

随机有限层理论及其在地基沉降可靠度计算中的应用

汪莹鹤^{1, 2}, 王保田^{1, 2}, 梅国雄³

(1. 河海大学岩土力学与堤坝工程教育部重点实验室, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学岩土工程科学研究所, 江苏 南京 210098;

3. 南京工业大学土木工程学院, 江苏 南京 210009)

摘 要: 基于比奥固结理论, 将土体视为横观各向同性弹性体, 土性参数考虑为随机变量, 结合梯度优化法和有限层理论, 推导出随机有限层的理论计算公式。根据理论推导, 编制了随机有限层的计算程序, 程序中采用了二级分层技术, 使得计算更加合理。采用 Matlab 软件自带的 GUI 工具进行界面设计, 利用 Matlab 与 Visual C++ 接口技术, 实现 Visual C++ 和 Matlab 的混合编程, 编制出可独立运行的随机有限层可视化程序。最后进行了算例分析, 计算结果表明: 这种方法是可行性, 为地基沉降可靠度计算提供了一种新方法, 值得进一步进行研究。

关键词: 随机有限层; 沉降; 可靠度; 梯度优化法; 蒙特卡罗法

中图分类号: TU433

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2009)02-0282-05

作者简介: 汪莹鹤(1983-), 男, 安徽安庆人, 博士研究生, 主要从事路基设计、岩土可靠性方面的研究。E-mail: wangyinghe@hhu.edu.cn。

Theory of stochastic finite layer method and its application in reliability analysis for foundation settlement

WANG Ying-he^{1, 2}, WANG Bao-tian^{1, 2}, MEI Guo-xiong³

(1. Key Laboratory of Ministry of Education for Geomechanics and Embankment Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Geotechnical Research Institute, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. College of Civil Engineering, Nanjing University of

Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: Based on the Biot's consolidation theory, the foundation is regarded as transversely isotropic and the soil parameters are considered as random variables. Combined the finite layer theory with gradient optimization schemes, a formula of stochastic finite layer theory is deduced. A program is programmed based on the theory. The quadric-layered technique is used in the program, which makes the calculation more reasonable. An interface is designed using GUI in Matlab. Based on the interface technology of Matlab and Visual C++, a visual program is programmed using hybrid programming of VC++ and Matlab. Finally, the program is tested using an example. It is shown that the method is feasible; it is worth studying reliability analysis of soft foundation settlement.

Key words: stochastic finite layer method; settlement; reliability; gradient optimization scheme; Monte Carlo Simulation

0 引 言

地基土往往是成层沉积而成, 成层状分布。由于在沉积过程中扁平颗粒的取向关系, 使得土体在水平方向和竖直方向的性质存在较大的差异, 从而构成以水平面为同性面的横观各向同性弹性体^[1]。张问清等在有限条法的基础上提出了层状各向同性弹性连续介质的有限层法^[2]。梅国雄等在宰金珉的指导下, 将有限层推广到比奥固结问题的求解, 并进行了系统的研究工作^[3-5]。

由于土体是在自然条件下形成的, 其性质表现出很大的变异性, 大量试验、统计结果表明, 土性参数

的变异系数远比一般的人工材料大^[6], 所以采用概率分析方法分析地基沉降将更加合理。在地基沉降概率分析方法方面, 近年来有不少研究成果^[7], 郭志川等基于比奥固结理论, 运用随机有限元进行地基沉降分析^[8]。

如果能够将有限层理论推广到概率计算方法, 则更加能够发挥这种方法的优点。张思俊曾在随机有限层理论方面做过一些尝试, 他将有限层控制方程在随机变量均值点处 Taylor 展开, 针对 Taylor 展开式计算

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (50639010)

收稿日期: 2007-12-27

均值和方差, 进而求出可靠度指标^[9], 这种方法和泰勒展开随机有限元法 (TSFEM) 原理类似, 此外就再也未见有人做相关研究。

梯度优化法是求解优化问题的一种简便高效的方法, Der Kiureghian Armen 和 Ke Jyh Bin 首次将梯度优化法与有限元法相结合, 用于求解平面刚架构件的可靠度^[10]。刘宁等进一步针对材料的非线性, 研究了非线性随机有限元^[11-12]。

本文尝试将梯度优化法与有限层法相结合, 推导出随机有限层的理论计算公式, 用于求解横观各向同性土体比奥固结方程, 计算地基沉降可靠度。

1 随机有限层理论

1.1 比奥固结理论的有限层解法

由于土建中大部分为竖向荷载, 采用文献[2]中B类边界条件, 由位移边界条件和孔隙水压力的边界条件 (本文中的孔隙水压力指超静孔隙水压力), 有限层层元的形函数取如下形式:

$$\left. \begin{aligned} u &= \sum_{m=1}^r \sum_{n=1}^s [(1-\bar{z})U_{mn}^i + \bar{z}U_{mn}^{i+1}] \cos k_m x \sin k_n y, \\ v &= \sum_{m=1}^r \sum_{n=1}^s [(1-\bar{z})U_{mn}^j + \bar{z}U_{mn}^{j+1}] \sin k_m x \cos k_n y, \\ w &= \sum_{m=1}^r \sum_{n=1}^s [(1-\bar{z})w_{mn}^i + \bar{z}w_{mn}^{i+1}] \sin k_m x \sin k_n y, \\ p &= \sum_{m=1}^r \sum_{n=1}^s [(1-\bar{z})p_{mn}^i + \bar{z}p_{mn}^{i+1}] \sin k_m x \sin k_n y. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中 $k_m = m\pi/a$; $k_n = n\pi/b$; $\bar{z} = (z - z_i)/h_i$; U_{mn}^i , V_{mn}^i , W_{mn}^i , P_{mn}^i 为第 i 层的位移参数和孔隙水压力参数; a , b 为水平面上的计算范围; h_i 为层元厚度。将地基土体视为横观各向同性弹性体, 其弹性矩阵为^[2]

$$D = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & d_3 & 0 & 0 & 0 \\ d_2 & d_1 & d_3 & 0 & 0 & 0 \\ d_3 & d_3 & d_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d_6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_6 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

式中, $d_1 = [E_1(E_2 - E_1\mu_2^2)]/[(1+\mu_1)(E_2 - E_2\mu_1 - 2E_1\mu_2^2)]$, $d_2 = [E_1(E_2\mu_1 + E_1\mu_2^2)]/[(1+\mu_1)(E_2 - E_2\mu_1 - 2E_1\mu_2^2)]$, $d_3 = (E_1E_2\mu_2)/(E_2 - E_2\mu_1 - 2E_1\mu_2^2)$, $d_4 = 0.5E_1/(1+\mu_1)$, $d_5 = [E_2^2(1-\mu_1)]/(E_2 - E_2\mu_1 - 2E_1\mu_2^2)$, $d_6 = G_2$ 。

采用变分法可推导出类似有限元形式的比奥固结方程的有限层求解格式:

$$\begin{bmatrix} \bar{K} & K' \\ K'^T & \bar{K} \end{bmatrix}_{mn} \begin{Bmatrix} \delta \\ \beta \end{Bmatrix}_{mnr} = \begin{Bmatrix} F \\ R \end{Bmatrix}_{mnr}. \quad (3)$$

详细内容参见文献[1]。

1.2 梯度优化法

在标准正态空间内, 极限状态面 $G(Y)=0$ 上的点 $Y=(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ 到坐标原点的距离为

$$d = \sqrt{Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_n^2}. \quad (4)$$

由可靠指标的几何涵义可知, 在标准正态空间内, 从坐标原点到极限状态曲面的最短距离即为可靠指标。求解原点到极限状态面的最小距离的问题转化为如下的优化问题

$$\text{Minimize } d$$

$$\text{Subject to } G(Y)=0. \quad (5)$$

设基本变量 $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 为相互独立的正态随机变量, 功能函数为

$$g(X) = g(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (6)$$

对应的极限状态方程为 $g(X)=0$, 通过变换

$$Y=TX+B, \quad (7)$$

可以得到一组相互独立的标准正态变量 $Y=(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$, 将功能函数转化到标准正态空间, 采用迭代法可以确定极限状态面 $G(Y)=0$ 上离原点最近的点 Y^* , 迭代格式为

$$Y_{i+1} = (Y_i^T \alpha_i + \frac{G(Y_i)}{\|\nabla G(Y_i)\|}) \alpha_i, \quad (8)$$

式中, $\nabla G(Y)$ 为梯度向量

$$\nabla G(Y) = \left(\frac{\partial G(Y)}{\partial Y_1}, \frac{\partial G(Y)}{\partial Y_2}, \dots, \frac{\partial G(Y)}{\partial Y_n} \right), \quad (9)$$

α 是沿负梯度方向的单位向量,

$$\alpha = -\frac{\nabla G(Y)}{\|\nabla G(Y)\|}, \quad (10)$$

序列 Y_i 逐渐收敛于点 Y^* , 然后就可以计算可靠度指标和可靠度^[13]

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \sqrt{Y^{*T} Y^*}, \\ P_f &= 1 - \Phi(\beta). \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

1.3 随机有限层

本文将梯度优化法与有限层法相结合, 推导出随机有限层的理论计算公式。设允许沉降为 S , 取 n_c 个参数为随机变量, 则功能函数为

$$g(X) = S - w(X) \quad (X = X_1 X_2, \dots, X_{n_c}). \quad (12)$$

为简单起见, 设基本随机变量 $X=(X_1 X_2, \dots, X_{n_c})$ 为相互独立的正态随机变量, 通过变换 $Y=TX+B$ 可以转化到标准正态空间 $Y=(Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_c})$, 则功能函数转化为 $G(Y)$, 下面在标准正态空间里计算功能函数的偏导数

$$\nabla G(Y) = (T^{-1}) \nabla g(X). \quad (13)$$

对式 (12) 求偏导可得

$$\nabla g(X) = -\frac{\partial w}{\partial X} = -\left[\frac{\partial w}{\partial X_1} \quad \frac{\partial w}{\partial X_2} \quad \cdots \quad \frac{\partial w}{\partial X_{n_c}} \right]^T \quad (14)$$

由式 (1) 可得

$$\frac{\partial w}{\partial X} = \sum_{m=1}^r \sum_{n=1}^s \frac{\partial f_{mn}^w}{\partial X} \sin k_m x \sin k_n y \quad (15)$$

式中, $f_{mn}^w = (1-\bar{z})w_{mn}^i + \bar{z}w_{mn}^{i+1}$, 式 (3) 可简写为

$$F_{mn} = K_{mn} \delta_{mn} \quad (16)$$

对式 (16) 两边求偏导得

$$\frac{\partial F_{mn}}{\partial X} = \frac{\partial K_{mn}}{\partial X} \delta_{mn} + K_{mn} \frac{\partial \delta_{mn}}{\partial X} \quad (17)$$

不考虑荷载的随机性, 由式 (17) 可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \delta_{mn}}{\partial X} &= K_{mn}^{-1} \left(\frac{\partial F_{mn}}{\partial X} - \frac{\partial K_{mn}}{\partial X} \delta_{mn} \right) \\ &= -K_{mn}^{-1} \frac{\partial K_{mn}}{\partial X} \delta_{mn} \end{aligned} \quad (18)$$

根据土性参数将地基划分为 ne 层, 每层土又分为若干子层, 各层土的土性参数不同, 视为随机变量, 其子层内土性参数不变, 这就是二级分层技术。设土体一共有 nne 个子层, 则式 (18) 可以展开为

$$\begin{aligned} &\begin{bmatrix} \partial u_{mn}^1 / \partial X_1 & \partial u_{mn}^1 / \partial X_2 & \cdots & \partial u_{mn}^1 / \partial X_{5ne} \\ \partial v_{mn}^1 / \partial X_1 & \partial v_{mn}^1 / \partial X_2 & \cdots & \partial v_{mn}^1 / \partial X_{5ne} \\ \partial w_{mn}^1 / \partial X_1 & \partial w_{mn}^1 / \partial X_2 & \cdots & \partial w_{mn}^1 / \partial X_{5ne} \\ \partial p_{mn}^1 / \partial X_1 & \partial p_{mn}^1 / \partial X_2 & \cdots & \partial p_{mn}^1 / \partial X_{5ne} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \partial p_{mn}^{nne} / \partial X_1 & \partial p_{mn}^{nne} / \partial X_2 & \cdots & \partial p_{mn}^{nne} / \partial X_{5ne} \end{bmatrix} \\ &= - \left(K_{mn}^{-1} \frac{\partial K_{mn}}{\partial X_1} \delta_{mn} \quad K_{mn}^{-1} \frac{\partial K_{mn}}{\partial X_2} \delta_{mn} \quad \cdots \quad K_{mn}^{-1} \frac{\partial K_{mn}}{\partial X_{5ne}} \delta_{mn} \right) \end{aligned} \quad (19)$$

我们关心的是地表沉降, 所以取 $\bar{z} = 0$, 则有

$$f_{mn}^w = \delta_{mn}^3 \quad (20)$$

下面关键问题就是对刚度矩阵的求导运算, 由于整体刚度矩阵是由各层刚度矩阵叠加而成, 只要求得层刚度矩阵的偏导即可。层刚度矩阵的元素具体参见文献[1], 在此不再叙述。对元素的偏导计算为

$$\frac{\partial s_i}{\partial X_j} = \sum_{k=1}^5 \frac{\partial s_i}{\partial d_k} \frac{\partial d_k}{\partial X_j} \quad (21)$$

式中, $i=1, 2, \dots, 36$, $j=1, 2, \dots, n_c$, $k=1, 2, \dots, 5$ 。

求得层刚度矩阵的偏导后进行叠加就可以得到整体刚度矩阵的偏导, 代入式 (18) 就可以得到位移各级参数的梯度, 再代入式 (15) 经过两次循环就可以得到沉降对变量的梯度, 代入式 (14) 得到功能函数的梯度。由式 (8) (9) (10) 经过若干次迭代, 序列 Y_i 最终在精度范围内收敛于极限状态面上距原点最近的点 Y^* 。笔者用 Matlab 完成了对上述过程的编程, 子程序 flm168 计算每级级数刚度矩阵和位移参数, 子程

序 flmsuiji 计算梯度, flm22 计算位移, 主程序 flmrel 计算可靠度。程序的总体框架见图 1。

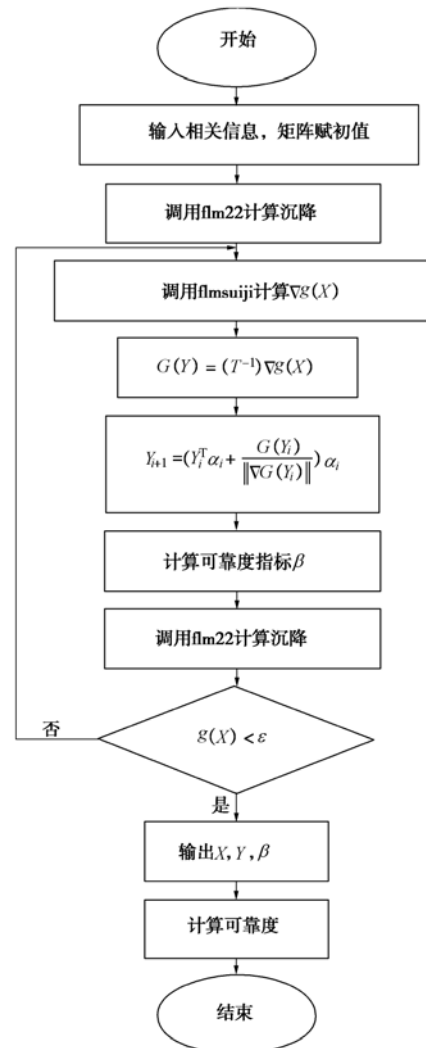


图 1 程序框架

Fig. 1 Frame of the program

2 可视化编程

2.1 软件开发环境

为了便于应用, 笔者采用 Visual C++ 和 Matlab 软件自带的 GUI 工具进行界面的设计和数据的可视化。Visual C++ 支持面向对象编程技术, 支持组件共享, 可以提高软件系统开发的速度和软件的质量, 减少编程人员的工作量, 从而有效的提供了应用程序的运行效率。Matlab 是目前国际上最流行、应用最广泛的科学工程计算软件, 在设计研究单位 Matlab 被认作进行高效研究、开发的首选软件工具。

2.2 Matlab 与 Visual C++ 接口

实现 Visual C++ 和 Matlab 的混合编程是实现本软件的一个关键, 本文采用 Matlab 编译器 (MCC) 与 VC++ 对接。MCC 是 Matlab 中经过优化的编译器。通

过使用 MCC, 用户可以将 Matlab 数据库、图形库和界面的 Matlab 函数文件(m 文件)转化为独立于 Matlab 的独立应用程序 (exe 程序) 和软件组件 (dll 动态链接库)。编译器根据最后要生成的目标类型生成合适的打包器文件, 打包器文件包含编译后的应用程序和所支持的可执行对象类型之间的接口并且根据执行环境的不同而有所不同, 具体内容请参考文献[14]。

2.3 可视化编程步骤

可视化编程分 9 步: ①配置 Matlab 编译器, 用 “mbuild -setup” 将 Matlab 编译器设置为 Visual C++6.0; ②编译 m 文件; ③添加库文件, 创建 VC++ 工程; ④添加头文件; ⑤设置编译链接选项; ⑥添加 mcc 编译文件; ⑦初始化进程; ⑧调用 mlf 函数; ⑨进程终止与资源释放。经过上述步骤后, 将生成可独立运行的可视化程序^[15]。

2.4 本软件界面

界面是由 Matlab 软件自带的 GUI 进行设计的, 界面形式如图 2 所示。本程序采用二级分层法, 首先根据土性条件, 将土体进行地质分层, 每层土体的土性参数作为随机变量; 为了进行有限层计算, 再在每层内进行二次分层。

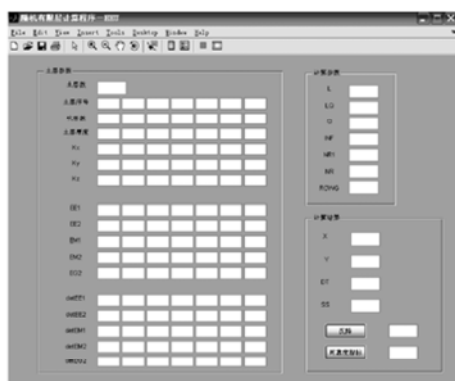


图 2 可视化程序界面

Fig. 2 Interface of the visual program

3 算例分析

为了同其他计算结果进行比较, 按各向同性进行验算, 计算参数如下: 土体的参数为 $E=10$ MPa, $\mu=0.3$, $G_2=3.85$ MPa, $k_x=k_y=k_z=1\times 10^{-4}$ cm/s; 计算荷载为作用于 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 的瞬时均布荷载 $Q=1$ MPa; 计算土体分为 2 个地质层, 每层 3 m, 每层内分为 3 个二级层, 每层 1 m。为了计算最终沉降, 取时间 $T=1\times 10^9$; 计算范围为 $8\text{ m}\times 8\text{ m}$, 计算点取荷载中心点。首先进行确定性计算 (本文确定性程序改编自梅国雄教授的有限层计算程序), 将相关参数输入后, 点击 “沉降” 按钮, 可以计算得计算点沉降为 0.167 m。

为了对程序进行验算, 笔者用 FLAC 程序进行建模计算, 得沉降为 0.169 m, 可见确定性程序改编正确。

下面进行可靠度计算, 设随机变量均为正态分布, 取第一层土体变形模量的标准差为 2.0, 第二层土体变形模量的标准差为 1.0; 泊松比的标准差均为 0.02; 与水平面垂直的平面的剪切模量的标准差均为 0.2。设允许沉降为 0.2 m。输入相关参数, 点击 “可靠度指标” 按钮, 可计算得可靠度指标为 1.83。为了验证程序的正确性, 笔者用 Matlab 编制蒙特卡罗计算程序, 共模拟十万次, 失效 3926 次, 失效概率为 3.93%, 对应的可靠度指标为 1.76, 可见计算结果比较接近。

4 结 论

(1) 本文结合有限层法和梯度优化法, 推导了随机有限层的理论计算公式。尽管这种方法还需要进一步的评估, 但本文算例结果表明了其可行性, 为地基沉降可靠度计算提供了一种新方法, 值得进一步进行研究。

(2) 根据理论推导, 编制了随机有限层计算程序, 为了方便应用, 笔者采用 Visual C++ 和 Matlab 软件自带的 GUI 工具进行界面的设计和数据的可视化, 最终可生成独立运行的程序。

(3) 本文采用二级分层, 使得计算更加合理, 为了本方法得到实际应用, 程序还需要做必要的修改和补充, 在可视化上也要进一步完善。

致 谢: 本文程序编制过程中得到清华大学姜小明博士的无私帮助, 在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 梅国雄, 宰金珉. 固结有限层理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006. (MEI Guo-xiong, ZAI Jin-min. Theory and application of consolidation finite layer[M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese))
- [2] 张问清, 赵锡宏, 宰金珉. 任意力系作用下的层状弹性半空间的有限层分析方法[J]. 岩土工程学报, 1981, 3(2): 27 - 42. (ZHANG Wen-qing, ZHAO Xi-hong, ZAI Jin-min. Finite layer analysis for layered and elastic half-space under arbitrary force system[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1981, 3(2): 27 - 42. (in Chinese))
- [3] 宰金珉, 梅国雄. 有限层法求解三维比奥固结问题[J]. 岩土工程学报, 2002, 24(1): 31 - 33. (ZAI Jin-min, MEI Guo-xiong. Finite layer analysis of three-dimensional Biot consolidation[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2002, 24(1): 31 - 33. (in Chinese))

- [4] 梅国雄, 宰金珉, 赵锡宏, 等. 三维横观各向同性土体开挖问题有限层求解[J]. 水利学报, 2004(1): 110 - 115. (MEI Guo-xiong, ZAI Ji-min, ZHAO Xi-hong, et al. Finite layer analysis of 3-D excavation problem in transverse isotropic soil[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(1): 110 - 115. (in Chinese))
- [5] 梅国雄, 宰金珉, 赵维炳. 横观各向同性土体有限层分析[J]. 岩土力学, 2005, 26(2): 225 - 230. (MEI Guo-xiong, ZAI Jin-min, ZHAO Wei-bing. Finite layer analysis for a cross-isotropy homogeneous elastic soil[J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(2): 225 - 230. (in Chinese))
- [6] BEACHER G. Need for probabilistic characterization[C]// Prob Characterization of Soil Properties: Bridge Between Theory & Practice, New York, 1984: 1 - 18.
- [7] 刘宁, 郭志川, 等. 地基沉降的概率分析方法河可靠度计算[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(2): 143 - 150. (LIU Ning, GUO Zhi-chuan, et al. Probabilistic analysis and reliability assessment for foundation settlement[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2000, 22(2): 143 - 150. (in Chinese))
- [8] 郭志川, 刘宁. 地基固结沉降随机有限元计算和可靠度分析[J]. 岩土力学, 2001, 22(4): 481 - 485. (GUO Zhi-chuan, LIU Ning. The SFEM analysis and reliability assessment of consolidation settlement based on Biot consolidation theory[J]. Rock and Soil Mechanics, 2001, 22(4): 481 - 485. (in Chinese))
- [9] 张思俊, 张广健, 黄由玲. 随机有限层法[J]. 水利学报, 1993(7): 10 - 17. (ZHANG Si-jun, ZHANG Guang-jian, HUANG You-ling. Random finite layer method[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1993(7): 10 - 17. (in Chinese))
- [10] DER Kiureghian Armen, KE Jyh bin. Finite-element based reliability analysis of frame structures[C]// Pro of 4th Int Conf on Structural Safety and Reliability, Japan, 1985.
- [11] 刘宁. 三维可分向量随机场局部平均的三维随机有限元及可靠度分析[J]. 水利学报, 1995(6): 75 - 82. (LIU Ning. 3-D stochastic FEM and reliability calculation based on vector seperatable field local average[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1995(6): 75 - 82. (in Chinese))
- [12] 刘宁, 卓家寿. 基于三维弹塑性随机有限元的可靠度计算[J]. 水利学报, 1996(9): 53 - 62. (LIU Ning, ZHUO Jia-shou. Reliability analysis based on 3-D elasto-plastic SFEM[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1996(9): 53 - 62. (in Chinese))
- [13] 武清玺. 结构可靠性分析及随机有限元法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005. (WU Qing-xi. Structural reliability analysis and stochastic finite element method[M]. Beijing: China Machine Press, 2005. (in Chinese))
- [14] 刘维. 精通 Matlab 与 C/C++混合编程设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008. (LIU Wei. Skilled in mixed programming of matlab and C/C++[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2008. (in Chinese))
- [15] 姜晓明. 轴流泵水力模型系列型谱分析及其应用软件[D]. 南京: 河海大学, 2007. (JIANG Xiao-ming. Research and development on the software of axial pumping hydraulic model serial spectrum and its application[D]. Nanjing: Hohai University, 2007. (in Chinese))

勘 误

由于印刷厂的疏忽, 本刊 2009 年第 1 期部分期刊书脊上的出版年号出现了印刷错误, 出版年号错印成了“2008”, 正确的出版年号为“2009”。已经将正确的出版年号“2009”做

成不干胶粘贴在本期的封面二上, 如果您手上的本刊 2009 年第 1 期书脊上出版年号错误, 麻烦您做更正粘贴。由此给您带来的不便, 我们向您表示深深的歉意!

(本刊编辑部)