

# tomoDD\_SP 使用手册

讲解：杨浩, 导师：张海江

中国科学技术大学 地球和空间科学学院

Email: [young\\_h\\_geo@mail.ustc.edu.cn](mailto:young_h_geo@mail.ustc.edu.cn)

**摘要：**  $V_p/V_s$ （波速比）是刻画地壳岩性、裂隙与含流体性的关键指标，并与泊松比直接相关。获取稳定、精细的三维  $V_p/V_s$  模型是解释断层力学与震源行为的前提。本手册介绍的 tomoDD\_SP 程序在统一框架下联合利用 P、S 与 S-P 的绝对与差分到时，实现事件重定位与三维成像。程序将 S-P 到时差作为独立观测，直接反演  $V_p/V_s$ ，避免了“先求  $V_p$  与  $V_s$  再相除”带来的分辨率偏差；同时，S-P 观测天然消除了同一事件的发震时刻项，显著减弱与起时及部分系统误差的耦合。已有研究表明，这一联合策略可更稳健地同时求解震源与介质参数，并获得更可靠的  $V_p/V_s$  成像：S-P 提供对波速比的直接约束，而双差（事件对）数据提升源区分辨率并增强抗异常能力。应用案例显示，高分辨率  $V_p/V_s$  能揭示断层带多尺度结构，并与地震行为（如破裂分段、凹凸体与小震时空演化）相呼应，体现出本程序在不同构造环境中研究震源—介质耦合的适用性。本文档系统说明 tomoDD\_SP 的数据准备、编译与运行流程，以及常见问题与排错要点。

## 0. 快速上手（建议先读）

准备数据与模型：station.dat、event.dat、absolute.dat、dt.ct、dt.cc（可选），以及本版新增的 absolute\_sp.dat、dt\_sp.ct、dt\_sp.cc（可选），放置于 Input\_Files/ 文件夹下；并在工作目录放置初始三维模型文件 MOD。

编辑控制文件：tomoDD\_SP.inp（本文第 5 章逐项解释）。

运行：*./tomoDD\_SP tomoDD\_SP.inp*。

检查与迭代：查看 \*.res / \*.sta / \*.loc / \*.reloc 与 Vp\_model.dat / Vs\_model.dat / VpVs\_model.dat；按第 7 章建议，逐步收紧权重与阈值，获得稳定解。

## 1. 方法与程序概览

### 1.1 目标

联合反演：在三维网格上同时求解 Vp 与 Vs 和 Vp/Vs，并重定位事件（震源位置与发震时刻）。

数据类型：绝对到时、目录差分到时、互相关差分到时，以及本版新增 S-P 的绝对/差分到时/互相关差分到时。

思想：采用分阶段（成组）迭代与再加权，先依赖绝对到时恢复大尺度结构，再逐步提高差分与互相关的权重以细化局部结构与相对定位。

### 1.2 网格与射线

三维规则网格表示速度与波速比模型。

射线追踪可选择不同方法（详见参数 RayTracing）。

### 1.3 S-P 的作用

S-P 绝对到时（absolute\_sp.dat）直接约束 Vp/Vs；

S-P 差分到时（dt\_sp.ct / dt\_sp.cc）进一步降低发震时刻与路径系统误差对 Vp/Vs 的耦合。

## 2. 安装与运行

编译: *make clean; make;*

可执行程序: tomoDD\_SP。

运行语法: *./tomoDD\_SP tomoDD\_SP.inp*

工作目录: 需要包含

*./Input\_Files/*

*absolute.dat, absolute\_sp.dat, dt.ct, dt\_sp.ct, event.dat, station.dat, dt.cc(可选), dt\_sp.cc(可选)*

*./Output\_Files/。*

*./MOD*

*./tomoDD\_SP*

*./tomoDD\_SP.inp*

*./ak135.15.SKS*

*./layer-16.dat*

## 3. 数据准备流程

- 所需准备数据文件:

*station.dat* (台站坐标与深度), *phase.dat* (震相数据), *MOD*

*dt.cc* (波形互相关数据, 可选)。

- 利用 *ph2dt* 生成 *absolute.dat*, *dt.ct*, *event.dat* 等

执行语句 *./ph2dtN3 ph2dt.inp*

该部分与 *hypoDD* 相同, 使用说明见 *hypoDD.pdf*。

- S-P 到时差数据提取, 获得 *absolute\_sp.dat*, *dt\_sp.ct* :

执行语句 *python extract\_sp\_times.py*。

- 互相关差分 (可选): 生成 *dt.cc*; 利用 *python extract\_sp\_times.py* 生成 *dt\_sp.cc*。

- 初始模型：编写 MOD（含网格坐标与初始  $V_p$  与  $V_p/V_s$  模型；程序可据此派生  $V_s$ ）。
- 最终数据文件汇总：

absolute.dat, absolute\_sp.dat ,dt.ct, dt\_sp.ct, event.dat, station.dat, dt.cc(可选), dt\_sp.cc(可选),  
MOD

## 4. 输入文件格式（逐一说明与示例）

以下所有文件采用 ASCII 文本，字段以空格/制表符分隔。

### 4.1 震相文件 phase.dat

phase.dat 记录每个事件的 P、S 绝对到时，供后续程序转换为所需的绝对到时、相对到时和初始事件信息。文件为 ASCII 文本，字段以空格分隔。每个事件由一行事件头加若干行观测记录组成。

事件头（1 行）

**# YR MO DY HR MN SC LAT LON DEP MAG EH EZ RMS ID**

YR, MO, DY：事件发生日期（四位年份、月、日）

HR, MN, SC：事件发生时间（时、分、秒，可含小数）

LAT, LON, DEP：事件初始纬度（°N）、经度（°E）、深度（km）

MAG：震级

EH, EZ：水平和垂直位置误差（km），未用到，给 2 个 0 即可。

RMS：该事件的均方根（RMS）残差（秒），未用到，给 0 即可

ID：事件唯一标识号（整数）

观测行（每行一条相位记录）：

**STA TT WGHT PHA**

STA：台站代码（不含空格）

TT: 绝对到时 (秒)

WGHT: 拾取权重 (通常 0~1, 1 表示最佳质量; 该值会与控制文件中的权重相乘)

PHA: 相位类型 (P 或 S)

示例:

```
# 2001 1 1 16 2 43.60 29.220 101.070 9.0 0 0 0 0 620002
```

```
GDS 19.6 1 P
```

```
GDS 32.2 1 S
```

每个事件必须有唯一的 ID, 否则会导致引用错误或运行异常。

台站代码需与 station.dat 中一致。

若某相位不可用, 可以省略该观测行, 或将 WGHT 设为极小值 (如负值表示保留该相位但不参与常规权重统计)。

为保证双差与 S-P 差分反演的效果, P 与 S 拾取需经过严格质量控制

## 4.2 台站文件 station.dat

作用: 定义台站位置与高程/深度。

字段:

**STA LAT(°) LON(°) DEP(m)**

STA: 台站名 (不含空格)。

DEP: 相对海平面高度 (m), 海拔为正, 水下为负。

示例:

```
ABCD 35.1234 103.4567 1350
```

```
EFGH 35.5432 103.9876 250
```

## 4.3 事件文件 event.dat

作用：提供事件的初始信息。

字段：

**YYYYMMDD HHMMSSFF LAT(°) LON(°) DEP(km) MAG EH(km) EV(km) RMS(s) ID  
TYPE**

TYPE：事件类型，‘0’代表天然地震，‘1’代表 shot data（发震时刻和位置已知），‘2’代表 blast data（位置已知）。

示例：

20010102 24360 29.3667 101.1170 9.000 3.0 0.00 0.00 0.00 12 0

#### 4.4 绝对到时 **absolute.dat**

作用：每个事件的台站到时列表。

结构：事件为单位块，头行以 # 开头，随后若干体行。

格式：

**# ID**

**STA TT(s) WGHT PHA**

...

WGHT：拾取质量权重（0~1 或其他自定义标度；与控制文件中的权重会相乘）。

PHA：P 或 S。

示例：

# 1000123

ABCD 12.345 1.0 P

EFGH 22.678 0.8 S

#### 4.5 目录差分到时 **dt.ct**

作用：事件对在同一台站的目录差分（使用台站拾取的到时）。

**结构：**按“事件对”为单位块。

**格式：**

**# ID1 ID2**

**STA TT1(s) TT2(s) WGHT PHA**

...

TT1/TT2：两事件在该台的绝对到时（共用统一时间基准）；

WGHT：该条目的相对权重；

PHA：P 或 S。

**示例：**

# 1000123 1000456

ABCD 12.345 12.789 1.0 P

EFGH 22.678 22.990 0.8 S

#### **4.6 互相关差分到时 dt.cc（两种体例，由 CC\_format 指定）**

**作用：**事件对在同一台站的互相关差分（更高精度）。

**体例 1（CC\_format=1）：**块状头-体结构，通常使用这种

**# ID1 ID2 OTC**

**STA DT(s) WGHT PHA**

...

OTC：与目录时间基准的校正（未知可填 0）。

DT：该台站互相关差分到时（ID2 - ID1）。

**体例 2（CC\_format=2）：**每行一观测

**ID1 ID2 STA DT(s) WGHT PHA**

示例（体例 2）：

1000123 1000456 ABCD 0.438 1.0 P

1000123 1000456 EFGH 0.312 0.8 S

#### 4.7 S-P 绝对到时 **absolute\_sp.dat**

作用：使用 S-P（同一事件、同一台）替代绝对 P/S，到时定义为  $T_S - T_P$ 。

结构与 absolute.dat 相同，TT 为 S-P。

示例：

**# 1000123**

**ABCD 10.333 1.0**

**EFGH 8.115 0.9**

#### 4.8 S-P 目录差分 **dt\_sp.ct**

作用：两事件的 S-P 差分（目录级）。

结构与 absolute\_sp.dat 相似，但 TT 为事件对在该台的 S-P 到时差。

示例：

# 1000123 1000456

ABCD 2.56 1.0

#### 4.9 S-P 互相关差分 **dt\_sp.cc**

作用：两事件在同一台的 S-P 互相关差分。

体例与 dt.cc 相同（由 CC\_format 决定），DT 表示 (S-P) 的差分。

#### 4.10 初始模型 **MOD**（必须存在于工作目录）

作用：提供初始三维速度与波速比模型及网格坐标。

格式：



**bld = <float>   nx = <int>   ny = <int>   nz = <int>**

**x1 x2 ... x\_nx**

**y1 y2 ... y\_ny**

**z1 z2 ... z\_nz (km, 正向下)**

**Vp(1,1,1),Vp(2,1,1),...,Vp(nx,1,1)**

**Vp(1,2,1),Vp(2,2,1),...,Vp(nx,2,1)**

**... ...**

**Vp(1,ny,1),Vp(2,ny,1),...,Vp(nx,ny,1)**

**... ...**

**Vp(1,ny,nz),Vp(2,ny,nz),.....,Vp(nx,ny,nx)**

**Vp/Vs(1,1,1),Vp/Vs(2,1,1),...,Vp/Vs(nx,1,1)**

**Vp/Vs(1,2,1),Vp/Vs(2,2,1),.....,Vp/Vs(nx,2,1)**

**... ...**

**Vp/Vs(1,ny,1),Vp/Vs(2,ny,1),.....Vp/Vs(nx,ny,1)**

**... ...**

**Vp/Vs(1,ny,nz),Vp/Vs(2,ny,nz),.....,Vp/Vs(nx,ny,nx)**

bld: 正演时插值参数, 通常设置为 0.1 或 0.01;

x/y/z: 网格节点坐标; 必须覆盖所有台站与事件;

其中 x1, x\_nx, y1, y\_ny, z1, z\_nz 为边界层, 需要设置一个较大的数以包含研究区域, 边界层不参与反演。另外, 建议给边界层相对更小的速度, 防止出现射线追出边界的情况。

示例:

0.1 12 14 11

```

96.00 101.00 101.50 102.00 102.50 103.00 103.50 104.00 104.50 105.00 105.50 110.00

23.00 27.00 27.50 28.00 28.50 29.00 29.50 30.00 30.50 31.00 31.50 32.00 32.50 38.00

-100.00 0.00 5.00 10.00 17.50 25.00 35.00 45.00 65.00 90.00 300.00

...

```

# 之后写入逐层  $V_p$ ，再写入逐层  $V_pV_s$ 。

## 5. 控制文件 tomoDD\_SP.inp（逐项解释）

行首 \* 为注释；字段之间以空格分隔；顺序建议与下述一致。

### 5.1 输入/输出文件选择

```
*--- input file selection
```

说明与建议

某类数据若暂不使用，可留空行或不填对应文件。

模型输出与 MOD 同构，便于对比。

### 5.2 数据类型选择

```
*--- data type selection:
```

```
* IDAT: 0=synthetics; 1=cross corr; 2=catalog; 3=cross & cat
```

```
* IPHA: 1=P; 2=S; 3=P&S
```

```
* DIST: max dist [km] between cluster centroid and station
```

```
IDAT IPHA DIST
```

```
2 3 8000
```

参数解释与建议

**IDAT:** 运行启用的数据大类。

0 合成测试；1 仅互相关差分；2 仅目录差分；3 两者并用。

**IPHA:** 相位类型。

1=仅 P；2=仅 S；3=P 与 S。若使用 S-P，一般仍取 3。

**DIST:** 事件簇质心到台站的最大距离 (km)。

距离过大将引入远台、增加路径复杂度；过小可能丢失约束。

### 5.3 事件聚类

\*--- event clustering:

\* OBSCC: min # of obs/pair for cross-time data (0= no clustering)

\* OBSCT: min # of obs/pair for catalog data (0= no clustering)

\* Air\_dep: shallowest depth (km), events shallower than this are dropped

OBSCC OBSCT Air\_dep

0 0 -4.0

参数解释与建议

**OBSCC/OBSCT:** cluster 分析的参数，给 0 的话就是每个地震都单独定位，如果给其他数的话，程序会根据这个数寻找可以组成一个 cluster 的事件群，然后对这个事件群进行定位。通常情况下给 0。

**Air\_dep:** 浅于该深度 (km) 的事件判为不可信 (“空气地震”) 并剔除。

### 5.4 求解与模型控制

\*--- solution control:

\* ISTART ISOLV NSET RayTracing PSratio DISTratio

2 2 8 2 10.0 0.05

\* iuses iuseq invdel stepl

2 0 0 0.5

\* wlat wlon rota CC\_format

30.3 103.3 0 1

\* minVp maxVp minVs maxVs minVpVs maxVpVs maxdVp maxdVs maxdVpVs

0.5 8.5 0.01 6.0 1.4 3.0 0.4 0.2 0.05

\* wt\_vp1 wt\_vp2 wt\_vp3 wt\_vs1 wt\_vs2 wt\_vs3 wt\_vpvs1 wt\_vpvs2 wt\_vpvs3

15 15 15 15 15 15 15 15 15

#### 参数解释

**ISTART:** 初始位置来源。1=从簇单源/质心；2=使用 event.dat。一般取 2。

**ISOLV:** 线性求解器。1=SVD（小规模、稳健）；2=LSQR（大规模，高效，需要 DAMP）。通常使用 2。

**NSET:** 成组迭代的组数；需与 5.5 的权重段落数量一致。

**RayTracing:** 射线追踪器。1=Hols's；2=Lomax's。

**PSratio:** 波速比一致性约束权重，即让程序直接反演得到的波速比与程序分别反演得到的 Vp 与 Vs 相除得到的波速比尽可能一致，一般给 4-10。

**DISTratio:** 对判断 P 和 S 射线路径是否相近的阈值参数，给 0.05 就是如果 P 和 S 的路径差异在总路径长度的 5%之内的话，就认为它们路径是相近的，如果大于了这个数就舍弃该数据。

**iuses:** 介质参数开关。1=仅反演 Vp；2=反演 Vp 与 Vs/（或 Vp 与 Vp/Vs）。

**iuseq:** 为 0 时表明 MOD 后半部分为 Vp/Vs，若为其他值，则后半部分为 Q 值

**invdel:** 数据时标一致时默认 0。

**stepl:** 每步模型更新的步长因子（0.1-5）。

**wlat/wlon/rota:** 坐标原点与平面旋转角（度，顺时针为正）。若不需要，设为 0，球坐标系版本中旋转参数不起作用。

**CC\_format:** 互相关文件体例。1=头-体；2=逐行。必须与 dt.cc/dt\_sp.cc 一致。

**minVp/maxVp、minVs/maxVs、minVpVs/maxVpVs:** 物理可行范围（硬约束）。

典型：Vp 0.5–8.5 km/s，Vs 0.01–6.0 km/s，Vp/Vs 1.4–3.0。

**maxdVp/maxdVs/maxdVpVs:** 单次迭代参数最大改变量（避免发散）。

典型：Vp  $\leq 0.4$  km/s，Vs  $\leq 0.2$  km/s，Vp/Vs  $\leq 0.05$ 。

**wt\_vp1/2/3、wt\_vs1/2/3、wt\_vpvs1/2/3:** X（经向）/Y（纬向）/Z（深向）三方向一阶平滑权重。

含义：权重越大，模型越平滑。平滑过弱：数据噪声被当作细节放大；过强：真实结构被抹平。通过 L-curve 选择合适的参数。

## 5.5 数据加权与再加权（成组段落）

\*--- data weighting and re-weighting:

\* --- CROSS DATA ----- CATALOG DATA ----

\* NITER WTCCP WTCCS WRCC WDCC WTCTP WTCTS WRCT WDCT WTDD DAMP

JOINT THRE\_vp THRES\_vpvs

1 -9 -9 -9 -9 0.1 0.08 8 -9 10.0 20 1 0.05 0.05

2 -9 -9 -9 -9 0.1 0.08 7 -9 10.0 20 0 0.05 0.05

1 -9 -9 -9 -9 0.1 0.08 7 -9 10.0 20 1 0.05 0.05

2 -9 -9 -9 -9 0.1 0.08 6 -9 10.0 20 0 0.05 0.05

1 -9 -9 -9 -9 1.0 0.8 6 -9 0.1 20 1 0.05 0.05

2 -9 -9 -9 -9 1.0 0.8 6 -9 0.1 20 0 0.05 0.05

1	-9	-9	-9	-9	1.0	0.8	5	-9	0.1	20	1	0.05	0.05
2	-9	-9	-9	-9	1.0	0.8	5	-9	0.1	20	0	0.05	0.05

## 字段定义

**NITER:** 本组内迭代次数（整数  $\geq 1$ ）。

**WTCCP / WTCCS:** 互相关差分 P/S 的数据权重（ $>0$  生效；-9 表示不用）。

**WRCC:** 互相关差分的残差阈值（s），超过则降权/剔除；-9 关闭。

**WDCC:** 互相关差分的事件对最大距离（km），超过则降权/剔除；-9 关闭。

**WTCTP / WTCTS:** 目录差分的数据类型权重。

**WRCT / WDCT:** 目录差分的残差/距离加权（同上）。

**WTDD:** 绝对到时 vs 差分到时 的相对权重（ $>1$  侧重绝对； $<1$  侧重差分）。

**DAMP:** 仅在 ISOLV=2 时生效的阻尼系数。

**JOINT:** 1=位置与速度联合求解；0=仅重定位。

**THRE\_vp / THRES\_vpvs:** DWS（射线加权计数）阈值系数：阈值=系数 $\times$ 全局平均 DWS。

低于阈值的网格节点在本段迭代被固定（不更新）。

建议 0.03–0.10，数据稠密区可取小、稀疏区取大。

## 推荐流程

**早期组:** 大 WTDD（例如 10），WTCT\* 小（0.05–0.2），WTCC\*=-9，JOINT=1，用以建立大尺度模型；每组后可插入 JOINT=0（仅定位）稳住位置。

**中期组:** 逐步提高 WTCT\*、收紧 WRCT（如  $8 \rightarrow 6$ ），WTDD 下降（ $10 \rightarrow 0.1$ ）。

**末期组:** 若有 dt.cc，开启/提高 WTCC\*，同时视噪声收紧 WRCC；适当减小平滑与 maxd\* 释放细节。

## 常见误用

DAMP 过小：解不稳定、震源飘移、模型振荡。

WR\* 过严：有效数据大量被丢弃，解退化。

一开始就给大 WTCC\*，可能错误牵引模型。

## 5.6 事件/簇选择

\*--- event selection:

\* CID

0

\* ID

#（每行最多 8 个事件 ID；留空表示全部）

**CID:** 簇编号（0 表示全部簇）。

**ID:** 仅重定位列出的事件（可分行）。

## 6. 输出文件（含义与检查要点）

### **tomoFDD.loc**

原始位置（运行前的事件清单，便于对照）。它与 hypoDD 中的 hypoDD.loc 具有完全相同的格式。每一个事件为一行，

ID, LAT, LON, DEPTH, X, Y, Z, EX, EY, EZ, YR, MO, DY, HR, MI, SC, MAG, CID

### **tomoFDD.reloc**

重定位结果（包含经纬度、深度、震级、发震时刻等信息）。它与 hypoDD 中的 hypoDD.reloc 具有完全相同的格式。每一个事件为一行，

ID, LAT, LON, DEPTH, X, Y, Z, EX, EY, EZ, YR, MO, DY, HR, MI, SC, MAG,

NCCP, NCTP, NCTS, RCC, RCT, CID

### **stares.dat**

台站统计（每站观测条数、P/S 残差、RMS）。

它与 hypoDD 中的 hypoDD.sta 格式完全相同。每行一个台站：

STA, LAT, LON, DIST, AZ, NCCP, NCCS, NCTP, NCTS, RCC, RCT, CID

### **initial.res / res**

P 波和 S 波数据残差（最后一次迭代写出；含 STA, DT/TT, ID1, ID2, IDX, WGHT, RES, WT, DIST 等字段）。它与 hypoDD 中的 hypoDD.res 具有完全相同的格式

STA, DT, ID1, ID2, IDX, WGHT, RES, WT, DIST

### **initial\_SP.res / res\_SP**

S-P 数据残差（用于诊断  $V_p/V_s$  拟合）。

与 initial.res / res 格式相同，此时 RES 代表 S-P 残差。

STA, DT, ID1, ID2, IDX, WGHT, RES, WT, DIST

### **Vel.out**

求解日志/概要（每组条件数、RMS 变化、去权比例等）。

### **Vp\_model.dat / Vs\_model.dat / VpVs\_model.dat**

最终模型（与 MOD 同构）。

### **检查要点**

RMS 是否随组/迭代单调或总体下降；

台站 RMS 分布是否合理（异常站需复核拾取/响应）；

位置与发震时刻改变量是否逐渐变小；

模型切片是否与构造/已知速度对比合理，是否存在非物理高梯度。



## 7. 调参与最佳实践

**分阶段：**先绝对到时主导（WTDD 大），再目录差分，末期互相关细化。

**平滑与阻尼：**初期强阻尼，中后期逐步减小微调阻尼。

**步长：**step1 0.5 起步；若出现震源抖动或模型“棋盘”，先减小到 0.3–0.4。

**范围/限幅：**min/max 合理，maxd\* 不宜过大；V 变化每步  $V_p \leq 0.3\text{--}0.4 \text{ km/s}$ 、 $V_p/V_s \leq 0.03\text{--}0.05$  较稳健。

## 8. 常见问题与排错

**大量“空气地震”：**检查 Air\_dep、近地表速度过低、台站高程；适度增大 DAMP。

**条件数过大/不收敛：**增加 DAMP、提高平滑权、放宽 WR\*、减小 maxd\*、缩小 DIST。

**条件数过小/过阻尼：**减小 DAMP、降低平滑、适当提高 WTCT\*/WTCC\*。

**互相关与目录时间基准不一致：**统一 OTC 约定（统一置 0 或 -999，并在程序开关中一致处理）。

**S-P 异常：**检查 P、S 对的配对是否严格同一台同一事件；异常常由遗漏/错配引起。

## 9. 示例控制文件（可直接修改使用）

```
*===== tomoDD-SP Example =====*
* RELOC.INP:
*--- input file selection
* cross correlation diff times:

** cross correlation diff times(S_P)

*catalog P diff times:
Input_Files/dt.ct
** catalog P diff times (S-P)
Input_Files/dt_sp.ct
* event file:
Input_Files/event.dat
*
```

\* station file:  
Input\_Files/station.dat  
\*

\*--- output file selection  
\* original locations:  
Output\_Files/tomoFDD.loc  
\* relocations:  
Output\_Files/tomoFDD.reloc  
\* station information:  
Output\_Files/stares.dat  
\*initial residual information:  
Output\_Files/initial.res  
\*initial residual information:(S-P)  
Output\_Files/initial\_SP.res  
\* residual information:  
Output\_Files/res  
\* residual information:(S-P)  
Output\_Files/res\_SP  
\* source parameter information:

\* Velocity file  
Output\_Files/Vel.out  
\* Vp Model  
Output\_Files/Vp\_model.dat  
\* Vs Model  
Output\_Files/Vs\_model.dat  
\* Vp/Vs model  
Output\_Files/VpVs\_model.dat  
\* Absolute file  
Input\_Files/absolute.dat  
\* absolute data (S-P)  
Input\_Files/absolute\_sp.dat  
\*

\*--- data type selection:  
\* IDAT: 0 = synthetic; 1= cross corr; 2= catalog; 3= cross & cat  
\* IPHA: 1= P; 2= S; 3= P&S  
\* DIST: max dist [km] between cluster centroid and station  
\* IDAT IPHA DIST  
2 3 8000  
\*

\*--- event clustering:  
\* OBSCC: min # of obs/pair for crosstime data (0= no clustering)

```

* OBSCT:  min # of obs/pair for network data (0= no clustering)
* OBSCC OBSCT Air_dep
  0  0  -4.0
*
*--- solution control:
* ISTART:  1 = from single source; 2 = from network sources
* ISOLV: 1 = SVD, 2=lsqr
* NSET:      number of sets of iteration with specifications following
* RayTracing  1=Hols's ; 2=Lomax's
* ISTART ISOLV NSET RayTracing PSratio DISTratio
  0  2  8  2      10.0  0.05
* iuses iuseq invdel stepl
  2  0  0  0.5
* wlat wlon rota CC_format
  30.3 103.3 0  1
* minVp maxVp minVs maxVs minVpVs maxVpVs maxdVp maxdVs maxdVpVs
  0.5 8.5 0.01 6 1.4 3.0 0.4 0.2 0.05
* wt_vp1 wt_vp2 wt_vp3 wt_vs1 wt_vs2 wt_vs3 wt_vpvs1 wt_vpvs2 wt_vpvs3
  15 15 15 15 15 15 15 15 15
*
*--- data weighting and re-weighting:
* NITER:      last iteration to used the following weights
* WTCCP, WTCCS:      weight cross P, S
* WTCTP, WTCTS:      weight catalog P, S
* WRCC, WRCT:      residual threshold in sec for cross, catalog data
* WDCC, WDCT:      max dist [km] between cross, catalog linked pairs
* DAMP:      damping (for lsqr only)
* --- CROSS DATA -----CATALOG DATA ----
* NITER WTCCP WTCCS WRCC WDCC WTCTP WTCTS WRCT WDCT WTDD DAMP JOINT THRE_vp
THRES_vpvs
  1  -9 -9 -9 -9 0.1 0.08  8 -9 10.0 20  1  0.05  0.05
  2  -9 -9 -9 -9 0.1 0.08  7 -9 10.0 20  0  0.05  0.05
  1  -9 -9 -9 -9 0.1 0.08  7 -9 10.0 20  1  0.05  0.05
  2  -9 -9 -9 -9 0.1 0.08  6 -9 10.0 20  0  0.05  0.05
  1  -9 -9 -9 -9 1 0.8  6 -9 .1 20  1  0.05  0.05
  2  -9 -9 -9 -9 1 0.8  6 -9 .1 20  0  0.05  0.05
  1  -9 -9 -9 -9 1 0.8  5 -9 .1 20  1  0.05  0.05
  2  -9 -9 -9 -9 1 0.8  5 -9 .1 20  0  0.05  0.05
*--- event selection:
* CID:  cluster to be relocated (0 = all)
* ID:  cusps of event to be relocated (8 per line)
* CID

```

0

\* ID

\*=====\*

## 10. 术语简表（便于查阅）

**绝对到时：**单事件在某台的到时。

**目录差分：**两事件在同一台的到时差（目录拾取）。

**互相关差分：**两事件在同一台的互相关到时差。

**S-P：**同一事件在同一台的  $T_S - T_P$ ；也可做事件间差分。

**DWS：**路径覆盖度指标（加权射线条数）；用于节点可更新性判断。

**条件数：**线性系统稳定性度量；过大不稳，过小过阻尼。