

GW I-D1

地下水流数值模拟技术要求

**中国地质调查局
2004 年 11 月**

1 主题内容与适用范围

1.1 本技术要求为中国地质调查局地质调查项目《全国地下水资源及其环境问题调查评价》(以下简称“项目”)专门制定。

1.2 本技术要求主要针对工程控制程度较高的平原和盆地区开展地下水数值模拟工作,建设区域性、大时间尺度地下水模型而制定。对局部和小时间尺度地下水模拟(如溶质传输、延迟释水、岩溶水快速流模拟)详细要求请参照相应技术标准,本技术要求不作深入规定。

1.3 本技术要求可供其它工程控制程度较高的大尺度地下水流数值模拟预测(如大、中型集中供水水源地和区域地下水勘查,在详查、勘探和开采阶段的开采量评价和固体矿产勘探中的矿坑涌水量计算等)工作参考。

2 引用标准及规范

水文地质术语	GB/T 14157-93
地下水资源管理模型工作要求	GB 14497-93
地下水资源数值法计算技术要求	DZ/T 0201-2002

3 术语与基本概念

3.1 地下水数学模型 Mathematical model of groundwater

以水文地质概念模型为基础所建立起来的、能刻画和再现实际地下水系统结构、运动特征和各种渗透要素的一组数学关系式,统称为地下水数学模型。

3.2 随机模型 Stochastic model

在数学关系式中含有一个或多个随机变量的地下水数学模型。

3.3 确定性模型 Deterministic model

变量之间具有严格确定函数关系的地下水数学模型。

3.4 数学模型识别 Calibration of mathematical model

在已知数学模型初始、边界条件下,通过对地下水系统模型的输入和输出计算结果的分析,以达到选择正确参数(即参数识别)、校正已建立数学模型和边界条件的计算过程。

3.5 数学模型检验 Verification of mathematical model

根据模型识别后的参数和已知初始、边界条件,选用更长计算时段,通过对地下水系统模型的输入和输出计算,使计算所得数据与实际观测数据有最好的拟合,以进一步提高数学模型正确性。

3.6 有限差分法 Finite-difference method

通过差分方程求微分方程的数值解的方法。

3.7 有限单元法 Finite element method

以变分原理和剖分插值为基础的求微分方程式数值解的一种方法。包括里茨有限单元法和伽辽金有限单元法。

4 总则

4.1 目的与任务

(1) 建立平原或盆地规模的区域地下水流数值模拟模型，进行地下水均衡分析，评价地下水开采资源，开展中、长期地下水数值预测；

(2) 在设立数值模拟工作专项任务的地区，开展开采区地面沉降和开采层上部咸水下移问题的数值模拟工作。

4.2 原则要求

(1) 数值模拟方法主要运用有限差分法、有限单元法等；

(2) 数学模型要在完成计算区概化的基础上，根据含水层达西定律、压缩释水理论、水均衡和水流连续性原理建立。数学模型表达要确切完整，如微分方程、定解条件、多含水层模型的连接条件、甚至变量的值域都应一一表示清楚；

(3) 模拟软件主要应用 Visual MODFLOW、GMS、FEFLOW 等国际流行的软件。在满足计算要求的地区，应优先考虑使用这些商业软件；对于水文地质条件复杂、商业软件不能满足计算需要的地区，应编制专用计算软件进行数值模拟计算。

5 建模步骤

5.1 确定模拟范围，收集有关资料

5.2 建立地下水系统的概念模型

在仔细分析水文地质条件的基础上，通过合理概化来描述地下水系统。

5.3 建立地下水系统的数学模型

在地下水系统概化基础上，用一组数学关系式来刻画系统的数量关系和空间形式，把概念模型转变为数学模型。

5.4 建立数值模拟模型

5.5 模型的识别和调参

通过模型的识别和调参，使建立的模型能再现实际水位、流量的动态。

5.6 预报

用已建好的模型预报不同条件下地下水系统的状态和行为。

6 资料准备

6.1 所需资料及获取途径

(1) 应在查明或基本查明评价区水文地质条件的基础上，掌握主要含水层的空间分布、岩性结构特征、含水层（隔水层）的顶、底板标高（厚度）、地下水类型、导水性、储水性、边界条件、与相邻含水层的水力联系、地下水现状开采量和地下水的补给、径流、排泄条件；

(2) 对计算评价区内地下水水位（水头）或水质的空间分布和动态变化应有足够的控

制资料，关键部位应有地下水动态观测孔。地下水动态观测孔的分布配置，应保证对各参数分区和主要补给、排泄边界的控制；

(3) 应掌握计算区内地下水开采量、降水量、泉水流量和其它源汇项的时、空分布和变化规律。地下水开采量应以实测资料为主，推测资料的依据必须予以论证。对计算区内的河流应掌握历年地表水水文资料，并对其进行必要的分析；

(4) 水文地质条件变化较大的区段的各种水文地质参数和数据获取，应安排一定数量的单井非稳定流抽水试验、孔组非稳定流抽水试验、河渠渗漏试验、井灌回归试验、示踪试验等水文地质试验获取渗透系数、导水系数、给水度、弹性释水系数、蒸发系数、弱渗透层的越流系数、地表水体和含水层的水量交换参数、降水入渗系数等水文地质参数；

(5) 水文地质、环境地质、开发利用资料主要应通过调查的方法获取；

(6) 社会经济、自然地理、水文气象、水利工程、基础地质资料主要应通过搜集的方法获取。

6.2 资料数值化

6.2.1 数值化图系

6.2.1.1 分区（分布）图

- (1) 行政、地理、地质、水文地质、地下水水质、作物种植图；
- (2) 降水入渗和潜水蒸发条件图；
- (3) 地表水系、水体、渠系分布及入渗条件图；
- (4) 地下水、地表水灌区分布及灌溉回归或入渗条件图系；
- (5) 分层、分类地下水开采分区图；
- (6) 含水层渗透系数、给水度、导水系数、弹性释水系数分区图；
- (7) 弱透水层粘性土压密释水系数、垂向渗透系数、弹性释水系数分区图；
- (8) 地下水水位统测及长观点分布图；
- (9) 计算区边界条件图。

6.2.1.2 等高线图

- (1) 地面高程等值线图；
- (2) 各含水层及弱透水层厚度等值线图；
- (3) 识别期、检验期地下水初始及末水位（水头）等值线图（分层）；
- (4) 预测期地下水初始水位（水头）等值线图（分层）；
- (5) 识别期、检验期地面沉降量等值线图。

6.2.2 数值化动态资料

包含地下水水位动态、地表水水位动态以及降水量、蒸发量、渠系引水量、河道漏失量、泉水流量、边界流量、地面沉降量、地下水和地表水的灌溉量、人工回灌量动态、分层地下水开采量等。开采量动态按工业用水、农业灌溉用水、城镇生活用水、农村人畜用水、其它行业用水五类分项、分层处理。

7 概念模型

计算区的水文地质条件必须经过系统概括和合理简化。概化应贴近实际,可靠程度应符合计算要求。具体要求参照《水文地质概念模型概化导则》GW I-D 8 执行。

8 数学模型

8.1 变量和参数的定义

8.1.1 模型变量

h_1 潜水或浅层地下水水位(m);

h_2 承压水或深层地下水水头(m);

h' 弱透水层水水头(m)。

8.1.2 模型参数

k_{xx} , k_{yy} 为潜水层或浅层含水层水平渗透系数(m/d);

T_{xx} , T_{yy} 为承压水层或深层含水层导水系数(m²/d);

k'_z 弱透水层垂向渗透系数(m/d);

μ 潜水层或浅层含水层重力给水度(无量纲);

S , S' 分别为承压水层或深层含水层弹性给水度和弱透水层弹性释水系数(无量纲);

h_p 弱透水层粘性土有效压力(m); (单位是m ?)

S_p 压密释水系数, 为弱透水层粘性土水容重 r_w 与粘性土垂向压缩系数 m_v 乘积(无量纲);

dh_p 单位时间粘性土有效压力变化率 (m);

r_w 水容重 (g/m²); (单位是 g/m² ?)

m_v 粘性土垂向压缩系数 (cm²/kg)。 (单位是 cm²/kg ?)

8.2 数学模型的建立

8.2.1 考虑弱透水层释水的多层模型

一个规模开采的、不产生地面沉降、咸水下移环境问题的典型地区的多含水层数学模型描述为:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_{xx} m \frac{\partial h_1}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_{yy} m \frac{\partial h_1}{\partial y} \right) + k'_z \frac{\partial h'}{\partial z} \Big|_{(z=0)} + W_1(x, y, t) = \frac{\partial(\mu h_1)}{\partial t} (x, y \in \Omega_1; t > t_0) \dots 8-1$$

$$h_1|_{(x, y, t) = h_1^0}|_{(x, y)} \quad (x, y \in \Omega_1; t = 0) \dots 8-2$$

$$k_n(h_1 - d_1) \frac{\partial h}{\partial n} \Big|_{(x, y, t)} = -q_{ln}(x, y, t) \quad (x, y \in \Gamma_1; t > t_0) \dots 8-3$$

$$k'_z \frac{\partial^2 h'}{\partial z^2} \Big|_{(x,y)} = S' \frac{\partial h'}{\partial t} + \frac{\partial [S_p(h_p - h')]}{\partial t} \quad (x, y \in \Omega_1 \text{ and } \Omega_2; 0 < z < m'; t > t_0) \quad \dots 8-4$$

$$h' \Big|_{(x,y,t)=h'^0} \Big|_{(x,y)} \quad (x, y \in \Omega_1 \text{ and } \Omega_2; 0 < z < m'; t = 0) \dots 8-5$$

$$h_1 \Big|_{(x,y,t)=h' \Big|_{(x,y,t)}} \quad (x, y \in \Omega_1 \text{ and } \Omega_2; z = 0; t > t_0) \dots 8-6$$

$$h_2 \Big|_{(x,y,t)=h' \Big|_{(x,y,t)}} \quad (x, y \in \Omega_1 \text{ and } \Omega_2; z = m; t > t_0) \dots 8-7$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(T_{xx} \frac{\partial h_2}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_{yy} \frac{\partial h_2}{\partial y} \right) + k'_z \frac{\partial h'}{\partial z} \Big|_{(z=m')} + W_2(x, y, t) = S \frac{\partial h_2}{\partial t} \quad (x, y \in \Omega_2; t > t_0) \dots 8-8$$

$$h_2 \Big|_{(x,y,t)=h_2^0} \Big|_{(x,y)} \quad (x, y \in \Omega_2; t = 0) \dots 8-9$$

$$T_n \frac{\partial h}{\partial n} \Big|_{(x,y,t)} = -q_{2n}(x, y, t) \quad (x, y \in \Gamma_2; t > t_0) \dots 8-10$$

式中：

h_1^0 ——浅层地下水初始水位(m)；

h_2^0 ——深层地下水初始水头(m)；

h'^0 ——弱透水层水初始水头(m)；

q_{1n} ——浅层地下水二类边界流量(m^2/d)；

q_{2n} ——深层地下水二类边界流量(m^2/d)；

W_1 ——浅层地下水开采、垂向补给及排泄强度(m/d)；

W_2 ——深层地下水开采强度(m/d)；

t_0 ——初始时刻；

m' ——弱透水层厚度(m)；

Ω_1, Ω_2 ——分别为浅层、深层地下水分布区；

Γ_1, Γ_2 ——分别为浅层、深层地下水第二类边界；

z ——位置判据，当 $z = 0$ 时，为弱透水层顶板；当 $z = m'$ 时，为弱透水层的底板。

式 8-1 为描述浅层地下水运动的潜水平面非稳定流偏微分方程。式 8-2、式 8-3 为式 8-1 的定解条件，其中，式 8-2 为其初始条件，式 8-3 为其边界条件。

式 8-4 为描述弱透水层水运动的承压垂向非稳定流偏微分方程。式 8-5、式 8-6、式 8-7 为式 8-4 的定解条件，其中，式 8-5 为其初始条件，式 8-6 为其上边界条件，式 8-7 为其下边界条件。

式 8-8 为描述深层地下水运动的承压平面非稳定流偏微分方程。式 8-9、式 8-10 为式 8-8 的定解条件，其中，式 8-9 为其初始条件，式 8-10 为其边界条件。

式 8-6、式 8-7 同时也是式 8-1、式 8-4、式 8-8 的连接条件。通过其对浅层地下水、弱透水层水、深层地下水水流运动微分方程进行耦合。

该模型在解均质、各向同性、底板水平、含水层等厚的井流的边值问题时，可与威瑟斯

庞 WitherSpoon 三类模型比较。由于含有弱透水层地下水运动的非稳定流方程，可确定区域水位单调降低时的垂向水流和粘性土释水速度，模拟越流量和土体变形量。

适用于深层地下水及浅层地下水开发程度较高的地区。

8.2.2 一维水流沉降模型

由式 8-4、式 8-5、式 8-6 和式 8-7 可组成描述弱透水层地下水运动的一维非稳定越流模型。

该模型在解均质、各向同性、底板水平、含水层等厚、边界水位单调下降的边值问题时，其解可与太沙基(Terzaghi)一维地面沉降模型的解等同。

8.2.3 潜水模型

不考虑式 8-1 中的连接项，由式 8-1、式 8-2 和式 8-3，可组成描述浅层地下水运动的潜水平面非稳定流模型。

该模型适用于地下水开发程度较低地区的浅层地下水评价。

8.2.4 考虑越流的潜水模型

式 8-1 中的连接项为 $k'(h_2 - h_1)/m'$ 时，由式 8-1、式 8-2 和式 8-3，组成描述浅层地下水运动的潜水非稳定流越流模型(2.5-d)。

该模型在解均质、各向同性、底板水平、含水层等厚的井流的边值问题时，可与威瑟斯庞(WitherSpoon)一类模型比较。

该模型适用于浅层地下水开发程度较高的地区。

8.2.5 考虑弱透水层释水的潜水模型

考虑式 8-1 中的连接项，由式 8-1、式 8-2、式 8-3、式 8-4、式 8-5、式 8-6 和式 8-7，组成描述浅层地下水运动的潜水准三维非稳定流越流模型。

该模型在解均质、各向同性、底板水平、含水层等厚的井流的边值问题时，可与威瑟斯庞(WitherSpoon)二类模型比较。

该模型适用于浅层地下水开发程度较高的地区。

8.2.6 承压水模型

不考虑式 8-8 中的连接项，由式 8-8、式 8-9 和式 8-10，组成描述深层地下水运动的承压水平面非稳定流模型。

该模型适用于大时间尺度岩溶地下水系统的评价工作（用重力给水度描述贮存项）。

8.2.7 考虑越流的承压水模型

式 8-8 中的连接项为 $k'(h_1 - h_2)/m'$ 时，由式 8-8、式 8-9 和式 8-10，组成描述深层地下水运动的承压水非稳定流越流模型（2.5-d）。

该模型在解均质、各向同性、底板水平、含水层等厚的井流的边值问题时，可与威瑟斯庞(WitherSpoon)一类模型比较。

该模型适于地下水开发程度较低地区评价深层地下水时使用。

8.2.8 考虑弱透水层释水的承压水模型

考虑式 8-8 中的连接项，由式 8-4、式 8-5、式 8-6、式 8-7、式 8-8、式 8-9 和式 8-10，组成描述深层地下水运动的承压水准三维非稳定流越流模型。

该模型在解均质、各向同性、底板水平、含水层等厚的井流的边值问题时，可与威瑟斯庞（WitherSpoon）二类模型比较。

该模型适于深层地下水开发程度较高的地区评价深层地下水及其环境问题时使用。

8.2.9 不考虑弱透水层释水的双层模型

式 8-1 中的连接项为 $k'(h_2 - h_1)/m'$ 时，式 8-8 中的连接项为 $k'(h_1 - h_2)/m'$ 时，由式 8-1、式 8-2、式 8-3、式 8-8、式 8-9 和式 8-10，组成描述深层和浅层地下水运动非稳定流越流模型（2.5-d）。

该模型无严格的解析解。

该模型适用于地下水开发程度较低的地区使用。

8.2.10 三维模型

三维模型有研究溶质运移的稳定流模型，以及饱和-非饱和系统理论模型两种。前者适于地下水溶质运移计算、理想流网绘制和溢出面分析，后者仍处于立论研究阶段。

三维变量、流场和过程与水文地质学描述存在着明显不同，三维流研究目的与区域地下水开发、利用、规划、管理的要求也不相一致，三维参数仍不易通过试验获取。

9 模型求解

9.1 求解方法

建立数值模拟模型，利用有限差分法或有限单元法进行地下水流动或溶质运移正反演计算。

9.2 模拟软件

9.2.1 Visual MODFLOW

是由加拿大 Waterloo 水文地质公司在 MODFLOW 的基础上开发研制的。Visual MODFLOW（1996）曾是国际上最为流行的三维地下水流和溶质运移模拟评价的标准可视化专业软件系统。该系统在无缝集成 MODFLOW-96、WinPEST、MT3D99、MODPATH、MT3D 等软件的基础上，建立了合理的 Windows 菜单界面与可视化功能，增强了模型数值的可操作性。界面设计包括三大彼此联系但又相对独立的模块，即前处理模块、计算模块和后处理模块。

9.2.2 GMS

是由 Brigham Young 大学环境模拟研究实验室（Environmental Modeling Research

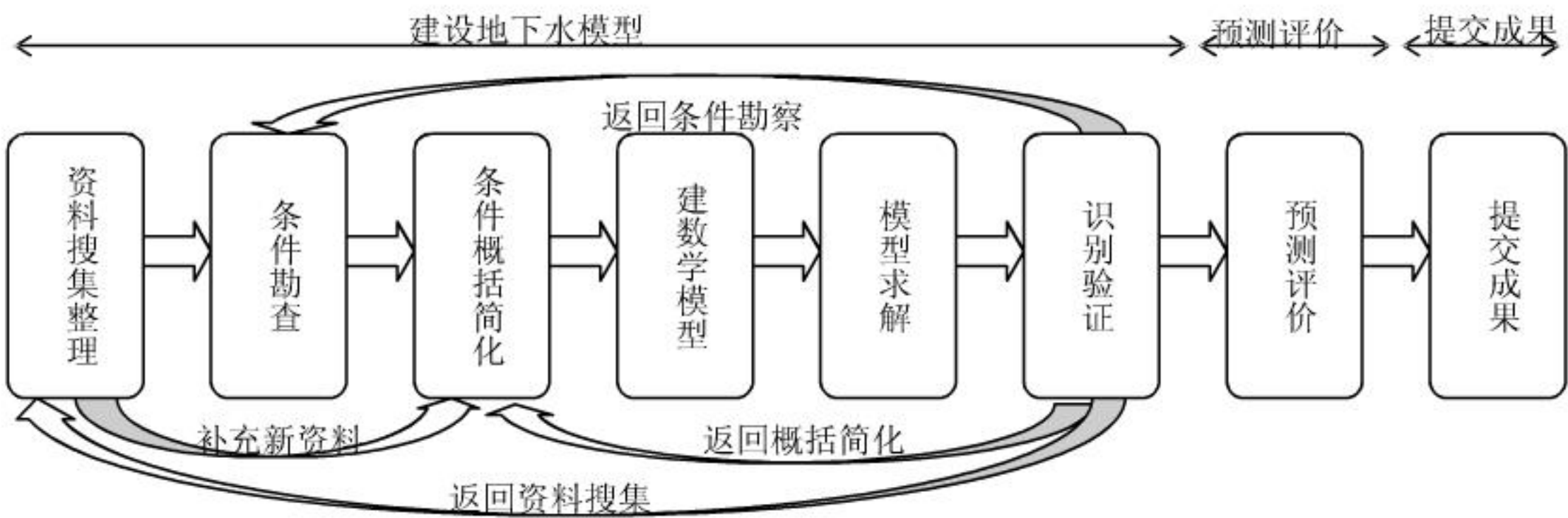
Laboratory) 开发的基于概念模型的地下水环境模拟软件。GMS 全面包容了模拟地下水流每一个阶段所需的工具, 如边界概化、建模、后处理、调参、可视化。GMS 是惟一支持 TINs、Solids、钻孔数据、2D 或者 3D 地质统计学的系统, 它也包括 2D 和 3D 的有限单元和有限差分模型。

9.2.3FEFLOW

FEFLOW 是 20 世纪 70 年代末由德国 WASY 公司开发的, 该软件包具有图形人机对话、地理信息系统数据接口、自动产生空间各种有限单元网、空间参数区域化及快速精确的数值算法和先进的图形视觉化技术等特点。在 FEFLOW 系统中, 用户可以很方便迅速地产生空间有限单元网格, 设置模型参数和定义边界条件, 运行数值模拟以及实时图形显示结果与成图。

10 模型识别与检验

10.1 识别与检验过程



模型识别与检验是数值模拟工作及模型建设过程最为关键的一个环节。要在模型识别与检验过程中, 重新认识水文地质概念模型、分析水文地质条件、进一步提升对水文地质模型的认识, 指导水文地质实践和条件的再勘察。模型识别与检验的优和劣, 同样取决于建模过程中水文地质分析、模型概化、条件勘察等各个环节质量的优劣与否, 不应将识别与检验工作仅仅视为是一个调参数的“数字”过程。

10.2 识别与检验依据

- (1) 模拟的地下水流场要与实际地下水流场基本一致;
- (2) 模拟地下水的动态过程要与实测的动态过程基本相似;
- (3) 从均衡的角度出发, 模拟的地下水均衡变化与实际要素基本相符;
- (4) 识别的水文地质参数要符合实际水文地质条件。

10.3 识别与检验方法

10.3.1 拟合—校正法

(1) 利用多孔或群孔抽水试验资料或地下水动态长期观测资料反求水文地质参数，即解逆问题，有直接解法和间接解法两类。鉴于目前逆问题的直接解法在数值计算中稳定性差，一般可采用间接解法通过拟合—校正方法反求水文地质参数，识别和检验数值模型；

(2) 识别和检验是建立数值模型的两个阶段，必须使用相互独立的不同时间段的资料分别完成。采用识别阶段的资料反求水文地质参数，识别模型；采用检验阶段的资料，检验模型。要求以上一轮地下水评价为基础，用上一轮的资料完成模型识别，识别期为 1991—2000 年；以本轮搜集整理的新资料检验模型，检验期为 2001—2003 年。

10.3.2 拟合

(1) 水文地质参数可根据含水层特征分区给出初始估计值，在模型的识别过程中，可对分区进行调整，但应与其水文地质特征相符；

(2) 在模型识别中，原则上不同水文地质参数分区中和第一类边界上均应有控制观测井的实测地下水水位（水头）、水质资料，作为拟合的依据；

(3) 一般情况下，原则上观测井地下水水位的实际观测值与模拟计算值的拟合误差应小于拟合计算期间内水位变化值的 10%。水位变化值较小（ $<5\text{ m}$ ）的情况下，水位拟合误差一般应小于 0.5m；

(4) 要求地下水位计算曲线与实际观测值曲线的年际、年内变化趋势一致，以水位拟合均方差小于允许误差作为解收敛的判断标准。地下水模拟流场应与实测流场形态一致，地下水流向应相同。

11 资源评价

根据经过识别和检验的模型进行地下水均衡计算，以拟合期为地下水均衡计算的均衡期，以水文地质系统为均衡域，计算区内的各项地下水补给量、排泄量以及储存量的变化量，评价计算区地下水开采资源量。数值法地下水均衡计算结果，要与常规水均衡方法的计算结果进行对比、相互验证。

12 模型预报

12.1 提出的计算区地下水开发的环境约束条件要充分可行，要以不破坏、或不继续破坏、或能够恢复或修复计算区良好生态环境与地下水良性循环为前提。

12.2 大气降水和河川径流的预测要尽量接近实际，不易进行短期预测，要掌握丰、平、枯的周期性。要进行多种方案的对比，使用水文分析方法，形成未来各个年份的大气降水和河川径流的丰、平、枯系列，用作各预测方案的水文气象条件。必要时，用水文气象事件历史重现的方法作对比，选择历史时期出现的大气降水和河川径流的丰、平、枯系列，直接作为各预测方案的水文气象条件。

12.3 根据国民经济发展规划预测不同行业需水量，作为预报模型的开采条件。需水量应

按工业用水、农业灌溉用水、城镇生活用水、农村人畜用水及其它行业用水五类进行预测。地下水预报的外部条件，包括预报期间边界条件、垂向交换的水量等，应根据预测分时段给出。必要时，可建立相应的统计模型或计算区外围的区域大模型计算得出。

12.4 中、长期预测的截止时间：中期为 2010 年，长期为 2030 年。

12.5 进行计算区不同开采、不同约束、不同水文气象条件下的地下水流场中、长期预报，预测计算区 2010 年、2030 年地下水流场。

12.6 在开展数值模拟专项项目的地区，要进行地面沉降量和咸水下移量中、长期数值预报。预测不同开采、不同约束、不同水文气象条件下的 2010 年、2030 年地面沉降量和咸水下移量。

13 成果提交

13.1 文字报告

文字部分应包括对概念模型的说明、模型源汇项量化和处理方法的说明、初始条件和边界条件确定的说明、模型识别与检验结果的说明、地下水均衡计算成果、预报方案制订的依据和预报结果的论述以及对地下水资源的评价。

13.2 图件

成果图件主要包括水文地质概念模型图、计算区单元剖分图、水文地质参数分区图、初始流场或浓度场图、拟合流场或浓度场图、观测井地下水位（水头）或溶质浓度拟合曲线图、地下水预报的开采或工程方案图、预报流场或浓度场图、地下水预报的水位（水头）曲线或浓度曲线图等。

13.3 软件

软件部分主要包括计算程序及其使用说明、原始数据、数值计算模拟过程和最终成果。提交形式可根据任务要求以各种介质为载体或者进行演示。

在开展数值模拟专项项目的地区，要求用地理信息系统进行计算成果的后处理。

附件：地下水流数值模拟水文地质参数参考值（河北平原为例）

（1）水平渗透系数取值表

水平渗透系数取值（单位：m/d）

岩性	粘土	亚粘	亚砂	粉砂	粉细砂	细砂	中细砂
渗透系数	0.83	1.30	2.50	5.00	8.10	10.7	20.0
岩性	中砂	中粗砂	粗砂	砂砾石	砾石	卵砾石	
渗透系数	52.6	123.50	187.10	343.80	773.20	975.20	

（2）给水度系列值统计表

给水度系列取值

岩性	冲洪积平原	冲湖积平原-滨海平原
砾石、卵石	0.23—0.26	
粗砂含砾石	0.20—0.23	
粗砂	0.18—0.21	0.10—0.06
中砂	0.15—0.18	0.075—0.12
细砂	0.13—0.17	0.06—0.08
粉砂	0.09—0.13	0.05—0.07
细粉砂	0.105—0.15	0.055—0.08
粉土	0.06—0.08	0.045—0.074
粉土与粉质粘土互层	0.045—0.07	0.035—0.06
粉土与粉质粘土互层	0.05—0.065	0.04—0.055
粉质粘土	0.03—0.06	0.035—0.05
粉质粘土与粘土互层	0.04—0.05	0.03—0.045
粘土	0.03—0.04	0.025—0.03

（3）承压水释水(贮水)系数统计表

承压水释水（贮水）系数

岩性	砾石、卵石	中粗砂	细砂、粉砂
μ_e 值	$5 \times 10^{-3}—1 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}—8 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}—2 \times 10^{-3}$

（4）灌溉回渗系数系列值表

灌溉回渗系数系列值

岩性	粘土	亚粘	亚砂	粉砂
渗透系数	<0.0003	0.0003-0.001	0.001-0.005	0.005-0.007

（5）降水入渗系数系列值统计表

降水入渗系数系列值

分区	包气带岩性	水位埋深（m）				
		<2	2-4	4-6	6-8	>8
	中砂、粗砂	0.28-0.30	0.35-0.45		0.30-0.35	

冲洪积平原区	细砂、粉砂	0.26-0.28	0.28-0.32		0.28-0.30	
	粉 土	0.14-0.23	0.23-0.33	0.33-0.38	0.28-0.25	0.25-0.23
	粉质粘土	0.11-0.16	0.16-0.24	0.22-0.18	0.18-0.16	0.16-0.14
	粘 土	0.9-0.13	0.14-0.14	0.16-0.12	0.14-0.10	0.12-0.10
冲湖积平原及滨海平原	细砂、粉砂	0.25-0.36	0.36-0.40	0.40-0.28	0.28-0.24	0.24-0.22
	粉 土	0.14-0.24	0.20-0.28	0.29-0.22	0.26-0.20	0.18-0.16
	粉质粘土	0.12-0.19	0.15-0.26	0.26-0.18	0.18-0.14	0.14-0.12
	粘 土	0.11-0.13	0.13-0.15	0.15-0.13	0.13-0.12	0.12-0.11

(6) 灌溉回渗系数系列值表

灌溉回渗系数(β_g)系列值

分区	岩性	β_g 类别	灌水定额 (m^3 /亩次)	不同地下水位埋深(m) β_g					
				1—2	2—3	3—4	4—6	6—8	>8
冲洪积平原	粉质粘土、粘土	$\beta_{g井}$	40-50	0.22-0.23	0.20	0.15-0.18	0.13-0.16	0.10-0.13	0.10-0.11
	粉质粘土、粘土	$\beta_{g渠}$	50-70	0.25-0.26	0.23-0.25	0.20-0.21	0.17-0.19	0.14-0.15	0.10-0.13
	粉土、粉细砂	$\beta_{g井}$	40-50	0.27	0.20-0.25	0.15-0.22	0.13-0.19	0.10-0.19	0.10-0.13
	粉土、粉细砂	$\beta_{g渠}$	50-70	0.26-0.30	0.25-0.27	0.20-0.25	0.17-0.22	0.15-0.18	0.10-0.16
冲洪积平原 — 滨海平原	粘土	$\beta_{g井}$	40-50	0.17	0.11	0.08	0.07	0.07	0.07
	粉质粘土	$\beta_{g井}$	40-50	0.18-0.22	0.16-0.18	0.13-0.16	0.11-0.13	0.10	0.08-0.10
	粉质粘土	$\beta_{g渠}$	50-70	0.19-0.22	0.17-0.20	0.16-0.18	0.13-0.15	0.12	0.10
	粉土	$\beta_{g渠}$	40-50	0.20-0.27	0.19-0.22	0.17-0.18	0.14-0.15	0.11-0.13	0.10-0.11
	粉土	$\beta_{g渠}$	50-70	0.22-0.27	0.20-0.25	0.18-0.23	0.15-0.20	0.17	0.13
	粉质粘土与粉土互层	$\beta_{g井}$	40-50	0.19	0.18	0.16	0.13		
	粉质粘土与粉土互层	$\beta_{g渠}$	50-70	0.20	0.19	0.17	0.14		
	粉质粘土与粉土互层	$\beta_{g井}$	80		0.23	0.23			

(7) 潜水蒸发系数表

潜水蒸发系数

分区	水位埋深 岩性	1-2m	2-3m	3-4m	4-5m	5-6m
平原 冲洪积	砂	0.47-0.05	0.05-0.02	<0.02		
	粉土	0.25-0.05	0.05-0.03	<0.03		
	粉质粘土	0.20-0.04	0.04-0.02	<0.03		
冲湖积平原	粉细砂	0.275-0.125	0.125-0.071	0.071-0.035	0.035-0.01	<0.01
	粉土	0.25-0.131	0.131-0.077	0.077-0.038	0.038-0.01	<0.01
	粘性土	0.10-0.065	0.065-0.04	0.04-0.026	0.026-0.015	<0.015
	高位粘土	0.078-0.062	0.062-0.041	0.041-0.024	0.024-0.011	<0.011