

# 波形拟合反演震源机制的定权研究及误差评定

邓东平 2013202140004

导师：朱良保教授



武汉大学测绘学院

# 概览

## 研究意义

## 研究现状和本文目标

研究现状

本文目标

## 解决方案

优化加权

误差估计

## 实践检验

理论实验

实例应用

## 总结和展望

# 预览

## 研究意义

## 研究现状和本文目标

研究现状

本文目标

## 解决方案

优化加权

误差估计

## 实践检验

理论实验

实例应用

## 总结和展望

# 研究意义

- 发震构造研究、灾害评估
- 区域应力、地震活动性
- 介质结构、海啸模拟等研究

# 预览

研究意义

研究现状和本文目标

研究现状

本文目标

解决方案

优化加权

误差估计

实践检验

理论实验

实例应用

总结和展望

# 研究现状

- 原理:

$$\begin{cases} U_z(r, \phi, 0, \omega) = Z_{SS} \cdot s_2 + Z_{DS} \cdot s_3 + Z_{DD} \cdot s_1 \\ U_r(r, \phi, 0, \omega) = R_{SS} \cdot s_2 + R_{DS} \cdot s_3 + R_{DD} \cdot s_1 \\ U_\phi(r, \phi, 0, \omega) = T_{SS} \cdot t_2 + T_{DS} \cdot t_1 \end{cases} \quad (1)$$

- 方法: 波形拟合 (波形数据), 格点搜索 (公式1非线性),
- 应用: CAP, CPS 等代表性方法 (程序) 广泛应用

# 研究现状

- 原理:

$$\begin{cases} U_z(r, \phi, 0, \omega) = Z_{SS} \cdot s_2 + Z_{DS} \cdot s_3 + Z_{DD} \cdot s_1 \\ U_r(r, \phi, 0, \omega) = R_{SS} \cdot s_2 + R_{DS} \cdot s_3 + R_{DD} \cdot s_1 \\ U_\phi(r, \phi, 0, \omega) = T_{SS} \cdot t_2 + T_{DS} \cdot t_1 \end{cases} \quad (1)$$

- 方法: 波形拟合 (波形数据), 格点搜索 (公式1非线性),
- 应用: CAP, CPS 等代表性方法 (程序) 广泛应用

# 研究现状

- 原理:

$$\begin{cases} U_z(r, \phi, 0, \omega) = Z_{SS} \cdot s_2 + Z_{DS} \cdot s_3 + Z_{DD} \cdot s_1 \\ U_r(r, \phi, 0, \omega) = R_{SS} \cdot s_2 + R_{DS} \cdot s_3 + R_{DD} \cdot s_1 \\ U_\phi(r, \phi, 0, \omega) = T_{SS} \cdot t_2 + T_{DS} \cdot t_1 \end{cases} \quad (1)$$

- 方法: 波形拟合 (波形数据), 格点搜索 (公式1非线性),
- 应用: CAP, CPS 等代表性方法 (程序) 广泛应用



# 研究现状

- 优点:

1. 波形数据充分应用了地震波信息
2. 震源机制解空间较小, 且正演合成迅速, 格点搜索可快速反演

- 问题:

1. 无法直接给出误差评估, 无法有效利用拟合问题
2. CAP 和 CPS 的加权方案不一致, 数值相对大小冲突

# 研究现状

- 优点:

1. 波形数据充分应用了地震波信息
2. 震源机制解空间较小, 且正演合成迅速, 格点搜索可快速反演

- 问题:

1. 震源机制解反演是解算, 反演结果受到病态问题
2. CAP 和 CPS 的加权方案不一致, 数值相对大小冲突

# 研究现状

- 优点:

1. 波形数据充分应用了地震波信息
2. 震源机制解空间较小, 且正演合成迅速, 格点搜索可快速反演

- 问题:

1. 无法直接给出误差评价, 无法有效识别病态问题
2. CAP 和 CMT 两种解法互斥, 且 CAP 对震源深度敏感

# 研究现状

- 优点:

1. 波形数据充分应用了地震波信息
2. 震源机制解空间较小, 且正演合成迅速, 格点搜索可快速反演

- 问题:

1. 无法直接给出误差评价, 无法有效识别病态问题
2. CAP 和 CPS 的加权方案不一致, 数值相对大小冲突

# 研究现状

- 优点:

1. 波形数据充分应用了地震波信息
2. 震源机制解空间较小, 且正演合成迅速, 格点搜索可快速反演

- 问题:

1. 无法直接给出误差评价, 无法有效识别病态问题
2. CAP 和 CPS 的加权方案不一致, 数值相对大小冲突

# 研究现状

- 优点:

1. 波形数据充分应用了地震波信息
2. 震源机制解空间较小, 且正演合成迅速, 格点搜索可快速反演

- 问题:

1. 无法直接给出误差评价, 无法有效识别病态问题
2. CAP 和 CPS 的加权方案不一致, 数值相对大小冲突

# 本文目标

- 统一优化定权
- 针对 CAP、CPS 给出结果误差评价

# 预览

研究意义

研究现状和本文目标

研究现状

本文目标

解决方案

优化加权

误差估计

实践检验

理论实验

实例应用

总结和展望



# 本文目标

- 优化定权
  1. 分析二者定权的理论依据, 联合定权解决差异
  2. 数值定量精化, 结果尽量客观
- 针对 CAP、CPS 给出结果误差评价
  1. 估计数据噪声
  2. 计算震源机制协方差矩阵

# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

## ■ 定量精化

1. 将震中距和振幅的平方差与震中距平方之差之比作为权重, 权重随震中距单调递减

2. CAP 加权估计  $W2$  的公式  $(x/\alpha)^p$  中的参考参数  $\alpha, p$  只是经验判定, 主观性很强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$

# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

## ■ 定量精化

1. CAP 加权估计  $W2$  的公式 (6.6) 中的参考参数  $\alpha_0$  只是经验判定, 主观性很强
2. CAP 加权估计  $W2$  的公式 (6.6) 中的参考参数  $\alpha_0$  只是经验判定, 主观性很强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$

# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

## ■ 定量精化

1. 利用震中距估计的  $W1$ 、 $W2$  再取交集, 成为客观数据质量定量估计
2. CAP 加权估计  $W2$  的公式 (6.6.1) 中的参考参数  $\alpha$ , 只是经验判定, 主观性很强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$

# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

## ■ 定量精化

1. 利用震中距估计的  $W1, W2$  均较粗糙, 改为由波形数据直接定量计算
2. CAP 加权估计  $W2$  的公式 (6.6) 中的参考参数  $\alpha$  由震级估计确定, 主观性较强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$

# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

## ■ 定量精化

1. 利用震中距估计的  $W1, W2$  均较粗糙, 改为由波形数据直接定量计算
2. CAP 加权估计  $W2$  的公式  $(r/r_0)^p$  中的参考参数  $r_0, p$  只能经验判定, 主观性很强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$

# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

## ■ 定量精化

1. 利用震中距估计的  $W1, W2$  均较粗糙, 改为由波形数据直接定量计算
2. CAP 加权估计  $W2$  的公式  $(r/r_0)^p$  中的参考参数  $r_0, p$  只能经验判定, 主观性很强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$

# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

## ■ 定量精化

1. 利用震中距估计的  $W1, W2$  均较粗糙, 改为由波形数据直接定量计算
2. CAP 加权估计  $W2$  的公式  $(r/r_0)^p$  中的参考参数  $r_0, p$  只能经验判定, 主观性很强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$



# 优化加权

## ■ 联合加权

1. CPS 加权  $W1$ , 考虑信噪比, 权重随震中距单调递减
2. CAP 加权  $W2$ , 考虑振幅调节, 权重随震中距单调递增
3. 信噪比和振幅调节均可提高数据质量, 应联合统一  $WT = W1 * W2$

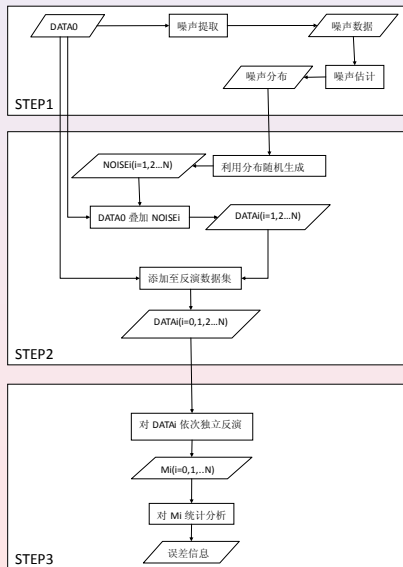
## ■ 定量精化

1. 利用震中距估计的  $W1, W2$  均较粗糙, 改为由波形数据直接定量计算
2. CAP 加权估计  $W2$  的公式  $(r/r_0)^p$  中的参考参数  $r_0, p$  只能经验判定, 主观性很强

## ■ 本文最终权重

1.  $WT = (1 - NoiseStd/WaveStd)/L2norm$

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

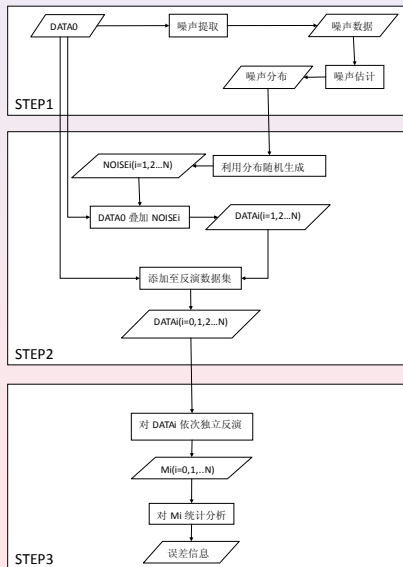
1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

## STEP2 随机生成模拟数据集

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 构造“观测”数据独立反演，得到随机误差范围内解集
2. 对解集统计分析，计算观测机制三参数协方差矩阵

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

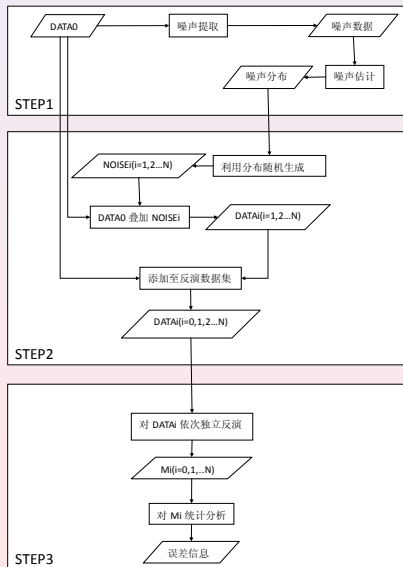
1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

## STEP2 随机生成模拟数据集

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 对  $DATA_i$  依次独立反演, 得到随机误差范围内解集
2. 对解集统计分析, 计算震源机制三参数协方差矩阵

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

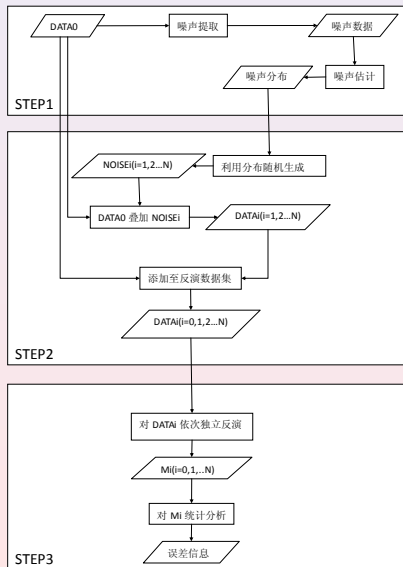
## STEP2 随机生成模拟数据集

1. 用噪声分布函数随机生成噪声数据
2. 将噪声数据与震前数据叠加生成模拟数据

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 对震前数据、模拟数据独立反演，得到地震震前范围内解集
2. 对解集统计分析，计算震前机制三参数协方差矩阵

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

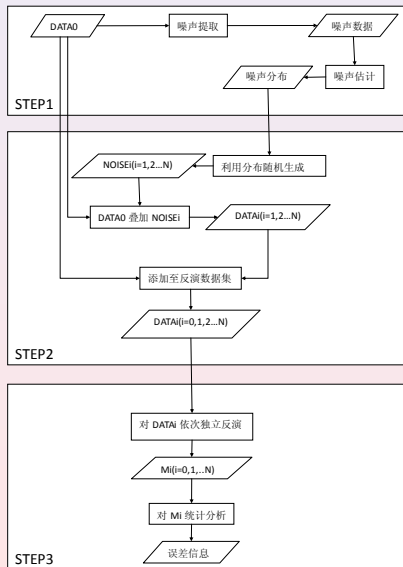
## STEP2 随机生成模拟数据集

1. 用噪声分布函数随机生成噪声数据
2. 噪声数据与原始观测数据叠加, 生成多组模拟观测数据

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 对  $DATA_i$  依次独立反演, 得到模拟震前范围内解集
2. 对解集统计分析, 计算震前模拟震前参数协方差矩阵

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

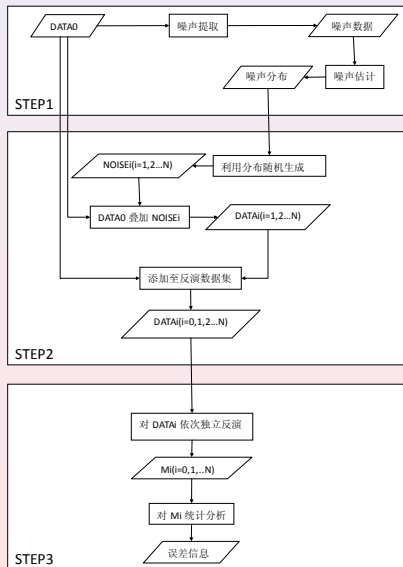
## STEP2 随机生成模拟数据集

1. 用噪声分布函数随机生成噪声数据
2. 噪声数据与原始观测数据叠加，生成多组模拟观测数据

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 对  $DATA_0$  反演，数据独立反演，得到初始解集和误差范围
2. 对解集统计分析，计算震源机制三参数协方差矩阵

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

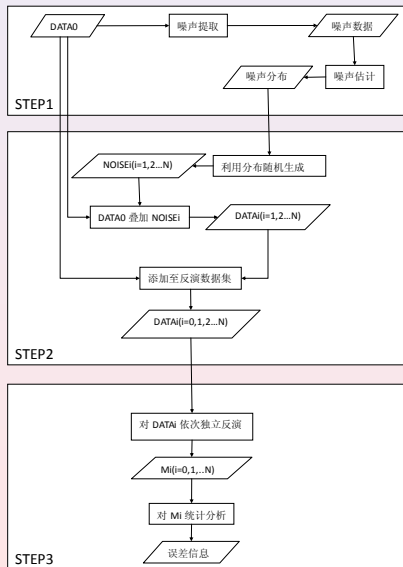
## STEP2 随机生成模拟数据集

1. 用噪声分布函数随机生成噪声数据
2. 噪声数据与原始观测数据叠加，生成多组模拟观测数据

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 每组“观测”数据独立反演，得随机误差范围内解集
2. 对解集统计分析，计算震源机制三参数协方差矩阵

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

## STEP2 随机生成模拟数据集

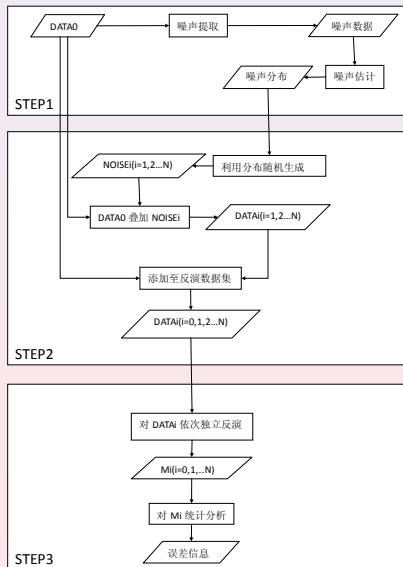
1. 用噪声分布函数随机生成噪声数据
2. 噪声数据与原始观测数据叠加, 生成多组模拟观测数据

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 每组“观测”数据独立反演, 得随机误差范围内解集
2. 对解集统计分析, 计算震源机制三参数协方差矩阵



# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

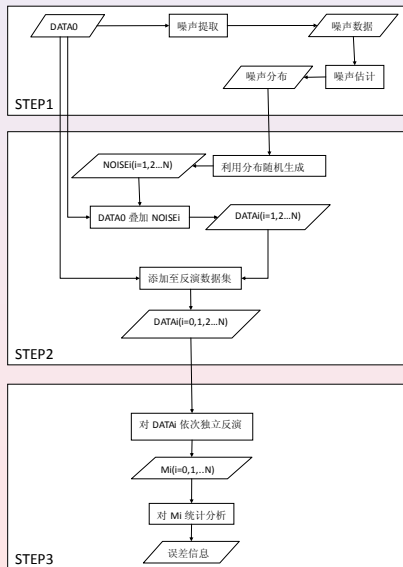
## STEP2 随机生成模拟数据集

1. 用噪声分布函数随机生成噪声数据
2. 噪声数据与原始观测数据叠加, 生成多组模拟观测数据

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 每组“观测”数据独立反演, 得随机误差范围内解集
2. 对解集统计分析, 计算震源机制三参数协方差矩阵

# 误差估计



## STEP1 估计数据噪声

1. 截取震前平静期数据样本
2. 参数估计得到噪声分布函数 (高斯)

## STEP2 随机生成模拟数据集

1. 用噪声分布函数随机生成噪声数据
2. 噪声数据与原始观测数据叠加, 生成多组模拟观测数据

## STEP3 反演得解集并计算协方差矩阵

1. 每组“观测”数据独立反演, 得随机误差范围内解集
2. 对解集统计分析, 计算震源机制三参数协方差矩阵

# 预览

研究意义

研究现状和本文目标

研究现状

本文目标

解决方案

优化加权

误差估计

实践检验

理论实验

实例应用

总结和展望

# 理论实验

- Install
- learn
- practise

# 理论实验

- Install
- learn
- practise

# 理论实验

- Install
- learn
- practise

# 实例应用

- Install
- learn
- practise

# 实例应用

- Install
- learn
- practise



# 实例应用

- Install
- learn
- practise

# 预览

## 研究意义

## 研究现状和本文目标

研究现状

本文目标

## 解决方案

优化加权

误差估计

## 实践检验

理论实验

实例应用

## 总结和展望

# secname

- Install
- learn
- practise

# secname

- Install
- learn
- practise

# secname

- Install
- learn
- practise