

新编 电气实验

〔日〕横田弥三 著
高 瑞 友 译
苏 魁 武 校

XINBIAN
DIANQI
SHIYAN

吉林人民出版社

新 编 电 气 实 验

〔日〕横田弥三 著

高 瑞 友 译

苏 魁 武 校

*

吉林人民出版社出版 吉林省新华书店发行

通辽教育印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开本 10.75印张 2插页 260,000字

1984年5月第1版 1984年5月第1次印刷

印数：1—7,630册

统一书号：15091·201 定价：1.50元

译 者 的 话

电气实验是电工及电子科学技术中一个重要分支，为电工及电子科学技术提供了实验手段。在电工及电子科学领域中，很多物理量和物理现象是人体感官所无法直接感觉到的，只有通过电工及电子测量仪器这个媒介，人们才能直观地观测到它们。例如，广泛应用的电信号发生器，其频率高低、幅度大小、振荡波形等，只有通过频率计才能知道其频率，通过电压表或功率计才能测得其幅度，通过示波器才能观察其波形。因此，没有电气实验的基本操作技能，人们就不可能牢固地掌握和发展电工及电子科学技术知识。

本书主要介绍各种电气实验方法，包括电工仪表测量实验，电气机器实验，电子学实验，电气应用、电力及自动控制实验，同时还介绍了磁带录音机、无线电接收机及彩色电视接收机等测定方法。在每个实验的后面都有“研究及应用”和“问题”栏，便于读者巩固所学知识，培养独立工作能力和养成理论联系实际的学习习惯。

目前，我国有关工科院校为了使使学生获得必要的实验技能，更有效地掌握基础理论和提高实际操作能力，正在加强电气实验课。我们相信，本书中译本的出版将为电气实验人员和广大电气工作者提供一本有益的参考书。

原书是为工科中等专业学校学生及有现场经验的技术人员作为电气实验指导书而编写的。但也可作为大专院校、职工工业余大

学及职业中学学生的电气实验指导书。

本书在翻译过程中，得到吉林建工学院朱建华同志的帮助，并由吉林工学院苏魁武副教授进行了细致的审校，在此一并表示感谢。译文不妥之处，欢迎读者批评指正。

译 者

1983.4.

再 版 说 明

由于科学技术的发展和实验设备产品标准的修订，在这一版的第四章中增添了以下几个主要内容。

鉴于磁带录音机已经普及，增加了它的特性测定实验；对振荡电路和脉冲整形电路等实验改用晶体管和二极管电路；充实了测量的内容。

另外，在电视接收机实验中，以彩色电视机为对象，改用集成电路和晶体管电路，使内容更为充实。附录所收资料均用新标准加以修订。

1978年2月

著 者

校 对

(以姓氏笔划为序)

超高压电力研究所顾问
东京大学名誉教授・工学博士

工学博士

明治大学教授・工学博士

工学博士

东京大学教授・工学博士

早稻田大学教授・工学博士

住友电气有限公司常务董事・工学博士

日本电电公社・总裁・工学博士

大山松次郎

尾本义一

后藤以纪

竹内寿太郎

西野治

埴野一郎

法贵四郎

米泽滋

前 言

“在实践中学”这一教育原理，对所有的学科都是适用的，在工科教育中这一原理更为适用。

“电”是一门理论系统完整的学科，掌握其理论是很重要的，更为重要的是理论要通过实验来验证和巩固。对技术人员来说，掌握一定的实验技能是非常必要的。在工科教育方面人们一向注重实验工作，为此而拨出相当数量的教学时数。

“电”是一门抽象不易学的学科，一般要通过理论与实验相结合来学习。因此，在学习上要结合实验，实验时要做好充分准备，根据作业要点进行必要的指导。为了提高学习效率，一本按照各科的进度、重点和实验难易程度而编写的实验指导书，对学习者方便的。

本书是根据上述目的，为工科中等专业学校学生以及有现场经验的技术人员作为电气实验指导书而编写的。

本书对下列事项给予特殊注意：

1. 书中所列的实验内容、深度和数量，主要适合于工 科 院 校电气专业及电子专业。

2. 实验项目按各科教学进度、难易和内容的重要性来选定，并根据实验设备的分类，以及学习和指导实验是否方便来加以搭配。但是，实验时数、实验设备及教学进度等可以自行删减，实验顺序可自行决定。

3. 本书对实验项目的理论不做阐述，但书中设有“预习”及“准备项目”，学生可通过所学的课程来理解实验原理，并可通过参考书及有关文献来进行自学。

4. 接线图应清楚易懂，结线方式力求简便，并尽量刊登实物照片。

5. 在实验方法一项中，记述了实验的步骤和顺序，实验中需要特别注意的事项则在“实验注意事项”一栏中加以说明。

6. 在“实验结果整理”一栏中，特别指出学生在整理实验结果时易于疏忽的地方，供讨论实验结果时参考。另外，还设有“研究与应用”以及“问题”栏，供学生自学用。这两栏虽然受篇幅所限用小号字排印，但应作为重要项目对待。

7. 附录中列出了指示型电工仪表，导线及熔丝等规格以及同步示波器的使用方法，供读者查阅。

另外，书中均采用通用规格和通用术语。

1952年2月

著 者

目 录

第 1 章 实验基本知识

1. 实验目的	(1)
2. 实验室的一般注意事项	(2)
3. 仪表、仪器的选择及使用	(3)
4. 仪器的安装及配线	(4)
5. 记录方法及曲线的画法	(5)
6. 实验结果的整理及实验报告的写法	(6)

第 2 章 电工测量实验

1. 预备实验	(8)
2·1·1 电压表及电流表的用法	(8)
2·1·2 可变电阻器的用法	(10)
2·1·3 电阻的串、并联电路实验	(12)
2·1·4 检流计和分流器的用法	(14)
2·1·5 万用表的用法及倍率器的实验	(16)
2. 电阻的测量	(19)
2·2·1 用电压降法测量电阻	(19)
2·2·2 用惠斯登电桥测量电阻	(21)
2·2·3 用凯尔文法测量检流计的电阻	(23)
2·2·4 用凯尔文双臂电桥测量低值电阻	(24)
2·2·5 利用直偏法测量绝缘导线的绝缘电阻	(26)
2·2·6 用兆欧表 (绝缘电阻计) 测量室内照明配线、 电气机器的绝缘电阻	(29)

2·2·7 用考劳喜交流电桥测量电解液的电阻·····	(32)
2·2·8 接地电阻的测量·····	(34)
3. 检流计及电位差计·····	(37)
2 3 1 测定反射镜式检流计的灵敏度·····	(57)
2·3·2 用直流电位差计测量电池的电动势·····	(39)
2·3·3 用直流电位差计标定电压表及电流表刻度 的试验·····	(42)
4. 熔丝、热电偶及电池的测量·····	(45)
2·4·1 熔丝的熔断特性试验·····	(45)
2·4·2 热电偶刻度的标定及用热电偶测量温度·····	(47)
2·4·3 测定干电池的内阻及放电特性·····	(51)
2·4·4 铅蓄电池的用法及充放电特性试验·····	(52)
5. 磁 测 量·····	(55)
2·5·1 用磁通计测量硅钢片的 $B-H$ 曲线(环铁 法)·····	(55)
2·5·2 用爱泼斯坦装置(铁损试验装置) 测量电气机器用硅钢片的铁损·····	(57)
6. 交流功率及电能的测量·····	(60)
2·6·1 单相交流电路的功率及功率因数的测量·····	(60)
2·6·2 三相三线制电路的功率测量·····	(62)
2·6·3 电度表的误差试验·····	(64)

第 3 章 电机实验

1. 直 流 机·····	(70)
3·1·1 直流并励电动机的起动及调速控制·····	(70)
3·1·2 直流发电机的空载特性试验·····	(74)
3·1·3 直流并励发电机的负载特性试验·····	(76)
3·1·4 直流并励电动机的负载特性试验·····	(79)

3.1.5 直流串励电动机的负载特性试验*	(82)
3.1.6 直流复励电机的负载特性试验*	(84)
3.1.7 计算直流机的效率	(86)
2. 变 压 器	(90)
3.2.1 单相变压器的变压比及极性试验	(90)
3.2.2 单相变压器的特性试验	(92)
3.2.3 用反馈法试验单相变压器的温升	(97)
3.2.4 变压器的三相联结法及六相联结法	(99)
3. 感应电动机	(104)
3.3.1 三相感应电动机的特性试验 (圆图法)	(104)
3.3.2 用普罗尼制动功率计 (闸式测功器) 做三相感 应电动机的负载试验	(111)
3.3.3 用电力测功机试验单相感应电动机的特性	(113)
4. 同步电机及交流整流子电机	(115)
3.4.1 三相同步发电机的特性试验	(115)
3.4.2 三相同步发电机的并联运行	(121)
3.4.3 三相同步电动机的起动方法及特性试验	(124)
3.4.4 三相并励整流子电动机 (施拉格电动机) 的特 性试验	(127)
5. 整 流 器	(130)
3.5.1 汞弧整流器*的特性试检	(130)
3.5.2 硒整流器*的特性试验	(133)

第 4 章 电子学实验

1. 电 子 管	(138)
4.1.1 真空二极管的静态特性测定	(138)
4.1.2 真空三极管的静态特性测定	(140)
4.1.3 真空四极管及真空五极管的静态特性测定	(143)

4.1.4	气体稳压管的特性测定	(145)
4.1.5	闸流管的特性试验	(148)
4.1.6	光电管的特性试验	(150)
2.	晶体二极管及晶体三极管	(152)
4.2.1	点接触晶体二极管及齐纳二极管的特性测定	(152)
4.2.2	非线性电阻及热敏电阻的特性测定	(155)
4.2.3	晶体三极管静态特性的测定	(158)
4.2.4	晶体三极管的 h 参数的测定	(161)
4.2.5	光敏晶体三极管的特性测定	(167)
4.2.6	SCR (晶闸管) 的静态特性测定	(169)
3.	同步示波器	(171)
4.3.1	用同步示波器测量频率及相位差	(171)
4.	交流电桥及 Q 值表	(174)
4.4.1	用交流电桥及万能电桥测量 L 、 C 、 R	(174)
4.4.2	用 Q 值表测量 Q 、 L_s 、 R_s 、 C_d	(178)
5.	谐振电路	(181)
4.5.1	测定串联及并联谐振电路的特性	(181)
4.5.2	复谐振电路的特性测定	(184)
6.	滤波器及整流装置	(186)
4.6.1	滤波器衰减特性的测定	(186)
4.6.2	整流器的特性试验	(188)
7.	放大电路及振荡电路	(191)
4.7.1	低频放大电路频率特性的测定	(191)
4.7.2	低频放大器失真率的测量	(194)
4.7.3	晶体管低频放大器的特性试验	(197)
4.7.4	晶体管振荡电路的特性试验	(199)
8.	调幅电路及检波 (解调) 电路	(203)
4.8.1	调幅电路的调幅率的测定	(203)

4·8·2 阳极检波电路及栅极检波电路的特性测定·····	(208)
4·8·3 <i>FM</i> 调频电路及 <i>FM</i> 鉴频电路的特性测定·····	(212)
9. 磁带录音机、扬声器、天线及电波场强 ·····	(215)
4·9·1 磁带录音机的特性测定·····	(215)
4·9·2 扬声器的灵敏度、频率特性及定向特性的 测定·····	(219)
4·9·3 接地天线固有频率及天线参数的测定·····	(222)
4·9·4 电波场强的测定·····	(227)
10. 无线电接收机及彩色电视接收机·····	(231)
4·10·1 无线电接收机的特性测定 ·····	(231)
4·10·2 彩色电视接收机的调整及波形观测 ·····	(237)
11. 微波·····	(247)
4·11·1 关于微波的基本测定 ·····	(247)
12. 脉冲电路·····	(252)
4·12·1 脉冲整形电路的构成及波形的观察 ·····	(252)
4·12·2 多谐振荡器及微分-积分电路的工作测定·····	(254)
4·12·3 基本逻辑电路的动作测定 ·····	(258)
13. 模拟电子计算机·····	(263)
4·13·1 模拟电子计算机的用法及运算 ·····	(263)

第5章 电气应用, 电力及自动控制实验

1. 发光强度及照度的测定 ·····	(271)
5·1·1 白炽灯的发光强度及配光曲线的测定·····	(271)
5·1·2 白炽灯泡的电压特性实验·····	(275)
5·1·3 用光电池照度计和简易照度计测定照度·····	(277)
2. 电力用继电器及模拟输电线路 ·····	(279)
5·2·1 感应型过电流继电器时限特性实验·····	(279)
5·2·2 接地继电器一次侧试验·····	(281)

5.2.3 用模拟输电线路试验装置测定线路电压下降率	(284)
5.2.4 用模拟输电线路试验装置做输电线的圆图	(285)
5.2.5 模拟输电线路的一线接地电流及短路故障电流 的观测	(288)
3. 高压实验	(291)
5.3.1 利用火花间隙测定高电压	(292)
5.3.2 绝缘物的绝缘击穿试验	(295)
5.3.3 冲击电压的测定	(297)
4. 自动控制实验	(300)
5.4.1 磁放大器的特性试验	(300)
5.4.2 电子式记录调节器的动作特性试验	(303)
5.4.3 用程序模拟器做控制动作试验	(308)
5.4.4 RC 校正电路的对数频率特性图的作法	(313)

附 录

1. 600V 橡皮绝缘导线的绝缘电阻	(317)
2. 橡皮软线的绝缘电阻	(317)
3. 绝缘导线的允许电流	(318)
4. 干电池的规格	(319)
5. 接地工程的种类及接地电阻	(320)
6. 有关熔丝的技术标准及规格	(320)
7. 同步示波器 (触发式同步示波器)	(322)
8. 模拟式电子计算机	(326)
9. 球间隙工频交流放电电压	(329)
10. 分贝换算表	(330)

第 1 章 实验基本知识

1. 实验目的

实验是学习电工学的一种重要手段。然而，若盲目地做实验将产生不良的后果。首先要明确实验的目的。现将其主要目的列举如下。

(1) 培养科学的分析能力。对实验结果要根据当时的条件来分析，不能死搬教科书中的结论。在实验过程中，观察其各种现象，并加以整理和解释，提出问题，养成独立思考和科学考察的习惯。

(2) 掌握原理以及了解构造等。只靠教科书中所阐述的理论是抽象的，因此可以通过实验来掌握理论知识。各学科（理论与实践）相互联系起来研究是重要的。

(3) 掌握实验技能。实验室和现场的设备齐全与否，并不是掌握实验技能的最关键问题，在现有的情况下掌握熟练的实验技能的最有效的办法是动脑筋，多进行实验操作练习。

(4) 掌握数量的概念。现实中某个对象的数量概念，只有具体考察了该对象之后才能得到。特别是在工程上，数量的概念非常重要。例如一个线圈大约有多少mH，必须对它有一个大致的估计。

(5) 培养互助的精神。任何事情只有大家互相合作才能取得好的成果。做实验时虽然各自分担任务，但要取得良好结果，必须有互相协作的态度。

(6) 练习写好实验报告书。因为出色的工作是由多数人合作

取得的，对自己将来承担的工作、研究课题以及意见等等，应能表述明白，为他人所看懂。因此，练习写好报告书是重要的。

2. 实验室的一般注意事项

(1) 预习实验的内容、目的及实验方法，认真了解注意事项以及所用的所有仪表和仪器，然后根据书中所学过的理论知识通过实验来加以巩固和验证。

(2) 务必注意安全，防止触电发生危险。做实验时一定要听从教师的指导，服装整齐，室内要保持清洁。

做旋转机械、高压电气实验时要特别注意。

(3) 不要损坏机械、仪表和仪器，选取熔丝一定要适当。当仪表和仪器由于误接而造成损坏时要立即向指导教师报告。

(4) 实验一定要认真严肃地来做。要注意是否有特殊声音或臭味，当出现异常现象时要查找其原因。

(5) 实验者互相间要配合好，全组成员要同心协力做实验。实验中不能过分依赖教科书和他人，最好没有旁观者。

(6) 要充分有效地利用实验时间。不仅要在实验中求得数据，而且要了解装置和仪器的性质及用法。另外，不要忘记对影响实验结果的原因进行具体的考察研究。

(7) 对实验中的疑难问题要进行研究，并对难以解决的问题向指导教师提出。

(8) 实验中注意不要发生火灾，做完实验要把电源切断，并把机械设备、仪表整理好。

研究及应用

(1) 在实验中穿什么服装最合适？

(2) 如果熔丝选择不适当会出现什么问题？

(3) 了解实验室内的电源装置和配线以及机器的配置，画出平面图。

3. 仪表、仪器的选择及使用

根据实验的内容选好所用的仪器和仪表是很重要的。如果选择不当，不仅影响实验结果，而且还会造成仪表和仪器的损伤以至烧坏。使用方法不当也会造成同样结果。

使用仪器和仪表需要注意的几点：

(1) 在选择各类仪表时，要根据使用的目的来确定直流表、交流表、工作原理、测量范围及精度等级等。例如，要根据测量的对象来确定仪表的测量范围及仪表的等级等，同时要考虑内阻和内部损耗的影响。

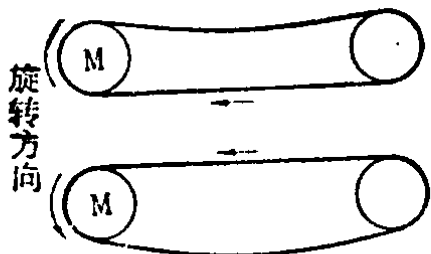
(2) 实验设备要根据实验目的和精度来选择，特别是电阻器，不但要考虑其阻值，而且要注意电流的容量，尤其是在高频实验中特别要注意这一点。

(3) 要使用常规仪器和仪表。对精度较高的仪表和仪器要特别注意。如果仪器象检流计那样附有夹子，需要挪动仪器时，一定要把它固定好。

(4) 要注意仪表的使用方法。当使用电压表的倍率器和电流表的分流器时，要注意它们是外附使用的。

(5) 要认真地调整所用的仪器、仪表和设备，一些简单的故障要及时修好，对于损坏物件要立即处理。

(6) 当流过仪表和仪器的电流过大时，应立即将电源切断，电池的电压不足应及时充电。



1.1图 皮带的悬挂方法

研究及应用

(1) 当仪表的指针与零不重合时，应如何来调整？

(2) 在1.1图中，哪一种皮带悬挂

方式正确，为什么？

(3) 用电压降法测量电压为 100V. 功率为 100W 灯泡的热