

中等专业学校試用教科书

电工仪表設計

哈尔滨电工学院中专部电工仪表教研室編

只限学校内部使用



中国工业出版社

13.16
106.2

中等专业学校試用教科书



电工仪表設計

哈爾濱電工學院中專部電工儀表教研室編

中国工业出版社



本书是按中等专业学校「电工仪表设计」课程的教学大纲编写而成。

本书共分为十二章，前四章讨论了电工仪表的一般理论基础和公用元件的结构与计算，并且阐明了电工仪表的一般设计问题。第五章到第十二章讲授了各种型式仪表的结构和计算。其中包括：磁电式、附变换器磁电式、电动式、电磁式、感应式、静电式和流比表的诸型式仪表。而对张丝和悬丝以及流比表一章作了较为详细的介绍。

本书可供中等专业学校「电工仪表制造」专业的学生作教科书，也可作为仪表制造工厂和有关电磁计量的工程技术人员参考书。

电 工 仪 表 设 计

哈尔滨电工学院中专部电工仪表教研室编

中国工业出版社出版（北京修麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 17 $\frac{1}{2}$ · 字数 400,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 0001—2,537 · 定价 (9-4) 1.60 元

统一书号: 15165·378 (一机-54)

前 言

本书是根据 1959 年修訂的「电工仪表設計」課程的教学大綱編写的。本书教学时数为 100—120 小时,各校在使用时可根据具体情况加以增刪。

「电工仪表設計」是电工仪表制造专业的主要专业课程之一,它是在「电工仪表和測量」課程的基础上进行讲授的。

本书在論述电工仪表的一般理論問題时,把重点放在标度尺特性、准确度和灵敏度的关系以及阻尼時間的計算方面;在公用元件的結構和計算部分,較多地介紹了光指示系統、張絲結構和永久磁铁三方面的內容;在讲述各种仪表的結構、計算和設計时,相应地介紹了它們的新型結構和发展趋向。

本书是在哈尔滨电工学院中专部过去几年中使用的「电工仪表設計」讲义的基础上整理出来的。在整理过程中,根据各方面的意見,在流比表一章中增加了一些內容,这是因为流比表的应用日益广泛的緣故。

編写本书时参考了有关的苏联和其他国家的書籍和期刊,适当地反映了我国仪表厂的經驗,并且吸取了兄弟学校的經驗和对本課程提供的宝贵意見。在取材和編写方法方面,編者虽力图結合我国具体情况和照顾学生水平,但由于能力所限和時間短促,对几年前写成的讲义还来不及作更大的变动,因此一定会有某些缺点和錯誤,希讀者不吝指正。

編 者

1961 年 4 月

緒 論

人們在認識世界和改造世界的历史过程中，已积累了极为丰富的知識，揭露了无数事物的本质，这都是通过各种测量的方法而得到的。这一切成就告訴我們：离开了对它們在数量关系方面的研究，是不可能的。[任何质量都表現为一定的数量，沒有数量也就沒有质量^①。]要知道数量，就需要测量。

测量，特别是电工测量，已广泛使用在国民經济当中，这是由于目前电能已成为現代工业，現代农业和現代交通运输业的主要动力来源的緣故。在电能的生产、輸送、分配、控制和应用的过程中，离不了各种电工仪表。

要进行科学研究，是离不开测量仪表的，其中电工仪表占有比較重要的地位。无数事实証明，在研究过程中所用的测量仪表愈是完善和精确，則对事物的現象和規律也就研究得愈是深刻、彻底和准确。

另一方面，科学上的新成就也反过来促进了测量仪表的发展。例如，由于研究原子結構方面的成就，使仪表制造者有可能利用核磁諧振的現象构成准确度高、裝置简单和使用方便的測磁仪表。

利用电工仪表进行测量具有准确度高、反应灵敏、动作迅速和测量方便等一系列优点，因此利用电的方法来测量温度、压力、湿度、速度和加速度等非电量的测量技术和相应的测量仪表的研究工作，近来也发展得非常迅速，从而形成了一門新兴的测量技术分支。

电工仪表建立在电工技术的基础上，因此，电工技术发展史也就是电工测量技术和电工仪表的发展史。根据可靠的考古材料，磁針、人造磁铁、地磁偏角、磁屏蔽等，都是在我国最早发现和应用的。早在12世紀初年，我国已将磁針应用于航海方面。磁針，实质上就是一个最早的测量方向的仪表，它利用的原理和現代以磁和磁相互作用的仪表相类似。只是由于我国在历史上长期处于落后的封建制度下，生产力得不到发展，因而使我国科学事业长期处于停滞状态。

在电工仪表的发展上，罗蒙諾索夫(М. В. Ломоносов)及其同事黎赫曼(Г. В. Рихман)等最先提出現代直讀仪表的理論，他們在1751年首先提出了帶标度尺的驗电器，即已利用了二个力矩相互作用的原理，其中一个力矩为被测量的函数，另一个为仪表活动部分位置的函数。

解放前，由于国民党的反动統治，我国的工业是极端落后的，全国几乎沒有一个完整的仪表工厂。解放后，在党的正确领导下，我国的国民經济获得了迅速的恢复和发展，对各种型式电工仪表的需要量日益增大，这就为电工仪表制造工业的发展創造了空前有利的条件。在总路綫的光輝照耀下，从1958年大跃进以来根据党的指示，采用了一整套两条腿走路的方針，并实行了因陋就簡、因地制宜的办法，仪表厂在全国各地如雨后春笋般地建

① 毛澤东选集第四卷1143頁。

立起来了。近三年来，经过了轰轰烈烈的群众性的技术革命和技术革新运动，我国电工仪表制造工业的面貌已大为改观，产品数量有了巨大的增长，产品质量有了显著的提高。尽管如此，由于我国过去的工业基础很差，而各部门对电工仪表提出的要求很多，因此，电工仪表在产品数量、品种、规格和质量方面，还是不能满足各方面的需要。

一般说来，凡是用来测量电量和磁量的仪表均可称为电工仪表，但本课程所研究的以电气机械类仪表为限。本课程是研究这类仪表的理论、结构、计算和设计等问题的一门功课。通过这门功课的学习，不但要掌握电工仪表共同性的理论问题，研究它们产生误差的一般规律，学会组成仪表所用的公用元件的计算方法，还要分别对磁电式、电磁式、电动式、铁磁电动式、感应式、静电式等仪表以及流比表，整流式仪表和热电式仪表的结构，标度尺特性，联接线路，误差计算和设计等特殊问题，进行详细的研究。

为了便于今后的学习，这里大致介绍一下电工仪表的发展趋向和目前达到的水平。

1. 磁电式仪表：这种仪表要用永久磁铁，常用的永久磁铁是含镍的。镍是一种贵重金属，因此，节约用镍量具有很大的意义。为此，从结构方面，目前采用内磁机构或动磁机构来代替外磁机构。采用内磁机构，可使磁铁重量减轻十倍左右，因为它的磁能利用率可达80%左右。这种内磁式仪表尺寸小，防外磁影响的能力也较强。动磁式仪表不用载流线圈，因而结构牢靠。其次，在开关板仪表中，采用铁淦氧磁铁和铁铝氧磁铁代替含镍磁铁也有很大的意义。

因为磁系统的稳定性可达0.02%，因而就可以把磁电式仪表的准确度提高至0.05级。

磁电式机构很容易制成全偏转角为 240° 以至 360° 的广角度仪表，这样可以显著地减小仪表的外形尺寸。

2. 电磁式仪表：这种仪表结构简单，价格低廉，结构牢靠，因此，如何扩大其应用范围是考虑问题的出发点。现在，它正向着提高准确度和灵敏度以及扩大频率范围的方向发展。由于采用了高导磁低矫顽力的坡莫合金，在准确度方面已有不少国家达到0.2级，个别工厂已达0.1级。在频率范围方面，1.0级仪表可用于1000赫兹以下的电路，2.5级仪表可用于8500赫兹以下的电路。在灵敏度方面，有的国家已制成1毫安的仪表。

3. 电动式仪表：这种仪表的结构较复杂，成本较高，但由于它在交流测量方面可达最高的准确度，因此它在精密仪表的行列中占有重要位置。目前，它正向高准确度、高灵敏度和宽频率范围的方向发展。在频率范围方面，伏特表达1000~1500赫兹，瓦特表达5000赫兹，毫安表达10000~15000赫兹。在准确度方面，目前已达0.1级，正向0.05级发展。

在电动式仪表中，采用特殊的光学系统后，可把0.2级的仪表标度尺长短缩至150毫米，因而外形尺寸减小不少。

4. 铁磁电动式仪表：这种机构在准确度、灵敏度和频率范围方面的潜力尚未充分发挥，若采用恒导磁率低损耗的软磁粉末材料，可提高其灵敏度和准确度，扩大其频率应用范围，有的工厂采用了一种特殊的内励磁机构，已生产出1.0级的携带型瓦特表。

5. 静电式仪表：近年来朝着提高准确度等级和扩大量限的方向发展。目前，有的国家已把静电式仪表的准确度提高至0.5级和0.2级。用它构成伏特表可以不用附加电阻，因

此，扩大静电式机构的应用范围对节约电阻材料来说，有很大的意义。又因为静电式机构几乎不消耗功率，它在低功率高电阻电路的测量方面，具有宽广的前途。

6. 瓦時計：瓦時計的产量很大，应用面也广，延长使用寿命、提高过载能力和减少维护检修工作是它的发展方向。采用磁力悬挂式结构在消除磨损延长寿命方面，效果很好。

总之，为了多快好省地发展电工仪表制造工业，以适应整个国民经济的需要，应该把电工仪表设计得：1) 材料消耗少；2) 外形尺寸小；3) 重量轻；4) 功率消耗小；5) 通用性强；6) 寿命长；7) 价格低廉；8) 精致美观；9) 使用方便。

目 次

前言	3
----------	---

緒論	6
----------	---

第一章 电工仪表的一般理論

1—1 測量机构和測量电路	9
1—2 穩定偏轉	9
1—3 定位力矩	10
1—4 标度尺特性	11
1—5 摩擦力矩	13
1—6 品质系数	15
1—7 仪表对颠簸和振动的稳定性	16
1—8 活动部分的运动	18
1—9 阻尼時間	20

第二章 电工仪表的誤差

2—1 基本誤差和附加誤差	21
2—2 摩擦誤差	24
2—3 傾側誤差	25
2—4 不完全平衡誤差	26
2—5 标度尺的刻度和放置不准 的誤差	28
2—6 調整不准确的誤差	28
2—7 游絲残余变形的誤差	29
2—8 讀数誤差	29
2—9 外界因素影响概論	31
2—10 溫度的影响	31
2—11 頻率和波形的影响	33
2—12 外界磁場的影响	33
2—13 外界電場的影响	35

第三章 电工仪表公用元件的結構和計算

3—1 外壳	37
3—2 指示器和标度尺	42
3—3 游絲	47
3—4 悬絲和張絲	49
3—5 矩形張絲的計算	54
3—6 平衡錘的計算	55
3—7 阻尼器	56
3—8 永久磁铁	62
3—9 分流器	70

3—10 附加电阻	74
-----------------	----

3—11 轉換裝置	80
-----------------	----

第四章 电工仪表設計的一般問題

4—1 技术任务的編制	32
4—2 仪表基本尺寸的决定	31
4—3 最大品质系数	35
4—4 在若干具体情况下获得最 大品质系数的条件	83
4—5 計算測量电路的基本前提	90

第五章 磁电式仪表

5—1 測量机构的結構	92
5—2 磁电式机构的計算	96
5—3 伏特表和安培表的簡單电路	99
5—4 溫度补偿方法	102
5—5 串联溫度补偿电路的計算	106
5—6 串并联溫度补偿电路的 計算	109
5—7 多量限仪表的測量电路	113
5—8 磁电式欧姆表	116
5—9 磁电式檢流計	123
5—10 磁电式振动子	127
5—11 磁电式諧振檢流計	129

第六章 附交換器的磁电式仪表

A. 热电式仪表

6—1 热交換器的裝置和結構	132
6—2 热电式仪表的測量机构和 电路	135
6—3 热电式仪表的誤差	137

B. 整流式仪表

6—4 整流器的特性和結構	138
6—5 整流式仪表的电路	140
6—6 整流式仪表的誤差	141
6—7 振动式整流器及其应用	145

第七章 电动式仪表

7—1 基本特性和运用范围	147
7—2 測量机构的結構	147
7—3 轉动力矩	151
7—4 标度尺特性	152

7-5 电动式瓦特表的内部联接 电路和误差	154	11-2 联接线路和保护方法	217
7-6 三相瓦特表	159	11-3 转动力矩和标度尺特性	218
7-7 瓦特表的计算	161	第十二章 流比表	222
7-8 电动式伏特表的内部联接 电路和误差	162	A. 普通特性和理论	222
7-9 伏特表的计算	164	12-1 作用原理和应用范围	222
7-10 电动式安培表内部联接电 路和误差	166	12-2 理论	224
7-11 安培表的计算	168	12-3 量限	227
第八章 铁磁电动式仪表	171	12-4 变乘数曲线的计算	230
8-1 测量机构的结构	171	12-5 误差	230
8-2 转动力矩和标度尺特性	172	B. 磁电式流比表	231
8-3 铁磁电动式仪表的内部联 接线路和误差	174	12-6 结构	231
8-4 铁磁电动式仪表的计算	177	12-7 计算	233
第九章 电磁式仪表	179	12-8 磁电式欧姆表	234
9-1 测量机构的结构	179	12-9 磁电式赫茨表	235
9-2 转动力矩和标度尺特性	183	12-10 磁电式相位表	237
9-3 内部联接线路	185	C. 电动式流比表	239
9-4 电磁式仪表的误差	186	12-11 装置原理和基本型式	239
9-5 电磁式仪表的计算	187	12-12 结构	239
第十章 感应式仪表	191	12-13 电动式流比表的理论和计算	240
A. 单磁通感应式仪表	191	12-14 具有变化空气隙的铁磁电 动式流比表	242
10-1 概论	191	12-15 具有两个共轴动圈的铁 磁电动式流比表	242
10-2 测量机构的原理和结构	191	12-16 铁磁电动式补偿流比表	243
10-3 转动力矩和标度尺特性	192	12-17 П. Б. 烏薩金式流比表	244
10-4 单磁通式仪表的误差	195	12-18 电动式万用相位表	246
B. 多磁通感应式仪表	196	12-19 电动式复用相位表—赫茨 表	247
10-5 感应式瓦时计主要零件的 结构	196	12-20 电动式赫茨表	248
10-6 感应式瓦时计的力矩	199	12-21 电动式法拉表	249
10-7 瓦时计的负载曲线和误差	203	12-22 铁磁电动式三相相位表	251
C. 瓦时计测量机构的计算	207	12-23 铁磁电动式赫茨表	252
10-8 驱动元件的计算	207	12-24 铁磁电动式法拉表	254
10-9 转动力矩和反作用力矩的 计算	212	D. 电磁式流比表	256
第十一章 静电式仪表	215	12-25 装置原理和结构	256
11-1 测量机构的基本特性和结构	215	12-26 理论	257
		12-27 计算	260
		附录	262
		参考文献	276

73.16
106.2

中等专业学校試用教科书



电工仪表設計

哈爾濱電工學院中專部電工儀表教研室編

中國科學院
中國工業出版社



本书是按中等专业学校「电工仪表设计」课程的教学大纲编写而成。

本书共分为十二章，前四章讨论了电工仪表的一般理论基础和公用元件的结构与计算，并且阐明了电工仪表的一般设计问题。第五章到第十二章讲授了各种型式仪表的结构和计算。其中包括：磁电式、附变换器磁电式、电动式、电磁式、感应式、静电式和流比表的诸型式仪表。而对张丝和悬丝以及流比表一章作了较为详细的介绍。

本书可供中等专业学校「电工仪表制造」专业的学生作教科书，也可作为仪表制造工厂和有关电磁计量的工程技术人员参考书。

电 工 仪 表 設 計

哈尔滨电工学院中专部电工仪表教研室編

中国工业出版社出版（北京修麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 17 $\frac{1}{2}$ · 字数 400,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 0001—2,537 · 定价 (9-4) 1.60 元

统一书号: 15165·378 (一机-54)

前 言

本书是根据 1959 年修訂的「电工仪表設計」課程的教学大綱編写的。本书教学时数为 100—120 小时,各校在使用时可根据具体情况加以增刪。

「电工仪表設計」是电工仪表制造专业的主要专业课程之一,它是在「电工仪表和測量」課程的基础上进行讲授的。

本书在論述电工仪表的一般理論問題时,把重点放在标度尺特性、准确度和灵敏度的关系以及阻尼時間的計算方面;在公用元件的結構和計算部分,較多地介紹了光指示系統、張絲結構和永久磁铁三方面的內容;在讲述各种仪表的結構、計算和設計时,相应地介紹了它們的新型結構和发展趋向。

本书是在哈尔滨电工学院中专部过去几年中使用的「电工仪表設計」讲义的基础上整理出来的。在整理过程中,根据各方面的意見,在流比表一章中增加了一些內容,这是因为流比表的应用日益广泛的緣故。

編写本书时参考了有关的苏联和其他国家的書籍和期刊,适当地反映了我国仪表厂的經驗,并且吸取了兄弟学校的經驗和对本課程提供的宝贵意見。在取材和編写方法方面,編者虽力图結合我国具体情况和照顾学生水平,但由于能力所限和時間短促,对几年前写成的讲义还来不及作更大的变动,因此一定会有某些缺点和錯誤,希讀者不吝指正。

編 者

1961 年 4 月

目次

前言 3

緒論 6

第一章 电工仪表的一般理論 9

1—1 測量机构和測量电路 9

1—2 穩定偏轉 9

1—3 定位力矩 10

1—4 标度尺特性 11

1—5 摩擦力矩 13

1—6 品质系数 15

1—7 仪表对颠簸和振动的稳定性 16

1—8 活动部分的运动 18

1—9 阻尼时间 20

第二章 电工仪表的誤差 24

2—1 基本誤差和附加誤差 24

2—2 摩擦誤差 24

2—3 傾側誤差 25

2—4 不完全平衡誤差 26

2—5 标度尺的刻度和放置不准
的誤差 28

2—6 調整不准确的誤差 28

2—7 游絲残余变形的誤差 29

2—8 讀数誤差 29

2—9 外界因素影响概論 31

2—10 温度的影响 31

2—11 頻率和波形的影响 33

2—12 外界磁場的影响 33

2—13 外界電場的影响 35

第三章 电工仪表公用元件的結構和計算 37

3—1 外壳 37

3—2 指示器和标度尺 42

3—3 游絲 47

3—4 悬絲和張絲 49

3—5 矩形張絲的計算 54

3—6 平衡錘的計算 55

3—7 阻尼器 56

3—8 永久磁铁 62

3—9 分流器 70

3—10 附加电阻 74

3—11 轉換裝置 80

第四章 电工仪表設計的一般問題 82

4—1 技术任务的編制 82

4—2 仪表基本尺寸的决定 81

4—3 最大品质系数 85

4—4 在若干具体情况下获得最
大品质系数的条件 83

4—5 計算測量电路的基本前提 90

第五章 磁电式仪表 92

5—1 測量机构的結構 92

5—2 磁电式机构的計算 96

5—3 伏特表和安培表的簡單电路 99

5—4 溫度补偿方法 102

5—5 串联溫度补偿电路的計算 106

5—6 串并联溫度补偿电路的
計算 109

5—7 多量限仪表的測量电路 113

5—8 磁电式欧姆表 116

5—9 磁电式檢流計 123

5—10 磁电式振动子 127

5—11 磁电式諧振檢流計 129

第六章 附交換器的磁电式仪表 132

A. 热电式仪表 132

6—1 热交換器的裝置和結構 132

6—2 热电式仪表的測量机构和
电路 135

6—3 热电式仪表的誤差 137

B. 整流式仪表 138

6—4 整流器的特性和結構 138

6—5 整流式仪表的电路 140

6—6 整流式仪表的誤差 141

6—7 振动式整流器及其应用 145

第七章 电动式仪表 147

7—1 基本特性和运用范围 147

7—2 測量机构的結構 147

7—3 轉动力矩 151

7—4 标度尺特性 152

7-5	电动式瓦特表的内部联接 电路和误差	154
7-6	三相瓦特表	159
7-7	瓦特表的计算	161
7-8	电动式伏特表的内部联接 电路和误差	162
7-9	伏特表的计算	164
7-10	电动式安培表内部联接电 路和误差	166
7-11	安培表的计算	168
第八章	铁磁电动式仪表	171
8-1	测量机构的结构	171
8-2	转动力矩和标度尺特性	172
8-3	铁磁电动式仪表的内部联 接线路和误差	174
8-4	铁磁电动式仪表的计算	177
第九章	电磁式仪表	179
9-1	测量机构的结构	179
9-2	转动力矩和标度尺特性	183
9-3	内部联接线路	185
9-4	电磁式仪表的误差	186
9-5	电磁式仪表的计算	187
第十章	感应式仪表	191
A.	单磁通感应式仪表	191
10-1	概论	191
10-2	测量机构的原理和结构	191
10-3	转动力矩和标度尺特性	192
10-4	单磁通式仪表的误差	195
B.	多磁通感应式仪表	196
10-5	感应式瓦时计主要零件的 结构	196
10-6	感应式瓦时计的力矩	199
10-7	瓦时计的负载曲线和误差	203
C.	瓦时计测量机构的计算	207
10-8	驱动元件的计算	207
10-9	转动力矩和反作用力矩的 计算	212
第十一章	静电式仪表	215
11-1	测量机构的基本特性和结构	215

11-2	联接线路和保护方法	217
11-3	转动力矩和标度尺特性	218
第十二章	流比表	222
A.	普通特性和理论	222
12-1	作用原理和应用范围	222
12-2	理论	224
12-3	量限	227
12-4	变乘数曲线的计算	230
12-5	误差	230
B.	磁电式流比表	231
12-6	结构	231
12-7	计算	233
12-8	磁电式欧姆表	234
12-9	磁电式赫茨表	235
12-10	磁电式相位表	237
C.	电动式流比表	239
12-11	装置原理和基本型式	239
12-12	结构	239
12-13	电动式流比表的理论和计算	240
12-14	具有变化空气隙的铁磁电 动式流比表	242
12-15	具有两个共轴动圈的铁 磁电动式流比表	242
12-16	铁磁电动式补偿流比表	243
12-17	П. Б. 烏薩金式流比表	244
12-18	电动式万用相位表	246
12-19	电动式复用相位表—赫茨 表	247
12-20	电动式赫茨表	248
12-21	电动式法拉表	249
12-22	铁磁电动式三相相位表	251
12-23	铁磁电动式赫茨表	252
12-24	铁磁电动式法拉表	254
D.	电磁式流比表	256
12-25	装置原理和结构	256
12-26	理论	257
12-27	计算	260
附录		262
参考文献		276

緒 論

人們在認識世界和改造世界的歷史過程中，已積累了極為豐富的知識，揭露了無數事物的本質，這都是通過各種測量的方法而得到的。這一切成就告訴我們：離開了對它們在數量關係方面的研究，是不可能的。[任何質量都表現為一定的數量，沒有數量也就沒有質量^①。]要知道數量，就需要測量。

測量，特別是電工測量，已廣泛使用在國民經濟當中，這是由於目前電能已成為現代工業，現代農業和現代交通運輸業的主要動力來源的緣故。在電能的生產、輸送、分配、控制和應用的過程中，離不了各種電工儀表。

要進行科學研究，是離不開測量儀表的，其中電工儀表占有比較重要的地位。無數事實證明，在研究過程中所用的測量儀表愈是完善和精確，則對事物的現象和規律也就研究得愈是深刻、徹底和準確。

另一方面，科學上的新成就也反過來促進了測量儀表的發展。例如，由於研究原子結構方面的成就，使儀表製造者有可能利用核磁諧振的現象構成準確度高、裝置簡單和使用方便的測磁儀表。

利用電工儀表進行測量具有準確度高、反應靈敏、動作迅速和測量方便等一系列優點，因此利用電的方法來測量溫度、壓力、濕度、速度和加速度等非電量的測量技術和相應的測量儀表的研究工作，近來也發展得非常迅速，從而形成了一門新興的測量技術分支。

電工儀表建立在電工技術的基礎上，因此，電工技術發展史也就是電工測量技術和電工儀表的發展史。根據可靠的考古材料，磁針、人造磁鐵、地磁偏角、磁屏蔽等，都是在我國最早發現和應用的。早在12世紀初年，我國已將磁針應用於航海方面。磁針，實質上就是一個最早的測量方向的儀表，它利用的原理和現代以磁和磁相互作用的儀表相類似。只是由於我國在歷史上長期處於落後的封建制度下，生產力得不到發展，因而使我國科學事業長期處於停滯狀態。

在電工儀表的發展上，羅蒙諾索夫(М. В. Ломоносов)及其同事黎赫曼(Г. В. Рихман)等最先提出現代直讀儀表的理論，他們在1751年首先提出了帶標度尺的驗電器，即已利用了二個力矩相互作用的原理，其中一個力矩為被測量的函數，另一個為儀表活動部分位置的函數。

解放前，由於國民黨的反動統治，我國的工業是極端落後的，全國幾乎沒有一個完整的儀表工廠。解放後，在黨的正確領導下，我國的國民經濟獲得了迅速的恢復和發展，對各種型式電工儀表的需要量日益增大，這就為電工儀表製造工業的發展創造了空前有利的條件。在總路線的光輝照耀下，從1958年大躍進以來根據黨的指示，採用了一整套兩條腿走路的方針，並實行了因陋就簡、因地制宜的辦法，儀表廠在全國各地如雨後春筍般地建

① 毛澤東選集第四卷1443頁。

立起来了。近三年来，经过了轰轰烈烈的群众性的技术革命和技术革新运动，我国电工仪表制造工业的面貌已大为改观，产品数量有了巨大的增长，产品质量有了显著的提高。尽管如此，由于我国过去的工业基础很差，而各部门对电工仪表提出的要求很多，因此，电工仪表在产品数量、品种、规格和质量方面，还是不能满足各方面的需要。

一般说来，凡是用来测量电量和磁量的仪表均可称为电工仪表，但本课程所研究的以电气机械类仪表为限。本课程是研究这类仪表的理论、结构、计算和设计等问题的一门功课。通过这门功课的学习，不但要掌握电工仪表共同性的理论问题，研究它们产生误差的一般规律，学会组成仪表所用的公用元件的计算方法，还要分别对磁电式、电磁式、电动式、铁磁电动式、感应式、静电式等仪表以及流比表，整流式仪表和热电式仪表的结构，标度尺特性，联接线路，误差计算和设计等特殊问题，进行详细的研究。

为了便于今后的学习，这里大致介绍一下电工仪表的发展趋向和目前达到的水平。

1. 磁电式仪表：这种仪表要用永久磁铁，常用的永久磁铁是含镍的。镍是一种贵重金属，因此，节约用镍量具有很大的意义。为此，从结构方面，目前采用内磁机构或动磁机构来代替外磁机构。采用内磁机构，可使磁铁重量减轻十倍左右，因为它的磁能利用率可达80%左右。这种内磁式仪表尺寸小，防外磁影响的能力也较强。动磁式仪表不用载流线圈，因而结构牢靠。其次，在开关板仪表中，采用铁淦氧磁铁和铁铝氧磁铁代替含镍磁铁也有很大的意义。

因为磁系统的稳定性可达0.02%，因而就可以把磁电式仪表的准确度提高至0.05级。

磁电式机构很容易制成全偏转角为 240° 以至 360° 的广角度仪表，这样可以显著地减小仪表的外形尺寸。

2. 电磁式仪表：这种仪表结构简单，价格低廉，结构牢靠，因此，如何扩大其应用范围是考虑问题的出发点。现在，它正向着提高准确度和灵敏度以及扩大频率范围的方向发展。由于采用了高导磁低矫顽力的坡莫合金，在准确度方面已有不少国家达到0.2级，个别工厂已达0.1级。在频率范围方面，1.0级仪表可用于1000赫兹以下的电路，2.5级仪表可用于8500赫兹以下的电路。在灵敏度方面，有的国家已制成1毫安的仪表。

3. 电动式仪表：这种仪表的结构较复杂，成本较高，但由于它在交流测量方面可达最高的准确度，因此它在精密仪表的行列中占有重要位置。目前，它正向高准确度、高灵敏度和宽频率范围的方向发展。在频率范围方面，伏特表达1000~1500赫兹，瓦特表达5000赫兹，毫安表达10000~15000赫兹。在准确度方面，目前已达0.1级，正向0.05级发展。

在电动式仪表中，采用特殊的光学系统后，可把0.2级的仪表标度尺长短缩至150毫米，因而外形尺寸减小不少。

4. 铁磁电动式仪表：这种机构在准确度、灵敏度和频率范围方面的潜力尚未充分发挥，若采用恒导磁率低损耗的软磁粉末材料，可提高其灵敏度和准确度，扩大其频率应用范围，有的工厂采用了一种特殊的内励磁机构，已生产出1.0级的携带型瓦特表。

5. 静电式仪表：近年来朝着提高准确度等级和扩大量限的方向发展。目前，有的国家已把静电式仪表的准确度提高至0.5级和0.2级。用它构成伏特表可以不用附加电阻，因

此，扩大静电式机构的应用范围对节约电阻材料来说，有很大的意义。又因为静电式机构几乎不消耗功率，它在低功率高电阻电路的测量方面，具有宽广的前途。

6. 瓦時計：瓦時計的产量很大，应用面也广，延长使用寿命、提高过载能力和减少维护检修工作是它的发展方向。采用磁力悬挂式结构在消除磨损延长寿命方面，效果很好。

总之，为了多快好省地发展电工仪表制造工业，以适应整个国民经济的需要，应该把电工仪表设计得：1) 材料消耗少；2) 外形尺寸小；3) 重量轻；4) 功率消耗小；5) 通用性强；6) 寿命长；7) 价格低廉；8) 精致美观；9) 使用方便。