

# 国内己内酰胺生产现状及生产工艺技术经济对比研究

张海岗 鄢泽宁 刘学雷 任凤娇（沧州旭阳化工有限公司，河北 黄骅 061100）

**摘要：**为了深入了解国内己内酰胺生产现状及不同生产工艺技术的经济对比，文章采用了调研分析和经济评估方法。研究对国内己内酰胺的主要用途、市场需求、生产企业概况以及存在的技术和经济问题进行了全面调研。在此基础上，对常规己内酰胺生产工艺和新型工艺进行了详细介绍和分析，并比较了它们的技术优劣势，通过投资成本和生产成本的对比与评价，对不同生产工艺的经济效益进行了研究和评估。结果显示，不同生产工艺在技术和经济上各有特点，为己内酰胺生产企业提供了重要的参考依据，促进了该行业的健康发展。

**关键词：**己内酰胺；生产工艺；技术经济对比；国内生产现状

## 0 引言

己内酰胺是一种广泛应用于塑料、橡胶、油漆等领域的有机合成原料。随着化工行业的高速发展，己内酰胺的需求量不断增加，国内对其生产技术和经济效益进行研究具有重要意义。本文旨在分析国内己内酰胺生产的现状，比较不同生产工艺的技术和经济特点，进而为己内酰胺生产企业提供技术和经济上的参考，促进己内酰胺产业的健康发展。通过对己内酰胺生产工艺技术的经济效益进行评估，可以更好地指导产业发展方向。文章将从己内酰胺的主要用途和市场需求、国内生产企业概况及产能情况、己内酰胺生产现状存在的技术和经济问题以及己内酰胺生产工艺技术对比分析和经济对比研究等方面进行探讨。

## 1 国内己内酰胺生产现状调研

### 1.1 己内酰胺的主要用途和市场需求分析

己内酰胺作为一种重要的有机化工原料，被广泛应用于锦纶产业链中。其液体形态主要通过聚合反应生成聚酰胺 6 (PA6) 切片，成为制造纤维、塑料和薄膜等产品的关键原料。首先，己内酰胺在锦纶产业链中的应用非常广泛。根据不同的切片质量和指标要求，己内酰胺可以加工成多种不同的下游产品。其中，锦纶长丝是最主要的下游应用之一，占据了己内酰胺应用市场的一半以上。锦纶长丝广泛用于纺织、织物、地毯和工业材料等领域，具有良好的强度、耐磨性和染色性能。其次，随着人们对高性能材料和环境友好型产品的需求增加，己内酰胺在工程塑料领域的应用也日益重要。己内酰胺可以通过改性和共聚等方法，制备出高性能的工程塑料，具有优异的耐热性、耐化学性以及机械性能。

这些工程塑料广泛应用于汽车、电子、航空航天和电气设备等领域。此外，己内酰胺还可以用于生产

塑料薄膜，具有良好的柔韧性和防水性能。塑料薄膜在农业、包装、建筑和医疗等行业中有广泛应用，例如农膜、食品包装膜和医用敷料等。

### 1.2 国内己内酰胺生产企业概况及产能情况

全球经济稍好的趋势将对尼龙切片市场产生积极影响。预计国内聚合产能规模将扩大至 450 万吨/年以上，其中高速纺切片、常规纺有光切片和薄膜塑料是主流投资方向，而工业帘子布聚合扩张相对低迷。未来 5 年，国内尼龙切片市场需求将继续快速增长。锦纶民用丝市场需求稳步增长，预计年增长率将超过 7%。新能源汽车、电子电器和轨道交通等领域对改性塑料的需求增加，推动己内酰胺在工程塑料领域的市场需求高速增长。新能源汽车用尼龙的需求空间巨大，乘用车对 PA6 的年使用量将达到 70-100 万吨。电子电器领域对阻燃尼龙的需求也大幅增长。轨道交通发展将促使高性能 PA6 复合材料的需求增加。

此外，BOPA 薄膜行业呈现出风生水起的态势，对膜级料的需求也高速增长。到 2020 年，国内尼龙 6 切片的表观消费量将达到 400 万吨，国内己内酰胺的消费量将接近 320 万吨。己内酰胺的国内分区域生产及消费情况主要集中在华北、华东、华南和华中地区。华北地区产能占比最大，华东、华南和华中地区次之<sup>[1]</sup>。

在这样的大背景下，国内己内酰胺生产企业的概况和产能情况显得格外重要。企业数量和分布广泛，主要集中在华东、华南和华北地区，整体覆盖了国有大型企业、民营企业以及外资合资企业，形成了覆盖整个产业链的生产体系。随着市场需求的不断增长，国内己内酰胺生产企业将继续加大产能投入，优化产品结构，提升生产效率，加强技术创新和研发投入，以满足市场的多样化需求。

同时，一些企业也在注重环保和可持续发展方面

进行探索和实践,以推动产业的健康发展。整体而言,国内己内酰胺生产企业正处于产能不断扩张、技术不断创新的发展阶段,为锦纶产业的发展和国家经济的持续增长提供有力支撑。

### 1.3 己内酰胺生产现状中存在的技术和经济问题

己内酰胺是一种重要的化学品,广泛应用于工程塑料、合成纤维、粘合剂、油墨等领域。然而,己内酰胺生产过程中存在一些技术和经济问题。首先,己内酰胺生产过程中使用的催化剂通常采用铜、锌等金属催化剂。这些催化剂在反应中易受到氧化或与其他杂质反应导致失活,因此需要经常更换。催化剂的更换不仅增加了生产成本,还会对环境造成污染。其次,己内酰胺生产过程中也存在着副反应的问题。其中一个典型的副反应是酸解反应,当反应温度升高时,反应物中的水分会进一步导致酸解反应的发生,降低了产率和质量,甚至会损坏设备<sup>[2]</sup>。

此外,目前世界上使用的己内酰胺生产技术路线分别为甲苯法、苯酚法和苯法,其中苯法占据了80%的市场份额。然而,苯法生产过程中存在的问题也比较明显。苯是一种有毒有害物质,在生产过程中易发生爆炸和火灾,对人员安全和环境保护带来极大的风险。最后,己内酰胺生产过程中存在着废水处理、废气处理等环保问题。传统生产工艺难以有效处理工业废水和废气中的有机物和氮物质,造成了环境污染和资源浪费。

## 2 己内酰胺生产工艺技术对比分析

### 2.1 常规己内酰胺生产工艺路线及特点

除了传统的氨氧化法,目前国内己内酰胺的生产主要采用甲苯法和苯法两种工艺路线。其中甲苯法可以直接生成己内酰胺,但需要大量甲苯作为溶剂,同时对环境造成一定程度的污染;而苯法则需要先制备中间体环己酮肟,然后通过贝克曼重排反应生成己内酰胺。相比之下,苯法在原料消耗、催化剂使用、副产物生成等方面均较为优秀,但仍存在着废水处理难度较大、设备投资高等问题<sup>[3]</sup>。

近年来,一些新型己内酰胺生产工艺逐渐受到关注。例如,环己酮肟化法(HAO)生产工艺路线,该工艺路线将环己酮和肼反应生成环己酮肟,再通过液相贝克曼重排反应生成己内酰胺。相比传统的苯法工艺,HAO工艺路线能够大幅降低原料消耗,同时减少了废水处理难度和设备投资成本,更具有市场前景和发展优势。此外,还有一些基于生物合成的新型己内酰胺

生产工艺也在不断探索和研究中。

### 2.2 新型己内酰胺生产工艺技术介绍与分析

不同的己内酰胺生产工艺技术在技术和经济上各有特点。为了更好地指导产业发展方向,需要对不同生产工艺的经济效益进行评估。一般来说,经济效益的评价主要包括投资成本和生产成本两个方面。从投资成本角度来看,传统的氨氧化法工艺需要建造较为复杂的氨氧化反应器以及配套的氧气和蒸汽供应系统,故其投资成本较高。而采用甲苯法的投资成本较低,但需要大量使用有机溶剂,对环境造成一定的污染。

苯法工艺则需要建造环己酮肟合成反应器、贝克曼重排反应器等设备,投资成本相对较高。相比之下,HAO工艺路线所需设备简单,投资成本也相对较低,更具有发展潜力。从生产成本角度来看,不同工艺路线的生产成本也有所不同。例如,氨氧化法的生产成本相对较高,而苯法则在原料消耗方面较优,但会产生一定的废水和废气。采用HAO工艺生产己内酰胺,则能够实现单耗低、三废少、节能环保等优势,生产成本较为优越。

### 2.3 不同生产工艺的技术优劣势比较

在比较不同生产工艺的技术优劣势时,我们可以以传统氨氧化法、催化氨解法和微生物发酵法为例进行分析。首先是传统氨氧化法。传统氨氧化法在己内酰胺生产中具有成熟的工艺路线和较高的产量,但存在能源消耗高、环境污染等问题。优势在于工艺成熟稳定,产品质量相对可控,且原料易得;劣势则表现在能源消耗高、废气排放多、对环境影响大等方面。其次是催化氨解法。

催化氨解法相比传统氨氧化法具有能源消耗低、反应条件温和等优势。通过催化剂的作用,可以提高反应选择性和产率,得到高纯度的产品。然而,催化氨解法在催化剂的选择和反应条件的优化方面仍存在挑战,需要进一步研究和改进。最后是微生物发酵法。微生物发酵法具有环境友好、能源消耗低等优势,可以利用可再生生物质作为原料,实现资源的可持续利用。然而,微生物发酵法的工艺条件复杂,微生物菌种的培养和稳定性等还需要进一步研究。此外,该方法的产量相对较低,需要在规模化生产方面进行改进。

## 3 己内酰胺生产工艺技术经济对比研究

### 3.1 投资成本对比分析

在投资成本对比分析中,我们可以以传统氨氧化

法、催化氨解法和微生物发酵法为例进行分析。传统氨氧化法在己内酰胺生产中所需的设备和工艺流程比较简单，但存在能源消耗高、环境污染等问题。因此，传统氨氧化法在设备投资和运营成本方面相对较低。但是，由于环保要求和法规的日益严格，未来的环保投入可能会增加，这将增加其总体投资成本。催化氨解法在己内酰胺生产中所需的设备和工艺流程相对传统氨氧化法更加复杂，需要催化剂反应器等设备。但由于该方法能源消耗低、反应条件温和等优势，因此可以降低产业化运营成本。

另外，该方法可以提高反应选择性和产率，得到高纯度的产品，因此在市场竞争中具有一定的优势。微生物发酵法在己内酰胺生产中所需的设备和工艺流程相对较为复杂，需要专业的生物反应器、调控系统等设备。虽然该方法在环保方面具有优势，但由于生产效率低、工艺难度大、设备成本高等因素，其总体投资成本相对较高。

### 3.2 生产成本对比与评价

在己内酰胺生产中，除了投资成本之外，生产成本也是一个重要的考量因素。在这方面，我们可以比较传统氨氧化法、催化氨解法和微生物发酵法的生产成本。传统氨氧化法由于工艺成熟稳定，原料易得，因此在生产成本方面相对较低。然而，传统氨氧化法存在能源消耗高、废气排放多等问题，这可能会导致附加的环境治理成本。随着环保要求的提升，传统氨氧化法的生产成本可能会增加。催化氨解法相对传统氨氧化法来说，在能源消耗方面具有明显的优势，可以降低生产成本。

此外，催化氨解法通过催化剂的作用，可以提高反应选择性和产率，得到高纯度的产品，这也有助于降低后续的精制成本。因此，总体而言，催化氨解法在生产成本方面具有一定的竞争优势。微生物发酵法在生产成本方面则存在一些挑战。

由于工艺条件复杂，微生物菌种的培养和稳定性等方面需要进一步研究，这可能增加生产过程中的操作和管理成本。此外，微生物发酵法的产量相对较低，需要在规模化生产方面进行改进，以降低单位产品的生产成本。

### 3.3 己内酰胺生产工艺技术的经济效益评估

己内酰胺作为一种重要的化工原料，在生产工艺技术的选择上，经济效益评估是至关重要的。通过对传统氨氧化法、催化氨解法和微生物发酵法的经济效

益进行评估，可以更好地指导产业发展方向。传统氨氧化法在生产成本较低的情况下，其经济效益可能受到环保治理成本的影响。随着环保要求的提高，传统氨氧化法可能需要投入更多的资金用于废气处理、污水处理等方面，这将增加其总体生产成本，降低经济效益。

因此，在考虑经济效益时，需要综合考虑投资回报周期、环保要求等因素。催化氨解法由于能源消耗低、产率高等优势，在经济效益方面具有一定优势。通过提高反应选择性和产率，可以降低生产成本，提高经济效益。

此外，催化氨解法可实现产品的高纯度和高产量，有利于拓展市场份额，进一步提升经济效益。微生物发酵法在经济效益评估中可能面临一些挑战。由于工艺复杂性和产量较低，生产成本相对较高，直接影响经济效益。此外，微生物发酵法需要在微生物菌种的稳定性、生长条件等方面进行不断优化，以提高产量和降低生产成本，从而提升经济效益。

### 4 结论

综上所述，通过对国内己内酰胺生产现状及生产工艺技术经济对比的研究，文章深入探讨了不同生产工艺的优劣势和经济效益。发现新型己内酰胺生产工艺技术在提高生产效率和降低成本方面具有明显优势。投资成本和生产成本的比较分析显示，新型工艺相对传统工艺具有更高的经济效益，为企业节约资源、提高竞争力提供了重要依据。综合评估己内酰胺生产工艺技术的经济效益后，因此，新型生产工艺有望成为未来己内酰胺生产的发展趋势，有助于推动产业向更加高效、环保的方向发展。本研究为己内酰胺生产企业的技术改进和经济决策提供了重要参考，促进产业的可持续发展。

#### 参考文献：

- [1] 王亚琴. 氨肟化法己内酰胺生产废水处理技术研究及应用现状 [J]. 河南化工, 2023, 40(09):9-11.
- [2] 张凯钧. 国内己内酰胺生产现状及生产工艺技术经济分析比较 [J]. 化工管理, 2021(18):121-122.
- [3] 王伟, 王卉, 陈卓. 国内外己内酰胺市场现状与发展趋势 [J]. 合成纤维工业, 2020, 43(04):59-62.

#### 作者简介：

张海岗 (1980.03—)，男，汉，河北黄骅人，本科，中级工程师，注册安全工程师，研究方向：己内酰胺。