

有机过氧化物检测方法的研究及市场前景分析

周 翼 (江苏强盛功能化学股份有限公司, 江苏 常熟 215500)

摘 要: 有机过氧化物是一类含有过氧基团 ($-O-O-$) 的化合物, 在化工、医药、塑料、橡胶等领域有着广泛的应用。然而, 由于其高度活泼的化学性质, 有机过氧化物在储存、运输和使用过程中存在较大的安全隐患。因此, 准确、快速地检测有机过氧化物的含量对于保障生产安全、产品质量以及环境保护具有重要意义。本文综述了当前有机过氧化物检测的主要方法, 包括化学分析法、仪器分析法。同时, 本文还给出了过氧化二叔丁基含量检测方法研究的实例, 结合市场需求预测和竞争分析, 对有机过氧化物检测市场的潜力和发展机会进行了深入探讨。

关键词: 有机过氧化物; 检测方法; 检测指标; 化学分析法; 仪器分析法; 过氧化二叔丁基; 市场前景

中图分类号: 0623.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 013-0001-04

Research on Organic Peroxide Detection Methods and Market Prospect Analysis

Zhou Yi (Jiangsu Qiangsheng Functional Chemistry Co., Ltd., Changshu Jiangsu 215500, China)

Abstract: Organic peroxides are a class of compounds containing peroxide groups ($-O-O-$), which have wide applications in chemical, pharmaceutical, plastic, rubber and other fields. However, due to their highly reactive chemical properties, organic peroxides pose significant safety hazards during storage, transportation, and use. Therefore, accurate and rapid detection of the content of organic peroxides is of great significance for ensuring production safety, product quality, and environmental protection. This article summarizes the main methods for detecting organic peroxides, including chemical analysis and instrumental analysis. At the same time, this article also provides an example of the research on the detection method of di tert butyl peroxide content, and combines market demand prediction and competition analysis to deeply explore the potential and development opportunities of the organic peroxide detection market.

Keywords: organic peroxide; Testing methods; Testing indicators; Chemical analysis method; Instrumental analysis method; Di tert butyl peroxide; market prospect

有机过氧化物, 作为一类含有过氧基 ($-O-O-$) 的有机化合物, 凭借其强氧化性和高反应性, 在聚合反应引发剂、交联剂、漂白剂、消毒剂以及火箭推进剂等多个领域展现出广泛应用, 市场需求持续旺盛。然而, 其高反应性同时也带来了燃烧、爆炸等潜在危险性, 对生产安全和环境保护构成了挑战。因此, 对有机过氧化物的准确、快速检测显得尤为重要, 不仅关乎生产安全、环境保护, 也直接影响到市场产品的质量和竞争力。

近年来, 随着科技的迅猛发展和人们对有机过氧化物认识的深化, 市场上对高效、可靠的检测技术的需求日益增长。为满足这一市场需求, 众多检测方法应运而生, 这些方法各具特色, 涵盖了化学反应法、先进仪器分析技术以及光谱快速检测法等多个领域, 为有机过氧化物的安全应用和市场拓展提供了坚实的技术支撑。

1 有机过氧化物的性质及检测指标

有机过氧化物是一类含有过氧键 ($-O-O-$) 的有机化合物, 具有强氧化性和高反应性。它们通常不稳定, 容易分解产生自由基, 从而引发聚合反应或链式反应。有机过氧化物的性质因其结构不同而异, 但大

多数都具有易燃、易爆、有毒等特性。

在检测有机过氧化物时, 常用的指标包括活性氧含量、酸度、水分等。活性氧表示有机过氧化物中有效氧的含量, 有效氧的高低代表了有机过氧化物的纯度, 决定了应用的投料量。酸度为有机过氧化物中酸性物质的含量, 直接影响应用制品的质量。水分则表示有机过氧化物中水分和不挥发物质的含量, 同样会影响应用制品的质量。

2 有机过氧化物的检测方法研究

2.1 化学分析法

化学分析法是一种传统的检测方法, 它主要基于有机过氧化物与特定试剂的化学反应来测定其含量。常用的化学分析方法为碘量法。其原理是有机过氧化物和碘化钾溶液反应, 生成碘单质, 碘与定量的硫代硫酸钠标准溶液反应, 重新被还原, 根据消耗的硫代硫酸钠溶液的量, 从而测定有机过氧化物的含量。碘量法具有操作简便、成本低廉、灵敏度高等优点, 但也存在检测时间长、干扰因素多等缺点。例如碘化钾在空气中和光照下容易被氧化, 因此碘化钾溶液须新鲜配置且保存在棕色瓶中, 反应前须用惰性气体置换氧气, 反应过程也需要在避光条件下进行。

表 1 不同汽化温度下各组分的含量对比

峰序号	含量, %		
	柱温 80℃	柱温 130℃	柱温 180℃
1	0.2459	0.2355	0.2690
2	0.0156	0.0159	0.0469
3	0.1451	0.1323	0.1407
4	0.0860	0.0772	0.0253
5	0.0326	0.0287	0.0858
6	0.0119	0.0566	0.0320
7	0.0570	0.0782	0.0624
8	0.0819	0.0096	0.0832
9	0.0183	0.0179	0.0104
10	98.8974	99.0030	0.0189
11	0.0271	0.0185	98.9071
12	0.0216	0.0160	0.0176
13	0.0193	0.0162	0.0162
14	0.0106	0.0162	0.0172
15	0.0101	0.0851	0.0161
16	0.0186	0.0169	0.0802
17	0.0983	0.0178	0.0164
18	0.0191	0.1386	0.0172
19	0.0214	0.0102	0.1270
20	0.1622	0.0096	0.0104

2.2 仪器分析法

仪器分析法是一种现代的检测方法，它主要基于有机过氧化物的物理或化学性质来测定其含量。常用的仪器分析方法包括气相色谱法、高效液相色谱法、红外光谱法等。①气相色谱法：气相色谱法是一种常用的有机过氧化物分析方法。它将有机过氧化物进行气化，气化后的组分在色谱柱中进行分离，并通过火焰离子化检测器（FID）进行检测，可以实现对有机过氧化物的高灵敏度检测。②高效液相色谱法：高效液相色谱法是一种高效、快速的有机过氧化物分析方法。它利用有机过氧化物紫外吸收的特点，采用不同的淋洗剂，通过色谱柱对组分进行分离，采用紫外检测器（UV）进行检测，可以实现对有机过氧化物的高灵敏度检测。③红外光谱法：红外光谱法是一种利用红外光谱仪对有机过氧化物进行分析的方法。它通过测量有机过氧化物分子在红外光波段的吸收光谱，可以确定其官能团和化学结构。特别是随着计算机技术的快速发展，化学计量学软件不断优化，通过软件建立光谱数据模型，可以实现有机过氧化物及其组分的快速定性定量检测。

3 有机过氧化物检测的实例研究

本文聚焦于有机过氧化物——过氧化二叔丁基（DTBP）的检测方法，特别是通过气相色谱法对其含量的精确测定。研究旨在优化气相色谱条件，以提高DTBP含量测定的准确性和精密度。通过系统地考察汽化室温度、柱温、进样量及分流比等关键参数，确立了最佳色谱条件。实验结果显示，该方法具有较高的精密度和准确性，适用于工业用过氧化二叔丁基的质量控制。

3.1 过氧化二叔丁基含量测定方法

拟定的方法：本研究采用 GB/T9722《化学试剂气相色谱法通则》作为指导，运用气相色谱法测定过氧化二叔丁基的含量。鉴于气相色谱图中杂质峰较多且大部分无法定性，研究采用面积归一法计算目标组分的含量。为确保测定结果的准确性，对以下色谱条件进行了详细优化：

①汽化室温度的选择：汽化室温度的选择对于保证样品快速汽化、减少初始谱带宽度至关重要。实验分别设定了 80℃、130℃ 和 180℃ 三个汽化温度，并对比了不同温度下的色谱图及组分含量（见表 1）。结果显示，虽然三个温度下 DTBP 的含量基本一致，但综合考虑样品汽化效果和色谱柱的适用温度范围，最终确定了 130℃ 作为汽化室温度。

由表 1 可得，汽化温度在 80℃、130℃、180℃ 时过氧化二叔丁基含量基本一致。综上，确定了汽化温度条件如下：130℃。

②柱温的选择：柱温是影响组分分离效果的关键因素。实验对比了恒温分析和程序升温两种模式，并考察了不同柱温下的色谱图及组分含量（见表 2）。鉴于 DTBP 中各组分沸点差异较大，为达到更好的分离效果，选择了程序升温模式。经过多次调试，最终确定了柱温程序：初始 50℃，保持 4min，然后以 10℃/min 的速率升温至 150℃，并保持 2min。

③进样量、分流比的选择：进样量和分流比的优化对于提高色谱图的清晰度和准确性至关重要。实验分别考察了不同进样量（0.2 μL 以下）和分流比（20:1 ~ 100:1）对 DTBP 含量的影响。结果显示，进样量为 0.2 μL、分流比为 50:1 时，色谱图清晰、分离效果好。

表 2 不同柱温下各组分的含量、保留时间对比

序号	含量, %		保留时间, min	
	柱温 50℃	柱温 80℃	柱温 50℃	柱温 80℃
1	0.2355	0.3866	0.723	0.688
2	0.0159	0.2462	0.808	0.755
3	0.1323	0.1331	0.868	0.812
4	0.0772	0.0538	0.993	0.870
5	0.0287	0.0203	1.148	0.977
6	0.0566	0.0924	1.683	1.063
7	0.0782	0.1394	1.853	1.147
8	0.0096	0.0118	1.938	1.200
9	0.0179	0.0290	2.038	1.267
10	99.0030	98.3988	2.353	1.448
11	0.0185	0.0168	4.058	1.795
12	0.0160	0.0265	4.428	1.927
13	0.0162	0.0277	4.943	2.135
14	0.0162	0.0211	8.803	2.333
15	0.0851	0.1233	9.183	5.285
16	0.0169	0.0234	9.503	5.723
17	0.0178	0.0237	10.713	7.090
18	0.1386	0.1994	11.163	7.595
19	0.0102	0.0155	11.813	8.345
20	0.0096	0.0112	14.013	10.772

注：序号 1 ~ 20 色谱图中物质峰的序号

表 3 推荐的色谱柱和色谱操作条件

项目	参数
毛细管色谱柱	30m×0.32mm×0.25μm (柱长×柱内径×膜厚)
固定相	100% 聚甲基硅氧烷
管柱材质	熔融石英
柱箱温度	程序升温：初始 50℃，保持 4min，10℃ /min 升温至 150℃，保持 2min
汽化室温度 /℃	130
检测器温度 /℃	180
载气 (N ₂) 流量 / (mL/min)	2
空气流量 / (mL/min)	300
氢气流量 / (mL/min)	30
分流比	50:1
进样量 /μL	0.2

且测定结果稳定。

3.2 色谱条件

综合上述优化结果，确定了最终的色谱条件（见表 3）。

3.3 过氧化二叔丁基含量精密度的试验

表 4 三个批次过氧化二叔丁基 6 次平行测定含量的试验数据

编号	1	2	3
含量, %	98.47	98.89	98.69
	98.57	98.96	98.73
	98.49	98.85	98.67
	98.61	98.87	98.71
	98.55	98.92	98.75
	98.56	98.89	98.77
平均值, %	98.54	98.90	98.72
标准偏差, %	0.0478	0.0354	0.0342
相对标准偏差, %	0.0485	0.0358	0.0346

为验证所拟方法的准确性和精密度，以江苏强盛功能化学股份有限公司生产的三个批号过氧化二叔丁基为样品进行了精密度实验。每个样品进行 6 次平行测定，并计算平均值、标准偏差和相对标准偏差（见表 4）。结果显示，三个批次的 DTBP 含量均在 98.7% 左右波动，且相对标准偏差均小于 0.05%，表明该方法具有较高的精密度和准确性。

本研究通过系统优化气相色谱条件，成功建立了

一种准确、高效的过氧化二叔丁基含量测定方法。该方法在汽化室温度、柱温、进样量和分流比等方面均进行了详细考察和优化，确保了测定结果的准确性和精密度。实验结果表明，该方法适用于工业用过氧化二叔丁基的质量控制，为相关产品的生产和应用提供了科学依据。

4 有机过氧化物检测市场前景分析

4.1 市场需求预测

随着工业的发展和环境污染的加剧，有机过氧化物在环境治理和药物制备等方面的需求不断增加。同时，随着人们对食品质量和安全的要求提高，对有机过氧化物的需求也在增加。因此，有机过氧化物检测市场将迎来更多的发展机遇。在国内市场方面，随着环境污染治理力度的增大和相关政策的推动，有机过氧化物市场需求将进一步增长。同时，国内有机过氧化物生产企业也在不断加强技术研发和产品质量提升，以满足市场需求。

4.2 竞争分析

目前，全球有机过氧化物市场竞争激烈。主要的市场参与者包括一些国际知名的大型企业和国内的一些优秀企业。这些企业在产品质量、技术创新和市场

营销方面具有竞争优势。在检测市场方面,一些专业的检测机构也提供了高质量的检测服务,满足了不同客户的需求。然而,随着市场的不断发展,竞争也将更加激烈。为了保持竞争优势,企业需要不断加强技术研发和产品质量提升,同时还需要注重市场营销和客户服务等方面的提升。

4.3 市场潜力和发展机会

随着科技的进步和应用领域的拓展,有机过氧化物检测市场将迎来更多的发展机会。一方面,随着环境治理和药物制备等领域的不断发展,对有机过氧化物的需求将进一步增加,从而推动检测市场的快速发展。另一方面,随着人们对食品质量和安全的要求提高,对有机过氧化物的检测需求也将不断增加。这将为检测市场提供更多的发展机遇。

此外,随着新技术的不断涌现和应用领域的不断拓展,有机过氧化物的种类和用途也将不断增加。这将为检测市场提供更多的挑战和机遇。

5 结束语

总而言之,随着科技的飞速发展和应用领域的不断拓展,有机过氧化物检测市场的前景愈发广阔。通过深入研究和分析,我们不难发现,这一领域不仅承

载着巨大的市场潜力,更肩负着保障人类健康、推动科技进步的重要使命。回顾过去,有机过氧化物检测技术在多个领域已经取得了显著的成果,为人们的生产和生活带来了诸多便利。展望未来,我们有理由相信,随着技术的不断创新和市场的深入拓展,有机过氧化物检测将在更多领域发挥重要作用,为人类社会的发展贡献更多力量。

参考文献:

- [1] 张文敏,黄存影,马德龙,等.液相色谱法测定二(叔丁基过氧化二异丙基)苯含量[J].橡胶科技,2024,22(09):532-536.
- [2] 于磊,李庆朝,马德龙,等.有机过氧化物交联剂二(叔丁基过氧化异丙基)苯的合成研究[J].高分子通报,2024,37(04):500-505.
- [3] 胡圣英,黄存影,王博玉,等.有机过氧化物检测方法的研究[J].橡胶科技,2022,20(11):564-567.
- [4] 张金锋,柳晓凯,任红威,等.过氧化二叔丁基燃爆特性试验研究[J].安全与环境学报,2020,20(05):1715-1720.
- [5] 岳霞丽,姚晶晶,廖李,等.叔丁基过氧化氢和过氧化二叔丁基合成研究[J].应用化工,2008(07):808-810+814.

