

电子工程师手册

ELECTRONICS ENGINEERS' HANDBOOK

上册

第16篇 医疗电子技术

主 编	邵富春
执 笔	邵富春 吴志浩
主 审	沈以鸿

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

下 册



机械工业出版社

(京)新登字054号

本手册系统地概括了电子技术基础及其应用领域的主要技术内容，有一定的深度和广度。

全书按其内容，大体上可分为如下三个部分：

1. 基础知识部分，包括：常用符号、物理化学常数、单位、标准和数学公式；电磁学与电路基础；信号与系统分析等。
2. 技术基础部分，包括：电子材料；电子元器件；模拟电路；数字电路；微波、电波传播与天线；电子产品的工艺、结构、电磁兼容与可靠性。
3. 技术应用部分，包括：电力电子技术；电子测量与电子仪器；机械量的电子测量；电子计算机与人工智能；自动控制系统与控制仪表；数控技术与机器人；广播、电视与声像处理技术；通信、雷达、导航与电子对抗；医疗电子技术。

本书在编写上，力求简明扼要、深入浅出、直观易懂、归类便查。注意理论阐述的严谨和采用数据、图表和公式的准确可靠。努力做到既反映我国电子技术近年来的主要成就，也介绍国外的先进技术和发展动向。

本手册主要供机电工业系统和其他行业系统的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅使用，也可供大专院校有关专业师生参考。

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

责任编辑：贾 馨 版式设计：霍永明
封面设计：姚 毅 责任校对：肖新民
责任印制：路 琳

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码：100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 182¹/₂·插页 8·字数 5756 千字

1995年4月北京第1版·1995年4月北京第1次印刷

印数 00,001—10 000 定价：上、下册共198.00元

ISBN 7-111-04178-X/TM·523

发展电子技术促
进经济繁荣与社
会进步

孙俊人

一九八二年六月

中国电子学会理事长孙俊人为本书题词

电子工程师手册编委会

主任委员	吴咏诗					
副主任委员	胡健栋	邹洵	罗命钧(常务)			
委	翁瑞琪(常务)	秦起佑(常务)	张长生			
员	黄仕机	周孝琪	阚石	俞斯乐	丁润涛	
	郭维廉	徐苓安	张国雄	朱梦周		
总编辑	吴咏诗					
副总编辑	秦起佑	翁瑞琪				
秘书	尹明丽					

序

电子技术是一门发展迅速，应用广泛的技术。它的发展可以说是日新月异，新技术层出不穷。它的应用则已遍及工业、农业、国防、科技、文教和人民日常生活的各个领域，对于经济发展和社会进步有着重要的促进作用。当前第三次新的技术革命正在兴起，如果说第一次技术革命是以机械化为标志，第二次技术革命是以电气化为标志的话，那么，第三次新的技术革命就应该说是以电子化作为标志。前两次技术革命主要都是人类体能的延伸，而第三次新的技术革命则主要是人类智能的扩展，其基础就是电子技术。也有人说目前已是信息时代，而信息的获取、处理、传输也是要依赖于电子技术的。所以为了加速我国的现代化建设，体现“科学技术是第一生产力”的伟大作用，在各个领域，尤其是机电工业系统中推广与普及电子技术是十分重要的。在这种情况下，编写和出版这部《电子工程师手册》是很有必要的。

这部手册是为机电工业系统和其他行业系统中具有中等以上技术水平的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅而编写的，是以应用为主的、综合性的电子技术手册。它是一部工具书，主要为工程技术人员在研究、处理电子技术问题时起备查、提示和启发的作用。它也可为高等学校有关专业师生及其他有关人员提供参考。

这部手册系统地概括了电子技术及其主要应用领域的基本技术内容。在内容取舍上力求做到：科学性、实用性和先进性。科学性是要体现现代电子科学技术的基本内容，介绍必要的基础知识，注意理论阐述的严谨，采用数据、图表的准确可靠；实用性是要从实用出发建立自己的体系，主要提供一些结论性的技术内容以及这些结论的应用，在编写上简明扼要，深入浅出，直观易懂，归类便查；先进性则是既要反映我国电子技术近年的主要成就，也要介绍国外的先进技术和发展动向，注意反映电子技术的时代特征。

整个手册共17篇，按其内容大体上可分为以下三个部分：

(1) 基础知识 共2篇，分别是：常用资料（符号、常数、单位、标准和数学公式）；电磁学与电路基础。

(2) 技术基础 共6篇，分别是：电子材料；电子元器件；模拟电路；数字电路；微波技术、电波传播与天线；电子产品的工艺、结构与可靠性。

(3) 技术应用 共9篇，分别是：电力电子技术；电子测量与电子仪器；机械量的电子测量；电子计算机；自动控制与控制仪表；电子技术在机械制造方面的应用；广播、电视与声像技术；通信、雷达、导航与电子对抗；医疗电子技术。

这部手册的编写方式也是一种改革的尝试。过去一部综合性手册的编写一般是组织全国各地的有关专家分头编写，然后集中统稿编辑的。由于专家分散在全国各地，联系讨论不便，统稿、编辑过程中也要往返于各地进行讨论、修改，这就不能不拖延时日，往往要5~6年，大型的甚至要8~10年才能出版。电子技术发展非常迅速，如果从编写到出版要花这样长的时间，那么，手册出版之日可能已是内容陈旧之时。因此，这部手册是主要聘请天

津、北京两地的有关专家编写、审稿，而且由机械工业出版社委托天津大学承担了具体的组织工作。由于编写人员居住相对集中，便于交流与讨论，主编与主审也能及时交换意见，除出版社外，还有一个专业面较宽的学术单位负责组织工作，这就使整个手册的编写、审稿和定稿工作在两年之内顺利完成，而且保证了质量，基本上达到了预定的目标和要求。应该说这种做法是成功的，不足之处则可能是未能充分反映其他各地有关专家的经验与成就，这就希望各位专家和广大读者对本手册多提宝贵意见，以便今后能予以修改和补充。

这部手册能以顺利地完成和出版，我愿诚挚地感谢编委会各位委员、各篇的主编、主审以及全体编者所付出的辛勤劳动，感谢他们认真负责的态度和友好合作的精神。我还要特别感谢机械工业出版社的罗命钧、秦起佑、贾馨三位同志和天津大学的翁瑞琪教授，他们为本手册的组织编写、统稿定稿、编辑出版做了大量的工作，为保证手册的质量做出了重要的贡献。

我希望，这部手册的出版，能为有关专业的工程技术人员和高等学校的师生，在从事电子技术应用与推广工作中提供一本实用的工具书。如果它能为我国电子技术的广泛应用起到一些促进作用的话，这将使我们所有这些参加手册编写、出版工作的同志感到荣幸和欣慰。

吴泳诗

目 录

第1章 人体信息检测	
1 概述	16-1
1.1 ME研究范围	16-1
1.2 医学、医疗与电子计算机	16-1
2 医疗与电子技术	16-2
2.1 人体生物电检测中的电子技术	16-2
2.2 治疗中的电子技术	16-2
2.3 手术中的电子技术	16-2
3 人体信息检测特点	16-3
4 人体物理检测	16-3
4.1 目的与要求	16-3
4.2 人体物理检测的种类	16-3
4.3 人体物理检测用传感器主要技术指标	16-5
5 生物化学检测	16-5
第2章 医疗电子检测技术	
1 概述	16-7
2 人体信息检测电极	16-7
2.1 电极分类	16-7
2.2 金属电极	16-7
3 医用传感器	16-9
3.1 分类	16-9
3.2 医用传感器的特征与要求	16-9
4 生物电放大器	16-11
4.1 微电极放大器	16-12
4.2 微电极放大器的技术要求及组成	16-12
4.3 宏电极放大器	16-12
4.4 生物电放大器的共同问题	16-13
4.5 生物电放大器技术指标	16-13
5 穴位探测	16-14
第3章 诊断用医疗电子仪器	
1 医疗仪器分类	16-15
2 心电图机	16-17
2.1 心脏电现象	16-17
2.2 心电图机类型	16-19
2.3 心电图机的原理	16-19
2.4 心电图机的使用	16-20
2.5 电性能检查	16-20
2.6 ECG-5403型心电图机主要技术指标	16-21
3 脑电图机	16-21
3.1 脑电	16-21
3.2 脑电图机的原理	16-21
3.3 脑电描记方法	16-24
3.4 脑电图机主要技术指标	16-25
4 肌电图机	16-26
4.1 概述	16-26
4.2 肌电图机原理	16-26
4.3 JD-2型肌电图机主要技术指标	16-27
5 医用超声仪器	16-28
5.1 概述	16-28
5.2 超声诊断装置分类	16-29
5.3 超声诊断装置的基本原理	16-29
5.4 脉冲反射式超声仪器	16-29
5.5 A型超声诊断仪	16-30
5.6 B型超声诊断仪	16-31
5.7 M型超声诊断仪	16-31
5.8 超声诊断仪扫描方式	16-32
5.9 多普勒(Doppler)超声诊断仪	16-32
5.10 医用超声诊断仪的应用	16-33
5.11 超声诊断仪的主要技术指标	16-34
5.12 ALOKA SSD-725型超声诊断仪技术指标	16-34
5.13 超声波治疗仪	16-35
6 X线计算机断层摄影——X-CT	16-35
6.1 概述	16-35
6.2 原理与装置	16-35
6.3 X-CT图像	16-36
6.4 X-CT扫描系统	16-36
6.5 图像重建	16-39
6.6 CT350型X-CT主要技术指标	16-40

7 核磁共振成像装置.....16-41	2.5 心电监护仪主要性能.....16-53	
7.1 核磁共振的原理.....16-41	3 步行式心电监护仪.....16-55	
7.2 核磁共振成像.....16-41	3.1 步行式心电监护仪基本型式.....16-55	
7.3 核磁共振成像装置主要技术 指标.....16-42	3.2 步行式心电监护仪主要性能.....16-56	
8 热像仪.....16-43	4 胎儿监护仪.....16-56	
8.1 红外热像的原理.....16-44	4.1 超声多普勒胎儿心音监护仪.....16-56	
8.2 医用热像仪.....16-44	4.2 胎儿心电监护仪.....16-57	
8.3 热像仪主要技术指标.....16-44	5 分娩监护仪.....16-57	
9 医用图像装置.....16-45	5.1 胎儿心率监测.....16-57	
9.1 细胞诊断自动化.....16-45	5.2 分娩监护遥测.....16-58	
9.2 染色体图像自动分类.....16-45	5.3 分娩监护仪主要性能.....16-58	
第4章 治疗用电子仪器		
1 概述.....16-47	6 新生儿监护仪器.....16-58	
2 电刺激仪器.....16-47	6.1 新生儿监护仪种类.....16-58	
3 心脏起搏器.....16-48	6.2 心电图与呼吸监护仪.....16-59	
3.1 心脏起搏器组成.....16-48	6.3 多参数型新生儿监护仪.....16-59	
3.2 心脏起搏器代码与类型.....16-48	6.4 早产儿、新生儿监护仪主要 性能.....16-59	
3.3 按需式心脏起搏器的原理.....16-49	7 医用遥测仪器.....16-60	
3.4 按需式心脏起搏器主要技术 指标.....16-49	7.1 多用遥测仪.....16-60	
3.5 电源.....16-49	7.2 医用遥测仪基本结构.....16-60	
4 心脏除颤器.....16-50	7.3 医用遥测仪主要性能.....16-61	
4.1 心脏除颤器类型.....16-50	第6章 医用检验仪器	
4.2 QC-11型除颤器主要技术指标.....16-50	1 概述.....16-62	
5 康复电子仪器.....16-50	2 血液分析仪.....16-62	
5.1 助听器.....16-50	2.1 血液分析仪的原理.....16-62	
5.2 电针麻仪.....16-51	2.2 RaBA-S型血液分析仪主要 技术指标.....16-62	
6 电手术器.....16-52	3 自动生化分析仪.....16-62	
7 微波治疗机.....16-52	3.1 自动生化分析仪的原理.....16-63	
7.1 基本组成.....16-52	3.2 SH-3365型自动生化分析仪 主要技术指标.....16-63	
7.2 MW-6型微波治疗机主要技 术性能.....16-52	4 细胞计数器.....16-63	
第5章 监护电子仪器		
1 概述.....16-53	4.1 细胞计数器的原理.....16-63	
2 心电监护仪.....16-53	4.2 XF503型细胞计数器主要技 术指标.....16-63	
2.1 心电信号输入系统.....16-53	5 血气分析仪.....16-64	
2.2 心电信号处理.....16-53	5.1 血气分析仪的原理.....16-64	
2.3 显示系统.....16-53	5.2 血气分析仪的主要性能.....16-64	
2.4 记录系统.....16-53	第7章 医用放射仪器	
	1 医用X线机.....16-65	

1.1 X线的性质和用途.....16-65	2.2 微电击.....16-70
1.2 X线机的分类与结构.....16-65	2.3 电烧伤.....16-70
1.3 X线机基本电路.....16-65	3 医用电气设备安全标准.....16-70
1.4 KB-500型医用X线机技术 指标.....16-66	3.1 医疗仪器结构型式.....16-70
1.5 诊断用X线机的系列与规格.....16-67	3.2 医疗仪器类别.....16-71
2 医用X线电视系统.....16-67	3.3 其他电气安全规定.....16-71
3 数字减影血管造影.....16-67	4 电气安全测试方法.....16-72
3.1 数字减影血管造影的应用.....16-67	4.1 试验用电源.....16-72
3.2 数字减影血管造影的原理.....16-67	4.2 电源连接及测量点的选择.....16-72
4 核医学仪器.....16-67	4.3 医疗仪器漏电流的测试.....16-72
4.1 闪烁扫描仪.....16-67	4.4 测试准备.....16-72
4.2 闪烁照相机.....16-68	4.5 仪器漏电流的测试.....16-72
4.3 放射治疗设备.....16-69	5 医院设备安全.....16-76
第8章 医疗仪器安全技术	
1 概述.....16-70	5.1 按照重要程度的医用房间配电.....16-76
2 电击.....16-70	5.2 医用接地.....16-76
2.1 电击类型.....16-70	5.3 医用不接地配电.....16-76
	5.4 后备电源.....16-77
	参考文献.....16-77

第1章 人体信息检测

1 概述

采用现代电子技术研究人体科学,在生物医学研究中占有重要地位。医学与电子技术相结合,形成新的学科——生物医学电子技术,或医用电子学(Medical-Electronics, ME)。ME不仅与医学、医疗有关,还与生物学有密切关系,于是又称其为生物医学工程(Biomedical Engineering, BME),或称为医学与生物学工程(Medical & Biological Engineering, MBE)。ME(或BME, MBE)是当今最活跃的交叉学科之一。

1.1 ME研究范围

由于现代科学技术发展和医疗保健需求,导致ME的研究范围相当广泛,如人体检测技术、生物材料技术、外界对生物体的作用、人体信息处理与医院、保健管理系统、医用图像分析、生物工程与

生物电等。

人体是个很复杂的有机体,除物理、化学现象外,还存在精神或心理,以及感觉等。借助生物电(如心电图、脑电图、肌电图以及神经电位等)和超声来检测人体生理信息,已成为当今医疗保健中经常使用的手段。

医疗电子技术主要介绍人体信息检测技术、常用诊断和治疗用电子仪器、监护与检验电子仪器,以及医疗仪器安全技术。

1.2 医学、医疗与电子计算机

现代医疗仪器的特点是:小型、自动化、数字化和系统化。由于使用微型计算机或各种单片微处理器,医疗仪器功能提高、造价降低。微型电子计算机在医学中的应用如表16.1-1所示,各种带电子计算机的医疗仪器见表16.1-2。

表16.1-1 微型电子计算机在医学中应用

项 目	应 用 实 例
诊断	计算机辅助诊断、疾病预后推断、检查数据处理、心电图自动分析、循环系统数据分析、心功能自动分析、胎儿多普勒信号分析
治疗	血液中药剂浓度预测、最优给药计划、放射治疗计划、营养疗法计划
医学图像处理	CT图像处理、热像图处理、X线照片分析、体表电位图分析、心脏动态三维图像处理、超声图像处理
病历	无病历患者数据检索、病历文件、手术记录、病历数据库
医学研究	各种统计数据处理、医学模拟与模型建立
医院管理	各种业务管理、考勤、会计、药房管理

表16.1-2 带电子计算机的医疗仪器

医疗仪器名称	应 用 举 例
诊断、检测仪器	心电图自动检测、分析装置,体表电位图检测装置,长时期心电图分析装置,脑电图分析装置,实时显示超声诊断装置、X线摄影装置、心导管检查数据处理装置、呼吸功能分析装置、自动生化分析装置
治疗仪器	放射治疗照射量计算装置、自动控制输液装置、各种人工脏器(人工肾除外)、电子功能刺激装置、生物反馈装置
监护仪器	心律不齐自动监护装置、重病监护装置、分娩监护装置、新生儿监护装置
医学图像仪器	超声波图像处理装置、CT图像处理装置、放射性同位素诊断装置、自动细胞诊断装置、白血球自动分类装置
医学教育仪器	计算机辅助医学教育装置、医学教育中各种模拟装置、医用机器人

2 医疗与电子技术

当前, 电子技术在现代生理学及医疗临床中的应用, 已日益广泛。可以认为, 电子技术对现代医疗是不可缺少的。没有现代电子技术的支援, 就不可能有高水平的医疗。

就医疗技术而言, 不仅与电子技术有关, 还与机械技术、化工技术、材料技术、信息技术等多种学科有关。于是出现一个新的学科, 它是医学、生物学与工程技术互相渗透的领域, 称为生物医学工程。现代医学研究或医疗技术广泛应用电子技术。诊断、化验和治疗中使用的心电图机、脑电图机、超声诊断仪和计算机断层摄影(Computerized Tomography, CT), 是医学中应用电子技术的典型。

2.1 人体生物电检测中的电子技术

人体生物电检测, 无论在生理研究或医学诊断中均占有重要地位。人体某一器官或组织的电现象的检测技术(如心电图、脑电图、肌电图等), 在本世纪初已开始应用于临床。现代电生理研究表明, 生物电现象不仅是细胞或器官机能活动的伴随物, 更重要的是细胞实现一些机能的关键或决定性因素。研究、记录人体生物电, 是了解各器官功能的基本途径之一, 它为疾病诊断和治疗提供了可靠依据。

人体生物电的特征是信号很微弱, 例如脑电图中电位最小仅为数微伏, 最大也只有数百毫伏, 频率范围又相当宽, 从直流电到10kHz。为此, 需要采用特殊的生物电放大器。

2.2 治疗中的电子技术

现代治疗技术中也广泛应用电子技术。采用电子技术获得不同频率、不同波形的电压或电流脉冲, 刺激人体的不同穴位, 治疗疼痛或恢复功能, 对某些常见病、多发病已取得较好疗效。利用电流作用于粘膜下组织, 使细胞电解, 组织变性、坏死, 使粘膜下层血管栓塞, 以达到治疗痔疮的目的。其优点是不用开刀, 每次治疗5~10min, 简单易行。

用微波照射人体, 利用电磁能量在组织内产生热效应, 促进机体血液循环, 可治疗多种疾病。微波产生的热效应, 主要集中在受辐射区的局部, 是一种定向性电磁波辐射疗法。人体内含大量水分, 水对微波能量的吸收较大, 经微波照射的部

位, 血液循环加快, 疗效显著。

生物反馈(Bio-feedback)是从外部施加信息以提高生物体功能。将生物体的生理信息(如脑电、心电、皮肤温度、血压、肌电等)检测出来, 经过处理后转换为可见(或可感觉的)信息(如光、声、振动等), 实时反馈给生物体, 达到控制某些生理功能的目的。生物反馈与电刺激不同, 电刺激是从体外对生物体施加刺激能量, 以直接控制某些生理功能。基本生物反馈系统包括传感器、放大器、信号处理器和信号显示(见图16-1-1)。传感器接受患者生理信号, 并将其转变成放大器的可测信号, 经放大后送入信号处理器。信号处理器的作用是滤去不需要的成分, 提取或识别有用的特征。最后用显示器把提取的特征变成可感受的声、光信号, 以便通过视觉(或其他感觉器官)感受或控制自己的心理或生理反应。

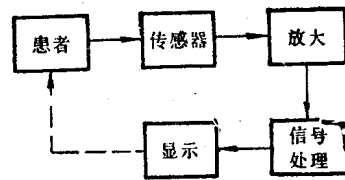


图16-1-1 生物反馈系统

生物反馈在理疗方面的应用分为: 神经肌肉的训练和张力控制。利用脑电图治疗失眠、癫痫、慢性痛; 利用肌电稳定精神, 以治疗心因性头痛; 利用血压生物反馈治疗高血压等, 均已进行相应探索。

放射性治疗在现代医疗中占重要地位, 它是癌症治疗(手术、化疗、放射治疗)的基本方法之一。放射疗法采用离子辐射, 如X线(或其他放射线)消灭癌组织。其中高能射线的产生, 以及放射线测量, 均需要依靠电子技术。

2.3 手术中的电子技术

以现代高新技术为基础的高难度手术, 使用各种手术仪器, 如手术显微镜、人工心肺机、辅助循环装置、带计算机的监护装置、激光手术装置、超声波手术装置、手术用内窥镜, 以及带麻醉的人工呼吸装置。总之, 手术中使用了各种以电子技术为基础的检测、诊断、治疗仪器, 表16-1-3列出手术中常用的电子仪器。

对手术室内使用的心电图机、脑电图机的灵敏度要求较高, 应能够检测1 μ V的人体生物电信号,

表16-1-3 手术中需要的电子仪器

应用目的	举 例
普通外科、特殊外科	脑电图机, 心电图机, 心音图机, 肌电图机, 呼吸机, 超声诊断仪, 血压传感器, 血液流量计(电磁流量计、超声流量计), 心输出量测定仪, 血液循测定装置, 电刺激装置, 房颤诱发装置, 除颤仪, 电凝器
监护	血液及气体分析装置, 多用生理记录仪, 数据记录仪, 心脏监护仪, 床边监护仪, 血液生化检测装置(pH检测、PCO ₂ 检测、PO ₂ 检测)、光电血氧仪
分析与检测仪表	气相色谱仪、电子示波器, 频率计, 电压、电流、电阻表, 波形分析装置, 医用数据处理装置
显示、照明、记录	电视无影灯, 频率磁带记录装置, 显微外科电视照相机
辅助设备	超声波洗涤装置, 电子灭菌装置

此外, 应对手术室内各种医疗仪器注意屏蔽和安安。

3 人体信息检测特点

医疗电子技术主要以人体为对象, 受生命现象的制约。这是与其他研究领域相比的特殊之处, 因而不能把工程科学方面的知识, 原样照搬用于医疗。人体信息检测依据的手段, 以电子技术为主。医疗中应用的电子技术, 通常具有下列特点。

(1) 由于人体通过神经系统或体液系统构成多种负反馈。当精神、感觉受到刺激, 人体状态会立即发生变化; 由于人体状态在随时变化, 缺乏再现性, 造成检测时测定值差异较大。

(2) 对安全要求高。使用医疗电子仪器时, 不允许存在电击或烫伤危险, 尤其是对于急救时使用的电子仪器, 应保证不发生故障, 必须具有充分的可靠性。

(3) 测定或治疗的对象(如心脏、肺、胃等), 很多均在体内; 除特殊情况外, 不允许对身体有损伤, 为此, 要求采用非观血方法, 从体外检测或治疗。

(4) 检测人体信息时, 勿使受试者感到痛苦; 受试者感到痛苦时, 生理或体态相应改变, 将导致检测结果严重失真。对于需要长时间检测时, 还要考虑到人体生物节律、新陈代谢过程的影响。

(5) 人体生物电检测易受干扰。人体肌肉和呼吸运动都能造成干扰。在人体信息检测中值得注意的是, 电磁干扰往往很大。因此, 设计检测仪器时应考虑到干扰这个因素, 应采取必要措施, 抑制噪声。特别是人体信息检测, 一般信号不仅微弱,

而且还是频率相当低的低频信号。因此, 医疗电子仪器的设计, 应注意消除电子电路工作状态随时间产生的漂移。

(6) 必须使用低噪声放大器。为了放大仅有数微伏的信号, 放大器所使用的元件, 如晶体管、电阻、电容等均应选用噪声很小的元器件。必须把放大器本身的噪声抑制在 $2\sim 3\mu\text{V}$ 以下。

(7) 对进入体内的医疗仪器或附件有排斥反应。

4 人体物理检测

4.1 目的与要求

人体物理检测的目的, 是为保健与医疗获取数据, 以便做出正确诊断, 或了解人体结构和功能。进行人体检测时必须了解检测对象的物理性质和生理功能。由于人体很复杂, 许多现象尚未弄清楚, 因此检测方法, 将随着对人们自身认识的不断深化而发展。

人体物理检测, 主要以电子技术为基础。把从人体获得的各种信号(或物理量)转变为电信号(或电学量)检测。检测到的电信号, 可以作为进一步处理的基础。检测到的信号或信息, 如不应用现代技术进行处理, 就无法获得预期的结果。检测与信息处理是密切关联的。

4.2 人体物理检测的种类

人体物理检测通常包括下列几种:

- (1) 心电与脑电现象;
- (2) 血压或血流;
- (3) 人体各部力和运动量。

人体检测使用的传感器和实例, 见表16-1-4。

表16-1-4 人体物理检测的种类及应用实例

检 测 对 象	变 换 原 理	应 用 实 例
温度 皮肤温度, 口腔温度, 直肠温度, 呼吸 气温, 胃内温度, 血液温度等	热电动势 热静电容 热敏电阻 热化学 热膨胀 半导体二极管	热电偶、热电堆 电容随温度改变 热敏电阻、铂电阻温度计 液晶 玻璃温度计、双金属温度计 PN结温度计
位移 心脏位置、运动, 肿瘤位置, 结石位置, 皮肤厚度, 皮下脂肪厚度, 胃肠运动, 血 管长度, 胸围, 瞳孔距离	电阻变化 磁阻变化 静电电容变化 感光变化 超声 X线 压敏电阻 电阻抗变化	电位器 差动变压器 调频调制 莫尔条纹、光电管、光敏二极管等 脉冲传导型、反射时间型超声仪 CT扫描 半导体应变仪 阻抗测定仪
速度 出血速度, 排尿速度, 内分泌速度, 脉搏 传播速度	位移微分 电磁法 多普勒效应	位移传感器输出信号微分 感应电动势 超声波或光量变化
加速度 眼振、振动, 呼吸加速度, 手脚运动加速 度, 血流加速度, 心肌运动加速度	速度微分 $F = ma$ 压电 电磁伸缩	速度传感器输出信号微分 由已知质量的物体运动测出力的大小 晶体、酒石酸钾钠、钛酸钡压电体 磁致伸缩振子
力	弹性变形 压敏电阻 压电	利用弹性系数的位移变换器 半导体压敏电阻元件 钛酸钡、酒石酸钾钠、强压电陶瓷
压力 血压, 颅内压, 胸内压, 胃内压, 血管内 压, 肌肉内压, 眼压, 咬合压, 子宫内 压, 膀胱内压, 食道压, 肠内压, 腹腔压	电阻 静电电容 压电 磁阻 感应 光学	电阻变化、半导体电阻变化 电容量变化 压电元件 差动变压器 电磁压力表 光反射
流量 血流、呼吸、吸气流量, 唾液流出量, 出 血量, 尿量	压力差 机械式 电阻抗 电磁 超声 光学	利用伯努利原理 转子流量计 流体电阻变化 感应电动势 脉冲时间方式、多普勒效应 激光多普勒、红外吸收变化
振动 心音, 声音, 呼吸音, 血管音, 柯氏音	电阻型 感应型 静电电容型 电磁感应型 压电 机械-光变换器	金属线应变, 半导体应变, 半导体拾音器 差动变压器 电容式微音器 可动线圈电感微音器 压电元件 光电变换
湿度	电阻型 电容型 电磁场型	电阻湿度计 电容湿度计 微波湿度计

(续)

检测对象	变换原理	应用实例
时间 知觉时间, 反应时间, 脉搏传播时间, 脉搏间隔, 呼气时间, 吸气时间	电子放电型 数字型 振荡电路型	计数器 利用各种变换器的计数器 计数器
电位、电位差 心电图, 脑电图, 肌电图, GSR, 视网膜电位图, 细胞电位	各种电极	皮肤电极, 针电极, 微电极 不锈钢电极
磁场 心磁图, 脑磁图, 肌磁图, 肺内粉尘分布, 消化器官内粉尘分布	磁测量 核磁共振 霍尔效应	SQUID磁通仪, 磁通量闸门 NMRCT 霍尔元件
阻抗 皮肤电反射(Galvanic skin response, GSR), 阻抗肺活量描记图, 心搏血量测定, 脑血流图(Rheoencephalography, REG)	电阻抗 声阻抗 机械阻抗	心理电流反射 (Psychogalvanic reflex, PGR) 血液粘稠度检测, 血管弹性超声CT, 多普勒血流仪 生物组织粘弹性检测

4.3 人体物理检测用传感器主要技术指标

几种人体物理检测用传感器的特性与主要技术指标见表16-1-5。

表16-1-5 人体物理检测传感器的主要技术指标

名称	型号	特征	主要性能
皮肤电极	TEU-03A	极化电压小, 可稳定检测生物电的小型皮肤电极。极化电压变化很小, 用于运动状态下检测也没有噪声, 长时间使用附着稳固、无基线漂移, 不受汗和潮气影响, 无论交流或微小直流电流流过时, 基线也不漂移, 装贴简单	偏置电压350 μ V以下, 电极阻抗100 Ω 以下, 极化电压(DC 0.1 μ A时) \pm 20 μ V以下, 偏置时基线摆动(稳定后)10 μ V以下, 直径20mm、厚度6mm、重量2g
GSR用电桥盒	MA-1002	用于检测因精神状态变化而引起的手掌汗腺阻抗改变	阻抗检测范围, 粗调0~100kHz, 10k Ω 分档, 微调0~10 Ω 连续可调, 电桥电压DC 4.5V, 校正电极阻抗变化率2%, 电源1.5 \times 3V
心音微音器	PM-05	微音器内带阻抗变换用晶体管电路, 直接传导型加速度心音微音器; 低阻抗使用, 灵敏度高, 小型轻量、机械强度高	频率特性20~600Hz, 灵敏度1V/g以上, 电源串联10k Ω , 供电14V, 用电容器分离交流信号, 尺寸 ϕ 2.8cm \times 1.8cm, 重量约40g
脉搏传感器	TY-303	使用双压电元件, 检测颈动脉波、颈静脉波、心尖搏动波等生理信号, 灵敏度高, 容易匹配	频率特性0.1~200Hz, 尺寸 ϕ 3.4cm \times 2.7cm, 重量70g
血压传感器	MPU-0.5A	使用电阻应变丝的高精度产品, 可用作标准血压传感器	检测范围-50~300mmHg ^① , 输出灵敏度约800 μ V/100mmHg/3V

① 1 mmHg = 133.322Pa。

5 生物化学检测

血液、尿、粪便、唾液、胃液等分析中, 使用各种不同的生物化学分析装置, 它属于临床检查仪

器的一部分。

医学中应用的化学分析装置很广泛。除普通工业用分析装置外, 还应用带计算机的数据处理装置, 见表16-1-6。

表16·1-6 生物化学检测的种类及应用实例

检 测 对 象	变 换 原 理	应 用 实 例
血液 红血球、白血球计数，血象分析，血型， 免疫，HB抗原	电极法 光电比色法 吸光度，吸收光谱 发射光谱法	敏感玻璃选择电极，薄膜电极 光电比色计，酶标光度计 分光光度计 火焰光度计
血气分析 pH值，二氧化碳分压 (P_{CO_2})，氧分压 (P_{O_2})，血浆二氧化碳总量 (T_{CO_2})，全 血血氧饱和度 ($O_2-S_{at}\%$)	电极 (玻璃电极、甘汞 电极、气敏电极)	pH 电极，二氧化碳电极，氧电极，血气分 析仪
尿 成分定性、半定量检查 (蛋白、葡萄糖、 pH值)	电极 (玻璃、甘汞电极) 离子选择电极	酸度计 离子分析仪