

利用 ANSYS 分析开挖新燃气隧道对现有引水隧洞的影响

刘东旭

青岛市水利勘测设计研究院有限公司 山东 青岛 266000

【摘要】：为研究开挖燃气隧道对现有引水隧洞的影响，采用 ANSYS 软件建立三维模型，对隧洞的开挖进行模拟分析和计算，计算结果表明燃气隧道的开挖引起现状引水隧洞的位移和应力较小，对现状引水隧洞的影响较小，在保证规范要求的安全距离的情况下，施工方法正确时，新开挖隧洞对现有隧洞的影响较小。

【关键词】：ANSYS 有限元；模拟隧洞开挖；应力位移分析

随着计算机技术的飞速发展，数值分析方法在工程地质领域得到了广泛的应用。通常在工程地质分析的指导下，加上数学和力学理论的支持，再以计算机技术为手段，成功的为许多工程重大问题提供技术支持并指导施工。本文结合现场勘测资料，利用 ANSYS 对燃气隧道和引水隧洞交叉段进行了开挖数值模拟，重点分析了引水隧洞在燃气隧道开挖及运行条件下的位移变形和结构受力情况。

新开挖隧洞与现状隧洞交叉斜穿，采用理论公式计算的成果不够直观，不能通过视图的形式展现计算成果，随着三维有限元计算在工程设计中的不断运用，给工程设计带来了便利和更加直观的分析数据，采用三维空间立体模型进行计算分析，更加符合实际的工程条件，计算成果更加直观，为设计人员的结论分析提供基础的数据支撑。

1 工程概况

燃气隧道线位与引水隧洞存在交叉，进隧道后沿引水隧洞大致平行方向向西延伸大概 2000m 后下穿引水隧洞，交叉处引水隧洞底标高为 37m 左右，天然气管线高程为 23m 左右，加上隧道净空，引水隧洞与天然气隧道交叉处高程相差 10m^[5-6]。

2 模型的建立

燃气隧道工程与引水隧洞存在空间交叉，高差 10m，本章利用通用商业有限元软件 ANSYS 建立三维模型，对交叉段的燃气隧道工程进行开挖模拟，采用生死单元^[1-3]模拟隧洞开挖。由于隧道属于细长结构物，即隧道的横断面相对于纵向的长度来说很小，可以假定在开挖影响下，其纵向没有位移，只有横向发生位移。建模时考虑到隧道开挖半径的影响范围，在宽度方向左右各取 3 倍洞径以上^[5-6]，即分别在洞边缘之外延伸 15m，向下取为隧道高度的 3 倍以上，以 10m 计，由于引水隧洞埋深较深，向上取 20m，在隧道长度方向沿交叉中心向北端延伸 86.6m 以内、向南端延伸 97.6m 以内两管距离不大于 50m，故长度取 200m，北端 100m、南端 100m。

燃气隧道和引水隧洞交叉段三维初始模型如图 1 所示。

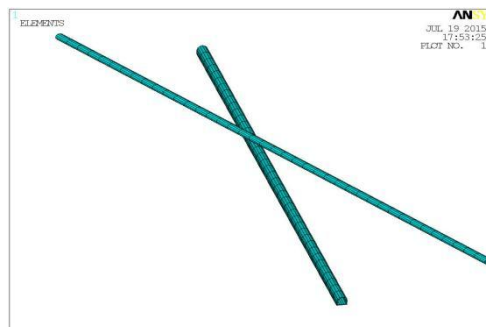


图 1 燃气隧道与引水隧洞交叉段模型图

3 参数的选取

数值计算中，岩体采用实体单元进行模拟^[4]，衬砌采用壳单元模拟^[4]，综合考虑计算中围岩参数取为 III 级。围岩及衬砌材料的弹性模量、泊松比和重度等具体参数取值见表 1^[1-2]。

表 1 力学性质参数值表

材料	重度 γ (KN $\cdot$ m ⁻³)	弹性模量 E (MPa)	泊松比 μ
围岩	18.0	1.8e4	0.18
衬砌	25.0	3.0e4	0.167

4 工况设置

在模拟过程中，为了跟实际更为接近，采取分步开挖，总共分 19 步进行，具体开挖步为：

0m+25m+20m+15m+10m+10m+5m+5m+5m+5m+5m+5m+5m+5m+10m+10m+15m+20m+25m^[2]，中间交叉段开挖步细化。计算水位为正常蓄水位 108.57m，引水隧洞底高程 37m，水头差为 71.57m。

5 数值模拟结果分析

ANSYS 数值模拟结果相关说明如下^[3-4]：

ELEMENTS——单元；

NODAL SOLUTION——节点计算结果;

STEP——载荷步;

SUB——子步;

TIME——时间步;

UY——竖向位移, m;

SX——x 方向应力 (拉应力为正, 压应力为负);

SZ——z 方向应力 (拉应力为正, 压应力为负);

RSYS——坐标系, 0 为笛卡尔坐标系;

DMX——最大变形量, m;

SMN——最小应力值, Pa;

SMX——最大应力值, Pa。

5.1 引水隧洞竖向位移分析

在燃气隧道开挖过程中, 对交叉部分引水隧洞的最底端和最顶端进行监控, 得出其位移随开挖步进行的变化情况如图 2 所示。

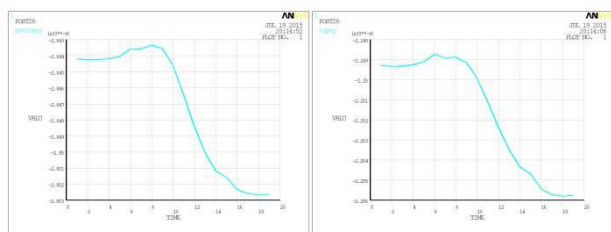


图 2 引水隧洞交叉底部和顶部位移变化曲线

燃气隧道开挖过程中, 引水隧洞整体有向燃气隧道方向的竖向位移, 并且随着开挖越来越接近交叉段, 位移逐渐增大, 随着开挖远离交叉段, 由于有着衬砌等措施的存在, 位移逐渐减小, 但整体随着开挖的进行变形较小, 引水隧洞最底部位移最大, 仅为 0.28mm, 沿交叉段向两端延伸, 位移本身较小且变化不大, 开挖完成后, 变形趋于稳定。

5.2 引水隧洞应力分析

引水隧洞在燃气隧道开挖完成后的竖向应力云图和最大主应力云图分别如图 4~图 5 所示。

参考文献:

- [1] 张荣坤.基于 ANSYS 的输水隧洞围岩及衬砌结构有限元分析[J].人民珠江,2017,38(2):61-65.
- [2] 贾正,涂兴怀.隧道开挖数值模拟及复合式衬砌安全性分析[J].人民珠江,2016,37(3):38-41.
- [3] 王国强.实用工程数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践[M].西安:西北工业大学出版社,1998:282-287.
- [4] 孙书伟,林杭,任连伟.FLAC3D 在岩土工程中的应用[M].北京:中国水利水电出版社,2011:346-385.
- [5] 中华人民共和国水利部.水工隧洞设计规范: SL 279—2016[S].北京:中国水利水电出版社,2016.
- [6] 中华人民共和国水利部.水库工程管理设计规范:SL 106—2017[S].北京:中国水利水电出版社,2017.

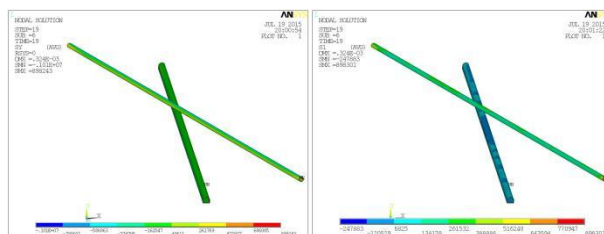


图 4 燃气隧道开挖后竖向应力和最大主应力云图

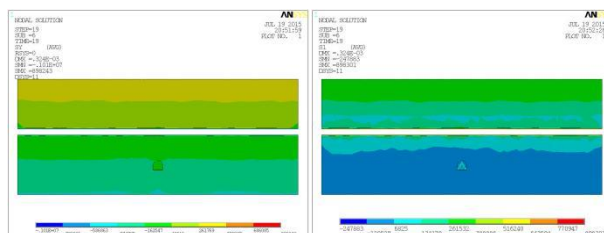


图 5 燃气隧道开挖后纵剖面竖向应力和最大主应力云图

由上述图形可知, 随着燃气隧道开挖工作面的推进, 燃气隧道自身竖向应力和最大主应力均为压应力, 且应力值不大; 引水隧洞的底部和顶部均不同程度出现拉应力, 但拉应力值均较小, 最大值为 0.9MPa。

6 结论

通过对燃气隧道下穿引水隧洞进行分步模拟开挖, 根据模拟结果可知, 在燃气隧道开挖过程中, 引水隧洞整体有向燃气隧道方向的竖向位移, 并且随着开挖越来越接近交叉段, 位移逐渐增大, 同理随着开挖远离交叉段, 位移逐渐减小, 但整体随着开挖的进行变形较小, 引水隧洞最底部位移最大, 仅为 0.28mm, 沿交叉段向两端延伸, 位移本身较小且变化不大, 开挖完成后, 变形趋于稳定。随着燃气隧道开挖工作面的推进, 引水隧洞的底部和顶部均不同程度出现拉应力, 但拉应力值均较小, 最大值为 0.9MPa。

通过三维有限元软件的建立模型和计算, 可以得到更加直观的成果, 在今后的工程设计和施工中, 均可以应用三维计算, 为实际的工程建设提供更加合理的设计方案和施工方案等, 为工程建设的各个阶段提供更加有力的依据。