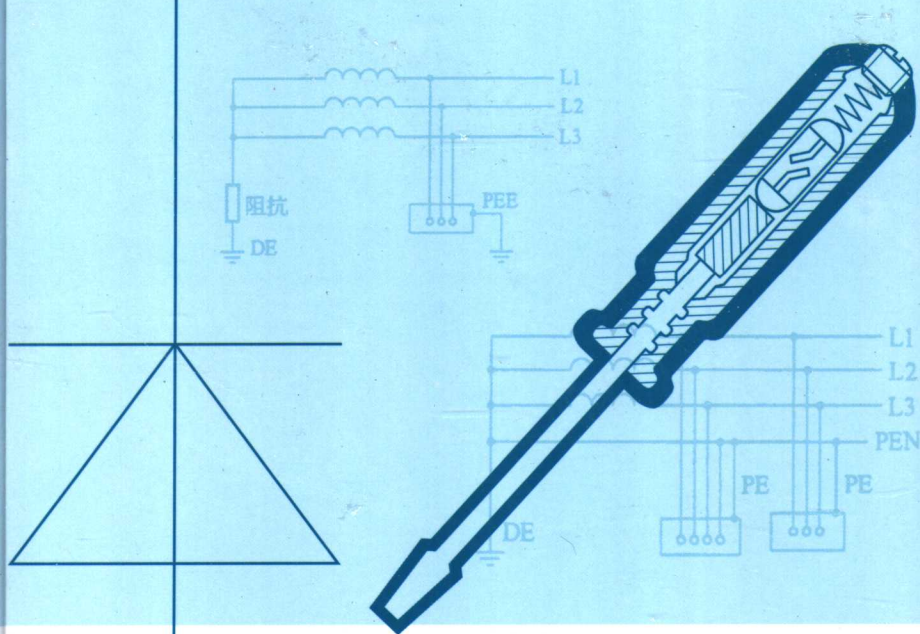


电 工 类 实 用 手 册 大 系

DIANQI SHEBEI

GUZHANG KUAISU

ZHENDUAN YU WEIXIU SHOUC



电气设备故障 快速诊断与维修手册

许宝发 主编

上海科学技术出版社

电工类实用手册大系

电气设备故障 快速诊断与维修手册

许宝发 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

电气设备故障快速诊断与维修手册 / 许宝发主编.
上海: 上海科学技术出版社, 2005.12
(电工类实用手册大系)
ISBN 7-5323-8178-1

I. 电... II. 许... III. ①电气设备—故障诊断—
技术手册②电气设备—故障修复—技术手册
IV. TM07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第091899号

世 纪 出 版 集 团
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号(临) 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市文化印刷有限公司印刷

开本 850×1168 1/32 印张 9.5 插页 4

字数 340 000

2005 年 12 月第 1 版

2005 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—4 300

定价: 29.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

内 容 提 要

本书共十二章,主要介绍检查电气设备故障的方法,如何读继电控制电路图和电子电路图,对供电系统、普通机床电气设备、直流电动机调速的电气设备、交流桥式起重机电气设备、数控车床电气设备,以及电动机、电气照明的电气工作原理、故障原因分析、诊断故障点等作了详细说明。另外还介绍维修电工常用的工具和仪表、维修电气设备的规章制度、电动机运行控制的基本环节等。书的最后列出三则附录,介绍国家规定执行的电气符号,常用机床的电气控制原理图及常用的导线、熔丝、穿线管的规格。

本书可作为维修电气设备的工人、技术人员及中职、高职院校电气类专业师生的参考书。

前 言

修理电气设备,首先要诊断出故障点,并分析产生故障的原因,这样才能有效地排除故障,并能采取正确的维护措施,使电气设备正常运行。医生的任务是诊断疾病、检查病因,并采取有效治疗措施,使病人身体康复,帮助人们维护保养身体。维修电工的任务和医生一样,是维护保养电气设备,对有故障的电气设备,要找出产生故障的原因并排除故障。本书介绍了用理论分析和实践经验相结合的快速诊断故障点的方法,其要点是:一是看懂电气原理图,二是掌握检查故障的方法,三是遵守维修电气设备的规范和制度,这三点对维修电工有很强指导作用。

本书可供维修电工及中、高职校电气类专业师生参考。

参加本书编写的有:许宝发、施瑾、倪厚滨、李海峰、王海柱、周炳根、曹祥汀、崔茅红等,许宝发副教授任主编,高晓康副教授、施积德高级讲师负责审稿。限于编者水平,内容涉及面又广,书中难免有不妥之处,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 维修电气设备常用仪表和工具	1
第一节 万用表.....	1
第二节 兆欧表.....	3
第三节 钳形电流表.....	5
第四节 示波器.....	7
第五节 常用电工工具	12
第二章 检查故障的一般方法	15
第一节 电气设备故障的类型	15
第二节 故障检查方法	15
第三节 故障检查实例	19
第三章 如何读电气控制图	23
第一节 电气控制图分类	23
第二节 电器安装图	27
第三节 电器安装接线图	28
第四节 电气符号	28
第五节 如何读继电控制电路图	31
第六节 如何读电气电路图	35
第四章 维修电气设备的规章制度	38
第一节 用电管理	38
第二节 安全用电	41
第五章 电动机控制线路的基本环节	43
第一节 直接起动、停止控制线路.....	43
第二节 降压起动控制线路	44
第三节 可逆运行控制线路	47

第四节 制动控制线路	49
第五节 调速控制线路	51
第六节 多台电动机起动、停止控制线路	53
第七节 多地点起动、停止控制线路	55
第八节 保护环节	56
第六章 工厂供电系统及检修	58
第一节 工厂变配电所	58
第二节 车间低压成套开关设备	61
第三节 工厂低压配电系统类型	63
第四节 接地和接零的技术要求	66
第五节 防雷保护	69
第六节 变电所常见故障及分析诊断	76
第七节 工厂电力线路常见故障分析诊断	81
第七章 电气照明及检修	85
第一节 电气照明的基本概念	85
第二节 灯具的选择、布置及照明要求	94
第三节 照明线路	99
第四节 常用照明线路分析	105
第五节 照明线路常见故障分析诊断	110
第八章 变压器、电动机及其检修	114
第一节 电力变压器及其常见故障检修	114
第二节 直流电动机及其常见故障检修	122
第三节 三相异步电动机及其故障检修	130
第四节 单相异步电动机及其常见故障检修	138
第九章 普通机床电气设备检修	142
第一节 CA6140 车床电气设备检修	142
第二节 X62W 型卧式万能铣床电气设备检修	146
第三节 M7120 平面磨床电气设备检修	153
第四节 T68 型镗床电气设备检修	158
第五节 Z35 型摇臂钻床电气设备检修	164

第十章 直流电动机调速系统的电气设备检修	170
第一节 电机扩大机调速系统.....	170
第二节 B2012A 型龙门刨床电气控制线路及故障检修	175
第三节 晶闸管-直流电动机调速系统	187
第四节 SA7512 螺纹磨床主传动调速系统及故障检修	191
第十一章 交流桥式起重机	198
第一节 交流桥式起重机电气工作原理.....	198
第二节 15/3 t 桥式起重机主要电气元件明细表	203
第三节 常见电气故障分析和诊断.....	204
第十二章 数控机床电气设备及其检修	207
第一节 数控机床的基本组成与分类.....	207
第二节 数控机床的数控系统及插补原理.....	213
第三节 数控车床.....	218
第四节 常见故障分析与检修.....	226
附录一 电气图形符号和文字符号.....	243
附录二 常用机床电气控制线路.....	259
附录三 常用导线、熔丝、穿线管规格.....	275
参考文献.....	293

第一章 维修电气设备常用仪表和工具

本章主要介绍万用表、兆欧表、钳形电流表、普通示波器及常用电工工具。

第一节 万 用 表

万用表主要用于交、直流电的电压,直流电流和电阻的测量,故又称三用表。

一、万用表的结构

万用表由表头、测量线路与转换开关三大部分组成。

(1) 表头:是测量过程的显示装置。通常采用高灵敏度的磁电系机构,其满刻度偏转电流从几微安到几百微安。通过转换开关使各种不同的电量的测量用同一表头显示。使用时根据不同的测量对象,从标度盘的几条标尺上进行相应的读数。

(2) 测量线路:是万用表测量各种电量的关键部分。它能将不同性质和不同大小的被测电量转换成适合表头指示的量值。万用表一般都具有多量程的直流电流、直流电压、交流电压与电阻等多种测量线路。

(3) 转换开关:用来选择测量电量种类及其量程。

二、万用表面板介绍

以 MF-368 型万用表为例,其面板如图 1-1 所示。

- 图中:1——表头;
2——电阻档,零点调节器;
3——测量转换开关;
4——正表笔插孔,红色;
5——负表笔插孔,黑色;
6——高压 $\leq 1500\text{ V}$ 测量插孔,红色;

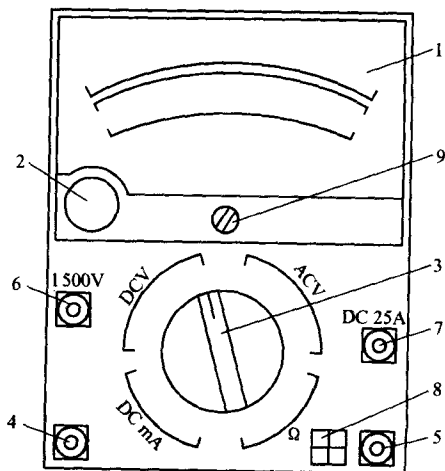


图 1-1

- 7——直流电流 $\leq 2.5\text{ A}$ 测量插孔, 红色;
- 8——晶体管测试插孔;
- 9——表头机械零点调节螺钉。

三、万用表的使用

1. 测量直流电流的步骤及注意事项

(1) 步骤:

- ① 正确判断被测电流量程, 并合理选择量程;
- ② 将被测电路断开;
- ③ 将电流表串接于被测电路中;
- ④ 读数, 该数 = (量程/总格数) $\times$ 格数。

(2) 注意事项:

- ① 事先判断所用万用表能测直流还是交流电流;
- ② 在无法判断被测电流数值范围时, 应先将量程置于最高档, 然后再根据实际情况确定合适量程;

- ③ 正、负表笔千万不能接反;
- ④ 测量读数最好选在满刻度的 $2/3$ 处附近, 这样测量的相对误差小。

2. 测量直流电压的步骤及注意事项

(1) 步骤:

- ① 选择合适的量程;
- ② 转换开关拨向 DCV 处;
- ③ 万用表并接到被测电路上;
- ④ 读数, 该数 = (量程/总格数) $\times$ 格数。

(2) 注意事项:

- ① 当被测电压数值范围不清楚时, 将量程从高档次逐步向低档转换, 选到合适的量程;

- ② 正、负表笔不可接反;
- ③ 测量读数最好选在满刻度的 $2/3$ 处附近。

3. 测交流电压

转换开关拨向 ACV 处, 表笔无正、负区别。

4. 测直流电阻的步骤及注意事项

(1) 步骤:

- ① 转换开关拨向 Ω 处, 合理选择量程;
- ② 两表笔短接, 进行调零;
- ③ 将电阻脱离电源, 用两表笔接触电阻两端, 并读数。

(2) 注意事项:

- ① 被测电阻一定要脱离电源;
- ② 双手不能同时去接触被测电阻的两头裸露的引线,否则就等于将人体的电阻和被测电阻并联了,测量的阻值就不是真实的电阻值。

第二节 兆欧表

兆欧表又称摇表,是一种专门用来测量绝缘电阻的便携式仪表。

一、兆欧表的结构

兆欧表是由一台手摇发电机和电磁式比率表组成的。它的测量机构是比率表,如图 1-2 所示。手摇直流发电机的容量很小,但电压很高。可动线圈 1 与 2 成丁字形交叉放置,且同时固定在转轴上。圆柱形铁心 5 开有缺口,极掌 4 为不对称形状,以使空气隙不均匀。

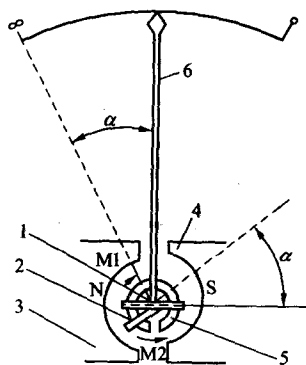


图 1-2 兆欧表的结构示意图

- 1、2—动圈；3—永久磁铁；
4—极掌；5—带缺口的圆柱形铁心；6—指针

二、绝缘电阻的测量

1. 正确选用兆欧表

高压电气设备绝缘电阻要求大,须使用电压高的表进行测试;而低压设备应选用电压低的表。通常 500 V 以下的电气设备,选用 500~1 000 V 的表;瓷瓶、母线及闸刀开关等则选用 2 500 V 以上的表,具体可参考表 1-1 进行选用。

表 1-1 电气设备绝缘电阻及应选兆欧表规格

被 测 对 象	被测设备额定电压 (V)	应选用兆欧表电压 (V)
线圈的绝缘电阻	<500	500
线圈的绝缘电阻	>500	1 000
发电机线圈的绝缘电阻	<300	1 000
电力变压器、发电机、电动机线圈绝缘电阻	>300	1 000~2 500
电气设备绝缘电阻	<500	500~1 000
电气设备绝缘电阻	>500	2 500
瓷瓶、母线、闸刀		2 500~5 000

在电压选用合适后,应注意量程范围的选择。量程中主要包含刻度粗细及起始刻度值,这涉及到读数的误差及量程限制。有的表起始刻度为 $1\text{ M}\Omega$ 或 $2\text{ M}\Omega$ 而不是 0,如果使用这种表无疑没法测定低于 $1\text{ M}\Omega$ 或 $2\text{ M}\Omega$ 的绝缘电阻。

2. 测量前要检查兆欧表是否完好

将表接上被测物之前,先摇动手柄使发电机达到额定转速,观察指针是否在“ ∞ ”位,然后再将“线”和“地”两接线柱短接,缓慢摇动手柄,观察指针是否在“0”位。经检查确认完好后方可使用。

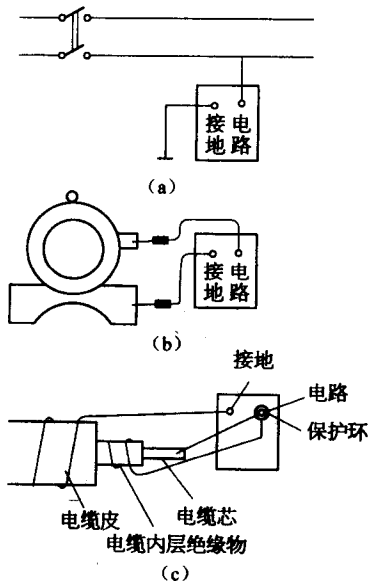


图 1-3 用兆欧表测绝缘电阻的正确接线方法

- (a) 测量线路的绝缘电阻;
- (b) 测量电机的绝缘电阻;
- (c) 测量电缆的绝缘电阻

3. 兆欧表的接线

将“线”接线柱接在被测物与大地绝缘导体上,“地”接线柱接在被测物的外壳或大地;“屏”接线柱接在被测量的屏蔽环上或不须测量的部分。在测量电力线路或照明线路的绝缘电阻时,通常只用“线”与“地”两个接线柱,而“屏”接线柱只在被测物表面严重漏电时才使用。接线法见图 1-3。

4. 操作

平稳地摇动手柄,当转速均匀时,就可读取示值,示值即为被测的绝缘电阻值。

三、注意事项

(1) 测量前必须切断被测设备的电源,并接地进行放电。无论是高压电气设备还是低压电气设备,均不可在设备带电情况下测量其绝缘电阻。可能感应出高压电的设备,在未消除前也不可去测量绝缘电阻。

(2) 被测部分如有半导体器件或耐压低于兆欧表电压的电子管、电子元件等,应将它们的插件板拆去。

(3) 兆欧表放置平稳牢固,远离大电流导体和外磁场,并调节好水平调节装置。被测物表面应擦干净,以保证测量的正确性。

(4) 兆欧表与被测物接线应正确。它们之间的连接导线应选用良好的单股线或多股软线分开单独连接,以避免测量误差。

(5) 对于不能全部停电的双回架空线路和母线,在被测回路的感应电压超过 12 V 时(或在雷雨时),禁止测量架空线路及与其相连接的电气设备,以免造成事故。

(6) 测量电容器、电缆、大容量变压器及电动机时,要有一定的充电时间。一般以 1 min 后的读数为准。

(7) 测量时,手摇发电机要保持匀速,以 120 r/min 为宜。

(8) 测量完毕后,需待兆欧表停止转动和被测物接地放电后,方能拆除连接导线。避免触电和因电容器放电而打坏兆欧表。已测量过的设备如要再次测量,也需及时接地放电,方可重新进行。

因兆欧表本身工作时会产生高压电,测量物又是高压电气设备,所以上注意事项不能疏忽,以避免酿成人身与设备的安全事故。

第三节 钳形电流表

钳形电流表是在不需断开电路的情况下,进行测量电流的一种仪表。此表测量精度不高,只用对设备或电路运行情况进行粗略的了解,不能进行精确的测量。

一、钳形电流表的结构

钳形电流表由电流互感器和电流表组成,如图 1-4 示。互感器的铁心有一活动部分同手柄相连。当握紧手柄时,电流互感器的铁心便张开(如图中虚线所示),将被测电流的导线卡入钳口中,成为电流互感器的一次侧线圈。当钳口中导线通过电流时,便在二次侧线圈(钳形表内部)产生感应电流。电流表接在二次侧线圈的两端,它所指示的电流取决于二次侧线圈中的电流。该电流的大小与导线中的工作电流成正比。

钳形电流表中的电流互感器,有别于普通的电流互感器,它没有一次侧绕组,它的一次侧绕组即钳口中被测电流所通过的导线。

将折算好的刻度作为电流表的刻度,当导线中有工作电流流过时,与二次侧线圈相接的电流表指针便按比例偏转,指示出所测的电流值。

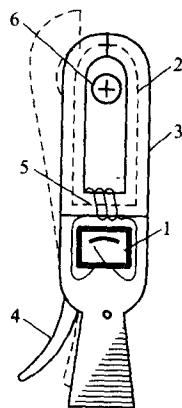


图 1-4 钳形电流表结构原理

1—电流表; 2—电流互感器; 3—铁心; 4—手柄; 5—二次侧线圈; 6—被测导线

二、电流的测量

(1) 在用钳形电流表测量电流之前,应先估计被测电流的大小,电压高低,以便选用合适的钳形电流表型号规格。其型号规格可参见表 1-2。

表 1-2 几种主要的钳形电流表规格型号

型 号	准确度等级	用 途	测 量 范 围
MG20 MG21	5.0	测量交、直流电流	MG20 为 0~100 A, 0~200 A, 0~300 A 0~400 A, 0~500 A, 0~600 A MG21 为 0~750 A, 0~1 000 A, 0~1 500 A
MG25	2.5	测量交流电流、电压及直流电阻	交流电流为 5 A/25 A/100 A/, 5 A/50 A/250 A 交流电压为 300 V/600 V 直流电阻为 0~50 k Ω
MG4-AV	2.5	测量交流电流、电压	交流电压为 0~150 V~300 V~600 V 交流电流为 0~10 A~30 A~100 A~300 A~1 000 A
T301-A	2.5	测量交流电流	0~10~25~50~100~250 A 0~10~25~100~300~600 A 0~10~30~100~300~1 000 A
T302-AV	2.5	测量交流电流、电压	0~10~50~250~1 000 A 0~250~500 V, 0~300~600 V
MG24	2.5	测量交流电流、电压	0~5~25~50 A, 0~5~50~250 A 0~300~600 V

(2) 在测量之前,根据估计的电流大小、电压高低,为钳形表选择适当的测量量程。若被测电流大小、电压高低难以确定,为防止损坏钳形电流表,应从最大量程开始,逐渐变换成合适的量程。

(3) 测量时,为避免产生误差,被测载流导体的位置应放在钳形口的中央。

(4) 钳口要紧密结合,如遇有杂声时可重新开口一次再闭合。若杂声仍然存在,应该检查钳口有无杂物或污垢,待清理干净后再进行测量。

(5) 测量小于 5 A 以下的小电流时,为了获得较准确的测量值,在条件允许的情况下,可将被测载流导线多绕几圈,再放进钳口进行测量。但仪表指针示值不是欲测电流值,实际值应该等于仪表上读数除以放进钳口中的导线圈数。

(6) 测量完毕一定要把仪表的量程开关置于最大量程位置上,以防下次

使用时,因疏忽大意未选择量程就进行测量,造成损坏仪表的意外事故。

三、注意事项

不能用磁电整流式钳形电流表测量绕线式电动机的转子电流。因为磁电整流式钳形电流表的表头电压是由二次侧线圈获得的,根据磁感应原理,互感电动势的大小与频率成正比,而转子上的频率较低,则表头上得到的电压就比测量同样电流值的工频电流时小得多,小得以致不能使表头中的整流元件工作,致使钳形电流表无指示或指示值与实际值相比误差大,失去了测量的意义。

第四节 示波器

一、概述

示波器是一种用荧光屏显示电量随时间变化过程的电子测量仪器。它将电信号的时域波形显示在示波器屏幕上,以便对电信号进行定性和定量观测,并能对测量结果进行运算、分析和处理。

示波器在电工测量中,除了直接观察被测信号波形外,还可以测量电气参数,如电压、电流、频率、周期、相位、功率与频率特性等。通过转换器尚可用于测量非电参数,如温度、压力、声、光、热、振动、密度与磁效应等。因此示波器在生产部门和科学技术领域都有广泛的应用。无论现在还是将来,示波器都是一种不可缺少的测量仪器,而且正向着自动化、智能化方向发展。

示波器按其用途和特点可分成5大类:

- (1) 通用示波器;
- (2) 多踪示波器和多线示波器;
- (3) 取样示波器;
- (4) 记忆、存贮示波器;
- (5) 逻辑示波器(又称逻辑分析仪)。

二、通用示波器

1. 面板控制件及其功能

不同的示波器,其面板控制件也不同。

(1) 基本的面板控制件(见图1-5)。面板上各开关功能如下:

- ① 电源开关:用于接通和关断仪器的供电电源。
- ② 辉度:调节示波管栅极控制电压,以改变荧光屏显示波形明暗程度。
- ③ 聚焦:控制示波管聚焦极电压,使电子束的焦点会聚在荧光屏上,显示

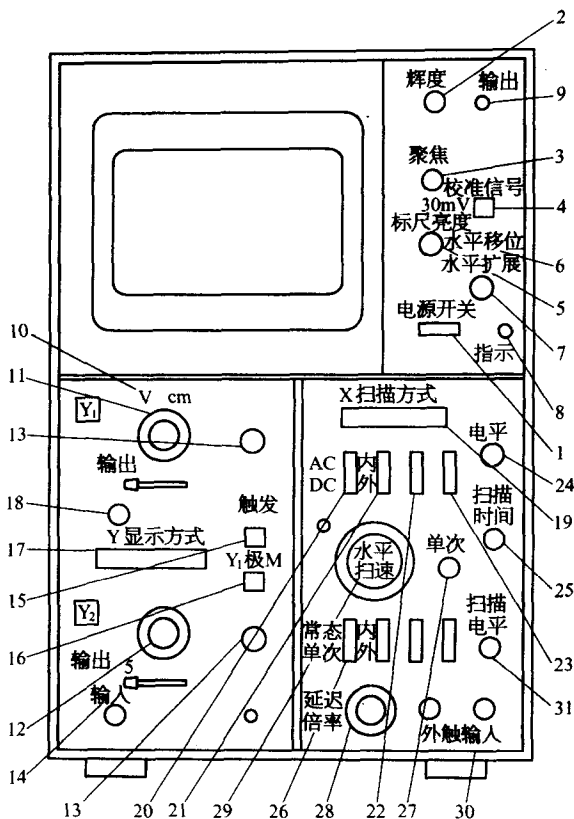


图 1-5 示波器面板控制件示意图

一个清晰的小圆点,使扫描线和显示波形为清晰线条。

④ 校准信号:控制校准方波幅度值的开关。

⑤ 标尺亮度:控制坐标尺(或示波管内刻度)的亮度。

⑥ 水平位移:调节水平放大器输出直流电平,以改变电子轨迹的水平位置。

⑦ 水平扩展:提高水平放大器增益的装置。提高扫描速度及水平偏转灵敏度。

⑧、⑨、⑩ 功能如图 1-5 所示。

⑪ Y 衰减(V/cm):对 Y 轴输入信号进行衰减的开关,用于灵敏度粗调,一般按 1-2-5 进行分档。

⑫ Y轴微调:对Y轴输入信号衰减微调的旋钮,用于灵敏度微调,一般微调比 $\geq 2.5:1$ 。定量测试时,应置校准位置。

Y扩展:是使偏转灵敏度扩展的装置。一般用拉出微调旋钮来实现。

⑬ Y位移:调节Y轴放大器输出直流电平,以改变电子轨迹的垂直位置。

⑭ Y输入耦合:选择Y输入端为交流耦合、直流耦合或接地的控制开关。

⑮ Y触发选择:当示波器双踪或多踪显示时,内触发信号来源可选定 Y_1 、 Y_2 或其他通道。

⑯ Y_1 极性:控制 Y_1 在荧光屏上显示波形的极性“+”或“-”。

⑰ Y显示方式:控制电子开关工作状态,可显示 Y_1 、 Y_2 、交替、断续及 Y_1+Y_2 等方式。

⑱ X扫描方式:控制扫描工作方式。可为主扫描A、加亮(B加亮A)、被延迟扫描B、A/B混合和X-Y等方式。

⑲ 触发耦合:改变触发耦合方式的开关,有AC、DC、交流高频抑制、交流低频抑制等。

⑳ 触发源:用来选择触发源“内”、“外”或“电源”。

㉑ 触发极性:用于选择触发斜率。“+”对应信号波形的上升部分予以触发,“-”对应于信号波形的下降部分予以触发。

㉒ 触发方式:根据不同需要分为单次工作(观察瞬变一次性信号)、触发工作(有信号同步扫描稳定显示波形)和自动工作(无信号有扫描线,一旦信号来就同步显示)等触发形式。

㉓ 触发电平:调节触发的启动电平,来选择输入信号波形的触发点,使扫描在该点水平上启动。

㉔ 释抑时间:改变释抑时间,使较复杂脉冲组波形或高频信号均能获得良好同步。

㉕ 延迟时间倍率:A/B双扫描时,用于调节A、B两扫描之间的延迟时间。

㉖ 水平扫速(t/cm):对水平扫描速度进行变换的开关,用于扫描时间因数粗调,一般按1-2-5进行分档。

(2) 现代示波器面板上的开关(或选钮)。现代示波器面板上开关的名称和功能都以国际新标准英文字母标识,对此简单介绍如下。

① DC-GND-AC或DC- $\perp$ -AC——Y轴输入选择开关。

在“DC”位置时,输入信号(直流或交流)均可直接馈至放大器。尤其是在观察直流或含有直流成分的交流信号时,必须将选择开关置于此档。

在“GND”(或“ $\perp$ ”)位置时,信号通路断开,并使Y轴放大器输入端接地,此时仍提供零参考基准线,测量直流电压或信号含直流成分时,以此基线作为