

Лучевая томография при вертикальном сейсмическом профилировании

Карстен В.В.

ИНГГ СО РАН, Новосибирск, Россия
karstenvv@ipgg.sbras.ru

При вертикальном сейсмическом профилировании (ВСП) приёмники располагаются с некоторым шагом вдоль ствола скважины, а источник находится на поверхности в заданном удалении от скважины [1]. По такому ограниченному набору данных невозможно строить сложные модели, и обычно томографическая инверсия скоростей по данным ВСП производится в модели горизонтально-слоистой среды, причём глубины границ определяются из данных ВСП по образованию отражённых волн, и считаются фиксированными при инверсии.

Итак, минимизируется суммарная квадратичная невязка между наблюдаемыми временами пробега из источника в приёмник номер j T_j и их аппроксимацией как $\hat{T}_j = \sum l_i s_i$, где l_i — длина отрезка луча, а s_i — медленность (обратная скорость) в слое номер i толщиной h_i [2]. Поскольку при вариации скорости в некотором слое меняется длина отрезка луча в нём, и кроме того, неизменность финальной точки луча приводит к изменению его отрезков во всех остальных слоях тоже, производная от времени по медленности в слое i

$$\frac{\partial T}{\partial s_i} = l_i + \sum \frac{\partial l_k}{\partial s_i} s_k$$

Однако, детальный анализ показывает, что условие неизменности финальной точки луча $\sum \sqrt{l_i^2 - h_i^2} = \text{const}$ приводит к занулению суммы в этом выражении, то есть при этом условии производная просто равна длине соответствующего отрезка луча.

Это позволяет записать для конечных приращений $\Delta T_j \approx \sum l_{ji} \Delta s_i$ и построить итерационный процесс, решая на каждом шаге линейную задачу минимизации

$$\sum \sum l_{jk} l_{ji} \Delta s_k = \sum (T_j - T_j^0) l_{ji}$$

относительно предыдущего решения T_j^0 .

Такой процесс реализован в разработанной в ИНГГ СО РАН обрабатывающей системе "VSPLab" и, по опыту применения, в большинстве случаев сходится за несколько итераций.

Список литературы

1. Шехтман Г.А. Вертикальное сейсмическое профилирование // М: EAGE Геомодель, 2017. — 286 с.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсмическая разведка. // М.: Недра, 1980. — 551 с.