

● 电子工业工人技术等级培训教材
● (真空电子器件专业)

真空电子器件

● 李廷高 陈凤上 主编
● 盛允敏 主审



电子工业出版社

73.63
255

电子工业工人技术等级培训教材

(真空电子器件专业)

真空电子器件

李廷高 陈凤止 主编

盛允敏 主审



电子工业出版社

9510142

《京》新登字055号

0026/26 22
内 容 简 介

本书按劳动部和机械电子工业部1993年1月1日新颁发的《电子工业工人技术等级标准》，对真空电子器件专业工人的要求，从实用角度系统地介绍了真空电子器件的共性基础知识，空间电荷控制管、微波电子管、电子束管、光敏管、离子管、核辐射计数管、X射线管、真空开关管及电光源等器件各自的特点、类型、结构、功能、特性和相关知识。

全书共分14章。除第一章外，各章内容皆分两个层次：第一层次为初、中级工应具备的技术业务知识；第二层次即最后一节为高级工应增加的必备知识。故适用于贯彻新的工人技术等级标准、实行岗位技能工资制作进行分级培训教材及考核的依据；第一层次的内容适合技工学校教学，也可供从事真空电子器件生产或使用的技术和管理人员阅读。

真空电子器件

李廷高 陈凤止 主编 盛允敏 主审
责任编辑：何德书(特约) 连潮东

*

电子工业出版社出版
北京市海淀区万寿路173信箱(100036)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
北京市燕山联营印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：16.375 字数：367千字

1994年12月第一版 1995年3月北京第一次印刷

印数：2500册 定价：23.00元

ISBN 7-5053-2833-6/TN·813

0010173

出版说明

为了适应电子科学技术飞速发展，提高电子工业技术工人素质，劳动部与原机械电子工业部于一九九三年二月颁发了《电子工业工人技术等级标准》。根据新标准，电子工业部组织有关省市电子工业主管部门和企事业单位有关人员成立了“电子整机专业”，“家用电子产品维修专业”，“真空电子器件、接插件、继电器、绝缘介质专业”，“半导体器件及集成电路专业”，“计算机专业”，“磁性材料、电池专业”，“电子元件专业”共七个工人技术培训教材编审委员会。制定了19个专业、311个工种的教学计划、教学大纲。并根据计划大纲的要求，制定了1993~1995年培训教材编审出版规划。列入规划的教材78种和相应的教学录像带若干种。

这套教材的编写是按“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的要求，以文化课为专业课服务，专业课为提高工人实际操作和分析决定生产实际问题的能力服务为原则。教材既注重了电子工业技术工人要有一定专业理论知识的要求，又克服了以往工人培训教材片面强调理论的倾向；保证了必要的知识传授，又强调了技能培训和决定生产实际问题能力的培养。

这套教材在认真研究了311个工种的共性基础知识要求的基础上，编写了八种统编教材，供311个工种工人进行基础知识培训时选用；并以19个专业为基础，根据每个专业共性的专业知识、专业技能编写了70种教材供311个工种工人进行专业知识、专业技能培训时使用。

每种教材在反映初、中、高三级技术工人培训的不同要求的基础上，注意了基础知识、专业知识、专业技能培训的系统性。因此，多数教材是初、中、高三级合在一起的，更好地体现由浅

入深、由低及高的教学规律。

在教材编写上,针对工人培训的特点,突出教材的实用性、针对性,力求文字简练、通俗易懂。内容上紧密结合教学大纲要求,在讲授理论知识的同时还注意了对生产工艺和操作技能的要求,使教师易于施教,工人便于理解 and 操作。知识性强的教材,每章后配有练习题和思考题,以便巩固应掌握的知识。技能性强的教材,配有适当的技能训练课目,以便提高工人操作技能。在有关工艺和设备的教材中,主要介绍了通用性较强的内容和典型产品、设备,对于使用这类教材的工厂企业,由于各自的产品、设备不同可酌情自编相应的补充讲义与教材结合起来进行培训。另外,为适应技术发展、工艺改革、设备更新的需要,这套教材在编写中还注意了新技术、新工艺、新设备及其发展趋势,以拓宽工人的知识面。

参加这套教材编审工作的有北京、天津、上海、江苏、陕西五省市电子工业主管部门和河北、河南、山东、山西、辽宁、江西、四川、广东、湖南、湖北等十个省市的有关单位的专家、教师、技术人员等。在此谨向为此付出艰辛劳动的全体编审人员和各地、各单位支持这项工作的领导表示衷心感谢。

由于电子工业的迅速发展,这套教材的涉及面广、实用性强,加之编写时间仓促,教材中肯定有不妥之处,恳请使用单位提出宝贵意见,以便进一步修订,使之更加完善。

电子工业部

1993年7月

前 言

本书是贯彻实施新的《电子工业工人技术等级标准》，对真空电子器件专业工人进行岗位培训和技术等级考核的部编教材之一。其内容包括各种真空电子器件的技术业务知识；其深度包括初级工、中级工和高级工分别应达到的要求。为便于分级教学和考核，同时不失教材本身的逻辑结构体系，本书对内容和深度采用以下方式安排：

1. 第一章是真空电子器件专业的各工种及各技术等级的工人都应掌握的专业常识，在正常情况下用于初级工培训。在对未经初级或中级培训的老工人直接进行中级或高级培训时，也应作为培训内容。

2. 从第二章~第十四章中，每章的内容和深度皆分为两个层次：前面各节为初级和中级工共用层次，以实践知识为主，对必要的理论作通俗解释；最后一节为高级工层次，包括原理、机理方面的必备理论和高级工应具备的相关知识。教学时应根据部编新的《真空电子器件专业工人技术培训和教学大纲》中，分别对不同工种和不同技术等级工人的要求来掌握。

3. 每章末都附有本章的习题，也分为上述两个层次排列，并在最后加注说明，可参考习题的要求来选取和掌握教学内容。

参加本书的编审人员如下：

主编 李廷高、陈凤止

主审 盛允敏

供稿 李廷高（第一、二和十二章，第八章的部分），陈凤止（第三章、第八章）；叶世辉（第四、十四章）；杨爱薇（第五、七和十三章）；杨树仁（第六章）；王胤（第九章）；齐孝经

(第十、十一章)。

编写岗位培训教材既不同于专著，又不同于通俗的科普读物，也不可能包含所有真空电子器件企业需要的个性知识。所以，具有相当的难度和复杂性，编者按照编委会确定的编写原则、要求和纲目作以上结构层次安排，尚属一种探索，必然存在很多问题，为此，望读者提出改进意见。

编者

1994年10月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 真空电子器件及其分类	1
一、真空电子器件的共同特点	1
二、真空电子器件的分类及各类特点	3
第二节 真空电子器件的发展与作用	6
一、真空电子器件的发展概况	6
二、真空电子器件在现代化建设中的作用	7
第二章 电子发射和阴极	9
第一节 电子发射现象及方式	9
一、价电子和自由电子	9
二、电子发射条件及功函数	10
三、电子发射的方式及阴极种类	12
第二节 热阴极	13
一、热阴极的类型和参量要求	13
二、热阴极的工作特性	16
三、各类热阴极的特点	20
第三节 光电阴极	25
一、光电阴极的发射过程和规律	25
二、光电阴极的基本参量和实用要求	27
三、光电阴极的种类	28
第四节 次级发射极	30
一、次级电子发射过程及次级发射系数	30
二、次级发射极的类型和实用要求	32
三、常用次级发射极	33
第五节 阴极发射机理有关理论	34
一、能级模型的基础理论	35
二、金属和半导体的能级(能带)模型	36

三、热阴极电子发射机理	38
四、光电阴极发射机理	42
第三章 电子光学简述	46
第一节 电子在电、磁场中的运动	46
一、电子在电场中的运动	46
二、电子在均匀磁场中的运动	48
三、电子在复合场中的运动	49
四、电子束与强流电子注	50
第二节 电子光学基础	52
一、电子光学与几何光学的相似性和差异	52
二、电子透镜	55
三、电子棱镜	64
第三节 电子光学应用	66
一、弱流电子枪	67
二、强流电子枪	70
三、偏转系统	72
四、强流电子注的聚焦系统	73
五、宽电子束聚焦系统	75
第四节 电子光学象差	76
一、理想成象条件	76
二、象差的分类	77
三、常见的主要象差	77
四、空间电荷象差	80
第四章 光度学和色度学基础	82
第一节 光与辐射	82
一、光的本质——二象性	82
二、光的能量转换效应	84
三、光能及光速	85
第二节 光度学基础	87
一、视觉特性	87
二、光度学的基本参量与单位	90
第三节 色度学基础	92
一、色表、显色性和色温	93

二、RGB表色系统	96
三、XYZ表色系统	97
四、光谱及其测量	99
第五章 微波电子学简述	101
第一节 微波及微波管	101
一、波和微波	101
二、微波管的分类主要参量	102
三、微波管的工作和结构特点	108
第二节 微波的传输和匹配	114
一、微波在自由空间的传播	114
二、反射与驻波	115
三、传输与匹配	116
第三节 高频结构参量及特性	120
一、谐振腔的参量及耦合方式	120
二、慢波结构的主要参量和耦合方式	121
第四节 微波的基本工作原理	123
一、微波与电子注的相互作用	123
二、微波管中的放大和自激振荡	130
第六章 空间电荷控制管	132
第一节 二极管及空间电荷控制管	132
一、二极管的工作过程及空间电荷效应	132
二、空间电荷控制管的分类和命名	133
三、空间电荷控制管的典型结构	135
四、空间电荷控制管的参量	138
第二节 三极管	140
一、控制栅的结构与作用	140
二、三极管的等效二极管	142
三、三极管的特性与参量关系	144
四、三极管的固有缺点	146
第三节 四极管和束射四极管	147
一、四极管的特点	147
二、束射四极管的特点	151

第四节 发射管	153
一、发射管的性能	154
二、发射管的分类和结构特点	157
第五节 空间电荷控制管有关理论及发展	160
一、三极管的有关问题	160
二、空间电荷控制管面临的挑战及发展	163
第七章 微波电子管	172
第一节 速调管	172
一、直射式速调管	172
二、反射式速调管	177
第二节 行波管	180
一、中小功率行波管	181
二、大功率行波管	185
三、双模行波管	185
第三节 磁控管(正交场振荡管)	186
一、普通多腔磁控管	187
二、同轴磁控管与反同轴磁控管	193
三、电压调谐磁控管	194
四、频率捷变磁控管	195
第四节 正交场放大管	196
一、分布发射式正交场管	196
二、注入式正交场放大管	200
第五节 天线开关管	202
一、对天线开关和天线开关管的要求	202
二、天线开关管的种类与用途	203
三、各类天线开关管的特点	203
第六节 微波管的有关理论及发展	207
一、磁控管中电子与高频场的相互作用过程	207
二、注入式正交场放大管工作原理	210
三、天线开关的工作原理	210
四、微波管的应用及发展动向	212
五、新型微波管简介	213
第八章 电子束管	224

第一节 电子束管的分类和特点	224
一、分类及命名方法	224
二、电子束管的基本结构特点	226
第二节 示波管	229
一、波形显示过程及基本要求	229
二、示波管的种类及典型参量	231
三、示波管的结构特点	233
四、内刻度示波管的特点	238
第三节 指示管	239
一、雷达定位的两种工作方式	239
二、指示管的结构特点	242
三、对指示管的基本要求	243
四、特种指示管	243
第四节 单色显象管	245
一、电视的发送和接收	245
二、单色显象管的基本结构及其要求	246
三、单色显象管的种类和主要参数	250
第五节 彩色显象管	264
一、基本工作过程及特殊要求	254
二、彩色显象管的分类和命名方法	256
三、三枪三束彩色显象管	257
四、单枪三束彩色显象管	259
五、自会聚彩色显象管	260
第六节 摄像管	265
一、摄像管的分类和基本特点	265
二、摄像管的典型结构和工作过程	270
三、热释电摄像管	273
四、单管彩色摄像管	274
第七节 储存管	275
一、储存管的基本结构和工作过程	275
二、储存管的主要性能参量	279
三、非直观储存管	280
第八节 电子束管有关理论和新技术	281

一、荧光粉的发光现象及其参量要求	281
二、电子光学系统的偏转放大技术	285
三、光纤屏示波管	287
四、微通道示波管	288
五、新型彩色显象管	289
六、摄象管靶的新技术	292
七、大屏幕显示器件的发展趋势	295
八、高清晰度电视对器件提出的新要求	300
第九章 光敏管	305
第一节 光电管	305
一、光电管的结构和工作原理	306
二、光电管的基本参量	308
三、光电管的特性	310
四、光电管的用途	313
第二节 光电倍增管	313
一、光电倍增管的分类及命名	313
二、光电倍增管的典型结构和工作原理	314
三、光电倍增管的基本参量	316
四、光电倍增管的特性	319
五、光电倍增管的用途	327
第三节 象管	329
一、典型结构和工作过程	329
二、象管的参量	332
三、象管的结构特性	333
四、象管的用途	338
第四节 光敏管应用条件和发展	339
一、光敏管的应用要求和注意事项	339
二、光敏管的发展	345
三、光敏管技术的新进展	349
第十章 离子管	355
第一节 气体放电及离子管的特点	355
一、气体放电过程和种类	355
二、离子管的分类和用途	359

第二节 闸流管	361
一、闸流管的结构和主要参量	361
二、闸流管的工作特性	362
第三节 稳压管	363
一、辉光稳压管	364
二、电晕稳压管	365
第四节 离子管有关理论及应用和发展	367
一、气体放电和有关理论问题	367
二、气体放电现象的广泛应用领域	371
三、闸流管的应用与发展	372
四、电晕稳压管的应用与发展	375
第十一章 核辐射计数管	378
第一节 计数管的特点和分类	378
一、计数管的结构和计数过程	378
二、计数管的分类和命名	379
三、计数管的主要用途	380
四、计数管的主要参量	380
第二节 正比计数管的特点和工作原理	383
一、结构特点和工作原理	383
二、气体放电过程的特点	384
三、影响正比管能量分辨率的因素	384
第三节 盖革—缪勒计数管的特点和工作原理	385
一、放电过程和自猝灭原理	385
二、有机管的特点及影响性能的因素	386
三、卤素计数管的特点及影响性能因素	387
第四节 非自持放电特点及计数管的发展	388
一、非自持放电	388
二、计数管的应用状况和发展趋势	390
第十二章 X射线管	393
第一节 X射线和X射线管	393
一、X射线及其性质	393
二、X射线管及分类与命名	394
第二节 X射线管的结构和特性参量	396

一、部件及其结构	396
二、主要特性及参量	398
第三节 X射线的防护	401
一、X射线对机体的伤害及允许剂量	401
二、防护措施	402
第四节 X射线管工作和应用的有关机理	403
一、电子束焦斑形状及热丝位置	403
二、有关X射线管的应用原理	404
第十三章 真空开关管	406
第一节 真空开关管的特点	406
一、真空开关管的用途	406
二、真空开关管的典型结构	407
三、真空开关管的主要参量	408
第二节 真空开关管主要零部件	409
一、外壳	409
二、触头	410
三、屏蔽罩	412
第三节 真空开关管的工作原理	412
一、真空中绝缘强度它击穿	412
二、真空电弧	413
三、真空开关管电流过零现象	414
四、熄弧后介质强度的恢复	415
五、真空开关技术发展动向	416
第十四章 电光源	418
第一节 电光源基础知识	418
一、概述	418
二、电光源产品的分类和命名	419
三、电光源的用途	420
四、电光源的基本参量	423
第二节 白炽灯	426
一、热幅射原理	426
二、白炽灯的结构及特性参量	429
三、真空白炽灯	438

四、充气白炽灯	439
五、卤钨白炽灯	442
第三节 荧光灯	446
一、荧光灯的结构和发光原理	446
二、荧光灯的阴极特点	450
三、荧光粉	452
四、荧光灯的启动特性和应用电路	452
五、荧光灯的光效与寿命	455
第四节 高压汞灯	461
一、高压汞蒸气放电	461
二、荧光高压汞灯的结构和工作原理	462
三、荧光高压汞灯的主要特性参量	464
四、启动特性和应用电路	465
五、自镇流高压汞灯	465
第五节 钠灯	467
一、低压钠灯	467
二、高压钠灯	471
第六节 氙灯	475
一、氙气放电的特点	475
二、长弧氙灯	476
三、超高压球形短弧氙灯	478
四、脉冲氙灯	480
第七节 白炽灯灯丝设计	485
一、灯丝设计参量	485
二、灯丝几何尺寸的计算	487
第八节 电光源的发展	490
一、特种白炽灯	491
二、特种荧光灯	493
三、金属卤化钠灯	497
四、电光源的发展	505

第一章 绪 论

第一节 真空电子器件及其分类

一、真空电子器件的共同特点

真空电子器件又名电真空器件，俗称电子管。在电子器件的大家族中，它是一个门类繁多、用途广阔的主要支系，占有重要的地位。电子器件是电子设备和仪器的核心，是决定整机技术水平的关键。电子器件的发展速度和技术水平，直接决定着电子技术及电子工业的发展速度和水平，影响着整个社会的现代化建设。其中真空电子器件发挥了独特的作用。

何为真空电子器件呢？可根据它的基本工作原理和基本特点定义为：是指在真空或气体媒介的特定环境中，实现电子或离子在电极间的电传导而产生信号的放大、转换等效用的有源器件。它包括具有不同功能的很多管种类型和系列，各自有其不同的特点和用途。但它们都有相同的基本工作过程和条件，即它们具有共同的特点。

真空电子器件的基本工作过程是：在特定环境（真空或气体媒介）中电流的流通。这不是一般直接通电的电流，而是器件自己产生的电子或离子，在运动中将所携带的电荷从一个电极迁移到另一个电极形成的电流。为实现这个过程必须具备三个基本条件，也就是真空电子器件具有的三个基本特点。

1. 有能维持特定环境的管壳和吸气剂

电子在真空中才能自由运动。真空电子器件实现电传导的首要条件就是要有能维持的真空环境，气密性良好的管壳就是创造和维持真空环境的部件。在制管过程中，利用真空技术将管内的

9510142