

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 10—2023

代替 MT/T 761—1997

煤矿(区)地下水管理模型技术要求

Technical specifications for groundwater management model of coal mine area

2023-10-26 发布

2024-01-31 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 1

5 资料收集和调查 1

6 地下水数值模拟模型的建立 2

7 地下水管理模型的建立 4

8 成果报告编制 5

附录 A(规范性) 煤矿(区)地下水管理模型成果报告编写 6

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 MT/T 761—1997《煤矿地下水管理模型技术要求》，与 MT/T 761—1997 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将章标题“总则”修改为“一般要求”，并增加了相关要求内容条款（见 4,1997 年版的 3）；
- b) 将章标题“资料收集”修改为“资料收集和调查”，并增加了相关需要收集的基础资料内容条款（见 5.1,1997 年版的 4）；
- c) 增加了章节标题“地下水数值模拟模型的建立”，并增加了“水文地质概念模型”内容（见 6.1）；
- d) 增加了“数学模型及模拟方法”（见 6.2）；
- e) 增加了“多目标规划问题的标准形式”（见 7.1.3）；
- f) 删除了“资料收集基本原则”（见 1997 年版的 4）；
- g) 删除了“地下水管理中需要查明的水文地质条件”（见 1997 年版的 4.2）；
- h) 将节标题“地下水管理优化方案的评价”修改为“最优方案选择”，调整了内容（见 7.3,1997 年版的 5.5）
- i) 删除了“监测工作”章节（见 1997 年版的 6）；
- j) 调整“成果报告的编制”章节，为附录 A（见附录 A,1997 年版的 7）；

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院（集团）有限公司、中国矿业大学（北京）、晋能控股煤业集团有限公司。

本文件主要起草人：姬亚东、董书宁、穆鹏飞、王德璋、张清虎、曾一凡。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1997 年首次发布为 MT/T 761—1997；

——本次为第一次修订。

煤矿(区)地下水管理模型技术要求

1 范围

本文件规定了煤矿(区)地下水管理模型技术中一般要求、资料收集和调查、地下水数值模拟模型的建立、地下水管理模型的建立、监测工作和成果报告编制的基本要求。

本文件适用于煤矿(区)地下水管理模型建立、地下水资源管理等技术工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 14497 地下水资源管理模型工作要求

GW1—D1 地下水流数值模拟技术要求

DZ/T 0201 地下水资源数值法计算技术要求

MT/T 633 地下水动态长期观测技术规范

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 一般要求

4.1 应做到边收集资料,边整理分析,边综合研究,满足建模过程对资料的需求,必要时可适当补充勘探。

4.2 应综合分析煤矿(区)社会经济及发展规划、地下水开发利用及供需状况、生态环境现状及问题等,在地下水数值模拟模型建立的基础上,选择地下水资源管理目标和约束条件来建立地下水管理模型。

4.3 建立地下水数值模拟模型时,水文地质条件的概化应符合实际的水文地质条件。

4.4 模拟区宜以完整的水文地质单元作为计算区,宜以水流系统边界(单元边界作为)为计算边界。如计算区仅为水文地质单元一部分,应注意处理好水文地质单元内水资源的分配以及计算区边界上的水量和溶质交换问题。

4.5 应采用系统工程方法寻求地下水开发利用的优化方案,综合评价后给出最优推荐方案。

4.6 应通过监测工作及时掌握新情况(水文动态变化情况),不断更新和完善煤矿(区)地下水管理模型。

5 资料收集和调查

5.1 收集下列基础资料:

a) 矿井勘探、建井及生产地质报告;

- b) 矿井水文地质勘探报告；
 - c) 区域、矿井地形地质图和综合水文地质图；
 - d) 矿井水文地质剖面图；
 - e) 矿井水文地质综合柱状图；
 - f) 矿井充水性图；
 - g) 矿井涌水量与各种相关因素动态曲线图；
 - h) 矿井含水层等水位(压)线图和富水性分区图；
 - i) 煤层厚度、含隔水层顶底板等高线图；
 - j) 矿井采掘工程平面图；
 - k) 防治水基础台账；
 - l) 矿井采掘接续规划资料；
 - m) 气象与降雨量资料、大气降水入渗资料。
- 5.2 水资源开发利用状况调查：
- a) 煤矿(区)人口数量、工农业生产现状及其发展规划；
 - b) 水资源开发利用现状及规划,包括供水水源类型、总量、现用水量,未来需水量及其供水规划；
 - c) 水资源管理现状及存在问题；
 - d) 煤矿(区)疏、排水网(孔)的运转状况,矿井疏、排水量及其动态变化和利用情况。
- 5.3 煤矿开采对水资源与生态环境影响调查：
- a) 疏、排水所形成的地下水降落漏斗的扩展范围及其发展趋势；
 - b) 疏、排水对水井水位、泉水流量、地表河流以及地表水体等方面的影响；
 - c) 煤矿开采引发的地面沉降、地面塌陷(或地裂缝)等情况；
 - d) 煤矿开采可能导致的地表生态水位变化及其他生态环境问题调查。
- 5.4 地下水水质及其污染调查：
- a) 矿井污水的处理、利用与排放情况；
 - b) 地下水中主要含水层水化学类型及各化学组分的背景值；
 - c) 地下水污染源的组成、污染途径、排放方式以及可能的污染范围和程度；
 - d) 地下水污染防治的具体措施、实施情况和效果。
- 5.5 地下水开采经济指标的调查：
- a) 疏、排水量的单位能耗(1 m^3 地下水所消耗的能量)和总的能耗量；
 - b) 地下水、地表水及其他再生水源的单位成本和水价；
 - c) 矿井污水处理费用。

6 地下水数值模拟模型的建立

6.1 水文地质概念模型

- 6.1.1 模拟区边界可根据煤矿(区)实际情况选定在河流、分水岭、断层、隔水边界、补给边界或排泄边界等位置,按实际条件概化为第一类、第二类或第三类边界条件。垂向边界条件可概化为有水量交换的边界条件和无水量交换的边界条件。
- 6.1.2 含水层系统结构应根据含水层的类型、岩性、厚度、渗透系数(导水系数)、给水度(弹性给水度)等概化为均质、非均质、各向同性或各向异性的含水层,并进行水文地质参数分区。
- 6.1.3 地下水流运动状态应根据实际情况概化为稳定流或非稳定流,一维流、二维平面流或剖面流、三维流等。

6.1.4 源汇项应根据煤矿(区)水源井开采的特点,将其概化为单井或群井;降雨、蒸发、各类地表水的入渗补给以及上下含水层的顶托或下渗补给等应根据分布特征,将其概化为单元入渗补给强度或单元蒸发强度。

6.1.5 根据地下水流速大小将水中污染质的运移机制概化为分子扩散、对流弥散。

6.1.6 根据含水层内部结构特征、水动力弥散实验结果以及污染质运移途径调查等,判定水头和浓度在含水层内部三维方向上的变化情况,将地下水中污染质运移状态概化为一维流、二维流或三维流。

6.1.7 根据地下水中污染质的现状及其危害程度,选择合适的污染指标作为水质运移模型的特征因子。

6.1.8 采用相应软件构建水文地质模型。

6.2 数学模型及模拟方法

6.2.1 数学模型应包括描述地下水运动条件的偏微分方程和定解条件(边界条件与初始条件)。

6.2.2 数值模拟方法可根据实际条件选用有限单元法、有限差分法、边界元法等;数值模拟计算应优先考虑使用地下水数值模拟专业软件等。

6.3 模型的识别与检验

6.3.1 模型必须经过识别和检验后才可用于地下水管理模型的建立。

6.3.2 通过模型识别逐步修正水文地质参数分区和边界条件,使模型识别期计算数据与实际观测数据达到最好的拟合,识别时须有水位和流量数据,避免模型参数多解。

6.3.3 模型检验应通过对已识别模型的运转,比较模型计算数据与实际观测数据的拟合效果,看模型是否正确地描述了地下水系统的动态特征。

6.3.4 对于降深小的地区,要求水位拟合绝对误差小于 0.5 m 的节点必须占已知水位节点的 70% 以上;对于降深大的地区(大于 5 m)要求水位拟合相对误差小于 10% 的节点必须占已知水位节点的 70% 以上。

6.3.5 水质浓度的拟合精度应视进入模型的模拟因子的误差分析精度而定。一般情况下,拟合的绝对误差值应控制在分析误差精度以内,满足水质浓度误差精度要求的节点应占已知水质浓度节点的 50% 以上。

6.3.6 数值法地下水均衡的计算结果,应与常规水均衡方法的计算结果进行对比、相互验证。

6.4 建模要求

6.4.1 已知地下水位、水质控制点的分布应满足对各参数分区、主要边界、面状入渗区以及污染区等煤矿(区)不同水文地质条件地段的控制要求。

6.4.2 一般要求应有一个水文年以上的地下水动态观测系列资料用于模型的识别和验证,此外,根据建模的具体情况,也可对资料的观测提出专门要求。

6.4.3 煤矿(区)地下水集中开采量和疏排量的观测,宜与地下水水位、水质的观测同步进行。

6.4.4 地下水含水层系统的侧向或垂向边界存在较强的水量交换时,应尽可能开展水均衡论证或试验工作,求得水量的交换参数。

6.4.5 渗透系数、水动力弥散系数等参数可根据野外或室内试验实际测定,并选取代表性参数赋值。

6.4.6 数值模型在进行网格剖分时,应根据不同地段地下水水力梯度、水质浓度梯度以及精度要求等确定其网格剖分密度,特别是对于地下水溶质运移模型,网格剖分不宜过于稀疏。

7 地下水管理模型的建立

7.1 优化方法

7.1.1 地下水管理模型是将地下水数值模拟模型与最优化方法结合而形成的。最优化方法包括有线性规划、非线性规划、动态规划以及多目标规划等。线性规划和多目标规划是管理模型常用的优化方法。

7.1.2 线性规划问题的标准形式,线性规划法要求目标函数为线性函数,约束条件可用一组线性等式或线性不等式来表达,见公式(1)。

$$\text{目标函数} \quad \text{Max} \quad Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{满足于} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (i=1,2,\dots,m) \\ x_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n) \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Z ——目标函数值;

c_j ——价值系数($j=1,2,\dots,n$);

x_j ——决策变量($j=1,2,\dots,n$);

a_{ij} ——约束方程式系数($i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$);

b_i ——约束方程式右端项, $b_i \geq 0$ ($i=1,2,\dots,m$)。

若目标函数为求最小值问题,即

$$\text{Min} Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \dots\dots\dots (3)$$

可令 $Z' = -Z$, 将其化为如下标准形式, 见公式(4):

$$\text{Max} Z' = - \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \dots\dots\dots (4)$$

对于约束条件为不等式的情况,可在其左端加上或减去一个非负的松弛变量,把它变为等式约束条件的标准形式。

7.1.3 多目标规划问题的标准形式,见公式(5)和公式(6)。

$$\text{目标函数} \quad \text{opt}[f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)] \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{满足于} \quad \left\{ \begin{array}{l} g(x) = (\leq, \geq) 0 \\ X \geq 0 \end{array} \right. \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$ ——目标,可以求最大,也可以求最小;

$G(x)$ ——约束函数;

x ——决策变量;

X ——决策变量集。

7.1.4 地下水管理中的线性规划问题可采用单纯形法求解,多目标规划问题可采用将多目标化为单目标法、分层求解法、混合优选法和目标规划法等求解。

7.2 管理模型

7.2.1 地下水管理模型由目标函数和约束条件两部分组成。目标函数用来表示地下水管理的目标,可以是单目标,也可以是多目标;约束条件用来表示在实现管理目标的过程中,所受到社会、经济、环境和

技术条件的限制。

7.2.2 地下管理模型主要包括地下水水量管理模型和地下水水质管理模型。

7.2.3 地下水水量管理模型所要达到的目标一般有最佳水位降,最优开采量、最优疏排水量等,应根据煤矿(区)的具体管理目标而定:

- a) 当管理目标为满足煤矿(区)供水要求的前提下,控制地下水位进一步下降时,目标函数可以求各节点水位总降深的最小值。此时,公式(4)中的 Z' 表示节点水位的总降深值(L), x_j 为某时段第 j 节点水位降深值(L)。
- b) 当管理目标为满足煤矿(区)地下水位达到最佳状态的前提下,控制地下水开采量或矿井疏排水量时,模型的目标函数可以求煤矿(区)总开采量或疏排水量的最大值。此时,公式(1)中的 Z 表示煤矿的总开采量或疏排水量, x_j 为某时段第 j 节点的开采量。

7.2.4 上述各目标函数要求的约束条件可以归纳为:

- a) 均衡约束:以地下水流状态方程作为水均衡约束的等式约束条件。
- b) 资源量约束:煤矿(区)需水量之和不得大于当地可能的供水指标等。
- c) 需求约束:地下水开采量要满足煤矿(区)生产和生活用水的要求。
- d) 环境约束:为防治某些生态环境问题,地下水位埋深必须控制在某一临界深度,即矿井的疏排水量必须控制在一定范围内。
- e) 非负值约束。

7.2.5 对地下水水质管理模型,当管理的主要目标是为了求得地下水污染质排放的控制量时,其目标函数应是寻求地下水系统所能容纳的污染质的最大值。此时,公式(1)中的 Z 为地下水系统所能容纳的污染质的最大值, x_j 为污水入渗量与某污染质的最佳排放浓度之积。

7.2.6 地下水水质管理模型约束条件为地下水流状态方程、地下水溶质运移的对流—弥散方程、不导致地下水污染的各污染质排放浓度限制以及非负值约束等。

7.2.7 地下水流状态方程和地下水溶质运移的对流—弥散方程具有微分方程的形式,只有通过有限差分法或有限单元法将它们变成线性代数方程组,才能纳入地下水管理模型的约束条件中去。

7.2.8 地下水管理模型求得最优解后,还应进行模型灵敏度分析,在保持模型最优解不变的条件下,确定模型中各参数的最大允许变化范围,避免模型发散,无最优解。

7.2.9 地下水管理模型应随着煤矿(区)有关的社会、经济、自然条件等的不断变化进行定期修正,以保证模型的精确性和可靠性。

7.3 最优方案选择

7.3.1 通过地下水管理模型计算,可得出若干个不同管理期内、不同开采条件下的地下水开发优化方案。

7.3.2 对各优化方案应从技术可行性、经济合理性、生态环境平衡、近期开发利用和远期规划相结合等方面进行综合分析和评价,排出方案的优先序,并给出地下水合理开发利用的推荐方案。

8 成果报告编制

成果报告由文字报告、成果图件和主要附表构成,编制应符合附录 A 的规定。

附 录 A

(规范性)

煤矿(区)地下水管理模型成果报告编写

A.1 文字报告

- a) 前言;
- b) 自然地理和经济社会发展概况;
- c) 矿井生产及采掘概况;
- d) 地质和水文地质条件;
- e) 地下水开发利用现状及主要生态环境问题;
- f) 地下水资源供需平衡分析;
- g) 地下水流数值模拟(包括概念模型、数学模型的建立、求解方法、模型识别、检验等);
- h) 煤矿(区)地下水管理模型(包括目标函数选择、约束条件的确定、优化方法和成果);
- i) 优化方案的选择及其综合评价;
- j) 对策和建议。

A.2 成果图件

- a) 实际材料图;
- b) 水文地质平面图、剖面图和柱状图;
- c) 地下水系统模拟成果系列图;
- d) 地下水管理模型成果系列图;
- e) 地下水合理开发利用和保护规划图。

A.3 主要附表

- a) 社会经济发展(人口、工农业)状况统计表;
 - b) 水文地质试验成果统计表;
 - c) 地下水和地表水动态观测资料统计表;
 - d) 水资源开发利用现状统计表;
 - e) 需水量预测及水资源供需平衡分析表。
-