

四川理工学院课程实施大纲

课程名称：炭材料工程基础

授课班级：能化 2015 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）

四川理工学院 制

2018 年 3 月

《炭材料工程基础》课程实施大纲

基本信息

课程代码：16751004

课程名称：炭材料工程基础

学 分：2

总 学 时：32

学 期：第 6 学期

上课时间：第 10~17 周，周三、五上午一、二节

上课地点：N1-413 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 2015 级 1、2 班

任课教师：李刚

学 院：化学工程学院

邮 箱：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.....	7
3.1 教师的职称、学历.....	7
3.2 教育背景.....	8
3.3 研究兴趣.....	8
4. 先修课程.....	8
5. 课程目标.....	8
5.1 知识与技能方面.....	8
5.2 过程与方法方面.....	9
5.3 情感、态度与价值观方面.....	9
6. 课程内容.....	10
6.1 课程的内容概要.....	10
6.2 教学重点、难点.....	11
6.3 学时安排.....	11
7.课程教学实施.....	12
7.1（第1单元）.....	12
7.1.1 教学日期.....	12
7.1.2 教学目标.....	12
7.1.3 教学内容.....	12
7.1.4 教学过程.....	13
7.1.5 教学方法.....	13
7.1.6 作业安排及课后反思.....	15
7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	15
7.1.8 教学单元的参考资料.....	15
7.2（第2单元）.....	16
7.2.1 教学日期.....	16
7.2.2 教学目标.....	16
7.2.3 教学内容.....	16
7.2.4 教学过程.....	16
7.2.5 教学方法.....	17
7.2.6 作业安排及课后反思.....	18
7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	19
7.2.8 教学单元的参考资料.....	19
7.3（第3单元）.....	19

7.3.1 教学日期.....	19
7.3.2 教学目标.....	19
7.3.3 教学内容.....	19
7.3.4 教学过程.....	20
7.3.5 教学方法.....	20
7.3.6 作业安排及课后反思.....	22
7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	22
7.3.8 教学单元的参考资料.....	22
7.4 (第 4 单元)	23
7.4.1 教学日期.....	23
7.4.2 教学目标.....	23
7.4.3 教学内容.....	23
7.4.4 教学过程.....	23
7.4.5 教学方法.....	24
7.4.6 作业安排及课后反思.....	26
7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	26
7.4.8 教学单元的参考资料.....	26
7.5 (第 5 单元)	26
7.5.1 教学日期.....	26
7.5.2 教学目标.....	26
7.5.3 教学内容.....	27
7.5.4 教学过程.....	27
7.5.5 教学方法.....	27
7.5.6 作业安排及课后反思.....	30
7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	31
7.5.8 教学单元的参考资料.....	31
7.6 (第 6 单元)	31
7.6.1 教学日期.....	31
7.6.2 教学目标.....	31
7.6.3 教学内容.....	31
7.6.4 教学过程.....	32
7.6.5 教学方法.....	32
7.6.6 作业安排及课后反思.....	34
7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	35
7.6.8 教学单元的参考资料.....	35
7.7 (第 7 单元)	35
7.7.1 教学日期.....	35
7.7.2 教学目标.....	35
7.7.3 教学内容.....	35
7.7.4 教学过程.....	36
7.7.5 教学方法.....	36
7.7.6 作业安排及课后反思.....	39
7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	39
7.7.8 教学单元的参考资料.....	40

7.8 (第 8 单元)	40
7.8.1 教学日期	40
7.8.2 教学目标	40
7.8.3 教学内容	40
7.8.4 教学过程	40
7.8.5 教学方法	41
7.8.6 作业安排及课后反思	43
7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	43
7.8.8 教学单元的参考资料	43
7.9 (第 9 单元)	44
7.9.1 教学日期	44
7.9.2 教学目标	44
7.9.3 教学内容	44
7.9.4 教学过程	44
7.9.5 教学方法	45
7.9.6 作业安排及课后反思	46
7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	46
7.9.8 教学单元的参考资料	46
7.10 (第 10 单元)	46
7.10.1 教学日期	46
7.10.2 教学目标	46
7.10.3 教学内容	47
7.10.4 教学过程	47
7.10.5 教学方法	47
7.10.6 作业安排及课后反思	49
7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	49
7.10.8 教学单元的参考资料	50
7.11 (第 11 单元)	50
7.11.1 教学日期	50
7.11.2 教学目标	50
7.11.3 教学内容	50
7.11.4 教学过程	51
7.11.5 教学方法	51
7.11.6 作业安排及课后反思	53
7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	53
7.11.8 教学单元的参考资料	53
7.12 (第 12 单元)	53
7.12.1 教学日期	53
7.12.2 教学目标	54
7.12.3 教学内容	54
7.12.4 教学过程	54
7.12.5 教学方法	54
7.12.6 作业安排及课后反思	57
7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	58

7.12.8 教学单元的参考资料.....	58
7.13 (第 13 单元)	58
7.13.1 教学日期.....	58
7.13.2 教学目标.....	58
7.13.3 教学内容.....	58
7.13.4 教学过程.....	58
7.13.5 教学方法.....	59
7.13.6 作业安排及课后反思.....	61
7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	61
7.13.8 教学单元的参考资料.....	61
7.14 (第 14 单元)	62
7.14.1 教学日期.....	62
7.14.2 教学目标.....	62
7.14.3 教学内容.....	62
7.14.4 教学过程.....	62
7.14.5 教学方法.....	62
7.14.6 作业安排及课后反思.....	65
7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	65
7.14.8 教学单元的参考资料.....	65
7.15 (第 15 单元)	65
7.15.1 教学日期.....	65
7.15.2 教学目标.....	65
7.15.3 教学内容.....	65
7.15.4 教学过程.....	66
7.15.5 教学方法.....	66
7.15.6 作业安排及课后反思.....	69
7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	69
7.15.8 教学单元的参考资料.....	69
7.16 (第 16 单元)	69
7.16.1 教学日期.....	69
7.16.2 教学目标.....	70
7.16.3 教学内容.....	70
7.16.4 教学过程.....	70
7.16.5 教学方法.....	71
7.16.6 作业安排及课后反思.....	73
7.16.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	74
7.16.8 教学单元的参考资料.....	74
8. 学生课程学习要求.....	74
8.1 学生自学的要求.....	74
8.2 课外阅读的要求.....	74
8.3 课堂讨论的要求.....	75
8.4 课程实践的要求.....	75
9. 课程考核方式及评分规程.....	75
9.1 出勤 (迟到、早退等)、作业、报告等的要求.....	75

9.2 成绩的构成与评分规则说明.....	75
9.3 考试形式及说明.....	76
10. 学术诚信规定.....	78
10.1 考试违规与作弊.....	78
10.2 杜撰数据、信息等.....	78
10.3 学术剽窃等.....	78
11. 课堂规范.....	79
11.1 课堂纪律.....	79
11.2 课堂礼仪.....	79
12. 课程资源.....	81
12.1 教材与参考书.....	81
12.2 专业学术专著.....	81
12.3 专业刊物.....	81
12.4 网络课程资源.....	81
12.5 课外阅读资源.....	82
13. 学术合作备忘录.....	82
13.1 教师作出师德师风承诺.....	82
13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容.....	83
13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望.....	83
14. 其他必要说明.....	83

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，高一层次的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专业核心课程，必修课，2 学分 32 学时，安排在大三第二学期。

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，主要涉及煤、石油、天然气、生物质、氢能等规模化加工、生产过程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，能够在煤炭以及生物质等含碳能源的高效洁净转化利用、污染控制，以及新型碳材料、新能源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。

炭材料工程基础是能源化学工程专业的一门核心课程。是面对传统的石墨电极、炭黑、活性炭，以及正在兴起的石墨烯等行业所设立的一门新课程。它的先行课是《煤化学》，通过对于煤炭结构的学习，一方面了解了煤炭这种重要的工业原料本身的有关知识，另一方面也初步的了解了以碳元素为主体的材料的基本构成方式，本课程就是以煤炭的结构作为最基本的出发点，讲授各种炭材料的结构、特性，和制造原理。

本课程的核心知识包括 3 个方面：1、各种炭材料的基本结构与性质； 2、

各种炭材料的生产原理与基本工艺流程；3、各种炭材料的应用。

2.3 课程的前沿及发展趋势

炭材料是以煤、石油和它们的加工产物等有机物质作为主要原料，经过一系列加工处理所制得的非金属材料，主要成分是碳。

炭材料是一种古老的材料，早在数千年前就用作金属冶炼的还原剂和燃料，即利用其化学性质；从十九世纪开始，相继制成电池电极、电弧炭棒，电机炭刷直至炼钢电弧炉用电极，即利用其物理性质。炭材料又是一种新型的材料，二次世界大战后，炭材料被用作核反应堆的减速剂和屏蔽材料。1960 年前后，炭纤维问世，打破了炭材料的传统概念，从此人们更加重视的是利用炭材料的功能性质。当今，炭材料已发展成为一大类品种繁多、用途广泛、功能优异的材料，大量应用于冶金、化工、机械、电子、电器、航空、核能、医药等工业领域和生物工程、文体器材等民用方面，成为国民经济不可缺少的材料。

进入 21 世纪以来，出现了代表最新科技发展发现的纳米炭材料，富勒烯，碳纳米管，和石墨烯。特别是石墨烯，已进入大规模产业化的前夜，包括四川省在内的很多省份已有很多高科技企业蓄势待发。这都要求我们学习炭材料的基础知识。

炭材料之所以获得如此广泛的应用，是由于它具有多方面的物理、化学特性以及这些理化特性的巧妙结合，使得它具备其它工业材料所不具备的种种性能。

截至目前，用途最广、产量吨位最大的仍然是粘结成型的炭材料，即人造石墨电极、人造石墨阳极、耐高温炭材料、耐磨炭材料、不透性石墨材料、高纯石墨材料和高强石墨材料等常规块状石墨系制品。但是，不用粘结剂的炭材料，即热解碳与热解石墨等热解碳系制品、炭纤维及其复合材料等炭纤维系制品、碳分子筛和纤维状活性炭等活性炭系制品、玻璃碳与多孔碳等树脂碳系制品、人造金刚石、类金刚石膜等新型炭材料产业已逐渐走向成熟，其功能之优异，令人瞩目。石墨烯、碳纳米管等最前沿的纳米炭材料则正在迅速发展，逐渐从理论研究走向实际应用。

预计，今后炭材料科学发展将以下列三个方面为主导方向。

（1）对于粘结成型炭材料，将以提高产品质量和降低生产能耗为主要目标。

为此，势必在原料制备技术和生产工艺设备两个方面要有所进步。

(2) 对于新型炭材料，将以研制新品种和开发新功能为主要目标。其中，具有我国自主知识产权的高性能级炭纤维的制造技术和炭纤维复合材料制造技术将逐渐成熟，从“新型炭材料”逐渐转变为“传统炭材料”。

(3) 石墨烯、碳纳米管研究开发将逐渐从理论研究向实际应用继续迈进。碳材料科学的基础研究将进一步深化，尤其是微结构研究，形成机理研究以及界面化学物理的研究。

2.4 学习本课程的必要性

炭材料工程基础是能源化学工程专业的一门核心课程。

碳材料是以煤、石油和它们的加工产物等有机物质作为主要原料，经过一系列加工处理所制得的非金属材料，主要成分是碳。

传统碳材料包括石墨块、活性炭、炭黑、天然钻石等；新型碳材料包括碳纤维、玻璃碳、定向热解碳、石墨层间化合物、人造钻石、类金刚石膜等；现在最前沿的纳米碳材料包括富勒烯、碳纳米管、石墨烯等。上述碳材料不论是对于传统的冶金、机械、原子能工业，还是对于世界各国一直都在竞相角力的航空、航天、国防工业，还是对于当前最前沿的纳米科技领域，都具有特别重大的意义。

本课程主要讲授上述碳材料的基本结构和基本性质，包括其微观结构、晶体结构、宏观结构，力、热、电、磁性质，化学性质、核物理性质等。并按照是否需要添加粘结剂，和原料的状态是气相、液相或固相作为分类方法，分门别类地讲授以上各种碳材料的基本生产方法和原理。

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。博士毕业后来四川理工学院工作，从事能源化学工程专业的教学和科研工作至今。

3.3 研究兴趣

碳纤维。

4. 先修课程

本课程的先修课程为《煤化学》。

5. 课程目标

- 1、掌握各类碳材料的基本结构和基本性质，包括微观结构、晶体结构、宏观结构，力、热、电、磁性质，化学性质、核物理性质等，和它们的基本生产方法和原理，具有正确地分析有关碳材料生产工艺、技术原理问题的初步能力；
- 2、深刻理解各类碳材料的结构、生产方法的共性规律和个性特点，具有运用碳材料工程基本知识解决一般复杂程度的碳材料工程问题的能力，为进入碳材料的生产、研发领域打好基础；
- 3、具有与碳材料有关的分析、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

本课程的内容包括各种炭材料的结构、特性、制备等方面的基础知识。本课程内容的核心和重点包括：1、各种炭材料的基本结构与性质； 2、各种炭材料的生

产原理与基本工艺流程；3、各种炭材料的应用。通过本课程的学习，要深刻掌握上述基础知识。

5.2 过程与方法方面

炭材料是一种古老的材料，早在数千年前就用作金属冶炼的还原剂和燃料，即利用其化学性质；从十九世纪开始，相继制成电池电极、电弧炭棒，电机炭刷直至炼钢电弧炉用电极，即利用其物理性质。炭材料又是一种新型的材料，二次世界大战后，炭材料被用作核反应堆的减速剂和屏蔽材料。1960 年前后，炭纤维问世，打破了炭材料的传统概念，从此人们更加重视的是利用炭材料的功能性质。当今，炭材料已发展成为一大类品种繁多、用途广泛、功能优异的材料，大量应用于冶金、化工、机械、电子、电器、航空、核能、医药等工业领域和生物工程、文体器材等民用方面，成为国民经济不可缺少的材料。

炭材料之所以获得如此广泛的应用，是由于它具有多方面的物理、化学特性以及这些理化特性的巧妙结合，使得它具备其它工业材料所不具备的种种性能。

炭材料是一门实践性很强并处于迅速发展的学科。在学习过程中应预习与及时复习，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，促进炭材料知识的发展与完善。

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。

科学知识与技能是中性的，既可以对人类产生积极作用，也可以产生消极作用，关键是看掌握科学知识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，首先要求掌握科学知识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：

1 炭材料的基本结构与基本性质

1.1 碳的微观结构和炭材料的晶体结构；1.2 炭材料的宏观结构；1.3 炭材料的力学性质；1.4 炭材料的热学性质；1.5 炭材料的电磁性质；1.6 炭材料的化学性质；1.7 炭材料的核物理性质。

2 粘结成型炭材料加工工程

2.1 粘结成型炭材料用骨料和粘结剂；2.2 粘结成型炭材料的加工工程。

3 炭化工程与新型炭材料

3.1 气相炭化；3.2 液相炭化；3.3 固相炭化。

4 纳米炭材料

4.1 纳米科技与纳米炭材料；4.2 富勒烯；4.3 碳纳米管；4.4 石墨烯。

5 超硬炭材料

5.1 人造金刚石；5.2 金刚石薄膜；5.3 类金刚石碳基薄膜材料。

6.2 教学重点、难点

各章的重点和难点分述如下：

1 炭材料的基本结构与基本性质

【重点】炭材料的基本性质。

【难点】炭材料的晶体结构。

2 粘结成型炭材料加工工程

【重点】粘结成型炭材料的加工工程。

【难点】粘结成型炭材料用骨料和粘结剂。

3 炭化工程与新型炭材料

【重点】固相炭化。

【难点】液相炭化。

4 纳米炭材料

【重点】石墨烯。

【难点】碳纳米管。

5 超硬炭材料

【重点】人造金刚石。

【难点】类金刚石碳基薄膜材料。

6.3 学时安排

表 1 学时安排

内 容	学时
1 炭材料的基本结构与基本性质	6
2 粘结成型炭材料加工工程	4
3 炭化工程与新型炭材料	10
4 纳米炭材料	8
5 超硬炭材料	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，需要掌握有关炭材料的基本概念、炭材料的晶体结构与宏观织构。

7.1.3 教学内容

本单元的教学内容为序言、第 1 章“炭材料的基本结构与基本性质”中的第 1、2 节部分，具体内容为：

序言

1 炭材料的基本结构与基本性质

1.1 碳的微观结构和炭材料的晶体结构

1.1.1 碳的同素异形体

1.1.2 理想石墨晶体结构与炭材料的多晶石墨结构

1.1.3 易石墨化碳和难石墨化碳

1.2 炭材料的宏观织构

1.2.1 真密度、体积密度与堆密度

1.2.2 气孔率、比孔容积与孔径分布

1.2.3 气体渗透率

本单元的重点和难点分别是：

【重点】炭材料的晶体结构；

【难点】炭材料的宏观织构。

7.1.4 教学过程

本章内容将深入浅出地从最常见的铅笔、汽车轮胎、电灯说起，引出石墨、炭黑、碳纤维等炭材料，由此转入正题，说明炭材料对于国计民生和的重要意义。序言讲完之后开始讲解炭材料的基本性质。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，这些图表包括，图：

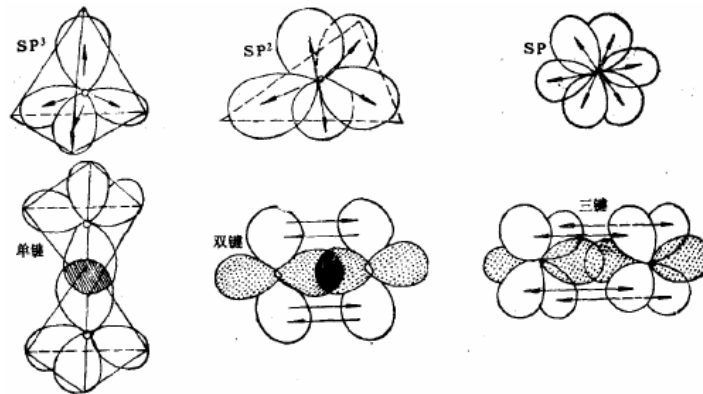


图 1.1 碳的三种杂化轨道（上）和三种键型（下）

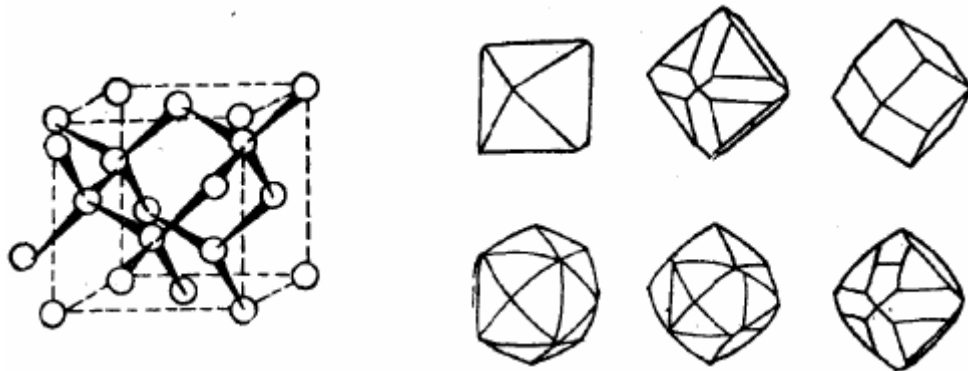


图 1.2 金刚石晶体结构（左）与天然金刚石晶体形态（右）

图 1.3 六角平面网状结构示意图

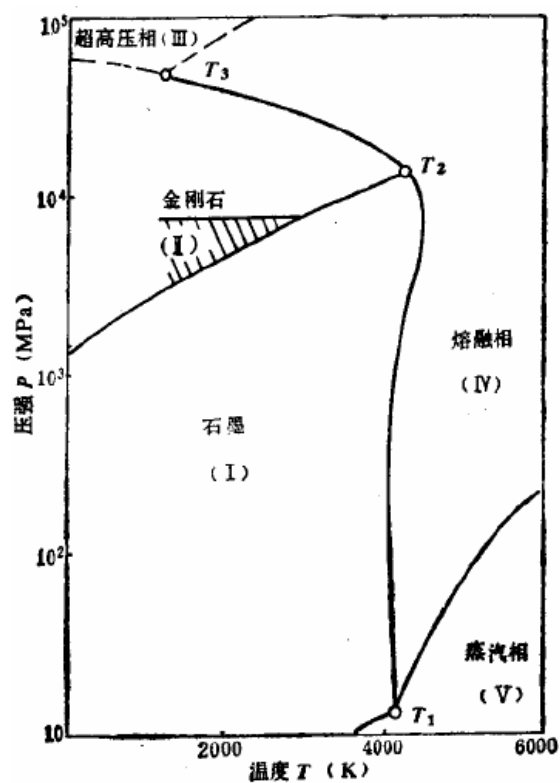


图 1.4 碳的热力学状态图

图 1.5 理想石墨晶体结构

图 1.6 理想石墨的位能曲线

图 1.7 菱面体石墨晶体结构

图 1.8 六角平面网层中的空洞

图 1.9 平面网层边缘的杂原子和杂原子团

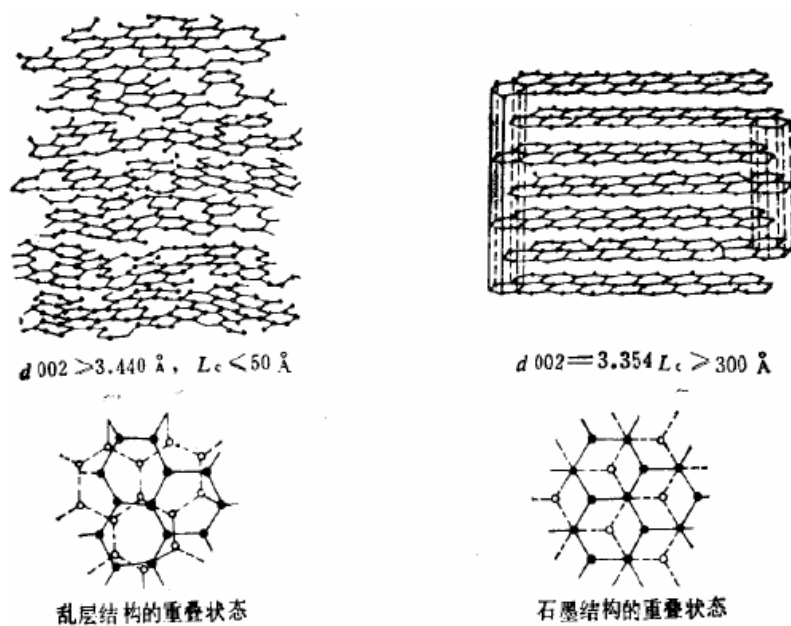


图 1.10 多晶石墨的乱层结构（左）与理想石墨的有序结构模型（右）

图 1.11 某石油焦在高温热处理过程中 d002、La 和 Lc 的变化



图 1.12 易石墨化碳结构模型

图 1.13 难石墨化碳结构模型

图 1.14 两种类型碳在热处理过程中结构参数的变化

图 1.15 汞压孔率计的结构示意图

表:

表 1.1 石墨的各向异性示例

表 1.2 一些炭材料及其原料的真密度 (g/cm^3)

表 1.3 炭材料的致密度等级及其相应的比孔容积

表 1.4 几种炭材料的气体渗透率

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，碳元素为什么具有这么多的独特性质。

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相关的感兴趣知识，比如：石墨烯、人造金刚石、煤制炭材料等，做好开始学习一门新课程的准备。

7.1.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅中国物资出版社 1992 年杨国华所著的《碳素材料》一书中概论部分的有关内容。

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，要求掌握炭材料的力学性质与热学性质。

7.2.3 教学内容

本单元的教学内容为第 1 章“炭材料的基本结构与基本性质”中的第 3、4 节，具体内容包括：

1.3 炭材料的力学性质

1.3.1 抗压强度、抗折强度与抗拉强度

1.3.2 弹性模量和泊松比

1.3.3 蠕变特性

1.3.4 摩擦特性

1.4 炭材料的热学性质

1.4.1 蒸气压与升华热

1.4.2 热容、焓与熵

1.4.3 热导率

1.4.4 线膨胀系数

1.4.5 抗热震性

本单元的重点和难点分别是：

【重点】炭材料的力学性质

【难点】蠕变特性

7.2.4 教学过程

本章内容首先展示展示几张碳纤维和石墨电极的图片，获得这些具有超常力

学性能和热学性能的炭材料感性认识，然后引入正题逐一的介绍炭材料在力学、热学性能方面的详细情况。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。

7.2.5 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，这些图表包括，图：

图 1.16 一般碳（石墨）材料的抗拉强度随使用温度的变化

图 1.17 人造石墨和几种典型耐热材料的比强度随温度变化曲线

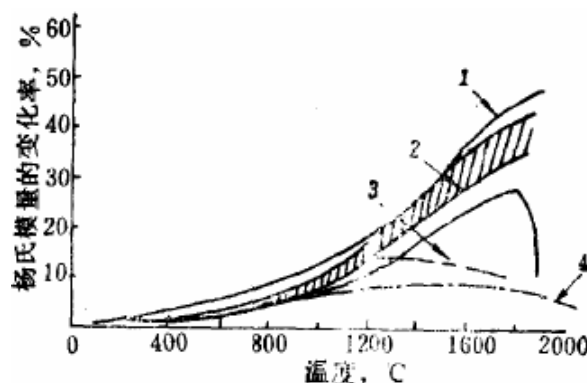


图 1.18 一些碳（石墨）材料的杨氏模量随温度变化曲线

图 1.19 石墨材料在拉伸应力下的蠕变的各向异性

图 1.20 典型人造石墨材料（挤压成型）的蠕变速度与温度、应力的关系

图 1.21 碳在常压下的自由蒸发速度与温度的关系

图 1.20 碳的蒸气压与温度的关系

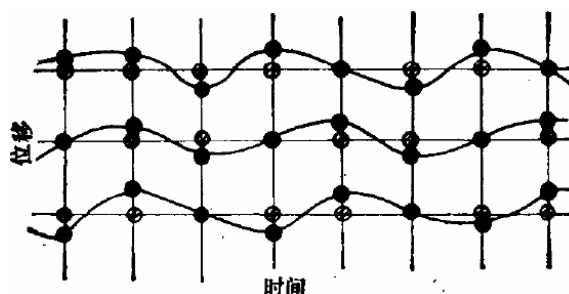


图 1.23 晶格热振动示意图

图 1.24 石墨材料热导率与体积密度、气孔率的关系

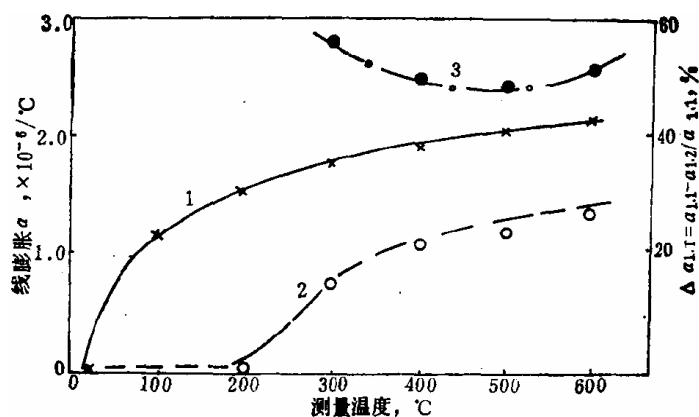


图 1.25 一种煤系针状焦的 $a_{1,1}$ 、 $a_{1,2}$ 和 $\Delta a_{1,1}$ 随温度变化关系

图 1.26 石墨晶体的 a 方向和 c 方向的线膨胀系数

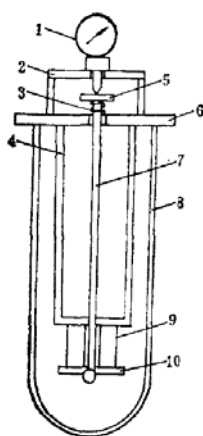


图 1.27 石英示差膨胀计结构示意图

表:

表 1.5 一些块状碳（石墨）材料的弹性模量

表 1.6 石墨材料对各种材料的摩擦系数

表 1.7 碳（石墨）材料在不同温度下的比热容、比焓和比熵

表 1.8 常温下石墨的热导率及其与金属对比

表 1.9 石墨制品线膨胀系数 a_l 随温度升高的增量 Δa_l （以 100°C 为基准）

表 1.10 石墨和一些耐高温材料的耐热冲击参数 R' 值

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，炭材料在什么情况下可以达到力学性能最佳？

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碳纤维、石墨烯、人造金刚石力学性能的有关知识。

7.2.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅兰州炭素厂 1978 年翻译曼德尔所著的《碳和石墨手册》一书，查看各种炭材料的力学参数和热学参数。

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

本单元学习炭材料的电磁性质、化学性质、核物理性质。通过本单元的学习，要求掌握炭材料的电磁性质、化学性质、核物理性质。

7.3.3 教学内容

本单元的教学内容为第 1 章“炭材料的基本结构与基本性质”中的第 5、6、7 节，具体内容包括：

1.5 炭材料的电磁性质

1.5.1 导电性与电阻率

1.5.2 抗磁性与磁化率

1.5.3 一些电磁参数与非电磁参数的关系

1.6 炭材料的化学性质

1.6.1 氧化反应与防氧化方法

1.6.2 高温熔解与碳化物的生成

1.6.3 嵌入反应与层间化合物的生成

1.7 炭材料的核物理性质

1.7.1 散射截面与吸收截面

1.7.2 全吸收系数与中子平均走行距离

1.7.3 减速能力与减速比

1.7.4 辐照效应与辐照损伤

本单元的重点和难点分别是：

【重点】炭材料的电磁性质

【难点】炭材料的核物理性质

7.3.4 教学过程

本章内容涉及石墨制品在炼钢与核反应堆方面的用途，首先展示多张炼钢炉和核反应堆内部结构的图片，获得炭材料在电磁学、核物理方面性质的感性认识，然后转入正题，逐一的介绍炭材料在电磁学、化学和核物理方面的性质。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，这些图表包括，图：

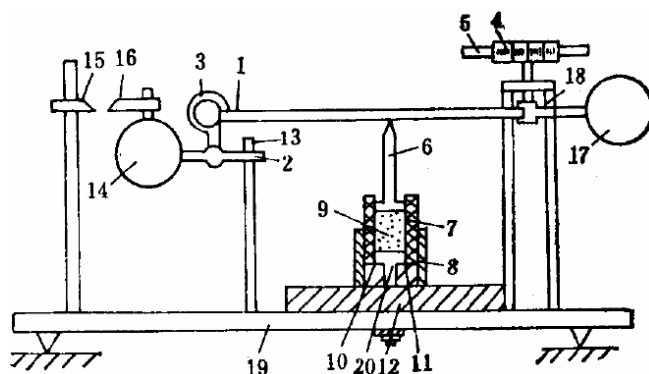


图 1.28 粉末电阻率测定仪的构造

图 1.29 炭材料的平均抗磁性 磁化率与热处理温度的关系

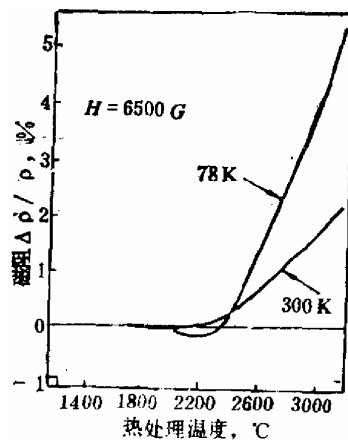


图 1.30 磁阻与热处理温度的关系

图 1.31 三种典型抗氧化处理的实际效果 (CO₂, 700°C)

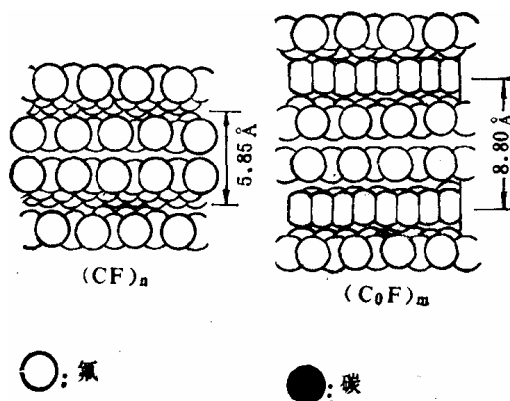


图 1.32 氟化石墨的结构

图 1.33 静电引力型石墨层间化合物的浓度等级模型

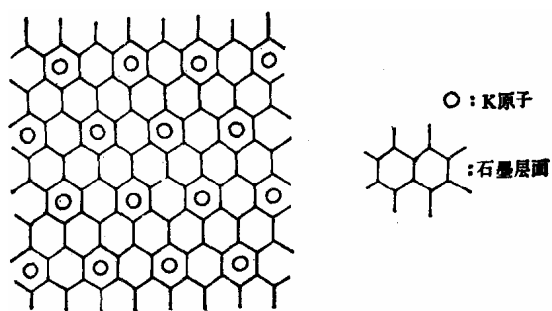


图 1.34 K8C 石墨层间化合物中 K 原子对石墨层面相对位置

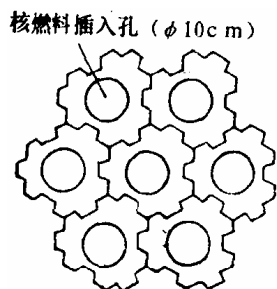


图 1.35 核反应堆中石墨块的组合结构和核燃料的排布方式

图 1.36 石墨晶格参数随辐照量和辐照温度的变化

表:

表 1.11 天然鳞片状石墨与热解石墨的电阻率及其异向比

表 1.12 一些碳（石墨）制品的电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

表 1.13 一些炭材料原料的粉末电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

表 1.14 几种石墨制品的平均抗磁性磁化率 χ_m 与测量温度关系

表 1.15 碳在一些气体介质中的氧化反应和 t_0 、 V_0 值

表 1.16 杂质含量不同的两种石墨在不同温度下的抗氧化性

表 1.17 碳元素与金属和非金属元素的反应

表 1.18 碳元素与金属和非金属氧化物的反应

表 1.19 石墨层间化合物的分类

表 1.20 一些氟化石墨的理化性质

表 1.21 一些减速材料的核物理常数和减速性能指标

表 1.22 一些减速材料的核物理常数和减速性能指标

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，除了石墨，还有没有别的材料可以胜任核反应堆结构材料的重任？

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炼钢厂生产原理、核反应堆基本结构的有关知识。

7.3.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅清华大学出版社 2010 年徐世江所著的《核工

程中的炭和石墨材料》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

本单元学习石墨电极等传统炭材料生产工艺的原材料问题。通过本单元的学习，要求能够掌握粘结成型炭材料的骨料与粘结剂的有关知识。

7.4.3 教学内容

本单元的教学内容为第 2 章“粘结成型炭材料加工工程”中第 1 节，具体内容

包括：

2 粘结成型炭材料加工工程

2.1 粘结成型炭材料用骨料和粘结剂

2.1.1 常用的骨料及其适用范围

2.1.2 骨料的预加工（煅烧）

2.1.3 粘结剂

本单元的重点和难点分别是：

【重点】常用的骨料及其适用范围

【难点】粘结剂

7.4.4 教学过程

本单元讲述粘结成型炭材料，又称常规块状炭材料或一般炭材料，是历史最长，用途最广，产量最多的一大类炭材料，根据 2014 年的统计数字，中国石墨及炭素制品的总产量为 3519.7 万吨，已形成了一个种类齐全，规模庞大的产业群。首先展示几张石墨电极生产车间的生产图片，然后开始讲述详细内容。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，这些图表包括，图：

图 2.1 石油焦的区域型显微组织（大域）

图 2.2 石油焦的纤维型显微组织（中纤维）

图 2.3 煤沥青焦的区域型（向纤维型过渡）显微组织

图 2.4 煤沥青焦的纤维型显微组织

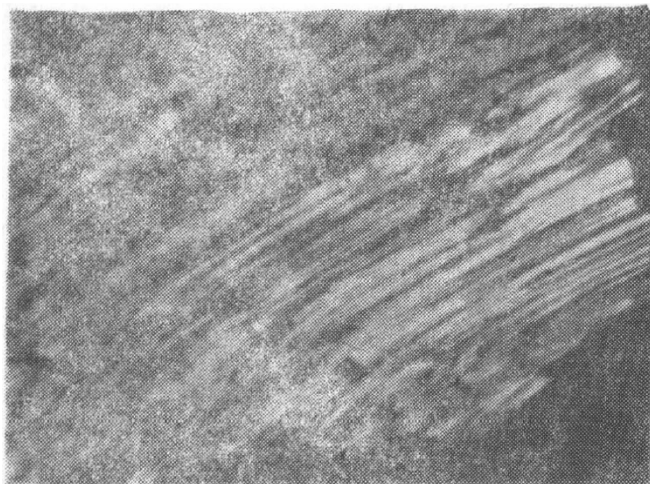


图 2.5 针状焦的外形（ $\times 120$ ）

图 2.6 针状焦的纤维型显微组织（ $\times 300$ ）

图 2.7 石墨化冶金焦的球状体和片状体（ $\times 300$ ）



图 2.8 球状焦基高纯石墨（高密，气孔率 12%）（×300）

图 2.9 石油焦生焦在煅烧过程中的挥发分析出量变化

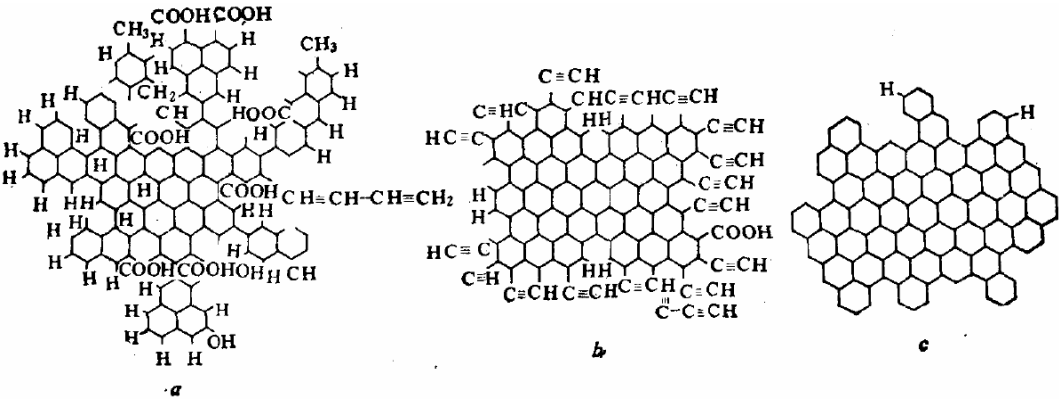


图 2.10 骨料颗粒内碳平面网结构随煅烧温度的变化

图 2.11 石油焦在煅烧过程中真密度和电阻率变化

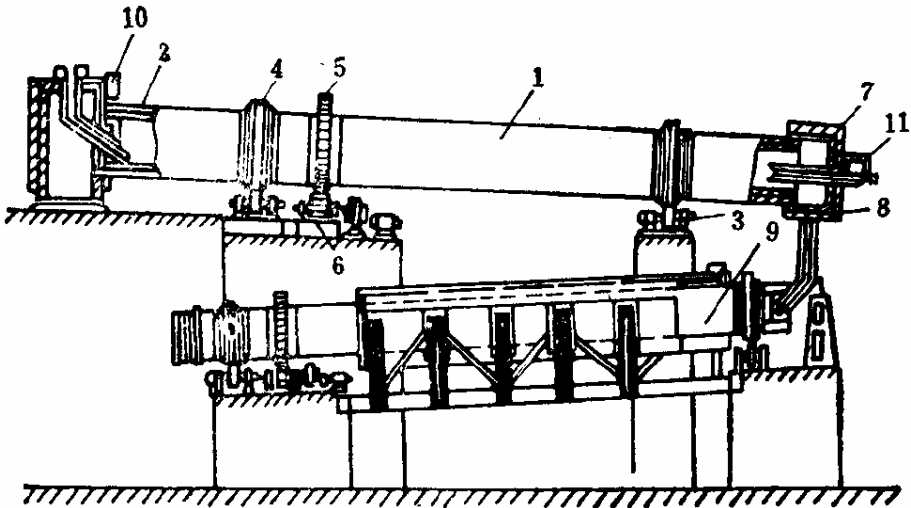


图 2.12 回转式煅烧窑

图 2.13 煤焦油沥青的密度与软化点 (a) 测定温度 (b) 的关系

图 2.14 不同软化点的煤焦油沥青粘度、表面张力和温度的关系

图 2.15 不同软化点的煤焦油沥青的润湿接触角 (左)、毛细管压力

图 2.16 沥青生成的粘结剂焦与鳞片状天然石墨结合关系

图 2.17 沥青生成的粘结剂焦与石油焦结合关系

图 2.18 沥青生成的粘结剂焦与沥青焦结合关系

图 2.19 沥青生成的粘结剂焦与冶金焦结合关系

图 2.20 沥青生成的粘结剂焦

表:

- 表 2.1 主要的连续消耗性炭材料的单位消耗量
- 表 2.2 常用骨料的制造方法和主要特征
- 表 2.3 代表性的粘结成型炭材料的主要性能要求和适用骨料
- 表 2.4 常用骨料的煅烧质量指标
- 表 2.5 一些国家的煤焦油沥青的分组组成和元素组成
- 表 2.6 三种煤焦油沥青的粘结能力
- 表 2.7 焙烧试样抗压强度与罗加指数关系的一例

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，粘结成型的炭材料粘结剂用的越多越好还是越少越好？

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沥青、煤焦油、针状焦基本性质的有关知识。

7.4.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅冶金工业出版社 1997 年李圣华编著的《石墨电极生产》一书的第 4、5 章内容。

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

本单元学习粘结成型炭材料的加工工程。

7.5.3 教学内容

本单元的教学内容为第 2 章“粘结成型炭材料加工工程”中的第 2 节，具体内容包括：

2.2 粘结成型炭材料的加工工程

2.2.1 典型加工过程

2.2.2 产品性能要求与加工过程特点

本单元的重点和难点分别是：

【重点】典型加工过程。

【难点】产品性能要求与加工过程特点

7.5.4 教学过程

本单元在上一单元的基础上继续讲述石墨电极等粘结成型炭材料的加工工程。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。

7.5.5 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，这些图包括：

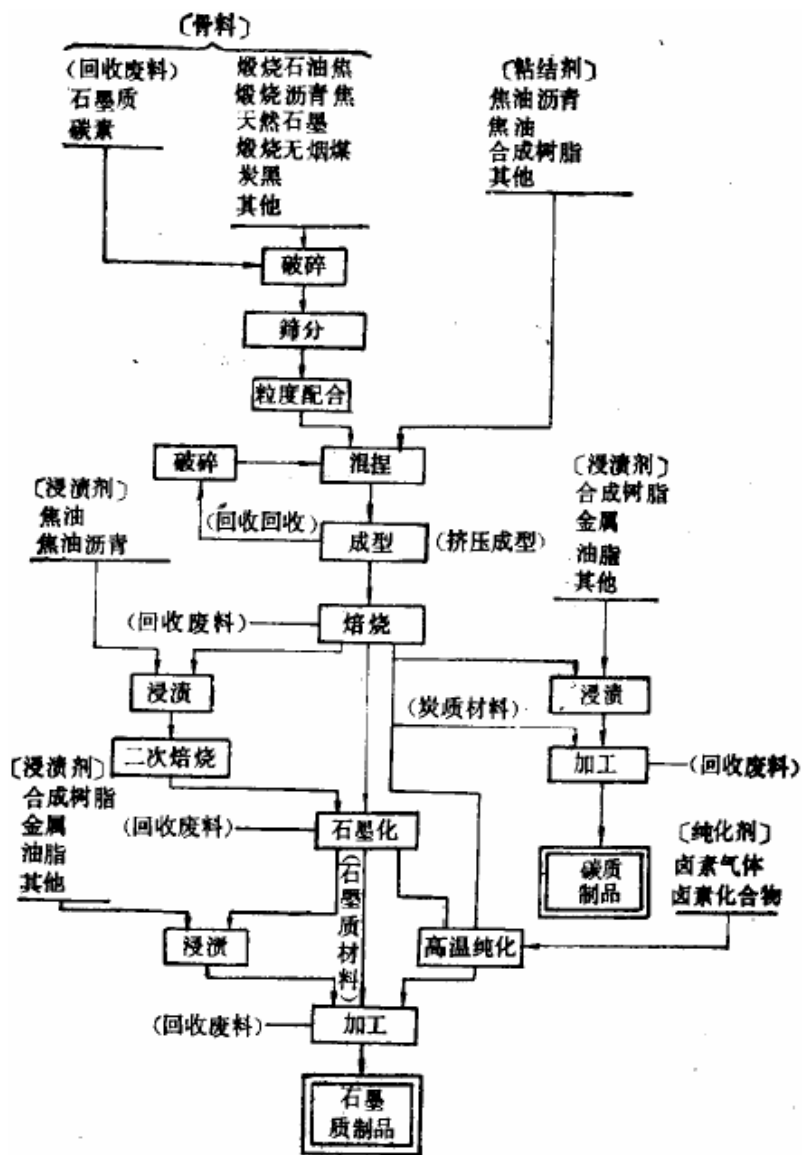


图 2.21 粘结成型炭材料的典型工艺流程

图 2.22 球磨机的生产能力 Q 与钢球填充率 K 的关系

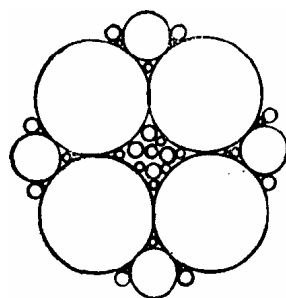


图 2.23 不同直径球体相互填充示意图

图 2.24 双轴搅拌混捏锅构造示意图

图 2.25 逆流高速混捏锅构造示意图

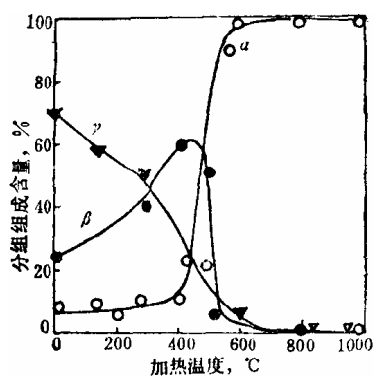


图 2.26 沥青的分组组成随热处理温度的变化

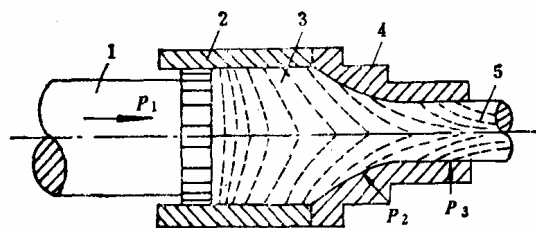


图 2.27 挤压过程示意图

图 2.28 外摩擦系数 μ' 与沥青软化点、糊料温度的关系

图 2.29 模压成型示意图

图 2.30 模压压块不同高度的体积密度

图 2.31 模压坯料和挤压坯料用骨料最大粒径与坯料直径的关系

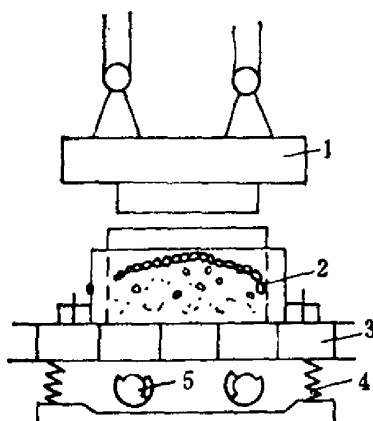


图 2.32 振动成型示意图

图 2.33 人造石墨电极生产用焙烧曲线

图 2.34 坯体浸渍处理前后的孔径分布变化

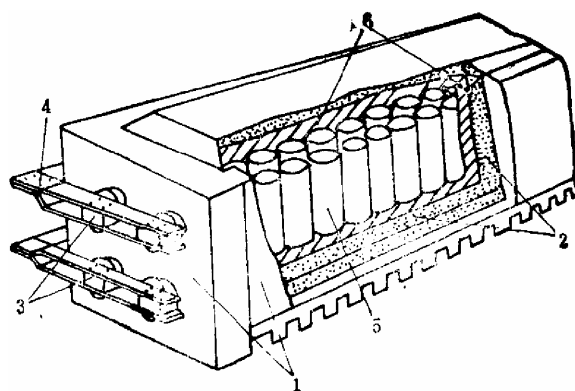


图 2.35 一种石墨化炉构造示意图

图 2.36 石墨化过程中晶格参数随温度变化关系

图 2.37 石油焦在石墨化过程中的层间距变化

图 2.38 焙烧后坯体在石墨化过程中的真密度和电阻率随温度的变化表：

表 2.8 直径 300~350mm 普通功率人造石墨电极的配方

表 2.9 球体堆积体的密实度和气孔率与球径组成的关系

表 2.10 几种煅烧后骨料的吸附性 (cm³/100g 试样)

表 2.11 一些煤焦油沥青的 $t_0=90$ 和 $t_{\pi}=0$ 值

表 2.12 联苯醚混合物的和饱和水蒸汽在一些温度下的蒸气压

表 2.13 糊料内摩擦系数 $\mu \times 10^{-5}$

表 2.14 模压制品和挤压制品的各项异性程度对比

表 2.15 振动成型和挤压成型的制品性质对比

表 2.16 焙烧过程中坯体各项性能指标值的变化

表 2.17 交流石墨化炉和直流石墨化炉的电耗对比, kW·h/t

表 2.18 大功率直流石墨化炉内升温速度

表 2.19 石墨化的理论温度和持续时间

表 2.20 石墨化过程中灰分与杂质元素含量的变化

表 2.21 一些元素以单质存在时的沸点

表 2.22 一些元素和碳化物的沸点

表 2.23 高温纯化使杂质减小的效果

表 2.24 各类粘结成型炭材料的加工工程特点

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，艾奇逊石墨化炉为什么可以沿用近百年的时间？

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四川省石墨电极生产企业的信息。

7.5.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅冶金工业出版社 1997 年李圣华编著的《石墨电极生产》一书的第 9~13 章内容。

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

本单元学习气相炭化的基本知识。通过本单元的学习，要求掌握炭黑、热解碳、气相生长碳纤维的生产原理。

7.6.3 教学内容

本单元的教学内容为第 3 章“炭化工程与新型炭材料”中的第 1 节，具体内容包括：

3 炭化工程与新型炭材料

3.1 气相炭化

3.1.1 气相炭化的化学反应历程

3.1.2 非接触热解型气相炭化和炭黑的生成机理

3.1.3 接触热解型气相炭化和热解碳制造技术

3.1.4 催化热解型气相炭化和气相生长碳纤维

本单元的重点和难点分别是：

【重点】炭黑的生成机理。

【难点】气相炭化的化学反应历程

7.6.4 教学过程

本单元首先从轮胎工业讲起，分析为什么轮胎大都是黑色的，由此引发轮胎中为什么要掺杂大量炭黑的讨论，由此引出炭黑的生产原理。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。

7.6.5 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，这些图表包括，图：

图 3.1 一些烯烃的生成自由能随温度的变化

图 3.2 苯的气相炭化反应历程 ($t > 700^{\circ}\text{C}$)

图 3.3 α -甲基萘和 β -甲基萘的气相炭化反应历程

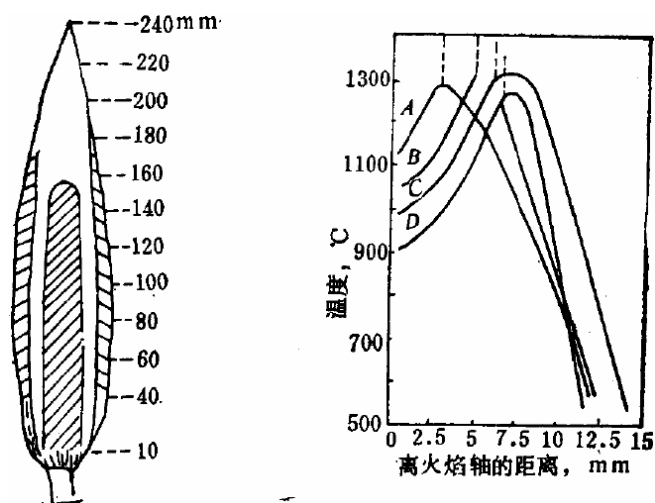


图 3.4 扩散火焰的结构模型（左）与温度分布（右）

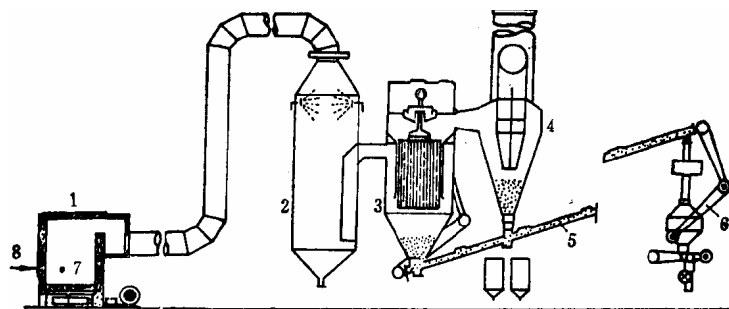


图 3.5 炉法炭黑生产流程图

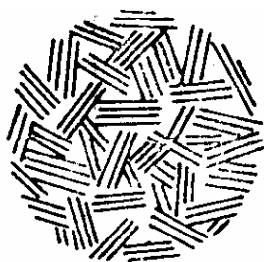


图 3.6 炭黑颗粒内微晶排列模型

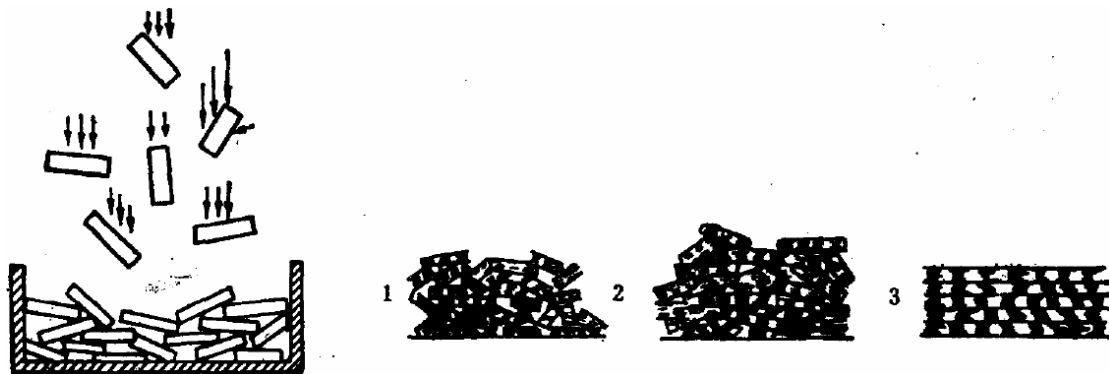


图 3.7 接触热解型气相炭化的沉积模型

图 3.8 热解碳的沉积结构模型

图 3.9 热解碳的两种沉积方式

图 3.10 均热法间接感应加热沉积炉构造

图 3.11 流化床加热沉积炉

图 3.12 细锥状结构的热解碳（平行于基体表面）

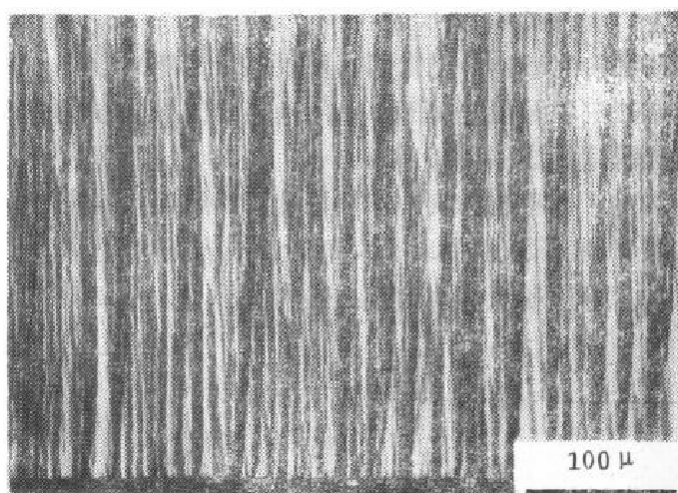
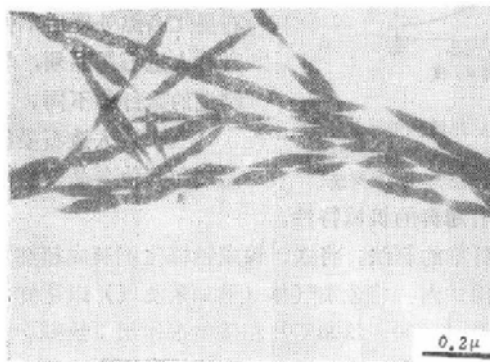


图 3.13 细锥状结构的热解碳（垂直于基体表面）

图 3.14 粗锥状结构的热解碳（平行于基体表面）

图 3.15 粗锥状结构的热解碳（垂直于基体表面）

- 图 3.16 热解碳的电阻率随沉积温度的变化
- 图 3.17 热解碳的真密度与甲烷浓度和沉积温度的关系
- 图 3.18 热解碳的显微结构与沉积温度、甲烷浓度的关系
- 图 3.19 流化床热解碳（各向同性）
- 图 3.20 扫描电镜下流化床热解碳的各向同性结构
- 图 3.21 流化床热解碳（各向同性）与石墨基体界面结构
- 图 3.22 流化床热解碳（粒状）
- 图 3.23 流化床热解碳（柱状）
- 图 3.24 热解碳的热导率和线膨胀系数的各向异性
- 图 3.25 热解碳和热处理后热解碳的取向分布函数
- 图 3.26 气相生长碳纤维（透射电镜）的“初期纤维”外形



- 图 3.27 气相生长碳纤维形成过程的中间状态（透射电镜）
- 图 3.28 气相生长碳纤维的最终产物的外貌（扫描电镜）

表：

- 表 3.1 有机化合物分子中键的离解能
- 表 3.2 反应体系中的核数与反应时间的关系
- 表 3.3 成核数 N^* 与反应物初始浓度 B_0 的关系
- 表 3.4 炭黑颗粒及其内部微晶结构的实测数据
- 表 3.5 两种沉积温度的热解碳经 3200°C 热处理后晶格参数的变化
- 表 3.6 石墨晶须与其他晶须的性能比较

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，宇航工业还有什么地方需要使用炭材料。

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活性炭、火箭喷管内衬等炭材料的信息，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，参阅化学工业出版社 2007 年李炳炎编著的《炭黑生产与应用手册》一书的第三章内容，和兰州炭素厂研究所 1983 年翻译德勒的《热解碳》一书的第四章。

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

本单元学习液相炭化的基本知识。通过本单元的学习，要求掌握液相炭化的化学反应历程、中间相基础理论、针状焦的制造技术。

7.7.3 教学内容

本单元的教学内容为第 3 章“炭化工程与新型炭材料”中的第 2 节，具体内容包括：

3.2 液相炭化

3.2.1 液相炭化的化学反应历程

3.2.2 中间相理论基础

3.2.3 针状焦制造技术

本单元的重点和难点分别是：

【重点】针状焦制造技术。

【难点】中间相理论基础。

7.7.4 教学过程

本单元液相炭化的基本知识，有关中间相的理论尤为重要。在讲述中间相理论的时候，首先从同学们所熟悉的液晶显示器说起，引入液晶的概念，进一步再介绍中间相的概念，由此展开详细介绍炭质中间相的详细细节。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，这些图表包括，图：

图 3.29 一些有代表性芳烃的键级和自由价的图释

图 3.30 茚烯的液相炭化反应历程

图 3.31 茚的液相炭化反应历程

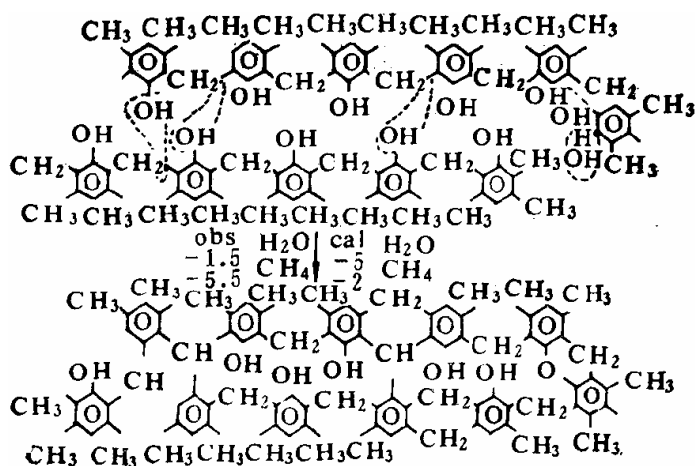


图 3.32 3,5—二甲酚树脂在 400℃炭化过程

图 3.33 一些含氮芳香化合物在炭化过程中的氮含量变化

图 3.34 两种含硫量不同的石油焦制成的焙烧坯体的晶胀现象

图 3.35 催化剂存在下液相炭化反应特征

图 3.36 4,4'-二甲氧基氧化偶氮苯的相转变特征

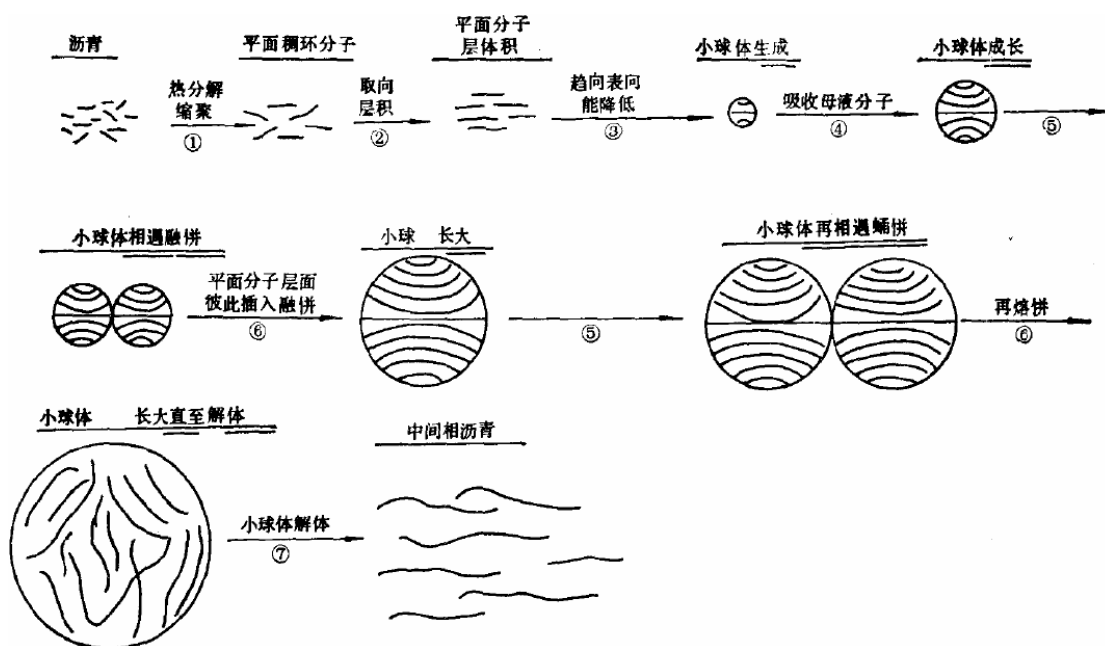


图 3.37 中间相热转化过程示意图

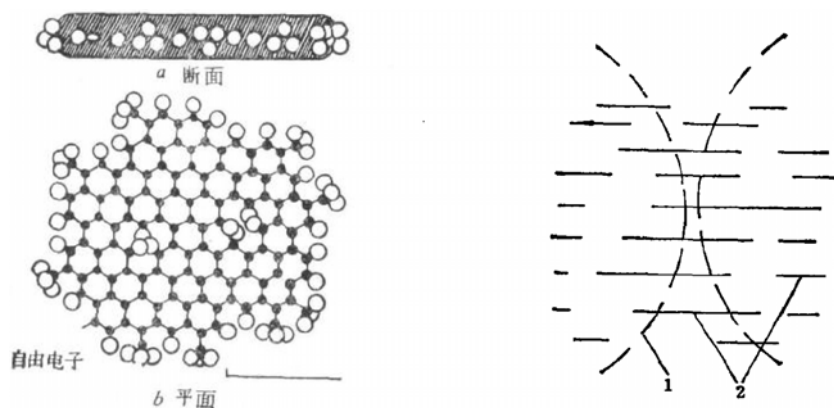


图 3.38 构成中间相小球体的平面分子模型 (Zimmer—White 提出)

图 3.39 两个中间相小球体开始融并的示意图

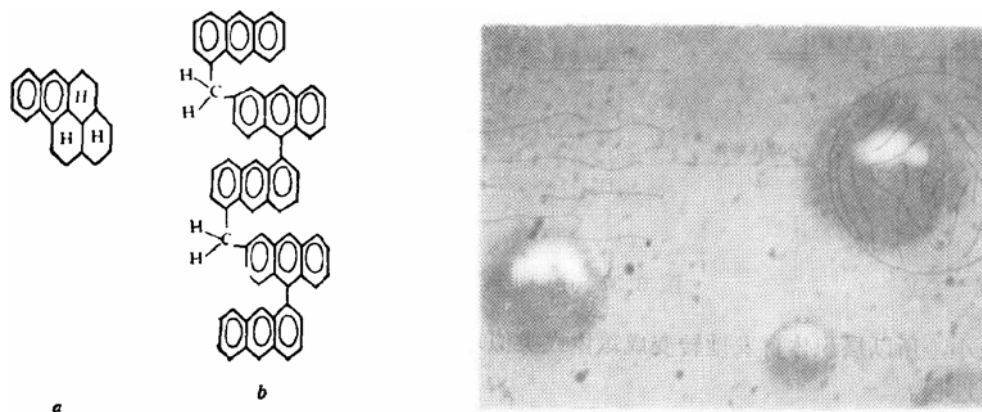


图 3.40 两种沥青的分子结构模型

图 3.41 中间相热转化过程的小球体成长阶段

图 3.42 中间相热转化过程的小球体长大阶段

图 3.43 中间相热转化过程的小球体解体阶段

图 3.44 中间相沥青和仍在解体的中间相小球体

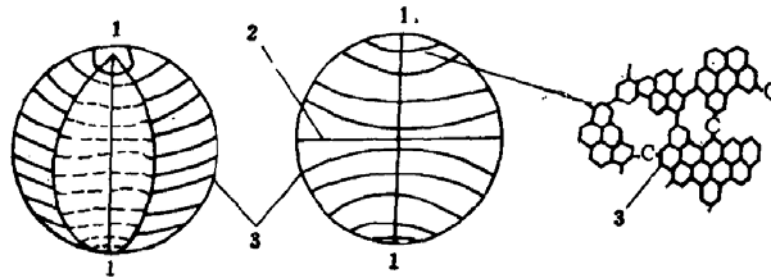


图 3.45 中间相小球体的结构特征

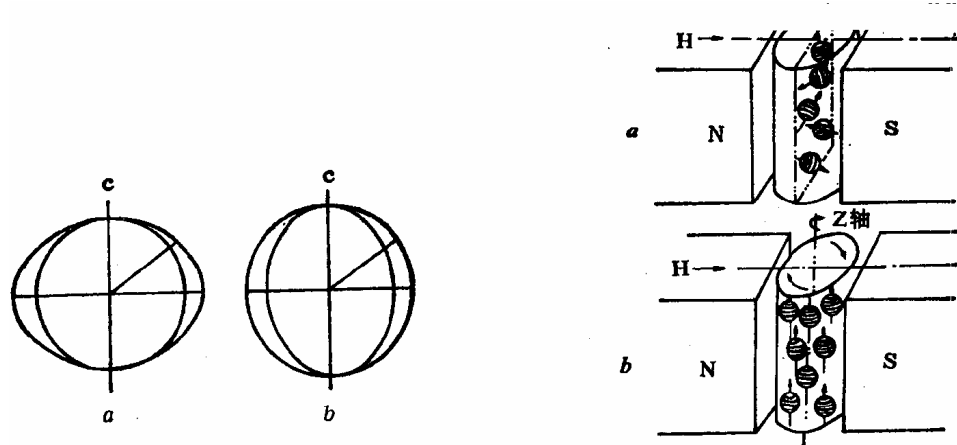


图 3.46 正光性晶体和负光性晶体的光速度曲面

图 3.47 中间相小球体在均匀磁场里定向排列

图 3.48 三种中间相沥青粘度-温度曲线

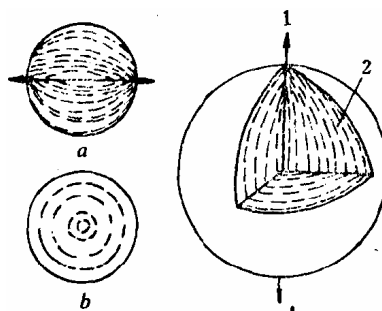


图 3.49 含有游离炭的中间相小球体结构

图 3.50 一种煤系缩聚沥青的中间相、热转化过程速率

图 3.51 不同压力下液相炭化产物的分子排列平均高度

图 3.52 溶剂处理法生产流程图

图 3.53 煤系软沥青和缩聚沥青的一些元素含量

图 3.54 真空闪蒸—加压缩聚法生产流程简图

图 3.55 缩聚沥青的软化点和二次喹啉不溶物含量的关系举例

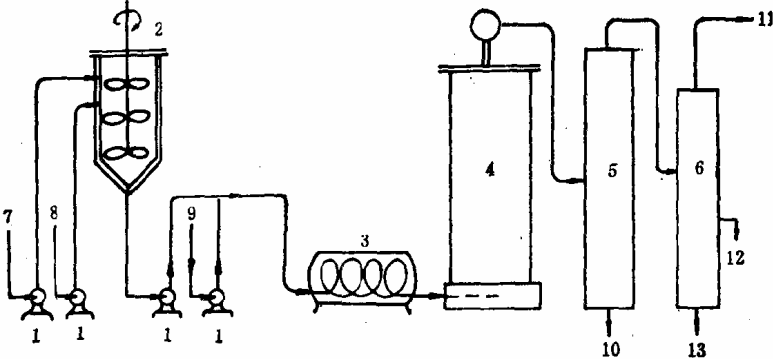


图 3.56 针状焦的制焦流程简图

表：

表 3.7 一些芳烃的离子化电位 IP 值

表 3.8 一些芳烃的键级和自由价

表 3.9 菲、蒽和含氮杂环化合物生成碳的石墨化性比较

表 3.10 碳质中间相理论和应用技术发展简史

表 3.11 游离炭对中间相小球体生成活化能和反应速度常数的影响

表 3.12 日本 72 吨电弧炉在不同功率水的冶炼指标

表 3.13 超高功率电极的物理机械性能指标

表 3.14 一些针状焦的主要性能指标及其与普通石油焦的比较

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，煤化工与石油化工针状焦的生产有何不同。

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液晶、中间相、针状焦的有关知识，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，查阅科学出版社 2015 年王成扬编著的《碳质中间相理论与应用》一书的第二章内容。

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

本单元学习沥青基碳纤维的制造技术，通过本单元的学习，要求沥青基碳纤维的生产原理。

7.8.3 教学内容

本单元的教学内容为第 3 章“炭化工程与新型炭材料”中的第 2 节，具体内容

包括：

3.2.4 沥青基碳纤维制造技术

3.2.5 液相氢化炭化与拟似中间相沥青基碳纤维制造技术

本单元的重点和难点分别是：

【重点】沥青基碳纤维制造技术

【难点】液相氢化炭化与拟似中间相沥青基碳纤维制造技术

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以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。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、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，这些图表包括，图：

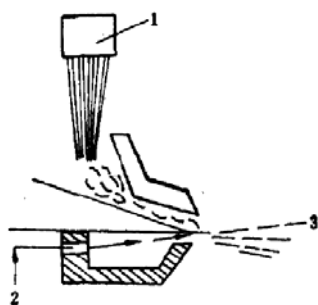


图 3.57 喷射法制造沥青短纤维示意图

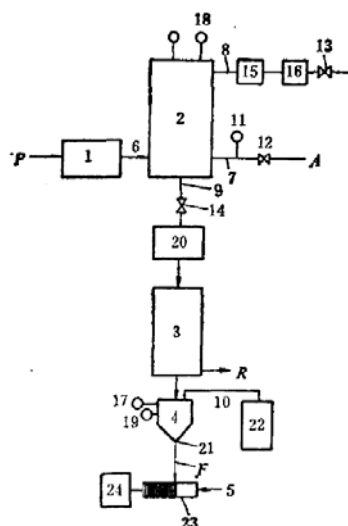


图 3.58 熔融纺制连续长丝过程示意图

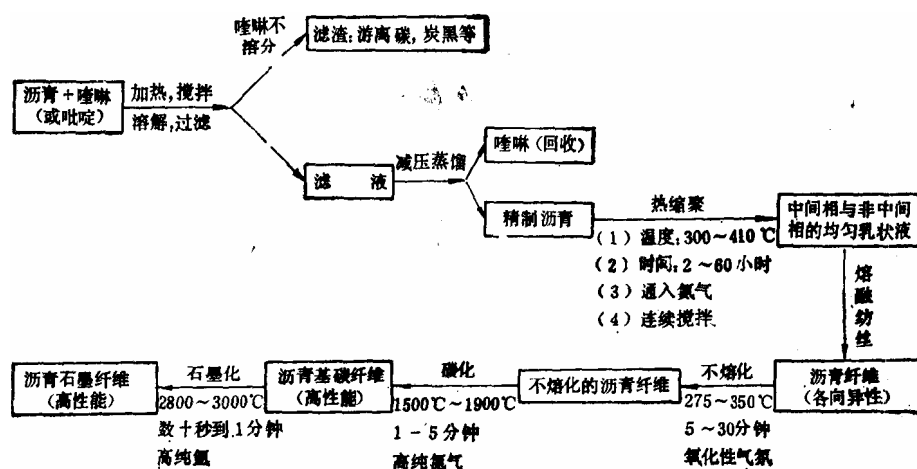


图 3.59 中间相沥青基碳纤维生产流程示意图

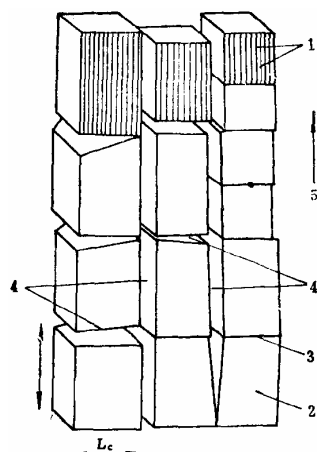


图 3.60 碳纤维多晶结构的理想模型

图 3.61 中间相沥青纺丝装置（喷射式）

图 3.61 中间相沥青纺丝装置（挤压式）

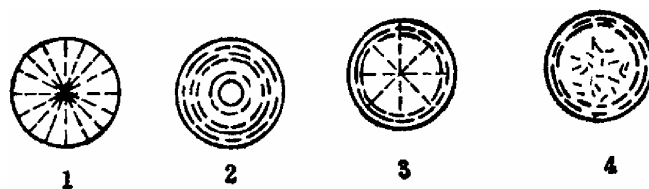


图 3.63 中间相沥青纤维的横断面结构类型

图 3.64 两种沥青的等粘温度曲线

图 3.65 活塞流动示意图

图 3.66 连续式预氧化炉内走丝形式

图 3.67 中间相沥青纤维在不熔化处理过程中氢碳比 H/C 随氧碳比

图 3.68 不熔化处理前后红外光谱的变化

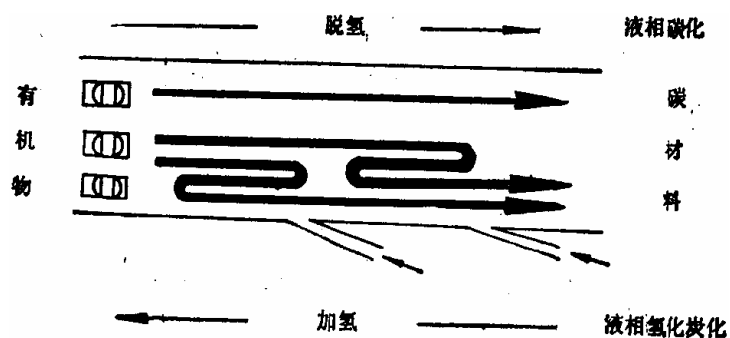


图 3.69 液相氢化—炭化过程示意图

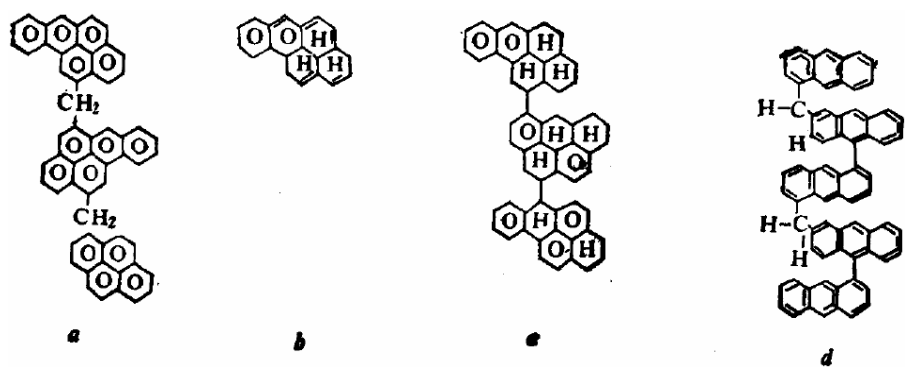


图 3.70 各种沥青的分子结构模型

表:

表 3.15 各类碳纤维的主要技术性能指标值

表 3.16 不同搅拌条件下热缩聚产物的分子量分布

表 3.17 中间相沥青纤维在不熔化处理过程中的变化

表 3.18 各种沥青基碳纤维的性能

表 3.19 不同氢化条件下制得的氢化沥青性质

表 3.20 减压热处理条件对预中间相沥青性质和碳纤维性质的影响

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碳纤维、沥青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

本单元学习固相炭化的基本知识。通过本单元的学习，要求掌握活性炭、玻璃炭、多孔炭的生产原理。

7.9.3 教学内容

本单元的教学内容为第3章“炭化工程与新型炭材料”中的第3节，具体内容包括：

3.3 固相炭化

3.3.1 固相炭化概述

3.3.2 活性炭

3.3.3 玻璃炭、多孔炭与聚合炭

本单元的重点和难点分别是：

【重点】活性炭

【难点】聚合炭

7.9.4 教学过程

本单元讲述固相炭化理论，涉及活性炭、玻璃炭、多孔炭的生产原理。首先从自来水的净化谈起，引出活性炭的用途，由此引出固相炭化的内容，进而详细讲解活性炭、玻璃炭、多孔炭的生产原理。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。

7.9.5 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，这些图表包括，图：

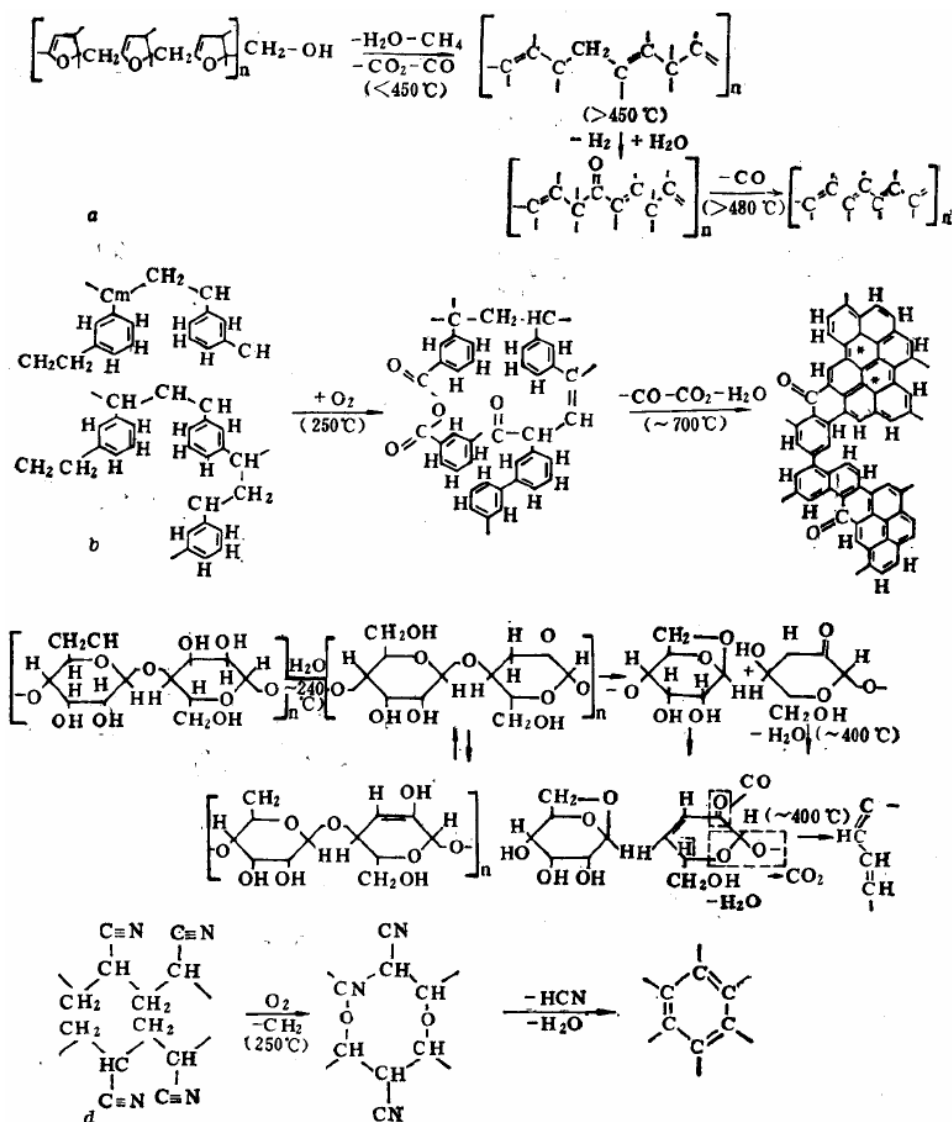


图 3.71 四种聚合物的固相炭化反应历程

材料名称	10 ²	10 ⁰	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹²
玻璃炭								
玻璃								
异丁烯橡胶								
天然橡胶								
锻钢(N ₂ 600℃)								
不透性石墨								
钼(H ₂ 200℃)								
高密石墨								
砖								
一般人造石墨								

图 3.72 各种材料的气体渗透率比较

表:

表 3.21 多孔碳的特性

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，煤基活性炭有何优势？

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活性炭、玻璃炭、多孔碳的用途、生产原理、产业发展情况等信息。

7.9.8 教学单元的参考资料

请到图书馆查阅兵器工业出版社 2006 年黄振兴所著《活性炭技术基础》一书第 5 章的内容。

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

本单元学习聚丙烯腈基碳纤维的生产原理、碳纤维的石墨化、碳分子筛的基本知识。通过本单元的学习，要求掌握聚丙烯腈基碳纤维的生产原理、碳纤维的石墨化、碳分子筛的基本知识。

7.10.3 教学内容

本单元的教学内容为第 3 章“炭化工程与新型炭材料” 中的第 3 节，具体内容包

3.3.4 聚合物原丝的固相炭化与聚丙烯腈碳纤维

3.3.5 不熔化沥青纤维的固相炭化与石墨化

3.3.6 碳分子筛与纤维状活性炭

本单元的重点和难点分别是：

【重点】聚丙烯腈碳纤维

【难点】纤维状活性炭

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 3.73 聚丙烯腈基碳纤维的显微组织

图 3.74 聚丙烯腈基碳纤维的抗拉强

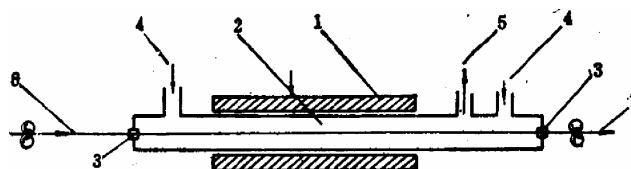


图 3.75 卧式炭化炉构造示意图

图 3.76 竖式炭化炉构造示意图

图 3.77 竖式卧式组合的两段炭化炉构造示意图

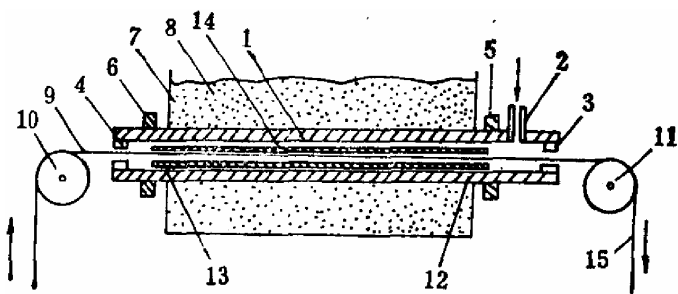


图 3.78 碳纤维制造用石墨化炉构造示意图

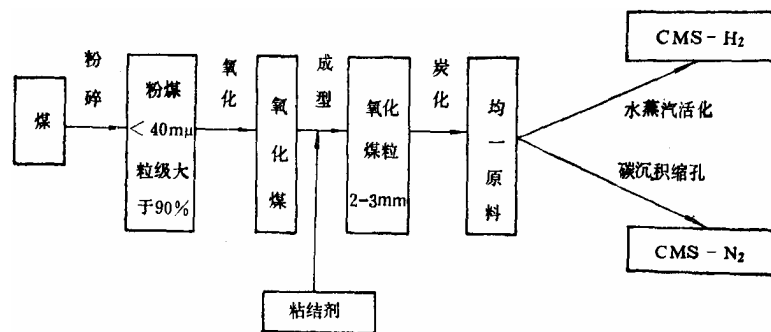


图 3.79 煤制碳分子筛的制造过程

图 3.80 碳分子筛吸附分离机理模型

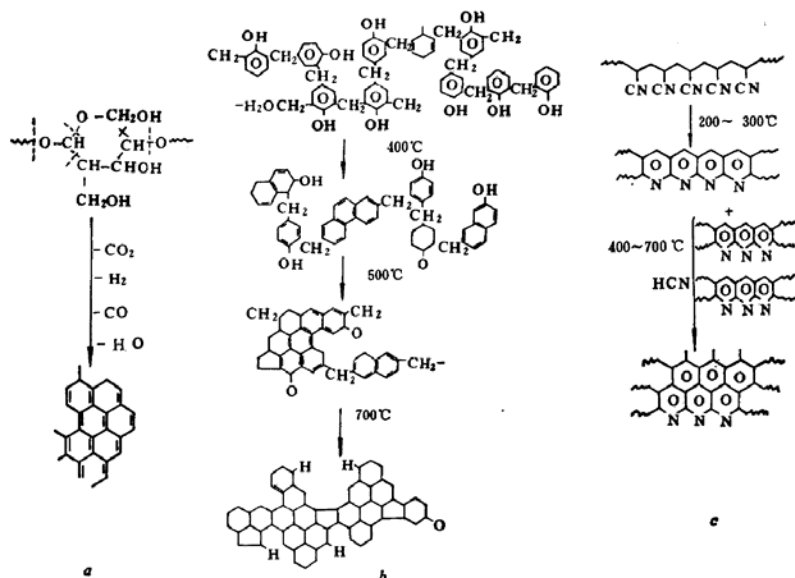


图 3.81 三种纤维制备纤维状活性炭在活化过程中的化学结构变化

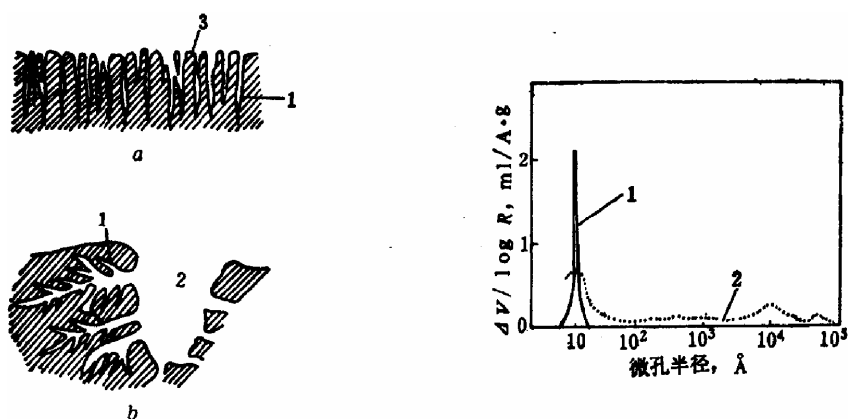


图 3.82 FAC 和 GAC 的孔隙结构模型

图 3.83 FAC 和 GAC 的微孔孔径分布

图 3.84 FAC 和 GAC 对低浓度丙酮

图 3.85 FAC 和 GAC 的吸附透过曲线

图 3.86 FAC 和 GAC 的吸附脱附特性曲线

表:

表 3.22 聚丙烯腈基碳纤维的标准特性指标值

表 3.23 几种碳纤维的密度、电阻率和弹性模量比较

表 3.24 一些气体分子的最大方向尺寸 D_{\max} 和最小方向尺寸 D_{\min}

表 3.25 三种 FAC 与 GAC 的一般性质比较

表 3.26 FAC 和 GAC 对一些吸附质的平衡吸附量, wt%

表 3.27 吸附前和再生后的 FAC 毡的吸附性能和比表面积

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，碳纤维产业最终会从高科技产业转变为传统行业吗？

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，查阅化学工业出版社 2010 年贺福编著的《碳纤维及石墨纤维》一书的第 4 章的内容。

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

本单元学习纳米炭材料的基本知识与富勒烯的生产原理。通过本单元的学习，要求能够掌握纳米炭材料的一般特点，与富勒烯的生产原理。

7.11.3 教学内容

本单元的教学内容为第 4 章“纳米炭材料”中的第 1、2 节，具体内容包括：

4 纳米炭材料

4.1 纳米科技与纳米炭材料

4.1.1 纳米科技的基本概念

4.1.2 纳米材料的特性

4.1.3 纳米炭材料

4.2 富勒烯

4.2.1 绪言

4.2.2 富勒烯的合成方法

4.2.3 晶体结构与物性

4.2.4 富勒烯的应用

本单元的重点和难点分别是：

【重点】纳米炭材料

【难点】富勒烯

7.11.4 教学过程

本单元讲碳纳米材料的基本知识，和富勒烯的有关内容。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，然后介绍富勒烯的基本知识。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，这些图包括：

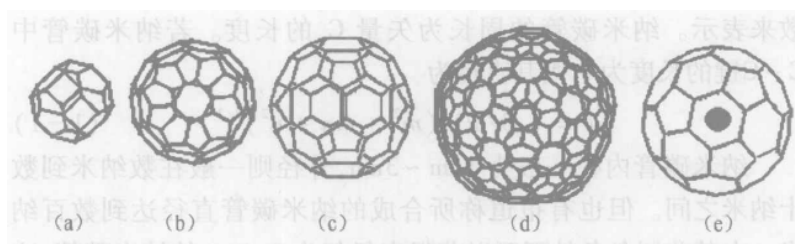


图 4.1 富勒烯分子

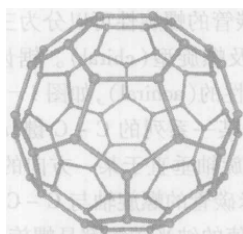


图 4.2 C60 结构图

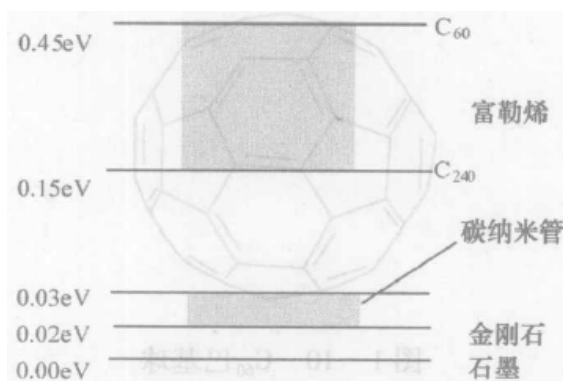


图 4.3 不同炭材料中原子的能量

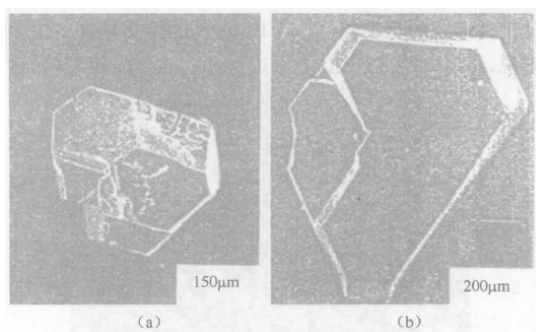


图 4.4 液相制备与气相制备的 C₆₀ 单晶体

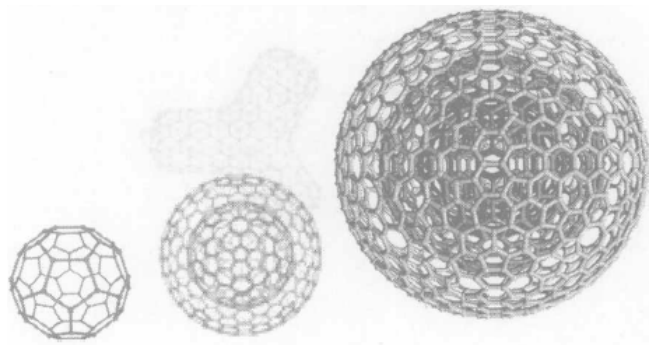


图 4.5 单层、双层与三层洋葱状富勒烯

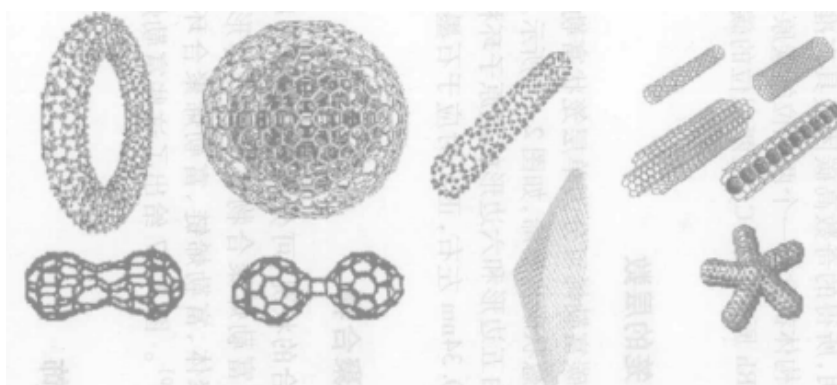


图 4.6 碳富勒烯家族

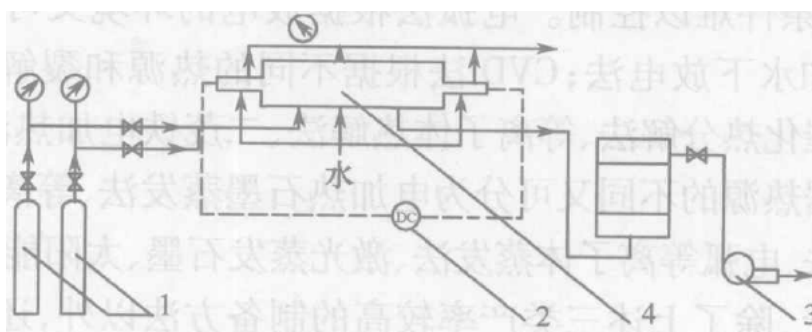


图 4.7 电弧法制备富勒烯装置

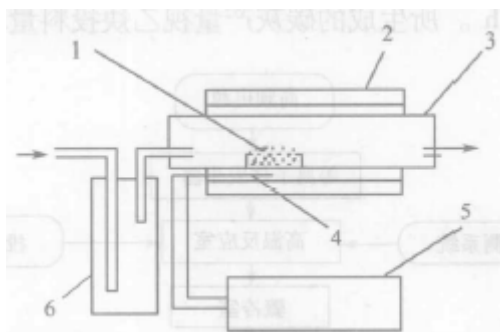


图 4.8 CVD 法制备富勒烯装置

表：

表 4.1 球状粒子的直径与表面原子数的关系

表 4.1 C₆₀ 的一些基本物理和化学特性

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，为什么富勒烯至今没有看到大规模的产业应用？

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

登录我校的超星图书馆，参阅兵器工业出版社 2008 年沈海军编著的《新型碳纳米材料——碳富勒烯》一书的第 3 章内容。

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

本单元学习碳纳米管的基本知识。通过本单元的学习，要求掌握碳纳米管的合成方法、结构与特性。

7.12.3 教学内容

本单元的教学内容为第4章“纳米炭材料”中的第3节，具体内容包括：

4.3 碳纳米管

4.3.1 绪言

4.3.2 碳纳米管的合成方法

4.3.3 碳纳米管的结构与物性

4.3.4 碳纳米管的应用

本单元的重点和难点分别是：

【重点】碳纳米管的合成方法

【难点】碳纳米管的结构与物性

7.12.4 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。

7.12.5 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：

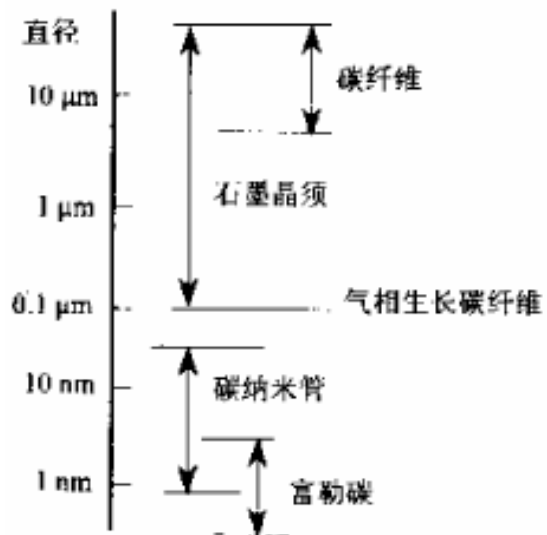


图 4.9 碳纤维、石墨晶须、气相生长碳纤维、碳纳米管和富勒烯的直径比较



图 4.10 碳纳米管的结构分类

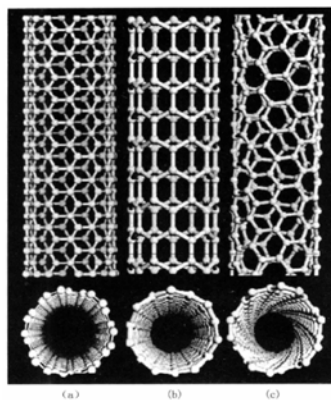


图 4.11 单壁碳纳米管的结构示意图

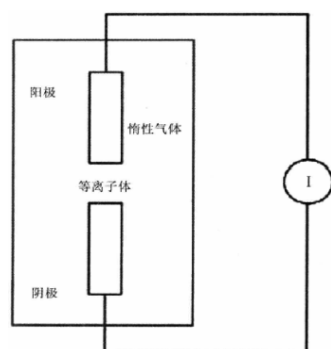


图 4.12 催化电弧法制备碳纳米管装置

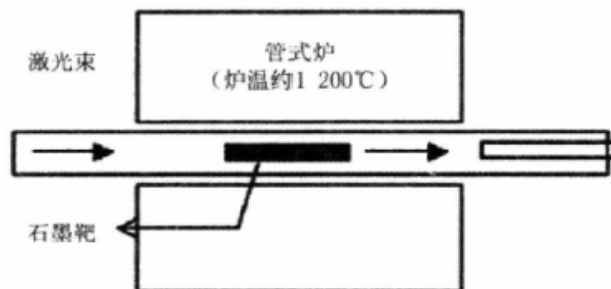


图 4.13 激光蒸发法制备碳纳米管装置

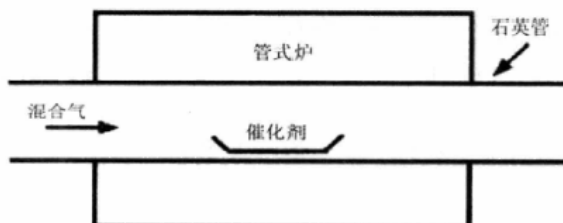


图 4.14 化学气相沉积法制备碳纳米管装置

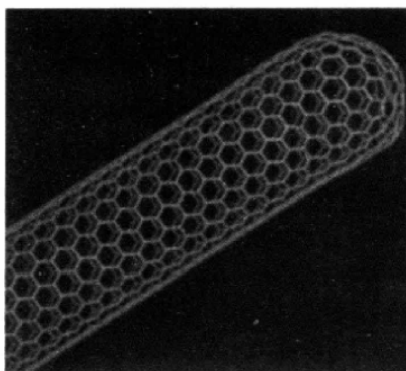


图 4.15 碳纳米管的结构

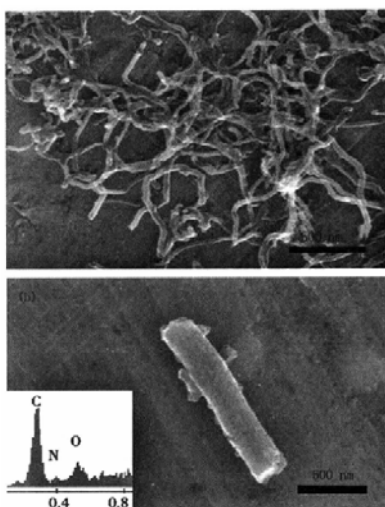


图 4.16 多壁碳纳米管在修饰前后的扫描电子显微镜图片



图 4.17 单壁碳纳米管在大角度弯曲下的变形

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，碳纳米管为什么至今不能像碳纤维那样量产得到产业化应用？

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碳纳米管的有关信息，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 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 2 章内容。

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

本单元学习石墨烯的生产原理，通过本单元的学习，要求掌握石墨烯的基本生产原理。

7.13.3 教学内容

本单元的教学内容为第 4 章“纳米炭材料”中的第 3 节，具体内容包括：

4.4 石墨烯

4.4.1 绪言

4.4.2 石墨烯的制造方法

本单元的重点和难点分别是：

【重点】石墨烯的制造方法

【难点】石墨烯的制造方法

7.13.4 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

离成了一层层的薄片会是什么效果，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。

7.13.5 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：

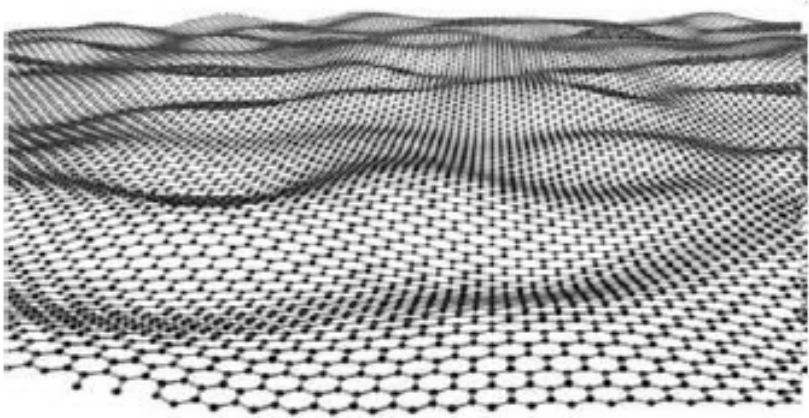


图 4.18 石墨烯的结构

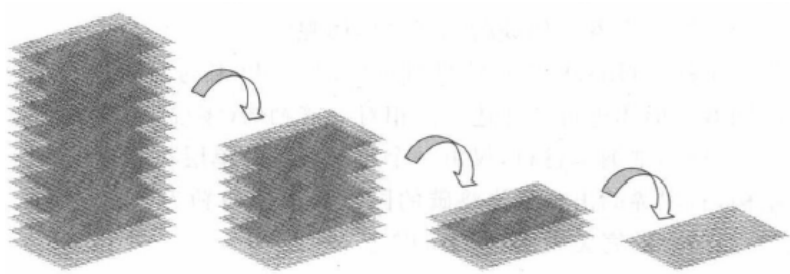


图 4.19 从石墨到石墨烯

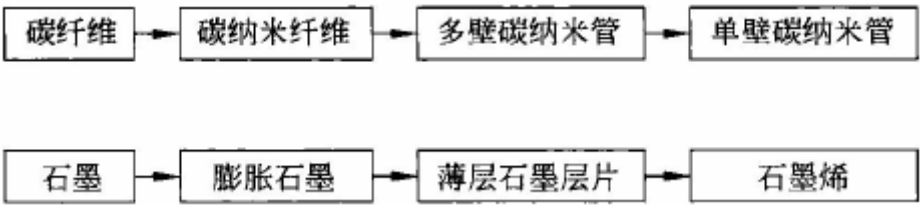


图 4.20 石墨烯与碳纳米管的发现过程

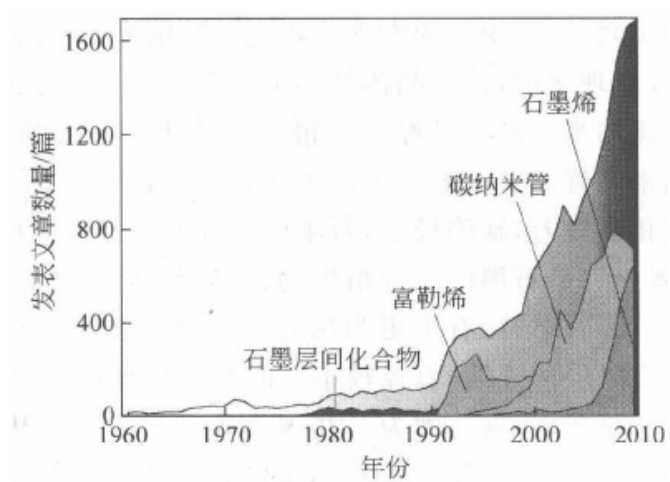


图 4.21 近 50 年以来几种炭材料文章发表数量

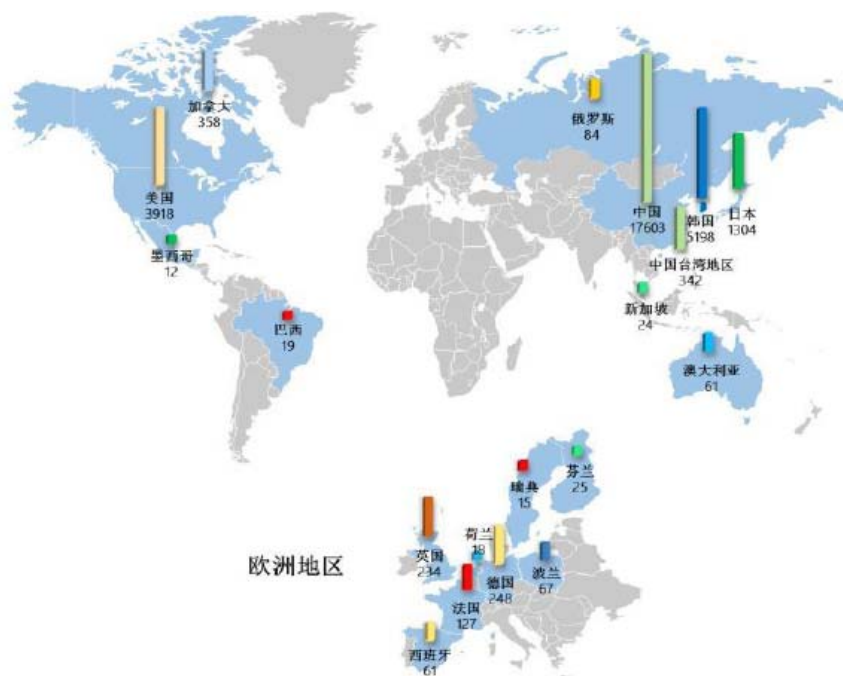


图 4.22 全球石墨烯专利申请的地区分布

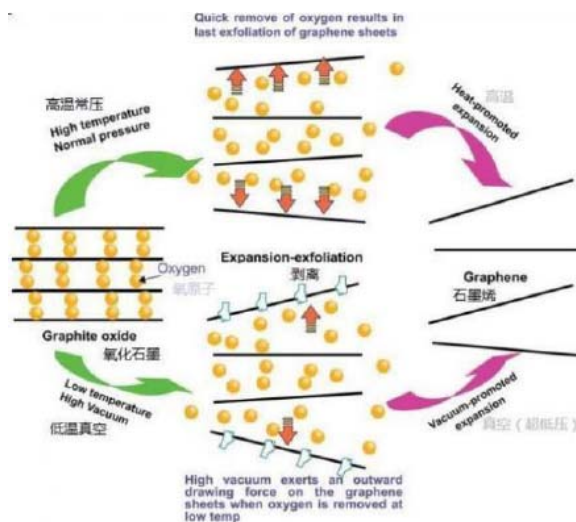


图 4.23 氧化还原法制备石墨烯原理示意图

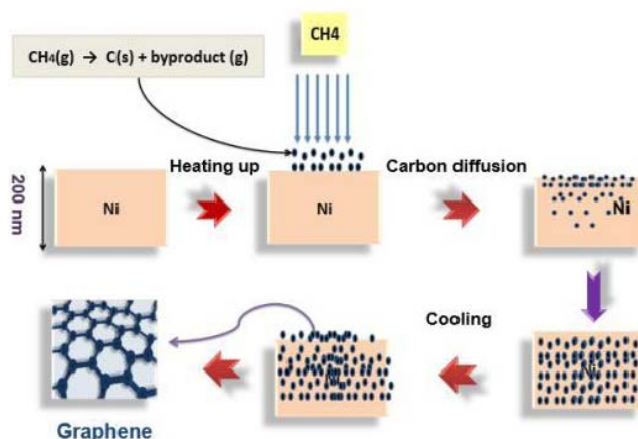


图 4.24 CVD 法制备石墨烯原理示意图

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，为什么四川省政府高度重视本省的石墨烯产业发展？

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四川省石墨烯产业的发展状况，和新能源汽车的锂元素电池的有关知识，为听课做好准备。

7.13.8 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 2017 年出版的《2017 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。另外请参阅科学出版社 2015 年孙红娟所著《石墨氧化-还原法制备石墨烯材料》一书的第 3 章内容扩展单元的知识面。

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

本单元学石墨烯的结构、物性与应用。通过本单元的学习，要求能够掌握石墨烯的结构、物性与应用。

7.14.3 教学内容

本单元的教学内容为第 4 章“纳米炭材料” 中的第 4 节，具体内容包括：

4.4.3 石墨烯的结构与物性

4.4.4 石墨烯的应用

本单元的重点和难点分别是：

【重点】石墨烯的结构与物性。

【难点】石墨烯的应用。

7.14.4 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。

7.14.5 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：

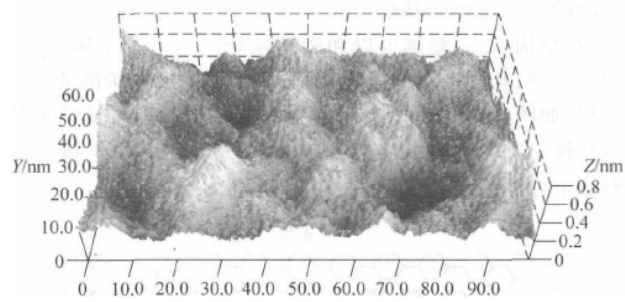


图 4.25 石墨烯的表面起伏

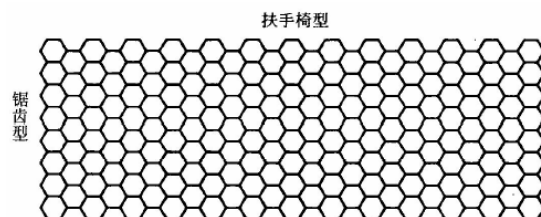


图 4.26 石墨烯纳米条带

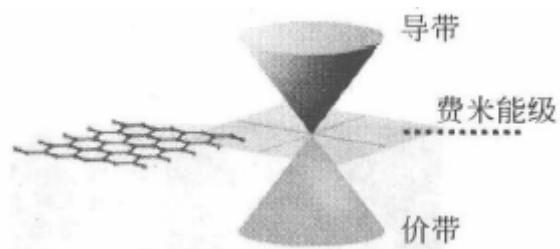


图 4.27 石墨烯的能带

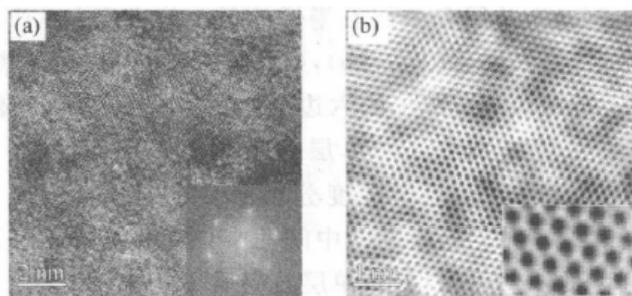


图 4.28 石墨烯的 HRTEM 图像

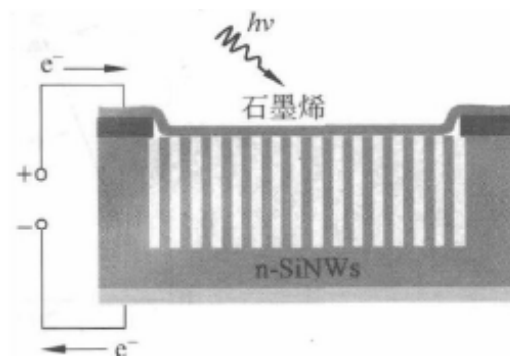


图 4.29 石墨烯/硅纳米线肖特基结太阳能电池示意图



图 4.30 东旭光电“烯王”石墨基电池

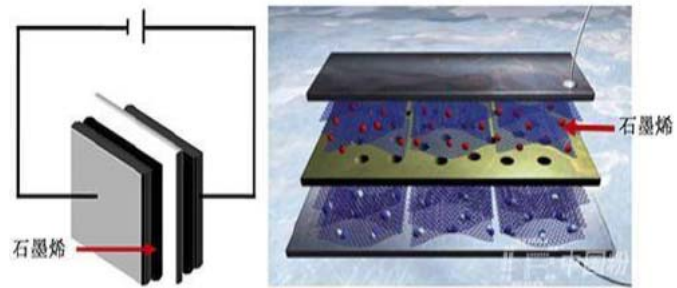


图 4.31 石墨烯超级电容器结构示意图



图 4.32 三星 WP8 柔性手机



图 4.33 IBM 展示的 155GHz 石墨烯晶体管

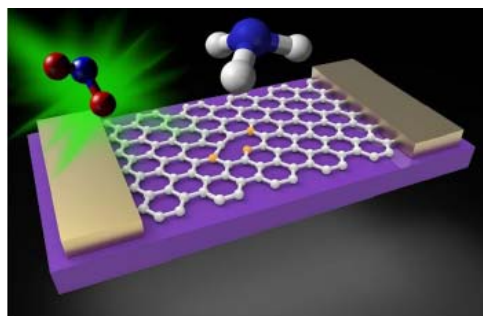


图 4.34 石墨烯分子传感器示意图

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，我国的石墨烯产业目前处于什么样的水平？

7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查石墨烯应用的有关知识，做好听课的准备。

7.14.8 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。

7.15（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

本单元学习人造金刚石的基本知识。通过本单元的学习，要求掌握人造金刚石的合成原理，与人造金刚石的应用。

7.15.3 教学内容

本单元的教学内容为第 5 章“超硬炭材料” 中的第 1 节，具体内容包括：

5 超硬炭材料

5.1 人造金刚石

5.1.1 绪言

5.1.2 人造金刚石合成机理

5.1.3 人造金刚石合成工艺

5.1.4 人造金刚石的应用

本单元的重点和难点分别是：

【重点】人造金刚石合成工艺

【难点】人造金刚石合成机理

7.15.4 教学过程

本章讲授人造金刚石的合成机理与工艺，首先从超级工程的隧道盾构机的钻头说起，说到金刚石的消耗量为何可以成为一个国家工业水平发展程度的标志，然后转入正题，介绍人造金刚石的合成机理和工艺。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。

7.15.5 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 5.1 国产大型盾构机

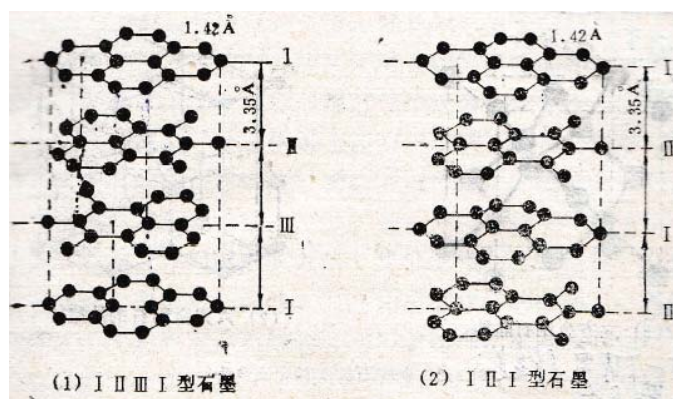


图 5.2 石墨的两种晶体结构

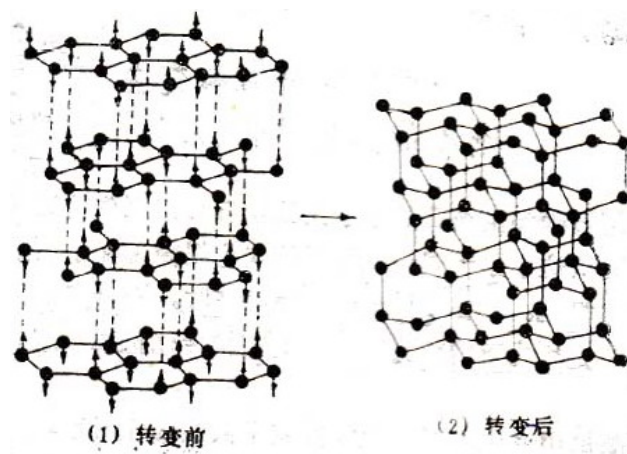


图 5.3 石墨变金刚石前后的晶体结构

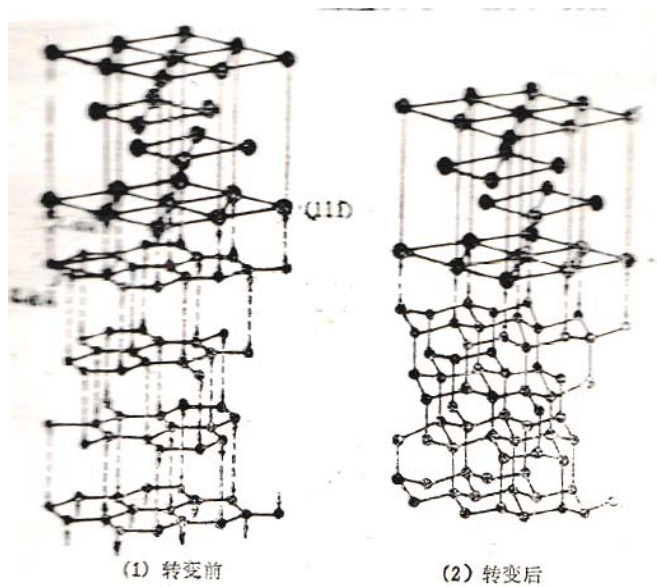


图 5.4 石墨在高压催化作用下转变为金刚石



图 5.5 铰式六面顶压机



图 5.6 人造金刚石生产车间一角

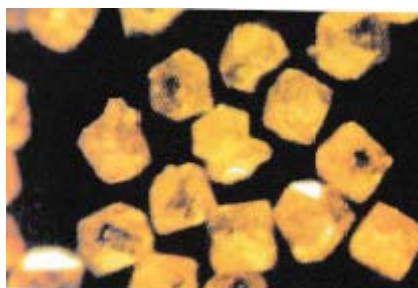


图 5.7 人造金刚石颗粒



图 5.8 掘进机



图 5.9 采煤机

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，为什么人造金刚石的颗粒始终不能做的很大？

7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请查阅金刚石的用途、消耗量、人造金刚石的年产量等信息，为上课做好准备。

7.15.8 教学单元的参考资料

查阅成都科技大学出版社 1986 年苟清泉所著《人造金刚石合成机理研究》一书的第 1 章，和海天出版社 2013 年李翰所著《金刚石人工合成与应用》一书的第 3 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

本单元学习金刚石薄膜与类金刚石膜的基本知识。通过本单元的学习，要求能够掌握金刚石薄膜与类金刚石膜的基本知识。

7.16.3 教学内容

本单元的教学内容为第 5 章“超硬炭材料”中的第 2、3 节，具体内容包括：

5.2 金刚石薄膜

5.2.1 绪言

5.2.2 金刚石薄膜的合成方法

5.2.3 金刚石薄膜的性质

5.2.4 金刚石薄膜的应用

5.3 类金刚石碳基薄膜材料

5.3.1 绪言

5.3.2 类金刚石碳基薄膜材料的合成方法

5.3.3 类金刚石碳基薄膜材料的性质

5.3.4 类金刚石碳基薄膜材料的应用

本单元的重点和难点分别是：

【重点】金刚石薄膜的合成方法

【难点】类金刚石碳基薄膜材料的合成方法

7.16.4 教学过程

本章从钟表的轴承说起，说到超级润滑问题，由此引出金刚石薄膜、类金刚石薄膜的结构和生产原理。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。

7.16.5 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 5.10 金刚石镀膜

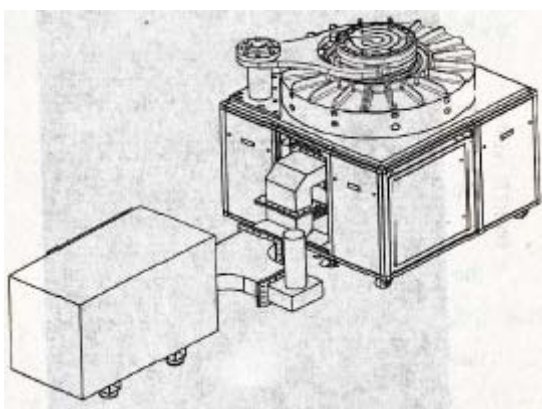


图 5.11 915MHz 微波等离子体反应器系统结构示意图



图 5.12 金刚石沉积的椭圆反应腔微波等离子体系统

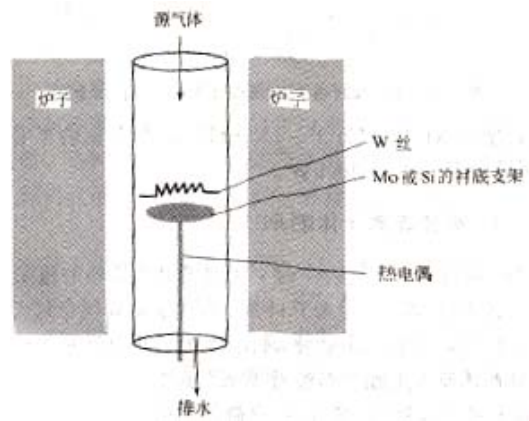


图 5.13 金刚石膜的热丝 CVD 系统结构示意图

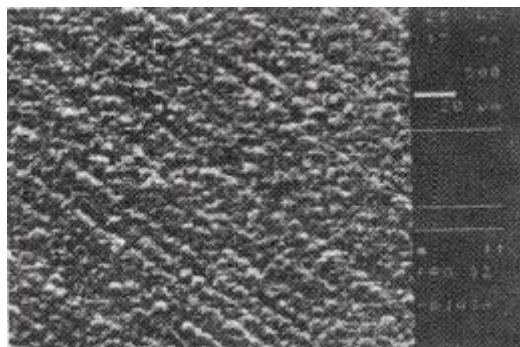


图 5.14 激光沉积金刚石膜的 SEM 形貌

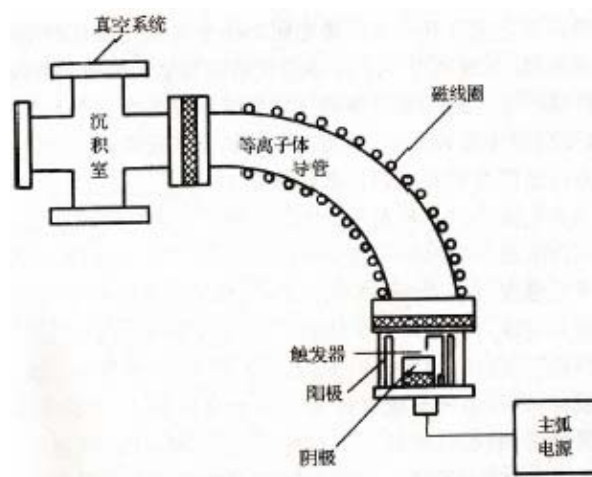


图 5.15 真空磁过滤弧沉积装置结构示意图

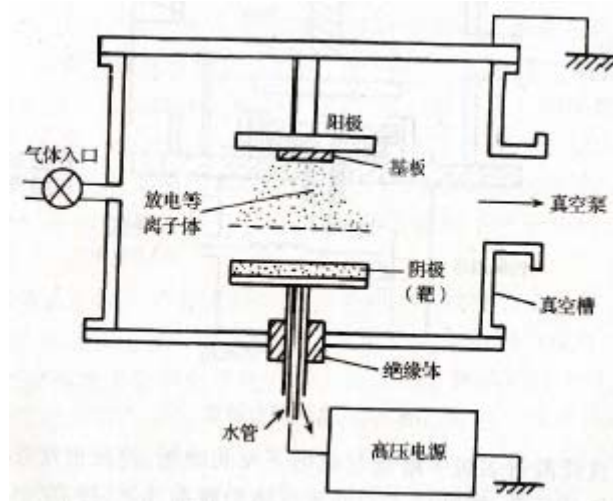


图 5.16 直流溅射装置

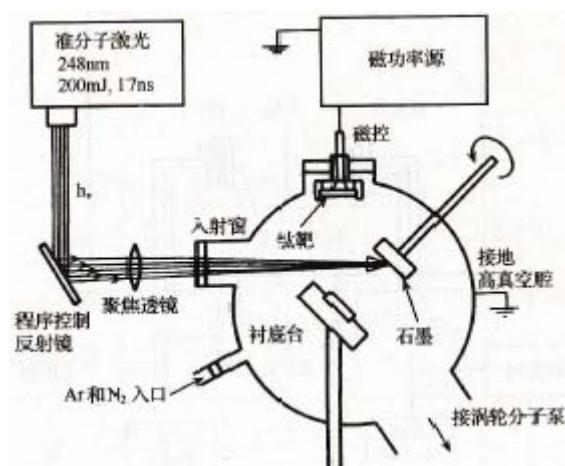


图 5.16 磁控溅射装置/脉冲激光沉积系统示意图

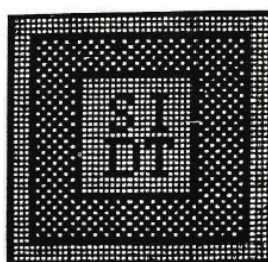


图 5.18 美国 SIDT 公司制作的 FED 样品

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，为什么已经有了金刚石薄膜技术还要发展类金刚石薄膜技术？

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机械润滑、金刚石薄膜、类金刚石薄膜的问题，为上课做好准备。

7.16.8 教学单元的参考资料

查阅化学工业出版社 2004 年陈光华所著《金刚石薄膜的制备与应用》一书第 2 章的内容，和科学出版社 2004 年彭鸿雁所著《类金刚石膜的制备、性能与应用》一书的第 1 章内容扩展阅读。

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，同学口头请假无效。

9.2 成绩的构成与评分规则说明

本课程平时成绩占 40%，期末卷面成绩占 60%。

平时成绩由作业完成情况决定，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。

期中考试安排在课程进展到 1/2 时进行，考核内容为课程的前半部分学习情况，成绩按一次作业的成绩折算折算到平时成绩里。

缺勤 1 次从最终总成绩里扣 5 分。

9.3 考试形式及说明

考试的形式为笔试，闭卷考。题型有七种：判断、改错、单项选择、多项选择、填空、简答、填图。判断题每小题 2 分，总分 10 分。改错题每小题 3 分，总分 15 分。单项选择题每小题 2 分，总分 10 分。多项选择题每小题 3 分，总分 30 分。填空题每空 1 分，总分 10 分。简答题每小题 5~10 分，总分 15 分。填图题总分 10 分。卷面成绩合计总分 100 分，折合成 60 分算入课程最终总成绩。

题型示例如下：

一、判断题：

考题：1. 真密度是指包括气孔和裂隙在内的单位容积实体碳的质量。

答案：1. 真密度是指包括气孔和裂隙在内的单位容积实体碳的质量。(X)

(本小题 2 分)

二、改错题：

考题：1. 传统炭材料晶体结构特征是单晶乱层结构。

答案：1. 传统炭材料晶体结构特征是单晶乱层结构。

多晶乱层结构

(本小题 3 分)

三、单项选择题：

考题：1. 以下哪种炭材料的制备原理是非接触热解型的气相炭化？

A. 炭黑 B. 碳纤维 C. 定向热解石墨 D. 石墨烯

答案：1. 以下哪种炭材料的制备原理是非接触热解型的气相炭化？(A)

A. 炭黑 B. 碳纤维 C. 定向热解石墨 D. 石墨烯

(本小题 2 分)

四、多项选择题：

考题：1. 以下属于易石墨化碳的原料有：

A. 煤沥青 B. 石油沥青 C. 蒽 D. 纤维素 E. 酚醛树脂

答案：1. 以下属于易石墨化碳的原料有：(A、B、C)

A. 煤沥青 B. 石油沥青 C. 蒽 D. 纤维素 E. 酚醛树脂

(本小题 3 分)

五、填空题：

考题：1. 目前石墨烯已经具备工业化规模的生产方法是_____法。

答案：1. 目前石墨烯已经具备工业化规模的生产方法是 氧化-还原 法。

（本小题 1 分）

六、简答题：

考题：1. 简述碳质中间相与一般中间相的相似点和相异点？

答案：1. 简述碳质中间相与一般中间相的相似点和相异点？

相同点：

①都具有塑性流动性；（1 分）

②都具有分子排列取向性，因此都具有光学各向异性和磁学各向异性；（1 分）

③都具有明显的相界面和低共熔效应。（1 分）

相异点：

①炭质中间相不是由单一的纯化合物组成（1 分）。

②炭质中间相的生成和热转化过程一般是不可逆的。（1 分）

③炭质中间相的溶解能力一般都非常差。（1 分）

（本小题 6 分）

七、填图题：

考题：1. 下图是炉法炭黑生产流程图，请将设备 1-5 的正确名称填入。

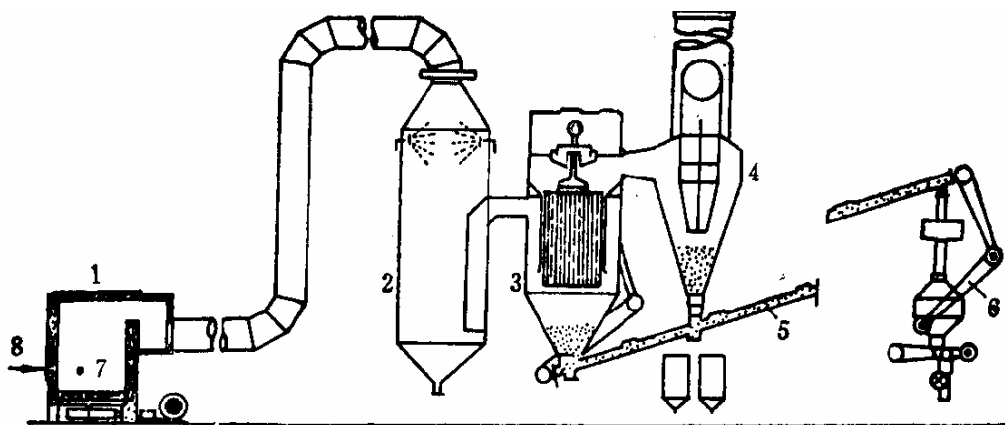


图 1 炉法炭黑生产流程图

I — _____； 2 — _____； 3 — _____； 4 — _____； 5 — _____

答案：1. 下图是炉法炭黑生产流程图，请将设备 1-5 的正确名称填入。

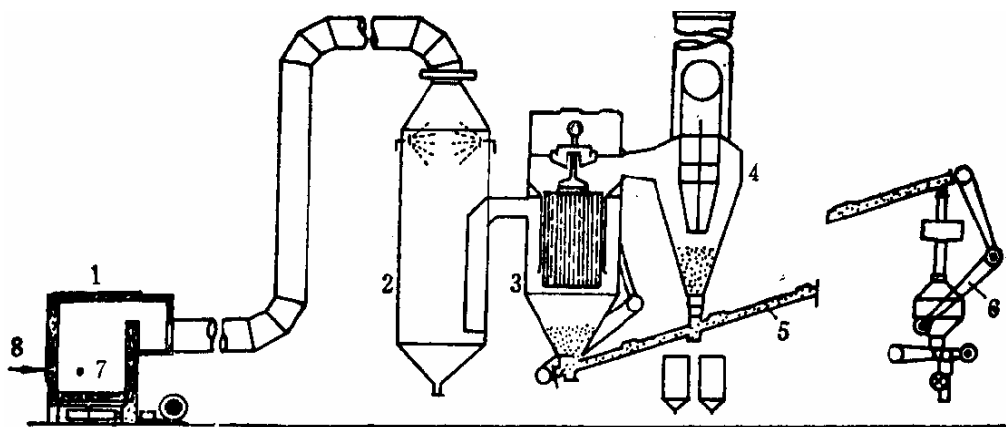


图1 炉法炭黑生产流程图

1—反应炉；2—冷却器；3—沉积器；4—旋风分离器；5—运输机

(本小题 10 分)

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《四川理工学院大学生修读指南》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

本课程的相关实验将在大四第一学期的专业实验中进行，同学们应认真完成实验、撰写实验报告，不得杜撰数据、捏造实验信息。

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

《炭材料工程基础》目前没有公开出版的教材，但是各种炭材料都有大量的学术专著可供参考。我校采用的教材是以冶金工业出版社 1992 年张家埭编著的《炭材料工程基础》作为蓝本，吸收炭材料学科各分支的最新进展编写成的自编教材。

12.2 专业学术专著

张家埭. 炭材料工程基础[M]..北京：冶金工业出版社，1992

中国石墨烯产业技术创新战略联盟, 2017 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，2017.

李圣华, 炭和石墨制品（上下） [M]..北京：冶金工业出版社，1984.

杨国华, 碳素材料（上下） [M]..北京：中国物资出版社，1999.

日本炭素材料学会编, 新•炭材料入门 [M]..北京：中国金属学会炭素材料专业委员会，1999.

Michio Inagaki, Feiyu Kang. Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals [M]..北京：清华大学出版社，2014.等。

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新型炭材料领域的科技文章以及政策走向报道。炭材料问题是国家现在面临的一个重要问题，并且和同学们今后的就业、事业发展有重要联系，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。