

徐 峰 尹 成 凌 云 谭昌勇 主编

现代地震勘探与信息应用技术

——周熙襄学术讨论会
第一次会议论文集(2006)

地 质 出 版 社

现代地震勘探与信息应用技术

——周熙襄学术讨论会第一次会议论文集(2006)

徐 峰 尹 成 凌 云 谭昌勇 主编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书收录了2006年10月在成都理工大学庆祝周熙襄教授诞辰70周年暨从事地球物理工作48周年学术研讨会上的论文29篇。内容涉及重磁电资料的数字处理方法、油气地球物理勘探、工程地球物理勘探、生物物理学、信息技术等领域的新技术、新方法,以及实际应用成果。

本书可供地球物理专业技术人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代地震勘探与信息应用技术:周熙襄学术讨论会第一次会议论文集:2006/徐峰等主编. —北京:地质出版社,2006

ISBN 7-116-05002-7

I. 现... II. 徐... III. 信息技术-应用-地震勘探-学术会议-文集 IV. P631.4-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第121580号

责任编辑:孙业芸

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324569(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm¹/₁₆

印 张:18.75 彩版:1 页

字 数:456 千字

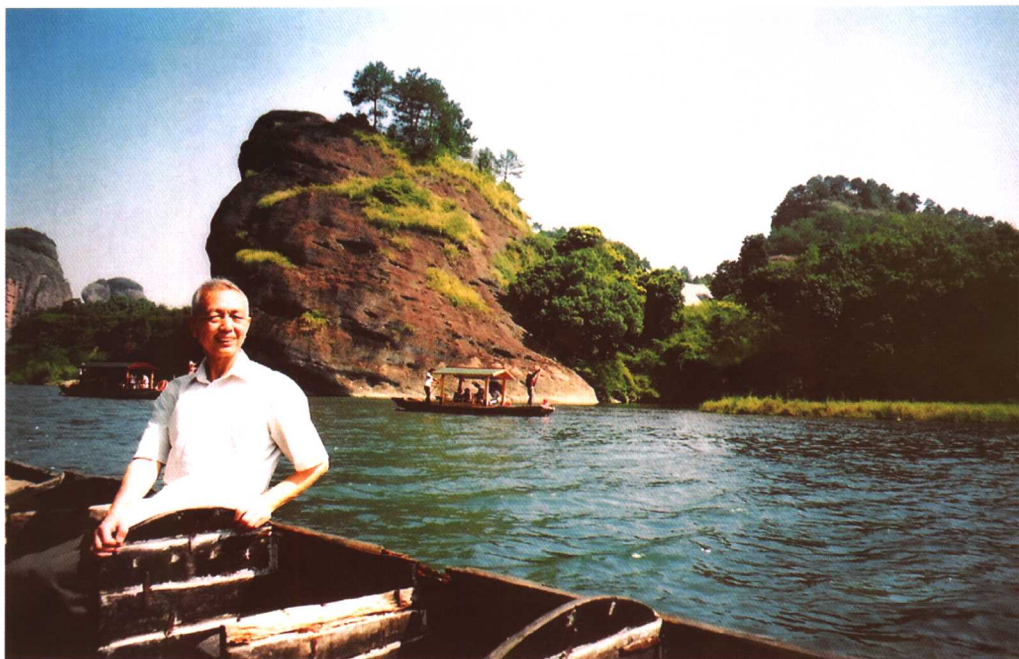
印 数:1—600 册

版 次:2006年9月北京第一版·第一次印刷

定 价:88.00 元

ISBN 7-116-05002-7/P·2730

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)



周熙襄教授2004年于江西



周熙襄教授2004年于成都



周熙襄教授1980年在冰岛雷克雅未克



周熙襄教授2000年在日本参加“世界地热会议”（WGC-2000）

前 言

周熙襄教授是我国著名的地球物理学家。1936 年出生于江西波阳，1958 年从长春地质学院地球物理勘探专业毕业分配到成都地质学院（现成都理工大学）任教至今，已在应用地球物理教学和科研岗位上辛勤耕耘了 48 年。

48 年来，周熙襄教授勤勤恳恳、兢兢业业，为成都理工大学应用地球物理学科建设做出了突出贡献。他先后开课 14 门，创建了两个实验室（其中自筹经费约 50 万元）和三个教研室，编写教材 12 部；他早在 1986 就为学校开创了“地球探测与信息技术”博士点，并成为当时该博士点唯一博士生导师，20 世纪 90 年代后一直担任该博士点的首席博士生导师。

48 年来，周熙襄教授治学严谨、思维敏捷，在应用地球物理理论研究和实践领域，取得了卓越的成就。他先后负责承担国家攻关项目 6 项、国家 863 项目 1 项、省部级项目 4 项、博士基金项目 1 项、横向项目约 50 项。他从 1970 年开始从事物探的数字化研究，是我国地球物理界数字化研究的少数带头人之一。他和他的研究组在国内首次利用电子计算机进行磁铁矿磁异常的正、反演，为在我国四川西昌地区找到隐伏的富铁矿做出过重要贡献，因此，他在我国 1978 年召开的第一次全国科学大会上获奖，并被评为四川省先进个人。他首次在国内实现电阻率法视电阻率异常的数字正演计算，他及同事们所制定的有限元视电阻率计算等方法，在国外讲学时受到好评。他等发明的高精度重力地改方法和地震勘探静校正方法，已较广泛地应用于国内外的生产之中。另外他还获得四川省科技进步一等奖 1 次、省部级科技奖 6 次，获中国发明专利 2 项、美国发明专利 1 项。他出版专著 6 部 7 册，发表论文 100 余篇，参加国际学术会议多次。

48 年来，周熙襄教授为人师表、诲人不倦、因材施教、桃李满天下。

他一直坚持为本科生、研究生上课，数以千计的年轻人聆听过他的教诲；他 1979 年开始招收硕士生，1987 年开始招收博士生，共培养博士研究生 29 名、硕士研究生 46 名。他的学生遍及美国、日本、加拿大和中国各地，研究领域涉及到应用石油地球物理、工程物探、矿产物探、信息工程、生物工程、企业管理等多个领域。

2006 年，是周熙襄教授诞辰 70 周年。为庆贺老师 70 华诞，本书收集、筛选了周熙襄教授和他部分学生的学术论文共 29 篇，旨在反映周熙襄教授深邃的学术思想和卓越的学术成就，同时，通过他部分学生的学术论文所涉及到的内容，可以看到周熙襄教授真正是思维活跃、因材施教的一代宗师。

衷心祝愿周熙襄教授健康、长寿！

编 者

2006. 5. 1

目 录

前 言

第一部分 周熙襄教授及其教研组代表性论文	(1)
解释重磁数据中最优化选择法的若干问题	周熙襄 钟本善 冯敬英 (3)
电法勘探正演数值模拟的若干结果	周熙襄 钟本善 严忠琼等 (24)
GRAVIMETRIC TERRAIN CORRECTIONS BY TRIANGULAR-ELEMENT METHOD	Zhou Xi-xiang, Zhong Ben-shan, and Li Xiong (37)
A NEW STRATEGY FOR CCP STACKING	 Zhong Ben-shan, Zhou Xi-xiang, Liu Xu-cai, et al. (48)
层速度谱	周熙襄 刘学才 钟本善等 (55)
第二部分 石油地球物理	(67)
无井约束地震反演方法	杨绍国 谭昌勇 (69)
地震分辨率问题的研究	凌云研究组 (85)
储层演化地震勘探研究	凌云研究组 (94)
基于 2.5 维薄层模型的井间走时层析成像方法	张建中 (103)
三维模型正演技术在地震采集中的应用	蒋先艺 (112)
基于四阶累积量的最大能量法	尹 成 熊小军 张白林等 (122)
石油包裹体 SRXRF 微量元素分析与油气运移相关性研究	 陈传仁 黄宇营 李敬功等 (131)
粘声波动方程静校正	徐 峰 杜增利 满益志等 (138)
二次定位技术应用实例分析	冯 凯 (145)
近地表地震散射噪声的正反演方法	杨旭明 周熙襄 王克斌等 (151)
三维折射静校正技术在长庆苏里格气田三维处理中的应用	 王克斌 赵灵芝 张旭民 (159)
利用瑞雷面波进行表层调查的可行性探讨	周熙襄 王振国 (166)
瑞雷面波频散特征的时频分析方法及应用	彭 文 (179)
地震资料采集监控及评价系统的开发	潘树林 高 磊 周熙襄 (186)
一种实现初至波自动拾取的方法	潘树林 高 磊 邹 强等 (191)
地震记录信噪比的几种估算方法对比	牛 聪 詹 毅 李辉峰 (200)

第三部分 工程物探	(207)
二滩水电站坝基岩体固结灌浆质量检测	沙 椿 宋正宗 田 鹰等 (209)
钻孔变形试验在水电工程中的应用	沙 椿 (217)
探地雷达技术在堤坝隐患探测中的应用	葛双成 (224)
第四部分 信息技术	(231)
基于 WEB 的工作流在电子政务和企业管理中的应用	张建中 (233)
宁波社区信息化发展模式的探索与实践	戴 云 (237)
第五部分 生物物理	(243)
ELECTRIC POTENTIAL PRODUCED BY A DIPOLE IN A HOMOGENEOUS CONDUCTING SPHERE	Yao De-zhong (245)
HIGH-RESOLUTION ELECTROENCEPHALOGRAM (EEG) MAPPING: SCALP CHARGE LAYER	Yao De-zhong, Yin Zhong-ke, Tang Xiang-hong, et al. (251)
A PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM FOR BEAM ANGLE SELECTION IN INTENSITY-MODULATED RADIOTHERAPY PLANNING	 Li Yong-jie, Yao De-zhong, Yao Jonathan, et al. (266)

第一部分

周熙襄教授及其 教研组代表性论文

解释重磁数据中最优化选择法的若干问题^①

周熙襄 钟本善 冯敬英

(成都地质学院)

摘 要 本文中我们将拟牛顿法应用到磁力、重力数据的自动解释中来,通过计算对比说明,在收敛的稳定性上拟牛顿法比常用的阻尼最小二乘法大为优越,文中又讨论了最优化选择法的收敛性、多解性、模型体的选择、参量的选择和约束,以及解释三个矿区磁异常的实例。

1 引 言

在我国的磁力、重力勘探的数据解释中,选择法是常用的方法,在较好的条件下,选择法解释能取得关于矿体较详细的数据,对于复杂形状和多层矿体的叠加异常的困难情况,选择法也取得了较好的效果^[1]。为了适应电子计算机自动处理重磁数据的情况,60年代初期开始提出最优化选择法的思想。1965年开始应用最小二乘法(高斯法)^[2]和最速下降法^[3]。70年代初期开始广泛应用阻尼最小二乘法(Marguardt)^[4,5,6],另外一些直接法如单纯形法^[7]、轴迭代法^[6,8]和共轭方向法(Powell)^[6]等也开始应用。我们几年来应用这些方法的情况说明阻尼最小二乘法收敛速度快,当参量较少时有时能取得较好效果。但是有时它又不能收敛于真实解,特别是当参量较多时,迭代解不合理的情况经常出现。对于拟牛顿法,文献[5]、[6]作者进行过试验,但没有得到有效的结果。我们采用比较细致的单方向探测技术,使计算效果得到提高。虽然它在收敛速度方面不及阻尼最小二乘法;但前者迭代过程稳定,所得结果往往更接近于真实解。

2 一些方法的试验对比

我们用上面提到的一些最优化选择法的方法对几个模型体的重磁异常进行了迭代计算。例如对二维有限延深板,它的位置、大小和形状可用7个量表示,即模型体的参量 $\underline{x}$ 取为 $(x_0, z_0, 2b, 2l, \alpha, i, J)^T$,它们依次为板截面中心的 x 坐标, z 坐标,板的水平宽度,板的向下延深长度,板的倾角,磁化强度的倾角和磁化强度。板状体的理论磁异常垂直分量 $f(\underline{x})$ 的表达式可在文献[9]中找到。我们取 $\underline{x}^* = (160, 30, 20, 40, 90,$

① 原文发表于《地球物理学报》,1980,第23卷第1期。

$60, 0.01)^T$ ，其中各参量数据长度以米为单位，角度以度为单位，磁化强度以 CGSM 为单位^①。设 $\Delta Z_k = f(\underline{x}^*)$ ，则

$$\phi = \sum_{k=1}^m (\Delta Z_k - f_k)^2 \quad (1)$$

式中 $f_k = f(\underline{x})$ ， $k=1, 2, \dots, m$ ， m 为观测点数。

为了图示 ϕ 函数的性质，我们每一次只能改变两个参量。如图 1 所示是改变第 1, 2 两个参量时 ϕ 的等值线图，图 2 是改变第 3、7 两个参量的 ϕ 等值线图形。对于这种两个参量的情况，我们用阻尼最小二乘法、拟牛顿法和其它一些最优化算法进行了迭代计算。拟牛顿法计算我们采用 D. F. P. 公式和 B. F. S. 公式^[10,11,12]。在图 1 和图 2 中示出了拟牛顿法计算的收敛路线。图 3 和图 4 分别示出了对以上两个参量情况的各最优化算法收敛速度对比图。

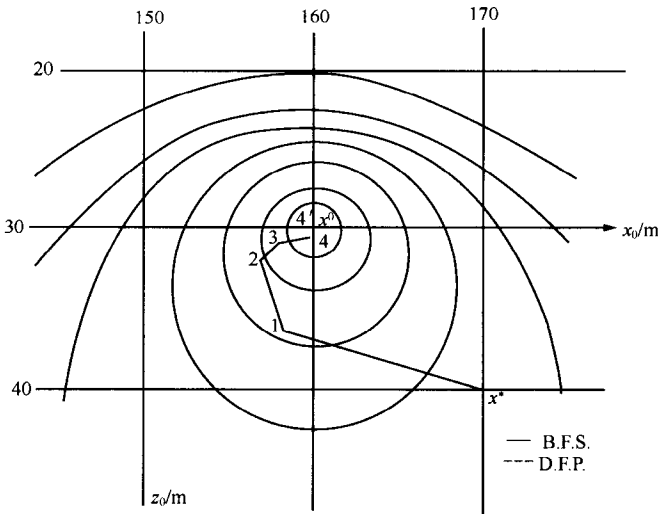


图 1 以 x_0 和 z_0 为参量的二维板 ϕ 等值线图和 D. F. P. 与 B. F. S. 方法的收敛路线
(图中 x^0 表示初值， x^* 表示极小点)

图 5 示出了二维板单体全部 7 个参量变化时不同算法的收敛情况。图 6 和图 7 分别示出了二维板二体 14 个参量和二维板四体 28 个参量不同算法的收敛速度。

图 3 至图 7 中纵坐标为 ϕ/m ，横坐标 n_i 为计算函数的次数（有时为 t ，表示计算时间）。计算时所用二维板四体的分布情况和所对应的磁异常曲线表示在图 8 中。该图采用阻尼最小二乘法计算。由图可见，经过迭代计算，四个二维板分别由虚线位置重合到四个实线方框上，拟合曲线以小圆点表示，可见它与理论曲线拟合很好。

从图 3 到图 7，除个别情况外，阻尼最小二乘法的收敛速度是最快的，其次为拟牛顿法。一般情况，当参量数 n 增大时，各直接法的收敛速度迅速减慢，当 $n > 15$ 时，计算很费时间。

① 在 SI 制中磁化强度用 M 表示。本书为尊重历史，保留 CGSM 制用法。

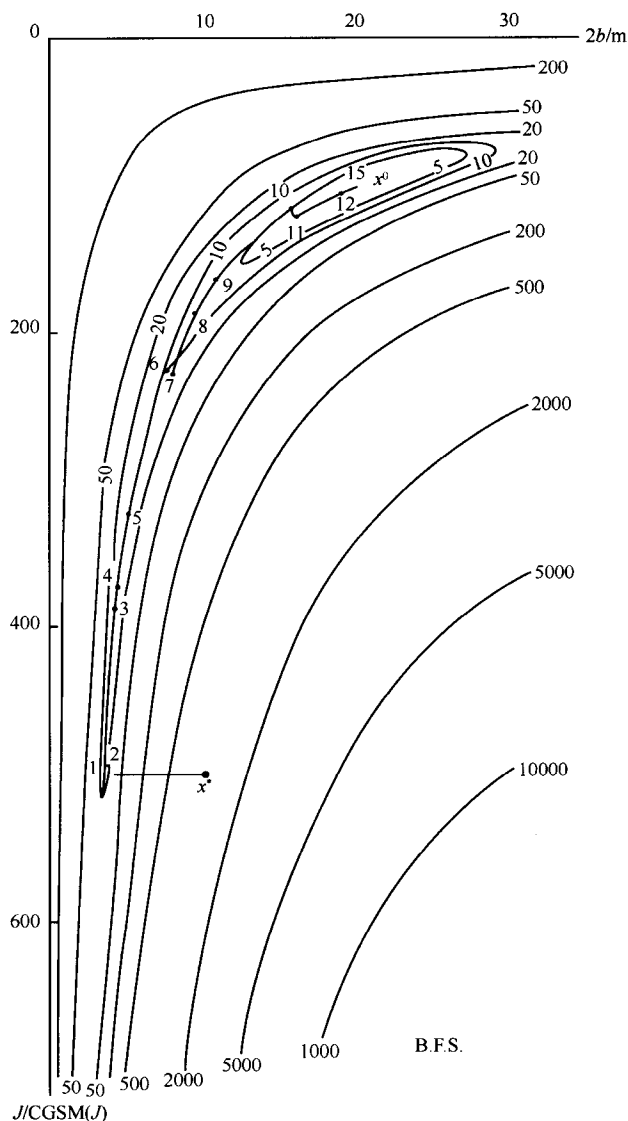


图2 以 $2b$ 和 J 为参量的二维板 ϕ 等值线图和 B. F. S. 方法迭代的收敛路线

以上所说的是算法的收敛速度，即 ϕ 函数下降的速度，这是问题的一个方面；对解决地质勘探问题来说，更重要的一个方面是计算所得的解能否收敛于真实的解。这个问题与下节要讨论的多解性有关，也与方法的稳定性有关。这里，阻尼最小二乘法就不如拟牛顿法和直接法。例如，我们取二维直立板组合模型来拟合弯月形截面二维磁性体的情况便是一例。这一情况如图9所示。图中弯月形二维磁性体的异常，采用多边形截面磁性体的公式计算，这个公式在文献[13]中可以找到。二维直立板组合模型是设 l 个直立板状体紧密排列，取磁化强度两个分量为 J_x 和 J_z ，板的宽度为 b ，第一个板中心 x 坐标为 x_0 。各个板上顶埋深和下底埋深依次为 $h_{11}, h_{12}, h_{22}, \dots, h_{l1}, h_{l2}$ 。该组合板的磁场垂直分量可

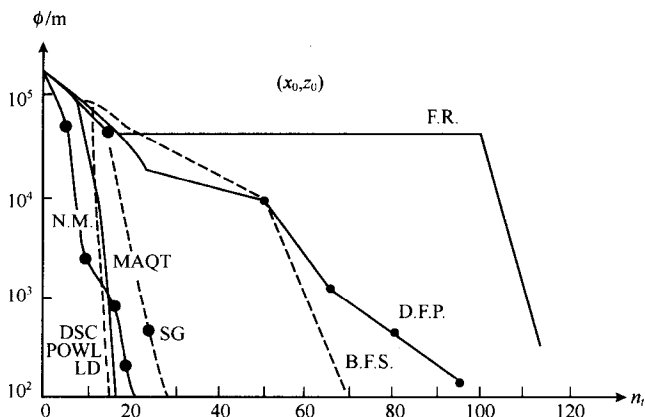


图3 对于二维板 (x_0, z_0) 参量的各最优化算法

用下式计算:

$$\Delta Z = \sum_{i=1}^l (F_k \Big|_{h_{i2}}^{h_{i1}}), \quad (2)$$

式中

$$F_k = 2J_k \text{tg}^{-1} \frac{b(z - z_k)}{[x_k - x_0 + (i-1)b]^2 - \frac{b^2}{4} + (z - z_k)^2} + J_x \ln \frac{[x_k - x_0(i - \frac{1}{2}b)]^2 + (z - z_k)^2}{[x_k - x_0(i - \frac{3}{2}b)]^2 + (z - z_k)^2}$$

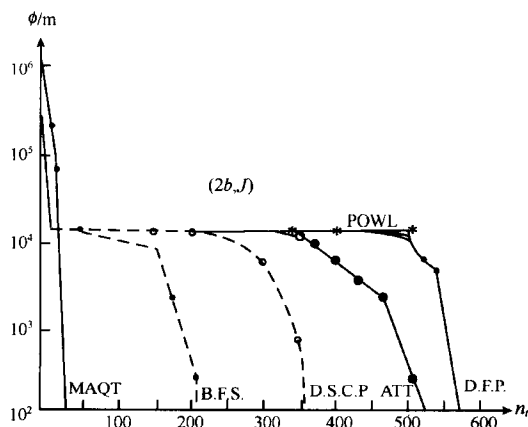


图4 对于二维板 $(2b, J)$ 参量的各最优化算法收敛速度对比图

图9中我们取10个直立板的组合模型拟合弯月形体。组合板共有24个参量,采用阻尼最小二乘法计算,迭代11次, $\phi = 0.07$ 。由图可见拟合曲线(小圆点)与弯月形体异常曲线(实线)符合很好。但另一方面,计算结果却很不合理,各直立板位置跳跃与弯月形体相差很大。当稍改变初值时,又得到另外跳动的直立板分布。

对图9所示同样的情况,用拟牛顿法进行计算,计算结果如图10所示,可见这时迭代的结果各直立板分布比较合理。图中所画的是迭代11次的结果。由于迭代次数不够, ϕ 值未达到足够小,直立板也未能很好与弯月形体符合。

若取图10中拟牛顿法计算结果作为初值,再用阻尼最小二乘法计算,结果示如图

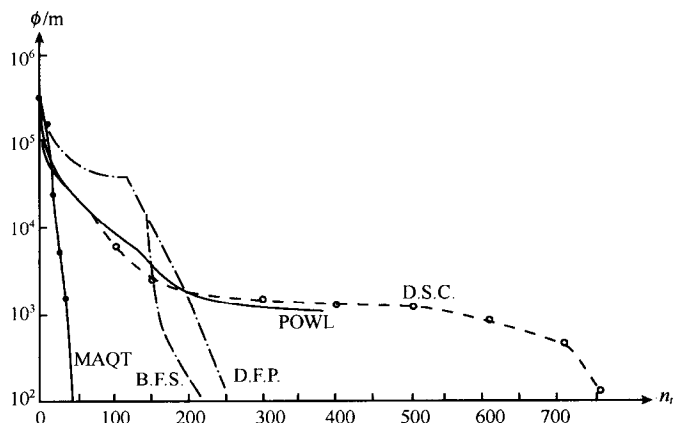


图5 二维板单体 7 个参量的不同算法收敛速度对比图

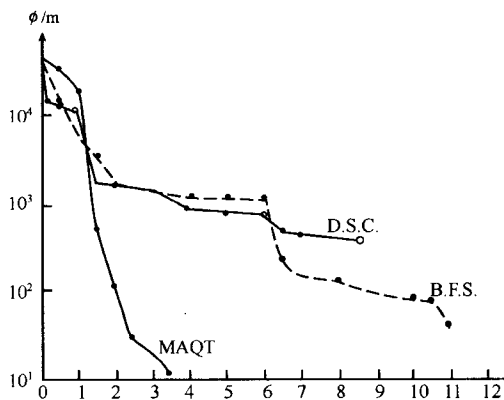


图6 二维板二体 14 个参量的不同算法收敛速度对比图

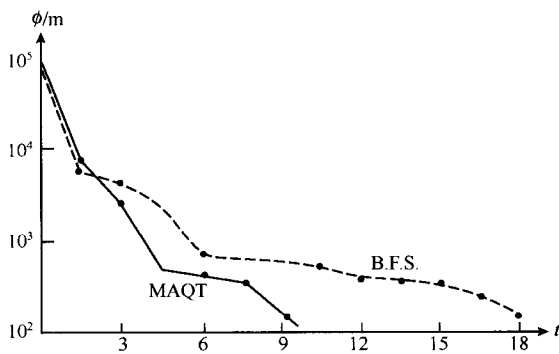


图7 二维板四体 28 个参量的不同算法收敛速度对比图

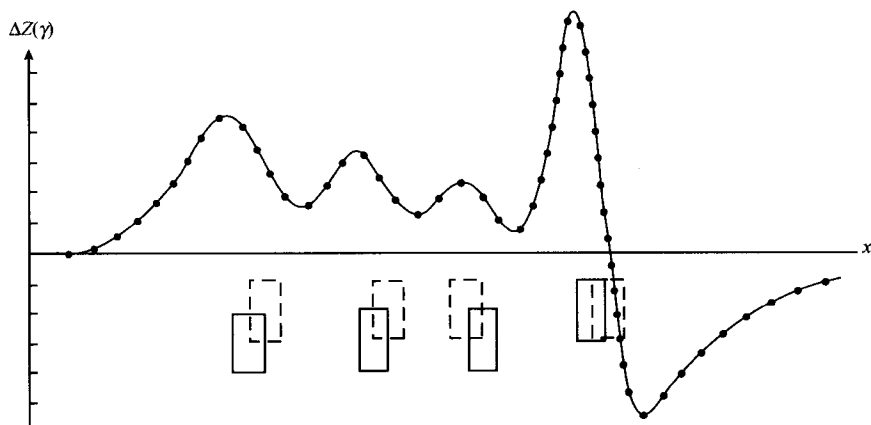


图8 二维板四体的分布和相应的磁异常 (ΔZ) 理论曲线
(图中虚线表示所选的初值；圆点表示用阻尼最小二乘法迭代结果的磁场值)

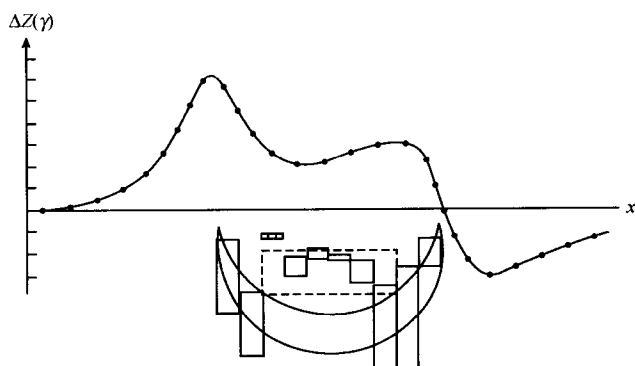


图9 用二维直立板组合模型拟合弯月形磁性体阻尼最小二乘法的迭代结果

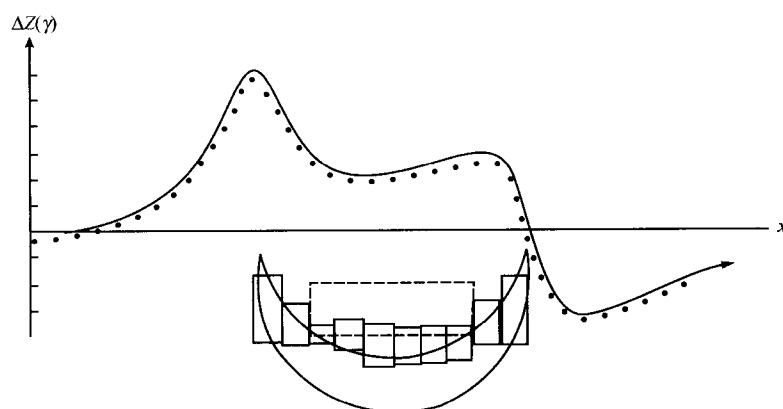


图10 用二维板组合模型拟合弯月形磁性体拟牛顿法的迭代结果

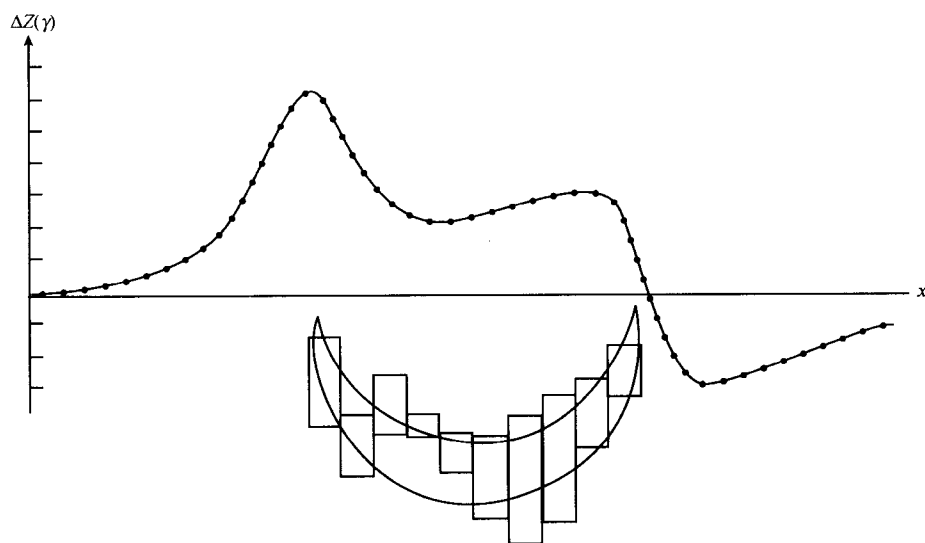


图11 以图10结果为初值的阻尼最小二乘法的计算结果