

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 5—2023
代替 MT/T 778—1998

数值法预测矿井涌水量技术规范

Technical specification for prediction of mine water quantity
with numerical method

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 准备工作 1

6 水文地质概念模型 2

7 水文地质数学模型 3

8 水文地质数值模型 3

9 模型参数识别 3

10 涌水量预测 4

11 成果提交 4

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 778—1998《数值法预测矿井涌水量技术规范》，与 MT/T 778—1998 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了规范性引用文件内容(见第2章)；
- b) 增加了“术语和定义”(见第3章)；
- c) 增加了数值法预测矿井涌水量一般要求(见第4章)；
- d) 补充了数值法计算工作前及计算过程中应掌握的资料(见第5章)；
- e) 细化了“概念模型”的建立过程(见第6章)；
- f) 将原“3.2 数学模型”更改为两个章，“7 水文地质数学模型”和“8 水文地质数值模型”(见第7章、第8章，1998年版的3.2)；“第7章中新增了“初始条件”(见7.4，1998年版的3.2)；
- g) “模型参数识别”中增加了“参数灵敏度分析”(见9.4)；
- h) “数值模型的识别与验证”中增加了“参数识别期拟合标准”；
- i) 明确了“涌水量预测”正常涌水量和最大涌水量计算输入参数(见10.2、10.3)；
- j) 删除了“证实方法”(原第12章)；
- k) 对文件的结构进行了编辑性的调整。

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、西安科技大学、陕西煤业化工集团有限责任公司。

本文件主要起草人：王皓、董书宁、刘基、姬亚东、王晓东、刘英锋、孙学阳、周振方、赵春虎、乔伟。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1998年首次发布为 MT/T 778—1998；

——本次为第一次修订。

数值法预测矿井涌水量技术规范

1 范围

本文件规定了数值法预测矿井涌水量的一般要求、准备工作、概念模型、数学模型、数值模型、模型参数识别、涌水量预测及成果提交的要求。

本文件适用于矿井勘探、建设和生产阶段矿井涌水量的数值法预测。

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 14497 地下水资源管理模型工作要求

3 术语和定义

3.1

源汇项 source and sink elements

单位时间流入(源)和流出(汇)模拟区水文地质体的水量。

3.2

参数灵敏度分析 parameter sensitivity analysis

地下水数值模型识别与验证之前,通过计算分析不同水文地质参数对观测井模拟水位变化影响程度,确定各参数敏感性排序。

4 一般要求

4.1 开展数值模拟工作之前,应收集矿井勘探、建设及生产阶段揭露的相关地质、水文地质及采掘规划等资料。

4.2 在资料满足建模要求的情况下,根据需要采用二维或三维地下水流模型预测矿井涌水量。

4.3 应根据实际情况,结合数值法方法与原理,选定合适的软件和算法。

5 准备工作

5.1 数值模拟计算工作前,应收集以下资料:

- a) 矿井所处水文地质单元的区域地质及水文地质资料;
- b) 矿井地质与水文地质资料;
- c) 其他资料,包括《煤矿防治水细则》第十五条中必要的台账与第十七条中必要的图件:
 - 1) 必要的台账资料包括:
 - 矿井涌水量观测成果台账;

- 气象资料台账；
- 地表水文观测成果台账；
- 钻孔水位、井泉动态观测成果及河流渗漏台账；
- 抽(放)水试验成果台账；
- 矿井突水点台账；
- 井田地质钻孔综合成果台账；
- 井下水文地质钻孔成果台账；
- 水源井(孔)资料台账；
- 封孔不良钻孔资料台账；
- 矿井和周边煤矿采空区相关资料台账。

2) 必要的图件资料包括：

- 矿井综合水文地质图；
- 矿井综合水文地质柱状图；
- 矿井水文地质剖面图；
- 矿井充水性图；
- 矿井涌水量与相关因素动态曲线图。

5.2 应分析模拟区水文地质条件,主要包括含(隔)水层分布、含水介质特征及地下水补给、径流、排泄条件等,符合 GB/T 14497 中的要求。

6 水文地质概念模型

6.1 模型范围

应明确计算层位,根据模拟要求确定模拟区范围。模型范围宜选取相对独立的水文地质单元。

6.2 边界条件

根据地形地貌特征、地质构造和边界处地下水流特征等条件,将研究区侧向边界概化为第一类水头边界、第二类流量边界或第三类混合边界。根据顶(底)板水力条件、含(隔)水层的分布、地下水与地表水的水力联系等条件,垂向边界条件可概化为有水量交换或隔水边界。

6.3 地下水流系统内部结构

应根据含水层的类型、岩性、厚度、渗透系数等内部结构概化为均质、非均质各向同性或各向异性含水层。

6.4 地下水流系统水力特征

应根据含水层的埋藏条件确定地下水为潜水或者承压水。应根据地下水流状态将研究区地下水流概化为稳定流或非稳定流、一维流、二维流或者三维流等。

6.5 源汇项

应根据研究区地下水开发利用现状、井泉点分布将其概化为点井、面井或大井;根据研究区降雨、蒸发、地表入渗等特征将其概化为单元入渗补给强度或单元蒸发强度。

7 水文地质数学模型

7.1 数学模型应包括描述水流条件的偏微分方程和定解条件,其中定解条件包括边界条件与初始条件。

7.2 偏微分方程的确定应根据地下水流系统水力特征概化结果选定不同的方程。方程中的每个变量都应给定相应的物理意义和量纲。

7.3 边界条件确定,按性质分为三类:

a) 水头边界。选取水头边界应注意以下几点:

- 1) 水头边界的位置应尽可能地远离模拟区内的源(汇)项,不应置抽(注)水井于水头边界上;
- 2) 水头边界处要有观测点控制,以确定边界水头值;
- 3) 在模型域中至少应有一个水头边界节点。

b) 流量边界。当已知边界单位流量时,可定义为流量边界。

c) 混合边界。混合边界是水头边界和流量边界的组合。

7.4 初始条件确定:

a) 初始条件仅应用于非稳定流模型中,描述了初始时刻研究区内各节点处水头分布情况;

b) 初始水位应选择观测孔的观测水位数据。在观测孔较多时,可利用观测孔的观测水位通过内插与外推获得各结点的初始流场;在观测孔较少、难以用插值的方法获得含水层初始水头分布时,宜先进行稳定流模拟,将模拟结果作为非稳定流的初始流场。

8 水文地质数值模型

8.1 应根据数学模型,采用合适的地下水流模拟软件构建相应的数值模型。

8.2 空间离散化原则:

- a) 根据不同的数值方法选用面元(三角形或四边形单元)和体积单元;
- b) 在研究区边界、疏降(干)区域及含(导)水构造、水力坡度变化较大区域等宜加密剖分。

8.3 时间离散化。根据模拟目的实际情况和数学模型的计算要求,确定离散时间步长。

9 模型参数识别

9.1 待识别参数主要包括渗透系数或导水系数、给水度、弹性释水系数等,其初始值应根据矿井抽(放)水试验确定。

9.2 参数分区依据:

- a) 构造及岩性特征;
- b) 地下水渗流场、水化学场和温度场;
- c) 含水层分布特征,包括埋深、厚度、岩性组合特征及富水性分区。

9.3 参数分区数应适中,宜每一参数分区内至少有一个观测点控制。

9.4 参数灵敏度分析:

a) 在参数识别前宜进行灵敏度计算。灵敏度计算见公式(1):

$$\beta_{i,k} = \frac{\partial H_i}{\partial a_k} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\beta_{i,k}$ ——水头 H 对第 k 个参数在第 i 个观测点上的灵敏度；

∂H_i ——第 i 个观测点上的水头变化值；

∂a_k ——第 k 个参数的变化值。

b) 灵敏度计算后,应从以下方面进行分析:

1) 根据参数灵敏度计算结果,比较各参数的灵敏度大小;

2) 确定各参数不确定性对地下水数值模型产生的影响,判断因参数变化造成模型结果的变化趋势;

3) 根据灵敏度计算结果,确定参数识别应重点考虑的参数。

9.5 数值模型的识别与验证:

a) 依据抽(放)水试验和长期动态观测数据等资料,采用拟合—校正法进行模型参数识别,要求参数识别期拟合标准:长期观测孔单孔水位(头)拟合相关系数不小于 60%,模拟区水位(头)拟合相关系数在 75%以上的长期观测钻孔数量不小于 70%。

b) 选择另外时段实测数据进行模拟计算,以进一步验证模拟精度。其他要求应符合 GB 14497 中的要求。

10 涌水量预测

10.1 应明确矿井涌水量预测范围及时间,确定各控制点的水位降深,对采空区范围内边界条件进行概化。

10.2 计算矿井正常涌水量。以影响矿井涌水量的源汇项、边界条件取多年统计平均值作为输入求得的涌水量即为矿井正常涌水量。

10.3 计算矿井最大涌水量。以影响矿井涌水量的源汇项、边界条件取多年统计极端不利条件作为输入求得的涌水量即为矿井最大涌水量。

10.4 结果分析与解释:模拟工作结束后,应对数值法预测的涌水量结果作详细分析与解释。根据所采用的资料的代表性和所建立的数值模型的可靠性来论证最终预测结果的正确性,同时对预测涌水量在实际应用中可能存在的局限性作出说明。

11 成果提交

11.1 技术报告。主要包括对所采用的数据、建立的模型、选用的参数、计算过程及结果的详细分析与说明等。

11.2 图件。主要包括概念模型示意图、水文地质参数分区图、研究区剖分图、水位拟合曲线图、初始流场图、预测曲线和流场图、涌水量动态曲线等。

11.3 附件。主要包括参数识别和正演预报时所采用的数值模拟软件说明及相对应的数据文件、计算结果、水位拟合及误差分布情况,最终预测的各时段、各节点的水位值等。