

Research Vehicle Collision Sound Characteristics Based on Matlab

Jin Huiqing^{1,2}, Feng Pengfei^{1,2}, Zhang Shulin²

¹Anhui Sanlian University, Hefei, China, 230601

²National Center of Engineering and Technology for Vehicle Driving Safety, Hefei, China, 230601

Abstract: With the use of a large number of vehicles, followed by the emergence of traffic accidents. Road traffic accident injury has become the most serious threat to human life. Especially the collision-type accidents. Deadliest in the case of not timely warning rescue. In this paper, based on the automatic detection of vehicle collision sound as the starting point. Acquisition of the common sound of the vehicle collision, the natural disturbance of sound, horn sound and other kinds of traffic composite sound signal. Spectrum analysis of sound signal and analysis of collision sound energy change by MATLAB software. The different frequency components of the vehicle collision sound signal and other sounds are presented. The energy in each frequency distribution is not the same. To achieve vehicle collision-type accidents "golden relief time" provides a rapid detection method.

Key words: Matlab; Vehicle collision; Vousticdetecting; Spectrum analysis; Traffic accident

基于 Matlab 的车辆碰撞声音特性研究

金会庆^{1,2}, 凤鹏飞^{1,2}, 张树林²

¹安徽三联学院, 合肥, 中国, 230601

²国家车辆驾驶安全工程技术研究中心, 合肥, 中国, 230601

摘要: 伴随着车辆的大量使用, 接踵而至的是交通事故的出现, 道路交通事故伤害已经成为人类最严重的生命威胁, 尤其是碰撞型交通事故, 在不能及时报警救援的情况下, 伤亡最为惨重。本文以车辆碰撞声音自动检测为切入点, 采集了常见的车辆碰撞时声音、自然界干扰声音、喇叭声音等多种交通复合声音信号, 通过 MATLAB 软件对声音信号的频谱分析及碰撞声能量变化的分析, 提出了车辆碰撞声音信号和其它声音所含的频率成分不同, 其表现的能量在各个频率分布也不相同。为实现车辆碰撞型交通事故“黄金救援时间”提供了快速检测方法。

关键词: Matlab; 车辆碰撞; 声音检测; 频谱分析; 交通事故

1 引言

随着我国经济建设步伐的加快, 老百姓对车辆的需求将随之增加, 我国汽车保有量将继续快速增长。根据公安部交通管理部门统计, 截止 2015 年底, 机动车保有量为 2.79 亿辆, 机动车驾驶人 3.27 亿人, 在 2015 年新注册登记的车辆近 2.4 万辆, 现如今, 全世界每天有 3000 多人死于交通事故, 10 万人因交通事故受伤, “车祸猛于虎”的警示时时响彻人们的耳边^[1]。所以, 有效的交通事故发生前的预防、交通事故发生后的黄金时间实施救援等课题现已成为世界各个国家关注和研究的内容。

1.1 碰撞型交通事故形式

车辆的碰撞事故是较为常见的形式之一, 它是指交通相对强势一方的正面部分与另一方的接触, 或者同类车辆的正面相互接触。根据 2014 年统计, 发生在我国的各类道路交通事故的比例如图 1 所示, 其中碰撞型交通事故占到交通事故总数的三分之二以上, 这主要体现在事故的次数、伤亡的人数和财产损失量三个方面^[2]。

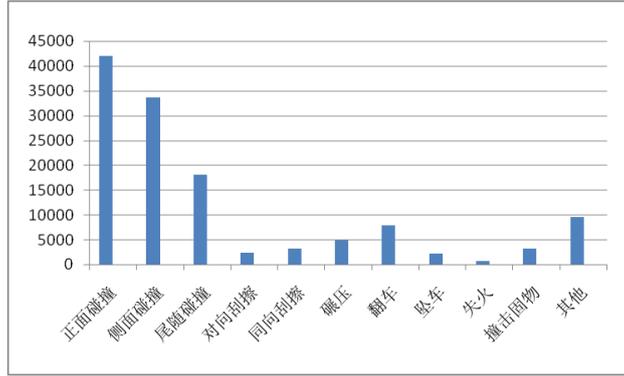


Figure 1.The national of traffic accident death in 2014
图 1.2014 年全国各类交通事故死亡人数

1.2 我国交通事故现状

我国机动车保有量占全球机动车保有量的 1.9%，但因交通事故死亡的人数占世界的 15%。有关资料显示，中国的交通事故的致死率居世界首位，为 27.3%。交通事故的致死率主要与车辆的安全性、事故后的快速救援等因素有关，在这一方面我国需要加大技术投入和提升。近年来，由于各种交通安全科技技术的应用，交通事故万车死亡率虽有所下降（如图 2），但整体的死亡人数还是较为庞大的数字^[2]。

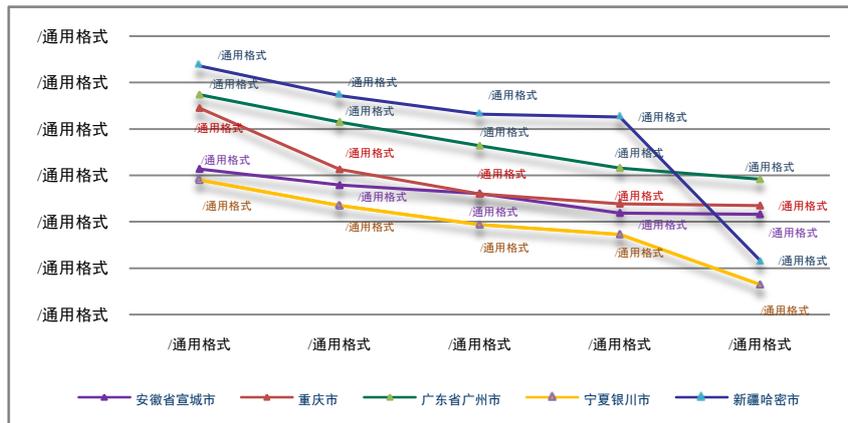


Figure 2.parts of the country in 2010-2014 million cars mortality
图 2.全国部分地区 2010-2014 年万车死亡率

2 声音信号检测技术及应用

2.1 声音信号检测技术的发展

声音信号的检测方法有声波法和共振法，其检测原理是：根据每种材料的介质固有弹性模量和共振频率，在受到激励产生自由振动时，就会发出固有频率的声音，通过测定在外力作用下，工件振动的声音信号参数（共振频测和衰减率）就可以检测材料的内部质量，如球墨铸铁的石墨情况，基体组织和机械性能^[3]。国际上在声信号检测方面的研究有很多：1940 年美国执密安大学 P.A.Firestone 发明了超声波反射仪；1963 年英国的 A.G.Fuller 发表了“基于共振频率的监测对金属铸件质量的估计”；1968 年，T.Morooka 等人分析了物体成分和冷却速度对共振频率的影响，提出了物体冲击韧性、静态性能和共振频率的关系模型。至此，声音信号检测研究已见雏形。1975 年，美国福特汽车公司的专家 B.V.Kovacs 借助声音信号检测金属零部件质量的方法有所

突破^[4,5]。

2.2 声音检测在交通安全领域的研究

道路交通声音信号因干扰因素较多，研究情况较为复杂等原因，国内外对声音信号应用于交通安全领域的检测研究都比较少，从查找的资料来看，仅有为数不多的国内外几个研究机构或高校对此领域有所研究。

在国外，2001年，美国路易斯安那州立大学的 Harlow 和 Wang 开始使用音频信号检测路口的交通事故。2003年美国的密西西比州立大学的 Yunlong Zhang 等人设计了一个基于音频信号分析的十字路口交通事故检测系统。在2007年，印度理工学院的 Mittal 等人把音频信号处理的模块加入到一个十字路口交通管理系统，利用车辆在十字路口的碰撞音频信号来检测交通事故的发生^[6]。

在国内，2005年吉林大学某研究生在利用声信号检测高速公路交通流特征参数的研究中，提出了道路交通流特征参数的检测新方法——车辆声学特征检测法。2010年，中国科学技术大学某研究生做了关于道路交通事故自动声信号检测的算法的研究，分析了声信号处理条件下的交通事故自动检测算法的运用，实时监控车辆运行状态，发生碰撞后系统自动向后台发出救援报警信号^[7]。2014年，长安大学研究生在基于声音识别的交通信息检测技术研究中，提出了声音识别方法应用于交通信息检测^[8]。

3 基于 Matlab 的车辆碰撞声音检测分析

3.1 车辆正常行驶的声音信号

3.1.1 车辆正常行驶的交通噪音

车辆正常行驶过程中的声音大部分产生于道路摩擦、风速、发动机声音等，它是一种随机变化的非稳态低频噪声。影响道路交通噪音的因素有很多，我国对道路交通噪音有一个经典的预测模型^[9]：

$$L_A = f(Q, V, R) + \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 \quad (1)$$

式中： L_A 为交通噪音总声压级，dB；

$f(Q, V, R)$ 为考虑车流量、车速、车型等影响因素的函数；

ΔL_1 为有限长路段修正，dB；

ΔL_2 为路面结构和坡度修正，dB；

ΔL_3 为绿化带及声音屏障修正，dB。

以上预测模型常应用于车辆行驶噪音深入研究中，但从公式 1 中不难看出，车辆在道路上正常行驶时声音影响因素很多，其中与车型、车速、道路状况关系最为密切^[10]。我们通过试验采集某车在省道正常行驶过程中的一段声音信号频谱图。如图 3 所示：

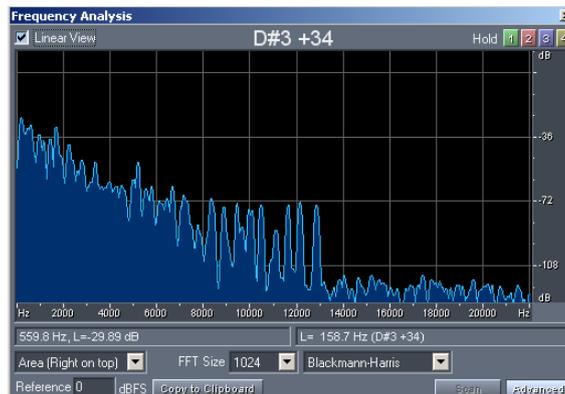


Figure 3. Sound signal spectrum of normal driving

图 3. 正常行驶声音信号频谱

3.1.2 正常行驶时干扰声音分析

车辆实际正常行驶过程中，会受到车辆喇叭声和自然界的打雷声的干扰，这些干扰声音从听觉效果上，非

常接近车辆产生碰撞的声音，其实喇叭声和打雷声在响度、音调、衰减及频谱方面与车辆碰撞声音是有区别的。下面分别试验采集了 4 个车辆喇叭声音和 4 个雷声进行了分析。

(1) 车辆喇叭声音分析

车辆在正常行驶中，驾驶员使用喇叭用以警示和提醒行人或其它车辆，不同的车辆喇叭声音不同，为了研究其声音与车辆重大碰撞声音的区别，我们完整记录了多款车型的汽车喇叭声音样本，选取 4 个车型的喇叭声音样本进行客观试验和通过 MATLAB 软件将其转化为频谱图分析^[11,12]。

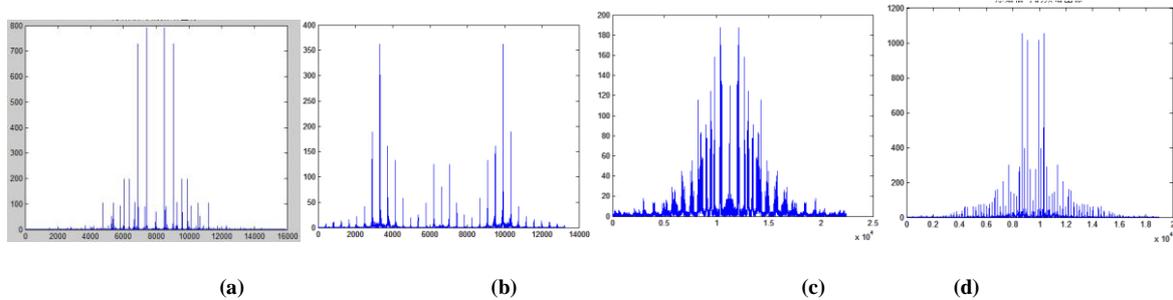


Figure 4. four common models of horn spectrum (a) cars; (b) off-road vehicles; (c) light trucks; (d) heavy trucks
图 4. 四种常见车型的喇叭声频谱图 (a) 轿车; (b) 越野车; (c) 轻卡; (d) 重卡

由图 4 四种常见车型的喇叭声频谱图可以看出，汽车在正常行驶过程中，当驾驶员在按喇叭时，发出的声音频率不高，轿车与越野车呈分散型状态，轻卡与重卡呈相对聚集状态，但对车辆正常行驶过程中还是较大的声音干扰的。

(2) 自然界的雷声音分析

车辆在正常行驶时，偶尔会遇到自然界的雷声，为避免雷声对该研究的影响，特选取了自然界常见的 4 种雷声进行客观试验和通过 MATLAB 软件将其转化为频谱图分析。

由图 5 四种自然界常见雷声频谱图可以看出，雷声呈现一定的声音聚集状态，但雷声产生的频率值均偏低。

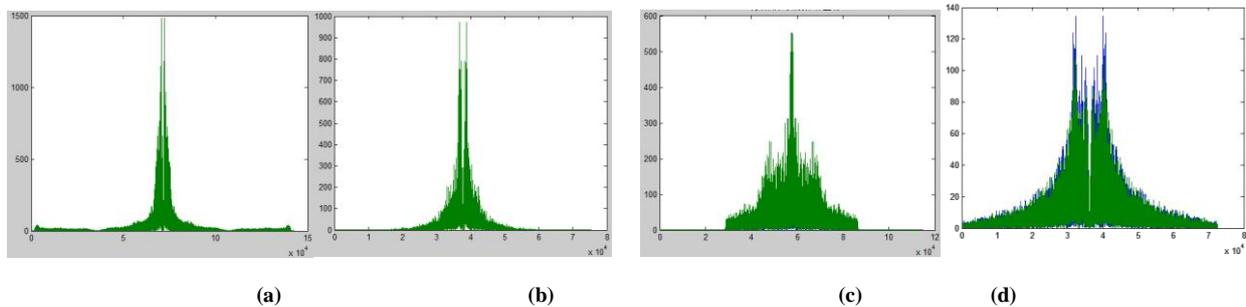


Figure 5. four common thunder spectrum (a) with muffled thunder rain; (b) thunder and lightning; (c) grit; (d) click ray
图 5. 四种常见雷声频谱图 (a) 伴雨的闷雷; (b) 电闪雷鸣; (c) 惊雷; (d) 咔嚓雷

3.2 车辆碰撞时声音分析

3.2.1 声音频谱分析

重大交通事故的碰撞声音信号与正常行驶时声音信号是截然不同的，碰撞声和其它声音所含的频率成分不一样，为了更好地研究汽车重大交通事故中的碰撞声音特点，我们特通过试验采集了 4 个车型 8 个不同车速、碰撞角度的碰撞声音信号，通过 MATLAB 将其转化到频谱图进行分析研究。

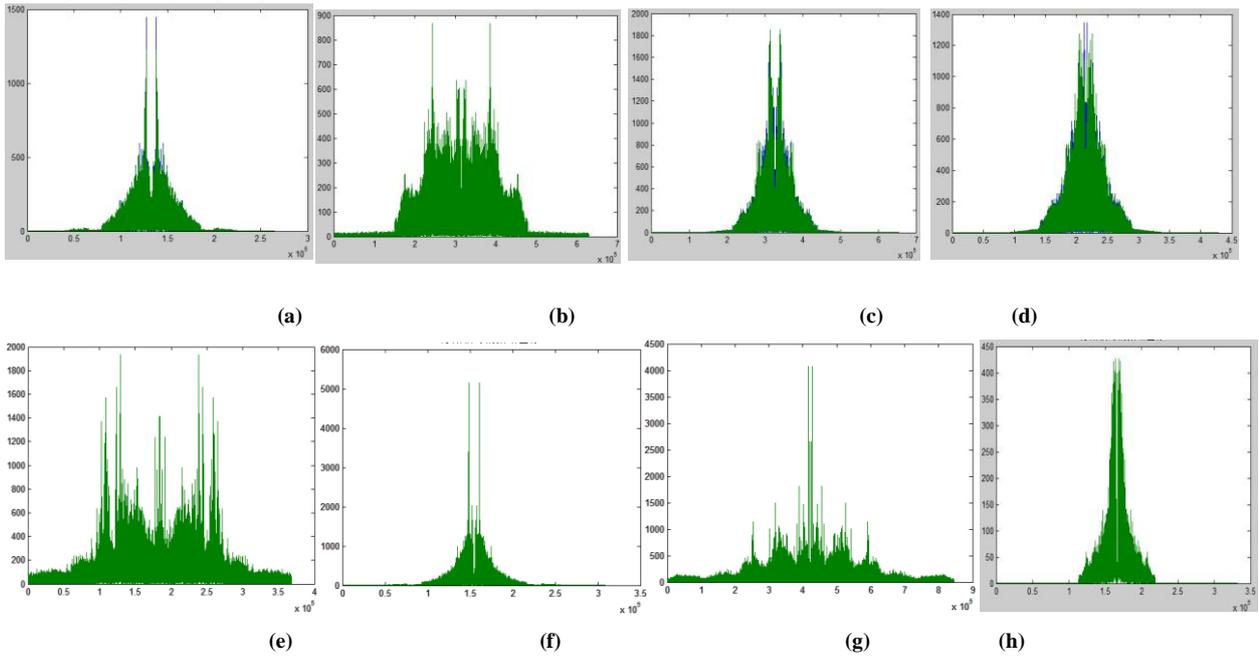


Figure 6. four models 8 kinds of collision sound spectrum

(a) Geely vision side impact; (b) Geely vision behind collision; (c) Lancer side impact; (d) Lancer frontal crash; (e) Lancer with 56 KPH 40% collision; (f) Lifan 520 frontal crash; (g) Chevrolet style front collision; (h) Chevrolet style 30 KPH 30 degrees

图 6. 四种车型 8 种碰撞声音频谱图

(a) 吉利远景侧面碰撞; (b) 吉利远景追尾碰撞; (c) 蓝瑟侧面碰撞; (d) 蓝瑟正面碰撞; (e) 蓝瑟 56kph 40%碰撞; (f) 力帆 520 正面碰撞; (g) 雪佛兰乐风正面碰撞; (h) 雪佛兰乐风 30kph 30 度角碰撞

由图 6 四种车型 8 种碰撞声音频谱图可以看出，车辆在产生碰撞时声音瞬间聚集性非常强，频率值较喇叭声和雷声均高出不少。

3.2.2 声音能量分析

通过对碰撞声音样本的能量在时域的变化分析，如图 7 所示，总结出车辆产生碰撞时声音具有以下两个特点：

(1) 能量巨大：为正常状况下各种声音能量的数倍以上

(2) 声信号变化剧烈：整个碰撞声音持续时间大概为 1-3 秒，在车辆碰撞声音产生的前段与后段，声音的能量一般都较小，中段的能量较大。所以，从时域上看，碰撞声能量曲线为一个较为陡峭的波形曲线。

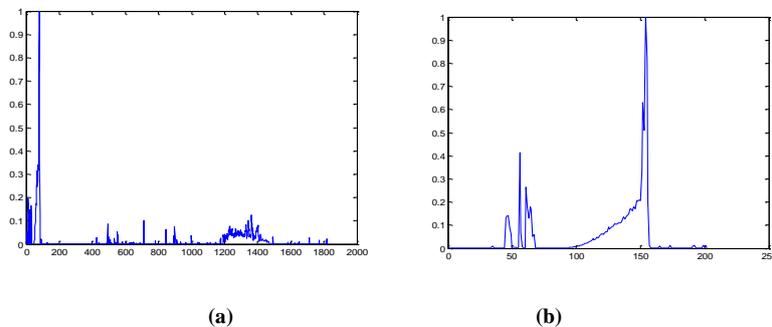


Figure 7. crash energy change curve (a) collision sample 1; (b) collision sample 2

图 7. 碰撞声能量变化曲线图 (a) 碰撞样本 1; (b) 碰撞样本 2

可见，碰撞声能量变化曲线与正常状况下声音能量曲线有较大差异。因此我们把能量值 E 和能量变化

值 ΔE 作为碰撞声判别特征, 其中 ΔE 定义为^[13]

$$\Delta E = \frac{E_c}{E_f + E_b} \quad (2)$$

式中: E_c 为碰撞峰值能量;

E_f 为碰撞前 t 秒平均能量;

E_b 为碰撞后 t 秒平均能量。

车辆碰撞时声音能量条件为:

$$\begin{cases} E > T_1 \\ \Delta E > T_2 \end{cases} \quad (3)$$

其中 T_1 和 T_2 为常数。

由此可见, 碰撞声和其它声音所含的频率成分不一样, 将其转化到频域, 则表现为能量在各个频率分布不一样。

4 结论

本文的主要工作是研究了基于声信号的重大型交通事故检测分析, 采集多款车型不同角度位置的碰撞试验声信号, 并基于 MATLAB 软件频谱分析和能量分析, 同时研究了雷声、喇叭声等干扰噪声的声信号频谱特点, 明确了车辆碰撞声信号检测的可行性。

提出结论有: 从频谱分析上看, 车辆在产生碰撞时声音瞬间聚集性非常强, 频率值较喇叭声和雷声均高出很多; 从声音能量看, 车辆碰撞时的声音能量巨大, 为正常状况下各种声音能量的数倍以上, 声信号变化剧烈, 整个碰撞声音持续时间大概为 1-3 秒, 在车辆碰撞声音产生的前段与后段, 声音的能量一般都较小, 中段的声能量较大。

参考文献 (References)

- [1] JIN H.Q. Road traffic accident prevention and control engineering [M]. Beijing: people's trafficClub, 2005.4
金会庆. 道路交通事故防治工程[M].北京: 人民交通出版社,2005.4
- [2] XU H.G. Road traffic accident analysis and processing [M]. Beijing: people's traffic press, 2004.10
许洪国. 道路交通事故分析与处理[M].北京: 人民交通出版社,2004.10
- [3] CHEN X.H, LI W.Q, and ZHAO Y.E. Sound fundamental frequency detection technology research and application [J]. Beijing: the electroacoustic technology, 2010.12:54-56
陈学煌,李文全,赵云娥. 声音基频检测技术的研究与应用[J].北京: 电声技术, 2010.12: 54-56
- [4] LIANG M, YE J.M. Sound quality evaluation technology [J]. Tianjin: digital technology and application, 2011.6:139-144
梁民,叶剑民.声音信号质量评价技术[J].天津: 数字技术与应用, 2011.6:139-144
- [5] NIQ. Y. Audio technology course (second edition) [M]. Beijing: national defence industry press, 2011.1
倪其育. 音频技术教程 (第 2 版) [M].北京:国防工业出版社,2011.1
- [6] D Li, IK Sethi, N Dimitrova , T McGee . Classification of general audio data for content-based retrieval[J]. Pattern recognition letters. 2001:116-121
- [7] DAI S, LUO .H, etc. Automatic detection algorithm of traffic accident based on acoustic signal processing [J]. Beijing: electronic technology research and development, 2012-4-6
戴硕,罗海等.基于声信号处理的交通事故自动检测算法[J].北京:电子技术研发, 2012:4-6
- [8] LI Y. H. Traffic information detection based on voice recognition technology research [D]. Shanxi: chang 'an university master degree thesis, 2014
李云焕. 基于声音识别的交通信息检测技术研究[D].陕西: 长安大学硕士论文, 2014
- [9] WANG Y. J, SHU G. Q, and WANG G.Z. The research progress of road traffic noise prediction and control method [J]. Journal of luoyang, tractors and farm transporter, 2005.8:4-7
王养军, 舒歌群, 王刚志. 道路交通噪声预测和控制方法的研究进展[J]. 洛阳: 拖拉机与农用运输车, 2005.8: 4-7
- [10] LIU B. Car audio feature analysis and model recognition research [D]. Hubei: wuhan university of technology, master thesis, 2007
刘波. 车辆音频特征分析及车型识别研究[D].湖北: 武汉理工大学硕士论文, 2007
- [11] CHEN J.Y, CHEN D.J, and ZHANG D.X. Based on Matlab voice signal acquisition and analysis [J]. Journal of jiangxi: computer and modern, 2005.6:91-92

- 陈家焱,陈冬娇,张达响.基于 Matlab 的声音信号采集与分析处理[J].江西: 计算机与现代化, 2005.6:91-92
- [12] FENG W.D, HAN X.B. LabVIEW and MATLAB in the voice signal acquisition and the application of wavelet de-noising [J]. Changchun: journal of changchun university of technology, 2006.1:40 and 42
冯伟东,韩雪冰.LabVIEW 与 MATLAB 在声音信号采集与小波降噪中的应用[J].长春: 长春工业大学学报, 2006.1:40-42
- [13] WANG H.A, LI Y. Noise environment ecological voice recognition based on energy detection [J]. Shanghai: the computer engineering, 2013.02:168-171
王浩安,李应.噪声环境下基于能量检测的生态声音识别[J].上海: 计算机工程, 2013.02:168-171