

基于 INPGA 的地下水污染治理多目标优化管理模型：II——实例应用

吴剑锋¹⁾, 彭伟¹⁾, 钱家忠²⁾, 吴吉春¹⁾, 郑春苗^{3,4)}

1) 南京大学地球科学与工程学院水科学系, 南京, 210093;

2) 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥, 230009;

3) 北京大学工学院能源与资源工程系水资源研究中心, 北京, 100871;

4) 美国阿拉巴马大学地质科学系, 美国阿拉巴马州塔斯卡卢萨(Tuscaloosa), AL 35487

内容提要: 简单算例研究表明改进的小生境 Pareto 遗传算法(INPGA)用于求解地下水系统的多目标优化管理模型时,求解过程简单,计算速度快,而且得到的 Pareto 解集跨度更为合理。本文以美国麻省军事保护区(Massachusetts Military Reservation, MMR)为实例,通过建立研究区复杂地下水污染治理的多目标优化管理模型,进一步对比 NPGA 和 INPGA 的求解结果,同时详细讨论和分析适应值库操作和 MPI 并行技术在实例中的应用效果。求解结果表明 MPI 并行技术在实例应用中能明显提高加速度和计算效率,而且同样能提供足够的选择方案供决策者权衡选择,由此证明基于 INPGA 的地下水污染治理多目标优化模型具有很好的应用前景。

关键词: 麻省军事保护区;地下水污染治理;多目标优化;小生境 Pareto 遗传算法;MPI 并行计算

自 20 世纪 80 年代以来,地下水模拟—优化模型就广泛地应用于地下水系统的各种管理,这是因为借助模拟—优化模型不仅可以合理解释地下水流及水中物质(溶质)的运移过程,而且可以确定地下水系统管理的最佳策略(Minsker, 2003)。当这种优化管理模型与地下水的污染治理与修复相关,尤其是涉及到系统的多目标优化管理时,采用传统求解方法往往求解困难,而采用包括遗传算法在内的各种智能算法来求解时,则要不断地重复运行地下水流模型和污染物运移模型,为此需要耗费大量的计算时间,求解效率较低(吴剑锋等, 2008)。

遗传算法作为一种随机的全局寻优方法,由于它无需优化问题有连续性和可导性的限制,因此已被应用到地下水系统管理的各个领域(Ritzel et al., 1994; Mckinney et al., 1994; Aly et al., 1999; Park et al., 2004; Wu Jianfeng et al., 2006; 邵景力等, 1998)。由于遗传算法求解速度相对较慢,其应用实例多数还是限于理论上的探索或小范围简单含水层的优化管理(吴剑锋等, 1999; Wang Mingguang et al., 1997; Kalwij et al.,

2006; Chang et al., 2007)。基于小生境的 Pareto 遗传算法(NPGA)作为一种先进的多目标优化算法,亦是如此(Erickson et al., 2002; 彭伟等, 2008)。

改进的小生境 Pareto 遗传算法(INPGA)通过 Pareto 解集过滤器、精英个体保留策略和邻域空间 Mühlenbein 变异等改进措施,能提高算法的求解能力。同时,应用个体适应值库操作和 MPI(Message Passing Interface)并行计算技术可提高其求解速度。根据简单算例的应用效果,应用 MPI 并行技术的 INPGA 虽然能进一步加快模型的运算,但效率并不显著。为此,本文选择美国麻省军事保护区(Massachusetts Military Reservation, MMR)为实例,通过建立研究区复杂地下水污染治理的多目标优化管理模型,进一步验证 INPGA 方法在复杂地下水系统多目标优化管理中的实际应用效果。求解结果表明 MPI 并行技术在实例应用中同样能提供决策者足够的选择方案,而且能明显提高算法的计算效率,由此证明基于 INPGA 的地下水污染治理多目标优化模型具有很好的应用前景。

注:本文为国家重点基础研究发展计划项目(编号 2010CB428803)和国家自然科学基金资助项目(编号 41072175, 41030746 和 40725010)的成果。

收稿日期:2010-03-30;改回日期:2010-12-13;责任编辑:章雨旭。

作者简介:吴剑锋,男,1971年生。博士。现为南京大学地球科学与工程学院教授,博士生导师。主要从事地下水数值模拟和水资源模拟优化管理研究。通讯地址:210093,南京大学地球科学与工程学院;Email:jfww@nju.edu.cn。

1 研究区概况

美国麻省军事保护区始建于20世纪初,面积约89 km²,位于科德角(Cape Cod)的法尔茅斯镇(Town of Falmouth)附近(图1)。该区为第四纪冰川沉积物覆盖,厚度变化较大,北部小于46m,而南部海岸线附近超过122m,这些沉积物组成的潜水含水层为附近数个社区的主要供水水源。自然条件下,该含水层的地下水排泄至当地河流,最终流入海洋。但长期的军事活动造成了该区土壤和含水层的严重污染。美国环境保护署(USEPA)于1989年将其列入超级基金(Superfund)优先资助计划,至1999年对该区投入的污染治理费用超过2亿美元。

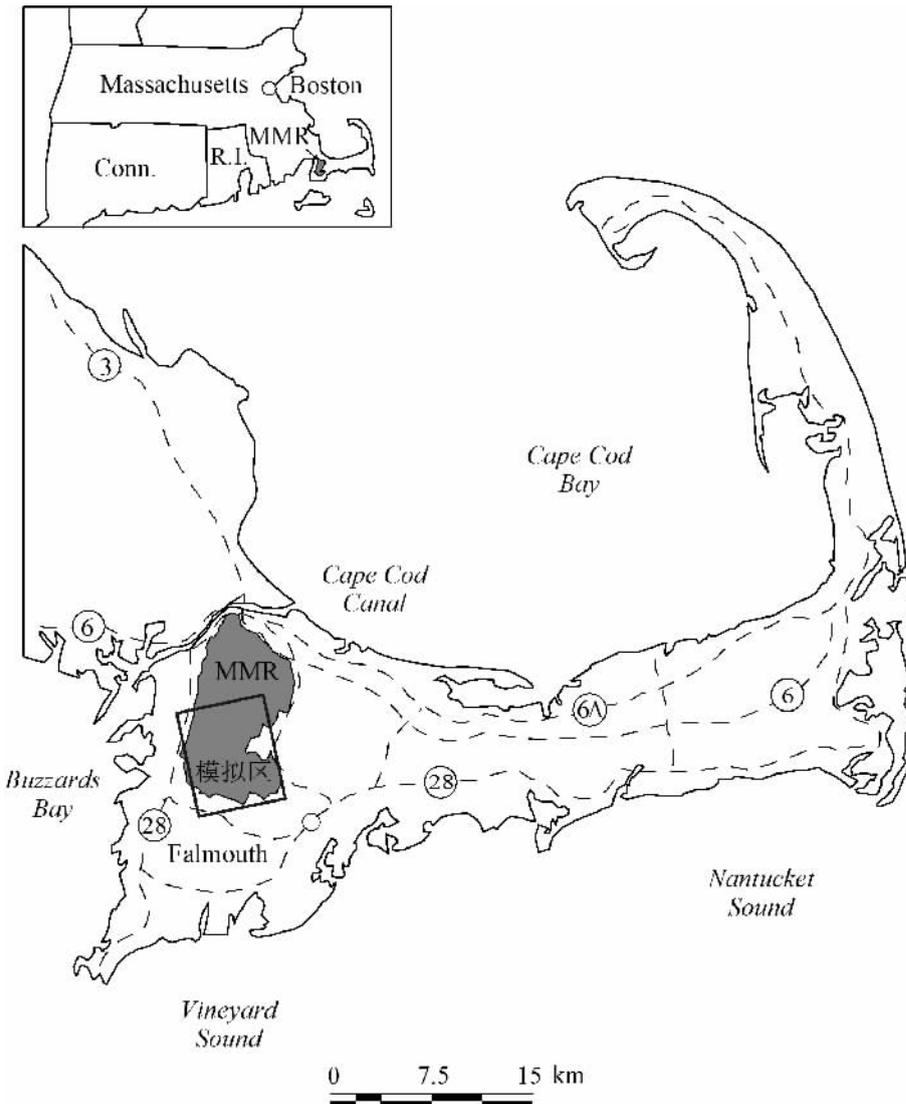


图1 研究区位置图(据 Zheng Chunmiao et al., 2002)

Fig. 1 The location map of the study area (after Chunmiao Zheng et al., 2002)

预期该区总投入将超过8亿美元,其中地下水的治理费用预期超过3亿美元(Kavanaugh et al., 1999)。

本次研究位于MMR东南角的10号化学物泄漏区(Chemical-Spill 10, CS-10),主要用作美国空军的给养基地。CS-10污染源区的面积约0.15 km²,污染物的主要成分为三氯乙烯(Trichloroethylene, TCE)。地下水的污染羽范围长约5km,宽约2km,最深处厚度达43m,平均达到地表下37m,潜水面以下18m。模拟区域及各模拟层污染物浓度在平面上的投影分布如图2所示,TCE浓度超过5μg/L的污染羽三维分布如图3a所示,其最高浓度超过4690μg/L。

2 多目标模拟优化管理模型的建立

Zheng Chunmiao 等(2002)通过单目标规划的模拟优化模型得到了采用抽出一处理(pump-and-treat, PAT)系统来治理和修复该区含水层的最佳方案。PAT系统(也称 Extraction-treatment-reinjection, ETR)主要包括三个部分(图2):①沿南边的公路设立的一排隔离井,目的是为了防止污染物向地表水扩散;②中心地带已有的5眼井,依次编号为1~5,为污染物的主要去除井;③在周围拟增加的4眼井,依次编号为6~9,目的是为了加速去除污染物。由于该区污水处理设备的最大处理能力为10 m³/min,因此这9眼井的总出水能力不能超过10 m³/min,处理过的污水再经图2中所示的渗滤沟渠重新回到含水层中,以维持地下水水流场的稳定。

采用模拟优化方法对地下水系统进行污染治理的前提是建立一个能够准确反映研究区实际的地下水流和污

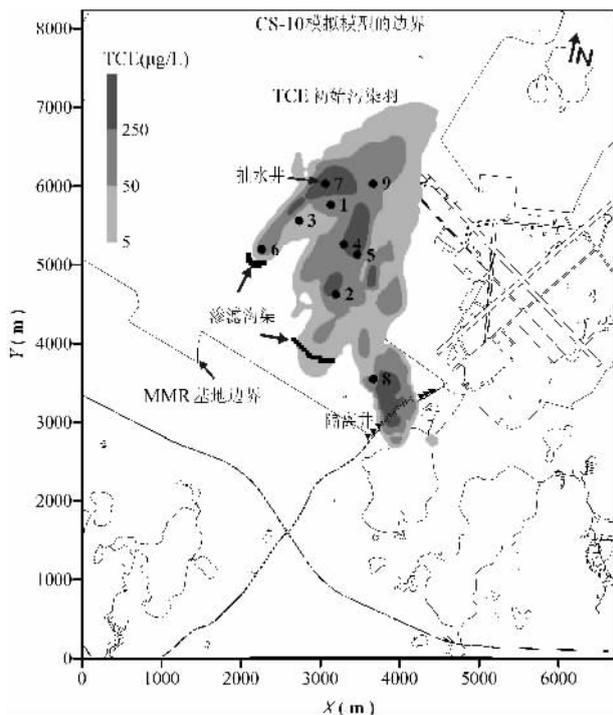


图 2 CS-10 模拟区域及 TCE 污染治理系统的平面分布 (据 Zheng Chunmiao et al., 2002)

Fig. 2 The plan view of the CS-10 TCE plume at the MMR in Cape Cod, Massachusetts (after Zheng Chunmiao et al., 2002)

染物运移模型。研究区 CS-10 的水流模型采用 MODFLOW (Harbaugh et al., 1996) 程序来求解, 整个研究区域剖分为 159 列、161 行和 21 层, 总模拟面积约 57 km²。水平方向的网格步长为 34m, 往边界(因远离污染羽)步长适当加大; 垂向上各层的厚度变化较大, 最小不足 1.5m, 最大超过 15m。侧向边界为给定水头边界, 由区域水流模型计算然后插值得到; 上部为入渗补给边界, 补给量为 41~86 cm/a; 下部隔水为零流量边界 (AFCEE, 1999)。水流模型中的渗透系数 K 通过对实测数据进行插值得到, 变化范围较大, 在泥沙含水层中小于 3 m/d, 而在粗砂含水层中可大于 91m/d。该区地下水流主要沿水平方向往南和西南方向流动, 水力坡度平均约为 1‰。

污染物运移模型以 MT3DMS (Zheng Chunmiao et al., 1999) 程序为基础。该模型采用与 MODFLOW 水流模型相同的剖分网格, 侧向和垂向上都是已知通量边界。在边界上, 只考虑对流项而忽略弥散项。初始污染物的浓度分布根据大量的采样分析数据得到 (AFCEE, 1999)。地下水流运

动与污染物运移模型的主要相关参数如表 1 所示。

与 Zheng Chunmiao 等 (2002) 的单目标管理不同, 本文研究包括两个目标函数。第一个目标函数为最小化污染治理成本。同时要求满足图 2 中 MMR 基地边界以下区域的污染物浓度在治理结束时小于 5µg/L。用数学方程可以表示为:

最小化:

$$J = a_1 NW + a_2 \sum_{i=1}^N |Q_i| \Delta t_i \quad (1)$$

约束条件:

$$C_m \leq C^* \quad (2)$$

其中, a_1 是安装一口井所需的费用 (本文取值为 180700 USD), NW 是新增非零流量井的数量 (N 是总的优选井的数量), a_2 是单位体积水经由抽出一处理过程的总费用 (本文取值 0.00397 USD/L) (Minsker, 2003), Q_i 是井 i 的单位时间抽水或注水的体积 (L/d), Δt_i 是井 i 持续抽水或持续注水的时间 (d), C_m 是治理周期结束后浓度约束区域任意一点的浓度 (µg/L), C^* 是治理周期结束后浓度约束区域的浓度约束条件 (µg/L)。需要说明的是, 由于编号 1 到 5 的井在优化前已经存在, 因此对于 $a_1 NW$ 这一项, 只需要考虑编号 6 到 9 的井是否安装即可。

第二个目标函数为最小化剩余污染物的含量。可以表示为:

最小化:

$$TCE_{\text{residual}} = (TCE_{\text{end}}/TCE_{\text{initial}}) \times 100\% \quad (3)$$

其中, TCE_{end} 为治理周期末污染物总量 (kg), TCE_{initial} 为初始状态下的污染物总量 (kg), TCE_{residual} 为含水层中剩余污染物的百分比。

同样, 研究区每一点的浓度要满足水流模型

表 1 研究区地下水流和污染物运移模型中的有关输入参数 (据 Zheng Chunmiao et al., 2002)

Table 1 Primary parameters input to the CS-10 TCE transport model (after Zheng Chunmiao et al., 2002).

参数	参数值
孔隙度	0.3
纵向弥散度 (m)	11
横向弥散度 (m)	1.1
垂向弥散度 (m)	0.11
有效分子扩散系数	0
线性吸附的阻迟因子	1.56
溶解相和吸附相的一阶衰减率 (d ⁻¹)	3.16 × 10 ⁻⁵
半衰期 (a)	60
模拟时间 (d)	10950 (30 a)

MODFLOW 和运移模型 MT3DMS,可表示为等式约束:

$$C = TransC(Q_i, \Delta t_i, C_0), i = 1, 2, \dots, N \tag{4}$$

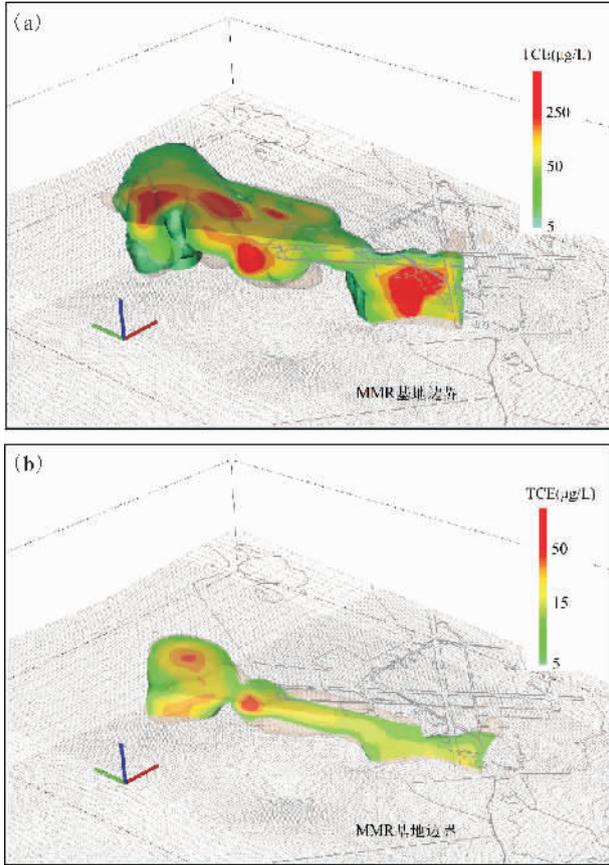


图3 CS-10 TCE 污染羽浓度的三维分布图:

(a)模拟优化初始时刻,(b)模拟优化结束时刻

Fig. 3 Three-dimensional visualization map of the CS-10 TCE plume: (a) at the beginning of the remediation horizon, and (b) at the end of the remediation horizon (30 years after an optimal PAT strategy is assumed to be operational)

其中 Trans 代表由水流模型和运移模型决定的研究区各点浓度的状态转移函数,它取决于各井的抽(注)水量的大小、抽(注)水持续的时间,以及各点的初始浓度 C₀。

3 多目标模拟优化管理模型的求解

采用 NPGA 和 INPGA 对以上建立的模型进行求解。选取的相关优化参数如下:计算代数 为 20;种群大小为 100 (以上两个参数与 Zheng Chunmiao 等 (2002)中的参数设置相同);Pareto 解集过滤器大小为 100;参数数目为 9;每个参数(单位

时间内的抽水量)的离散化区间数为 16;均匀交叉概率为 0.95;单点变异概率为 0.05;Mühlenbein 变异概率为 0.20;进程数为 5(1 个主进程,4 个从进程);小生境半径为 0.05。

3.1 优化结果的讨论

图 4 中对比了 NPGA 和 INPGA 分别得到的最后一代的解,可以看出:INPGA 得到的解更靠近 Pareto 前沿,分布更为合理。相对于 INPGA 的解,NPGA 得到的解多数都是受控解,且分布较为集中,不利于决策者的选择。图 5 为 INPGA 得到的 Pareto 解集过滤器中的解,通过对比图 4 中 INPGA 运行最后一代中的解,可以看出,采用 Pareto 解集过滤器得到的解在权衡曲线的分布上更为合理,能更加完整地反映出两个相互矛盾目标函数之间的权衡关系。在 PAT 系统运行的开始阶段(污染治理的初期),含水层中污染物的含量会迅速减少;而随着 PAT 系统的运行,当含水层中的污染物含量降低到一定程度(约 10%)以后,从经济效益上来说,通过 PAT 系统来继续降低含水层中残余污染物的含量就很不合算了。此时,与初期相比,减少含水层中等量的残余污染物,治理花费将会呈指数增长。图 5 为决策者提供了一系列可供权衡选择的优化方案,使其可以根据实际情况进行权衡选择。图 3b 显示了图 5 中一个非受控解(图 5 中实心圆点,对应两个目标函数值分别为 19.06 和 9.93)所代表的方案抽出一处理最后得到的 TCE 污染羽三维浓度分布图,该图显示污染羽浓度得到大幅度的下降,其最高浓度约 103µg/L,MMR 基地边界以下区域的污染

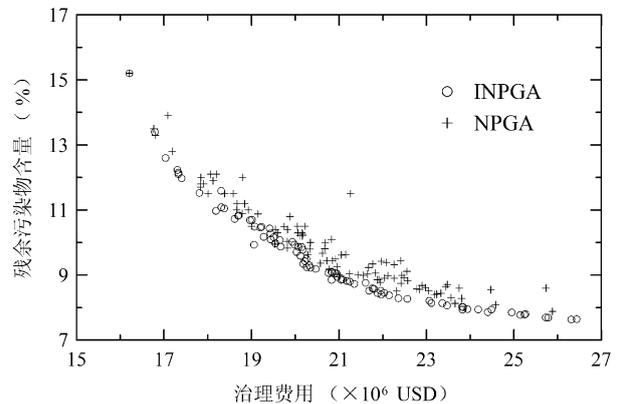


图4 NPGA 与 INPGA 运行到第 100 代时的解集比较

Fig. 4 Comparison of the NPGA-based and INPGA-based Pareto solutions in the 100th generation

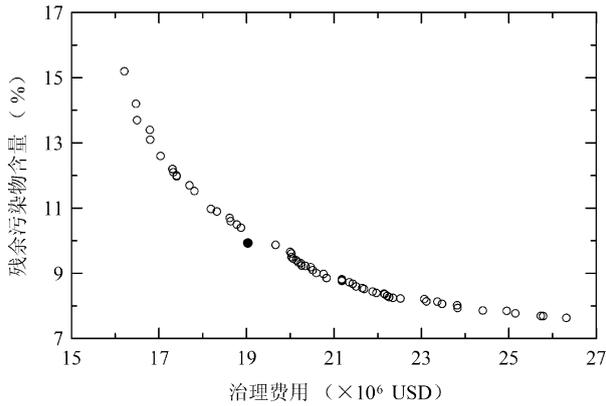


图 5 基于 INPGA 的 Pareto 解集

Fig. 5 The Pareto solutions based on the INPGA

物浓度都已控制在 $5\mu\text{g/L}$ 以内。

3.2 计算速度的讨论

本文计算的计算机配置为: Pentium4 处理器、3.0GHz、512M 内存, 以下配置均相同。应用模型中共有 9 个参数, 优化个体二进制编码总长度为 36, 由图 6 可以看出, 每代中重复个体的数目 3~9 个不等(第 1 代除外), 重复个体数也有随进化代数增加的趋势(图中的拟合点划直线), 平均重复个体数目为 5.8 个。与前文(吴剑锋等, 2011)图 6 中分析的编码总长与重复个体数量的关系基本吻合, 同时由于本应用实例的参数较多, 因此重复个体数相对减少。

应用 MPI 并行技术的 INPGA 程序在本实例中平均每一代的计算时间为 347min, 平均一个个体为 $347/(100-5.8)=3.68\text{min}$, 程序总的运行时间约 4.8d。对于如此大型的应用实例来说($159\times 161\times 21=537579$ 个结点), 不到 5d 的程序运行时间是完全可以接受的。与程序单独计算一个个体需要的 12min(程序总的运行时间约 16.7d)相比, 并行计算的指标很好, 其加速比达到 3.26, 效率达到 0.815。当然, 由于机群间传递消息的耗时和计算机本身的不稳定性和差异, 每一代的计算时间要比理论上的计算时间要长 10% 到 20% 不等。如果增加进程的个数, 则可进一步加快程序的运行速度。而对于简单的理想算例, 在同样参数设置的前提下, 并行计算的加速比和效率分别只有 1.14 和 0.29(吴剑锋等, 2011)。由此可见, 对于实际的应用问题, 本文 MPI 并行程序具有很好的并行指标(加速度和效率)(薛一波等, 1995), 完全能够胜任实际场地条件下地下水系统模拟优化的多目标管理问题。

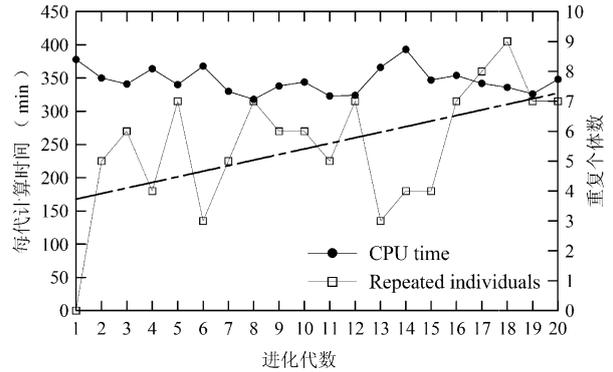


图 6 计算时间、重复数目与代数的关系曲线

Fig. 6 Evolution of the computation time and the repeated individual number over GA generations

4 结论

实例应用表明, 精英个体保留策略和邻域空间 Mühlenbein 变异方法大大提高 INPGA 的求解能力, 由此求得的解更靠近 Pareto 前沿, 分布更为合理。Pareto 解集过滤器中的解能够较为完整地反映出不同目标之间的函数关系, 所得权衡曲线可以为决策者提供足够的选择方案。

由 MMR 实例的 Pareto 解集可进一步分析得到, 采用 PAT 方法来治理地下水污染时, 在初期阶段含水层中污染物含量可迅速得到减少, 效率较高; 但当含水层中的污染物含量降低到一定程度以后, PAT 系统运行的效率则大为降低。与初期相比, 减少含水层中等量的残余污染物, 治理花费近似指数增长, 此时若从经济效益考虑, PAT 系统并不适合用来继续降低含水层中的污染物含量。

本文研究表明, 采用个体适应值库操作和 MPI 并行计算技术可以提高 INPGA 在求解地下水系统多目标优化模型中的运算效率。对于实际场地条件下复杂地下水系统的多目标优化模型, 采用 MPI 并行计算的 INPGA 方法更能显著加快模型的求解效率(效率达到 0.815)。由此进一步说明 INPGA 完全能够胜任求解地下水系统模拟优化的多目标管理问题, 具有很好的应用前景。

参 考 文 献 / References

- 彭伟, 吴剑锋, 吴吉春. 2008. NPGA-GW 在地下水系统多目标优化管理中的应用. 高校地质学报, 14(4): 631~636.
邵景力, 魏家华, 崔亚莉, 陈占成. 1998. 用遗传算法求解地下水管理模型. 地球科学, 23(5): 532~536.

- 吴剑锋,郑春苗. 2008. 地下水污染监测网设计研究进展. 环境地球科学(地球科学进展与评论第四卷),见:郑春苗,冯夏红. 主编. ,当代科学前沿论丛. 北京:高等教育出版社, 189~222.
- 吴剑锋,朱学愚,刘建立. 1999. 基于遗传算法的模拟退火罚函数求解地下水管理模型. 中国科学(E辑), 42(5):474~480.
- 薛一波,王建中. 1995. 并行处理中加速比的研究. 计算机工程与设计, 16(1): 11~16.
- 吴剑锋,彭伟,钱家忠,吴吉春. 基于INPGA的地下水污染治理多目标优化管理模型: I——理论方法与算例验证. 地质论评, 57(2): 277~284.
- Air Force Center for Environmental Excellence. 1999. CS-10 in-plume remedial system design ground water modeling report. Document No. AFC-J23-35S18405-M17-0002. Prepared by Jacobs Engineering Group for AFCEE, MMR Installation Restoration Program, Otis Air National Guard Base, Massachusetts.
- Aly A H, Peralta R C. 1999. Comparison of a genetic algorithm and mathematical programming to the design of groundwater cleanup systems. Water Resources Research, 35(8): 2415~2425.
- Chang L C, Chu H J, Hsiao C T. 2007. Optimal planning of a dynamic pump-treat-inject groundwater remediation system. Journal of Hydrology, 342:295~304.
- Erickson M, Mayer A, Horn J. 2002. Multi-objective optimal design of groundwater remediation systems: application of the niched Pareto genetic algorithm (NPGA). Advances in Water Resources, 25(1): 51~65.
- Harbaugh A W, McDonald M G. 1996. User's Documentation for MODFLOW-96, an Update to the US Geological Survey Modular Finite-difference Ground-water Flow Model. US Dept. of the Interior, US Geological Survey; Branch of Information Services distributor.
- Kalwij I M, Peralta R C. 2006. Simulation/optimization modeling for robust pumping strategy design. Ground Water, 44(4): 574~582.
- Kavanaugh, M C, Mercer J, Leeson A. 1999. A technical review of groundwater remedial actions at Massachusetts Military Reservation. Report to the Air Force Center for Environmental Excellence, MMR Installation Restoration Program, Otis Air National Guard Base, Massachusetts.
- McKinney D C, Lin M-D. 1994. Genetic algorithm solution of groundwater management models. Water Resources Research, 30(6): 1897~1906.
- Minsker B S, editor. 2003. Long-Term Groundwater Monitoring: The State of the Art. ASCE/EWRI, 0-7844-0678-2, Reston, VA.
- Park C H, Aral M M. 2004. Multi-objective optimization of pumping rates and well placement in coastal aquifers. Journal of Hydrology, 290:80~89.
- Ritzel B J, Eheart J W, Ranjithan S. 1994. Using genetic algorithms to solve a multiple objective groundwater pollution containment problem. Water Resources Research, 30(5): 1589~1603.
- Wang Mingguang, Zheng Chunmiao. 1997. Optimal remediation policy selection under general conditions. Ground Water, 35(5): 757~764.
- Wu Jianfeng, Zheng Chunmiao, Chien C C, Zheng Li. 2006. A comparative study of Monte Carlo simple genetic algorithm and noisy genetic algorithm for cost-effective sampling network design under uncertainty. Advances in Water Resources, 29(6): 899~911.
- Zheng Chunmiao, Wang P P. 2002. A field demonstration of the simulation-optimization approach for remediation system design. Ground Water, 40(3): 258~265.
- Zheng Chunmiao, Wang P P. 1999. MT3DMS: A Modular Three-Dimensional Multispecies Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion, and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems; Documentation and User's Guide, Contract Report SERDP-99-1. U S Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, Mississippi.

INPGA-based Multiobjective Management Model for Optimal Design of Groundwater Remediation System: II. Application to the MMR Site

WU Jianfeng¹⁾, PENG Wei¹⁾, QIAN Jiazhong²⁾, WU Jichun¹⁾, ZHENG Chunmiao^{3, 4)}

1) Department of Hydrosiences, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing, 210093, China;

2) School of Natural Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, 230009, China;

3) Center for Water Research, Department of Energy and Resources Engineering, College of Engineering, Peking University, Beijing, 100871, China;

4) Department of Geological Sciences, University of Alabama, Tuscaloosa AL 35487, USA

Abstract: The simple case study has shown that the improved niched Pareto genetic algorithm (INPGA) is applicable to multi-objective optimal design of groundwater remediation system due to the simple procedure, the efficient computation, as well as the rational span of the Pareto solutions. However, the acceleration and efficiency of INPGA based on the message passing interface (MPI) is comparatively low for the simple application. To further demonstrate the applicability and usefulness of INPGA coupled with the MPI for parallel computing and the operation library of individual fitness under real field

conditions, accordingly, an application project was conducted at the Massachusetts Military Reservation (MMR) in Cape Cod, Massachusetts, involving the multi-objective optimal design of a groundwater pump and treat system. The results of this study show that not only would it be possible using MPI to improve the parallel acceleration and efficiency, but also a near-Pareto-front trade-off curve could be achieved by providing enough Pareto solutions to decision-makers. This field application clearly demonstrates the attractive prospect of MPI-based INPGA in identifying multi-objective optimal design of groundwater remediation systems.

Key words: Massachusetts Military Reservation (MMR); groundwater remediation; multi-objective optimization; niched Pareto genetic algorithm; MPI parallel computation

“长江中下游金属成矿带”研究在国外出版专刊

国外著名学术期刊《International Geology Review》于 2011 年 4 月以连续两期连刊的形式出版了中国科学家关于“长江中下游金属成矿带”研究的成果专辑(<http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t902953900>)。本专辑汇集了 15 篇重要科研论文,作者主要是中青年学术骨干,来自中国科学技术大学、中国科学院地球化学研究所、广州地球化学研究所、北京大学、南京大学、中国地质大学、中南大学、合肥工业大学、韩国汉城国立大学、澳大利亚塔斯马尼亚大学等,集中报道了长江中下游金属成矿带及邻区构造—岩浆—成矿领域的最新成果。论文有原创论文和系统综述论文两种形式。

这是《International Geology Review》自 1959 年创刊以来首次以专刊的形式出版中国科学家的系列研究成果。经杂志社邀请,中国科学技术大学杨晓勇教授、中国科学院广州地球化学研究所孙卫东研究员、合肥工业大学周涛发教授和中国地质大学(北京)邓军教授担任了本专辑的客座编辑。他们作了 2 年多的精心准备,并组织了国内外专家集中审稿。

长江中下游地区是我国地学工作者的摇篮,也是我国有色金属最重要的生产基地。新中国成立以来,有百余名著名地学工作者在该区开展岩浆—构造—金属成矿理论研究及矿床勘查实践工作。改革开放以来,科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院和地勘部门在该区设立数十项重要

科研和勘察项目,每年都有多名博士、硕士研究生选择此区域做科研论文。近年来,我国地学工作者在该区研究成果不断积累,在岩浆起源—构造机制转化—成矿理论—深部找矿等领域都取得了较大突破。同时,由于我国国民经济持续快速发展,对有色金属等资源的强劲需求,带动我国地学界在该区开展新一轮大规模基础理论研究和找矿勘探实践的热潮。此时系统总结凝练该区的构造—岩浆—成矿研究动态,集合国内主要科研机构的最新成果,对于推动该区的地质基础研究和找矿实践都具有重要意义。

《International Geology Review》主编、美国科学院院士、斯坦福大学地球和环境科学系 Gary Ernst 教授在给杨晓勇教授等的祝贺信中说:“热烈祝贺长江中下游金属成矿带专刊的顺利出版,我高兴地看到本专刊系统集中报道中国学者在板块构造汇聚—岩浆活动与金属成矿等领域的系统成果,具有十分重要的学术价值”。

该专刊出版过程中,始终得到中国科学院和中国工程院院士常印佛教授的热情指导。今年 7 月,将逢常先生八十寿辰,客座编辑和作者们希望以此专刊感谢常先生长期以来对我国地学科研和教学工作的关怀指导,祝贺常先生半个多世纪以来在长江中下游金属成矿理论研究及矿床勘查实践中所取得的突出成就。

(中国科技大学地球和空间科学学院胡银玉 供稿
章雨旭 编辑)