



# 四川轻化工大学课程实施大纲

课程名称：碳纤维与纳米炭材料

授课班级：能化 2017 级 1、2 班

任课教师：李刚

工作部门：化学工程学院化工系

联系方式：13778594187（短号 62221）

四川轻化工大学 制

2020 年 9 月

# 《碳纤维与纳米炭材料》课程实施大纲

## 基本信息

课程代码：1677300X

课程名称：碳纤维与纳米炭材料

学 分：2

总 学 时：32

学 期：第 7 学期

上课时间：第 10~17 周，周一第 1、2 节、周三第 3、4 节

上课地点：N4S-409 教室

答疑时间和方式：课堂、QQ（956414953）

答疑地点：上课教室

授课班级：能化 2017 级 1、2 班

任课教师：李刚

学 院：化学工程学院

邮 箱：[956414953@qq.com](mailto:956414953@qq.com)

联系电话：13778594187

# 目 录

1. 教学理念.....	1
1.1 关注学生的发展.....	1
1.2 关注教学的有效性.....	2
1.3 关注教学的策略.....	2
1.4 关注教学价值观.....	4
2. 课程介绍.....	5
2.1 课程的性质.....	5
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用.....	5
2.3 课程的前沿及发展趋势.....	6
2.4 学习本课程的必要性.....	7
3. 教师简介.....	8
3.1 教师的职称、学历.....	8
3.2 教育背景.....	8
3.3 研究兴趣.....	8
4. 先修课程.....	9
5. 课程目标.....	9
5.1 知识与技能方面.....	9
5.2 过程与方法方面.....	10
5.3 情感、态度与价值观方面.....	10
6. 课程内容.....	11
6.1 课程的内容概要.....	11
6.2 教学重点、难点.....	12
6.3 学时安排.....	14
7.课程教学实施.....	14
7.1（第1单元）.....	15
7.1.1 教学日期.....	15
7.1.2 教学目标.....	15
7.1.3 教学内容.....	15
7.1.4 教学过程.....	15
7.1.5 教学方法.....	16
7.1.6 作业安排及课后反思.....	18
7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	18
7.1.8 教学单元的参考资料.....	18
7.2（第2单元）.....	19
7.2.1 教学日期.....	19
7.2.2 教学目标.....	19
7.2.3 教学内容.....	19
7.2.4 教学过程.....	19
7.2.5 教学方法.....	20
7.2.6 作业安排及课后反思.....	23
7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	23
7.2.8 教学单元的参考资料.....	23
7.3（第3单元）.....	24

7.3.1 教学日期.....	24
7.3.2 教学目标.....	24
7.3.3 教学内容.....	24
7.3.4 教学过程.....	24
7.3.5 教学方法.....	25
7.3.6 作业安排及课后反思.....	26
7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	26
7.3.8 教学单元的参考资料.....	27
7.4 (第4单元) .....	27
7.4.1 教学日期.....	27
7.4.2 教学目标.....	27
7.4.3 教学内容.....	27
7.4.4 教学过程.....	27
7.4.6 作业安排及课后反思.....	30
7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	30
7.4.8 教学单元的参考资料.....	30
7.5 (第5单元) .....	30
7.5.1 教学日期.....	30
7.5.2 教学目标.....	30
7.5.3 教学内容.....	30
7.5.4 教学过程.....	31
7.5.5 教学方法.....	31
7.5.6 作业安排及课后反思.....	33
7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	33
7.5.8 教学单元的参考资料.....	33
7.6 (第6单元) .....	33
7.6.1 教学日期.....	33
7.6.2 教学目标.....	34
7.6.3 教学内容.....	34
7.6.4 教学过程.....	34
7.6.5 教学方法.....	34
7.6.6 作业安排及课后反思.....	36
7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	37
7.6.8 教学单元的参考资料.....	37
7.7 (第7单元) .....	37
7.7.1 教学日期.....	37
7.7.2 教学目标.....	37
7.7.3 教学内容.....	37
7.7.4 教学过程.....	38
7.7.5 教学方法.....	38
7.7.6 作业安排及课后反思.....	41
7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	41
7.7.8 教学单元的参考资料.....	41
7.8 (第8单元) .....	41

7.8.1 教学日期.....	41
7.8.2 教学目标.....	41
7.8.3 教学内容.....	41
7.8.4 教学过程.....	42
7.8.5 教学方法.....	42
7.8.6 作业安排及课后反思.....	45
7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	45
7.8.8 教学单元的参考资料.....	45
7.9 (第 9 单元) .....	45
7.9.1 教学日期.....	45
7.9.2 教学目标.....	45
7.9.3 教学内容.....	45
7.9.4 教学过程.....	46
7.9.5 教学方法.....	46
7.9.6 作业安排及课后反思.....	49
7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	49
7.9.8 教学单元的参考资料.....	49
7.10 (第 10 单元) .....	49
7.10.1 教学日期.....	49
7.10.2 教学目标.....	49
7.10.3 教学内容.....	49
7.10.4 教学过程.....	50
7.10.5 教学方法.....	50
7.10.6 作业安排及课后反思.....	52
7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	52
7.10.8 教学单元的参考资料.....	52
7.11 (第 11 单元) .....	53
7.11.1 教学日期.....	53
7.11.2 教学目标.....	53
7.11.3 教学内容.....	53
7.11.4 教学过程.....	53
7.11.5 教学方法.....	54
7.11.6 作业安排及课后反思.....	56
7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	56
7.11.8 教学单元的参考资料.....	56
7.12 (第 12 单元) .....	56
7.12.1 教学日期.....	56
7.12.2 教学目标.....	56
7.12.3 教学内容.....	57
7.12.4 教学过程.....	57
7.12.5 教学方法.....	57
7.12.6 作业安排及课后反思.....	60
7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	60
7.12.8 教学单元的参考资料.....	60

7.13 (第 13 单元)	60
7.13.1 教学日期	60
7.13.2 教学目标	60
7.13.3 教学内容	60
7.13.4 教学过程	61
7.13.5 教学方法	61
7.13.6 作业安排及课后反思	63
7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	64
7.13.8 教学单元的参考资料	64
7.14 (第 14 单元)	64
7.14.1 教学日期	64
7.14.2 教学目标	64
7.14.3 教学内容	64
7.14.4 教学过程	65
7.14.5 教学方法	65
7.14.6 作业安排及课后反思	67
7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	67
7.14.8 教学单元的参考资料	67
7.15 (第 15 单元)	68
7.15.1 教学日期	68
7.15.2 教学目标	68
7.15.3 教学内容	68
7.15.4 教学过程	68
7.15.5 教学方法	68
7.15.6 作业安排及课后反思	72
7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	73
7.15.8 教学单元的参考资料	73
7.16 (第 16 单元)	73
7.16.1 教学日期	73
7.16.2 教学目标	73
7.16.3 教学内容	73
7.16.4 教学过程	74
7.16.5 教学方法	74
7.16.6 作业安排及课后反思	77
7.16.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	77
7.16.8 教学单元的参考资料	77
8. 学生课程学习要求	78
8.1 学生自学的要求	78
8.2 课外阅读的要求	78
8.3 课堂讨论的要求	78
8.4 课程实践的要求	78
9. 课程考核方式及评分规程	79
9.1 出勤(迟到、早退等)、作业、报告等的要求	79
9.2 成绩的构成与评分规则说明	79

9.3 考试形式及说明.....	79
10. 学术诚信规定.....	79
10.1 考试违规与作弊.....	79
10.2 杜撰数据、信息等.....	79
10.3 学术剽窃等.....	80
11. 课堂规范.....	80
11.1 课堂纪律.....	80
11.2 课堂礼仪.....	80
12. 课程资源.....	82
12.1 教材与参考书.....	82
12.2 专业学术专著.....	82
12.3 专业刊物.....	83
12.4 网络课程资源.....	83
12.5 课外阅读资源.....	83
13. 学术合作备忘录.....	83
13.1 教师作出师德师风承诺.....	83
13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容.....	84
13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望.....	85
14. 其他必要说明.....	85

# 1. 教学理念

“学生中心，教师主体，引领社会。”

## 1.1 关注学生的发展

教师是“人类灵魂的工程师”，教师是最可亲可敬的人。作为一名教师，“教书育人”是我们最本质的工作，但是“教书”不只是教会学生们书本上的知识，还应更关注学生其它各方面的发展。

教育的本质则在协助学生探索自我，并从发现自我、开启自我到实现自我，进而能不断地超越自我。其目的都是更好地为学生发展服务，务求可让学生得到可持续发展的能力，从而提高学生的全面素质。

那么，如何切实做到关注学生的发展？应该从以下几点入手：

一、真正做到“学生中心”，现代教育的特征就是发展人的主体性，追求人的全面发展。如果教师还一直充当“主角”，而学生仅仅充当的是“配角”，剥夺了学生自主学习的权力，必定对学生的全面发展造成影响。教师应“以学生的发展为本”，因此，教师要牢固树立以学生为中心的教学观念，激发学生参与意识，把主动权归还学生，相信每一位学生都有发展，给学生提供更多的参与机会，给学生搭建一个自主学习的舞台，培养学生为了适应未来的生活而努力准备。

二、关注学生的“学习兴趣” 学生的学习兴趣直接影响一节课的教学效果，因为“兴趣是最好的教师”，“没有兴趣的学习，无异是一种苦役；没有兴趣的地方，就没有智慧和灵感。”入迷才能叩开思维的大门，智力和能力才能得到发展。课堂上看学生的学习兴趣如何，可从这几点观察：教师是否有创设各种情境诱发学生的求知欲；教师是否能提出矛盾的问题，引起学生的疑惑；教师是否以生动的实例，描述枯燥的概念，使比较抽象的内容变得通俗形象；教师是否有利用思辨问题或实验结论作引导，这样既可激发学生的学习兴趣又可启发学生的思考。

三、关注学生情感、态度与价值观的体现与发展 作为老师，在强调学习基本知识的过程中，要潜移默化地培养学生积极的人生态度，正确的价值观、人生观和科学的世界观，使学生在知识学习的过程中学会正确的价值选择，逐步具有社会责任感，努力为人民服务，树立远大理想。



四、关注每一个学生的发展 每个学生是不同的个体，有着不同的生活背景，他们在学习中有着不同的经验与体会，对同一个问题的解决，不同的学生也会表现出不同的思维习惯及见解。美国哈佛大学心理学家加德纳的《智力的结构：多元智能理论》告诉我们：每个人都有着八种智能，而且每个人这八种智能的发展也将不同，所以教师的教学要关注学生个性差异，学生不是一个机器制造出来的工业品，要承认和接受学生身心发展、认知规律的差异，不能强求一致。最后，还应多表扬，激励学生，让学生们变得更主动，更自信！

## 1.2 关注教学的有效性

教学的有效性是提高教学质量的关键

关注教学的有效性就是关注教学到底在多大程度上对学生产生教育教导作用。它表明教学过程中教师监控学生学习的程度和学生真正发生学习的程度。教学的有效性和教学效益密切相关，是提高教学质量的关键。

有效学习是指学生能学习终身受用的知识，发展终身受用的能力和培养良好的非智力因素（如态度、兴趣、动机、意志、习惯等）。有效学习表明了现代的效率观，凸现了学生的主体性和现代学习观，是对教学价值的全面提升。追求的教学效益的最终目的乃是为了学生的发展。

教学的有效性，从微观上说，教学时间有效、教学内容有效，有效是指课堂教学有效率，知识的掌握上有效果；宏观上是为学生的终生发展奠基,教学有效益。

有效教学的灵魂是要有既定的教学目标；营造氛围是根本；洞察学生心理是基础。这就好比木桶理论，课堂教学、课后复习，教师的教、学生的学，一个也不能少，哪块木板也不能短。通过师生的共同努力，使师生都在繁重的劳作中得到提升，还给学生思考的时间与空间，真正落实教学内容。本课程要达到教学高效，控制节奏是要务，语言表达是关键。

## 1.3 关注教学的策略

教学的策略是指以一定的教育思想为指导，在特定的教学情境中，为实现教学目标而制定并在实施过程中不断调适、优化，以使教学效果趋于最佳的系统决

策与设计。是在教学过程中，为完成特定的目标，依据教学的主客观条件，特别是学生的实际，对所选用的教学顺序、教学活动程序、教学组织形式、教学方法和教学媒体等的总体考虑。也就是说教学策略是在教学的过程中，各个环节中使用的指导思想和方法。

教学的策略有以下 6 个特性：

1、对教学行为的指向性。教学策略是为实际的教学服务的，是为了达到一定的教学目标和教学效果。目标是教学整个过程的出发点。教学策略的选择行为不是主观随意的，而是指向一定的目标的。业已作出的选择行为在具体的情景中会遇到预测不到的偶然事件，为了达到特定的目标，教师个体需要对选择行为进行反省，继而作出再选择，直到达到目标。

因此，任何教学策略都指向特定的问题情境、特定的教学内容、特定的教学目标，规定着师生的教学行为。放之四海皆准的教学策略是不存在的。只有在具体的条件下，在特定的范畴中，教学策略才能发挥出它的价值。当完成了既定的任务，解决了想解决的问题，一个策略就达到了应用的目的，与其相应的手段、技巧不再继续有效，而必须探索新的策略。

2、结构功能的整合性。教学过程是一个彼此之间相互联系、相互作用的整体，其中的任何一个子过程都会牵涉到其他过程。因此，在选择和制订教学策略时，必须统观教学的全过程，综合考虑其中的各要素。在此基础上对教学进程和师生相互作用方式作全面的安排，并能在实施过程中及时地反馈、调整。也就是说，教学策略不是某一单方面的教学谋划或措施，而是某一范畴内具体教学方式、措施等的优化组合、合理构建、和谐协同。

3、策略制订的可操作性。任何教学策略都是针对教学目标的每一具体要求而制订的，具有与之相对应的方法、技术和实施程序，它要转化为教师与学生的具体行动。这就要求教学策略必须是可操作的。没有可操作性的教学策略是没有实际价值的。任何教学策略都应该是针对教学目标中的具体要求而形成的，具备相对应的方法技巧，从这个角度来说，教学策略就是达到教学目标的具体的实施计划或实施方案，并且可以转化为教师的外部动作，最终通过外部动作来达到教学目标。

4、应用实施的灵活性。教学策略不是万能的，不存在一个能适应任何情况

的教学策略。同时，教学策略与教学问题之间的关系也不是绝对的对应关系。同一策略可以解决不同的问题，对不同的学习群体也会产生不同的教学效果。

5、教学策略的调控性。由于教学活动元认知过程的参与，教学策略具有调控的特性。元认知表现为主体能够根据活动的要求，选择适当的解决问题的方法，监控认知活动的进程，不断取得和分析反馈信息，及时调控自己的认知过程，维持和修正解决问题的方法和手段。教学活动的元认知就是教师对自身的教学活动的自觉意识和自觉调节，教师能够根据对教学的进程及其各种要素的认识反思，及时把握教学过程中的各种信息，及时反馈和调整教学的进程及师生相互作用的方式，推进教学的展开，向教学目标迈进。

6、策略制订的层次性。教学具有不同的层次。不同的教学层次就有不同的达到教学目的的手段和方法，也就有不同的教学策略。另外，不同层次的教学策略之间尤其是相邻层次的教学策略之间是相互联系的，高一层次策略可分解为低一层次的教学策略，指导和规范低一层次的教学策略。

## 1.4 关注教学价值观

教学的价值观是指人们对教学价值的认识、态度、评价等的总称，以及在此基础上所确定的行为取向标准，也就是教学这一现象所具有的价值在人的主观意识中的反映。教学的价值观的全部秘密就在于回答“教学的价值是什么？”这一问题。

教学作为一种存在具有一定的要素、结构、功能，它们构成了教学的属性，这种属性决定了教学对人有哪些用途和作用的大小如何，它是教学价值产生的源泉。但教学的属性本身还不是教学价值，只有人的教学需要介入后，属性是否对人有意义，且意义的性质、方向、程度等才能显示出价值来。否则，这些属性作为教学自身具有的性质对人而言只能是一种知识，不会同人的社会实践活动发生联系，不会自动成为教学的价值属性。应该说，教学的属性与人的教学需要是构成教学价值的两个不可或缺的要素，既不能单纯地归结为教学的特性，也不能以教学需要为惟一法典，教学价值是上述两者的结合而形成的，而促使这两个要素发生实质性联系的是教学活动，教学活动使得抽象的教学属性得以在现实中展现。正是在教学活动中，人们凭借“主体的尺度”和“客体的尺度”使教学属性

和教学需要两个原本彼此独立静止的体系发生了实质性的联系，在相互作用中不断形成教学价值。因此，教学价值是教学活动中教学属性和教学需要满足之间的关系，而教学价值观就是人们对教学活动中教学属性和教学需要满足之间的认识和看法。价值观在教学思想领域的具体体现，既具有价值观的普遍属性，又带有教学领域的特点，最终通过多种多样的目的追求表现出来。

## 2. 课程介绍

### 2.1 课程的性质

本课程是能源化学工程本科专业的复合选修课程，2 学分 32 学时，安排在大四第一学期。

### 2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

能源化学工程专业是教育部于 2010 年增设的一门高等学校战略性新兴产业相关本科专业，主要涉及新能源的高效洁净、转化利用，新型材料等领域中的工艺与工程技术问题。

我校的能源化学工程本科专业设立于 2012 年。我校的能源化工专业定位是根据国家战略性新兴产业的相关需求，培养具备能源化学工程及相关学科的基本理论、基本技能和专业知识，能够在新能源的高效洁净、转化利用，新型材料等领域从事新技术开发、工艺和设备设计、技术改造及生产经营管理，具有创新精神和实践能力的高素质应用型人才。

碳纤维与纳米炭材料是能源化学工程专业的一门复合选修课程。是在先行课《炭材料工程基础》所讲述的炭黑、针状焦、石墨电极、电碳、炭阳极、炭块、活性炭、热解炭、膨胀石墨、HTHP 人造金刚石等传统炭材料的基础上，继续深入学习碳纤维、石墨烯等高新技术炭材料的基本知识。本课程从化工专业的角度，侧重于讲述上述材料的制备原理和工艺，同时兼顾材料结构、性质和应用的有关内容。

本课程的核心知识包括 3 个方面：1、高纯聚丙烯腈纤维的生产工艺； 2、

聚丙烯腈基碳纤维的生产工艺；3、石墨烯等纳米炭材料的制备原理和工艺。

通过本课程的学习，可以掌握碳纤维、石墨烯等高新技术炭材料的结构、性质、应用，特别是制造工艺的基本知识，拓展炭材料领域的知识面，开阔学生视野，增加就业、深造机会，为国家和社会发展助力。

## 2.3 课程的前沿及发展趋势

碳纤维在日本和美国已属于“传统炭材料”，但是在我国仍然属于“新型炭材料”，仍然有许多科学、技术方面的问题需要攻克，我国碳纤维产业目前存在的主要问题是：

产品质量稳定性有待提高，高端产品产业化仍为空白；应用技术开发相对落后，制约国内碳纤维产能发挥；装备技术薄弱，生产成本偏高；国际竞争形势严峻。

我国碳纤维产业未来的发展趋势是：

巩固已有技术，加快高端碳纤维品种自主化技术开发，及其产业化进程，切实保障特殊应用领域国产碳纤维的稳定供给，推动国产碳纤维行业持续技术升级。

积极推动碳纤维研发、生产、应用单位结合自身优势和特点进行产学研用合作，逐步攻克国产碳纤维质量稳定性和均匀性瓶颈，提升国产碳纤维质量水平，尽快实现国内碳纤维的稳定、高效生产和应用。

推动碳纤维规模化应用，强化应用需求对国产碳纤维制造的牵引作用。

加强碳纤维及复合材料生产关键装备的自主化开发。

完善国产碳纤维标准体系建设。

进一步加强和完善行业创新平台建设。建设国家级技术和产品推广平台，融开发、检测、应用、再提高于一体，建设以平台为核心的产业集群，并对全国相关企业开放。

石墨烯技术我国已迎头赶上，并未落后于国际水平，目前的科技前沿和未来的发展趋势是：

- (1) 电子工程领域极具吸引力的室温弹道场效应管。
- (2) 进一步减小器件开关时间，THz 超高频率的操作响应特性。

- (3) 探索单电子器件。
- (4) 在同一片石墨烯上集成整个电路。
- (5) 其它潜在应用包括：复合材料；作为电池电极材料以提高电池效率、储氢材料领域、场发射材料、量子计算机以及超灵敏传感器等领域。
- (6) 可应用于各种器件的特殊性能要被精确的控制。
- (7) 最重要的是石墨烯制备方法的改进，如何大量、低成本制备高质量的石墨烯材料应该是未来研究的一个重点。

碳纳米管技术的前沿和未来的发展趋势是：

- (1) 碳纳米管的可控制备：直径、长度、结构……；
- (2) 大面积定向碳纳米管阵列合成；
- (3) CNT 的功能化：1) 共价功能化；2) 非共价功能化。

富勒烯的出现，为化学、物理学、电子学、天文学、材料科学、生命科学和医学等学科开辟了崭新的研究领域，其意义非常重大。可以断言，随着对富勒烯及其衍生物结构和性质的研究不断深入，富勒烯将显现出更加迷人的光彩而造福人类。

纳米人造金刚石薄膜的出现时间早于富勒烯、碳纳米管和石墨烯，技术相对成熟，目前在很多领域已得到实际应用：

力学性能的应用：可以用做耐磨、钻探等

电学应用：利用场发射性能可以用来做显示器、灯丝和栅电极等

生物和化学应用：其稳定的表面可以用来做生物分子吸附，其生物兼容性可以用来做 DNA 切片、核糖核酸、肽等的固定装置

电化学应用：用来做有毒物品例如叠氮化物的分析。也可以做氮化物、金属原子和有机分子的电化学分析

其他方面，如作为热导材料、光学材料等

## 2.4 学习本课程的必要性

《碳纤维与纳米炭材料》是能源化学工程专业核心课程《炭材料工程基础》的继续和深入，《炭材料工程基础》主要是入门、学习炭黑、针状焦、石墨电极、电碳、炭阳极、炭块、活性炭、热解炭、膨胀石墨、HTHP 人造金刚石等传统炭

材料的基本原理和生产工艺，本课程则是继续学习高新技术炭材料：碳纤维、石墨烯等纳米炭材料。

我国正处在中华民族伟大复兴的历史时期，诸多领域已经或正在实现弯道超车，然而受制于瓦森纳协定的限制，我国不可能从国外获取高性能碳纤维的生产技术，每年仍需要从国外大量进口，核心技术的掌握我们只能立足于自身发展。

四川省，不论是传统炭材料，还是高新技术炭材料都是产业和技术相对发达的省份，政府层面也高度重视，因此设立本课程适应国家和社会发展的需求。

## 3. 教师简介

### 3.1 教师的职称、学历

李刚，讲师，博士研究生学历。

### 3.2 教育背景

本科、硕士、博士的学业均在太原理工大学完成。本科期间所学专业为工业分析，毕业后分配至山西临汾染料厂制冷车间工作一年。硕士期间所学专业为化学工艺，研究方向为煤气脱硫，毕业后先后在北京超品计算机公司担任科技翻译两年、在北京国电清新环保技术股份有限公司担任脱硫工程师两年。博士期间所学专业为化学工艺，研究方向为煤直接液化。博士毕业后来四川轻化工大学工作，从事能源化学工程专业的教学和科研工作至今

我校的能源化工专业设立之初，专业定位主要是煤化工，我所主要讲授的课程是《煤化学》和《煤化工工艺学》，2015年开始我校的能源化工专业定位逐渐往新能源新材料方向转变，我根据实际情况开设了《炭材料工程基础》和本课程《碳纤维与纳米炭材料》。

### 3.3 研究兴趣

碳纤维。

## 4. 先修课程

本课程的先修课程为《炭材料工程基础》。

## 5. 课程目标

1、掌握碳纤维的结构、性质、应用的基本知识，掌握聚丙烯腈基碳纤维从石油炼制开始，经历丙烯腈单体、高纯聚丙烯腈聚合物制备、高纯聚丙烯腈原丝生产、碳纤维预氧化、炭化、石墨化、表面处理的工艺环节，直至最终作为复合材料增强体用于导弹武器、宇航、航空、汽车、体育用品等工业完整工序的基本知识。了解沥青基、黏胶基等其它类型碳纤维的基本知识。具有正确地分析有关碳纤维生产工艺、技术原理问题的初步能力。

2、掌握纳米科技和纳米材料的基本概念、基本知识。掌握石墨烯的结构、特性，和主要的制备方法，了解其在微电子、化学传感器、新能源电池、生物医疗等领域的应用前景。了解碳纳米管、富勒烯、纳米金刚石薄膜的结构、性质、应用，和基本的制备原理。掌握 CVD 法在炭纳米材料制备领域的应用。

3、深刻理解上述高新技术炭材料的结构、生产方法的共性规律和个性特点，具有运用高新技术炭材料基本知识解决本领域一般复杂程度的工程问题的能力，为进入高新技术炭材料的生产、研发领域打好基础；

4、具有与碳纤维、纳米炭材料有关的分析、计算和使用技术资料等方面的基本技能。

### 5.1 知识与技能方面

本课程的内容包括碳纤维、石墨烯等高新技术炭材料的结构、性质、应用，特别是制造工艺的基本知识。本课程内容的核心和重点包括：1、高纯聚丙烯腈纤维的生产工艺；2、聚丙烯腈基碳纤维的生产工艺；3、石墨烯等纳米炭材料的制备原理和工艺。



## 5.2 过程与方法方面

碳纤维是聚丙烯腈、沥青、纤维素等有机原料经原料前驱体准备、纺丝、预氧化、炭化、石墨化等处理工序转化为含碳量 90% 以上的纤维材料。碳纤维的主要用途是和基体组成复合材料，可与树脂，塑料，陶瓷、玻璃、金属等多种材料形成复合材料。

理想碳纤维的结构特点是在轴向上芳香碳网的平行有序，和径向上的乱层结构。因此，高性能的碳纤维在径向方向具有高强度、高模量的特性，通过将表面粗糙化处理，再与酚醛树脂等结合在一起可制成功力学性能优异的复合结构材料，强度高，重量轻，刚性好，抗疲劳性能好，广泛用于导弹武器、宇航、航空、汽车、体育用品等工业。

纳米碳材料是指微观结构至少有一维方向尺寸在 1-100nm 范围的炭材料。包括零维的富勒烯、一维的碳纳米管、二维的石墨烯等，纳米金刚石薄膜是指构成金刚石薄膜的金刚石微晶为纳米级尺寸的金刚石薄膜。这些纳米炭材料目前以石墨烯的发展最为迅速、应用前景最为广阔。

石墨烯是碳原子紧密堆积成单层二维蜂窝状晶格结构的一种碳质新材料，厚度只有 0.335 nm，仅为头发的 20 万分之一，是构建其它维数碳质材料（如零维富勒烯、一维纳米碳管、三维石墨）的基本单元，具有极好的结晶性、力学性能和电学质量，可用于化学传感器、储氢材料、超导材料、微电子、电极、生物医学等领域

碳纤维是一门实践性很强并处于迅速发展的学科，而纳米炭材料目前主要是理论研究和实验探索。在本课程的学习过程中应预习和及时复习，搞清有关基本概念和掌握基本数据，并不断拓宽知识面。同时，既要重视书本知识，又要密切关注当前的最前沿进展。理论联系实际，努力提升自己分析问题与解决问题的能力，刻苦钻研、勇于创新，促进本课程领域知识的发展与完善。

## 5.3 情感、态度与价值观方面

情感态度与价值观作为一个人对待科学事物的最基本看法与倾向性，对他的科学学习与探究活动具有很强的导向与制约作用。在科学发展史上，许多科学家

正是因为有了科学的献身精神，不怕艰险，孜孜不倦地在攀登科学高峰的崎岖小路上不畏劳苦，勇敢前进，才取得了一个又一个的辉煌成就。

热爱科学，积极参与科学事业，具有正确科学价值观的人，即使知识、技能稍欠缺些，也会激励他奋斗，钻研知识，学习技能，创造出有价值的成果。

精神可以变物质，反之物质也可以变精神。人的精神从来就是一定物质与环境的反映，科学知识、技能的积累也会使人逐步建立起对世界及周边事物的科学认识，培养对科学的情感，形成科学价值观，孕育科学精神。在校的大学生们应当有千里之行，始于足下的精神，严格要求，一步一个脚印地努力前进。

科学与技能是中性的，既可以对人类产生积极作用，也可以产生消极作用，关键是看掌握科学与技能的人具有什么样的情感态度与价值观。要使科学活动具有积极的社会意义与价值，首先要求掌握科学与技能的人具有积极的有利于社会的情感态度与价值观。从这个意义上说，情感态度与价值观是整个科学活动中的导向性因素，起着决定方向的作用。

通过本课程的学习要促进学生培养成具有科学素养，立志于献身能源化学工程事业的接班人。

## 6. 课程内容

### 6.1 课程的内容概要

本课程的内容概要分章叙述如下：

#### 第1章 绪论

高新技术炭材料简介；碳纤维的概念、种类、发展历史、世界主要厂家、我国的技术水平、市场行情；结构、性能、应用简介。

#### 第2章 材料科学的基本概念

材料科学的基本概念、复合材料、复合材料的基体、增强体的基本概念。

#### 第3章 聚丙烯腈基碳纤维的原料准备

有机化工原料的背景知识；石油炼制、丙烯、丙烯腈基本知识。

#### 第4章 聚丙烯腈基碳纤维生产工艺

聚丙烯腈基碳纤维的概念、结构。丙烯腈聚合、聚丙烯腈纺丝、聚丙烯腈纤

维预氧化、炭化、石墨化。

## 第5章 其它类型碳纤维简介

沥青基、黏胶基碳纤维的概念、原料准备；制造方法；结构与性能。活性炭纤维、气相生长碳纤维、螺旋形碳纤维、纳米碳纤维。

## 第6章 碳纤维的结构与性质

碳的同素异形体结构的回顾、碳纤维的结构模型、碳纤维的孔结构。碳纤维的力学性质、热、电、磁性能。

## 第7章 碳纤维增强复合材料及其应用

碳纤维增强复合材料的概念、增强原理、实例。碳纤维复合材料在导弹、宇航工业、航空工业、民用等方面的应用。

## 第8章 纳米科技与纳米材料

纳米科技、纳米材料的基本概念、纳米材料的特性，用途、重要意义，纳米炭材料的概念、主要种类。

## 第9章 纳米金刚石薄膜

天然金刚石的形成条件、人造金刚石的合成原理、工艺；化学气相沉积法（CVD）的基本原理、应用；纳米金刚石薄膜的制备、结构、特性、应用。

## 第10章 富勒烯

富勒烯的概念、发现、结构、特性、应用、制备方法。

## 第11章 碳纳米管

碳纳米管的概念、发现、结构、分类、特性、制备方法、应用和发展前景。

## 第12章 石墨烯

石墨烯的概念、发现、结构、特性、制备方法、应用、潜在危害性；我国石墨烯的产业状况、发展前景。

## 6.2 教学重点、难点

各章的重点和难点分述如下：

### 第1章 绪论

【重点】高新技术炭材料的基本概念。

【难点】我国的碳纤维的技术现状。

## 第 2 章 材料科学的基本概念

【重点】材料科学的基本概念。

【难点】复合材料的基体的概念。

## 第 3 章 聚丙烯腈基碳纤维的原料准备

【重点】丙烯腈的基本知识。

【难点】有机化工原料的背景知识。

## 第 4 章 聚丙烯腈基碳纤维生产工艺

【重点】高纯聚丙烯腈纺丝工艺。

【难点】聚丙烯腈基碳纤维石墨化。

## 第 5 章 其它类型碳纤维简介

【重点】沥青基碳纤维。

【难点】活性炭纤维、气相生长碳纤维、螺旋形碳纤维、纳米碳纤维。

## 第 6 章 碳纤维的结构与性质

【重点】碳纤维的结构。

【难点】碳纤维的热、电、磁性能。

## 第 7 章 碳纤维增强复合材料及其应用

【重点】碳纤维增强复合材料增强原理。

【难点】碳纤维复合材料在导弹武器、宇航工业、航空工业、民用等方面的应用。

## 第 8 章 纳米科技与纳米材料

【重点】纳米材料的基本概念。

【难点】纳米炭材料的概念、主要种类。

## 第 9 章 纳米金刚石薄膜

【重点】纳米金刚石薄膜的制备。

【难点】纳米金刚石薄膜的应用。

## 第 10 章 富勒烯

【重点】富勒烯的制备方法。

【难点】富勒烯的应用。

## 第 11 章 碳纳米管

【重点】碳纳米管的制备方法。

【难点】碳纳米管的应用。

## 第 12 章 石墨烯

【重点】石墨烯的制备方法。

【难点】我国石墨烯的产业状况、发展前景。

## 6.3 学时安排

表 1 学时安排

内 容	学时
第 1 章 绪论	2
第 2 章 材料科学的基本概念	2
第 3 章 聚丙烯腈基碳纤维的原料准备	2
第 4 章 聚丙烯腈基碳纤维生产工艺	8
第 5 章 其它类型碳纤维	2
第 6 章 碳纤维的结构与性质	2
第 7 章 碳纤维增强复合材料及其应用	2
第 8 章 纳米科技与纳米材料	2
第 9 章 纳米金刚石薄膜	2
第 10 章 富勒烯	2
第 11 章 碳纳米管	2
第 12 章 石墨烯	4
合计	32

## 7.课程教学实施

本课程总共 32 学时，分为 16 个单元讲授，每单元 2 节课，每个单元的教学实施详情如下：

## 7.1（第1单元）

### 7.1.1 教学日期

第1次上课，共2节课。

### 7.1.2 教学目标

通过本单元的学习，需要掌握高新技术炭材料的基本概念；碳纤维的概念、种类、发展历史、世界主要厂家、我国的技术水平、市场行情；结构、性能、应用。

### 7.1.3 教学内容

本单元的教学内容为序言、第1章“绪论”，具体内容为：

1.1 碳纤维基本概念

1.2 世界与我国的碳纤维产业状况

1.3 碳纤维的生产工艺概况

本单元的重点和难点分别是：

【重点】高新技术炭材料的基本概念。

【难点】我国的碳纤维的技术现状。

### 7.1.4 教学过程

本章内容将深入浅出地从最近媒体上报道的碳基半导体说起，由此转入正题，说明高新技术炭材料对于我国在当前的历史时期实现弯道超车的重要意义，然后开始接受碳纤维的有关基本概念、在国内外的产业状况。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.1.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图、表，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：

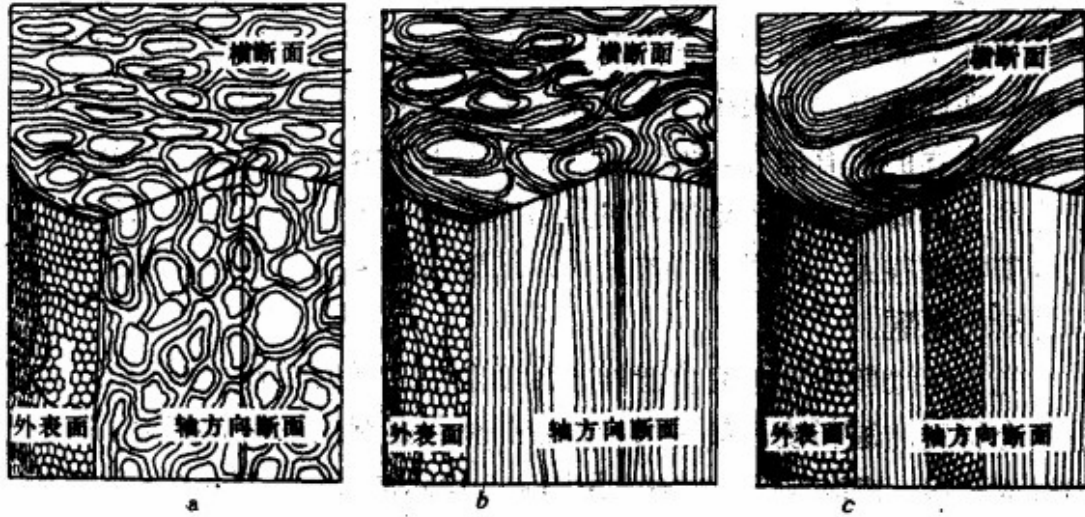


图 2-5 炭素纤维的结构模型

a—通用品；b—高强度品；c—高弹性模量

图 1.1 碳纤维的结构模型

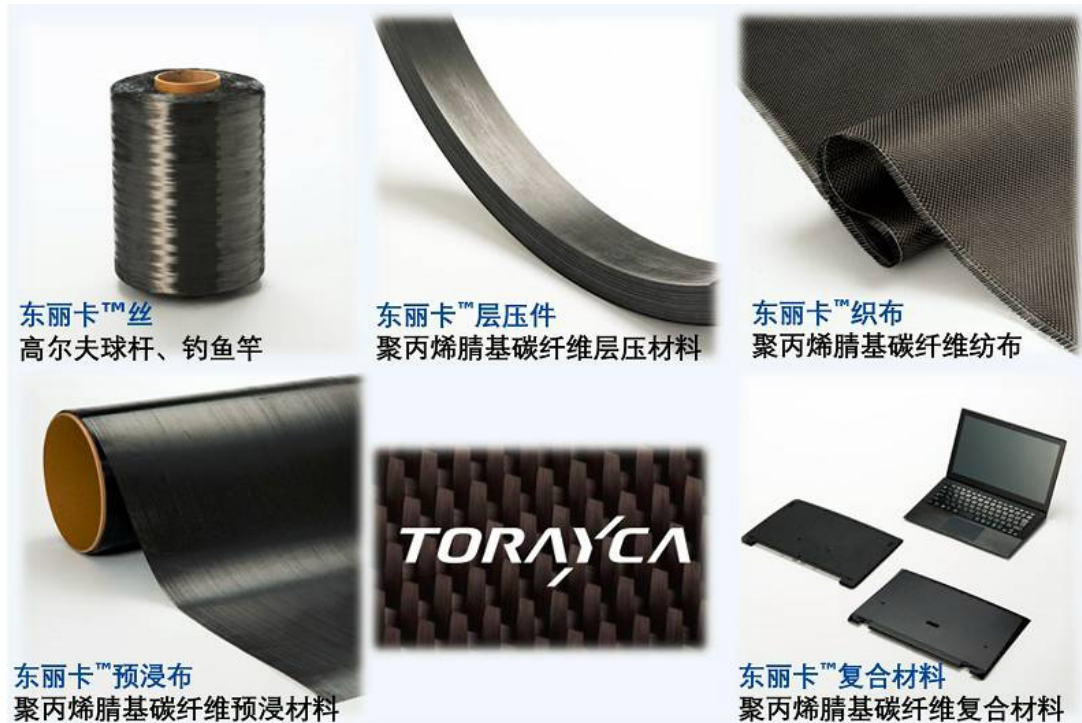


图 1.2 日本东丽公司的碳纤维产品



图 1.3 碳纤维在战斗机上的应用

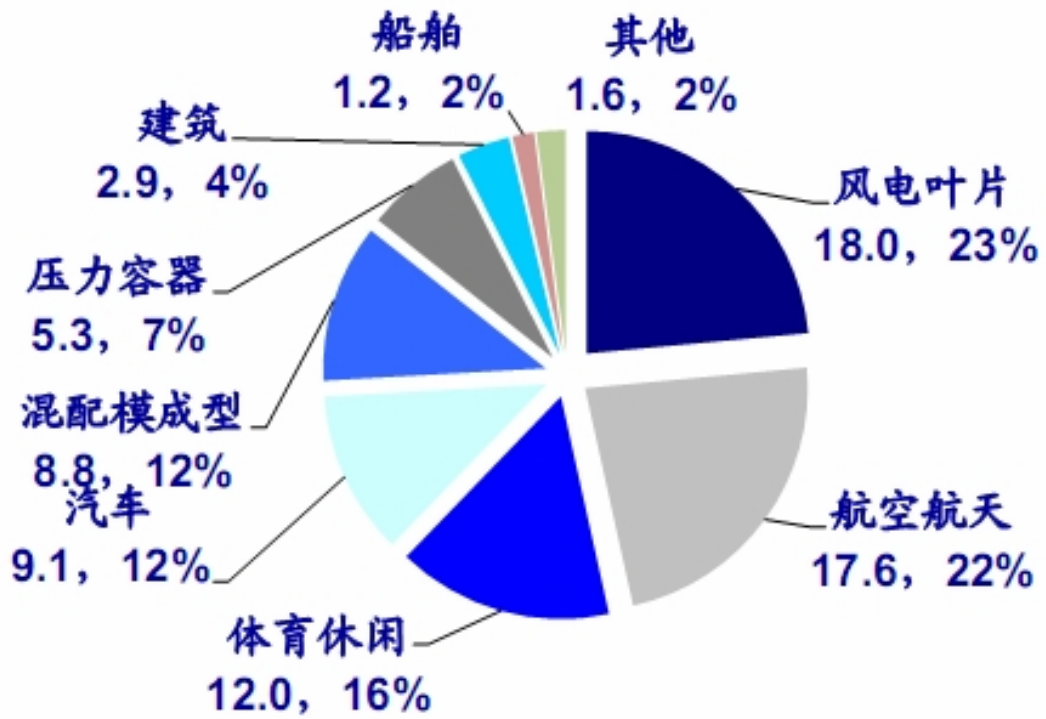


图 1.4 碳纤维在各领域的用途





图 1.5 碳纤维生产车间

表:

表 1.1 世界主要碳纤维生产厂家

表 1.2 全球碳纤维产业发展情况

## 7.1.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后需要反思，碳纤维有什么弱项。

## 7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上搜索有关碳纤维、石墨烯等方面的知识，做好开始学习一门新课程准备。

## 7.1.8 教学单元的参考资料

去我校图书馆，借阅馆藏的科学出版社 1979 年许鹤鸣编著的《碳纤维》入

门读物，可迅速获取有关碳纤维的基本常识。

## 7.2（第2单元）

### 7.2.1 教学日期

第2次上课，共2节课。

### 7.2.2 教学目标

通过本单元的学习，要求掌握材料科学的基本概念、复合材料、复合材料的基体、增强体的基本概念。

### 7.2.3 教学内容

本单元的教学内容为第2章“材料科学的基本概念”，具体内容包括：

2.1 材料科学的基本概念

2.2 复合材料

2.3 复合材料的基体

2.4 复合材料增强体

2.5 复合材料的制作方法

本单元的重点和难点分别是：

【重点】材料科学的基本概念。

【难点】复合材料的基体的概念。

### 7.2.4 教学过程

本章内容首先从人类使用材料的历史发展说起，从最早的石器，发展到后来的陶器、青铜器、铁器、高分子，直到现在的复合材料，引入正题，讲授材料科学的基本概念、复合材料、复合材料的基体、增强体的基本概念。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.2.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图、表，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：



图 2.1 最早的打制石器



图 2.2 铁器时代的象征——埃菲尔铁塔

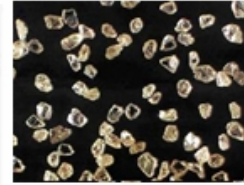
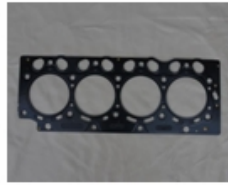
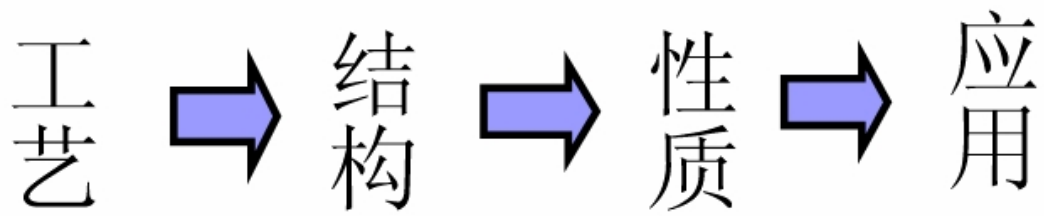
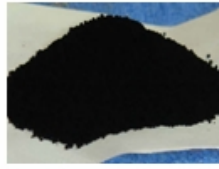


图 2.3 材料科学的四大研究内容

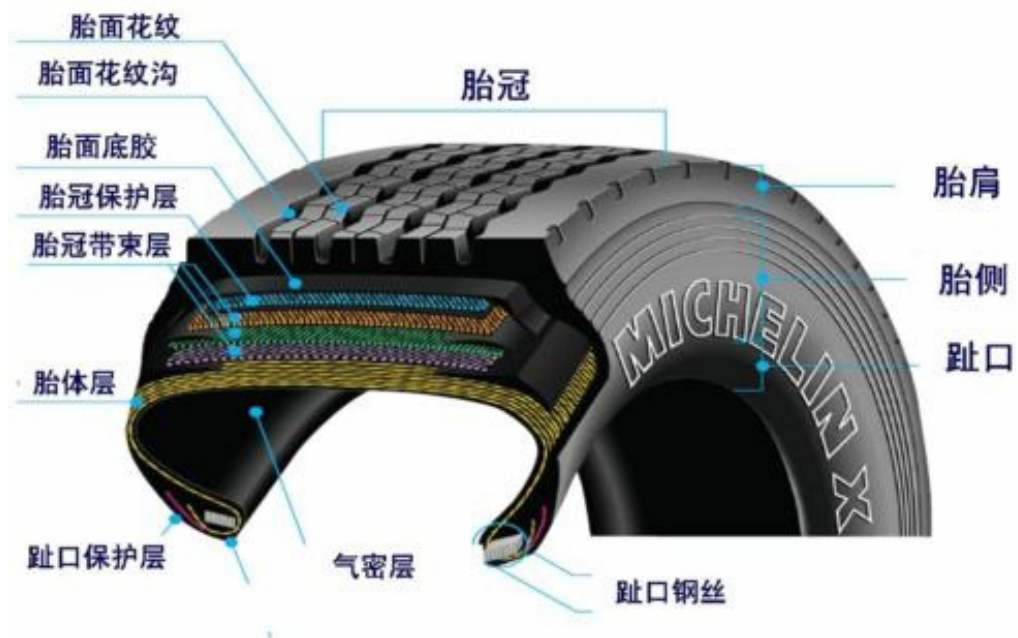


图 2.4 复合材料——轮胎的结构



图 2.5 航天飞机的陶瓷外衣



图 2.6 碳纤维复合材料缠绕小型飞机座舱

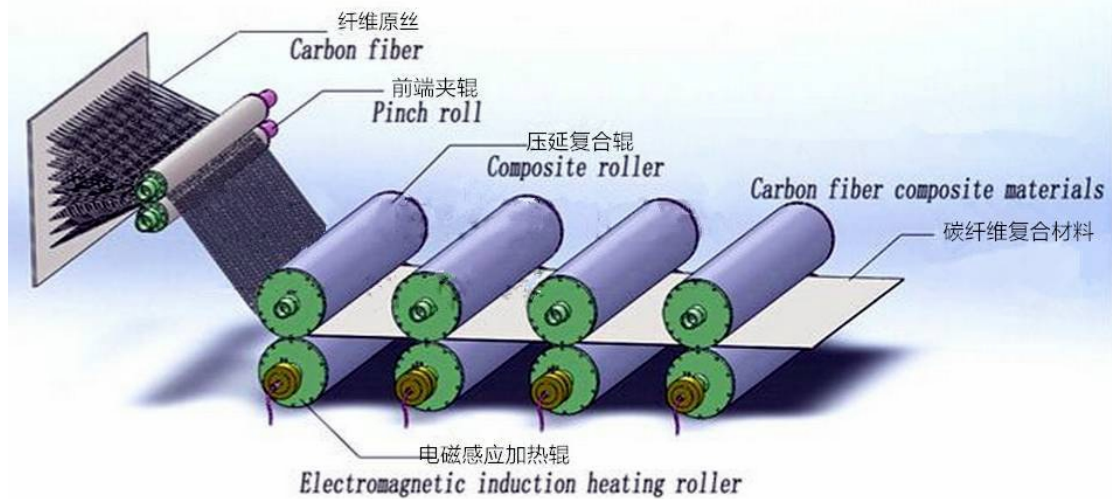


图 2.7 碳纤维复合材料工艺

表:

表 2.1 各类纤维增强剂的基本物理学性能

## 7.2.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后需要反思，复合材料为什么会得到越来越广泛的应用？

## 7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上搜索有关材料学、复合材料的有关知识。

## 7.2.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅机械工业出版社 1990 年吴云书所著的《材料与科学工程基础》一书，了解材料的四大基本分类。

## 7.3（第3单元）

### 7.3.1 教学日期

第3次上课，共2节课。

### 7.3.2 教学目标

本单元学习有机化工原料的背景知识；石油炼制、丙烯、丙烯腈基本知识，通过本单元的学习，掌握上述基本知识。

### 7.3.3 教学内容

本单元的教学内容为第3章“聚丙烯腈基碳纤维的原料准备”，具体内容包  
括：

3.1 石油工业基本知识

3.2 丙烯生产工艺

3.3 丙烯腈生产工艺

本单元的重点和难点分别是：

【重点】丙烯腈的基本知识。

【难点】有机化工原料的背景知识。

### 7.3.4 教学过程

本章首先对化工原料做一个总的介绍，了解碳纤维的最初原料是石油，然后介绍碳纤维的总生产流程，然后展示最基本的碳纤维初始化工原料的制备工艺，首先是丙烯的裂解，然后是丙烯腈的生产，做好聚丙烯高聚物的合成准备。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

### 7.3.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图、表，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：

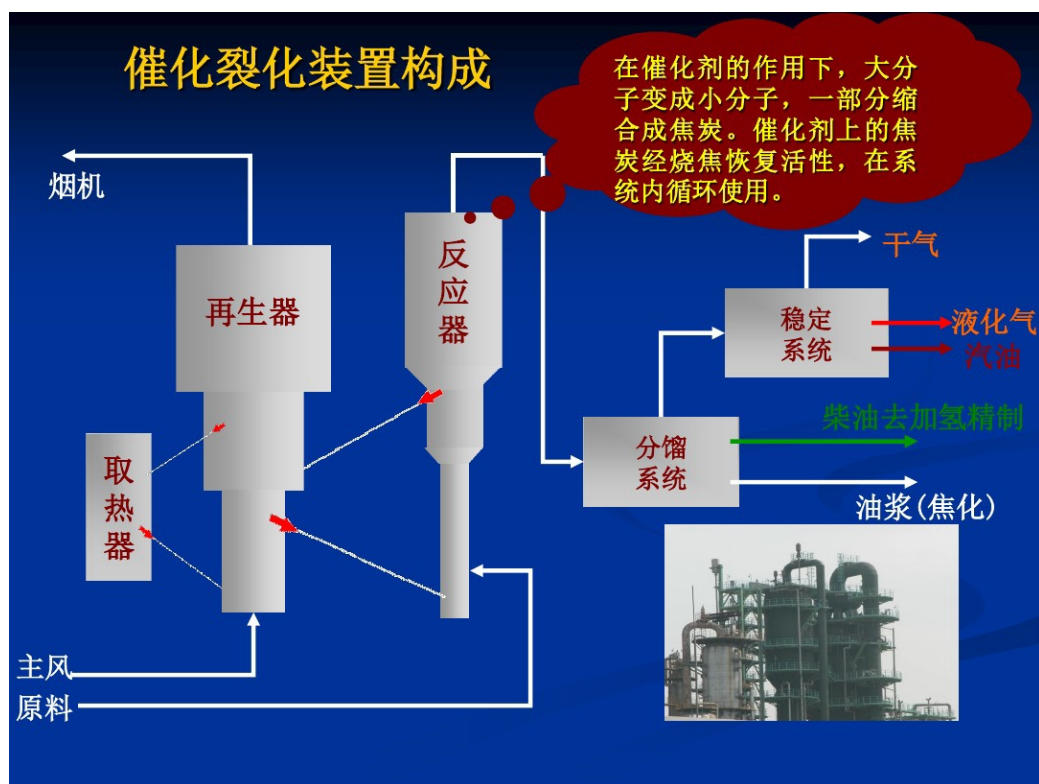


图 3.1 催化裂化装置的构成

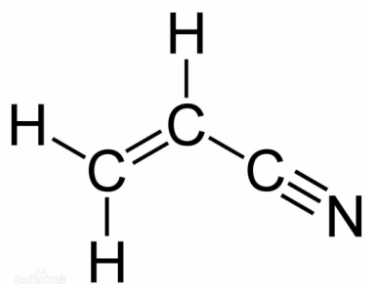


图 3.2 丙烯腈的分子结构



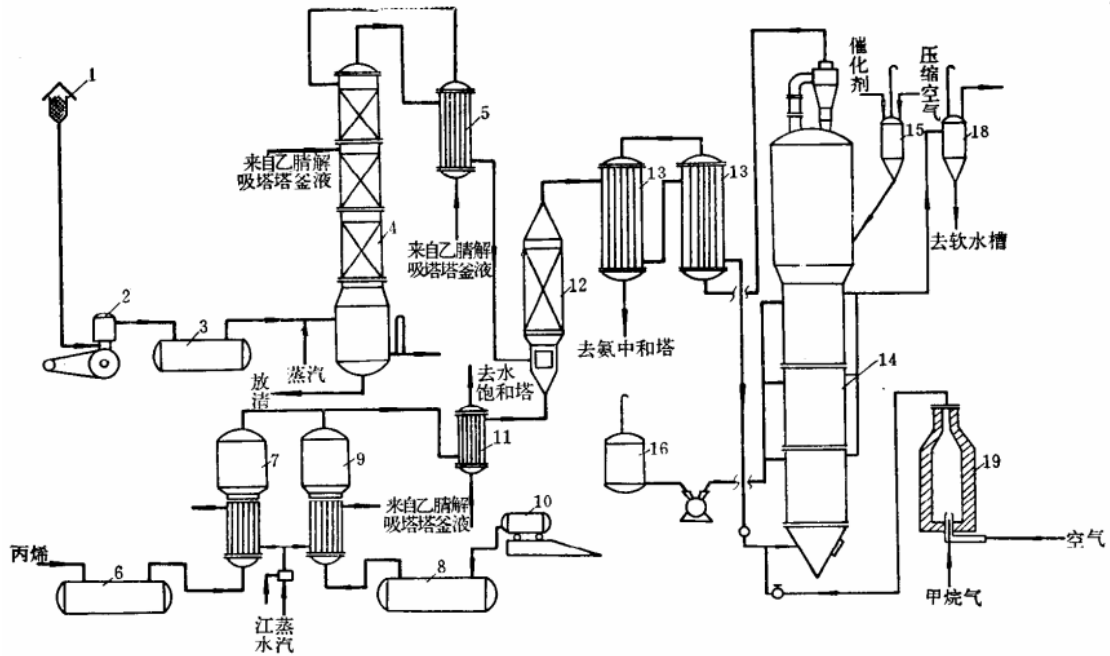


图 2—11 丙烯氨氧化合成丙烯腈的工艺流程示意图

1.空气滤尘器; 2.空气压缩机; 3.空气缓冲罐; 4.水饱和塔; 5.预热器; 6.丙烯贮槽; 7.丙烯汽化器; 8.氨贮槽  
9.氨汽化器; 10.氨槽车; 11.预热器; 12.混合器; 13.热交换器; 14.沸腾床反应器; 15.加催化剂斗; 16.冷却用软水槽; 17.泵; 18.汽水分离器; 19.烟道气发生炉

图 3.3 丙烯氨氧化法合成丙烯腈工艺流程

表:

表 3.1 我国的石油产品构成

表 3.2 丙烯腈的生产工艺参数

### 7.3.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么我国的碳纤维技术水平长期上不去？这和基本石油化工有什么关系？

### 7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上查阅有关石油炼制、石油化工的基本知识，为听课做好准备。

### 7.3.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅燃料化学工业出版社 1972 年上海石油化学研究所编著的《丙烯氨氧化合成丙烯腈》第 1、2 章的内容。

## 7.4（第 4 单元）

### 7.4.1 教学日期

第 4 次上课，共 2 节课。

### 7.4.2 教学目标

本单元学习高分子聚合物的背景知识和聚丙烯腈高聚物的合成。通过本单元的学习，要求能够掌握高分子聚合物的基本概念和聚丙烯腈高聚物的合成工艺。

### 7.4.3 教学内容

本单元的教学内容为第 4 章“聚丙烯腈基碳纤维生产工艺”中第 1、2 节，具体内容包括：

- 4.1 高分子聚合物的背景知识
- 4.2 聚丙烯腈高聚物的合成

本单元的重点和难点分别是：

- 【重点】聚丙烯腈高聚物的合成
- 【难点】高分子聚合物的背景知识

### 7.4.4 教学过程

本单元讲述高分子聚合物的背景知识和聚丙烯腈高聚物的合成。首先简要回顾上一章丙烯腈的合成过程，然后介绍高分子聚合物的背景知识，最后讲授丙烯腈聚合物聚丙烯腈的工艺过程。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增

强讲解的生动性。

#### 7.4.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图、表，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：

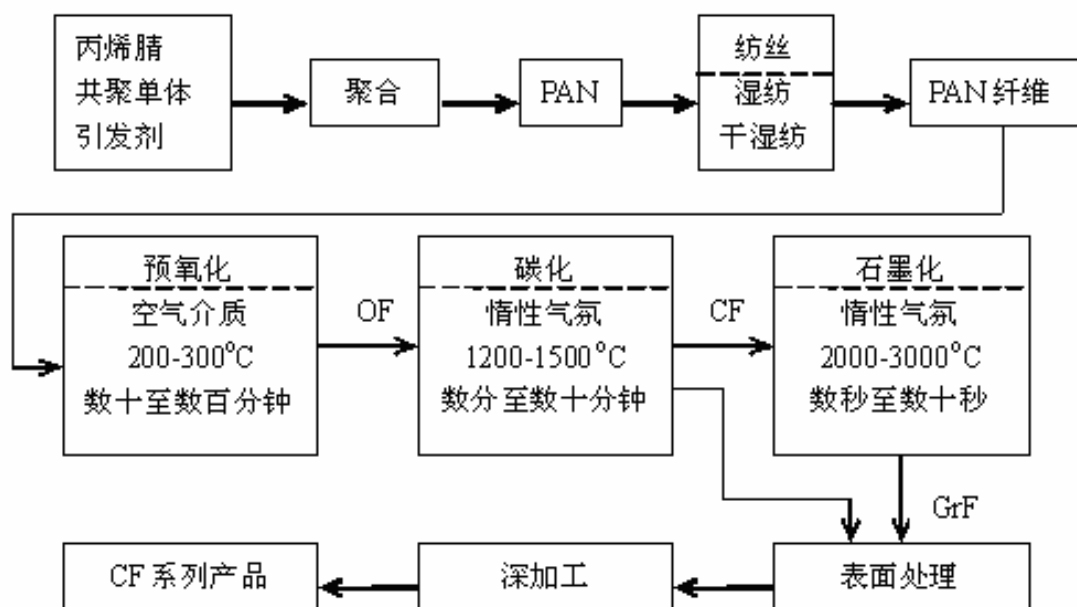


图 4.1 碳纤维生产总流程

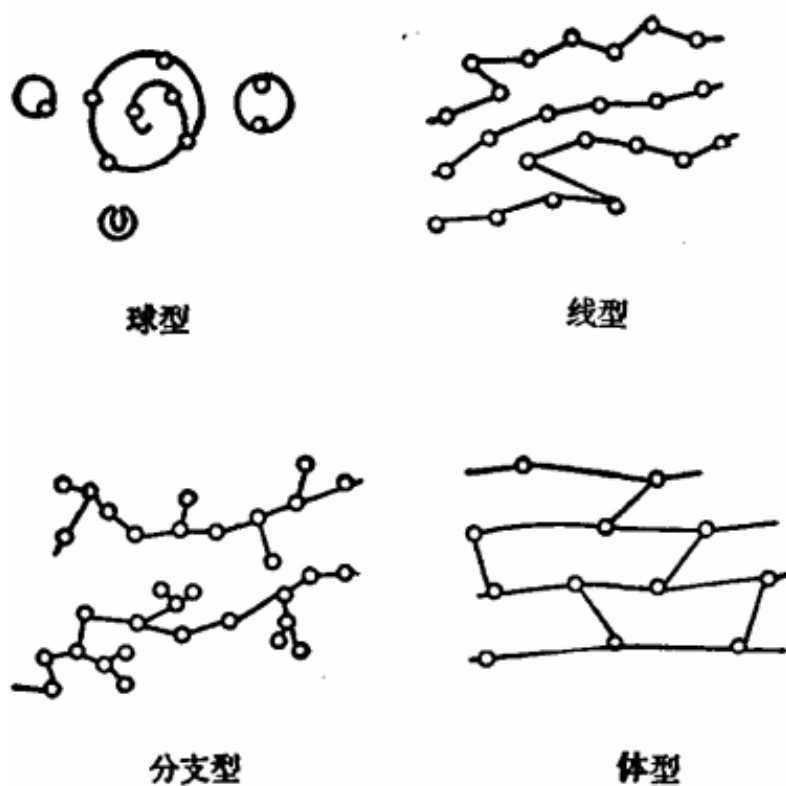


图 4.2 高聚物的结构种类

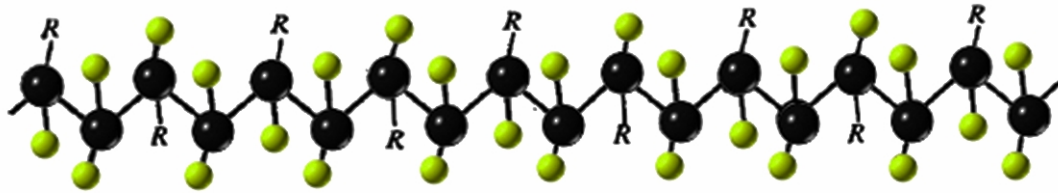


图 4.3 纤维高分子结构



图 4.4 民用腈纶

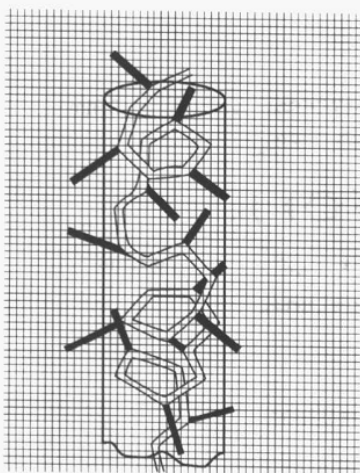


图 2.1 PAN 链的无规螺旋结构<sup>[2]</sup>

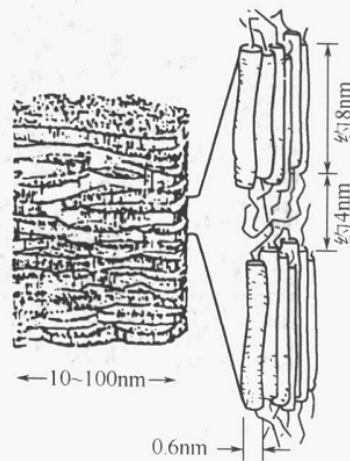


图 2.2 PAN 纤维的形态模型<sup>[2,3]</sup>

图 4.5 聚丙烯腈的分子结构

表:

表 4.1 国内 PAN 纤维生产工艺路线情况

## 7.4.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，聚丙烯腈的质量好坏可能对未来碳纤维造成的影响是什么？

## 7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上查阅有关高分子合成、聚丙烯腈的有关知识。

## 7.4.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅纺织工业出版社 1981 年任玲子所著的《丙烯腈聚合及原液制备》一书。

## 7.5（第 5 单元）

### 7.5.1 教学日期

第 5 次上课，共 2 节课。

### 7.5.2 教学目标

本单元学习聚丙烯腈聚合物原液准备与纺丝工序的第（1）、（2）部分，即纺丝原液的准备，和高聚物纺丝的原理和基本概念，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.5.3 教学内容

本单元的教学内容为第 4 章“聚丙烯腈基碳纤维生产工艺”中的第 3、4 节，具体内容包括：

4.3 聚丙烯腈聚合物原液准备与纺丝工序（1）——纺丝原液的准备

4.4 聚丙烯腈聚合物原液准备与纺丝工序（2）——纺丝原理和基本概念

本单元的重点和难点分别是：

【重点】聚丙烯腈纺丝原理和基本概念。

【难点】聚丙烯腈纺丝原液的准备

## 7.5.4 教学过程

本单元在上一单元的基础上继续讲述聚丙烯腈高聚物的纺丝工艺。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单(而不是相反)，并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.5.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：

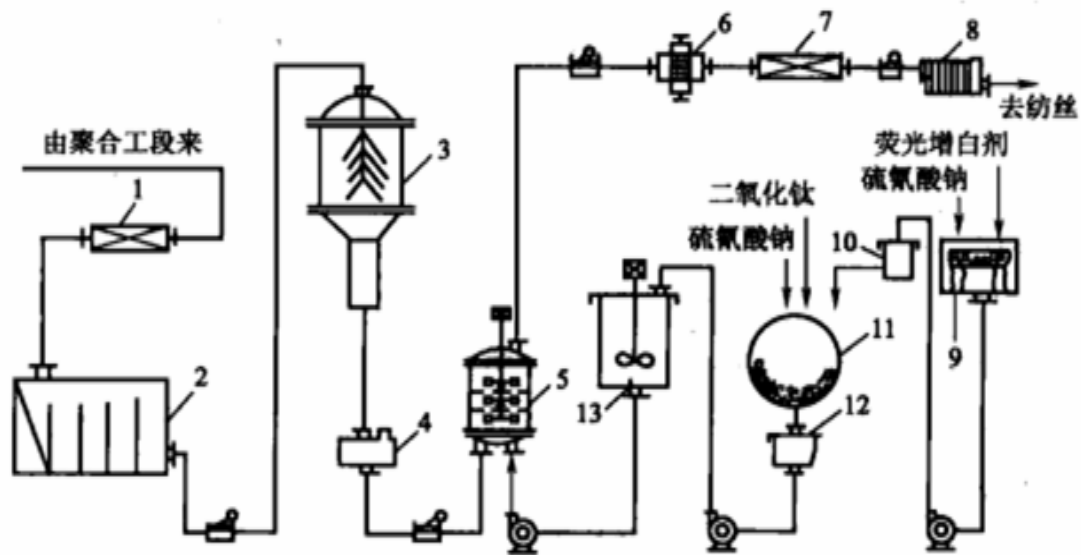


图 5-6 原液准备流程图

- 1,7—管道混合器 2—原液混合槽 3—脱泡器 4—密封槽 5—多级混合器  
6—冷却器 8—板框过滤机 9—振荡研磨机 10—荧光浆液计量罐  
11—球磨机 12—球磨机接受槽 13—消光浆液储槽

图 4.6 聚丙烯腈原液的准备流程

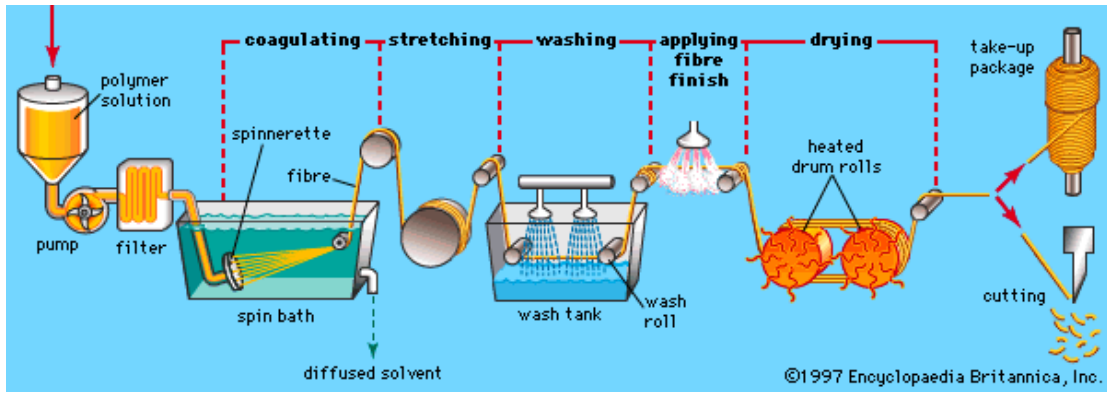


图 4.7 聚丙烯腈纺丝的主要工序

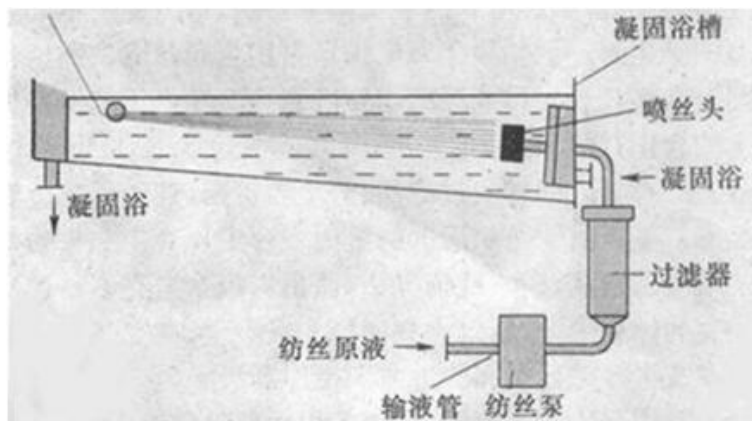
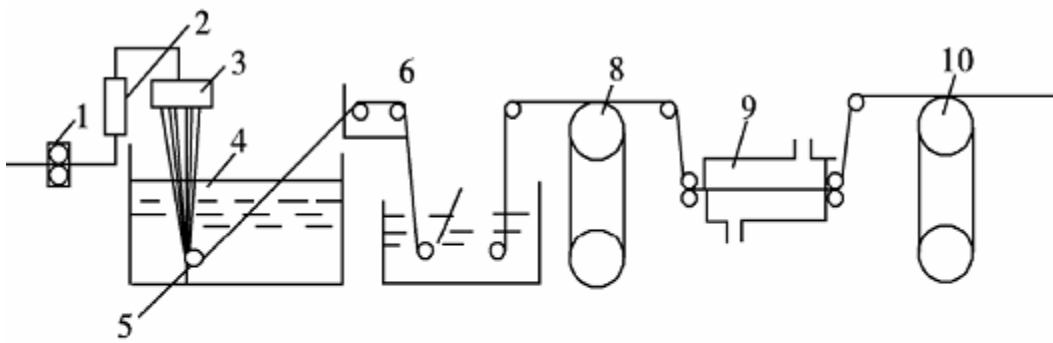


图 4.8 湿法纺丝



干湿法纺丝工艺流程图

- 1-计量泵 2-烛形滤器 3-喷丝头 4-凝固浴 5-导丝钩 6-导丝盘  
7-拉伸浴 8-干燥辊筒 9-蒸汽拉伸槽 10-松弛干燥辊筒

图 4.9 干湿法纺丝



图 4.10 喷丝板

表:

表 4.2 聚丙烯和纺丝溶剂的性能

## 7.5.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，碳纤维用聚丙烯腈纤维和民用腈纶有何不同？

## 7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上查阅有关民用腈纶生产工艺的知识。

## 7.5.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅纺织工业出版社 1981 年刘之奎所著《腈纶纺丝》一书的内容。

## 7.6（第 6 单元）

### 7.6.1 教学日期

第 6 次上课，共 2 节课。



## 7.6.2 教学目标

本单元学习聚丙烯腈聚合物原液准备与纺丝工序的第(3)、(4)部分,即湿法纺丝、纺丝主要设备;干法纺丝、干湿法纺丝工艺,通过本单元的学习,要求掌握上述基本知识。

## 7.6.3 教学内容

本单元的教学内容为第4章“聚丙烯腈基碳纤维生产工艺”中的第5、6节,具体内容包括:

4.5 聚丙烯腈聚合物原液准备与纺丝工序(3)——湿法纺丝、纺丝主要设备

4.6 聚丙烯腈聚合物原液准备与纺丝工序(4)——干法纺丝、干湿法纺丝  
本单元的重点和难点分别是:

【重点】湿法纺丝工艺。

【难点】干法纺丝工艺。

## 7.6.4 教学过程

本单元首先回顾上次课所讲授的聚丙烯腈纺丝的基本原理和方法,然后介绍具体的湿法纺丝、纺丝主要设备;干法纺丝、干湿法纺丝工艺。在叙述的过程中,教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂,力求将深奥的道理说的简单(而不是相反),并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.6.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法,通过在教室前的屏幕上展示多张图、表,并配以教师深入浅出的讲解,生动地说明所要学习的内容,这些图表主要包括,图:

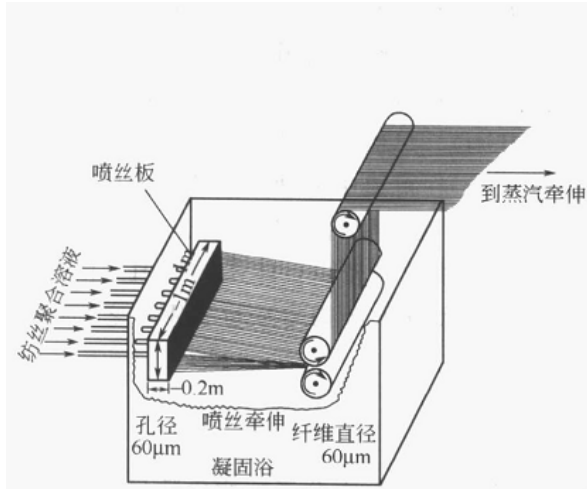


图 2.28 湿纺 320K 原丝的  
喷丝部分示意<sup>[11]</sup>

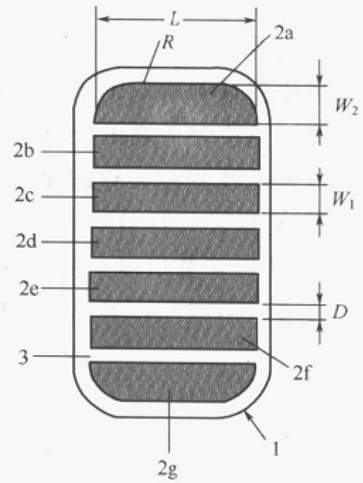


图 2.29 高密度喷丝板<sup>[26]</sup>  
1—喷丝板；2a~2g—喷丝孔密集分布区；  
3—无孔区；W—纵向长度；D—间隔（距）；  
R—曲率半径；L—横向长度

图 4.11 湿法纺丝设备

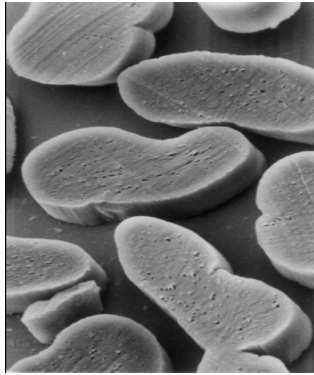


图 4.12 湿纺初生纤维的截面

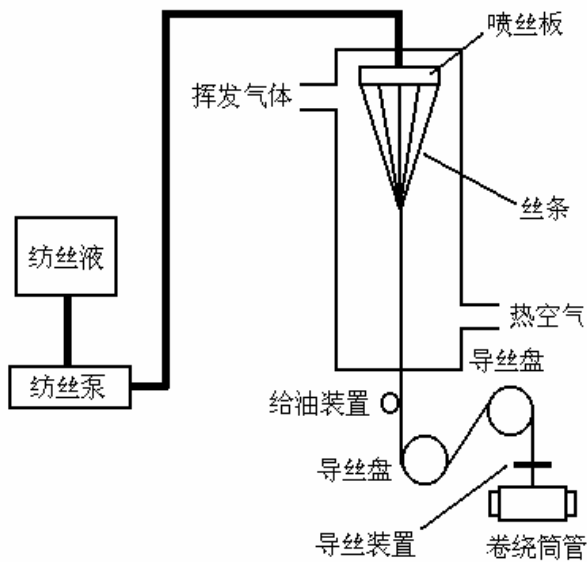


图 4.13 干法纺丝流程

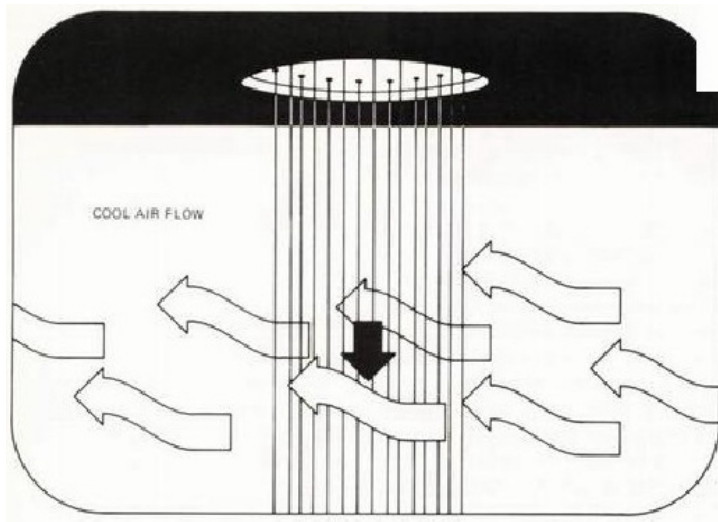


图 4.14 干纺原理

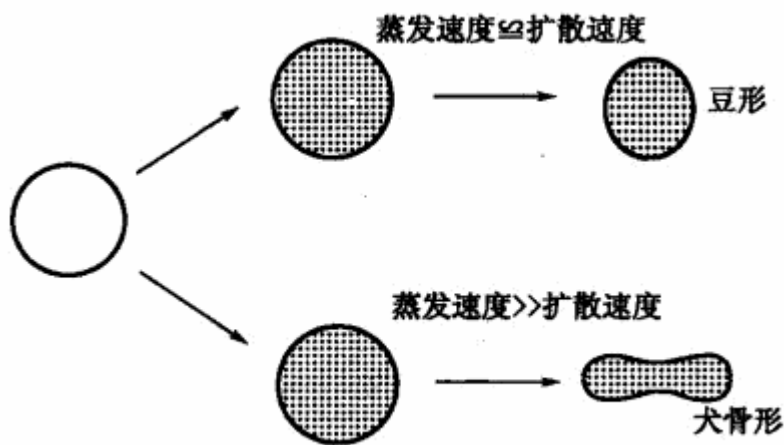


图 4.15 干法纺丝截面形状的形成

表:

表 4.3 聚丙烯腈纤维干法和湿法纺丝比较

## 7.6.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，干法和湿法纺丝的优越性各是什么，哪个更适合碳纤维的生产。

## 7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上查阅有关高聚物纺丝工艺的知识，为听课做好准备。

## 7.6.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅纺织工业出版社 1985 年洪贵学所著《腈纶纺丝机的维修》一书，了解纺丝设备的基本结构。。

## 7.7（第 7 单元）

### 7.7.1 教学日期

第 7 次上课，共 2 节课。

### 7.7.2 教学目标

本单元学习聚丙烯腈纤维的后加工、从聚丙烯腈原丝制碳纤维的三个阶段、碳纤维的表面及上浆处理，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.7.3 教学内容

本单元的教学内容为第 4 章“聚丙烯腈基碳纤维生产工艺”中的第 7、8、9 节，具体内容包括：

- 4.7 聚丙烯腈纤维的后加工
- 4.8 从聚丙烯腈原丝制碳纤维的三个阶段。
- 4.9 碳纤维的表面及上浆处理

本单元的重点和难点分别是：

**【重点】**从聚丙烯腈原丝制碳纤维的三个阶段。

**【难点】**碳纤维的表面及上浆处理。

## 7.7.4 教学过程

本单元习聚丙烯腈纤维的后加工、从聚丙烯腈原丝制碳纤维的三个阶段、碳纤维的表面及上浆处理，首先从同学们所熟悉的传统炭材料工艺的焙烧、石墨化工艺说起，然后介绍碳纤维的预氧化、炭化、石墨化的工艺，最后介绍碳纤维的表面及上浆处理。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.7.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图、表，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：



图 4.16 聚丙烯腈纤维的水洗定型

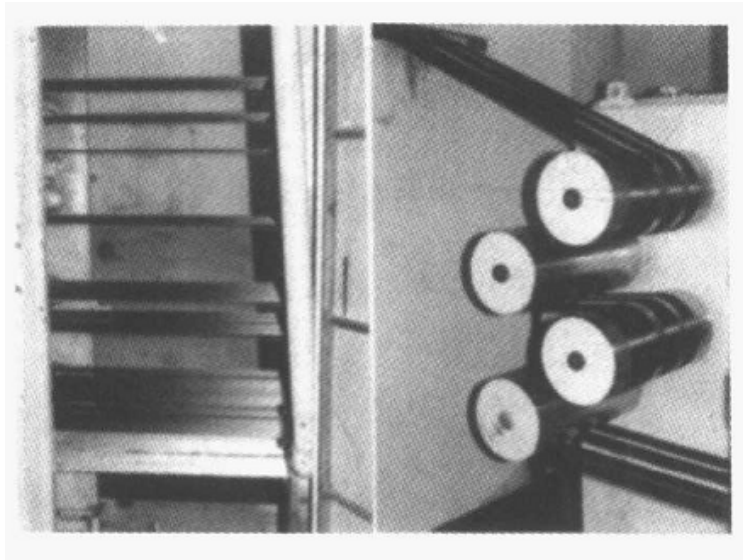


图 4.17 聚丙烯腈纤维的预氧化

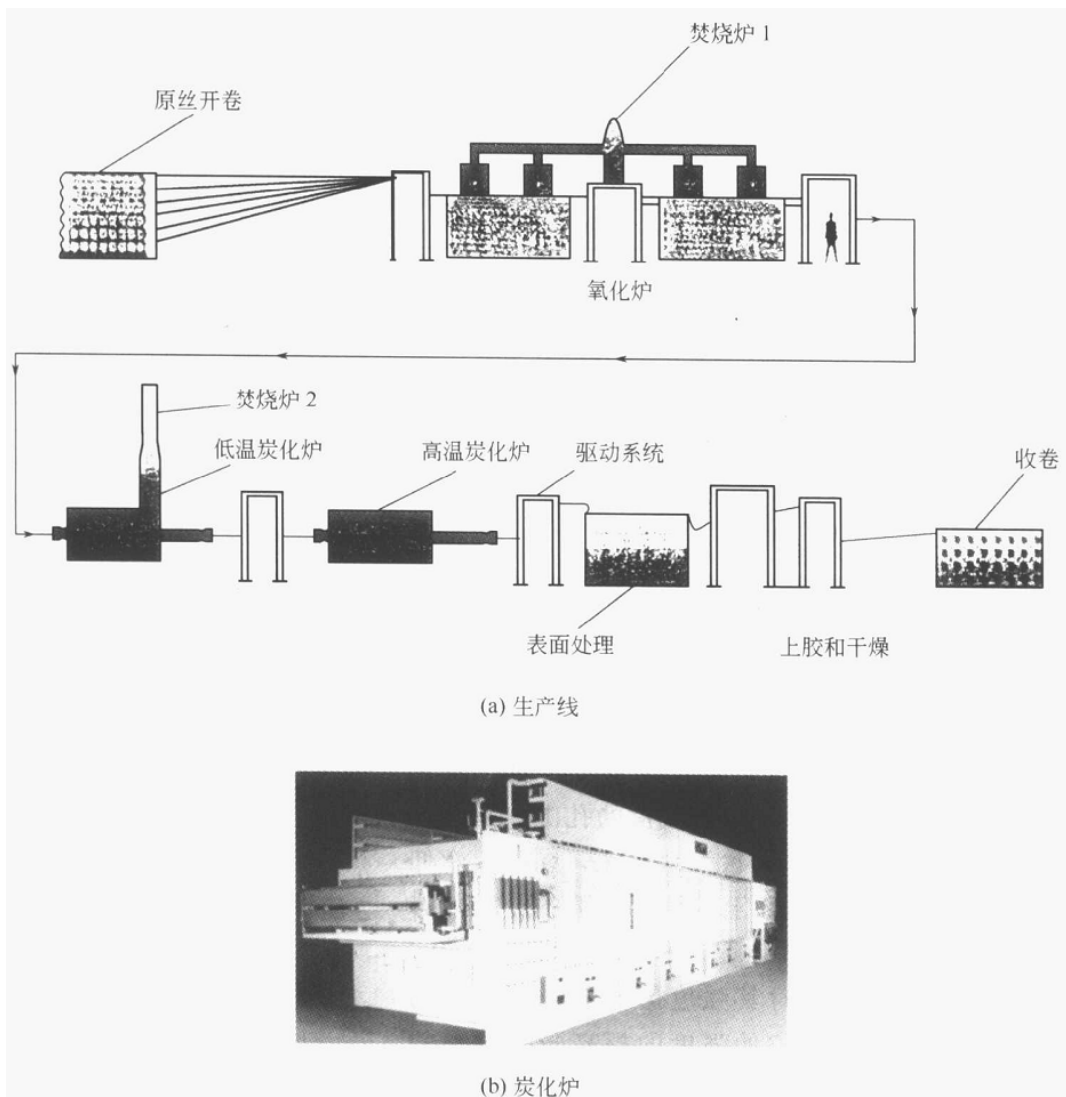


图 4.18 碳纤维的炭化工序

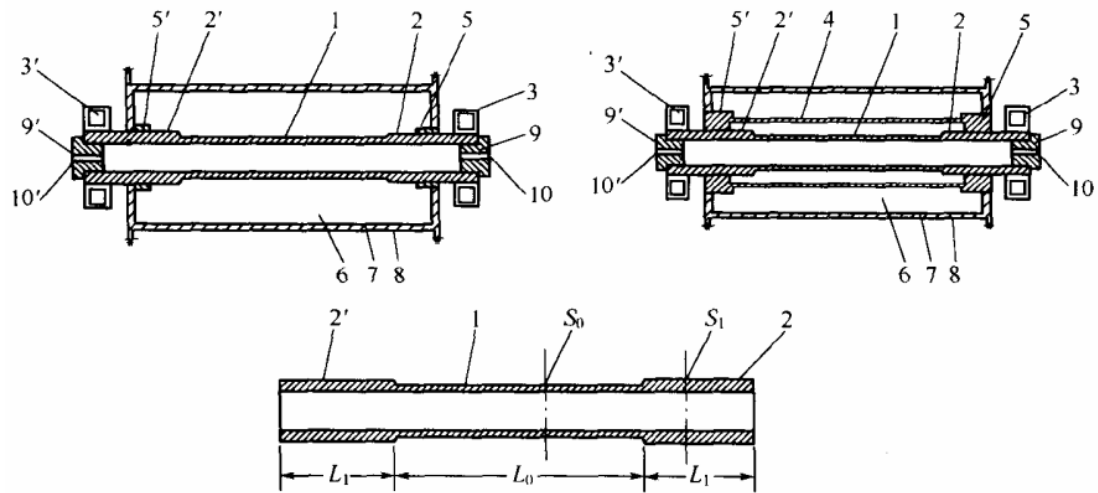


图 2.127 塔姆式石墨化炉示意 (Tammann)<sup>[109]</sup>

1—发热体；2，2'—接头部；3，3'—水冷电极；4—保护管；5，5'—绝缘部；6，7—隔热层；  
8—外壳；9，9'—密封装置；10，10'—丝束通道； $S_0$ —发热体断面面积；  
 $S_1$ —接头部的断面面积； $L_0$ —发热体长度； $L_1$ —接头部的长度

图 4.19 碳纤维石墨化炉

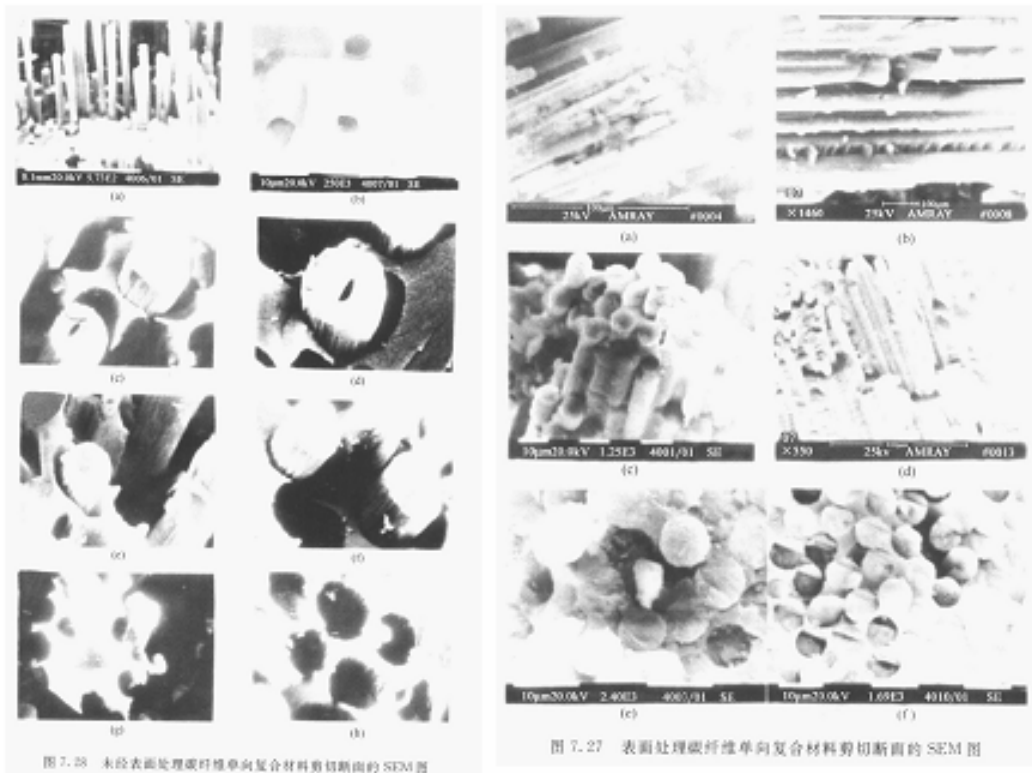


图 7.28 未经表面处理碳纤维单向复合材料剪切断面的 SEM 图

图 7.27 表面处理碳纤维单向复合材料剪切断面的 SEM 图

图 4.20 碳纤维的表面处理

表：

表 4.4 热处理温度对石墨纤维性能的影响

## 7.7.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么碳纤维必须要进行表面处理。

## 7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上查阅有关炭化、石墨化的基本原理，为听课做好准备。

## 7.7.8 教学单元的参考资料

去我校图书馆，查阅化学工业出版社 2010 年贺福所著《碳纤维及石墨纤维》一书，获取更深入的知识。

## 7.8（第 8 单元）

### 7.8.1 教学日期

第 8 次上课，共 2 节课。

### 7.8.2 教学目标

本单元学习沥青基、黏胶基碳纤维的概念、原料准备；制造方法；结构与性能。活性炭纤维、气相生长碳纤维、螺旋形碳纤维、纳米碳纤维，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.8.3 教学内容

本单元的教学内容为第 5 章“其它类型碳纤维”，具体内容包括：

5.1 沥青基碳纤维

5.2 黏胶基碳纤维

5.3 其它类型碳纤维简介



本单元的重点和难点分别是：

【重点】沥青基碳纤维。

【难点】活性炭纤维、气相生长碳纤维、螺旋形碳纤维、纳米碳纤维。

## 7.8.4 教学过程

本单元首先从煤焦油的废物利用开始，讲到沥青的一个用途是经过纯化处理后可以用作碳纤维的原料，由此导入沥青基碳纤维的生产原理、然后叙述黏胶基碳纤维等其他类型的碳纤维。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.8.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图主要包括：

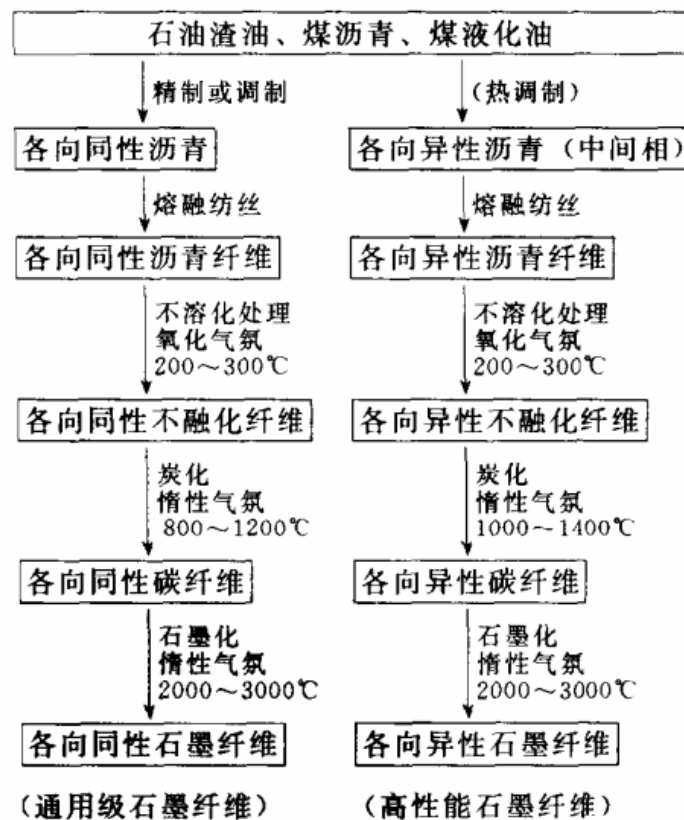


图 5.1 沥青基碳纤维工艺流程

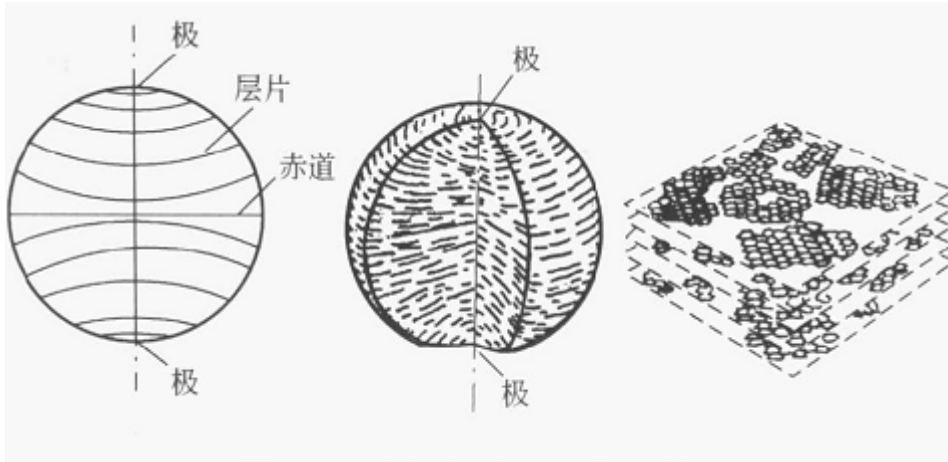


图 5.2 中间相小球体结构模型

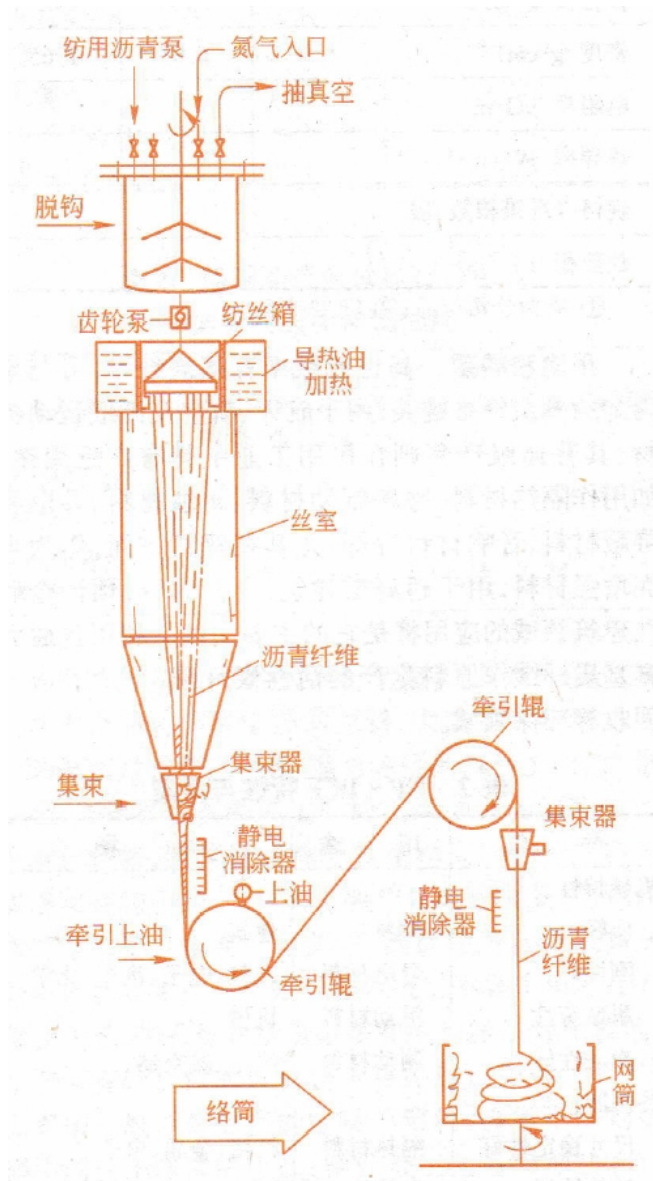


图 5.3 沥青连续纺丝工艺装置

# 粘胶基CF的制备

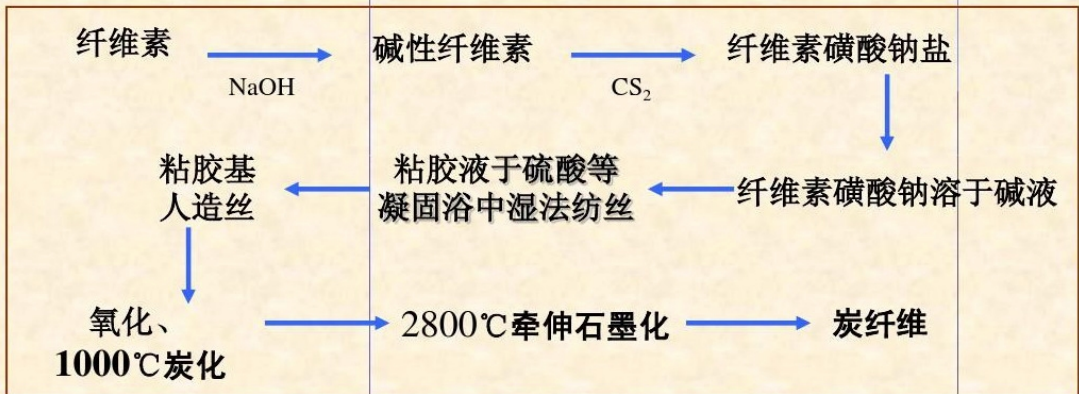
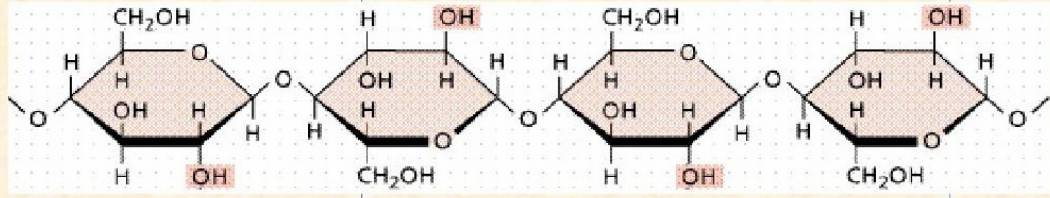


图 5.4 黏胶基碳纤维工艺流程

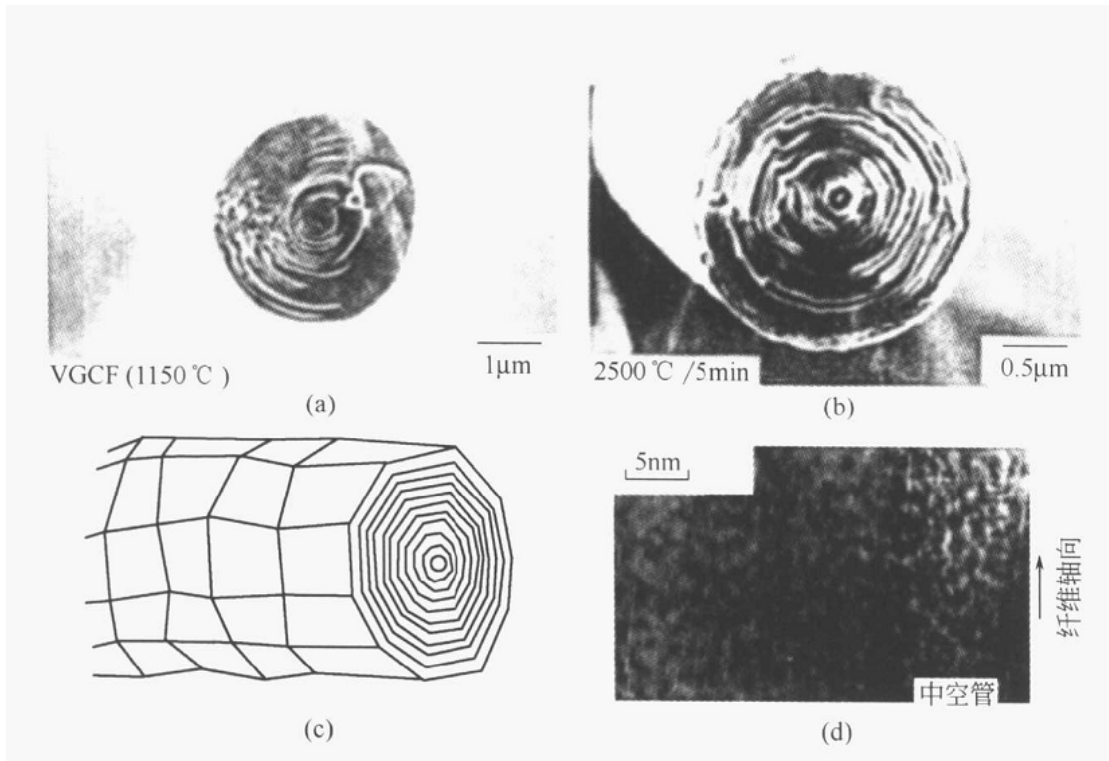


图 5.5 气相生长碳纤维 SEM 图及晶格

## 7.8.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，沥青基碳纤维的产量目前为何远小于聚丙烯腈基碳纤维？

## 7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上查阅炭沥青基碳纤维、黏胶基碳纤维的有关材料。

## 7.8.8 教学单元的参考资料

在我校图书馆查阅科学出版社 1985 年王茂章、贺福所著《碳纤维的制造、性质及其应用》一书的第 3 章内容。

## 7.9（第 9 单元）

### 7.9.1 教学日期

第 9 次上课，共 2 节课。

### 7.9.2 教学目标

本单元学习碳的同素异形体结构、碳纤维的结构模型、碳纤维的孔结构、碳纤维的力学性质、热、电、磁性能，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.9.3 教学内容

本单元的教学内容为第 6 章“碳纤维的结构与性质”，具体内容包括：

6.1 碳纤维的结构

6.2 碳纤维的性质

本单元的重点和难点分别是：

**【重点】**碳纤维的结构。

【难点】碳纤维的热、电、磁性能。

## 7.9.4 教学过程

本单元讲述碳的同素异形体结构、碳纤维的结构模型、碳纤维的孔结构、碳纤维的力学性质、热、电、磁性能。首先回顾材料科学的四个基本内容，即：结构——性质——应用——制备，由此引出一个结论，即任何材料的用途都取决于它的性质，而它的性质又最终取决于它的结构，然后开始依次讲解碳纤维的结构、力学性质、热、电、磁性能。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.9.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图、表，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：

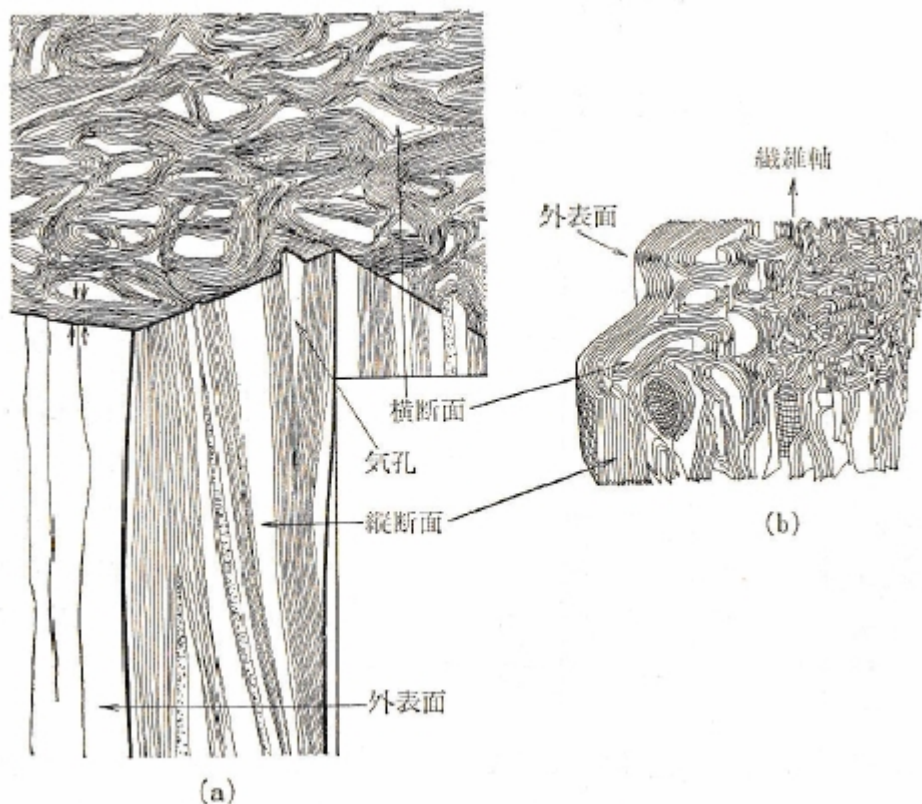


图 6.1 聚丙烯腈基碳纤维的结构模型

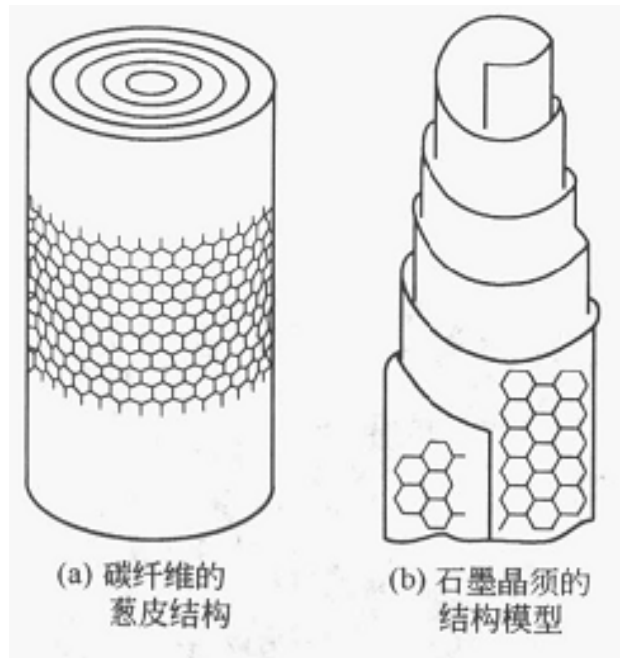


图 6.2 碳纤维的葱皮结构及石墨晶须的结构模型

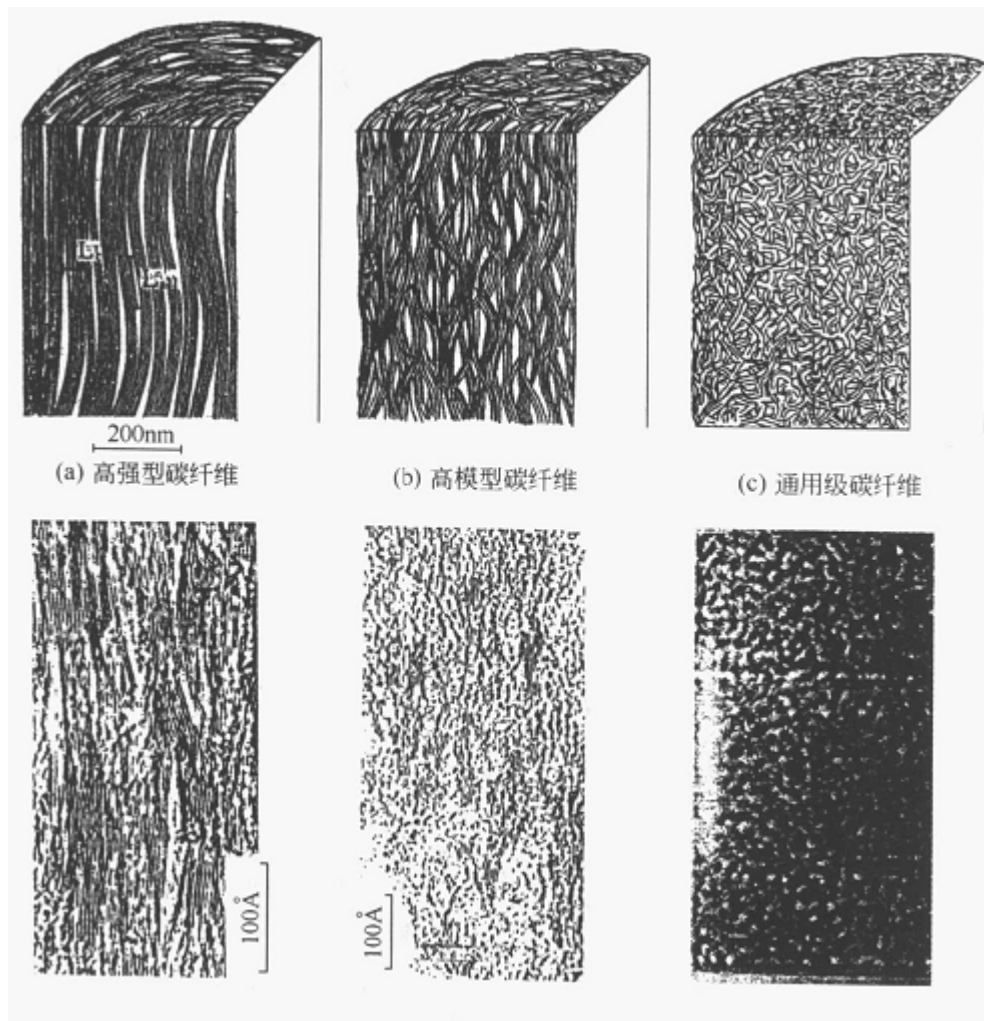


图 6.3 高强型、高模型、通用级碳纤维的结构模型

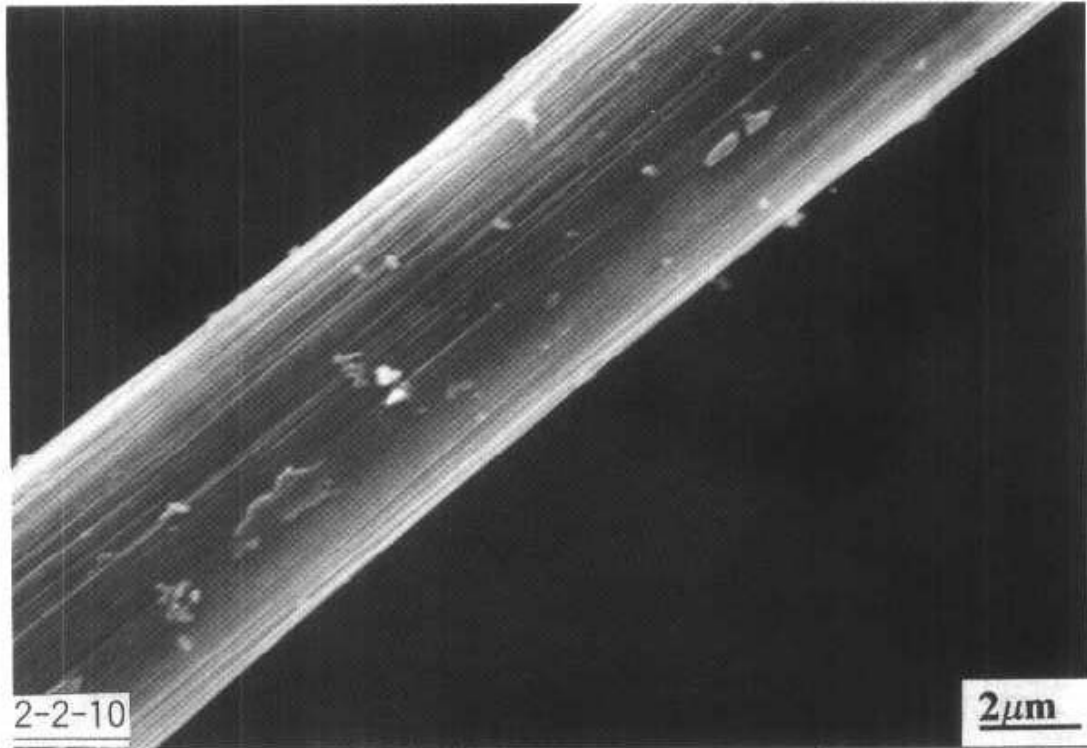
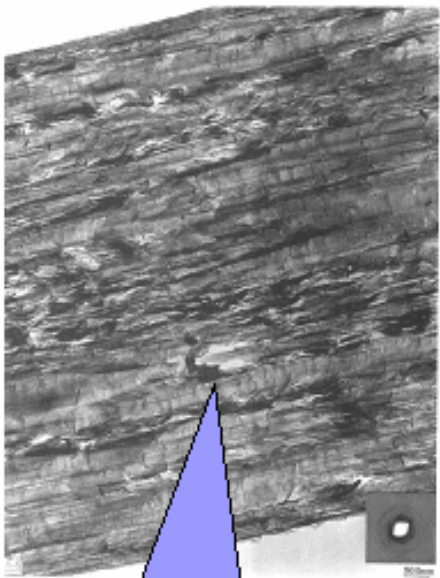
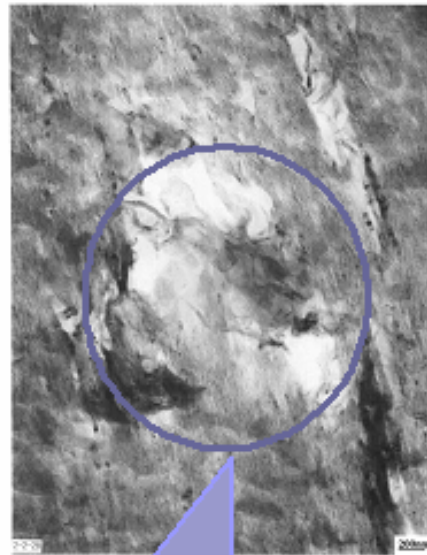


图 6.4 碳纤维的 SEM 图



内部存在少量微孔相和无定形碳



孔洞为无定型碳和混乱的条带组成

图 6.5 碳纤维的结构缺陷

表:

表 6.1 各种原丝所制碳纤维的性质比较

## 7.9.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，结构决定性质、性质决定用途，而制备工艺又决定了材料的结构，这个材料学上的基本规律在碳纤维工艺上的提现。

## 7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上网查阅有关炭的各种同素异形体、晶体结构、无定形炭结构的有关知识。

## 7.9.8 教学单元的参考资料

请到图书馆查阅中山大学出版社 1990 年曾汉民编著的《碳纤维及其复合材料显微图象》一书的各种碳纤维 SEM 图像。

## 7.10（第 10 单元）

### 7.10.1 教学日期

第 10 次上课，共 2 节课。

### 7.10.2 教学目标

本单元学习碳纤维增强复合材料的概念、增强原理、实例、碳纤维复合材料在导弹、宇航工业、航空工业、民用等方面的应用，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.10.3 教学内容

本单元的教学内容为第 7 章“碳纤维增强复合材料及其应用”，具体内容包  
括：



### 7.1 碳纤维增强复合材料

### 7.2 碳纤维增强复合材料的应用

本单元的重点和难点分别是：

【重点】碳纤维增强复合材料增强原理。

【难点】碳纤维复合材料在导弹武器、宇航工业、航空工业、民用等方面的应用。

## 7.10.4 教学过程

本单元首先播放一段视频，内容是我国某公司掌握了聚丙烯腈基碳纤维核心技术，迫使国际上的碳纤维价格下跌到白菜价，由此引出碳纤维复合材料在宇航、国防、航空、民用领域的巨大用途，然后讲解其生产原理。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.10.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图片，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图片包括：

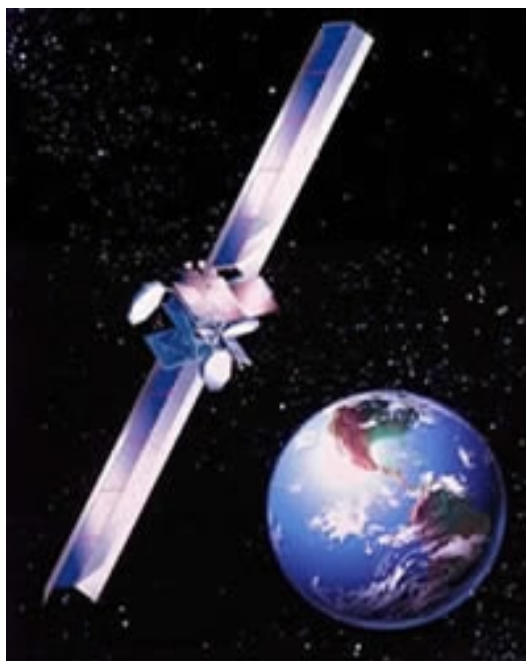


图 7.1 碳纤维复合材料在卫星太阳能电池板支架上的应用

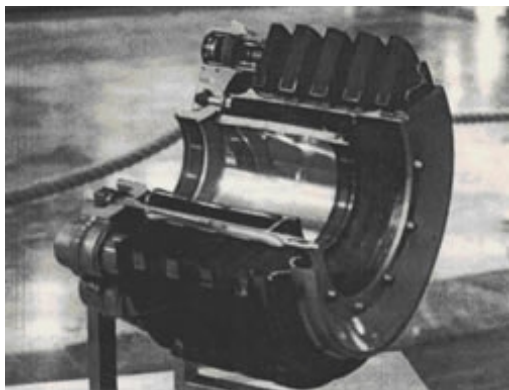


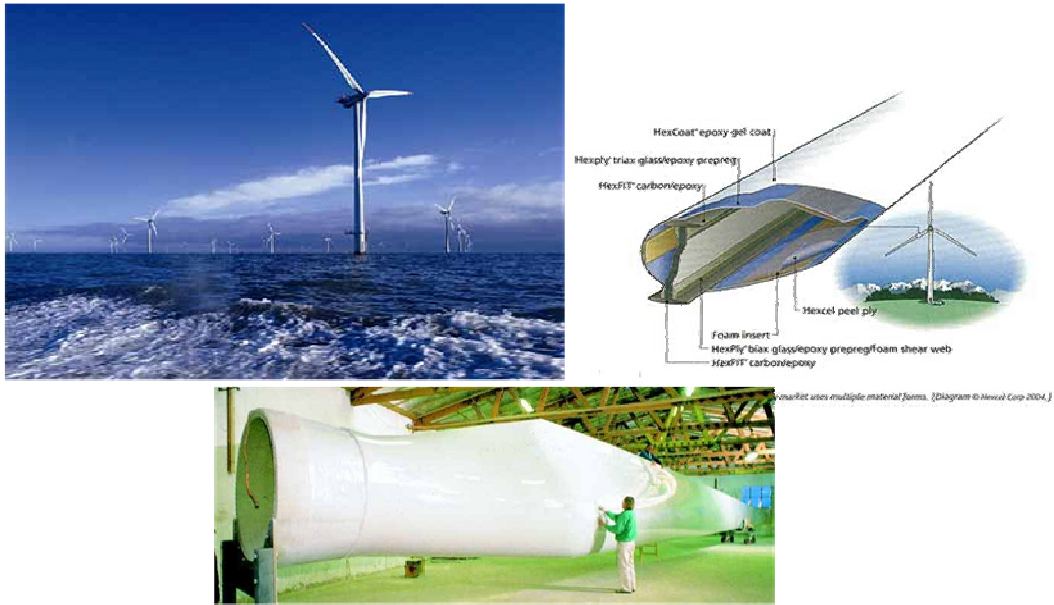
图 7.2 空中客车 A320 的 C/C 刹车装置



图 7.3 空客 A380 整机碳纤维复合材料结构占 35~40%



图 7.4 兰博基尼跑车的碳纤维复合材料车身



(照片提供: Vestas)

图 7.5 风力发电机的碳纤维复合材料叶片

表 7.1 国外碳纤维产业发展趋势

### 7.10.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么碳纤维不可以独自作为结构材料使用，而必须作为复合材料的组成部分使用？

### 7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查阅航天、航空结构材料的有关信息，为碳纤维复合材料的学习做好准备。

### 7.10.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，查阅冶金工业出版社 1995 年大谷杉郎所著的《复合材料入门》一书的第 1、2 章，了解碳纤维复合材料的入门知识。

## 7.11（第 11 单元）

### 7.11.1 教学日期

第 11 次上课，共 2 节课。

### 7.11.2 教学目标

本单元学习纳米科技、纳米材料的基本概念、纳米材料的特性，用途、重要意义，纳米炭材料的概念、主要种类，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.11.3 教学内容

本单元的教学内容为第 8 章“纳米科技与纳米材料”，具体内容包括：

8.1 纳米科技的基本概念

8.2 纳米材料的基本概念

8.3 纳米碳材料的基本概念

本单元的重点和难点分别是：

**【重点】** 纳米材料的基本概念。

**【难点】** 纳米炭材料的概念、主要种类。

### 7.11.4 教学过程

本单元学习纳米科技、纳米材料的基本概念、纳米材料的特性，用途、重要意义，纳米炭材料的概念、主要种类。首先从物理化学的胶体内容说起，引入纳米颗粒的概念，进一步详述纳米材料、纳米炭材料的概念。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.11.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图、表，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图表主要包括，图：

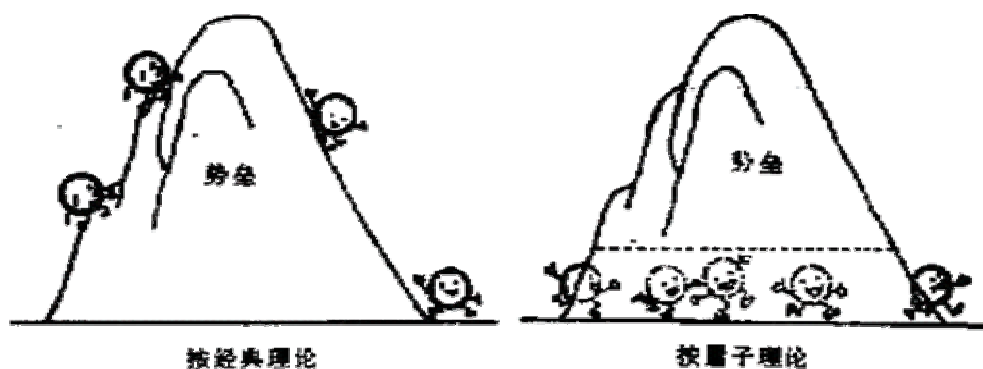


图 8.1 隧道效应

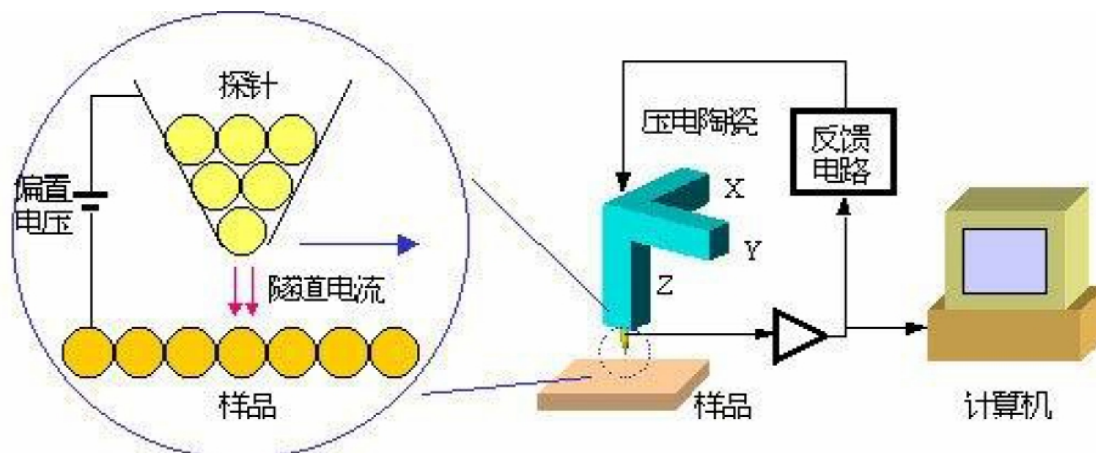


图 8.2 扫描隧道显微镜工作原理

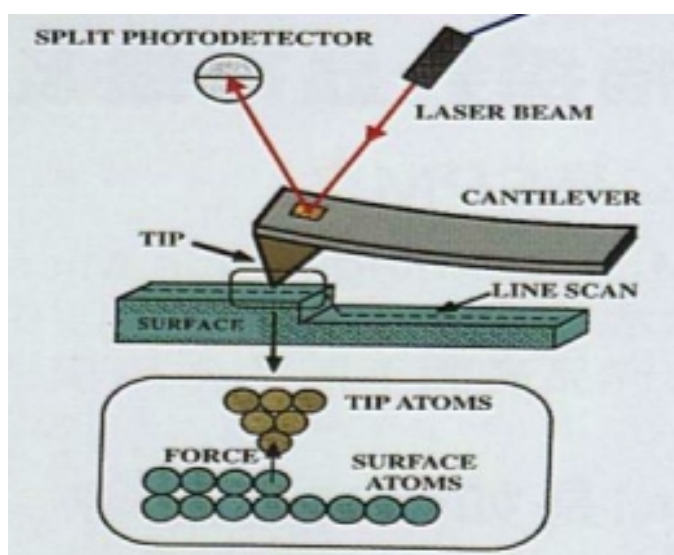


图 8.3 原子力显微镜工作原理

# 纳米粒子合成方法分类

## 纳米粒子制备方法

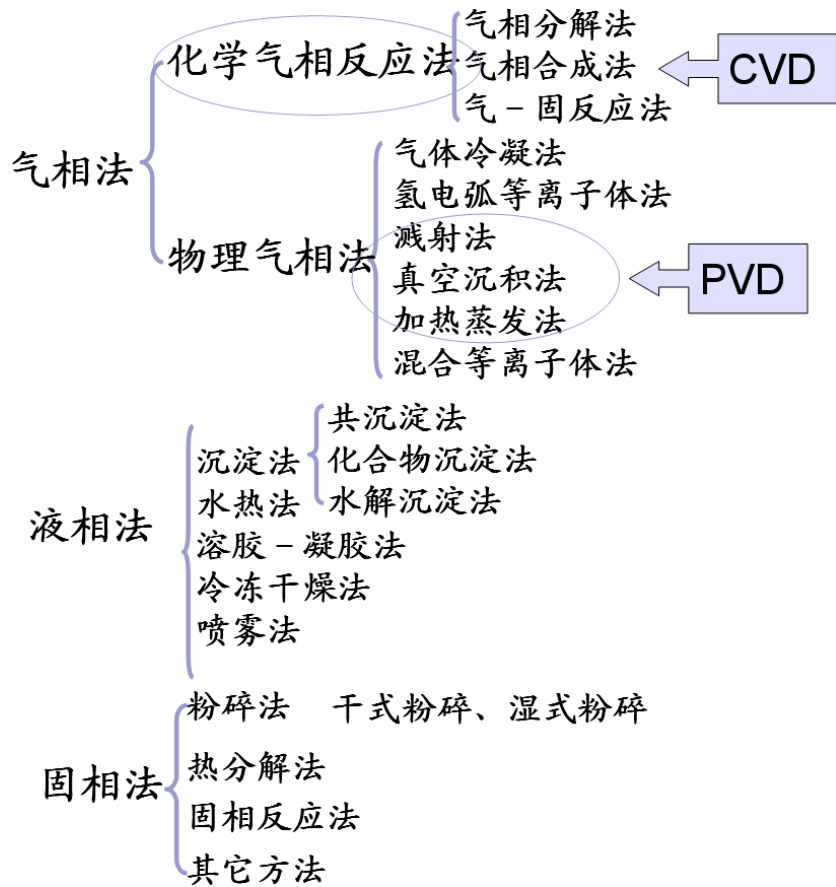


图 8.4 纳米粒子合成方法分类

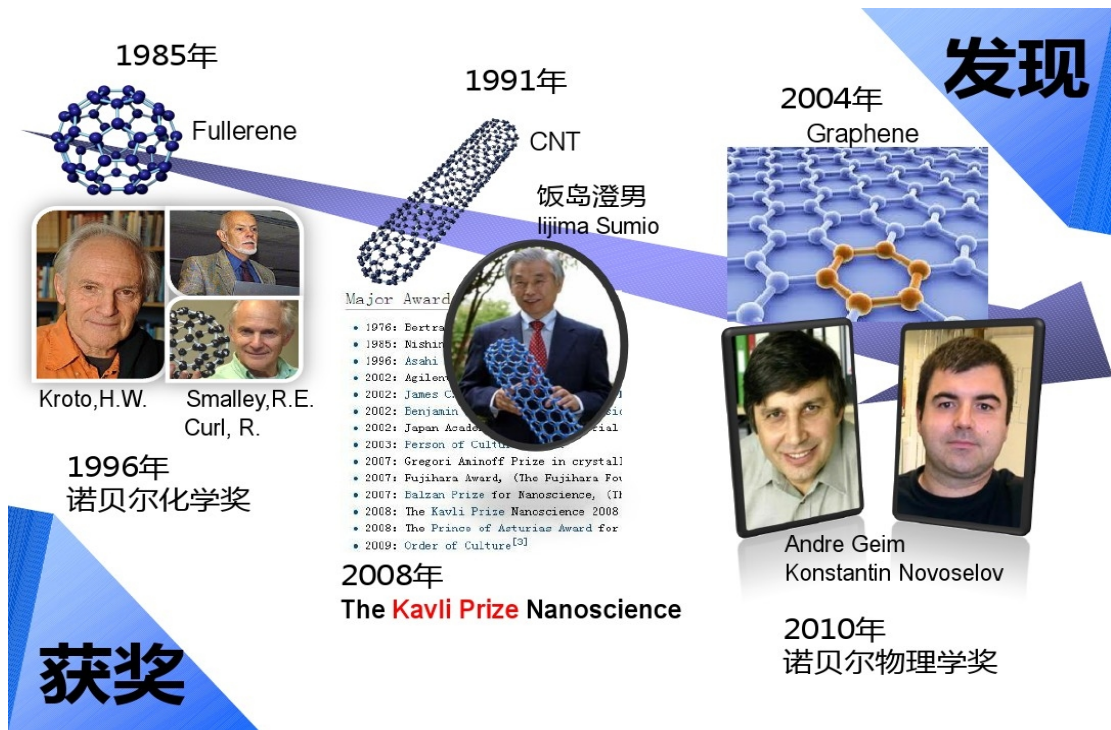


图 8.5 纳米炭材料的发现

表：

表 8.1 纳米在长度单位中所处的位置

### 7.11.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么纳米炭材料是最近几十年才得到应用的吗？

### 7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查阅有关纳米科技、碳纳米材料、富勒烯的有关信息，为听课做好准备。

### 7.11.8 教学单元的参考资料

参阅科学出版社 2004 年刘吉平编著的《碳纳米材料》一书，了解富勒烯、碳纳米管、石墨烯、纳米人造金刚石的基本知识。

## 7.12（第 12 单元）

### 7.12.1 教学日期

第 12 次上课，共 2 节课。

### 7.12.2 教学目标

本单元学习天然金刚石的形成条件、人造金刚石的合成原理、工艺；化学气相沉积法（CVD）的基本原理、应用；纳米金刚石薄膜的制备、结构、特性、应用，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.12.3 教学内容

本单元的教学内容为第9章“纳米金刚石薄膜”，具体内容包括：

9.1 天然金刚石与人造金刚石

9.2 CVD法的基本原理

9.3 纳米金刚石薄膜的制备与应用

本单元的重点和难点分别是：

**【重点】** 纳米金刚石薄膜的制备。

**【难点】** 纳米金刚石薄膜的应用。

### 7.12.4 教学过程

本章从先行课所学过的人造金刚石合成方法说起，引出与高温高压法完全不同的一种思路，化学气相沉积制备人造金刚石薄膜，然后叙述纳米级人造金刚石薄膜的制备方法，最后叙述其用途。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

### 7.12.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图片，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图片包括：





图 9.1 高温高压法生产人造金刚石的六面顶压机

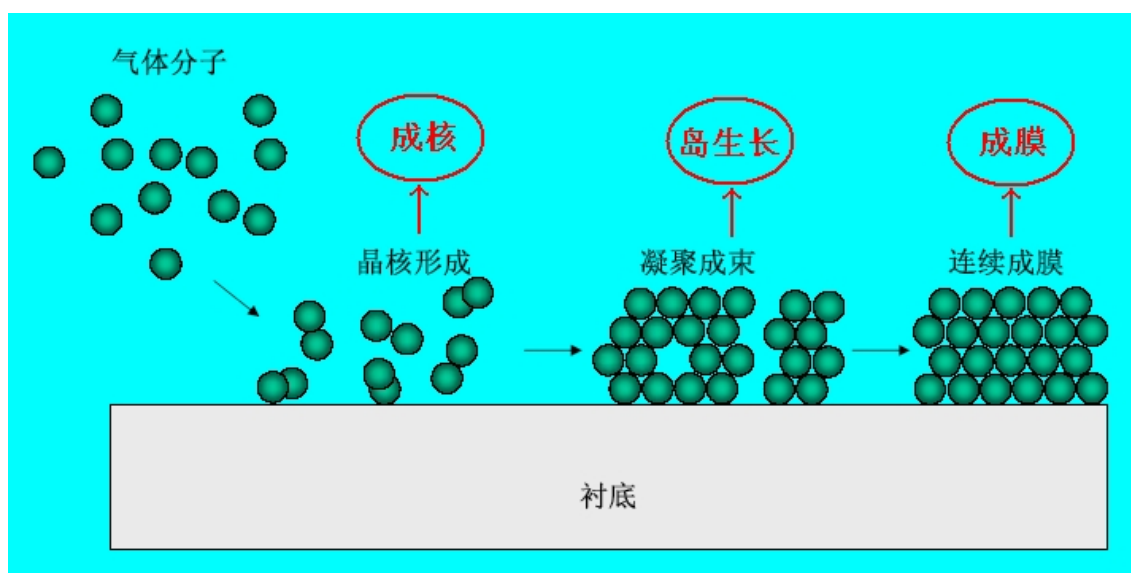


图 9.2 化学气相沉积薄膜生长简化过程（侧视图）

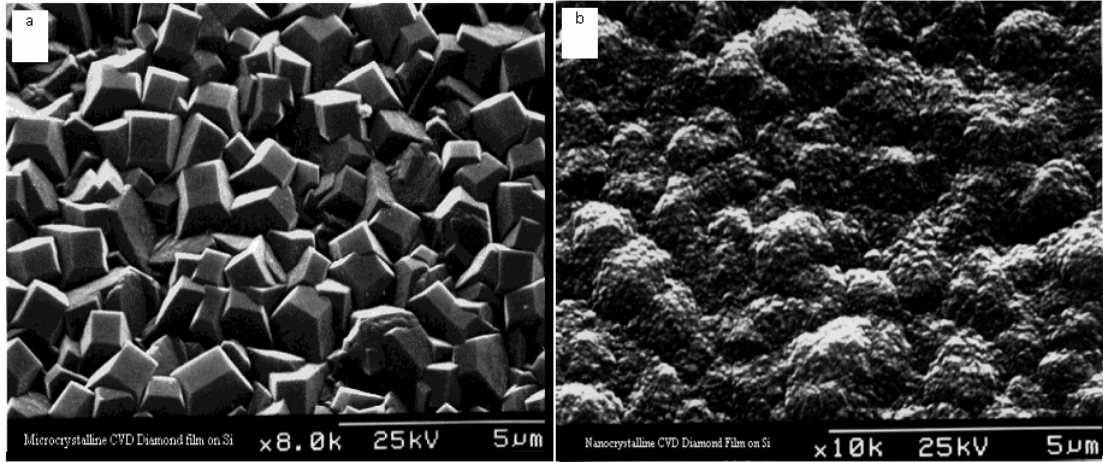


图 9.3 微米级纳米人造金刚石薄膜和纳米级人造金刚石薄膜 SEM 图

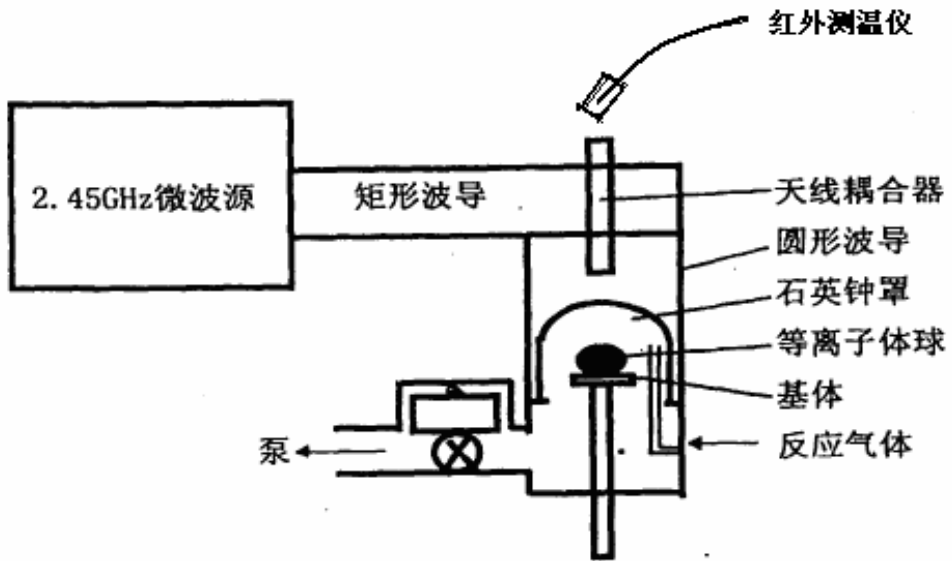


图 9.4 微波辅助等离子化学气相沉积纳米人造金刚石薄膜原理图



图 9.5 纳米人造金刚石薄膜镀膜导弹红外窗

表:

表 9.1 天然金刚石和 CVD 金刚石薄膜的物理性质

### 7.12.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么不能利用化学沉积法制造大颗粒人造金刚石？

### 7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查阅有关人造金刚石薄膜的有关信息，为听课做好准备。

### 7.12.8 教学单元的参考资料

查阅化学工业出版社 2004 年陈光华编著的《金刚石薄膜的制备与应用》一书第 2 章的内容，了解化学气相沉积法制备人造金刚石薄膜的基本原理。

## 7.13 (第 13 单元)

### 7.13.1 教学日期

第 13 次上课，共 2 节课。

### 7.13.2 教学目标

本单元学习富勒烯的概念、发现、结构、特性、应用、制备方法，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.13.3 教学内容

本单元的教学内容为第 10 章“富勒烯”，具体内容包括：

10.1 富勒烯的基本概念

10.2 富勒烯的制备方法

10.3 富勒烯的应用和发展前景

本单元的重点和难点分别是：

【重点】富勒烯的制备方法。

【难点】富勒烯的应用。

### 7.13.4 教学过程

本单元首先从炭黑粒子说起，引发同学们思考，炭黑小到极限是什么样子，然后引起富勒烯的发现经过，然后讲解富勒烯的结构、特性、应用、制备方法。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

### 7.13.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图片，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图片包括：

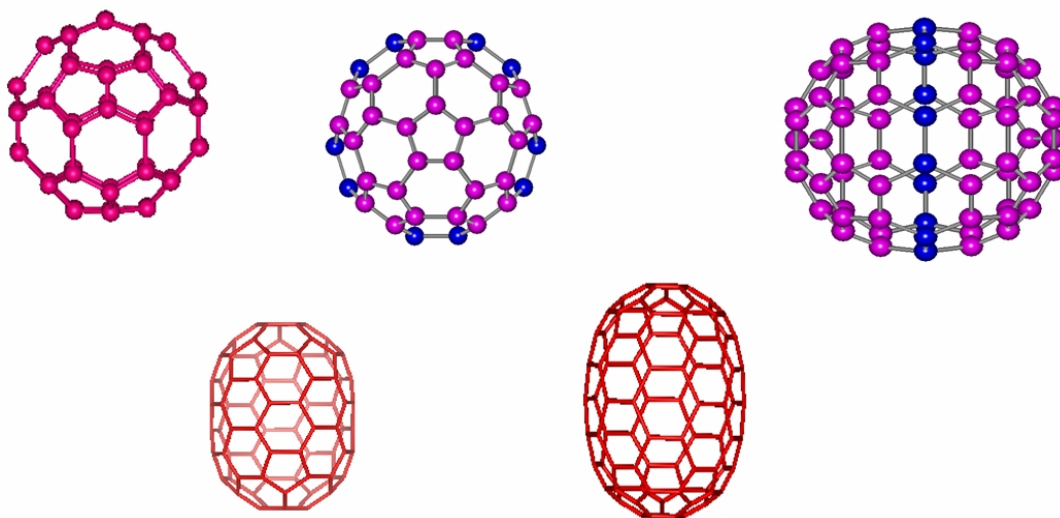


图 10.1 富勒烯的笼状结构系列

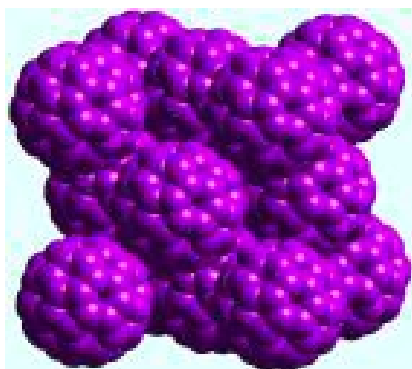


图 10.2 C60 单晶

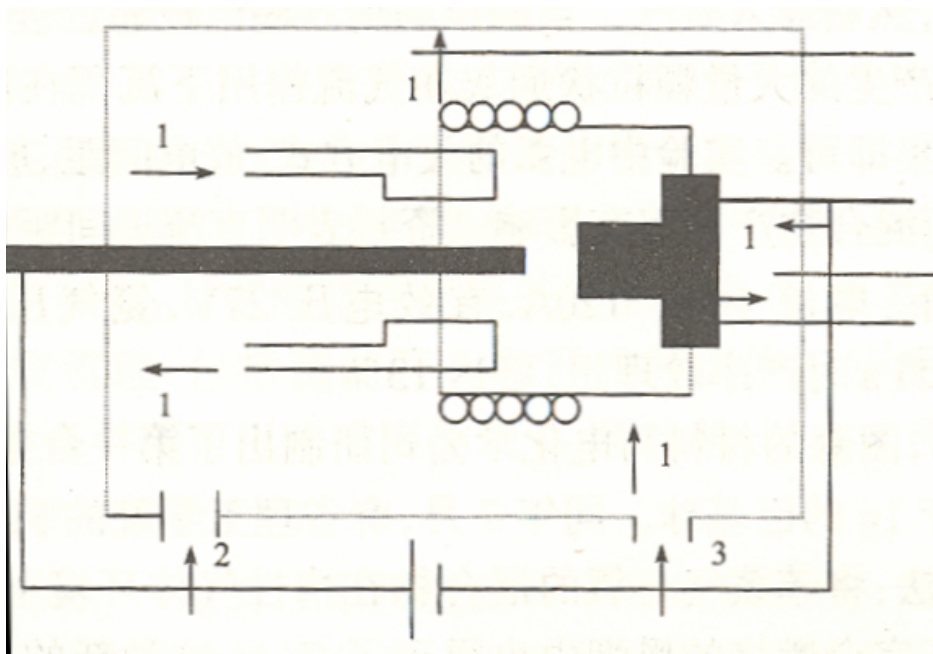


图 10.3 电弧法制备富勒烯

## C<sub>60</sub>的纯化

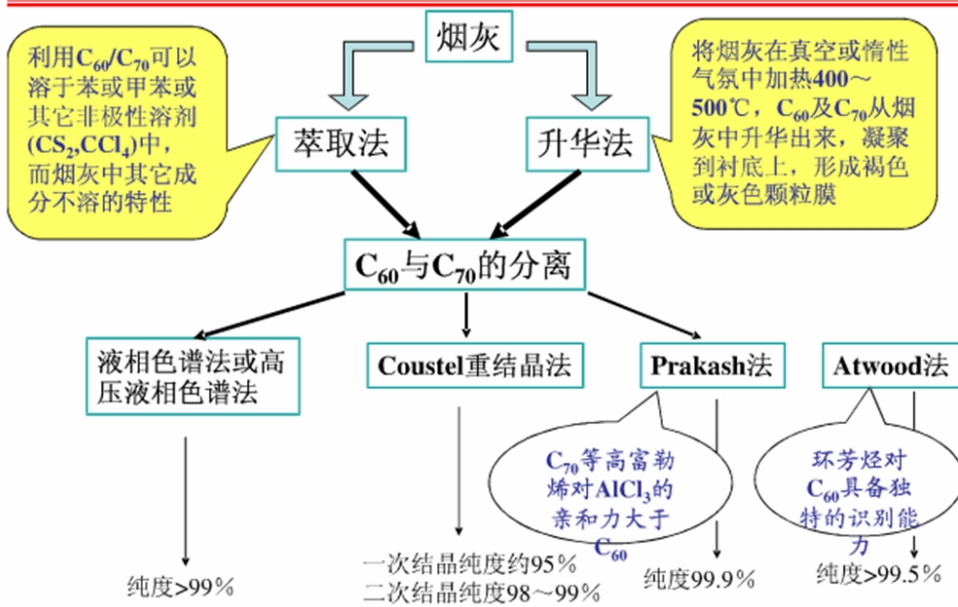


图 10.4 C<sub>60</sub> 的纯化

## QIPD-DF

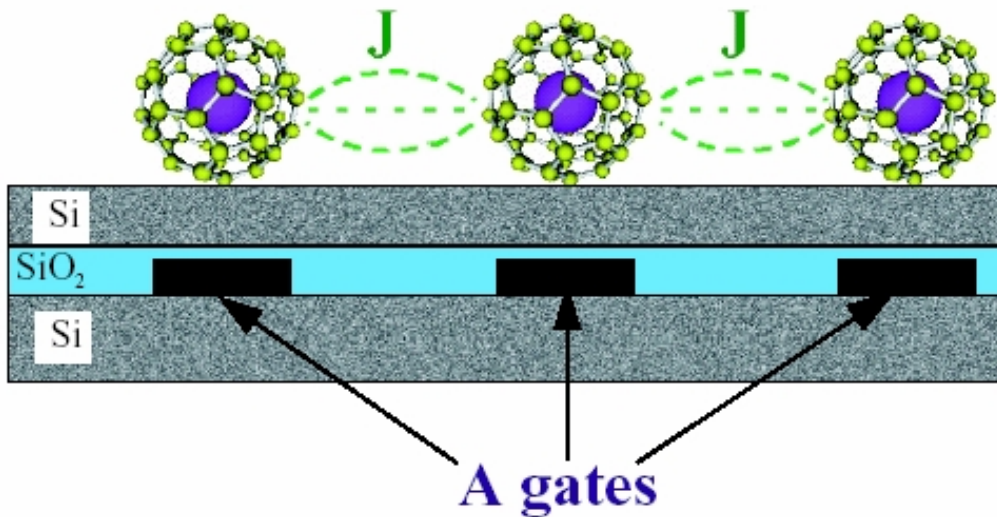


图 10.5 C<sub>60</sub> 用于量子计算机

### 7.13.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识

点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么至今没有看到日常生活中有富勒烯的产品使用？

### 7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查找有关富勒烯的知识，为听课做好准备。

### 7.13.8 教学单元的参考资料

另外请参阅国防工业出版社 2008 年沈海军所著《新型碳纳米材料：碳富勒烯》一书，了解富勒烯的基本知识。

## 7.14（第 14 单元）

### 7.14.1 教学日期

第 14 次上课，共 2 节课。

### 7.14.2 教学目标

本单元学习碳纳米管的概念、发现、结构、分类、特性、制备方法、应用和发展前景，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.14.3 教学内容

本单元的教学内容为第 11 章“碳纳米管”，具体内容包括：

- 11.1 碳纳米管的基本概念
- 11.2 碳纳米管的特性
- 11.3 碳纳米管的制备方法
- 11.4 碳纳米管的应用和发展前景

本单元的重点和难点分别是：

【重点】碳纳米管的制备方法。

【难点】碳纳米管的应用。

## 7.14.4 教学过程

本单元讲述碳纳米管的合成与应用，首先回顾上个单元富勒烯的内容，然后将富勒烯的结构拉长，就是碳纳米管的结构，然后回忆中学时期的“安培右手定则”，点出碳纳米管的结构如同螺旋分左右一样，碳纳米管的结构也有很多看起来相同但其实不同的差异，然后列举多张图片展示不同的碳纳米管结构，然后引出合成方法、性能与应用。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.14.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图片，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图片包括：

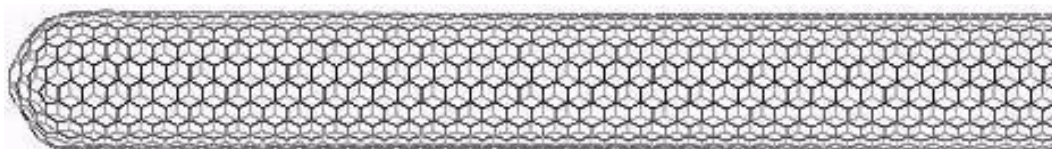


图 11.1 碳纳米管

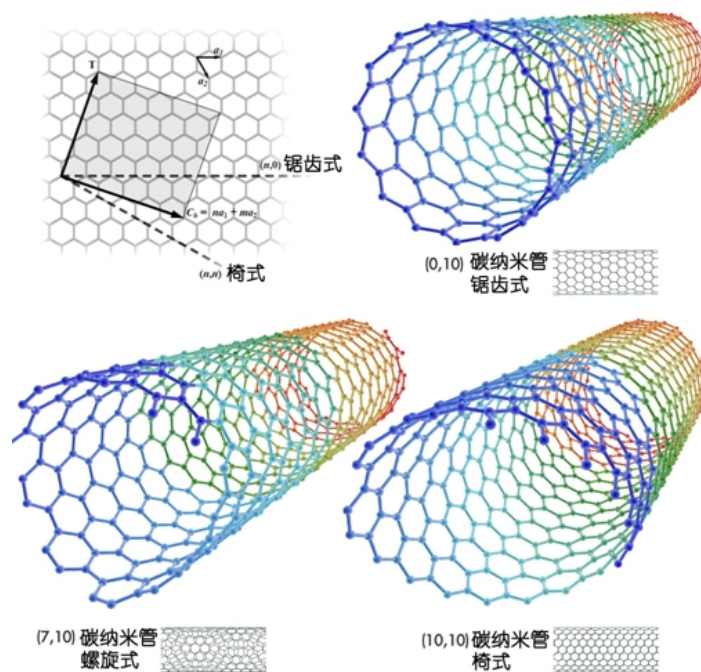


图 11.2 碳纳米管的三种结构



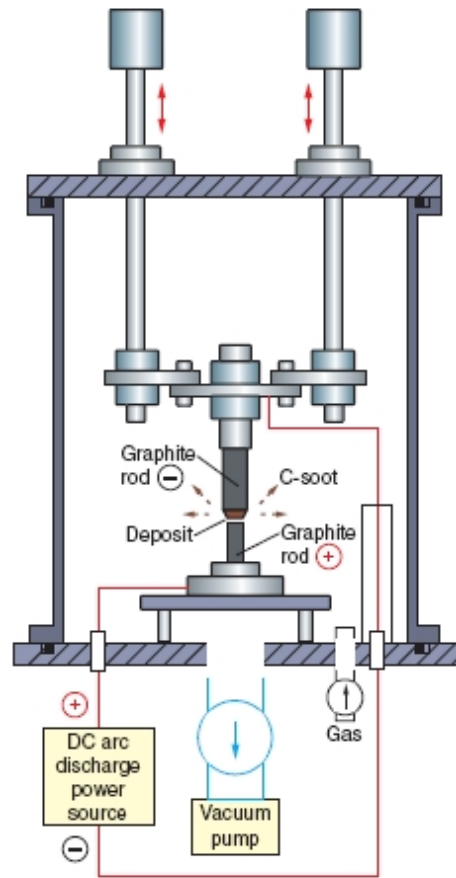


图 11.3 石墨电弧放电法制备碳纳米管

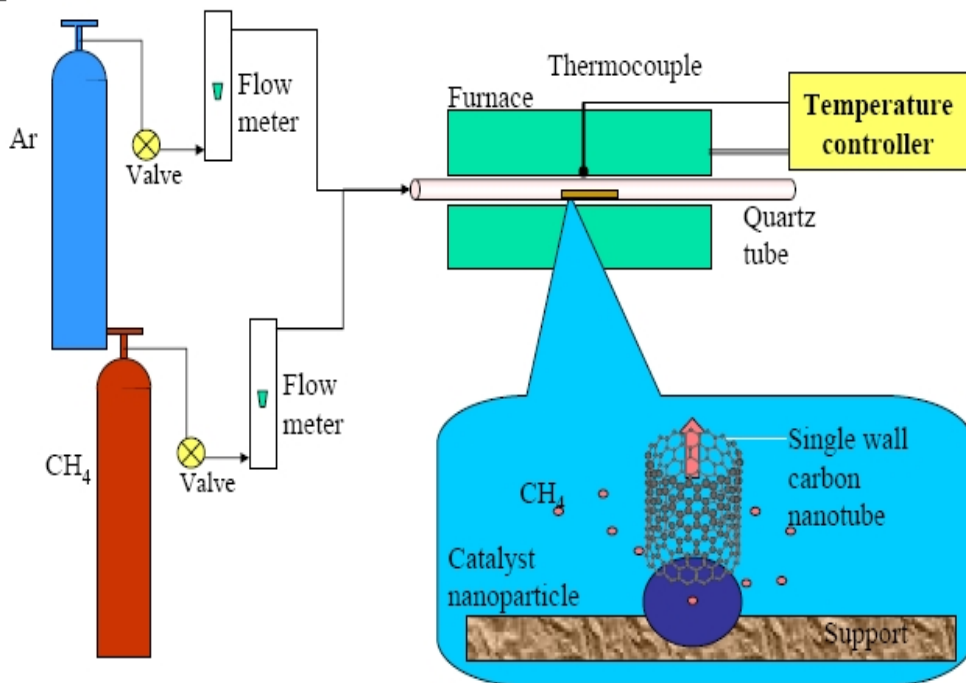


图 11.4 化学气相沉积法制备碳纳米管

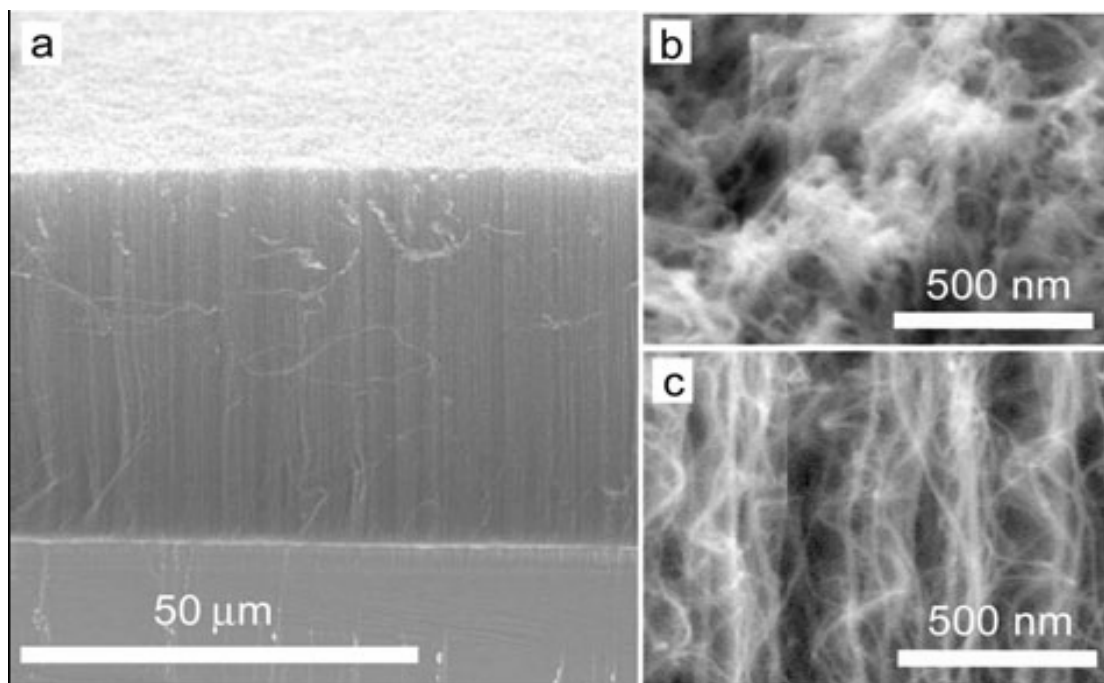


图 11.5 碳纳米管阵列 SEM 图

### 7.14.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么目前未见到日常生活中有碳纳米管产品的出现？

### 7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查碳纳米管的有关知识，做好听课的准备。

### 7.14.8 教学单元的参考资料

另外请参阅化学工业出版社 2002 年成会明编著的《纳米碳管制备、结构、物性及应用》一书的第 1 章，了解碳纳米管的入门知识。

## 7.15（第 15 单元）

### 7.15.1 教学日期

第 15 次上课，共 2 节课。

### 7.15.2 教学目标

本单元学习石墨烯的概念、发现、结构、特性、制备方法、应用、潜在危害性，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.15.3 教学内容

本单元的教学内容为第 12 章“石墨烯”中的第 1、2、3 节，具体内容包括：

12.1 石墨烯的基本概念

12.2 石墨烯的结构与特性

12.3 石墨烯的制备方法

本单元的重点和难点分别是：

**【重点】** 石墨烯的制备方法。

**【难点】** 石墨烯可能的危害性

### 7.15.4 教学过程

本单元首先从理想石墨的结构说起，引发同学们思考，假设理想石墨都被剥离成了一层层薄片会是什么效果，然后引出石墨烯最早的制备方法：机械剥离法，由此引出石墨烯的制备方法。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

### 7.15.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图片，并配

以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图片包括：

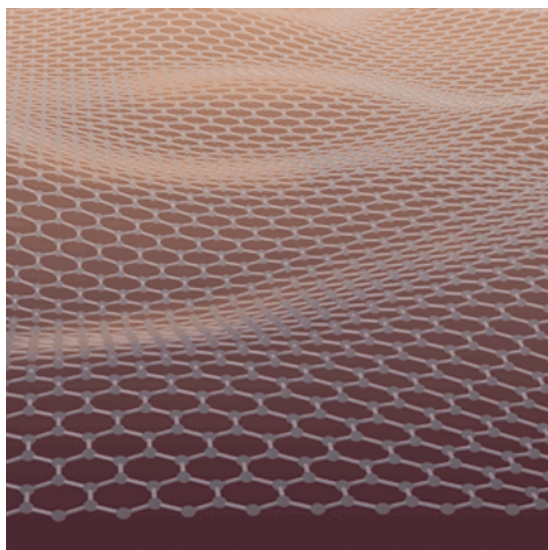


图 12.1 石墨烯的结构图

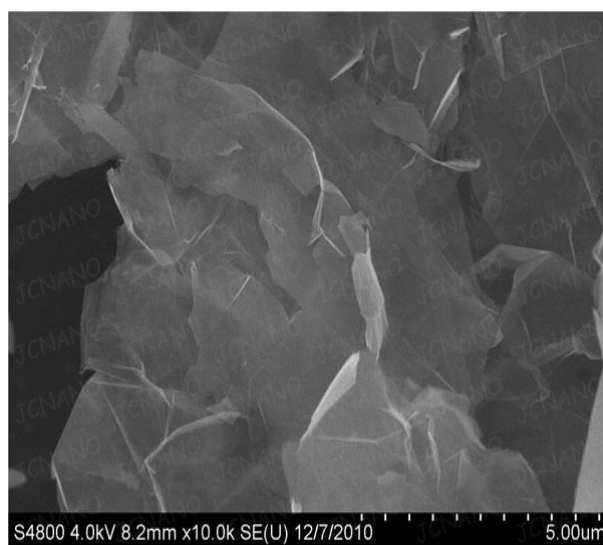
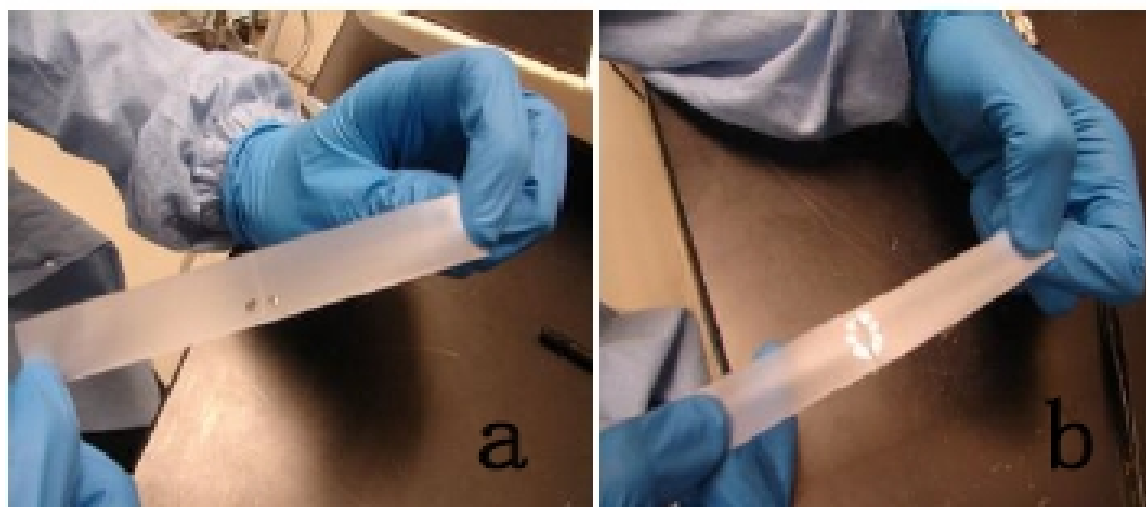


图 12.2 石墨烯的 SEM 图



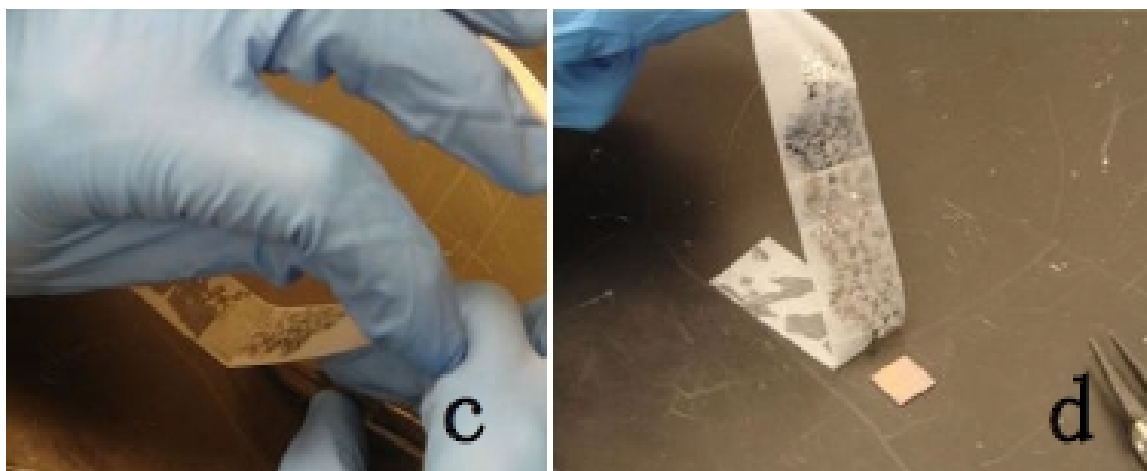


图 12.3 机械剥离定向热解石墨制备石墨烯

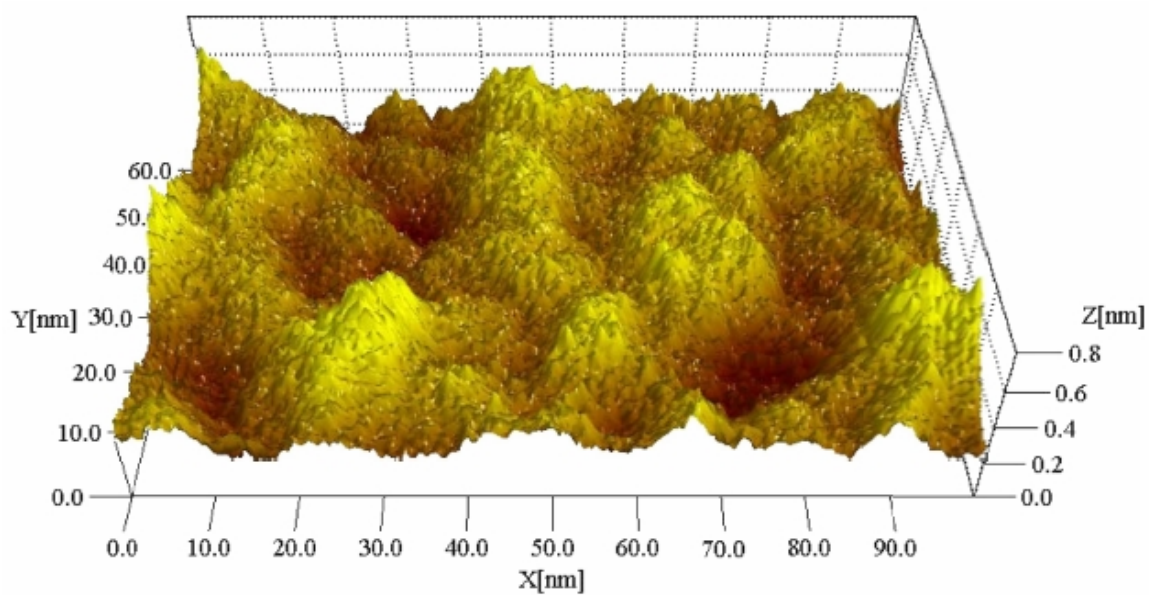


图 12.4 单层石墨烯的立体透射电镜照片

VLS via Dual Zone Tube Furnace

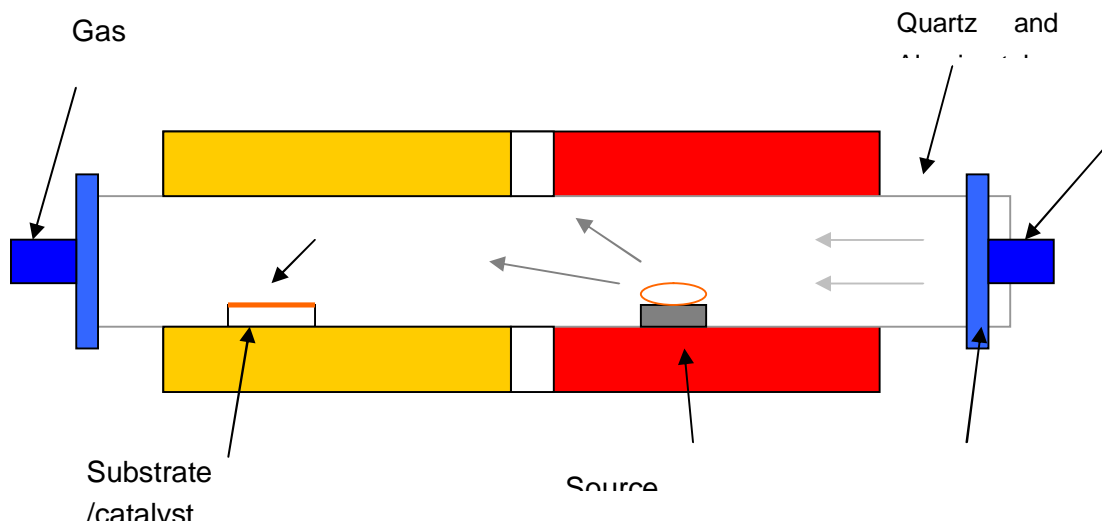


图 12.5 化学气相沉积法制备石墨烯

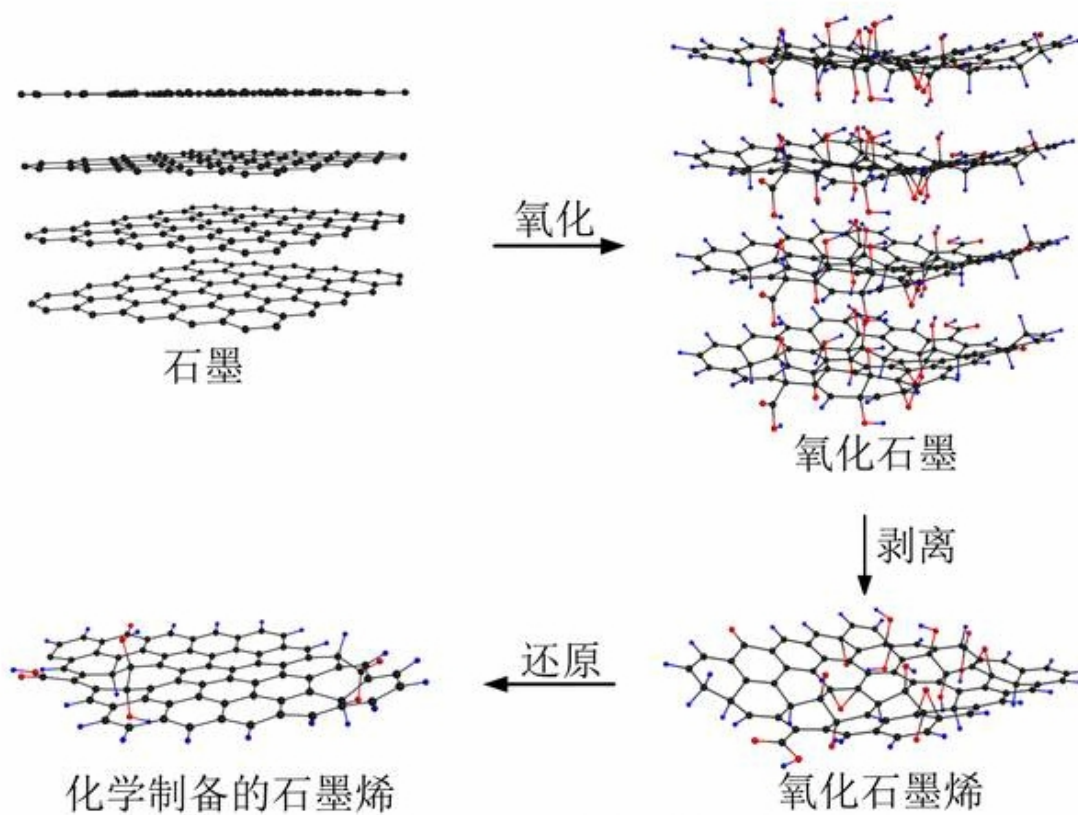


图 12.6 氧化还原法制备石墨烯原理

	优点	缺点
机械剥离	成本低、工艺简单	可控性差，不适合量产
液相剥离	制备工艺简单，石墨烯结构较为完整。	能耗大、产量较低
化学气相沉积	可增大面积，质量高、层数可控、带隙可调	高温工艺，转移过程复杂、易产生缺陷
氧化还原	可规模生产，工艺简单、成本低、可控性高	石墨烯结构中含氧官能团较多，导电性差
化学合成	精确控制石墨烯结构	路线复杂、产率极低、不宜大规模生产

图 12.7 五种主要石墨烯制备工艺的优劣比较

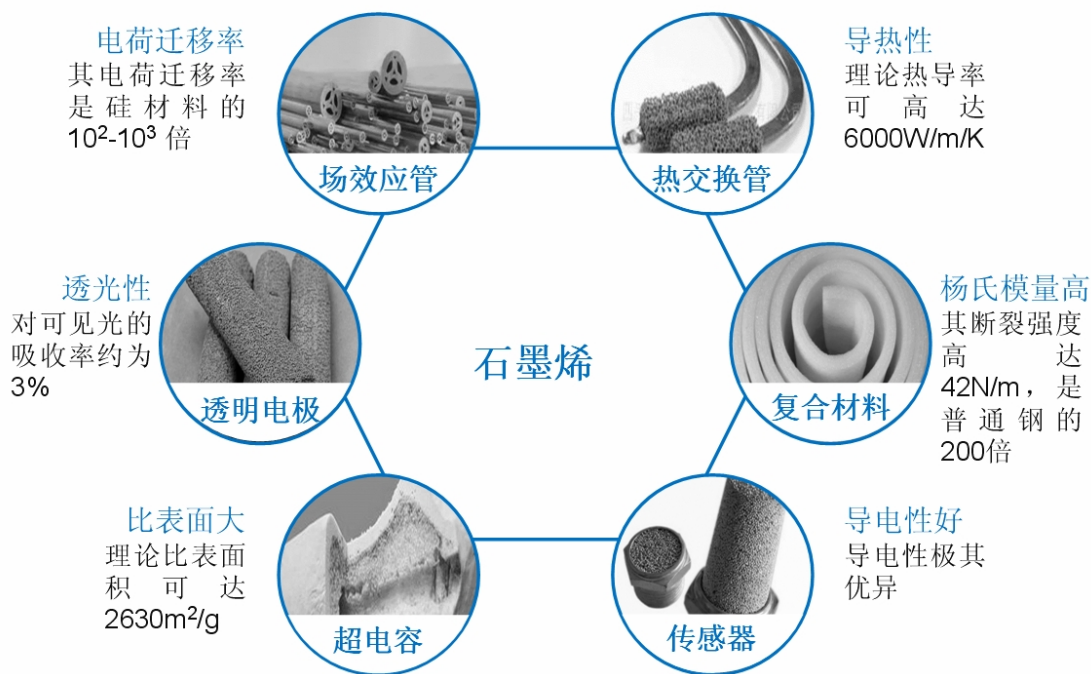


图 12.8 石墨烯特性可能的用途

### 7.15.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识

点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，为什么石墨烯累加一百层变成石墨就不具有石墨烯的特性了？

### 7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请查阅定向热解石墨、石墨、石墨烯的有关知识，为上课做好准备。

### 7.15.8 教学单元的参考资料

请查阅科学出版社 2013 年陈永胜主编的《石墨烯 新型二维碳纳米材料》第 2 章内容，扩展阅读。

## 7.16（第 16 单元）

### 7.16.1 教学日期

第 16 次上课，共 2 节课。

### 7.16.2 教学目标

本单元学习我国石墨烯的产业状况、发展前景，通过本单元的学习，要求掌握上述基本知识。

### 7.16.3 教学内容

本单元的教学内容为第 12 章“石墨烯”中的第 4、5 节，具体内容包括：

12.4 石墨烯的应用

12.5 我国石墨烯的产业状况和发展前景

本单元的重点和难点分别是：

【重点】墨烯的可能和已经实现的应用领域

【难点】我国石墨烯的产业状况、发展前景。



## 7.16.4 教学过程

本单元讲述讲述石墨烯的结构和应用，首先展示多张图片说明石墨烯在微电子、电容器、传感器等多方面的应用，然后转入正题，讲解石墨烯的结构，及其与应用领域的关系。在叙述的过程中，教师将注意讲课的风格将力求通俗易懂，力求将深奥的道理说的简单（而不是相反），并辅之以多张图表以增强讲解的生动性。

## 7.16.5 教学方法

本单元主要采用课堂讲授法，通过在教室前的屏幕上展示多张图片，并配以教师深入浅出的讲解，生动地说明所要学习的内容，这些图片包括：

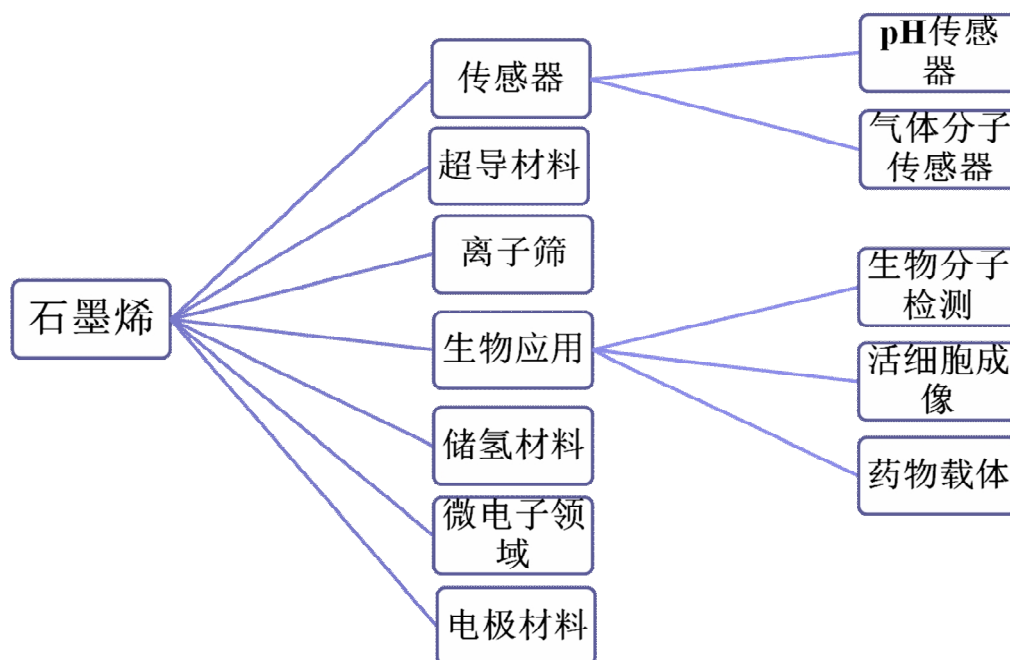


图 12.9 石墨烯的应用领域



图 12.10 石墨烯显示屏

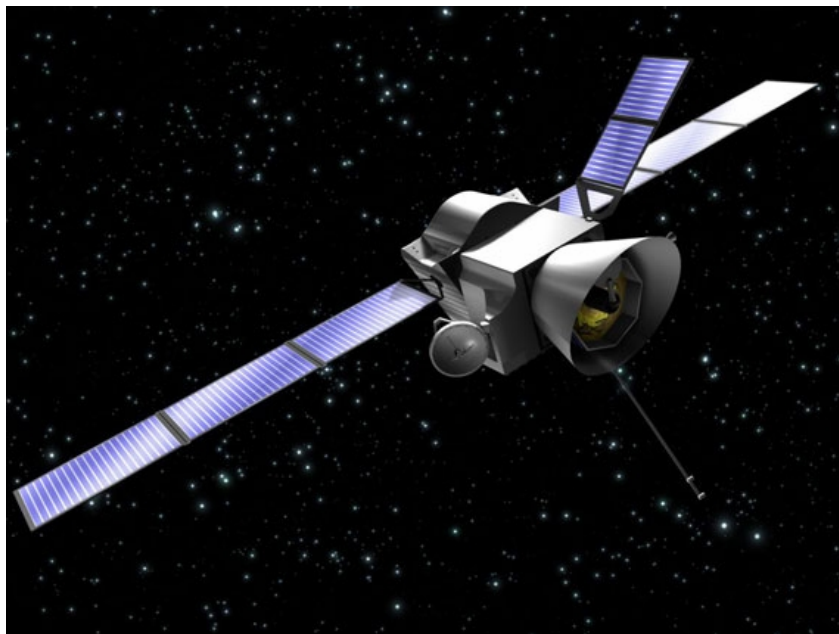


图 12.11 石墨烯传感器

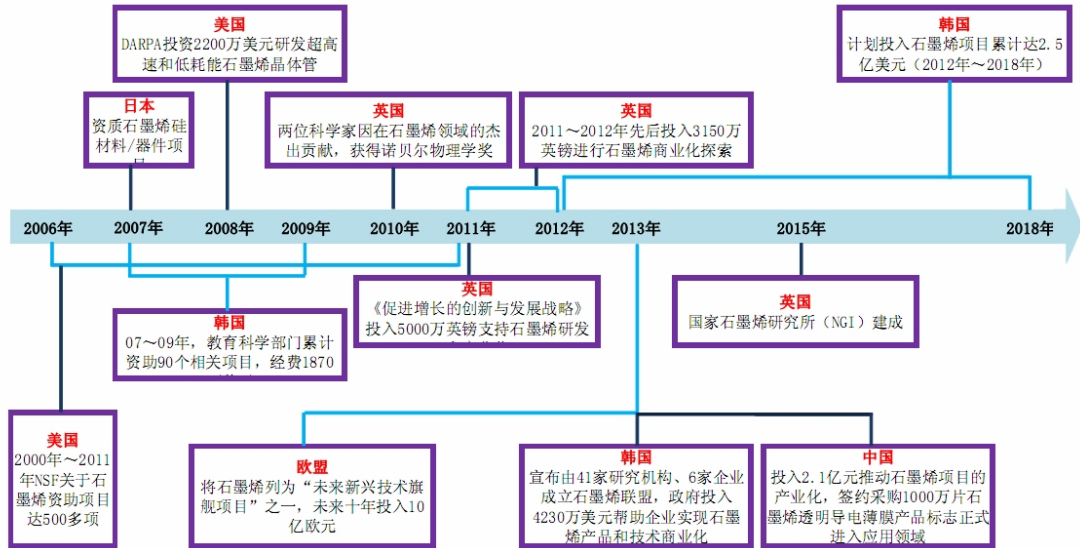


图 12.12 世界各国政府对石墨烯科技的投入



图 12.13 我国的石墨烯产业基地分布



图 12.14 我国部分企业生产的石墨烯导电剂

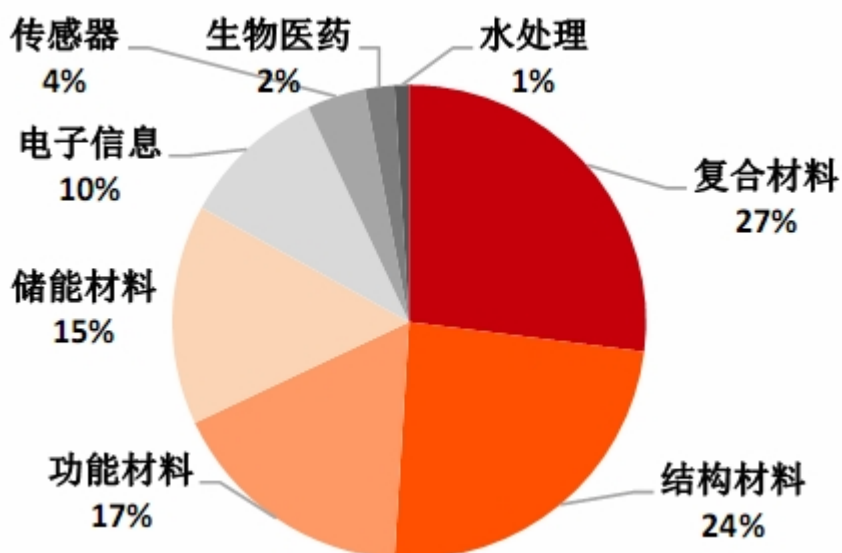


图 12.15 石墨烯在不同应用领域的分布

### 7.16.6 作业安排及课后反思

本单元的课后作业将在课堂上布置下去，都是本单元所必须掌握的重要知识点，请同学们务必认真完成，按时交作业。

课后请反思，石墨烯到底是真的有用，还是仅是科学家在实验室里的玩物？

### 7.16.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查找有关石墨烯应用的知识，为上课做好准备。

### 7.16.8 教学单元的参考资料

请查阅中国石墨烯产业技术创新战略联盟 2018 年出版的《2018 全球石墨烯产业研究报告（摘要版）》一书的第 1、2 章，书中有大量的图片简明直观的说明了石墨烯的历史发展、合成原理、结构特点、应用前景，和产业发展预期。

## 8. 学生课程学习要求

### 8.1 学生自学的要求

除了上课听讲之外，课后自习，认真学习教材也是本课程学习的一个必要环节。自学的要求是以教师给出的每章课后习题为纲，认真学习教材以及参考资料中的相关内容，记住骨干性的知识，并且要求能够使用规范的术语表达有关的专业思想。

每章的内容都有课后作业，同学们应该认真完成，并且按时交作业。

预习的方式是我提前把每一章的课后题答案电子文档上传给各位，各位可以照着答案先把书看一看，但是由于有些专业知识比较艰深，即使有了答案也不容易理解其实际含义，这些正是需要准备好在课堂上认真听取讲解的。

### 8.2 课外阅读的要求

作为一名优秀的同学，对于本专业的知识应该是博览群书，兴趣盎然的。本课程推荐的几本专业书即为后面第 12 节所列的参考书和专业学术著作，请同学们尽可能认真自学，除此之外还应该根据自身的需求、未来职业生涯的规划尽可能地利用大学时光多读一些好的著作。

### 8.3 课堂讨论的要求

本课程以教师讲解为主，除同学们主动要求之外，本课程将把宝贵的课堂时间主要用于教师的讲解。一般不组织同学们在课堂上互相讨论，或者花费很多时间去点名、查考勤。需要同学们展开思考的问题将以作业的形式布置下来，自己上网查资料，自己写小文章交回来，有见地或者有争议的观点将在课堂上予以集中分析。

### 8.4 课程实践的要求

本课程的实践活动将在毕业实习中进行。

## 9. 课程考核方式及评分规程

### 9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求

本课程一般不占用上课时间集中点名，查考勤的方式是上课前教师清点学生人数，课后向班长询问缺勤同学姓名。本课程缺勤 1 次扣平时成绩 5 分（折合最终成绩 2 分），缺勤 1/3 以上将取消考试资格，本课程不允许迟到。请假不算是缺勤，但是需要出具加盖学院教学办公章的请假条，同学口头捎假无效。

### 9.2 成绩的构成与评分规则说明

本课程平时成绩占 100%，期末卷面成绩占 0%。

平时成绩由作业完成情况和考勤情况决定，作业布置 4 次以上。

课后作业必须在指定的时间交来，不得推迟延误，要求手写，不准打印。

缺勤 1 次从最终总成绩里扣 5 分。

### 9.3 考试形式及说明

本课程为考查课性质，不举行闭卷考试，成绩 100% 来源于平时成绩。

## 10. 学术诚信规定

### 10.1 考试违规与作弊

本课程考试的违规与作弊处理依照《四川轻化工大学大学生修读指南》中的有关条例、处理办法、界定与处理标准施行。

### 10.2 杜撰数据、信息等

本课程目前尚没有配套的实验安排。

## 10.3 学术剽窃等

本课程的作业应认真独立完成，不应抄袭他人作业。

# 11. 课堂规范

## 11.1 课堂纪律

- 1、学生必须准时上下课，不应迟到和早退，更不准无故旷课。
- 2、上课期间禁止使用手机，手机应调整为震动模式。
- 3、上课时学生要衣着整齐，专心听讲，认真记笔记，禁止随意交谈或阅读与上课无关的书籍。
- 4、教师提问学生时，学生应起立回答，学生遇问题需问教师时，应举手示意，经教师同意后起立发问。
- 5、上课期间，无关人员一律不得进出教室，或在课堂内逗留。
- 6、教室内必须保持整齐洁净，不允许踩踏桌椅，禁止吸烟和吃食物，不得随意在桌上涂写，不得随地扔碎纸和吐痰，上课前和课间应有值日同学将黑板擦净。
- 7、在教学楼内应保持肃静，不得在走廊和教室内高声喧哗以及做有碍上课的活动。
- 8、同学之间要互相谦让，互相照顾，不得抢占座位。
- 9、非经教学楼管理部门同意，教室内一切备品都不得任意搬动，要自觉爱护教室内的一切备品。

## 11.2 课堂礼仪

### 一、教师课堂礼仪

- 1、仪容仪表整洁，衣着庄重得体，不着奇装异服。
- 2、做好课前准备，上课前不饮酒，保持良好的精神状态。
- 3、上课不迟到，下课不提前，不拖堂，中途不离堂。

4、上课礼仪：上课铃声停止，教师发出“上课”口令，班长：“起立”！学生起立并齐声向老师致敬：“老师好”！教师还礼发出“请坐下”口令，正式上课开始。

5、下课礼仪：下课铃声停止，教师发出“下课”口令，班长：“起立”！学生起立并齐声向老师致敬：“老师再见”！教师还礼：“同学们再见”！正式下课。

6、教学姿态要自然，举止文明不吸烟。

7、教学要讲普通话，语言文明不粗俗。

8、使用国家通用的规范汉字，板书工整规范。

9、课堂上不接听电话，不做与教学无关的事。

10、教师必须严格管理课堂、组织教学，对任教课内的常规纪律负全责。

对学生违反课堂常规要求的行为要及时制止，及时教育。

11、教师要重视学生课堂行为规范的养成，培养学生的文明行为和礼貌习惯，全面提高学生素质。

## 二、学生课堂礼仪

1、上课铃响，学生应迅速进入教室安静端坐，准备好学习用品、本节课所需课本、笔记本等，恭候老师上课。

2、老师进教室，说“上课”，班长喊“起立”（声音要洪亮），全班同学起立并齐声说“老师好”，老师回应“同学们好”。在老师回应后，全班同学一起坐下，老师开始上课。

3、下课铃响，老师宣布下课，班长叫“起立”，全体同学起立并齐声说“谢谢老师”，待老师还礼后学生方可离开教室。

4、迟到同学应在教室前门先喊“报告”，经老师批准后方可回座位。

5、有特殊情况需要离开教室，应先举手，起立向老师说明原因，经老师同意后从后门出教室。

6、专心听讲，不翻阅与本课无关的书、报、杂志，不说闲话，发言先举手示意，不在座位上七嘴八舌。

7、按安排的座位就坐，坐姿要端正，不移动课桌和换座。

8、上课期间不接听手机或收发短信、玩游戏，不吃东西、不吸烟或做其它妨碍教学的事情。



9、不穿拖鞋、不只穿背心、短裤进入教室，不随地吐痰，不乱扔纸屑，不准在学校和教室打扑克，保持教室文明。

10、课间休息，学生不在教室内追逐打闹，不得损坏公物。

11、尊敬老师，珍惜老师的劳动，自觉遵守课堂纪律，在违反纪律时，要虚心接受老师的批评，不顶撞老师。

## 12. 课程资源

### 12.1 教材与参考书

《碳纤维与纳米炭材料》主要包括两个部分：碳纤维、纳米炭材料。炭材料领域虽然有很多学术专著可供参考，但是国内目前没有很合适的公开出版教材，主要依靠教师讲解。纳米炭材料部分目前可以采用化学工业出版社 2015 年张耀君编写的《纳米材料基础（双语版）》一书。

### 12.2 专业学术专著

许鹤鸣.碳纤维[M]..北京：科学出版社，1979.

上海石油化学研究所. 丙烯氨氧化合成丙烯腈[M] ..北京：燃料化学工业出版社，1972.

刘之奎. 腈纶纺丝[M] ..北京：纺织工业出版社，1981.

吴云书. 材料与科学工程基础[M] ..北京：机械工业出版社，1990.

贺福. 碳纤维及石墨纤维[M] ..北京：化学工业出版社，2010.

王茂章, 贺福所. 碳纤维的制造、性质及其应用[M] ..北京：科学出版社，1985.

曾汉民. 碳纤维及其复合材料显微图象[M] ..广州：中山大学出版社，1990.

大谷杉郎. 复合材料入门[M] ..北京：冶金工业出版社，1995.

刘吉平. 碳纳米材料[M] ..北京：科学出版社，2004.

陈光华. 金刚石薄膜的制备与应用[M] ..北京：化学工业出版社，2004.

沈海军. 新型碳纳米材料：碳富勒烯[M] ..北京：国防工业出版社，2008.

成会明. 纳米碳管制备、结构、物性及应用[M] ..北京：化学工业出版社，2002.

陈永胜. 石墨烯 新型二维碳纳米材料[M] ..北京：科学出版社，2013.

许鹤鸣. 碳纤维[M] ..北京：科学出版社，1979.

中国石墨烯产业技术创新战略联盟, 2018 全球石墨烯产业研究报告（摘要版）[M].. 北京：中国石墨烯产业技术创新战略联盟，2018.

## 12.3 专业刊物

国内刊物主要是核心期刊《新型炭材料》，国际刊物主要是《Carbon》等。

## 12.4 网络课程资源

我校的能源化工专业网络课程资源尚在建设之中。

## 12.5 课外阅读资源

请同学们广泛阅读网络上有关碳纤维和纳米炭材料领域的科技文章以及政策走向报道。碳纤维和纳米炭材料都是高新技术炭材料，但是前者实用性更强，后者目前以理论探索为主，对于国家的现在和未来都有重要意义，因此请给与足够的关注，不仅仅是科技进展的有关报道，国家的政策走向也同样重要。

# 13. 学术合作备忘录

## 13.1 教师作出师德师风承诺

作为一名高校教师，我深知肩负着教书育人的责任。我将严格遵守教育部《关于建立健全高校师德建设长效机制的意见》和《高等学校教师职业道德规范》对高校教师的各项要求，做到爱岗敬业、关爱学生、刻苦钻研、严谨笃学，勇于创新、奋发进取，淡泊名利、志存高远。我决心做一名师德高尚的人民教师并郑重承诺：

一、爱国守法。热爱祖国，热爱人民，拥护中国共产党领导；严格遵守宪法

和法律法规，遵守学校规章制度；课堂讲授有纪律，不有违背党的路线方针政策、损害国家形象和人民利益、影响社会稳定和校园和谐、损害学生和学校的合法权益、宣扬邪教和宣传封建迷信等行为；不有其它不利于学生健康成长的言行。

二、敬业爱生。恪尽职守，甘于奉献；坚持终身学习，刻苦钻研，拓宽学术视野，优化知识结构；尊重关爱学生，严格要求、平等公正对待学生；不索要、收受学生及其家人的礼品、礼金、有价证券、支付凭证等财物。

三、教书育人。坚持教学中渗透德育；尊重学生个性差异，因材施教；积极开展教学改革，提高教育教学质量；不拒绝学生的合理要求；不通过向学生推销书刊等商品获取利益；不从事影响教育教学的兼职兼薪工作。

四、严谨治学。尊重科学规律，坚持真理；能够团结合作，协同创新；秉持学术良知，恪守学术规范；自觉抵制学术失范和学术不端行为；不弄虚作假、不抄袭剽窃、不篡改侵吞他人学术成果、不违规使用科研经费；不重复发表自己的科研成果；不滥用学术资源和学术影响。

五、服务社会。勇担社会责任，热心公益事业，传播优秀文化，普及科学知识；自觉承担社会义务，主动参加社会实践，积极提供专业服务。

六、为人师表。坚持学为人师，行为世范；言行雅正，举止文明，以高尚师德、人格魅力和学识风范感染学生；自尊自律，清廉从教，以身作则，自觉抵制有损教师职业声誉的行为；不在各类考试、推优等工作中徇私舞弊；不对学生实施性骚扰或与学生发生不正当关系。不有其他违反教师职业道德的行为。

承诺人：

年 月 日

## 13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容

课程实施大纲具有4个方面的功能：1、教师和学生之间的契约合同；2、学生的学习工具；3、师生沟通的桥梁；4、教学评估的工具。因此请同学们务必要认真阅读学习。

### 13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

选课学生签名：\_\_\_\_\_ 年 月 日

## 14. 其他必要说明

本实施大纲在课程的实际实施过程中会根据实际情况予以持续的更新和优化。