

● 师宇东 张裕民 张忠丽 编著

# 医用诊断 电子仪器与技术

(上册)

● 电子工业出版社

医用诊断电子仪器与技术

R311 R

S.

# 医用诊断电子仪器与技术

## 上册

师宇东 张裕民 张忠丽 编著

何少商 审校

电子工业出版社

## 内 容 简 介

本书(上册)系统地讲述了生物电和生理功能的诊断与监护仪器,包括心电图机、脑电图机、肌电图机和生理记录仪等等。书中将向读者展现出在我国医学领域中常用诊断电子仪器的一般概述、技术指标、工作原理、注意事项、使用方法和维修技术等,并适当地阐述了有关的电子技术知识。

本书可供医用电子仪器的使用医护人员、保养维修人员以及有关工程技术人员参考使用。

2008/02

### 医用诊断电子仪器与技术

(上册)

师宇东 张裕民 张忠丽 编著

责任编辑: 洋溢

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

香河谭庄印刷厂印刷

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: 21.375 插页: 6 字数: 518千字

1988年1月第1版 1988年1月第1次印刷

印数: 7200册 定价: 4.60元

统一书号: 15290·555

ISBN 7-5053-0183-7/TN94

## 前 言

近年来，随着电子技术的迅猛发展和医疗卫生事业的需要，电子技术越来越多地应用到医学领域。尤其是诊断电子技术，又成为这门学科的先导。医用电子技术已成为我国在这个领域里从事研究和工作的医务人员、工程技术人员迫切要求熟悉和掌握的重要内容。然而，目前有关这方面的书籍还很少。远不能满足广大读者学习的需要。本书力求系统地介绍我国各医院、疗养院、门诊部、卫生所以及其他卫生事业单位实际应用的诊断电子仪器和技术，希望能对各位读者有所裨益。

本书分成上、下两册。上册讲了生物电和生理功能的诊断与监护仪器，如心电图机、脑电图机、肌电图机和生理记录仪等。下册将向读者介绍对人体组织成分进行电子分析检验的仪器和对人体组织结构形态进行影象诊断的仪器等。本书将向读者展现出在我国医学领域中常用诊断电子仪器的一般概述、技术指标、工作原理、注意事项、使用方法和维修技术等，并适当阐述有关电子技术基础知识。本书希望能成为医用电子仪器使用的医护人员、保养维修人员、工程技术人员、相关专业的大中专学生和广大无线电技术爱好者手中有一定参考价值的工具书。

本书（上册）的第一、二、五章由沈阳军区大连第一疗养院的师宇东编写，第三、四章由大连工学院的张裕民编写，生物医学知识由北京协和医院的张忠丽编写。全书的统稿工作由师宇东完成。沈阳军区大连第一疗养院的王小虹、张文华、大连工学院的姜兆仁参加部分外文资料的整理、翻译工作。大连工学院的毛林娣绘制了本书的全部插图。海军四〇三医院的张勇平对本书作了文字润饰。全书的主要章节和内容由解放军总后卫生部药品仪器检验所副主任技师何少商审校，沈阳军区大连第一疗养院副主任军医吕国良审阅了生物医学部分。

在编写本书的过程中，得到不少同行的热情支持和关注，沈阳军区大连第一疗养院的领导和同志们提供了便利条件，在此一并感谢。

因水平有限，时间仓促，书中不妥及错误之处可能不少，希望读者批评指正。

编著者

一九八六年二月

# 目 录

## 前 言

### 第一章 概述..... 1

#### 第一节 人体系统..... 1

#### 第二节 人体系统的电子诊断..... 2

##### 一、干扰和噪声..... 2

##### 二、信号的摄取..... 3

##### 三、信息的分析与处理..... 3

##### 四、安全用电..... 3

#### 第三节 常用诊断电子仪器..... 4

### 第二章 心电图机..... 5

#### 第一节 心动电流和心电图的应用..... 5

##### 一、心电图诊断技术..... 5

###### (一)心动电流的产生..... 5

###### (二)心电图诊断技术..... 5

##### 二、心电图导联..... 6

###### (一)标准导联..... 7

###### (二)胸导联..... 7

###### (三)单极肢体加压导联..... 8

#### 第二节 心电图机的构造和原理..... 8

##### 一、心电图机的分类..... 8

###### (一)记录器的分类..... 9

###### (二)电路结构的分类..... 9

###### (三)供电方式的分类..... 9

###### (四)放大器导联的分类..... 10

###### (五)机器功能的分类..... 10

##### 二、心电图机简介..... 10

##### 三、心电图机的输入电路..... 10

###### (一)导联线和导联选择器..... 10

###### (二)除颤保护装置..... 11

###### (三)高频滤波电路..... 12

###### (四)缓冲放大电路..... 13

###### (五)屏蔽驱动电路..... 15

##### 四、心电图机的前置放大电路..... 15

###### (一)差动式放大器..... 16

###### (二)心电图机前置放大器的常用电路..... 18

###### (三)标准信号的注入和定标电路..... 23

###### (四)封闭电路(闭锁装置)..... 24

###### (五)浮动形式和斩波器电路..... 28

###### (六)50赫干扰抑制电路..... 31

##### 五、心电图机的主放大电路..... 32

###### (一)耦合电路..... 32

###### (二)电压放大电路..... 32

###### (三)负反馈网络..... 33

###### (四)阻尼电路..... 34

##### 六、心电图机的功率放大电路..... 35

###### (一)XDH-2型心电图机的功放电路..... 35

###### (二)ECG-2101型心电图机的 功放电路..... 39

##### 七、心电图机的记录器..... 44

###### (一)动圈式记录器..... 44

###### (二)动铁式记录器..... 46

###### (三)位置反馈记录器..... 47

##### 八、心电图机的电源电路..... 50

###### (一)交流稳压电源..... 50

###### (二)直流电池电源..... 51

###### (三)SC-511D直流电源装置..... 54

###### (四)SC-512E交流电源装置..... 54

###### (五)SC-513E交流/直流电源装置..... 55

##### 九、心电图机的走纸传导装置..... 58

###### (一)直流电动机..... 59

###### (二)交流同步电动机..... 60

###### (三)XD-4型心电图机的减速装置和 走纸机构..... 61

###### (四)7121型心电图机的减速装置和 走纸机构..... 62

###### (五)XDH-2型心电图机的走纸传 动调速电路..... 63

###### (六)ECG-2101型心电图机的走 纸传导装置..... 64

十、心电图机的几个特殊电路·····66	(一) 拆卸·····89
(一) XDH-2型心电图机的高压	(二) 测量·····90
稳压电源·····66	(三) 焊接·····90
(二) ECG-5151型心电图机的热	(四) 组装·····90
笔电路·····69	四、心电图机常见故障的排除举例··90
(三) ECG-5151型心电图机的耦	(一) 描记笔抖动·····90
合驱动电路·····70	(二) 基线漂移·····91
<b>第三节 心电图机的技术指标和</b>	(三) 线性度差·····91
<b>检测方法</b> ·····71	(四) 阻尼不适·····91
一、增益(灵敏度)·····71	(五) 热笔电路故障·····92
二、噪声和漂移·····72	<b>第六节 典型心电图机的介绍</b> ·····92
三、阻尼·····73	一、XDH-2型心电图机·····92
四、共模抑制比·····73	(一) 主要技术指标·····92
五、线性·····74	(二) 工作原理简介·····92
六、时间常数·····75	(三) 放大器各级工作参考电压·····96
七、频率响应特性·····76	(四) 校验·····97
八、记录速度·····78	(五) 常见故障的修理·····98
<b>第四节 心电图机的使用和保养</b> ·····79	二、ECG-2101型心电图机·····100
一、工作环境的选择·····79	(一) 主要技术指标·····100
二、电极的选择和处理·····79	(二) 心电图机面板机钮的作用·····101
(一) 皮肤准备·····79	(三) 工作原理简介·····102
(二) 极化电压·····80	(四) 常见故障的修理·····107
(三) 电极·····80	三、ECG-5151型心电图机·····110
三、心电图机的使用和保养·····81	(一) 主要技术指标·····110
(一) 使用时的注意事项·····81	(二) 本机特点·····111
(二) 使用中的常规检查·····82	(三) 使用注意事项·····111
(三) 电池的构造和保管·····83	(四) 工作原理简介·····114
(四) 异常波形的识别和处置·····83	(五) 调试·····120
(五) 常用元件的更换·····85	四、IE21型心电图机·····125
(六) 保管时的注意事项·····86	(一) 主要技术指标·····126
<b>第五节 心电图机的维修技术</b> ·····86	(二) 心电图机面板各部分的名称及
一、故障的判断方法·····87	作用·····126
(一) 调查方法·····87	(三) 记录心电图时常见伪差的排除··128
(二) 试验程序·····87	(四) 工作原理简介·····130
(三) 试验方法·····88	(五) 校准·····136
二、故障的维修原则·····89	(六) 故障排除·····136
(一) 局部故障的修理·····89	(七) 常用电子器件·····136
(二) 元器件的翻修·····89	五、DDX301型三导心电图机·····136
(三) 元器件的更换·····89	(一) 主要技术指标·····137
(四) 电路的调整·····89	(二) 本机特点·····138
三、检修时的注意事项·····89	(三) 工作原理简介·····138
	(四) 操作注意事项·····140

(五) 常见故障及可能原因.....	140	(二) 使用注意事项.....	202
六、EK-33型三导心电图机.....	140	(三) 工作原理简介.....	202
(一) 主要技术指标.....	140	(四) 电路原理方框图.....	202
(二) 面板各部分的名称及作用.....	141	附录三：模拟心电信号发生器.....	203
(三) 操作注意事项.....	142	(一) 工作原理简介.....	203
(四) 导联线和电极板的维护.....	142	(二) 注意事项.....	204
(五) 电池的使用与更换.....	143	(三) 各点波形.....	204
(六) 记录笔的更换.....	143	(四) 电路原理图.....	204
七、ECG-6151型心电图机.....	143	附录四：CH-I型心电图机	
(一) 主要技术指标.....	143	综合测试仪.....	204
(二) 特点简介.....	144	(一) 主要技术指标.....	204
(三) 中央处理机(CPU)接线图.....	145	(二) 工作原理简介.....	206
(四) 导联选择器接线图.....	145	(三) 注意事项.....	206
(五) ECG-6151型心电图机方框图及		(四) 电路方框图.....	206
流程图.....	145	<b>第三章 脑电图机</b> .....	208
八、KARTIZER-2000型诊断记录		<b>第一节 脑电和脑电图的应用</b> .....	208
卡式心电图分析机.....	145	一、脑电图诊断技术.....	208
(一) 主要技术指标.....	149	(一) 脑电的产生机理.....	208
(二) 工作原理简介.....	150	(二) 脑电图诊断技术.....	208
(三) 性能校验和功能选择.....	153	二、脑电图的导联.....	209
(四) 错误信息与显示.....	156	(一) 单极导联法.....	209
(五) 控制程序和分析程序.....	158	(二) 双极导联法.....	210
(六) 故障的发现与检查方法.....	158	<b>第二节 脑电图机的构造和原理</b> .....	210
(七) 机器的拆装.....	160	一、脑电图机的分类.....	210
(八) 调试与检测.....	164	二、脑电图机的结构.....	211
九、ECG-5403型三导自动操作心		三、脑电图机的输入电路.....	211
电图机.....	167	(一) 电极盒.....	211
(一) 主要技术指标.....	168	(二) 电极选择器(导联选择器).....	211
(二) 面板各部分的名称及作用.....	169	(三) 电极电阻测定装置.....	214
(三) 操作方法.....	171	(四) 标准电压信号发生装置.....	215
(四) 工作原理简介.....	173	四、放大电路与调节网络.....	216
(五) 调试.....	184	(一) 前置放大电路.....	216
十、XX-2型心电向量图机.....	186	(二) 增益调节器.....	218
(一) 主要技术指标.....	187	(三) 时间常数调节器.....	219
(二) 工作原理简介.....	187	(四) 高频滤波器.....	219
(三) 常见故障及其排除.....	190	(五) 干扰抑制电路.....	220
附录一：XB-2B型心电示波器.....	192	(六) 后级电压放大电路.....	221
(一) 主要技术指标.....	193	(七) 功率放大电路.....	222
(二) 工作原理简介.....	193	五、记录装置.....	224
(三) 注意事项.....	201	(一) 记录笔(描记笔).....	224
附录二：XBJ-2型心电示波记录仪.....	201	(二) 记录电流计.....	225
(一) 主要技术指标.....	201		

六、时标电路	225	(一) 机器左侧面	246
(一) 16赫兹正弦波振荡器	226	(二) 正面面板	246
(二) 整形电路	226	(三) 机器的右侧面	247
(三) 分频电路	228	三、使用方法和注意事项	248
(四) 与门电路	232	(一) 记录纸的安放	248
(五) 或门电路	233	(二) 灌注墨水	248
(六) 导联标记记录器的驱动电路	236	(三) 检查仪器的连接情况	248
七、供电电源	236	(四) 面板上各个旋钮应处的位置	248
(一) $\pm 12$ 伏稳压电源	237	(五) 通电步骤	248
(二) $-10$ 伏稳压电源	239	(六) 记录工作	249
(三) $+150$ 伏稳压电源	240	<b>第五节 脑电图机的常见故障和维修</b>	
(四) $+20$ 伏稳压电源	240	<b>技术</b>	249
<b>第三节 脑电图机的技术指标和检测方法</b>		一、常见故障及其排除	249
<b>方法</b>	240	(一) 放大单元常见故障	249
一、脑电图机的主要技术指标	240	(二) 电源单元常见故障	250
(一) ND-82B型脑电图机主要技术指标	240	(三) 时标单元常见故障	250
(二) 日本电气三荣1A91/1A92脑电图机主要技术指标	241	(四) 整机常见故障	250
二、主要技术指标的检测方法	241	二、ND-82B脑电图机的工作数据	251
(一) 最大灵敏度	241	<b>第六节 JH-2型脑电图机简介</b>	252
(二) 噪声电平	241	一、放大电路全部采用电子管作放大元件	252
(三) 时间常数	242	二、只有手动定标, 无有自动标定	254
(四) 滤波	242	三、测量共模抑制比的平衡信号采用直流电压	254
(五) 频率响应和阻尼	242	四、以直流电源作为皮肤电阻测试的电源	254
(六) 共模抑制比	243	五、五种固定导联, 各导联无标记	254
(七) 最大偏转幅度及线性	243	六、时标信号记录笔由接触开关控制	255
(八) 小讯号响应	243	<b>第四章 肌电图机</b>	256
(九) 放大器的对称性	243	<b>第一节 肌电和肌电图的应用</b>	256
(十) 电源稳定度	244	一、肌电的产生机理	256
(十一) 走纸速度	244	(一) 运动单位的概念	256
<b>第四节 脑电图机的使用方法和注意事项</b>	244	(二) 肌电位的形成过程	256
<b>事项</b>	244	(三) 肌电图	256
一、脑电图机的校正方法	244	(四) 潜伏期和传导时间	257
(一) 零位校正	244	(五) 传导速度	257
(二) 后级平衡校正	244		
(三) 前级平衡校正	245		
(四) 记录笔的校正	245		
(五) 振荡器振荡频率的校正	245		
(六) 稳压电源电压校正	245		
二、ND-82B型脑电图机各种控制器在面板上的位置	245		



二、肌电图的测试	257	三、电源单元	279
(一) 电极	257	<b>第四节 肌电图机常见故障</b>	
(二) 肌电图的测试	258	<b>和维修技术</b>	281
<b>第二节 肌电图机的构造和原理</b>	258	一、开启电源开关, 指示灯不亮,	
一、肌电图机的结构	258	机器不工作	281
二、放大器与监听器	258	二、示波管不亮	281
(一) 对肌电放大器的要求	258	三、示波器 Y 轴不移位	
(二) 前级放大电路	259	或偏向一方	281
(三) 频率选择与增益选择	259	四、X 轴不扫描	282
(四) 中间放大级	260	(一) 缺少触发信号	282
(五) 干扰抑制器	260	(二) 扫描发生器不工作	282
(六) 后级放大电路	260	(三) 放大器出了毛病	282
(七) 监听放大器	260	(四) 缺少增辉脉冲	282
三、扫描发生器	261	五、扫描线太长或太短	282
(一) 触发信号整形电路	262	六、刺激无输出	282
(二) 双稳态触发器	262	七、计数器数字不亮	282
(三) 锯齿波发生器	262	八、传导计时不准确	283
(四) 锯齿波输出级	264	九、监听器无声	283
四、刺激器	264	十、50 赫兹干扰明显增强	283
(一) 各种信号发生器	264	(一) 电极线、接地线接触不良或有	
(二) 整形电路与延时电路	267	断线	283
(三) 刺激波形成电路	268	(二) 放大器稳压电源性能变坏	283
(四) 第一光点形成电路(固定光点)	268	(三) 前级放大器元件损坏或不平衡	283
(五) 第二光点形成电路(移动光点)	268	(四) 病人靠近干扰源	283
五、计时器(传导时间计数器)	268	<b>第五章 生理记录仪</b>	284
(一) 输入脉冲宽度转换	270	<b>第一节 医用换能器</b>	284
(二) 输入脉冲控制门	270	一、医用换能器的特点	284
(三) 计数器与显示	272	(一) 灵敏度	284
(四) 振荡器与分频器	274	(二) 信噪比	284
六、电源	276	(三) 线性	284
七、示波器与自动照相机	276	(四) 频率特性	284
<b>第三节 肌电图机的使用方法和注意</b>		(五) 稳定性	284
<b>事项</b>	277	(六) 其它特点	284
一、示波部分	277	二、医用换能器的种类	285
(一) 双线示波器	277	(一) 光电池	285
(二) 扫描部分	277	(二) 光电管	285
(三) 刺激器部分	278	(三) 压电换能器	285
(四) 照相机部分	278	(四) 电磁感应拾音器	285
二、放大单元	279	(五) 驻极体换能器	286
(一) 放大通道	279	(六) 光敏电阻	286
(二) 监听单元	279	(七) 应变电阻器件	286

三、使用医用换能器的注意事项···	286	(三) 调整笔温·····	296
<b>第二节 PSC-3004型多导(心电心音)</b>		(四) 检测心音图(PCG)放大器最	
<b>记录仪</b> ·····	287	大增益·····	297
一、主要技术指标·····	287	(五) 检测心电图(ECG)交流哼声	
(一) 心电图通道部分·····	287	滤波器性能·····	297
(二) 心音图通道部分·····	287	<b>第三节 SJ-41型生理记录仪</b> ·····	297
二、使用注意事项·····	288	一、主机技术指标·····	297
(一) 安装机器前的注意事项·····	288	二、整机简介·····	298
(二) 使用机器前的注意事项·····	288	三、缓冲放大器·····	298
(三) 使用过程中的注意事项·····	288	四、心电、脑电放大器·····	299
(四) 使用结束后的注意事项·····	288	(一) 主要技术指标·····	299
三、工作原理简介·····	289	(二) 工作原理简介·····	299
(一) 病人选择器·····	290	五、心音放大器·····	299
(二) 缓冲放大器·····	290	(一) 主要技术指标·····	299
(三) 威尔逊网络和导联选择器·····	291	(二) 换能器·····	299
(四) 放大器·····	291	(三) 工作原理简介·····	300
(五) 功率放大器·····	291	六、压力放大器·····	300
(六) 速度选择器·····	293	(一) 主要技术指标·····	300
(七) 笔温控制器·····	293	(二) 换能器·····	300
(八) 电源·····	293	(三) 工作原理简介·····	301
(九) 心音图(PCG)放大器·····	293	七、主放大器·····	301
四、记录笔的更换·····	296	(一) 主要技术指标·····	301
(一) 更换方法·····	296	(二) 工作原理简介·····	301
(二) 压力的测试和调整·····	296	八、示波器显示电路·····	302
(三) 方向的调解·····	296	(一) 主要技术指标·····	302
五、检测和调整·····	296	(二) 工作原理简介·····	302
(一) 检测绝缘电阻·····	296	九、墨水式记录笔的使用与调整···	308
(二) 检测机内工作电压·····	296		

# 第一章 概 述

## 第一节 人体系统

人体包括神经系统，感觉器官，运动系统，内脏系统，脉管系统和内分泌系统。

人体的神经系统分为中枢神经(脑、脊髓)和由中枢发出遍布全身组织器官的周围神经。

中枢神经在功能上可分为大脑、间脑、中脑、脑桥、延髓、小脑等部分。周围神经从形态上可分为由脑发出的脑神经和由脊髓发出的脊髓神经；从功能上可分为掌管运动和感觉功能的躯体神经系统和掌管循环和呼吸等自主性功能的植物神经系统。躯体神经系统又可分为由中枢向效应器(骨骼肌)传送兴奋的传出神经，即运动神经；和由感受器(肌梭、皮肤感受器)向中枢传送兴奋的传入神经，即感觉神经。植物神经系统是由胸、腰部脊髓发出的交感神经和由脑、骶髓发出的副交感神经组成。交感神经和副交感神经的作用是相互拮抗而又相互协调统一，从而保持组织器官活动及维持机体平衡。

运动系统由骨、骨连结和肌肉(骨骼肌)三部分组成。它们分布于人体各部，决定人体的基本形态。全身各骨借骨连结构成骨骺，肌肉附着于骨骺上，三者和功能上互相协调，共同完成各种动作。

人体的运动系统是由神经控制肌肉使之进行复杂运动的。运动大致可分为随意运动和反射运动两种。随意运动是按人的意志进行的运动，由大脑皮层控制。反射运动与意志无关，是由各种感觉神经得来的信息在中枢神经系统内传送到运动神经而产生的。反射运动可以分为反射中枢在脊髓上的脊髓反射和反射中枢在脑干上的高级反射(姿势反射等)。除脑干外，小脑和大脑基底核也和高级反射有关。

脉管系统包括心血管系统和淋巴系统。

心血管系统由心脏、动脉、静脉和毛细血管组成。这是一个密闭的管道系统，心脏是连接动脉和静脉的枢纽，是血液循环的动力器官。血液借助心脏的节律性搏动和血管的舒缩活动，从心脏经动脉主干及各级动脉分支至全身毛细血管，使血液与组织进行物质交换，然后毛细血管汇成静脉返回心脏。周而复始，形成血液循环。血液循环的功能不是孤立完成的，它受神经系统的控制与调节，在体内其它系统器官的参与下才能完成。

淋巴系统是静脉系的辅助部分，由淋巴管、淋巴器官(淋巴结、胸腺等)和淋巴组织组成。它主要协助组织液的回流。淋巴器官和淋巴组织具有造血、防御等功能。

内脏系统包括消化、呼吸、泌尿和生殖四个系统，执行消化、呼吸、泌尿和生殖的功能。在内脏系统中，有些器官还具有内分泌功能，产生不同激素，参予体内调节系统的组成。内脏各器官按基本构造，可分为两大类。胃、肠、气管、膀胱等，称为中空性器官；肝、胰、肾、性腺等，称为实质性器官。

内分泌腺由全身不同部位的内分泌器官和内分泌组织组成。内分泌腺所分泌的活性物质被称为激素。内分泌器官独立存在，肉眼可见。如脑垂体，甲状腺、肾上腺等。内分泌组织分散于外分泌腺组织之间，与其共同组成混合腺器官；或分散在其它器官内。内分泌腺是人

体内一个重要的功能调节系统，它以体液的形式参予，成为人体内维持与调节机体正常活动的重要组成部分。

感觉器官由感受器及其附属结构组成。它能接受特定的刺激，并将刺激转化为冲动，通过特殊传导路传至大脑皮质的一定功能区，经综合分析而产生相应的感觉。感觉器官包括眼、耳、鼻、舌和皮肤等。

前面提到的各个系统也并不是割裂开来的，这些系统是一个统一的有机体，相互之间保持着有机的联系，维持生命。了解人体系统，明了人体中各个系统互相联系的总体系统的整体性活动，弄清楚人体系统和工程中所说的系统的区别，对学习和研究诊断电子技术是有益处的。譬如，人体系统对外界的意外干扰反应是稳定的，对系统内参数变化的灵敏度很低，这是由于人体系统在进行控制当中存在着负反馈机制造成的。与工程中的系统不同，生物体很少是以一个变量来控制被控对象的，而往往是各自存在促进的器官和抑制的器官，两者协调支配一个系统，构成负反馈机制，这也称作双重支配。交感神经和副交感神经持续的而且互相拮抗的支配就是一个典型例子。同时，人体中常见的功能是由上一级环路对下一级负反馈环路进行着高次控制，形成了控制的多重层次性。此外，人体还存在着适应性、非线性等。通过对人体系统的了解和研究，对掌握人体系统的电子诊断，是很有帮助的。

## 第二节 人体系统的电子诊断

对人体系统进行电子诊断的主要目的是通过电子诊断技术，获取被查体中的各种信息数据和图象，与正常人的数据和图象进行比较分析，以判断被查体的组织结构、生理功能是否正常，并分析出疾病的原因。

根据对人体系统电子诊断的参数和项目的不同，其电子诊断方式也是不同的。如对生物电参数和波形的诊断是直接摄取电信号的检测方式；对音频、压力、阻力、速率、温度和组织的化学成分和含量等生理功能的诊断是先将其转换为电信号的间接检测方式；对组织结构性质和形态的诊断往往是通过一种在人体组织中具有穿透吸收性、反射性、磁共振性的物质进行检测和描绘的方式。

电子诊断仪器不论是对人体生物电的直接测量和生理功能的换能测量，或是利用一种物质性能对人体组织结构进行测量，它都与电子工程上的一般电子测量是有区别的。因为检测诊断对象——人体是一个有机体和活动体，个体之间的差异性较大。因此要求电子诊断仪器能适应在动态情况下进行检测；能够从多方面来解释所测得的数据；对人体噪声和人体感应到的交流噪声必须加以抑制，能真实无畸变地将生理信号波形和图象描记下来进行诊断；电子诊断时必须对人体无损害，同时要防止病人感觉痛苦或引起生理上的反射；等等。这些都对诊断仪器提出更严格的技术要求。

那么，对人体系统进行电子诊断时，主要应该注意哪些问题呢？

### 一、干扰和噪声

干扰和噪声可以影响电子诊断的结果，严重时，电子诊断仪器甚至无法工作。

外界干扰主要有人体周围的高压电源与人体通过静电耦合产生的干扰；大电流电路与人体通过电磁耦合产生的干扰；噪声电流流过人体产生电压降以后引起的阻抗耦合干扰。

内部噪声主要有电子诊断仪器电路的各种噪声。

消除干扰和噪声的主要措施是采用正确的屏蔽，如磁屏蔽、静电屏蔽、电磁屏蔽等；合理的接地；选用低噪声元器件和差动式放大器的电路形式或采用滤波装置，将噪声或干扰加以适当地滤除，不过这样，与噪声或干扰相同频带的信号成分也会受到影响，信号的振幅和相位会发生改变。

## 二、信号的摄取

电子诊断的内容不同，摄取信号的方式也不同。直接摄取人体电信号时，需要采用电极，也称作导引电极；摄取人体的非电量信号时，则需要采用换能器（传感器）。

常用电极有体表电极（包括金属板电极、吸附电极、悬浮电极等），体内电极（包括针电极、同轴电极、胎儿电极、埋藏电极等），组织深部电极（包括金属微电极、玻璃微电极等），检用电极（包括参比电极、离子选择电极等）等。

常用换能器有利用压电效应、热电效应、光电效应等各种物理效应的换能器（包括光电换能器、热电偶、压电换能器、电磁感应拾音器等）和利用形变效应的机械换能器（包括力敏电阻、电容式压力换能器、差动变压器式换能器等）等。

有关常用电极和换能器的性能、使用方法和注意事项等将在以后的章节中述及。

## 三、信息的分析与处理

人体的各种电信号可由电极取出，各种非电量信号的生理参数可由各种换能器转换成相应的电信号，这些微小的电信号经过放大器放大以后，通过显示器显示或记录器记录，供医务人员诊断和研究。因此，信息的分析与处理是电子诊断的最终一步。

常用的显示和记录装置有描笔式记录器，示波管显示装置，磁带记录器和数字式显示装置（包括辉光数码管、荧光数码管、液晶显示器、发光二极管显示器等）等。

随着计算机在医学上的应用，使得人体信息的分析与处理速度大大加快，精度显著提高。

危重病人的监护也可以实行计算机控制，患者病情异常时，计算机控制的监护设备能够及时报警，自动记录，快速处理。

X射线计算机断层技术（简称X-CT）是计算机在图象处理技术中应用的一个重要方面。将计算机技术与临床经验相结合，充分利用透视X射线所获得的全部信息，灵敏度高，图象清晰，是对软组织X线检查的最新技术。

计算机控制的心电图机是将心电信号放大以后，通过模数(A/D)转换成一系列数字信号送入计算机，与内存的正常心电图和各种异常心电图进行比较，经过分析处理得到结果，以数字形式打印输出供分析研究。同时，经过数模转换(D/A)，将诊断分析的波形(图象)描记(显示)在记录纸(显示器)上。

随着计算机技术的迅速发展，信息的分析与处理将高度自动化、智能化。

## 四、安全用电

人体是一个非常复杂的导体，干燥皮肤的阻抗可达几百千欧，肢体间的阻抗则约为几百欧。当人体触摸到外部电压时，要受到电击。无论是电流经过皮肤流进体内，再流出体外造成的强电击，还是电流直接进入脏器（主要指心脏组织）引起的微电击，都会对生命造成威

胁。一般情况下，微电击的安全值为10微安，50赫兹的交流电流过人体约100毫安就会引起心室纤颤，危及生命。因此，应用电子诊断仪器时，一定要做到安全用电。这包括安全用电的技术措施以及操作者、被测试者起码应该具备的安全用电的常识。

做到安全用电应该注意哪些问题呢？

首先，电子诊察室内应有接地良好、可靠的地线，医用断诊电子设备一定要妥善接地。

电源布线要正确、合理，输入电源应设保险熔断装置。

电子设备对电路要施行绝缘隔离。

电子设备可以采用浮地技术，低电压供电技术。

电子设备应保持清洁和干燥。

被测试者在诊察过程中应该对地绝缘，不触摸金属、铁床等。

### 第三节 常用诊断电子仪器

常用诊断电子仪器的临床应用是从本世纪初开始的，以后随着科学技术和电子工程的发展而有了很大发展，医学界的诊断手段和水平也更加依赖于医用电子仪器。目前，电子诊断仪器已发展到智能化、精密化、自动化，品种非常繁多，应用非常广泛。归纳起来，诊断电子仪器不外可分为：生物电诊断与监护仪器（如心电图机、脑电图机、肌电图机等），生理功能诊断与监护仪器（如血压、血流、呼吸、脉搏、耳听力、肺功能仪等），人体组织成分的电子分析检验仪器（如血球计数、生化分析、血液气体分析仪等），以人体组织结构形态的影象诊断仪器（如超声波诊断、X线CT、MR-CT、E-CT、电子内窥镜等）。

本书向读者介绍的主要是一些常用生物电诊断仪、临床生化分析检验仪和部分医学影象诊断仪等。这些都是目前国内各医院、疗养院、门诊部以及各种医疗保健单位广泛使用的诊断电子仪器。

## 第二章 心电图机

### 第一节 心动电流和心电图的应用

#### 一、心电图诊断技术

##### (一) 心动电流的产生

心脏是人体中血液循环的动力器官。心脏有节律地舒缩，将血液射入动脉及流向全身，不断地循环，从而保证身体组织器官的血液供给。

心脏在收缩舒张（即机械活动）之前，心肌首先发生激动。在激动的过程中，进行了相应的电活动，产生微弱的生物电流。正常情况下，心肌细胞在休息状态时，细胞内的电位为 $-80 \sim -90$ 毫伏，心肌细胞活动时，电位迅速增高，可达到 $+30 \sim +40$ 毫伏，当细胞活动静止下来时，电位又逐渐降低，直至恢复到以前休息状态时那样。也就是说，心电信号是毫伏量级的微弱的电信号。

心肌在激动时产生的生物电流自心脏向身体的各个部位传导。由于身体各部分组织的不同，各部分和心脏间的距离不同，所以心电信号在身体表面的不同部位，表现出不同的电位变化。通过电极板、导联线将体表上各部位之间的变化电位取出，用心电放大器加以放大，用记录器描记下来这些变化着的图形，就得到了心电图。根据记录出来的心动电流的变化图形，就可以诊断出心脏各部分的生理及病理情况。

心脏是由特殊的心肌组织构成的，心脏的搏动具有自发能力。正常发生每一次心跳的激动起源于右心房上壁一小块称作窦房结的特殊组织。窦房结是心脏搏动的第一节奏点。窦房结的激动经前、中、后结间束先后传到右心房与左心房，引起心房的收缩，然后抵达心房与心室交界处的另一块特殊组织，即房室结。再由房室结通过房室束的左、右束和浦氏纤维传到心室，引起心室的激动。心脏的传导系统图解见图2-1-1。

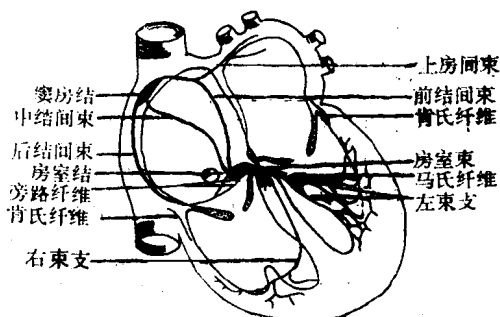


图2-1-1 心脏传导系统图解

##### (二) 心电图诊断技术

典型的心动电流图形是由P、Q、R、S、T、U波及P-R间期、S-T段、Q-T间期等组成。典型心电图如图2-1-2所示。

描记心电图波形时，一般都用一种划有格子的图纸来进行。图中的横坐标代表时间，当走纸速度为25毫米/秒时，每一个小格代表0.04秒，25个小格代表1秒，用较粗的一条竖线标

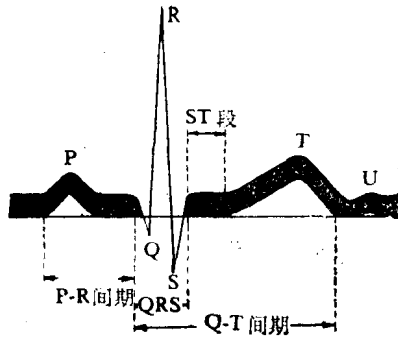


图2-1-2 典型心电图波形

示。纵坐标代表电压的幅度，每个小格间距为1毫米，灵敏度选取的不同，纵标高度代表的电压也不同。选用10毫米/毫伏的灵敏度（标准灵敏度）时，10个小格的高度代表1毫伏的电压。当选用5毫米/毫伏的灵敏度时，10个小格的高度就代表2毫伏的电压。

心电图波形中，P波代表心房肌激动过程中的电位变化，称为心房激动波。正常P波的宽度不超过0.11秒，幅度不超过2.5毫米（灵敏度定在10毫米/毫伏）。

Q、R、S三个波一般称作QRS波群，它代表全部心室肌除极过程的电位变化。整个QRS波群的宽度称为QRS时限，正常人最长不超过0.10秒。

T波代表心室肌复极时的电位变化。在以R波为主的心电图上，T波不应低于R波的1/10。

P-R间期是指从P波起点到QRS波群起点相隔的时间。P-R间期随着年龄的增加有增长的趋势，成人的正常范围在0.12秒至0.20秒之间。

S-T段指的是从QRS波群的终点到T波起点的一段。正常人S-T段的水平位置是接近基线的，与基线间的垂直距离一般不超过0.5毫米。

Q-T间期是从QRS波群开始到T波终结相隔的时间，它代表心室肌除极和复极的全部过程。正常情况下，Q-T间期的时间不大于0.40秒。

有时心电图可出现U波，它代表心室肌激动的“激后电位”变化，正常人的U波是很小的。

正常人体心电图波的形态、幅值、时间间隔都有一定的范围，根据记录的心电图波形，可以作为临床检查心脏状况的重要依据资料。对电解质紊乱、某些药物中毒等也具有重要参考价值。当前，心电图得到了越来越普遍的应用。

## 二、心电图导联

将两个电极置于人体表面上不同的两点，通过导线与心电图机相连，就可以描出一系列心电图形波。测定心动电流时电极安放的位置及导线与心电图机放大器的连接方式，叫作心电图的导联。心电图是通过多个导联而得出的体表电位差的不同时间的记录。临床诊断上，为便于统一比较，对常用的导联作出了严格的规定。为使得描记出的心电图波形更加明显易读，有时电极还接入加权电阻或放大器。

目前，临床诊断上常用的导联指的是标准导联(用I、II、III表示)，单极肢体加压导联(用aVR、aVL、aVF表示)和胸导联(V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>、V<sub>4</sub>、V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub>等表示)等。这种导联仅考虑某一瞬间的电位差，也称做标量导联。导联线通常用四条肢体电极连线和一条(或多条)胸电极连线组成。肢体电极安放在小臂和小腿的内侧面，胸电极安放在胸部。习惯上，这些电极的符号和连线选用的颜色见表2-1。

心动电流是以心脏为中心向人体的各部分传播开去的。人体心动电流的分布如图2-1-3所示。

图中的X轴表示心动电流为零时的位置，相当于心电图上表现出来的那一横条水平基



表2-1 电极符号和连线颜色

电极的部位	左 臂	右 臂	左 腿	右 腿	胸
符 号	LA (或L)	RA (或R)	LL (或F)	RL	CH (或V)
连 线 颜 色	黄	红	兰	黑	白

线。比X轴负的电位，将出现向下波形，正的电位，将出现向上波形。Y轴表示心电在人体的位置。每个人的心电轴并不一样。根据心电图三个标准导联和三个单极导联的各种波形的振幅、相位就可以知道心脏在人体运动时的电轴方向。

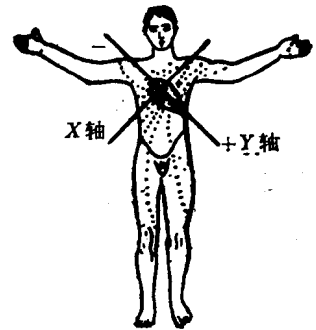


图2-1-3 人体心动电流的分布

### (一) 标准导联

标准导联是将两个肢体电极的电位直接加到心电图机放大器的输入端，记录的电压是两个肢体电位的差，因此该导联亦称标准肢体导联。将左臂连接到心电图机输入端的正极，右臂接到负极，得到的是第一标准导联，用罗马数字I表示。将左腿接到正极、右臂接到负极，得到的是第二标准导联，用II字表示。将左腿接到正极，左臂接到负极，得到的是第三标准导联，用III字表示。图2-1-4表示出了三个标准导联的接法。图中用+、-号表示心电放大器输入端的正极和负极。

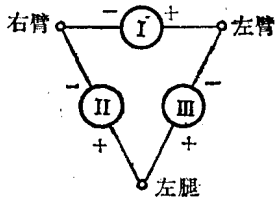


图2-1-4 标准导联的接法

当输入到心电放大器正极的电位比输入到负极的电位高时，得到的波形向上；反之，波形向下。

### (二) 胸导联

胸导联在心电图学中发展很快，对于探查心脏的损伤，确定病变的部位，在临床诊断上有着重要的价值。胸导联通常有六个位置，如图2-1-5所示。胸导联又称作多种胸导联。胸导联也是用两个电极接到心电图机的输入端。接到心脏胸前附近的电极，称作探察电极；另一个电极接到肢体上，这个电极称做中性电极。

胸导联可分为双极胸导联和单极胸导联。

中性电极接到一个肢体上的胸导联，叫双极胸导联，用G表示。双极胸导联的接法如图2-1-6所示。中性电极可以接到三个不同肢体上，故有三种不同的双极胸导联。通常右手用R代表，左手用L代表，左腿用F代表，这样，双极胸导联有CR、CL和CF之分。若将探察电极接于胸前的多种位置，那么又可以组合成多种的双极胸导联。

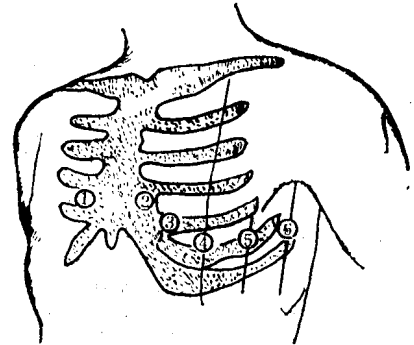


图2-1-5 胸导联的位置

中性电极接到三个肢体连线的连结点上（这个连接点一般称做中性点），这种胸导联，