

# 氯碱生产气体化验方法及在实验室中的应用分析

王 帅

陕西金泰氯碱神木化工有限公司 陕西 榆林 719319

**摘 要：**本文旨在探讨氯碱生产过程中涉及的气体化验方法及其在实验室中的应用。氯碱工业作为重要的基础化工产业，其产品广泛应用于国民经济及人民生活的各个领域。生产过程中涉及的气体，如氯气、氢气、乙炔及氯乙烯等，其纯度和含量直接影响产品质量及生产安全。因此，精确的气体化验方法对于确保生产过程的稳定性和安全性至关重要。本文首先概述了氯碱生产的基本原理和工艺流程，随后详细介绍了多种气体化验方法及其在实验室中的具体应用，包括滴定分析法、酸碱滴定法、红磷还原法、气相色谱法以及激光氧含量分析仪系统等，并对每种方法的优缺点进行了对比分析。

**关键词：**氯碱生产；气体化验；滴定分析法；气相色谱法；激光氧含量分析仪

## 引言

氯碱工业是通过电解氯化钠溶液生产氯气、氢气和烧碱的过程。作为基础的化工原料，氯气、氢气和烧碱在造纸、纺织、冶金、化工等多个领域发挥着重要作用。然而，氯碱生产过程中涉及的气体具有易燃易爆、有毒有害的特性，其纯度和含量直接影响后续工序的运行及产品质量。因此，精确的气体化验方法是确保氯碱生产安全稳定的关键。本文将从氯碱生产的基本原理出发，详细阐述几种主要的气体化验方法及其在实验室中的应用，并分析各自的优缺点，以期为氯碱企业的安全生产和质量控制提供参考。

## 1 氯碱生产基本原理及工艺流程

### 1.1 制碱原理

氯碱化工生产的基本原理是通过电解氯化钠溶液获取氢气、氯气以及一定量的烧碱。电解过程中，阴极产生氢气和氢氧根离子，阳极产生氯气。氢氧根离子与溶液中的钠离子结合生成烧碱（氢氧化钠）<sup>[1]</sup>。

### 1.2 工艺流程

氯碱生产的工艺流程主要包括盐水精制、电解、氯气处理及烧碱蒸发等步骤。其中，电解是核心环节，直接关系到氯气、氢气和烧碱的产量及质量。电解过程中，需要严格控制电解槽的温度、压力及电流密度等参数，以确保电解效率和产品纯度<sup>[2]</sup>。

## 2 气体化验方法

### 2.1 滴定分析法

滴定分析法是一种经典的化学分析方法，广泛应用于氯碱生产中氯酸钠含量的测定。该方法以硝酸银为指示剂，通过滴定反应计算氯酸钠的含量。具体操作为：取适量样品溶液，加入过量硝酸银溶液，使氯酸钠与硝

酸银反应生成氯化银沉淀。然后，以硫代硫酸钠标准溶液滴定剩余的硝酸银，根据消耗的硫代硫酸钠体积计算氯酸钠含量<sup>[3]</sup>。

滴定分析法的优点在于其操作相对简便，不需要复杂的仪器设备，因此成本较低。同时，该方法的结果准确可靠，适用于大批量样品的快速分析，能够满足氯碱生产中对化验效率的需求。

然而，滴定分析法也存在一些缺点。首先，该方法对操作人员的技能要求较高。滴定终点的判断需要丰富的经验和准确的判断力，否则可能影响分析结果的准确性。其次，在样品处理过程中，可能引入杂质或干扰物质，从而影响分析结果的准确性。因此，在使用滴定分析法时，需要严格控制操作条件，确保分析结果的可靠性。

### 2.2 酸碱滴定法

酸碱滴定法主要用于氢氧化钠含量的测定，以酚酞作为指示剂。该方法通过滴定氢氧化钠溶液与标准酸溶液的反应，根据消耗的酸溶液体积计算氢氧化钠含量。具体操作为：取适量氢氧化钠溶液，加入酚酞指示剂，用标准酸溶液滴定至溶液颜色由红色变为无色，即为滴定终点。

酸碱滴定法的优点显而易见。首先，其操作简单易懂，无需复杂的仪器设备，使得实验室人员能够快速上手并准确执行。其次，该方法的结果准确度高，误差范围小，非常适合用于日常生产监控，确保产品质量的稳定<sup>[4]</sup>。

然而，酸碱滴定法也并非完美无缺。它在使用过程中也暴露出了一些缺点。一方面，对指示剂的选择和使用条件有着较高的要求。酚酞作为指示剂，其质量和稳定性直接影响到滴定结果的准确性。因此，在选择和使

用酚酞时,必须严格遵守相关规定,确保其纯度和有效性。另一方面,样品中可能存在的其他碱性物质也可能对分析结果产生干扰,导致测定结果偏高或偏低。为了克服这一缺点,实验室人员在酸碱滴定前,需要对样品进行充分的预处理,以消除其他碱性物质的干扰。

### 2.3 红磷还原法

红磷还原法是一种通过比色法测定氯气纯度的方法。该方法是利用红磷与氯气之间的化学反应。当红磷与氯气接触时,它们会反应生成五氯化磷。这一反应是定量的,因此可以通过控制反应条件来确保反应的完全进行。随后,五氯化磷与水发生水解反应,生成磷酸。磷酸是一种具有特定化学性质的物质,它可以与某些指示剂发生颜色反应,生成有色化合物。这种有色化合物的颜色深度与氯气的纯度成正比关系,因此可以通过比色分析来确定氯气的纯度。比色分析通常使用比色计或分光光度计等仪器进行,这些仪器可以准确测量有色化合物的吸光度或透光率,并将其转换为氯气纯度的数值表示。

红磷还原法具有多个显著的优点。首先,它能够直接测定氯气的纯度,无需通过其他间接参数进行推算,因此结果准确可靠。其次,该方法的操作过程相对简单,不需要复杂的仪器设备和繁琐的操作步骤,使得它在实验室和工业生产中都能得到广泛应用。

然而,红磷还原法也存在一些缺点。首先,它需要使用红磷等危险化学品作为反应物,这增加了操作过程中的安全风险。因此,在使用红磷还原法进行气体化验时,必须严格遵守相关的安全规定和操作规程,确保人员和设备的安全。其次,比色分析的结果易受环境因素的影响,如光照、温度等。为了获得准确的分析结果,需要在控制良好的实验条件下进行操作,并尽可能消除环境因素的干扰。

### 2.4 气相色谱法

气相色谱法是一种高效、灵敏的气体分析方法,广泛应用于氯碱生产中氯气、氢气等气体的纯度及含量测定。该方法利用气体在色谱柱中的分配系数差异,实现混合气体的有效分离。不同气体组分在色谱柱中的吸附、脱附能力不同,因此它们在通过色谱柱时的速度也会有所差异,从而实现分离。随后,通过高精度的检测器,将分离后的各气体组分转换为电信号,并进行记录和分析,从而得出气体的纯度和含量。

气相色谱法的优点如下。首先,它具有高灵敏度和高效能,即使对于微量气体也能进行准确分析,特别适用于复杂样品的分析。其次,分析速度快,能够在短

时间内完成大量样品的检测,为生产过程的实时监控提供了便利。最重要的是,气相色谱法的分析结果准确可靠,为氯碱生产的质量控制提供了有力保障。

然而,气相色谱法也存在一些不足之处。一方面,气相色谱仪的设备成本较高,对于一些小型企业来说可能构成一定的经济压力。另一方面,气相色谱法的操作相对复杂,需要专业的技术人员进行操作和维护。此外,对样品的前处理要求也较高,如果处理不当,可能会引入误差,影响分析结果的准确性<sup>[5]</sup>。

### 2.5 激光氧含量分析仪系统

激光氧含量分析仪系统是一种基于可调谐半导体激光光谱吸收技术(TDLAS)的气体分析仪器,适用于氯碱生产中乙炔、氯乙烯等气体中氧气浓度的实时监测。该方法通过发射特定频率的激光,分析激光被气体分子选择性吸收的程度来确定气体浓度。

激光氧含量分析仪系统的优点十分明显。首先,由于其测量不受背景气体的干扰,因此测量精度非常高。其次,该系统的响应速度非常快,可以实现在线实时监测,这对于氯碱生产过程中的安全控制至关重要。此外,该系统的维护也相对方便,使用寿命长,能够为企业节省大量的维护成本。

然而,激光氧含量分析仪系统也存在一些缺点。一是由于其采用了先进的技术和高质量的材料,因此设备成本相对较高。这对于一些资金实力较弱的企业来说,可能是一个不小的负担。二是该系统对被测介质的要求也较高,需要预处理除去杂质,以确保测量结果的准确性。这就要求企业在使用该系统时,必须配备相应的预处理设备,增加了使用的复杂性。

## 3 在实验室中的应用分析

### 3.1 实验室准备

实验室进行气体化验前,需做好充分的准备工作。包括取样容器的准备、仪器设备的校准及试剂的准备等。首先,取样容器的准备不容忽视。为了确保样品的纯净度和代表性,需选择符合标准的取样容器,并进行严格的清洁和消毒处理。在取样过程中,还应遵循GMP要求,确保取样环境的洁净度,避免任何可能的污染;众所周知,任何测量设备都可能存在一定的误差,因此定期校准是必不可少的。通过校准,可以确保仪器设备的准确性和稳定性,从而提高化验结果的可靠性;试剂的准备是实验室准备工作中的重要一环。实验人员需要根据化验项目的需求,准备相应的试剂,并确保试剂的质量和纯度。同时,试剂的储存和使用也需严格遵守相关规定,以避免任何可能影响化验结果的因素。

除了以上三个方面，实验室准备还包括了其他一些细节工作。例如，需要确保实验室环境的适宜性，包括温度、湿度等条件的控制。此外，实验人员还需要准备必要的个人防护装备，以确保化验过程中的安全性。

### 3.2 操作流程

实验室操作应严格按照化验操作规程进行。包括取样、样品处理、仪器操作、数据记录及结果分析等步骤。操作流程的第一步是取样。取样过程需要谨慎，以确保所取样品具有代表性，能够真实反映被测气体的性质。取样时，应使用适当的取样工具，并遵循相应的取样规范，避免样品受到污染或失真。接下来是样品处理。样品处理是化验过程中非常关键的一步，它直接影响到后续分析的准确性和可靠性。在处理样品时，应根据化验要求选择合适的处理方法，如稀释、过滤、浓缩等，并确保处理过程中不引入任何杂质或干扰物质。仪器操作是化验流程中的核心环节。在进行仪器操作时，实验室人员应熟悉所用仪器的性能、原理及操作规程，确保操作正确无误。同时，要注意仪器的校准和维护，以保证其处于良好的工作状态。数据记录是化验过程中不可或缺的一部分。实验室人员应详细记录化验过程中的所有数据，包括样品信息、化验方法、仪器参数、实验条件等。这些数据是后续结果分析的重要依据，也是确保化验结果可追溯性的关键。最后一步是结果分析。在得到化验数据后，实验室人员应对数据进行仔细分析，判断被测气体是否符合质量要求。如果发现异常数据或结果不符合预期，应及时查找原因并重新进行化验。在整个操作流程中，应注意安全防护，避免危险化学品泄漏或人员伤害。同时，应做好原始记录，确保数据的可追溯性。

### 3.3 数据分析

数据分析是实验室化验的重要环节。通过对实验数据的处理和分析，可以判断产品是否符合质量要求。在进行数据分析时，应严格遵守有效数字的保留和修约规则。这是因为，有效数字的准确处理直接关系到结果的可靠性和精确度。任何一点疏忽都可能导致结果的偏差，进而影响对产品质量的准确判断。在实验过程中，会遇到一些异常数据。这些数据的出现往往意味着实验过程中可能存在某种干扰或误差。面对这些异常数据，不能轻易忽视或删除，而应该及时查找原因，并重新进

行测定。

### 3.4 结果报告

结果报告是在实验室的气体化验工作中的最终环节，也是向相关部门和生产线反馈化验成果的重要方式。化验报告的内容应当全面而准确，包括但不限于以下几个方面：首先是样品信息，要详细记录样品的来源、采集时间、编号等，以便追溯；其次是化验方法，要清晰说明所采用的化验原理、步骤及使用的仪器设备等，确保化验的可重复性；接着是实验数据，要列出所有原始数据和处理后的数据，为分析结果提供坚实依据；最后是分析结果及结论，要根据实验数据得出明确的化验结果，并给出相应的结论和解释。报告完成后，应由QC（质量控制）主管进行细致的审核，确认报告内容的准确性和完整性，然后签字批准。这一步骤是质量控制的重要环节，有助于确保化验结果的可靠性和有效性。如果在化验过程中发现结果不符合规定或存在异常，实验人员应立即采取相应措施进行处理。这可能包括重新化验、检查化验方法或仪器设备是否准确等。同时，对于不符合规定的结果，还应在报告中详细记录处理过程和最终结论，以便后续跟踪和改进。

## 4 结论

氯碱生产过程中的气体化验方法多种多样，各有优缺点。实验室在应用过程中应根据实际需求选择合适的分析方法，并严格遵守操作规程和安全规定。通过精确的气体化验可以确保氯碱生产的安全稳定和产品质量。未来随着科技的不断进步和应用需求的提高，气体化验方法将不断发展和完善。

### 参考文献

- [1]温源,吴红忠.可燃及有毒气体在线监控系统在氯碱生产中的应用[J].中国氯碱,2021,(05):24-27.
- [2]丁昌法,徐刚,孙世刚.双通道气相色谱在电解阳极氯气组分全分析中的应用[J].中国氯碱,2021,(01):33-34+44.
- [3]路石.氯碱生产中的腐蚀与防护技术分析[J].化工管理,2017,(11):186.
- [4]郭美燕.氯碱生产中的腐蚀与防护技术分析[J].科技创新与应用,2016,(35):61.
- [5]陈武.氯碱系统酸性气体吸收工艺的改进[J].氯碱工业,2010,46(11):33-35.