**专业探索-化学工程**

作者：白同学，清华大学化工系本科毕业，博士在读

# 关于学科本身

提到“化工”这两个字，人们脑海里可能会冒出直冲云霄的烟囱、流着乌黑废水的排水口、烧灼泛白的土地、或者恶劣环境中辛苦劳作的工人们。环境污染、健康危害，与时有发生的爆炸伤亡事件，使公众曾一度自发地抵制化工厂和化工项目，谈化色变。但是化工真的如此不堪吗？我们是否应该期待一个化工厂真的可以从地球上消失的未来？

现在，我想请屏幕前的你仔细地体会一下所处的环境，感受衣服在皮肤表面的摩擦，感受手机在手中沉甸甸的质感，感受椅子的坐垫皮面，感受记忆棉靠垫的支撑回弹。聚酯纤维织物让衣物既有型又易打理，能够记忆压力的聚氨酯材料从航天飞机进入日用家居，更新换代的锂离子电池支撑起巨大的屏幕和更长的使用时间，甚至此刻成千上万人穿戴的口罩与防护服，可以说，人们每天触目所及，都是化学工业直接或间接的产物。

这就是化学工程，自始至终都支撑着国民经济的支柱之一，从地下原油到衣食住行，物质和能量经由管道流向每个人的日常生活。

尽管在名称上有一半的字数与之重叠，化学工程与化学之间并非单纯的包含关系。化学属基础科学，致力于研究物质的组成、性质和变化规律，化学实验室里，我们用放在实验台上的烧瓶做反应容器，用水浴锅维持温度；而化工属工程学科，以实际产出应用为导向，在化工厂中，我们用数百立方米的全混流搅拌釜和各种换热器。于是，由于体系的放大而造成的实际问题会在一定程度上比这个反应本身更加重要，比如混合不充分造成的温度、浓度分布不均匀，物质在催化剂中的扩散对反应速率的影响，以及大股物流对输送设备带来的压力等等。因此，化学工程的研究对象不仅包括在反应装置中发生变化的过程，还包括物质状态与性质的改变，以及对混合物的分离、纯化等。但无论是哪种体系，按照化学工程的思路都可以将其归纳为几类标准的“单元操作”，而这些操作的核心无外乎质量、热量、动量的传递，再加上发生变化的化学反应，这些便构成了化学工程的核心：“三传一反”。

回顾化学工程的学科发展，单元操作和三传一反解决了传统石油化工最基础的过程问题，使得人类能够维持稳定的生活水平。现代化工则进一步聚焦于涉及地球可持续发展与人类健康生活的关键问题，如新型能源、高端材料、生物化工、纳米技术、过程安全等，化学工程师们的工作环境也不再限于工厂生产一线，工作重心更多地转向了新型催化剂研发、高精尖材料制备、药物筛选合成、人工智能模式识别等等。可以说，化学工程的学科思路能够使人掌握物质世界运行的基础物理与化学规律，在此基础上，向其他行业的知识迁移都会呈现出扎实的工科气质。

# 学科的知识结构

## 培养方案

各院校的培养方案中通识类课程与公共课不尽相同，如清华化工系要求同学们在学习专业课程前系统学习数学、物理、化学、生物的基础知识，而其它学校的学分要求可能与之略有出入。但专业课程的安排整体上都是类似的，按照知识深度递增大约可分为

* 基础课程：基础课程通常在大一学年集中学习，大二学年会进一步拓展。基课程包括数学基础课、物理基础课和工程基础课。数学物理基础课程可以理解为高中课程知识的延伸学习，掌握可以解决复杂问题的工具与能力；工程基础课是通过学习让同学们产生对于工科整体的理解并掌握基础的工程技能，并在思考问题中增加工程化的思维。
  + 数学课程：微积分、线性代数、概率论、数学实验
  + 物理课程：大学物理、物理实验
  + 工程课程：工程图学、电工与电子技术、金工实习、文献检索与利用
* 化学生物基础课程：化学生物课主要集中在大一学年和大二学年，通过系统学习化学和生物类的课程让同学们在处理化工问题的时候不违背基本的化学和生物原则，并且通过实验课程培养学生们基础的实验能力。课程是高中化学和生物的延伸与深入，化学课程的难度与高中化学竞赛难度近似。其中物理化学是专业基础课中非常重要且困难的一门课程，需要充分调用数学基础和化学知识，可以看作是化学工程的基础。
  + 化学课程：无机化学、有机化学、无机化学实验、有机化学
  + 交叉化学课程：物理化学、生物化学原理
* 专业主修课程：专业主修课程从大二学年开始进入课表，主要集中在大三大四学年。课程是在已有的数理化生的基础上，深入到某一个领域中学习相关的化工知识。这些课程可以看作是化工各个研究方向的基础课程，在学习的过程中，不仅是综合利用数理知识解决化工情景下的问题，也是考察自己是否喜欢这一研究领域的过程，可以帮助我们更好作出未来研究方向的选择。
  + 专业基础课程：化工原理、化工热力学
  + 专业核心课程：“三传一反”（传递过程原理、反应工程基础）、催化原理、化工系统过程
  + 专业进阶课程：生物化工原理、化工设计、化工安全、化工实验

基础类的课程在各个院校的培养体系下应该都是必须的，在进一步化工专业的培养可能是具有差异的。如果是通识类培养，在课程的设计上，可能是各个方向的专业知识都有要求，但主要掌握思考的方式方法；如果是专业类培养，在课程的设计中，可能会着重于某个方向，深入掌握解决该方向现实问题的方法。

## 细分方向

化工是工程类的基础学科，细分方向很很多，主要的方向可以分为

* 萃取分离：以分离科学与技术作为主要方向。在多相体系平衡和传递、分离设备强化及工程应用、分离新方法及新型分离介质、微化工系统、超临界流体技术、膜材料与膜分离技术等方面开展研究。
* 反应工程：以化学反应的实现与工业化为主要方向。包括多相流科学与工艺、绿色催化与清洁能源化工、纳米材料与电化学储能和颗粒工程学。
* 生物化工：融合现代生物技术、纳米科学技术与化学工程学领域的最新进展，发展生物催化剂构建理论与技术、生物催化过程工程和系统集成新方法，探索生物催化生产材料化学品、能源化学品、精细化学品以及生物质利用新工艺。
* 工业催化：将反应工程和催化研究的有机结合，通过量子化学计算、原位谱学表征、催化反应机制机理研究、催化材料合成、催化反应器设计等方面开展工作。
* 膜技术与工程：面向膜与膜过程开展研究，集中于医用及水处理、电化学能源转化与储能、无机膜催化与电极材料、渗透汽化膜及其分离过程强化。
* 化工热力学：主要是研究相关领域的流体物性、相平衡及传递性质。以分子热力学、统计力学和现代溶液理论为基础，研究上述性质的理论计算和预测；应用上述成果指导和进行实际过程的开发和流程模拟
* 化工系统工程：属系统工程与化学工程的交叉学科，依据系统科学的观点和方法，运用现代科学技术的计算手段来分析和解决化工中复杂系统或大系统的各种软、硬问题。

## 交叉学科

化工专业作为基础性的工科，和很多的专业都有交叉，化学工程更多学习的是一种思维方式，一种以工程的视角看待问题的途径，而想真正深入到某一类工程问题的研究，需要研究生以及之后更多的时间来学习探索。经济学、计算机科学、材料科学、生物科学等专业学科的知识都可以作为研究化工问题的手段与途径。

## 化工与化学

化学工程虽然和化学科学在名字上有一定的重叠，但是这两个专业本身差异性比较大，交叉的可能也比较少。化学工程隶属于工程类的专业，化学科学隶属于科学类的专业，这也就意味着两个专业研究的问题和培养的目标都有较大的差异。化学科学关注科学问题，即发掘化学物质中新的可能，如发现新元素、新物质、新反应等，在人才培养中也更倾向于解决科学问题能力。化学工程关注工程问题，即化学物质的工业化产业化，解决现实过程中的问题，如增大反应效益、优化反应流程、实现反应安全等，在人才培养中更倾向于解决工业问题能力。

# 前景：深造与就业

鉴于日益增长的就业压力对学历的要求，大多数化工专业本科生毕业后会选择继续深造，但每一段求学生涯的结点都会涉及到选择方向的问题。下面简要以学历情况分别阐述。

## 本科生毕业去向

化学工程作为一门直接面向工程实际的学科，由无数实体经济支撑着，可以说只要实体经济存在一天，化工人就不会没饭吃。但由于化学工程专业课较多且课程压力较大，本科教育通常难以涉及各领域具体的深入问题，因而本科生毕业进入业界工作时职业起点相对较低，通常要从各领域最基础的工作做起，是任务的执行者，如参与生产一线等，能够积累诸多工程经验。除了本领域，会有一部分人在本科毕业后选择进入计算机、金融、新媒体等行业继续深造，工科背景有时能够提供一部分竞争优势，例如工科学士+金融硕士实际上很受金融行业欢迎。

本科生毕业去向主要可以分为保研、考研、出国和就业，每一个部分都有一定的比例，随着时代的发展不同未来选择的比例也会发生变化。化工学科本科培养同学们具有综合的工科能力，如果是选择继续攻读研究生学位，需要在本科中额外在某一个研究方面有自己独特的认识；如果选择就业，利用实习等机会在市场中打磨自己的综合能力，赢得更好的就业机会。本科毕业生无论是转行还算是进入专业相关领域就业，提前进行一定的知识与实习准备，会取得更加满意的结果。

## 研究生毕业去向

硕士与博士毕业后选择会相对较多，较为常见的路径主要包括：

### 依托专业知识进入业界：

是最专业对口的选择和最常见的出路。由于化工涵盖的领域非常广泛，基本各种细分研究领域都有对应的岗位，且国家政策目前对高科技行业的支持也非常利好高学历毕业生在业界的工作。可以选择的行业包括：中石油、中石化、中化、中粮等中字头大牌国企，EP、壳牌、陶氏化学等大牌外企，宝洁、联合利华等快消外企，宁德时代等新能源企业，药明康德、药明生物等生物医药企业，珀莱雅、上海家化等日化企业。硕士与博士会有明显的薪资待遇差异，且如果进入研发岗，博士毕业生通常会担任研究小组领导的角色，承担课题的设计与开展，而硕士通常是任务的执行者。值得一提的是，业界的研发直接对标实际使用效益，与高校的研究相比更加强调时效性和应用价值。

### 继续从事科学研究：

出于对科研的热爱、希望做更前沿的研究、或者喜欢科研工作节奏等原因，会有一部分人选择继续从事科学研究工作，这个比例随着学历的提高而逐渐增加。需要注意的是，由于学历贬值造成的科研人员过饱和会加剧学术内卷，稍好一些的高校会对发表情况有很高的要求，有的学校可能要求有海外经历，这条路意味着长时间的激烈竞争与在非升即走制度下能否留到最后的问题。大部分教职需要科研、教学、业界项目之间的协调，是否选择这种生活，可以等你读硕士或读博士的时候根据自己的体验与观察再做决定。

### 转行进入计算机、金融等领域：

一方面，一些化工方向（如系统工程、合成生物学等）的研究生在读书期间就具备一定的编程技术与能力，能够很方便地选择计算机领域工作；另一方面，拥有专业背景知识（如生物医药、化学品加工合成）和严谨踏实的工科气质的毕业生在金融、咨询、投资领域独具竞争力。但转行需要早做打算，及时补课刷题或者找实习。硕士对转行的限制会更宽松一些，博士生转行需要权衡科研工作投入时间（能否支持毕业）和对转行付出的努力。

### 选调进入政府部门：

会对政治面貌/学生工作经历/获得奖项有一定要求，部分岗位会限制学历，对于致力于基层工作的同学来说是很好的选择。需要提前抽时间备考。

### 创业：

这里讲的创业主要集中于科技成果转化的创新创业，一些人在研究生工作期间有很好的结果（大部分是博士，如果硕士期间有很好的结果导师很有可能让你继续读博），可以选择以此技术成立公司，直接解决市场缺口。此处涉及各学校对成果转化的政策及专利的成果分配比例的问题，大部分是在导师的支持或授意下进行，需要提前了解。故事完整的高科技公司很容易受投资人青睐，科创板上市也是实现财富自由的一种途径，是一条“给别人打工不如给自己打工”的新道路。

# 专业整体的文化氛围

化学工程整体的定位是工科基础性学科，在本科的课程学习中整体上是一个由浅入深的过程，如果按时完成规定的学习任务，课程压力正常，如果有较好的数学基础，会在专业课程中更为轻松，如果有接触化学竞赛，化学类课程会更轻松。整体来说，学习一直是本科生最主要的时间投入，本科的课程还是需要扎实的学习才能取得比较满意的结果。