

# 磁性纺织功能纤维的开发及应用

张继松

西南应用磁学研究所, 四川绵阳 621000

**摘要:** 本文对磁性纺织功能纤维的开发、制作、应用及发展前景作了比较详细地介绍, 期望能对大健康产品产业链中一支一磁性纺织功能纤维及制品的开发及应用起到抛砖引玉的作用。

**关键词:** 磁性纺织纤维, 制作技术, 应用, 展望

## 0 前言

磁性材料在工作状态下, 将会产生磁电、磁光、磁热、磁吸收、磁化学、磁弹性、磁致伸缩、磁生物等多种物理效应和信息传递及能量转换功能。人们可以利用这些不同的“效应”和“功能”特性制造出具有各种特殊用途的元器件, 以满足不同的需要, 因此磁性材料在电子、电力、信息、能源、机械、交通、新材料、生物、冶金、医疗卫生、海洋与空间技术和日常生活等各个领域中得到广泛的应用。

磁性功能纤维是纤维状的磁性材料。它可以分为磁性纺织功能纤维和非纺织功能纤维。磁性非纺织功能纤维及其应用在二十多年前就已有报导, 如磁性合金纤维用于制造磁性复合材料、磁性涂层材料; 磁性木质纤维素纤维用于制作磁性纸等。用非纺织磁性功能纤维做成的磁制品可在磁记录、记忆、电磁转换、屏蔽、防护、医疗和生物技术、分离纯化等诸多方面得到应用。对于纺织工业来说, 需要的是一种兼具纺织纤维特性和磁性的磁性纤维功能材料。它具有其他纺织纤维所没有的磁性, 又具有一些以往其它磁性材料所没有的物理形态(直径几微米到几十微米, 长度一般大于10毫米, 长径比一般在500以上)及性能, 诸如柔软、有弹性等, 还可通过纺织加工做成纱线、织物或加工制成非织造布及各种形状的制品。人体细胞是具有一定磁性的微型体, 人体有生物磁场。因此, 外磁场影响人体的生理活动, 通过神经、体液系统, 发生电荷、电位、分子结构、生化和生理功能的变化, 可以调整人体的机体功能和提高抗病能力。用磁性纺织功能纤维可以织造出各种塑身磁性保健制品, 来调整人体机能和提高抗病能力, 达到医疗保健的作用。

## 1 概况

日本帝人公司1984年成功地开发出磁性功能纤维, 他们在热可塑聚合物中加入高纯度磁粉纺织制成了磁性纤维功能材料。所用的磁粉选用的是钴、镍、铁等金属为主要成分的金属氧化物; 或是钴、镍、铁和稀土类元素组成的化合物。磁粉粒度直径为 $3\mu\text{m}$ 以下, 粒度分布范围越窄越好。磁粉在纤维中的重量以60~80%为宜。所用热可塑聚合物采用聚酰胺、聚酯、聚氨酯、聚烯烃和橡胶等。为提高磁场和溶融热可塑树脂的相容性, 他们用偶联剂对磁粉进行了表面处理, 从而使悬浊磁液充分混合均匀。我国北京洁尔爽高科技公司通过改进喷丝头的结构和纺丝方法, 成功地制造出了磁性纺织纤维功能材料, 在纺丝中, 还采用了加大喷丝后冷却效果的方法, 在很短的时间和距离内急剧降温, 从而比较容易纺出纤维方向一致的丝来。天津市工业大学于2010年采用皮芯复合纺丝法开发出一种新型磁性功能纤维材料。皮层料中会有磁粉, 芯层料中有纳合金粉, 添加改性剂来改善磁粉、金属粉与聚合物的相容性。这种磁性纤维具有比较高的远红外线发射率, 可达到86%左右, 并能改善血流动力学状态, 较好的X射线屏蔽功能, 可达到88%。

## 2 制备方法

磁性功能纤维根据基体纤维的材质可分为金属(或合金)磁性纤维、有机磁性纤维(基体为有机纤维)和无机磁性纤维(基体为无机纤维)。其以超顺磁性为主略带铁磁性, 纤维中磁性微粒小, 属纳米级复合材料。

金属磁性纤维的机械性质与对应的基体纤维大致相同。无机磁性纤维的机械性能与对应的基体纤维相仿或稍低一些。有机磁性纤维的机械性能如强度等一般比对应基体纤维低, 其差异随制备方法不同和纤维中磁性微粒的含

量不同而不同。

从文献和专利报导可知,磁性功能纤维材料(包括纺织纤维和非纺织纤维)的制备大致有两种途径:一是通过直接成形法来制备,二是通过基体纤维的化学、物理改性来制备。

#### 1)、磁性纤维的直接成形法

磁性纤维直接成形可应用于制备金属或合金磁性纤维以及各种磁性有机纤维。从纤维成形和加工的方法又可分为以下三种。

##### (1) 金属纤维传统制造法

磁性金属纤维或磁性合金纤维的制备起步较早。它们一般是通过类似制造金属纤维某些制造方法,诸如拉伸法、熔融挤出法、射流冷却法、熔融萃出法、切削法、结晶法等方法制备的。金属磁性纤维大多用于制备复合材料,也有用于制备磁性涂料。

##### (2) 有机金属络合物分解法

这是制备金属或合金磁性纤维的方法之一。将金属铁、钴等在旋转金属原子反应器中,在高真空中加热使金属原子逸出与低温的甲苯等反应成为甲苯的零价金属络合物,如二甲苯铁[0]的甲苯溶液。然后将置于低温和氮气保护下的二甲苯铁[0]的甲苯溶液流过一置于外加磁场中的加热管道,使二甲苯铁[0]分解,并导致形成含磁铁纤维的淤浆。这种方法制成的磁性金属纤维的直径可控制在 $0.1 \sim 100 \mu\text{m}$ ,纤维的长径比可介于 $100 \sim 10000$ 倍,将这种含磁性金属纤维的淤浆经球磨和适当处理后可涂在聚酯薄膜上,制成磁记录材料。

##### (3) 共混纺丝法

用这种方法可以制备大多数磁性有机纤维。通常将粒径小于1微米的磁性物质微粒混入成纤聚合物的溶体或纺丝原液中,经熔纺或湿纺制成磁性纤维。所得磁性纤维的强度主要取决于加入的磁性微粒的量和粒径。

共混纺丝法的优点是混入纤维的磁粉可以是永磁材料,也可以是软磁材料;可以采用熔纺也可在某些湿纺或干纺场合下应用,甚至可制备磁性复合纤维或异形纤维。缺点是混入磁粉的量通常在18%以下,如加入磁性聚酰胺,当混入的磁粉为13%时,磁性聚酰胺纤维的强度只有原聚酰胺纤维的50%左右。另外当在喷丝头处外加强磁场时,一则使纺丝设备复杂,二则可能会造成磁污染。

#### 2)、以纤维为基体的化学、物理改性法

这种方法适用于制备磁性有机纤维和磁性无机纤维。根据基体纤维的特点,又可采用下述不同的具体方法。

##### (1) 腔内填充法

据报导,该方法主要用于磁性木质纤维素纤维的制备。因为木材纤维有胞腔,胞腔间的壁上又有通道,所以可通过物理方法将磁粉微粒填入木材纤维的胞腔中制成磁性功能纤维,用于制造磁性纸等。原则上,具有类似结构特征的纤维都可以用该方法制成相应的磁性功能纤维。

##### (2) 表面涂层法

以适当方法将磁性物质涂布在各种纤维表面制成磁性纤维。例如,1987年日本森木琢郎等的专利报导就是用表面沉积涂布法制成磁性钛酸钾纤维。方法是将亚铁盐水溶液与碱溶液在适当条件下先后加入钛酸钾纤维分散在水介质的体系中,经水解和空气氧化,生成的磁性氧化铁沉积在纤维表面,制得暗褐色磁性钛酸钾纤维,用于制造磁性复合材料。

##### (3) 定位合成法

利用某些纤维中可进行阳离子交换的基团,使亚铁离子与其发生交换,然后再经过水解和氧化,转化为具磁性的 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 或 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (统称铁氧体)而沉积在纤维的无定形区中,所生成的磁性物质(微粒)在纤维中所处位置受制于原来纤维中能进行阳离子交换基团的位置,故而称为定位合成法。由于磁性微粒是在空间很小的无定形区中形成,其尺寸通常很小,一般在 $2 \sim 60\text{nm}$ 之间。通常纤维表层形成的铁氧体较多。由于生成的铁氧体的尺寸小,故能表现出超顺磁性。

如果基体纤维无阳离子交换基团,则可以借助纤维化学变性的各种方法,首先将阳离子交换基团引入基体纤维,然后再使用定位合成法。但这样做的结果使磁性纤维的强度下降较多。对于某些纤维甚至会低到只有基体纤维强度的百分之五十到六十。因为纤维经历了化学变性和定位合成两次处理,每一次处理都会引起强度下降。

磁性纤维—氧化新的合成方法正在不断涌现。采用一种微孔填充—氧化碳化法和非常规缩醛—氧化磁化法,即通过基本纤维的改性的方法可制得新型磁性腈纶和维纶纤维。将纳米粒子进行分散处理或抗氧化处理再与粘胶纤维共混,在一定条件下可喷成功能性磁性纤维丝,用用这种粘胶纤维丝可与棉纱等混纺,从而织成可抗紫外线、可见光、高介电绝缘和电屏蔽的功能性磁性纤维。

### 3 应用

随着人们生活水平的提高,人们对于自身的健康越来越重视,与此同时,纺织产品的医疗保健作用也引起人们的广泛重视,各种有益于身体健康的医疗保健纤维应运而生,有机磁性纤维便是其中的一种功能纤维。磁性纺织功能纤维的出现,彻底改变了长期应用永磁材料缝合到服装中制作磁性保健服饰产品的历史。

用磁治病,在我国历史悠久。人体细胞是具有一定磁性的微型体,人体自身也具有生物磁场。人体的每一个细胞都是一个磁微单元。因此施加于人体的外界磁场的变化都会影响人体的生理机能,这种变化通过神经体液系统发生电荷、电位、分子结构、生化和生理功能的改变,从而调整人体的生理功能,促进人体新陈代谢,提高人体免疫功能,达到医疗保健作用。基于这种原理,人们发明了用磁性功能纤维织造出的各种塑身保健制品,来调整人体机能和提高抗病能力。采用磁性纺织功能纤维制造的磁性纺织保健品的开发和利用,为人类医疗保健和美化健康衣着开辟又一广阔新天地。

磁性保健纤维织物的保健作用原理是:在磁性纤维中均匀排列着含有永磁体的微粒材料,所以织物表面存在着具有南北极的磁场。这些磁微粒产生的磁力线由北极到南极构成磁性回路。这些紧靠织物纤维边缘无数磁性微粒产生的许多南北磁回路及发射出去的磁力线,交织成一层看不见的立体磁力线网。这种网膜能对贴近的肌肤进行全方位的立体刺激和按摩。使肌肤表面处于微运动状态激活细胞代谢能力,促进身体微循环。那些与肌肤、穴位紧贴的磁微粒发出的磁力线可以穿透这些穴位。这一束束看不见无感觉的磁力线就像中医针灸一样随时随地的对身体进行理疗。这种疗法常被称为“无痛理疗法”。

采用磁性纤维制造的塑身保健内衣,磁场作用平缓均匀,它对所包缚的脂肪和肌肤可进行全方位的彻底的微按摩刺激,并解决了磁铁块对不正穴位的难题起到全天候保健理疗的作用,特别适合形体不佳的女士使用。

远红外发射率 > 80% 的磁性纤维保健品其微观磁作用,越来越高于远红外产品,效果明显,反映良好,而且产品穿着同样舒适柔软,理疗作用强,易洗,清理优于粘贴磁体型的保健品。磁性纤维保健品具有远红外和磁疗保健双重功能,是远红外保服饰的升级换代产品。

空气中负离子浓度是衡量空气质量好坏的标志之一。空气中负离子浓度多少不仅预示着空气质量的好坏,同时高负离子浓度的大气环境,还有利于人体的身心健康。因此负离子环境对人类的健康有一定的医疗保健作用。

一种既能放射负离子和远红外线又能抗菌除臭和磁性按摩的新型保健纤维“竹炭纤维”已研制成功上市。这种新型磁性保健功能纤维的问世,提供了一种集多种功能为一体的新颖保健纤维。被誉为神奇的竹炭是一种硬度低,无毒,绿色环保,给以人类健康的新材料。在日本、韩国竹炭被誉为“黑宝贝”、“黑钻石”。纳米级竹炭微粉还具有良好的抑菌、杀菌和吸附并中和汗液所含有的酸性物质,达到美白皮肤的功效。而且竹炭还是很好的远红外和负离子的发射材料。

为了充分更好地发挥竹炭磁性纤维的特点,人们在纤维中添加了一种“离子催效素”从而使纤维的这些功能作用增强许多甚至增强好几倍指标明显。如负离子发射高达 2500 ~ 4500 个/cm<sup>3</sup> 效果显著,空气达到如同在公园和郊外一样;抗菌率:对金黄色葡萄球菌作用 24 小时,抑菌率达 97% 以上;远红外发射率大于 90%。

竹炭磁性纤维除以上优点外由于本身特点还具有抗静电性和抗电磁辐射功能。另外竹炭纤维还解决了负离子纤维加工面料时磨针严重的困惑。竹炭磁性保健纤维是即能发射负离子且加工又不损害设备的原料,它不仅解决了服装面料加工的瓶颈又满足了人们对保健产品的多样选择。利用竹炭磁性纤维面料制成的时尚塑身内衣,采用 45 度角设计,时尚贴身、舒适。能够持续发射 8 ~ 14 微米红外线光波,具有超强吸湿、除臭、抑菌作用,并使乳房周围产生大量负离子,加快身体新陈代谢,安定自律神经。竹炭磁性纤维这些明显效果加上磁性保健的针刺微按摩确实给人类健康带来说不尽的好处,可以说竹炭磁性纤维是磁性保健纤维升级换代新产品。

### 4 展望

21 世纪,健康产业已经成为全球热点,“健康保健时代”已经到来,健康产业将成为继 IT 产业之后的全球“财富第五波”财富集中产业。党的十八大明确提出了 2020 年全面建成小康社会的目标,健康是促进人民群众全面发展的必然条件,并坚持为人民健康服务的方向,坚持预防疾病为主,

完善国民健康的政策。健康是促进人的全面发展的必然要求，是经济社会发展的基础条件。实现国民健康长寿，是国家富强、民族振兴的重要标志，也是全国各族人民的共同愿望。2016年10月，中共中央、国务院印发了《“健康中国2030”规划纲要》，纲要中规划，到2020年，建立覆盖城乡居民的中国特色基本医疗卫生制度，健康素养水平持续提高，健康服务体系完善高效，人人享有基本医疗卫生服务和基本体育健身服务，基本形成内涵丰富、结构合理的健康产业体系，主要健康指标居于中高收入国家前列。到2030年，促进全民健康的制度体系更加完善，健康领域发展更加协调，健康生活方式得到普及，健康服务质量和健康保障水平不断提高，健康产业繁荣发展，基本实现健康公平，主要健康指标进入高收入国家行列。到2050年，建成与社会主义现代化国家相适应的健康国家。从规划可以清楚地看出大健康产业在国家战略中的重要位置。随着我国居民收入水平不断提高，消费结构升级不断加快，人们对生活质量的要求日益提高，大健康产业已成为21世纪最为重要和最有前景的产业之一，将成为“十三五”时期引领我国经济发展新的增长点，整个健康产业遇到前所未有的发展机会。

保健产品、医疗用品、医疗器械、健康管理、健康咨询等都属于国家的大健康产业范畴。

如前所述，磁疗(magnetotherapy)是以磁场作用于人体治疗疾病的方法。磁场影响人体电流分布、荷电微粒的运动、膜系统的通透性和生物高分子的磁矩取向等，使组织细胞的生理、生化过程改变，激活细胞能量、促进血液循环；清除血管壁自由基，降血粘，降血脂；镇静，消炎，镇痛，消肿；提高机体免疫力；抗衰老，淋巴循环等作用。

基于这种原理，人们发明了用磁性纤维织造出的纺织功能纤维保健产品如护膝、护腕、护腰、护肩及内衣、内裤等来达到调整人体机能和提高抗病能力，产生医疗保健作用。

市场出售的磁性医疗器材不胜枚举，但都是在保健品中加入固定的磁体或橡塑磁条，限制了使用者的服饰性、可洗性。而且磁性材料大小随物品大小而定，磁性作用范围局限固定，对穴位要求准确，操作复杂。采用磁性功能纤维制造的保健产品如护膝等基本解决了上述产品的缺点和不足。这种产品穿着柔软、轻盈、舒适非常适用于贴身的内衣裤。磁场作用平缓均匀，它对所包缚的肌肤可进行全方位的彻底的微按摩刺激，并解决了磁铁块对不正穴位的难题，起到全天候保健理疗的作用，因此，特别适用于中老年人群享用，无副作用。

磁性功能纤维材料，尤以磁性纺织功能纤维的起步较晚。近年来，有关磁性纺织纤维的报导也寥寥无几，它们尚未形成大规模生产，但是在市场上已经有用磁性纺织功能纤维制作的保健产品。这些磁性保健品可以让使用者不用任何外部力量就能轻松享受磁疗，可谓物美价廉，深受广大使用者的喜欢，市场的需求量是所有保健品中最大的，它属于国家大健康产业的一个分支。我们相信，随着国家卫生保健事业的发展，人们的健康保健意识和对磁性保健品的认识逐步提高，具有制造成本低、工艺简便的磁性纺织功能纤维制造的磁疗功能保健产品必将已经受到全社会的重视，市场上各种磁性纺织保健品也将受到广大民众的欢迎。所以无论是磁性纺织功能纤维的制造方法还是它们的实际应用，在今后5年内将有很广阔的开发空间和比较大的销售市场。(参考文献略)