

# 一种集诊断治疗于一体的针灸专家系统

## An Acupuncture-Expert-System Combined Diagnosis and Treatment

李自双 黄兰 俞为群\* 王毅刚\*\*

Li Zishuang Huang Lan Yu Weiqun Wang Yigang

(广西大学物理系 南宁市西乡塘路10号 530004)

(Dept. of Physics, Guangxi University, 10 Xixiangtanglu, Nanning, Guangxi, 530004)

**摘要** 介绍一种集诊断治疗于一体的针灸专家系统的结构原理和设计方法。该系统由信号检测、专家系统分析、治疗输出三部分组成。专家系统分析是核心,在知识表示上采用模糊产生式,在推理方法上采用加权模糊逻辑模型,在推理策略上提出混合推理模式,在信号检测中的数字信号处理方面采用汇编语言与C语言混合编程,实现了诊断、治疗一体化。

**关键词** 针灸 专家系统 设计原理 系统结构

中图法分类号 TP 311.13 R 245

**Abstract** The structure, principle and design method for building an acupuncture expert system combined diagnosis and treatment are introduced. The system consists of three parts: acquisition subsystem, analysis subsystem and treatment output subsystem. The expression of knowledge with fuzzy production rules, the reasoning methods with weighted fuzzy logical model, and the search policies with the mixed reason model are utilized. In the field of digital signal processing, the mixed procedure in assemble language and C language is adapted. The integration of diagnosis and treatment are performed in this system.

**Key words** acupuncture, expert system, principle of design, structure of system

### 1 系统结构原理

在现代针灸学对疾病治疗的数据库基础上,统计分析、参考文献资料、吸收专家经验,提炼与现代针灸学关系密切的知识<sup>[1,2]</sup>。采用 PROLOG C语言、汇编语言混合编程,建立诊断治疗的规则集(知识库),创建基于逻辑和规则的混合推理机制,实行从病情检测到治疗的自动化,系统框图见图1。

#### 1.1 皮肤温度检测

我们采用铂电阻作为敏感元件,测量人体表面温度。将铂金属丝绕制在特别的云母片上,一起封装在金属保护套内。铂电阻在 $0^{\circ}\text{C} \sim 630^{\circ}\text{C}$ 内,电阻-温度关系为 $R_t = R_0(1 + A_t + B_t^2)$ 。 $R_0$ 为 $0^{\circ}\text{C}$ 时电阻值; $R_t$

为 $t^{\circ}\text{C}$ 时电阻值。放大电路由主放大器、电压跟随器

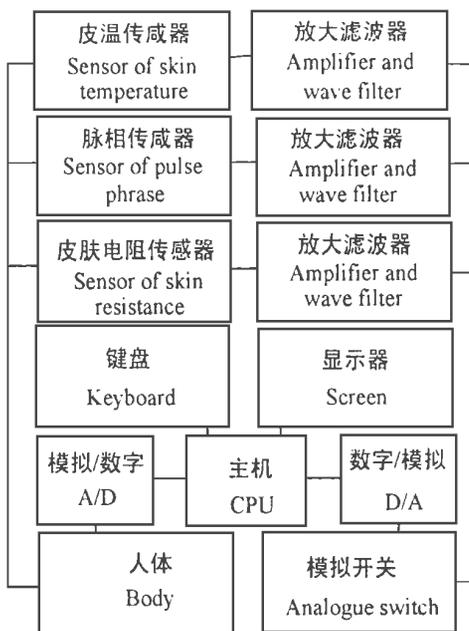


图1 系统框图

Fig 1 System sketch

1997-07-28收稿, 1997-10-20修回

\* 重庆大学生物工程研究院, 重庆, 400044 (Bioengineering Institute of Chongqing University, Chongqing, 400044);

\*\* 重庆市中医研究院, 重庆, 400031 (Academy of Chongqing's Traditional Chinese Medicine, Chongqing, 400031).

和基准电压源构成。由于温度信号是一个变化比较缓慢的信号，为减少电路温漂，提高系统抗干扰能力，并简化设计，本系统采用性能优良的“斩波稳零运算放大器 ICL7650”作为主放大器。

### 1.2 皮肤电阻检测

本系统研制的皮肤电阻检测系统，实现了  $\Omega - V$  变换。数据采集及处理。 $\Omega - V$  变换器作用是将人体皮肤电阻变为电压值，其原理如图 2 主电路部分由 CA314 集成块 2 块，精密电丝器 10K 100K 1000K 各 1 个，相位补偿电阻 20K 2 块，30K 3 块，300K 2 块。

由图知，IC<sub>1</sub>、IC<sub>2</sub> 都为高输入阻抗运行放大器，对 1G $\Omega$ ，

$$(V_b - V_s) / R_4 = V_a / R_2, I_s = (V_0 - V_a) / R_5 = (V_a - V_{in}) / R_3, I_L = (V_0 - V_b) / R_5$$

$$\text{而 } V_s = V_0, V_b = (1 + R_4 / R_2) V_a, V_a = (R_3 V_b + R_5 V_{in}) / (R_3 + R_5),$$

$$R_3 = (V_0 - V_b) / I_L = [(R_2 R_5 - R_3 R_4) V_0 - R_5 (R_2 + R_4) V_{in}] / I_L$$

$$R_3 = (V_0 - V_b) / I_L = [(R_2 R_5 - R_3 R_4) V_0 - R_5 (R_2 + R_4) V_{in}] / I_L$$

$$\text{则 } R_L = V_0 R_3 / [(R_2 R_5 - R_3 R_4) V_0 - R_5 (R_2 + R_4) V_{in}]$$

一般情况下，加入人体电流  $I_L$  不应超过 20 $\mu$ A

取  $I_L = 10\mu$ A  $V_{in} = 2V$  时， $B_L = 100 (K\Omega / V)$

$V_0 = K \cdot V_0$  (其中  $K = 100K\Omega / V$ )

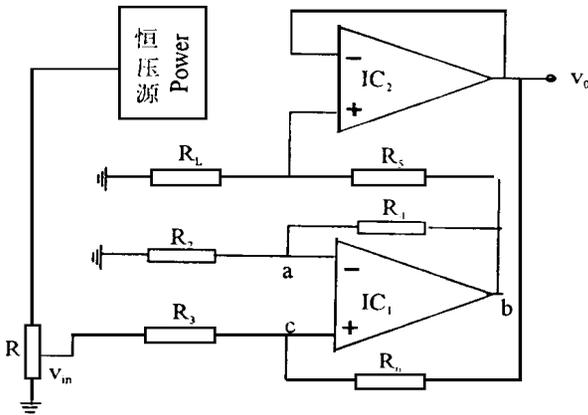


图 2  $\Omega - V$  变换器原理图

Fig 2 Principle of  $\Omega - V$  transducer

### 1.3 脉相检测及处理

脉相传感器又称脉相换能器、变换器等。脉相传感器的基本功能是将切脉压力和挠动脉搏动压力这样一些物理量（非电量）转换成便于测量的电量，脉相传感器是脉相检测系统中重要的组成部分。如何将仪器记录得到的脉图用于中医脉相，并作为研究脉诊的重要依据，首先必须给脉图进行中医定义<sup>[1,3,5]</sup>。脉图命名有三种：(1)在有经验的中医切脉的同时记录

脉搏图，讨论直接指感和脉图所测量的对应关系；(2)检测临床，辨证已确诊的病例，讨论脉图计量与证的对应性；(3)从不同的证中抽取相同脉相的要素，如寒冷、疼痛、紧张等症候中得到弦脉要素。我们的工作主要以第二种方法，利用文献资料进行归类，再用第一种方法进行验证。

我们采用模糊数学的方法，将频谱分析用于脉图分类。将测得的脉图周期  $f$  分为  $N$  等分，则有  $f = N \times \Delta t, \Delta t = f / N$ ，每一等分点对应的脉幅为  $f(tx)$ ，采用傅里叶变换公式： $g_n = 1/f \times \sum_{k=1}^N f(k) e^{-j2\pi k c / f} \times N \Delta t = 1/n \sum_{k=1}^N f(k) e^{-j2\pi k c / N}$

当  $f / N$  确定后，将由脉图上得到的  $f(tk)$  代入上式得  $g_n$ ，然后按  $|g_n|$  的值作频谱图，各阶谐波依次分布于  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  的频段上，再由谐波幅值中取平均值  $g_{110} \times g_n \sum g_n 10 \times g_n$  作为所测脉图的频域特征参数，构成该脉图的模糊子集。通过对以往脉图分析可以把分属平、滑、弦脉的频域特征参数求得这三类脉的标准模糊子集为：

$$A_A = (0.54, 0.47, 0.34, 0.85) \text{ (平)}$$

$$A_B = (0.50, 0.071, 0.49, 0.034) \text{ (滑)}$$

$$A_C = (0.72, 0.14, 0.24, 0.12) \text{ (弦)}$$

在计算机实择一组脉图后，先求出其频域特征参数的模糊子集，按模糊理论中的择近原则，计算与各标准子集的贴近，定义贴近度为：

$$(A_i, F) = 1/2 [A_i \times F + (1 - A_i \odot F)]$$

其中， $A_i \times F$  为  $A_i$  与  $F$  的内积， $A_i \times F = \bigwedge [A_i(u) \vee F(u)]$ ， $\bigwedge$  —— 取最小值， $\bigvee$  —— 取最大值

若被测模糊子集  $F$  与  $A_i$  中某一标准模糊子集的贴近度最大，则判断该标准值最贴近。

所以，应用频谱方法扩大了脉图的信息量，便于应用模糊数学作脉图分类。这样分析出脉类准确程度大一些。

## 2 医理设计

该系统可自动检测 头面部有关穴位的皮电和皮温及脉相数据，微机根据现代针灸学医理分析数据并给出处方，治疗部分根据处方自动输出多种参数的最佳电刺激，具体如下：

(1) 检测系统：脉相检测寸口的脉相情况，皮肤电阻与皮肤温度检测神庭、耳门穴（双）、太阳穴（双）、耳甲腔（双）和风池穴（双）共 9 个点。

(2) 分析系统：一是以检测的全部数据反映交感神经系统的机能状况（代表全身）；二是以检测某一点或几点的数据反映某一部分的交感神经功能状况。

(代表局部)分析时,一方面以第一组数据与正常人基本值比较,另一方面以第二组与第一组比较,其中的皮肤电阻以高、低 5% 的值为一级,温度以高、低 0.3℃ 为一级,它们各分四级<sup>[4]</sup>,微机根据五百种分析结果(不作具体诊断,以证代病),直接输出施治方法。

(3) 治疗系统: 本系统目前设计为电疗法,以不同的强度、波形、频率、刺激时间等参数组成六级比较固定的处方,辩证地配合了三种调节法<sup>[5]</sup>(包括:一般反应调节法、交感抑制调节法、防御反应调节法),可基本适应临床需要

### 3 系统的实现及程序的模块化设计

#### 3.1 系统的结构设计

诊断治疗中的思维推理及系统的基本要求根据从头部九处穴位检测到的皮温、皮阻及脉相信号分析处理,先作整体性分析,反映交感神经系统的机能状态(代表全身);再以检测到某一点的数据反映某一部交感神经的功能状态(代表局部),通过用专家系统对数据进行分析处理,输出其治疗及其方案

据此,我们把一个针灸专家在分析治疗过程中的思维推理活动再进一步细分为:

- (1) 检测脉相并进行分析;
- (2) 穴位温度检测并进行分析;
- (3) 穴位电阻检测并进行分析;
- (4) 交感神经系统的机能状态分析;
- (5) 对某一穴位温度分析;

- (6) 对某一穴位电阻分析;
  - (7) 对某一穴位进行局部交感神经功能状况分析;
  - (8) 施治方法,采取治疗方案;
- 对更先进一点的系统还可以采取反馈治疗,其推理活动再加上两步:
- (9) 重复 (1) ~ (7) 步;
  - (10) 与上一次比较,改进以前方法,进一步治疗。

#### 3.2 系统的框架设计

在系统的任务、特点明确后,我们采用自顶而下的设计方法。根据系统功能,先把系统分成四大模块:一是信号检测模块;二是信号处理模块;三是专家系统分析模块;四是施治方法模块,其中的信号处理模块及系统分析模块是系统的核心,是智能的代表。

对信号处理模块和专家系统分析模块,我们根据系统自身的特点,既注重了专家系统的基本结构,又突出了人机交互界面的重要地位,使整个系统有一个合理的结构。信号处理模块,分成三个子模块:脉相信号处理模块、穴位温度处理模块、穴位电阻处理模块。专家系统分析模块分为五大模块:知识库、推理机、全局数据库、用户界面、病人档案管理模块,其中知识库用来存放与针灸诊断治疗有关的专门知识,推理过程需要的启发性知识,它们以规则和事实的形式存在;推理机模拟专家的思维,是描述推理方法和控制策略的功能模块;用户界面是系统与用户基于图

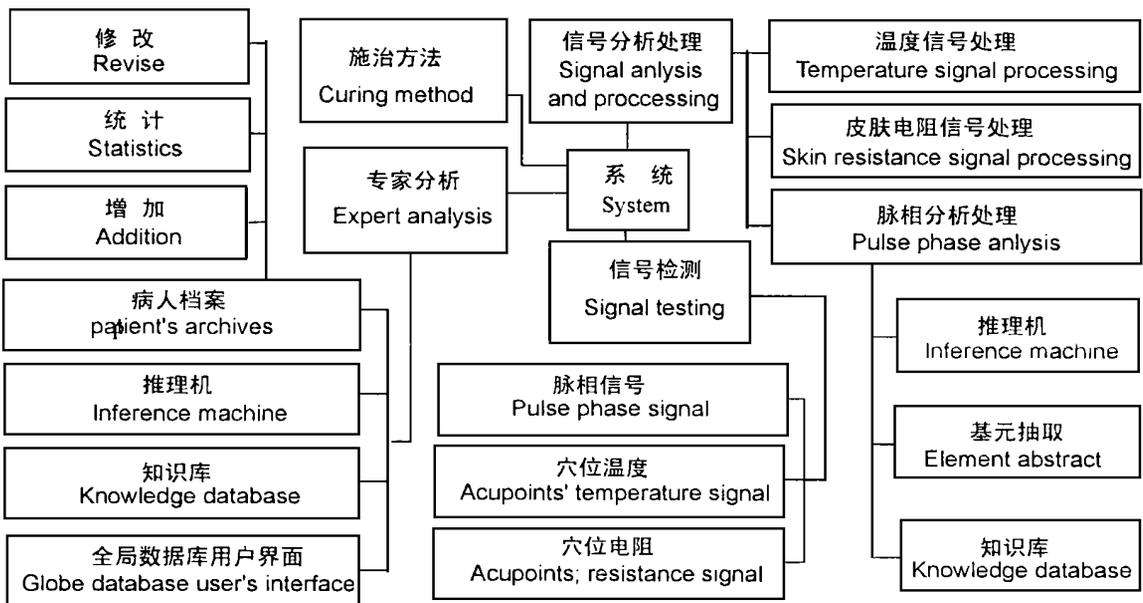


图 3 系统结构分块图

Fig 3 Structure of system

像文字的接口;全局数据库系统是在运行中用以存放中间结果或数据的仓库,它提供检测到及推理过程中所得到的各种结论,提供专家系统各模块的共享信息;施治方法模块,它的任务就是对检测到的信息作出最终的响应,给出诊断方法,同时利用动态数据库,全局数据库建立完整的病人档案。

综合检测、治疗分析的模块结构,可以得到本系统的结构分块图(图3):

### 3.3 知识的表示和知识库的组织

作为针灸专家系统,本系统所处理的对象——针灸诊断治疗知识,恰好具有因果树关系的特征,正所谓“有治内,必到其外;有治外,必见其内也”;另外,作为针灸专家系统,所涉及的知识量、知识范畴都有限,由上所述的知识表示方法的原则,我们认为用产生式表示系统知识是最佳选择。

由脉相处理所处理的知识具有模糊性,故选用模糊产生式表示<sup>[6]</sup>,这里用贴进度来代替模糊产生式及推理中使用的“真度”的概念。

在知识表示方法选定以后,知识的表示形式也就随之而定了,系统中,规则的一般形式是:

结论 操作 IF 条件集 贴进度

本文采取的措施是分类、分层组织知识,就是把领域知识分门别类安排在一起,把同类型的知识再按递进关系分层安排,由上节所述,首先把领域知识分三大块:元知识、目标知识和事实性知识,然后再把元知识分模块选择控制、过程控制和操作控制等,事实性知识又可按实际头排序分类,这就得到本系统的知识库完整的分块图(图4):

此图为搜索和管理提供了清晰的层次,既有利于提高系统的效率,又有利于各知识块的扩充维护。

### 3.4 TURBO PROLOG语言与汇编及C语言接口

尽管TURBO PROLOG在许多方面是一个非常好的工具,特别适合于人工智能处理及专家系统建立,但仍需要其它语言。鉴于对信号的A/D转换用汇

编语言更容易控制,而对数据处理,C语言有比TURBO PROLOG更强大的功能,我们使用TURBO PROLOG与C语言及汇编语混合编程

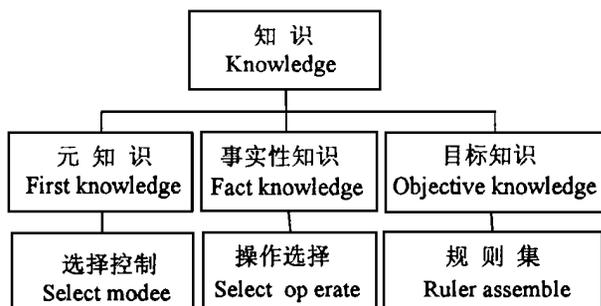


图4 知识库完整分块图

Fig 4 Sketch of knowledge database

## 4 结语

通过上述对针灸专家系统进行的研究,充分证明了利用该系统可大大提高皮温、皮阻、脉相检测的自动化水平,并且可以根据对以上物理量的检测,自动分析,输出治疗方案。利用此系统,我们对人体皮肤温度及皮肤电阻进行测量得到了一系列有价值的结论<sup>[4]</sup>。

### 参考文献

- 1 贺志光. 中医学. 第三版. 北京: 人民卫生出版社, 1994.
- 2 王新明. 针灸学. 南京: 江苏科学技术出版社, 1994.
- 3 Lee C T, Wei L Y. Spectrum analysis of human pulse. IEEE trans. BME, 1983, 30: 349.
- 4 李自双. 智能化穴位温度检测仪的研制及实验研究. 北京生物医学工程, 1996, 16 (2): 83.
- 5 Pruna S. Photoplethysmographic changes induced by skin stimulation using Acupuncture. American Journal of Acupuncture, 1994, 22 (4): 363.
- 6 邹开其. 模糊数学与专家系统. 成都: 西南交通大学出版社, 1989.

(责任编辑: 蒋汉明 黎贞崇)