

# 玻璃生产手册

(上 卷)

轻工业出版社

217517

# 玻璃生产手册

(上卷)

[苏] 技术科学博士И·И·基泰戈罗茨基教授等主编

郑庆海 张后尘 等合译  
范垂德 崔茂林



轻工业出版社

1966年·北京

## 内 容 提 要

本手册上卷介绍了玻璃的物理机械性质和化学性质、各种玻璃的工艺特点、生产设备以及生产控制和产品质量检验方面的知识。此外，还阐述了平板玻璃、建筑用玻璃、建筑艺术玻璃、技术玻璃、瓶罐玻璃以及玻璃制成的建筑材料及其制品（玻璃纤维和泡沫玻璃）的生产和用途。

本手册可供从事玻璃工业生产和研究的技术人员以及建筑部门中的有关工程技术人员参考。

### СПРАВОЧНИК ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТЕКЛА ТОМ 1

本书根据苏联建筑工程出版社1963年莫斯科版译出

### 玻 璃 生 产 手 册 (上 卷)

[苏] 技术科学博士 И·И·基泰戈罗茨基教授等主编

郑庆海 张后尘 等合译  
范垂德 崔茂林

轻 工 业 出 版 社 出 版

(北京永安路18号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第118号

中国财政经济出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

\*

850×1168毫米1/32·32<sup>29</sup>/<sub>32</sub>印张·6插页·874千字

1966年1月第1版

1966年1月北京第1次印刷

印数：1~2,100 定价：(科六) 4.90元

统一书号：15042·1240

## 上卷编著者

А·А·阿品 (А·А·Аппен), М·С·阿斯拉诺娃 (М·С·Асланова),  
Н·И·阿莫索夫 (Н·И·Амосов), Э·П·比利丘科娃 (Э·П·Бильтюкова),  
Г·С·鲍格达诺娃 (Г·С·Богданова), Б·И·鲍里索夫 (Б·И·Борисов),  
С·М·勃列霍夫斯基赫 (С·М·Бреховских), Э·И·勃隆什捷英 (Э·И·Б-  
ронштейн), Л·М·布特 (Л·М·Бутт), В·В·瓦尔金 (В·В·Варгин),  
А·Н·达乌瓦利捷尔 (А·Н·Даувальтер), И·П·杜任科夫 (И·П·Дужен-  
ков), Б·Д·叶戈罗夫 (Б·Д·Егоров), Э·З·日托米尔斯卡娅 (Э·З·Жи-  
томирская), С·С·卡亚洛娃 (С·С·Каялова), О·В·克拉斯诺夫斯基  
(О·В·Красновский), Э·Н·卡普利娜 (Э·Н·Каплина), А·Е·科特尼亚  
尔 (А·Е·Котляр), Н·В·科茹霍娃 (Н·В·Кожухова), Э·П·科恰罗夫  
(Э·П·Кочаров), А·А·克费利 (А·А·Кефели), О·В·马卢林 (О·В·Ма-  
зурин), Н·М·麦德维杰夫 (Н·М·Медведев), Г·М·马特维耶夫 (Г·М·  
Матвеев), В·С·马尔恰诺夫 (В·С·Молчанов), Д·Л·奥尔洛夫 (Д·Л·  
Орлов), Л·Д·奥尔洛夫 (Л·Д·Орлов), Н·М·巴符卢什金 (Н·М·Пав-  
лушкин), Э·М·拉比诺维奇 (Э·М·Рабинович), В·Т·斯拉扬斯基 (В·  
Т·Славянский), П·Д·萨尔基索夫 (П·Д·Саркисов), С·И·西利维斯特  
罗维奇 (С·И·Сильвестрович), Ф·Г·索里诺夫 (Ф·Г·Солинов), В·Ф·  
索里诺夫 (В·Ф·Солинов), Н·А·托洛波夫 (Н·А·Торопов), Я·А·费多  
罗夫斯基 (Я·А·Федоровский), М·Д·霍达科夫斯基 (М·Д·Ходаковс-  
кий), М·А·查里生 (М·А·Царицын), Л·П·切普科夫 (Л·П·Цепков),  
И·Е·沙皮罗 (И·Е·Шапиро), В·И·谢留勃斯基 (В·И·Шелюбский),  
А·К·亚赫金德 (А·К·Яхкинд)

# 目 录

原 序 .....	( 11 )
-----------	--------

## 第一篇 玻璃的物理化学性质

第一章 玻璃的性质与其结构的关系 .....	( 13 )
------------------------	--------

1. 玻璃态的概述 .....
2. 决定玻璃性质的结构参数 .....

第二章 硅酸盐系统的状态(熔度)图 .....	( 23 )
-------------------------	--------

1. 绘制硅酸盐系统状态图的一般原理 .....
2. 单元系统状态图 .....
3. 二元系统状态图 .....
4. 三元系统状态图 .....
5. 最重要的玻璃态系统状态图 .....

第三章 熔融玻璃(玻璃液)的性质 .....	( 52 )
------------------------	--------

1. 粘度 .....
2. 表面张力 .....
3. 润湿能力 .....

第四章 玻璃的结晶作用 .....	( 77 )
-------------------	--------

1. 概述 .....
2. 不同系统的玻璃结晶作用 .....

第五章 玻璃的密度 .....	( 114 )
-----------------	---------

1. 密度与玻璃组成的关系 .....
2. 密度与温度的关系 .....

第六章 玻璃的机械性质 .....	( 120 )
-------------------	---------

1. 强度 .....
2. 硬度 .....
3. 弹性 .....
4. 脆性 .....

第七章 玻璃的热性质 .....	(139)
1. 比热 .....	(139)
2. 导热性 .....	(140)
3. 热膨胀 .....	(143)
4. 热稳定性 .....	(148)
第八章 玻璃的电学性质 .....	(154)
1. 体积电导率 .....	(154)
2. 表面电导率 .....	(161)
3. 介电常数 .....	(162)
4. 介电损失 .....	(164)
5. 抗电强度 .....	(166)
第九章 玻璃的光学性质 .....	(169)
1. 玻璃对光线的透过、吸收和反射 .....	(169)
2. 光线在玻璃中的折射、色散和双折射 .....	(199)
第十章 玻璃的化学稳定性 .....	(224)
1. 影响玻璃化学稳定性的各种因素 .....	(225)
2. 第一组物质对玻璃的破坏作用 .....	(225)
3. 第二组物质对玻璃的破坏作用 .....	(227)
4. 非硅酸盐玻璃的化学稳定性 .....	(229)
5. 玻璃化学稳定性的检验方法 .....	(230)
第十一章 玻璃物理性质的检验 .....	(239)
1. 测量结果的整理 .....	(239)
2. 密度的检验 .....	(247)
3. 机械性质的检验 .....	(251)
4. 应力的偏振光学检验 .....	(263)
5. 热性质的检验 .....	(271)
6. 粘度的检验 .....	(278)
7. 表面张力的检验 .....	(286)
8. 结晶能力的检验 .....	(287)
9. 电学性质的检验 .....	(290)
10. 光学性质的检验 .....	(297)

11. 均匀性检验	(302)
12. 光谱分析	(306)
13. 借助贯穿射线检验	(309)
14. 检验及校正玻璃组成的物理方法	(313)
第十二章 玻璃、原料及耐火材料化学组成的检验	(320)
1. 分析流程	(320)
2. 玻璃、原料及耐火材料的化学分析法	(327)
3. 特种化学试剂及必需试剂溶液	(358)
4. 玻璃厂化学实验室设备简述	(364)
第一篇各章参考文献	(365)

## 第二篇 建筑玻璃

第一章 平板玻璃	(392)
1. 分类与品种	(392)
2. 组成与性能	(395)
3. 生产工艺	(397)
4. 生产检验	(426)
第二章 建筑艺术玻璃	(429)
1. 玻璃制的建筑构件	(429)
2. 选择性吸光和吸热的建筑平板玻璃	(457)
3. 建筑彩画用彩色平板玻璃	(462)
4. 镀膜玻璃	(470)
5. 玻璃制的饰面材料	(474)
6. 建筑艺术玻璃	(499)
第三章 泡沫玻璃	(507)
1. 特性与分类	(507)
2. 制造泡沫玻璃的方法	(509)
3. 泡沫玻璃的生产工艺	(515)
第四章 玻璃管	(528)
1. 分类与品种	(528)
2. 管玻璃的组成与性能	(536)



3. 玻璃管的生产工艺	(539)
4. 异形件(管配件)的生产	(554)
5. 凸缘管的生产	(557)
6. 对玻璃管的技术要求	(563)
7. 玻璃管的使用范围	(565)
8. 架空玻璃管道的安装与操作	(566)
第二篇各章参考文献	(572)

### 第三篇 技术玻璃

第一章 石英玻璃	(580)
1. 石英玻璃的种类与性能	(580)
2. 石英玻璃的生产工艺	(594)
3. 石英玻璃零件的连接	(603)
4. 石英玻璃的使用范围及制品的种类	(605)
第二章 光学玻璃	(608)
1. 光学玻璃的种类与性能	(608)
2. 光学玻璃的生产工艺	(613)
第三章 光技术玻璃	(626)
1. 分类与光技术性能	(626)
2. 光技术玻璃制品的品种	(640)
3. 玻璃的组成	(655)
4. 光技术玻璃的生产工艺	(655)
第四章 钢化平板玻璃	(673)
1. 特性、分类与品种	(673)
2. 平面及曲面钢化玻璃的生产	(676)
3. 钢化平板玻璃的检查及试验法	(685)
第五章 平板夹层玻璃	(687)
1. 特性及分类	(687)
2. 夹层玻璃制品的分类	(693)
3. 夹层玻璃的性能	(695)
4. 夹层玻璃的生产工艺	(703)



5. 生产夹层玻璃使用的材料	(712)
6. 夹层玻璃的检验	(718)
7. 使用范围	(722)
第六章 曲面玻璃 (槽沉弯曲法成型)	(724)
1. 性能与分类	(724)
2. 曲面玻璃的生产工艺	(725)
3. 曲面玻璃的质量检验	(733)
第七章 实验室仪器玻璃	(734)
1. 种类及性能	(734)
2. 实验室仪器玻璃的生产工艺	(739)
第八章 温度计玻璃	(744)
1. 温度计玻璃的种类、性能特点和温度计的品种	(744)
2. 温度计的制造工艺	(759)
第九章 医用玻璃	(766)
1. 制品的分类与品种	(766)
2. 玻璃的组成及性能	(784)
3. 医用玻璃制品的生产工艺	(787)
第十章 电极玻璃	(799)
1. 电极玻璃的性能及组成	(800)
2. 电极玻璃和电极本体玻璃的生产工艺	(807)
第十一章 玻璃焊药	(811)
1. 焊药的种类及组成	(811)
2. 焊药的生产工艺	(811)
第十二章 原子技术玻璃	(817)
1. 防射线玻璃	(817)
2. 耐辐射玻璃	(824)
3. 剂量计玻璃	(838)
4. 核反应堆用玻璃	(843)
第三篇 各章参考文献	(845)

## 第四篇 玻璃纖維和玻璃鋼

第一章 玻璃纖維 .....	( 855 )
1. 玻璃纖維及其制品的分类 .....	( 855 )
2. 生产玻璃纖維用玻璃的组成及性质 .....	( 859 )
3. 玻璃纖維、耐高溫无机纖維及以它为原料制得的材料的 物理化学性质 .....	( 865 )
4. 玻璃纖維制品的种类 .....	( 884 )
5. 玻璃纖維的生产方法 .....	( 895 )
6. 玻璃纖維及其制品的检验法 .....	( 916 )
7. 玻璃纖維材料的应用范围 .....	( 919 )
第二章 玻璃鋼 .....	( 922 )
1. 玻璃鋼的分类及一般性质 .....	( 922 )
2. 玻璃鋼的品种及性能 .....	( 928 )
3. 玻璃鋼的生产工艺 .....	( 931 )
第四篇各章参考文献 .....	( 941 )

## 第五篇 瓶罐玻璃和器皿玻璃

第一章 玻璃瓶罐 .....	( 944 )
1. 玻璃瓶罐的分类与品种 .....	( 944 )
2. 瓶罐玻璃的组成 .....	( 956 )
3. 玻璃瓶罐的生产工艺 .....	( 957 )
4. 玻璃瓶罐的退火及鋼化 .....	( 986 )
第二章 器皿玻璃 .....	( 1008 )
1. 器皿玻璃制品的分类与品种 .....	( 1008 )
2. 器皿玻璃生产工艺 .....	( 1012 )
第三章 器皿和艺术裝飾制品玻璃 .....	( 1039 )
第五篇各章参考文献 .....	( 1051 )



## 原 序

尽管在苏联已经发表了很多有关玻璃的专题论文，出版了很多玻璃生产技术书籍和教科书，但是到目前为止，我们还没有一本玻璃工业生产手册。

本书的出版乃是教学人员和生产人员集体编写玻璃和玻璃制品生产手册的初次尝试。

本手册共分两卷。在上卷中研究了玻璃的物理化学性质、各种类型的建筑玻璃和技术玻璃、玻璃纤维和玻璃钢，以及瓶罐玻璃和器皿玻璃。在下卷中探讨了玻璃工艺方面的问题，包括有关玻璃熔制的理论及实践、热工和工艺设备以及生产控制和自动化方面的知识。

上卷共分五篇。第一篇阐述了有关玻璃结构的某些理论问题，并介绍了玻璃液和玻璃的特性：物理性质、机械性质和化学性质。在本篇中还很注重检验玻璃液和玻璃性质的现代方法，并简短地叙述了这些方法和所使用的仪器。无疑令人感兴趣的是本篇中还包含有大量不同玻璃组成的化学测定方案以及这些组成中所含各氧化物和元素的测定法。

在以下各篇中则分别介绍了建筑玻璃（平板玻璃、泡沫玻璃）、技术玻璃（石英玻璃、光学玻璃、光技术玻璃和夹层玻璃等）以及玻璃制品（玻璃砖、多层中空玻璃和玻璃管等）的有关生产常用资料。关于在现代建筑材料中已占重要地位的新型建筑材料（玻璃纤维及其制品——玻璃钢）则作为单独一篇加以介绍。

在这几篇中还述及产品品种、玻璃化学组成、玻璃及其制品的物理机械指标和化学指标、工艺流程图、主要机械设备和热工设备的技术性能。

本手册所引用的全部资料都是来自苏联工厂实践，只有在某些情况下（主要是个别类型的技术玻璃）才引用别国资料。手册中还载有建筑和国民经济其他部门中采用各种玻璃的建议和个别技术规定。

# 第一篇 玻璃的物理化学性质

## 第一章 玻璃的性质与其结构的关系

### 1. 玻璃态的概述

玻璃态是无定形物质的主要变态，是液态熔体的过冷状态。玻璃态物质是具有一定透明度的均一的脆性固体，其断口为贝壳状。除外貌相似外，这种物质还具有共同的物理化学特性。

玻璃的物理化学特性是：

1. 各向同性，即其性质在各个方向均相同；
2. 加热时，不像晶体那样熔化，从固态到粘滞态(高粘度的)是逐渐软化的，最后变成熔融态，而且不仅粘度是连续变化的，其他性质也是如此(图 1)；
3. 熔融和固化是可逆的，即加热到熔融状态再按同一制度冷却之后仍可恢复原来的性质(如果不析晶的话)；
4. 在适宜的温度条件下具有析晶倾向。

主要以二氧化硅熔制的玻璃(硅酸盐玻璃)在各种不同的无机玻璃中具有特别重要的意义。

除二氧化硅之外，硅酸盐玻

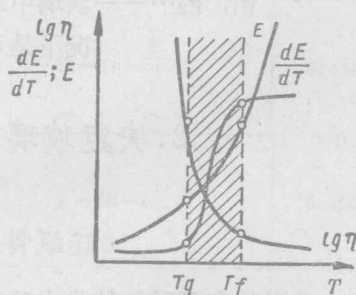


图 1 玻璃某些性质与温度关系的特性曲线

$\eta$ —玻璃粘度； $E$ —比热或热含量； $\frac{dE}{dT}$ —热容或热膨胀系数；阴影线指的是在相应粘度  $T_g \sim 10^{13}$  泊及  $T_f \sim 10^9$  泊温度之间的“反常”区

玻璃中还可引入各种不同类型的氧化物： $\text{Me}_2\text{O}$ 、 $\text{MeO}$ 、 $\text{Me}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MeO}_2$ 、 $\text{Me}_2\text{O}_5$ 、 $\text{MeO}_3^*$ 。

按照系统组成来说，硅酸盐玻璃似乎是多种氧化物的混合物；按照本性来说，它不是物理混合物更不是机械混合物，而是特殊形态的真实固熔体——不定的化合物。

玻璃的性质取决于组成、熔制温度、压力和时间，换言之，取决于“热历程”\*\*。在玻璃中保留着较高温度下所固有的结构。

以前，许多研究人员提出了根据加和法则按组成进行玻璃性质计算的方法。对于个别性质及某些限定的组成区域（无论定性或定量）应用加和法则实际上均是可能的。

目前一般是按下式计算玻璃的性质：

$$g = \frac{a_1 \bar{g}_1 + a_2 \bar{g}_2 + a_3 \bar{g}_3 + \dots + a_n \bar{g}_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}$$

式中  $g$  ——玻璃的性质；

$a_1, a_2 \dots$  ——玻璃中氧化物的克分子份数或重量份数（在个别情况下用百分数或份数）；

$\bar{g}_1, \bar{g}_2 \dots$  ——玻璃中氧化物部分性质的特性数字，一般情况下是可变的并与玻璃结构有关。

## 2. 决定玻璃性质的结构参数

### 硅氧骨架的键强度

硅酸盐和硼酸盐转化成玻璃态的倾向最大，而磷酸盐及其他一些化合物形成玻璃态的倾向最小。另一特征是结晶硅酸盐和硼酸盐还有特殊“网络”结构。

在结晶的硅酸盐结构中，“网络”或者骨架、网格的存在使它在

\* Me——表示金属，系Металл之缩写——校者注。

\*\* 热历程(Тепловая история)指热处理的过程——校者注。



熔融状态下具有很高的粘度，并极易转化成玻璃态。连续的“网络”（以下称为骨架）亦保留于玻璃态中，其差别仅在于：在玻璃态中骨架的结构是无序的（见图3）。

连续的“网络”可能扩张为一元、二元或三元，这就决定了玻璃硅氧骨架具有不同的键强度。

键强度以系数  $f_{si}$  表示，它等于硅离子（原子）数对氧离子（原子）数的比值。随系数  $f_{si}$  的减小，硅氧骨架的键强度也减小，即在玻璃的连续网中断裂的数目增加。系数  $f_{si}$  反映了硅氧骨架的结构特征以及硅酸盐玻璃的主要结构单元——硅氧四面体  $[SiO_4]$  的状态（表1）。

表1 硅酸盐玻璃硅氧结构的单元

状态	硅氧基类型	四面体状态的代号	$f_{si}$
1	$[SiO_2]_{\infty}$ 三元连续	$\begin{array}{c} \text{)} - \text{Si} - (\text{)} \\   \\ \text{)} \end{array}$	0.500
2	$[SiO_{2.25}]_{\infty}$	$\begin{array}{c} \text{)} - \text{Si} - \text{O} - \text{Si} - \text{O} \\   \qquad \qquad   \\ \text{)} \qquad \qquad \text{)} \end{array}$	0.444
3	$[SiO_{2.5}]_{\infty}$ 二元连续	$\begin{array}{c} \text{)} - \text{Si} - (\text{)} \\   \\ \text{O} \end{array}$	0.400
4	$[SiO_{2.75}]_{\infty}$	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{)} \\   \qquad \qquad   \\ \text{)} - \text{Si} - \text{O} - \text{Si} - (\text{)} \\   \qquad \qquad   \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \end{array}$	0.364
5	$[SiO_3]_{\infty}$ 一元连续	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{)} - \text{Si} - (\text{)} \\   \\ \text{O} \end{array}$	0.333

(续上表)

状态	硅氧基类型	四面体状态的代号	fsi
6	$[\text{SiO}_{3.5}]_2$ 双四面体	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \quad \text{O} \\   \quad \quad   \\ \text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O} \\   \quad \quad   \\ \text{O} \quad \quad \text{O} \end{array}$	0.286
7	$(\text{SiO}_4)_1$ 四面体孤岛	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O}-\text{Si}-\text{O} \\   \\ \text{O} \end{array}$	0.250

〔注〕符号~代表半个氧原子，另外半个氧原子与另一个硅原子（“骨架氧”）相连；符号O代表原子氧，一个价键与硅相连，另一个价键与相邻的2~3个 $\text{Me}^{1+}, 2+$ 型阳离子构成离子键（“阴离子氧”），这样的氧原子是连续骨架断裂的地方。

氧化物 $\text{SiO}_2$ 以不同类型的四面体 $[\text{SiO}_4]$ 存在于玻璃中。这种四面体随玻璃中 $\text{Me}_2\text{O}$ 和 $\text{MeO}$ 组份的数量不同具有不同的性质。当计算玻璃的性质时，结构的这一特性应这样考虑，即： $\text{SiO}_2$ 的计算因数应是可变的。

A·A·阿品 (A·A·Аппен) 拟定了计算玻璃性质的方法。他规定当 fsi 的值由0.5到0.4时， $\text{SiO}_2$  的计算因数是连续变化的。在此组成区域中，随 fsi 系数的减少二氧化硅逐渐由状态1过渡到状态3（见表1）。

### 阳离子的配位状态

载有高电荷的阳离子 ( $\text{P}^{5+}$ 、 $\text{V}^{5+}$ 、 $\text{Si}^{4+}$ 、 $\text{Ti}^{4+}$ 、 $\text{Zr}^{4+}$ 、 $\text{Ge}^{4+}$ 、 $\text{B}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 等等) 与氧结合形成牢固的配位多面体 $[\text{MeO}_n]$ ，玻璃中的这种多面体，如同在结晶硅酸盐中一样，也保持一定的固定性。周期系中第八族典型离子络合剂 ( $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ ) 以及极化度较高的阳离子 ( $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 等等) 也能与氧形成较牢固的方向键。