



**北京航空航天大学**  
B E I H A N G U N I V E R S I T Y

第二十七届冯如杯创意大赛学生参赛论文

基于机器嗅觉的仿生手机

二〇一七年二月

## 摘要

面对一桌佳肴，有些人可以根据气味猜测出菜品中添加的原料及辅料，而大多数人却只能止步于“酸、辣、呛、香”的界定；因为消化不好导致的口腔气味难以察觉，严重时会影响人与人之间的交往与工作关系；周围环境中的有害气体无声无息，会让我们在不知不觉中受到伤害……这些待解决的问题都与一个词有关：嗅觉。人们的嗅觉能力是有限度的，同时也受经验与知识水平的限制。既然我们的鼻子没有那么强大的识别功能，为什么不交给机器去做呢？

对于电子鼻，大多数人可能都略有耳闻。这是一种基于机器嗅觉原理的嗅觉传感器。对气体具有敏感性的传感器，配合信号预处理方法与模式识别技术，就形成了这种可分析、识别和检测复杂臭味和挥发性成分的仪器。现阶段的电子鼻大多数为企业、机构等所用，专业性针对性较为明显。若能把这样的技术效果赋予每个人，就可以给更多的用户带来便利与新体验。当下电子产品普及度最高的莫过于手机，于是我们可以将气味传感器与其结合，让人们可以个性化地对想要检测的味道进行识别，获得简易的反馈信息。若选择极小的传感器（与芯片类似），则可以安装在智能手机内部；另一种方法是将电子鼻作为手机主体的附属装置。当电子鼻和手机结合后，应用场景也变得更加广泛。社会交往方面，可用于检测口腔、身体气味的刺激程度，有助于形象管理；安全方面，比如检测新房的有毒气体以确定入住时间，还有探测周围环境雾霾浓度，得到更加具体实时的信息；生活娱乐方面，出外聚餐时可以从饭菜香气中分析出所用调料，判断酒类的香型及年份，还可以检测食品饮料是否可食用。

## Abstract

Facing a table of delicious food, some people can guess out the raw materials and accessories added according to the smell, while others just stop at the judge of “sour,spicy,fragrant,choking”; our oral odor caused by poor digestion is difficult to find by ourselves,which can influence social communication and working relationship;the harmful gas in the environment may hurt us soundless and imperceptibly……These problems to be solved are all related to one word:smell.People’s sense of smell is limited and restricted by the level

of experience and knowledge. Since we don't have such a strong nose, why not give the task to machines?

Most of us may have heard about "the electronic nose" before. This is an olfactory sensor based on the principle of machine olfaction. Through the combination of the gas sensor, the signal preprocessing method and pattern recognition technology, we can get an instrument that can analyze, identify and detect complex odor and volatile components. At present, most of the electronic noses are used for big companies and institutions with obvious speciality and pertinence. If the technology can be applied in everyone's daily life, its convenience and fresh experience will be brought to more and more users. Mobile phone is the most popular electronic product nowadays, which can be combined with smell sensors so that people can detect the smell individually and get feedback easily. If we choose the minimum sensor (similar to chip), we can install it in the interior of intelligent mobile phone; we can also use the electronic nose as accessory device. When the technology is combined with cellphone, the application scene also become wide and casual. In social interaction, it can be used for the detection of oral and body odor's stimulation degree, and help manage our image; in security aspect, it can be used for detection of toxic gases in a new-built house to determine the check-in time and haze in surrounding environment to get a more detailed and timely information; in living and entertaining, not only can we know the spices of food, the flavor and year of wine, we can also detect whether the food and beverage is edible.

**关键词:** 机器嗅觉, 电子鼻, 传感器, 信号处理, 模式分类, 手机应用

**Key words:** Machine olfaction , electronic nose , sensor , signal processing , pattern classification , mobile application

# 目录

引言 .....	1
第一章 国内外研究现状 .....	1
第二章 创意阐述与技术支持 .....	2
2.1 创意产生 .....	2
2.2 系统运作核心思路 .....	3
2.2.1 气味采集与检测 .....	3
2.2.2 数据处理 .....	3
2.2.3 结果反馈 .....	3
2.2.4 系统运行思路图 .....	3
2.3 电子鼻技术 .....	3
2.3.1 传感器阵列 .....	3
2.3.2 信号处理 .....	4
2.3.3 模式分类 .....	4
2.4 预计技术难点 .....	5
第三章 实验分析 .....	5
3.1 应用场景 .....	5
3.2 市场需求 .....	6
3.3 推广模式 .....	6
结论 .....	6
参考文献 .....	8

## 图表清单

图 1	系统运行思路图 .....	3
图 2	电子鼻系统与生物嗅觉系统对比图 .....	4

## 引言

自 1964 年第一篇有关电子鼻的报道发布以来，人们对机器嗅觉探测方面的研究就从未停止。电子鼻的应用范围尤其之广，无论是在生产生活、军事、医疗、还是科技科研方面都为人们做出了不小贡献。然而，与视觉、听觉与触觉相比，嗅觉新技术的普及程度被远远地落在后面。事实上，气体（气味）蕴含的信息量同样是无穷无尽的，对人们的生活的影响也是不可忽视的。在当今的科技领域，传感器与智能手机可以说是两大热门模块，既有共同的属性也有各自的特点作用。在嗅觉传感器日益进步并逐步完善的今天，若将其与智能手机结合，并运用较为成熟的信号处理方法与模式分类手段，即可将机器嗅觉在个人健康、环境安全、休闲娱乐等方面的帮助和便利带给更多的用户，也能更好地促进技术的改良。

## 第一章 国内外研究现状

1962 年，国际上最早的嗅觉学术交流会在斯德哥尔摩召开；80 年代初期，“电子鼻”作为科学术语正式出现在人们的视野中；1994 年以来，高难度高成本的电子鼻相关研究取得了突飞猛进的进展，目前全世界范围内共有近三十家的电子鼻开发研究机构，众多欧美国家也已有了独立制造的代表性电子鼻产品。除了开发新型电子鼻，科学家也对它的性能进行了大量实验验证，如波兰科学家就曾用基于气相色谱法和四种化学计量方法的电子鼻对精神饮料的快速分析，以此检验电子鼻的灵敏实用程度，并不断改进<sup>[1]</sup>。

现在的机器嗅觉技术的应用范围主要集中在五大领域：食品工业、医药卫生、消费电子、环境检测以及航空航天。这些领域的相关研究进行的时间较长，应用更成熟。在农业占比较大的中国，农产品如果蔬的储藏、运输以及加工过程就可用到电子鼻技术。用金属氧化物气体传感器检测到果蔬释放的氧气、二氧化碳、甲烷等特征气体，根据气体浓度的不同判断农产品品质变化<sup>[2]</sup>。电子鼻的应用在食品检测的大环境下都有很大的发展空间，不仅可运用于肉类的保鲜检测，酒类的香型鉴定，还有作物生长的监测，食品安全管理等<sup>[3]</sup>。然而，由于电子鼻设备较为复杂，体积较大，耗能较大，一般都只运用在大型生产企业。随着科技的进步，一种基于顶空采样的新型便携式电子鼻诞生了，

科学家运用纳米气体传感器对白酒进行快速识别，虽然体积重量缩小了，但是识别精确率却更上了一层楼<sup>[4]</sup>。

除了食品工业之外，电子鼻在医药卫生的应用也随着社会医疗卫生水平的提高而飞速发展着。福建中医药大学就利用了阵列式气体传感器技术，根据气味图谱曲线诊断慢性胃炎寒热病<sup>[5]</sup>；广西大学利用电子鼻对口腔唾液恶臭味进行了测定，并就 SPSS、PCA、LDA、Loadings 与雷达图特征性分析进行了相关研究<sup>[6]</sup>；意大利博洛尼亚大学的 Barbara Roda 等人也在去年利用基于流场分离的嗅觉传感器对食品中活菌和非活菌进行了检测分析，创造出一种简单直接的病菌识别手段<sup>[7]</sup>……

当然，电子鼻目前的发展还存在许多未攻克的难点，其中前景最明朗的就是电子鼻技术与现代无线通信技术的结合应用。不仅要使电子鼻小型化、低功耗，更要使它在现场或移动的检测环境中正常工作<sup>[8][9]</sup>，这就是无线电子鼻系统所要具备的能力，也是本文创意的起源与延伸。让电子鼻与智能手机结合，实现嗅觉的“可视化”<sup>[10]</sup>，将是未来机器嗅觉的重要拓展方向。

## 第二章 创意阐述与技术支持

### 2.1 创意产生

在科技日新月异的今天，人们对模拟感官的研究日益深入；在智能手机普及度走高的今天，几乎每位用户都可以拥有属于自己的个性化“视觉、听觉、触觉”体验。虽然科学家们对于拟人嗅觉的开发从未停止，但是机器嗅觉给我们的感觉永远都是“遥不可及”的距离感。人类的嗅觉有限，而气体、气味却充斥在我们生活的环境中，在带来欢愉的同时也隐藏着不为人知的危害。虽然电子鼻的在农业、工业等领域的应用早已不新鲜，但对于人类个体的直接联系少之又少。当我们惊喜于 3D 眼睛带来的快感，通过蓝牙与微信实现声音的实时互动，享受 3D touch 的人性化功能时，何不也让机器嗅觉帮助自己从另一个感官角度体验生活呢？

鉴于嗅觉传感器的发展进程，我想，是否可以将电子鼻和智能手机联系在一起，让手机成为个性化的嗅觉帮手，用科学客观的机器嗅觉弥补人类嗅觉能力的缺憾。这样不

仅可以真正让机器嗅觉的成果得到体现，同时也能提高人们对嗅觉研究的关注度，更好地促进这一行业的发展。

## 2.2 系统运作核心思路

### 2.2.1 气味收集与检测

以摘要中第二种类型为例，将所需要的特定纳米气敏传感器安入手机套边缘，需要检测时对周围气体进行采集，传感器将化学信号变为电信号传送给手机，通过手机内部程序进行信号预处理。

### 2.2.2 数据处理

采用模式识别算法对处理后的数据进行分析，得出浓度结果或者识别结果。

### 2.2.3 结果反馈

将最终结果反映在手机界面，将信息反馈给用户。

### 2.2.4 系统运行思路图

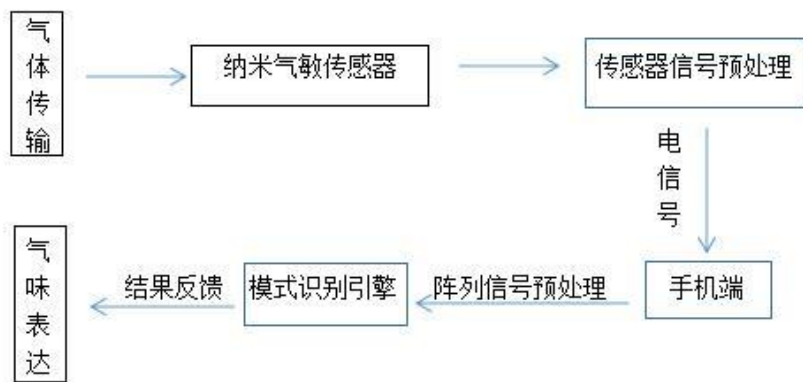


图1 系统运行思路图

## 2.3 电子鼻技术

### 2.3.1 传感器阵列

“电子鼻”是气味指纹检测装置的一种形象的表达，主要是利用气体传感器阵列的响应曲线来识别气味。人类的嗅觉由细胞、神经网络和大脑支持，那么对于电子鼻来说，气敏传感器就是它的“嗅觉细胞”，电子线路或计算机就相当于“大脑”（如图1）。当我们将多个不同特性（针对性）的传感器组合在一起，就形成了交叉的“嗅觉神经网络”。



络”——传感器阵列。

气体传感器按材料可分为：金属氧化物型半导体传感器；导电聚合物传感器；质量传感器；光纤气体传感器。对于一种气味，每种传感器都会有不同的反应，这就构成了独一无二的“响应谱”，即根据响应的高低程度与敏感程度形成响应图案曲线。科学家们在经过数次试验后，把数据输入计算机形成数据库，将其作为判断的依据。

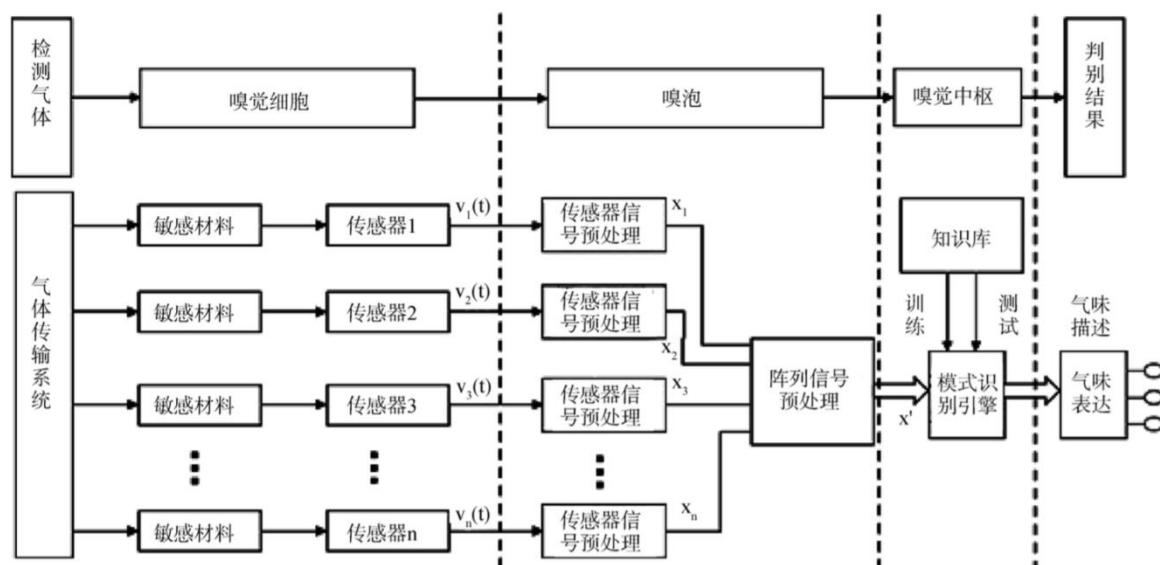


图2 电子鼻系统与生物嗅觉系统对比图<sup>[2]</sup>

### 2.3.2 信号处理

为了实现对气体的定性或定量分析，我们需要将传感器的信号进行适当预处理，比如滤除模式采样过程中引入的噪声和干扰，提高信号有效率；消除信号的模糊和失真；对信号进行变换以便后续处理。

例如信号处理中运用较多的“运算放大器”，就是一种基于数学运算的放大电路，在数模转换、直流信号放大与波形产生变换等方面有广泛应用。当传感器将温度、流量、压力等气体判断数据转换为电信号时，放大器便将将有偏差的信号处理为需要的程度，进而推动下一环节的工作<sup>[11]</sup>。形象一点说，这些电子线路就如同神经元与神经中枢之间的桥梁，对信息进行调节和抑制。信号预处理的方法可以根据实际使用的传感器类型和模式识别方法选取。

### 2.3.3 模式分类

被信号预处理单元提取了特征后，信号便进入下一环节——模式识别单元接受进一步的处理。根据传感器测试得出的实验数据构成了分析软件内部的数据库，信号经过分析后与数据库中的图案进行比对，便可以快速得出气体组成成分和浓度的鉴别结果。

机器嗅觉种模式识别的过程需经过两个阶段：监督学习与应用。科学家们用已知被测样品训练嗅觉系统，让它自我学习，一段时间后便可实际运用。模式识别技术种类多样，除了通过多个变量变化程度识别、模仿神经网络的覆盖网式识别，还有模糊集合理论等<sup>[11]</sup>。近来兴起的模式识别方法是与人工智能结合。

## 2.4 预计技术难点

嗅觉传感器是整个系统运行的核心组成部件，就其本身而言，它的选择性、稳定性与重复性还有待改良。虽然已经便携式电子鼻与纳米传感器已经出现，但是技术尚未完全成熟。与智能手机搭配使用时，必须保证传感器的规格小，耗能低，灵敏度高，信号收集与处理能力的精确度高。如果只使用单一类型的传感器进行有针对性的识别，应用的范围太小，所以必须将多种传感器结合在一起。

# 第三章 实验分析

## 3.1 应用场景

随着传感器技术的进展和人对嗅觉过程的逐步深入研究，机器嗅觉系统的应用必将会日益增多，尤其是与智能手机结合后，它的个性化修塑可以让它适用于更普遍的生活场景中。

首先，在食品领域，我们可以用随身携带的智能手机对菜品香味进行初步的识别，对食物的品质进行检测以避免健康方面的隐患。比如根据果蔬释放出的气体成分和浓度判断是否可食用，当我们打开气体收集入口，让气体与传感器接触产生反应，经过手机内部软件的数据处理对比得出结论；再比如根据酒类的香味浓度判断它的年份与种类，防止受骗，同时也可作为鉴酒的工具。

其次，在人体健康方面，具有嗅觉的手机可以发挥更大的作用。以生活场景为例，当我们对着手机吹上一口气，就可以知道此时口腔气味刺激性程度，及时采取补救措施；

当我们的肠胃消化出现问题，也可以用同样的方式得到初步检测的结果，为治疗方法的选择提供依据。

最后，就是现代社会中不可忽视的环境问题。人们所看到的“雾霾指数”、“空气质量”都只是检测中心的一个平均的数据，如果运用具有嗅觉功能的手机对个体周围的空气质量进行实时的检测，就可以得到更为及时、准确的空气状况。当然，如果开启警报模式，也可以在人们被未察觉的有毒有害气体包围时快速离开，避免悲剧发生。

### 3.2 市场需求

由于机器嗅觉的灵敏是出于弥补人们嗅觉缺憾发掘的，这一款产品将更适合嗅觉问题较严重的用户。例如感官退化的老人、感官损伤的病人、生活经验不足的年轻父母等。除此之外，与其检测功能相关的行业的工作人员也可以使用，相当于将工厂里的大型电子鼻机器小型化后分给了工人，使工作效果更显著，工作效率更高。

### 3.3 推广模式

可以模仿一般智能手机的推广手段，但由于技术水平较高，仍然存在价格高无法大面积普及的问题。可以制作宣传片、概念片让更多人知晓、了解这一产品与原理，先由专业行业人员试用，经过一段时间的改进、发展，当技术水平足够高使价位下降后，再逐渐放到市场上进行售卖。

## 结论

随着科技的飞速发展，机器嗅觉带给我们的影响将会越来越有实感。虽然本文所创想的电子鼻系统与智能手机的结合目前在实现上存在一定的难度，但是随着生物计算机的发明、纳米技术的突破与无线网络技术的进步，相信在未来绝不会成为一纸空谈。制造这个产品的目的就是为了将看似遥远的高科技真正方便每一个人的生活；让起步虽晚但前景广阔的嗅觉领域的发展受到更多人的关注，让我们在未来都能以更全面的感官体验认识这个世界。

虽然电子鼻目前在多个领域的应用已不鲜见，但离它真正造福大众还有很长一段距离。在气敏传感器与智能手机结合的基础上，我们还可以更进一步。如果我们能开发新

型的传感器，不断缩小体积、重量、功耗，提高信息存储量与分析精确度；如果我们能将电子鼻与多种分析仪器的结合、通过网络传输气味、或与无线通信系统形成无线电子鼻……各种各样的想象都已存在科学家们的绘本蓝图中。可以说，智能手机只是一个开端，机器嗅觉的未来将是充满更多惊喜的。

## 参考文献

- [1]W Paulina, Śliwińska Magdalena, N Jacek, W Waldemar, D Tomasz. The Verification of the Usefulness of Electronic Nose Based on Ultra-Fast Gas Chromatography and Four Different Chemometric Methods for Rapid Analysis of Spirit Beverages. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*,2016,2016(5):1-12.
- [2]贾文坤, 李孟楠, 王亚雷, 梁刚, 满燕, 潘立刚. 电子鼻技术在果蔬检测中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, (2) .
- [3]杨增. 食品检测中电子鼻的应用与发展[J]. 工程技术: 文摘版, 2016, (7) .
- [4]陆艺莹, 张覃轶, 龙海仙, 姜晓彤, 张顺平. 基于便携式电子鼻的白酒快速识别[J]. 酿酒科技, 2016, (1) .
- [5]林雪娟, 梁丽丽, 刘丽桑, 吴青海, 郑剑翔, 李灿东, 郭森仁. 基于电子鼻的慢性胃炎寒热病性间的气味图谱特征研究[J]. 中华中医药杂志, 2016, (4) .
- [6]姜元欣, 刘伯科, 刘小玲. 口腔恶臭的电子鼻测定评价方法研究[J]. 轻工学报, 2016,(6).
- [7]B Roda,M Mirasoli,A Zattoni,M Casale,P Oliveri. A new analytical platform based on field-flow fractionation and olfactory sensor to improve the detection of viable and non-viable bacteria in food. *Analytical & Bioanalytical Chemistry*,2016,408(26):1-11.
- [8]F Röck,A Nicolae Barsan,U Weimar. Electronic Nose:Current Status and Future Trends. *Chemical Reviews*, 2008,108(2):705.
- [9]王俊, 崔绍庆, 陈新伟, 洪雪珍, 裘珊珊. 电子鼻传感技术与应用研究进展[J]. 农业机械学报, 2013, (11) .
- [10]HJ Ko,HP Tai. Bioelectronic nose and its application to smell visualization. *Journal of Biological Engineering*,2016,10(1):17.
- [11]辛松林, 杨妍. 电子鼻的原理、应用现状及前景展望[D].