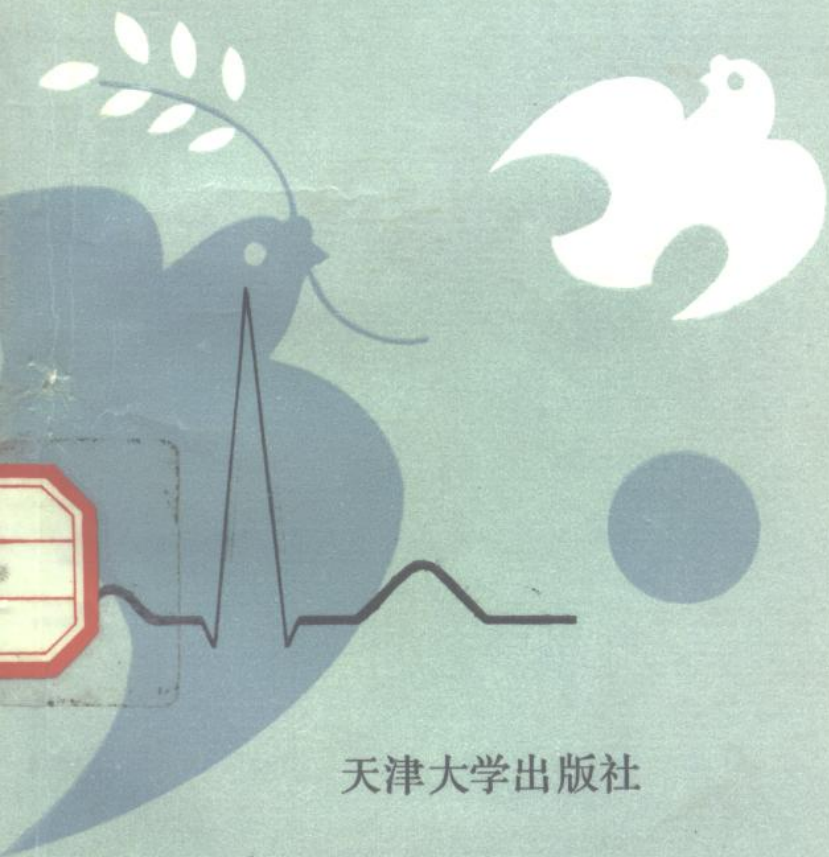


# 医疗信息工程

邵富春 编



天津大学出版社

# 医疗信息工程

邵富春 编著

天津大学出版社

(津)新登字 012 号

# 医疗信息工程

邵富春 编

\*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省永清第一印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行



开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 8.2 字数: 191 千字

1993 年 12 月第二版 1993 年 12 月第一次印刷

印数: 1-2000

ISBN 7-5618-0469-5

TH.22

定价: 5.60 元

## 内容简介

医疗卫生工作借助信息技术，是现代医学的主要特征之

本书扼要介绍新兴学科——医疗信息工程。内容包括医疗信息工程的基本知识，心电图与脑电图自动分析，计算机断层摄影（CT），计算机鉴别诊断，呼吸器官疾病信息处理，医学图象信息系统和医疗信息系统。

本书取材广泛，内容新颖。可供从事生物医学工程与医疗仪器学科的大学生、研究生、工程技术人员参阅；也可供医学类大专院校学生、研究生和广大医务工作者参考。

ELR/15

# 前 言

信息工程在现代科学技术中占有重要地位，在医疗卫生事业中也是如此。医学诊断的本质就是信息学。医学与信息技术紧密结合是现代医学特征之一。

信息在医疗中的地位，将越来越重要。

医疗信息工程，是指在医学研究、医学诊疗、医学教育和医疗行政等各种医务部门中，把数据、信息、知识以最有效的方式运用于医疗活动中。

本书扼要介绍医疗信息工程的几个方面，包括：绪论，医疗信息工程基本知识，心电图与脑电图自动分析，计算机断层摄影（CT），计算机鉴别诊断，呼吸器官疾病信息处理，医学图象信息系统和医疗信息系统等。以反映学科主要内容为主，不作高深的数学推导，以便兼顾工程与医务人员的实际需要。

医疗信息工程是个新学科，处于不断充实完善的过程中，该学科应当包括哪些内容尚无定论。编写本书的目的在于，向读者介绍医疗信息工程这一新学科的梗概，取材不当之处在所难免。

本书经同济医科大学粟载福教授审阅；天津大学出版社在编辑出版稿过程中提出很多宝贵意见，特此表示感谢。

编者水平有限，欢迎批评指正。

编 者

# 目 录

|      |                   |      |
|------|-------------------|------|
| 绪 论  | .....             | ( 1) |
| 第一章  | 医疗信息工程基本知识 .....  | (20) |
| 1-1  | 医疗信息工程的发展 .....   | (20) |
| 1-2  | 人体信息检测 .....      | (21) |
| 1-3  | 医疗信息处理 .....      | (26) |
| 1-4  | 人体信息特征 .....      | (34) |
| 1-5  | 生物模拟信号及其数字化 ..... | (38) |
| 1-6  | 随机信号 .....        | (42) |
| 1-7  | 拉普拉斯变换 .....      | (46) |
| 1-8  | 系统框图与传递函数 .....   | (48) |
| 1-9  | 傅立叶变换与随机噪声 .....  | (51) |
| 1-10 | 相关函数与谱 .....      | (55) |
| 第二章  | 心电图与脑电图自动分析 ..... | (61) |
| 2-1  | 概述 .....          | (61) |
| 2-2  | 心电图信息与诊断 .....    | (63) |
| 2-3  | 心电图自动分析现状 .....   | (66) |
| 2-4  | 自动诊断系统的组成 .....   | (69) |
| 2-5  | 自动诊断系统的工作基础 ..... | (71) |
| 2-6  | 心电图导联选择与记录 .....  | (78) |
| 2-7  | 心电图自动分析方法 .....   | (81) |
| 2-8  | 心电图自动诊断方法 .....   | (83) |

|            |                          |              |
|------------|--------------------------|--------------|
| 2-9        | 心电图数据压缩 .....            | (92)         |
| 2-10       | 脑电与脑电图 .....             | (93)         |
| 2-11       | 脑电分析现状 .....             | (95)         |
| 2-12       | 脑电平稳性检验 .....            | (96)         |
| 2-13       | 脑电分析方法 .....             | (98)         |
| <b>第三章</b> | <b>计算机断层摄影——CT .....</b> | <b>(108)</b> |
| 3-1        | 概述 .....                 | (108)        |
| 3-2        | 原理与装置 .....              | (109)        |
| 3-3        | X 线 CT 图象 .....          | (113)        |
| 3-4        | X 线扫描系统 .....            | (116)        |
| 3-5        | 图象重建 .....               | (120)        |
| <b>第四章</b> | <b>计算机鉴别诊断 .....</b>     | <b>(137)</b> |
| 4-1        | 发展概况 .....               | (137)        |
| 4-2        | 诊断理论 .....               | (140)        |
| 4-3        | 医学诊断过程的逻辑分析 .....        | (141)        |
| 4-4        | 基于概率统计理论的诊断 .....        | (149)        |
| 4-5        | 非概率的决策理论 .....           | (158)        |
| 4-6        | 实际应用的诊断理论 .....          | (162)        |
| 4-7        | 诊断决策理论 .....             | (168)        |
| <b>第五章</b> | <b>呼吸器官疾病信息处理 .....</b>  | <b>(171)</b> |
| 5-1        | 概况 .....                 | (171)        |
| 5-2        | 问诊 .....                 | (171)        |
| 5-3        | 胸部 X 线检查 .....           | (176)        |
| 5-4        | 肺功能检查 .....              | (179)        |
| 5-5        | 呼吸系统疾病的自动诊断 .....        | (181)        |
| <b>第六章</b> | <b>医学图象信息系统 .....</b>    | <b>(194)</b> |

|             |                      |              |
|-------------|----------------------|--------------|
| 6-1         | 概述 .....             | (194)        |
| 6-2         | 医疗与图象 .....          | (195)        |
| 6-3         | 医用图象的获取 .....        | (197)        |
| 6-4         | 医用图象的数字化 .....       | (199)        |
| 6-5         | 动态图象 .....           | (199)        |
| 6-6         | 图象处理系统 .....         | (200)        |
| 6-7         | 图象及其表示方法 .....       | (202)        |
| 6-8         | 图象变换 .....           | (205)        |
| 6-9         | 图象分析与识别 .....        | (206)        |
| 6-10        | 显微镜图象处理 .....        | (213)        |
| <b>第七章</b>  | <b>医疗信息系统 .....</b>  | <b>(223)</b> |
| 7-1         | 建立医疗信息系统的必要性 .....   | (224)        |
| 7-2         | 医疗信息 .....           | (224)        |
| 7-3         | 医疗信息系统化 .....        | (226)        |
| 7-4         | 医疗信息系统种类 .....       | (230)        |
| 7-5         | 医疗信息系统化的目的 .....     | (236)        |
| 7-6         | 医疗信息系统化必需的技术 .....   | (237)        |
| 7-7         | 与医疗信息系统有关的医疗组织机构 ... | (239)        |
| 7-8         | 发达国家医疗信息工程的特征 .....  | (240)        |
| 7-9         | 系统化方法 .....          | (241)        |
| 7-10        | 医用数据库 .....          | (252)        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>         | <b>(262)</b> |

## 绪 论

诊断与治疗是临床医学的两项基本内容。准确获得人体信息是正确诊断与合理治疗的基础。因此，人体信息获取与处理上的每一项成就，都有助于提高正确诊断率，并由此提高治愈率。

从某种意义上说，现代医学就是一种提取信息、处理信息和运用信息的学问。

人类在与疾病做斗争的过程中，积累了丰富的医疗知识。如何充分利用已有的知识，是相当重要的事情。同时，各种知识之间的相互关联，其复杂程度也迅速增加。据统计，现代医学用于诊断和治疗的信息，就内科领域而言，达200万项之多。这种情况越发展，医生要从众多的信息中作出恰当的诊断就越困难。这表明，如何从所积累的知识中，归纳出有用的结论是十分重要的。例如，处理发烧病人时，不仅应考察其发烧的原因，还需考虑患者的各种情况，以便从多种药剂中选出最合适的药物。这一诊疗过程的本质就是信息处理。又如，中医的辨证施治也可以理解为信息反馈过程。根据取自病人的信息，如症状、体征、舌象、脉象等，确定治疗方案；用药后，又可得到新的信息，并依据新的信息调整治疗计划。

信息科学在医疗中的重要性，随着医疗知识的积累而越来越大。人类所积累的资料、知识，如果不把它们联系在一

起，并加以提炼，就不能成为有价值的结论；不了解资料、数据或信息的处理方法，收集的数据就是杂乱无章的，对于所从事的工作，就没任何指导意义。

按照人体穴位开阖规律（子午流注）施行针刺治疗，可增强经络传感率，提高治疗效果。认识和利用这种信息传递过程，才有可能提高治疗效果。为此，医疗卫生事业需要借助现代科学技术和传感器等检测手段提取人体信息。

无损伤检测是人体信息检测的发展方向。例如通过体表电位图的检测与分析，可以早期发现心肌梗塞。无损伤检测疾病所得到的信号很微弱，检测时往往混入很强的噪音。这就要求运用信号处理技术（如数字滤波与各种谱分析技术）从强噪声中提取所需要的讯号或信息。

从信息处理技术来看，可把医疗信息处理划分为：（1）在线（或实时）信息处理；（2）离线（或非实时）信息处理；（3）混合信息处理。典型在线处理的例子是手术过程中的检测自动化。手术过程中从患者获得某些信息，根据信息处理结果控制人工呼吸机、血液循环等。而非手术情况，如心电图、心音图以及 X 光片等的解释，通常为离线方式。混合信息处理方式，例如医师头脑中已有关于某种疾病的设想，进一步经过问、触、扣、听等检测，再参照化验检查，经充分思考或利用电子计算机判断，从而确定最后诊断。

涉及医疗信息工程具体内容时，可以按照不同方式划分。按对象或按理论或学科内容划分。

按研究对象划分，可分为基础医学、临床医学、医学教育和医学文献等部分：

**基础医学** 如生理学研究中的信息处理。根据脑电变化

了解人脑的功能，在神经生理学研究中占重要地位。特别是利用近年来取得显著进展的电子技术，实现多信道同时分析与二维分布表示。为了从有限个电极得到的脑电图，绘成二维分布图，需根据采样定理，利用插补函数，从而得到不同部位的脑电分布图。

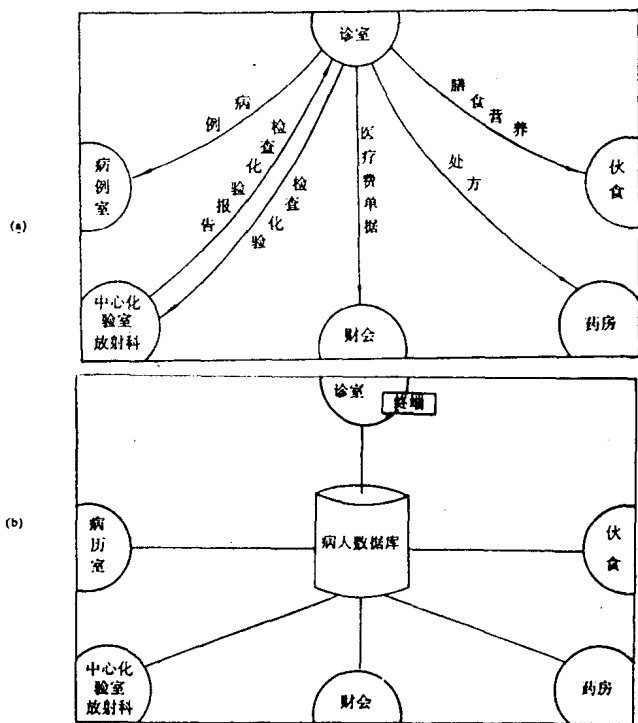


图 0-1 医院信息系统

(a) 利用单据传递信息 (b) 利用数据库传递信息

临床医学 如各种临床检查、监护和药剂的信息处理，

以及由上述各部分与医院管理职能组成的医院信息系统。医院信息系统是指医院中收集、处理、储存、检索和传送诊疗、财会事务、临床研究时的数据，以及在医院所有部门中支援从事各种业务活动的电子设备的总称。分析医院业务活动的内容会发现，那里所使用的数据或信息业务是相当多的。包括登录病人姓名和出生年月、检查化验、开处方、取药，有相当多的单据往返于各个业务部门。这种依靠人工手写单据，经过转帐并由病人传递的各种单据，不但速度慢，而且容易发生差错，与现代化医院管理不相适应。用计算机存储信息，并转送各种单据、记录，不但可提高效率，而且还能避免差错。图 0-1 是用单据传递信息和用计算机传递信息的示意图。它描绘了医院信息系统的大致情形。把病人的各种数据集中存放在数据库里，通过终端设备，可在诊室内得到各种检查化验结果。这就是建立综合信息系统的好处。

**医学教育** 用计算机模拟教学。利用电子计算机模拟人体功能进行医学教育称为计算机辅助教学（缩写为 CAI）。可在解剖、生理、生化、组织胚胎、生理等课中使用。此外，如模拟体温调节、心律失常、水电解质紊乱，以及研究冠心病、糖尿病的护理等也可使用 CAI。

特别是临床教学，它是从基础医学走向实际医务工作的必经阶段。临床教学的中心环节是培养学生运用已掌握的医学知识治疗疾病的能力。但在这个阶段，实习大夫无权对病人独立处理，特别是危重病人更是如此。这就限制了独立工作能力的培养。使用计算机辅助教学，实习人员可独立地模拟作出判断和进行处理。此外，医学教育训练实践中往往需

要较多的经费、人力和时间，用模拟的办法进行实验，所需费用和时间远比上述情况少得多。并且，由于把生命体现象抽象化后以模型形式表现出来，对于受教育训练的人来说，还可对所见到的现象有定量的概念。

正是由于上述原因，美国、日本等国都在积极研制利用医学 CAI 系统，并已在教学中取得很好效果，减少了课堂授课学时，使更多的人得到提高和进修的机会。

人体系统模拟的基本顺序，如图 0-2 所示。

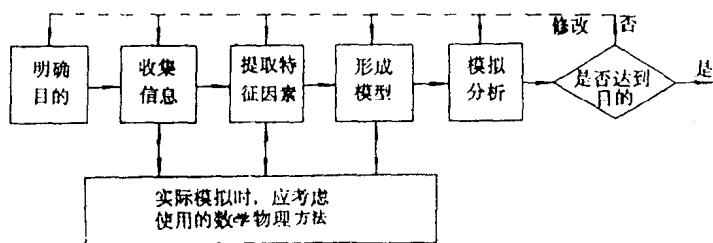


图 0-2 模拟的顺序

模型可分为静态与动态两种。几乎所有生命体系统都是动态、非线性、分布参数、连续、时变的系统。非线性、分布参数、时变系统的分析往往很困难，多用某些假设或附加一定条件，把系统线性化，以集中参数、非时变的系统进行模拟或构造模型。

美国南加里福尼亚大学，曾开发一个训练麻醉师的模拟装置。装置是一个与真人大小相仿的内部有计算机的机械人。给以麻醉药后，机械人可以表现出开闭眼睑、瞳孔散大、嘴唇开闭、下颚紧张、头部紧张、循环和呼吸系统改变等症状。还可以演示手术或麻醉过程中出现故障，例如心跳

停止、心律不齐、心室颤动等。这样就能根据临床可能碰到的问题对学员进行训练。

**医学文献** 如文献检索。现代医学技术迅速发展，医学文献也迅速增加。显然手工查阅如此大量的文献是几乎不可能做到的事情。如何及时了解医学发展动向，无论在临床或医学研究中都有重要意义。美国国立医学图书馆开发的医学文献检索系统（MEDLARS）是最有代表性的一个。它可以检索全世界 60% 医学文献的标题。

按照理论或学科内容，可把医学信息工程划分为以下几部分：

**医疗信息处理硬件与软件** 一台具体的医学信息处理设备（如脑电或心电自动分析设备）大体上可分成两部分：一部分称为硬件，另一部分称为软件。硬件是指构成设备的实体，由数字元件或大规模数字电路为主组成。软件是指运用设备（如计算机）的全部技术，其中主要是指那些数字元件按既定方式工作的程序。具备能满足一定要求的硬件（如存储器数量、数字和逻辑运算速度等），只有通过软件（在软件指挥下）才能使信息处理设备完成一定功能，从而为医学问题提供答案。这就是说，硬件与软件两者配合起来，才能发挥信息处理的效能。

软件也是各种程序的总称。它包括汇编程序、编译程序、管理程序、诊断程序（指自动指示机器发生故障的程序）和操作系统等，这些软件统称为系统软件。此外，还有应用软件，它包括各种应用程序。对于医学工作者来说，重要的是如何根据所要解决的医学问题，把它变成在计算机上能实现的程序。为了能用计算机检测和处理医学信息，还需

要了解把物理量（如脑电、心电、脉搏）变成计算机能接受的数字量的技术。

编制程序的过程称为程序设计。进行程序设计时，使用一种特殊的语言，称为程序设计语言。程序设计语言大体可划分为3级。它们是机器语言、汇编语言和编译语言。计算机只能执行由机器语言表达的指令。但是，由于编制机器语言的程序非常麻烦，通常使用汇编语言或编译语言进行程序设计。可是，计算机不能用这些汇编或编译语言直接进行数据处理。把用汇编语言或编译语言编制的程序，变成计算机能执行的机器语言程序的过程称为汇编或编译。

机器语言是指用二进制数（0和1）组成的代码。机器语言又称为低级语言，编译语言称为高级语言。通常使用的高级语言有 BASIC、FORTRAN、PASCAL、COBOL、C等。

以上列举的几种语言，是计算机常用的程序语言。此外，还有专门用于医学信息处理的软件，如 MUMPS 语言，以及其他专用医学信息处理程序。MUMPS（Massachusetts General Hospital Utility Multi-programming System）语言是联机实时处理、数据库语言、系统间通讯三者兼备的语言。它是适合于病历处理的语言，用于医学情报检索时效率较高，但对复杂的计算，如多变量分析等存在弱点。MUMPS 语言是目前医学数据库使用的主要语言。

**决策理论** 决策理论是指依据概率论建立最佳判决策略的数学理论。在信息不完备的情况下，运用概率论及数理统计原理，作出决策的方法称为决策理论。医学决策、计算机

辅助诊断疾病等都要用决策理论。这里主要指应用于医学方面的决策和判断两个问题。所谓决策，是指医师从许多选择中决定某一行动的过程。这些行动可以是诊断方面的，也可以是治疗方面的。判断则表示对一个资料范围的研究，医师在这个范围内取得有关问题的资料，并借以做出决定。

运用判决或决策理论分析研究医学诊断过程，称为计量诊断。计量诊断与医学决策两者含义几乎相同。有时医学决策是指包含意义更广泛的决策过程的研究。利用计算机实现模仿人的思维推理过程，早在 60 年代就有人研究。这种研究的实质是临床医学采用计算机实现决策的过程。图 0-3 表示医学决策的一例。该图说明了医学诊断决策过程，即医学决策树的结构。

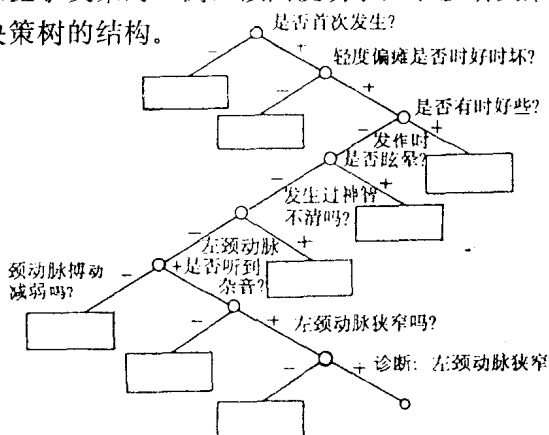


图 0-3 神经内科疾病诊断过程

一个决策树或判别树，基本上是模仿诊断过程。它包括一系列问题或检验结点。在每一个检验结点上，都有两种可能的选择。不同的选择，自动地引向一个特定的分支逻辑。

并依此进行检验或作出判断。其结果正确与否，由决策树的设计者个人或集体的知识决定所需要的检验结果，和由此所得到的结论。这些知识可以是医生的经验，或根据各种资料所作的结论。

据 Kleinmutz.B1968 年发表的研究结果，可把医生诊断过程分成五个方面。这些意见或主张，就是从现在来看，也是非常令人感兴趣的。五个方面分别是：(1) 在医师的记忆中，存在关于症状和患者对应的知识；(2) 在医师的头脑中形成概念，并进行相应的信息处理；(3) 医师应该知道，从哪些检查或化验数据中得到的信息量最多；(4) 有时需要从所有症状向各方面推理；(5) 为了进行推理，可采用短暂记忆方式，其内容不断刷新。

医学诊断过程，从数学的角度看，太多属于分类问题。就是说，要求鉴别某个病例属于一类疾病中的哪一种。例如，某类疾病  $y$  共有  $k$  种，分别以  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_k$  表示。为了进行判别，就需要从多项指标中（用  $x_1, x_2, \dots, x_n$  表示）确定哪些指标可用来作为区分  $k$  种疾病的依据。为此，可应用逐步判别分析法。为找出上述因果关系，使用的数学模型为

$$y_j = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jn}x_n$$

其中， $j=1, 2, \dots, k$ 。当  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 与  $a_{ji}$  是已知时，可算出  $y_j$ 。取其中数值最大的  $y_j$ ，就确定为该疾病所属的种类。

可见，为了能用计算机诊断疾病，首先要根据症状建立描写疾病的数学模型。这就需把患者的体征、症状等变成