

## 乙醇的催化氧化一体化实验再探究

李庆华

黄山市黄山第一中学 安徽黄山

**【摘要】**自制 K 型玻璃管，借助铜丝缠绕的电加热棒和希夫试剂对乙醇催化氧化实验进行改进。在 K 型玻璃管中，利用沾有希夫试剂的棉签检验反应生成的乙醛，比单纯闻气味的方法更科学、环保，运用电加热棒反复多次加热铜丝、喷雾瓶雾化乙醇、洗耳球鼓入空气增加乙醛产量。改进后的实验操作简单、现象明显，具有普适性。

**【关键词】**乙醇催化氧化；自制 K 型玻璃管；电加热棒；希夫试剂

**【收稿日期】**2024 年 8 月 29 日 **【出刊日期】**2024 年 10 月 23 日 **【DOI】**10.12208/j.jrpe.20240010

### Reresearch on the integration experiment of catalytic oxidation of ethanol

Qinghua Li

Huangshan No. 1 Middle School, Huangshan, Anhui

**【Abstract】**The experiment of catalytic oxidation of ethanol was improved with the help of electric heating rod wrapped with copper wire and Schiff reagent. In the K-type glass tube, the acetaldehyde generated by the reaction is tested by a cotton swab with Schiff's reagent, which is more scientific and environmentally friendly than simply smelling the smell. The copper wire is heated repeatedly by an electric heating rod, the ethanol is atomized by a spray bottle, and the ear ball is pumped into the air to increase the acetaldehyde production. The improved experiment has the advantages of simple operation, obvious phenomenon and universality.

**【Keywords】**Ethanol catalytic oxidation; Homemade K-type glass tube; Electric heating rod; Schiff reagent

#### 1 问题的提出

普通高中化学课程标准明确要求，“乙醇的主要性质”是必修课程学生必做实验。“乙醇的催化氧化实验”是普通高中教科书中经典的化学实验，人教版、鲁科版和苏教版等教科书均有涉及。教材中实验利用铜丝在酒精灯上灼烧后插入乙醇，反复操作后，观察铜丝的颜色变化，并通过闻气味来判断生成了乙醛。操作相对繁琐，乙醇的利用率不高，检验乙醛的方法也不严谨。且产生的乙醛是有毒气体，敞口操作，也不符合绿色化学理念。

#### 2 实验用品

实验仪器：K 型玻璃管（图 1），电加热棒（图 2），喷雾瓶（图 3），洗耳球，乳胶塞，脱脂棉，铁架台，玻璃导管。

实验药品：铜丝，无水乙醇，希夫试剂。

#### 3 对已有实验的评述与分析

结合实际进行分析，通过查阅知网、万方等文献数据库，在素质教育背景下众多教师结合自身理解与新课标的要求，尝试对该实验进行改进、优化。总的来讲，教师的改进思路主要体现在以下几点：



图 1 K 型玻璃管实物图



图 2 电加热棒



图 3 喷雾瓶

### 3.1 提高氧气浓度

通过分析教材可知,该实验中的氧气主要来源于空气,基于此,有教师尝试改变供养方式,直接为乙醇氧化提供氧气,在实验中增加了双氧水分解制氧气的气体发生装置。借助这一改变,使得实验现象更为明显,这便于学生观察与分析,也能够确保实验可以反复进行。不过因为增加了其他的设备,在一定程度上增加了实验难度,这不利于学生自主探究、观察与操作。

### 3.2 优化产物检验

有教师尝试设计用无水硫酸铜和新制氢氧化铜悬浊液,检验氧化产物以及乙醛,从而达到实验目的。首先,制备氢氧化铜的悬浊液,这是一种常见的化学试剂,用于检测醛类化合物。将待测物质与氢氧化铜悬浊液混合时,如果悬浊液中出现了砖红色的沉淀,这通常意味着反应生成了醛类物质。这是因为醛类化合物能够与氢氧化铜反应,形成具有特征颜色的沉淀。其次,使用无水硫酸铜粉末作为另一个检测手段。无水硫酸铜是一种吸湿性很强的化合物,它在干燥状态下呈现白色粉末状。当它与水蒸气接触时,会吸收水分并转变为蓝色的晶体水合物。因此,在实验中,如果无水硫酸铜粉末由原来的白色变为蓝色,这表明反应过程中产生了水蒸气。这种颜色变化可以作为氧化反应发生的一个间接证据,因为醛类化合物在氧化过程中会产生水。然而,需要注意的是,尽管这两种方法都可以用来检测醛类物质的存在,但它们并不是绝对的。特别是在使用氢氧化铜悬浊液时,虽然砖红色沉淀的出现强烈暗示了醛类物质的存在,但这种现象并不是唯一的。因为氢氧化铜悬浊液本身在某些条件下也可能产生类似的沉淀,所以这一现象并不能完全排除其他可能性。同样地,无水硫酸铜粉末变色虽然可以指示水蒸气的存在,但这种变色同样可能由其他来源的水分引起。例如,氢氧化铜悬浊液本身就含有微量的水分,这些水分在实验过程中释放出来,也可能导致无水硫酸铜粉末变色。因此,尽管无水硫酸铜粉末变色是一个很好的指示氧化反应发生的标志,但它并不能单独作为乙醛生成的确凿证据。

### 3.3 简化实验方案

适当简化实验方案,能够减轻学生学习压力,并深化他们对知识和实验操作的理解。基于这一思想,

有老师尝试在一端封闭的硬质玻璃管中依次放入浸有无水乙醇的脱脂棉、铜片、没有希夫试剂的脱脂棉、浸有高锰酸钾稀溶液的脱脂棉。该实验方案整体上相对简单,在操作起来也较为方便,不过因实验装置体系并未完全封闭,使得氧化产物容易逸出,这也导致了希夫试剂的颜色变化不明显,且酸性高锰酸钾稀溶液棉团只有少许褪色,难以完全吸收尾气。

### 3.4 增强趣味性

有的教师选择直接在具有凹形表面的铜片上进行乙醇的催化氧化实验。在此过程中,他们首先将铜片加热至红热状态,直至其表面发黑,随后向该铜片表面滴加无水乙醇。随着乙醇的滴落与滚动,覆盖区域的铜片会再次呈现出红色,这一现象被生动地称为“滴醇生花”。

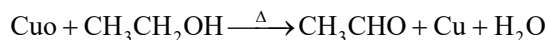
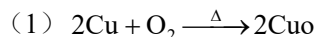
也有的教师会运用特定方法以展示化学反应,其中一种方式是使用含有无水乙醇的胶头滴管,在加热至灼热的黑色铜片表面上书写如“CuO”、“Cu”氧化等化学术语。此举使得铜片表面迅速显现出醒目的红色字迹,此实验设计旨在追求操作的简便性、观察的直接性、以及实验过程的趣味性,同时确保结果的高度可重复性,并带来强烈的视觉冲击力。然而,值得注意的是,在实验过程中生成的乙醛可能会释放至空气中,从而对环境造成一定程度的污染。

### 3.5 装置一体化

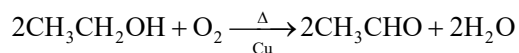
有的老师尝试组装了这一实验装置:乙醇蒸气发生装置、乙醇催化氧化装置、乙醛的吸收与检验装置以及尾气处理装置,共同构成了一个一体化的实验体系,充分体现了设计者在实验构思上的整体性与连贯性。然而,由于实验过程中所需氧气未能实现持续供给,这一技术瓶颈限制了集成化装置在多次演示中的有效应用,进而在一定程度上削弱了该实验装置的实践价值与复用性。

## 4 实验改进

### 4.1 实验原理



总反应:



反应机理:羟基氧电负性大,由于诱导效应使直接与之相连的碳上的氢电子云密度降低,同时羟基

氢也易脱去，在 Cu 或 CuO 催化下就易脱氢被氧化成醛或酮。

(2) 希夫试剂，由品红溶液与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液作用得到的希夫试剂，加精品红颜色不恢复。新配制的无色希夫试剂，遇到醛类物质，溶液显紫红色，很灵敏，可用于检验醛类物质。

#### 4.2 改进与创新

(1) 将螺旋状铜丝改进为：将细铜丝缠绕在粗铜丝上，再将粗铜丝缠绕在电加热棒上（图 4）。通过反复多次通电加热，增加乙醛产量，感受铜丝颜色的变化。

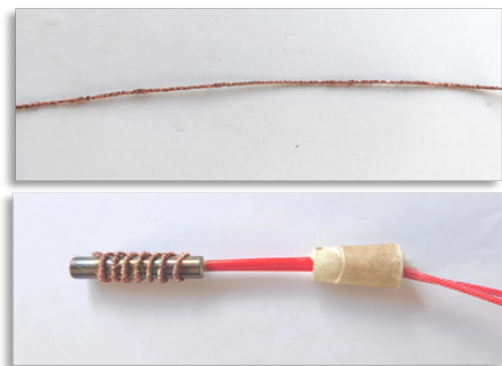


图 4 铜丝缠绕的电加热棒实物图

(2) 为解决嗅闻法检验乙醛缺乏信度的缺点，改用希夫试剂检验生成的乙醛。

(3) 使用喷雾法增大乙醇与铜丝反应的接触面积，减少乙醇的用量，节约药品，减少对环境的污染。

(4) 利用自制的 K 形玻璃管形成相对密闭的体系，对乙醇催化氧化实验进行一体化设计，既观察到了铜丝颜色的变化，又证明反应生成乙醛。

### 5 实验步骤

#### 5.1 实验准备

取一支干燥洁净的 K 型玻璃管固定在铁架台上，将准备好的铜丝缠绕在电加热棒上，插入 K 型玻璃管上端管口，K 型玻璃管支管一端连接喷雾瓶，另一端连接带胶塞的玻璃导管，装置如图 5 所示。

#### 5.2 乙醇催化氧化

电加热棒接通电源，加热半分钟。将一端蘸有希夫试剂的脱脂棉塞入 K 型玻璃管下端管口，断开电源。依次用喷雾瓶喷入乙醇，洗耳球鼓入空气，并观察铜丝的变化。实验操作反复几次，缠绕在电加热棒上铜丝的颜色变化由黑色（CuO）-红色（Cu）-黑色（CuO）依次循环出现，效果明显。且蘸有希夫试剂

的脱脂棉颜色由无色变到紫红色，如图 6 所示。

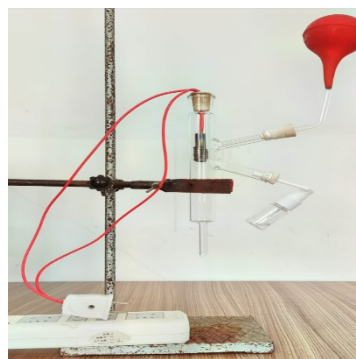


图 5 乙醇的催化氧化装置实物图

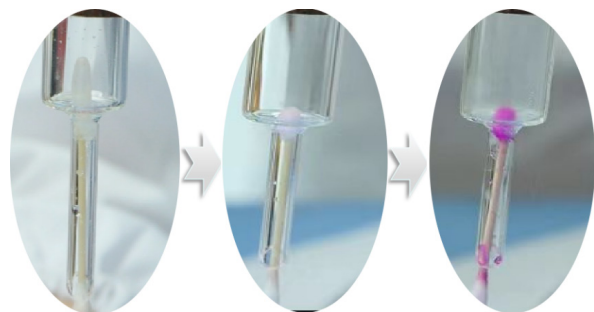


图 6 蘸有希夫试剂的脱脂棉颜色变化实物图

### 5.3 实验现象及结论

① 实验观察到铜丝颜色黑红交替变化，说明铜丝在乙醇氧化中的催化作用。停止加热后，反应现象依旧明显，证明该反应是放热反应。

② 浸泡无色希夫试剂的脱脂棉变成紫红色，证明乙醇催化氧化的产物是乙醛。

### 6 改进优点

6.1 自制的 K 型玻璃管仪器使装置一体化，不仅作为演示实验，也可作为学生实验完成。

6.2 装置简单，实验时间短；电加热棒加热方便、快速；喷雾瓶能控制乙醇用量；用希夫试剂检测使产物检测更加直观，现象明显、灵敏度更高。

6.3 开放体系转化为相对密闭体系，电加热棒通电、断电操作简单安全，可重复使用，乙醇的用量少，整个过程符合绿色化学理念。

### 7 实验评价

本实验是教材试管实验基础上进行创新。实验中黑色 CuO 和红色 Cu 之间反复呈现，棉签上的希夫试剂遇乙醛逐渐变成紫红色，棉签在洗耳球吹气过程中不停的跳动，实验过程中这些直观而有趣的实验现象，加深了学生对乙醇催化氧化反应机理的过程理解。设计的实验改进方案达到简约、趣味、直

观、环保的教学效果。

学生根据观察到的明显实验现象推出实验结论,提升证据推理能力,培养实践能力和创新精神,提高了科学素养。应用反应速率与限度、反应过程能量变化等学科理论知识解决实验过程遇到的问题,提升了科学探究能力。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部制定.普通高中化学课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018.
- [2] 王晶,郑长龙主编.普通高中教科书·化学第二册[M].北京:人民教育出版社,2019:78.
- [3] 夏建华,郭震主编.教师教学用书·化学选择性必修3[M].北京:人民教育出版社,2020:124.
- [4] 王国洪,王伟,唐炳康,等.乙醇催化氧化实验的微型化改进与评价[J].化学教育(中英文),2023,44(17):113-116.
- [5] 王强.乙醇催化氧化实验的再改进[J].中学化学教学参考,2023,(28):42-43.
- [6] 冯素厦,黄生芳,刘顺清.乙醇的催化氧化实验改进[J].中国现代教育装备,2023,(24):32-33.
- [7] 胡秀美.乙醇催化氧化反应一体化实验的设计[J].化学教学,2024,(01):65-67.
- [8] 王莉.乙醇的催化氧化实验改进[J].中学化学教学参考,2024,(03):61-62.
- [9] 王国洪,王伟,解慕宗.乙醇催化氧化实验的再改进[J].化学教学,2024,(04):71-72+76.
- [10] 王占强,齐芙蓉.基于绿色化学乙醇催化氧化一体化实验改进[J].中国现代教育装备,2024,(08):32-33.

**版权声明:** ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**