

## 金色未来

---

原文作者：

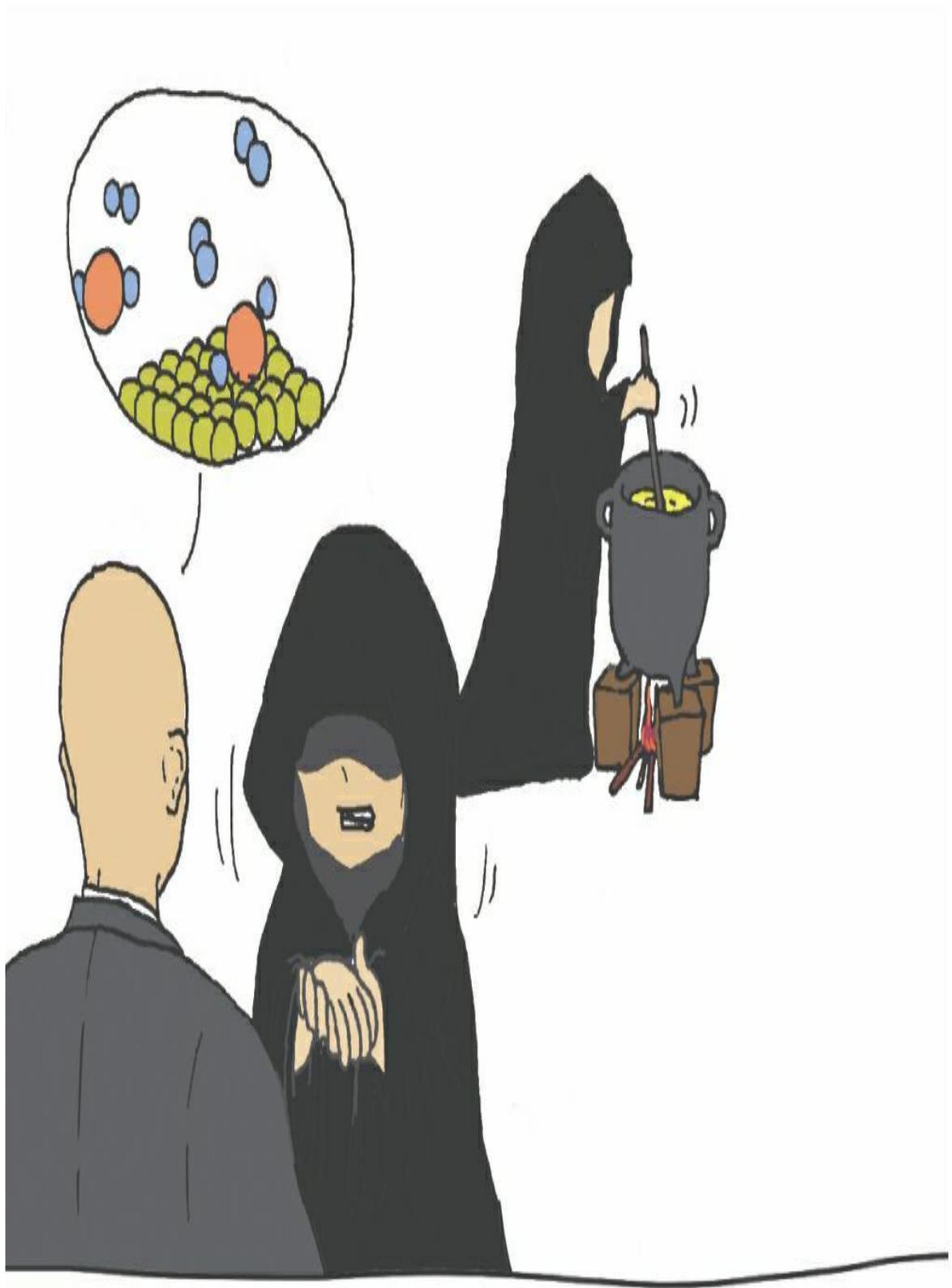
格雷厄姆·哈钦斯（Graham Hutchings），英国卡迪夫大学化学学院教授。



金催化剂已经快速发展成一个拥有巨大潜力的重要研究领域，新发现正与日俱增。在本文中，哈钦斯讲述了这一切的前因后果。

金是最贵重的元素，因此它在金融、艺术以及珠宝界处于核心地位。一些伟大的文物，比如图坦卡蒙木乃伊的面具，能够至今仍保持着几千年前被刚刚制造出来时的美丽，就要归功于这种性质。金也是财富的代名词，炼金术士用了数百年一直妄图用基础元素来制造出金；曾有一个被称为水银派（Mercurialists）的炼金学派认为金是由汞和硫制成的。

金被认为是永恒的元素，换言之它是不可改变的，也就是说我们不应该期待它有任何化学活性。确实，化学教科书里与金相关的内容总是页数最少的——在化学上，它往往被认为是一种比较无聊的元素。然而，自20世纪80年代至今，情况已大有不同。将金分成仅含有几个原子的微小的纳米级碎片，它就会成为一种异常有效的催化剂，而催化剂是制造如今大部分商品的关键。对金催化剂这一奇观的阐明耗时许久，这都是因为我们先入为主的偏见——在化学上，人们过去一直认为金是无趣的、不太会参与反应，没人想过进行更深入的研究。



20世纪80年代，时间相去不远的两个发现让化学家们开始重新审视**金**。在日本大阪工业技术试验所工作的春田正毅（Masatake Haruta）尝试合成含**金**的混合氧化物，并发现这些材料能以极高的活性催化一氧化碳的氧化。紧接着，他发现**金**原子是在氧化物基底上组成了纳米颗粒。这一组合在温度低至-76 °C仍能保持催化活性，这已经很接近地球上的最低环境温度（南极沃斯托克的-89.2 °C）了——因此**金**可以被广泛地应用于室温下一氧化碳的氧化。

**金**催化剂的卓越活性使得人们对这一元素兴趣暴增，化学界迫切地想要理解**金**的催化效率为什么如此之高。起初，研究者们认为活性物种是直径为2~5 nm的**金**纳米颗粒。然而，这一结论是当时有限的电子显微镜分辨率的结果。伴随着像差校正显微镜的出现，单个**金**原子的成像已经可以实现。现在我们了解到**金**的催化活性应当来自于非常小的**金**原子簇，每个**金**原子簇含有7~10个原子。

春田在日本做出他的发现时，我正在南非工作，试图找出一个催化乙炔氢氯化化的催化剂，而乙炔氢氯化化是生产聚氯乙烯的关键步骤。工业上一直使用对环境有害的氯化汞作为这一步的催化剂。在1982年9月的一个下雨的星期六下午，我正在约翰内斯堡分析已发表的多达三十余种的**金**属氯化物催化活性的数据。从这些数据中可以看出，使用不同的**金**属氯化物作为催化剂，可以产生极大的催化活性差别。当然这些数据并不能用来作出有效预测。但在以活性数据与标准电极电势为坐标轴绘制关系图之后，相关性立刻浮出水面。这对我来说真如醍醐灌顶：我能够预测**金**将是这个反应最好的催化剂，并紧接着用实验证明了这一预测——这是我与**金**催化剂的第一次美妙邂逅。

在均相催化和异相催化上，**金**如今成了很多新发现中的关键所在。它也为进军绿色可持续性化学发展提供了新的方向。除了一氧化碳氧化和乙炔氢氯化这两个**金**最初显现出催化活性的反应之外——至今**金**仍是其最佳催化剂——对其他的氧化反应而言，**金**也是同样高效的，尤其是对烯烃环氧化和醇氧化的催化，包括生物可再生原料如甘油和糖的氧化。**金**也是高选择性的加氢催化剂。此外，**金**与钼结合后，还能极好地催化由氢和氧直接生产过氧化氢的反应，这可能为这一日用化学品的生产制造提供一个更加环保的路线。

我现在偶尔会忍不住地想：**金**将会是所有反应最好的催化剂。尽管很明显并不是这样，但**金**这名元素“灰姑娘”确实已经褪去了不起眼的装束，正要步入反应活性的高端舞会。