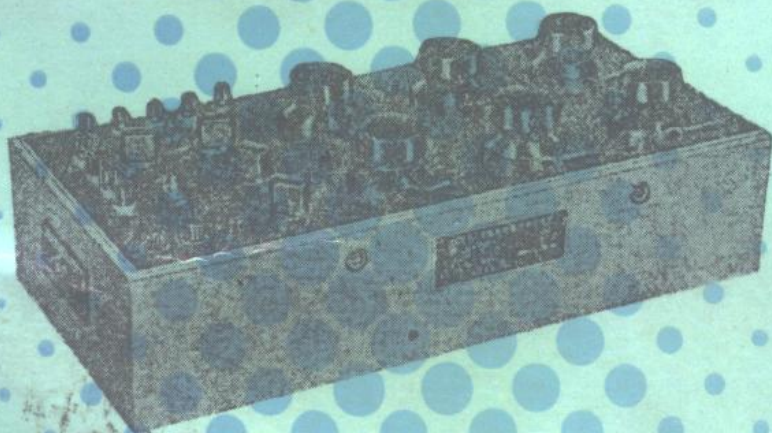


精密电工仪器修理

潘必卿 刘玉俊 编



机械工业出版社

精密电工仪器修理

潘必卿 刘玉俊 编



机械工业出版社

《精密电工仪器修理》一书共分四个部分：第一部分简要介绍测量误差的基本概念，电阻的测量方法，焊接工艺，精密电阻的绕制以及开关的修理；第二部分介绍标准电池、标准电阻、电阻箱、分压箱、指零仪、电源的结构、使用和修理；第三部分介绍各种线路电位差计的结构原理和修理；第四部分介绍单、双电桥和特殊电桥的结构及修理。书中还列举了一百多种电位差计和电桥的原理线路图以及元件排列示意图，为有关人员修理仪器提供了方便。

本书可供从事精密电工仪器使用和修理的工人、技术人员阅读，亦可供从事电工、热工计量检定人员参考。

精密电工仪器修理

潘必卿 刘玉俊 编

责任编辑：高金生 责任校对：王书庚

封面设计：田淑文 版面设计：张世琴

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 850×1168 $1/32$ ·印张 38 $5/8$ ·插页 4·字数 1029 千字

1988年8月北京第一版·1988年8月北京第一次印刷

印数 0,001—5,250·定价：14.80 元

ISBN 7-111-00589-9/TM·88

T17930.4

4

0325440

前 言

精密电工仪器和量具，在电量、电参量的测量和非电量的电测量中使用十分广泛，而且也是电工、热工计量不可缺少的标准器具，但由于长期使用或操作不当，使许多精密电工仪器的精度降低甚至报废，导致测量工作无法进行，并造成了很大的经济损失。为了避免上述情况，帮助有关人员掌握精密电工仪器及量具的使用、修理和修理后的检定，作者在总结修理及检定经验的基础上，编写了《精密电工仪器修理》一书。

本书从介绍仪器结构、原理入手，详细介绍各种精密电工器具的故障排除、示值超差分析和调修方法，给出定量调修的大量数据，并提供大量原理线路图和元件排列示意图。对各种仪器的修理举例说明，力求通俗易懂、深入浅出、理论联系实际。

本书由潘必卿同志编写，在编写过程中，刘玉俊同志提供了部分资料，并对编写工作提出了宝贵的意见。全书由中国计量测试研究院凌增柏同志审阅，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

目 录

前言

第一篇 电工仪器修理的基础知识1

第一章 测量准确度基本概念1

第一节 测量的基础知识.....1

一、测量定义.....1

二、测量设备.....1

三、测量的分类.....4

第二节 测量误差及仪器仪表准确度指标.....7

一、测量误差.....7

二、误差的分类.....8

三、测量误差的主要来源和准确度概念14

第三节 偶然误差的估计和粗差剔除17

一、直接测量结果最可靠值和均方误差17

二、间接测量的测量结果和结果均方误差25

三、组合测量的测量结果和结果均方误差27

第四节 系统误差的处理31

一、安排合理的测量方法消除系统误差31

二、系统误差的数学计算和处理34

第五节 测量装置的不确定度和可忽略误差36

一、测量装置的不确定度36

二、微小误差准则36

三、检定装置准确度要求38

第六节 数据处理和修约39

一、近似数和有效数字39

二、数字修约39

三、测量结果数据处理举例41

第二章 电阻元件的绕制和调修44

第一节 电阻元件的特性指标44

一、电阻元件主要性能概述	44
二、锰铜合金电阻丝的主要性能及测试方法	46
三、锰铜线绕电阻的稳定性	50
四、线绕电阻的负载效应	52
五、其它精密电阻合金材料	52
第二节 精密线绕电阻的结构	52
一、绕制形式的类型	53
二、结构形式的类型	54
第三节 精密电阻的绕制工艺	59
一、材料选择	59
二、电阻的绕制	61
三、电阻元件的老化处理和阻值调整	65
第四节 电阻元件阻值的调整方法	68
一、电阻阻值调整的目的和要求	68
二、增加电阻元件阻值的常用方法	71
三、减少电阻元件阻值的常用方法	72
第三章 焊接工艺和开关的维修	74
第一节 焊料、焊剂和焊接工具	74
一、焊料	74
二、焊剂	76
三、涂料	79
四、焊接中常用的工具 and 材料	79
第二节 锡焊工艺	81
一、锡焊工艺概述	81
二、几种焊接的注意事项	83
第三节 银焊工艺	84
一、银焊的准备工作	85
二、焊接工序	85
三、清洗焊点	86
第四节 开关的结构和维修	87
一、电键的结构和维修	87
二、扳键开关的结构和维修	88
三、转换开关的结构和维修	90

第四章 电工仪器绝缘性能和线路故障的检查	98
第一节 绝缘性能指标和仪器维护	98
一、绝缘电阻要求	98
二、耐压强度要求	100
三、绝缘性能的维护和修复措施	101
第二节 绝缘性能的检查	102
一、绝缘电阻的测量方法	102
二、泄漏电流检查	108
三、绝缘强度检查	109
第三节 仪器线路故障和检查方法	110
一、线路不通的主要原因和检查方法	110
二、线路不稳的主要原因和检查方法	112
三、万用表使用中的注意事项	113
第五章 电阻的测量方法	115
第一节 测量电阻的要求	115
一、电阻测量准确度的要求	115
二、电阻的定义值	115
三、伏安法测量电阻	117
第二节 补偿法测量电阻	119
一、补偿法测量电阻	119
二、补偿法比较测量电阻的注意事项	121
三、补偿法测量电阻的优缺点	124
第三节 电桥测量电阻	125
一、单电桥直接测量电阻	125
二、双电桥直接测量电阻	129
三、电阻的替代法测量	131
第二篇 标准量具和主要附件的结构原理及维修	137
第六章 标准量具的使用维护	137
第一节 电测量的标准和测量工具	137
一、电学的基准	137
二、电学量的实际测量	139
三、电磁学的国际制单位	144
第二节 标准电池的结构及使用维护	147

一、标准电池的结构和分类	143
二、标准电池的技术指标	155
三、标准电池主要特性和使用注意事项	157
四、标准电池的检查 and 控温电池的维修	160
五、标准电池电动势的温度更正	163
第三节 标准电阻的结构及使用维护	166
一、标准电阻的结构和分类	166
二、标准电阻的技术指标	169
三、标准电阻主要特性	171
四、维护和使用的注意事项	177
五、其它类型的电阻量具	177
六、标准电阻阻值的测量	180
七、标准电阻的“电阻-温度”换算	181
第七章 电阻箱的结构和检修	200
第一节 电阻箱的结构和技术指标	200
一、电阻箱的结构形式	200
二、直流电阻箱技术指标	205
第二节 电阻箱的使用和修理	209
一、电阻箱的使用和维护	209
二、电阻箱的常见故障和排除方法	210
三、电阻箱的误差调修	211
第三节 电阻箱的示值检定	215
一、测量各步进盘实际值的准确度要求	217
二、电阻箱零电阻及其变差的测量	217
三、电阻箱各步进盘电阻值的测量	218
第四节 微调电阻箱线路参数和检修	228
一、微调电阻箱的线路参数	228
二、微调电阻箱的修理	232
三、微调电阻箱示值实际值测量	238
第八章 直流分压箱的结构和检修	244
第一节 分压箱的结构及使用维护	244
一、分压箱的结构	244
二、分压箱的主要技术指标	248

三、分压箱的主要特性·····	251
四、使用注意事项·····	254
第二节 分压箱的故障检查和排除·····	255
一、外观检查·····	255
二、常见故障的检查·····	255
第三节 分压箱倍率误差调修·····	259
一、分压箱修理原则·····	259
二、定阻输入式分压箱倍率误差调修·····	259
三、定阻输出式分压箱倍率误差调修·····	270
第四节 分压箱倍率的测量·····	274
一、测量电阻计算分压比·····	274
二、测量输入输出电压计算倍率·····	276
三、标准分压箱的对接差值法·····	276
四、直读标准比例装置测量分压箱倍率·····	277
第九章 检流计的结构和修理·····	289
第一节 磁电式动圈式检流计的结构原理·····	289
一、结构·····	289
二、工作原理·····	295
三、活动部件的动态力矩平衡·····	297
四、差动式检流计·····	300
第二节 冲击式检流计和振动式检流计的结构·····	300
一、冲击式检流计·····	300
二、振动式检流计·····	305
第三节 磁电系检流计的技术指标·····	308
一、检流计的分类·····	308
二、检流计主要技术指标·····	309
第四节 检流计的使用维护和故障排除·····	317
一、检流计的选择·····	317
二、检流计的使用维护·····	319
三、直流检流计的常见故障和排除方法·····	321
第五节 检流计活动部件的修理·····	324
一、检流计拆装·····	324
二、动圈的修理·····	326

三、动圈组件的装配.....	329
四、张丝和悬丝的焊接.....	330
第六节 光路系统调整.....	340
一、光路系统.....	340
二、光路系统的一般故障排除.....	340
三、光路调整.....	341
第七节 检流计参数测定.....	343
一、测定参数的条件和线路.....	343
二、各种参数测定.....	343
第八节 光电放大检流计的结构.....	346
一、基本原理.....	346
二、光电放大检流计的结构.....	352
三、AC11型光电放大检流计的技术指标	355
第九节 光电放大器常见故障和排除方法.....	356
一、外界条件影响及排除方法.....	356
二、放大器本机故障和排除.....	359
三、光电放大检流计的使用.....	361
第十节 光电放大器的修理.....	363
一、变换检流计活动部件的修理.....	363
二、差接光电池组的修理.....	365
三、反馈电阻的修理.....	369
四、光源和光学系统的修理、调整.....	370
五、光电放大检流计技术参数测定.....	371
第十一节 内附晶体管检流计的维修.....	373
一、JZ2型晶体管检流计的结构原理	374
二、常见故障和检查及排除方法.....	377
三、UJ36、QJ31等内附晶体管检流计	383
四、其它晶体管检流计线路.....	383
第十章 电源的选择和维修	388
第一节 概述.....	388
一、理想电压源和理想电流源.....	388
二、电位差计、电桥的工作电源选择.....	389
第二节 化学电源的使用和维护.....	391

一、干电池	391
二、移动型铅蓄电池	393
三、碱性蓄电池的特性及使用维护	401
第三节 直流稳压电源的使用和维修	404
一、低压直流精密稳压电源的一般结构	404
二、UJ22-1型携带式电位差计内附稳压电源	405
三、YJ24型晶体管稳压电源	410
四、YJ30型精密稳压电源	416
五、YJ42型精密稳压电源	420
第四节 稳压电源技术指标和考核方法	426
一、稳压电源质量指标所包括的主要内容及其含意	427
二、稳定度指标和纹波电压的测试	429
第三篇 电位差计的结构原理和修理	433
第十一章 电位差计工作原理和使用维护	433
第一节 电位差计的工作原理和分类	433
一、概述	433
二、电位差计的工作原理	435
三、电位差计的组成部分	437
四、电位差计的分类	437
第二节 电位差计的技术指标	439
一、环境温度和相对湿度的影响	440
二、电位差计的基本误差	441
三、测量回路寄生电势的控制指标	442
四、电位差计测量盘最小步进值的要求	444
五、温度补偿盘的技术指标	444
六、工作电流回路的要求	445
七、绝缘电阻的影响和规定指标	446
八、内附检流计的技术指标	448
九、内附标准电池	448
十、内附工作电源的指标要求	448
第三节 电位差计的使用和维护	449
一、使用的环境条件	449
二、电位差计的选择	449

三、电位差计装置各部件的选择	450
四、校正工作电流	454
五、测量	455
六、电位差计的正常维护	460
第十二章 电位差计常见故障的检查 and 修理	461
第一节 电位差计故障检查及排除	461
一、概述	461
二、电位差计常见故障及可能原因	462
三、电位差计机械故障及排除	464
四、电位差计三个回路的检查	465
第二节 温度补偿盘的结构和修理	467
一、概述	467
二、故障排除	469
三、温度补偿盘的误差调修	469
四、在检定中边测边调温度补偿盘误差	474
第三节 量限变换形式及量限系数误差的调修	475
一、具有基本量限的量限系数比修理	476
二、没有基本量限的量限系数比修理	482
三、其它变换量限的形式	483
第四节 电位差计回路连接形式和示值误差调修原则	484
一、调定电阻与测量盘回路连接形式	484
二、电位差计的超差实质和调修原则	488
第十三章 携带式电位差计的结构和修理	492
第一节 携带式电位差计修理概述	492
一、携带式电位差计结构特点	492
二、携带式电位差计修理特点	493
第二节 简单分压式线路电位差计的结构原理和修理	495
一、简单分压式线路电位差计的主要特点	495
二、UJ36型电位差计的修理	498
三、几种类似线路的电位差计修理	517
四、内附稳压电源的UJ22-1型电位差计的修理	517
第三节 滑线盘桥式联接的分压式电位差计结构原理和修理	520
一、滑线盘采用桥式联接的主要特点	520

二、UJ37型电位差计的修理	533
三、UJ23型电位差计的修理	545
四、UJ27型电位差计滑线盘的调修简介	545
第四节 几种测温电位差计结构和修理	546
一、UJ43型携带式直读温度电位差计的修理	547
二、福斯特电位差计调修简介	553
第五节 串联代换式和桥式线路电位差计结构和修理	557
一、UJ33 a 型电位差计的修理	557
二、UJ33型电位差计的修理	570
三、P-31温度校准用电位差计的修理	579
第六节 携带式电位差计的检定	589
一、检定内容	589
二、测量方法	590
三、结果处理	595
第十四章 实验室型电位差计的结构和修理	596
第一节 多电源分压式电位差计	596
一、44248型双电源电位差计的修理	597
二、其它多电源分压式电位差计调修简介	600
第二节 串联代换式线路电位差计	601
一、概述	601
二、典型串联代换式线路电位差计——UJ9型的修理	602
三、UJ25型电位差计的修理	614
四、几种串联代换式线路的电位差计修理提要	623
第三节 并联分路式线路电位差计	624
一、并联分路盘的类型	624
二、典型十进双元件分路盘线路电位差计——7600型的修理	629
三、UJ1型电位差计的修理	642
四、UJ31型电位差计的修理	657
五、几种并联分路式电位差计修理简介	664
第四节 电流叠加式线路电位差计	672
一、定阻输出线路和电流叠加原理	673
二、典型的电流叠加线路电位差计——P306型的修理	674
三、UJ5型电位差计的结构和修理	687

四、UJ26型电位差计的修理	695
五、几种电流叠加线路电位差计调修提要	709
六、UJ26型误差综合调修举例	711
第五节 桥式分流线路电位差计	717
一、桥式线路电位差计的结构原理和主要特点	717
二、桥式分流线路电位差计的修理	719
三、4363D型电位差计的修理	726
第六节 桥式蒂塞霍斯特线路电位差计	734
一、桥式蒂塞霍斯特线路电位差计的结构特点	734
二、3589R型电位差计的结构和修理	737
三、几种桥式蒂塞霍斯特线路修理提要	751
第七节 桥式维纳线路电位差计	758
一、维纳线路基本原理和主要特点	760
二、桥式维纳线路的修理	765
三、IIMC-48型电位差计的结构和修理	767
四、UJ35型电位差计的结构和修理	778
五、UJ32型电位差计的结构和修理	790
第八节 分裂环式进位盘电位差计	800
一、分裂环式进位盘及电压叠加式电位差计的特点	800
二、电压叠加线路电位差计的调修特点	805
三、UJ30型电位差计的结构原理和调修	811
四、标准电池比较仪的结构和修理	823
第九节 实验室型电位差计的检定	827
一、检定项目及检定装置要求	828
二、主要检定设备的选择及考核	832
三、电位差计技术指标检定	839
四、示值基本误差检定	843
五、数据处理	847
六、测量盘示值准确度的结论	347
第十节 半自动电位差计的结构和修理	850
一、半自动电位差计的原理结构	850
二、UJ8型半自动电位差计的技术指标	851
三、半自动电位差计的使用和注意事项	852

四、半自动电位差计的检定提要	854
五、半自动电位差计的调修	856
第十一节 隆浦型交直流比较仪的结构和修理	857
一、原理结构和使用	857
二、使用注意事项	862
三、隆浦仪及主要附件的检查与修理	862
第四篇 直流电桥的结构原理和修理	867
第十五章 单、双电桥的结构原理	867
第一节 电桥线路的特点	867
一、不平衡单电桥线路分析	867
二、单电桥的平衡条件	873
三、电桥平衡的特点	875
四、电桥平衡时,各桥臂的电流和功率	879
五、单电桥的灵敏度——电源接入点的选择	881
第二节 电桥的分类和技术指标	885
一、电桥的分类	885
二、电桥的主要技术要求	886
第三节 单电桥的结构和桥臂误差消除	893
一、平滑调节的比较臂结构	894
二、阶梯变化的比例臂结构	897
三、指零仪和电源	898
四、桥臂电阻的误差影响	899
五、桥臂电阻元件误差的消除方法	900
第四节 单电桥未知臂引线电阻误差的消除	905
一、桥臂引线电阻的影响	905
二、未知臂引线电阻误差的消除	906
第五节 双电桥的原理结构	913
一、双电桥原理线路	913
二、双电桥测量结果的计算	915
三、双电桥的结构	917
第六节 双电桥的测量误差和消除方法	920
一、跨线电阻的影响及消除方法	921
二、电位引线的影响及消除方法	928

第七节 电桥寄生电势影响的消除	933
一、寄生电势的影响	933
二、固定寄生电势的特性	935
三、固定寄生电势的消除	937
四、检流计的虚设零位	939
五、双电桥线路寄生电势的影响及消除方法	943
第八节 电桥的泄漏和屏蔽保护	943
一、电桥的绝缘性能	943
二、电桥的正确使用和维护	944
三、电桥四个顶点对地泄漏的消除	945
四、电源电路对检流计泄漏的消除	949
五、桥臂泄漏的消除方法	950
六、静电感应	952
第十六章 电桥的检定和修理	953
第一节 携带型单电桥的检定和修理	953
一、使用注意事项和常见故障排除	953
二、携带型单电桥示值误差的调修	958
三、携带型单电桥示值误差的整体检定	968
第二节 携带式双电桥的修理和检定	975
一、使用注意事项和常见故障排除	975
二、携带型双电桥示值误差的调修	976
三、携带型双电桥示值误差的整体检定	986
第三节 实验室型单双电桥的修理	989
一、单电桥使用注意事项和故障排除	989
二、双电桥使用注意事项和故障排除	992
三、实验室型电桥综合误差计算	993
四、实验室型电桥的电阻元件调修方法	1000
五、实验室型单、双电桥的误差调修	1002
第四节 实验室型单双电桥的检定	1018
一、单双电桥的元件检定	1018
二、电桥未知端钮内引线电阻测量	1032
第十七章 常用特殊电桥的结构原理和检修	1033
第一节 比较电桥	1033

一、比较电桥的结构原理	1033
二、比较电桥的使用	1042
三、比较电桥 M_3 电阻箱第 I 盘内部比值的测量	1050
四、QJ48型比较电桥简介	1052
第二节 QJ25型直读比例臂	1055
一、QJ25型直读比例臂的结构原理	1055
二、QJ25型直读比例臂的检定	1064
三、QJ25型直读比例臂的常见故障和修理	1068
第三节 QJ33型万能比例臂	1072
一、QJ33型万能比例臂的结构原理	1073
二、QJ33型万能比例臂的检定	1081
三、QJ33型万能比例臂的调修	1086
第四节 QJ18型测温双电桥	1087
一、QJ18型测温双电桥的结构原理	1087
二、QJ18型测温双电桥的检定	1094
三、QJ18 a 型测温双电桥结构简介	1098
四、QJ18型测温双电桥的调修	1100
第五节 史密斯差值电桥	1101
一、史密斯差值电桥 (I 型) 的结构原理	1101
二、史密斯差值电桥的检定	1108
三、史密斯差值电桥调修提要	1116
第六节 三步平衡电桥	1116
一、三步平衡电桥的结构原理	1116
二、三步平衡电桥使用注意事项	1123
三、三步平衡电桥的检定	1124
第七节 置换直读电桥	1132
一、置换直读电桥的结构原理	1132
二、使用方法	1133
三、利用现有的电桥改装成直读置换电桥	1140
四、QJ56型直读电桥	1141
第八节 电导箱式单电桥	1147
一、电导箱式单电桥的结构原理	1147
二、QJ30型电桥的检定和修理	1152