

大宁调压池水质评价及分析

王昕然

(北京市朝阳区通惠河水务管理所,北京 100025)

摘要:通过分析大宁调压池2009~2017年部分水质监测数据,采用单因子评价法、综合污染指数法对大宁调压池水质进行评价并分析成因。分析结果表明:上游来水水质是决定大宁调压池水质状况的主要因素,总氮、总磷是大宁调压池水质的主要影响因子,应当避免在高温的夏季实施小流量、低流速的管道输水。建议在适当的时间,采取生物操纵的手段消除区域水质安全威胁,改善大宁调压池水质,提升北京城市供水安全保障率。

关键词:南水北调;北京;大宁调压池;水质分析

中图分类号:TP315

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2018)06-0459-06

0 引言

南水北调中线工程建成通水,增加了北京水资源总量,提高了城市供水安全保障率,改善了居民用水条件,在显著改变首都水源保障格局和供水格局的同时,也为北京赢得了宝贵的水资源涵养期^[1]。

南水北调中线干线工程从丹江口水库引水,向北穿过黄河,经河北省进入北京,终点为团城湖调节池,全长1 267 km^[2]。先期完成京石段应急供水工程^[3],2008年起由河北黄壁庄、岗南、王快及安各庄水库向北京应急供水,至2014年4月累计供水16.06亿m³。2014年12月起江水进京,至2018年5月,进京江水累计超过34亿m³。

南水北调中线北京段工程由惠南庄泵站工程、北拒马河暗渠工程、PCCP管道工程、西甘池隧洞和崇青隧洞工程、大宁调压池工程、永定河倒虹吸工程、卢沟桥暗涵工程、西四环暗涵工程、团城湖明渠工程等10余个单位工程组成^[4]。其中,大宁调压池是南水北调中线北京段的重要调节建筑物,主要作用是调节供水水位、供水流量,承担进城段和南干渠段输水工程的分水任务,是南水进京后首个能见水面的工程,其水质状况直接反映了进江南水的水质优劣,对大宁调压池的水质进行连续监测和科学评价,能及时掌握进江南水的水质状况,对加强南水北调工程水质保护,提高北京城市供水安全

保障率有着重要意义(见图1)。



图1 惠南庄泵站-大宁调压池工程示意图

1 研究区概况

大宁调压池工程高16.20 m,总容积7.86万m³,调蓄容量2.73万m³,设计水位57.28 m,加大流量水位60.00 m,池底高程46.80 m,设5个出水口,其中2孔通往团城湖,2孔通往南干渠,1孔通往大宁调蓄水库^[5]。调压池整体布局取“天圆地方”寓意^[6],中间为钢筋混凝土圆池,内径81.00 m,池外围为正方形台地

(见图 2)。

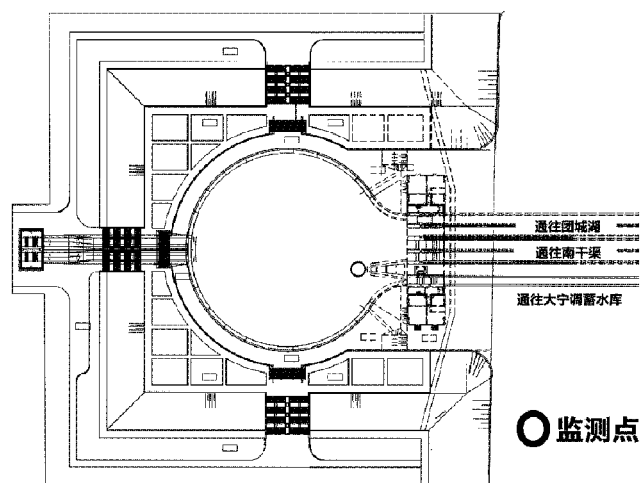


图 2 大宁调压池平面图

2 研究方法

2.1 样品的采集、选取与分析

大宁调压池的水质监测工作由北京市南水北调水质监测中心负责,自 2008 年应急通水后连续监测至今(部分月份因停水检修等原因停测)。根据大宁调压池水面特点,选取池中略靠闸门处作为取水监测点位(图 2),监测频次为每月 1 次,汛期加密。采用便携式多功能水质速测仪测量常规物理指标水温、pH 值以及耗氧指标溶解氧,采用实验室分析无机物指标如氟离子、氰化物、氯离子、硫化物、硫酸盐、汞,有机物指标如挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂,耗氧指标如高锰酸盐指数、化学需氧量,营养盐指标如氨氮、硝氮、总氮、总磷,金属离子指标如铁、锰、铜、锌、硒、砷、镉、六价铬、铅和生物学指标粪大肠菌群共计 28 项,水质分析和监测严格按照《水和废水监测分析方法》(第四版)分析监测方法进行。其中,氟离子、氰化物、氯离子等指标 15 项,在几年监测中均低于检出限,不再进行统计分析。还有部分监测指标的数据不连续,不进行分析评价。本研究选取 pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、总氮和总磷 6 项指标进行分析和评价。

2.2 水质数据的处理与评价

选取的 6 项指标采用每月监测值进行分析,一月多次监测的取平均值。采用 Excel 2007 软件对水质数据进行统计和分析,对低于检出限的部分数据,用 1/2 检出限代替。采用单因子标准指数法对水质指标进行评价,依据《地表水环境质量标准》^[7] 确定水质类别。采

用综合污染指数法对各污染指标的相对污染指数进行统计分析^[8],计算方法如公式(1)、(2):

$$P_i = C_i / C_0 \quad (1)$$

(当污染指标为溶解氧时: $P_i = C_0 / C_i$)

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

式中: C_i 为某评价指标监测浓度值,mg/L; C_0 为某评价指标标准值,mg/L; i 为评价指标个数, $i = 1, 2, 3, \dots, n$; P_i 为第 i 项指标的污染分指数; P 为平均综合污染指数;本研究 C_0 取《地表水环境质量标准》的Ⅲ类限值为标准值;综合污染指数水质分级见表 1。

表 1 综合污染指数对应水质分级

综合污染指数	≤ 0.25	0.26 ~ 0.40	0.41 ~ 0.50	0.51 ~ 0.99	≥ 1
水质分级	清洁	较清洁	轻污染	中污染	重污染

3 结果与分析

3.1 水质指标特征

2009 ~ 2017 年大宁调压池全年 pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷的含量变化如图 3 所示。pH 值变化范围为 7.10 ~ 8.85,总体呈弱碱性;溶解氧含量变化范围为 5.73 ~ 17.40 mg/L,除 2011 年 8 月外,均达到Ⅱ类水标准;高锰酸盐指数含量变化范围为 0.80 ~ 4.30 mg/L,除 2011 年 7 月外,均达到Ⅱ类水标准;氨氮含量变化范围为 0.012 5 ~ 0.256 mg/L,均达到Ⅱ类水标准;总氮含量变化范围为 0.50 ~ 4.56 mg/L,2015 年之前总氮含量超标较多,2015 年之后总氮含量基本处在Ⅱ类水标准和Ⅲ类水标准之间,改善明显;总磷含量变化范围为 0.005 ~ 0.095 mg/L,除 2011 年 4、6、7 月外,均达到Ⅲ类水标准,除 2009 年 2、5、8、9 月,2010 年 4 月,2014 年 1、6、11、12 月,2017 年 6 月,均达到Ⅱ类水标准。

3.2 水质综合评价

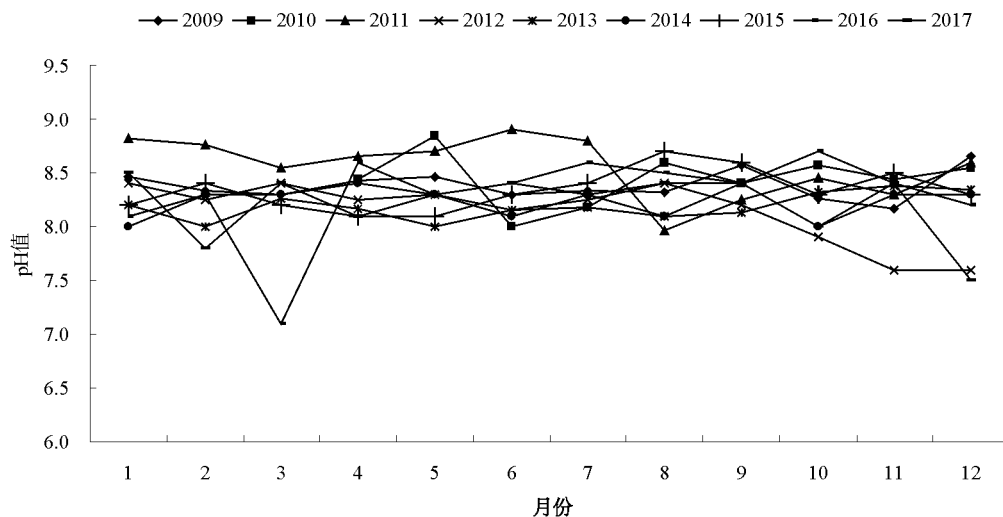
2009 ~ 2017 年大宁调压池水质综合评价结果如表 2 所示。主要污染指标为总氮,2015 年以前综合污染指标均大于 1,2015 年以后明显改善;氨氮为清洁指标;溶解氧、高锰酸盐指数在较清洁或轻污染水平浮动;总磷指标变动较大,2011 年为中污染指标,其余年份为清洁、较清洁或轻污染指标。

3.3 水质指标波动原因分析

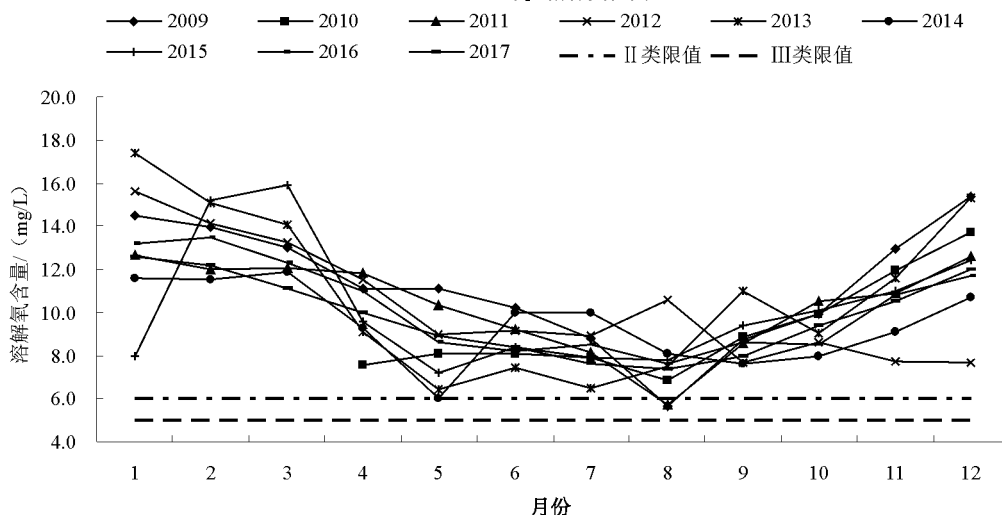
按照《地表水环境质量评价办法》^[9],总氮不参加

水质综合评价,2009~2017年大宁调压池水质状况基本良好,在部分月份发生了水质指标超标。大宁调压池

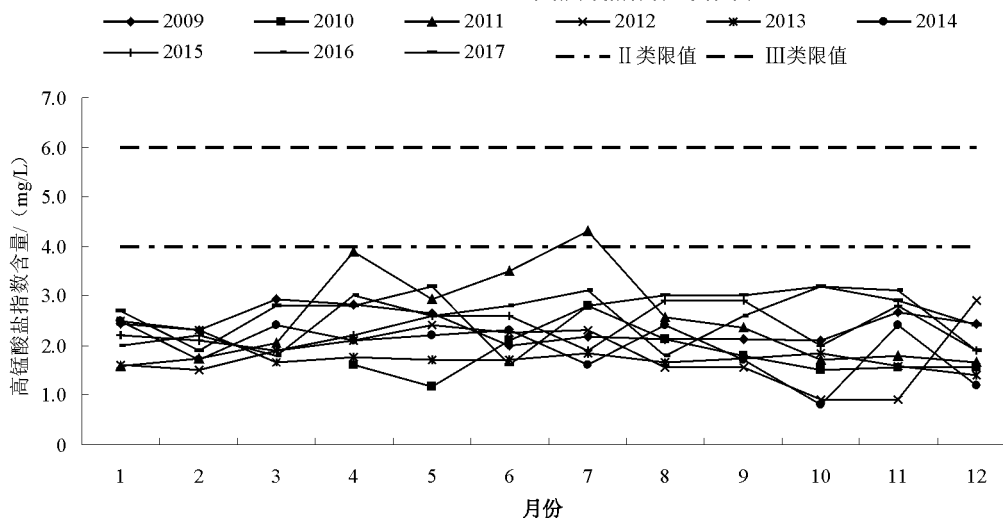
是一个流动的水池,水交换很快,水质不易恶化;由于南水北调中线干线水质保护措施较为完善,进入北京后采



(a) 2009~2017年pH指标变化图



(b) 2009~2017年溶解氧指标含量变化图



(c) 2009~2017年高锰酸盐指数指标含量变化图

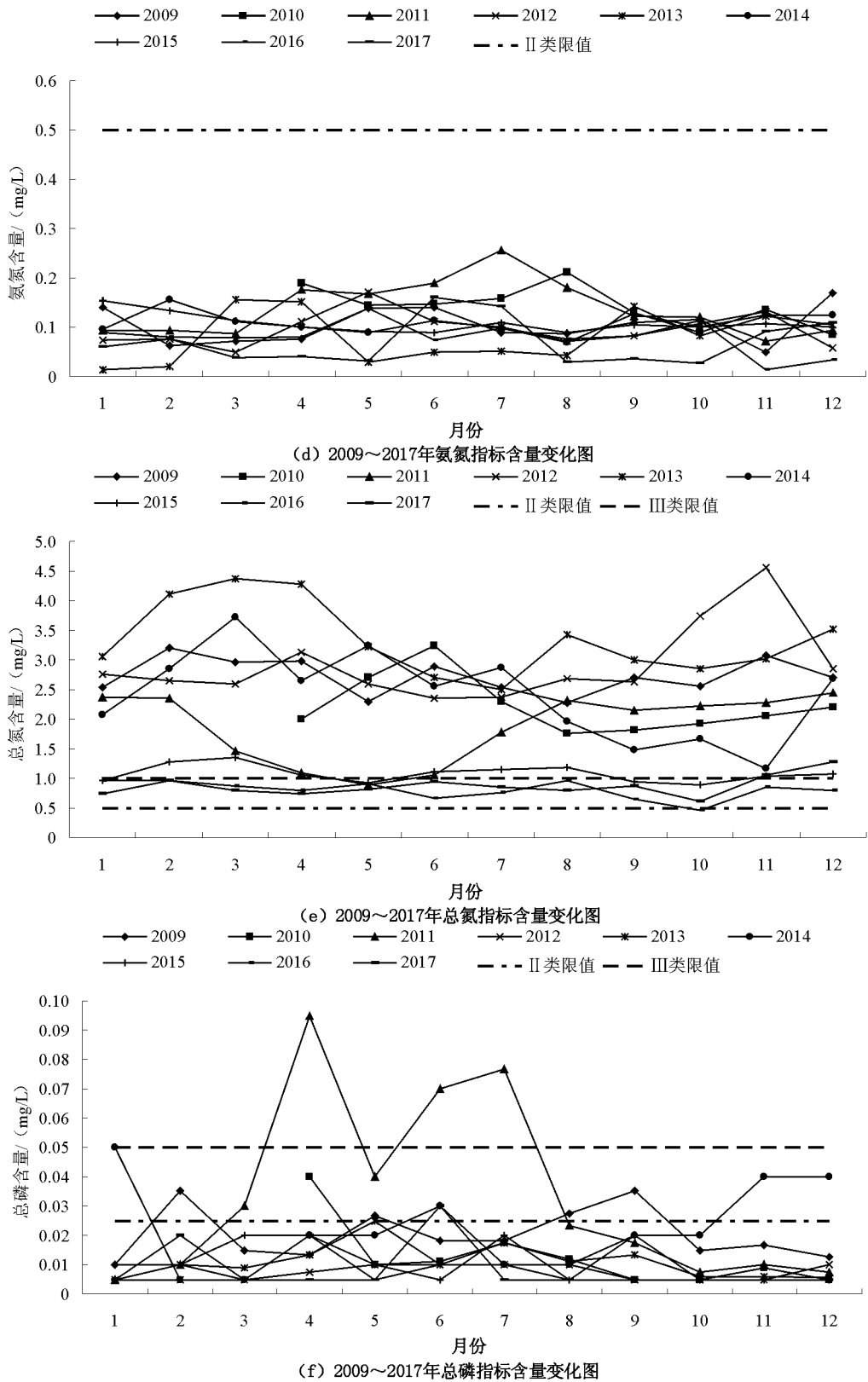


图3 大宁调压池 2009 ~2017 年部分指标水质监测结果

用地下管道输水,基本排除了外源污染引起的水质破坏,大宁调压池水质直接反映了上游来水的水质变化情况,应当从水源变化、水源切换等角度分析水质指标波动的原因。大宁调压池水源变化情况见表 3。

表2 大宁调压池各指标污染指数

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
溶解氧	0.44	0.54	0.58	0.48	0.46	0.53	0.49	0.49	0.50
高锰酸盐指数	0.40	0.30	0.42	0.30	0.30	0.32	0.39	0.42	0.45
氨氮	0.10	0.14	0.14	0.10	0.08	0.11	0.11	0.08	0.07
总氮	2.72	2.22	1.87	2.91	3.34	2.41	1.08	0.81	0.87
总磷	0.41	0.26	0.65	0.15	0.22	0.45	0.23	0.15	0.17

表3 大宁调压池水源变化情况

2008.6~2008.9	引张坊水源试通水并冲洗管涵
2008.9~2009.8	第一次冀水进京,引岗南、黄壁庄、王快水库水进京
2010.3~2010.4	引团城湖、张坊水全线充水
2010.5	PCCP 管线补充打压及张坊调水
2010.5~2011.5	第二次冀水进京,引岗南、黄壁庄、王快水库水进京
2011.5~2011.8	张坊小流量引水
2011.8~2012.7	第三次冀水进京,引黄壁庄、王快、安格庄水库水进京
2012.8~2012.12	张坊应急供水
2012.11~2014.4	第四次冀水进京,引黄壁庄、王快、安格庄水库水进京
2014.5~2014.10	干线管道检修
2014.12至今	引丹江口水库水进京

2011年8月,溶解氧指标超过Ⅱ类水标准限值;2011年7月,高锰酸盐指数超过Ⅱ类水标准限值;2011年4、6、7月,总磷含量超过Ⅲ类水标准限值,2009年2、5、8、9月,2010年4月,2014年1、6、11、12月,2017年6月,总磷含量超过Ⅱ类水标准限值;总氮含量在2015年之后明显改善。

(1)小流量输水导致的水质超标。结合表3分析,2011年的6、7、8月,溶解氧、高锰酸盐指数、总磷等指标均出现了超标,此时正处在张坊小流量引水过程中,输水流量 $0.25 \sim 0.50 \text{ m}^3/\text{s}$,管道水量小、流速慢,又处在温度较高的夏季,引起管道内水质下降,加速水体中磷的沉降和吸附,造成大宁调压池的水质变坏。

(2)水源切换及管道检修导致的水质超标。水体中的磷常以磷酸盐的形式沉降和吸附在颗粒物上^[10],在管道流速降低,流量减小时逐渐沉积,在管道恢复大流量输水时会迅速随水运动,影响下游水质。因此,水源切换前后可能发生部分水质指标超标的情况。2009年8、9月,2010年4月,2011年4月,2014年6、11、12月,2017年6月均处在水源切换前后或管道排空检修节点,因而发生了总磷指标超标。

(3)水源水质变化导致的水质超标。河北四库水源,尤其是岗南^[11]、黄壁庄水库^[12]的水质状况较差,大宁调压池2009年2、5月,2014年1月,总磷指标超标也与水源水质有一定关系。总氮指标在切换到丹江口水库水源后明显改善,说明丹江口水库水质优于河北四库水源水质。

不同于亦庄调节池^[13]和团城湖调节池,大宁调压池水体常年流动,富营养化的威胁较小,且有研究表明^[14],采用生物操纵的手段能够有效和迅速的影响水体中的总磷含量,消除区域水质安全威胁,因而,可以在调压池水体中磷指标发生突变时,适量的投放鲢、鳙鱼苗,达到净化水质的目的。

4 结论与建议

(1)大宁调压池水体呈弱碱性,总氮、总磷为其水质的主要影响因子,除2011年外,水质均达到Ⅲ类水及以上标准。

(2)采用水质综合评价方法,水体状况年度差异较大,部分年份因水源切换影响了水质水平,南水进京后水体趋于较清洁程度。

(3)上游来水水质是决定大宁调压池水质状况的主要因素,水源切换及管道检修前后是引起大宁调压池水质指标降低的关键节点,应当在这个时段加密监测,随时关注水质变化情况,及时采取应对措施。

(4)小流量、低流速的引水容易造成水质破坏,高温的夏季又是北京城市用水高峰期,应当在此期间加强南水北调工程保护,加密巡查、监测,以保障北京城市供水安全。

(5)大宁调压池水体趋于恶化时,可采用生物操纵的手段迅速消除水质安全威胁。

参考文献:

- [1] 孙国升. 南水进京后北京供水保障战略展望[J]. 水利发展研究, 2015, 15(01): 51~54.
- [2] 高国军. 南水北调中线工程北京段水质分析及其预测研究[D]. 北京林业大学, 2016.
- [3] 陈玉春, 欧阳越, 徐忠辉, 等. PCCP 管道在南水北调中线京石段应急供水工程(北京段)中的应用[J]. 水利水电技术, 2008(05): 51~55.
- [4] 南水北调(北京段)工程[J]. 水利规划与设计, 2013(03): 3~4.
- [5] 张浩. 大宁调压池工程分析与设计[J]. 南水北调与水利科技, 2008(01): 220~222, 225.
- [6] 张冬梅. 对南水北调中线工程大宁调压池设计的思考[J]. 北京水利, 2005(06): 29~30.
- [7] 国家环保总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准:

- GB 3838—2002[S]. 2002.
- [8] 李怡, 李垒, 陈忠林. 京密引水渠水质评价及分析[J]. 北京水务, 2018(02): 27~33.
- [9] 环境保护部办公厅. 地表水环境质量评价办法(试行)[S]. 2011.
- [10] 胡正峰. 加拿大格兰德河水体磷素形态转化及水生生物对磷素吸收释放研究[D]. 西南大学, 2013.
- [11] 窦红. 岗南水库总氮含量较高的调查分析[J]. 环境与发展, 2017, 29(04): 155~156.
- [12] 仲晓倩. 石家庄市饮用水水源地水质评估研究[D]. 河北科技大学, 2014.
- [13] 王艳, 徐振东, 赵楠楠, 等. 亦庄调节池水质分析与评价[J]. 北京水务, 2018(02): 15~18.
- [14] 崔福义, 林涛, 马放, 等. 水体治理中鲢鳙生物操纵作用的实验研究[J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2004(06): 668~672.

编辑: 张绍付

Assessment and analysis on water quality of Daning surge tank

WANG Xinran

(Tonghui River Management Office of Chaoyang District of Beijing City, Beijing 100025, China)

Abstract: Based on water quality monitoring data of Daning surge tank from 2009 to 2017, the variation characteristics of water quality were analyzed by Single-factor evaluation method and the comprehensive pollution method. Results are as following, water quality from upstream is the main factor that determines the water quality of Daning surge tank; water quality potential risk factors in Daning surge tank are mainly nitrogen and phosphorus; low-flow and low-velocity Water delivery by pipes in hot summer days should be avoided; using biological manipulation to address regional water security threats if possible to improve the water quality of Daning surge tank, promote the security rate of urban water supply in Beijing.

Key words: South-to-North Water Diversion; Beijing; Daning surge tank; analysis of water quality

翻译: 王昕然

(上接第 458 页)

Application research of comprehensive analysis model based on multi-source hydrogeological information

LIN Lisen¹, TANG Linbo²

(1. Jiangxi Provincial Water Investment Construction Co. Ltd, Nanchang 330096, China;

2. Jiangxi Provincial Water Resources Department Inspection Affairs Center, Nanchang 330009, China)

Abstract: The shortage of water resources has attracted more and more attention, the information hydrogeology elements in different regions is different, especially in the area of complex reservoir structure, to accurately survey groundwater occurrence is very difficult, it is necessary to reveal the multi-source information operation rules of groundwater from start, in order to achieve the desired effect survey. Aiming at this problem, using AHP and entropy theory as the theoretical basis, using the weighted arithmetic mean method to establish a comprehensive survey and analysis of groundwater model based on multi-source hydrogeological information, and the example demonstration, it has very important practical significance to realize the accurate survey of groundwater.

Key words: Multi-source hydrogeological information; Comprehensive analysis model; Groundwater; Survey

翻译: 林利森