

2025 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛题目

(请先阅读“全国大学生数学建模竞赛论文格式规范”)

D 题 矿井突水水流漫延模型与逃生方案

矿井水灾是矿山安全开采生产“五大灾害”之首，易造成重大人员伤亡和财产损失。由于矿井水文地质条件复杂，矿井水灾害事故难以避免。当水灾发生时，若能快速推演出突水水流的漫延过程，制订科学的救灾方案和逃生线路，就能降低涉险人员的危险性，减少经济损失。

矿井巷道系统根据矿藏分布和矿脉走向布局，通常形成复杂的立体交叉三维网络结构。巷道断面存在多种类型（如矩形、拱形、梯形等），本赛题仅考虑矩形断面，断面底边与水平面平行，如图 1(a)所示。一段巷道用其两端断面底边中点的连线来表示，如图 1(b)所示的巷道用线段 AB 表示。

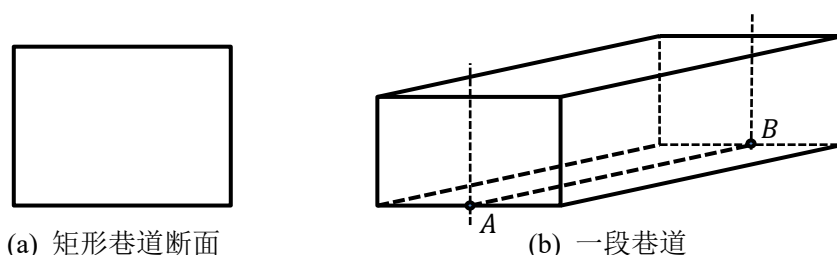


图 1 巷道段的三维示意图

图 2 是一个矿井巷道网络的示意图，其中黑点表示巷道断面底边的中点，红点表示矿井网络的出入口，两点之间的线段表示矿井的一段巷道。附件 1 和附件 2 给出了两个不同的矿井巷道网络数据。

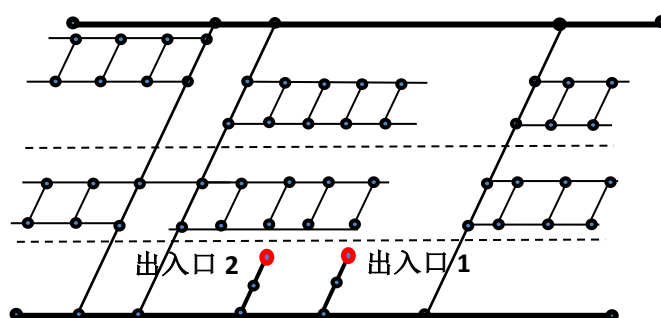


图 2 矿井巷道网络示意图

假设巷道的断面是宽 4 m，高 3 m 的矩形，突水水流以 0.1 m 的初始水位（水流首次到达后能够保持的高度）向前漫延。当水流漫延到巷道的分叉节点处时，水流向水平巷道和下行巷道平均分流，且初始水位不变。以开始突水时间为零时刻，各突水点的突水量均为 $30 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

请建立数学模型，解决以下问题：

问题 1 若巷道的某一点发生突水，试分析水流过程，建立突水水流在巷道的流动蔓延模型。

对附件 1 和附件 2 给出的两个矿井巷道网络，分别给出网络中各巷道水流的变化情况，其中附件 1 中的突水点位置为 A1 (5349.03,4931.90,10.00)，附件 2 中的突水点位置为 A2 (4143.12,4376.28,6.33)。将结果分别保存到文件 result1-1.xlsx 和 result1-2.xlsx 中（模板文件在附件 3 中，所有结果均保留 2 位小数，下同），其中端点水流到达时刻是指突水水流首次流经该点的时刻，巷道充满水时刻是指巷道中水流的水平面达到巷道最高点的时刻。

问题 2 当矿井发生突水后，安全生产部门即刻监控到突水情况，并应尽快为每个工人的制订出有效逃生方案。请根据问题 1 中所建水流蔓延模型，协助安全生产部门为各矿工设计最佳逃生路径。

假设工人在无突水水流巷道时，前进速度为 4 m/s；巷道内水面高度小于等于 0.3 m 时，工人逆水行进速度为 1 m/s，顺水行进速度为 2 m/s；当巷道内水面高度为超过 0.3 m 时，不建议涉水通行。

假设在突水 1 分钟时发布逃生通知，请对附件 1 和附件 2 给出的两个矿井巷道网络，分别给出各矿工的最佳逃生路径，其中附件 1 中的出入口位置分别为 (3252.16,3326.63,10.00)，(3173.10,2819.97,10.00)，矿工的位置分别为 (5808.18,5367.75,10.00)，(5194.00,4785.31,10.00)，(6190.81,3434.29,10.00)；附件 2 中的出入口位置分别为 (6336.99,6073.22,36.15)，(6416.05,6579.88,8.69)，矿工的位置分别为 (4395.15,4614.53,6.59)，(3398.34,5965.56,1.31)，(3879.44,4125.47,6.22)。将结果分别保存到文件 result2-1.xlsx 和 result2-2.xlsx 中（模板文件在附件 3 中）。

问题 3 若矿井有两个突水点发生突水，分析水流过程，建立突水水流在巷道的流动蔓延模型。

对附件 1 和附件 2 给出的两个矿井巷道网络，分别给出网络中各巷道水流的变化情况，其中附件 1 中第二个突水点的位置为 B1 (3760.40,3808.33,10.00)，在 A1 点突水 4 分钟后开始突水；附件 2 中第二个突水点的位置为 B2 (5883.14,5643.35,40.37)，在 A2 点突水 5 分钟后开始突水。将结果分别保存到文件 result3-1.xlsx 和 result3-2.xlsx 中（模板文件在附件 3 中）。

问题 4 当矿井出现第二个突水点后，安全生产部门即刻监控到突水情况，并尽快调整逃生方案。请协助安全生产部门调整最佳逃生路径。

在前面问题的基础上，假设在第二突水点突水 1 分钟后，安全生产部门发布调整后的逃生方案。对附件 1 和附件 2 给出的两个矿井巷道网络，分别给出各矿工调整后的最佳逃生路径。请将结果分别保存到文件 result4-1.xlsx 和 result4-2.xlsx 中（模板文件在附件 3 中）。

附件说明

附件 1.xlsx、附件 2.xlsx 两个矿井的巷道网络数据，均包含“端点”和“巷道”两个工作表。“端点”工作表记录了巷道中各端点的三维坐标 (X,Y,Z)（其中 XY 为水平面，Z 为高程）；“巷道”工作表记录了各巷道的两个端点编号。

附件 3 计算结果模板文件夹，其中

result*i*-*j*.xlsx 问题 *i* 中矿井 *j* 的结果文件模板