

# 四川省连续玄武岩纤维产业发展现状及对策建议

陈松,黄桂平,贾攀,许志勇,周薇

(四川省工业和信息化研究院,四川成都 610041)

**摘要:**连续玄武岩纤维是一种新型无机纤维,近几年发展迅猛,未来有潜在的市场应用前景。然而,还存在着一些发展困境。通过调研四川省连续玄武岩纤维产业发展情况,分析了连续玄武岩纤维产业发展存在的问题,提出了发展对策建议。

**关键词:**连续玄武岩纤维;产业;现状;存在问题;建议

**中图分类号:**TQ343+.4;TS102.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2021)09-0001-04

连续玄武岩纤维是玄武岩石料破碎碾磨后加到熔炉中,经过高温熔融,通过铂铑合金漏板快速拉丝制成的连续纤维。因纤维颜色有金属光泽,又被称为“金色纤维”。连续玄武岩纤维具有耐高温、抗氧化、抗辐射、绝热隔音、过滤性好等特点,被誉为“21世纪绿色工业材料”,被国家作为应用示范的关键战略新材料,是四川省新材料产业重点攻关方向。以连续玄武岩纤维为增强体可制成各种性能优异的复合材料,可广泛应用于航空航天、军工、消防、环保、车船制造、建筑等军工和民用领域等,而且连续玄武岩纤维在生产、使用和消亡过程中对环境无污染。大力开发连续玄武岩纤维及其复合材料制品具有潜在的经济效益和社会效益。

四川省政府十分重视连续玄武岩纤维产业的发展,将连续玄武岩纤维产业列入了先进材料产业的重点培育方向,先后印发了《四川省连续玄武岩纤维产业发展指南》(2016~2020年)、《四川省新材料产业培育方案》《四川省新材料产业技术攻关路线图》等一系列支持连续玄武岩纤维产业发展的指导性文件,为四川省连续玄武岩纤维产业发展提供了强有力的政策保障。经过几年发展,四川省的连续玄武岩纤维生产技术水平、装备技术水平和纤维产量有了很大的提高,在全国具有影响力。然而,整个连续玄武岩纤维产业都还处于发展初期,缺少可供借鉴的成熟经验。亟需加快开展连续玄武岩纤维产业化关键技术研发,提升纤维品质,降低生产成本,开拓产品市场。鉴于此,笔者所在的课题组通过调研四川省内几家主要的连续玄武岩纤维及其复合制品生产企业,分析了连续玄武岩纤维产业存在的问题,提出了行业发展对策建议,以便为

相关部门制定产业政策提供参考。

## 1 连续玄武岩纤维产业现状

### 1.1 国外连续玄武岩纤维发展现状

最早的连续玄武岩纤维制造技术是1922年法国人Paul提出的,但并没有实质性的工业化生产<sup>[1]</sup>。从20世纪60年代开始,苏联经过30多年的努力,成功实现了连续玄武岩纤维的工业化生产,产品全部用于国防军工和航空航天领域,其连续玄武岩纤维研发、生产和应用全过程,均处于绝对保密状态。随着苏联的解体,助推了连续玄武岩纤维研究资料和生产技术的扩散。

经过近些年的发展,国外能够实现连续玄武岩纤维产业化生产的国家主要有乌克兰(4家)、俄罗斯(4家)、美国(2家)、格鲁吉亚(1家)、加拿大(1家)、德国(1家)、乌兹别克斯坦、比利时、奥地利等10余家,总产量约1万t<sup>[2]</sup>。生产技术主要采用单元炉拉丝工艺,拉丝漏板孔数多为200孔和400孔<sup>[3]</sup>。

### 1.2 我国连续玄武岩纤维发展现状

我国开展连续玄武岩纤维的研究较晚,起步于本世纪初,早期借鉴了俄罗斯和乌克兰的生产技术,但未形成产业化生产。2004年成都航天拓鑫科技有限公司、上海俄金连续玄武岩纤维有限公司通过改进,实现连续玄武岩纤维产业化生产,2005年浙江石金玄武岩纤维有限公司开发世界首例用电熔炉生产连续玄武岩纤维材料的技术<sup>[4]</sup>。2015年前后,在科技政策的扶持下,国内连续玄武岩纤维企业发展迅速,2016年后,四川、浙江、江苏等省地将连续玄武岩纤维列为新材料未来重点发展领域,四川、云南、贵州等地成为玄武岩产业投资的热点区域<sup>[5]</sup>。2020年8月,四川玻纤集团建成了世界首套万吨级池窑连续玄武岩纤维生产线<sup>[6]</sup>,

收稿日期:2021-07-22

作者简介:陈松(1963-),男,上海人,教授级高级工程师,主要从事节能减排新工艺研发,E-mail:1034823463@qq.com。

随后四川谦宜复合材料有限公司建成2 400孔连续玄武岩纤维漏板拉丝池窑生产线<sup>[7]</sup>,标志着我国连续玄武岩纤维的关键核心技术已取得重大突破,我国已经成为世界上拥有最领先的连续玄武岩纤维生产技术的少数国家之一。

目前,全国工商注册的连续玄武岩纤维生产厂家共有70余家<sup>[8]</sup>,其中规模化生产(3 000 t/年以上)的厂家12家,2020年全国连续玄武岩纤维产能和产量见表1,2020年全国连续玄武岩纤维产能达3.55万t,产量1.09万t。中国的连续玄武岩纤维产量占全世界总产量的1/2,四川省的产量居全国之首。

表1 2020年全国连续玄武岩纤维产能和产量

	产能/万t	产量/万t	产值/亿元
四川	2.35	0.88	1.76
浙江	0.30	0.10	0.20
贵州	0.30	0.05	0.10
江苏	0.30	0.03	0.06
河南	0.30	0.03	0.06
合计	3.55	1.09	2.18

注:全国前5位省份,未计山西、吉林、河北、新疆、山东。

### 1.3 四川省连续玄武岩纤维产业现状

四川省连续玄武岩纤维产业主要分布在成都经开区、德阳罗江区、达州高新区、广安华蓥山等地,形成“一体三翼”产业布局,2020年四川省连续玄武岩纤维产能和产量见表2,四川省初步形成了从矿石开采、原丝生产、复合材料到应用产品的全产业链,在全国形成示范引领效应。

表2 2020年四川省连续玄武岩纤维产能和产量

	年产能/万t	年产量/万t	产业园区	代表企业
德阳	1.00	0.30	德阳罗江连续玄武岩纤维产业化基地	四川玻纤集团
达州	0.40	0.20	达州连续玄武岩纤维产业园	航天拓达、四川炬原
广安	0.35	0.13	广安玄武岩产业园	四川谦宜、四川帕沃可
成都	0.30	0.15	成都经济技术开发区	航天拓鑫
雅安	0.30	0.10	天全县始阳工业园区	四川尔润
合计	2.35	0.88		

四川省连续玄武岩纤维产业的“一体三翼”各有特点。

**成都经开区:**是军民融合玄武岩产业研发制造中心。以成都航天拓鑫科技有限公司为代表,是连续玄武岩纤维基础性能研究、纤维制造技术及装备开发、复合材料制造技术的原创基地。航天拓鑫率先突破连续玄武岩纤维规模化生产的关键技术,全球最早建成3 000 t/年的连续玄武岩纤维生产线,是我国连续玄武

岩纤维产业的龙头企业,也是连续玄武岩纤维技术创新与人才培养的基地。全国3 000 t/年以上的厂家有12家,其中8家采用了航天拓鑫连续玄武岩纤维生产技术。

**德阳罗江区:**是复合材料产业基地。以四川省玻纤集团有限公司为代表,该公司自主创新,将玻纤生产经验移植到连续玄武岩纤维制造上,2020年8月建成了世界最大的1万t级池窑连续玄武岩纤维生产线,单体窑炉产能居全球第一,生产的连续玄武岩纤维断裂强度超过同规格产品的40%,单纱线密度波动低于3.5%,远优于同行业水平,每吨纤维能耗低于0.91 t标煤,比同行业生产能耗标准低10%以上,比坩埚法生产工艺降低生产成本20%以上。2021年底将完成2万t级池窑连续玄武岩纤维生产线,2023年,拟再建一条6万t池窑连续玄武岩纤维生产线。

**达州高新区:**是达州千亿元新材料基地,将成为全国最大的连续玄武岩纤维及制品产业园。园区总体规划约6 000亩,现有入驻连续玄武岩纤维相关企业8家。以四川炬原连续玄武岩纤维科技有限公司为代表,下游聚集了纺织、拉挤、模压、注塑、缠绕等五大工艺相关企业,园区产业链配套齐全,连续玄武岩纤维原丝销售占全国市场的三分之一<sup>[9]</sup>。园区优势是有充足的玄武岩原料、天然气资源和便捷的物流网络。在政策优势方面,达州市政府将连续玄武岩纤维产业列入千亿新材料产业集群重点培育,先后出台了《达州市“6+2”产业集群招商引资优惠政策》《达州高新区扶持主导产业发展“3+24”条措施》《工业企业要素补贴管理办法》等一系列扶持政策,对达州市新建玄武岩产业项目推出了8项奖励措施,园区天然气等能源费比其他地区节省20%,政府还协调市政工程大力推广应用连续玄武岩纤维制品,促进了产业的发展。

**广安华蓥山:**是复合材料研发和制造中心。华蓥山玄武岩资源储量多、品位高、拉丝效果好。园区形成了以四川帕沃可公司为龙头,谦宜、华炫等5家公司为支撑的“1+N”产业架构,其中嘉毅公司主攻矿石原料研发,华炫公司主攻矿石原料均质化,谦宜公司主攻连续纤维原丝生产,帕沃可、拜赛特、合联公司主攻复合材料生产和装备制造。2020年四川谦宜复合材料有限公司建成了首条年产3 500 t连续玄武岩纤维2 400孔漏板拉丝智能化池窑生产线暨年产6万t玄武岩原料均质化生产线,取得的主要成果是原材均质化、池窑拉丝工艺、2 400孔大漏板拉丝工艺、2 400 tex

高品质纱制造技术等,纤维生产效率提高2倍,池窑拉丝满筒率达68%以上,原丝号数稳定在±3%以内,产品合格率达96.3%。园区与11所高校开展研发合作,创建了全省连续玄武岩纤维制造业创新中心、省级工程实验室、院士工作站。产业链下游应用开发主要是深海养殖蚝排、浮筒、网箱、A级阻燃建筑墙体板、载重汽车轻量化厢体等。

四川省连续玄武岩纤维产业发展较快的原因主要有三方面。一是专业研发能力强,生产技术、装备水平全国领先。四川省率先取得了气电结合、粉料添加、池窑熔化、大漏板拉丝等关键技术,市场聚集效应明显,产业链配套相对完善;二是玄武岩储量丰富,足以满足全省连续玄武岩纤维产业的发展需求,而且品质较好;三是四川天然气资源和水电资源丰富,纤维制造成本低。

2020年四川省连续玄武岩纤维产能2.35万t,占全国2/3,产量0.88万t,约占全国80%,产值1.76亿元,约占全国80%。四川省连续玄武岩纤维主要的生产技术是气电结合池窑法,1200~2400孔大漏板拉丝工艺,单丝直径9~22 $\mu\text{m}$ 。

## 2 连续玄武岩纤维产业存在的问题

### 2.1 原料不稳定,性能差异大

连续玄武岩纤维的原材料是天然熔岩,先天不足就是玄武岩矿成分有差异,不仅不同矿床成分波动较大,就是同一矿点化学成分也有一定差异。

由于玄武岩熔体具有“熔点高、导热性差、易析晶、黏度窄、料性短”等一系列特性,特别是小炉窑工艺,熔化能力有限,只要玄武岩内部结晶体未充分熔融,极易影响玄武岩拉丝的连续性和稳定性。

如果同一束纤维的各项理化指标前后不一致,批次之间性能差异性大,就会导致在高端领域上的批量化应用受到限制。

### 2.2 标准规范缺失,推广应用困难

连续玄武岩纤维是近几年才出现的新材料,市场上的连续玄武岩纤维品种虽多,但是标准缺失,目前仅有国家标准4个(《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》(GB/T 23265-2009)、《纤维增强复合材料工程应用技术规程》(GB 50608-2010)、《玄武岩纤维无捻粗纱》(GB/T 25045)、《玄武岩纤维分类分级及代号》(GB/T 38111-2019)),交通部标准4个(《公路工程玄武岩纤维及其制品 第1部分:玄武岩短切纤维》

(JT/T 776.1-2010)、《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第2部分:玄武岩纤维单向布》(JT/T 776.2-2010)、《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第3部分:玄武岩纤维土工格栅》(JT/T 776.3-2010)、《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第4部分:玄武岩纤维复合筋》(JT/T 776.4-2010))和住建部标准2个(《纤维增强复合材料格栅》(JG/T 364-2012)、《结构加固用修复玄武岩纤维片材》(JG/T 365-2012))。没有更多统一的产品标准和市场标准。

标准体系的不完善,让连续玄武岩纤维在使用上极其受限,无法被其他行业列入设计规范,难以获得大量推广应用。特别是进入建筑材料、航空航天、军民融合等领域,更需要完善的标准体系才能得到市场准入。

在应用市场上,连续玄武岩纤维的产品市场空间被挤压在碳纤维高端市场和玻璃纤维的中低端市场的狭缝之间。和碳纤、芳纶等高性能纤维相比,连续玄武岩纤维供应的连续性、力学性能稳定性方面还有待加强;和玻纤相比,虽然单纤强力比玻纤高出20%,但价格却是玻纤的2~3倍,缺乏市场竞争优势。因此连续玄武岩纤维产品的应用推广相对较难。

连续玄武岩纤维产业整体处于培育发展阶段,没有发挥连续玄武岩纤维优势,市场认可度不高,产业宣传力度不强,市场需求未完全激活,急需加强研发、推广等基础性制度建设。

### 2.3 前期投入大,市场信心不足

连续玄武岩纤维前期研发及市场培育投入大、风险高。年产万吨级的池窑生产线总投资就超过2亿元,一般中小企业负担不起。由于生产成本低,市场竞争力弱等原因,无法发挥产能,大部分企业生产只达到设计产能的1/3~1/2,利润率在30%甚至亏损,相比之下玻纤企业利润率一般都能达到60%~90%,因此,社会资本投资意愿不强,观望情绪偏浓,市场主体投资信心需进一步提振。

### 2.4 要素保障不均衡

土地指标一定程度制约项目建设进度和产业规模壮大的速度,连续玄武岩纤维生产成本中约30%为能源消耗,纤维生产企业面临用电、用气成本较高等压力。例如帕沃可、谦宜等公司现在生产连续玄武岩纤维的天然气年用量为几百万立方、用电量为几千万度,预计到2023年底,谦宜二期建成后,年用气量、用电量还会大幅提高。川玻集团天然气年用量为1000多万立方,预计到2025年,年产6万t的连续玄武岩纤维池

窑生产线建成后,年用气量将增加数倍。不同地位的用电用气成本还有差异,德阳地区工业用电成本要比雅安地区高出 0.23 元/(kW·h),用气成本比达州高出 0.7 元/立方。用气用电成本增加将直接造成产品成本居高不下。如能享受直供气和精准电价政策,将极大降低企业成本。

### 3 连续玄武岩纤维产业发展对策建议

#### 3.1 鼓励开展产业化关键技术研发

鼓励产学研联合攻关,开展连续玄武岩纤维产业化关键技术研发,提升纤维品质,降低生产成本。鼓励开展天然玄武岩矿石配矿和均质化技术研究,提高纺丝加工性能和纤维力学与物理化学性能稳定性;鼓励开展连续玄武岩纤维大型池窑关键技术研究,优先发展年产千吨级以上连续玄武岩纤维全电熔法池窑生产技术,重点支持 1 万 t/年以上气电法池窑生产技术;鼓励发展 1 200 孔以上漏板拉丝技术,重点支持 1 600 孔以上漏板拉丝技术;鼓励发展连续玄武岩纤维自动化和智能化生产线。

#### 3.2 建立健全技术创新及标准体系

支持连续玄武岩纤维制造业中心、省级创新中心、重点实验室建设,在人才引进、技术研究、成果转化等方面给予政策支持;针对玄武岩产品的重点领域,制定建立省级层面的连续玄武岩纤维产品相关地方标准,协调国家标准化管理委员会、全国玻璃纤维标准化技术委员会等机构,支持积极参与和推进国家标准的修订和起草。

#### 3.3 鼓励连续玄武岩纤维应用开发研究

鼓励连续玄武岩纤维在桥梁、隧道、装配式建筑以及建筑轻量化等土木工程领域应用开发;鼓励连续玄武岩纤维在石油化工管道、储罐和石化装备领域应用开发;鼓励连续玄武岩纤维在运载工具(高速列车、磁悬浮列车、汽车、舰船、无人机、飞机等)轻量化应用开发;鼓励连续玄武岩纤维在海洋工程和海岛建设领域应用开发;鼓励连续玄武岩纤维在核电、新能源、航天、通信以及武器装备领域应用开发。

#### 3.4 加大政策引导及政府扶持力度

将连续玄武岩纤维产业纳入全省产业发展规划,合理布局四川省连续玄武岩纤维产业发展,通过财政专项补助、融资贴息、应用补贴等方式加大政府扶持力度,引导相关产业发展基金加大投入,引导商业银行加

大贷款服务力度,重点培育发展一批特色优势园区,支持一批骨干企业做强做大,扶持一批“专精特新”中小微企业。

#### 3.5 积极推广后端产品应用示范工程

推动落实四川省与各军工集团相关战略协议,扩大连续玄武岩纤维制品在高端军品和规模化民品的应用研发;制定出台关于加强连续玄武岩纤维制品政府采购和推广应用的 政策文件,将连续玄武岩纤维制品纳入全省重大工程采购目录,在建筑工程、交通建设、农业设施等领域开展试点示范和推广 应用,扩大连续玄武岩纤维产品应用市场,引领四川省连续玄武岩纤维产业健康持续发展。

#### 3.6 强化要素保障

将连续玄武岩纤维产业项目优先列入省重点项目名单,对列入省重点项目名单的连续玄武岩纤维产业项目,在建设用 地指标上给予优先保障;将生产连续玄武岩纤维产品的龙头和配套企业纳入直购电试点范围,降低用电成本;进行天然气直供,减少中间环节,降低用气价格。

#### 参考文献:

[1] 郭欢,麻岩,陈姝娜.连续玄武岩纤维的发展及应用前景[J].中国纤检,2010,(5):76-79.

[2] 吴永坤,于守富,郑佩琪.玄武岩连续纤维产业发展分析[J].玻璃纤维,2019,(6):1-10.

[3] 四川省科学技术厅.关于印发《四川省玄武岩纤维产业发展指南(2016-2020年)》的通知[Z].川经信治建〔2017〕224号.

[4] 胡显奇.我国连续玄武岩纤维产业的特征及可持续发展[J].高科技纤维与应用,2012,37(6):19-24,33.

[5] 佚名.四川玄武岩纤维产业谁主沉浮? [https://www.sohu.com/a/468839905\\_487612](https://www.sohu.com/a/468839905_487612).

[6] 孙涵,钟智丽,薛兆磊,等.玄武岩纤维的发展及应用[J].纺织科学与工程学报,2018,35(4):158-162.

[7] 佚名.广安玄武岩连续纤维产业实现行业领域重大跨越[J].高科技纤维与应用,2020,(5):63.

[8] 罗益锋.主要高性能纤维及其复合材料的创新发展与研发方向[J].高科技纤维与应用,2020,(6):1-16.

[9] 刘姣.达州玄武岩纤维产业紧盯“千亿级”[N].四川日报,2001-05-24(08).<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1700588836032573763&wfr=spider&for=pc>.

(下转第 21 页)

表1 样品测试的 pH 值(1)

品 种	1/72 tex	2/16 tex	2/15 tex	2/36 tex	2/24 tex
成 分	88/10/2 腈纶/锦纶/羊毛	37/35/28 黏胶/腈纶/羊毛	80/20 腈纶/羊毛	50/50 腈纶/羊毛	50/50 棉/腈纶
pH 值	5.66、5.87、5.94	6.84、6.74、6.66	5.44、5.30、5.42	6.62、6.56、6.49	6.12、6.31、6.41
平均 pH 值	5.8	6.7	5.4	6.6	6.3

表2 样品测试的 pH 值(2)

品 种	2/15 tex	1/45 tex	2/12 tex	2/15 tex	2/20 tex
成 分	100%棉	39/34/27 马海毛/毛/锦纶	50/50 腈纶/黏胶	50/50 棉/绵羊绒	25/25/25/25 涤纶/锦纶/黏胶/羊毛
pH 值	6.59、6.54、6.47	7.19、7.03、7.15	7.26、7.33、7.29	7.09、7.17、7.12	7.03、7.06、6.99
平均 pH 值	6.5	7.1	7.3	7.1	7.0

### 3 结语

衣食住行的衣给人们带来防御保暖、透气悬垂、美感实用等多重好处,其中最重要的是确保安全性和健康性,不管是商人还是检验人员都要有一颗负责任的心,有最起码的良知,确保纺织品在服用过程中安全、健康,纺织品检验是达到这一要求的根本标准。既然纺织品检验如此重要,就需要对纺织品找到相应的检验方法,以便消费者选购和使用的纺织品持久耐用健

康放心。

#### 参考文献:

- [1] 顾娟红,徐振东,李 松.纺织品禁用偶氮染料测定中质控图的建立及不确定度评定[J].印染助剂,2018,(4):58-61.
- [2] 丁春燕.三甘醇在天然纤维织物活性染料印花中的应用研究[D].杭州:浙江理工大学,2011.

## Analysis of Textile Inspection

LIU Run-hua

(Department of Textile and Garment, Liaoning Vocational College of Light Industry, Dalian 116100, China)

**Abstract:** Clothing, food, housing and transportation were the necessary conditions for people to survive. Without clothing, people can not participate in social activities. How to wear healthily was also the necessary condition for people to yearn for and pursue. The textile inspection was analyzed, which was directly related to people's physical and mental health, so that the textile purchased and used by consumers could be durable and healthy.

**Key words:** textile inspection; physical inspection; ecological chemical inspection

(上接第4页)

## Development Status and Countermeasures of Continuous Basalt Fiber Industry in Sichuan Province

CHEN Song, HUANG Gui-ping, JIA Pan, XU Zhi-yong, ZHOU Wei

(Sichuan Institute of Industry and Information Technology, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Continuous basalt fiber is a new type of inorganic fiber, which has developed rapidly in recent years and has potential market application prospects in the future. However, there are still some problems. Through investigating the development of continuous basalt fiber industry in Sichuan province, the problems existing in the development of continuous basalt fiber industry were analyzed, and countermeasures and suggestions were put forward.

**Key words:** continuous basalt fiber; industry; status; existing problem; suggestion