

轻工业技工学校统编试用教材

电光源

张爱堂 冯新三 赵荣 编

23.1

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和在职工人中级技术培训的专业教材之一。

本书简要地介绍电光源的种类、型号命名方法及主要用途，并较系统地介绍了各种白炽灯和气体放电灯的工作原理、典型结构和主要性能要求。同时，还以普通白炽灯和荧光灯为代表，适当地介绍了影响技术性能的主要因素，以及提高技术性能的途径。

本书可供电光源专业技工学校学生、从事电光源生产的技术工人阅读，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

张凌云 冯新三 赵革 编

轻工业出版社出版发行

(北京东黄城根9号)

北京丰盛印刷厂印刷

850×1168毫米^{1/32} 印张：5 字数：121千字

1986年12月 第一版第一次印刷

印数：1-10,000 定价：1.25 元

统一书号：15042·2178

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二书由张爱堂、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

目 录

第一章 绪论	1
第一节 电光源发展简史	1
一、电光源的发明和发展.....	1
二、电光源产品的广泛应用.....	2
第二节 电光源的种类和命名方法	3
一、电光源的种类.....	3
二、电光源型号命名方法.....	4
三、各类电光源的主要用途.....	7
第三节 国内外电光源工业概况	7
一、国外电光源工业概况.....	7
二、我国电光源工业概况.....	8
第二章 光源的基本知识	10
第一节 光的本质	10
一、光是一种电磁波.....	10
二、光是能量的一种形式.....	12
三、光的速度和能量.....	13
第二节 人眼的视觉特性	15
一、视觉灵敏度.....	15
二、明视觉与暗视觉.....	16
三、色觉.....	17
第三节 电光源的基本参量	19
一、电参量.....	19
二、光参量.....	21
第三章 白炽灯	28
第一节 热辐射原理	28

一、基尔霍夫定律	28
二、黑体辐射	29
三、金属钨丝的辐射	32
第二节 白炽灯泡的结构和类别	34
一、白炽灯泡的结构	34
二、白炽灯泡的类别	38
第三节 白炽灯泡的特性和技术要求	39
一、白炽灯泡的特性	39
二、白炽灯泡的技术要求	42
第四节 真空白炽灯泡	44
一、真空白炽灯泡的光效和寿命	44
二、真空白炽灯泡的灯丝结构	47
第五节 充气白炽灯泡	48
一、充气灯泡中的气体作用	48
二、充气白炽灯的光效与寿命	49
第六节 卤钨白炽灯	52
一、卤钨循环的简单原理	52
二、卤钨循环剂	54
三、卤钨灯的充气和结构	56
第七节 白炽灯泡的灯丝设计	58
一、灯丝的参数	58
二、灯丝设计的经验公式	61
三、灯丝设计的外推法	63
第四章 气体放电与发光	67
第一节 气体放电现象	67
一、原子结构和能级	67
二、气体的激发和电离	70
第二节 气体放电过程	72
一、气体放电全伏-安特性	72

二、巴邢定律和潘宁效应	75
第三节 辉光放电和弧光放电	77
一、辉光放电	77
二、弧光放电	78
三、低气压放电和高气压放电	79
第五章 荧光灯	81
第一节 荧光灯的结构和发光原理	81
一、荧光灯的结构	81
二、低压汞蒸气放电	83
三、固体发光和荧光粉	85
四、荧光灯的规范	87
第二节 荧光灯的阴极	90
一、阴极的电子发射机理	90
二、阴极的性能和结构	92
三、阴极灯丝的设计	93
第三节 荧光灯的发光效率及其衰退	95
一、荧光灯的发光效率	95
二、影响荧光灯发光效率的因素	96
三、荧光灯的流明衰退	99
第四节 荧光灯的寿命	101
一、阴极对寿命的影响	101
二、充气成分和压力对寿命的影响	102
三、开关次数对寿命的影响	103
四、灯管电流及电源电压对寿命的影响	103
第五节 荧光灯的启动及附件	104
一、荧光灯的工作电路及启动过程	104
二、荧光灯的启动特性	105
三、荧光灯的附件	107
第六节 特种荧光灯	110

一、大功率荧光灯	111
二、异型荧光灯	113
三、缝隙式荧光灯	114
四、辐射应用荧光灯	115
第六章 其它气体放电灯	118
第一节 高压汞灯	118
一、低气压汞放电和高气压汞放电的区别	118
二、荧光高压汞灯	120
三、其它类型的高压汞灯	124
第二节 低压钠灯和高压钠灯	128
一、低压钠灯	128
二、高压钠灯	131
第三节 金属卤化物灯	135
一、金属卤化物灯的基本原理和特点	135
二、几种典型的金属卤化物灯结构和特性	137
第四节 氙灯	141
一、氙气放电的特性	141
二、长弧氙灯	142
三、脉冲氙灯	144
四、超高压球形短弧氙灯	145

第一章 绪 论

第一节 电光源发展简史

一、电光源的发明和发展

人类的一切社会活动都离不开光。

人类在几百万年的漫长进化过程中，都是借助于各种火光来照明的。从松香、蜡烛到煤油灯、煤气灯。

直到十八世纪末，随着人们对电知识的认识逐渐增多，使电能转变为光能，这时用于照明的研究工作才开始进行。

最早是英国化学家戴维，运用天空中的闪电原理发明了电弧灯。但是这种灯成本高，使用不便，没有实用价值。后来，又有人根据热辐射原理研究白炽电灯。由于没有耐高温、蒸发率低的材料做灯丝，故而久久未能付诸实用。

1879年10月21日，美国伟大的发明家爱迪生，在他的实验室里制成第一个可供实用的白炽灯泡。他是采用碳丝做为灯丝，灯的发光效率也很低，只有 1.4lm/W （流明/瓦）。

这一发明，使人类社会从漫长的火光照明进入了电气照明时代。

此后，更多的科学家们致力于电光源研究。本世纪初，用钨丝作灯丝的灯泡出现了，这是白炽灯的一大技术进步。随后，又有人发明了充气灯泡、双螺旋灯丝白炽灯。

白炽灯发展的同时，气体放电灯的研究也有了进展。1936年，在戴维电弧灯的基础上，荧光灯问世了。它的发光效率是白炽灯的3~4倍，寿命也长3~5倍。它的发明是电光源技术领域的又一次巨大进步。三十年代，低压钠灯也开始问世。

随着科学技术的发展，新型高效率电光源不断研制成功。本世纪四十年代，高压汞灯作为商品问世；五十年代，卤钨灯和超高压氙灯出现；六十年代，各种金属卤化物灯和高压钠灯研制成功并大量生产。

二、电光源产品的广泛应用

电光源产品既是人们普遍需要的生活资料又是国民经济建设各个领域所必需的配套生产资料。

几十年来，由于电光源产品的发展，各类室内照明和室外照明的质量不断提高。室内照明如住宅、办公楼、厂房、商店、展览馆等场所，照度水平要求较高，对显色性也有较高的要求。室外照明如道路、广场、车站、码头、航空港等场所，对照明要求各不相同。但都要求电光源产品有较高的发光效率、较长的寿命、较好的显色性能。

随着经济建设和科学技术的发展，电光源的应用范围已远远超出照明工程，而深入到国民经济建设的各个领域。

广泛应用于工业：如化学工业中，化学合成的光化学反应；加工工业中，表面涂层的快速干燥等。

应用于农业：如诱虫、捕鱼、人工育种及植保、环保。

应用于国防：如导弹导航、坦克红外探测、航天技术中的各类特殊光源。

应用于科学技术：如各类仪器仪表用灯、激光技术中的光泵光源、各类光谱灯、太阳模拟器等。

应用于医疗卫生：如红外、紫外理疗光源、各类内窥镜光源、治疗皮肤病的辐照光源。

应用于教育、文化艺术：如电化教育器材、电影拍摄和放映、电视演播室、舞台等用特种光源。

第二节 电光源的种类和命名方法

一、电光源的种类

各种用途的电光源品种很多，按照工作原理不同可分为固体发光光源和气体放电光源两大类。分类见图1-1。

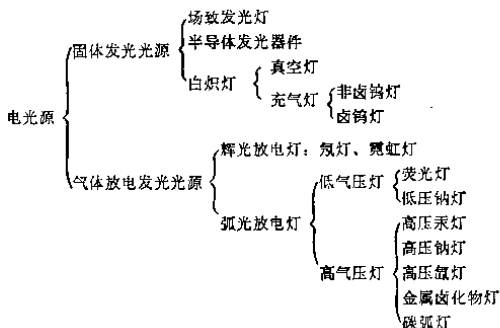


图 1-1 电光源分类图

由上图可见，固体发光光源中绝大多数是白炽灯，从这个意义上说，电光源可分为白炽光源和气体放电光源。

白炽光源是根据热辐射原理制成的。热辐射就是具有一定温度的物体总是不断地把能量以各种波长的射线形式向空间发射出来。物体温度在 500°C 时，呈暗红色。温度再升高，开始辐射出黄光，物体颜色也就由红变橙黄。当温度超过 1500°C 时，波长较短的绿、蓝色光也开始辐射出来，物体便发出黄白色光。

普通白炽灯及各类卤钨灯均属于热辐射光源，或称白炽光源。

顾名思义，气体放电光源是利用气体导电发光原理制成的。正常状态下，气体是非导体。当气体原子受到具有一定能量的电子碰撞时，它就会被激发而电离发光。当放电电流很小时，放电

处于辉光放电阶段。放电电流增大到一定程度时，气体呈低电压，大电流放电，这就是弧光放电。

根据气体放电时的气压高低，又可把气体放电分为三类。

1. 低压放电

指放电灯内气体总压强不超过几托(1托=133.32牛顿/米²，即帕)，相当于1%大气压左右。

2. 高压放电

指放电灯内气体总压强在1~5个大气压。

3. 超高压放电

指放电灯内气体总压强大于10个大气压的放电。

属于低压放电光源的有荧光灯、低压钠灯、冷阴极荧光灯、霓虹灯、氖灯等。

属于高压放电光源的有高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯等。

属于超高压放电光源的有超高压氙灯、超高压汞灯等。

二、电光源型号命名方法

由于电光源产品种类日益繁多，为了对同一种光源定义一个科学、准确的名称，中华人民共和国轻工业部于1977年颁发了部标准《电光源型号命名方法》(QB349—77)。

该标准规定了各种白炽光源和气体放电光源的型号命名方法。各类光源的命名，一般由三部分组成。

第一部分为字母组成，由表征光源名称特征的汉语拼音首字母组成。

第二、三部分一般由数字组成，即由表征光源的光、电特性或结构形式的顺序号等组成。

型号的各部分应直接连写。但当相邻的两部分同为字母或数字时，中间需用破折号分开。

例如：普通照明灯泡220伏25瓦的型号为PZ220-25。PZ是汉

语拼音PUTONG ZHAOMING (普通照明)两词的第一个字母的组合, 220 说明该灯泡的额定工作电压, 25 说明该灯泡在额定电压下的额定电功率。单位为瓦。

又如, 8 瓦直管形荧光灯的型号为YZ8RR。第一部分YZ为汉语拼音 YINGGUANG(荧光) ZHIGUAN(直管)两词的第一个字母组成, 第二部分数字 8 表征灯的额定功率, 第三部分 RR说明灯的发光光色为日光色。

表1-1列出了部分电光源的型号命名方法。

表 1-1 电光源型号命名方法

电光源名称	型号的组成		
	第一部分	第二部分	第三部分
白炽光源		} 额定电压(伏)	} 额定功率(瓦)
普通照明灯泡	PZ		
局部照明灯泡	JZ		
装饰灯泡	ZS		
汽车拖拉机灯泡	QT		
机车前照灯泡	JQ		
铁路讯号灯泡	TX		
船用照明灯泡	CY		
飞机灯泡	FJ		
坦克灯泡	TK		
聚光灯泡	JG		
摄影灯泡	SY		
反射型摄影灯泡	SYF		
放映灯泡	FY		
幻灯灯泡	HD		
照相灯泡	ZX		
照相放大灯泡	ZF		
红外线灯泡	HW		
球形电源指示灯泡	DQ		
锥形电源指示灯泡	DZ		

续表

电光源名称	型号的组成		
	第一部分	第二部分	第三部分
小型指示灯泡	XZ	} 额定电压(伏)	} 额定电流强度 (安) 额定功率(瓦)
电话交换机灯泡	HJ		
矿用头灯灯泡	KT		
仪器灯泡	YQ		
温度标准灯泡	BW	温度范围(K)	} 额定功率(瓦)
光强度标准灯泡	BDQ	不同规格的序号号	
普通测光标准灯泡	BDP	} 额定电压(伏)	
管形照明卤钨灯	LZG		
汽车卤钨灯泡	LQ		
机车前照卤钨灯管	IJQ		
石英聚光卤钨灯泡	IJS		
硬质玻璃聚光卤钨灯泡	IJY		
摄影卤钨灯管	LSY		
红外线卤钨灯管气体 放电光源	LIW		
直管形荧光灯	YZ	} 额定功率(瓦)	} 颜色特征
U形荧光灯管	YU		
环形荧光灯管	YH		
高压汞灯泡	GG		
荧光高压汞灯泡	GGY	} 灯管外径(毫米)	} 极间距离(毫米)
自镇流荧光高压汞灯泡	GYZ		
反射型荧光高压汞灯泡	GYF		
球形超高压汞灯	GCQ		
球形氙灯	XQ	} 额定功率(瓦)	} 结构形式的序号号
管形氙灯	XG		
脉冲氙灯管	XM		
低压钠灯管	ND		
高压钠灯管	NG	} 额定功率(瓦)	
管形碘化铯灯	D'IG		
球形铯灯	YDQ		
球形镨钨灯	DHQ		
钠钨钨灯泡	NTY		

三、各类电光源的主要用途

目前，大量应用的电光源有三类：

1. 白炽灯，包括各类普通白炽灯和卤钨灯。
2. 低气压气体放电灯，如荧光灯，低压钠灯、霓虹灯等。
3. 高气压气体放电灯，如高压汞灯、高压钠灯、高压氙灯、金属卤化物灯等。

虽然各类电光源在发光效率、寿命、显色性等方面差别很大，但由于应用场所、费用等方面的差别，使得它们各有优、缺点。

白炽灯由于安装、使用都很方便，费用也低，因而大量用于各种室内、外一般照明场所。卤钨灯的光效比普通白炽灯高、体积小，可用于要求高照度、使用方便的照明场所，如新闻摄影、舞台、电视、电影摄影等方面。有时也用于泛光照明。

荧光灯俗称日光灯。它的发光效率是普通灯泡的4~5倍，寿命是普通灯泡的3~5倍，因此也广泛地应用于各种室内、外一般照明。如住宅、办公大楼、商店等处。

高压钠灯、低压钠灯都是高光效，寿命长的电光源。高压钠灯光色金白，低压钠灯光色偏黄，因而可用于对显色性要求不高的场所。如道路、广场、码头、车站、高大厂房等处，以代替现在大量使用的高压汞灯。

金属卤化物灯是六十年代在高压汞灯基础上发展起来的新型高光效光源。因充填的金属卤化物不同可分为钠铊铟、钨钠、镓铟等灯。这些灯的光效较高、显色性也好，适合于要求高照度、高显色性的场所。如繁华商业中心、繁华街道、体育馆等处。

第三节 国内外电光源工业概况

一、国外电光源工业概况

近二十年来，电光源技术领域的发展极为迅速。目前，全世

界每年生产的各类电光源总产量已达100多亿只（不包括我国）。产品种类已达4~5万种。功率最大的电光源产品为20千瓦，功率最小的灯泡仅0.1瓦左右。外形尺寸最大的可长达数米，而电子手表用的微型灯泡，只有米粒大。

世界主要电光源生产国为美国、苏联、日本、荷兰、英国、联邦德国等。1981年，美国灯泡总产量为48.2亿只，居世界首位。其次是苏联，年产20.5亿只。日本居第三位，年产14.8亿只。

工业发达国家的主要产品的质量水平，均高于国际电工委员会（I. E. C）标准。生产设备较先进，自动化程度高。

工业发达国家的大、中型电光源生产厂商，共生产原材料、零部件和产品配套能力强，公司具有完整的产品生产厂、原材料生产厂和灯具、附件生产厂及强有力的科研开发中心。

二、我国电光源工业概况

三十多年来，我国的电光源工业发展迅速。1982年，我国灯泡总产量为9.95亿只，是建国初期的77倍，平均每年递增15%以上。

产品品种也有很大发展。解放初期，我们只能生产普通灯泡和少量荧光灯。现在，我国的电光源产品已有50个大类，3000多种规格的产品。六十年代初，我国试制成功高压氙灯、高压汞灯和卤钨灯。七十年代初，又试制成功高压钠灯和金属卤化物灯。

随着电光源产品产量的提高，各类产品的质量也逐步提高。我国生产的普通灯泡，寿命和国际同类产品相同，但因多数是单螺旋，光效稍低。

我国电光源生产设备较落后。普通灯泡的主要生产线是700~1000只/小时的单机人工流水线（国外用3000~5000只/小时的自动生产线）。

根据轻工业部1982年统计，全国轻工业系统已有电光源企业二百多家，职工总人数十二万多人。企业中除灯泡厂外，还有灯

头厂、钨钼材料厂、专用设备厂等，已初步形成了一个相对独立的、完整的电光源工业体系。

我国现已有三个电光源科研单位。它们是：设在上海复旦大学内的电光源研究所、设在南京的轻工业部电光源材料科学研究所及隶属于北京市的北京电光源研究所。

复习思考题

1. 按照工作原理不同电光源可分成哪几类？简述各类电光源的工作原理及用途？
2. 举例说明电光源的型号命名方法？
3. 解释电光源型号 PZ220-150、JZ32-40、LZG220-500、GGY400、GYZ450分别代表什么电光源？

第二章 光源的基本知识

第一节 光的本质

一、光是一种电磁波

白天，人们在阳光下劳动、学习。夜晚，天空繁星点点，地上万家灯火，人们在家里生活、休息。很难想象，如果没有光，人类将怎样生存。

在人类的蒙昧时代，我们的祖先已经意识到阳光的重要，把太阳奉为神明。而对于光的研究，则开始于人类文明的初期。

千百年来，关于光的本质问题有许多不同的观点，有些观点甚至是互相矛盾的。

1637年，法国科学家笛卡尔首先提出光的粒子假说，并用以推论光的折射现象。1672年，经典物理学的奠基人牛顿，也认为光基本上是粒子流。他认为光是由弹性微粒组成，他把这种微粒称为光子。光子在介质中做高速直线运动。牛顿根据这一理论来说明光的直线传播、反射和折射现象。

在这同时，荷兰科学家惠更斯则于1678年在巴黎提出“光论”，认为光是一种纵向波。就是说光是以球面波的形式传播的。用这一假说，就可以解释光的衍射现象。

光的“粒子学说”和“波动学说”看来似乎是矛盾的。但是，用这两种理论就可以解释当时所有的光学现象，一些实验也证明光既有粒子特性又有波动的特性。因此，相当长的一段时间里，人们只好承认光具有“波粒两象性”。

随着科学技术的发展，人们对于光的研究也越来越深入。

1857年德国科学家基尔霍夫证明了沿导线传播的电信号等于