



化学纤维 成形机理的探索

EXPLORATION OF MECHANISM
IN SYNTHETIC FIBER FORMATION

胡祖明 于俊荣 陈蕾 曹煜彤 选编

东华大学出版社

化学纤维成形机理的探索

Exploration of Mechanism in Synthetic Fiber Formation

——刘兆峰教授团队论文选集

胡祖明 于俊荣 陈蕾 曹煜彤 选编



东华大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学纤维成形机理的探索:刘兆峰教授团队论文选
集/胡祖明等选编. —上海:东华大学出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-81111-925-1

I. ①化… II. ①胡… III. ①化学纤维—化工过
程—文集 IV. ①TQ340.1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 172647 号

化学纤维成形机理的探索

胡祖明 于俊荣 陈 蕾 曹煜彤 选编

东华大学出版社出版

上海市延安西路 1882 号

邮政编码:200051 电话:(021)62193056

新华书店上海发行所发行 苏州望电印刷有限公司印刷

开本:710×1000 1/16 印张:43 字数:537 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81111-925-1/TQ·003

定价:280.00 元

选编论文集祝贺培养我们的母校
东华大学 建校六十周年华诞

同时献给创建化学纤维研究所的老师

钱宝钧 教授

孙 桐 教授

李繁亭 教授

吴宗铨 教授

张安秋 教授

序

刘兆峰教授是我的同乡，又是江苏省常熟中学和东华大学的校友，青年时代起我们就是好朋友。东华大学化纤研究所所长胡祖明教授等几位老师组织出版刘兆峰教授团队论文选集，向培育我们的母校六十华诞献礼，这是一件很有意义的事情。他们希望我来为这部选集作序，我欣然从命。

刘兆峰教授是新中国成立之后党和国家自己培养的化纤专家。1964年大学毕业后，留校从事化学纤维的研究和教学工作。在东华大学这样一个国家重点大学的重点学科的优越环境中，在中国化学纤维工业大发展、国家实行改革开放的大环境中，通过名师指导，加上自身的刻苦努力和钻研，他在化学纤维成形机理的研究领域取得了可喜的成绩。迄今为止，刘兆峰教授及其团队已发表论文近270篇，申报国家专利近60项，特别是通过产、学、研结合，在化学纤维新品种产业化方面取得了成功，先后有三个项目获得国家科技进步二等奖。刘兆峰教授已成为我国化学纤维领域，特别是高性能纤维领域的领军人物。刘兆峰教授和他的团队，既掌握高强高模聚乙烯纤维产业化的核心技术，又掌握芳纶产业化的核心技术，短短几年中，和企业一起先后建成三个品种的产业化实体，为我国化学纤维工业的发展作出了重要贡献。

刘兆峰教授及其团队的论文选集，有着鲜明的时代特征。

第一、充分显示了新一代中国知识分子的历史使命感。

刘兆峰教授团队研究的领域涉及纤维素纤维、腈纶、维纶、涤纶、高强聚乙烯纤维、芳纶等的形成机理，这些都是我国化学纤维工业从起步到大发展中遇到的一个又一个技术难题。他们紧紧围绕我国化学纤维工业发展的需要，满怀新一代中国知识分子的历史使命感，瞄准国际前沿技术，以啃骨头的精神，逐一攻克了难关，特别是近年来攻克了我国国防现代化急需也是目前我国化学纤维攻坚难题——芳纶纤维，并形成了产业化，为我国高性能纤维赶超国际先进水平作出了突出贡献。

第二、充分显示了求真务实的科学精神。

刘兆峰教授团队，为了研究一种高性能纤维的成形工艺及其理论，进行了长达十多年的试验、总结，从成百上千次艰苦的试验中获取数据，探索纤维成形机理和规律。刘兆峰教授退休后，又全身心地投入到化学纤维产业化的事业中，深入企业调查研究，经过十年艰苦实践，用自主知识产权，实现了芳纶纤维产业化。现在他已年过花甲，却仍坚持奋斗在第一线。如果没有求真务实的科学精神，这是难以想

象的。

第三、充分显示了深厚的应用科学方面的基础研究功底。

论文选集中不少论文都是从纤维微观结构和流体流变学理论的角度来探索获得最佳性能的方法和工艺,探索纤维成形的机理。这些论文充分体现了刘兆峰教授团队扎实的基础研究功底和理论联系实际的良好学风。

第四、充分显示了论文和专利技术的创新性、实用性。

论文选集中还罗列了刘兆峰教授团队申报的专利目录,他们对纤维成形机理的研究已经不只停留在科学探索方面,而是深入到工程技术、产业推广方面。这也是他们团队艰苦实践、勤于思考、勇于创新的丰硕成果之一。

今后十年,我国纺织工业将通过实施科技强国战略、品牌强国战略、可持续发展强国战略和人才强国战略,把我国由纺织大国建设成为纺织强国。纺织强国战略,最根本的是纺织人才强国战略,我们需要更多的像刘兆峰教授团队这样具有历史使命感、科学精神、扎实的研究功底和勇于创新的人才队伍。

最后我想说的是,这本论文选集既有创新性、又有实用性。对从事高分子材料研究领域的师生、化学纤维产业推广方面的工程技术人员都有很好的参考价值。为此,推荐给大家去阅读,衷心希望大家能从中吸取有益的知识,更能领悟到当代中国知识分子的历史责任,从而推动我国化学纤维产业的发展,以结出更丰硕的果实。

中国纺织工业协会副会长
中国化纤工业协会名誉会长

许坤元

2011年7月25日

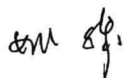
前 言

为迎接东华大学六十周年校庆编辑的《化学纤维成形机理的探索》论文选集出版了。这是东华大学(原华东纺织工学院、中国纺织大学)六十年来在钱宝钧、方柏容、孙桐、李繁亨、吴宗铨、张安秋等老一辈老师引导下,由刘兆峰教授为首的科研教学团队近五十年对化学纤维纺丝成形科学技术理论研究核心成果的缩影,我从中学到非常重要的理念、指导思想、方法、毅力、决心和信心,特表达衷心的祝贺和感谢。

六十年来,中国由一个化学纤维几乎没有技术基础的经济、科技落后的国家,发展成为全球化学纤维加工的第一大国。不仅在五十年前已完成对黏胶纤维的大规模产业化生产、高强帘子线的规模化供应;特别近五十年来,在维纶、涤纶、腈纶、锦纶、氯纶、氨纶等大规模产业化蓬勃发展的同时,使许多高性能、新功能纤维的研发、生产,大大缩短了过程,高质量地初步实现了化学纤维大国的升级。在这些过程中,东华大学的老一辈科学家和刘兆峰教授团队,发挥了十分重要的作用,作出了重要的贡献,特别表现在科学技术理论基础和工艺设备技术创新方面,成绩卓著。这本论文选集明确反映了这个过程的历史和内容,并对我国当前和今后发展历程的思路和认识提供了重要的借鉴。

在新时期中,中国化学纤维产业正面临严重的挑战。许多重要的高性能纤维尚待大规模产业化;传统品种有待功能化升级;随着石油、天然气资源将逐渐枯竭,充分利用可再生、可循环、可降解、对环境友好的生物资源,开发新型化学纤维的任务沉重。中国化纤科学技术工作者一定要、也一定会在继承老一辈科学家和老师们的理念、思路、忠诚、毅力的基础上,完成新时代的艰巨任务,为中国的继续腾飞贡献智慧和力量。

西安工程大学名誉校长
中国工程院院士



二〇一一年八月十二日

编 者 的 话

东华大学(即原华东纺织工学院、中国纺织大学)即将迎来六十华诞。我们和我们的老师刘兆峰教授都是东华大学培养的知识分子。东华大学成立之初,就担当起为中国纺织工业发展培养人才的重任。为了中国化学纤维工业的建立和发展,1954 年创建了化学纤维专业。刘兆峰教授于 1959 年考入化学纤维专业,1964 年成了五年制大学本科首届毕业生;恰逢学校第一个专职研究机构——纤维科学研究室成立,他留校成为了一名以科研工作为主的教师。从此,他分别在钱宝钧教授、孙桐教授、李繁亭教授、吴宗铨教授、张安秋教授的指导下,先后参加了纤维素纤维、腈纶、涤纶、高强聚乙烯纤维等一系列纤维成形机理的研究,逐渐成长为一名化学纤维领域,特别是高性能纤维领域的领军人物。上世纪九十年代中期起,他先后担任了化学纤维研究所副所长、所长,带领技术团队,走产、学、研联合攻关的道路,取得了一系列重大的产业化成果,已经先后三次荣获国家科技进步二等奖,为学校赢得了荣誉。刘老师本人亦被评为上海市教育系统先进共产党员,上海市劳动模范,享受国务院特殊津贴。如今,刘兆峰教授已年近古稀,但仍在率领团队为中国高性能纤维的产业化而努力奋斗。2011 年之初,因为对位芳纶实现了产业化,又获得了家乡常熟市科技的最高奖项——科技创新创业市长奖。为了从刘兆峰教授四十七年科技创新过程中吸收有益的启示,我们从近 270 篇文章中挑选一部分汇编成册,既是向母校六十华诞献礼,又是交给化学纤维研究所的创建人——钱宝钧教授、孙桐教授、李繁亭教授、吴宗铨教授、张安秋教授的成绩单,也是我们对老师刘兆峰教授多年来指导、帮助的报答。本论文集可供高分子材料学科的师生以及从事化学纤维工业的工程技术人员借鉴、参考。

实践中学习和继承,奋斗中发展与创新

刘兆峰

我于1942年9月6日出生在江苏常熟,1959年从江苏省常熟中学毕业,考入华东纺织工学院纺化系化学纤维专业学习。由于家境贫寒,享受人民助学金,在党和国家培养下,完成了本科学业,于1964年毕业,恰逢学校正式成立第一个研究机构——纤维科学研究室,我被分配到那里,担任科学研究为主的助教,开始了我为之奋斗一生的化学纤维方面的研究生涯。一开始参与了钱宝钧教授承担的黏胶帘子线的研制;后来,又参与了黏胶永久卷曲短纤维的研制。文革初期,主要到上海第二化学纤维厂参加纤维素无毒纺丝的试验。文革结束后,才使我重新归队,先后在孙桐老师、李繁亭老师、吴宗铨老师、张安秋老师的指导下,和一些同事、学生全身心地投入到化学纤维成形机理的研究活动中去。我们边实践、边总结。自1980年发表第一篇论文算起,30多年中,涉及纤维素纤维、腈纶、维纶、涤纶、高强聚乙烯纤维、芳纶等领域,我们发表了近270篇的论文,申请和被批准的专利有近60件。回顾历程,大致可分为二个阶段:

第一阶段 是我和一些同龄的同事和学生在实践中学习、继承的过程,大约有十多年时间。1993年我正式晋升为教授。

第二阶段 从上世纪九十年代中期一直到现在,是我和我们团队在团结奋斗中发展创新的过程。

(一) 实践中学习、继承

回顾历史,首先庆幸自己选对了专业。为了解决人民的穿衣问题,党和国家一直把化学纤维工业列为重点发展的工业。上世纪五十年代末、六十年代初是中国化学纤维工业的创建时期,七十年代是中国化学纤维大发展的时期,客观上为我们这一批化学纤维工作者提供了大显身手的舞台。

更值得庆幸的是,我遇到了创建中国化学纤维专业和东华大学化学纤维研究所的诸位老师,在他们多年言传身教下,我们逐步学到了一整套从事化学纤维成形机理研究的本领。

1. 老师们敢于选难题,选对中国化纤工业发展有意义的题目作为研究课题。

五十年代末、六十年代初,中国黏胶纤维工业刚刚兴起,钱先生就带领我们纤维科学研究室全体人员全力以赴从事国家急需的黏胶强力帘子线的研制。几年的努力,结出了硕果。实践证明为后来中国自力更生建造黏胶强力帘子线工厂提供了有力的帮助。钱先生一直主张研究工作一定要选难题,啃硬骨头。把

难题解决了,再去攻其他课题就容易了。实际上的确如此。文革前夕,我们研究室研制黏胶永久卷曲短纤维时,由于掌握黏胶强力帘子线凝固成形的机理,很容易想到采取不对称凝固条件,导致纤维皮芯层结构的不对称,从而产生永久卷曲性能。这个课题从构思到实践、总结、鉴定仅花了几个月时间。这也为团队九十年代完成涤纶中空三维卷曲短纤维的研制课题打下了基础,因为基本思路是一致的。

七十年代初,中国腈纶工业兴起时,李繁亭老师带领我们,瞄准国外腈纶的差别化品种,接二连三地进行研制:腈纶复合纤维,腈纶高速纺丝,腈纶高收缩纤维,腈纶高吸水纤维,腈纶导电纤维,腈纶水相聚合,腈氯纶干湿法纺制碳纤维原丝等。围绕这些课题,我们发表了一批论文,而且对李老师说过的话有了较深刻的理解。他说:“搞科研要像吃馒头那样,左手抓第一个馒头,往嘴里送,右手要马上去抓第二个馒头,眼睛要盯住第三个馒头;只有这样,才能比别人吃得快,吃得多。”今天,不少项目已经实现产业化了。我们的研究工作毕竟是走在生产的前面,为该产品的产业化起了一些微薄的作用。

值得一提的是高强聚乙烯纤维这个项目。八十年代初,张安秋老师从英国进修归来,敏锐地感觉到这将会成为一个重要的高性能纤维,他和吴宗铨老师迅速开题研制,为我们开辟了一个新天地。如今经过近三十年的艰苦奋斗,中国已经成为世界上公认的三大高强聚乙烯纤维工业化研发基地之一。事实充分证明了张老师、吴老师的远见卓识,他们为中国高强聚乙烯纤维工业的建立和发展起了重要的开拓作用。我们永远不会忘记。

老师们敢于选难题、啃硬骨头的精神感染了我们。进入本世纪初,我和胡祖明教授了解到中国国防现代化急需芳纶,立即商量决定向芳纶进军。我们坚信,只要坚持7~8年必有成效。经过十年艰苦奋斗,走产、学、研相结合的道路,化纤中最难的课题终于被我们中国人攻克了,芳纶1313、芳纶1414都已走上了产业化道路。我们可以向培养我们的老师、我们的东华大学、我们的党、我们的国家交一份合格的答卷。

2. 老师们十分重视基础理论研究,以理论联系实际思路去解决技术问题,为我们树立了榜样。

(1) 学会了用流变学的知识来思考、分析问题

我的本科毕业论文是在钱宝钧教授和吴宗铨教授指导下进行的,题目是“黏胶的预热及其流变性质的研究”。我在老师指导下,认真阅读参考文献,自行设计、制造了一套简易气压式毛细管流变仪。三个月时间,几乎每天从早上6点多钟一直干到晚上,终于初步懂得了纺丝浓溶液流变性质的基本概念以及影响因素。文革之后,我在孙桐老师指导下,再次进行溶液流变性质的研究,孙老师强调“坚持这个方向不变,几年之后一定会有效果”。孙老师不仅自己编写教材,为我们讲授高聚

物的粘弹性和溶液(熔体)流变性质,而且和我一起去合纤所商谈合作研究。就是在这样的背景下,我们用气压式毛细管流变仪进行了大量的测试,发表了二篇论文。一篇是配合腈纶高速纺丝而写的腈纶原液的流变性质及其对纺丝速度的关系。大量的测试数据揭示了提高腈纶纺丝速度的机理——只要提高纺丝溶液温度,改善它的粘弹性,使喷头拉伸增大,就能使纺丝速度从40~50米/分提高到200米/分。另一篇是黏胶预热及其流变性能研究。这篇文章的产生过程十分有趣。我和吴宗铨老师到上海第三化纤厂去,听到厂方反映:每到深夜,尽管工艺条件一点都没变,但断头率却明显增加。我们到纺丝车间实地考察之后,心中就有数了。纺丝原液从恒温的熟成房间通过管道输送到纺丝机,这根管道出了熟成房间后没有保温,半夜里(特别是冬季)气温骤降,表面上工艺参数未变,实际上纺丝原液温度下降了,才使断头率增加。我们仅用几个星期时间,测试了大量数据,不仅解决了断头率问题,还提出了用黏胶预热的方法来提高纺速增加产量,改善纤维品质的思路,受到了厂方的好评。

在后来高强纤维的研制过程中,由于我们重视其溶液流变性质的研究,对优化纺丝成形工艺起了很重要的作用。

(2) 懂得了要从纤维结构变化的角度来观察和解释问题

纤维性能是纤维结构的宏观反映,也就是说改善纤维性能就是要从改变纤维的结构着手。这样,纤维微观结构的研究就十分重要。所以,钱宝钧教授十分重视纤维的微观结构研究。他的第一个研究生王庆瑞老师就是研究纤维素侧序分布。后来化纤研究所成立时,专门成立了二室——纤维结构性能研究室。吴宗铨教授、张安秋教授先后担任室主任,他们在纤维的形态结构——腈纶纤维致密化机理、纤维的超分子结构——大分子结晶结构及大分子取向结构方面做了大量研究工作,发表了很多文章,对我们启发很大。钱宝钧教授在晚年还进行了分子结构层面的研究——大分子的缠结,虽然时间短,没有形成比较完善的大分子缠结的理论,但对我们后来制定高强纤维的工艺条件起了十分重要的作用。

我们在研制高吸水纤维时,受老师的启发,利用腈纶纤维致密化的机理,对二种不相容聚合物的相界面微孔的产生及其保留过程和原理作了较深入的研究,并发表了好几篇论文。论文认为分子形态结构层面,溶液纺丝中微孔结构的消失或保留的原理或许今后对研制中空纤维过滤膜会有参考作用。

张老师、吴老师用热分析方法确认超高强聚乙烯纤维中存在比原来聚乙烯折叠链结晶结构更紧密的结晶结构的结论。后来,我们用测定纤维拉伸过程中张力的方法间接地证明这种更紧密的结晶结构不是折叠链转化而来,而是冻胶聚乙烯初生丝在拉伸过程中由非晶区缚结分子相互靠拢而形成的。条件就是大分子缠结要少。这种结构形成后增加了非晶区抗张能力。所以,冻胶丝能承受超倍拉伸。我们的这一些推测对制定高强聚乙烯的成形工艺有所帮助。

3. 老师们重视总结工作,以严肃认真的态度对待论文的撰写和发表。

在一大堆实验数据面前,怎样以科学的态度去总结、提高,体现了一个科学工作者必须具备的素质。在如何撰写论文和如何发表论文方面,对我影响最大的是孙桐老师,从他那里,我学到了如下几点:

① 论文题目是论文的核心,应该是画龙点睛。让人看了题目就知道你的论文大概是什么内容。

② 前言是论文的简介。短短的数百字,要写明论文的意义、国内外概况、通过什么途径得到什么结论。让你的不做这方面研究工作的同行,对你的论文有比较明确的了解。让你做同样或类似研究工作的同行看了前言,会有迫不及待地阅读全文的兴趣。

③ 实验方法,绝对不是可有可无的部分。孙老师告诉我们,实验方法虽然不是论文的主体,要尽可能简洁,但必须按照这样的标准来写:读者看了你的实验方法能够重复你的实验,而且要重复出你的实验数据。所以,这部分要把实验仪器、型号、实验药品的制造单位及标准、数量、实验的条件、处理实验数据的公式、方法等交代得一清二楚。

④ 实验结果与讨论是论文的核心部分,结果和讨论可以一起写,也可以分开写。这部分层次要分明,观点要明确,论据要充分,要有说服力。而且一定要贯彻实践第一的思想,用实验的事实说话。

⑤ 结论是全文的总结,一条一条简洁明了。但千万不能忘记条件,任何结论都是在一定范围内成立的。

⑥ 参考文献引用不在乎多,而在乎精,书写要规范、正确。

以上是我写论文的思路。不一定会十分正确地领会老师们的思路,但的确是我从老师那里学来的。孙老师对论文的发表极其认真,一般成文以后不会马上在刊物上发表,而是首先在国内外学术研讨会上宣读,仔细听取同行的各种意见,几经宣读几经修改之后才会正式在学术刊物上发表。这种一丝不苟的态度永远值得我们学习。

(二) 奋斗中发展、创新

近 20 年,改革开放的深入发展,要求我们工科的研究工作者更加紧密地为国民经济发展服务,走产、学、研相结合的道路,以企业为主体,把科研成果产业化,这也是时代的要求。在这样一个大环境中,我有幸先后结识了一帮志同道合的同事、学生和朋友,一起为中国化学纤维工业的发展,特别是高性能纤维工业的建立和发展共同团结奋斗,贡献我们微薄的力量。迄今为止,多孔三维卷曲涤纶短纤维、高强高模聚乙烯纤维、芳纶 1313 纤维已经先后实现了工业化,并得到了上海市科技进步一等奖和国家科技进步二等奖。芳纶 1414 也在全国率先实现产业化,正在迅

速提高质量、扩大产量、降低成本,今年年底可以实现千吨级产能,力争在3~5年内要成为世界上第三大对位芳纶生产企业。在取得这些成绩的同时,我们有如下三个方面的体会:

1. 必须高度重视研究生论文,把博士、硕士作为产、学、研合作研发新产品的排头兵。

以企业为主体,走产、学、研三结合道路是中国特色的产物。相比之下,中国的企业研发力量较弱,但它们必须是研发主体,因为它们是体现先进生产力的经济实体。一切工艺技术都围绕着产生经济效益的目的,要经受经济效益的检验。简单地说,企业为主体,体现在它把握方向、提供资金和建立中试研发平台和产业化生产线上,而攻克技术难关这个堡垒的任务,义不容辞地主要由学校的研发队伍去承担。这些年来,我们始终将研究生毕业论文和产业化项目挂钩,真正的聚合、纺丝成形机理及影响因素都是通过这些研发的排头兵的论文得到基本解决的。

① 多孔三维卷曲涤纶短纤维为什么会永久卷曲?通过研究生论文,我们搞清楚了中空、高风速、不对称冷却、高喷头拉伸是必要条件。使丝条迎风面冷却快,造成分子取向高、内应力大,在松弛热定型时,迎风面收缩率大,而背风面由于内应力小而收缩率小,从而使纤维产生永久性立体三维卷曲。这些机理是研究生用电吹风在单孔模型纺丝的实验中获得的。一根模型丝,迎风面和背风面取向大小是用横截面在染色浴中染色时半面颜色深、半面颜色浅来证明的。其实只要实验方案设计好了,不一定非要高、精、尖精密仪器,同样可以搞清楚成形工艺范围和成形机理。

② 同样道理,高强聚乙烯纤维先后由20名左右研究生参与研究,每个研究生研究1~2个工序的结构变化,就使我们对整个冻胶纺丝的机理有比较清楚的认识。如:萃取,影响萃取的本质是什么?为什么不同的萃取剂效果有差异?通过研究生论文,知道萃取是萃取剂和溶剂双扩散的过程。从扩散系数可以分辨各种萃取剂效果,而萃取剂的扩散系数又和它的黏度有一致性。通过研究生论文,使我们的认识触及事物本质,对制定正确的工艺有了明确的概念。

③ 芳纶亦是如此。先后有10多位研究生参与聚合、纺丝方面的研究。由于实验室小试进行了成百上千次,对机理、规律了如指掌,应用自如。因此,无论间位芳纶还是对位芳纶,从中试开始就很少失败;中试又经过了几十次到几百次,使得产业化都是一次成功。为什么我们和国内同行比较,走的弯路少,花费人力、物力少,研制过程推进快?其中一个重要原因是有多名研究生参与前期探索,对聚合、纺丝机理一清二楚。从实践中总结出理性的认识,又用理性的认识指导实践,当然是事半功倍。

2. 必须组建团结一致,同心同德,艰苦奋斗,在研发第一线的团队

化学纤维工序较多,又是一个连续化过程。特别是高性能纤维,没有现成的工

艺和设备,要想取得自主知识产权,没有艰苦的反复实践,根本不可能。而这种艰苦的实践,仅仅靠一个导师带几个博士生、硕士生是完不成的。这恐怕也是为什么那些名牌大学有聚合、有橡胶、有塑料等高分子方面的研究,唯独缺少化学纤维成形工艺及理论研究的原因之一。上海有个名牌大学研究生到我们实验室合作研究,十分惊讶居然有几个教授、副教授在一起做纺丝实验,在他们学校没有这种情况。回想起我们在实验室进行高性能纤维成形试验的日日夜夜,历历在目。胡祖明,潘婉莲,于俊荣,陈蕾,诸静及有关研究生都各管一段,齐心协力做试验。往往早上上班时间未到,我们已经在投料了;傍晚,其他课题组下班了,我们还在做准备,纺丝试验还没有开始。有小孩的老师都把孩子带到办公室做作业,自己在实验室做纺丝试验,一直到深夜。2007年初,我正式退休后,胡祖明老师带领课题组成员,走产、学、研合作研发道路,用自主知识产权,实现了芳纶 1313 的产业化,得到了党和政府的嘉奖。

2007 年我提前退休的原因之一,就是想全身心地投入到芳纶 1414 的产业化活动中去。因为芳纶 1414 太重要了:国防现代化和飞速发展的国民经济都十分迫切地需要这种纤维,中国不能生产,只能依赖国外进口。发展的命脉掌握在人家手里,心里不是滋味。而且芳纶 1414 是迄今为止技术难度最大的一种纤维,党和国家培养了我们,这种关键时刻我们不上,谁上?我组织了我们的化纤研究所退休的吴清基老师、胡盼盼老师、康德余高工,还请来了芳纶聚合方面的顶级专家——已退休的周助胜高工,同时把自己带的研究生——曹煜彤、张浩、杨拯等也组织进来。在这四年多的日日夜夜中,这支老中青相结合的技术团队,全身心地深入到企业内部,和企业的工程技术人员、工人、干部拧成一股绳,克服了一个又一个技术难关,使苏州兆达特纤科技有限公司成为国内第一个实现商品销售的芳纶 1414 生产企业,受到了国内外同行的关注和敬佩。

回顾走过的每一步,每个技术难题的解决离不开实践,离不开集体智慧的发挥。真正体会到吴清基老师名言:好的主意都是大家商量出来的。

3. 一定要及时总结,申请专利,有效地保护自己

一涉及到产业化,专利的申请比论文的发表更重要。在进行多孔三维卷曲涤纶短纤维研制和推广过程中,在芳纶 1414 中试过程中,我深有感触:

在进行多孔三维卷曲涤纶短纤维和芳纶 1414 研制过程中,个别企业为了抢占市场,和我们闹矛盾,甚至向校领导告状,幸亏我们有自己的专利,才迅速平息事态,保护了我们自己的利益。

这里有一件事我印象特别深刻:有一著名跨国大公司以传真方式正式向我们专利技术生产的某公司提出“多孔纤维是他们的技术,要求立即停止生产,并保留索赔权利”。某公司立即将传真发给我们,并附上了一段话:“我们是用了你们转让的技术,现在请你处理”。某公司不知道我们已经申请了专利,而且曾仔细拜

读过跨国公司的专利。所以,我们马上给了一个答复,列举了二个专利的根本区别,驳回了他们的不合理要求,马上风平浪静。

这二十多年来,我们利用专利转让为东华大学赢得了近五百万的财富,这也算是我们给母校的一份礼物。

在结束本文的时候,我用下面几段爱因斯坦的语录和大家共勉之:

人只有献身于社会,才能找出那短暂而有风险的生命的意义。

我每天上百次地提醒自己:我的精神生活和物质生活都依着别人的劳动,我必须尽力以同样的分量来报偿我所领受的至今还在领受着的东西。

在一个崇高的目的支持下,不停地工作,即使慢,也一定会获得成功。

对于我来说,生命的意义在于设身处地替人着想,忧他人之忧,乐他人之乐。

目 录

CONTENTS

序

前言

编者的话

实践中学习和继承,奋斗中发展与创新..... 刘兆峰

一 高性能纤维

1 聚对苯二甲酰对苯二胺(芳纶 1414,PPTA)

- (1) Dynamic Rheological Studies of Poly (*p*-phenyleneterephthalamide) and Carbon Nanotube Blends in Sulfuric Acid 1
- (2) Dynamic Rheological Properties and Microstructures of Liquid-Crystalline Poly (*p*-phenyleneterephthalamide) Solutions in the Presence of Single-Walled Carbon Nanotubes 17
- (3) PPTA 在硫酸中的溶解性能 32
- (4) 聚对苯二甲酰对苯二胺—硫酸溶液体系的流变性研究 37
- (5) 芳纶 1414 纺丝过程中聚合体的相对分子质量变化及其控制 41
- (6) 聚乙烯吡咯烷酮存在下低温溶液缩聚法制备聚对苯二甲酰对苯二胺 48
- (7) 溶解对 PPTA 结构性能的影响 55
- (8) 用均匀设计对 PPTA 纺丝工艺进行优化 62
- (9) On the Formation of Poly (*p*-phenylene terephthalamide) Pulps from Stirred Solutions 68
- (10) 剪切速率对直接法制备芳纶浆粕缩聚反应影响的研究 79
- (11) 低温溶液缩聚法直接制备 PPTA 浆粕基本规律的研究 85
- (12) 芳纶浆粕取代石棉摩擦材料的摩擦学性能 92
- (13) 聚对苯二甲酰对苯二胺共缩聚工艺研究 98
- (14) 合成方法对共缩聚 PPTA 比浓对数粘度的影响 104
- (15) 3,4'-ODA 改性 PPTA 对结构及性能影响的分析 110

2 聚间苯二甲酰间苯二胺(芳纶 1313,PMIA)

- (1) Properties and Structures of Terephthalyl Chloride (TPC) Modified

Meta-Aramid Copolymers	116
(2) The Flow Behavior of Poly (<i>m</i> -phenyleneisophthalamide) Concentrated Solution	125
(3) 低温溶液缩聚法制备间位芳香族聚酰胺的研究	133
(4) 芳纶 1313 纺丝原液的流变性能研究	139
(5) 芳纶 1313 浆液的粘度—温度—重均相对分子质量关系式	145
(6) 改性间位芳香族聚酰胺的合成及热性能研究	153
(7) 间位、对位芳香族聚酰胺纤维热分解过程的 Py/GC-MS 与 TGA-DTA/MS 分析	160
(8) 聚间苯二甲酰间苯二胺溶液的动态流变特性	170
(9) Study on Twin-Screw Reactive Extrusion of Poly(<i>m</i> -phenyleneisophthalamide)	177

3 聚乙烯(PE)

(1) Crosslinking Modification of UHMWPE Fibers by Ultra-Violet Irradiation	181
(2) 紫外光辐照交联对超高相对分子质量聚乙烯纤维结构和性能的影响	190
(3) 预热处理对高相对分子质量聚乙烯增塑熔纺纤维拉伸性能的影响	198
(4) 高强高模聚乙烯纤维电子预辐照接枝反应的研究	204
(5) 多级拉伸中超高相对分子质量聚乙烯纤维的结构与性能研究	211
(6) 超拉伸 UHMWPE 纤维的结晶结构及其形成机理	216
(7) 超高相对分子质量聚乙烯纤维的表面粘结性能研究	222
(8) 超高相对分子质量聚乙烯溶液的制备	228
(9) 超高分子量聚乙烯(UHMWPE)凝胶纤维串晶结构形成机理的研究	234
(10) 超高分子量聚乙烯(UHMWPE)凝胶丝在超拉伸过程中结构变化的 表征	242
(11) UHMWPE 纤维蠕变性能及其数学模型拟合	250
(12) UHMWPE 冻胶纤维萃取及干燥工艺研究	254
(13) UHMWPE 冻胶纤维萃取过程的数学分析及其萃取剂的选择	259
(14) UHMWPE 冻胶纤维萃取干燥方式的选择	267
(15) UHMWPE 冻胶纤维除油率的研究及其对成品性能的影响	272
(16) UHMWPE 冻胶纤维超倍拉伸性能研究	281
(17) 纳米 SiO ₂ 对 UHMWPE 溶液流变性质及其结晶性能的影响	287
(18) 纳米 SiO ₂ 改性超高分子量聚乙烯纤维的制备及其结构性能研究	295