

玻璃管的生产 与工厂設計

王 耳 編

輕工業出版社

15
1

玻璃管的生產與工廠設計

主 耳 編

輕 工 業 出 版 社

1961年·北 京

內 容 介 紹

解放以后，在党的正确领导下，我国的玻璃管制造有飞跃发展。随着玻璃管制造业的发展，出版有关这方面的技术书籍是有必要的。

为此，本社特出版了这本企图系统叙述半成品和工业玻璃管生产工艺和工厂设计原理的书，书中绝大部分篇幅是用来介绍玻璃管的生产知识的，例如玻璃管的成分、原料、熔制、成型、退火与加工以及使用等等。另外一部分是简要地介绍了玻璃管工厂的设计，包括厂址的选择、车间组成、工艺计算、主要车间的设备选型、工厂车间的工艺布置等等。

因而本书可供玻璃工厂中的一般生产人员、设计人员和有关院校中的广大师生参考阅读。

玻璃管的生产与工厂设计

王 耳 編

轻工业出版社出版

(北京市广安门内白广路)

北京市书刊出版业营业许可出字第090号

轻工业出版社印刷

新华书店科技发行所发行

各地新华书店经销

787×1092毫米 $\frac{1}{32}$ • 4 $\frac{24}{32}$ • 32页 印张·100.0°

1960年8月第1版

1961年3月北京第1次印刷

印数:1—5,750 定价:(10) 0.70元

统一书号:15042·1161

目 录

第一篇 玻璃管的生产	5
第一章 概論	5
第一节 玻璃管的分类	5
第二节 玻璃管的特点	7
第三节 玻璃管在国民經济中的作用	9
第四节 玻璃管的生产流程	10
第二章 玻璃管的成分	12
第一节 仪器玻璃管的成分	13
第二节 医药用玻璃管成分	17
第三节 电气真空玻璃管成分	19
第四节 特殊玻璃管成分	22
第五节 工业用玻璃管成分	23
第三章 玻璃管的原料	28
第四章 玻璃管的熔制	31
第一节 玻璃管的熔窑	31
第二节 玻璃管熔窑所用耐火材料	34
第三节 管玻璃的熔制	35
第五章 玻璃管的成型	37
第一节 人工成型	37
第二节 机械成型	41
第六章 玻璃管的退火与加工	88
第一节 玻璃管的退火	88
第二节 玻璃管的檢驗与分类	90

第三节	玻璃管的切割	91
第四节	玻璃管的热加工	93
第五节	标准内径管的制造	94
第七章	工业玻璃管的加工与使用	95
第一节	工业玻璃管的加工	95
第二节	工业玻璃管的检验	103
第三节	工业玻璃管的规格	107
第四节	工业玻璃管的连接与安装	112
第二篇	玻璃管工厂的设计	119
第一章	玻璃管工厂厂址的选择	119
第二章	玻璃管工厂的总平面布置图及运输	121
第三章	玻璃管工厂的车间组成	125
第四章	玻璃管制造车间的工艺计算	127
第五章	玻璃管工厂主要车间的设备选型	138
第六章	玻璃管工厂车间的工艺布置	143
	本书主要参考文献	151

第一篇 玻璃管的生产

第一章 概 論

玻璃管的制造已有悠久的历史，但在工业上大量应用的时间却不长。在近代化学工业、食品工业、石油工业、医疗、电器、建筑等许多部门都已大量使用玻璃管，玻璃管的生产随着其日益广泛的应用而迅速发展起来。在我国的玻璃工业中，玻璃管的生产，特别是机械化制造玻璃管的生产开始才不久，但已经显示出玻璃管在国民经济中的重大作用。

本书将阐述玻璃管生产工艺及设计方面的一些问题。

第一节 玻璃管的分类

玻璃管的种类很多，分类也有不同的方法。

可以按照玻璃管的用途、成分、制造方法、外形尺寸的不同而分为若干类。如按成分可分为钠钙玻璃、硼硅酸盐玻璃、无硼低碱玻璃与金属焊接的各种成分的玻璃、石英玻璃、熔融岩石，以及透过与吸收紫外线、红外线、 α 射线、 γ 射线等各种特殊成分的玻璃管。亦可按制造方法而分为人工拉制、垂直引上（又可分有槽与无槽二种方法）、水平拉引、转绕法、离心浇注等。外形尺寸根据使用要求也可分成若干规格。

分类方法中比较重要的还是按用途分。因为成分、制造方法、外形尺寸都是根据用途来确定的。本书中所述系以用

途而分成的五类玻璃管。

第一类 仪器用玻璃管

指用在化验、医疗、物理、度量等仪器上的各种玻璃管。仪器用玻璃管是作为仪器制造过程中重要的半成品。例如试管、滴定管、温度计就必须先制成玻璃管，然后再经热加工与刻度等工序而后才为成品；再如分馏器、冷凝器、发生器及其他成套仪器都是用玻璃管经灯工处理后制成的。

第二类 医药用玻璃管

这主要是指制造安瓿用的玻璃管而言。安瓿是专供盛注射药剂的玻璃容器。这些容器根据医疗要求而制成大小不一和各式各样的形状。但都是先制成直径不同的玻璃管，然后再经加工而最后制成安瓿的。

第三类 电气真空用玻璃管

指日光灯、真空管、绝缘子等所用的玻璃管。这些玻璃管除了要符合电气性能之外，还要考虑与金属焊接的问题。因为无论电灯泡的芯柱也好，真空管也好，都必须备有金属配件，所以电气真空用玻璃管的玻璃成分就很复杂，种类也较多。

第四类 工业用玻璃管

这是指工业上与建筑上敷设用的玻璃管道，以输送气体、液体或安装暗电线等用的。这些玻璃管的特点是根据用途要求而需具有较高的耐压与耐热性能，这样才能完满地代替常用的金属管道。

工业用管除了采用玻璃管以外，还可以采用熔融岩石管，较常用的是玄武岩管。将玄武岩熔融以后，用离心成型法制成玻璃管。玄武岩管具有较好的机械强度、化学稳定性与热稳定性，可以作为建筑管道用。

第五类 特殊用途的玻璃管

此类玻璃管的用量较其他四类玻璃管要小得多，但在科学研究上是不可缺少的，也是有机合成、制药等工业部门所必需的。如透紫外线的紫外灯管、x光管、发射管、阴极射线管以及各种合成器所用的玻璃管等。

上述五类玻璃管，除了工业玻璃管有一部分是以一次成型的玻璃管作为成品之外，一般玻璃管都须经热、冷等加工工序而后成为各种产品，同时产品往往不再呈简单的玻璃管形状。所以“玻璃管”实际上包含着成品和半成品二种意义。

第二节 玻璃管的特点

玻璃管与其他材料的各种管子相比，具有以下特点：

1. 玻璃管具有较高的化学稳定性，能抵抗水、酸（除氢氟酸以外之各种酸类）、碱以及各种盐类溶液之侵蚀。它的耐久性比钢铁高4倍，不会污染内部的流体或使流体变质，所以医药部门、化学工业、建筑业等方面能用来做各种管道和仪器，可以代替某些贵重合金钢管；特别在耐酸性方面，是许多金属管所不及的。

2. 玻璃管电阻大，介电损失小，所以可用来做电真空玻璃和各种电缆外套管。

3. 玻璃管可以热加工（或称灯工），也可进行锯、磨等冷加工，这样就可以随意制成各式各样形状的成品。

4. 玻璃管具有一定的机械性能，一般厚壁的工业玻璃管弯曲强度 $300 \sim 700$ 公斤/厘米²，抗张强度 $150 \sim 250$ 公斤/厘米²，纵向耐压强度 $600 \sim 2,000$ 公斤/厘米²，外压强度 $40 \sim 60$ 公斤/厘米²。虽然不如金属管道，但如采用无碱成分，或经过淬火处理的钠钙玻璃管，其机械强度能满足一般的使用要求。

5. 玻璃管具有一定的耐热性。根据成分不同，耐热性也不同。一般工业玻璃管可耐 $120 \sim 160^{\circ}\text{C}$ ，化学仪器管如派来克斯可耐 250°C 。在化学工业、食品工业等方面可做热液体管道。

6. 可以制造出膨胀系数不同的玻璃管（用控制成分的方法），跟不同的金属及玻璃焊接，用在各类型的电子管、电灯泡等制造上。

7. 玻璃管具有透明、清洁的特点，可清晰地观察内部的液体反应和流动情况，这是其他材料的管子所不可比的，特别有利于研究、试验工作的进行。

8. 玻璃管的管壁甚光滑，内部液体流动的阻力就小。例如玻璃管对水的阻力比旧铸铁管低41%，比新铸铁管低22%，比钢管低6.5%。由于摩擦系数小了，因此在相同的情况下，使用玻璃管可增加流量20~30%，反过来就可减少使用水泵的扬程。

玻璃表面光滑，除了阻力小以外，还不易结垢，因而热传导不致过分降低。

9. 玻璃管的原料来源充分，成本便宜，同时玻璃的比重比金属要小得多，同样重量的管子，玻璃管比金属管多，

因此也就更經濟。特別在我国，用玻璃管代替鋼鉄管、不銹鋼管、有色金属管，对于发展国民經济，加速社会主义建設具有重大意义。下表进行了玻璃管与金属管的經濟比較：

表 1

类 别	規 格 (公称直径)	壁 厚 (厘 米)	每米重量 (公 斤)	每 米 价格比	备 注
玻 璃 管	2"	5.5~7	2.76	1	№-3-B 低碱玻璃
玻 璃 管	3"	6.5~8	4.52	1	№-13-B 低碱玻璃
无縫鋼管	2"	3.75	5.94	7.36	与同直径玻璃 管比較
焊接鋼管	2"	3.5	4.83	4.77	
鑄 鉄 管	3"	9	19.50	3.91	
鍍鋅焊接管	2"	3.5	4.83	6.13	
紫 銅 管	2"	2.5	4.37	37.24	
黃 銅 管	2"	2.0	3.36	26.90	
鉛 管	2"	5.0	12.50	44.36	

10. 可以根据要求，制成某些特殊性能的玻璃管。

玻璃管的缺点是性脆，抗击能力很弱，对局部应力敏感。

第三节 玻璃管在国民經济中的作用

由于玻璃管具有許多优点，因此在国民經济各个部門中的应用日益增加。

每个物理化学等实验室内都备有溫度計、試管、发生器、滴定管等由玻璃管制成的仪器，現在已不能想象一个实验室可以不用玻璃管制成的仪器；同样盛注射药剂的安瓿也是离不开玻璃管的。許多工矿企业都有自己的化验室，每个城鎮、人民公社都有不少保健站、医院，因此在人們的生活中，到处会碰到用玻璃管制成的产品。祖国的工业愈发达，

电气化的程度也就愈高，对电气真空用玻璃管的需要量也就愈益增加。

近几年来，我国也已开始使用工业玻璃管道。用玻璃管代替金属管，不仅经济，而且有許多金属管所沒有的优点。例如制造玻璃管所需的燃料比制造鑄鉄管少43%，所需电能也比鑄鉄管少35%，工資少35%，而劳动生产率比制造鑄鉄管高43%。同时1吨金属只能制造330公斤的鉄管，其余370公斤鑄鉄变成鑄口、鑄头、鉄屑等废料，而1吨玻璃可出700公斤左右玻璃管，也就是在成品率方面，玻璃管比鑄鉄管高得多。玻璃管的安裝費用，虽比同直径的鑄鉄管高，但由于玻璃管不会腐蝕，其使用耐久性比鑄鉄管高4倍，使用費保証比鑄鉄管低三分之二以上。就是在制造厂的基本建設方面，玻璃管在建設時間和建設費用方面都比金属管要短要少。

由此可見，玻璃管在国民經济中的作用是不小的，而且随着祖国社会主义建設的发展，人民生活水平不断的提高，玻璃管的生产必将更大地发展起来。

第四节 玻璃管的生产流程

玻璃管的生产流程与其他玻璃制品的生产是相类似的。根据玻璃管种类不同，玻璃管的生产流程也稍有一些区别。

在叙述生产流程以前，首先要提一下玻璃管的成型方法。玻璃管的成型方法可分为：

一、人工拉制法 系拉制少量和特殊規格的管和毛細管。

1. 拉制法 制造一般直径的管、棒和毛細管。

2. 吹制法 用模型制造大直径和特殊规格的管。

二、水平拉制法 仪器管、电子管、医药用管大都用此法成型。

1. 链式拉制机 拉制直径大于10毫米的玻璃管。

2. 带式拉制机 拉制直径小于6毫米的玻璃管。

三、垂直引上法 拉制大直径和厚壁的工业管。

1. 有槽引上法

2. 无槽引上法

四、转绕法 制造直径大和管壁、外形要求特别严格的玻璃管。

五、离心浇注法 制造各种熔融岩石管（如玄武岩管）等，也可以用离心浇注法制成大直径的玻璃管。

各类玻璃管的生产流程分别叙述如下：

表 2

A	B	B	Г
配料 ↓ 熔制 ↓ 拉管 ↓ 切割 ↓ 定径 ↓ 灯工 ↓ 退火 ↓ 刻度 ↓ 检验 ↓ 包装	配料 ↓ 熔制 ↓ 拉管 ↓ 切割 ↓ 制安瓿 ↓ 检验 ↓ 包装	配料 ↓ 熔制 ↓ 拉管 ↓ 第一次切割 ↓ 第二次切割 ↓ 制灯 ↓ 退火 ↓ 检验 ↓ 包装	配料 ↓ 熔制 ↓ 拉管 ↓ 切割 ↓ 退火 ↓ 卷边 ↓ 退火 ↓ 磨口 ↓ 检验 ↓ 包装

〔注〕 表中A为仪器用玻璃管，B为医药用玻璃管，B为电真空用玻璃管，Г为工业用玻璃管。

特殊用途的玻璃管的生产，基本上与仪器用玻璃管相同，在最后的加工方面有些不同，此处不予详述。

电真空玻璃管常常先切成一米左右长度，然后再按要求切割成一定规格。

一般仪器、医药、电真空玻璃管的直径不大，管壁都很薄，通常成型后可不必进行退火，经热加工后之产品才进行退火。而工业玻璃管的管壁较厚，成型后应力较大，所以在成型与热加工后均须分别进行退火。

第二章 玻璃管的成分

玻璃的成分能决定玻璃的性能，而玻璃性能又是根据使用要求而提出的，所以玻璃成分实际上就是根据使用要求来决定的。

不论任何用途的玻璃管，对玻璃成分均有下列基本要求：

1. 符合使用的性能 根据使用要求而须有一定程度的化学稳定性、耐热性、机械性能、电性能等。

2. 符合拉管机的成型要求，玻璃的粘度和温度曲线要符合拉管机所要求的粘度和温度曲线。

3. 玻璃成本低，原料可以大量供应。

4. 玻璃在拉管时不致析晶，特别是在拉管机的操作温度下，不允许有析晶现象。

5. 尽可能易熔。

根据以上基本要求，并结合各种用途的具体要求，玻璃管的成分可分为下列几个类型：

1. 普通钠钙、铝镁玻璃成分

此系用于机械性能和耐热性、化学稳定性要求不高的玻璃管。该成分易熔，成本便宜，一般可用来制造0~8大气压的工业玻璃管，耐热性为70~90°C。

2. 硼硅酸盐玻璃成分

该成分耐热性和机械强度好，耐水和耐酸性也好，耐碱性较差，电性能好，是仪器用玻璃管和电真空玻璃管常用的成分。缺点为难熔，成本高。

3. 无碱与低碱玻璃成分

无碱与低碱玻璃的耐热性、化学稳定性、机械强度、电性能均好，成本也便宜，是仪器、电真空、工业玻璃管的优良成分，也是今后发展的方向。缺点是难熔，玻璃性显得“短”，操作困难。

4. 硼锌质玻璃成分

该成分的化学稳定性高，特别是抗脱片性能很好，也有相当的耐热性和一定的机械强度，且不太难熔，是医药和仪器用玻璃管常用的成分，缺点是成本高。

5. 铅钡玻璃成分

该成分具有较好的电学性能，适当的膨胀系数，软化点不高，玻璃性“长”，适合操作，且易熔，是电真空玻璃管所常用的。其缺点为成本高，对耐火材料的侵蚀大，同时在灯工加工中易还原而变色。

下面将按玻璃管的种类分别叙述其采用的成分。

第一节. 仪器玻璃管的成分

仪器用玻璃管又可根据使用要求，分为硬质玻璃、灯工玻璃与温度计玻璃三种。

硬质玻璃管是用来制造各种硬质试管、灼烧管、蒸馏塔、热交换器、管道等。

灯工玻璃管是制造以灯工为主的玻璃仪器用的，如冷凝器、分馏器、干燥管、气压管、称量瓶等。

温度计玻璃管是用来制造各种温度计及各种量器（如比重计等）。

对硬质玻璃管成分的主要要求是须具有高度的化学稳定性与热稳定性。一般硬质玻璃的软化温度比较高，灯工操作温度也高，玻璃性“短”，操作时间不能太长。

灯工玻璃管成分除要求一定的化学稳定性与热稳定性外，尚要求玻璃不易析晶，即使重复加热几次也不会析晶。一般灯工玻璃性较“长”，操作范围广一些。

温度计玻璃除要求一定的化学稳定性与热稳定性外，还要求热后效应（使用后零点不会永久上升与下降）很小。

一般常用的仪器用玻璃管的成分见表3。

中国现有半煤气式坩埚窑的工厂，大都用九五料拉硬质管子，一般试管则都用中国小硬料。灯工玻璃多半用低硼的，无硼玻璃在我国目前还没有广泛采用。温度计玻璃管，我国都用耶那16—Ⅱ以制 $-200\sim +360^{\circ}\text{C}$ 的温度计。

最后介绍一种在高温、高频、高电流及腐蚀性化学介质下使用的石英玻璃管。石英玻璃管不仅使用在仪器方面，能够代替铂制品，而且用在急热急冷、灼烧、高温酸性液等地方，以及测量 800°C 高温的温度计；同时石英玻璃管还用在热工仪（器如高温热电偶套管、燃烧炉管等）、电真空（如绝缘子、强力振荡管等）、化学工业管道、透紫外光和光谱分析等方面。

石英玻璃管是一种用途极广的贵重材料，由于其制造不易，价格较昂，所以在我国还没有被广泛的使用。但在大跃

表 3

	玻 璃 名 称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	BaO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
硬 質	美国派來克斯	80.9	1.8	12.6	—	—	—	—	—	4.4	—
	英国霍斐尔	80.4	2.7	12.4	—	0.3	—	—	—	4.2	—
	德国耶那-20	75.3	6.2	7.6	—	1.1	—	3.5	—	5.7	0.8
	苏联846	74.0	3.0	3.0	—	6.0	4.0	—	—	10.0	—
	中国九五料	78.34	2.0	14.3	—	—	—	—	—	6.27	—
	中国硬料	68.2	6.2	5.1	—	7.0	0.2	—	1.8	8.1	3.0
	日本村野	79.0	4.0	12.0	—	0.5	—	—	—	4.5	—
	石英玻璃	99.5以上	—	—	—	—	—	—	—	—	—
灯	高硅质玻璃	96.3	0.4	2.9	—	—	—	—	—	<0.2	<0.2
	苏联№23	63.38	3.88	2.66	—	8.51	—	—	—	9.42	7.14
	苏联№29	68.6	3.70	—	—	7.5	3.5	—	F ₂ ' 0.2	10.0	3.0
	中国灯工	67.6	3.6	1.7	—	4.0	3.1	—	—	17.8	2.3
	德国№1	69.30	4.05	—	—	8.28	0.07	—	—	12.86	4.96
工 具	英国№1	70.32	1.80	—	—	6.86	3.47	—	—	16.71	0.84
	耶那16-Ⅲ	67.3	2.5	2.0	—	7.0	—	—	7.0	14.0	—
	耶那59-Ⅲ	72.0	5.0	12.0	—	—	—	—	—	11.0	—
	色勃來馬克斯	57.0	20.3	10.0	—	7.5	4.5	—	—	—	—

玻璃的性能如下:

表 4

玻 璃 名 称	化 学 稳 定 性				热 膨 胀 系数 $\times 10^{-7}$	耐 热 性 $^{\circ}\text{C}$
	耐	水	耐	酸	耐	碱
硬						
派来克斯	沸水失重0.20 毫克/克		20.25% HCl失 重2.20毫克/克	IN NaOH失重 286.8毫克/克	30~32	300~320
中国九五料	0.40		4.80	180.6	37~41	260~290
英国霍曼尔	2.7毫克/分米 ² (失重法)		—	211毫克/分米 ³	33.6	—
德国耶那—20	DIN 12111法 0.019毫克/2克		DIN 12116法 20% HCl在108 $^{\circ}\text{C}$ 下浸三小时, 失 重0.2毫克/分米 ²	DIN 12122法 $\frac{1}{2}$ NN ₂ OH + $\frac{1}{2}$ NN ₂ CO ₃ 在 100.5 $^{\circ}\text{C}$ 下浸三小 时失重89毫克/分米 ²	46	188
苏联№346	失重0.01%		20.24% HCl 失重0.02%	2N NaOH 失重1.31%	60~62	150
灯						
苏联№23	失重0.3~0.84 毫克/分米 ²		IN H ₂ SO ₄ 失重 0.14~0.40毫克 /分米 ²	2N NaOH失重 40~59毫克/分米 ²	84~87	130
料						
苏联№39	0.2~0.70		~0.26	38~59	73	—
温度						
计						
耶那16—II	0.2737		0.25	26.55	80.3	—
耶那59—II	—		—	—	5)	—