环境力学专题·编者按

自然环境中的流动和输运

这一期环境力学专题是由 2014 年秋在天津召开全国环境力学大会上的 6 篇邀请报告组成的,是作者们围绕自然环境中的流动和输运这个核心科学问题^[1],结合我国具体的环境问题所开展的研究和新成果,其内容涉及反常扩散、水质、水土耦合和城市大气环境等诸多方面.

关于反常扩散的综述讨论物质在随机、非均匀、非各向同性、分维结构介质中的输运现象,它在湍流、岩土介质渗流等自然环境流动中十分普遍.由于传统的 Fick 定律不再成立,这就是所谓的“反常扩散”.评述《反常扩散:分数阶导数建模及其在环境流动中的应用》作者以幂函数为积分核定义了分数阶导数,阐述了分数阶导数扩散方程建模的研究进展及其物理意义.作者着重介绍了分数阶导数扩散方程数值方法的若干进展及其在水体环境领域中的广泛应用,并列出了仍具挑战性的研究课题.

关于水质问题,论文《水体泥沙污染物起动再悬浮释放的物理过程和影响因素》的作者主要通过实验研究分析了水流与泥沙颗粒间的物质交换,包括:底泥向水体静态释放污染物和悬浮泥沙颗粒/水体间的动态交换,后者大致可以分为三个阶段:起动初期,泥沙颗粒主要解吸或释放污染物;悬浮沉降交替期,泥沙颗粒虽处于吸附状态,但孔隙水可释放污染物,总释放通量时正时负;悬浮沉降平衡期,泥沙颗粒吸附污染物.实验还发现,水流速度、泥沙浓度和污染物浓度分布间的相关性.论文《巢湖污染物输运特征及其受风力影响的数值研究》研究我国大型湖泊的水质问题,并以安徽省巢湖为例,着重研究风生环流对污染物对流/扩散和水质的影响.作者以从西湖区进入东湖区的水量和高于 10%浓度的相对湖区面积为指标,分析了巢湖风生环流、水量交换和污染物分布的基本特征.研究表明风向、风速和持续时间通过所产生的风生环流改变污染物输运,从而影响水质.

关于水土耦合问题,论文《明渠挟沙水流双层积分模式的双曲性分析》关注水流与土体有强相互作用的水动力学问题,分析了针对挟沙水流问题的双层积分模型方程的数学性质,结合溃坝波和水库异重流等两类典型的强分层挟沙水流,比较了单一系统和两个降阶的双曲性系统的特征值,发现两者虽有定量差异,但在所关心的参数域内,仍能保持方程的双曲性,这也表明在物理上不会发生 Kelvin-Helmholtz 失稳现象.作为工程应用,水库异重流将显著增加清水泄流量、水库排沙比,从而减少水库泥沙淤积.论文《滑坡涌浪的三维 SPH 模拟方法及实例应用》研究了岩土体冲击水体引起的滑坡涌浪问题,这是在我国西南地区多发的次生地质灾害.作者建立了适合于描述自由水面的光滑粒子流方法(SPH)^[2],复现了小湾荒田水库的涌浪事件,模拟结果与首浪观测数据进行了比较,发现在 V 型河谷中首浪受地形影响显著,远处涌浪波幅远小于首浪,二维模型的结果往往会高估涌浪参数.

关于大气环境的论文,论文《现代城区热环境与污染物扩散的大涡模拟研究》的作者专门针对具有密集高耸建筑群的北京 CBD 地区,用大涡模拟方法模拟晴天中午典型对流条件下的流动、热量/质量输运,分析了建筑群走向的峡谷偏转效应,影响大气和墙面温度的因素.通过与中性边界层比较,表明浮力对流将明显抬升羽流,对扩散城市冠层中的污染物有利.

本专题虽然只有 6 篇论文,也可从一个侧面反映了近年来我国环境力学这门新兴交叉学科的研究方向和若干进展,说明力学工作者的思维模式和研究方法是有助于描述环境演化、阐释物理机理和获得定量规律的^[3],

引用格式:李家春.自然环境中的流动中的流动和输运.中国科学:物理学 力学 天文学,2015,45:104701

Li J C. Flow and transport in the natural environment (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2015, 45: 104701, doi: 10.1360/SSPMA2015-00426

将在未来进一步深化环境问题的研究中得到发扬光大. 同时, 上述每个领域的具体研究成果与结论也可供同行学者今后研究该环境问题时参考.

李家春
中国科学院力学研究所

参考文献

- 1 Reible D D. Fundamentals of Environmental Engineering. Florida: Lewis Publication, 1999
- 2 Sigalotti L D G, Jaime Klapp, Eloy S. Computational and Experimental Fluid Mechanics with Applications to Physics, Engineering and Environment. Switzerland: Springer International Publishing, 2014
- 3 Li J C, Liu Q Q, Zhou J F. Environmental mechanics research in China. Adv Appl Mech, 2003, 39: 218–309