



四川轻化工大学课程实施大纲

课程名称：煤化工基础

授课班级：能化 2020 级 1、2 班（选修）

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

2022 年 9 月

《煤化工基础》课程实施大纲

基本信息

课程代码：16773023

课程名称：煤化工基础

学 分：32

总 学 时：2

学 期：第 5 学期

上课时间：第 9~16 周，周一第 7、8 节、周四第 7、8 节

上课地点：N1-411、421 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 2020 级 1、2 班选课

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.....	8
3. 教师简介.....	9
3.1 教师的职称、学历.....	9
3.2 教育背景.....	9
3.3 研究兴趣.....	9
4. 先修课程.....	10
5. 课程目标.....	10
5.1 知识与技能方面.....	10
5.2 过程与方法方面.....	11
5.3 情感、态度与价值观方面.....	12
6. 课程内容.....	13
6.1 课程的内容概要.....	13
6.2 教学重点、难点.....	15
6.3 学时安排.....	17
7.课程教学实施.....	18
7.1（第1单元）.....	18
7.1.1 教学日期.....	18
7.1.2 教学目标.....	18
7.1.3 教学内容.....	18
7.1.4 教学过程.....	19
7.1.5 教学方法.....	20
7.1.6 作业安排及课后反思.....	21
7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	21
7.1.8 教学单元的参考资料.....	22
7.2（第2单元）.....	22
7.2.1 教学日期.....	22
7.2.2 教学目标.....	22
7.2.3 教学内容.....	22
7.2.4 教学过程.....	24
7.2.5 教学方法.....	24
7.2.6 作业安排及课后反思.....	29
7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	29
7.2.8 教学单元的参考资料.....	30
7.3（第3单元）.....	30

7.3.1 教学日期.....	30
7.3.2 教学目标.....	30
7.3.3 教学内容.....	30
7.3.4 教学过程.....	32
7.3.5 教学方法.....	33
7.3.6 作业安排及课后反思.....	35
7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	35
7.3.8 教学单元的参考资料.....	35
7.4 (第 4 单元)	36
7.4.1 教学日期.....	36
7.4.2 教学目标.....	36
7.4.3 教学内容.....	36
7.4.4 教学过程.....	38
7.4.5 教学方法.....	38
7.4.6 作业安排及课后反思.....	39
7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	40
7.4.8 教学单元的参考资料.....	40
7.5 (第 5 单元)	40
7.5.1 教学日期.....	40
7.5.2 教学目标.....	40
7.5.3 教学内容.....	40
7.5.4 教学过程.....	42
7.5.5 教学方法.....	43
7.5.6 作业安排及课后反思.....	45
7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	45
7.5.8 教学单元的参考资料.....	45
7.6 (第 6 单元)	45
7.6.1 教学日期.....	45
7.6.2 教学目标.....	46
7.6.3 教学内容.....	46
7.6.4 教学过程.....	47
7.6.5 教学方法.....	47
7.6.6 作业安排及课后反思.....	51
7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	51
7.6.8 教学单元的参考资料.....	51
7.7 (第 7 单元)	51
7.7.1 教学日期.....	51
7.7.2 教学目标.....	51
7.7.3 教学内容.....	51
7.7.4 教学过程.....	55
7.7.5 教学方法.....	55
7.7.6 作业安排及课后反思.....	57
7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	58
7.7.8 教学单元的参考资料.....	58

7.8 (第 8 单元)	58
7.8.1 教学日期	58
7.8.2 教学目标	58
7.8.3 教学内容	58
7.8.4 教学过程	60
7.8.5 教学方法	61
7.8.6 作业安排及课后反思	63
7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	63
7.8.8 教学单元的参考资料	63
7.9 (第 9 单元)	63
7.9.1 教学日期	63
7.9.2 教学目标	63
7.9.3 教学内容	63
7.9.4 教学过程	66
7.9.5 教学方法	66
7.9.6 作业安排及课后反思	70
7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	70
7.9.8 教学单元的参考资料	70
7.10 (第 10 单元)	70
7.10.1 教学日期	70
7.10.2 教学目标	70
7.10.3 教学内容	70
7.10.4 教学过程	73
7.10.5 教学方法	73
7.10.6 作业安排及课后反思	75
7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	76
7.10.8 教学单元的参考资料	76
7.11 (第 11 单元)	76
7.11.1 教学日期	76
7.11.2 教学目标	76
7.11.3 教学内容	76
7.11.4 教学过程	78
7.11.5 教学方法	78
7.11.6 作业安排及课后反思	81
7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	81
7.11.8 教学单元的参考资料	81
7.12 (第 12 单元)	81
7.12.1 教学日期	81
7.12.2 教学目标	81
7.12.3 教学内容	82
7.12.4 教学过程	85
7.12.5 教学方法	85
7.12.6 作业安排及课后反思	88
7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	89

7.12.8 教学单元的参考资料.....	89
7.13 (第 13 单元)	89
7.13.1 教学日期.....	89
7.13.2 教学目标.....	89
7.13.3 教学内容.....	89
7.13.4 教学过程.....	92
7.13.5 教学方法.....	92
7.13.6 作业安排及课后反思.....	96
7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	96
7.13.8 教学单元的参考资料.....	96
7.14 (第 14 单元)	96
7.14.1 教学日期.....	96
7.14.2 教学目标.....	96
7.14.3 教学内容.....	96
7.14.4 教学过程.....	99
7.14.5 教学方法.....	100
7.14.6 作业安排及课后反思.....	103
7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	104
7.14.8 教学单元的参考资料.....	104
7.15 (第 15 单元)	104
7.15.1 教学日期.....	104
7.15.2 教学目标.....	104
7.15.3 教学内容.....	104
7.15.4 教学过程.....	108
7.15.5 教学方法.....	109
7.15.6 作业安排及课后反思.....	112
7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	112
7.15.8 教学单元的参考资料.....	112
7.16 (第 16 单元)	113
7.16.1 教学日期.....	113
7.16.2 教学目标.....	113
7.16.3 教学内容.....	113
7.16.4 教学过程.....	116
7.16.5 教学方法.....	117
7.16.6 作业安排及课后反思.....	120
7.16.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	120
7.16.8 教学单元的参考资料.....	120
8. 学生课程学习要求.....	121
8.1 学生自学的要求.....	121
8.2 课外阅读的要求.....	121
8.3 课堂讨论的要求.....	121
8.4 课程实践的要求.....	121
9. 课程考核方式及评分规程.....	122
9.1 出勤(迟到、早退等)、作业、报告等的要求.....	122

9.2 成绩的构成与评分规则说明.....	122
9.3 考试形式及说明.....	122
10. 学术诚信规定.....	122
10.1 考试违规与作弊.....	122
10.2 杜撰数据、信息等.....	123
10.3 学术剽窃等.....	123
11. 课堂规范.....	123
11.1 课堂纪律.....	123
11.2 课堂礼仪.....	124
12. 课程资源.....	125
12.1 教材与参考书.....	125
12.2 专业学术专著.....	125
12.3 专业刊物.....	126
12.4 网络课程资源.....	126
12.5 课外阅读资源.....	126
13. 学术合作备忘录.....	126
13.1 教师作出师德师风承诺.....	126
13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容.....	127
13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望.....	128
14. 其他必要说明.....	128

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，使学生在学习知识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复合选修课程,2 学分 32 学时,安排在大三第一学期。

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。

煤化工基础是能源化学工程专业的一门核心课程,主要讲授煤的特征与生成、煤质分析、煤的物理和物理化学性质、化学性质、煤的化学结构与物理结构、煤的热解和黏结、成焦、煤的分类、煤的焦化、气化、液化、炭素材料等方面的基础知识。通过本课程的学习,为后续的其它能源化工专业课程打下基础。通过本课程的学习,使学生具备煤炭化学工业的基本知识。

本课程的核心知识包括 3 个方面: 1、煤的形成与分类; 2、煤的化学结构与物理结构; 3、煤的热解过程描述; 4、煤焦化技术; 5、煤气化技术; 6、煤

液化技术；7、煤制碳素制品。

2.3 课程的前沿及发展趋势

进入 21 世纪以来，特别是在以煤炭为主要能源的中国，由于人们注意到煤炭在应对石油日益短缺与价格飞涨、保障国家能源安全战略中的重大意义；高度关注煤炭利用，尤其是煤的直接燃烧对环境与生态系统的巨大危害，有力推进了煤化学的理论与应用研究。部分研究热点与成果列举如下：

关于煤的生成，提出中国煤的叠加变质作用具有普遍意义，构成了中国煤多阶段演化、多热源叠加变质作用的特点，使中国赋存着煤种齐全，能适应各种用途的煤炭，并解释了中国煤炭高煤阶终点高于世界一般煤炭变质序列的原因。

关于煤结构的研究，重新探索煤结构化学理论体系，提出了煤超分子结构、分子煤化学等新概念及其研究方法。开展了用分子模拟、计算机模拟、量子化学计算等新方法研究煤大分子结构演化、结构与反应性、非共价键相互作用、煤的缔合结构、煤嵌布结构模型、煤中小分子的微孔嵌入特征与溶出特性、煤结构演化煤化度指标等问题。

关于煤的物理、工艺性质，采用分形学方法研究了煤的空间结构性质，如煤孔隙特征及其随温度的变化规律，煤导电性质的分形特征等。

中国颁布中国煤层煤分类、中国煤炭商业编码，与中国煤分类一起形成了中国煤炭分类的完整体系，也是中国煤化学的一个标志性成果。

煤化学研究大约已有 180 年的历史，然而目前总体来说，煤化学还处于半理论、半经验状态，是一门不够成熟的学科。煤化学研究还处在资料积累、信息收集和规律归纳的阶段。

煤组成结构是煤炭能源科学、合理与洁净利用的基石。但人们目前只能从工业分析和元素分析了解煤的水分、挥发分、固定碳和灰分及主要元素组成（C、H、O、N、S），通过煤的萃取等产物了解煤的化学结构特征和部分组成，通过结构参数与煤结构模型推测煤的结构。人们对煤极其复杂组成结构的研究，还停留在对其外部特征和个别性质的定性描述水平。尚未能深入了解煤的总体组成和结构，对组成煤的物质结构层次的认识仍然是零散的、模糊的、宏观的。

煤化学的研究今后将主要集中于：

(1) 煤集总结构的识别和描述。在分子水平上识别和描述煤的物理与化学结构参数、煤中各种化学键和有害组分的存在形态。

(2) 煤中有效组分的结构特征及其在热场中的转化规律。碳、氢、氧键合结构的分布特征及其在热场中的变化,阶段热解产物与其他物质(煤中其他物质、反应气氛、添加物、催化剂)的相互作用及反应控制理论。

(3) 煤中污染组分的赋存形态在热场中的变迁规律。硫、氮、磷、氯等无机元素,钾、捺等碱金属,汞、铅等重金属的赋存形态在热场中的变迁,与其他物质(煤中其他物质、反应气氛、添加物、催化剂)的相互作用,有害物质的生成,可控转化原理,脱除方法与资源化。

(4) 煤中无机组分在热场中的形态变化。煤中无机组分在热场中的形态变化,与其他物质的相互作用,成灰机理,对有效组分转化及污染物溢出的影响。

(5) 一氧化碳与氢的高效合成。氢碳的合理利用和氧的有效分配,高活性高选择性催化剂。煤转化产物(或阶段产物)的提级与污染物脱除。煤气(合成气)净化,液体产物的分析、精制与污染物(硫、氮、氧、重金属等)脱除,烟气净化,灰的利用,废水处理。

(6) 外场或超常条件对煤中不同组分转化的影响。超声、微波、等离子体、超临界状态等对煤炭不同组分,特别是污染组分转化的影响及污染物的脱除,超临界状态下的燃料合成。

迄今为止,可以载人史册的煤化工技术里程碑研究成果主要有:德国贝吉乌斯研究开发的煤直接液化技术;德国温克勒发现了“流化现象”,并在此基础上开发出的温克勒流化床煤气化炉;以费托合成作为基础的煤间接液化技术;煤燃烧过程的多孔固体气-固相反应理论。这些研究成果已成为化学工程的经典内容。

20 世纪 80 年代后期,煤化工有了新的突破,成功地由煤制成乙醇:煤气化制合成气,再合成乙酸甲酯,进一步进行羰化反应得乙醇。它是由煤制取化学品的一个最成功的范例,从化学和能量利用来看其效率都是很高的。并且有经济效益。

进入 21 世纪以来,特别是在以煤炭为主要能源的中国,由于人们注意到煤炭在应对石油日益短缺与价格飞涨、保障国家能源安全战略中的重大意义,高度

关注煤炭利用，有力推进了煤化工技术的开发与应用。主要的研究成果有：

在煤气化方面，针对煤炭本身就是一种复杂混合物，单一的煤转化与利用过程难以达到最高的效率这一事实，提出以现代煤气化技术为核心的大规模、基地化、煤基多联产技术路线。

在煤液化方面，基于煤分子结构的特殊性，提出了煤高温快速液化(CQLHT)的思想和直接液化方案，在理论上提供了实现最高液化效率和最低液化成本的可能性，并可以实现煤最大限度的综合利用，联产芳香族化合物和燃料油；大力开展了煤液化催化剂、动力学与热力学、显微组分的加氢液化特征、煤与生物质加氢液化、煤液化中固体酸的催化作用等有关煤直接液化的研究。

在煤焦化方面，主要开展了与大量喷煤的现代大容积高炉炼铁生产相关的焦炭热态性能、煤中矿物质的种类对焦炭强度的影响、煤中矿物质对焦炭溶损反应的作用等研究，进行了与可再生能源利用、废塑料处理和焦炭质量相关的生物质与煤共热解、煤与各种添加物共碳化等研究与探索。

在煤制碳素制品方面，有关煤基纳米材料、煤基功能材料、煤基炭分子筛、煤基活性材料，尤其是炭纳米管成为一个时期的研究前沿。

由于石油储量少、用量大、价格总体呈现上涨趋势，煤在世界能源结构中的比例将不断回升，必然要由煤生产气体燃料、液体燃料和化学品。因此，基于中国油气匮乏、煤炭相对丰富的资源禀赋特点，中国的煤化学工业将有较大发展。特别是新型煤化工，依靠技术革新，可实现石油和天然气资源的补充及部分替代。煤制油，煤制烯烃、煤制天然气和煤制乙二醇等被国家发改委确定为重点示范发展方向。国内多种新型煤化工示范装置已陆续建成或试车成功，开始先后进入商业化运行或长周期稳定运行。在我国石油资源短缺的背景下，新型煤化工项目在中国曾掀起投资热潮，但在工艺技术成熟度、水资源消耗、二氧化碳排放，环境承载力和能源效率等方面仍然有进一步提升的空间。

2.4 学习本课程的必要性

煤是工业的粮食、中国的主要那样。《煤化工基础》课程以讲授煤化工知识为主，对于《炭材料工程基础》、《碳纤维与纳米炭材料》等涉及含碳能源转化利用的课程都有重要意义。

我国能源结构的总体特点是“富煤、缺油、少气”。因此，天然气和石油的不足可以通过煤炭的转化利用加以补充。同时，煤化学工业在中国化学工业中本身就占有十分重要的地位。中国的焦炭、氮肥、甲醇、电石等产品的产量近些年来已经全部跃居为世界第一，这些物资涉及国家的钢铁工业、农业、有机化学工业等重要的命脉产业，它们全部都是以煤炭作为主要原料的。因此，将煤炭称为是“工业的粮食”一点也不过分。

此外，火力发电、工业锅炉、水泥等行业虽然不属于严格的煤化工领域，但要消耗更加巨量的煤炭，现有的技术大多存在利用效率低、污染严重的问题。

为了更加有效、经济和合理地利用煤炭，必须学好《煤化工基础》这门专业基础课程。

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

炭材料。

4. 先修课程

本课程的先修课程为《有机化学》和《物理化学》。

5. 课程目标

- 1、掌握煤的特征与生成和煤质分析的基本知识，具有正确地进行煤质分析和不同煤种性能预测的初步能力；
- 2、具有运用煤化学基本知识解决一般复杂程度的煤化工问题的能力；
- 3、具有与煤化学有关的分析、计算和使用技术资料等方面的基本技能；
- 4、通过煤化学实验，使学生与相应理论课相结合，加深理论的理解，具有相应设备仪器的操作方法和使用能力。
- 5、掌握煤炭转化利用的基本知识，具备正确选择煤化工设备、设计正确的煤炭转化工艺路线的初步能力；
- 6、具有运用煤化工工艺学基本知识解决一般复杂程度的煤化工问题的能力；
- 7、具有与煤化工工艺有关的分析、计算和使用技术资料等方面的基本技能；
- 8、通过煤的工艺性能实验，使学生与相应理论课相结合，加深理论的理解，具有相应设备仪器的操作方法和使用能力。

5.1 知识与技能方面

本课程的内容包括两个组成部分：煤化学和煤化工工艺学。

煤化学的主要内容包括煤的生成、组成、岩相、性质、结构和分类，以及煤的各种转化过程机理及其理论基础等内容。本课程内容的核心和重点包括：(1)、煤的形成与分类；(2)、煤的化学结构和物理结构；(3)、煤的热解过程，以及煤质的分析化验和表示方法。

煤化学的涉及面广并与许多学科关系密切。要研究煤的生成，就要了解地球化学、古植物学、地理学、沼泽学、微生物学和地质学等方面的基本知识。煤的岩相研究需要了解岩石学、晶体结构、晶体光学的基本概念。煤及其转化产物的性能常采用高分子化学、胶体化学、电化学、表面化学和流变学等基本原理来阐

明。因此，要深入掌握煤化学不仅要有扎实的有机化学、物理化学和物理学的知识，而且还要有上述各学科广博的基础知识。

煤是一种组成、结构非常复杂和极不均一的混合物，其中包括有机物、无机物和几十种复杂的煤岩显微组分。由于各种因素的千变万化，可以说世界上没有组成、结构和性质完全相同的两块煤。因此，煤化学的研究是复杂而困难的。人们为了深入揭示煤的组成和结构，采用了最现代化的科学研究仪器，如用色谱仪、红外光谱仪、紫外光谱仪、X 射线衍射仪、顺磁共振仪、核磁共振仪、质谱仪、热谱仪、显微光度仪、电子显微镜和电子计算机等进行煤及其衍生物的研究。为此，要学好煤化学，也应对现代仪器分析的基本原理、适用范围和谱图解析等有所了解。

煤化工工艺学的主要内容包括以煤为原料，经过化学加工使煤转化为气体、液体、固体燃料以及化学产品的过程。

从煤的加工进程分，主要包括低温干馏、焦化、气化、液化和合成化学品等；从产品上划分，煤化工包括焦炭，煤焦油等传统煤化工和煤制油、煤制烯烃和甲醇，制二甲醚等新型煤化工；从加工深度上分，煤化工包括煤的一次化学加工，二次化学加工和深度化学加工。煤的焦化、气化、液化，煤的合成气化工、焦油化工和电石乙炔化工等，都属于煤化工的范围。

新一代煤化工技术是指煤气化为龙头，以合成气技术为基础，合成、制取各种化工产品和燃料油的煤炭洁净利用技术，与电热等联产可以实现煤炭能源效率高、有效组分最大程度转化、投资运行成本最低和全生命周期污染物排放最少的目标。

本课程的目标就是熟悉以上各种煤炭转化利用方法。

5.2 过程与方法方面

煤化学的兴起与研究工作已有 100 多年的历史。由于煤的组成和结构的复杂与非均一性，目前煤化学的研究水平还不够高，对煤的组成、结构、分类和某些转化过程机理等理论问题尚无定论，煤化学还处在发展中的积累资料阶段。煤化学中概念多，但数学推导与定律较少，许多内容是叙述与评述性的定性描述，目前尚难进行定量测定。可见，在煤化学学科中仍有许多尚待研究与解决的问题，

这对煤化学研究者来说是一种压力，同时也是挑战与机遇。

煤化学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，既要重视理论，又要重视有关煤化学的实验与实践，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，促进煤化学学科的发展与完善。

煤化工工艺学的特点是知识体系极为庞杂、下设焦化、气化、液化、碳素材料等多个分支，其中的每一个分支又都可以分离出来成为一门独立的课程。另外学科不成熟，系统性差，自学困难，因此需要有教师首先理清每一章的知识脉络，然后再引导同学们详细学习。脱离教师完全依靠自学会感到困难巨大，有走入迷宫失去方向之感。教材本身对于这些脉络关系并未直接给出清晰的结构，需要教师的引导，因此就需要同学们上课认真听取教师的讲解、课后认真复习，并需要养成通过互联网等途径关注国家政策、行业相关动态的习惯。

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：

第一部分 煤化学

第1章 绪论

1.1 基本概念；1.2 世界和我国的能源的基本状况以及发展煤化工的必要性；1.3 世界能源结构历史的变迁与未来的发展趋势；1.4 煤化学的学习方法；1.5 课时安排与考核方法。

第2章 煤的特征与生成

2.1 对于煤的初步认识；2.2 煤的生成；2.3 煤的宏观和微观特征；2.4 我国西南地区的煤炭资源状况。

第3章 煤的工业分析和元素分析

3.1 概述；3.2 煤的工业分析；3.3 煤的元素分析；3.4 分析结果的表示方法；3.5 其它煤质分析指标。

第4章 煤的物理和物理化学性质

4.1 煤的空间结构性质；4.2 煤的热性质；4.3 煤的电、磁性质；4.4 煤的机械性质；4.5 煤的光学性质；4.6 煤的溶剂抽提性质。

第5章 煤的化学性质

5.1 煤的氧化；5.2 煤的加氢；5.3 煤的其他化学反应。

第6章 泥炭与褐煤的化学和利用

6.1 泥炭的化学和利用；6.2 褐煤的化学和利用；6.3 腐植酸的化学和利用。

第7章 煤的结构

7.1 概述；7.2 煤的基本结构单元；7.3 煤的分子结构；7.4 煤的物理结构；7.5 煤分子结构的近代概念。

第8章 煤的热解和粘结、成焦

8.1 煤的热解过程概述；8.2 煤热解过程中的化学反应；8.3 煤热解的影响因素；8.4 煤的热解动力学；8.5 煤的粘结性和结焦性指标及测定方法；8.6 煤的粘结和成焦机理与配煤。

第9章 煤炭分类

9.1 概述；9.2 中国煤炭工业分类方法；9.3 煤炭分类的应用；9.4 其它煤炭分类方法。

第2部分 煤化工工艺学

第1章 绪论

1.1 基本概念；1.2 煤化工发展简史；1.3 煤化工的范畴；1.4 关于煤化工产业出路的讨论；1.5 课时安排与考核方法。

第2章 炼的低温干馏

2.1 概述；2.2 低温干馏产品；2.3 干馏产品的影响因素；2.4 低温干馏主要炉型和工艺。

第3章 炼焦

3.1 概述；3.2 现代焦炉的构造和工作原理；3.3 焦炉耐火砖、砌筑和烘炉；3.4 煤的成焦过程；3.5 配煤和焦炭质量；3.6 焦炉热工；3.7 炼焦新技术；3.8 型焦；3.9 焦化厂备煤工段和焦炭工段的污染治理。

第4章 炼焦化学产品的回收与精制

4.1 概述；4.2 粗煤气集气管冷却；4.3 粗煤气初冷器冷却；4.4 煤气加压输送；4.5 电捕焦油；4.6 脱萘；4.7 脱硫；4.8 氨回收；4.9 煤气终冷；4.10 粗苯回收；4.11 净煤气的存储利用；4.12 粗苯精制；4.13 煤焦油的蒸馏；4.14 焦化厂化产工段的污染治理。

第5章 煤炭气化

5.1 概述；5.2 煤炭气化的基本原理；5.3 常压移动床工艺；5.4 加压移动床工艺；5.5 流化床工艺；5.6 气流床工艺；5.7 整体煤气化联合循环发电技术；5.8 煤气的一氧化碳变换；5.9 煤气化的污染与治理。

第6章 煤气化的下游产品

6.1 概述；6.2 甲醇；6.3 甲醛；6.4 二甲醚；6.5 甲醇制汽油 MTG；6.6 甲醇制烯烃 MTO；6.7 甲醇制丙烯 MTP；6.8 乙二醇；6.9 煤制甲烷。

第7章 煤间接液化

7.1 概述；7.2 费托合成的化学原理；7.3 费托合成催化剂；7.4 费托合成反应器；7.5 费托合成过程的工艺参数；7.6 南非 Sasol 厂工艺和中科院煤化所 MFT 工艺；7.7 间接液化产物特点及对煤质要求；7.8 中国间接液化技术前景。

第8章 煤直接液化

8.1 概述；8.2 煤直接液化的化学原理；8.3 煤自身性质对于煤直接液化的影响；8.4 工艺条件对于煤直接液化的影响；8.5 世界主要煤直接液化工艺简介；8.6 煤直接液化的若干关键技术；8.7 中国神华煤直接液化工艺；8.8 煤液化的污染与治理；

第9章 煤制炭素制品

9.1 炭素制品的性质、种类、用途和发展；9.2 电极炭；9.3 活性炭；9.4 炭分子筛；9.5 炭纤维。

6.2 教学重点、难点

各章的重点和难点分述如下：

第一部分 煤化学

第1章 绪论

【重点】煤化学的基本概念、学习方法。

【难点】发展先进煤化工技术的必要性。

第2章 煤的特征与生成

【重点】：煤的形成过程、显微组分。

【难点】煤的显微组分。

第3章 煤的工业分析和元素分析

【重点】煤质分析基本方法。

【难点】煤质分析数据不同基准之间的换算。

第4章 煤的物理和物理化学性质

【重点】煤的基本物理性质随煤化程度加深所发生的规律性变化。

【难点】煤的溶剂抽提性质。

第5章 煤的化学性质

【重点】煤和氧、氢发生化学反应的基本原理。

【难点】煤气化的热力学与动力学。

第6章 泥炭与褐煤的化学和利用

【重点】泥炭和褐煤的化学和利用。

【难点】泥炭和褐煤与烟煤在化学结构上的区别。

第7章 煤的结构

【重点】煤的基本结构单元、化学结构模型、物理结构模型、煤微观结构的基本概念。

【难点】完整理解煤结构的近代概念。

第8章 煤的热解和黏结、成焦

【重点】煤的热解过程、影响因素、工艺指标的测定方法。

【难点】煤结焦性指标的实验测定方法。

第9章 煤的分类

【重点】中国煤的分类方法。

【难点】煤的国际分类方法。

第二部分 煤化工工艺学

第1章 绪论

【重点】煤化工的范畴。

【难点】发展先进煤化工技术的必要性。

第2章 煤的低温干馏

【重点】干馏产品的影响因素。

【难点】低温干馏主要炉型和工艺。

第3章 炼焦

【重点】焦炉的构造与工作原理。

【难点】配煤炼焦。

第4章 炼焦化学产品的回收与精制

【重点】各种焦化副产物的回收方法。

【难点】粗苯的精制。

第5章 煤炭气化

【重点】各种煤气化炉的构造和工作原理。

【难点】各种煤气化工艺之间彼此的亲缘关系。

第6章 煤气化的下游产品

【重点】煤制甲醇、二甲醚、烯烃、甲醛等化工产品的工艺方法。

【难点】MTO、MTP的催化原理。

第7章 煤间接液化

【重点】煤间接液化的工艺方法。

【难点】F-T合成的催化原理。

第8章 煤直接液化

【重点】煤直接液化的工艺流程。

【难点】煤直接液化的影响因素。

第9章 煤制炭素制品

【重点】活性炭、石墨电极。

【难点】碳纤维。

6.3 学时安排

表1 学时安排

内 容	学时
第一部分 煤化学 第1章 绪论	2
第2章 煤的特征与生成	2
第3章 煤的工业分析和元素分析	2
第4章 煤的物理和物理化学性质	2
第5章 煤的化学性质	1
第6章 泥炭与褐煤的化学和利用	1
第7章 煤的结构	2
第8章 煤的热解和黏结、成焦	1
第9章 煤的分类	1
第二部分 煤化工工艺学 第1章 绪论	1
第2章 煤的低温干馏	1
第3章 炼焦	4
第4章 炼焦化学产品的回收与精制	4
第5章 煤炭气化	4

第 6 章 煤气化的下游产品	1
第 7 章 煤间接液化	1
第 8 章 煤直接液化	1
第 9 章 煤制炭素制品	1
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，需要掌握有关煤化学的基本概念、世界和我国的能源状况、三种主要基础能源的转化利用，和世界能源结构历史的变迁与未来的发展趋势。

7.1.3 教学内容

本单元的教学内容为第一部分 煤化学的第 1 章“绪论”部分，具体内容为：

第 1 章 绪论

1.1 基本概念

- 1、什么是煤化学？
- 2、煤炭的用途
- 3、能源对于人类社会的重要意义
- 4、能源的分类？
- 5、学习本课程的意义？

1.2 世界和我国的能源的基本状况以及发展煤化工的必要性

- 1、世界和我国的能源结构特点
- 2、世界和我国的能源可采储量和使用年限
- 3、煤炭储藏量的含意
- 4、我国煤炭资源的储量
- 5、最近二十年来我国的煤炭消耗情况
- 6、中国目前的石油安全问题
- 7、西方国家大量采用石油作为能源的原因
- 8、中国的能源利用效率

1.3 世界能源结构历史的变迁与未来的发展趋势

- 1、能源结构的历史变迁
- 2、多元化的能源结构
- 3、为什么不能无限制地发展核电来解决未来的能源问题？
- 4、关于“低碳经济”

1.4 煤化学的学习方法

- 1、煤化学各部分内容之间的内在关系是什么？
- 2、连接煤化学知识体系的主线是什么？
- 3、揭示不同煤种渐变关系最重要的一个基本概念是什么？

1.5 课时安排与考核方法

本单元的重点和难点分别是：

【重点】我国能源结构的特点；

【难点】发展先进煤化工技术的必要性。

7.1.4 教学过程

本章内容将深入浅出地由同学们最关心的就业问题说起，从就业问题说到当前国家的发展状况，然后再说到我校的学科建设情况，然后再说到学习煤化学这门课的必要性，然后再转入正题开始叙述煤化学的基本概念，以及后续的全部实体内容。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。

7.1.5 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：

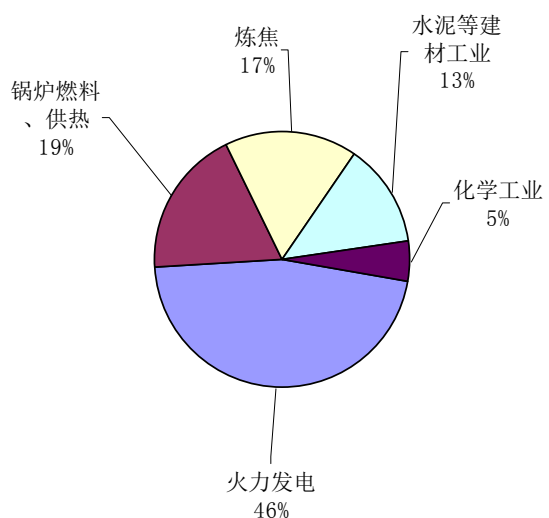


图 1-1 煤炭的用途

图 1-2 煤炭的转化利用途径

世界

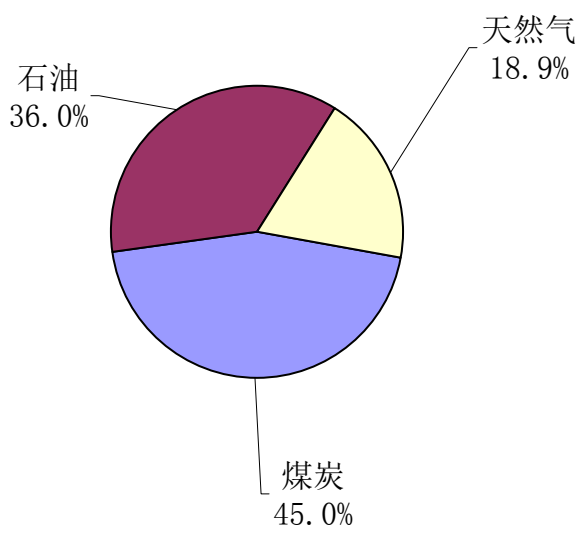


图 1-3 世界与中国化石能源资源探明储量构成

图 1-4 世界和中国化石消费能源结构的比较

图 1-5 不同储量的含意

图 1-6 我国煤炭资源的已探明可采储量的百分比

图 1-7 中国近二十年来的煤炭产量

图 1-8 中国和美国能源消费变化趋势图（折合成油当量）

图 1-9 中国主要石油进口国家

图 1-10 世界石油储备分布图

图 1-11 在过去 100 多年世界能源结构的变化

图 1-12 未来能源组成的变化趋势

图 1-13 2008 年中国发电量构成

图 1-14 铀 235 的裂变反应

表：

表 1-1 能源分类简表

表 1-2 中国与世界的能源状况一览表

表 1-3 我国煤炭资源的已探明可采储量

表 1-4 世界主要国家铀资源量（2007）

表 1-5 世界核电统计（2007）

表 1-6 学时安排表

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，自前年以来煤化工行业重新好转的原因是什么。

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：什么是煤化工、煤的用途、煤化工的产业前景、个人的就业前景等，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，参阅华东理工大学 1984 年朱之培版的《煤化学》绪论部分的有关内容。

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

通本单元学习关于煤的形成过程的问题，这是煤化学理论至关重要的一个问题，它是理解其它煤化学问题的一把钥匙。通过本单元的学习，要求能够叙述煤的形成过程，并且能够阐明不同煤种的形成原因。

7.2.3 教学内容

本单元的教学内容为第 2 章“煤的特征与生成”，具体内容包括：

第 2 章 煤的特征与生成

2.1 对于煤的初步认识

- 1、以成煤原始植物的不同作为标准对煤进行分类
- 2、腐植煤的种类有哪些？
- 3、以煤化程度的不同对煤进行粗略分类
- 4、泥炭的特征（泥炭形成时间：几千年～几万年）
- 5、褐煤的特征（褐煤形成时间：几百万年）
- 6、烟煤的特征（烟煤形成时间：几千万年以上）
- 7、无烟煤的特征
- 8、四种煤的比较
- 9、烟煤可以进一步细分为几种煤？
- 10、不同煤种的各自的主要用途？

2.2 煤的生成

- 1、地球的形成史
- 2、地球板块运动
- 3、地球大气组成的组成
- 4、地球大气组成的演变史
- 5、人类文明对于地球历史的重大影响
- 6、地质史上几个最主要的成煤时期。
- 7、植物的结构
- 8、植物的族组成（化学组成）
- 9、形成煤田的基本因素
- 10、煤的形成过程
- 11、煤的形成过程详解（看视频辅助）
- 12、煤层厚度分级
- 13、随着煤化程度的加深煤有何变化？
- 14、变质作用分阶段的主要影响因素：
- 15、三种变质作用
- 16、概念辨析

2.3 煤的宏观和微观特征

- 1、什么是宏观煤岩成分？
- 2、什么是宏观煤岩类型？与宏观煤岩成分之间有何联系？
- 3、煤岩显微组分包括哪两大类？
- 4、煤的有机显微组分包括哪几种？
- 5、三种煤岩显微组分与四种宏观煤岩成分之间的关系？
- 6、煤岩有机显微组分的成因
- 7、不同的煤岩显微组分有何不同特性？
- 8、三种煤岩显微组分在煤化过程中的变化
- 9、决定煤的性质的最重要的两个性质是什么？
- 10、煤岩无机显微组分包括
- 11、煤岩学的应用

2.4 我国西南地区的煤炭资源状况

1、中国煤炭资源的分布

2、西南三省一市的煤炭资源分布状况

本单元的重点和难点分别是：

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤的形成过程详解（以腐植煤为重点）

【难点】形成煤田的基本因素

7.2.4 教学过程

本章内容将深入浅出地由日常生活中看似普通常见的黑色的煤说起，谈到实际上煤有很多分类，多数的煤都是我们所看到的黑色的煤，但是也有土色的泥炭、褐色的褐煤和闪亮的无烟煤，由此展开关于煤的种类的叙述。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 2-1 挖煤现场（陆植煤）

图 2-2 残植煤

- 图 2-3 山西浑源煤
- 图 2-4 胶泥煤
- 图 2-5 油页岩
- 图 2-5 炭质页岩
- 图 2-6 腐植腐泥煤
- 图 2-7 煤精雕刻品
- 图 2-8 不同煤种的外观形态
- 图 2-9 煤块上的植物印记
- 图 2-10 宇宙大爆炸
- 图 2-11 第一代星云
- 图 2-12 第一代恒星，超新星爆发
- 图 2-13 第二代星云
- 图 2-14 形成太阳系
- 图 2-15 宇宙的形成
- 图 2-16 原始地球
- 图 2-17 现在地球

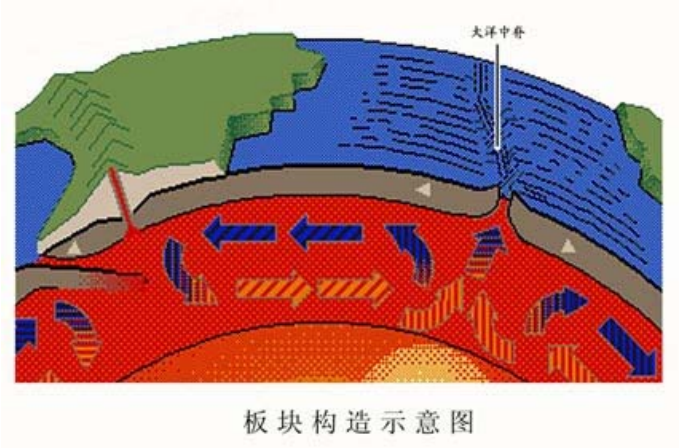


图 2-18 地壳的板块运动

空气成分 (按体积计)	固定成分	氮气 78%
		氧气 21%
		稀有气体 0.94%
		二氧化碳 0.03%
	不固定成分 0.03% (随环境而变)	其它气体
		杂质

图 2-19 空气的组成

图 2-20 植物细胞的结构

图 2-21 植物的成煤成分

图 2-22 纤维素、葡萄糖、二糖的分子结构

图 2-23 半纤维素的结构单元

图 2-24 半纤维素的分子结构式

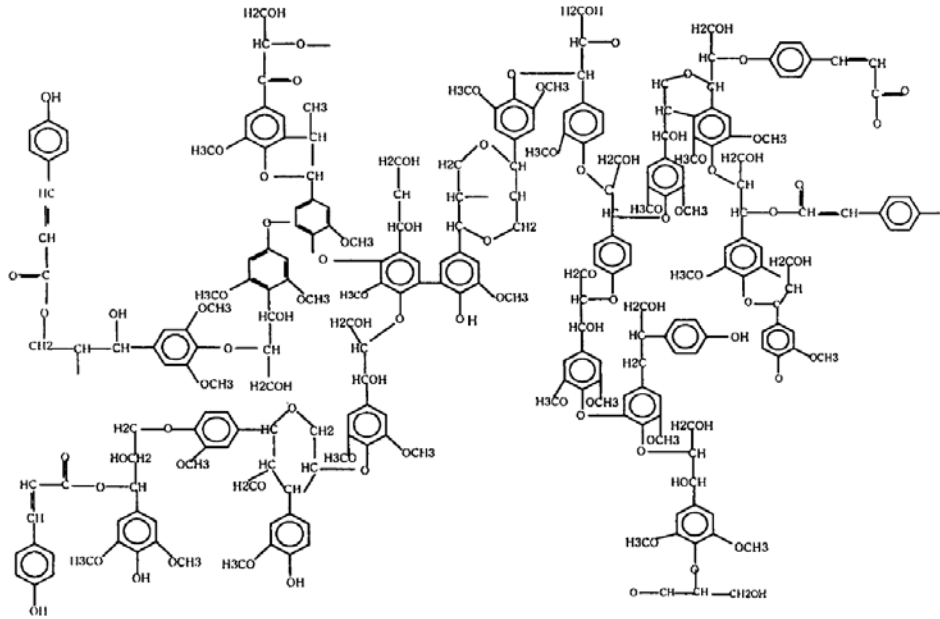


图 3 蔗渣磨木木素的结构模型图^[6]

图 2-25 木质素的结构模型

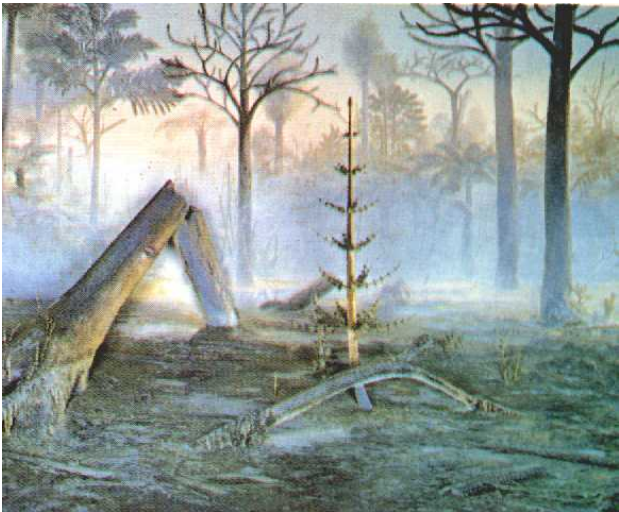


图 2-26 古地球原始植物想象图

图 2-27 煤的形成过程

图 2-28 煤的形成过程示意图

图 2-29 矿井示意图

图 2-30 煤层

图 2-31 新疆某巨厚煤层

图 2-32 平朔露天煤矿安太堡露天矿区

图 2-33 煤场机械

图 2-34 煤的形成条件



图 2-35 光亮型煤

图 2-36 半亮型煤

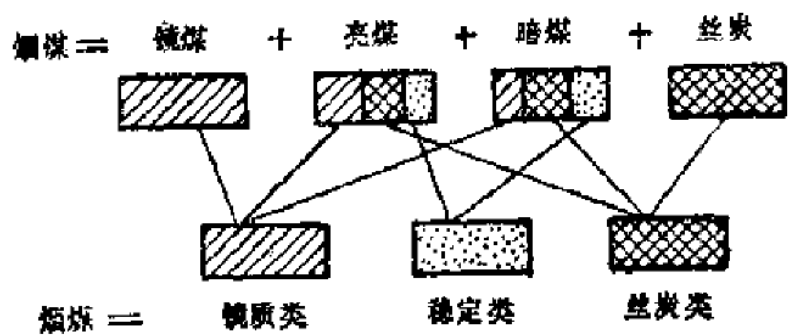


图 2-37 三种煤岩显微组分与四种宏观煤岩成分之间的关系

图 2-38 三类显微组的形成模式

图 2-39 三种煤岩显微组分在煤化过程中的变化

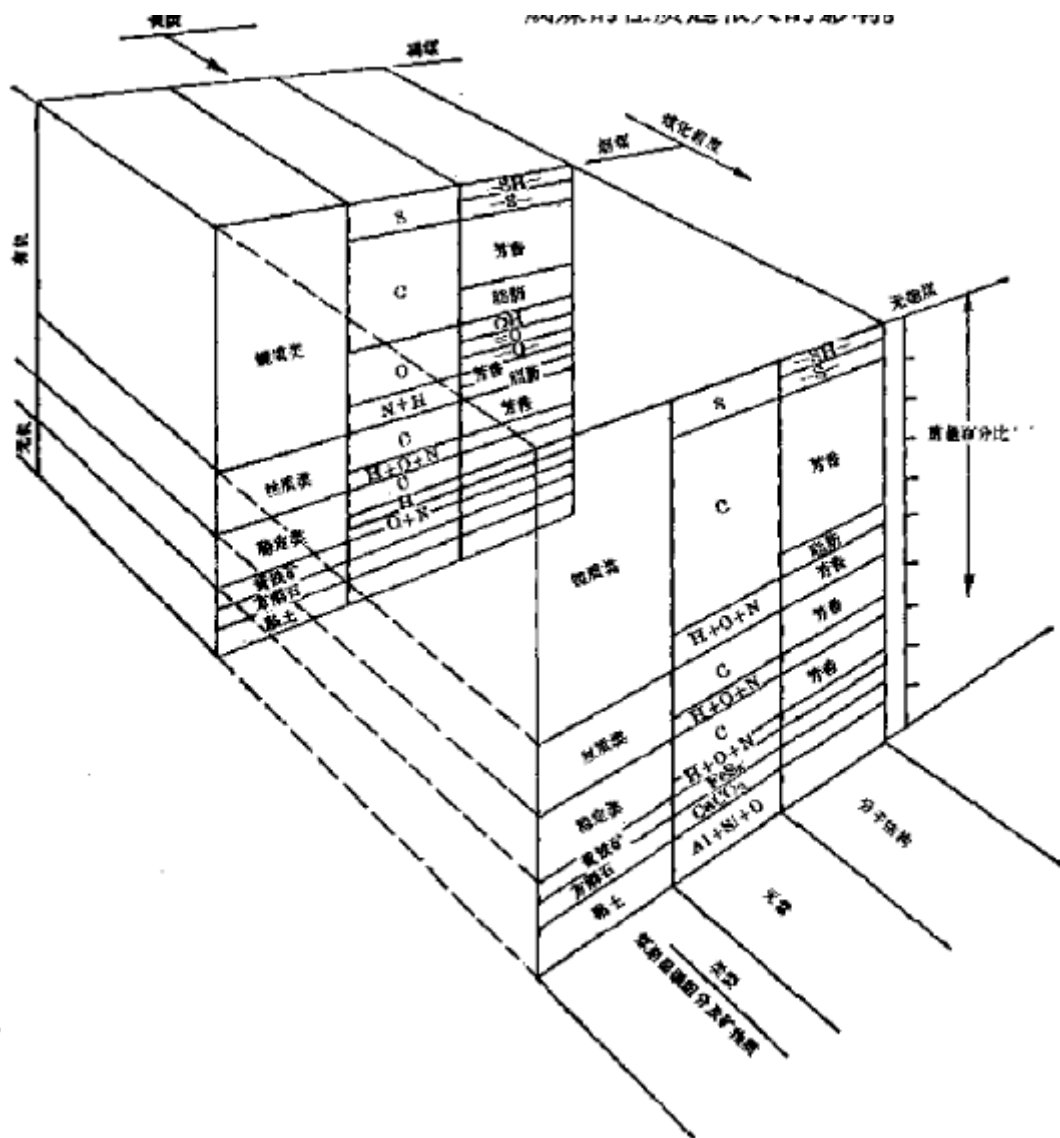


图 2-6 煤化程度和煤的类型之间的内在关系

图 2-40 煤化程度和煤的类型之间的内在关系

图 2-41 我国的主要煤田

图 2-42 国家大型煤炭生产基地

表:

表 2-1 煤的种类

表 2-2 四类煤的主要特征

表 2-3 四类煤的组成成分与主要用途

表 2-4 地质史上的主要成煤时期

宙	代	纪	世	距今年数	生物的进化			
显生宙	新生代	第四纪	全新世	1万			人类时代 现代动物 现代植物	
			更新世	200万				
		第三纪	上新世	600万			被子植物和 兽类时代	
			中新世	2200万				
			渐新世	3800万				
			始新世	5500万				
			古新世	6500万				
	中生代	白垩纪		1.37亿			裸子植物和 爬行动物时代	
		侏罗纪		1.95亿				
		三迭纪		2.30亿				
	古生代	二迭纪		2.85亿			蕨类和 两栖类时代	
			石炭纪					3.50亿
		泥盆纪		4.05亿			裸蕨植物 鱼类时代	
		志留纪		4.40亿				
		奥陶纪		5.00亿			真核藻类和 无脊椎动物时代	
		寒武纪		6.00亿				
		隐生宙	元古	震旦纪		13.0亿		
					19.0亿			
					34.0亿			
					46.0亿			
	>50亿							
	太古				地球形成与化学进化期			
					太阳系行星系统形成期			

表 2-5 木质素的三种不同类型的单体

表 2-6 不同植物的族组成分析

表 2-7 泥炭、褐煤、烟煤、无烟煤化学组成的变化

表 2-8 国际硬煤的显微组分分类方案

此外，在课堂上将要播放 3 个小视频以增强印象，分别是：《煤的分类》、《煤的开采》、《煤的形成》。

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，“我”在日常生活中曾经见到过的煤究竟是属于哪个煤种的煤？

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煤种分类、煤炭用途的科普知识。

7.2.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅华东理工大学 1984 年朱之培版的《煤化学》第 1 章有关内容。

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

本单元学习煤工业分析的知识。通过本单元的学习，要求掌握煤中水分、灰分、挥发分、固定碳的分析的原理、操作方法与注意事项。

7.3.3 教学内容

本单元的教学内容为第 3 章“煤的工业分析和元素分析”，具体内容包括：

第 3 章 煤的工业分析和元素分析

3.1 概述

- 1、煤质分析最基本的两套分析项目是什么？
- 2、写出重要煤质分析专用符号的英文全称和含义？

3.2 煤的工业分析

- 1、煤中为什么会有水分？
- 2、煤中的水分对于煤的加工利用有何影响？
- 3、测定煤中水分的设备主要有哪些？
- 4、简述煤中水分含量测定的基本方法？
- 5、褐煤水分的测定有何要点区别？
- 6、煤中水分有哪几种存在形态？
- 7、什么是煤的最高内在水？
- 8、煤中的矿物质有哪几种来源？

9. 简述煤中矿物质（无机相）的赋存形态？
10. 煤的矿物质和灰分有何区别？
11. 煤中的矿物质对于煤的加工利用有何影响？
12. 测量煤中灰分的主要设备是什么？
13. 简述煤中灰分测定的基本方法？
14. 测定煤中的灰分为何要在 500℃ 停留 30 分钟？
15. 矿物质在煤燃烧过程中发生了哪些化学反应？
16. 灰分和矿物质之间的换算公式
17. 煤中矿物质的直接测定法
18. 我国某些煤的灰分组成
19. 什么是煤的洗选
20. 什么是煤的挥发分？
21. 测定煤的挥发分有何重要意义？
22. 测定挥发分的主要设备是什么？
23. 简述测定煤中挥发分的基本方法？
24. 测定灰分和挥发分的方法有何不同？
25. 什么是煤的固定碳？
26. 随着煤化程度的提高煤的工业分析数据有何规律性的变化？

3.3 煤的元素分析

1. 什么是煤的元素分析？
2. 煤的元素分析有何重要意义？
3. 简述煤中碳氢元素的测定原理？
4. 简述煤中碳氢元素测定的基本方法？
5. 简述碳氢元素测定时是如何排除杂质干扰的？
6. 简述煤中氮元素的分析测定原理
7. 简述煤中 S 元素的赋存形态有哪些？
8. 测定硫元素含量有何意义？
9. 简述测定煤中硫元素含量的基本方法？
10. 煤中的氧元素如何测定？

11、煤中的元素组成随煤化程度升高有何？

3.4 分析结果的表示方法

1、为什么对于煤质分析数据必须注明基准？

2、常用的煤质分析基准有哪些？含义分别是什么？

3、不同基准的煤质分析结果换算公式是什么？

4、有没有必要死记住煤质分析各指标的计算公式，以及不同基准之间的换算公式？

3.5 其它煤质分析指标

1、什么是煤的发热量？

2、什么是煤的高位发热量和低位发热量？

3、测量煤的发热量基本原理是什么？

4、随煤化程度增加煤的发热量有何变化？

5、什么是煤灰熔融性？

6、国标是怎样表示煤灰熔融性的？

7、简述测定煤灰熔性的基本方法？

8、煤灰一般有哪两种形态？

9、煤灰含何种成分较多会使灰熔点增高？或降低？

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤中水分、灰分、挥发分、固定碳的测定方法。

【难点】工业分析方法的操作细节

7.3.4 教学过程

本单元讲述有关煤的工业分析方法。上课开始，从普通的花岗岩与煤炭之间的明显区别开始讲起，前者是无机物，后者是有机物，通过加热就如同橡胶一样是可以产生出挥发分的，由此引出测定煤中有机物含量的方法，如何扣除水分、灰分的影响，如何测定“固定了的碳”和“可以挥发的碳”。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 3-1 煤中各种成分含量示意图

图 3-2 测定水分的设备

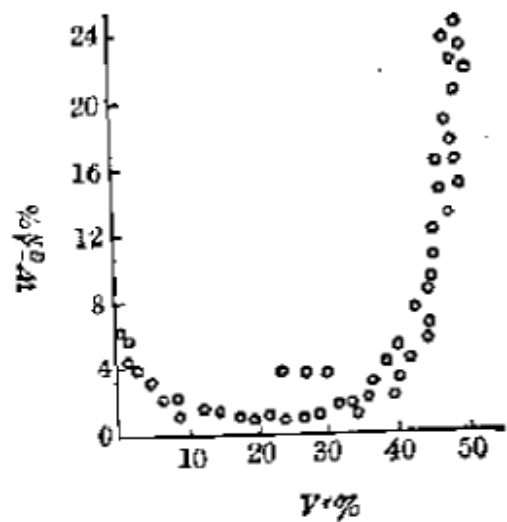


图3-1 煤的最高内在水分与挥发分的关系

图 3-3 煤最高内在水与挥发分的关系

图 3-4 测定灰分和挥发分的设备

图 3-5 一些煤种的灰分

图 3-6 一些煤种的焦渣

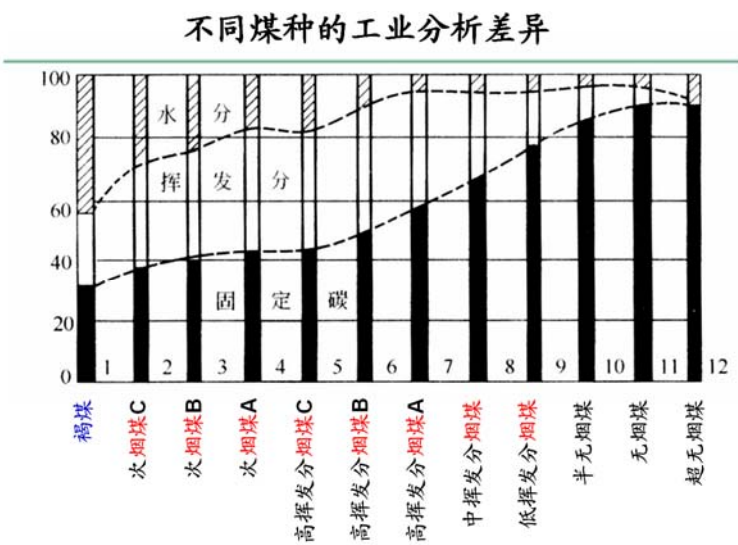
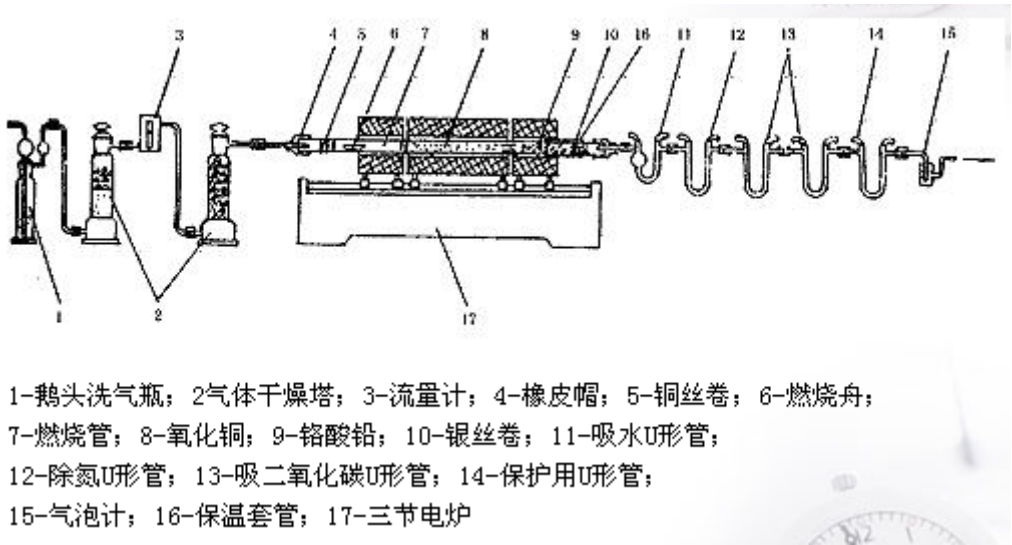


图 3-7 随煤化程度增加煤的水分、挥发分、固定碳含量的规律性变化

图 3-8 高端全自动有机元素分析仪



1-鹅头洗气瓶；2气体干燥塔；3-流量计；4-橡皮帽；5-铜丝卷；6-燃烧舟；
7-燃烧管；8-氧化铜；9-铬酸铅；10-银丝卷；11-吸水U形管；
12-除氮U形管；13-吸二氧化碳U形管；14-保护用U形管；
15-气泡计；16-保温套管；17-三节电炉

图 3-9 碳氢测定仪



图 3-10 瓷舟

图 3-11 凯氏定氮仪

图 3-12 定硫仪

图 3-13 煤质分析基准示意图

图 3-14 氧弹法量热仪

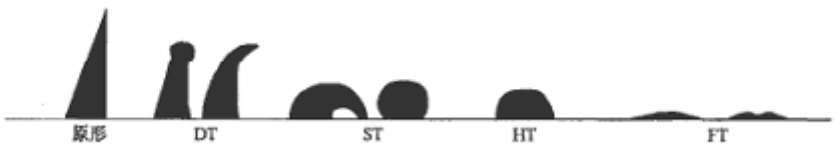


图 3-15 煤灰熔融性测定仪

表：

表 3-1 几种原煤的工业分析与元素分析数据

工业分析					元素分析					H/C
煤种	Mad%	Ad%	Vdaf%	FCdaf%	Cdaf%	Hdaf%	Ndaf%	Stdaf%	Odaf%	
兖州煤(YZ)	2.66	4.33	43.79	56.21	79.67	5.23	1.36	2.76	10.98	0.79
浑源煤(HY)	10.97	12.75	42.40	57.60	79.28	4.50	1.42	0.46	14.34	0.68
神府 1#煤(SF1)	2.80	6.50	39.00	61.00	78.55	4.73	0.92	0.50	15.3	0.72
神府 2#煤(SF2)	7.39	5.07	34.82	65.18	81.44	4.21	1.01	0.27	13.07	0.62
姜家湾煤(JJW)	4.28	6.07	29.79	70.21	84.97	4.24	0.86	0.88	9.05	0.60
神府 3#煤(SF3)	0.50	10.45	29.31	70.69	87.71	4.97	1.36	0.50	5.46	0.68
古交煤(GJ)	0.80	10.61	18.65	81.35	86.59	4.15	1.34	1.06	6.86	0.58

注：氧含量由差减法得到。

表 3-2 （示例）杨村煤的工业分析与元素分析数据

表 3-3 我国某些煤的灰分组成

表 3-4 随煤化程度增加煤元素组成的规律性变化

表 3-5 某煤种不同基准所示的分析结果的区别

表 3-6 煤质分析结果不同基准之间的换算公式

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，把煤干馏了之后剩下的残渣都是固定碳吗？

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什么是兰炭、什么是焦炭的信息，预先了解一下煤中存在挥发分的情况。

7.3.8 教学单元的参考资料

详细的工业分析操作方法请参阅张双全的《煤化学实验》（2010 年版）第三章实验二“煤的工业分析”，如果仍有不清楚的地方请参阅国家质量技术监督局关于煤的工业分析的国家标准文件《GB/T212-2008 煤炭工业分析方法》电子文档。

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

本单元学习煤化学的第四章，煤的物理和物理化学性质。通过本单元的学习，要求深刻理解煤的各种物理性质和物理化学性质，特别是不同煤种之间这些性质差异的规律性变化。

7.4.3 教学内容

本单元的教学内容为第4章“煤的物理和物理化学性质”，具体内容包括：

第4章 煤的物理和物理化学性质

4.1 煤的空间结构性质

- 1、煤的物理性质和物理化学性质包括哪些方面？
- 2、煤的密度有哪三种表示方法？
- 3、煤密度的三种表示方法从大到小的排序是什么？
- 4、煤的密度随煤化程度的增加有何变化？并解释其原因？
- 5、同一煤种三种显微组分的密度相比有何差别？
- 6、如何对煤的孔隙性进行表征？
- 7、什么是煤的孔隙度？
- 8、怎样测定煤的孔隙度？
- 9、随着煤化程度增加煤的孔隙度有何规律性变化？
- 10、怎样划分煤孔隙的微孔、小孔、中孔、大孔？
- 11、随着煤化程度的增加煤孔径分布有何规律性变化？
- 12、什么是煤的煤比表面积？
- 13、随着煤化程度的增加煤的比表面积有何规律性变化？

4.2 煤的热性质

- 1、煤的热性质主要包括哪些方面？了解这些性质有何重要意义？
- 2、什么是煤的润湿性？
- 3、了解煤的润湿热有何意义？
- 4、随着煤化程度的增加煤的润湿热有何规律性变化？
- 5、什么是煤的比热容？
- 6、煤比热容的大小和哪些因素有关？
- 7、简述煤的导热性有何特点？
- 8、什么是煤的热稳定性？
- 9、随着煤化程度的增加煤的热稳定性有何规律性变化？

4.3 煤的电、磁性质

- 1、简述煤的导电性有何特点？
- 2、核磁共振可用于研究煤的哪些特性？

4.4 煤的机械性质

- 1、什么是煤的机械性质？
- 2、怎样测量煤的硬度？
- 3、随着煤化程度的增加煤的硬度有何规律性变化？
- 4、三种煤岩显微组分的显微硬度怎样排序？
- 5、随着煤化程度的增加煤的可磨性系数有何规律性变化？
- 6、煤的抗碎强度随煤化程度的增加有何规律性变化？
- 7、四种宏观煤岩成分的抗碎强度怎样排序？

4.5 煤的光学性质

- 1、什么是煤的光学性质？
- 2、镜质组的反射率有何用途？
- 3、煤的折射率随煤化程度有何规律性变化？
- 4、X 射线衍射对于煤的研究有何用途？
- 5、红外光谱对于煤的研究有何用途？
- 6、通过红外光谱的分析可以得出煤分子结构的哪些结论？

4.6 煤的溶剂抽提性质

- 1、溶剂抽提对于煤化学与煤化工有何意义？

- 2、煤的溶剂抽提可分为哪些种类？
- 3、简煤的述吡啶抽提率有何特点？
- 4、胺类溶剂对煤的抽提有何特点？
- 5、何种混合溶剂对煤的抽提率非常好？
- 6、煤的溶剂分级萃取有何用途？

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤的空间结构性质

【难点】煤的空间结构性质随煤化程度提高的变化

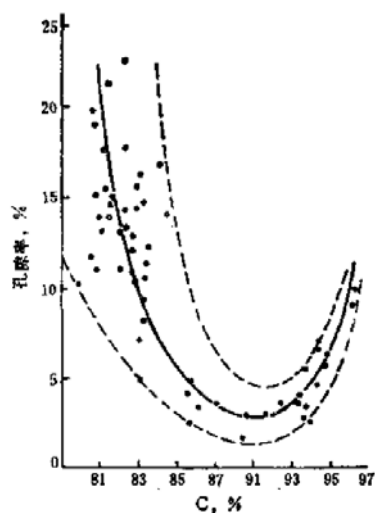
7.4.4 教学过程

本单元讲述煤的空间结构以及空间结构随煤化程度加深的变化规律。首先从沉积岩的概念说起，引出煤的孔隙性，再展开讲述煤的密度、孔隙性、比表面积等空间结构性质，然后转入热的性质，和其它物理性质和物理化学性质。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。

7.4.5 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 4-1 镜质组密度和煤化程度的关系



- 图 4-2 孔隙度和煤化程度的关系
- 图 4-3 甲醇润湿热和煤化程度的关系
- 图 4-4 煤的比热和煤化程度的关系
- 图 4-5 显微硬度和煤化程度的关系
- 图 4-6 可磨性系数（HGI）和煤化程度的关系
- 图 4-7 煤抗碎强度和煤化程度的关系
- 图 4-8 煤显微组分反射率与煤化程度煤化程度的关系
- 图 4-8 煤显微组分反射率与煤化程度煤化程度的关系
- 图 4-9 三种煤的 X 射线衍射图
- 图 4-10 煤的红外分析光谱图



- 图 4-11 利用索氏萃取装置对年青烟煤进行抽提
- 图 4-12 胺类溶剂对煤的萃取率与煤化程度的关系
- 图 4-13 煤的溶剂分级萃取

表：

表 4-1 孔体积分布和煤化程度的关系

表 4-2 煤的比表面积（BET 法测定）

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，煤的孔隙性的成因？

7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请复习一下有关密度、孔隙性、润湿性、导电性等方面的基本知识。

7.4.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅华东理工大学 1984 年朱之培版的《煤化学》第 4 章的有关内容。

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

本单元学习煤作为一种“物质”的化学性质，包括它跟氧气、氢气等物质发生反应时的特性，但并不特别强调工程上它用途最广的燃烧反应，在本单元只是将煤作为一种普通的物质加以研究。通过本单元的学习，要求掌握煤的氧化、加氢等反应的化学机理。其次，学习泥潭、褐煤、腐殖酸的有关知识。

7.5.3 教学内容

本单元的教学内容为第 5 章“煤的化学性质”，和第 6 章“泥炭与褐煤的化学和利用”，具体内容包括：

第 5 章 煤的化学性质

5.1 煤的氧化

- 1、煤的重要化学性质有哪些？
- 2、根据氧化深度的不同煤的氧化可分为哪几个阶段？
- 3、煤的氧化可以简化为哪几个阶段？什么是深度氧化和轻度氧化？

- 4、用于煤氧化研究的氧化剂有哪些？
- 5、什么是煤的风化？
- 6、风化煤的性质与原煤相比有何变化？
- 7、什么是煤的自燃？
- 8、影响煤风化和自燃的因素有哪些？
- 9、如何防止煤的风化和自燃
- 10、简述煤粒在富氧气氛中的燃烧过程？（电力、锅炉专业内容）
- 11、煤的燃烧状况取决于哪些因素？
- 12、选用燃烧用煤的原则是什么？
- 13、随煤化程度的增高煤的着火温度有何规律性变化？
- 14、燃煤锅炉的燃烧方式有哪几种？
- 15、煤的燃烧会带来哪些污染问题？
- 16、煤气化的化学原理

5.2 煤的加氢

- 1、煤的加氢有何重要意义？
- 2、煤加氢液化过程中主要发生哪些反应？
- 3、简述煤的加氢液化反应机理？
- 4、煤化程度对于煤加氢液化的转化率有何影响？

5.3 煤的其他化学反应

- 1、煤跟氯气发生的反应
- 2、氯化反应的影响因素
- 3、氯化煤的用途
- 4、除了与氧和氢的反应之外煤还有哪些主要的化学反应？

第6章 泥炭与褐煤的化学和利用

6.1 泥炭的化学和利用

- 1、泥炭和褐煤在我国的储量
- 2、我国泥炭资源的分布
- 3、现代的泥炭沼泽和远古聚煤期的泥炭沼泽有何区别？
- 4、根据形成环境的不同泥炭可以分为哪三种类型？

5、泥炭的组成有何特点？

6、泥炭包含哪些族组成？

7、泥炭有哪些用途？

6.2 褐煤的化学和利用

1、什么是褐煤

2、褐煤有哪些种类？

3、简述我国褐煤资源的分布

4、褐煤的化学组成有何特点？

5、褐煤有何用途？

6、褐煤蜡

7、褐煤蜡的用途

6.3 腐植酸的化学和利用

1、什么是腐植酸？

2、通过不同溶剂的萃取分离可以将腐植酸分为哪几个种类？其化学组成有何区别？

3、简述腐植酸分子结构的组成。

4、腐植酸在工业上的用途

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤的燃烧、气化的化学基础

【难点】煤的燃烧、气化的反应机理

7.5.4 教学过程

本单元讲述煤这种物质的一般化学性质。本单元首先从风吹雨淋放在露天堆放的煤一年之后燃烧值下降的案例说起，引入煤和氧气所发生的缓慢氧化反应，然后逐渐展开煤这种物质的一般化学特性。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 风化煤

图 5-2 煤的自燃

图 5-3 煤的燃烧机理

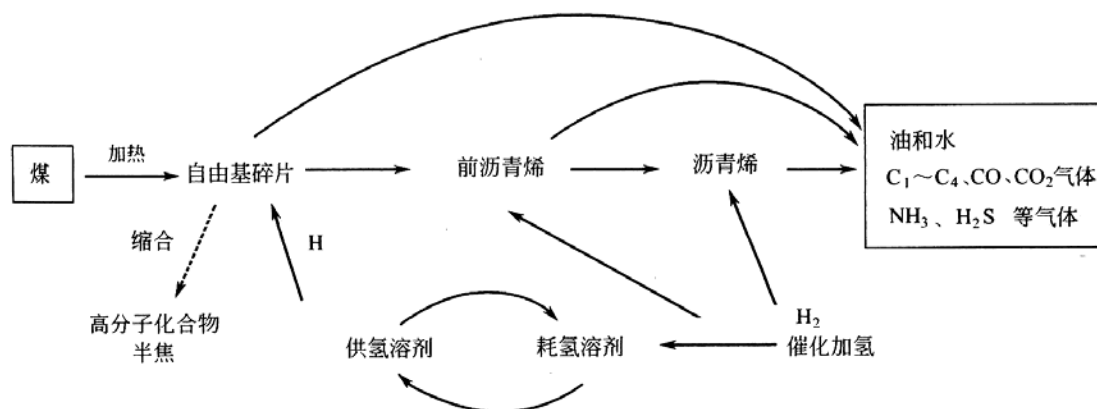


图 5-4 煤直接液化的反应机理

图 5-5 煤的分子结构，分子量 $\approx 5000\sim 10000$

图 5-6 前沥青烯的化学结构，分子量 ≈ 1000

图 5-7 沥青烯的化学结构，分子量 ≈ 500

图 5-8 轻度加氢，粗油品，分子量 $\approx 200\sim 400$ （接近于基本结构单元大小）

图 5-9 深度催化加氢降解得汽油、柴油和其它化学品混合物，分子量 $\approx 100\sim 200$

图 5-10 精馏分离出柴油、汽油目标产品和其它化学品

图 5-11 煤加氢液化转化率与煤化程度的关系

图 6-1 我国煤炭资源的储量



图 6-2 泥炭

图 6-3 四川省的泥炭资源主要分布在川西北部

图 6-4 泥炭的用途

图 6-5 泥炭开采现场

图 6-6 煤化过程示意图

图 6-7 褐煤

图 6-8 褐煤的用途



图 6-9 褐煤蜡

图 6-10 褐煤蜡的用途

图 6-11 腐植酸

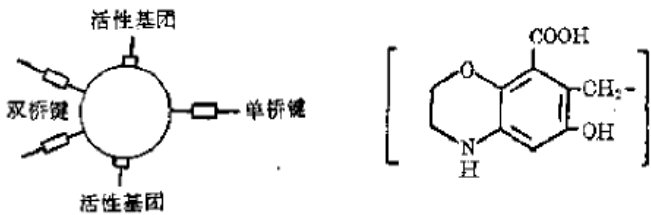


图 6-12 腐植酸的基本结构单元示意图

图 6-13 黄腐酸的分子结构

表:

表 5-1 煤中化学键的键能分类 (单位 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)

表 6-1 各煤种在我国的储量

表 6-2 我国泥炭资源的分布

表 6-3 泥炭的水分和挥发分含量

表 6-4 泥炭的元素分析数据

表 6-5 不同泥炭的族组成分析

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,煤除了燃烧之外还能有什么用处?

7.5.7 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煤的自然引起的灾害的有关知识,为理解煤的缓慢
氧化做准备。

7.5.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆,参阅华东理工大学 1984 年朱之培版的《煤化学》
第 5 章有关内容,并参阅专著《褐煤利用技术》(煤炭工业出版社,1999,戴和
武、谢可玉),《煤炭腐植酸的生产和应用》(化学工业出版社,1991,郑平)。

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

本单元学习煤的结构。通过本单元的学习，要求在头脑中建立起煤结构的基本概念，并能够根据这些结构解释煤的各方面性质。

7.6.3 教学内容

本单元的教学内容为第7章“煤的结构”，具体内容包括：

第7章 煤的结构

7.1 概述

- 1、按照从宏观到微观的次序煤的结构可以分为哪几个层次？
- 2、简述“煤的结构”这一概念的涵义。
- 3、研究煤的结构有何意义？
- 4、为了阐明煤的结构动用了哪些研究方法？
- 5、煤化学一般是以什么样的煤作为研究对象？

7.2 煤的基本结构单元

- 1、什么是煤的基本结构单元？
- 2、典型烟煤的基本结构单元与分子的尺寸与分子量分别有多少？
- 3、简述煤基本结构单元的组成？
- 4、煤基本结构单元的“缩合芳香环”环数随煤化程度增高有何规律性变化？。
- 5、煤基本结构单元的外围部分中的含氧官能团有哪些类型？
- 6、煤中的含氧官能团含量随煤化程度升高有何变化规律？
- 7、含 S、N 的官能团有哪些？
- 8、煤基本结构单元的侧链随煤化程度的增高有何规律性变化？
- 9、将基本结构单元彼此连接为大分子的桥键有哪些类型？
- 10、随煤化程度的提高煤分子结构中的桥键有何变化？

7.3 煤的分子结构

- 1、煤的分子量有多大？
- 2、什么是煤的化学结构模型？
- 3、迄今为止引用最多的煤化学结构模型主要有哪些？

- 4、简述不同的煤化学结构模型分别做出了哪些历史贡献？
- 5、什么是煤分子中的低分子化合物？
- 6、随煤化程度的增高煤中的低分子化合物的含量有何变化？

7.4 煤的物理结构

- 1、煤的大分子彼此之间怎样结合？
- 2、简述煤主要的物理结构模型有哪些？
- 3、“芳香层片”和“微晶子”的概念如何理解？
- 4、简述希尔施结构模型的要点？
- 5、简述煤两相结构模型的要点
- 6、简述煤的单相结构模型要点。

7.5 煤分子结构的近代概念

- 1、试论述煤分子结构的近代概念
- 2、试从煤分子结构的观点解释煤的许多性质都在中等煤化程度阶段出现转折的现象

本单元的重点和难点分别是：

【重点】迄今为止引用最多的煤化学结构模型

【难点】不同的煤化学结构模型分别做出了哪些历史贡献

7.6.4 教学过程

本单元讲授煤的结构，力求最终在头脑中建立起关于煤微观结构的完整印象，这是煤化学这门课程的核心任务，极其重要。本单元首先从外围开始，讲授和煤的微观结构有关的零散概念，讲授重要的煤分子结构模型，然后讲授物理结构模型，最终介绍完整的煤微观结构模型。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 半亮型煤

图 7-2 煤的镜质组、丝质组和壳质组

图 7-3 低阶煤的两相结构模型

图 7-4 煤的化学结构模型——Wiser 模型

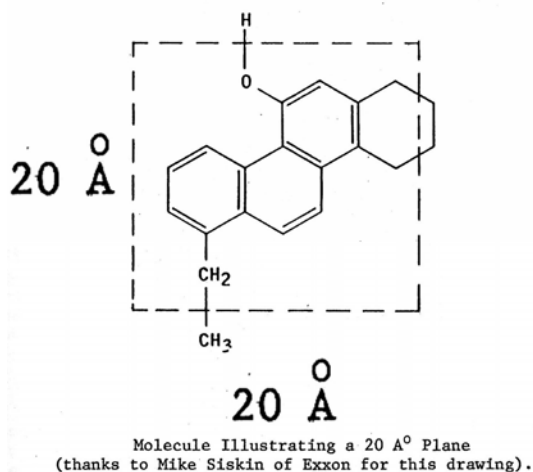


图 7-5 煤的一个基本结构单元想象图

图 7-6 镜煤和镜质组的关系

图 7-7 普通高分子化合物的“单体”与高分子的整体结构

图 7-8 中等变质程度烟煤的一个基本结构单元想象图

图 7-9 由基本结构单元“聚合”而成的煤大分子

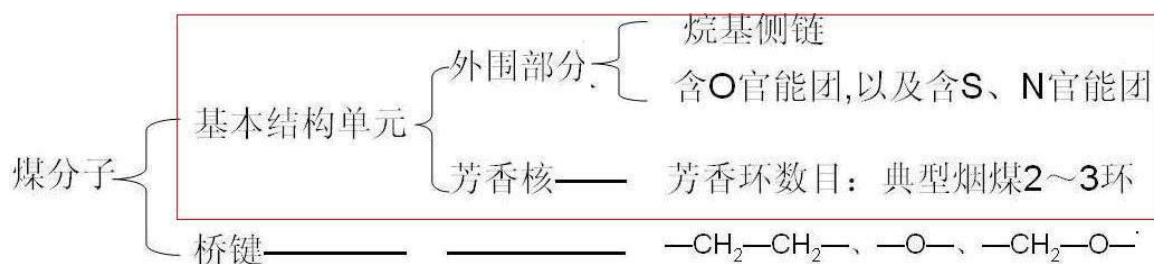


图 7-10 煤基本结构单元的组成

图 7-11 不同煤化程度煤的结构单元的变化趋势

图 7-12 随煤化程度加深煤的基本结构单元、桥键的变化

图 7-13 煤的化学结构模型——Fuchs 模型（经 Van Krevelen 修改）

图 7-14 煤的化学结构模型——Given 模型

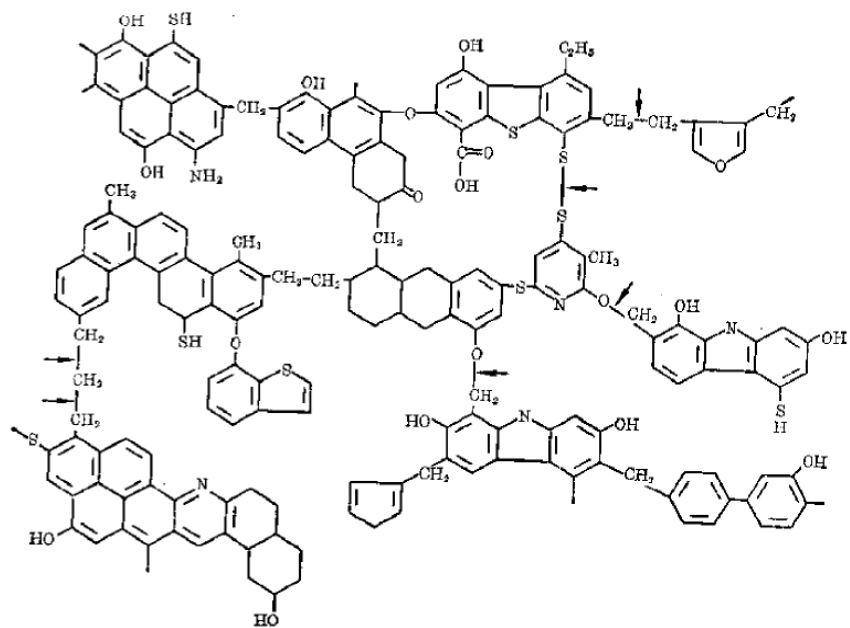


图 6-11 威斯化学结构模型

图 7-15 煤的化学结构模型——Wiser 模型

图 7-16 煤的化学结构模型——本田模型

图 7-17 煤的化学结构模型—— Shinn 模型

图 7-18 煤的化学结构模型——Solomon 模型

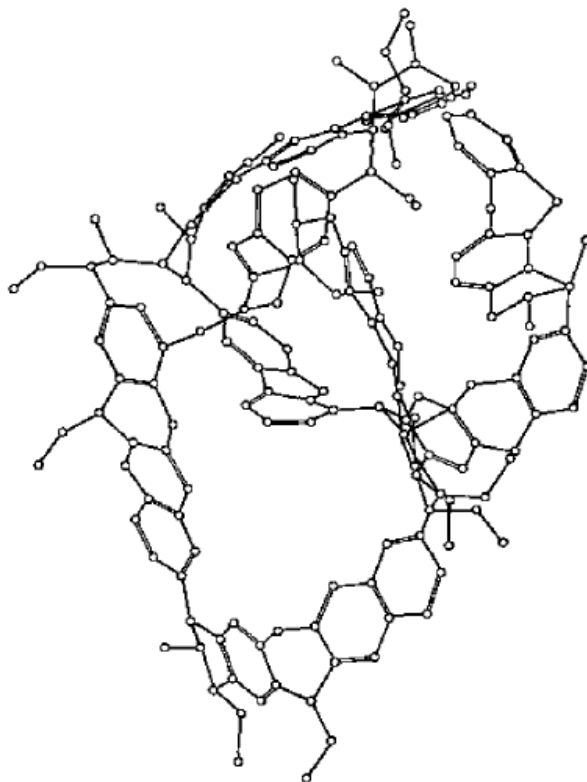


图 8-17 Faulon 模型

图 7-19 煤的化学结构模型——Faulon 模型

图 7-20 运用现代计算机技术制作的焦炭的立体模型

图 7-21 某种高分子的交联示意图

图 7-22 纤维素分子内部的氢键交联

图 7-23 “芳香层片”俯视图与侧视图的比喻

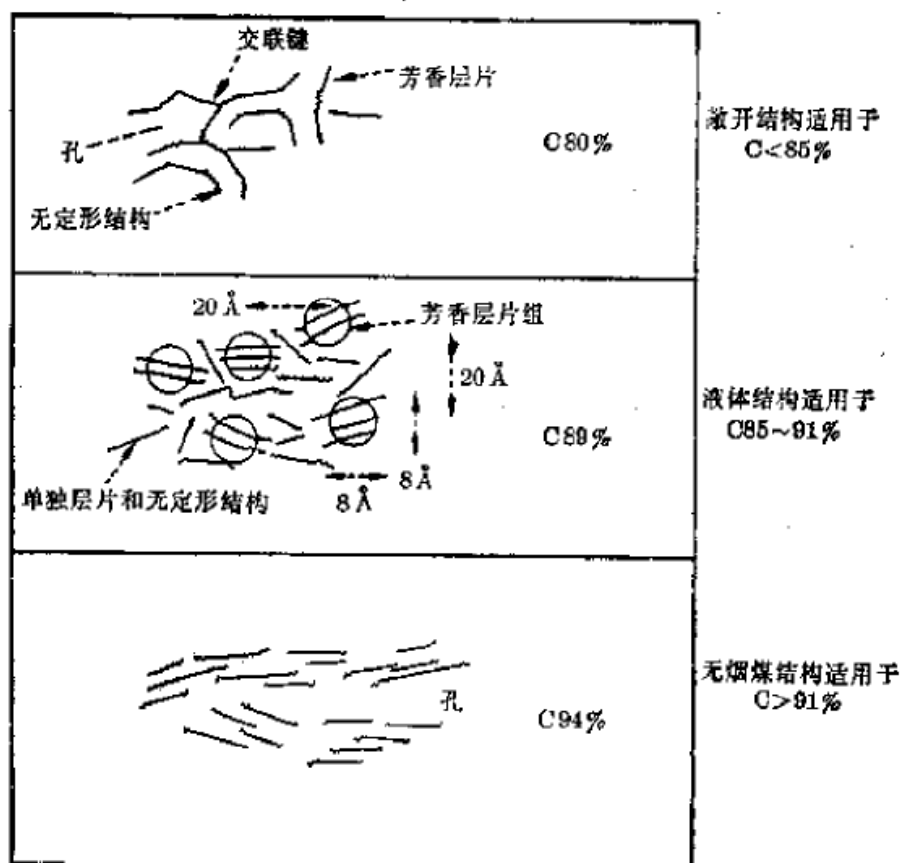


图 6-15 希尔施模型

图 7-24 煤的希尔施构模型 (10 埃=1 纳米)

图 7-25 煤的两相结构模型

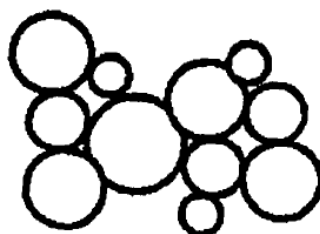


图 9 缔合模型

Fig. 9 Associated model

图 7-26 煤的单相结构模型

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，为什么不能煤的基本结构单元等同于高分子的单体？

7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请查阅高分子化学的有关知识，为理解基本结构单元的概念做准备。

7.6.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅华东理工大学 1984 年朱之培版的《煤化学》第 6 章有关内容，和太原理工大学谢克昌教授《煤的结构与反应性》（科学出版社，2002 年）一书中第一章第二节关于煤物理结构模型的有关内容。

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

本单元学习煤的热解、粘结、成焦，和煤炭分类的有关知识。通过本单元的学习，要求能够准确掌握上述知识。

7.7.3 教学内容

本单元的教学内容为第 8 章“煤的热解和黏结、成焦”，和第 9 章“煤炭分类”，具体内容包括：

第 8 章 煤的热解和粘结、成焦

8.1 煤的热解过程概述

- 1、什么是煤的热解？
- 2、研究煤的热解有何意义？
- 3、请分阶段阐述煤的热解过程
- 4、简述煤的热重分析曲线所揭示的问题？
- 5、阐述煤的差热分析（DTA）曲线所揭示的问题？

8.2 煤热解过程中的化学反应

- 1、简述烃类热稳定性的一般规律
- 2、简述煤在热解过程中所发生的化学反应？

8.3 煤热解的影响因素

- 1、简述煤热解过程的影响因素有哪些？
- 2、简述随煤化程度的增高煤的热解特性的规律性变化？
- 3、简述煤的岩相组成对于热解有何影响？
- 4、简述煤的粒度对热解有何影响？
- 5、最终温度对于热解的影响？
- 6、简述升温速度对于煤热解的影响？
- 7、压力对于煤的热解有何影响？
- 8、简述溶剂对于热解的影响？
- 9、简述氧化作用对于煤的粘结性的影响？

8.4 煤的热解动力学

- 1、煤热解动力学的研究内容是什么？
- 2、煤热解的活化能有何特点？
- 3、不同温度下煤的热解速度有何区别？
- 4、随加热速度的增加煤的失重速度有何变化？

8.5 煤的粘结性和结焦性指标及测定方法

- 1、什么是煤的粘结性？
- 2、什么是煤的结焦性？
- 3、简述煤的粘结性和结焦性概念有何不同？
- 4、简述煤的结焦性有哪些测定方法？
- 5、中国煤炭分类方法中的分类指标是哪几个？

- 6、简述粘结性指数（GR.I）的测定方法？
- 7、简述胶质层指数的测定原理
- 8、简述测定胶质层指数的测定方法
- 9、简述煤的胶质层厚度和挥发分有何关系？
- 10、简述奥阿（奥亚）膨胀度的测定原理
- 11、简述坩锅膨胀序数测定法的原理（德国）
- 12、简述基氏流动度的测量方法（美国、日本）
- 13、简述葛金（格金）指数的测定法原理（英国）

8.6 煤的粘结和成焦机理与配煤

- 1、焦化厂简介
- 2、简述煤粘结和成焦的机理
- 3、简述不同煤种的结焦特性？
- 4、简述为什么要配煤炼焦？
- 5、简述焦化厂对于配煤一般有何要求？

第9章 煤炭分类

9.1 概述

- 1、什么是煤的分类？
- 2、简述煤炭分类的意义
- 3、简述煤炭分类研究的历史沿革？
- 4、简述中国煤炭分类的历史沿革？
- 5、简述中国的煤炭分类体系？
- 6、简述我国煤炭分类法所遵循的原则

9.2 中国煤炭工业分类方法

- 1、世界各国的煤炭分类各自遵循哪些指标？
- 2、反映煤化程度的主要指标的适用范围有何不同？
- 3、为什么各国都采用挥发分作为煤炭分类的煤化程度指标？它有什么局限性？
- 4、在《中国煤炭分类》国家标准里是如何定义“煤”这种物质的？
- 5、在《中国煤炭分类》国家标准里对于灰分大的煤在鉴定煤种时应作什么

处理？

- 6、简述中国煤炭分类的参数有哪些？
- 7、在《中国煤炭分类方法》里如何将煤划分为无烟煤、烟煤、褐煤？
- 8、在《中国煤炭分类方法》里用哪些参数划分无烟煤的亚类？
- 9、在《中国煤炭分类方法》里用哪些参数划分烟煤的类别？
- 10、根据挥发分 V_{daf} 的不同可以将烟煤划分为挥发性强弱不同的哪个阶段？
- 11、粘结指数 G 、胶质层最大厚度 Y 以及奥阿膨胀度 b 作为煤炭分类依据的粘结性指标分工有何不同？
- 12、根据粘结指数 G 的不同可以将烟煤划分为挥发性强弱不同的哪个阶段？
- 13、根据《中国煤炭分类》国家标准可以将煤炭划分为哪些种类？
- 14、《中国煤炭分类》国家标准规定不同煤类的代号有何意义？
- 15、《中国煤炭分类》国家标准规定各种煤的编码有何意义？
- 16、如何区分烟煤和褐煤一号与褐煤二号？
- 17、简述划分无烟煤亚类时 V_{daf} 和 H_{daf} 的具体指标。
- 18、简述划分烟煤类别时 G 、 V_{daf} 和 b 的具体指标。
- 19、中国煤炭分类方法的四张详表、一张简表、一张图之间有何关系？

9.3 煤炭分类的应用

- 1、简述各类煤的基本特性和主要用途？
- 2、简述各种工业用煤的技术要求？

9.4 其它煤炭分类方法

- 1、举例说明《中国煤炭编码系统》的编码方法？
- 2、简述《中国煤层煤分类》的分类方法？
- 3、简述煤的 1956 年版国际分类标准如何对煤分类？
- 4、简述 1988 年版国际煤炭分类中、高阶煤的编码系统

本单元的重点和难点分别是：

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤粘结和成焦的机理

【难点】我国煤炭分类法所遵循的原则

7.7.4 教学过程

上课前首先从近几年来国家的钢铁产能大幅度增加以至于出现产能过剩价格下跌的现象说起，由此引出“钢铁是怎样炼成的”这个话题，点出钢铁是用焦炭炼成的，然后引出煤是如何炼成焦的问题，逐渐再深入到炼焦的机理，及煤热解的问题，然后逐渐展开论述煤的热解、粘结和成焦的过程。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。

7.7.5 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：

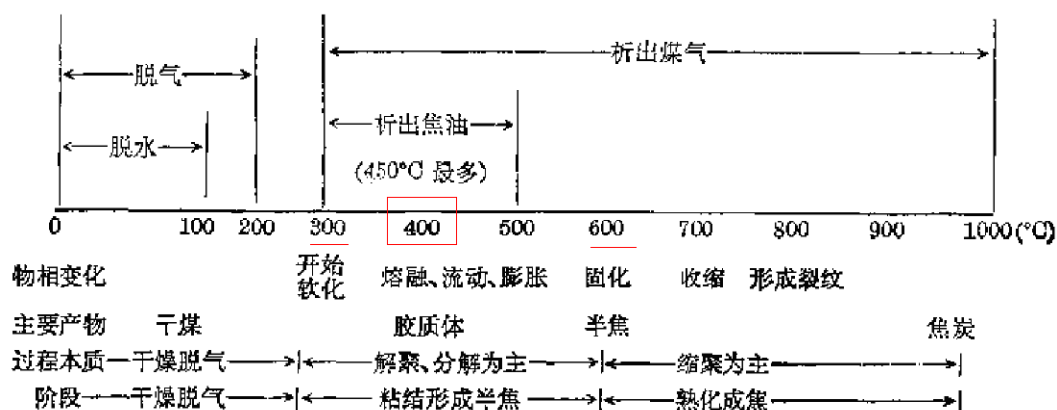


图 8-1 典型烟煤的热解过程

图 8-2 煤的热重分析曲线（TG 曲线）

图 8-3 不同温度下煤的等温失重曲线

图 8-4 不同加热速率下的失重速度

图 8-5 粘结指数测定仪

图 8-6 胶质层指数测定仪

图 8-7 最大胶质层厚度与挥发分的关系

图 8-8 奥亚膨胀度测定仪

图 8-9 坩锅膨胀序数标准图形与编号

图 8-10 坩锅自由膨胀序数法装置

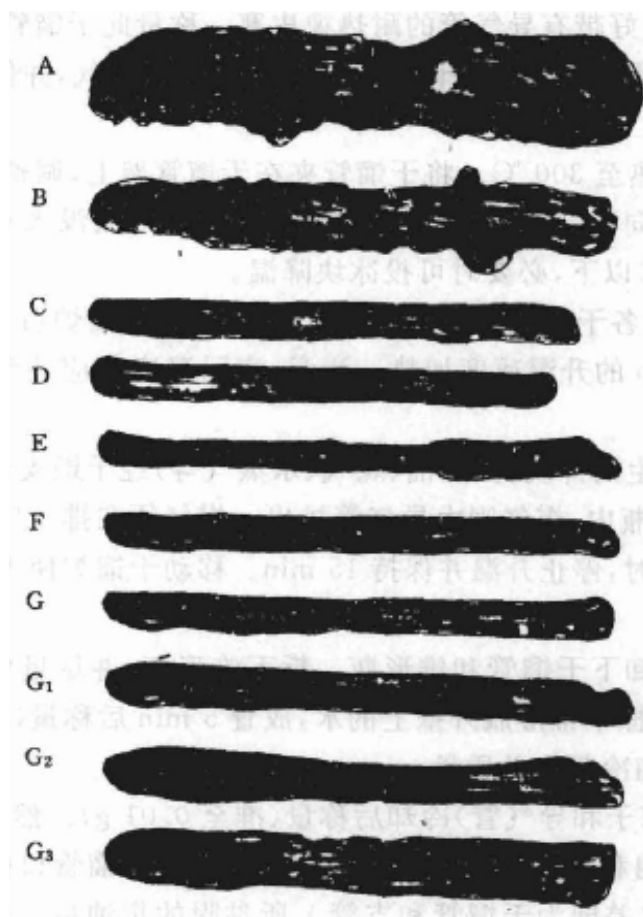


图 8-11 标准葛金焦型图

图 8-12 葛金指数测定仪

图 8-13 焦化厂外景

图 8-14 焦炉碳化室的内部构造简图

图 8-15 焦炭产品

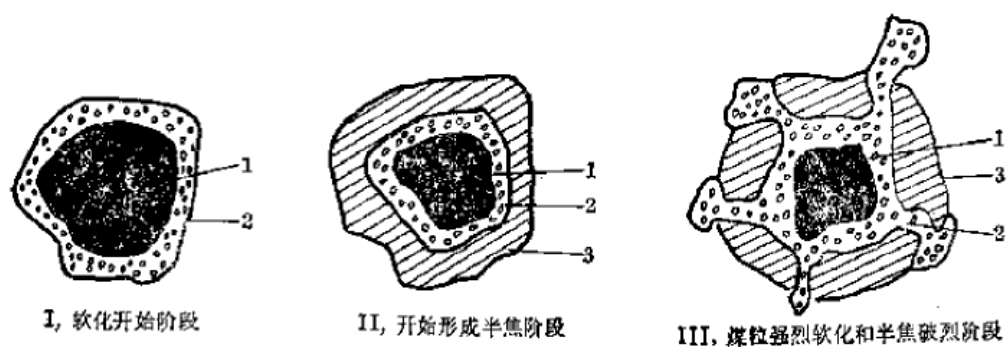


图 8-20 单颗煤粒在胶质体阶段的转化示意图

1—煤； 2—胶质体； 3—半焦

图 8-16 单颗煤粒在胶质体阶段的转化示意图

图 9-1 比色管

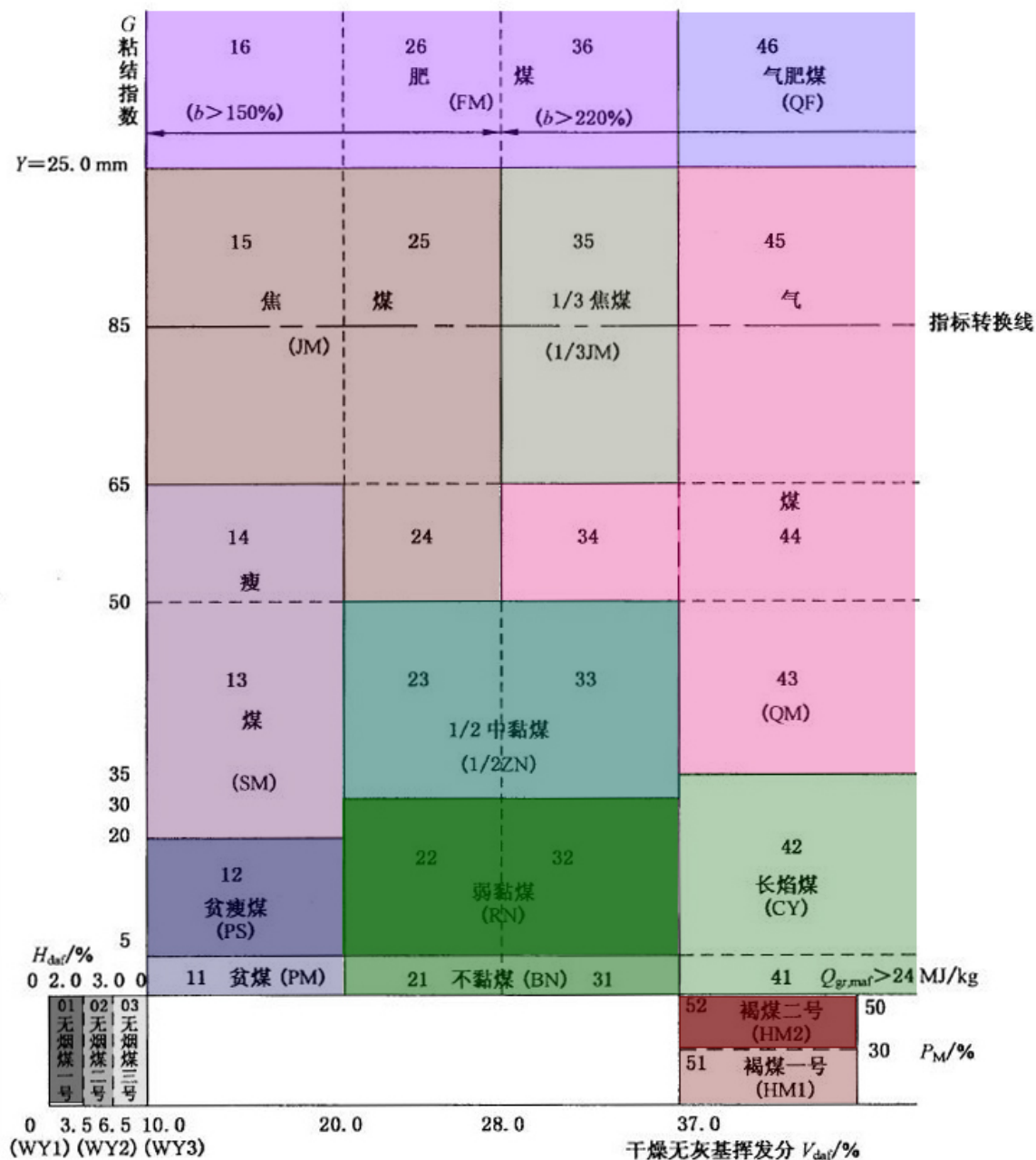


图 9-2 中国煤炭分类图

表:

表 8-1 煤中化学键的键能分类 (单位 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

表 9-1 几类煤种的主要利用途径

表 9-2 反映煤化程度的主要指标

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，从实际生产的角度讲，煤的热解过程仅仅对于指导炼焦工业有意义吗？

7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请上互联网查阅煤焦化工业的有关知识，因为煤的热解理论最直接的指导对象就是煤焦化工业的生产实践，事先获得生动的感性认识有助于理性认识的获得。

7.7.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅华东理工大学 1984 年朱之培版的《煤化学》第 8 章的有关内容，特别是描述煤热解过程的第 171 页的图 8-1，这是关于煤热解至关重要的一张非常关键的图。

7.8（第 8 单元）

7.8.1 教学日期

第 1 次上课，共 2 节课。

7.8.2 教学目标

通过本单元的学习，要求掌握有关煤化工的基本概念、历史发展、涵盖范畴、资源储量、煤的低温干馏等基本问题。

7.8.3 教学内容

本单元的教学内容为《煤化工工艺学》部分的第 1 章“绪论”部分，和第 2 章“煤的低温干馏”，具体内容为：

第二部分 煤化工工艺学

第 1 章 绪论

1.1 基本概念

- 1、“煤化工”的概念
- 2、煤的化工用途占煤消耗总量的百分比
- 3、煤化工在中国存在的必要性

1.2 煤化工发展简史

- 1、煤化工发展简史

1.3 煤化工的范畴

- 1、煤化工的范畴
- 2、现代煤化工与传统煤化工的区别
- 3、用煤替代石油和天然气的关键技术

1.4 关于煤化工产业出路的讨论

- 1、关于煤化工出路的一个流传甚广的思想误区
- 2、煤炭最大的优势和特色是什么？
- 3、煤化工未来比较看好的发展方向有哪些？（引自金涌院士的讲话内容）

第2章 炼的低温干馏

2.1 概述

- 1、煤的干馏？
- 2、煤的热解？
- 3、煤的低温干馏、中温干馏、高温干馏。
- 4、低温干馏的历史发展
- 5、低温干馏的好处
- 6、低温干馏的适用煤种

2.2 低温干馏产品

- 1、低温干馏的产物组成？
- 2、低温干馏半焦的优点？
- 3、低温干馏半焦的用途？
- 4、低温煤焦油的组成
- 5、低温煤焦油的用途？
- 6、低温干馏煤气的组成和用途？

2.3 干馏产品的影响因素

- 1、原料煤对产物组成的影响？
- 2、加热终温的影响？
- 3、一次热解产物和二次热解产物的区别？
- 4、块度对热解产物的影响？
- 5、加热速度对产物组成的影响？
- 6、压力对产物组成的影响？

2.4 低温干馏主要炉型和工艺

- 1、低温干馏的分类？
- 2、鲁奇三段炉的基本结构
- 3、沸腾床低温干馏炉的原理？
- 4、固体热载体干馏工艺
- 5、考伯斯炉的基本结构？
- 6、外热式低温干馏炉的优缺点？
- 7、内热式优缺点？
- 8、为什么焦化行业没有“内热式”的炼焦炉？

1.5 课时安排与考核方法

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤化工的范畴；

【难点】新型煤化工与老煤化工的区别和联系

7.8.4 教学过程

本章内容将深入浅出地由近年来所出现的“煤化工由热变冷，再由冷变热”的现象说起，然后逐渐深入到煤化工的发展历史，指出煤化工的兴起并非是一件稀奇的新鲜事，而是历史上早已有之，最开始的有机化工就始于煤化工，最后对目前正在兴起的新型煤化工产业，比如煤液化、大型煤气化、煤制烯烃等产业做个初步的了解。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，这些图包括，

- 图 1-1 煤的用途（2005）
- 图 1-2 中国发电量的构成（2008）
- 图 1-3 世界与中国化石能源资源探明储量构成
- 图 1-4 世界和中国化石消费能源结构的比较

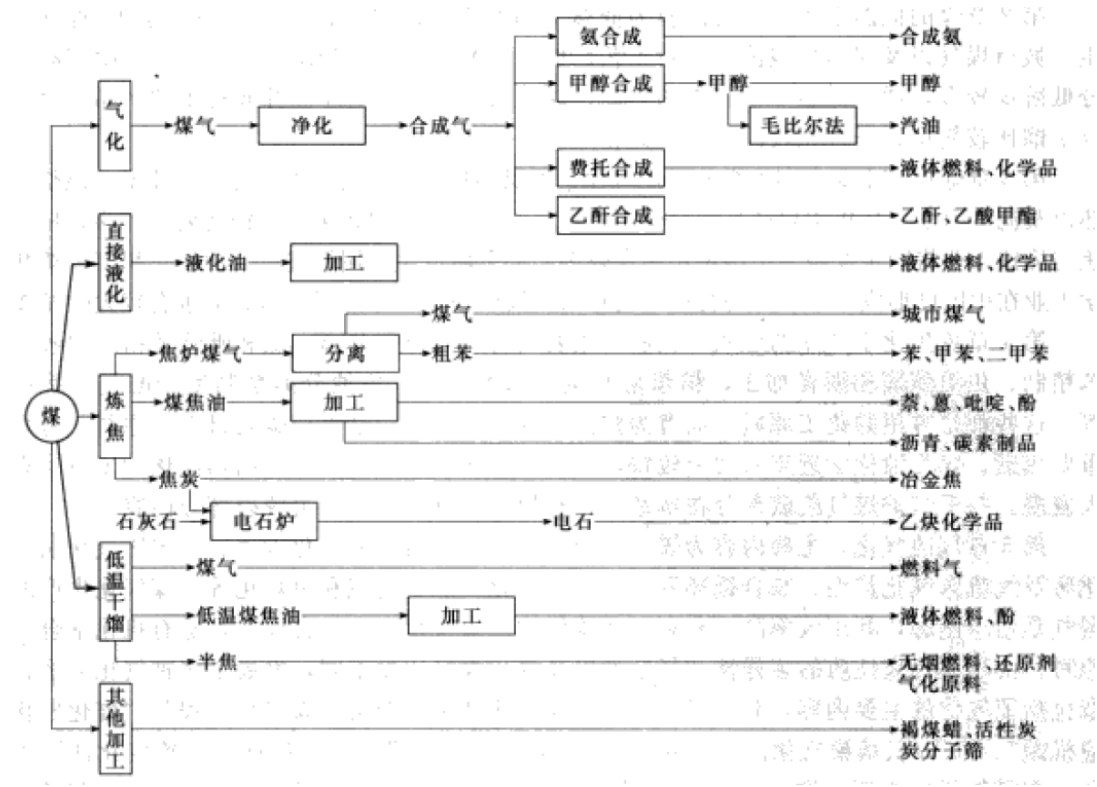


图 1-5 煤化工分类及产品示意图

图 2-1 煤的热解过程



图 2-2 兰炭

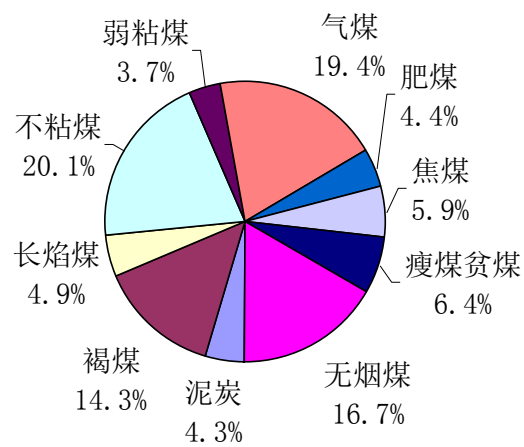


图 2-3 我国煤炭资源的已探明可采储量的百分比

图 2-4 低温干馏的两种加热方式

图 2-5 低温干馏炉分类图

图 2-6 典型鲁奇三段炉工艺流程示意图

图 2-7 SJ 炉（一种改进型的鲁奇三段炉）工艺流程示意图



图 2-8 SJ 炉（一种改进型的鲁奇三段炉）实物图

图 2-9 托斯考工艺

图 2-10 ETCH 工艺

图 2-11 鲁奇鲁尔工艺

图 2-12 大连理工大学工艺

图 2-13 考伯斯气化炉结构

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。

课后需要反思，目前需要扩大炼焦、电石、甲醇的产能吗？

7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前请在互联网上搜索有关新兴煤化工产业的信息，并了解什么样的煤化工产业目前是受到国家的严格限制不准盲目扩大产能的。

7.8.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，翻阅巨著《现代煤化工技术手册》（第二版）（化学工业出版社 2011 年，贺永德）目录部分和引起兴趣的正文部分，大致了解一下煤化工技术所覆盖的主要范围。

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

本单元学习关于煤的形成过程的问题，这是煤化学理论至关重要的一个问题，它是理解其它煤化学问题的一把钥匙。通过本单元的学习，要求能够叙述煤的形成过程，并且能够阐明不同煤种的形成原因。

7.9.3 教学内容

本单元的教学内容为第 2 章“炼焦”中的 1~4 节，具体内容包括：

第 3 章 炼焦

3.1 概述

- 1、什么是炼焦？
- 2、煤焦化产物的用途
- 3、焦炉的历史发展。
- 4、原始焦炉
- 5、土焦炉（成堆干馏）
- 6、蜂窝式焦炉
- 7、倒焰式焦炉
- 8、废热式焦炉
- 9、蓄热式焦炉
- 10、中国的焦化生产与现状

3.2 现代焦炉的构造和工作原理

- 1、完整的炼焦工艺流程？
- 2、焦炉的结构
- 3、焦炉的碳化室和燃烧室
- 4、燃烧室
- 5、碳化室
- 6、蓄热室
- 7、斜道区
- 8、焦炉的四大机车
- 9、装煤车
- 10、推焦车
- 11、拦焦车
- 12、熄焦车
- 13、熄焦塔
- 14、焦炉的交换系统
- 15、焦炉的型号
- 16、焦炉分类
- 17、焦化车间岗位的班组安排

18、焦炉的使用寿命

3.3 焦炉耐火砖、砌筑和烘炉

1、砌筑焦炉的材料

2、形状各异的焦炉用砖

3、硅砖

4、粘土砖

5、焦炉砌筑

6、什么是焦炉烘炉？为什么要按计划进行？

3.4 煤的成焦过程

1、煤成焦的化学原理

2、成焦过程可以分为哪几个阶段？

3、煤的粘结机理？

4、不同显微组分结焦性的区别

5、焦炉膨胀压力是如何形成的？

6、不同粘结性的煤在炼焦是的恰当粒度？

7、焦炭的气孔是如何形成的？

8、焦炭的裂纹是如何生成的？

9、焦炉内不同部位温度随时间的变化

10、焦炉内不同部位的升温速度不同

11、焦炉内不同部位随时间延长的结焦情况

12、为什么焦炉不同部位的焦炭碎块大小不同？

13、焦缝是如何形成的？

14、焦炉的里行气和外行气分别是怎样形成的？

15、里行气和外行气的各自特点？

16、原料煤的性质对炼焦化学品有何影响？

17、火道温度对化学品的影响？

18、煤气和化学品析出最大的时间

19、为什么焦炉的各种产物在不同时间产率基本上是稳定的？

20、不同块度的焦产率分别是多少？

21、焦炉的物料平衡

本单元的重点和难点分别是：

【重点】焦炉的结构

【难点】焦炉的热交换系统

7.9.4 教学过程

课开始，首先向同学们展示的是一张浓烟滚滚的煤焦化重污染企业的照片，由此引入煤焦化的概念，阐明国家现在治理污染要求改善炼焦技术，关闭污染大、能源利用效率低的小焦化厂，然后深入到煤焦化的反应原理，然后阐述煤的低温干馏、中温干馏、高温干馏的分类，并指出主要的干馏方法是低温和高温两种，中温的很少，低温干馏目前主要的产物是兰炭，而高温干馏即炼焦则是本章内容的重点，然后详细地阐述炼焦的有关基本原理。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 3-1 焦化厂

图 3-2 热解过程中煤粒的变化

图 3-3 冶金焦

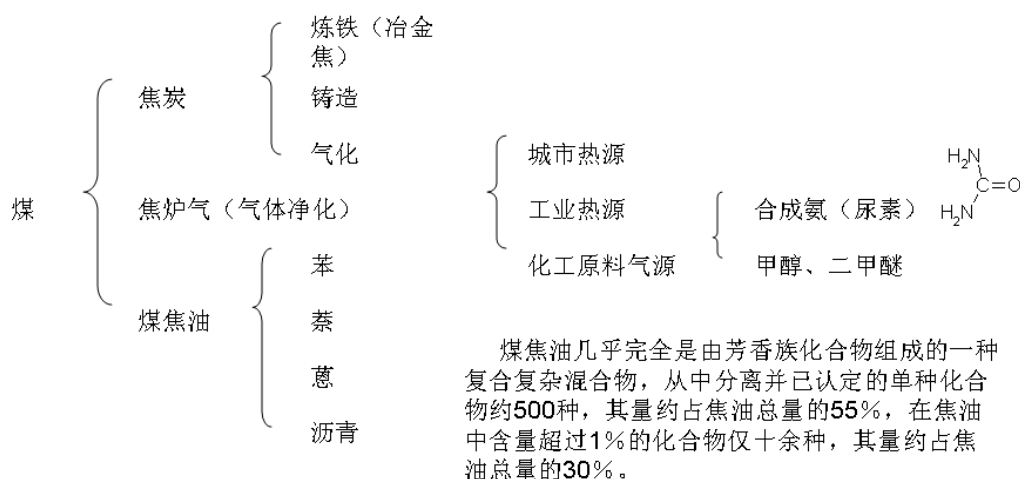


图 3-4 煤焦化的产物

图 3-5 焦炭用于冶炼

图 3-6 烧木炭

图 3-7 土焦炉结构图

图 3-8 从事非法生产的土焦炉

图 3-9 蜂窝式焦炉内部结构图

图 3-10 蜂窝式焦炉实物

图 3-11 蜂窝式焦炉结构图

图 3-12 蓄热式焦炉结构图

图 3-13 蓄热室的格子砖

图 3-14 鞍山焦耐设计研究院（鞍山焦耐院）

图 3-15 炼焦工艺的主要流程

图 3-16 山西曲沃闽光焦化厂卫星俯视图

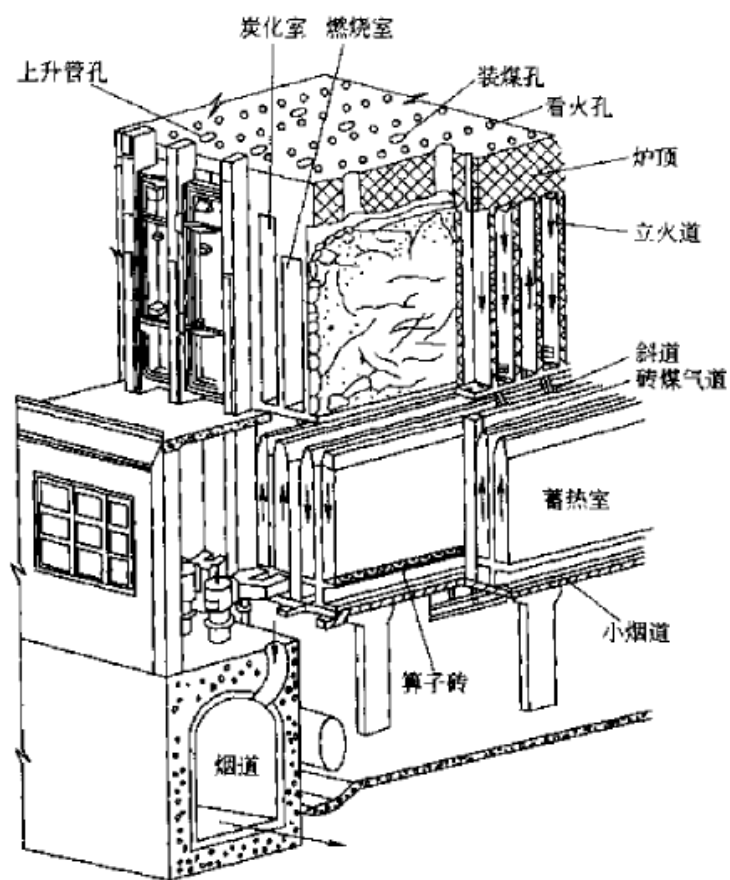


图 4-1 焦炉炉体结构图

图 3-17 焦炉的内部构造 A

图 3-18 焦炉的内部构造 B

图 3-19 焦炉的内部构造 C

图 3-20 焦炉立火道

图 3-21 焦炉燃烧室

图 3-22 焦炉碳化室

图 3-23 焦炉出焦

图 3-24 砌筑完成的蓄热室顶部

图 3-25 格子砖实物

图 3-26 斜道区

图 3-27 正在砌筑的斜道区

图 3-28 装煤车

图 3-29 推焦车

图 3-30 拦焦车



图 3-31 熄焦车

图 3-32 熄焦塔

图 3-33 焦炉的交换系统

图 3-34 焦炉的内部构造 D

图 3-35 形状各异的焦炉用砖

图 3-36 焦炉砌筑

图 3-37 烘炉曲线

图 3-38 煤成焦的化学原理

图 3-39 煤成焦的四个阶段

图 3-40 胶质体的形成



图 3-41 焦炭的气孔

图 3-42 焦炭的裂纹形成

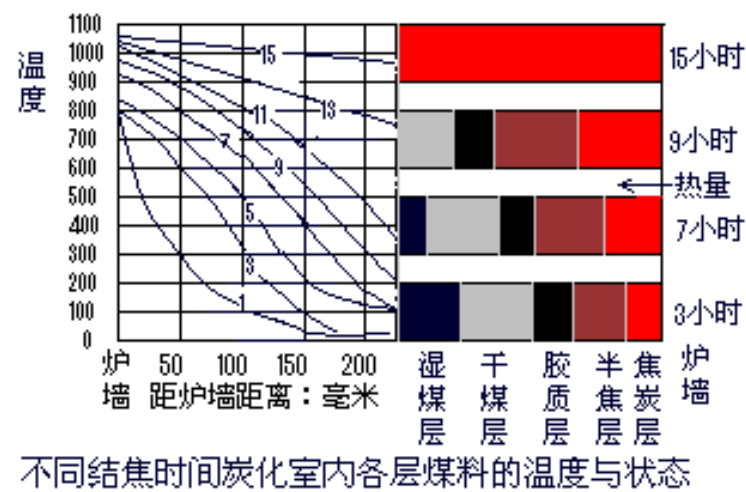


图 3-43 碳化室不同部位煤料的温度分布

图 3-44 焦化产物组成

表：

表 3-1 炼焦化学产品的产率

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，如果市场疲软，焦化厂是否可以停产一段时间等市场好转了再重新开工？

7.9.7 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煤焦化的技术原理、产业规模、政策走向等信息，为听课做好热身准备。

7.9.8 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姚昭章所著的《炼焦学》第 1~5 章有关内容。

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

通过本单元的学习，要求掌握配煤炼焦的基本常识，并了解焦炉热工的基本知识。

7.10.3 教学内容

本单元的教学内容为第 2 章“炼焦”中的第 5~9 节，具体内容包括：

3.5 配煤和焦炭质量

- 1、配煤的目的和意义？
- 2、炼焦用煤有几种？各自的特性如何？
- 3、不同煤种的结焦性能各有何特色？
- 4、原料煤的工业分析指标对结焦性能的影响？
- 5、黏结性和膨胀压力对结焦性能的影响？
- 6、粉碎度对结焦性能的影响？
- 7、焦炭的主要用途有哪些？
- 8、冶金焦对于焦炭的质量有何要求？
- 9、焦炭的物理性质有何要求？
- 10、焦炭的化学成分有何要求？
- 11、焦炭的机械强度有何要求？
- 12、高炉冶铁对于焦炭反应性的要求
- 13、焦炭的质量有哪些指标？

3.6 焦炉热工

- 1、焦炉热工主要包括哪三方面的内容？
- 2、焦炉的加热燃料有哪些？
- 3、不同煤气的组成和燃烧特性有何区别？
- 4、什么是空气过剩系数？一般焦炉的空气过剩系数有多少？
- 5、焦炉的热平衡分析
- 6、焦炉热工效率
- 7、焦炉的生产能力取决于哪些因素？
- 8、中国大型焦炉的碳化室数目一般有多少个？每小时装煤出焦的炉室数有几个？
- 9、焦炉的生产能力还跟哪些因素有关？
- 10、焦饼中心温度和碳化室顶空间的温度分别是多少度？
- 11、焦炉机侧和焦侧的热工情况有何不同？
- 12、焦炉中的传热方式
- 13、燃烧室和碳化室的传热方式有何不同？

- 14、碳化室墙厚度
- 15、蓄热室的换向周期一般是多长时间？
- 16、什么是炼焦耗热量？
- 17、通过哪些措施可以降低炼焦耗热量？
- 18、焦炉燃气流动的动力来自于什么？
- 19、什么是火道废气循环？

3.7 炼焦新技术

- 1、现行焦炉的主要缺点
- 2、为什么增大煤料的密度有利于炼焦？
- 3、有哪些炼焦新技术采用的是增大煤密度的原理？
- 4、各种炼焦新技术的目的是什么？
- 5、捣固煤炼焦
- 6、配型煤炼焦
- 7、煤干燥和预热炼焦
- 8、调湿煤炼焦
- 9、配煤掺油
- 10、干法熄焦
- 11、选择性破碎
- 12、预热压块分段炼焦
- 13、热回收焦炉

3.8 型焦

- 1、什么是型焦？
- 2、为什么要发展型焦技术？
- 3、型焦技术的分类

3.9 焦化厂备煤工段和焦炭工段的污染治理

- 1、焦化厂可以分为哪三个工段？这三个工段的主要污染物分别是什么？
- 2、备煤工段的污染物是如何产生的？
- 3、储煤场逸散物控制的主要方法是什么？
- 4、储煤塔逸散物控制的主要方法是什么？

5、粉碎机的除尘

6、焦炭工段的烟尘污染主要来自哪些作业？所产生的烟尘分别占焦炉总烟尘量的多大百分比？

7、焦炭工段的污染物主要有哪些种类？

8、装煤作业的逸散物如何控制？

9、炉顶逸散物如何控制？

10、推焦的逸散物如何控制？

11、熄焦逸散物如何控制？

12、筛焦楼怎样除尘？

【重点】配煤炼焦

【难点】焦炉热工的主要内容

7.10.4 教学过程

本单元第一节课讲述配煤炼焦和焦炉热工，第二节课讲述炼焦新技术和污染防治等内容。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。

7.10.5 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、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 3-45 配煤流程

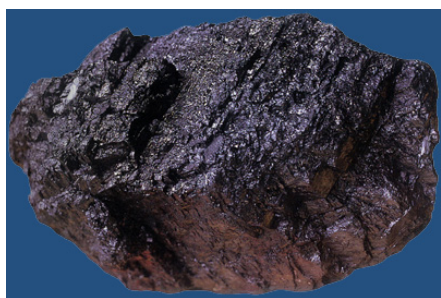
图 3-46 配煤关键装置皮带称



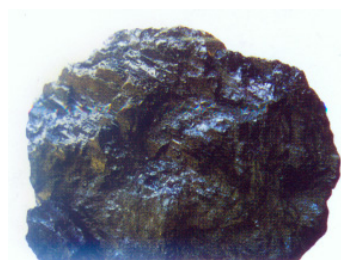
气煤



肥煤



焦煤



瘦煤

图 3-47 主要的四种炼焦煤

图 3-48 只能少量添加的炼焦煤

图 3-49 米贡（米库姆）转鼓和罗加转鼓

图 3-50 可燃气体的燃烧速度

图 3-51 捣固煤炼焦

图 3-52 配型煤炼焦

图 3-53 干法熄焦原理



图 3-54 干法熄焦装置

图 3-55 选择性破碎

图 3-56 型焦

图 3-57 型焦技术的分类

图 3-58 在煤堆表面喷水

图 3-59 在煤堆表面喷覆盖剂

图 3-60 储煤塔



图 3-61 焦炭工段的烟尘污染

图 3-62 焦炉顶部

图 3-63 用泥浆密封炉盖

图 3-64 推焦移动烟罩

图 3-65 熄焦除尘

图 3-66 筛焦楼

图 3-67 共振筛

图 3-68 辊轴筛

图 3-69 除尘布袋

表：

表 3-2 各种焦炭的质量要求

表 3-3 不同煤气的组成

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，为什么炼焦煤的价格可能会达到普通煤种的十倍之多？

7.10.7 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煤炭资源的状况。

7.10.8 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姚昭章所著的《炼焦学》第 10、11 章有关内容。另外参阅中国矿业大学出版社 2010 年周安宁所著《洁净煤技术》一书全文，该书列举了很多可以有效降低煤利用过程中产生污染的技术。

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

本单元学习炼焦化学产品的回收与精制中粗煤气的集气管冷却，和粗煤气初冷器冷却和煤气加压输送，要求掌握粗煤气集气管冷却的原理、方法，和粗煤气初冷器冷却和煤气加压输送的基本原理和工艺。

7.11.3 教学内容

本单元的教学内容为第 4 章“炼焦化学产品的回收与精制”中的第 1~4 节，具体内容包括：

第 4 章 炼焦化学产品的回收与精制

4.1 概述

- 1、什么是粗煤气？
- 2、炼焦的产物主要有哪些？其中粗煤气占多少？
- 3、我国焦炉煤气的利用现状怎样？
- 4、提高炼焦温度对于粗煤气的成分有何影响？

- 5、为什么低温干馏的粗煤气的产率并不低于高温炼焦？
- 6、为什么粗煤气的成分大都是热稳定的化合物？
- 7、为什么低温干馏煤气中几乎没有氨？
- 8、焦化工业的化学产品有哪些用途？
- 9、焦化厂经过净化以后最终产出的净煤气主要成分是什么？
- 10、粗煤气中的各种杂质对于煤气的输送和利用有何害处？
- 11、炼焦化学产品回收与精制的流程是什么？
- 12、什么是全负压流程？

4.2 粗煤气集气管冷却

- 1、焦炉煤气要经过哪三次冷却？
- 2、粗煤气的初步冷却有何作用？
- 3、粗煤气的初步冷却流程是什么？
- 4、粗煤气的集气管冷却流程是什么？
- 5、为什么集气管冷却要用氨水喷洒而不用普通水喷洒？
- 6、为什么要用 70~75℃ 的热氨水喷洒而不用冷氨水喷洒？

4.3 粗煤气初冷器冷却

- 1、初冷器在化产工段的流程中处在什么位置？起到什么作用？
- 2、焦炉出口的煤气组成是什么？
- 3、初冷器入口煤气中的水汽有哪些来源？
- 4、初冷器有何重要作用？
- 5、初冷器有哪些类型？
- 6、立管式间接冷却初冷器有何优缺点？
- 7、立管式初冷器的工作原理是什么？
- 8、横管式初冷器有何优点？
- 9、横管式初冷器的工作原理是什么？
- 10、直接冷却器的工作原理是什么？
- 11、间接-直接式初冷器的工作原理是什么？
- 12、氨水澄清槽的工作原理是什么？

4.4 煤气加压输送

1、焦化厂煤气怎样输送？

2、离心鼓风机的工作原理

3、罗茨鼓风机的工作原理

本单元的重点和难点分别是：

【重点】粗煤气的集气管冷却

【难点】为什么集气管冷却要用氨水喷洒而不用普通水喷洒

7.11.4 教学过程

本章内容首先从自贡市的天然气历史说起，然后转入北方地区的“天然气”，焦化企业副产的焦炉煤气，由此展开焦化副产物回收利用的详细过程，将这一过程比作人的消化器官，原料从入口开始，被逐步用各种化工设备所分离提纯，得到各种纯净的化工物质，最终出口是纯净的焦炉煤气，由于含大量的氢气，其热值高于一般的天然气。在本单元第一节课讲概述和粗煤气的集气管冷却，第二节课继续深入讲解炼焦化学产品的回收与精制。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，这些图表包括，图：

图 4-1 粗煤气在碳化室内流动的途径

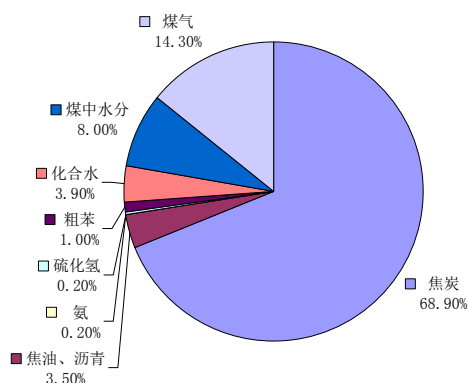


图 4-2 炼焦产物的组成



图 4-3 山西省 2008 年治理前有 2000 盏焦化厂“天灯”年浪费 70 亿立方米

图 4-4 净煤气的组成

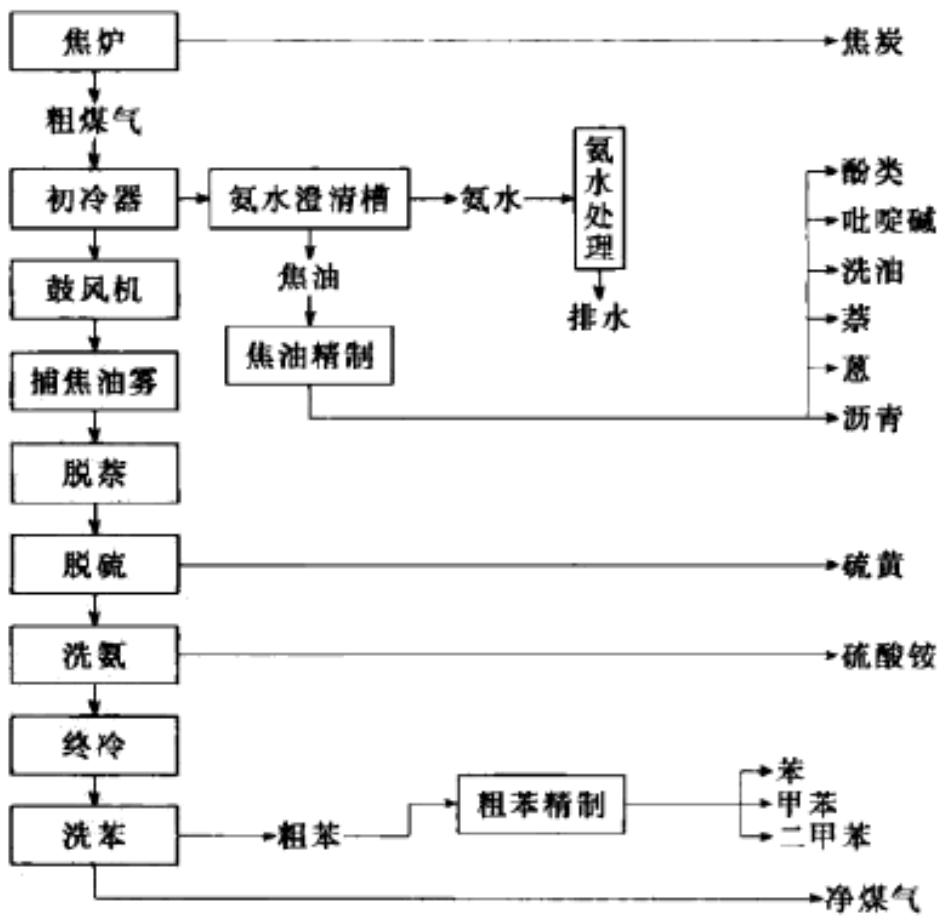


图 4-5 炼焦化学产品回收与精制流程

图 4-6 炼焦化学品回收与精制流程的设备

图 4-7 初步冷却工艺流程

图 4-8 集气管的冷却

图 4-9 初冷器的位置

图 4-10 立管式初冷器



图 4-11 横管式初冷器

图 4-12 直接冷却法

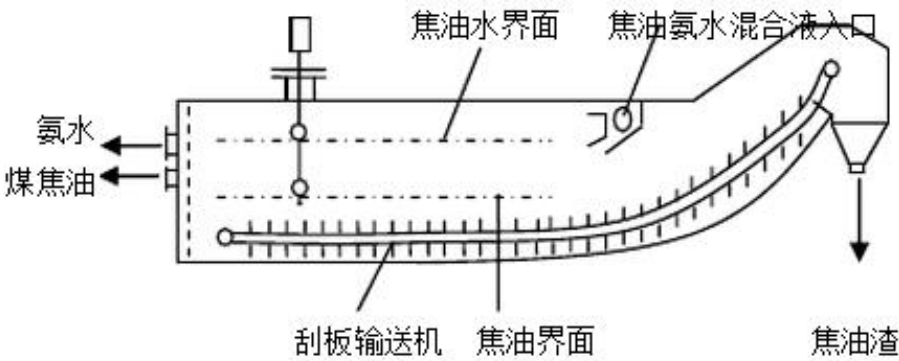


图 4-13 氨水澄清槽

图 4-14 离心鼓风机

图 4-15 罗茨鼓风机

表:

表 4-1 炼焦化学产品的产率

表 4-2 净煤气的组成

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，粗煤气经过集气管冷却为什么还要再用初冷器冷却？

7.11.7 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关于煤焦化产业治理整顿方面的信息，煤焦化属于老煤化工，大多数中小型企业技术落后、污染大，改造空间也大，从副产物的回收利用入手，是实现产业升级的一个重要手段，搜索此方面的信息做好听课准备。

7.11.8 教学单元的参考资料

登录我校的超星图书馆，参阅化学工业出版社 1989 年王兆熊、高晋生编著的《焦化产品的精制和利用》第一章内容，和冶金工业出版社 1980 年出版的《焦化设计参考资料（下册）》第二章的有关内容。

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

本单元学习炼焦化学产品的回收与精制的电捕焦油、脱萘、脱硫、氨回收、煤气终冷、粗苯回收、净煤气的存储利用、粗苯精制、煤焦油的蒸馏环节、焦化厂化产工段的污染治理。通过本单元的学习，要求掌握上述工艺环节的基本原理和方法。

7.12.3 教学内容

本单元的教学内容为第4章“炼焦化学产品的回收与精制”中的第5~14节，具体内容包括：

4.5 电捕焦油

- 1、从初冷器出来的煤气为什么仍有少量焦油雾？
- 2、煤气中的焦油雾有何危害？
- 3、有哪些方法清除焦油雾？
- 4、电捕焦油器的结构是什么样的？

4.6 脱萘

- 1、常用的煤气脱萘方法有哪两种？
- 2、冷却冲洗法脱萘的原理是什么？
- 3、冷却冲洗法脱萘的流程是什么样的？
- 4、在煤气净化流程的不同位置有哪三种不同的油洗萘法？
- 5、脱硫脱氰前的油洗萘法的流程是什么样的？
- 6、洗氨前的油洗萘法的流程是什么样的？
- 7、洗苯前的油洗萘法的流程是什么样的？
- 8、什么是洗油？

4.7 脱硫

- 1、焦炉煤气脱硫的方法有哪些种类？
- 2、焦化厂的脱硫和电厂的脱硫有何不同？
- 3、煤气为什么要脱硫？
- 4、氧化铁脱硫剂的工作原理是什么？
- 5、箱式脱硫器的原理是怎样的？有何缺点？
- 6、塔式脱硫器的原理是怎样的？
- 7、改良ADA法脱硫是工作原理是什么？

4.8 氨回收

- 1、洗氨的必要性
- 2、焦化厂回收氨有哪些方法？
- 3、水洗氨法的原理是什么？

- 4、水洗氨法回收氨的流程是什么？
- 5、水洗氨法的优缺点是什么？
- 6、硫酸洗氨法的原理是什么？
- 7、硫酸洗氨法的工艺流程是什么？
- 8、鼓泡式饱和器的工作原理是什么？
- 9、喷淋式饱和器的工作原理是什么？
- 10、和鼓泡式饱和器相比喷淋式饱和器具有什么优点？
- 11、磷酸洗氨法回收氨有哪两种工艺？
- 12、无水氨法回收氨的原理是什么？
- 13、弗萨姆法的工艺流程是什么？
- 14、弗萨姆法的优缺点是什么？

4.9 煤气终冷

- 1、煤气在脱苯前为什么要进行终冷？
- 2、终冷工艺有哪些？
- 3、为什么煤气终冷不能用管壳式冷却器？
- 4、煤气终冷和机械除萘法的原理是什么？
- 5、终冷和焦油洗萘法的工艺的流程是什么？

4.10 粗苯回收

- 1、有哪几种苯吸收塔？
- 2、洗苯塔的工作原理
- 3、区别粗苯、轻苯、重苯的概念？
- 4、富油脱苯为什么要采用水蒸气蒸馏法？
- 5、富油脱苯有哪两种工艺？

4.11 净煤气的存储利用

- 1、气柜有哪些种类？
- 2、焦炉煤气的作为城市煤气有何优缺点？
- 3、焦炉煤气有哪些用途？

4.12 粗苯精制

- 1、粗苯包含有哪些成分？

- 2、粗苯精制的主要目的是什么？
- 3、粗苯精制有哪两种原料方案？有何异同？
- 4、粗苯原料的成分有哪些？有何特点？
- 5、粗苯的精制流程包括哪四个步骤？
- 6、粗苯精制中混合馏分的化学精制方法有哪两种？
- 7、粗苯精制中混合馏分浓硫酸精制法的原理是什么？
- 8、混合馏分酸洗的工艺流程
- 9、粗苯的混合馏分酸洗的工艺条件
- 10、吹苯的工艺流程
- 11、粗苯精制的最终精馏工艺？
- 12、粗苯的加氢精制有哪几种工艺？各有哪些特点？
- 13、轻苯的催化加氢精制中所发生的反应有哪些？
- 14、粗苯精制初馏分的主要成分是什么？
- 15、环戊二烯有何用途？如何分离？
- 16、重苯的主要成分是什么？
- 17、古马隆—茚树脂产

4.13 煤焦油的蒸馏

- 1、什么是煤焦油？
- 2、煤焦油的组成成分有什么特点？
- 2、从煤焦油中回收化学产品需要经过哪些工艺流程？
- 3、焦油怎样脱渣？
- 4、煤焦油怎样脱水？
- 5、煤焦油怎样脱盐？
- 6、煤焦油蒸馏有哪些工艺？
- 7、两塔流程工艺介绍
- 8、一塔流程工艺介绍
- 9、焦油蒸馏两塔工艺和一塔工艺有何区别？
- 10、焦油蒸馏可以得到哪些馏分？
- 11、煤焦油蒸馏的设备主要有哪些？

- 12、焦炉蒸馏的工艺参数要点有哪些？
- 13、什么是萘集中度、酚集中度？
- 14、什么是焦油蒸馏的直接蒸汽用量？
- 15、从煤焦油中提取的化学产品主要有哪些？
- 16、从各馏分中提取化学产品的方法是什么？
- 17、煤焦油加工的发展趋势是什么？

4.14 焦化厂化产工段的污染治理

- 1、焦化厂化产工段的有害逸散物主要有哪些？如何控制？
- 2、焦化厂的污染最大的废水主要是什么废水？何危害性？
- 3、焦化厂含酚废水如何处理？
- 4、焦化厂废渣的处理方法主要有哪些？

本单元的重点和难点分别是：

【重点】脱硫

【难点】氨回收

7.12.4 教学过程

本单元继续深入讲解炼焦化学产品的回收与精制。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 4-16 电捕焦油器

图 4-17 工业萘

图 4-18 冷却冲洗法脱萘

图 4-19 洗油

图 4-20 煤气脱硫的主要方法和分类

图 4-21 原北京焦化厂脱硫塔

图 4-22 电厂脱硫塔

图 4-23 氧化铁脱硫剂

图 4-24 箱式脱硫器

图 4-25 塔式脱硫器

图 4-26 高塔再生法脱硫工艺流程

图 4-27 高塔再生法脱硫设备

图 4-28 喷射再生法脱硫工艺流程

图 4-29 制浓氨水的工艺流程

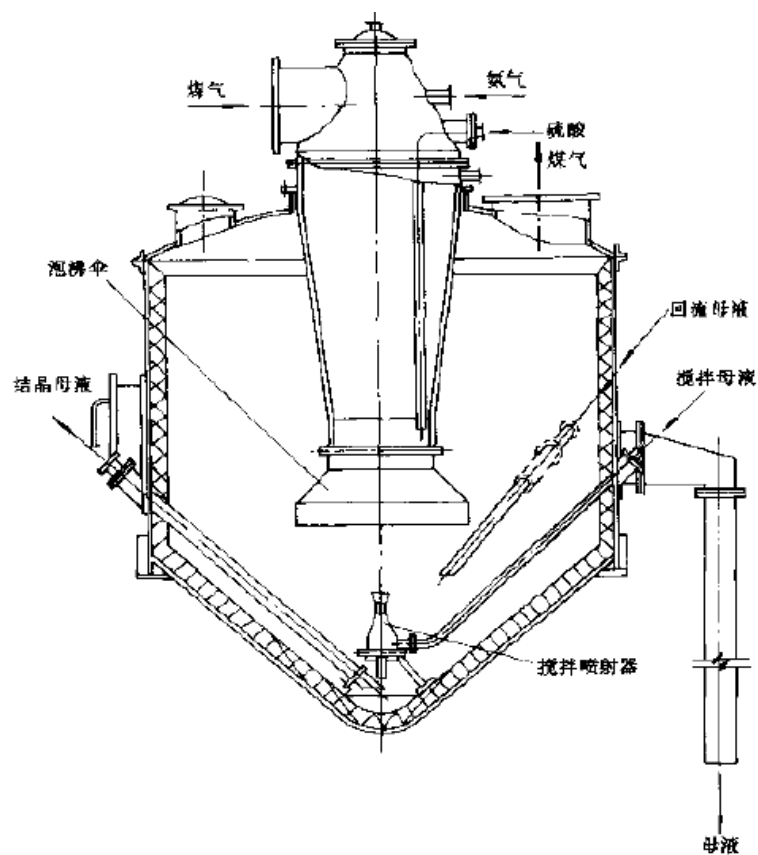


图 5-38 饱和器

图 4-30 鼓泡式饱和器

图 4-31 喷淋式饱和器

图 4-32 弗萨姆法的工艺流程

图 4-33 煤气终冷和机械除萘法的工艺流程

图 4-34 煤气终冷和焦油洗萘法的工艺流程图

图 4-35 粗苯回收工艺

图 4-36 富油脱苯工艺

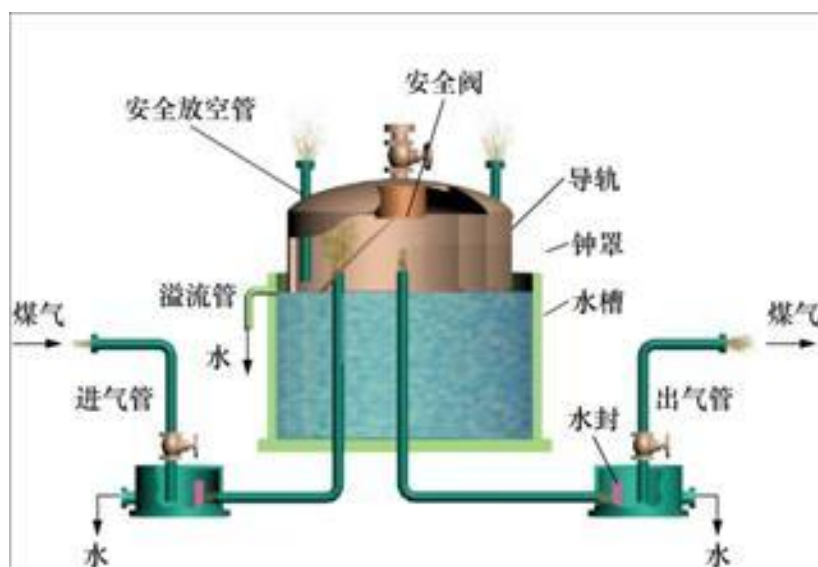


图 4-37 湿式气柜

图 4-38 宝钢八钢新区 10 万立方米焦炉煤气柜

图 4-39 干式气柜

图 4-40 高压气柜

图 4-41 焦炉煤气变压吸附提氢

图 4-42 焦炉煤气制甲醇

图 4-43 山西丰喜肥业焦炉煤气制尿素

图 4-44 焦炉煤气制液化天然气

图 4-45 粗苯

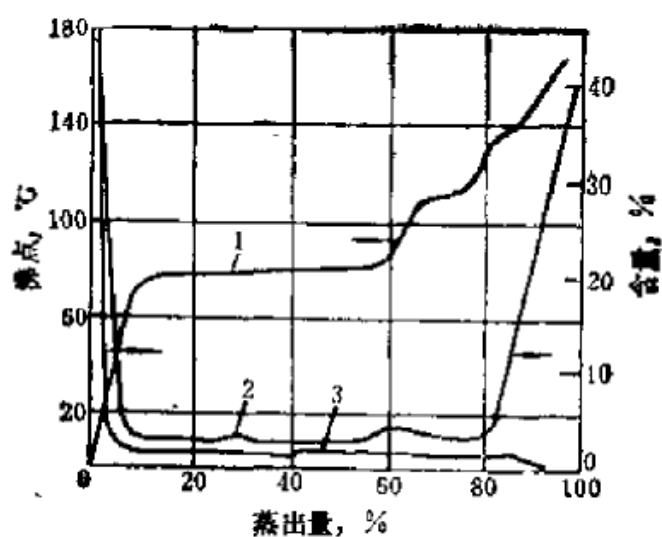


图 4-19 粗苯蒸馏曲线中硫化物及不饱和化合物的分布
1—粗苯蒸馏曲线, 2—不饱和化合物, 3—硫化物

- 图 4-46 粗苯蒸馏曲线
- 图 4-47 粗苯的精制步骤
- 图 4-48 混合馏分酸洗的工艺流程
- 图 4-49 吹苯工艺
- 图 4-50 粗苯精制工艺的最终精馏流程
- 图 4-51 轻苯的加氢精制装置
- 图 4-52 古马隆一茚树脂的生产
- 图 4-53 高温煤焦油
- 图 4-54 煤焦油加工的主要产品及其用途
- 图 4-55 煤焦油回收加工流程示意图
- 图 4-56 焦油蒸馏两塔工艺
- 图 4-57 焦油蒸馏一塔工艺
- 图 4-58 焦油蒸馏主要设备



- 图 4-59 沥青
- 图 4-60 煤焦油馏分的加工
- 图 4-61 焦化厂产品示意图
- 图 4-62 焦化厂废水处
- 表：
- 表 4-3 煤焦油的成分

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，大气酸雨二氧化硫的来源都有哪些？

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酸雨的危害，为理解脱硫的必要性做准备。并查阅煤焦油的有关知识，为理解本单元的内容做准备。

7.12.8 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 1980 年出版的《焦化设计参考资料（下册）》第三、四章的有关内容。

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

通过本单元的学习，要求掌握煤气化的基本原理，和移动床气化炉的基本原理。

7.13.3 教学内容

本单元的教学内容为第 5 章“煤炭气化”中的第 1~4 节，具体内容包括：

第 5 章 煤炭气化

5.1 概述

- 1、什么是煤气？
- 2、根据所包含的有效成分不同的煤气有哪些种类？
- 3、什么是煤炭气化？
- 4、煤炭气化的三要素是什么？

- 5、不同结构的煤气化炉都是由哪三个部分组成？
- 6、煤气有哪些用途
- 7、煤气化在现代煤化工中的地位？
- 8、新型煤化工和传统煤化工有何区别？
- 9、煤炭气化技术的历史发展
- 10、煤气化工艺的不同分类方法
- 11、根据技术的先进性和当前工业化程度煤气化如何分类？
- 12、根据气化炉内煤料与气化剂的接触方式区分煤气化如何分类？
- 13、我国煤气化技术的现状？
- 14、世界煤炭气化技术的发展趋势是：
- 15、现代的煤气化技术处理量有多大？
- 16、我国引进国外煤气化技术的状况？
- 17、我国自主开发煤气化技术的状况
- 18、四川省发展煤气化技术的必要性
- 19、各种煤气化技术的脉络关系
- 20、煤气化炉种类繁多的原因？

5.2 煤炭气化的基本原理

- 1、煤气化宏观过程的一般性描述
- 2、用简图煤料在炉内的变化？
- 3、移动床气化炉的煤层可以分为哪几层？
- 4、以移动床气化炉为例讨论煤气化过程中所发生的主要化学反应
- 5、煤气化炉内的变化
- 6、用简图表示在移动床气化炉还原层热煤焦的变化？
- 7、用简图表示在移动床气化炉氧化层煤焦的变化？
- 8、温度对于煤气化反应的化学平衡有何影响？
- 9、压力对于煤气化反应的化学平衡有何影响？
- 10、浓度对于煤气化反应的化学平衡有何影响？
- 11、求解煤气化反应的平衡常数有何意义？
- 12、移动床气化炉的煤气化反应历程包括哪几步？

- 13、流化床气化炉的煤气化反应网络
- 14、怎样区分煤气化反应的化学动力学控制与扩散控制？
- 15、煤气化反应过程中半焦颗粒的两种反应模型是什么？各有何特点？
- 16、气化用煤原料对气化的影响
- 17、煤气化反应中的催化作用
- 18、煤气化的评价指标有哪些？
- 19、什么是气化强度？
- 20、什么是气化效率、气化热效率？
- 21、什么是比消耗量？

5.3 常压移动床工艺

- 1、空气煤气发生炉
- 2、混合煤气发生炉
- 3、移动床混合煤气发生炉的最高温度
- 4、移动床混合煤气发生炉气化剂掺入水蒸气有何好处和坏处？
- 5、混合煤气发生炉的水蒸气掺入量为多大？
- 6、在何种情况下必须增加气化剂中水蒸气的含量？
- 7、煤气化炉燃料的损失主要有哪些渠道？
- 8、煤气化炉热损失主要有哪些渠道？
- 9、水煤气发生炉的主要用途是什么？
- 10、水煤气发生炉的原理是什么？
- 11、水煤气发生炉第Ⅴ二次上吹制气阶段有何作用？
- 12、水煤气发生炉优缺点？
- 13、半水煤气的生产
- 14、魏尔曼-格鲁夏煤气发生炉（混合煤气）
- 15、什么是煤气站？
- 16、煤气站工艺流程：
- 17、两段式气化炉
- 18、连续式两段发生炉
- 19、间歇式两段炉

5.4 加压移动床工艺

- 1、加压气化有何必要性？
- 2、加压气化的影响因素
- 3、加压气化的缺点
- 4、固态排渣鲁奇加压气化炉
- 5、液态排渣鲁奇加压气化炉（BGL 炉）
- 6、鲁尔-100 加压气化炉
- 7、鲁奇气化炉和英国燃气公司鲁奇气化炉（BGL）引进情况。

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤炭气化的基本原理

【难点】加压移动床工艺

7.13.4 教学过程

本章内容首先从上一章的煤焦化副产物焦炉煤气说起，讲到最早的煤气化实际上正是起源于煤焦化，后来人们觉得由煤制得的气体很方便也很实用，这才逐步发明了各种煤气化技术，由此展现详细讨论，首先粗略地把本章内容的插图为同学们迅速浏览一下获取一定的感性认识，然后转入正题，讲解煤气化炉的基本原理、主要构造、分类方法。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 5-1 煤气发生炉

图 5-2 鲁奇气化炉

图 5-3 煤气化炉的内部结构

图 5-4 新型煤化工与传统煤化工产业链

图 5-5 钛纱罩煤气灯

图 5-6 煤气化工艺的不同分类方法

图 5-7 鲁奇气化炉

图 5-8 温克勒气化炉

图 5-9 谢尔气化炉

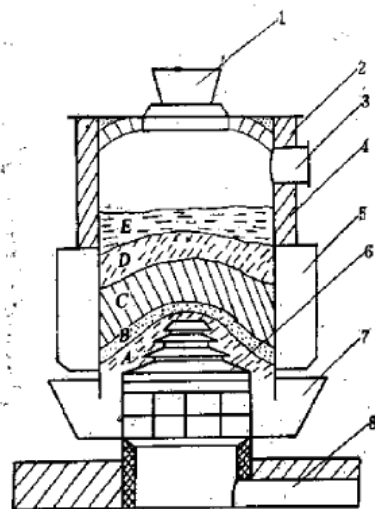


图 5-10 固定床常压混合煤气发生炉

图 5-11 主要煤气化技术的脉络关系图

图 5-12 移动床气化炉的进气

图 5-13 煤料在炉内的变化



图 5-14 煤气发生炉示意图

图 5-15 煤气发生炉炉内的变化

图 5-16 热焦与气化剂反应成灰的过程

图 5-17 热焦与气化剂燃烧反应的过程

图 5-18 气化剂与煤粒发生的反应

图 5-19 流化床煤气化炉中煤气化的反应网络

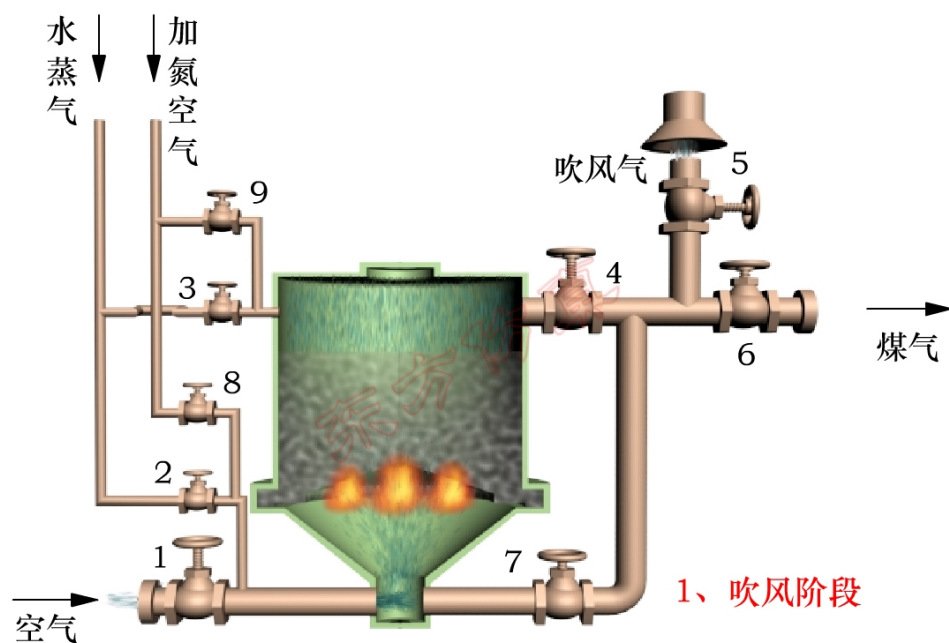
图 5-20 煤气化反应的扩散控制和动力学控制

图 5-21 煤气化反应半焦颗粒的两种反应模型

图 5-22 马丁炉

图 5-23 高炉

图 5-24 3M-21 和 3M-13 型气化炉



间歇法制半水煤气各阶段气体流向示意图

东方仿真COPYRIGHT

图 5-25 水煤气发生炉

图 5-26 全水加套的煤气炉

图 5-27 W-G 气化炉

图 5-28 烟煤为原料的冷煤气站工艺流程

图 5-29 热煤气站工艺流程

图 5-30 具备一组发生炉的煤气站工艺流程

图 5-31 煤气站设备构造

图 5-32 煤气罐

图 5-33 连续式两段气化炉

图 5-34 压力对煤气组成的影响

图 5-35 压力对水蒸气消耗量和煤气产率的影响

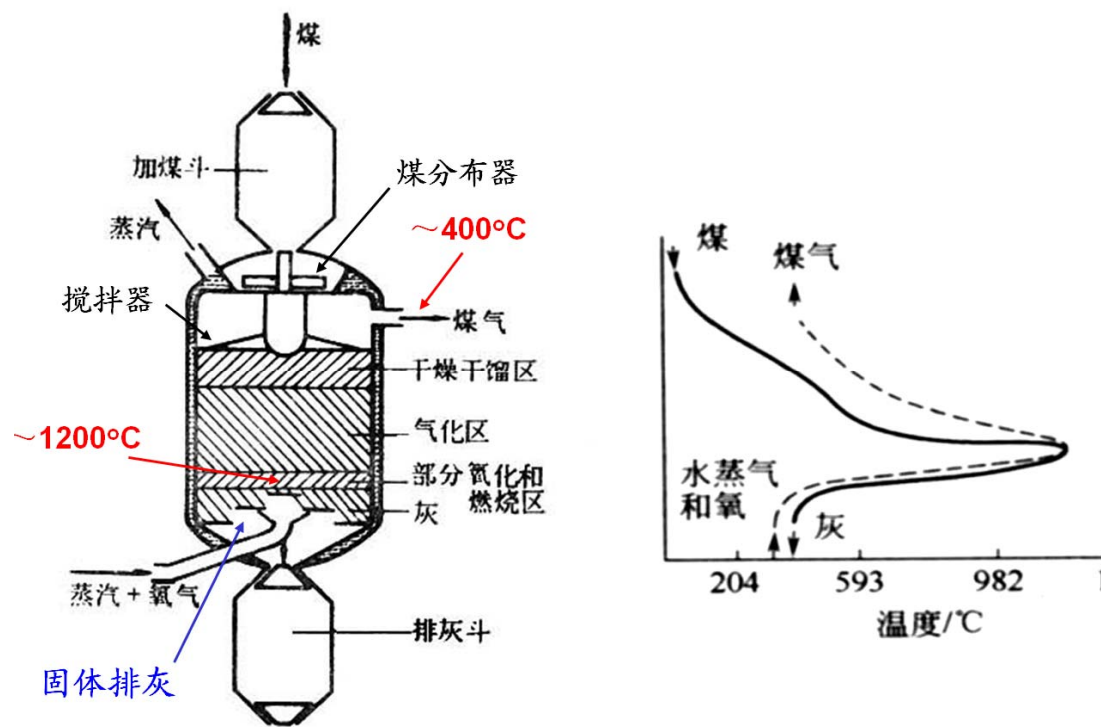


图 5-36 固态排渣的鲁奇加压气化炉

图 5-37 河南义马鲁奇气化车间

表:

表 5-1 各种气化

表 5-2 我国主要气化用煤的气化指标

表 5-3 水煤气发生炉不同温度下达到平衡时煤气的组成

表 5-4 混合煤气发生炉煤气的组成

表 5-5 水煤气生产中 6 个阶段的时间分配

表 5-6 我国鲁奇气化炉的引进情况

表 5-7 鲁奇气化炉煤气组成

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。

课后需要反思，中国煤气化行业现在的主力军是不是网络上曝光率最高的那些新式炉型？

7.13.7 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北方地区化肥生产的有关信息，了解在西南地区化肥的主要原料是天然气，而在北方地区的原料主要是煤炭，了解全国化肥、甲醇的产业规模和技术水平，由此加深理解煤气化技术在当前的重要性，以及升级改造的技术方向。

7.13.8 教学单元的参考资料

参阅寇公所著《煤炭气化工程》（1992 年版）第 1~4 章，和化学工业出版社 2009 年唐宏青所著《现代煤化工新技术》第 7 章延伸阅读。

7.14（第 14 单元）

7.14.1 教学日期

第 16 次上课，共 2 节课。

7.14.2 教学目标

本单元学习先进流化床、气流床的气化炉工艺，和煤气化的后续工艺。通过本单元的学习，要求能够掌握流化床气化炉的有关知识。

7.14.3 教学内容

本单元的教学内容为第 5 章“煤炭气化”中的第 5~9 节，具体内容包括：

5.5 流化床工艺

- 1、流化床气化的原理
- 2、常压流化床气化工工艺（温克勒气化炉）
- 3、常压流化床工艺的特点
- 4、恩德炉的发展历史与国内引进情况
- 5、恩德炉对于温克勒炉的改进
- 6、恩德炉的适用煤种
- 7、恩德炉有何优缺点？
- 8、加压流化床工艺的特点（高温温克勒 HTW 气化法）
- 9、U-GAS 法
- 10、中科院煤化所灰熔聚流化床粉煤气化法的历史发展
- 11、灰熔聚流化床粉煤气化技术的基本原理
- 12、灰融聚气化法是如何实现“灰融聚”的？
- 13、灰熔聚流化床粉煤气化工艺的优缺点

5.6 气流床工艺

- 1、气流床气化工工艺的原理
- 2、优点和缺点
- 3、国内正在开发的先进煤气化技术有哪些？
- 4、为什么气流床气化炉对于煤种的适应性强？
- 5、常压气流床（K-T 气化炉）工艺简介
- 6、K-T 气化炉相邻多喷嘴对置的好处是什么？
- 7、粉煤加压气流床（Shell 炉）历史发展
- 8、Shell 粉煤气化的原理
- 9、Shell 炉的特点有哪些？
- 10、谢尔炉依靠什么保护金属水冷壁？
- 11、气流床的气化后工艺有哪两种？谢尔炉和德士古炉有何区别？
- 12、Shell 炉的综合评价
- 13、Shell 炉的引进情况
- 14、西安热工研究院两段式干粉加压气化技术有何特点？

- 15、两段式干粉加压气化炉与 Shell 炉的区别
- 16、两段式干粉加压气化炉的应用情况
- 17、粉煤加压气流床（GSP 炉）简介
- 18、粉煤加压气流床（GSP 炉）特点
- 19、引进情况
- 20、航天炉简介
- 21、航天炉有何特点？
- 22、航天炉应用情况
- 23、水煤浆加压气流床（德士古 TEXCO 炉）概述
- 24、德士古气化炉的构造和原理
- 25、Texaco 气化炉的优缺点
- 26、德士古气化炉的适合煤种
- 27、德士古气化炉的煤气组成
- 28、TCGP 的流程包括哪些系统
- 29、TCGP 的关键设备
- 30、工艺运行中存在的突出问题
- 31、华东理工大学多喷嘴水煤浆气化技术简介
- 32、国内已建和在建的四喷嘴水煤浆气化炉
- 33、多喷嘴水煤浆气化炉与德士古相比有何该改进？
- 34、清华大学非熔渣—熔渣分级气化技术（清华炉）简介
- 35、熔渣-非熔渣分级气化的原理是什么？
- 36、熔渣—熔渣分级气化技术的应用情况
- 37、西北化工研究院多元料浆煤气化技术和德士古技术相比有何区别？
- 38、多元料浆气化的工业化情况
- 5.7 整体煤气化联合循环发电技术
 - 1、整体煤气化联合循环发电技术（IGCC）
 - 2、为什么要发展 IGCC 技术？
 - 3、IGCC 技术的煤气化炉
 - 4、IGCC 技术在国外的水平

5、国内 IGCC 技术的现状

5.8 煤气的一氧化碳变换

- 1、煤气的一氧化碳变换有何意义？
- 2、煤气的一氧化碳变换的反应方程式
- 3、煤气的一氧化碳变换催化剂
- 4、一氧化碳变换的装置

5.9 煤气化的污染与治理

- 1、煤气化工业的主要污染物
- 2、粗煤气的主要成分是什么？
- 3、为什么粗煤气要净化？
- 4、煤气净化方法的方面与阶段
- 5、除尘的主要设备
- 6、煤气脱硫方法的分类
- 7、低温甲醇吸收法净化煤气的原理是什么？
- 8、煤气化厂废水的处理可以分为哪几个级别

本单元的重点和难点分别是：

【重点】气流床气化工工艺的原理

【难点】德士古气化炉的构造和原理

7.14.4 教学过程

本单元在上一单元的基础上继续讲解流化床气化炉工艺，流化床推向极端则转变成了气流床，由此阐述流化床气化炉的优点，然后从最基本的 K-T 炉讲起，逐一讲解 Shell、德士古等气化炉，然后特别点明中国自主开发的气化炉：航天炉、多喷嘴、两段炉等实际上都是在引进消化国外的炉型基础之上再加上少量的创新即为“自主开发”。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：

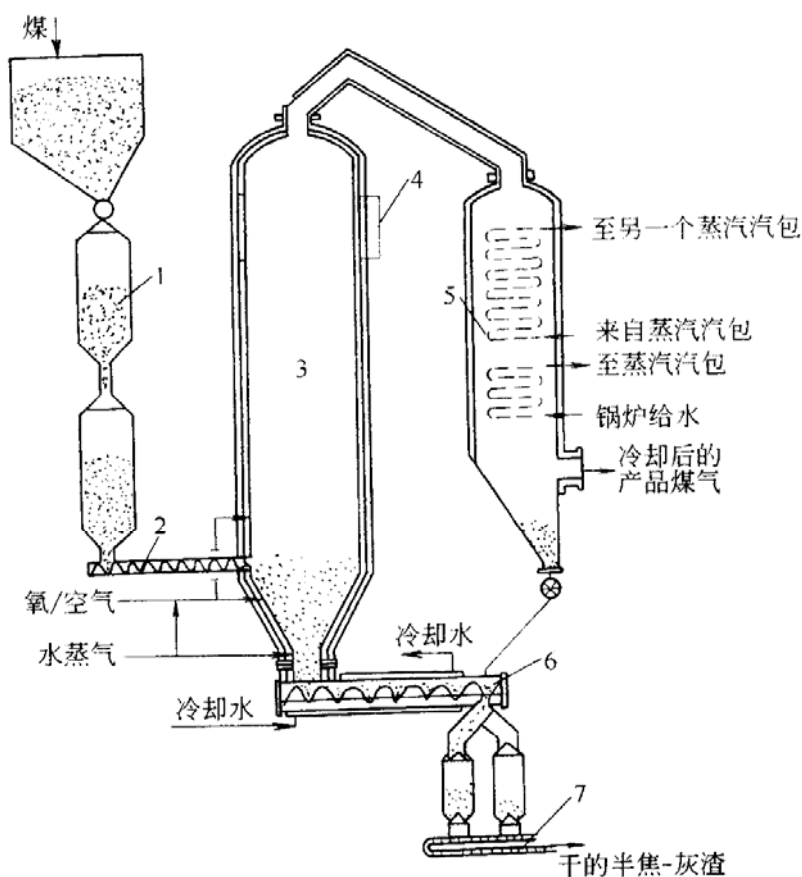


图 1-2-37 温克勒流化床气化炉

1—煤锁斗；2—螺旋给煤机；3—气化炉；4—辐射锅炉段；
5—废热锅炉；6—螺旋出灰机；7—皮带机

图：

图 5-38 温克勒气化炉

图 5-39 黑龙江宁安化肥厂的恩德炉

图 5-40 高温温克勒气化炉

图 5-41 U-Gas 气化炉和国内的灰熔聚气化炉

图 5-42 灰融聚气化炉原理

图 5-43 灰熔聚气化炉装置

图 5-44 K-T 气化炉



图 5-45 Shell 气化炉的工艺流程

图 5-46 Shell 气化炉的喷嘴

图 5-47 天津华能 IGCC 两段气化炉

图 5-48 GSP 气化炉

图 5-49 山西兰花煤化工集团 GSP

图 5-50 神华宁煤烯烃 GSP 炉

图 5-51 河南永煤集团航天炉

图 5-52 航天炉构造



图 5-53 德士古气化炉

图 5-54 多喷嘴水煤浆气化炉



图 5-55 熔渣—熔渣分级气化技术

图 5-56 多元料浆气化技术

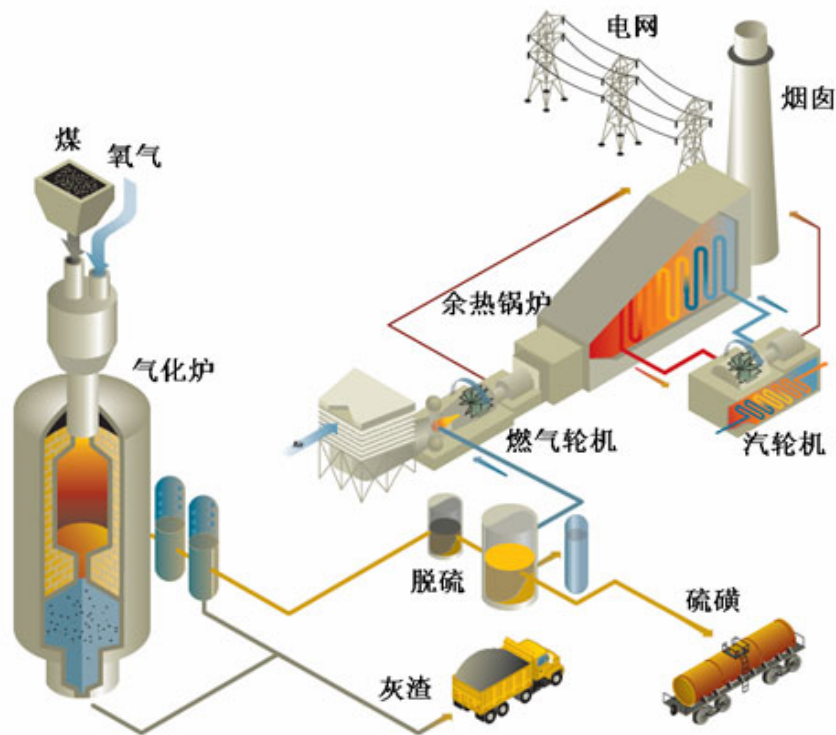


图 5-57 普通火电厂与 IGCC 发电厂

图 5-58 燃气轮机

图 5-59 天津华能的 IGCC 厂

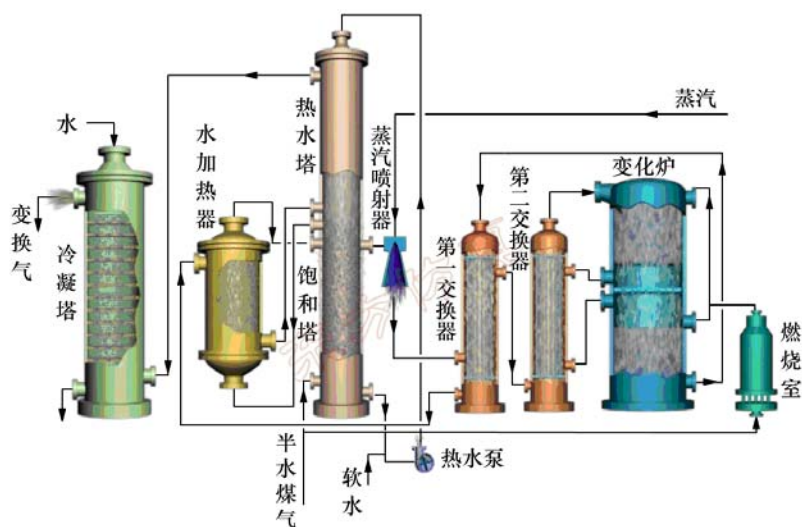


图 5-60 一氧化碳常压中温变换流程

图 5-61 煤气化厂的污染

图 5-62 煤气化厂附近的污水渠

图 5-63 除尘设备

图 5-64 煤气脱硫方法分类

图 5-65 低温甲醇法

表:

表 5-8 Shell 炉的煤气组成

表 5-9 Shell 炉的引进情况

表 5-10 GSP 炉的煤气组成

表 5-11 德士古气化炉的煤气组成

表 5-12 国内已建和在建的四喷嘴水煤浆气化炉

表 5-13 多喷嘴与单喷嘴的技术经济比较

表 5-14 煤气发生站的废水污染

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，先进煤气化技术对于环保的优势？

7.14.7 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德士古、谢尔炉、航天炉、清华炉等名词，初步了解气流床气化炉的有关概念，为上课做好准备。

7.14.8 教学单元的参考资料

参阅化学工业出版社 2009 年唐宏青所著《现代煤化工新技术》第 8、10 章，和 2009 年许世森等编著的《煤气净化技术》第 7 章延伸阅读。

7.15（第 15 单元）

7.15.1 教学日期

第 20 次上课，共 2 节课。

7.15.2 教学目标

通过本单元的学习，要求掌握煤化工产业链的基本概念，掌握煤化工产业链与邻近的石油化工、精细化工产业链的衔接关系，并掌握甲醇、甲醛、二甲醚、MTG、MTO 等生产方法、工艺流程、国内产能情况等。其次要求掌握煤间接液化的基本原理、工艺流程、产业状况等。

7.15.3 教学内容

本单元的教学内容为第 6 章“煤气化的下游产品”和第 7 章“煤间接液化”，具体内容包括：

第 6 章 煤气化的下游产品

6.1 概述

- 1、煤化工产业链与煤气化的下游产品
- 2、什么是现代煤化工技术？
- 3、我国现代煤化工产业发展最好的是哪些方面？

4、中国 2014 年传统煤化工的产业规模

6.2 甲醇

- 1、甲醇的基本性质
- 2、甲醇的用途
- 3、合成甲醇的化学原理
- 4、甲醇合成反应的特点
- 5、甲醇合成反应的影响因素
- 6、合成甲醇的反应器
- 7、我国在甲醇合成领域的历史性贡献
- 8、我国甲醇工业现状
- 9、甲醇汽油的优缺点与发展前景
- 10、乙醇燃料的优缺点与发展前景

6.3 甲醛

- 1、甲醛的基本性质
- 2、甲醛的用途
- 3、甲醛的方法
- 4、过量甲醇氧化法制甲醛的化学原理
- 5、过量甲醇氧化法制甲醛的影响因素
- 6、过量甲醇氧化法制甲醛的工艺
- 7、过量甲醇氧化法制甲醛的缺点
- 8、过量空气氧化法制甲醛
- 9、两种工艺路线优劣比较
- 10、甲醛生产的发展前景

6.4 二甲醚

- 1、二甲醚的基本性质
- 2、二甲醚的用途
- 3、二甲醚的生产方法
- 4、二甲醚产业的现状
- 5、二甲醚作为燃料的优缺点和应用前景

6.5 甲醇制汽油 MTG

- 1、汽油的基本性质和用途
- 2、甲醇制汽油（MTG）的化学原理
- 3、Mobil 法甲醇制汽油简介
- 4、ZSM-5 催化剂
- 5、MTG 反应器
- 6、MTG 固定床工艺
- 7、MTG 的技术现状
- 8、MTG 技术的优缺点评价

6.6 甲醇制烯烃 MTO

- 1、石油化学工业的基本原料是什么？
- 2、什么是 MTO、MTP、MTA、MTG？
- 3、MTO 和 MTP 的区别
- 4、乙烯的基本性质及用途
- 5、什么是“裂解乙烯”？什么叫“合成乙烯”？
- 6、丙烯的性质和用途
- 7、MTO 工艺的机理
- 8、MTO 的催化剂
- 9、什么是 DMTO
- 10、DMTO 的试验项目
- 11、MTO 的工业化生产

6.7 甲醇制丙烯 MTP

- 1、丙烯的性质和用途
- 2、甲醇制丙烯主要有哪两种方法？
- 3、国外的 MTP 工艺和催化剂
- 4、国内的 MTP 工艺

6.8 乙二醇

- 1、乙二醇的用途
- 2、乙二醇的合成方法

6.9 煤制甲烷

- 1、煤气的甲烷化有何意义？
- 2、煤气甲烷化的化学原理是什么？
- 3、甲烷化的基本化学反应
- 4、甲烷化反应的催化剂
- 5、甲烷化反应的工艺流程

第7章 煤间接液化

7.1 概述

- 1、什么是煤的液化？将煤液化有何意义？
- 2、煤液化有哪两条技术路线？分别是什么？
- 3、煤的间接液化与煤的直接液化有何区别和联系？
- 4、煤的间接液化与费托（F-T）（Fischer-Tropsch synthesis）合成是什么关系？
- 5、煤间接液化的历史发展？
- 6、煤的间接液化在中国的历史发展
- 7、MTG 与费托合成有何区别？
- 8、为什么南非成为世界上唯一的进行煤间接液化工业化生产的国家？
- 9、中国目前有商业化运转的大型煤间接液化厂吗？
- 10、煤间接液化的工艺路线

7.2 费托合成的化学原理

- 1、费托合成的化学反应
- 2、费托合成工艺的关键和难点

7.3 费托合成催化剂

- 1、不同类型催化剂的合成工艺条件
- 2、费托合成的催化剂以什么元素为主？
- 3、费托合成催化剂的组成
- 4、催化剂中各成分的功能和作用。

7.4 费托合成反应器

- 1、费托合成反应器有几种类型？
- 2、固定床反应器

3、流化床反应器

4、浆态床反应器

5、三种反应器的比较

7.5 费托合成过程的工艺参数

1、原料气组成的影响

2、反应温度

3、反应压力

4、空速

7.6 南非 Sasol 厂工艺和中科院煤化所 MFT 工艺

1、南非 Sasol 厂工艺的历史发展

2、南非 Sasol 厂煤质特性

3、南非 Sasol 厂的气化工艺

4、南非 Sasol 厂的三代工艺

5、中科院煤化所的 MFT 工艺

7.7 间接液化产物特点及对煤质要求

1、间接液化产物的特点？

2、间接液化对煤质的基本要求如下。

7.8 中国间接液化技术前景

1、煤间接液化在中国商业化应用的主要障碍是什么？

2、煤间接液化在中国为什么有广阔的发展前景？

本单元的重点和难点分别是：

【重点】甲醇的生产工艺

【难点】费托合成的催化机理

7.15.4 教学过程

本章内容首先从当前煤化工的“甲醇产能过剩”问题说起，谈到甲醇的转化问题，由此引入煤化工产业链的概念，由此再引出多种的煤化工下游产品，烯烃、二甲醚、芳香烃等，并说明这些产品再通过石油化工或者精细化工的原有产业链就可以最终制造出我们日常生活中所必须的燃料、纤维、塑料、树脂、精细化工

产品等。然后从甲醇开始，逐一介绍这些下游产品的生产原理、工艺流程、市场状况等。

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、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 6-1 煤化工产业链

图 6-2 煤气化下游产品

图 6-3 甲醇

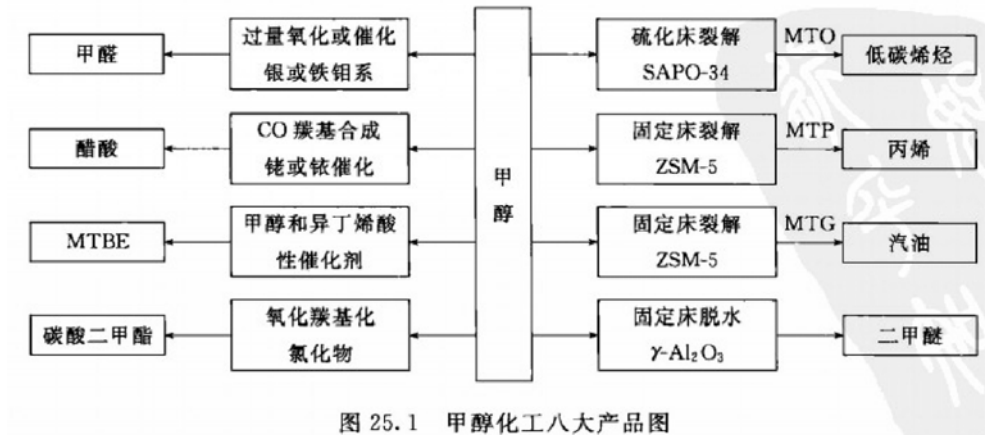


图 6-4 甲醇的主要产品

图 6-5 合成甲醇的反应器

图 6-6 甲醇的合成工艺

图 6-7 乙醇

图 6-8 甲醛及其下游产品

图 6-9 甲醛生产工艺

图 6-10 过量空气法甲醛生产工艺

图 6-11 二甲醚

图 6-12 二甲醚合成工艺

图 6-13 二甲醚生产装置

图 6-15 甲醇制汽油（MTG）的化学原理

图 6-16 甲醇制汽油（MTG）的机理

图 6-17 ZSM-5 催化剂

图 6-18 MTG 固定床工艺

图 6-19 灰熔聚气头的山西晋城 10 万吨 MTG 示范工程

图 6-20 乙烯、PVC、聚乙烯、聚苯乙烯制品

图 6-21 裂解乙烯与合成乙烯

图 6-22 采用中科院大连化物所 DMTO 催化剂的神华包头煤制烯烃项目

图 6-23 神华宁夏煤业集团公司

图 6-24 大唐国际多伦煤基烯烃项目以锡林浩特东胜利煤田的褐煤为原料

图 6-25 乙二醇的分子结构

图 6-26 甲烷化

图 6-27 甲烷化庆华煤制天然气装置中的甲烷化工段(托普索工艺)

图 7-1 南非萨索尔煤间接液化厂

图 7-2 内蒙古伊泰集团年产 16 万吨煤间接液化厂（煤化所技术）已运转



图 7-3 山西潞安年产 16 万吨煤间接液化厂（煤化所技术）已运转

图 7-4 煤的间接液化

图 7-5 煤间接液化的产物

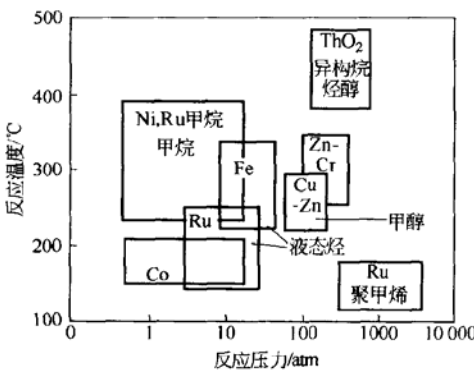


图 7-6 不同类型催化剂的合成工艺条件

图 7-7 间接液化工艺的合成反应器形式

图 7-8 循环流化床和固定流化床反应器示意图

图 7-9 工艺参数对产物选择性的影响



图 7-10 Sasol- I 厂工艺

图 7-11 Sasol- II、III 厂工艺

图 7-12 MFT 工艺

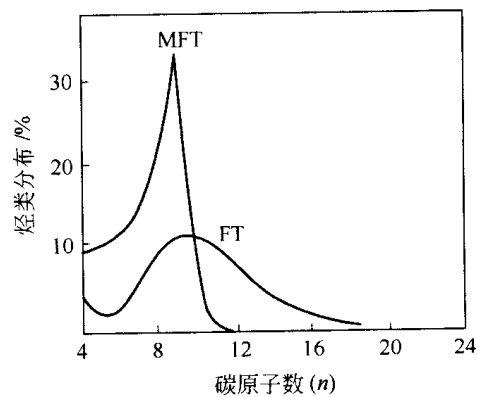


图 7-13 传统 FT 合成法与 MFT 合成法的产物分析表:

表 6-1 2014 年四大传统煤化工产品的产量（单位：万吨）

表 6-2 平衡转化率与温度关系

表 7-1 不同类型催化剂的合成工艺条件

表 7-2 费托反应器操作条件和产物比较

表 7-3 南非 Sasol 液化厂的发展历史

表 7-4 南非 Sasol 厂的原料煤

表 7-5 南非 Sasol 厂的气化炉

表 7-6 费托反应器操作条件和产物比较

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。

课后需要反思，当前产能过剩，并且国内以煤为原料生产甲醇的成本远高于国外用天然气生产甲醇，那么我国现存的甲醇生产企业是否应大批强制关闭呢？过剩甲醇产能的出路在哪里？

7.15.7 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煤化工下游产品的有关知识，以及甲醇过剩、煤化工过热等有关煤化工的负面消息，并注意如何破解这些难题，了解煤化工下游产业链延伸的重要性，以及煤化工产业链与石油化工产业链、精细化工产业链等相邻产业之间的衔接关系。

7.15.8 教学单元的参考资料

参阅化学工业出版社 2009 年唐宏青所著《现代煤化工新技术》第 22~38 章，和煤炭工业出版社 2003 年舒歌平所著《煤炭液化技术》第五、六章延伸阅读。

7.16（第 16 单元）

7.16.1 教学日期

第 22 次上课，共 2 节课。

7.16.2 教学目标

通过本单元的学习，要求掌握煤直接液化的基本原理，和煤质炭素制品的知识。

7.16.3 教学内容

本单元的教学内容为第 8 章“煤直接液化”，和第 9 章“煤制炭素制品”，具体内容包括：

第 8 章 煤直接液化

8.1 概述

- 1、煤直接液化的概念
- 2、我国发展煤直接液化技术有何意义？
- 3、煤直接液化的发展历史？
- 4、我国煤直接液化的技术现状？

8.2 煤直接液化的化学原理

- 1、煤与石油在分子结构上的区别
- 2、煤直接液化的基本原理

8.3 煤自身性质对于煤直接液化的影响

- 1、煤直接液化的影响因素有哪些？
- 2、煤的岩相组成的对于直接液化的影响
- 3、矿物质对于直接液化的影响
- 4、煤中具有催化活性的矿物质主要是什么？其催化机理是什么？
- 5、粘土矿的催化作用
- 6、碱金属的催化作用

- 7、水对于液化的影响
- 8、孔隙性和粒度
- 9、煤化程度对于液化的影响？
- 10、煤直接液化对煤质的基本要求
- 8.4 工艺条件对于煤直接液化的影响
 - 1、反应温度对煤液化的影响
 - 2、溶剂对煤液化的影响
 - 3、氢气压力对于煤液化的影响
 - 4、催化剂
 - 5、煤直接液化各影响因素的综合作用
- 8.5 世界主要煤直接液化工艺简介
 - 1、世界主要煤直接液化工艺所共有的模式
 - 2、煤直接液化技术的发展趋势：
 - 3、早期的德国 IG 工艺
 - 4、中国神华煤液化厂的设备
 - 5、目前世界上最主要的煤直接液化工艺有哪三种？
 - 6、德国 IGOR 工艺的特点。
 - 7、美国 HTI 工艺的特点？
 - 8、日本 NEDOL 工艺的特点？
 - 9、三种煤液化工艺的比较
- 8.6 煤直接液化的若干关键技术
 - 1、氢耗量的降低
 - 2、固液分离技术
 - 3、残渣利用
 - 4、溶剂的改进
 - 5、催化剂的改进
 - 6、反应器
 - 7、原料煤
 - 8、温度和压力

8.7 中国神华煤直接液化工艺

- 1、发展历程
- 2、工艺的大致流程
- 3、煤液化主要设备

8.8 煤液化的污染与治理

第9章 煤制炭素制品

9.1 炭素制品的性质、种类、用途和发展

- 1、碳元素在自然界中的赋存情况
- 2、什么是炭素制品？
- 3、炭素材料化学结构的特点？石墨与无定形炭在结构上有什么区别？
- 4、炭素材料有何特殊的性质？
- 5、炭素制品有何用途？
- 6、汉字“炭”和“碳”有何区别？

9.2 电极炭

- 1、什么是电极炭？
- 2、制造电极炭的原料是什么？
- 3、制造电极炭的化学原理是什么？
- 4、影响石墨化过程的因素有哪些？
- 5、电极炭生产的工艺过程
- 6、生产电极炭工艺流程的煅烧、焙烧、石墨化三个都需要高温加热的工序有何区别？
- 7、电极炭和炭电极有何区别？
- 8、炭电极有何用途？
- 9、不透性石墨有何用途？
- 10、不透性石墨如何生产“

9.3 活性炭

- 1、活性炭的特点是什么？
- 2、活性炭的孔结构
- 3、活性炭的表面性质

- 4、生产活性炭的原料
- 5、活性炭的生产方法
- 6、成型的方法
- 7、炭化条件
- 8、炭化炉的类型
- 9、活性炭的活化
- 10、活性炭的活化方法
- 11、活化的影响因素
- 12、活化的设备
- 13、活性炭的用途
- 14、活性炭的再生

9.4 炭分子筛

- 1、什么是炭分子筛
- 2、炭分子筛的特点
- 3、炭分子筛的制备方法
- 4、什么是变压吸附？

9.5 碳纤维

- 1、什么是碳纤维
- 2、碳纤维有哪些种类？
- 3、碳纤维有何特性？
- 4、碳纤维的生产流程
- 5、制备理想结构碳纤维的努力方向是什么？
- 6、碳纤维增强复合材料的用途

本单元的重点和难点分别是：

【重点】煤直接液化的影响因素

【难点】煤直接液化对煤质基本要求

7.16.4 教学过程

本章首先从上一章的间接液化谈起，谈到有两种液化方法，一是间接液化一

是直接液化，然后谈到这两种方法各自的优缺点和适用范围，然后阐述煤直接液化的历史发展、反应机理等。

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、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 8-1 神华煤直接液化厂

图 8-2 弗里德里希·伯吉乌斯（1884-1949）

图 8-3 二战时期的德国煤直接液化厂

图 8-4 50 年代美国 CCC 公司煤高温短时液化制化学品的示范厂

图 8-5 位于 Wilsonville 的日产 6t 的 SRC-I 直接液化厂

图 8-6 SRC- II 直接液化厂

图 8-7 英国位于 Ayr 角的 LSE 小规模试验厂

图 8-8 中国神华煤液化厂

图 8-9 EI 数据库中世界和我国每年煤液化论文的数量

图 8-10 中国神华煤液化厂卫星俯瞰图

图 8-11 石油与煤化学结构的比较

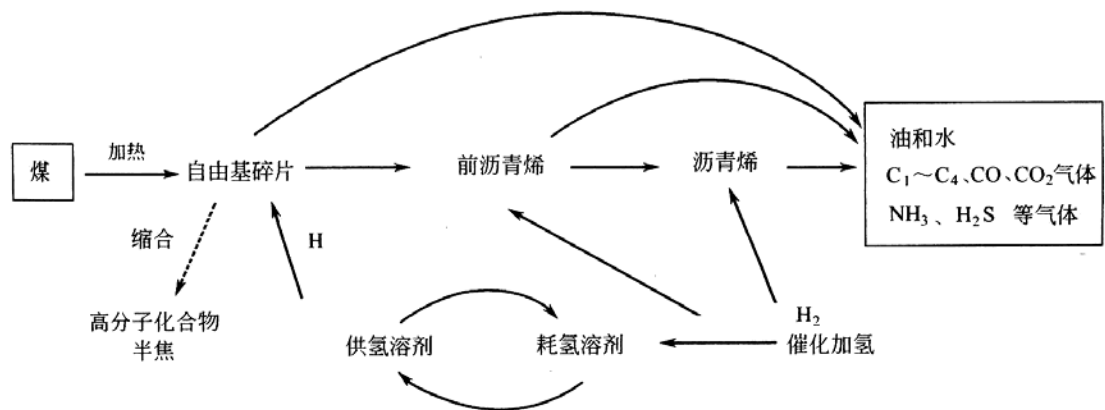


图 8-12 煤液化的反应机理网络图

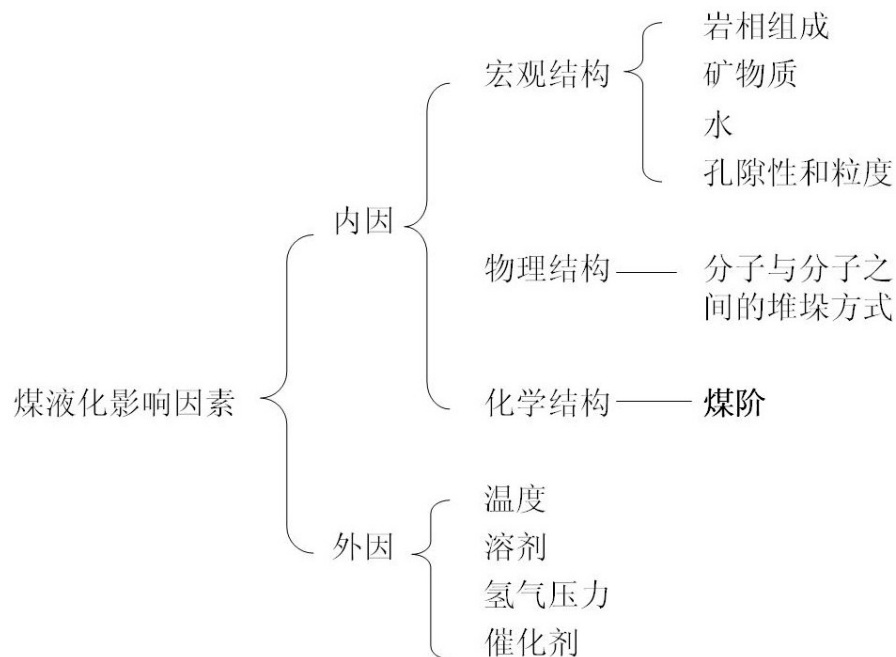


图 8-13 煤直接液化的影响因素

图 8-14 黄铁矿的催化机理

图 8-15 +2 价阳离子的桥接作用

图 8-16 煤中碳含量与液化转化率的关系

图 8-17 煤的化学结构随煤化程度的变化

图 8-18 温度对煤热解和煤液化的影响

图 8-19 溶剂的供氢和转移活性氢

图 8-20 煤直接液化各影响因素的综合作用

图 8-21 煤直接液化工艺的一般模式

图 8-22 世界煤直接液化工艺的分类简图

图 8-23 煤液化反应器

图 8-24 德国 IGOR 工艺

图 8-25 美国的 H-Coal 和 HTI 工艺

图 8-26 日本 NEDOL 工艺

图 8-27 EDS 工艺

图 8-28 CTSI 工艺

图 8-29 先进煤液化工工艺的特征

图 8-30 煤液化高压加氢反应器

图 8-31 煤液化的试验装置

图 8-32 神华直接液化工工艺大致流程

图 8-33 神华直接液化工装置安装现场

图 8-34 神华直接液化厂远景

图 8-35 直接液化与间接液化的对比

图 9-1 金刚石和石墨

图 9-2 石墨与无定形炭晶体结构的区别

图 9-3 石墨、活性炭、焦炭、炭黑

图 9-4 富勒烯的晶体结构

图 9-5 石墨电极

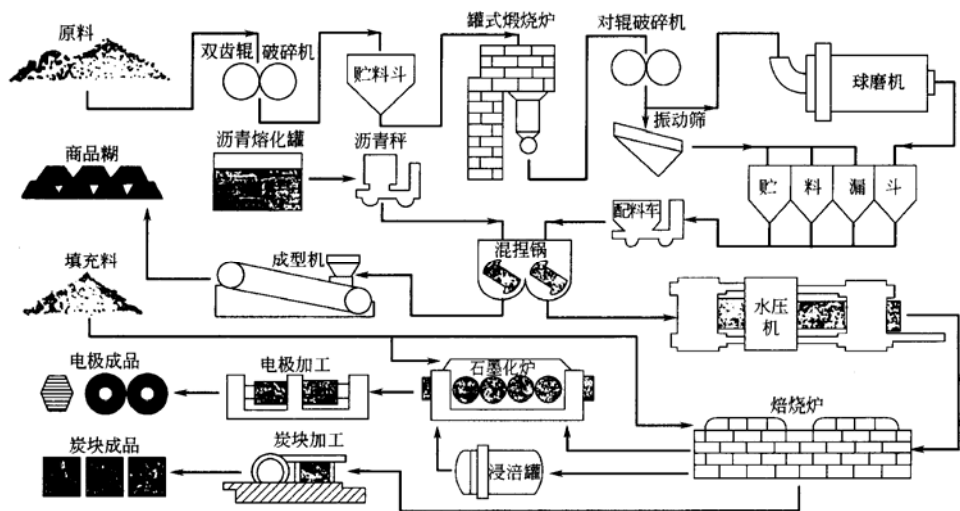


图 9-6 炭素制品的生产流程

图 9-7 用于吸收盐酸的不透性石墨填料塔

图 9-8 活性炭

图 9-9 活性炭的制造方法

图 9-10 多层炭化炉

图 9-11 回转活化炉

图 9-12 炭分子筛

图 9-13 变压吸附装置

图 9-14 炭纤维

图 9-15 生产炭纤维

图 9-16 炭纤维的用途

表:

表 8-1 煤与石油在分子结构上的区别

表 8-2 三种煤液化工艺的比较

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，煤直接液化和间接液化哪种方法更优秀一些？为什么不只采用最优秀的那种方法，而是两种方法在中国都有示范工厂？

7.16.7 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煤直接液化的有关信息，做好听课准备。

7.16.8 教学单元的参考资料

本章煤直接液化的入门读物为煤炭工业出版社 2003 年舒歌平所著《煤炭液化技术》第 1~3 章。煤质炭素制品的知识参阅冶金工业出版社 1976 年的《炭和石墨制品生产》一书全文，该书深入浅出，是一本非常好的入门读物。

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

本课程的实验将在第 7 学期进行，工厂实习也安排在大四进行，因此有关的

实践活动将推迟到大四进行。

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 1/3 以上将取消成绩，迟到或早退 2 次相当于缺勤 1 次。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

本课程教材是中国矿业大学出版社 2014 年张双全版的《煤化学》，和中国矿业大学出版社 2014 年王永刚版的《煤化工工艺学》，两本书。

较重要参考教材是上海科学技术出版社出版 1984 年的朱之培版的《煤化学》、煤炭工业出版社 1999 年张德祥的《煤化工工艺学》。

我校的煤化工实验都安排在了一年后的大四第一学期，实验的方法以张双全版的《煤化学实验》为准。

12.2 专业学术专著

较重要的有《煤的结构与反应性》（科学出版社，2002，谢克昌）、《斯塔赫煤岩学教程》（煤炭工业出版社，1990，斯塔赫）、介绍泥炭、褐煤、腐植酸的专著《泥炭资源开发与利用》（吉林科学技术出版社，1992，张则有）、《褐煤利用技术》（煤炭工业出版社，1999，戴和武、谢可玉）、《煤炭腐植酸的生产和应用》（化学工业出版社，1991，郑平），介绍国内主要煤矿煤质分析数据的《中国煤

矿煤质应用评价》、国家技术监督局有关煤质分析、煤的工艺指标的几个国标（GB）文件、化学工业出版社 2006 年许世森的《大规模煤气化技术》、煤炭工业出版社 2003 年的《煤炭液化技术》、冶金工业出版社姚昭章的《炼焦学》、化学工业出版社 2011 年贺永德的《现代煤化工技术手册》（第二版）等、冶金工业出版社 1992 年张家埭的《碳材料工程基础》等。

12.3 专业刊物

国内刊物主要是国家一级期刊《燃料化学》、《煤炭学报》，和核心期刊《洁净煤技术》和《煤炭转化》这 4 种。国际刊物主要是《Fuel Processing Technology》、《Fuel》和《Energy Source》这 3 种。

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煤化工、能源领域的科技文章以及政策走向报道。煤化工和能源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。