合损耗后,再经过放大器功放,单载频输出功率较小,上行交调对系统的影响不大,但由于上行功率较小,需要考虑放大器噪声对系统性能的影响。

通常采用放大器噪声系数来衡量噪声对系统的影响,噪声系数是指放大器输入端信噪比与输出端信噪比的比值,反映了放大器噪声性能的好坏。放大器级联的噪声系数可按式计算

$$SNF_{sys} = 10 \lg \left[F_1 + \frac{(F_2 - 1)}{G_1} + \frac{(F_3 - 1)}{G_1 G_2} + \dots \right] \quad (10)$$

式中, SNF_{sys} 为级联放大器系统的累积噪声系数; $F_n = 10 \lg^{-1}(SNF_n/10)$; SNF_n 为各级放大器噪声系数; G_n 为前级链路的总增益,即放大器增益与漏泄电缆传输损耗之差。

在本系统设计中,每一个放大器的增益都近似等于前段漏泄电缆的传输损耗,则 $G_n = 0$ dB,同时,采用的两个放大器噪声系数相等,因此式(10)可以简化为

$$SNF_{sys} = 10 \lg [nF_1 - (n-1)] \quad (11)$$

式中, n 为放大器的级联个数。

系统中放大器级联个数为2,噪声系数 ≤ 6 ,根据式(11)可以求出上行累积噪声系数为 $SNF_{sys} = 10 \lg [2 \lg^{-1}(6/10) - (2-1)] = 8.43$ dB。

放大器的噪声对系统的影响主要表现在降低基站的接收灵敏度,则基站的实际接收灵敏度为: $P_{Bmin} + SNF_{sys} = -124$ dBm + 8.43 dB = -115.57 dBm。巡检机器人发射的信号经过漏泄电缆的耦合损耗和传输损耗后,到达放大器输入端的功率为 $P_{Mi} - Loss_{coup} - Loss_{long} = (20 - 79 - 1\,412/100 \times 1.7)$ dBm = -83 dBm > -115.57 dBm,因此上行链路载噪比满足通信要求。

5 结束语

本文提出了一种面向电缆隧道巡检机器人的漏泄电缆分布式系统。通过对电缆隧道内无线信号传播特性及漏泄电缆本身特性的研究,针对电力电缆线路对漏泄线路的影响,构建了适用于电缆隧道巡检机器人通信的漏泄电缆分布式系统,并以5 km电缆隧道工程模型为例,对系统的构建及链路预算进行了分析。分析结果表明,该系统能够较好地克服电力电缆产生的电磁干扰,并满足电缆隧道内巡检机器人上下行通信的场强覆盖要求,有效地解决了电缆隧道内无线信号长距离传输的问题,对电缆隧道机器人巡检自动化的发展有着很重要的意义。

参考文献

- [1] 张申. 帐篷定律与隧道无线数字通信信道建模[J]. 通信学报, 2002, 23(11): 41-50.
- [2] 陈鹏, 刘爱军, 刘路峰, 等. 矿井电磁环境及电波传播特性的研究[J]. 通信技术, 2010, 43(3): 54-56, 182.
- [3] 赵亮, 冯林, 吴振宇, 等. 基于FPGA的小型机器人无线通信系统[J]. 计算机工程, 2010, 36(13): 251-253.
- [4] 李向东, 厉秉强. 基于巡检机器人的通信控制系统设计与分析[J]. 山东电力技术, 2005(6).
- [5] 王锋. 井下探测机器人通信及音视频系统应用研究[D]. 济南: 山东大学, 2009.
- [6] 岸本利彦, 佐佐木伸. LCX通信システム[C]. 日本: 日本电子通信学会, 1982.
- [7] 苏华鸿, 孙孺石, 杨牧勤, 等. 蜂窝移动通信射

- 频工程 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [8] 李奇文, 虞春, 等. 辐射型漏泄同轴电缆的设计 [J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2004 (4): 30-32.
- [9] Ikeda Y, Xiaodong Y, et al. Characteristics of leaky waveguide developed for automated highway system [C]. Proceedings of IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 1997: 64-69.
- [10] Wu Chunming. The research of coal mine location technology based on the ultra-wideband wireless sensor networks [J]. ICICTA, 2010 (3): 897-900.
- [11] Kumar S, Bandyopadhyay L K, Kumar A, et al. narayan improvised wireless communication system for underground coal mines utilizing active antenna [J]. Minetech, 2003 (1).
- [12] CISPR Publication 18-1, radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment, part1: description of phenomena [S]. 1982.
- [13] IEEE C95.6 TM, IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic field, 0~3 kHz [S]. 2002.
- [14] 陈水明, 王磊, 何金良. 多回高压输电线路产生的无线电干扰分析 [J]. 电波科学学报, 2002, 17 (6).
- [15] 国家标准局. GB 6830—1986 电信线路遭受强电信路危险影响的容许值 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [16] 江日洪. 交联聚乙烯电力电缆线路 [M]. 2版. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- (收稿日期: 2015-02-14) **EA**

信息动态

精密电子制造, 台达N系列UPS提供可靠护航

台达集团在制造业有着丰富的工程应用经验, 尤其是电子加工制造业, 曾推出诸多先进的供配电与电能质量解决方案。近日, 台达N 1-3 kV·A系列小功率段不间断电源系统 (UPS), 成功应用于某全球五百强公司位于苏州的精密电子加工厂区, 为其生产线提供可靠电源保护。

在该项目中, 结合用户的需求和生产现场环境, 台达工程师经过调研, 推荐了N 1-3 kV·A系列UPS。该系列UPS除了具备高可靠性外, 更可显著节能。台达N 1-3 kV·A系列UPS为单相不间断电源系统, 采用双转换在线式拓扑结构, 可提供稳定与可靠的正弦波电源。其领先业界的产品优势可为用户创造更多效益: 输出功率因数达0.9, 整机效率最高达93%, 不但能让用户的电子设备享有安全的电源保障, 还能降低运营成本。

N 1-3 kV·A系列UPS在保持了台达产品一贯的高可靠性、高效和卓越整机效率外, 更具有明显的三大核心优势。

(1) 高可用性设计

台达N 1-3 kV·A系列UPS采用最先进的数字控制(DSP)技术, 具有快速计算能力, 可提高系统稳定性, 为负载提供精准电压。同时拥有宽输入电压范围, 能够适应电力环境恶劣的地区, 还可搭配发电机使用, 更能确保安全、可靠的电力输出。此外, N系列还提供了标准机型及长延时

机型可供客户选择。其中, 长延时机型可支持强大充电能力, 满足长延时电池的快速回充。当市电不稳时, UPS逆变器转换由电池供电的时间为零, 能有效保障负载运行的可靠性。

(2) 绿色环保且总持有成本低

在整机效率上, N 1-3 kV·A系列UPS效率最高可达93%, 即使在50%轻载时, 效率仍达91%, 比同类产品高6%以上, 确保用户享有较低的运行成本与总持有成本。此外, 其输出功率因数达0.9, 使UPS的带载能力更强, 且谐波污染较少, 可提升电能利用率并为用户节省上游设备投资成本。而紧凑的设计使其占地面积与市场上其他同类产品相比节省约31%以上。同时, 采用最佳的电池数量配置设计, 更能减少电池购置成本。

(3) 智能化管理解决方案

N 1-3 kV·A系列UPS具有人性化的人机界面, 液晶大屏显示直观、易于管理, 其丰富的智能管理与通信功能, 搭配上台达UPS管理软件, 让用户轻松实现远程监控管理。此外, 其完善的电池管理功能包含: 温度补偿、过充电保护、智能调整放电终止电压的保护和浮充电/均充电两阶段充电设计等, 可协助延长电池寿命, 提高电池性能, 多种智能设计可为用户带来更便捷的使用体验。