

# 某地集中式饮用水水源地环境保护浅析

## Analysis on Environmental Protection of a Centralized Drinking Water Source

郭学良

Xueliang Guo

昆明市晋宁区水务局 中国·云南昆明 650600

Water Bureau of Jinning District, Kunming, Yunnan, 650600, China

**摘要:** 2018年生态环境部和水利部联合部署在全国开展集中式饮用水水源地环境保护专项行动,共涉及地表水型水源地2466个,发现环境问题6426个,通过对其中某地四座重点饮用水水源地的不稳定因子进行了分析,提出了相应的环境保护措施。

**Abstract:** In 2018, the Ministry of Ecology and Environment and the Ministry of Water Resources jointly deployed a special action to carry out centralized drinking water source environmental protection in the country, involving a total of 2466 surface water sources and 6426 environmental problems.

**关键词:** 集中式饮用水水源地; 环境保护; 问题; 措施

**Keywords:** centralized drinking water sources; environmental protection; questions; measures

**DOI:** 10.12346/eped.v1i2.7036

### 1 引言

据报道,2018年生态环境部和水利部联合部署在全国开展集中式饮用水水源地环境保护专项行动,共涉及地表水型水源地2466个,发现环境问题6426个。水源保护区内存在的环境问题,主要包括:生活面源污染、工业企业排污、农业面源污染、旅游餐饮污染、交通穿越等项目,分别占问题总数的27%、16%、16%、14%、13%。本文通过对其中某地四座重点饮用水水源地的不稳定因子进行了分析,提出了相应的环境保护措施。

A水库:水库径流面积106.52 km<sup>2</sup>,多年平均降雨量906.7 mm,年平均径流量3970万m<sup>3</sup>,是一座年调中型水库。近年来,化学需氧量、总磷、总氮一直不能稳定达标。

B水库:坝址控制流域面积44.1 km<sup>2</sup>,年平均径流量1600万m<sup>3</sup>,是一座多年调中型水库。近年来,总磷、总氮一直不能稳定达标。

C水库:水库径流面积66.7 km<sup>2</sup>,多年平均径流量1340万m<sup>3</sup>。是一座集县城供水、农田灌溉和防洪为一体的年调节中型水库。近年来,pH、总氮一直不能稳定达标。

D水库:水库径流面积8.9 km<sup>2</sup>,是一座集县城供水、

农田灌溉和防洪为一体的年调节小(1)型水库。近年来,总氮一直不能稳定达标。

### 2 数据分析

化学需氧量主要来源于面源中畜禽粪便、城镇生活污水;氨氮主要来源于面源中城镇生活污水、农田化肥;总氮主要来源于面源的农田化肥、水土流失和城镇生活污水;总磷主要来源于面源的农田化肥、畜禽粪便。故根据柴河水库水环境容量和污染因子的主要来源,总氮、总磷的排放量要进行严格控制,尽量减少城镇生活污水、水土流失、农业面源污染、农村畜禽粪便污染。

#### 2.1 A 水库

A水库及其主要进水河道存有大量农田,且河道两岸分布着集镇和其所属的8个自然村落,这几年通过实施A水库水质提升工程,收集了大量的村庄污水,建设了集镇污水处理厂、湿地等,使得A水库水质逐渐好转。但是,仍然要注意其周边大量农田面源污染和周边集镇及村落生活废水污染。表1为A水库近年来不稳定因子监测数值,图1~图3对近四年以来的化学需氧量、总磷、总氮进行了分析。

表 1 A 水库近年来不稳定因子监测数值

年份	因子	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Ⅲ类水标准
2016年	COD	4.6	4.2	5.8	3.8	3.9	4.1	4	3.7	5.3	5.2	4.7	4.3	20
	TP	0.013	0.021	0.047	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.056	0.025	0.05
	TN	0.77	0.94	0.67	0.66	0.75	0.98	2.22	1.43	1.07	0.98	0.82	0.84	1
2017年	COD	13	14	18	16	15	16	30	12	24	15	15	11	20
	TP	0.031	0.031	0.028	0.039	0.038	0.032	0.082	0.03	0.039	0.037	0.037	0.032	0.05
	TN	0.6	0.86	0.81	1.25	0.57	0.56	1.69	1.38	0.89	1.09	1.42	0.99	1
2018年	COD	5	4L	4L	12	13	12	16	10	11	10	14	9	20
	TP	0.035	0.037	0.027	0.03	0.029	0.032	0.041	0.032	0.03	0.037	0.041	0.031	0.05
	TN	0.99	1.22	1.29	0.95	0.68	0.77	1.23	0.9	0.92	0.99	0.88	0.81	1
2019年	COD	11	16	24	18	10	22	18	20	10	11	20	22	20
	TP	0.039	0.055	0.072	0.068	0.04	0.08	0.06	0.05	0.03	0.05	0.04	0.08	0.05
	TN	0.88	0.86	0.78	0.9	0.63	0.72	0.76	0.4	0.34	1.19	1.09	1.2	1

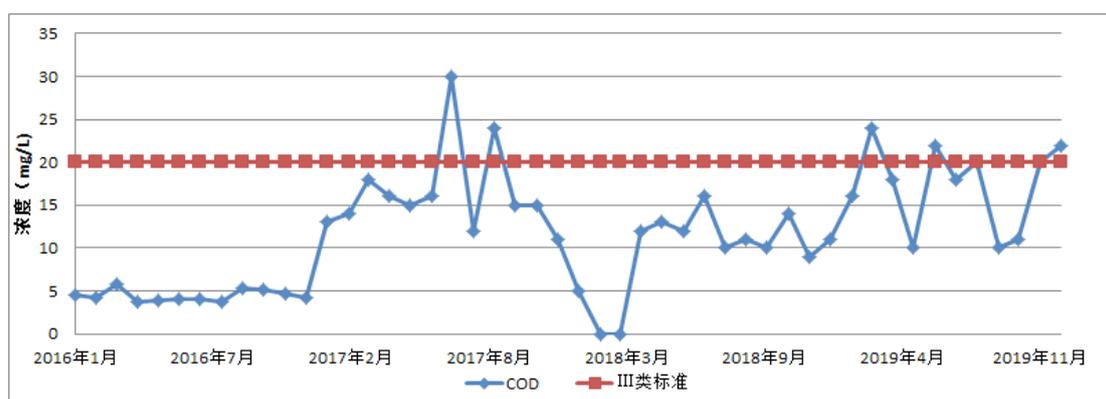


图 1 A 水库近四年化学需氧量变化趋势折线图

从化学需氧量变化趋势图来看：近四年化学需氧量年度变化较大，高峰值出现在当年5月—9月。2016年化学需氧量浓度保持在一个平稳状态，浓度值接近5.0 mg/L，低于Ⅲ类标准限值20.0 mg/L；但2017年1—9月份化学需氧量浓度大幅度上升，7月份最高，达到30 mg/L，超过Ⅲ类标准限值，若遇降雨超标率较大；2017年10月—2018年12月化学需氧量浓度回落并趋于稳定，浓度维持在10~15 mg/L，低于Ⅲ类标准限值；2019年化学需氧量浓度变化较大，频

繁超标，3、6、12月份超标倍数分别为0.2、0.1、0.1倍<sup>[1]</sup>。

从总磷变化趋势图来看：近四年来，整体呈现上升趋势，尤其是2019年上升较大，部分月份超标，高峰值均出现在昆明的雨季6、7月份。2016年3、7、8月份总磷浓度接近Ⅲ类标准限值，11月份超标，超标倍数为0.12；2017年7月份总磷浓度超标，超标倍数为0.64，4、5、9月份总磷浓度均约等于0.04 mg/L；2018年达标；2019年频繁超标，超标倍数为0.1（2月）~0.6倍（6、12月）。

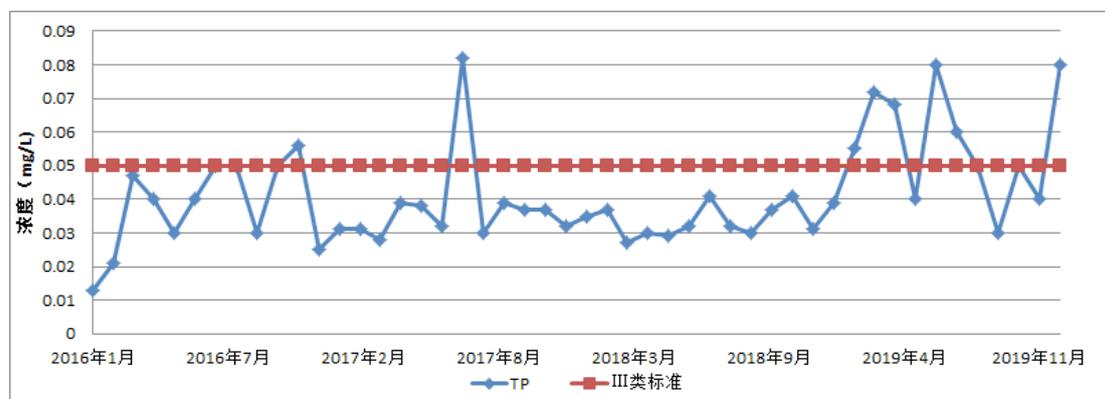


图 2 A 水库近四年总磷变化趋势折线图

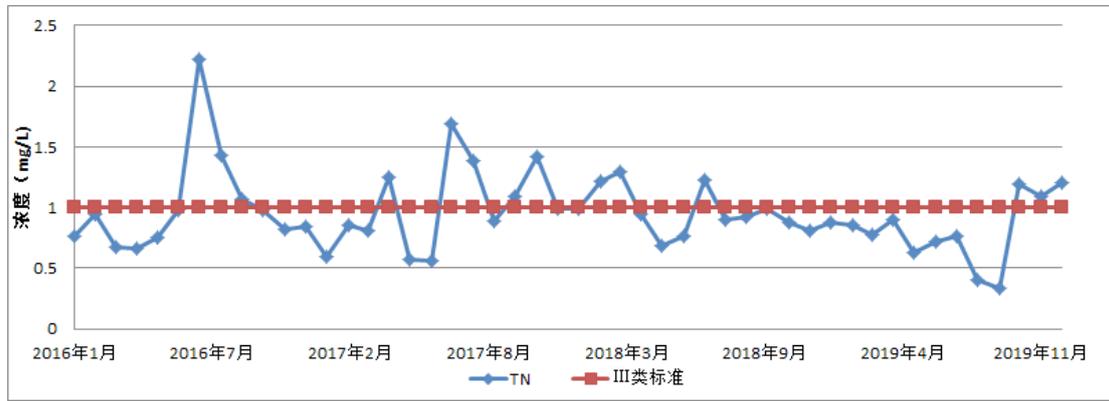


图 3 A 水库近四年总氮变化趋势折线图

从总氮变化趋势图来看：近四年来，总氮年度变化趋势基本平稳，浓度在Ⅲ类标准限值 1.0 mg/L 上下波动，超标月份较多，高数值也基本出现在当年 7、8、10、11 月份。2016 年 7、8、9 月份总氮浓度超标，超标倍数分别为 1.22、0.43、0.07；2017 年 4、7、8、10、11 月份总氮浓度超标，超标倍数分别为 0.25、0.69、0.38/0.09、0.42；2018 年 2、3、7 月份总氮浓度超标，超标倍数分别为 0.22、0.29、0.23；2019 年 10、11、12 月份总氮浓度超标，超标倍数分别为 0.19、0.09、0.20。通过对比各月份总氮超标倍数可知，丰水期（特别是 7 月份）总氮超标率较大，而近四年总氮未超标的月份浓度值大部分接近Ⅲ类标准限值 1.0 mg/L<sup>[2]</sup>。

## 2.2 B 水库

近四年 B 水库超标因子以总氮为主，总磷超标仅发生于 2018 年，其他年份整体处于达标状态，化学需氧量和高锰酸钾盐均未超标且整体趋势稳定。据最近 4 年检测数据显示：总氮在雨季前呈下降趋势，雨季后受汇水污染物入库影响，呈上升趋势。大河水库污染源主要来源于三个方面：水土流失、农田化肥、畜禽养殖废水污染。雨季来临时降雨量较高，周边化肥施用量较大，耕作率较高，土壤吸收率较低，降雨期间畜禽粪便、未吸收的化肥、水土流失通过地表径流污染水体，导致水库水质总氮浓度上升。表 2 为 B 水库近年来不稳定因子监测数值，图 4、图 5 对 B 水库近四年以来

的总磷、总氮进行了分析。

从总磷变化趋势图来看：近四年来，总磷浓度波动较大，整体呈现上升趋势，尤其是 2018 年上升较大，部分月份超标。2016 年达标，但 4、11 月份总磷浓度大于 0.04 mg/L；2017 年整体达标，7 月份接近Ⅲ类标准限值 0.05 mg/L；2018 年总磷浓度增加频繁超标，4、5、10 月份总磷浓度超标，超标倍数为 0.26、0.04、0.08；2019 年整体达标，5、9、11 月份总磷浓度达 0.04 mg/L，10 月份达到Ⅲ类标准限值 0.05 mg/L。

从总氮变化趋势图来看：近四年来，总氮各年年内变化整体呈先升后降的趋势，浓度整体高于Ⅲ类标准限值 1.0 mg/L，超标月份较多，高数值也基本出现在当年 10~4 月份。2016 年除 7 月份外，总氮浓度均超标，超标倍数在 0.12（5 月份）~1.39（12 月份）；2017 年除 6、7 月份外，总氮浓度均超标，超标倍数在 0.42（8 月份）~1.14（4 月份）；2018 年 6、8 月份外，总氮浓度均超标，超标倍数在 0.13（7 月份）~1.46（4 月份）；2019 年总氮浓度整体呈下降趋势，5~11 月份总氮浓度达标，1、2、3、4、12 月份超标，超标倍数在 0.14（12 月份）~0.53（3 月份）。通过对比各年各月份总氮浓度可知，雨季（特别是 6~8 月份前）前总氮浓度呈下降趋势，而雨季（特别是 6~8 月份后）后总氮浓度呈上升趋势，到枯期（特别是 3、4、12 月份）超标率达峰值，主要受降雨汇入污染物影响<sup>[3]</sup>。

表 2 B 水库近年来不稳定因子监测数值

年份	因子	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	Ⅲ类水标准
2016 年	TP	0.011	0.019	0.036	0.041	0.018	0.037	0.039	0.035	0.031	0.037	0.042	0.03	0.05
	TN	1.9	1.78	1.36	1.32	1.12	0.43	1.87	1.23	1.34	1.97	1.8	2.39	1
2017 年	TP	0.018	0.021	0.021	0.024	0.034	0.034	0.048	0.033	0.034	0.033	0.025	0.035	0.05
	TN	1.76	1.99	1.95	2.14	1.9	0.87	0.81	1.42	1.99	1.88	2.1	1.77	1
2018 年	TP	0.037	0.042	0.025	0.063	0.052	0.033	0.028	0.044	0.031	0.054	0.033	0.025	0.05
	TN	1.59	2.17	1.72	2.46	1.28	0.92	1.13	0.69	1.49	2.04	1.74	1.41	1
2019 年	TP	0.025	0.028	0.034	0.033	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05
	TN	1.52	1.44	1.53	1.52	0.81	0.44	0.39	0.32	0.56	0.6	0.69	1.14	1



图 4 B 水库近四年总磷变化趋势折线图

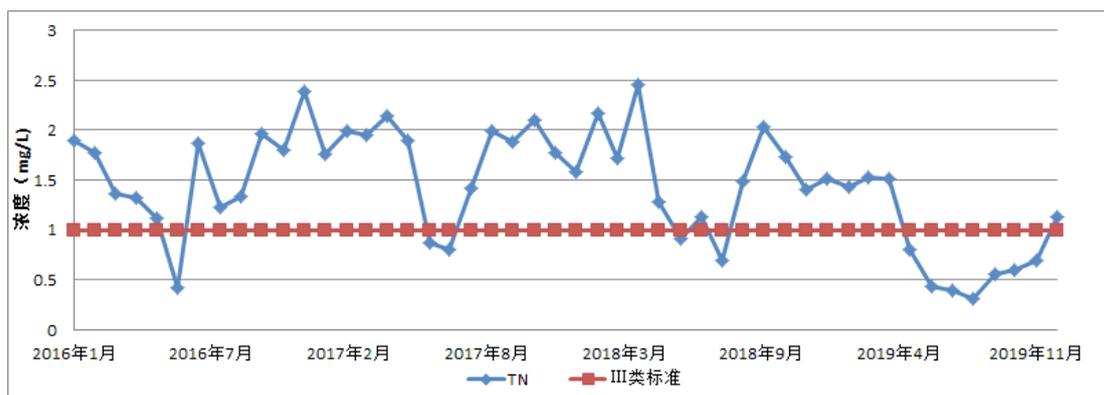


图 5 B 水库近四年总氮变化趋势折线图

### 2.3 C 水库

近年来，C 水库主要超标因子为 pH、总氮。根据 2017 年 1 月至 2019 年 12 月近 3 年的检测数据显示，C 水库 pH、总氮总体呈上升趋势。总氮在雨季前呈下降趋势，雨季后受汇水污染物入库影响呈上升趋势。C 水库入库污染源主要来源于花卉、农田种植化肥和畜禽养殖污染。雨季来临时降雨量较高，周边化肥施用量较大，耕作率较高，土壤吸收率较低，降雨期间畜禽粪便、未吸收的化肥、水土流失通过地表径流污染水体，导致水库水质总氮浓度上升。表 3 为 C 水库近年来不稳定因子监测数值，图 6、图 7 对 B 水库近四年以来的总磷、pH 值进行了分析<sup>[4]</sup>。

从上图 C 水库总氮变化趋势图来看：近三年来，总氮浓度波动较大，各年总氮浓度整体呈先降后升规律，变化低谷出现在当年 4—6 月份，上升高峰出现在当年 9—11 月份，浓度整体高于 III 类标准限值 1.0mg/L，超标月份较多。2017 年各月总氮浓度均超标，超标倍数在 0.69（6 月份）~2.13（2 月份）；2018 年各月总氮浓度均超标，超标倍数在 0.51（6 月份）~3.01（9 月份）；2019 年除 5、7 月份外，总氮浓度均超标，超标倍数在 0.15（6 月份）~2.68（9 月份）。通过对比各年各月份总氮超标倍数可知，雨季前（6 月份前）总氮浓度整体呈下降趋势，雨季后（6 月份后）总氮浓度整体呈下降趋势，主要受降雨径流汇入污染物影响。

表 3 C 水库近年来不稳定因子监测数值

年份	因子	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	III 类水标准
2017 年	pH 值	7.8	8.2	8.1	8.5	8.8	8.9	8.6	9	8.4	7.8	8.6	7.9	6-9
	TN	3	3.13	2.7	1.69	2.03	1.89	2.06	2.37	2.89	2.48	2.81	2.32	1
2018 年	pH 值	8.5	8.2	8.3	9.5	9.3	9	9.2	9.2	9.2	8.1	7.8	8.7	6-9
	TN	2.08	2.32	2.15	1.57	1.72	1.51	2.13	2.36	4.01	3.46	3.99	2.25	1
2019 年	pH 值	8.7	8.7	8.5	8.8	9.3	8.9	8.4	8.9	7.9	8.7	8.3	8.3	6-9
	TN	2.66	3.26	2.77	2.53	0.9	1.15	0.86	2.4	3.68	3.15	3.18	2.11	1

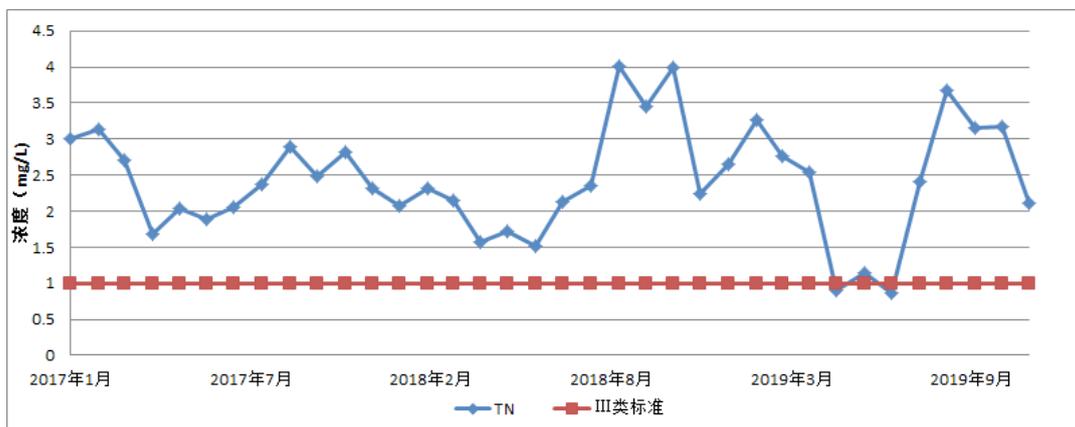


图 6 C 水库近三年总氮变化趋势折线图

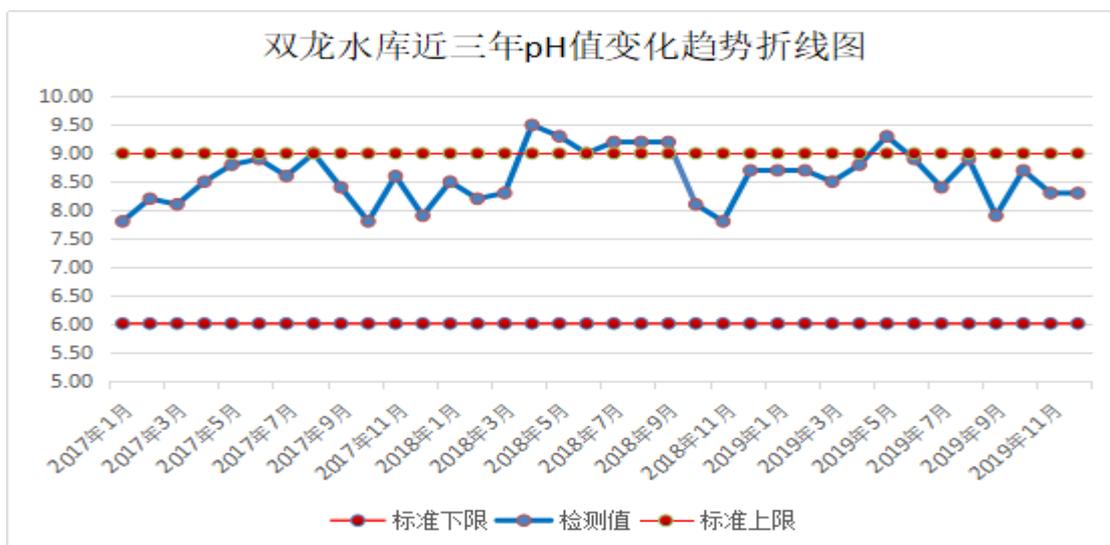


图 7 C 水库近三年 pH 值变化趋势折线图

从上图 C 水库 pH 值变化趋势图来看：近三年来，pH 值波动较大，各年 pH 值整体呈先降后升规律，变化低谷出现在当年 9—12 月份，上升高峰出现在当年 4—8 月份，三年间超标 7 次。2018 年超标次数多，超标多发生在开春后至秋季 5 个月之间。

#### 2.4 D 水库

D 水库超标因子以总氮为主，其他指标化均未超标。结合 2017 年 1 月至 2019 年 12 月近 3 年的检测数据显示，D 水库总氮在雨季前呈下降趋势，雨季后受汇水污染物入库影响，呈上升趋势。D 水库污染源主要来源农田化肥污染。雨季来临时降雨量较高，周边化肥施用量较大，耕作率较高，土壤吸收率较低，降雨期间畜禽粪便、未吸收的化肥、水土

流失通过地表径流污染水体，导致水库水质总氮浓度上升。表 4 为 D 水库近年来不稳定因子监测数值，图 8 对 D 水库近四年以来的总氮进行了分析<sup>[5]</sup>。

从 D 水库总氮变化趋势图来看：近三年来，总氮浓度波动较大，各年总氮浓度整体呈先降后升规律，变化低谷出现在当年 6 月份，上升高峰出现在当年 7—11 月份，浓度整体高于 III 类标准限值 1.0 mg/L，超标月份较多。2017 年除 6 月份外总氮浓度均超标，超标倍数在 0.65（7、8 月份）~1.44（11 月份）；2018 年除 5、6 月、12 月份外各月总氮浓度均超标，超标倍数在 0.12（4 月份）~1.23（7 月份）；2019 年除 4、6、7 月份外，总氮浓度均超标，超标倍数在 0.18（3 月份）~1.77（8 月份）。通过对比各年各月份总氮超标

表 4 D 水库近年来不稳定因子监测数值

年份	因子	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	III 类水标准
2017 年	TN	1.96	1.84	1.6	1.19	1.28	0.94	1.65	1.65	1.89	2.07	2.44	1.87	1
2018 年	TN	1.81	1.23	1.3	1.12	0.76	0.69	2.23	1.44	2.03	1.9	1.64	0.65	1
2019 年	TN	1.47	1.64	1.18	0.93	1.56	0.67	0.86	2.77	1.53	1.44	1.28	1.26	1

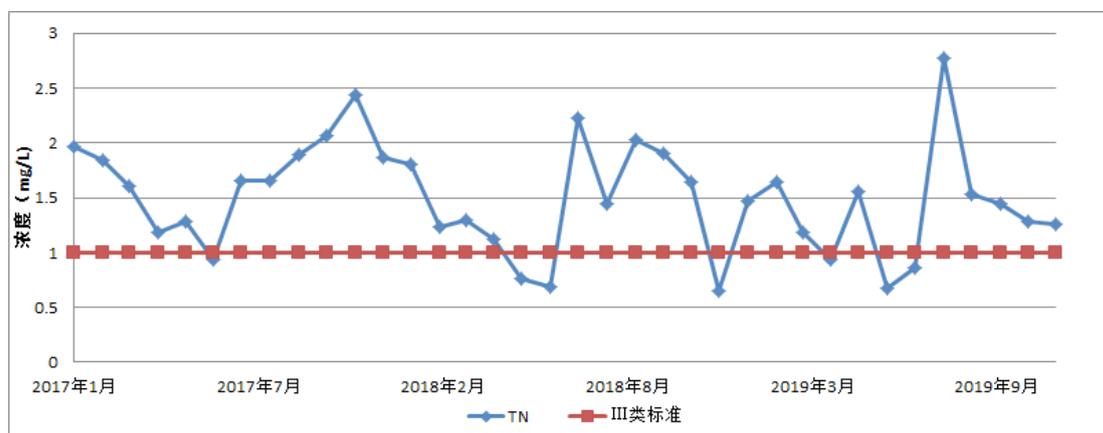


图 8 D 水库近三年总氮变化趋势折线图

倍数可知，雨季前（6月份前）总氮浓度整体呈下降趋势，雨季后（6月份后）总氮浓度整体呈下降趋势，主要受降雨径流汇入污染物影响。

### 3 存在问题分析

#### 3.1 水源保护区社会经济发展与水源保护的矛盾依然突出

由于水源保护区功能的特殊性和保护强度逐渐加大的影响，保护区内的居民，经济发展模式被限制在一定范围，水源保护区内人民群众的生活水平与区外周边群众的平均生活水平差距越来越大，抑制了水源区群众社会经济的快速发展，群众自觉保护水源的积极性普遍不高。主要体现在：一是在一级保护区范围内存在大量村庄，同时在一级保护区还存在耕地种植等。要彻底进行移民搬迁、一级保护区内退耕，则需要补偿的费用较大，目前已不再进行搬迁，并无搬迁计划；二是水源保护区虽进行了围网保护，但村民保护意识薄弱，破坏保护区围网进入保护区放牧现象屡禁不止；三是水质保护的长效反哺机制有待加强，目前只有柴河水库、大河水库饮用水源区有民生保障扶持补助，双龙水库、洛武河水库我区尚未开展此项工作，使得两个区级水库水源保护区没有全面形成广大群众因保护而受益的局面，水源保护区保护工作与水源保护区人民群众生产生活的矛盾进一步加剧。

#### 3.2 水体水质难以稳定达标，年际间存在一定波动

四个水库周边存在大量花卉农田面源污染和集镇及村落生活废水污染。汛期雨季降雨量较高，周边化肥施用量较大，耕作率较高，土壤吸收率较低，降雨期间畜禽粪便和未吸收的化肥通过地表径流污染水体，导致水库汛期总氮、总磷超标；枯水期 10 至 12 月份，1 至 3 月份水库蓄水量骤减水体自净能力下降周边生活污水汇入，导致水库水质总氮、总磷超标。

#### 3.3 生活污染源治理设施亟待进一步完善

水库周边还有部分村庄无完善的污水收集处理设施，村内无相应的污水收集措施，多数污水随着现有的沟渠或山管

水等汇入河道。旱季时由于保护区范围内部分沟渠较长，沟渠内的污水中途就蒸发消失，剩余水中的高浓度污染物滞留在沟渠内，等到雨季，在初期雨水的冲刷下，大量的污染物顺沟而下，因此在雨季初期将严重影响柴河水库的水质。此外，现有保护区内村落雨污分流管道尚不完善，污水混入雨水，影响水库水质。如六街集镇污水处理设施处理规模较小，处理工艺简单，处理污水量较少，出水水质不满足要求；污水处理厂因手续问题一直未能正常运营，其次集镇污水处理设施覆盖面不全，污水收集系统不完善，集镇中大部分生活污水未能经过净化直接排入子沟，汇入大堡河最终影响柴河水库水质。

#### 3.4 生活污染源治理设施缺乏管理，运行效率低

大部分农村的污水收集处理设施，随着时间推移，运行系统老化，系统的运维管理逐渐疏忽，较多污水收集处理设施进水口堵塞未能充分收集污水，出现运行不正常甚至不运行的状况。通过巡查检查发现，四个水库周边在已建村庄污水处理设施的部分自然村中，因缺乏管理，处理效益较差，部分甚至处于停运、荒废状态，没有发挥其作用，且处理规模小、效果差，远远不足以处理现有污水。对水库水质要求的不断提高，部分村落的污水收集设施已相对落后，处理后的水质很难达到当初设计标准，不善的运维管理还将造成水体的二次污染。

#### 3.5 面源污染占比大，水体呈富营养化趋势

“十三五”期间通过对保护区内的农户水源保护意识宣传及加强对分散畜禽养殖的限制，保护区内的养殖数量大幅减少，但保护区仍有畜禽养殖存在，且受居民保护意识不足、牲畜饮水等畜因素影响，保护区内禽粪便露天堆放、随意放牧等现象难以杜绝。此外，由于能源消费的改变，居民生活主要用电，加上雨污收集管网设置不完善，沼气使用率不高，大部分居民已建成沼气池，但部分已被弃用，已建成的“三池”等污染物削减设施运行效率较低，导致畜禽粪便随意排放。保护区耕地范围大，农业面源污染难以控制。水源保护区宝峰街道、六街镇和上蒜镇，均是种植业发展的农业生

产乡镇,规划区范围内大量耕地和农田面源污染问题难以控制,尤其是在柴河水库水源地一级保护区范围存在一定面积的坡耕地,对水源地的面源污染影响更为直接,农田尾水直接排放进入河道、子沟,未经任何处理和缓冲直接流向水库,极大增加了氮、磷污染负荷,是水库水体富营养化的一个重要因素。

## 4 控制措施建议

### 4.1 加快运行集镇生活污水处理厂

建议由当地水务部门牵头,各相关部门通力合作,进一步加快集镇污水处理厂运行和完善集镇雨污分流管网建设,增加污水处理能力,并加强城镇污水管网的雨污分流,同时强化污水处理厂运维管理,确保污水收集处理设施正常运行。

### 4.2 全面推进农村生活污水收集处理

建议由环保、水务、农业部门按照各自职能分别牵头,属地乡镇(街道)积极配合,在现有基础上进一步完善农村生活污水截污能力和处理能力,结合农村环境综合整治,积极推进农村生活污水治理,加快推进四个区级以上水库水源地一、二级保护区农村生活污水收集、处理和入库河道截污工程,同时加快推进区域污水处理设施统一管理,增加运维资金和专业管理人员投入,提高农村生活污水收集处理设施运维管护能力,保障农村生活污水收集处理设施正常运营。

### 4.3 妥善清运处理生活垃圾

建议由城市管理部门牵头,属地乡镇(街道)具体负责,按照“组保洁、村收集、乡(镇)转运、县处理”的生活垃圾处理模式,进一步强化垃圾收集转运设施完善及整改工作,实现保护区环境卫生“全面覆盖,不留死角,长效管理,永久保洁”的管理目标,同时重抓管理工作,制定管理制度,明确责任,确定责任主体,加大环卫监管执法力度,适当提高环卫工人待遇,组建稳定的环卫作业队伍。

### 4.4 科学推进化肥农药施用

建议由农业部门牵头,属地乡镇(街道)具体负责,进一步做好水源保护区农户保护水源、治理水库的宣传动员,提高农民水源保护意识,重点做好水库一、二级保护区内农业面源污染控制。综合利用农牧业废弃物,控制农药、化肥等农用化学品对农业生态环境的污染和破坏。科学合理施用化肥农药,加大提高利用率,禁止使用高毒、高残留农药,

推广高效、低毒、低残留农药,扩大生物肥料、生物农药的覆盖面,加强水源保护区有害生物综合治理(IPM)项目、测土配方施肥推广力度和试行范围。

### 4.5 持续推广高标准农田建设

建议由农业部门牵头,属地乡镇(街道)具体负责,积极发展生态高效种植,持续推进农业现代化发展,改变传统生产模式,改善生产设施设备,采取水肥一体化、电脑自动控制等现代农业技术,保持土壤持续生产能力,提高单位面积效益,加快实现增产、提质和增效,削减污染负荷的目的。

### 4.6 严格规范保护区畜禽养殖

建议由农业部门牵头,属地乡镇(街道)具体负责,环保、水务等部门密切配合,在水库禁养区范围严格执行昆明市禁养相关规定,强化日常执法力度,减少随意放牧现象。在禁养区外加大宣传教育力度,提高村民水源保护意识,鼓励使用已有“三池”、“沼气池”等畜禽粪便处理及再利用设施,以达到畜禽养殖标准化、生态化,畜禽粪便减量化、无害化、资源化,实现污染物达标排放。

### 4.7 有效控制水土流失污染

建议由水务部门负责,国土、林草、属地乡镇(街道)配合,对于水源保护区内 $25^\circ$ 以上的陡坡地开垦的农用地,分阶段进行退耕还林,进行穴状、鱼鳞坑整地,缺株补苗,森林抚育、封山育林,使其尽早恢复植被,提高森林郁闭度;对保护区坡度在 $7^\circ \sim 25^\circ$ 之间的农地,采用反坡梯田和相应的边沟排水工程进行水土流失防治,并采用带状混交种植模式对反坡梯田实行植物护埂;对于保护区坡度在 $7^\circ$ 以下的农地,采用修建波浪式梯田进行水土流失防治。

## 参考文献

- [1] 邹海虹,倪艳芳,邢佳.集中式饮用水水源地环境保护现状及对策探析[J].智库时代,2019(19):67.
- [2] 何菲菲.饮用水水源地环境保护与生态建设[J].黑龙江水利科技,2015(2):56.
- [3] 湛伟艳.集中式饮用水水源地环境保护现状及对策研究[J].资源节约与环保,2013(7):56.
- [4] 付青,郑丙辉.关于饮用水水源地规范化建设的思考[J].环境保护,2015(14):80.
- [5] 陈聪,刘东窃.农村集中式饮用水水源地保护与安全策略[J].湖北农机化,2020(14):90.