

# Selection and Application of static mixers

Liwei Xu

Sinopec Petroleum Engineering Design Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257026, China

## Abstract

The static mixer is one of the commonly used devices in industrial production and is widely applied in multiple industries such as chemistry, petroleum, food processing, and pharmaceuticals. The static mixer can efficiently and evenly mix materials by unpowered mixing of fluids within the pipeline. With the continuous development of industrial technology, the performance requirements for static mixers are getting higher and higher, especially in applications under extreme conditions such as high viscosity, high temperature or high pressure. This paper starts from the working principle of the static mixer, introduces its types and selection basis, analyzes the application of the static mixer in different processes, and discusses the factors that need to be considered when selecting it, such as fluid properties, mixing effect, operating cost, etc. Finally, the article summarizes the important role of static mixers in modern industry and proposes future development trends.

## Keywords

static mixer; Selection; Application; Fluid mixing; industrial production

# 静态混合器的选型及应用

徐立伟

中石化石油工程设计有限公司, 中国·山东·东营 257026

## 摘要

静态混合器是工业生产中常用的设备之一, 广泛应用于化学、石油、食品加工、制药等多个行业。静态混合器通过在管道内对流体进行无动力的混合, 能够高效、均匀地实现物料的混合。随着工业技术的不断发展, 对静态混合器的性能要求也越来越高, 尤其是在高粘度、高温或高压等极端条件下的应用。本文从静态混合器的工作原理出发, 介绍了其种类和选型依据, 分析了静态混合器在不同工艺中的应用, 并探讨了其选型时需要考虑的因素, 如流体性质、混合效果、操作成本等。最后, 文章总结了静态混合器在现代工业中的重要作用, 并提出了未来发展趋势。

## 关键词

静态混合器; 选型; 应用; 流体混合; 工业生产

## 1 引言

静态混合器是一种常见的机械设备, 广泛应用于多种工业过程中, 特别是在化学、制药、食品加工等领域中, 用于促进不同物质或组分的混合。与传统的动态混合器相比, 静态混合器具有结构简单、无活动部件、维护方便等优点, 因此在许多场合得到了广泛的应用。它通过固定的混合元件或结构改变流体的流动路径, 从而促使流体产生湍流和剪切效应, 达到高效混合的目的。

然而, 在实际应用中, 静态混合器的选型一直是一个关键问题。如何选择合适的静态混合器, 需要根据生产工艺的不同要求来决定, 尤其是需要考虑流体的特性、混合效率、安装空间和经济成本等因素。此外, 随着工业技术的发展, 静态混合器的应用范围不断扩展, 包括高粘度物料混合、高

温高压环境下的反应混合等复杂工况。因此, 合理选型不仅有助于提高生产效率, 还能有效降低能源消耗和生产成本。

本文将系统地介绍静态混合器的选型原则和应用领域, 重点分析如何在不同工况下选择最合适的静态混合器, 旨在为相关行业的工程师和技术人员提供参考和指导。

## 2 静态混合器的工作原理

### 2.1 基本原理

静态混合器通过利用固定的混合元件使流体在管道中流动时产生涡流或湍流, 从而实现流体的混合。其核心原理基于流体力学中的剪切作用和湍流理论。在流体流动过程中, 混合元件通过改变流体的流动方向和流速, 产生不同程度的剪切力和湍流, 使得流体中的各组分相互作用、碰撞, 从而达到物质的均匀混合。与传统的动态混合器不同, 静态混合器没有活动部件, 因此其结构较为简单, 维护成本低, 且能耗较低。

静态混合器的设计通常依赖于多种不同的结构, 如螺

【作者简介】徐立伟(1982-), 男, 本科, 高级工程师, 从事油气田地面集输研究。

旋形、网格形或叶片形等，每种设计都有其特定的混合效果和应用场景。例如，螺旋形混合元件能够产生较强的旋转效应，适用于高粘度流体的混合；而网格形混合元件则适用于流速较快的低粘度流体的混合。

## 2.2 流体动力学分析

静态混合器的混合效率与流体的流动特性密切相关。通过对流体动力学的分析，可以预测静态混合器在不同工况下的混合效果。在实际应用中，流体的粘度、密度、流速等因素都会影响混合器的性能。例如，在高粘度流体的混合过程中，由于流体的黏滞性较大，混合过程中的湍流效应会较弱，混合效果也相应较差。这时，需要选择适当的混合元件或增加设备的流速，以促进流体的充分混合。

## 2.3 影响因素

除了流体的基本性质外，管道的尺寸、流量以及温度等环境因素也会对静态混合器的性能产生影响。通常，在设计静态混合器时，需要综合考虑这些因素，确保其能够在各种工作条件下提供最佳的混合效果。此外，流体在混合器中的流动路径也会影响混合效率，因此合理设计流动通道和混合元件的布置对于提高混合效率至关重要。

# 3 静态混合器的分类与选型

## 3.1 静态混合器的分类

根据其结构和工作原理的不同，静态混合器可分为多种类型，常见的分类方式有以下几种：

**螺旋型静态混合器**：螺旋型静态混合器通常用于高粘度流体的混合，通过螺旋形状的混合元件将流体分成多个小流束并进行反复切割，产生强烈的湍流，进而提高混合效率。

**网格型静态混合器**：网格型静态混合器采用网状的结构元件，能够有效地将流体分割并重新组合，适用于低粘度流体的混合。

**叶片型静态混合器**：叶片型静态混合器通常具有较强的流体切割能力，能够产生较大的剪切力，适用于高粘度和高流量的物料混合。

**板式静态混合器**：板式静态混合器采用多层交错排列的板片，通过流体在板片间的反复切割和分配，使物料得以充分混合。此类混合器常用于多相流体的混合，如气液或液固的混合。

**管道式静态混合器**：管道式静态混合器一般由多个连续的混合段组成，通过在管道中设置不同形状的混合元件，使流体在流动过程中得到不断的混合。

## 3.2 静态混合器选型原则

在选择静态混合器时，需考虑以下几个主要因素：

**流体性质**：流体的粘度、密度、温度、压力等都会影响混合器的选型。高粘度流体通常需要采用具有较强剪切作用的混合器，例如螺旋型或叶片型静态混合器；而低粘度流体则可以采用网格型或管道式混合器。

**混合效果**：不同类型的静态混合器具有不同的混合效率。在一些高精度混合要求的工艺中，需要选择能够提供高效混合的设备，如板式或螺旋型混合器。

**流量与管道尺寸**：需要根据流体的流量和管道尺寸来选择适合的混合器。对于大流量的应用，通常需要选择具有较大容量和流通能力的设备。

**工作环境**：温度、压力、腐蚀性等环境条件都会影响静态混合器的选择。在高温、高压或腐蚀性环境中，需要选择具备耐高温或耐腐蚀功能的混合器。

**经济性**：在满足工艺要求的前提下，还需要考虑设备的经济性。选择合适的设备能够在保证生产效率的同时，降低设备投资和运行成本。

## 3.3 静态混合器的优化设计

随着技术的进步，静态混合器的设计也在不断优化。例如，在一些高粘度物料的混合过程中，通过改进混合元件的形状、增加元件数量等手段，可以有效提高混合效果。此外，流体流动路径的优化设计、混合元件的合理布置以及流速的合理调控等方面的改进，也能够提升静态混合器的整体性能。在实际应用中，工程师会根据不同的流体特性、生产要求以及工作条件，灵活调整静态混合器的设计，使其在提高混合效率的同时，最大限度地降低能耗和物料损失。这样的优化不仅有助于提高生产效率，还能延长设备的使用寿命，降低维护成本。

# 4 静态混合器在工业中的应用

## 4.1 化工行业

在化工行业中，静态混合器的应用领域非常广泛，主要涉及反应混合、溶解、乳化、加热等多个方面。静态混合器的核心优势在于其能够通过简单的结构和高效的混合效果，在不需要额外动力源的情况下实现不同物质的快速均匀混合。这对于需要精确控制化学反应过程的行业来说，具有重要的意义。例如，在化肥生产过程中，静态混合器常用于液体化肥的配制，确保化肥成分的均匀性和稳定性。化肥生产过程中，原料往往具有不同的物理化学性质，如果混合不均匀，可能导致肥料的效果不一致，甚至产生不良反应。使用静态混合器能够减少这种风险，通过强烈的剪切和湍流效应有效地将不同成分的流体混合在一起。

此外，在涂料生产过程中，静态混合器也起到了至关重要的作用。在涂料的生产过程中，需要将颜料、溶剂、树脂等多种物料进行混合，确保颜色和质量的一致性。如果混合不均匀，涂料的色泽、质量和稳定性都会受到影响。静态混合器能够提供高效的混合效果，保证涂料的每一批次都符合规定的标准，提升生产效率并降低生产成本。随着涂料行业向高效环保型产品转型，静态混合器的应用将会进一步扩大，并在未来的化工生产中发挥更大的作用。

静态混合器在化工行业的应用不断拓展，并在高温、

高压等恶劣条件下也能有效工作。现代化的化工生产过程中，静态混合器越来越成为提高生产效率、减少污染和保证产品质量的重要设备。

## 4.2 制药行业

静态混合器在制药行业中的应用，主要涉及药物的配料、溶解、乳化等过程。药品的生产对混合的精度和均匀性要求非常高，因此静态混合器的高效混合能力在这一领域得到了广泛应用。在药物的配制过程中，不同的原料通常具有不同的密度、黏度和溶解特性，如何确保这些物料在混合过程中得到充分均匀的分散是一个技术挑战。传统的混合设备可能无法提供足够均匀的混合效果，特别是在高粘度、高浓度物质的配制过程中，静态混合器由于其独特的流动路径设计，能够有效减少分层现象，确保药物的每一个成分都得到均匀分布。

静态混合器不仅能够满足制药过程中严格的卫生要求，还能有效减少药物生产中的污染风险。由于静态混合器无活动部件，避免了传统混合器可能带来的物料污染和清洁困难问题。此外，静态混合器还具有易于清洗和维护的特点，符合制药行业的GMP（良好生产规范）要求，可以减少交叉污染的可能性，确保药品生产过程的安全性和可靠性。

随着制药行业对个性化、精密化生产的需求不断增加，静态混合器将进一步得到应用。未来，随着新药研发和生产工艺的创新，静态混合器将在更高精度的混合和更复杂的物料处理方面发挥越来越重要的作用，成为推动制药行业技术进步的关键设备。

## 4.3 食品加工行业

在食品加工行业中，静态混合器的应用同样具有重要的地位。随着消费者对食品质量、口感和安全性的要求不断提高，食品生产过程中的混合环节也变得愈发关键。静态混合器在液体和粉末的混合、溶解、乳化等过程中，展现出高效且精确的混合效果。以乳制品的生产为例，在奶制品的加工过程中，需要将牛奶、奶粉、乳酸菌等成分充分混合，才能确保奶制品的质量和口感一致。静态混合器能够在较短时间内将不同成分均匀混合，避免了物料的分层现象，提升了生产效率。

此外，在果汁和调味品生产中，静态混合器的使用也能提高混合的均匀性和产品的稳定性。对于果汁生产，尤其是浓缩果汁或果浆的调配，静态混合器能够帮助将果汁与其

他成分（如糖浆、香精等）进行高效均匀混合，避免出现沉淀或分层现象。而在调味品的生产中，不同的香料、酱料等配料必须均匀混合，静态混合器可以提供可靠的混合效果，确保产品的风味一致。

随着食品工业对高效、节能、环保的生产设备需求增加，静态混合器的应用将更加广泛。它不仅能够提升生产效率，减少生产中的浪费，还能降低能耗，并帮助实现更严格的质量控制。未来，随着食品生产工艺的升级，静态混合器将继续发挥关键作用，并在健康食品、功能性食品等新兴领域中得到更多的应用。

## 5 结语

静态混合器作为一种重要的工业设备，在多个行业中得到了广泛应用，尤其在化工、制药和食品加工行业中，发挥了不可替代的作用。随着技术的不断进步，静态混合器的性能也得到了显著提升，不仅能够满足传统行业的需求，还能够适应新的高要求应用场景。通过合理的选型和优化设计，静态混合器能够在各种工艺条件下提供高效的混合效果，推动生产效率和产品质量的提升。

然而，静态混合器的选型仍然是一个复杂的过程，需要综合考虑流体的性质、生产工艺的需求以及设备的经济性等因素。在未来的发展中，静态混合器将进一步向高效节能、智能化和定制化方向发展，适应更多新兴产业的需求。

随着工业自动化和智能化程度的提高，静态混合器的技术将不断优化，其在现代工业生产中的作用将愈加突出。通过不断推进技术创新和设备优化，静态混合器必将在更多的领域中发挥更大的作用，成为推动各行业发展的关键工具。

## 参考文献

- [1] 弘,袁竟雄.静态混合器的特性及混合性能表示法[J].国外化工装备技术,1982,(06):16-33.
- [2] 曹清馨.静态混合器在丙烯腈催化水合工艺中的应用[J].齐鲁石油化工,1983,(05):43-44+42.
- [3] 黄宝琪.静态混合器在化盐工段酸碱中和上的应用[J].氯碱工业,1984,(01):1-3.
- [4] 静态混合器在丙烯腈催化水合工艺中的应用[J].齐鲁石油化工,1984,(02):25.
- [5] 叶楚宝.静态混合器的研究和应用发展信息[J].化学工程,1985,(06):72-75.