

牛奶蛋白纤维的特性、应用和定性检测

郑宇 许振雷

上海正家牛奶丝服饰有限公司

[摘要] 牛奶蛋白纤维是从牛奶中提取的蛋白质分子与某种大分子化合物反应接枝而成的一种有别于天然纤维和化学纤维的一种新型纤维。牛奶蛋白纤维含 17 种氨基酸,有着良好的服用性能,是 T 恤、内衣、唐装、旗袍和晚礼服的高档面料。本文作者作为国内牛奶蛋白纤维唯一生产商,系统地介绍了牛奶蛋白纤维发展历史、牛奶蛋白纤维的特性、应用和牛奶蛋白纤维的定性分析方法。

[关键词] 牛奶纤维 特性 应用 定性检测

一、牛奶纤维发展历史

纺织品原材料的种类大致可分为二种,第一类天然纤维,如:丝、棉、毛、麻等,以自然亲肤、手感好为主要特点。第二类合成纤维,也就是化学纤维,如:涤纶、锦纶、腈纶、丙纶等,以亮丽挺刮、加工性能好为主要特点。如何把这两种优点都融合起来,这是人们一直以来努力的方向。70 年代,日本成功研制出有别于天然纤维和化学纤维的一种新型纤维——含有牛奶中蛋白质氨基酸分子的合成纤维,被称为“牛奶”纤维。据报道,日本人开始研究牛奶纤维是为了其在医疗用途上能替代要用纱布,因为该纤维的亲肤性极佳。为防止技术机密泄露,日本曾一度在亚洲地区仅向新加坡、韩国和香港等出口,且都是半成品或成品。

在国内,也有不少单位投入牛奶蛋白纤维的研究,但终因未突破关键性技术而没能成功。而上海正家牛奶丝服饰有限公司却独立开发研制出牛奶蛋白纤维,并获国家专利,成为目前国内唯一能生产牛奶蛋白纤维的企业。其产品经上海出入境检验检疫局、上海市纺织印染产品质量监督检验站、上海市卫生防疫站和中国中科院生化研究所对其物理、化学性能测试结果,成分为 100%牛奶蛋白纤维,含 17 种氨基酸, pH 值为 6.80,呈微酸性,与皮肤保持一致;不含任何致癌偶氮染料及甲醛。根据上海科学技术情报研究所水平检索,结论为:该成果属国内首创,达到国际先进水平。这一新项目也得到了上海市政府的重视,被分别评为上海高科技成果转化 A 级项目,列入上海市科委火炬计划项目。

二、牛奶蛋白纤维的特性

要了解牛奶蛋白纤维的特性,就必须了解牛奶蛋白纤维是怎样制作的,它到底是什么?所谓的牛奶蛋白纤维就是将液态牛奶去水、脱脂、利用接枝共聚技术将蛋白质分子与丙烯晴分子制成牛奶浆液,再经湿纺新工艺及高科技手段处理而成。使其形成一种在结构中含有牛奶蛋白质氨基酸大分子的线型高分子,这种物质在自然界原来是没有的。所以可以将牛奶蛋白纤维描述为一种含动物蛋白氨基酸的合成纤维。正因为纤维中含有大量动物蛋白的氨基酸,所以牛奶蛋白纤维具有良好的亲肤特性;也正因为其制作过程是采用接枝共聚、湿纺等技术,纤维的性能和品种是可根据需要调整的,具有极好的加工性能。在棉、麻、丝、毛等天然纤维和其他化学纤维中,动物蛋白质纤维与人体皮肤性质最为相近,牛奶纤维因含有动物蛋白质,其细而柔软、平滑、富有弹性,并具有较好的吸湿性和光泽。用其做成的内衣,商业上称“牛奶内衣”,具有极佳的服用性,人称“第二层皮肤”,风靡市场。

由于牛奶纤维的理、化性能既有别与棉、麻、丝、毛等天然纤维,又与锦纶、腈纶、涤纶和丙纶等化纤不一样,因此其显示出来的性能是介于天然纤维与合成纤维之间。其物化指标见下表:

检测项目	单位	检测结果
干断裂强度	(CN/dtex)	≥2.5
干断裂强力变异系数	(%)	≤14
干断裂伸长率	(%)	16.0~25.0
干断裂伸长率变异系数	(%)	≤12
线密度偏差率	(%)	±4.0
线密度变异系数	(%)	≤3.5
染色均匀度(灰卡)	级	≥3-4
回潮率	(%)	4-5
纤维抑菌率	(%)	≥80

值得一提的是,我们发现牛奶蛋白纤维还具有很高的抑菌率,这是我们研发前没想到的。用其制成的内衣,既使连续出汗不洗也不闻其臭,对于这个有趣的现象,是否因为纤维在制作的过程中蛋白受到催化变异的作用,有关深入的研究正在展开。

三、牛白蛋白纤维的应用

本公司研制牛奶蛋白纤维是自1994年底立项,先以牛奶长纤维为研究对象,1995年初开始实施的。历经五年多时间,从实验室试验、单锭小试、12锭、30锭的中试放大实验,终于2000年上半年科技攻关成功。自2000年至今,我们对牛奶蛋白纤维的做近4年的应用性研究,并建立了年产20吨牛奶蛋白长纤维、200吨牛奶蛋白短纤维的生产线。

目前,我们开发了PW、LM、SM、AM系列牛奶蛋白纤维长丝面料,并与东华大学纺织面料技术教育部重点实验室合作,研究牛奶蛋白纤维的应用性能,开发了牛奶蛋白纤维与其他纤维混纺纱线。目前,已开发了与羊绒、羊毛、蚕丝、粘胶纤维等混纺产品。牛奶蛋白纤维能在混纺中取得较好的效果,主要表现在柔软、凉爽、光泽、亲肤、染色性能好等。牛奶蛋白纤维部分应用性指标见下表:

指标	单位	数据
卷曲率	%	13.6
卷曲弹性恢复率	%	76.5
残留卷曲率	%	10.4
含油率	%	0.14
细度	D/F	74.6/144
比电阻	$\Omega \cdot \text{g}/\text{cm}^2$	2.37×10^9
断裂强度	g/D	2.97
断裂伸长	%	32.5
耐洗色牢度(面料)	级	原变 3-4 白粘 4-5
耐汗色牢度(面料)	级	原变 4 白粘 4-5
顶破强力(面料)	(N)	397
起球(面料)	级	5
甲醛含量	%	0

四. 牛奶蛋白纤维的定性检测

早在 95 年上海三枪集团曾进口日本产牛奶蛋白纤维, 当时的上海商检局(现更名为: 上海市出入境检验检疫局)就接触到这种新型纤维而缺乏其相应的检测手段。随即, 该局的技术人员立项研究, 制定了《牛奶纤维化学性能和鉴别方法》, 使该局成为我国最早有能力鉴别牛奶蛋白纤维的国家检测机构。该方法也是国内最早研究鉴别牛奶蛋白纤维的检测技术。2002 年 07 月上海市出入境检验检疫局将该方法转化为标准: SHCIQH0003-2001《牛奶纤维纺织品定性检验方法》, 该标准成为国内检测机构对牛奶蛋白纤维唯一定性检验方法。据悉, 该标准近日已通过国家评审不久将转化为国家行标。

牛奶蛋白纤维是一种新型的高科技纺织品, 市场上并不多见, 国内外市场上已出现鱼目混珠的现象。比如, 国内深圳某企业就推出一种所谓的牛奶纤维, 其实际氨基酸含量几乎为零, 而它竟然也拿到某检测机构的检验证书。事后在国家纤检局有关部门了解到, 正因为牛奶蛋白纤维是种新产品, 相关的国家标准又未正式出台, 才会有这种情况的出现。作为国内唯一的生产企业, 我们有责任维护这一新产品。目前, 我们正积极地向国家相关部门申请, 制定有关牛奶蛋白纤维的产品标准。我们在这里提供牛奶蛋白纤维的相关检测方法:

1. 红外光谱分析

从红外光谱分析可以知道牛奶纤维中含有 $>N-H$, $-CH_3$, $-C\equiv N$, $>C=O$ 等基团, 可以认为牛奶纤维是由从牛奶中提取的氨基酸与丙烯腈接枝而成, 其红外图谱既不同于丝、毛等天然蛋白质纤维, 也不同于腈纶。

2. 切片投影法

用哈氏切片器作该纤维的纵向和横截面切片, 置于 500 倍投影仪中观察结果: 纵向有隐条纹, 边缘光滑; 横截面呈圆形, 像合成纤维。

3. 燃烧法

靠近火焰: 熔融并卷曲。

接触火焰: 卷曲, 融化, 燃烧。

离开火焰: 燃烧, 有时自灭。

燃烧时气味: 毛发燃味。

残留物特征: 黑色状, 基本酥脆, 但有极微量硬块。

从以上的燃烧特征看, 极似真丝等蛋白质纤维。

4. 熔点法

300℃以下无熔点。同麻、棉等无熔点纤维

5. 溶解法:

结果如表 1

表 1 牛奶纤维在不同试剂不同条件下的溶解性能

试 剂	条件 (浴比 1:100)		结 果	与其它纤维比较
	温度℃	时间 min		
NaClO	20	30	不溶解	同化纤、棉、麻
	100	30	溶解成点状透明胶质。3#砂 芯坩埚可抽尽	似真丝、羊毛

75% H_2SO_4	20	30	轻微溶胀	似腈纶
75% H_2SO_4	100	30	溶解	同棉麻、粘胶等纤维素纤维
2.5%NaOH	20	30	不溶解	同化纤和棉麻纤维
2.5%NaOH	100	30	溶胀成冻胶状	特有
DMF	20	30	不溶解	同棉、涤、麻、丝毛
DMF	100	30	溶胀成冻胶状	特有
DMF	沸	30	溶胀成冻胶状	特有
DMF	沸 30min, 洗清后 加 5%NaOH 沸 5min		溶解	似真丝、羊毛

根据以上试验情况，我们提出以下二种鉴别方法：

方法一：用切片投影法与燃烧法相结合

纵向无鳞片（区别于羊毛），横截面呈圆形（区别于真丝），燃烧时有蛋白质臭味（区别于化纤、棉、麻等非蛋白质纤维），可确认为是“牛奶纤维”。

该方法的特点是快速、简便。能鉴别目前横截面呈圆形的牛奶纤维。若横截面为非圆形时，则用下列方法：

方法二：用燃烧法与化学试剂溶解法相结合

在 $100^{\circ}C$ 下用 2.5%NaOH 溶解 30 min，纤维溶胀或冻胶状，（区别于羊毛和真丝），燃烧时有蛋白质臭味（区别于化纤、棉、麻等非蛋白质纤维）。

以上的方法是对牛奶蛋白纤维的定性分析方法。目前，上海毛麻研究所对于我们生产的牛奶蛋白混纺纱线也有了相应的定量分析方法，在这里因篇幅所限就不赘述了。

注：以上部份实验数据来自上海出入境检验检疫局、上海毛麻研究所和东华大学纺织面料技术教育部重点实验室，在此一并表示感谢。