

# 上游水库水体中氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮的测定和关系探究

赵文斌

(新疆阿克苏水文勘测局 水环境监测分中心, 新疆 阿克苏 843000)

**摘要:** 采用紫外分光光度法测定上游水库固定监测点位近两年采集样品的总氮、硝酸盐氮、氨氮、亚硝酸盐氮含量。对测试结果进行分析比较,探讨了上游水库水中总氮、硝酸盐氮、氨氮、亚硝酸盐氮的关系,从而为上游水库水质数据分析和综合评价提供一定参考。

**关键词:** 上游水库;三氮;总氮

中图分类号: O657.32

文献标志码: B

文章编号: 1006-3757(2022)02-0222-06

DOI: 10.16495/j.1006-3757.2022.02.017

## Determination and Relationship of Ammonia Nitrogen, Nitrite Nitrogen, Nitrate Nitrogen and Total Nitrogen in Upstream Reservoir Water

ZHAO Wen-bin

(Water Environment Monitoring Sub-Center of Xinjiang Aksu Hydrological Survey Bureau, Aksu 843000, Xinjiang China)

**Abstract:** The total nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen, and nitrite nitrogen in the upstream reservoir water were determined by the spectrophotometry. The contents of total nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen, and nitrite nitrogen in the samples collected from the fixed monitoring point of the upstream reservoir in recent two years were determined using the ultraviolet spectrophotometry. The test results were analyzed and compared, and the relationships among the total nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen, and nitrite nitrogen in the upstream reservoir water were discussed, thus a certain reference for the data analysis and comprehensive evaluation of water quality data in upstream reservoirs is provided.

**Key words:** upstream reservoir; trinitrogen; total nitrogen

上游水库位于新疆维吾尔自治区阿克苏地区阿瓦提县阔如勒墩农场境内,地处塔里木盆地西北部,气候干燥,降雨量少,是塔里木河流域叶尔羌河尾间,其主要补给是通过高山冰川融雪水和降水,通过阿克苏河河段拦河闸分水由南干渠引入水库。近几年,上游水库已经成为重要的水源保护区,因此对水库水体的氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和总氮的监测

尤为重要。水库水体的污染主要有重金属和氮化物等。氮化物污染中包括氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮,通常称之为“三氮”。氨氮是水污染监测中比较重要的双因子之一,它来源比较广泛,可以造成水体富营养化,会对鱼类和水生物造成很大的危害<sup>[1]</sup>。氨氮等无机氮作为水生态系统氮元素的主要溶解态形式,在水体氮循环中对自养的浮游植物、水生生物

收稿日期: 2022-02-17; 修订日期: 2022-05-17.

作者简介: 赵文斌 (1984-) 男, 本科, 工程师, 主要从事水环境检测和评价、地下水监测工作, Tel: 15003004758, E-mail: 1443931126@qq.com.

和异养的微生物都有着举足轻重的作用<sup>[2]</sup>. 氨氮还是浮游植物的营养物质重要来源,一般认为浮游植物对氨氮的利用优于亚硝酸盐氮和硝酸盐氮<sup>[3]</sup>. 亚硝酸盐可与仲胺类反应生成致癌性的亚硝酸胺类物质<sup>[4]</sup>. 硝酸盐氮的环境毒性比较大,仅次于农药残留. 因此,准确测定水库中氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和总氮的含量,对水库水污染的预防和治理至关重要. 本文采用紫外分光光度法测定上游水库固定监测点位近两年采集样品的总氮、硝酸盐氮、氨氮、亚硝酸盐氮含量. 选取上游水库中总氮和三氮的关系进行研究和探讨,根据其常规监测断面指标年均浓度数据,研究上游水库水体中总氮与氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮的相关关系,同时为上游水库水域水质评价、水质预报模型的建立和进入上游水库污染物总量减排核算提供依据,进而为上游水库水质数据分析和综合评价提供一定参考,这对上游水库水域富营养化相关问题的防治及研究具有重要意义<sup>[4]</sup>.

## 1 试验部分

### 1.1 仪器

TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;7230G 型可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;万分之一电子天平,赛多利斯科学(仪器)有限公司 SQP 型;超纯水仪,富勒姆科技有限公司;去离子水制备设备,碧之源净水有限公司;智能高压灭菌器,江阴滨江医疗设备有限公司;架盘天平 0.1 g;烘箱;200 mL 棕色容量瓶(A 级)、石英比色皿 1 cm、1 000 mL 容量瓶(A 级)、50.00 mL 单标移液管(A 级)、10 mL 单标移液管(A 级)、10.00 mL 刻度吸管(A 级)、50 mL 具塞比色管;以上设备均鉴定合格并且在鉴定周期内使用.

### 1.2 试剂

氯化铵,分析纯,国药沪试化学试剂;硝酸钾,分析纯,重庆茂业化学试剂有限公司;过硫酸钾,分析纯,天津化学试剂有限公司;氢氧化钠,优级纯,天津大茂化学试剂厂;氨基苯磺酰胺,分析纯,天津市北联精细化学品有限公司;磷酸(1.70 g/L),分析纯,天津化学试剂有限公司;N-(1-萘基)-乙二胺二盐酸盐,分析纯,上海沪试;碘化汞-碘化钾-氢氧化钠溶液、酒石酸钾钠溶液(500 g/L),分析纯,天津市北辰方正化学试剂厂;硫代硫酸钠溶液(3.5 g/L),分析纯,上海沪试;硫酸锌溶液(100 g/L),分析纯,上海沪试;氢氧化钠溶液(250 g/L)、氢氧化钠溶液

(1.5 mol/L)、盐酸溶液(1 mol/L),优级纯,西安化学试剂厂;硼酸溶液(20 g/L),分析纯,西安化学试剂厂;溴百里酚蓝指示剂(0.5 g/L),上海展云化工有限公司;淀粉碘化钾试纸,上海三爱思试剂有限公司;亚硝酸盐氮显色剂.

### 1.3 标准贮备溶液的配制

氨氮标准贮备溶液的配制(1 000  $\mu\text{g/mL}$ ):称取3.819 0 g氯化铵,105  $^{\circ}\text{C}$ 干燥2 h后溶于水,移入1 000 mL容量瓶中,稀释至标线. 亚硝酸盐氮标准贮备溶液(250 mg/L):使用安瓿瓶标准溶液. 硝酸钾标准储备溶液的配制(100 mg/L):使用万分之一电子天平,准确称取0.721 8 g硝酸钾,110  $^{\circ}\text{C}$ 烘干4 h后溶于超纯水,移至1 000 mL容量瓶中,预混匀,再加超纯水至标线下0.5 cm处静置30 s,用胶头滴管逐滴加入超纯水至凹液面最低点与标线相切处停止,盖上容量瓶瓶塞,上下颠倒数次充分混匀.

### 1.4 标准工作溶液的配制

氨氮标准工作溶液的配制(10  $\mu\text{g/mL}$ ):吸取5.00 mL氨氮标准贮备溶液于500 mL容量瓶中,稀释至刻度,临用前配制. 亚硝酸盐氮标准工作溶液的配制(10  $\mu\text{g/mL}$ ):吸取10.00 mL亚硝酸盐氮标准贮备溶液移至250 mL容量瓶中,预混匀,再加超纯水至标线下0.5 cm处静置30 s,用胶头滴管逐滴加入超纯水至凹液面最低点与标线相切处停止,盖上容量瓶瓶塞,上下颠倒数次充分混匀. 硝酸钾标准工作溶液的配制(10.0 mg/L):吸取10.00 mL硝酸钾标准贮备溶液于100 mL容量瓶中,稀释至刻度,临用前配制.

## 2 结果与讨论

### 2.1 标准曲线的绘制

#### 2.1.1 氨氮

取8只50 mL比色管,分别加入约25 mL新鲜制备的去离子水,依次加入0.00、0.50、1.00、2.00、4.00、6.00、8.00、10.00 mL氨氮标准工作溶液(10  $\mu\text{g/mL}$ ),对应氨氮的质量是0.0、5.0、10.0、20.0、40.0、60.0、80.0、100.0  $\mu\text{g}$ . 加入去离子水至50 mL标线处,再依次加入1.00 mL酒石酸钾钠溶液,摇匀. 依次加入碘化汞-碘化钾-氢氧化钠溶液1.5 mL,摇匀,静置10 min. 7230G型可见分光光度计校零调满度后,在420 nm波长下,使用2 cm比色皿进行检测并绘制氨氮的标准曲线<sup>[5]</sup>,结果如图1所示.

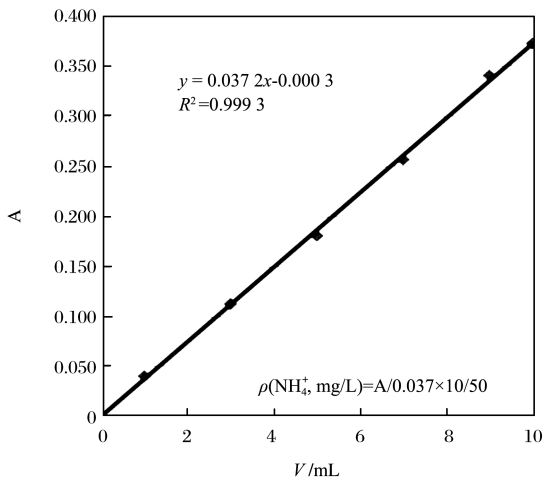


图 1 氨氮标准曲线及计算公式

Fig. 1 Standard curve and calculation formula of ammonia nitrogen

2. 1. 2 亚硝酸盐氮

取 7 只 50 mL 比色管, 分别加入约 25 mL 新鲜制备的去离子水, 依次加入 0.00、1.00、2.00、4.00、6.00、8.00、10.00 mL 亚硝酸盐氮标准工作溶液 (1.00 μg/mL), 对应亚硝酸盐氮的质量是 0.00、0.02、0.04、0.08、0.12、0.20 μg。加入去离子水至 50 mL 标线, 依次加入 1.00 mL 亚硝酸盐氮显色剂, 摇匀, 静置 20 min。7230G 型可见分光光度计校零调满度后, 在 540 nm 波长下, 使用 1 cm 比色皿进行检测并绘制亚硝酸盐氮的标准曲线<sup>[6]</sup>, 结果如图 2 所示。

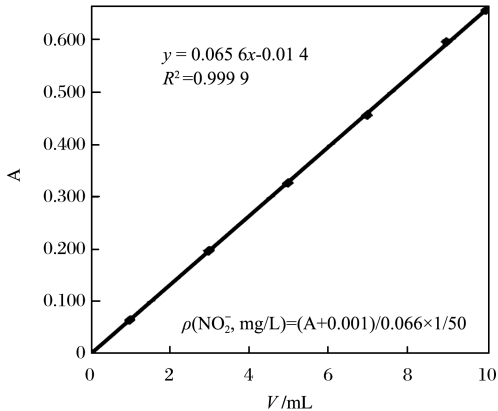


图 2 亚硝酸盐氮标准曲线及计算公式

Fig. 2 Standard curve and calculation formula of nitrite nitrogen

2. 1. 3 硝酸盐氮

取 8 支 200 mL 棕色容量瓶, 加入 10 mL 左右超

纯水 (防止标准溶液沉降), 使用 10 mL 刻度吸管 (A 级), 分别向 6 支 200 mL 棕色容量瓶中依次加入 0.00、0.50、1.00、2.00、3.00、4.00、6.00、10.00 mL 硝酸钾标准溶液 (100 mg/L), 预混匀, 再加超纯水至标线下 0.5 cm 处静置 30 s, 使用胶头滴管逐滴加入超纯水至凹液面最低点与标线相切处停止, 充分混匀。可以得到质量浓度为 0.00、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00、3.00、5.00 mg/L 硝酸盐氮曲线标准系列溶液<sup>[7]</sup>。

按水样测定相同步骤, 取 50 mL 水样于比色管中, 分别加入 1.00 mL 盐酸溶液 (1 mol/L) 和 0.1 mL 氨基磺酸溶液后置于比色管架上备用。

打开计算机和 TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计主机, 对仪器预热 30 min 后进行自检和波长校正, 使用 1 cm 石英比色皿, 超纯水作参比, 分别在 220、275 nm 波长处测定 0.00、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00、3.00、5.00 mg/L 硝酸盐氮曲线标准系列溶液的吸光度值, 作浓度和吸光度曲线, 得到回归方程  $y = 0.251 5x + 0.001 8$ , 相关系数  $r$  为 0.999 9, 如图 3 所示。

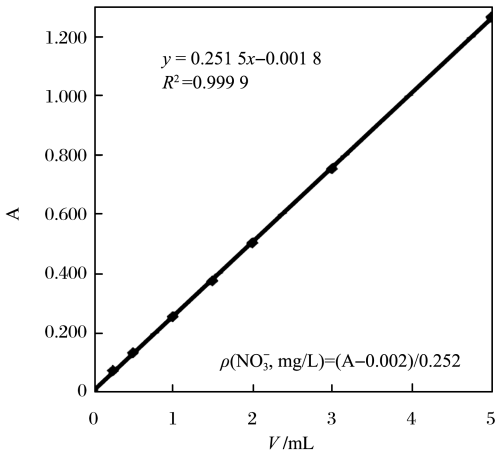


图 3 硝酸盐氮标准曲线及计算公式

Fig. 3 Standard curve and calculation formula of nitrate nitrogen

2. 1. 4 总氮

取 7 只 25 mL 比色管, 分别加入 0.00、0.50、1.00、3.00、5.00、7.00、10.00 mL 硝酸钾标准使用溶液 (10.0 mg/L), 对应总氮的质量分别为 0.00、5.00、10.0、30.0、50.0、70.0、100.0 μg。加入去离子水至 10 mL 标线, 加入 5.00 mL 碱性过硫酸钾溶液, 摇匀后塞紧扎上纱布, 置于智能高压灭菌器中, 在 120 ℃/30 min 条件下高压消解冷却后, 依次加入 10 mL 浓盐酸 + 90 mL 高纯水制成的盐酸溶液 1 mL。

加入去离子水至 25 mL 标线. 盖上比色管塞子颠倒摇匀,双光束紫外可见分光光度计 TU-1900 型校零后,在 220、275 nm 波长下,使用 1 cm 石英皿检测并绘制总氮的标准曲线<sup>[8]</sup>,如图 4 所示.

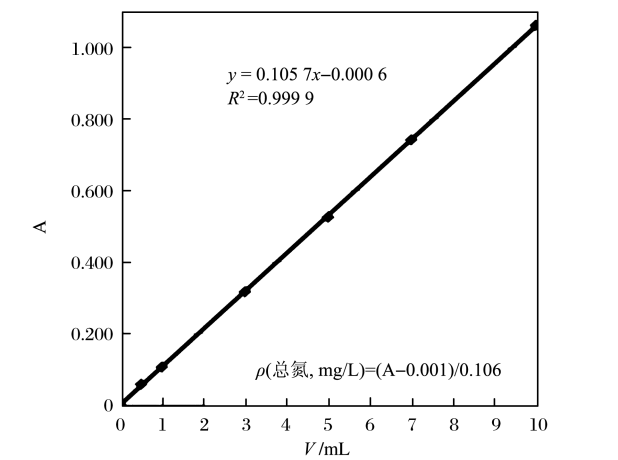


图 4 总氮标准曲线及计算公式

Fig. 4 Standard curve and calculation formula of total nitrogen

2.2 质控分析

为了确保上游水库库区水体中氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮含量的准确性,在对水样进行监测时引入水利部水环境研究中心标准样品进行同步监督监测. 氨氮标准样品批号为 170509,有效期至 2022 年 9 月,真值范围 (0.127±0.006) mg/L,试验

测定结果为 0.124 mg/L,相对偏差 2.34%. 亚硝酸盐氮标准样品批号为 190645,有效期至 2022 年 11 月,真值范围 (89.2±4.5) μg/L,试验测定结果为 0.089 mg/L,相对偏差 2.13%. 硝酸盐氮标准样品批号为 200711,有效期至 2023 年 6 月,真值范围 (10.8±0.4) mg/L,试验测定结果为 10.7 mg/L,相对偏差 1.87%. 总氮标准样品批号为 190221,有效期至 2022 年 9 月,真值范围 (2.07±0.11) mg/L,试验测定结果为 2.02 mg/L,相对偏差 2.48%(如表 1 所列).

2.3 分光光度法对试验用水的要求

通过水体中氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮的测试,发现对试验用水有较高要求,作者所在实验室使用超纯水机制备超纯水,pH 值在 7.3 至 7.5 之间,电导率在 0.15 Ω 左右,完全符合规范要求,并且在曲线绘制当天进行制备. 通过对氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮的多年分析工作,发现不同批次的超纯水空白吸光度不同,放置几天的超纯水的吸光度和新鲜制取的超纯水的吸光度也有细微不同. 表 2 为 4 个不同时段、4 个批次制备的空白水样数据比对结果,以及将 4 个批次空白水样放置 3 d 后再一次测试的结果. 建议有条件的实验室对氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮检测时,最好使用当日新鲜制取的超纯水或者是同一批、同一时间段制取的超纯水,因为不同批次的纯水,其在 220、275、420、540 nm 波长下的吸光度是不相同的<sup>[9]</sup>.

表 1 质控样品统计

Table 1 Statistics of quality control samples

| 分析项目  | 标准物质批号 | 真值范围               | 有效期     | 测定值 1/<br>(mg/L) | 测定值 2/<br>(mg/L) | 平均值/<br>(mg/L) | 相对<br>偏差/% |
|-------|--------|--------------------|---------|------------------|------------------|----------------|------------|
| 氨氮    | 170509 | (0.127±0.006) mg/L | 2022.09 | 0.131            | 0.125            | 0.124          | 2.34       |
| 亚硝酸盐氮 | 190645 | (89.2±4.5) μg/L    | 2022.11 | 0.091            | 0.087            | 0.089          | 2.13       |
| 硝酸盐氮  | 200711 | (10.8±0.4) mg/L    | 2023.06 | 10.9             | 10.5             | 10.7           | 1.87       |
| 总氮    | 190221 | (2.07±0.11) mg/L   | 2022.09 | 2.07             | 1.97             | 2.02           | 2.48       |

表 2 不同批次和同一批次超纯水放置 3 d 后测得吸光度空白对比

Table 2 Comparison of absorbance blank between different batches and same batch of ultra-pure water after 3 days

| 波长/nm | 1#    | 1#-3d | 2#    | 2#-3d  | 3#    | 3#-3d | 4#    | 4#-3d  |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 220   | 0.000 | 0.018 | 0.004 | 0.016  | 0.001 | 0.012 | 0.002 | 0.010  |
| 275   | 0.000 | 0.002 | 0.000 | -0.001 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | -0.002 |
| 420   | 0.024 | 0.026 | 0.022 | 0.023  | 0.021 | 0.023 | 0.022 | 0.024  |
| 540   | 0.003 | 0.004 | 0.002 | 0.004  | 0.004 | 0.005 | 0.003 | 0.004  |



2.4 试验结果

选取上游水库库区同一点位,测定时段为 2020 年至 2021 年,按照丰水期、贫水期、枯水期,每年采集 6 次样品进行分析测定.使用分光光度法测定水样中氨氮和亚硝酸盐氮,使用紫外分光光度法测定硝酸盐氮和总氮.监测结果如表 3、4 所列.2020 年度游水库水体中氨氮年平均质量浓度 0.119 mg/L,汛期平均质量浓度为 0.110 mg/L,非汛期平均质量浓度为 0.123 mg/L,占总氮比例 9.1%~35.4%.亚硝酸盐氮年平均质量浓度 0.007 mg/L,汛期平均质量浓度为 0.008 mg/L,非汛期平均质量浓度为 0.007 mg/L,占总氮比例

0.6%~1.7%.硝酸盐氮平均质量浓度 0.47 mg/L,汛期平均质量浓度为 0.52 mg/L,非汛期平均质量浓度为 0.45 mg/L,占总氮比例 58.3%~90.9%.2021 年度游水库水体中氨氮年平均质量浓度 0.052 mg/L,汛期平均质量浓度为 0.035 mg/L,非汛期平均质量浓度为 0.060 mg/L,占总氮比例 4.2%~18.7%.亚硝酸盐氮年平均质量浓度 0.010 mg/L,汛期平均质量浓度为 0.007 mg/L,非汛期平均质量浓度为 0.011 mg/L,占总氮比例 0.7%~4.4%.硝酸盐氮平均质量浓度 0.42 mg/L,汛期平均质量浓度为 0.34 mg/L,非汛期平均质量浓度为 0.47 mg/L,占总氮比例 40.6%~81.3%.

表 3 2020 年上游水库水中总氮、硝酸盐氮、氨氮、亚硝酸盐氮含量分析

Table 3 Analysis of total nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen and nitrite nitrogen in upstream reservoir water in 2020

| 编号 | 采样日期       | 氨氮质量<br>浓度/<br>(mg/L) | 占总<br>氮比/<br>% | 亚硝酸盐氮<br>质量浓度/<br>(mg/L) | 占总<br>氮比/<br>% | 硝酸盐氮<br>质量浓度/<br>(mg/L) | 占总<br>氮比/<br>% | 总氮质量<br>浓度/<br>(mg/L) |
|----|------------|-----------------------|----------------|--------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
| 1  | 2020-03-16 | 0.140                 | 21.2           | 0.006                    | 0.9            | 0.41                    | 62.1           | 0.66                  |
| 2  | 2020-04-09 | 0.170                 | 35.4           | 0.006                    | 1.3            | 0.28                    | 58.3           | 0.48                  |
| 3  | 2020-06-04 | 0.140                 | 15.2           | 0.007                    | 0.8            | 0.62                    | 67.4           | 0.92                  |
| 4  | 2020-09-09 | 0.080                 | 15.4           | 0.008                    | 1.5            | 0.42                    | 80.8           | 0.52                  |
| 5  | 2020-10-14 | 0.060                 | 9.1            | 0.004                    | 0.6            | 0.60                    | 90.9           | 0.66                  |
| 6  | 2020-11-10 | 0.122                 | 15.8           | 0.013                    | 1.7            | 0.51                    | 66.2           | 0.77                  |

表 4 2021 年上游水库水中总氮、硝酸盐氮、氨氮、亚硝酸盐氮含量分析

Table 4 Analysis of total nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen in upstream reservoir water in 2021

| 编号 | 采样日期       | 氨氮质量<br>浓度/<br>(mg/L) | 占总<br>氮比/<br>% | 亚硝酸盐氮<br>质量浓度/<br>(mg/L) | 占总<br>氮比/<br>% | 硝酸盐氮<br>质量浓度/<br>(mg/L) | 占总<br>氮比/<br>% | 总氮质量<br>浓度/<br>(mg/L) |
|----|------------|-----------------------|----------------|--------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
| 1  | 2021-03-08 | 0.040                 | 4.2            | 0.014                    | 1.5            | 0.78                    | 81.3           | 0.96                  |
| 2  | 2021-04-06 | 0.030                 | 12.0           | 0.011                    | 4.4            | 0.18                    | 72.0           | 0.25                  |
| 3  | 2021-06-03 | 0.040                 | 6.3            | 0.008                    | 1.3            | 0.26                    | 40.6           | 0.64                  |
| 4  | 2021-09-04 | 0.030                 | 5.3            | 0.006                    | 1.1            | 0.42                    | 73.7           | 0.57                  |
| 5  | 2021-10-09 | 0.030                 | 6.5            | 0.003                    | 0.7            | 0.34                    | 73.9           | 0.46                  |
| 6  | 2021-11-08 | 0.140                 | 18.7           | 0.015                    | 2.0            | 0.56                    | 74.7           | 0.75                  |

3 结语

对于地表水水样分析,分光光度法具有操作方法简便、使用设备少、精准度比较高、可测波长范围广等特点.分光光度计不是昂贵的仪器设备,价格

在几千元至几万元,是实验室必备的仪器设备之一<sup>[10]</sup>.TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计的测试波长范围在 200~800 nm,7230G 型可见分光光度计测试波长范围在 330~800 nm.  
在对水体中氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮的测定

过程中,对试验用水也有较高要求,试验用水最好采用新鲜制备的超纯水或者是同一批、同一时间段制取的超纯水. 对地表水分析时引入全程序空白、现场平行、加标回收、内控样品等样品进行质量控制,严把质量关,确保对地下水分析的每一个数据的准确可靠.

由表 3、4 可以看出,上游水库水体中总氮含量高于氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮,氨氮所占总氮平均百分比为 13.8%,亚硝酸盐氮所占总氮平均百分比为 1.5%,硝酸盐氮所占总氮平均百分比为 70.1%. 三氮中硝酸盐氮所占总氮比例最大,最高可占比 90.9%.亚硝酸盐氮所占总氮比例较小,最高不会超过 4.4%. 2020 年,氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮平均质量浓度分别为 0.119、0.007、0.47、0.67 mg/L. 2021 年,氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮平均质量分数为 0.052、0.010、0.42、0.61 mg/L. 2021 年三氮和总氮含量较 2020 有所减少,水质有所改善. 2020 年氨氮项目可达到地表水环境质量标准Ⅱ类,2021 年氨氮项目可达到地表水环境质量标准Ⅰ类,2020 至 2021 年总氮项目可达到地表水环境质量标准Ⅲ类.

上游水库在塔里木河的最上游,通过 2020 年和 2021 年对上游水库水质氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮分析不难看出水体没有受到污染,需要有关部门加强对上游水库水源保护区的保护力度.

参考文献:

[ 1 ] 尹艳娥,沈新强,蒋玫,袁琪,平仙隐,徐亚岩,韩金娣,王云龙. 长江口及邻近海域富营养化趋势分析及与环境因子关系[J]. 生态环境学报, 2014, 23 (4):622-629. [ YIN Yan-e, SHEN Xin-qiang, JIANG Mei, YUAN Qi, PING Xian-yin, XU Ya-yan, HAN Jin-di, WANG Yun-long. Analysis on the trend of eutrophication in the Changjiang ( Yangtze River ) Estuary and in the adjacent East China Sea and its relation to environmental factors [ J ]. Ecology and Environmental Sciences, 2014, 23(4):622-629.]

[ 2 ] 吴月英,徐贵泉,陈明. 上海市入海河流总氮与氨氮相关关系探究[J]. 四川环境, 2020, 39(1):68-73. [ WU Yue-ying, XU Gui-quan, CHEN Ming. Study on the correlation between TN and NH<sub>3</sub>-N in rivers entering the sea in Shanghai[J]. Sichuan Environment, 2020, 39(1):68-73.]

[ 3 ] Tandeau de Marsac N, Houmard J. Adaptation of cyanobacteria to environmental stimuli: new steps towards molecular mechanisms[J]. FEMS Microbiology Letters, 1993, 104(1-2):119-189.

[ 4 ] 程珂. 水质亚硝酸盐氮的检测方法综述[J]. 河南化工, 2020, 37(3):13-15. [ CHENG Ke. Summary on detection methods of nitrite nitrogen in water quality [J]. Henan Chemical Industry, 2020, 37(3):13-15.]

[ 5 ] 国家环保部. 水质 氨氮的测定 纳式试剂分光光度法; HJ 353—2009 [ S ]. 北京: 中国环境出版社, 2017. [ State Ministry of Environmental Protection. Determination of ammonia nitrogen in water quality by nanometric reagent spectrophotometry: HJ 353—2009 [S]. Beijing: China Environment Press, 2017.]

[ 6 ] 国家环境保护总局. 水质 亚硝酸盐氮的测定 分光光度法; GB 7493—1987 [ S ]. 北京: 中国环境出版社, 2010. [ State Environmental Protection Administration of the People’s Republic of China. Water quality; Determination of nitrogen ( nitrite ); Spectrophotometric method: GB 7493—1987 [ S ]. Beijing: China Environment Press, 2010.]

[ 7 ] 国家水利部. 水质 硝酸盐氮的测定 紫外分光光度法; SL 84—1994 [ S ]. 北京: 中国水利出版社, 2010. [ the State Ministry of Water Resources. Determination of nitrate nitrogen in water quality-UV spectrophotometry: SL 84—1994 [ S ]. Beijing: China Water Conservancy Publishing House, 2010.]

[ 8 ] 中华人民共和国环境保护部. 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法; HJ 636—2012 [ S ]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012. [ Ministry of Environmental Protection of the People’s Republic of China. Water quality. Determination of total nitrogen. Alkaline potassium persulfate digestion UV spectrophotometric method: HJ 636—2012 [ S ]. Beijing: China Environment Science Press, 2012.]

[ 9 ] 张长寿. 紫外分光光度法测定水中硝酸盐氮含量的实践和体会[J]. 环境科学导刊, 2015, 34(6):110-113. [ ZHANG Chang-shou. Practice and summary of testing nitrite nitrogen in water using UV spectrometry [J]. Environmental Science Survey, 2015, 34(6):110-113.]

[ 10 ] 刘珍. 化验员读本下册仪器分析(第四版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007. [ Liu Zhen. Laboratory reader next volume instrument analysis ( fourth edition ) [ M ]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2007.]