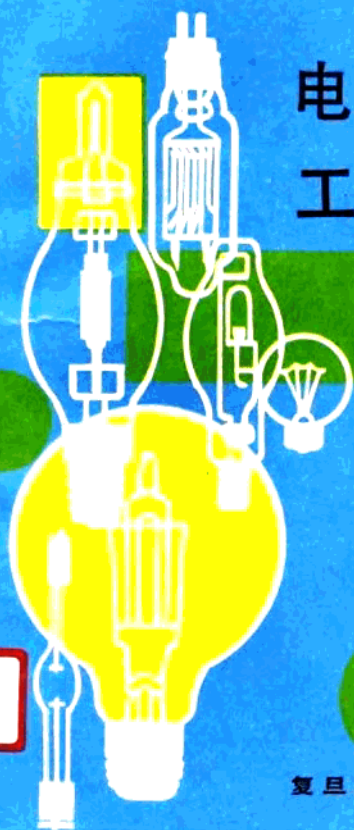


电光源 工艺

(下册)

方道腴
蔡祖泉
编著

复旦大学出版社



前 言

采用人造光源照明是现代社会文明的象征之一。随着四化建设的发展,电光源在人民生活、工农业生产、交通运输、国防、医疗卫生、文化娱乐等领域中的地位越来越重要。

为了适应我国四化建设的需要,加速我国电光源工业的发展,促进电光源学科技术的不断进步,提高电光源产品的质量,培养从事于电光源生产、科学研究和开发的技术人材,我们根据自己多年来在电光源制造方面的实践、研究和心得体会,并参考国内外同行们从事电光源制造和研究的成果和丰富的经验,谨编写本书,敬献给从事于电光源生产和研究的有关科技人员参考。

本书以物理概念为主线,阐述电光源用各种材料的工艺特点和电光源制造的工艺原理,具有一定的原理性和较强的实用性。本书分上、下两册出版。上册着重于介绍电光源生产中所用材料的性能、特点和用途,下册着重于论述电光源制造中所采用的各种工艺、技术及其原理。本书在编写出版过程中得到上海跃龙化工厂和常州荧光灯厂的支持,在此表示衷心感谢。

限于我们的水平,书中错误或不妥之处难免,敬请读者批评指正。

编著者

1989年12月

于复旦大学电光源研究所

目 录

前 言

第8章 玻璃零件的制造和加工工艺	1
8.1 玻璃的熔制工艺	3
8.1.1 玻璃的原料	1
8.1.2 配合料的制备	6
8.1.3 玻璃的熔制	9
8.2 玻璃管和玻璃壳的制造	20
8.2.1 玻璃管的拉制	20
8.2.2 玻璃壳的吹制	28
8.2.3 玻璃壳的压制	35
8.3 玻璃吹制技术	36
8.3.1 喷灯	37
8.3.2 火焰	40
8.3.3 玻璃吹制的基本技术	43
8.3.4 玻璃真空系统的吹接技术	51
8.4 玻璃制品中的应力及其消除	52
8.4.1 玻璃中的应力	53
8.4.2 玻璃的退火处理	58
8.4.3 应力的检验	66
第9章 材料和零部件的净化	70
9.1 表面净化原理和方法	70
9.1.1 表面沾污的种类	70
9.1.2 机械摩擦法	72
9.1.3 脱脂法	74
9.1.4 化学洗涤法	81
9.1.5 电化学处理法	85

9.1.6 超声波和粒子轰击处理法	89
9.1.7 水洗法	92
9.1.8 热处理法	93
9.2 常用清洗液	104
9.2.1 金属材料的清洗液	104
9.2.2 介质材料的清洗液	111
9.2.3 其他材料的清洗液	113
第10章 灯丝和导丝	114
10.1 灯丝(或阴极灯丝)的设计	114
10.1.1 灯丝参数	114
10.1.2 灯丝几何尺寸的计算	116
10.2 灯丝的制造	123
10.2.1 灯丝的绕制	123
10.2.2 金属材料的热处理——退火和灯丝定形	130
10.2.3 灯丝生产工艺	139
10.3 导丝和钩件的制造	144
10.3.1 导丝的生产	144
10.3.2 钩件的生产	147
第11章 金属件的连接	150
11.1 电阻焊	150
11.1.1 点焊	151
11.1.2 对焊和滚焊	156
11.2 钎焊	157
11.2.1 钎焊时的物理化学过程	158
11.2.2 钎焊接头的结构	160
11.2.3 钎焊工艺	161
11.2.4 钎焊方法	163
11.3 熔融焊	166
11.3.1 气焊	166
11.3.2 电弧焊	168
11.3.3 电子束焊	173

11.4 机械连接和粘接等	174
11.4.1 机械连接	174
11.4.2 粘接	175
11.4.3 冷压焊	176
第12章 零部件的表面涂覆和处理	178
12.1 机械涂覆法	178
12.1.1 荧光粉涂层	178
12.1.2 彩色粉涂层	186
12.1.3 保温层、导电层和增强热辐射涂层	188
12.1.4 发射材料涂层和有机聚合物涂层	190
12.2 物理涂覆法	191
12.2.1 金属铝反射膜的蒸镀	192
12.2.2 多层介质冷光膜的蒸镀	196
12.2.3 荧光粉涂层和漫射涂层的静电喷涂	201
12.3 化学涂覆法	203
12.3.1 湿法还原沉积(WRD)镀金属膜	203
12.3.2 溶液喷涂沉积(LSD)涂氧化物膜	204
12.3.3 浸渍涂覆沉积(DCD)涂氧化物膜	208
12.3.4 化学气相沉积(CVD)涂氧化物膜	214
12.3.5 钝化、发蓝、碳化、氮化和磷化	215
12.4 电化学涂覆法	218
12.4.1 三元碳酸盐涂层的电沉积	218
12.4.2 金属层的电镀	222
12.4.3 电化学氧化处理	226
12.5 化学腐蚀处理(磨砂)	227
12.5.1 腐蚀液的配制	227
12.5.2 腐蚀处理工艺和检验	228
第13章 真空气密封装	236
13.1 玻璃和玻璃的封装	230
13.1.1 加热直接熔封	230
13.1.2 玻璃焊料熔封	237

13.1.3	过渡接头封接	238
13.1.4	玻璃和玻璃封接的应力	243
13.2	玻璃和金属的封接	244
13.2.1	玻璃和金属封接的分类和基本原理	244
13.2.2	玻璃和金属封接的类型、结构和应力	248
13.2.3	玻璃和金属封接工艺	254
13.2.4	电光源工业常用玻璃与金属的封接	258
13.2.5	电光源工业常用石英与金属的封接	277
13.3	陶瓷和金属的封接	285
13.3.1	陶瓷和金属的封接工艺	286
13.3.2	陶瓷和金属的封接结构	289
13.3.3	陶瓷和钎及玻璃封接的机理	292
13.3.4	影响陶瓷-钎封接质量的因素	292
第14章	真空技术	296
14.1	真空技术基础	296
14.1.1	基本概念	296
14.1.2	气体流动方式和气导	298
14.2	真空的获得	301
14.2.1	真空泵	301
14.2.2	机械真空泵	309
14.2.3	蒸汽流扩散泵	313
14.2.4	离子泵和钛升华泵	321
14.2.5	吸附泵、冷凝泵和吸气剂泵	323
14.3	真空的测量和检漏	324
14.3.1	真空的测量	324
14.3.2	检漏	334
14.4	真空系统	336
14.4.1	系统各部件选择和布置的原则	336
14.4.2	玻璃真空系统	337
第15章	排气和老炼	341
15.1	排气的物理化学过程	341

15.1.1	气体冲洗排气法	341
15.1.2	零部件的除气	346
15.1.3	阴极的处理	350
15.1.4	充气 and 置入充填物质	354
15.1.5	蒸散和激活吸气剂	361
15.1.6	排气管的封离	362
15.2	白炽灯的排气	364
15.2.1	普通白炽灯的排气	364
15.2.2	卤钨灯的排气	369
15.3	低气压放电灯的排气	370
15.3.1	低气压汞放电荧光灯的排气	370
15.3.2	低气压钠放电灯的排气	377
15.3.3	霓虹灯的排气	380
15.4	高强度放电灯的排气	382
15.4.1	高气压汞放电灯的排气	382
15.4.2	金属卤化物放电灯的排气	383
15.4.3	高气压钠放电灯的排气	385
15.4.4	外玻壳的排气	389
15.5	氙灯的排气	390
15.5.1	短弧氙灯的排气	390
15.5.2	长弧氙灯和脉冲氙灯的排气	391
15.6	老炼	391
15.6.1	普通白炽灯的老炼	391
15.6.2	荧光灯的老炼	393
15.6.3	高强度放电灯的老炼	394
●	考资料	395

第8章 玻璃零件的制造和加工工艺

在电光源器件的制造中,有很多零件是由玻璃制成的,如管壳(也有用透光多晶氧化铝制成的管壳)、芯柱和绝缘支架等。这是由于玻璃有很好的气密性、透明、加工容易、电绝缘性也很好,且能和金属很好地气密封接,还能制成各种复杂的形状。因此,在电光源制造中大量地使用玻璃制的零件。

8.1 玻璃的熔制工艺

8.1.1 玻璃的原料

玻璃工业所使用的原料可分为两大类,一类是天然矿石,另一类是工业产品。原料有氧化物、氟化物、各种盐类和单体金属。但是,经过高温熔融之后,最终都是以氧化物的形式构成玻璃。同一种氧化物可由多种原料引入,但各种原料在熔制中发生的化学反应和物理化学变化却大不相同。原料选用适当,就可提高玻璃的熔化质量,缩短熔制时间。因此,必须掌握各种原料的基本性质和它们在高温时的变化过程。

通常,将配料中用量较多的、熔制时形成熔融玻璃体的原料称为主要原料,将那些使玻璃具有某些特性(如着色、脱色等)、或者改善熔制性能(如澄清、助熔和还原等)而用量较少的原料称为辅助原料。

1. 主要原料

(1) 二氧化硅(SiO_2)和引入它的原料

二氧化硅是硅酸盐玻璃中的最主要的组分,是形成玻璃态的物质。引入 SiO_2 的主要原料是石英砂(或硅砂)。纯净的石英砂所含的 SiO_2 可达 99% 以上。杂质中含量最多的是 Al_2O_3 ,其余为 CaO 、 MgO 、

Fe_2O_3 、 K_2O 和 Na_2O 等。 Fe_2O_3 能使玻璃着色,降低玻璃的透明度,对大多数电光源玻璃来说, Fe_2O_3 是有害杂质。一般要求 Fe_2O_3 的含量不超过 0.05%。除化学组成外,石英砂的颗粒组成也很重要,因砂的颗粒组成对于玻璃的熔化速度和玻璃液的均化有很大影响。一般要求石英砂的颗粒要细些,但太细也不行,最适合于熔制玻璃的石英砂颗粒大小为 0.25~0.5 mm。在玻璃料中这种颗粒度的含量不应少于 80~90%。

(2) 三氧化二硼(B_2O_3)和引入它的原料

玻璃中引入 B_2O_3 的主要目的有:

1) 利用它的助熔性来取代一部分碱金属氧化物,既达到降低高温粘度的目的,又能强化网络结构,提高玻璃的热稳定性、强度和化学稳定性等;

2) 使低膨胀系数的电真空玻璃与金属气密封接时封接界面的润湿性能提高;

3) 使玻璃的电性能改善;

4) 制造能抵抗钠蒸气侵蚀的硼铝酸盐玻璃。

引入 B_2O_3 的原料是硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)和硼酸(H_3BO_3)。硼酸加热后脱水变成 B_2O_3 ,硼砂加热至 350~400℃,转化成无水硼酸钠 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 。

(3) 氧化铝(Al_2O_3)和引入它的原料

引入 Al_2O_3 能降低玻璃的结晶倾向,提高玻璃的化学稳定性、热稳定性、机械强度、硬度和折射率。

引入 Al_2O_3 的主要原料是长石(钾长石和钠长石,其化学式为 $\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)、煅烧过的氧化铝或氢氧化铝,以及高岭土。

(4) 氧化钠(Na_2O)和引入它的原料

引入 Na_2O 的主要作用是助熔和降低高温粘度,但它的引入将降低玻璃的热稳定性、化学稳定性和机械强度,使膨胀系数增加,故此引入量应受到限制(<18%)。

引入 Na_2O 的原料主要用纯碱(Na_2CO_3)、芒硝(Na_2SO_4),有时也用氢氧化钠和硝酸钠。

(5) 氧化钾(K_2O)和引入它的原料

玻璃中的 K_2O 具有与 Na_2O 相似的作用。用 K_2O 代替部分 Na_2O 能抑止钠离子的扩散和迁移,使玻璃的电性能获得改善,通常称为双碱效应。

引入 K_2O 的主要原料是碳酸钾、硫酸钾、硝酸钾以及含 K_2O 的矿物原料。

(6) 氧化剂 and 引入它的原料

硝酸盐是起氧化作用的原料,当与 As_2O_3 或 Sb_2O_3 合用时,能起澄清作用。硝酸盐的原料有硝酸钾、硝酸钠和硝酸钡等。

(7) 氧化钡(BaO)和引入它的原料

引入 BaO 可提高玻璃的密度和折射率,并使玻璃的电阻率增大(钡离子能阻挡 R^+ 迁移的能力)。高硼玻璃中引入 BaO ,可得抗钠玻璃。

引入 BaO 的原料有碳酸钡、硝酸钡和硫酸钡等。

(8) 氧化铅(PbO)和引入它的原料

引入 PbO 有提高玻璃的电阻率和热稳定性、增加玻璃的密度、改善玻璃与金属封接的润湿性、提高玻璃的折射率和抗短波紫外线辐射的能力,以及使玻璃的料性变长,使加工容易,而且灯工加工时不易析晶等优点。

熔制铅玻璃必须在氧化条件下进行,否则因 PbO 的还原而生成的金属铅将使玻璃发黑或变灰。为此,在原料中必须加入一定量的硝酸盐作为氧化剂。此外, PbO 原料的价格较贵,配合料熔制时易污染环境,需予注意。

引入 PbO 的原料主要有红丹(Pb_3O_4)、黄丹(PbO)和硅酸铅($PbO \cdot SiO_2$)。

(9) 氧化钙(CaO)和引入它的原料

引入 CaO 有提高玻璃的机械强度和化学稳定性的优点,但含量不能过高,否则玻璃的析晶倾向增大、料性变短,使成型操作较为困难。含 CaO 高的玻璃成型后退火要快,否则易于爆裂。对需要快速硬化的玻璃制品,为提高成型速度, CaO 的含量可适当高些。

引入 CaO 的原料为工业碳酸钙和白云石($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)。

(10) 氧化镁(MgO)和引入它的原料

引入 MgO 能提高玻璃的化学稳定性、热稳定性和机械强度,改善玻璃的成型性能。

引入 MgO 的原料为白云石和工业碳酸镁。

(11) 氧化锌(ZnO)和引入它的原料

引入 ZnO 的主要作用是提高玻璃的热稳定性和化学稳定性,常用于对上述性能要求高的玻璃。

引入 ZnO 的主要原料有氧化锌和碳酸锌等。

(12) 氧化锶(SrO)和引入它的原料

引入 SrO 能增强玻璃的绝缘性和化学稳定性,阻挡波长 $0.035 \sim 0.07 \text{ nm}$ 的 X 射线。

引入 SrO 的主要原料是碳酸锶。

(13) 氧化钛(TiO_2)和引入它的原料

引入 TiO_2 可提高玻璃的化学稳定性和抗短波紫外线辐照的能力,另外还能提高介电常数、降低介质损耗。

引入 TiO_2 的原料为从金红石矿物中提炼出的氧化钛。

(14) 氧化锆(ZrO_2)和引入它的原料

引入 ZrO_2 可提高玻璃的化学稳定性。与 CeO_2 一起加入时,使玻璃耐受 X 射线或电子束的轰击(不变色)。

引入 ZrO_2 的原料为锆英石(含 ZrO_2 约 60%)。

2. 辅助原料

(1) 澄清剂

1) 氧化砷(As_2O_3)和氧化锑(Sb_2O_3)

使用 As_2O_3 和 Sb_2O_3 澄清剂时,应加入 NaNO_3 或 KNO_3 氧化剂。硝酸盐能在较低温度下分解而放出氧气,使 As_2O_3 或 Sb_2O_3 氧化为 As_2O_5 或 Sb_2O_5 。在高温时, As_2O_5 和 Sb_2O_5 分解而放出氧气,起到澄清作用。

2) 卤化物

卤化物(NaCl 、 CaF_2 、 Na_2AlF_6 和 Na_2SiF_6 等)在高温时能降低玻璃液的粘度,有利于气泡的排除。 NaCl 在高温下气化挥发,可起到澄清作用。

3) 铵盐

铵盐(NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 NH_4Cl)常作为澄清剂而引入玻璃配料中。

(2) 加速剂(助熔剂)

加速剂是指能加速玻璃熔制过程的原料,常用的有氟化物、硼化合物、钡化合物和硝酸盐等。

氟化物能加速玻璃形成的反应,并可有害杂质 FeO 转化成无色的 FeF_3 ;硼化物(硼砂和硼酸)能加快熔制速度;硝酸盐能和 SiO_2 形成低共熔物,因而能加速玻璃的熔制。

(3) 着色剂与脱色剂

1) 着色剂

着色剂是使玻璃着色从而对光线产生选择性吸收的物质。着色剂分为离子着色剂和胶体着色剂。离子着色剂有:氧化镍(NiO),它使玻璃着成棕色至紫色;氧化钴(CoO),它使玻璃着成蓝色;氧化铜(CuO),它使玻璃着成浅蓝色;氧化锰(MnO),它使玻璃着成紫色至黑色;三氧化二铁(Fe_2O_3),它使玻璃着成黄色或黄棕色(FeO 使玻璃着成蓝绿色);三氧化二铬(Cr_2O_3),它使玻璃着成黄绿色(CrO_3 使成黄橙色)。胶体着色剂有金、银、铜、硒、硫化镉(CdS)及其它硫化物等。在还原状态下(在玻璃配料中加入还原剂 SnO 、 SnCl_2 或酒石酸等),配料中的铜的氧化物被还原成铜,形成铜的胶体态粒子,使玻璃呈铜红色;硫化镉和硒能在玻璃中形成 CdS 和 CdSe 胶体粒子而使玻璃着成红、橙黄、黄色。

2) 脱色剂

脱色剂是使玻璃脱色从而不对光线产生选择性吸收的物质。脱色剂有化学脱色与物理脱色两种。例化学脱色能使 FeO 氧化为 Fe_2O_3 ,减轻着色的程度。化学脱色剂有 KNO_3 、 NaNO_3 、 CeO_2 等。另外,少量的氟化物也能起脱色作用,它能使玻璃中的 FeO 转化成无色的铁的化合

物。物理脱色是应用补色的原理来“中和”铁离子所着成的黄绿色，使玻璃成为无色。物理脱色剂有锰化物、硒或硒化物、氧化钴等。一般说来，应采用两种以上的物理脱色剂进行混合脱色。

(4) 乳浊剂

使玻璃对光的直线透过率减小的乳白色物质，称为玻璃的乳浊剂。常用的乳浊剂有氟化物（ CaF_2 、 Na_3AlF_6 、 Na_2SiF_6 ）、磷酸盐（ $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ）等。

3. 碎玻璃

破碎的、不合格的玻璃制品以及将玻璃液在水中骤冷得到的玻璃碎块，可以用作玻璃的原料，常称作为熟料。碎玻璃必须是同质、易除杂质和易于淘洗的，大块的要轧碎后才可使用。采用同质的熟料不但可以废物利用，而且当使用合理时，还可以加速玻璃的熔制过程、降低热量消耗，从而降低玻璃的生产成本，增加产量。

碎玻璃的含量一般以不超过 50% 为宜（一般占配合料的 25~30%）。碎玻璃引入量过多时，玻璃将发脆，机械强度下降。

8.1.2 配合料的制备

按照玻璃配料单所给的各原料用量，经过称量和均匀混合之后的物料称为玻璃的配合料。

1. 对配合料的要求

(1) 颗粒组成

为了使配合料能均匀混合，对各种原料的颗粒应有一定的要求。众所周知，粉料的粒度与粒度分布、颗粒的形状与密度等都对混合时原料颗粒的流动性能有影响，特别是原料的颗粒度，它的影响最大。混合时，大颗粒易于向下移动、小颗粒及微粒则处于上层。这种现象即为分料或分层，它会损害混合的均匀性。因此，原料颗粒过大、过小或粒径分布不均匀都会引起分料。在各种原料中，石英砂原料的颗粒大小和均匀性对玻璃的熔制速度和质量有着极大的影响。石英砂的颗粒较大时，砂粒

在硅酸盐熔融体中熔解所需的时间将延长，这就使玻璃的熔制时间变长；另外，还会形成结石、条纹等缺陷，使熔制质量降低。然而，石英砂的颗粒也不宜过小。过细的石英粉粒表面吸附了很多气体，熔制时形成的小气泡难于驱除，这将影响玻璃液的澄清。通常要求石英砂的颗粒大小在 60~120 目。决定其它原料颗粒度的原则是使其颗粒重量与石英砂的颗粒重量相一致，即密度大的原料颗粒小些，密度小的原料颗粒大些。

(2) 水的含量

在配合料中加水能防止分料，使配合料混合均匀。直接用水润湿配合料容易结块，为此，通常先润湿石英砂，然后再和其它原料一起混合，使水分均匀地分布在砂粒周围，形成一层水膜。该水膜还可溶解纯碱及某些水溶性原料，使碱性原料浸润于砂粒及其它矿物原料的表面，使配合料的反应能力提高，有助于熔化。水在配合料中的含量不能超过 8%，太多的话不利于均匀混合，一般以 3~5% 为宜。

(3) 配合料的均匀性

配合料混合得愈均匀，则玻璃熔制所花费的时间愈短，玻璃的熔制质量也愈好。

除了各原料的颗粒度、水分含量外，影响配合料均匀性的因素还有原料化学组成的恒定性、原料的密度、拌料方式及时间长短、混料机的结构及物料装用量等。在运输和储存过程中，时间和距离愈短愈好。

2. 配合料的称量和混合

原料的称量必须准确，稍有差错就会造成生产事故，甚至产生大量的废品，所以必须十分重视原料的称量。

根据原料计量误差的性质及其产生的原因，可将误差分为系统误差、偶然误差和过失误差三种。系统误差由称具和读数偏离等因素引起；偶然误差指称量数字的末一位出现的差别；过失误差是由于操作不当所造成。生产上应避免上述误差。另外，还要注意配料秤的使用、维护和检修。配料秤的选择也要注意，不宜以大秤来称小料。一般说来，1 kg 以下要求误差不超过 0.5 g，5 kg 以下不超过 10 g，5 kg 以上

不超过 100 g。

各种原料在称量后必须均匀混合，以加速玻璃的形成过程和避免产生各种缺陷。配合料混合的均匀度在很大程度上与混料机的构造和操作制度有关。混料可采用机械或人工的方法进行。按照混合原理，大致上可将机械混合分成重力式（容器转动型）和强制式（容器固定型）两大类。重力式的混料机由于是靠重力进行混料的，因而易于使密度差或粒度差较大的物料趋向分料；在强制式混料机内，物料在固定的容器内借助于搅拌叶片的旋转被强行混合。一般说来，该机的混料强度较重力式的大，还能减轻物料特性对混合的不利影响。近年来，出现了气流混合。称量后的物料在类似旋风分离器那样的设备中依靠若干股气流进行混合，效果颇好。气流混合可减少机械混合中出现的磨损问题，而且有利于密闭收尘，还可以进行连续投料，使配合料制备过程全面自动化，是具有发展前途的一种混料方法。目前工厂采用的混料机有 QH 式、艾立赫式、桨叶式和鼓式四种。

混合料的填充空间大小由混料机所决定，一般不宜装满，否则混合速度变慢。混合的速度主要由混料机的转速所决定。

3. 配合料的质量检验

为了保证配合料的质量，必须定期检验配合料混合后的均匀度和其化学成分的稳定性的。

检验均匀度最简单的做法是在配合料的上、中、下三层不同部位取出三个以上的样品，用蒸馏水溶解过滤，将不溶物干燥后称量。如果彼此相近的话，则配合料的均匀度合格。也可以用 HCl 和 HNO_3 滴定试样中的碱含量，若彼此相差不超过 0.5%，一般就可以认为均匀度合格。

对进厂的原料得每批进行抽样检验。若原料成分变动大，应调整配合料的配方。

4. 配合料的计算

配合料的计算是指以玻璃的重量百分组成和原料的化学成分为

依据而算出熔化 100 kg 玻璃所需的各种原料的用量。

配合料在熔制过程中,各种原料通过化学反应,形成各种氧化物和气体。其中氧化物形成了玻璃,而反应所生成的各种气体如 CO_2 、 O_2 和 H_2O 等在加热过程中逸出。

配合料的计算应考虑下列几个因素:

- 1) 某些原料在熔制时易挥发而损失掉;
- 2) 耐火材料被侵蚀后会改变玻璃的组成,使 SiO_2 以及 Al_2O_3 的含量增加;
- 3) 碎玻璃的回收量及其组成。

根据玻璃的化学分析数据,在配合料中对某些组分进行调整。

配合料计算时,一般以 100 份重量的玻璃作为基准。为了配料方便,配方也可换算为以 100 份重量的石英砂为基准。在生产中可采用预算法进行计算(为了便于计算,一般可先选用含氧化物种类较少或用量最多的原料开始。)

5. 配合料的粒化

为了防止分料、减少扬尘和飞料、加速熔化过程以及利用工业废料代用纯碱等,目前世界各先进国家已广泛采用配合料的粒化处理工艺,即在混合好的配合料中加入约 12~17% 的水或其它粘结剂,通过粒化加工而制成直径为 10~15 mm 的料粒,然后在 200~260℃ 温度下进行干燥处理,使之具有一定的机械强度。

影响粒化过程的因素主要有以下几点:原料颗粒的比表面积、含水率、温度和粘结剂。除上述四个主要因素外,还应注意粒化盘的转速与倾角之间的适当比例、料粒在粒化盘内的逗留时间、干燥温度和干燥时间等。

8.1.3 玻璃的熔制

1. 熔制过程

把均匀混合的配合料在高温下熔制成合乎质量要求、可以进一步成形的玻璃液的过程称为玻璃的熔制过程。它是玻璃生产过程中最重

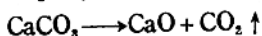
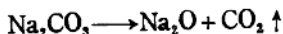
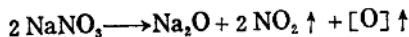
要的阶段。

玻璃的熔制是一个极其复杂的过程。在此过程中，按照一定重量比例由各种原料均匀混合而成的配合料在高温条件下生成均匀而粘滞的硅酸盐熔体——玻璃液。一般说来，可以将玻璃的熔制过程分为硅酸盐的形成、玻璃的形成、玻璃液的澄清、玻璃液的均化和玻璃液的冷却等五个阶段。为了尽可能缩短熔制过程和获得优质玻璃，必须充分了解玻璃熔制过程中所发生的变化和进行熔制所需要的条件，从而寻求一些合适的工艺过程和制定合理的熔制制度。

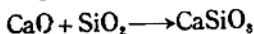
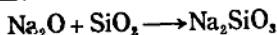
(1) 硅酸盐的形成

当配合料受热时，在其中将发生一系列的物理化学变化，最终，配合料变成由硅酸盐和二氧化硅组成的不透明的烧结物——硅酸盐熔体。

配合料加进窑内后，首先是原料中水分的蒸发。当温度上升到 200°C 以上时，将放出结晶水。温度继续升高时，配合料中的石灰石、纯碱和硝石等物质受热形成复盐，而后熔化并相互熔解。高温下盐类的分解生成了金属氧化物，同时放出气态物质，如 CO_2 、 NO_2 、 O_2 等。反应式如下：



这些金属氧化物随着温度的继续上升($800\sim 900^{\circ}\text{C}$)，与 SiO_2 进行化学反应，生成硅酸盐：



这些变化称为形成硅酸盐反应，不同的硅酸盐相互熔解，融合成共同的熔体。与此同时，石英砂晶体在高温作用下发生晶相变化，其结构变得疏松而富有裂纹，从而允许其它组分进入这些裂纹，这样就使硅酸盐的形成过程加快。

应当指出，上述这些反应并没有明显的界限或阶段，而是在相当宽的温度范围内同时进行的；另外，实际上硅酸盐形成过程的反应远较上