

水库动力学模拟模型

DYRESM: 用户手册

这些注释被设计为辅助非初次使用 DYRESM 来进行模拟的用户。本文件给出了 DYRESM 操作的基本描述和如何生成输入文本文件、模拟文件及模型输出可视化的说明。然而用户需要有使用计算机和编辑文件的一些经验。

[至引言](#)

1. 引言

1.1 DYRESM 模型

DYRESM(水库动力学模拟模型: DYnamic REServoir Simulation Model)是一个一维水动力模型,用于预报满足一维近似的湖泊和水库中温度、盐度和密度的垂向分布。

当扰动水体稳定的作用力(风应力,水面冷却或倾伏入流)不长时期起作用时,一维近似是合理的。当考察的时间尺度比极端事件(例如风暴和洪水)发生的时间尺度要长时,许多湖泊和水库的动力作用可以很好的用这种一维近似来描述。DYRESM提供的湖泊和水库系统中热量特性的预测是可被量化证明的,时间尺度范围从几周到几十年。因此该模型可提供一种方法来预测湖泊、水库季节性和年内变异,并对环境因子或流域特征的长期变化作出敏感性检验。DYRESM既可单独运行,进行纯水动力学的研究,也可与 CAEDYM 模型(Computational Aquatic Ecosystem DYnamics Model)耦合,进行关于生物和(或)化学过程的研究。DYRESM对计算机要求不高,多年模拟的运行环境可为 Linux 下的 PC 平台, Mac OSX, Windows 95/98/Me/2000 或 NT。

DYRESM 计算机模型用参数表示引起水库、湖泊的温度、盐度和密度分布时间变化的重要物理过程。模型是依据详细的过程研究(包括现场考察和实验研究)中得出的参数化方法,因而具备本中心在密度分层流的分析,试验和野外测量上所具备的国际认可的力量。模型的独特之处在于:不用进行模型参数校验即可得出可靠的预测结果。

1.2 程序

计算机工具语言: Fortran 95

当前开发平台: Linux

目标平台: 具备 Fortran 95 编译器的任何平台,目前使用 Linux 和 Windows 操作系统的计算机可在本网站下载可执行程序。

程序结构: DYRESM 为分层程序结构。科学程序尽量从数据结构详细资料中抽象出。

采用一种面向对象(OO)方法来开始科学计算,因为它可以支持未来程序的扩展,并自然表现出模型的抽象层次。(虽然 Fortran 95 是一种基于对象的语言,而不是面向对象的语言,OO 设计仍可执行,尽管需要更多努力)因此 DYRESM 的科学核心是整个 OO。DYRESM 的混合设计。

2. 文件准备和使用概述

2.1 数据输入与输出

生成 DYRESM 输入需要许多文本文件。受力与地形测量文件信息被放置入 *netCDF* 文件（称为参考文件或简称为“RefFile”），该文件包含所有从外部获得的静态和受力数据资料，并包含了模拟中可能的所有天的资料。参考文件（RefFile）及其它文本文件被译为另一个 *netCDF* 文件（称为模拟文件或“SimFile”），在图形用户界面的控件中配置。DYRESM 只能从 SimFile 文件中获得输入。DYRESM 的输出被记录回 SimFile 文件中。输出数据可在模拟结束后使用 Modeller 或其它可读取 *netCDF* 文件的程序显示。在同一个文件中打包输入和输出结果数据的功能大大辅助了模拟运行和项目管理的长期存档。

netCDF 是一种富集信息且不依赖计算机的二进制文件格式，在海洋学和大气科学界常用于野外试验数据和模拟数据的存储。标准文件格式随着时间不断最大化计算数据文件的值，因为数据有关信息和数据本身可能都在被包含在同一个文件中。

上述输入文本文件的数据通过程序 *createDYref*，*createDYsim* 和 *extractDYinfo* 被放置入文件 RefFile 和 SimFiles 中。所有文本文件的文件名必须依据格式：<名称>.<ext>。每一类型文件的扩展名是固定的。详细介绍请见下一章。

图 2.1 下图描述了数据准备和模拟的过程

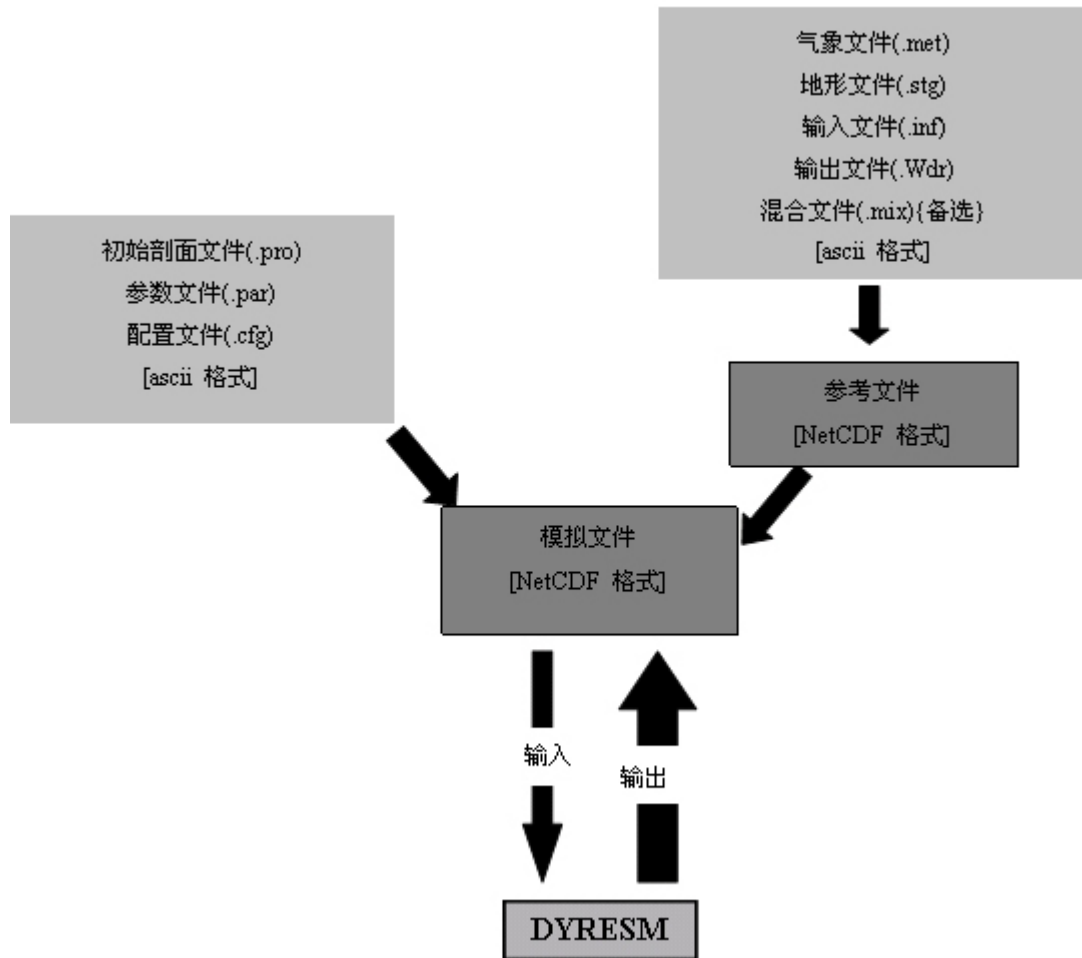


图 2.1 DYRESM 模拟过程

[至下一章输入文本文件](#)

3. 输入文本文件

3.1 引言

这部分叙述了输入文本文件所需的格式（请点击链接到示例文件）。

3.2 DYRESM 配置文件(.cfg)

该文本文件包含了一次模拟的配置信息。文件必须具有扩展名“cfg”。

DYRESM 配置文件示例见[此处](#)。

文件由以下各项设置数据：

- 模拟开始日
- 模拟天数
- CAEDYM 选项 {TRUE. or FALSE.}
- 输出时间间隔，以日为单位（要输出每一个时间间隔，则输入-9999）
- 消光系数 [m^{-1}]
- 最小层厚度[m]
- 最大层厚度[m]
- 时间步长[s]
- 选择输出的数据段的个数
- 选择输出的数据段列表
- 人工混合选项 {TRUE. or FALSE.} 及运行周期指示 {DAYTIME_OP, NIGHTTIME_OP or CONTINUOUS_OP}
- 非中性大气稳定修正选项 {TRUE. or FALSE.}

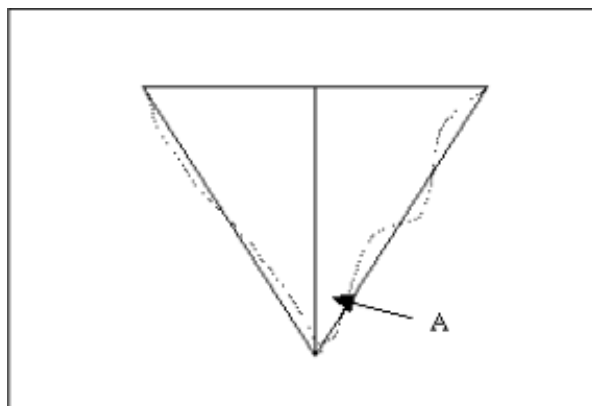
3.3 物理数据与湖泊地形测量文件(.stg)

本文件中包含了水体地形特征的描述，必须具有扩展名“stg”。

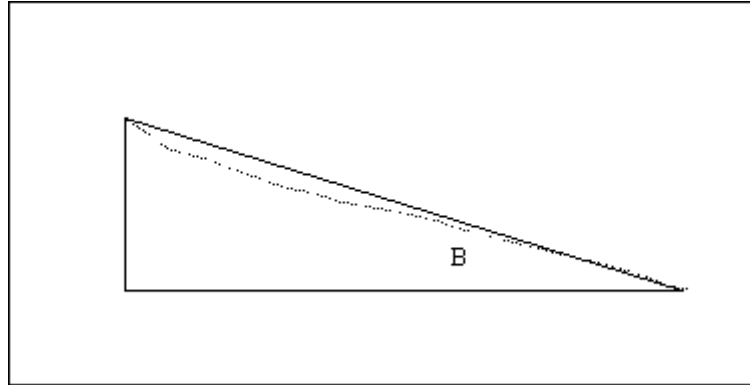
湖泊地形测量文件示例见[此处](#)。

文件包含：

1. **文本标题**：为文件提供信息。
2. **纬度**：湖泊或水库的纬度。北半球为正，南半球为负。
3. **垂直距离**：湖泊浪尖与平均海平面（MSL）间的垂直距离，单位为米；即是高出 MSL 的高度。
4. **入流数量**：流入水体的小溪或河流的数目。如果在地形测量(.stg)文件中指定了三个入流，则在 inflow (.inf) 文件中也必须要有三个入流。
5. **入流类型**：既可以是表面入流（例如河流），用 SURF 表示，也可以是潜流入流（地下水或排水管），用距离湖底的高度 height 表示，单位为米。
6. **河床半角**：每一个入流的河床半角由下图所示的 A 的值给定，单位为度。



7. **河床斜率**：由下图所示的 B 的值给定，单位为度，表示流入水体前河流的平均坡度。



8. **河床阻力系数**：一般假定为 $CD = 0.015$ 。
9. **河数**：必须考虑的河流的数目。
10. **零高度高程**：水库底部距离任一参考面的高程。只要在文件中保持一致，参考面为何值没关系。澳洲公用的参考面为澳洲海拔参考面，单位为米。
11. **浪尖高程**：当存在水坝时，表示相对参考面的溢洪道水位高程，单位为米。该高程的参考面必须与零高度高程的参考面一致。
12. **出水口数**：仅表示从水体流出的出水口的数目（不包括溢流）。如果指定文件中有三个出水口，则在取水(.wdr) 文件中也必须有三个出水口。
13. **出水口高程**：每一个出水口相对参考面的高程。
14. **湖泊地形测量数据**：包括由高度一面积值组成的矩阵，表示水体的等高线。即是，高程（参考面以上的）与其对应的水平截面的面积组成的蓄水量表。如果这些数据未知，则可使用一个测面器和水下地形图来估算。水库底部的高程必须与以上设定的水体中零高度高程相同。如果存在大流量的入流，则蓄水量表的数据则需要延伸至溢洪道（即浪尖）。高度单位为米，平面面积为平方米。

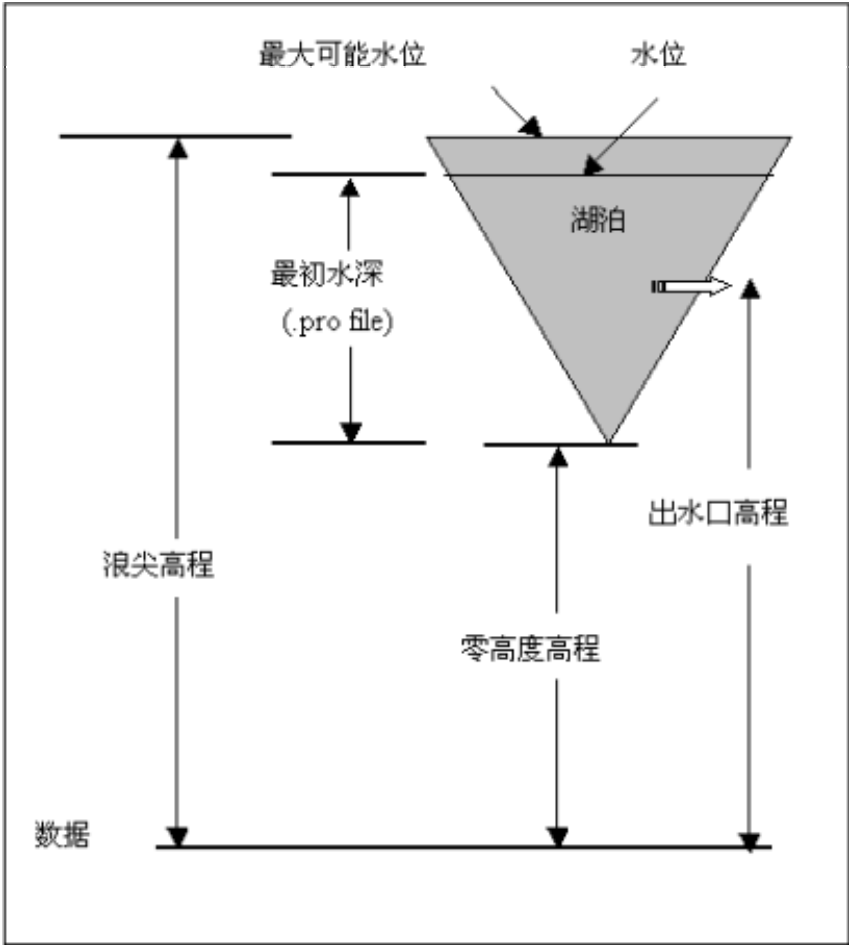
地形测量：单位

特征	单位
半角	度
斜率	度
阻力系数	无量纲
高程	m

面积	m ²
----	----------------

注:

- “高程”指的是相对参考面的高度，而“高度”指的是相对于零高度高程（水体底部）的高度 地形文件所需清单见如下图示。
- *DYRESM* 假设 $A(z=0) = 0$, $V(z=0) = 0$, 因此地形文件中不能有值为 0 的高度。



3.4 初始剖面(.pro)

文本文件包含了初始垂向剖面的温度和盐度。初始剖面必须在水体最深点处设定。模拟的初始值必须为第一个模拟日的开始时刻（即凌晨 0 时）。

初始剖面文件的一个例子可由[此处](#)得到。

初始剖面包括一个表格，状态变量对应不同列，不同行对应不同水库深度。初始剖面中每一层的高度为其高出零高度高程的高度。

注:

- 水质参数由 CAEDYM .int 文件来初始化。
- 列出的最终高度与水面初始高度相等。

3.5 气象资料(.met)

该文本文件至少要包含模拟期内的气象资料。文件既可包含日均值也可包含以小于一日为时间尺度的平均值（亚日均值）。如果采用了亚日均值，则对所有气象变量的作用力也须采用亚日均值。（注意此时模拟的时间步长将受到气象资料的时间尺度的限制）

日气象资料文件的一个例子可由[此处](#)得到。

亚日气象资料文件的一个例子由[此处](#)得到。

文件标题必须包含输入数据的时间步长，单位为秒。当采用亚日气象作用力时，通过配置文件或图形用户界面（GUI）输入的时间步长必须匹配模拟的时间步长。亚日气象作用力的时间步长必须介于[10, 180]分钟之间。

气象文件必须包含每日(86400/步长)个数据点。例如，若时间步长为 3 小时，则每一日数据文件必须含有 $86400/10800 = 8$ 个数据点。

此外，在文件标题中包含的是一个描述所提供的长波辐射数据类型的关键词：

长波辐射指令行

指令行字母表示	意义
INCIDENT_LW	长波入射，以 $W m^{-2}$ 来度量
NETT_LW	长波净辐射（定义为 $Q_{in} - Q_{out}$ ），以 $W m^{-2}$ 来度量
CLOUD_COVER	相对云量（合理取值范围为[0,1]）

文件标题的最后一行包含的信息为测量仪是在某一个固定高度（FIXED_HT __ 相对水体底部的相对深度）还是浮在水面（FLOATING __ 即为，水面以上某一不变的固定高度）。前者须给出测量仪高出湖底（即 $z = 0$ 处）的高度；对于后者，测量仪高出水面的高度须给出。要注意，这个信息仅在非中性大气稳定修正被调用时才会用到（见配置文件）。

文件必须有“met”扩展名。气象资料包括短波和长波辐射（或云量），气温，蒸气压，风速和降雨。met 文件中包含的七列为：

1. **顺序日期**: 格式为<年><历日数>, 其中<年>为四个阿拉伯数字, 而<历日数>是三位数字, 表示年内该日的序号。例如历日 1987 年一月 5 日即可表示为顺序日期 1987005。
2. **短波辐射**: 输入时间步长上的短波辐射平均功率通量密度, 用 $W m^{-2}$ 表示。
3. **长波辐射**: 输入时间步长上的长波辐射平均功率通量密度, 既可由 $W m^{-2}$ 表示 (若可直接测得), 也可由用小数表示的相对云量 (天空云量覆盖率) 表示。如用云量表示, 则模型根据该云量与水面气温在模拟中估算出长波辐射。
4. **气温**: 表示输入时间步长上的平均气温, 单位为摄氏度。对于日输入数据, 该值通常由最大日气温与最小日气温的平均值所决定。
5. **平均蒸气压**: 表示输入时间步长上的平均值, 用 hPa 表示。该值可通过平均干、湿球温度或平均相对湿度与气温来估算。

由干、湿球温度估算的平均蒸气压:

$$e_a = e'_{as} - 0.00066 (1 + 0.00115 q_w) \cdot P \cdot (q_D - q_w)$$

(Eqn. C5 of (TVA,1972))

其中

$$e_a = \text{部分大气的水蒸气压} \quad [\text{hPa}]$$

$$e'_{as} = \text{湿球温度下的饱和蒸气压}$$

[hPa]

e'_{as} 由 *Magnus-Tetens* 公式给出:

$$e'_{as} = \exp[2.303 ((a \cdot q_w / (q_w + b)) + c)]$$

(Eqn. C1 of (TVA,1972), 但修改如以下的第 2 部分)

水域之外该系数的计算为:

$$a = 7.5$$

$$b = 237.3$$

$$c = 0.7858$$

$$q_w = \text{湿球气温} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$q_D = \text{干球气温} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$P = \text{大气压} \quad [\text{hPa}]$$

由相对湿度和气温计算蒸气压：

$$e_a = (h/100) \exp[2.303 ((a.q_D/(q_D+b)) + c)]$$

(Eqn. C2 of (TVA,1972))

其中

e_a = 蒸气压 [hPa]
 h = 空气相对湿度 [%]
 q_D = 干球气温 [°C]

水域外该系数的计算为：

$a = 7.5$
 $b = 237.3$
 $c = 0.7858$

6. **平均风速**：表示时间步长上的平均风速，单位为 $m s^{-1}$ 。模型中风速的数据假定为从风速测量仪所在的高度收集得来。
7. **降雨**：表示时间步长上的总降雨量，单位为米。

气象数据：单位

属性	单位
短波	$W m^{-2}$
长波	当 radn 给出时为 $W m^{-2}$ 或 云量给出时为无量纲
气温	°C
蒸气压	hPa
风速	$m s^{-1}$
降雨	m

3.6 河川入流 (.inf)

该文本文件包含了模拟期内日平均入流数据（流量，稳定，盐度以及水质数据，其中水质数据备选）。

河川入流文件的一个例子可由[此处](#) 得出。

文件必须具有扩展名“inf”。该文件包含了所有流入水体的入流的日入流量和物理（以及备选的化学和生物）特征。文件包含了从每一个记录中读取的以下信息：

1. **顺序日期：** <年><历日数>例如 2007 年一月 17 日表示为 2007017。
2. **入流序数：** 表示每一个入流的序号，必须与地形测量文件(.stg) 中提供的信息一致。
3. **流量：** 表示入流量，单位为立方米每日。如果入流量未知，则可通过水体的水量平衡来估算，其中：

$$\text{入流} = \Delta \text{蓄水量} + \text{出流} + \text{蒸发} - \text{降雨}$$

其中

Δ 蓄水量 = 蓄水量_{时段末} - 蓄水量_{时段初}，并且
出流、蒸发和降雨均为非负量。

注

- 蒸发常由 0.7^* 日或蒸发皿长期测量的平均值决定
- 如有无测量数据的入流，或有相当大的坡面漫流，这部分流量应通过估算作为附加“河川”入流考虑。

4. **温度：** 入流温度可通过连续测量、周期测量或平均气温估算得出。周期测量常用线性插值的方法得出气温。如入流温度未知，则可用入流进入水体之日的大约前 4 天的平均气温作为入流温度的估算值。然而，无论如何，温度应通过实际测量来验证，特别是在大入流量情况下。
5. **盐度：** 盐度用实用盐度（Practical Salinity Scale : PSS）表示。当水库盐度分层作用仅受到温度影响时，盐度不作为重点考虑，在入流(*.inf)文件和初始文件(*.pro)中作为常数输入。

入流数据：单位

属性	单位
日入流	m ³
温度	°C
盐度	实用盐度（Practical Salinity Scale）

水质参数

由水质模块 CAEDYM 所需（请参阅 CAEDYM 文件）。

前 5 列（即，盐度的顺序日期）在顺序上固定，且是必选的。水质列（如有需要）由标签识别。这些标签的名称与 CAEDYM 中所用的完全相同（例如，N03）且区分大小写。

3.7 取水(.wdr)

该文件至少要包含模拟期内取水数据的逐日值。

取水文件的示例见[此处](#)。

文件名必须具有扩展名“wdr”。取水文件由来自湖泊和水库的日出流量的表格所组成。表中的每行包含某特定日的取水量。表中的每列代表一次特定的取水。出流必须按照在地形测量 (*.stg) 输入文件中所指定的顺序。出流量单位为每立方米每天。

取水：单位

日常取水量

m ³

注：

- o 出流名称（例如，“Irrig_Canal”）只能由文字数字和下划线组成。名称中不能出现空格。

3.8 参数文件(.par)

DYRESM 参数文件包含模拟的“参数”或从数值建模角度的“伪常数”。该文件的语句必须全部以**指定顺序**出现（见以下链接的示例文件）。该文件中的数值仅能由有经验的用户改变。（该文件同时包含自凌晨零时之后的模型输出**时间**，以秒为单位）。

参数文件示例见[此处](#)。

3.9 人工混合文件(.mix)

若只有一个操作，DYRESM 人工混合文件指定了人工去层理作用系统的一个操作设置。目前有两种可能的去层理作用装置：**DIFFUSER**, 气泡羽流扩散器，和/或 **IMPELLER**, 带有导流管的表面安装机械混合器。

文件包括：

1. **文本标题：**该部分提供文件信息。
2. **去层理作用装置数量：**水库中运行的去层理作用装置的数量。
3. **装置类型，导流管长度或扩散器高度，导流管直径或扩散器端口数量：**所有尺寸均以米为单位。扩散器高度为水库底部到气泡管道的距离。（高度为 0m 指该气泡管道处于水体底部。）
4. **容积流量速度：**指空气（对于气泡）或水（对于叶轮）的容积流量速度。单位为 m^3s^{-1} 。

注：对于气泡羽流扩散器，容积流量速度指扩散器水平面的周围环境压力下的速度；即，非自由表面的周围环境压力下的速度。通过假定空气的绝热压缩，自由空间流速度可被转化为扩散器流体速度。即通过：

$$Q_{\text{diffuser}} = Q_{\text{air}} * (P_{\text{air}} / P_{\text{diffuser}})^{\gamma}$$

式中 Q_{air} 为压缩器的自由空间流速度， P_{air} 为大气压， P_{diffuser} 为扩散器水平面压力， Q_{diffuser} 为扩散器水平面的容积流量速度，该数值将进入 .mix 文件中。 γ 是定容积下的比热与定压下的比热之比。对于理想二原子气体，其值 = 5/7。

人工混合文件示例见[此处](#)。

3.10 实测数据文件(.fld)

实测数据文件是一个包含标准实测数据的文本文件。它仅用于实测数据结果的可视化中，无需提供给模型运行。实测数据与模拟结果的对比是十分重要的。

实测数据文件示例见[此处](#)。

目前实测数据文件还未写入 SimFile 之中。这一点将在未来的版本中有所改进。

实测数据文件包含一系列数据块，每个数据块对应一个测量期。数据以垂向列的方式排列，每一列对应一个所测变量。每个数据块所需的域如下所示：

原始日期	深度数值		
ORDINALDATE_value	ndepths_value		
深度	变量 1	变量 2	变量 3
depth ₁	var _{1_value1}	var _{2_value1}	var _{3_value1}
...

depth _n	var ₁ _value _n	var ₂ _value _n	var ₃ _value _n
EOF			

注:

- 变量顺序不能从一个测量时间段改变至另一段。这意味着所有的测量变量必须出现在每个数据块中。若无数据需要记录，则使用一个无数据标记数值，例如，-999。
- 每个数据块必须具有相同数量的列。而考虑到不同日期会包含不同的深度分辨率，所以行可变化。

文件必须以文件尾关键词 **EOF** 结束。

[至下一章创建 netCDF 输入文件](#)

参考书目:

TVA

Tennessee Valley Authority, Division of Water Control Planning Engineering Laboratory 1972, *Heat and Mass Transfer Between a Water Surface and the Atmosphere*, Laboratory Report No. 14, Report No. 0-6803, Norris, Tennessee.

4. 创建参考和模拟文件

4.1 利用 Modeller 创建 DYRESM 参考和模拟文件

点击桌面上的 Modeller 图标，运行 Modeller GUI。

创建模拟文件的第一步是创建参考文件，选择“SimFile”，“Make SimFile”，接着选择“DYRESM”。（图 4.1）

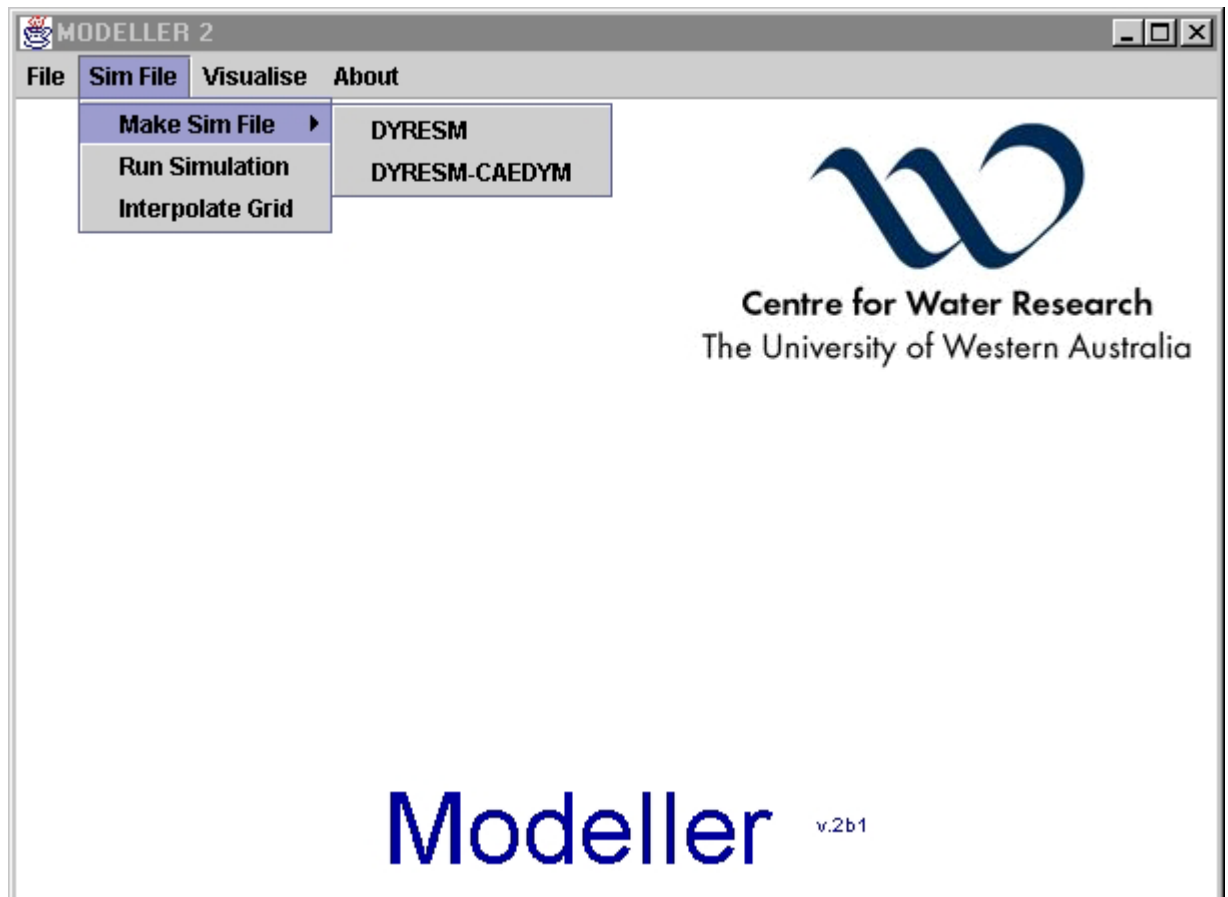


图 4.1 创建参考和模拟文件

此时将弹出图 4.2 所示的面板。

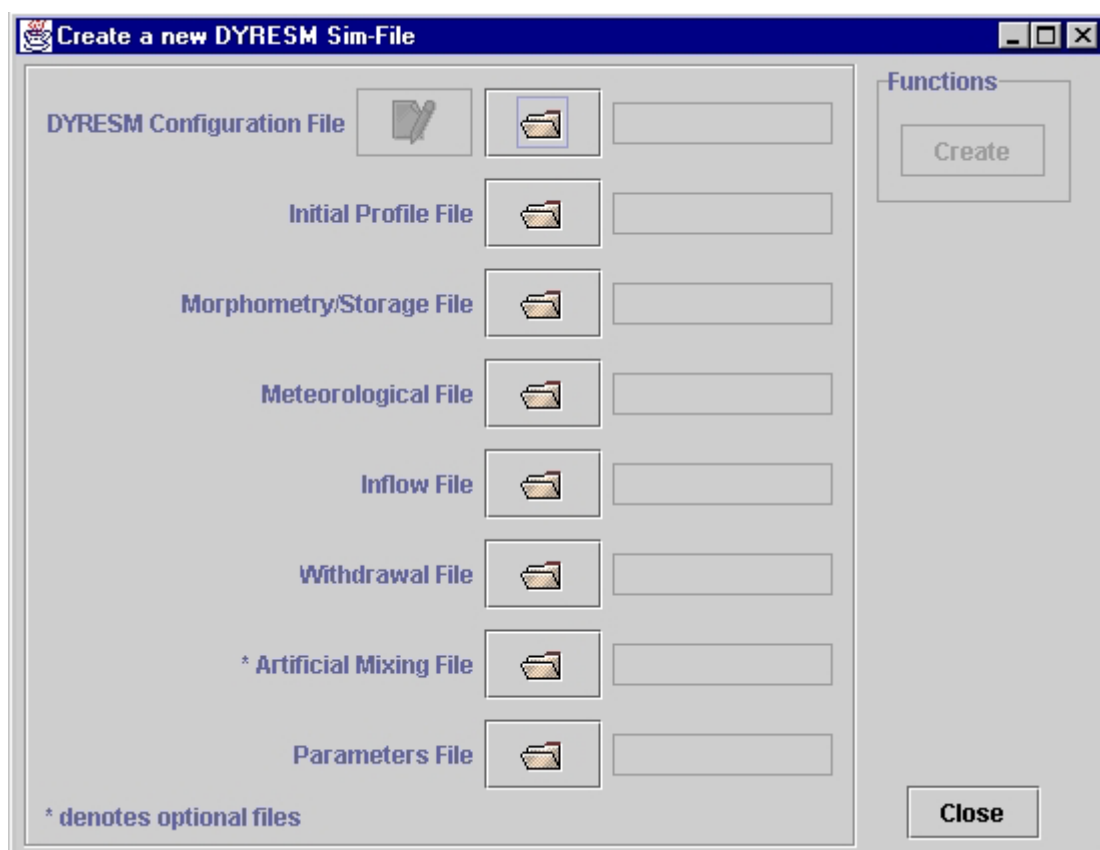


图 4.2 创建参考和模拟文件所需文件

创建参考和模拟文件必须选择除*.mix 文件之外的所有列出文件。*.mix 用来运行人工去层理作用，为可选文件。当选中所有文件后，点击“Create”按钮。一系列窗口将被弹出，详细显示参考和模拟文件程序的进程。

4.2 不利用 Modeller 创建 DYRESM 参考和模拟文件

若不利用 Modeller 创建参考文件，则打开 DOS 命令窗口，改变路径至你的数据目录。

创建参考文件需输入以下指令：

```
createDYref npine.stg npine.met npine.inf npine.wdr npine.mix DYref.nc
```

以上指令分别为执行程序的名称、*.stg 文件、*.met 文件、*.inf 文件、*.wdr 文件、*.mix 文件（若为所需）和参考文件名称。

参考文件被创建后，下一步可创建模拟文件。

若不利用 Modeller 创建模拟文件，则打开 DOS 命令窗口，改变路径至您的数据目录。首先需创建一个无配置的模拟文件，然后再创建有配置的模拟文件。

创建无配置的模拟文件需输入以下指令：

```
createDYsim npine.pro npine.par DYsim.nc
```

以上指令分别为执行程序的名称、*.pro 文件、*.par 文件和模拟文件名称。

创建有配置的模拟文件需输入以下指令：

```
extractDYinfo DYref.nc DYsim.nc npine.cfg
```

以上指令分别为执行程序的名称、参考文件、模拟文件和配置文件名称。

模拟文件被创建后，下一步可运行 DYRESM。

[至下一章运行 DYRESM](#)

5. 运行 DYRESM

5.1 利用 Modeller 运行 DYRESM

点击桌面上的 Modeller 图标，运行 Modeller GUI。

选择“SimFile”，接着选择“Run Simulation”。

一个 DOS 窗口会被打开。当模拟结束时，DOS 窗口将会关闭并返回到 Modeller GUI。

5.2 不利用 Modeller 运行 DYRESM

打开一个 DOS 窗口，改变目录（文件夹）至存储输入文件 SimFile 和文件 DYsim.nc 的地址。键入：

```
dycd > dycd.log
```

此时将开始运行 DYRESM-CAEDYM，并将所有输出数据重新指定到屏幕上一个名为 dycd.log（可使用任意文件名，但需注意接下来段落中的限制）的文件夹。该文件捕捉来自 CWR 公共库和 CAEDYM 的输出。其目的是辅助调试。模拟结束时，会返回一个注释行提示符。

值得注意的是 DYRESM 通过注释被写入一个名为 *dy.log* 的日志文件，所以当**心不要**将数据重新指定到以此命名的文件。*dy.log* 是一个模拟日志文件，包含数据结构的建立和水体的数值模拟的记录。用户的错误/问题有时可通过对该文

件（无论是否运行成功都会生成）的调查得出。该文件标题的信息包含运行编码的配置信息，其后跟随着数据结构的建立和数据输入，最后是每日模拟情况的简短报告。模拟日志仅是一个简单的文本文件，因此任何编辑器都可阅读。（但是注意，它可能很大。因此当模拟运行过大时，您的编辑器可能无法阅读。）模拟日志在 *dy.log* 中搜寻字符串“START OF NEW DAY”，逐日运行。

[至下一章可视化](#)

6. 可视化

6.1. 利用 Modeller 实现模拟输入和输出的可视化

点击桌面上的 Modeller 图标，运行 odeller GUI。

6.1.1. 标准网格内插

DYRESM 使用拉格朗日网格层进行操作。因此为了使模型结果可视化，需要将它们添加到标准网格上。首先点击“Sim File”，再点击“Interpolate Grid”，即可实现。选择要添加的文件，则模型结果也会被内插入且记录回原先的 SimFile。

6.1.2. 模型输入或输出的可视化

为实现模拟文件内容的可视化，先点击 Visualise, 再点击 Visualise Sim File 。此时将会弹出图 6.1 所示的面板。

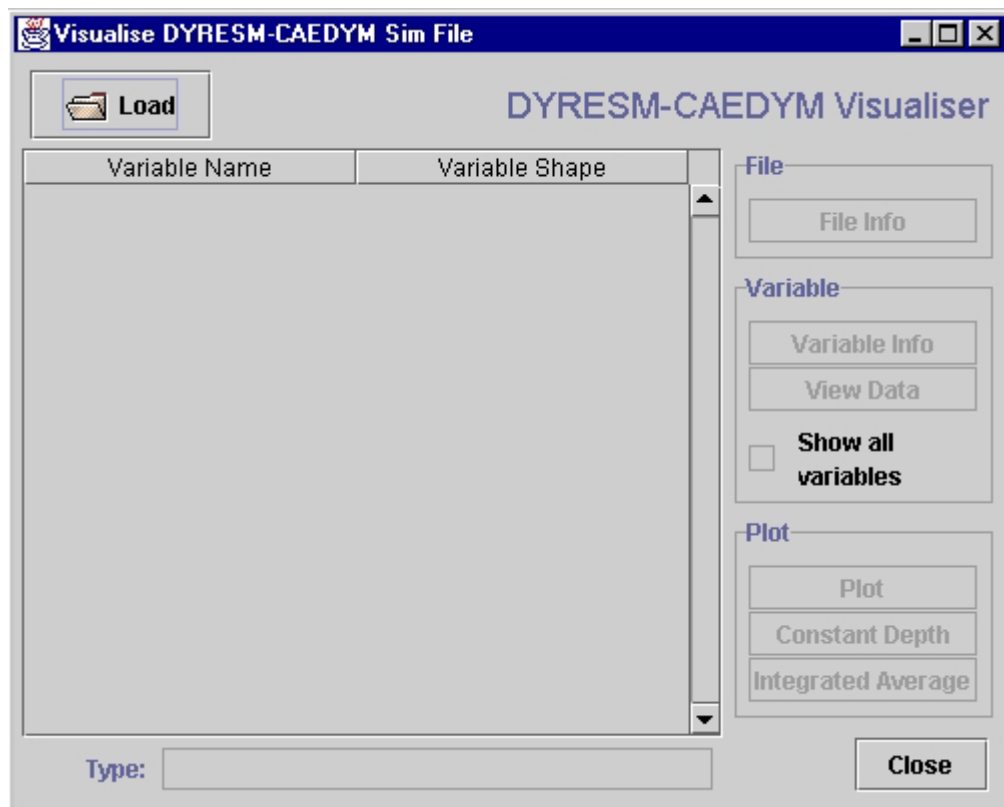


图 6.1 DYRESM 模拟文件的可视化

点击按钮 *Load*，选择您感兴趣的 Sim File。此时将显示如图 6.2 所示的窗口。

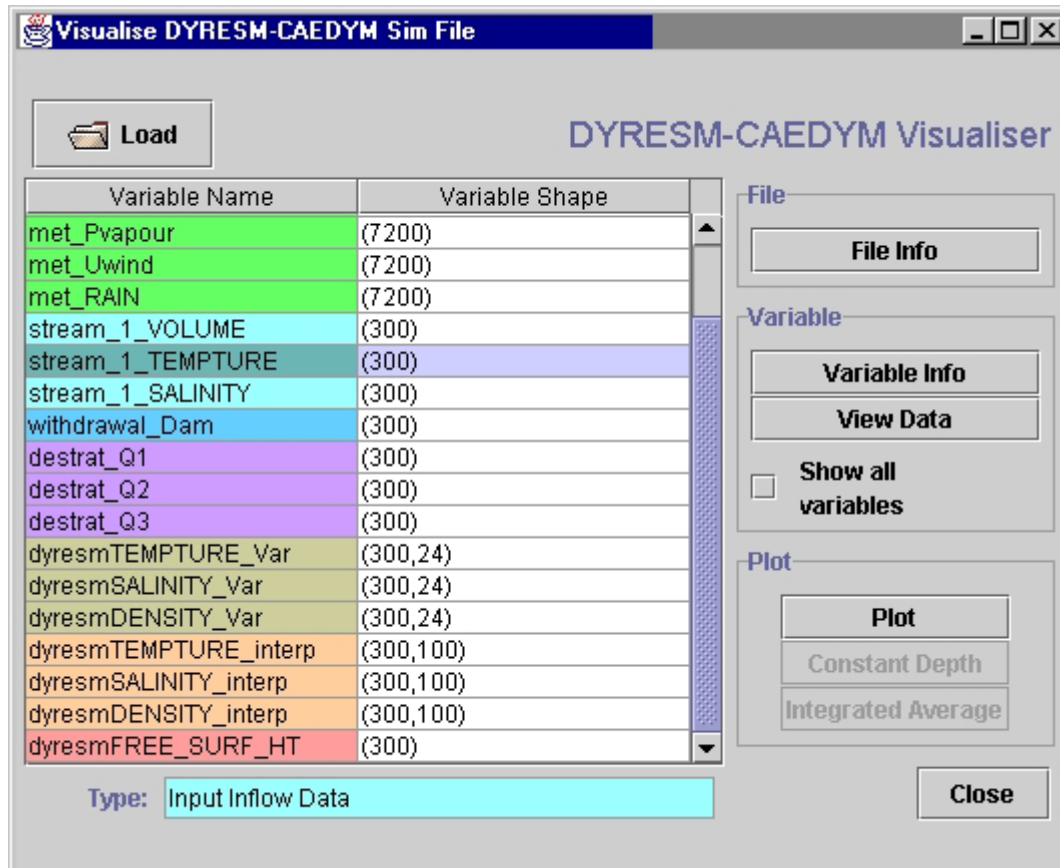


图 6.2 - 可被显现的变量列表

选择一个变量将会在“Type”域中产生一个同时对数据功能（输入或输出）和任务的描述。点击“Plot”会产生一个图像。通过选择感兴趣的变量并点击“View Data”可把数据以 ASCII 格式输出到一个文本文件。

6.1.3. 实测数据的可视化

使用数值模型的一个重要方面是为了将结果与实测数据进行对比。若包含有实测数据的文本文件的准备格式恰当，则可使用 Modeller 点绘出实测数据。

为了点绘出实测数据，先选择 *Visualise* ，再选择 *Field/Simulation Comparison* 。

[至下一章附录](#)

附录：文本文件模板

- [配置文件](#)
- [存储文件](#)

- [初始剖面文件](#)
- [气象资料文件](#)
- [入流文件](#)
- [取水文件](#)
- [参数文件](#)
- [混合文件](#)
- [实测数据文件](#)

Last Semantic Change: 2002-12-31 ai

中文翻译最后更新: 2006-8-7