

南京航空学院
研究生硕士学位论文

研究生姓名 张克非

专 业 计算机应用

研究方向 智能模拟

指导教师 夏振华

一九八五年二月

CADCAF 微型计算机自动测定
诊断心功能系统

研究生 张克非

指导教师 夏振华

目 录

摘要	1
致谢	3
引言	4
第一章 系统概述、基本设计和软硬件结构	7
1.1 CADCAF 系统硬件结构	7
1.2 软件结构	9
1.3 系统工作过程与特点	10
第二章 无创性心功能检查方法简介	12
第三章 数据采集、存贮部分的设计与实现	15
3.1 前置放大器	15
3.2 数据采集部分的设计与实现	16
3.3 记忆示波与图形描记	18
3.4 存贮文件	19
第四章 波形予处理与特征提取	20
4.1 几种滤波器的介绍与性能比较	20
4.2 自适应数字滤波的原理与实现	23
4.3 平滑滤波器	27
4.4 基线校正	30
4.5 波形分析与特征提取	31
第五章 分类与诊断	52
5.1 特征选择	52
5.2 常用分类器的性能比较	57

5.3 非统计的分枝决策	65
第六章 系统的调试过程, 临床验证结果分析, 结论与展望	69
参考文献	73
附录 1	76
附录 2	78

An Automated System for Determination and Diagnosis
of the Cardiac Function on Microcomputer

ABSTRACT

Noninvasive technique for the evaluation of the cardiac function is an important means for a doctor to diagnose the heart diseases. Now as the manual operation is adopted, it not only requires a lot of labour but also is difficult to work out accurately. Therefore this kind of operation seriously restricts the application of this method.

With the rapid development of the computer science and engineering, it is imperative to make the medical apparatus and instruments be intelligent. In this paper, an automated system for evaluation of the cardiac function by microcomputer has been constructed. This system is easy to operate with good accuracy and high speed processing. It can **sample, store, analyze signals** and diagnose automatically and type out a report in Chinese. Clinical practice shows that the validity of the system exceeds 90 %, which meets the needs of the clinical diagnosis asked by a doctor on the whole.

摘要

无创性心功能测定是诊断心血管疾病的重要手段。目前这一检查依赖于人工操作,既费工费时,又不易准确,无形中限制了这一方法的应用。

随着计算机科学的迅速发展并渗入医学领域,医疗器械智能化势在必行。本文中,作者构造了一个全自动心功能分析系统。系统操作简便,准确度高,处理速度快,结论的一致性好。它能自动完成采样、存贮、分析、诊断,直至打印出一份完整的诊断报告。经临床验证,系统的正确率超过90%,基本满足了临床诊断的要求。

致 谢

在本课题进行研究的全过程中得到了夏振华老师的悉心指导, 邱百光, 奚抗生, 李真, 成瑜等几位老师也在多方面给予了热情的帮助, 江苏省工人医院心血管研究室马文珠主任, 吴晔良, 许万杰, 徐立和夏耘等医师花费大量时间与精力总结, 搜集临床数据, 协助临床验证工作, 进行医学方面的指导, 并提供了心功能测试仪等设备, 特别是上海交通大学在课题遇种设备短缺的情况, 给予了及时, 有力的无私援助, 从而保证了课题工作的顺利进行。本院505实验室, 803研究室为课题创造了良好的工作条件, 提供使用仪器和计算机的便利, 因此本课题包含了许多人的心血, 没有众人的关心, 支持, 帮助, 我们是难以想象获得成功的, 借此机会, 笔者向各位老师, 医师及实验室的工作同志表示衷心的感谢, 并恳切希望大家对课题指出缺点和错误。

引 言

无创性心功能检查是诊断心血管疾病的一种重要手段。它应用体表心电图、心音图、颈动脉波和心尖搏动图的同步描记,获得一组反映人体血流动力学的指标。医务人员通过对这些基本参数的测量,了解病人的心室(肌)收缩力、运动协调性以及顺应性的动态变化,从而对心功能作出正确评价。所谓“无创性”检查是指受检者无需接受手术创伤、无痛苦。不仅操作简便、安全,而且可以多次重复,与“有创性”检查相比,当然更容易被病人所接受。它的可重复性特点,使得医生能够长期观察病人的身体变化情况,有系统地从中找出疾病的演变过程与电生理信号之间的关系及规律,为诊治心血管疾病开创一条途径。

但是,就目前的心功能测定方法来看,尚存在几个明显的弱点:

1. 在对人体信息的电讯号处理过程中,医务人员通常只是在时域上凭借经验进行观察和测量。对时域中分析波形的根本性问题是精确度不高。尤其对某些波形形式相似,稍有差异而实质上却含有许多不同信息波形,就很难区分了。
2. 诊断结论的一致性不够好。由于这一检查的全部过程依靠人工操作、分析、诊断,因此就不能排除人的各种因素的影响。而医生难免会受到外界环境和主观因素的干扰,此时,对同样的图形,就可能得出不同的结论,从而导致了临床诊断的误判。

3. 这项检查工作量大,测量烦琐,计算复杂。一名有经验的熟练医生完成一份报告,至少需要数小时的时间。因此,这项检查虽然提供了医生对病人的病情发展进行系统研究的可能,但在实际中却难以实现,无形中限制了这一技术的应用。

随着计算机科学的迅速发展并渗入生物医学领域,八十年代的医疗技术进入了信息处理自动化时期,医疗器械智能化势在必行,这就促使我们在心血管疾病研究的领域内作一尝试,将电子计算机与临床医学紧密地联系起来。我们设想,构造一个自动化系统,用微型计算机实现对心功能的自动采样,自动存贮,自动分析,自动诊断。其意义不仅在于能将医生从繁重的劳动中解放出来,克服人的主观影响,提高诊断的准确性和一致性,提高工作效率,增加临床诊断的价值。而且可能找出被人忽略,不易察觉的因素,为医生提供新的,尚未被人们认识的信息,为诊断心血管疾病提供新的,可靠的,有价值的依据,从而促进医学事业的蓬勃发展。

国外对研究计算机在医学方面的应用已有多年的历史,早在六十年代初,许多学者就致力于生物医学工程的领域,他们希望运用计算机这一有力工具,能为人类诊治疾病带来新手段,新方法。近十年来,由于微型计算机的出现,更引起了人们对这一领域的重视和兴趣。在心血管研究方面,动态心电图(Holter)的出现,计算机对心向量,心电图和超声心

动图的研究,标志着计算机给这一领域带来的生机。但由于这是一门年轻的学科,范围之广大使得它仍留给我们许多课题,心功能的自动测定诊断就属于这一类。心功能的基本图形包括心电图、心音图、颈动脉图和心尖搏动图,而除了心电图之外,其余三道波形的研究很少见到资料报道。可能因为笔者的阅读范围有限,耳目所及为止,还未见报道过一例无创性心功能的全自动分析系统,国外销售带电脑的心功能测试仪也仅限于完成心率、血压等项目的简单测量及仪器内部管理,没有从波形分析上解决自动诊断的问题。

国内在这方面研究虽然起步较晚,但自83年起,有些单位已陆续开始了一些有益的尝试。北京中医研究所应用计算机中心触发平均程序测定人体心功能在一定意义上减少了系统误差,节省了工作时间,但操作员利用活动游标进行辅助定位,确定各波形的特征点,显然自动化程度很低,并且由于人工干预,主观误差仍然存在。它最终获得的是测量数据,缺少诊断结论。南京414医院与734厂利用人机对话,在诊断、计算方面做了一定的工作,但他们没有从根本上解决记录、分析、诊断的自动化以及结论的准确性与速度的问题。由此看来,构造一个全自动的心功能测定诊断系统很有必要,如果本课题能完成自动采样、存贮、分析、诊断,直至最后打印出一份完整的诊断报告,那么它对心血管病的研究必定会有积极的影响和作用。

本课题的来源是南京医学院第一附属医院心血管研究室。在实验和临床验证阶段,医院方面给予了大力支持和积

极协助,提供了几百份病人的原始诊断报告及验证样本的来源,并提供心功能测试仪作为实验手段,完成了对验证样本的心功能测定与计算机分析结果比较鉴定。同时,在本课题进行的整个过程中,指导解决医学方面的疑难问题,为本课题创造了良好的工作条件。

第一章 系统概述,基本设计 和软硬件结构

1-1 CADCAF (Computer Automatic Diagnosis Cardiac Function) 系统硬件结构

系统硬件结构框图如图 1-1 所示。实验装置如图 1-2 所示。

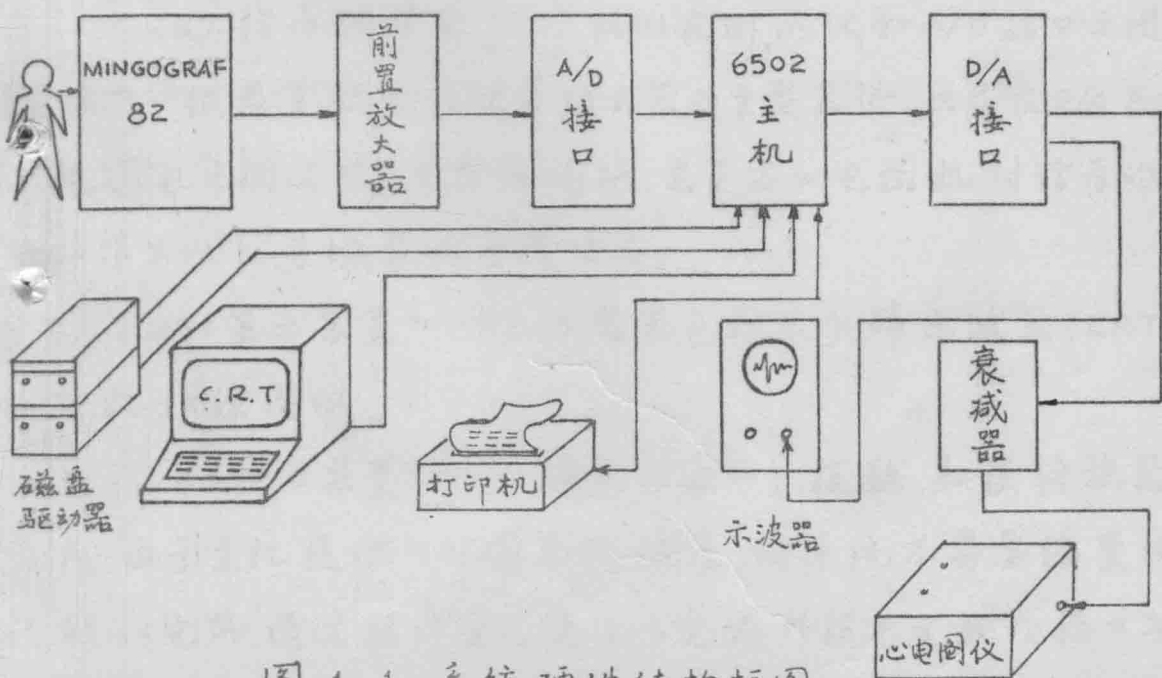


图 1-1 系统硬件结构框图



图 1-2 CADCAF 系统实验装置

它的组成主要有以下几部分：

<1> 传感器——本部分由瑞典生产的 Mingograf 82 作为换能器，将心电、心音、颈动脉和心尖搏动信号转化为电信号输出。它具有很长的时间常数，广泛的频率响应，且相移平坦，是目前一种较为理想的换能器。

<2> 信号调节器——我们在测试仪和 A/D 接口之间增设了一级前置放大，以运算放大器为主要器件。此外在 D/A 与心电图机之间还有一个衰减网络，它是应心电图机对信号的要求作出的，信号均衰减千倍左右。

<3> 显示装置——该装置包括长余辉示波器，CRT，打印机和绘图仪。

<4> 接口装置——该部分由一个模数、数模转换器构成，由于主机提供了外围总线插座，故系统不需要添置任何附加电路，通过插件方式便可以完成外设与主机的接口工作。

<5> 计算机——APPLE-Ⅱ 作为本系统的主机具有

丰富的硬件和软件资源,硬件扩充十分方便,软件系统也为用户提供了多层次,多种语言的服务,机器语言与高级语言之间可以相互调用,系统还具有程序自动覆盖的能力。

1.2 软件结构

CADCAF系统软件主要由以下四部分组成:

<1> 设备管理——它包括对A/D, D/A, 记忆示波, 图形描记, 打印机的各种管理, 完成产生软时钟, 开启, 关闭转换通道以及进行人一机对话等一系列工作, 将众多复杂的外围设备组合成一个有机的整体。

<2> 波形预处理——这是波形分析中一个重要的环节。对于电信号在测量过程中产生的伪差, 通常利用硬件或软件滤波解决。硬件滤波速度快, 不占用CPU时间, 但需化费额外的代价, 频率参数调整不便, 且增加硬件对整个系统的可靠性都有影响, 故在实用系统中, 大多采用软件滤波, 对于心电图, 我们从众多的滤波算法中选择了差峰自适应数字滤波。它的特点是时变滤波器, 滤波器带宽能随着输入的不同而改变, 噪声衰减大, 信号失真小, 处理速度快, 在现行各类算法中, 优点较为突出。而心尖和颈动脉的波形图, 由于频率较低, 我们只选用了低通滤波器。实验结果证明: 它们均能得到波形平滑的较好效果。

除人体电信号中的伪差之外, 由于呼吸因素引起的基线漂移, 也是波形分析中一个不可忽略的问题。我们解决的方法是在一给定漂移量的范围内, 对基线作一次校正, 用线性法修正各点数值, 以得到一平整而失真小的波形。

<3> 波形分析与特征提取——波形分析主要是以时间为变量,因此我们把它转化为对一维图象模式识别的问题。在波形识别过程中,我们根据四道波形的不同特点,提出了各种分析方法。有数学分析,模糊数学和概率论的方法,几何学中的图形变换法,有利用多种识别算法组成的综合评判法,利用变化的区间,逐步缩小搜索范围的多级评判法,还有一套自适应和绝对的阈值标准,其中许多方法是在较为深入了解了医学问题的基础上,通过分析,研究医生的思维方法,并结合心功能检查的原理而提出的构想,在大量的实验中,这些方法不断得升修改,充实和完善,软件的识别能力也由此得升提高。

<4> 分类与诊断——由波形识别程序,我们得升了一组反映人体血流动力学的指标,它是我们作出诊断结论的唯一依据,从参数识别结论实质上是一个多元分析的过程,模式识别技术则为这一分析提供了一个有力的手段,基于本系统样本线性不可分和对参数分布未知的状况,我们运用改进的最近邻法进行分类,收升较好的效果。由于心功能的分析工作并不排除经验性,异常心功能的模型仍依赖于临床医生的积累经验来建立,因此,决策树不失为一种有效的判别手段,决策树性能的好坏,完全取决于分类规则的全面总结程度。经比较本系统使用决策树性能上略优于最近邻法,最后,决策树为系统所采纳。

1.3 系统工作过程与特点

系统由操作员启动初始化程序开工。待CRT出现"Please press any other key to begin"字样后,标志系统已准备就绪,正

在等待键盘命令。一旦示波器上出现病人的稳定正确波形时,操作员通过按键控制采样开始。经过5秒钟采样时间,CRT上出现一提示符,以示采样完毕。为确认RAM中的现在波形是否有效,即能否在达时对于干扰,波形的一致性以及基线漂移的基本要求,系统将采样波形重现在示波器上。操作员确认波形合乎要求后,全部数据将以文件形式存于磁盘中。否则系统认为采样无效,自动放弃这组波形,转入初始状态准备重新采集。

当离散化的波形存于磁盘后,剩余的工作将全部由计算机自动完成,它包括波形预处理,特征提取,分类诊断等各项工作。在输出时,考虑到我国国情和可接受性,我们选择了汉字输出方式。

从上述过程中,我们总结出系统具有以下特点:

1. 本系统解决了国内现有的心功能分析系统尚未解决的问题——构造了一个全自动心功能分析系统。
2. 系统的自动化程度高,操作简便,极易掌握,管理系统工作也不需要有很多计算机方面的知识,面向医务人员尤为合适。
3. 诊断报告以汉字形式打印输出,易读,易懂,对医生和患者都带来了方便。

第二章 无创性心功能检查方法简介

本课程属于生物医学工程的范畴。它涉及医学及工程两大领域。为了对系统建立起一个完整的概念，我们有必要对这一检查方法作一简单介绍。

心脏是人体动力系统的主要部分，恰如一个“泵”。通过心脏有节律地收缩与舒张，血液从静脉抽出，射入动脉，维持一定的心输出量与动脉血压，以保证全身各组织器官有足够的血液供应。在长期的研究中，人们发现人体心功能受某些因素的直接影响，当这些因素相互制约，形成动态平衡时，心功能呈现健全与稳定。一旦这种平衡遭到破坏，心功能就会表现失常，这些因素分别是：

<1> 前负荷——心肌在收缩前所受到的负荷

<2> 后负荷——心室射血时面对的阻抗

<3> 心肌收缩力——心肌本身对激动所产生的收缩反应能力

<4> 心肌收缩的协调性——心脏在收缩时呈现的同步射血形成一平均喷射向量，血流由左室流出道射出。心肌的协调、顺应性是保证心室射血的重要因素

为了建立上述因素与心功能的相互联系，人们提出了一套血流动力学指标，这套指标全面提供了影响因素的基本情况。由此可见，只要我们获得了血流动力学数据，就能及时、准确地掌握心功能的动态变化。

无创性心功能检查以体表心电图 (ECG)、心音图 (PCG)、颈动脉波 (CPW)、心尖搏动图 (ACG) 的同步记录为依据，通过对

各波形特征的提取,计算,了解心动周期的各个时相过程,从而获得了一系列反映血流动力学的基本生理参数,这四道波形的图形,各特征点及其测量指标分别如下:(见图 2-1)

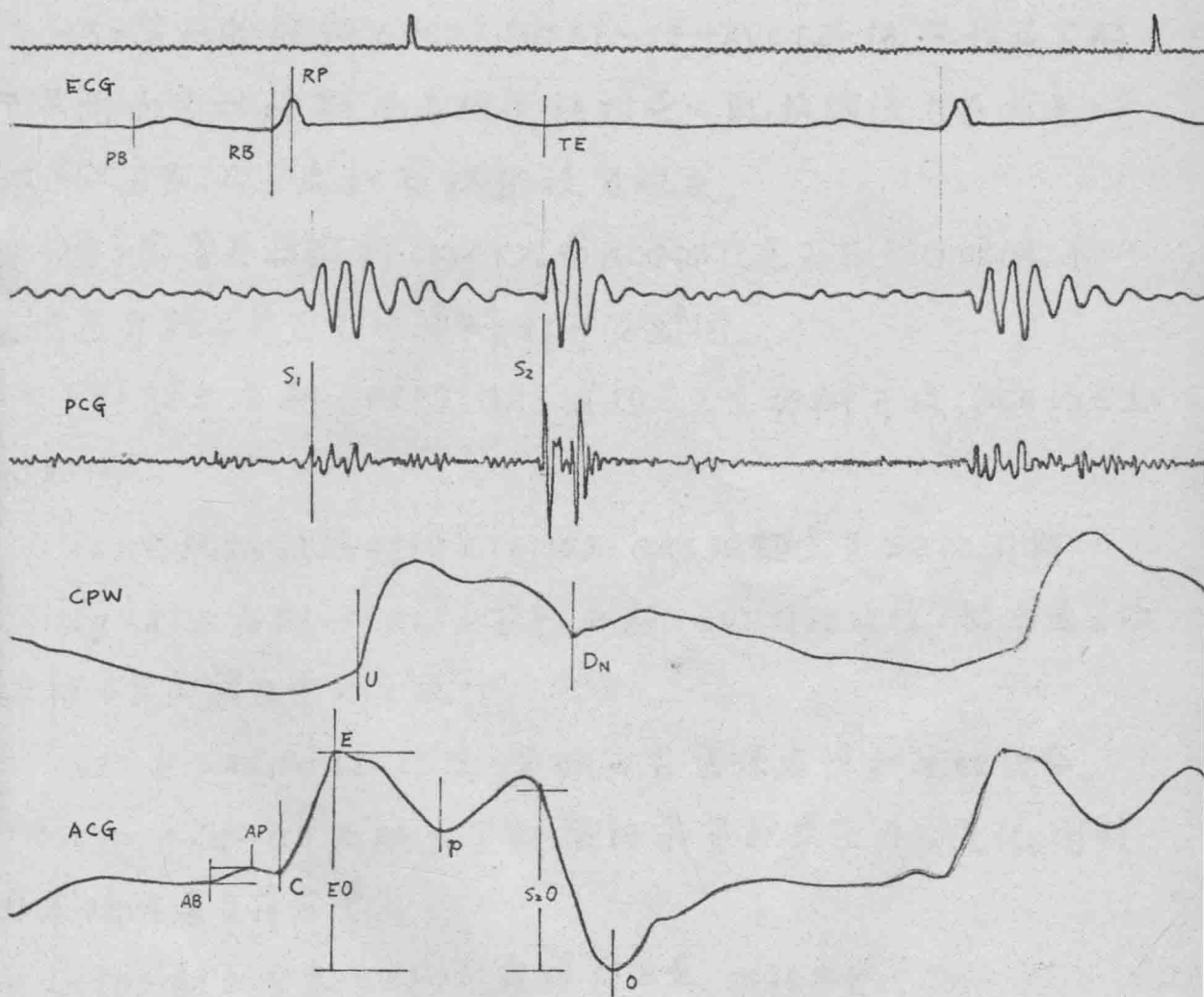


图 2-1 波形图及特征点

基本指标:

<1> 心室电机械延迟时间 (EML): QRS 波群起点至 PCG 的 S1 高频高幅成分处止,这一时间长短取决于左房压力高低,左室