

文章编号: 1000-7598-(2008) 05-1269-06

优化位移边界反演三维初始地应力场的研究

郭明伟, 李春光, 王水林, 栾广博

(中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室, 武汉 430071)

摘 要: 采用优化位移边界条件拟合工程区域初始地应力场, 根据实测地应力资料建立针对所施加的任一边界位移模式的优化函数, 不断调整位移边界模式并通过有限元数值计算, 最终得到边界位移模式的最优组合和工程区域初始地应力场, 从而为初始地应力场的反演分析提供一个新的途径。最后, 针对三峡工程地下厂房区域给出了用该方法拟合初始地应力场的计算结果, 通过地应力测点计算值和实测值的对比分析, 其拟合效果较好, 证实此方法是可行的。

关 键 词: 初始地应力场; 位移边界条件; 优化函数; 构造应力; 地下厂房

中图分类号: TU 457

文献标识码: A

Study on inverse analysis of 3-D initial geostress field with optimized displacement boundaries

GUO Ming-wei, LI Chun-guang, WANG Shui-lin, LUAN Guang-bo

(State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering, Institute of Rock and Soil Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: By establishing displacement optimization function based on some measured geostresses, a new approach of getting initial geostress field in the whole interested region is represented, which adjusts displacement boundary conditions automatically and make full use of 3-D finite element calculation. Finally, this method is applied to underground power houses of Three Gorges Project. The calculated results are in good agreement with the measured ones; and it is proved that this method is effective.

Key words: initial geostress field; displacement boundary conditions; optimization function; tectonic stress; underground power houses

1 前 言

初始地应力是由于岩土体的自重和历史上地壳构造运动引起, 并残留至今的构造应力等因素而在岩土体中形成的天然应力。天然应力主要由自重应力和构造应力叠加而成, 是引起地下工程变形和破坏的根本作用力。利用的初始地应力场是否可靠和岩体参数选取是否合理直接影响到工程设计与施工的可靠性与安全性。虽然现场实测地应力是提供地应力场最直接的途径, 但由于场地和经费等原因, 不可能进行大量的全面量测^[1-3], 因此, 针对具体工程的地质条件在实测资料的基础上进行初始地应力的分析计算, 以获得更为准确的、适用较大范围的地应力场具有重大的现实意义。

岩体初始地应力场的研究早已受到人们的关

注。初始地应力的计算方法大致有以下几种^[2-5]:

(1) 岩体自重应力场就是岩体初始应力场; (2) 海姆法则(类似于静水压力假设); (3) 侧压力系数法: 即垂直分量为自重应力, 水平分量由 $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$ 得到, 可用于工程初步设计, 特别是中小型工程; (4) 边界荷载调整法: 不断调整边界荷载的分布规律, 使得观测点处的计算值与实测值总体误差最小, 这组可能的荷载组合就可以近似地表示该区域的地应力场; (5) 有限元数学模型回归分析: 假设地应力场初始应力等于自重应力和构造应力的线形组合, 由此两者之间建立回归方程, 由测得的地应力资料用统计分析方法使残差平方和最小; (6) 地应力函数的趋势分析方法^[3, 5, 6]包括两种方法, 即位移函数分析法和应力函数分析法。位移函数法假设地应力场各点位移可以用一个函数(自变量为点坐标)表

收稿日期: 2007-09-28

基金项目: 中国科学院武汉岩土力学研究所国家重点实验室科技项目(No. Z000604)资助。

作者简介: 郭明伟, 男, 1981 年生, 博士研究生, 主要从事岩土力学数值计算方面的研究。E-mail: guomingwei2001@163.com

示,由测点地应力值和相应的计算值根据最小二乘法求出位移函数的各个系数,从而可以得到计算模型边界所需施加的位移,再用有限元方法求出整个地应力场。应力函数法则是假设地应力场可以用一个应力函数(自变量为点坐标)来表示,使其满足调和方程,在计算域内给定点上,使借助函数计算的应力值与已知实测值相吻合,从而得到整个地应力场。

目前在工程中运用最多的是由天津大学郭怀志等^[7]提出用有限元数学模型回归分析初始地应力场的方法,对于地应力函数的趋势分析方法,由于其假设区域岩土体位移场连续或者应力场连续,这有悖于岩土体非均匀、非连续的性质,比如:在软弱岩土层交界面处有应力不连续;在区域断层处出现位移不连续等。本文所用的优化位移边界条件拟合初始地应力场本质上和应力回归分析方法是一致的,所不同的是把各种位移边界模式同时施加在计算模型上,通过建立的优化函数不断对位移边界进行优化,这样就克服了施加位移模式的盲目性,最终得到边界位移模式的最优组合和工程区域初始地应力场。

2 反演分析原理和方法

2.1 边界位移模式的假定

初始地应力场的成因和影响因素很多,它与场内的地质因素和区域构造运动密切相关,其分布规律非常复杂。从地质年代看,初始地应力场应该是个随时间变化的非稳定场,而对于一般工程而言,可将其视为不考虑时间因素的相对稳定场,且认为地应力场由自重应力和构造应力组成。

自重应力场的位移模式假定:通过应力回归分析方法反演初始地应力场的结果表明,自重应力的回归系数基本等于1,对于竖直方向(图1 z 向)上的位移边界模式可以这样获得,计算时采用岩体实测密度获得自重应力场,计算模型侧面及底面加法向位移约束,由此计算的各侧面竖直方向的位移值即可作为自重应力场的边界位移模式。图1所示为简化的计算模型。

构造应力场的边界位移模式,不失一般性,为了说明的方便,不妨对图1计算模型的边界做如下的规定:位于 y 轴方向(假定为东西方向)的两个侧面沿着 y 轴正方向依次为边界1和边界2;位于 x 轴方向(假定为南北方向)的两个侧面沿着 x 轴正方向依次为边界3和边界4。通常情况下,下列5种因素作为模拟岩土层地质构造力作用的基本因素^[4]:

- ①东西向水平均匀挤压构造运动;
- ②南北向水平均匀挤压构造运动;
- ③水平面内的均匀剪切构造运动;
- ④东西向垂直平面内竖向均匀剪切构造运动;
- ⑤南北向垂直平面内竖向均匀剪切构造运动。

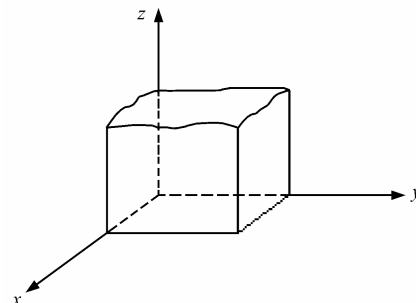


图1 简化计算模型

Fig.1 Simple model for calculation

各种基本因素下相对应的边界位移模式:

边界1+边界2,

$$v = a_0 + (a_1x + a_2z) + \dots = \sum_{i=0}^n u_i \quad (1)$$

边界3+边界4,

$$u = b_0 + (b_1y + b_2z) + \dots = \sum_{i=0}^n v_i \quad (2)$$

侧向边界(边界1+边界2+边界3+边界4),

$$w = (c_1x + c_2y + c_3z) + \dots = \sum_{i=0}^n w_i \quad (3)$$

式中: n 为坐标多项式的最高次数; a_i 、 b_i 、 c_i 为位移模式系数; u_i 、 v_i 、 w_i 为位移 u 、 v 、 w 的第 i 次多项式。边界1和边界2中位移模式不含有 y 是因为 y 在此边界上是常数,其他边界依次类推。

2.2 优化函数的建立

对于计算模型同时施加由第2.1节所述的边界位移模式,并进行有限元计算,得到在此位移模式下的近似地应力场。根据工程区域布置测点所得到的地应力资料,建立使得每一个测点各应力分量的残差平方和最小的优化函数,优化函数的自变量为边界位移模式的系数,即

$$f(a_i, b_i, c_i) = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^6 (\sigma_{jk}^* - \sigma_{jk})^2 \quad (4)$$

式中: a_i 、 b_i 、 c_i 为位移边界模式系数; σ_{jk}^* 为 k 观测点 j 力分量的实测值; σ_{jk} 为 k 观测点 j 力分量的有限元计算值。

然后,利用相应的优化算法^[9, 10],对边界位移模式系数进行优化,不断调整边界位移模式系数并进行相应的有限元计算^[11],从而得到边界位移模式的最优组合和相应的初始地应力场。

2.3 程序的实现

采用优化算法中的单纯形法，编制相应的程序，在程序中嵌入有限元数值计算，从而可以反复调整边界位移模式的系数并进行相应的有限元计算，最终得到位移边界的最优组合和拟合的初始地应力场，具体实现步骤见图 2。

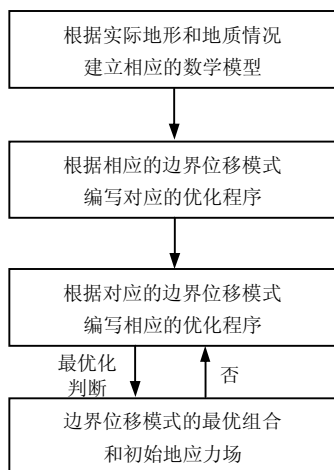


图 2 程序实现步骤
Fig.2 Steps of program

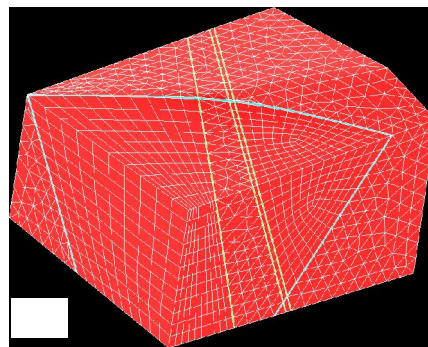


图 3 三维有限元网格图
Fig.3 3D-FEM mesh

物理模型按所给资料取为弹性模型，各岩性岩体力学参数见表 1，计算时各参数取其平均值。

表 1 岩体物理力学参数表

Table 1 Physico-mechanical parameters of rock masses

岩性	重度 / $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	弹性模量 / GPa	泊松比	凝聚力 / MPa	内摩擦角 / $(^\circ)$
微风化	2.68	30	0.22	2.0	59
F20, F32, F22	2.6	15	0.25	0.20	35
F84	2.6	5	0.30	0.10	28

3 工程实例

三峡工程地下厂房区位于三峡右岸白岩尖山体下，山顶高程为 243 m，地下厂房尺寸（长×宽×高）分别为 $240 \text{ m} \times 37 \text{ m} \times 66.8 \text{ m}$ ，厂房区主要断层有 F20、F22、F24，走向 $340^\circ \sim 350^\circ$ ，倾向 SW 为主，倾角为 $60^\circ \sim 85^\circ$ ，一般宽 2~5 m。本次地应力反演是依据 1996 年长江科学院的《三峡工程地下厂房区域 1995 年地应力测量研究报告》^[12]。为充分了解该区域岩体应力场的分布状态，长江科学院曾分别使用水压致裂法和套孔解除法进行 3 次地应力测量，该报告提供了 3 次地应力测量的成果及其分析。本次地应力反演采用了其中有代表性的 7 个测点的地应力测量值。

3.1 计算模型和材料参数

计算所用的坐标系如下：x 轴与机组中心线重合，从 1 号机组指向 6 号机组为正；y 轴与厂房轴线垂直，水平指向下游为正；z 轴与高程坐标重合；坐标原点位于 x 轴与靠近 1 号机组的端墙的交点处。计算模型范围 x 为 $[-247 \ 573]$ ；y 为 $[-300 \ 400]$ ；z 为 $[-250 \ \text{山顶}]$ 。选取计算范围较关心区域各扩展 100 m，但还不能说是远远大于所关心的区域。对计算区域共离散 19 497 个 8 节点等参单元，7 033 个节点。有限元网格见图 3。

3.2 边界位移模式的选取

根据三峡工程地下厂房区实际地质资料和地应力测量报告，计算模型只对底面做法向位移约束，其余侧面均施加相应的位移模式，计算时分别采用线性边界位移模式和二次边界位移模式进行优化。

线性位移模式：

沿 x 轴方向侧面法向位移为

$$u = a_0 + a_1 z + a_2 y \quad (5)$$

沿 y 轴方向侧面法向位移为

$$v = b_0 + b_1 z + b_2 x \quad (6)$$

沿 z 方向侧面位移：计算时采用由岩体实测密度获得的自重应力场，计算模型侧面及底面加法向位移约束，由此计算的各侧面竖直方向的位移值即可作为自重应力场的边界位移模式。

非完全二次位移模式：

沿 x 轴方向侧面法向位移为

$$u = a_0 + a_1 z + a_2 y^2 \quad (7)$$

沿 y 轴方向侧面法向位移为

$$v = b_0 + b_1 z + b_2 z^2 \quad (8)$$

沿 z 方向侧面位移同线性位移模式。

3.3 计算结果分析

优化线性位移模式计算结果及与实测值对比分析分别见表 2。优化二次位移模式计算结果及与实测值对比分析分别见表 3。

从两种位移模式计算结果, 以及与测点实测值的对比分析中可以得出以下结论:

(1) 线性位移模式下计算结果与实测值各主应力之间的平均相对误差为 18.32 %, 各主应力之间的相对误差范围为 15 %~22.5 %, 误差范围不大,

相对比较稳定。

(2) 二次位移模式下拟合的主应力方向与线性位移模式差别不大, 但是二次位移模式下主应力计算结果明显好于线性位移模式, 平均相对误差只为 11.2 %, 且各主应力之间的相对误差范围为 10.4 %~12.5 %, 工程中完全可以接受。

(3) 完全二次位移模式的函数空间包含完全一次位移模式, 前者的全局最优值要优于后者, 但前者有更多的局部极小值点, 由于单纯形法是局部收

表 2 测点处主应力计算值与实测值对比表
Table 2 Comparison between calculated principal stresses and measured ones

测点	比较	σ_1 /MPa	方位角 /(°)	倾角 /(°)	σ_2 /MPa	方位角 /(°)	倾角 /(°)	σ_3 /MPa	方位角 /(°)	倾角 /(°)
D2	实测	9.8	292.00	1.00	4	202.00	15.00	3.94	26.00	75.00
	反演	8.58	311.36	12.77	4.82	222.4	4.69	3.04	152.2	76.35
D3	实测	9.8	300.00	4.00	4	208.00	23.00	3.8	39.00	67.00
	反演	8.95	316.89	9.89	5.48	227.06	0.977	2.31	142.65	80.06
D4	实测	9.3	302.00	4.00	4.2	218.00	60.00	3.9	30.00	30.00
	反演	10.5	313.75	6.35	3.27	223.91	1.49	4.02	147.13	83.48
D5	实测	9.9	294.00	4.00	5.7	198.00	55.00	4.6	27.00	35.00
	反演	7.32	323.6	4.42	5.1	235.9	27.62	4.04	45.26	61.9
D6	实测	10.8	295.00	2.00	5.6	208.00	64.00	4.8	24.00	26.00
	反演	7.46	313.13	18.12	5.46	239.13	40.09	2.97	24.4	44.3
D7	实测	8.1	316.00	6.00	5.2	234.00	43.00	4.2	41.00	45.00
	反演	6.51	308.8	21.2	5.14	205.8	30.0	2.61	68.5	51.8
D8	实测	7.2	303.00	7.00	4.7	204.00	56.00	3.7	35.00	34.00
	反演	7.95	304.5	16.19	4.15	209.3	17.19	3.52	75.3	66.01
平均误差/ %		18.32	17.29		15.08		22.59			

表 3 测点处主应力计算值与实测值对比表
Table3 Comparison between calculated principal stresses and measured ones

测点	比较	σ_1 /MPa	方位角 /(°)	倾角 /(°)	σ_2 /MPa	方位角 /(°)	倾角 /(°)	σ_3 /MPa	方位角 /(°)	倾角 /(°)
D2	实测	9.8	292.00	1.00	4	202.00	15.00	3.94	26.00	75.00
	反演	7.78	311.6	12.21	4.01	227.7	26.17	4.0	18.9	60.7
D3	实测	9.8	300.00	4.00	4	208.00	23.00	3.8	39.00	67.00
	反演	9.71	297.73	10.6	4.30	207.39	0.399	3.76	119.5	79.35
D4	实测	9.3	302.00	4.00	4.2	218.00	60.00	3.9	30.00	30.00
	反演	10.8	299.6	11.9	3.56	212.46	12.94	3.63	24.8	47.1
D5	实测	9.9	294.00	4.00	5.7	198.00	55.00	4.6	27.00	35.00
	反演	8.26	303.6	8.03	5.22	220.8	41.75	4.0	24.88	47.11
D6	实测	10.8	295.00	2.00	5.6	208.00	64.00	4.8	24.00	26.00
	反演	9.28	302.4	9.04	6.34	225.3	54.5	3.94	26.24	33.9
D7	实测	8.1	316.00	6.00	5.2	234.00	43.00	4.2	41.00	45.00
	反演	7.91	301.5	17.0	5.77	198.59	36.17	3.13	51.96	48.79
D8	实测	7.2	303.00	7.00	4.7	204.00	56.00	3.7	35.00	34.00
	反演	8.44	302.15	18.87	5.52	198.06	35.45	4.03	54.78	48.38
平均误差/ %		11.2	12.5		10.4		10.6			

敛算法, 它的最优值依赖于初值和步长等因素, 如果采用完全的二次位移模式, 增加了局部极小值点的个数, 这样有可能会陷入某个极小值而迭代终止, 得不到全局最优值。要克服上述缺陷, 可采用全局优化算法^[14]。本文采用非完全的二次位移模式是经过试算后得到的一组较好的结果。

4 结 论

(1) 本文采用位移边界条件拟合三维初始地应力场, 与以往地应力反演方法不同的是运用优化的思想, 不断调整边界位移系数, 并反复进行有限元计算, 从而得到位移边界模式的最优组合和整个区域的初始地应力场。

(2) 针对三峡工程地下厂房区域分别采用线性位移模式和二次位移模式进行优化反演, 二次位移模式并非完全二次位移模式, 采用优化方法就需要考虑计算效率和计算精度问题, 不能任意的增加优化参数来提高精度, 在充分了解反演区域构造应力场的基础上, 对每一个位移二次项进行取舍, 结果表明, 选取的二次位移模式下的计算值与实测值吻合较好, 说明用该方法反演初始地应力场是可行的。

(3) 在工程反演过程中, 考虑了主要的断层对整个区域初始地应力场的影响, 而不再将整个区域的岩体作为各向同性的均质体, 效果较好。

(4) 运用此方法进行地应力反演也存在一定的问题^[13], 首先就是优化算法的问题, 到目前为止, 还没有一种全局优化算法, 既效率高又能在任何情况下都可以收敛到全局最小值, 但应该相信, 随着全局优化算法的发展, 这个问题可以得到很好的解决, 其次就是位移模式的选取^[15, 16], 本文的反演计算并没有施加水平向边界切向位移, 而只施加了竖向位移, 因为如果在边界每一个面上均施加3个方向的边界位移, 则会在边界上产生位移的不协调, 从而不利于优化计算, 因此, 针对不同的工程区域, 应结合实际地质构造运动进行相应的位移模式的选取。

致谢: 感谢长江科学院提供了三峡地下厂房区域地应力测量的资料和报告。

参 考 文 献

- [1] 程宾, 王水林, 李春光. 采用位移边界条件拟合初始地应力场的研究[J]. 矿业研究与开发, 2006, 26(1): 28—31.
- CHENG Bin, WANG Shui-lin, LI Chun-guang. Study on fitting initial geostress field with displacement boundary

- conditions[J]. *Mining Research and Development* 2006, 26(1): 28—31.
- [2] 金艳丽, 刘汉东. 初始地应力场反演及回归分析方法研究[J]. 隧道建设, 2004, 24(2): 6—8.
- JIN Yan-li, LIU Han-dong. Research on initial geostress field and regression analysis methods[J]. *Tunnel Construction*, 2004, 24(2): 6—8.
- [3] 张延新, 蔡美峰, 王可忠. 三维初始地应力场的计算方法与工程应用[J]. 北京科技大学学报, 2005, 27(5): 520—523.
- ZHANG Yan-xin, CAI Mei-feng, WANG Ke-zhong. Algorithm of in-situ stress field and its application[J]. *Journal of University of Science and Technology Beijing*, 2005, 27(5): 520—523.
- [4] 束加庆, 任旭华, 张继勋, 等. 隧洞工程区三维初始地应力场的回归分析[J]. 红水河, 2006, 25(1): 46—49.
- SHU Jia-qing, REN Xu-hua, ZHANG Ji-xun, et al. Regression analysis of the 3D initial geostress field of tunnel project region[J]. *Hongshui River*, 2006, 25(1): 46—49.
- [5] 喻军华, 金伟良, 邹道勤. 分析初始地应力场的位移函数法[J]. 岩土力学, 2003, 24(3): 417—419.
- YU Jun-hua, JIN Wen-liang, ZOU Dao-qin. Displacement function method for analyzing initial earth stress[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2003, 24(3): 417—419.
- [6] 张有天, 胡惠昌. 地应力场的趋势分析[J]. 水利学报, 1984, (10): 31—38.
- ZHANG You-tian, HU Hui-chang. The trend analysis of geostress field[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1984, (10): 31—38.
- [7] 郭怀志, 马启超, 薛玺成, 等. 岩体初始地应力场的分析方法[J]. 岩土工程学报, 1983, 5(3): 64—75.
- GUO Huan-zhi, MA Qi-chao, XUE Xi-cheng, et al. Rock mass initial geostress field analysis methods[J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 1983, 5(3): 64—75.
- [8] 邱祥波, 李术才, 李树枕. 三维地应力回归分析方法与工程应用[J]. 岩石力学与工报, 2002, 22(10): 1 613—1 617.
- QIU Xiang-bo, LI Shu-cai, LI Shu-chen. 3D geostress regression analysis method and its application[J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*,

- 2002, 22(10): 1 613—1 617.
- [9] 栗塔山, 彭维杰, 周作益, 等. 最优化计算原理与算法程序设计[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2002.
- [10] 汪树玉, 杨德铨, 刘国华, 等. 优化原理、方法与工程应用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1991.
- [11] 郑宏, 葛修润, 谷先荣, 等. 关于岩土工程有限元分析中的若干问题[J]. 岩土力学, 1995, 16(3): 7—12.
- ZHENG Hong, GE Xiu-run, GU Xiang-rong, et al. Some problems in FEM for Geotechnical Engineering[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 1995, 16(3): 7—12.
- [12] 长江科学院. 三峡工程地下厂房区域1995年地应力测量研究报告[R]. 武汉: 长江科学院, 1996.
- [13] 杨林德. 岩土工程的反演理论与工程实践[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 314—349.
- [14] LÜ Ying-hui, WANG Shui-lin. A new global optimization algorithm and its application[C]//The 7th International Conference on Fracture and Strength of Solids Collaboration with International Conference on Computational Science and Engineering, Wulumuqi: [s. n.], 2007.
- [15] 朱伯芳. 岩体初始地应力反分析[J]. 水利学报, 1994, (10): 30—35.
- ZHU Bo-fang. Back analysis of initial stresses in rock masses[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1994, (10): 30—35.
- [16] 张奇华, 钟作武, 龚壁新, 等. 施加边界位移产生纯剪应力及反分析应用[J]. 长江科学院院报, 2000, 17(2): 34—36.
- ZHANG Qi-hua, ZHONG Zou-wu, GONG Bi-xin. Method of generating pure shear stress by adding boundary displacement and its application to back analysis of geostress field[J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2000, 17(2): 34—36.

第十五届隧道年会会议 1 号通知

中国土木工程学会隧道及地下工程分会第十五届年会定于 2008 年 11 月中下旬在广州召开。本次年会学术及技术交流的主题为“我国水下隧道建设工程技术的发展”(Development of Underwater Tunnel Engineering Technology), 内容包括隧道及地下工程规划、设计、施工、运营管理等方面的新理论、新技术、新工艺、新材料和新成果, 以期工程界同仁相互交流, 共同发展。大会收录的论文集将以中国土木工程学会隧道及地下工程分会会刊《现代隧道技术》(国内公开发行人物)增刊形式出版。欢迎业内人士踊跃投稿并积极参加。

主办单位: 中国土木工程学会隧道及地下工程分会

承办单位: 广州市市政园林局 广州市地下铁道总公司

协办单位: 广州市隧道开发公司 广州市中心区交通建设有限公司 广州市广园路建设公司

会议主题: 我国水下隧道建设工程技术的发展

主要议题: 1.隧道技术发展动态及研究综述 2.隧道规划与设计 3.隧道施工技术 4.隧道工程试验 5.隧道运营管理 6.隧道安全与防灾减灾 7.隧道工程节能环保 8.隧道及地下工程的新技术、新设备、新材料、新工艺 9.隧道工程教育 10.地下空间规划与设计 11.典型工程实例介绍 12.其他

论文征集: 论文应围绕会议议题展开, 要求内容具体、明确、严谨, 且未公开发表。撰写时应注意知识产权和商业机密的保护, 文责自负。全文内容宜为 3 000~6 000 字。论文摘要(200~300 字), 请注明作者的 E-mail 邮箱或传真号。论文摘要和论文以 E-mail 和邮寄方式提交, 邮寄稿件务必一式两份, 以供审查(作者自留底稿)。请在信封上注明“学术年会”字样。入选论文拟以《现代隧道技术》(国内公开发行人物)增刊形式出版, 版面格式另行通知。

重要日期: (日期均为最后截止日期)

论文摘要提交 2008 年 04 月 30 日 摘要接受通知 2008 年 05 月 31 日

论文提交 2008 年 07 月 31 日 论文录用通知 2008 年 08 月 31 日

大会秘书处地址及联系方式:

秘书处: 广州市环市东路 348 号, 广州市市政园林局大会秘书处 邮编: 510060

负责人: 殷建军 联系电话: 020-83852058 13922125629

联系人: 蓝柳和 联系电话: 020-83767730 13719304250 传真: 020-83825627, 83871189

电子邮件: lanliuhe@gzszyl.gov.cn 网址: <http://www.gzszyl.gov.cn/>

(信息来源: 河海大学岩土网, 编辑部编辑)