



仪器仪表工人
技术培训教材

分析仪器 电装及校验工艺学

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社

本书是为电子-电工装调类工人技术培训的需要而编写的。全书共分八章。第一章叙述基本电气装配及特殊装配方法；第二章叙述分析仪器中采用的元、器件的特性及检验方法；第三至第七章叙述电气部件（供电、信号测量、信号处理、温控、程序控制部件）的基本原理及装调要点；第八章叙述总机调校的一般步骤及排除故障的方法。

全书内容分为两部分：其中第一、二章为分析仪器电装工初级培训教材；第三至八章为中级培训教材。

本书由北京分析仪器厂主编，潘文斌同志编写，审稿人员有史久泰、毛於立和章升奇同志。

本书在编写过程中，得到了董如林和林朝祥同志的帮助，在此表示感谢。

分析仪器电装及校验工艺学

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街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $12\frac{5}{8}$ · 字数 276 千字
1986年10月北京第一版 · 1986年10月北京第一次印刷

印数 0,001—4,100 · 定价 2.35 元

统一书号：15033 · 5838

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本厂中三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

市仪表局机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八二年十二月

目 录

绪论	1
第一章 电装	5
1-1 电装图纸	5
1-2 常用电气元、器件的图形符号及引出脚位置	8
1-3 印制线路板装配	13
一、印制线路板的装配过程	13
二、焊接	16
1-4 波峰焊接	20
一、波峰焊机简介	20
二、波峰焊接的要求	24
1-5 电气机箱装配	26
一、电气元、器件、组装件的装配要点	26
二、大功率晶体管的装配	27
三、简单元件的焊接方法	29
四、低压大电流电路的安装	33
1-6 高温电路系统的安装	34
一、加热、控温元件的安装和检验方法	35
二、测温热电偶	36
1-7 屏蔽的原理及安装	40
一、屏蔽的基本知识	41
二、屏蔽安装	46
1-8 防爆结构的特点及防爆安装	50
一、防爆结构类型及特点	50
二、隔爆型分析器的结构特点及安装校验方法	52

第二章 元、器件特性及装配、测试和老化方法	58
2-1 发送器源	58
一、红外线辐射源	58
二、发射源	61
三、放射源及其在色谱仪中的应用	73
2-2 调制器的元、器件	75
一、同步电机	75
二、磁头和光电耦合器	77
2-3 接收器、变换器的特性及装配检验方法	82
一、热导检测器	82
二、薄膜电容式红外检测器	86
三、红外光电导探测器	88
四、硅光电池	90
五、光电管	94
六、光电倍增管	95
七、离子选择电极	101
第三章 供电部件	104
3-1 概述	104
一、应用概况	104
二、电路结构特点	104
3-2 晶体管稳压电源	107
一、稳压电源的主要技术数据	107
二、稳压电源的测试方法	109
三、简单稳压电源	111
四、串联型晶体管稳压电源	114
3-3 色谱氢火焰检测器基流补偿及补偿电源	118
一、单火焰基流补偿法	118
二、双火焰基流补偿法	119
三、基流补偿电源	120

3-4 色谱热导池桥路电源	122
一、热导池对桥路电源的要求	122
二、热导池桥流的选择及检验方法	122
三、桥路稳压电源实例	124
3-5 信号测量部件供电电源	132
一、信号测量部件供电的特点	132
二、线性组件比例器的特点	133
三、线性组件稳压电源	135
3-6 变换式高压电源	141
一、变换式高压电源的电路结构原理	141
二、直流电源变换器	143
三、氢火焰极化电源	145
四、光电倍增管高压电源	146
3-7 开关稳压电源	151
一、开关稳压电源的特点	151
二、电路结构形式	152
三、实用电路	152
3-8 稳流电源	155
一、稳流供电和稳流电源的特点	155
二、稳流电源的电路结构及测试方法	156
三、触发式氙灯电源	160
四、简单的脉冲炉电源	163
3-9 同步电机稳频电源	164
3-10 镉镍蓄电池	169
第四章 信号测量部件	172
4-1 概述	172
一、传感器信号源的特点	172
二、放大器的主要技术指标	172
三、电路结构特点	178

4-2 集成运算放大器的检验与使用	180
一、集成运算放大器的参数及测量方法	181
二、集成运算放大器的使用	187
4-3 热导信号测量部件	188
一、色谱仪热导信号测量部件	190
二、磁氧比值变送器	193
4-4 收集极、光电管和光电倍增管信号测量部件——微 电流放大器	199
一、概述	199
二、微电流放大器的电路结构和调校方法	201
三、静电计管输入级	203
四、质谱仪离子流放大器	207
五、色谱仪氢火焰离子流放大器	211
六、自动调零离子流放大器	213
4-5 离子选择电极信号测量部件——参量振荡式直流放大器	218
一、参量振荡器	218
二、参量振荡式直流放大器	222
三、变容二极管的选择方法	224
4-6 薄膜电容器信号测量部件——超低频选频放大器	226
一、薄膜电容器信号测量部件的特点	226
二、选频放大电路	227
三、红外选频放大器	230
四、红外前置级探头	234
4-7 红外光电导探测器信号测量部件 ——自动增益控制放大器	240
一、电路结构特点	241
二、自动增益放大器控制原理及调整方法	243
4-8 分析仪器采用的转换电路	246
一、线性检波器	247

二、线性化放大器.....	250
三、对数放大器.....	257
四、峰值保持器.....	261
五、电压-电流变换器	262
第五章 信号处理部件.....	264
5-1 磁电式表头	264
一、表头的检验.....	264
二、使用问题.....	266
5-2 数字表头	268
5-3 记录仪表	271
一、电子电位差计.....	271
二、紫外光直接记录示波器.....	280
5-4 报警器	281
一、反相器.....	281
二、射极耦合双稳态报警电路.....	283
第六章 温度控制部件.....	286
6-1 概述	286
一、应用概况.....	286
二、电路结构.....	288
三、各部分电路的特点.....	288
6-2 铂电阻控温电路	294
一、电路分析.....	294
二、调校方法.....	298
三、过温保护.....	302
6-3 热敏电阻控温电路	302
一、工作原理.....	303
二、装调要点.....	303
6-4 热电偶控温电路	304
一、工作原理.....	305

二、装调要点.....	305
6-5 半导体致冷控温电路	306
一、概述.....	306
二、除湿预处理装置及一级半导体致冷控温电路.....	309
三、浓缩进样器及二级半导体致冷控温电路.....	315
第七章 程序控制器.....	321
7-1 概述	321
7-2 脉冲炉程序控制器	322
7-3 色谱仪程序升温控制器	325
第八章 总机调校.....	328
8-1 红外线分析器总机调校	330
一、检查线路.....	330
二、通电调试.....	331
三、预热.....	333
四、光路调整.....	334
五、校对刻度.....	337
六、主要技术数据的检验方法.....	338
七、故障及排除方法.....	340
8-2 气相色谱仪总机调校	345
一、检查线路.....	346
二、恒温系统的调试.....	348
三、热导检测器的调试.....	351
四、氢火焰检测器的调试.....	354
五、电子捕获检测器的调试.....	357
六、基线和峰形不正常的原因及排除方法.....	359
附录 晶体管的筛选老化方法.....	366
一、晶体管常用参数的说明.....	366
二、筛选老化晶体管的基本原则.....	368
三、用图示仪检验晶体管的方法.....	374

绪 论

分析仪器是测定物质的成分、含量和有关物理量的仪器。所谓物质的成分和含量是指化合物或混合物是由哪些分子、原子或原子团组成的，它们的浓度有多少；被测物质的物理量是指表示其物理特性的湿度、粘度、浊度等。

各种物质由于分子结构、原子排列的不同，使得它们的一些物理特性（热导率、电导率、光吸收、吸附、解吸、荷质比……等）存在着差异，分析仪器就是利用物质这些物理特性的不同来进行测定的。例如利用物质吸附特性的不同，通过色谱柱将被测物质的组分分开，然后通过各组分的热导、电离和激发特性的不同来测量其浓度；利用物质光吸收波长的不同特点，通过单色器测定被测物质的成分，然后通过各组分对光吸收量的不同来测定其浓度；利用物质荷质比不同的特点，通过离子光学系统（电离、引出、聚焦、加速）先将被测物质变成离子束，再通过扫描磁场将其分离（不同质量的离子偏转轨道不同），然后通过测量离子流强度来测定各组分的浓度。在分析仪器中，诸如此类例子很多，不再枚举。总之，利用物质的一些物理特性的差异，根据现今的分析手段，可以认识和了解世界上已发现的亿万种物质中部分物质的特性。

近20年，分析仪器的的发展极其迅猛，在系列、品种和数量上增长很快，使其成为仪器仪表行业的新兴的独立部门。

分析仪器按原理可分为电化式、热学式、磁式、光学

式、射线式、电子光学和离子光学式分析器、色谱仪、物理量测定仪及其它共九类。若按其工作特点，可分为间断式和连续式两大类。

分析仪器的结构方框如图 0-1。它由主机和电气系统两大部分组成。

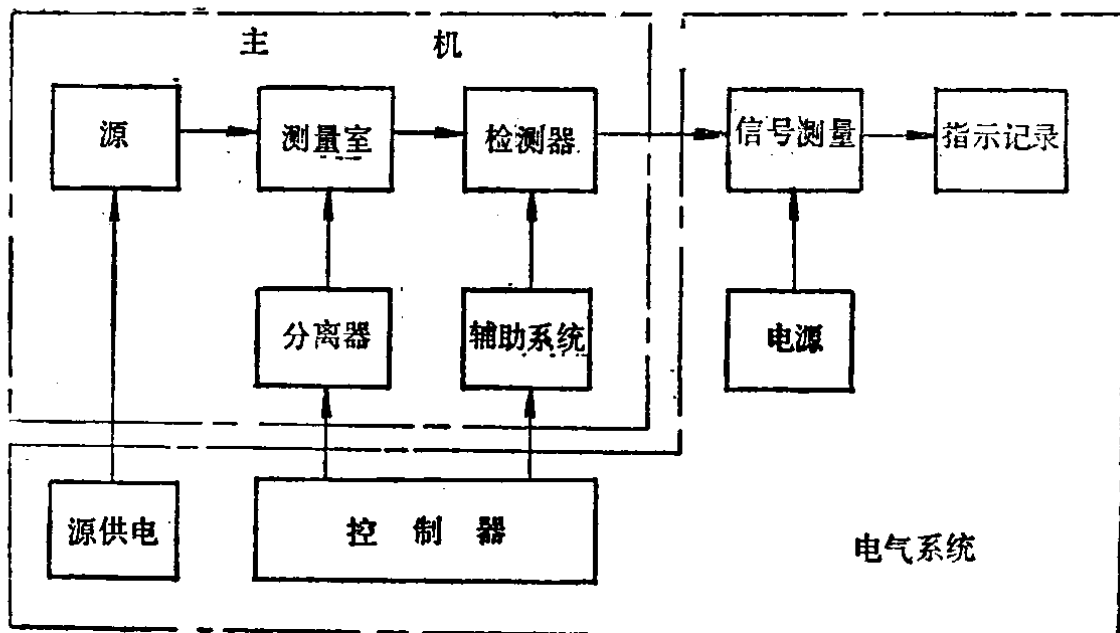


图0-1 分析仪器结构方框图

主机是分析仪器的主体。其作用是将被测物质的成分、浓度及其有关物理量进行能量转换，转变成传感器或变换器的电阻、电容等非电量的变化量。它由源、测量室、检测器、分离器、辅助系统等五部分组成。

电气系统的主要任务是将传感器或变换器的非电量转变成相应的电信号，并将信号进行放大，然后用仪表指示（或记录）出被测物质的被测量。由此看出，电气系统的核心部分就是信号测量和处理部件。除此之外，还包括源供电部件、主机辅助系统的温度、磁场和电场、调制等控制器（程序或非程序控制）以及被测物质预处理系统如除湿、除尘、

气路切换等供电和控制部件。

分析仪器的电气系统是为主机服务的，因此电气部件的主要技术参数都是根据主机的要求提出的，这也就是设计、安装和调试电气部件的主要依据。但从另一方面看，电气系统对总机的性能却有着重大的影响。近年来，在分析仪器中就其检测原理来看，并没有多少新鲜的东西或原理上的重大突破，然而随着半导体工业的发展，在仪器中采用了各种新型的半导体元、器件以及微处理机，使仪器的灵敏度、精度、分辨率和反应速度等主要技术指标有了很大的提高，不仅如此，分析仪器在实现小型化、多功能、全自动和高可靠性等方面以崭新的面目出现，从而扩大了分析仪器的应用领域。

分析仪器的传感器大都是属于高阻抗弱信号源，其输出电压可低到微伏，甚至更低，电流可小到 10^{-16} A，甚至更小，必须通过微电流测量技术将弱信号进行放大，使其真实反映出被测物质的成分、浓度及有关物理量。而微电流测量的严重问题是抑制各种干扰、噪声和漂移的问题；源供电的特点是要求输出电压或电流稳定度高，一般要求为 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 量级，高的要求达到 10^{-6} ；其次是输出电压或电流的变化范围大。电压低至几伏，高的可达几千甚至上万伏，电流小到毫安级，大的可达1000 A；至于控制部件，要求控制精度高、可靠性好。

根据电气部件的上述特点，分析仪器的电气安装及校验，除了具有一般的仪器仪表装调的共性外，还牵涉到微电流、高温、高绝缘、大电流、屏蔽和防爆等的特殊装调问题。

在现代化的生产中，对于一些高质量的仪器仪表，除要求具有先进的设计外，还需要一定的加工、装调工艺措施来

保证,很难设想,手工作坊式的落后工艺能适应当今现代化生产的要求。至于工艺在仪器的制造中的作用已逐步被人们所认识。对于这点,从国外引进的大量专利中已得到证实。

工艺原则的确定,不能只凭经验出发。正确的行之有效的工艺规范来源于实践,是从实践提高到理论的产物,只有这样,它才具有普遍的指导意义,从而避免了盲目性。

鉴于分析仪器的系列品种繁多,而且电气系统的具体结构差别很大,装调工艺各具特色,因此只能抽出共性的东西结合典型电路加以讨论。本书的结构采用元、器件、部件和总机的程序,以利于贯彻由浅入深阐述问题的原则。

第一章 电 装

电装的任务是按照产品的有关电气图纸（电气系统图、原理图、接线图、扎线图、部件装配图、印制线路板焊接图以及各种信号检测电缆和馈电电缆装配图等）进行装配和焊接，使其成为电气部件完整的仪器，以便进行电气部件的调校和总机调校。

在仪器的批量生产过程中，从电气部件及总机调校会暴露出不少的问题，如电气元、器件的安装和焊接的错误、印制线路板、各种接插件和连接电缆的装配存在的质量缺陷（印制线路板印制线断路、短路，接插件接触不良，信号屏蔽线芯线与外皮短路或屏蔽外皮接地不良等）、装配工艺处理不完善以及焊接方法的不正确造成元件损坏和产生虚焊等等，这不仅增加调校的工作量，更主要的是降低产品的质量。因此，电装的质量问题不可轻视。本章安排如下内容：常用电气元、器件图形符号和引出脚的识别方法；电气部件底板、面板、印制线路板元、器件的安装方法；焊接的基本知识；常用简单电路的焊接方法；各种电路的安装（屏蔽安装、大电流电路安装、高温电路安装、高频电路安装以及防爆安装）的特点等。

1-1 电 装 图 纸

仪器的电装图纸通常有如下几种：电气系统图、电气原理图、接线图、导线束扎线图、电气部件和组件装配图等。

对于大型产品如质谱仪、核磁共振波谱仪和色-质联用仪等电气图纸还要多些，而对于结构简单的小产品，电气系统图可用电气原理图代替。但对于这种电气原理图，往往要将主机的分析部件用示意图画出来，并表明主机与电气部件之间的连接关系，以便了解产品的基本原理。

电气部件的装配，除特殊部件、组件需按工艺人员编制的工艺文件外，一般都按图纸右上角“技术要求”栏中的说明进行装配，因此在装配前需要熟识图纸的技术要求，以便提高工效和确保装配质量。

下面对这几种电装图纸进行说明：

1. 电气系统图（框图）

它是表明电气系统中各部分的组成情况，相互关系等方面的电气略图。各部件可用方框表示，在方框内注明部件名称，各方框之间应标明外部连接的接插件中各点的序号、供电电压及必要的波形。

2. 电气原理图

它是表明电气部件中电气元、器件之间的相互连接关系的电气图纸。在图上标有供电电压、元件工作时必要的静态参数（电压、电流）、动态参数（频率、幅度）及波形，在图中的明细栏内列出了全部电气元、器件的名称、规格、型号、数值和数量，便于从图中了解电气部件的基本工作原理。

3. 部件装配图

它是表明构成部件的全部机械零件、电气元、器件、变压器、各种接插件、小组件等的安装位置及相互连接关系的图纸，又称部件总装图。

在图中的明细栏内列出了该部件所需的机械加工件、外购件（一般指电气元、器件，如晶体管、接插件、转换开关、

指示灯和熔断丝等）、外协件、借用件（借用本产品和其它产品的零、部件）、通用件（焊片、骨架、线夹、支架等）和标准件（螺钉、螺母等）的名称、规格、型号及数量。

4. 接线图

它是表明电气部件中印制线路板、变压器、接插件、转换部件、指示表头以及其它安装在底板部件上的电气元、器件等之间相互连接关系的图纸。它是根据电气原理图绘制出来的，因此其连接关系应与电气原理图相符合。为了便于焊接、调校和维修，在所有需要进行电气连接的端子、焊片和接点上，标明了导线连接序号。图中的电气元、器件常用简化图表示，与电气连接无关的零、部件不需要画出来，其目的是使接线图更为清晰、明了。

5. 导线束扎线图

它是将不同规格、长度和数量的导线扎制成一定形状导线束的图纸。在图中的明细栏内列出全部导线的序号、导线牌号、截面、颜色、长度、导线的始端和终端，以便进行剪线、编号、扎制和焊接。导线束通常采用尼龙线扎制（用线梭扎制）或用塑料夹捆扎，为适应特殊需要，也有用四氰呋喃粘聚成束的。导线束扎线图是根据电气接线图按实际焊点部位的布局绘制的，因此导线的引出序号必须与接线图相符合。

6. 印制线路板装配图

它是表明电气元件在印制线路板上安装位置的图纸。它是根据电气原理图绘制的，因此电气元件相互之间的连接关系应与电气原理图相符合。

7. 其它电装图纸

其它电装图纸主要有各种电气连接电缆，如输入、输出