

泥沙学科进展

——从河流泥沙到流域泥沙

○ 王光谦

王光谦

2009年当选中国科学院院士，清华大学水沙科学与水利水电工程国家重点实验室主任。研究领域为泥沙学科与江河治理，开展了水沙两相流基本理论、流域水沙过程模拟及工程应用等方面研究。研究成果为解决黄河治理及长江三峡工程泥沙问题发挥了重要作用。



2007年举行的第七届全国泥沙基本理论学术会议主题是“从河流泥沙到流域泥沙”。会议一方面交流了流域泥沙研究的成果，另一方面也表明我国泥沙研究正面临着向流域泥沙的转变。

传统泥沙学科的内容包括三方面：河流动力学、河流模拟和河床演变学，体现出对河流泥沙运动的理论、模拟方法及宏观规律的完整描述，属于河流泥沙范畴。河流泥沙研究河道内泥沙运动规律及水沙响应关系，解决干流河道治理问题，已经建立起相对成熟的理论和方法。然而，河道内的水沙响应在很大程度上是以流域面上的水沙过程为输入条件的，这些水沙输入受控于气候气象、地质地貌、植被覆盖、地表水文、土壤侵蚀等诸多因素的作用，时空变化规律非常复杂，属于流域泥沙研究的内容。

在流域尺度上，以泥沙运动为主要对象，将流域面与河道作为整体考虑的相关研究还较少。水文学科的水文模拟以流域内的水循环全过程为对象，但传统的水文模型往往忽略与泥沙过程相关的部分机理，而使土壤侵蚀仍然是相对独立的学科。WEPP和EUROSEM等基于物理机理的侵蚀模型的出现，可以看作是水文学科与土壤侵蚀研究结合的进展，但这些模型在大空间尺度和复杂物理机理的条件下应用仍然存在一定的困难。从泥沙研究的角度看，一方面希望这些成果能够作为河流动力学与河床演变学研究的输入条件；在更高的层面上也期待水文过程和土壤侵蚀的研究中包含更多的动力学机理，从而与河流泥沙研究集成在一起，实现“从河流泥沙到流域泥沙”的学科拓展。

为了研究区域与流域尺度上包括侵蚀——输

运—沉积的泥沙运动全过程，需要建立流域泥沙科学体系，对应于河流泥沙的学科内容，流域泥沙的相关研究应包括三部分：流域泥沙动力学、流域泥沙过程模拟和流域演变学。在国家自然科学基金创新群体基金“流域泥沙过程机理”项目的支持下，通过分析流域泥沙过程的主要影响因素和物理机理，初步完成了流域泥沙动力学的模型和模拟方法。

项目的研究区域选择黄土高原丘陵沟壑区，将黄土高原的复杂地貌概化为坡面与沟道两部分，分析不同地貌部位上的产输沙子过程，分别建立坡面产流产沙模型、沟坡区重力侵蚀模型和沟道水沙演进模型，并在黄河中下游干流应用水沙动力学模型。这些模型在数字流域平台上集成，以坡面—沟道作为基本计算单元，最终完成了对全流域泥沙过程的分布式模拟。模拟结果能够显示侵蚀—输运—沉积过程在流域内的分布情况，能够反映主要影响因素对流域泥沙过程的作用方式，还根据这些模拟结果分析了流域泥沙过程的变化规律。将模型应用于黄河多沙粗沙区，模拟千沟万壑的产流产沙过程；并把多沙粗沙区的产输沙模拟与黄河中下游河道的水沙动力学模拟耦合，分析水沙源区的来水来沙条件与干流河道间的水沙响应关系。

在区域与流域尺度上完成的对包括流域面与河网在内的流域泥沙全过程的基于物理机理的分析与数学模拟，吸收地表水文过程、土壤侵蚀、高含沙水流运动，以及水土保持和流域地貌学等多个学科方向的成果，可看作流域泥沙研究的一个例子。✎