

本书共分十章，第一章至第六章为初级工艺技术部分，主要介绍电工仪器仪表生产的工艺知识，常用工、夹、量具和设备，以及零件和部件的制造和装配的基本工艺。第七章至第十章为中级工艺技术部分，主要介绍电工仪器仪表的调校工艺以及工艺规程的编制方法。

本书由上海电表厂主编，由孙希权、邓仲康、赵仲秀、桑史明、林汉明、陈明秋等同志编写，龚铁婴、吴根妹同志参加审稿。

本书可供具有初中文化程度，从事电工仪器仪表制造和装校的六级以下工人作为技术培训教材，也可供有关维修人员及技术人员参考。

电工仪器仪表装校工艺学

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 $1/32$ ·印张 14 $3/4$ ·字数 321 千字

1986年3月北京第一版·1986年3月北京第一次印刷

印数 0,001—7,600·定价 2.75 元

统一书号: 15033·6147

目 录

前言

第一章 工艺过程的基本概念	1
1-1 生产过程与工艺过程	1
一、生产过程	1
二、工艺过程	1
三、工艺规程	1
1-2 工艺过程的组成	2
一、工序	2
二、工步	2
三、工位	3
1-3 电工仪器仪表装调工艺	3
一、机械部件装配	3
二、机械总装工艺	4
三、电气装配工艺	4
四、调试工艺	4
五、包装工艺	4
复习题	4
第二章 常用工具、量具和设备	5
2-1 装配工作条件和常用工具	5
一、对工作室的一般要求	5
二、常用装配工具	5
2-2 常用量具	7
一、钢直尺	7
二、游标卡尺	7

三、外径千分尺	10
四、千分表	13
2-3 常用设备	14
一、机械加工设备	14
二、绕线机	15
三、恒温干燥箱	18
四、充磁机	20
复习题	21
第三章 零、部件的表面覆盖层	22
3-1 概述	22
一、表面覆盖层的作用	22
二、覆盖层的种类	22
三、金属腐蚀的基本理论及防腐蚀原理	22
3-2 金属覆盖层	25
一、覆盖金属层的方法	25
二、电镀层的种类	26
3-3 化学覆盖层	29
一、磷化	29
二、氧化	30
3-4 油漆覆盖层	31
一、油漆覆盖层的适用范围	31
二、油漆层的材料	31
3-5 特殊表面处理	32
一、憎水处理	32
二、防静电处理	34
三、防油扩散处理	36
复习题	39
第四章 零部件的联接	40
4-1 钎焊	40

一、钎焊简介	40
二、常用焊料和焊剂	42
三、焊接工艺	46
4-2 粘接	51
一、概述	51
二、粘接的优缺点	52
三、常用粘接剂	53
四、表面处理	53
五、影响粘接质量的因素	55
六、粘接注意事项	56
七、粘接实例	56
4-3 铆接	57
一、铆钉的类型	57
二、铆接形式和方法	58
三、铆接时废品产生的原因	62
4-4 紧固件联接	62
一、螺钉和螺纹联接	62
二、销钉联接	69
三、速拆联接	71
四、夹紧联接	71
4-5 导线联接	74
一、安装前导线的准备	75
二、检验	79
复习题	79
第五章 精密零件和元件的制造	80
5-1 轴尖的制造	80
一、仪表轴尖的作用和一般要求	80
二、对仪表轴尖的主要技术要求	80
三、轴尖的材料	83

四、轴尖的制造工艺	83
5-2 宝石轴承的制造	84
一、仪表宝石轴承的作用和特点	84
二、对仪表宝石轴承的主要技术要求	85
三、宝石轴承的加工特点	88
四、宝石轴承的制造工艺	88
5-3 张丝、吊丝和游丝的制造	90
一、弹性元件的基本性能	90
二、弹性元件的主要误差	91
三、张、吊丝的结构与应用	93
四、对张、吊丝材料的要求	93
五、张、吊丝的制造工艺	95
六、仪表游丝的用途、要求和材料	98
七、游丝的制造工艺	98
5-4 固定线圈和动圈的绕制	100
一、固定线圈绕制过程中应注意的问题	101
二、有骨架动圈的绕制	102
三、无骨架动圈的绕制	102
5-5 电阻的绕制	103
一、常用电阻材料及其主要性能	104
二、对精密电阻的主要技术要求	106
三、线绕电阻的绕制	108
5-6 片状电阻的制造	116
一、片状电阻的特点	116
二、片状电阻的制造	117
5-7 浸漆和浸漆后的处理	118
一、浸漆的意义和方法	118
二、线圈浸漆后的处理	120
5-8 精密电阻的调整和老化	120
一、线绕电阻的调整	120

二、片状电阻的调整	124
三、电阻的老化	127
5-9 塑料浇注	130
一、浇注模	130
二、浇注材料	131
三、浇注工艺	131
复习题	133
第六章 部件装配和总装配	134
6-1 可动部分的装配	134
一、带有轴尖的可动部分的装配	134
二、具有转轴的可动部分的装配	139
三、具有吊丝、张丝的可动部分的装配	141
四、转动元件的装配	144
6-2 测量机构的装配	146
一、可动部分固定在轴尖上的测量机构的装配	147
二、带有转轴的测量机构的装配	149
三、可动部分固定在张丝上的测量机构的装配	150
四、可动部分固定在吊丝上的测量机构的装配	150
6-3 分流器和附加电阻	152
一、分流器的种类	152
二、分流器的调整	153
三、附加电阻	155
四、附加电阻的调整	157
五、内附分流器和附加电阻的装配	157
6-4 接线端钮	158
一、接线端钮的种类	158
二、端钮和接线座	160
6-5 开关	161
一、开关的种类	161

二、开关的结构特点及装配	163
6-6 转换开关	167
一、滑线式转换盘	167
二、步进转换盘	167
6-7 仪表总装配	172
一、连接线的安装	172
二、总装配	173
6-8 仪器总装配	175
一、开关、步进盘与安装板或面板的装配	176
二、线路联接	176
三、箱壳的装配	177
四、面板的装配	177
五、整体装配	178
复习题	180
第七章 电工仪表的调校	181
7-1 刻度	181
一、刻度线的形式	182
二、刻度的技术要求	182
三、标度尺的点画刻度工艺过程	185
7-2 磁电系仪表	188
一、永久磁铁充磁退磁的物理意义	189
二、回复曲线	190
三、退磁和磁分路调整过程中的物理意义	190
四、磁电系仪表的调校	192
五、动磁式仪表的调校	206
六、磁电系仪表的故障及其排除方法	207
7-3 电磁系仪表	211
一、电磁系仪表的基本调整部位	211
二、其他调整方法	213

三、电磁系仪表调校工艺过程	214
四、电磁系电流表的调校	216
五、电磁系电压表的调校	220
六、携带式电磁系伏安表的调校	222
七、电磁系频率表的调校	224
八、电磁系仪表所特有的故障及排除方法	225
7-4 电动系仪表	227
一、电动系仪表简介	227
二、电动系电压表的调校	230
三、电动系电流表的调校	231
四、电动系功率表的调校	232
五、电动系频率表的调校	242
六、电动系功率因数表(或相位表)的调校	245
七、电动系仪表的常见故障及排除	248
7-5 铁磁电动系仪表	252
一、铁磁电动系仪表简介	252
二、一般调整方法	253
三、电流表的调校	254
四、电压表的调校	256
五、功率表的调校	256
六、三相两元件有功功率表的调校	258
七、铁磁电动系仪表的故障及其排除方法	263
7-6 感应系仪表	263
一、单磁通感应系仪表及其调整	264
二、双磁通感应系仪表及其调校	266
三、单相有功电度表的调校	268
四、三相有功电度表的调校	276
五、电度表的常见故障及其排除方法	281
7-7 互感器	282
一、互感器的误差	282

二、电流互感器的调校	284
三、电压互感器的调校	296
四、使用互感器的注意事项	297

复习题	298
-----------	-----

第八章 电工仪器的调校	299
-------------------	-----

8-1 直流电阻箱	299
-----------------	-----

一、对直流电阻箱的主要技术要求	299
二、直流电阻箱的调整和校验	300
三、常见故障及排除方法	303

8-2 直流分压箱	304
-----------------	-----

一、直流分压箱的主要技术要求	304
二、直流分压箱的调整和校验	304
三、常见故障及排除方法	311

8-3 直流电桥	313
----------------	-----

一、分类	313
二、一般电桥的主要技术要求	314
三、单电桥和双电桥的调试	315
四、电桥的校验	329
五、常见故障及排除方法	336

8-4 交流电桥	336
----------------	-----

一、交流电桥线路的特点和平衡	336
二、分类	340
三、交流电桥的调试	340
四、电桥可能发生的故障	354

8-5 直流电位差计	357
------------------	-----

一、直流电位差计的主要技术要求	357
二、直流电位差计的调整和校验	357
三、直流电位差计常见故障及排除方法	378

8-6 交流电位差计	381
------------------	-----

一、交流电位差计的主要技术参数和要求	381
--------------------------	-----

二、交流电位差计的调整和校验	381
三、常见故障及排除方法	388
8-7 互感器校验仪	389
一、互感器校验仪的主要技术参数和要求	389
二、互感器校验仪的调整和校验	389
三、常见故障及排除方法	399
复习题	400
第九章 度量器的装配和调校	402
9-1 标准电池	402
一、标准电池的主要参数	402
二、标准电池的结构	402
三、标准电池材料的制备	403
四、标准电池的充电和装配	408
五、标准电池的测试	408
六、标准电池制造和使用时的注意事项	412
9-2 标准电阻	413
一、标准电阻的主要技术参数	413
二、标准电阻的结构	413
三、标准电阻材料的制备	414
四、标准电阻的制造工艺	416
五、标准电阻的装配	416
六、标准电阻的测试	417
9-3 标准电容	426
一、标准电容的用途及技术要求	426
二、标准电容的结构及特点	426
三、标准电容材料的选择	429
四、标准电容的制造工艺	432
9-4 标准电感	439
一、标准电感的用途及技术要求	439

二、标准电感的结构及其特点	440
三、标准电感的选材	440
四、标准电感的制造工艺	442
9-5 标准互感	448
一、标准互感的用途及技术要求	448
二、标准互感的结构及其特点	447
三、标准互感的材料选用	447
四、标准互感的制造工艺	447
复习题	450
第十章 仪器仪表装调工艺规程的编制	451
10-1 装调工艺规程编制的原则	451
10-2 制订装调工艺规程的原始资料	45 ²
一、产品的零件图和装配图	453
二、产品的技术条件	453
三、生产的规模	453
四、生产环境和条件的资料	453
10-3 装调工艺规程的制订	453
一、制订装配工艺规程的工作内容	45 ³
二、制订调试工艺规程的工作内容	454
三、装调工艺过程的典型化	455
复习题	456

第一章 工艺过程的基本概念

电工仪器仪表产品的生产过程是很复杂的，在组织生产和分析工艺过程时，需要把工艺过程分解为：工序、工步、工位……。电工仪器仪表的装校工艺包括：金工部件装配工艺、电气装配工艺、调试工艺等。

1-1 生产过程与工艺过程

一、生产过程

产品的生产过程，是指将原材料和零部件进行加工、处理和装配成为产品的各种有效活动的总和。

在现代化的工厂里，进行着许多性质各不相同的生产过程，这些生产过程可以分为很多部分，如仪器仪表制造中的精密铸造、精密冷冲压、切削加工、热处理、镀覆、塑料压制和装配调试等生产过程。

二、工艺过程

在生产过程中，进行着一系列直接改变工件几何形状、物理、化学性质以及将它们装配成仪器的主要过程，也进行着许多必要的辅助过程（例如运输零件，制造和刃磨工具，制造和修理设备及夹具等）。

直接改变加工（装配）对象状况的那一部分生产过程——工艺过程，简称为“工艺”。

三、工艺规程

加工或装配的工艺过程，可以通过不同途径来达到，如

果确定了其中最合理的一种工艺过程，并以文件形式固定下来，这样的文件称为“工艺规程”。

1-2 工艺过程的组成

为了制定或改进工艺规程，必须了解工艺过程的组成。

一个工艺过程往往包含很多工作内容，所以需要把工艺过程分解为若干部分，以便于分析和组织生产。

一、工序

“工序”是工艺过程的基本组成部分，它是指在同一台机床、设备或同一地点上，在一定的零部件或装配单元上连续完成的工作。例如磁电式仪表可动部分的装配（图1-1）工艺过程是由下列7道工序所组成：

1. 轴尖、轴尖座的铆合。
2. 指针、平衡锤杆和指针支片的铆合。
3. 上轴尖座的组合（工序1、2与游丝支片铆合）。
4. 下轴尖座的组合（工序1与游丝支片铆合）。
5. 工序3、4与动圈的粘合。
6. 可动部分的线头焊接。
7. 焊上、下游丝。

二、工步

“工步”是工序的组成部分，是指在用同一设备、工具

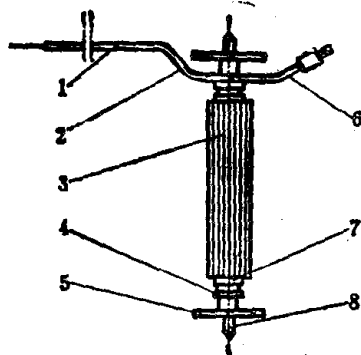


图 1-1 磁电式仪表可动部分的装配

- | | |
|-------|--------|
| 1—指针 | 2—指针支片 |
| 3—动圈 | 4—游丝支片 |
| 5—游丝 | 6—平衡锤杆 |
| 7—轴尖座 | 8—轴尖 |

的条件下（在某一工序中），完成不同的那几步工艺过程。上例的工序6，就是由砂线头、绕线头和焊接三步工步组成。

三、工位

“工位”也是工序的组成部分，是指在同一安装条件下，零、部件相对机床和设备在一定位置时所完成的那部分工序。如上例的工序7，动圈装在夹具中，在焊接上游丝后，要将夹具旋转 180° ，再焊接下游丝，这道工序中就有两个不同的工位。

在仪器仪表生产过程中，可以根据工艺过程的复杂程度和生产的规模，分析工艺过程，制订工艺规程。

1-3 电工仪器仪表装调工艺

电工仪器仪表直接测量电量，通过各种换能装置，还能测量光、热、力、化学、生物等各种非电量。

对仪器仪表来说，它必须具有一定的精度，还应读数方便、测量迅速、使用范围宽、以及具有足够的稳定性等。为了实现上述要求，就必须保证零部件和元器件的制造质量。同时仪器仪表的装配和调整是十分重要的。在零、部件同样质量的条件下，合理的装配、调整工艺能提高仪器仪表的准确度、稳定性和使用寿命；相反，质量好的零部件，由于装配、调整得不当，制造出的仪器仪表也可能是低质量的。可见在生产过程中，工艺规程是提高产品质量的根本保证。因此，装配、调整人员必须严格按照装调工艺规程进行工作。

电工仪器仪表装调工艺主要包括：

一、机械部件装配

1. 准备工艺——套丝、清洗、关键零部件的检查；

2. 螺纹组合工艺;
3. 铆合及塑料热铆合工艺;
4. 粘合工艺;
5. 机械部件特殊工艺(真空、注油、充磁等)。

二、机械总装工艺

三、电气装配工艺

1. 电气准备工艺(包括元器件检查、老化、分档, 元器件焊接前的准备, 导线束组合等);

2. 电气部件工艺(包括绕线、印刷线路版焊接、电气部件装配和焊接等);

3. 电气总装工艺。

四、调试工艺

1. 部件调试;
2. 整机调试;
3. 整机常温及高、低温调试;
4. 整机老化。

五、包装工艺

复 习 题

一、什么叫工艺规程? 在生产过程中为什么要强调按工艺规程进行操作?

二、试述工序、工步、工位的含意。

第二章 常用工具、量具和设备

电工仪器仪表的装配和调整，必须在具备一定条件的工作室中进行。装、调工人必须正确使用和维护保养常用的工具、量具和设备。

2-1 装配工作条件和常用工具

一、对工作室的一般要求

电工仪器仪表的装配和调整是一项极精细的工作，必须有相应的工作环境和必要的设备才能保证质量。

装配工作室必须宽敞、明亮而清洁，不应受腐蚀或有害气体及机械振动的影响，室内干燥（相对湿度在80%以下），气温宜在15~25℃范围内。

装配工作台应符合装配工作的需要，工作台的布局要合理，室内还需配备木橱和一些必要的工位器具，用于存放零件、部件、仪器仪表及装配和测试设备。

高精度电工仪器仪表的调试，应根据仪器仪表准确度的要求，在相应的恒温室中进行。

部分机械部件的装配工作，如钻孔、套丝、铆合、清洗等，应在和装配工作室分开的辅助工作室中进行。

二、常用装配工具

电工仪器仪表的常用装配工具列于表2-1。每种工具均有其独特的功能，使用时应注意不能混用。

在修配电工仪器仪表时，经常需要使用部分刃具和钳工工具，如表2-2所列。

表2-1 常用装配工具

序 号	名 称	规 格	使用注意事项
1.	一字形螺丝刀	口宽 2~6 毫米	只能旋一字槽螺钉, 刀口宽与被旋螺钉槽宽相适应
2.	十字形螺丝刀	十字口宽 2~6 毫米	
3.	钟表螺丝刀	1~9° (套)	
4.	不锈钢镊子		口宽与被旋螺钉槽宽相适应 旋 M 2 以下螺钉
5.	剪刀	1~5°	
6.	尖嘴钳	130 毫米 (5 英寸)	
7.	扁口钳	130 毫米 (5 英寸)	刀口直径与被剥线径相适应
8.	斜口钳	130 毫米 (5 英寸)	
9.	剥线钳	$\phi 0.6 \sim \phi 2.2$	
10.	扳手	M 2~M 6	1 选用烙铁功率与焊料, 与被焊件体积和散热状态相适应 2 停止使用时立即断电
11.	套筒扳手	M 2~M 6	
12.	电烙铁	20 瓦 (内热式); 25 瓦; 75 瓦; 100 瓦	
13.	放大镜	3~5 倍	勿与溶剂、油类接触
14.	洗耳球	大号	
15.	钟表羊毛刷	1~4 英寸	
16.	漆刷	1/2~1 英寸	
17.	三爪钟表拿子		
18.	钢号码	字高 2~3 毫米	

表2-2 常用刀具和钳工工具

序 号	名 称	规 格	使用注意事项
1.	麻花钻头	$\phi 0.5 \sim \phi 12$ 各种规格	使用前需刃磨
2.	丝锥	M 1~M 6	使用前需刃磨
3.	圆板牙	M 1~M 6	
4.	各类油石	100°~1600° 粒度	选用油石种类及粒度与被加工件要求相适应
5.	丝锥扳手	1~6 毫米	
6.	板牙扳手	1~6 毫米	