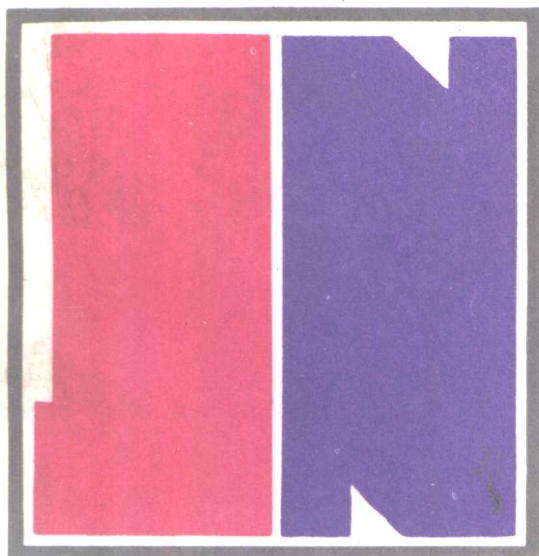


● 建材工业节能技术丛书 ●

玻璃纤维工业 节能技术

尹青山 夏大全 赵从旭 主编



中国建材工业出版社

81.5867
9400376

建材工业节能技术丛书

玻璃纤维工业节能技术

尹青山 夏大全 赵从旭 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

内 容 简 介

本书从连续玻璃纤维工业节能技术、定长纤维工业节能技术、纤维型节能材料的应用等三个主要方面,较全面、系统地介绍了玻璃纤维工业实用节能技术及国际上的情况和动态。书中所介绍的节能技术,是近年来我国自行研究、开发、消化、吸收和创新,并在生产实践中获得明显节能效果的节能新技术。可供建材工业,特别是玻璃纤维工业科研、设计、教育、生产和管理人员及高等院校有关专业的师生参考。

玻璃纤维工业节能技术

尹青山 夏大全 赵从旭 主编

责任编辑 宋 彬

封面设计 晓 梦

中国建材工业出版社

(北京市百万庄国家建材局内 邮政编码 100831)

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

机械部经济信息中心激光照排

北京计量印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:5.0 字数:110 千字

1993 年 7 月第 1 版 1993 年 7 月第 1 次印刷

印数:1—3 000 册 定价 8.50 元

ISBN 7-80090-110-6/TU·18

《建材工业节能技术》丛书序

能源是制约我国建材工业发展的重要因素之一。我国建材工业是耗能大户,能源消耗总量和万元产值耗能均居全国各工业部门前列。我国建材工业的能源消耗,无论与工业发达国家相比,还是与国内其他工业部门相比,都存在着很大差距。

为了改变我国建材工业能耗高的状况,自改革开放以来,在已经取得长足进步的基础上,国家建筑材料工业局决定组织实施建材工业节能综合工程,作为建材工业“八五”期间的主要任务之一。提出到 1995 年实现每年节约 1500—2000 万吨标准煤的奋斗目标,并指出:要达到这一目标,一靠投入,二靠技术,三靠政策。为了配合建材工业节能综合工程的实施,在全行业进行节能宣传教育,推进建材节能技术进步,使建材工业的生产企业和基本建设单位了解、掌握国内已有的先进节能技术,同时促进科研、设计、教育单位和生产企业的技术交流与协作,编辑出版《建材工业节能技术丛书》势在必行。

《丛书》包括六个分册,即:《水泥工业节能技术》、《水泥制品工业节能技术》、《玻璃工业节能技术》、《玻璃纤维工业节能技术》、《建筑卫生陶瓷工业节能技术》、《房建材料工业节能技术》。

《丛书》所反映的内容多为通过实践检验,证明是行之有效的成熟的建材节能技术,既有实用性,又有科学性和新颖性,对建材企业的生产、建设、技术改造、革新挖潜具有实际指

导作用,对建材工业广大科研、设计、教育、生产和管理人员也有一定的阅读、研究、参考价值。

按照我国建材产业部门管理的产品,应当包括水泥工业、水泥制品工业、玻璃工业、玻璃纤维工业、建筑卫生陶瓷工业、房建材料工业、装饰装修材料工业、非金属矿及其制品工业、无机非金属新材料工业、建材装备工业等产业的产品。而上述产业部门都已拥有一批节能新技术。现根据已经占有的技术资料,并适应组织实施建材工业节能综合工程的迫切需要,由中国建材工业出版社会同有关部门、单位先陆续编辑出版这套包括上述六个分册的《建材工业节能技术丛书》。其他方面的节能技术以及节能管理等是否编辑成册,将视有关情况而定。

本《丛书》在选题、组稿、撰写、编辑、设计、印制、宣传、征订过程中,得到国家建材工业局机关各部门、各直属单位和有关企业的大力支持;百余名具有建材节能理论和实践经验的工程技术人员和管理人员直接参加了《丛书》的编写工作。

当我们向读者奉上这套有较高的实用性和权威性的《丛书》时,请读者和我们一起向为本《丛书》做出贡献的所有领导、专家、作者、出版工作人员,表示衷心的感谢。

本《丛书》如有疏漏、不妥之处,敬请批评指正。

尹青山 夏大全 赵从旭

1993年6月

编 著 说 明

玻璃纤维工业节能,是建材工业节能综合工程的组成部分。

《玻璃纤维工业节能技术》一书是《建材工业节能技术丛书》的分册之一。该分册从连续玻璃纤维工业节能技术、定长纤维工业节能技术、纤维型节能材料的应用等方面着重介绍了近几年来玻璃纤维工业节能所取得的技术进步和科技成果,以及国内外的情况和动态。书中所介绍的节能技术,大都是我国改革开放以来,特别是近几年来我国自行研究、开发的新技术,包括引进技术的消化、吸收和创新,并都在生产实践中获得了明显节能效果。本书可供建材工业,特别是玻璃纤维工业管理部门和企事业单位的工程技术人员、管理人员及高等院校有关专业的师生参考。

本书在编写过程中,国家建材工业局科技发展司何添同志负责具体的组织工作,并审校本书稿,中国硅酸盐学会玻璃纤维专业委员会主任林树益同志对本书的编写自始至终给予了大力的支持、指导和帮助。参加本书编写工作的有南京玻璃纤维研究设计院孙克光、何振声、左杰、方贤柏、李振伟、吴嘉培、李雄华、潘德照、李宝珊、李志泉等同志。

由于水平有限,本书难免有不当之处,请广大读者不吝赐教。

编著者

1993年6月

目 录

《建材工业节能技术》丛书序	(1)
第 1 章 概 述	(1)
1.1 玻璃纤维工业现状	(1)
1.2 玻璃纤维工业能源消耗结构	(1)
1.3 玻璃纤维工业能源利用情况	(2)
第 2 章 连续玻璃纤维工业节能技术	(5)
2.1 400 孔代铂坩埚生产技术	(5)
2.1.1 原理及工艺流程	(5)
2.1.2 工艺设备	(6)
2.1.3 代铂坩埚能耗分析及节能技术	(10)
2.2 池窑拉丝生产技术	(17)
2.2.1 原理及工艺流程	(17)
2.2.2 玻璃成分和配合料制备	(19)
2.2.3 单元熔窑	(24)
2.2.4 单元熔窑大型化及废热利用	(31)
2.2.5 多孔漏板拉丝与节能	(33)
2.2.6 应用实例分析及节能效果	(36)
2.2.7 电助熔窑及波歇窑	(39)
2.3 玻璃球窑节能技术	(41)
2.3.1 球窑结构设计节能技术	(42)
2.3.2 玻璃电熔技术	(54)
2.3.3 其他节能技术	(67)
2.4 连续玻璃纤维织物表面处理工艺装备的节能技术	(80)
2.4.1 原理及工艺流程	(80)

2.4.2	合理选择热源及供热方式是节能的重要环节	(81)
2.4.3	远红外加热技术在玻纤维物表面处理中的应用	(87)
2.4.4	保温隔热材料的合理选用	(90)
第3章	定长纤维工业节能技术	(92)
3.1	利用电厂旋风炉熔渣制取岩棉及其制品的节能新工艺	(92)
3.1.1	原理及工艺流程	(92)
3.1.2	熔渣成分及煤粉配料	(93)
3.1.3	电加热导流装置在熔渣制棉中的应用	(96)
3.1.4	电厂热风系统在溶渣制棉中的综合利用	(99)
3.1.5	熔渣制棉的生产控制	(100)
3.1.6	熔渣制棉的节能效果	(101)
3.1.7	溶渣制棉的建厂条件及投资效益预测	(101)
3.2	矿物棉传统生产工艺中的节能技术	(103)
3.2.1	矿物棉传统生产方法的能耗	(103)
3.2.2	矿物棉生产中热能的利用效率	(105)
3.2.3	冲天炉烟气的余热利用	(107)
3.2.4	风机的合理选型与使用	(109)
3.3	超细玻璃棉生产节能技术	(111)
3.3.1	生产工艺及其热能的利用	(111)
3.3.2	燃气喷吹装置的设计	(112)
3.3.3	降低能耗的途径	(115)
3.4	耐高温矿物纤维生产节能技术	(117)
3.4.1	原料的熔化及其节能	(118)
3.4.2	喷吹成型的节能	(119)
3.4.3	制品生产工艺的选择及其能耗	(119)
第4章	纤维型节能材料的应用	(120)
4.1	纤维型绝热材料品种	(120)
4.1.1	纤维型绝热材料	(120)
4.1.2	纤维型绝热材料的基本性能	(120)
4.1.3	纤维型材料在绝热工程中的应用	(120)

4.2	纤维型绝热材料的节能效果	(122)
4.2.1	工业保温工程的节能效果	(122)
4.2.2	建筑绝热的节能效果	(123)
4.3	绝热工程的设计与施工概要	(123)
4.3.1	绝热工程热工计算与设计	(123)
4.3.2	绝热结构的设计与施工简介	(128)
4.4	绝热工程的评估	(129)
4.4.1	绝热工程的验收	(129)
4.4.2	绝热工程的经济分析	(130)
4.5	玻纤过滤材料的开发应用	(132)
4.5.1	玻纤滤料的耐温特性及其节能效果	(133)
4.5.2	玻纤滤料的进步及其节能效果	(134)
附录 A	玻璃纤维工厂能量平衡通则(审批稿)	(138)
附录 B	能源当量换算表	(144)
附录 C	有关非法定计量单位与 SI 单位的换算表	(145)
附录 D	常用保温材料和绝热耐火材料的性能	(147)

第 1 章 概 述

1.1 玻璃纤维工业现状

我国玻璃纤维工业创建于 1958 年。玻璃纤维及其制品作为一种性能优异的无机非金属材料,以它具有的强度高、重量轻、耐高温、耐腐蚀、电绝缘和保温隔热等特性被广泛应用到国民经济的各部门。

我国玻璃纤维工业企业按照生产工艺、原材料以及形态的不同,通常分成玻璃纤维厂、矿渣棉厂、岩棉厂、玻璃棉厂和硅酸铝纤维厂五种类型。全国有玻璃纤维厂数百家,其中大、中型企业为 20 余家,职工总人数逾 10 万人。1992 年,我国玻璃纤维总产量已达 10 万 t,仅次于美国、日本、法国和前苏联,居世界第五位,其产品有 60 多个品种、600 多个规格。矿渣棉、岩棉、玻璃棉和硅酸铝纤维棉均属于定长玻璃纤维,全国约有 400 多家企业,其中大、中型企业 20 余家,年生产能力约 50 万 t。在我国玻璃纤维行业中还有一个为“坩埚法”生产玻璃纤维服务的玻璃球工业,全国约有制球窑 30 座,年产玻璃球 12 万 t。

1.2 玻璃纤维工业能源消耗结构

我国玻璃纤维工业每年能源消耗量约为 72 万 t 标准煤,其结构如下:

(1)玻璃纤维厂:年耗能源为 30 万 t 标准煤,其中:

电能占 70%， $5.198 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ；
煤炭占 27%， $1.134 \times 10^5 \text{ t}$ (原煤)；
其他能源占 3%。

(2)玻璃球窑：年耗能源为 10 万 t 标准煤，其中：
燃油(或煤制气、天然气)占 90%，折合 9 万 t 标准煤；
电能占 5%， $2.475 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ；
其他能源占 5%。

(3)矿渣棉和岩棉厂：年耗能源为 24 万 t 标准煤，其中：
焦炭占 80%， $2.195 \times 10^6 \text{ t}$ ；
燃油占 5%， $1.89 \times 10^4 \text{ t}$ ；
电能占 10%， $5.941 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ；
其他能源占 5%。

(4)玻璃棉厂：年耗能源为 5.3 万 t 标准煤，其中：
燃油(或煤制气、天然气)占 85%，2.869t；
电能占 10%， $3.71 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ；
其他能源占 5%。

(5)硅酸铝纤维厂：年耗能源为 1.5 万 t 标准煤，其中：
电能占 95%， $3.71 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ；
其他能源占 5%。

1.3 玻璃纤维工业能源利用情况

玻璃纤维工业和我国建材工业中的其他行业一样，是能耗比较高的工业部门，产品生产成本中能源费用所占的比重为 30%左右，全行业平均万元产值能源消耗在 16—20 t 标准煤，其中玻璃纤维厂能耗低些，平均万元产值能耗为 5—8 t 标准煤。全行业产品单耗比国际先进水平高出一倍左右(表 1-1、表 1-2)。

我国的玻璃纤维厂中采用坩埚法拉丝工艺约占总产量的

95%左右,这种工艺方法需要先将玻璃原料在球窑制成玻璃球,再将球投入坩埚内熔化拉制纤维,其中球窑的有效能利用率只有8%—15%,而坩埚的有效能也只有10%—18%,由此可见生产1t玻璃纤维的能源利用率是很低的,这种生产工艺在国外已很少见到,取而代之的是用玻璃原料直接熔化拉丝的池窑拉丝技术,而池窑拉丝工艺在我国尚处于起步阶段。

表 1-1 我国玻璃纤维产品能源单耗表

品 种	单位(g)	能源消耗(g 标准煤)	说 明
玻璃纤维纱	1000	3400—3600	包括玻璃球能耗,球利用率为0.8
矿渣棉、岩棉	1000	500—550	原 棉
玻璃棉	1000	2140	原 棉
硅酸铝纤维	1000	1010—1414	原 棉

表 1-2 国外先进能源单耗表

品 种	单位(g)	能源消耗(g 标准煤)	说 明
玻璃纤维纱	1000	<2000	池窑拉丝
岩 棉	1000	245	瑞典原棉
玻 璃 棉	1000	1000	日本离心棉
硅酸铝纤维	1000	970	美国

在定长玻璃纤维方面,矿渣棉和岩棉的生产工艺基本相同,其能源利用率一般在30%左右,玻璃棉的能源利用率在15%左右,硅酸铝纤维的能源利用率较低,一般不到10%。

30多年来玻璃纤维工业发展的历史充分说明,节约能源、降低消耗是提高企业经济效益的重要途径,如玻璃纤维厂的拉丝漏板从单一的200孔传统工艺向多排多孔发展;单一的坩埚炉向组合炉发展;为了减少冷却水带走热量正在推广的无水冷却电极技术;将岩棉厂废气中CO成分燃烧后的余热用来加热助燃空气以提高炉温降低焦炭消耗,开发废气中

CO 利用技术等等。特别是随着改革开放的发展,先后从国外引进了一批先进技术和装备,这些先进的技术装备共同的特点就是能源利用率高。在四个现代化的建设中我国的玻璃纤维工业必然将以崭新的面貌发挥更大的作用。

第2章 连续玻璃纤维工业节能技术

2.1 400孔代铂坩埚生产技术

2.1.1 原理及工艺流程

坩埚法是把玻璃原料制成配合料加入球窑内、高温熔融、澄清均化、制成玻璃球，再将玻璃球加入铂合金坩埚或代铂坩埚内重新熔融，经漏嘴流出，在拉丝机的高速牵引下纤维经涂敷浸润剂集束，最终玻璃纤维卷绕在丝筒上。

铂合金坩埚和代铂坩埚的不同之处在于铂合金坩埚整体是以铂合金制成，以其自身作为电阻发热体熔融玻璃球；代铂坩埚是以非金属耐火材料为坩埚身，在其下方安装用铂合金制成的漏板（漏板重量仅为铂坩埚重量的20%—30%），在坩埚身内设置钼电极或铂电极，以玻璃熔体为电阻发热体，熔融加入代铂坩埚内的玻璃球。由于坩埚身（非金属）材料价格低廉，坩埚身可以做得较大，容量可以不像铂坩埚那样受到限制，因而拉丝作业稳定。不仅节铂，而且节能。70年代，代铂坩埚生产技术在我国取得了长足的发展，并已在全国范围内全面推广应用。

在拉丝工艺布置方面，有右拉工艺布置和左拉工艺布置（见图2-1）。从实际使用情况看，左拉工艺布置在拉丝张力和气流状况方面均比右拉要好。国外早就广泛应用。我国在部分工厂已经采用，并已取得良好效果。今后应在技术改造和新建厂中逐步推广应用

2.1.2 工艺设备

400 孔代铂坩埚生产玻璃纤维的工艺装备有 400 孔代铂坩埚、400 孔漏板、变压器、加球机(配有液面控制仪)、温度控

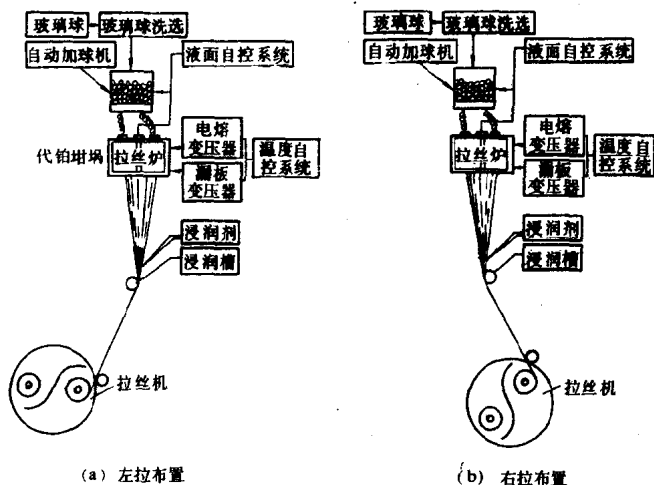


图 2-1 坩埚法拉丝工艺布置示意图

制仪、冷却器、喷雾器、涂油器、集束器和拉丝机等。各项工艺装备(或装置)的主要参数和有关性能指标大致如下:

2.1.2.1 400 孔代铂坩埚 代铂坩埚是拉丝工艺的重要装置之一。其结构的合理性直接影响到拉丝作业的稳定。400 孔生产工艺具有玻璃流量大、产量高的特点。但在拉丝过程中容易产生坩埚内热点下移、漏板温度变化大和拉丝作业不稳等问题,严重时还会导致拉丝作业的中断。这种现象比 200 孔代铂坩埚要严重得多。

为稳定和提高 400 孔拉丝作业水平,南京玻璃纤维研究设计院专门研究设计了 400 孔中、无碱代铂坩埚,除适当增大代铂坩埚的玻璃容量外,还在代铂坩埚的结构上做了较大改

进,使得无碱 400 孔 $9\text{ }\mu\text{m}$ 纤维台·日产量可达 200 kg 以上,无碱 400 孔 $13\text{ }\mu\text{m}$ 纤维台·日产量可达 320 kg 以上,中碱 400 孔 $13\mu\text{m}$ 纤维台·日产量可达 370kg 以上。

400 孔代铂坩埚的主要材料是:顶盖和侧壁为氧化铝刚玉或白泡石;底部和流液槽为氧化铝刚玉或其他耐高温中碱或无碱玻璃侵蚀的材料;电极为钼条或钼棒。

2.1.2.2 漏板 漏板由铂合金(PtRh_{10} 或 PtRh_7)制成。其形状为船形(见图 2-2),底部装有漏嘴。玻璃熔体自漏嘴中流出而被拉制成纤维。

漏板温度的均匀性和高温变形情况是影响拉丝作业稳定性的关键。因为 400 孔漏板尺寸比 200 孔大,所以对温度均匀性和高温结构强度的要求比 200 孔大得多。

为解决 400 孔漏板温度均匀性和高温变形问题,我国广大科技工作者做出了很大努力,并取得了显著成绩。例

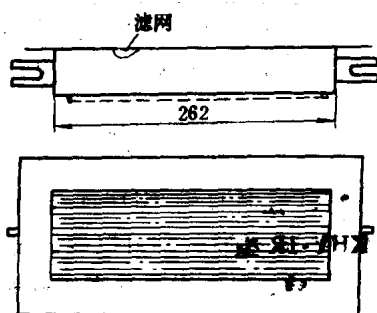


图 2-2 400 孔漏板示意图

如,上海耀华玻璃厂研制成功了托梁漏板,南京玻璃纤维研究设计院研制成功了拼焊筋和吊筋漏板等。把它们用于中碱拉丝,正常作业周期可达 7 个月以上;用于无碱拉丝也可达 5—6 个月或以上。

2.1.2.3 变压器 400 孔代铂坩埚用单相 380V 干式变压器。该变压器分为电熔变压器和漏板变压器两种。电熔变压器为 20—25kVA;输入电压 360(320)V,输出电压:无碱 460V,中碱 150V;漏板变压器为 15kVA,输入电压 360(320)

V, 输出电压 5V。

2.1.2.4 加球机和液面控制仪 随着拉丝作业的进行, 代铂坩埚内玻璃液面逐渐降低, 必须及时和自动地补充玻璃球到炉中去, 以保证玻璃球的及时熔化和液面的稳定。加球机和液面仪就是为满足这种要求而设计制造的。

液面控制仪是加球机的控制和指挥机构。它根据坩埚中铂探针与液面的相对位置变化所给出的信号来控制加球机的动作。

自动加球机有传统的顶针式(711 型)和新研制的滚筒式。滚筒式已在生产中试用, 性能稳定可靠。

2.1.2.5 温度控制仪 代铂坩埚的温度控制分成两部分——电熔和漏板。坩埚内电熔部分一般采用可控硅恒电流控制仪(控制仪有 GDT-4 型可控硅恒流<恒压>控制仪和 KHY-1R 型软起动可控硅恒流<恒压>控制仪)。控制方式比较简单。但由于不是直接控制温度, 因此坩埚内温度波动较大。目前正在研制新的控制方式。漏板部分有的采用恒压控制(GDT-4 型), 有的采用恒温控制(HCK-1 型恒流控制仪), 有的采用温度对速度的补偿控制(DWSK-Ⅲ 温度数字程序控制仪)。漏板温度是拉丝工艺的重要参数之一, 要求相当严格, 对于 400 孔漏板, 一般要求控制精度 $\pm 0.5-1.0^{\circ}\text{C}$, 否则会影响拉丝作业的稳定和产品流量。从控制效果来看, 采用 DWSK-Ⅲ 温度控制仪较好。

2.1.2.6 冷却器 400 孔漏板用冷却器有两种(见图 2-3): 一种是纵向通水冷却器, 另一种是插片冷却器。插片冷却器冷却效果较好, 但由于插片冷却器用的铜片不耐高温碱性氧化物的腐蚀, 一般只用于无碱纤维生产; 纵向通水冷却器由不锈钢管做成, 比较耐腐蚀, 但由于冷却效果较差, 一般多用于中