

# 平板玻璃的生产

И. И. 杜赫著

庄順南 林亢譯

中国工业出版社

# 平 衡 生 产 的 生 产

И. И. 杜 赫 著

庄 顺 南 林 允 译



中 国 工 业 出 版 社

本书系統而通俗地敘述了平板玻璃生产的理論和工艺，內容有：原料及其加工；配料計算；玻璃的熔制、成型、切裁和缺陷；耐火材料的生产；燃料的气化以及熔窑的检修等。作者在书中介紹了他在玻璃生产实践中所积累的丰富經驗，提出了一些合理化建議，并从理論上給予解釋。本书是一本理論实践并重的实用书笈，可供从事平板玻璃生产的技术人員和工人閱讀，也可供大专学校硅酸盐专业师生参考。

И. И. Тух

ПРОИЗВОДСТВО ЛИСТОВОГО СТЕКЛА  
(МЕТОДОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЫТЯГИВАНИЯ)

ГОССТРОЙИЗДАТ

МОСКВА—1958

\* \* \*

平板玻璃的生产

庄順南 林 允譯

\*

建筑工程部編輯部編輯 (北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版 (北京佟麟閣路丙 10 号)

(北京市審判出版事業許可証出字第 110 号)

北京市印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{32}$  · 印张  $8 \frac{16}{32}$  · 字數 195,000

1963 年 8 月北京第一版 · 1963 年 8 月北京第一次印刷

印數 0001—1,079 · 定价 (10—6) 1.35 元

統一書号：15165 · 2239(建工-321)

## 原 序

平板窗玻璃的机械化生产，目前有两种方法，即垂直法和水平法。

水平法在美国首先推行，它較垂直法具有許多优点，如水平拉制机的生产率比垂直引上机高一两倍，而且玻璃的质量也較好。然而，目前用垂直法引上平板窗玻璃的技术也日益完善了。

在三十年代末期，在这一方面所取得的巨大成就使得用垂直法生产平板窗玻璃的效率也不低。

苏联第一个研究并換用了鋁鎂玻璃成分，使玻璃引上速度增加了一倍，并显著改善了产品质量。采用这种新成分，能够消除玻璃的主要缺陷——在机下室的失透。尤其在引上机改为直接給料后，废品率和垂直引上法最常見的缺陷——波筋显著减少。

无槽引上法还能达到更高的速度，而且几乎完全能消除玻璃上的波筋。

垂直法生产平板窗玻璃的所有这一切技术成就，說明垂直法与水平拉制法理应同时并存。

苏联第一台垂直引上机是1926年在“达格斯坦火花”（Дагестанские огни）工厂安装和投入生产的，其后是在康斯坦丁諾夫（Константинов）工厂。这些工厂在开初几年就为国家生产了大約500万米<sup>2</sup>的平板玻璃，1936年苏联已能生产近9000万米<sup>2</sup>的平板玻璃（已折算为单料玻璃），而到目前为止生产量已增加到15000万米<sup>2</sup>。

然而，玻璃工业还面临着一些新的任务。要大大增加平板窗玻璃的产量。为了急剧提高現有引上机和熔窑的生产能力，必須重新分析一下挖掘玻璃厂內部潜力的可能性。

为此，各个工厂彼此交流經驗、广泛地向工农、技术員和工程师报导各个工厂的成就以及提高生产人員的熟练程度就有现实意义了。

杜赫(Тух)这本书就是为了这个目的而写的，作者杜赫工程师曾

长期在“雅尔凡刚吉”(Ярваканди)工厂(位于爱沙尼亚苏维埃社会主义共和国)担任总工程师。这个工厂的产品公认是质量較好的。

作者以通俗的形式为工人、以一定的深度为工长和技术人員叙述了玻璃生产实践的理論基础。但在某些情况下,作者只限于“雅尔凡刚吉”厂的經驗,而該厂的生产規模还不如苏联其他許多玻璃厂,如康斯坦丁諾夫玻璃厂、古雪夫(Гусев)玻璃厂、哥尔高夫(Горьков)玻璃厂、恰哥多謝(Чагодощен)玻璃厂等。

由于这个原因,书中材料在有些場合还不能反映苏联大型玻璃厂所积累的实际經驗。但杜赫所写的这本书对大型玻璃厂的工作者仍然非常有益。

特別可貴的是作者对各种正常或不正常的現象和事实,以現代玻璃物理-化学和工艺学的理論作了必要的說明。

本书列有許多极有用的参考資料、合理化建議和改进意見。

书中不但列出作者許多有价值的經驗,而且在玻璃熔制理論和实践等問題上有他个人独特的見解。

这种情况在技术书中是极罕有的,而本书却格外突出。

必須指出:在书中有些地方,作者因用当地工厂常用的術語,有个別術語性的錯誤。但这無論如何,不会降低书中材料的价值。

科学技  
术博士 И. И. 基泰戈罗德斯基 (Китайгородский) 教授

## 目 录

原序		长石的計算 .....	28
緒論 .....	1	石灰石的計算 .....	29
第一章 关于玻璃的概念 .....	4	砂的計算 .....	30
物质的玻璃态 .....	4	碱的計算 .....	30
粘度 .....	5	玻璃液的驗算 .....	32
化学組成 .....	6	配料时所必需的某些附加 計算 .....	32
第二章 原料 .....	8	配合料的制备 .....	36
石英砂 .....	8	配合料的均匀度 .....	36
純碱 .....	10	配料 .....	39
硫酸鈉 (芒硝) .....	10	配合料的貯存和輸送 .....	40
白云石 .....	12	配合料配制流程 .....	41
石灰石、白堊、大理石 .....	12	第四章 玻璃的熔制 .....	43
鋁氧原料 .....	13	玻璃熔制理論 .....	43
长石 .....	13	玻璃熔制的阶段 .....	43
伟晶花崗岩 .....	13	熔制过程对玻璃质量的 影响 .....	46
高岭土和粘土 .....	14	池式玻璃熔窑的結構 .....	48
提高玻璃质量和加速熔化 的原料 .....	14	窑池 .....	49
碳酸鉀 .....	14	窑頂結構 .....	62
含硼原料 .....	15	廢热利用設備 .....	68
螢石 .....	15	交換器 .....	71
氟硅酸鈉 .....	16	玻璃熔制实践 .....	72
碎玻璃 .....	16	加料 .....	72
第三章 原料的加工 .....	17	熔窑的温度制度 .....	76
原料的貯存和厂内運輸 .....	17	熔制制度对玻璃液澄清的 影响 .....	79
原料的加工 .....	21	加热过程对玻璃熔制經濟 性的影响 .....	80
选砂 .....	21	第五章 玻璃的成型 .....	83
白云石和石灰石的加工 .....	23	玻璃液的热经历对成型性 能的影响 .....	83
純碱的加工 .....	25	成型通路的結構 .....	84
芒硝的加工 .....	25	引上机的依次配置 .....	85
其他原料的加工 .....	27		
配料計算 .....	27		
白云石的計算 .....	28		

引上机的直接配置.....	86	陶瓷制品的制造 .....	153
原板成型原理 .....	89	礮子砖的制造.....	158
玻璃的成型方法 .....	89	托砖的制造.....	164
有礮引上法.....	89	挡砖(浮舟)的制造.....	165
无礮引上法.....	108	桥砖和异形大砖的制造.....	166
用温度调节器引上厚玻璃		<b>第十章 燃料的气化</b> .....	167
的方法.....	117	燃料的性质.....	167
玻璃原板的退火与冷却 .....	118	在煤气发生炉中所进行的	
退火阶段.....	118	过程 .....	168
垂直引上机开车后退火制		影响气化过程的因素 .....	169
度的复原.....	120	煤气发生炉的操作制度 .....	172
退火制度的破坏.....	121	煤气组份对玻璃熔化过程	
安全技术和劳动保护 .....	121	的影响.....	174
<b>第六章 平板玻璃的切裁</b> .....	124	煤气发生设备.....	174
切断原板.....	124	煤气管道.....	178
玻璃的机械化采板 .....	124	煤气的干燥和净化 .....	179
玻璃的冷却.....	128	煤气中水分对玻璃熔制过	
玻璃的切裁.....	128	程的影响.....	179
玻璃的分等、包装和质量		煤气的干燥.....	179
检查 .....	131	煤气的净化对玻璃熔制过	
等外品玻璃的利用 .....	132	程的影响.....	180
安全技术 .....	133	提高煤气的发热值.....	180
<b>第七章 平板玻璃生产的</b>		煤气发生炉运转时的安全	
热工控制 .....	134	技术.....	181
<b>第八章 玻璃中的缺陷</b> .....	140	<b>第十一章 延长熔窑耐火</b>	
气体夹杂物 .....	141	材料使用期限和熔窑的	
具有玻璃态本性的缺陷 .....	144	检修.....	184
玻璃中的异类夹杂物 .....	147	减少熔窑各部件磨损的	
机械缺陷 .....	149	措施 .....	184
<b>第九章 耐火陶瓷制品的</b>		窑池的冷却.....	185
生产.....	152	窑顶结构的冷却.....	190
对陶瓷制品的要求 .....	152	熔窑的保温.....	190
原料 .....	152	熔窑在工作过程中的维护.....	194
原料的性质.....	152	耐火材料的存放 .....	194
原料的加工.....	154	熔窑的冷修.....	195
		冷修准备.....	196
		冷修的进行.....	197
		附录 .....	206
		文献索引 .....	209

## 緒 論

現代的人們，已習慣在住宅、工廠、商店、俱樂部以及其他一切建築物的窗戶上裝上無色透明的平板玻璃。很難想象，人們學會製造這種玻璃還是不久以前的事。

從前許多世紀，建築住宅很少留有窗戶或偶而用百葉窗與厚窗簾遮蔽。後來在中國開始在窗戶上插入角制薄片，而在歐洲和在俄國則用油紙、雲母、麻布。前一世紀初木窗上還是裝上公牛膀胱膜。

雖然玻璃製造史已達五千年之久，但平板玻璃的生產開始較遲。早在紀元前1600年，即在3500年前，埃及國王阿明霍捷一世（Аменхотеп I）時，就有人工製造的眼鏡，這點證明那時已有了高度的玻璃製造水平。

其後長時間內，玻璃製造只限於生產玻璃花瓶、高腳杯、盤子等，大約在一千年以前，玻璃熔化工維查季（Византии）首先學會製造有色平板玻璃，用這種玻璃嵌裝成帶圖案的有色玻璃窗，甚至是整幅的圖畫來裝飾教堂和宮廷的窗戶。

因此，許多世紀以來玻璃生產只在於製造奢侈品，在此期間，特別發展了藝術技能，而生產工藝卻未獲發展。到前一世紀中葉，玻璃工業才掌握一種生產工具——玻璃吹管。

到十五世紀開始用所謂“吹筒”法製造平板玻璃。吹制工用吹管把玻璃液吹成很大的玻璃圓筒——“玻璃筒”，冷後用剪刀切去圓筒底部，退火後又切去頂部——“筒頂”，然後把圓筒沿母綫切開，放在專門的窯內烘乾，再經熨平而製成玻璃板。

吹制工的勞動既繁重又極費氣力。要有堅韌的精神，很大的體力和健全的肺部，才能吹制高達2米的圓筒。這足夠證明，要吹制更大的圓筒時，吹制工須緊靠在与台架固結的柱上，否則承擔重荷的吹制工，能掉入溝中灼熱的玻璃上。

要製造壁薄而均勻的圓筒，須具備豐富的經驗。這種吹筒法是以



后四、五百年内生产平板玻璃的唯一方法。

1894年比利时人留别尔斯和齐姆别尔斯(Любберс и Чемберс)建議用机械法生产平板玻璃。此法是先从玻璃液用留别尔斯-齐姆别尔斯机向上拉制高約12~13米的玻璃圓筒。

接着用浸湿的鉄棒在玻璃圓筒的下部截断,小心地把它放在支架上,割成小段,然后攤开,并加热制成平板玻璃。用这种方法仍不能摆脱切断和烘軟圓筒的繁重手工操作。

多年来发明家力图創制能制成現成玻璃板的机械,但只在1913年比利时工程师爱米留·弗克(Эмилю Фурко)运用带縫隙的粘土大砖(槽子砖)和装有調速迴轉輓的輸送机才試制成功,并得到令人滿意的結果。

其后半世紀的时间內,世界各国工程师和技术員,都致力于創制現代化的机械,这些机械目前已用在許多玻璃厂,如新的无槽引上就是其中之一。无槽引上法可从引上窑的自由液面上直接引上玻璃。

美国人柯勃恩(Колбэрн)創造水平拉制法,該法在美国已被普遍采用。

由于平板玻璃机械化成型法的普遍采用,促使弗利德尔·西門子(Фридр Сименс)在1870年发明了并在其后又进一步改进了带有蓄热室的玻璃池窑,这样才有充裕的玻璃液連續地供給成型机械。

伟大的俄国科学家М.В.罗蒙諾索夫和Д.И.門捷列夫所創立的关于玻璃的科学促进了玻璃制造技术的发展。

苏联科学家И.В.格列別希柯夫(Гребенщиков)、И.И.基泰戈罗德斯基、Н.Н.卡恰洛夫、О.К.布特維金(Ботвинкин)与外国科学家塔瑪(Тамман)、特納(Тэрнер)、叶勃逊-馬尔維捷(Иебсен-Марведель)、馬烏拉赫(Маурах)等人創立了关于玻璃熔制过程、关于玻璃最适宜的化学成分、关于对玻璃最有利的成型条件等重要理論。

玻璃熔制和成型过程的自动化操纵,对今后改善玻璃生产起着巨大作用。自动調节能使玻璃熔制和成型工艺制度保持恒定。配料車間的自动化能保证获得化学上均匀的配合料,从而才能制得优质的玻璃液。

然而,玻璃工业的工作者目前在繼續改善平板玻璃生产的工艺方

面还須解决許多重大的課題。

为了增加玻璃熔窑的生产能力，减少单位燃料消耗量，改善玻璃液的质量以及改用更高的熔制温度（約1500~1650°C）来强化玻璃熔制过程，必須改进玻璃熔窑的结构，应用粒度在20微米以下的細磨配合料，并在配合料中引入熔化加速剂（硫酸铵、氟化物等）。

此外，必須更深入地研究玻璃的无碱引上法及其在平板玻璃工厂推广运用的特点。必須大大提高耐火材料的质量，使它在高温熔制玻璃时保持稳定。

要求改善原料的质量，为此，必須直接在采掘地建立精选原料的专门工厂。

必須使工艺过程的各个阶段机械化和自动化。首先是使采板过程、向切裁地运输玻璃的过程、配料車間和仓库設施等机械化和自动化。

# 第一章 关于玻璃的概念

## 物质的玻璃态

在自然界遇见的一切物质，均处于下列三种聚集状态之一：气态、液态或固态。

所有物质在热的影响下，能从一种状态转变为另一种状态；例如，冰加热时转变为水（液态），然后转变为水蒸汽（气态），反之，气态（如氧）冷却时能转变为液态，甚至为固态。

当均匀的物质硬化时，其最小的组成部分——分子、原子和离子——彼此有规律地排列在空间而形成所谓空间格子。空间格子的存在是晶体的特征。

但有些固体物质硬化时，物质的基本质点排列没有规律，犹如液体一样。这种物质称之为无定形物质。

自然界无定形体主要是以有机物（焦油、琥珀、瀝青）以及某些以火山岩的形态存在的。

无定形物质的产生可这样来解释：液体由于某种原因被冷却到这种程度，以致它来不及转变为晶体而处于“静止”状态。

例如当缓慢并小心地冷却水时，即使温度大大低于零度；它仍能保持着原来的液体状态。但如果破坏它的静止状态，即用搅拌或在其中放入微小的冰块，则水立即凝固而转变为冰，也就是具有了晶形。因此，这种液体是极不稳定的，并力求转为最终的稳定状态，即析晶。

由此可以得出结论：无定形物质是过冷液体，而不是真实的固体。这被下列事实所证明：无定形物质没有象所有结晶物质那样有极为明显的熔点，而是逐渐软化的，也就是从不流动的液体转变为流动的液体，而且其外形（颜色、透明度、折射率等）几乎不改变，可是结晶物质在熔化时就立刻改变它的性质。

所有人造的材料中，玻璃是最典型的无定形物质。

玻璃没有明显的熔点，而是逐渐软化或逐渐硬化。它与一切过冷液体相象，很难达到稳定的固体状态，因此，在某种不正常的情况

下，这种状态会比较迅速地析晶——“失透”，同时其特性（无色、透明）也全部失去。

## 粘 度

如将水从一个容器倒入另一个容器，水易从第一个容器里迅速地流出，而甘油或锭子油的流动则相当缓慢，汽车润滑油更慢，等等。液体移动（流动）的阻力是由于液层从某一个方向向另一方向移动时液体自身的内摩擦所引起的。这种内摩擦通常称为液体的“粘度”。

如果加热液体，例如加热汽车润滑油，则其流动变易。因此，加热时液体的粘度减小；反之，冷却时其粘度增大。

每一个在窑旁使玻璃成型的人都知道，玻璃液冷却时粘度增加，反之，加热时玻璃就软化而成为“流动的”了。

玻璃的成型只能在较窄的粘度增长范围——“操作粘度范围”内进行。这种范围只与玻璃的化学成分有关，可是对同一成分的玻璃，其粘度又与温度有关。无论是把玻璃液冷却或加热，也无论是把它经几次加热或冷却，只要达到某一温度时，都有一定的粘度与之相对应。

玻璃液的粘度在温度降低时增加得不均匀。例如，温度从 $1400^{\circ}\text{C}$ 降为 $1000^{\circ}\text{C}$ （下降 $400^{\circ}$ ）时，普通平板玻璃的玻璃液粘度增到10倍；而温度从 $1000^{\circ}\text{C}$ 降为 $600^{\circ}\text{C}$ （同样下降 $400^{\circ}$ ）时，其粘度增到100,000倍，而且玻璃液冷却速度愈大，则粘度增加愈快。从 $600^{\circ}\text{C}$ 到 $500^{\circ}\text{C}$ ，即温度下降 $100^{\circ}$ ，粘度又增到10,000倍，此时玻璃液硬化而出现脆性。

上面已经指出，粘度与玻璃的化学成分有关，但不仅粘度的绝对值，而且粘度随着温度下降的增长速率也与化学成分有关。某一玻璃成分，其粘度增加得比上述实例还要快，这种玻璃通常称为“短性”玻璃。

粘度增加得比上例还慢的玻璃称为“长性”玻璃。

手工成型时，玻璃吹制工能凭经验感觉出操作所需的玻璃液的粘度。机器不能有这种感觉，同时也不可能象人一样地适应玻璃液粘度的变动。机器只能在它所适应的粘度范围内工作。因此，粘度是决定其成型质量的最主要的玻璃性质。

玻璃液在冷却时粘度迅速增长，这是玻璃硬化以后并不转变为一

般固体所具有的结晶状态的原因。自然界所有的硬化过程，均力求达到稳定的最终状态，也就是使这种状态的结构有规则地排列，因此晶体是固体的正常状态。硬化了的玻璃其结晶作用进行得极其缓慢，但某些“陈玻璃”还能观察到混浊现象，从而证明它还有结晶作用。如果玻璃在熔融范围内冷却很慢，因而粘度的增加亦慢，则会发生结晶作用而使玻璃液“失透”。

因为均匀性是玻璃的特性，所以在玻璃的生产过程中必须保证这种均匀性。

正确选择配制配合料的原料，遵守规定的熔制温度和成型温度以及其他条件，是熔制玻璃液的主要条件，因为人们主要制造的不是粗糙的玻璃，而是质量完全符合要求和十分均匀的玻璃。

### 化学组成

要得到熔制和成型性能均符合要求的玻璃液，并由此玻璃液制造具有所需的使用性能的平板玻璃，只有选择合适的玻璃组成才有可能。

许多化学元素的氧化物都已列为现代工业玻璃的组成。目前平板玻璃最普遍采用的化学组成中有五个组成部分：二氧化硅  $\text{SiO}_2$ ，氧化钠  $\text{Na}_2\text{O}$ ，氧化钙  $\text{CaO}$ ，氧化镁  $\text{MgO}$  和三氧化二铝  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

各个氧化物对玻璃的性能有着不同的影响。

二氧化硅是主要的玻璃形成氧化物，它引入玻璃成分中的量为 68~73%。通常随着氧化硅含量的增加，玻璃液的粘度及玻璃的热稳定性亦增加。

氧化钠引入玻璃成分中是为了降低熔制温度和成型温度，同时为了扩大熔融体的操作粘度范围。然而，氧化钠破坏了玻璃的化学稳定性，即使玻璃的抗水、抗碱和抗酸作用的稳定性变坏，而且玻璃的热稳定性亦降低。

氧化钙能提高玻璃的化学稳定性，但易使玻璃有析晶（失透）的倾向。

氧化镁和三氧化二铝（铝氧）减少玻璃的析晶倾向，增大玻璃液的粘度，提高玻璃的化学稳定性和热稳定性。

上述一切氧化物，只有在以适当量和严格规定量加入的情况下，

才能制得有必要性能的玻璃。

多年来,玻璃中各氧化物的百分比经过不断的选择已确定了。目前我国<sup>①</sup>所有工厂采用И.И.基泰戈罗德斯基教授研究出的所谓“铝镁玻璃”成分,其中各氧化物百分含量的变动范围如下:  $\text{SiO}_2$  70~72;  $\text{Na}_2\text{O}$  14.5~15.5;  $\text{CaO}$  7.5~8.5;  $\text{MgO}$  3~4;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  1.3~2。

为使玻璃表面具有良好的光泽,在玻璃成分中借助于氧化钠引入大约0.5%氧化钾<sup>②</sup>。

下面列出在玻璃工厂中用礮子砖法成型的一种玻璃成分(%)作为例子:  $\text{SiO}_2$ —72;  $\text{Na}_2\text{O}$ —14.7;  $\text{CaO}$ —8.2;  $\text{MgO}$ —3.4;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —1.25;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —0.05;  $\text{K}_2\text{O}$ —0.4。

---

① 指苏联。——译者

② 即减少相应的氧化钠量。——译者

## 第二章 原 料

形成玻璃的氧化物用下列各种原料引入：氧化硅用石英砂引入，氧化鈉用純碱或硫酸鈉引入，氧化鈣用白堊、石灰石、大理石和白云石引入，氧化鎂用白云石引入，三氧化二鋁則用伟晶花崗岩和长石引入。

此外，还采用其他各种原料，以加速玻璃的熔制和改善玻璃的性能。

### 石 英 砂

石英砂是配合料的主要組份。用石英砂引入主要的玻璃形成氧化物  $\text{SiO}_2$ ，它在玻璃組成中的含量約为72%<sup>①</sup>。

熔制玻璃需要应用含有不少于98%氧化硅( $\text{SiO}_2$ )的砂子。砂子除含有氧化硅以外，通常还含有各种杂质，其中有些是无害的，它們可以加入配合料成分之中（如鈣、鎂、鋁的化合物等）；其他的杂质，特别是鉄和鉻的化合物，是有害的，它們能把玻璃着成很深的顏色：氧化鉄把玻璃着成淡黃色，氧化亚鉄把玻璃着成藍色。如果玻璃呈淡綠色，这就表示玻璃中两种鉄的化合物同时存在。

石英砂的純度是不能按其外形判断的。純淨的石英砂通常是白色的，但也有不含鉄化合物而呈淡黃色、甚至淡褐色的砂存在。在此情況下，砂的顏色是由有机杂质（腐植土）所引起的，它們有微量存在就能使砂具有显明的顏色。例如，有机杂质质量为0.007%时，将砂着成淡黃色，而0.07%时，就把砂着成淡棕色。这种砂放在瓷坩堝或鉑坩堝內灼烧后，就成为純白色。如果还残留着褐色或色发暗，就表明石英砂內含有氧化鉄：0.02%的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 把灼烧的砂着成淡黃色（旧报纸的顏色）；0.03%的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 使砂成粉紅色；砂中氧化鉄的含量更大时，灼烧后呈褐色。平板玻璃厂所用石英砂的化学組成列于

① 原文为配合料中的含量，但似应指玻璃組成中的含量，因为 $\text{SiO}_2$ 在配合料中的含量达不到72%。——譯者

表 1。

石英砂的化学組成

表 1

矿 床	含 量 %					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O
留別列茨砂	98.5~99.5	0.03~0.34	0.02~0.1	0.02~0.15	0.02~0.1	0.12以下
恰索夫雅尔砂	97.7~99.8	0.10~0.45	0.03~0.1	0.02~0.2	痕 跡	0.10~0.23
阿符捷耶夫砂	97.8~99.4	0.3	0.06~0.13	0.28~0.76	0.14	0.32
維列哥德伏尔砂	98.5	0.6	0.11	—	—	—
米謝隆砂	96.25	1.85	0.34	0.27	0.11	0.72

配合料的熔化速度及玻璃缺陷的数量在相当大的程度上取决于砂粒的大小。粗粒砂（顆粒直径为 0.8 毫米）容易出現“浮渣”，在玻璃中形成結石及其他缺陷，并使玻璃的熔制困难。

按照实际的工艺条件，生产平板玻璃用的砂須經 81 孔/厘米<sup>2</sup>的筛子过筛，但以粒度为 0.4~0.1 毫米的砂效果最好，这种砂能通过 256<sup>①</sup> 孔/厘米<sup>2</sup>筛而留在 2500 孔/厘米<sup>2</sup>的筛上。同时在 900 孔/厘米<sup>2</sup>筛上的筛余应不小于 50%。如果砂中存在着通不过 100 孔/厘米<sup>2</sup>筛的砂粒或在 121 孔/厘米<sup>2</sup>筛上有 5% 的砂粒筛余，則給生产优质平板玻璃

玻璃砂的顆粒組成

表 2

矿 床	顆粒直径为毫米时的粒級量 %						
	>0.8	0.8~0.6	0.6~0.3	0.3~0.2	0.2~0.15	0.15~0.1	<0.1
留別列茨砂	0.19	0.07	15.6	50.7	29.2	3.2	0.3
阿符捷耶夫砂	0.1	0.2	10.7	27.3	45.5	15.2	—
維列哥德伏尔砂	3.17	3.3	33.2	45.1	14.4	2.0	0.2
雅尔伐康德砂	—	0.5	15.2	21.1	38.2	17.6	5.5

① 256 孔/厘米<sup>2</sup>筛的筛孔为 0.38 × 0.38<sup>②</sup> 毫米，但因筛孔对角线长大于 0.5 毫米，所以通过该筛的顆粒直径能达 0.4 毫米。

② 原文为 0.38 × 38 毫米，似应为 0.38 × 0.38 毫米。——譯者



造成很大的困难。同样能通过 4900 孔/厘米<sup>2</sup>筛子的尘状砂亦不应多于 5%。平板玻璃厂所用某些石英砂的颗粒组成列于表 2。

微粒砂 (0.1~0.3 毫米) 容易熔化, 即熔化时不发生什么困难。但普遍存在着关于微粒砂不适合熔制玻璃的见解, 其根据是: 微粒砂中氧化铁的含量极大, 而且微粒砂由于过早地熔化, 使玻璃液以后的澄清发生困难, 尤其是在窑内配合料复盖面大的时候。然而这种见解是错误的, 因为只要正确选择配合料各组分的颗粒组成, 用微粒砂熔制玻璃, 也能得到良好的效果。

砂中粗细颗粒的比例, 即颗粒组成, 较之颗粒度对于玻璃熔制过程起着更大的作用。个别的粗粒砂夹在微粒砂中, 会在玻璃中形成结石, 反之, 如在粗粒砂中存在石英粉尘 (粒径小于 0.05 毫米) 会被废气带入蓄热室, 破坏配合料组成, 使玻璃形成波筋。

### 純 碱 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

玻璃制造业中常用化学工业上人造的无水純碱或“煅烧純碱”。在平板玻璃生产上, 很少应用天然純碱, 因为这种純碱含有大量的有害杂质。

煅烧純碱易吸收水分而结块, 因此須再次粉碎, 这样必然增加附加费用, 为防止这点, 必須把純碱貯存在干燥的并通风良好的堆栈内。

### 硫酸鈉(芒硝)

通常称鈉的无水硫酸盐 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 为硫酸鈉。在自然界硫酸鈉以芒硝 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )、无水芒硝 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 及其他矿物的形态存在。

玻璃工业主要利用从里海 (卡拉保加兹哥尔湾 Кара-Богаз-Гол) 和碱海开采的天然芒硝。人造芒硝是制造盐酸的副产物, 它比天然芒硝純净, 然而亦很少应用它, 因其产量不大。

硫酸鈉应同純碱一样地貯存。

硫酸鈉与純碱一起用来引入玻璃成分中的  $\text{Na}_2\text{O}$ 。用硫酸鈉能全部或部分代替純碱。硫酸鈉又能用来促进玻璃液的澄清。

在玻璃的熔制过程中硫酸鈉不能完全分解。未分解的硫酸鈉呈油