



1+X 职业技术·职业资格培训教材

# 霓虹灯

二级

# 制作技术

NIHONGDENG ZHIZUO JISHU

主编 陈大华

副主编 温伯安 吴晓华

上海交通大学出版社



“1+X”职业技术·职业资格培训教材

# 霓虹灯制作技术

## (二级)

主 编 陈大华

副主编 温伯安 吴晓华

编 委 何开贤 王妙康 葛达三 于 冰

陆荣村 蔡中敏 郭清宇 陈 观

高明华 江 涛 钱福卿 洪燕南

王梅娟 左春兰 任秋萍 李晓旭

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本书是针对霓虹灯技师报考霓虹灯制作员(二级)的考核要求编写的。主要内容包括霓虹灯技师必须掌握的霓虹灯制作的理论基础和设计实践;灯用材料、设备的性能、要求;霓虹灯制作中相关的真空技术、电路技术、安装工程;霓虹灯的计算机辅助设计、程序控制以及霓虹灯企业的现代管理等,适用于霓虹灯制作员(二级)的考级培训。

## 图书在版编目(CIP)数据

霓虹灯制作技术:二级/陈大华主编. —上海:上海交通大学出版社, 2007  
“1 + X”职业技术、职业资格培训教材  
ISBN 978-7-313-04722-9

I. 霓… II. 陈… III. 辉光放电灯 - 生产工艺 - 技术培训 - 教材 IV. TM923.327

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 025041 号

## 霓虹灯制作技术

(二级)

陈大华 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm × 1092mm 1/16 印张:17 字数:414 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

印数:1 ~ 3050

ISBN 978-7-313-04722-9/TM · 131 定价:28.00 元

版权所有 侵权必究

# 前 言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。

本教材虽结合上海市对职业标准的提升而开发,适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核,同时,也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作,由于时间紧迫,不足之处在所难免,欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议,以便教材修订时补充更正。

本教材编写过程中,得到了上海市职业培训教材编审委员会、上海市职业培训教材编审专家组的悉心指导和大力支持,在此表示衷心的感谢。

本教材编写过程中,得到了上海市职业培训教材编审委员会、上海市职业培训教材编审专家组的悉心指导和大力支持,在此表示衷心的感谢。

本教材编写过程中,得到了上海市职业培训教材编审委员会、上海市职业培训教材编审专家组的悉心指导和大力支持,在此表示衷心的感谢。

本教材编写过程中,得到了上海市职业培训教材编审委员会、上海市职业培训教材编审专家组的悉心指导和大力支持,在此表示衷心的感谢。

本教材编写过程中,得到了上海市职业培训教材编审委员会、上海市职业培训教材编审专家组的悉心指导和大力支持,在此表示衷心的感谢。

## 编者的话

霓虹灯已经历了百年的光辉历程,对人类文明有其独特贡献,对促进人类社会的经济繁荣功不可没。它身披辉煌跨入了新世纪的门槛,在现代装饰照明中仍以其特有的优势和魅力独领风骚,成为现代文明社会和都市夜景中的一朵奇葩,给人们的生活增添了愉悦,托起了社会繁荣的希望。

入夜,华灯齐放,“火树银花不夜天”,霓虹灯把城市装点得色彩斑斓、绚丽夺目。放眼望去,各种美丽的文字、造型各异的图案千姿百态;闪烁跳动的色彩似流水行云;高楼建筑流光溢彩;橱窗里珠光宝气,灯红酒绿交相辉映;似天上彩虹,像人间银河,更酷似一个梦幻世界。在这片争奇斗艳灯的海洋中,霓虹灯得艳独娇。

霓虹灯经过百年发展,集美术、工艺、技术、造型、高科技于一身,日臻成熟完善。从当年法国皇家的宫廷装饰发展到今天的大众传媒,备受青睐。迄今为止,在我国已发展成为拥有 1 万余家中小霓虹灯企业的庞大产业,直接从业人员达 10 万人以上,年产值超过 30 亿人民币。产品除满足国内市场需要外,还出口欧、美、中东和亚洲各国。市场前景方兴未艾,炙手可热。

鉴于霓虹灯制作多系手工完成,故对霓虹灯制作员的素质有很高的要求,手艺必须过硬,技术要精益求精,还必须具有一定的人文素养,方能适应职业技能要求,在激烈的市场竞争中才能立于不败之地。因此,规范霓虹灯制作员等级培训标准,不仅是职业要求,也是顺应市场需要。《霓虹灯制作技术》就是根据上海市职业技能考核培训中心要求而组织编写的。《霓虹灯制作技术》共分四册(五、四、三、二级),每册的内容分别对应于霓虹灯制作员初级、中级、高级技工和技师的考核培训要求。

《霓虹灯制作技术》的基本内容以霓虹灯科技为基础,详尽阐述霓虹灯发光机理、光电特性、设计理论、制作实践、灯工技术,对与霓虹灯制造密切关联的灯用材料、真空技术、电器设备、控制技术、工程安装等都作了系统介绍。因考核等级的差别,内容逐渐向深度、广度延伸,特别在三级、二级教材中增加了计算机辅助设计章节,对 Photoshop 和 Coreldraw 软件的应用,作了实用性的解析,对从事霓虹灯的设计、创意、制作以及动态变化等都会有很大裨益。

在编写过程中,我们曾参阅了大量的资料和著作,力图将当今国内外霓虹灯制作的新理念、新知识、新技术收入书中,俾为广大霓虹灯企业服务,为促进我国霓虹灯业的发展、进步作绵薄贡献。在此谨向为《霓虹灯制作技术》的出版给予鼓励和帮助的同仁朋友一并致以谢忱,并欢迎各界朋友对书中内容斧正和赐教。

编者

2006年12月于沪



# 目 录

<b>第一章 霓虹灯理论基础</b> .....	( 1 )
第一节 气体放电现象 .....	( 1 )
第二节 原子的结构 能级 受激光辐射 .....	( 3 )
第三节 低气压气体放电的特性 .....	( 7 )
第四节 辉光放电 .....	( 9 )
第五节 霓虹灯工作原理 .....	( 17 )
<b>第二章 霓虹灯结构参数运筹</b> .....	( 24 )
第一节 灯的结构参数与灯质量的关系 .....	( 24 )
第二节 霓虹灯电极设计 .....	( 25 )
第三节 霓虹灯光效同正柱区长度的关系 .....	( 27 )
第四节 灯管直径对光效及管压降的影响 .....	( 28 )
第五节 霓虹灯的电压、电流特性 .....	( 30 )
第六节 霓虹灯中惰性气体的作用 .....	( 31 )
<b>第三章 霓虹灯工程设计要素</b> .....	( 34 )
第一节 霓虹灯工程设计的前期准备 .....	( 34 )
第二节 霓虹灯工程设计的重要内容 .....	( 35 )
第三节 霓虹灯管的制作设计方案 .....	( 37 )
第四节 霓虹灯管与变压器的匹配设计 .....	( 42 )
第五节 综合设计方案 .....	( 45 )
<b>第四章 计算机平面设计软件的运用</b> .....	( 50 )
第一节 图像软件 Adobe Photoshop .....	( 51 )
第二节 图形软件 CorelDRAW .....	( 83 )
<b>第五章 霓虹灯电器控制技术和方法</b> .....	( 92 )
第一节 霓虹灯的控制类型 .....	( 92 )
第二节 霓虹灯的控制电路 .....	( 103 )
第三节 利用 GPRS 技术对霓虹灯进行远程控制的方法 .....	( 114 )
<b>第六章 霓虹灯用材料</b> .....	( 119 )
第一节 氢氧在霓虹灯制造中的用途 .....	( 119 )



第二节	工作气体	(120)
第三节	燃料气体	(122)
第四节	金属材料	(124)
第五节	玻璃	(129)
第六节	陶瓷	(136)
第七节	云母	(137)
第八节	荧光粉	(138)
第九节	绝缘材料	(140)
<b>第七章</b>	<b>霓虹灯电器</b>	(144)
第一节	电工学基础	(144)
第二节	漏磁变压器	(149)
第三节	霓虹灯电子变压器	(152)
第四节	霓虹灯用绝缘材料	(155)
<b>第八章</b>	<b>霓虹灯用真空技术</b>	(161)
第一节	真空概念	(161)
第二节	真空技术的物理基础	(162)
第三节	真空技术在霓虹灯制造中的重要性	(165)
第四节	真空获得	(165)
第五节	霓虹灯的真空系统	(170)
第六节	真空检漏	(176)
<b>第九章</b>	<b>霓虹灯的生产流程</b>	(179)
第一节	生产流程概述	(179)
第二节	霓虹灯电极	(180)
第三节	封口及预抽检漏	(184)
第四节	霓虹灯管的排气工艺	(186)
第五节	轰击除气工艺	(190)
第六节	灯管的充气 and 老炼	(193)
<b>第十章</b>	<b>霓虹灯工程的安装</b>	(196)
第一节	霓虹灯安装工程包括的内容	(196)
第二节	霓虹灯招牌的常见安装方式	(197)
第三节	霓虹灯安装工程的作业要求	(199)
第四节	霓虹灯工程的配线工程	(202)
第五节	霓虹灯工程安装后的检查与灯的试运转	(208)

第六节	霓虹灯工程的验收 .....	(209)
<b>第十一章</b>	<b>霓虹灯常见故障及排除方法 .....</b>	<b>(212)</b>
第一节	霓虹灯常见故障种类 .....	(212)
第二节	产生故障的原因 .....	(213)
第三节	常见故障的判断和检测方法 .....	(215)
第四节	霓虹灯故障的排除 .....	(217)
<b>第十二章</b>	<b>LED 光源概论 .....</b>	<b>(219)</b>
第一节	LED 光源简介 .....	(219)
第二节	LED 光源的特性 .....	(224)
第三节	LED 和霓虹灯的性能比 .....	(232)
<b>第十三章</b>	<b>现代企业管理 .....</b>	<b>(236)</b>
第一节	企业管理的现代理念 .....	(236)
第二节	ISO9000 标准是企业管理体系再造的基础 .....	(237)
第三节	企业实施 ISO9000 标准的意义 .....	(238)
第四节	ISO9000 标准产生的历史背景 .....	(240)
第五节	ISO9000 标准与 TQM 的关系 .....	(241)
第六节	推行 ISO9000 的一般步骤 .....	(242)
第七节	管理方法和工具 .....	(244)
<b>第十四章</b>	<b>人与自然 和谐发展 .....</b>	<b>(252)</b>
第一节	以人为本 安全第一 .....	(252)
第二节	爱护生态 保护环境 .....	(254)
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(257)</b>

# 第一章 霓虹灯理论基础



霓虹灯是一种冷阴极气体辉光放电光源。其发光与气体放电过程密切相关,有选择地采用适当的工作气体,可以使霓虹灯发出各种不同颜色的光。霓虹灯的使用寿命很长,能达到20 000~30 000 h。寿命期间,灯的光输出特性变化也不是很大。这些优点,使霓虹灯成为一种良好的广告装饰光源。

低气压冷阴极辉光放电霓虹灯,工作气体采用惰性气体,充气压力在1 330 Pa左右,工作于气体放电的正常辉光放电区。本章将介绍气体放电的一些基本性质和相关基础理论,并由此展开去讨论霓虹灯的工作原理。

## 第一节 气体放电现象

在正常情况下,气体不能传导电流,是良好的绝缘介质。但是,在一些致电离因素的作用下,例如,受到带电粒子的轰击或高能电磁辐射的照射、在强的电场中或很高的温度下,气体原子可以被电离而形成自由电子和正离子。如果存在外加的电场,正离子和自由电子就要在电场的作用下,顺着或逆着电场作定向漂移而形成电流,这时气体成为导体。这种气体中通过电流的现象称为气体放电。在日常生活中,经常可以见到气体放电现象,雷雨时的闪电以及焊接时的电弧即是气体放电的实例。在气体放电过程中,气体的某些原子可以被激发到高的能态,它们在向下跃迁时放出光子,因此在气体放电中往往伴随着气体发光。

气体放电并非要在限定的空间内才能发生,但是气体放电光源总是把气体放电限制在一根密封的玻璃管中进行,霓虹灯就是如此。玻璃管的两端是金属的阴极和阳极,两电极间加一定的电位差。如果外部光源照在阴极上,阴极由于光电效应发射出光电子,或外致电离因素引起管内气体电离产生了自由电子和正离子,那么在极间电场的作用下电子和正离子将分别向阳极和阴极漂移,电子和正离子的共同贡献就给出总的放电电流。同时,电子和正

离子也在电场加速下获得大小等于它们的电量与两电极间电位差的乘积的能量。放电管内电子和分子的作用过程如图 1-1 所示。

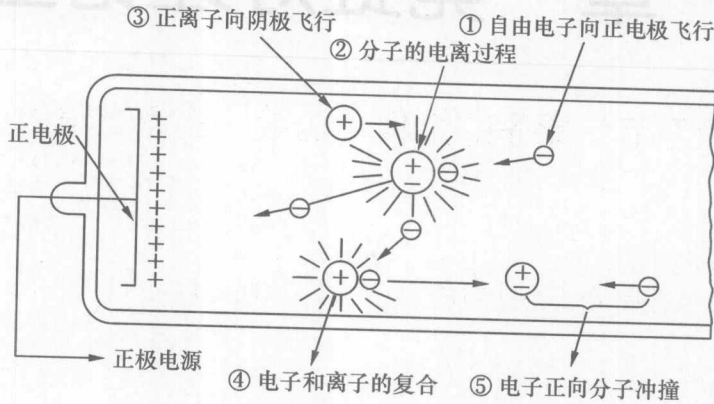


图 1-1 放电管内电子和分子的作用

由于放电管内充有气体,因此电子在漂移过程中将与气体的分子发生碰撞。这种碰撞虽然完全是几率事件,但却是相当频繁的。例如,具有  $1\text{ eV}$  能量的电子,在压强为  $133\text{ Pa}$  的气体中,在  $1\text{ s}$  内与气体原子的平均碰撞次数可以达到  $10^9$  次,电子与原子碰撞,可以按照这个碰撞系统的总动能在碰撞前后是否发生改变而分为弹性碰撞与非弹性碰撞。如果碰撞只有粒子间平均动能的转移而不改变原子的内部能量。这类碰撞为弹性碰撞;反之,如果碰撞使碰撞系统的动能转换为原子的内能或原子的内能转换为碰撞系统的动能,那么这类碰撞就是非弹性碰撞,且前者称为第一类非弹性碰撞,后者称为第二类非弹性碰撞。如果放电管的电极间电压较低,电子在电场中获得的能量就较小,它与原子碰撞时就不足以使原子激发或电离,这时碰撞就是弹性碰撞。在弹性碰撞中,由于正离子的质量是电子的几千倍,所以每次碰撞,电子损失的能量近乎为零。但由于碰撞的频繁,电子经许多次碰撞后仍将失去相当的能量,其结果是使气体原子的热运动加剧,导致气体温度升高。

电子与气体原子的非弹性碰撞,可以导致原子的激发与电离。当电子从电场中获得的能量足够大时,可以通过碰撞使原子从基态激发到激发态,原子在退激时会发射光子。正是气体放电中的这一基本过程,使气体放电时有光的发射。足够大能量的电子,还可以在碰撞中使气体原子电离,形成自由电子与正离子。这种碰撞电离对于气体放电的发生与维持是不可缺少的,因此它在气体放电过程中具有重要的意义。

气体放电中电子对气体原子的电离,与对原子的激发一样,也是放电中的一个重要基本过程,这一基本过程称为  $\alpha$  过程,可用电子的碰撞电离系数  $\alpha$  来表征这一基本过程。 $\alpha$  的含义是一个电子在电场方向单位距离上产生电离的次数。

当然,正离子在电场中加速也可与气体原子碰撞,使气体原子产生电离。这也是气体放电中的一个基本过程,称为  $\beta$  过程,可以用一个正离子在电场方向单位距离上产生的电离次数  $\beta$  来表征。由于正离子的质量和气体原子相差无几,在与气体原子的一次相撞中,它就要失去自己近乎一半的能量,因此在电场中它就不易积累到高的能量。实验证明,当正离子的能量达到相当于气体原子的电离电位的能量时,它与气体原子相碰,也不会使气体原子电离。对于分子气体,正离子需要高达  $400\text{ eV}$  以上的能量,才能开始有些电离作用,但这一能

量仍是气体电离能的许多倍。要使正离子起到和电子一样的电离作用,需要有极高的能量才行。因此在气体放电中,正离子对气体原子的电离效果实际上是微小的, $\beta \approx 0$ , $\beta$ 过程可以忽略。

## 第二节 原子的结构 能级 受激光辐射

### 一、原子的结构

气体的发光与气体原子的结构具有密切的关系,因此,为了讨论气体的放电发光就需了解原子的结构。

原子是物质中非常微小的微粒,它的线度约  $10^{-8}$  cm。原子由原子核与电子所组成。原子核在原子的中央,它带有正的电荷,并带有原子的几乎全部质量。电子带负电,它们在核的外面,由于受原子核的库仑力吸引而绕核旋转。实验指出,原子核的线度为  $10^{-13}$  cm。因此,原子核的体积仅是原子体积的  $1/10^{15}$ 。由于原子是中性的,因此原子核所带的电荷数与外围电子所带的电荷数相同。习惯上常以原子序数  $Z$  来表示核所带的电荷数,它也是原子中核外电子的数目。

按照量子论,核外电子受核的库仑引力作用而在距原子核不同的距离上作轨道运动。在原子中存在一系列确定的不连续的轨道。电子可以在其中的某个轨道上绕核运动,也可以在另一轨道上运动。当它从一个轨道转变到另一个轨道时,只能跳跃式地而不允许连续地变过去。轨道的这种不连续性或分立性,称为轨道的量子化。

量子论给出,电子绕核运动的轨道是个椭圆(其中圆是椭圆的特例),原子核就在椭圆的一个焦点上。这些椭圆轨道离核的远近、轨道的形状及轨道平面相对于空间某个固定方向的取向各不相同,而且都是量子化的。每一种轨道相应于原子不同的能量。既然轨道是量子化的。因此原子的能量亦是量子化的。即是说,原子的能量只能取一些不连续的、分立的值,而不能是任意的原子,这一个个不连续的、分立的能量,就称之为能级。

量子化是微观世界的基本特征,也是原子这个小系统的基本特征。可以用几个整数来表征原子能量或轨道的这种量子化特征,这些整数称为量子数。

原子中的电子除了绕核作轨道运动外,它自身还有自旋运动,它的自旋状态有两种,电子的自旋与它的轨道运动要发生磁的相互作用。原子的总的能量就是轨道运动的能量和自旋与轨道作用能量之和,但后者相对于前者是十分微小的。

### 二、原子的能级

原子核周围的电子分别处在一系列不同的椭圆轨道上,一定的轨道和一定的能量相对应,轨道半径越大,电子的位能越大。按量子论的观点,原子的能量只能取一系列分立的值,允许电子存在的各个能量状态称为原子的能级。

在研究原子的电离、激发与发光等物理过程中,通常都只考虑原子的价电子参与变化。由于原子中各层电子具有尽可能地在最低能级上存在的趋势,因此各个电子当然不能具有同样的能量。通常来说,离原子核越近的电子能量越低,它和核的结合也越稳定;越在外层的电子与核的结合力越小,特别是最外层的价电子往往可以吸收一定的能量而改变其在原

子壳层模型中的运动轨道,这样一来,这个电子的能量就可能由最低能级  $OG$ (见图 1-2) 升高到次高的能级  $A$ ,或者是它再吸收一定的能量,则可继续升高到更高的能级  $B$ 。如果这个价电子一次获得较大的能量,它也可以由  $OG$  能级直接跃迁到能级  $B$ ,甚至脱离原子核的束缚而成为自由电子。价电子所处的能级  $OG$  称为基本能级,基本能级以上的所有能级称为激发能级。

对于气体放电发光来说,不管以何种方式(热、电场、放射性物质、高能带电粒子),使原子获得一定能量而从基态  $OG$  离开,激发到更高能量的能级时,我们就可说这个原子被激发了,同时这个原子就被称作受激原子。

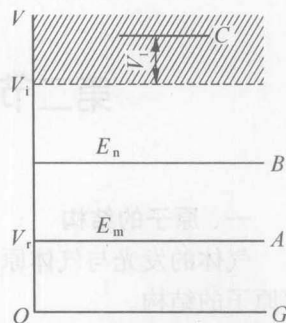


图 1-2 原子的能级图

### 1. 受激能级的产生原因

(1) 原子与相当快的电子碰撞。

(2) 原子之间的互相碰撞。

(3) 处于基态或较低激发态的原子吸收一个量子。

(4) 受激原子原来的受激能级消失,形成一个较低的受激能级,与此同时发射一个量子。

(5) 电子与正离子复合。

### 2. 受激能级的湮灭过程

(1) 跃迁到较低能级(它可以是基态)发射一个量子。

(2) 吸收一个量子随之跃迁到较高能级(产生一个较高的受激能级)。

(3) 与电子碰撞,产生一个较高的受激能级和较慢的电子(累积激发)或产生一个较低受激能级(包括基态)和较高速率的电子。

我们之所以指出原子的能级产生与湮灭过程,是因为研究原子发光时,原子的辐射发光是大量原子在相应能级间跃迁的结果。

## 三、原子的激发与电离

在原子核外运动的电子组成一个个壳层,每一个壳层又由几个支壳层组成。每一壳层中容纳的电子数目是有限的。同一壳层中的电子能量比较接近,而不同壳层的电子能量相差较多。最内层的电子由于离核近,受核的库仑吸引最强,因此能量最低,要使这些电子脱离原子核的束缚需要给它很大的能量。最外层的电子叫作价电子,由于它们离核较远。加上内层电子的屏蔽作用,所以受到核的库仑力吸引较弱,能量较高,因而只需给以较小的能量就可使它们从原子中脱出而成为自由电子,而原子随之而成为正离子,这个过程就是原子的电离。当然,被电离的原子(即正离子)亦可以捕获一个自由电子而重新成为中性原子,这个过程就是离子的复合。它是原子电离的逆过程。

如果给以原子的能量不足以使价电子脱离原子,此时原子会因获得能量而达到较高的能量状态,此过程就称为原子的激发。被激发的原子称为受激原子。受激原子一般是不稳定的,将会在极短的时间内( $\sim 10^{-8}$  s)从较高的能量状态自发地过渡到较低的能量状态,并以光子的形式释放自己的能量,这一过程称为退激。它是激发的逆过程。激发和退激一般亦统称为跃迁。由于原子的能量是量子化的,所以原子的跃迁也只能跳跃地进行,而不能连续地过渡。在上述离子复合过程中,也同样伴随有一个光子的发射。

气体的放电发光,实际上就是由于气体原子被电离及激发所引起的,因此,了解这些基本过程对于讨论气体放电发光是非常重要的。

从上面的讨论也可知道,气体放电中气体原子的发光或电离都是原子中价电子的行为。需要指出的是,也可以把内壳层的电子拉到外层甚至拉出原子而使气体原子电离,但这需要给予原子大得多的能量。此时该内壳层由于缺少一个电子而形成空穴,较外壳层的电子将跃迁到该壳层去填充,与此同时就伴随有标识伦琴射线的辐射。这种辐射的能量很高,波长很短,在气体放电时是不产生的。所以,气体放电与原子的内层电子是完全不相关的。

#### 四、原子的激发电位与电离电位

基态原子的能量最低,是最稳定的。而处于激发态的原子能量较高,它会自动地向低能态跃迁。在正常的情形下,原子总是处于基态。当基态原子受到电子等带电粒子或中性原子碰撞时,它就可能因获得能量而被激发或电离。除此之外,它也可以因吸收一个外来光子而被激发或电离,所到达的激发态与基态的能量差刚好等于所吸收的外来光子的能量。同样,处于激发态的原子,也可因上述同样原因而被激发到更高的激发态或电离。

习惯上,把原子的第一、第二激发态等与基态的能量差  $E_2 - E_1$ 、 $E_3 - E_1$  等分别叫作原子的第一激发能,第二激发能等;而电离态与基态的能量差  $E_\infty - E_1$  叫作原子的电离能。惰性气体和汞是霓虹灯中用于放电发光的工作物质,表 1-1 列出了它们原子的第一激发电位和电离电位。

表 1-1 惰性气体和汞的激发、电离电位

气 体 能 量	气 体					
	氦	氖	氩	氙	氡	汞
第一激发电位/V	21.2	16.7	11.6	9.98	8.4	4.86
电离电位/V	24.6	21.6	15.8	14.0	12.1	10.4

也可继续使原子的第二个、第三个电子被拉出原子,形成二次、三次电离,但这要给予原子更大的能量才有可能。例如,氦原子的第一次电离需要 24.47 eV 能量,而要再把第二个电子剥掉,就需再给予 54.2 eV 的能量。相应的电离能就分别称为第一、第二电离能等。剥去了几个电子的原子所形成的离子就是几价离子。

#### 五、原子光谱

按照电磁理论,光是一种电磁波,具有一定的波长和频率。波长在 380~760 nm 范围的电磁波能为人眼所感知,引起视觉,这一波长范围的电磁波称为“光”或“可见光”。光的波长  $\lambda$ 、频率  $\nu$ 、光速  $c$  之间满足关系  $\lambda\nu = c$ 。

按照爱因斯坦的光量子假设,光具有粒子的特性,其能量  $E$  与频率  $\nu$  之间满足关系:

$$E = h\nu.$$

式中的  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , 是普朗克常量。人们把具有能量  $h\nu$  的光量子也叫作光子;显然,由  $E = h\nu = hc/\lambda$  可知,光子的能量越高,其频率越高,而波长则越短。

根据量子理论,处于激发态  $E_m$  的原子,它是极不稳定的,会在极短的时间之内( $\sim 10^{-8} \text{ s}$ )自发地跃迁到较低的能态  $E_n$  同时释放出一个能量为  $h\nu$  的光子,光子的能量  $h\nu$  刚好等于两能级的能量差,即

$$E_m - E_n = h\nu = hc/\lambda.$$

由此式可知,两个跃迁能级之间的间距就决定了发射光子的波长。两能级的间距大,则发射的光子波长短,反之则波长长。由于原子具有无限多个能级,任意的两个能级间的跃迁与另外的两个能级间的跃迁所发射的光子波长不同。因此存在着各种不同的跃迁,从而原子可以发射各种不同波长的光子。如果波长刚好处在可见区,则所发射的光子就能为人眼所感觉,产生视觉效应。如果波长刚好处在红外区或紫外区,则该光子不能为人眼所感觉,但可以为测量装置所测得。图 1-3 示出了原子的激发与辐射过程。

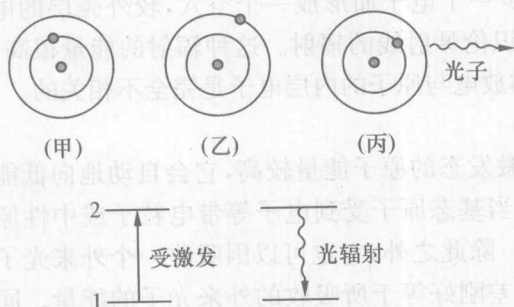


图 1-3 受激原子的光辐射过程

如果把原子所发射的光按波长的长短进行排列,每一种波长用一段竖线来表示,就得到一系列竖线所组成的“谱”,犹如五线谱中的各个音符组成了乐谱一般,所以把这样的“谱”称为光谱。利用摄谱仪可以把原子的光谱很清晰地拍摄在底片上,底片上任意两条谱线间的距离相应于该两条谱线的波长差。

气体放电光源工作气体的放电光谱,一般用辐射光的强度对于波长的分布曲线来表示。在选择气体放电光源的工作气体时,自然就要根据原子的能级图及放电光谱来寻找最符合要求的气体。

需要指出的是,不同的原子具有不同的能级图和光谱,而且并不是任意两个能级之间总是允许跃迁的。事实上,在某些能级之间的跃迁是禁止的,只有满足某种限制的跃迁才能发生,这种限制称为跃迁的选择定则。此外,原子还存在某些激发态,在这些态上,由于跃迁选择定则的限制,使原子从该态向下的跃迁都是禁戒的,因而原子只能停留在这个态上,直到吸收能量跃迁到更高的态后才能跃回基态,这样的激发态称为亚稳态。例如,氦原子的第一和第二激发态就都是亚稳态。图 1-4 给出了 He 的能级图。

原子在亚稳态上停留的时间可以长达  $10^{-2}$  s。亚稳态对于气体的电离有相当重要的作用。其他惰性气体原子和汞原子也存在亚稳态。此外,对于那些允许的跃迁,也有不

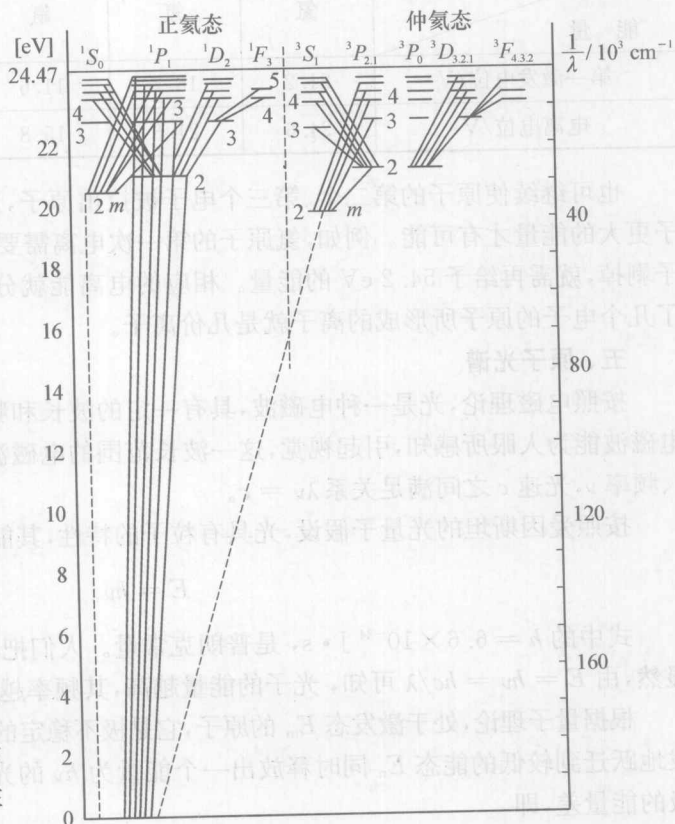


图 1-4 He 的能级图



同的跃迁几率。跃迁几率大的跃迁所发出的辐射,因单位时间内参加跃迁的原子多,所以强度大,反之则强度小。鉴于上述这些原因,因此每一种元素都有自己的特征辐射光谱。

大多数实用的霓虹光源,都采用氖的放电辐射光谱或者采用汞放电发射的紫外光去激励荧光粉。图 1-5 示出了氖原子和低压汞蒸汽放电的光谱能量分布。

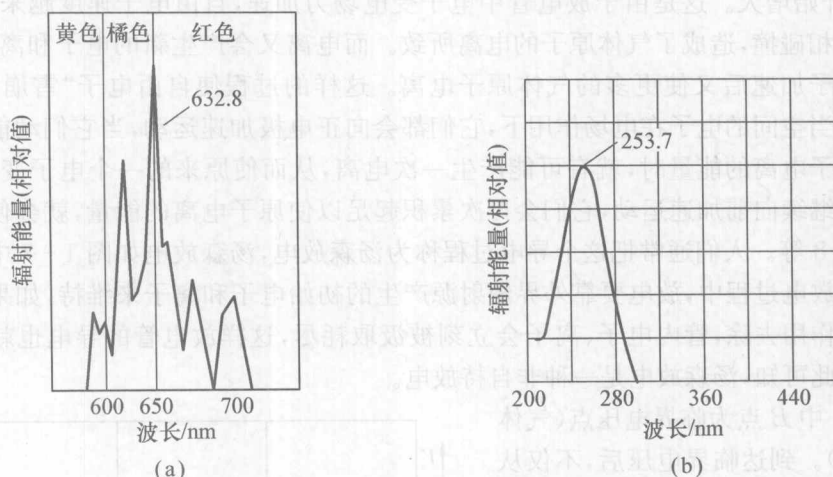


图 1-5 汞和氖原子的光谱能量分布

(a) 低气压氖放电光谱; (b) 低气压汞放电光谱

从图中可以见到,汞的发光谱大都在 200~300 nm 的紫外区,尤以 253.7 nm 的一条紫外线强度最高。以后将会看到,这条 253.7 nm 的紫外线对于荧光粉霓虹灯的发光是极其重要的。

### 第三节 低气压气体放电的特性

把装有一对金属电极的放电管按图 1-6 所示的线路接通,并在电极间加上足够的电压,这时管子内就有电流通过并形成气体放电。进一步分析时,可以发现当形成气体放电后,在放电空间会产生大量的电子和离子,在极间电场的作用下,它们将做迁徙运动,从而形成气体放电气流。由于正离子的质量大,行动迟缓,就会在空间形成浓密的正空间电荷,它能部分地抵消电子的负空间电荷,这将有利于电子跑到阳极,从而使得放电管在较低的电压下,就能获得较大的电流。

当我们改变两电极间的施加电压,并用图 1-6 上的电流表来测量流过放电管的电流,同时测出放电管两端的管压降,就可得到管压降  $V$  随电流  $I$  变化的关系曲线。这条关系曲线就称为气体放电的全伏安特性曲线,如图 1-7 所示。

在图 1-7 的区域 I 中,放电由外来作用维持,也就是说带

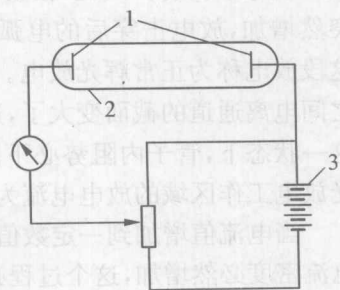


图 1-6 伏安特性气体放电试验

1. 电极 2. 玻璃管 3. 电源