

氰尿酸生产工艺优化与成本控制研究

李红栋（山东禹城金晟生物净化有限公司，山东 禹城 251200）

摘要：氰尿酸身为关键的化工中间体在水处理、农药以及塑料等领域得到了广泛运用。本文致力于探究氰尿酸生产工艺的优化办法及成本把控策略，增进生产效率并且增强环保特性。经由对现存生产工艺（氰化法和氨化法）的剖析点明传统工艺于能源效率、资源运用以及废物排放等层面存在的缺陷。着重研讨了原料选取、反应温度与压力的把控、催化剂的运用等重要因素给生产工艺带来的影响。与此同时依据案例剖析给出了生产流程的改进趋向，涵盖节能降损技术、设备优化以及反应条件的调整。最终剖析了氰尿酸生产成本的构成情况，提出了实现经济效益最大化、全员参与以及全过程控制的成本控制准则给氰尿酸生产企业的可持续发展给予理论支撑。

关键词：氰尿酸；生产工艺；工艺优化；成本控制；节能降耗；催化剂

0 引言

氰尿酸作为一类重要的化工中间体被广泛运用于农药、染料、化肥等行业，它的生产工艺直接左右着产品的质量以及生产成本。伴随全球经济针对高效、环保化学产品需求的不断增长，优化氰尿酸的生产工艺并降低其生产成本变成了亟待处理的核心问题。现有的生产工艺于能效、资源利用和废物排放等方面仍具有可优化的余地。

1 氰尿酸的生产工艺概述

1.1 氰尿酸的性质与应用

氰尿酸（Cyanuric acid）属于一种关键的有机化合物其化学式是 $C_3H_3N_3O_3$ ，它呈现出白色结晶或者粉末的形态具备相对较高的溶解度，在水中的溶解性不佳容易溶解于氯化物溶液。氰尿酸被广泛运用在众多领域当中，尤其是在水处理、杀菌剂、塑料以及农药生产方面。充当氯化物稳定剂时它在游泳池水处理里被当作氯的稳定剂，能够切实降低氯的挥发增强其在水中的持续作用效果。另外氰尿酸还能够用于合成高分子材料以及作为农药的中间体，推动其市场需求的不断增加。

1.2 氰尿酸的生产工艺流程

当下氰尿酸的生产主要依靠氰化法与氨化法这两类工艺路径来实现，氰化法属于传统的且应用最为普遍的制备手段，一般是由氰化氢跟尿素发生反应从而生成氰尿酸。在此过程里先是让氰化氢气体和尿素于高温环境中进行反应，形成氰尿酸的中间体。紧接着凭借特定的反应条件把控，达成氰尿酸的纯化以及结晶流程。氨化法是经由将氰化氢和氨气产生反应，获取到氰尿酸以及氨的水溶液其后通过化学分离的方式

提取出氰尿酸。这两种工艺所具有的共性在于反应进程里的温度以及压力把控极为关键，并且生产流程需要防止副产物的形成。

1.3 现有生产工艺的优势与不足

现存的氰尿酸生产工艺纵然已逐步趋于成熟不过还是存在一些显著的长处和短处，首先氰化法的生产流程相对成熟，具备较高的产出率以及较为平稳的反应控制状况由此成为了主要的工业生产途径。但是它存在一定程度的环保风险，氰化氢的毒性偏大针对操作环境和人员的安全性给出了较高的标准。与此同时氰化氢的运用和排放或许会给环境带来污染，增添了生产流程里的治理花费。相较而言氨化法尽管应用较少，然而其在环境安全性这一方面相对更出色，并且生产过程里的副产物不多契合绿色化学的生产观念。但是氨化法的反应条件比较严苛，而且生产过程中氨气的回收与利用存在较大难度对其在大规模生产中的运用形成了限制。

2 氰尿酸生产工艺的优化

2.1 影响氰尿酸生产工艺的主要因素

原料的选取及质量把控乃是左右生产工艺的关键要素，在氰尿酸的制造流程里尿素属于核心原料的一种，其质量会径直左右反应的开展以及最终产品的品质。高纯度的尿素能够降低杂质给反应带来的干扰，进而提升产物的纯度与收率。像水分和缩二脲这类杂质的存在会对反应进程造成妨碍，致使氰尿酸的产量与纯度降低所以原料的纯度、粒度分布以及杂质含量都得进行严格把控。好比说某家企业通过强化对尿素质量的检测，保证每一批次尿素的纯度达到 98% 及以上，成功规避了因原料质量问题引发的副产物生成氰

尿酸的纯度和收率均获得了显著的提升。

其次反应温度与压力的优化对于生产工艺的改进具备决定性意义，在氰尿酸的生产进程中温度和压力对反应的速率以及反应的平衡有着显著的作用。过高的温度容易致使副反应增加，比如氰尿酸酰胺的生成从而对氰尿酸的纯度产生影响。

为了把控温度的波动众多企业借助精细化的温度调控系统，把反应温度维持在最优的区间内用以提高产率和产品的质量。举例来讲山东大明消毒科技有限公司通过优化温度控制，将温度把控在 220℃至 250℃之间，有效地提升了氰尿酸的收率纯度稳定在 98% 之上。在压力方面保持微负压的状态有利于加快氨气的排放打破反应平衡，从而推动氰尿酸的生成提高反应的转化率。

催化剂的挑选与运用同样对生产工艺的效率和产品质量产生影响，催化剂于反应中能够明显降低反应的活化能加快反应的速率。常见的催化剂涵盖氯化铵、硝酸钾等等，这些催化剂能够促进尿素的热解反应增加氰尿酸的产量。不过催化剂的选择并非单纯是数量的增多，而是要依照反应的实际状况选取适宜的种类和用量。例如氯化铵分解产生氨气，推动了氰尿酸的生成而氯化氢则具有催化的功效。某家企业在更换成硝酸钾当作催化剂后，反应温度降低了 20℃产率提升到 90% 以上。催化剂用量的优化也极为关键，过少的话催化效果欠佳过多则可能带入杂质对产品质量造成影响。

2.2 生产工艺流程的改进方向

在当今的现代化工业生产里，生产工艺流程的改良需从本质上优化反应的机理和路径以削减不必要的能量耗费。借由引入前沿的节能技术，能够切实增进反应效率降低能源的浪费情况。其次工艺设备的更新也是增进生产效率的关键途径，举例而言像反应器、搅拌装置以及热交换器等核心设备的技术变革，能够径直提升生产效率并且降低生产进程中的能源消耗，最后生产环境的优化对于生产工艺的稳定性以及产品质量存在着直接的作用。

以山东大明消毒科技有限公司有关氰尿酸的生产作为例子，这家公司在生产工艺流程当中针对多个环节展开了技术创新获取了显著的节能降损成效。首先该公司凭借引入余热回收技术，极大程度地降低了生产过程里的能耗。在氰尿酸的生产进程中反应会生成大量的高温尾气，这些尾气里的热量通常未能得到有

效的运用。为处理这一问题公司装配了高效的余热回收装置，经由热交换器把尾气中的热量传递给原料尿素，让尿素在进入反应器之前温度得以升高进而降低了外部加热系统的能源需求。据相关统计运用余热回收技术之后，该公司每吨氰尿酸的生产能耗降低了大约 15% 能源成本大幅减少。

此外该公司还通过优化反应途径和更新催化剂，提升了反应效率更进一步降低了能耗。在传统的氰尿酸生产过程里，反应路径相对繁杂存在不少能量损失的环节。通过研发新型的催化剂，该公司促使反应能够在较低的温度下进行同时加快了反应的速率。这一改变使得反应温度降低了约 20℃，产率提高了约 5%。催化剂的改进不但有效地降低了能耗，并且提升了产品的产量和质量。

在工艺设备的优化层面该公司对反应器和搅拌装置实施了升级，选用耐高温度、抗腐蚀的新型合金材料来制造反应器，由此延长了反应器的使用期限。新的材料能够承受更高的反应温度和压力，减少了设备的维修次数提高了生产效率。与此同时升级后的搅拌装置采用了智能控制的系统，能够依照反应过程实时调节搅拌的速度，保证反应物均匀混合增进了反应效率和产物质量。

3 氰尿酸生产中的成本控制策略

3.1 氰尿酸生产成本的构成

氰尿酸生产成本的构成是企业生产管理中的关键因素之一，整体来看氰尿酸的生产成本大致可以分为原材料成本、能源成本、设备与人力成本以及废料处理成本等几个主要部分，其中原材料成本占据了最大的比例通常可达到生产总成本的 50%–60%。在原材料中尿素的价格波动对生产成本的影响尤为显著，因其占比高达 70%–80%。例如 2023 年尿素市场价格波动较大从年初的 2200 元 / 吨涨至年中的 2600 元 / 吨，这一变化直接增加了生产成本，特别是在月产量较大的情况下影响更为明显。此外硫酸等辅助原料的价格波动也会对总成本产生一定的影响，企业需要持续关注市场动向优化采购策略以降低成本风险。

能源成本是另一个不可忽视的组成部分约占氰尿酸生产总成本的 20%–30%，在生产过程中电力和蒸汽的消耗是主要能源支出，且随着能源价格的上涨企业的成本压力随之增加。

3.2 成本控制的基本原则

在氰尿酸生产进程中成本控制属于一项极为重要

的管理事务，其核心目标在于通过科学合理的规划与管理各个环节将企业的经济效益实现最大化。

首先，经济效益准则着重强调企业在进行成本控制时，务必要聚焦于凭借最小的投入获取最大的产出，这不单单要求降低生产成本更要确保产品质量与生产效率之间的均衡。举例来说企业能够通过优化生产工艺流程，增进反应速度和原料的转化率，从而减少能源的耗费与浪费同时提高产品的纯度和收率，以此降低单位产品的成本增强在市场中的竞争实力。

其次，全员参与准则显示成本控制并非仅仅是财务或者管理层的职责，而是需要全体员工一同参与。企业借助培训与激励机制强化员工对于成本控制的认知，促使每个岗位的员工在日常工作里积极探寻节约成本的路径。这种全员参与的形式，不但能够提升员工的责任感还能够在细节方面达成成本的节约。

最后，全过程控制准则规定从原材料的采购、生产流程、产品销售直至售后服务的每一个环节都要开展精细的成本管理控制。在采购环节企业需要通过优化供应链的管理，降低原材料的采购成本保证供应商的稳定性以及价格优势；在生产环节合理运用先进的技术设备，提高生产效率并降低废品率；在销售和售后服务环节通过精细化的管理减少不必要的开支，进一步提高企业的整体经济效益。

3.3 成本控制措施

在氰尿酸生产企业里成本管控是保障企业竞争力和增进利润的关键要素，优化原材料的采购与库存管理能够显著削减原料成本。集中采购属于一种成效显著的方式，能够凭借与供应商达成的长期采购协议，降低单件采购成本并缩减运输及人工费用。与此同时运用先进的库存管理系统能够精准把控库存量，规避因库存积压造成资金占用以及质量问题。

其次，优化能源耗费是成本管理的重要环节之一，对设备进行节能改造以及对生产排班予以合理调整能够有效降低能源消耗。高效的电机和优化后的生产计划不但能减少单台设备的电能消耗，还能通过避免低效运行进一步降低能源浪费。此外设备的预防性维护与员工的技能培训也能够助力企业在生产流程中降低设备故障率，提升工作效率减少维护成本。

最后，废料处理与排放控制不单是对环保的担当，也是降低成本的可行途径。通过废料回收与再利用不但降低了废弃物的处理费用，还能够借助回收有价值的物料，提高资源的再利用率进而削减原料成本。

以山东大明消毒科技有限公司为例，该公司借助一系列的成本管控措施切实降低了氰尿酸的生产成本。假设该公司每年采购 10000 t 尿素，通过集中采购的方式尿素单价较分散采购降低了 100 元 / 吨，每年仅此项采购成本就能节省 100 万元。此外山东大明还引入了基于物联网和大数据技术的库存管理系统，此系统能够实时监测库存状况，自动生成采购计划避免了过量采购和库存积压的现象。通过这一系统的运用该公司使库存周转率提升了 30%，库存资金占用成本降低了 20%。

在能源消耗方面，山东大明对生产线实施了设备节能改造将传统电机更替为高效节能电机。比如一台功率为 100kW 的电机更换后，每天可节省电费 160 元，若对多台电机进行类似改造年节省电费可达 50 万元。此外优化生产排班也是其降低能源消耗的有效手段。通过分析生产流程山东大明合理规划了设备的工作时间和维护时间，使得能源消耗降低了 10% 每年节省能源成本约 30 万元。

在设备维护方面山东大明推行了设备预防性维护体系，为每台设备设定了维护周期和维护内容，特别是针对关键设备像反应器、精制设备等增加了检查频次。一次对反应器的检查发现了潜在的泄漏点，及时修复避免了重大设备故障。通过这一举措公司设备的故障率降低了 30%，维修成本减少了 40% 设备使用寿命延长了 20%。

在人员管理方面山东大明强化了员工的技能培训和安全培训，增进了员工操作设备的熟练度减少了因操作不当引发的生产事故和质量问题。在一次产品质量检测中由于员工的操作更为规范，及时察觉并纠正了生产过程中参数的偏差避免了一批不合格产品的产生。

4 结语

本文针对氰尿酸生产工艺展开了深入的剖析与改良探索，给出了一连串改进举措意在提升生产效率、削减成本以及减轻环境负担。改良后的工艺方案不但在节能降耗层面表现抢眼，而且在资源利用和废物处理方面具备突出长处，与此同时成本控制策略的施行给企业开辟了更为经济高效的生产途径。

参考文献：

- [1] 刘露萍, 高佳淇, 郑琪. 三氯异氰尿酸生产工艺废水处理回收研究 [J]. 氯碱工业, 2023, 59(10):41-45.