

计量测试技术手册

第7卷 电磁学

《计量测试技术手册》编辑委员会



中国计量出版社

计量测试技术手册

第7卷 电磁学

《计量测试技术手册》编辑委员会

中国计量出版社

(京)新登字 024 号

内 容 提 要

《计量测试技术手册》包括计量测试技术基础、几何量、温度、力学、电磁学、电子学、声学、光学、时间频率、电离辐射、化学等量的计量测试技术,全套共 13 卷。

本书为《计量测试技术手册》第 7 卷电磁学。内容包括:电磁计量单位,电磁计量基准、标准体系,电磁测量仪器、仪表,以及电磁计量器具的检定及电磁量的测试技术。

本书供从事计量测试工作的技术人员、管理人员查阅使用,也可供其他有关人员参考。

Abstract

《Handbook of Measurement Technology》consists of the basic principle of measurement and measurement technology for geometrical quantity, temperature, mechanics, electromagnetism, electronics, acoustics, optics, time and frequency, ionizing radiation, and chemistry etc. The whole set contains 13 volumes.

This book in volume 7, "electromagnetics". The book involves the units of measurement, system of national standards, measuring instruments, verification of measuring instruments in the fields of electromagnetics, and the measuring and testing technique for electromagnetic quantities.

It is a valuable reference book for the metrologists, management staff and other persons associated.

图书在版编目 (CIP) 数据

计量测试技术手册 第 7 卷: 电磁学/《计量测试技术手册》编辑委员会编著. —北京: 中国计量出版社, 1996. 12

ISBN 7-5026-0752-8/TB·467

I. 计… I. 计… III. ①计量-测试技术-手册②电磁学-计量-测试技术 IV. ①TB9-62②TB97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 10417 号

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

开本 787×1092/16 印张 44.5 字数 1508 千字

1996 年 12 月第 1 版 1996 年 12 月第 1 次印刷

*

印数 1—2000 定价: 105.00 元

序

当人类文明的曙光照耀着历史长河的源头时,伴随着生产和社会活动的需求,计量就萌发了。我国古时秦始皇施行了度量衡制度,被看作是一项重要政绩,标志着社会的进步。本世纪欧洲各国也制定了计量单位,如英国的英尺、磅等。直至1898年,国际米制公约公布,号召各国采用统一的米制公斤计量标准,可说是顺应社会发展,时代进步的必然产物。随着科学技术和贸易的发展,大概始于本世纪与上世紀之交,计量又从传统的度量衡扩展到众多的新兴领域。各种计量要求的精确程度及实施的复杂性与日俱增,计量已成为一门独立的学科。特别是在今天高新技术迅速发展的时代,计量更是无所不在和不可缺少的科学手段。今天计量测试技术广泛应用于工农业生产、国防建设、科学研究、国内外贸易、医疗卫生,以及人民生活的各个领域。在现代社会中,人们把人、管理、原材料、工艺装备、计量测试技术列为工业生产的五大支柱。计量测试技术也是整个科学技术和国民经济的一项重要技术基础。

在原国家计量局和现国家技术监督局的支持下,由中国计量出版社组织编写的《计量测试技术手册》即将出版。这套手册由100多位长期从事计量测试工作的专家、教授,历经7年编纂而成。该套手册总结了我国40多年来计量科学研究和实践的经验,吸取了国外先进技术,内容丰富,实用性强。并保持了从事计量工作一向遵循的科学上的严谨性,是适用于各个领域科技人员的工具书。

可以指出,编写的手册是一项组织繁杂,集体辛勤劳动的果实,是对我国计量事业做出了一个卓有贡献。为此,谨向所有付出心血的编者表示敬意。



1995年10月18日

王大珩教授为中国科学院院士、中国工程院院士、中国高科技产业化研究会理事长、何梁何利基金优秀奖获得者。

《计量测试技术手册》编辑委员会

主任委员：陈宽基
副主任委员：倪伟清 徐孝恩 李绍贵 房景富 王东宝
委员：（按姓氏笔画顺序排列）
于 渤 王朋植 王晓莹 史元明 孙维民
师克宽 刘宝兰 刘瑞清 陈小林 陈艳春
何 贡 何伟仁 林宗虎 林鸿初 金士杰
施昌彦 席德熊 徐 鹮 黄秉英 窦绪昕
谢 英 潘君骅 潘秀荣

本卷编辑委员会

主 编：金士杰
委 员：（按姓氏笔画顺序排列）
王朋植 阮永顺 沈平子 崔广英
高光润
撰 稿 人：（按姓氏笔画顺序排列）
王 健 王景元 王晓超 冯占岭
阮永顺 沈平子 金士杰 陈竹年
梅文余 顾惠芬 崔广英 高永毅
高光润 汤琳宝
本卷责任编委：倪伟清
本卷责任编辑：王朋植
版式设计：孙丽英 高 彤 凌赛利
插图设计：孙丽英

前 言

我国的现代计量测试工作,始于本世纪50年代初,经过40多年的积累和发展,已建成具有门类较为齐全,覆盖全国的计量测试技术网络,在生产、科研和经贸中发挥着生产力的作用。计量测试队伍也从计量行业扩展到各技术领域的计量、测试人员,形成宏大的专业大军。作为这一专业领域的知识积累——编写《计量测试技术手册》,既是广大计量测试人员的要求,也为推进计量测试技术转化为生产力所需要。

《手册》旨在成为计量测试人员和技术科研、设计人员案头技术咨询的必备工具书,力求以技术科学性、数据准确性、资料实用性、查阅方便性来组织书稿内容。全书按计量测试技术各专业立卷,共13卷,覆盖了这一技术领域的全貌。各卷按各自专业特点,要求做到既独立完整,又相互协调统一。

《手册》是在原国家计量局和现国家技术监督局的支持和帮助下,由中国计量出版社组织编写的,并成立了各卷的编审委员会,得到了中国计量科学研究院和一些科研单位、大专院校的大力支持,有上百名计量测试技术专家、学者参与了编写工作,历经7个多寒暑,为此付出了艰辛的劳动。值此《手册》面世之际,我们谨向支持和参与《手册》编写、编辑出版的所有人员致以敬意!

编写如此浩大又涉及众多学科的《手册》,是一项系统而又细致的工程实践,要做到全面、完整、准确、统一是十分困难的,虽经共同努力,层层把关,也难免存在术语上的不统一,内容上有一定交叉重复,符号不太一致等问题。还会有错漏和不足,诚请广大读者批评指正,以便在《手册》再版和修订中改正。

《计量测试技术手册》编辑委员会

1995年9月

编者的话

科学技术和生产力的发展促使电磁量的测量向两端延伸,以及测量手段、测量方法的更新、进步,现代测量技术的高准确度、数字化和智能化,以及采用各种传感器检测电信号测量各类物理量,已使电磁测量技术广泛用于各领域的测量。

本书以电磁学的计量测试技术为主,系统介绍了电磁计量单位,电磁计量基准、标准体系,电磁测量装置,电磁测量仪器、仪表的结构和特性,电磁测量技术的原理和方法,以及为科研设计、计量检定测试及工程技术人员提供了解决众多电磁测量问题的实际经验和理论知识。

本卷共21章。前8章介绍电学与磁学的计量单位,计量基准、标准及其量值传递系统,电测量仪器仪表、磁测量仪器及其检定测试;从第9章开始,叙述了各种电磁量及其相关参数的计量测试技术。

本卷各章的编著者是:金士杰(第1,3,4,5,6章),沈平子(第2,20章),崔广英(第3,5,6,14,18章),王晓超(第3,5,18章),王景元(第4章),冯占岭(第4,5章),顾惠芬(第4章),阮永顺(第6,15,16,17,18,21章),陈竹年(第7,8章),王健(第9,10章),高光润(第11章),汤琳宝(第12章),高永毅(第13章),梅文余(第19章)。

编撰工作是繁重的,经大家通力合作,恪守《手册》编写宗旨,细心审改,几经删易,但仍难免有失偏颇,望读者批评指正。

本卷编辑委员会

目 录

第1章 总 论

1 概述	(1)
1.1 电磁计量与测试技术	(1)
1.2 电磁计量测试的特点	(1)
2 电磁学单位制	(1)
2.1 国际单位制	(1)
2.2 CGS 单位制	(3)
2.3 实用单位制	(4)
2.4 MKS 单位制	(4)
2.5 有理单位制和非有理单位制	(5)
2.6 电磁学各种单位制间的换算关系	(7)
3 常用电磁学术语	(8)
3.1 电学部分	(8)
3.2 磁学部分	(18)
4 电磁计量基准体系	(25)
5 电磁计量测试的测量方法	(26)
5.1 测量的概念和分类	(26)
5.2 测量方法	(27)
6 电磁计量的国内、外发展概况	(31)
6.1 我国电磁计量的发展及现状	(31)
6.2 各国建立基、标准的情况	(34)
6.3 电磁计量测试技术的发展趋势	(39)

第2章 电学单位的确定

1 概述	(40)
2 电流单位的确定	(41)
2.1 核磁共振电流量子标准	(41)
2.2 电流天平法	(43)
2.3 电动力计法	(44)
2.4 电流绝对测量的动向	(44)
3 电压单位的确定	(45)
3.1 约瑟夫森效应(JE)电压量子标准	(45)
3.2 用微分法绝对测量伏特	(46)

3.3 用积分法绝对测量伏特	(47)
4 电阻单位的确定	(47)
4.1 量子化霍尔效应电阻量子标准	(48)
4.2 计算电容法绝对测量电阻	(48)
4.3 计算互感法	(49)
5 电学单位的国际比对	(50)
6 电单位的改值	(53)

第3章 电学标准

1 概述	(57)
2 电压标准	(57)
2.1 标准电池	(57)
2.2 固态电压标准	(62)
2.3 电压单位的保存和传递	(63)
2.4 标准电池的检定	(65)
2.5 标准电池的性能测试	(69)
3 电阻标准	(72)
3.1 标准电阻	(72)
3.2 电阻单位的保存和传递	(77)
3.3 标准电阻的检定	(81)
3.4 标准电阻的性能测试	(88)
4 电容标准	(89)
4.1 标准电容器	(89)
4.2 电容单位的保存和传递	(100)
4.3 标准电容器的检定	(103)
4.4 标准电容器的性能测试	(105)
5 电感标准	(107)
5.1 标准电感	(107)
5.2 电感单位的保存和传递	(109)
5.3 标准电感的检定	(109)
5.4 标准电感的性能测试	(112)
6 交流电量标准	(114)
6.1 交直流转换标准——热电变换器	(114)
6.2 交流电压标准	(115)

6.3	交流电流标准	(115)	4	直流电位差计	(236)
6.4	交流功率标准	(116)	4.1	直流电位差计的工作原理	(236)
6.5	交流电能标准	(117)	4.2	直流电位差计的分类和结构	(237)
7	相角参数标准	(118)	4.3	常见直流电位差计主要技术指标及 线路	(240)
7.1	交流电阻时间常数标准	(118)	4.4	直流电位差计的检定	(244)
7.2	电容器损耗因数标准	(122)	5	直流比较仪式电桥	(249)
7.3	互感线圈的角差标准	(125)	5.1	直流比较仪式电桥工作原理	(249)
			5.2	电流比较仪式电桥线路结构、工作方 式和特点	(249)
			5.3	直流比较仪式电桥的检定	(251)

第4章 电测量仪表

1	直接作用模拟指示仪表	(129)	6	直流比较仪式电位差计	(254)
1.1	术语及分类	(129)	6.1	直流比较仪式电位差计工作原理	(254)
1.2	电测量仪表的技术条件	(132)	6.2	直流比较仪式电位差计线路结构和 特点	(255)
1.3	电流表、电压表、功率表	(139)	6.3	直流比较仪式电位差计的检定	(256)
1.4	频率表、相位表和功率因数表	(146)	7	超导电流比较仪	(259)
1.5	电阻表	(152)	7.1	超导电流比较仪工作原理	(259)
1.6	电能表	(154)	7.2	超导电流比较仪电路	(260)
1.7	多功能表	(162)	8	检流计	(261)
1.8	自动记录电测量仪表	(163)	8.1	检流计的分类	(261)
2	数字测量仪表	(165)	8.2	各类检流计结构原理	(261)
2.1	直流数字电压表和 A/D 变换器	(165)	8.3	磁电系检流计的特性参数、选择和 使用	(263)
2.2	直流数字电压表的检定	(173)	8.4	各类检流计的主要技术指标	(264)
2.3	直流数字电压表的性能测试	(177)	9	直流标准电压源	(267)
2.4	交流数字仪表	(180)	9.1	直流标准电压源的工作原理	(268)
3	仪表检定装置	(187)	9.2	可控标准源	(269)
3.1	直流仪表检定装置	(187)	9.3	10V 电压参考标准	(272)
3.2	交流仪表检定装置	(190)	9.4	直流标准电压源的检定	(273)
3.3	电能表校验装置	(200)	9.5	电子式电压标准的校准	(277)
4	自动测试系统与标准接口	(204)	10	直流标准电流源	(278)
4.1	自动测试系统	(204)	10.1	直流标准电流源工作原理	(278)
4.2	自动测试系统标准接口	(205)	10.2	直流标准电流源的组成	(278)

第5章 电测量仪器

1	概述	(217)	11	直流电源	(278)
2	直流电阻箱	(217)	11.1	光电控制式稳压源	(278)
2.1	电阻箱的结构形式和主要技术 要求	(217)	11.2	磁调制式稳流源	(279)
2.2	电阻箱的检定条件	(219)	11.3	晶体管直流稳流源	(279)
2.3	电阻箱的检定方法	(220)	12	交流电阻	(280)
3	直流电桥	(222)	12.1	交流电阻的特性	(280)
3.1	单电桥	(222)	12.2	交流电阻的结构特点	(282)
3.2	直流双电桥	(226)	12.3	交流标准电阻	(284)
3.3	特殊电桥	(226)	12.4	交直流转换电阻	(284)
3.4	常用直流电桥的主要技术指标	(228)	13	交流电阻箱	(287)
3.5	直流电桥的检定	(230)			

13.1 交流电阻箱的类型及结构	(287)	3.1 分流器的分类	(333)
13.2 交流电阻箱的主要技术要求	(288)	3.2 直流分流器的检定	(334)
14 标准电容箱	(288)	4 交流电阻分压器	(336)
14.1 普通电容箱	(288)	4.1 原理及分类	(336)
14.2 模拟式电容箱	(289)	4.2 交流电阻分压器的测试	(337)
15 标准电感箱	(289)	5 感应分压器(IVD)	(338)
15.1 普通电感箱	(289)	5.1 感应分压器的分类	(338)
15.2 模拟式大电感	(290)	5.2 感应分压器的主要术语及定义	(343)
16 交流电桥	(290)	5.3 感应分压器的检定	(344)
16.1 交流电桥的分类及其特点	(290)	6 电容分压器	(348)
16.2 阻抗式比例臂电桥	(292)	6.1 原理与结构	(348)
16.3 感应式比例臂电桥	(295)	6.2 电容分压器的校验	(349)
16.4 有源电桥	(302)	7 交流分流器	(349)
16.5 微差补偿式电桥	(303)	7.1 交流分流器分类	(350)
16.6 自动电桥	(304)	7.2 特性	(351)
16.7 交流电桥的检定	(306)	7.3 交流分流器的检定	(351)
17 数字式阻抗测量仪	(310)	8 感应分流器	(352)
17.1 数字式 ICR 测量仪	(311)	8.1 感应分流器分类	(353)
17.2 带微处理器的数字式阻抗测量仪	(311)	8.2 特点	(354)
18 交流电位差计	(313)	8.3 感应分流器的检定	(354)
18.1 直角坐标式交流电位差计	(313)	9 测量用电压互感器	(355)
18.2 极坐标式交流电位差计	(315)	9.1 电压互感器工作原理	(355)
18.3 US2 型交流电位差计及其检定	(315)	9.2 分类	(357)
19 平衡指示器	(317)	9.3 测量用电压互感器的检定	(357)
19.1 平衡指示器的特性	(317)	10 测量用电流互感器	(361)
19.2 平衡指示器的工作原理	(318)	10.1 分类	(361)
20 交流标准电压源、电流源	(319)	10.2 结构及工作原理	(361)
20.1 几种典型的交流标准电压发生 器原理	(319)	10.3 使用注意事项	(363)
20.2 几种交流标准电压发生器性 能比较	(321)	10.4 测量用电流互感器的主要定义 和术语	(363)
21 交流电源	(321)	10.5 测量用电流互感器的检定	(364)
21.1 交流电源的特性	(321)	10.6 直流电流互感器	(367)
21.2 交流电源的典型线路和工作原理	(322)	11 互感器校验仪	(369)
		11.1 互感器校验仪的工作原理	(369)
		11.2 互感器校验仪的检定	(370)

第 6 章 比例标准和仪器

1 概述	(325)
2 直流电阻分压箱	(325)
2.1 原理及分类	(325)
2.2 几种典型直流电阻分压箱的线路	(326)
2.3 常见国产分压箱的主要技术指标	(327)
2.4 使用分压箱注意事项	(328)
2.5 直流电阻分压箱的检定	(328)
3 直流分流器	(333)

第 7 章 磁学单位的确定及标准

1 概述	(375)
2 磁矩量具及检定	(375)
2.1 永磁体	(375)
2.2 载流线圈	(375)
2.3 磁矩量具的检定	(376)
3 磁场(磁感应强度)基、标准及其 量具	(376)

3.1	磁场基、标准	(376)
3.2	磁场(磁感应强度)量具	(377)
4	磁通基准、磁通量具	(382)
4.1	磁通基准	(382)
4.2	磁通量具	(383)
4.3	标准测量线圈	(384)
4.4	磁量具的检定	(384)

第8章 磁测量仪器

1	概述	(392)
2	磁力磁强计	(392)
2.1	原理和分类	(392)
2.2	磁秤	(393)
2.3	磁力磁强计的主要技术特性	(393)
3	电磁感应磁强计	(394)
3.1	原理	(394)
3.2	旋转线圈磁强计	(394)
3.3	振动样品磁强计	(395)
4	磁电效应磁强计	(397)
4.1	霍尔效应磁强计	(397)
4.2	磁阻效应磁强计	(399)
5	磁共振磁强计	(401)
5.1	磁共振原理	(401)
5.2	核磁共振磁强计	(401)
5.3	光泵磁强计	(403)
5.4	典型产品	(404)
6	磁通门磁强计	(405)
6.1	原理和测量方法	(405)
6.2	探头	(405)
6.3	测量线路结构	(407)
6.4	技术特性	(407)
7	磁光效应磁强计	(408)
7.1	法拉第效应磁强计	(408)
7.2	克尔效应磁强计	(409)
7.3	光纤磁强计	(409)
8	超导量子磁强计	(410)
8.1	工作原理	(410)
8.2	射频超导量子磁强计	(410)
8.3	直流超导量子磁强计	(411)
8.4	磁通变换器	(412)
8.5	典型产品	(412)
9	冲击检流计	(412)
9.1	结构原理	(412)
9.2	冲击常数及其测定	(413)

9.3	测量线路及误差	(414)
10	磁通表	(415)
10.1	类型	(415)
10.2	磁通表的主要技术特性	(416)
10.3	磁通表的检定	(417)
11	特斯拉计的检定	(418)
11.1	特斯拉计的技术要求和检定条件	(418)
11.2	基本误差、示值变差的检定	(419)
11.3	0.001~2.0T 磁场计量器具检定系统	(420)
12	弱磁测量仪器的检定及环境要求	(420)
12.1	弱磁测量仪器的检定	(420)
12.2	环境要求	(420)
12.3	恒定弱磁场计量器具检定系统	(420)

第9章 电流测量

1	中值电流的测量	(423)
1.1	中值电流的一般测量	(423)
1.2	中值电流的精确测量	(424)
2	直流大电流测量	(424)
2.1	分流器法	(424)
2.2	直流互感器法	(425)
2.3	霍尔效应法	(425)
2.4	磁位计法	(425)
2.5	核磁共振法	(426)
3	工频和脉冲大电流的测量	(426)
3.1	互感器法	(427)
3.2	磁位计法	(427)
3.3	磁光效应法	(428)
3.4	分流器法	(428)
4	微小直流电流的测量	(429)
4.1	用检流计测微小直流电流	(429)
4.2	采用放大器扩大指示仪表量限	(429)

第10章 电压测量

1	中值电压的测量	(430)
1.1	中值电压的一般测量	(430)
1.2	中值电压的精确测量	(431)
2	直流高电压测量	(431)
2.1	附加电阻法	(431)
2.2	电阻分压器法	(432)
2.3	静电电压表法	(432)
2.4	直流电压互感器法	(432)

2.5	电光效应法	(432)
3	工频高电压测量	(433)
3.1	测量球隙法	(434)
3.2	电容分压器法	(434)
3.3	电压互感器法	(434)
3.4	峰值电压表法	(434)
4	冲击电压测量	(435)
4.1	测量球隙法	(435)
4.2	峰值电压表法	(435)
4.3	冲击电压分压器	(435)
5	微小电压测量	(435)
5.1	检流计法	(435)
5.2	纳伏计法	(436)
5.3	锁相检波器	(436)
6	超低频电压测量	(437)
6.1	超低频峰值电压的测量	(437)
6.2	超低频有效值电压的测量	(437)
7	谐波电压测量	(438)
7.1	有源滤波器法	(438)
7.2	快速采样法	(439)

第11章 电功率和电能的测量

1	概述	(440)
2	直流功率和电能的测量	(442)
2.1	指示仪表法	(442)
2.2	数字功率表法	(442)
2.3	指示仪表法间接测量功率	(444)
2.4	补偿法测量功率	(445)
2.5	直流电能表测量电能	(446)
2.6	数字电能表法测量电能	(446)
2.7	间接法测量电能	(447)
3	单相交流功率和电能的测量	(447)
3.1	指示仪表法	(447)
3.2	数字仪表法	(450)
3.3	带有微处理机的数字功率表	(452)
3.4	间接测量单相交流功率	(454)
3.5	非正弦功率的测量(FFT法)	(457)
3.6	单相无功功率的测量	(458)
3.7	低功率因数下的功率测量	(459)
4	三相有功功率和电能的测量	(460)
4.1	一表法	(464)
4.2	二表法	(464)
4.3	三表法	(464)
4.4	三相三线电子电能表	(465)

4.5	三相数字功率电能表	(466)
5	三相无功功率和无功电能的测量	(467)
5.1	一表法	(467)
5.2	二表法	(468)
5.3	三表法	(469)
5.4	数字表法测量三相无功功率	(470)

第12章 强噪声下电信号的测量

1	概述	(471)
1.1	测量原理	(471)
1.2	测量方法	(472)
2	锁定测量法(LOCK-IN方法)	(472)
2.1	主要参数和动态协调	(473)
2.2	不同类型的锁定放大器	(473)
2.3	应用举例	(475)
3	取样积分法(BOXCAR方法)	(477)
3.1	主要参数	(477)
3.2	不同类型取样积分器	(478)
3.3	应用举例	(479)
4	多点采样平均法	(480)
4.1	数字多点平均器	(480)
4.2	取样积分器与数字平均器的组合系统	(481)
4.3	应用举例	(481)
5	自适应噪声抵消测量法	(482)
5.1	原理	(482)
5.2	应用举例	(483)

第13章 频率、相位和功率因数的测量

1	概述	(485)
2	频率测量	(487)
2.1	指示仪表法	(487)
2.2	数字频率计法	(488)
2.3	示波器法	(491)
2.4	电桥法	(492)
3	相位测量	(493)
3.1	多表法测量	(493)
3.2	示波法	(494)
3.3	相位表法	(496)
3.4	数字相位表法	(497)
4	功率因数的测量	(498)
4.1	指示仪表法	(499)
4.2	变换器式功率因数表	(500)
4.3	数字测量功率因数	(500)

第14章 电阻测量

- 1 概述 (502)
- 2 中值电阻的测量 (503)
 - 2.1 万用表(欧姆档)法 (503)
 - 2.2 数字欧姆表法 (503)
 - 2.3 电压表-电流表法 (503)
 - 2.4 电位差计补偿法 (503)
 - 2.5 电桥法 (504)
 - 2.6 数字测量法 (507)
- 3 低值电阻的测量 (507)
 - 3.1 微欧表法 (508)
 - 3.2 电压表-电流表法 (508)
 - 3.3 数字测量法 (508)
- 4 高值电阻的测量 (509)
 - 4.1 分压法 (509)
 - 4.2 分流法(检流计法) (509)
 - 4.3 伏安法 (510)
 - 4.4 直流放大器法 (510)
 - 4.5 超高阻电桥法 (510)
 - 4.6 具有辅助支路保护的电桥法 (511)
 - 4.7 全等电位屏蔽保护电桥法 (512)
 - 4.8 数字测量法 (512)
- 5 电阻的高精度测量 (513)

第15章 电容测量

- 1 概述 (514)
 - 1.1 电容器分类 (514)
 - 1.2 电容器的屏蔽与接线方法 (515)
- 2 中值电容的测量 (516)
 - 2.1 交流电桥法 (516)
 - 2.2 模拟式电容表法 (517)
 - 2.3 模拟式电容偏差表 (517)
 - 2.4 矢量电压比法 (517)
 - 2.5 自动电桥与 A/D 变换结合测量法 (518)
- 3 大电容的测量 (518)
 - 3.1 交流电桥法 (519)
 - 3.2 C-f 变换法 (520)
 - 3.3 充放电法 (520)
 - 3.4 电力电容器的测量 (520)
 - 3.5 极性电容器测量 (521)
 - 3.6 电动机电解电容器测量 (522)
- 4 小电容测量 (522)
 - 4.1 小电容测量的特殊问题 (522)

- 4.2 四端口法测量微小电容 (523)
- 4.3 高频电压矢量比法测量小电容 (523)
- 4.4 两端口电桥测量微小电容 (523)
- 4.5 微小电容测量仪 (525)
- 4.6 电感线圈固有(自)电容测量 (525)
- 4.7 高压电容器测量 (526)

第16章 电感测量

- 1 概述 (528)
- 2 中值电感测量 (528)
 - 2.1 交流电桥法 (528)
 - 2.2 谐振电桥法 (530)
 - 2.3 电压矢量比法 (530)
 - 2.4 模拟电表法 (531)
- 3 大电感测量 (531)
 - 3.1 低压大电感测量 (531)
 - 3.2 高压铁心电感器测量 (532)
 - 3.3 平波电抗器测量 (532)
 - 3.4 电力空心电抗器测量 (533)
- 4 小电感测量 (533)
 - 4.1 交流电桥法 (533)
 - 4.2 Q 表法 (534)
 - 4.3 矢量比法测量小电感 (534)
 - 4.4 模拟电表法 (535)
- 5 残余电感测量 (535)
 - 5.1 电容元件残余电感测量 (535)
 - 5.2 电阻元件残余电感测量 (535)

第17章 变压器、扼流圈特性测试

- 1 概述 (536)
- 2 电子变压器分类 (536)
- 3 工作原理和技术特性 (536)
 - 3.1 工作原理 (536)
 - 3.2 技术特性 (537)
- 4 电特性参数测试 (539)
 - 4.1 激磁电感测量 (539)
 - 4.2 杂散电感测量 (540)
 - 4.3 变压比系数测量 (540)
 - 4.4 绕组分布对称性测量 (541)
 - 4.5 短路匝测试 (541)
 - 4.6 空载电流和空载损耗测量 (542)
 - 4.7 线圈直流电阻测量 (542)
 - 4.8 变压器绕组分布电容测量 (542)
 - 4.9 变压器频率响应测试 (543)

4.10	相位特性测试	(544)
4.11	非线性失真系数测试	(544)
4.12	磁性隔离因数测试	(544)
4.13	静电屏蔽因数测试	(545)
4.14	自谐振频率测试	(545)
4.15	脉冲波形估量	(545)
5	安全、寿命等性能测试	(546)
5.1	绝缘试验	(546)
5.2	温升	(548)
5.3	环境试验	(548)
5.4	震动、耐燃等试验	(549)

第18章 固体电工绝缘材料电气参数的测量

1	绝缘电阻的测量	(550)
1.1	定义	(550)
1.2	试样	(550)
1.3	电极	(551)
1.4	测试方法	(552)
1.5	计算公式	(554)
1.6	影响绝缘电阻测量因素	(555)
2	绝缘材料的介电常数和介质损耗因数测试	(555)
2.1	测试原理	(556)
2.2	影响介质性能的因素	(556)
2.3	试样几何形状的要求	(557)
2.4	电极的要求	(557)
2.5	测量 ϵ_r 和D的仪器	(560)
3	绝缘强度的测量	(561)
3.1	定义	(562)
3.2	试样	(562)
3.3	电极	(562)
3.4	试验设备	(565)
3.5	试样的测量	(565)

第19章 磁性材料特性测试

1	概述	(567)
1.1	磁性	(567)
1.2	磁性材料	(567)
1.3	磁畴	(569)
1.4	磁性参数	(569)
2	磁测量用样品和磁化装置	(577)
2.1	磁测量用样品	(577)
2.2	磁化装置	(579)
3	硬磁材料磁性能测量	(582)

3.1	冲击法	(582)
3.2	霍尔效应磁强计法	(583)
3.3	双轭磁导计法	(584)
3.4	直流磁滞回线仪法	(584)
3.5	硬磁元件的快速测量	(584)
4	稀土永磁材料磁性能测量	(585)
4.1	冲击法	(585)
4.2	电子磁通计法	(586)
4.3	瞬态波形存储仪法	(587)
4.4	振动样品磁强计法	(587)
5	软磁材料磁性能测量	(588)
5.1	直流磁性能测量	(588)
5.2	交流磁性能测量	(590)
5.3	交直流叠加磁性能测量	(598)
5.4	软磁材料脉冲磁性能的测量	(599)
6	磁粉芯性能测量	(600)
7	弱磁材料磁性能的测量	(600)
7.1	测量含有铁磁性相弱磁材料磁性能的感应法	(600)
7.2	测量不含铁磁性相弱磁材料磁导率的古依法	(600)
7.3	利用法拉第磁天平测量弱磁材料磁化率	(601)

第20章 磁记录材料特性测试

1	概述	(602)
1.1	磁记录原理	(602)
1.2	录放过程的损耗	(608)
1.3	磁记录材料分类及特征	(610)
2	磁记录材料计量体系及测试标准	(612)
2.1	计量体系的形成	(612)
2.2	基准带(盘)	(614)
2.3	校准带(测试带)	(616)
2.4	短路带磁通测试	(617)
2.5	方位角的测定	(620)
2.6	带磁通频响特性的定标	(622)
2.7	测试标准	(627)
3	材料磁性能测试	(629)
3.1	磁粉有关性能测试	(629)
3.2	磁浆有关性能测试	(634)
4	录音磁带性能测试	(637)
4.1	电声性能测试	(637)
4.2	机械性能测试	(651)
5	录像磁带性能测试	(654)

5.1 测试环境.....	(655)	6.1 安全接地.....	(682)
5.2 测量仪器及技术要求.....	(655)	6.2 电子仪器的接地.....	(683)
5.3 几何尺寸和机械性能.....	(657)	7 隔离	(685)
5.4 视频性能.....	(660)	7.1 隔离变压器.....	(685)
5.5 音频性能.....	(663)	7.2 光电耦合器.....	(685)
5.6 VHS 型盒式录像磁带总技术条件 ..	(664)	8 对称性应用	(686)
6 软磁盘性能测试	(666)	8.1 对称辅助接地支路.....	(686)
6.1 软磁盘记录特点.....	(666)	8.2 用差动放大器抑制干扰.....	(687)
6.2 软磁盘功能参数测试.....	(669)	8.3 无定向结构.....	(687)
第 21 章 电磁干扰及防护方法			
1 概述	(677)	9 滤波器防止导线干扰	(688)
2 噪声源的分类	(677)	10 锁相技术	(688)
3 电磁干扰传输的途径	(678)	11 采用自免疫方法消除干扰	(689)
4 抑制干扰的方法分类	(678)	12 用吸收电路消除噪声	(690)
5 屏蔽原理与应用	(679)	13 屏蔽对阻抗元件的影响	(690)
5.1 静电屏蔽.....	(679)	13.1 单极屏蔽	(691)
5.2 泄漏电流屏蔽.....	(680)	13.2 等电位屏蔽	(692)
5.3 电磁屏蔽.....	(680)	13.3 分段等电位屏蔽	(692)
5.4 磁屏蔽.....	(682)	14 电磁兼容性简介.....	(692)
6 接地	(682)	14.1 敏感性的规定	(692)
		14.2 工业、科学、医疗设备干扰规定	(694)
		参考文献	(695)

第 1 章 总 论

1 概 述

1.1 电磁计量与测试技术

电磁量是与电磁现象有关的物理量。电磁计量是研究和保证电磁量测量的统一和准确的理论与实践的计量学分支。精密测定与电磁量有关的物理常数,确定电磁学单位制,按照定义研究、复现电磁学单位的计量基准和标准,研究电磁量的测量方法,研究进行电磁量量值传递的标准量具和专用测量装置,以及研究制定相应的检定系统、检定规程、技术规范等技术法规,是电磁计量技术工作的主要内容。在生产和科学实验过程,特别是在新技术的开发和应用中,解决大量具有试验性质的电磁量测量问题是电磁量测试技术工作的任务。

1.2 电磁计量测试的特点

在现代社会,电力是国民经济各部门最广泛使用的二次能源。因此,任何部门都离不开电磁计量测试。电磁量可以直接进行检测;电磁计量测试所采用的测量方法具有较高的准确度、灵敏度;电磁信号便于处理和传输,能够实现快速测量、连续测量、连续记录和进行数据处理。电磁量还可以离开被测对象一定距离,实现远距离的遥测。随着科学技术的发展,现代计量的各个领域,如长度、热工、力学、光学、电离辐射、标准物质等,都借助于各种传感器把被测量转换成电磁信号进行处理。目前,将非电量转换成对应的电量进行测量已是计量技术的一个重要发展趋势。电磁计量测试技术中的各种概念和方法也被其它学科所借鉴。电磁计量测试已成为整个计量科学的重要基础。

2 电磁学单位制

历史上曾形成过多种电磁学单位制。例如,CGS 单位制的 CGS 静电制、CGS 电磁制、CGS 高斯制(对称制),实用单位制的绝对实用单位和国际实用单位以及 MKS 单位制的 MKSA 制。MKSA 制是目前推行的国际单位制电磁学单位的早期形式。

多种电磁学单位制并用的复杂情况带来了计量单位的混乱和换算中的差错。目前,我国实行法定计量单位,推行国际单位制,这是现有单位制中最完善、通用的单位制。在电磁学方面,给出各种电磁学单位制的关系,提供转换到国际单位制中去的基础是十分必要的。

2.1 国际单位制

国际单位制是以米制为基础发展起来的,它统一了力学、热学、电磁学、光学、声学、化学、电离辐射等各领域的计量单位,具有通用、简明、实用、准确等特点。在国际单位制中,选择某些独立定义的单位作为构成其它单位的基础,称为基本单位;而其余的单位由基本单位按物理量之间的数学关系构成,称为导出单位。基本单位和导出单位作为一个完整的单位体系称为单位制。

国际单位制的缩写符号是 SI,它的基本单位为米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔和坎德拉,如表 1-1 所示。在电磁学方面,国际单位制与 MKSA 制是一致的。SI 单位制中的电磁学单位见表 1-2,其中主要单位是电流、电压、电阻、电量、电容、电感、磁通、磁通密度(磁感应强度)、磁矩单位。

表 1-1 国际单位制基本单位

量	名称	代号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流强度	安培	A
热力学温度	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol
发光强度	坎德拉	cd

表 1-2 SI 单位中的电磁学单位

物理量名称	单位名称	单位符号	物理量名称	单位名称	单位符号
电流	安〔培〕	A			
电流密度	安〔培〕每平方米	A/m ²			
电流线密度	安〔培〕每米	A/m			
电荷〔量〕	库〔仑〕	C			
电荷〔体〕密度	库〔仑〕每立方米	C/m ³			
电荷面密度	库〔仑〕每平方米	C/m ²			
电场强度	伏〔特〕每米	V/m	磁场强度		A/m
电位, (电势)			磁位差, (磁势差)	安〔培〕	A
电位差, (电势差)	伏〔特〕	V			
电压					
电动势					
电通〔量〕密度, 电位移	库〔仑〕每平方米	C/m ²	磁通〔量〕密度, 磁感应强度	特〔斯拉〕	T
电通〔量〕, 电位移通量	库〔仑〕	C	磁通〔量〕	韦〔伯〕	Wb
〔直流〕电阻	欧〔姆〕	Ω	磁阻	每亨〔利〕	H ⁻¹
阻抗, (复数阻抗)					
阻抗模, (阻抗)	欧〔姆〕	Ω			
电抗					
〔交流〕电阻					
〔直流〕电导	西〔门子〕	S	磁导	亨〔利〕	H
导纳, (复数导纳)					
导纳模, (导纳)	西〔门子〕	S			
电纳					
〔交流〕电导					
电阻率	欧〔姆〕米	Ω·m			
电导率	西〔门子〕每米	S/m	磁导率	亨〔利〕每米	H/m
电容	法〔拉〕	F	自感、互感	亨〔利〕	H
介电常数	法〔拉〕每米	F/m			
电极化强度	库〔仑〕每平方米	C/m ²	磁极化强度	特〔斯拉〕	T
电偶极矩	库〔仑〕米	C·m	磁偶极矩	韦〔伯〕米	Wb·m
电功率	瓦〔特〕	W	〔面〕磁矩	安〔培〕平方米	A·m ²
电能〔量〕	焦〔耳〕	J			

SI 单位中的电磁学单位定义分述如下。

安〔培〕(A)

电流单位。安培是一恒定电流,若保持在处于真空中相距 1 米的两无限长,而圆截面可忽略的平行直导线内,则在此两导线之间产生的力在每米长度上等于 2×10^{-7} 牛顿。

伏〔特〕(V)

电压单位。流过 1 安培恒定电流的导线内,如两点之间所消耗的功率为 1 瓦特时,这两点之间的电位差为 1