

文章编号:1001-4179(2009)20-0091-02

太浦闸调水试验期间氘氧同位素时空变化分析

孙 营 营¹ 陆 宝 宏¹ 杨 洪 林² 汪 集 旻¹

(1. 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 水利部 太湖流域管理局, 上海 200434)

摘要:在2006年3月22日至4月6日开展的太浦河调水试验中,实施水量水质同步监测的同时,进行了同位素同步监测。结合同步水量资料,对太浦河干、支流以及黄浦江上游水源地三支流的氘、氧同位素进行了测试和分析。结果表明不同的调度方式以及黄浦江下游海水涨落潮对氘、氧同位素丰度变化均造成不同程度的影响。变化的根本原因是不同水体水量的汇入或汇出。因此通过对同位素丰度的变化分析,可以更加深入研究平原河网地区感潮河流中不同水体的相互补给以及水量的沿程分配情况。

关键词:太浦河; 同位素; 调度方式; 涨落潮; 河网地区

中图分类号: X824 **文献标识码:** A

太浦河是沟通太湖和黄浦江的流域骨干排洪河道,西起东太湖,东至上海市南大港,跨江、浙、沪3省(市)。太浦闸位于苏州吴江市庙港镇,是太浦河上的重要控制建筑物,对流域防洪和向上海市下游地区供水起重要作用。京杭大运河横贯南北,与太浦河交汇。

在2006年3月22日至4月7日开展的太浦河调水试验中,采取太浦闸和太浦河泵站相结合的调度方式,在水量水质同步监测的同时实施同位素监测方案,本次调水试验从小潮汛开始至大潮汛再至小潮汛截止,其中3月22~28日,开启太浦闸供水,历时7d;3月29~4月4日,关闭太浦闸,同时开启太浦河泵站供水,历时7d;4月5日~7日为常规调度期,历时3d。结合水量资料分析氘、氧同位素变化,分析调水试验过程中水循环的时空变化规律,以便深入研究调水期间不同水体的补给情况以及水量沿程分配。

1 稳定同位素的基本概念^[1,2]

环境同位素广泛存在于自然界水体中,如在降水、地表水、地下水、土壤水和植物体内相互转化的水循环过程中。自然界的水在蒸发和冷凝过程中,由于构成水分子的氢(H)和氧(O)同位素的物理化学性质不同,引起不同水体中同位素组成的变化,这种现象被称为同位素分馏作用。同位素的分馏效应使得处于水循环系统中的不同水体具有不同的同位素含量,即富集不同的重同位素D和¹⁸O。利用不同水体同位素含量之间的差异,分析不同环境中水体同位素的“痕迹”,可以示踪其形成和运移方式。

在自然界中,稳定同位素组成的变化很小,因此一般用δ值来表示元素的同位素含量。δ值是指样品中某元素的同位素比值($R_{样}$)相对于标准样同位素比值($R_{标}$)的千分差值,即

$$\delta = \frac{R_{样品} - R_{标准}}{R_{标准}} \times 1000 \quad (1)$$

式中R为同位素比值,即一种元素的稀有同位素与常见的同位素含量之比,如 $R(D) = D/H, R(^{18}O) = ^{18}O/^{16}O$ 。δ值表示样品中同位素相对富集度的一个指标,δ值的正负分别表示样品较标准样富含重同位素和轻同位素。

2 同位素取样点布设及测试

2.1 取样点布设

在太浦河调水试验期间,即2006年3月22日至4月6日,在太浦河干流布设了庙港大桥、平望大桥、汾湖大桥和练塘大桥4个同位素监测断面,在太浦河与京杭大运河交汇处分别布设了平望运河桥和平望新运河桥两个监测断面。在黄浦江上游布设松浦大桥监测断面,其水源地3条主要支流分别布设了夏子圩(北支斜塘)、三角渡(中支圆泄泾)、泖港(南支)3个取样断面。在太浦河支流及周边河网地区也布设了相应的取样断面。采样点具体布设见图1。



图1 同位素主要监测断面分布示意

收稿日期:2009-05-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50379008),水利部科技创新计划项目(SCX2006-02)

作者简介:孙营营,女,河海大学水文水资源学院,博士研究生。

2.2 同位素测试

调水试验期间,在监测断面涨落潮时分别取样,考虑到涨潮时所取水样受到黄浦江下游海水顶托的影响,因此主要选取了落潮的水样进行测试分析。所有水样均由中科院地质与地球物理研究所稳定同位素实验室测试,D和¹⁸O的测试分别使用质谱仪,型号为MAT-252,D和¹⁸O的测试精度分别为±0.8‰和±0.1‰。

3 氘、氧同位素分析

根据所有监测断面的氘、氧同位素数据,点绘出氘—氧关系曲线,见图2。

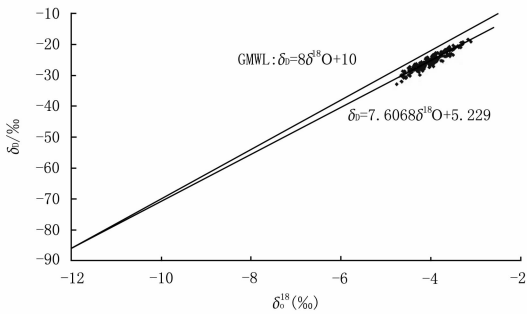


图2 太浦河干、支流及周边河网区河水D~¹⁸O关系

全球雨水线方程为 $\delta_D = 8\delta_{18O} + 10$,由于纬度效应和海拔效应以及大陆效应的影响,不同地区的降水线方程亦有所不同。根据前人所做的研究^[3],在我国东部地区,大气降水的 $\delta_D \sim \delta_{18O}$ 关系方程为 $\delta_D = 7.8\delta_{18O} + 6.6$,与全球的雨水线相近。

通过拟合太浦河干流、支流以及周边河网地区各监测断面的氘、氧同位素数据,得到的 δ_D 和 δ_{18O} 的关系线为 $\delta_D = 7.6\delta_{18O} + 5.2$,其截距略小于大气降水线方程的截距,说明太浦河以及周边河网地区的主要补给水源是大气降水,其中也受到蒸发作用的影响,但影响甚小。

3.1 太浦河干流氘、氧同位素变化分析

在调水试验期间,根据太浦河干流各监测断面的氘、氧同位素丰度以及同步的日平均流量资料,分别计算各个断面闸供期和泵供期的流量加权平均的同位素丰度,结果见表1,并点绘出 δ_{18O} 和 δ_D 同位素丰度的沿程变化过程,如图3和图4所示。

表1 太浦河干流各断面氘氧同位素的流量加权平均 ‰

监测断面	闸供期		泵供期	
	δ_{18O}	δ_D	δ_{18O}	δ_D
庙港大桥	-4.115	-25.652	-3.997	-24.847
平望大桥	-3.631	-22.388	-3.510	-21.470
汾湖大桥	-3.993	-24.543	-3.846	-23.674
练塘大桥	-3.366	-20.056	-3.498	-21.468

从图3、4中可以看出,无论闸供期和泵供期,氘(D)和氧-18(¹⁸O)的同位素丰度沿程变化基本一致,沿太浦河干流整体呈上升趋势。从庙港大桥至平望大桥丰度偏正,然后从平望大桥至汾湖大桥偏负,从汾湖大桥至练塘大桥又偏正。同时,从庙港大桥至汾湖大桥,各断面闸供期的同位素丰度要比泵供期的偏负,而练塘大桥,其闸供期的同位素丰度比泵供期要偏正。

3.1.1 平望大桥同位素变化分析

平望大桥同位素丰度偏正的原因,与京杭大运河水量的流

入与流出有关。根据调水试验期间水量同步监测的结果表明,京杭大运河的汇入对太浦河的水量有一定的影响。

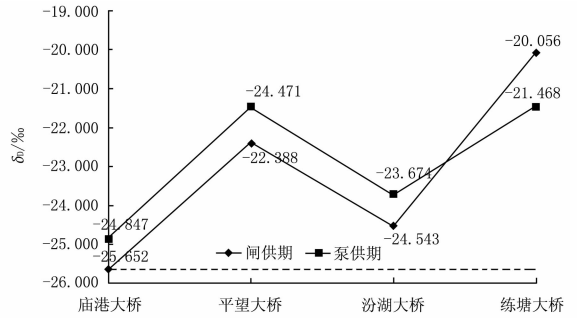


图3 ²H同位素丰度沿程变化过程线

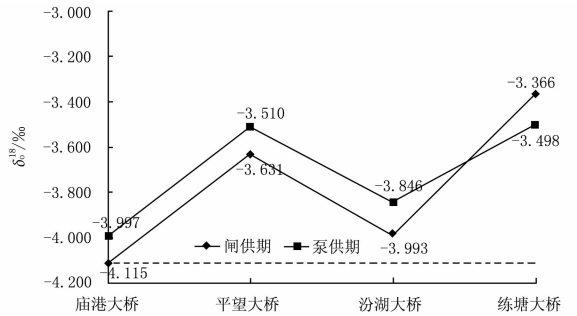


图4 ¹⁸O同位素丰度沿程变化过程线

表2 平望大桥、运河桥和新运河桥流量加权平均 δ_{18O} 和 δ_D 值 ‰

监测断面	闸供期		泵供期	
	δ_{18O}	δ_D	δ_{18O}	δ_D
平望大桥	-3.631	-22.388	-3.510	-21.470
平望运河桥	-3.573	-21.975	-3.569	-21.934
平望新运河桥	-3.612	-22.244	-3.526	-21.592

从表2中可以看出,无论 δ_{18O} 和 δ_D ,闸供期间,平望大桥的同位素丰度最负,平望运河桥最正;而泵供期则刚好相反,平望大桥的同位素丰度最正,而平望运河桥最负。闸供期老运河的水流入太浦河,接着从新运河流出;而泵供期水量均从太浦河流入新、老运河桥。因为老运河的同位素丰度偏正,所以平望运河桥的同位素丰度在闸供期偏正,在泵供期偏负。

3.1.2 练塘大桥同位素丰度变化分析

从图3和图4可以看出,无论氘还是氧同位素丰度,练塘大桥站闸供期的变化幅度比泵供期大得多。因闸供期下泄水量较小,练塘站位于太浦河干流的最下游,受太浦河下泄水量影响较小。而泵供期太浦河下泄水量显著增大,练塘站受到上游来水的影响也增大,所以泵供期的同位素丰度变化幅度没有闸供期大。

3.2 黄浦江上游3条主要支流的同位素分析

黄浦江上游水源地的3条主要支流分别是北支斜塘、中支圆泄泾、南支泖港,在3支流上分别布设了夏子圩、三角渡和泖港3个监测断面。监测期间黄浦江上游3大支流净泄水量合计8.17亿 m^3 ,平均净泄流量563 m^3/s 。其中斜塘夏子圩站净泄水量共4.58亿 m^3 ,圆泄泾三角渡站净泄水量共2.49亿 m^3 ,大泖港泖港水文站净泄水量共1.10亿 m^3 。

根据松浦大桥和黄浦江上游水源地3支流的逐日平均流量