

土壤水盐运动的时空模式化研究

杨玉建 杨劲松*

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘要 文章初步分析了土壤水盐运动的机理模型,总结了对流—弥散方程建立的一般思路及数值解法的局限性。基于“3S”技术的角度,概括了土壤水盐运动空间模式化研究内容,探讨了GIS与溶质运移模型的集成问题,指出了Geodatabase、COM等技术的发展为GIS与水盐运动机理模型集成提供了发展契机。

关键词 GIS; 时空模式化; 土壤水盐运动

中图分类号 S152

时空模式化的土壤水盐运动主要分为水平运动和垂直运动。垂直运动控制着盐渍土的积盐和脱盐过程,即地下潜水在土体中的上、下运行过程,实际上这是一个很复杂的运动过程。水平运动控制着地下潜水的盐分集散过程,直接影响盐渍土发生发展的地下水位、矿化度和水化学类型^[1]。对垂直运动的定量研究是为了了解土壤盐分随时间在土壤中的变化规律,主要运用一些机理模型,一般用数值方法求解(主要指有限差分法和有限单元法);水平运动则主要指盐分的空间分异研究,即研究区域尺度上的水盐运动规律。

1 时间模式化的水盐运动CDE及其数值解法

从时间轴上开展土壤水盐运动研究,研究盐分随时间的变化规律,建立水盐运动对流—弥散方程(Covection-dispersion Equation, CDE)是必须的,其一般思路为:确定试验条件与方法(利用大型水盐运动模拟土柱,土柱不同深度安装有水分、盐分传感器,用以监测土壤水盐动态,目的是获取水分和盐分数据。);建立土壤水分运动的数学模型(获得盐分运动模型所需参数);建立土壤盐分运动的数学模型;对土壤水盐运动的数学模型求解;最后进行土壤水分和土壤含盐量(代表性指标为电导率)模拟结果与实测数据的比较,判定可行性或者分析造成误差的原因,实现量化的目标^[2,3]。由于土壤水盐运动的复杂性,目前还只能忽略盐分在土壤中化合分解、离子交换、吸附解吸等作用的情况下,建立水盐运动的数学模型^[4]。根据质量守恒原理和

水动力学原理所建立的土壤饱和、非饱和水分状况下一维流动的盐分运移的基本方程为:

$$\frac{\partial(qc)}{\partial t} = \frac{\partial[D(vq)\frac{\partial c}{\partial z}]}{\partial z} - \frac{\partial(qc)}{\partial z} \quad (1)$$

式中, z —垂直坐标(cm); t —时间(s); c —土壤溶液浓度(g/L); θ —土壤含水量(g/L); v —垂直方向液流的孔隙速度(cm/s); D —对流扩散系数(cm^2/s); q —溶液的体积通量(cm^3/cm^2)

为求解上式需要利用水分运动方程求出 v ,水分运动方程式为:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\partial[K(q)\frac{\partial q}{\partial z}]}{\partial z} - \frac{\partial K}{\partial z} \quad (2)$$

用 $q = -K(\theta) \frac{\partial(h+z)}{\partial z}$ 求得 v 。

式中, h —压力水头。将 v 代入盐分运移方程式(公式(1))求 c ^[4]。

上述公式是描述土壤水盐运动的一般方程式,在实际建模过程中,由于考虑影响水盐运动因素的不同还需确定相应情况下方程式的定解条件^[5]。当然,研究二维、三维的机理模型要比一维模型复杂得多。总的来说,通过数值模拟,可以求得盐分含量在土壤剖面上的分布,一个步长一个步长地往下计算,可以得到任一时刻水分和盐分在土壤中的分布,最终可根据实际绘出随时间变化的盐分曲线^[6]。

对土壤水盐运动的CDE如何进行求解,是很重要的,目前主要用数值解法。数值解法主要指有限

*通讯作者

差分法 (FDM) 和有限单元法 (FEM)。另外还有一些在这两种方法基础上改进的方法, 如交替方向隐式差分法 (ADI)、二阶迎风隐式差分法 (QUD)、HERMITE 有限单元法、特征有限单元法、SUPG 有限元数值法、拉普拉斯变化有限差分法 (HLTFDM) 和混合拉普拉斯变化有限差分法 (HLTFEM) 等^[7]。

总的来看, 目前已经建立的模拟水盐运动的大多数数学模型及其求解方法仅仅局限于室内模型实验的验证。对其能否模拟长时间的田间土壤盐分动态研究不够深入, 效果也不能令人满意。其原因也正是我们在数值模拟过程中需要进一步研究的, 即田间土壤的上边界条件比较复杂, 而目前对土壤蒸发、作物蒸腾和根系吸水的定量研究尚未达到实用阶段, 难以准确地将土壤水盐运动的上边界条件定量化^[8]。因此, 我们既要注重土壤水盐运动机理研究, 加强有关水盐运动参数的研究, 建立一些考虑因素比较全面、有实际意义的数学模型; 又要加强水盐运动模型的数值方法求解的探讨, 因为计算方法的优劣不仅影响计算精度, 而且影响计算效率^[9]。

2 基于“3S”技术开展水盐运动的空间模式化研究

遥感 (Remote Sensing, RS), 地理信息系统 (Geographic Information System, GIS), 全球定位系统 (Global Position System, GPS), 这 3 种对地观测的高新技术简称为“3S”技术。充分利用“3S”技术, 可以有效的获取影响水盐运动的因子数据 (包括气候、地貌、水文地质、土壤、植被、土地管理等因子数据), 并基于此数据进行空间分析, 可以量化的开展水盐运动空间分异规律研究。

2.1 RS 数据

快速有效的采集空间变量信息, 是实现空间分析的重要基础。RS 信息具有多种类、多平台、信息丰富、信息周期短、现时性、宏观动态性强、可直接以数字方式记录处理等优势, 是 GIS 的一个重要数据源和更新手段^[10]。应用卫星遥感资料多时相、多光谱、多信息源以及空间上的优势, 有利于研究影响区域水盐运动的自然和人为因素及其时间、空间变化规律; 与一定常规土壤调查和水盐运动动态观测资料相结合, 对区域水盐运动进行定性、定量的 RS 分析, 可获得水盐运动数值模拟的边界条件

和基本物理参数^[11]。

2.2 GPS 数据

GPS 的定位功能, 可快速准确地获取目标点的坐标, 测量控制点坐标辅助遥感图像的几何纠正, 并结合 GIS 大大提高了移动目标的管理能力。在获取影响土壤水盐运动的参数数据方面, 由于技术和方法的发展, 比以往要来得快, 如国外先进仪器 MESS (GPS 和 EM 装置组合而成的移动式电磁感应系统) 的引进。MESS 可进行土壤性质测定。电磁感应仪 EM 装置 (包括 EM31 和 EM38) 用于直接测读大地电导率; DGPS (差分 GPS) 可处理差分信号从而达到更高测量精度, 由于实时收集地理位置信息进行精确定位, 并可暂时存储测得的电导率资料^[11]。电磁感应土地测量技术适用深度范围为 0 ~ 6 m, 可用于测定土壤盐分状况及其剖面分布, 以及土壤水分、土壤质地、孔隙性能、地下水位及其矿化度等多种土壤性质参数。

2.3 GIS 空间分析

GIS 具有高效的空間数据管理、灵活的空間数据综合分析能力、空間数据定量化程度较高等优点。GIS 系统的作用在于生成、显示、存贮、管理空間属性数据。采用 GIS, 在分析和评价模型的基础上, 可以对具有时空变化特点的土壤水盐动态可视化和分析, 不仅快速、准确, 而且时效性好, 可操作性强^[10]。GIS 的叠加分析是将两层或者多层土壤要素进行叠加, 产生一个新的要素图层, 其结果是将原来的要素分割成新要素, 新要素综合了原来两层或者多层要素所具有的属性, 不仅产生了新的关系, 而且相关的属性关系也可以由数学模型来建立。如对盐碱地进行改良分区研究中, 把地下水埋深分区图、地下水矿化度分区图和土壤盐碱地现状图 3 层图件进行叠加形成区域盐碱地改良分区图^[10-12]。这种叠加可将不同的专题数据结合起来, 产生新的综合信息, 分析新的因子的相互作用与相互影响, 对新数据进行挖掘分析, 可得到新的结论。

2.4 观测数据空间化

在进行 GIS 的分析时, 观测数据是一类重要的数据, 由于观测数据观测点不一致, 直接使用两类数据几乎不可能进行空间分析。要想充分有效发挥数据的作用, 一般要把这些观测数据进行空间化。例如水文数据和气象数据, 由于这两类数据的观测

点往往不一致,只有当把每类数据从有限的点扩展到面,并且有相同的地面分辨率时,才可能进行分析,这种把观测数据从点到面的扩展过程实质上就是观测数据的空间化^[13]。空间插值的方法可以实现这一过程。GIS的空间插值方法有反距离插值、双线性插值、趋势面插值、样条插值、克里格插值等^[14]。内插方法忽略了环境要素(如经度、纬度和海拔高度),它仅根据观测值和一定的规则(如反距离权重)来计算和内插非观测点所在地区的要素值,原理和方法比较简单。显然,该方法比较适合于环境条件变化不大或变化较为规律的地区。现有的土壤盐分信息的采集是基于实地的土壤采样分析,这种采样方法耗资费力,往往不能取得足够的点来满足连续表面的分析要求,需要进行数值内插生成更多的点,形成空间上连续的土壤要素分布图^[15-17]。国外土壤学家从70年代开始广泛应用克里格法(Kriging)来预测非采样点土壤属性,在土壤要素空间中最常用的插值方法是克里格插值,克里格是一种最优估值技术,是在经典统计学的基础上,充分考虑变量的空间变化特征—相关性和随机性,并以变异函数为基础建立的一种求最优、线性、无偏内差估计量值的方法^[14]。因此克里格法(Kriging)估出的结果比一般传统方法的估计更为精确,可以避免系统误差,从而得出估值精度。它考虑到已知样点的分布、密度、大小及其与待估样点相互间的空间分布位置等几何特征和空间结构,为达到线性、无偏、最小方差,对每一个已知样点赋予一定的系数,最后进行加权平均来确定未知点的值^[18-20]。

3 GIS与模型的集成研究

GIS与模型的集成研究,符合组合式创新的科技发展趋势。GIS和水资源模型以及与水盐运动模型的集成研究是近几年研究的热点之一。

3.1 GIS与水资源模型的集成研究

GIS与水资源模型的集成研究国内外均有开展。1996年,在墨西哥召开的GIS与环境模拟大会上Maidment^[21]总结了GIS和水文模型集成的进展,提出了新的研究方向,其所在的研究中心和ESRI(Environmental System Research Institute)合作开发了ARCGIS(ESRI公司推出GIS软件系统)的水文数据模型^[22],一些著名的模型软件,如BASINS^[23]、AGNP^[24]、WEPP^[25]、SWAT^[26]等都与GIS软件Arcview、GRASS、INDRISI等进行了不同程度的集

成。Kilborn等把GIS软件SYSTEM和地下水源保护模型WHPA集成起来,研究污染源对水井的影响程度,Estes集成地下水流动模型和GIS,研究污染物对地下水的污染状况。林年丰、汤洁采用模块组合的方法实现了水质评价模型和MAPGIS软件的耦合^[27]。这些水资源模型与GIS的集成研究为盐分在水中的运移模型与GIS的集成提供了借鉴^[28]。

3.2 土壤溶质运移模型和GIS的集成研究

近年来,溶质运移模型与GIS的集成研究成为一大热点。盐分作为重要的溶质,它的运动形式以及空间分异为研究者们关注,“盐随水来,盐随水去”,要想从根本上了解盐分运动,把握其运动规律,开展溶质运移模型与GIS的集成研究成为一种新的、有效的研究方法。另外,二者的集成把时空模式化的土壤水盐运动推向了深入,有助于对区域水盐运动进行动态模拟,建立区域水盐运动的地理信息系统,实施区域水盐运动自动或半自动化监测与预测。

GIS与模型的集成在具体的实践中,可以将模型嵌入GIS系统,也可以将GIS系统嵌入模型,前一种方式应用较多。溶质运移模型与GIS的集成研究,关键在于GIS与模型的整合。溶质运移模型是利用GIS软件所包含的函数,内嵌在GIS系统内部,还是通过数据通信接口实现GIS与模型间相互的数据传输,决定着系统的集成程度、运行速度和稳定性^[29,30]。

有些学者实现了描述蒸散与入渗过程的一维溶质运移模型CMLS(Cheical Movement in Layered Soils)与GIS的结合,虽然这种结合是某种程度上的,但为后人深入开展此方面的研究提供了有益的借鉴。Liao和Tim将由Meeks和Dean建立的结构比较简单的淋溶潜力指数模型(Leaning Potential Index)经过简化^[31,32],利用GIS软件ARC/INFO自身包含的函数进行方程组的求解,实现了GIS与模型的完全结合^[29]。运用有限单元法模拟地下水的动态作为一种经典的算法,促进了数值模拟水盐动态定量研究的发展。事实上,研究工作者在这种经典算法的基础上对水盐动态的数值模拟开展了许多探索研究。如运用二阶Petror-galerlin有限二元法对经典的CDE求解,模拟出了不同时期水盐的浓度分布。Roai和Mcgrath对一个地区水流和污染运移问题开展研究中,在修改地下水模型的基础上,把GIS和有限元法进行了成果的结合,使它能够直接读写

GIS 所用的文件。Arie Bieshuvel 完成的 REGIS 与地下水模拟模型的接口程序可以实现：利用 GIS 的数据转换功能，自动生成模拟区内有限元法网格，并可根据需要生成均匀或者非均匀的剖分网格；将 GIS 数据库中已有的或是经 GIS 空间分析处理生成的参数值自动输入到网格的每一节点，使地下水模拟过程中的数据输入、网格剖分、参数获取等工作由 REGIS 辅助完成^[33]。

从目前的现状来看，由于机理模型建立时基本没有考虑到与 GIS 数据格式的兼容，并且 GIS 软件本身所具有的函数功能有限，一些简单并经过简化的模型才能内嵌于 GIS 内部，而对于大量的土壤溶质运移模型（常用的如有限差分法与有限元法），由于土壤溶质运移控制方程及边界条件非常复杂，实现与 GIS 的完全结合是很难的。但随着技术、方法和理论日新月异的发展，尤其是 GIS 本身的发展和计算机技术的进步，笔者认为溶质运移模型与 GIS 的集成研究前景是乐观的。

3.3 Geodatabase、COM 组件技术为溶质运移模型和 GIS 的集成研究提供了新的思维角度

Geodatabase 是著名 GIS 软件 Arc/Info 引入的一个全新的空间数据模型，是建立在 DBMS 之上的统一的、智能化的空间数据库。所谓“统一”，是指 Geodatabase 在一个同一的模型框架下对 GIS 通常所处理和表达的地理空间要素，如矢量、栅格、三维表面、网络、地址等能进行统一的描述。之前所有的空间数据模型都不能做到这一点。所谓“智能化”，是指在 Geodatabase 模型中，地理空间要素的表达较之以往的模型更接近于我们对现实事物对象的认识和表述方式^[14]。面向对象的数据模型与用户通常看待所研究事物的观点及分类很接近，因此直观且使用简单，软件处理的将是面向用户的概念，例如：地块与建筑物、变压器与保险丝，而不是面向系统的概念，例如点、线、面。Geodatabase 意味着 GIS 将会更易于被用户和第三方开发商扩充。新的组件可以更容易地插入到系统中，任何精通现代编程技术的人都能够创建一流的类对象。标准就意味着可更好地使用现成的开发工具，例如编程语言，CASE 工具，数据库，同时也意味着开放性和互用性。Geodatabase 以全关系方式存储数据。这意味着无论数据是在 ArcSDE (Spatial Database Engine, SDE) 还是在 Personal SDE 中，都将以相同的格式存储。数据的管理将更容易而有效，可用标准的结构化查

询语言 (Structure Query Language, SQL) 对数据库进行查询，对大范围的空间数据也不必分块 (tile) 进行管理。不仅如此，Geodatabase 中也引入了地理空间要素的行为、规则和关系，对 Geodatabase 中特殊的行为和规则，则可以通过要素扩展进行客户化定义。这是其他任何空间数据模型都做不到的^[14, 34]。

在 Arc/Info 未引入 Geodatabase 之前，空间数据以文件方式保存，属性数据放在另外的 DBMS 系统中。对于日益趋向企业级和社会级的 GIS 应用而言，这种管理数据的方式已很难适应。Geodatabase 管理海量数据的优势（如海量数据的管理、并发操作、安全控制和访问效率等）适应了企业级和社会级的 GIS 发展。而且，近来 GIS 软件新增加了空间分析功能与图形用户界面，在这种水平上，建立机理模型与 GIS 之间的数据转换接口，使 GIS 接受机理模型的算法，从而实现土壤溶质运移模型和 GIS 的集成，更好地把握时空模式化的水盐运动规律，实现区域水盐运动的自动化监测与预测。所有这些，正是笔者考虑 GIS 与溶质运移模型集成的契机。

另外，组件技术的发展正在也必将促进 GIS 与数学模型的集成研究。组件（或者称“控件”）技术的核心思想就是数据模型和程序资源的封装与共享，能很好地处理复杂的数据结构、多种类处理操作的信息封装和使用上的简洁与方便。一个组件实现了相应的一个对象模型，其具有的数据结构、属性、事件与方法等都完全封装在一个二进制的对象模块中，通过标准的外部接口，为所有的编程环境所共享^[37, 38]。Arc/Info 采用一种现代的、标准化的方式实现对象，每一个对象都定义成一个组件。允许用户建立自己的面向对象的在基本模型基础上扩展的数据模型。利用 COM 技术，美国的 ESRI 推出了 MAPOBJECTS^[14]；MAPINFO (GIS 众多软件中的一种) 公司推出了 MAPX。国内的如陈正江等开发研究的 SXGMP GIS 控件^[37]，将所面对的对象扩大到整个地理区域空间，建立了整个地理区域的组件对象模型，该模型不仅封装了 GIS 描述的必要的数据库模型、有关的功能操作，而且也封装了区域的基础地理信息及其基本的属性信息。GIS 模型与区域水盐运动机理模型的集成随着研究的深入和计算机的发展是完全可能的^[26, 33, 34, 38]。

综上所述，“3S”技术无论是获取数据资料，还是进行空间分析，对于开展空间模式化的土壤水盐运动都有其优越性。GIS 在充分利用 RS 与 GPS 提

供的数据基础上,与一定常规土壤调查和水盐运动动态观测资料相结合,对区域尺度的水盐运动进行定性、定量的遥感分析,可编制出空间模式化的水盐运动系列图,系列图不仅可提供水盐运动数值模拟的边界条件和基本物理参数;而且系列图本身也是实施空间模式下的水盐运动监测与预测的重要方法或手段^[1]。机理模型的运用,无论是一维,还是二维、三维,对于盐分随时间的变化规律能较好的刻画。GIS与溶质运移模型的集成研究正是为了把二者的优势结合起来,基于GIS,建立区域尺度的水盐运动数值模型,即以气候—地下水—土壤为主的水盐运动系统,实现点到面的扩展,建立区域水盐运动的地理信息系统,实现时空模式化的水盐水平和垂直运动的自动化监测与预测。

参考文献

- 李天杰, 杨胜天, 张利田. 卫星遥感在区域性水盐运动监测和预测中的应用初探—以晋北盆地为例. 见: 徐希孺主编. 环境监测与作物估产的遥感研究论文集. 北京: 北京大学出版社, 1991, 109 ~ 131
- 肖振华, 孟繁华, 张丽君, 尤文瑞. 作物生长条件下土壤水盐运动的数学模型. 见: 徐富安, 周凌云主编. 豫北平原农业生态系统研究 (第2集). 北京: 气象出版社, 1999, 46 ~ 54
- Shi Zhou, Huang Mingxing, Li Yan. Physico-chemical properties and laboratory hyperspectral reflectance of coastal saline soil in Shangyu City of Zhejiang Province, China. *Pedosphere*, 2003, 13 (3): 193 ~ 198
- 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培等著. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993
- 石元春, 李保国, 李韵珠等著. 区域水盐运动监测预报. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1986
- 王福利. 用数值模拟方法研究土壤盐分动态规律. *水利学报*, 1991, (1): 1 ~ 9
- 隋红建, 尧记龙. 土壤水盐运移的数学模拟现状与展望. *土壤学进展*, 1992, (5): 1 ~ 7
- 高俊峰, 曹慧. GIS在土壤空间分析中的应用. *土壤*, 2002, 34 (4): 206 ~ 209
- 刘广明, 杨劲松, 鞠茂森, 聂杰. 电磁感应土地测量技术及其在农业领域的应用. *土壤*, 2003, 35 (1): 27 ~ 29
- 关元秀, 刘高焕, 王劲峰. 基于GIS的黄河三角洲盐碱地改良分区. *地理学报*, 2001, 56 (2): 198 ~ 205
- 廖顺宝, 李泽辉. 基于GIS的定位观测数据空间化. *地理科学进展*, 2003, 22 (1): 87 ~ 93
- Michael Zeiler. *Modeling the world, The ESRI'S Guide Geodatabase Design*. 2000
- 王绍强, 朱松丽, 周成虎. 中国土壤土层厚度的空间变异性特征. *地理研究*, 2001, 20 (2): 161 ~ 169
- 周慧珍, 龚子同. 土壤空间变异性研究. *土壤学报*, 1996, 33 (3): 232 ~ 240
- 霍东民, 张景雄, 孙家柄. 利用CBERS-1卫星数据进行盐碱地专题信息提取研究. *国土资源遥感*, 2001, (2): 48 ~ 52
- 骆玉霞, 陈焕伟. GIS支持下的TM图象土壤盐渍化分级. *遥感信息*, 2001, (4): 12 ~ 15
- Olea RA. *Geostatistical Glossary and Multilingual Dictionary*. International Association for Mathematical Geology Studies in Mathematical Geology No. 3. Oxford University Press, New York, 1991, 177
- David R. Maidment *GIS and Hydrologic Modeling—an assessment of Progress*. Proceedings. Third International Modeling, Santa Fe, NM. January 21 ~ 26, 1996
- David R. Maidment *ArcGIS Hydro Data Model*. 2001
- United States Environmental Protection Agency. *Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint source (BA-SINS) User's Manual*. 1998
- Perrone J, Madramootoo CA. Sediment yield prediction using AGNPS. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1999, (1): 415 ~ 419
- Cohrane TA, Flanagan DC. Assessing water erosion in small watershed using WEPP with GIS and digital elevation models. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1999, (4): 678 ~ 685
- FitzHugh TW, Mackay DS. Impact of sunwaterhed partitioning on modeled source—and an agricultural nonpoint source pollution model. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001, 56 (2): 137 ~ 143
- 李硕, 曾志远, 张运生. 环境模拟和GIS集成的初步研究. *冰川冻土*. 2002, 24 (2): 134 ~ 141
- 薛安, 倪晋仁, 马蔼乃. 模型和GIS集成理论初步研究. *应用基础与工程科学学报*, 2002, 10 (2): 134 ~ 142
- 唐立松, 张佳宝, 程心俊, 杜恩昊. GIS与溶质运移模型结合研究进展. *干旱区地理*, 2002, 25 (2): 176 ~ 181
- Jordan C, Smith RV, Garrett MK, Mihalyfalvy E. Modeling of nitrate leaching on a regional scale using a

- GIS. Environ. Manag., 1994, 42: 279 ~ 298
- 28 Tim US, Jolly R. Evaluating agricultural nonpoint source pollution using integrated geographic information system and hydrologic/water quality modeling. J. Environ. Qual., 23: 25 ~ 35
- 29 Liao H, Tim US. Interactive water quality modeling within GIS environmental. Com.Environ.Urban Syst., 1994, 18: 343 ~ 363
- 30 张永波, 张雪松, 张礼中. 地下水资源信息化管理的可视化技术应用. 地理学与国土研究, 2002, 18 (1): 87 ~ 89
- 31 <http://www.regis-online.de/german/region/default.tm>
- 32 Wojtek K. Component-Based Software Engineering. IEEE Software, 1998, 9/10
- 33 Zeng Zhiyuan, Meijerink AMJ. Water yield and sediment yield simulations for Teba Catchment in Spain using SWRRB model: . Simulation results. Pedosphere, 2002, 12 (1): 41 ~ 48
- 34 耿刚勇, 李渊明, 钟萃豪. 基于构件的应用软件系统的体系结构及开发模型. 计算机研究与发展, 1998, 35 (7): 549 ~ 598
- 35 陈正江. “面向区域”的 GIS 控件的设计与使用. 地理研究, 2003, 22 (2): 227 ~ 233
- 36 Wang Renchao, Shi Zhou. Red soil resource information system and its preliminary application. Pedosphere, 1998, 8 (1): 9 ~ 15

TEMPORAL-SPATIAL MODELLING OF SOIL WATER AND SALT MOVEMENT

YANG Yu-jian YANG Jing-song

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008*)

Abstract The mechanism of water and salt movement in the soil is analyzed by modelling, and general ways of thinking of the setup of a convection-dispersion equation and limitations of the numerical value method are summarized. From the angle of the 3S (GIS, RS and GPS) technology, the research on spatial modelling of the soil water and salt movement is generalized, and the issue of integration of the solute mobilization model and GIS explored. At the same time it is pointed out that development of the techniques of GEODATABASE and COM provides a chance for development of the integration of GIS with the modeling of the mechanism of soil water and salt movement.

Key words GIS, Temporal-Spatial model, Soil water and salt movement