# 电子哨兵——

# 智能声音振动传感器监控网络系统

VA-GUARD-20

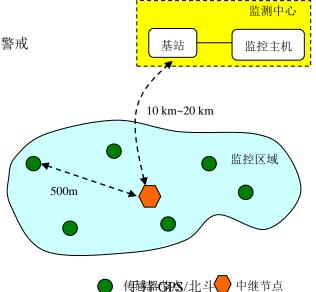


- 声音+振动+红外+磁场+光电,令目标无以遁形
- 利用多维传感器引导视频监控,捕捉关键信息
- 高机动、高隐蔽,部署灵活,扩展回收快捷
- 边防、要地安防、关键重要区域监控



# 产品用途

- 无人值守,人员、车辆、低空飞行器入侵探测与警戒
- 异常声音、振动、红外、磁场传感与报警
- 可与视频监控设备联动,侦测、识别同步完成
- 广泛用于国防、安防、能源、仓储等行业



# 功能特点

- 快速布防、瞬间组网、实时监控
- 纯被动、低截获的"无形防线"
- 充分利用目标特征信息,监控无孔不入
- 具有高灵敏度声音、振动、红外和磁场传感器
- 采用自适应信号检测与识别技术,环境适应性强
- 弥补视频监控盲区、不受能见度影响
- 隐蔽性强,部署扩展快捷,维护方便
- 有线、无线方案可选,地面/地下均可部署
- 监控软件可实时监控整个网络状态
- 监控软件具有声场、振动场平面分布图分析、历史数据分析、潜在威胁警告等功能



# 技术指标

技术参数	数值	备 注
声音探测距离(米)1	人员: 5~50 车辆: 20~350 枪炮: >500	性能与环境声场有关
振动探测距离(米)1	人员: 5~30 车辆: 50~200 炮弹: >1000	性能与地面结构有关
红外探测距离(米)	20~50	
磁场探测距离(米)	3~25	
系统响应时间	2~5 秒	从事件发生到报警
基本系统节点数目 2	10~32	不同网络间可互联
持续工作时间 (天)	30/60/180	有不同的电池容量配套
无线通信频率	定制	可按照用户要求定制
无线通信模式3	定制	可按照用户要求定制
环境温度(℃)	-20°C ~65°C -30°C ~75°C	两种规格供选择
	防腐蚀	符合国军标相关规定
   环境适应性	抗压	符合国军标相关规定
イトウルセ <i>川</i>  工	防水	符合国军标相关规定
	电磁兼容	符合国军标相关规定

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 声音与振动的探测距离与周围环境以及目标特性有很大关系,详细解释参见 P10。

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> 组网规模与相关使用方法参见 P6。

<sup>3</sup> 无线通信模式:对于特殊用途,可以按照使用单位的例行无线通信要求,改用符合相关规定的通信模块与频率。

技术与应用说明 内部资料

#### 1. 应用背景与系统设计目标

#### 安防领域面临的挑战

近年来,国际安防、反恐形势日益严峻,传统的监测技术正面临着更加复杂的挑战。例如,视频监控技术面临着恶劣气候、昼夜更迭、地面起伏、死角盲区、传输困难等问题;雷达探测技术则面临低小慢目标、地面与海面杂波干扰、电磁干扰、反辐射导弹、低空突防和隐身技术等威胁。同时,这些装备成本高、功耗大、对使用环境要求较高,长期监控的难度大。此外,无人机巡航、侦察卫星等手段目前仅在极少数领域应用,对大多数场合还不十分适用。

在许多能源开采、金融、核设施、堤坝等重要区域,目前普遍使用视频监控,军用设施如雷达等设备 在这些领域中大都受到成本限制,未能充分应用。

目前所使用的视频监控设备对声音、振动等目标信息的综合应用实例还很少,究其原因,现有技术条件下,监控人员根本来不及监听各个位置的声音和振动信息。这就是我们常见的"看的见,听不着"的问题。在多个视场频繁切换的过程中,监控值班人员容易疲劳,也难以辨认有安全隐患的地点。而另一方面,根据调查,现实中绝大部分的事故、灾难发生前都有大量的、早期的声音、振动等信息可供预警。单纯的视频监控受到视角的限制,难以奏效,贻误救援时机。

#### 发展趋势

随着现代科技的进步,尤其是集成电路、射频通信、信号处理、微电子、传感器等技术的发展,声音、振动、红外、磁场等传统的被动探测技术焕发新的生机,成为光电、雷达探测技术的有力辅助手段,在安防、入侵探测等领域得到广泛应用,受到世界各国的重视。

例如,在军事领域,利用低空飞行目标(如探测武装直升机、无人机以及固定翼飞机等空中目标)和地面战场装备(如地面车辆、坦克、炮位、部队行动等)的噪声和振动信号可以实现对目标的自动探测、

跟踪与识别。另据报道,美国在多次战争中应用了声音振动传感器设备来获取战区的敌方军队信息。印度也在克什米尔地区部署了大量的同类监控设备,来防范来自巴基斯坦方面的活动。

在民防方面,利用声音、振动等信息,可以及时引导摄像头转向监控目标,获得及时、准确的目标信息。在监控区域部署声音、振动、磁场等传感器,可有效监控车辆过往和人员出入信息。在金融机构设施,如银行 ATM 机上加载振动传感器,可有效对打砸事件进行监控。在电力设施中的高压杆塔塔身部署传感器,可以监控塔身状况,谨防人员偷盗,塔体倾倒等现象发生。在文物保护机构例如博物馆、遗址等场地中进行振动布防,可防止偷盗事件的发生。

目前该领域正朝着分布式、多传感器融合、智能化的方向发展。

- (1) 分布式:将传感器分散布设在多个关键区域,既可最大限度地获取有用信息,也可最大可能地提高其生存能力,同时也可以降低单只传感器的设计难度。随着无线通信技术迅猛发展,分布式监控有了十分便利的通信手段,布设更为快捷,进一步提升了这种布防方式的可行性,使监控系统具有了机动灵活、快速布防、瞬间组网的优点,并且具有很强的可扩展性。
- (2) 多传感器融合:视频监控直观、可信,但易受视角、光线、距离的影响,远程无线实时传输也比较困难。声音和振动信号古老而传统,可在完全看不到目标的情况下发现目标的存在和位置,也不受光线和视角影响。红外传感器在夜间对武装人员、车辆有很好的探测能力;而磁场则能辅助系统对武装人员、车辆与动物、环境因素产生的声音振动信号进行区别。因此,多种传感器相结合,可以有效地补充各自在监控目标时的先天不足,充分利用现场信息。
- (3) 消耗型:为了实现快速布设,减少作业环节, 许多传感器成本低廉,采用空中播撒或随车布设、无 需回收的方式设计,极大地方便了使用环节。

#### 设计目标与技术特点

声音和振动探测技术与其他光电、雷达探测技术 相比具有如下特点:

- 隐蔽性强;声音、振动技术完全采用被动工作原理,不易被敌方电子侦察设备发现和摧毁;
- 声音和振动的传播波长较长,绕射能力强,对小型遮挡物如树林等不敏感;
- 声音和振动探测设备构造简单,体积小,重量轻, 机动性强,能够全天候、低功耗长年工作;
- 设备成本低,便于在较大区域分布式布放,一次 性使用:
- 在无线通信技术的支撑下,可以很方便地组成预 警网,对低空或者地面目标进行探测;尤其对雷 达、光电等探测设备有独特的辅助作用。

针对上述特点和目标,我们精心设计了智能声音振动传感器监控网络系统(VA-GUARD-20)。该系统通过对环境声音、振动、红外、磁场信号的实时采集和分布式数据处理,实现了对包括人、车辆、空中目标的探测和预警。通过自组织网络和汇聚节点,将监测结果汇报至监测中心。该系统可在电池供电的条件下长期工作,部署方便,回收快捷,便于伪装,自身还具有防盗报警功能。

该系统可有效提升现有设备的监控水平, 弥补目前固定站点的探测盲区, 实现对现有设备, 如光电视频设备、雷达, 以及人员巡逻方式的有效扩展和补充。同时可降低劳动强度, 实现重点、危险区域的无人值守。尤其是对一些缺乏基础通信设施的场所, 该系统将能发挥十分重要的监控作用。

#### 二、系统组成与工作原理

图 1 所示为一个基本系统的原理框图,图 2 所示为实物照片。每套基本系统由 1 台基站(含监控软件)、1 台中继和 10 个节点,以及 1 个手持 GPS/北斗定位记录仪组成。在使用时,1 台基站可以接最多 16 台中继,每个中继可最多带 32 个节点。如图 3 给出 3 个中继的使用方式示例。

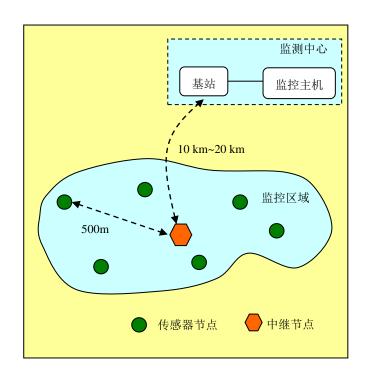


图 1: 一个 VA-GUARD-20 基本系统的组成框图

每台中继以及其下属的传感器节点可监控约 1 平方公里的区域,整套系统可监控 10-16 平方公里, 根据情况,整个监测区域可由多套系统组网构建,以 便覆盖更大的区域,并实现互联互通。参见图 4。

下面介绍各个部分的组成与原理。

### (1) 基站

基站由一部 UHF 电台及其配套的天线和电源组成。其目的是与各个中继进行远距离无线通信,进而控制整个监测系统。基站外观是一个防水箱,便于携带和户外使用。它在工作时与一台笔记本电脑相连,可由1人背负,在各种场所均可方便使用。

#### (2) 中继

中继由两部不同频率和功率的 UHF 电台、中继控制器,及配套的天线、电池和机箱组成。其原理框图如图 5,其目的是进行与基站和节点间的交互通信,扩大传输距离,在整个网络中起到承上启下的作用。

如果应用区域对隐蔽性要求不高,对中继的电池 维护也比较方便,可以进一步在中继的位置架设一个 低功耗的微型视频监测设备,在接收到传感器节点报 警的同时,立刻引导视频转向该节点方向进行视频监



图 2: 一整套 VA-GUARD 基本系统的实物照片

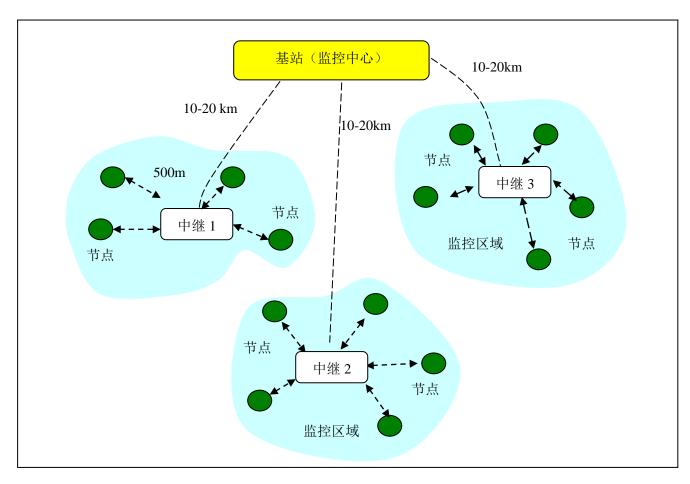


图 3: 一台基站+多个中继的应用场景示意图

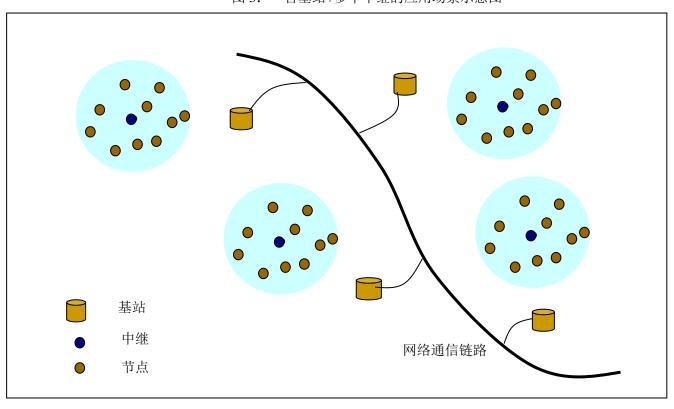


图 4: 多个基站存在时的应用场景示意图

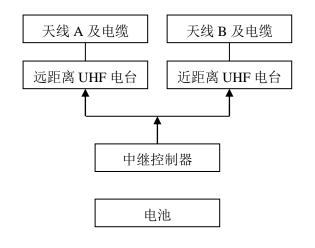


图 5: 中继原理框图



图 6: 中继设备实物照片 (图中未包含无线视频监控和传输设备)

视。再通过无线网桥将图像远程传输至监控中心(监控中心也需要配备无线网桥接收设备)。这样,监控中心在获得声音、振动等报警信息的同时,可同步获取目标的即时视频图像信息,对目标做进一步判别。

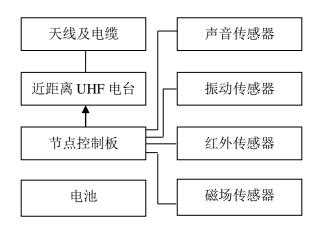


图 7: 传感器节点原理框图

#### (3) 传感器节点

传感器节点的原理如图 7 所示,由一部小功率 UHF 电台,声音、振动、红外和磁场传感器、节点控 制板及其配套的天线、电池和外壳组成。其目的是进 行各类环境信息的采集、处理、分析,与中继进行无 线通信,最终将信息传输至基站。实物照片如图 8 所示。



图 8: 传感器节点实物照片

### (4) 系统组网方式

系统组网拓朴结构采用簇状形式,簇状网络拓朴 结构可减小能量损耗和数据丢失,各节点和中继部署 简单快捷,后期维护方便。

在系统网络通信安全方面,采用不同级别的安全 密钥和加密机制、进行消息验证与完整性保护,确保 通信安全。同时,通过优化协议、加强确认机制、选 用窄信道频率等方式来加强抗干扰能力。

#### 三、系统主要功能

#### (1) 异常环境信息探测

利用高灵敏度的声音、振动、红外和磁场传感器,实现对监测环境的不间断监听。探测与识别模块可自适应调整自身的判断准则,并利用信号处理手段探测异常的信息变化,及时将信息通过无线网络传至监测中心。根据判断准则,分不同级别上报,如 1 至 3 个异常等级。

#### (2) 上报与指挥

通过该系统自身构建的无线网络,可实现上级指挥站对监控区域的功能设定,如休眠与唤醒、不同等级的监控等;也可实现各监控节点可靠的无线信息链路,向上级上报自身状况,如电池情况、信道情况等。在自身遭到盗窃、破坏时,能够及时发出报警,通知监控人员进行干预。

#### (3) 快速布署和回收

系统包装在几个手提箱内,各箱设备的重量在20kg 以下。布放时选取无线通信性能良好的通视区域为佳,仅需要将节点电源打开、做好伪装即可。同时,在布署时携带 GPS/北斗定位手持仪,记录各个节点或中继的地理位置。回收时根据记录的经纬度信息实现快速回收。

#### 四、系统布署

#### (1) 人员要求

本套系统的架设一般由 3 人完成。1 人留在基站处,负责观察数据和配置系统参数,另外 2 人携带中继、节点和 GPS 记录仪到监控区域进行部署。若一次部署的设备超过 1 套,则需车辆随行或多人携带。

#### (2) 监测地点勘查

架设外场设备前,需事先进行地形勘查,结合地 图做好记录和规划。从图 1 可以看出,为确保通信质量,各节点与中继间的距离不得超过 500 米,中继与 基站之间的距离不得超过 20km。由于现场的遮挡、 地形的起伏、反射等对无线传输、声音传输均有一定 的影响,因此,在架设时需要按照一定的原则进行。

#### (3) 基站的架设

整个系统架设时,首先选择好基站的位置。一般 来讲,基站应当部署在值班人员职守的监控中心,那 里应当有计算机、显示设备、供电设备等。基站与计 算机中的监控软件配套使用。

由于整个系统依赖无线通信来工作,因此,在选择监控中心的地理位置时,最好能够选择视野开阔、地理位置较高的地方,以便通信效果的保障。架设好基站的设备后,需要将天线架设在户外较高的支撑物上,至少高于地面2米以上。如有可能,越高越好。可以架设在楼顶、山顶等地方。天线垂直向上,周围不得有金属物或建筑物遮挡。

#### (4) 中继的架设

中继需要架设在即将开展监控的区域。这个地方 距离基站所在地不得大于 20km。具体的距离需要根 据实际地理条件来决定。选择中继的位置时,也与基 站位置类似,最好地理位置较高。天线垂直朝上,周 围不得有金属物或建筑物遮挡,最好与基站通视。中 继架设时,还需要考虑隐蔽、避雨、坚固等要求,最 好能够在草丛里、树林里。在保障隐蔽的同时,天线 还应尽可能置高。

#### (5) 节点的架设

节点在确保能够与中继可靠通信的前提下,应当选择在最适合监控人、车辆等目标活动的位置,同时还需要确保隐蔽。下面几幅图展示了一些适合布防的地段。这些路段在人或车辆通过时,一般会自然产生较大的声响和振动,易于被传感器感应到。

#### (6) 系统布署策略

以每个节点对车辆振动探测距离 100 米计算,每两个节点布署的距离最大为 200 米,每台中继所带的 32 个节点能够布设在以中继为圆心半径 500 米的区域(0.785 平方公里),有效监控区域内的异常事件。以此类推,根据所要布署监控区域的大小进行增加节点和中继相应的数量。



木板路会使振动信号加强





桥梁可以产生很大的振动



十字路口对车辆的监测效果好



台阶会使脚步信号加强



杆塔最能反映人员的碰撞打击

图 9: 典型的适合传感器节点部署的场景

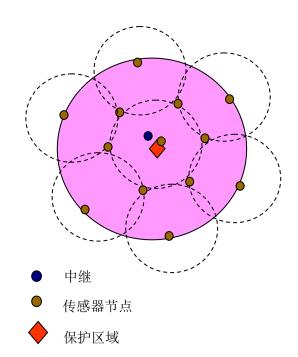


图 10: 在未知侵扰来向时的部署策略

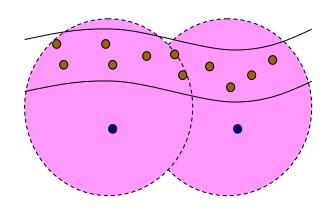
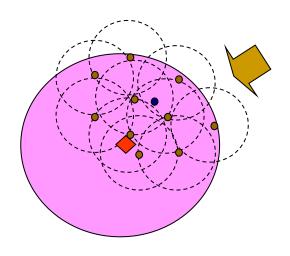


图 12: 对一个防线的监控部署策略

实际布署系统时要根据当地的情况,重要区域重点布署,提高系统的利用率。图 10、图 11 和图 12 给出三种为了不同的监控对象而设计的布局方案。

此外,振动信号与地表材质的关联度较强,表 1 和表 2 给出了不同的地表材质条件下探测性能的对照表。可以看出,对于行进的人员来说,土地越干燥、松软(如沙漠),则探测距离越短,反之则越长。对车辆的情况也类似。因此,在选择部署地点时,需要优先选择适合的地点,才能获得良好的探测效果。



- 中继
- 传感器节点
- 保护区域

图 11: 在已知侵扰来向时的部署策略

表 1: 材质不同下振动信号对行人的探测性能

潮湿			
一般			
干燥			
	松软	普通	坚硬

表 2: 不同材质下振动信号对行进车辆的探测性能

潮湿			
一般			
干燥			
	平坦	普通	颠簸

## (7) 系统的隐蔽

在野外的无人区部署,节点可以通过迷彩防尘罩来进行隐蔽,或者通过掩埋的方式伪装。在人口密集的区域,可以通过盆栽、路灯等方式进行伪装(如图13所示)。





图 13: 人口密集区设备的伪装方法

#### 六、系统的优化与调整

监控中心是整个系统的核心,也是用户日常使用的操作终端。在系统运行过程中,监控中心的软件可以提供各个设备的位置,包括基站、中继和节点;反映各个设备的电量和通信情况。当某个设备提示报警时,可以实时给出报警信息。此外,监控软件还可以指挥控制整个监控网络,使其工作在不同的模式,例如休眠、一般监控、中等监控和严密监控等模式。与此对应的则是传感器门限的调整、报警策略的变化等操作。

系统的设计思想是,让前端的节点尽可能的简单,起到信息获取的作用。报警门限的设定与优化、

目标的判别、确认和跟踪等高级功能集成在监控中心。这样做既简化了前端传感器的设计,也为后期的系统升级、调整以及维护留下了余地。

系统在运行过程中,针对不同地区的重要性、态势、气候情况等,可以对监控参数作出及时的调整。前端的传感器节点虽然自身也能够结合环境噪声特性的变化而微调报警门限,但总体受监控软件的控制。这是本系统优于传统声音振动监控设备的一个重要之处。

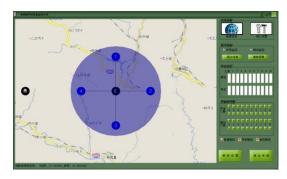


图 14: 系统监控软件的用户界面



图 15: 系统获得的监控区域信号强度分析结果



图 16: 系统可查询记录的报警和门限设置情况

整个系统在部署完成后,一般会按照以下流程逐步进入工作状态:原始数据积累阶段、参数优化阶段、实时监控与确认阶段。其中后两步会反复若干次,直至系统能够可靠工作为止。

如图 14 所示,当节点与基站按照监控需求部署完毕后,系统便开始了最初的环境适应和原始数据积累。系统会逐步掌握各个节点所处地区的传感器统计信息。随着监控区域数据不断积累,便可以获得类似图 15 所示的信号强弱分布图。同时也可以查询各次报警信息及其原因,如图 16 所示。这些数据为参数设置和异常动态提供了可靠的依据。

经过一段时期的监控、报警、确认后,系统逐步 积累出一定的功能性数据。此时,软件将根据监控模 式的选择,提示用户进行监控参数的调整,使各个节 点的报警门限、报警策略得到进一步的优化。

这个过程将会循环若干次,持续几天到十几天不 等,视不同的监控场景而不同。在此期间,各类误报、 虚警、漏报、气候变化等环境因素造成的系统反应也 将如实记录在数据库中,成为智能化监控的参考。

最终系统将趋于稳定,各传感器参数也达到最佳状态,就可以进行可靠、准确的监控任务了。

### 七、系统的撤收

系统使命结束后,根据实际情况可以选择回收。 至少需要将中继回收。

由于节点和中继散布在较大的范围内,而且还经过伪装,时间长了不易查找,因此需要通过布放时所纪录的经纬度到现场寻找。例如,可以通过监控软件给出现场地图,并标注好中继和节点位置后进行寻找。记录仪上也为每个节点留有拍照记录,可在回收过程中综合使用。

撤收时应该首先搜寻中继,然后再逐个回收各个节点。

### 基本系统报价组成清单:

序号	设备名称	数量	备注
1	基站	2 台	1 台为备品
2	中继	2 台	1 台为备品
3	中继视频监控与传输设备	1 套	
4	传感器节点	10 只	可扩至32只,价格另计
5	手持 GPS 定位仪	1台	
6	监控软件	1 套	
7	军用笔记本电脑	1台	