

Kraken 使用说明书

东泰山

2018 年 6 月 10 日

注意事项

[1]本指南参考了外文文档：The KRAKEN Normal Mode Program（Michael B. Porter）的基础上进行仿真验证。

[2]本指南中所涉及相关参数的设置仅为仿真示例，不具有一般性。

[3]本指南对 KRAKEN 模型均采用文本配置。

[4]欢迎大家交流！QQ 群（bellhop 使用交流群）693695574，感谢 bellhop 使用交流群对本说明书的支持。

[5]由于本人时间和水平有限，本文档仅供参考，如有错误请老师和同学们批评指正！

目录

第一章 KRAKEN 概述	1
1.1 KRAKEN 模型特征	1
1.2 KRAKEN 模型的数学原理	2
第二章 KRAKEN 结构	3
2.1 KRAKEN 模型结构	3
2.2 主体程序	5
2.2.1 模型介绍	5
2.2.2 基本函数介绍	5
第三章 KRAKEN 环境文件	6
3.1 TITLE	6
3.2 OPTION1	6
3.3 OPTIONS2	8
3.4 上半空间特性	9
3.5 其他参数	10
第四章 Field 文件	12
4.1 TITLE	12
4.2 OPTION	12
4.3 声源及接收端位置	13
第五章 KRAKEN 实例	14
5.1 准备工作	14
5.2 配置 env 文件	15
5.3 配置 field.hlp 文件	16
5.4 运行 mytest.m 文件	17

第一章 KRAKEN 概述

1.1 KRAKEN 模型特征

在 1970 年末，存在着广泛用于预测海洋声传播损失的几种常规模型，但各自都有其自身的问题。典型的困难包括：（1）对于某些类型的声速剖面的数值计算不稳定；（2）无法计算完整的海洋模型。简而言之，需要一个稳健、精确、高效的模型。为了解决这些问题，开发了一种新的算法，建立了 KRAKEN 范式模型的基础。

在随后的几年里，KRAKEN 得到了极大的发展，使其具有对海洋环境进行建模的能力。KRAKEN 程序是基于简正波理论的声传播计算软件，是海洋声学工具箱模块化工具的一部分。其由美国海军海洋系统中心 NOSC 和美国海军研究实验室 NRL 联合研制开发，经过 8 种不同海洋环境中的测试并与真实数据的比较，证实该模型的正确有效性。KRAKEN 模型的特征表现在：

- 有效的特征值查找技术
- 多管道稳定计算
- 处理多层环境的能力
- 界面粗糙度的包含
- 分层弹性层的夹杂
- 表面与底面反射系数
- 扰动的选择或损失的精确处理
- 漏模计算
- 边界条件的自由、刚性和同质半空间选择
- 距离相关问题的绝热或耦合模式选择
- 高精度外推法

■ 三维变分问题的推广

1.2 KRAKEN 模型的数学原理

KRAKEN 简正模模型是通过用有限差分方法解简正波方程，可以快速得到精确解。它将整个海水深度 D 划分为 N 个等间隔的宽度 $h = D/N$ ，相应地得到 $N+1$ 个点。采用有限差分近似，可以将简正波方程地连续问题化为线性代数中的特征值问题。采用 KRAKEN 方法根据绝热假设和 WKB 近似，可以得到波压力场的解：

$$p(r, z) = \frac{i}{\rho(z_s)\sqrt{8\pi r}} e^{-i\frac{\pi}{4}} \sum_{m=1}^{\infty} \psi_m(z_s)\psi_m(z) \frac{e^{ik_m r}}{\sqrt{k_m}}$$

其中， r 为水平距离， z 为深度， ρ 为海水密度， z_s 为源深， $s = 0, 1, \dots, N$ ， ψ_m 和 k_m 分别是求得的第 m 个特征向量和特征值， $m = 0, 1, \dots, \infty$

则传播损失为：

$$TL(r, z) = -20 \lg \left| \frac{p(r, z)}{p^0(r=1)} \right|$$

其中 $p^0 = \frac{e^{ik_0 r}}{4\pi r}$ ， k_0 为波数， $p^0(r)$ 表示声源在自由空间中的声压。

（具体模型可参考 The KRAKEN Normal Mode Program (Michael B. Porter)）

第二章 KRAKEN 结构

KRAKEN 程序实际上是一个完整的声学工具箱的一部分，其结构如图 2-1 所示。用户通过环境文件（.env）作为输入来描述问题。Plotssp.m 可以用来生成环境文件中定义的声速分布图。模型生成包含计算压力场的二进制“阴影”文件（.shd）。Plotfield.m 可用于将声压转换为传输损耗，并利用彩色或灰度图来描述传输损耗随水平范围和深度的变化情况。此外还具有额外程序使用.shd 文件进行压力场匹配处理，计算检测概率或检测半径。并且该工具箱允许 NRL 阴影文件格式与 SACLANTCEN 格式相互转换。允许使用 plotfield.m 和 plotslice.m 绘制 SACLANTCEN 模型用于模型之间的比较。

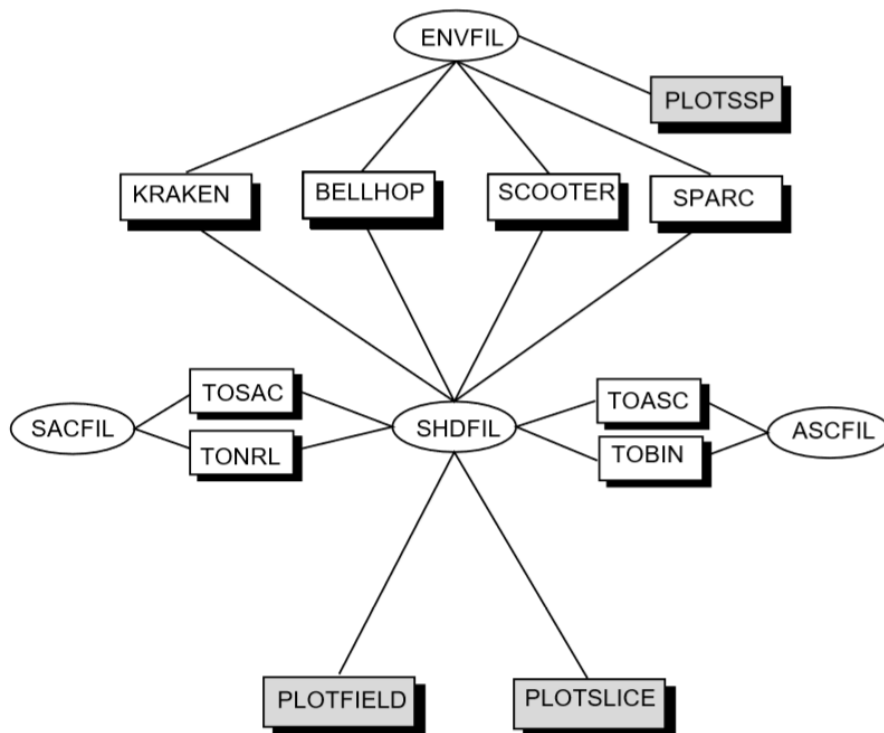


图 2-1 水声工具箱结构图

2.1 KRAKEN 模型结构

KRAKEN 的整体结构图如图 2-2 所示，我们可以看到第一层 KRAKEN 模

型包含三种不同的模型：KRAKEN, KRAKENC 和 KRAKEL。其中，KRAKENC 和 KRAKEL 模型针对具有特殊需求的专业用户使用，其差异性将于 KRAKEN.hlp 文件中详细讨论。

传播损失的计算包括两个阶段（1）KRAKEN 模型计算（2）plottlr 和 plottld 用于体现传播损失 TL 随水平和深度的变化情况。此外，plotmode.m 可以用于查看单个模式，plotgrn.m 可以用于计算格林函数。

绘制传播损失分布图则需要三个步骤（1）KRAKEN 模型计算（2）field 来总结模型并计算压力分布场（3）plotfield.m 来画出传播损失分布图。

三维计算结果则需要使用 FIELD3D，其输出可以用于产生声线图（plotrayxy）。flp 文件用于输入描述海洋底部混合物（泥沙）参数，plottri 可以用于绘制海洋底部状况。

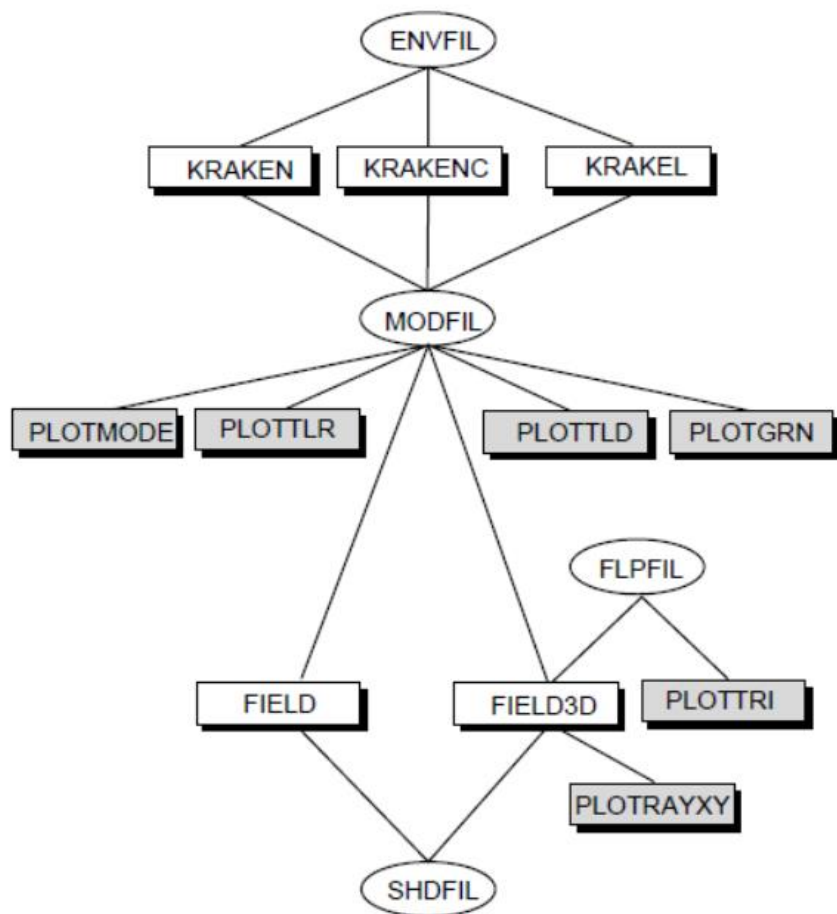


图 2-2 KRAKEN 模型结构图

2.2 主体程序

2.2.1 模型介绍

- KRAKEN 允许弹性介质，但在弹性介质中的衰减被忽略。
- KRAKENC 一种复平面上特征值的 KRAKEN 版本。KRAKEN 使用微扰理论获得特征值的虚部，而 KRAKENC 可以精确计算复杂的特征值。KRAKENC 的运行速度慢约 3 倍，但对于泄漏模式计算或弹性介质中的不透光材料衰减是必要的。用等效反射系数代替 KRAKEN 内弹性层，因此，不能使用 KRAKENC 来查看弹性层中的 fields。
- KRAKEL 类似于 KRAKENC，同样可以计算弹性介质的弹性位移和应力，但 KRAKEL 很少使用，因此其已经跟不上时代发展。

2.2.2 基本函数介绍

- plotssp 用于画声速剖面
- plotmode 绘图选择模式
- plotgrn 用于绘制给定声源和接收器位置波动方程的格林函数
- plottlr 用于绘制传播损失随水平范围的变化曲线
- plottld 用于绘制传播损失随深度的变化曲线
- FIELD 在给定特定范围和一系列声源深度垂直矩阵上计算声场
- plotfield 绘制传播损失曲线图

第三章 KRAKEN 环境文件

下面主要介绍以下环境文件的结构以及简要说明。

*.env 文件主要有 TITLE 和 OPTIONS1 至 OPTIONS5，各个部分相互独立并完成对水体环境不同方面的描述。在介绍该文件可以结合附录的一个例子来了解。

3.1 TITLE

TITLE 主要描述了声波的频率和传播介质的个数。

声波的频率对其轨迹来说并不是非常重要，因为它是频率无关的，但是频率对声线步长会产生影响，所以 KRAKEN 在声波更高频率时需要更精确的声线轨迹。

在 KRAKEN 中传播介质的个数总是小于 20 ($NMEDIA < 20$)，这个虚参数的设置与介质的性质相关，如果假定介质性质平滑地变化，则不必设置，如果遇到流体或弹性界面或者密度不是连续变化的界面时则应使用新介质。在定义问题的介质个数时，不包括上下两个半空间。

3.2 OPTION1

OPTION1 是单引号中的五个字母组成的，下面我们分别介绍其含义，

1. OPTIONS1(1)

注：OPTIONS1 (1) 所指为 OPTIONS1 的第一个字母

主要描述了 KRAKEN 为了计算声速以及沿着声线相关的其他参数而采用的一些插值方法，下面是为声速剖面进行插值，所包括的字母如下：

- 'S': cubic spline interpolation, 三次样条插值，注：样条拟合产生外表更光滑的声线轨迹图

- 'C': C-linear interpolation, C 型线性插值
- 'N': N2-linear interpolation, N2 线性插值
- 'A': analytic interpolation , 分析插值, 需要 ssp 子程序的调整和模型的进一步重编译。

如果你不确定采用哪个选项, 建议你采用'C'或者'N', 当然, 你可以采用任意一个以进行模型间精准度的对比。

选项'S'可能会遇到一些问题, 因为样条插值对于急剧变化的曲线拟合的不够好, 特别是当遇到多个介质时会得到较差的仿真结果。

2. OPTIONS1(2)

主要描述海水表面的类型

- 'V': vacuum above surface , 表面真空。
- 'R': perfectly rigid media above surface , 表面完全刚性的硬物。
- 'A': acoustic half-space, 声学半空间; SURFACE-LINE 格式如下。

z-surface	cp-surface	cs-surface	density-surface	AP-surface	AS-surface /
深度	纵波声速	横波声速	表面密度	纵波吸收系数	横波吸收系数

- 'F': 从一个*.brc 文件读入反射系数。
- 'S': Soft-boss Twersky scatter。
- 'H': Hard-boss Twersky scatter。
- 'T': Soft-boss Twersky scatter, amplitude only
- 'I': Hard -boss Twersky scatter, amplitude only

3. OPTIONS1(3)

描述底部的衰减所用的单位。

- 'F': (dB/m)kHz;
- 'L': attenuation units correspond to the parameter loss;
- 'M': dB/m;
- 'N': Nepers/m;
- 'Q': Q-factor;
- 'W': dB/wavelength;

4. OPTIONS1(4)

可选参数，如果描述声音的 Thope Volume 衰减，要设置为“T”

5. OPTIONS1(5)

可选参数，用*.ati 文件来描述海面边界形状要设置为'*'，如可以描述为高斯波浪等所需的海面形状。

interpolation type	
npoints	
r(1)	z(1)
r(2)	z(2)
.	.
.	.
.	.
r(npoints)	z(npoints)

其中 interpolation type 为字母，'L'为表面线性插值，'C'为曲线插值。深度用 m，声速用 m/s。

3.3 OPTIONS2

由但括号内的两个字母组成，用来描述水柱下面的环境状况。

1. OPTIONS2(1)

描述水柱下面的介质类型

- 'V': vacuum below watercolumn , 水柱下为真空;
- 'R': rigid below watercolumn ; 刚性物质;
- 'A': acoustic half-space, 声学半空间, BOTTOM-LINE 格式如下,

z-surface	cp-bottom	cs- bottom	density-s bottom	AP- bottom	AS- bottom /
深度	纵波声速	横波声速	底部密度	纵波吸收系数	横波吸收系数

- 'F': 从一个*.brc 文件读入反射系数。

2. OPTIONS2(2)

如果为空则认为海底平坦, 如用*.bty 文件来描述海底边界形状要设置为'', 如可以描述为高斯海山、狄更斯海山等所需的海底地形。格式如下,

interpolation type	
npoints	
r(1)	z(1)
r(2)	z(2)
.	.
.	.
.	.
r(npoints)	z(npoints)

3.4 上半空间特性

格式: ZT CPT CST RHOT APT AST

- ZT: 深度(m)
- CPT P-波声速(m/s)

- CST S-波声速(m/s)
- RHOT 海水密度(g/m^3)
- APT P 波衰减系数
- AST S 波衰减系数

注意：反射系数和 Twersky 散射选项部分这里不做描述，详情请查看本文参考文档。


3.5 其他参数

- NSD: The number of source depths , 声源在垂直方向上个数(<51)。
超过 50 个声源，声线图将会变得杂乱无章；
- SD(): The source depths (m), 声源的深度；
- NRD: The number of receiver depths, 接收水听器的垂直方向上个数；
- RD(): The receiver depths (m), 接收水听器的深度；
- NR: The number of receiver ranges, 接收水听器的水平方向上个数；
- R(): The receiver ranges (km), 接收水听器的水平接收范围；
- STEP: The step size used for tracing the rays (m), 声线跟踪的步长；
- ZBOX: The maximum depth to trace a ray (m), 接收水听器的最大深度；
- RBOX: The maximum range to trace a ray (km), 接收水听器与声源的最大水平距离；

```

'Munk profile'      ! TITLE
50.0                ! FREQ (Hz)
1                  ! NMEDIA
'CVF'               ! SSPOPT (Analytic or C-linear interpolation)
51 0.0 5000.0       ! DEPTH of bottom (m)
0.0 1548.52 /
200.0 1530.25 /
250.0 1526.69 /
400.0 1517.78 /
600.0 1509.49 /
800.0 1504.30 /
1000.0 1501.38 /
1200.0 1500.14 /
1400.0 1500.12 /
1600.0 1501.02 /
1800.0 1502.57 /
2000.0 1504.62 /
2200.0 1507.02 /
2600.0 1512.55 /
2800.0 1515.56 /
3000.0 1518.67 /
3200.0 1521.85 /
3400.0 1525.10 /
3600.0 1528.38 /
3800.0 1531.70 /
4000.0 1535.04 /
4200.0 1538.39 /
4400.0 1541.76 /
4600.0 1545.14 /
4800.0 1548.52 /
5000.0 1551.91 /
'A' 0.0
5000.0 1600.00 0.0 1.0 /
1                  ! NSD
1000.0 /          ! SD(1:NSD) (m)
51                ! NRD
0.0 5000.0 /      ! RD(1:NRD) (m)
1001              ! NR
0.0 100.0 /       ! R(1:NR) (km)
'R'               ! 'R/C/I/S'
39                ! NBeams
-14.0 14.0 /      ! ALPHA1,2 (degrees)
0.0 5500.0 101.0  ! STEP (m), ZBOX (m), RBOX (km)

```



第四章 Field 文件

Field 程序用于 KRAKEN 模型计算声场随水平范围和深度变化图 (shd), 当计算传播损失时, 需要配置 field.hlp 文件

Files:

	Name	Unit	Description
Input			
	*.FLP	5	Field Parameters
	*.MOD	30-99	MODe files
Output			
	*.PRT	6	PRinT file
	*.SHD	25	SHaDe file

4.1 TITLE

TITLE 主要记录需要绘制的 shade file (shd) 的文件名, 如果填写 '/' 表示该文件名与 mode file 文件名相同。

4.2 OPTION

◆ OPTION(1): 声源类型

- 'R' 点源
- 'X' 线源

◆ OPTION(2): 选择耦合或者绝热理论模型

- 'C': 耦合
- 'A' 绝热

◆ OPTION(3): 介质个数 (参考第三章)

◆ OPTION(4): 选择相干或者非相干模型

- ‘C’相干

- ‘I’非相干

4.3 声源及接收端位置

格式:

```
NR
R(1:NR)
NSD
SD(1:NSD)
NRD
RD(1:NRD)
NRR
RR(1:NRR)
```

符号含义请参考 3.5 节

第五章 KRAKEN 实例

5.1 准备工作

[1] Matlab 版本: 需要 Matlab6 或者更高版本的支持, 本指南使用 Matlab2014b

[2] 将压缩包解押至‘G:\项目\kraken’文件夹下(这个随意)

bin	2018/5/16 11:26	文件夹	
Kraken	2018/5/16 11:27	文件夹	
Matlab	2018/6/13 9:31	文件夹	
mytest	2018/6/13 9:35	文件夹	
tslib	2018/5/16 11:27	文件夹	
kraken	2008/3/25 16:40	PDF 文件	5,025 KB

图 5-1

[3] 不要随意的编辑并删除安装的文件夹及路径名

[4] 在 matlab 里面添加路径, 如图 5-2 所示。

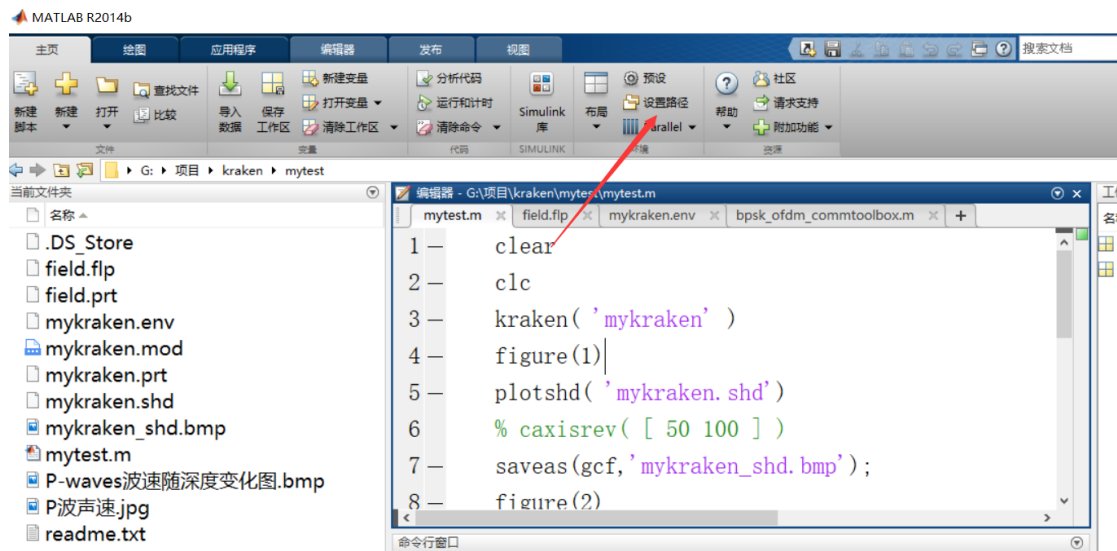


图 5-2 配置路径 1

[5] 在添加路径的过程中, 选择添加并包含子文件夹, 如图 5-3 所示。

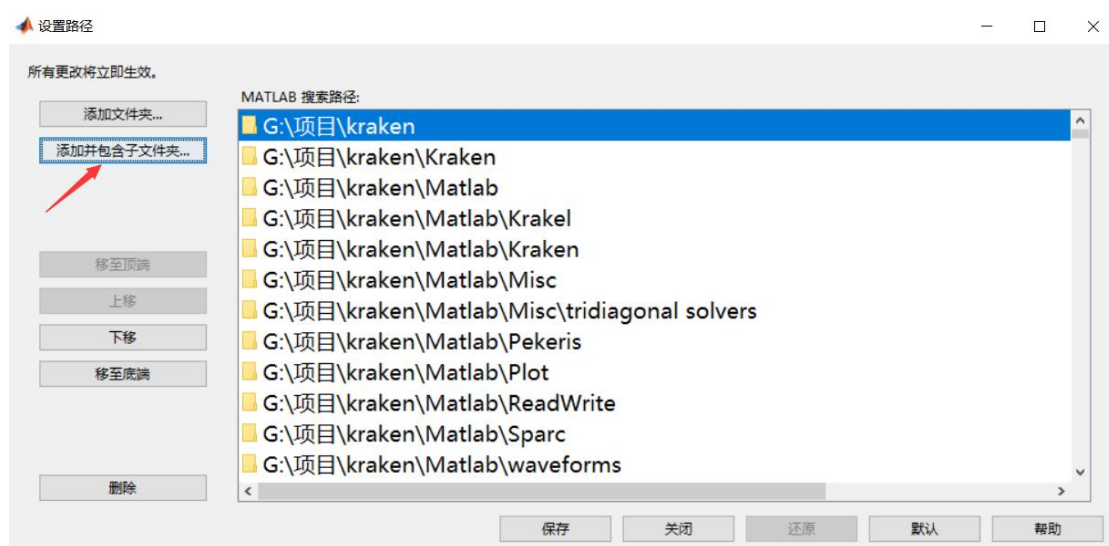


图 5-3 配置路径 2

5.2 配置 env 文件

打开 mytest 文件夹里的 mykraken.env

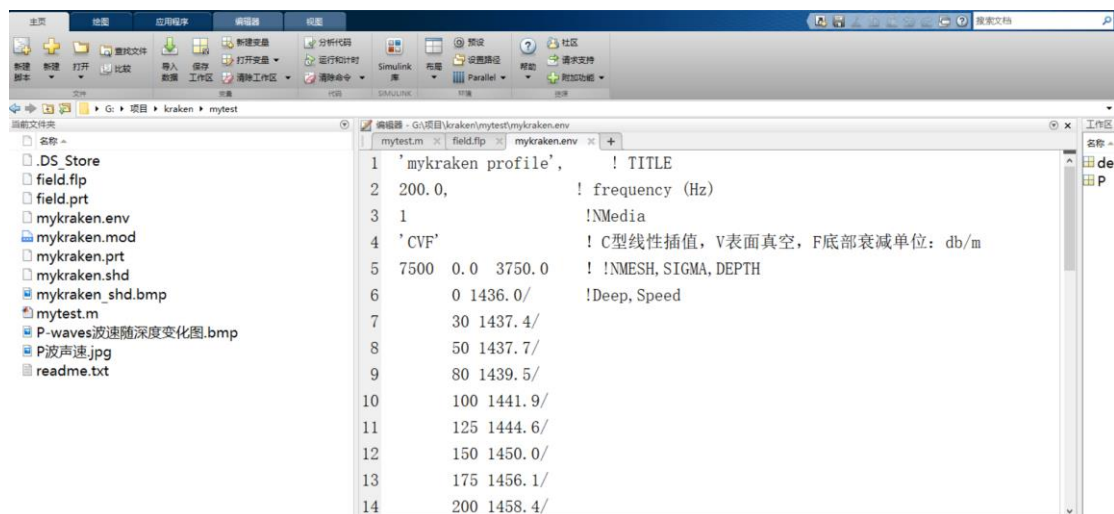


图 5-4 env 文件

配置参数如下：

这里选择发射频率为 200Hz，声源深度 100m，接收深度为 200m，水体深度为 3750m，水平范围为 10km。

```

'mykraken profile',      ! TITLE
200.0,                   ! frequency (Hz)
1                         !NMedia
'CVF'                    ! C型线性插值, V表面真空, F底部衰减单位: db/m
7500 0.0 3750.0         ! !NMESH, SIGMA, DEPTH
    0 1436.0/           !Deep, Speed
    30 1437.4/
    50 1437.7/
    80 1439.5/
    100 1441.9/
    125 1444.6/
    150 1450.0/

    1800 1477.0/
    2000 1479.6/
    2500 1487.9/
    3750.0 1510.4/

'A' 0.0                 !声学半空间
3750.0 1800/            !海底参数
0.0 1510.0

1.000                   ! RMAX (km)
1
100.0 10/               ! NSRCS, SD(1:NSRCS)
761

```

图 5-5 env 文件配置参数

5.3 配置 field.hlp 文件

具体参数请参考第四章

```

/,                ! TITLE
'RA'              ! OPT 'X/R' (coords), 'C/A' (couple/adiab)
9999              ! M (number of modes to include)
1                ! NPROF
0.0 1.0 /         ! RPROF(1:NPROF) (km)
1001              ! NR
0.0 10.0 /        ! R(1:NR) (km)
1                ! NSD
100.0 /           ! SD(1:NSD) (m)
367              ! NRD
0.0 200.0 /       ! RD(1:NRD) (m)
367              ! NRR
0.0 /            ! RR(1:NRR) (m)

```

图 5-6 feild 文件参数

5.4 运行 mytest.m 文件

```

clear
clc
kraken( 'mykraken' )
figure(1)
plotshd( 'mykraken.shd' )
% caxisrev( [ 50 100 ] )
saveas(gcf, 'mykraken_shd.bmp' );
figure(2)
deep = [0, 30, 50, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250 ...
        300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 ...

```

图 5-7 mytest 文件局部截图

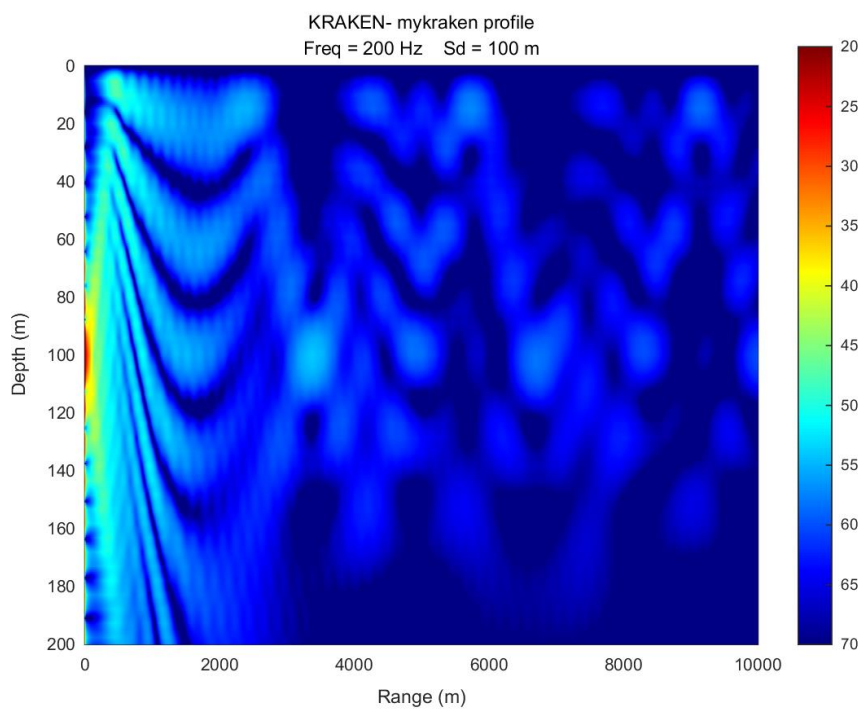


图 5-8 传播损失图

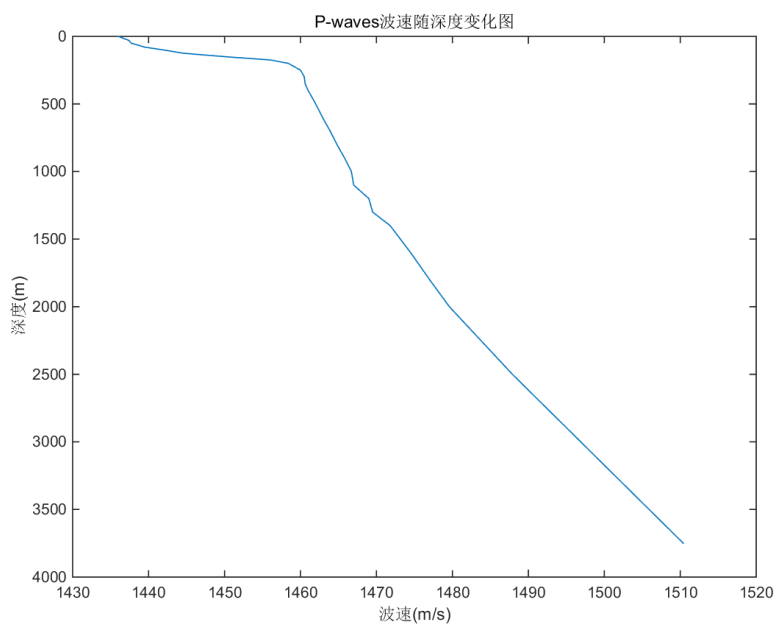


图 5-9 P 波随深度变化图

我们将会获得如下文件：














	.DS_Store	2016/6/28 17:35	DS_STORE 文件	7 KB
	field.flp	2018/6/12 20:27	FLP 文件	1 KB
	field.prt	2018/6/13 9:35	PRT 文件	2 KB
	mykraken.asv	2018/6/19 17:13	ASV 文件	1 KB
	mykraken.env	2018/6/19 17:13	ENV 文件	1 KB
	mykraken	2018/6/13 9:35	媒体文件(.mod)	1,185 KB
	mykraken.prt	2018/6/13 9:35	PRT 文件	19 KB
	mykraken.shd	2018/6/13 9:35	SHD 文件	2,925 KB
	mykraken_shd	2018/6/13 9:35	BMP 文件	3,165 KB
	mytest	2018/6/13 9:35	MATLAB Code	1 KB
	P-waves波速随深度变化图	2018/6/13 9:35	BMP 文件	3,165 KB
	P波声速	2018/5/16 21:05	JPG 文件	16 KB
	readme	2018/5/16 15:13	文本文档	1 KB

图 5-10

注意，通过上述操作，我们可以获得 mykraken.shd 文件，关于 shd 文件的使用，请参考本人《ActupV2.2L 使用说明书》中关于 BELLHOP 的使用。