

日用玻璃制造技术

王承遇 张梅梅 毕洁 汤华娟 编著

RIYONG
BOLI
ZHIZAO
JISHU



化学工业出版社

日用玻璃制造技术

王承遇 张梅梅 毕洁 汤华娟 编著

RIYONG
BOLI
ZHIZAO
JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统地对瓶罐玻璃、器皿玻璃、艺术玻璃、仪器玻璃、医药用玻璃、保温瓶玻璃、电光源与照明玻璃的品种、成分、原料、熔化、成型、退火、加工、检验的工艺、技术与设备进行了介绍。

本书可供日用玻璃、硅酸盐、轻工行业的设计、科研、生产、管理人员和技术工人阅读，也可作为日用玻璃行业培训教材，还可作为大专院校材料科学与工程专业和无机非金属材料专业的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据



日用玻璃制造技术/王承遇等编著. —北京: 化学工业出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-122-18871-7

I. ①日… II. ①王… III. ①玻璃-生产工艺
IV. ①TQ171.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 258729 号

责任编辑: 赵卫娟 窦臻
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 冯国庆
装帧设计: 韩飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 23 $\frac{1}{4}$ 字数 577 千字 2014 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

进入 21 世纪以来,我国日用玻璃发展迅速,近几年日用玻璃产量已占世界首位,跃居玻璃大国行列;但仍存在技术水平低,产品结构不合理,资源能源消耗高,环境污染严重等问题,这种发展方式很难持久,今后要走集约、智能、绿色、低碳型的发展道路,必须依靠技术创新、产品创新、品牌创新、集成创新,才能使我国由日用玻璃大国转变为强国。因此提高日用玻璃行业人员的技术水平和创新能力,成为今后迫切的任务,其中科技图书是不可缺少的平台。编者吸纳国际上日用玻璃新技术、新工艺、新设备,结合国内的生产实际,尤其日用玻璃的准入条件、清洁生产、环境保护等内容,编写成《日用玻璃制造技术》一书,供玻璃专业、日用玻璃专业技术人员、管理人员、科研人员、设计人员和工人阅读,也可作培训班教材以及高等院校材料学、无机非金属材料专业的教学参考书。

全书分概论、瓶罐玻璃、器皿玻璃、艺术玻璃、仪器玻璃、医药用玻璃、保温瓶玻璃、电光源与照明玻璃共 8 章,分别由大连工业大学的王承遇(概论、仪器玻璃),齐鲁工业大学的张梅梅(瓶罐玻璃、电光源与照明玻璃)、杨雪娜(保温瓶玻璃),安徽省第一轻工业学校的毕洁(医药用玻璃),大连正彩玻璃制品有限公司的汤华娟(器皿玻璃、艺术玻璃)编写。

在编写过程中承蒙大连工业大学、齐鲁工业大学等单位领导给予支持和帮助!

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,希读者予以批评指正!

编著者

2013 年 12 月

第 1 章 概论	1
1.1 日用玻璃的内涵	1
1.2 日用玻璃的发展历程	2
1.3 日用玻璃的特点及发展趋势	6
参考文献	10
第 2 章 瓶罐玻璃	11
2.1 瓶罐玻璃的品种和性能	11
2.1.1 瓶罐玻璃的品种	11
2.1.2 瓶罐玻璃的性能	12
2.2 瓶罐玻璃的成分与原料	14
2.2.1 瓶罐玻璃的成分	14
2.2.2 瓶罐玻璃的原料	18
2.2.3 玻璃配合料的 Excel 计算	28
2.3 瓶罐玻璃的熔制	32
2.3.1 玻璃的熔制过程	32
2.3.2 玻璃窑炉	35
2.3.3 玻璃熔窑的节能技术	42
2.4 瓶罐玻璃的成型与退火	48
2.4.1 瓶罐玻璃的成型方法	48
2.4.2 玻璃的退火	57
2.5 瓶罐玻璃的质量检验	60
2.5.1 瓶罐玻璃的缺陷	60
2.5.2 瓶罐玻璃的检测内容	64
2.5.3 瓶罐玻璃的自动检验	65
2.6 轻量瓶的生产	66
2.6.1 轻量瓶的优点	66
2.6.2 轻量瓶的定义	67
2.6.3 轻量瓶的玻璃组成	67
2.6.4 轻量瓶玻璃的生产工艺控制	68

2.6.5	轻量瓶成型工艺	69
2.6.6	轻量瓶的造型设计	73
2.6.7	轻量瓶表面增强	73
2.7	高白料瓶的生产	78
2.7.1	高白料瓶的成分	78
2.7.2	高白料瓶原料的选择与控制	78
2.7.3	影响玻璃白度的其他因素	80
2.7.4	高白料瓶生产中的常见问题	81
2.8	异形瓶的生产	81
2.8.1	概述	81
2.8.2	内装物对异形瓶结构的要求	82
2.8.3	异形瓶的结构设计	82
2.8.4	异形瓶模具设计与成型控制	86
	参考文献	87

第3章 器皿玻璃 90

3.1	器皿玻璃分类和性能要求	90
3.1.1	器皿玻璃的分类	90
3.1.2	器皿玻璃的性能要求	91
3.2	器皿玻璃的成分与原料	97
3.2.1	器皿玻璃的成分	97
3.2.2	器皿玻璃的原料	101
3.2.3	配合料	106
3.2.4	配合料的粒化	108
3.3	器皿玻璃的熔制与缺陷	109
3.3.1	熔化玻璃所需的能耗	109
3.3.2	器皿玻璃窑	110
3.3.3	连续式作业池窑	114
3.3.4	加料机	118
3.3.5	窑炉的保温	118
3.3.6	玻璃的缺陷	119
3.4	玻璃的成型与退火	119
3.4.1	玻璃的成型	119
3.4.2	玻璃的退火	123
3.5	器皿玻璃的加工	123
3.5.1	爆口冷加工流水线	123
3.5.2	开口冷加工流水线	125
3.5.3	钻孔	126
3.5.4	粘接	127
3.5.5	喷砂及砂雕	127

3.6 玻璃炊具	130
3.6.1 硼硅酸盐玻璃	131
3.6.2 微晶玻璃炊具	131
3.6.3 铝涂层微晶玻璃炊具	133
3.6.4 耐热高强叠层玻璃餐具	134
参考文献	135

第4章 艺术玻璃 **136**

4.1 艺术玻璃的内涵和分类	136
4.1.1 艺术玻璃的分类	136
4.1.2 艺术玻璃与琉璃的关系	137
4.2 艺术玻璃的人工吹制成型	137
4.2.1 人工吹制成型玻璃成分	138
4.2.2 人工吹制成型工具	139
4.2.3 人工吹制成型过程	141
4.2.4 人工吹制套料工艺	144
4.2.5 人工吹制装饰工艺	148
4.2.6 成型后的退火	151
4.3 晶质玻璃	152
4.3.1 晶质玻璃特征	152
4.3.2 铅晶质玻璃分类	153
4.3.3 无铅晶质玻璃成分	155
4.3.4 晶质玻璃的成型与退火	158
4.4 失蜡铸造玻璃	159
4.4.1 失蜡铸造工艺流程	159
4.4.2 玻璃注入失蜡模型的方式	161
4.4.3 镶嵌铸造成型	163
4.5 人造珠宝玻璃	163
4.5.1 人造珍珠	164
4.5.2 人造宝石玻璃	167
4.5.3 水钻	171
4.6 料器玻璃	174
4.6.1 料器玻璃的成分	174
4.6.2 料器玻璃设备	174
4.6.3 料器玻璃的熔化和拉棒	175
4.6.4 料器玻璃装饰工艺	176
4.6.5 料器玻璃产品	176
参考文献	178

第5章 仪器玻璃 **179**

5.1 仪器玻璃性能与品种	179
---------------------	-----

5.1.1	仪器玻璃性能	179
5.1.2	仪器玻璃品种	182
5.2	仪器玻璃成分	184
5.2.1	特硬质玻璃成分	184
5.2.2	硬质玻璃成分	192
5.2.3	一般仪器与灯工玻璃成分	193
5.3	仪器玻璃原料	194
5.3.1	仪器玻璃原料质量的要求	194
5.3.2	仪器玻璃常用原料	195
5.3.3	配合料的制备	196
5.4	仪器玻璃的熔制	198
5.4.1	仪器玻璃熔化的特点	198
5.4.2	仪器玻璃熔化工艺与窑炉	201
5.5	仪器玻璃的成型和退火	204
5.5.1	仪器玻璃的成型	205
5.5.2	仪器玻璃的退火	206
5.6	仪器玻璃的加工	209
5.6.1	仪器玻璃的灯工	209
5.6.2	仪器玻璃的磨砂	213
5.6.3	仪器玻璃的刻度	216
5.7	温度计玻璃	217
5.7.1	玻璃温度计的品种与对玻璃的要求	217
5.7.2	温度计玻璃成分与性质	221
5.7.3	玻璃温度计制造工艺	224
	参考文献	225

第6章 医药用玻璃 **227**

6.1	医药用玻璃概况	227
6.1.1	医药用玻璃的特性及要求	227
6.1.2	医药用玻璃容器的分类	230
6.2	医药用玻璃管	230
6.2.1	医药用玻璃管概述	230
6.2.2	医药用玻璃管玻璃的熔制	231
6.2.3	医药用玻璃管的拉制方法	232
6.2.4	丹纳拉管法成型设备	235
6.2.5	丹纳拉管法操作	248
6.2.6	玻璃管的退火	253
6.2.7	药用玻璃管的检验	253
6.3	管制瓶	254
6.3.1	管制瓶概述	254

6.3.2	管制瓶的成型	254
6.3.3	管制瓶的退火	259
6.3.4	管制瓶的检验标准	260
6.4	安瓿	260
6.4.1	安瓿的成分和配方	260
6.4.2	安瓿瓶的成型	266
6.4.3	色环易折安瓿瓶的成型	272
6.4.4	安瓿瓶的退火	275
6.4.5	安瓿瓶的检验	276
6.4.6	安瓿瓶生产中的问题	278
6.5	输液瓶	280
6.5.1	输液瓶玻璃成分和配方	280
6.5.2	输液瓶玻璃的熔制和成型	281
6.5.3	输液瓶的退火和表面脱碱处理	282
6.5.4	输液瓶的检验	284
6.6	模制瓶	285
6.6.1	模制瓶玻璃成分和配方	285
6.6.2	模制瓶玻璃的熔制和成型	287
6.6.3	模制瓶的退火和表面脱碱处理	288
6.6.4	模制瓶的检验	288
	参考文献	289

第7章 保温瓶玻璃 **291**

7.1	保温瓶的分类与结构	291
7.1.1	保温瓶的分类	291
7.1.2	保温瓶的结构	291
7.2	保温瓶玻璃生产工艺	292
7.2.1	保温瓶生产工艺流程	292
7.2.2	保温瓶玻璃成分与配料	294
7.2.3	保温瓶玻璃瓶胆成型	298
7.2.4	瓶胆镀银工艺及其发展	312
7.3	保温瓶的质量检验	321
7.3.1	影响保温效能的工艺因素	322
7.3.2	影响瓶胆炸裂的工艺因素	325
7.3.3	瓶坏玻璃质量低劣的主要表现形式及其原因	327
7.3.4	日常生活中常见的保温瓶问题	330
	参考文献	332

第8章 电光源与照明玻璃 **333**

8.1	电光源玻璃的作用及性能要求	333
-----	---------------	-----

8.2 灯具玻璃	333
8.2.1 灯具玻璃的品种	333
8.2.2 灯具玻璃的制造工艺	338
8.2.3 灯具玻璃壳和玻璃管的缺陷及质量检验	341
8.2.4 几种典型灯具玻璃	341
8.3 LED 玻璃	351
8.3.1 LED 发光原理及特点	352
8.3.2 白光 LED	353
8.3.3 发光玻璃	354
8.4 灯具与灯饰玻璃	356
8.4.1 灯具的种类与特点	356
8.4.2 灯具的功能	357
8.4.3 灯饰玻璃	360
参考文献	360

第1章 | 概论

1.1 日用玻璃的内涵

给日用玻璃一个明确定义是十分困难的，在国际玻璃协会名词委员会编、中国硅酸盐学会编译的《玻璃制造词典（英、法、德、中文对照）》（1988年版）中没有“日用玻璃”词条，在中国建筑工业出版社出版、中国硅酸盐学会编的《硅酸盐辞典》（1984年版）的编写分工中有“日用玻璃编审组”，但在玻璃品种中，也没有“日用玻璃”词汇，可见日用玻璃的定义是可以意会但不易界定其内涵的。

“日用玻璃”是具有中国行业特色、按用途分类的名词，1949年建国以后，国家设置了轻工业部、重工业部、建筑工业部等，日用玻璃行业隶属于轻工业部，按商务印书馆编的《中国汉语大辞典》的解释，轻工业指“以生产生活资料为主的工业”，日用品为“日常生活应用品”，由此定义延伸，则日用玻璃应为“日常生活应用玻璃品”。这一定义比较易于理解和接受，但严格划分其范围，仍有不确定之处。

Macfarlane 在《玻璃世界》著作中，将玻璃根据用途分为：① Verroterie，即玻璃珠、玩具和首饰；② Verrerie，即杯盘碗盏、花瓶和其他容器；③ Vitrail，即窗玻璃；④ 玻璃镜；⑤ 玻璃透镜和棱镜。从 Macfarlane 分类来看，Verroterie 和 Verrerie 类的玻璃珠、玩具、首饰、杯盘碗盏、花瓶和其他容器均是日用的，均可作为日用玻璃。

20世纪80年代成立的轻工业部高等院校教材编审委员会中设有《日用玻璃》小组，笔者为教材编委会委员兼日用玻璃小组成员，拟编《日用玻璃》教材，以后又成立了全国高校无机非金属材料类专业教学指导委员会，决定由笔者主编《日用玻璃》教材，编委会多次讨论日用玻璃范围，确定为瓶罐玻璃、器皿玻璃与艺术玻璃、仪器玻璃、保温瓶玻璃、药用玻璃、眼镜玻璃、电光源与照明玻璃。当时除药用玻璃属于中国医药包装协会、眼镜玻璃属于中国眼镜协会、电光源与照明玻璃属于中国照明电器协会外，其余均属于中国日用玻璃协会。此方案既根据行业特色，又考虑到日用玻璃的内涵，自1996年起，此日用玻璃教材已出版十余年，玻璃品种所属行业协会基本没有变化，但眼镜玻璃的变化很大，除工业用防护镜片外，矫正视力和遮阳用镜片，基本已为树脂镜片所替代，市场上眼镜玻璃镜片已少见，因此眼镜玻璃不在此书中阐述。

由于近年来人们生活水平的提高，艺术玻璃、装饰玻璃发展迅速，不仅很多工厂进行生产，不少高等美术学院设置艺术玻璃、装饰玻璃的院系及工作室，出版了有关著作，中国工艺美术学会也成立了艺术玻璃专业委员会。艺术玻璃、装饰玻璃既可属于日用玻璃，也可属于工艺美术，但其制造过程，除特殊产品外，大都沿用日用玻璃工艺和设备，归于日用玻璃也较合适。科学技术的进步，使一些原来的特种玻璃、功能玻璃也作为日用玻璃，如锂铝硅

系统微晶玻璃，原用于雷达保护罩，现已作为日用炊具、餐具、微波炉用器皿；发光玻璃为功能玻璃，今则用作 LED 的材料。

1.2 日用玻璃的发展历程

日用玻璃有悠久历史，玻璃品种中日用玻璃是人类很早制造和应用的，最初是制造首饰和艺术品，以后扩大到容器和器皿。公元前 3500 年在美索不达米亚地区（今伊拉克地区）的先民就用玻璃先驱体制造仿珠宝、玉器，当时用黏土加黏结剂制成坯芯，再将石英砂、天然碱或草木灰等混合料放在坩埚中，天然碱主要引入钠，草木灰则含有钾、钠和钙，加热后形成玻璃先驱体（原始玻璃），然后把坯芯浸入原始玻璃中，或将原始玻璃转绕在坯芯上，成型为珠、首饰和容器，此种成型方法称为坯芯法。最初混合料加热仅有 700~800℃，烧结后只能形成一部分玻璃质与未熔砂粒混合物，国外称为费昂斯（faience），中文称为釉砂；以后加热温度提高到 1000℃或更高，则玻璃质含量比釉砂要高，称为玻砂（frit）。釉砂和玻砂均为玻璃先驱体，或称原始玻璃，只是玻砂比釉砂距真正的玻璃体更进了一步。当时先民还用雕刻方法将整块玻璃先驱体掏空成容器。

公元前 16 世纪，美索不达米亚的玻璃制造技术传入叙利亚、塞浦路斯、埃及和爱琴海地区，有代表性的为埃及和罗马。埃及在公元前 16 世纪制成单色玻璃珠，公元前 10 世纪制成彩色镶嵌玻璃珠。除坯芯法外，还采用浇注法成型为玻璃的法老头像。公元前 1350 年用改进的坯芯法制成了玻璃瓶，表面还镶嵌了彩色条纹装饰。

美索不达米亚和埃及玻璃基本上为钠钙硅酸盐成分，二氧化硅由石英砂引入，碱金属由天然碱和草木灰引入。埃及古玻璃分析成分中 PbO、BaO 为微量，个别玻璃中含 PbO 也在 5% 以下。着色剂主要为铜和锰，很少用钴。

公元前 11 世纪后叶西周时代，我国日用玻璃开始萌芽，制造了釉砂珠。公元前 8 世纪到公元前 3 世纪春秋战国时代，釉砂制作水平得到了提高，有些已属于玻砂范围。战国时已能制作玻璃初级产品，如吴王夫差和越王勾践剑格上的蓝色和浅蓝色玻璃。

从已出土的公元前 6 世纪中叶到后半叶楚墓中的釉砂制品，现代人对其进行分析，发现楚墓与西周的釉砂制品两者成分相似，故可认为楚人从周人处学习了釉砂的制造技术，并进行了发展，首先采用了多种玻璃成分系统，除钾钙硅、钠钙硅系统以外，还有硅铅系统和硅铅钡系统，着色剂为铁、铜，玻璃呈黄绿色或蓝色。当时我国原始瓷器和青铜器制造均比较发达，瓷釉为玻璃质，瓷釉滴可形成玻璃珠；青铜器冶炼时的矿渣也可能是玻璃态，这些均为我国玻璃的研制提供了条件。我国古玻璃的钾钙硅成分有别于西方古玻璃的钠钙硅成分，而硅铅钡成分接近于青铜冶炼的矿渣，是西方古玻璃所没有的；原始瓷烧成炉和青铜冶炼炉也为玻璃熔制提供设备，因此有些学者认为这些出土的古玻璃不是西方传入的，而是我国自己独立制造的，即自创说。在玻璃成型方法中，除了坯芯法外，还有从青铜器铸造的泥范引申出的模压法，模具分上、下两片，玻璃熔体浇在下模中，用上模加压，以制造玻璃璧、剑珥、盘、耳杯等。

公元前 10 世纪，玻璃制造技术由西亚通过地中海和克里特岛传入希腊，到了公元前 4~2 世纪，希腊日用玻璃制造趋向成熟，既用坯芯法制造玻璃瓶，又用浇注法制造玻璃碗。日用玻璃餐具和器皿在希腊已得到应用，其成分仍为钠钙玻璃，含有少量钾和镁，并采用了氧化钴和氧化镍为着色剂。

公元前 5 世纪，罗马是玻璃的制造中心，在公元 1 世纪左右罗马人（有的学者认为是叙

利亚人)发明了吹管,创造了吹制法,对玻璃制造技术作出了重大贡献。在玻璃切割、雕刻、彩绘、镀膜等深加工方面,罗马人均有所创新,产品也由不透明的玻璃珠、装饰品到透明的玻璃瓶罐、玻璃器皿、平板玻璃、玻璃镜、镶嵌玻璃。吹制法要求玻璃黏度比坯芯法、浇注法低,玻璃熔体温度要高,此时改进了玻璃熔炉,提高了熔化温度,适应吹制法的要求,相应的玻璃质量和透明度也有所改善。

公元前5~3世纪波斯帝国的萨珊王朝用吹制法制造日用玻璃碗、钵、杯、瓶,表面用模具或热加工成连珠圆形纹或椭圆形纹样装饰,称为著名的萨珊玻璃(Sasanian glass)。

公元前206年到公元220年为我国两汉时期,由小尺寸玻璃珠、玉璧发展到有一定大小的日用器皿及平板玻璃,透明度也有所提高;已出土的西汉早期的16个绿色玻璃杯以及玻璃兽、玻璃碎块,可作佐证。在西汉中晚期的墓葬出土的玻璃矛和玻璃玉衣,玻璃矛为钠钙玻璃成分,而不是铅钡玻璃成分,因此有的学者推测是西方进口的,但另一些学者则认为矛的形状与国内其他地方出土的青铜矛相似,因此是国产的。两汉时期还将玻璃称为琉璃(流离、瑠璃),此名称一直沿用至今。

魏晋南北朝时期是一个中西文化大交流的时代,玻璃饰品和容器由西亚通过丝绸之路出口到我国,玻璃吹制法也由罗马传入,最晚在北魏时期,我国已用吹制法制造日用玻璃碗、杯等空心制品。特别是公元5世纪南北朝时从波斯请来了玻璃工匠,用无模法吹制成玻璃碗、玻璃杯、玻璃钵等空心制品,尺寸和容积比较大,产量也有所增加,成本降低,玻璃不仅仿珠宝、玉器,而且用作日用器皿,日用玻璃制造与应用自此进入一个新阶段。

到了隋代,结束了南北朝分裂局面,皇帝命令宫廷制作的官员恢复玻璃生产,请了中亚地区大月氏人来制作玻璃,并开始采用高铅玻璃成分,以适合吹制法生产,吹制了绿色玻璃瓶、玻璃杯和玻璃盘。

唐代政治统一,经济、文化繁荣,为玻璃发展提供了有利条件。玻璃成分由两汉的铅、钡发展到高铅成分,后期又应用了钠、钙成分。成型采用模压、压铸、自由成型和吹制法。玻璃产品多种多样,有仿珠宝饰品,如仿玉璧、剑饰、串珠、鱼符等;也有为皇室特供的陈设品与日用品,如高脚酒杯、瓶、罐、盒、茶碗和碗托等;还有佛教用品,如舍利瓶、玻璃果(阿那含果)、葫芦瓶、盏及盏托等。

公元8世纪阿拉伯地区生产了大小不同、形状多样、颜色各异的香水瓶、餐具、器皿、灯具,在造型和装饰方面也有明显的伊斯兰文化特色的玻璃,称为伊斯兰玻璃。9~12世纪阿拉伯人在镀金、彩绘、色釉、刻花等表面装饰方面也有所成就。伊斯兰玻璃大部分为钠钙硅酸盐玻璃,只有几种为高铅玻璃成分。

公元960~1234年为宋、辽、金时期,虽然宋代陶瓷制造成就显著,但日用玻璃制造只能维持唐代水平。辽代与西亚玻璃交流频繁,近年来在东北、内蒙古地区出土了萨珊风格、拜占庭风格与伊斯兰风格的玻璃杯、玻璃瓶等。

公元982年威尼斯开始制造玻璃,公元13~17世纪为全盛期,1291年起曾为世界玻璃中心,产品有杯、水具、酒具、盘、香水瓶、托盘、镜子、玻璃饰品、陈设品,销往欧洲各地。狭义的威尼斯玻璃专指威尼斯市穆拉诺(Murano)岛上生产的玻璃。15世纪起威尼斯人用比较纯的石英岩、再结晶的白色纯碱为原料,生产的玻璃杂质少,白度好,透明度高,一改过去玻璃透明度不高、视物模糊的印象,类似水晶,故称为水晶玻璃(Cristallo)。过去吹制玻璃用无模成型法比较多,而威尼斯玻璃制品大都用有模吹制法,而且成型过程中,用碎花(繁花)、网纹、彩条、玉髓(仿大理石)等装饰,表面处理采用刻花、上金、施釉、

彩绘等方法，而且多种表面处理方法并用，形成特有的威尼斯装饰风格。这种在威尼斯附近地区生产、具有威尼斯装饰风格的玻璃称为威尼斯式玻璃，也可作为广义的威尼斯玻璃产品。

12世纪时波西米亚（今捷克西部地区）有较多的玻璃工厂生产刻花玻璃制品，称为波西米亚玻璃（Bohemian glass）。1700年左右，波西米亚人用含钾的草木灰和较纯的石英原料生产了钾钙硅酸盐玻璃，其透明度超过威尼斯玻璃，命名为波西米亚水晶玻璃（Crystalex），至今还在生产。

13~17世纪为我国元、明时代，日用玻璃的生产与应用较宋、金朝也有了发展。元代设立瑾玉局，制作玻璃是其职能之一，此时用“瑾玉”称玻璃，指在罐内用药物烧制的玻璃，与宋代“药玉”相类似。元末明初玻璃作坊主要是在山东青州府益都县的颜神镇。当时有将配合料熔化为玻璃的大炉，除了直接成型日用玻璃制品外，还拉制料条，供灯工制作“料器”，还有米珠炉，专门制造米珠。玻璃品种有各种形状和颜色的玻璃珠、簪、珥、壶顶、棋子、风铃、华灯、屏风，以及吹制的灯泡、鱼缸、水盂、火珠等。

西方17世纪，日用玻璃的生产从意大利北移到英国、德国、法国等国家，1670年（或1673年）英国人乔治·拉文思克罗夫特（Ravenscroft）研制了铅玻璃，即钾铅硅酸盐成分系统，玻璃易熔化、料性长，可成型复杂形状玻璃制品，硬度低，易于磨刻，更重要的是透明度高，光泽度比威尼斯和波西米亚的水晶玻璃更类似水晶，命名为铅水晶玻璃（lead crystal glass），简称水晶玻璃，成为今天的水晶玻璃的始祖。

明末战乱，玻璃生产也受到影响，清王朝建立后，玻璃生产得以恢复，康熙皇帝建立造办处设玻璃厂，由法国传教士纪理安参加筹建，以后又陆续请来了几名法国技术工人。雍正年间，在圆明园建立新厂。1736~1765年（乾隆元年到30年）成为玻璃制造鼎盛期间，玻璃厂有库房和厂房42间，年产数万件典礼品、陈设品、装饰品、佛堂用品，1755年（乾隆二十年）特传旨做玻璃鼻烟壶500个，玻璃器皿3000件，以备赏赐之用，当时的生产能力可见一斑。

清代宫廷造办处生产的玻璃熔化质量较高，色彩丰富，单色玻璃就有三十多种，还有金星玻璃、搅玻璃、缠丝玻璃等；造型富有中国特色，装饰方法多种多样，有画珐琅玻璃、戗金玻璃、描金玻璃、刻花玻璃等。尤其在套料方面，套料的彩色玻璃，从套两种（二彩）到八种颜色玻璃（八彩），再用琢玉方法进行雕刻，成为闻名于世的乾隆玻璃。

清代除了宫廷造办处玻璃厂外，民间主要玻璃产地有北京、博山和广州等。北京民间玻璃作坊在玻璃品种、数量、质量上，均不及官办，主要产品为料器，由料条经灯工加热制成鼻烟壶、料嘴、盆花、葫芦、首饰、挂件等。清代淄博玻璃生产已达极盛期，有大炉、圆炉、米珠炉三种窑炉，以煤或焦为燃料，提高了熔化温度，除了生产实心玻璃制品外，还生产料器用料条，一部分自用，另一部分运往北京，在北京制作料器。广州是我国南方海运的门户，最晚在康熙时期，广州玻璃制作业有了发展，生产鼻烟盒、玻璃盖碗等产品，成为南方的玻璃生产基地，但技术水平及产品质量远逊于宫廷作坊。

18世纪60年代西方从英国开始产业革命，促进了玻璃从手工业生产过渡到机械生产。玻璃的机械化生产首先是模具制造的发展，1825年美国匹兹堡的贝克来公司发明了玻璃压铸机以及铁模的应用，为玻璃制造的机械化迈进了一步。

以往玻璃熔化均采用坩埚窑，热效率低，熔化温度也不高，产量受到限制，与机械化生产不匹配。1841年西门子兄弟（Robert Siemens与Friedrich Siemens）合作进行蓄热室熔

窑的研究, 1867年 Friedrich Siemens 在德国德累斯顿成功建立第一座蓄热室池窑, 1873年此类型池窑在比利时正式投产, 用焦炉煤气或发生炉煤气为燃料, 以蓄热室回收废气热量, 热效率明显提高, 熔化温度上升, 玻璃熔化质量改善, 可与机械成型机组成连续生产线, 为以后日用玻璃大规模机械化生产奠定基础。

1847年, Magoun 成功采用有铰链的双金属模制造玻璃餐具和玻璃瓶。1882年 Arbogast 获得玻璃压型、转送及第二个模子吹制玻璃成品即压-吹法的专利, 在 1886年研制了成型机, 导致 1890年之前成为半自动压吹广口瓶时代, 到了 1890年才出现了第一台电动机传动的制瓶机。

1903年, Owens 开始研制真空吸料制瓶机, 称为欧文思 (Owens) 制瓶机, 1904~1905年获得成功, 几年后便占领了市场, 直到 1915~1920年开始有了其他类型的成型机参与竞争, 此时已有 200台真空吸料制瓶机生产了美国玻璃瓶的 45%。但欧文思机很笨重, 耗电高, 且只适合于型号单一、批量大的瓶子生产。

1915年 Grabam 机械公司研制了供料机, 1920年 Hartford Empire 公司对供料机进行了改进, 制瓶的质量达到欧文思机的水平。以后 Lynch 和 O'Neill 的制瓶机采用了 Hartford 的供料机, Lynch 和 O'Neill 制瓶机的成本较欧文思机低, 不久即占美国制瓶市场 45%。

1925年 Hartford 公司的工程师 Ingle 研制出分部式制瓶机, 制瓶机由几个独立的分部组成, 各部分能独立进行制瓶操作, 即使更换模具, 也只需使这部分停止操作, 其他部分照常生产。此制瓶机以发明人 Ingle 和公司经理 Smith 的姓氏的第一个字母组合而命名为 IS 机, 也有人认为 IS 机是 Individual Section 的缩写, 我国称为行列式制瓶机。IS 机可用吹-吹法, 也可用压-吹法制瓶罐, 并能生产出玻璃在瓶身各处分布均匀, 即壁厚差小的产品, 问世以后, 得到广泛应用, 目前 IS 机占瓶罐玻璃成型机数量的 80%以上。

当西方日用玻璃走向机械化生产时, 我国日用玻璃仍停留在手工业阶段, 产品以仿珠宝、宝玉石以及装饰品、陈设品、收藏品为主, 玻璃瓶罐、器皿等品种少, 产量也很低。

从 1911年清王朝灭亡到 1949年新中国建立前, 我国日用玻璃工业规模小, 很多为小作坊, 产量低、质量差, 除个别企业为半机械化生产外, 其他基本为人工生产, 还受到国外产品的冲击, 面临破产困境。

从 20世纪初开始, 重庆、上海、天津、大连等地相继建立了器皿厂, 均为坩埚窑熔化, 人工挑料, 人工吹制。1921年保温瓶引入我国, 1927年进行生产。20世纪 30年代青岛建立了晶华玻璃厂, 从美国引进了林取 (Lynch) 六模制瓶机, 生产玻璃瓶, 这是我国日用玻璃第一个机械化生产企业。一些玻璃厂也在 20世纪 30年代小批量生产实验室用量杯以及药瓶、针管等医药产品。新中国成立前日用玻璃产量不足十万吨。

新中国建立后, 日用玻璃科学技术与生产得到发展, 基本上可为两个阶段: 第一阶段是 1949~1980年, 为恢复和发展时期; 第二阶段从 1980年到现在, 为飞速发展时期。

20世纪 50年代起我国先后研制了风动六模解放 20型制瓶机, 四组、六组单滴料行列式制瓶机, 以及相应配套的供料机, 逐步实现了制瓶的机械化生产; 并在先后 20年间引进了 56台 (套) 成型设备, 其中大多数为 8组、10组双滴料行列式制瓶机, 使生产效率提高了 20~30倍。

器皿玻璃方面, 20世纪 50年代研制了以滴块式供料的 10工位压杯机, 之后发展了 12、14工位的压杯机。1980年, 还试制了薄壁制品成型机, 并引进了 H-28型吹制机及连续熔化石晶质玻璃的电熔窑、酸抛光设备和器皿玻璃钢化生产线, 批量生产了石晶质玻璃制品,

还采用多种表面处理和装饰工艺,增加了器皿玻璃的花式品种。

仪器玻璃方面,1953年上海试制了九五料,它是一种耐热性较好的硼硅酸盐玻璃,后来又研制了耐热性更好的GG-17玻璃,使仪器玻璃的质量接近美国Pyrex玻璃水平。1957年德国援建北京玻璃仪器厂,设备全部从德国引进,1980年又引进日本先进技术进行改造,使玻璃仪器制造在生产规模、生产设备、工艺技术水平又上了一个新台阶。

保温玻璃方面,1960年试制成保温瓶自动吹泡机,吹制瓶胆,以后又创造了卧式封口机和拉底机,提高了劳动生产率,减轻了劳动强度,并且推广了薄层镀银新工艺,降低银耗量约1.9倍。

1952年日用玻璃总产量为10万吨;保温瓶4522.5万个;1976年日用玻璃产量突破百万大关,达到103.83万吨。20世纪80~90年代为日用玻璃飞速发展时期,1985年日用玻璃产量为483.89万吨,保温瓶19139万个;1995年日用玻璃产量747.60万吨;2005年日用玻璃产量871.75万吨,保温瓶产量28997.62万个;2010年日用玻璃及包装容器产量1993.14万吨,比2005年增长128.7%,年均增长18%,保温瓶产量57065.8万个,比2005年增长96.8%,年均增长14.5%。2012年日用玻璃制品及玻璃包装容器产量2188.7万吨,累计同比增加6.34%;玻璃保温容器77123万个,累计同比增加31.13%。我国日用玻璃制品、保温瓶的产量和增长幅度均居世界首位。

1.3 日用玻璃的特点及发展趋势

从日用玻璃发展历程来看,与当时社会的政治、经济形势紧密相连,只有社会稳定、经济繁荣,玻璃也才能发展。新中国建立后,特别是改革开放后,我国日用玻璃有了长足进步,目前产量已占世界第一位;但由于我国人口众多,按人口平均消费玻璃数量与发达国家仍有较大差距,如欧美每年人均使用玻璃50kg,我国只有10kg,所以我国日用玻璃发展还有很大必要和潜力。

日用玻璃作为人民日常生活用品,对人类健康有重要影响,因此日用玻璃的安全性、稳定性非常重要,是主导今后发展的主要因素。以占日用玻璃产量中最大份额的玻璃容器为例,面临金属、高分子及其他材料的竞争,但玻璃的特性很难为其他材料所代替。这些特性如下。

(1) 玻璃具有较高的化学稳定性 作为容器盛装食品、饮料的玻璃,不会使内容物被污染;作为装饰品、日用品,使用者的健康不会受到损害。近年来陆续发现塑料奶瓶在110℃加热即有双酚A析出,而双酚A(BPA),扰乱人体内分泌,对婴儿影响更为严重,2008年10月加拿大禁止含有双酚A奶瓶出售,2009年3月欧盟禁止含双酚A塑料奶瓶生产;酒类和饮料(如苏打水饮料)所用塑料瓶也容易析出双酚A,啤酒与双酚A作用,形成有毒物质。白酒生产过程中采用塑料容器和塑料管后,在酒中检测出有害的塑化剂。塑料水瓶催化剂中的锑会分解到内容物水内,塑料水瓶存放时间越长,释放的锑越多,半年时间锑的析出量会增加一倍,有研究表明,锑对人体有害。用聚酯(PET)瓶装水,时间久了也会使致癌物质如DEHA(己二酸二酯或译为乙基己基胺)析出,因此美国食品药品监督管理局(FDA)认定玻璃包装是安全的。必须注意钠钙玻璃是耐水、耐酸而不耐碱的,因此用钠钙玻璃瓶盛装碱溶液,就会受到侵蚀,如有些企业为降低成本用钠钙玻璃作碳酸氢钠针剂瓶,玻璃受侵蚀产生脱片,这是不合适的,药品包装必须按国家标准或药典规定采用合乎要求的医药用玻璃。

(2) 玻璃具有对气体的阻隔性和对紫外线的稳定性 温度在 1000K 时, 钠钙玻璃中的氧的扩散系数在 10^{-11} cm/s 以下, 室温下, 氧在玻璃中的扩散可略而不计; 玻璃对氧和二氧化碳长期阻塞, 大气中氧不渗入, 啤酒中二氧化碳不渗出, 可保持啤酒的新鲜与口味。玻璃吸收 350nm 以下的紫外线, 能阻止所盛装的酒、饮料、食品、化妆品、化工产品不会因光化反应而变质, 例如啤酒受 550nm 光照后产生异味, 即所谓日光味, 玻璃瓶装啤酒就不会产生; 牛奶受光线照射后, 由于过氧化物的生成及随后发生的反应而产生“光味”和“异味”, 维生素 C 和抗坏血酸会减少, 维生素 A、B₂ 和 D 也有类似变化, 但玻璃容器则不致如此。玻璃瓶盛放料酒、醋、酱油等调味品不会因氧气和紫外线作用而产生异味, 化妆品也不会变质; 而聚乙烯、聚丙烯等塑料包装容器受氧气和紫外线作用后发生老化, 释放出聚乙烯单体, 使装在塑料容器内的酒、酱油、醋等变质变味。某市巴氏鲜奶用玻璃瓶包装, 保质期 7 天, 塑料袋装的巴氏鲜奶保质期仅为 3~4 天。

(3) 玻璃热稳定性比较高 常用的钠钙玻璃的使用温度为 $-270\sim 250^{\circ}\text{C}$, 罐头瓶可以在 $85\sim 105^{\circ}\text{C}$ 进行灭菌; 医药用玻璃, 如安瓶、盐水瓶则要求在 121°C 、0.12MPa 下 30min 进行灭菌消毒; 至于高硼硅酸盐玻璃和微晶玻璃使用温度更高, 耐热炊具和餐具, 抗热震性在 120°C 以上, 暗火用炊具耐急冷急热性在 150°C 以上, 明火用玻璃炊具的耐急冷急热性可达 400°C 以上。塑料的使用温度比较窄, 既不耐低温, 更不耐稍高的温度, 如聚氯乙烯 (PVC) 的使用温度为 $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$, 热固性聚酯 (PET) 为 $-30\sim 110^{\circ}\text{C}$, 聚乙烯 (PE) 为 $-40\sim 100^{\circ}\text{C}$, 聚丙烯 (PP) 为 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$; 一般塑料饭盒不宜在微波炉内加热, 即使质量较好的聚丙烯饭盒, 加热温度在 120°C 以上即有塑化剂析出。

(4) 玻璃的硬度很高, 使用时不易划伤和产生刻痕 一般钠钙玻璃的维氏硬度 (HV) 为 $400\sim 480\text{MPa}$, 而塑料硬度均比较低, 容易划伤, 如聚氯乙烯 (PVC) HV 为 $10\sim 15\text{MPa}$, 热固性聚酯 (PET) 为 $10\sim 21\text{MPa}$, 聚乙烯 (PE) 为 $5\sim 8\text{MPa}$, 聚丙烯 (PP) 为 $6\sim 11\text{MPa}$ 。

(5) 玻璃既有高透明度, 又可制成乳浊或各种色泽 玻璃透明度高, 对可见光的透过率可达 90%, 能清晰地观察内容物, 具有美观欣赏价值。如玻璃酒杯可以看到酒的色泽与酒中气泡的逸出, 玻璃餐具、炊具能观察食物加热和冷却时变化。水晶玻璃的折射率 (n_d) 可达 1.56, 光泽度好, 敲击时有清脆的金属声, 敲击以后还发出共鸣的悦耳声调, 这是其他材料酒具、水具所不具备的。根据装饰要求, 可制成乳浊、半乳浊、金星或各种颜色玻璃, 几乎色谱所有颜色都能配制。玻璃能仿珍珠、宝玉石、象牙、珊瑚、琥珀等天然珠宝以及制作出自自然界不存在的奇珍异宝的花纹与色彩。

(6) 玻璃有多种成型方法, 以满足设计和使用要求的形状及尺寸 通过吹制、拉制、压制、浇注、压-吹、压-铸、压延、转绕、砂芯、无模自由成型等多种多样成型方法, 制成纤维、微珠、米珠、镶嵌珠、空心珠、管、棒、平板、瓶罐、器皿、灯具、雕塑等, 大小从纳米、微米制品, 直到十几米的城市雕塑。玻璃还可用多种热加工和冷加工方法, 如用灯工成型料器, 热熔、热弯和失蜡 (脱蜡) 铸造的琉璃, 管制口服液瓶与抗生素瓶; 采用研磨、抛光、雕刻、蒙砂、砂雕、蚀刻等冷加工方法, 再用表面处理或配以冷加工的镀膜、金饰、色釉、堆花、扩散着色等多种方法, 制成流光溢彩、精美绝伦的工艺品种。

(7) 玻璃可以回收再用 回收利用达到资源的循环利用和减少碳排放。回收瓶能多次利用, 美国 Owens-Illinois (O-I) 公司 2010 年在欧洲西部调查得出玻璃容器回收利用率