

上海市水利管理处

Shanghai Water Conservancy Management

水利科技

- 水利科研
- 科技动态
- 论文集萃

信息搜索

历史海平面变化对上海地区地下水的影

【摘要】在总结海平面变化及长江三角洲古河道分布的基础上，通过上海地区第II至第V承压含水层地下水化学、14C年龄特征的分析，探讨了海平面变化引起的长江及支流河道的侵蚀、堆积对地下水径流交替的影响，提出了滨海三角洲地区地下水补给、径流、排泄的一种模式。

【关键词】海平面变化 河床侵蚀切割 含水层埋盖 地下水径流交替

上海地处长江三角洲尾间，主体位于长江南岸，为宽广的冲积平原区。第四纪松散层共划分成7个含水层，自上而下分别为：全新统潜水含水层及微承压含水层；中、上更新统第I、第II和第III承压含水层；下更新统第IV、第V承压含水层。第III承压含水层以上地下水多为咸水或微咸水，第IV、第V承压含水层地下水则以淡水为主，局部赋存咸水。第II至第V承压含水层是本文的主要研究对象，埋藏深度一般大于60—70m。

本文主要通过晚更新世以来，特别是40000a以来海平面的变化、长江古河道的分布及第II至第V承压含水层地下水化学、14C年龄特征的分析，探讨因海平面变化引起的长江及支流河道的侵蚀和堆积对地下水的补给、径流、排泄和赋存的影响。

1 晚更新世晚期以来海平面的变化

第II至第V承压含水层地下水的14C测年结果表明，地下水年龄多在16000至40000a之间。因此，根据前人研究成果，对晚更新世晚期以来，特别是40000a以来上海地区的海平面变化过程作一简要概述。

100000a以来中国发生过三次大的海侵，第一次100000a前开始，60000a和80000a前两次海面上升的高度只在现代海平面下13m左右[1]，长江三角洲地区海岸线到达上海西约80km一带，整个三角洲均被海水淹没；第二次海侵40000a前开始，规模较小，但长江三角洲地区却相反，海岸线扩展到太湖西岸；第三次海侵发生在10000a前，当时长江三角洲地区海岸线据现今海岸线西去约160km左右。上述海平面变化过程与E. Seibold (1982) 用180同位素数据测定的全球海平面变化是一致的[2]。

据施雅风[1]的研究结果绘制40000a以来中国东部海平面变化过程如图1。可以看出，海平面变化的特点是上升速度一般大于下降速度，15000a前是40000a来中国东海的最低海平面期，此时，上海地区东距海边约600km，海平面约达-155m[3]。考虑新构造运动的升降幅度和地层沉积厚度，我们推测15000a前的最低海平面期，上海地区长江河床的切割深度在现今地表以下180m左右，也就是说，当时的长江切割到了第IV承压含水层。

2 古河道分布

孙永福[4]自下而上划分了上海及长江口第四纪沉积层中的7期埋盖古河道，它们分别与7个含水层相对应（与含水层顺序相反）。每期埋盖古河道与现代长江口、钱塘江口、太湖水系的分布非常相似，有其继承性，都是在下部基岩构造破碎带形成的深切沟谷的基础上发育演化的。从海进、海退看，第5、6、7期埋盖古河道分别与上述三次海侵相对应。海退时，长江口向海延伸并向北移动；海进时，长江口向陆地后退并向南迁移。海进与海退的交替，使长江口呈阶段性南北反复摆移。据此我们可以大致确定海平面升降过程所对应的长江水系特征，即第6期埋盖古河道为距今40000a前的水系；第7期埋盖古河道为距今10000a前的水系。

1991至1992年，我们采集第II至第V承压含水层的地下水14C样品11件，除17号样品外，其他样品的TDS均小于1g/L，其分布与测试结果（未校正）如图3。可以看出，第V承压含水层地下水年龄普遍大于30000a，第IV承压含水层地下水年龄在18820a到大于40000a，第III承压含水层两个样品的年龄为16215a和20215a，第II承压含水层的31号点地下水年龄为18380a。

地下水14C年龄有下述特点：（1）同一层地下水的年龄没有规律性变化趋势，且不同位置样点出现下层地下水年龄比上层年青的现象，即地下水年龄与含水层层序不完全一致。如第IV承压含水层的43号点地下水年龄大于40000a，是所有样品中年龄最老的；第III承压含水层的33号点地下水年龄为20215a，而第IV承压含水层的6号点地下水年龄为18820a。（2）同一位置，地下水的年龄与含水层层序是一致的，即埋深越大，地下水越老。如宝山西南部的31号（第II承压含水层）、33号（第III承压含水层）、29号（第IV承压含水层）点和青浦附近的17号（第III承压含水层）、6号（第IV承压含水层）、25号（第V承压含水层）点地下水年龄随埋深增加而增加。（3）抛开含水层层序，做地下水年龄与取样深度关系图（图4），可以看出二者有较好的一致性。但同一深度范围内，南西方向距长江河岸越远，有地下水年龄越大的趋势。

3.2 14C年龄所反应的海平面变化对地下水的影

由地下水14C年龄特征得到如下认识：

(1) 第II至第V承压含水层地下水没有明显的水平径流运动, 否则地下水年龄应沿区域地下水径流方向不断增大。这说明地下水向海底排泄是十分微弱的, 而长江及其支流河道是控制含水层地下水补给、径流和排泄的主要因素。含水层被埋盖之后(河床切割深度以下), 排泄出路被堵塞, 地下水基本上处于停滞状态。

(2) 第V及第IV承压含水层下部, 含水层埋深大于200m, 地下水年龄均大于30000a(没有测出真正年龄, 只是下限值), 说明地下水的主体是30000a前补给的。同时表明, 15000a前的最低海平面期, 长江河床的切割深度180m左右, 尚未达到上述含水层, 因而没有对其补给、径流、排泄条件产生明显影响。

(3) 埋深小于200m的第II、第III和第IV承压含水层上部, 地下水年龄在16000至25000a之间。说明地下水主要是在距今30000a至15000a前的海平面下降过程中补给的。其补给机理是: 随海平面的持续下降, 长江及其支流河床的切割深度逐渐增大, 河床切割到某一含水层后, 就为赋存其中的地下水的补给和排泄创造了条件。至15000a前的最低海平面期, 河床最大切割深度达180m左右, 因而第IV承压含水层之上的地下水均处于积极径流交替状态, 但这种积极径流交替只是相对而言, 实际地下水的交替过程是相当缓慢的, 因而地下水的年龄均大于15000a, 也就是说, 含水层中的地下水是新生水与原来赋存地下水混合的产物, 但以前者为主。

(4) 距长江河道越远, 有地下水年龄越大的趋势, 因而产生下述推测: a 含水层之间的垂向越流补给可能比水平径流补给更重要; b 支流切割深度小于长江切割深度, 因而距长江河道较远的地区, 地下水积极径流交替带深度要小些。

根据上述分析, 我们认为, 海平面的变化控制着长江及其支流的侵蚀切割深度, 进而控制各含水层地下水的补给、径流和排泄。海平面下降, 河床切割深度增大, 更多含水层的地下水参与积极径流交替; 海平面上升, 河床切割深度减小, 下部含水层被埋盖, 地下水径流交替条件变差。切割深度以上, 距长江越近, 地下水处径流交替条件越好。目前第II至第V承压含水层均在长江切割深度以下, 因而除人为采注引起局部地下水的水平或垂直运动外, 地下水基本上处于滞流状态, 保存了15000a前补给的地下水。

4 地下水Cl⁻、TDS反应的海水入侵特征

第IV与第V承压含水层地下水TDS多小于1g/L, 但Cl⁻含量变化范围较大, 从小于0.1g/L至大于0.3g/L不等, 反应不出海水成分的特点。这表明40000a来的海侵并没有对上海地区的第IV与第V承压含水层地下水产生影响。15000a前的最低海平面期, 长江曾切割到第IV承压含水层上部, 之后的海平面迅速上升并没有造成海水入侵到上海附近的第IV承压含水层中, 我们推测这是由于海平面迅速上升, 河流由切割作用转变为堆积作用, 且沉积物的堆积速度很快, 海岸线尚未到达上海地区, 第IV承压含水层就被埋盖, 因而海水不能入侵至该层。

第II和第III承压含水层的Cl⁻、TDS结果如图5, 两个含水层地下水有较为一致的Cl⁻、TDS变化规律。大体上以黄浦江为界, 向北东至现代长江口, 向东至海岸线, 地下水TDS由小于1g/L迅速升高, 最高达20g/L。Cl⁻变化规律(图中等值线)与TDS非常一致, 且其含量基本上是TDS的二分之一, 反应出海水成分的特点。Cl⁻和TDS等值线图中存在两个明显的高值带, 一个位于现代长江河道地区, 另一个位于奉贤、南汇一带, 这两个高值带正好对应于长江古河道和黄浦江古河道(图2b中的东江)。另外, 奉贤、南汇高值带边缘第III承压含水层的17号点, 地下水TDS为1.378g/L, 14C测年结果为16215a, 是所有样品中最小的。由此我们认为, 15000a来的海平面迅速上升, 导致海水入侵第II和第III承压含水层, 海水入侵又主要沿当时的长江和黄浦江河道而上, 进而影响地下水, 但海水入侵含水层的范围小于其在地面达到的范围。这是因为, 海水入侵导致含水层逐渐被埋盖, 被埋盖的含水层海水很难入侵, 10000a前开始的第三次海侵曾达到上海以西160km的地区, 但上海以西第II和第III承压含水层地下水并没有表现出海侵特点充分证明了这一点。

5 结论

上面根据地下水14C年龄和Cl⁻、TDS特征分析了海平面变化对地下水的影响, 现归结如下: (1) 海平面升降控制着长江及其直流的侵蚀和堆积作用, 而长江及其支流是控制区域地下水积极循环交替的主要因素, 河床切割深度范围内的含水层地下水有较好的补给、径流、排泄条件。(2) 海平面下降, 引起长江及其支流河床不断侵蚀下切, 海平面下降幅度越大, 被切割揭露的含水层越多, 参与积极循环交替的含水层厚度也就越大。(3) 海平面上升, 长江及其支流则以堆积作用为主, 含水层被埋盖, 被埋盖的含水层中的地下水基本处于滞流状态, 来不及埋盖的含水层中产生海水入侵, 但入侵距离远比地表所达到的距离小。(4) 赋存在某一含水层中的地下水是引起河床侵蚀切割至该含水层的最近一次海平面下降过程中补给的, 后期的海平面变化对它们影响很小。

上述结论是我们对滨海三角洲地区地下水补给、径流、排泄模式或机理的一种认识。它对寻找海底淡水具有重要的指导意义, 即把寻找海底淡水与历史海平面的变化结合起来, 最有可能赋存淡水的含水层是海平面下降过程中河床曾切割达到、后期海平面上升又迅速被埋盖、海水来不及入侵的含水层。

参 考 文 献

- 1 施雅风等. 中国东部第四纪冰川与环境问题. 北京: 科学出版社, 1989
- 2 林观得, 孙亨伦. 海平面. 北京: 地质出版社, 1987
- 3 朱永其. 关于东海大陆架晚更新世最低海面. 科学通报, 1979, 24(7)
- 4 孙永福. 上海及长江口第四纪沉积层中埋盖的古河道. 上海地质, 1988(4): 9-16

附件:

作者: 郝爱兵 于开宁 哈承佑

上海市水利管理处

地址: 上海市南苏州路333号华隆大厦23楼 邮政编码: 200002 电话: 63216790 Email: shsl@shsl.org.cn

(建议您将电脑显示屏的分辩率调整为1024*768浏览本网站)