

常见水体中氨氮分析方法对比分析

刘 畅

湖南省邵阳生态环境监测中心 湖南 邵阳 422000

摘 要：常见水体中氨氮分析方法主要包括纳氏试剂分光光度法、电极法、蒸馏-中和滴定法及气相分子吸收光谱法等。纳氏试剂法操作简便但易受干扰；电极法响应快但需定期校准；蒸馏-中和滴定法准确但繁琐；气相分子吸收光谱法灵敏度高且准确，但设备昂贵。选择分析方法时需考虑水样特性、实验条件及需求，以达到准确、高效的氨氮测定。

关键词：常见水体；氨氮分析；方法对比

引言：氨氮作为水体富营养化的关键指标，其准确测定对于环境保护和水质管理至关重要。本文旨在对比分析常见水体中氨氮的分析方法，包括纳氏试剂分光光度法、电极法、蒸馏-中和滴定法及气相分子吸收光谱法等，探讨各方法的优缺点、适用范围及局限性。通过对比分析，为水质监测领域提供科学依据，以优化氨氮测定策略，提升水质管理效率。

1 水中氨氮的来源及影响

1.1 氨氮的来源

(1) 自然来源。自然环境中，氨氮的来源主要包括降水降尘、地表径流以及生物固氮等。降水降尘中，大气中的氨气或含氮化合物随着雨水进入水体，增加了水体的氨氮含量。地表径流则是指雨水或融雪水在地表流动过程中，携带土壤、植被中的氮元素进入水体，尤其是农田排水，往往含有较高的氨氮。生物固氮则是指某些微生物通过特定的生理过程，将大气中的氮气转化为氨氮，这些微生物在土壤、水体中广泛存在，是自然界氮循环的重要组成部分。(2) 人为来源。人为活动也是氨氮的重要来源。化肥的广泛使用，特别是在现代农业中，为了提高作物产量，大量使用氮肥，这些氮肥中的氮元素最终会通过各种途径进入水体。工业废水排放也是氨氮污染的重要源头，如化工、纺织、食品加工等行业，在生产过程中会产生大量的含氨废水。此外，生活污水也是氨氮的一个重要来源，人类日常活动中产生的排泄物、洗涤废水等，都含有较高的氨氮。

1.2 氨氮的影响

(1) 对水质的影响。氨氮的过度排放会导致水体富营养化，促进藻类和其他浮游生物的过度繁殖，消耗水中的溶解氧，使水体缺氧，水质恶化。严重时，还会导致水体发黑发臭，严重影响水体的使用功能。(2) 对生物的影响。氨氮对水生生物具有毒性作用，高浓度的

氨氮会导致水生生物急性中毒，甚至死亡。即使浓度较低，长期暴露也会导致慢性中毒，影响生物的生长、繁殖和免疫力。(3) 对人体的影响。氨氮还可能通过食物链进入人体，对人体健康造成潜在威胁。虽然直接饮用含氨氮的水导致致癌的风险较低，但长期暴露于高浓度的氨氮环境中，可能对人体健康产生不利影响，如刺激眼睛、鼻子和喉咙，引发呼吸系统疾病等。

2 常见水体中氨氮分析方法

2.1 分光光度法

2.1.1 纳氏试剂分光光度法

(1) 基本原理：纳氏试剂分光光度法是通过向水样中加入纳氏试剂（通常是碘化钾和碘化汞的碱性溶液），氨氮与纳氏试剂反应生成黄棕色络合物。这种络合物的颜色深浅与氨氮的浓度成正比，因此可以通过测量络合物的吸光度来间接计算氨氮的浓度。(2) 适用范围：纳氏试剂分光光度法适用于各种水质中氨氮的测定，包括地表水、地下水、工业废水和生活污水等。(3) 优缺点：该方法的优点是操作简便、灵敏度高，但易受水中金属离子、硫化物等干扰，需要进行预处理。此外，络合物的稳定性受pH值和温度的影响，需要在一定条件下进行测定^[1]。

2.1.2 水杨酸盐分光光度法

(1) 基本原理：水杨酸盐分光光度法是通过向水样中加入水杨酸盐和次氯酸盐，反应生成有色络合物。这种络合物的颜色深浅与氨氮的浓度成正比，因此可以通过测量络合物的吸光度来计算氨氮的浓度。(2) 适用范围：该方法适用于地表水、地下水等低浓度氨氮的测定。(3) 优缺点：优点是灵敏度高、选择性好，但同样需要预处理以消除干扰因素，如金属离子、有机物等。此外，该方法受pH值和温度的影响也较大。

2.1.3 苯酚-次氯酸盐比色法

(1) 基本原理: 苯酚-次氯酸盐比色法是通过向水样中加入苯酚和次氯酸盐, 反应生成蓝色络合物。这种络合物的颜色深浅与氨氮的浓度成正比, 可以通过比色法或分光光度法测定其吸光度来计算氨氮的浓度。(2) 适用范围: 该方法适用于生活污水、工业废水等含有较高浓度氨氮的水样。(3) 优缺点: 优点是操作简便、快速, 但同样需要预处理以消除干扰。此外, 该方法受pH值和光照的影响也较大, 需要在一定条件下进行测定。

2.2 电化学分析法

2.2.1 吹脱电导法

(1) 基本原理: 吹脱电导法是通过向水样中通入氮气或空气, 使水样中的氨氮吹脱出来, 并用硼酸溶液吸收。然后测量吸收液中氨氮的电导率, 根据电导率与氨氮浓度的关系来计算氨氮的浓度。(2) 适用范围: 该方法适用于高浓度氨氮的测定, 如工业废水。(3) 优缺点: 优点是操作简便、快速, 但受水样中其他离子的干扰较大, 需要进行预处理。此外, 吹脱过程需要消耗大量的气体和时间^[2]。

2.2.2 氨气敏电极法

(1) 基本原理: 氨气敏电极法是通过将水样中的氨氮转化为氨气, 并用氨气敏电极直接测量氨气的浓度。氨气敏电极是一种离子选择性电极, 对氨气具有高度的选择性。(2) 适用范围: 该方法适用于各种水质中氨氮的测定, 尤其适用于现场监测。(3) 优缺点: 优点是操作简便、快速、灵敏度高, 但受水样中其他气体的干扰较大, 需要定期进行电极的维护和校准。

2.2.3 铵离子电极法

(1) 基本原理: 铵离子电极法是通过将水样中的氨氮转化为铵离子, 并用铵离子电极直接测量铵离子的浓度。铵离子电极是一种玻璃膜电极, 对铵离子具有高度的选择性。(2) 适用范围: 该方法适用于低浓度氨氮的测定, 如地下水。(3) 优缺点: 优点是灵敏度高、选择性好, 但受水样中其他离子的干扰较大, 需要进行预处理。此外, 电极的寿命有限, 需要定期更换。

2.3 其他方法

2.3.1 气相分子吸收光谱法

(1) 基本原理: 气相分子吸收光谱法是通过将水样中的氨氮转化为氨气, 并测量氨气在特定波长下的吸收光谱来测定氨氮的浓度。(2) 适用范围: 该方法适用于各种水质中氨氮的测定, 尤其适用于高浓度氨氮的测定。(3) 优缺点: 优点是灵敏度高、准确度高, 但仪器设备昂贵, 操作复杂。

2.3.2 蒸馏-中和滴定法

(1) 基本原理: 蒸馏-中和滴定法是通过将水样中的氨氮转化为氨气, 并用硼酸溶液吸收。然后向吸收液中加入标准酸溶液进行中和滴定, 根据消耗的酸溶液体积来计算氨氮的浓度。(2) 适用范围: 该方法适用于各种水质中氨氮的测定, 尤其适用于高浓度氨氮的测定。(3) 优缺点: 优点是操作简便、准确度高, 但耗时长, 且受水样中其他离子的干扰较大。

3 常见水体中氨氮分析方法对比分析

3.1 准确度与精密度

3.1.1 不同方法间的比较

(1) 纳氏试剂分光光度法: 此方法具有操作简便、灵敏度高、准确度好的特点。通过测量反应生成的黄棕色络合物的吸光度, 可以准确计算出氨氮的浓度。然而, 其准确性受到pH值、金属离子、浊度等因素的干扰, 需要严格控制实验条件。(2) 电极法: 电极法利用电极对氨氮的响应来测定其浓度, 具有测量范围广、操作简便、反应迅速等优点。但电极法的准确度受电极性能、溶液温度、pH值等多种因素影响, 需要定期校准电极并控制测量条件。(3) 蒸馏-中和滴定法: 该方法通过蒸馏将水样中的氨氮转化为氨气, 然后用硼酸溶液吸收, 并用标准酸溶液进行滴定, 从而计算出氨氮的浓度。此方法准确度高, 但操作繁琐, 耗时较长, 且需要消耗大量试剂^[3]。(4) 气相分子吸收光谱法: 该方法利用氨气在特定波长下的吸收特性进行测量, 具有灵敏度高、准确度高、选择性好等优点。但气相色谱仪成本高, 操作复杂, 且需要专业人员维护。

3.1.2 影响因素

(1) pH值: 氨氮在水中的存在形态受pH值影响, pH值升高, 非离子态氨 (NH_3) 的比例增加, 而铵离子 (NH_4^+) 的比例减少。因此, pH值的变化会影响不同方法的准确度。(2) 金属离子: 某些金属离子 (如铁、铝、钙、镁等) 会与测定试剂发生反应, 干扰氨氮的测定。特别是纳氏试剂分光光度法, 易受金属离子的干扰。(3) 浊度: 水样中的悬浮物或胶体物质会增加浊度, 影响比色法的测定结果。因此, 在进行纳氏试剂分光光度法之前, 需要对水样进行预处理, 消除浊度干扰。

3.2 简便快速性与环保性

3.2.1 操作步骤及耗时

(1) 纳氏试剂分光光度法: 操作步骤相对简便, 但需要严格控制实验条件, 如pH值、温度等, 且需要进行预处理以消除干扰。整体耗时适中。(2) 电极法: 操作简便, 反应迅速, 只需将电极插入水样中即可进行测量, 耗时短。(3) 蒸馏-中和滴定法: 操作步骤繁琐, 需

要蒸馏、吸收、滴定等多个步骤,耗时较长。(4)气相分子吸收光谱法:虽然仪器成本高,但操作过程自动化程度高,能够快速完成测量。然而,由于需要处理和分析样品,整体耗时仍然较长。

3.2.2 试剂用量及毒性

(1)纳氏试剂分光光度法:需要使用纳氏试剂等化学试剂,但用量相对较少。纳氏试剂具有一定的毒性,需要妥善处理。(2)电极法:不需要使用化学试剂,对环境友好。(3)蒸馏-中和滴定法:需要使用大量的酸和碱进行蒸馏和滴定,对环境造成一定的污染。(4)气相分子吸收光谱法:虽然仪器成本高,但试剂用量较少,且多为无毒或低毒物质^[4]。

3.2.3 对环境的影响

(1)纳氏试剂分光光度法:由于需要使用有毒试剂,且处理不当可能对环境造成污染。因此,需要严格控制试剂的用量和存储条件。(2)电极法:对环境友好,不需要使用化学试剂,不会对环境造成污染。(3)蒸馏-中和滴定法:大量使用酸和碱进行蒸馏和滴定,可能对水体和土壤造成污染。因此,需要采取适当的处理措施来减少污染。(4)气相分子吸收光谱法:虽然仪器成本高,但试剂用量少,且多为无毒或低毒物质,对环境影响较小。然而,仪器运行和维护过程中可能会产生一定的噪音和能耗。

3.3 适用范围与局限性

3.3.1 不同水质条件下的适用性

(1)纳氏试剂分光光度法:适用于地表水、地下水、工业废水和生活污水等水质较好的水样。对于含有大量悬浮物或有机物干扰的水样,需要进行预处理。(2)电极法:适用于各种水质条件的氨氮测定,尤其适用于低浓度氨氮的快速测量。然而,受电极性能和环境因素的影响,电极法可能存在一定的误差。(3)蒸馏-中和滴定法:适用于需要高准确度测量的场合,如环境监测、科学研究等。但操作繁琐,耗时较长,不适用于快速检测。(4)气相分子吸收光谱法:适用于各种水质条件的氨氮测定,尤其适用于高浓度氨氮的快速检测。但仪器成本高,操作复杂,需要专业人员维护。

3.3.2 方法的局限性及改进措施

(1)纳氏试剂分光光度法:易受金属离子、浊度等因素的干扰。可以通过改进预处理方法和优化测定条件来提高准确度。例如,使用更有效的金属离子掩蔽剂、采用更灵敏的分光光度计等。(2)电极法:受电极性能和环境因素的影响。可以通过改进电极材料和制造工艺来提高电极的稳定性和灵敏度,同时加强电极的维护和校准工作,以提高测量结果的准确性。此外,还可以考虑采用智能传感器和数据分析技术,实现氨氮浓度的实时监测和智能预警。(3)蒸馏-中和滴定法:操作繁琐,耗时较长,且需要消耗大量试剂。为了改进这一方法的局限性,可以考虑优化蒸馏和滴定过程,减少试剂用量,提高操作效率。同时,可以探索采用更高效的分离技术和自动化装置,以实现快速、准确的氨氮测定。(4)气相分子吸收光谱法:仪器成本高,操作复杂,需要专业人员维护。为了降低仪器成本,可以研发更经济、更高效的仪器和技术,如微型化、集成化气相色谱仪等。同时,加强仪器的校准和维护工作,确保测量结果的准确性和可靠性。

结束语

通过对常见水体中氨氮分析方法的对比分析,我们不难发现,每种方法都有其独特的优势和局限性。因此,在实际应用中,我们需要根据水样的特点、分析的目的以及实验室的条件来选择合适的分析方法。未来,随着科技的进步和仪器的改进,氨氮分析方法将更加高效、准确和便捷。我们相信,通过不断的努力和创新,我们能够更好地保护水资源,维护生态平衡,实现可持续发展。

参考文献

- [1]赵薇,徐海峰.水体环境监测中氨氮分析的几种不同方法探讨[J].皮革制作与环保科技,2020,(02):28-33.
- [2]王卫萍,李岩,毕桂真.水体中氨氮含量测定的影响因素分析[J].山东水利,2020,(05):40-41.
- [3]钟永美,黄娟.地表水中总磷、氨氮、化学需氧量的相关性研究[J].绿色科技,2020,(06):63-64.
- [4]张力丹.基于环境中氨氮的分析和监测方法研究[J].大众标准化,2020,(16):177-178.