

合 肥 学 院

Hefei University

无机非金属材料工艺课程设计



题 目： 浮法平板玻璃熔窑生产设计

系 别： 化工系

专 业： 无机非金属

学 号： 1203031001

姓 名： 彭冲

导 师： 张全争

2015 年 12 月

摘 要

设计介绍了一套规模为 900t/d 浮法玻璃生产线的工艺流程，在设计过程中，原料方面，对工艺流程中的配料进行了计算；熔化工段方面，参照国内外的资料和经验，对窑的各部位的尺寸、热量平衡和设备选型进行了计算；分析了环境保护重要性及环保措施参考实习工厂资料，在运用相关工艺布局的基础下，绘制了料仓、熔窑、锡槽、成品库为主的厂区平面图，具体对熔窑的结构进行了全面的了解，绘制了熔窑的平面图和剖面图，还有卡脖结构图，整个设计参照目前浮法玻璃生产的主要设计思路，采用国内外先进技术，进行全自动化生产，反映了目前浮法生的较高水平。

关键词：浮法玻璃、熔窑工段、设备选型、工艺计算

Abstract

The design introduced the technical process of 900t/d float glass production line. During the planning, for the raw material, the computation of material has been made; and for the melt section, the melting kiln various spots size, The heat balance and the choose of the equipment have been calculated with reference to the domestic and foreign materials and the experience, the environmental protection importance and environmental protection measure have been analyzed. With reference to factory date, under the technology arrangement correlation knowledge foundation, the factory horizontal plan about the storage, the melting kiln, the tin trough and product storage has been finished. The melting kiln structure has been concretely introduced, the horizontal plan and the sectional drawing of the melting kiln, small mouth composition and card neck structure drawing have been draw up. The entire design consulted the main design mentality of present float glass production; took the domestic and foreign advanced technologies; carried on the entire automated production; reflected at present floats production to compare the high level.

keywords: float glass; melting section; choose of the equipment; process calculation.

目录

前言	1.....
第一章 浮法玻璃工艺方案的选择与论证	2.....
1.1 平板玻璃工艺方案	2.....
1.1.1 有曹垂直引上法	2.....
1.1.2 垂直引上法	2.....
1.1.3 压延玻璃	2.....
1.1.4 水平拉制法	3.....
1.2 浮法玻璃工艺及其产品的优点	3.....
1.3 浮法玻璃生产工艺流成图见图 1.1	4.....
图 1.1	4.....
第二章 设计说明	5.....
2.1 设计依据	5.....
2.2 工厂设计原则	6.....
第三章 配料计算	7.....
3.1 于配料计算相关的参数	7.....
3.2 浮法平板玻璃配料计算	7.....
3.2.1 设计依据	8.....
3.2.2 配料的工艺参数;	8.....
3.2.3 计算步骤;	10.....
3.3 平板玻璃形成过程的耗热量的计算	14.....
第四章 熔窑工段主要设备	15.....
4.1 浮法玻璃熔窑各部	16.....
4.2 熔窑主要结构见表 4.1	16.....
4.3 熔窑主要尺寸	18.....
4.4 熔窑部位的耐火材料的选择	19.....
4.4.1 融化部材料的选择见表 4.3	19.....
4.4.2 卡脖见表 4.4	20.....
4.4.3 冷却部表 4.5	20.....
4.4.4 蓄热室见表 4.6	20.....
4.4.5 小炉见表 4.7	20.....
4.5 玻璃熔窑用隔热材料及其效果见表 4.8	21.....

第五章 玻璃的形成及锡槽	23.....
第六章 玻璃的退火及成品的装箱	25.....
第七章 除尘脱硫工艺.....	<u>26</u>
7.1 除尘工艺	26.....
7.2 烟气脱硫除尘	26.....
参考文献	27.....

前言

英国 Pilkington 兄弟在 20 世纪 50 年代浮法玻璃生产技术的发明付出了坚持不懈的努力,自 1953 年开始到 1959 年取得了成功耗时 7 年,投入了 400 万英镑。同时美国的 Ford 公司也为浮法玻璃的成功做出了很多贡献,但是 Ford 公司递交专利申请书时比 Pilkington 兄弟晚了几个月,而让 Pilkington 兄弟独享了此项殊荣。

浮法玻璃因熔融玻璃液漂浮在熔融锡表面成型为平板玻璃而得名。这种生产方法于无需克服玻璃本身重力,可使玻璃原板板面宽度加大,拉引速度大大提高,产量和生产规模增大:由于成型是在熔融金属表面进行,因此可以获得双面火抛光的优质镜面,其表面平整度、平行度可以与机械磨光玻璃相媲美,而机械性能和化学稳定性又优于机械磨光玻璃;同时,采取该讲法可以生产出厚度在 0.5~25mm 之间的多种品种、规格的玻璃,以满足不同用途的需要;另外浮法工艺还可以在线生产各种本体着色玻璃和镀膜玻璃,大大丰富平板玻璃的范畴,扩大了玻璃在各个领域的应用。因此,随着浮法玻璃生产工艺的出现和不断发展。使得其它的生产工艺逐渐被淘汰,只有 Colburgh 法与之并存[1]。

除了英国 Pilkington 公司的浮法技术之外,还有美国 Pittsburgh 技术比较有名。1975 年,美国 Pittsburgh 平板玻璃公司宣布,他们在 Pilkington 的工艺基础上采用把玻璃液流道和流槽相结合的宽玻璃液输送系统,使流入锡槽的玻璃液带宽度与成品玻璃的宽度相近,这样可以缩短玻璃液在锡液面上的横向摊平和展薄时间,使玻璃具有更好的内在质量和横向平直性。

自 1959 年 2 月浮法玻璃生产成功以来,浮法玻璃得到迅速的推广。截至 2003 年,全世界已有 36 个国家和地区建成了 140 多条浮法玻璃生产线,总量达到 3 亿吨左右,并占到平板玻璃总量的 80% 以上,目前国外一些大公司掌握了较为先进的玻璃制造技术,可以生产出 0.5~25mm 之间各种厚度的浮法玻璃,其玻璃熔窑拉引规模也在 150~100t/d 之间不等。

当今世界的玻璃市场上,玻璃与玻璃加工业主要由 5 家玻璃公司所垄断,其总生产能力占全球玻璃生产能力的 70% 以上,仅日本旭硝子一家公司的市场占有率就达到了 21%,英国皮尔金顿公司为 12%,美国 PPG11%。

我国浮法玻璃生产工艺从 1965 年开始实验,到 1971 年生产性试验线建成投产并取得成功,用了近 7 年的时间。在试验线投产时只能生产 6mm 厚的玻璃,到 1972 年,能够比较稳定的生产出 4~9mm 玻璃,并试拉了 3mm 玻璃;1978 年,对试验线时行了熔窑该烧重油、扩大生产能力的改建;1980 年,国内仅有的一条试验线已能的生产出 3~10mm 厚度的浮法玻璃;1981 年 4 月,试验线采取的

生产技术通过国家级技术鉴定，获国家银质发明奖。由于该生产试验线是在原洛阳玻璃厂试验成功的，故命名为中国“洛阳浮法玻璃工艺技术”（简称“洛阳浮法”）。

自“洛阳浮法”诞生以来，我国玻璃工业进入了一个快速发展时期。浮法玻璃技术被迅速推广，一批采用“洛阳浮法”技术的浮法玻璃生产线陆续建成，目前我国已成为世界上生产规模最大的平板玻璃生产国。截至2009年底，我国已建成投产的浮法玻璃生产线有125条，而采用“洛阳浮法”技术的生产线多达八十余条，其日拉引量一般为400~900t，原板厚度1.1~25mm，总生产能力达到3.13亿重箱/年。目前，我国玻璃工业先后在日熔化量、玻璃技术装备、节能降耗、环境保护、多功能玻璃开发以及超薄、超厚品种形制方面都取得了重大突破，一些先进技术与国外的差距也正逐步缩小，我国浮法工艺技术从20世纪80年代已开始身发展中国家出口。

与发达国家相比，我国玻璃企业规模一般比较小，并且技术水准参差不齐。目前，我国有大大小小的玻璃企业几百家，但普遍存在着规模小、整体水平不高、结构单一的特点，并且地域分布不均衡，经济发达地区数量多、规模大、技术也较为先进，代表着我国浮法技术发展的新水平。目前，国内比较大的几家玻璃企业市场占有率仍然较低，最大的玻璃集团年销售额仅2~3亿美元，与国外大公司相比差距很大。

今后玻璃发展的目标是将常规的和特殊的技术进步结合起来，实现浮法玻璃生产技术、装备的新突破，并在新产品开发、功能化、环保等多方面加大技术研究力度，以促进玻璃工业可持续发展。

第一章 浮法玻璃工艺方案的选择与论证

1.1 平板玻璃工艺方案

平板玻璃规模化生产直到 18 世纪才真正出现。在 18 世纪生产平板玻璃的方法主要有两种：一是冠形制板法二是圆筒法。后来进一步改进出现了 Sieverts 法，1903 年发明了 Lubers 法，到 20 世纪后出现了很多很好的生产平板玻璃的方法。

1.1.1 有槽垂直引上法

其形成特点是利用槽子砖成型，由于静压力作用，玻璃液从槽口向上涌出形成板根，板根处玻璃液受引上机石棉辊拉引继续上升，并经受水冷却器急冷，逐渐硬化形成玻璃原板，进入引上机膛退火。原板经切割而成原片。玻璃性质、板根成形、边子成形、原板拉伸力是影响玻璃成形的决定性因素。其缺点是由于使用槽子砖，玻璃板的波筋、线道等缺陷难以根除，光学畸变较重，产量低。

1.1.2 垂直引上法

利用引砖成形，玻璃带通过设置在玻璃液面经上的一对水平冷却器冷却后被引上拉引。表层玻璃一方面抵抗重力减少厚度，另一方面被引上进一步冷却到最后固化，过到一定厚度和宽度，继续引上，引砖是无槽垂直引上的重要形成设备，有挡热，分流和稳定板根的作用。形成板根的玻璃液由表面流的玻璃自由汇合被引上进入板根。玻璃液的温度和对流还有引上室的气流波动对原板形成有极大影响。其缺点是生产操作难，玻璃厚度差的大，不易生产小于 2mm 的薄玻璃。

1.1.3 压延玻璃

它是利用水平连续压延法，能大量生产。从玻璃熔窑末端流液口连续地流出玻璃液，通过用水冷却的上下一对辊子之间，没冷却的玻璃液被压延辊压成一定厚度的玻璃板，随两辊回转玻璃板被向前拉引，经输送辊道进入退火窑，冷到室温。其缺点是玻璃的厚度的均匀性不好，不易生产薄玻璃。

1.1.4 水平拉制法

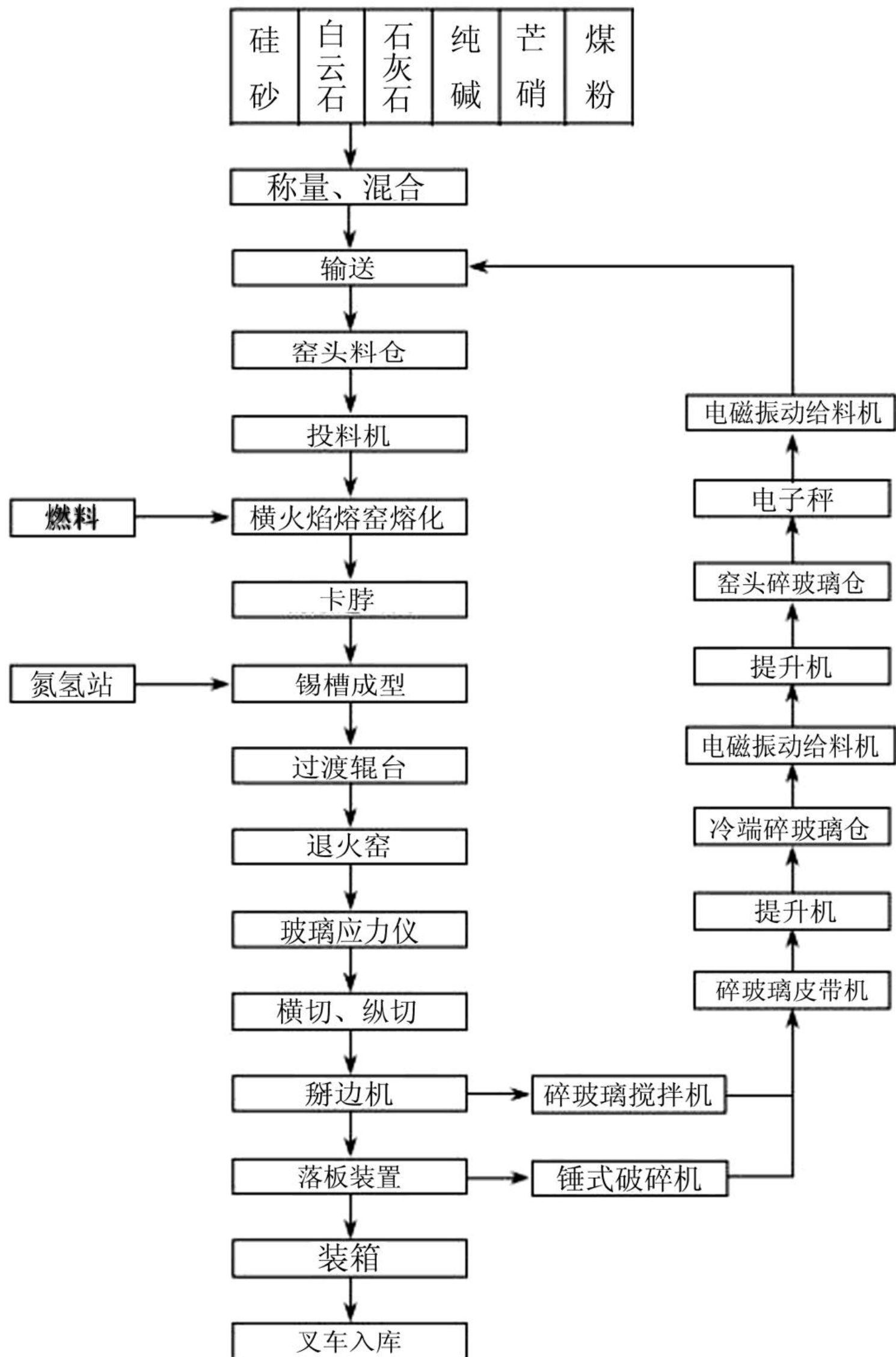
它是在玻璃熔窑末端设置浅引上室，玻璃带在引上室中有表面被拉引，经水冷却辊冷却，黏度增加，玻璃被连续拉引成带状玻璃板垂直上升到 60cm 左右高的位置，在此经加热软化的玻璃板借助转向辊将玻璃弯成不平方向，送进退火窑。这种方法生产的质量好，产量高。其缺点是由于形成室结构复杂，不易控制。

1.2 浮法玻璃工艺及其产品的优点

1.质量好，由于玻璃液是在锡槽中抛光，具有很好的抛光效果，也不会因为机械磨光引起的玻璃缺陷。

2.产量大，浮法玻璃采用全自动，不需要庞大的沙子分级和机械磨光设备，成品率高，且采用自动化，规模扩大。

3.品种多，采取这种方法可以生产出厚度在 0.5~25mm 之间的多种品种、规格的玻璃，以满足不同用途的要求。另外，浮法工艺 还可以在线生产各种本体着色玻璃和镀膜玻璃，大大丰富了平板玻璃的范畴，扩大了玻璃在各个领域的应用。



玻璃生产工艺流程图

2.2

采用先进、可靠的技术措施的装备,确保能生产出满足企业要求的平板玻璃。以满足浮法线高标准产品质量和品种要求为前提,进行设备选型,既要有效控制投资,又必须确保达到使用要求,确保总体目标和实现。环境保护、职业安全卫生、节能、消防等方面均要符合国空的相关标准规范、规定。总体规划的布局合理、道路通畅,方便管理,最大限度利用厂区原有场地和设施。全面解决工厂生产,厂外运输和各种物料储备的关系。应该考虑工厂建成后生产潜力的可能和留有工厂发展的余地。

配料计算

3.1 于配料计算相关的参数

- 1) 纯碱飞散率 = $\frac{\text{飞散量}}{\text{纯碱总用量}} \times 100\%$
- 2) 芒硝含率 = $\frac{\text{芒硝中的Na}_2\text{O}}{\text{纯碱引入的Na}_2\text{O} + \text{芒硝引入的Na}_2\text{O}} \times 100\%$
- 3) 配合料SO₃含量 = $\frac{\text{芒硝加入量 (kg)} \times 80 \times \text{芒硝含量}\%}{142 \times \text{配合料 (t)} \times \text{玻璃获得率}\%}$
- 4) 炭粉含量 = $\frac{\text{炭粉用量} \times \text{炭含量}\%}{\text{芒硝用量} \times \text{芒硝含量}\%} \times 100\%$
- 5) 想配合料炭含量 = $\frac{\text{炭粉加入量} \times \text{炭含量}\%}{\text{配合料量} \times \text{玻璃获得率}\%}$
- 6) 玻璃获得率 = $\frac{100\text{kg玻璃液}}{\text{制100kg玻璃液用的原料的量}} \times 100\%$

3.2 浮法平板玻璃配料计算

3.2.1 设计依据

产品方案： 浮法平板玻璃；
生产规模： 日熔化量为 900t；
工作制度： 52/5/8
玻璃厚度： 5mm；
玻璃原板宽度： 4000mm；
玻璃净板宽度： 3500mm；
总成品率： 80% ；
产品品种： 平板玻璃；
冷修周期： 8 年；
玻璃化学成分见表 4.1

玻璃化学成分表

单位：（质量分数）

化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	All
含量	72.0	1.0	0.1	8.5	4.00	14.3	0.1	100

各原料的化学成分见表 4.2

表 3.2 各原料的化学成分

单位：%（质量分数）

原料	含水率	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	N ₂ O	Na ₂ SO ₃	C
硅砂	1.0	98.76	0.56	0.08	0.14	0.02	0.19		
白云石	0.3	0.69	0.15	0.13	31.57	20.47			
石灰石	2.0	0.3		0.07	55.4	0.2			
纯碱	1.8						57.94		
芒硝	4.2	1.10	0.29	0.05	0.5	0.37	41.47	95.03	
煤粉									84.11

3.2.2 配料的工艺参数；

计算基础：100kg 玻璃液；

计算精度：0.001

纯碱灰散率：1.5%；

玻璃获得率：80%；

碎玻璃掺入率：20%；

芒硝含量：3%；

碳粉含率：4%；

3.2.3 计算步骤；

1、芒硝用量的计算，设生产 100KG 玻璃液用 xkg 芒硝。

$$\frac{x \times 0.4147}{14.3} = 3\%$$

$$x = 1.034(\text{kg})$$

芒硝引入和各物质的量如下；

$$\text{SiO}_2 = 0.0103(\text{kg}) \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = 0.003(\text{kg})$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.001(\text{kg}) \quad \text{CaO} = 0.005(\text{kg})$$

$$\text{MgO} = 0.004(\text{kg}) \quad \text{N}_2\text{O} = 0.429(\text{kg})$$

$$\text{纯碱用量} = \frac{14.3 \times 0.429}{0.5794} = 23.940 \text{ ()}$$

3、煤粉的用量，设用量为 x kg.

$$\frac{x \times 0.8411}{1.034 \times 0.9503} = 4.7\%$$

$$x = 0.055 \text{ (kg)}$$

4、硅砂用量计算，设用量为 x .

$$0.9876x = 72.0 - 0.010$$

$$x = 72.8 \text{ (kg)}$$

由硅砂引入各氧化物的量见表 4.3

表 硅砂引入各氧化物的量

单位: kg

原料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O
硅砂	73.8	0.408	0.1	0.058	0.014	0.138

5、白云石和石灰石用量计算，设白云石为 x ，石灰石为 y

$$0.3157x + 0.554y = 8.5 - (0.058 + 0.005) = 8.437$$

$$0.2047x + 0.002y = 4.0 - (0.014 + 0.004) = 3.982$$

$$x = 19.403 \text{ (kg)}$$

$$y = 4.172 \text{ (kg)}$$

由白云石和石灰石引入各氧化物的量见表 4.4

表 3.4白云石和石灰石引入各氧化物的量

单位: kg

原料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
白云石	0.134	0.029	0.025	6.126	3.972
石和石	0.012		0.002	2.311	0.008

6、校正纯碱用量和挥散率，设用量为 X ，挥散为 Y

$$x \times 0.5794 = 14.3 \times (0.429 + 0.138) \quad x = 23.702 \text{ (kg)}$$

$$\frac{y}{23.702 + y} = 0.015$$

$$y = 0.361 \text{ (kg)}$$

7、校正硅砂用量设用量为 x

$$0.9876x=72.0-0.0103-0.134-0.012=71.844$$

$$x=72.746(\text{kg})$$

8、玻璃获得率

$$\text{玻璃获得率} = 100/121.112 = 82.5\%$$

9、换料单位计算

碎玻璃掺入率：20%，配合料的含水为4%，混合机容量为1000KG。

以硅砂为例

$$\text{干基} = [1000 - (1000 \times 20\%)] \times 60.065\% = 480.52\text{kg}$$

$$\text{湿基} = \frac{465.52}{1 - 1.0\%} = 485.37\text{kg}$$

由于水分含量为4%

$$800/96\% = 833.33\text{kg}$$

$$833.33 - 799.6 = 33.72\text{kg}$$

所以还有加水 33.7kg.

对于日产 900 t，所以每天加水量 = $900 \times 33.7 = 30.33\text{t}$

10、汇总成原料用量见表 4.5

表 3.5 各原料年用量表

原料	日用量(干基) t/d	含水率 (%)	损失率 (%)	湿基 (t/d)	日进厂量 (t/d)	年进厂量 (t/a)
硅砂	654.7	1.0	1.0	661.3	668	243823
白云石	174.6	0.3	0.5	175.1	176	64249
石灰石	37.54	2.0	0.5	38.3	38.5	14056
纯碱	213.3	1.8	0.5	217.2	218.3	79687
芒硝	9.306	4.2	0.5	9.71	9.7	3564
煤粉	0.495	2.1	0.5	0.506	0.509	185
合计	1090			1102.2	1111	405563
碎玻璃	180			180	180	65700
总计	1207			1282	1291	471263

3.3 平板玻璃形成过程的耗热量的计算

各原料在湿基中的百分比见表 3.6

表 3.6

原料	100k g 湿基 中的含量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	N ₂ O	C
硅砂	59.99	98.76	0.56	0.08	0.14	0.02	0.19	
白云石	15.89	0.69	0.15	0.13	31.57	20.47		
石灰石	3.476	0.3		0.07	55.4	0.2		
纯碱	19.70						57.94	
芒硝	0.881	1.10	0.29	0.05	0.5	0.37	41.47	
煤粉	0.046							84.11
合计	100							

(1) 原始资料

- ① 料方及原料组成；
- ② 碎玻璃用量占全部的 20%；
- ③ 配合料水分 4%；

(2) 100kg 湿粉料中形成氧化物的量见表 4.7、4.8

表 3.7 100kg 湿粉料中形成氧化物的量

原料	形成玻璃液的氧化物的计算	氧化物数量						总量
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	N ₂ O	
硅砂	$59.998 \times 0.96 \times 0.987 = 56.849$	56.849						
	$59.998 \times 0.96 \times 0.0056 = 0.323$		0.323					
	$59.998 \times 0.96 \times 0.0008 = 0.046$			0.046				
	$59.998 \times 0.96 \times 0.0014 = 0.081$				0.081			
	$59.998 \times 0.96 \times 0.0002 = 0.012$					0.012		
	$59.998 \times 0.96 \times 0.0019 = 0.109$						0.109	57.42
白云石	$15.891 \times 0.96 \times 0.0069 = 0.105$	0.105						
	$15.891 \times 0.96 \times 0.0015 = 0.022$		0.022					
	$15.891 \times 0.96 \times 0.0013 = 0.019$			0.019				
	$15.891 \times 0.96 \times 0.3157 = 4.816$				4.816			

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/408046017017006134>