

普通高等教育船舶与海洋工程学科“十二五”规划系列教材

# 电气工程实训

DIANQI GONGCHENG SHIXUN

单海校 李 林 李 云 编 著  
谢应孝 张 华



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

普通高等教育船舶与海洋工程学科“十二五”规划系列教材

# 电气工程实训

单海校 李 林 李 云 谢应孝 张 华 编著

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

本书是在学校工程技能训练课程自编讲义的基础上,经过 5 年的校内授课教学使用后编写而成的。

全书共分为五篇:第一篇为常用仪器仪表;第二篇为电子实训;第三篇为电工实训;第四篇为 PLC 实训;第五篇为船舶电气自动化实训。本书除第一篇外均采用实训项目的形式进行编写,分为基础实训、综合实训、设计性实训三个层次,每个层次一般有五个以上实训项目,学生可以根据自己的需要选择相关的项目进行实训。

本书可作为船舶、机械、电气、电子、轮机等专业本、专科学生的工程技能训练教材,也可作为相关专业技术人员参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气工程实训/单海校等编著. —武汉:华中科技大学出版社,2016. 6

普通高等教育船舶与海洋工程学科“十二五”规划系列教材

ISBN 978-7-5680-1642-1

I. ①电… II. ①单… III. ①电气工程-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 059830 号

## 电气工程实训

单海校等 编著

Dianqi Gongcheng Shixun

策划编辑:万亚军

责任编辑:王 晶

封面设计:原色设计

责任校对:何 欢

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10.5

字 数:272 千字

印 次:2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:25.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前 言

随着教育改革的深化,应用型人才已成为各高等院校培养的主要方向,大学生培养也很自然地要面向工程第一线。在电类及近电类本、专科专业教育中,电气工程实训是一个重要的实践性教学环节。通过实训,学生可以熟悉工程的具体操作流程,增强感性认识,并进一步了解、巩固与深化已经学过的理论和方法,能有效地提高发现、分析以及解决问题的能力,提高实际动手能力,为成为适应当前社会需要的高素质工程技术人才打下坚实基础。

本书是结合高等院校电气工程及其自动化、船舶电子电气工程、电子信息工程、轮机工程等专业的教学大纲编写的,是浙江海洋大学“重点教材建设项目”立项教材。

全书内容分为五篇。第一篇为常用仪器仪表。第二篇为电子实训。第三篇为电工实训。第四篇为 PLC 实训。第五篇为船舶电气自动化实训。除第一篇以外,其他四篇均有五个以上实训项目。本书分为基础实训、综合实训、设计性实训三个层次,学生可以选择自己喜欢的项目来进行实训。

编者将常用仪器使用、电子实训、电工实训、PLC 和船舶电气自动化实训内容编入一本教材,这样既能较全面地覆盖电类及近电类专业的实训内容,也能照顾到工学其他专业的实训内容,同时也可以减轻教学学时受限、选用多本教材给学生带来的负担等。

本书重视基础知识、基本技能的培养和训练,突出内容的实用性和实践性,注重培养学生独立分析问题和解决问题的能力。可作为高等学校电类及近电类本、专科专业的实训教材用书,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

本书由浙江海洋大学单海校等编著,具体编写分工如下:单海校和李云编写第一、三、五篇,李林编写第四篇,谢应孝、张华编写第二篇。在本书编写过程中,同行给予我们很大的支持与帮助,提出了许多宝贵意见和建议,同时,我们也借鉴、参考了相关书籍和文献资料,使得本书能够顺利完成,在此深表谢意。最后感谢华中科技大学出版社的大力支持。

限于编者的水平及经验,书中难免存在不妥及错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 12 月 25 日

# 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一篇 常用仪器仪表              | (1)  |
| 项目 1 万用表                | (1)  |
| 项目 2 钳流表                | (3)  |
| 项目 3 兆欧表                | (3)  |
| 项目 4 单臂电桥               | (5)  |
| 项目 5 示波器                | (6)  |
| 项目 6 函数信号发生器            | (9)  |
| 第二篇 电子实训                | (13) |
| 项目 1 万用表的使用及电子元器件的识别与检测 | (13) |
| 项目 2 基本测量仪器的使用          | (14) |
| 项目 3 焊接工艺               | (15) |
| 项目 4 印制电路板的设计与制作        | (16) |
| 项目 5 每周响一次电路            | (17) |
| 项目 6 万能报警器              | (20) |
| 项目 7 声控开关               | (22) |
| 项目 8 光电进出计数器            | (25) |
| 项目 9 可控数字钟              | (30) |
| 项目 10 红外遥控开关            | (33) |
| 项目 11 声控音乐              | (36) |
| 项目 12 集成稳压器应用电路设计       | (39) |
| 项目 13 应用热敏传感器的电路设计      | (45) |
| 项目 14 利用 555 定时器的电路设计   | (48) |
| 项目 15 应用光电传感器的电路设计      | (51) |
| 项目 16 电子综合训练            | (53) |
| 第三篇 电工实训                | (54) |
| 项目 1 磁力启动器启动控制线路安装接线    | (54) |
| 项目 2 互锁控制线路安装接线         | (55) |
| 项目 3 行程控制线路安装接线         | (57) |

|                     |                          |       |
|---------------------|--------------------------|-------|
| 项目 4                | 星形-三角形启动控制线路安装接线 .....   | (60)  |
| 项目 5                | 制动控制线路安装接线 .....         | (62)  |
| 项目 6                | 电气控制线路及故障排除 .....        | (64)  |
| 项目 7                | 船舶锅炉水箱水位电极式控制系统 .....    | (68)  |
| 项目 8                | 单动舵机控制电路 .....           | (70)  |
| 项目 9                | 船用泵自动切换控制 .....          | (71)  |
| 项目 10               | 三层楼电梯随机呼叫控制系统 .....      | (73)  |
| 第四篇 PLC 实训 .....    |                          | (77)  |
| 项目 1                | FXGP_WIN-C 编程软件的使用 ..... | (77)  |
| 项目 2                | 用可编程控制器控制交流异步电动机 .....   | (86)  |
| 项目 3                | 十字路口交通信号灯自动控制 .....      | (88)  |
| 项目 4                | 舞台艺术灯饰的 PLC 控制 .....     | (90)  |
| 项目 5                | PLC 综合训练 .....           | (91)  |
| 第五篇 船舶电气自动化实训 ..... |                          | (94)  |
| 项目 1                | 船舶电站主配电板认识实验 .....       | (94)  |
| 项目 2                | 船用发电机组认识实验 .....         | (99)  |
| 项目 3                | 发电机组的机旁操作 .....          | (102) |
| 项目 4                | 发电机组的遥控操作 .....          | (106) |
| 项目 5                | 发电机保护与主开关的整定 .....       | (108) |
| 项目 6                | 发电机负载试验 .....            | (113) |
| 项目 7                | 发电机组手自动并车和解列操作 .....     | (118) |
| 项目 8                | 电站自动化功能试验 .....          | (122) |
| 项目 9                | 机舱监测报警系统认识试验 .....       | (129) |
| 项目 10               | 机舱监测报警系统的调试 .....        | (141) |
| 项目 11               | 船舶主机遥控系统认识实训 .....       | (154) |
| 项目 12               | 主机遥控系统操作实训 .....         | (156) |
| 项目 13               | 主机遥控逻辑回路实训 .....         | (157) |
| 项目 14               | 主机遥控转速控制和负荷程序限制实训 .....  | (159) |
| 参考文献 .....          |                          | (161) |

# 第一篇 常用仪器仪表

## 项目1 万 用 表

### 1. 实训目的

了解万用表的用途、类型;学会正确使用和维护万用表。

### 2. 实训器材

(1)500 型指针式万用表一只。

(2)数字万用表一只。

### 3. 实训步骤

#### 1)500 型指针式万用表的使用

(1)熟悉表盘上各符号的意义及各个旋钮和选择开关的主要作用。

(2)进行机械调零。

(3)根据被测量的种类及大小,选择转换开关的挡位及量程,找出对应的刻度线。

(4)正确选择表笔插孔的位置。

(5)测量电压:测量电压时要选择好量程,如果用小量程去测量大电压,会有烧表的危险;如果用大量程去测量小电压,那么指针偏转太小,无法读数。量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的  $1/3 \sim 2/3$  之间。如果事先不清楚被测电压的大小,应先选择最高量程挡,然后逐渐减小到合适的量程。

交流电压的测量:将万用表的一个转换开关置于交、直流电压挡,另一个转换开关置于交流电压的合适量程上,万用表两表笔和被测电路或负载并联即可。

直流电压的测量:将万用表的一个转换开关置于交、直流电压挡,另一个转换开关置于直流电压的合适量程上,且将“+”表笔(红表笔)接到高电位处,“-”表笔(黑表笔)接到低电位处,即让电流从“+”表笔流入,从“-”表笔流出。若表笔接反,表头指针会反方向偏转,容易撞弯指针。

(6)测量电流:测量直流电流时,将万用表的一个转换开关置于直流电流挡,另一个转换开关置于  $50\ \mu\text{A} \sim 500\ \text{mA}$  的合适量程上,测电流时的量程选择和读数方法与测电压时一样。测量时必须先断开电路,然后按照电流从“+”到“-”的方向,将万用表串联到被测电路中,即电流从红表笔流入,从黑表笔流出。如果误将万用表与负载并联,则因表头的内阻很小,会造成短路而烧毁仪表。其读数方法如下

$$\text{实际值} = \text{指示值} \times \frac{\text{量程}}{\text{满偏格数}}$$

(7)测量电阻:用万用表测量电阻时,应按下列方法操作。

①选择合适的倍率挡。万用表欧姆挡的刻度线是不均匀的,所以倍率挡的选择应使指针停留在刻度线较稀的部分为宜,且指针越接近刻度尺的中间,读数越准确。一般情况下,应使指针指在刻度尺的  $1/3 \sim 2/3$  之间。

②欧姆调零。测量电阻之前,应将两个表笔短接,同时调节“欧姆(电气)调零旋钮”,使指针刚好指在欧姆刻度线右边的零位。如果指针不能调到零位,说明电池电压不足或仪表内部有问题。并且每换一次倍率挡,都要再次进行欧姆调零,以保证测量准确。

③读数。表头的读数乘以倍率,就是所测电阻的电阻值。

(8)注意事项。

①在测电流、电压时,不能带电换量程。

②选择量程时,要先选大的,后选小的,尽量使被测值接近于量程。

③测电阻时,不能带电测量。因为测量电阻时,万用表由内部电池供电,如果带电测量则相当于接入一个额外的电源,可能损坏表头。

④使用完毕,应将转换开关置于交流电压最大挡位或空挡上。

## 2) 数字万用表的使用

(1)使用前,应认真阅读有关的使用说明书,熟悉电源开关、量程开关、插孔、特殊插口的作用。

(2)将电源开关置于“ON”位置。

(3)交直流电压的测量:根据需要将量程开关拨至 DCV(直流)或 ACV(交流)的合适量程,红表笔插入“V/ $\Omega$ ”孔,黑表笔插入“COM”孔,并将表笔与被测线路并联,读数即显示。

(4)交直流电流的测量:将量程开关拨至 DCA(直流)或 ACA(交流)的合适量程,红表笔插入“mA”孔( $<200\text{ mA}$  时)或“10A”孔( $>200\text{ mA}$  时),黑表笔插入“COM”孔,并将万用表串联在被测电路中。测量直流时,数字万用表能自动显示极性。

(5)电阻的测量:将量程开关拨至  $\Omega$  的合适量程,红表笔插入“V/ $\Omega$ ”孔,黑表笔插入“COM”孔。如果被测电阻值超出所选择量程的最大值,万用表将显示“1”,这时应选择更高的量程。测量电阻时,红表笔为正极,黑表笔为负极,这与指针式万用表正好相反。因此,测量晶体管、电解电容器等有极性的元器件时,必须注意表笔的极性。

(6)注意事项。

①如果无法预先估计被测电压或电流的大小,则应先拨至最高量程挡测量一次,再视情况逐渐把量程减小到合适位置。测量完毕,应将量程开关拨到最高电压挡,并关闭电源。

②满量程时,仪表仅在最高位显示数字“1”,其他位均消失,这时应选择更高的量程。

③测量电压时,应将数字万用表与被测电路并联。测电流时应与被测电路串联,测直流时不必考虑正、负极性。

④当误用交流电压挡去测量直流电压,或者误用直流电压挡去测量交流电压时,显示屏将显示“000”,或低位上的数字出现跳动。

⑤禁止在测量高电压( $220\text{ V}$  以上)或大电流( $0.5\text{ A}$  以上)时换量程,以免产生电弧,烧毁开关触点。

⑥当显示“BATT”或“LOWBAT”时,表示电池电压低于工作电压。

## 4. 实训报告

根据使用两种万用表的实践写出实训报告,总结使用方法和注意事项。实训报告内容应



包括实训目的、实训器材、实训步骤。

## 项目2 钳流表

### 1. 实训目的

了解钳流表的工作原理；了解钳流表的用途、类型；学会正确使用和维护钳流表。

### 2. 实训器材

- (1) 钳流表一只。
- (2) 可运行电动机组一套。

### 3. 实训步骤

#### 1) 结构及原理

钳流表是一种用于测量正在运行的电气线路的电流大小的仪表，可在不断电的情况下测量电流。其实质上是由一只电流互感器、钳形扳手和一只整流式、磁电系有反作用力的仪表所组成的。

#### 2) 使用方法

- (1) 进行机械调零。
- (2) 选择合适的量程，先选大量程、后选小量程或看铭牌值估算。
- (3) 当使用最小量程测量，其读数还不明显时，可将被测导线绕几匝，则读数=指示值×量程/满偏格数×匝数。其中匝数要以钳口中央的匝数为准。
- (4) 测量时，应使被测导线处在钳口的中央，并使钳口闭合紧密，以减少误差。
- (5) 测量完毕，要将转换开关置于最大量程处。

#### 3) 注意事项

- (1) 被测线路的电压要低于钳表的额定电压。
- (2) 测高压线路的电流时，要戴绝缘手套，穿绝缘鞋，站在绝缘垫上。
- (3) 钳口要闭合紧密，不能带电换量程。

### 4. 实训报告

根据使用钳流表的实践写出实训报告，总结使用方法和注意事项。实训报告内容应包括实训目的、实训器材、实训步骤。

## 项目3 兆欧表

### 1. 实训目的

了解兆欧表的用途；学会正确使用和维护兆欧表，并注意使用事项。

## 2. 实训器材

(1) 500 V 兆欧表和 1 000 V 兆欧表各一只。

(2) 待测电动机组一套。

## 3. 实训步骤

### 1) 结构及原理

兆欧表又称摇表,是用来测量被测设备的绝缘电阻和高值电阻的仪表,它由一个手摇发电机、表头和三个接线柱(即线路端 L、接地端 E、屏蔽端 G)组成。

### 2) 兆欧表的选用原则

(1) 额定电压等级的选择。一般情况下,额定电压在 500 V 以下的设备,应选用 500~1 000 V 的兆欧表;额定电压在 500 V 以上的设备,选用 1 000~2 500 V 的兆欧表。

(2) 电阻量程范围的选择。兆欧表的表盘刻度线上有两个小黑点,小黑点之间的区域为准确测量区域。在选表时应使被测设备的绝缘电阻值在准确测量区域内。

### 3) 兆欧表的使用

(1) 校表。测量前应将兆欧表进行一次开路 and 短路试验,检查兆欧表是否良好。将两连接线开路,摇动手柄,指针应指在“ $\infty$ ”处,再把两连接线短接一下,指针应指在“0”处,符合上述条件者即良好,否则不能使用。

(2) 将被测设备与线路断开,对于大电容设备还要进行放电。

(3) 正确选用电压等级符合的兆欧表。

(4) 测量绝缘电阻时,一般只用 L 端和 E 端,但在测量电缆对地的绝缘电阻或被测设备的漏电流较严重时,就要使用 G 端,并将 G 端接屏蔽层或外壳。线路接好后,可顺时针方向转动摇把,摇动的速度应由慢而快,当转速达到 120 r/min 左右时(ZC-25 型),保持匀速转动,1 min 后读数,并且要边摇边读数,不能停下来读数。

(5) 拆线放电。读数完毕,一边慢摇,一边拆线,然后将被测设备放电。放电方法是将测量时使用的地线从兆欧表上取下来与被测设备短接一下即可(不是兆欧表放电)。

### 4) 注意事项

(1) 禁止在雷电时或在高压设备附近测绝缘电阻,只能在设备不带电,也没有感应电的情况下测量。

(2) 摇测过程中,被测设备上不能有人工作。

(3) 兆欧表线不能绞在一起,要分开。

(4) 兆欧表未停止转动之前或被测设备未放电之前,严禁用手触及。拆线时,也不要触及引线的金属部分。

(5) 测量结束时,对大电容设备要放电。

(6) 要定期校验兆欧表的准确度。

## 4. 实训报告

根据使用兆欧表的实践写出实训报告,总结使用方法和注意事项。实训报告内容应包括实训目的、实训器材、实训步骤。

## 项目4 单臂电桥

### 1. 实训目的

了解单臂电桥的简单原理及其用途,学会正确使用单臂电桥。

### 2. 实训器材

QJ23 型单臂电桥、AC15 型直流复射式检流计、稳压电源、电阻箱、导线若干。

### 3. 实训步骤

(1)先将检流计的锁扣打开(内外),调节调零器,把指针调到零位。

(2)把被测电阻接在“ $R_x$ ”的位置上。要求用较粗、较短的连接导线,并将漆膜刮净。将接头拧紧,避免采用线夹。因为接头接触不良将使电桥的平衡不稳定,严重时可能损坏检流计。

(3)估计被测电阻的大小,选择适当的桥臂比率,使比较臂的四挡都能被充分利用。这样容易把电桥调到平衡,并能保证测量结果的4位有效数字。

(4)先按下电源按钮 B(锁定),再按下检流计的按钮 G(点接)。

(5)调整比较臂电阻使检流计指向零位,电桥平衡。若指针指向“+”(仪表上有显示),则需增加比较臂电阻,针指向“-”,则需减小比较臂电阻。

(6)读取数据:比较臂 $\times$ 比率臂=被测电阻。

(7)测量完毕,先断开检流计按钮,再断开电源按钮,然后拆除被测电阻,并将检流计锁扣锁上,以防搬动过程中损坏检流计。

单臂电桥原理图如图 1.1 所示。通过电桥调节  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  数值,当电桥平衡时有

$$R_x = R_1 \times \frac{R_2}{R_3}$$

从而可以测量出被测电阻。从图可以看出: $R_x$  被测电阻包括了引线电阻和接触面接触电阻,故实际电阻应减去引线电阻和接触面接触电阻。被测电阻越小,引线的误差越大,所以单臂电桥常用来测量  $1\ \Omega$  以上的电阻,一般量程为  $1\sim 99\ 990\ \Omega$ 。

注意事项:调节电阻时应先粗调,再进行细调,次序不能颠倒。

### 4. 实训报告

根据使用单臂电桥的实践写出实训报告,总结使用方法和注意事项。实训报告内容应包括实训目的、实训器材、实训步骤。

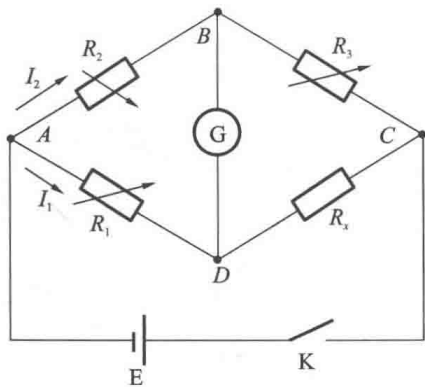


图 1.1 单臂电桥原理图

$R_x$ ——被测电阻; $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ ——可调电阻;  
G——检流计;E——电池。

# 项目5 示波器

## 1. 实训目的

- (1)了解示波器的结构及其示波原理；
- (2)掌握示波器的使用方法,学会用示波器观察各种信号的波形；
- (3)学会用示波器测量直流、正弦交流信号电压。

## 2. 实训器材

- (1)YB4320/20A/40 型双踪示波器一台。
- (2)函数信号发生器一台。
- (3)数字万用电表一只。

## 3. 实训仪器简介

### 1)示波器原理及结构

示波器是一种能观察各种电信号波形并可测量其电压、频率等的电子测量仪器。示波器还能对一些能转化成电信号的非电量进行观测,因而它是一种应用非常广泛的、通用的电子显示器。

示波器的型号很多,但其基本结构类似。示波器主要由示波管、X轴与Y轴衰减器和放大器、锯齿波发生器、整步电路和电源等几部分组成。

### 2)实训仪器介绍

现以 YB4320/20A/40/60 型双踪示波器为例(前面板见图 1.2),介绍示波器的使用方法。

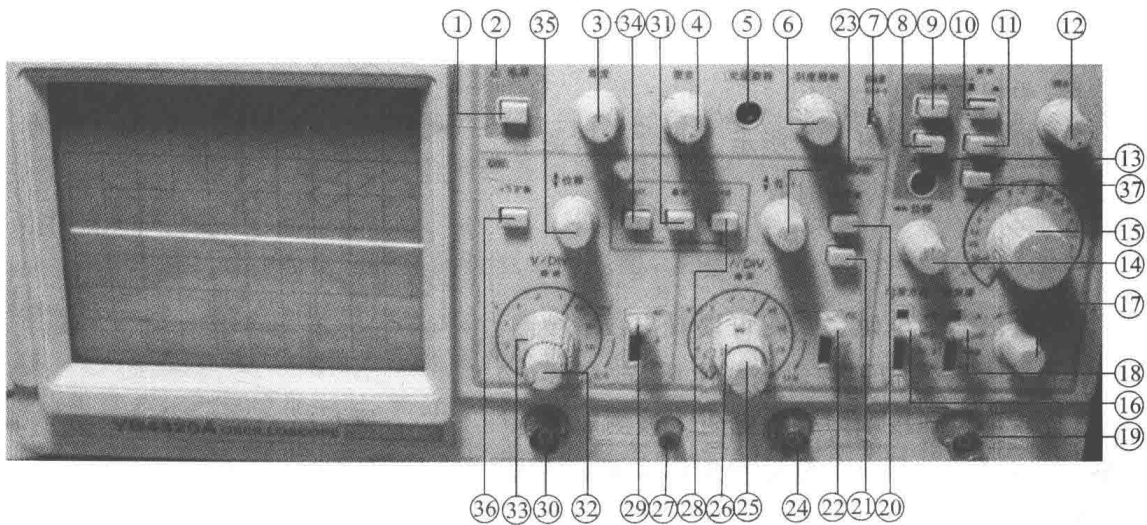


图 1.2 YB4320/20A/40/60 型双踪示波器前面板示意图

YB4320/20A/40/60 型双踪示波器旋钮和开关的功能如下。

- (1)电源及示波管控制系统(交流电源插座,该插座下端装有熔断管)。
- ①电源开关:按键弹出即为“关”位置,按下为“开”位置。
- ②电源指示灯:电源接通时,指示灯亮。
- ③亮度旋钮:顺时针方向旋转,亮度增强。

④聚焦旋钮:用来调节光迹及波形的清晰度。

⑤光迹旋转旋钮:用于调节光迹,使之与水平刻度线平行。

⑥刻度照明旋钮:用于调节屏幕刻度亮度。

(2)垂直系统。

⑩通道 1 输入端:用于垂直方向信号输入。在 X-Y 方式下输入端的信号为 X 信号。

⑫⑨交流-接地-直流耦合选择开关(AC-GND-DC),用于选择垂直放大器的耦合方式。

交流(AC):垂直放大器输入端由电容器来耦合。

接地(GND):放大器的输入端接地。

直流(DC):垂直放大器输入端与信号直接耦合。

⑮⑬衰减开关:用于垂直偏转灵敏度的调节。如果使用的是 10:1 探头,计算时将幅度  $\times 10$ 。

⑮⑭垂直微调旋钮:用于连续改变电压偏转灵敏度。此旋钮在正常情况下,应位于顺时针方向旋到底的位置。将旋钮逆时针方向旋到底,垂直方向的灵敏度将下降到原来的 1/5 以下。

⑮⑯CH1 $\times 5$  扩展,CH2 $\times 5$  扩展(CH1 $\times 5$ MAG,CH2 $\times 5$ MAG):按下“ $\times 5$ ”扩展键,垂直方向的信号扩大 5 倍,最高灵敏度为 1 mV/div。

⑮垂直移位旋钮:用于调节光迹在屏幕中的垂直位置。

⑮垂直方式工作旋钮:用于选择垂直方向的工作方式。

⑮通道 1 选择(CH1):屏幕上仅显示 CH1 的信号。

⑮通道 2 选择(CH2):屏幕上仅显示 CH2 的信号。

⑮⑮双踪选择按钮:同时按下 CH1 和 CH2 按钮,屏幕上会出现双踪并自动以断续或交替方式同时显示 CH1 和 CH2 的信号。

⑮叠加按钮:显示 CH1 和 CH2 输入电压的代数和。

⑮CH2 极性开关:按此开关时 CH2 显示反相电压值。

(3)水平方向部分。

⑮扫描时间因数选择开关:共 20 挡,在 0.1  $\mu$ s/div $\sim$ 0.2 s/div 范围选择扫描速率。

⑮X-Y 控制键:选择 X-Y 工作方式时,垂直偏转信号接入 CH2 输入端,水平偏转信号接入 CH1 输入端。

⑮通道 2 垂直移位键:用于控制通道 2 信号在屏幕中的垂直位置,当工作在 X-Y 方式下时,用于控制通道 2 信号在 Y 方向上的移位。

⑮扫描微调控制键:此旋钮顺时针旋转到底时处于校准位置,扫描由扫描时间因数选择开关指示。将该旋钮逆时针方向旋转到底,扫描速度减慢到原来的 1/5 以下。正常工作时,该旋钮位于校准位置。

⑮水平移位旋钮:用于调节轨迹,使之在水平方向上移动。顺时针方向旋转,光迹右移;逆时针方向旋转,光迹左移。

⑮扩展控制键(MAG $\times 5$ 、MAG $\times 10$ ):按下去时,扫描因数分别以 5 倍扩展、10 倍扩展。扫描时间是扫描时间因数选择开关指示数值的 1/5 或 1/10。例如,用“ $\times 5$ ”扩展时,100  $\mu$ s/Div 为 20  $\mu$ s/Div。部分波形的扩展:将波形的尖端移到水平尺寸的中心,按下“ $\times 5$ ”或“ $\times 10$ ”扩展按钮,波形将扩展 5 倍或 10 倍。

⑮ALT 扩展按钮(ALT-MAG),按下此键,扫描因数 $\times 1$ 、 $\times 5$ 或 $\times 10$ 同时显示。此时要把放大部分移到屏幕中心,按下 ALT-MAG 键。扩展以后的光迹可由光迹分离控制键⑮移位距 $\times 1$ 光迹 1.5 div 或更远的地方。同时使用垂直双踪方式和水平扩展按钮可在屏幕上同时

显示四条光迹。

(4) 触发。

⑮ 触发源选择开关, 选择触发信号源。

内触发: CH1 或 CH2 端上的输入信号是触发信号。

通道 2 触发: CH2 端上的输入信号是触发信号。

电源触发: 电源频率成为触发信号。

外触发: 触发输入端上的触发信号是外部信号, 用于特殊信号的触发。

⑯ 交替触发: 在双踪交替显示时, 触发信号交替来自于两个 Y 通道, 此方式可用于同时观察两路不相关的信号。

⑰ 外触发输入插座: 用于外部触发信号的输入。

⑱ 触发电平旋钮: 用于调节被测信号在某一电平触发。

⑲ 触发极性按钮: 用于选择信号的上升沿和下降沿触发。

⑳ 触发方式选择。

自动: 在自动扫描方式下, 扫描电路自动进行扫描。在没有信号输入或输入信号没有被触发同步时, 屏幕上仍然可以显示扫描基线。

常态: 有触发信号时才能扫描, 否则屏幕上无扫描线显示。当输入信号频率低于 20 Hz 时, 用常态触发方式。

㉑ 校准信号: 电压幅度为  $0.5 V_{PP}$ 、频率为 1 kHz 的方波信号。

㉒ 接地柱: 接地端。

## 4. 实训步骤

(1) 调整示波器, 观察标准方波波形。

① 确认所用电压在 198~242 V 之间。确保所用熔丝型号为指定的型号。

② 断开电源开关, 将电源线接入。

③ 设定各个控制按钮的位置。

④ 接通电源开关, 大约 15 s 后, 示波器屏幕出现扫描光迹。

(2) 聚焦。

① 调节“垂直移位”旋钮, 使光迹移至屏幕观测区域的中央。

② 调节“辉度”旋钮, 将光迹的亮度调至所需要的程度。

③ 调节“聚焦”旋钮, 使光迹清晰。

(3) 加入触发信号。

① 将各控制开关或旋钮置于相应的位置。

② 用探头将“校正信号源”送到 CH1 输入端。

③ 将探头的“衰减比”旋钮旋转置于“ $\times 10$ ”挡位置, 调节“电平”旋钮使仪器触发。

将触发电平调离“自动”位置, 并逆时针方向转动“电平”旋钮直至方波波形稳定, 再微调“聚焦”和“辅助聚焦”旋钮使波形更清晰, 并将波形移至屏幕中间。

(4) 观察各种信号波形。

将函数信号发生器的输出端接示波器的“Y 轴输入”端, 观察正弦、方波、三角波等的波形。调节示波器的有关旋钮, 使屏幕上出现稳定的波形。

(5) 电压测量。

① 电压的定量测量。将“V/div”微调置于“CAL”位置, 就可以进行电压的定量测量。测量值可由下列公式计算后得到。

用探头“ $\times 1$ ”位置进行测量时,其电压值为: $U = \text{设定值}(\text{V/div}) \times \text{信号显示幅度}(\text{div})$ 。

用探头“ $\times 10$ ”位置进行测量时,其电压值为: $U = \text{设定值}(\text{V/div}) \times \text{信号显示幅度}(\text{div}) \times 10$ 。

②直流电压测量。该仪器具有输入阻抗高、灵敏度高和响应快速的优势,下面介绍测量过程。将Y轴输入耦合选择开关置于“ $\perp$ ”,“电平”置于“自动”。屏幕上形成一水平扫描基线,将“ $\text{V/div}$ ”与“ $\text{t/div}$ ”微调旋钮置于适当的位置,且“ $\text{V/div}$ ”的微调旋钮置于校准位置,调节Y轴位移,使水平扫描基线处于屏幕上标注的某一特定基准(0 V)。

a. 将“扫描方式”开关置于“AUTO”(自动)位置,选择“扫描速度”使扫描光迹不发生闪烁的现象。

b. 将“AC-GND-DC”开关置于“DC”位置,且将被测电压加到输入端。扫描线的垂直位移即为信号的电压幅度。如果扫描线上移,则被测电压相对地电位为正;如果扫描线下移,则该电压相对地电位为负。电压值可用上面的公式求出。例如,将探头衰减比置于“ $\times 10$ ”位置,垂直偏转因数( $\text{V/div}$ )置于“ $0.5 \text{ V/div}$ ”,微调旋钮置于“CAL”位置,所测得的扫描光迹偏高 5 div。根据公式,被测电压为

$$0.5(\text{V/div}) \times 5(\text{div}) \times 10 = 25 \text{ V}$$

③交流电压测量。调节“ $\text{V/div}$ ”切换开关到合适的位置,以获得一个易于读取的信号幅度。

(6)时间测量。

信号波形两点间的时间间隔可按下列公式进行计算。

$$\text{时间}(\text{s}) = \text{设定值}(\text{Time/div}) \times \text{对应于被测时间的长度}(\text{div}) \times \text{“5 倍扩展”旋钮设定值的倒数}$$

式中:置“ $\text{Time/div}$ ”微调旋钮于“CAL”位置。读取“ $\text{Time/div}$ ”以及“ $\times 5$  倍扩展”旋钮设定值。“ $\times 5$  倍扩展”旋钮设定值的倒数在扫描未扩展时为“1”,在扫描扩展时是“ $1/5$ ”。

脉冲宽度测量方法如下。

①调节脉冲波形的垂直位置,使脉冲波形的顶部和底部距刻度水平线的距离相等。

②调节“ $\text{Time/div}$ ”开关到合适位置,使扫描信号光迹易于观测。

③读取上升沿和下降沿中点之间的距离,即脉冲沿与水平刻度线相交的两点之间的距离,然后用公式计算脉冲宽度。

脉冲上升(或下降)时间的测量方法如下。

调节脉冲波形的垂直位置和水平位置,方法和脉冲宽度测量方法相同。

$$tr = 50(\mu\text{s/div}) \times 1.1(\text{div}) = 55 \mu\text{s}$$

## 5. 实训报告

根据使用示波器的实践写出实训报告,总结使用方法和注意事项。实训报告内容应包括实训目的、实训器材、实训步骤。

## 项目 6 函数信号发生器

### 1. 实训目的

了解函数信号发生器的工作原理,了解它的用途、类型,学会正确使用函数信号发生器。



## 2. 实训器材

- (1)DG1022 型函数信号发生器一台。
- (2)YB4320/20A/40 型双踪示波器一台。

## 3. 实训仪器简介与使用步骤

### 1)函数信号发生器说明及面板结构

DG1022 型函数信号发生器使用直接数字合成(DDS)技术,可生成稳定、精确、纯净和低失真的正弦信号。它还能提供 5 MHz 具有快速上升沿和下降沿的方波,另外还具有高精度、宽频带的频率测量功能,实现了易用性、优异的技术指标及众多功能特性的完美结合。其实物如图 1.3 所示。

DG1022 型函数信号发生器向用户提供简单而功能明晰的前面板,其结构如图 1.4 所示,前面板上包括各种功能按键、旋钮及菜单软键,可以进入不同的功能菜单或直接获得特定的功能应用。其后面板结构如图 1.5 所示。

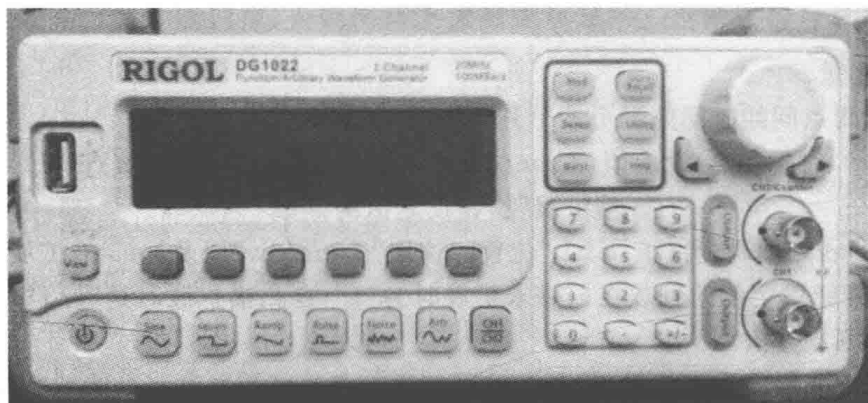


图 1.3 DG1022 型函数信号发生器实物图

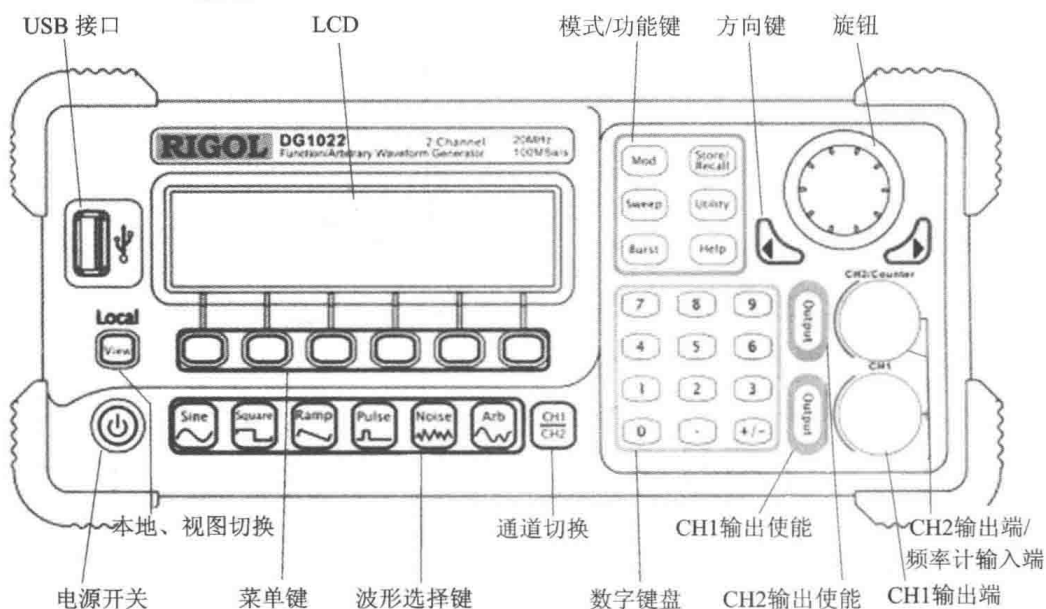


图 1.4 DG1022 函数信号发生器前面板结构



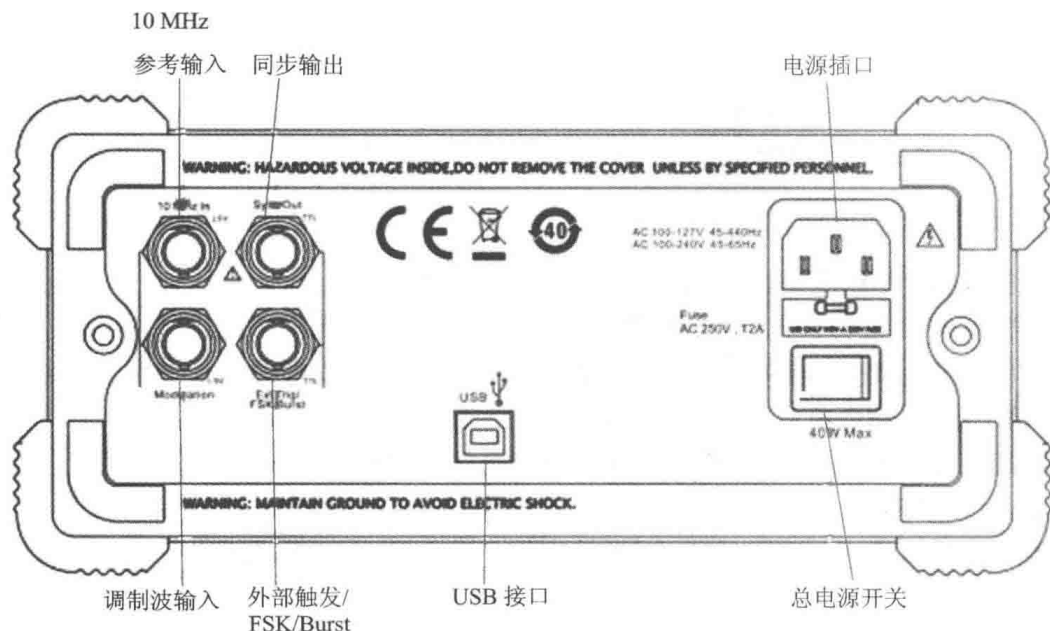


图 1.5 DG1022 型函数信号发生器后面板结构

## 2) 了解函数信号发生器的基本使用

(1) 波形设置: 在操作面板左侧下方有一系列带有波形显示的按键, 它们分别是正弦波、方波、锯齿波、脉冲波、噪声波、任意波, 此外还有两个常用按键——通道选择和视图切换键。如图 1.6 所示。

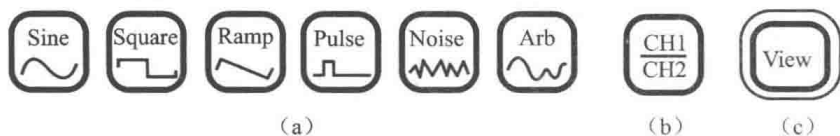


图 1.6 波形设置

(a) 波形选择; (b) 通道选择; (c) 视图切换

按下“Sine”按键, 屏幕上的波形图标变为正弦信号图标, 并在状态区左侧出现“Sine”字样。DG1022 可输出频率从  $1 \mu\text{Hz}$  到  $20 \text{ MHz}$  的正弦波形。通过设置频率/周期、幅值/高电平、偏移/低电平、相位, 可以得到不同参数值的正弦波。

按下“Square”按键, 波形图标变为方波信号, 并在状态区左侧出现“Square”字样。DG1022 可输出频率从  $1 \mu\text{Hz}$  到  $5 \text{ MHz}$ 、具有可变占空比的方波。通过设置频率/周期、幅值/高电平、偏移/低电平、占空比、相位, 可以得到不同参数值的方波。方波使用系统默认参数: 频率为  $1 \text{ kHz}$ , 幅值为  $5.0 \text{ V}_{\text{pp}}$ , 偏移量为  $0 \text{ V}_{\text{DC}}$ , 占空比为  $50\%$ , 初始相位为  $0^\circ$ 。

按下“Ramp”按键, 波形图标变为锯齿波信号, 并在状态区左侧出现“Ramp”字样。DG1022 可输出频率从  $1 \mu\text{Hz}$  到  $150 \text{ kHz}$ 、具有可变对称性的锯齿波波形。通过设置频率/周期、幅值/高电平、偏移/低电平、对称性、相位, 可以得到不同参数值的锯齿波。锯齿波使用系统默认参数: 频率为  $1 \text{ kHz}$ , 幅值为  $5.0 \text{ V}_{\text{pp}}$ , 偏移量为  $0 \text{ V}_{\text{DC}}$ , 对称性为  $50\%$ , 初始相位为  $0^\circ$ 。

按下“Pulse”按键, 波形图标变为脉冲波信号, 并在状态区左侧出现“Pulse”字样。DG1022 可输出频率从  $500 \mu\text{Hz}$  到  $3 \text{ MHz}$ 、具有可变脉冲宽度的脉冲波形。通过设置频率/周期、幅值/高电平、偏移/低电平、脉宽/占空比、延时, 可以得到不同参数值的脉冲波。脉冲波形