

霓虹灯原理与制造技术

于冰 陈大华 何开英 蔡祖泉 编著



中国轻工业出版社

NIHONGDENG

13.2
107

霓虹灯原理与制造技术

于 冰 陈大华 何开贤 蔡祖泉 编著



中国轻工业出版社

9410025

(京)新登字 034

2101/3
内 容 提 要

本书以物理概念为主线,阐述霓虹灯发光原理、光谱特性、设计方法、制造工艺及其生产中的灯用材料性能、特点与制备;并对霓虹灯制造中相关的真空技术、电路技术及安装技术作了详尽的阐述。书中还搜集一些发达国家的新型霓虹灯制作资料、发展动向及专利资料。附录中还给出了一些国家的技术标准。内容翔实,实用性较强。

本书可供从事电光源研究、照明工程设计及广告光源设计人员、霓虹灯制造的工程技术人员及技工阅读。亦可作为培训霓虹灯制造的技术人员的专业教材。

于冰 陈大华 何开贤 蔡祖泉 编著

责任编辑 裴丰修

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街6号)

解放军二〇一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32印张: 14.75 字数: 350千字

1993年8月 第一版第 次印刷

印数: 1—5000 定价: 16.80元

ISBN7-5019-1454-0/TS·0966

3500143

前 言

电光源对人类文明的贡献是不言而喻的。一百多年前问世的霓虹灯是电光源学科的一个重要分支。它具有色彩丰富、动态变化奇异的特点,在商业广告领域独领风骚,在照明领域具有特殊的地位。

我国的霓虹灯工业始建于20年代初。但长期以来,装备落后,技术停滞不前,给霓虹灯的质量带来不少问题。再则霓虹灯技术一直难以进入科技论坛,资料著作甚少,目前我国沿用的霓虹灯制作技术还是几十年前的落后工艺,与国外发达国家或地区相比,我国的霓虹灯制造技术还处于较落后的状态。为了适应我国霓虹灯工业技术进步的需要和加速我国霓虹灯工业的发展,使有关科技人员对霓虹灯工作原理与制造工艺有一个更为全面、正确、深入的了解,我们根据长期从事电光源研究及霓虹灯制作的经验,结合国内外同行在这方面的研究成果,特编写了这本书。

在编写过程中,我们力求本书具有实用性、新颖性和指导性的特点。书的内容阐述以物理概念为主线,着重介绍霓虹灯发光机理、光电特性、设计理论、工艺技术以及霓虹灯用材料性能及相关生产设备。同时对霓虹灯制造中有关的真空技术、电器技术及安装技术也作了较为详尽和系统的阐述。书中还汇集了一些发达国家新型霓虹灯的制作资料、发展动态以及国内外有关电子霓虹灯的专利资料和霓虹灯技术标准。我们编写书的初衷是希望这本书的内容能对我国的霓虹灯事业的发展起到推波助澜的作用,对读者有所裨益。

本书在编写过程中曾参阅了国内外多种书刊和资料,听取了部分同行、专家的许多宝贵建议和意见。美国著名照明设计专家 Jame E · Jewell 先生和 Winnie W · Wu 博士为本书的编写也提供了资料上的帮助。另外,本书还承蒙北京电光源研究所和上海复旦大学电光源研究所许多同志给予热诚的帮助和支持。在此,我们谨向对本书出版给予过帮助的所有朋友们表示衷心感谢。

鉴于编著者个人经验和理论水平有限,书中谬误和欠妥之处难免,祈请读者斧正。

作者

1992. 12

目 录

绪 论	1
第一章 霓虹灯发展史	3
第一节 霓虹灯词考	3
第二节 霓虹灯发展沿革	3
第三节 霓虹灯在我国的发展历程	6
第二章 霓虹灯的工作原理	9
第一节 概述	9
第二节 气体放电现象	10
第三节 放电点火过程中涉及的物理现象	12
第四节 原子的结构、能级与受激光辐射	14
第五节 低气压气体放电的基本特性	19
第六节 辉光放电	26
第七节 弧光放电	31
第八节 低气压放电灯的稳定	32
第九节 霓虹灯工作原理	37
第三章 霓虹灯的设计原理	47
第一节 概述	47
第二节 冷阴极电子发射机理与电极的设计	48
第三节 霓虹灯光效与正柱区长度的关系	54
第四节 灯管直径对光效及管压降的影响	57
第五节 霓虹灯的电压电流特性	59
第六节 惰性气体的作用及其充气压强的影响	61

第七节	充惰性气体霓虹灯的光输出特性	65
第八节	彩色玻璃霓虹灯的光输出特性	68
第九节	荧光粉管霓虹灯的光输出特性	69
第四章	霓虹灯的工程设计	72
第一节	设计程序	72
第二节	设计的基本内容	74
第三节	设计招牌	77
第四节	灯管制作设计方案	85
第五节	灯管与变压器的匹配设计	90
第六节	闪光效果设计	94
第七节	霓虹广告的色彩效果设计	100
第五章	霓虹灯的电器装置	100
第一节	直流电	103
第二节	电磁感应和交流电	113
第三节	电器设备	123
第四节	变压器的设计和制作	126
第五节	漏磁变压器	138
第六节	霓虹灯用电子变压器	149
第六章	霓虹灯制造中应用的真空技术	167
第一节	真空技术的一般介绍	167
第二节	真空技术的物理基础	172
第三节	真空的获得	178
第四节	真空的测量	199
第五节	真空检漏	209
第六节	霓虹灯制造的真空系统	213
第七章	霓虹灯用材料	223
第一节	概述	223
第二节	空气的组成和性质	224
第三节	氢气和氧气	225

第四节	工作气体	227
第五节	燃料气体	232
第六节	金属材料	239
第七节	玻璃	254
第八节	陶瓷	264
第九节	云母	268
第十节	荧光粉	271
第十一节	绝缘电线	278
第十二节	绝缘子——鞍架	280
第八章	霓虹灯的制造工艺	282
第一节	概述	282
第二节	荧光粉管的制作工艺	283
第三节	霓虹灯的吹制工艺	290
第四节	玻璃鞍架的制作	315
第五节	电极室的制作	316
第六节	封口及预抽检漏	323
第七节	霓虹灯管的排气工艺	326
第八节	轰击除气工艺	333
第九节	灯管的充气、老炼及其质量问题分析	337
第九章	霓虹灯的工程安装	342
第一节	概述	342
第二节	霓虹灯的总装配	343
第三节	金属框架与金属字的制作	346
第四节	霓虹灯招牌的安装	350
第五节	霓虹灯对无线电、电视的无线电干扰问题	351
第六节	霓虹灯的故障判断与维修	360
第十章	霓虹灯技术的近期进展	363
第一节	霓虹灯长盛不衰	363
第二节	未来霓虹灯的趋势	364

第三节 装饰照明的新进展	368
附录 A 霓虹灯专利	373
附 A-1 低压电子霓虹灯	373
附 A-2 节能型交直流二用霓虹灯	379
附 A-3 超高效率双兼容逆变源无极霓虹灯	380
附 A-4 电子低压霓虹灯	388
附 A-5 新型霓虹灯电极	391
附 A-6 霓虹灯电子发射材料的制造方法	392
附 A-7 节能电子霓虹灯扫描发生器	397
附 A-8 半导体霓虹灯	401
附 A-9 塑料霓虹灯	402
附 A-10 霓虹灯节能电源装置	406
附 A-11 变色电极霓虹灯	412
附 A-12 直流低压电子扫描霓虹灯	415
附 A-13 霓虹灯节能变压器	419
附录 B 霓虹灯标准	426
附 B-1 霓虹灯标准	426
附 B-2 霓虹灯管	433
附 B-3 霓虹灯变压器	436
附 B-4 霓虹灯绝缘子	445
附录 C 国内霓虹灯厂家简介	451
参考文献	461

绪 论

电光源对人类文明的贡献是不言而喻的。装饰广告光源——霓虹灯是电光源的一个重要分支。现代城市的夜空、豪华温馨的楼堂宾舍厅内环境无处不见五彩缤纷、争光斗艳的霓虹灯光辉。它给人们创造了一个“花柳繁华地，温柔富贵乡”的夜间环境。

人类已进入二十世纪末叶，现代装饰照明已成为人类生活物质文明的重要表征之一，也是城市进步、繁荣、昌盛的一种标致。

入夜，华灯齐上，“火树银花不夜天”。现代装饰照明光源把城市装点得色彩斑斓、绚丽夺目。放眼望去，各种美丽的文字及图案千姿百态；闪烁跳动的色彩似流水行云；高层建筑流光溢彩的光辉与商店橱窗里的珠光宝气灯红酒绿气氛交相辉映，似天上彩虹，象人间银河，更酷似一个梦幻世界。在这片争奇斗艳灯的海洋中，霓虹灯的贡献功不可没、得艳独娇。

城市装饰照明的好坏，是一个城市是否具有生气、活力，经济是否繁荣，生活环境是否轻松活泼的标致。一个现代城市应该重视霓虹灯作为装饰照明在都市经济建设和社会生活中的积极作用，并充分利用现代装饰照明为创建城市的精神文明生活服务，借助霓虹灯的装饰照明作用，建塑起开放型的、繁荣美化的都市形象。城市的装饰照明建设得好可以发挥以下作用。

(1)提高城市知名度 一个城市的装饰照明如果能根据自己城市的地理环境、历史背景、风景名胜的特点，在规划建设时形成自己的特色，能给到过这个城市的人留下深刻的印象，树立起一个

城市的独特形象,吸引游人旅客,使人经久不忘。对提高城市的知名度大有裨益。

(2)增加城市的生气活力 生活在都市的人,大凡每天都有6~8小时的夜生活,这是一个不容忽视的现实。不难设想一个没有装饰照明的城市,社会生活是如何的单调乏味,死气沉沉。经一天劳累的市民,需要有良好的装饰照明为其提供一个宽松、舒适的夜间生活环境;满足逛商店购物、上公园散步、进娱乐场所的生活欲望。创造一个绚丽多彩、光辉照人的夜间环境是增添城市生气活力的重要手段。

(3)促进经济繁荣 霓虹灯装饰照明的发展不仅可以美化城市,繁荣都市生活,还可以促进装饰材料、电器附件、电子技术、电光源产品等的发展,推动社会经济生活的繁荣。上海外滩的美丽夜色吸引了中外游客,旅游人数急剧增长,为了一睹外滩夜色,外国游客在上海的滞留平均时间延长了,从而增加了我国的外汇收入;南京路上的霓虹灯也促进了商店的营业收入。这充分说明了以霓虹灯为主的装饰照明已成为一种重要的旅游设施和资源,在城市经济生活中起着积极的作用。这种作用在外商投资区、经济开发区、商业中心区更加明显。

随着改革开放带来的经济繁荣,也促进了我国霓虹灯制造业的飞速发展。到目前为止,估计全国的霓虹灯制造厂在300家以上。霓虹灯作为电光源的一个特殊分支,其应用范围正在不断扩大,除装饰照明功能外,目前正和新的电子技术结合作为终端显示装置,显示噪声、温度、湿度的变化;红色霓虹灯光在雾和雨中有强烈的穿透力,正被交通部门用作水运的航标灯、机场跑道的着陆灯、道路上的路标灯;由于新材料、新技术的采用,霓虹灯体积可以做得更精细小巧,工艺霓虹灯、礼品霓虹灯、家用电器霓虹灯也开始进入家庭。霓虹灯应用领域的不断开拓扩大,加上它丰富绚丽的色彩和特有的装饰照明作用,可以预言,随着经济建设的发展,霓虹灯必将会有更大的发展。

第一章 霓虹灯发展史

第一节 霓虹灯词考

在诸多的电光源名称中,多系根据光源的发光原理或发光物质的名称而命名的,唯独霓虹灯的命名却令人费解其命名缘由。霓虹灯是电光源产品的一个分支,属冷阴极辉光放电光源。据考证,它的名称是从“NEON LAMP”翻译过来的,这里的“NEON”一词指的是稀有气体元素氖。在早期制作的霓虹灯内充入的稀有气体元素是氖(NEON),因此 NEON LAMP 按意译可译为氖气灯,按音译可译为霓虹灯。而音译过来的霓虹(NEON)一词,正是汉语彩虹的意思,恰好霓虹灯充入稀有气体如氖、氙、氩、氪、氙以后所发出的绚丽光色,正如天上彩虹般艳丽,因此霓虹灯的叫法就在我国一直沿用下来,而未赋予它按电光源产品命名法所应具有的分类名称。

第二节 霓虹灯发展沿革

一、霓虹灯出现的历史背景

霓虹灯的问世是建立在真空及气体放电的技术发展之上的。

回顾霓虹灯的发展历史可以追溯到中世纪时期。1643 年意大利物理学家托里切利首先完成了人类历史上的第一次真空试验,继后,德国物理学家盖里克于 1650 年发明了真空泵,使真空的获

得成为现实,为真空中的气体放电现象研究奠定了基础。1838年英国科学家法拉第关注真空中放电现象的研究,发现了电磁感应定律,指出了法拉第暗区的存在。但是真空技术和气体放电研究的真正转折点是19世纪后半叶兴起的,1858年J·普吕克发表了真空管中的荧光作用论述;英国科学家克鲁克斯和希托夫等人先后开展了真空中放电现象的系统研究。这一时期,在欧洲一些早期工业革命的国家对气体放电现象的研究十分活跃,特别对气体放电的丰富色彩纷纷进行应用性研究,这就是霓虹灯能够得以出现的历史背景。

二、霓虹灯的原始模型

到19世纪末叶,大约是在1893年以后,在欧洲一些城市分别流行着被称之为“摩尔”(Moll)霓虹灯和“盖塞拉”(GEISSLER)霓虹灯的原始模型的霓虹灯;在维多利亚皇后六十寿辰的庆典上就采用了盖塞拉霓虹灯管作为节日气氛的装饰照明使用。这种原始模型霓虹灯采用石墨材料作电极,在管径为45mm的透明玻璃管内充入氮气或二氧化碳气。前者发粉红色光,后者发白色光,弯成螺旋或文字、图案,也很明亮。由于充入的气体化学性质活泼,容易和电极起化学反应,石墨电极溅射率高,很快在玻璃管壁形成一层薄膜,吸收了填充的气体,使管内气压下降,因此这种霓虹灯的寿命很短,没有什么实用价值。

为了寻求早期霓虹灯寿命极短的解决办法,英、法的物理学家和化学家对惰性气体的研究作出了杰出的贡献。1894年伦敦大学教授拉姆齐与雷利一起证明了氩的存在,并通过分馏空气得到氩;1895年鉴定了氦的化学性质;1898年拉姆齐教授又与M·特拉弗斯发现空气中存在氦,同年还用液态空气分馏法制取了氦、氖。直到1902年法国科学家克洛德(CLAUDE)发明用绝热膨胀法使空气液化、并用此法进行氦的工业分离,从此,开创了惰性气体的工业提取法。用惰性气体代替活泼气体作为霓虹灯的填充气,不仅

使霓虹灯的寿命得到了很大的延长,同时霓虹灯的色彩也更加丰富,这是霓虹灯发展进程中的一项重大技术突破。

三、透明玻管霓虹灯

1910年法国科学家克洛德制成了世界上第一支商业性霓虹灯,用于巴黎的皇宫大厦作装饰照明,引起了极大的轰动并获得成功。从此克洛德一直潜心于扩大霓虹灯适用性和应用性的研究,其间由于第一次世界大战的爆发,使克洛德的研究工作进展缓慢曾一度中断,直到1915年克洛德才正式获得霓虹灯发明专利权。为了拓展市场,克洛德派出他的公共关系雇员林登伯格遍访欧美国家,使霓虹灯作为机场跑道安全降落指示光源在美国首获成功。林登伯格大力宣传霓虹灯的优越性,拓宽霓虹灯的商业用途,使霓虹灯很快就成为一种有效的商业广告媒介,并得到社会的普遍承认和欢迎,在本世纪二十年代在世界各国得到迅速发展。

从1910年第一支商品霓虹灯问世以后的二十余年间,世界各国生产霓虹灯在原理、材料、工艺、设备各方面都大致相同,其中最大的一个特点都是采用透明无色玻璃管制作霓虹灯,所以我们把它视作霓虹灯发展史上的一个阶段。这种用透明玻管制作的霓虹灯主要利用辉光放电正柱区的辉光作光源,也就是说霓虹灯管的颜色是由充入的气体成份和压力决定的。因此,掌握各种气体在辉光放电过程中的颜色特征是至关重要的。表1-1给出了填充气体在正柱区内的颜色表征。

表 1-1 正柱区内填充气的放电颜色

气 体 名 称	氦	氖	氩	氪	氙
化 学 符 号	He	Ne	Ar	Kr	Xe
发 光 颜 色	粉红	红	蓝	紫	鲜兰
发 现 时 间	1868	1898	1893	1880	1900

为了适应市场需要,在制作霓虹灯的时候,通常还采用在透明

玻璃管上涂敷其它色彩,或充入混合气体或控制充入气体压力的方法来丰富霓虹灯的色彩,以满足用户要求。

四、荧光粉管霓虹灯

本世纪三十年代中期发明了荧光粉,从此进入了用荧光粉管制作霓虹灯的新时期,结束了用透明无色玻管制作霓虹灯的一统局面,开创了霓虹灯发展史上的又一里程碑。

用透明玻璃管制成的霓虹灯有不少缺陷,一是色彩不够丰富;二是某些色彩的填充气价格昂贵;三是涂敷透明玻管漆的方法会降低霓虹灯的光效;四是去气、充气工艺比较复杂。采用荧光粉管制成的霓虹灯,克服了上述缺点、颜色极大丰富、光效也有很大提高,给霓虹灯的广泛应用创造了条件。

制作荧光粉管霓虹灯采用的是短波紫外线激发的荧光粉,诸如钨酸盐、硼酸盐、硅酸盐、磷酸盐荧光粉。它的发光机理为:由低气压汞放电产生 253.7 纳米紫外线,再由 253.7nm 紫外线激发各类不同的荧光粉,可以获得数十种色彩的霓虹灯、大大提高了霓虹灯的商业价值。

近年来发展起来的三基色荧光粉应用于霓虹灯,大大提高了霓虹灯的光效。还可根据混色原理,采用不同的三基色荧光粉配比,通过理论计算与实验方法,可得到不同色温的白光及不同色彩的霓虹灯光色。

第三节 霓虹灯在我国的发展历程

据有关资料记载,霓虹灯传入我国的时间是 1926 年。当时,我国上海被称为冒险家的乐园,殖民主义、资本主义势力相继侵入我国。出于激烈的商业竞争缘故,纷纷将霓虹灯作为广告媒介招徕顾客,以谋取巨大的经济利益。

霓虹灯在我国的第一次出现是 1926 年在上海最繁华的商业

街——南京东路上的伊文思图书公司橱窗内陈列的英文“皇家牌”打字机霓虹灯广告。而我国自己第一次制成的霓虹灯是在1927年由上海远东化学制造厂——我国第一家霓虹灯制造厂为上海中央大旅社制作安装的中英文对照的霓虹灯招牌。

三十年代，上海霓虹灯发展兴盛。从上海陆续向港口城市扩散，继而向内地城市发展，很快遍及全国。当时由于旧中国工业落后，制造霓虹灯的主要原材料都依赖进口，因此我国三十年代的霓虹灯厂相当大一部分都为外国人控制，制作技工多为中国人。到三十年代中期我国的霓虹灯制造业发展已具一定规模，并出现了一批质量好、制作精细、信誉高的霓虹灯企业。如上海有“金光”、“中国”，天津有“天虹”，重庆有“大中华”等霓虹灯厂。到三十年代末期，由于日军发动侵华战争，大片国土沦陷，各地的霓虹灯厂家纷纷被迫停业倒闭，加之日军空袭造成的灯火管制，使我国的霓虹灯制造业陷入萧条境地。直至抗战胜利后，恢复经济建设，霓虹灯又恢复了生机，到1949年解放时，全国约有霓虹灯制造厂30余家。

在我国霓虹灯发展进程中，1930年自制成功霓虹电源变压器；1945年制成荧光粉；1951年试制出氩、氖等惰性气体，从此实现了霓虹灯用全部原料、器件的国产化。

解放后，由于电力供应紧张的局面及对霓虹灯的功能作用缺乏正确的认识，普遍认为霓虹灯是资本主义社会商业竞争的宠物，似乎霓虹灯姓“资”，几乎等同于电光源行业中的“禁区”，受到歧视，所以从1949年到1979年这30年间我国的霓虹灯制造业停滞不前，毫无发展，甚至一些霓虹灯企业在企业技术改造中被合并、转产或停业。

霓虹灯的兴旺发展总是和国家的兴旺繁荣联系在一起，同步出现的。随着我国改革开放的深入，国民经济蓬勃发展，城市面貌日新月异，商品经济空前繁荣，霓虹灯制造业又出现大发展的良好契机。仅八十年代这10年间，从沿海地区到内陆，从开放城市到省、地辖市，霓虹灯厂象雨后春笋般出现。据不完全统计，到1992

年止全国霓虹灯制造和原料、器件厂已多达三百余家。在上海南京路已建成了一条霓虹灯十里长街；南京市和上海闸北区都在实施不夜城计划；大连市金州开发区为改善投资环境，通过举办全国霓虹灯大奖赛建成了一座五彩城；天津、郑州、重庆等大城市也建成了以霓虹灯为主体装饰照明的商业城。全国霓虹灯的发展势头正伴随国民经济的兴旺发达呈方兴未艾之势。为顺应全国霓虹灯制造业空前大发展的形势，中国照明学会电光源专业委员会于1991年5月在上海召开了全国首届霓虹灯科技研讨会，会上交流了国内外霓虹灯的发展状况，切磋了霓虹灯制造的技艺，同时建立了全国性的霓虹灯学术组织，把我国历史上霓虹灯企业长期分散，作坊式经营的状态正式组织起来了，以交流信息、发展霓虹灯科技，促进霓虹灯制造技术进步。这是我国霓虹灯发展史上的一个重要阶段，对我国霓虹灯未来的发展将产生积极的作用。