

轻工业技工学校统编试用教材

电光源材料 与工艺

张爱堂 冯新三 编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书为轻工业电光源专业技工学校学生和在职工人中级技术培训的专业教材之一。

本书较全面地介绍了电光源生产中使用的主要材料的性质、制造方法和用途，较系统地讲述了主要零部件的制造工艺和白炽灯、荧光灯、高压汞灯、卤钨灯等主要电光源的装配工艺。同时，对电光源生产的特殊工艺、产品测试方法以及真空卫生和安全生产知识，都作了简要的介绍。

本书可供电光源专业技工学校学生、生产技术工人阅读，亦可供工程技术人员参考。

轻工业技工学校统编试用教材 电光源材料与工艺

张爱堂 冯新三 编

轻工业出版社出版发行

(北京阜成路8号)

轻工业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 印张，13¹/₂ 插页：1 字数：336 千字

1986年12月 第一版第一次印刷

印数：1—10,000 定价：2.65元

统一书号：15042·2177

前 言

为加速培养轻工业后备技术工人，建设成一支以在职中级技术工人为主体的，技术结构比较合理，具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍，以适应轻工业生产建设发展的需要，我们根据轻工业部颁发的有关行业《工人技术等级标准》中级工人应知应会要求，组织编写了轻工业技工学校专业教材。

电光源专业教材由我部委托天津市第一轻工业局负责组织天津电光源公司为主编单位，书稿经电光源行业技工教材审稿会审议。编写组同志根据审稿会议意见，对原稿内容作了增删。

本教材张爱堂同志为主编，冯新三同志为主审。《电光源》一书由张爱堂、冯新三、赵革同志编写，《真空技术基础》及《电光源材料与工艺》两书由张爱堂、冯新三同志编写。

本教材适用于技工学校电光源专业教学和在职工人中级技术培训使用，也可作为具有初中毕业文化程度和初级技术水平的工人自学教材。

本教材编写过程中得到了上海、沈阳、杭州、重庆、福州、石家庄灯泡厂、河北轻工业学校等单位的大力协助，并提供了宝贵的资料。派出了富有实践经验的教师、工程技术人员参加了审稿工作，谨此表示感谢。

由于我们组织编审工作缺乏经验，疏漏之处敬请读者批评指正，以便今后修订。

轻工业部技工教材编审小组

一九八六年六月

目 录

绪论	(1)
一、电光源生产的发展概况	(1)
二、电光源产品的典型结构和生产工艺过程	(2)
三、电光源生产的特点	(3)
四、本课程的学习内容及要求	(4)
第一章 电光源金属材料	(5)
第一节 金属的主要性质	(6)
一、金属的热性质	(6)
二、金属的电性质	(8)
三、金属的机械性质	(9)
四、金属的其它性质	(11)
第二节 难熔金属	(12)
一、钨	(12)
二、钼	(26)
三、钽和铌	(30)
第三节 非难熔金属	(33)
一、镍	(33)
二、铁	(37)
三、铜	(39)
四、铝	(42)
第四节 特殊用途的金属与合金	(45)
一、钨丝	(45)
二、锡铅及其合金	(46)
三、汞	(48)
四、碱金属	(52)
五、碱土金属	(54)

六、镓、铟、铊·····	(56)
七、稀土金属·····	(57)
第二章 气体 ·····	(61)
第一节 空气·····	(61)
第二节 氢和氧·····	(65)
一、氢和氧的主要性质·····	(65)
二、氢和氧的应用·····	(67)
三、氢和氧的制备·····	(68)
第三节 氮气·····	(71)
一、氮气的主要性质·····	(71)
二、氮气的应用·····	(72)
三、氮气的制备·····	(73)
第四节 稀有气体·····	(73)
一、稀有气体的主要性质·····	(73)
二、稀有气体在电光源中的应用·····	(74)
三、稀有气体的制备和提纯·····	(76)
第三章 燃料 ·····	(80)
第一节 固体燃料·····	(81)
一、煤的分类·····	(81)
二、煤的工业分析·····	(81)
三、煤的一般理化性质·····	(82)
第二节 液体燃料·····	(84)
一、石油及其馏分·····	(84)
二、燃料油的一般理化性质·····	(85)
三、重油标准和重油的燃烧·····	(86)
第三节 气体燃料·····	(88)
一、气体燃料的性质·····	(88)
二、电光源生产中所用的气体燃料·····	(89)
第四节 水煤气的制造和净化·····	(97)

一、水煤气的制气操作过程·····	(97)
二、水煤气的制造工艺流程·····	(98)
三、水煤气的净化·····	(99)
第五节 煤气火焰的结构和性能·····	(103)
第四章 玻璃 ·····	(105)
第一节 玻璃的性质·····	(106)
一、玻璃的概念·····	(106)
二、玻璃的物理化学性能·····	(106)
第二节 玻璃的化学组成及电光源玻璃的分类·····	(113)
一、玻璃的化学组成·····	(113)
二、电光源玻璃的分类·····	(116)
第三节 玻璃的熔制·····	(127)
一、玻璃的原料·····	(127)
二、配合料的制备·····	(132)
三、玻璃的熔制·····	(137)
四、玻璃熔窑·····	(141)
第四节 玻壳和玻管的成形·····	(148)
一、玻壳吹制·····	(148)
二、玻管拉制·····	(156)
三、玻壳和玻管的质量及检验·····	(160)
第五节 玻璃的应力和退火·····	(163)
一、玻璃的应力·····	(163)
二、玻璃的退火·····	(166)
三、玻璃应力的检验·····	(169)
第五章 特种材料 ·····	(172)
第一节 灯用荧光粉·····	(172)
一、荧光粉的发光机理·····	(173)
二、荧光灯用荧光粉·····	(174)
三、高压汞灯用荧光粉·····	(180)

四、荧光粉制造的基本过程·····	(181)
第二节 灯用吸气剂·····	(183)
一、吸气剂的一般问题·····	(183)
二、蒸散型吸气剂·····	(186)
三、非蒸散型吸气剂·····	(190)
第三节 陶瓷与云母·····	(195)
一、陶瓷·····	(195)
二、云母·····	(203)
第四节 焊泥、焊剂和印记材料·····	(205)
一、灯头焊泥材料·····	(205)
二、焊剂材料·····	(208)
三、印记材料·····	(210)
第五节 卤素和卤化物·····	(211)
一、卤素的物理化学性质·····	(212)
二、卤化物的性质·····	(213)
三、卤素及卤化物的制备·····	(216)
第六章 灯头的制造 ·····	(218)
第一节 灯头的品种和型号·····	(218)
一、灯头的品种和标准·····	(218)
二、灯头的型号·····	(219)
三、灯头的使用范围和主要尺寸·····	(222)
第二节 灯头的制造工艺·····	(224)
一、冲制·····	(225)
二、压玻璃·····	(226)
三、电镀·····	(229)
第三节 灯头的质量和检验·····	(234)
一、灯头的质量要求·····	(234)
二、灯头的质量检验·····	(235)
第七章 灯丝、电极和导丝的生产 ·····	(238)

第一节 灯丝的生产工艺·····	(238)
一、钨丝的分类及钨丝的电解清洗·····	(240)
二、绕制·····	(241)
三、一次定型 (湿氢定型) ·····	(254)
四、切丝·····	(256)
五、化丝 (溶丝) ·····	(257)
六、烧氢 (二次定型) ·····	(259)
七、灯丝检验·····	(261)
第二节 特种灯丝和电极的生产·····	(262)
一、特种灯丝的生产·····	(262)
二、特种电极的生产·····	(262)
第三节 导丝的生产·····	(264)
一、导丝的结构·····	(265)
二、导丝的焊接·····	(267)
第四节 钼丝退火及钼丝钩的生产·····	(270)
第八章 电光源装配工艺 ·····	(273)
第一节 玻璃与金属的封接·····	(275)
第二节 喇叭和芯柱制造工艺·····	(276)
一、玻管分类·····	(277)
二、割管·····	(278)
三、制喇叭·····	(278)
四、芯柱制造·····	(282)
五、芯柱退火·····	(288)
六、芯柱的质量要求·····	(288)
七、芯柱的清洗·····	(289)
第三节 灯芯组装工艺·····	(289)
一、白炽灯泡灯芯的装配·····	(291)
二、荧光灯灯芯的装配·····	(295)
三、高压汞灯灯芯的装配·····	(300)

第四节	封口	(303)
一、	普通白炽灯泡的封口	(303)
二、	荧光灯的封口	(308)
三、	高压汞灯的封口	(311)
第五节	排气	(314)
一、	普通白炽灯泡的排气	(315)
二、	荧光灯的排气	(323)
三、	高压汞灯的排气	(333)
第六节	装头和焊锡	(335)
一、	装头	(335)
二、	焊锡	(337)
第七节	老炼工艺	(340)
一、	普通白炽灯泡的闪光老炼	(341)
二、	荧光灯的老炼	(343)
三、	高压汞灯的老炼和测试	(344)
第八节	成品检验	(345)
第九节	电光源的稳定和包装	(347)
第十节	电光源的自动化生产	(348)
一、	普通白炽灯泡高速生产线	(348)
二、	荧光灯中速生产线	(350)
第九章	特种工艺	(354)
第一节	玻管和玻壳的特殊加工工艺	(354)
一、	玻管和玻壳的清洗	(354)
二、	涂荧光粉	(355)
三、	玻壳的特殊加工	(359)
第二节	石英玻璃与金属的封接工艺	(364)
一、	金属薄片与石英玻璃的不匹配熔封	(364)
二、	石英玻璃的过渡封接	(368)
第三节	陶瓷与金属的封接工艺	(369)

一、玻璃粉的制造	(371)
二、玻璃粉浆的配制	(372)
三、涂玻璃浆	(373)
四、高频真空封接	(373)
第四节 阴极制造工艺	(374)
一、阴极的工作原理	(374)
二、阴极基金属的制造	(375)
三、阴极粉的配制和涂复	(376)
第五节 灯内工作物质的填充工艺	(378)
一、直接加入法	(379)
二、真空冷冻升华法	(379)
三、真空冷冻法充高压气体	(380)
第十章 电光源的测试	(382)
第一节 光参数的测量原理和方法	(382)
一、光通球法	(382)
二、分布光度计法	(386)
第二节 电光源光电参数的测试	(389)
一、普通白炽灯泡的测试	(390)
二、荧光灯的测试	(391)
三、高压汞灯的测试	(393)
第三节 寿命试验	(394)
第四节 扭力试验和潮湿试验	(396)
第五节 启动特性试验	(397)
一、荧光灯的启动试验	(398)
二、高压汞灯的启动试验	(398)
三、高压钠灯的启动试验	(399)
第十一章 真空卫生和安全生产	(400)
第一节 真空卫生	(400)
一、真空卫生对产品质量的影响	(400)

二、电光源工业的工艺环境要求.....	(401)
三、工艺环境要求的实施细则.....	(402)
第二节 安全生产知识.....	(405)
一、气体和气体燃料的管理和使用.....	(405)
二、化学危险品的管理和使用.....	(410)
三、职业中毒及其预防.....	(412)
参考文献.....	(419)

绪 论

一、电光源生产的发展概况

光源在日常生活中起着重要的作用。自从1879年爱迪生制成第一个可供实用的白炽灯泡以来，人类社会才从漫长的火光照明进入了电气照明的时代。一百多年来，随着各种白炽灯和气体放电灯的相继问世，电光源的应用范围已远远超出了照明工程，它已深入到国民经济建设的各个领域。

目前，全世界每年生产的各类电光源总产量已达100多亿只，产品种类有4~5万种。国外电光源生产设备已由单机操作向自动化高速联动生产线发展，如普通白炽灯泡中速自动生产线每小时可生产灯泡2500只，高速自动生产线每小时高达5000只。荧光灯组装设备的一项重大进步，是出现了卧式生产线，使生产速度高达每小时5000支。电光源零部件的生产也向高速自动化发展。例如高速绕丝机的转速已达到3万转/分以上，履带式吹泡机一昼夜可吹玻壳100万只，高速拉管机每分钟可拉荧光灯管60根。

我国最早生产灯泡的工厂是1917年美国人在上海建立的奇异（GE）公司，其设备和主要材料都从国外进口，当时主要生产普通白炽灯泡。1929年建立的上海华德灯泡厂，是我国民族工业创建的灯泡厂。1949年解放时，全国仅有上海、重庆、南京、沈阳、天津、广州等地八个工厂生产小电珠、普通照明白炽灯泡及生产少量的荧光灯。1949年灯泡总产量为1252万只，全行业职工约2000余名。那时灯泡生产手段还很落后，吹泡和拉管都是人工操作，灯泡装配设备大多还是单机手工操作。生产效率很低。

解放以来，我国电光源工业有了很大的发展，从原材料加工、成品灯泡生产、专用设备制造、科学研究及产品测试，已经

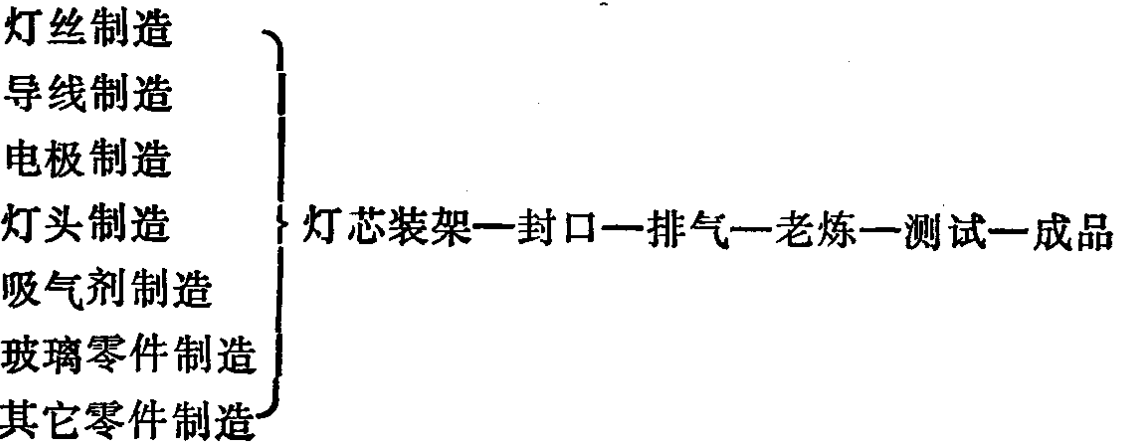
形成了一个比较完整的工业体系。全国现有电光源企业二百多家，职工达12万人。我国电光源产品已有50个大类、3000多种规格，1983年共生产各种电光源12.45亿只。

目前，我国电光源生产设备还比较落后，大部分处于国外50年代水平，普灯生产线大多是单机操作或单机联动，每小时700~1000只左右。特别是放电灯的生产，大多数仍以手工操作为主。近年来，随着企业的技术改造和引进国外先进设备，我国电光源的生产技术水平必将会有一个较大的提高。

二、电光源产品的典型结构和生产工艺过程

电光源的种类及规格很多，灯的结构和形状也不完全相同。无论何种光源，都是由许多零件和部件所组成。主要的结构零件和部件有灯丝（或电极）、导丝、芯柱、玻壳、灯头等。除此之外，有些光源还有吸气剂、荧光粉、绝缘支架、云母片、连接带等辅助零件和材料。有些光源中还要充入惰性气体或充填工作物质如汞、钠、卤素等。

电光源的生产可分成许多独立的工序。由于电光源的种类繁多，它们的制造工艺亦有所不同，但基本生产程序还是相似的。工艺过程大致可分为零件制造与装配生产两大部分。零件的制造包括灯丝、电极、导线、吸气剂、灯头、玻璃零件的制造等工序；装配生产包括灯芯装架、封口、排气、老炼、测试等工序。



三、电光源生产的特点

1. 所用材料的广泛性

因为电光源的种类很多，特性各不相同，所涉及的材料面也很广。不仅应用了各种元素和合金，还广泛应用了各种介质及化合物等。习惯上按材料的用途及性质大致可分为下列几类：

(1) 金属及合金；

(2) 气体及燃料；

(3) 玻璃、陶瓷、云母；

(4) 特种材料：如灯用发光材料、吸气剂、灯内工作物质、焊泥、焊剂及印泥材料等。

2. 对材料要求的特殊性

电光源生产中所用的材料，除了应考虑其机械强度、加工难易程度外，必须首先考虑到材料的真空性能，即放气、吸气性能；在真空中的蒸发程度；耐热性能和电子发射性能等，不同的材料有不同的要求。其次，对材料的纯度和杂质含量方面的要求特别严格，如放电灯中所用的汞，其纯度要达99.999%以上，工作气体的纯度要求有些也在99.999%以上。

3. 生产技术的复杂性

电光源的生产不仅本身复杂，而且还涉及到许多专门技术，如真空技术（真空的获得和测量，真空系统的安装、使用和维护）、玻璃技术（玻璃的熔制、加工，玻璃和金属的封接）、机械技术（金属零件的机械加工，工模具的设计和制造）、化学技术（零件的表面处理、涂复及化验）、冶炼技术（金属及合金的冶炼、提纯、制造及分析）等。

4. 严格要求的真空卫生

高度的清洁卫生，对电光源的生产来说是保证质量的重要条件。特别是真空卫生要求特别高的阴极制造和装配车间，在厂址选择、厂房设计及室内布置时都要充分考虑这些要求。

四、本课程的学习内容及要求

“电光源材料和工艺”课的内容，包括电光源生产中所用各种主要材料的性能、加工制造方法、电光源的生产制造工艺及测试检验等有关知识，同时还介绍了有关真空卫生和安全生产方面的知识。通过学习使学生达到“灯泡工业工人技术等级标准”中关于中级技术工人应掌握的专业知识水平。

“电光源材料和工艺”是一门与生产实际有密切联系的课程，因此在学习中和具体材料、零件和成品接触，注意生产中的实际问题，增加感性知识，与生产实际更好地联系起来。此外，还应与其它有关课程（如电光源、真空技术基础），生产劳动和生产实习密切结合，相辅相成，以提高教学质量。

复习思考题

1. 举例说明电光源产品的典型结构和生产工艺过程？
2. 电光源生产有哪些特点？

第一章 电光源金属材料

电光源中所用的金属材料很广泛，其品种、牌号、规格也很多，通常根据材料的用途可分为结构用的金属材料和特殊用途的金属材料两大类。

结构用金属材料一般用作电光源的结构零件，如灯丝、电极、导线、灯头等。根据各种零件所处的工作温度不同，结构用金属材料按熔点的高低又可划分为难熔金属和非难熔金属。

特殊用途的金属材料有强吸气性能金属材料、低逸出功金属材料、低熔点金属材料和熔封焊接材料等（强吸气性能金属材料将在第五章吸气材料中介绍）。随着金属卤化物灯的发展，作

表 1-1 灯用金属及其用途

金属	用 途	金属	用 途
钨	灯丝及其支架、导线、电极	铝	灯头、内镀反射层、吸气剂
钼	灯丝支架、芯线、玻璃金属封接、内反光碗、导线	钡	吸气剂
钽	灯丝、吸气剂、过渡焊接	铜	导线、电极
铌	金属陶瓷封接	黄铜	灯头
锆	吸气剂、闪光灯内的发光丝	铁	灯头、电极、芯线、支架
汞	放电灯	镍	导线、电极、内反光碗、电镀材料
铂	难熔金属的连接、电镀材料	镍合金	玻璃金属封接、灯丝、支架、双金属片、导线
钠	放电灯填充物质	杜美丝	玻璃与金属封接
稀土元素(钨、钽、钕、钐)	放电灯填充物质	锡	金属焊接
		铅	金属焊接

为放电灯工作物质的金属材料，特别是稀土金属也得到了广泛的应用。

电光源常用的金属及其用途如表 1-1 所示。

第一节 金属的主要性质

在一百多种化学元素中，金属约占80%，它们有许多共同的性质，如有金属光泽、有良好的导电性、导热性、延展性等。

金属材料的各种物理和化学性质，大都与金属成分和组织状态有关。本节主要介绍电光源工业中常用金属材料的各种性能和要求。

一、金属的热性质

1. 熔点

它表征金属的耐熔性。熔点就是指金属由固态转化为液态时的温度。电光源大都是在受热情况下工作的，因此可用它作为金属能否适合在电光源中使用的基本指标。如作为灯丝、电极等热零件时，要求金属熔点必须很高。

某些电光源用金属的熔点见表 1-2。

表 1-2 金属的熔点

金 属	W	Ta	Mo	Nb	Zr	Ti	Pt	Fe	Ni	Cu	Al	Pb	Sn
熔点 (℃)	3410	2996	2620	2468	1860	1800	1773	1535	1452	1083	658	327	232

2. 热膨胀系数

物体的热膨胀系数有线膨胀系数和体膨胀系数之分。线膨胀系数是指温度增加摄氏一度时轴向延长对原来长度之比，单位为 $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。体膨胀系数 $\beta = 3\alpha$ (α 为线膨胀系数)。