

揭阳职业技术学院

Jieyang Polytechnic

教 案

系（部）：化学工程系

讲授课程：化工设备使用与维护

任课教师：陈乔彬

专业班级：石油化工技术24级

授课学期：2025-2026 学年第二学期

揭阳职业技术学院化学工程系

2026年3月

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第一章 绪论		
授课学时	2 学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>掌握化工设备的分类及基本要求。</p> <p>思政目标：通过我国化工装备从依赖进口到自主研发的历程，激发民族自豪感，树立“安全第一”的职业红线意识。</p>		
教学重点	化工设备的四项基本要求（强度、刚度、稳定性、密封性）；压力容器分类。		
教学难点	化工设备在复杂工艺工况下的失效形式与预防逻辑。		
教学方法	讲授(√); 讨论(√); 指导(); 示教(); 其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√); Author ware (); 其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√); 模型(); 标本(); 实物(); 音像(√); 其它()		
教学过程 时间安排	<ol style="list-style-type: none"> 1. 导入与职业背景分析 (20mins) 2. 理论授课：化工设备的分类与要求 (70mins) 3. 互动讨论：化工机器与设备的异同 (30mins) 4. 维护保养基础知识 (40mins) 5. 总结与本章测试 (20mins) 		
思 考 题	简述化工生产对化工设备有哪些特殊要求？为什么说“安全”是化工设备的第一要素？		

第一章 绪论

一、教学目标

知识目标：明确化工设备在化工生产中的重要地位；掌握化工设备的基本要求（工艺、安全、经济）；熟悉化工设备的分类标准及压力等级划分；了解国内外化工设备管理与维护的发展趋势。

能力目标：能够正确区分化工机器与化工设备；能够识别常见的化工设备类型；具备查阅设备相关国家标准（如TSG、GB）的初步能力。

素养目标：培养“安全第一、预防为主”的职业意识；树立严谨、细致的化工工匠精神；认知化工设备维护保养对环境保护和社会安全的重大责任。

二、教学内容

在化工生产的宏大版图中，第一章“绪论”不仅是全书的开篇，更是引导学生步入化工机械专业领域的导航台。化工生产过程通常在极端的工艺条件下进行，如高温、高压、低温、真空以及强腐蚀介质环境，这决定了化工设备在设计、制造、使用及维护上具有极高的技术门槛。从宏观角度来看，化工设备是实现化学工业生产连续化、自动化和规模化的载体，它直接决定了工艺流程能否从实验室的烧瓶走向万吨级的工业装置。在本章的学习中，我们需要建立起一种全局观，即化工设备不仅是冰冷的钢铁构件，更是承载着复杂化学反应和能量交换的动态系统。通过绪论的学习，学生应当明确化工设备在国民经济中的支柱地位，并建立起“安全第一、预防为主”的职业价值观。

化工设备在化工生产中的地位是不言而喻的。如果将工艺路线比作化工生产的“灵魂”，那么化工设备就是承载这一灵魂的“躯体”。在实际生产中，无论是石油炼制、合成氨、还是精细化工产品的生产，每一个步骤都离不开特定的机械设备。这些设备不仅要提供反应所需的空间和环境，还要精确控制反应物料的流动速度、压力分布和热量平衡。一旦设备发生故障，轻则导致生产中断、物料报废，造成巨大的经济损失；重则引发剧毒介质泄漏、大规模火灾乃至爆炸，对周边环境和人员生命安全构成毁灭性威胁。因此，掌握化工设备的使用与维护技能，本质上是为化工生产的本质安全构筑最坚实的防线。

化工设备的基本要求是设计与维护的核心准则。首先是工艺性能要求，这是设备存在的前提，它要求设备必须能够满足传质、传热或反应的具体工艺指标。

其次是机械安全要求，这涵盖了强度、刚度、稳定性及密封性四个维度。强度是指设备在压力载荷下不发生破裂的能力，刚度是指设备在载荷下保持几何形状不发生过度变形的能力，稳定性则是针对外压容器防止其发生失稳塌陷的能力，而密封性则是化工生产的命脉，关系到环境安全与介质流失。此外，耐腐蚀要求和经济性要求也至关重要。化工介质的强腐蚀性要求设备选材必须精准，而经济性则要求在保证安全的前提下，尽量降低设备的制造成本和运行能耗，实现经济效益的最大化。

化工设备的分类是管理与维护的基础。按照作用原理，我们可以将化工设备分为反应设备、换热设备、分离设备和储存设备四大类。这种分类方式直观地反映了设备在工艺流程中的职能，也决定了其维护的侧重点。例如，反应设备侧重于搅拌机构与密封的可靠性，而换热设备则侧重于传热管的结垢与腐蚀监测。按照压力等级分类，压力容器可分为低压、中压、高压和超高压四个等级。这种分类具有极强的法制化管理意义，不同压力的设备在设计监察、制造检验及定期检查等方面均受到国家特种设备安全标准的不同程度规制。此外，按材料分类则决定了维护过程中的补焊工艺、表面防腐处理手段等具体技术细节。

化工设备管理与维护的职业规范是每一位从业者的必修课。随着工业4.0和智慧化工的发展，传统的“坏了再修”的被动维护模式已经逐渐转变为“基于状态监测”的预防性维护。这就要求我们不仅要懂修理，更要懂监测。在日常工作中，维护人员必须严格执行巡回检查制度，充分利用视觉、听觉、触觉甚至嗅觉，对运行中的设备进行全方位监控。例如，通过观察压力表的微小波动判断系统压力的稳定性，通过听诊转动设备的声音辨别轴承的磨损情况，通过感知外壳振动判断是否存在共振隐患。这种敏锐的职业直觉是建立在深厚的专业知识和长期的实践积累之上的。

在学习方法上，本课程强调理论与实践的深度融合。化工设备往往涉及复杂的内部结构，如塔设备的内部塔盘布置、换热器的管束排列等，这些内容在课本上看似抽象，但在现场实物面前却清晰可辨。因此，学生在学习过程中应当养成“图物结合”的习惯，通过阅读设备总图、零件图来理解设备的工作机理。同时，要时刻关注国家颁布的最新特种设备安全技术规范，如TSG系列标准和GB 150压力容器标准，因为这些标准是化工设备设计与维护的最高法律准则。随着科技的进步，新型材料、增材制造技术、在线无损监测技术等正在改变化工设备的形态，保持持续学习的热情是成为一名卓越化工机械人才的关键。

最后，绪论部分还承担着职业道德教育的重要任务。化工机械行业有一句老话：“责任重于泰山”。设备维护人员的一个疏忽，可能会抵消掉整个研发团队数年的心血。在学习之初，学生就应当树立起严谨、细致、负责的“工匠精神”。这种精神体现在每一次螺栓紧固的力矩控制上，体现在每一份巡检报告的真实填报中，也体现在对每一条微小焊缝裂纹的不懈追踪里。通过本章的学习，我们不仅要掌握化工设备的宏观知识，更要明确自己作为化工安全守护者的使命。在未来的学习旅程中，我们将由浅入深，逐一拆解薄壁容器、高压容器、塔器、反应釜等典型设备，为建设现代化的化工强国打下坚实的基础。

总结而言，化工设备的使用与维护是一门综合性极强的学科，它融合了力学、材料学、化学工艺与安全管理等多方面的知识。绪论作为全书的灵魂，为后续章节的学习定下了专业与责任的基调。通过本章的学习，学生应当构建起对化工设备的系统认知框架，明确学习目标，掌握基本术语，并以饱满的热情和严谨的态度投入到接下来的专业学习中。化工设备的世界虽然充满了钢铁与压力的挑战，但只要我们掌握了科学的规律，并辅以精心细致的维护，这些庞然大物就会成为人类创造物质文明的最有力工具。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：多媒体、音像资料等，以丰富多样的形式呈现教学内容。

四、教学过程与时间安排

1. 导入与职业背景分析（20mins）
2. 理论授课：化工设备的分类与要求（70mins）
3. 互动讨论：化工机器与设备的异同（30mins）
4. 维护保养基础知识（40mins）
5. 总结与本章测试（20mins）

五、思考题

简述化工生产对化工设备有哪些特殊要求？为什么说“安全”是化工设备的第一要素？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

教师应在课程结束后进行教学反思，总结教学经验与不足，并根据学生的反馈和教学效果进行课程内容的调整和改进，以不断提升教学质量和满足学生的学习需求。

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第二章 薄壁容器基础知识		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>掌握薄膜理论及旋转壳体应力计算, 完成内压壁厚设计。</p> <p>思政目标: 培养严谨的工程思维, 领悟“差之毫厘, 谬以千里”的精细化质量意识。</p>		
教学重点	拉普拉斯方程应用; 内压圆筒与球壳受力分析; 壁厚确定的影响因素(压力、应力、系数)。		
教学难点	应力分布的力学分析; 外压容器失稳机理及稳定性加强方法。		
教学方法	讲授(√); 讨论(√); 指导(); 示教(); 其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√); Author ware (); 其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√); 模型(); 标本(); 实物(); 音像(√); 其它()		
教学过程 时间安排	<ol style="list-style-type: none"> 1. 知识回顾与结构展示 (20mins) 2. 薄膜理论推导 (60mins) 3. 案例计算演练 (50mins) 4. 材料与安全系数讨论 (30mins) 5. 总结归纳 (20mins) 		
思考题	<p>已知一内压圆筒设计压力为1.6MPa, 内径为1000mm, 材料许用应力为170MPa, 焊缝系数0.9, 试计算其理论计算壁厚并说明为什么圆筒容器的纵向焊缝比环向焊缝更容易裂开?</p>		

第二章 薄壁容器基础知识

一、教学目标

知识目标： 掌握薄壁容器的几何结构特点；理解薄膜应力理论及其适用范围；掌握圆筒形和球形壳体在内压下的应力计算公式；熟悉压力容器的受力形式及失效模式。

能力目标： 能够进行简单的内压薄壁容器壁厚校核计算；能够根据工况选择合适的容器材料及许用应力。

素养目标： 建立严谨的数理计算观念；深刻理解设计参数中“安全系数”的伦理意义，培养对工程数据的畏敬之心。

思政目标： 了解国家“双碳”战略目标，培养环保意识。

二、教学内容

薄壁容器作为化工设备中最基础且应用最广泛的受压壳体，其结构特性与力学行为构成了整个化工机械学科的理论基石。所谓薄壁容器，通常是指其壁厚与直径之比极小的几何体，在工程实践中，当壳体外径与内径之比小于或等于一点二时，我们便将其定义为薄壁容器。这一物理特性的重要意义在于，它允许我们忽略应力沿壁厚方向的变化，从而简化数学模型。薄壁容器的形状多种多样，包括圆柱形、球形、椭球形、圆锥形等，它们通过焊接、锻造或组合加工而成，广泛应用于储存、反应、换热及分离等各类化工单元操作中。掌握薄壁容器的基础知识，不仅是进行设备设计的前提，更是从事日常维护、安全评定及故障分析的理论依据。

薄膜理论是分析薄壁容器受力状态的核心理论。该理论基于三个基本假设，即纤维线假设、不挤压假设和小变形假设。纤维线假设认为壳体是由无数层相互平行的纤维组成的，在压力作用下，这些纤维仅发生伸长而没有弯曲。不挤压假设则认为壁厚方向的挤压应力相对于壳体表面的拉伸应力而言微乎其微，在计算中可以略去不计。小变形假设则假定容器在载荷作用下产生的位移和变形极小，不足以改变其几何构型，从而维持平衡方程的稳定性。基于这些假设，我们可以利用静力平衡原理推导出著名的拉普拉斯方程，该方程揭示了旋转壳体内经向应力和环向应力与内压力、曲率半径及壁厚之间的内在数学关系。通过拉普拉斯方

程，我们可以直观地看到壳体几何形状是如何影响其承载能力的，这为化工设备的优化选型提供了科学指导。

对于化工生产中最常见的内压圆筒形壳体，其受力分析具有极强的代表性。根据薄膜理论推导可知，圆筒形壳体在承受内压时，其环向应力恰好是径向应力的两倍。这一结论在化工机械领域具有极其深远的影响，它不仅决定了圆筒容器最容易从纵向焊缝处发生破裂，也解释了为什么在制造过程中，对纵向焊缝的质量要求和检测比例通常要高于环向焊缝。在实际操作和巡检中，维护人员应当重点关注容器的纵缝区域，因为那里的金属纤维承受着整个壳体最大的拉伸载荷。同时，了解这一应力分布规律也有助于我们理解为什么在某些高压环境下，需要采用多层包扎或加强圈结构来分担环向载荷，从而确保容器的整体安全。

球形壳体在力学表现上则呈现出另一种极端。在相同的内径和内压力下，球形壳体的壁面应力仅为圆筒形壳体环向应力的一半。由于球壳具有各向同性的几何对称性，其径向应力与环向应力完全相等，且分布极其均匀。这种优异的受力特性使得球形容器成为高压储存的首选形状，因为它可以用最薄的钢板实现最高的承压能力。然而，球壳的制造工艺远比圆筒复杂，涉及瓣片压制、组对焊接等高难度工序，且空间利用率在某些厂区布置中受到限制。因此，在教学和实践中，我们需要权衡力学效率与制造经济性，引导学生理解在不同工艺工况下选择圆筒形或球形容器的深层逻辑。

在确定薄壁容器的厚度时，壁厚设计是工程严谨性的集中体现。计算壁厚是基于强度准则推导出的理论值，它取决于设计压力、材料的许用应力以及焊接接头系数。许用应力不仅与材料本身的屈服点和抗拉强度有关，还受到设计温度的强烈影响。随着温度的升高，金属材料的原子热运动加剧，导致其抗变形能力下降，许用应力也随之减小。焊接接头系数则体现了制造工艺对强度的折减，反映了焊缝可能存在的微小缺陷对整体承载力的削弱。而在计算壁厚基础上增加的腐蚀裕量，则是为了应对化工介质长期的化学腐蚀而设立的牺牲层。此外，还需考虑钢板负偏差及加工减薄量，最终确定的名义壁厚必须向上圆整至符合国家标准的钢板规格。这种从理论到工程、从计算到标准的转换过程，是培养学生工程思维的关键。

除了强度失效，稳定性失效是薄壁容器面临的另一大威胁，尤其是在承受外压或处于真空工况时。内压容器往往因强度不足而撕裂，而外压容器则可能因失稳而瞬间塌陷。失稳现象表现为壳体在远低于材料屈服极限的压力下，突然失去

原有的几何形状。对于薄壁圆筒，外压作用会导致其产生波纹状的褶皱，这种破坏通常是毁灭性的且没有先兆。为了提高外压容器的稳定性，除了增加壁厚外，最经济有效的办法是设置加强圈。加强圈可以有效减小圆筒的计算长度，大幅提升其临界失压值。在日常维护中，操作人员必须严禁设备在未达到真空设计要求的工况下运行，并定期检查加强圈与壳体的连接强度，防止因失稳导致的重大毁灭事故。

薄壁容器的材料选择同样是一门深奥的学问。化工介质的复杂性要求材料必须具备优良的力学性能、工艺性能和耐腐蚀性能。常用的碳素钢如Q235系列多用于常压或低压非腐蚀介质，而16MnR等压力容器专用钢则凭借优异的综合力学性能成为中低压容器的主力材料。对于强腐蚀环境，奥氏体不锈钢虽然成本较高，但其在表面形成的钝化膜能有效抵御氧化性酸的侵蚀。近年来，复合板材料的应用日益广泛，它以碳钢为基层保证强度，以不锈钢或其他贵金属为复层保证耐蚀性，实现了性能与成本的最佳平衡。学生在学习时，应当深入理解材料微观组织与宏观性能之间的联系，学会根据介质特性和压力等级科学地选择材料。

总结而言，第二章关于薄壁容器的基础知识，涵盖了从微观受力分析到宏观壁厚校核，从强度准则到稳定性理论的完整逻辑闭环。化工设备的使用者和维护者，必须透过厚重的钢板看到内部复杂的应力场。只有掌握了这些基础知识，才能在设备运行出现异常变形时做出准确预判，在进行设备检修决策时有理有据。薄壁容器虽名为“薄”，却承载着化工生产的千钧压力。通过本章的学习，学生应当树立起严密的逻辑推导习惯和严谨的工程标准意识，为后续学习换热器、塔器及反应釜等复杂设备奠定坚实的技术基石。化工设备的安全性不仅写在设计图纸上，更蕴含在每一个对薄膜理论的深刻理解之中。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：多媒体、音像资料等，以丰富多样的形式呈现教学内容。

四、教学过程与时间安排

1. 知识回顾与结构展示（20mins）
2. 薄膜理论推导（60mins）
3. 案例计算演练（50mins）
4. 材料与安全系数讨论（30mins）

5. 总结归纳 (20mins)

五、思考题

已知一内压圆筒设计压力为1.6MPa，内径为1000mm，材料许用应力为170MPa，焊缝系数0.9，试计算其理论计算壁厚并说明为什么圆筒容器的纵向焊缝比环向焊缝更容易裂开？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

教师应在课程结束后进行教学反思，总结教学经验与不足，并根据学生的反馈和教学效果进行课程内容的调整和改进。

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第三章 容器附件		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>熟悉封头、法兰、支座、人手孔等标准件的结构与选型。</p> <p>思政目标：理解行业标准化的重大意义，养成按规程、按标准施工的工程习惯。</p>		
教学重点	法兰密封原理及密封面形式选择；各种凸形封头的性能差异；支座的选型原则。		
教学难点	法兰密封载荷与预紧力的控制；补强圈泄露信号孔的监测原理。		
教学方法	讲授(√); 讨论(√); 指导(); 示教(); 其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√); Author ware (); 其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√); 模型(); 标本(); 实物(); 音像(√); 其它()		
教学过程 时间安排	<ol style="list-style-type: none"> 1. 实物/图示展示 (20mins) 2. 封头与法兰专题讲座 (70mins) 3. 标准手册查阅实操 (50mins) 4. 支座与附件安装维护要点 (25mins) 5. 课堂总结 (15mins) 		
思 考 题	什么是法兰的密封原理？在高温、易燃易爆介质工况下，应优先选择哪种类型的法兰密封面和垫片？		

第三章 容器附件

一、教学目标

知识目标：掌握常用封头（椭圆、碟形、球冠、平盖）的类型及特点；熟悉法兰连接的密封原理及选型；了解支座、人孔、手孔、视镜等附件的标准化规定。

能力目标：能够根据容器直径和压力等级查阅标准手册选择合适的法兰、封头和支座；能够识别不同密封垫片的适用工况。

素养目标：培养标准化意识，理解“标准件”在工程建设和维护中的互换性价值；养成查阅技术规范的职业习惯。

二、教学内容

在化工容器的整体构造中，第三章“容器附件”的研究对象虽然在体积上往往不及筒体，但在功能实现与运行安全方面却扮演着不可或缺的角色。附件是化工设备实现工艺连接、安全防护、运行监控以及检修维护的物理接口，没有这些附件，压力容器将仅仅是一个封闭的铁罐，而无法成为具备工业生产功能的化工设备。本章的学习核心在于掌握各类附件的标准化结构、选型原则以及在日常使用中的维护要点。附件的设计与选用严格遵循国家标准，这种标准化的意义在于确保了设备零部件的互换性，极大地方便了化工企业的备品备件管理与快速维修，从而保障了生产装置的长周期运行。

封头作为压力容器最主要的受压附件之一，其作用是封堵筒体的两端以形成封闭的承压空间。根据几何形状的不同，封头可分为凸形封头、锥形封头和平盖三大类。凸形封头中，半球形封头由于其几何中心对称性，在受力性能上表现最为优越，在相同壁厚和压力下，其应力仅为圆筒环向应力的一半，但由于其深度大、冷加工制造困难，通常仅用于高压或大直径容器。相比之下，椭圆形封头是中低压容器应用最广泛的一种，它由半个椭球壳和一段高度为定值的直边段组成，其力学性能虽不及半球形，但加工成型容易，且直边段的设计有效避开了封头与筒体环向焊缝处的边缘应力叠加。碟形封头则由球面部分、转折过渡圆弧和直边段组成，其结构连续性较差，转折处存在较大的局部应力，但在一些高度受限或压力较低场合仍有应用。学生在维护中应重点检查封头转折部位的表面裂纹，因为该处是应力集中最为严重的敏感区。

法兰连接是化工设备中最常见的可拆卸连接结构，其密封质量直接关系到装置的跑冒滴漏治理。法兰连接由一对法兰、一个垫片及若干螺栓螺母组成，其密封原理是通过拧紧螺栓产生的压紧力，使垫片发生塑性或弹性变形，从而填补法兰密封

面上微观的不平整。根据法兰与管子的连接方式，可分为平焊法兰、对焊法兰和松套法兰。对焊法兰由于带有过渡颈，其刚度高、受力性能好，适用于压力温度波动较大的工况。密封面形式的选择同样至关重要，平面密封面适用于常压或无毒介质；突面密封面应用最广；而凹凸面及榫槽面则具有更好的垫片定位能力，适用于易燃、易爆或有毒的严苛介质。在日常维护中，螺栓紧固必须遵循对称、分步的原则，严禁单侧过度过紧导致法兰面倾斜，进而造成密封失效。

密封垫片作为法兰连接的灵魂，其材料与结构直接决定了密封的可靠性。常用的非金属垫片如石棉橡胶板、聚四氟乙烯等，适用于低压常温环境。随着压力与温度的升高，金属包覆垫、缠绕垫以及金属环垫成为主力。缠绕垫片由金属带与非金属带交替缠绕而成，具有极佳的压缩回弹性，能够补偿压力波动引起的密封力变化。在维护过程中，严禁重复使用已压扁的旧垫片，且在安装前需检查垫片表面是否有径向划痕。法兰螺栓的润滑也不容忽视，涂抹适量的二硫化钼润滑脂能有效防止螺栓在高温下发生高温咬死，为后期的拆卸检修创造条件。

支座是压力容器的支撑部件，负责将容器的自重及物料载荷传递到地基或框架上。根据安装形式，支座分为卧式支座和立式支座。卧式容器最常采用鞍式支座，通常由一个固定端和一个滑动端组成，这种设计是为了吸收设备在热胀冷缩过程中产生的轴向位移，避免对地脚螺栓和支座本体产生过大的剪切应力。立式容器则根据大小和高度选用腿式支座、支承式支座或裙式支座。裙式支座由于其圆筒状结构，具有极佳的整体刚度和抗风抗震能力，是塔器等高大设备的首选。维护人员应定期检查支座底座螺栓的紧固情况以及滑动端的位移轨迹是否受阻，确保设备支撑系统稳固可靠。

人孔与手孔是为了满足设备内部检查、清洗和维修而设置的开口。由于在容器壳体上开孔会造成壁面的连续性被破坏，产生严重的局部应力集中，因此人、手孔的设计必须符合补强规范。人孔通常设置在设备易于接近的部位，其盖板开启方式有旋启式、吊盖式等，以减轻检修人员的操作负担。在开启人孔前，必须确保设备内部已泄压、降温并进行了充分的置换与通风。视镜和液位计接口则提供了观察容器内部反应状态和物料高度的视觉通道，视镜玻璃作为易损件，需定期检查是否有刻痕或腐蚀毛面，防止在压力作用下发生崩裂事故。

化工管路附件及开孔补强是本章的另一重点。每一个连接管、测温口、取样口都是壳体上的“缺口”，必须通过补强圈或增加管接头壁厚的方式进行应力补偿。补强圈通常带有一个小小的信号孔，用于检测补强圈与壳体之间的焊缝是否泄漏。日常巡检时，如果发现信号孔内有介质流出，应立即意识到壳体焊缝已出现穿透性

损伤。此外，附件的防腐涂层维护也应纳入日常管理，附件的死角区域极易积聚冷凝水从而发生电化学腐蚀，细致的表面养护能显著延长附件的使用寿命。

总结而言，第三章通过对封头、法兰、支座、人手孔等容器附件的系统讲解，使学生从整体设计走向局部细节。这些附件虽是标准件，但在实际工况下的受力、磨损与腐蚀情况复杂多变。一名优秀的化工设备操作与维护人员，必须养成“以小见大”的专业素养，通过对一个小螺栓的紧固、一张垫片的检查、一个支座润滑的关注，来守护整套化工装置的安全运行。容器附件的学习不仅是掌握标准件的规格，更是理解化工设备标准化思想的过程，为后续深入学习特定类型的化工机械打下坚实的结构基础。附件虽微，关乎全局，只有每一个连接点都稳固可靠，化工生产的安全长龙才能平稳前行。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：实际操作视频和常减压蒸馏流程图，提高学生直观认知。

四、教学过程与时间安排

1. 实物/图示展示（20mins）
2. 封头与法兰专题讲座（70mins）
3. 标准手册查阅实操（50mins）
4. 支座与附件安装维护要点（25mins）
5. 课堂总结（15mins）

五、思考题

什么是法兰的密封原理？在高温、易燃易爆介质工况下，应优先选择哪种类型的法兰密封面和垫片？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

教师应在课程结束后进行教学反思，总结教学经验与不足，并根据学生的反馈和教学效果进行课程内容的调整和改进。

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第四章 高压容器		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>掌握高压筒体结构与密封形式。</p> <p>思政目标：通过对高压爆炸事故的案例反思，培养对极限工况的敬畏感，践行“本质安全”的执业精神。</p>		
教学重点	多层包扎与热套式结构；自紧式密封原理（双锥、透镜垫）；高压材料性能要求。		
教学难点	组合式筒体的预应力分布逻辑；自紧密封在高压波动下的失效判定。		
教学方法	讲授(√)；讨论(√)；指导()；示教()；其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√)； Author ware ()；其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√)；模型()；标本()；实物()；音像(√)；其它()		
教学过程 时间安排	一、加氢反应器等高压设备的实物		20min
	二、剖析多层筒体结构的应力分布及制造工艺		60min
	三、演示自紧式密封的工作过程		50min
	四、讨论高压安全附件的维护要点及运行监控指标		50min
思 考 题	请分析高压自紧式密封在介质压力升高时，其密封性能是如何变化的？并简述在检修过程中对高压密封面的保护措施有哪些？		

第四章 高压容器

一、教学目标

知识目标：要求学生通过本章学习，能够准确说出高压容器的压力范围界定，熟悉单层锻造、多层包扎、多层热套以及绕带式等典型高压筒体结构的制造工艺与力学特点，并深刻理解高压自紧密封与强制密封的结构差异及其密封机理。

能力目标：侧重于培养学生根据工艺说明书识别各种高压密封装置的能力，能够分析高压工况下设备可能出现的安全隐患，并具备指导高压附件如高压法兰、双锥垫、透镜垫进行规范装配与日常巡检的技术水平。

素养目标：旨在通过对高压爆炸案例的剖析，强化学生对极限工况下设备安全性的敬畏感，建立极其严谨、不容差池的职业操作规范，培养学生在面对高风险设备时表现出卓越的心理素质和高度的职业责任感。

二、教学内容

进入第四章高压容器的学习，我们步入了一个对材料性能、结构设计以及安全操作要求都达到极致的领域。高压容器作为化工生产中加氢、合成、聚合等核心工艺的关键设备，其工作压力通常在十兆帕以上，甚至达到一百兆帕以上。在如此巨大的内压作用下，容器壁厚往往达到数百毫米，这使得原本在薄壁容器中适用的简化力学模型失效。高压容器的设计与维护不仅是一门工程技术，更是一门关乎生命财产安全的严谨科学。本章的教学内容将深入探讨高压筒体的结构形式、高压密封的独特机理以及在极端工况下的安全管理要点，旨在培养学生解决化工生产中“硬核”设备问题的能力。

高压容器筒体的结构形式是本章的首要知识点。由于高压容器的壁厚巨大，传统的单层卷焊结构在制造上会面临极大的挑战，如大型锻件的探伤难度、厚板焊接产生的巨大残余应力以及材料脆性断裂的风险。因此，高压筒体发展出了单层式和组合式两大体系。单层式结构主要包括整体锻造和电渣重熔，其材料致密性好，但成本极高，通常仅用于直径较小或超高压的场合。组合式结构则体现了现代制造工艺的智慧，其中应用最广泛的是多层包扎式。它通过在内筒外逐层包扎多层薄钢板并进行纵缝焊接，利用焊接过程中的热收缩产生预应力，使内筒在未受内压时处于受压状态。这种设计不仅分散了材料缺陷风险，还利用预应力抵消了部分工作时的拉应力，显著提高了容器的承载能力。此外，多层热套式、绕带式 and 绕丝式等结构

也各具特色，它们通过不同的物理方式施加预应力，从而解决厚壁容器应力分布不均的问题。

在高压环境下，如何实现可靠的密封是设备维护中难度最高的部分。高压密封按照原理可分为强制密封、半自紧密封和自紧密封。强制密封依靠螺栓的强大预紧力使垫片变形来达到密封效果，但在高压下，这需要异常巨大的螺栓和法兰尺寸，且随着压力升高，密封反而容易失效。自紧密封则是高压容器的精髓所在，其核心逻辑是“利用介质自身的压力来协助密封”。以典型的双锥密封为例，当容器内部压力升高时，介质压力会作用在双锥环上，使其产生向外的径向分力，从而将密封环更紧地压向密封面。压力越高，压紧力越大，这种特性极大地减轻了螺栓的载荷。此外，伍德密封、卡扎里密封以及透镜垫密封也广泛应用于合成氨和尿素生产中。学生在维护中应深刻理解自紧密封的这种力学转换，认识到在高压开启或波动工况下，密封面的微小位移都可能导致系统性的泄漏，因此对密封面的粗糙度和几何精度有着近乎苛刻的要求。

高压容器的材料选择及性能评价比普通容器更为严苛。由于高压往往伴随着高温或特殊介质环境，如氢气环境下的氢脆风险，材料不仅要具有极高的抗拉强度，还必须具备优异的冲击韧性和断裂韧性。本章将重点讲解高压容器专用钢材的冶金质量控制，以及材料在长期高压交变载荷下的疲劳失效机理。维护人员必须意识到，高压容器的失效往往不是先发生大变形，而是表现为突然的脆性断裂，这种破坏具有极大的毁灭性且没有预兆。因此，定期进行无损检测，特别是对焊缝深处的超声波探伤，是预防灾难发生的必要手段。同时，本章还将涉及残余应力对高压容器寿命的影响，以及热处理工艺在消除焊接应力、改善金相组织中的决定性作用。

安全附件与运行监控在高压容器管理中具有“最后一道防线”的地位。高压工况下的安全阀、爆破片不仅要精确动作，还需具备极高的耐冲蚀能力。由于高压泄压时会伴随巨大的能量释放和强烈的气流冲刷，泄压系统的排放能力计算和反作用力支撑必须经过精确设计。此外，高压容器的运行记录必须做到微秒级的精准监控，压力、温度的微小异常波动都可能是内部结构损伤或反应失控的信号。教学中将结合自动化控制系统，讲解高压容器在线监测技术的应用，如声发射检测技术如何捕捉内部裂纹萌生的声波。维护人员需养成对数据的极度敏感，学会从复杂的运行曲线中辨识设备的健康状态。

高压容器的操作维护规范是职业道德与专业技能的交汇点。由于高压容器的检修周期长、风险高，每一次拆装都必须严格遵循标准化作业程序。例如，在紧固高

压螺栓时，必须使用液压拉伸器确保受力均匀，防止单侧偏紧导致的密封面损伤。在设备升压和降压过程中，必须严格控制速率，以防因温差应力过大导致筒体产生裂纹。本章还将重点讨论高压容器的“长周期运行”策略，即如何通过精细化巡检和数字化管理，在保障安全的前提下，最大限度延长检修间隔。这种管理意识的培养，对于学生未来进入大化肥、大石油等现代化工厂具有重要的实战意义。

总结而言，第四章关于高压容器的内容，从结构设计的力学巧思到密封技术的逻辑转换，从材料科学的严苛筛选到安全监察的法律规制，构成了一个完整的知识闭环。高压容器是化工设备中的“重型坦克”，它的每一个零件、每一条焊缝都承受着巨大的能量挑战。通过本章的学习，学生不仅应掌握高压设备的技术参数，更应领会到化工机械中“以柔克刚、借力使力”的设计智慧，如预应力的运用和自紧密封的逻辑。高压容器的安全运行是化工装置长治久安的压舱石。只有对高压设备的结构了然于胸，对密封原理精准掌握，对安全红线高度警惕，才能在生产一线守护好这些承载巨大能量的工业重器。本章的学习不仅是技术的提升，更是对工程师严谨精神的一次深度洗礼。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：结合延迟焦化工艺的实际操作视频和流程图，帮助学生直观地理解工艺原理和流程。

四、教学过程与时间安排

一、加氢反应器等高压设备的实物	20min
二、剖析多层筒体结构的应力分布及制造工艺	60min
三、演示自紧式密封的工作过程	50min
四、讨论高压安全附件的维护要点及运行监控指标	50min

五、思考题

请分析高压自紧式密封在介质压力升高时，其密封性能是如何变化的？并简述在检修过程中对高压密封面的保护措施有哪些？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

教师应在课程结束后进行教学反思，总结教学经验与不足，并根据学生的反馈和教学效果进行课程内容的调整和改进

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第五章 换热器		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>掌握换热器结构、操作及检修技能。</p> <p>思政目标：强化节能降耗意识，理解换热效率对“双碳”目标的贡献，培养绿色化工职业操守。</p>		
教学重点	管壳式换热器内件功能；热补偿结构（浮头、U型管）；换热器的投产顺序与清洗。		
教学难点	热应力产生的机理与消除手段；流体诱发振动的成因与预防。		
教学方法	讲授(√)；讨论(√)；指导()；示教()；其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√)； Author ware ()；其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√)；模型()；标本()；实物()；音像(√)；其它()		
教学过程 时间安排	一、阐述能量交换的枢纽作用		20min
	二、剖析固定管板、浮头和U形管换热器		60min
	三、换热器热应力破坏的案例		50min
	四、故障诊断分析		30min
	五、巩固学生对换热器巡检		20min
思考题	在管壳式换热器运行中，若冷热介质发生互串（内漏），应通过哪些现象进行初步判定，并简述如何利用压力试验确定受损管子的位置？		

第五章 换热器

一、教学目标

知识目标：要求学生掌握换热器的分类体系及工作原理，熟悉管壳式换热器的核心组成部件，如管箱、壳体、管板、折流板及补偿圈的结构功能，了解板式、螺旋板式等高效换热器的结构特性及其适用范围。

能力目标：旨在使学生掌握换热器的标准操作规程，能够熟练进行设备的启动、运行监控与停机处理，具备识别换热管泄漏、结垢及异常振动等常见故障的能力，并熟悉物理清洗与化学清洗的工艺流程及安全注意事项。

素养目标：重点培养学生的节能减排意识，理解换热效率与化工装置综合能效之间的直接关系，在拆装演练中养成爱护密封面、规范安装垫片的良好职业守则，培养学生严谨细致、追求卓越的精益工匠精神。精神。

二、教学内容

第五章换热器是化工设备中应用最广泛、数量最多的单元操作设备之一。在现代化工生产中，热量的传递与交换是实现工艺过程、节约能源、降低成本的关键环节。换热器不仅承担着加热、冷却、冷凝、蒸发等基础任务，更是工厂实现能量综合利用、热量回收的核心载体。本章的教学内容将系统探讨换热器的结构分类、管壳式换热器的详细构造、换热器的运行操作规范以及日常维护与检修技术，旨在培养学生解决化工热交换过程中设备管理与技术保障的能力。

从基本原理与分类来看，换热器是使热量从热流体传递给冷流体的设备。按照传热方式的不同，换热器可分为间壁式、蓄热式和直接接触式三大类。在化工生产中应用最普遍的是间壁式换热器，其特点是冷热两种流体被金属壁面隔开，互不接触，通过壁面进行热交换。在间壁式换热器中，管壳式换热器因其结构坚固、适应性强、选材范围广以及在高温高压下运行可靠等优点，成为了化工行业的标准配置。此外，随着工业技术的进步，板式换热器、螺旋板式换热器及翅片管换热器等高效换热设备也因其传热系数高、结构紧凑等特点，在特定工况下得到了广泛应用。本章将重点围绕管壳式换热器展开，揭示其内部复杂的结构逻辑与力学平衡。

管壳式换热器的详细构造是本章的核心知识点。一个典型的管壳式换热器主要由管箱、壳体、管束、管板、折流板及支座等部件组成。管束是换热器的核心，由成百上千根换热管组成，流体在管内流动称为管程，在管外流动称为壳程。管板作为连接管束与壳体的关键部件，不仅要承受冷热介质的压力差，还要承担管束的重力载荷，其密封性能直接决定了换热器是否会发生内漏。折流板的设置则是为了强

制壳程流体改变流动方向，增加湍动程度，从而显著提高传热效率。同时，折流板还起到支撑换热管、防止管束振动的作用。在设计与维护中，学生应重点关注管板与换热管的连接强度，无论是通过胀接还是焊接，都必须保证在交变热应力下的密封可靠性。

为了解决换热器运行中的热应力问题，管壳式换热器衍生出了多种结构形式。由于冷热流体存在温差，壳体与管束的热膨胀量不同，如果这种位移受到限制，就会产生巨大的温差应力，足以导致管子拉脱或壳体变形。固定管板式换热器结构简单，但由于其两端管板固定在壳体上，仅适用于温差较小或壳体上设有补偿圈的工况。浮头式换热器则通过一端管板不与壳体固定而实现自由伸缩，彻底解决了热膨胀问题，且管束可抽出清洗，是化工厂中维修最为方便的机型。U形管式换热器则将每根管子弯成U形，两端固定在同一管板上，每根管子都能独立自由伸缩，虽然结构简单且承压能力高，但管内清洗较为困难。通过对这些机型的对比学习，学生应建立起根据工艺介质、压力和温差进行合理选型的思维。

换热器的运行操作规程是确保设备长周期运行的前提。在启动阶段，必须严格遵守“先投冷流体，后投热流体”的原则。这样做是为了防止设备在瞬间受到高温冲击而产生过大的热应力，导致密封失效或部件损坏。在运行过程中，操作人员需实时监控换热器的进出口压力降和温度变化。如果压力降显著增大，通常意味着换热管内或壳程发生了严重的结垢或堵塞；而温差的缩小则可能指示传热效率的下降。此外，严禁在运行中超温超压，因为金属材料在高温下的强度会显著降低，长期超温还会加速材料的蠕变失效。停工时则需采取相反的程序，缓慢降温减压，并根据物料性质决定是否需要进行吹扫和排净，以防介质在管内凝固或产生腐蚀。

日常维护与检修是化工设备技术人员的基本功。换热器最常见的问题是结垢与泄漏。由于化工介质往往含有杂质，运行一段时间后会管壁形成垢层，这不仅增加了流动阻力，更由于垢层热阻巨大，会导致传热性能急剧下降。本章将详细讲解机械清洗、高压水射流清洗以及化学清洗的优缺点。例如，化学清洗能有效去除循环水系统产生的碳酸盐垢，但必须严格控制酸洗浓度和时间，防止对换热管造成腐蚀。对于泄漏问题，本章将教授如何利用压力试验、气密性试验以及超声波检测等手段精确定位内漏位置。在检修实务中，堵管技术是处理零星管束失效的紧急手段，但堵管数量通常不得超过总管数的百分之十，否则将严重影响工艺负荷。

换热器的振动失效是近年来受到关注的工程难题。当壳程流体流速过快时，会激发换热管产生共振，长期振动会导致管子与折流板接触处磨损减薄，甚至在管板连接处发生疲劳断裂。教学中将引入流体诱发振动的基本理论，解释如何通过调整

折流板间距、改变流道布置或设置防振栅来抑制振动。这一知识点要求学生具备从动态运行角度审视设备安全的能力，认识到静态强度合格并不代表动态运行稳固。此外，换热器的防腐管理同样重要，特别是对于海水冷却器或酸性介质换热器，牺牲阳极保护法和涂层防护的应用细节将是本章的实践重点。

换热器的标准化与先进技术展望是本章的总结部分。学生应学会查阅国内外的换热器标准规范，理解标准化对降低工程成本、提高制造质量的意义。同时，介绍微通道换热器、绕管式换热器等新型高效传热设备的发展趋势，探讨在实现“双碳”目标的大背景下，如何通过设备结构的优化实现更高的能量利用率。这不仅拓宽了学生的学术视野，更激发了他们利用技术手段解决能源浪费问题的创新热情。换热器的每一次技术迭代，都是对热力学与材料学理论的深度应用。

总结而言，第五章关于换热器的教学内容，涵盖了从静态结构到动态运行、从基础原理到前沿技术的全方位知识。换热器虽不如反应釜那样充满剧烈的化学变化，但它却是工厂能量流动的脉搏。通过本章的学习，学生不仅应掌握换热器的结构参数和检修技能，更应领会到化工机械中关于热平衡、热补偿与流体力学的深刻内涵。每一台高效运行的换热器背后，都是对热量损耗的极致追求和对设备稳定性的精心呵护。掌握换热器的使用与维护，是化工从业者实现生产增效、守护工业安全的关键基石。本章的学习将为学生后续进入复杂的化工生产现场，独立承担设备管理任务打下最坚实的技术保障。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：结合催化裂化工艺的实际操作视频和流程图，帮助学生直观地理解工艺原理和流程。

四、教学过程与时间安排

一、阐述能量交换的枢纽作用	20min
二、剖析固定管板、浮头和U形管换热器	60min
三、换热器热应力破坏的案例	50min
四、故障诊断分析	30min
五、巩固学生对换热器巡检	20min

五、思考题

在管壳式换热器运行中，若冷热介质发生互串（内漏），应通过哪些现象进行初步判定，并简述如何利用压力试验确定受损管子的位置？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

教师应在课程结束后进行教学反思，总结教学经验与不足，并根据学生的反馈和教学效果进行课程内容的调整和改进

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第六章 塔设备与传质基础知识		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>熟悉塔器构造及常见运行故障处理。</p> <p>思政目标：培养宏观全局思维，感悟物质分离过程中的“中正平衡”，强调受限空间作业的安全自律。</p>		
教学重点	板式塔与填料塔的内件差异；淹塔、雾沫夹带等故障辨识；塔体垂直度校验。		
教学难点	气液两相在塔内的流体力学平衡；复杂内件的精密装配与密封。		
教学方法	讲授(√); 讨论(√); 指导(); 示教(); 其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√); Author ware (); 其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√); 模型(); 标本(); 实物(); 音像(√); 其它()		
教学过程 时间安排	一、介绍精馏、吸收等典型传质单元		20min
	二、板式塔与填料塔的内件细节		70min
	三、运行故障分析专题		50min
	四、讲解塔器的检修实务		40min
思 考 题	请对比板式塔与填料塔在日常维护中的关注点有何不同，并分析如果塔器出现压降异常升高的现象，维护人员应优先排查哪些部位？		

第六章 塔设备与传质基础知识

一、教学目标

知识目标：要求学生理解气液传质的双膜理论基础，掌握板式塔与填料塔的内部构造及关键内件的功能，熟悉浮阀塔盘、筛板、填料、液体分布器及除雾器的结构特点及其对工艺过程的影响。

能力目标：侧重于培养学生观察并判别淹塔、雾沫夹带、气液分布不均等典型流体力学故障的能力，要求学生掌握塔设备大修中的核心技能，包括塔体垂直度测量、塔盘水平度校验以及填料的翻新装填。

素养目标：旨在培养学生的系统全局观，理解塔设备高度及负荷变化对整条生产线稳定的深远影响，通过有限空间作业的安全教学，强化学生对生命红线的敬畏意识，养成严格执行安全作业票证制度的行为习惯。

二、教学内容

第六章塔设备与传质基础知识是化工设备学习中的核心篇章，它标志着从简单的流体储存与热交换向复杂的物质分离与精制过程的跨越。塔设备作为化工、石油化工及炼油生产中最重要单元操作设备之一，主要用于实现气液或液液两相间的充分接触，从而达到蒸馏、吸收、萃取和洗涤等工艺目的。在现代大型化工装置中，塔设备往往是整个工厂标志性的建筑物，其高度可达百米，内部结构异常复杂。本章教学内容将从传质理论基础出发，深入解析板式塔与填料塔的内部构造、工作原理、运行异常诊断以及大修维护技术，旨在培养学生在复杂的塔器系统管理中具备敏锐的观察力、扎实的理论分析能力和高效的故障处理技能。

从传质基础知识来看，塔设备的核心使命是提供一个巨大的相际接触面积，使不同组分在浓度差的驱动下完成跨界面传递。根据双膜理论，气液两相接触时在界面两侧分别存在气膜和液膜，溶质从一相转移到另一相必须克服这两层薄膜的阻力。塔设备设计的优劣，直接取决于其是否能有效地减薄膜厚、增大接触面积并提高两相的湍动程度。因此，无论是板式塔还是填料塔，其内部构件的所有设计逻辑都指向了同一个目标，即在保证气液流通能力的同时，最大限度地强化传热与传质过程。学生需要理解平衡级与实际级的区别，认识到塔板效率或填料等效高度受设备结构、操作负荷及物料性质的多重影响，这是进行塔设备维护和性能优化的理论基点。

板式塔是利用塔板作为基本传质单元的垂直圆筒形设备，流体在塔板上逐级接触，组分浓度呈阶梯状变化。本章将详细解构板式塔的典型部件，包括塔壁、塔板、溢流堰、受液盘及降液管。塔板的型式决定了塔的操作性能，常见的如筛板塔由于结构简单、压降低、造价低，在现代工业中应用极广；浮阀塔则凭借其浮阀能随气量变化而升降的特性，具备了极宽的操作弹性和较高的效率，是目前生产中的主流选择。此外，泡罩塔虽然结构复杂、造价高，但在低负荷和严苛工况下具有极高的稳定性。学生在巡检维护中，应当重点关注塔板的水平度，因为即便极小的倾斜也会导致严重的偏流，使得气液接触不均，进而大幅降低分离效率。此外，溢流堰的高度和降液管的间隙也是决定液体停留时间和封气效果的关键参数，必须严格符合设计要求。

填料塔则是通过填料层提供连续接触界面的传质设备，流体在填料表面呈膜状流动，组分浓度随高度呈连续分布。填料是填料塔的心脏，其性能评价标准在于表面积大、空隙率高、润湿性好以及压降低。本章将介绍从传统的拉西环到现代的鲍尔环、阶梯环，再到波纹板规整填料的发展历程。规整填料以其极低的压降和极高的分离效能，在真空精馏等热敏性物料处理中表现卓越。除填料外，液体分布器是填料塔中最重要的内件，如果液体在塔顶分布不均，会产生严重的“壁流现象”和“沟流现象”，导致中心区域填料无法被充分润湿，传质效率将急剧衰减。维护人员在设备大修期间，必须对液体分布器的水平度和喷淋小孔的疏通情况进行近乎苛刻的检查，确保每一平方米的填料表面都能获得均匀的液体负荷。

塔设备的流体力学性能与操作异常诊断是本章的难点与重点。塔器在运行中必须维持稳定的气液流态，如果操作不当或负荷波动，就会出现一系列病态运行状态。淹塔是最严重的故障之一，表现为塔内液体充满整个空间，导致气流无法上升，塔底压力急剧升高。这通常由于上升气量过大或液量超负荷引起，也可能是由于填料堵塞或塔板降液管堵塞所致。雾沫夹带是指上升气体将大量液滴带入上一层塔板，这会抵消传质效果，严重时会导致产品纯度大幅下滑。此外，漏液、干板运行、气泡夹带等现象也是效率低下的元凶。教学中将结合压降曲线分析，引导学生通过观察塔顶与塔底的压差变化、产品化验结果的波动以及塔体振动情况，来逆向推断塔内可能发生的物理过程，培养学生“隔墙看物”的专业直觉。

塔设备的机械安全与安装维护具有极高的技术门槛。由于塔器长径比大，极易受风载荷和地震载荷的影响，因此裙座支座的强度、基础螺栓的预紧力以及塔

体的垂直度是安全检查的红线。垂直度偏差如果超标，不仅会产生附加弯矩影响机械强度，更会导致内部气液分布的系统性偏差。在大修期间，对塔内件的清洗与防腐是核心任务。化工介质的冲刷与腐蚀极易使塔盘紧固件松动或使填料格栅塌陷。本章将详细讲解进入塔内检修的安全流程，强调有限空间作业的含氧量检测、置换清洗及监护制度。对于不锈钢塔器，还需重点防范由于物料中氯离子引起的应力腐蚀开裂，特别是在焊缝及热影响区，必须进行细致的着色探伤或超声波检测。

塔设备的辅助内件同样关乎全局性能。除雾器位于塔顶，负责拦截气流中携带的微小液滴，防止后续压缩机发生液击或减少产品损失。气体分布器位于塔底，确保上升蒸气在整个塔截面上均匀分布。如果气体分布不均，会导致塔底局部区域冲料，破坏整体平稳。此外，侧线取样口、热电偶保护套管及液位计接口的密封与清理也是日常维护的细节。在复杂的精馏塔系统中，再沸器和冷凝器作为能量输入与输出端，其运行状态直接反馈在塔压和塔温上。学生应建立起系统平衡的思想，理解塔设备并非孤立存在，而是与热交换系统、压力控制系统深度耦合的。

总结而言，第六章关于塔设备与传质知识的教学，涵盖了从微观传质机理到宏观结构维护，从定常运行监控到动态故障排除的全过程。塔设备是化工装置的“核心枢纽”，它决定了最终产品的质量与收率。通过本章的学习，学生不仅应掌握板式塔与填料塔的结构差异，更应领会到化工工艺与机械设备之间那种“如影随形”的紧密联系。每一层塔板的震动、每一处填料的湿润、每一个压力降的波动，都在讲述着内部物质流转的故事。掌握塔设备的使用与维护，是化工机械人才走向高级技术岗位的重要标志。本章的学习将促使学生养成严谨的逻辑推理能力和应对复杂故障的冷静心态，为在未来的化工现场守护这些“摩天巨人”的长治久安奠定最坚实的技术与素养基石。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：结合催化加氢工艺的实际操作视频和流程图，帮助学生直观地理解工艺原理和流程。

四、教学过程与时间安排

一、介绍精馏、吸收等典型传质单元	20min
二、板式塔与填料塔的内件细节	70min
三、运行故障分析专题	50min

四、讲解塔器的检修实务

40min

五、思考题

请对比板式塔与填料塔在日常维护中的关注点有何不同，并分析如果塔器出现降压异常升高的现象，维护人员应优先排查哪些部位？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。

七、教学反思与改进

在完成教学后，我将及时进行教学反思，总结教学经验，分析教学过程中的问题和不足，并提出改进措施。

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第七章 釜式反应器		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>掌握搅拌、传热与轴封的维护技术。</p> <p>思政目标：培养对精密转动部件的精益求精精神，理解反应釜作为工艺“心脏”的责任担当。</p>		
教学重点	搅拌器的流场选择；机械密封的工作原理与装配；传热夹套的运行监控。		
教学难点	机械密封动静环的平衡调节；反应热失控下的紧急泄放逻辑。		
教学方法	讲授(√)；讨论(√)；指导()；示教()；其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√)； Author ware ()； 其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√)； 模型()； 标本()； 实物()； 音像(√)； 其它()		
教学过程 时间安排	一、不同搅拌桨对物料混合效果的影响		20min
	二、反应釜的机械结构		50min
	三、通过拆解机械密封实物来演示动静环的密封配合		60min
	四、反应釜的安全操作规范		30min
	五、芳烃抽取和芳烃精馏		30min
	六、反应釜的年度大修项目进行随堂测评		20min
思 考 题	反应釜的机械密封在运行中如果出现频繁滴漏现象，应从轴的摆动量、弹簧压力、密封面磨损等哪些具体维度进行深度排查？		

第七章 釜式反应器

一、教学目标

知识目标：要求学生熟悉釜式反应器的组成体系，掌握釜体、夹套、搅拌桨叶、传动机构的结构形式，特别是对机械密封与填料密封的工作原理及其密封液系统的布置有深入的理解。

能力目标：旨在使学生掌握反应釜的标准操作规程，能够正确进行物料投加、温控管理及卸料操作，具备识别搅拌系统异常振动与轴封泄漏等故障的能力，并能独立完成简单的机械密封更换与养护工作。

素养目标：侧重于强化学生对化学反应失控风险的预警意识，通过对反应釜爆炸事故的反思，培养学生对精密转动部件的精细维护习惯，树立安全预判胜于后期补救的职业信念，感悟动静结合的化工机械美学。

二、教学内容

第七章釜式反应器是化工生产中实现化学反应的核心设备，其功能是通过搅拌、传热及压力控制，为物料提供充分的反应空间和动力学条件。在石油化工、精细化工、制药及食品工业中，釜式反应器由于其适应性强、操作方便、易于实现连续化或间歇化生产而得到极其广泛的应用。本章的教学内容将围绕釜式反应器的整体结构、搅拌系统、传热装置、轴封装置以及维护管理展开，旨在使学生不仅能从宏观上理解反应釜的工作逻辑，更能从微观上掌握关键部件的维护技能，确保这一处于工艺链条“心脏”位置的设备能够安全、高效、长周期地运行。

从釜式反应器的总体构造来看，它主要由釜体、传动装置、搅拌装置、轴封装置和传热装置五个部分组成。釜体通常由筒体和封头组成，为化学反应提供承压空间。由于反应釜内部往往涉及复杂的相变和热效应，釜体的选材和壁厚设计必须兼顾压力、温度和腐蚀环境。传动装置通常位于釜体顶部，由电动机、减速机和支架组成，其任务是为搅拌系统提供稳定的动力和扭矩。搅拌装置则是反应釜的“灵魂”，通过桨叶的旋转实现物料的混合、悬浮、分散和强化传质。轴封装置则解决旋转的搅拌轴与静止的釜体之间的密封问题，是防止物料外泄的关键。传热装置则负责维持反应所需的温度，通过夹套或盘管实现热量移入或移出。

搅拌装置的设计与维护是本章的核心。搅拌器的形式多种多样，常见的有桨式、涡轮式、推进式、锚式和框式等。不同形式的搅拌器产生的流场特性迥异，例如推进式搅拌器主要产生轴向流，适用于低粘度液体的循环与混合；而锚式搅

拌器则产生切向流，主要用于高粘度物料的传热强化。在实际维护中，学生应重点关注搅拌桨的磨损、变形及动平衡状态。如果搅拌桨叶发生腐蚀减薄或因撞击产生形变，会导致搅拌轴在旋转过程中产生巨大的径向力，进而引发严重的机械振动。这种振动不仅会加速轴承的失效，更可能导致轴封装置的毁坏，甚至诱发釜体接管处的疲劳裂纹。因此，定期检查搅拌器的完好程度并校核其安装精度，是保障反应釜稳定运行的首要任务。

搅拌轴及其支撑系统是动力传递的枢纽。搅拌轴不仅承受扭矩，还要承受由物料阻力产生的弯矩和轴向力。由于搅拌轴通常较长，为了防止其在高速旋转时产生共振，必须通过中间轴承或底轴承进行支承。然而，底轴承长期浸没在物料中，极易受到腐蚀和磨料磨损，是维护中的“难点”。教学中将重点讨论如何通过提高轴的刚度和优化支点位置来提升其临界转速。维护人员在巡检时，应通过听诊器监听轴承部位是否有异常撞击声，并利用振动监测仪定期采集数据。一旦发现振动值超标，必须立即停车检查轴的直线度以及联轴器的对中情况。

轴封装置是反应釜最具技术含量的部件之一，也是最容易发生泄漏的部位。化工反应釜常用的轴封有填料密封和机械密封。填料密封结构简单，但密封性能相对较弱且摩擦功耗大，逐渐被更先进的机械密封所取代。机械密封通过动环和静环在弹簧力与介质压力作用下，保持极薄的液膜接触来实现密封。在反应釜这种轴径大、摆动量大的工况下，通常采用单端面或双端面机械密封，并配套设置冲洗密封系统。双端面机械密封利用高于釜内压力的封液形成“液堵”，能有效防止有毒或易燃介质外泄。学生在维护中必须掌握机械密封的精密装配要点，如密封面的清洁度、弹簧压缩量的调整以及封液系统的压力监控。机械密封的失效往往源于微小的固体颗粒划伤密封面，因此保持密封系统的洁净度至关重要。

传热装置在控制反应速率和安全性方面起着决定性作用。常见的传热形式包括夹套传热和内盘管传热。夹套安装在釜体外部，结构简单且不占用内部空间，但受热面积有限。内盘管则直接浸没在物料中，传热效率高，但会增加搅拌阻力且不便清洗。对于反应热巨大的工艺，有时会采用半圆管夹套，以增加流速并强化换热。在维护实务中，传热面的结垢是头号敌人。垢层热阻会减缓热量移除速度，导致反应釜局部过热，甚至引发反应失控风险。此外，夹套的电化学腐蚀也需高度警惕，特别是循环水系统中的氯离子对不锈钢釜体的点蚀。定期对传热系统进行清洗和壁厚测定，是预防爆釜事故的重要闭环。

反应釜的安全操作与管理是职业素养的集中体现。由于反应釜内部涉及复杂的化学变化，操作压力和温度往往处于动态平衡中。操作人员必须严格控制投料

比例和升温速率，严禁超负荷运行。特别是在涉及强放热反应时，一旦降温系统失效，反应釜可能在极短时间内发生“飞温”，导致压力急剧上升。本章将详细讲解安全阀、爆破片等泄放装置的配置原则，以及紧急降温、灭火系统的连锁逻辑。维护人员应养成对仪表读数的深度思考习惯，例如电流表的波动可能预示着物料粘度的异常变化或搅拌器的损坏。这种从参数变化推断内部物理状态的能力，是优秀化工技师的必备素养。

反应釜的拆装与大修是实践教学的重头戏。在大修过程中，必须对釜体内部进行彻底清洗和置换，并按照有限空间作业标准进行氧含量和毒害气体检测。进入釜内检查时，应重点察看搅拌桨与釜壁的间隙是否均匀，内壁是否存在冲刷腐蚀痕迹，以及传热管束是否松动。对于带衬里的反应釜，如搪瓷反应釜，更要利用电火花检测仪检查衬里的完整性，哪怕一个针尖大小的孔隙，都可能导致介质迅速腐蚀基体金属导致穿透。大修后的组装过程中，搅拌轴的对中和机械密封的预紧必须利用百分表进行精确找正，确保各项几何公差符合技术规范。

随着技术的发展，智能化、大型化的反应釜对维护提出了更高要求。例如，大直径反应釜开始应用磁力传动技术实现全封闭、无泄漏的操作，彻底解决了传统轴封的泄漏隐患。同时，在线专家诊断系统开始接入反应釜的运行监控，通过分析振动频谱和热平衡数据，实现故障的提前预警。学生在学习时，不仅要掌握传统的拆装技术，也要了解这些前沿科技，培养前瞻性的管理思维。化工反应釜的维护不再仅仅是“修补”，而是基于数据驱动的可靠性管理，旨在追求设备全生命周期的价值最大化。

总结而言，第七章釜式反应器的内容涵盖了从动力传递到化学反应控制、从静态密封到动态监测的全过程。反应釜是化工生产的动能核心，它的安全性直接关系到整条生产线的存亡。通过本章的学习，学生应当构建起一套完整的设备管理体系，理解搅拌、密封与传热之间的内在耦合关系。每一颗松动的螺栓、每一处磨损的密封面，都可能成为安全链条上的薄弱环。掌握反应釜的使用与维护，需要学生具备精湛的技术手段和严谨的职业操守。只有深入了解这一工业“心脏”的跳动规律，才能在复杂的生产现场游刃有余，守护化工生产的繁荣与和平。本章的深度撰写旨在为学生提供最扎实的专业支撑，为其成为高水平化工机械人才奠定坚实基础。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：结合催化重整工艺的实际操作视频和流程图，帮助学生直观地理解工艺原理和流程。

四、教学过程与时间安排

一、不同搅拌桨对物料混合效果的影响	20min
二、反应釜的机械结构	50min
三、通过拆解机械密封实物来演示动静环的密封配合	60min
四、反应釜的安全操作规范	30min
五、芳烃抽取和芳烃精馏	30min
六、反应釜的年度大修项目进行随堂测评	20min

五、思考题

反应釜的机械密封在运行中如果出现频繁滴漏现象，应从轴的摆动量、弹簧压力、密封面磨损等哪些具体维度进行深度排查？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

在完成教学后，我将及时进行教学反思，总结教学经验，分析教学过程中的问题和不足，并提出改进措施。

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第八章 化工设备的腐蚀和防护		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>掌握腐蚀机理、形态及各类防护手段。</p> <p>思政目标：认识腐蚀对社会财富的损耗，培养“防重于治”的预见性思维和持久战的职业韧性。</p>		
教学重点	电化学腐蚀原理；典型局部腐蚀（点蚀、应力腐蚀）；防腐涂层与阴极保护应用。		
教学难点	复杂化学环境下腐蚀形态的精准辨识；阴极保护电位的有效性监测。		
教学方法	讲授(√)；讨论(√)；指导()；示教()；其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√)； Author ware ()； 其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√)； 模型()； 标本()； 实物()； 音像(√)； 其它()		
教学过程 时间安排	一、展示大量腐蚀导致的设备失效图片		20min
	二、解析电化学腐蚀的动力学过程		50min
	三、介绍从材料升级到牺牲阳极保护的防腐策略链条		60min
	四、防腐管理实务讲解		50min
思 考 题	在化工生产巡检中，哪些部位（如接管处、焊缝处、支撑处）最容易发生电化学腐蚀？请简述你作为维护人员应如何早期发现并采取临时防护措施？		

第八章 化工设备的腐蚀与防护

一、教学目标

知识目标：要求学生掌握金属腐蚀的基本分类及机理，理解电化学腐蚀的原电池过程，熟悉均匀腐蚀、孔蚀、应力腐蚀开裂等腐蚀形态的表现，并了解常用材料防腐、涂层防腐、衬里防腐及电化学保护的技术手段。

能力目标：旨在培养学生辨别设备表面腐蚀类型的专业技能，要求学生掌握测厚仪的使用方法及设备减薄量的监控记录技能，并能够根据腐蚀环境初步提出合理的选材建议或防护施工方案。

素养目标：侧重于培养学生的绿色化工意识与可持续发展理念，认识到防腐对延长设备寿命、减少资源浪费和预防环境泄漏的重大意义，养成细致入微、未雨绸缪的观察习惯，提升对化工装置长周期运行的贡献感。

二、教学内容

第八章化工设备的腐蚀与防护是化工设备管理与维护体系中极具挑战性且至关重要的章节。化工生产中处理的介质大多具有强烈的化学活性，如各种酸、碱、盐溶液以及复杂的有机溶剂，这使得化工设备长期处于极其恶劣的腐蚀环境中。腐蚀不仅会导致设备材料的损耗和壁厚的减薄，缩短设备的使用寿命，更严重的是，它会引发突发性的泄漏、火灾、爆炸甚至环境灾难。据统计，化工行业因腐蚀造成的经济损失约占其总产值的百分之三到百分之四，而因腐蚀导致的非计划停工损失更是难以估量。因此，掌握腐蚀的基本机理、识别常见的腐蚀形态并采取有效的防护措施，不仅是提升设备可靠性的技术要求，更是实现绿色化工和可持续发展的必然选择。本章教学内容将从腐蚀的科学定义出发，深入剖析金属腐蚀的微观过程，系统介绍各类防腐技术及日常监测手段，旨在培养学生识别、评估和应对腐蚀风险的综合职业能力。

金属腐蚀的机理研究是本章的理论基石。从本质上讲，金属腐蚀是金属与其所处环境发生化学或电化学反应而导致材料性质劣化、损毁的过程。按照作用机理的不同，腐蚀可分为化学腐蚀和电化学腐蚀两大类。化学腐蚀是指金属表面与非电解质直接发生纯化学反应，如金属在高温干燥气体中的氧化。而电化学腐蚀则是化工生产中最普遍、破坏性最强的腐蚀形式，它发生在金属与电解质溶液接触的界面上。电化学腐蚀遵循原电池原理，在金属表面存在无数个微小的阳极区和阴极区，阳极处的金属原子失去电子变成离子进入溶液，导致金属溶解；电子

通过金属本体流向阴极，并在阴极上被溶液中的氧化剂还原。学生在学习中应重点理解析氢腐蚀和吸氧腐蚀这两种典型的电化学反应，认识到介质的酸碱度、温度、流速以及溶解氧含量是如何通过改变电动力学过程来加速或减缓腐蚀速率的。

掌握典型的腐蚀形态是现场设备巡检和故障分析的必备技能。按照腐蚀破坏的分布特征，腐蚀可分为均匀腐蚀和局部腐蚀。均匀腐蚀在整个设备表面均匀展开，虽然损失的总金属量大，但由于壁厚减薄规律可预测，危险性相对可控。相比之下，局部腐蚀具有极大的隐蔽性和突发性。孔蚀是其中最具代表性的一种，它表现为金属表面产生深而小的针状孔洞，往往在设备整体完好的情况下已造成穿透。缝隙腐蚀则发生在法兰密封面、螺栓连接处等静止的液体缝隙中。晶间腐蚀是一种极其危险的微观破坏，多发于不锈钢焊缝附近，使金属失去强度并在受到轻微冲击时瞬间崩碎。此外，应力腐蚀开裂是在拉应力和特定腐蚀介质共同作用下产生的脆性断裂，其裂纹扩展极快且难以察觉。通过对这些形态的学习，维护人员应养成细致观察设备关键部位异常变化的职业习惯。

科学选材是解决腐蚀问题的源头措施。化工设备的材料选择必须根据介质的化学性质、操作压力、温度以及流体状态进行综合权衡。碳素钢虽成本低廉，但在大多数酸性环境中耐蚀性较差，通常需配合防腐涂层使用。不锈钢凭借其表面的富铬钝化膜，在氧化性酸中表现优异，但在含有氯离子的环境中极易发生点蚀和应力腐蚀开裂。针对极其苛刻的强酸强碱环境，钛及钛合金、镍基合金以及高硅铸铁等特殊材料展现出了非凡的耐蚀力。近年来，非金属材料如玻璃钢、聚四氟乙烯以及石墨等在化工管道和小型容器中的应用日益广泛，利用其天然的耐化学腐蚀性能彻底解决了金属的电化学腐蚀难题。然而，材料的选择绝非越贵越好，学生应学会利用腐蚀手册和相容性图表，寻找力学强度与耐蚀性能的最优经济平衡点。

表面复层与涂料防护技术是化工设备维护中最具实战价值的手段。涂料防护通过在金属表面形成一层高电阻的屏障，隔绝金属与电解质的接触。一个成功的涂层系统通常由底漆、中间漆和面漆组成，底漆负责附着力与钝化防锈，面漆负责抵御大气紫外线及介质冲刷。在施工过程中，表面处理的质量直接决定了防护寿命，正所谓三分材料七分施工，喷砂除锈后的金属洁净度与粗糙度是质量控制的命脉。衬里技术则是将耐蚀材料如橡胶、玻璃塑料或耐火砖衬砌在钢质壳体内表面，兼顾了壳体的承压能力与衬里的耐蚀性能。维护人员在进入衬里设备检修

时，必须严格遵守穿软底鞋、禁止硬物撞击等规定，防止衬里发生机械损伤或电火花击穿。

电化学保护法是利用外部手段改变金属电位从而抑制腐蚀的技术。牺牲阳极保护法是将电位更负的金属如锌、铝、镁等与被保护设备相连，让更活泼的金属代替设备溶解。这种方法无需外部电源，结构简单，广泛应用于地下管网和换热器水室。外加电流阴极保护法则通过外部直流电源将保护电流强制通入被保护结构，使其整体极化到稳定的不腐蚀电位。此外，阳极保护法在强氧化性介质如浓硫酸设备中也有应用，通过建立受控的钝化膜来大幅降低腐蚀率。学生在学习中应理解这些保护技术的应用前提和局限性，特别是在巡检中要注意测量保护电位，确保系统始终处于有效的保护范围之内。

腐蚀监测与防腐管理是实现设备全生命周期价值最大化的关键。现代化工企业已从被动修补转变为主动管理。腐蚀监测手段包括传统的挂片法、电阻探针法、电化学噪声监测以及在线超声波测厚。通过在设备腐蚀敏感区安装传感器，可以将实时的腐蚀速率数据反馈至控制室，使操作人员能够及时发现工艺波动带来的腐蚀风险。防腐管理还涉及对缓蚀剂添加量的精确控制，通过在介质中加入极少量能显著降低腐蚀速率的物质，实现对工艺环境的微调。维护人员应定期更新设备腐蚀档案，对典型部位进行趋势分析，为设备的定检周期和报废更新提供数据支持。这种数字化、系统化的管理思维是未来智慧化工厂对设备管理者的核心要求。

化工设备的腐蚀防护不仅是一门技术，更是一种职业责任感的体现。腐蚀往往发生在肉眼难以直接察觉的内部死角、保温层下或是焊缝微裂纹中。一名优秀的设备维护人员应当具备超声波测厚、内窥镜检查等专业技能，并能在纷繁复杂的工艺运行中发现潜在的腐蚀隐患。例如，保温层下的腐蚀（CUI）是导致许多长输管线和塔器突然失效的隐形杀手，定期剥离检查并优化防腐涂层是必不可少的。同时，对于失效案例的分析不应仅停留在表面，而应追溯至设计、制造、安装、运行及维护的全链条。通过对失效机理的深度复盘，不断优化现有的防腐策略，才能实现装置的本质安全。

总结而言，第八章关于化工设备腐蚀与防护的内容，将微观物理化学理论与宏观工程管理实践高度统一。腐蚀虽然是不可避免的自然趋势，但通过科学的手段可以将其控制在预期的范围之内。通过本章的学习，学生应当构建起一套完整的防腐知识体系，从机理理解到形态辨识，从选材原则到保护技术，再到监测管理的闭环。化工设备的安全性与可靠性，很大程度上取决于我们对腐蚀现象的认

知深度和治理力度。掌握防腐技术，不仅是为了延长那几十毫米壁厚的使用时间，更是为了守护整个化工生产流程的和谐与安全。在未来的职业岗位上，每一位化工机械人才都应成为一名坚定的防腐战士，以严谨的态度和精湛的技术，抵御化学介质对工业文明基石的侵蚀。本章内容的深度撰写，旨在为学生提供最前沿的防腐视野和最务实的维护指南。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。

2. 教学资源：多媒体、音像资料等，以丰富多样的形式呈现教学内容。

四、教学过程与时间安排

一、展示大量腐蚀导致的设备失效图片	20min
二、解析电化学腐蚀的动力学过程	50min
三、介绍从材料升级到牺牲阳极保护的综合防腐策略链条	60min
四、防腐管理实务讲解	50min

五、思考题

在化工生产巡检中，哪些部位（如接管处、焊缝处、支撑处）最容易发生电化学腐蚀？请简述你作为维护人员应如何早期发现并采取临时防护措施？

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

在完成教学后，我将及时进行教学反思，总结教学经验，分析教学过程中的问题和不足，并提出改进措施。

课程名称	化工设备使用与维护	专业班级	石油化工技术24级
教材名称	化工设备与维护		
授课题目	第九章 压力容器的安全使用与监察管理		
授课学时	4学时		
课 型	理论(√); 实验(); 见习(); 实训(); 其它()		
教学目标	<p>熟悉国家法规体系, 掌握安全管理制度。</p> <p>思政目标: 牢固树立“违章即违法”的法治观念, 培养忠诚守法、敢于负责的职业底线思维。</p>		
教学重点	压力容器登记与定检制度; 安全附件(安全阀、压力表)的校检; 紧急停运规程。		
教学难点	压力容器安全状况等级评定标准; 事故案例中的责任认定与风险防范。		
教学方法	讲授(√); 讨论(√); 指导(); 示教(); 其它()		
电子教案	有(√)	Microsoft PowerPoint (√); Author ware (); 其它()	
	无()		
教学资源	多媒体(√); 模型(); 标本(); 实物(); 音像(√); 其它()		
教学过程 时间安排	一、我国压力容器监管的法治体系		30min
	二、讲解安全附件的维保技能		60min
	三、定期检验制度		50min
	四、事故应急预案的模拟推演		40min
思 考 题	根据《特种设备安全监察条例》, 当压力容器出现哪些异常现象(如超温、超压、异响、火灾等)时, 操作人员必须立即采取紧急停运措施并向有关部门汇报		

第九章 压力容器的安全使用与监察管理

一、教学目标

知识目标：要求学生熟悉国家关于特种设备安全监察的法律法规体系，掌握压力容器的设计、登记、使用及定检流程，明确安全阀、压力表、爆破片等附件的校核周期与管理规范。

能力目标：侧重于培养学生依法依规从事设备管理的实务能力，要求学生能够正确填写设备运行台账，掌握压力容器紧急停运的触发条件及处置流程，并具备解读设备安全状况等级报告的技术能力。

素养目标：旨在建立强烈的法制意识与职业底线思维，明确“违章即违法”的法律责任，养成严谨、诚信、合规的行为习惯，深刻感悟“安全责任重于泰山”的执业精神，确保在未来岗位上始终将法规和规范作为行动最高准则。

二、教学内容

第九章压力容器的安全使用与监察管理是全书的总结性章节，也是将技术理论上升至法律规制与职业操守的关键部分。压力容器作为一种特种设备，由于其存储和处理的介质通常具有高压、易燃、易爆或剧毒的特性，一旦发生事故，其释放的巨大能量将对社会公共安全造成不可估量的破坏。因此，国家法律对压力容器的设计、制造、安装、使用、检验和修理改造实行了全生命周期的严密监管。本章的教学内容不再仅仅局限于具体的力学计算或机械拆装，而是从法制意识、安全规范、运行监控以及风险预案等宏观维度出发，旨在培养学生依法依规从事化工生产的职业本能。通过本章的学习，学生应当明确“安全即效益、违章即犯罪”的法律底线，掌握压力容器安全管理的制度流程，并学会利用科学的监察手段确保设备在法定安全范围内稳定运行。

我国对压力容器的安全监察建立在完善的法律法规体系之上，这是本章的首要理论基石。以《特种设备安全法》为核心，配套《特种设备安全监察条例》以及一系列由国家市场监督管理总局颁布的技术规范如《固定式压力容器安全技术监察规程》，构成了一套层级分明、强制执行的标准体系。学生必须理解这些法规的法定地位，认识到任何违反技术规范的行为都属于违法行为。在实际工作中，压力容器的使用单位必须办理使用登记证，做到每一台设备都“持证上岗”。同时，管理人员必须建立完善的设备档案，详细记录设备的制造资质、历年检验

报告、维修记录以及运行日志。这种法制化管理的要求，是为了确保每一台运行中的压力容器其技术来源可追溯、安全状况可评估、风险责任可落实。

压力容器的安全状况等级评定是监察管理的核心技术指标。根据定期检验的结果，压力容器被划分为一至五个等级。一级和二级容器代表其安全状况优良或良好，可以在规定的检验周期内正常使用；三级容器则意味着存在一定的缺陷，但经专家评定在采取监控措施后尚可维持运行，其检验周期会显著缩短；四级容器则属于带病运行，必须限期修理并监控使用；五级容器则代表缺陷严重，必须予以报废或彻底更新。教学中将重点讲解如何通过外观检查、无损检测、理化性能分析及耐压试验来综合评定等级。学生在维护中应深刻理解“降级使用”或“报废管理”的严肃性，绝不能为了眼前的生产负荷而罔顾设备的安全评定等级，这是化工从业者最基本的职业底线。

安全附件的选型、调校与维护是保障设备运行安全的最后一道防线。压力容器常用的安全附件包括安全阀、爆破片、压力表、液位计和温度计。安全阀作为超压自动泄放装置，必须定期进行开启压力校验并加盖铅封，严禁私自调大整定压力。爆破片作为一种断裂型泄压附件，适用于压力波动剧烈、介质易结胶或强腐蚀的特殊工况，其爆破压力的精准选取直接决定了泄压的及时性。压力表和温度计作为监控运行状态的“眼睛”，必须保证其精度符合要求，且在表盘上应清晰标出红色极限工作压力线或最高允许工作温度线。在日常巡检中，维护人员必须养成检查附件铅封是否完好、排水孔是否堵塞、读数是否异常的习惯。附件的微小故障往往是灾难性事故的先导，对安全附件的极度重视，本质上是对生命安全的极度负责。

压力容器的日常运行监控与异常工况处置是考验技术员应急能力的关键环节。在正常操作中，必须严格执行缓慢升压、平稳降温的原则，严禁操作参数的大起大落，防止产生过大的交变载荷导致设备疲劳损伤。本章将详细列举必须立即采取紧急停运措施的情形，例如：容器压力或温度超过规定值且经操作无法控制时；容器受压元件出现裂缝、鼓包或异常变形时；安全附件失效或接管法兰发生严重泄漏时。在紧急工况下，操作人员拥有法律赋予的优先处置权，必须果断切断动力电源、关闭物料阀门并开启泄压系统。教学中将通过模拟桌面演练，训练学生在突发事故面前保持冷静，按照“先保人身安全、后保设备安全”的原则执行应急预案。

定期检验制度是压力容器全寿命周期管理中的制度化体检。根据规定，固定式容器的外部检查通常每年至少进行一次，而内外部检验（大修检验）则根

据安全等级确定为每三到六年一次。内外部检验是揭示设备深层次安全隐患的关键手段，涉及对内部焊缝的射线或超声波探伤、对关键部位的壁厚测定以及对金相组织的抽检。在准备定检时，使用单位必须配合检验机构做好设备的内部清理、置换、盲板隔绝以及脚手架搭设。检验后的整改意见具有法律强制力，未按期完成缺陷修复的设备严禁继续运行。学生应学会解读检验报告中的专业术语，能够根据检验结果调整后续维护保养计划，实现从“事后维修”到“合规管理”的转变。

压力容器的修理与改造管理遵循“谁施工谁负责、谁审批谁监管”的原则。对于受压元件的挖补、焊补或结构改动，必须由具备相应资质的单位承担，且在施工前须向当地特种设备安全监督管理部门备案。严禁在运行中对压力容器进行任何焊接或带压紧固作业。在重大修理完成后，必须重新进行耐压试验或泄漏试验，并由第三方检验机构出具合格报告方可投入运行。这一部分的教学旨在纠正基层管理中常见的“野鸡维修”倾向，培养学生对制造资质和维修工艺文件的极度严谨态度，确保每一次技术变动都经过严密的科学论证与合规审批。

压力容器的报废与注销管理是监察流程的闭环。对于达到设计使用寿命、安全等级评定为五级或发生重大损伤无法修复的容器，必须按法定程序办理报废注销手续。在报废处理时，必须对容器进行去功能化处理，防止其回流到二手市场或转作他用造成社会危害。教学中将引入“全生命周期管理”的理念，强调设备从选型入厂到拆除出厂的每一个节点都应有据可查。通过对设备残余寿命的科学评估，企业可以更合理地规划资本支出，实现安全效益与经济效益的和谐统一。

化工设备的安全性是一切生产活动的基石。在第九章的学习中，我们完成了从微观的螺栓、焊缝到宏观的法规、制度的跨越。通过本章的学习，学生应当意识到，一名合格的化工机械人才不仅要懂技术，更要懂法律；不仅会操作，更要会管理。压力容器的监察管理是对工业文明的一种敬畏，也是对每一个工作岗位的庄严承诺。在未来的职业岗位上，学生将面对各种复杂、高压的运行环境，唯有时刻紧绷安全这根弦，严格执行各项监察指令，才能让那些庞大的化工装置真正造福人类，而不是成为悬在头顶的达摩克利斯之剑。本章的内容是全书的升华，它赋予了技术以灵魂，赋予了操作以责任，为学生圆满完成本课程的学习并走向职业岗位画上了完美的句点。

总结而言，第九章关于压力容器的安全使用与监察管理，通过对法律体系、等级评定、附件维护、应急处置以及定检制度的深度阐述，构建了一个立体化的安全防范体系。压力容器的管理没有捷径，只有持之以恒的巡检、科学严谨的检

验和铁面无私的执法。掌握了这一章的内容，就意味着学生掌握了进入化工企业从事设备管理的“通行证”。在现代化工企业迈向数字化与智能化的进程中，无论技术如何革新，对安全的法律底线和职业规范的坚守将永远是设备管理的核心灵魂。本章的撰写旨在为学生提供最权威、最务实的操作准则，引导他们在未来的职业生涯中成为一名懂法律、精技术、守规矩的化工机械精英。

三、教学方法与资源

1. 教学方法：讲授、讨论、指导相结合，鼓励学生积极参与课堂互动。
2. 教学资源：多媒体、音像资料等，以丰富多样的形式呈现教学内容。

四、教学过程与时间安排

一、我国压力容器监管的法治体系	30min
二、讲解安全附件的维保技能	60min
三、定期检验制度	50min
四、事故应急预案的模拟推演	40min

五、思考题

根据《特种设备安全监察条例》，当压力容器出现哪些异常现象（如超温、超压、异响、火灾等）时，操作人员必须立即采取紧急停运措施并向有关部门汇报

六、课程评估

通过课堂互动、作业完成情况及期末考试等方式全面评估学生的学习成果，确保教学目标的达成。同时，鼓励学生进行自我评价和同伴评价，促进自我提升和相互学习。

七、教学反思与改进

在完成教学后，我将及时进行教学反思，总结教学经验，分析教学过程中的问题和不足，并提出改进措施。