

工业生产情境下单元教学进阶^{*}

——以“硝酸”教学为例

马凯旋¹ 云 磊² 陈倩倩¹

1. 江苏省沙溪高级中学 江苏苏州 215421 2. 太仓市教师发展中心 江苏苏州 215488

摘 要:本文以工业制硝酸的真实情境为教学主线,将“感知、探究、应用、评价”教学进阶与主线融合,完成“硝酸”教学。在教学过程中,采用角色扮演,提高学生的参与度和学习兴趣;通过设计问题串,培养学生提出和解决问题的能力;通过查阅资料,解释生产装置的作用,分析浓硝酸、稀硝酸与铜反应的不同现象及其氧化性强弱,发展学生的证据推理能力;通过实验设计与操作,验证铜与稀硝酸反应产物一氧化氮,提高学生的创新意识;最终编制评价量表,实现“教、学、评”一体化。

关键词:工业生产;真实情境;教学进阶;硝酸;实验设计

文章编号:1008-0546(2025)15-0027-07

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

一、教学主题与现状分析

1. 教学主题

本课例选自苏教版高中化学必修第二册^[1]专题7第二单元“重要的含氮化工原料”。硝酸(HNO_3)具有巨大的工业价值,应用很广,是高考常考考点,其工业生产在教材后的习题中也有所体现。本次课为新授课,教学内容主要包括 HNO_3 的工业制法、 HNO_3 的物理和化学性质、工业制 HNO_3 材料选取及生产工艺评价等,将这些内容与工业生产 HNO_3 情境相结合,促使学生掌握 HNO_3 的相关性质,了解其生产原理及生产过程对环境的影响,增强社会责任意识。在学习该部分内容之前,学生已经学习了 S、Cl 等元素及其化合物的知识,初步具备了学习元素及其化合物的经验,且对化学反应速率、反应限度及反应中的热有了一定的了解。

2. 教学现状

目前,有不少教学案例对 HNO_3 的教学进行了详细描述,如张静等^[2]设计了指向“变化观念”的 HNO_3 教学;寿开^[3]运用“猜想—实验—论证”模式进行 HNO_3 的性质教学等。他们均通过实验探究了 HNO_3 的强氧化性,但对于 Cu 与浓硝酸、稀硝酸反应溶液颜色不同的原因,以及浓硝酸、稀硝酸氧化性

的比较,未作进一步论述。此外,教师在日常教学中也往往存在以下四个方面的问题:①未设置课堂主线,导致知识点分散,联系不紧密。②未设置具体情境,导致不能形成问题串,不利于学生深入思考。③只重视知识点讲解,忽视学生个体差异性,不能做到因材施教。④部分教师急于赶进度,不重视教学细节,忽略对学生实践能力的培养。

二、教学思想与创新点

化学教学要与工业生产等真实情境结合,若脱离情境,学生的认知将会停留在理论水平。目前也有不少研究强调化学教学要与生活、生产实际相结合,甚至提倡“科工整合”^[4],用工程思维去解决教学考试中的实际问题。此外,《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》对非金属及其化合物的性质与应用教学给出了情境素材建议。《中国高考评价体系说明》也要求高考试题应合理呈现情境,设置新颖的试题呈现方式和设问方式,促使学生主动思考。^[5]情境在教学和考试中具有重要作用。然而,将真实情境完全贯穿于课堂教学的案例仍然较少,需要进一步探索。

高中化学教材知识往往“散、多、浅”,而化学

^{*} 基金项目:本文系2024年度苏州市教育科学“十四五”规划专项课题(青年教师专项)“实验情境下高中化学项目式学习的实践研究”(2024/Q/02/020/03)、2024年度江苏省教育学会“十四五”教育科研规划重点课题“课程思政视野下高中化学项目式学习的实践研究”(23B06HXSZ18)的阶段性研究成果。

考试时常“繁、杂、难”。学生通常容易识记零散的知识点,而难以将知识进行综合应用。目前,众多学者进行了单元整体教学研究,为解决这些问题提供了新的思路和方法。单元整体教学的一般过程包括教学单元划分、单元大概念凝练、单元目标制订、单元学习进阶规划、单元学习评价等。^[6]其中,单元教学进阶是主体,也是最重要的部分。在该部分,教师的教和学生的学联系最紧密,也是决定教学成败的关键。进阶通常包含感知、探究、应用、评价四个部分^[7],且这四个部分呈递进关系。单元整体教学强调整体性和结构化,因此设计课堂教学主线可以起到事半功倍的效果。然而,不少教学过程只强调单元的整体性,而忽略了具体单元教学进阶与主线的联系。

本课例以工业制 HNO_3 的真实情境为主线,贯穿课堂教学,将教学进阶与主线深度融合,以工业生产促进学生对 HNO_3 知识点的掌握,然后学生将知识点又应用到 HNO_3 的生产实践中,完成从实践到理论再从理论到实践的进阶。另外,以角色扮演提高学生学习兴趣,使得所有学生都能积极参与课堂。通过设计问题串,促进学生深入思考,并由学生自主设计 Cu 与稀硝酸反应的装置,验证产物。教学结束,使用评价量表检验学生的学习效果,实现“教、学、评”一体化。

三、教学目标及教学主线设计

1. 教学目标

(1)掌握工业制 HNO_3 的原理,认识工业制 HNO_3 的装置及其作用。

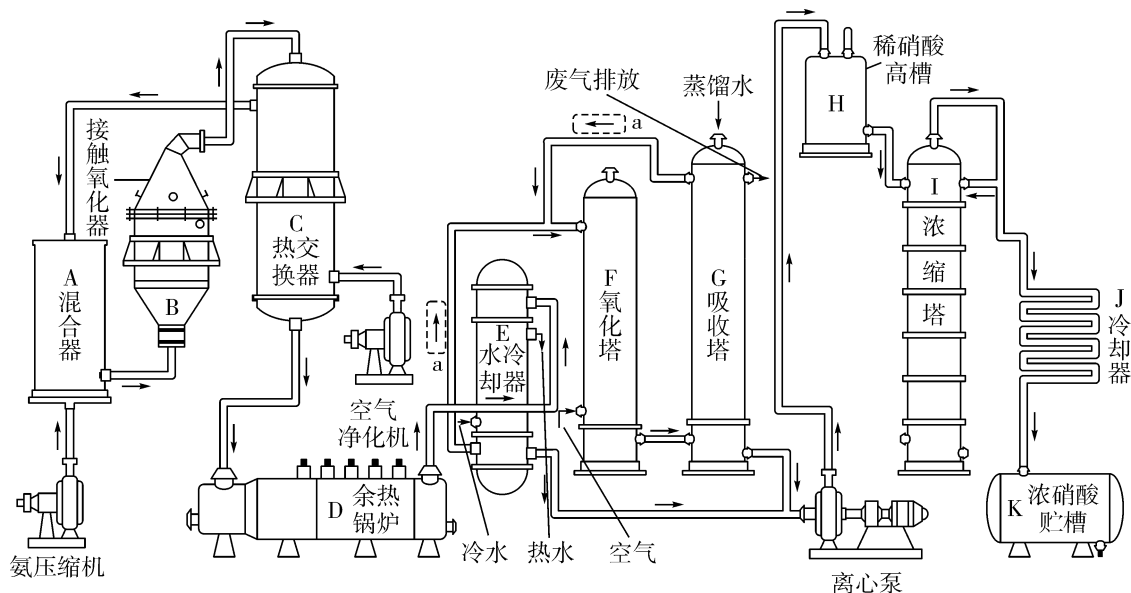
(2)通过查阅资料和实验探究,掌握 HNO_3 的物理和化学性质,通过设计实验验证 Cu 与稀硝酸反应产生 NO 。

(3)利用 HNO_3 性质选择生产设备,将理论知识应用到实践中。

(4)对工业制 HNO_3 生产工艺进行评价,形成科学态度与社会责任核心素养。

2. 教学主线设计

本节课以工业制 HNO_3 的真实情境为课堂主线,工业制 HNO_3 的生产装置^[8]如图 1 所示。为了让学生理解反应过程,部分仪器和箭头已经标注出来。目前,工业制 HNO_3 主要使用双加压法,即分别在氨的催化氧化和 NO_2 吸收装置中采用加压的方式。该方法可提高氨利用率、 NO_2 吸收率和成品酸的浓度,降低尾气中 NO_x 含量,减少铂耗^[9],符合绿色化学理念。利用图 1 可以完成工业生产 HNO_3 流程及 HNO_3 性质的学习。生产设备材料的选取则是对 HNO_3 性质的具体应用。课前,学生可先熟悉工业制 HNO_3 的生产装置示意图及情境问题,并通过查阅相关资料提前思考。



混合器(A):空气和氨气混合;接触氧化器(B):氨气催化氧化制 NO ;热交换器(C): NO 与 O_2 反应制 NO_2 ;余热锅炉(D):回收氨氧化产生的热量;水冷却器(E): NO_2 与 H_2O 反应制 HNO_3 ;氧化塔(F): NO 与 O_2 反应制 NO_2 ;吸收塔(G): NO_2 与 H_2O 反应制 HNO_3 ;稀硝酸高槽(H):储存稀硝酸;浓缩塔(I):浓缩硝酸;冷却器(J):冷却硝酸;浓硝酸贮槽(K):储存浓硝酸;a: NO 循环路径

图 1 工业制 HNO_3 的生产装置示意图

四、教学流程

笔者将 HNO₃ 教学进阶与教学主线进行整合,列出教学内容、情境问题数、教学方法、学生活动及设计意图,具体教学流程如表 1 所示。在学生活动中,按照角色扮演,教师将学生分为原理组、设计组、操作组、巡查组、质检组、采购组和环保组。由于情境问题中涉及原理较多,因此增加原理组数量,分别记为原理组 1 和原理组 2。教学需要面对所有学生,因此所有组均有机会回答问题。此外,课堂讨论均围绕图 1 展开,为精简文字,后续描述中,将省略“图 1”字样,直接使用序号或仪器名称。本课例分为两

个课时。第一课时内容为工业制 HNO₃ 装置、HNO₃ 的物理性质和化学性质,第二课时内容为设备材料的选择、生产工艺优缺点。首先,根据教学进阶划分教学内容,包括四个部分:工业制 HNO₃ 装置、HNO₃ 的物理性质和化学性质、设备材料的选择及生产工艺优缺点,分别对应感知、探究、应用、评价四个阶段。其次,针对教学内容设计十个情境问题,并细分为小问题,从而形成问题串,符合学生思维连贯性。最后,根据情境问题设计教学方法,组织学生解决问题。通过角色扮演、小组讨论、实验设计和操作等方法,学生积极参与课堂并回答相关问题。

表 1 “硝酸”教学流程

教学进阶	教学主线				
	教学内容	情境问题数/个	教学方法	学生活动	设计意图
感知	工业制 HNO ₃ 装置	3	角色扮演、小组讨论、查阅资料	经过交流讨论,原理组 1、设计组、操作组分别进行回答,原理组 2 通过查阅资料进行补充	学生观察装置图,初步了解工业制 HNO ₃ 的流程;运用化学反应原理解释某些装置的作用,为后续探究 HNO ₃ 的物理性质与化学性质奠定基础
探究	HNO ₃ 的物理性质和化学性质	4	角色扮演、小组讨论、实验操作、查阅资料、板演	经过交流讨论,原理组 2、巡查组、质检组、环保组分别进行回答,原理组 1、采购组通过查阅资料进行补充	由工业生产视频引入对 HNO ₃ 性质的学习,学生对生产过程中出现的“状况”进行分析,并通过实验进一步验证,培养学生的科学探究能力。通过实验引发 Cu 与稀硝酸反应产物的思考,并再次设计实验进行验证,发展学生的证据推理能力
应用	设备材料的选择	2	角色扮演、小组讨论、查阅资料、板演	经过交流讨论,环保组、原理组 1 分别进行回答,采购组、设计组通过查阅资料进行补充	通过对吸收塔、浓缩塔出料管接口更换的讨论,巧妙引出碳与浓硝酸的反应,让学生认识到工业生产材料的选用要兼顾强度、耐腐蚀性、成本等因素
评价	生产工艺优缺点	1	角色扮演、小组讨论、查阅资料	经过交流讨论,环保组、采购组结合所查资料进行回答	通过查阅资料,学生对生产工艺优缺点进行总结,感受工业生产的科学性和复杂性,激发探索欲望,发展科学态度与社会责任核心素养

五、教学过程

上节课学生学习了与氮相关的化合物的转化,即 $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3$,这条路径也是工业制 HNO₃ 的步骤。学生先熟悉工业制 HNO₃ 的生产装置,随后学习 HNO₃ 的性质及应用。课上,教师先简单介绍双加压法工业制 HNO₃ 的概念及流程,播放工业生产 HNO₃ 视频,引发学生思考。

1. 感知 工业制 HNO₃ 装置

[情境问题 1]接触氧化器中发生了氨气的催化氧化反应,该反应是放热反应还是吸热反应?反应过程中加压的目的是什么?

[原理组 1]该反应为放热反应。加压的目的是提高反应物浓度,加快反应速率,提高生产效率。

[情境问题 2]热交换器的作用是什么?

[设计组]由于氨气的催化氧化为放热反应,产

生的热量可以用来预热通过热交换器的空气。

[教师]为什么在热交换器中还发生了 NO 与氧气的反应?热量交换后对该反应是否有利?

[设计组]因为通入空气的量比氨气大,氧气有剩余,剩余的氧气与 NO 反应。热量交换后,体系温度降低,反应速率减慢,将不利于 NO 与氧气的反应。

[操作组质疑]既然不利于反应,为什么还要在此处制备 NO₂?

[原理组 2]查阅资料可知,无色的 NO 在空气中迅速转化为红棕色的 NO₂,反应的化学方程式为 $2NO + O_2 = 2NO_2$ 。与绝大多数反应速率因温度升高而加快相反,NO 和 O₂ 反应的速率随温度升高而减慢。这个事实和两个过程有关:① $2NO = (NO)_2$ (放热);② $(NO)_2 + O_2 = 2NO_2$ 。^[10]

[教师]请大家结合查阅到的资料再次进行

分析。

[建议]此部分为拓展知识,涉及化学反应原理。教师可以根据各班学生差异性,参考前期所学化学反应热、速率及平衡等知识,选择性进行提问。

[设计组]由资料可知,NO 与 O₂ 反应的速率随温度升高而减慢,且该反应为放热反应,则温度降低有利于 NO₂ 的生成。

[情境问题 3]在水冷却器和吸收塔中加压的目的是什么?

[操作组]在水冷却器和吸收塔中 NO₂ 与 H₂O 反应,由热化学方程式可知该反应是气体体积缩小的反应,加压有利于 NO₂ 与 H₂O 充分反应,从而提高 HNO₃ 产量。

[小结]通过以上小组对情境问题的讨论回答,学生了解了工业制 HNO₃ 的步骤及所需仪器,初步学会了运用化学反应原理去解释仪器的作用。

2. 探究 HNO₃ 的物理性质和化学性质

[情境问题 1](观看视频)打开浓硝酸贮槽,取适量浓硝酸,你能观察到什么现象?

[原理组 2]浓硝酸显黄色,产生酸雾,说明其易挥发。

[教师]浓硝酸实际上是显黄色吗?浓硝酸显黄色的原因是什么?

[原理组 2]浓硝酸无色,浓硝酸显黄色是因为其中溶有少量 NO₂。

[情境问题 2]巡查组巡查时发现吸收塔出料管损坏,在损坏处观察到红棕色气体且闻到刺激性气味。水冷却器中使用冷水且吸收塔中蒸馏水温度不宜过高,请结合化学方程式进行解释。

[巡查组]管道损坏后,HNO₃ 见光分解,产生具有刺激性气味的红棕色气体 NO₂。(板演化学方程式: $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{光照}} 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$)根据上述 NO 与 O₂ 反应的讨论,使用冷水可降低水冷却器左端通出的 NO 温度,便于其在氧化塔中被氧气氧化。此外,HNO₃ 受热易分解,水温高时 HNO₃ 不稳定。

[情境问题 3]巡查组发现吸收塔出料管接口破损,流出的溶液略呈蓝色,后来浓缩塔出料管接口也发生破损,流出的溶液略呈绿色。经检查发现,吸收塔出料管接口材料含金属 Cu。请小组合作完成稀硝酸、浓硝酸分别与 Cu 反应的实验,你能观察到哪些实验现象?写出反应的化学方程式并分析其中的化学反应原理。

[实验操作]课前准备好实验用品:铜丝、浓硝酸、稀硝酸、电子天平、试管、橡胶塞、铁架台、10 mL

移液管、洗耳球、滤纸等。分别取 10 mL 浓硝酸、稀硝酸于两支试管中,插入等质量铜丝。实验在通风橱中进行,实验过程做好防护措施,注意实验安全。小组合作完成实验,与上述事故所描述的现象相似。

[质检组]Cu 与稀硝酸反应产生 NO,逸出到液面上方与氧气接触被氧化为 NO₂,溶液显蓝色;Cu 与浓硝酸反应直接产生 NO₂ 气体,溶液显绿色;Cu 与浓硝酸反应速率比稀硝酸快,Cu 消耗较快,浓硝酸液面上方的气体颜色比稀硝酸深。[板演化学方程式: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$]从吸收塔出料管流出的溶液为稀硝酸,从浓缩塔出料管流出的溶液为浓硝酸,分别发生上述反应,产生的硝酸铜溶液呈蓝色,而实际 Cu 与浓硝酸反应产生的颜色呈绿色,其原因还不太清楚。

[原理组 1]查阅资料发现,Cu 与稀硝酸反应,产生的 Cu²⁺ 会结合水分子生成蓝色配合物,而 Cu 与浓硝酸反应除了生成蓝色配合物,还有 Cu²⁺ 与 NO₂ 或 NO₂⁻ 结合形成的黄色配合物,两者混合使溶液显绿色。^[11]

[建议]对于此部分,学生需要学完配合物知识才能有进一步理解,教师需要引导学生对实验中出现的“异常”现象进行解释。在解释过程中,教师可以补充通俗易懂的方法,如引入生活情境“画画时两种不同颜色混合会变成另一种颜色”。

[设计组质疑]Cu 与稀硝酸反应液面上方是浅红棕色气体,为什么不是直接生成 NO₂? 如何证明该气体是由 NO 转化而来?

[教师]浅红棕色气体也可能是 Cu 与稀硝酸反应缓慢释放的 NO₂,如何排除这种可能性?

[各组讨论]设计组提出利用 NO 水溶性差的性质,可以用排液法收集气体,然后再被空气氧化,观察气体颜色。

[教师]能否设计出一种简易装置进行实验证明?(教师提供实验用品:水槽、集气瓶、玻璃片、玻璃导管、分液漏斗、圆底烧瓶、U 形管、J 形管、铜丝、铜片、稀硝酸、氢氧化钠溶液)

[各组讨论]最终推选如图 2 所示的装置检验 NO。检查完装置气密性后,通过分液漏斗向 U 形管中加入稀硝酸,浸没铜丝,当 U 形管右侧发生反应时,生成的气体会将液体压入左侧,当液面离开铜丝反应逐渐停止,观察生成的气体颜色,打开分液漏斗下端旋塞,观察漏斗中气体颜色,最后向分液漏斗中加入氢氧化钠溶液吸收气体。

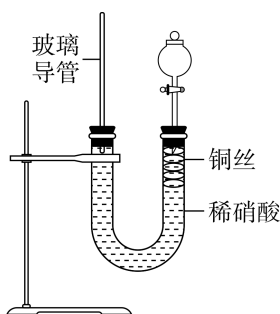


图 2 检验 NO 的实验装置示意图

[教师]该装置具有什么优点？操作过程有哪些注意事项？为什么不直接使用 J 形管和分液漏斗组合？

[环保组]用铜丝代替铜片可以提高化学反应速率，装置简单易操作，可以直观地观察反应前后气体颜色变化，产生的气体进入分液漏斗不会污染空气。使用过程中需要保证装置气密性良好，检验 NO 不能将分液漏斗上端活塞打开，否则气体会逸出污染空气。直接用 J 形管较简单，但其内径较大，硝酸挥发量多，玻璃导管细而长，易于硝酸蒸气冷凝，可以极大程度上减少硝酸挥发。

[教师]上述实验中，浓硝酸、稀硝酸均作氧化剂，体现出氧化性，那么两者氧化性哪个更强？如何比较？

[巡查组]由于浓硝酸、稀硝酸分别被 Cu 还原为 NO_2 与 NO ，NO 中氮的化合价更低，因此稀硝酸的氧化性强于浓硝酸。

[质检组质疑]氧化剂的氧化性和所得电子数是否有关？

[采购组]氧化剂的氧化性和所得电子数没有必然联系，氧化性体现的是得电子能力。查阅资料发现，浓硝酸氧化性远强于稀硝酸，这也可以用来解释浓硝酸与 Cu 反应产生的是 NO_2 ，因为即使生成 NO 也会继续被浓硝酸氧化为 NO_2 。^[12]

[教师补充]具体可以从 HNO_3 分子的稳定性角度解释，浓硝酸中主要存在 HNO_3 分子，稀硝酸中主要存在 NO_3^- ， NO_3^- 为平面对称结构，结构更稳定，选修化学的同学后续会进一步学习。

[建议]用结构去解释氧化性差异时，教师可以利用数学中的对称图形，将分子结构图形化，便于学生理解。另外，教师还可以针对学生层次，从电极电势角度解释，便于因材施教。

[情境问题 4]浓硝酸贮槽是铝制容器，请分析原因。一段时间后，巡查组发现冷却器发生故障且浓硝酸贮槽壳体变薄，这两者之间是否有关系？

[采购组]常温下浓硝酸可以使铁、铝钝化，使铁、铝表面形成致密氧化膜，阻止酸与铁、铝继续反应，因此常温下可以用铝制容器储存浓硝酸。冷却器发生故障后，热的浓硝酸将会与铝反应而消耗铝。

[教师]浓硝酸与铁、铝反应的现象与温度有关。我们之前学过常温下还有一种酸也可以使铁、铝钝化，它是什么酸？

[原理组 2]浓硫酸。

[教师]之前已经做过常温下铝与浓硫酸钝化实验，课后大家也可以做铝与浓硝酸钝化实验。

[小结]通过对上述四个情境问题及扩展问题的探讨，结合实验操作，学生总结出 HNO_3 的物理性质和化学性质。

3. 应用 设备材料的选择

[情境问题 1]结合反应条件思考：工业生产 HNO_3 过程对接触氧化器、水冷却器、吸收塔和浓缩塔分别有什么要求？

[采购组]由于接触氧化器、水冷却器和吸收塔中的反应均需加压且反应放热，因此需要耐高压、耐高温的材料。查阅资料发现，为了制得浓硝酸，往往需向稀硝酸中加入浓 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 或浓硫酸吸水^[13]，然后流入浓缩塔中进行蒸馏，因此制造浓缩塔的材料要耐腐蚀，且要耐更高的温度和压力。

[情境问题 2]在讨论对吸收塔、浓缩塔出料管接口进行更换时，环保组提议使用价格便宜的生铁，随即被两个原理组否决，请结合化学方程式解释原因。

[原理组 1]生铁中含铁和碳，从吸收塔流出的稀硝酸会与铁反应，从浓缩塔流出的热的浓硝酸不会使铁钝化，反而与铁剧烈反应，同样与碳也反应。[板演化学方程式： $\text{C} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 4\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$]

[教师]出料管接口需要一定的强度和耐腐蚀性，金属材料满足强度但不耐腐蚀，若选择耐腐蚀的非金属材料又不能满足强度要求，所以环保组想到将两者结合，但是没有考虑到碳会与热的浓硝酸反应。那应该怎样选取材料？

[环保组]可以考虑使用内外两层材料，外层使用金属材料，内层使用耐腐蚀材料，这样两个要求都能得到满足。

[设计组]查阅资料发现，实际工业生产时，出料管线用高硅奥氏体不锈钢内衬聚四氟乙烯管^[14]，满足了生产要求，其中聚四氟乙烯是耐酸的有机高分子材料。

[建议]聚四氟乙烯会在后续学习的有机化合物中提到,此处教师先简单介绍一下聚四氟乙烯材料,可以用家庭使用的不粘锅为素材进行讲解,以提高学生的学习兴趣。

[小结]该部分将 HNO_3 的性质应用到生产材料的选用中,培养了学生解决真实问题的能力,碳和浓硝酸反应可以补充到 HNO_3 的氧化性中。

4. 评价 生产工艺优缺点

[情境问题]余热锅炉的作用是什么?除了图中标注的 NO 可以循环,还有哪些物质可以循环使用?观察混合器、水冷却器、氧化塔、吸收塔中的流体流动方向,分析这种操作的好处。

[环保组]余热锅炉可以将氨氧化产生的热量回收利用。相关文献表明,余热锅炉除供驱动蒸汽轮机机组用汽外,每生产 1 t HNO_3 ,可向外输出 0.301 t 的动力蒸汽。^[15]装置中除了 NO ,还有水可以循环使用。经过几次循环, NO 含量达到国家排放标准。混合器、水冷却器、氧化塔、吸收塔中流体均逆向流动,有利于物质充分接触并促进能量高效转换,提高生产效率,节省生产成本。

[教师]生产工艺往往不是完美无缺的,这种生产 HNO_3 的工艺有什么缺点?

[环保组]生产过程仍然会有 NO 气体排放,可以将废气通入碱液中,以获得副产品。

[采购组]上述讨论工艺流程中用稀硝酸制浓硝酸时,采用浓 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 进行吸水。查阅资料发现,稀 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 溶液流到浓缩塔浓缩后,需要进行加热脱硝,但是如果稀 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 含硝较高,将无法完全脱除,从而产生含硝废水。^[16]

[教师]工业生产既要考虑经济效益,又要考虑环保效益。对于稀硝酸制浓硝酸这部分工艺的改进,有兴趣的同学课后可以继续探究。

[小结]双加压法制 HNO_3 生产工艺具有创新性,可以实现能量与物质的循环使用,加深了学生对绿色化学思想的认识,但是工艺还有需要改进的地方。

六、教学效果与反思

本课例将单元教学进阶与教学主线充分融合,完成了“硝酸”教学。课后,学生反应积极,对本次课的教学方式比较满意,收获较大。用化学反应原理去解决化学工业中的实际问题,是学生从理论学习迈向实践应用的重要一步。本单元教学的探究与设计对其他章节的化学教学有以下四点启发。

(1)抓住教学核心,推进学生思考。

课堂使用单元进阶,在完成教学任务的同时,可以培养学生的进阶思维。本节课设置了 10 个工业制 HNO_3 的情境问题,从原料、设备、反应、能量变化等角度按照生产顺序进行提问,符合学生的思维连贯性。将这些情境问题分配到感知、探究、应用和评价的进阶过程,并结合课堂主线,使得课堂教学具有条理性,有利于学生学习能力的稳步提高。

(2)运用真实情境,让学生身临其境。

本节课以工业制 HNO_3 为情境,为学生提供了真实的生产装置示意图,让学生从工程视角解决所提出的情境问题。首先,学生观察并熟悉装置示意图,运用化学反应原理去解释各个仪器的作用。其次,学生“步入工厂”遇到管道接口泄漏、仪器故障等各种状况,认真分析原因,通过实验验证,并提出解决方法,从而学习并掌握了 HNO_3 的物理和化学性质。再次,通过对工业制 HNO_3 设备材料的选用,学生将所学知识应用到实践中。最后,通过对生产工艺进行评价,学生最终成为工业生产的“管理者”,获得了成就感。

(3)巧用教学方法,营造活力课堂。

本次教学摒弃了教师和学生一问一答的传统教学方法,而是采用角色扮演,真正做到把课堂还给学生。通过小组讨论,培养学生的合作与竞争能力;通过实验操作和设计,学生探究 Cu 与浓硝酸、稀硝酸反应的微观过程,提高动手能力;通过查阅资料,学生自主获得扩展知识,对工业制 HNO_3 工艺的认识更加深刻;通过板演,学生将所学的化学方程式完整呈现出来,锻炼了表达能力。

(4)制作评价量表,完善“教、学、评”一体化。

与项目式学习类似,本节课将学习内容拆分成四项子内容,对应感知、探究、应用、评价四个阶段。在教学最后,教师对各个小组课堂任务完成情况进行评价。笔者设计了小组表现评价量表(见表 2),对学生课堂表现进行评价,以分析教学效果。学生按小组进行评价,评价总分为 10 分,评价结果如表 3 所示。由表 3 可见,所有小组总分均较高,且分差较小,表明绝大部分学生都能积极参与课堂,并掌握本节课的知识。其中,巡查组和质检组得分相对较低,主要失分在评价部分。特别是质检组,在组间互评中有失分,说明在课堂教学后期学生会出现松懈情况,需要教师调整教学方式,让学生始终保持较好的学习状态。

表 2 小组表现评价量表

评价项目 及总分	评价标准
感知	有思考推理、查找资料过程得 1 分,否则得 0 分
探究	思考推理深入,有查找资料过程,实验设计合理、实验操作正确、现象明显,化学方程式书写正确得 3 分
	有思考推理、查找资料过程,实验设计合理、实验操作基本正确、有实验现象,化学方程式书写基本正确得 2 分
	思考推理不深入、查找资料不认真,实验设计基本合理、实验操作基本正确、现象不明显,化学方程式书写部分错误得 1 分
	无思考推理、查找资料过程,实验设计不合理、实验操作不正确、无实验现象,化学方程式书写错误得 0 分
应用	思考推理深入,有查找资料过程,化学方程式书写正确得 3 分
	有思考推理、查找资料过程,化学方程式书写基本正确得 2 分
	思考推理不深入,查找资料不认真,化学方程式书写基本正确得 1 分
	无思考推理、查找资料过程,化学方程式书写错误得 0 分
评价	思考推理深入,有查找资料过程得 2 分
	思考推理较深入,有查找资料过程得 1 分
	无思考推理、查找资料过程得 0 分
组间互评	给其他组提出合理意见得 1 分,否则得 0 分
总分	感知、探究、应用、评价及组间互评各部分得分之和

表 3 小组评价结果

评价项目 及总分	评价结果							
	原理组 1	原理组 2	设计组	操作组	巡查组	质检组	采购组	环保组
感知	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分
探究	3 分	2 分	3 分	3 分	3 分	2 分	3 分	3 分
应用	3 分	3 分	3 分	2 分	2 分	3 分	3 分	3 分
评价	2 分	2 分	2 分	2 分	1 分	1 分	2 分	2 分
组间互评	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	0 分	1 分	1 分
总分	10 分	9 分	10 分	9 分	8 分	7 分	10 分	10 分

在教学过程中,还有需要进一步改进的地方,如以工业生产为情境素材通常难度较大,学生对各种装置图比较陌生。课上教师并未介绍各装置的内部构造,如热交换器和吸收塔,有些学生认为这些装置就是简单的“壳体”,因而对工业制 HNO_3 具体操作并不理解。建议教师今后在用工业生产为情境素材进行教学时,在学生掌握化学反应原理的基础上,对各反应装置的构造进行分析,以便学生进一步理解所学知识。

参考文献

[1]王祖浩.普通高中教科书 化学 必修 第二册[M].南京:江苏凤凰教育出版社,2024.
 [2]张静,张文华.指向“变化观念”的元素化合物教学——以“硝酸”为例[J].化学教学,2023(2):49-54.
 [3]寿开.基于“猜想—实验—论证”的硝酸教学[J].中学化学教学参考,2022(7):21-24.

[4]王换荣,陈进前.基于“科工整合”的“速率和平衡”大单元复习教学——以“催化加氢让二氧化碳‘变废为宝’”为例[J].化学教学,2024(1):52-57,64.
 [5]教育部考试中心.中国高考评价体系说明[M].北京:人民教育出版社,2019.
 [6][7]梁红艳,吴星.基于大概念的化学单元整体教学的实践探索[J].化学教学,2023(12):24-29.
 [8]梁弘文,武衍杰,黄丹青.从情境素材到设计基于真实情境的化学教学——以“工业制硝酸”情境为例[J].化学教学,2019(9):56-60.
 [9][15]王全文.硝酸工业的概况及发展趋势[J].大氮肥,2005(6):361-364.
 [10][11][12]王祖浩.高中化学 教学参考书 必修 第二册[M].南京:江苏凤凰教育出版社,2024.
 [13]张红俊.培养学生化学核心素养的高三教学实践——以“硝酸的工业制法”复习课为例[J].中学化学教学参考,2017(15):40-42.
 [14][16]杜春晓,孙志高,黄林林.浓硝酸装置生产过程中材料的选用及防腐措施[J].石油和化工设备,2013(8):61-64.