



《化工实验技术》课程 实施大纲

任课教师：余晓鹏

四川轻化工大学

二〇二五年九月

基本信息

课程代码：

课程名称：化工实验技术（Chemical Experiment Technology）

学 分：1

总 学 时：16

学 期：第 5 学期

授课对象：工艺 23 级卓越、3 班、4 班

上课时间：9-16 周 3-4 节

上课地点：N1-412

答疑时间和方式：课间、课后；课前、课间答疑，邮箱答疑、QQ 答疑、电话答疑。

答疑地点：N1-412

Email: xpyu22@126.com

手机：13890036432（V 网短号 62199）

QQ：435894120

目 录

1. 教学理念	1
2. 课程介绍	2
2.1 课程的性质	2
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用	2
2.3 课程的历史与传统文化	2
2.4 课程的前沿及发展趋势	3
2.5 课程与经济社会发展的关系	3
2.6 学习本课程的必要性	3
3. 教师简介	3
3.1 教师的职称、学历	3
3.2 教育背景	4
3.3 研究兴趣（方向）	4
4. 先修课程	4
5. 课程目标	4
5.1 知识与技能方面	4
5.2 过程与方法方面	4
5.3 情感、态度与价值观方面	5
6. 课程内容	5
6.1 课程的内容概要	5
6.2 教学重点、难点及学时安排	9
7. 课程实施	10
7.1 教学单元一	10
7.1.1 教学过程及教学方法	10
7.1.2 作业安排及课后反思	17
7.1.3 课前准备情况及其他相关特殊要求	17
7.1.4 参考资料	17

7.2 教学单元二	17
7.2.1 教学过程及方法	17
7.2.2 作业安排及课后反思	30
7.2.3 课前准备情况及其他相关特殊要求	30
7.2.4 参考资料	30
7.3 教学单元三	30
7.3.1 教学过程及教学方法	30
7.3.2 作业安排及课后反思	31
7.3.3 课前准备情况及其他相关特殊要求	31
7.3.4 参考资料	31
7.4 教学单元四	31
7.4.1 教学过程及教学方法	31
7.4.2 作业安排及课后反思	33
7.4.3 课前准备情况及其他相关特殊要求	33
7.4.4 参考资料	33
7.5 教学单元五	33
7.5.1 教学过程及教学方法	34
7.5.2 作业安排及课后反思	36
7.5.3 课前准备情况及其他相关特殊要求	36
7.5.4 参考资料	36
8. 课程要求	37
8.1 学生课程学习要求	37
8.2 课外阅读要求	37
8.3 课堂讨论要求	38
8.4 课程实践要求	38
9. 课程考核	38
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求	38
9.2 成绩的构成与评分规则说明	39

9.3 考试形式及说明	39
10. 学术诚信	40
10.1 考试违规与作弊处理	40
10.2 杜撰数据、信息处理等	40
10.3 学术剽窃处理等	40
11. 课堂规范.....	40
11.1 课堂纪律	40
11.2 课堂礼仪	40
12. 课程资源	40
12.1 教材与参考书	40
12.2 专业学术著作	41
12.3 专业刊物	42
12.4 网络课程资源	42
12.5 课外阅读资源	42
13. 教学合约	42
13.1 教师作出师德师风承诺	42
13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容	42
13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望	42
14. 其他说明	43

1. 教学理念

化工过程开发是一种高投资、高风险、高效益、涉及面广的工程项目，它对企业生存和发展起着重要作用，作为化工专业的学生，应了解新的化工产品开发的过程，掌握新的化工产品开发的方法和相关知识，掌握实验数据处理方法，提高化工实验技能，为其从事专业素质要求较高的化工行业奠定良好基础。

《化工实验技术》教学的基本任务是传授化工过程开发及选题基本理论和基础知识，使学生掌握化工过程开发的基本方法；增强实验数据处理技能、了解化工实验技术基础；具备检索专业文献及撰写科技论文的基本能力。同时，积极引导和鼓励學生自主创新，让学生既具备专业的视角，又具有创新的素质。

本课程实施主要采用讲授法、实例分析法、对比法、提问法、归纳法、演示法、练习法等多种教学方法，充分调动学生的学习积极性，使学生通过积极的思考、操作、演练，主动地获取知识，确保学生学有所得。同时结合教师自身的研究方向，以基于研究的学习亦作为教学方法的重要方面。在上课形式上，运用多媒体教学手段，方便对新近前沿研究领域、成果的介绍，以实现良好的教学效果。

整个教学实施过程中，我将秉承以下教学风格：

(1) 在教学过程中，尽量寻求有趣的方式向学生传递知识；教学讲授环节，尽量多举与实际生活息息相关的例子，用最浅显易懂的语言表达课程中比较复杂抽象的概念。其目的是让学生积极参与整个教学环节，通过参与

和体验，高效的学习该课程。

(2) 引导学生主动学习。在教学过程中，通过案例分析、知识点对比、归纳等多种讲授方式引导学生积极主动的学习，使学生深刻体会所学知识对实际应用的价值。

(3) 公平对待每一位学生，对每一位学生关心、爱护、不偏袒、不以个人的私利和好恶作标准。

2. 课程介绍

2.1 课程的性质

《化工实验技术》是专业基础平台上的一门实践性较强的课程。该课程具有一定的综合性及系统性。旨在全面培养学生良好的专业素养、系统的专业实验技能、初步的产品研发意识。

2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

限选实践课，培养学生解决化工过程开发、选题及实验数据处理的能力，并为进一步的专业课程的学习及参与助研、科技创新等活动，培养学生的创新意识奠定良好的专业基础。

2.3 课程的历史与传统文化

《化工实验技术》源于化工过程开发与设计，实验设计与数据处理、文献检索以及科技论文写作综合而形成的一门实践性较强的课程。旨在培养化工过程开发及科技创新能力。

2.4 课程的前沿及发展趋势

在科技迅猛发展、竞争日益激烈的今天，制约我国化工行业发展的瓶颈是新产品、新技术不足，势必要求用高新技术对传统化工进行技术改造。新的合成技术、新型分离技术、环保与能源技术、多功能化工设备以及绿色化学技术将是今后发展的重点。这就要求教学过程中不断探求相关知识、前沿，及时注入最新的科技成果才能确保教学质量和效果。

2.5 课程与经济社会发展的关系

为了适应近年低糜的化工产业发展需要，化工实验技术课程主要介绍化工过程的开发与科学选题、实验设计方法与结果分析、化工实验技术基础、文献检索及科技论文写作，使学生了解化工过程开发的基本程序及方法，从而培养和提高学生化工过程开发的能力，开发新产品及新技术，促进化工行业的经济发展。

2.6 学习本课程的必要性

作为化工类专业的学生，要想具有从事化工行业的良好基础，了解化工过程开发的基本内容及方法尤为重要。而专业文献检索、实验设计与结果分析以及科技论文的写作能力正是成为一名合格的化工工程师所必须具备的基本能力。因此，本门课程已成为化工类相关专业必学课程之一。

3. 教师简介

3.1 教师的职称、学历

余晓鹏，讲师，博士研究生

3.2 教育背景

2009.09~2012.12	四川大学化学工程学院	工业催化专业	工学博士
2003.09-2006.06	西华师范大学化工学院	环境科学专业	理学硕士
1999.09-2003.06	西华师范大学化工学院	化学专业	理学学士

3.3 研究兴趣（方向）

主要从事纳米催化材料的可控制备及应用研究。

4. 先修课程

无机化学、有机化学、分析化学、普通物理、物理化学、电工学等

5. 课程目标

5.1 知识与技能方面

掌握化工过程开发与选题的基本方法及特点，树立学生工程观念，具有将化学化工技术应用于其他行业或者将其他领域技术应用于化学化工行业的意识。提高学生的实验设计及数据处理能力；提高学生收集与检索文献的能力；培养学生初步的产品研发意识；培养学生的创新意识；奠定良好的专业基础。

5.2 过程与方法方面

使学生掌握化工过程开发及选题的基本理论及方法，培养学生运用各种实验设计方法及处理数据能力。培养学生参与助研、科技创新等活动的意识。

5.3 情感、态度与价值观方面

自愿、欣喜地运用各种实验设计方法解决化学化工领域具体问题，培养学生遵纪守法地运用各种方法来解决化工过程开发具体问题的正确价值取向。

6. 课程内容

6.1 课程的内容概要

本课程共分为五部分内容：

第一章：化工过程开发与选题；第二章：实验设计方法与实验结果分析；第三章：化工实验技术基础；第四章：文献检索；第五章：科技论文的写作。各部分教学内容及教学要求如下：

教学内容	教学要求
第一章：化工过程开发与选题 1. 化学工业的地位与作用：化工与可持续发展；绿色化学。 2. 化工过程开发的定义、内容。 3. 化工过程开发研究的分类。 4. 化工过程开发的内容、范围。 5. 化工过程开发的特点（基础研究，过程研究，工程研究）。 6. 化工过程开发的基本方法。	1.了解化工过程开发的基本原则和基本方法； 2.掌握化工过程开发的内容与特点、化工过程开发的基本步骤。 3.了解中试放大阶段的任务、条件及方法。 4.了解科学选题的原则、项目来源。

<p>7. 化工过程开发的基本步骤。</p> <p>8. 化工过程开发工作框图；小型工艺实验，大型冷模实验，中间实验的定义，内容，作用；概念设计、多级经济评价、基础设计的定义、内容、作用。</p> <p>9. 化工过程开发的目的。</p> <p>10. 化工过程开发的类型。</p> <p>11. 化工过程放大的基本方法；经验放大与数学模型法。</p> <p>12. 化工过程开发选题基本原则。</p> <p>13. 项目经费的主要来源。</p>	
<p>第二章：实验设计方法与实验结果分析</p> <p>1. 实验数据处理：实验误差、真值、平均值和中位值的定义；</p> <p>2. 误差和准确度的定义；</p> <p>3. 偏差和精密度的定义；</p> <p>4. 准确度和精密度的关系；</p> <p>5. 系统误差及随即误差各自的定义、特点、产生的原因及相应的减免方法；</p> <p>6. 有效数字及运算规则：有效数字的定义及有效数字的位数的确定；</p> <p>7. 有效数字的修约规则；加减运算、乘除运</p>	<p>1. 掌握实验误差及有效数字的运算规则。</p> <p>2. 掌握单因素方差分析法。</p> <p>3. 掌握正交实验设计方法及结果分析。</p> <p>4. 了解均匀实验设计法。</p>

<p>算的运算规则；</p> <p>8. 有效数字规则的应用；</p> <p>9. 实验数据处理方法。</p> <p>10. 实验研究工作进行程序；实验设计定义、方法；</p> <p>11. 单因素实验设计定义、原则；</p> <p>12. 方差分析法的基本步骤；</p> <p>13. 正交实验设计：正交实验定义；正交表的定义；</p> <p>14. 等水平正交表的表示方法；</p> <p>15. 正交表的特点；</p> <p>16. 正交实验设计的优、缺点；</p> <p>17. 正交实验设计的 7 个步骤；</p> <p>18. 正交实验设计中极差分析法的作用、优缺点、极差的计算、因素影响分析及最优方案的确定；</p> <p>19. 方差分析的因素离差平方和、误差离差平方和、交互作用离差平方和及相应自由度与 F 值的计算、显著性检验；</p> <p>20. 交互作用的定义、含交互作用的正交设计的表头设计方法</p> <p>21. 交互作用因素的最有利水平的确定方</p>	
---	--

<p>法；</p> <p>22. 趋势分析的定义及方法。</p> <p>23. 均匀设计的特点、优缺点；</p> <p>24. 均匀设计表的表示方法、使用表的作用；</p> <p>均匀设计的过程。</p>	
<p>第三章 化工实验技术基础</p> <p>1. 实验室安全知识：水、电、气安全；</p> <p>2. 实验室药品使用安全知识；</p> <p>3. 常见实验室药品事故的处理方法</p>	<p>1. 了解化学化工实验室的特点。</p> <p>2. 掌握常用化学化工实验操作技能及常见实验药品安全事故的处理方法。</p>
<p>第四章 文献检索</p> <p>1. 文献检索的含义、特点；</p> <p>2. 文献的分类及格式：期刊论文、学位论文、专利等；</p> <p>3. 四大检索（SCI、EI、ISTP、ISR）；</p> <p>4. 5S 检索新理念（select、search、sort、systematize、strategy）；</p> <p>5. 阅读文献方法（出入法）；</p> <p>6. ACS、RSC、Wiley、Elsevier、Springer 等外文数据库专业文献的检索方法。</p>	<p>1. 了解检索化学化工专业文献的常见数据库。</p> <p>2. 掌握利用 Elsevier、Springer 等外文数据库检索化学化工专业文献的检索方法。</p> <p>3. 了解文献的分类及格式。</p> <p>4. 了解SCI及EI两大索引。</p>

<p>第五章 科技论文的写作</p> <p>1. 科技论文的基本概念；</p> <p>2. 期刊论文的基本格式；</p> <p>3. 学位论文的基本格式及要求；</p> <p>4. 文献综述的基本定义、基本特征；</p> <p>5. 文献综述的写法与格式。</p>	<p>1. 掌握期刊科技论文的基本格式。</p> <p>2. 掌握本科学位论文的基本格式及要求。</p> <p>3. 掌握文献综述的撰写格式及要求。</p>
--	--

6.2 教学重点、难点及学时安排

章节	学时	重点	难点
第一章 化工过程开发与选题	3	<p>(1) 化工过程开发的内容与特点；</p> <p>(2) 化工过程开发的基本步骤；</p> <p>(3) 科学选题的基本原则</p>	科学选题
第二章 实验设计方法与实验结果分析	6	<p>(1) 正交实验设计方法</p> <p>(2) 方差分析法</p>	<p>(1) 正交实验设计方法及结果分析</p> <p>(2) 方差分析法</p> <p>(3) 均匀实验设</p>

			计
第三章 化工 实验技术基础	3	(1) 实验室安全 (2) 药品使用安全 (3) 常见实验室事故的处理方法	(1) 药品使用安全 (2) 常见实验室事故的处理方法
第四章 文献 检索	1.5	文献检索方法	Springer, Elsevier 外文数据库文献的检索
第五章 科技 论文的写作	1.5	(1) 期刊科技论文的基本格式及要求 (2) 学位论文的基本格式及要求 (3) 文献综述的撰写格式及要求	文献综述的撰写及要求

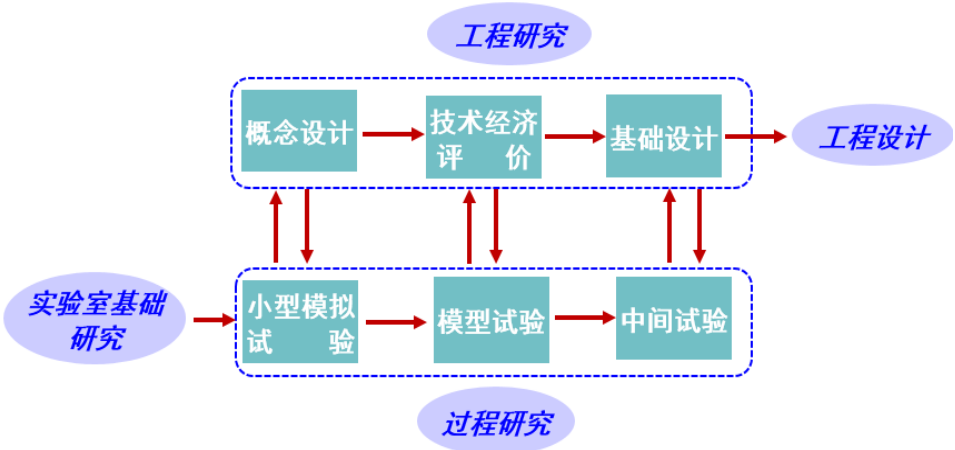
7. 课程实施

7.1 教学单元一

第一章 化工过程开发与科学选题 （参考学时：3 学时）

7.1.1 教学过程及教学方法

<p>措施：</p> <p>采用无毒、无害的原料；</p> <p>开发“原子经济”反应；</p> <p>采用无毒、无害催化剂；</p> <p>采用无毒、无害的溶剂；</p> <p>利用可再生的资源合成化学品；</p> <p>环境友好产品。</p>	
<p>3. 化工过程开发</p> <p>(1) 定义</p> <p>(2) 任务</p> <p>(3) 基本内容</p> <p>(4) 特点</p> <p>原料、生产方法和产品的多样性和化工开发的多方案性；</p> <p>重视能量和资源的充分利用；</p> <p>重视环境保护和过程安全问题；</p> <p>技术经济观点十分重要；</p> <p>(5) 基本方法</p>	<p>讲授法、 举例法</p>
<p>4. 化工过程开发的范围</p> <p>(1) 基础研究</p> <p>通过信息电子、农业、机械制造、能源、交通、建筑、医学、环境等行业对化学工业产品的依赖关系介绍基础研究的重要性。</p>	<p>讲授法、 对比法、 实例分析法</p>

<p>预实验；</p> <p>系统实验。</p> <p>(2) 过程研究</p> <p>小型模拟实验、模型实验、中间实验</p> <p>(3) 工程研究</p> <p>技术经济评价、概念设计、基础设计。</p> <p>(4) 过程研究与工程研究之间的关系</p> <p>通过框图引导学生分析过程研究与工程研究之间的关系。</p> 							
<p>5. 化工过程开发的重要性</p> <p>以人或哺乳动物的生命周期比拟化工产品的生命周期，提出化工过程开发的重要性。</p> <table border="1" data-bbox="205 1646 1158 1977"> <tr> <td>人或哺乳动物的生命周期</td><td>产品的生命周期</td></tr> <tr> <td>妊娠和婴儿期</td><td>实验室研究、开发、上市</td></tr> <tr> <td>幼年期</td><td>市场对产品需求极高、迅速增长</td></tr> </table>	人或哺乳动物的生命周期	产品的生命周期	妊娠和婴儿期	实验室研究、开发、上市	幼年期	市场对产品需求极高、迅速增长	<p>引导法、归纳法</p>
人或哺乳动物的生命周期	产品的生命周期						
妊娠和婴儿期	实验室研究、开发、上市						
幼年期	市场对产品需求极高、迅速增长						

<p>操作条件已经确定，产品、中间体和原料的分析检验方法已确定；</p> <p>某些设备，管道材质的耐腐蚀实验已经进行，并有所需的一般设备；</p> <p>进行了物料衡算。三废问题已有初步的处理方法；</p> <p>已提出原材料的规格和单耗数量；</p> <p>已提出安全生产的要求。</p> <p>(3) 任务</p> <p>工艺路线和单元反应操作方法的最终确定；</p> <p>设备材质和型号的选择；</p> <p>搅拌器型式和搅拌速度的考察；</p> <p>反应条件的进一步研究；</p> <p>工艺流程和操作方法的确定；</p> <p>进行物料衡算；</p> <p>物理性质和化工常数的测定；</p> <p>原材料中间体质量标准的制订；</p> <p>消耗定额，原材料成本。</p> <p>(4) 基本方法</p> <p>经验放大、相似放大、数学模拟放大</p>	<p>讲授法、实例分析法</p> <p>讲授法</p>
<p>8. 科学选题</p> <p>(1) 科学问题的重要性</p> <p>通过几位名人的话引入科学问题的重要性</p>	<p>引导法、归纳法、</p>

<p>(2) 选题常用方法</p> <p>(3) 科学选题的基本原则</p> <p> 选题的科学性和先进性；</p> <p> 需要性和效益性；</p> <p> 可行性；</p> <p> 考虑合理的原料路线。</p> <p>(4) 通过实例分析法介绍科学选题的基本程序</p> <p> 提出问题</p> <p> 查阅文献，提出假说</p> <p> 确定题目，并提出科研设计</p> <p> 积极申报课题，实施开发研究</p>	<p>对比法、 讲授法、 举例法</p> <p>实例分析 法</p>
<p>9. 项目主要来源</p> <p>(1) 计划项目（纵向项目）</p> <p> 863、973 计划、国家自然科学基金等</p> <p>(2) 企业委托项目（横向项目）</p> <p>(3) 自选项目</p>	<p>讲授法、 结合举例 法</p>
<p>10. 通过合成氨生产技术的开发实例进行分析，加深学生对化工过程开发从选题、实验室研究到化工过程开发以及工业化的整个流程的理解。</p>	<p>实例分析 法、归纳 法、引导 法</p>

7.1.2 作业安排及课后反思

（课后反思）理论介绍偏多，需更多的结合工程实例进行分析。

7.1.3 课前准备情况及其他相关特殊要求

PPT 拷贝

7.1.4 参考资料

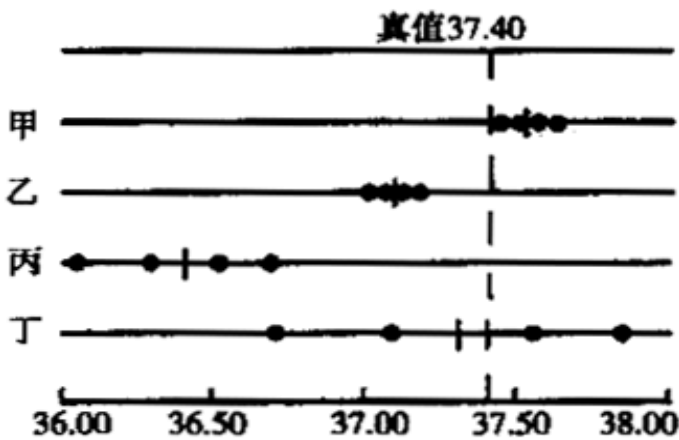
张浩勤. 化工过程开发与设计[M]. 第二版, 北京: 化学工业出版社, 2002. 第 1 章, 第 3 章。

7.2 教学单元二

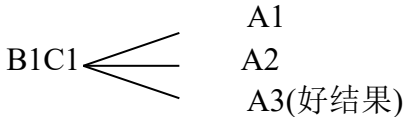
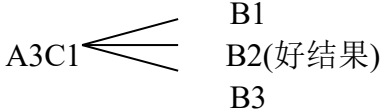
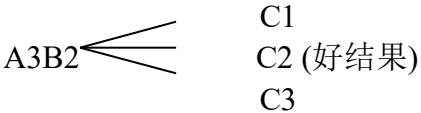
第二章 实验设计方法与实验结果分析 （参考学时： 6 学时）

7.2.1 教学过程及方法

教学过程	教学方法
1. 误差理论简介 通过提问引导学生回忆实验误差、真值、平均值和中位值的定义。	提问法、归纳法
2. 误差分类（系统误差、偶然误差） 通过提问引导学生回忆误差的分类。系统误差及偶然误差的特点是什么？它们是否可以消除或减免？减免方法有哪些？并针对学生的回答进行归纳，讲解。 （1）特点 （2）减免方法	提问法、归纳法、实例分析法
3. 准确度、精密度	提问法、实例

<p>(1) 定义</p> <p>(2) 准确度与精密度关系</p> <p>通过请学生分析图示信息，引导学生获得准确度与精密度的关系。</p> <p>准确度高，要求精密度一定高，但精密度好，准确度不一定高。</p>  <p>图 2-1 准确度和精密度关系示意图</p>	<p>分析法、归纳法</p>
<p>4. 有效数字</p> <p>(1) 定义</p> <p>(2) 注意事项（通过请学生分析实例，引导学生加深理解有效数字的注意事项）</p> <p>单位变换不影响有效数字的位数；</p> <p>pH, pM, pK, lgC, lgK 等对数值，其有效数字的位数取决于小数部分（尾数）数字的位数，整数部分只代表该数的方次。</p>	<p>提问法、归纳法、讲授法、实例分析法、练习法</p>

<p>例：pH = 11.20 → $[H^+] = 6.3 \times 10^{-12} [mol/L]$</p> <p>(3) 有效数字的修约规则</p> <p>四舍六入五留双（通过对学生的提问引导学生回忆）</p> <p>(4) 有效数字的运算法则（通过实例让学生进行练习，加深印象）</p> <p>加减法</p> <p>乘除法</p>	
<p>5. 常用实验数据处理方法</p> <p>列表法</p> <p>作图法</p>	<p>举例法结合讲授法</p>
<p>6. 实验设计方法</p> <p>(1) 定义</p> <p>(2) 分类</p> <p>(3) 设计原则</p> <p>可复制性、随机性、区组性及对照性</p> <p>(4) 实验设计方法基本术语（通过具体实例引导学生了解实验指标、因素及水平的定义）</p> <p>实验指标、因素、水平</p>	<p>讲授法、实例分析法</p> <p>实例分析法、引导法</p>
<p>7. 单因素实验方法（与全面实验法进行对比，引导学生分析单因素实验法的优缺点）</p> <p>(1) 优点</p> <p>(2) 缺点</p>	<p>对比法、引导法、归纳法、实例分析法</p>

<p>(3) 简单比较法</p> <p>变化一个因素而固定其它因素，如首先固定 B、C 于 B1、C1，使 A 变化之，则：</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>如果得出结果 A3 最好，则固定 A 于 A3，C 还是 C1，使 B 变化，则：</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>得出结果 B2 最好，则固定 B 于 B2，A 于 A3，使 C 变化，则：</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>试验结果以 C2 最好。于是得出最佳工艺条件为 A3B2C2。</p>	
<p>8. 单因素方差分析</p> <p>首先请学生阅读教材 P32-34 相关内容，在此基础上进行讲解。</p> <p>(1) 基本思想</p> <p>通过分析研究中不同来源的变异对总变异的贡献大小，从而确定可控因素对研究结果影响力的大小。</p> <p>(2) 数学模型</p>	<p>读书指导法、讲授法、实例分析法</p>

设因素 A 有不同水平 A_1, A_2, \dots, A_r 各水平 A_i 对应的总体 ζ_i 服从正态分布 $N(\mu_i, \sigma^2)$, $i=1, 2, \dots, r$; 这里, 我们假定各 ζ_i 有相同的标准差 σ , 但各总体均值 μ_i 可能不同。在水平 A_i 进行 n_i 次试验, $i=1, 2, \dots, r$; 假定所有的试验都是独立的。表 2-2 是得到的样本观测值 x_{ij} 。

表 2-1 单因素方差分析数据结构表

水平号	实验指标观测值	均值	方差
1	$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n_1}$	\bar{x}_1	s_1^2
2	$x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n_2}$	\bar{x}_2	s_2^2
\vdots	\dots	\vdots	\vdots
r	$x_{r1}, x_{r2}, \dots, x_{rn_r}$	\bar{x}_r	s_r^2

因为在水平 A_i 下的样本观测值 $x_{ij} (i=1, 2, \dots, r)$ 与总体服从相同的分布, 所以有 $x_{ij} \sim N(\mu_i, \sigma^2)$, $(i=1, 2, \dots, r)$

可以根据这 r 组观测值来检验因素 A 对试验结果的影响是否显著。如果因素 A 的影响不显著, 则所有样本观测值 x_{ij} 就可以看作是来自同一总体 $N(\mu, \sigma^2)$, 因此要检验的原假设是 H_0 。

$$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_r \quad (2-1)$$

$$\text{令 } n = \sum_{i=1}^r n_i, \quad \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r n_i \mu_i, \quad \alpha_i = \mu_i - \mu, \quad (i=1, 2, \dots, r)$$

当式(2-1)成立时, 各 $\mu_i = \mu$ 则原假设式(2-1)等价于 $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_r = 0$ 。方差分析问题实质上是一个假设检验问题。

<p>(3) 方差分析统计量的构造</p> <p>第一步 列表 (同上述表 2-1)</p> <p>第二步 计算组内均值、总平均值</p> $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, r) \quad (2-2)$ $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^n x_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r n_i \bar{x}_i \quad (2-3)$ <p>第三步 离差平方和</p> <p>组内离差平方和</p> $S_E^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad (2-4)$ <p>组间平方和为:</p> $S_A^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^r n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \quad (2-5)$ <p>第四步 均方</p> <p>组间均方</p> $\bar{S}_A^2 = \frac{S_A^2}{r-1} \quad (2-6)$ <p>组内均方</p> $\bar{S}_E^2 = \frac{S_E^2}{n-r} \quad (2-7)$ <p>第五步 F 统计分布量计算</p> $F = \frac{\bar{S}_A^2}{\bar{S}_E^2} \quad (2-8)$ <p>第六步 给定的显著性水平 α, 由 F 分布表查得相应的分位数 F_α 比较</p> <p>如果计算得到的 F 的值大于查表值 F_α, 即认为因素</p>	<p>引导法结合讲授法。</p>
--	------------------

<p>A 的不同水平对总体有显著影响；</p> <p>如果 F 的值不大于查表值 F_{α}，即认为因素 A 的不同水平对总体无显著影响。</p> <p>(4) 实例讲解（教材 P34-35）</p> <p>(5) 通过 EXCEL 软件演示单因素方差分析实例的具体过程，并引导学生分析软件输出结果。</p>	<p>讲授法</p> <p>演示法结合</p> <p>练习法</p>
<p>9. 正交实验设计方法</p> <p>(1) 定义</p> <p>(2) 作用（通过与单因素实验法及全面实验法的优缺点对比引入正交实验设计的作用）</p> <p>(3) 术语</p> <p>指标、因素、水平；</p> <p>正交表；</p> <p>符号：$L_n(r^m)$</p> <p>其中，L 为正交表代号；n 为正交表中的行数；r 为因素的水平数；m 为正交表的列数（最多能安排的因素个数）。</p> <p>分类：等水平正交表、混合水平正交表（举例）。</p> <p>特点：正交性、均衡性、独立性。</p> <p>(4) 正交实验设计的优缺点</p> <p>与全面实验法进行对比讲解。</p> <p>(5) 正交实验设计步骤（通过具体实例进行分析进行介绍）</p> <p>第一步：明确实验目的，确定评价指标。</p>	<p>讲授法</p> <p>对比法</p> <p>举例法</p> <p>举例法</p> <p>实例分析法</p> <p>对比法、讲授法</p> <p>实例分析法</p> <p>结合引导法、</p>

<p>第二步：挑选出合适的因素（确定列数），确定水平，并列出因素水平表。</p> <p>第三步：由挑选的因素与水平选出合适的正交表。</p> <p>第四步：根据所得正交表作出相应的表头设计。</p> <p>第五步：根据正交表和表头设计，确定每号实验的方案，组织实施方案。</p> <p>第六步：对实验结果进行统计分析。</p> <p>第七步：进行验证实验，作进一步分析。</p>	归纳法、讲授法
<p>（6）正交实验结果统计分析法：极差分析法（通过对实例进行分析讲解）</p> <p>极差的定义：各列中各水平对应的实验指标平均值的最大值与最小值之差</p> <p>作用：通过极差大小可判断实验中哪些因素对指标的影响大小；据因素对指标的影响的大小顺序；选择各因素对指标最有利水平，确定最佳工艺条件。</p> <p>优点：简单、易行、计算量少。</p> <p>缺点：不能估计误差的大小；不能估计各因素对实验结果影响程度；不便考虑交互作用。</p> <p>实例分析：</p> <p>例：某工厂为了提高产品的收率，根据具体情况和经验决定用正交表安排实验，所需控制的条件如下：</p> <p>因素 A 反应温度：A1= 30 °C，A2 = 40 °C</p>	实例分析法 结合讲授法、 归纳法

因素 B 反应时间: B1= 60 min, B2 = 90 min

因素 C 原料配比: C1 =1:1, C2 = 1.5:1

因素 D 搅拌速度: D1 = 慢, D2 = 快

表 2-2 实验结果

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8
收率/%	75	84	81	83	80	84	72	77

实验结果见表 2-2, 试分析因素的影响大小及最佳工艺条件?

(7) 正交实验结果统计分析法: 方差分析法

通过对学生进行提问单因素的方差分析法的基本思想及步骤? 引导学生与正交实验设计的方差分析法进行对比, 并结合实例进行讲解。

第一步: 离差平方和的计算

设因素 A 安排在正交表中的某一系列上, 则因素 A 引起的离差平方和为:

$$SS_A = \frac{n}{r} \sum_{i=1}^r (k_i - \bar{y})^2 = \frac{r}{n} \left(\sum_{i=1}^r K_i^2 \right) - \frac{T^2}{n} = \frac{r}{n} \left(\sum_{i=1}^r K_i^2 \right) - P \quad (2-9)$$

误差的离差平方和:

$$SS_T = \sum SS_{\text{空列}} \quad (2-10)$$

如果交互作用只占有一列, 则其离差平方和就等于所在列的离差平方和 SS_j ; 如果交互作用占有多列, 则其离差平方和等于所占多列离差平方和之和。例如, 设交互作用

提问法、对比法、实例分析法。

A×B 在正交表中占有 2 列，则

$$SS_{A \times B} = SS_{(A \times B)_1} + SS_{(A \times B)_2} \quad (2-11)$$

第二步：自由度的计算

正交表任一列离差平方和对应的自由度

$$df_T = \text{因素水平数} - 1 = r - 1 \quad (2-12)$$

两因素交互作用的自由度有两种计算方法，一是等于两因素自由度之积：

$$df_{A \times B} = df_A \times df_B \quad (2-13)$$

二是等于交互作用所占列的自由度或所占 n 列的自由度之和。

误差的自由度：

$$df_e = \sum df_{\text{空列}} \quad (2-14)$$

第三步：平均离差平方和的计算（均方）

因素的均方为：

$$MS_A = \frac{SS_A}{df_A} \quad (2-15)$$

以 A×B 为例，交互作用的均方为：

$$MS_{A \times B} = \frac{SS_{A \times B}}{df_{A \times B}} \quad (2-16)$$

实验误差的均方为：

$$MS_e = \frac{SS_e}{df_e} \quad (2-17)$$

第四步：F 值的计算

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_{\text{e}}} \quad (2-18)$$

$$F_{A \times B} = \frac{MS_{A \times B}}{MS_e} \quad (2-19)$$

第五步：显著性检验

若 $F_A > F_{\alpha}(df_A, df_e)$ or $F_{A \times B} > F_{\alpha}(df_{A \times B}, df_e)$, 则 A 因素 or 交互作用 A×B 对试验结果有显著影响

反之, $F_A < F_{\alpha}(df_A, df_e)$ or $F_{A \times B} < F_{\alpha}(df_{A \times B}, df_e)$ 则 A 因素 or 交互作用 A×B 对试验结果无显著影响

实例分析教材 P43-46 例 2-2

10. 有交互作用的正交实验设计

以氮、磷两种肥料对水稻的增产效果表格的展示，类比引入交互作用定义。

表 2-3 氮、磷两种肥料对水稻的增产效果

氮肥施加量 (kg/亩)	磷肥施加量 (kg/亩)		增产 (kg/亩)
	0	20	
0	280	350	70
50	340	470	130
增产 (kg/亩)	60	120	190

(1) 定义：当两因素共同作用时，若总效应大于或小于独立效应之和，那么两因素存在交互作用。

(2)有交互作用的正交实验设计(通过实例分析进行介绍)

表头设计：

实例分析法、
讲授法

实例分析法
结合对比法。

极差分析法：

因素影响大小顺序判断；最优方案确定。

通过与无交互作用的正交实验设计中的最优方案进行比较讲解最优方案的确定方法)

实例分析

例：乙酰苯胺磺化反应实验，目的在于提高乙酰苯胺的收率。考虑到 A 与 B，A 与 C 间可能有交互作用，分别用 $A \times B$, $A \times C$ 表示。问如何安排实验？考察的实验指标是产率，试分析最佳的生产工艺条件？

表 2-4 因素水平表

水平	因 素			
	反应温度 (A)	反应时间 (B)	硫酸浓度 (C)	操作方法 (D)
1	50°C	1h	17%	搅拌
2	70°C	2h	27%	不搅拌

表 2-5 实验结果

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8
产率/%	65	74	71	73	70	73	62	67

11. 趋势分析

图示法、引导

演示 SPSS 软件应用于均匀实验设计结果分析的操作方法，并引导学生进行结果分析。	
---	--

7.2.2 作业安排及课后反思

作业 1：1，2，3。

作业 2：通过书籍、互联网等查阅实验室常见安全事故处理方法实例为下次讨论课做准备。

本章内容较多、牵涉知识面较广，但课时有限，授课速度偏快，学生应进行课前预习。

7.2.3 课前准备情况及其他相关特殊要求

正交实验设计软件拷贝和安装。

7.2.4 参考资料

1. 刘文卿. 实验设计[M]. 北京：清华大学出版社，2005. 第 1-6 章。
2. 刘振学，毛立群，房晓敏. 实验设计与数据处理[M]. 化学工业出版社，2005. 第 2, 4, 5 章。

7.3 教学单元三

第三章 化工实验技术基础（参考学时：3 学时）

7.3.1 教学过程及教学方法

教学过程	教学方法
1. 化工企业及实验室相关的安全事故案例、处理方法，如水、电、气、药品、操作技能等。	仿真实验
2. 实验室药品使用安全及注意事项。	仿真实验

腐蚀性化学品：浓硫酸、浓碱等 有毒化学品：无机和有机汞盐、砷化物、氰化物、农药、多环芳烃、生物碱等 高压气瓶的安全使用	
3. 典型化工事故案例原因分析，并进行安全教育。	仿真实验

7.3.2 作业安排及课后反思

（课后反思）学生对常见事故处理能力有限，需要在实践课程中加强这方面能力的培养。

7.3.3 课前准备情况及其他相关特殊要求

检查学生对常见实验室事故查阅资料的完成情况。

7.3.4 参考资料

黄志斌, 唐亚文. 高等学校化学化工实验室安全教程[M]. 南京: 南京大学出版社, 2015. 第 1-8 章。

7.4 教学单元四

第四章 文献检索 （参考学时： 1.5 学时）

7.4.1 教学过程及教学方法

教学过程	教学方法
1. 联系实际，介绍信息检索在当今信息社会的主要功用。	讲授法
2. 文献检索的真正含义 (1) 如何有效查找到所需文献；	讲授法、实例分析法

<p>(2) 如何查全、查精所需文献；</p> <p>(3) 如何整理、归纳文献；</p> <p>(4) 从文献中得出有意义的结论。</p>	
<p>3. 文献</p> <p>(1) 定义</p> <p>(2) 特点</p> <p>(3) 分类</p> <p>期刊、学位论文、专利、图书</p> <p>通过对学生进行提问，常见的的文献有哪些类型？</p> <p>并进行归纳总结。</p> <p>列举常见的化学化工类期刊，加深学生印象。</p> <p>通过实例介绍不同文献的标志，并请学生对指定的文献标志给出其文献类型。</p>	<p>讲授法、举例法、提问法、归纳法</p> <p>练习法</p>
<p>4. 四大文献索引</p> <p>科学引文索引 (SCI)、工程索引 (EI)、科技会议录索引、科学评论索引。</p> <p>通过实例介绍 SCI 的索引方式</p> <p>拓展介绍影响因子 (Impact Factor, IF) 的定义及其作用。</p>	<p>讲授法、实例分析法</p> <p>讲授法结合实例分析法</p>
<p>5. 5S 检索新理念</p> <p>(1) select (数据库)：如何选择合适的数据库？</p> <p>中文：维普，万方，CNKI 三大期刊知识库。超星、</p>	<p>讲授法、实例分析法、演示法</p>

<p>书生之家书籍库。</p> <p>英文: Elsevier、ACS、RSC、Wiley、Springer、NPG、 Ei Village、CAS、Kluwer</p> <p>(2) search: 如何精确查找文献?</p> <p>(3) sort: 如何进行文献的筛选与归类?</p> <p>(4) systematize: 文献管理软件的使用。</p> <p>Reference Manage、Endnote、Note express</p> <p>(5) strategy: 如何从文献中发现 idea?</p>	
<p>7. 通过进入学校图书馆, 演示文献检索的方法; 并重点 演示 Elsevier、及 Springer 外文数据库的检索化工专业文 献的方法。请学生上台查阅指定外文文献。</p>	<p>演示法结合练 习法</p>

7.4.2 作业安排及课后反思

查阅指定外文专业文献 10 篇。

7.4.3 课前准备情况及其他相关特殊要求

PDF、CAJViewer、Endnote 软件的拷贝和安装。

7.4.4 参考资料

姚钟尧. 化学化工科技文献检索[M]. 第三版, 广州: 华南理工大学出版社, 2007. 第 1-2 章。

7.5 教学单元五

第五章 科技论文的写作 (参考学时: 1.5 学时)

7.5.1 教学过程及教学方法

教学过程	教学方法
<p>1. 科技论文的基本概念</p> <p>(1) 定义:</p> <p>指在科学研究, 科学实验的基础上, 对自然科学和专业技术领域里的某些现象或问题进行专题研究, 分析和阐述, 揭示出这些现象和问题的本质及其规律性而撰写成的文章。</p> <p>(2) 分类</p> <p>按形式分类:</p> <p>期刊科技论文 (Journal);</p> <p>学年论文;</p> <p>学位论文 (学士、硕士、博士论文), 为申请学位而撰写的科技论文。</p> <p>按内容分类:</p> <p>论证型;</p> <p>发现、发明型;</p> <p>科技报告型;</p> <p>综述型。</p> <p>(3) 特点</p> <p>学术性、创造性、逻辑性、有效出版。</p>	<p>讲授法</p> <p>讲授法结合举例法</p>
<p>2. 通过实例分析介绍常见化学化工类期刊科技论文的基本</p>	<p>实例分析</p>

<p>格式，并联系教师自身经验讲解期刊科技论文写作的注意事项。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 标题 (Title) (2) 作者及其工作单位 (authors) (3) 摘要 (Abstract, 中、英文) (4) 关键词 (Keywords) (5) 引言 (Introduction) (6) 实验部分 (Experiments) (7) 结果与讨论 (Results and discussion) (8) 结论 (Conclusions) (9) 致谢 (Acknowledgements) (10) 参考文献 (References) 	<p>法、讲授法</p>
<p>3. 通过与期刊论文进行对比，利用本学院的本科学位论文实例讲解学位论文的基本格式，并介绍学位论文的写作准备及写作注意事项。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 封面 (中、英文封面) (2) 中英文摘要及其关键词 (3) 目录 (4) 正文：按章节写 (5) 参考文献 (6) 发表文章及目录 (7) 致谢 	<p>对比法、实例分析法、讲授法</p>

(8) 附录 (9) 声明	
4. 文献综述 联系实际，讲解文献综述的意义、定义及基本特征。结合实例，深入讲解文献综述的格式与写法及注意事项。 (1) 意义 (2) 定义 (3) 特征 (4) 基本格式 (5) 写作基本方法及注意事项	实例分析 法、讲授法

7.5.2 作业安排及课后反思

写一篇与化工专业相关、字数不低于 3000 字，参考文献不低于 25 篇（其中英文文献不低于 5 篇）的文献综述。格式以期刊论文为准。

（课后反思）文献综述的写法学生基本能掌握，但对于期刊论文与学位论文格式学生易混淆，应重点比较讲解两者不同，加深学生印象。

7.5.3 课前准备情况及其他相关特殊要求

安装 PDF 软件

7.5.4 参考资料

郭倩玲. 科技论文写作[M]. 化学工业出版社, 2007. 第 1-5 章。

8. 课程要求

8.1 学生课程学习要求

预习是使自己能快速有效跟上老师的教学思路的最好方法，事先完成对教科书及其他相关资料的阅读，才能更好的理解老师所讲所做，才能在课堂中提出问题并有效解决问题。

上课时做好笔记，以备后续复习查阅们注意重点记下教科书中未出现而老师却一再强调的内容及知识点，积极参与课堂提问及课堂讨论，并进行相关练习，这是对所学知识加深理解的重要途径。

课后及时复习是很有必要的，这不仅可以巩固所学知识，还可以加深对所学知识的理解以及很好的锻炼自己对知识的概括和总结能力。

遇到问题多思考，多问自己几个为什么？并可利用网络资源查阅相关文献、软件，帮助自己解决问题。多和同学讨论，利用集体力量解决问题。也可以及时与老师讨论解决问题。

认真对待课堂及课后作业，检验自己对所学知识的掌握程度，加深对所学知识的理解。

课后可根据自己的兴趣爱好选择与本课程相关的书籍、网络资料等进行阅读，拓展自己的知识面。

8.2 课外阅读要求

每部分至少阅读 1 份相关较全的资料，涵盖教学的所有范围。

8.3 课堂讨论要求

要提前准备，积极发言，可以同学间相互问答，也可主动提问，积极回答。

8.4 课程实践要求

每个部分至少完成教师指定的作业。

9. 课程考核

9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求

（1）旷课一次扣 10 分，累计超过总课时的 1/3 者，取消考核资格。

（2）作业占总成绩一定比例；

a) 根据教学内容安排课后作业，作业全部提交，全部批改。

b) 教师按“A”、“B”、“C”、“D”、“E”五级（分别对应百分制中的分值 95，85，70，60，40）记分，每次登记作业成绩，期末纳入总成绩进行计算。

（3）课程文献综述占总成绩一定比例，全部提交，全部批改。

文献综述要求：

a) 内容与化学化工相关，题目自拟；

b) 正文部分不少于 3000 字的打印稿；

c) 参考文献不少于 25 篇，其中英文至少 5 篇；

d) 格式以期刊论文为准（包含题目，作者，班级，学号，摘要，正文，结论，参考文献）。

9.2 成绩的构成与评分规则说明

根据学生出勤、平时成绩、课后作业、课程文献综述给出总成绩。

考核方式	评价
出勤	旷课一次扣 10 分，累计超过总课时的 1/3 者，取消考核资格。
平时成绩 40% (总分 100 分)	认真听讲，勤于思考，积极发言、参与讨论。评分为 A, B, C, D, E 共 5 个等级；分别对应百分制中的分值 (95, 85, 70, 60, 40)
课后作业 20% (满分 100 分)	作业评分标准：分为 A, B, C, D, E 共 5 个等级；分别对应百分制中的分值 (95, 85, 70, 60, 40)
课程文献综述 40% (满分 100 分)	格式正确，内容充分、对典型文献能做出适当评论，有自己一定的见解。评分标准：分为 A, B, C, D, E 共 5 个等级；分别对应百分制中的分值 (95, 85, 70, 60, 40)
总成绩 = $0.4 \times \text{平时成绩} + 0.2 \times \text{课后作业} + 0.4 \times \text{课程文献综述}$	

9.3 考试形式及说明

考查；根据学生出勤、平时成绩、课后作业、课程文献综述给出总成绩。

10. 学术诚信

10.1 考试违规与作弊处理

课程文献综述，发现雷同者双方均无成绩。

10.2 杜撰数据、信息处理等

杜撰数据、信息，无课程成绩

10.3 学术剽窃处理等

学术剽窃（抄袭作业或文献综述），无课程成绩。

11. 课堂规范

11.1 课堂纪律

按时上课，不迟到不早退，认真听讲，积极思考，不喧哗！课堂讲授过程中若需表达自己的观点前，请举手示意，得到允许后发言。课堂讨论过程中请注意聆听别人的观点，发表自己观点时不许涉及人身攻击。若在课堂期间有私事需要处理，请安静离开，到教室外解决后安静地回到座位上。

11.2 课堂礼仪

精神饱满，着装整洁，不穿拖鞋、吊带、超短裙或超短裤、背心。

12. 课程资源

12.1 教材与参考书

[1] 张浩勤. 化工过程开发与设计[M]. 第二版, 北京: 化学工业出版社,

2002.

- [2] 刘文卿. 实验设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 刘振学, 毛立群, 房晓敏. 实验设计与数据处理[M]. 化学工业出版社, 2005.
- [4] 黄志斌, 唐亚文. 高等学校化学化工实验室安全教程[M]. 南京: 南京大学出版社, 2015.
- [5] 姚钟尧. 化学化工科技文献检索[M]. 第三版, 广州: 华南理工大学出版社, 2007.
- [6] 郭倩玲. 科技论文写作[M]. 化学工业出版社, 2007.

12.2 专业学术著作

- [1] Xiaopeng Yu, Fubao Zhang, Wei Chu. Effect of a second metal (Co, Cu, Mn or Zr) on nickel catalysts derived from hydrotalcites for the carbon dioxide reforming of methane [J]. RSC Advances, 2016, 6: 70537-70546.
- [2] 余晓鹏, 张付宝. 甲烷干重整反应用 Ni-Ru/MgAl 类水滑石催化剂的研究[J]. 分子催化, 2015, 29 (05): 448-457.
- [3] Xiaopeng Yu, Fubao Zhang, Ning Wang, et al. Plasma-treated bimetallic Ni-Pt catalysts derived from hydrotalcites for the carbon dioxide reforming of methane [J]. Catalysis Letters, 2014, 144 (2): 293-300.
- [4] 水滑石基催化剂的合成及应用进展[J]. 天然气化工(C1 化学与化工), 2013, 38(5): 85-90.
- [5] Xiaopeng Yu, Ning Wang, Wei Chu, et al. Carbon dioxide reforming of

methane for syngas production over La-promoted NiMgAl catalysts derived from hydrotalcites [J]. Chemical Engineering Journal, 2012, 209: 623-632.

- [6] Xiaopeng Yu, Ning Wang, Wei Chu, et al. Hydrogen production by ethanol steam reforming on NiCuMgAl catalysts derived from hydrotalcite-Like precursors [J]. Catalysis Letters, 2011, 141: 1228-1236.

12.3 专业刊物

《化工学报》，《化工进展》，《石油化工》，《燃料化学学报》，《物理化学学报》，《Chemical Engineering Journal》，《Chinese Journal of Catalysis》。

12.4 网络课程资源

链接：<http://wenku.baidu.com/view/3dde882b6c175f0e7cd13788.html>

12.5 课外阅读资源

图书馆电子资源、书店、网络

13. 教学合约

13.1 教师作出师德师风承诺

公平的对待每一位同学，认真上好每一堂课。

13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容

每次上课前，认真备课，阅读理解教学大纲内容。

13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

遵守课程实施大纲中的教学标准，认真上好每一趟课程，学生有问必答。

14. 其他说明

学习是无止境的，时间是有限的，只有学习的过程多思考，才能做到事半功倍！