

# 有机合成化学中的思政融合：以Diels-Alder反应为例

卢训博, 黄国玲, 王 贇, 惠永海, 贾永梅

岭南师范学院化学化工学院, 广东 湛江

收稿日期: 2023年9月6日; 录用日期: 2023年10月11日; 发布日期: 2023年10月20日

## 摘要

在当代教育中, 专业知识与思政教育逐渐形成了有机的融合。本文以Diels-Alder反应为例, 探讨了如何巧妙地融合思政元素进有机化学教学。通过这种教学设计, 学生不仅深入掌握了化学原理, 更领会到创新、合作和价值的核心价值。这种整合方式为高等教育提供了新的视角, 着重培养学生的专业知识与科学素养, 同时也涵盖了对国家科研贡献的简要认识。

## 关键词

有机合成化学, Diels-Alder反应, 思政教育融合, 专业与情怀, 教育创新

# Integration of Ideological and Political Education in Organic Synthesis Chemistry: Taking the Diels-Alder Reaction as an Example

Xunbo Lu, Guoling Huang, Yun Wang, Yonghai Hui, Yongmei Jia

College of Chemistry and Chemical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

Received: Sep. 6<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 11<sup>th</sup>, 2023; published: Oct. 20<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In today's educational domain, organic synthesis chemistry and ideological and political education are no longer parallel paths. Using the Diels-Alder reaction as a case study, this paper explores the

文章引用: 卢训博, 黄国玲, 王贇, 惠永海, 贾永梅. 有机合成化学中的思政融合: 以 Diels-Alder 反应为例[J]. 创新教育研究, 2023, 11(10): 3232-3237. DOI: 10.12677/ces.2023.1110475

ingenious integration of ideological and political education elements into traditional organic synthesis teaching. Through the instructional design of this reaction, students not only gain a deep understanding of its pivotal role in organic synthesis but also enhance their appreciation for innovation, collaboration, and responsibility. This approach offers a new perspective on higher education, emphasizing the cultivation of students' professional knowledge and scientific literacy, while also encompassing a brief understanding of contributions to national scientific research.

## Keywords

Organic Synthesis Chemistry, Diels-Alder Reaction, Integration of Political Ideology, Professionalism and Sentiment, Educational Innovation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

在我国高等教育的背景中，“课程思政”不仅是教育界的自我创新与调适，更是受到了国家层面的高度重视。习近平总书记在多个会议中强调，思想政治工作应贯穿教育教学全过程，同时突出了理想信念、爱国主义、品德修养、知识见识等关键教育要点[1]。这些指导思想为高校本科课程中的思政教育提供了明确方向，确保“课程思政”不仅是教育改革的理念，还是国家对大学生培养的核心原则。面对全球化背景下的意识形态挑战，我国的高等教育环境日益复杂。传统的思政课程由于内容和形式上的固化，与学生的实际生活和学术研究之间存在距离。“课程思政”的提出与实施，旨在将思政教育与各学科知识结合，从每个学科中挖掘出有思政意义的元素。这样的方法既满足了学生对于专业学识的追求，也保证了他们在学习过程中受到坚定的思想政治教育熏陶。

《有机合成化学》在有机化学中占据着举足轻重的位置。它不仅仅是学术研究的工具，更是人们认识和改造物质世界的有力武器。通过有机合成，化学家们构建和探究了丰富多彩的分子世界，为人类文明与进步做出了不可磨灭的贡献。在这个学科的发展历程中，它们不仅推动了化学本身的进步，更与其他学科相互渗透，催生了一系列与有机合成化学紧密相关的交叉学科。它既是化学、生命等基础学科的核心内容，同时，作为一门综合性分支学科，它为材料科学、制药业和精细化工等众多应用领域培养了大量的专业人才。

本文以《有机合成化学》中 Diels-Alder 反应为例，探讨了如何开展思政教学，即确定教学内容、深挖思政元素、实施思政教学等方面进行展开。

## 2. Diels-Alder 反应的发现与发展

在有机化学领域，Diels-Alder 反应(又称狄耳士-阿尔德反应，D-A 反应)堪称经典之作，它通过使共轭二烯与被称为亲双烯体的取代烯烃反应，巧妙地生成了取代的环己烯衍生物[2]。这一独特的反应是由德国化学家 Otto Diels 和他的学生 Kurt Alder 在 1928 年率先提出，为了表彰他们的杰出贡献，他们于 1950 年被授予了诺贝尔化学奖。

在狄耳士-阿尔德反应的长河中，最早的篇章开启于 1892 年。齐克(Zinke)首次揭示了四氯环戊二烯酮二聚体的神秘结构，不久后，列别捷夫(Lebedev)对丁二烯二聚体的奥秘也做出了独到的见解。然而，两位先驱虽然初探秘境，但都未能真正探寻到其背后的宏大叙事。

1906年，故事又有了新的进展。在德国慕尼黑大学，年轻的研究生阿尔布莱希特(Albrecht)在惕勒教授的指导建议下，尝试着将环戊二烯与酮类融合，希望开创染料的新纪元。虽然他的尝试没有如愿，但这次实验为后人提供了宝贵的启示，尽管阿尔布莱希特的结构解释走入了误区。

到了1920年，冯·欧拉(von Euler)与他的得意门生约瑟夫(Joseph)走上了研究的舞台，他们围绕异戊二烯与苯醌的神奇反应进行了深入探讨。冯·欧拉与约瑟夫犹如探险家初窥新大陆，虽然他们对反应有了初步的认识，但冯·欧拉因深陷于生物化学的研究，错失了挖掘其更深价值的机会。

最终，1921年，狄耳士(Diels)与他的青年学生巴克(Back)在偶氮二羧酸二乙酯与胺的反应中，他们观察到了一种意外的化学现象，这与多年前阿尔布莱希特的实验有着惊人的相似性。狄耳士不禁被这神奇的反应所吸引，他与另一位研究生阿尔德(Alder)携手探索，最终在1928年，他们为世界揭示了这一科学奇迹，狄耳士-阿尔德反应正式诞生，为有机化学界带来了一场革命。

Diels-Alder反应之所以备受赞誉，是因为它能够在仅一个步骤中精确地构建两个碳-碳键，为合成六元环结构提供了一个既稳定又高效的途径。这种反应在天然产物的合成以及新型材料的研发中都展现了广阔的应用潜力，它为现代有机化学合成带来了无可替代的价值。更进一步，基于Diels-Alder反应的理念，科学家们还探索并发展了包括杂原子，例如羰基和亚胺在内的hetero-Diels-Alder反应。此外，在某些特定条件，如高温下，Diels-Alder反应是有可能逆转的，这种现象被称为retro-Diels-Alder反应，但这种逆反应在实际合成应用中的使用场景相对有限。

我国科学家对Diels-Alder反应的研究也进一步推动科研发展。例如，基于路易斯酸活化策略和分子定向进化的方法，科研工作者分别设计筛选出不同的小分子催化剂和RNA酶和DNA酶以催化Diels-Alder反应，而自然界中是否存在能够催化Diels-Alder反应的天然酶，这仍是生物学与化学界长期探讨且尚未解决的关键议题。由中国科学院上海有机化学研究所刘文团队，在长达12年的研究中，在螺环乙酰乙酸内酯/内酰胺抗感染抗生素的生物合成过程中成功找到了两种能显著促进[4+2] Diels-Alder环化反应的酶[3]。此突破性发现坚实地证明了Diels-Alder反应酶在自然界中的存在。另一方面，北京大学的雷晓光教授团队联合中国医学科学院药物研究所的戴均贵课题组和中国中医科学院的黄璐琦课题组，深入挖掘传统中药桑白皮的生物合成过程，并首次报道了自然界中专门催化分子间Diels-Alder反应的酶[4]，为长期的科学辩论下了定义。这些研究背后，得到了国家自然科学基金委和科技部的鼎力支持。

### 3. 理论课程思政元素的发掘与教育

#### 3.1. 思政元素的发掘

**持续探索与发展：**狄耳士和阿尔德通过深入研究前人的实验，结合自己的观察和实验，成功发现了Diels-Alder反应。这些历程充分体现了科学家们对知识的渴求和对新发现的不懈追求。他们的经历教育学生在面对未知时，不害怕失败，持续探索，并在前人基础上追求更高的目标。

**科研的耐心与坚韧：**科学研究往往充满了挑战，不是所有的实验都能一帆风顺。在Diels-Alder反应的发现过程中，也经历了很多尝试和错误。此外，刘文团队在长达12年的研究中，终于取得了突破。这告诉学生，面对困难时，需要展现出耐心和坚韧的性格，相信最终会找到答案。

**科学的应用导向：**Diels-Alder反应在天然产物的合成和新型材料的研发中展现了广阔的应用潜力，这反映了基础科学研究与实际应用之间的紧密联系。应教育学生，知识的真正价值在于应用，而理论研究最终目的是服务于人类社会。

**跨学科整合与创新：**基于Diels-Alder反应的理念，科学家们进一步发展了hetero-Diels-Alder反应，这涉及到有机化学与其他学科的结合。北京大学的雷晓光教授与多个单位的科研人员联合开展研究，

在中药桑白皮中的活性天然产物生物合成关键步骤，发现了活化 Diels-Alder 反应的酶，这涉及到生物化学与有机化学的结合。这些案例告诉学生，真正的创新往往来源于多学科的交叉融合，我们需要具备广泛的知识体系和综合性的思维方式。

正确的方法和思维导向：在早期，有研究者对 Diels-Alder 反应提出了错误的结构，而狄耳士和阿尔德通过实验证明了正确的结构。这强调了科学方法的重要性，以及在面对问题时要保持批判性思维，不随波逐流。

合作与团队协作：狄耳士与阿尔德的合作成果就是 Diels-Alder 反应的发现，同时，北京大学的雷晓光教授与多个单位的科研人员联合开展研究，每个课题组组内的合作等，这些都凸显了团队合作的重要性。学生应认识到，每个人都有自己的长处和短处，通过团队协作，可以取长补短，达到事半功倍的效果。

科研的道德与社会责任：尽管 Diels-Alder 反应的发现带来了无数荣誉，但科研过程中必须始终坚守科研的道德与社会责任。研究者在面对科学难题时，不能为了追求名利而做出违背科研道德的行为。学生需要明白，科研不仅是探索未知，更是为人类的福祉做出贡献，而这需要我们始终坚持道德底线。

对基础研究的尊重：虽然基础研究往往没有直接的应用价值，但它为未来的技术和应用打下了坚实的基础。Diels-Alder 反应的发现，虽然最初是纯粹的基础研究，但后来在许多领域都发挥了巨大的作用。这告诉学生，我们应该尊重并支持基础研究，因为它是技术进步和社会发展的基石。

思考的深度与广度：Diels-Alder 反应不仅仅是一个有机化学反应，其背后还有深刻的物理和理论基础。这鼓励学生在学术研究中，不仅要有深度，还要有广度，这样才能更全面地理解和掌握一个问题。

国家支持与爱国情怀：上述研究得到了国家基金委和科技部的大力支持，这突显了我国对科技研究的高度重视。此外，这也是国家对于科学家们努力与贡献的肯定。这样的国家支持不仅鼓舞科研人员更加努力，也激发学生的爱国情怀，使他们更加坚定地为了祖国的科技进步而努力工作。

### 3.2. 思政元素融入课程教学的设计思路

在现代教育中，将科学内容与思政元素融为一体，已成为提升课程教育深度和广度的重要策略。这样的整合不仅帮助学生理解和应用专业知识，还可以更好地培养他们的核心素养、价值观和社会责任感。Diels-Alder 反应，作为有机化学中的一个经典例子，为我们提供了一个绝佳的平台，通过其丰富的历史背景和应用，我们能够将抽象的思政教育与实际的科学研究相结合，为学生创造一个既学术性强，又具有现实意义的学习环境。

历史背景介绍：通过详述 Diels-Alder 反应的发现过程，我们能够让学生深切体会到科学的连续性和历代学者的贡献。这不仅让学生学会感激和尊重，还能够看到坚韧和不放弃的精神在科学研究中的价值。

基础反应介绍：首先，向学生展示 Diels-Alder 反应的基本反应式，明确它是一个[4 + 2]环加成反应。在此，我们不仅要让学生了解这一经典的有机反应，还要让他们明白，正是因为有了这样的基础知识，科研工作者才能在此基础上进行各种创新和拓展。每一次科学进展的背后，都离不开对基础知识的扎实掌握。这也希望能鼓励学生认识到学好基础知识的重要性，为今后的学术和职业生涯打下坚实的基础。

实际应用拓展：通过探讨 Diels-Alder 反应在现实应用中的案例，学生可以直观地理解基础研究与实际应用之间的桥梁，培养他们对基础科学的尊重，同时也能感受到科研背后的社会责任和影响。例如：Diels-Alder 反应在药物紫杉醇(Taxol)的全合成中发挥着很大的作用[5]。羟基吡喃酮与  $\alpha,\beta$ -不饱和酯的分子间反应收率和区域选择性较差；然而，当通过苯基硼酸引导时[6]，用 2,2-二甲基-1,3-丙二醇裂解硼酸酯后，可以以 61%的产率获得所需的加合物(见图 1)。在这种情况下，狄耳士-阿尔德反应的立体特异性



允许定义四个立体中心，并将其用于最终产品。

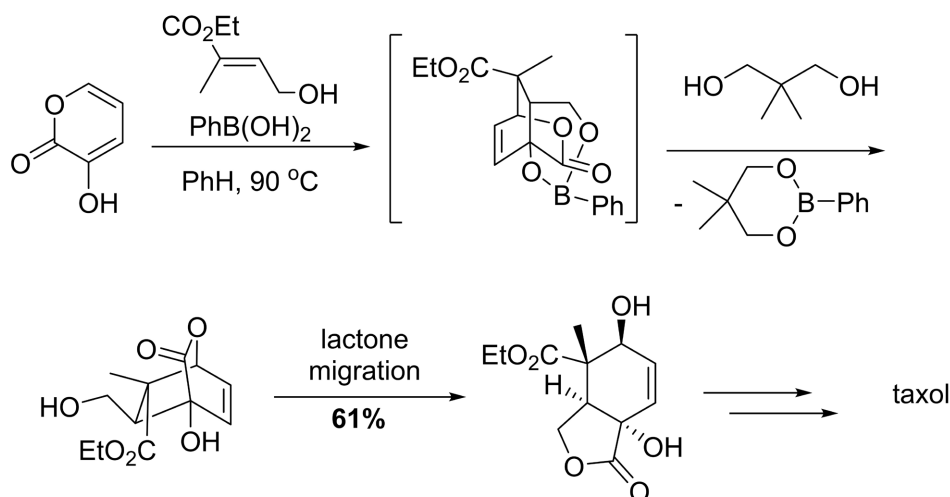


Figure 1. Synthesis of taxol using the Diels-Alder reaction

图 1. 利用 Diels-Alder 反应合成紫杉醇

紫杉醇是一种被广泛用作化疗药物的天然产物，尤其在治疗卵巢癌、乳腺癌和非小细胞肺癌中显示了很好的效果。但由于紫杉醇在自然界中的存在量相对稀少，科学家们一直在探索有效的化学合成方法，以满足临床的大量需求。Diels-Alder 反应在紫杉醇的全合成中扮演了关键角色，尤其是在构建复杂的环状结构时[7]。原文中提到的那种立体特异性的选择是此反应的一大优势，它使得合成化学家能够在复杂的分子结构中，准确地设计和制造所需的化合物。紫杉醇的合成也是现代合成化学中的一个里程碑，它展示了合成策略、方法学、和立体化学在解决实际问题中的强大作用。通过使用 Diels-Alder 反应等先进技术，我们不仅提高了药物的可获得性，还为更多的癌症患者提供了治疗机会。此外，这个案例也强调了合成化学家与医药科研者之间的合作关系。化学家提供了技术手段，而医药科研者为化学家指明了研究的方向和目标。这种跨学科的合作对于解决现实中的问题至关重要。

讨论与分享：在课前预习的过程中，学生们已经对 Diels-Alder 反应有了初步的了解和认识。经过系统的学习，他们对此有了更深入的理解。为了鼓励他们表达和交流自己的看法，教师可以组织一场关于 Diels-Alder 反应讨论。此外，还可以鼓励学生就 Diels-Alder 反应可能的未来应用或发展方向进行思考和展望。这样的活动不仅强调了科研的开放和共享精神，同时也培养了学生在公共场合表达和沟通的能力，让他们学会尊重他人的观点，体会到知识交流与碰撞的魅力。

延伸阅读与作业：通过提供延伸资料或设计思考题，鼓励学生深入钻研。例如：给学生布置作业“有机化学教科书中都认为 Diels-Alder 反应产物在空间结构上内型选择(endo-selective)优先，这是由于这种内型产物来源于更加稳定的内型过渡态，这被称为 Alder 内型规则(Alder endo rule)，那么是否有例外？”学生通过查阅资料发现，确实有不遵循内型选择的例子[8]。延伸阅读与作业的设置能够促进学生的自主学习和探索。当学生自行搜索、研读并最终发现确实存在违反“Alder 内型规则”的例子时，这不仅增强了他们的信息检索和分析能力，同时也使他们对所学内容有了更加全面的理解。这种自主探索的方式还可以培养学生的好奇心和求知欲。它鼓励学生不仅仅满足于课本和老师提供的知识，而是积极去探索更广阔的知识领域。当学生意识到学科知识并非僵化不变，而是一个不断发展和进化的过程，他们会更加珍视每一次学习的机会。此外，提出这种具有挑战性的问题还有助于培养学生的批判性思维。学生不再单纯地接受信息，而是学会了提问、分析和评估。他们开始学会对所接收的信息持有怀疑的态度，这对

于他们日后在学术或职业领域都是非常宝贵的技能。最后，当学生发现了这些“例外”，他们也会意识到科学的魅力和挑战性。科学不仅仅是对已知的知识的传递，更是对未知的不断探索。这样的认识将鼓励他们在未来更加珍视科研，激发他们为科学的进步付出努力。

### 3.3. 结合网络媒体开展“课程思政”教育

在当下信息技术日益发展的社会，网络媒体为教育提供了丰富的资源和无限的可能性。为了使“课程思政”教育更加多元、广泛且深入，我们也建议结合社交平台、在线视频等网络工具进行授课。

**在线视频课程：**可以制作关于“Diels-Alder 反应”的视频教程，其中融入相关的思政教育内容，如其历史背景、科学家的精神等。这样，学生在学习科学知识的同时，也能够理解并领会到其中所蕴含的思政价值。

**社交平台互动：**在社交媒体上创建相关的话题或讨论组，鼓励学生分享他们对于“Diels-Alder 反应”以及相关思政教育的理解和想法。这不仅能增强学生的参与感，还可以促进学生之间的交流与讨论。

通过上述方法，我们不仅能确保学生从专业角度深入掌握知识，还可以激发他们的主动性、探索性和创造性，真正实现“课程思政”教育的目标。

## 4. 总结

通过 Diels-Alder 反应的学习，我们尝试将思政元素融入传统的有机化学教学之中。在此过程中，学生不仅深入了解化学原理，更重要的是，他们从中感受到了创新和坚持的重要性。在讨论环节，我们鼓励学生发表观点，培养他们的独立和批判性思考能力。延伸阅读部分的设计思考题更进一步地鼓励学生认识到科研中的挑战和变革，培育他们的批判性思维。而我国科研团队在此领域的杰出贡献，不仅展现了国家对科研的支持，更加深了学生对科研价值的理解，间接地激发其爱国情怀。总的来说，这种教学方法既强化了学生的专业知识，也培养了他们的思政觉悟和社会责任感，真正展现了教育的全面价值。

## 基金项目

岭南师范学院人才基金(22101106)；岭南师范学院首批燕岭优秀青年教师项目(YL2020207)；岭南师范学院教育教改项目(20238510)；岭南师范学院教学质量与教学改革工程建设项目([2022] 153)。

## 参考文献

- [1] 赵洁. 习近平“立德树人”教育观研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2021.
- [2] Winkler, J.D. (1996) Tandem Diels-Alder Cycloadditions in Organic Synthesis. *Chemical Review*, **96**, 167-176. <https://doi.org/10.1021/cr950029z>
- [3] Tian, Z., Sun, P., Yan, Y., *et al.* (2015) An Enzymatic [4 + 2] Cyclization Cascade Creates the Pentacyclic Core of Pyrroindomycins. *Nature Chemical Biology*, **11**, 259-265. <https://doi.org/10.1038/nchembio.1769>
- [4] Gao, L., Su, C., Du, X., *et al.* (2020) FAD-Dependent Enzyme-Catalysed Intermolecular [4 + 2] Cycloaddition in Natural Product Biosynthesis. *Nature Chemistry*, **12**, 620-628. <https://doi.org/10.1038/s41557-020-0467-7>
- [5] Nicolaou, K.C., Yang, Z., Liu, J.J., *et al.* (1994) Total Synthesis of Taxol. *Nature*, **367**, 630-634. <https://doi.org/10.1038/367630a0>
- [6] Narasaka, K., Shimada, S., Osoda, K. and Iwasawa, N. (1991) Phenylboronic Acid as a Template in the Diels-Alder Reaction. *Synthesis*, **1991**, 1171-1172. <https://doi.org/10.1055/s-1991-28413>
- [7] 戴露丹. 紫杉醇中间体紫杉二烯的合成生物学研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- [8] Lording, W.J. and Fallon, T., Sherburn, M.S., *et al.* (2020) The Simplest Diels—Alder Reactions Are not Endo-Selective. *Chemical Science*, **11**, 11915-11926. <https://doi.org/10.1039/D0SC04553E>