



下 册

玻璃制造手册

[美] F. V. 托利 主编
刘时衡 岑超南 彭金安 译

中国建筑工业出版社

玻璃制造手册

下 册

[美] F·V·托利 主编

刘时衡 岑超南 彭金安 译

中国建筑工业出版社

一九八三年五月

本书共21章，分上、下两册，上册1~9章（中译本删去第四章），下册10~21章（中译本删去第二十、二十一两章）。上册主要介绍玻璃组成的设计、原料的性能，配合料的配制、玻璃熔制过程和耐火材料的合理使用等。

本册介绍玻璃空心制品、平板玻璃和玻璃纤维等的制造方法，玻璃的退火和钢化，玻璃的结构和性质以及统计工具等。

本书可供玻璃研究、设计人员和工厂技术人员以及有关院校的师生参考。

* * *

责任编辑：唐炳文

FAY V. TOOLEY
The Handbook Of Glass Manufacture
Volume II
Books For Industry, Inc. 1974

* * *

玻璃制造手册

下 册

刘时衡 岑超南 彭金安 译

*

中国建筑工业出版社 出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂 印刷（北京阜外南礼士路）

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：17 1/2 字数：469 千字

1983年2月第一版 1983年2月第一次印刷

印数：1—6,800册 定价：2.15元

统一书号：15040·4346

译 者 的 话

美国托利博士主编，1974年出版的《玻璃制造手册》，是1953年初版第一卷和1961年初版第二卷的增订版两卷集。新版本除对原有许多章节补充了新内容或做了一定改动外，还新编入了一些章节，基本上反映了整个六十年代和七十年代初期玻璃工业的新进展。例如，关于电子计算机、自动控制和显示技术等新技术在玻璃工业中的应用，不仅散见于有关章节，还在仪表设备一章做了专题论述；此外，如制瓶工业中的多组行列机成型工艺、平板玻璃的气垫托浮弯曲工艺、彩饰工艺中的“热”色印刷和酸抛光等方面的新技术等，在本书中都有阐述。特别是在熔窑和耐火材料等章中，除详细论述了工艺概况外，还列出大量实例，及许多有争议的观点。较之同类手册，本书内容丰富得多，讨论也深刻得多。

原书第四章燃料和燃料经济学叙述了热力学基本定律，燃烧理论，煤、石油和天然气等的使用、计算及有关的辅助图表。内中主要介绍了美国的一些情况，有的属美国的能源政策，有的我国目前还用不上（如丙烷的使用），参考价值不大。为缩小篇幅，以减轻读者负担，译本中予以删去。第二十章玻璃的化学分析，介绍了一些一般的化学分析方法，国内出版的有关书中都有介绍，也予删去。还删去了第二十一章附属资料、图和表及个别章节中的一些不太适用的部分。

本书题材广泛，限于我们的专业知识和外文水平，虽做了很大努力，但译文仍会有许多错误和不够通达之处，衷心希望读者批评指正，以便将来订正。

在翻译本书的过程中，得到了很多同志的支持和帮助，译者

11A309102

谨在此向担任译文技术校对的诸位同志表示衷心感谢，他们是：
北京玻璃总厂副总工程师张秉旺；北京大学化学系副教授周公度；北京玻璃二厂工程师王澍德、时光裕；北京玻璃研究所工程师王籁僧、刘光同、王广阳、肖绍展；北京轻工业学院教师梁民基；北京玻璃仪器厂工程师沈长治；北京玻璃总厂工程师吴珏、石家梁、梅德新。

目 录

第十章	瓶子和其他空心制品的生产过程	4
第十一章	平板玻璃的制造方法	134
第十二章	玻璃纤维及其制品生产工艺	176
第十三章	玻璃仪器的吹制和加工	190
第十四章	退火和钢化	280
第十五章	玻璃制品的彩饰和精加工	327
第十六章	统计工具	354
第十七章	玻璃的物理性质	401
第十八章	光学性质	477
第十九章	玻璃的结构	528
第二十章	玻璃的化学分析(略)	553
第二十一章	附属资料、图和表(略)	553

第十章 瓶子和其他空心 制品的生产过程

H. H. Holscher (欧文斯-伊利诺斯公司)

1. 概述	4
A. 简史	4
B. 玻璃的温度调节	6
C. 瓶子各部位名称和制造瓶子的步骤	11
2. 欧文斯制瓶机	12
3. 供料道和料滴供料机	17
A. 供料道	17
B. 料滴供料机	21
C. 关于料滴形成的一些研究	22
D. 双滴料和三滴料	27
E. 供料机与制瓶机的同步	27
F. 向制瓶机输送料滴	27
4. 林取式吹-吹法制瓶机	28
5. 行列式制瓶机	32
A. 吹-吹法制瓶机	32
B. 压-吹法制瓶机	36
6. 米勒 (Miller) 压-吹法制瓶机	38
7. 制瓶机的机速和用料量	40
8. 压制玻璃制品	42
9. 用于玻璃成型的模具和金属	45
A. 模具涂料	49

10. 衬碳转吹模	50
11. 韦斯利克衬碳转吹模成型机	51
12. 哈德福No.28衬碳转吹模成型机	55
13. 康宁No.399型吹泡机(带式成型机)	59
14. 空心玻璃制品的手工操作方法	61
15. 优良的玻璃加工机械的基础	63
16. 制瓶机的分类	65
17. 生产速度的历史趋势	66
18. 玻璃瓶制造的公差	68
19. 时间循环和温度状态	69
20. 玻璃的性质	73
A. 玻璃和制瓶机	73
B. 玻璃的粘度	75
C. 玻璃的粘度和弹性	76
D. 玻璃的热收缩	79
E. 玻璃在成型和加工中的表面张力	80
F. 玻璃的其他性质	86
21. 生产过程中玻璃和模具的温度	87
A. 玻璃进入成型工序的温度	88
B. 玻璃的热容量	89
C. 关于压-吹法成型的研究	90
D. 关于吹-吹法成型的研究	98
E. 吹-吹法作业玻璃温度和压-吹法作业玻 璃温度的比较	101
F. 热流随玻璃与金属接触时间的变化	102
G. 模具和玻璃之间的物理接触程度	107
H. 模具内的温度循环	109
I. 模具金属的导热率对操作温度的影响	110

J. 热通量密度数据和对冷却的要求	111
K. 模子温度在一段时间内的变动	114
22. 各种制瓶机成型时间周期的估计	114
23. 瓶子形状和设计	118
A. 瓶子在内部液体压力下的表面应力	119
24. 在料滴进入初型模、料坯形成和瓶子吹制 时玻璃的流动方式	122
25. 玻璃的粘度及玻璃的加工	124
参考文献	129

第十章 瓶子和其他空心 制品的生产过程

1. 概 述

A. 简 史

许多世纪以来，瓶子和餐具一直是用手工吹制的方法生产的。直到所谓“半自动”时代的机器生产开始出现，手工业工人的技艺在这两种空心玻璃制品工业中都起着支配作用。当发明了所需要的制瓶工艺的基本原理以后，就开创了一个新时代。在1880至1890这十年中，发明了“压-吹”法和“吹-吹”法。1882年阿博加斯特（Arbogast）获准美国专利，其内容包括压型、转送及在第二个模子内吹制成品。在1900年之前，该专利便导致了使用压-吹法制造广口瓶的半自动生产时代。1900年出现了第一台用电动机传动的制瓶机。在1858年已经发明了广口的马逊（Mason）螺纹口家用罐头瓶，这种瓶带有一道磨过的上缘，它一直存在到半自动时代生产出不带这种顶缘的瓶子为止。

用于细颈瓶生产的吹-吹工艺的基本原理一般地说，归功于英国的阿什莱（Ashley）大约在1885年的发明。他发现初型模必须倒立，才能有大的开孔来接受玻璃料，同时瓶口（图3）必须首先成型，并且需用两个模子和一个口钳以及翻倒机构。他曾试图用实心冲头来使玻璃分布合适，但失败了，随后便发展出在初型模中用压缩空气进行“扑吹和倒吹”的作业阶段。

广口瓶半自动压-吹工艺在1900年获得广泛的应用，直到1915年，此后由于出现了自动成型工艺而逐渐衰落；细颈瓶半自动吹-吹工艺在美国的发展缓慢得多，当英国已制造出许多台这种设备

后，在1907年美国才初次进口这种设备。随后迅速发展，美国又重新进行了设计，使用数量不断增加，于1914年达到最多。从1915年开始，这些半自动工艺便迅速衰落，1925年前夕便完全被全自动制瓶机所代替。

半自动年代的特征很象现时手工车间那样的小规模手工操纵的情况。这些设备只能由人工控制和定时，否则不能使生产瓶子的程序准确重复进行。这些设备要用人工供料、人工开闭模子和人工转移玻璃料坯或雏型（在生产细颈瓶的设备上则为翻倒）。此后不久便发展出旋转式的设备，有的用手转动，有的用电动机来转动；到1910年左右，除了仍需人工供料和人工把料坯从初型模转移到成型模这两个动作之外，其余的动作都由机器执行了。经过不长的期间于1912年 左右便实现了机器转移料坯，但直到1918~1919年人工转移还没有完全被淘汰。这时已生产有几种只需人工供料的制瓶机。这样便从“三人机”转变成为“一人机”。与此同时还有了其他的新发展。

在1900年以前，M·J·欧文斯（Owens）和E·D·利贝（Libbey）把他们在机械学方面的才能和财力结合在一起用于进行餐具生产。他们按一种完全新的制瓶概念进行研究工作，就是把初型模浸入热玻璃液中，通过抽除模子中的空气来把玻璃液吸入初型模内。在提出采用旋转式的玻璃液供料盘用来为吸料提供熔化均匀、表层很热的玻璃液的设想后，并经过四台机器多年的实验，终于在1904~1905年获得成功。几年之内这种全自动制瓶机便开始占据了市场。直到1915~1920年才有竞争者，而此时已有约200台这种制瓶机在运行。在另一种有竞争能力的自动制瓶工艺研究成功之前，这种制瓶机约计生产了美国全部瓶子的45%。

新的有竞争能力的制瓶工艺方法实际上并不是一种制瓶机，而是一种符合制瓶生产要求能够把玻璃液从熔化装置投入初型模的设备，因而它能广泛地应用于各类制瓶机。这种设备就是滴料式供料机。在这时期的半自动制瓶机除了需用人工供料以外，都

已逐步发展到全自动化了。当时适应这种由人工供料的制瓶机生产速度，约每分钟2.5个。滴料式供料机的研制成功立刻要求把制瓶机设计得更好和更坚固，以适应高速作业的需要。

早期的做法是：从玻璃池窑底部的一个流料孔流出玻璃液带（在1880年后不久），液带绕集在模子中，但这样的玻璃料不密实，温度也不均匀。这种流料式供料机不久又配备上剪刀和集料杯，从而获得了广泛的使用，但只能生产质量合格的重型压制产品在最好的情况下，以压-吹法也仅仅能生产次等的广口瓶。随后进一步提出了使玻璃液流经一个料槽或供料道以便于单独控制玻璃液温度，同时也使玻璃液流更靠近制瓶机的设想。这种杯式供料机的使用约在1915年以前一直不断增多。1910年以前，早期的滴料式供料机的发展即已开始，在1915年左右获得成功，其概念是通过各种步骤来控制从流料孔流出的玻璃料流成为一个个密实的玻璃料滴。在剪切之前使玻璃料流获得短暂的向下加速，而在剪切后则利用向上的动作把在流料孔下方的玻璃液流抽回一些。在1914年到1920年之间，有几种这样的供料机获得成功，从而能够跟欧文斯真空吸料法竞争。在1920年以前这种供料方法的使用已日益增加，并且与欧文斯制瓶机生产法并驾齐驱。现时所用的料滴式供料机在1923年已经问世，只是近年来有了许多改进。多年来的改进趋向主要是延长供料道以改善对玻璃的温度调节，以适应成型的需要。

B. 玻璃的温度调节

在此我们假定配料和熔制车间已经把玻璃熔化好，并流送过来。进入熔窑澄清池的玻璃液在该处进行适当的温度调节并完成它的澄清和均匀化过程。调节玻璃液温度使适合成型需要的工作必须由管理成型机的部门负责进行。

所需的温度调节随所制产品和所用工艺方法的不同而有很大的变动。当然，化学均匀性、不产生气泡、灰泡、结石等等，这些只是一般的要求。积几十年的经验，已经逐渐形成一套最有效地

控制玻璃质量的规程。一般生产很小的轻量瓶时，对玻璃质量的控制要求非常严格，要求玻璃温度很高，机速很快，但实际的玻璃用量却远少于生产大的重型制品时的用量，后者需用温度较低的玻璃。池窑的出料量可以从生产轻量小瓶时的每24小时5~10吨到生产重型大瓶时的50吨或更多。怎样才能使整个熔窑的负载或日出料吨数达到均衡呢？熔窑是按一个确定的出料量来设计的，如果成型机的用料量变化很大，熔窑的效率便降低。理想的状况应该是，不论生产的制品大小如何，一台制瓶机的用料量应该是恒定的。然而，现时没有任何一种制瓶机能做到这点。图25表示出每种制瓶机的用料量。最理想的是使池窑负载恒定；但是，速度-重量关系并不能使之达到这一点。在生产大型制品时使用较少的模腔便能够获得一定的平衡，但这种做法并不是最经济的。

另一种解决办法是，安排在一台制瓶机上生产小瓶并在同一座熔窑的另一台制瓶机上生产大瓶以使熔窑出料量均衡。在每座熔窑只向两台或三台制瓶机供料的场合（欧文斯法一般是这样的），用这种调节方法比每座熔窑向六至八台制瓶机供料的场合较为困难，后一情况在采用料滴式供料机或流料式机器时是相当普遍的。但是，这时玻璃温度可能再次变成主要问题。小型较热玻璃制品和大型较凉玻璃制品都是由同一个澄清池供料。这样澄清池必须控制在中间温度上或者偏向于适应小制品或大制品的温度上。澄清池的温度并不总是易于控制的，因为它本身通常设有独立的加热热源（燃烧器），而是从进来的热玻璃以及通过桥墙上的“花格墙”来获得热量的。当按订货要求而不断更换产品时，也不可能随时改变花格墙的性质来使澄清池温度适应生产特定瓶子的要求^①。在这种情况下，玻璃的温度调节主要在玻璃离开澄清池以后的处理过程中来实现。

（1）欧文斯生产工艺的温度调节 在图1和2中表示出欧

① 还有其他许多充足的理由，可以说明为什么不能要求随意改动熔窑和澄清池的温度。

文斯法和流料式（料滴）法的一般布置。在欧文斯法，玻璃液从澄清池流到一个通道，它通常是与澄清池连接在一起的，深度和澄清池一样，但实际是窄的料道。其长度取决于布置的要求，可以从非常短到几英尺长。在通道上可以设置单独的燃烧器。玻璃液从通道流经一个料槽，料槽进口处设有闸板，用来控制玻璃液

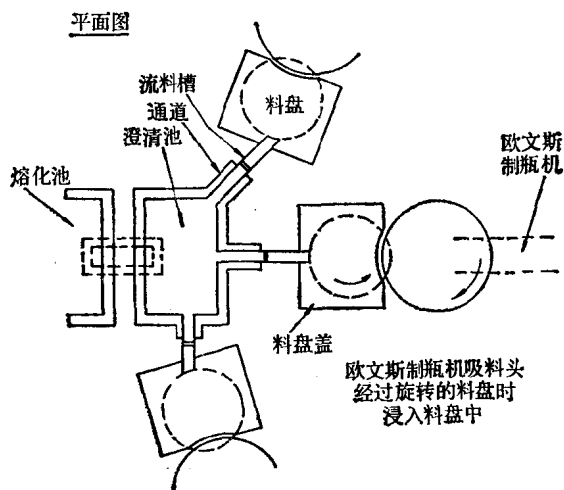
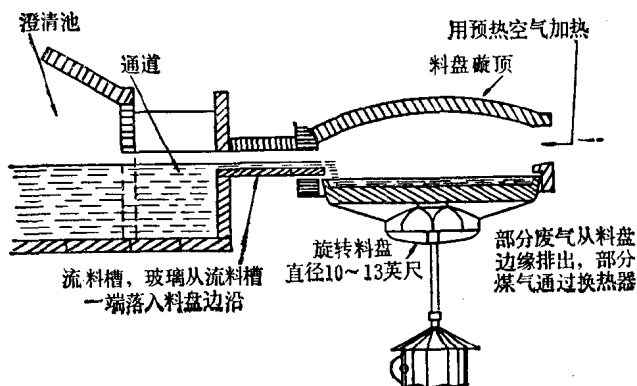


图 1 欧文斯法的玻璃温度调节

流速度。料槽为26~36英寸长，10英寸高，12英寸宽，其中有一个7×7英寸的纵向流料通道，玻璃液深度约 $5\frac{1}{2}$ 英寸。

当玻璃液从料槽末端流入旋转料盘的边沿时，玻璃液位从熔窑到料槽进口端处约有一或二英寸的微小下降。料槽的进口端基本上封入澄清池或通道盖中，而其出口端则被旋转料盘盖所包围。在这两端之间，料槽大部分是敞开的，而只有一块耐火材料板盖住它。旋转料盘有它本身的完整和独立的上盖、加热系统，控制器等等。现时旋转料盘一般是10或13英尺直径，玻璃深度为3~6英寸。加热系统必须使吸料区的温度尽可能均匀。此处的加热在很大程度上只是防止进入的热玻璃太冷，或者完全不使玻璃冷却，甚至可以有某些微小的再热。旋转料盘完全在它的上盖之内旋转，只有一部分料盘边从一个支撑墩下伸出，即敞开使制瓶机模子浸入料盘中吸料的部位。旋转料盘以1~3转/分的速度旋转并且与制瓶机同步运行以避免在连续旋转中模子重复浸入相同的玻璃位置中。料盘中的玻璃温度变化从生产非常小产品时的2275°F到生产非常大型产品时的1900°F。

(2) 流料式(料滴)作业法的温度调节 图2画出了此种作业法的供料道，其功用是用来调节流向料滴式供料机的玻璃温度的。它由一个隔热的耐火材料通道构成(图8)，设有许多个燃烧器和一个风冷系统(图10)。供料道分为两段，一段用来改变进入的玻璃的温度，称为“冷却段”。另一段用来使玻璃温度均匀，称为“调节段”。冷却段设有冷却风①，除此之外，这两段在结构上是完全相似的。

供料道各部的尺寸见第三节。

供料道的作用是使玻璃整体温度均匀和合适。由于所有的加热以及绝大部分的冷却都是通过料槽表面附近的玻璃进行的，所以可采用各种不同的表面热交换方法来达到上述目的。如果要加

① 在某些情况下，冷却空气从有缝的窑顶砖上部进入，玻璃的冷却是通过全长约1英寸的缝及耐火材料的冷却而达到的。

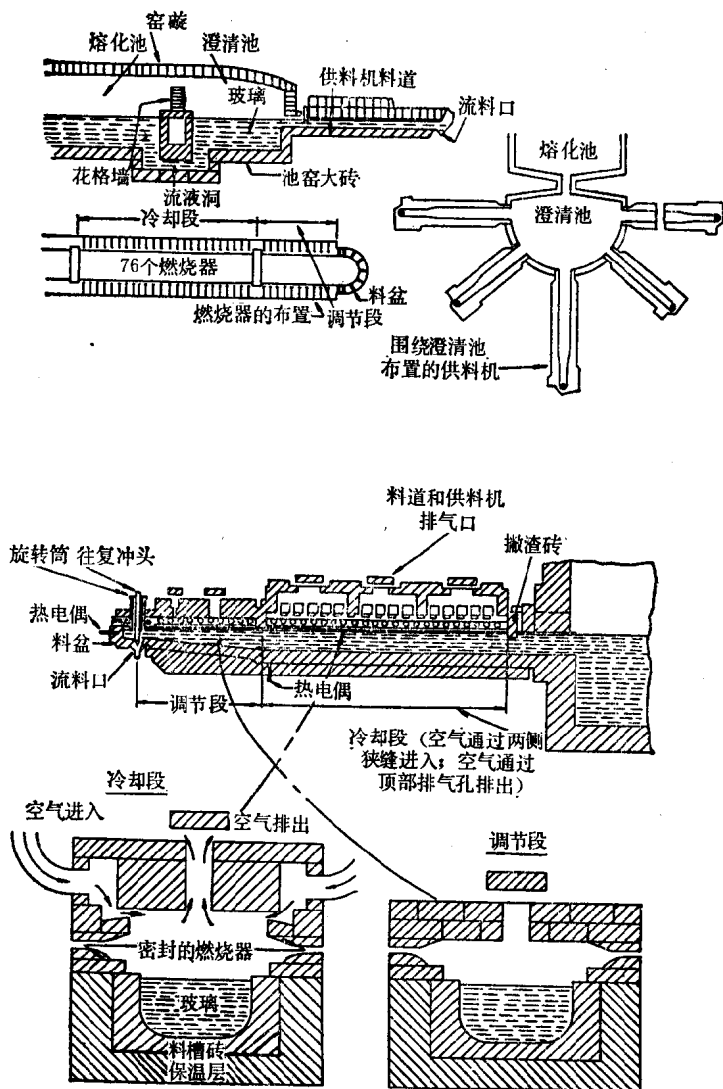


图 2 流料式或料滴式供料机玻璃的温度调节

热玻璃，一般的措施是使玻璃在冷却段过热，然后对表层玻璃再进行冷却，以达到使供料道的表层玻璃和底部玻璃温度相同。如果要冷却玻璃，就先在冷却段进行过冷，然后进行再热以达到温度均匀。普遍冷却玻璃的实际做法是甚至在使用大量冷却风时，仍保持少量的加热。

供料道调节玻璃温度的能力通常受其冷却能力的限制。一个26英寸宽和6英寸深的供料道能提供最大的冷却能力并使玻璃温度波动最小。就许多使用场合而言推荐一种供料道，其尺寸为16英寸宽、9英寸玻璃深度。供料道的选择取决于下列因素：地方的限制、温度和出料量的作业范围、玻璃的粘度-温度关系，玻璃的热导率以及玻璃对辐射热的透过性。这里没有可用来计算技术规格的合适的定量公式，但可使用估算公式来建立平均调节的基础，同时按特殊的或异常的条件的要求进行比较和判断。

供料道作业的详细资料在第三节中给出。

C. 瓶子各部位名称和制造瓶子的步骤

图3给出了一个瓶子的略图及注释。瓶子的最重要部位是瓶嘴，瓶嘴就是螺纹或其他外部构型的瓶子顶部，瓶子是通过瓶嘴进行灌装和使用的。在手工作业时瓶嘴是最后制成的。然而，现在在自动制瓶机中瓶嘴是最先成形的，这点下面将进一步说明。此外要指出的细节是：“模缝线”，它们是瓶子外表面明显的模子缝，是由于分开模（两半模）、单独的模底板、单独的口模等等引起的。人们还常常可以看到初型模缝线它是由初型模的类似模缝留下的，或是在两个作业步骤中的第一个模子留下的。瓶嘴下部的“环”是某种作业类型的特征，并具有一定的用途。事实上，在某些场合下它不能完全消除。下列图中的其他术语显而易见是顾名思义的。

在现时的制瓶作业中，所有制瓶机都要进行一系列的操作步骤，但各制瓶机之间是很不相同的。在论述到各种作业方法时将对这些步骤加以说明。所需的步骤列于图3中。