

文档编号	
版 本	
页 数	

科学计算环境 用户手册



深圳景元数字科技有限公司

签署表			
签章：深圳景元数字科技有限公司 日期：			
签署	角色	签名	日期
编写			
校对			
审核			
批准			
会签			

修订表		
日期	版本	修订记录
2022-03-07	A	首次创建

目录

1. 概述	5
2. 科学计算环境	6
2.1 交互式脚本编程	6
2.2 基础语言功能	38
2.2.1 输入命令	38
2.2.2 数组	38
2.2.3 数据类型	39
2.2.4 集合容器	40
2.2.5 初等运算和初等函数	40
2.2.6 流程控制	41
2.2.7 环境和设置	41
2.2.8 编程	42
2.2.9 数据导入和分析	42
2.3 基础数学功能	42
2.3.1 初等数学	42
2.3.2 线性代数	43
2.3.3 随机数生成	43
2.3.4 插值	44
2.3.5 数值积分和微分方程	44
2.3.6 傅里叶分析和滤波	45
2.3.7 稀疏数组	45
2.3.8 图和网络算法	45
2.4 解释与调试模块	46
2.4.1 REPL	46
2.4.2 调试控制台	46
2.4.3 调用堆栈	49
2.4.4 调试模式	49
2.5 图形可视化模块	53
2.5.1 二维图和三维图	54
2.5.2 格式与注释	54

2.5.3 打印与保存	55
2.5.4 图形对象	55
2.6 性能分析模块	55
2.6.1 程序计时	55
2.6.2 程序性能采样分析	57
2.7 外部语言接口	62
2.7.1 Julia 调用 C/C++	62
2.7.2 C/C++调用 Julia	62
2.7.3 Julia 调用 Python	62
2.7.4 Python 调用 Julia	62
2.8 报告生成工具	62
2.8.1 创建与生成报告	63
2.8.2 创建报告内容对象	64
2.8.3 添加、修改报告内容对象	65
3. 科学工程计算与建模仿真一体化集成	68
3.1 M 语言兼容工具	68
3.2 双向融合	68
3.2.1 Sysplorer API	71
3.2.2 From Workspace	71
3.2.3 To Workspace	71
3.2.4 Syslab Function	71
4. 附录	71

1. 概述

科学计算环境提供了一套提供了一套完整的帮助文档, 包含二维图和三维图、格式和注释、打印与保存、图形对象等模块, 每个函数包含了语法、说明、示例、参数说明、另请参阅等小节, 帮助用户快速上手。

科学计算环境用户手册为互动式的 HTML, 可以离线或在线部署, 使用主流浏览器即可打开帮助文档。

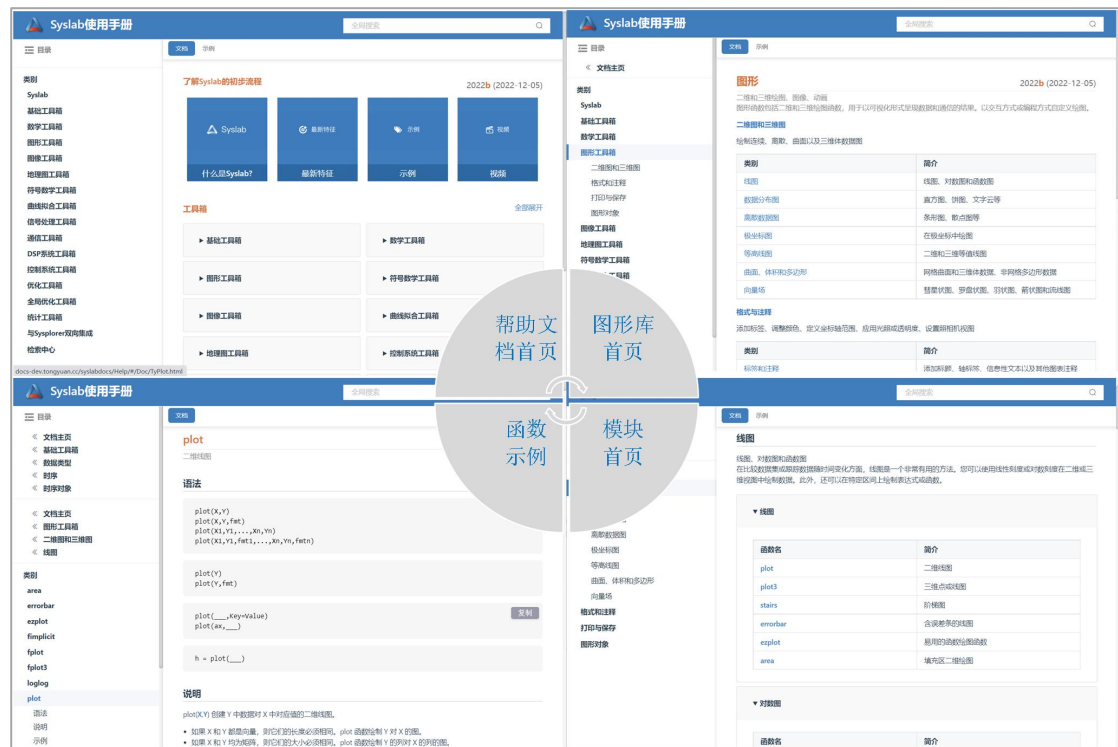


图 1-1 Syslab 帮助文档

科学计算环境用户手册还提供全局搜索功能, 支持快速查找函数帮助。

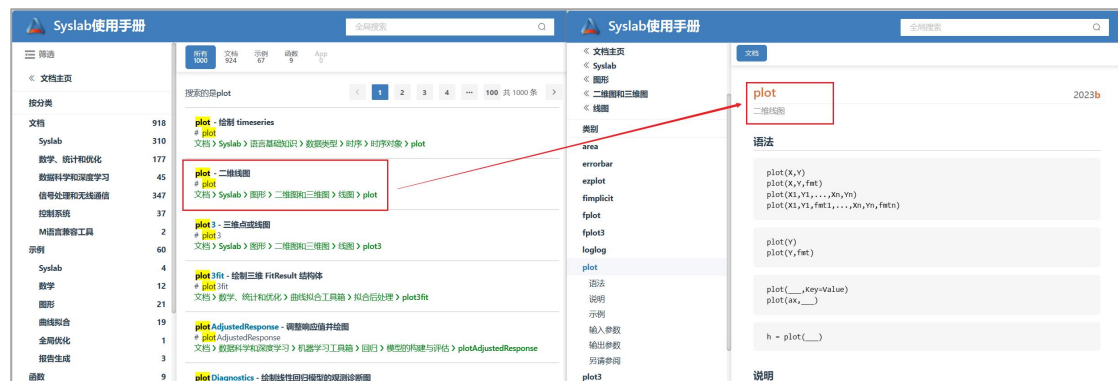


图 1-2 帮助文档支持全局搜索

2. 科学计算环境

2.1 交互式脚本编程

2.1.1.1 资源管理器

Syslab 资源管理器主要提供目录结构树管理，支持对文件（或文件夹）的新增、删除、修改、查找等功能，默认位于左侧侧边栏的第一个位置，位置如下图所示。

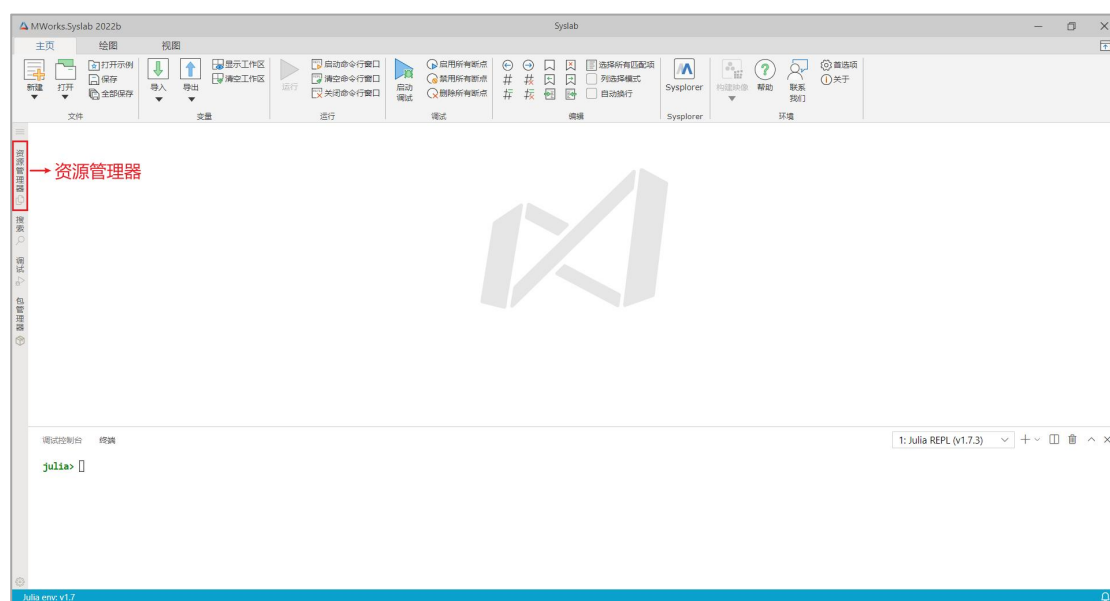


图 2-1 资源管理器

2.1.1.1.1 基本功能

打开文件夹

点击侧边栏上的资源管理器按钮，资源管理器面板展开，当工作区不存在内容时，可以点击 [打开文件夹] 按钮，弹出文件选择对话框，选择文件夹并确认后，即可在资源管理器中打开文件夹。本示例中，打开 Examples 文件夹，操作步骤如下图所示。

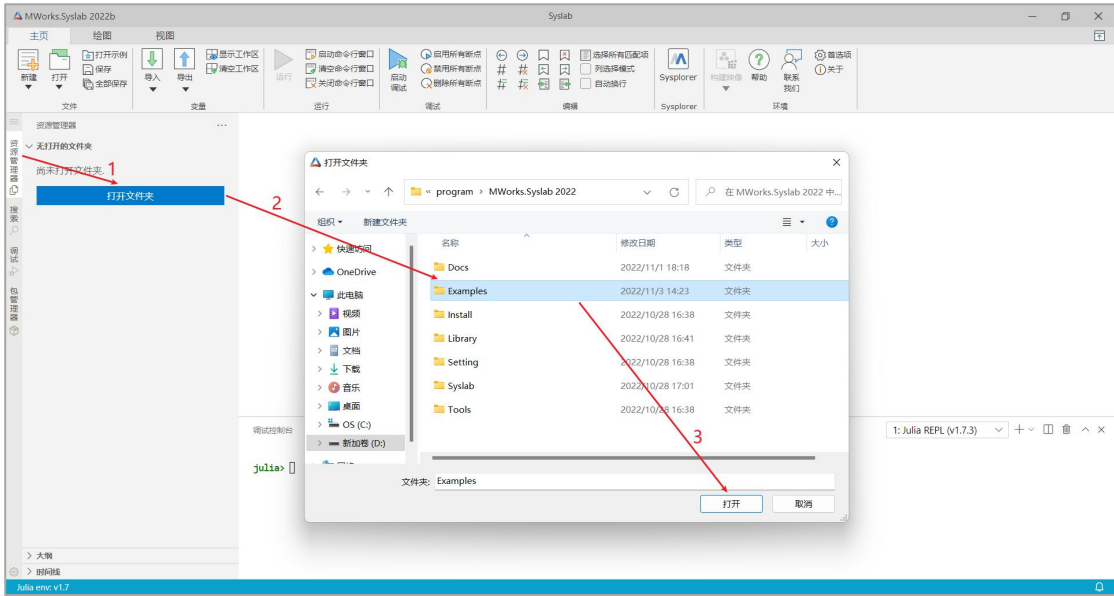


图 2-2 打开文件夹

目录结构显示

当打开文件夹后，资源管理器将当前文件夹下的文件和子文件夹，以树形结构展示。目录树上的文件夹节点可以进行展开折叠，针对不同的文件类型，每个文件节点前面对应不同的图标，界面效果如下图所示。

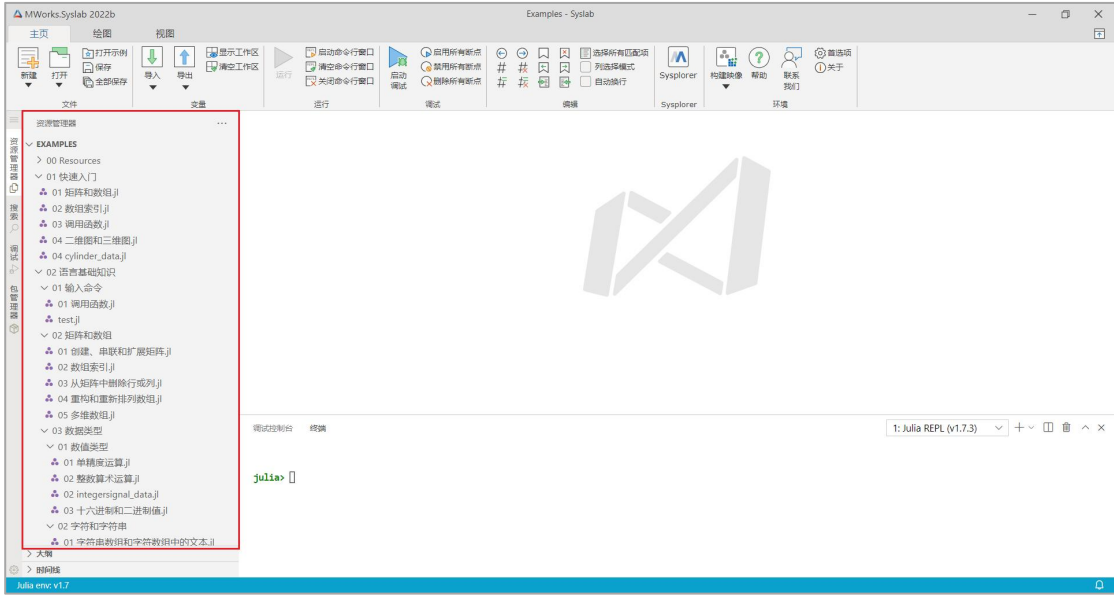


图 2-3 目录结构

文本视图

点击目录树上的文件节点，同时右侧会打开文件的文本视图，提供查看以及代码编辑功能。本示例中，打开 Examples 文件夹下的 test.jl 文件，界面效果

如下图所示。

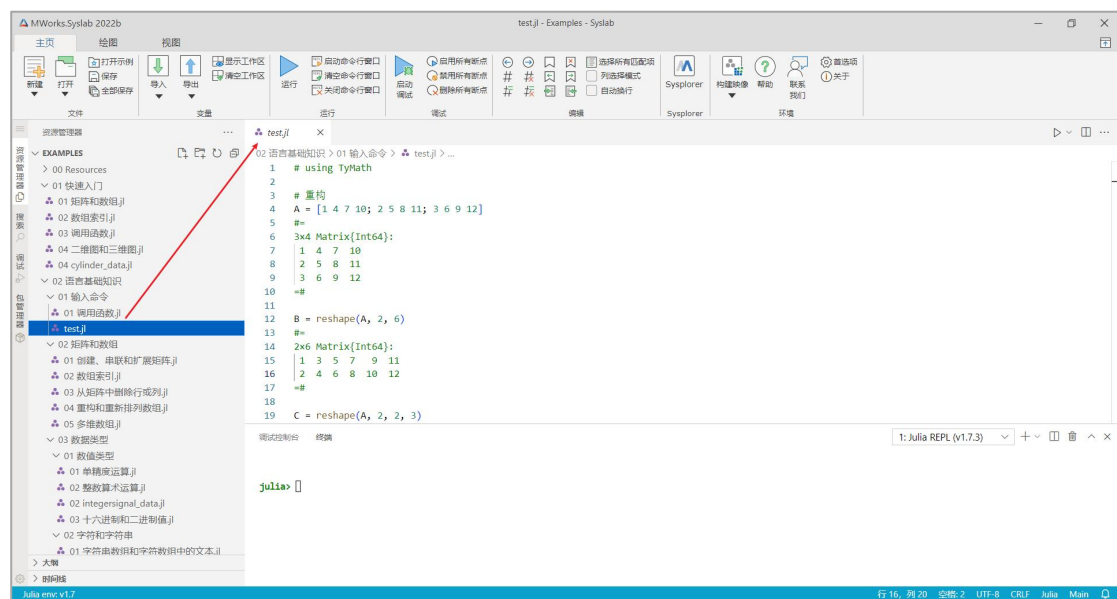


图 2-4 文本视图

新建文件夹

标题栏右侧显示的第二个按钮是 [新建文件夹]，点击此按钮，会在选中目录下新建一个空文件夹，并进入编辑状态，用户自行输入文件夹名称，退出编辑状态（键盘回车或者鼠标左键点击其它位置），新建文件夹成功。本示例中，选择 Examples 文件夹并准备新建文件夹 demo，操作步骤如下图所示。

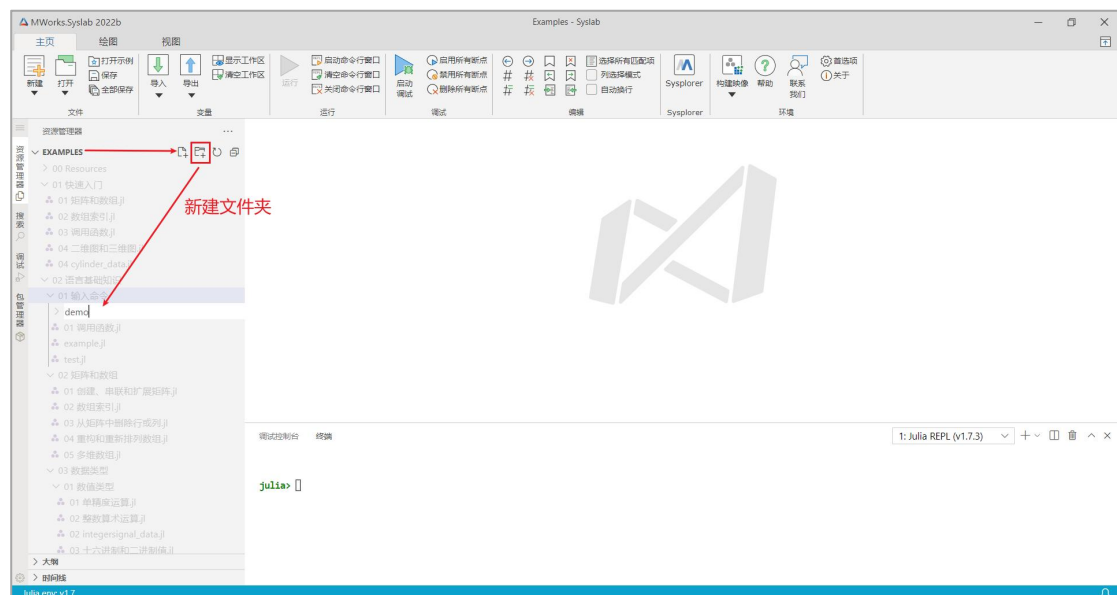


图 2-5 新建文件夹

折叠文件夹

标题栏右侧显示的最后一个按钮是 [在资源管理器中折叠文件夹]，点击后会折叠目录树中所有展开文件夹。本示例中，点击此按钮后，所有文件夹全部折叠，结果如下图所示。

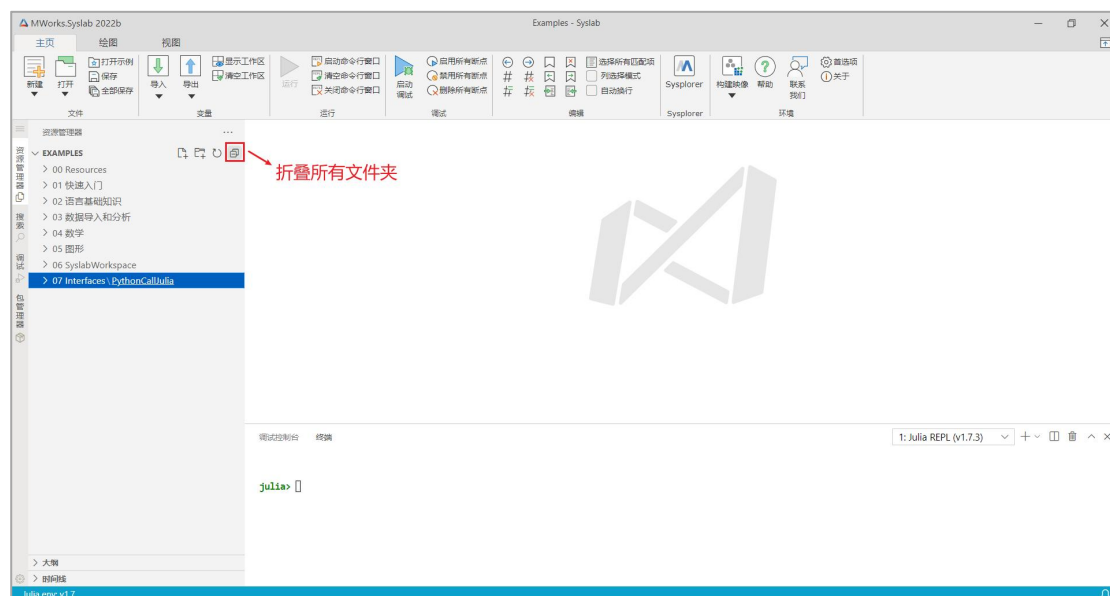


图 2-6 折叠文件夹

2.1.1.1.2 右键菜单

在文件资源管理器中显示

在目录树上选择文件（或文件夹），右键菜单选择 [在文件资源管理器中显示]，可以在 Windows 文件资源管理器中打开选择的文件（或文件夹）所在路径。本示例中，选择 `test.jl` 文件，右键菜单选择 [在文件资源管理器中显示]，文件资源管理器打开，当前目录为 `test.jl` 文件所在路径，如下图所示。

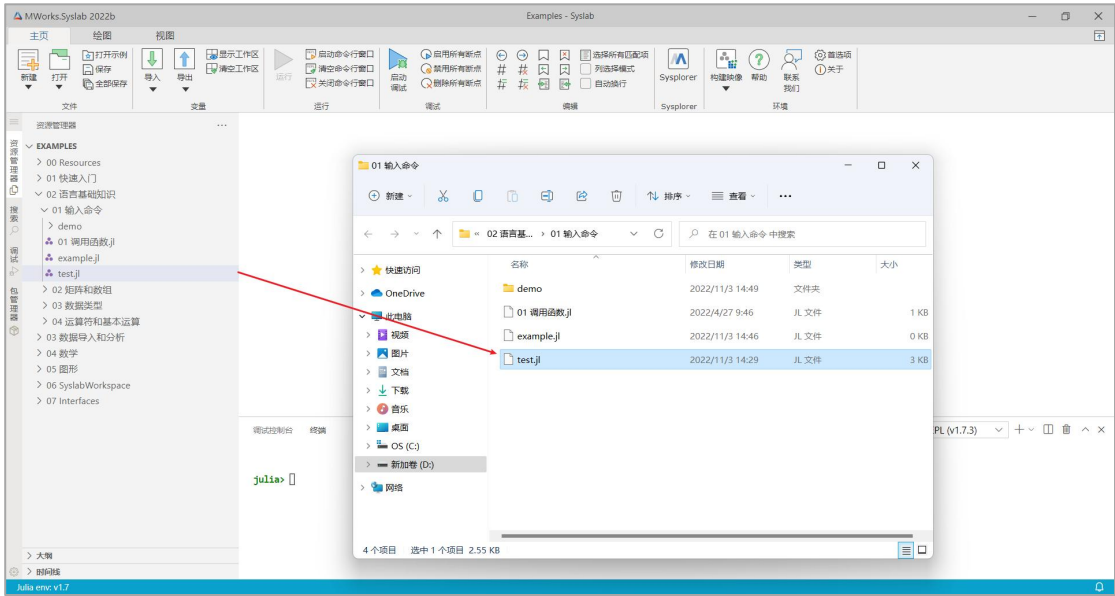


图 2-7 在文件资源管理器显示

剪切

在目录树上选择文件（或文件夹），右键菜单选择 [剪切]，可以对文件（或文件夹）进行复制，在目录树其它文件夹下进行粘贴，完成文件（或文件夹）的移动，菜单位置如下图所示。

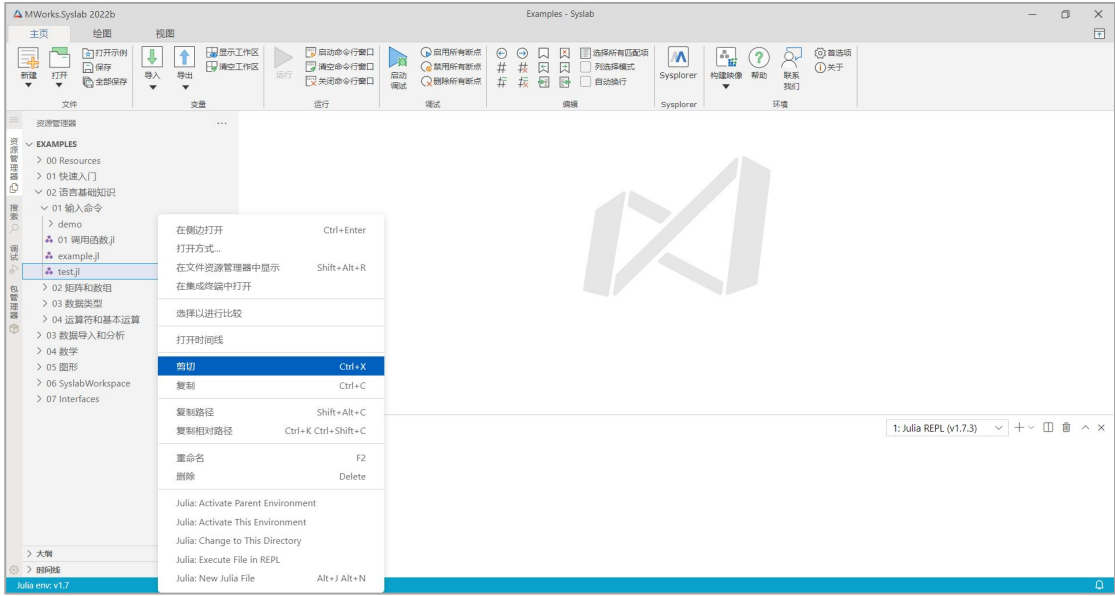


图 2-8 剪切

复制/粘贴

在目录树上选择文件（或文件夹），右键菜单选择 [复制]，可以对文件（或文件夹）进行复制。

在目录树上选择文件夹，右键菜单选择 [粘贴]，可以对复制的文件（或文件夹）进行粘贴，完成文件（或文件夹）的备份，菜单位置如下图所示。

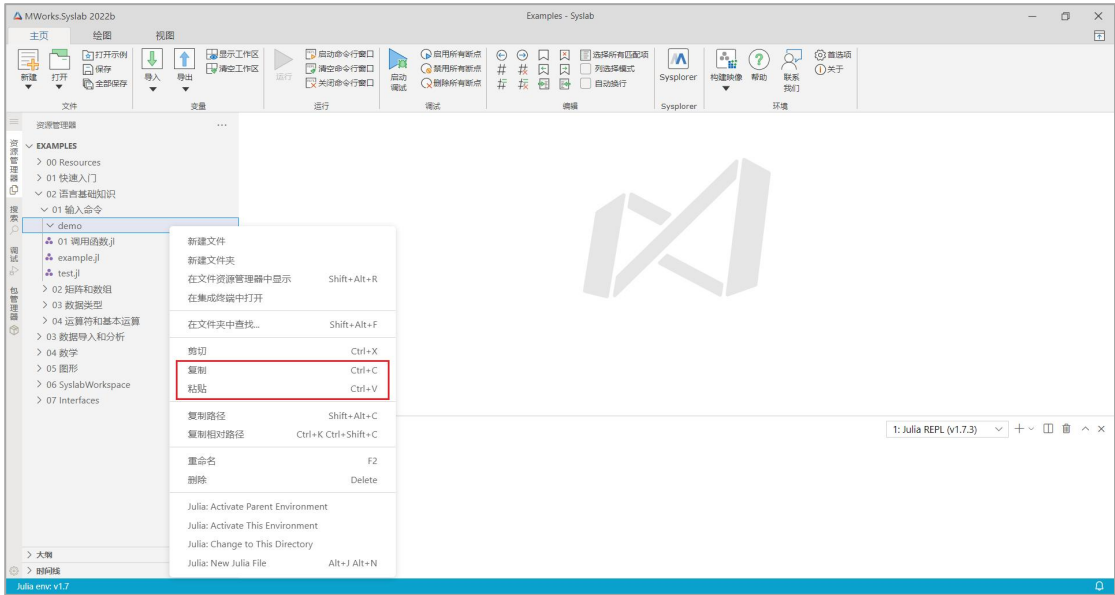


图 2-9 复制粘贴

复制路径

在目录树上选择文件（或文件夹），右键菜单选择 [复制路径]，可以复制文件（或文件夹）的绝对路径。

在目录树上选择文件（或文件夹），右键菜单选择 [复制相对路径]，可以复制文件（或文件夹）相对于打开文件夹的相对路径，菜单位置如下图所示。

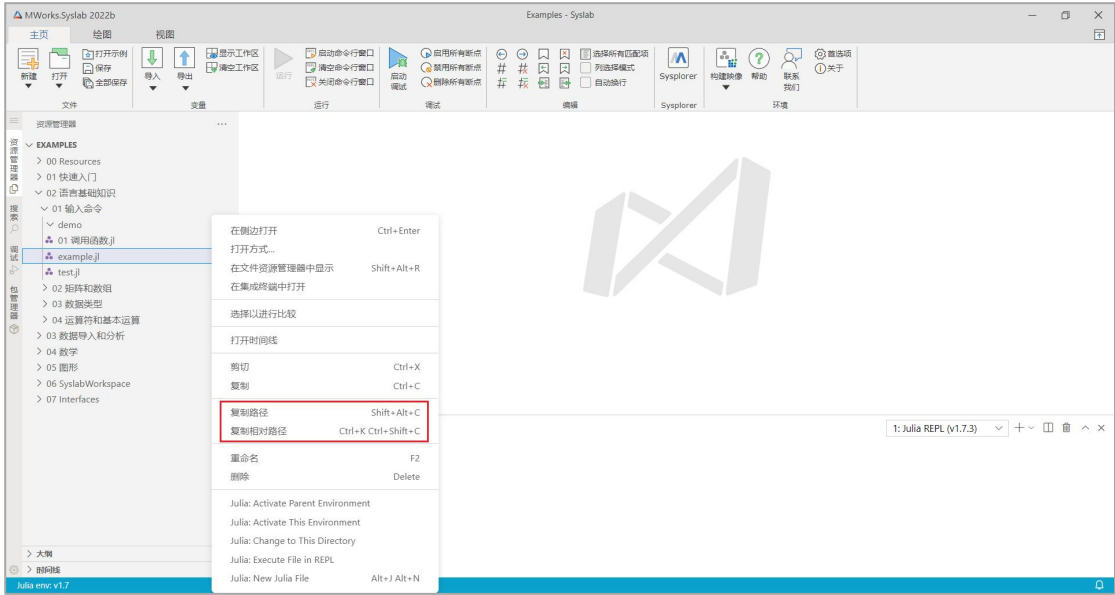


图 2-10 复制路径

重命名

在目录树上选择文件（或文件夹），右键菜单选择 [重命名]，可以对文件（或文件夹）进行重命名。本示例中，选择 demo 文件夹，将其重命名为 demos ，结果如下图所示。

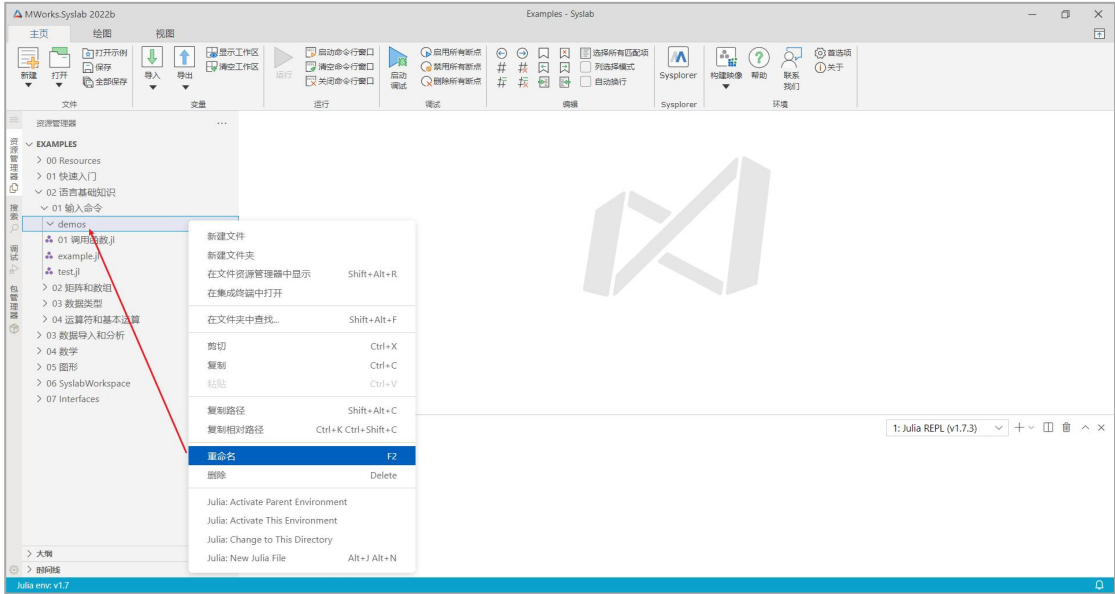


图 2-11 重命名

删除

在目录树上选择文件（或文件夹），右键菜单选择 [删除]，可以对文件（或文件夹）进行删除，菜单位置如下图所示。

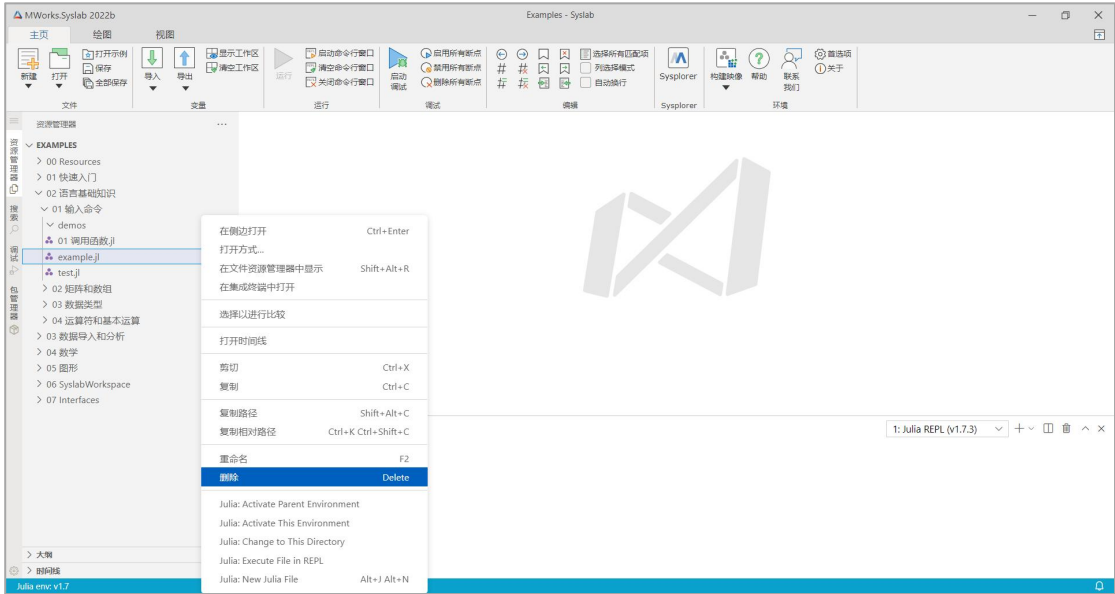


图 2-12 删除

2.1.1.2 代码编辑器

Syslab 代码编辑器，主要提供对代码文本的编辑功能，包括语法高亮、编码助手、悬停提示、查找引用、格式化、重命名等功能。

2.1.1.2.1 基本功能

语法高亮

Syslab 代码编辑器提供语法高亮功能，在文本视图显示中，会对关键字及注解等语法显示不同的文字颜色。本示例中，打开 `example.jl` 文件，界面效果如下图所示。

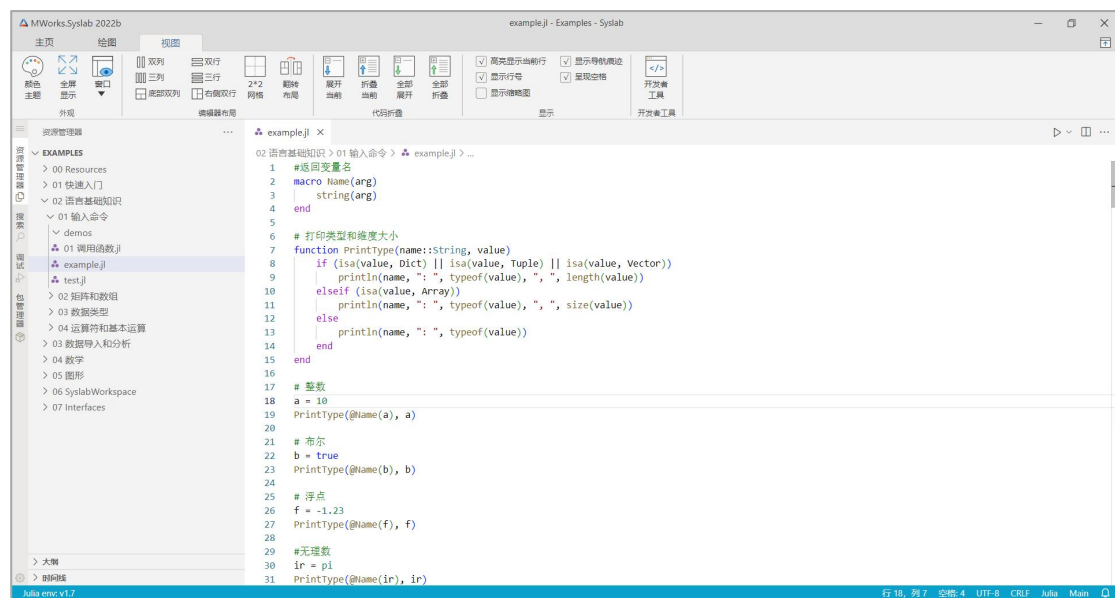


图 2-13 语法高亮

行号显示

在工具栏 Ribbon 上，选择视图 Tab，选择 [显示行号]，如下图所示。

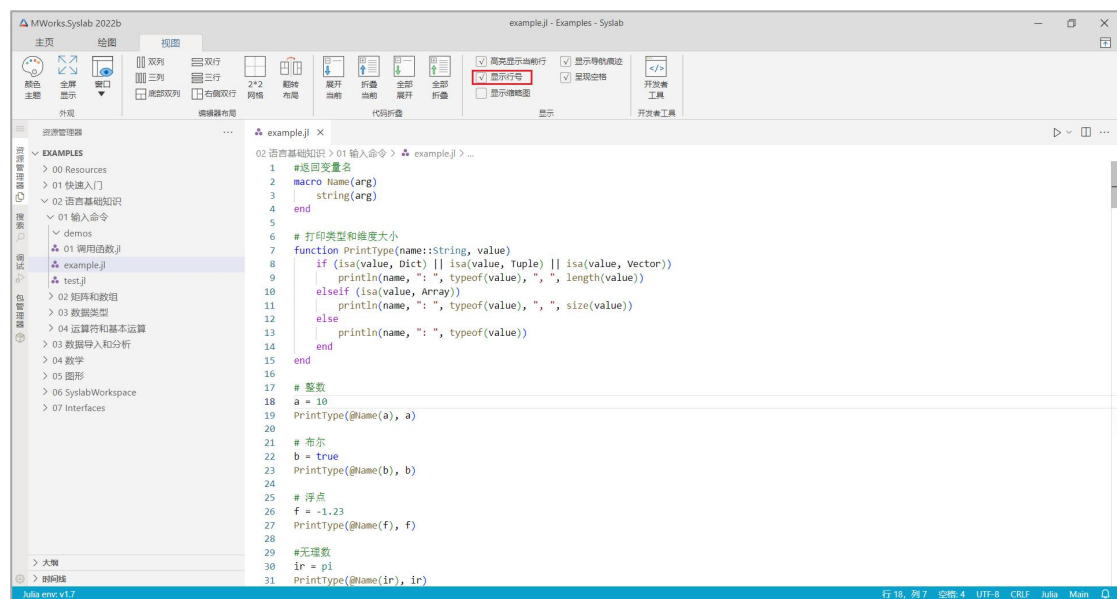


图 2-14 行号显示

代码折叠

Syslab 代码编辑器提供代码折叠功能，在工具栏 Ribbon 上，选择视图 Tab，点击 [全部展开] 可以展开所有代码，点击 [全部折叠] 可以折叠所有代码。同时，当用户把鼠标移动到行号右侧时，可折叠行会显示箭头标记，向下的箭头表示代码处于展开状态，向右的箭头表示代码处于折叠状态。点击箭头标记，代码折叠状态改变，操作结果如下图所示。

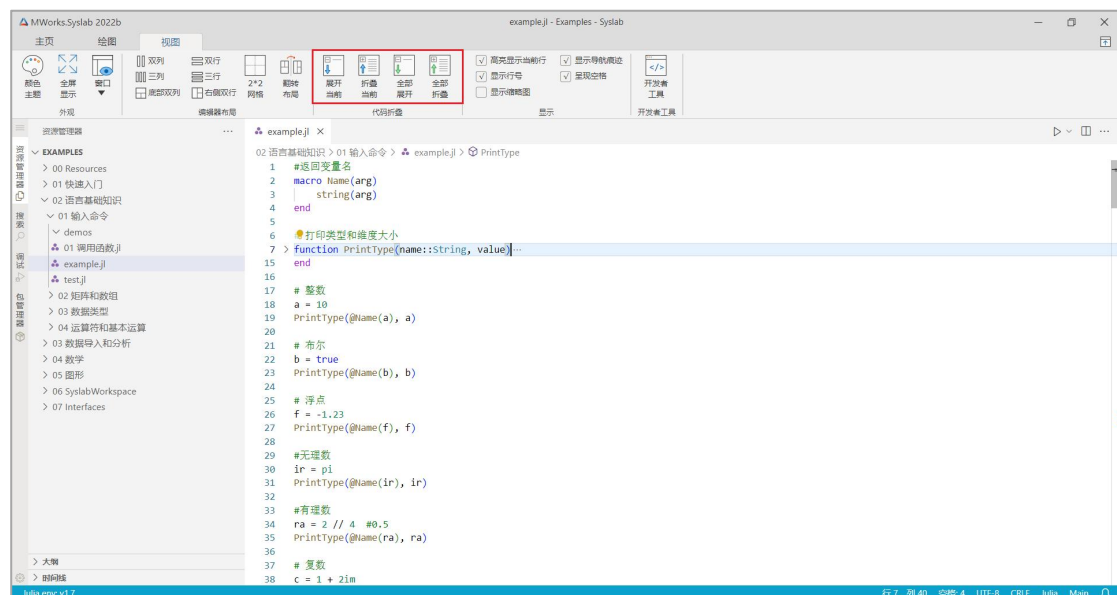


图 2-15 代码折叠

行跳转

Syslab 代码编辑器提供行跳转功能，输入快捷键 **Ctrl+G**，编辑器上方弹出输入框，显示用户当前所在的行数，所在行的字符数，以及允许跳转的行数范围。输入要跳转的行数，按回车即可跳转到指定行，弹出输入框信息如下图所示。

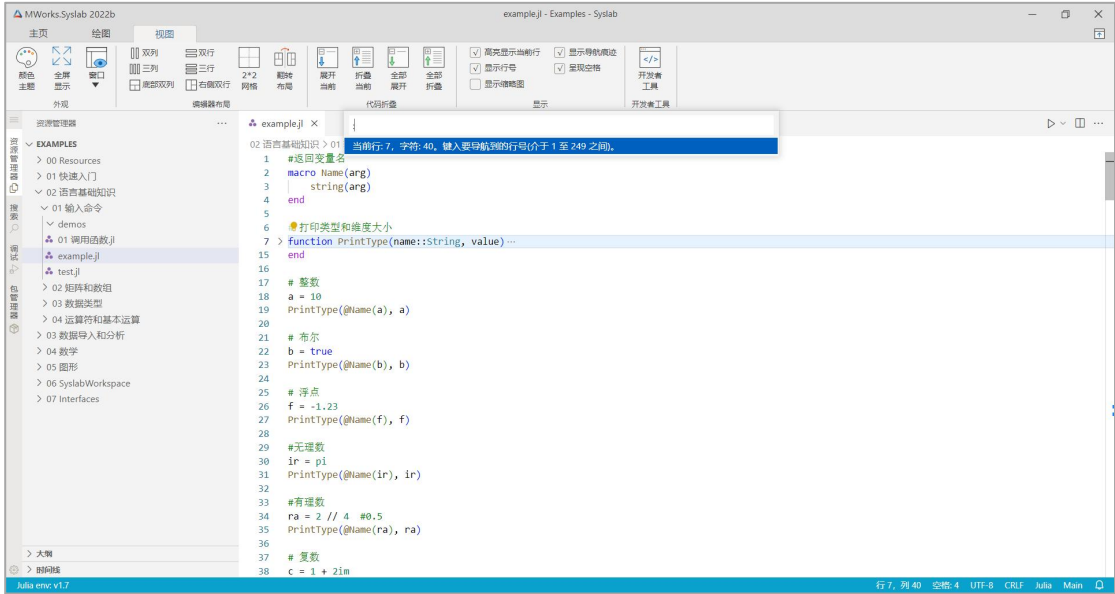


图 2-16 行跳转

文件跳转

Syslab 代码编辑器提供文件跳转功能，输入快捷键 **Ctrl+P** 或 点击菜单 [转到 > 转到文件...]，编辑器上方弹出选择框，可以输入文件名来查找并选择想要跳转的文件，回车后，会打开该文件的 Tab 页面，如下图所示。

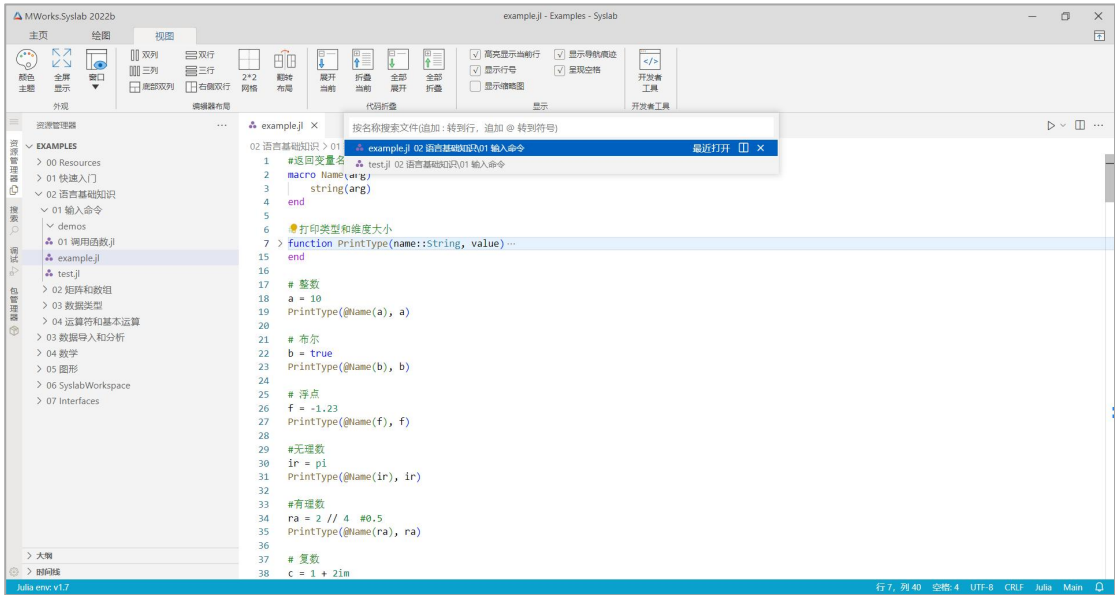


图 2-17 文件跳转

代码拖拽

Syslab 代码编辑器提供代码拖拽功能，在编辑器内选中一段文本，按住鼠标左键，鼠标指针会从文本选择状态变为箭头形状，此时用户拖拽文本，可以把文本拖拽到编辑器内任意位置。拖拽过程中，编辑器内可以看见一个由虚线构成的光标，松开鼠标左键，文本会被拖拽到光标所在的位置，界面效果如下图所示。

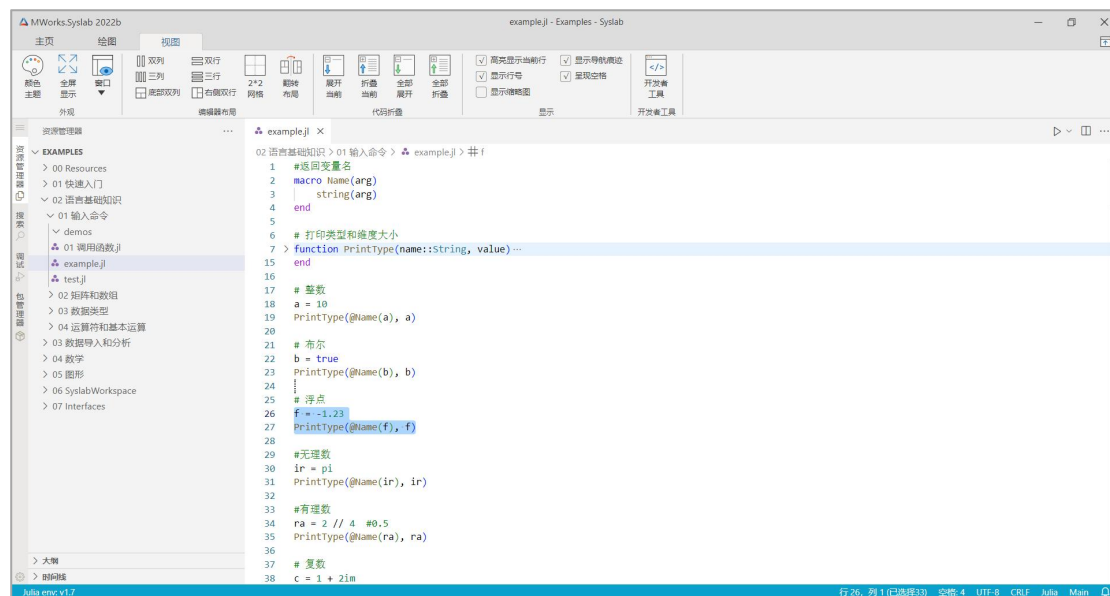


图 2-18 代码拖拽

悬停提示

Syslab 内置 Julia 语言服务，针对 .jl 文件，当鼠标悬停到某些文本上时，会弹出悬停提示窗口，窗口里会显示跟鼠标下文本相关的信息。本示例中，鼠标悬停在文本 Time 上，显示 Time 函数相关信息，界面效果如下图所示。

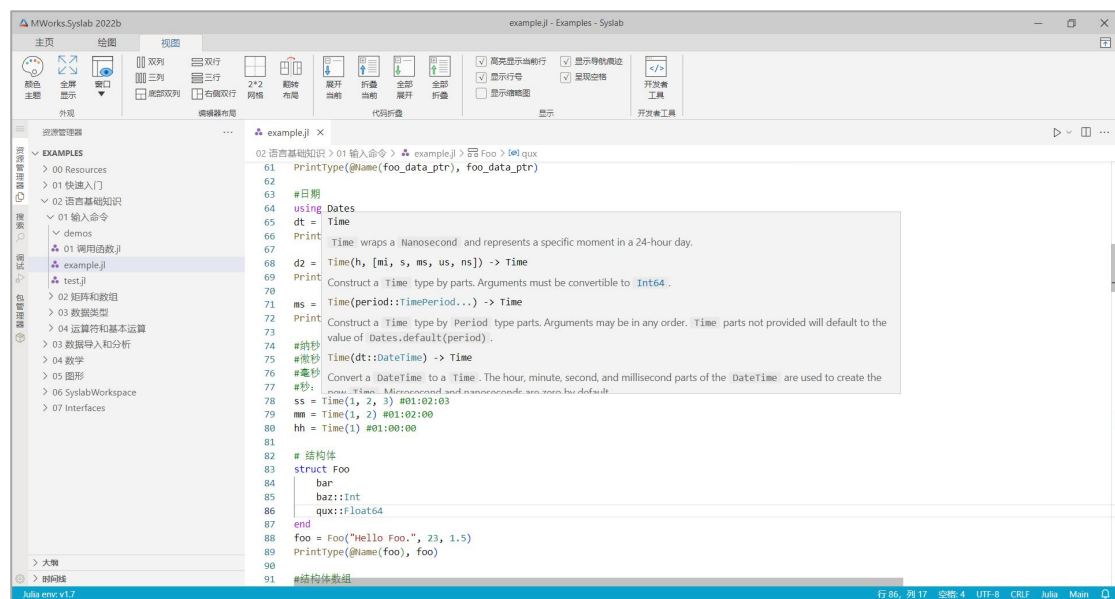


图 2-19 悬停提示

代码补全

Syslab 代码编辑器提供 Julia 语言的代码补全功能。在进行代码编辑时，会根据当前的项目，当前的文件，以及光标所在的位置，提供一个建议列表。这个列表包含了在当前的光标位置下用户可能会输入的代码，随着不断地输入字符，Syslab 代码编辑器会根据当前输入的字符，对列表进行过滤。本示例中，输入文本 P，显示以 P 开头的建议列表，列表如下图所示。

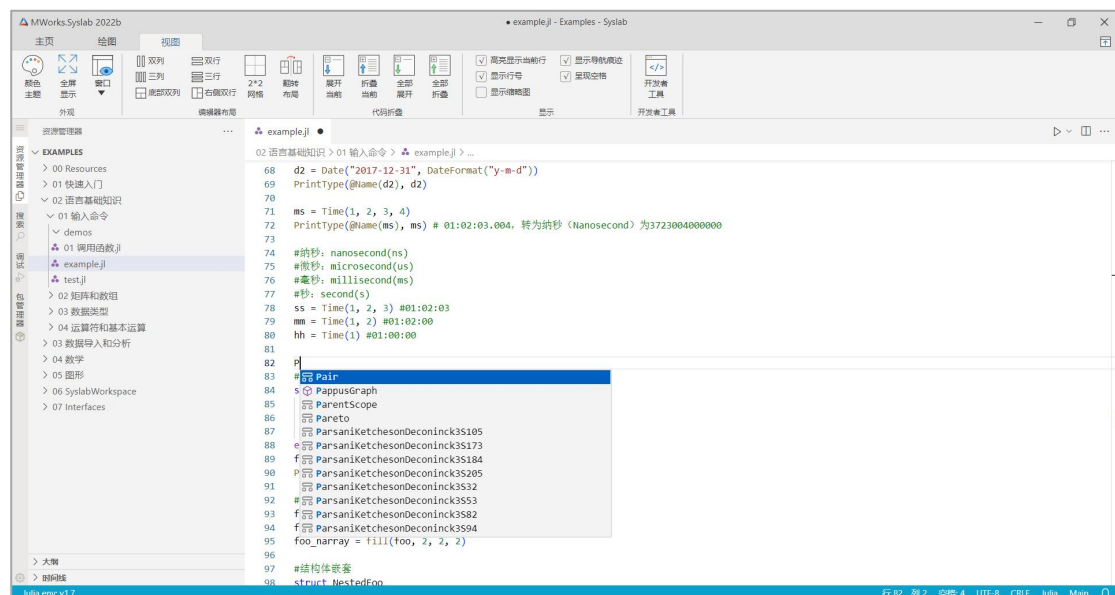


图 2-20 代码补全

代码检查

Syslab 代码编辑器提供 Julia 语言的代码检查功能，当用户进行代码编辑时，编辑器可以分析代码，当检查出问题后进行错误提示。本示例中，针对 PrintType 函数，不传入所需参数，检查信息如下图所示。

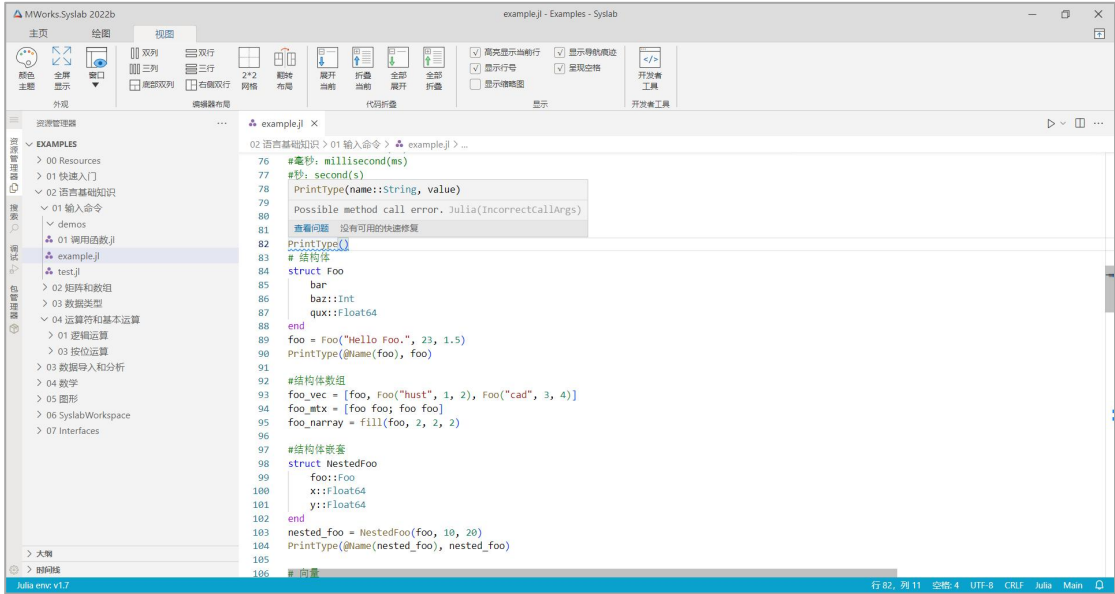


图 2-21 代码检查

设置断点

Syslab 提供代码调试功能，可以在行号左侧设置断点，用于代码调试，界面效果如下图所示。

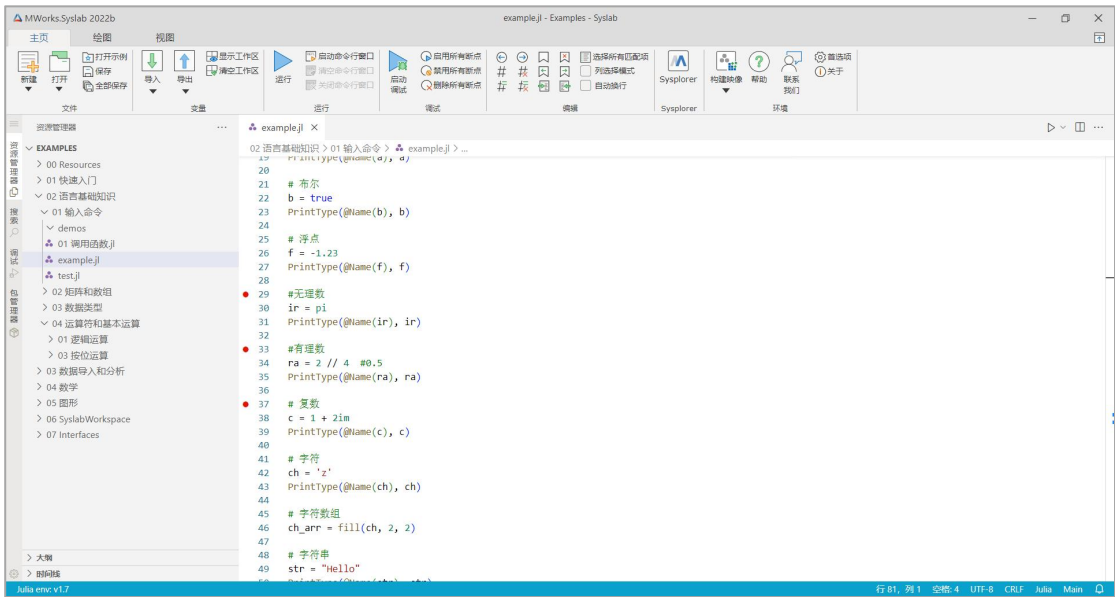


图 2-22 设置断点

2.1.1.2.2 右键菜单

转到定义

Syslab 代码编辑器提供转到定义功能，当选中函数时，右键菜单选择 [转到定义]，会行跳转到函数定义处。本示例中，选择函数 `PrintType`，右键菜单选择 [转到定义]，光标位置跳转到函数定义位置，如下图所示。

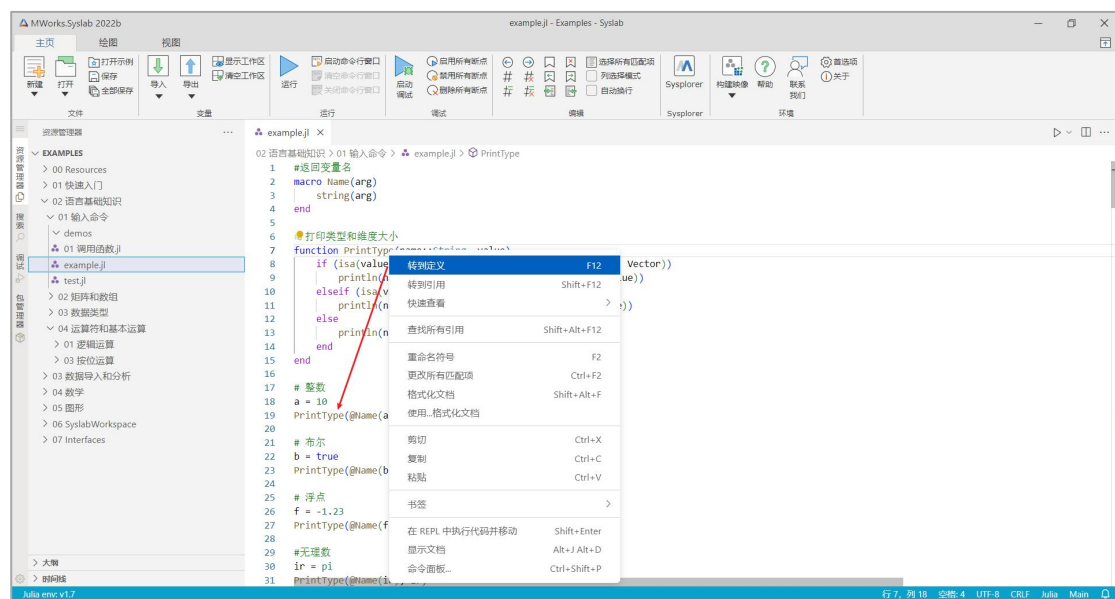


图 2-23 转到定义

转到引用

Syslab 代码编辑器提供转到引用功能，当选中代码时，右键菜单选择 [转到引用]，会在选中代码位置下方弹出窗口，显示当前编辑器内选中代码的所有引用信息。本示例中，选择代码 `PrintType`，右键菜单选择 [转到引用]，下方显示文件内所有引用 `PrintType` 信息，如下图所示。

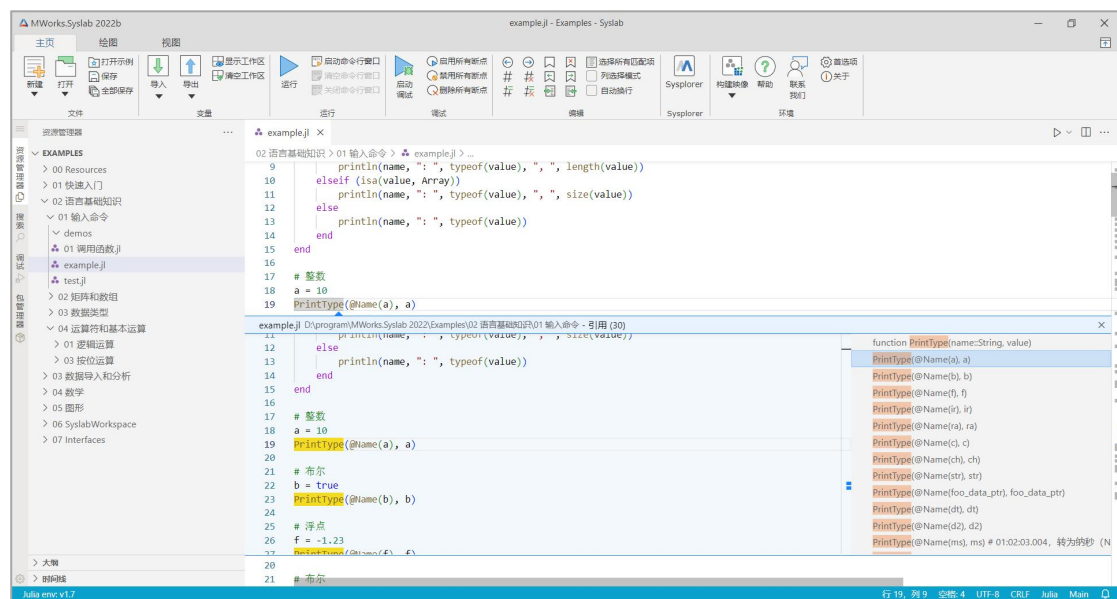


图 2-24 转到引用

查找所有引用

Syslab 代码编辑器提供查找所有引用功能，当选中代码时，右键菜单选择“查找所有引用”，左侧会新增一个引用面板，显示所有引用选中代码的引用信息。本示例中，选择代码 `PrintType`，右键菜单选择“查找所有引用”，左侧引用面板中显示工作区所有文件对代码 `PrintType` 的引用信息，如下图所示。

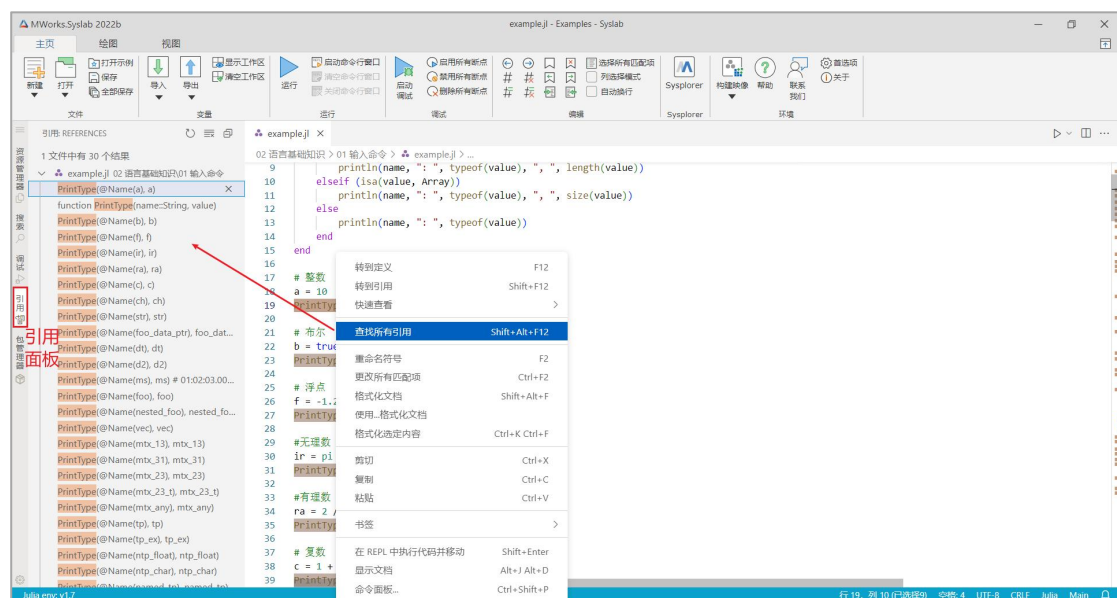


图 2-25 查找所有引用

重命名

Syslab 代码编辑器提供重命名功能，当选中代码时，右键菜单选择 [重命名

符号] 或 F2，选中代码下方会弹出一个输入框，允许用户输入要更改的名称。输入后回车，所有与此匹配的定义或引用，都被重命名为更改的名称，如果操作是 Shift+Enter 则在下方会显示一个预览窗口，预览所有要更改的代码项。本示例中，选择代码 `PrintType`，右键菜单选择“重命名符号”，重命名为 `myPrintType`，然后输入 Shift+Enter，下方显示所有要更改的代码项，操作结果如下图所示。

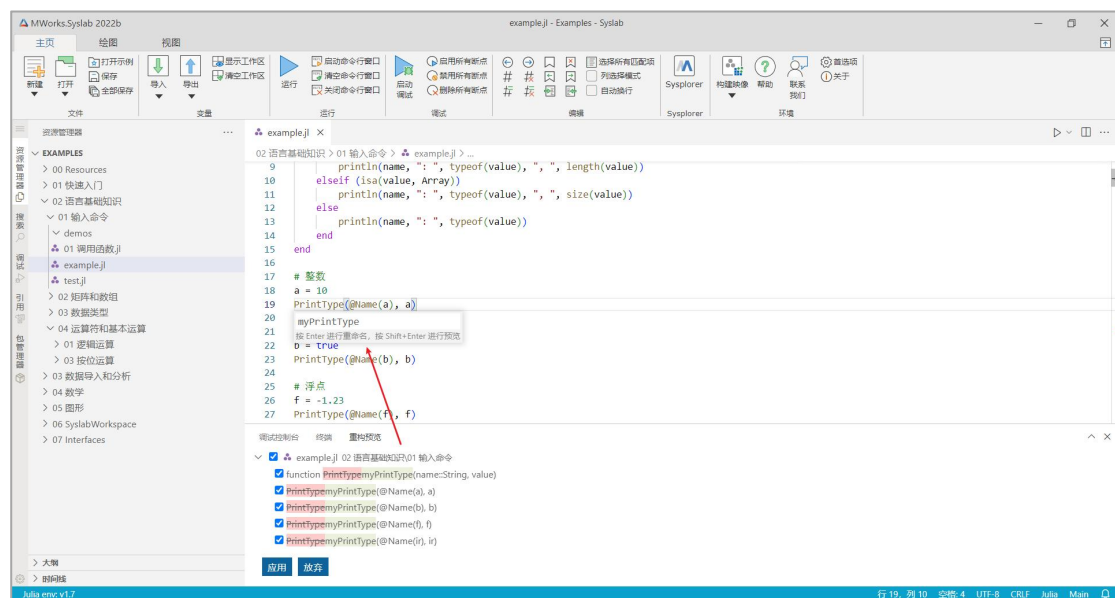


图 2-26 重命名

格式化

Syslab 代码编辑器提供格式化功能，右键菜单选择 [格式化文档]，对编辑器内容进行格式化，菜单位置如下图所示。

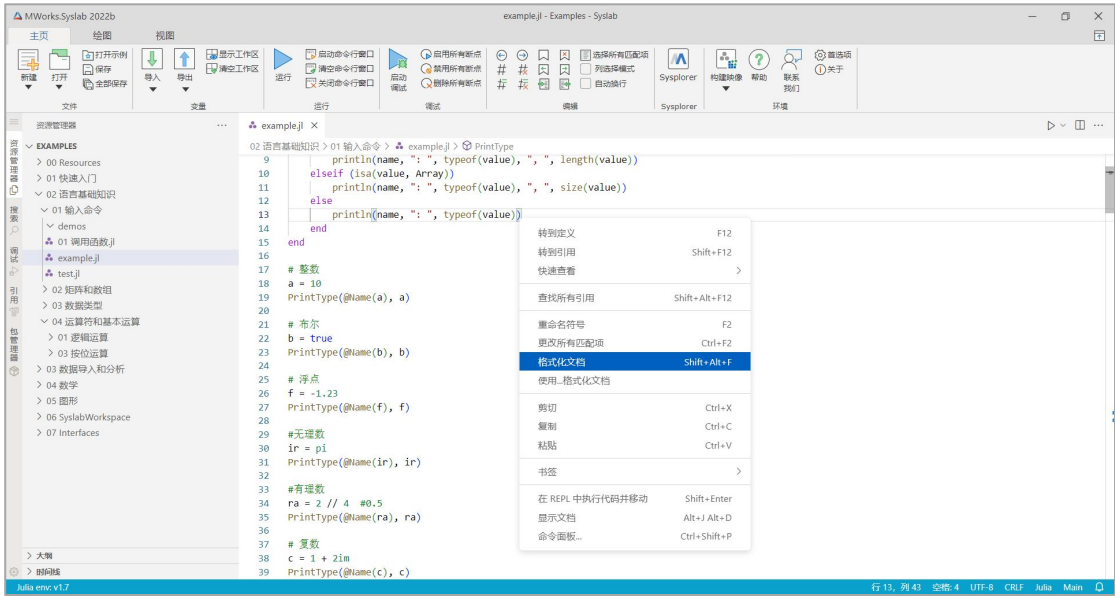


图 2-27 格式化文档

剪切

在编辑器内选中代码，右键菜单选择 [剪切]，对代码进行剪切，原代码消失，在编辑器内任意位置可以粘贴剪切的代码，菜单位置如下图所示。

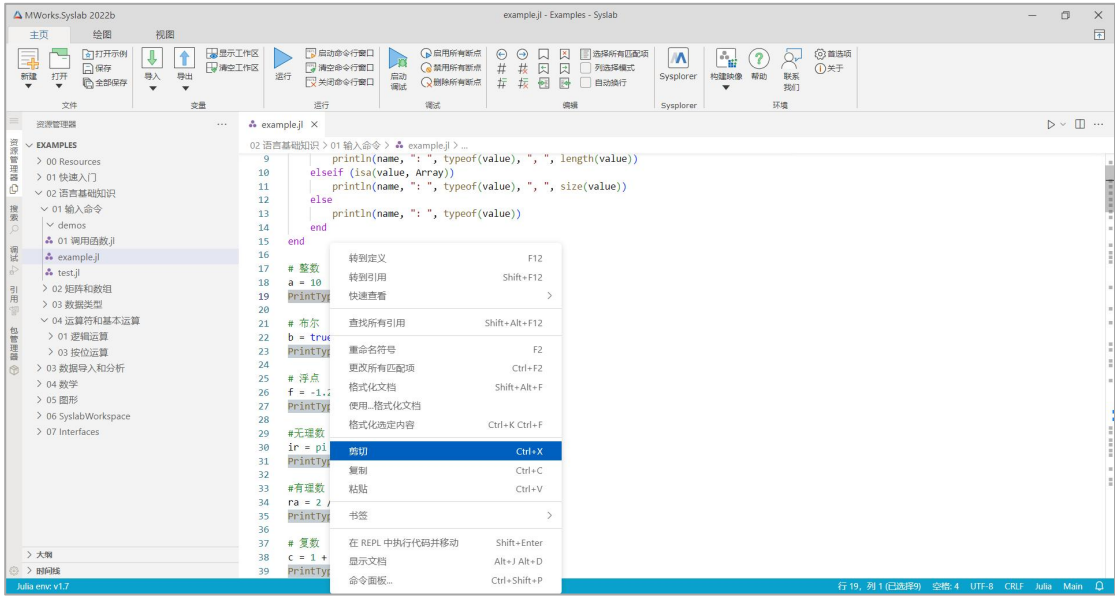


图 2-28 剪切

复制/粘贴

在编辑器内选中代码，右键菜单选择 [复制]，可以对选中的代码进行复制。
在编辑器内，右键菜单选择 [粘贴]，可以对复制的代码进行粘贴，菜单位置如下图所示。

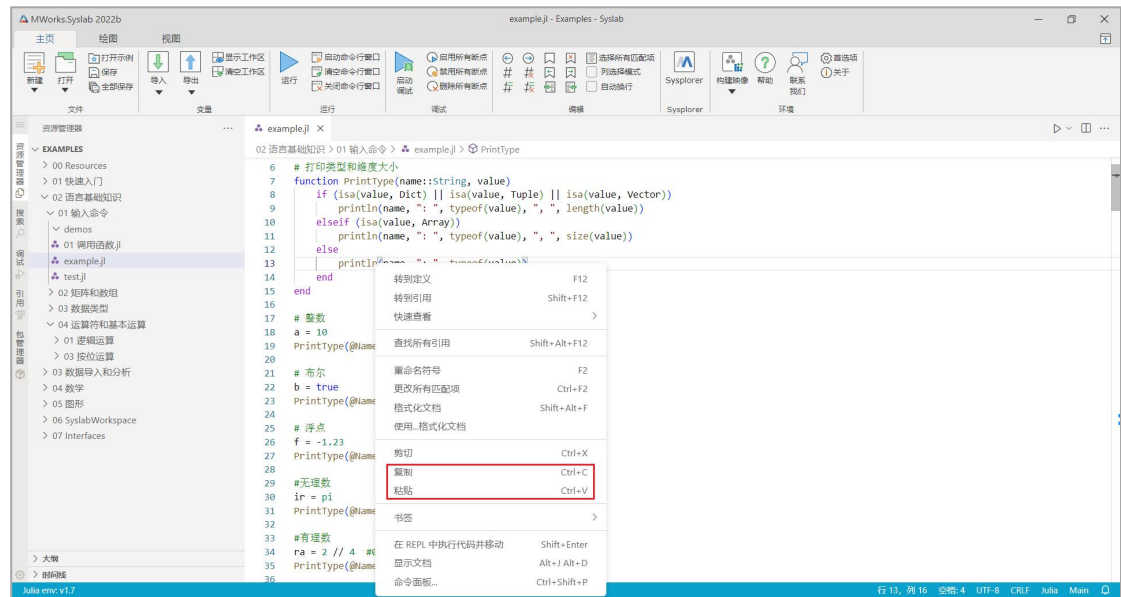


图 2-29 复制/粘贴

文档显示

Syslab 提供 Julia 语言服务，针对 .jl 文件，当选中某些函数，右键菜单选择“显示文档”，右侧文档显示窗口里会显示函数相关的文档信息。本示例中，选择 Time 函数，右键菜单选择“显示文档”，右侧文档显示窗口显示 Time 函数相关信息，如下图所示。

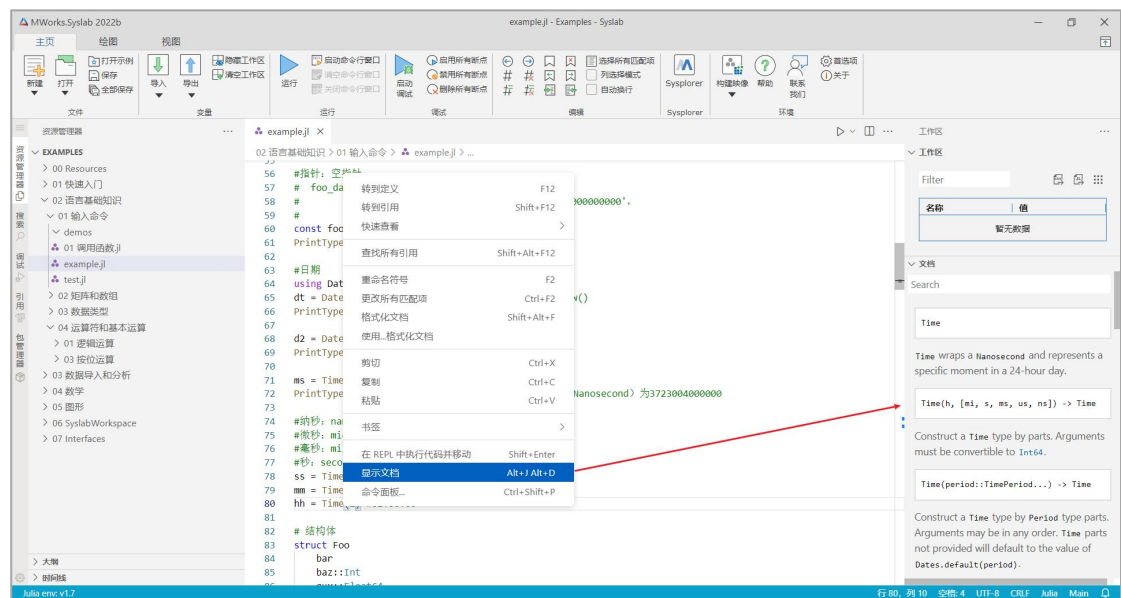


图 2-30 文档显示

2.1.1.3 命令行窗口

提供交互式命令行窗口（Read-Eval-Print-Loop，缩写 REPL），用于在窗口

输入命令并查看结果。

2.1.1.3.1 基本功能

打开 REPL

启动 REPL: 在工具栏 Ribbon 的主页 Tab 中, 点击 [启动命令行窗口] 按钮, 将打开命令行窗口, 如下图所示。

在 REPL 中执行文件: 在代码编辑器中打开 .jl 文件, 点击工具栏 Ribbon 按钮 [运行], 系统将启动 REPL 并执行该文件脚本, 并将执行过程中的输出信息打印到 REPL 中。

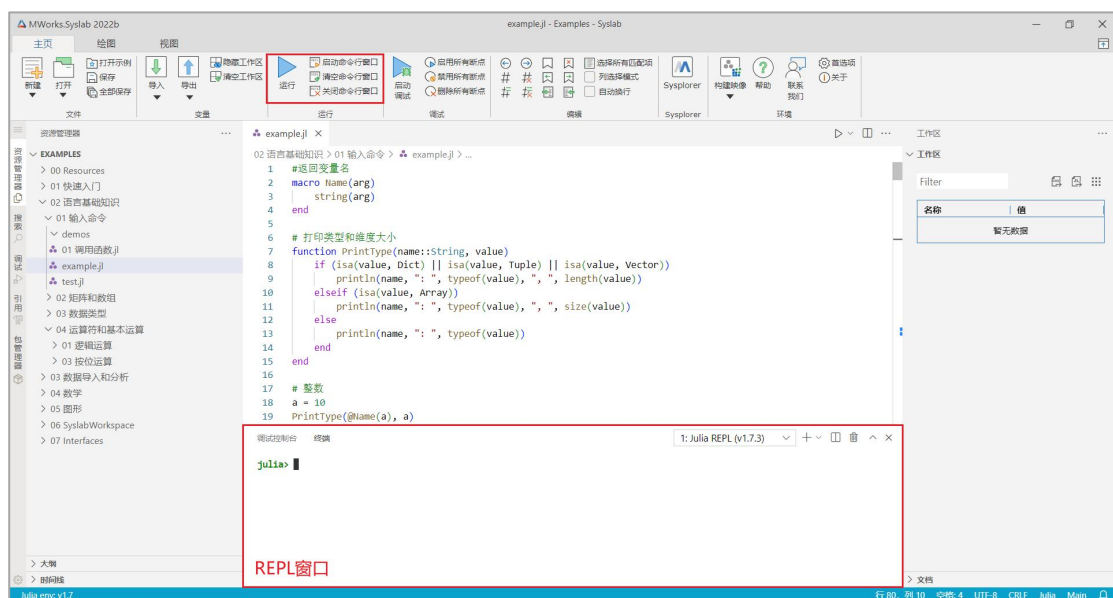


图 2-31 打开 REPL

语法高亮

在 REPL 中输入 `using OhMyREPL` 后, REPL 就能使用语法高亮显示功能, 如下图所示。



图 2-32 语法高亮

输入命令并执行

在 REPL 中输入 julia 脚本，REPL 将立即回显执行结果。

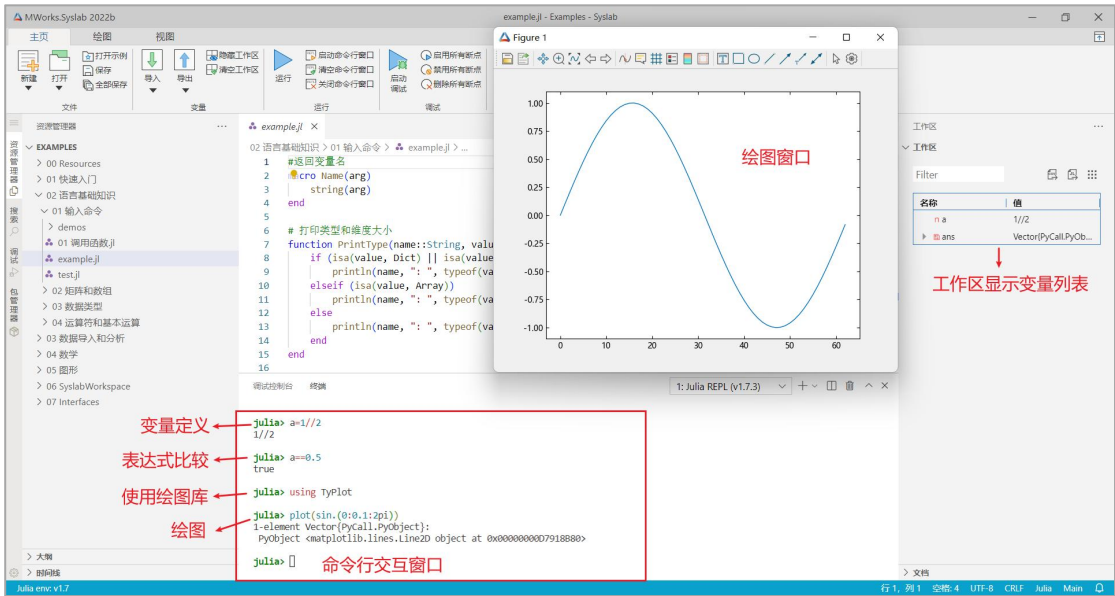


图 2-33 回显执行结果

打印错误信息

如果脚本执行出现错误，则将在 REPL 打印出错信息。

如果错误信息中包含调用堆栈信息，在文本链接位置按住 **Ctrl** 并点击鼠标，系统将自动跳转到错误所在行。

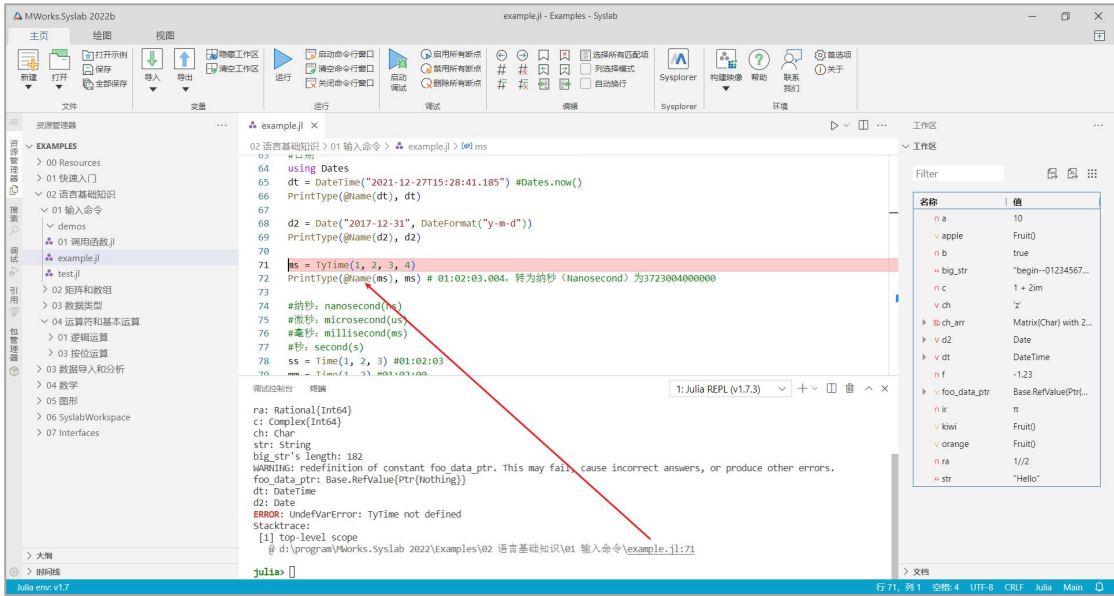


图 2-34 打印错误信息

关闭 REPL

在工具栏 Ribbon 上点击 [关闭命令行窗口]，将关闭 REPL。关闭后点击 [启动命令行窗口]，可以再次打开 REPL。

2.1.1.3.2 右键菜单

命令行窗口无右键菜单功能。

2.1.1.4 工作区

Syslab 工作区面板，支持对 REPL 中模块、类型、宏、函数、变量等元素进行集中显示与编辑，该面板位于右侧边栏，如下图所示。

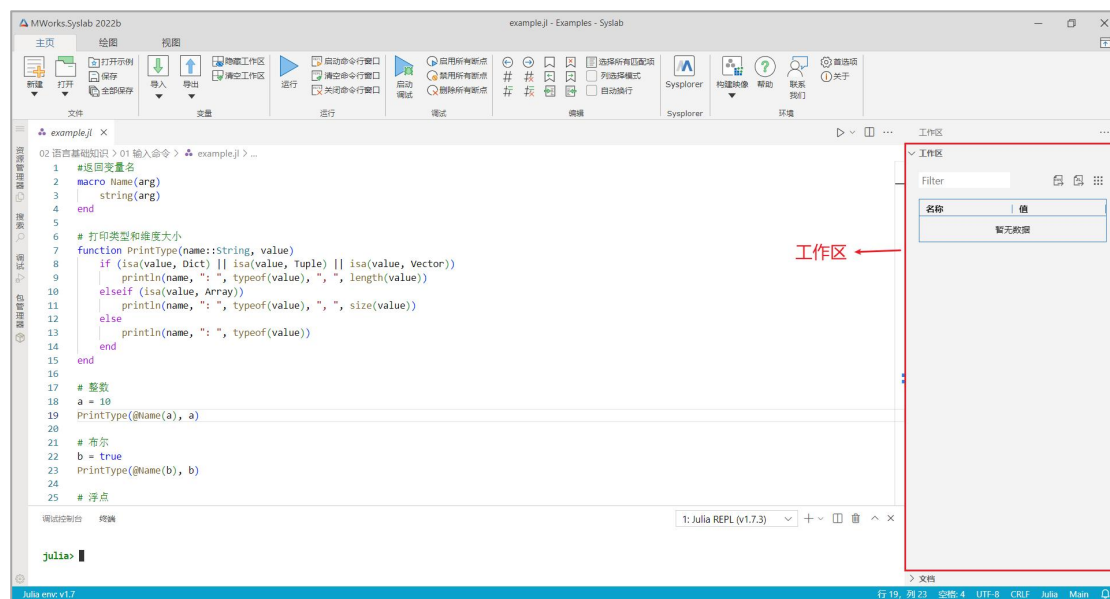


图 2-35 工作区

2.1.1.4.1 基本功能

面板显示与隐藏

Syslab 平台的工具栏 Ribbon 中，提供快捷按钮，可以控制工作区面板的显示与隐藏，位于主页 Tab 中的变量分区中，如下图所示。

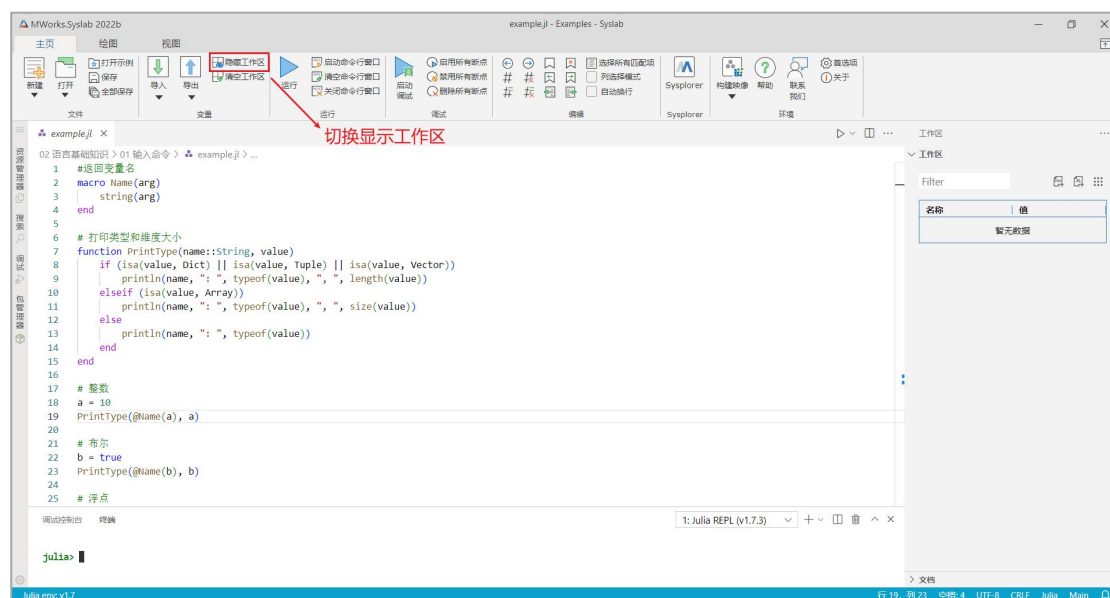


图 2-36 显示、隐藏工作区

界面布局

Syslab 工作区面板主要由三部分组成：

- 输入框：根据输入内容，对工作区显示进行过滤。

- 按钮工具栏：分别为导出 CSV 文件、导出 Julia 文件、列设置。
- 表格树展示区：以表格树形式对 REPL 中模块、类型、宏、函数、变量等元素进行显示。

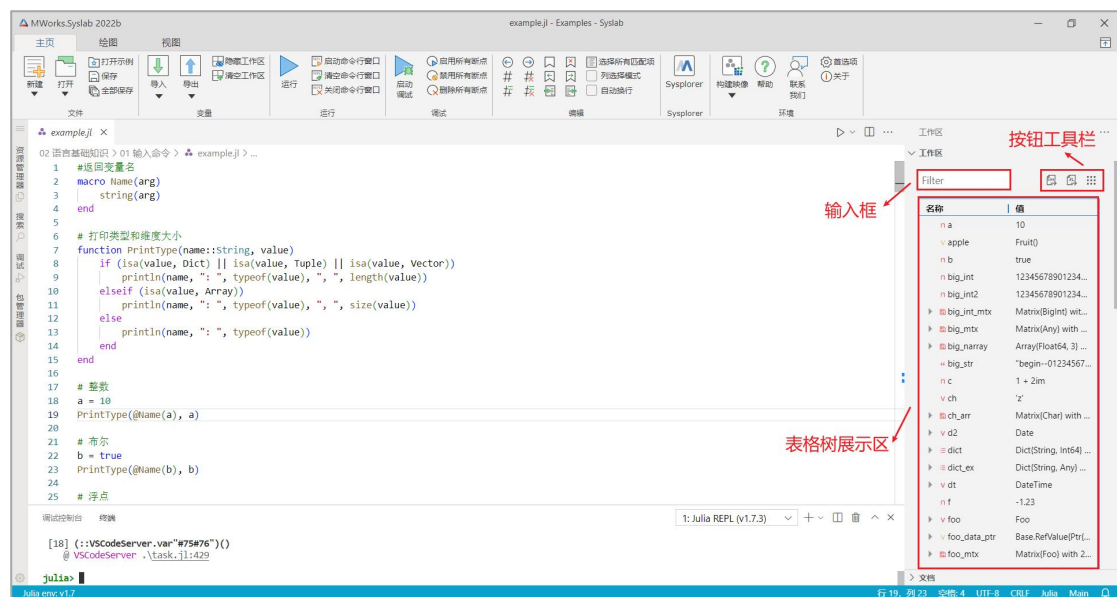


图 2-37 页面布局

显示过滤

Syslab 工作区面板，提供对表格树显示内容的过滤功能。根据 [输入框] 中的输入内容，对表格树节点是否包含输入内容进行过滤。本示例中，输入框中输入 `foo`，对表格树进行过滤，结果如下图所示。

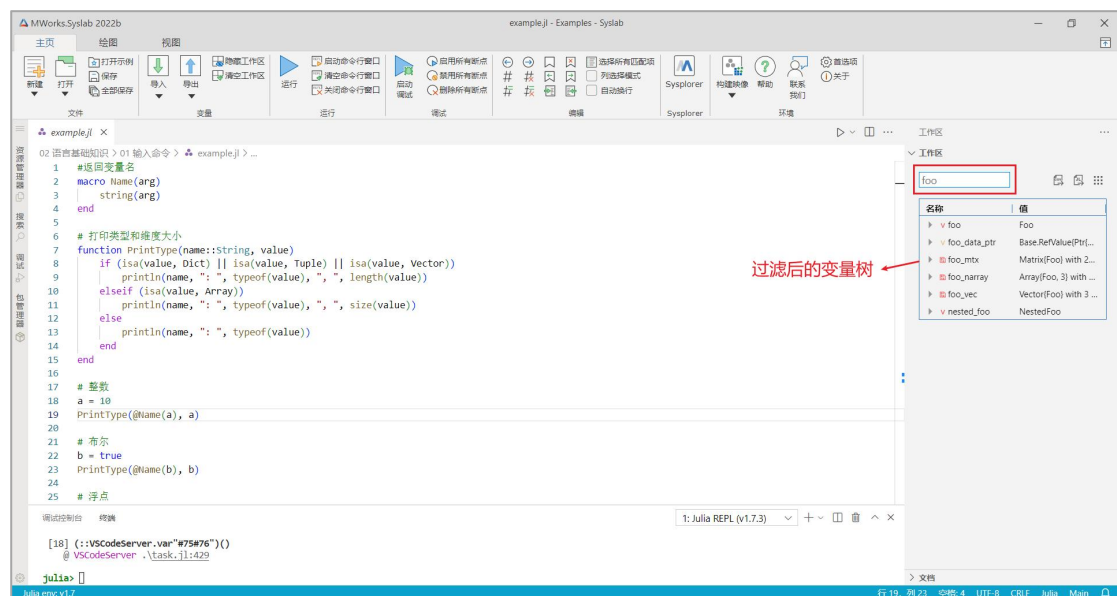


图 2-38 过滤

导出 csv 文件

Syslab 工作区面板，提供将工作区导出 .csv 文件功能。点击工具栏第一个按钮，弹出导出对话框，选择导出位置后，默认在该路径下创建 syslab_results 文件夹，存放所有导出的 csv 文件，操作步骤如下图所示。

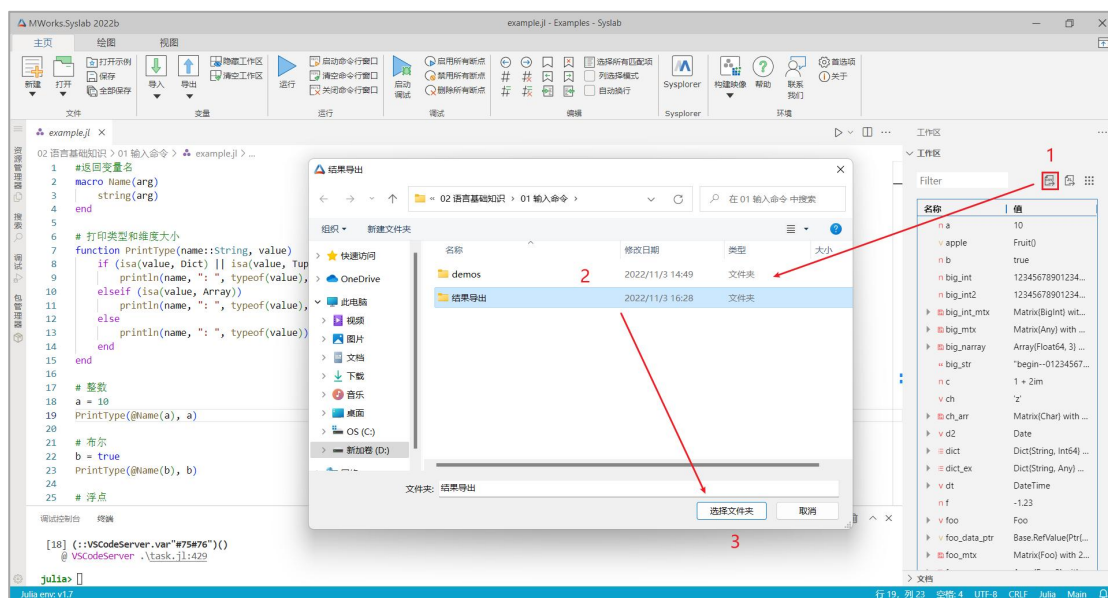


图 2-39 导出 CSV

导出 julia 文件

Syslab 工作区面板，提供将工作区导出 .jld2 文件功能。点击工具栏第二个按钮，弹出导出对话框，选择导出位置并填写文件名（默认 Unnamed.jld2），点击保存，操作步骤如下图所示。

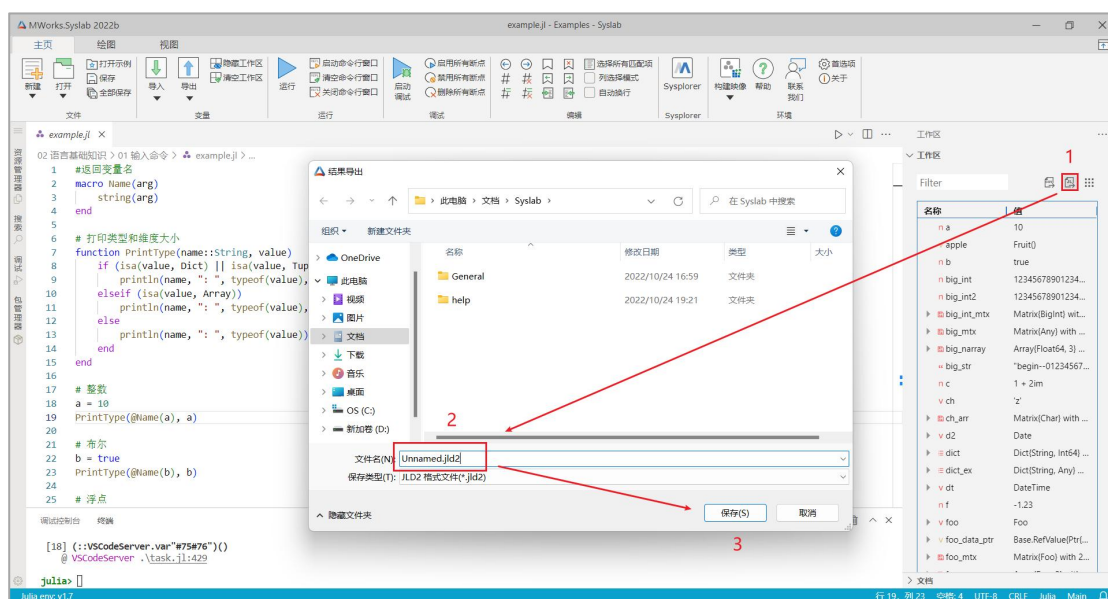


图 2-40 导出 julia 文件

列设置

Syslab 工作区面板，提供对表格树的显示列设置功能。点击工具栏第三个按钮，弹出列设置的下拉菜单，已显示的列会默认勾选，勾选想要展示的列或取消勾选已显示的列，然后点击确认，列设置生效。点击还原则只展示“名称”和“值”两列。本示例中，点击列设置，默认展示“名称”和“值”列，如下图所示。

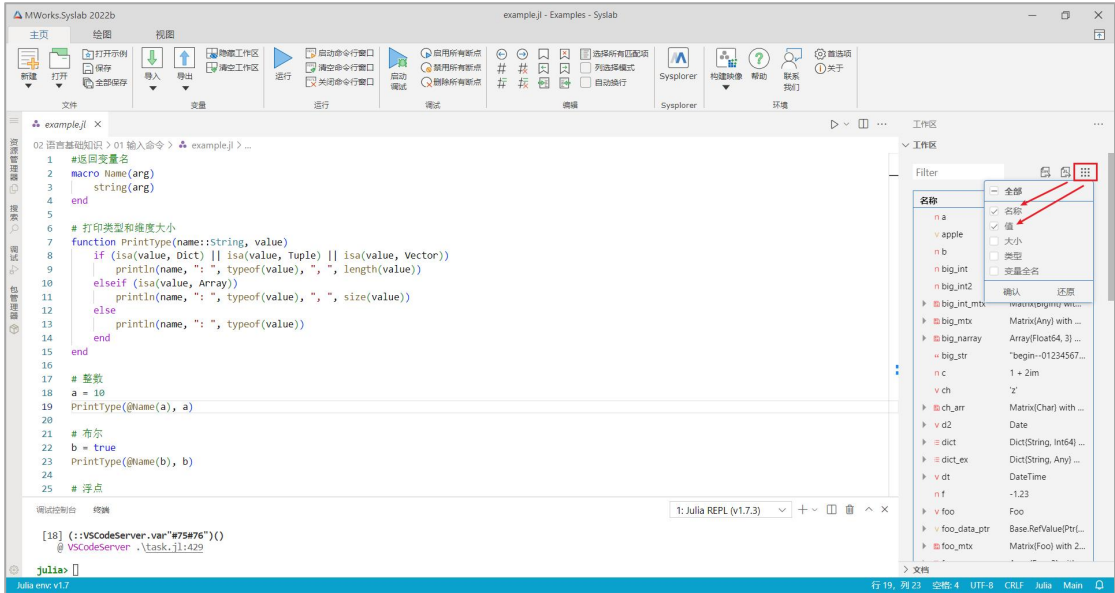


图 2-41 列设置

导入数据

Syslab 平台的工具栏 Ribbon，提供快捷按钮，可以向工作区表格树导入数据。点击 [导入文本]，弹出选择对话框，选择要导入的文件，目前支持导入 csv 文件和 Julia 文件。本示例中，导入 a.csv，因为工作区存在变量 a，工作区导入变量 a_1，操作步骤如下图所示。

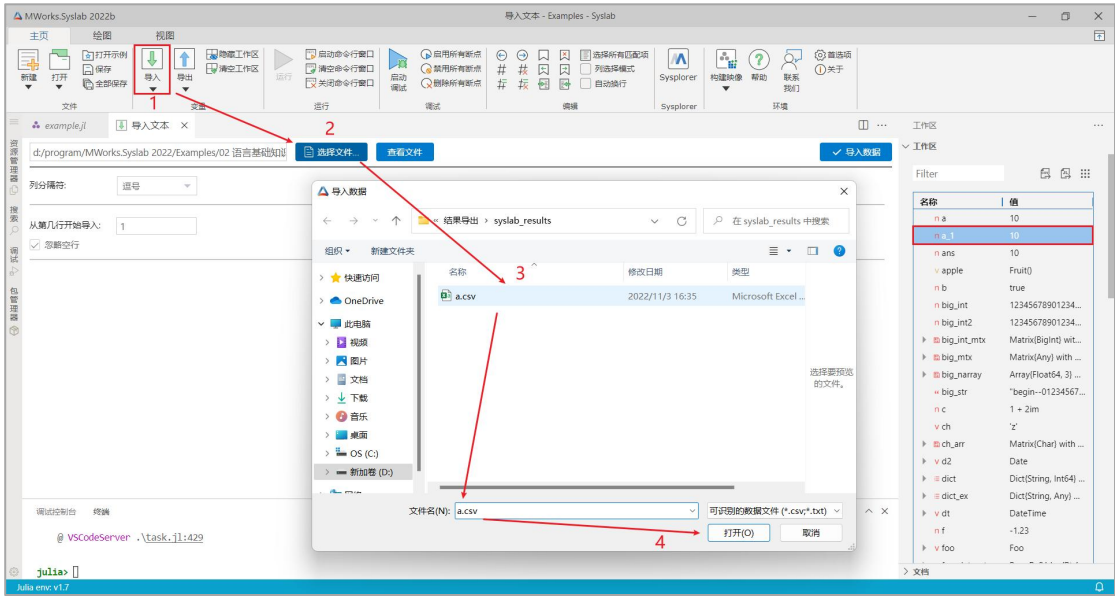


图 2-42 导入数据

2.1.1.4.2 右键菜单

重命名

工作区表格树，支持顶层节点的重命名功能，选中顶层节点后，右键菜单选择“重命名”，名称变成编辑状态，输入要修改的名称，退出编辑状态（键盘回车或鼠标左键点击其它位置），即可进行变量的重命名，菜单位置如下图所示。

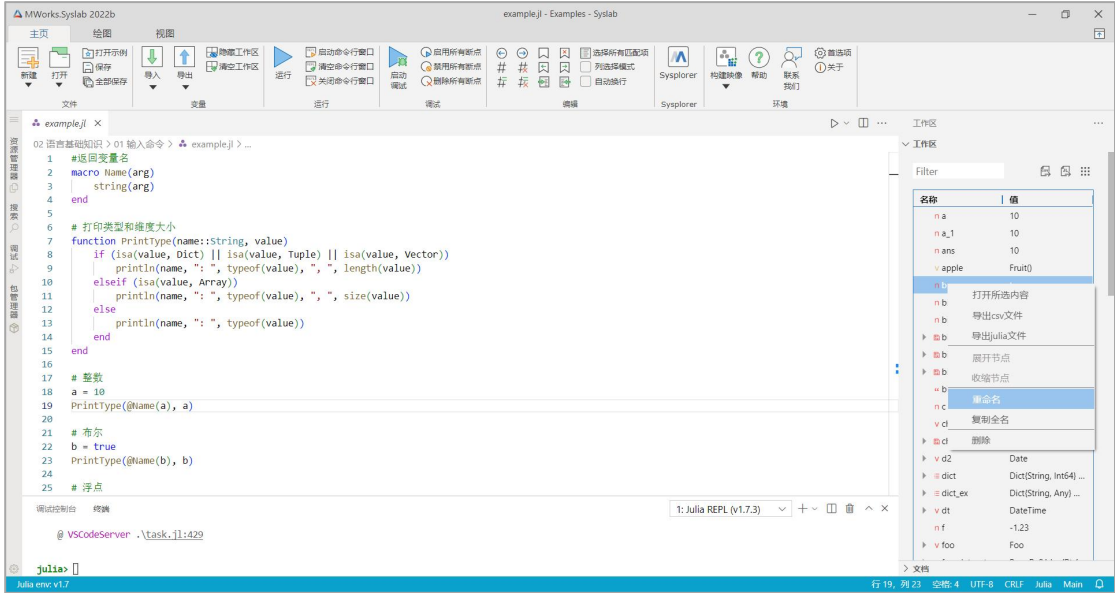


图 2-43 重命名

删除

工作区表格树，支持顶层节点的“删除”功能，选中顶层节点后，右键菜单

选择“删除”，将变量进行释放，菜单位置如下图所示。

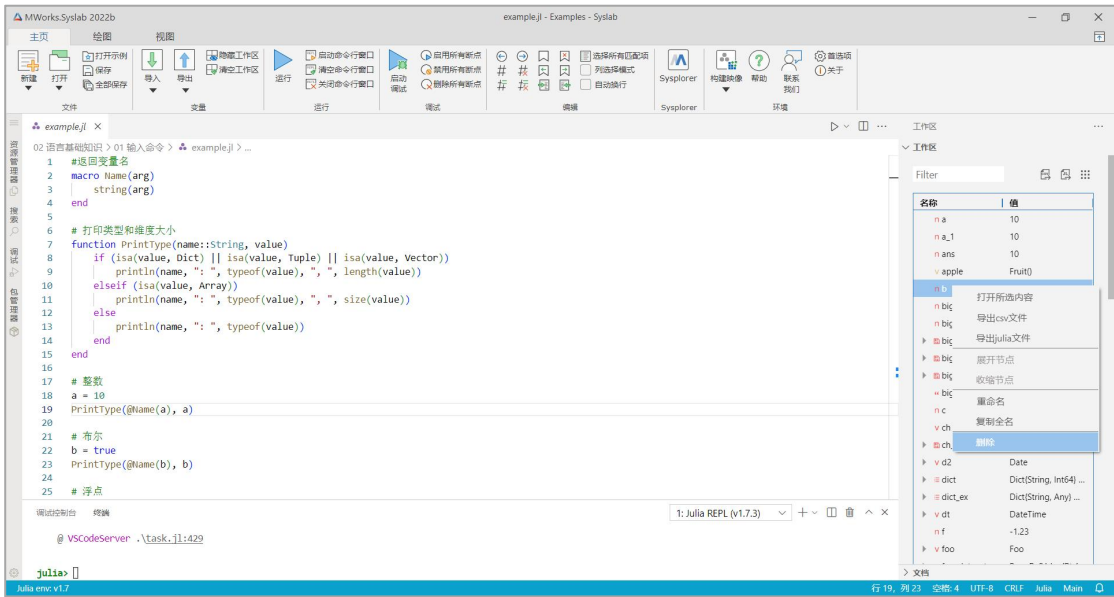


图 2-44 删除

绘图

工作区表格树，支持对数值型数组变量的绘图功能。

- 针对单个选中变量，进行绘图，横轴为自然序列。
- 针对多个选中变量，绘制多个序列的图，横轴为自然序列。
- 针对多个选中变量，绘制多个序列对首个输入的序列的图。

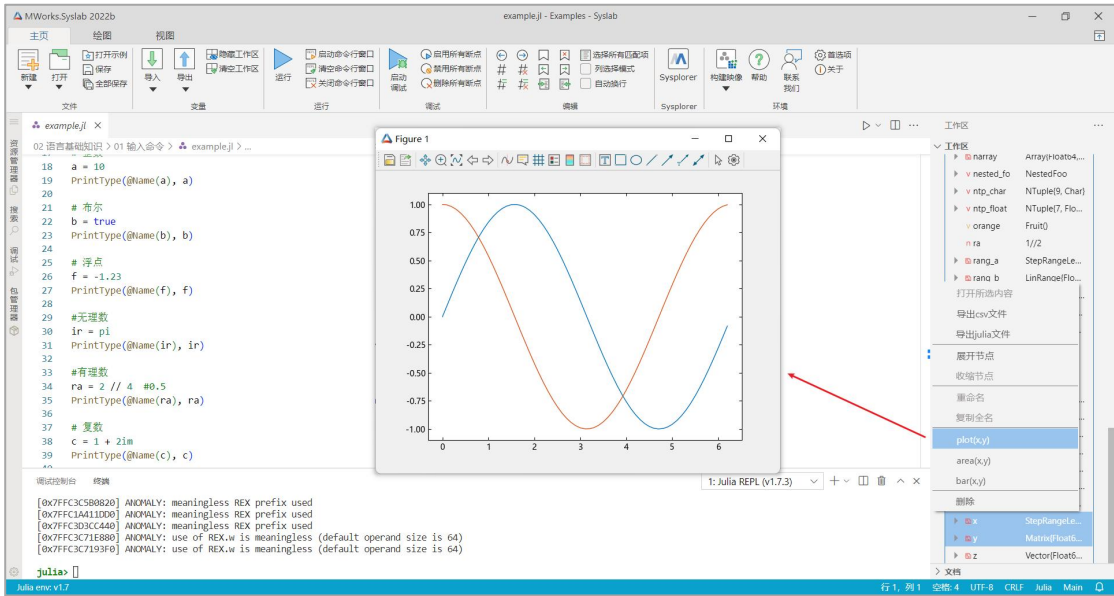


图 2-45 绘图

2.1.1.5 变量编辑器

2.1.1.5.1 表格视图

表格视图展示

工作区表格树，支持三维以下变量的表格视图展示。选中变量，右键菜单选择“打开所选内容”，左侧会显示变量的表格视图。

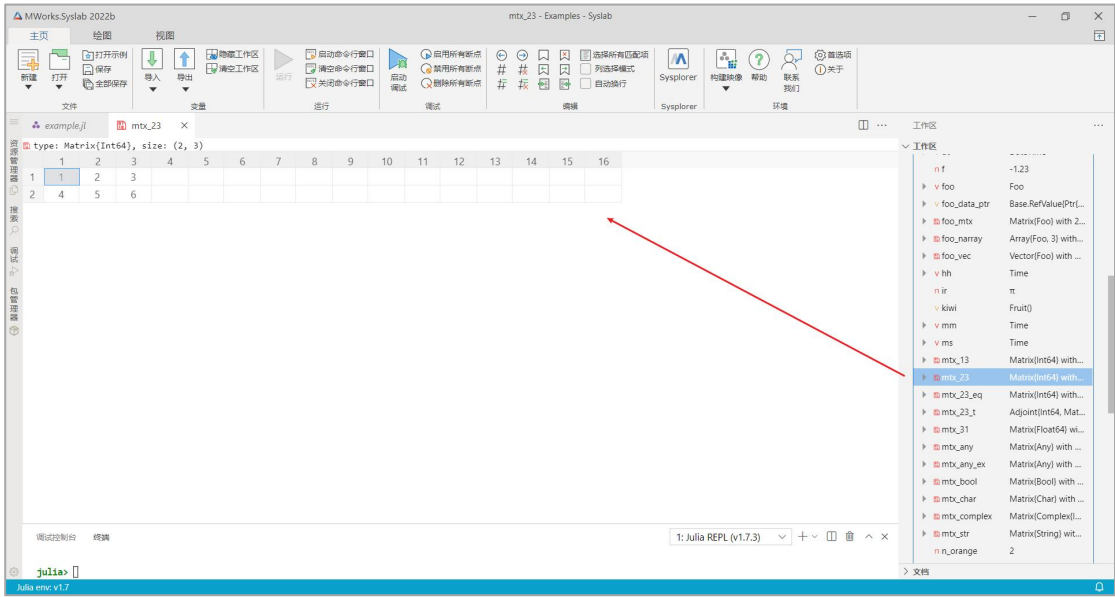


图 2-46 打开所选内容

高亮行列

表格视图支持行列的高亮功能，点击行头高亮行，点击列头高亮列，界面效果如下图所示。

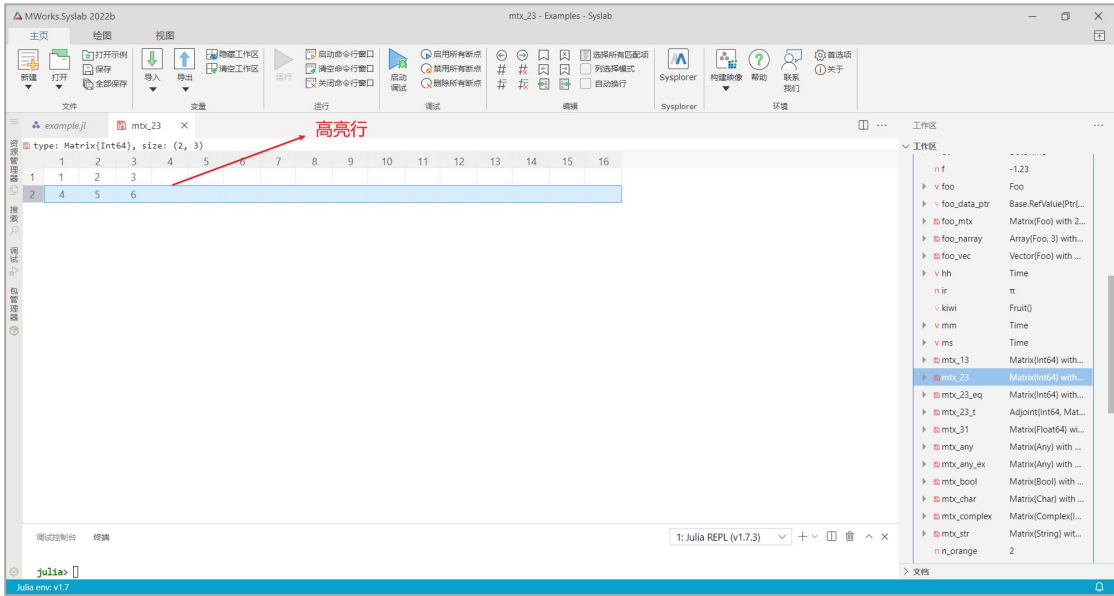


图 2-47 高亮行、列

插入行

表格视图支持三维以下数组的插入行功能，选中一行或者选中单元格，右键菜单可以选择“在上方插入行”或“在下方插入行”，默认插入为 0，如果是 String 类型的数组，则插入为 ""。

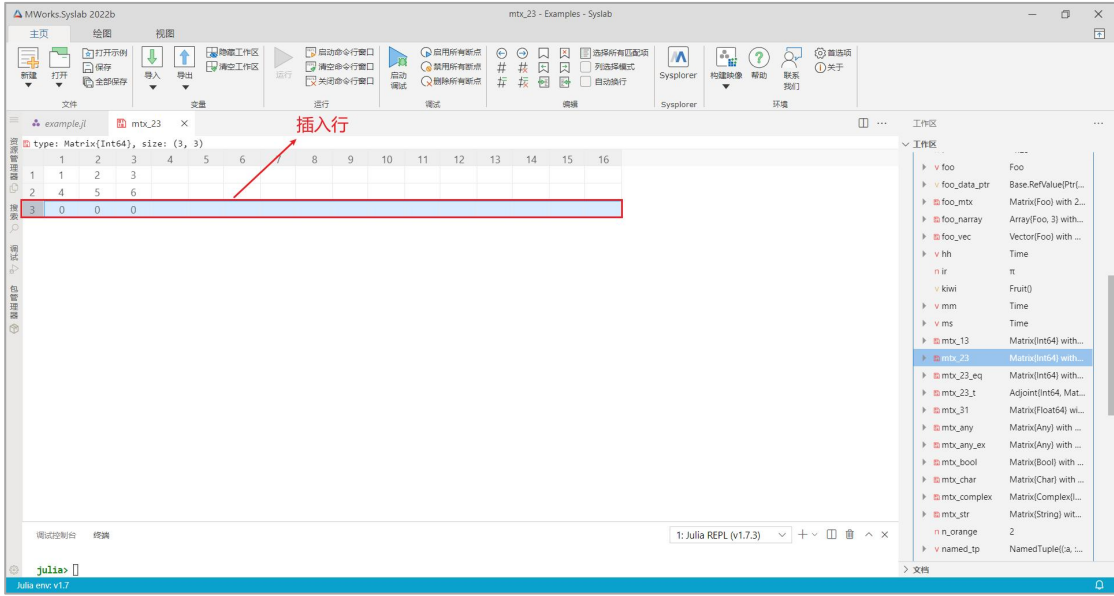


图 2-48 插入行

插入列

表格视图支持三维以下数组的插入列功能，选中一列或者选中单元格，右键菜单可以选择“将列插入到左侧”或“将列插入到右侧”，默认插入为 0，如果

是 String 类型的数组，则插入为 ""，结果如下图所示。

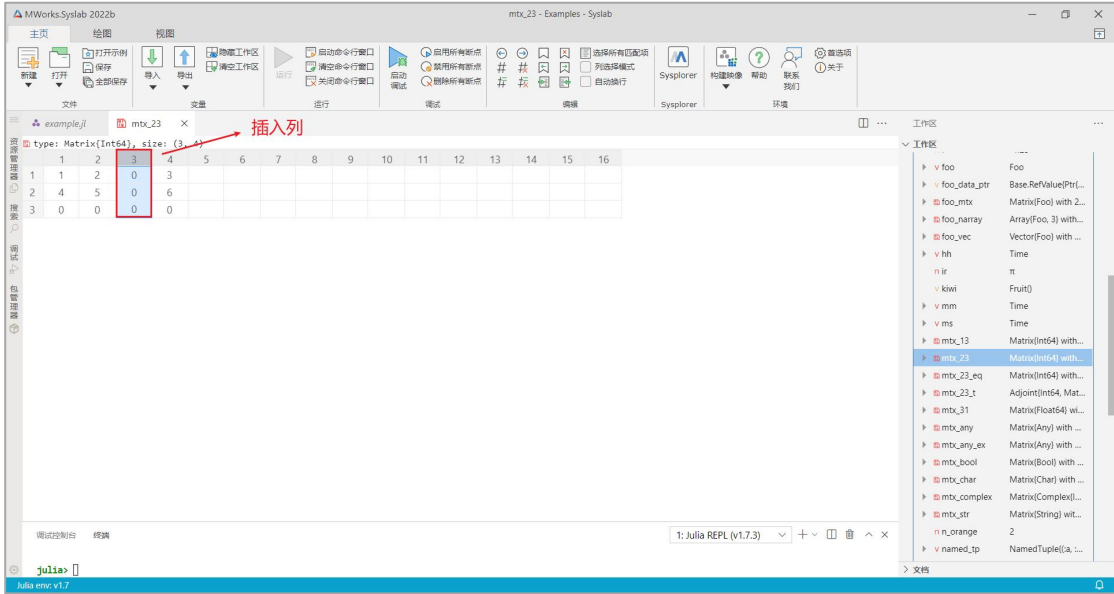


图 2-49 插入列

删除行

表格视图支持三维以下数组的删除行功能，选中一行或者选中单元格，右键菜单选择“删除行”，结果如下图所示。

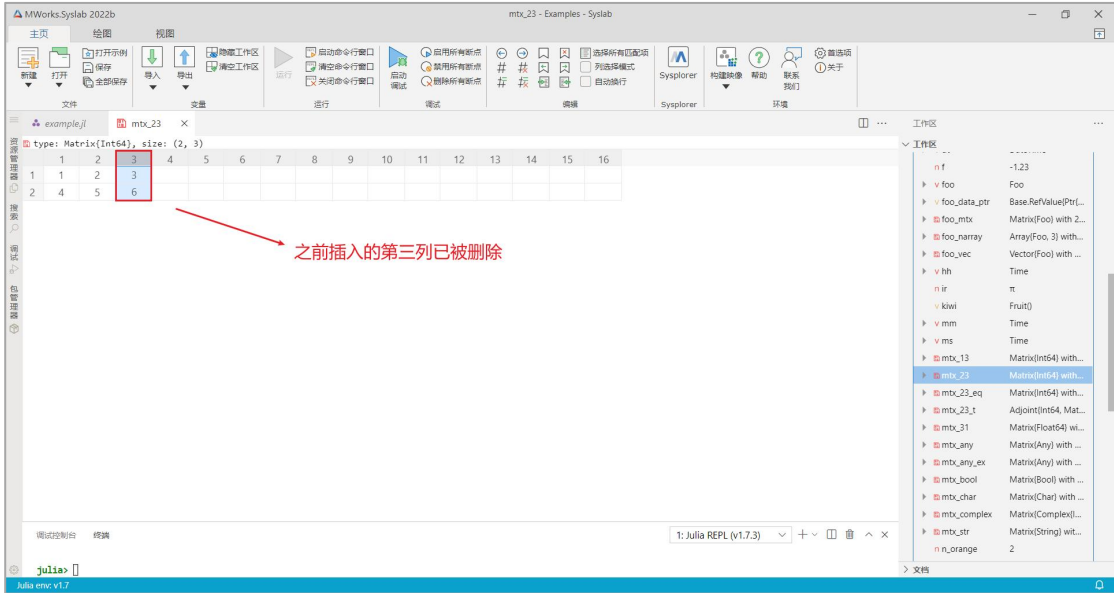


图 2-50 删除列

删除列

表格视图支持三维以下数组的删除列功能，选中一列或者选中单元格，右键菜单选择“删除列”，结果如下图所示。

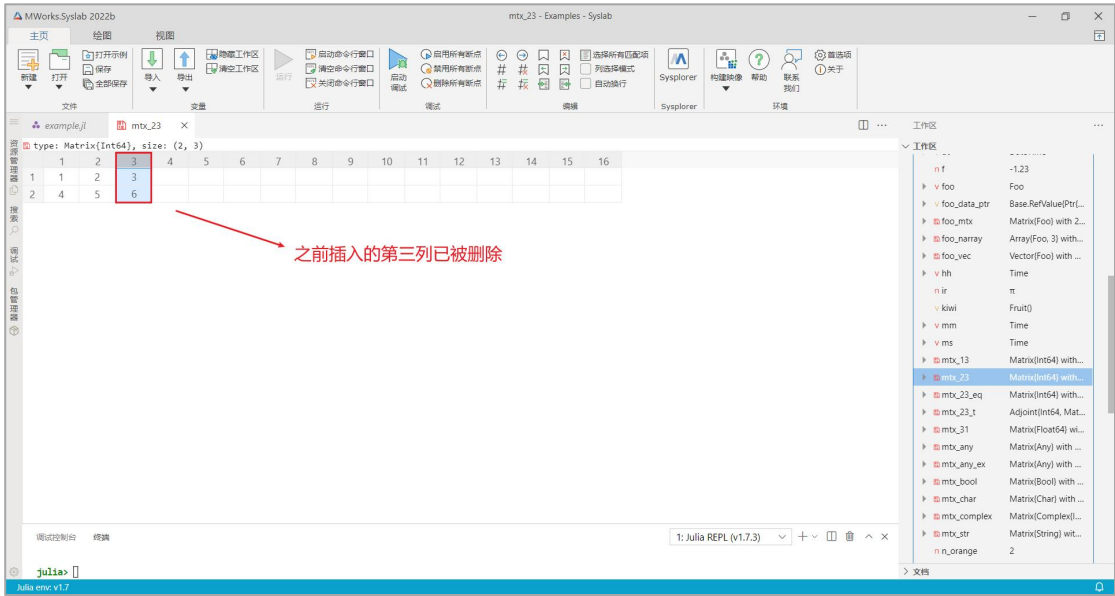


图 2-51 删除列

替换为零

表格视图支持三维以下数组的替换为零功能，选中行、选中列或者选中单元格，右键菜单选择“替换为零”，如果是 String 类型的数组，则替换为 "，结果如下图所示。

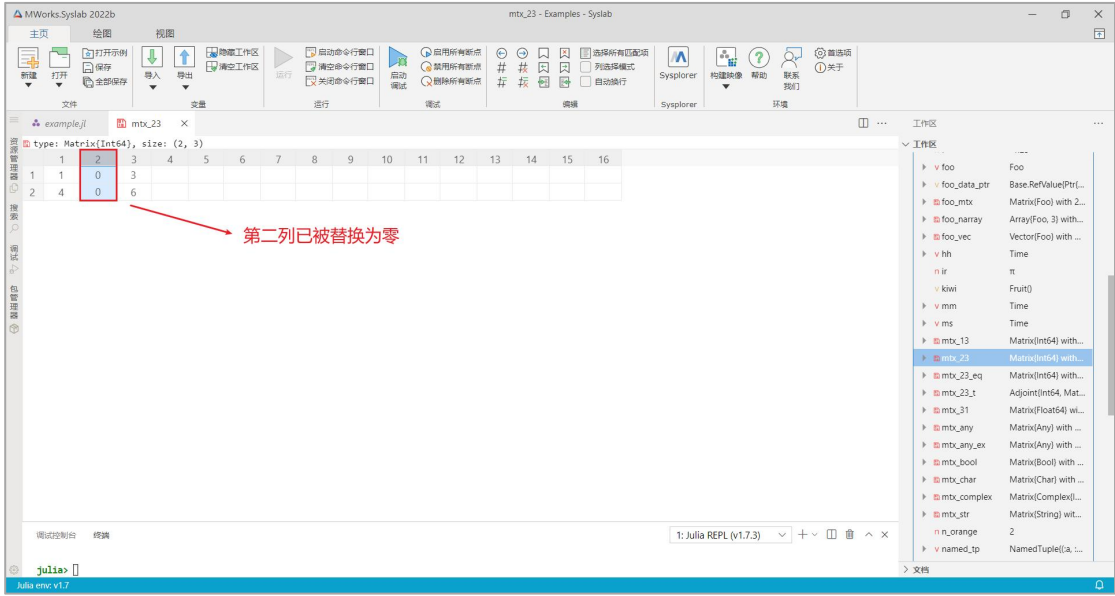


图 2-52 替换为零

转置变量

表格视图支持三维以下数组的转置变量功能，任意位置右键菜单“转置变量”，行列发生转置，结果如下图所示。

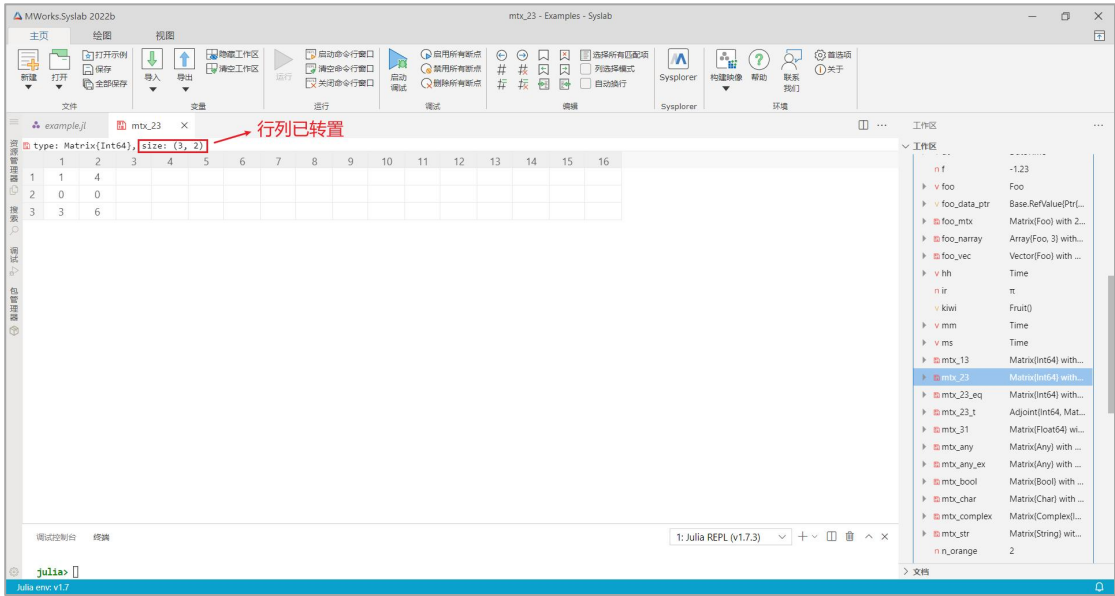


图 2-53 转置

编辑值

表格视图支持部分变量（布尔、数值、字符串、字符、三维以下数组）编辑值功能，双击单元格，单元格进入编辑状态，输入新值后，退出编辑状态（键盘回车或鼠标左键点击其它位置），完成修改，结果如下图所示。

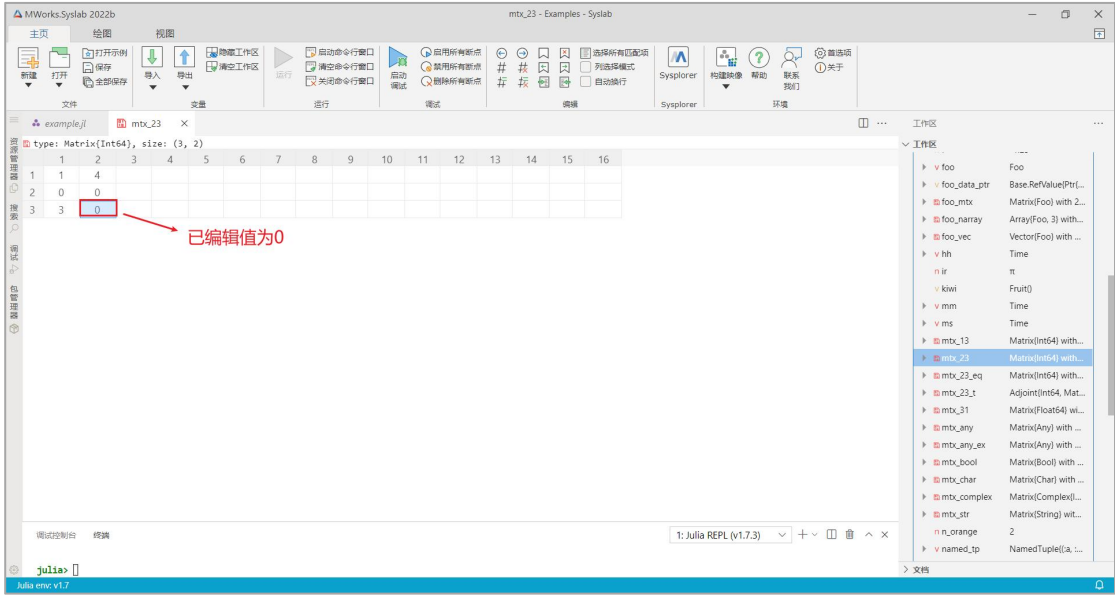


图 2-54 编辑值

2.1.1.5.2 文本视图

文本视图展示

工作区表格树，支持三维及三维以上变量的文本视图展示。选中三维及三维

以上变量，右键菜单选择“打开所选内容”，左侧会显示变量的文本视图。本示例中，选中多维数组变量 `big_narray`，右键菜单选择“打开所选内容”，结果如下图所示。

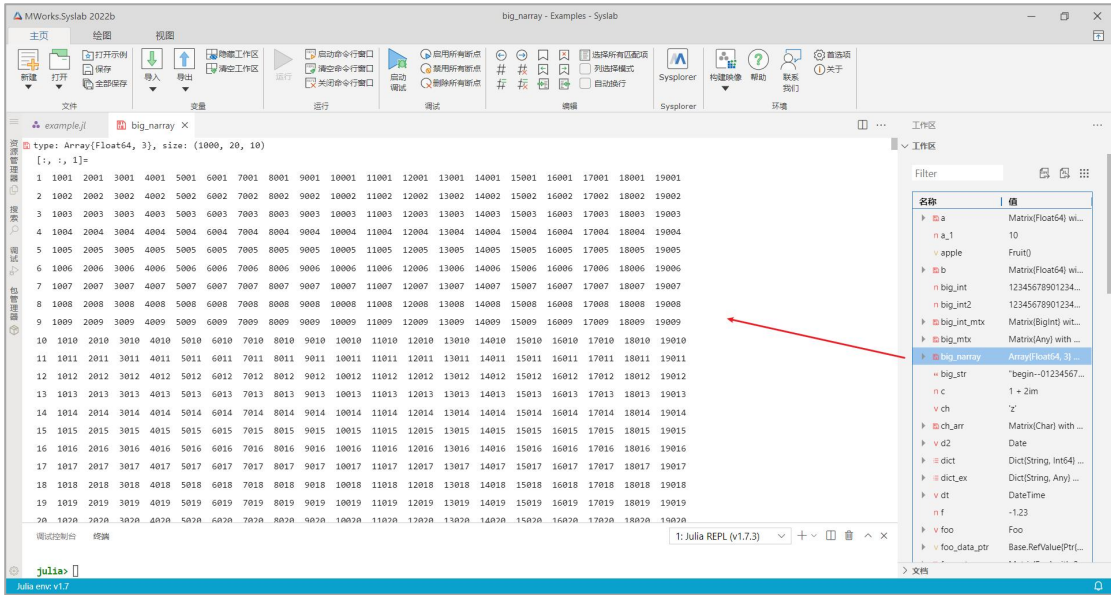


图 2-55 文本视图

2.2 基础语言功能

基础知识包括基本运算，例如创建变量、数组索引、算术运算和数据类型。

2.2.1 输入命令

编译和运行 Syslab 语句。

表 2-1 输入命令

类别	简介
输入命令	输入命令，例如终止程序命令

2.2.2 数组

数组的创建、合并、重构、重新排列以及索引。

表 2-2 数组

类别	简介
数组构造与类型	包括全零数组、随机数等
基础函数	Syslab 基础函数
索引与链接	通过指定数组元素的索引或检查元素是否满足条件来访问数组的元素
创建网格	通过函数创建网格
矩阵和数组	数组的创建、合并、重构、重新排列以及索引
重构与排序	重构函数、对函数进行排序
广播与矢量化	广播函数与表达式逐元素遍历调用

2.2.3 数据类型

数值数组、字符和字符串、日期和结构体；数据类型属性与操作，数据类型转换和提升。

表 2-3 数据类型

类别	简介
数值类型	整数和浮点数据
字符与字符串	字符数组与字符串数组中的文本
函数句柄	可用于间接调用函数的变量
结构体	带有可以包含各种类型和大小的数据的命名字段的数组
表	表格形式的数组，其指定列可以有不同类型

类别	简介
分类数组	定性数据数组，其值来自于离散、非数值数据的有限集合
日期和时间	可使用不同格式显示的日期和时间值数组
时序	可在一段时间内采样的数据向量
复合类型	结构体数组
数据类型属性与操作	确定变量的数据类型
类型转换和类型提升	在数值、字符串之间转换
数据类型标识	确定变量的数据类型

2.2.4 集合容器

用于对值进行索引的键的对象。

表 2-4 集合容器

类别	简介
元组	可以包含各种类型和大小的数据的数组
字典	字典类型，将值映射到唯一键的对象
表	表格形式的数组，其指定列可以有不同类型
集合属性与操作	确定集合的数据类型

2.2.5 初等运算和初等函数

算术、关系和逻辑运算符、特殊字符、模除法与舍入、幂、对数和平方根。

Syslab 使用许多常见运算符和特殊字符，您可以使用它们对任何类型的数组执行简单的运算。

表 2-5 初等运算和初等函数

类别	简介
算术运算	加、减、乘、除、幂、四舍五入
位运算符	设置、偏移或比较特定位域
复合赋值操作符	赋值运算
关系运算	值的比较
模除法与舍入	舍入运算
符号和绝对值函数	绝对值运算与复数的模
幂、对数和平方根	平方根、指数函数等

2.2.6 流程控制

使用关键字控制流和分支，如 `if`、`for` 和 `while`。

在任何程序中，您都可以定义按循环重复执行或按条件执行的代码段。循环使用 `for` 或 `while` 关键字，条件语句使用 `if` 。其他关键字提供对程序流的更精细控制。

表 2-6 流程控制

类别	简介
流程控制	流程语句,if、for 等

2.2.7 环境和设置

预设和设置。

表 2-7 环境和设置

类别	简介
----	----

类别	简介
系统命令	系统自带命令

2.2.8 编程

脚本、函数和类。

表 2-8 编程

类别	简介
数据导入和导出	文本文件和其他文件格式
描述性统计量	范围、集中趋势、标准差、方差、相关性
大型文件和大数据	访问和处理文件集合以及大型数据集

2.2.9 数据导入和分析

2.3 基础数学功能

数学函数为分析数据、开发算法和创建模型提供了一系列数值计算方法。核心函数使用经过处理器优化的库，可以快速进行向量和矩阵计算。

2.3.1 初等数学

三角学、指数和对数、复数值、舍入、余数、离散数学。

表 2-9 初等数学

类别	简介
算术运算	加、减、乘、除、幂、四舍五入
三角学	结果以弧度或度为单位的正弦、余弦和相关函数

类别	简介
指数和对数	指数、对数、幂和根函数
复数	实部和虚部、相位角度
离散数学	质因数、阶乘、排列、有理分式、最小公倍数、最大公约数
多项式	曲线拟合、根、部分分式展开
特殊函数	Bessel、Legendre、椭圆、误差、gamma 和其他函数
常量和测试矩阵	Pi、非数字、无穷；Hadamard 矩阵、伴随矩阵、帕斯卡矩阵和其他专用矩阵

2.3.2 线性代数

线性方程、特征值、奇异值、分解、矩阵运算、矩阵结构。

表 2-10 线性代数

类别	简介
线性方程	解算多种类型的线性方程
特征值和奇异值	特征值、特征向量和奇异值的计算
矩阵分解	分解矩阵
矩阵运算	矩阵的计算与转置
矩阵结构	矩阵的带宽与结构
矩阵属性	矩阵的属性

2.3.3 随机数生成

种子、分布、算法。

表 2-11 随机数生成

类别	简介
创建随机值	创建随机数数组

2.3.4 插值

网格和散点数据插值、数据网格化、分段多项式。

表 2-12 插值

类别	简介
一维插值和网格插值	表查找与网格数据插值
网格创建	网格数据集插值简介
散点插值	散点数据集插值简介

2.3.5 数值积分和微分方程

数值积分、常微分方程、时滞微分方程、边界值问题、偏微分方程。

表 2-13 数值积分和微分方程

类别	简介
开始你的第一个微分方程	简单一阶微分方程
微分方程定义	微分方程简介与用法
积分控制	初始化微分方程问题
求解	微分方程求解
数值积分	数值积分问题

2.3.6 傅里叶分析和滤波

傅里叶变换、卷积、数字滤波。

表 2-14 傅里叶分析与滤波

类别	简介
傅里叶变换	傅里叶变换简介
卷积	卷积和多项式

2.3.7 稀疏数组

初等稀疏矩阵、重新排序算法、迭代法、稀疏线性代数。

表 2-15 稀疏数组

类别	简介
创建	创建稀疏数组
操作	操作稀疏数组
结构分析	稀疏数组结构分析
迭代算法	稀疏数组迭代算法

2.3.8 图和网络算法

有向图和无向图、网络分析。

表 2-16 图和网络算法

类别	简介
有向图	创建有向图
无向图	创建无向图

类别	简介
网络分析	图网络分析

2.4 解释与调试模块

2.4.1 REPL

Julia 代码编辑完成后，点击工具栏 Ribbon 中的 [运行]，系统将启动 REPL 并执行该文件脚本。文件运行过程中生成的全局变量，会在右侧的工作区变量树中显示，如果运行结果存在输出信息，信息会在 REPL 命令窗口中进行显示。

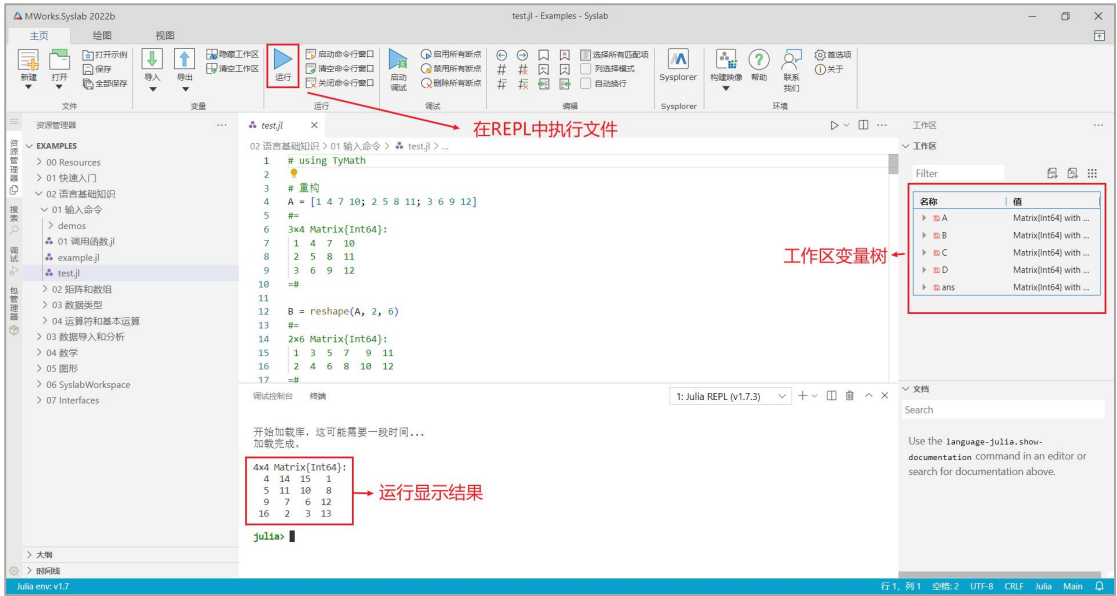


图 2-56 REPL 显示结果

2.4.2 调试控制台

在调试模式运行过程中，通过“调试控制台”能够对左侧的“变量”面板进行增/删/改/查。

2.4.2.1 操作步骤

首先，设置断点，启动调试；其次，当运行到断点处，可以在“变量”面板上查看或修改变量值。当然，也可以在“调试控制台”中输入命令，按下 Enter 键执行并回显计算结果。例如，在编辑框中输入“sin.(0:0.1:pi)”后，将立即回

显计算结果，如下图所示。

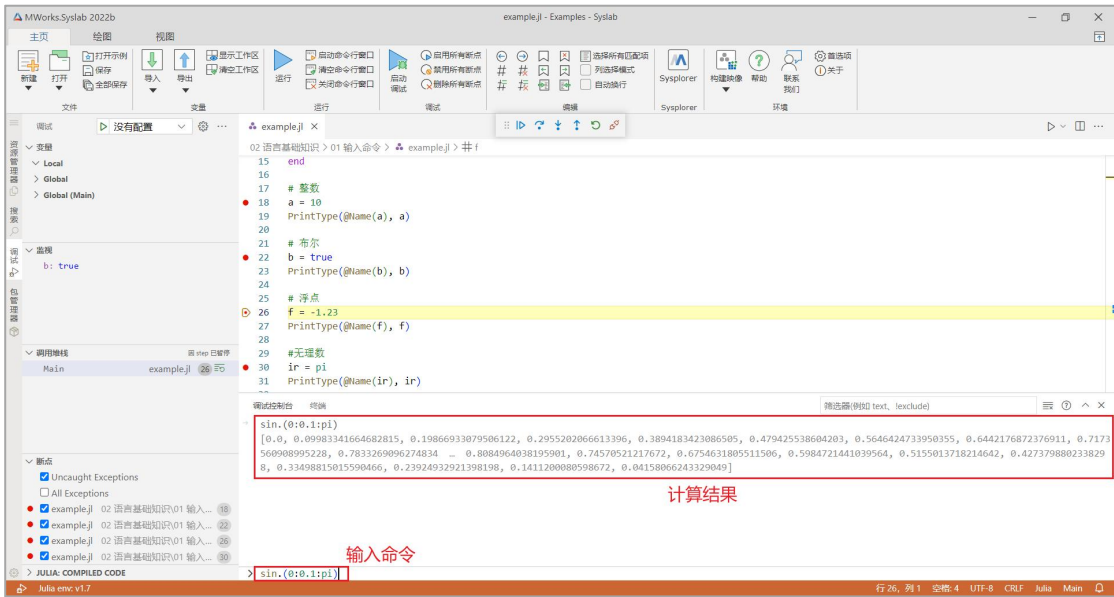


图 2-57 调试控制台

2.4.2.2 查看变量

在调试控制台的编辑框中，可以输入任意表达式。例如，输入“a”将回显该变量的值，如下图所示。

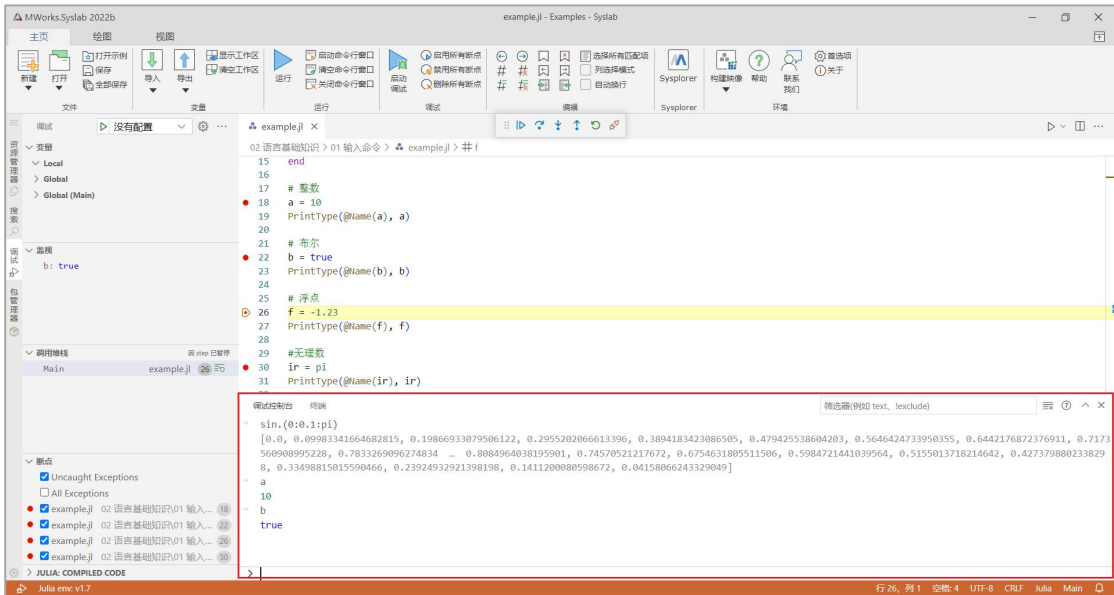


图 2-58 查看变量

2.4.2.3 修改全局变量

修改“Global(Main)”全局作用域变量，可以通过“@eval(变量名=变量值)”来实现。本示例中，修改了变量“a”，新增了变量“a1”。

注意：“@eval”和“(”之间没有空格。

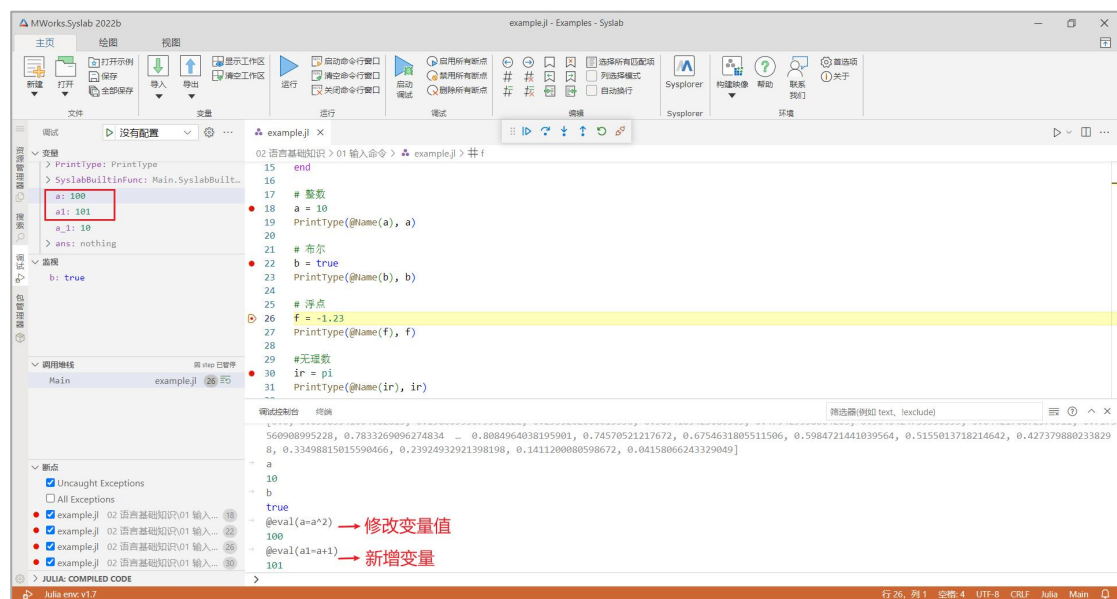


图 2-59 修改全局变量

2.4.2.4 修改局部变量

修改 Local 局部作用域变量，可以通过“@eval \$(变量名=变量值)”来实现。

注意：“@eval”和“\$”之间需要有空格。

2.4.2.5 删除变量

目前，Julia 不支持删除变量，但是可以通过“变量名=nothing”来释放变量。

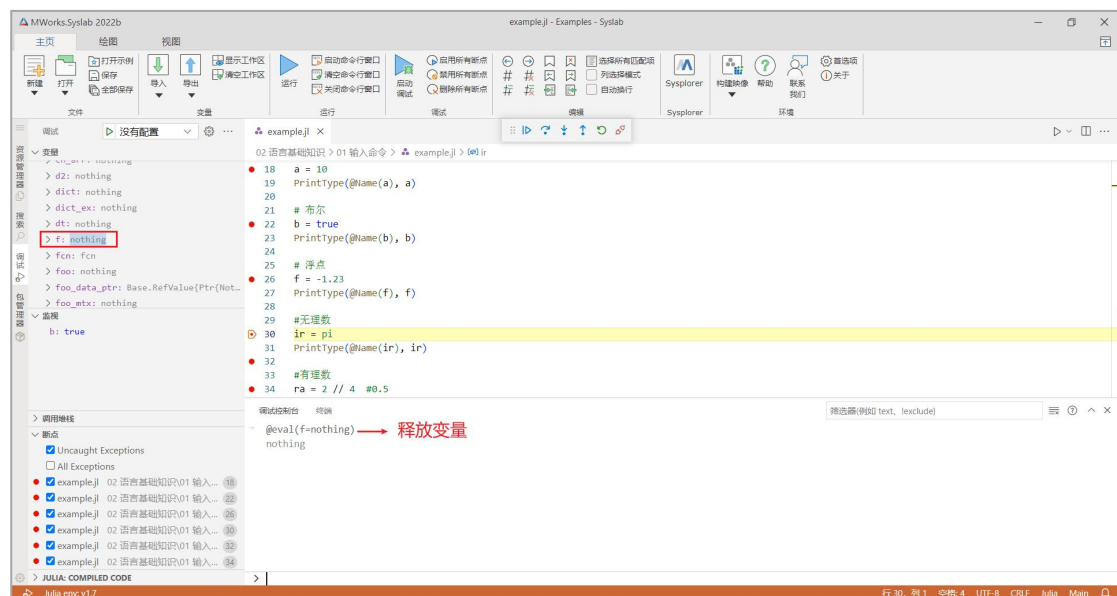


图 2-60 释放变量

2.4.3 调用堆栈

2.4.3.1 查看调用堆栈

Syslab 代码调试器，提供查看调用堆栈功能。在调试过程中，侧边栏的运行与调试面板，支持查看调用堆栈，便于了解函数调用逻辑，如下图所示。

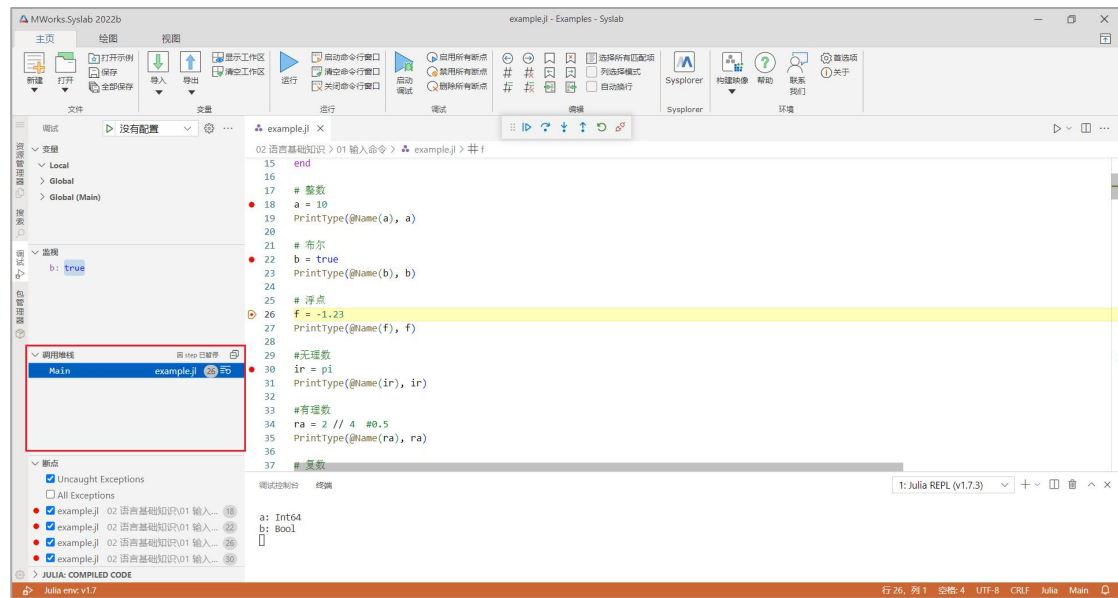


图 2-61 调试堆栈

2.4.4 调试模式

支持以调试模式运行代码文件，提供单步调试、断点调试、添加监视、查看调用堆栈等功能。

2.4.4.1 attach 模式

2.4.4.1.1 启动调试

在编辑器中打开代码文件，在工具栏上点击“启动调试”或 F5，即可开启调试运行。

2.4.4.1.2 调试工具栏

在调试运行模式下，编辑器上方会弹出调试工具栏，分别为：

- 继续(F5)：启动调试或者继续运行调试。
- 单步跳过(F10)：单步执行遇到子函数时不会进入子函数内，而是将子函

数整个执行完再停止。

- 单步调试(F11)：单步执行遇到子函数就进入并且继续单步执行。
- 单步跳出(Shift+F11)：当单步执行到子函数内时，执行完子函数余下部分，并返回到上一层函数。
- 重启(Ctrl+Shift+F5)：重新启动调试。
- 停止(Shift+F5)：停止调试。

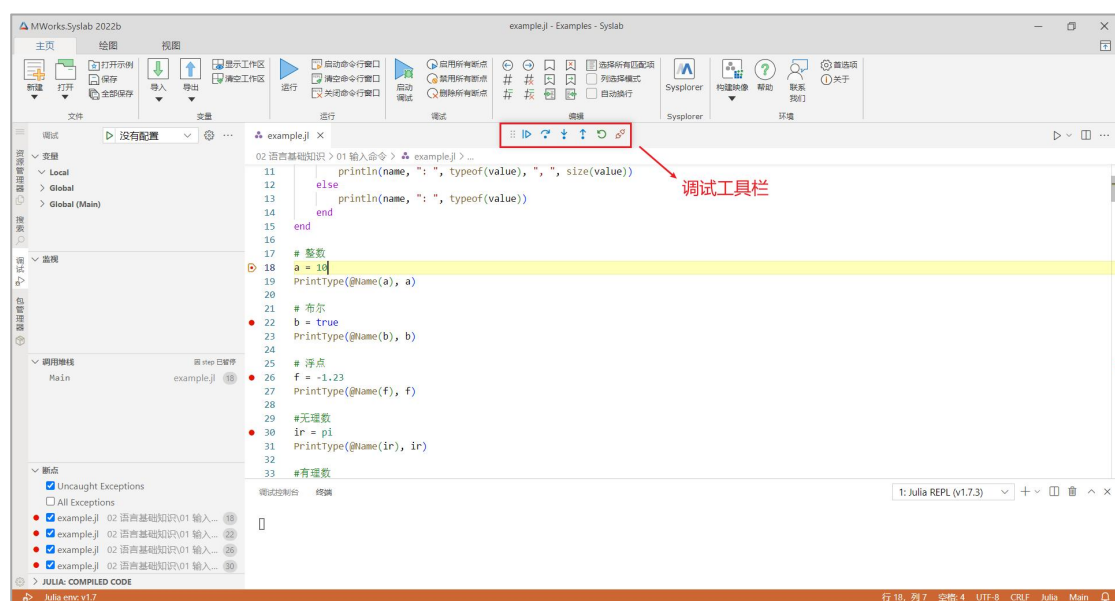


图 2-62 调试工具栏

2.4.4.1.3 断点调试

Syslab 代码调试器，提供断点调试功能。比如在文件 18 行、22 行分别添加断点，点击开始调试，程序在 18 行停止，点击继续，程序停止在 22 行，如下图所示。

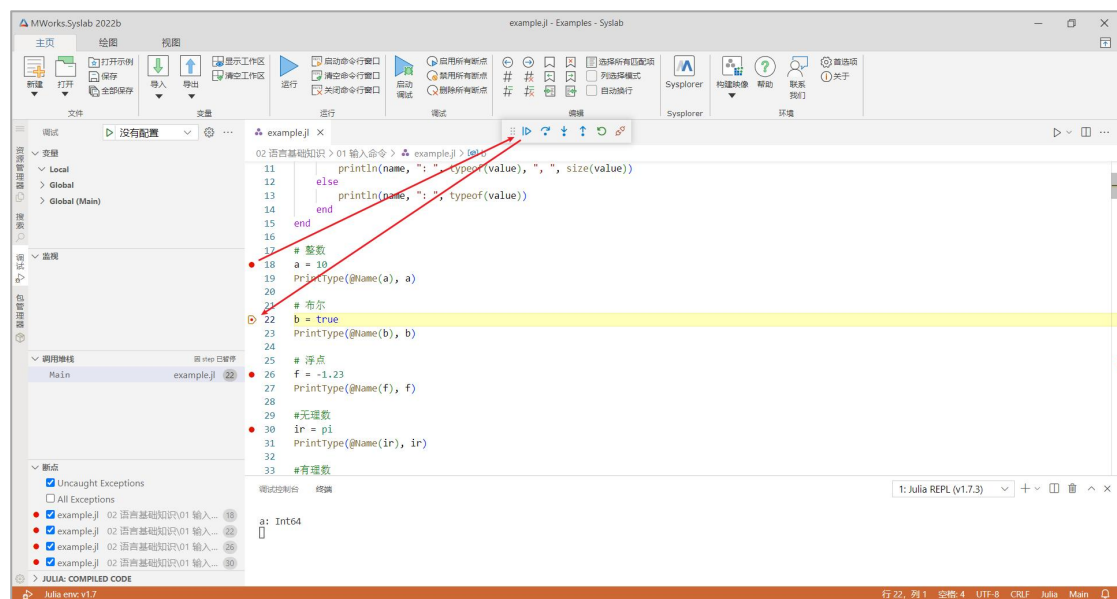


图 2-63 添加断点

2.4.4.1.4 添加监视

Syslab 代码调试器，提供添加监视功能。在调试过程中，可以监视任意表达式。比如输入“b”，监视“b”的变化，如下图所示。

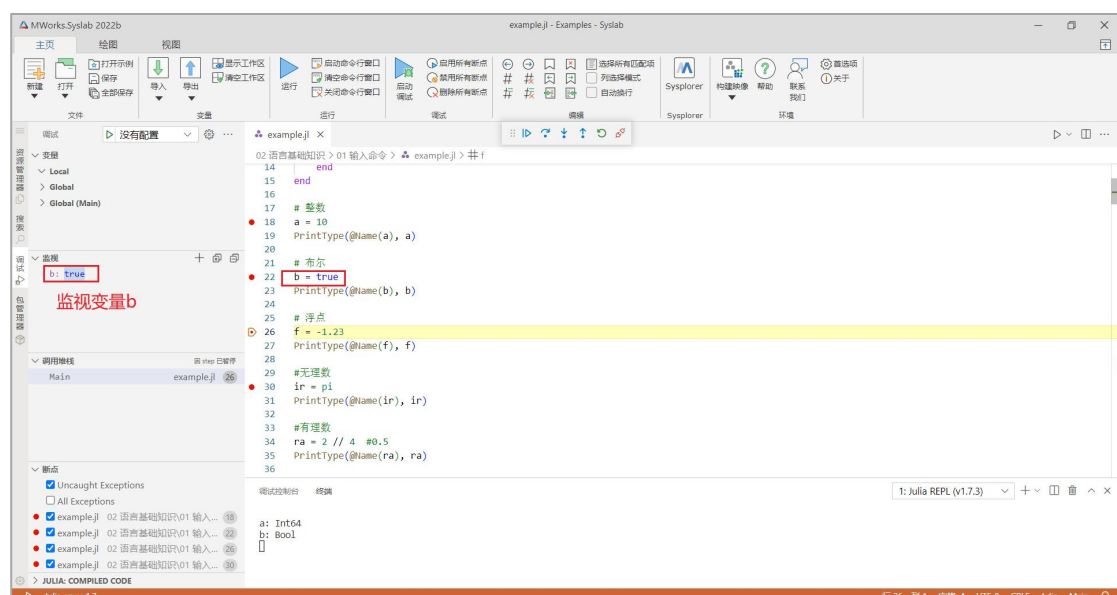


图 2-64 添加监视

2.4.4.2 launch 模式

注意：资源管理器中必须存在文件夹。

2.4.4.2.1 启动调试

在编辑器中打开代码文件，在工具栏上点击“启动调试”或 F5，即可开启调试运行。

2.4.4.2.2 调试工具栏

在调试运行模式下，编辑器上方会弹出调试工具栏，分别为：

- 继续(F5)：启动调试或者继续运行调试。
- 单步跳过(F10)：单步执行遇到子函数时不会进入子函数内，而是将子函数整个执行完再停止。
- 单步调试(F11)：单步执行遇到子函数就进入并且继续单步执行。
- 单步跳出(Shift+F11)：当单步执行到子函数内时，执行完子函数余下部分，并返回到上一层函数。
- 重启(Ctrl+Shift+F5)：重新启动调试。
- 停止(Shift+F5)：停止调试。

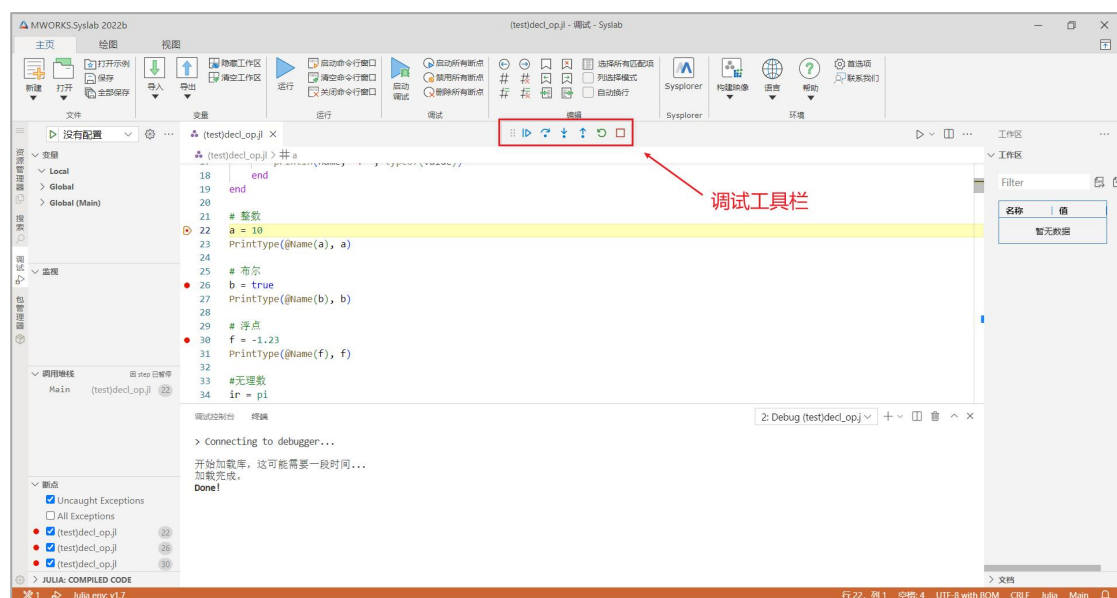


图 2-65 调试工具栏

2.4.4.2.3 断点调试

Syslab 代码调试器，提供断点调试功能。比如在文件 22 行、26 行分别添加断点，点击开始调试，程序在 22 行停止，点击继续，程序停止在 26 行，如下图所示。

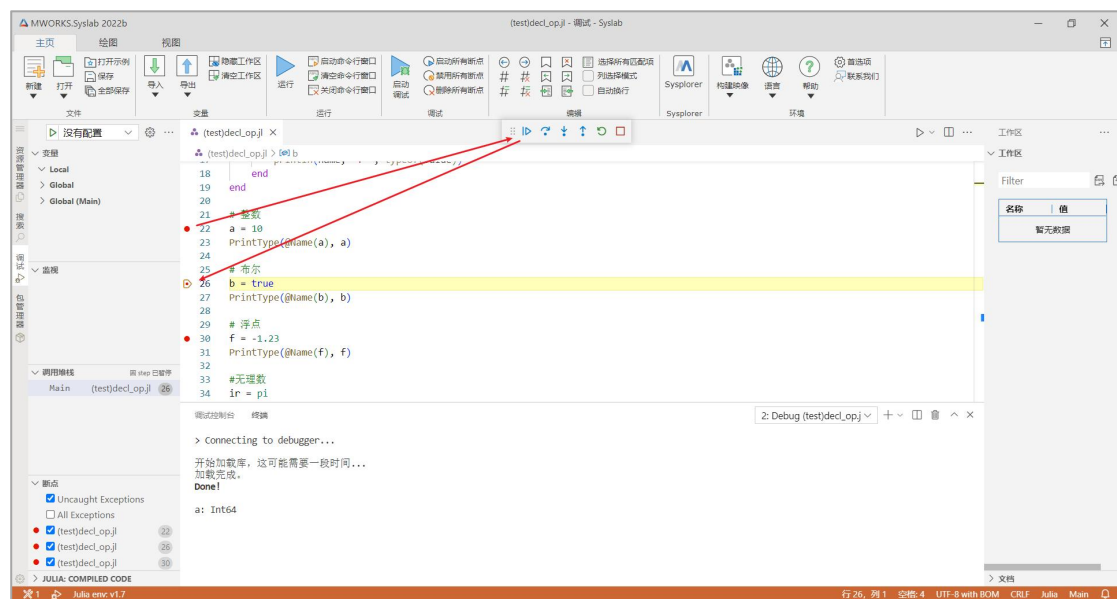


图 2-66 添加断点

2.4.4.2.4 添加监视

Syslab 代码调试器，提供添加监视功能。在调试过程中，可以监视任意表达式。比如输入“b”，监视“b”的变化，如下图所示。

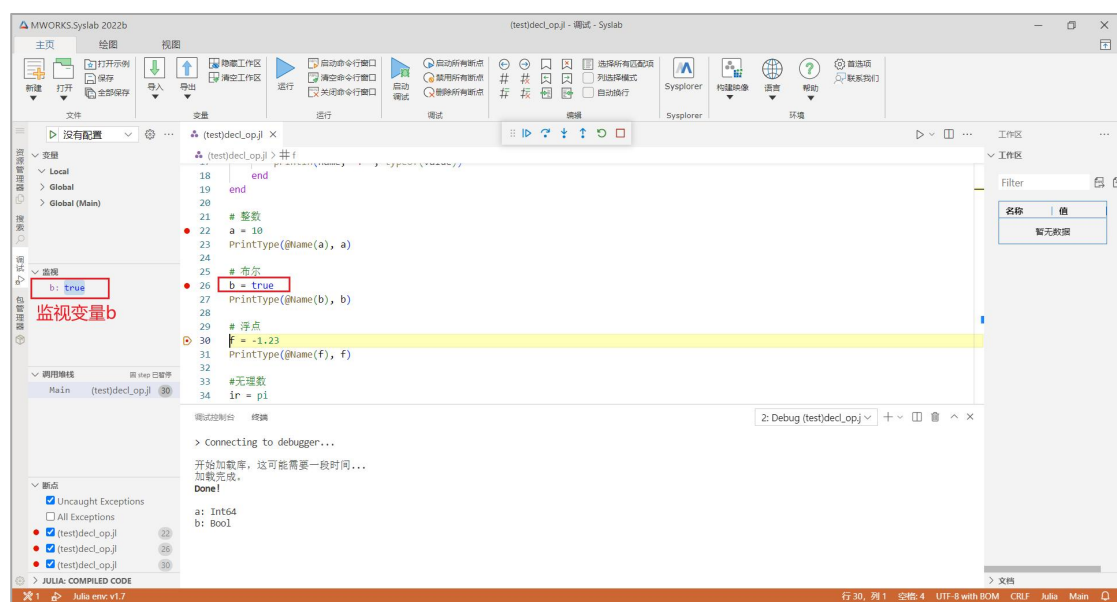


图 2-67 添加监视

2.5 图形可视化模块

图形函数包括二维和三维绘图函数，用于以可视化形式呈现数据和通信的结果。以交互方式或编程方式自定义绘图。

2.5.1 二维图和三维图

绘制连续、离散、曲面以及三维体数据图。

表 2-17 二维图和三维图

类别	简介
线图	线图、对数图和函数图
数据分布图	直方图、饼图、文字云等
离散数据图	条形图、散点图等
极坐标图	在极坐标中绘图
等高线图	二维和三维等值线图
曲面、体积和多边形	网格曲面和三维体数据、非网格多边形数据
向量场	彗星状图、罗盘状图、羽状图、箭状图和流线图

2.5.2 格式与注释

添加标签、调整颜色、定义坐标轴范围、应用光照或透明度、设置照相机视图。

表 2-18 格式与注释

类别	简介
标签和注释	添加标题、轴标签、信息性文本以及其他图表注释
坐标区外观	修改坐标轴范围和刻度值、添加网格线、合并多个绘图
颜色图	查看和修改颜色图、控制颜色映射、添加颜色栏
三维场景控制	添加光源、设置对象透明度、控制照相机视图

2.5.3 打印与保存

打印和导出为标准文件格式。

表 2-19 打印和保存

类别	简介
导出	将文件导出

2.5.4 图形对象

通过设置底层对象的属性自定义图形。

表 2-20 图形对象

类别	简介
图形对象属性	通过设置底层对象的属性自定义图形
图形对象的标识	查找、复制和删除图形对象
图形对象编程	比较、有效性测试、预分配和对象数组
指定图形输出的目标	控制目标图窗和轴以及如何更新这些对象

2.6 性能分析模块

Syslab 提供性能采样分析器，支持程序计时及程序性能采样分析，并将 Profiler 图保存。

2.6.1 程序计时

提供多种宏调用的方式，支持对表达式计时和查看内存分配情况。

2.6.1.1 @time

@time 宏对一个表达式计时和查看内存分配情况，包括：

- 程序运行时间

- 内存分配次数
- 总计分配的内存数
- 整理内存所用的时间（gc time）

```
x = rand(10,10);
@time x * x; # 第一次存在编译时间
# 0.428980 seconds (1.35 M allocations: 92.534 MiB, 6.13% gc time, 99.94%
compilation time)
@time x * x;
# 0.000008 seconds (1 allocation: 896 bytes)
```

2.6.1.2 @elapsed

@elapsed 宏对表达式计时，以浮点数的形式返回执行所用的秒数。

```
# 沿用 @time 示例
@elapsed x*x
# 7.6e-6
```

2.6.1.3 @btime

@btime 宏提供在基准测试期间测量的最小运行时间。

```
using BenchmarkTools
@btime x*x;
# 133.070 ns (1 allocation: 896 bytes)
```

2.6.1.4 @benchmark

@benchmark 宏，用于对 Julia 表达式进行基准测试。其运行结果主要包括：运行次数、最小用时、最大用时、中位数用时、平均用时，以及占用内存等。

```
# 沿用 @time 示例
using BenchmarkTools
@benchmark x*x
```

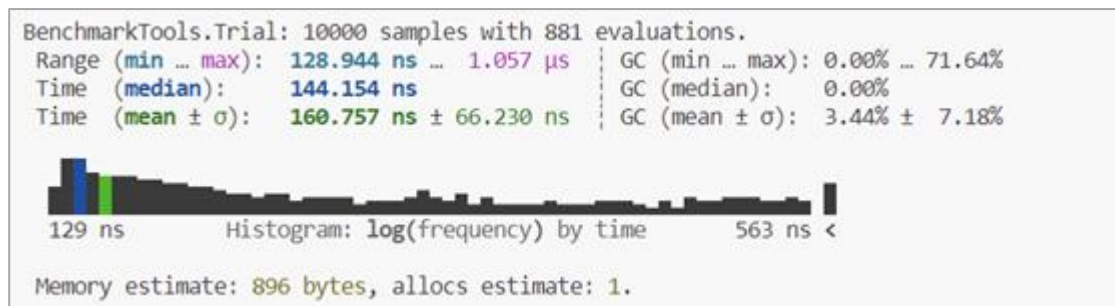


图 2-68 @benchmark 宏

2.6.2 程序性能采样分析

Syslab 内置 Profiler 模块，用于性能分析。同时以火焰图的形式，对性能采样分析结果进行可视化展示。

2.6.2.1 @profview

提供@profview 宏调用的方式，对运行代码进行性能采样分析。

```
function profile_test(n)
    for i = 1:n
        A = randn(100,100,20)
        m = maximum(A)
        Am = mapslices(sum, A; dims=2)
        B = A[:, :, 5]
        Bsort = mapslices(sort, B; dims=1)
        b = rand(100)
        C = B.*b
    end
end

# compilation
@profview profile_test(1)

# pure runtime
@profview profile_test(10)
```

注：Profiler 模块是基于采样实现，因此对于小函数（ms 以内执行完），需要多次执行才能得到一个相对可靠的分析结果

2.6.2.2 分析结果可视化

在 Syslab 代码编辑区域，运行上述代码，执行完毕后，编辑区部分代码行高亮，同时在编辑区的右侧，以火焰图的形式，展示性能采样分析结果。

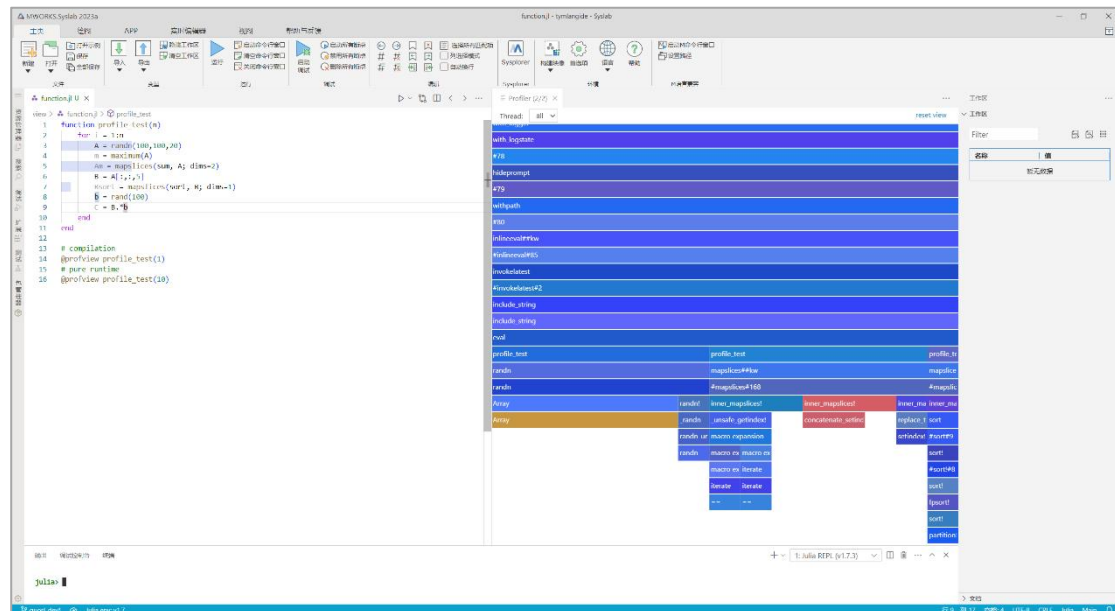


图 2-69 性能采样分析结果

2.6.2.2.1 编辑区高亮

执行代码完毕，得到性能采样分析结果，编辑区部分行代码高亮。其中高亮行长度表示执行占用时间比例，高亮行长度越长，表明占用时间比例越大。鼠标悬停在高亮行上，将显示回溯采样的样本数量以及耗时的百分比。

注：性能分析过程是在执行任务期间定期进行回溯。每次回溯会捕获当前运行的函数和行号，以及导致该行执行的完整函数调用链。调用及包含此行的函数序列的成本——与它在所有回溯采样的样本的全集中的出现频率成正比。

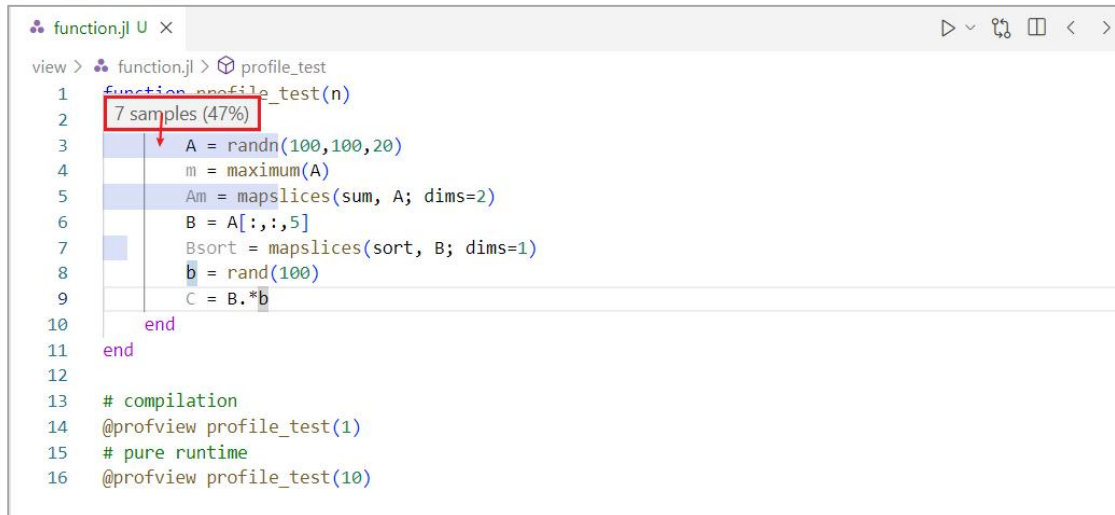


图 2-70 编辑区高亮

2.6.2.2.2 Profiler 图

执行代码完毕，得到性能采样分析结果，编辑区的右侧，会以火焰图的形式，展示性能采样分析结果。

Profiler 图以火焰图的形式来展示时间分布，它从顶部往底部，列出所有可能导致性能瓶颈的调用栈。具体规则如下：

- 每一列代表一个调用栈，每一个格子代表一个函数。
- 纵轴展示了栈的深度，按照调用关系从上到下排列。上面的函数是下面函数的父函数。
- 横轴格子的宽度代表其在采样中出现频率，所以一个格子的宽度越大，说明它是性能瓶颈原因的可能性就越大。
- 针对特别的标志例如垃圾回收、动态派发会使用特别的颜色进行展示。

2.6.2.2.3 悬停提示

鼠标悬停在 Profiler 图上，将显示回溯采样的样本数量、耗时的百分比、运行函数名称、运行的脚本文件名称和行号、特殊标志。

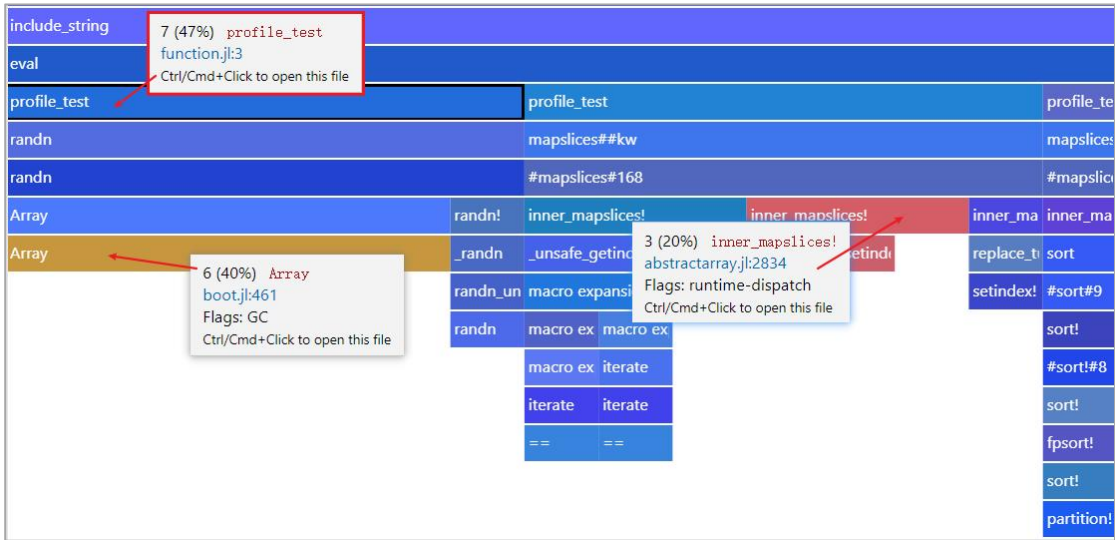


图 2-71 悬停提示

2.6.2.2.4 代码跳转

在 Profiler 图上，按住 Ctrl 并单击某个格子，将自动跳转到函数所在代码行，并且根据耗时百分比进行高亮显示。

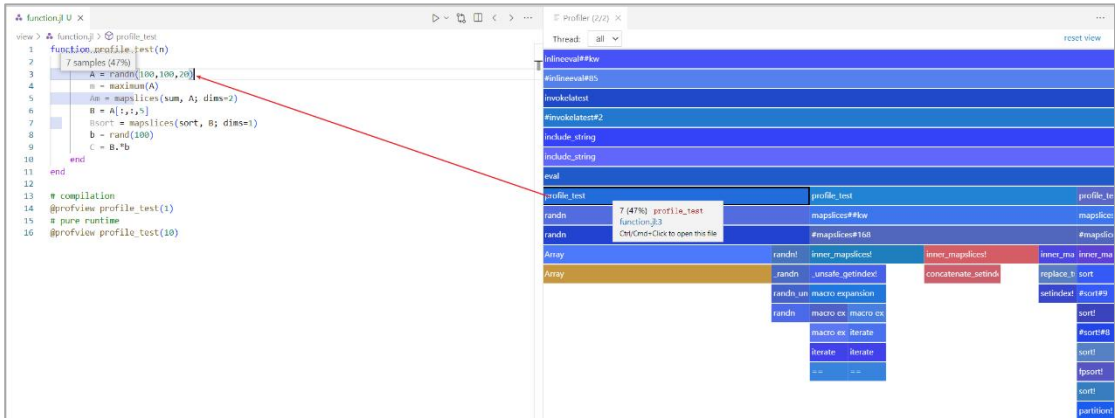


图 2-72 代码跳转

2.6.2.2.5 重置视图

单击 Profiler 图中的任何元素可放大该元素；双击背景（或使用右上角的“重置视图”按钮）将恢复至初始视图。



图 2-73 重置视图

2.6.2.2.6 切换视图

每次性能分析都会生成对应的 Profiler 图，点击右上角工具栏中 “左右箭头” 按钮，可以切换查看不同的 Profiler 图。

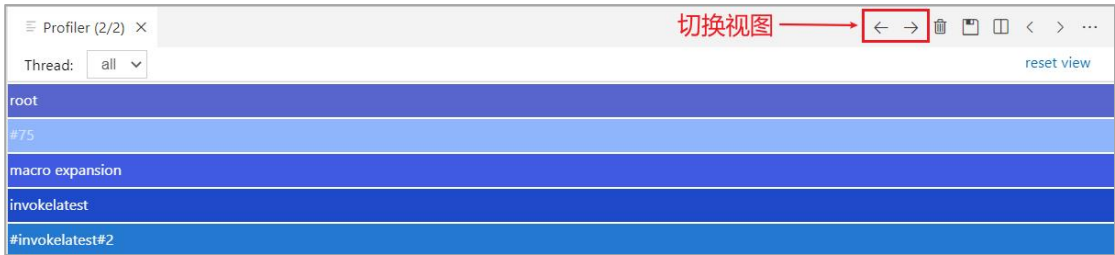


图 2-74 切换视图

2.6.2.2.7 保存

点击右上角工具栏中 “保存” 按钮，可以将 Profiler 图保存为 “profile.html” 文件。

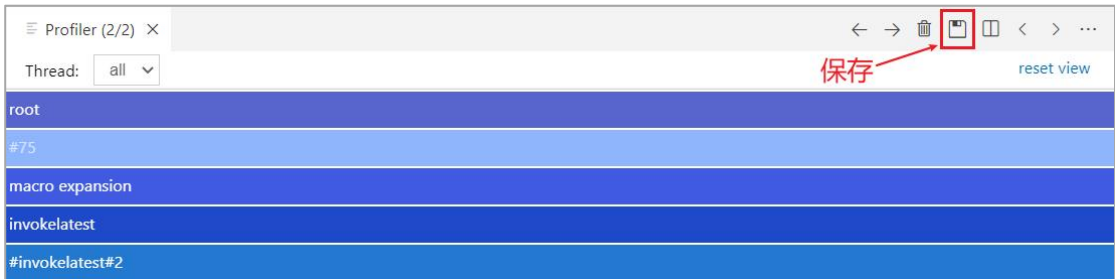


图 2-75 保存

2.7 外部语言接口

Julia 可与其他编程语言进行灵活的双向集成，从而使您能够重用原有代码。

2.7.1 Julia 调用 C/C++

从 Julia 直接调用 C/C++ 库功能详情参见：《附录-Julia 调用 C_C++》

2.7.2 C/C++调用 Julia

从 C/C++ 直接调用 Julia 库功能详情参见：《附录-C_C++调用 Julia》

2.7.3 Julia 调用 Python

从 Julia 直接调用 Python 库功能详情参见：《附录-Julia 调用 Python》

2.7.4 Python 调用 Julia

从 Python 直接调用 Julia 库功能详情参见：《附录-Python 调用 Julia》

2.8 报告生成工具

TyReportGenerator 提供了将报告功能集成到 Syslab 应用程序中的函数和 API。你可以开发能够生成 Microsoft Word 格式报告的程序。TyReportGenerator 使您能够从 Julia 代码中动态捕获结果和数字，并将这些结果记录在单个报表中，以便与其他人共享。您可以使用预生成的、自定义的 Word 模板。

报告生成中文档（Document）是最高层次的对象，它包含了所有的标题、段落、表格、图片等元素。在文档中，标题（Heading）是一级元素，它可以包含多个段落（Paragraph），段落是二级元素，它可以包含文本（Text）、超链接（Hyperlink）、数学公式（Equation）、批注（Comment）、题注（Caption）等元素。同时，段落也可以包含表格（Table）等元素。表格中包含了多个单元格（Cell）。因此，各元素之间的层次关系可以总结为：文档 > 标题 > 段落 > 文本\超链接\数学公式\图片\批注\表格\题注 > 单元格。

- 文档（Document）是指一个完整的文本文件，包含标题、段落、文本、图片、表格等内容。
- 标题（Heading）是指文档中用于标识章节或段落的文字，通常使用不同

的字号、字体、颜色等来区分不同级别的标题。

- 段落（Paragraph）是指文本中的一段连续的文字，通常以空行或缩进来区分不同的段落。
- 文本（Text）是指文档中的正文部分，包括各种文字、数字、符号等。
- 超链接（Hyperlink）是指文本中的一种链接方式，可以链接到其他文档、网页、图片等资源。
- 数学公式（Equation）是指文本中的一种特殊格式，用于表示数学公式、方程式等。
- 批注（Comment）是指文档中的一种注释方式，用于对文本进行补充说明或评论。
- 图片（Image）是指文档中的一种图像资源，可以用于说明、装饰等目的。
- 表格（Table）是指文档中的一种排版方式，用于展示数据、信息等。
- 单元格（Cell）是指表格中的一个小格子，用于存放数据、文本等。
- 题注（Caption）是指文档中的一种注释方式，用于对图片、表格等资源进行说明或注释。



图 2-76 报告生成中文档元素

2.8.1 创建与生成报告

创建程序以生成 Microsoft Word。

表 2-21 创建与生成报告

函数名	简介
create_document	创建报告容器

函数名	简介
generate_report	生成报告
compose_report	合并报告
replace_template	替换模板内容
rptview	显示报告

2.8.2 创建报告内容对象

创建报告内容，包含标题、段落、表格、图片等元素。

表 2-22 创建报告内容对象

函数名	简介
create_titlepage	创建封面
create_tableofcontents	创建目录
create_text	创建文本
create_paragraph	创建段落
create_heading	创建标题
create_bookmarket	创建书签
create_image	创建图片
create_caption	创建题注
create_code	创建代码块
create_linktarget	创建超链接

函数名	简介
create_comment	创建批注
create_equation	创建数学公式
create_pagebreak	创建分页符
create_pagelayout	创建页面布局
create_list	创建多级列表
create_table	创建表格
create_cell	创建表格单元格

2.8.3 添加、修改报告内容对象

添加或修改报告内容格式。

表 2-23 添加、修改报告内容对象

函数名	简介
add_titlepage	添加封面
add_tableofcontents	添加目录
add_paragraph	添加段落
add_heading	添加标题
add_heading1	添加一级标题
add_heading2	添加二级标题
add_heading3	添加三级标题

函数名	简介
add_heading4	添加四级标题
add_heading5	添加五级标题
add_heading6	添加六级标题
add_bookmark	添加书签
add_image	添加图片
add_caption	添加题注
add_code	添加代码块
add_link	添加超链接
add_comment	添加批注
add_equation	添加数学公式
add_pagebreak	添加分页符
add_pagelayout	添加页面布局
add_list	添加多级列表
add_table	添加表格
add_header	向表格添加行头或列头
add_col	向表格添加一列
add_row	向表格添加行
modify_text	修改 Text 对象属性

函数名	简介
remove_col	向表格删除指定列
remove_row	向表格删除指定行

2.8.3.1 具有 style 属性的对象

报告生成中的数据可以通过修改 style 属性对文档样式进行修改，具有 style 属性的数据有：

表 2-24 具有 style 属性的对象

类别	简介
文本	Text 结构体
图像	Image 结构体
公式	Equation 结构体
标题	Heading 结构体
表格	Table 结构体
列表	List 结构体

2.8.3.2 style 属性

style 为结构体数据，存储样式属性。

表 2-25 style 属性

属性	简介
bold	加粗
italic	斜体

属性	简介
color	颜色
strike	删除线
halign	水平对齐
valign	垂直对齐
underline	下划线
style_type	样式
font_family	字体
font_size	字号
background_color	背景色
left_line_indent	段落左缩进
line_spacing	行距
outer_margin	段前段后间距

3. 科学与工程计算与建模仿真一体化集成

3.1 M 语言兼容工具

使用手册详情参见：《附录-M 语言兼容工具-使用手册》

3.2 双向融合

科学计算环境 MWORKS.Syslab 侧重于算法设计、开发，系统建模仿真环境 MWORKS.Sysplorer 侧重于集成仿真验证，要充分发挥两者能力，需要通过底层

开发支持可视化建模仿真与科学计算环境的无缝连接，构建科学计算与系统建模仿真一体化通用平台。目前，已经初步实现了两者之间的双向深度融合，包括数据空间共享、接口相互调用、界面互操作等。

A. 数据空间共享

科学计算环境与系统建模仿真环境的数据互通，主要提供两种形式：

(1). FromWorkspace 模块，实现 Sysplorer 从 Syslab 工作空间获取数据。

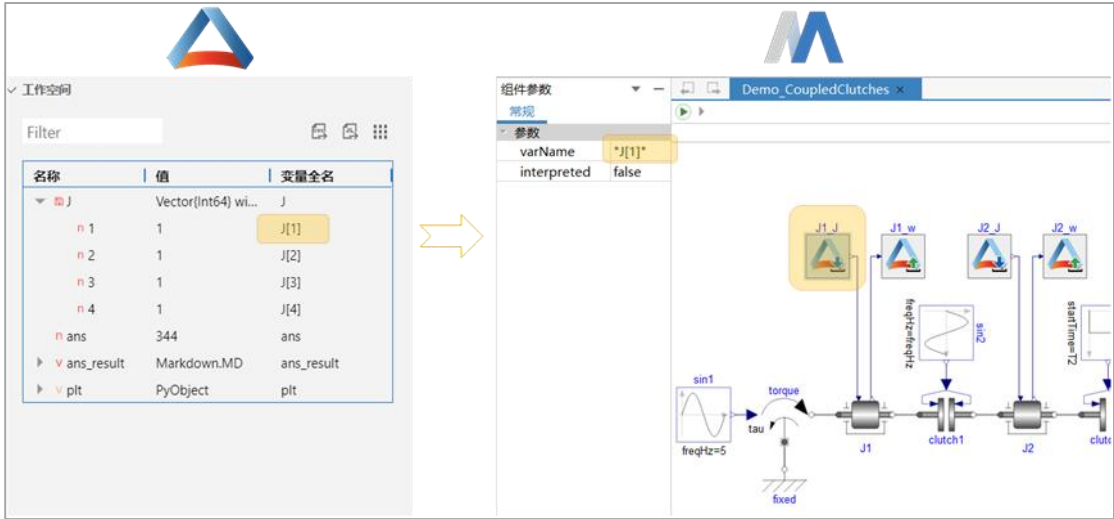


图 3-1 FromWorkspace

(2). ToWorkspace 模块，实现 Sysplorer 将仿真结果输出到 Syslab 工作空间。

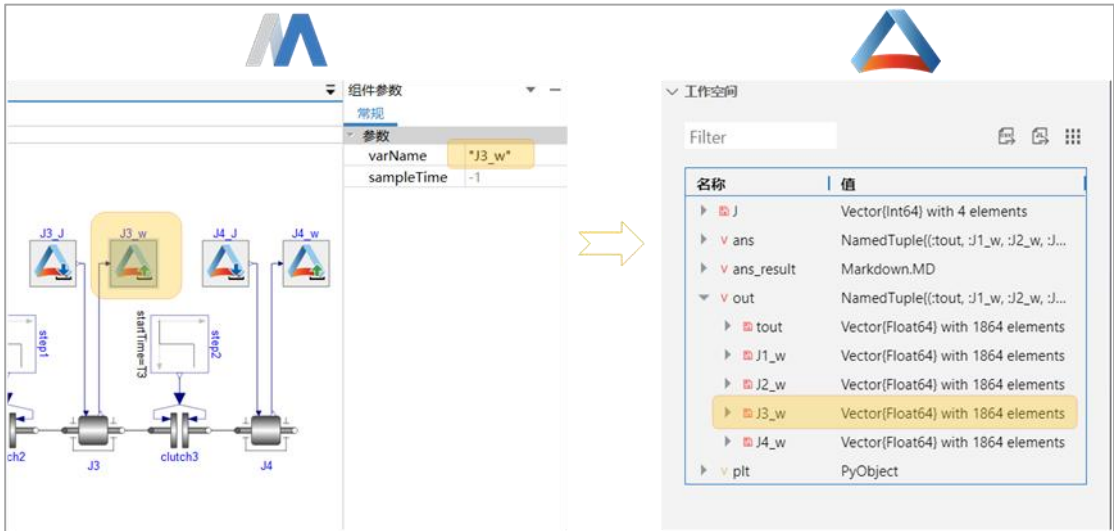


图 3-2 ToWorkspace

B. 接口互调

建模仿真语言和科学计算语言之间支持互相调用，仿真模型中支持调用科学计算函数，科学计算语言可以操作仿真模型，提供两种形式：

(1). Syslab 直接调用 Sysplorer API，驱动 Sysplorer 自动化运行。

如下图所示，Syslab 调用 Sysplorer API 实现耦合离合器模型参数扫动分析。

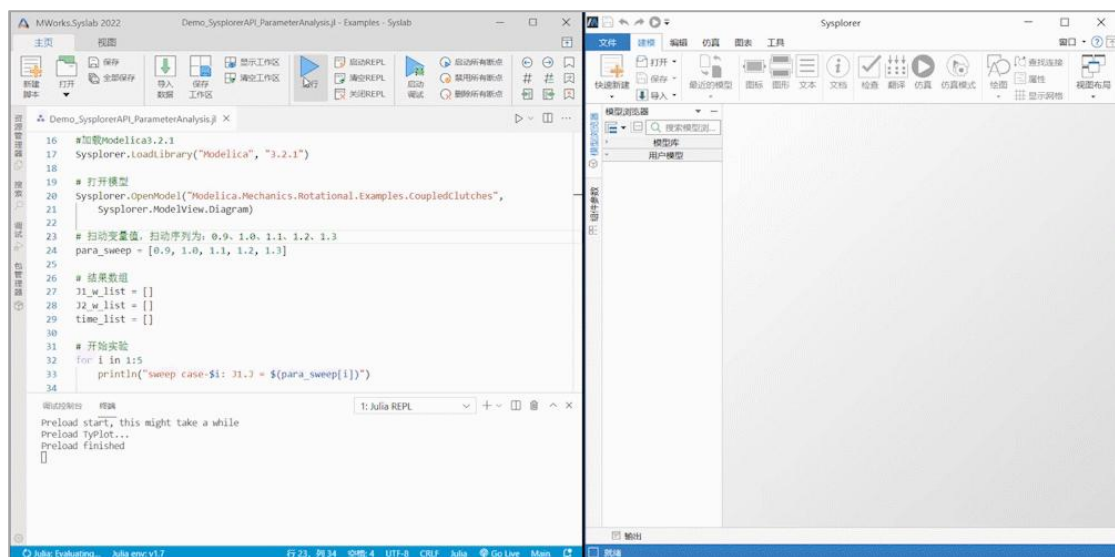


图 3-3 Syslab 调用 Sysplorer API 实现批量仿真

(2). Sysplorer 通过 Syslab Function 模块集成 Julia 函数进行一体化仿真计算。

如下图所示，Sysplorer 通过 Syslab Function 模块调用 Julia 语言编写的卡尔曼滤波算法。

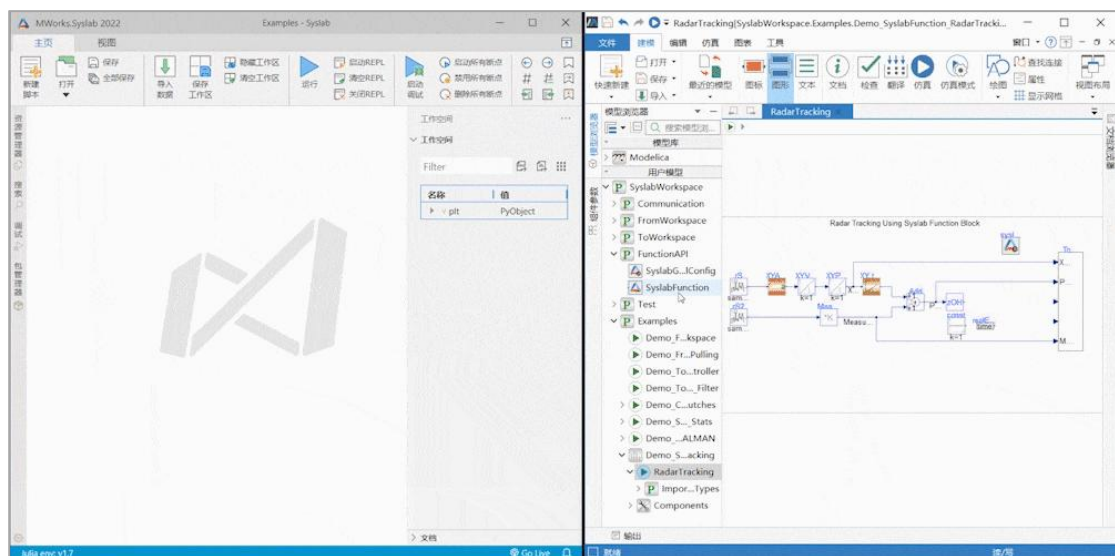


图 3-4 Sysplorer 调用 Syslab Function 实现卡尔曼滤波

C. 界面互操作

科学计算环境 Syslab 与系统建模环境 Sysplorer，支持界面互操作，主要包括三种形式：

- (1). 在科学计算环境中打开系统建模仿真环境；
- (2). 在系统建模仿真环境中打开科学计算环境并编辑模块代码；

(3). 在系统建模仿真环境中打开科学计算环境并在仿真过程中调试模块代码（规划中）。

3.2.1 Sysplorer API

详情参见：《附录-双向融合_Sysplorer API》

3.2.2 From Workspace

详情参见：《附录-双向融合_From Workspace》

3.2.3 To Workspace

详情参见：《附录-双向融合_To Workspace》

3.2.4 Syslab Function

详情参见：《附录-双向融合_Syslab Function》

4. 附录

A. 外部语言接口

《附录-Julia 调用 C_C++》

《附录-C_C++调用 Julia》

《附录-Julia 调用 Python》

《附录-Python 调用 Julia》

B. M 语言兼容工具

《附录-M 语言兼容工具-使用手册》

C. 双向融合

《附录-双向融合_Sysplorer API》

《附录-双向融合_From Workspace》

《附录-双向融合_To Workspace》

《附录-双向融合_Syslab Function》