



摘要：传感针是以中医针灸针为基体加工而成的针形传感器，是针灸技术与传感器技术的结合，是我国原创的一类新型传感器。本文介绍了传感针的结构，原理和制作方法，并着重介绍了它在各领域中的应用情况。

关键词：传感针；中医针灸学

中图分类号：TP212.13 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2004)05-0006-05

任恕 周宜开 沈杰

一、引言

传感针是以中医针灸针为基体加工而成的针形传感器，是针灸技术与传感器技术的结合，也是传感器与执行器的融合。作为我国原创的一类新型传感器，它始创于 1988 年，是为庆贺我国 STC 的首次召开而精心设计的，可称 STC 的“同龄人”。随着传感器技术在我国的发展，它也与时俱进，逐步改进与发展，开始形成包括化学、生物与物理等系列。目前，温度传感针、氧分压传感针、PH 传感针、钙离子传感针、乙酰胆碱传感针等已达到实用化。

传感针原名中医传感针，是针对中医药学现代化的需要而提出的新课题。与国内外现有的生物医学传感器相比，传感针能无损或微损地实现在体、定位、定点、实时、动态测量，能用作传感器，还可用作执行器。它价格低廉、操作简便、可一次性使用；另外，它的使用领域众多，除中医药学外、还可用于环保、化工、农林牧副渔等行业。

1、传感针与中医药学

如上所述，传感针首先是针对中医药学现代化的需要而提出的。国家自然科学基金重大研究计划“中医药学几个关键科学问题的现代研究”中明确提出：“中医药学是中华民族几千年来防病治病经验的结晶，是具有中国特色的生命科学。她积淀丰厚，内涵深邃，具有系统的理论体系、丰富的实践经验及显著的临床疗效。中医中药是我国有能力、有可能成为站在国际科学前沿的重要领域。研究中医药学发展的核心问题，无疑对基础理论的发展有重要意义。半个世纪以来，中医基础理论研究虽取得了长足的进步，但无突破性进展。因此，要综合运用现代数学、物理学、化学、信息科学及生命科学相关学科的最新进展提供的新理论、新技术、新方法，抓住证候、方剂、针灸原理三个关键问题，以揭示中医药学基础理论的科学内涵为突破口，争取中医药基础理论能在源头上有所创新，为中医药现代化与国际化奠定基础。”

2、传感针与针灸医学

我国是针灸医学的发源地，针灸医学是中医宝库中的一颗瑰丽明珠，有 3000 多年的历史，正在走向世界。但针灸医学的核心理论—经脉和穴位等都急待阐明。经脉将人体统一成一个有机整体，在功能上，可运行气血、燮理阴阳；而穴位是人体脏腑、经络之气输注于体表的特殊部位，是疾病的反应点和治疗的刺激点。可以说，经络是人体的调控网络，穴位是人体的观测窗口。

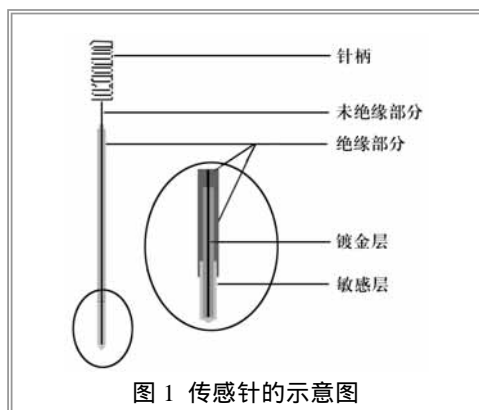


图1 传感针的示意图

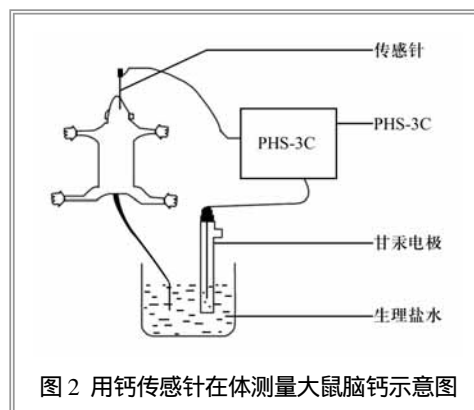


图2 用钙传感针在体测量大鼠脑钙示意图

但传统方法无法对其进行有效的探究，故此，传感针便成为研究经络穴位的锐利武器。例如：传感针可以测定穴位、经脉的三维结构和发生在那里的分子事件。因而，没有针灸医学不可能研发传感针，不发展传感针很难阐明针灸治病机理。

3、传感针与西医学

在体测量与床边诊断等问题是西医学的几个难点，而传感针的简捷易行为解决这些问题提供了机遇。此外，经络传感针与神经递质传感针、免疫传感针、激素传感针等技术的综合运用，还将为中西医学的融合提供可能性。

二、工作原理

传感针主要由针灸针、敏感膜、镀金膜与绝缘膜组成(图1)，其传感原理与其它传感器基本上是一致的，但由于基体的特殊性(通常为全固态的针灸针，省去了内参液)，传感针界面上的转换过程与传感器内部的工作机制不完全一样。从传感针的现状和发展趋势看，三类传感针(离子、物理和生物)可以构成一个独特的体系。

三、制作方法

基于传感针的在体测量与防止交叉感染，制作的传感针以一次使用为宜，并要求响应快、灵敏度高、互换性好。

1、制作程序

基本程序如下：

针体抛光 洗净 干燥 针尖镀金与涂覆敏感膜 镀绝缘膜 烘干 预处理 保存待用。

上述过程中，选择敏感材料、制作敏感膜液与涂覆敏感膜是关键技术，它们基本决定了传感针的性

能。

敏感材料是根据离子识别与分子识别特性选择的。在众多可供挑选的膜材料与成膜方法中，仿脂质双分子层膜具有突出的优点，例如：在制备钙传感针时，将溶于四氢呋喃的 $1\mu\text{L}$ PVC钙敏感膜液滴加于直径约为 5cm 的水面上，其自然展开成膜，接着用备好的基体针，嵌入自行设计制作的提膜机中，将针尖端插入水面下 1cm 处，提膜1次，烘干，再提膜1次再烘干即可。这样作成的钙离子传感针，响应时间小于 2s ，可以即作即用，不需活化。

上，其自然展开成膜，接着用备好的基体针，嵌入自行设计制作的提膜机中，将针尖端插入水面下 1cm 处，提膜1次，烘干，再提膜1次再烘干即可。这样作成的钙离子传感针，响应时间小于 2s ，可以即作即用，不需活化。

2、校验方法

三类传感针的校验方法与各自同类的传感器基本相似，例如，各种离子传感针的校验方法与相应的离子选择性电极相同，物理传感针与生物传感针的校验也基本类似。但是，用于在体测量时，对某些指标的校验方法要作进一步的修正，限于篇幅，这里暂不讨论。

四、应用举例

图2是测定大鼠脑内钙离子的示意图。如果测定人体，只需将传感针刺入受试者所要测定的位点，并将其手指放置在图中鼠尾位置，置于生理盐水中即可。这只是一个特例，由于传感针可应用于众多领域，难以枚举，下面将示例介绍传感针在解决若干中医药学测试中的独特作用。

1、识别经脉穴位

经脉穴位是中医药学的关键问题之一，如何用客观量化的方法识别经脉穴位并确定它们的三维结构一直是困惑中医学界的老大难问题。而钙传感针为解决这一难题提供了简捷易行的方法，理论与实践都证明：穴位内与经脉中的钙离子水平都显著高于穴位外和经脉外，因此，钙离子传感针可作为识别经脉穴位的手段。

2、测经脉穴位的活动

经脉是人体气血的通道，穴位是气血灌注之处，气血中存在质能代谢与信息传输，且质能代谢不能没



有氧分子的参与，信息传输亦不能离开钙离子的信使作用，因而经脉穴位中的氧分压与钙离子活度可以作为它们活动的量度。实践已经证实：氧分压传感针与钙离子传感针可以作为监视经脉穴位活动的工具。

3、证实脏腑经脉相关

脏腑与经脉相关是中医学的基础理论之一，但用实验来直接证明，迄今仍未有突破。传感针为解决此难题提供了十分方便的手段：选用两根传感针，一长一短，二者传感同一或相关指标，长针插入实验动物的特定内脏，短针插入体表选取的穴位，分别读取两针的读数，改变实验动物的状态，重复多次测量，可求得二者的相关性，证实脏腑与经脉的相关性。

4、发扬中医药药理学

目前中医学的药理研究几乎完全使用西医学的方法，把传统中医学中的理、法、方、药完全丢掉了，这对发展中医药学很不利。中医学的药理应以中医学的理、法、方、药为依据。据此，传感针可发挥重要作用。以中药方剂的配伍研究为例：在动物实验中，先进行复方全药液穴位注射，再用传感针进行经脉活动的测量，最后逐一减少药物味数，测量药效，这样可以破译该复方，查明复方中各药物的“君臣佐使”关系。还可以根据一位主药，再运用逐加的方法组建新的方剂。

5、证实穴位与脑的相关性

经络遍布全身，因而穴位与脑是相关的。用图 2 所示装置进行测试，当针刺大鼠某些腧穴时，测得脑组织钙离子活度增加了 1P-2P，由此证明了穴位与脑组织是存在联系的。

6、临床骨科的接骨实验

骨折愈合过程中，PO₂ 的值会发生变化，因此可用氧传感针进行跟踪测量。同济医院骨科首先开展了这种试验并取得良好结果。

7、早期诊断癌症

人体某部位产生癌变时，早期癌变部位会有温度的改变，而温度传感针灵敏度高(0.02)，对人体损伤甚微，因此特别适用于体表部位的癌症诊断。而且，其还可把温度控制在 43 ，杀死癌细胞，因此，可以用来组成治疗癌症的器械。

五、讨论

1、传感针、超微电极、生物芯片

由于生物医学传感技术与生物技术及医疗诊断关系密切，生物医学传感技术的研究开发已成为受到关注的领域。就结构与功能来说，以往生物医学传感器大体可分为二类，即生物电极与生物芯片，但如果考虑到传感针的一些特点，是否可将传感针列为另一类生物医学传感器？它们三者的比较见表 1。

表 1 传感针、超微电极、生物芯片的比较

传感器种类	超微电极	生物芯片	传感针
基体	玻璃毛细管	硅片	针灸针
膜技术	液膜	微电子	仿细胞膜
最低检出限	10 ⁻⁶ mol/L	10 ⁻⁶ mol/L	10 ⁻⁶ mol/L
无损在体测量	不能	不能	能
一次测量参数	一个	多个	一个
性能价格比	低	中	高
最快响应时间	60s	50s	1.5s
操作性	难	较易	甚易
面向主要对象	细胞内	蛋白质类大分子	经络、穴位
技术源头	国外	国外	中国

从上表可以看出，三种技术各有优势，但从它们在中医药学现代研究中所能发挥的作用来讲，传感针可能是首屈一指的。

2、传感针的稳定性

传感针的研制是一项全新的工作。通过较长时间的实践，我们认识到传感针的实际应用是可行的，但要进一步提高它在人体组织中的稳定性，如使用时间超过 1 小时仍无明显漂移，则还要作一些进一步的研究工作。

目前，克服漂移的办法之一就是差分测量法，即将含有敏感材料的测量传感针与不含敏感材料的对照传感针一起使用，可以消除一些漂移因素。

3、复合传感针

上面所讨论的传感针都是单参数的，其也可以组成复合传感针。例如：针尖镀金、针体镀绝缘膜，可以组成利用伏安法测氧的传感针；在绝缘膜的下部镀上钙离子敏感膜，可以组成利用电位法测定钙离子的传感针，这一氧 - 钙复合传感针可望用来识别穴位经络及其活动。

六、光纤传感针

除了氧分压外，上述结构的传感针很难用于传感经络穴位中的气态物质，利用光纤传感针(图3)可望克服这一困难。图中，激发光可用半导体激光器产生，反射光由单光子计数器检出，被测气体由透气膜进入，与敏感膜作用调制入射光与反射光，这样，防止了体液的干扰。

七、微纳米传感针

随着人们探测客观世界的层次愈来愈深入，传感针的尺寸必然愈来愈小。微米级 微纳米级 纳米级，这一发展过程是历史的必然。

1、碳纳米管针

回顾历史，不难看出，传感技术的发展是同电子技术的进步密切相关的。当前，以碳为基础的碳电子技术正在悄然兴起，碳纳米管正在成为碳电子学的重要材料与器件。碳纳米管具有超强的机械强度和优异的电学性质，用碳纳米管等纳米技术来修饰针灸针，可望构成碳纳米管针。

2、适体针

纳米技术与生物技术的融合是 21 世纪传感技术发展的方向，传感针也应沿着这一方向前进。分子识别作为生物传感器的理论依据，从酶、抗体、配体、受体直到适体，其在传感器领域的应用正逐步深化。在生物传感器中引入适体，将会使传感器的传统结构发生深刻变化。适体针正是这一发展进程的产物，它是以适体为识别元件构成的传感针。以往，构成这些分子识别的敏感材料常常是取自生物体，而适体则是根据分子进化依靠大量的人工合成获得的。适体针可利用分子开关完成信号转换，从而更易实现集成与数字化，符合现代传感技术发展的趋势。

3、纳机器人针

分子神经科学已经为我们提供了分子机器人的模型，即

R G E

其中，R—分子传感器；

G—分子处理器；

E—分子执行器。

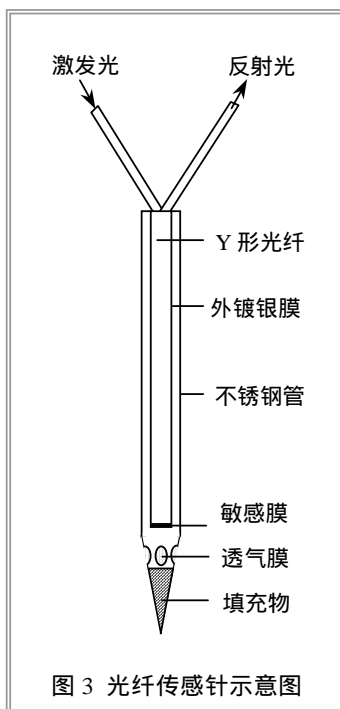


图3 光纤传感针示意图

纳米技术与生物技术融合，组成人工R G E超薄膜，将其固定在碳纳米管针上即为所期望的纳机器人针。

八、结束语

传感针从诞生之日起，虽在不断进展，从无到有，能测量的参数日渐增多，可在科学技术突飞猛进的今天，还需要在技术上有新的突破。在采用新技术改进传感针技术时，保留针灸针的形式是更需慎重考虑的，因为一方面传感针是传感器与执行器的统一体，另一方面针灸针可以简易地无损或微损地在体实时运作，这是其它装置难以作到的。按照与时俱进的要求，传感针技术还要深入发展下去。

我们可以预期，按照传感针的发展情况，我国将可能在国际传感器技术之林中占有一席之地。

参考文献：

- [1] Ren Shu et al. Development of sensor needles for Chinese traditional medicine[J]. Chinese J.of BME. 1993, 2(1)
- [2] Laura Garwin. US universities create bridges between physics and biology[J]. Nature. 1999, 397(7): 3
- [3] 任怨, 周宜开, 吴蒙. 融合中西医学的研究思路及方法与技术[J]. 上海中医药杂志, 2002, (1): 42~43
- [4] 喻凤兰等. 不同针刺手法对经穴氧分压的影响[J]. 中国针灸. 1996, (10): 15~16
- [5] 任怨. 祖国医学基本理论的现代自然科学基础[J]. 科学通报. 1960, 305~307

Sensing Needle—Original Developed Sensing Needle

Abstract: Sensing needle is derived from Chinese acupuncture medicine. In this paper, its structure and principle are introduced, and its applications in many fields are also described.

Keywords: sensing needle ; chinese acupuncture medicine.

作者简介：



任恕，华中科技大学同济医学院教授，主要研究方向为传感针、分子电子学与分子机器人及中西医医学融合的方法和技术。师从已故著名学者原武汉大学校长邬保良教授，先后修读数学、物理、化学、生物以及中西基础医学，由此开展了多层次、多领域、交叉性、创新性的教学、科研工作，培养出十余名跨世纪人材，起草了我国生物传感器发展战略，提出心理传感器的数学模型，设计并完成中医传感针的研制和经脉、穴位识别方法与技术，研制成功组织切片酶活性传感器，出版专著“分子生物医学工程”“膜受体与传感器”等。先后在国内杂志上发表论文 120 余篇，多次获省部级科技进步奖。先后担任国务院传感技术起草组成员、国家医药局医疗器械专家组成员，湖北省政协第六届、七届常委、全国高校传感技术研究会付理事长、中国电子学会敏感技术分会常务理事，中国生物医学工程学会理事等职。

通讯地址：华中科技大学同济医学院环境医学研究所

邮编：430030

联系电话：027-83693659

E-mail：rsfan@mails.tjmu.edu.cn

周宜开，教授，博士生导师，主要研究方向：环境医学监测技术。湖北省有突出贡献的中青年专家，国务院政府特殊津贴享受者，国家环境保护总局武汉环境医学研究所所长，华中科技大学同济医学院公共卫生学院院长。在生物发光、生物监测和生物医学传感技术等领域做了大量的开创性工作，目前正承担国家自然科学基金重大项目 1 项，有两项研究成果获省部级科技进步二、三等奖，由他主持的国家“九五”重点科技攻关项目“水污染对人群健康危害的预警研究”近期通过了国家科技部组织的鉴定，成果达国际先进水平。先后在国内发表学术论文 80 多篇。

沈杰，现就职于华中科技大学同济医学院公共卫生学院，从事碳纳米管传感器及单片机应用方面的教学和科研工作。

本文编辑：李晓延 读者服务卡编号 001