

198932



玻璃工艺学

上册

И. И. 基泰戈罗德斯基 Н. Н. 卡恰洛夫
В. В. 瓦尔金 К. С. 叶甫斯特罗耶夫
В. В. 金兹布尔格



建筑工程出版社

913
551

高 等 学 校 教 学 用 书

玻 璃 工 艺 学

上 册

前重工業部建筑材料工業管理局編譯科 譯

建 筑 工 程 出 版 社 出 版

• 1958 •

內 容 提 要

“玻璃工艺学”教科書共分四篇。

第一篇“玻璃的物理化学”，叙述玻璃熔融状态和固体状态的物理化学性質。

第二篇“玻璃工艺学原理”，叙述玻璃形成和玻璃加工过程的理論基础。

第三篇“玻璃热工学”，講述玻璃熔密及其計算。

第四篇“工業玻璃和特种玻璃的生产”，叙述制造各种玻璃制品的生产过程。

本教科書是根据高等教育部批准的教學大綱編写的，供玻璃工艺專業的大学生閱讀。

本教科書主要是由兩高等學校，即榮膺列宁勳章的莫斯科Д.И.門捷列夫化工學院和榮膺紅旗劳动勳章的列宁格勒連索維特化工學院的玻璃工艺教研室集体編写的。

除主要著者外，还邀請玻璃和玻璃纖維研究所的科学工作者以及从事生产的工程師編写了个别章节。

原書經苏联高等教育部批准为高等工業学校矽酸鹽專業教科書。本書分上下兩冊出版。

本書(上册)經王化平、蔣国栋、李湧森和鄭思久四位工程師技术审查。

玻 璃 工 艺 学

前重工業部建筑材料工業管理局編譯科譯

•

建筑工程出版社出版(北京市阜成門外大街)

(北京市書刊出版業營業登記證出字第052号)

建筑工程出版社印刷厂印刷·新华書店發行

書号 1092 300 千字 850×1168 1/32 印張 13 1/2 插頁 1

1958年8月第1版 1958年8月第1次印刷

印數：1—3,040 册 (10)2.20 元

目 录

序 言	6
第一篇 玻璃的物理化学(技术科学博士 K. C. 叶甫斯特罗皮耶夫教授)	15
第一章 物質的玻璃状态与玻璃結構	15
第二章 玻璃液的性質	29
1. 玻璃的結晶性能	29
2. 玻璃的粘度	35
3. 熔融玻璃的表面張力	46
第三章 玻璃的化学性質	52
第四章 玻璃的物理性質	60
1. 玻璃的密度	60
2. 玻璃的机械性質	61
3. 玻璃的热性質	68
4. 玻璃的光学性質	78
5. 玻璃的电学性質	97
第二篇 玻璃工艺学原理	100
第五章 玻璃熔制的理論基础(技术科学博士 И. И. 基泰戈罗德斯基教授)	110
1. 玻璃熔制过程的各个阶段	110
2. 矽酸鹽形成和玻璃形成	112
3. 澄清和均化	140
4. 玻璃液的冷却	153
5. 高温下的玻璃形成	154
第六章 玻璃熔化(技术科学博士 И. И. 基泰 戈罗德斯基教授)	158
1. 决定玻璃熔化过程速度的各項因素	158
2. 玻璃的薄層熔化法	168
3. 坩堝和池窑內熔化玻璃的标准温度制度	172

第 七 章 玻璃液的缺陷(技术科学博士	
基泰戈罗德斯基教授)	180
1. 气体夹杂物	181
2. 玻璃状夹杂物	186
3. 结晶夹杂物	190
第 八 章 玻璃的成型(苏联科学院通讯院士	
H. H. 卡恰洛夫教授)	202
1. 玻璃成型的理论基础	202
2. 成型方法	211
第 九 章 玻璃的冷加工	249
1. 玻璃研磨和抛光过程的要点	249
2. 磨料	252
3. 主要工艺因素对玻璃研磨过程的影响	264
4. 主要工艺因素对抛光过程的影响	269
5. 平板玻璃研磨和抛光机	273
6. 玻璃连续研磨和抛光设备的主要计算项目	279
第 十 章 玻璃表面的化学处理(技术科学硕士 Г. Г. 山秋	
林讲师)	287
1. 玻璃的蚀刻理论与实践	295
2. 玻璃化学处理方法	297
3. 玻璃印花	306
4. 玻璃表面的镀金属法	306
第三篇 玻璃热工学	306
第十一章 玻璃熔窑	307
1. 加热方法的发展	348
2. 窑炉的类型、结构与操作原理	352
3. 玻璃熔窑的计算	364
4. 各种生产用窑炉	368
5. 玻璃熔窑的操作	373
6. 玻璃机械化成型装置	373

1. 退火爐·····	373
第十二章 輔助窯爐·····	373
2. 二次加熱玻璃用窯爐·····	383
第十三章 控制和自動調節·····	388
1. 儀表控制·····	388
2. 自動控制·····	392
第十四章 玻璃窯用的耐火材料(技術科學博士 H.B. 索洛明教授)·····	395
1. 玻璃工業用的耐火材料·····	395
2. 耐火材料在玻璃熔窯中的作用·····	403
3. 玻璃窯用耐火材料的製造·····	411
4. 對玻璃窯用耐火材料的技术要求·····	423

序 言

現代技術廣泛地利用玻璃的物理性質和化學性質的優良的綜合性能。汽車、飛機、火車車廂、電氣列車、內河輪船，海船等都裝有磨光玻璃，並裝有利用玻璃某些性能的儀器。在陸路、水路和航空上有千百萬個有色信號燈和利用單色燈的特殊裝置，照耀着路程，并向火車司機、船長和飛機領航員預告危險地方和着陸場地等等。

將來的技術要比現在更好地利用各種玻璃不僅能透過和吸收光譜的可見部分，而且能透過和吸收紫外綫和紅外綫的這種性能。將創造出數百種具有不同照明技術特性及光學性質的濾光器。

目前，紅外綫燈已利用來干燥漆、琺瑯、粘土制品，而能透過紫外綫的玻璃已應用於醫學上了。

可以想像，在不久的將來能在用紅外綫燈代替瓦斯燈來加热的耐热器中做飯。食品工業可以利用玻璃來包裝，食品中的維生素由於玻璃吸收了对維生素有害的光綫可以長期保存。紫外綫將更加廣泛地用於醫療上，用於北部邊疆暖室裡使植物迅速生長。

經過淬火的機械強度高的耐急冷急热的和硬化的玻璃可用來製造化學工業上用的冷凝器和蒸發器。

近幾年來，由於新品種的建築、裝飾用玻璃和絕热用玻璃的出現，建築技術更加豐富多采了。

空心玻璃砌塊、面磚和飾面板可用來建築公共建築物，並且可用於裝飾鐵道和地下鐵道的車站。

蘇聯首創的最新建築絕緣材料——泡沫玻璃，具有獨特的綜合性能。泡沫玻璃比水輕五分之一，它具有與建築用磚同樣的機械強度，它的導熱係數低，並具有化學穩定性。這些性質就決定了它很快地被用作良好的有效的絕热材料。

泡沫玻璃在冷卻設備的建造中代替了軟木塞。混凝土、鋼筋混凝土、陶瓷和泡沫玻璃配合使用可以為民用建築和工業建築物的裝配式建築和快速建築工程製造輕型建築用隔板。泡沫玻璃可

以作暖气管道絕热之用。它可以用在建造海河运输船只的工程上，以及用来制造救生器，也可以染成任何顏色作为裝飾材料之用。

玻璃用于电气真空，电气工業，化学工業，紡織工業，汽車工業，航空工業，食品工業，医疗器具、机器和仪器制造工業，香料制造工業和其他等工業部門中。

所有大多数的元素，其中也有稀有元素都用来制造光学玻璃。日益發展着的技术，在光学玻璃生产面前提出了一些新的复杂的任务，这些任务在玻璃結構的科学成就基础上是可以順利解决的。

特殊實驗室用的玻璃和長期貯存疫苗的細頸小玻璃瓶是生物学家、生理学家和医学家进行科学研究时所必备的。

原子核物理学要求創造出廻旋加速器和电子廻旋加速器構件用的新玻璃。

从直徑为 2—3 微米的玻璃纖維到重若干吨的天文台反射望远镜，这就是玻璃制品的生产范围，这些制品是近几十年来創造出来的，它們促进了科学技术在其他知識領域和国民經济部門的發展。

玻璃的历史如何呢？

在 M. B. 罗蒙諾索夫致 И. И. 舒万洛夫“关于玻璃的用途”的精彩詩体信中也提到玻璃的前期历史。

他写道：

“什么东西烈火不能摧毀；

地球上一切物質最后都被它消毀；

玻璃是火所生；火是玻璃的双亲”。

玻璃最初由于火山噴出的火焰而形成。火山噴出而凝固的酸性熔岩变成了各种顏色的大塊天然玻璃。

生活在青銅时代的人們，利用了这种天然玻璃——火山玻璃，用它制造各种器具和所需用的工具。博物館現在貯藏有火山玻璃作成的刀子、剃刀、鏡子的最古代标本。

埃及人，以及米索不达米亚的居民根据最新的资料，在紀元前 3000—4000 年就能制造玻璃了。

在埃及在紀元前 1560—1350 年玻璃的生产就已达到了兴盛时期，当时埃及国家的首都菲威成了玻璃制造的中心。

公元前一世紀玻璃制造术从埃及傳入意大利，而公元一世紀下半叶一开始玻璃作坊就在羅馬奠定了基础，羅馬很快地变为玻璃制造的最大中心，同时与亞力山大順利地进行着竞争。

玻璃制造术从羅馬傳遍了全羅馬帝国。西班牙，哈里（现在的法蘭西），南不列顛，西日尔曼和现在苏联領土的黑海北岸都出現了很多的玻璃作坊。

古代埃及玻璃制品是由热的粘性玻璃溶体用塑型方法制成的。玻璃的压制法很早就已知道了。而玻璃吹制技术的發明要晚得多。

后来，在威尼斯玻璃制造迅速地發展。而在九世紀它已同康士坦丁堡互相竞争，从地方市場上排挤拜贊庭玻璃。十字軍佔領康士坦丁堡（其中也有威尼斯人）以后，1204 年威尼斯玻璃制造业得到了进一步發展的特別强大的推动力。由于强迫使康士坦丁堡的玻璃工迁移到威尼斯，所以加强了它自己的生产并削弱了竞争者。因此威尼斯就变成当时的玻璃制造中心，并在十六——十七世紀前一直保持着自己的势力。

当威尼斯將要成为地中海最强的海上强国时，它同鄰近的西方国家进行了广泛的貿易，玻璃曾經被編写成威尼斯最有名的論文。

威尼斯玻璃制品是多种多样的，并且有很高的艺术价值。

1291 年所有的玻璃工被借口火災安全而事实上是为了更便于監視他們而迁移到距威尼斯兩公里的穆蘭諾島。当时玻璃工被禁止离开威尼斯共和国国境。洩露职业秘密者处以死刑。

这一时期玻璃制造术从 Г. 阿戈里科尔的著作中就可以知道。1612 年在佛罗倫薩發表的佛罗倫薩僧侶安托紐聶里的著作对于玻璃制造的历史有特殊貢獻。

十七世紀歐洲一些國家出現第一批玻璃工廠，其中有在1635年俄羅斯沃斯克列辛斯克城附近杜罕宇鎮出現的第一個玻璃工廠。

但是還遠在這個工廠出現以前，十世紀十一世紀之間在基輔玻璃和琉璃裝飾品的生產已有發展。這些制品具有修飾品的精緻性和優美性，並且輸出了國外。

B. B. 赫沃依克的發掘使人信服地証實，俄羅斯玻璃製造業出現的時期應當是在第一基輔公爵時代。

第一個玻璃工廠建立後，大約經過卅年在莫斯科近郊伊茲馬依洛夫村開始建立了第二個玻璃工廠。伊茲馬依洛夫玻璃工廠的產品質量比杜罕宇工廠還高。

十八世紀，莫斯科四周已有六個玻璃工廠。

1752年批准了“羅蒙諾索夫教授開辦製造各色玻璃、玻璃珠、玻璃球及其他服飾品作坊的許可証，專利權為期30年”。1760年出現第一馬利切夫玻璃工廠，而1764年建立了巴赫美奇耶夫水晶玻璃工廠，即現在的“紅色巨人”水晶玻璃工廠。

玻璃工廠的數量在十九世紀劇增。1812年玻璃工廠共有156個，到1883年其數量增長到196個，而到1913年俄羅斯擁有75000工人的275個玻璃工廠已進行着生產。這些工廠的年產值是6500萬盧布。

雖然玻璃工廠數量很多，但整個玻璃工業，倘不算10—15個大型工廠的話，還是很落後的。在大多數情況下，它們的電力裝備為10—15千瓦特。

玻璃工業在蘇維埃時代根本變了樣。已於1926年在達蓋斯坦建成了設有垂直引上平板玻璃的機器的第一個機械化玻璃工廠並且投入了生產。

繼在“達蓋斯坦之火”玻璃工廠之後康斯坦金納夫克第二個工廠又開工了。平板玻璃的生產已經機械化，裝備了20架玻璃垂直引上機。就平板玻璃生產規模而言，這個工廠是歐洲最大的工廠。1936年這廠的窗玻璃產量達到1100萬平方公尺，超過了革

命前俄国 1913 年全部窗玻璃工厂生产玻璃数量的一倍。

新的巨大的玻璃企业一个跟随一个投入了施工，这些工厂是：谷西赫鲁斯塔利的崙尔仁工厂，列宁格勒附近察戈多申工厂，高尔可夫工厂，高美里工厂，烏蘭烏間工厂及其他改建的工厂。

1936年窗玻璃总产量为9200万平方公尺。

同时在奥魯杜尼基芝、海尔松和其他地方建立了瓶玻璃工厂和玻璃罐頭工厂。而日用器皿玻璃和电灯泡玻璃工厂的机械化則稍晚些。

在斯大林五年計劃中玻璃工業已加以根本改造。在很短的时期內用近代技术装备的强大的玻璃工業建立起来了。

苏联的玻璃工業已佔欧洲第一位，而居于德国、比利时，法国，意大利及其他国家的玻璃工業的前面了。应当記得，帝俄的玻璃工業 1913 年在欧洲是佔第十一位的。

苏联掌握了所有各种技术玻璃和玻璃纖維制品的生产，沒有任何一种玻璃需要輸入。在这个期間，培养了設計工程师、建筑师和工艺师，这些干部都能自己設計、建造和領導大型玻璃工厂。新玻璃熔窑和玻璃制造机器的优秀的設計师成長起来了。

工程师和斯达哈諾夫的創造發明的思想使玻璃制造技术日新月异。先进的玻璃工業工作者，在斯大林五年計劃內，在玻璃技术上創造了許多新的方法，設計出并掌握了減輕工人劳动的新机器和器械。俄国学者和苏联的学者在解决玻璃制造的最重要理論和实际問題方面在世界上佔居优先地位。

M.B. 罗蒙諾索夫是用科学方法制造玻璃的第一个俄国学者和奠基人。用許多氧化物作为玻璃成份的試驗，首先是由 M.B. 罗蒙諾索夫完成的，并且比国外要早。

从 1748 年起，即从在俄罗斯組織第一个科学化驗室时起，M.B. 罗蒙諾索夫就进行了玻璃化学和玻璃工艺方面的極緊張的研究工作。1764 年他写道：“这里有四千多次試驗，这不仅是拟好配方，而是大部分用自己的手秤量物料并放入窑中”。M.B. 罗蒙諾索夫非常重視理論与实际的結合，他說：“我竭一切可能的力

量，来制造各种颜色的玻璃，因而在这方面有了预期的进步。在所有这些实验当中我也把属于化学理论的一些情况记载下来”。

M.B. 罗蒙诺索夫在玻璃方面的研究，是在玻璃制造科学和技术历史上，根据如此广泛考虑过的计划所完成的初次的研究。M.B. 罗蒙诺索夫制造了很多像万能材料一样的大众化玻璃。他写给M.H. 舒万洛夫的信“关于玻璃的用途”是带有诗意的和科学的书函的鲜明范例。罗蒙诺索夫在信中讚扬玻璃的透明性同时并深刻地说明透明性的物理性质问题，并且着重指出玻璃透光性和其对热射线不透性间的差别。

M.B. 罗蒙诺索夫对有色玻璃做了许多研究工作。他研究了各种着色剂在不同介质（还原的和氧化的介质）中的影响。在研究制造贵重红宝石的条件时，M.B. 罗蒙诺索夫逐渐从二成份玻璃过渡到最复杂的玻璃——六成份玻璃。1751年罗蒙诺索夫发现了制造贵重红宝石的秘密并制造成功了。同年，即在肖特前130年，他研究了汞盐对玻璃颜色的影响。在加鲁库鲁特前120年，罗蒙诺索夫已把镁和铈加入玻璃中。

1754年罗蒙诺索夫在离彼得堡70公里的乌斯奇露吉茨村建立了“制造各种颜色玻璃和用它制成玻璃珠、玻璃球及其他服饰品”的工厂，并投入了生产。他在组织这个工厂当中表现出很大的不屈不挠的精神、发明天才和毅力，这个工厂实际上是试验工厂或大型的实验室。

在这些工厂中组织生产了多品种玻璃制品。

最有名的玻璃镶嵌图案是罗蒙诺索夫用“拉制的玻璃镶嵌物”，也就是用拉制的四角截面棒，后来按一定的尺寸截断并用水泥固结而制得的。这种“拉制的玻璃镶嵌物”是按着罗蒙诺索夫的成份在乌斯奇路吉茨村制造的。从制造时开始到现在虽已过了200年，直到今天玻璃镶嵌物还保持了鲜明的颜色。

K.Γ. 拉克斯曼院士作为在玻璃熔化中采用硫酸盐的发起者载入俄罗斯工业史中。他建议以天然盐类来代替先前从木质得到灰份和钾碱。他的发明被遗忘了18年，只是在苏维埃时代拉克斯

曼的工作才得到評價。但是直到現在為止含鹼的岩石還沒有充分地利用在玻璃制造上。

В.М.謝維爾金的著作对整个矽酸鹽工艺有很大的貢獻。在他的著作里可以看出他对陶瓷物体中玻璃相的作用有着深刻的理解。

Д.И.門捷列夫称他为最优秀玻璃工艺專家的С.П.彼圖霍夫(С.П. Петухов)，在玻璃工業的發展上有很大的貢獻。彼圖霍夫在其玻璃鑲嵌物的工作上，繼承了М.В.羅蒙諾索夫的傳統。他的“玻璃制造”一書在經過50年的今天还有很大的科学价值。

А.К.楚貢諾夫(А.К.Чугунов)在1851年曾建議制造配合料的新方法——將配合料压成料塊。配合料压成料塊的問題就是在今天还是很有现实意义的。

在玻璃工厂長大、童年又在玻璃熔窑旁渡过許多時間的Д.И.門捷列夫，終生对玻璃工艺保持了很大的兴趣。在他給С.П.彼圖霍夫所著一書写的序言中，对時間不允許他献身于玻璃科学表示惋惜。但是，許多工作証实他在玻璃方面有着很丰富的知識。

Д.И.門捷列夫最亲近的学生之一В.Е.季申柯院士在玻璃工艺方面作了很多的工作。他的第23号和第24号化学玻璃的成份，到現在还用在化学實驗室器皿的生产中。

Д.С.羅士傑斯特溫斯基(Д.С.Рожественский)院士从国立光学研究院成立的一天起就領導这个研究院，他是苏联光学玻璃生产組織者之一。他培养了光学和光学玻璃方面的大批卓越的主要学者。

Г.Ю.茹可夫斯基(Г.Ю. Жуковский)教授在組織光学玻璃熔化方面所起的作用是很大的。

大家知道，В.С.什維佐夫(В.С.Швецов)教授是1918年成立的矽酸鹽科学研究院(ГЭЕС)的領導者，是科学研究干部的培养者，是許多代表大会和會議的發起者。

許多俄罗斯学者和苏維埃学者工作的概述証明了，他們在世界玻璃制造發展上的作用是極其偉大的。

特別是蘇維埃時代，給科學和技術的發展創造了新的條件並且成立了專門的科學研究院，這種作用就更加發揮了。

在帝俄時代既沒有玻璃研究院，也沒有實驗室和教研室。十月革命後，在列寧格勒成立了國立光學研究院並在莫斯科成立了全蘇玻璃研究院。1925年起成立了矽酸鹽工藝學教研室，而後在莫斯科Д.И.門捷列夫化工學院成立了玻璃工藝學教研室，並大約在同一時期也在以列寧格勒蘇維埃命名的列寧格勒化工學院成立了玻璃工藝學教研室，在托姆斯克、哈里可夫、基輔、諾沃切爾卡斯克和斯維爾德洛夫、伊諾夫、高爾基、契姆肯特、里沃夫、明斯克的學院中均成立了矽酸鹽工藝學教研室，在這些教研室中玻璃工藝學佔了很重要的位置。

在國立光學研究院創立的矽酸鹽技工學校和玻璃技工學校的基礎上，便有可能於1948—1950年成立新的蘇聯科學院矽酸鹽分院。

1929年由矽酸鹽研究院分設了全蘇玻璃研究院，1932年在全蘇代表會議上就表明了这个研究院在玻璃工業的發展中，能够起着主导作用。在这个代表會議上很多的科學報告証明了科學干部的增長。

这个研究院的巨大的科學試驗工作包括了很廣闊的理論問題和實際問題。

絕大多數的研究工作是關於下列各方面的：幾元系統的研究，粘度，表面張力和結晶，技術玻璃的物理化學性質，玻璃的退火和淬火，玻璃化學穩定性和瑤瑯，玻璃熔鑄的操作制度，玻璃絲，玻璃的熔化和耐火材料等。

以列寧格勒蘇維埃命名的列寧格勒化工學院和莫斯科Д.И.門捷列夫化工學院的玻璃工藝學教研室，也促進着玻璃科學的發展，並給玻璃工業以技術幫助。這些教研室還研究了下列重要問題：

關於玻璃的研磨和拋光以及研究彫刻玻璃的工藝學（以列寧格勒蘇維埃命名的列寧格勒化工學院）；

关于玻璃的結晶和鋁鎂玻璃，研究泡沫玻璃工艺学和玻璃水泥磨料（莫斯科 Д.И. 門捷列夫化工学院）。

我国研究院同厂矿工作人員紧密合作所进行的科学研究工作，推动着我国的玻璃工業前进。

科学研究人員和工厂的工作人員在創造新的技术方法、發現新的原料、新的工艺制度上表现出勇敢和積極性，并正在發掘提高劳动生产率的潛力。玻璃工業工作者在最近几年內無疑地要解决下列重要任务：

广泛利用非金属矿的原料貯藏量；

改造玻璃熔窑以大大提高玻璃熔窑的效率；

使玻璃制品的成型和加工机械化以完全廢除費力的生产过程；

全部玻璃生产过程的自动化；

研究新的玻璃成份；

进一步發展建筑用玻璃和新品种技术玻璃的生产。

列宁—斯大林党所指导并鼓舞着的苏維埃科学和技术，完全能够順利地解决共产主义建設时代所提出的这些任务。

第一篇 玻璃的物理化学

第一章

物質的玻璃状态与玻璃結構

“凡由熔融物过冷所得，并因粘度逐渐增加而具有固体机械性质的無定形物体，不管其化学成分及硬化温度范围如何，均謂之玻璃，而且由液态变为玻璃态的过程应当是可逆的”。苏联科学院术语委员会所规定的玻璃这一普通定义，包含了任一玻璃态系统所固有的最为代表性的性质。玻璃态物质是無定形的各向同性物质，即其性质与其测定的方向无关。

因为玻璃各方向都具有均一的結構，所以它是各向同性的。結構的均一性使玻璃沒有双折射。仅仅由于玻璃中的机械应力可能产生暫时的双折射，但会随着这些应力的消除而消失。

因为玻璃态系统是將熔体过冷而得，所以它是介稳的系统。玻璃态系统的內能較相应的結晶物质的內能为大。玻璃結晶的过程，通常是放热的过程。

使系统变为固体状态的温度降低时，熔体的粘度逐渐增加，是任一玻璃熔体的第二个特性。在玻璃硬化过程中系统內并不会出現新相。一般的結晶在液体变为固体时常常在系统內随其同时出現新相，玻璃与一般的結晶不同的地方也就在于此。

当温度降低时，与玻璃熔体粘度不断增加的同时，其他的物理化学性质，也發生連續的变化。

圖1曲綫 E 系表示玻璃的比容或热含量与温度变化的

关系。

这条曲线上的特点是它有三个线段：低温线段 ab ，其性质随温度变化，按照近似直线的规律进行；高温线段 cE ，其性质几乎也是直线改变的；以及位于前面两线段之间的中间温度线段 bc ，中间温度线段的特征是系统性质的变化呈曲线状并愈益加速的增长。若所研究的性质乃是所述函数的温度导数。例如，热容量 $C_p = \frac{dE}{dT}$ 或热膨胀系数 $\alpha = \frac{1}{v} \frac{dv}{dT}$ ，则其与温度的关系一般可用第1图所示曲线 $a'b'c'$ 图解表示之。这个曲线特点也是三线段：

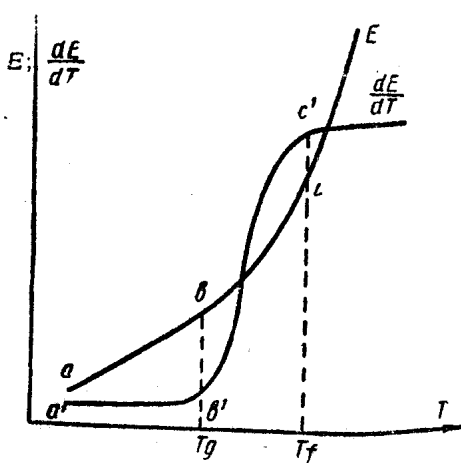


图 1

低温线段 $a'b'$ 和高温线段 $c' - \frac{dE}{dT}$ ，其性质几乎与温度变化无关；中间温度线段 $b'c'$ ，其性质随温度而急速改变。

应当识别两个温度： T_g 和 T_f 。其中第一个温度位于曲线 abc 上低温直线地段开始转为曲线的地方，即在点 b 区域内；第二个温度在点 c 附近，将曲线 bc 与直线高温地段 cE

分开。

在曲线 $a'b'c'$ 上的温度 T_g 和 T_f 相当于 b' 和 c' 各点的温度。温度 T_g 是这样的温度，即低于它玻璃获得脆性；相当于这个温度的粘度为 10^{13} 泊。温度 T_f 是这样的温度，即高于它玻璃开始呈现液态所具有的一般性质；在这种温度下，可以从软化的玻璃拉成细丝，相当于温度 T_f 的粘度大约等于 10^3 泊。温度区间 $T_f - T_g$ 的大小决定于玻璃的化学性质；对于不同的玻璃，这种温度区间的变动范围由几十度到几百度。

温度区间 $T_f - T_g$ 是玻璃特有的过渡的范围，在这范围内玻璃以可塑状态存在。