

项目名称：滨海地下水动力过程及驱动机制

完成人：辛沛，沈城吉，金光球，李凌

推荐单位：河海大学

推荐类别：高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）-自然科学奖

项目简介：

滨海地区社会经济发达，人类活动密集。在全球城市化进程加快、气候变化、滨海污染和生态问题日趋凸显的背景下，针对滨海地下水动力过程的研究对海-陆物质交换量估算、滨海环境评估、湿地保护和修复有重要指导意义，尤其是通过地下河口的海底地下水入海排泄（submarine groundwater discharge, SGD），是近年来联合国教育、科学及文化组织（UNESCO）、国际地质生物圈组织（IGBP）和国际原子能机构（IAEA）等关注的核心科学问题。国际上已经将地下河口定为一个和地表河口同样重要的内陆淡水和物质入海路径，同时指出目前对 SGD 路径和通量的确认尚无准确的方法。

该项目组在国家自然科学基金、国家重大基础研究计划（973）、中组部千人计划等项目资助下，在滨海地下水动力过程及驱动机制等方面取得的主要创新点如下：

1、揭示了潮汐波浪多因子作用下海底地下水入海排泄（SGD）路径，指出低频潮汐和高频波浪均可引起浅层孔隙水循环和海水-淡水混合区，该混合区和低层盐水楔之间形成淡水通道，致使内陆淡水和物质在海底（而非海岸线）排泄；提出了相平均方法（Phase-averaged），解决了模拟高频波浪的难题（已被同行广泛应用）。

2、揭示了 SGD 在时空尺度上的非线性特征，明确了地下河口的磁滞效应和恢复力，建立了考虑磁滞效应的 SGD 模型，实现了波浪、降雨等非规则因子作用下 SGD 的预报。该成果被同行认为挑战了广泛采用的 SGD 线性模型，比常用的地下河口平衡态概念更适合解释野外观测的 SGD 过程。

3、通过研究大孔隙和土壤-海水盐度差对滨海湿地地下水动力过程的影响，揭示了优先流产生机理、发展过程及环境效应。大孔隙引起的非均质土壤是滨海湿地的普遍特征，该优先流路径的揭示被同行认为对湿地-海洋物质交换（如：碳循环）、土壤条件和湿地功起重要作用。

4、揭示了浅埋包气带（非饱和区和毛管边缘带）对滨海低频地下水波动、地下水与地表水交换的影响；指出当地下水水位埋深较浅时，土壤表面截断了浅埋包气带（truncating effect），致使有效给水度为变量，而不是传统认识

上的常数；基于此，完善了用于刻画非承压含水层中地下水波动的经典 Boussinesq 方程并推导出系列解析解。

该项目 8 篇代表性论文发表于同领域国际知名期刊，其中 3 篇于 Geophysical Research Letter（自然指数（nature index）期刊），3 篇发表于 Water Resources Research。8 篇代表性论文已被引用 227 次，他引 154 次，被著名期刊 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 他引 1 次，Geophysical Research Letter 他引 5 次，Water Resources Research 他引 22 次。主要完成人辛沛担任 SCI 期刊 Advances in Water Resources 和 International Journal of Sediment Research 编委。

主要完成人情况表:

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献	曾获科技奖励情况
辛沛	1	教授	河海大学	河海大学	总负责人，主要学术思想和总体研究方案的提出者、组织者和主要实施者；对发现点 1、2、3、4 均做出了创造性贡献，是代表性论文 1、2、3 和 7 的通讯作者，代表性论文 1、2、3 和 4 的第一作者，代表性论文 5、8 的主要合作者。	2013 年，江苏省“江苏特聘教授” 2014 年，中组部“青年千人计划” 2015 年，江苏“双创人才”
沈城吉	2	讲师	河海大学	河海大学	对发现点 3、4 做出了创造性贡献；是代表性论文 5 和 6 的第一作者，代表性论文 7 和 8 的主要合作者。	2018 年，论文“Effects of salinity variations on pore water flow in salt marshes”获南京市第十二届自然科学优秀学术论文优秀奖，排名 1/5
金光球	3	教授	河海大学	河海大学	对发现点 3 做出了重要贡献；是代表性论文 2、5 和 6 的主要合作者。	发表在 Advances in Water Resources 的论文获 2010 年“中国百篇最具影响国际学术论文”，排名 1/5
李凌	4	教授	河海大学	河海大学	对发现点 1、2、3、4 做出了重要贡献；是代表性论文 4、5、6 和 8 的通讯作者，代表性论文 1、2、3 和 7 的合作者。	2004 年，国家杰出青年科学基金获得者 2005 年，中国教育部自然科学奖一等奖： “污染物在地表和地下水系统中输移过程及生态效应研究”，排名 2/5 2007 年，中国国家自然科学奖二等奖： “不同水动力条件下污染物输移过程及系统耦合模型研究”，排名 3/5

代表性论文专著名称:

序号	论文、专著 名称/刊名/作者	影响 因子	年卷页码 年(卷):页码	发表年月	通讯作者/第一 作者(中文名)	SCI 他 引次数	他引 总次 数	是否 国内 完成
1	Effects of wave forcing on a subterranean estuary/ <i>Water Resources Research</i> /Xin, P., Robinson, C., Li, L., Barry, D. A., & Bakhtyar, R..	4.361	2010 (46) : W12505	2010年12月	辛沛/辛沛	70	70	是
2	Effects of crab burrows on pore water flows in salt marshes/ <i>Advances in Water Resources</i> /Xin, P., Jin, G., Li, L., & Barry, D. A.	3.512	2009 (32) : 439-449	2009年3月	辛沛/辛沛	36	36	是
3	Nonlinear interactions of waves and tides in a subterranean estuary/ <i>Geophysical Research Letters</i> /Xin, P., Wang, S. S., Lu, C., Robinson, C., & Li, L.	4.339	2015 (42) : 2277-2284	2015年4月	辛沛/辛沛	17	17	是
4	Memory of past random wave conditions in submarine groundwater discharge/ <i>Geophysical Research Letters</i> /Xin, P., Wang, S. S., Robinson, C., Li, L., Wang, Y. G., & Barry, D. A.	4.339	2014 (41) : 2401-2410	2014年4月	李凌/辛沛	12	14	是
5	Effects of salinity variations on pore water flow in salt marshes/ <i>Water Resources Research</i> /Shen, C., Jin, G., Xin, P., Kong, J., & Li, L.	4.361	2015 (51) : 4301-4319	2015年6月	李凌/沈城吉	4	4	是
6	Effects of unstable flow on solute transport in the marsh soil and exchange with coastal water/ <i>Geophysical Research Letters</i> /Shen, C., Zhang, C., Jin, G., Kong, J., & Li, L.	4.339	2016 (43) : 12091-12101	2016年12月	李凌/沈城吉	2	2	是
7	Effects of vadose zone on groundwater table fluctuations in unconfined aquifers/ <i>Journal of Hydrology</i> /Kong, J., Xin, P., Hua, G. F., Luo, Z. Y., Shen, C. J., Chen, D., & Li, L.	3.727	2015 (528) : 397-407	2015年9月	辛沛/孔俊	8	9	是
8	Capillary effect on water table fluctuations in unconfined aquifers/ <i>Water Resources Research</i> /Kong, J., Shen, C. J., Xin, P., Song, Z., Li, L., Barry, D. A., & Parlange, J. Y.	4.361	2013 (49) : 3064-3069	2013年5月	李凌/孔俊	5	5	是