



TBM 扩大洞室及交叉段围岩稳定数值分析

郭 放

(辽宁省水利水电勘测设计研究院, 辽宁 沈阳 110006)

【摘 要】 随着计算机的广泛使用,数值方法在解决地下洞室围岩稳定问题中发挥着越来越重要的作用。本文以新疆重点输水工程为例,对 TBM 扩大洞室及交叉段的洞室开挖围岩稳定性进行数值分析计算与评估。将围岩位移、应力等方面的结果同相关规范进行对比,验证了结构支护参数的可行性。该分析方法可供相似工程参考。

【关键词】 TBM; 扩大洞室; 围岩稳定; 数值分析

中图分类号: TV222.2

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)06-046-06

Numerical analysis on the surrounding rock stability of TBM expansion chamber and intersection

GUO Fang

(Liaoning Water Conservancy and Hydropower Survey Design Institute, Shenyang 110006, China)

Abstract: Numerical methods play an important role in solving the stability of surrounding rock underground chamber with the wide use of computers. Irtysh River water diversion stage II water conveyance project in Xinjiang is adopted as an example for numerical analysis, calculation and evaluation of chamber excavation surrounding rock stability in TBM expansion chamber and intersection. The feasibility of structure support parameters are verified through comparing the results in the aspects of surrounding rock displacement, stress, etc. with related specifications, and the analysis method can be used as reference for similar projects.

Key words: TBM; expansion chamber; stability of surrounding rock; numerical analysis

1 工程概况

新疆重点输水工程包括 41.0km 的主洞。具体施工分段规划见表 1。

表 1 喀双段工程分段规划

施工方法	项 目 位 置	前桩号/m	后桩号/m	长度/m
TBM9	主洞	204 + 153	224 + 823	20670
钻爆	后配套、步进、始发洞段	224 + 823	225 + 153	330
钻爆	连接、安装、步进、始发洞段	225 + 153	225 + 483	330
TBM10	主洞	225 + 483	245 + 153	19670

工程布置如下:

a. TBM 掘进洞段:TBM9 设备掘进洞段为主洞段桩号 204 + 153m ~ 224 + 823m(长度 20.67km),开挖洞径 7.0m。TBM10 设备掘进洞段为主洞段桩号 225 + 483m ~ 245 + 153m(长度 19.67km),开挖洞径 7.0m。TBM9 和 TBM10 两台 TBM 总掘进长度 40.34km。

b. 钻爆法开挖段:224 + 823m ~ 225 + 483m(长度 0.66km)。

c. T5 勘探试验洞:T5 勘探试验洞末端与喀双隧洞

225+153m 桩号处相交,进口布置在主洞左侧,与主洞夹角 $130^{\circ}33'41''$,进口高程约 1246.833m,与主洞交点高程 550.461m,长度约 6243.73m,采用 TBM 掘进机开挖,断面型式为圆形,开挖断面尺寸为 8.5m。勘探试验洞开挖掘进完成后,通过回填混凝土型式改造纵坡,

形成长为 200m 坡度为 11.80% 的陡坡,长 +20m 坡度为 3.0% 的缓坡。井底布置 30m 长纵坡为零的洞段,采用竖曲线为 1000.00m 圆弧与陡坡段连接。勘探试验洞与主洞相交后继续前进施工 200m 用于 TBM 设备拆卸。隧洞交叉段平面布置见图 1。

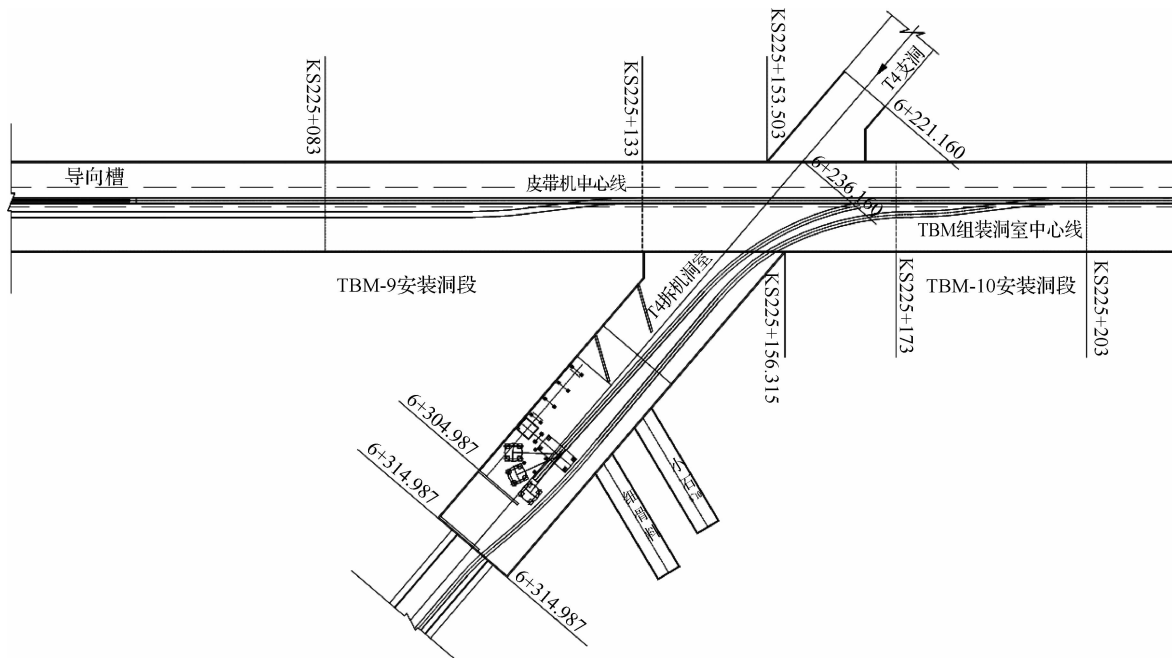


图 1 隧洞交叉段平面布置

2 支护结构设计

2.1 地质条件

该段沿线地形为剥蚀丘陵地貌,地形略起伏。岩性为泥盆系凝灰质砂岩,岩层产状 $300^{\circ}\text{SW} \angle 79^{\circ}$,岩石结构致密,岩体完整,岩质坚硬,呈厚层状,石英含量 5%~10%。该段无区域性大断裂及次级断裂发育。但据钻孔揭露,该段发育数条小断层,宽度约为 1.0m,带内以糜棱岩、碎裂岩为主,断层规模小,对 TBM 施工影响不大。施工中洞壁主要为渗水、滴水现象,估算该隧洞段总涌水量为 28~206m³/h。地下水中 SO₄²⁻ 含量 1030.2~1867mg/L,对普通混凝土具有强腐蚀性,Cl⁻ 含量 561.9~873.8mg/L,对钢筋混凝土中的钢筋具有中等腐蚀性。

该段隧洞埋深在 707~723m,均处在新鲜基岩内,

泥盆系凝灰质砂岩,为坚硬岩,围岩整体稳定性好,以 II 类围岩为主,断层带及影响带为 IV、V 类围岩;其中 II 类围岩占该段总长的 89.87%;IV、V 类围岩占该段总长的 10.13%,围岩的初始应力为 16.8~22.2MPa,侧压力系数为 1.3。

2.2 结构设计

主洞设计断面采用城门洞形,跨度为 14.4m,高度为 16.2m,顶拱及边墙支护采用 200mm 厚 C30 喷射混凝土,挂 $\phi 8$ 间距 $200 \times 200\text{mm}$ 钢筋网,采用 5m 长 $\phi 28$ 砂浆锚杆,间距为 1.2m,梅花形布置,底板采用 C30 素混凝土。主支洞交叉处最大断面跨度为 22.315m,支护形式基本同主洞断面。

主洞及主支洞的断面及支护形式如图 2、图 3 所示。

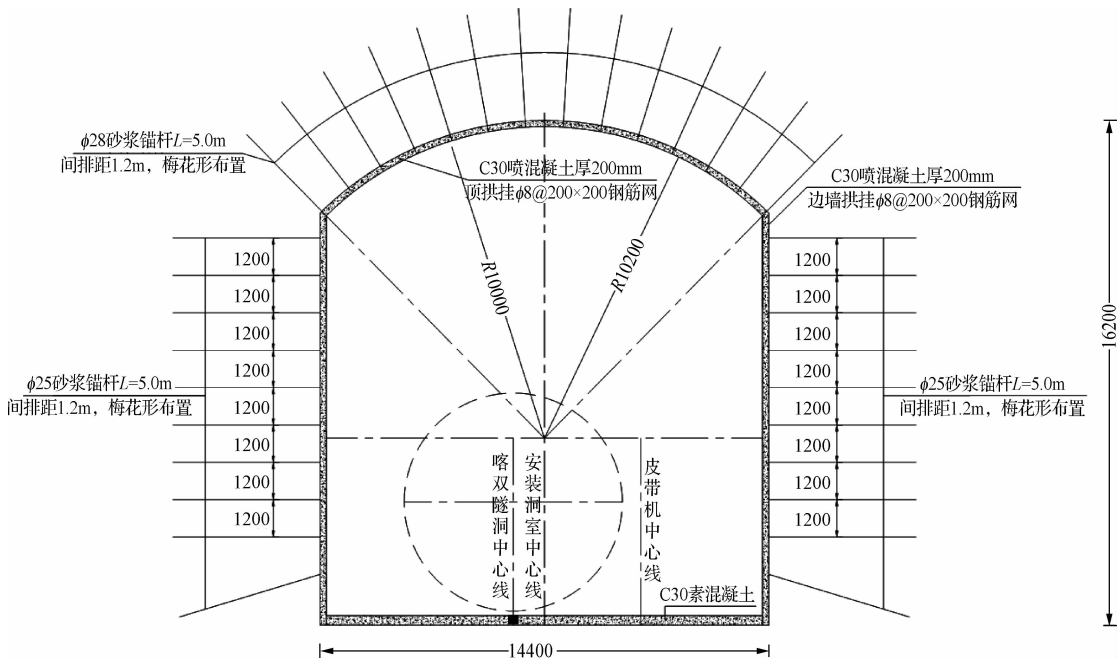


图2 主洞设计断面及支护形式(单位:mm)

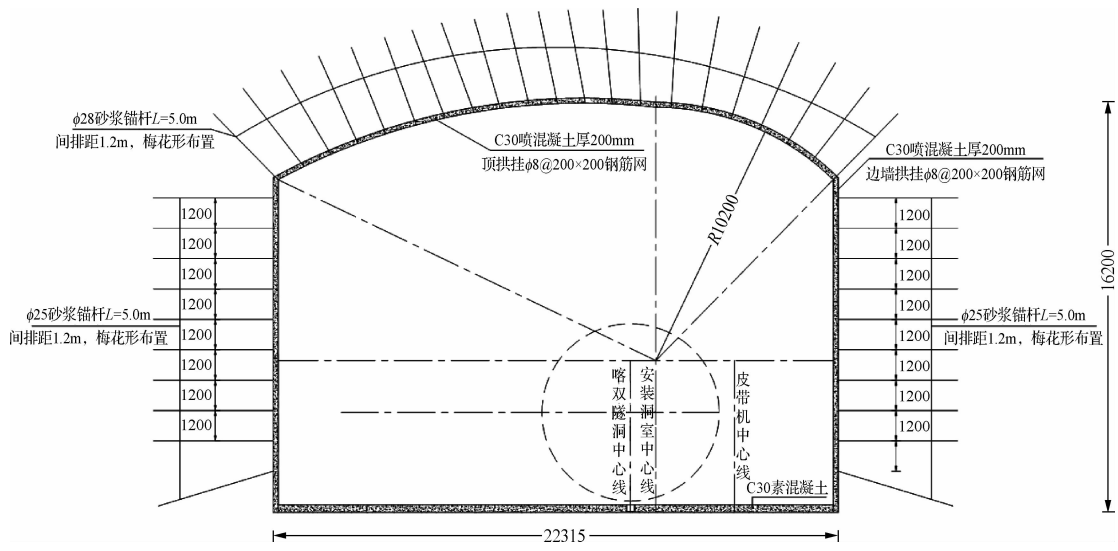


图3 主支洞交叉处最大断面及支护形式(单位:mm)

3 数值计算分析

计算采用成熟的显式有限差分软件FLAC^{3D},该程序适合模拟地质材料的破坏和塑性流动的力学行为,已大规模运用于模拟岩土体的大变形、失稳支护、加固、建造及开挖等工程问题。

3.1 主要参数选取

计算参数见表2。

表2 数值计算主要参数

项目	岩体密度/ (g/cm ³)	弹性模量/ GPa	泊松比/ λ	内摩擦角/ (°)	黏聚力/ MPa
取值	2.77	19	0.23	46	1.5

3.2 位移分析

3.2.1 主洞部位

由图4(a)位移矢量图可以看出洞室开挖后的围岩位移趋势,其中最大位移值为18.3mm,发生在洞室

侧壁部位,这一点可以从图 4(b)水平向位移云图中得出相同结论;从图 4(c)竖直方向位移云图中可以看出,拱顶位移为 11.2mm,底板位移为 15.7mm。总体来说,洞室的水平位移大于竖直位移。

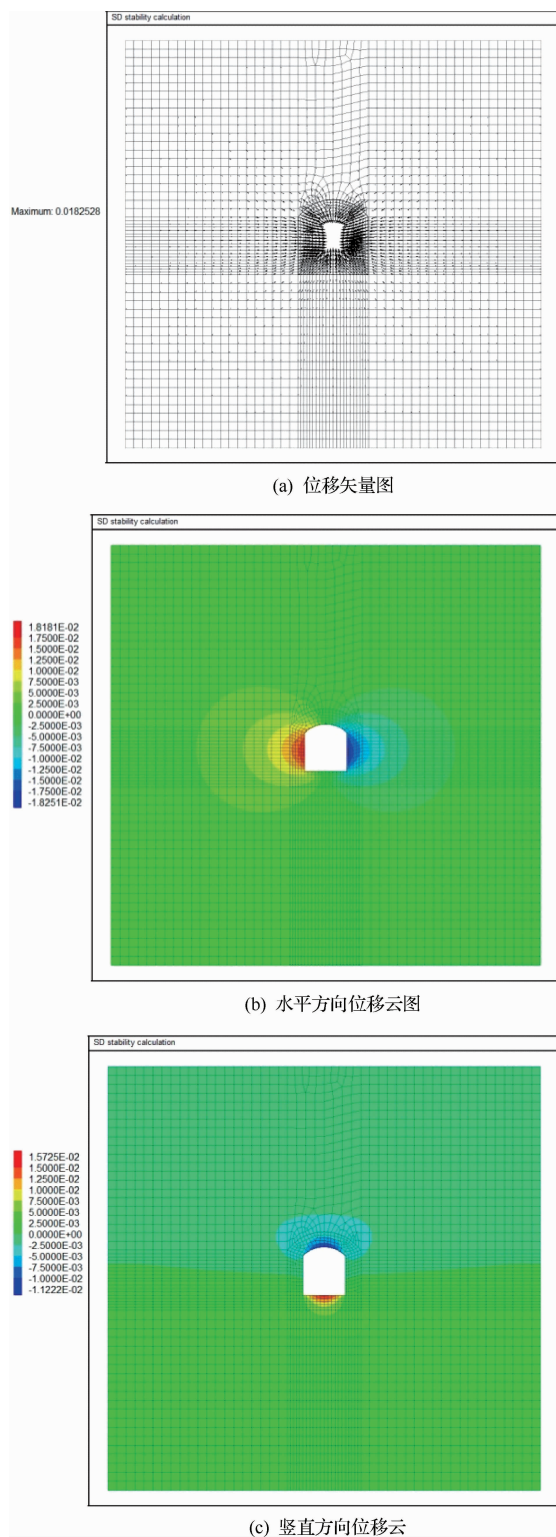


图 4 主洞洞室开挖位移

3.2.2 主支洞交叉部位

由图 5(a)位移矢量图可以看出洞室开挖后的围岩位移趋势,其中最大位移值为 22.3mm,发生在洞室底板部位。从图 5(b)水平向位移云图中可以看出,洞

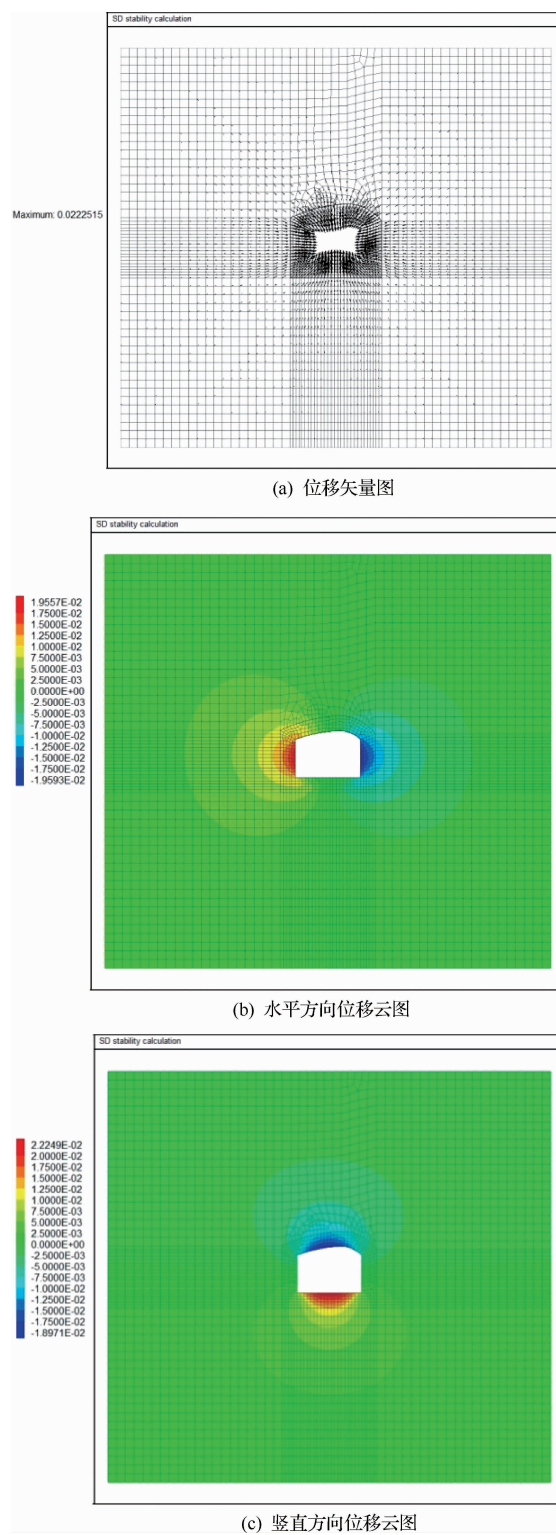


图 5 主支洞交叉部位洞室开挖位移



室侧壁的水平位移值为 19.6mm;从图 5(c) 竖直方向位移云图中可以看出,拱顶位移为 19.0mm,底板位移为 22.2mm。总体来说,由于主支洞交叉部位洞室跨度的增大,洞室的水平位移值与竖直位移值均有所增大,且竖直方向位移值增加更明显,已超过水平方向位移值。

3.3 应力分析

3.3.1 主洞部位

由图 6(a) 可以看出,洞室开挖后围岩最大主应力

最大值为 33.8MPa,出现在顶拱 3m 深度范围左右,最大主应力较大值主要分布在沿拱顶和底板深度 2~6m 的弧形范围;由图 6(b) 可以看出,最小主应力越靠近洞壁,数值越趋向于零,存在拉应力 0.02MPa;由图 6(c) 可以看出,最大水平应力为 33.5MPa,分布在拱顶及底板深度 5m 左右。由图 6(d) 可以看出,最大竖直应力为 21.1MPa,分布在洞室两侧深度 3~6m 范围,顶拱及底板竖向应力为零。

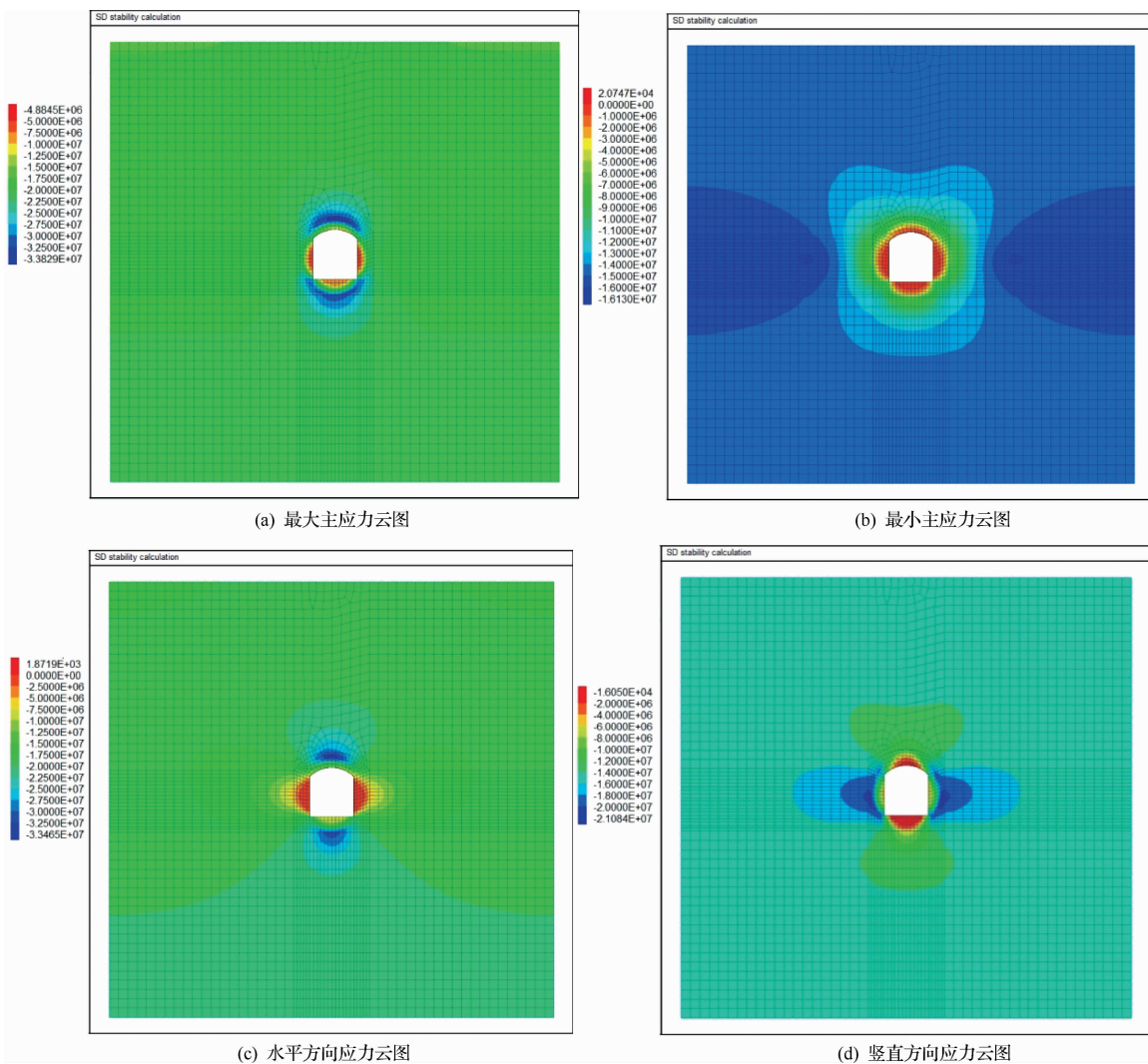


图 6 主洞洞室开挖应力云图

3.3.2 主支洞交叉部位

由图 7(a) 可以看出,洞室开挖后围岩最大主应力最大值为 30.7MPa,出现在顶拱 6m 深度范围左右,最大主应力较大值主要分布在沿拱顶和底板深度 2~8m 的弧形范围;由图 7(b) 可以看出,最小主应力越靠近

洞壁,数值越趋向于零,存在拉应力 0.04MPa;由图 7(c) 可以看出,最大水平应力为 30.6MPa,出现在拱顶深度为 5m 左右,较大值分布在拱顶及底板深度 5~8m 左右。由图 7(d) 可以看出,最大竖直应力为 23.6MPa,出现在洞壁两侧深度为 4.5m 左右,较大值分布在洞室

两侧深度 3~6m 范围,顶拱及底板竖向应力为零。

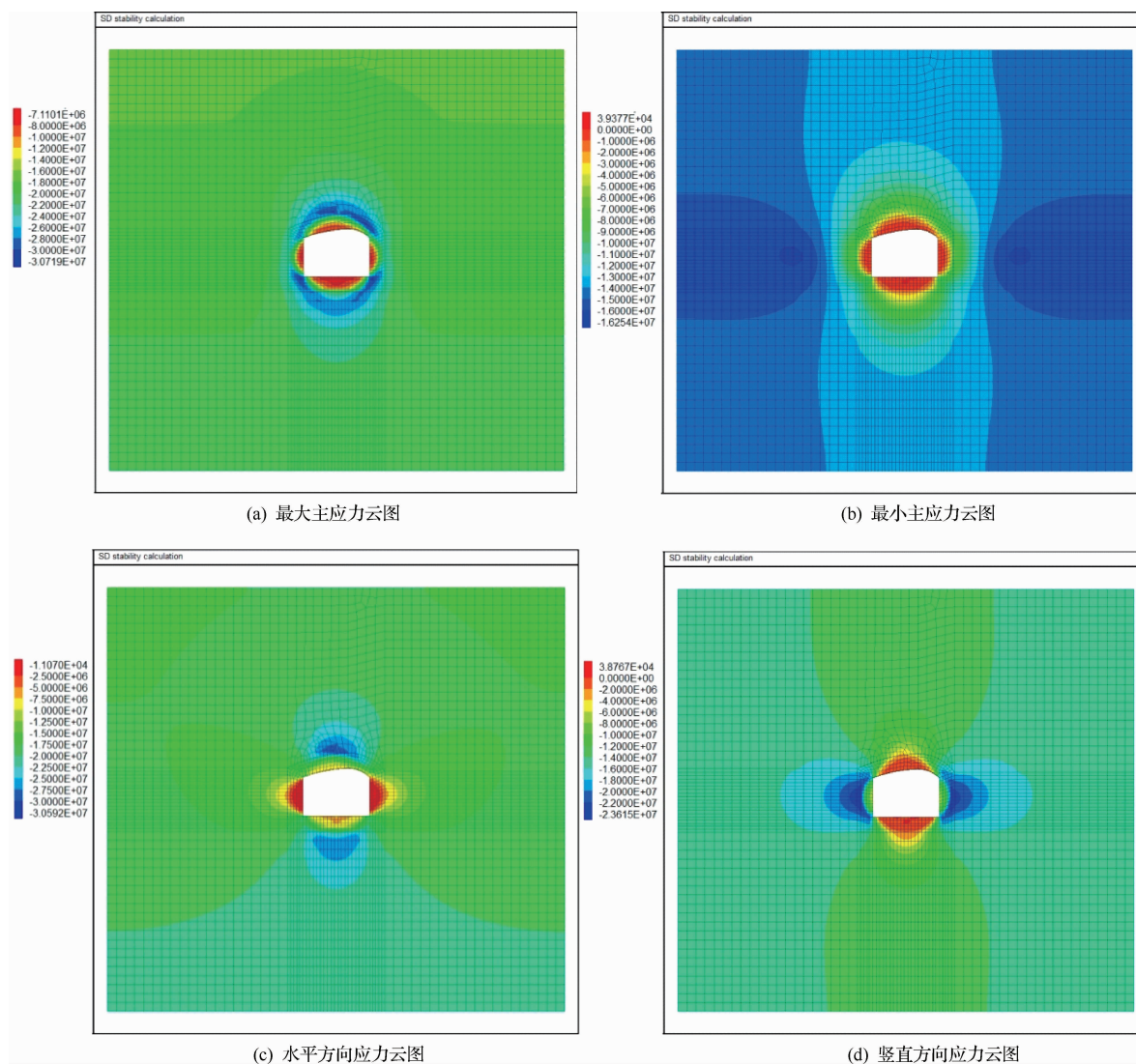


图7 主支洞交叉部位洞室开挖应力云图

3.4 洞室围岩稳定判别

在位移方面,根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB 50086—2015),隧洞周边允许相对位移值为 0.4%,该次计算隧洞周边相对位移值为 0.16%,满足规范要求,围岩稳定。在应力方面,洞室周边最大压应力为 30.7MPa,远小于岩石抗拉强度 135MPa;拉应力极小,亦小于岩体的抗拉强度,说明围岩有较好的稳定性。

4 结 语

根据上述数值计算分析,新疆引额供水二期输水工程 TBM 主洞及主支洞交叉段在采用该设计参数支

护下,围岩松动圈范围内围岩得到了有效的加固,围岩整体基本稳定;在岩体开挖后及初期支护之前,仍要重点关注顶拱部位(特别是在主支洞交叉段)局部块体的塌落对施工安全造成的隐患。此外,可考虑适当增加此部位围岩的位移监测,进一步提高施工的安全系数。◆

参考文献

- [1] 张运良,郭放.水电站地下洞室群非线性地震反应数值仿真[J].水利发电,2011,37(10):35-37.
- [2] 谷宁,张运良.节理参数对水电站地下洞室围岩地震反应的影响研究[J].水电能源科学,2012,30(1):80-83.
- [3] 张运良,郭放.水电站地下厂房对洞室围岩地震反应的影响[J].水利发电,2012,38(12):25-26.