
腈纶白皮书

中国化纤工业协会副秘书长 薄广明

一、概述

腈纶是聚丙烯纤维的简称，英文名称为 polyacrylic fibre。美国杜邦公司最早于 1942 年研制成功，当时命名为“奥纶”（Orlon）。

由于腈纶的特性是质轻保暖、染色鲜艳而坚牢，酷似羊毛。故被称为是人造羊毛。主要用于毛毯、人造毛皮和玩具绒等领域。

我国是腈纶发展最快的国家之一。自上世纪 50 年代中国开始对腈纶产品进行研究，于 1969 年就实现了工业化生产。经过近 40 年的发展，目前腈纶的产能已达到世界总产能的 1/3。2007 年产能已达到 92 万吨/年，产量也达到了 82 万吨，已经成为世界腈纶纤维的主要生产基地。

二、中国腈纶行业的现状

自上世纪五十年代以来世界腈纶纤维的生产工艺路线主要有 4 条，即：NaSCN 湿法一步法、NaSCN 湿法二步法、DMF 干法二步法和 DMAc 湿法二步法。

我国自上世纪 60 年代首次引进英国考特尔斯 NaSCN 湿法一步法以来，通过不断引进和消化吸收，也形成了上述 4 种生产工艺路线。

它们分别是：

1. NaSCN 湿法一步法：上海金山石化；
2. NaSCN 湿法二步法：上海金山石化、安庆石化、大庆石化、大庆炼化；
3. DMAc 湿法二步法：吉林奇峰、吉盟、杭州湾、宁波三菱丽阳；
4. DMF 干法二步法：浙江金甬、秦皇岛、齐鲁石化、抚顺石化。（注 1）

注 1：秦皇岛、浙江金甬两家企业已于 2008 年相继停产。

尽管我国的腈纶生产起步较晚，但发展速度却很快。特别是从上世纪八十年代中后期开始。在短短的二十年时间里，我国的腈纶产能已由初期的不足十万吨，发展到今天的九十多万吨，目前我国腈纶产能分布情况见表 1。

表 1 当前我国腈纶产能分布情况（万吨）

企业名称	产 能	所占比例 (%)
吉林奇峰、吉盟	24	26
上海金山石化腈纶部	16	17.5
安庆石化腈纶厂	7	7.7
齐鲁石化腈纶厂	6	6.6
浙江金甬腈纶厂	5	5.5
大庆石化腈纶厂	6.5	7.1
大庆炼化腈纶厂	3	3.3
抚顺石化腈纶厂	6	6.6
秦皇岛奥特莱腈纶厂	5.5	6
杭州湾腈纶厂	7	7.7
宁波三菱丽阳腈纶厂	5.5	6
合 计	91.5	

生产工艺路线也由单一的 NaSCN 湿法一步法，发展到现在的八种溶剂，四种工艺路线。

另外，在腈纶消费结构上也发生了明显变化（见表 2），服用纤维的比例在不断减少，工业用腈纶比例大幅上升。性能上，服用纤维以安全、美观、舒适亲肤为追求，装饰材料凸现时尚风格，而工业应用则强调了独一无二的高性能。这种消费结构的变化促进了纤维品种结构的调整。

表 2 腈纶消费结构变化表

国家与地区	服用		装饰用		工业用	
	2001	2005	2001	2005	2001	2005
美国	64	41	28	37	8	22
西欧	60	46	34	35	6	19
日本	63	39	32	29	5	32
中国	84	67	15	20	1	13

可以确定的是，向工业应用领域的延伸将是未来腈纶发展的主流方向，这完全符合工业用材料轻量化、高性能化、多样化和美观化的发展潮流，市场潜力巨大。

目前，全球腈纶产业发展重心向亚太地区转移局势已不可逆转，而中国作为亚洲的发展中心更是成为焦点。近年来，在中国经济高速增长的带动下，中国腈纶产业也保持了稳定的发展态势，产能呈现跳跃式扩充，2005 年产量已位居世界首位，达到了 72.8 万吨，2007 年更达到了八十万吨。而且随着世界各国逐渐

淡出腈纶市场，为中国腈纶行业发展带来了巨大空间。特别中国拥有全球最大的腈纶消费市场，2005 年国内腈纶表观需求量已经达到 118.6 万吨，预测今后每年还将以 3-5% 的速度递增，至 2010 年将有 140 万吨的需求。而这种后发优势将使中国腈纶在“十一五”期间年平均增长率达到 5%，产能将至 100 万吨，预计将占世界总产量的一半。然而即便如此，届时中国将仍有约 40 万吨的需求缺口。

作为腈纶生产的主要原料丙烯腈，我国的发展速度也是惊人的，截止到 2007 年底，我国的丙烯腈产能已达到 100 万吨。尽管产能有了大幅度的提高，但由于国产丙烯腈并非全部用于腈纶纤维的生产，（其中生产 ABS 的丙烯腈约占 35%，其它占 22%）这样就造成了用于生产腈纶纤维的丙烯腈，每年还约有三十万吨的缺口，丙烯腈进口的依存度仍然很大。这在一定程度上也限制了腈纶纤维的发展。这一点在刚刚过去的 2008 年已经得到了证明。2008 年国内两家自身没有丙烯腈的企业 - 秦皇岛和浙江金甬腈纶厂相继停产。还有几家没有丙烯腈的企业也受到原料供应不足的困扰。

三、节能减排工作的现状

1. 尽量我们腈纶产能是世界第一，但由于我们自主研发的产品不是很多，腈纶产品的差别化率与发达国家相比还有很大的差距。不仅如此，由于上世纪八、九十年代腈纶生产各企业都在一味地扩大生产，忽视了节能、降耗工作，使得很多生产企业的单位产能的物耗要高于发达国家，而废物的治理投入又不够，使得单位产能的产污也仍较高。

但是进入到上世纪九十年代中期以来，随着国家加大了对环保的要求，各企业明显加大了节能、降耗的力度。随着新型生产工艺路线的不断成熟，新型溶剂的优势显现出来，特别是采用了 DMAc 工艺路线，对循环的污染大地降低了。目前我国的部分企业已经接近或达到了世界先进水平。值得一提的是，我国首家涉足腈纶纤维生产的民营企业 - 浙江杭州湾腈纶厂，它于 2003 年 6 月创立。创立之初就将生产产品定位为纤维化高端产品 - 差别化腈纶纤维，吸收国内的先进技术和成功经验，并与德国拜尔公司签订了独家技术转让合同。该公司生产的高收缩腈纶和丝缩腈纶纤维质量可与世界同类腈纶相媲美，打破了德国、荷兰和日本等国的长期垄断局面。另外，我国腈纶行业的龙头企业之一 - 中国石化上海石化

股份有限公司腈纶部，在科技创新、技术改造、新产品开发和产品结构优化等方面也做出了显著成绩。该公司的 NaSCN 一步法脱单系统改造、NaSCN 两步法水相聚合脱单工艺优化、烘干机真空热管换热技术改造、新型溶剂净化装置开发等技术创新与改造工程，不仅提高了腈纶生产技术含量，更重要的是确保了该公司技术经济指标始终处于同行业的领先地位。

2. 国家有关部门高度关注生产企业环保治理工作，提出从 2008 年 1 月 1 日起对全国的各大中型企业进行全面的污染源普查。根据国家的政策，化纤协会也相应地开展了以“节能、减排、节水、降耗、清洁生产和循环经济”为目的的生产企业排污情况的调查。这一点浙江杭州湾腈纶厂又走在了行业的前面。尽管他们起步晚，但它们起点高，选择的技术路线对头，后来居上，经过几年的努力已成为腈纶行业经济效益的排头兵了，但杭州湾腈纶厂还是不满足于现状，仍然精益求精，不断地进行技术改造。考虑到制冷、冷却等生产工艺，循环水系统具有很大的节能潜力，该公司在 2008 年 3 月 5 日与宁波市科技节能技术有限公司签订了节能技改合作合同，对 11 台大功率高能耗水泵电机进行了节能改造，当年 11 月底就完工，并通过了相关部门的评估验收。经初步核算，仅节电一项，每年就可节电 600 万度以上，技改后 11 台水泵电机平均节电率高达 51%。

3. 目前我国腈纶企业耗能情况

表 3 腈纶纤维生产的单位物耗情况（湿法纺丝）

产品名称	主要原材料	单位	消耗定额（硫氰酸钠法）
腈 纶 纤 维	丙烯腈 99%	千克/吨	961
	丙烯酸甲酯 99%	千克/吨	65
	甲基丙烯磺酸钠	千克/吨	9
	硫氰酸钠 68-70%	千克/吨	32
	异丙醚	千克/吨	16
	异丙醇 99%	千克/吨	18
	硫酸	千克/吨	320
	烧碱	千克/吨	150

表 4 腈纶纤维生产的单位物耗情况（干法纺丝）

产品名称	主要原材料	单位	消耗定额（硫氰酸钠法）
腈纶纤维	丙烯腈 99%	千克/吨	935-950
	丙烯酸甲酯 99%	千克/吨	65
	二甲基甲酰胺	千克/吨	50-70
	苯乙烯磺酸钠	千克/吨	32
	过硫酸钾	千克/吨	4.5
	油剂	千克/吨	12.7
	烧碱	千克/吨	150

4. 目前我国腈纶行业综合能耗情况如下：

表 5 我国腈纶行业综合能耗表

名称	年份	产量（万吨）	综合能耗（千克标煤/T）	其中		综合总能耗（万吨标煤）	其中	
				电（千瓦时）/T	汽（折千克标煤）/T		电（亿千瓦时）	汽（折万吨标煤）
腈纶纤维	2005年	62.13	1451.20	1182.00	1091.30	90.16	7.3438	67.04
	2007年	79.22	1361.50	1021.26	972.49	107.86	8.0904	77.04
	2011年（预测）	85.00	1073.68	894.74	850.00	102.00	8.5000	80.75

注：在表 4 中 1、综合能耗（吨产品）2011 年比 2005 年预计下降 26.01%。
2、数据测算采用湿法纺丝工艺和干法纺丝工艺的加权测算值。3、2011 年的数据是结合各企业的产能状况进行预测的。

表 6 腈纶行业主要原料（丙烯腈 AN）消耗

	年份	产量（万吨）	（AN）（千克/吨）	总消耗（万吨）
腈纶纤维	2005年	62.13	940	58.402
	2007年	79.22	920	72.82
	2011年（预测）	85	805.26	76.500

注：

表 7 腈纶行业其它单体（湿法纺丝）消耗

名称	年份	产量(万吨)	（其它单体之和）（千克/吨）	总消耗（万吨）
腈纶纤维	2005年	42.13	1081.13	4.5548
	2007年	57.22	995.59	5.6968
	2011年（预测）	73	975.68	7.1225

注：表是中其它单体是指丙烯酸甲酯（MA）或醋酸乙烯酯（VA），和甲基丙烯磺酸钠（MAS）。

表 8 腈纶行业其它单体（干法纺丝）消耗

品种	年份	产量（万吨）	其它单体之和（千克/吨）	总消耗（万吨）
腈纶纤维	2005 年	20.00	1081.85	2.1637
	2007 年	22.00	995.48	2.1901
	2011 年（预测）	12.00	975.57	1.1707
注：				

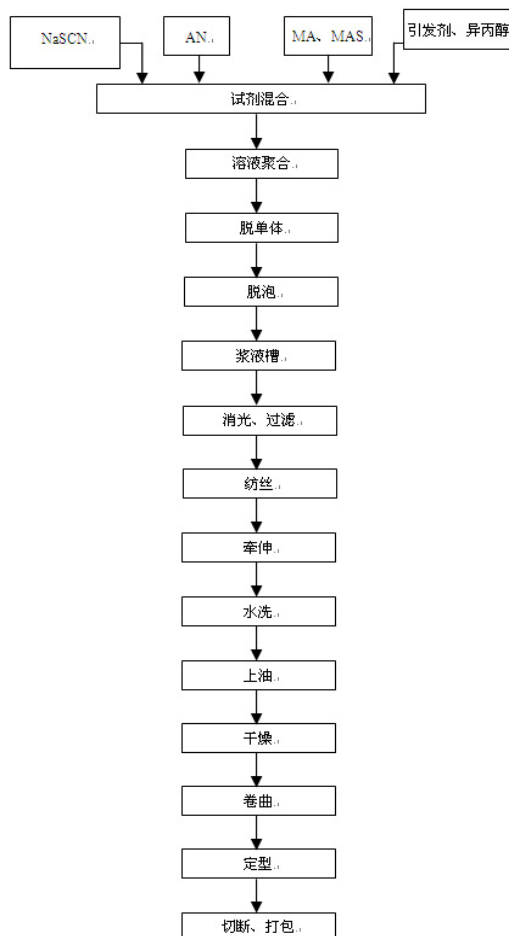
注：表中其它单体是指丙烯酸甲酯（MA）和苯乙烯磺酸钠（SSS）。

从表格 5 可以看出，我国腈纶的产量在递增，而物耗、能耗在逐渐减少。从表中可知：2007 年比 2005 年的综合能耗降低了 6.18%，而 2011 年（预计）将比 2005 年大幅降低，幅度将达到 26.01%。另外从表 6、7、8 还可看到，主要原料的消耗也有明显的降低。

四、腈纶行业目前采用的一些三废治理措施

1. NaSCN 湿法二步法生产腈纶的企业采用的方法

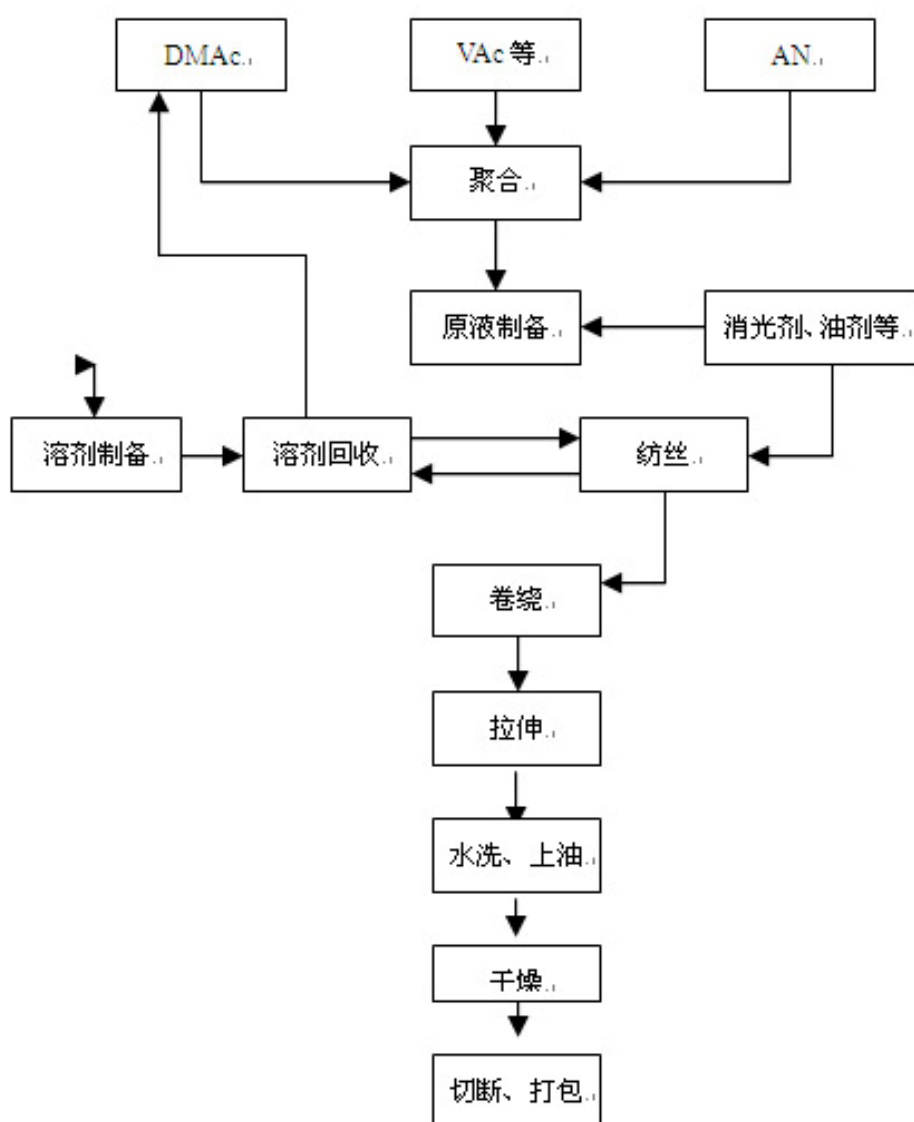
纺丝工艺流程简图如下：



从纺丝工艺流程图中，我们可以看到，腈纶纤维生产过程中，产生的废物主要有两种：一种是废水（主要产生于两处，1、在脱单体、脱水时，这时分离出的单体基本上可以回用。废水也可用于聚合时冲洗液；2、在牵伸、水洗过程之后，这时企业主要是采用五效蒸发法通过冷凝后，一部分溶剂 NaSCN 可以回用，另一部分含氰的污水和萃取（酸减中和）后的污水，经过总的污水管网排放到公司总的污水站做集中处理）；另一种是废渣（主要产生于纺丝液进行消光、过滤的过程。这时产生的废渣主要存于废的过滤布上，这些废滤布一般企业都会定期更换。）在腈纶纤维生产过程中，产生的废气不是很多，所以在废物治理过程中不予以考虑。

2. 以为 DMAc 溶剂的腈纶生产路线排污情况

DMAc 湿法二步法腈纶生产流程简图



废物及有毒有害物质排放情况统计

(一) 按年产 14 万吨腈纶纤维核算排放量。

(1) 固体废物排放处理情况

单位：吨/年

污染物排放点	名称	含污染物成分	排放量	去向
纺丝车间	废滤布	二甲基乙酰胺	38.57	固体废物填埋场处理
纺丝车间	废胶	二甲基乙酰胺	57.9	固体废物填埋场处理
纺丝车间	废丝	二甲基乙酰胺	46.1	生产回用
聚合车间	废聚合物	二甲基乙酰胺	4.52	生产回用
聚合回收	固形物	二甲基乙酰胺	102.00	固体废物填埋场处理
毛条车间	废纤维		160.00	出售
	合计		409.09	

(2) 废气污染源排放情况

污染物排放点	污染物成分	排放量 (m ³ /h)	排放浓度 mg/m ³	排放标准 mg/m ³
罐区淋洗塔	丙烯腈	2.96	0.78	22
纺丝车间	二甲基乙酰胺	230000	19.83	200
溶剂精制回收	二甲基乙酰胺	4000	3.04	200

(3) 废水污染源排放情况

吨/日

排放点	排放量	去向
聚合车间	2456	动力公司
纺丝车间	991	动力公司
合计	3447	

动力公司给排水车间通过均衡池、气浮池、水解酸化池、初沉池、生化池、二沉池、好气滤池等工艺处理腈纶废水，保证达标排放。

(二) 企业在节能、减排方面所采取的措施

(1) 聚合釜夹套水用循环水替代项目

聚合釜的夹套水由脱盐水改为循环水运行，由循环水直接带走聚合反应热。如果天气过热，循环水不能满足正常生产，则需要使用冷冻水通过换热器给循环水降温，满足正常生产需要，减少冷冻机开台，每年可节电、节气预计 500 多万元。

(2) 对 D-501 盘式干燥机改造

使固形物由液态排放，变成固体排放。仅此一项，每年就可减少 COD 排放约 2000 吨。

(3) 树立减少水使用，就是减少污水排放的理念

充分利用蒸汽冷凝水替代脱盐水，减少水的消耗。仅此一项每年就可节约脱盐水 40 万吨。

(4) 每生产一吨腈纶纤维需要消耗水、电、蒸汽情况（折合标煤）

生产工艺路线	耗水量（吨）	耗蒸汽（吨）	耗电量（千瓦）	折合标煤（吨）
DMAc 湿法二步法	15	8.5	580	蒸汽折合 0.812 吨煤, 耗电折合 0.071 吨

以上是某企业的节能降耗情况。

3. 目前腈纶行业的排水、排污情况

表 9 腈纶行业废水排放表（干法纺腈纶）

年份	产量（万吨）	废水排放量（吨/吨）	废水排放总量（万吨）	COD 排放量（吨/吨）	COD 排放总量（吨）
2005 年	20	16	320	0.025	5000
2007 年	22	13	286	0.018	3960
预计 2011	12	11	132	0.016	1920

从表 9 可以看出我国腈纶行业在污水处理和达标排放方面做了很大的努力。2007 年干法腈纶的产量比 2005 年增加 2 万吨，而废水的排放量不但没有增加，相反还略有减少。预计到了 2011 年我国干法腈纶纤维的产量将降到 12 万吨，而干法纺腈纶的废水排放量仅为 132 万吨，远远少于 2005 年的 320 万吨。完全能做到国家要求的增产不增污。

表 10 腈纶行业废水排放表（湿法纺腈纶）

年份	产量（万吨）	废水排放量（吨/吨）	废水排放总量（万吨）	COD 排放量（吨/吨）	COD 排放总量（吨）
2005 年	42.13	36	674.08	0.023	9690
2007 年	57.22	28	743.86	0.018	10300
预计 2011	73	26	803	0.016	11680

从表 10 可以看出我国腈纶行业在污水处理和达标排放方面做的努力还是颇有成效的。2007 年湿法腈纶的产量比 2005 年增加了约 15 万吨，产量的增长率高达 33.44%，而废水的排放量略有增加。增长率仅为 10.35%。预计到了 2011 年我国湿法腈纶纤维的产量将达到 73 万吨，产量的增长率达到 73.27%。而湿

法纺腈纶的废水排放量仅为 803 万吨，仅比 2005 年的 674.08 万吨，增加了约 129 万吨。废水排放量的增长率仅为 9.14%。基本上能做到国家要求的增产不增污，或增产少增污要求。

综合表 9 和表 10 的数据，我们可以看到。我国腈纶的产量从 2005 年的 62.13 万吨增长到 2011 年（预计）的 85 万吨，增长率约为 36.81%。而废水的排放量仅增加 72.92 万吨，增长率 7.33%；到 2011 年（预计）COD 排放的总量为 1.36 万吨，相比 2005 年的 1.469 万吨，不但没有随着产量的增加而增长，相反还略有降低。完全达到了国家要求的增产不增污的要求。

五、腈纶行业的发展方向

1. 引进竞争机制，优胜劣汰

从 1969 年兰州化学公司引进英国 Courtaulds 公司 NaSCN 一步法生产线至今，中国腈纶经过了近四十年发展历程，先后拥有 NaSCN、DMF、DMAC、DMSO 以及 HNO₃ 等 5 种溶剂 8 条工艺路线，形成了多种工艺路线并存的腈纶工业体系，至 2007 年，NaSCN 法占 39.5%，DMAC 为 35.9%，DMF 为 24.6%。然而，工艺路线的繁杂也带来了平均规模低，产能分散的不利竞争态势。到 2007 年底，中国已具备 91.5 万吨产能，包括生产企业 11 家，平均规模为 8.3 万吨，尽管较 2000 年有较大提高，但低于经济规模（大于平均规模）的企业数超过 70%。

90 年代初，由于急功近利、低水平产能扩张、工艺路线多样化，致使国内腈纶设备和技术参差不齐，产品质量差异较大，劳动生产率低，生产成本低；而且技术开发力量薄弱，科研成果转化率低，品种较为单一，差别化率仅为发达国家的一半，市场适应能力较差，致使国内腈纶产业的综合竞争力不强，从而严重地制约中国腈纶的发展。

近年来，受到世界腈纶发展的影响，中国腈纶产业正逐步实施优胜劣汰，兰州化学、山东大成等先后退出了腈纶市场，而进一步的整合在“十一五”期间还将持续。2008 年受到全球金融危机的影响，先后又有两家干法腈纶企业退出了腈纶市场。

2. 优势整合、走集约化道路

产业规模集聚是发达国家产业结构调整与布局过程中普遍存在的一个经济现象。

长期以来,我国腈纶企业各自为政的发展模式将无法经受国际竞争的严峻挑战。目前,长三角杭州湾地区占国内腈纶产能的 37%,东北为 43%,其它地区占 20%,基本成鼎立之势。因此,从国内及国际总体环境出发,综合评估企业的生产成本、技术进步与产品结构,以及其他抵抗市场风险能力,优化资源配置,挖掘并充分发挥整体优势,从而实现规模集聚,将有利于中国腈纶走上良性发展的道路。

a. 原料供应能力

作为腈纶产业集聚地,必须掌握原料供应的主动权。丙烯腈是腈纶生产的主要原料,中国是丙烯腈的消费大国,在国内,每年用于腈纶消耗的丙烯腈占到总量的近 70%。尽管到 2007 年底我国丙烯腈装置总产能已达到 100 万吨,但供需之间仍不平衡,每年约有 30 万吨的缺口还需依赖进口,并且至少未来 5 年内将继续维持这种状况。因此,集聚地应具备原料自供优势外,快捷、便利的运输条件也将成为影响原料以及辅料成本结构的主要因素。

b. 开发创新能力

创新是企业发展的动力源泉。近年来,改性涤纶(又称“波斯纶”)及其它新合纤对腈纶传统应用领域产生一定冲击,2007 年波斯纶在毛毯应用上添加比例达到了 80%,这就迫使腈纶行业必须不断消化、吸收国外先进技术,提升产品技术水平。此外,腈纶企业还应加强基础研究,形成具有中国特色的软、硬件、工程配套的技术软件包。同时必须加大开发投入力度,通过自主创新,研制高性能的新品种,充分发挥腈纶色彩鲜艳、毛感强、防霉防蛀等优点,尽快研发出能满足产品结构、消费结构调整需要的新产品。

c. 市场开拓能力

产能的集聚必将带来与之相关联的市场的集聚,而后加工产业的集群又将能极大地促进腈纶行业的发展。譬如江、浙、沪地区,这是中国纺织业最为发达的地区,市场需求占到国内总需求的 70%。这种地域优势将减少因转换加工环节而付出的成本费用,大大提高了产业效率。而且信息量大,传递迅速,服务快捷,

交易成本也能降低。也正是基于这些因素，杭州湾地区近年腈纶发展迅速，2006年，该地区腈纶产量同比增长近 20%。

六、存在的主要问题：

1. 生产能力与原料丙烯腈的生产能力不配套。丙烯腈的供给远远不能满足腈纶生产的需要。有些腈纶生产企业距丙烯腈的生产企业较远，原料的运输成本明显较高。另外原料丙烯腈进口的依存度较大，这也是影响我国腈纶发展的一大障碍。

2. 单位耗水、耗电量仍然较大。尽管绝大部分企业都针对节能、降耗清洁生产采取了许多有效措施，但是总体的单耗仍然较高，今后还是一个重点的研究课题。

3. 研发力度不够，要拓展新的领域。（如：产业用、装饰用）

七、政策与建议

1. 尽快建立切实可行的行业排污标准

尽管协会和企业都在努力宣传和推动节能、减排清洁生产，为社会创造出一个舒适的生活环境，但没有一个具体的行业排污标准，操作起来会有一定的困难。所以建议相关部门尽快出台有关政策，便于企业执行。

2. 加快产品结构调整步伐

我国腈纶行业的产品大部分流向民营和国有纺织后加工企业，这些企业大部分产品档次较低，对腈纶行业提供的高性能、高附加值差别化纤维需求量不大。他们一般装备条件较差，或缺乏应用开发技术能力，这既影响了我国腈纶和后道纺织产品的结构调整以及技术含量的提高，又影响了产品在市场上的竞争力。建议国家加大对后纺企业的改造投入，提升后纺技术和装备，形成化纤、纺织行业共同良性发展的局面。