

《清洁生产标准 化纤行业（氨纶）》 编制说明

《清洁生产标准 化纤行业（氨纶）》编制课题组

二〇〇七年四月

目 录

1	氨纶行业发展现状.....	1
1.1	世界氨纶工业发展状况.....	1
1.2	国内氨纶产业现状.....	2
2	编制过程.....	4
3	适用范围.....	6
4	指导原则.....	6
5	制订标准的依据和主要参考资料.....	7
5.1	标准的依据.....	7
5.2	指标值的确定依据.....	7
5.3	主要参考资料.....	7
6	编制标准的基本方法.....	7
6.1	方法概述.....	7
6.2	生产工艺与装备要求的确定.....	7
6.3	资源能源利用指标的确定.....	8
6.4	产品指标的确定.....	8
6.5	污染物产生指标（末端处理前）的确定.....	8
6.6	废物回收利用指标的确定.....	9
6.7	环境管理要求指标的确定.....	9
7	标准实施的技术可行性和经济分析.....	9
7.1	标准的经济分析.....	9
7.2	标准实施的技术可行性.....	10
7.3	标准实施的可操作性.....	10
8	标准的实施.....	11
附 1:	连续聚合干法纺丝工艺说明及生产工艺流程图.....	16

《清洁生产标准 化纤行业（氨纶）》编制说明

1 氨纶行业发展现状

1.1 世界氨纶工业发展状况

聚氨脂弹性纤维，国外称斯潘德克斯（Spandex），我国的商品名称叫氨纶。对于氨纶的研究，最早始于德国，1937 年德国拜耳公司第一次合成出聚氨脂类聚合物，产品的性能和锦纶相近，并申请了专利。随着聚氨脂泡沫塑料、粘合剂和涂料等方面的应用性能逐步完善，1959 年美国杜邦公司首先实现了溶液干法纺丝氨纶的工业化生产，六十年代初期开始，以欧美为中心的许多国家的企业向此领域发展，形成了有 28 个企业生产，年产量达 7000 吨氨纶的繁荣景象。1995 年世界有 17 个国家（地区）近 32 个厂家生产氨纶，韩国、台湾、新加坡和印度相继新建了氨纶生产装置，总生产能力大约为 8.31 万 t/a；2000 年发展到 49 家生产厂，总生产能力 17.8 万 t/a，增幅 115%；2002 年世界氨纶生产厂 56 家，总生产能力高达 25.4 万 t/a，与 1995 年相比增加 206%，与 2000 年比增加 42%。其中亚洲地区的年生产能力 15.9 万吨，约占世界总量的 63%，位居世界地区之首；其次是年生产能力 5.4 万吨的北美地区，约占世界总量的 21%。韩国是世界上最大的氨纶生产国，年生产能力 6.74 万吨，依次为美国 5.2 万吨、中国大陆 3.86 万吨、日本 2.8 万吨以及我国的台湾省 2 万吨。全球 5 大氨纶产地中，美国和日本发展最早，韩国主要兴起于 90 年代中后期，是目前第一大氨纶生产国，台湾发展略晚，中国大陆则是发展最晚也是最具增长潜力的地区。

在氨纶生产厂家中，美国杜邦公司以独资或参股的形式在全世界有 9 个生产基地，是世界上最大的弹性纤维生产公司，年生产能力在 8 万吨以上，在 2002 年约占世界总生产能力的 31%左右，其次是韩国的晓星（东洋尼龙），年生产能力 4.5 万吨，韩国泰光工业年生产能力 2.16 万吨，位居第三位。全球氨纶生产将近 90%的产能由 13 家氨纶生产企业掌握，参见表 1。

表 1 主要氨纶大企业产能情况（单位：kt/a）

序号	公司	现有能力	工艺路线	工厂所在地
1	Dupont 杜邦	66.7	干法 (连续聚合)	美国、新加坡、中国大陆、韩国、日本、加拿大、巴西、阿根廷、英国、荷兰
2	Hyosung 晓星	59	干法 (连续聚合)	中国大陆、韩国
3	Taekwang 泰光	21.6	干法 (间歇聚合)	韩国
4	Tongkook 东国	18	干法 (间歇聚合)	韩国
5	Radici 兰蒂奇	13	化学反应法	美国
6	Bayer 拜耳	13	干法 (连续聚合)	美国、德国
7	Asahi 旭化成	11.5	干法 (连续聚合)	日本、中国大陆、台湾
8	烟 台	16.5	干法 (间歇聚合)	中国大陆

9	Fillattice	6.5	干、湿法	意大利
10	Toyobo 东洋纺	5.5	干法 (间歇聚合)	日本
11	杜钟氨纶 (LDZ)	7	干法 (间歇聚合)	中国大陆
12	浙江华峰	10.5	干法 (间歇聚合)	中国大陆
13	江苏双良	6.5	干法 (间歇聚合)	中国大陆
14	其余	23		
	合计	278.3		

注：旭化成、拜耳、等企业产能包括其合资、全资子公司。杜邦产能、仅包括其 Lycra、Elaspan 两大品牌。

从全球氨纶制造工艺来看，世界氨纶工业化纺丝生产路线有四种，即干法纺丝、湿法纺丝、反应法纺丝、熔融法纺丝，远多于其他合成纤维，而且自成体系各有特点。前三种纺丝法使用的溶剂为 DMF 和 DMAc，其中干法纺丝产能占总产能 86.39%，占据了主导地位，并将在未来相当长时间内继续成为投资主流。湿法纺丝由于工艺流程复杂、纺速较低、生产成本高等原因，产能比重较小，正在逐步退出氨纶生产舞台；反应法纺丝目前仅美国 Radici 在生产，今后发展可能性不大。熔融纺丝法工艺随着切片制造技术、纺丝技术和氨纶应用技术的进步，以其工艺灵活、投资费用低、又无 DMF 或 DMAc 污染的优点，正在兴起投资热潮；但相应产品纤维的品质与干法纺丝相比，目前尚有一定差距。

1.2 国内氨纶产业现状

与其它化纤生产相比，我国氨纶生产起步较晚，在 1988 年烟台引进日本东洋纺丝的生产技术形成年产 320t/a 的规模，1992 年江苏连云港钟山氨纶公司投产，至 1995 年底我国氨纶年生产能力大约为 700 吨。但由于氨纶具有其它化纤无法比拟的弹性，能够广泛应用于各行业，而我国又是一个十亿多人口的大国，随着人们生活的不断改善，对氨纶的需求量越来越大，特别是近几年发展速度居世界之首。截止 2005 年底，我国氨纶生产企业有 37 家，年生产总能力达 20.53 万吨，其中干法纺丝企业 28 家，合计产能 20.01 万 t/a，占总产能的 97.46%；湿法纺丝企业 2 家，合计产能 0.11 万 t/a，占总产能的 0.54%；熔融纺丝企业 7 家，合计产能 0.41 万 t/a，占总产能的 2.0%，主要分布在上海、江苏、浙江、山东等地，详见表 2 和表 3。

表 2 中国大陆氨纶企业产能情况 (kt/a)

序号	公司名称	工厂所在地	商标	工艺路线	产能	溶剂
1	英威达（上海）公司（原杜邦纤维公司）	上海青浦	伊莱斯 邦	干法纺丝	18	DMF
2	烟台氨纶股份有限公司	山东烟台	纽士达	干法纺丝	20	DMF
3	浙江华峰氨纶股份有限公司	浙江温州	千禧	干法纺丝	18	DMF
4	连云港杜钟奥神氨纶有限公司	江苏连云港	奥神	干法纺丝	7	DMF
5	吉林辽源得亨股份有限公司	吉林辽源	瑞斯	干法纺丝	3	DMF
6	郑州中原化纤有限公司	河南郑州	中原	干法纺丝	0.5	DMF

序号	公司名称	工厂所在地	商标	工艺路线	产能	溶剂
7	晓星氨纶(嘉兴)有限公司	浙江嘉兴	多富龙	干法纺丝	14.4	DMAc
8	江苏双良特种纤维有限公司	江苏江阴	舒卡	干法纺丝	10.5	DMAc
9	绍兴龙山氨纶有限公司	浙江绍兴	龙山	干法纺丝	3	DMAc
10	海宁薛永兴氨纶有限公司	浙江海宁	雪斐	干法纺丝	7	DMAc
11	浙江华海纺织机械集团公司	诸暨大塘	华海	干法纺丝	10	DMAc
12	杭州旭化成纺织有限公司	浙江杭州	旭化成	干法纺丝	2.5	DMAc
13	浙江开普特氨纶有限公司	绍兴袍江	开普特	干法纺丝	4.5	DMAc
14	海门侨星染织有限公司	江苏海门	娇安	干法纺丝	0.5	DMAc
15	晓星氨纶(珠海)有限公司	珠海	多富龙	干法纺丝	18.3	DMAc
16	杭州邦联氨纶有限公司	杭州萧山	邦联	干法纺丝	7	DMAc
17	杭州益邦氨纶有限公司	浙江杭州	益邦	干法纺丝	7	DMAc
18	泰光(常熟)氨纶有限公司	江苏常熟	氨纶	干法纺丝	5	DMAc
19	杭州舒美尔氨纶有限公司	浙江杭州	舒美尔	干法纺丝	3	DMAc
20	绍兴四海氨纶有限公司	浙江绍兴	四海	干法纺丝	5	DMAc
21	义乌华莱氨纶有限公司	浙江义乌	华莱	干法纺丝	3.4	DMAc
22	绍兴友邦氨纶有限公司	浙江绍兴	友邦	干法纺丝	1.5	DMAc
23	杭州舒尔姿氨纶有限公司	浙江杭州	舒尔姿	干法纺丝	11	DMAc
24	东国氨纶(珠海)公司	珠海	东国	干法纺丝	6	DMAc
25	五环氨纶(绍兴)公司	浙江绍兴	五环	干法纺丝	4	DMAc
26	山东如意氨纶公司	山东	如意	干法纺丝	3.5	DMF
27	厦门力隆氨纶公司	厦门	力隆	干法纺丝	3.5	DMF
28	新乡白鹭化纤集团公司	河南新乡	白鹭	干法纺丝	3	DMF
小 计					200.1	
29	林克森(淄博)氨纶有限公司	山东淄博	林克森	湿法纺丝	0.5	
30	广东海山氨纶实业有限公司	广东鹤山	海山	湿法纺丝	0.6	
31	江苏南黄海实业股份有限公司	江苏南通	南黄海	熔融纺丝	2	
32	海宁新高纤维有限公司	浙江海宁	新高	熔融纺丝	1	
33	海安宏发特种化纤厂	江苏海安	三纶	熔融纺丝	0.5	
34	张家港昌源氨纶机械贸易有限公司	江苏张家港	昌源	熔融纺丝	0.3	
35	中山新顺特种纤维有限公司	广东中山	新顺	熔融纺丝	0.1	
36	大连合成纤维研究所	辽宁大连		熔融纺丝	0.1	
37	张家港惠泰化纤有限公司	江苏张家港	昌源	熔融纺丝	0.1	
小 计					5.2	

序号	公司名称	工厂所在地	商标	工艺路线	产能	溶剂
合计 37 家					205.3	

表 3 中国大陆各类氨纶纺丝工艺产能情况 (Kt/a)

工艺	干法	湿法	熔融	合计
现有产能	200.1	1.1	4.1	205.3
占国内比重	97.46%	0.54%	2.0%	100.00%

我国氨纶生产厂家大都采用日本东洋纺干法纺丝工艺，国内氨纶行业熟知，基于东洋纺工艺技术，已逐步形成四个分支：

其一，烟台氨纶，从产能上讲，其可以说是国内同行的龙头。通过几期工程的建设及生产实践，其在设备配置、工艺技术上作了不少改进，并在新技术的应用上有新的进。

其二，杜钟氨纶，自与杜邦合资后，该企业无论在管理、技术上均提高了一个档次，部分原有生产线的工艺技术、配方已作了很大改进，新建工程也作了相应调整，但其配方由杜邦专有。

其三，温州华峰氨纶，自一期工程建设以来，在二期、三期、四期工程建设中，其工艺设备配置也作了相当的调整改进，并略有独创。

其四，海门侨星氨纶，应该说其工艺技术在国内几个从东洋纺引进的工程中，其技术是最晚，也是最新的（但并不是东洋纺最新的技术），比如溶剂已改用 DMAc 等，但从总的来看，其经济合理性尚不如上述几家企业。

尽管上述几家氨纶制造商在设备配置及配方等方面均作了不同程度的改进和调整，但可以说，万变不离其宗，并未有实质性的改进，或未经实践检验，产品品质处在同一个水平，相同配置产能基本没有太大差距。

2 编制过程

清洁生产是我国工业可持续发展的一项重要战略，也是实现我国污染控制重点由末端控制向生产全过程转变的重大措施。近年来，国内开展清洁生产审核的企业数呈逐年上升趋势，但在实践过程中，如何判断一个企业或者一个项目是否达到清洁生产要求一直非常困难。由于缺乏统一的标准，清洁生产的推广存在相当的难度，在一定程度上制约了清洁生产工作的开展。

氨纶生产综合了化工、化纤和纺织生产中的很多内容及特点，聚合工段，热媒系统，组件清洗和精制工段等为化工工艺，而纺丝、卷绕为典型的化纤纺丝生产工艺。其原辅材料、生产设备等使用多，生产中需要水、电、汽等能源，因此，必将产生废气、废水、噪声、固废等污染物。由于目前氨纶生产的技术和使用的原料特点，导致从原料储存至产出产品，整个生产过程有废气排放，这也是氨纶生产的主要环境问题。从国内情况看，从保护环境和清洁生产角度对企业提出原材料指标和产品指标尚属首创。资源消耗指标，例如：吨产品耗水、吨产品能耗，氨纶行业对此十分重视，多年来积累了大量的经验和数据，可以借鉴和参考。在污染物的产生指标方面，氨纶企业仅仅遵循的是国家工业废水污染物排放标准，对氨纶生产过程中产生的固体和气体废气物的排放标准既没有行业标准也没有国家标准。废物的大量

排放不仅污染了环境，也使企业生产成本增大，给企业造成了巨大的环境压力和经济压力，所以有必要制定氨纶生产企业的清洁生产标准来规范企业行为，促进企业从源头入手，全过程控制和综合利用，向更高层清洁生产指标发展。

国家环境保护总局颁布了环办[1999]127号“关于下达2000年度国家环境保护标准制（修）订项目计划的通知”及其计划表。2000年5月10日国家环保总局标准司在京主持召开了3-5个行业清洁生产标准课题会，认为很有必要制订清洁生产标准，这对企业清洁生产审核以及环保审批等均有重要意义。

国家环境保护总局于2002年1月9日下达了环发[2002]2号《关于公布清洁生产审核试点单位并开展试点工作的通知》及其附件，连云港市环境保护科学研究所被确定为46家作为清洁生产审核试点的单位之一。根据国家清洁生产中心的要求以及专业组的确定，连云港市环境保护科学研究所承担《清洁生产标准 化纤行业（氨纶）》的编写工作，我所在接到任务后，各级领导对此非常重视，成立了由专职人员负责的编写小组，具体编写人员具有对氨纶行业多年的环境影响评价、清洁生产审核工作经历，对氨纶制造业存在的废水、废气、固废等环境问题比较了解；连云港杜钟奥神氨纶有限公司的专业人员在氨纶生产的工艺、管理等方面有着丰富的实践经验并了解目前国内外氨纶行业的技术水平，给我们的编写提供了大量的材料和合理建议；北京化工集团公司环保监测站对我们编制的《标准》初稿提出了宝贵意见。

2002年6月27-30日国家环保总局和国家清洁生产中心在新疆乌鲁木齐市召开了“清洁生产审核试点工作督促检查评估会”的会议，会议针对试点机构的清洁生产标准和审核指南完成情况进行了汇总和评估，对行业清洁生产标准的编制进行了统一规范，并明确标准为推荐性标准，且应体现预防二字。标准主要针对各行业的典型工艺来设定清洁生产的指标和基准数值，具体的基准数值按行业的实际情况考虑分级。在标准的制订时要以环保为重点，考虑生命周期，作为我国现行环境管理制度（环境影响评价、限期治理、排污许可证）采用污染预防战略和实施《中华人民共和国清洁生产促进法》的技术支持。

根据会议精神和要求，课题组立即组织人员到山东、浙江、郑州、上海等生产企业进行实地调研，并对初稿进行了修改。2002年8月28日至30日，国家清洁生产中心在北京主持召开了化纤等27个行业的清洁生产标准（初稿）的初步评审会。会议对氨纶产品清洁生产标准要求的适应范围、名称以及有关指标做了明确规定。编制人员按照国家清洁生产中心和与会专家的要求及意见，依据生命周期分析的原理和从氨纶生产的实际情况，提出六类指标，即生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标、废物回收利用和环境管理要求；从现行氨纶企业预防污染技术角度出发，决定将标准分为三级，主要考虑现行技术的水平，不考虑企业规模，从而促进氨纶行业实现规模化和集团化。修改完善后，形成了《清洁生产标准 化纤行业（氨纶）》（征求意见稿），并于2002年9月，国家清洁生产中心将该征求意见稿下发至省级环保部门以及连云港杜钟奥神氨纶有限公司、烟台氨纶股份有限公司、浙江华峰氨纶股份有限公司、郑州中原差别化纤维有限公司、上海杜邦纤维有限公司等氨纶生产企业征求意见，其中河北省环境保护局、陕西省环保局、新疆维吾尔自治区环境保护局、中国纺织工程学会、浙江华峰氨纶股份有限公司等单位对该稿提出了宝贵的意见和建议，针对以上意见和建议，编制人员经过认真调研，对该稿进行了修改完善。2006年8月，课题组再次组织调研，针对目前氨纶行业的发展现状，对该稿做了进一步补充完善，形成了《清洁生产标准 化纤行业（氨纶）》（送审稿）。同年9月由中国化纤工业协会向烟台、华峰、龙山、双良、新乡、邦联、益邦、五环等8家企业征询了意见，截止9月30日，

1家未反馈,1家表示同意,1家电话叙述了意见,1家传真了意见,4家企业发邮件反馈了意见。被征求意见的企业基本是行业中比较好的企业,有在早期就进入氨纶行业的,也有近年投产的,但对环保工作都非常重视,特别是烟台氨纶与华峰氨纶,他们的氨纶生产在数量上与质量上都在行业上占有重要地位,他们的意见基本涵盖了其他企业的意见。因此我们对他们的意见和建议十分重视,并在修改时积极采纳了这些宝贵的建议,对没有采纳的意见,我们也给予了解释和说明。在此对给予我们支持和帮助的各有关单位表示最诚挚的感谢!

3 适用范围

通过大量的实际调研(表8-9)可知,在2002年前建成的企业使用的溶剂基本为DMF,近几年新建的企业使用的溶剂为DMAc,其它几种生产工艺我国应用较少,规模较小,资料有限。为使本标准具有更广泛的适应性,推进现有企业不断提高清洁生产技术水平,根据有关专家的意见,目前暂制定使用干法纺丝工艺路线的氨纶生产企业的清洁生产标准。因此本标准主要适用于采用干法纺丝工艺路线的氨纶生产企业的清洁生产审核、清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度。

4 指导原则

制订清洁生产标准的基本原则是:

依据生命周期的分析理论,主要围绕氨纶生产的生命周期而展开。对氨纶生产主要从生产工艺与装备、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生(环境)指标、废物回收利用指标、环境管理要求六个方面来考虑。

具体原则如下:

(1)符合清洁生产的思路,体现全过程的污染预防,不考虑污染物单纯的处理和处置,因此,污染物产生指标是指污染物离开生产线时的数量和浓度,不是经过处理之后的数量和浓度。

(2)基准值设定时考虑了国内外的现有技术水平和管理水平,考虑其相对性,并要有一定的激励作用;

(3)对难以量化的指标,不宜设定基准值,均给出了明确的限定或说明;

(4)力求实用和可操作性,尽量选取环境保护部门和行业常用的指标,以易于企业和审核人员的理解和掌握。

根据前述适用范围的要求,拟将各项指标分为三级:

● 一级指标

达到国际上同行业清洁生产先进水平。此项指标主要作为清洁生产审核时的参考,以通过比较发现差距,从而寻找清洁生产机会。国际先进指标采用公开报道的国际先进水平。

● 二级指标

达到国内同行业清洁生产先进水平,此项指标可作为国内清洁生产绩效公告的依据。国内先进指标根据对我国氨纶生产厂家的实际情况调研结果及其有关的统计数据进行分析而形成。

● 三级指标

达到国内一般清洁生产水平,即基本要求。清洁生产水平指标根据我国氨纶生产厂家的实际情况及其有关的统计数据的平均值、按清洁生产对生产全过程采取污染预防措施要求所应达到的水平指标,并参考有关的统计数据以及结合前期清洁生产审核活动的成果综合形

成。

同时，所有企业的末端排放必须达标排放。

5 制订标准的依据和主要参考资料

5.1 标准的依据

(1) 国家环境保护总局环办[1999]127号“关于下达2000年度国家环境保护标准制(修)订项目计划的通知”及其项目计划表。

(2) 电镀、啤酒和造纸行业清洁生产标准。

(3) 27个行业清洁生产标准初步评审会会议纪要

5.2 指标值的确定依据

指标值的确定是本标准建立的基础。氨纶生产行业有别于其它行业，没有行业协会，其生产工艺均为引进技术，保密性较强，信息、资料交流较少，因此我们主要通过对我国主要氨纶生产厂家如连云港杜钟奥神氨纶有限公司、烟台氨纶股份有限公司、浙江华峰氨纶股份有限公司、郑州中原差别化纤维有限公司等企业目前的生产装备、生产管理、经济技术、产污等环节的实际调查结果获取。

5.3 主要参考资料

(1) 《环境影响评价制度中的清洁生产要求和内容研究报告》中国环境科学研究员 国家清洁生产中心，国家环境保护总局科技发展计划A类项目，编号97205；

(2) 《连云港氨纶厂年产1000吨差别化氨纶纤维生产线改造项目可行性研究报告》，江苏省纺织工业设计研究院；

(3) 《清洁生产审核报告》，连云港钟山氨纶有限公司；

(4) 《氨纶行业清洁生产审核指南》，连云港市环境保护科学研究所；

(6) 《环境监测管理与技术》1999第4期。

(7) 氨纶生产信息网；

(8) 中国化纤信息网。

6 编制标准的基本方法

6.1 方法概述

清洁生产标准的制订在国内乃至国际尚属首次，因此没有现成的标准可借鉴。本标准的制订严格按照清洁生产的定义，立足企业，用生命周期分析的方法进行分析，最终确定从六个方面提出本标准的指标，即生产工艺与装备、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标、废物回收利用指标和环境管理的要求，它将行业生产知识和环保知识有机的结合，充分体现生产工艺与装备选择的先进性、资源能源利用的可持续性、污染物产生的最小化、废物处理的合理性和环境管理的有效性，由此而达到通过对企业生产环节提出要求，实现环境保护和可持续发展的目的。

6.2 生产工艺与装备要求的确定

生产工艺与装备要求是一类定性指标。采用先进的生产工艺与装备是实现清洁生产的重要途径，氨纶生产工艺有多种，合适的工艺与装备是决定其对环境产生影响大小的主要因素，工艺过程大致包括原料准备、聚合、纺丝、卷绕、精制回收等；生产设备自动化程度是决定资源能源利用效率、废物排放量多少的关键。根据氨纶工艺的特点及具体要求，氨纶生产自

控主要包括聚合自控、纺丝自控、卷绕自控、溶剂回收自控、精制自控及辅助系统自控。其中聚合部分工艺比较复杂,安全可靠性要求较高,生产装置的控制水平直接影响到产品的质量,因此聚合、纺丝卷绕、溶剂回收等工段需采用集散控制系统(DCS)。因此确定该类指标主要考虑了原料贮存、原料准备、聚合、卷丝、固废贮运、自动控制、公用工程(电源、供热设施、冷却装置、空调等)节能要求、事故性泄露防范措施等方面。

6.3 资源能源利用指标的确定

包括原辅材料和资源消耗两方面的指标。

原辅材料指标主要考虑用于生产的原辅材料在生产过程中是否对生态环境产生不利的影响,以及原料在企业生产过程中是否得到充分利用。因此,该类指标主要包括原辅材料的选择、原辅材料的利用率两个方面。其中原辅材料的利用率是每家企业都关心的问题,其监测常规化,并可以自行测定。

资源消耗指标是一类定量指标,该指标选择了氨纶行业最常用的经济技术指标,物耗、能耗是氨纶厂最关心的问题,因此选择了吨产品的原辅材料总消耗量、主要原料消耗量、万元产值耗标煤量。另外氨纶厂最主要的污染物是DMF或DMAc,消耗量越大,其对环境的危害越大,因此选择了吨产品的溶剂消耗量做指标。氨纶生产需消耗大量的水,主要为新鲜水、循环水、辅助用水、冷却水等,水的循环利用率越高,新鲜水的消耗量就越少,辅助用水、冷却水等越少,能耗就越小,因此选择吨产品新鲜水消耗量作为指标。资源消耗指标的具体数值参照有关氨纶企业调查统计数据,以平均数作为标准的三级指标,在此基础上稍作调整。

6.4 产品指标的确定

氨纶厂的主要产品为氨纶丝,因此围绕氨纶生产过程提出清洁生产两项指标:包装和产品合格率。指标的具体内容和数值完全根据现行企业的实际情况统计而得,以平均数作为三级指标。

6.5 污染物产生指标(末端处理前)的确定

污染物产生指标是本标准中最重要的要求,它直接与环境有关,氨纶生产过程产生的污染物主要有废水、废气、废液(废渣),其中最主要的污染物为二甲基甲酰胺(DMF)或DMAc,结合氨纶厂的实际情况提出了9项污染物产生指标,污染物浓度按照各企业实际分析测定并经统计而确定。

●废水:因为溶剂DMF或DMAc贯穿于氨纶生产的全过程,因此选择与废水有关的指标为废水产生量、COD_{Cr}产生量、DMF或DMAc产生量。其中废水产生量的二级指标数据是根据工艺水的循环利用率达到80%以上时考虑的,三级指标则达到75%以上设定的。废水中COD_{Cr}产生量、DMF或DMAc产生量各级指标值与之相对应进行计算。

●废气:氨纶生产产生的废气主要为工艺废气和燃烧废气,其中工艺废气包括有组织废气和无组织废气。虽然各氨纶生产厂家在生产过程中对含DMF或DMAc的有组织排放工艺废气进行了有效的处理,但仍有大量含DMF或DMAc的无组织废气和没能回收的有组织的废气产生,这也是氨纶生产最主要的环境问题。因此选择与废气有关的指标为SO₂、烟尘、DMF或DMAc。溶剂的产生量根据对各企业实际调研结果,以平均数作为三级指标,其它级别在此基础上稍做调整。

●废丝产生量:废丝产生量的多少,与产品的产率和企业经济效益密切相关。二级指标数据根据各企业近几年的统计平均结果。其它分级指标在此基础上稍做调整。若企业采取自动落筒、加快停电开车速度、员工责任心加强、平常少断头等措施,达到二级以上指标是

完全可能的。

●废液、废渣产生量：废液、废渣中含有大量的污染物 DMF 或 DMAc，其产生量的多少直接关系到企业的物耗以及对环境的危害程度，因此选择该项作为标准控制指标是非常必要的。二级指标数据根据各企业近几年的统计平均结果，其它分级指标在此基础上稍做调整。若企业用小组件更换大组件，采用液态主原料，减少过滤器更换次数等措施，达到二级以上指标是完全可能的。

6.6 废物回收利用指标的确定

清洁生产在重视源头削减的同时，也不能忽视污染物产生后的处理。在氨纶生产过程中产生大量的废水，可以回用于某些对水质要求不高的工段，主要污染物 DMF 或 DMAc 又具有可回收利用的特点，因此，本标准将溶剂的回收率（用于考核回收设备工艺的先进性）、工艺水的循环利用率、废丝、废液、废渣的处置途径作为考核指标。

6.7 环境管理要求指标的确定

环境管理要求是一类定性指标。随着我国环保法律、法规的不断健全和完善以及严格执法，环境管理极大地影响着企业的生存和发展，因此，环境管理应作为企业清洁生产的重要组成部分。本标准根据氨纶生产的特点，主要从生产过程环境管理、废物转移的预防、清洁生产审核和环境管理制度等方面进行考察。具体指标如下：

（1）环境法律法规标准指标

（2）环境审核指标

（3）生产过程环境管理指标

- 原辅料消耗和质量管理
- 能耗、水耗的考核
- 生产过程的操作、维护管理

（4）环境管理指标

- 环境管理机构
- 环境管理计划
- 环保设施的运行管理
- 污染源监测系统
- 信息交流

（5）相关方环境管理指标

- 原辅料供应方、协作方、服务方
- 废物转移的预防

7 标准实施的技术可行性和经济分析

7.1 标准的经济分析

本标准包括定性和定量要求，定性要求给出明确的限定或说明，对氨纶生产过程提出操作和管理上的要求，仅部分涉及到增添设备，无需大的投资，这是一般企业在经济上可以接受的要求。另一类指标是定量要求，其指标用数值表达，例如：原辅材料的利用率、原辅料消耗量、耗水量、耗电量、耗标煤量等，这些指标是行业内部考核的经济指标，因此，它不会给企业增加任何经济负担。至于定量指标 COD_{Cr} 等“三废”产生量，这是环境保护部门要求最常用的指标，对环保工作较重视的企业，一般都具有测试分析的条件和能力，不需要

另行投资。因此，本标准的实施上在经济方面是可行的。

7.2 标准实施的技术可行性

本标准的提出从环境保护的角度出发，立足企业，主要考虑到我国氨纶行业的现实状况，从当前与未来环境保护形势以及氨纶产业发展趋势的角度出发而制订的。标准中各项指标数值的确定主要依据全国各有关氨纶生产厂家的实际调研结果及参考了国外先进水平，技术难度不大，因此对于目前基础较好的企业实现第三级清洁生产指标并不是高不可攀，技术上没有不可逾越的难关。因此本标准的实施在技术上是可行的。

7.3 标准实施的可操作性

为使本标准具有较强的可操作性，既不让企业高不可攀和望而生畏，又不让所有的企业轻松达标。根据对 4 家企业的实际调研所得到的经济技术指标数据进行达标测定，其结果见表 4 和表 5。

由表 2 可以看出，本标准所选定的二、三级指标均有 25%的企业能够达到，有 25%的企业达到某些项的一级指标，说明各项指标是可以达到的并不是高不可攀的。表 9 表明：达到一级要求的企业尚没有，达到二级和三级要求的企业分别为 25%、75%，三级以下的企业为 25%。我们调研的 4 家企业中，其规模有在 5000 吨以上的，有在 5000 吨以下的，有在 1000 吨以下的；有国营企业，也有私营企业，因此比较具有代表性，各项指标的达标测定和各企业的达标情况也说明该标准具有可操作性。

表 4 标准指标达标测定

级 别	溶剂消耗 量		耗 新 鲜 水量		废 水 产 生量		废 气 中 DMF 产生 量		废 液 产 生量		废渣产生 量		废物回收 利用		环境管理	
	企 业 数	%	企 业 数	%	企 业 数	%	企 业 数	%	企 业 数	%	企 业 数	%	企 业 数	%	企 业 数	%
一 级	1	25	1	25	1	25	0		0		1	25	0		0	
二 级	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	2	50	1	25
三 级	1	25	1	25	1	25	1	25	2	50	1	25	1	25	1	25
低 于 三 级	1	25	1	25	1	25	2	50	1	25	1	25	1	25	2	50

表 5 达标情况统计表

级别	达标企业数	百分比 (%)
一级	0	0
二级	1	25
三级	2	50
低于三级	1	25

8 标准实施的环境效益

现有的大气质量标准，原则上建立了两种标准值——长期标准和短期标准。一般把平均时间大于 8 小时的标准视为长期标准，主要考虑慢性影响和依靠吸收等累积作用的阈值而建立的标准；一般把平均时间小于 1 小时的标准视为短期标准，主要是考虑急性影响和依靠刺激等反射作用的阈值而建立的标准。

8.1 环境质量标准

8.1.1 长期环境质量标准

(1) EPA 法

空气环境目标值 (AMEG) 表示化学物质在空气环境介质中可以容许的最大浓度，是美国环保局 (EPA) 工业环境实验室所建立的多介质环境目标值的一种，其估算模式有两种，一种以阈限值为基础，公式如下：

$$\text{AMEG} = \text{阈限值} / 420 \quad (1)$$

式中：AMEG—空气环境目标值（相当于居民区大气中日平均最高容许浓度），mg/m³；
阈限值—美国政府工业卫生研究所制定的车间空气容许浓度，表示在每周工作 5 天，每天工作 8 小时条件下，成年工人可以耐受的化学物质在空气中的时间加权平均浓度，mg/m³。

(2) IO. A. KPOTOB 法

建立以下用生产车间空气的质量标准来计算居民区大气中有害物质长期标准的经验公式：

$$\log \text{MAC}_{\text{长}} = 0.62 \log \text{MAC}_{\text{生}} - 1.77 \quad (2)$$

式中：MAC_生—生产车间空气中有害物质的最高容许浓度，mg/m³。

8.1.2 短期环境质量标准

有关专家于 1975 年提出采用有害物质毒性参数或其它环境标准计算居民区大气中有害物质最大一次浓度的公式：

$$\log \text{MAC}_{\text{短}} = -1.78 + \log \text{MAC}_{\text{生}} \quad (3)$$

$$\log \text{MAC}_{\text{短}} = 0.54 + 1.16 \log \text{MAC}_{\text{长}} \quad (4)$$

$$\log \text{MAC}_{\text{短}} = 1.39 \log \text{LD}_{50} - 5.73 \quad (5)$$

上述方程式的相关系数 $r = 0.49 \sim 0.88$ ，以式（4）的相关性最好。

上述方程式的相关系数 $r = 0.49 \sim 0.88$ ，的相关性较好，一般采用该式进行计算。即 $\text{MAC}_{\text{短}}$ 计算公式为： $\log \text{MAC}_{\text{短}} = 0.54 + 1.16 \log \text{MAC}_{\text{长}}$

式中： $\text{MAC}_{\text{短}}$ —居民区大气中有害物质的最大一次浓度， mg/m^3 。

8.2 污染物排放标准

污染物排放标准是政府为保护人体健康和保护生态环境而规定的各种有害物质排入环境中的具有法律效力的限量。其标准的制订，既受技术方面的原因，还受经济、社会发展等多种因素制约，各个国家的排放标准中对同一物质的限量及限量物质的种类不尽相同。

我国《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)、《污水综合排放标准》(GB8978-1996)等标准以及国外相关标准中未对 DMF 和 DMAC 排入大气和水体中的浓度做出限值，在遇到此类污染物作为主要污染物排放时，就无法对污染源进行恰当的评价。本标准采用美国 EPA 工业环境实验室推荐方法，利用各污染物的 LD_{50} 、 LC_{50} 等毒性指标，计算其废气最高允许排放浓度。

8.2.1 最高允许排放浓度

计算公式：

$$D = 45 \text{ LD}_{50} / 1000 \quad (6)$$

$$D = 100 \text{ LC}_{50} / 1000 \quad (7)$$

式中： D —最高允许排放浓度， mg/m^3 ；

LD_{50} —大鼠经口给毒的半数致死剂量。

8.2.2 允许排放速率

允许排放速率按《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》GB/T13201-91 中“生产工艺过程中产生的气态大气污染物排放标准的制定方法”进行计算，公式为 $Q = C_m R K_c$ ，其中排气筒高度 15m 和 20m 时， R 分别取 6 和 12， K_c 取 1.0， C_m 为质量标准（一次浓度限值）。计算结果见表 6。

表 6 各污染物的浓度限值

名称	有关参数 (LD ₅₀ , 大鼠经口)	日均浓度 限值 (mg/m ³)	小时浓度限值 (mg/m ³)	最高允许排放 浓度 (mg/m ³)	排放速率限值 (kg/h)	
					H=15m	H=20m
DMF	2800	0.071	0.161	126	0.966	1.93
DMAc	5000	0.078	0.180	225	1.08	2.16

8.3 污染治理情况

鉴于企业所处区域、规模以及采取的治理措施等不同, 污染物末端治理后污染物各项指标排放值也无法统一做出要求, 本标准根据该行业一般采取的污染物治理措施以及参照二级清洁生产指标值的污染物产生情况进行推算。

8.3.1 废气

8.3.1.1 工艺废气

污染物 DMF 和 DMAc 极易溶于水, 宜采用水吸收方式进行净化。一级水吸收效率可达 90% 以上, 经过治理后, 各级指标对应值见表 13, 因生产规模、生产时间、排气筒高度、废气排放量等不同, 最终排放浓度也不一样, 因我国无 DMF 和 DMAc 的排放标准, 可具体参照表 12 的计算结果来判定是否达到规定的排放要求。

8.3.1.2 锅炉废气

对于锅炉废气的治理, 一般锅炉采用水膜除尘器除尘, 除尘效率可达 94%, 烟气经湿式除尘碱液吸收进行脱硫后, 其脱硫效率可达 30—40%, 可以《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2001) 二类区, 第 II 时段 SO₂、烟尘所规定的要求。

8.3.2 废水

以目前二级指标为例, COD_{Cr} 一般为 800mg/l 左右, DMF、DMAc 浓度在 200mg/l —300mg/l 左右, 进入废水中的 DMF、DMAc 经生化处理, 在生物的作用下可分解完全, 最终生成 CO₂ 和 NH₃。因此一般氨纶企业采用“厌氧——生物接触氧化”二级生物处理方式, 但需根据国家环保最佳实用技术 A2/O 法增加 A2/O 生物脱氮工艺, 该工艺氨氮去除率>95%、COD_{Cr} 去除率>85%、SS 去除率>95%, 污水经此工艺处理后, 出水 COD_{Cr}、SS、氨氮排放浓度分别为≤100 mg/l、≤40 mg/l, NH₃-N≤10mg/l, 可以满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) (其他排污单位) 一级标准要求。

表 7 末端治理后各级污染物排放指标

指标等级		一级	二级	三级
污染物分类				
1、废水	废水产生量 (t/t)	≤15	≤35	≤70
	COD _{cr} 产生量 (kg/t)	≤0.9	≤4.2	≤21
	DMF 或 (DMAc) 经生化处理后完全生成 CO ₂ 和 NH ₃ 。			
2、废气	DMF 或 (DMAc) 产生量 (kg/t)	DMAc≤0.2	DMF≤2.0 DMAc≤0.5	DMF≤3.0 DMAc≤0.8
	SO ₂ (kg/t)	≤7.2	≤12	≤18
	烟尘 (kg/t)	≤0.12	≤0.18	≤0.3

8.4 实施清洁生产后污染物减排量

目前我国共有 28 家企业采用干法生产, 年产量为 20.01 万 t/a, 其中使用 DMF 的企业有 9 家, 年产量为 7.65 万 t/a, 使用 DMAc 的企业有 19 家, 年产量为 12.45 万 t/a, 按照表 11 所列情况, 现有企业达到二级标准的 25%, 三级的 50%, 三级以下的为 25%, 污染物 DMF、DMAc 年产生量分别约为 3939t/a、3237t/a, 实施清洁生产后, 若使三级以下的为 25%企业达到三级标准时, 污染物每年可减排总量为 408 t; 若 75%企业达到二级, 25%企业达到三级时, 污染物每年可减排总量为 2260 t; 若 25%企业达到一级, 75%企业达到二级时, 污染物每年可减排总量为 5214.2t, 详见表 8—表 11。

表 8 现有 28 家企业污染物的产生情况 (t/a)

	产量 (万 t/a)	水	气	小计
DMF	7.65	1740	2199	3939
DMAc	12.45	2272	965	3237
合计	20.1	4012	3164	7176
备注	25%企业达到二级, 50%企业达到三级, 25%企业达低于三级			

表 9 全部达到三级标准后污染物的产生情况 (t/a)

	产量 (万 t/a)	水	气	小计	与目前相比减排量
DMF	7.65	1645	2104	3749	190
DMAc	12.45	2116	903	3019	218
合计	20.1	3761	3007	6768	408
备注	25%企业达到二级, 75%企业达到三级				

表 10 75%企业达到二级，25%企业达到三级标准后污染物的产生情况 (t/a)

	产量 (万 t/a)	水	气	小计	与目前相比减排量
DMF	7.65	1109	1721	2830	1109
DMAC	12.45	1370	716	2086	1151
合计	20.1	2479	2437	4916	2260
备注	75%企业达到二级，25%企业达到三级				

表 11 25%的企业达到一级标准后污染物的产生情况 (t/a)

	产量 (万 t/a)	水	气	小计	与目前相比减排量
DMF	5.74	473	861	1334	2605
DMAC	14.36	89.1	538.7	627.8	2609.2
合计	20.1	562.1	1399.7	1961.8	5214.2
备注	25%企业达到一级，75%企业达到二级				

采用的计算公式如下：

$$\text{污染物产生总量 } W(t/a) = \text{年产品产量 } (t) \times \sum_{i=1}^3 \text{各分级指标污染物产生量 } W_i (Kg/t)$$

×各级企业所占百分比 %

$$\text{污染物减排量 } W_p(t/a) = \text{实施清洁生产前污染物年产生量 } W_a(t/a)$$

$$- \text{实施清洁生产后污染物的年产生量 } W_b(t/a)$$

9 标准的实施

本标准由各级人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

附 1：连续聚合干法纺丝工艺说明及生产工艺流程图

连续聚合纺技术，目前主要为杜邦、晓星、拜耳及旭化成等掌握，其工艺过程各有特色，但主要过程大致相同，现简要介绍如下：

将聚四亚甲基醚二醇（PTMG）、二异氰酸酯（MDI）等主要原料及溶剂等加到聚合第一反应器，经搅拌进行聚合反应，聚合反应器以 80-90℃ 循环热水保温，反应时间约为 2hr，生成预聚物溶液。随时测定聚合物的一NCO 基，以控制反应温度。反应完后的预聚物溶液以泵输送到预聚物溶液储罐。上述预聚物溶液经储存并过滤后与溶剂一起由静态混合器 1 混合输送到溶解机内进一步溶解，此后再移送到第二反应器（链增长反应机）与链增长剂溶液（由链增长剂及溶剂混配而成）一起进行第二反应，且反应过程为持续式，反应后经静态混合器 2 混合输送到淤浆机。

第二反应为放热反应，需对反应机通以循环冷却水，使反应温度始终控制在 90℃ 以下。反应物的粘度由在线粘度计随时测定并控制。

添加剂溶液（由第二反应的聚氨酯溶液及防酸化剂、消光剂、柔软剂等配制而成），也同时送到淤浆机，与上述持续流过的聚合物溶液经淤浆机制成原液淤浆注射到静态混合器 3，混合压送到原液储罐，储存熟成后，经过滤及脱泡，此时原液的浓度约为 35%，溶剂为 65% 左右。

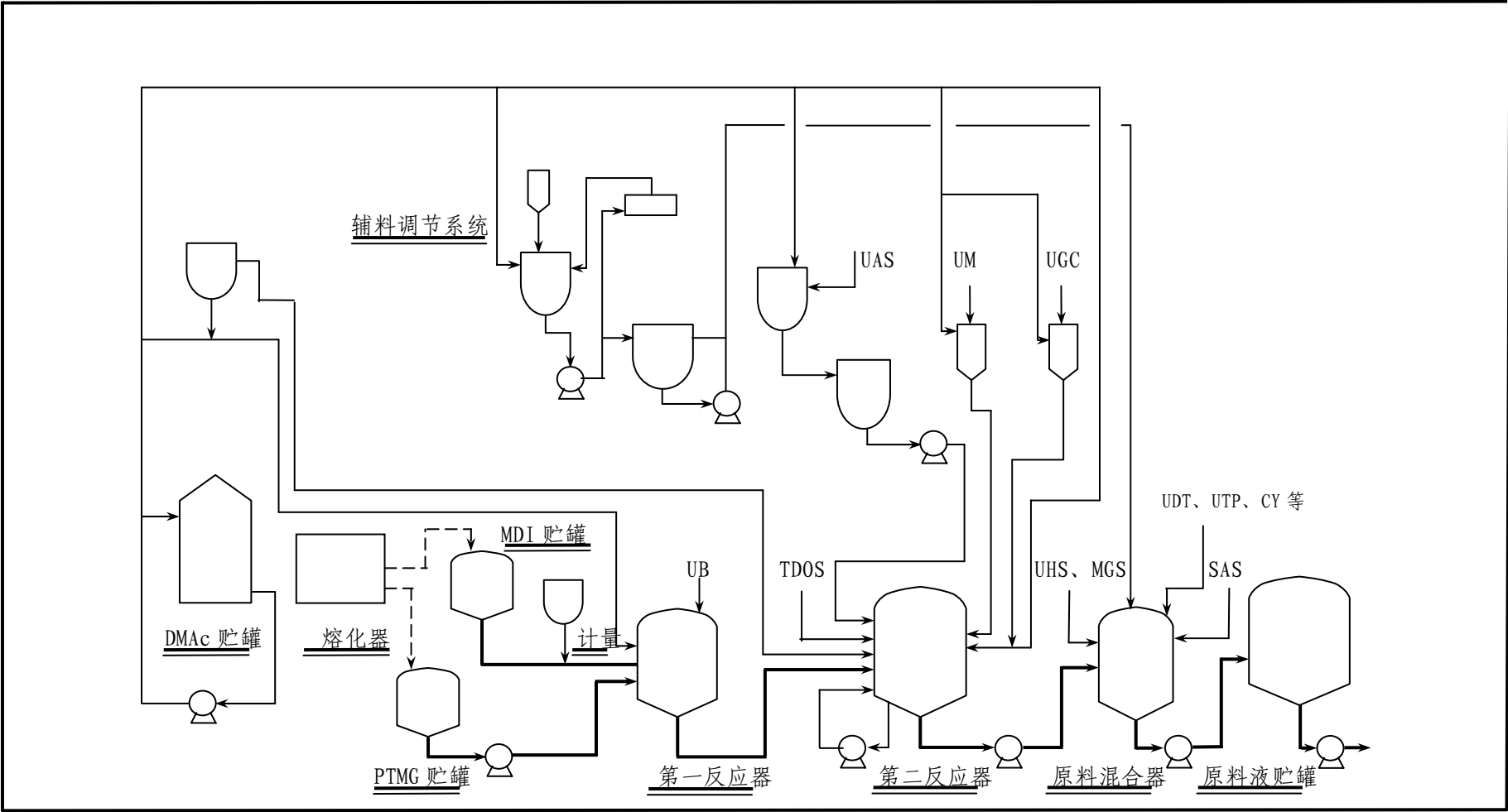
上述脱泡后的原液直接移送到纺丝机。从原液储罐到纺丝机的原液移送采用高压氮气压送。计量后的原液在纺丝组件中经过滤、分配至喷丝板喷出。从喷丝板喷出的原液，由 200℃ 左右的热风（通氮气保护）在纺丝甬道蒸发去除其中的溶剂后，即得氨纶丝束。纺丝甬道的上部是吹出、吸入区，下部是吸入区。由吹出区吹出的热风从上下两个吸入口按一定的比例吸入，其温度和压力进行严格的控制，热风循环使用。被蒸出的溶剂在甬道的下部被吸走，溶剂经冷凝回收后再重新循环使用。

从纺丝甬道出来的丝束首先经过空气假捻器，使单丝间形成粘合具有抱合性，然后通过上油装置使丝束附着纺织加工所必须的特殊油剂，丝束通过两个导丝辊进行张力的调节，送入卷绕头卷绕成产品丝筒，达到一定的卷装重量后自动落筒，由人工装上车。

上述过程中使用的溶剂在 200℃ 以上的热风中，挥发成气体的溶剂通过由环形热交换机构成的凝缩机，经过多重冷却，溶剂的 97% 可被回收；通过凝缩机的第 1 阶段废气预热器，第 2 阶段环形热交换机（使用常温冷却水），3、4、5 阶段的环形热交换机（使用冷却水），回收了冷凝的溶剂后，第 6 阶段再通过废气预热器，与 200℃ 以上的循环 DMF（DMAc）空气进行间接热交换，经过 1 次换热后，在经过纺丝筒之前再经过两个阶段的加热后，再次输送到纺丝筒。

在纺丝凝缩工程中，冷凝析出的废溶剂含水、醋酸、甲酸、固体残渣等，需经精制除去，得到较高纯度的溶剂才能被循环利用。

采用先蒸馏后精馏的两塔法提纯。水份和未反应的反应剂以及低沸点物质经蒸馏去除，剩下的溶剂及高沸点物质被送到精馏塔，再除去比溶剂沸点高的物质，得纯溶剂。



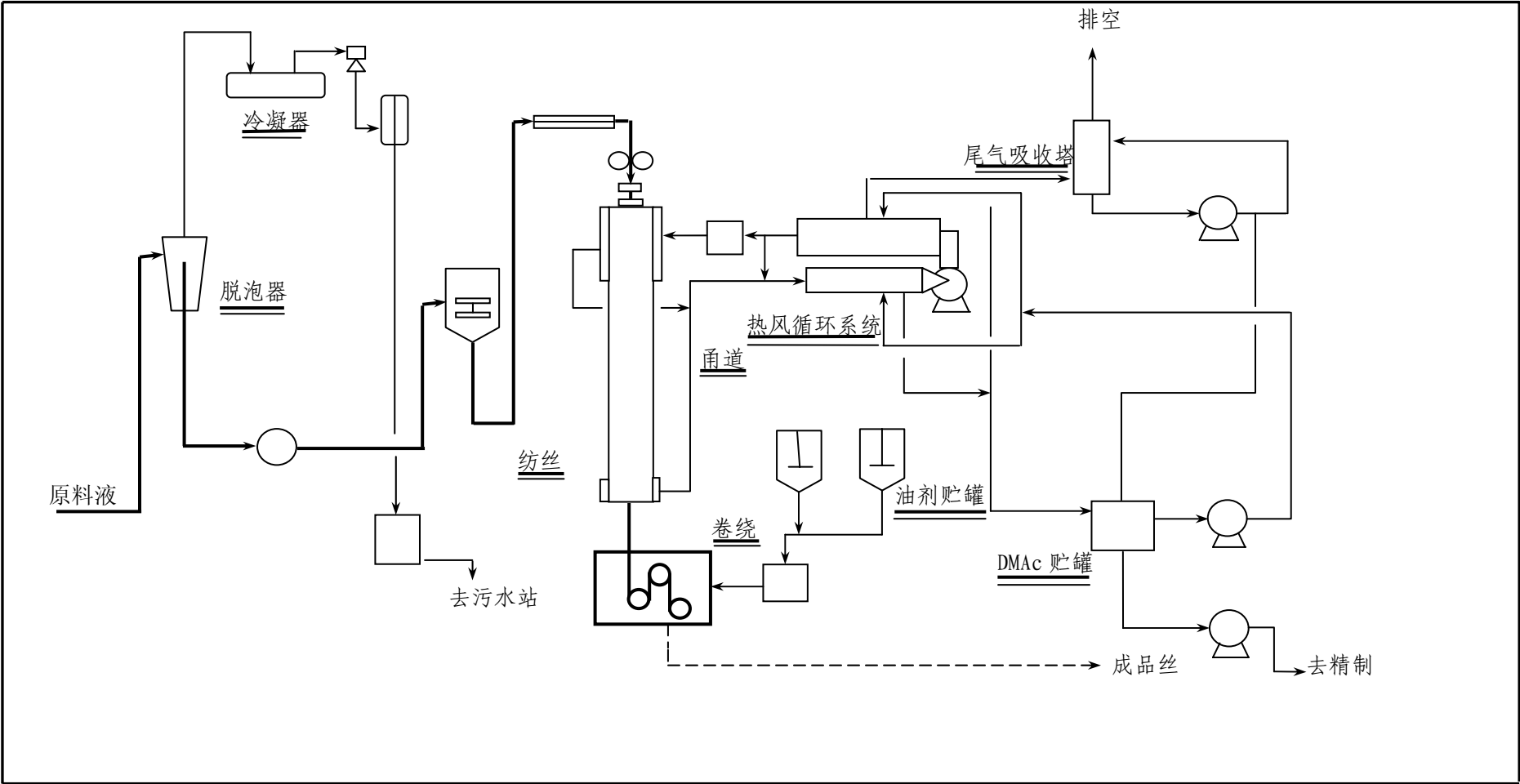


图 2 纺丝工段流程图

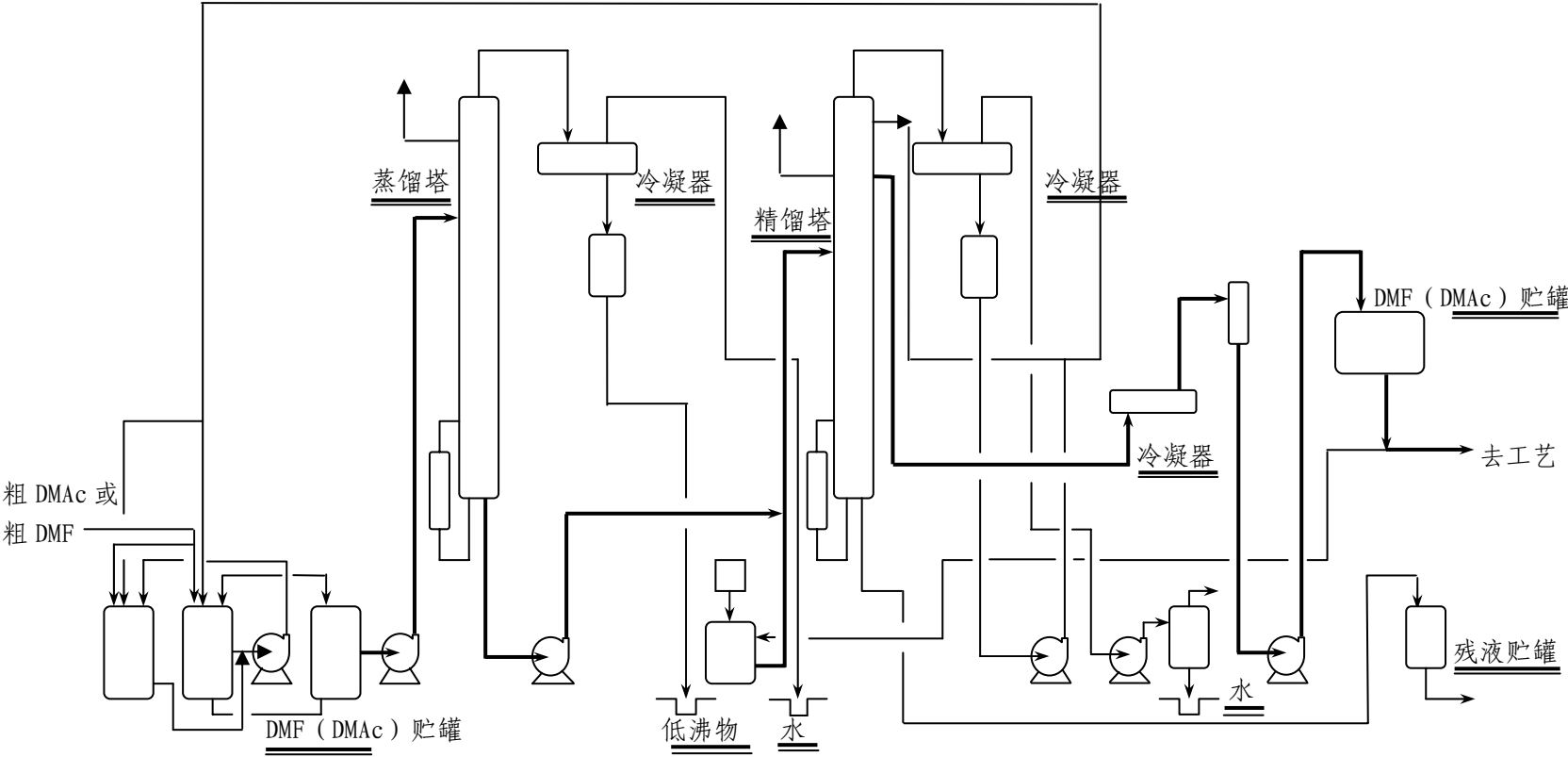


图 3 DMAc (DMF) 精制工段流程图