

精细化工合成中光化学反应的应用探索

唐明强

杭州家爽包装材料有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8122

[摘要] 随着环保要求的不断提高，精细化工行业面临着生产效率和环境保护的双重挑战。光化学反应由于其绿色、高效的特点，逐渐成为精细化工合成中一个重要的研究方向。本文探讨了光化学反应在精细化工合成中的应用，重点分析了光催化反应、可见光合成技术、绿色光化学反应等在精细化工中的重要作用。文章通过探讨光化学反应的基本原理、应用范围及存在的问题，分析了其在特种化学品合成中的优势，并提出了光化学反应在工业化过程中优化的策略。研究表明，光化学反应不仅能够提高反应选择性和产物质量，还能有效降低能源消耗，符合绿色化学的发展需求。

[关键词] 光化学反应；精细化工合成；光催化；绿色化学；可见光合成

Study on the application of photochemical reaction in fine chemical synthesis

Tang Mingqiang

Hangzhou Jiasang Packaging Materials Co., LTD.

[Abstract] With the continuous improvement of environmental protection requirements, the fine chemical industry faces dual challenges in production efficiency and environmental protection. Photocatalytic reactions, due to their green and efficient characteristics, have gradually become an important research direction in fine chemical synthesis. This paper explores the application of photocatalytic reactions in fine chemical synthesis, focusing on the significant roles of photocatalytic reactions, visible light synthesis technology, and green photocatalytic reactions in fine chemicals. By discussing the basic principles, application scope, and existing issues of photocatalytic reactions, the article analyzes their advantages in the synthesis of specialty chemicals and proposes strategies for optimizing photocatalytic reactions during industrial processes. The study shows that photocatalytic reactions not only enhance reaction selectivity and product quality but also effectively reduce energy consumption, meeting the demands of green chemistry development.

[Key words] photochemical reaction; fine chemical synthesis; photocatalysis; green chemistry; visible light synthesis

引言：

精细化工产业作为现代化学工业的重要组成部分，在经济发展中占据着举足轻重的地位。随着全球对可持续发展和环境保护要求的日益提高，传统的化学合成方法逐渐暴露出其高能耗、高污染等缺点。因此，光化学反应作为一种清洁、高效的反应方式，开始在精细化工合成中得到广泛应用。光化学反应依赖于光能激发分子从而引发化学反应，具有较强的选择性、温和的反应条件以及较低的环境负荷。本文将探讨光化学反应

的基本机制和其在精细化工中的应用现状，分析其面临的挑战，并展望未来的优化方向。

1 光化学反应在精细化工合成中的作用

1.1 光化学反应的基本原理与特性

光化学反应是一类通过吸收光能引发的化学反应。其基本原理基于分子对光能的吸收，激发态分子的活化能大大降低，从而促进反应的发生。光化学反应的特性包括较高的反应选择性和较低的温度要求，这使得其成为精细化工合成的理想选

择。此外，光化学反应过程中能量的输入通常仅依赖于光源，不需要高温和高压条件，有助于减少能源消耗和环境污染^[1]。

1.2 光化学技术在精细化工中的优势

光化学技术在精细化工中具有许多独特的优势。首先，由于反应温度较低，光化学反应可以用于一些热不稳定或容易分解的化学品的合成。其次，光催化技术使得反应可以在更温和的条件下进行，提高了反应的选择性，减少了副反应的产生，优化了产品的质量。此外，光化学反应能直接利用太阳光或人工光源，具有较低的能耗，符合绿色化学的原则。

2 精细化工合成中的光化学反应问题分析

2.1 反应选择性与控制难点

光化学反应具有很高的反应选择性，这是光化学反应在精细化工中经常被用到的重要原因。光化学反应在一般的高温条件下不容易发生，反应在光照条件下只需要较低的温度就可以顺利进行，而一般的化学反应，反应温度较高，消耗的能源多。但是影响反应选择性的条件是很多，在实际条件下如何控制反应条件做到反应的高选择性，是影响光化学合成的一大难题。第一，影响反应选择性的一个主要因素，是光反应所需的光源。光作为反应所需的能量，光源的波长和强度不同，反应物的激发能量也不同，而且光源的光照时间，对于光化学反应也非常关键。不同的光源所发出的光，可以影响反应，因为不同的反应物，它会吸收光的波长不同，这样对不同种类光子反应的选择性不相同。在选择光源的同时，为了充分利用光源所产生的能量，必须要考虑光源的发光效率以及稳定性，因为当其投入大规模生产和运用时，会有很多缺点，比如能量转化率偏低，会占用很多资源。第二，对于反应物的性质，也是影响反应选择性的关键。对于多组分的反应体系，不同的反应物在反应开始时就会与反应条件产生一定的关系，导致该体系难以反应。多组份反应时，反应物本身性质的差异，导致不同的反应物吸收光子的波长不同，波长不同的吸收性也会导致其反应途径不相容的产生，这就会有竞争性反应，竞争性越激烈，反应物的选择性就越低，当然在竞争性反应产生后，目标产物的浓度就会降低，反应体系中就可能产生副产物。

2.2 反应条件对光化学合成的影响

光化学反应具有在较低温度和常压条件下进行的优势，但反应条件的细微变化却能显著影响反应速率、产物分布和反应选择性。与传统的热化学反应相比，光化学反应的条件控制更加精细，且往往受到多重因素的影响。首先，光照强度是影响光化学反应速率的最关键因素之一。在光化学反应中，反应物的激发态分子通过吸收光能而被激活，反应速率与光照强度呈

正相关关系。光照强度不足时，反应物的激发态浓度较低，反应速率慢，甚至可能导致反应无法进行。相反，过强的光照强度也可能导致反应过快，产生过多的副反应。因此，光照强度的精准调控是确保反应效率和产物质量的关键。其次，反应温度虽然通常较低，但对光化学反应的影响不容忽视。在许多光化学反应中，低温条件有助于反应的选择性，避免了高温下可能发生的副反应。然而，在某些反应体系中，温度的适度提升可能有助于加速反应速率，或改善产物的稳定性。例如，在某些光催化反应中，温度过低可能使催化剂的活性降低，从而影响反应的效率。因此，温度的控制需要根据具体反应的要求进行精确调节^[2]。

2.3 生产安全与光源利用问题

虽然光化学反应具有绿色、清洁的优势，但在工业化应用过程中，光源的选择和利用效率，以及生产过程中的安全问题，仍然是需要重点解决的难题。光源的选择与利用效率是制约光化学反应工业化应用的一个重要因素。常见的光源包括紫外光、可见光和近红外光等。紫外光源的能量较高，但其使用受到光源成本、光源寿命等因素的限制；而可见光和近红外光源虽然能量较低，但其利用效率较高且光源成本相对较低。因此，如何在不同反应体系中选择合适的光源，以提高光能利用率，是当前光化学反应研究的一个重要方向。在工业化生产中，光源的利用效率直接决定了反应的经济性和环境影响。传统的光源如汞灯和氙灯等具有较高的能量消耗，而LED光源虽然具有较低的能耗，但其光谱分布不如汞灯广泛，可能无法满足某些特定反应的要求。因此，如何通过改进光源技术，提高其能量利用效率和光谱选择性，是优化光化学反应的一个重要方面。

3 精细化工合成中光化学反应的应用探索

3.1 光催化反应在精细化工中的应用

光催化反应作为一种重要的光化学反应，应用在精细化工合成中是未来一种很重要的反应。光催化反应通过光能催化反应物发生活化来促进反应体系进行，反应一般在低温常压下进行，具有选择性高、副产物少、节约能源，符合绿色化学的原则^[3]。

光催化反应在精细化工中应用较为广泛，如光催化的有机合成、药物合成、环境的绿色治理等。光催化反应在合成有机化学品中具有控制反应选择性和反应速率的重要作用，如芳香族化合物合成在合成高附加值化学品过程，就可以利用光催化反应使芳香族卤化反应避免热催化产生副产物，通过选择性合适的光催化反应，可以在较低温度下合成芳香族卤化物产物，副产物生成明显减少。同时，光催化的合成医药中间体也有很

大应用，合成很多药物的化学过程中涉及很多官能团转化。很多药物合成转化过程需要一定的温度、压力。而光催化剂可以在低温下完成很多复杂的官能团转化。例如抗生素的制备中，在抗生素合成中的光催化反应提高反应速率的同时，又减少了有毒副产物的生成，保障医药的纯度和安全性。光催化技术还广泛应用于环境保护中，主要的用途在于利用光催化反应去除工业废水中有机物、有毒污染物、重金属离子等有害成分，将污染物分解为无污染产品，达到回收利用的效果。精细化工生产在废水、废气排放方面也是一个主要问题，而光催化技术对精细化工污染物进行治理，能在不给环境增加负荷的前提下，解决这一难题。

3.2 可见光合成技术的研究与应用

随着对可持续化学反应的需求不断增长，传统的紫外光源逐渐被可见光源所取代。可见光合成技术在近年来得到了广泛的研究，并在精细化工中展现出极大的应用潜力。相比于紫外光源，可见光源的利用更加节能，且能量来源更加丰富，尤其是太阳光，具有重要的应用价值。

可见光合成技术的核心在于利用具有适当能量的光源激发反应物或催化剂，从而启动化学反应。这种反应方式通常伴随有催化剂的参与，能够大大降低反应的能量要求，提高反应的选择性和转化率。与传统的紫外光反应相比，利用可见光进行合成的优势在于其成本低、能量消耗少且环保。在精细化工合成中，可见光合成技术广泛应用于有机合成、药物合成以及能源转换等领域。例如，在有机反应中，利用可见光和光催化剂，能够有效实现某些化学品的合成。通过合理设计催化剂的结构和光源的波长，研究人员已经能够实现一些传统方法难以达成的反应，比如某些特定的氧化还原反应和不对称合成反应。特别是可见光催化氧化反应，不仅具有较高的反应速率，还能在温和条件下实现复杂分子的合成。在药物合成方面，可见光合成技术同样表现出优异的应用前景。许多药物分子的合成过程中需要对某些官能团进行选择性改性，这些改性往往需要在严格的温度和压力条件下进行。可见光合成技术能够显著降低能耗，并且提供更加温和的反应条件^[4]。

3.3 绿色光化学反应的实现方式

绿色化学强调在化学反应中减少或避免对环境 and 人类健康的负面影响，并且力求减少能源消耗和原料浪费。在这一背景下，绿色光化学反应作为一种典型的绿色合成方法，在精细化工合成中得到了广泛的应用。绿色光化学反应的实现方式主要通过优化反应体系，减少有害溶剂的使用，选择低毒、可再生的光源以及高效的催化剂，从而实现资源的高效利用和环境

污染的最小化。与传统的化学合成方法相比，绿色光化学反应的优势在于其能够通过利用可再生的光能进行化学转化，避免了高能耗和高污染的传统反应方式。

在精细化工合成中，绿色光化学反应通常采用新型的绿色催化剂，例如基于过渡金属或有机分子的催化剂，这些催化剂在光照作用下能够高效地促进反应，且反应条件温和，副产物少。通过选择无毒或低毒的溶剂以及采用低能耗的光源（如太阳光或 LED 光源），绿色光化学反应不仅能够实现高效的化学合成，还能有效减少对环境的污染。例如，在制药行业，绿色光化学反应被用来合成一些对人体无害的中间体或最终药物。通过优化反应条件和催化剂体系，不仅提高了药物合成的效率，还降低了生产过程中的环境影响。此外，绿色光化学反应也被广泛应用于有机农药、香料、染料等精细化学品的合成中，其绿色、环保的特点使其在工业生产中具有巨大的应用前景。

及反应产物的及时分离。

结束语：

光化学反应作为一种绿色、高效的合成方法，在精细化工合成中具有重要的应用前景。随着光催化技术的不断进步，光化学反应将在多个领域发挥更大的作用。然而，光化学反应在工业化过程中仍面临许多挑战，需要在反应选择性、条件优化、光源利用等方面进一步深入研究。通过不断完善技术体系，推动光化学反应在精细化工中的应用，必将为绿色化学的实现提供更加可行的解决方案。

[参考文献]

- [1]王涛,李静.精细化工中的光催化反应研究进展[J].精细化工,2020,37(12):1852-1860.
- [2]张辉,陈明.光化学反应在精细化工中的应用探索[J].化学工程,2021,48(3):90-95.
- [3]李阳,王志鹏.光化学合成反应在有机合成中的应用[J].精细化学品,2019,36(6):75-80.
- [4]黄敏,吴伟.基于光催化的精细化工合成技术研究[J].环境化学,2022,41(4):1273-1280.
- [5]刘杰,周波.光化学反应在绿色化学中的应用与挑战[J].化学与工业,2020,70(9):1025-1030.
- [6]陈博,李涛.精细化工中光化学反应的最新进展[J].化工技术,2021,56(7):1122-1127.

作者简介：唐明强，出生年：19720305，性别：男，民族：汉，籍贯：浙江淳安，职务：总工程师，职称：中级工程师，学历：本科，研究方向：干燥剂、有机合成及聚氨酯材料制备。