

ENVIFUSION

环境地学数据融合平台线上直播课

水资源评价模型构建 与水均衡分析

2021年11月

水资源评价

水资源评价是对某一区域或流域水资源的数量、质量、时空分布特征、开发利用条件、开发利用现状和供需发展趋势做出的分析评估。是合理开发利用和保护管理水资源的基础工作，为水利规划提供依据。

- 水资源数量极其时空分布特征
- 可利用水资源量的估计
- 水环境质量评价
- 水资源供需状况及预测、解决供需矛盾的途径
- 为控制自然界水源所采取的工程措施及经济效益分析

地下水资源评价

评价对象

地表水资源、地下水资源、降水蒸发和水汽输送

评价内容

水资源数量评价、水资源质量评价、水资源开发利用及其影响评价

地下水资源数量评价

研究区域补给量、排泄量、可开采量的计算和时空分布特征分析，以及人类活动对地下水资源的影响分析。

水均衡分析

➤ 最基础的地下水数量评价方法为**区域水均衡法**（补给量-排泄量=储存量）

$$Q_{\text{补}} - Q_{\text{排}} = \pm \mu F \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (\text{潜水}) \qquad Q_{\text{补}} - Q_{\text{排}} = \pm \mu^* F \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (\text{承压水})$$

补给量：含水层流入、越流、地表水入渗、降水补给、人工补给（农业灌溉）

排泄量：含水层流入、越流、地表水排泄、蒸发、人工开采

μ 、 μ^* ：给水度、贮水率

F：均衡区面积

水均衡分析

- 基于地下水动力学原理的分析方法——数值法 (MODFLOW水流模型)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

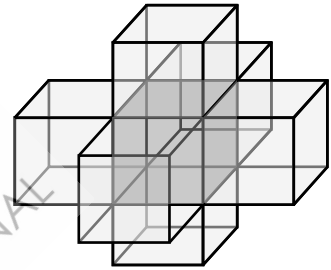
K_{xx} , K_{yy} 和 K_{zz} 为渗透系数在x、y和z方向上的分量。在这里，我们假定渗透系数的主轴方向与坐标轴的方向一致，量纲为(LT⁻¹)；

h: 水头(L)；

W: 单位体积流量(T⁻¹)，用以代表流进汇或来自源的水量；

Ss: 孔隙介质的贮水率(L⁻¹)；

t: 时间 (T)。



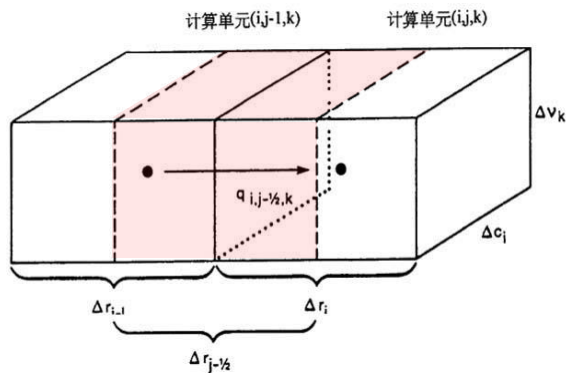
MODFLOW 原理—单元流量计算

- 计算单元(i,j-1,k)至计算单元(i,j,k)的流量

$$q_{i,j-\frac{1}{2},k} = KR_{i,j-\frac{1}{2},k} \Delta c_i \Delta v_k \frac{(h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k})}{\Delta r_{j-\frac{1}{2}}}$$

- 水平水力传导率
等效渗透系数

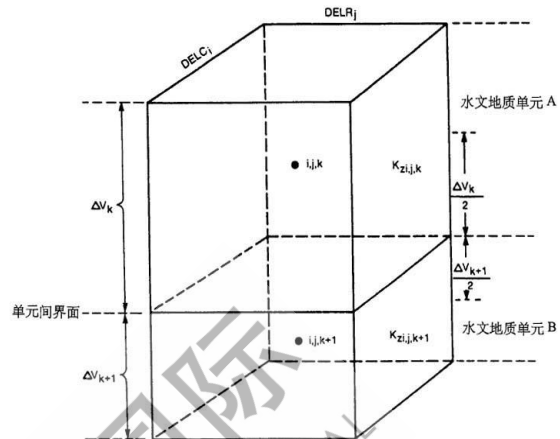
$$K_v = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{K_i}}$$



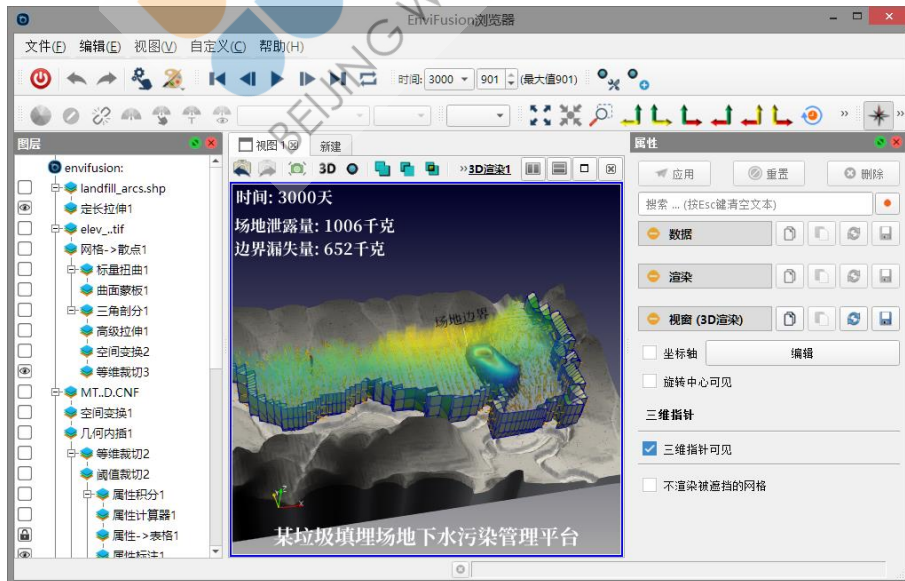
MODFLOW 原理-单元流量计算

➤ 垂向水力传导率

$$VC_{i,j,k+\frac{1}{2}} = \frac{1}{\frac{\Delta V_k / 2}{K_{z_{i,j,k}}} + \frac{\Delta V_{k+1} / 2}{K_{z_{i,j,k+1}}}}$$



环境地学计算平台EnviFusion



数值模拟引擎

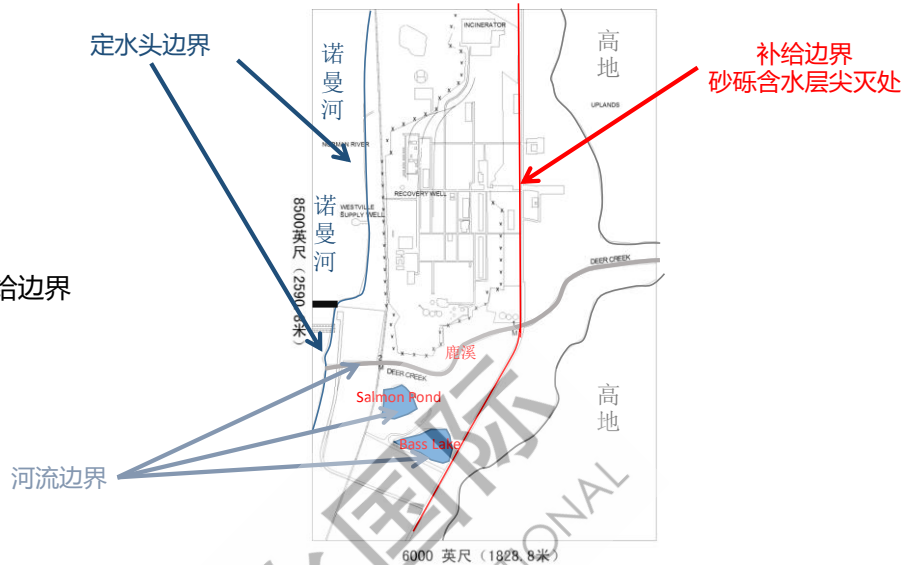
- 梯度场引擎：势场->流场->追踪相关工具；
- **MODFLOW引擎：边界+参数->势场->流场；**
- MT3DMS引擎：流场->浓度场；
- SEAWAT引擎：变密度流场->浓度场；
- SUB模块引擎：地面沉降模拟；
- TFPR引擎：势场变化->含水层参数；
- 地球化学引擎：高维度地球化学数据->降维分析；
- 污染评估：污染热点分析、环境质量评估；
- 文本分析引擎：热词提取与语义关联；
- 数据补齐引擎。

4D可视化工具

- 数据补齐（时间/空间/属性等）
- **空间地理（切片/扭曲/提取等）**
- 地下水建模（MODFLOW/MT3DMS/SEAWAT）
- 地下水数据挖掘（TFPR）
- 地球化学（等值/热点/聚类等）
- 文本分析（自然语言处理）
- 拓扑变换（点线面体间转换）
- 向量操作（属性场生成与追踪）
- 时间变换（时序差分/平滑等）
- **属性变换（筛选/提取/插值/微分/积分等）**

实例背景

- ✓ 含水层：
两层含水层
- ✓ 边界条件：
定水头、河流、补给边界



水均衡分析

- 查看边界条件区域水均衡
 - 验证水文地质概化模型，明确边界条件对研究区域的补排关系
- 查看指定区域水均衡
 - 结合实测流量，用于水流数值模型校准