

高等学校轻工专业试用教材

轻工机械概论

詹启贤 郭爱莲 主编

中国轻工业出版社

974491

TS04
2732

高等学校轻工专业试用教材

轻工机械概论

詹启贤 郭爱莲 主编

中国轻工业出版社

作

两
装
纸

已
封
存
在
图
书
馆

(京)新登字034号

内 容 简 介

本书针对轻工行业产品种类繁多,轻工业机械类型复杂的特点,对轻工行业某些代表产品的主要生产工艺流程和专用机械设备给以系统扼要的论述。全书共分十一章,包括绪论、灯泡机械、玻璃机械、饮料机械、陶瓷机械、制革机械、食品机械、包装机械、制浆造纸机械与设备、塑料机械、卷烟机械等。

本书为高等院校轻工机械专业师生使用的教材,亦可供有关行业工厂和研究所技术人员、管理人员参考。

高等学校轻工专业试用教材

轻工机械概论

詹启贤 郭爱莲 主编

责任编辑 孟寿萱 罗佳

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街6号)

北京顺新印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16 印张: 29.75 字数: 688千字

1994年5月 第1版第1次印刷

印数: 1-3,000 定价: 13.95元

ISBN7-5019-1559-8/TH·041

编者的话

本书是为适应轻工高等院校轻工机械专业的教学需要,根据1990年5月轻工机械专业教材委员会制定的《轻工机械概论》教材编写大纲编写的。

根据各轻工高等院校长期的教学实践,针对轻工业行业产品种类繁多、轻工业机械的类型多而复杂的特点,本书选编一些具有代表性和典型性的行业,对其主要生产工艺流程和专用机械设备给以系统而扼要的论述。通过本课程的学习,使学生对轻工业主要行业的生产过程及其专用机械设备的工作原理和结构特点等,达到较为全面的了解,为学习专业课程奠定必要的基础。

本书主要用作工科高等学校轻工机械专业的试用教材,亦可供其它机械专业的师生和工程技术人员参考。

参加本书编写的人员有:第一章由西北轻工业学院詹启贤编写;第二章由西北轻工业学院沈伟明编写;第三章由北京轻工业学院李开楼编写;第四章由天津轻工业学院王开和编写;第五章由景德镇陶瓷学院张柏清编写;第六章由西北轻工业学院汪建根编写;第七章由郑州轻工业学院王良文编写;第八章由大连轻工业学院周雅各、彭彦平编写;第九章由西北轻工业学院詹启贤与北京轻工业学院郭爱莲编写;第十章由西北轻工业学院卢金鼎编写;第十一章由山东轻工业学院杜汝纯、张志勤编写。全书由詹启贤、郭爱莲主编,西北轻工业学院彭国勋教授主审。

限于我们的水平,加以时间仓促,误漏之处在所难免,殷切期望广大读者批评指正。

编者

7A063/01

目 录

第一章 绪论	1
第一节 轻工机械的任务和特点.....	1
第二节 轻工机械的分类.....	2
第三节 轻工机械的现状和发展方向.....	2
第四节 本课程的内容和学习方法.....	3
第二章 灯泡机械	5
第一节 概述.....	5
第二节 白炽灯的结构及生产工艺.....	6
第三节 普灯生产线主要设备.....	11
第四节 联合自动生产线和高速化.....	23
第五节 紧凑型节能荧光灯简介.....	24
参考文献.....	28
第三章 玻璃机械	29
第一节 粉碎机械.....	29
第二节 筛分机械.....	34
第三节 混合机械.....	38
第四节 滴料式供料机.....	40
第五节 玻璃的成形性质和方法.....	48
第六节 行列式制瓶机.....	50
第七节 气动十模压杯机.....	62
第八节 玻璃模具.....	64
参考文献.....	69
第四章 饮料机械	70
第一节 概述.....	70
第二节 饮料生产工艺.....	73
第三节 原料处理机械与设备.....	82
第四节 饮料包装机械.....	108
参考文献.....	125
第五章 陶瓷机械	126
第一节 概述.....	126
第二节 陶瓷原料粉碎机械.....	126
第三节 脱水设备.....	135
第四节 成形机械.....	142

第五节 装饰机械·····	162
参考文献·····	165
第六章 制革机械·····	166
第一节 制革生产概述·····	166
第二节 湿加工设备·····	167
第三节 刀轴类机器·····	173
第四节 剖层机·····	189
第五节 松散和伸展革纤维组织的机器·····	197
第六节 磨革机·····	205
第七节 用压力和热加工皮革的机器·····	211
参考文献·····	221
第七章 食品机械·····	222
第一节 概述·····	222
第二节 罐头食品生产设备·····	223
第三节 焙烤制品生产设备·····	234
第四节 糖果生产设备·····	244
参考文献·····	259
第八章 包装机械·····	260
第一节 包装概述·····	260
第二节 包装机械概述·····	265
第三节 制袋—充填—封口包装机·····	267
第四节 热成型包装机·····	273
第五节 热收缩包装机·····	278
第六节 真空及真空充气包装机·····	280
第七节 裹包机·····	283
第八节 装箱机·····	286
第九节 封箱机与捆扎机·····	289
第十节 贴标机·····	292
参考文献·····	295
第九章 制浆造纸机械与设备·····	296
第一节 制浆造纸生产概述·····	296
第二节 机械法制浆及其主要机械·····	297
第三节 碱法制浆及其主要设备·····	301
第四节 亚硫酸盐法制浆设备概述·····	305
第五节 纸浆的洗涤、浓缩、漂白和筛选设备概述·····	306
第六节 打浆设备·····	322
第七节 造纸机·····	328
参考文献·····	366

第十章 塑料机械	367
第一节 概述.....	367
第二节 混炼机械.....	369
第三节 挤出成型设备.....	372
第四节 塑料注射成型机.....	378
第五节 塑料压延成型机.....	389
第六节 吹塑成型设备.....	396
第七节 塑料液压机.....	400
参考文献.....	402
第十一章 卷烟机械	403
第一节 概述.....	403
第二节 制丝设备.....	405
第三节 卷烟机.....	421
第四节 滤嘴卷烟接装机.....	441
第五节 香烟包装机.....	448
参考文献.....	465

第一章 绪 论

第一节 轻工机械的任务和特点

轻工业在我国国民经济中占有极其重要的地位。据初步的统计,我国轻工业有40多个行业,计有:造纸、制糖、制盐、卷烟、灯泡、酿酒、日用陶瓷、日用玻璃、皮革皮毛、食品、家用电器、塑料制品、缝纫机、自行车、钟表、日用五金、火柴、制鞋、搪瓷、玩具还有工艺美术等等。这些行业所生产的产品,直接为全国人民的吃、穿、用服务;由于轻工业投资少、见效快,对扩大社会积累起着极其重要的作用;同时,对发展对外贸易、创收外汇、密切扩大与世界各国人民的交流,都起着极其重大的作用。

轻工机械是指轻工业部门各行业制造轻工产品所使用的专用技术装备。轻工业产品品种的开发,产量、质量的增加和提高,产品成本的降低以及劳动生产率的提高等等,都与轻工机械的发展有着直接密切的联系。因而,轻工机械是实现我国社会主义现代化,满足我国人民不断增长的物质和文化生活需要,建设高度的物质文明与精神文明的社会主义所不可缺少的手段。

轻工机械具有如下的特点:

1. 加工对象多样化

轻工机械用以加工的对象是多种多样的。例如,制浆造纸机械是以农业和林业产品为加工对象;皮革毛皮机械以畜牧产品为主要加工对象;陶瓷、玻璃、塑料机械则以矿物和化工产品为加工对象;食品机械则主要以农、副产品为加工对象;自行车、缝纫机和钟表的制造机械是以金属材料为主要加工对象,等等。

2. 工艺过程多样化

针对各种不同的加工对象生产各种产品,所采用的工艺过程和机械设备也就迥然不同。例如玻璃工业中的熔炼设备、制浆造纸工业中的蒸煮设备,是要完成化学作用的过程;自行车、缝纫机和钟表机械中零件的加工是属于金属切削的工艺过程;卷烟机械中的润叶机、回潮机,制浆造纸机械中的造纸机、打浆机是完成物理作用的过程。

3. 产品产量大,自动化程度要求高

轻工业产品既然是人民日常生活所必需,为了满足人民物质生活和文化水平不断的改善和提高,就要求轻工产品产量大,品种不断更新,因而有必要广泛采用自动化程度高,并适用于更新产品的机械设备。

4. 动作复杂、工作速度高

轻工产品多而杂,为了满足生产工艺要求,轻工机械的动作复杂而多样,工作速度较高。

第二节 轻工机械的分类

轻工业生产所用的设备有两大类：一类是通用机械设备，例如，金属切削机床、原动机、鼓风机、泵等，它们多数是属于辅助设备；一类是专用设备，它反映行业的特殊需要，因行业不同而有很大差异。

轻工机械如从不同的观点出发，可有很多分类的方法，例如按生产工艺过程中的作用来分类，就它们从原材料到成品的先后顺序，将轻工机械可以分为三大类，即原材料处理机械、加工成型机械、检验包装机械。

轻工机械如按主要行业加工的产品和工艺过程，大致可分为四大类：

(1) 轻化型机械。以完成化学过程为主，例如，日用化工机械、脂肪酸洗涤剂机械等。

(2) 半轻化半机械型。例如，制浆造纸机械、制革制鞋机械、制糖机械、食品机械等。

(3) 机械型，以完成机械作用为主。例如，日用玻璃机械、陶瓷加工机械、塑料加工机械，卷烟机械等。

(4) 机械造型，以金属材料加工为主。例如，钟表制造机械、自行车和缝纫机制造机械、日用五金加工机械等。

如从科学地分析和研究轻工机械的设计方面出发，按其结构和功能分类，可概括地分为：

(1) 成型机械。其特点是多用模具来进行制品的成型，更换模具及工艺参数，即可生产不同规格的产品。主要工艺原理为热塑、注塑以及冲压等。陶瓷滚压成型机、行列式制瓶机、灯泡吹泡机、塑料注射成型机以及搪瓷、铝制品、小五金行业的冲压机等均属此类。

(2) 切削机械。以刀具为切削工具，这类机械在原理、工艺和使用工具等方面与金属切削机床有相似之处，例如皮革的片皮机、火柴的切梗机、切草机，和各种专用机床如钟表制造机床等均属此类。

(3) 装配机械。靠装配用工具或机械手，按规定程序进行操作，将零件装配成部件或产品，装配过程中常伴有一些简单的成型加工动作。例如，灯泡芯柱机、制鞋机、自行车链条装配机等。

(4) 包装机械。这类机械从功能和原理上都类似于装配机械，因其工艺原理有一定的特殊性，故形成一种独立的机械类型。其动作包括包装材料与被包装物料的输送与供料、称量、包封、贴标、计数、成品输送等。例如，包封机、灌装机、制袋充填机、捆扎机等均属此类。

第三节 轻工机械的现状和发展方向

建国以来，随着我国国民经济和轻工业的飞速发展，轻工业机械在品种、规模、设

计与制造技术等方面也得到了迅速的发展和提高。目前全国各地都建立有轻工业机械制造厂,并逐步走向专业化生产,已能独立自主地进行从单机到成套设备乃至自动生产线的设计与制造,其中不少的生产机械设备已达到国际先进水平,在国外市场上占有一定的地位。此外,还建立了一批轻工业机械科研设计单位,并在高等院校中设立了轻工业机械专业,因此在我国已形成了一整套完善的具有人才培养、技术开发设计、产品生产制造和管理的轻工业机械体系。

针对我国轻工业目前的具体情况,发展轻工业机械主要应从下列几个方面着手:

(1) 根据我国轻工业的生产现状和到本世纪末的技术经济发展的总体规划,发展轻工业生产首先是提高产品质量,改善劳动条件,减轻劳动强度,开发和增加产品的品种,满足人民生活不断提高的需求,不断提高机械化和自动化水平。当前对现有的各种机械设备,应以改造更新为主,充分发挥它们的潜力。与此同时,消化引进国外先进机械,从而创造出适合我国国情的先进机械设备。随着新材料,新工艺,新技术的出现,推动各种轻工业自动机械向机电一体化和智能化的方向发展。

(2) 提高产品系列化、部件通用化、零件标准化“三化”水平,是提高机械技术经济效益的重要方面。提高“三化”水平可以大大缩短机械设计和制造周期,降低制造成本,便于组织专业化生产,提高机械的制造质量和可靠性,方便维修,从而改变轻工业机械分散设计和零件制造的现状,提高轻工机械的技术经济效益。

(3) 实现高速化,是提高轻工业机械生产率的有效途径。高速化不仅要提高执行机构的运动速度,还要提高送料、输送和相应辅助运动的速度。为此,必须首先解决好一系列基础技术问题,主要是:

- ① 改善执行机构的运动动态特性,使之在高速工作时运动平稳可靠。
- ② 提高工作可靠性,降低故障率,提高机械设备的利用率。
- ③ 提高机械效率,减少摩擦与磨损,降低动力消耗,提高精度保持性。
- ④ 尽量采用最新科学技术。

第四节 本课程的内容和学习方法

为了使轻工机械专业的学生在学习专业课程之前,能对轻工业主要行业的生产工艺过程及其使用的专用机械设备的工作原理、结构特点和性能等,有较全面的初步了解,从而建立必要的感性基础知识,为学习轻工业自动机械设计等后继专业课程奠定必要的基础,设立《轻工机械概论》课是完全必要的。本课程从轻工业行业中选出了一些具有一定代表性和典型性的机械设备,如灯泡机械、玻璃机械、饮料机械、陶瓷机械、制革机械、食品机械、包装机械、制浆造纸机械、塑料机械、卷烟机械等,在这些机械中着重介绍其生产工艺流程、主要专用机械设备的工作原理及其结构的组成与特点,其中包括一些必要的技术参数、传动系统、控制系统和选用以及初步的设计方法,同时适当地介绍这些机械设备当前国内外技术发展的动向。

在学习本课程时要求能较全面了解轻工业各主要行业的生产工艺流程,弄清其所使用的主要专用机械设备的工作原理、结构、组成特点,然后辅以参观和生产实习,对这

些专用机械设备的工作原理和结构加深理解，最后进一步从各种轻工机械中按照其结构和功能，提取有关共性的问题，研究其具有普遍意义的机构、装置的特点和设计方法。因此，学习本课程必须重视生产实习等实践环节，从感性认识中加深理解。

第二章 灯泡机械

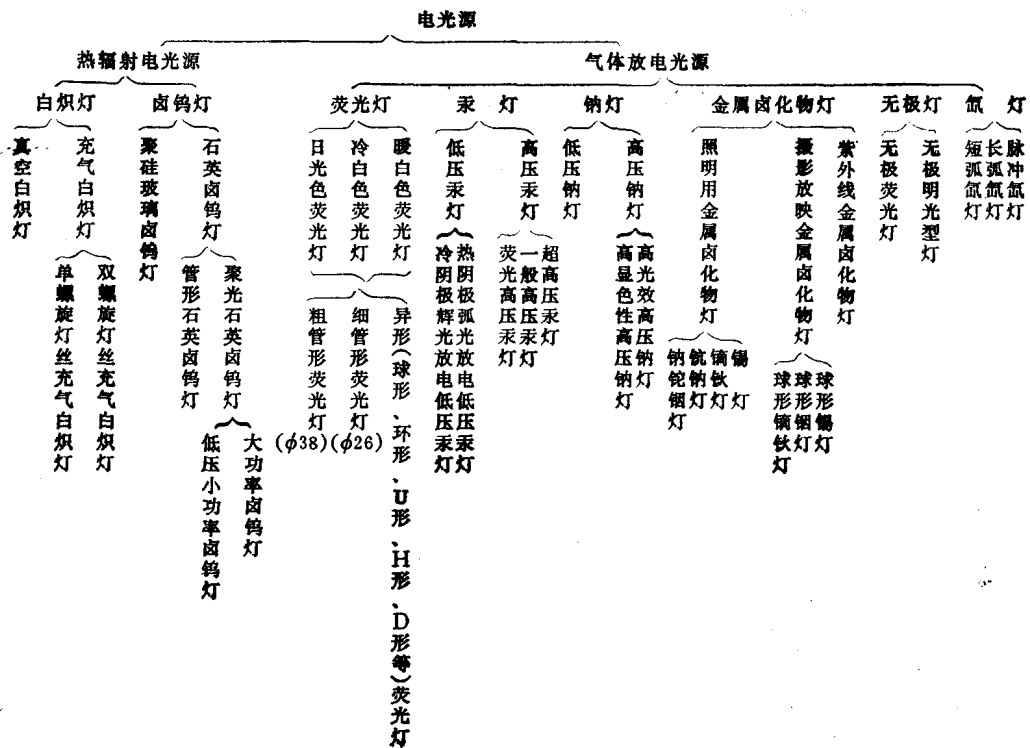
第一节 概 述

自从爱迪生发明灯泡以来，虽然人们传统上所使用的灯泡要用天文数字计算，但基本上都基于相同原理：电流通过灯丝，在灯丝上消耗一定的电功率并转换成热，灯丝被加热到白炽状态，从而发出很强的光来。我们常用的白炽灯就是属于这种利用灯丝热辐射发光的热辐射电光源。近年来，通过在灯丝上加上很高的电压，导致玻壳内特种气体电离放电发光的各种气体放电新型灯得到很大的发展。

目前电光源的品种规格已发展到五万多种。最小的灯泡比谷粒还小，功率只有零点几瓦；最大的有几米长，功率可达几百千瓦。按照其用途不同可以划分为：普通室内照明灯，室外照明灯，交通运输照明灯（包括汽车、火车、轮船、飞机、自行车用灯），低压安全照明灯，农业用灯，工业用灯，防爆灯，水下用灯，仪器仪表用灯，医疗用灯，文化艺术用灯（包括舞台灯、追光灯、摄影灯等），国防公安用灯等类。按照发光原理

表 2-1

电光源分类



的不同,可以把电光源分成热辐射电光源和气体放电光源两大类,这两大类电光源所包括的灯种可以从表 2-1 中看出。

随着社会的发展和人们生活水平的提高,人们对灯的要求也越来越高。除对灯的亮度,寿命,光色等要求外,研制高光效,节能的电光源是重要的发展方向。70 年代出现了一种高频无极荧光灯(也叫磁场发光灯),这种灯没有电极,在灯泡中心装有一个振荡线圈(见图 2-1),灯头里装有一个振荡频率为 13.56MHz 的半导体振荡器。由于振荡线圈引起磁力线变化,从而产生高频放电,放射出紫外线,激发泡壳内壁的荧光粉辐射可见光。这种灯的效率可达 70lm/W。80 年代初在世界一些国家又出现了各种紧凑型节能荧光灯。它在普通荧光灯的基础上,从材料、附件、灯管形状、制造工艺等方面有较大改进,成为一种高效、节能、小型方便的新一代电光源。

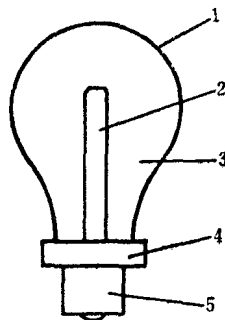


图 2-1 高频无极荧光灯
1—玻壳(内涂荧光粉) 2—振荡线圈 3—充汞 4—高频电子振荡器 5—灯头

灯泡是轻工业生产的一种重要产品,从生产类型的角度通常将灯泡分为普通白炽灯(简称普灯)、荧光灯(又称日光灯)和特种灯三大类。本章将以白炽灯为主,介绍灯泡的基本结构、制造工艺及典型设备。最后对紧凑型节能荧光灯作一简介。

第二节 白炽灯的结构及生产工艺

一、白炽灯的构造及种类

白炽灯一般由玻壳、灯丝、芯柱、灯头四大部分组成。图 2-2 为普通白炽灯的结构图。

玻壳 1 构成灯泡的外壳,它的形状很多。常见的白炽灯泡外形如图 2-3 所示。一般均采用与灯泡纵轴对称的型式,如球形、圆柱形、梨形等,以求有较高的机械强度和便于加工成型。也有一些特殊灯泡是不对称形(如全反射灯泡)。

玻壳的尺寸及采用的玻璃视灯泡的功率和用途而定。玻壳一般都是透明的,有些特殊用途的灯泡采用各种有色玻璃。为了避免灯丝的炫目,玻壳可以进行“磨砂”,“内涂”等处理,以使光线形成漫反射,减少对眼睛的刺激。还有些灯泡为了加强在某一方向上的光强度,在玻壳上蒸镀一层铝反射膜。

玻壳内抽成真空,以避免高温灯丝与氧气、水蒸气等活泼性气体发生化学作用而烧断。也可以在真空玻壳内再充以氩、氮等惰性气体,以抑制高温下钨丝的蒸发。在同样的寿命条件下,充气灯泡可提高灯丝的工作温度,从而使灯的光效得到提高。

灯丝 2(见图 2-2)是白炽灯泡的发光体,是白炽灯泡的关键组成部分。灯丝由钨丝绕制而成,常用的有绕成单螺旋和双螺旋(将单螺旋再绕制一次)二种,紧凑型荧光灯还有采用三螺旋灯丝的。钨丝的直径、螺距及绕成螺旋的外径都依灯泡的规格而定。

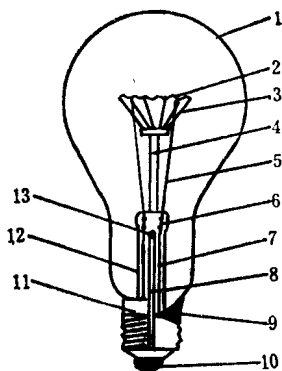


图 2-2 普通白炽灯结构图

1—玻壳 2—灯丝 3—铜丝钩 4—实心玻梗 5—内导丝 6—中导丝 7—外导丝 8—排气管 9—焊泥 10—焊锡 11—灯头 12—喇叭管 13—排气孔

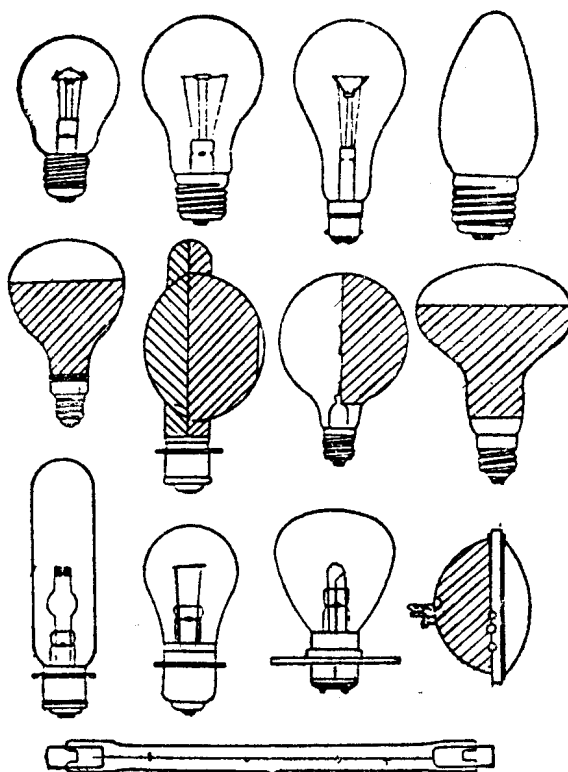


图 2-3 各种常见的白炽灯泡形状

灯丝的两端分别与二根导线相接，其中部借助若干铜丝钩 3 支撑起来。

芯柱是灯泡内的支撑部件。它是由图 2-2 中的导丝(内导丝 5、中导丝 6、外导丝 7)、实心玻梗 4、喇叭管 12、排气管 8 几部分组合而成。装配后的芯柱结构可见图 2-4。

图中的 2、3、4 三段导丝焊接成一根导丝，外导丝一端与灯头相接，用来通入电流，一般用铜丝制成。内导丝一端与灯丝相接，通常用紫铜丝、康铜丝（铜镍合金）制成。中导丝被封接在芯柱的玻璃内（由实心玻梗、喇叭管、排气管一起被封接），因此中导丝要采用线膨胀系数与玻璃相近的杜美丝（镀铜铁镍合金）制成。芯柱下端的喇叭口可实现芯柱与玻壳的封接。排气管 5 通过上端封接处的排气孔 7 使封接后的玻壳与外部相通，为实现抽气和充气之用，最后排气管口将被封住。实心玻梗 1 是芯柱的主要支柱。

灯头 11（图 2-2）是灯泡与外电路灯座的连接部件，通常采用铜皮、铝皮或镀锌铁皮制成。灯头与玻壳的联接采用以树脂为主要成分的特殊焊泥，导丝与灯头的焊接通常采用锡铅焊料。常用灯头形式也较多，但主要是螺口灯头与卡口灯头两大类。

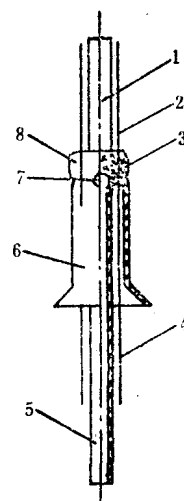


图 2-4 芯柱结构图

1—实心玻梗 2—内导丝 3—中导丝 4—外导丝 5—排气管 6—喇叭管 7—排气孔 8—封合压扁处

白炽灯泡的种类很多，总的可分为真空灯泡和充气灯泡两大类。根据灯泡的用途和特性，大致可分为以下的 14 大类。

(1) 普通照明灯泡：一般生活照明灯泡、工矿安全灯、反射型照明灯、装饰灯、低压工作照明手灯等。

(2) 电影舞台用灯：聚光灯、摄影灯、放映灯、励光灯等。

(3) 照相用灯：镁光灯、放大灯等。

(4) 铁路用灯：机、客车用灯，铁路信号灯，机车前照明灯等。

(5) 船用灯：船用照明灯、船用指示灯、桅杆灯、航标灯等。

(6) 飞机用灯：机内照明灯、机外灯，跑道灯，着陆灯等。

(7) 坦克、汽车、拖拉机用灯：封闭式照明前灯、指示灯等。

(8) 矿用灯：矿用头灯、防爆照明灯等。

(9) 水下照明灯。

(10) 医疗用灯：无影灯、微型灯、紫外线灯、红外线灯等。

(11) 电话交换机灯。

(12) 指示灯：各种外形及色彩的电源指示灯、信号指示灯、仪表指示灯等。

(13) 仪器仪表用灯。

(14) 标准灯泡：测光标准灯泡、测温标准灯泡、辐射能量标准灯泡等。

二、白炽灯泡的生产工艺

普通白炽灯泡的玻壳、灯丝、芯柱、灯头等零部件的制造和装配过程按工艺特性可分为四大类。即：玻璃件的制造；金属件的制造；装配；检测及包装。图 2-5 是白炽灯的生产工艺流程图。

1. 玻璃件的制造

玻璃是一种常见材料，它的粘度变化取决于温度。在粘度为 $10^6 \sim 10^{12}$ Pa·s 时，玻璃很容易制成所需的形状，对应于这个粘度范围的温度一般为 $1100 \sim 1250$ °C。白炽灯泡中的玻璃件玻壳、实心玻梗、喇叭管、排气管（后三者俗称三管）就是在这个范围内被吹制（指玻壳）和拉制（指三管）成型的。

(1) 玻壳的制造 玻壳属于小口，薄壁，中空玻璃制品。一般要求玻壳的厚度小于 0.8mm，而且不允许有模具合缝线，所以玻壳的制造采用吹制成型。为了使玻壳表面光滑，无合缝线，在成型的最后阶段还要使玻壳与模具有一相对转动。玻壳的吹制通常是在 BD 型自动吹泡机或 M 18 型自动吹泡机上完成的。玻壳吹制成型后还需进行退火，以消除内应力。

(2) 实心玻梗、喇叭管、排气管的制造 这三管都是采用拉管机拉制成型，然后按所需长度在砂轮割管机或火焰割管机上切割成小段。喇叭管则需在喇叭机上将玻管的一端加热后扩张成喇叭口。

2. 金属件的制造

白炽灯泡的金属件包括：灯丝、导线、钼丝钩、灯头。

(1) 灯丝 灯丝是由钨丝制成的，它是将钨丝绕在芯线上，按规定长度切成小段，

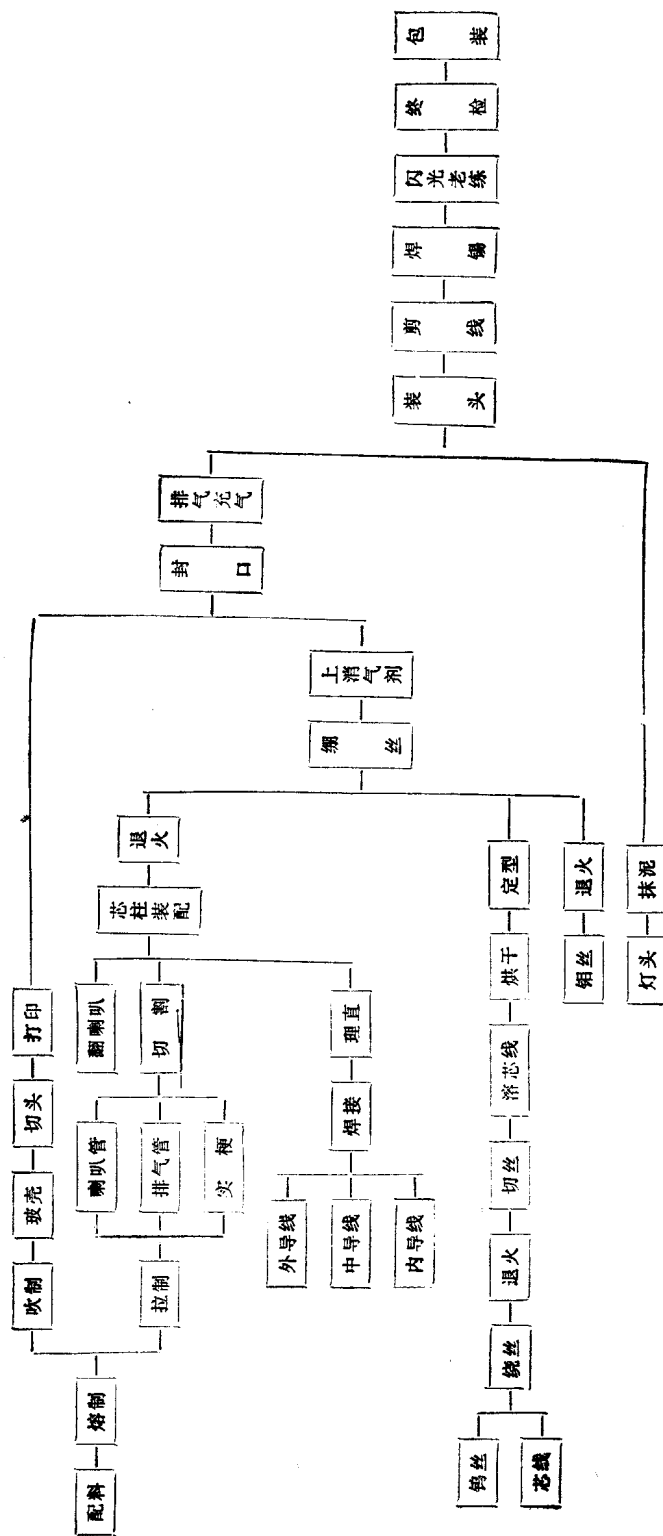


图 2-5 白炽灯泡生产工艺流程图

然后腐蚀掉芯线（有少数是抽掉芯线，芯线可重复使用），最后成为螺旋状的灯丝。

灯丝的绕制是在自动绕丝机上完成的。绕制成的螺旋状灯丝还需进行退火定型，以减少弹性和清除灯丝表面的杂物。退火时为了避免灯丝氧化，操作是在烧氢炉中进行的。溶芯线是将绕在灯丝中的铁芯线用酸来腐蚀掉，并用大量清水清洗干净。常用的酸有盐酸（ HCl ），混合酸（ $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ），或王水（ $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ ）。

(2) 导线 导线是由内、中、外三段不同材料的导丝焊接而成的，每只灯泡内有二根导线。焊接在自动接导丝机上完成，有自动电焊接及自动氢氧焰焊接等多种方法。

(3) 钼丝钩 为了支撑灯丝，要采用多个钼丝钩。钼丝在弯制成钩之前要通过烧氢炉退火，以消除弹性和去掉表面杂质。然后在绷丝机上使多根钼丝的一端封结在实心玻梗的顶端，另一端在绷上灯丝的过程中弯制成钩。特殊灯泡的钼丝钩可用手工或自动弯钩机来弯制。

(4) 灯头 灯头是用薄铜皮，镀锌薄铁皮等冲压制成的。然后在灯头内抹入焊泥，以便与已装配好的玻壳（内已装配好芯柱）封合，称之为装头。

3. 灯泡装配

灯泡装配有手工装配和机器装配两类，目前我国的灯泡厂已绝大部分采用了国产或进口的普灯生产自动线。灯泡装配包括以下的工艺步骤：

(1) 芯柱装配 芯柱是由实心玻梗、喇叭管、排气管和 2 根导线组装而成的。在芯柱机上，当上述零件送到一定的工位后，煤气火焰对准封接处加热，达到所需温度后由金属轧模对该处轧扁封接，上述零件即成为一个整体的芯柱。与此同时迅速向轧扁处吹一小股压缩空气，使形成的排气孔与排气管相通，以便将来进行排气，充气。最后芯柱要进行退火，以消除内应力。

(2) 绷丝 在自动绷丝机上，灯丝以一定的方向，定时地送到一定位置，以压接方式与导线连接。多根退火处理过的钼丝的端头被封合在实心玻梗顶端的玻璃内，并在一定长度处弯钩和剪断，弯钩时即将绷开的灯丝圈在钩子内支撑起来，使之成为一定的形状。绷好的灯丝还要蘸上消气剂——赤磷，以便在灯泡进行闪光老练时，依靠灯丝加热使赤磷氧化，从而进一步消除排气后灯泡内残留的气体，保证灯泡的良好性能及寿命。

(3) 封口 在封口机上，机械手把玻壳——套上芯柱，然后用煤气火焰对准封口处（玻壳的颈口与芯柱的喇叭口处）加热封接。并用机械轧模对封口处整形，使之符合装头要求。最后进行退火和整形。

(4) 排气和充气 灯泡的排气和充气是装配过程中的一环，将已封口的灯泡的外伸排气管插在排气机上，通过真空装置的作用，将灯泡内的空气及有害杂质抽走，使灯泡内达到一定的真空度。如果是真空灯泡，即可封住排气管口（俗称烧尖）；如果是充气灯泡，则在完成排气后即充入适量的氩氮混合气体。混合气体的压力越大，可使钨丝加热时的蒸发速度越小，从而灯泡的寿命越长。一般充气压力为 80 kPa 左右。在完成排气和充气后，用检漏器检查灯泡的真空度或充气度。

(5) 装头焊锡 装头是将刮有焊泥的灯头与排气封离后的灯泡装在一起，并经加热烘烤，使玻壳和灯头牢固地粘接在一起。通常装头与焊锡是在一台装头焊锡联合机上进行。它将从排气机传送过来的灯泡自动理直外导丝，穿上灯头，并用高频加热烘烤灯头，