

吴义满. 生命探测信号在强震作用下的波动特性分离[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 19–21, 44. [WU Yiman. Separation of fluctuation characteristics of life detection signals under strong earthquakes[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 19–21, 44. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2018.02.005.]

生命探测信号在强震作用下的波动特性分离^{*}

吴义满

(江苏医药职业学院, 江苏 盐城 224000)

摘要: 地震灾害严重影响着人们的生命财产安全, 在震后的恶劣环境下抗震救灾的难度也更大, 这对救援技术和生命探测设备方面提出了更高的要求。当前抗震救援设备尤其是生命信号探索设备存在体积庞大、探测范围较小、操作复杂、抗干扰能力较差等问题, 常常难以对生命信号的有效性以及生命信号的精确范围进行判断。针对以上问题, 基于强震下的波动特性分离方法提出更精准探测生命信号的微型声波生命探测系统, 以便快速完成震后救援和清理工作。通过试验对该系统进行验证, 证实微型声波生命探测系统对生命信号的探测范围广、抗干扰能强、对生命信号定位判断十分精准, 对更好的完成抗震救灾工作具有十分重要的意义。

关键词: 生命探测; 地震灾害; 波动特性

中图分类号: X43; U665; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2018)02–0019–04

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2018.02.005

事实证明, 抢救被困人员的黄金时期在于震后 72 h 以内, 对震后压埋人员的救援愈准确及时, 受灾人员存活的几率愈大^[1]。回顾汶川大地震, 在当时的复杂情况下进行实时有效的救援成了一大难题。为更好的保障国民生命财产安全, 对生命信号的准确搜索和判断提出了更高的要求。为了达到在最短时间内找到被困人员的救援目的, 保障强震后能够快速有效的进行救援行动, 需要深入探索和研究更先进的救助设备和生命探测定位技术, 这对于保障人民生命财产安全方面具有十分重要的意义。现阶段的生命探测技术包含对人体的声音、移动、心跳、热能以及静电场等特征的探索, 是在特殊环境下对生命特征搜索和检测的重要方法^[2]。生命探测是采用现代化技术和手段在特殊情况下对生命信号进行检测和分析的过程, 通过电磁波的波动判定生命体是否存活。由于周围温湿度以及外界噪音等因素等对电磁波干扰相对较小, 因此研发电磁波生命信号搜救技术在生命探索方面越来越受到人们的关注。基于以上原因对连续波的工作原理的研究以及对生命信号的提取和建模, 提出微型声波生命探测方法并进行仿真实验, 效果良好。

1 波动特性分离算法

电磁波生命信号搜救模型的建立基于微型声波生命探测技术以及波动性分离算法, 为实现波动特性分离算法首先需要获得在生命探测器发射连续波情况下的信号频率 $A(t)$, 表示为:

$$A(t) = \beta \cos(2\pi zt + \lambda)。 \quad (1)$$

式中: z 为生命信号探测仪的发射波频率; t 为振幅; λ 为信号波动的初相位^[3]。通过上述公式可推出, 生命探测仪在探索过程中接收到目标的回波信号频率 $A_n(t)$ 为:

$$A_n(t) = PA(t_n - t) = P\lambda \cos[2\pi z(t_n - t) + \lambda]。 \quad (2)$$

式中: P 为回波的衰减系数; t_n 为相对于发射信号, 且 $t_n = \frac{2n}{m}$, 其中, n 为目标和探测仪间的距离, m 为信号的传播速度。设在 t 时刻的 $A(t)$ 和之间 $A_n(t)$ 的距离 D 为:

$$D = Y_0 - zt_n。 \quad (3)$$

式中: Y_0 为 $t=0$ 时的距离, 通过公式(1)(2)(3)将回波信号与发射信号进行分离, 其差值为:

$$\delta = \beta \cos(2\pi zt + \lambda) - P\lambda \cos[2\pi z(t_n - t) + \lambda] + 2\pi ft_n$$

^{*} 收稿日期: 2017–10–13 修回日期: 2017–12–26

基金项目: 江苏省科技厅自然科学基金面上项目(BK20151293); 江苏省品牌示范高职院校重点建设课题; 江苏省十二五规划课题(D/2015/03/016); 盐城市科技项目(YK2015056)

作者简介: 吴义满(1976–), 男, 汉族, 安徽安庆人, 硕士研究生, 讲师, 主要研究方向为电子电路设计、生命信号处理。

E-mail: 13770076031@163.com

$$= A(t) - A_n(t) + 2\pi \frac{2}{zm} (Y_0 - z_n t) - z_n t_0. \quad (4)$$

通过公式(4)算法可推出发射信号与接收信号分离波动频率为:

$$f_m = \frac{n\delta}{t_n \lambda} Y_0 - z t_n = \frac{2\delta}{\lambda} D_0. \quad (5)$$

电磁波照射到人体目标时,生命体的振动限定于有限范围内,接收到的信号围绕着平均距离 W 上下波动^[4-5]。电磁波与生命体信号的瞬时波动距离 $W(t)$ 可以写成下面的形式:

$$W(t) = f_m A_n(t) + \Delta W(t). \quad (6)$$

式中: $\Delta W(t)$ 表示生命体心跳和呼吸等特征信号引起的皮肤波动频率,可通过下述公式求得生命体特性波动频率为:

$$\Delta W(t) = A(t) \sin(2\pi f_m t_n + \delta) - A_n(t) \sin(2\pi f_m t_n + \lambda). \quad (7)$$

通过对信号破洞频率和距离的推导得出特性波动分离信号 $F(t)$:

$$F(t) = A(t) W(t) - \cos(2\pi \Delta W(t) - f_m t_n \delta - z\lambda). \quad (8)$$

根据以上公式对生命体目标频率和探测器的发射频率结果进行测量具体探测结果如图1所示。

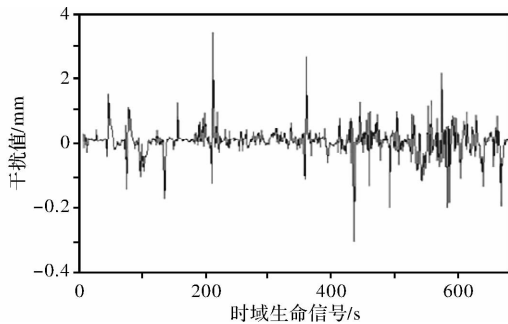


图1 生命信号时域方波测量结果

因此,我们只要测量目标的频率与径向速度,并根据上述公式进行计算就可获得目标的运动速度,从而对检测目标的特性进行判断^[6]。用分离后的信号进行微型声波探测模拟技术来完成震后生命信号检测工作。

2 微型声波生命探测模型

通过上述计算可知,在高频区电磁波谱中探测的生命目标信号是由生命体局部位置散射所合成,局部目标散射中心是在高频频区散射的基本特征之一^[7]。假设生命体位于障碍物后 $1 \sim 1.5$ m 处,在障碍物的另一端进行搜索和探测,效果如图2所示。

探测器发射的部分信号会在墙面折射部分信息,其余大部分穿墙辐射到人体部分。根据散射中心特性,在生命体的主要骨骼衔接处形成散射点^[8]。探测原理如图3所示。相同 x 坐标,任意散射点在视轴上形成一个中心,在该散射中心范围内的各点时延由坐标位置决定^[9]。

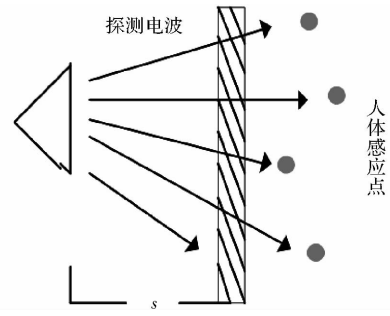


图2 人体探测仿真图

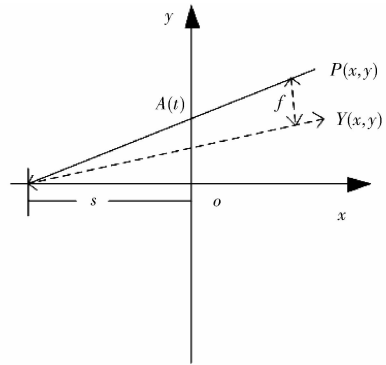


图3 微型声波二维坐标系模拟示意图

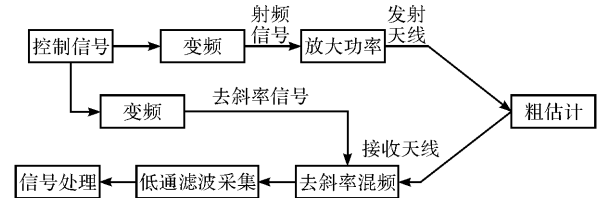


图4 微型连续波工作原理

微型连续波生命探测的基本工作原理如图4所示。图4给出了连续波的最简单形式。探测仪调频连续波形,通过天线发射在遇到生命体目标后返回。在接收端进行接收信号去斜率混频以得到探测目标特性判定生命体的有无^[10]。连续波的频率变化会随时间呈线性变化。图5、图6、图7给出了线性调频波的时频曲线、时域波形和幅频特性。

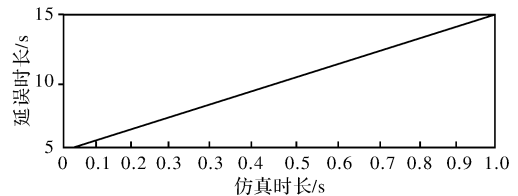


图5 线性调频波的时频曲线

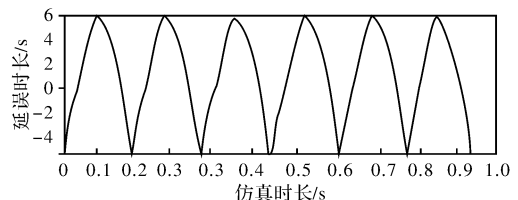


图6 线性调频波的时域波形

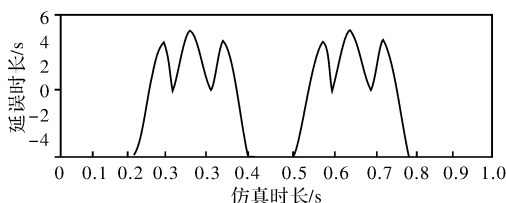


图7 线性调频波的幅频特性

连续波信号仿真如图7所示，在接收到的生命体回波信号中，接收与发射信号的瞬时频率差通常是一个常数，对接收信号与发射信号的频率差进行测量可得到目标距离^[11-12]。再通过混频处理得到频率差，处理方法如图8所示。

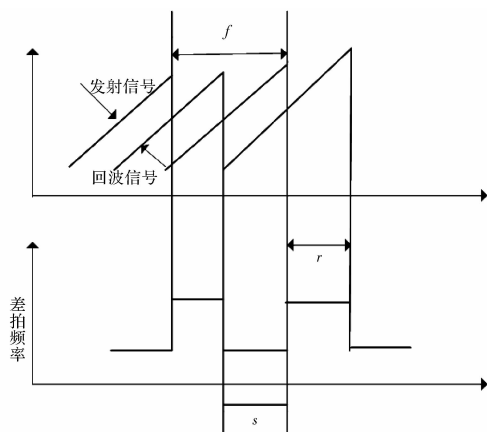


图8 微型声波生命频率信号差探测方法

由此可以看出人体生命信号探测可以根据回波信号测定生命体有无呼吸和心跳达到电生命信号检测的目的^[13]。对上述方法进行仿真测量结果如图9所示。

图9结果可以看出在心跳和呼吸这种微动情况下利用微型声波生命频率信号差的方法探测生命信号效果性对比较明显。

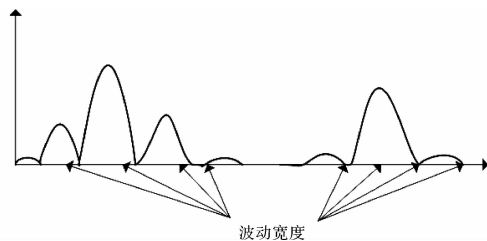


图9 微型声波生命信号探测频率差仿真测量结果

3 实验结果分析

实验一：模拟震后环境在测量范围内完成4个目标的探测，两个健康人体安静坐于30cm厚水泥墙后，顺序改变延迟时间，查看中频信号输出和最终目标信噪比。实验情况见表1。表1信息证实微型声波生命探测能够穿越较厚障碍物对生命体

信号特征进行及时的检测和准确的分析。

表1 系统经输出目标信息

距离单元数	1	2	3	4
延时时间	$0\Delta W$	ΔW	$2\Delta W$	$3\Delta W$
目标特性	操作者	生命体目标	墙	生命体目标

实验二：实验测得四个生命体呼吸信号的频谱如图10所示。从实验结果可以看出后者比前者信息更加丰富，这是由相邻操作者的影响引起的。由此可以看出生命信号可以采用型声波生命信号探测方法进行测量，根据回波信号判断生命体有无呼吸和心跳，从而做到快速精确检测生命信号的目的。

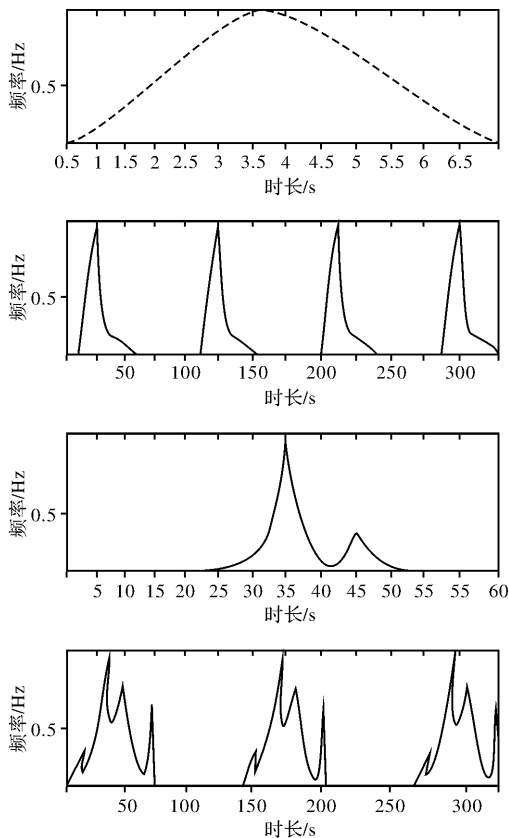


图10 生命目标特征探测结果对比图

4 结束语

为达到更精准快速的探索生命信号的目的提出利用微型声波进行生命探测的方法，依托对微型声波生命探测机理的研究成果，进行软件数据的计算和仿真实验来验证方法的可行性，同时通过硬件设计，创新微型声波生命探测模型，以便修正和完善微型声波生命探测理论。

参考文献：

- [1] 张桂南, 刘志刚, 向川, 等. 多频调制下电气化铁路电压波动特性分析及频率估计[J]. 电网技术, 2017, 41(1): 251-257.

(下转第44页)