

浙江宁波市亭下水库季节性锰异常研究

王文成 郝虎林

(宁波原水集团有限公司, 宁波 315100)

摘要: 锰是地壳中存量较多的金属元素之一,广泛存在于自然界中。一般而言,天然水体中的锰对人体健康不会构成直接伤害,但由于锰元素的不可移动性,长期摄入含锰较高的水容易引发神经系统功能紊乱和病变、肝肺中毒病变、心血管病变和呼吸系统障碍等,更有甚者会出现帕金森氏综合征,严重威胁人体健康。浙江宁波市自2011年起连续发生季节性锰超标现象,介绍了利用GPS定位技术,对宁波市亭下水库季节性锰异常研究的情况。研究结果显示,亭下水库底泥以上5~10 m范围内,存在浓度较高的活性锰源,其平均浓度高达0.66 mg/L;锰在水库垂直方向存在分层现象,在水下30 m以下的水体区域,锰含量随着深度的增加而增加;水库水体锰含量的纵深变化存在明显的季节性,夏秋季节含量较低,春冬季显著上升;气温变化引起的水库季节性“翻库”是库底“活性锰”上升的主要动力,此外,强降雨引起的水体扰动对库底活性锰的上升也有一定的影响。

关键词: 亭下水库;锰异常;季节;气温;水动力

中图分类号:X524 文献标识码:B 文章编号:1673-9264(2016)05-90-06

DOI:10.16867/j.cnki.cfdm.20160624.003

宁波市是我国长江以南典型的海港城市,地处浙江省东部的东海之滨,虽拥有较内陆城市丰富的水资源,但人均水资源占有量仍低于全省平均水平。自2005年宁波市供水模式由河网切换到水库以后,亭下水库作为城市供水主要水库之一,承担着城区40万m³/d的供水任务。但从2011年起,连续发生的季节性水体锰超标现象,给城市供水带来安全隐患。目前,关于水库防洪调度及农业面源污染控制方面的研究已较为成熟,但针对山区引水水库季节性、关乎民众引水安全的金属锰超标的问题关注并不多,因此,查明库体锰超标引发的成因和锰的源头对于防控水库季节性锰异常超标有着重要的意义。

1 研究方法

1.1 亭下水库概况

亭下水库位于浙江省奉化江干流剡江上游,是一座以防洪、灌溉为主,结合发电、供水、养殖,旅游等综合利用的大(2)型水利枢纽工程。水库集雨面积176 km²,水面面积

5.9 km²,总库容1.53亿m³,兴利库容1.0亿m³,流域多年平均径流量1.47亿m³、降水量1547 mm,是宁波市城区主要供水水源地,属国家饮用水源一级保护区,年供水量0.6亿m³左右。亭下水库属于山区水库,库底地形西高东低,坝前水深30~40 m,其他库面中心区域为20 m左右,接近库尾部分约10~15 m。

1.2 试验方法

为研究亭下水库水体锰异常情况,通过对库面各区域不同深度取样,分析了库底锰的分布情况;在此基础上,以库底锰高浓度区域为重点,监测了锰的季节性变化;并针对锰超标季节的河道供水进行了跟踪监测。

1.2.1 库底水体锰含量监测试验

2012年11月20日,利用GPS定位技术在亭下水库布设15个取样点,各取样点设置数个不同的取样深度,监测样点分布见表1。

1.2.2 水体纵向锰含量监测试验

依据库底锰含量多点监测结果,选择坝前约100 m

收稿日期:2015-08-10

第一作者信息:王文成,男,董事长,工程师,E-mail:zgysbbs@126.com。

项目基金:浙江省水利厅重大项目(RB1310),宁波市科技局重大项目(2012C10003)。

处锰浓度较高的区域,设置一个定位监测点(29.656645°E, 121.218031°N),按照纵向每隔3 m设置一个取样点,每月至少取样1次(锰超标月份隔2 d取样1次),从2012年2月开始至2013年2月,连续取样,共13个月。

表1 亭下水库底层水体锰监测样点分布

取样点号	经度/(°)	纬度/(°)	取样深度/m
1	29.659502	121.216839	10、15
2	29.657373	121.219451	33、37
3	29.655706	121.219401	30、33
4	29.655809	121.217516	35、38
5	29.657702	121.216038	40
6	29.656145	121.215282	33、35
7	29.656332	121.213443	40
8	29.658036	121.214285	40
9	29.659384	121.215102	35
10	29.663561	121.210338	25
11	29.661650	121.211025	30
12	29.660202	121.211900	0.5、10、20、25、30
13	29.658435	121.211181	9
14	29.656663	121.210499	33
15	29.657081	121.217863	0.5、6、12、18、24、30、32、35

1.2.3 水库锰超标对供水的影响试验

分别在2011年和2012年亭下水库水体锰超标期间,对电厂出水口(水库供水口)、库心、坝前及萧镇取水口(进入自来水管道的河道取水口)设监测点进行水样分析。2012年从电厂出水口开始,沿刻溪河道分别在其下游0.7 km、1.5 km、6 km和17 km处(萧镇取水口)布设取样点,研究锰超标水体途经河道的削减变化情况。

1.2.4 气候因素对库面水体锰超标的影响试验

收集2011年1月至2013年2月期间的月平均气温和2012年8月日降雨量,分析气候变化对水体锰的影响。

1.3 检测方法

水体锰含量的检测采用火焰原子吸收分光光度法(GB 11911-1989)。

1.4 数据分析

采用Excel2010、Arcgis10.0、Sigmaplot12.0和Surfer10软件进行数据的统计和图表的绘制。

2 结果分析

2.1 亭下水库库底活性锰含量分布

通过模拟计算,获得监测样点区域库底锰含量三维分布(图1)。统计结果表明,亭下水库库底区域沉积大量的锰,库底水体锰浓度范围0.4~5.2 mg/L,绝大部分区域锰含量超过1 mg/L;库底锰的分布受水库底层地形影响,地势越低锰含量越高,高锰浓度区域集中在库心附近,浓度高达5.2 mg/L。经过对水库上游调研走访发现,库周土壤主要为紫色土,锰含量为508~1 517 mg/kg,平均为1 032 mg/kg,与水库底泥中锰的含量相差无几,并无富锰土壤矿物存在;在水库水体锰含量超标期间,上游来水中锰含量均低于仪器检测限,排除了上游来水污染的可能性;此外,水库周边工业企业均早已搬迁。综合调研和库底取样分析发现,外源锰的存在和输入与亭下水库水质锰含量异常超标无直接关系,亭下水库坝前的库底区域存在一个巨大的活性“锰源”,可能是造成水库季节性锰超标的主要因素。

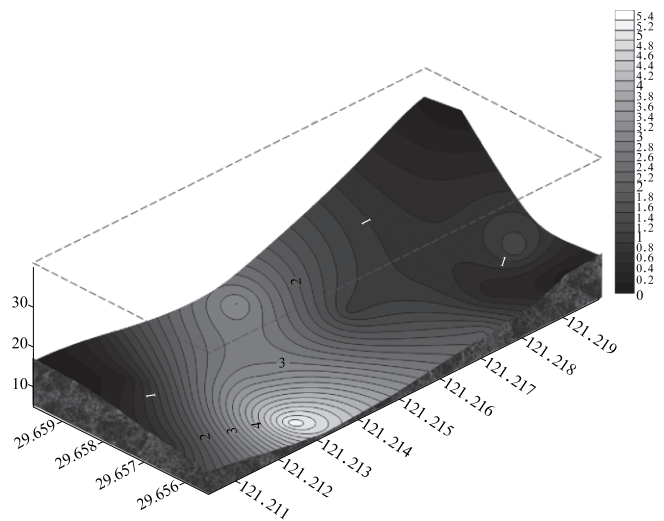


图1 亭下水库监测样点区域库底活性锰含量分布

2.2 亭下水库水体锰含量纵深季节变化

通过坝前长期定位监测,统计模拟出了2012年2月至2013年2月期间水库锰的纵深变化(图2)。研究表明,在水库底泥以上5~10 m范围内,一直存在浓度较高的活性锰源,其平均浓度高达0.66 mg/L,最高可达5 mg/L。同时,锰在水库垂直方向存在分层现象,大部分季节存留在水下30 m以下;在水下30 m以下的水体区域,锰含量随

着深度的增加而增加。亭下水库水体锰含量的纵深变化存在明显的季节性规律,夏秋季节,大部分区域水体的锰含量维持在检测限以下,进入冬季之后,库底的锰开始逐渐向上层水体扩散释放。

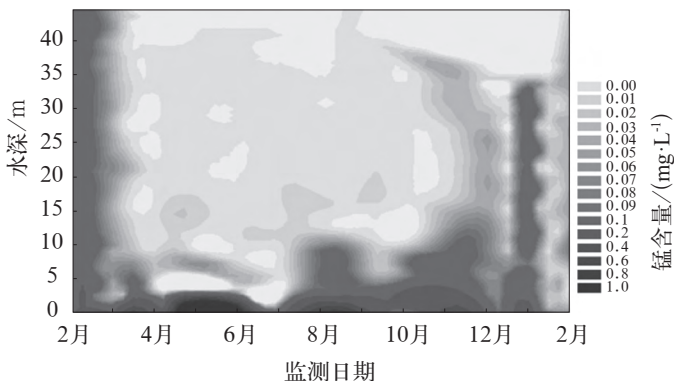


图2 亭下水库坝前纵深锰含量变化图

注:春季为3~5月,夏季为6~8月,秋季为9~11月,冬季为12~2月。

2.3 亭下水库锰超标对供水的影响

亭下水库的供水从亭下水库电厂出水口经过剡溪到萧镇泵站进入原水管道输入自来水厂。从亭下水库电厂出水口(距水库底层约10 m)开始至萧镇泵站大约有17 km长的剡溪河道。监测结果表明,2011年亭下水库水体锰超标时段内,水库水经过剡溪河道到萧镇取水口时,水体的锰浓度均低于0.04 mg/L,低于饮用水源锰的标准限值(0.1 mg/L),说明亭下水库水体锰超标期间对河道转供水几乎没有影响(图3,图4)。2012年剡溪河道沿程取样监测结果表明,锰超标水体进入剡溪河道,在其下游1.5 km处锰含量会削减50%以上,水体的锰浓度均低于饮用水源锰标准限值(图5)。河道沿程锰的浓度削减可能由以下几方面原因造成:一是剡溪河道长达17 km,输水距离较远,

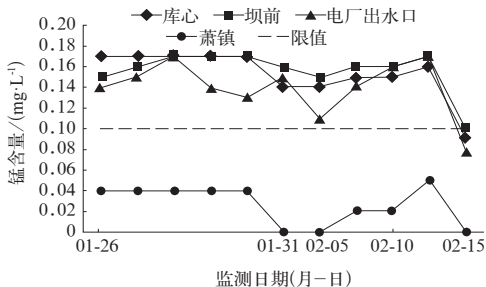


图3 亭下水库库面、电厂出水口及萧镇锰含量(2011年)

对锰具有一定的稀释作用;二是锰在运输过程中受河道本身生物吸附等的影响,部分被截留在了河道内,使得到达泵站取水口的水体锰含量降低;三是自然河道较水体深度显著降低,河道曝氧接触表面显著增大,水体在河道运输过程中充分曝氧,大部分的二价锰离子被氧化并以氧化物颗粒或悬浮物的形式沿程沉淀下来。

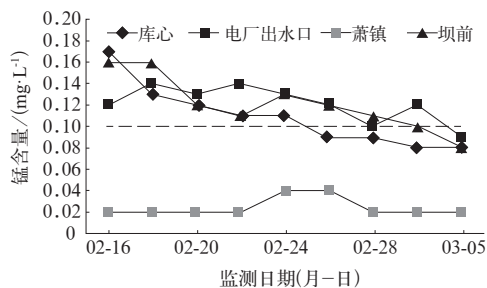


图4 亭下水库库面、电厂出水口及萧镇锰含量(2012年)

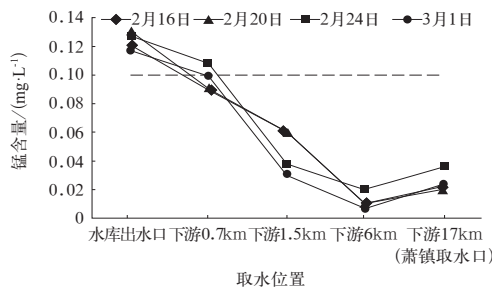


图5 亭下水库下游河道锰含量沿程变化(2012年)

2.4 气候因素对亭下水库库体锰超标的影响

2.4.1 气温变化对“翻库”的影响

综合分析3年来亭下水库锰含量超标时期气温数据,发现锰含量超标时期均出现在一年中冬季温度最低时期(日均温度低于5℃)(图6)。分析结果表明,秋冬季节水体锰含量上升期间,气温与表层水体锰含量存在极高的负相关性。

气温直接影响水库上层水体的水温,由于水温的变化,水体的密度随之发生变化,湖库锰的释放归根结底是水体水温分层的结果。亭下水库属于季节性分层的水库,不同水层之间的水温差异及其差异程度直接影响到水库分层的情况。每年年初1月、2月为亭下水库冬季低温季节,由于气温的急剧降低使表层水体水温显著下降,水库水温垂向分布上呈现表层水温低、底层水温高的规律,导

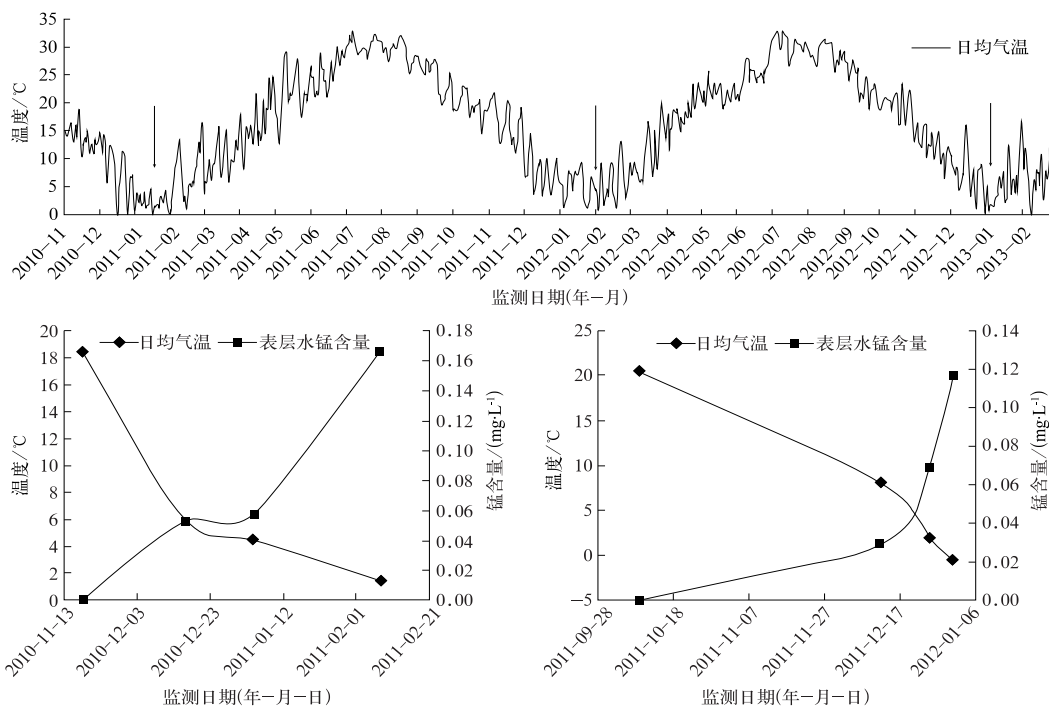


图6 2010~2012年亭下水库锰超标与气温变化相关性

致底层较高温度的水体在分子热运动的动力作用下不断上升,形成水库整个上下水体的颠覆,在此过程中,存在于库底沉积物表层及底层水体中高浓度的锰离子即随水体的翻库上升、扩散到上覆水体中,进而造成季节性库表锰含量超标现象的连续发生。可见,水体锰的季节性超标与水温的季节性变化息息相关,而水层之间的水温差异是受气温的影响,所以气温是影响水库水体分层稳定性的重要因素。亭下水库季节性锰含量超标就是由于气温造成的上下层水体水温的差异,进而影响到上下层水体的密度差异,产生了“翻库”的水动力,将下层水体的二价锰迅速推进到上层水体。

2.4.2 水体扰动的影响

2012年8月8日,强台风“海葵”登陆宁波,最大风力14级。库区出现大暴雨天气,8月7~9日,降雨量高达329.3 mm,占全年降雨量的25%。监测结果表明,台风过后水库表层水体中锰含量显著上升(图7)。垂向取样结果显示,8月22日距库底0~12 m的底层水中锰含量高达0.11~0.94 mg/L,表明强降雨引发的地表径流也会扰动水体,影响水体分层,致使库底锰释放到水体中。正常情况下,湖库水深大于30 m时,可以形成稳定的分层,但是暴雨台风天气会引发水库底泥中锰的释放,一方面是由于强降雨产生的地表径

流,引起水库上游的水土流失量急剧增大,导致土壤中大量的有机质类物质进入水体,这些物质沉积库底消耗水体的溶解氧,加剧下层水体的厌氧情况,可以使四价锰还原成二价可移动的锰;另一方面,暴风强降雨导致水库上游河道来水量激增,上游河道入库的大量径流冲击力较大,大都直接切入水库底部,严重扰动底部水体,进而使库底的锰扩散到上覆水体中。

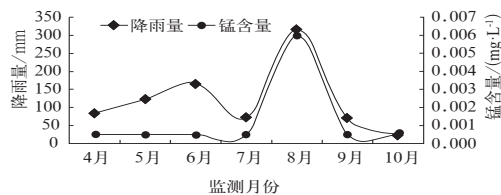


图7 降雨量与锰含量变化相关性(2012年)

注:由于1~3月及11~12月气温较低,伴有季节性锰含量上升,故未列入比较。

3 结论

(1)亭下水库库底存在大量活性锰,锰含量随水库地形呈现规律性变化,地势越低锰含量越高,且高锰浓度区域集中在库心附近。

(2)锰在水库垂直方向存在分层现象,大部分季节存

留在水下30 m以下,在水下30 m以下的水体区域,锰含量随着深度的增加而增加;亭下水库水体锰含量的纵深变化存在明显的季节性规律,夏秋季节,大部分区域水体的锰含量维持在检测限以下,进入冬季之后,库底的锰开始逐渐向上层水体扩散释放。

(3)气温与表层水体锰含量存在显著负相关关系,秋冬季节水体锰含量容易超标;遇到大的水体扰动,会导致库底锰上移幅度增加。

4 研究展望

本研究主要对亭下水库锰超标季节性异常变化进行了一定的研究和探索。鉴于研究条件等的限制,关于水库底质锰的形态转化条件、微生物的参与程度及其群落影响、水土界面的循环等需进一步深入研究;其次,针对水库下层水体中可移动锰的运移动力和温度之间关系的研究需要进一步深入;此外,作为饮用水源地,亭下水库将进一步通过底泥勘测研究,着重就生态清淤、淤泥无害化处理及资源化利用等做积极探索,从根本上解决底质锰超标的问题。

参考文献

- [1] 张杰,杨宏,徐爱军,等.生物固锰除锰技术的确立[J].给水排水,1996(11):5-10.
- [2] Betancourt C, Suarez R. Influence of autochthonous and allochthonous processes on the physicochemical features of the Paso Bonito reservoir[J]. Revisal internacional de contaminación ambiental, 2010,26(4):257-267.
- [3] 石玉琴,张本延.锰的神经毒作用研究进展[J].武汉科技大学学报,2004,27(3):315-318.
- [4] 荆俊杰,谢吉民.微量元素锰污染对人体的危害[J].广东微量元素科学,2008,15(2):6-9.
- [5] 秦钮慧,凌波,张晓键.饮用水卫生与处理技术[M].北京:化学工业出版社,2000.
- [6] 汤海艇.浙江宁波市台风防御工作思路[J].中国防汛抗旱,2013,23(6):57-58.
- [7] 毛鸿鹏.浙江嘉兴市2013年强台风“菲特”暴雨洪水分析[J].中国防汛抗旱,2014,24(5):58-61.
- [8] 刘志雨.基于分布式水文模型的山洪预警临界雨量分析——以涔水南支小流域为例[J].中国防汛抗旱,2012,22(2):41-45.
- [9] 韩厦,王传录,张力媛.关于新立城水库阶段性锰超标的分析及治理对策[J].2014(5):76.
- [10] 国家环境保护总局.水和废水的监测分析方法(第4版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [11] 龚晓凌,侯怀仁,邓晓颖.伊洛河流域地表水环境污染评价[J].人民黄河,2006,28(7):76-77.
- [12] 翁国永,叶素红.长潭水库铁锰超标原因分析及防治对策[J].科技信息,2007(18):255-256.
- [13] 沈荣根,童秀华.提高汤浦水库供水水质的探索与实践[J].河海大学学报(自然科学版),2010,38(增刊2):78-81.
- [14] 冯江.曲靖市独木水库锰污染成因及治理措施研究[J].环境科学导刊,2007,26(增刊):31-33.
- [15] 李浩然,冯雅丽.微生物催化还原浸出氧化锰矿物中锰的研究[J].有色金属,2001,53(3):5-8.
- [16] Beutel M, Hannoun I, Pasek J, et al. Evaluation of hypo-limnetic oxygen demand in a large eutrophic raw water reservoir, an Vicente Reservoir, Calif [J]. Journal of Environmental Engineering, 2007, 133(2):130-138.
- [17] Pakhomova S V, Hall P O J, Kononets M Y, et al. Fluxes of iron and manganese across the sediment-water interface under various redox conditions [J]. Marine Chemistry, 2007, 107(3):319-331.
- [18] Salazar G J P, Alfaro-De M C, Aguirre R N J, et al. Geochemical fractionation of manganese in the Riogrande II reservoir, Antioquia, Colombia[J]. Environ Earth Science, 2013, 69:197-208.
- [19] 郭建敏.地表水中突发性、季节性超标锰的去除[J].城镇供水,2007(6):23-24.
- [20] 李冰冻,李克锋,李嘉,等.水库温度分层流动的三维数值模拟[J].四川大学学报,2007,39(1):23-27.

Study on the seasonal manganese anomalies in Tingxia reservoir of Ningbo City

Wang Wencheng, Hao Hulin

(Ningbo Raw Water Group Limited in Zhejiang Province, Ningbo 31500)

Abstract: In general, natural manganese in water bodies is harmless to human health, however, it is severe threats to human body when drinking higher-level-manganese water for a long period. Seasonal manganese content in Ningbo City has been higher than the standard permitted since 2011. In this paper, the seasonal manganese abnormal in the Tingxia reservoir of Ningbo City is studied using GPS technology. The results show that there was a high concentration of active manganese above the sediment range from 5 to10 meters, and the average concentration was 0.66mg/L; Stratification was existed in the vertical direction in the reservoir; The content of manganese increased as the depth increase under the surface of water by 30 meters. There was an obvious seasonal variation of manganese in the vertical direction, which turned to lower in the summer and autumn, higher in the spring and winter. The study also reveals that the seasonal "turnover" of reservoir caused by temperature change was a trigger to the rise of manganese. In addition, the water disturbance by heavy rainfall also had a certain effect on increasing content of manganese in the reservoir.

Keywords: Tingxia reservoir; manganese anomaly; seasons; atmospheric temperature; hydrodynamic force

责任编辑 凌永玉

(上接第66页)

5 结 语

(1)山洪灾害监测预警设施数量多、点分散、专业性较强,而基层技术力量薄弱,运维经费落实难度大。为了解决山洪灾害监测预警设施运行维护困难的问题,本文提出了多个县打包联合向社会购买运行维护服务的模式,将山洪灾害雨水情监测站点、县级平台、无线预警广播、视频会商设备等运行维护工作由一家单位负责运行维护。

(2)为了节约人力,降低成本,可将监测预警设施进行少量改造,采用物联网技术有效监控各监测预警设施运行状态,实现远程诊断、远程维护,减少日常巡检工作量。

(3)采用云服务技术,在坚持以县为单元开展山洪灾害防御责任主体不变的基础上,实施统一机房、统一计算、统一存储、统一网络的基础设施共享架构,可大大减少市、县级物理服务器和存储设备购置,大幅度减少县级运行维护工作量和难度。

参考文献

- [1] 水利部,财政部. 全国山洪灾害防治项目实施方案 [R].2013.
- [2] 水利部,国土资源部,中国气象局,建设部,国家环保总局. 全国山洪灾害防治规划[R].2006.
- [3] 全国山洪灾害防治项目组. 山洪灾害防治非工程措施技术要求 [R].2013.

责任编辑 田亚男