

高等学校教学用书

医学电子仪器

原理及临床应用

林 强 编著

电子工业出版社

医学电子仪器原理及临床应用

Principles of Medical Electronic Instruments
and Their Clinical Applications

林 强 编著

電子工業出版社

内 容 提 要

本书从生物医学工程角度出发,讲述人体医学信息的产生、检测、处理、应用以及与此有关的医学电子仪器的原理和临床应用。全书共四章,包括绪论、人体固有慢变信息的检测、借助外能的人体信息检测、医学监护与恢复治疗仪器系统。本书较详细地介绍了检测、监护、治疗仪器,包括心电图机、心音图机、脑电图仪、A型超声诊断仪、B超、JH型监护仪、心脏起搏器、去颤起搏器等。

本书除适于作医学工程专业学生教材外,也是医师、医科大学师生、医学仪器设计、使用、维修人员的参考书。

医学电子仪器原理及临床应用

林 强 编著

责任编辑 邓又强

*

电子工业出版社出版(北京万寿路)

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张:17.5 字数:459.2千字

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数1700册 定价:3.65元

ISBN7-5053-0860-2/R·2

前 言

医学仪器系统是生物医学工程学科中极为重要的一个组成部分。近年来在我国也得到了很大的发展，新型的医学仪器不断地出现。并且，国外的医学仪器近年来大量涌进我国各医疗领域，除将促进这门学科的进一步发展外，也对我国的生物医学工程人员提出了引进、消化、吸收、创新的任务。这就要求我们建立起医学仪器系统理论和技术的体系。它不能简单地用电子技术加医学所代替，而应该从生物医学工程角度出发，形成医学仪器系统独立的学科体系，本书就是在这一思想指导下编写的。

本书在取材上吸取了国外有关著作的特点，既有边缘学科的内容，也有机理的内容；既有临床医学，也有专用电子技术方面的内容（文中完全避免了通俗电子技术的内容重复）。在叙述方法上是从它们之间的有机联系着眼，层层引出新问题。具体临床应用实例则是立足国内，选择比较通俗、简单实用的例子。为了提供仪器设计的系统知识，书中对有关专用技术进行了归纳、总结，并尽量提供更多的思路和技术方案。另外，针对近代医学仪器系统已经涉及到临床应用各领域的事实，编者通过尽量通俗的叙述引到对其新技术新方法的理解。因此，本书除作为医学工程专业学生的教材外，也可作为医师、医科大学师生以及医学电子仪器设计、操作、维修人员参考书。

本书是从生物医学工程角度来编写的，所以它涉及的学科比较多，内容比较深，由于本人水平有限，书中必然存在不少缺点和错误，欢迎读者批评指正。

本书在编写过程中得到福州大学生物医学工程研究室主任蔡星炳教授的关心和指导，经他认真审阅。在此，编者致以深切的谢意！

此外，在资料收集、初稿征求意见、修改和编写过程中，还得到福州大学医用仪器厂陈传元工程师、程文正工程师；福建省医疗器械厂黄明忠厂长、林元春工程师和福州大学无线电工程系吴金澄老师、黄家珍老师、傅家清老师、石俊生老师等的热情帮助和积极支持。在此，编者也向他们表示衷心的感谢！

最后，编者深深地感谢富有编著经验的福州大学无线电工程系通信与电子系统教授陈进光老师在百忙中抽出大量时间为本书作出版前的校审。

林 强

于福州大学

1987年3月12日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 医学仪器系统	(1)
一、医疗措施过程和医学仪器功能	(1)
二、医学仪器系统简介	(2)
第二节 医学仪器的临床应用	(2)
一、人体固有潜存医学信息的检测	(2)
二、借助外来能量的医学信息检测	(5)
三、对病人恢复治疗、监护方面的应用	(6)
第二章 人体固有慢变信息的检测	(7)
第一节 人体固有慢变信息的提取与临床应用中的研究方法	(7)
一、人体固有信息的提取	(7)
1. 人体信息的传感器检测	(7)
2. 人体信息的生物电位电极直接检测	(11)
二、临床应用中人体固有信息的研究方法	(15)
1. 信息时域单项特定参数的研究	(15)
2. 信息的模拟	(16)
3. 信息的频率分析	(17)
4. 信息的功率分析	(17)
第二节 人体固有慢变信息的转换和信号处理	(18)
一、信息的电压转换	(18)
1. 电压直测式	(18)
2. 驱动式阻抗-电压转换	(18)
3. 电流的电压转换	(18)
4. 相位差的电压转换——相敏检波	(19)
5. 电量的电压转换(电荷放大器)	(20)
二、人体固有慢变信息的信息处理	(20)
1. 差值法——信息的精取技术	(20)
2. 非线性整流处理	(22)
3. 线性处理	(24)
4. 信息的增强	(31)
第三节 近代医学信号处理系统及其临床应用	(44)
一、医学信号统计特征的描述及取得	(44)
二、淹没在噪声中医学信息的检测与提取	(45)
三、近代医学信号处理系统的临床应用	(46)
第四节 关于人体慢变微信息处理中的干扰问题	(47)
一、高频辐射干扰	(47)

二、基线的漂动——零点漂移	(47)
三、市电的干扰及其抑制	(47)
1. 对50Hz磁场的干扰和抑制	(48)
2. 对50Hz电场的干扰和抑制	(48)
3. 提高对共模量的抑制能力	(49)
第五节 人体固有慢变信息检测的终端机构	(50)
一、电子技术常见的终端机构	(50)
二、直接描记技术	(51)
1. 描笔偏转记录器	(51)
2. 自动平衡式记录器	(53)
三、磁带记录终端机构	(55)
1. 直接记录式	(55)
2. 频率调制式(FM)和多路信息的记录	(55)
3. 脉冲比例调制式磁记录	(56)
第六节 心电图	(63)
一、心电图机	(64)
1. 方框原理图	(64)
2. 导联	(64)
3. 单元电路说明	(66)
二、与心电图机有关的特殊电路	(69)
1. 电子式切换导联自动复零电路	(69)
2. 示波和记录	(70)
3. 心电放大的光电耦合电路	(72)
4. 心电放大的浮地法电路	(73)
5. 右腿激励电路	(73)
6. 遥测心电图	(74)
第七节 心电向量图	(77)
一、心电向量的概述	(77)
1. 从物理学角度来认识心电向量	(77)
2. 心电向量的描述	(80)
二、心电向量图仪的电路原理	(81)
1. 心电向量图仪的方框原理图	(81)
2. 心电向量图仪单元电路工作原理	(82)
第八节 脑电图	(90)
一、脑电信息提取的概况	(90)
二、ND-82B脑电图仪的原理方框图	(91)
三、单元电路工作原理	(92)
四、心电放大-脑电放大的转换	(98)
第九节 心音图	(100)
一、心音的概况及其取得	(100)
二、心音图机的一般电路原理	(101)
三、心音图机的有关电路讨论	(105)

1. 关于心音图的终端机构	(105)
2. 关于心音波形的滤波问题	(105)
第三章 借助外能的人体信息检测——医用超声系统	(107)
第一节 医用超声原理	(107)
一、诊断仪中超声波形的概念	(108)
二、超声在均匀介质内的传播	(108)
三、超声在不同介质内的传输	(108)
四、超声场的束射性	(109)
五、超声多普勒效应	(109)
第二节 医用超声检测原理	(110)
一、超声检测的基本理论依据	(110)
二、超声检测的线径及其应用范围	(111)
1. 电子扫描技术方面检测线径	(111)
2. 超声接收技术方面测量线径	(111)
三、超声检测方法	(113)
四、收发型回波定位的示波标志	(114)
五、换能器	(114)
第三节 超声电子技术	(118)
一、超声换能器的激励电路	(118)
1. 超声检测压电换能器的等效电路	(118)
2. 超声换能器激励的暂态分析	(119)
3. 关于超声激励的频率和匹配问题	(120)
4. 激励电路	(122)
5. 超声换能器的其它激励电路	(127)
二、超声回波信息的增强技术	(129)
1. 超声回波信息增强处理中的频带问题	(129)
2. 超声回波接收放大的宽带选放常见电路	(130)
3. 超声回波信息接收的其它有关问题	(133)
三、调辉示波中超声回波信息的处理技术	(135)
1. 调辉信息和调辉	(135)
2. 时间增益控制技术 (TGC)	(135)
3. 自动增益控制技术 (AGC)	(143)
4. 灰阶处理技术	(145)
四、调辉示波技术	(147)
1. 慢变信息的调辉式示波	(147)
2. 显像管的调辉示波技术	(155)
3. 调辉脉冲输出的耦合和调辉示波精度	(164)
第四节 A型超声诊断仪	(167)
一、A型超声诊断仪器概述	(167)
二、FXS-1型超声诊断仪的原理方框图	(167)
三、FXS-1型超声波诊断仪单元电路说明	(168)
1. 主振电路	(168)

2. 扫描系统	(168)
3. 探头的激励与接收	(170)
4. 增辉显示电路	(171)
四、主要单元的时间波形图	(172)
第五节 M型超声心动图	(172)
一、仪器设计的指导思想和屏面图	(173)
二、CXZ-1超声诊断仪设计原理和方框图	(173)
三、单元电路分析	(175)
1. 水平扫描单元	(175)
2. 垂直扫描单元	(178)
3. 超声心动的接收与放大单元	(180)
四、CXZ-1超声心动部分主要的时间波形图	(184)
五、超声心动图仪其它有关电路	(184)
1. 时、距标志电路	(184)
2. 心动和多路信息的同步显示	(186)
第六节 多道超声显像(B超)	(186)
一、多道超声B型成像的有关技术	(187)
1. 多束超声回波截面相的形成	(187)
2. 多道超声显像中电子枪的分配	(187)
3. 多道超声成像的图像质量	(188)
4. 多道超声成像中行、帧频率的设计	(188)
二、DDCSXXY多道超声显像仪的原理方框图	(191)
三、整机的单元电路分析	(193)
1. 时间电路	(194)
2. 收、发电路	(197)
3. 显示电路	(200)
4. 心电的显示和曝光的控制	(203)
四、超声截面相部分主要有关时间波形图	(208)
1. 帧扫描和各译码矩阵方波的时间关系与在屏面上的表示	(208)
2. 以主振为参考的主要时间关系图	(209)
五、超声成像仪器的概况	(209)
1. 超声成像仪器的分类	(210)
2. 当前国内外超声反射法成像仪器的主要新技术	(211)
第四章 医学监护与恢复治疗仪器系统	(212)
第一节 医学监护和恢复治疗工程	(212)
一、医学监护工程	(212)
二、医学恢复治疗工程	(213)
第二节 常见医用信息波形的模拟鉴别	(214)
一、幅度鉴别技术	(214)
1. 幅度限幅鉴别技术	(214)
2. 信号波形幅度的比较鉴别技术	(217)
二、时间宽度鉴别技术	(223)

1. 门电路·····	(223)
2. 时间-电压转换·····	(224)
3. 计数·····	(225)
三、频率鉴别技术·····	(225)
1. 频率-周期转换·····	(225)
2. 计数·····	(226)
四、阈值管理技术·····	(227)
1. 鉴别标志和阈值管理·····	(227)
2. 模拟阈值管理电路·····	(229)
第三节 心脏起搏器·····	(231)
一、心脏起搏器的概况和分类·····	(231)
二、心脏起搏器典型电路·····	(232)
1. 固定型起搏器·····	(232)
2. AMQ-1型埋藏式按需型起搏器·····	(233)
3. 4041953起搏器专利电路·····	(236)
第四节 去颤起搏器·····	(240)
一、XQQ去颤起搏器的应用范围·····	(240)
二、XQQ-1去颤起搏器的原理方框图·····	(241)
1. 心电示波·····	(241)
2. 去颤器·····	(242)
3. 起搏器·····	(243)
4. 电源·····	(243)
三、XQQ-1去颤起搏器主要单元电路的工作原理·····	(243)
1. 心电示波·····	(243)
2. 去颤单元电路·····	(243)
3. 搏单元电路·····	(246)
4. 电源部分·····	(246)
第五节 JH型监护仪·····	(247)
一、JH监护仪的性能要求与方框图·····	(247)
二、单元电路工作原理·····	(248)
1. 心电放大和心率的检测·····	(249)
2. 脉搏波和脉搏数的检测·····	(252)
3. 呼吸波信号和呼吸率的检测·····	(253)
4. 体温的检测·····	(254)
5. 比较鉴别和阈值管理电路·····	(255)
6. 示波显示系统·····	(259)
附录 各种医学仪器的定义及名称(中、日、英对照)·····	(262)

第一章 绪 论

医学是直接与人生命相关的科学。所以，人们除了以极大的努力使医学本身作为一个学科不断发展外，还以极大的兴趣注视着所有自然科学的成就，看它们能否对医学的发展会有所帮助。因此，这必然不断地导致医学和其他学科的联系更加紧密。

早期我国的医学，首先是和生物学相联系的。因为中医治疗的药物就是动、植物类，没有对动植物的认识就失去“治”字。随着科学的发展和人类艰苦的实践，医学开始和物理、化学、电子学、数学等学科都发生了联系，而且越来越密切，以致发展到今天成为不可分割的一个整体，形成了今天这一方兴未艾的生物医学工程边缘学科。

生物医学工程中的医学仪器近年来有了更大的发展。过去在医院见到一台心电图机、一台A型超声探伤仪已是很新奇了。然而，现代医学出现的仪器系统，是各种仪器配合计算机功能的组合系统。所以当今要深入到医学仪器系统的研究才能得到全面的知识。

第一节 医学仪器系统

一、医疗措施过程和医学仪器功能

如果把整个医疗过程看成是一个多过程，而每一个过程由一位“医师”去执行，并一直反复到症状（疾病）消失为止，那么这些“医师”的总和就形成医疗措施的全过程。整个医疗措施的全过程可分为以下五个主要分过程：

- (1) 信息数据（病状）的收集；
- (2) 数据的分析；
- (3) 诊断决定的作出；
- (4) 来自诊断的治疗（处理）方案的制定和执行；
- (5) 重复（治疗）疗程。

在这些过程中，医疗仪器担任了重要的角色，尤其是在当今计算机极大发展的时代，人们收集、分析、处理（疾病）信息的能力又有了巨大的扩展。一个普通医疗仪器系统的功能和充当的角色可以从图1.0-1医疗过程方框图中看出。

图1.0-1方框图中的“信息”单元包括两类信息：其一是直接来自人体自身的固有信息。如通过传感器（拾音器）获得的信息（微弱心音），到达处理器（如放大、滤波等）得到足够大的特定的信号，

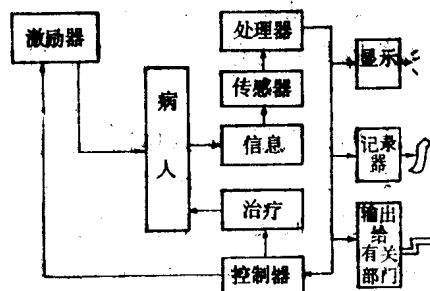


图1.0-1 医疗过程方框图

供给显示,或由热笔记录在纸上,或送到计算机作疾病的分析、监护等等;其二是由受控的外界能量(如图1.0-1中的激励器)激励人体后,再从人体获得被检测的信息。如用超声波射入病人受检机构,从受检机构反射回来的超声信号,经接收而形成的A型超声探测、M型超声心动图等等。从检测的病状信息来分析病态,并执行对治疗的控制。这里的控制器包括对药物等治疗的控制,也包括仪器治疗(用治疗仪器)的控制。此外,控制器的控制还有两方面:一是对激励器工作的控制;二是,由于一般的治疗是多次反复过程,到最后才恢复正常,所以还得对这“重复”作控制,包括治疗后还得对病人“信息”重新检测,还必需再给病人激励以取得检测信息,诊断后还要再控制治疗。

二、医学仪器系统简介

以上分析使我们清楚知道,医疗仪器系统在整个医疗措施中的功能和重要性,以及机构之庞大,范围之广泛。因此,对医疗仪器的分类方法也是多种多样的,如有的按医学的分类来分,有的按采用的化学、物理等不同手段来分等等。但比较简单的还是从其用途上来分,可以分成:诊断仪器(包括识别分析仪器)、治疗仪器、监护仪器。当然也可以认为还有一部分属于单纯为生物医学科研服务的,但它的最终目的,大量的还是为诊断、治疗服务的。这三类仪器中,份量最大(也是当前最重要)的是诊断仪器,它担负着医学信息的收集、处理和分析的作用。

诊断仪器的检测信息如前面指出的,主要可以分为以下两种:一种是通过对人体本身固有信息的检测,如人体的血压、心音、血液酸碱度、血流量、红血球数等等。这些可检测信息是固有地潜存于人体内的,其检测的手段有的比较简单,有的比较复杂,有的得通过传感器、有的则是直测,有的还得由手术、抽血等手段才能达到;另一种则是借助其他的能量作用于人体之后得到人体检测信息,如X光透视、超声波、放射性射线的检测等等。

第二节 医学仪器的临床应用

一、人体固有潜存医学信息的检测

人体潜存信息的检测,从原理看是比较直接的。所以,作为医学仪器,它应是首先被认识的。然而,由于检测技术水平的限制,或某些信息的重要性还没显出,以致有的信息尚未被采用。但从有关这方面工作的要求来看,不能不对这些有关信息的概况作些了解。以下把我们收集到的有关信息检测的初略情况列于表1.1-01中,以助于了解信息检测的概貌。

表1.1-01列出了有关人体固有信息的检测仪器、参数范围和检测内容等等。它主要分为五大类。开头三大类以医学类别分:心血管、呼吸系统、消化系统。另外一类是:血液检测,主要包括血气和pH值,但没列出血液本身成份的检测,因为这一类检测大量的是属于生物、化学的,最后一类是生物电,它包括心血管、神经系统等方面。这些对医学电子仪器检测技术来说是比较直接的部分。表中的仪器和信息在我国有的是常见的,也有的是很少见到的。当然还有一些未列入表中的人体固有信息,如成像技术中的热象也是属于

表1.1-01 人体固有信息及其检测

仪器或信息名称	信 息 范 围		检测内容与检测方法
	频 率 (Hz)	量 值	
血 压 (直接式)	DC~60	动脉: 10~400mmHg 静脉: 0~50mmHg	直接对血管内血压作测量,它是将应变仪或流体压力计等传感器伸进血管直接测得血压连续变化波形
血 压 (间接式)	听诊:柯氏音 触诊:(脉波) 0.1~60	25~400mmHg	间接地用压力平衡办法,配合袖套听诊或脉象判断体内血管于收缩、舒张期的血压计读数
脉 动 波 形	压力 脉搏图	0.1~60	着眼于压力角度,采用应变传感器间接地检测脉搏波形
	容积 脉搏图	0.1~60	着眼于血容积角度,采用光电式传感器间接地检测脉搏波形
	脉象	0.1~60	即中医“诊脉”,采用应力传感器或医生手指在手腕动脉部位上检测(或感知)到的脉搏
	容积 描记仪	DC~30	应用位移腔传感器或位移-阻抗式传感器间接地通过测定记录器官、部位、肢体大小变化及血液供应变化来推出血液量或容积的变化
血 流 量	DC~20	1~300ml/s	它是描述单位时间通过血管某一截面的血液量,暴露血管时可用电磁式流量计准确测量,再不,可用超声多普勒法间接检测之
心 排 出 量	DC~60	4~25l/min	采用染料稀释法或流量计检测心脏每分钟排出的血液量
心冲击图 (BCG)	加速度式 DC~40 位移式 DC~40	0~7mg 0~100μm	应用加速度表、应力(变)传感器或位移式传感器对躯体复杂运动的分析,间接地检测出心脏跳动时血液由心脏排出及流经血管时产生的动力
心 率		45~200拍/min	它是心脏每分钟搏动次数,可以从任何与心搏量有关的参数检测之
心音图 (PCG)	5~2000	动态范围 80dB 阈值约为 10 ⁻⁴ Pa	应用听诊器或拾音传感器(转电信号)检测心脏活动带来的血液流动及心脏大血管搏动发出的声音或电波形图
呼吸流速描记	DC~40	0~600l/min	应用流速记录器或压差式流量计检测呼吸气流的速度

续表

仪器或信息名称		信 息 范 围		检测内容与检测方法
		频 率 (Hz)	量 值	
呼吸率		0.1~10	2~50次/min	应用胸部应变器、鼻热敏电阻等传感器检测人体每分钟呼吸数
CO ₂ , N ₂ O, Halo thane 在呼出气中的 成份			CO ₂ : 0~10% N ₂ O: 0~100% Halothane: 0~3%	采用化学分析方法检测呼出气中 CO ₂ 、N ₂ O、Halothane的含量
胃酸碱度		DC~1	3~13pH单位	应用pH电极或铂电极检测胃液的pH值
胃肠力		DC~1	1~50g重	应用位移装置LVDT传感器检测胃肠受力情况
胃肠压力		DC~10	0~100cm H ₂ O	用应变仪或压力计检测胃肠压力
血 气 和 酸 碱 度	O ₂ (P _{O₂})	DC~2	30~100mmHg	应用化学分析或特殊电极检测血液中含氧量
	CO ₂ (P _{CO₂})	DC~2	40~100mmHg	应用化学分析或特殊电极检测血液中含二氧化碳量
	N ₂ (P _{N₂})	DC~2	1~3mmHg	应用化学分析或特殊电极检测血液中含氮量
	CO(P _{CO})	DC~2	0.1~0.4mmHg	应用化学分析或特殊电极检测血液中含一氧化碳量
	酸碱度	DC~2	7.3~7.45 pH单位	应用pH电极等检测血液中酸碱度的pH值
体 温		DC~0.1	32~40°C	应用温度计、热敏电阻、热电偶等接触人体检测人体体温
心电图 (ECG)		0.05~100 max: 250	成人: 0.5~4mV 胎儿: 10μV	应用皮肤电极直接检测体表两确定位置因心电产生的电位差随时间变化波形
脑电图 (EEG)		0.5~80 max: 150	15~100μV max: 300μV	采用头皮电极接触式直接测因大脑皮质活动反映到头部不同位置的电压波形
脑皮层、脑深 部脑电图		DC~150	10~5000μV	采用脑表面电极或深部电极检测脑电反映到脑皮层、脑深部不同位置的电压波形
胃电图		DC~1	10~1000μV 胃表面电极: 0.5~80μV	应用表面电极或针状电极插入胃中或胃壁肌层检测胃收缩活动时产生的变化电流
肌电图 (EMG)		DC~200 max: 10000	0.1~5mV	它是描述肌肉电电压变化的波形图, 通常检测内容有: 一般肌电图: 应用表面或针状电极接触或插进肌肉

续表

仪器或信息名称	信 息 范 围		检测内容与检测方法
	频 率 (Hz)	量 值	
			即检测到肌电波形图。 肌肉刺激肌电图：当肌肉受刺激（如针刺）情况检测到的肌电图。 支配神经刺激肌电图：当支配神经受刺激时检测到的肌电图。
皮肤电反射 (GSR)	0.01~1	电阻法：1~500k Ω 电位法：0.1~10mV	皮肤电反射通常有二种检测内容： 电阻法：通电子皮肤上两点，当被检测者神经受刺激时阻抗变化的检测 电位法：不通电情况，用非极化电极接触皮肤上两点，当神经受刺激时产生的电压微小变化的检测
神经电图 (ENG)	DC~10000	0.01~3mV	应用体表电极或同轴针状电极直接检测人体神经电场电位的变化
眼电图 (EOG)	DC~50	50~3500 μ V	应用接触镜电极检测眼球运动中引起的膜电位变化波形
视网膜电流图 (ERG)	DC~50	0.5 μ V~1mV	应用接触镜电极检测视网膜在光刺激之后视网膜电动势的变化
眼球震颤电图 (ENG)	DC~20	典型强度： 100 μ V/10°眼球移动	应用接触镜电极检测眼球的一种不随意（不自主）的迅速运动，可能是水平、垂直旋转或二种混合型旋转（称为震颤）中眼球电位变化波形

人体固有信息的检测，还有一些是当前技术还未发现的信息等等。这类信息检测手段上可以分为接触电极直接检测和通过传感器检测两种。广义地讲，可以认为人体固有信息的检测都是通过传感器检测的（因为直接检测的电极也可以看成最简单的传感器）。当然要达到信息能被人们所接受，还得通过一定的处理技术和重现技术。这就形成了一套有关的检测仪器和专用的电子技术。

二、借助外来能量的医学信息检测

上面已经提到，有一类信息的检测不能直接从人体取得，而必须借助外来能量对人体激励后才能得到被检测的信息。这类信息的检测，当前常见的有以下几种：

(1) 超声检测

超声检测是借助外来能获得检测信息中比较常用的一种。它除了成像仪器外，还有大量的单道检测的应用。医用中常见的检测原理是基于超声能量射入人体后，人体各部位反射回一系列反射波，被检测信息就是这些反射波。在检测方法上有回波定位、回波B型成像、多普勒超声等技术。

(2) X射线检测

X射线检测是借助产生的X射线,射向人体被检测部位后,收集被人体有关部位阻挡后的X射线。这样检测的虽然是X射线,但反映了人体有关部位对X射线阻挡(或吸收)的情况。X射线检测对比超声检测,它检测到的信息是透射的射线而不是反射的。这类仪器主要是成像仪器。

(3) 放射性检测

放射性检测不同于以上两种。它不是在被检测部位以外发射能量到达检测部位的,而是直接将放射性元素送到人体内部检测器官(如用注射法),各器官吸收不等量的放射性元素,并发出反映这些元素密集程度的射线,从而被我们检测。所以,这样检测到的不仅是简单的器官形态,而且含有器官功能的照片。它检测的信息是在人体器官内的放射性元素发出的射线。

这些借助外能得到的检测信息,其机动性是很大的,所以无法象人体固有信息那样给出量值范围。

最后必须强调一点,人体被检测信息从广义讲应该说都是借助外来能量的。因为,人体的固有信息是来自“生命存在”的前提,而生命是靠摄取外界能量而存在的。所以,固有信息是人体本身摄取了外来能量而得到的。总之,不论是固有的还是借助外来能量得到的人体检测信息,都是从外界能量转换过来的。所不同的只是转换过程。一种是只在检测期间,由外界能源提供能量给人体并即时转换为被检测信息,另一种则是人体本身为维持生命始终不断地从外界摄取能量而转换为固有的被检测信息。

三、对病人恢复治疗、监护方面的应用

以上所述的两方面仪器应用都属于检测方面,从医学上讲是属于诊断或分析仪器。但从仪器分类看,还有一部分则是属于直接对人体进行治疗的(如理疗、光疗、起搏、去颤等)仪器。它们象给病人吃药一样能治好病;进行监视病状的护理仪器,也是一大类,而且随着技术的发展,它们都将逐步地丰富起来。

监护仪器的基础就是检测仪器,而不是什么新东西。它的特点,第一是综合检测和多人检测,即增加了检测对象和检测项目,第二是增加了量值管理(如阈值警报等),对异常值作出判断并发出警报、显示等。

从以上分析可以清楚看出,检测仪器在医学仪器中占主导地位。所以,本书的大量篇幅将用来阐明检测仪器的技术原理。这里包括了对信息提取、信息处理(放大、滤波、积分、检波等)和信息显示、记录等一系列技术的分析和叙述。

医学仪器随着技术发展和医学上的需要,品种越来越多,尤其是国际市场上更加繁多,我们的篇幅是无法予以介绍的。为了满足读者对国际市场上医学仪器及系统全貌的了解,书末附录中给出了各种医学仪器的定义及国内外标准名称的中、日、英对照。

第二章 人体固有慢变信息的检测

人的生命，是靠不断摄取外界供给的能量来维持的。这样，人体自身也通过由外供能量将变为一定的潜存（固有）信息而表现出生命的存在，这就如人体从摄取的热量而呈现出活人的一定体温等等。这类信息对人体来说是自身就有的，所以称为人体的固有（潜存）信息。下面将阐述有关这类信息的提取、转换、处理、重现等主要检测技术问题。由分析这类信息的状态可知，它们大量是慢变化的小信号，所以从电子技术角度来看，这类信息主要是甚低频以至直流的微信息，亦即属于直流放大这一范围的内容。

第一节 人体固有慢变信息的提取与临床应用中的研究方法

人体固有慢变信息是十分丰富的。上一章中的信息表就列举了大量有关信息。这里面有生物电方面；有力、加速度、温度、声音以及化学方面（如pH值、浓度等等）；还有血液方面的一系列信息。这一节我们着重对医学电子仪器应用中的常见信息作分析。

一、人体固有信息的提取

从电子检测的角度看，只有将所有收集到的信息转变为相关的电量，才有可能应用电子技术。其检测方案如图2.1-01。由图可知，人体固有慢变信息的提取主要有以下两种方法：一是利用传感器接收非电的人体固有信息，并将之转为电参量（如电抗、电压等）；二是信息本身就是电信号，可以用电极直接提取。由此可知，这类信息的提取除了搜集检测信息外还应包括转为电参量的过程。下面分别论述这两种人体固有信息的提取方法。

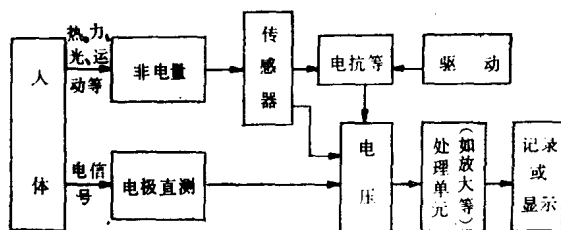


图2.1-01 人体固有慢变信息的检测方案

1. 人体信息的传感器检测

传感器的种类很多，其功能都是将非电量[如热、力、运动（位移）、光等]转为电参量[电流、电压或其他电参量（如阻抗）等]。这里，有一部分传感器能够把非电量直接转换为电压（或电流），我们称之为有源传感器。因为这类传感器的输出就是电压，所以不必用“源”的驱动转换就可以直接进行放大处理，如压电、光电等等。另一部分传感器则不是转为电压，而是输出如电阻、电感、电容等的电参量。这就需要另外再被“源”驱动后才

能转换为电压，进而被放大处理器所接受。这里面有一大部分是位移传感器。下面我们对各传感器分别予以叙述。

(1) 有源传感器

(a) 光电传感器

i) 光电池

光电池(常见的有硅光电池，硒光电池等)其主要原理是：它本身是一个半导体的PN结，在光的照射下，PN结两极产生光生电动势，此电动势的大小与照射光的照度成正比。这样，就达到了光的照度(强弱)信息转换为电位差(光生电动势)信息的检测。

容积脉搏计就是用这种换能器根据血液容积对光阻挡的情况来实现检测的。

ii) 光电管

光电管是由阳、阴两电极构成的真空或光惰气管。阴极是涂有碱金属氧化物的受光面。光电管在接通电源情况下，当光照射到受光面时，阴极即发射电子到阳极，形成了管内的电子流。电子流的大小由照射光强度所决定。这样，光电管也能完成将光信息到电信息的转换。

但是，由于光电管的灵敏度很低，需要很强的光照，一般不常用到它。

iii) 光电倍增管

光电倍增管是由一个阴极、一个阳极和若干中间电极组成。在管子接通电源时，当光照射到阴极受光面上，由于中间电极的“倍增”作用，(二次电子发射的不断增加)，形成灵敏度很高的光照度检测，也即在很弱的光照下也可以得到很大的电流输出。

由于它具有上述特点，它可以用于检测、转换极微弱的光信息，如和闪烁晶体结合作放射性射线检测等。

(b) 热电有源传感器——热电偶

两种不同金属的连接点的两端存在一个电动势。这里包括了两个原理，其一是不同金属的连接点的温度产生一个电动势；其二是同一导体的不同温度梯度(温差)也要产生电动势的。根据这个原理，可以很简单地将温度转为微弱的电位差信息而被检测。

由于实际应用中从温度转换得到的电位差值很小，所以实际上常用源驱动电桥法来检测。医学上它主要用于温度的连续检测。

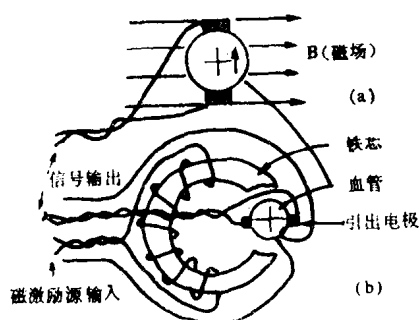


图2.1-02 电磁血液流量计探头原理图

(c) 压电有源传感器

这种传感器的基本原理是晶体的压电效应(即对晶体加上机械压力，两端可产生电压的现象)。这是一种应用十分广泛的传感器，如超声检测中用的探头就是十分典型的例子。

(d) 电磁感应传感器

利用电磁感应，即相当于发电机原理而制成的传感器，被称为电磁感应传感器。这类传感器应用的种类也很多。现以电磁血液流量计的探头为典型例来说明。

电磁血液流量计探头的简单原理如图2.1-02(a)所示。将血管置于磁感应强度为 B 的磁场内，由于血管中的血液流动携带着大量的离子流动，因此，我们可将血管内单位长度的