# 第六部分 附录

## 兰州理工大学研究生学位论文撰写规范

 学位论文是学位申请人为申请学位而撰写的学术论文，它集中表明了作者在研究工作中获得的新成果，是评判学位申请人学术水平的重要依据和获得学位的必要条件之一，也是科研领域中的重要文献资料和社会的宝贵财富。为进一步提高我校研究生学位论文的质量，规范学位论文格式，参照国家标准GB7713-87《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》，结合我校具体情况，特制订本规范。

**一、论文构成**

学位论文包括前置部分、正文部分、附录部分。具体构成如下：

封面

中文内封

英文内封

学位论文原创性声明和学位论文版权使用授权书

目录

中文摘要

英文摘要

插图索引（必要时）

附表索引（必要时）

符号、标号、缩略词、首字母缩写、单位、术语、名词等注释表（必要时）

**前置部分**

图1（或图2.1）

图2

·

引言或绪论

正文

结论

参考文献

致谢

**正文部分**

2.1

2.2

2.3

·

·

2.3.1

2.3.2

·

·

2.3.2.1

2.3.2.2

·

·

表1（或表2.1）

表2

·

章

—1

—2

·

·

·

节

条

款

**附录部分**

附录A（攻读学位期间所发表的学术论文）

附录B

B.1

·

B.1.1

B.1.2-B1.2.1

图B1

表B1

附录C（非中文撰写的学位论文，博士学位论文附8000字的中文摘要、硕士学位论文附3000字的中文摘要）

**二、内容要求**

**2.1 题目**

题目应恰当、准确地反映本课题的研究内容。学位论文的中文题目一般不超过25字，不设副标题。

**2.2 摘要与关键词**

**2.2.1 摘要**

摘要是论文内容的简要陈述，是一篇具有独立性和完整性的短文。摘要应包括本论文的创造性成果及其理论与实际意义。摘要中不宜使用公式、图表，不标注引用文献编号。避免将摘要写成目录式的内容介绍。

**2.2.2 关键词**

关键词是供检索用的主题词条，应采用能覆盖论文主要内容的通用技术词条（参照相应的技术术语标准）。关键词一般列3~8个，按词条的外延层次排列（外延大的排在前面）。

**2.3 论文正文**

论文正文包括引言（或绪论）、论文主体及结论等部分。

**2.3.1 引言（或绪论）**

引言（或绪论）一般作为第1章。引言（或绪论）应包括：本研究课题的学术背景及理论与实际意义；国内外文献综述；本研究课题的来源及主要研究内容。

**2.3.2 论文主体**

论文主体是学位论文的主要部分，应该结构合理，层次清楚，重点突出，文字简练、通顺。理学、工学的学位论文主体应包括研究内容的总体方案设计及论证、可行性分析、理论分析、实验结果及数据处理分析等。管理学和人文社会学科的论文主体应包括对研究问题的论述及系统分析，比较研究，模型或方案设计，案例论证或实证分析，模型运行的结果分析或建议、改进措施等。

工程硕士论文可以是工程设计，也可以是研究论文。学位论文要运用科学的理论方法和技术手段解决工程实际问题，要有新见解。

**2.3.3 结论**

学位论文的结论单独作为一章排写，但不加章号。

结论是对整个论文主要成果的总结。在结论中应明确指出本研究内容的创造性成果或创新性理论（含新见解、新观点），对其应用前景和社会、经济价值等加以预测和评价，并指出今后进一步在本研究方向进行研究工作的展望与设想。结论内容一般在2000字左右（以汉字计）。

**2.4 参考文献**

按文中出现的顺序列出直接引用的主要参考文献。博士学位论文参考文献不少于100篇，其中外文文献不少30篇；硕士学位论文参考文献不少于40篇，其中外文文献不少于10篇；专业学位硕士学位论文参考文献不少于40篇，其中外文文献不少于10篇。

**2.5 致谢**

对导师和给予指导或协助完成学位论文工作的组织和个人表示感谢。内容应简洁明了、实事求是。对课题给予资助者应予感谢。

**2.6 攻读学位期间发表的论文**

学位论文后应列出研究生在攻读学位期间发表的（含已录用，并有录用通知书的）与学位论文内容相关的学术论文。

**三、书写规定**

**3.1 论文文字**

除外语类专业外，一般用中文撰写。非中文撰写的学位论文，博士学位论文至少要有8000字以上的详细中文摘要，硕士学位论文至少要有3000字以上的详细中文摘要。详细中文摘要作为论文附录。

**3.2 论文字数**

博士学位论文5-8万字，硕士学位论文3-5万字。

**3.3 论文书写**

学位论文必须在计算机上输入、编排与打印。

摘要、插图和附表索引及符号表等正文前置部分的页码用罗马数字连续编排，正文以后的页码用阿拉伯数字编排。

学位论文的论文内封、摘要，都要求用中、英文两种文字给出，编排上中文在前，英文在后。内封、摘要的英文部分另起一页。

**3.4 摘要**

博士学位论文摘要字数（以汉字计）为1200字左右，硕士学位论文摘要的字数为600字左右，以能将规定内容阐述清楚为原则。摘要页不需写出论文题目。

英文摘要与中文摘要的内容应完全一致，在英文语法、用词上应正确无误。

**3.5 目录**

目录应包括论文中全部章节的标题及页码，含：

中文摘要

英文摘要

插图索引（必要时）

附表索引（必要时）

符号表等（必要时，采用国家标准规定符号者可略去此表）

正文章节题目（要求编到第3级标题，即1.1.1）

结论

参考文献

致谢

附录

**3.6 论文正文**

**3.6.1 章节及各章标题**

论文正文分章节撰写，每章应另起一页。各章标题要突出重点、简明扼要。字数一般在15字以内，不得使用标点符号。标题中尽量不采用英文缩写词，对必须采用者，应使用本行业的通用缩写词。

**3.6.2 层次**

层次以少为宜，根据实际需要选择。层次代号建议采用4.8中表1的格式。

层次要求统一，但若节下内容无需列条的，可直接列款、项。层次用到哪一层次视需要而定。

**3.7 引用文献**

引用文献标注方式应全文统一，置于所引内容最末句的右上角，字体与正文字体一致，用小4号宋体（置于右上标时，字体变小）。引用文献应与文中标注一一对应。几处地方引用同一个文献时，文中标注按第一次出现的序号。所引文献编号用阿拉伯数字置于方括号中，如：“…成果[1]”。当提及的参考文献为文中直接说明时，其序号应该用小4号字与正文排齐，如“由文献[8，10~14]可知”。

不得将引用文献标注置于各级标题处。

文科学位论文可采用标注与脚注并行的原则。脚注编号用阿拉伯数字置于圆圈中，如“…成果①”，脚注作页下注，用小5号字体。

**3.8 名词术语**

科技名词术语及设备、元件的名称，应采用国家标准或部颁标准中规定的术语或名称。标准中未规定的术语要采用行业通用术语或名称。全文名词术语必须统一。一些特殊名词或新名词应在适当位置加以说明或注解。

采用英文缩写词时，除本行业广泛应用的通用缩写词外，文中第一次出现的缩写词应该用括号注明英文全文。

**3.9 物理量名称、符号与计量单位（见附录6）**

**3.9.1 物理量的名称和符号**

物理量的名称和符号应符合GB3100~3102-86的规定。论文中某一量的名称和符号应统一。

**3.9.2 物理量计量单位**

物理量计量单位及符号应按国务院1984年发布的《中华人民共和国法定计量单位》及GB3100~3102执行，不得使用非法定计量单位及符号。计量单位符号，除用人名命名的单位第一个字母用大写之外，一律用小写字母。

非物理量单位（如件、台、人、元、次等）可以采用汉字与单位符号混写的方式，如“万t·km”。

文稿叙述中不定数字之后允许用中文计量单位符号，如“几千克至1000kg”。

表达时刻时应采用中文计量单位，如“上午8点3刻”，不能写成“8h45min”。

**3.10 外文字母的正、斜体用法**

物理量符号用斜体，计量单位等符号均用正体。

**3.11 数字**

按国家语言文字工作委员会等七单位1987年发布的《关于出版物上数字用法的试行规定》，除习惯用中文数字表示的以外，一般均采用阿拉伯数字。年份一概写全数，如2005年不能写成05年。

**3.12 公式**

原则上居中书写。

公式序号按章编排，如第1章第一个公式序号为“（1.1）”，附录A中的第一个公式为“（A.1）”等。

文中引用公式时，一般用“见式（1.1）”或“由公式（1.1）”。

公式中用斜线表示“除”的关系时应采用括号，以免含糊不清，如a/(bcosx)。通常“乘”的关系在前，如acosx/b而不写成（a/b）cosx。

**3.13 插表**

表格不加左、右边线。

表序一般按章编排，如第1章第一个插表的序号为“表1.1”等。表序与表名之间空一格，表名中不允许使用标点符号，表名后不加标点。表序与表名置于表上，居中书写。

表头设计应简单明了，尽量不用斜线。

全表如用同一单位，将单位符号移至表头右上角，加圆括号。

表中数据应正确无误，书写清楚。数字空缺的格内加“―”字线（占2个数字），不允许用“''”、“同上”之类的写法。

表内文字说明，起行空一格、转行顶格、句末不加标点。

**3.14 插图**

插图应与文字紧密配合，文图相符，技术内容正确。选图要力求精练。

**3.14.1 制图标准**

插图应符合国家标准及专业标准。

机械工程图：采用第一角投影法，严格按照GB4457~4460-84，GB131-83《机械制图》标准规定。

电气图：图形符号、文字符号等应符合有关标准的规定。

流程图：原则上应采用结构化程序并正确运用流程框图。

对无规定符号的图形应采用该行业的常用画法。

**3.14.2 图题及图中说明**

每个图均应有图题（由图号和图名组成）。图号按章编排，如第1章第1图的图号为“图1.1”等。图题置于图下，有图注或其他说明时应置于图题之下。图名在图号之后空一格排写。引用图应说明出处。在图题右上角加引用文献号。图中若有分图时，分图号用a)、b)等置于分图之下。

图中各部分说明应采用中文（引用的外文图除外）或数字项号，各项文字说明置于图题之下（有分图题者，置于分图题之下）。

**3.14.3 插图编排**

插图与其图题为一个整体，不得拆开排写于两页。插图处的页空白不够排写该图整体时，可将其后文字部分提前排写，将图移至次页最前面。

**3.14.4 坐标单位**

有数字标注的坐标图，必须注明坐标。

**3.15 参考文献（见附录5）**

参考文献书写格式应符合GB7714-87《文后参考文献著录规则》。常用参考文献编写项目和顺序规定如下：

著作图书文献

[序号] 作者（3人以内全部写上，3人以上只写3人再加等或et al，作者之间用“，”号）. 书名. 版次. 出版地：出版者，出版年，引用部分起止页

翻译图书文献

[序号] 作者（3人以内全部写上，3人以上只写3人再加等或et al，作者之间用“，”号）. 书名. 译者. 版次. 出版地：出版者，出版年，引用部分起止页

学术刊物文献

[序号] 作者（3人以内全部写上，3人以上只写3人再加等或et al，作者之间用“，”号）. 文章名. 学术刊物名，年，卷号（期号）：引用部分起止页

学术会议文献

[序号] 作者（3人以内分部写上，3人以上只写3人再加等或et al，作者之间用“，”号）. 文章名. 见（英文用in）： 论文集名. 出版地：出版者，出版年，引用部分起止页

学位论文参考文献

[序号] 作者. 学位论文题目：[学校及学位论文级别]. 保存地点：保存单位，答辩年份，引用部分起止页

专利文献

[序号] 专利申请者. 专利题名. 专利国别. 专利文献种类，专利号.授权日期（年-月-日）

网上文献

[序号] 作者. 题名. 网址， 日期（年-月-日）

报刊文献

[序号] 作者. 题名. 报刊名称, 出版日期（年-月-日）

**3.16 附录**

攻读学位期间发表的学术论文在附录A中列出，书写格式与参考文献同。

对需要收录于学位论文中且又不适合书写于正文中的附加数据、资料、详细公式推导、计算机程序等有特色的内容，可作为附录排写，序号采用“附录B”、“附录C”、“附录D”……等依次排列。

非中文撰写的学位论文，其详细中文摘要作为论文附录，排在最后，注意要标明论文中文题目。

附录应有标题。

**四、打印要求**

**4.1 页面要求**

论文需用A4纸印刷，版心大小为155mm×253mm，页眉一般为11mm（即页眉至正文的距离），页脚一般为11mm（即正文至页码的距离），上、下页边距为22mm，左、右边距为25mm，每页35行，每行35字，页码在版心下边线之下隔行居中放置。

**4.2 字体和字号**

各章题序及标题 小2号黑体，上下各空一行；

各节一级题序及标题 小3号黑体，上下各空12磅；

各节的二级题序及标题 4号黑体，上下各空6磅；

各节的三级题序及标题 小4号黑体；上下各空6磅；

款、项 均采用小4号黑体；

正文用小4号宋体。

页眉用5号宋体。

**4.3 页眉**

学位论文各页均加页眉，在版心上边线隔一行1.5磅的加粗、细双线（粗线在上），其上居中打印页眉。

奇数页眉：□士学位论文（标明研究生培养类别和学位论文级别：如博士学位论文，硕士学位论文，工程硕士学位论文，在职人员同等学力硕士学位论文等）

偶数页眉：□□……□ （学位论文题目）

**4.4 封面及内封**

**4.4.1 封面（见附录1）**

博士、硕士、工程硕士、以及在职人员同等学力硕士学位等的学位论文封面已给出相应的固定格式。以下为填写项目及字体要求：

学校代号、分类号、密级、学号（同等学力采用受理单编号）：小4号黑体字

论文题目：1号黑体字

学位申请人、培养单位、导师姓名及职称、学科专业、研究方向、论文提交日期：小4号黑体字，所填内容用小4号宋体。

**4.4.2 中文内封（见附录2）**

学校代号、密级、学号（同等学力采用受理单编号）：小4号黑体

论文题目：2号黑体

学位申请人姓名、导师姓名及职称、培养单位、专业名称、论文提交日期、论文答辩日期、答辩委员会主席：小4号黑体，所填内容用小4号宋体

**4.4.3 英文内封（见附录3）**

论文题目：小3号Times New Roman体，作者姓名、作者获学位情况、学位论文级别、学科门类、一级学科或二级学科名称、学校名称、导师姓名及职称、论文提交日期等字体均采用4号Times New Roman体。

（注：学科门类分为理学、工学、哲学、经济学、法学、管理学、教育学、文学、历史学、农学、医学、军事学，其对应的英文名称分别为：Science、Engineering、Philosophy、Economics、Law、Management、Education、Literature、History、Agriculture、Medical Science、Military Science。）

**4.5 原创性声明和版权使用授权书（见附录4）**

学位论文必须在内封后加上一页“学位论文原创性声明”和“版权使用授权书”。声明和授权书签名处应以签名的形式，不要打印。

**4.6 摘要及关键词**

摘要题头应居中，中文摘要字样如下：

**摘 要（**小2号黑体）

然后隔行书写摘要的文字部分。（字体为小4号宋体）

摘要文字之后隔一行顶格（齐版心左边线）印有：

关键词： 词 ；词 ；… ；词

（小4号黑体） （关键词3-8个，黑体小4号字）

英文摘要字样为：

**Abstract（小2号Times New Roman加粗）**

然后隔行书写摘要的文字部分。（字体为小4号Times New Roman）

摘要文字之后隔一行顶格（齐版心左边线）印有：

**Key Words：** ； ；… ；

(小4号Times New Roman加粗)

附录中非中文撰写的学位论文的详细中文摘要，用小2号黑体居中书写中文标题，摘要内容用小4号宋体。

**4.7 目录**

目录中各章题序及标题用小4号黑体，其余用小4号宋体。

**4.8 正文层次**

正文层次的编排建议用以下格式。

层次代号及说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节条款项 | 第□章 □□……□X．1 □□……□X．1．1 □□……□X．1．1．1 □□……□ 1．□□…□ □□…□□…□□（1）□□…□ □□…□□…□□□□…… | 居中排章编号用阿拉伯数字顶格，X为章编号，用阿拉伯数字不接排不接排不接排接排 |

版心左边线 版心右边线

各层次题序及标题不得置于页面的最后一行（孤行）。

**4.9 公式**

公式序号的右侧符号与右边线顶边排写。

公式较长时最好在等号“=”处转行，如难实现，则可在+、―、×、÷运算符号处转行，转行时运算符号仅书写于转行式前，不重复书写。

公式中第一次出现的物理量应给予注释。

**4.10 论文印刷与装订**

学位论文前置部分（即从中文内封开始到正文之前）一律单面印刷，正文部分（即从第一章）开始双面印刷。致谢与附录应单面起页双面印刷（如正文结束页为单数页，则单数页背面不加页眉和页码，致谢单面起页，如致谢为单页，其背面亦不加页眉和页码）。

**4.11 学位论文封面用纸**

|  |  |
| --- | --- |
| **博士论文：**150G皮纹纸，深红色，纸张编号为A019 | **学历硕士、同等学力硕士论文：**150G皮纹纸，深兰色，纸张编号为A022 |
| hong | lan |
| **工程硕士、高校教师硕士论文：**150G皮纹**纸**，米黄色，纸张编号为A015 | **本科学士论文：**150G皮纹纸，白色，纸张编号为A014 |
| huang | bai |

**4.12 电子版学位论文**

除按规定印刷论文外，还需提交与印刷论文相同格式的电子版学位论文，在办理离校手续时通过网络或磁盘、光盘方式向校图书馆提交电子版论文，提交格式为与印刷本排版及内容相同的一个文件，文件格式要求为Word、PDF、北大方正CEB。提交办法按图书馆学位论文提交的有关要求执行（见图书馆有关网页）。

附录1：封面示例

附录2：中文内封示例

附录3：英文内封示例

附录4：学位论文原创性声明和版权使用授权书

附录5：参考文献示例

附录6：物理量名称、物理量符号、计量单位、有关数字用法规定

附录7：学位论文范本示例

学校代号 学 号

**附录1 封面示例**

分 类 号 密 级



博士学位论文

化工化纤生产过程中几种化学

及物理检验方法研究

学位申请人姓名 用小四号宋体

培 养 单 位 用小四号宋体

导师姓名及职称 用小四号宋体

学 科 专 业 用小四号宋体

研 究 方 向 用小四号宋体

论文提交日期 用小四号宋体

学校代号 学 号

分 类 号 密 级



硕士学位论文

化工化纤生产过程中几种化学

及物理检验方法研究

学位申请人姓名 用小四号宋体

培 养 单 位 用小四号宋体

导师姓名及职称 用小四号宋体

学 科 专 业 用小四号宋体

研 究 方 向 用小四号宋体

论文提交日期 用小四号宋体

学校代号 学 号

分 类 号 密 级



工程硕士学位论文

化工化纤生产过程中几种化学

及物理检验方法研究

学位申请人姓名 用小四号宋体

培 养 单 位 用小四号宋体

导师姓名及职称 用小四号宋体

学 科 专 业 用小四号宋体

研 究 方 向 用小四号宋体

论文提交日期 用小四号宋体

学校代号 学 号

分 类 号 密 级



同等学力硕士学位论文

化工化纤生产过程中几种化学

及物理检验方法研究

学位申请人姓名 用小四号宋体

培 养 单 位 用小四号宋体

导师姓名及职称 用小四号宋体

学 科 专 业 用小四号宋体

研 究 方 向 用小四号宋体

论文提交日期 用小四号宋体

附录2 中文内封示例

学校代号：

学号：

密级：

兰州理工大学博士学位论文

化工化纤生产过程中几种化学

及物理检验方法研究

学位申请人姓名： 小四号宋体

导师姓名及职称： 小四号宋体

培养单位： 小四号宋体

专业名称： 小四号宋体

论文提交日期： 小四号宋体

论文答辩日期： 小四号宋体

答辩委员会主席： 小四号宋体

附录3 英文内封示例

The Research on Some Chemical and Physical Test Methods in the Chemical and Fiber Production Process

论文题目

by

LIU Changjiang

作者姓名,姓全部要大写

如为硕士学位论文，则改为thesis

B.E.(Lanzhou University of Technology) 1995

已获学位情况

M.S.( Lanzhou University of Technology) 1999

A dissertation submitted in partial satisfaction of the

Requirements for the degree of

Doctor of Science

学科门类

如为硕士学位论文则改为Master

in

 Analytical Chemistry

in the

一级学科或二级学科名称

 School of Material Science and Engineering

Lanzhou University of Technology

所在学院名称

Supervisor

Professor Wang Xiong

October,2001

导师姓名

附录4 学位论文原创性声明与版权使用授权书

兰 州 理 工 大 学

学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在导师的指导下独立进行研究所取得的研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写的成果作品。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

作者签名： 日期： 年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权兰州理工大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1、保密□，在\_\_\_\_\_\_年解密后适用本授权书。

2、不保密□。

√

（请在以上相应方框内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

附录5 参考文献示例

-18-

示例一：专著

1. 张直明，张言，陈北雄. 滑动轴承的流体动力润滑理论.北京：高等教育出版社，1986，104-105
2. Mitchell A L. Introduction to genetic algorithms. Cambridge: MIT Press,1996, 35-40

示例二：期刊论文

1. 陈斌，李有泉. 介观耦合电路的量子压缩效应. 科学通报，1996，41（14）：1275-1277
2. Chen D H, Bogy D B, Wang K C, et al. Singular stress field near the corner of jointed dissimilar materials. Journal of Applied Mechanics,1993,60(3):607-613

示例三：学位论文

1. 张筑生. 微分半动力系统的不变集：[北京大学硕士学位论文]. 北京：北京大学数学系数学研究所，1995，60-65
2. Gaims R. B. Infrared spectroscopic studies on solid oxygen:[dissertation]. Berkeley: Univ. of California,1965,89-91

示例四：会议论文

1. 田荣. 连续与非连续变形分析的流形方法及其在土力学中的应用. 见：中国土木工程学会第八届全国土力学及岩土工程学术会议论文集. 北京：万国学术出版社，1999，51-53
2. Melbourne C. Load relieving systems. In: Proc of Int Conf on Non-conventional Structures. London,1987,93-95

示例五：专利文献

[9] 姚光起. 一种氧化锆材料的制备方法. 中国专利. 891056088，1980-07-03

示例六：网上文献

[10]Jenkins, L.Testimony of Emund Chairman of FASB. www.fasb.org.uk, 2002-02-14

示例七：报刊文献

[11] 福轩. 中国汽车工业核心竞争力评析. 中国机电日报, 2002-04-20

附录6-1 “物理量名称及符号表”参阅表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | —截面积，散热面积； |  | —弧柱温度 |
|  | —磁感应强度； |  | —时间； |
|  | —剩磁感应强度； |  | —触动时间 |
|  | 一饱和磁感应强度； |  | —运动时间 |
|  | —电容； |  | —电压； |
|  | —弹簧刚度，比热容； |  | —阳极压极； |
|  | —直径； |  | —阴极压降； |
|  | —电场强度 |  | —释放电压； |
|  | —电子电荷； |  | —电抗； |
|  | —力； |  | —磁抗； |
|  | 吸力； |  | —铁心磁抗； |
|  | —斥力； |  | —电阻抗； |
|  | —反力； |  | —磁阻抗； |
|  | —频率，电路振荡频率； |  | —铁心磁阻抗； |
|  | —电导； |  | —电阻温度系数 |
|  | —磁场强度 |  | —恢复电压振幅系数； |
|  | —矫顽磁力； |  | —气隙长度，介质损耗角； |
|  | —电流； |  | —温度； |
|  | —触动电流； |  | —周围介质温度； |
|  | —释放电流； |  | —磁导； |
|  | —电流密度； |  | —热导率，单位长度漏磁导； |
|  | —反馈系数； |  | —磁导率； |
|  | —返回系数； |  | —相对磁导率 |
|  | —匝数； |  | —真空磁导率； |
|  | —功率； |  | —电阻率； |
|  | —导体截面周长； |  | —漏磁系数； |
|  | —功率过载系数； |  | —温升，电弧时间常数； |
|  | —电流过载系数； |  | —稳定温升 |
|  | —热流，热量； |  | —磁通； |
|  | —电阻； |  | —释放磁通； |
|  | —膜电阻； |  | —电压和电流的相角差； |
|  | —电弧电阻，孤柱电阻； |  | —磁链 |
|  | —接触电阻； |  |  |

附录6-2 物理量名称及符号(摘自GB3102. 1~6-86)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量 的 名 称 | 符 号 | 量 的 名 称 | 符 号 |
| 时间和空间 |  | 波 数 |  |
| [平面] 角 | 等 | 圆波数，角波数 |  |
| 立 体 角 |  | 振幅级差，场级差 |  |
| 长 度 |  | 功率级差 |  |
| 宽 度 |  | 阻尼系数 |  |
| 高 度 |  | 对数减缩率 |  |
| 厚 度 |  | 衰减系数 |  |
| 半 径 |  | 相位系数 |  |
| 直 径 |  | 传播系数 |  |
| 程长，距离 |  |  |  |
| 面 积 |  | 力 学 |  |
| 体积，容积 |  | 质 量 |  |
| 时间，时间间隔，  |  | 密 度 |  |
| 持续时间 |  | 相对密度 |  |
| 角 速 度 |  | 比容，（比体积） |  |
| 角加速度 | a | 线 密 度 |  |
| 速 度 | *u,c* | 面 密 度 |  |
| 加 速 度 | *a* | 动 量 |  |
| 重力加速度，自 | *g* | 动量矩，角动量 |  |
| 由落体加速度 |  | 转动惯量 | F |
|  |  | 力 |  |
| 周 期 |  | 重 力 |  |
| 周 期 |  | 引力常数 |  |
| 时间常数 |  | 力 矩 |  |
| 频 率 |  | 转矩，力偶矩 |  |
| 转速，旋转频率 |  | 压力，压强 |  |
| 角频率，圆频率 |  | 正 应 力 |  |
| 波 长 |  | 切应力，（剪应力） |  |

（续表）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量 的 名 称 | 符 号 | 量 的 名 称 | 符 号 |
|  线应变 |  | 热流[量]密度 |  |
| 切应变，（剪应变） |  | 热导率，（导热系数） |  |
| 体积应变 |  | 传热系数 |  |
| 泊 松 比 |  | [总]传热系数 |  |
| 弹性模量 |  | 热绝缘系数 |  |
| 切变模量，（剪变模量） |  | 热 阻 |  |
| 体积模量 |  | 热扩散率 |  |
| 压缩系数 |  | 热 容 |  |
| [截面]惯性矩 |  | 比 热 容 |  |
| [截面]极惯性矩 |  | 比热[容]比 |  |
| 截面系数 |  | 定熵指数 |  |
| 摩擦系数 |  | 熵 |  |
| [动力]粘度 |  | 比 熵 |  |
| 运动粘度 |  | 内 能 |  |
| 表面张力 |  | 焓 |  |
| 功 |  | 比 内 能 |  |
| 能[量] |  | 比 焓 |  |
| 势能，位能 |  |  |  |
| 动 能 |  | 电学与磁学 |  |
| 功 率 |  | 电 流 |  |
| 质量流量 |  | 电荷[量] |  |
| 体积流量 |  | 电荷[体]密度 |  |
|  |  | 电荷面密度 |  |
| 热 学 |  | 电场强度 |  |
| 热力学温度 |  | 电位，（电势） |  |
| 摄氏温度 |  | 电位差，（电势差）电压 |  |
| 线[膨]胀系数 |  | 电 动 势 |  |
| 体[膨]胀系数 |  | 电通[量]密度，电位移 |  |
| 相对压力系数 |  | 电通[量]，电位移通量 |  |
| 压力系数 |  | 电 容 |  |
| 压 缩 率 |  |  |  |
| 热，热量 |  |  |  |
| 热 流 量 |  |  |  |

（续表）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量 的 名 称 | 符 号 | 量 的 名 称 | 符 号 |
| 电流密度 |  | 光出射度 |  |
| 电流线密度 |  | [光]照度 |  |
| 磁场强度 |  | 曝 光 量 |  |
| 磁位差，（磁势差） |  | 光视效能 |  |
| 磁通势，磁动势 |  | 光视效率 |  |
| 磁通[量]密度，磁感 |  | 拆 射 率 |  |
| 应强度 |  |  |  |
| 磁通[量] |  | 声 |  |
| 磁导率 |  | 声 速 |  |
| 磁化强度 |  | 声能密度 |  |
| [直流]电阻 |  | 声[源]功率 |  |
| [直流]电导 |  | 声能通量 |  |
| 电 阻 率 |  | 声强[度] |  |
| 电 导 率 |  | 声阻抗率 |  |
| 磁 阻 |  | [声]特性阻抗 |  |
| 磁 导 |  | 声 阻 抗 |  |
| 阻抗，（复数阻抗） |  | 声 阻 |  |
| 电 抗 |  | 声 抗 |  |
| [交流]电阻 |  | 声 质 量 |  |
| 导纳，（复数导纳） |  | 声 导 纳 |  |
| 电 纳 |  | 声 导 |  |
| [交流]电导 |  | 声 纳 |  |
| 功 率 |  | 损耗系数 |  |
| 电能[量] |  | 反射系数 |  |
|  |  | 透射系数 |  |
| 光 |  | 吸声系数 |  |
| 发光强度 |  | 隔声量，传声损失 |  |
| 光通量 |  | 吸 声 量 |  |
| 光量 |  | 响 度 级 |  |
| [光]亮度 |  | 响 度 |  |

附录6-3 中华人民共和国法定计量单位（1984年2月27日国务院公布）

我国的法定计量单位（以下简称法定单位）包括：

（1）国际单位的基本单位：见表1；

（2）国际单位制的辅助单位：见表2；

（3）国际单位制中具有专门名称的导出单位：见表3；

（4）国家选定的非国际单位制单位：见表4；

（5）由以上单位构成的组合形式的单位；

（6）由词头和以上单位构成的十进倍数和分数单位（词头见表5）。

法定单位的定义、使用方法等，由国家计量局另行规定。

表1 国际单位制的基本单位

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 |
| 长 度 | 米 | m |
| 质 量 | 千克（公斤） | kg |
| 时 间 | 秒 | s |
| 电 流 | 安[培] | A |
| 热力学温度 | 开[尔文] | K |
| 物质的量 | 摩[尔] | mol |
| 发光强度 | 坎[德拉] | cd |

表2 国际单位制的辅助单位

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 |
| 平面角 | 弧 度 | rad |
| 立体角 | 球面度 | sr |

表3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 | 其它表示实例 |
| 频率 | 赫[兹] | Hz | s-1 |
| 力；重力 | 牛[顿] | N | kg·m/s2 |
| 压力，压强；应力 | 帕[斯卡] | Pa | N/m2 |
| 能量；功；热量 | 焦[尔] | J | N·m |
| 功率；辐射通量 | 瓦[特] | W | J/s |
| 电荷量 | 库[仑] | C | A·s |
| 电位；电压；电动势 | 伏[特] | V | W/A |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 电容(续表) | 法[拉] | F | C/V |
| 电阻 | 欧[姆] | Ω | V/A |
| 电导 | 西[门子] | S | A/V |
| 磁通量 | 韦[伯] | Wb | V·s |
| 磁通量密度；磁感应强度 | 特[斯拉] | T | Wb/m2 |
| 电感 | 享[利] | H | Wb/A |
| 摄氏温度 | 摄氏度 | ℃ |  |
| 光通量 | 流[明] | lm | cd·sr |
| 光照度 | 勒[克斯] | lx | lm/m2 |
| 放射性活度 | 贝可[勒尔] | Bq | S-1 |
| 吸收剂量 | 戈[瑞] | Gy | J/kg |
| 剂量当量 | 希[活特] | Sv | J/kg |

表4 国际选定的非国际单位制单位

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 | 换算关系和说明 |
| 时 间 | 分[小]时天（日） | min hd | 1 min=60s1 h=60min=3 600s1 d=24h=86 400s |
| 平面角 | [角]秒[角]分度 | (″)(′)（º） | 1″=(π/648 000)rad(π为圆周率)1′=60″=（π/10 800）rad1º=60′=(π/180)rad |
| 旋转速度 | 转每分 | r/min | 1 r/min=(1/60)s-1 |
| 长 度 | 海里 | n mile | 1 n mile =1 852m(只用于航程) |
| 速 度 | 节 | kn | 1 kn =1 n mile/h=(1 852/3 600)m/s(只用于航程) |
| 质 量 | 吨原子质量单位 | tu | 1 t=103kg1 u≈=331.660 565 5×10-27kg |
| 体 积 | 升 | L,(1) | 1 L=1dm3=10-3kg |
| 能 | 电子伏 | eV | 1 eV≈1.602 189 2×10-19J |
| 级 差 | 分贝 | DB |  |
| 线密度 | 特[克斯] | tex | 1 tex=1 g/km |

表5 用于构成十进倍数和分数单位的词头

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 所表示的因数 | 词头名称 | 词头符号 |
| 1018 | 艾[可萨] | E |
| 1015 | 拍[它] | P |
| 1012 | 太[拉] | T |
| 109 | 吉[咖] | G |
| 106 | 兆 | M |
| 103 | 千 | k |
| 102 | 百 | h |
| 101 | 十 | da |
| 10-1 | 分 | d |
| 10-2 | 厘 | c |
| 10-3 | 毫 | m |
| 10-6 | 微 | ц |
| 10-9 | 纳[诺] | n |
| 10-12 | 皮[可] | p |
| 10-15 | 飞[母托] | f |
| 10-18 | 阿[托] | a |

注：

 1．周、月、年（年的符号为a）为一般常用时间单位。

 2．[ ]内的字，是在不致混淆的情况下，可以省略的字。

 3．（ ）内的字为前者的同义词、

 4．角度单位度、分、秒的符号不处于数字后时，用括号。

5．升的符号中，小写字母1为备用符号。

6．r为“转”的符号。

7．人民生活和贸易中，质量习惯称为重量。

8．公里为千米的俗称，符号为km。

9．104称为万，108称为亿，1012称为万亿，这类数词的使用不受词头名称的影响，但不应与词头混淆。

说明：法定计量单位的使用，可查阅1984年国家计量局公布的《中华人民共和国法定计量单位使用方法》。

附录6-4 有关数字用法的规定

-28-

按《关于出版物上数字用法的试行规定》（1987年1月1日国家语言文字工作委员会等7个单位公布），除习惯用中文数字表示的以外，一般数字均用阿拉伯数字。

（1）公历的世纪、年代、年、月、日和时刻一律用阿拉伯数字，如20世纪，80年代，4时3/4刻等。年号要用四位数，如1989年，不能用89年。

（2）记数与计算（含正负整数、分数、小数、百分比、约数等）一律用阿拉伯数字，如3/4，4.5%，10个月，500多种等。

（3）一个数值的书写形式要照顾到上下文。不是出现在一组表示科学计量和具有统计意义数字中的一位数可以用汉字，如一个人，六条意见。星期几一律用汉字，如星期六。邻近两上数字并列连用，表示概数，应该用汉字数字，数字间不用顿号隔开，如三五天，七八十种，四十五六岁，一千七八百元等。

（4）数字作为词素构成定型的词、词组、惯用语、缩略语等应当使用汉字。如二倍体，三叶虫，第三世界，“七五”规划，相差十万八千里等。

（5）5位以上的数字，尾数零多的，可改写为以万、亿为单位的数。一般情况下不得以十、百、千、十万、百万、千万、十亿、百亿、千亿作为单位。如345 000 000公里可改写为3.45亿公里或34 500万公里，但不能写为3亿4 500万公里或3亿4千5百万公里。

（6）数字的书写不必每格一个数码，一般每两数码占一格，数字间分节不用分位号“，”，凡4位或4位以上的数都从个位起每3位数空半个数码（1/4汉字）。“3 000 000”，不写成“3，000，000”，小数点后的数从小数点起向右按每三位一组分节。一个用阿拉伯数字书写的多位数不能从数字中间转行。

（7）数量的增加或减少要注意下列用词的概念：1）增加为（或增加到）过去的二倍，即过去为一，现在为二；2）增加（或增加了）二倍，即过去为一，现在为三；3）超额80%，即定额为100，现在为180；4）降低到80%，即过去为100，现在为80；5）降低（或降低了）80%，即原来为100，现在为20；6）为原数的1/4，即原数为4，现在为1，或原数为1，现在为0.25。

应特别注意在表达数字减少时，不宜用倍数，而应采用分数。如减少为原来的1/2，1/3等。

学校代号 学 号

附录7 学位论文范本示例（仅供参考）

分 类 号 密 级



硕士学位论文

化工化纤生产过程中几种化学

及物理检验方法研究

学位申请人姓名 刘长江

培 养 单 位 化学化工学院

导师姓名及职称 王雄教授

学 科 专 业 分析化学

研 究 方 向 化工化纤分析

论文提交日期 2001年10月10日

学校代号：

学号：

密级：

兰州理工大学硕士学位论文

化工化纤生产过程中几种化学

及物理检验方法研究

学位申请人姓名： 刘长江

导师姓名及职称： 王雄教授

培养单位： 石油化工学院

专业名称： 分析化学

论文提交日期： 2001年10月10日

论文答辩日期： 2001年12月12日

答辩委员会主席： 赵波教授

The Research on Some Chemical and Physical Test Methods in the Chemical and Fiber Production Process

by

LIU Changjiang

B.E.(Lanzhou University of Technology)1995

A thesis submitted in partial satisfaction of the

Requirements for the degree of

Master of Science

in

Analytical Chemistry

in the

School of Petrochemical Engineering

Lanzhou University of Technology

Supervisor

Professor Wang Xiong

October,2001

兰 州 理 工 大 学

学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在导师的指导下独立进行研究所取得的研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写的成果作品。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

作者签名： 日期： 年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权兰州理工大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1、保密□，在\_\_\_\_\_\_年解密后适用本授权书。

2、不保密□。

√

（请在以上相应方框内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

目 录

摘要……………………………………………………………………………………Ⅰ

Abstract………………………………………………………………………………Ⅱ

插图索引………………………………………………………………………………Ⅲ

附表索引………………………………………………………………………Ⅳ

第1章 绪论…………………………………………………………………………1

1.1 环已烷高压氧化液中酯类、过氧化物的气相色谱分析研究………………2

1.1.1 气相色谱法最新进展……………………………………………………2

1.1.2 气相色谱应用……………………………………………………………7

1.2 纺丝油剂测定用溶剂作用机理、选择原则及最新进展………………………9

1.3 锦纶-6原丝主要物理性能生产控制及影响测的主要因素研究背景及现状10

1.4 锦纶-6浸胶帘子布现行国家标准存在的问题研究…………………………11

1.5 本文构想………………………………………………………………………12

第2章　环已烷高压氧化液中酯和过氧化物的敢相色谱分析………………………13

2.1 气相色谱基本理论在酯、过氧化物分析中的应用…………………………13

2.1.1 气相色谱固定相的选择…………………………………………………13

2.1.2 气相色谱检测器的选择…………………………………………………14

2.1.3 色谱操作条件的选择：…………………………………………………14

2.1.4 定性和定量分析…………………………………………………………16

2.2 实验部分………………………………………………………………………20

2.2.1 仪器与试剂………………………………………………………………20

2.2.2 实验方法…………………………………………………………………20

2.3 结果与讨论……………………………………………………………………20

2.3.1 Carbowax-20M柱…………………………………………………………20

2.3.2 Carbowax-20M、SE-30混合柱……………………………………………23

2.3.3 毛细管气相色谱…………………………………………………………25

2.3.4 过氧化物的衍生…………………………………………………………28

2.3.5 酯类的定性………………………………………………………………30

2.3.6 定量分析…………………………………………………………………31

2.3.7 结论………………………………………………………………………35

第3章 纺丝油剂测定用溶剂国产化研究…………………………………………36

 3.1 前言……………………………………………………………………………36

 3.2 实验部分………………………………………………………………………36

3.2.1 实验仪器及试剂…………………………………………………………36

3.2.2 实验操作步骤……………………………………………………………36

3.3 结果与讨论…………………………………………………………………37

3.3.1 进口溶剂剖析……………………………………………………………37

3.3.2 国产溶剂代替进口溶剂的试验结果……………………………………38

3.3.3 国产溶剂的确定…………………………………………………………39

3.3.4讨论………………………………………………………………………39

3.4 结论……………………………………………………………………………43

第4章 锦纶-6原丝主要物理性能生产控制及影响测量因素的研究…………44

 4.1前言……………………………………………………………………………44

 4.2 试验部分………………………………………………………………………44

 4.2.1 快样纤度与平衡纤度关系试验…………………………………………44

 4.2.2 强伸度测试结果影响因素试验…………………………………………45

 4.3 结果与讨论……………………………………………………………………46

 4.3.1 快样纤度和平衡纤度的关系……………………………………………46

 4.3.2 影响断裂强力和定荷伸长率的主要因素………………………………48

 4.4 结论……………………………………………………………………………55

第5章 GB9102-1988《锦纶-6浸胶帘子布》国家标准在执行过程中存在的问题…57

 5.1前言……………………………………………………………………………57

 5.2 现行标准的执行情况…………………………………………………………57

5.3 现行标准在执行过程中存在的问题…………………………………………58

 5.3.1 物理指标…………………………………………………………………58

5.3.2 外观指标…………………………………………………………………58

5.4 试验结果的表示………………………………………………………………60

5.5 结论…………………………………………………………………………60

结论……………………………………………………………………………………61

参考文献………………………………………………………………………………62

致谢………………………………………………………………………………63

附录A（攻读学位期间所发表的学术论文目录）…………………………………64

摘 要

石油化工行业的科学研究和产业发展对相关现代分析提出了新的要求，… …

（略）

关键词：酯；过氧化物；气相色谱；纤度；

**Abstract**

The development of the scientific research and production in…………(略)

**Key Words：** Ester; Peroxide; Gas Chromatography; Fiber number

**插图索引**

图1.1 气相色谱装置框图…………………………………………………………2

图1.2 色谱流出曲线图(色谱图)…………………………………………………3

图2.1 Carbowax-20M柱110℃柱温环已烷氧化液的色谱图………………… 21

图2.2 Carbowax-20M柱80℃柱温环已烷氧化液的色谱图………………… 21

图2.3 氧化液程序升温的色谱图, Carbowax-20M柱，

 升温速率5℃/min ……………………………………………………… 22

图2.4 氧化液多级程序升温的色谱图，Carbowax-20M柱，

 升温速率为15℃/min…………………………………………………… 23

图2.5 Carbowax-20M、SE-30混合柱90℃柱温

 环已烷氧化液的色谱图………………………………………………… 24

图2.6 氧化液程序升温的色谱图，Carbowax-20M、

 SE-30混合柱，升温速率2℃/min…………………………………… 25

图2.7 PEG-20M毛细管柱80℃柱温环已烷氧化液的色谱图……………… 26

图2.8 PEG-20M毛细管柱120℃柱温环已烷氧化液的色谱图……………… 27

图2.9 环已烷氧化液色谱图…………………………………………………… 27

 （升温速率初始柱温65℃、升温速率1℃/min）

图2.10 环已烷氧化液色谱色………………………………………………… 28

图2.11 环已烷氧化液还原产物的色谱图…………………………………… 30

图2.12 除去酯类物质的氧化液的色谱图…………………………………… 31

图3.1 进口混合溶剂气相色谱图……………………………………………… 37

图3.2 正戊烷气相色谱图……………………………………………………… 38

图4.1 不同规格原丝纤度变化曲线…………………………………………… 47

图4.2 相对湿度——断裂强力关系曲线……………………………………… 49

图4.3 相对湿度——定荷伸长率关系曲线…………………………………… 49

图4.4 夹持距离——断强强力关系曲线……………………………………… 50

图4.5 拉伸速度——断裂强力关系曲线……………………………………… 51

图4.6 拉伸速度——定荷伸长率关系曲线…………………………………… 51

图4.7 预加张力——定荷伸长率关系曲线…………………………………… 53

图4.8 捻度——断裂强力变化曲线…………………………………………… 54

图4.9 擒度——定荷伸长率变化曲线………………………………………… 54

**附表索引**

表2.1 柱温与样品沸点的关系………………………………………………… 15

表2.2 9.26氧化液及其还原产物的色谱数据………………………………… 32

表2.3 9.27氧化液及其还原产物的色谱数据………………………………… 33

表2.4 9.28氧化液及其还原产物的色谱数据………………………………… 34

表2.5 氧化液中过氧化物与酯的含量（质量百分比）……………………… 35

表2.6 采用化学方法所得分析数据（质量百分比）………………………… 35

表3.1 正戊烷实验……………………………………………………………… 38

表3.2 甲醇溶剂实验…………………………………………………………… 38

表3.3 乙醇溶剂实验…………………………………………………………… 38

表3.4 6#溶剂油实验…………………………………………………………… 39

表3.5 正戊烷精密度试验……………………………………………………… 39

表3.6 进口溶剂精密度实验…………………………………………………… 40

表3.7 6#溶剂油测丝含油精密度……………………………………………… 40

表3.8 正戊烷测定纺丝油剂的准确度实验…………………………………… 41

表3.9 6#溶剂油测定纺丝油剂的准确度……………………………………… 42

表4.1 快样纤度和平衡纤度数据……………………………………………… 46

表4.2 不同相对湿度环境条件下的强伸测试结果…………………………… 48

表4.3 每立方米空气的含水量………………………………………………… 49

表4.4 不同夹持距离下强伸测试结果………………………………………… 50

表4.5 不同拉伸速度下强伸测试结果………………………………………… 51

表4.6 不同预张力下定荷伸长率变化结果…………………………………… 52

表4.7 不同捻度下断裂强力和定荷伸长率测试结果………………………… 53

第1章　绪 论

石化行业在我国国民经济中占有重要的地位，在质量检验和生产过程控制中，需要用到大量的化学和物理分析检验方法，这些分析检验方法的可靠性和检测分析速度对加强企业技术水平有着很重要的价值。发展与建立新的方法对促进企业的发展、丰富石化行业的理化分析方法和推动相关领域的理论和实践有着重要的意义。

兰州石化厂是集化工化纤生产于一体的大型石化企业。九十年代末二十世纪初，世界已内酰胺的生产集中在少数几家大公司，巴斯夫、DSM和美国通用3家公司的产量分别为695，420，330Kt/a，占世界总产量的36%以上。国内已内酰胺的生产能力为185 Kt/a，仅能满足国内需求的1/3，需大量进口[1,2]。为此，1992年兰州石化厂从荷兰DSM公司全套引进先进的工艺技术，建成了50 Kt/a已内酰胺的生产装置，95年又从德国ZIMMA公司引进已内酰胺后续生产装置，即13000 t/a聚合纺丝及帘子布生产装置。至此，兰州石化厂化工化纤一条龙生产基地已经初具规模。

兰州石化厂化工化纤生产主要包括以下生产过程[3,4]：

苯加氢



 （1.1）

环已烷氧化

 （1.2）



环已酮制备



 （1.3）

……(略)

1.1环已烷高压氧化液中酯类、过氧化物的气相色谱分析研究

1.1.1 气相色谱法最新进展

气相色谱法是一种仪器分析法[5~7]。使用的装置框图如图1.1所示[8]，所得的样品分析结果[9]（色谱图）如图1.2。

显然，只有不断地完善色谱理论，提高技术，改良仪器，才能改进组分的分离与分析，扩大气相色谱法的应用范围[10]。



 **图1.1 气相色谱装置框图**

**1—流动相；2—样品；3—色谱柱与固定相；4—检测器；5—数据记录及处理器**

1.1.1.1 理论方面

从色谱流出曲线（见图1.2）可知，为了获得最挂分离结果，应满足的条件是[11]：①最难分离的两个组分的色谱峰的位置相隔足够远；②此两色谱峰的峰宽却很窄。要满足这些条件，必须有最佳的色谱分离选择性和色谱柱的高效率。由于色谱操作条件改变会引起混合物组分诸色谱峰位置和峰宽相对的变化，使得在理论上了解组分色谱峰位置的移动规律（位置的确定与定性）和峰宽变化的规律显得非常重要。

在气相色谱过程热力学理论方面，人们研究了组分保留值与热力学参数的关系、组分与固定液分子结构的关系、色谱定性等[12]。如Littlewood等推导出组分在0℃时的比保留体积（值）与溶解热的关系式为[13]



（1.11）

式（1.11）还表明，在除柱温外其他操作参数都不变的情况下，给定组分的、或I等保留值与柱温有倒数的线性关系。另外，在操作参数不变的情况下，组分的这些保留值还存在碳数规律、沸点规律、双柱规律。

组分与固定液分子结构是决定分离选择性最重要的因素。不同的组分与固定液形成不同的相互作用力，如内聚力（包括色散力、诱导力和定向力）、氢键作用力等，可用组分在两相的分配系数（K）表征。两组分的K值相差愈大则愈易分离；用两组分的相对保留值（r）要表明两色谱峰相距的多少[14]，

 （1.12）

在气相色谱过程动力学理论范畴，人们研究了组分流出曲线的形状、影响峰宽的因素（色谱柱柱效的表征、操作条件的关系）等。在Wilson等提出的平衡色谱理论基础[15]，Martin等将色谱过程比拟如蒸馏，引入塔板理论[16]，推导出了塔板理论方程式（流出曲线方程式），了解了峰高（组分浓度）与进样量、板数、保留体积之间的关系。

-2-

-2-

……（略）

1.5 本文构想

近期相关文献工作及生产实际表明：气相色谱由于具有分离效率高，分析速度快，选择性好，样品用量少，检测灵敏度高，操作简章等优点因而得到了广泛应用，在石化行业应用也比较广泛，但目前仍没有可以直接应用于环已烷高压氧化液中酯、过氧化物分析的气相色谱方法，通过样品处理及色谱条件的摸素，完全可能建立合适的环已烷高压氧化液中的酯类、过氧化物快速定量的气相色谱方法；在锦轮-6原丝纺丝油剂的测定中，目前还没有找到成本低廉、测定准确、毒副作用小的国产可替代溶剂，而进口溶剂国产化又势在必行；锦纶-6原丝的主要物理性能之一纤度，其快样与平衡纤度的对应关系目前没有人研究过，而生产控制迫切需要掌握其对应关系，以便合理进行生产控制，降低消耗、提高质量。作为原丝拉伸性能的主要指标，断裂强力和定荷伸长率受多种测试因素的影响，但至今尚未有人进行系统的研究；GB9102——1998《锦纶-6浸胶帘子布》国家标准执行十多年来，逐步暴露出很多的不足，已经满足不了下游工艺的要求，并影响到流通领域的健康发展，迫切需要重新修订标准。基于上述构想，本文主要开展以下几个方面的工作：

（1）建立环已烷高压氧化液中酯、过氧化物气相色谱分析方法。将氧化液中的过氧化物进行适当处理后再用气相色谱进行定性、定量分析。

（2）开展纺丝油剂溶剂国产化研究，找到可以替代进口溶剂的最佳国产化溶剂。

（3）开展锦纶-6原丝主要物理性能生产控制及影响测量的因素研究，摸索出原丝快样纤度与平衡纤度的对应关系，同时对影响断裂强力、定荷伸长率测量的各因素进行研究，找出其影响规律。

（4）对GB9102—1988《锦纶-6浸胶帘子布》国家标准在执行过程中存在的问题进行探讨，提出了方法改进的建议，为标准的修订提供依据，同时呼呈有关部门加快标准的修订工作。

第2章　环已烷高压氧化液中酯和过氧化物的敢相色谱分析

-3-

-3-

-3-

酯、过氧化物的含量是环已酮工业生产过程中质量控制的重要参数，只有对其进行准确分析才能对生产过程是否正常做出正确的判断从而保证生产的安全。目前采用的化学分析方法由于分析时间上，而且全部采用人工操作，造成分析误差较大，不能满足工业生产的要求。已内酰胺装置继1999年、2001年陆续完成“五改六”、“六改七”之后，现在正在进行“七改十四”的扩能改造工作，环已酮作为生产已内酰胺的主要原料，其需求也将不断增加，而在环已酮生产过程中，环已烷高压氧化液中的脂类、过氧化物的含量对于提高环已酮的产率至关重要，因此酯类、过氧化物的分析也就显得尤为重要[153]。因此建立快速准确的酯类、过氧化物分析方法已是势在必行。

气相色谱具有分离效率高，分析速度快，选择性好，样品用量少，检测灵敏度高，操作简单等优点，因此在石油化工行业得到了广泛的应用[85~95]。

环已烷高压氧化液组分复杂，存在大量沸点相近的物质以及同分异构体[154]，因此非常适合用气相色谱进行分析。但由于氧化液中的产物过于复杂并且过氧化物极易分解，因此可能需要将氧化液进行衍生才能进行气相色谱分析。

2.1 气相色谱基本理论在酯、过氧化物分析中的应用

2.1.1 气相色谱固定相的选择

在气相色谱分析中，要实现混合物中各组分的分离，主要取决于色谱柱中的固定相选择是否正确[155]。

…………(略)

降低柱温，可使柱效率提高，但柱温太低，分析速度又会太缓慢，甚至出现扁平峰，影响分离和定量测定。因此，柱温一般选择在接近沸点或沸点以下进行分析。柱温与样品沸点的关系如表2.1

**表2.1 柱温与样品沸点的关系[172]**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 样品沸点（℃） | 固定液含量（%） | 柱温（℃） |
| 300~400 | 1~3 | 200~250 |
| 200~300 | 5~10 | 150~180 |
| 100~200 | 10~15 | 90~110 |
| <100 | 15~25 | 沸点或沸点以上 |

结 论

本文根据石化行业化工化纤生产过程质量控制的需要，从环己烷高压氧化液中酯类、过氧物气相色谱分析方法的建立、油剂溶剂的国产化研究、锦论-6原丝快样纤度与平衡纤度的对应关系摸索、影响强伸测量的主要因素深讨、锦纶-6常驻帘子布现行国家标准存在的问题等方面开展了研究，取得了一些创新性的成果。

通过对环己熔解高压氧化液中的过氧化物进行衍生处理及分离条件的选择，首次建立了环己烷高压氧化液中酯类、过氧化物气相色谱分析方法。该方法操作简单，分离效果好，样品用量少，样品预处简单，明显优于传统的化学分析方法，在石化行业具有很好的推广应用价值，填补了国内外空白。

通过纺丝油剂溶剂的国产化研究，首次找到了价格低廉、购买方便，几乎无毒副作用的国产化替代溶剂：6#溶剂油。由试验可知，其测量准确度和精密度均能满足生产控制的要求。

通过大量试验及分析，率先掌握了锦纶-6原丝快样纤度和平衡纤度的对应关系，为根据市场需要，及时调整产品结构，合理制定原丝快样纤度控制标准，从而降低消耗，提高质量提供了根据。该对应关系在化纤行业具有很好的推广应用前景。

首次系统对影响锦纶-6原丝强伸必性能测试的主要因素进行了研究，摸索出了各有关因素对强伸测量的影响规律，为准测量及测量方法的改进创造了条件。

对锦纶-6浸胶帘子布现行国家标准在执行过程中存在的问题进行了研究，并从生产企业、下游工业及流通领域的需求进行分析，提出了改进的方法及建议，为标准的修订提供了根据。

参 考 文 献

[1] 赵晓，庞劲风，杨春光.浅析我国锦纶6帘子布生产现状.合成纤维工业，2001，24（1）：43-46

[2]  王德诚.我国轮胎帘子布供求现状与发展前景.中国化纤信息，1998，（9）：14-16

[3] 中国科学院大连化学物理研究所.气相色谱法. 北京：科学出版社，1972，44-46

[4] Crippen R C. Indentification of Oragnic Compounds With the Aid of Gas Chromatography. New York: Mc Graw Hill, 1993,36-39

1. Pecsok R L, Shieds L D, Cairns T, et al. Modern Methods of Chemical Analysis, New York: John Wiley & Sons, 1976,67-70
2. 卢佩章，李浩春.中国化学会五十周年学术报告会文集.南京：中国化学会，1982，79-84

……（略）

致 谢

-10-

……（略）

附录A 攻读学位期间所发表的学术论文目录

[1] 刘长江，邵国寅，王雄. 环己烷高压氧化液中环己基过氧化氢的气相色谱分析.兰州理工大学学报，已接受，待发表，文章编号20023497

[2] 刘长江，彭赴赴，曾奔涛. 锦纶6原丝快样纤度与平衡纤度的关系. 纤维标准与检验，2000，10（8）：9-10

[3] 彭赴赴，刘长江. GB9102-1998《锦纶-6浸胶帘子布》国家标准在执行过程中存在的问题. 纤维标准与检验，2000，9（1）：16-18