**《化工原理B》课程实施大纲**

**基本信息**

四川轻化工大学课程实施大纲

|  |
| --- |
| **课程名称：化工原理B** |
| **授课班级：轻工20231-4班** |
| **任课教师：游俊杰** |
| **工作部门：化学工程学院** |
| **联系方式：13778522374** |

**四川轻化工大学 制**

**2025年08月**

**《化工原理B》课程实施大纲**

**基本信息**

|  |
| --- |
| 课程代码：  课程名称：化工原理B  学 分：5  总 学 时：80  学 期：2025-2026-1  上课时间：周2第1-4节；周4第1-4节；周5第1-4节  上课地点：LA4-306、LA4-307  答疑时间和方式：课前、课间或考前集中答疑；课前、课间答疑，  电话答疑，邮件答疑、办公室答疑  答疑地点：授课教室  授课班级：轻工20231-4班  任课教师：游俊杰  学 院：化学工程学院  邮 箱：youjunjie1989@suse.edu.cn  联系电话：13778522374短号67134 |

**目 录**

[1．教学理念 1](#_Toc50235845)

[2．课程描述 2](#_Toc50235846)

[2.1 课程的性质 2](#_Toc50235847)

[2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用 2](#_Toc50235848)

[2.3课程的历史与文化传统 2](#_Toc50235849)

[2.4课程的前沿及发展趋势 3](#_Toc50235850)

[2.5课程与经济社会发展的关系 3](#_Toc50235851)

[2.6课程内容可能涉及到的伦理与道德问题 3](#_Toc50235852)

[2.7 学习本课程的必要性 3](#_Toc50235853)

[3．教师简介 4](#_Toc50235854)

[3.1 教师的职称、学历 4](#_Toc50235855)

[3.2 教育背景 4](#_Toc50235856)

[3.3 研究方向（兴趣） 4](#_Toc50235857)

[4．先修课程 5](#_Toc50235858)

[5．课程目标 6](#_Toc50235859)

[6．课程内容 7](#_Toc50235860)

[6.1课程的内容概要 7](#_Toc50235861)

[6.2教学重点、难点 10](#_Toc50235862)

[6.3学时安排 11](#_Toc50235863)

[7．课程教学实施 12](#_Toc50235864)

[7.1教学单元一 12](#_Toc50235865)

[7.1.1 教学日期 12](#_Toc50235866)

[7.1.2 教学目标 12](#_Toc50235867)

[7.1.3 教学内容（含重点、难点） 12](#_Toc50235868)

[7.1.4 教学过程 13](#_Toc50235869)

[7.1.5 教学方法 13](#_Toc50235870)

[7.1.6 作业安排及课后反思 13](#_Toc50235871)

[7.1.7教学单元的参考资料 13](#_Toc50235872)

[7.2教学单元二 14](#_Toc50235873)

[7.2.1 教学日期 14](#_Toc50235874)

[7.2.2教学目标 14](#_Toc50235875)

[7.2.3教学内容 14](#_Toc50235876)

[7.2.4 教学过程 14](#_Toc50235877)

[7.2.5 教学方法 14](#_Toc50235878)

[7.2.6作业安排及课后反思 14](#_Toc50235879)

[7.2.7教学单元的参考资料 14](#_Toc50235880)

[7.3教学单元三 15](#_Toc50235881)

[7.3.1 教学日期 15](#_Toc50235882)

[7.3.2教学目标 15](#_Toc50235883)

[7.3.3教学内容 15](#_Toc50235884)

[7.3.4 教学过程 15](#_Toc50235885)

[7.3.5 教学方法 16](#_Toc50235886)

[7.3.6作业安排及课后反思 16](#_Toc50235887)

[7.3.7参考资料 16](#_Toc50235888)

[7.4教学单元四 17](#_Toc50235889)

[7.4.1 教学日期 17](#_Toc50235890)

[7.4.2教学目标 17](#_Toc50235891)

[7.4.3教学内容 17](#_Toc50235892)

[7.4.4教学过程 17](#_Toc50235893)

[7.4.5 教学方法 18](#_Toc50235894)

[7.4.6作业安排及课后反思 18](#_Toc50235895)

[7.4.7参考资料 18](#_Toc50235896)

[7.5教学单元五 19](#_Toc50235897)

[7.5.1 教学日期 19](#_Toc50235898)

[7.5.2教学目标 19](#_Toc50235899)

[7.5.3教学内容 19](#_Toc50235900)

[7.5.4教学过程 19](#_Toc50235901)

[7.5.5 教学方法 19](#_Toc50235902)

[7.5.6 作业安排及课后反思 19](#_Toc50235903)

[7.5.7教学单元的参考资料 19](#_Toc50235904)

[7.6教学单元六 20](#_Toc50235905)

[7.6.1 教学日期 20](#_Toc50235906)

[7.6.2教学目标 20](#_Toc50235907)

[7.6.3教学内容 20](#_Toc50235908)

[7.6.4教学过程 20](#_Toc50235909)

[7.6.5 教学方法 21](#_Toc50235910)

[7.6.6 作业安排及课后反思 21](#_Toc50235911)

[7.6.7教学单元的参考资料 21](#_Toc50235912)

[7.7教学单元七 22](#_Toc50235913)

[7.7.1 教学日期 22](#_Toc50235914)

[7.7.2教学目标 22](#_Toc50235915)

[7.7.3教学内容 22](#_Toc50235916)

[7.7.4教学过程 22](#_Toc50235917)

[7.7.5 教学方法 24](#_Toc50235918)

[7.7.6作业安排及课后反思 24](#_Toc50235919)

[7.7.7教学单元的参考资料 24](#_Toc50235920)

[7.8教学单元八 25](#_Toc50235921)

[7.8.1 教学日期 25](#_Toc50235922)

[7.8.2教学目标 25](#_Toc50235923)

[7.8.3教学内容 25](#_Toc50235924)

[7.8.4教学过程 25](#_Toc50235925)

[7.8.5 教学方法 26](#_Toc50235926)

[7.8.6作业安排及课后反思 26](#_Toc50235927)

[7.8.7教学单元的参考资料 26](#_Toc50235928)

[7.9教学单元九 27](#_Toc50235929)

[7.9.1 教学日期 27](#_Toc50235930)

[7.9.2教学目标 27](#_Toc50235931)

[7.9.3教学内容 27](#_Toc50235932)

[7.9.4教学过程 28](#_Toc50235933)

[7.9.5 教学方法 28](#_Toc50235934)

[7.9.6作业安排及课后反思 28](#_Toc50235935)

[7.9.7教学单元的参考资料 29](#_Toc50235936)

[7.10教学单元十 30](#_Toc50235937)

[7.10.1 教学日期 30](#_Toc50235938)

[7.10.2教学目标 30](#_Toc50235939)

[7.10.3教学内容 30](#_Toc50235940)

[7.10.3教学过程 30](#_Toc50235941)

[7.10.5 教学方法 31](#_Toc50235942)

[7.10.6作业安排及课后反思 31](#_Toc50235943)

[7.10.6教学单元的参考资料 31](#_Toc50235944)

[7.11教学单元十一 32](#_Toc50235945)

[7.11.1 教学日期 32](#_Toc50235946)

[7.11.2教学目标 32](#_Toc50235947)

[7.11.3教学内容 32](#_Toc50235948)

[7.11.4教学过程 32](#_Toc50235949)

[7.11.5 教学方法 33](#_Toc50235950)

[7.11.6作业安排及课后反思 33](#_Toc50235951)

[7.11.7教学单元的参考资料 33](#_Toc50235952)

[7.12教学单元十二 34](#_Toc50235953)

[7.12.1 教学日期 34](#_Toc50235954)

[7.12.2教学目标 34](#_Toc50235955)

[7.12.3教学内容 34](#_Toc50235956)

[7.12.4教学过程 34](#_Toc50235957)

[7.12.5 教学方法 35](#_Toc50235958)

[7.12.6 作业安排及课后反思 35](#_Toc50235959)

[7.12.7教学单元的参考资料 35](#_Toc50235960)

[7.13教学单元十三 36](#_Toc50235961)

[7.13.1 教学日期 36](#_Toc50235962)

[7.13.2教学目标 36](#_Toc50235963)

[7.13.3教学内容 36](#_Toc50235964)

[7.13.4教学过程 36](#_Toc50235965)

[7.13.5 教学方法 37](#_Toc50235966)

[7.13.6 作业安排及课后反思 37](#_Toc50235967)

[7.13.7教学单元的参考资料 37](#_Toc50235968)

[7.14教学单元十四 38](#_Toc50235969)

[7.14.1 教学日期 38](#_Toc50235970)

[7.14.2教学目标 38](#_Toc50235971)

[7.14.3教学内容 38](#_Toc50235972)

[7.14.4教学过程 38](#_Toc50235973)

[7.14.5 教学方法 39](#_Toc50235974)

[7.14.6作业安排及课后反思 39](#_Toc50235975)

[7.14.7教学单元的参考资料 40](#_Toc50235976)

[7.15教学单元十五 41](#_Toc50235977)

[7.15.1 教学日期 41](#_Toc50235978)

[7.15.2教学目标 41](#_Toc50235979)

[7.15.3教学内容 41](#_Toc50235980)

[7.15.4教学过程 41](#_Toc50235981)

[7.15.5 教学方法 42](#_Toc50235982)

[7.15.6作业安排及课后反思 42](#_Toc50235983)

[7.15.7教学单元的参考资料 42](#_Toc50235984)

[7.16教学单元十六 43](#_Toc50235985)

[7.16.1 教学日期 43](#_Toc50235986)

[7.16.2教学目标 43](#_Toc50235987)

[7.16.3教学内容 43](#_Toc50235988)

[7.16.4教学过程 43](#_Toc50235989)

[7.16.5 教学方法 43](#_Toc50235990)

[7.16.6作业安排及课后反思 43](#_Toc50235991)

[7.16.7教学单元的参考资料 44](#_Toc50235992)

[7.17教学单元十七 45](#_Toc50235993)

[7.17.1 教学日期 45](#_Toc50235994)

[7.17.2教学目标 45](#_Toc50235995)

[7.17.3教学内容 45](#_Toc50235996)

[7.17.4教学过程 45](#_Toc50235997)

[7.17.5 教学方法 46](#_Toc50235998)

[7.17.6作业安排及课后反思 46](#_Toc50235999)

[7.17.7教学单元的参考资料 46](#_Toc50236000)

[7.18教学单元十八 47](#_Toc50236001)

[7.18.1 教学日期 47](#_Toc50236002)

[7.18.2教学目标 47](#_Toc50236003)

[7.18.3教学内容 47](#_Toc50236004)

[7.18.4教学过程 47](#_Toc50236005)

[7.18.5 教学方法 48](#_Toc50236006)

[7.18.6作业安排及课后反思 48](#_Toc50236007)

[7.18.7教学单元的参考资料 48](#_Toc50236008)

[7.19教学单元十九 49](#_Toc50236009)

[7.19.1 教学日期 49](#_Toc50236010)

[7.19.3教学内容 49](#_Toc50236011)

[7.19.4教学过程及教学方法 49](#_Toc50236012)

[7.19.5 教学方法 50](#_Toc50236013)

[7.19.6作业安排及课后反思 50](#_Toc50236014)

[7.19.7教学单元的参考资料 50](#_Toc50236015)

[7.20教学单元二十 51](#_Toc50236016)

[7.20.1 教学日期 51](#_Toc50236017)

[7.20.2教学目标 51](#_Toc50236018)

[7.20.3教学内容 51](#_Toc50236019)

[7.20.4教学过程 51](#_Toc50236020)

[7.20.5 教学方法 52](#_Toc50236021)

[7.20.6作业安排及课后反思 52](#_Toc50236022)

[7.27.7教学单元的参考资料 52](#_Toc50236023)

[7.21教学单元二十一 53](#_Toc50236024)

[7.21.1 教学日期 53](#_Toc50236025)

[7.21.2教学目标 53](#_Toc50236026)

[7.21.3教学内容 53](#_Toc50236027)

[7.21.4教学过程 53](#_Toc50236028)

[7.21.5 教学方法 54](#_Toc50236029)

[7.21.6作业安排及课后反思 54](#_Toc50236030)

[7.21.7教学单元的参考资料 54](#_Toc50236031)

[7.22教学单元二十二 55](#_Toc50236032)

[7.22.1 教学日期 55](#_Toc50236033)

[7.22.2教学目标 55](#_Toc50236034)

[7.22.3教学内容 55](#_Toc50236035)

[7.22.4教学过程 55](#_Toc50236036)

[7.22.5 教学方法 56](#_Toc50236037)

[7.22.6作业安排及课后反思 56](#_Toc50236038)

[7.22.7教学单元的参考资料 56](#_Toc50236039)

[7.23教学单元二十三 57](#_Toc50236040)

[7.23.1 教学日期 57](#_Toc50236041)

[7.23.2教学目标 57](#_Toc50236042)

[7.23.3教学内容 57](#_Toc50236043)

[7.23.4教学过程 57](#_Toc50236044)

[7.23.5 教学方法 58](#_Toc50236045)

[7.23.6作业安排及课后反思 58](#_Toc50236046)

[7.23.7教学单元的参考资料 58](#_Toc50236047)

[本课程使用教材 58](#_Toc50236048)

[7.24教学单元二十四 59](#_Toc50236049)

[7.24.1 教学日期 59](#_Toc50236050)

[7.24.2教学目标 59](#_Toc50236051)

[7.24.3教学内容 59](#_Toc50236052)

[7.24.4教学过程 59](#_Toc50236053)

[7.24.5 教学方法 59](#_Toc50236054)

[7.24.6作业安排及课后反思 59](#_Toc50236055)

[7.24.7教学单元的参考资料 59](#_Toc50236056)

[7.25教学单元二十五 60](#_Toc50236057)

[7.25.1 教学日期 60](#_Toc50236058)

[7.25.2教学目标 60](#_Toc50236059)

[7.25.3教学内容 60](#_Toc50236060)

[7.25.4教学过程 60](#_Toc50236061)

[7.25.5 教学方法 62](#_Toc50236062)

[7.25.6作业安排及课后反思 62](#_Toc50236063)

[7.25.7教学单元的参考资料 62](#_Toc50236064)

[7.26教学单元二十六 63](#_Toc50236065)

[7.26.1 教学日期 63](#_Toc50236066)

[7.26.2教学目标 63](#_Toc50236067)

[7.26.3教学内容 63](#_Toc50236068)

[7.26.4教学过程 63](#_Toc50236069)

[7.26.5 教学方法 63](#_Toc50236070)

[7.26.6作业安排及课后反思 64](#_Toc50236071)

[7.26.7教学单元的参考资料 64](#_Toc50236072)

[7.27教学单元二十七 65](#_Toc50236073)

[7.27.1 教学日期 65](#_Toc50236074)

[7.27.2教学目标 65](#_Toc50236075)

[7.27.3教学内容 65](#_Toc50236076)

[7.27.4教学过程 65](#_Toc50236077)

[7.27.5 教学方法 67](#_Toc50236078)

[7.27.6作业安排及课后反思 67](#_Toc50236079)

[7.27.7教学单元的参考资料 68](#_Toc50236080)

[7.28教学单元二十八 69](#_Toc50236081)

[7.28.1 教学日期 69](#_Toc50236082)

[7.28.2教学目标 69](#_Toc50236083)

[7.28.3教学内容 69](#_Toc50236084)

[7.28.4教学过程 69](#_Toc50236085)

[7.28.5 教学方法 70](#_Toc50236086)

[7.28.6作业安排及课后反思 70](#_Toc50236087)

[7.28.7教学单元的参考资料 70](#_Toc50236088)

[7.29教学单元二十九 71](#_Toc50236089)

[7.29.1 教学日期 71](#_Toc50236090)

[7.29.2教学目标 71](#_Toc50236091)

[7.29.3教学内容 71](#_Toc50236092)

[7.29.4教学过程 71](#_Toc50236093)

[7.29.5 教学方法 72](#_Toc50236094)

[7.29.6作业安排及课后反思 72](#_Toc50236095)

[7.29.7教学单元的参考资料 72](#_Toc50236096)

[7.30教学单元三十 73](#_Toc50236097)

[7.30.1 教学日期 73](#_Toc50236098)

[7.30.2教学目标 73](#_Toc50236099)

[7.30.3教学内容 73](#_Toc50236100)

[7.30.4教学过程 73](#_Toc50236101)

[7.30.5 教学方法 75](#_Toc50236102)

[7.30.6作业安排及课后反思 75](#_Toc50236103)

[7.30.7教学单元的参考资料 75](#_Toc50236104)

[7.31教学单元三十一 76](#_Toc50236105)

[7.31.1 教学日期 76](#_Toc50236106)

[7.31.2教学目标 76](#_Toc50236107)

[7.31.3教学内容 76](#_Toc50236108)

[7.31.4教学过程 76](#_Toc50236109)

[7.31.5 教学方法 76](#_Toc50236110)

[7.31.6作业安排及课后反思 76](#_Toc50236111)

[7.31.7教学单元的参考资料 77](#_Toc50236112)

[7.32教学单元三十二 78](#_Toc50236113)

[7.32.1 教学日期 78](#_Toc50236114)

[7.32.2教学目标 78](#_Toc50236115)

[7.32.3教学内容 78](#_Toc50236116)

[7.32.4教学过程 78](#_Toc50236117)

[7.32.5 教学方法 78](#_Toc50236118)

[7.32.6作业安排及课后反思 78](#_Toc50236119)

[7.32.7教学单元的参考资料 78](#_Toc50236120)

[8．课程要求 79](#_Toc50236121)

[8.1学生自学要求 79](#_Toc50236122)

[8.2课外阅读要求 79](#_Toc50236123)

[8.3课堂讨论要求 79](#_Toc50236124)

[8.4课后复习要求 79](#_Toc50236125)

[9．课程考核 80](#_Toc50236126)

[9.1出勤（迟到、早退等）作业、报告等的要求 80](#_Toc50236127)

[9.1.1 出勤 80](#_Toc50236128)

[9.1.2 迟到与早退 80](#_Toc50236129)

[9.2成绩的构成与评分规则说明 80](#_Toc50236130)

[9.3考试形式及说明 80](#_Toc50236131)

[10．学术诚信 81](#_Toc50236132)

[10.1考试违规与作弊处理 81](#_Toc50236133)

[10.2杜撰数据、信息处理等 81](#_Toc50236134)

[10.3学术剽窃处理等 81](#_Toc50236135)

[11．课堂规范 82](#_Toc50236136)

[11.1课堂纪律 82](#_Toc50236137)

[11.2课堂礼仪 82](#_Toc50236138)

[12．课程资源 83](#_Toc50236139)

[12.1教材与参考书 83](#_Toc50236140)

[12.2专业学术著作 83](#_Toc50236141)

[12.3专业刊物 83](#_Toc50236142)

[12.4网络课程资源 83](#_Toc50236143)

[13．教学合约 84](#_Toc50236144)

[13.1教师作出师德师风承诺 84](#_Toc50236145)

[13.2阅读课程实施大纲，理解其内容 84](#_Toc50236146)

[13.2同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望 84](#_Toc50236147)

[14．其他说明 85](#_Toc50236148)

# 1．教学理念

教育是在一定社会条件下促进个体社会化和社会个性话的实践活动。教育是以人的全面发展为最高的目的。大学教育围绕一个“育人目标”核心，着眼于人的全面发展需要，重点培养学生的自学能力、实践能力和创新能力。

《化工原理》课程是化工类专业的一门主要专业(技术)基础课，该课程担负着由基础到专业、由理论到工程的桥梁作用，是综合运用数学、物理和化学等基础知识，分析和解决化工类型生产中各种物理过程(或单元操作)问题的工程学科。课程的主要任务是（1）掌握三传(动量传递、热量传递和质量传递)的基本原理；（2）掌握各单元操作过程的基本原理、计算方法和设备构造与选型；（3）培养学生运用基础理论分析和解决化工单元操作中各种工程实际问题的能力，即选择单元操作和设备的能力、操作和调节生产过程的能力和获取数据和工程设计的能力。

基于我校培养应用型工程技术人才的培养目标，结合化工原理课程的主要任务，并考虑到我校学生高等数学、大学物理、物理化学等基础知识掌握一般的实际情况，在化工原理的教学过程中，本人将：

1、重点强调基本概念、课程的研究方法和培养学生的工程观念，强调公式的适用范围，弱化公式的推导过程。

2、课程实施主要采用讲授、提问、讨论、练习、课堂小测验、以及案例分析法等多种教学方法，同时结合教师自身的研究，以基于研究的学习亦作为教学方法的重要方面，充分调动学生的学习热情，使学生通过积极的思维、演练，主动地获取知识，确保学生学有所得。

3、在授课形式上，采用PPT、视频、动画结合板书的方式进行教学。以动画展示课程涉及的设备结构、工作原理，以视频介绍部分工程实验设计及其实现、实验现象，以板书展示习题的解题思路和过程。

# 2．课程描述

## 2.1 课程的性质

本课程属工科科学，用自然科学的原理（主要为动量、热量与质量传递理论）考察、解释和处理工程实际问题，研究方法主要是理论解析和在理论指导下的实验研究，本课程强调工程观点、定量运算和设计能力的训练、强调理论与实际相结合，提高分析问题、解决问题的能力。学生通过本课程学习，应能够解决流体流动、流体输送、沉降分离、过滤分离、过程传热、蒸发、蒸馏、吸收、萃取和干燥等单元操作过程的计算及设备选择等问题，并为后续专业课程的学习奠定基础。课程的主要特点是：（1）兼有“科学”与“技术”的双重特点；（2）实验科学，强调理论课与实验课相结合；（3）实践性强，辅以多种实践环节。

## 2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

《化工原理》课程是化工类及相近专业的一门主要技术基础课，它是综合运用数学、物理、化学等基础知识，分析和解决化工类型生产中各种物理过程（或单元操作）问题的工程学科，本课程担负着由理论到工程、由基础到专业的桥梁作用。该课程教学水平的高低，对化工类及相近专业学生的业务素质和工程能力的培养起着至关重要的作用。

## 2.3课程的历史与文化传统

化工原理这门课程经历了工艺学阶段、单元操作阶段和传递过程阶段。

1923年Walker W. H.出版了第一部以单元操作为线索而编写的化工原理教材《Principles of Chemical Engineering》。该著作从以产品来划分的化工生产工艺中，抽象出各种单元操作，即从特殊性中总结出普遍性，是认识上的一个飞跃，对化学工程学的形成和发展起了重要的推动作用。

1960年Bird R. B.出版了第一部基于以传递过程为线索而编写的化工原理传递教材《Transport Phenomena》。教材提出三传遵循的“唯象现象”：物理量的传递速率∝传递过程的推动力/阻力，是化学工程发展史的又一里程碑。

20世纪70年代以后，随着计算机技术的快速发展，推动了化学工程向“过程优化集成”、“分子模拟”等新阶段。

## 2.4课程的前沿及发展趋势

当前，课程的发展从单元操作向过程更新和过程强化两个方向发展。过程更新包括理论更新，如平衡分离分子学、膜基气体吸收理论等和技术更新，如计算机模拟计算技术、超临界流体萃取技术；过程强化包括设备强化，如新型塔内件开发、换热器传热强化等和过程集成，如精馏节能的热偶技术系统优化的窄点技术等发展。

随着科学技术的高速发展，化学工程与相邻学科相融合逐渐形成了若干新的分支与生长点，如；生物化学工程、分子化学工程、环境化学工程、能源化学工程、计算机化学工程、软化学工程、微电子化学工程等。同时，上述新兴产业与学科的发展也推动了特殊领域化学工程的进步。

## 2.5课程与经济社会发展的关系

化学工业是国民经济基础产业之一，化学工业在国民经济中是工业革命的助手，发展农业的支持，工农业生产提供重要的原料保障，其质量、数量以及价格上的相对稳定，对农业生产的稳定与发展至关重要，化学工业肩负着为国防生产配套高技术材料的任务，并提供常规战略物资，与衣、食、住、行密切相关。

化工原理是化学工程学科的基础,是一门专业基础课程。化工原理课程从自然科学领域的基础课向工程科学的专业课过渡的入门课程。

## 2.6课程内容可能涉及到的伦理与道德问题

无

## 2.7 学习本课程的必要性

化工原理是化学工程学科的基础,是一门专业基础课程。化工原理课程从自然科学领域的基础课向工程科学的专业课过渡的入门课程。它在基础课（数学、物理、化学、物理化学）与专业课（化工工艺学、化工工艺设计与设备设计等）之间，起着承前启后、由理及工的“桥梁”作用。化工原理研究的对象是实际工程问题。其讲述各种化工单元操作的基本原理，典型化工设备的结构原理、操作性能，工艺过程设计和设备设计的计算方法。

# 3．教师简介

## 3.1 教师的职称、学历

任课教师：游俊杰；职称：讲师；最终学历：博士研究生

## 3.2 教育背景

2017.09-2021.06 四川大学 环境工程专业工学博士。

2014.09-2017.06 成都信息工程大学 环境科学与工程专业工学硕士；

2010.09-2014.06 成都信息工程大学 环境科学专业工学学士。

## 3.3 研究方向（兴趣）

（1）高级氧化技术；（2）高性能催化机制备。

# 4．先修课程

本课程的先修课程有：高等数学、大学物理、物理化学。

# 5．课程目标

本课程教育目标如下：

1.掌握工程实际问题的分析处理方法及选用；

2. 通过本课程知识的系统学习，培养学生的工程观点和解决工程实际问题的能力，包括对化工单元操作进行工程计算的能力、正确运用工程图表的能力以及运用技术经济观点分析、解决工程实际问题的能力；

3. 通过学习一些处理工程问题的基本方法，如因次分析法、数学模型法、过程分解法、试差计算法和图解计算法等，使学生具备在不同场合选用不同方法处理工程问题的能力；

4. 通过对基本原理、工程计算和典型设备的讲授，培养学生从过程的基本原理出发，观察、分析、综合、归纳众多影响因素，从中找出问题的主要方面，运用所学知识解决工程问题的科学思维能力和创新思维能力；

5. 通过本课程的学习，培养学生的自学能力和独立工作能力，能根据所处理问题的需要，寻找、阅读有关手册、参考书、文献资料并理解其内容。

# 6．课程内容

## 6.1课程的内容概要

上册绪论、第一章流体流动、第二章流体输送机械、第四章传热、下册第一章精馏、第二章吸收。各部分教学内容及教学要求如下所示。

绪论

掌握的内容：

1）掌握单位换算方法；

2）掌握物、热衡算的原则以及衡算的方法和步骤。

熟悉的内容：

1）熟悉单元操作的概念及其在化工过程中的地位。

了解的内容：

1）了解化工原理的目的、任务、化学工程的发展简史；

2）了解过程速率、平衡关系。

第一章 流体流动

掌握的内容：

1）流体的密度和粘度的定义、单位、影响因素及数据获取；

2）压强的定义、表达方法、单位换算；

3）流体静力学方程、连续性方程、柏努利方程及其应用；

4）流体的流动类型及其判断、蕾诺准数的物理意义、计算；

5）流体阻力产生的原因、流体在管内流动的机械能损失计算；

6）管路的分类、简单管路计算及输送能力核算；

7）液柱式压差计、测速管、孔板流量计和转子流量计的工作原理、基本结构、安装要求和计算；

8）因次分析的目的、意义、原理、方法、步骤；

熟悉的内容：

1）流体的连续性和压缩性，定常态流动与非定常态流动；

2）层流与湍流的特征；

3）圆管内流速分布公式及应用；

4）Hagon-Poiseeuille方程推导和应用；

5）复杂管路计算的要点；

6）正确使用各种数据图表；

了解的内容：

1）牛顿粘性定律，牛顿流体与非牛顿流体；

2）边界层的概念、边界层的发展、层流底层、边界层分离。

第二章 流体输送机械

掌握的内容：

1）离心泵的结构、工作原理、性能参数、特性曲线及应用；

2）影响离心泵性能的主要因素，离心泵特性曲线测定；

3）管路特性曲线，离心泵的工作点及流量调节；

4）允许吸上真空高度、允许气蚀余量，确定泵的安装高度；

5）离心泵的设计型计算与操作型计算、离心泵的操作要点；

熟悉的内容：

1）离心泵的组合操作及选择组合形式的原则；

2）往复泵的结构、工作原理、性能参数、特性曲线、操作要点与应用。

了解的内容：

1）离心力场中的流体静压强分布；

2）了解其它泵的工作原理。

第四章 传热

掌握的内容：

1）热传导基本原理，一维定常态傅立叶定律及应用，平壁及圆筒壁一维定常态热传导计算与分析；

2）对流传热基本原理，牛顿冷却定律，影响对流传热的主要因素；

3）无相变管内强制对流的α关联式及应用；Nu、Re、Pr、Gr等的物理意义及计算。正确选用α的计算式，注意其用法和使用条件；

4）传热计算：传热速率方程与热负荷的计算、平均温差推动力、总传热系数、污垢热阻、壁温计算、传热面积、加热程度和冷却程度计算、强化传热的途径；

熟悉的内容：

1）对流传热系数经验式建立的一般方法；

2）蒸汽冷凝、液体沸腾对流传热系数计算；

3）传热效率、传热单元数及其在传热操作型计算中的应用；

4）热辐射的基本概念、两灰体间辐射传热计算；

5）列管换热器的结构及选型计算。

了解的内容：

1）加热剂、冷却剂的种类和选用；

2）各种常用换热器的结构特点及应用；

3）高温设备热损失计算。

第五章 吸收

掌握的内容：

1.相组成的常用表示方法和换算；

2.气体在液体中的溶解度、亨利定律表达式及相互关系、相平衡与吸收、解吸的关系；

3.分子扩散与菲克定律、扩散系数及其影响因素、等分子反向扩散与单相扩散、漂流因子；

4.对流传质、双膜模型要点、总传质速率方程表达式、总传质系数与膜传质系数、传质阻力分析、气膜控制与掖膜控制；

5.吸收塔的操作线方程、物理意义、图示方法及应用，最小掖气比、吸收剂用量确定；

6.填料层高度计算、传质单元高度与传质单元数的定义与物理意义、传质单元数的计算（平均推动力法、解吸因数法）；

7.吸收塔操作分析、设计型计算和操作型计算。

熟悉的内容：

1.均相物系分离的分类与特征、吸收的分类、吸收剂选用的基本原则；

2.理论板的概念，理论板数的计算；

3.吸收与解吸的比较；

4.传质单元数的图解积分法和梯级图解法。

了解的内容：

1.填料塔基本结构、两相接触方式，板式塔基本结构、两相接触方式；

2.吸收基本方程式推导；

3.解吸、非等温吸收、高浓度吸收等特点和计算步骤。

第六章 蒸馏

掌握的内容：

1.双组分理想体系的汽液平衡：拉乌尔定律、泡点方程、露点方程、汽液平衡图、挥发度与相对挥发度定义及应用、相平衡方程及应用；

2.精馏原理与流程；

3.精馏塔的物料衡算、操作线方程和q线方程及物理意义、图示及应用；

4.双组分连续精馏塔计算及操作调节、分析：恒摩尔流假设、理论板、等板高度、汽液两相的摩尔流率、回流比选用与最小回流比、加料热状况影响及选择、全塔效率、单板效率、理论板数的确定。

熟悉的内容：

1.平衡蒸馏与简单蒸馏的流程、特点、计算；

2.精馏装置的热量衡算；

3.非常见的二元连续精馏塔计算：直接蒸汽加热、多股进料与多股出料、提馏塔、塔顶采用分凝器、冷液回流；

4.Fenske方程、Gilliland关联图，捷算法。

了解的内容：

1.非理想物系的汽液平衡]；

2.间歇精馏的特点、计算步骤及应用；

3.恒沸精馏、萃取精馏的特点及应用；

4.精馏节能技术进展。

## 6.2教学重点、难点

绪论

重点：化工单元操作；化工原理的性质、任务及研究方法。

难点：化工单元操作；化工原理的工程性。

第一章 流体流动

重点：流体静力学基本法方程、连续性方程、伯努利方程的应用；流动阻力的计算。

难点：伯努利方程的推导及应用；流动阻力产生的原因；边界层的概念；量纲分析法。

第二章 流体输送机械

重点：离心泵的特性曲线及其影响因素 ； 管路特性曲线方程式及工作点；离心泵的选用。

难点：离心泵的工作点的改变 ； 离心泵安装高度的计算。

第四章 传热

重点：傅里叶定律及其一维稳态热传导应用；牛顿冷却定律和影响对流传热系数的主要因素；流体在圆形直管内强制湍流传热及对流传热系数的计算；换热器的热负荷计算，对数平均温度差的计算；总传热系数的计算；换热器的设计型计算。

难点：传热过程中传热速率、传热推动力和热阻的基本概念；牛顿冷却定律；换热器的总传热系数与对流传热系数的关系及其简化应用；换热器的核算型计算。

第五章 吸收

重点：传质速率方程，低浓吸收填料层高度的计算。

难点：单向扩散；操作型问题定性分析

第六章 蒸馏

重点：两组分的相平衡关系；两组分联系精馏的计算；影响精馏过程的主要因素。

难点：单板效率，确定回流比，间歇精馏。

## 6.3学时安排

各章的学时安排见下表。

绪论（2学时）

1. 流体流动（16学时）
2. 离心泵（8学时）
3. 传热（14学时）
4. 吸收（22学时）
5. 蒸馏（18学时）

# 7．课程教学实施

《化工原理（B）》课程教学实施如下：

## 7.1教学单元一

绪论、流体流动

### 7.1.1 教学日期

课次/学时：1/1~3

### 7.1.2 教学目标

1、了解单元操作的基本概念；

2、了解化工原理的目的和任务；

3、了解化工原理的主要内容；

4、了解化工原理的性质和研究方法；

5、熟悉单位制及单位换算；物料衡算和能量衡算等基本概念。

### 7.1.3 教学内容（含重点、难点）

**知识点：**

1、化工生产过程及单元操作；

2、化工原理的目的和任务；

3、化工原理的主要内容；

4、化工原理的性质和研究方法；

5、单位制及单位换算；物料衡算、能量衡算、过程速率。

6、流体及连续介质模型

7、流体密度的定义、计算及影响因素；流体压强的定义、单位及表示

**重点：**

1. 化工原理的性质、任务及研究方法。
2. 压强的不同单位和表示。

**难点：**

1. 化工单元操作；化工原理的工程性。
2. 压强的不同表示。

### 7.1.4 教学过程

1、以典型化工生产过程为例，引入化工单元操作的概念（图例讲授）

2、化工原理的研究任务和目的（讲授法）

3、介绍化工原理的主要内容（讲授）

4、化工原理的性质及研究方法（举例讲授）

5、简单介绍物料衡算、能量衡算的概念，描述化工过程速率的概念（举例讲授）

6、简单回顾单位、单位制及相互换算；介绍经验公式及换算（提问讲授）

7什么是流体？连续介质模型的假设（讲述）

8流体的密度（讲授）：

密度的定义、单位及物理意义；

影响密度的因素：不同物质种类，不用温度、压强；

密度数据来源：查手册和通过计算；

与密度相关的一些参数：比容、比重、重度。

9流体的静压强（图解讲授）

压强的定义、单位及不同单位之间的换算关系；

压强的表示：绝对压强、表压强（或真空度）及他们之间的关系。

### 7.1.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.1.6 作业安排及课后反思

课后作业：Page 8绪论第1、3题。

### 7.1.7教学单元的参考资料

本课程使用教材 “绪论”部分、流体物理性质部分。

## 7.2教学单元二

流体流动

### 7.2.1 教学日期

课次/学时：2/4~5

### 7.2.2教学目标

1、熟悉流体的密度、压强；

2、掌握静力学基本方程形式及应用。

### 7.2.3教学内容

**知识点：**

1、流体静力学基本方程推导，静力学基本方程形式、等压面

2、静力学基本方程的应用：压强或压强差的测定、各种压差计测量压强或压强差、液位的测量、液封高度的计算。

**重点：**

静力学基本方程的应用。

**难点：**

1. 等压面的判断；
2. 静力学基本方程的应用。

### 7.2.4 教学过程

4流体静力学基本方程（举例讲授）

静力学基本方程的推导、形式及讨论（注意等压面的正确判断）；

5静力学基本方程的应用：压强或压强差的测定（U形管压差计）

### 7.2.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.2.6作业安排及课后反思

课后作业：第一章 P 78第1、3题。

### 7.2.7教学单元的参考资料

本课程使用教材流体静力学基本方程部分

## 7.3教学单元三

### 7.3.1 教学日期

课次/学时：3/6~8

### 7.3.2教学目标

1、进一步熟悉静力学基本方程形式及应用

2、理解稳定流动与非稳定流动系统，流量与流速的概念与关系

3、掌握连续性方程

### 7.3.3教学内容

**知识点：**

1、静力学基本方程的应用：各种压差计测量压强或压强差、液位的测量、液封高度的计算。

2、流体流动相关基本概念：稳定流动系统、非稳定流动系统；流量与流速；管径的选择；

3、连续性方程：总质量衡算式、稳定流动系统的物料衡算式——连续性方程。

**重点：**

1、连续性方程。

**难点：**

1、静力学基本方程的应用；

2、流量与流速的关系；

3、连续性方程。

### 7.3.4 教学过程

1、回顾、复习上一次课的内容

2、静力学基本方程的应用（图解讲述）

压强或压强差的测定（倾斜式压差计、微差压差计、倒置U形管压差计）；

液封高度的计算；

液位的测量。

3、流体在管内的流动涉及的概念（讲述）

流动体系分类：稳定流动、非稳定流动；

流量：质量流量与体积流量的定义、单位及关系；

流速：质量流速、平均流速的定义、单位及关系；

流量与流速的关系；管径的表示和选择。

4、物料衡算式(讲述)

质量守恒定律；连续性方程：

### 7.3.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.3.6作业安排及课后反思

课后作业：第一章Page 79第4、7题。

### 7.3.7参考资料

本课程使用教材流体静力学基本方程部分；流体流动基本方程部分

## 7.4教学单元四

### 7.4.1 教学日期

课次/学时：4/9~10

### 7.4.2教学目标

掌握伯努利方程。

### 7.4.3教学内容

**知识点：**

1、伯努利方程的推导；

2、伯努利方程的讨论。

**重点：**

1、伯努利方程的形式及讨论。

**难点：**

1、伯努利方程的推导。

### 7.4.4教学过程

1、总结上一次课的主要内容

2、以1kg流体为基准的稳定流动系统的总能量衡算式推导（讲授）

内能、位能、动能、静压能。

3、机械能衡算式——伯努利方程的推导（提问讲授）

热力学第一定律；

伯努利方程：

4、伯努利方程的讨论（提问讲授、讨论讲授）

各项单位：J/kg；

*gZ*、*u*2/2、*p*/*ρ*：单位质量流体在截面上所具有的势能、动能、静压能；机械能；

*W*e、∑*h*f：单位质量流体在1-1'、2-2‘截面流过时获得、消耗的机械能；

若*W*e＝0；流体为理想流体（粘度为0），∑*h*f＝0，则伯努利方程为，

表示1kg理想流体在各截面具有相同的机械能；

对实际流体，若管路无流体输送机械（*W*e=0），

令

则伯努利方程变为，



说明实际流体由于流动产生阻力而损失了一部分机械能，因而流体在流动过程中总机械能逐渐减少；

对于静止流体，伯努利方程变为

————即：流体静力学基本方程；

有效功率：



效率：



以**1N**流体为基准的伯努利方程：

以**1m3**流体为基准的伯努利方程：

### 7.4.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.4.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 79第一章第8、9题。

### 7.4.7参考资料

本课程使用教材流体流动基本方程部分

## 7.5教学单元五

### 7.5.1 教学日期

课次/学时：5/11~13

### 7.5.2教学目标

1、掌握伯努利方程的应用

### 7.5.3教学内容

**知识点：**

1、伯努利方程应用步骤和注意事项；

**重点：**

1、伯努利方程的应用。

**难点：**

1、伯努利方程的应用。

### 7.5.4教学过程

1、总结上一次课的主要内容（提问总结）

2、应用伯努利方程的步骤和注意事项（归纳讲授）

1）根据题意，画出示意流程图；

2）选取衡算范围（控制体），即1－1′，2－2′截面的选取；

3）选取基准水平面。

3、伯努利方程的应用（举例讲授）

例题讲解

### 7.5.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.5.6 作业安排及课后反思

课后作业：Page 79~80第一章第10、12题。

### 7.5.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：流体在管内的流动部分

## 7.6教学单元六

### 7.6.1 教学日期

课次/学时：6/14~15

### 7.6.2教学目标

1、掌握流体的流动类型及其判断、雷诺准数的物理意义、计算；

2、熟悉层流与湍流的特征；

3、了解牛顿粘性定律，牛顿流体与非牛顿流体；

4、边界层的概念、边界层的发展、层流底层、边界层分离

### 7.6.3教学内容

**知识点：**

1、牛顿粘性定律及粘度；

2、流体的流动类型：层流和湍流及判断，边界层的概念（形成、发展与分离）。

**重点：**

1、流体的流动类型及判断；（2）层流与湍流的区别。

**难点：**

1、边界层的形成与分离。

### 7.6.4教学过程

1、总结上一次课的主要内容（提问总结）

2、牛顿粘性定律及粘度（讲授）

粘性及牛顿粘性定律；

牛顿型流体与非牛顿型流体；

粘度的定义、单位、物理意义、影响粘度的因素、粘度数据的来源。

3、流体流动类型(图解讲授)

雷诺实验、流体流动类型（层流和湍流）及特征；

流型的判断：通过的值。Re≤2000，层流；Re≥4000，湍流。

4、边界层（图解讲授）

平板上边界层的形成、发展；

圆管内的边界层，圆管内层流和湍流流体的流速分布；

边界层分离。

### 7.6.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.6.6 作业安排及课后反思

课后作业：第一章P80第14、16题。

### 7.6.7教学单元的参考资料

本课程使用教材流体流动现象部分

## 7.7教学单元七

### 7.7.1 教学日期

课次/学时：7/16~18

### 7.7.2教学目标

1、掌握流体阻力产生的原因、流体在管内流动的机械能损失计算；

2、熟悉圆管内流速分布公式及应用。

3、熟悉非圆形管道的计算；

4、掌握湍流流动时摩擦系数的求取方法；

5、掌握局部阻力的计算。

### 7.7.3教学内容

**知识点：**

1、管路能耗产生的原因；

2、流动阻力的分类、计算及影响因素；

3、粗糙度的概念；

4、滞流时的摩擦系数的求取；

5、层流流体管内流速分布。

6、非圆形管路流动阻力的计算：水力半径、当量直径

**重点：**

1、流动阻力计算式——范宁公式；

2、层流流动摩擦系数求取。

3、量纲分析法；

4、摩擦系数与Re及管壁粗糙度的关系；

5、局部阻力计算。

**难点：**

1、范宁公式

2、圆管内流速分布关系

3、量纲分析法

### 7.7.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、流动阻力的分类及产生原因（总结讲授）

直管阻力产生原因：流体粘性及流体对管壁凸出部分的碰撞

局部阻力产生原因：粘性引起的内摩擦；边界层分离导致的形体阻力

3、流体在圆形直管内的流动阻力公式（讲授、推导）

 ：——范宁公式

管壁粗糙度及对摩擦系数的影响

4、滞流时的摩擦系数λ计算公式（讲授推导）

流体在圆管内做层流时的流速分布：



流体在圆管内做层流流动时阻力计算公式：

——哈根—泊谡叶公式

层流时摩擦系数*λ*计算公式：



讨论：层流时的关系，；

5、非圆形管道流动阻力的计算（讲授）





。

6、湍流摩擦系数的求取（分析讲授）

量纲（因次）分析法（量纲一致性原则、π定理）；

湍流摩擦系数的求取：

影响湍流流动阻力的因素；

用量纲分析法得出湍流流动摩擦系数的经验公式；

摩擦系数与Re及的关系。

7、局部阻力计算

当量长度法：或 ；

阻力系数法： 或

### 7.7.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.7.6作业安排及课后反思

课后作业：第一章Page 81第18题

### 7.7.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：第一章 流体在管内的流动阻力

## 7.8教学单元八

### 7.8.1 教学日期

课次/学时：8/19~20

### 7.8.2教学目标

1、掌握管路的分类、简单管路计算及输送能力核算。

2、了解管路计算分类及方法

3、熟悉复杂管路计算的要点。

4、掌握测速管、孔板流量计的工作原理、基本结构、安装要求和计算；

5、掌握转子流量计的工作原理、基本结构、安装要求和计算。

### 7.8.3教学内容

**知识点：**

1、管路计算的分类及特点：简单管路、复杂管路

2、管路计算分类及计算方法

3、测速管的结构、安装要求及计算；

4、孔板流量计的结构、安装及计算原理；

5、文丘里流量计的结构、计算原理；

6、转子流量计的结构、安装及计算。

**重点：**

1、简单管路的计算。

2、孔板流量计的结构、安装及计算原理；

3、转子流量计的结构、安装及计算。

**难点：**

1. 复杂管路的特点及计算。
2. 孔板、转子流量计的计算原理。

### 7.8.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、管路分类及特点

1）简单管路；

2）复杂管路的分类及特点：

（1）并联管路的特点：

质量衡算：

能量衡算：

（2）分支管路的特点：

物料衡算：

能量衡算：

3、测速管（讲授）

测速管的结构；

原理；

使用注意事项。

4、孔板流量计、文丘里流量计（讲授）

孔板流量计、文丘里流量计的结构；原理。

5、转子流量计

结构、安装注意，测量原理

### 7.8.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.8.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 83 第22、23、29题。

### 7.8.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：管路计算，流量测量部分

。

## 7.9教学单元九

### 7.9.1 教学日期

课次/学时：9/21~23

### 7.9.2教学目标

1、掌握离心泵的结构、工作原理、性能参数；

2、了解离心力场中的流体静压强分布；

3、熟悉离心泵的基本方程式。

4、熟悉影响扬程、流量的主要因素；

5、掌握离心泵的特性曲线及应用；

6、掌握影响离心泵性能参数的因素。

### 7.9.3教学内容

**知识点：**

1、离心泵的工作原理、结构和主要部件；

2、理性泵的性能参数及基本方程。

1、影响离心泵理论压头的因素

2、离心泵的特性曲线

*H*~*Q*曲线；*N*~*Q*曲线；*η*~*Q*曲线。

3、影响离心泵性能参数的因素

液体密度*ρ*、粘度*μ*、泵转速*n* 、叶轮直径*D*。

**重点：**

1、离心泵的工作原理、主要部件及作用；

2、离心泵的性能参数。

3、离心泵的特性曲线；

4、影响离心泵性能参数的因素

**难点：**

1. 离心泵的工作原理；
2. 离心泵的基本方程。
3. 叶片形状对离心泵理论压头的影响；
4. 影响离心泵性能参数的因素。

### 7.9.4教学过程

1、流体输送机械概述

2、离心泵的工作原理及主要部件

工作原理：气缚现象的产生原因和预防。

主要部件：叶轮的结构和作用；泵壳的结构和作用；轴封装置。

3、离心泵的性能参数和基本方程

性能参数：流量*Q*、压头（扬程）*H*、轴功率*N*、效率*η*。

基本方程：离心泵的理想工作状况；液体通过叶轮的流动速度三角形；

离心泵基本方程

；

4、影响离心泵理论压头的因素

叶轮直径*D*；

转速*n*；

叶片形状；

实际泵的压头流量关系式：。

5、离心泵的特性曲线

*H*~*Q*曲线；*N*~*Q*曲线；*η*~*Q*曲线，离心泵的设计点。

6、影响离心泵性能参数的因素

液体密度*ρ*的影响：；

粘度的影响；

转速*n*的影响：、、；

叶轮直径*D*2的影响。

### 7.9.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.9.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 138，第1、6题。

### 7.9.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 离心泵部分

## 7.10教学单元十

### 7.10.1 教学日期

课次/学时：10/24~25

### 7.10.2教学目标

1、掌握离心泵的汽蚀性能及泵的安装高度；

2、掌握管路特性曲线、离心泵的工作点及调节；

3、熟悉离心泵的串并联组合及组合方式选择原则。

### 7.10.3教学内容

**知识点：**

1、离心泵的安装高度

汽蚀现象；

汽蚀余量及安装高度；

吸上真空度及安装高度。

2、管路特性方程（曲线）

3、离心泵的工作点、工作点的调节

**重点：**

1、离心泵的安装高度；

2、管路特性曲线、离心泵的工作点及调节。

**难点：**

1、离心泵的安装高度；

2、管路特性曲线；

3、泵的串并联组合。

### 7.10.3教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容

2、离心泵的安装高度

什么是汽蚀现象？与气傅现象的区别？汽蚀现象产生的原因及预防措施。

离心泵的汽蚀余量：

允许安装高度：

吸上真空度*H*s：安装高度

吸上真空度的修正：

2、离心泵的管路特性曲线

管路特性曲线与泵的工作点

管路特性方程

泵的特性方程

联立求解即为泵的工作点。

3、工作点的调节方法

1）改变管路特性曲线

2）改变泵的特性曲线

3）离心泵的并联和串联操作

泵组合方式的选择原则。

### 7.10.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.10.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 139 第7、8题。

### 7.10.6教学单元的参考资料

本课程使用教材离心泵部分

## 7.11教学单元十一

### 7.11.1 教学日期

课次/学时：11/26~28

### 7.11.2教学目标

1、熟悉离心泵的型号及选用；

2、理解往复泵的工作原理及特性。

### 7.11.3教学内容

**知识点：**

1、离心泵的型号及选用

2、往复泵

**重点：**

1、离心泵的型号及选择

**难点：**

1、离心泵的选择

2、往复泵的特性

### 7.11.4教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容

2、离心泵的型号

清水泵：B型（IS型）、D型、Sh型；耐腐蚀泵：F型；油泵：Y型；杂质泵（P型）等。

例：IS100-80-160泵

IS——单级单吸离心水泵

100——泵吸入管内径，mm

80——泵排出口内径，mm

160——泵叶轮直径，mm。

3、离心泵的选型（以水泵为例）

1）根据流体的性质，选择泵的类型；

2）确定输送系统的流量Qe与压头He；

3）在图2-28上找到比Qe、He稍大的点（指最高效率下的点）对应的一条曲线，该曲线对应的符号就是所选的泵的型号；

4）查P362附录，列出泵的性能参数（*Q*与*Q*e最接近的一组数据）；

5）当单台泵不能满足管路要求时，要考虑泵的串联和并联；

6）若输送液体的密度大于水的密度，则要核算泵的轴功率。

4、离心泵的安装与操作注意

5、往复泵

构造、工作原理；往复泵的特性：

往复泵的扬程，往复泵的扬程与泵的几何尺寸无关，取决于泵的机械强度及原动机的功率。

往复泵的流量，往复泵的流量只与泵的几何尺寸、活塞的往复频率、冲程等有关，而与管路特性无关。

往复泵的流量调节：旁路调节。

### 7.11.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.11.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 138 第2、3题。

### 7.11.7教学单元的参考资料

本课程使用教材离心泵、往复泵部分

## 7.12教学单元十二

### 7.12.1 教学日期

课次/学时：12/29~30

### 7.12.2教学目标

1、掌握三种传热基本方式的机理及特点；

2、了解工业常用的三种换热方式及典型间壁式换热器；

3、了解加热剂、冷却剂的种类和选用；

4、掌握热传导基本原理，一维定常态傅立叶定律及应用，平壁一维定常态热传导计算与分析。

### 7.12.3教学内容

**知识点：**

1、传热基本概念

2、热传导的基本原理、傅里叶定律

3、平壁一维稳定的热传导规律

**重点：**

1、傅里叶定律；2、平壁一维稳定的热传导规律。

**难点：**

1、傅里叶定律；2、热传导规律。

### 7.12.4教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容（提问）

2、传热基本概念（讲授）

传热基本方式方式：热传导、热对流（对流传热）、热辐射；

工业换热方式及典型的换热设备：

换热方式：直接接触式、蓄热式、间壁式；

典型间壁式换热器：套管式、夹套式、列管式换热器；

载热体及其选择：加热剂和冷却剂。

3、傅里叶定律（讲授）

温度场与温度梯度；

傅里叶定律: 一维稳定温度场

导热系数：

定义：，导热系数在数值上等于单位温度梯度下的热通量，它表征物质导热能力的大小；影响因素；数据来源。

4、平壁一维稳定热传导（讲授）

单层； 多层；

**结论：**

**1）对各层平壁，其Δ*t*越大，则对应其热阻*R*也越高；**

**2）各层平壁导热通量*q*=const.。**

### 7.12.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.12.6 作业安排及课后反思

课后作业：Page 296 第1题。

### 7.12.7教学单元的参考资料

本课程使用教材传热部分

## 7.13教学单元十三

### 7.13.1 教学日期

课次/学时：13/31~33

### 7.13.2教学目标

1、掌握圆筒壁一维稳定的热传导规律；

2、理解对流传热基本原理，牛顿冷却定律；

3、理解影响对流传热的主要因素。

### 7.13.3教学内容

**知识点：**

1、圆筒壁一维稳定的热传导规律

2、对流传热分析、热边界层

3、牛顿冷却定律、对流传热系数

**重点：**

1、圆筒壁一维稳定的热传导规律；

2、牛顿冷却定律。

**难点：**

1、圆筒壁一维稳定的热传导规律；

2、对流传热过程分析。

### 7.13.4教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容（提问）

2、圆筒壁的一维稳定热传导（对比讲授）

单层，其中，；

多层

**注意：对于圆筒壁，由于*S*m1≠*S*m2 ≠…*S*mi ≠ const，故*q* ≠const。**

3、对流传热分析（分析）

对流传热是集热对流和热传导于一体的综合现象。对流传热的热阻主要集中在**层流内层**，因此，减薄层流内层的厚度是强化对流传热的主要途径。

4、流体与壁面间的 对流传热速率——牛顿冷却定律（讲授）



对流传（给）热系数，在数值上等于单位温度差下、单位传热面积的对流传热速率。它反映了对流传热的快慢，它不是流体的物理性质，而是受诸多因素（如流体物性、流动状况、设备、有无相变等）影响的一个系数。

### 7.13.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.13.6 作业安排及课后反思

课后作业：Page 297第3、4题。

### 7.13.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：传热部分

## 7.14教学单元十四

### 7.14.1 教学日期

课次/学时：14/34~35

### 7.14.2教学目标

1、掌握传热速率方程；

2、掌握热负荷、传热面积、总传热系数、平均温度差推动力的计算。

3、掌握换热器流体流向的选择；

4、熟悉复杂流向平均温度差的求取；

5、通过举例熟悉传热计算的内容；

### 7.14.3教学内容

**知识点：**

1、传热速率基本方程

2、热量衡算；换热器的传热面积和总传热系数

3、简单流向的对数平均温度差

4、并流换热器和逆流换热器的比较

5、复杂流换热器平均温度差的求取

**重点：**

1、传热速率基本方程；

2、热量衡算；换热器的传热面积和总传热系数；

3、简单流向的对数平均温度差。

**难点：**

1、传热速率基本方程；2、总传热系数；3、流向的选择。

### 7.14.4教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容（提问）

2、传热速率基本方程（讲授）



3、热衡算*Q*（讲授）

流体无相变化

饱和蒸气冷凝 

1）传热面积及总传热系数（讲授）

传热面积*S*=*n*π*dl* ；

总传热系数*K*：

——基于外表面积的总传热系数

——基于内表面积的总传热系数；

污垢热阻；

控制热阻。

2）平均温度差（讲授）

流体流向：并流、逆流、错流和折流（复杂流）；

并流、逆流平均温度差

注意：

**1）相同进出口温度；**

**2）当一侧变温，一侧恒温（有相变化）时也适用，且此时。**

4、并流和逆流比较（讲授）

5、复杂流换热器平均温度差的求取（讲授）

 其中，  ，。

6、举例熟悉传热计算内容（分析讲授）

### 7.14.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.14.6作业安排及课后反思

课后作业：P297第6、7题。

### 7.14.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：传热部分。

## 7.15教学单元十五

### 7.15.1 教学日期

课次/学时：15/36~38

### 7.15.2教学目标

1、了解传热单元数法。

2、理解影响对流传热系数的因素；

3、理解对流传热系数准数关联式；

4、掌握流体在圆形直管内作强制湍流的对流传热系数经验关联式；

5、了解其他情况下的对流传热系数经验关联式；

6、蒸汽冷凝传热。

### 7.15.3教学内容

**知识点：**

1、传热单元数法

2、分析影响对流传热系数的因素

3、对流传热系数的准数关联式

4、流体在圆形直管内作强制湍流的对流传热系数经验关联式

5、蒸汽冷凝传热

**重点：**

1、传热计算内容的熟悉。

2、流体在圆形直管内作强制湍流的对流传热系数经验关联式。

**难点：**

1、传热单元数法。

2、影响对流传热系数的因素；

3、流体在圆形直管内作强制湍流的对流传热系数经验关联式。

### 7.15.4教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容（提问）

2、传热单元数法

传热效率ε；

传热单元数、

3、影响对流传热系数的因素（分析总结）



4、准数关联式（讲授）

Nu＝*A* Re*a* Pr*b* Gr*c*

——雷诺准数，——努塞尔特准数，

——普兰特准数，——格拉斯霍夫准数。

应用准数关联式应注意以下几个问题：

1）公式中各准数Re、Pr、Gr的适用范围；

2）参数取值；

3）注意公式修正。

5、流体在圆形直管内作强制湍流的对流传热系数经验关联式（讲授）



6、蒸汽冷凝传热（讲授）

冷凝方式：膜状冷凝和滴状冷凝；膜状冷凝传热系数；影响膜状冷凝传热的因素 **。**

### 7.15.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.15.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 297 第10、11题。

### 7.15.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：传热部分

## 7.16教学单元十六

### 7.16.1 教学日期

课次/学时：16/39~40

### 7.16.2教学目标

1、掌握液体沸腾曲线；

2、理解壁温估算；

3、熟悉对流传热系数经验关联式的应用。

### 7.16.3教学内容

**知识点：**

1、液体沸腾曲线

2、壁温估算

**重点：**

1、液体沸腾曲线。

**难点：**

1、壁温估算

### 7.16.4教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容（提问）

2、液体沸腾

3、壁温的估算（讲授）

 ，

试差时，。

4、举例熟悉对流传热系数的应用

### 7.16.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.16.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 298第13、18题。

### 7.16.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：传热部分。

## 7.17教学单元十七

### 7.17.1 教学日期

课次/学时：17/41~43

### 7.17.2教学目标

1、理解辐射传热基本概念和计算；

2、理解常用的换热器的结构。

### 7.17.3教学内容

**知识点：**

1、辐射传热

2、换热器

**重点：**

1、辐射传热；2、列管换热器

**难点：**

1、辐射传热

### 7.17.4教学过程

1、回顾总结上一次课的主要内容（提问）

2、辐射传热（讲授）

基本概念；普朗克定律；斯蒂芬-波尔茨曼定律；

四次方定律；克希霍夫(Kirchhoff)定律；

***A*=*ε*；**

两固体间的辐射传热速率：

；

对流和辐射的联合传热。

3、换热器的类型（介绍）

4、列管换热器设计注意的问题（介绍）

5、传热的强化途径（提问分析）

### 7.17.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.17.6作业安排及课后反思

课后作业：Page 299第25题，复习

### 7.17.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：传热部分

## 7.18教学单元十八

### 7.18.1 教学日期

课次/学时：18/44~45

### 7.18.2教学目标

1.、理解传质机理；

2.、了解稀溶液和亨利定律；

3.、了解蒸馏在化工生产上有那些应用；

4、 掌握蒸馏的基本概念；

5.、掌握二元理想溶液的汽液平衡。

### 7.18.3教学内容

**知识点：**

1. 两组分物系的汽液平衡关系，t-x-y图, x-y图，拉乌尔定律，

2、泡点方程、露点方程、相对挥发度及其影响因素。

**重点：**

1、两组分相平衡关系

**难点：**

1、相平衡关系的应用

### 7.18.4教学过程

1、对流传质

通常传质设备中的流体都是流动的，流动流体与相界面之间的物质传递称为对流传质（如前述溶质由气相主体传到相界面及由相界面传到液相主体）。流体的流动加快了相内的物质传递，分析层流及湍流两种流动加快传质的原因。

1. 三传（质量、动量、热量传递）类比
2. 相际传质
3. 传质设备简介
4. 相平衡关系

蒸馏过程概述。蒸馏分离的依据是，根据溶液中各组分挥发度（或沸点）的差异，使各组分得以分离。

蒸馏过程的汽液平衡关系。

A. 汽液平衡相图

（1）温度—组成图

（2）汽—液相组成图(*x*–*y*图)

B. 汽液平衡的关系式

（1）拉乌尔定律



（2）以平衡常数表示的汽液平衡方程



### 7.18.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.18.6作业安排及课后反思

教材p73，习题1

### 7.18.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：蒸馏部分。

## 7.19教学单元十九

### 7.19.1 教学日期

课次/学时：19/46~48

**7.19.2教学目标**

1、 熟悉非理想溶液的最低恒沸点及相应最高蒸汽压和最高恒沸点及相应的最低蒸汽压

2.、掌握理想溶液及非理想溶液的挥发度和相对挥发度的定义，理想溶液的相对挥发度随温度增加而略有减小

3.、掌握简单蒸馏的计算

4、掌握平衡蒸馏的计算，液相分率对汽液相组成的影响，比较平衡蒸馏和简单蒸馏的分离效果，理解平衡级蒸馏，精馏的设备条件、回流条件

### 7.19.3教学内容

知识点：

1. 平衡蒸馏，平衡蒸馏与简单蒸馏的比较，平衡级蒸馏，
2. 精馏的设备条件、回流条件和理论板假设

重点：

1、精馏的设备条件、回流条件和理论板假设

难点：

简单蒸馏与平衡蒸馏的分离效果比较

### 7.19.4教学过程及教学方法

1、回顾上节课内容

2、平衡蒸馏与简单蒸馏的比较

3、精馏过程原理

（1）多次部分汽化和多次部分冷凝

（2）精馏塔模型

4、精馏塔操作流程

（1）连续精馏操作流程

（2）间歇精操馏作流程

间歇精馏与连续精馏相比，有如下特点：

（1）间歇精馏为非定态过程，它有两种操作方式；即恒回流比操作和恒馏出液组成操作。

（2）间歇精馏只有精馏段。

### 7.19.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.19.6作业安排及课后反思

课后作业：复习与思考。

### 7.19.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 蒸馏部分。

## 7.20教学单元二十

### 7.20.1 教学日期

课次/学时：20/49~50

### 7.20.2教学目标

1、理解理论板的假定

2、理解恒摩尔流假定

3、掌握精馏塔的操作线方程获取、物理意义和特点

### 7.20.3教学内容

**知识点：**

1. 双组分连续精馏塔的物料衡算
2. 恒摩尔流假设
3. 理论板的概念
4. 操作线方程

**重点：**

1、操作线方程获取和物理意义

**难点：**

1、提馏段操作线方程

### 7.20.4教学过程

1、**复习：**上节课内容

2、理论板的假定；

理论塔板（theoretical plate）：离开该塔板的汽、液组成达到相平衡的塔板。理论板并不存在，但它可以作为衡量实际塔板分离效果的最高标准。在设计中，求理论数后，则实际板数=理论板数×校正系数。

操作关系：任意板下降液体组成Xn与下一板上升蒸汽组成yn+1之间的关系。由物料衡算决定

1. 恒摩尔流假定；

精馏段内，由每层塔板上升的蒸汽摩尔流量皆相等；提馏段内也是一样

精馏段内，由每层塔板溢流的液体摩尔流量相等；提馏段内也是一样

4、物料衡算：连续稳定操作，进料流量=出料流量



XF——原料中易挥发组分的摩尔分率

XD——馏出液中易挥发组分的摩尔分率

XW——釜液中易挥发组份的摩尔分率

应用时要注意F与XF的关系，F若用质量表示，则XF要用质量分率表示，统一

5、精馏段操作线方程获得、特点、意义；

6、提馏段操作线方程获得、特点、意义。

### 7.20.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.20.6作业安排及课后反思

课后作业：P73，习题5

### 7.27.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：蒸馏部分

## 7.21教学单元二十一

### 7.21.1 教学日期

课次/学时：21/51~53

### 7.21.2教学目标

1.、掌握进料的五种热状况及其对应的q，提馏段的操作线方程，加料板的物料衡算;

2.、掌握逐板计算法和图解法求解理论板数，q线方程

### 7.21.3教学内容

知识点：

1. 五种热状况及其对应的q值，
2. 提馏段的操作线方程，加料板的物料衡算，
3. q线方程，逐板计算法和图解法求解理论塔板数，

重点：

1. 进料热状况对操作线方程的影响，
2. 逐板计算法和图解法求理论塔板数

难点：

1. 进料的热状况q对于理论板数的影响，
2. 逐板计算法和图解法的对应关系

### 7.21.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、进料状况的影响

在提馏段操作线中，液、气流量L′及V′尚需根据精馏段的液、汽流量L、V和进料物流量及其受热状况来决定。

进料共有五种可能的热状况

①过冷液体（tF<ts）

②饱和液体（泡点液体进料）tF=ts

③饱和液汽的混合物（ts<t<td）

④饱和蒸汽（t=td）

⑤过热蒸汽（t>td）

(q-1)Fy=qFz-FxF

(q线方程，利用q线作提馏段操作线)

1. 进料状况对操作线方程的影响
2. 理论板的确定

求理论塔板数，必须利用：（1）汽液两相的平衡关系（平衡曲线X—Y），（2）相邻两板液两相组成的操作关系（操作线方程）

求解方法：逐板法和图解法

### 7.21.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.21.6作业安排及课后反思

课后作业：P74，习题8，9

### 7.21.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 蒸馏部分

## 7.22教学单元二十二

### 7.22.1 教学日期

课次/学时：22/54~55

### 7.22.2教学目标

1. 掌握最小回流比的概念和计算，全回流和操作线方程;

2. 掌握适宜回流比的选择；

3. 熟悉捷算法求解理论板数。

### 7.22.3教学内容

知识点：

1. 最小回流比，全回流，捷算法求理论板数，最少理论板数Nmin，
2. 芬斯克方程，吉利兰关联图

重点：

1. 最小回流比的概念和计算，
2. 全回流的概念和操作线方程，

难点：

1、最小回流比的概念

### 7.22.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、全回流和最小理论板数

3、最小回流比的计算

作图法、解析法

4、回流比的影响及其选择

回流比R=L/D的改变对精馏操作的影响

1. R↑，精馏段操作线向对角线靠近，N↓，但L↑，即冷凝器的负荷加大。
2. R↓，精馏段远离对角线，N↑，当R,q线→与平衡线相交，则N→∞，此时R 称为Rmin，全回流。

回流比R=L/D的改变对提馏操作的影响

1. R↑，q点下降，提馏段接近对角线，板数减少，但再沸器负荷加大，纯度↑
2. R↓，提馏段与操作线相距越远，当与平衡线相交（q线），N↑。

回流比的选择

1．Rmin<R<R∞

2．Nmin：R→∞，此时两操作线与对角线重合，称为全回流。只有在特定条件下才用它

5、简捷法求理论板层数

（1）计算Rmin 、确定R，计算横坐标；

（2）查图得横坐标；

（3）计算Nmin 和，根据横坐标值和Nmin的值计算N

### 7.22.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.22.6作业安排及课后反思

课后作业：p74，习题11

### 7.22.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 蒸馏部分

## 7.23教学单元二十三

### 7.23.1 教学日期

课次/学时：23/56~58

### 7.23.2教学目标

1.、掌握几种特殊情况下理论板层数的求法；

2.、掌握塔高和塔径的计算方法。

3.、了解影响塔板效率的因素

### 7.23.3教学内容

知识点：

1. 塔顶采用分凝器；塔顶冷液回流；直接蒸汽加热；多侧线的精馏塔；
2. 提馏塔的理论板数的求法，
3. 塔高的计算，默弗里板效率，总板效率，塔径的计算。

重点：

1. 几种特殊情况下的理论板层数的求法；
2. 已知总板效率和理论板数求解实际板数

难点：

1、理论板求法

### 7.23.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、连续精馏装置的热量衡算和节能

冷凝器热负荷，再沸器热负荷，

精馏过程的节能

热泵精馏；多效精馏；设置中间再沸器和中间冷凝器

3、精馏塔的操作与调节

物料平衡的影响与制约

回流比影响

进料组成与进料状况的影响

4、精馏塔的产品质量控制和调整

5、精馏塔的操作型计算

### 7.23.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.23.6作业安排及课后反思

课后作业：p75，习题15

### 7.23.7教学单元的参考资料

### 本课程使用教材：蒸馏部分

## 7.24教学单元二十四

### 7.24.1 教学日期

课次/学时：24/59~60

### 7.24.2教学目标

了解间歇蒸馏、恒沸蒸馏和萃取蒸馏

### 7.24.3教学内容

知识点：

间歇精馏、恒沸蒸馏和萃取蒸馏

重点：

间歇精馏

### 7.24.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、间歇精馏

3、恒沸蒸馏和萃取精馏

### 7.24.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.24.6作业安排及课后反思

课后思考

### 7.24.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 蒸馏部分

## 7.25教学单元二十五

### 7.25.1 教学日期

课次/学时：25/61~63

### 7.25.2教学目标

1、相组成的常用表示方法和换算。

2、气体在液体中的溶解度、亨利定律表达式及相互关系、相平衡与吸收、解吸的关系。

### 7.25.3教学内容

知识点：

1. 气—液平衡；气体的溶解度；亨利定律；吸收剂的选择；
2. 传质机理与吸收速率；分子扩散与菲克定律

重点：

亨利定律

难点：

传质机理与吸收速率

### 7.25.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

① [气体吸收](file:///E:\化工原理\于海莲幻灯片\气体吸收.mpg)及分类：

定义：利用混合气体各组分在溶剂溶解度差异而分离气体混合物的操作——吸收，溶质：气相 ⇒ 液相

解吸（脱吸）——与吸收相反的操作，溶质：液相 ⇒ 气相

分类：

1）物理吸收、化学吸收

2）单组分吸收、多组分吸收

3）等温吸收、非等温吸收

4）低浓度吸收、高浓度吸收

② 吸收在化工生产中的应用

③ 气体的溶解度

溶解度：气体在液体中的溶解度，就是指气体在液体中的饱和组成。

溶解度的表示方法：

a.单位质量的液体中所含溶质的质量

b.单位体积的液体中所含溶质的质量

④ 溶解度曲线

定义：气体在液体中的溶解度可通过实验测定，由实验结果绘成的曲线称为溶解度曲线。通过溶解度曲线，可以看出：

1）在同一溶剂中，相同的温度和溶质分压下，不同气体的溶解度差别很大。由上图可知，其中氨在水中的溶解度最大，氧在水中的溶解度最小。这表明氨易溶于水，氧难溶于水，而二氧化硫则居中。

2）对同一溶质，在相同的气相分压下，溶解度随温度的升高而减小。

3）对同一溶质，在相同的温度下，溶解度随气相分压的升高而增大。

4）对于同样组成的溶液，易溶气体溶液上方的分压小，而难溶气体溶液上方的分压大。

由溶解度曲线所显示的上述规律性可看出，加压和降温有利于吸收操作，因为加压和降温可提高气体溶质的溶解度。反之，减压和升温则有利于解吸操作。

① 亨利定律

亨利定律表达了当总压不很高(通常不超过500kPa)时，在恒定的温度下，稀溶液上方的气体溶质平衡分压与该溶质在液相中的组成间的关系。

数学表达式（四种形式）： *P A \* = ExA P A \* = CA/H*

*y A \* =mxA Y A \* =mXA*

亨利系数E的值决定于物系的特性及 体系的温度。通常，随温度升高而增大。溶质或溶液不同，体系不同，E也就不同。E的大小反映了气相组分在该溶剂中溶解度的大小。在同一溶剂中， E越大，溶解度越小。

H与E相反，H愈大，溶解度愈大，且随温度T的升高H而降低

m与E类似，m愈大，溶解度愈小，且随温度T升高而m升高。

② 过程方向判断与过程的推动力

过程方向:

a) *ya =mx1* ，V-L平衡，

b) y1> mx1 ，y1 >y1\*，吸收

c) yc< mx1 ，y1 <y1\*，解吸

推动力:

(y1 - y1\*）——气相组成浓度差表示的吸收推动力

(x1\*-x1)——液相组成浓度差表示的吸收推动力

两者△越大，过程速率也就越快

③ 吸收剂的选择

### 7.25.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.25.6作业安排及课后反思

课后作业：P148 第1题

### 7.25.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 吸收部分

## 7.26教学单元二十六

### 7.26.1 教学日期

课次/学时：26/64~65

### 7.26.2教学目标

分子扩散与菲克定律、扩散系数及其影响因素、等分子反向扩散与单相扩散、漂流因子。

### 7.26.3教学内容

知识点：

分子扩散速率方程——费克（Fick）定律、扩散系数及其影响因素、等分子反向扩散与单相扩散、漂流因子

重点：

费克（Fick）定律、漂流因子

难点：

等分子反向扩散与单相扩散

### 7.26.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、分子扩散速率方程——费克（Fick）定律

1）分子扩散的速率：由分子扩散引起的在单位时间内通过单位截面积所传递的物质量，以J表示，*mol/m2.s*。

2）费克（Fick）定律内容

对于两组分物系，某种组分的扩散通量（JA）,与该组分方向上的浓度梯度成正比，此关系在1855年由费克（Fick）在实验的基础上提出，称为费克定律

3、气相中的稳态分子扩散

等分子反向扩散：



一组分通过另一停滞组分的扩散：

扩散系数

定义：扩散系数是物质很重要的传递特性，它表示物质分子扩散速度的大小，扩散系数大，表示分子扩散快。

### 7.26.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.26.6作业安排及课后反思

课后作业：P149 第4题

### 7.26.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：吸收部分

## 7.27教学单元二十七

### 7.27.1 教学日期

课次/学时：27/66~68

### 7.27.2教学目标

1、掌握对流传质、双膜模型要点、总传质速率方程表达式、总传质系数与膜传质系数、传质阻力分析、气膜控制与掖膜控制。

2、掌握吸收塔的操作线方程

### 7.27.3教学内容

知识点：

对流传质、双膜模型要点、总传质速率方程表达式、总传质系数与膜传质系数、传质阻力分析、气膜控制与液膜控制，吸收塔的操作线方程

重点：

总传质系数与膜传质系数、气膜控制与液膜控制、吸收塔的操作线方程

难点：

双膜模型

### 7.27.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、对流传质

定义：湍流主体与相界面之间的分子扩散和涡流扩散两种传质作用之和。

3、吸收过程的机理

吸收过程包括步骤：气体内单相对流传质——相界面的溶解——液相内的单相传质。一般认为：溶解阻力可略，界面气液处于相平衡状态（并由气相转入液相）；单相对流传质——溶质自气液界面转移(扩散)至液相主体（液相一侧）。

4、双膜理论（双阻力理论）

1．气液两相间存在稳定的相界面，界面两侧各有一个很薄的停滞膜，溶质以分子扩散的方式通过此二膜层由气相主体进入液相主体。

2．在相界面处，气液两相达到平衡。

3．在气液两相主体中，溶质浓度均匀。

5、吸收速率方程

吸收速率：单位相际传质面积上单位时间内吸收溶质的量（NA：kmol/m2.s)，是吸收计算的重要参数。吸收速率=推动力（浓度差）/阻力=吸收系数×推动力，吸收系数=1/阻力。

1)用气膜或液膜表示的分吸收速率方程



2)总吸收速率方程:



对于易溶气体，H值很大，传质阻力大都存在于气膜之中，液膜阻力可以忽略，称为“气膜控制”。 此时, KG ≈ kG

对于难溶气体，H值很小，此时传质阻力大都存在于液膜之中，气膜阻力可以忽略，称为“液膜控制”。 KL ≈ kL

6、吸收塔的类型

工业生产中，吸收操作多采用塔式设备，设备主要有两类：

填料塔：在[填料塔](file:///E:\化工原理\于海莲幻灯片\填料塔.avi)内气、液接触是连续进行的。

板式塔：在[板式塔](file:///E:\化工原理\于海莲幻灯片\板式塔.avi)内气、液接触逐级进行的。

2)塔内气、液两相的流动方式

塔内气、液两相的流动方式主要有两种:（1）并流；(2）逆流，通常采用逆流。

3) 在相同条件下，逆流能获得更大的推动力，从而提高传质速率；能提高吸收的出口浓度，减小吸收剂的用量，或降低尾气浓度，提高溶质的吸收率。

4) 逆流的优点:

a逆流可获得较大的平均推动力，能提高速率。

b塔底的液体恰与刚刚进塔的混合气体接触－提高吸收 液的组成；减少吸收剂的耗用量。

c塔顶的气体恰与刚刚进塔的吸收剂接触－降低出塔气体的组成；提高溶质的吸收率。

d吸收面积小

7、物料衡算:







6) 吸收操作线方程



逆流吸收操作线方程



或



### 7.27.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.27.6作业安排及课后反思

课后作业：P149 第7、8题

### 7.27.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：吸收部分

## 7.28教学单元二十八

### 7.28.1 教学日期

课次/学时：28/69~70

### 7.28.2教学目标

掌握吸收塔操作线方程、物理意义、图示方法及应用，最小液气比、吸收剂用量确定。

### 7.28.3教学内容

知识点：

吸收塔的操作线方程、物理意义、图示方法及应用，最小液气比、吸收剂用量确定。吸收塔塔径

重点：

吸收剂用量、最小液气比

难点：

吸收剂用量确定

### 7.28.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

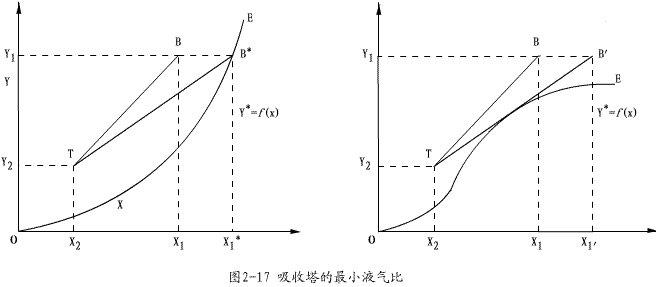
2、吸收剂用量的确定

最小溶剂用量：完成该吸收任务的填料层高度恰好为无穷高时的溶剂用量，此时的(L/V)——最小液气比(L/V)min。

对Y\*=mX；则*(L/V)min=(Y1-Y2)/(X1\*-X2) = (Y1-Y2)/((Y1/m)-X2)*



当平衡曲线不为直线时



吸收剂的用量：吸收剂最小用量的1.1～2.0倍是比较适宜的。即：

(L/V)=(1.1～2.0)(L/V)min或：L= (1.1～2.0)Lmin

3、塔径的计算

Vs：操作条件下混合气体的体积流量*(m3/s)*；

D：塔径(m)；

u：选择的操作流速(m/s)

### 7.28.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.28.6作业安排及课后反思

课后作业p149第9题

### 7.28.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 吸收部分

## 7.29教学单元二十九

### 7.29.1 教学日期

课次/学时：29/71~73

### 7.29.2教学目标

1、掌握填料层高度计算、传质单元高度与传质单元数的定义与物理意义、

2、传质单元数的计算（平均推动力法、解吸因数法）

### 7.29.3教学内容

知识点：

填料层高度计算、传质单元高度与传质单元数的定义与物理意义、传质单元数的计算（平均推动力法、解吸因数法）

重点：

填料层高度计算；理论板层数的计算

难点：

填料层高度

### 7.29.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、填料层高度的计算

确定填料层高度有两种方法：

传质速率模型法

根据吸收速率方程，求填料层高度Z。此法按最终导出的关系式，常称为：传质单元数和传质单元高度法。着重讨论该法，如何应用吸收速率方程求解连续逆流操作的填料层高度Z。

理论级模型法：

理论板（级）与等板高度（物系的物性、操作条件及填料的结构参数）。由达到分离要求所需的理论板数NT ，求出填料层高度： Z＝HETP×NT

式中：HETP影响因素较多，可由实际吸收装置的实测数据求取，一般取0.5～1.0 m。

1. 推导填料层高度的计算式：



4、推导传质单元数的求法

a 解析法  
脱吸因数法：平衡关系为Y\*=mx +b，推导结果为：





对数平均推动力法，推导结果为：







### 7.29.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.29.6作业安排及课后反思

课后作业：P149第11、12题

### 7.29.7教学单元的参考资料

本课程使用教材：

## 7.30教学单元三十

### 7.30.1 教学日期

课次/学时：30/74~75

### 7.30.2教学目标

1、吸收系数测定

2、掌握吸收系数的无因次关联式

### 7.30.3教学内容

知识点：

吸收系数测定、吸收系数经验式、吸收系数的无因次关联式

重点：

吸收系数的无因次关联式

难点：

吸收系数的无因次关联式

### 7.30.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、吸收系数的测定：

总吸收系数：*Z=(V(Y1-Y2))/(KYaΔΩYm)→ Kya=(V(Y1-Y2))/(ZΔΩYm)*

GA（吸收负荷）：单位时间内塔内吸收的溶质量(kmol/s)；VP= Z Ω：填料层体积(m3)；ΔYm：塔内平均气相总推动力。

膜吸收系数：设法在另一相的阻力可以忽略不计或可以推算出来的条件下来进行。如测量用水吸收低浓度的氨的气膜体积吸收系数：



氧气在水中的溶解度很小，当用水吸收氧气时，气膜的阻力可以忽略，可以得到：*KLa=kLa*。

① 吸收系数的经验公式

用水吸收氨：*kGa=6.07×10-4G 0.9 W 0.39*

kGa：气膜体积吸收系数(kmol/(m3.h.kPa))；G：气相空塔质量流速*(kg/m2.h)*；W：液相空塔质量流速*(kg/m2.h)*。

条件：1）在填料塔中用水吸收氨；2）直径为12.5mm的陶瓷环形填料。

常压下用水吸收二氧化碳：*kLa=2.57 U 0.96*

kLa：液膜体积吸收系数kmol/( m3⋅h⋅kmol/ m3) ；U：喷淋密度（单位时间内喷淋在单位塔截面积上的液体体积*(*m3*/( m2.h)*)。

条件：1）常压下填料塔中用水吸收二氧化碳；2）直径10～32mm的陶瓷环；3）U=3～20m3/( *m2*.h)；4）G=130～580kg/( *m2*.h)；5）21～27℃.

用水吸收二氧化硫

*kGa=9.81×10-4 G0.7 W 0.25 (kmol/(m3.h.kPa))*

*kLa=αW 0.82 (1/h*)

G=320～4150kg

条件：1）G=320～4150kg/(m2.h)；2）W=4400～58500 kg/( m2.h)；3）直径25mm的环行填料。

② 吸收系数的准数关联式

施伍德（Sherwood）准数



L：特征尺寸，可以是填料直径或塔径（湿壁塔）等，依据不同关联式而定(m)。

施密特（Schmidt)准数



雷诺准数



伽利略准数（Gallilio）

伽利略准数Ga反映液体受重力作用而沿填料表面向下流动时，所受重力与粘滞力之比的相对关系。

3、计算气膜吸收系数的准数关联式：



条件：湿壁塔，ReG=2×103～3.5 ×104；ScG=0.6～2.5；P=10.1～303kPa（绝压）。式中： α =0.066；β=0.83；γ=0.44；l：特征尺寸，湿壁塔的塔径。当用于拉西环的填料塔时： α =0.066；β=0.8；γ=0.33；l为拉西环的外径。

4、计算液膜吸收系数的准数关联式

特征尺寸l为填料直径（m）。

### 7.30.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.30.6作业安排及课后反思

课后思考复习本节内容

### 7.30.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 吸收部分

## 7.31教学单元三十一

### 7.31.1 教学日期

课次/学时：31/76~78

### 7.31.2教学目标

吸收系数的无因次数群关联式、高组分气体吸收、非等温吸收、多组分吸收、化学吸收、脱吸

### 7.31.3教学内容

知识点：

吸收系数的无因次数群关联式、高组分气体吸收、非等温吸收、多组分吸收、化学吸收、脱吸

### 7.31.4教学过程

1、回顾上次课内容（提问、总结）

2、气相及液相传质单元高度的计算



在有些资料中可以查到气相及液相传质单元高度的计算式。如：



α、β、γ：可从P135页表2-8及相关手册中查取； α1、β1：可从P128页表2-8及相关手册中查取。

相同操作条件下，对不同溶质时的液相传质单元高度换算：



3、脱吸及其他条件下的吸收

介绍脱吸的方法、高组成气体吸收、非等温吸收、多组分吸收、化学吸收。

### 7.31.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.31.6作业安排及课后反思

课后思考复习

### 7.31.7教学单元的参考资料

本课程使用教材： 吸收部分

## 7.32教学单元三十二

### 7.32.1 教学日期

课次/学时：32/79~80

### 7.32.2教学目标

总复习

### 7.32.3教学内容

总复习

### 7.32.4教学过程

总复习

### 7.32.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

### 7.32.6作业安排及课后反思

### 7.32.7教学单元的参考资料

# 8．课程要求

## 8.1学生自学要求

课前应预习相应内容，对涉及的基本概念、基本公式及其应用有基本了解；课后认真复习教材及教参相关内容；对教师布置的自学任务应认真完成。

## 8.2课外阅读要求

根据自己学习情况或兴趣点阅读教辅资料或相关文献。

## 8.3课堂讨论要求

每节课均有相关知识巩固、内容延展及扩展思维相关问题。学生应积极参与课堂提问及课堂讨论，这是对所学知识加深理解的重要途径。

## 8.4课后复习要求

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。

# 9．课程考核

## 9.1出勤（迟到、早退等）作业、报告等的要求

### 9.1.1 出勤

本课程的学习中，选课同学应该主动遵守四川理工学院学生管理条例中关于出勤的相关政策规定。对无故缺席的同学（包括课后补假的同学），每缺席 1 次平时成绩扣 10 分，直至扣完。

### 9.1.2 迟到与早退

上课铃后进入教室的同学算迟到，下课铃前擅自离开教室的同学按早退处理。5次无故迟到10分钟及10分钟以内的同学算缺席1次，1次无故迟到10分钟及10分钟以上的同学计缺席1次；1次无故早退的同学算缺席1次。

平时成绩按100分计算时，迟到或早退一次扣5分；缺席一次扣10分；作业按5级制，即A、B、C、D、E计算，其中A=100，B=85，C=75，D=65，E=50。平时作业成绩取应交作业的平均值，不交作业，则该次作业的成绩为0。

表 1等级分数与百分制分数换算

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级 | A | B | C | D | E |
| 100制分值 | 100 | 85 | 75 | 65 | 50 |

## 9.2成绩的构成与评分规则说明

课程成绩由平时成绩与考试成绩两部分构成，其比例按学校相关规定执行。

平时成绩由考勤、作业及课堂提问成绩构成。等级分数与百分制分数换算详见表1。课堂提问成绩属奖励性质，积极主动回答问题者可获平时成绩奖励，被动抽问作答者按考勤处理。

## 9.3考试形式及说明

考试形式由教研室统一规定。相同性质班级原则统考、流水阅卷，教考分离。

# 10．学术诚信

## 10.1考试违规与作弊处理

考试违规与作弊处理依据《四川理工学院学生考试违纪和作弊处理办法》执行

## 10.2杜撰数据、信息处理等

作业抄袭按最低等级记载。

## 10.3学术剽窃处理等

按学校相关规定处理。

# 11．课堂规范

## 11.1课堂纪律

1、上课期间请关闭手机，或将手机调至振动模式。不要玩手机；

2、上课期间请不要说话或大声喧哗，干扰其他同学听课与思考；

3、迟到的同学请安静地找座位坐下，并认真听讲；

4、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；

5、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；

6、课堂提问过程中请不要随意提醒或帮答，若想阐述自己的观点，需在答题同学言毕后，举手示意，得到允许后发言；

7、上课期间不得随意进出教室。

## 11.2课堂礼仪

1、进入课堂，不得穿拖鞋、背心；

2、教室内不得吸烟；

3、不在教室吃东西；

4、爱护公物，不得随意在课桌椅、墙壁上乱写乱画；

4、离开教室时随手带走自己的垃圾。

5、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。

# 12．课程资源

## 12.1教材与参考书

[1] 陈敏恒, 丛德滋, 方图南. 化工原理[M]. 北京, 化学工业出版社, 2006

[2] 谭天恩. 化工原理[M]. 北京, 化学工业出版社, 2010，

[3] 柴成敬, 王军, 陈常贵, 等. 化工原理课程学习指导[M]. 天津: 天津大学出版社, 2003

[4] 何潮洪, 窦梅, 钱栋英. 化工原理操作型问题的分析[M]. 北京, 化学工业出版社, 1998

[5] 马江权, 冷一欣, 韶晖, 等. 化工原理学习指导（第二版）[M]. 上海, 华东理工大学出版社, 2012.

## 12.2专业学术著作

[1] 戴干策, 陈敏恒. 化工流体力学[M]. 北京, 化学工业出版社, 1988

[2] 《化工设备设计全书》编写委员会.化工设备设计全书[M]. 北京, 化学工业出版社, 2004

## 12.3专业刊物

CNKI、万方各类期刊均可。

## 12.4网络课程资源

1、各高校网页精品课程

2、http://emuch.net/bbs 小木虫论坛

3、http://bbs.hcbbs.com 海川化工论坛

4、学校图书馆的超星数字图书

# 13．教学合约

## 13.1教师作出师德师风承诺

1、以学生为中心，公平对待每一位学生。在教学过程中，本人将对不同出身、性别、智力、相貌、年龄、个性以及关系密切程度不同的学生尽量做到一视同仁，同等对待，对每一位学生都关心、爱护、无偏袒、不以个人的私利和好恶作标准；

2、在教学过程中，尽量多举与实际生活息息相关的例子，用最浅显易懂、幽默的语言表达课程中比较复杂抽象的概念；

3、积极引导学生的自主学习。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、研究方法和思维方式对工程实际、科研道路或职场工作的价值。

## 13.2阅读课程实施大纲，理解其内容

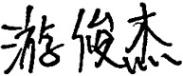
1、我已经认真阅读了 《化工原理（上）》 课程实施大纲， 并清楚理解其中所陈述的内容；

2、任课教师已预备足够的时间让我咨询课程实施大纲的相关内容；

## 13.2同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

1、我认同任课教师针对课程实施所提的课程标准；

2、我同意遵守本课程实施大纲中所阐述的课程考核方式、学术诚信规定、课堂规范等规定。

签名：

日期：2025.08.29

# 14．其他说明

如果同学们对本课程实施有意见和建议，欢迎大家提出，我会在今后的教学过程中不断的完善课程实施大纲，以便更进一步的提高教育质量。