

# 化工生产中酸碱盐检验的实时监测技术研究

王春艳

新疆天业集团天能化工有限公司 新疆 石河子 832000

**摘要:** 化工生产中, 酸碱盐的浓度监测对于保证产品质量、提高生产效率及保障生产安全具有重要意义。本文旨在探讨化工生产中酸碱盐检验的实时监测技术, 重点分析光谱法在实时监测中的应用及其优势, 同时探讨相关监测系统的设计与实现。通过对光谱技术的深入剖析, 本文旨在为化工生产中的酸碱盐浓度监测提供理论依据和技术支持。

**关键词:** 化工生产; 酸碱盐检验; 实时监测; 光谱法

## 引言

化工生产过程中, 酸碱盐的浓度变化直接影响反应速率、产品纯度及生产稳定性。传统的检测方法如滴定法、色谱法等存在时效性差、操作复杂等问题, 难以满足现代化工生产对实时监测的需求。因此, 开发高效、准确的实时监测技术成为化工领域的研究热点。本文将从光谱法入手, 探讨其在酸碱盐浓度监测中的应用。

### 1 光谱法在酸碱盐浓度监测中的应用

#### 1.1 光谱法原理与特点

光谱法是一种基于物质与电磁辐射相互作用原理的分析方法, 通过测量物质对特定波长光的吸收、发射或散射来推断其化学组成和浓度。光谱法具有非破坏性、实时性、多组分同时检测等优点, 特别适用于复杂化工体系的实时监测。

#### 1.2 紫外-可见光光度法

紫外-可见光光度法(UV-Vis)凭借其独特的优势, 在化工生产中酸碱盐浓度的实时监测领域占据了一席之地。该方法主要依据的是物质分子在紫外-可见光区的特征吸收性质, 即不同物质在特定波长下对光的吸收程度(吸光度)与其浓度成正比, 这一关系遵循朗伯-比尔定律。在酸碱盐的浓度监测中, UV-Vis法通常针对那些具有明显紫外-可见光吸收特性的成分。例如, 某些有机酸盐或具有共轭体系的酸碱分子, 它们在特定波长下展现出强烈的吸收峰, 这为浓度的准确测定提供了基础。实验时, 首先需选取合适的溶剂作为参比, 以消除溶剂本身对光的吸收影响。随后, 通过精密的分光光度计测量样品溶液在特定波长下的吸光度, 并依据预先建立的标准曲线或工作方程, 即可快速计算出样品中目标酸碱盐的浓度。UV-Vis法的优势在于其操作简便快捷, 无需复杂的样品前处理步骤, 且仪器普及度高, 易于在化工生

产现场实现自动化监测。然而, 该方法的局限性也不容忽视, 即它仅适用于那些具有特征吸收峰的化合物, 对于那些在紫外-可见光区无明显吸收或吸收峰重叠严重的物质, UV-Vis法的应用则受到限制。此外, 样品中的杂质、颜色干扰以及光源稳定性等因素也可能对测量结果产生影响, 需在实际应用中加以考虑和校正<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 近红外光谱法

近红外光谱法(NIR)作为一种先进的分析技术, 在化工生产中酸碱盐浓度的实时监测中展现出了独特的优势。与紫外-可见光光度法相比, NIR光谱法利用的是物质在近红外区域(通常指780-2500nm波长范围)的特征吸收带。这一区域包含了分子中C-H、O-H、N-H等化学键的振动信息, 因此NIR光谱能够提供更为丰富的物质结构信息。在酸碱盐浓度监测中, NIR光谱法的应用主要体现在多组分同时检测的能力上。由于不同物质在近红外区的吸收特性各异, 通过化学计量学方法(如多元线性回归、偏最小二乘法等)建立模型, 可以实现对混合体系中各组分浓度的准确测定。这种方法不仅适用于液态样品, 对于固态和气态样品也同样有效, 大大拓宽了酸碱盐浓度监测的应用范围。此外, NIR光谱法对样品形态的要求较低, 无需复杂的样品前处理步骤, 即可直接进行测量。这一特点使得NIR光谱法在化工生产中的实时监测变得更为便捷和高效。同时, NIR光谱仪通常具有较高的稳定性和重复性, 能够在恶劣的工业环境中稳定运行, 为酸碱盐浓度的准确监测提供了有力保障。然而, NIR光谱法也存在一定的局限性。例如, 对于某些在近红外区无明显吸收的物质, NIR光谱法的检测灵敏度可能较低; 同时, 样品中的背景干扰和光谱重叠等问题也可能对测量结果产生影响。因此, 在实际应用中需要综合考虑各种因素, 选择合适的测量条件和化学计量学方法, 以确保监测结果的准确性和可靠性<sup>[2]</sup>。

## 2 化工生产中酸碱盐检验实时监测系统的设计与实现

### 2.1 系统组成

化工生产中酸碱盐浓度的实时监测系统是一个高度集成的分析体系，其设计旨在实现高效、准确、连续的监测功能。该系统主要由以下几个关键部分组成：

**化学反应系统：**这是监测系统的前端，负责提供稳定的化学反应环境，确保样品中的酸碱盐成分能够以适当的形态存在，便于后续的光谱分析。这一系统可能包括温度控制装置、搅拌器以及必要的反应容器等，以确保化学反应的稳定性和可重复性。

**样品池：**样品池是光谱仪与化学反应系统之间的连接桥梁，它负责容纳并稳定地传输样品至光谱仪的检测窗口。样品池的设计需考虑样品的形态（液态、固态或气态）、温度、压力以及可能的腐蚀性等因素，以确保测量的准确性和安全性。

**光谱仪：**作为系统的核心部件，光谱仪负责采集样品的光谱信息。根据酸碱盐的特性，光谱仪可能选择紫外-可见光、近红外或更宽波段的光源进行照射，并通过高精度的分光系统和检测器获取样品的光谱数据。光谱仪的性能直接决定了监测系统的灵敏度和准确性。

**数据采集与处理单元：**这一单元负责将光谱仪采集到的原始光谱信号转换为可用于分析的浓度信息。通过先进的算法和化学计量学模型，数据采集与处理单元能够提取出光谱中的特征信息，并计算出样品中酸碱盐的浓度。此外，该单元还具备数据过滤、平滑、校准等功能，以提高测量结果的准确性和可靠性。

**中央控制传输系统：**中央控制传输系统是整个监测系统的神经中枢，负责数据的远程传输、实时监控以及系统的整体协调。通过这一系统，监测数据可以实时传输至控制室或远程终端，供操作人员进行分析和决策。同时，中央控制传输系统还具备报警功能，当监测到异常情况时能够自动触发报警机制，确保生产安全。

### 2.2 光谱仪选型与配置

在化工生产中，针对酸碱盐浓度监测的需求，光谱仪的选型与配置显得尤为重要。为了确保监测系统的准确性和可靠性，应选用具备以下关键特性的在线光谱仪：一是高灵敏度：酸碱盐的浓度变化可能涉及微小的光谱信号变化，因此，光谱仪必须具备高灵敏度，能够捕捉到这些细微的变化。这要求光谱仪的检测器具有低噪声、高信噪比的特点，以确保在低浓度下也能获得准确的测量结果。二是宽波长范围：不同的酸碱盐成分可能在不同的波长下展现出特征吸收或发射。因此，光谱仪应具备宽波长范围，以覆盖尽可能多的光谱信息。例

如，CYS-EX在线光谱仪就提供了较宽的光谱范围，能够同时监测多种酸碱盐成分。三是良好稳定性：化工生产环境可能存在温度、压力、湿度等变化，这些变化可能对光谱仪的性能产生影响。因此，光谱仪必须具备良好的稳定性，能够在恶劣的工业环境中保持稳定的性能。这要求光谱仪的光学系统、电子系统以及机械结构都经过精心设计，以确保长期稳定运行。四是在线监测能力：为了满足化工生产中的实时监测需求，光谱仪应具备在线监测能力。这意味着光谱仪能够连续、自动地采集样品的光谱信息，并实时输出测量结果。这要求光谱仪具备快速响应、自动化程度高以及易于集成到现有生产系统中的特点<sup>[1]</sup>。

以CYS-EX在线光谱仪为例，该仪器不仅具备上述关键特性，还具有测量范围广、分辨率高、重复精度高等优点。它能够同时监测氢氧化钠和次氯酸钠的浓度，适用于复杂化工体系的实时监测。此外，CYS-EX在线光谱仪还提供了丰富的接口选项和强大的软件支持，方便用户进行系统集成和数据分析。

在配置光谱仪时，还需考虑样品的特性、监测目标以及生产环境等因素。例如，对于液态样品，可能需要选择适合的样品池和进样系统；对于固态或气态样品，则需要考虑如何有效地将样品引入光谱仪的检测窗口。同时，还需要根据监测目标选择合适的波长范围和测量参数，以确保获得准确的测量结果。

### 2.3 数据处理与分析

#### 2.3.1 先进算法集成

多元线性回归是一种经典的统计方法，用于建立多个自变量与因变量之间的线性关系。在我们的系统中，MLR被用于对光谱数据进行初步处理，通过拟合光谱特征与浓度之间的线性关系，实现快速的浓度预测。这种方法具有计算简单、易于实现等优点，适用于处理线性关系较为明显的光谱数据。偏最小二乘法是一种更为复杂的回归分析方法，它能够在自变量之间存在高度相关性的情况下，有效地提取出对因变量最具解释力的成分。在我们的系统中，PLS被用于对光谱数据进行深入挖掘，通过降维和特征提取，提高浓度预测的准确性和稳定性。这种方法在处理复杂光谱数据时表现出色，能够显著提升模型的预测能力<sup>[4]</sup>。

#### 2.3.2 实时监控系统的建立

为了确保生产过程的稳定性和安全性，需要建立实时监控系统的，对监测数据进行可视化展示和异常报警。系统通过图表、曲线等形式，实时展示光谱数据和浓度预测结果。用户可以通过界面直观地了解生产过程中的

关键指标和变化趋势，为决策提供依据。同时，系统还支持历史数据的查询和回放，方便用户对生产过程进行追溯和分析。系统根据预设的阈值和规则，对监测数据进行实时判断。一旦发现数据异常或超出预设范围，系统将立即触发报警机制，通过声音、弹窗等方式提醒用户。这有助于用户及时发现并处理生产过程中的潜在问题，确保生产过程的稳定性和安全性。

### 2.3.3 数据处理与分析流程优化

为了提高数据处理与分析的效率和准确性，要对整个流程进行优化。首先，通过数据预处理步骤，如去噪、滤波等，提高光谱数据的质量。其次，根据数据特性和需求选择合适的算法进行建模和预测。最后，对预测结果进行评估和验证，确保模型的准确性和可靠性。

## 3 化工生产中酸碱盐检验实时监测技术的优势与挑战

### 3.1 优势

#### 3.1.1 实时性

光谱法在化工生产中酸碱盐检验实时监测中展现出显著的实时性优势。通过连续、动态的测量，光谱法能够迅速捕捉生产过程中的浓度变化，为操作人员提供即时的数据反馈。这种实时性不仅有助于及时发现生产异常，还能优化生产条件和提高产品质量提供有力支持。

#### 3.1.2 非破坏性

传统的酸碱盐检验方法往往需要分离样品，这不仅增加了检验的复杂性和成本，还可能对生产过程造成干扰和破坏。而光谱法则无需分离样品，直接对生产过程中的混合溶液进行分析，从而避免了这些潜在的问题。这种非破坏性的检验方法使得光谱法在化工生产中具有更高的实用性和可行性。

#### 3.1.3 多组分同时检测

化工生产中的混合溶液往往包含多种组分，而光谱技术能够同时提供多个波长的信息，使得多组分同时检测成为可能。通过光谱分析，操作人员可以一次性获取混合溶液中各种酸碱盐的浓度信息，大大提高了检验的效率和准确性。

#### 3.1.4 适应性强

化工生产环境通常较为复杂，温度、压力等条件的变化可能对检验设备造成一定的影响。然而，在线光谱仪对这些变化具有一定的适应性，能够在复杂工业环境中稳定运行。这使得光谱法在化工生产中酸碱盐检验实时监测中具有更强的实用性和可靠性。

### 3.2 挑战

#### 3.2.1 光谱干扰

混合溶液中的复杂成分可能导致光谱干扰，这是光谱法在化工生产中酸碱盐检验实时监测中面临的主要挑战之一。光谱干扰可能降低测量的准确性，甚至导致错误的浓度信息。为了克服这一挑战，研究人员需要不断优化光谱分析算法，提高模型的抗干扰能力。

#### 3.2.2 模型维护

化学计量学模型的准确性和稳定性是光谱法实时监测的关键。然而，随着生产条件的变化和混合溶液成分的改变，模型可能需要进行定期的验证和维护。这要求操作人员具备一定的专业知识和技能，以确保模型的准确性和可靠性。同时，企业也需要投入一定的资源和精力来支持模型的持续优化和更新。

#### 3.2.3 设备成本

高级光谱仪的成本较高，这对中小化工企业而言存在一定的经济压力。虽然光谱法在实时监测中具有诸多优势，但高昂的设备成本可能使得一些企业望而却步。为了降低设备成本对中小化工企业的影响，研究人员可以探索更为经济实用的光谱仪设计方案，或者通过技术合作和资源共享等方式降低企业的投入成本。同时，政府和相关机构也可以出台相应的政策和扶持措施，鼓励中小化工企业采用先进的实时监测技术。

## 结语

光谱法作为一种高效、准确的实时监测技术，在化工生产中酸碱盐浓度监测方面具有显著优势。通过合理选型与配置光谱仪、优化数据处理与分析算法，可以构建稳定可靠的实时监测系统，为化工生产过程的优化控制和安全稳定运行提供有力支持。未来，随着科学技术的不断进步和嵌入式系统的研发，光谱法将在化工生产中发挥更加重要的作用。

## 参考文献

- [1]宋玮.复杂大规模化工过程分布式过程监测及故障诊断策略研究[D].北京化工大学,2024.
- [2]刘发厅,徐永宝.自动监测系统在化工生产中的应用[J].聚氯乙烯,2023,51(07):29-31.
- [3]冯锦华.分析化学化工实验废水排放的监测及治理[J].化学工程与装备,2021,(12):237-238+222.
- [4]余志鹏,万强,张志强.精细化工生产过程线上监测研究[J].顺德职业技术学院学报,2021,19(04):4-6+20.