ICS 73.020
CCS D 14

KA

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 9—2023

煤矿地下水连通示踪试验方法

Test method for coal mine groundwater connectivity tracing

2023-10-26 发布　　2024-01-31 实施

国家矿山安全监察局　发布

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　试验前准备 …… 1
5　示踪剂选择 …… 2
6　现场试验 …… 2
7　资料整理分析及试验报告 …… 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。

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)、华北科技学院。

本文件主要起草人:王皓、刘峰、柴蕊、刘基、曾一凡、连会青、周建军、杨建、薛建坤、乔伟。

本文件为首次发布。

煤矿地下水连通示踪试验方法

1 范围

本文件规定了无机离子或染色试剂示踪类地下水连通试验的试验前准备工作、示踪剂选择、现场试验以及资料整理分析的要求。

本文件适用于矿区水文地质勘查工作。

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。

NB/T 35113 钻孔压水试验规程

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 试验前准备

4.1 资料准备

连通试验前应收集的资料:

a) 试验区所处水文地质单元的水文地质资料;
b) 试验区水文地质勘探报告;
c) 目标含水层水质分析资料及图件;
d) 矿井涌水量数据、矿区地下水开采数据;
e) 含水层顶、底板等高线及等厚线图;
f) 含水层等水位线图;
g) 煤层底板等高线图;
h) 综合水文地质图;
i) 水文地质剖面图;
j) 水文地质综合柱状图等。

4.2 连通示踪试验设计

试验前应编制连通试验设计。主要内容包括:试验的目的任务及要求;示踪剂的投放点和接收点具体位置及层位;示踪剂选择及其投放量;示踪剂取样要求;示踪剂检测方式;试验的持续时间要求;接收点水文地质观测;人员安排等。连通试验设计书应由生产单位总工程师组织审查后,方可实施。

4.3 试验设备的准备

根据连通试验设计,选择相适应的示踪剂投放设备及检测设备、时间记录仪器等。

5 示踪剂选择

5.1 选择要求

示踪剂选择应符合以下要求：

a） 无毒，对地下水环境不产生污染；

b） 受围岩干扰小，与围岩产生物理吸附和化学反应弱；

c） 化学性能稳定，运移过程中本身不应产生分解变质或退色；

d） 应易溶解于地下水；

e） 在试验区地下水中自然本底值低，波动小；

f） 应具有较高的检测灵敏度；

g） 成本较低，易于获取。

5.2 类型

常用的示踪剂类型包括无机离子和染色示踪剂。无机离子示踪剂包括氯离子（Cl^-）、碘离子（I^-）、溴离子（Br^-）以及铵离子（NH_4^+）等；染色示踪剂常用荧光类染料试剂。

6 现场试验

6.1 示踪剂投放

6.1.1 要求

投放点和接收点要求包括：

a） 示踪剂的投放点与接收点之间应有一定的水力梯度，投放点应布设在水位较高处，接收点布设在水位较低处。必要时，可在接收点附近进行抽（放）水，增大投放点和接收点之间的水力梯度；

b） 投放孔应进行充分洗井并观测稳定水位，确保投放孔不堵塞，试剂顺利进入目标含水层，洗井具体工作符合 NB/T 35113—2018 的要求；

c） 主接收点应位于地下水主径流方向，外围接收点位于地下水主径流方向两侧，接收点布置时，在外围宜布设多处接收点。

6.1.2 投放

示踪剂投放要求包括：

a） 示踪剂投放前，应将示踪剂充分溶解；

b） 在投放示踪溶液后，可利用专用设备注入清水，将示踪溶液压入目的含水层；

c） 注入清水体积应不小于钻孔体积的 1.5 倍。

6.1.3 投放量

综合考虑地下水量、仪器的离子检测灵敏度、水力坡度及示踪距离等，用公式(1)方法估算示踪剂投放量：

$$m = \frac{kwj}{\lambda} \times 10^{-9} \qquad \cdots\cdots (1)$$

式中：

m——示踪剂的投放量，单位为千克(kg)；

k ——保障系数，取值 2～5；

λ ——检测离子在示踪剂中的质量，用百分数表示(%)；

w——初次检测到示踪剂时间 t 内示踪区段的过水量，单位为升(L)。当进行抽水试验时，$w=Q_{抽}\cdot t$，当进行放水试验时，$w=0.5\cdot Q_{max}\cdot t$，$Q_{抽}$ 和 Q_{max} 分别表示抽水量和放水初始流量；

j ——仪器的离子检测灵敏度。

6.1.4 注入时间

a） 示踪溶液注入前，宜开展目的含水层的压(注)水试验，获取单位吸水量。

b） 示踪溶液的注入速度应与目的含水层单位吸水量大小相适应。如单位吸水量较小时，应保持注水面不高于孔口，单位吸水量较大时，则采用快速注入方式。

c） 示踪溶液注入时间按公式(2)计算：

$$T_z=\frac{V}{q} \qquad \cdots\cdots (2)$$

式中：

T_z——示踪溶液注入时间，单位为小时(h)；

V ——示踪溶液与注入清水的总体积，单位为立方米(m^3)；

q ——示踪溶液单位时间注入量，单位为立方米每小时(m^3/h)。

6.1.5 接收时间预计

示踪剂预计接收时间按公式(3)计算：

$$T_j=\frac{L^2}{K(H_1-H_2)} \qquad \cdots\cdots (3)$$

式中：

T_j——示踪剂预计接收时间，单位为小时(h)；

L ——示踪剂投放地点与接收地点水平距离，单位为米(m)；

K ——目的含水层的渗透系数，单位为米每天(m/d)；

H_1——示踪剂投放地点含水层水位，单位为米(m)；

H_2——示踪剂接收地点含水层水位，单位为米(m)。

6.2 示踪剂检测

6.2.1 检测方法

示踪剂检测方法包括：

a） 无机离子作为示踪剂的连通试验宜采用电导率仪或离子选择电极进行测定。连通试验应提前测定 3 天的地下水背景值，掌握其波动规律。

b） 荧光染料试剂作为示踪剂的连通试验宜采用荧光分光光度计或者荧光光谱仪测定。

6.2.2 接收点检测间隔

接收点检测间隔考虑因素包括：

a） 试验前，根据公式(3)预计示踪剂从投放点到达接收点的时间(T_j)。

b） 根据示踪溶液注入时间(T_z)确定合理的水样检测间隔，原则上要求接收点采样间隔为 $T_z/2$，检测间隔为 T_z，达到 T_j 时应加密采样检测，检测到示踪剂之后，采集水样应全部检测。峰值过后，适当延长检测间隔；编制采样与检测间隔统计表。

c） 外围接收点采样间隔应与主接收点间隔一致，检测间隔应为主接收点的 2 倍～3 倍，检测到示踪剂后，应将检测间隔调整为与主接收点一致。

d） 水样中示踪剂浓度降至背景值后，采样不少于 2 天，检测间隔为 $2T_z$，如示踪剂浓度一直未超过背景值，连通试验结束。

e） 如果 $3T_j$ 时间内采集的水样中均未检测出示踪剂，连通试验结束。

7 资料整理分析及试验报告

7.1 资料整理分析

示踪试验完成后，应从以下方面进行资料整理分析：

a） 整理试验过程中表格原始记录，绘制试验接收点示踪剂浓度历时曲线（$c-t$ 曲线）；

b） 对 $c-t$ 曲线形态进行分析，判断产生该曲线形态的内在原因。结合水文地质资料进行水文地质条件分析和定量计算；

c） 绘制试验得出的地下水连通平面示意图。

7.2 实验报告

编制试验报告，主要内容包括试验的目的与任务、试验过程、试验结果及分析。