

● 三维医学图书

现代临床

医疗仪器


原理与应用



张锦

张立毅

主编



● 军事医学科学出版社

现代临床医疗仪器 原理与应用

总 编 郭 政

主 审 陈永信 杜永成 米振国

主 编 张 锦 张立毅

副主编 刘立明 刘四清 陈颖力

蓝安莉 赵学林 高景明

军事医学科学出版社

·北 京·

内容提要

本书较全面地介绍了心电图机、心脏起搏器、心电监护仪、脑电图机、超声诊断仪、医用计算机及CT、核磁共振成像、医用X线电视、听力检查仪、耳聋康复助听器、医用激光器、红外红探测与诊断仪、医用红外相机、医用遥测设备、血流量计等目前广泛应用的医疗仪器的原理及应用,阐述了人体生物电的产生与传播、医用传感器的工作原理、以及人耳的听力机理,分析了部分医疗仪器的故障产生原因等。在内容上注意了系统性、完整性和实用性,在叙述上力求简明扼要,通俗易懂。

本书可以作为高等院校和高等职业技术教育的教材使用,也可供从事医疗仪器使用和维修人员阅读参考。

* * *

图书在版编目(CIP)数据

现代临床医疗仪器原理与应用/张锦 张立毅主编.

—北京:军事医学科学出版社,2001.10

ISBN 7-80121-384-X/R·356

I.现… II.张… III.医疗器械—基本知识 IV.TH77

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第066136号

* *

军事医学科学出版社出版
(北京市太平路27号 邮政编码:100850)
新华书店总店北京发行所发行
潮河印刷厂印刷 春园装订厂装订

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:35 字数:864千字
2002年3月第1版 2002年3月第1次印刷
印数:1-3000册 定价:78.00元

(本社图书,凡有缺、损、倒、脱页者,本社发行部负责调换)

三维医学图书编辑委员会

总 编 郭 政

副 总 编 杜永成

常务副总编 王斌全

主 审 陈永信 杜永成 米振国

策 划 韩世范 贾林山

前 言

随着电子技术的飞速发展,它已日益渗透到了国民经济的各行各业之中,成为现代产业的倍增器,极大地促进了相关产业的发展。尤其是在医学领域,医用电子仪器的广泛使用,不仅大大改善了医学研究的手段,促进了医学研究的进程,而且提高了对疾病的诊断和治疗水平。目前,医用电子仪器的发展水平在一定程度上成为衡量当代医学发展水平的重要尺度之一。

本书是为适应现代医疗器械的发展而编写。共分十六章,分别介绍了心电图机、心脏起搏器、心电监护仪、脑电图机、超声诊断仪、医用计算机及CT、核磁共振成像、医用X线电视、听力检查仪、耳聋康复助听器、医用激光器、红外线探测与诊断仪、医用红外相机、医用遥测设备、血流量计等目前广泛应用的医疗器械的原理及应用。同时,还分析了人体生物电的产生与传播,医用传感器的工作原理,以及人耳的听力机理等等。

在本书的编写过程中,既注意了内容上的系统性、完整性和实用性,也考虑了叙述上的简明扼要,通俗易懂,尽量简化理论推导。力求将仪器的基本原理和临床应用相结合,并对部分仪器的故障产生原因进行了分析。

太原理工大学陈永信教授、山西医科大学杜永成教授和米振国教授认真审阅了全书,提出了很多宝贵的意见和建议。同时,在编写过程中,还得到许多同行专家的帮助和支持,在此一并致以深深的谢意。

本书第一章、第三章、第六章、第十四章、第十六章由张锦编写,第二章、第四章由刘四清编写,第五章由高景明编写,第七章、第八章、第十三章、第十五章由刘立明编写,第九章、第十章由陈颖力编写,第十一章由赵学林和刘立明共同编写,第十二章由蓝安莉编写,张立毅负责了本书的大纲编写和体系安排,并组织了编写工作。

由于医疗器械发展迅速,加之我们水平有限和编写时间仓促,书中难免会出现一些错误和不完善之处,恳请读者批评指正。

作 者

2001年8月于太原

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 现代临床医用电子仪器设备的一般原理.....	(1)
第二节 现代医用电子仪器设备的设计原则和技术指标.....	(6)
第二章 人体内的生物电	(9)
第一节 生物电现象.....	(9)
第二节 动作电位与刺激的关系.....	(15)
第三节 动作电位的传播.....	(18)
第四节 容积导体电场.....	(19)
第五节 电偶与容积导体中的电位.....	(21)
第六节 视网膜电图和眼电图.....	(22)
第七节 肌电图.....	(26)
第八节 耳蜗的生物电.....	(28)
第三章 医用传感器	(31)
第一节 交、直流电桥.....	(31)
第二节 环形相敏检波器.....	(39)
第三节 位移传感器.....	(41)
第四节 压电传感器.....	(54)
第五节 温度传感器.....	(57)
第四章 心电仪器	(67)
第一节 心脏的解剖及生理功能.....	(67)
第二节 心肌细胞和特殊心肌细胞的电生理.....	(69)
第三节 正常心律与异常心律.....	(80)
第四节 心电图的导联.....	(85)
第五节 心电向量环及其投影.....	(91)
第六节 心电向量图机.....	(94)
第七节 心电图机的组成.....	(99)
第八节 心脏起搏器.....	(116)
第九节 除颤器与心脏复律器.....	(134)
第十节 Holter 心电监护自动分析仪.....	(139)
第十一节 心电图的右脚驱动系统.....	(141)
第五章 脑电图机	(144)
第一节 概述.....	(144)
第二节 脑电图的电生理.....	(147)
第三节 导联方法.....	(151)
第四节 人脑诱发电位.....	(155)
第五节 脑电图机的组成.....	(157)

第六节	典型脑电图机电路分析	(161)
第七节	生物电极	(176)
第六章	医用超声诊断仪器	(186)
第一节	超声的物理特性	(186)
第二节	超声换能器	(195)
第三节	超声诊断仪	(200)
第四节	超声多普勒(Doppler)诊断仪	(213)
第五节	超声液面全息	(227)
第六节	超声显像的新技术	(231)
第七节	超声诊断仪的使用和维修	(237)
第七章	医用计算机和 CT 技术	(241)
第一节	小型机和微型机	(241)
第二节	数据处理的一般方法	(246)
第三节	心电图的自动识别	(255)
第四节	CT 技术的发展过程	(258)
第五节	CT 的原理及其组成	(259)
第六节	CT 机建像的数学基础	(264)
第七节	CT 系统的主要技术指标及其在医学中的应用	(271)
第八章	核磁共振成像设备	(273)
第一节	概述	(273)
第二节	核磁共振成像的基本知识	(274)
第三节	核磁共振成像设备的组成	(284)
第四节	各种磁场和噪声对 MRI 图像质量的影响	(287)
第五节	核磁共振成像设备的安装和临床应用	(288)
第九章	医用 X 线电视	(291)
第一节	医用 X 线电视的特点	(291)
第二节	X 射线	(292)
第三节	X 线影像增强管	(298)
第四节	XTV 系统	(300)
第五节	医用立体 X 线电视	(318)
第十章	人耳的听力	(324)
第一节	声音的物理特性及其生理属性	(324)
第二节	听觉的一般特性	(325)
第三节	声音的传导	(326)
第四节	内耳生理	(328)
第五节	耳蜗电生理	(336)
第六节	耳感觉装置的调节和耳蜗编码	(347)
第七节	听觉中枢生理	(350)
第八节	人体听觉系统声诱发电反应	(358)

第十一章 听力检查仪器	(360)
第一节 听力检查常用术语的基础知识.....	(360)
第二节 一般听力检查.....	(362)
第三节 电反应测听.....	(364)
第四节 声阻抗测听.....	(376)
第五节 听阈检查装置.....	(383)
第六节 自描听力计.....	(396)
第七节 阈上听力检查装置.....	(399)
第八节 儿童听力检查装置.....	(407)
第九节 诈聋(伪聋)和精神性聋的听力检查装置.....	(412)
第十节 语言测听装置.....	(413)
第十二章 耳聋与康复设备	(421)
第一节 耳聋的类型与测听.....	(421)
第二节 感音神经性聋的听力学定位.....	(427)
第三节 先天性聋和遗传性聋的诊断.....	(432)
第四节 耳的卫生与噪声性听力损伤.....	(435)
第五节 急性声损伤的特点、治疗与防护.....	(440)
第六节 助听器.....	(443)
第七节 佩戴助听器的效果测定.....	(457)
第八节 人工耳蜗.....	(460)
第九节 单导电子耳蜗.....	(467)
第十节 多导电子耳蜗.....	(472)
第十一节 人工耳蜗的临床效果和展望.....	(474)
第十二节 助听器和人工耳蜗的维修.....	(478)
第十三章 红外技术在医学上的应用	(482)
第一节 红外线的基础知识.....	(482)
第二节 红外线探测器.....	(484)
第三节 红外线摄影及红外诊断原理.....	(496)
第十四章 医用遥测	(506)
第一节 遥测的基本概念.....	(506)
第二节 医用遥测.....	(513)
第三节 心电遥测仪.....	(515)
第四节 颅内压的遥测.....	(521)
第十五章 医用激光器	(524)
第一节 医用激光的基础知识.....	(524)
第二节 医用激光器.....	(527)
第三节 激光辐射的生物效应和医用激光的临床应用.....	(534)
第十六章 血流量的测量	(537)
第一节 电磁血流量计.....	(537)

第二节	压力梯度技术.....	(541)
第三节	热量血流量计.....	(542)
第四节	指标剂稀释法.....	(543)

第一章 绪论

随着现代科学技术的飞速发展,一些新型的临床诊断治疗仪器和设备相继出现,极大地促进了医学的诊断、治疗、护理和基础研究工作。下面简要地介绍一下常用的现代临床医疗仪器和设备的原理及相应的技术指标。

第一节 现代临床医用电子仪器设备的一般原理

利用电子技术,可以把除了生物电以外的各种生理参数,借助医用传感器变成易于控制的电信号,通过放大、滤波、A/D 转换后进行显示和记录。这样就能比较方便地研究和观察生命过程的各种微妙变化,使得生命现象能够既客观又定量地显示和计算。

医用电子仪器和设备按其原理包括五个方面的内容:

(1) 计量机体组织参数——取得诊断数据。

(2) 电刺激对组织的效应——治疗方法。

(3) 各种射束的应用——诊断、治疗方法。

(4) 医用数据处理——自动诊断、治疗系统。

(5) 电子技术的直接应用——显示技术,遥测技术,自控技术,记录技术,光电子技术,低频技术及其他。

现将上述工作原理分述如下:

一、计量机体组织参数

由于人的机体是一个极为复杂的机构,通常临床诊断的数据较多,一般可分为物理量、生化量等几种形式。诸量都与生理状态有关,通过计量和比较彼此之间的变化,即可作为诊断的主要依据,也就是说,变成了医用诊断数据。这些数据除了生物电以外都是非电量,这可借助各种医用传感器变成易控制的电信号,然后再予以放大、滤波、A/D 转换、显示或记录。利用医用电子学的方法,机体的主要诊断数据基本上都可以很方便地获得。

一般诊断装置的简单原理图如图 1-1 所示,转换前的信号一般强度较弱,变化较慢,这是医用信号的特点,如表 1-1 所示。

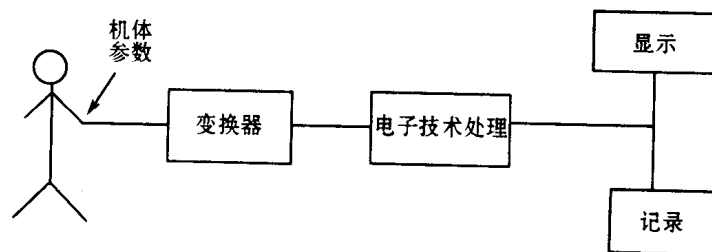


图 1-1 一般诊断装置的原理方框图

表 1-1 常用医用信号特点

机体参数	频带(Hz)	电压	阻抗
脑电(EEG)	0.5 ~ 70	10 μ V ~ 300 μ V	10 ~ 50 k Ω
肌电(EMG)	10 ~ 2000	10 μ V ~ 15 mV	1 ~ 10 k Ω
心电(ECG)	0.1 ~ 200	100 μ V ~ 2 mV	1 ~ 30 k Ω
视网膜电(ERG)	0 ~ 200	50 μ V ~ 1 mV	几十 k Ω
眼震电(ENG)	0 ~ 60	50 μ V ~ 1 mV	1 ~ 30 k Ω
眼电(EOG)	0 ~ 60	50 μ V ~ 1 mV	1 ~ 30 k Ω
皮电阻(GSR)	0.03 ~ 10	100 μ V ~ 5 mV	1 ~ 30 k Ω
细胞活动电	0 ~ 3000	数毫伏	20 M Ω

医用数据变换关系,如表 1-2 所示。

表 1-2 医用数据变换关系

数量形式 数据和转换	物理量						化学量
	压力	热	位移	声	时间	电	气体/液体
医 用 数 据	血压	皮肤温度	血流量	心音	脉搏率	心电	PCO ₂
	心内压	口腔温度	呼吸量	呼吸音	脉波传播 速度	脑电	CO ₂
	脑内压	肛门温度	尿量	血管音			
	膀胱压	血液温度	发汗量		血流速	肌电	PO ₂
	子宫压	胃液温度	房水量		神经传播 速度	神网膜电	N ₂
	眼球压	体温差	心震颤			眼震电	pH
	胸腔压					皮电阻	血氧饱 和度
	体液渗 透压					细胞活 动电	
转 换 方 式	电磁器件	热敏电阻	热敏电阻	压电器件	电器件	板电极	光电器件
	压电器件	热电偶	电磁器件	电磁器件	压电器件	针形电极	比电比色
	差动变 压器	红外器件	光电器件	变容器件	热敏器件	微电极	
	压敏电阻		压电器件		热电偶		
	变容器件						

一般医用电子技术诊断装置的用途和性能如表 1-3 所示。

通常一部分临床检验数据需要从组织取出标本进行化学、生化分析和形态观察。用现代医用电子技术的方法进行分析和观察可以做到又快又准。在分析方法上主要可归结为电化学法、光电法和光谱法。所用装置有光电比色计、分光光度计、自动比色分光光度计、质谱仪、色

谱仪、电子粘度计、电子恒温器等。

形态观察主要是用光学和电子光学方法,如光学显微镜、位相差显微镜、TV 电子显微镜等观察工具。

医用电子技术亦可用于血细胞自动计数和分类。

表 1-3 一般医用电子技术诊断装置的用途和性能

名称	用途	特点
心电图机	检查心脏功能	可连续观察心电波形、对心脏病有特殊的诊断意义
向量心电图机	检查心脏动态功能	可同时观察、测量心脏立体向量心电图
脑电图机	用于脑外科、神经外科、麻醉及生理研究	对诊断脑内病变有一定意义
肌电图机	用于检查运动神经	对诊断中枢神经系统、检查自发性肌肉活动有一定意义
眼电图机	检查视觉功能	辅助眼科疾病的诊断及公安审讯
皮肤电阻计	用于研究条件反射	
子宫电计	用于观察子宫收缩变化	可与分娩系统自控仪联用
细胞电位计	研究细胞兴奋传递	
胃电计	检查胃收缩机能	
血压计	观察血压连续变化	
血流量计	测量血流量、失血量	
体温计	测量机体各部位温度	精度达到 0.01℃
基础代谢计	测定甲状腺机能	
气体分析仪	测定呼吸、代谢机能	自动测定,可用于监控

二、电刺激对组织的效应

电刺激对活组织的作用是多方面的,电刺激活组织,将引起一系列物理化学变化,最后导致组织的生理变化。虽然机械的、化学的刺激也可产生治疗作用,但是电刺激容易控制,治疗比较方便。

从物理化学角度分析,通电子组织,其体液内将产生离子迁移(电解质导电),使离子浓度变化,伴有电泳、电渗等效应,从而改变生理状态过程。

使用不同频率持续期的电压、电流,或不同极性及波形的电刺激,其治疗作用也不一样。如用于兴奋、镇静、消炎、止痛、麻醉等。一般高频电刺激组织时,体液内离子引起回旋振动而生热,其电化效应甚微(例如各种高频治疗仪)。

应用高能量、高频电流通过机体生热原理可切开组织。由于水蒸气不能立即蒸发,组织就在其血清中凝固,封闭了毛细血管,构成了一种所谓不流血的手术刀。

电刺激也可使组织有节律地收缩,借以加强末梢神经的电冲动,提高神经细胞活力,利用加强心脏收缩的电脉冲,可改变心肌细胞的跨膜电位,提高细胞膜对钠离子的通透性而激发心

肌兴奋,维持心脏功能,如心脏起搏器。

当电刺激颤动的的心脏时,只要能在心肌收缩后的不应期前给予电刺激,就可恢复正常。例如心室纤维性颤动除颤器就具有这种功能。

传入神经的刺激,亦可用电来改变或抑制,例如中枢神经受到有节律地连续刺激时,即可产生抑制作用,如电子睡眠机。

利用一种感应电刺激横膈膜神经兴奋点,可使呼吸停止或衰竭病人按控制节律进行呼吸,如电子呼吸器就是利用这一原理制成的。

一般医用电子技术治疗装置的用途和特点如表 1-4 所示。

表 1-4 一般医用电子技术治疗装置的特点和用途

治疗装置名称	用途	特点
中波治疗机	治疗局部炎症和神经痛	电极和机体直接接触生热于表面组织,频率采用 1~3 MHz
短波治疗机	用于止痛	利用高频磁场在组织内部产生涡流而生热于深部组织,频率采用 3~330 MHz
超短波治疗机	用于止痛和伤口愈合	利用高频电场使组织内部离子振动而生热,其热量均匀,频率采用 3~300 MHz
微波治疗机	用于局部照射	波长在毫米波段,能量集中,热作用强
心脏起搏器	用于解除心房室传导阻滞	利用电脉冲刺激心肌纤维
除颤器	用于消除心室纤维性颤动	体内采用 150 V、14 mA、0.1~0.25 秒
高频手术刀	用作局部手术	利用高频生热切开组织
电子睡眠机	用于镇静、催眠	

三、几种射束的应用

利用电子技术可以产生不同性质和能量的医用射束,一般均指放射性较强的射线。

放射线照射组织可改变组织原生质,对细胞蛋白质产生电离作用,引起人体组织细胞一系列生理、生化变化,以致细胞死亡。属于电磁辐射的有:X 射线、 γ 射线。利用这种射线的穿透性以及生物效应的作用可进行治疗和诊断。

通常产生射线的装置有 X 射线发生器和各类加速器。

利用放射线诊断、治疗属于放射线医学研究的内容,它是医用电子学中应用较早的一门技术,医用的几种放射源属于核医学研究范围,但都涉及到电子学的方法。

表 1-5 和表 1-6 综合了几种常见的射束装置及其性能。

超声波技术用于医学领域较早,关于超声波技术的原理和应用,在第六章中将作专门叙述,这里不再提及。

四、医用数据处理

医用数据包括种类很多,例如诊断数据(心电图、心音图等模拟数据,血压、体温和脉搏等数字数据),医务管理数据(病历档案、营养配制、药剂配制、化验数据和财务管理),图像数据(望诊、X 线照片、显微镜下图像、同位素扫描图、细胞形态、指纹图、内窥镜图像、超声波图像和热成像等)和治疗数据。以上这些数据都可以利用医用电子学的方法进行分析、比较、统计,最后给出结论。

表 1-5 常见的射束装置

射线种类		性 质	
电 磁 辐 射	X 射线	超软 X 射线	2.5 ~ 0.62 埃 (5 ~ 20 kV)
		软 X 射线	0.62 ~ 0.12 埃 (20 ~ 100 kV)
		硬 X 射线	0.12 ~ 0.05 埃 (100 ~ 250 kV)
		超硬 X 射线	< 0.05 埃 (> 250 kV)
	γ 射线	波长 0.3 ~ 0.05 埃	穿透力比 X 线强
粒 子 辐 射	α 射线	穿透很小, 很少用于诊断和治疗	
	β 射线	一般用电子加速器产生, 穿透力强, 用于治疗	
	慢中子	0 ~ 0.5 eV	
	中中子	0.5 ~ 10 keV	
	快中子	10 MV ~ 10 MeV	
	高能中子	> 101 MeV	
质 子 介 子	由加速器或同位素产生, 辐射性能好, 易于控制		

表 1-6 常见的射束装置

射线产生装置	性 质
浅部 X 线装置	X 线 10 ~ 60 kV
深部 X 线装置	X 线 200 ~ 400 kV
远距离钴治疗装置	γ 线 ^{60}Co 平均 1.25 MeV
线性加速器	X 线 4 ~ 30 MeV
	e^- 4 ~ 30 MeV
电子回旋加速器	X 线 4 ~ 40 MeV
	e^- 4 ~ 40 MeV

一个完整的自动化系统, 实质上是数据处理过程, 在数学上利用高次方程, 微分方程, 统计计算和富氏分析等方法进行数据处理。在数据处理的过程中电子计算机是数据处理的核心理装置, 计算机不但能反映瞬时变化, 而且有快速逻辑功能, 能够完成数据处理的任任务。

五、电子技术的直接应用

在医学领域中直接地、广泛地引入常用的电子技术, 已经取得了许多成就, 现综合如表 1-7 所示, 供读者参考。

表 1-7 医学上常用的电子技术

种 类	内 容	应用范围
显示技术	利用电子学方法把医用信息以图像或数字形式显示,常用的有彩色电视显示、液晶显示、超声全息摄影显示、固体显示	病人监护、X线电视、显微电视、内诊电视、手术电视
遥测技术	利用有线或无线通讯技术传递医用信息	传递各种医用数据、为边远地区或宇航员服务
自控技术	利用电子技术,实现医学系统自动化	各种病人自动监护系统、自动诊疗系统以及人工器官
记录技术	记录医用信息、常用磁带记录自动笔记录	保存各种医用数据
光电技术	激光、全息摄影、紫外线技术、红外线技术和电子显微镜	治疗和诊断以及基础医学的研究
低频技术	低频医用信息的传递和转换	各种低频信号放大器
其他	电子致冷技术等	生物保存 局部凝固术

第二节 现代医用电子仪器设备的设计原则和技术指标

上一节曾经介绍了常见的医用电子仪器或装置的原理,在设计医用电子仪器时要考虑许多因素,有些因素来自主观的要求,有些因素是周围环境的影响。因而在设计时要遵循一些设计原则,并妥善处理,以满足临床上的需求。

一、医用电子仪器的一般设计原则

设计医用电子仪器必须遵循一般的设计原则,概括起来影响医用电子仪器设计的基本因素有四种:信号因素、环境因素、医用因素和经济因素。这些因素都是进行设计时必须考虑的基本原则。

1. 信号因素 首先要考虑利用医用传感器所获取的信号,或直接引出的生物电信号。信号的大小和相位,将直接影响仪器的灵敏度、量程、输入方式(差动的,或直接输入),仪器的瞬态特性的频率响应,仪器的精确度和线性度,以及仪器的可靠性等。因而对获取的生物电信号的大小和相位,其幅频特性和相位特性在设计仪器时应首先考虑。

2. 环境因素 即考虑仪器特定的使用环境所提出的技术要求。例如一个埋藏式起搏器,就要它的特定的体内环境的要求,决定它的安装尺寸和形状,决定仪器信号——噪声比(S/N)的大小,决定对仪器稳定性的要求(即周围环境温度、湿度、压强和加速度等对仪器稳定性的影响),同时也决定了仪器对所用电源的要求。显然,对埋藏式起搏器,应该采用比能量高、体积小、稳定可靠的锂电池较为适宜。

3. 医学因素 首先应该考虑仪器与人体间的作用方式,即从人体生理机能考虑,要设计成创伤性的,还是不允许设计成创伤性的,例如人体的某一部分,由于生理机能的要求,只允许设计成无创伤性的。例如一个埋藏式起搏器其参数的调整,就要求仪器设计成无创伤性的,否则用创伤方式进行参数调整,将给患者带来很大的痛苦。另外,要考虑传感器对人体组织界面的具体要求,要求所用材料无腐蚀性、无毒。再则,应考虑仪器具有一定的散热性能和抗辐射能

力,以及仪器的绝缘性能,保证仪器无论是在正常使用时,还是或出现故障的情况下,均能具有良好的绝缘性能,确保人身安全。

4.经济性 要考虑仪器的价格、使用寿命、仪器的可靠性和兼容性,提高其经济效益。

根据上述四个基本设计原则进行仪器初步设计和安装调试,然后再对仪器设计进行反复修正和调试,做出样机。样机做出后,还要进行一定时间的临床观察和运用,待性能指标均能达到设计要求时,即可申请有关技术部门进行鉴定,然后作小批量生产,直至批量生产。

二、医用电子仪器的一般技术指标

医用电子仪器的一般技术指标可分成五个部分进行考虑:传感器和输入电路部分、信号处理部分、输出部分、误差和可靠性部分以及其他技术指标。现分述如下:

(一)传感器和输入电路部分的技术指标

- (1)被测量的物理性质和状态;
- (2)输入形式是差动式,或是直接输入式;
- (3)输入信号的共模抑制比,即信号的差模增益和共模增益之比;
- (4)输入信号的变化范围;
- (5)最大允许输入信号的数值,即过载能力;
- (6)过载恢复时间,即在允许的最大输入信号下,仪器回到线性工作区所需要的时间;
- (7)灵敏度,即仪器单位输入量时其输出量的大小。对于调制式传感器还要考虑它的激励信号的数值;

(8)输入阻抗,此为广义的输入阻抗。即外加输入变量(电压、力、压强等)对相应变量(电流、速度、流量等)之比;

(9)传感器的形式和类型;

(10)瞬变响应时间,即考虑其瞬态特性;

(11)频变响应,即考虑其幅频特性和相频特性;

(12)调制式传感器的激励电压的幅值和频率;

(13)绝缘性能;

(14)实物尺寸;

(15)其他要求,例如传感器的机械强度,抗腐蚀性能等的技术要求。

(二)信号处理部分的技术指标

(1)信号处理的理论根据;

(2)补偿性能,即对信号转换进行非线性补偿;

(3)零漂抑制;

(4)滤波性能;

(5)数字接口的可能性。

(三)输出部分的技术指标

(1)输出量,即驱动显示装置的电压或电流的数值,它可能是数字量或模拟量;

(2)输出变化特性,即线性输出变化范围和输出饱和时的电平数值;

(3)输出功率;

(4)输出阻抗;

(5)描记速度;

(6)定时输出,对于非瞬时输出电路应考虑其时延,平均时间间隔以及采样显示时间间隔。

(四)误差和可靠性

(1)在不考虑误差来源的情况下,测量值与真值间的最大差值的大小即所谓误差。

(2)重复性;

(3)非线性;

(4)对于干扰信号的敏感性,即仪器对于直接控制的干扰输入对输入灵敏度的影响;

(5)噪声;

(6)信噪比;

(7)稳定度;

(8)工作寿命,在技术指标发生明显改变前的最短的持续或断续的工作时间;

(9)循环工作寿命,即在技术指标发生明显改变前的输出量变化(部分的或全部的)的最少次数;

(10)可靠性,两次故障之间的平均时间为可靠性的额定值;

(五)其他技术指标

(1)对电源的要求;

(2)电路保护环节;

(3)环境要求;

(4)机械部分和电气连接部分要具有兼容性;

(5)形状,结构材料,重量等要求。

上述五个部分的技术指标,对于全面评价一些医用电子仪器是完全必要的,但是对于特殊的医用电子仪器,还可能增加一些专门的技术指标。例如宇航医用电子仪器就要增加一些专门的技术指标,才能做出全面地、客观地评价。上述各项技术指标,彼此之间不是等价的,也有主次之分,对于一部具体的仪器设计,应根据总的设计原则,全面考虑,妥善调整各种参数的大小,最后使其满足技术指标的要求。