

无机纤维

C.Z. 卡罗尔 帕津斯基 著
汤琬华 张士芳 译

中国工业出版社

无机纤维

C. Z. 卡罗尔-帕津斯基 著

湯 琬 华 張 士 芳 譯

成 之 强 林 鏡 良 校

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国工业出版社

本书綜合地介紹玻璃纖維、玻璃棉、矿渣棉、岩石棉、耐高溫纖維、石棉、金屬絲、金屬棉等无机纖維材料的生產方法、性能及應用範圍；其中以玻璃纖維及其制品和石棉的介紹比較詳細。本書特点是廣泛收集了各國的資料，特別注意對新方法、新品種和新技术的報導；在各章末還附有大量的參考資料和專利介紹。

本書可供從事上述无机纖維材料的試驗研究工作的讀者閱讀；无机纖維材料的設計人員和使用人員也可參考。

為方便讀者閱讀，書末附有英制公制計量單位換算表。

C. Z. Carroll-Porczynski

INORGANIC FIBRES

LONDON NATIONAL TRADE PRESS LIMITED-1958

* * *

无 机 纤 維

湯琬華 張士芳 譯

成之強 林鏡良 校

*

建筑工程部圖書編輯部編輯(北京西郊百萬庄)

中國工業出版社出版(北京住棚閣路四10號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第110號

中國工業出版社第一印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印張 $11^{11/16}$ ·字數258,000

1965年4月北京第一版·1965年4月北京第一次印刷

印數0001—2,220·定價(科六)1.70元

統一書號：15165·3688(建工-442)

序 言

各种无机纖維的重要性及其产量正在迅速增加。虽然这种材料的发展和对于它的探索只是在最近时期方才开始，可是实际上这种材料本身却已进入了現代工业的每一个部門，預計将来还要繼續扩展下去。目前虽然已經有了关于某些纖維的資料，但是包括現代所有的无机纖維材料，尤其是有关其工业应用的綜合性著作，迄今还没有問世。預料到对于这种著作的需要，著者特計劃出版本书，希望它可以填補現有文献中所存在的这一空白。

每个作者所面临的共同問題，是如何使所陈述的内容适合于具有不同程度专业知識的讀者。本着这个主旨，著者特就每一工业部門，作一概括的描述，同时为增加本书的效益起見，特将本书的参考书目扩充，并将有关参考文献附录在每章之末，供深入閱讀之用。

为了向专业技术水平較高的讀者或从事于研究或推广工作的讀者介紹最新科学研究的成果，著者特在适当章节，将近20年来所有最重要的专利文献加以評述。本书的資料，是从許多不同的来源蒐集的，都在可能范围内根据“世界科学报刊目录”予以注明。

希望本书能作为各工业部門从业人員的一种有用的課本，并有助于他們对这种新材料的了解。

О.Э. 卡罗尔-帕達斯基

目 录

序 言

第一章 玻璃纖維	1
历史——制造——新的制法和新的纖維——玻璃纖維的性质	
第二章 玻璃織物	34
玻璃織物的处理剂——織物的整理——玻璃織物的染色—— 玻璃織物的应用	
第三章 电气工业用玻璃織物	65
第四章 玻璃增強塑料	75
玻璃纖維增強材料的形式——模制技术——应用	
第五章 玻璃棉	99
矿物棉——玻璃棉的生产	
第六章 矿渣棉	120
矿渣棉的制造——影响矿物棉质量的因素—— 最近的发展——应用	
第七章 岩石棉	140
美国矿物棉	
第八章 耐高温纖維	157
石英纖維——高硅氧纖維——市售的Refrasil織物——陶瓷纖維	
第九章 石棉	183
石棉織物	
第十章 塑料工业用石棉	206
石棉在橡胶工业中的新应用	
第十一章 电气工业用石棉	226
第十二章 石棉的其他工业用途	233
刹車带——石棉-水泥——85%氧化鎂—— 造船工业中的石棉	

VI

第十三章 石棉工业最近的发展	241
纖維——檢驗——石棉纖維的长度	
第十四章 无机纖維紙	275
石棉紙——玻璃纖維紙——纖維素-玻璃纖維紙	
第十五章 金屬絲的織造	289
金屬絲的种类——标准織紋的种类——特种金屬絲布—— 織造——金屬絲布在工业中的应用——金屬絲織帶	
第十六章 金屬絲的針織	318
应用——加捻——編織	
第十七章 金屬棉	329
制造——应用——制毡法	
第十八章 金屬紗和鍍金屬的紗	341
应用	
第十九章 鍍金屬的織物	351
金屬粉	
附录一 热工設備絕緣用矿物棉商品标准	362
附录二 英制、公制計量单位換算表	367

第一章 玻璃纖維

历史

在許多世紀以前，玻璃就已經成為一種必需品，今天它又是我們日常生活中最普通的材料之一。纖維狀的玻璃是一種比較新的材料，這種新材料有時被稱為玻璃工業的“幼苗”。

玻璃纖維已經开辟了許多新的用途，特別是在絕緣、建築、電氣和塑料工業方面。這種多功能的材料具有在任何其它紡織纖維中難以找到的獨特性能；它的强度高，耐化學侵蝕，耐熱，耐微生物腐蝕，並且具有可紡性和體積穩定性，所以在現代工業的不同領域中具有廣泛的用途，既可以用作電氣、化學、或結構材料，也可以作熱、聲或冷的絕緣和作為裝飾或衣着之用。

玻璃的歷史，可以追溯到上古時代。在美索不達米亞和埃及曾發現許多種形狀的（主要是小珠狀的）玻璃碎片，經考古家們的鑑定，它們是紀元前2000~3000年之間的產物。大約在紀元前1000年的時候，埃及人曾製造過比金子、鑽石和其它貴重金屬及晶體還要寶貴的玻璃寶石。頗饒興趣的是，直到紀元前30年，埃及的玻璃製造者還不是在玻璃處於液體狀態而是在粘滯狀態時使之成型的；他們控制粗纖維或玻璃棒作為裝飾之用^[2]。考古家們所發掘出土的玻璃遺物充分證明，早在第十八王朝的初期，埃及就建立了巩固的玻璃工業。從大約紀元前1300年起，玻璃漸漸地失去了它作為一種奢侈品的特性，珍貴的玻璃、寶石和珠寶被比較實用的制品，如中空容器、瓶、壺等所替代了。

紀元前不久吹管的發明，可以說是玻璃工業發展的里程碑。從那個時期起，玻璃的應用傳播得很快，玻璃器皿便成為家庭用具了。隨着羅馬帝國的滅亡，威尼斯成了玻璃工業的一個中心，

而且它的执牛耳的地位延长了几个世紀之久。威尼斯的手工艺人发展了一种制造有色玻璃綫的艺术，用这种玻璃綫制出一种不透明网状物的瓶子或裝飾品，叫做“Reticelli”。現在許多博物館里还陈列有这个时期所制造的精巧美观的制品、瓶和鏡。这种玻璃制造术后来又漸漸地传到了西欧，拉制玻璃絲的尝试也就从此开始了。

虽然威尼斯的手工艺人拥有把玻璃拉制成具有一定柔性的細条的知識，可是，这些細条从来没有发展到根据現在的标准能列入纖維类的細度。經過許多年以后，玻璃纖維才成功地生产出来，它最初是被当作一种珍品来看待的，不过这种新材料的巨大潜力不久就为人們所認識。1893年在哥伦比亚展覽会中曾展覽过一种玻璃衣服、玻璃灯罩和全玻璃的領帶。那时制造过一种直径較粗的玻璃纖維，其制法是先用一个火炬把玻璃棒烧热到可塑状态，然后用一个快速旋轉的轉筒把它拉成纖維^[3]。1908年，生产了一种粗的連續玻璃纖維，并作为商品生产了^[4]。

1929年，发明了用离心法制造玻璃棉的方法。这种方法的基本原理現在已广泛地用来制造岩石棉与矿渣棉。在二十世紀三十年代初期，开始用熔化玻璃棒的方法拉制玻璃纖維，并将这种纖維夹在两块窗玻璃之間，而成为称作“Ther-molux”的商品^[5]。1938年以后，出現了用蒸汽流把从漏板中流出来的玻璃液吹拉成細絲，和用纖維纏繞于轉筒上而把玻璃絲拉細的方法。这两种方法現在普遍地采用。現在生产的紡織玻璃纖維，据称每年有10,300万磅。其中包括玻璃纖維原絲束、連續纖維紗、无捻粗紗、連續单纖維毡片和短切纖維^[6]。不屬於紡織纖維的有：工业用玻璃棉毡片、空气和液体过滤用的纖維、隔音和隔热用的纖維及地下管道包复用的纖維等等。

制 造

原料的选择

从埃及第十八王朝古玻璃的分析結果証明，这种玻璃含有：

石英砂50~68%，氧化鈣1.5~10%，氧化鈉9~29%，氧化鉀1~7%〔6〕。現代玻璃工業仍舊使用着同樣的原料並不是偶然的。正如沙普（Sharp）所說，造成這種相同的主要原因是，由於要求原料具有可溶性、耐久性和不易結晶的性能〔7〕。

原料

構成玻璃的主要成份是二氧化矽（ SiO_2 ）——地殼上蘊藏最豐富的礦物。製造玻璃所用的二氧化矽，是由不固結的河砂或砂岩引入的。其次一種最普通的成份是鹼。加鹼的主要目的是降低玻璃配合料的熔化溫度和縮短澄清時間。氧化鈉（ Na_2O ）和氧化鉀（ K_2O ）二者都作此用。

根據佩德爾（Paddle）的證明，含有氧化鈉和氧化鉀的玻璃比單含氧化鈉或單含氧化鉀的玻璃較為耐久〔8〕。但較近的研究證明，玻璃纖維中鹼的含量較高會降低玻璃纖維的強度，並且會提高它受水侵蝕的能力〔9〕。

構成玻璃配合料的第三種重要成份是氧化鈣（ CaO ）。在鈉-鈣-矽酸鹽玻璃被水侵蝕的時候，鈣可以起穩定作用。氧化鋁（ Al_2O_3 ）的加入能提高玻璃纖維的耐久性和耐風蝕性，並能減少其失透的傾向。再者，發現在鈉-鈣-矽酸鹽玻璃中，如果用2%以下的氧化鋁代替氧化鈣的話，玻璃的強度可以提高2%，而如果加入氧化鋁超過2%時，對玻璃的強度就會產生相反的效果〔10〕。氧化硼（ B_2O_3 ）具有助熔性能，也可以加入玻璃原料之內。最近的研究結果證明：鈉-鈣-矽酸鹽玻璃的熔化率，隨著氧化硼的增加而顯著提高。即使已經有了助熔成份時，氧化硼仍能產生顯著作用。增加0~2.5%的氧化硼，可以從1400°C下降到616°C的溫度範圍內逐漸降低一切玻璃的粘度，而低於此溫度範圍時，則會逐漸提高粘度〔11〕。

當氧化鋅（ ZnO ）的加入量不超過12%的時候，對於鈉-鈣-矽酸鹽玻璃的耐酸性可產生有益的作用。在將氧化鋅加入玻璃配合料之前，先用氧化硼使之熔化，就可以大大提高玻璃的熔化性能〔12〕。

玻璃配合料的另一普通成份是氧化鎂。它的穩定作用大致与氧化鈣相同。加入少量二氧化鈦 (TiO_2) 能使玻璃的粘度显著减小。鋁与其它氧化物有时也可以加到玻璃配合料中当作助熔剂用, 并借以提高鈉-鈣-硅酸盐玻璃的耐風蝕性。

关于玻璃配合料各种次要成份的功用的詳細討論, 不在本书范围之内。至于在玻璃制造中二氧化硅与各种氧化物之間相对的反应速率, 讀者可以从莫尔 (Moore) 等最近所发表的一系列报告^[13, 14]中获得一些頗饒兴趣的資料。

化学成份

現在使用的玻璃纖維的成份种类很多, 各因其所要求的最終特性不同而異, 但一般說来, 玻璃纖維可以分为两大类, 即: 鈉-鈣-硅酸盐玻璃和硼硅酸盐玻璃。这两类玻璃的典型成份如下:

鈉-鈣-硅酸盐玻璃

	%
二氧化硅	72.2
氧化鈣	9.5
氧化鎂	3.5
氧化鋁	1.8
碳酸鈉	13.0

硼硅酸盐玻璃 (E玻璃)

	試样 A ⁽¹⁵⁾	試样 B ⁽¹⁶⁾
	%	%
二氧化硅	52.4	53.5
氧化鈣	16.6	17.5
氧化鎂	5.2	4.5
氧化鋁	14.4	14.5
碳酸鈉 } 碳酸鉀 }	0.8	—
氧化硼	10.6	10.0

这两种玻璃的主要区别是: 硼硅酸盐玻璃是无碱的, 因此能

耐水和耐風蝕，而鈉-鈣-硅酸盐玻璃則容易受到水份的影响，水可以瀝濾出玻璃里面的碱，因而大大降低纖維的强度。

美国欧文斯-康宁玻璃纖維公司采用五种不同的成份，以适应工业上的各种需要^[17]。纖維E是专为电气用途而設計的。它是硼硅酸盐玻璃的一种，纖維的形式是連續纖維和定长纖維。纖維F是为空气过滤等用途而发展的。这是直径相当粗的一种鈉-鈣-硅酸盐玻璃纖維。纖維T是作热絕緣用的。这是一种普通的硼硅酸盐玻璃，它主要是作成玻璃棉使用。纖維N是专门按照海軍部門的要求而設計的。它的形式是超細棉，因此，在海軍和空軍方面用途頗广。纖維C是为化学方面的用途而发展的例如作过滤布与阳极罩。这种纖維的主要特点，是具有高度的耐酸性和耐碱性。现将科赫(Koch)^[22]所引用的玻璃纖維C的化学成份列举如下：

玻璃纤维 C (用于化学方面)

	%
二氧化硅	62~65
氧化鈉	11~15
氧化鉀	1~3
氧化硼	3~4
氧化鋁	1
氧化鈣	6

紡織纖維的制造

在制造紡織纖維时，須先将組成玻璃的一切原料加以分析，然后依照适合于纖維最后用途的配方进行混合。再将混合均匀的玻璃配合料送入由气体燃料或液体燃料加热的玻璃熔窑（见图1）。燃料费用是玻璃制造过程中耗费最大的项目。电熔炉只有当它与燃料熔窑相比能产生更高的工作溫度或創造特殊的条件，使它足以补偿其較高的电费时，才值得采用^[18]。

玻璃纖維可以由原始的玻璃熔融体控制，也可以把玻璃制成

薄片，然后弄碎，再送到纖維制造車間重熔后控制。最常用的方法之一是玻璃球法（见图2）。这种方法对检查和剔除次料最为方便，而且便于利用重力自动下料。熔融玻璃流入制球机后，制球机就把直径5/8吋的玻璃球送出来^[19]。图3表示玻璃球的制造流程。

实际生产纖維时，玻璃球从漏斗进入白金坩埚中。每一个玻璃球可以拉出100英里长的連續纖維。

連續纖維生产过程

为了制造連續纖維紗，拉絲車間采用了一种在底部漏板上有200个或200个以上的拉絲漏孔的坩埚。孔径約为0.04吋的漏孔，

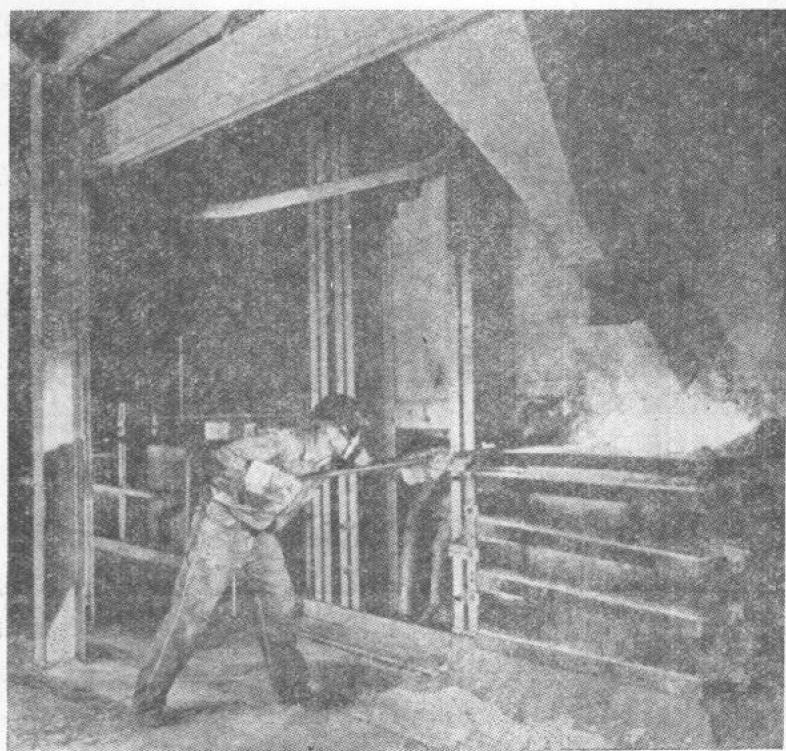


图1 将配合料加入熔窑中



图 2 玻璃球的检查

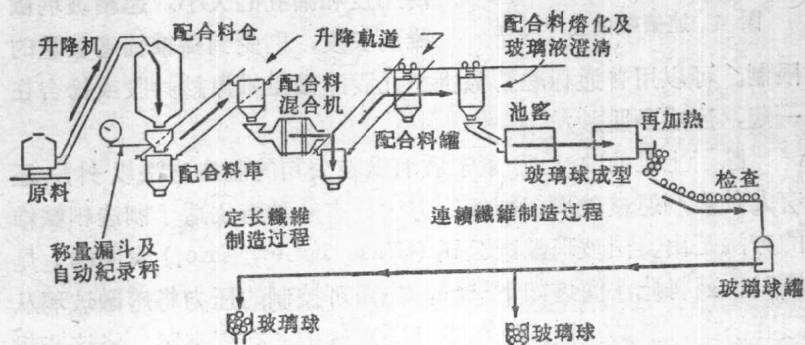


图 3 玻璃球制造流程图

可以拉出直径为0.00021吋的玻璃纖維^[20]。这种坩堝用电加热，玻璃球利用重力加入。当玻璃球熔化时，熔融玻璃就通过漏孔向下流出。将从漏孔流出的熔融玻璃細流集束，通过涂有浸潤剂的垫子，然后送到高速拉絲机（见图4）。浸潤剂不仅可以把許多单根纖維粘合在一起，而且可以在繞絲过程中，以及在以后的工序中，提高玻璃纖維互相摩擦时的抗磨性。

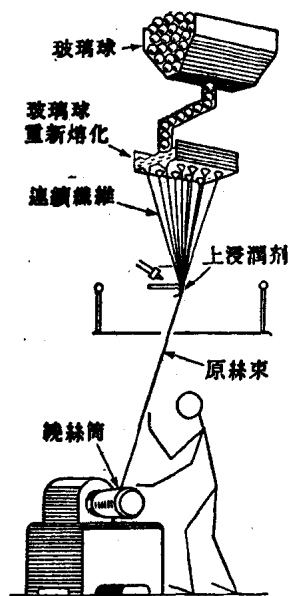


图4 連續纖維生产过程

熔融玻璃細流可以用快速拉絲的方法使其拉細成纖維，这就是說，玻璃纖維的拉絲速度，必須比玻璃細流从熔化坩堝流出来的速度快得多。纖維的这种拉細或拉引作用，可以用两种方法来实现，一种是以高速将单根纖維束直接繞在某一适当的装置之上，另一种方法是将刚刚成形的单纖維束通过两个相对轉动的有波形弹性的表面轉輾之間，以便在卷繞之前先抓着纖維并将其拉細。

最后决定玻璃纖維的直径的，不仅是拉絲速度，而且还有熔融物的粘度和漏孔的大小。連續玻璃纖維的长度，則受到纖維筒卷装量的限制。可以用普通标准紡織机把几股連續纖維原紗并股或捻合在一起，形成多股紗。

除了上述的欧文斯-康宁玻璃纖維公司的制造方法以外，还有几种生产連續玻璃纖維紗的方法。有一种特別适于制造細纖維的方法是由美国玻璃纖維公司 (Glass Fibers Inc.) 发明的（见图5）。茲将此法簡述如下^[21]：先用可控制的压力将熔融玻璃从漏孔挤出，任其凝固成許多根粗玻璃纖維。在固态时，将这些粗玻璃纖維連續地送入一个加热室，送入加热室的速度須与粗纖維

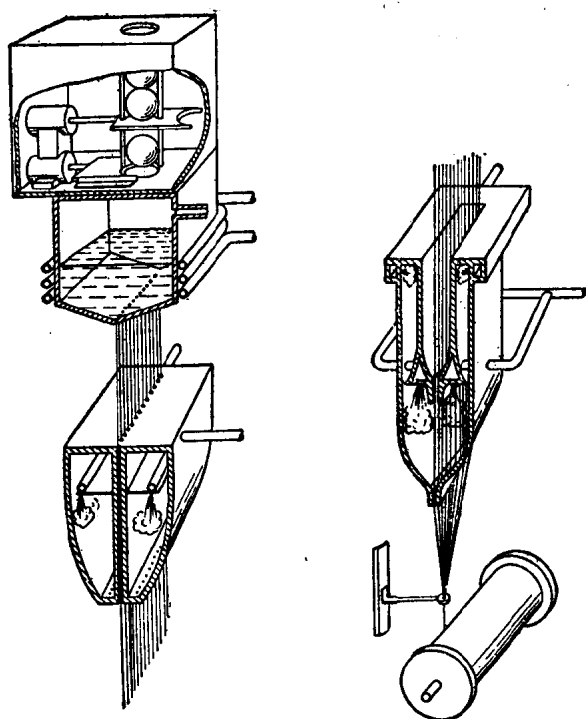


图 5 美国玻璃纤维公司的制法

从漏孔挤出时的速度相同。再加热以后，就立即进行拉丝，并同时以高速度将原丝束绕在一个适当的装置上。同一公司还取得了另一种制造方法的专利，这种方法是把连续玻璃纤维的生产与同时并捻的操作结合在一起^[22]。这种生产方法见图 6。先将连续玻璃纤维束以独立组的形式拉出，然后将各组纤维束捻成纱，再将许多这样形成的纱连续地捻合起来，成为较粗的线。这种设备包括几个安装在旋转架（2）上的转炉（1）。利用重力将玻璃球通过漏斗（3）送入熔炉（1）。每个熔炉有一个坩埚，其中装有由线圈加热的熔融玻璃。旋转架（2）使各熔炉（1）作行星式环绕柱轴旋转。这就可以使那些由各熔炉制就的纤维连续地捻合为较粗的纱。

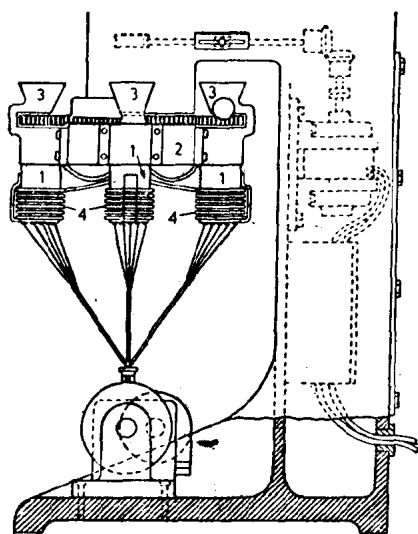


图 6 生产玻璃单纖維的捻合法

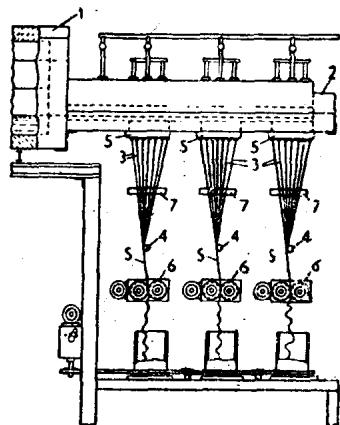


图 7 一次熔化法生产連續玻璃单纖維的装置

上述制造玻璃纖維的方法，都是屬於玻璃球法。欧文斯-康宁玻璃纖維公司曾在一個時期采用過一種在一個較大的熔爐里直接熔化玻璃的制造方法，此法毋須經過制造玻璃球這一中間步驟^[23]。

图 7 所示為將玻璃配合料各成份熔化在一起的一次熔化法的裝置，熔融玻璃流導經前爐而送入一系列漏孔，以便在一次熔化操作中生產出許多股連續單纖維的原絲束^[24]。

在這一生產過程中，首先是將粉末狀的生料送入熔爐（图 7，1），然後用許多燃燒器進行加熱、熔化和澄清。與熔爐連接在一起的是是一個或幾個前爐（2），這些前爐可以接受從熔爐（1）流出的澄清玻璃液。每個前爐的底下有幾個白金制的給料器或漏板，其底部有許多漏孔，大量的玻璃液流

（3）從這些漏孔流出，再借助集束器（4）形成許多玻璃原絲束。在給料器（5）附近，置有許多電熱器，在漏板上安裝有輻射煤氣燈，使通過的玻璃液保持均勻的溫度。次一步驟是將許

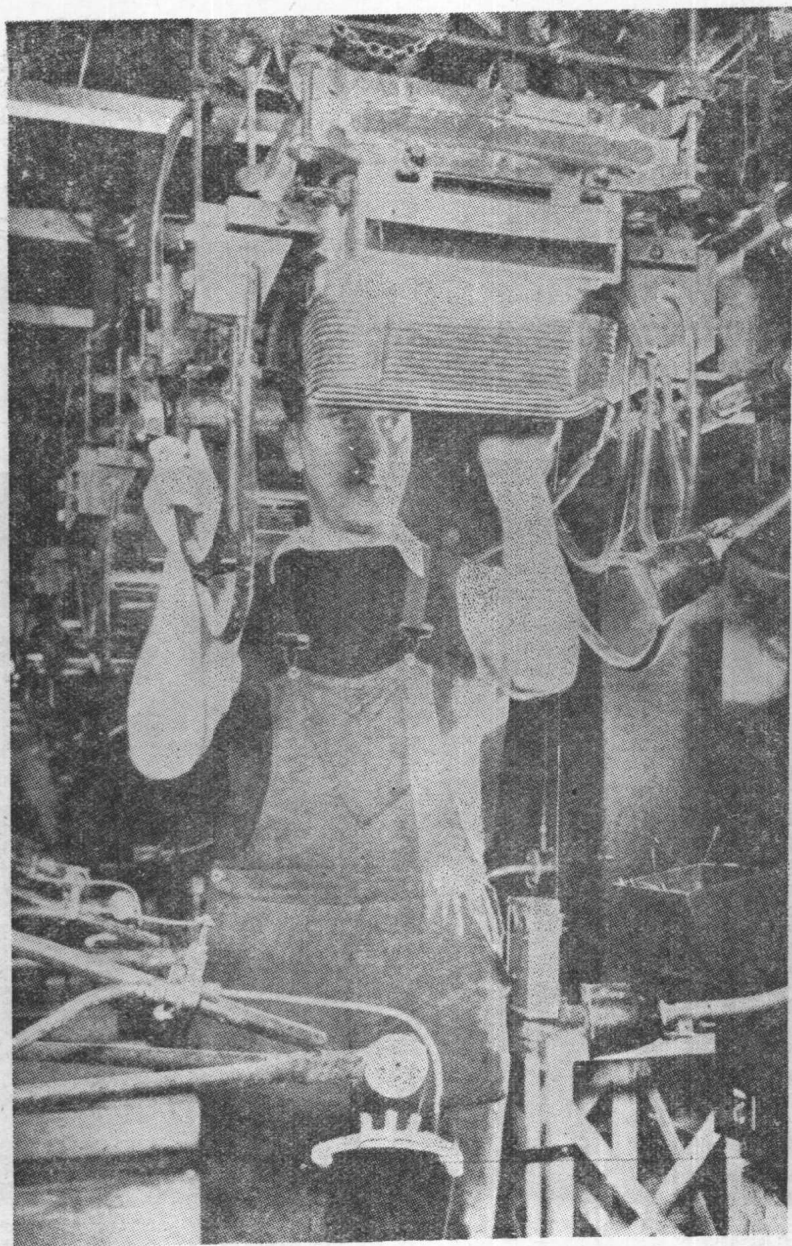


图 8 生产連續玻璃纖維的裝置