

# Mesh自组网通信与人工智能在隧道电缆施工应用

张 强 孙晓盼 黄文艺 王 兴 黄卫公  
河南送变电建设有限公司 河南郑州 450051

**摘 要:** 电缆隧道是承载输电电缆的重要通道, 电缆隧道的安全开展和运行, 对于保障电缆输电效率和运作性来说, 具有重要的意义。本文在研究中只要从六个方面展开研究, 具体通过对Mesh自组网通信概念、Mesh自组网与人工智能融合、隧道内无线通信的影响因素、通信手段在电缆隧道应用中存在的问题、Mesh自组网电缆隧道自组网安装以及Mesh自组网通信融合人工智能技术在隧道电缆施工中有有效性等方面展开论述, 通过其研究, 在一定程度上能够对Mesh自组网人工智能技术在隧道电缆施工中的应用做出全面的认识 and 了解, 最终对今后关于隧道电缆施工方面的研究提供一定的参考价值。

**关键词:** Mesh自组网; 人工智能; 隧道电缆

## Application of Mesh Communication and artificial intelligence in tunnel cable construction

Qiang Zhang, Xiaopan Sun, Wenyi Huang, Xing Wang, Weigong Huang  
Henan Power Transmission and Transformation Construction Co., Ltd. Henan, Zhengzhou 450051

**Abstract:** A cable tunnel is an important channel for carrying transmission cables. The safe development and operation of cable tunnels are of great significance for ensuring the transmission efficiency and operation of the cable. As long as the research in this paper is carried out from six aspects, Specifically, this paper discusses the concept of Mesh ad-hoc communication, the integration of Mesh ad-hoc networking and artificial intelligence, the influencing factors of wireless communication in tunnels, the problems of communication means in the application of cable tunnel, the installation of Mesh ad-hoc cable tunnel and the effectiveness of Mesh ad-hoc communication integration of artificial intelligence technology in tunnel cable construction. Through its research, the application of Mesh ad-supported artificial intelligence technology in tunnel cable construction can be comprehensively recognized and understood to a certain extent, and finally, provide a certain reference value for future research on tunnel cable construction.

**Keywords:** Mesh AD hoc networking; Artificial intelligence; Tunnel cable

### 引言:

电缆隧道是电力传输的主要通道, 它的内部环境安全可靠与否, 直接关系到电力系统的运行效率。在电缆隧道当中, 往往会有大量的高压电线, 当出现相关的安全隐患的时候, 将会出现停电。由于隧道的封闭性, 在施工过程中, 如何及时地发现和诊断出施工过程中的安全隐患, 则成为电缆隧道施工过程中的最主要的因素。由于大多数的电缆隧道都深埋在地下十余米的地方, 而且隧道内空间狭窄, 也会给巡视带来了极大的困难。目前, 随着人工智能和物联网技术的不断发展, 借助传感器和无线通讯技术创建一套实时监控的无线传感系统,

已成为当前的发展趋向。现有的一些无线传感器已经用于电缆隧道, 但由于监测量少, 从而导致其数据发生丢失的现象。在当前光缆隧道的内部监控要求的情况下, 通过提出了mesh自组网技术, 并且通过传感器节点进行合理的布局 and 设置, 最终来建立了一个稳定、可靠的无线传感器网络, 来对电缆隧道进行全面的预警和监测。

### 一、Mesh自组网通信概述

无线Mesh自组网技术是一种两个或两个以上结点构成的自组网, 在这一组网中, 其主要包括链状、星状以及混合状等会多种样式<sup>[1]</sup>。对于Mesh自组织网的通讯, 在实际的组网应用中, 仅需要通过无线终端、网关以及

路由器等相关配件，就可以将这一技术顺利地得以实现。

Mesh自组织网的基本原理：在组网的时候，各通讯模块内的网络协调器发送不同的信号波段，在将其进行低功率的接收模式，最后将其收到的信号进行比较，然后从中选出一个最强的信号群，只后在将其进入低功率的状态；在进入调试期后，在根据不停无线传输功率来对其进行通讯，在其基础上来选取最小的通信功率，使各节点之间的通讯功率达到最低；在工作状态下，主要通过轮换的方式来完成数据的采集工作，同时在不对数据进行采集的情况下，通过接收新增加的节点和通讯中断节点的信息，来确保了链路的健壮性和自愈能力。对于这种组网方式能够最大限度地减少自组网功效的消耗、提升自组网内在的稳定性。其中对于Mesh网络和LoRa技术的比较如表1所示。

就其特性而言，无线Mesh网通讯系统较之传统WLAN技术有许多优势，其主要内容大致可以归纳为：

第一，网络的布设非常简单，每个Mesh网的节点都有自己的组织和自配置能力，主干线的接入并不要求太多的有线访问，只有MPP（MPP，它可以通过网关功能来连接其它网络），所以可以很容易地改变整个网络的拓扑结构，并且每个Mesh路由器的位置都可以被调节，能够根据需要进行结构的调整和增加，从而在Mesh网中进行部署。

第二，远距离传送。因为Mesh网是多跳的，所以发送过程是通过选择最佳的路径进行发送的，它与MAP（通过无线和MPP一起构成主干，并且向客户提供了无线访问业务）的MAP（通过无线和MPP构成主干，并且向客户提供了无线访问业务），能够接收到该无线信号，然后将所接收的信号传送到非直接视距节点<sup>[2]</sup>。通过该方法，信号可以自动地选择一条最优的线路，在距离较近的地方不断地跳跃，最终到达目的地，实现无视距通讯，扩大通讯距离。

第三，它的稳定性。在Mesh网中，存在多条路径链路，每个节点既可以作为接入点又可以作为路由器，而不是一个单独的节点，而每一个节点都拥有一条以上的链路，当某一条链路发生故障，无法进行通讯时，它就会被送至备用链路，从而确保整个网络的安全。而在单跳网络中，当一个节点发生故障时，会导致整个网络的网络堵塞，乃至瘫痪<sup>[3]</sup>。这样，无线Mesh网络就具有了较强的鲁棒性。

第四，组织上的灵活性。为了提高无线Mesh网络的可靠性，采用了冗余技术。由于两个节点之间存在多条

链接，因此两个节点都会选择具有低通信负荷的链路，从而避免了通信的拥挤。而在传统的网络中，由于接入点与其它节点的共用，会导致网络拥塞。

## 二、Mesh自组网融合人工智能技术研究

对于无中心宽带自组网通信系统来说，它是一种全新的应用，同时可以依据无中心宽带空间里基站，从而在其基础上来创建一种新型的宽带网络，而且无中心宽带自组网在发展中有着其自身的特定，可以实现多跳通信的无死角覆盖。当无中央自组织网受到周围事物遮挡的时候，可以采用智能技术，将语音、视频、数据等信息以多跳中继方式传送给节点，以确保通信不会受到干扰，同时也不会对其它节点造成干扰。二是具有良好的网络兼容能力。它可以与卫星、5G、光纤、云计算、大数据等通讯网络进行连接，方便了无线自组网的数据与指挥中心的内部网进行数据交换<sup>[4]</sup>。三是较好的负荷平衡。WIM需要综合考虑链路的环境和流量，并根据人工智能的智能计算和分析，从而来选择一条新的链路，最后再将负荷较大业务转移新的链路上来，这样可以减少原有的链路负荷，促进网络宽带率的提升，最终来确保整个网络能够正常通信。四是对环境的适应性。对于便携式的无线宽带通讯系统来说，装置轻便，可以由人扛着，也可以在任意位置安装，当电源不方便的时候，还能够使用高续航的电池，在任何环境下都能进行工作。五是具有多种附加功能。它可以与摄像机、摄像头以及智能手持录像设备进行互联，从而实现无线宽带专网建设、高清高清视频采集、群组协同调度、无人化定点监控等功能。而在本文研究的电缆施工来说，在这种情况下，可以全天候的实现电缆隧道环境的视频监控、灾害预警、行为管理、运维管理、数据传输等综合一体化智能管理功能。

## 三、隧道内部无线通信的影响因素

电缆隧道中经常会因为无线通信链路不稳定的情况，从而导致其信号得以丢失，导致电缆隧道中无线信号传输稳定的原因主要包括以下几种：

（1）路径效应：当其接受装置收到来自不同设备传输的信号的时候，由于受到这些传输信号内在特征的不同，进而在接收处对装置进行了叠加，最终来看，将会导致通信能力变弱，从而对通信网络的稳定性产生一定的影响。

（2）弯道结构影响：在隧道弯曲的地方而研究，由于信号被遮掩，因此信号较为衰弱，并且对于这一现象来说，还随着弯道半径的变小而增大。

(3) 电磁干扰: 电缆隧道内部拥有较多的高压电缆, 这样一来会产生强烈的电磁场, 这将会对通信信号产生一定的干扰作用。

对于以上的干扰来说, 弯道对无线信号的干扰最为严重。当电磁波在弯道传输的时候发生反射的现象时, 就会出现各种效果, 其中对于直射波来说, 它可以将隧道墙体较好的进行遮挡。对于弯曲隧道来说, 其会产生更多的辐射波, 在衰减程度上来看, 其衰减的也较为厉害。

#### 四、Mesh 自组网电缆隧道传感器的安装及监控

##### 4.1 安装布点位置

传感器的布置和布置, 主要从监测参数和隧道结构两个方面进行。

对于本论文来说, 其工作的重点就是如何有效的对电缆隧道气体中的温度、湿度以及其它因素进行监测。对于电缆自身来说, 它在监控的时候对于温度有着严格的要求, 在这里可以运用捆绑的方法将温度传感器依附在电缆的表面, 当电缆的连接处发生故障地位时候, 在合适的条件下, 可以考虑增加电缆的可靠性<sup>[5]</sup>。可将环境温度、湿度、气体传感器分别粘贴在通道中的槽箱托架上。由于很多隧道的内部构造比较复杂, 分为上下两个层次, 有些不是直线施工, 因此会对无线通讯信号造成一定的干扰。为了能够使通讯更加的稳定, 因此在安装传感器的时候, 可以依据竖井和弯道的位置情况, 来合理有效的安排传感器的布线数目。

##### 4.2 无线通信距离测试

为了选择最佳的安装位置, 在这种情况下, 需要对隧道直线、拐角以及竖井等三种要素作出分析, 为了能够是完全传输得以稳定, 其传感器与网关之间, 应放在不同的位置。

在传感设备和通信设备进行部署以前, 应当对电缆隧道中的无线通信情况进行测试, 大体来看, 可以将这种情况分为以下三种:

##### (1) 直线情况

在这当中以 10m 为间隔, 从而来不断增加两传感设备的距离, 通过对其进行不间断的监测, 直到两个传感器之间无法连接为止。

##### (2) 弯道情况

以 5m 为间隔, 不断拉大两传感器设备的距离, 对其通信设备进行测试, 直到量传感器之间连接无法连接为止。

##### (3) 竖井情况

在井口叛变设置一个传感设备来作为枢纽, 在井的上下部门进行距离测试, 在这里主要以 2m 为间隔来测试井上下两传感与井口进行测试, 最终直到三个传感器无法正常连接为止。

根据自组网设备连接的距离, 可以较好的确定传感器安装的最合理位置。

#### 五、Mesh 自组网通信融合人工智能技术在隧道电缆施工中有有效性

##### 5.1 成立智能设备专业化运维团队

在电缆运维部门配备智能设备管理专员, 并组建专业运维队伍, 负责各类监控装置、电源设备、服务器等设施的定期检查、维护和修理工作。

##### 5.2 开展隧道环境综合整治

通过改造隧道内的排水和通风设施, 降低隧道内空气湿度, 减少灰尘堆积, 以保证智能设备处于良好运行环境。

##### 5.3 加强智能设备设计、建设与验收监管

电缆运维部门参考电缆一次设备工程的管理模式, 主动参与智慧电缆线路建设项目可研与设计工作, 结合专业需求及时向供应商提出优化建议, 以保证建设方案的实用性与合理性。同时, 组织编制《电力电缆隧道在线监控安装及验收指导意见》, 对新投智能设备进行资料验收、现场盘点和功能验收<sup>[6]</sup>。

首先资料验收内容包括设备台账、供电与通信系统组网方式资料和设备操作指导材料。其次现场盘点要求现场智能设备的类型、数量与台账一致, 且应配备标准化名称牌, 注明智能设备的运维管理方法, 以方便巡视人员定期检查智能设备的工作情况。最后功能验收要求所有感知数据均能接入隧道边缘计算中心, 且能与电缆精益化管理平台进行告警信息与操作指令的交互<sup>[7]</sup>。

在上述 3 项验收全部通过之后, 建设部门才能将智能设备正式交付给电缆运维部门使用。通过近一年的规范化管理, 新投的监测设备基本做到了资料明晰、功能实用、运行可靠。

##### 5.4 加强智能设备信息安全监督

所有无线传输装置均按国网要求配置数据加密卡, 沟管通道的智能井盖通过 APN 物联网数据中控台接入内网; 隧道内监控系统入网端口处增设硬件防火墙; 人员手持单兵、机器人等入网端口处加设无线网关。同时组织项目建设人员接受网络安全培训, 防止智能设备在建设使用过程中发生违规外联、黑客攻击等网络安全事件。

## 六、结语

综上所述, 本文通过分析了传统通信手段下, 隧道电缆施工中存在的问题以及Mesh自组网通信融合人工智能技术在隧道电缆施工中的状况, 在这之中, 通过对mesh自组网技术自组织、自愈合的特点的分析, 从而设计出了电缆隧道传感器来监测电缆隧道施工过程中的气体、温湿度等情况, 并且在其基础上创建电缆隧道无线检测系统。最后通过对电缆隧道内在实际结构的分析和把握, 来使电缆隧道内安装传感器内部无线通信的效率和可行性得到提升, 在这种系统模式的指引下, 可以有效的对电缆隧道施工过程进行实时监控和预警, 这对于电缆隧道安全有效的运行来说具有十分重要的意义。

## 参考文献:

- [1]秦绪彬.一种铁路隧道施工用通信电缆支撑固定装置: CN210380199U[P].2020-04-21.
- [2]卢嘉栋.巡检机器人用漏泄通信线路在高压电缆隧道中的容性耦合影响[J].高电压技术, 2016, 42(2): 504-512.
- [3]宫梓超, 卞绍润.电缆隧道通信保障系统研究与应用[J].山东电力技术, 2017, 44(11): 21-24.
- [4]张成, 陈明, 赵洋, 等.500kV电缆隧道Wi-Fi无线通信方案探讨[J].电气应用, 2015, 34(21): 124-127.
- [5]张项.海底电缆和隧道电缆一体化综合监控平台的建设[J].吉林电力, 2016, 44(2): 26-29.