

一种新呼吸音信号特征提取方法与应用

崔星星, 苏智剑

郑州大学机械工程学院, 河南 郑州 450001

【摘要】目的:通过研究呼吸音信号与呼吸系统疾病内在联系,对呼吸音特征进行提取与分类,为研制便携家用型呼吸音远程监测移动装置进行技术准备。**方法:**对采集到的呼吸音进行预处理分析,从处理后的呼吸音原始数据中提取短时能量与短时过零率的特征值。**结果:**通过不同时间段呼吸音信号能量的高低来显示特征差异,并且呼吸音的高低频异常信号对特征提取方法影响较小。**结论:**本文方法可简单地提取特征值,不仅简化了特征识别数据处理过程,而且提取到的特征参数满足了差异性、统一性及相关性等基本特征。为构建神经网络的输入提供了理论依据与实际数据支撑。

【关键词】呼吸音信号;短时能量;短时过零率;特征提取;特征识别

【中图分类号】TP391.42

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2018)02-0214-05

A new feature extraction method of respiration signal and its application

CUI Xingxing, SU Zhijian

College of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China

Abstract: Objective To extract and classify the respiratory sound characteristics by studying the internal relationship between respiratory sound signals and respiratory diseases and provide technical preparations for developing a portable household breathing sound remote monitoring mobile device. **Methods** After the pretreatment analysis of the collected respiratory sounds, we extracted the characteristic values of short-time energy and short-time zero crossing rate from the processed respiratory sound original data. **Results** The characteristic differences were displayed by the energy changes of different time quantum respiratory signals, and the results indicated that the high-and low-frequency abnormal signals of respiratory sounds have trivial influence on the feature extraction method. **Conclusion** The proposed method can be used to extract characteristic values simply and effectively, not only simplifying the characteristics recognition and data processing, but also obtaining the extracted feature parameters which meet the basic characteristics, including otherness, uniformity and correlation. The study provides a theoretical basis and actual data support for establishing the input of neural network.

Keywords: respiratory sound signals; short-time energy; short-time zero crossing rate; characteristics extraction; characteristics recognition

前言

呼吸音信号是人体最重要的生理信号之一,正常人呼吸时,气流通过呼吸道和肺泡,产生湍流引起振动,发出声响,通过肺组织及胸壁传至体表的声音,即为呼吸音。根据呼吸音的强度、音调高低、性质、时相的长短及听诊部位,可以将其分为3大类:支气管呼吸音、支气管肺泡呼吸音、肺泡呼吸音^[1]。随

着人们对健康状况的关注程度越来越高,大量的呼吸系统疾病都需要及时通过呼吸音来诊断,但一方面,由于传统的呼吸音检测工具(例如听诊器)易受到医师辨别不同呼吸疾病的能力与经验主观性影响,导致识别率低;另一方面,采用传统的就诊方式,挂号排队等使得时效性差。随着国内外对于数字化呼吸音采集装置的研究与发展^[2],通过研究呼吸音与呼吸系统疾病的内在联系,对呼吸音的定量分析与应用,分析提取呼吸音信号的特征值,为人体呼吸系统远程监测提供了重要依据^[3]。在病情不是很严重,不方便去医院的情况下,研究一种家用型呼吸音辅助远程监测装置很有必要^[4-5]。

呼吸音为复杂的时变非平稳信号,由各频率成分叠加组成,不同呼吸音各频率成分能量差异较

【收稿日期】2017-11-13

【作者简介】崔星星,硕士研究生,研究方向:计算机辅助设计,E-mail: 18737150503@163.com

【通信作者】苏智剑,教授,研究方向:计算机辅助设计,E-mail: szj@zzu.edu.cn

大^[6]。呼吸音数据的处理与分析是呼吸音特征提取前提和基础,由于病理呼吸音发声病理复杂,音频干扰成分多,只有对呼吸音样本的原始数据进行分析,找出可以代表整段呼吸音信号的特征参数,才能对所提取的特征进行识别研究^[7-9]。并且提取的特征参数要求必须全面详尽的反映整体的呼吸音信号特性,分割的短时周期应尽量不随时间和空间的变化而有较大差异。本文利用不同呼吸音信号的短时过零率,短时能量波形存在的差异来做为特征识别呼吸音,为在移动设备上部署自动呼吸音识别系统奠定相关技术基础。

1 呼吸音特征提取方法

1.1 呼吸音信号采集与处理

本文研究过程中,从临床医学病例中采集了14种具有代表性的呼吸音病理信号进行预处理作为呼吸音样本^[10]。正常呼吸周期为吸气,呼气,间歇3个阶段,为了客观评估呼吸状态,在任一听诊部位至少得听诊两个呼吸周期^[11]。所以此次利用Cool Edit Pro 2.1对每个呼吸音样本降噪后将其分割为短周期小片段,每个片段包含3~5个呼吸音周期,保存为wav单声道格式。后续进行端点监测,去除前后无效信号段,以减少后期数据处理计算工作量。

1.2 短时能量、短时过零率特征参数提取

呼吸音信号特征识别准确率取决于特征参数的提取,所以提取呼吸音信号里有效的识别特征尤为重要。常用于呼吸音信号特征提取的方法有频率分析,时域分析,功率谱分析,高阶谱分析,其他参数分析法^[12-14],不同分析方法可以得到不同特征信息,将所有特征参数进行神经网络训练数据量太大,且不一定能得到好的分类效果。本次研究中根据对呼吸音的特征不同,选定短时能量及短时过零率的分析手段来完成特征提取,并研究分类效果与识别效率。

短时能量即在呼吸音信号短时平稳性的基础上定义每帧信号的短时平均能量,设呼吸音信号为 $x(n)$,加窗函数 $\omega(n)$ 分帧处理后得到的第 i 帧呼吸音信号为 $y_i(n)$,则 $y_i(n)$ 满足:

$$y_i(n) = \omega(n) * x((i-1) * \text{inc} + n), 1 \leq n \leq L, 1 \leq i \leq f_n \quad (1)$$

式中, $\omega(n)$ 为窗函数,一般为矩形窗或汉明窗; $y_i(n)$ 为一帧的数值, $n=1,2,\dots,L$, $i=1,2,\dots,f_n$, L 为帧长, inc 为帧移, f_n 为分帧后总帧数,计算第 i 帧呼吸音信号 $y_i(n)$ 的短时能量公式为^[15]:

$$E(i) = \sum_{n=0}^{L-1} y_i^2(n), 1 \leq i \leq f_n \quad (2)$$

短时过零率为每帧信号通过零点的次数,在一

定程度上反应了信号的频率特性,如式(3)所示:

$$Z_n = \frac{1}{2N} \sum_{m=n-(N-1)}^n |\text{sgn}[x(m)] - \text{sgn}[x(m-1)]| \quad (3)$$

其中, $\text{sgn}[\cdot]$ 为符号函数,

$$\text{sgn}[x(n)] = \begin{cases} 1, & x(n) \geq 0 \\ -1, & x(n) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

本文将短时能量与短时过零率提取方法相互结合进行信号分析与特征分析。14种常见呼吸音信号特征提取结果如下图1所示。

由图1可知短时能量与波形随时间变化明显,每种呼吸音短时能量最大值差异较大,由图1d得出呼吸音12(支气管呼吸音伴大湿啰音)短时能量最大值高于其他呼吸音,图1b呼吸音4(肺泡呼吸音)短时能量最大值远远低于其他呼吸音,通过不同时间能量的高低来提取呼吸音特征,具有算法简单,运算速度快,相比较频域分析计算量偏小等优点,由于呼吸音信号的高频异常部分对短时能量影响较小,呼吸音信号的低频异常部分对短时过零率影响较小,且一段波形中短时能量大的部分短时过零率较小,所以综合运用短时过零率与短时能量特征提取方法具有显著的效果。

2 提取结果与分析

对提取呼吸音数据特征参数构建特征向量,求出其特征参数的均值,最值,标准差,方差,偏度与峰度构建初始特征向量^[16]。峰度是描述某变量所有取值分布形态陡缓程度的统计量。偏度是描述某变量取值分布对称性的统计量。提取的特征参数需要满足3种特性,其中差异性指的是所提取的特征参数可以明显表示出不同呼吸音信号的数据差异;统一性指的是相同类别的呼吸音信号数据差异要小;相关性即各个特征参数之间互不相关,相互独立,确保每个特征量可以单独起到识别作用^[17]。本实验将粗湿啰音(呼吸音1),粗湿啰音合并中湿罗音(呼吸音2),低调干啰音(呼吸音3),肺泡呼吸音(呼吸音4)4种呼吸音信号数据为例,每种各选取4组特征向量与结果输入到神经网络进行训练拟合。表1为4种不同类型呼吸音提取的特征参数,表2为4种相同类型的呼吸音提取的特征参数。

由表1所提取的特征参数可以明显表示出不同类型呼吸音信号的数据差异极大满足了特征参数的差异性,可用于对呼吸音进行分类建立数据库;表2可知相同类型的呼吸音信号的数据差异很小满足了特征参数的统一性以及相关性,可用于对呼吸音数据库的匹配与识别,同时也证明了此次特征提取方法的可行性并对以后的应用奠定了基础。

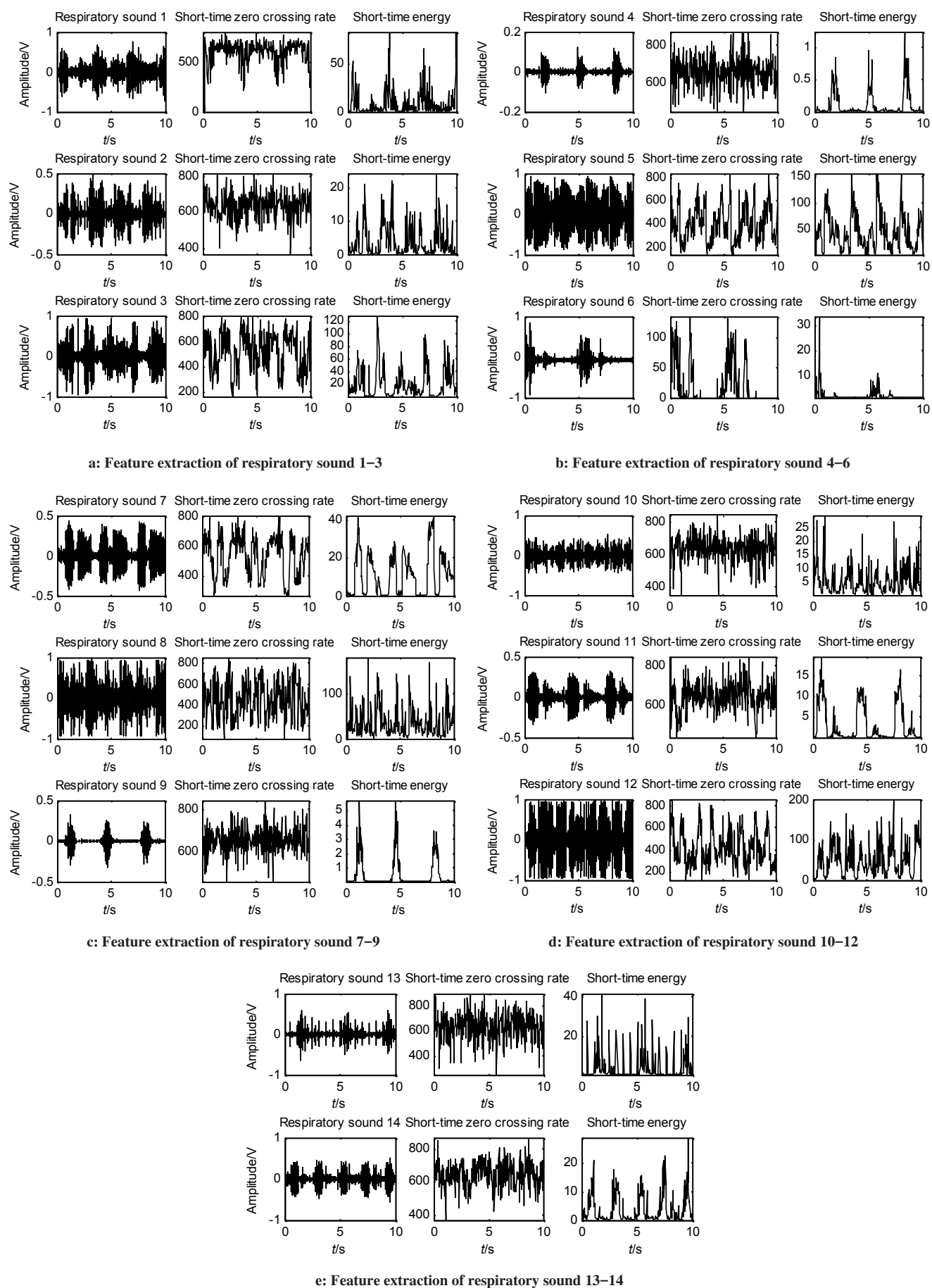


图1 14种呼吸音信号特征提取汇总图

Fig.1 Feature extraction of 14 kinds of respiratory sounds

表1 不同类型呼吸音特征参数表

Tab.1 Characteristic parameters of different types of respiratory sounds

Types	Characteristic parameters of short-time zero crossing rate					Characteristic parameters of short-time energy				
	Mean	Maximum	SD	Skewness	Peakedness	Mean	Maximum	SD	Skewness	Peakedness
Respiratory sound 1	598.210	798	113.265	-1.562	6.054	8.660	81.662	13.418	2.312	10.759
Respiratory sound 2	634.003	813	69.113	-0.378	3.631	3.805	23.726	4.914	1.630	5.071
Respiratory sound 3	523.258	806	152.905	-0.426	2.287	20.730	128.018	23.779	1.662	5.572
Respiratory sound 4	658.796	867	74.878	-0.123	3.486	0.102	1.240	0.198	2.711	10.661

Respiratory sound 1: Coarse crackles; Respiratory sound 2: Coarse rales and medium rales; Respiratory sound 3: Sonorous wheezes; Respiratory sound 4: Vesicular accentuated

表2 相同类型呼吸音特征参数表

Tab.2 Characteristic parameters of the same type of respiratory sounds

Types	Characteristic parameters of short-time zero crossing rate					Characteristic parameters of short-time energy				
	Mean	Maximum	SD	Skewness	Peakedness	Mean	Maximum	SD	Skewness	Peakedness
Respiratory sound 1	598.210	798	113.265	-1.562	6.054	8.660	81.662	13.418	2.312	10.759
Respiratory sound 1	591.441	812	117.516	-1.194	4.089	10.032	81.789	14.444	2.318	8.924
Respiratory sound 1	606.267	778	104.428	-1.341	4.438	8.137	74.438	12.372	2.608	10.513
Respiratory sound 1	591.823	834	116.899	-1.334	4.673	9.917	72.200	14.768	2.366	8.238

3 结 论

本文主要研究了各种病理呼吸音信号、呼吸音信号的数字化及其特征提取方法,利用呼吸音信号短时能量、短时过零率作为特征参数,为后续呼吸音识别的软件系统研制提供了理论及方法支撑。参照国内外研究进展,现有的呼吸音特征参数仅用作辅助识别,并没有用于实际的呼吸音特征提取与识别^[18]。本文所提取的呼吸音特征已在后续的神经网络训练中得到应用^[19],表明所提取的特征参数很具有代表性,可用于对常用呼吸音的识别与诊断,本次研究目的在于找到一种简单、有效,可以用于识别常用病理呼吸音的特征参数,以便将来集成于便携式移动设备上。与医院专业呼吸听诊设备相比,由于家用便携式听音诊断设备识别准确率要求的特点,只需要考虑在特定用户与特定环境中可以发挥该设备优势即可^[20]。通过预置病理呼吸音数据库,输入端采集存储待检测病理呼吸音后,经程序分析和处理后与病理呼吸音数据库进行比对识别,快速的对输入端信号进行识别,识别诊断结果通过输出端进行显示,供输入者参考。

【参考文献】

- [1] 李真真,吴效明.附加性呼吸音信号处理的研究进展[J].生物医学工程学杂志,2013,30(5):1131-1135.
LI Z Z, WU X M. Research progress in the treatment of additional respiratory sounds[J]. Journal of Biomedical Engineering, 2013, 30(5): 1131-1135.
- [2] 杜彦伟,汤文成,夏言伟.情境体验在家用医疗产品设计中的应用[J].机械设计与制造工程,2015(2):68-72.
DU Y W, TANG W C, XIA Y W. The application of situational experience in the design of home medical products[J]. Mechanical Design and Manufacturing Engineering, 2015(2): 68-72.
- [3] KANDASWAMY A, KUMAR C S, RAMANATHAN R P, et al. Neural classification of lung sounds using wavelet coefficients[J]. Comput Biol Med, 2004, 34(6): 523-537.
- [4] SPIETH P M, ZHANG H. Analyzing lung crackle sounds: stethoscopes and beyond[J]. Intensive Care Med, 2011, 37(8): 1238-1239.
- [5] ABBAS A, FAHIM A. An automated computerized auscultation and diagnostic system for pulmonary diseases[J]. J Med Syst, 2010, 34(6): 1149-1155.
- [6] 石陆魁,刘文浩,李站茹.基于LDA和小波分解的肺音特征提取方法[J].计算机工程与应用,2017,53(22):116-120.
SHI L K, LIU W H, LI Z R. Feature extraction of lung sounds based on LDA and wavelet decomposition[J]. Computer Engineering and Application, 2017, 53(22): 116-120.
- [7] CHEN X, SHAO J, LONG Y, et al. Identification of velcro rales based on Hilbert-Huang transform[J]. Physica A, 2014, 401(5): 34-44.
- [8] BAGHAI-RAVARY L, BEET S W. Automatic speech signal analysis

- for clinical diagnosis and assessment of speech disorders[M]. New York: Springer New York, 2013.
- [9] KANE J, GOBL C. Evaluation of glottal closure instant detection in a range of voice qualities[J]. *Speech Commun*, 2013, 55(2): 295-314.
- [10] HAIDAR G A, ACHKAR R, DOURGHAM H, et al. A comparative simulation study of the real effect of PCM, DM and DPCM systems on audio and image modulation[C]//Multidisciplinary Conference on Engineering Technology. IEEE, 2016.
- [11] 苒飞霸, 尹军, 何庆华, 等. 病理性肺音信号的分析识别方法[J]. *中国医学物理学杂志*, 2016, 33(7): 739-742.
- CHANG F B, YIN J, HE Q H, et al. Analysis and recognition of pathologicalpulmonary sounds [J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2016, 33(7): 739-742.
- [12] 李圣君. 呼吸音特征提取与分类识别方法研究[D]. 济南: 山东大学, 2006.
- LI S J. Research on feature extraction and classification recognition method of respiratory sounds[D]. Jinan: Shandong University, 2006.
- [12] 王春华. 基于盲源分离的肺音信号提取研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2010.
- WANG C H. Study on the extraction of lung sound signal based on blind source separation[D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2010.
- [13] 郑明杰. 基于希尔伯特—黄变换的肺音信号识别方法研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2016.
- ZHENG M J. Study on recognition of lung sound signal based on Hilbert yellow transform[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016.
- [14] 谢智鹏. 声音事件识别中的有效特征提取方法研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2016.
- XIE Z P. Research on effective feature extraction in sound event recognition [D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2016.
- [15] 陈华华, 徐萍. 基于谱减法 and 短时能量的声音端点检测方法[J]. *机械制造与自动化*, 2016(3): 191-192.
- CHEN H H, XU P. Voice endpoint detection method based on spectral subtraction and short-time energy[J]. *Mechanical Manufacture and Automation Major*, 2016(3): 191-192.
- [16] 洋洋, 陈小惠, 王保强, 等. 脉搏信号中有效信号识别与特征提取方法研究[J]. *电子测量与仪器学报*, 2016, 30(1): 126-132.
- YANG Y, CHEN X H, WANG B Q, et al. Research on recognition and feature extraction of effective signal in pulse signal[J]. *Journal of Electronic Measurement and Instrument*, 2016, 30(1): 126-132.
- [17] 马思明. 麻醉状态下的呼吸音信号特征提取和分类识别[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2012.
- MA S M. Feature extraction and classification of respiratory sounds under anesthesia [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2012.
- [18] 王镭, 刘春生, 张芮恺, 等. 呼吸功能检测方法研究[J]. *中国医疗器械杂志*, 2012, 36(5): 338-341.
- WANG L, LIU C S, ZHANG R K, et al. Respiratory function test method research[J]. *Chinese Journal of Medical Devices*, 2012, 36(5): 338-341.
- [19] 刘国栋, 许静. 基于SVM方法的神经网络呼吸音识别算法[J]. *通信学报*, 2014, 35(10): 218-222.
- LIU G D, XU J. Neural network breathing speech recognition algorithm based on SVM method[J]. *Journal of Communication*, 2014, 35(10): 218-222.
- [20] 于璐, 刘阳, 黄德生. 基于呼吸音的呼吸监测方法初探[J]. *中国医疗器械杂志*, 2015, 39(1): 21-24.
- YU L, LIU Y, HUANG D S. Respiratory monitoring method based on breath sounds[J]. *Chinese Journal of Medical Devices*, 2015, 39(1): 21-24.

(编辑: 薛泽玲)