综合化学实验模块化教学的尝试 ——以钛铁矿的综合利用为例

周祖新¹, 韩生¹, 常光萍², 周义锋¹, 黄莎华¹

¹ 上海应用技术大学化学与环境工程学院, 上海 200233

² 上海市医药学校, 上海 200135

摘要: 将综合实验“钛铁矿的综合利用”划分成若干个模块, 并留有扩展的空间, 可根据专业不同、教学层次不同和实验时间长短的不同自由选择其中的模块, 达到各自特色的教学目的。

关键词: 综合化学实验; 教学; 钛铁矿

中图分类号: G64; O6-33

Teaching Exploration of Modularization in Comprehensive Chemistry Laboratory: Taking Comprehensive Utilization of Ilmenite as an Example

Zuxin Zhou¹, Sheng Han¹, Guangping Chang², Yifeng Zhou¹, Shahua Huang¹

¹ School of Engineering of Chemical and Environment, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200233, P. R. China.

² Shanghai Pharmaceutical School, Shanghai 200135, P. R. China.

Abstract: The “comprehensive utilization of ilmenite” experiment in the comprehensive chemistry laboratory is divided into several modules and thus more experimental contents can be extended. The modules can be freely selected according to different specialties, different teaching levels and different lab time, so as to serve the teaching purposes.

Key Words: Comprehensive chemistry laboratory; Teaching; Ilmenite

对于主要培养生产一线工程师的应用技术型高校, 综合实践能力的培养是教学的重要目标。综合实验在培养学生知识、素质和能力三者融合发展上有重要作用^[1,2]。综合化学实验由于实验时间较长, 涉及的教研室和实验室较多, 实验室准备工作繁杂, 一经确定, 十几年甚至几十年基本不改, 造成了综合化学实验多年一面、多专业一面的现象^[3]。如我校二十多年来所做的综合实验一直是烂板液的综合利用, 这对培养多学历层次、多专业学生的实验能力有很大的弊病。我们尝试了将综合实验“钛铁矿的综合利用”分成十几个模块^[4], 根据不同专业、不同层次, 甚至顾及到学生的个性化发展, 让学生选择部分模块, 达到实用、有特色的教学目的^[5,6]。

1 综合化学实验模块化建设的原则

我校是以培养一线能动手操作的工程师为目标的应用技术类本科高校, 除传授学生理论知识

外, 对与学生以后职业有关的实验技术能力的培养尤其重视。

与其他高校的模块化实验相比, 我校与化工相关的专业和学历层次多, 本科有化学工程与工艺、分析技术、环境保护、表面精饰、制药工程、材料工程、食品工程等等, 中本贯通专业有化学工程与工艺、制药工程、食品化工, 还有属大专层次的高等职业学院和继续教育学院。由于培养目标的不同, 实验的内容也应有所区别。

1.1 注意实验内容的系统性

根据培养目标, 在设计时注意实验内容的完整性和系统性^[7]。由一系列模块组成的每一组实验, 都应包含物质制备、提纯、分析的实验内容, 还应包含搅拌溶解、加热、氧化-还原、配位、过滤、化学分析或仪器分析的基本操作。钛铁矿综合利用的实验, 包括由钛铁矿石制备钛白粉, 铁矿石含铁量的分析, 还有大量以该矿石为基本原料的含铁化合物的制备、性质与分析, 如硫酸亚铁、硫酸亚铁铵、乳酸亚铁、氯化亚铁、氯化铁、氢氧化铁胶体、颜料铁黄、饲料添加剂甘氨酸亚铁、三草酸合铁酸钾、硫酸聚铁净水剂等。把实验分为制备及提纯类、性质类和分析类, 根据实验课时数(分别有一周、二周和三周的)和专业特点, 从每一类中抽取几个实验模块, 组成一个相对完整、独立的综合实验。另外, 由于各实验难度相差较大, 各实验项目模块根据难度和实验所耗时间都确定了权重, 学生选实验要达到规定总分。

1.2 注意实验内容与专业的联系

由于是应用技术类院校, 职业教育占较大的比重, 因此须以职业为导向, 注重学生所学知识 with 职业岗位需求的结合。对于化学工程与工艺类学生, 钛铁矿石的加热酸解必须做, 制备实验比例至少占一半; 对于环保类学生, 制备实验比例不高, 但分析和三废处理实验要占三分之二; 对于制药和食品类专业, 医药级硫酸亚铁的制备、乳酸亚铁的制备、甘氨酸亚铁的制备和分析中必须至少选二个实验。

1.3 注意实验内容与教学层次的联系

开设综合化学实验的班级有些是化工学院的, 有些是材料学院和香精香料学院的, 还有的是高职院校的。不同的学院由于教学要求不同, 从一系列模块中选择实验的难度也应有所区别。化工学院的学生多选择操作较有难度的实验, 如钛铁矿石的酸解、钛铁矿石含铁量的分析、铁黄颜料的制备, 三草酸合铁(III)酸钾的制备与分析; 材料学院和香精香料学院的学生可以不做钛铁矿石酸解, 由实验员预先酸解, 学生只要以浸取后的硫酸亚铁溶液为主要原料, 再进行后面的一系列制备和分析; 高职院校的学生则做硫酸亚铁铵、氯化亚铁、氯化铁、氢氧化铁胶体的制备和性质等实验。

1.4 注意实验内容与学生个性化发展的联系

即使是相同专业的学生, 由于其化学知识基础不同, 对化学感兴趣的程度不同, 我们也让其选择不同的模块。对化学知识基础较好、对化学兴趣较高的学生, 我们引导其选有一定难度的实验模块, 如三草酸合铁(III)酸钾的制备、分析与表征, 在酸碱度不同时分别制铁黄、铁黑等颜料。对于化学知识基础薄弱、对化学缺乏兴趣的学生, 我们引导其选择实验操作难度不大、实验现象或结果较有趣的实验, 使其增加对化学的兴趣, 如选择在硫酸亚铁溶液中加入硫氰酸铵来测其所制备的硫酸亚铁的纯度; 通过加氧化剂使原 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 然后与硫氰酸根配位成血红色硫氰酸根合铁离子, 再加氟化铵溶液又变成无色; 还有学生选择用钛白粉做涂改液, 用硫酸亚铁做净水剂硫酸聚铁等生活中能用到的实验。

2 综合化学实验模块化的实施

为了保证模块化综合化学实验的有效、有序实施, 在实验的准备、运行和总结各个环节都有较繁杂的工作, 一步不慎会导致后面的实验实施困难重重。

2.1 绪论课及学生实验项目的选择

在综合实验开始前三周, 参加综合实验的班级统一上绪论课。课上讲解本次实验的意义, 公布实验所有模块、选项目模块要求、大致评分标准等。由于本次综合实验带有培养学生科研能力的性质, 绪论课上教师还重点讲述查阅资料的方法, 教研室每天安排一位教师解答学生查阅资料中的问

题。学生们根据要求及自己的兴趣,在充分查阅资料的基础上,在实验开始前一周在网上选择自己的实验项目,表1列出了二位学生选择的实验模块。其中铁氧体的制备、涂改液的制备在原实验模块中并未列入,是学生在查找资料时发现感兴趣的问题,在与教师商量经充实完善后再补入的。

表1 部分学生选取的实验模块

实验对象	制备类(权重)	分析类(权重)	三废处理类(权重)
学生 A (化工专业, 实验时间两周)	1. 钛铁矿石酸解制钛白粉(3) 2. 铁黄颜料的制备(3) 3. 三草酸合铁(III)酸钾的制备(4) 4. 硫酸亚铁铵的制备(2) 5. 硫酸亚铁处理含铬废水制备铁氧体(6)	1. 钛铁矿石含铁量的分析(无汞法) (4) 2. 三草酸合铁(III)酸钾的分析(4) 3. 硫酸亚铁铵中 Fe^{3+} 的检验(1) 4. 含铬废水处理前后 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 浓度测定 (分别用滴定法和分光光度法) (6)	1. 制钛白粉洗液的处理(2) 2. 铁黄颜料的制备时废水处理(2)
学生 B (化工高职, 实验时间一周)	1. 铁黄颜料和铁红颜料的制备(5) 2. 硫酸亚铁的制备(2) 3. 聚合硫酸铁净水剂的制备(5) 4. 甘氨酸亚铁的制备(3) 5. 涂改液的制备(4)	1. 硫酸亚铁中 Fe^{3+} 的检验(2) 2. 甘氨酸亚铁中氨基酸含量的测定 (包括配位甘氨酸和总甘氨酸) (5)	1. 甘氨酸亚铁残液的处理(2)

实验项目的括号中数字为该实验的权重,即最简单模块实验(权重为1)分数的倍数

2.2 综合化学实验的准备

由于实验模块多,实验准备室空间有限,不可能同时准备太多的实验。实验前一周,学生们在充分查找资料并考虑成熟后选择模块,并以书面形式交给教师,然后教师和实验员统计分类,根据所选的模块和先后时间节点有序地进行准备。由于有些试剂要统一配制,对学生实验的模块时间次序适当调整并告之学生。有些学生并未选取制备铁原料的钛铁矿石酸解这一模块,实验员要根据学生实验的用量自己酸解钛铁矿石以供学生后续实验使用。

2.3 综合化学实验的运行

(1) 实验室的重新调整。

由于实验按所选模块运行,原同一班级学生所选模块不尽相同,所需公共试剂、分析仪器也不同,所以实验前按所选模块大体分为四组,在四个实验室交错进行,第一个实验室中每个实验桌都装有通风橱且有电加热设备,主要做钛铁矿的酸解实验;第二、第三实验室做其他的合成和提纯实验;第四实验室备有多种分析设备,主要做分析实验。即使在同一组,第一个实验相同,第二、第三个实验不一定相同,这就又要调整实验室,所以给每个学生发放一个简便实验箱,做完第一个实验后,实验所得产品放进简便实验箱(常作为后一实验的原料),简单仪器清洗整理后也放入简便实验箱内,未处理的废水再装入大细口瓶中一并带走,等待后续处理。根据我们在综合实验微信群中的提示,再到第二个实验室,第二个实验结束后,再依综合实验微信群中的提示到新实验室。

(2) 学生实验操作的运行。

根据所选模块及微信群提示,进入指定实验室。跟平时实验一样,教师在检查完预习实验报告后讲解本次实验任务及操作要点。学生在听完讲解后开始做实验。与平时实验不同的是,由于参与每个实验的学生都在换,学生之间相互交流不比以往方便,如下一步怎么做,这步产率大概是多少,杂质含量大概是多少等,这就增加了对学生独立操作能力的培养,只要操作步骤严谨正确,就应相信自己的数据。

(3) 实验教师的指导。

由于学生的分组、调实验室经常进行,实验指导教师不可能紧跟固定的学生。我们采取指导教师的实验室固定、指导的实验项目固定的方法,每个教师负责3-4个固定实验。这样,指导教师负担有所减轻,指导标准一致。如指定一个教师专门负责仪器分析,指导仪器应用,调节、维护仪器

正常运行就相对方便。

2.4 综合化学实验模块化的考核

由于实验室、指导教师经常在换,我们的考核也按模块化要求进行。每一个学生都有一张印有其所选模块的实验记录纸,纸上有操作情况、实验结果等项目的空格,根据学生的操作、所得实验结果,经指导教师核实后在该纸上签字,指导教师在另一印有本次实验学生名单的纸上记录实验结果,并记上实验操作的情况(主要是操作要点是否有错误,操作是否规范),根据预先的评分标准迅速评出其单元操作的分数。由于每个模块有专门教师负责,标准一致,给分也公平合理。最后,根据学生的实验记录、各模块指导教师的记分综合,再分别乘上每个实验的权重分,得出每位学生的综合实验操作部分的成绩。

3 综合化学实验的总结

由于模块化综合化学实验刚开始,我们发现其中有很多亮点,有些是我们事先未想到的,但也有很多有待改进的地方。

3.1 对学生的实验积极性有所益处

网上公布了所有实验后,许多学生到图书馆查找资料,认真研究每一个实验,从中选取他最想做的实验。由于要重新分组、分实验室,有些平时爱“参考”周边同学实验的学生感到有压力,也积极准备实验。由于模块中有许多平时生活中遇到的物质,如颜料铁黄、食品添加剂乳酸亚铁、缺铁性营养剂硫酸亚铁、净水剂硫酸聚铁、涂改液等,学生们选择热情颇高,操作也格外认真,尤其是高职的学生。如选做涂改液的学生,做完后与商品比较,除自己使用外还与同学分享。

在综合实验结束后的交流会上,很多学生谈到了综合能力的提高。如许多实验教科书上没有详细操作步骤,要通过查找资料自己设计实验方案;周围没有熟悉的同学,对实验过程中的问题大多自己设法解决;实验步步相扣,前一步实验的产品是后一步实验的原料,一步操作不慎可能前功尽弃,逼使自己每步操作认真规范。

3.2 对实验员和指导教师的要求加强

由于实验项目多,要求准备的试剂也多。实验内容环环相扣,时间很紧,实验员每天晚上必须加班准备。由于每位教师每次带同一模块学生后,下一次是另一批学生,每个实验模块间相对独立。指导教师在每个模块后都要给学生打分,对制备或纯度分析还要以所得产品数据作为打分的依据,因此指导教师必须不断地巡视,根据操作情况打分。

3.3 存在的问题

由于该综合实验刚开设不久,实验准备工作繁杂,有时不免有所疏漏,如钛铁矿石酸解的量不够,影响后续学生实验;每个实验的权重分太粗,不尽合理;有些实验所选学生多,实验室不够或所准备仪器、试剂不够,不得不让学生改选模块。学生经常换实验室也造成了一定的次序混乱。对于这些问题,我们正在考虑对策,如根据大多数学生做实验时的困难程度,修正实验权重;增加仪器,增大实验准备室,部分实验指导教师空余时也参与实验准备工作,争取下一届实验时能有大的改进。

参 考 文 献

- [1] 朱振中, 刘俊康. 中国科教创新导刊, 2008, 1 (5), 135.
- [2] 李羽让, 梅景春, 彭金华, 华万森, 李书霞. 实验室研究与探索, 2005, No. 9, 67.
- [3] 张树永, 张剑荣, 陈六平. 大学化学, 2009, 24 (9), 24.
- [4] 周祖新, 高永红. 化学实验. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [5] 陶贵德, 王昭昀. 巢湖学院学报, 2011, 13 (6), 160.
- [6] 孙虹. 高教学刊, 2016, No. 14, 84.
- [7] 曾平莉, 王东. 化学教育, 2016, 37 (18), 52.