

在开始实验之前.....

你是否已经读过助教写的[编程和学习指南](#)？

如果你还没有看过，请先仔细阅读一下其中“学习建议”的内容。了解如何上网搜索、如何高效提问，能够显著提高你在大学期间的学习效率。其中还有一个叫做“The Missing Semester of Your CS Education”的视频，在完成本次实验的过程中你可以结合实验讲义和该视频的前两段进行学习，更加深入了解终端和命令行的使用方式。

前言

同学们是否听说过“编程”这个看起来很厉害的东西，但又不知道它到底是什么 是否因为看到过电影里的黑客对着黑色的屏幕敲了一串字母最后酷炫地按下回车键，从而对计算机的世界感到好奇？

在本次实验中，我们将会用**Python3**这个编程语言为主来教会大家如何编写代码、如何运行代码，以及教大家如何像黑客一样对着你的电脑键盘一阵“乱敲”，然后按下回车键耍帅！当然，我们还需要教会你一些不那么酷炫的事情——如何完成作业以及提交作业。

在一切开始之前，你需要从[课程主页](#)或群里找到本次实验材料的压缩包，并把它解压（右键点击压缩包并适当选择带解压字样的选项）。压缩包里包含了本次实验所用到的代码文件：`hello.py`, `lab00.py`, `lab00.ok` 和 `ok` 客户端。

废话不多说，让我们开始吧。

环境配置

工欲善其事，必先利其器。

如果你使用了我们机房的电脑，那么可以不用按照这一节中的方法配置环境，因为机房的电脑已经把这些都安装好了。但我们还是建议你认真读一读这一小节。

安装Python

在本课程的实验中，我们主要以Python3这个编程语言为主来教大家编程。我们想要用它进行编程，首先需要在自己的电脑上安装运行Python3的环境。

大家平时可能听得比较多的说法是Python，而不是Python3。实际上，Python3表示Python这个语言的“3号版本”。聪明的同学可能想到，是不是Python还有其它版本？

没错，Python还有一个“2号版本”，叫做Python2。那还有Python1吗？有是有，不过这是1991年发布的东西，现在可能已经见不到了。Python3和Python2有很多不同的地方。但Python3比之Python2更加的新，也是被主流所使用的（Python2正逐渐被淘汰），因此我们的教学也采用了Python3。在实验讲义和以后的课程中，如果我们没有明确说明，那么Python指的都是Python3。

目前最主流操作系统有Windows系统、macOS系统和Linux系统。考虑到同学们可能使用各种不同的操作系统，本实验讲义的演示会兼顾这三种主流操作系统。但在这三种系统操作流程相似的地方，我们主要以Windows 10为例来做演示。若在按照实验讲义操作的过程中有难以解决的问题，欢迎大家在实验课上或课程群中随时提问。

接下来，让我们来看看如何在这三种系统上安装Python3。

Windows系统

方式一（推荐）

打开[Python官方网站](#)，找到“Download”里的“Latest: Python 3.x.y”。(x和y不重要)

The screenshot shows the Python website's main page. At the top, there are navigation tabs: Python, PSF, Docs, PyPI, Jobs, and Community. Below the Python logo, there are links for About, Downloads, Documentation, Community, Success Stories, News, and Events. A search bar and a 'GO' button are also present. On the left, there is a code snippet demonstrating Python arithmetic:

```
# Python 3: Simple arithmetic
>>> 1 / 2
0.5
>>> 2 ** 3
8
>>> 17 / 3 # classic division returns a float
5.666666666666667
>>> 17 // 3 # floor division
5
```

To the right, there is a section titled "Intuitive Interpretation" with text about Python's calculation rules. Below the code snippet, there are five numbered buttons (1, 2, 3, 4, 5). A red arrow points from the text "Latest: Python 3.9.6" in the "Download" section to the "Windows installer (64-bit)" row in the "Files" table below.

Python is a programming language that lets you work quickly and integrate systems more effectively. [» Learn More](#)

Get Started
Whether you're new to programming or an experienced developer, it's easy to learn and use Python.
[Start with our Beginner's Guide](#)

Download
Python source code and installers are available for download for all versions!
[Latest: Python 3.9.6](#)

Docs
Documentation for Python's standard library, along with tutorials and guides, are available online.
[docs.python.org](#)

Jobs
Looking for work or have a Python related position that you're trying to hire for? Our [relaunched community-run job board](#) is the place to go.
[jobs.python.org](#)

在新的页面向下翻，直到看到一个叫做“Files”的表格，找到属于自己电脑的版本（一般来说大家都是 Windows Installer (64-bit)）进行下载：

Files

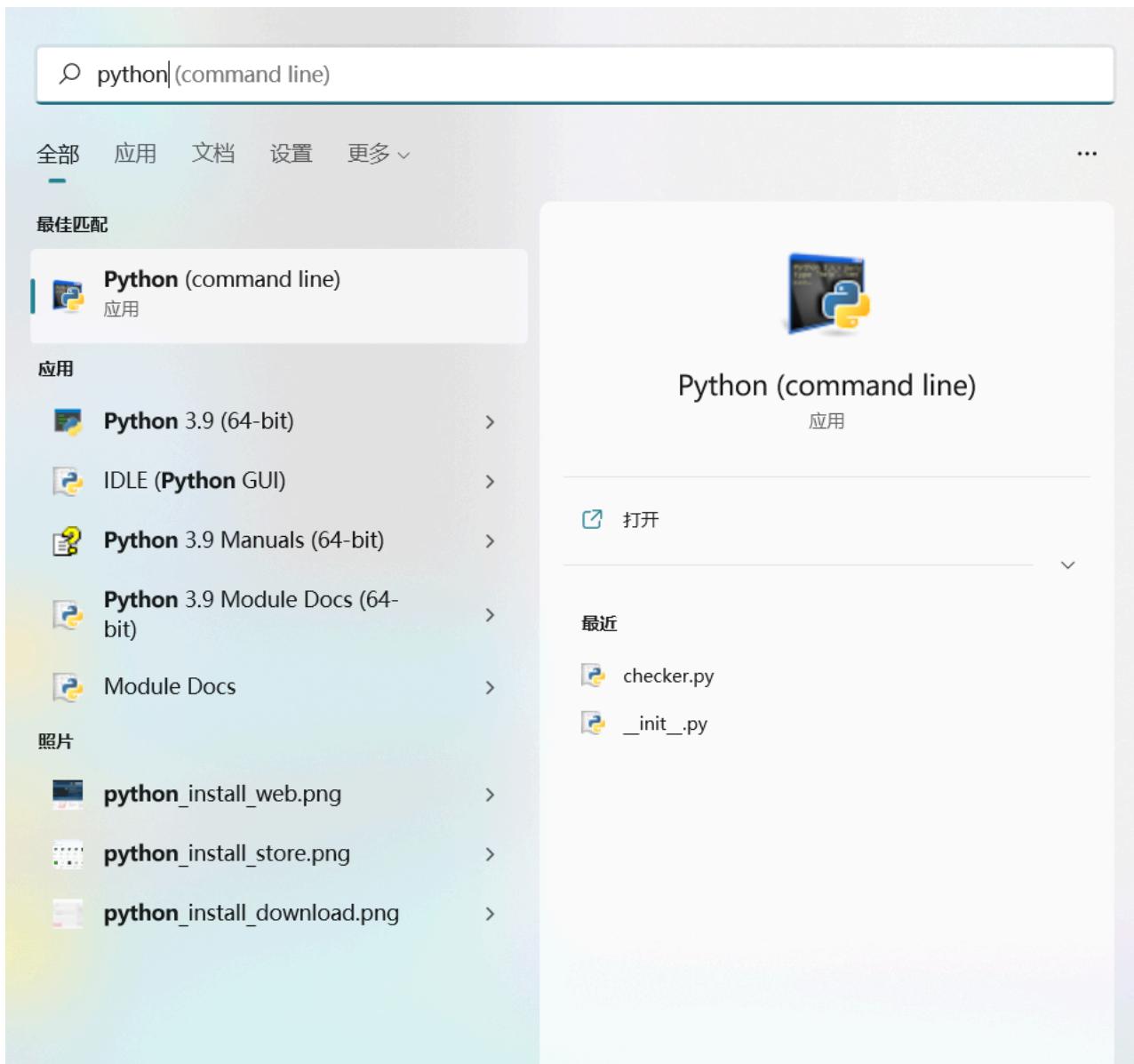
Version	Operating System	Description	MD5 Sum	File Size	GPG
Gzipped source tarball	Source release		798b9d3e866e190f6e32203c4c560fa	25640094	SIG
XZ compressed source tarball	Source release		ecc29a7688f86e550d29dba2ee66cf80	19051972	SIG
macOS 64-bit Intel installer	macOS	for macOS 10.9 and later	d714923985e0303b9e9b037e5f7af815	29950653	SIG
macOS 64-bit universal2 installer	macOS	for macOS 10.9 and later, including macOS 11 Big Sur on Apple Silicon (experimental)	93a29856f5863d1b9c1a45c8823e034d	38033506	SIG
Windows embedable package (32-bit)	Windows		5b9693f74979e86a9d463cf73bf0c2ab	7599619	SIG
Windows embedable package (64-bit)	Windows		89980d3e54160c10554b01f2b9f0a03b	8448277	SIG
Windows help file	Windows		91482c82390caa62accfdacbcabf618	6501645	SIG
Windows installer (32-bit)	Windows		90987973d91d4e2cdedb86c4e0a54ba7e	24931328	SIG
Windows installer (64-bit)	Windows	Recommended	ac25cf79f710bf31601ed067cd07deb	26037888	SIG

下载完成后，请大家按照下图的示意，务必勾选“Add Python 3.x to PATH”，然后再点击“Install Now”，等待安装完成后关闭安装程序。

如果有同学忘记勾选“Add Python 3.x to PATH”这个选项，那么就会在后续实验中就遇到问题。解决方法有两种：一种方法是先卸载Python，然后重新按照先前的指示安装。另一种方法是去网上搜索“Python环境变量配置”，手动地达到“Add Python 3.x to PATH”的效果（不推荐）。

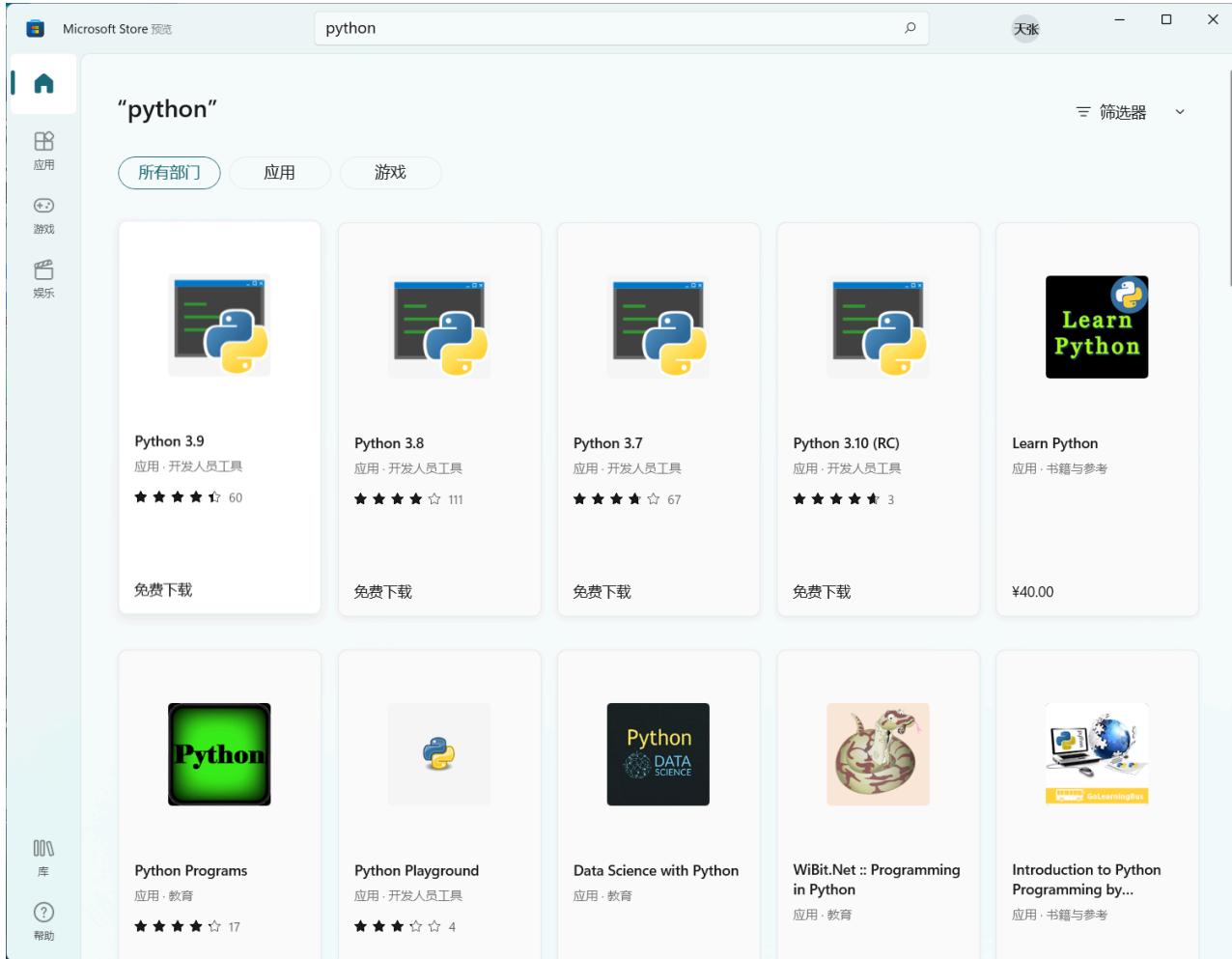


安装成功后，打开开始菜单，如果看到新增加的应用中有“Python (command line)”或“Python 3.x”就代表安装成功了。



方式二

打开Windows自带的“Microsoft Store”，搜索Python并安装。



macOS系统

初次使用macOS的同学请安装[homebrew](#)，相信用mac的同学们肯定大多数都安装过了。

如果你还没有安装，助教建议参考“[南京大学开源镜像站](#)”-Homebrew镜像使用帮助进行安装，可以避免因为网络不佳浪费的时间。

安装homebrew后可在终端输入 `brew install python3` 完成安装，安装后可以输入 `python3 --version` 检验是否成功。如果安装正确，你会看到如下信息：

```
$ python3 --version
Python 3.x.y # 3.x.y可能是任意版本号
```

GNU/Linux系统（以Ubuntu 20.04 LTS为例，下同）

在终端输入 `sudo apt install python3` 即可完成Python3的全部安装流程，同macOS一样，可以输入 `python3 --version` 检验是否成功。

不同的Linux发行版会选用不同的包管理工具, 例如CentOS为 `yum`, Fedora为 `dnf`。这里我们默认大部分使用Linux的同学使用Ubuntu。如果你使用其它Linux发行版且遇到了安装问题, 请联系助教。

安装VSCode

本质上，代码就是一堆文本。那我们平时怎么编辑文本？当然是Windows上的记事本！

所以，理论上我们使用Windows自带的记事本就可以写代码了。你可以用记事本打开实验材料里的 `hello.py` 试试（在Windows系统中，请右击文件，在“打开方式”中选择“记事本”，请勿直接双击文件）。只要看到以下文本就说明没问题：

```
2021  
print(2021)
```

我们把像Windows上这样的记事本软件称作**编辑器**（Editor）。“原始”的程序猿们就是使用编辑器来编写代码的。而“现代”的**集成开发环境**（Integrate Development Environment，简称IDE）就内置了一个足够好用的编辑器来给大家编辑代码。对于本课程，同学们不需要过多了解IDE，只需要知道IDE集成了更多编辑器所没有的功能即可。

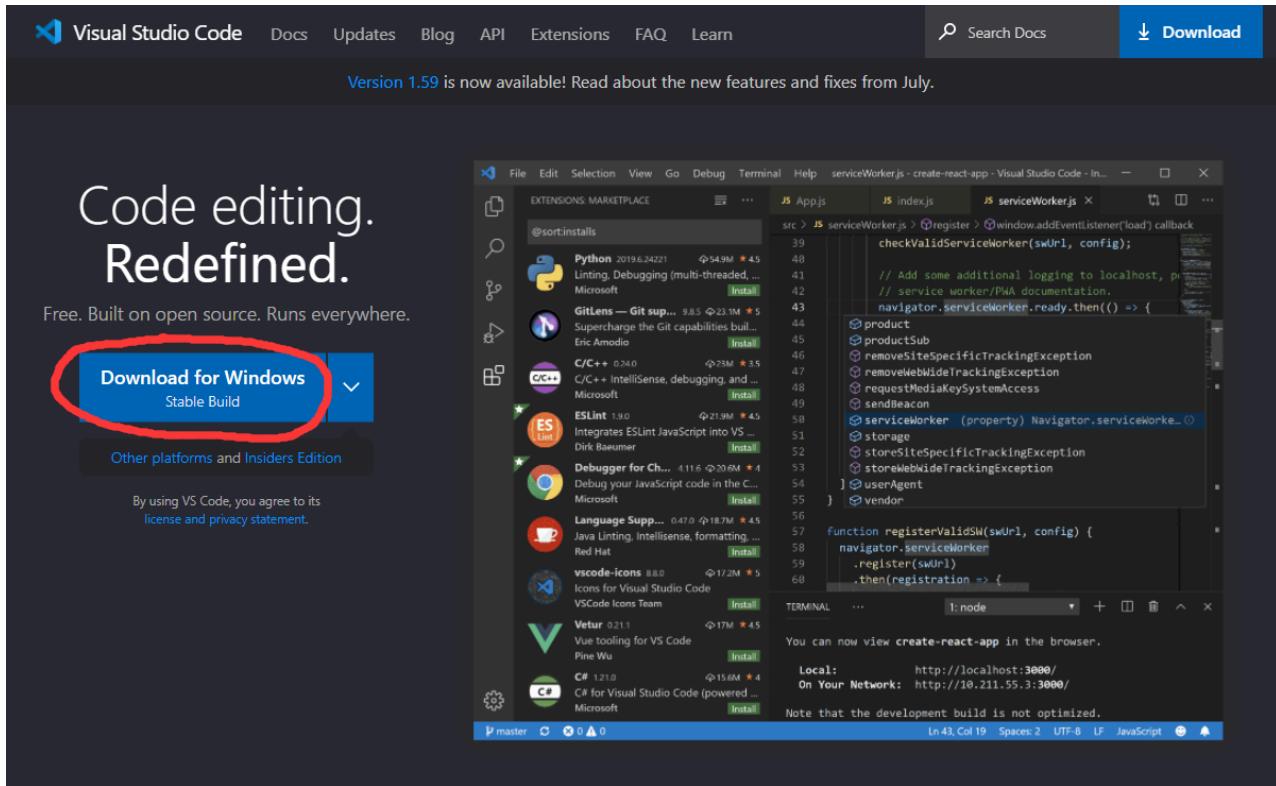
“原始”不代表真的原始。适合自己需求的才是最好的。

虽说现在我们知道使用Windows自带的编辑器也可以写代码，但现实中真没有什么人这样干。因为这个编辑器不是为我们写代码而设计的。程序猿们开发了很多专门用来写代码的编辑器，[VSCode](#)就是目前最为流行的编辑器之一！接下来我们以Windows平台为例，教大家下载安装VSCode。

对于macOS和Linux平台，安装VSCode的操作步骤和Windows大同小异，助教就不重复描述了。安装遇到困难的同学可以试着先使用搜索引擎查找解决方法，也可以在群里提问。

1. 下载安装VScode

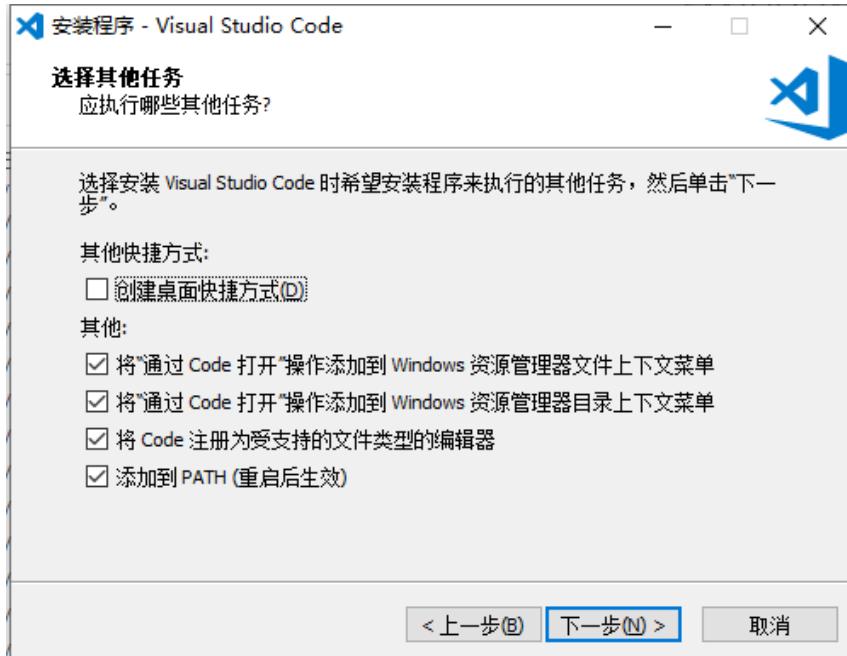
大家首先打开[VSCode官网](#)，然后点击该页面上的Download For Windows按钮下载VSCode的安装包。



点击下载后，网页可能会跳转到一个写着“Getting Started”的页面。这是VSCode的手册。

一般来说，软件开发者会维护一个手册来教大家如何使用这个软件。因此，未来大家在没有助教引导的时候，遇上新的软件，就要学会自己阅读官方手册。手册多半是英文的，因此学好英语很重要。

安装包下载好后，即可双击开始安装。基本上大家只要保留默认选项，然后不断选择下一步即可。但是，大家需要注意，当出现下图中的界面时，要按照图中所示把“其它”一栏下的复选框都勾选上（自己按需求勾选“创建桌面快捷方式”），这会使之后vscode的使用更方便。接下来，大家应该能自己操作安装好VSCode了。



大家会在程序设计课会用到一个C/C++的IDE，叫做Visual Studio（简称VS）。它和这里的VSCode有什么关系呢？——它们都是微软的。但VS是IDE，VSCode是编辑器。

2. 插件安装

目前，我们刚安装好的VSCode只是一个还算不错的编辑器而已。它能流行的真正原因，在于官方以及各路程序猿们合伙给它开发的插件上。接下来，我们来给我们的VSCode安装一些插件，使得它能给我们带来更好的编程体验。

首先，我们打开VSCode，然后点击下图中红框标出的按钮，进入插件商店。如果VSCode的版本比较老，那么可以在差不多的位置找到一个长得差不多的按钮。勇敢地点一下吧，反正也不会导致电脑爆炸。

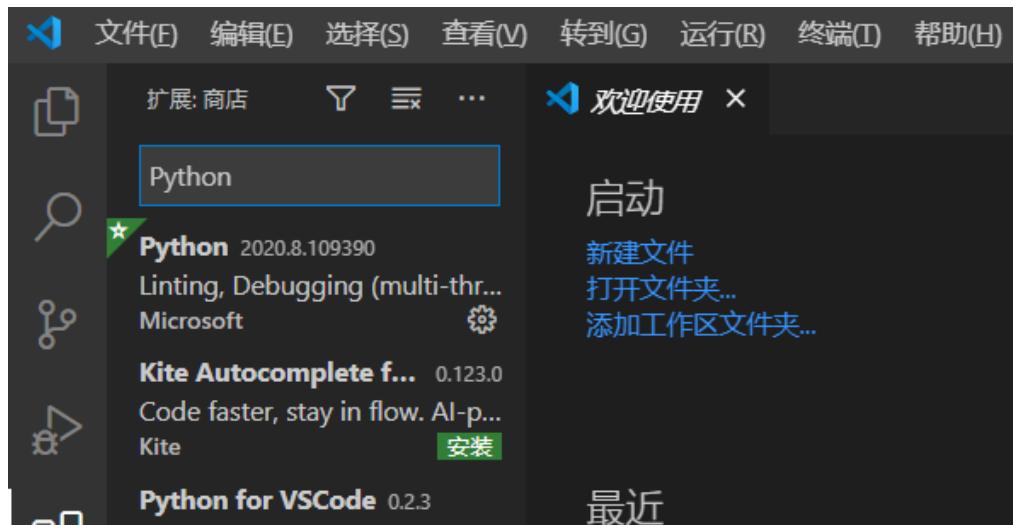


在旧版的VSCode中并没有内置中文语言包，大家刚打开的VSCode可能是英文界面，而不是中文的。

使用英文软件感到不习惯的同学可以先安装一下中文环境。在下图所示的插件商店搜索栏中搜索“Chinese”，然后能看到由微软开发的“中文(简体)”插件。接着，请点击右下角的“安装”按钮进行安装。安装完成后可能需要重新启动VSCode。



我们在插件商店的搜索栏中搜索“Python”，然后安装下图中第一个还是由微软开发的Python插件。下图是已经安装好的样子。



以上就是我们实验中所需要的最好用的两个插件。大家可以在未来根据自己的需求不断添加新的插件打造你的“最强编辑器”。

3. 怎么运行代码？

对了，善于思考的同学可能会问，“现在我们知道没有IDE的时候程序猿们是怎么编辑代码了，但他们又是怎么运行代码的呢？”。

先给个答案：程序猿们在“终端”上使用“命令”来运行代码。什么是终端？什么又是命令？想象一下我们在开头提过的影视作品里黑客们的例子。有没有一些感觉呢？马上在第2章我们就会教给大家这些东西。

小结

到现在，同学们应该已经完成了以下内容：

- 安装好了Python环境和VSCode编辑器。
- 知道了程序猿使用编辑器、IDE来编写程序，并使用终端和命令来运行程序。

终端与命令

在终端（Terminal）上使用命令（Command）运行程序是最原始、基本且重要的方式，不仅在本课程中将被广泛用到，它还会伴随同学们完整的程序员生涯。

在这一节中，我们来认识终端，并学习如何在终端上执行一个简单的命令。

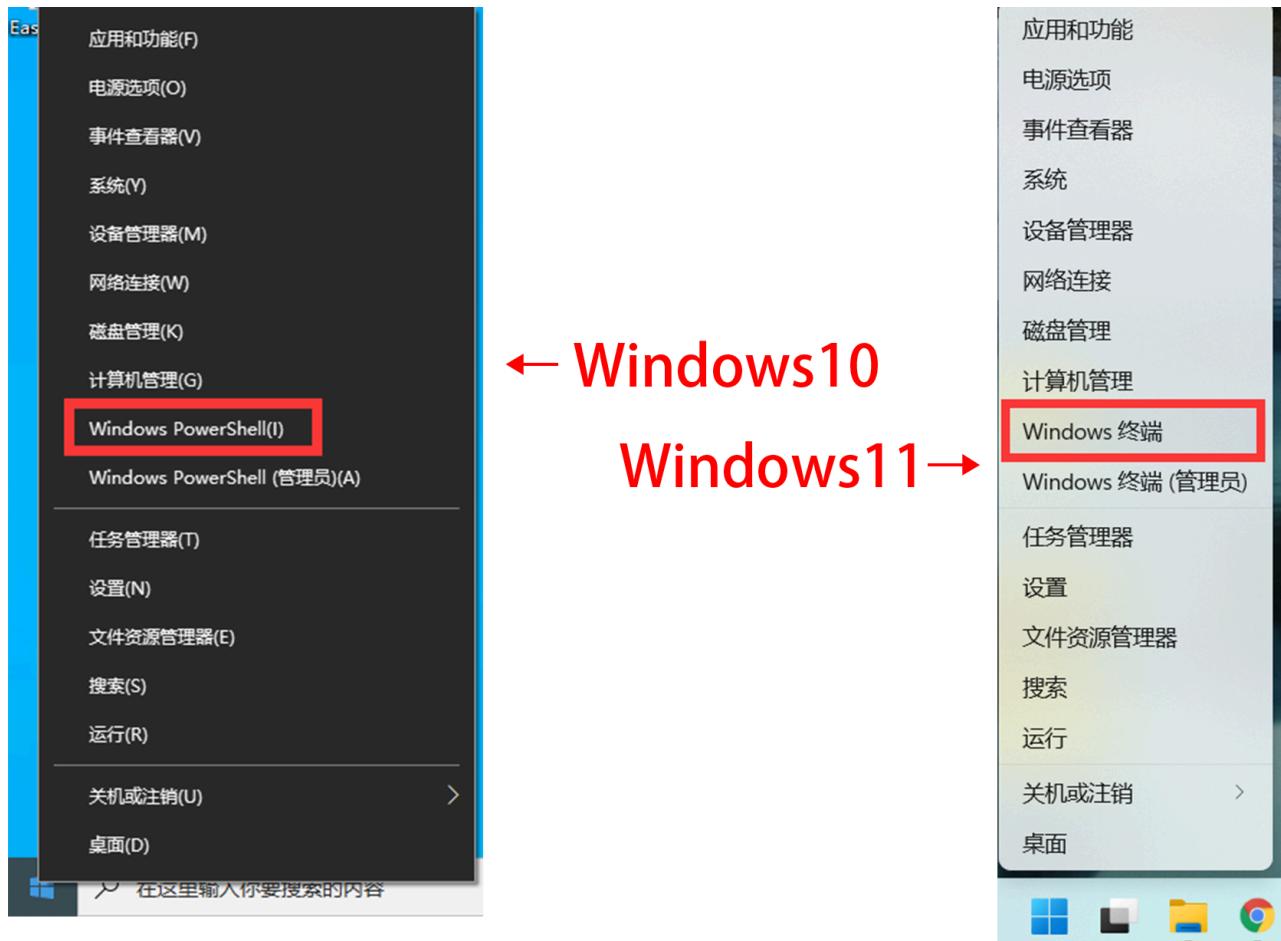
打开终端

Windows系统

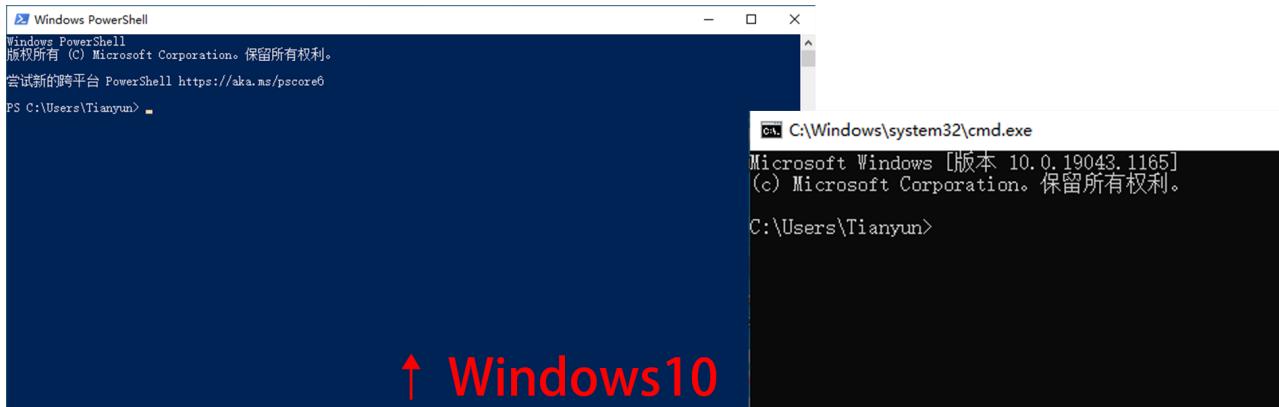
考虑到本课程的实验仅需最简单的终端命令，我们以Windows系统默认配置的终端为例。

右键点击开始菜单图标（注意是用鼠标右键！点开始菜单上的“田”字图标！），你会看到一些菜单选项，我们需要找到以下选项中的某一个并点击打开（以下三个选项中必定会出现某一个）：

- 早期的Windows 10：命令提示符
- 较新的Windows 10：Windows Powershell
- 最新的Windows 11：Windows终端

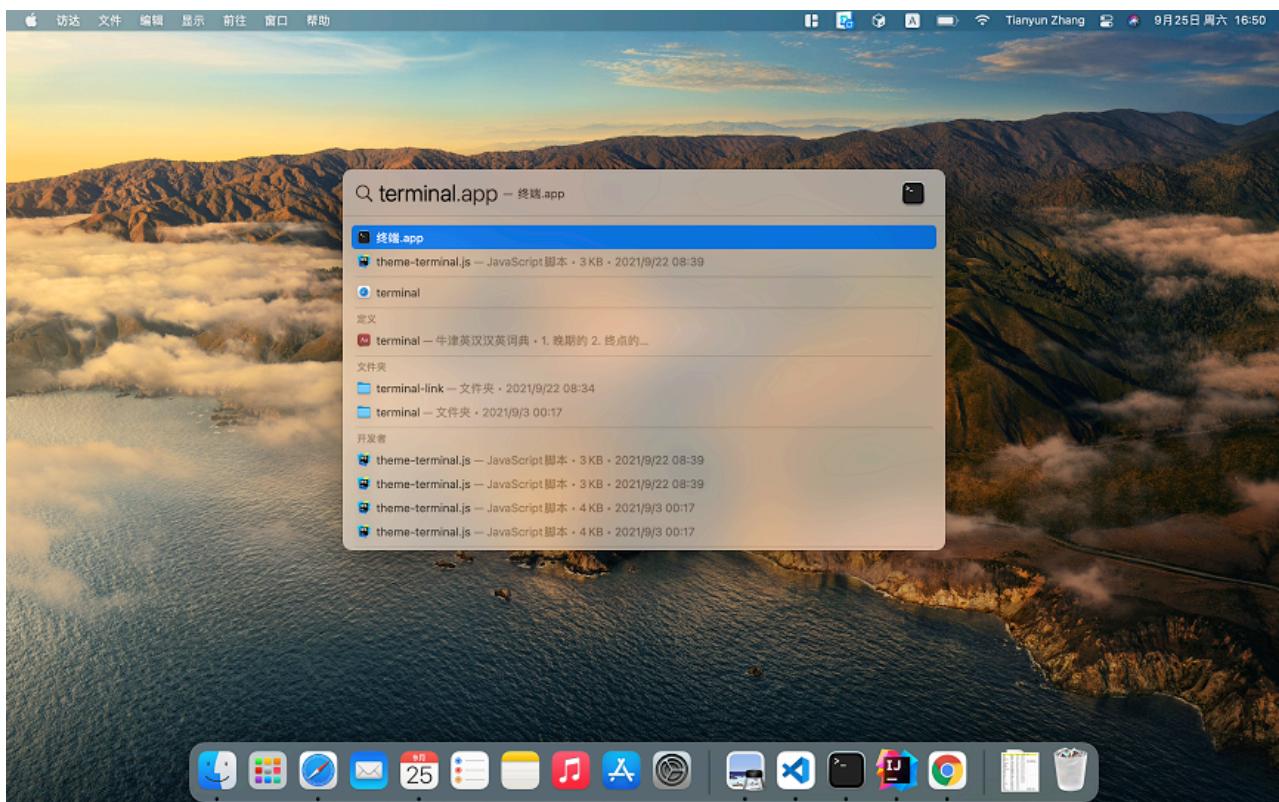


若见到类似如下的终端界面，便说明成功打开了Windows的终端。

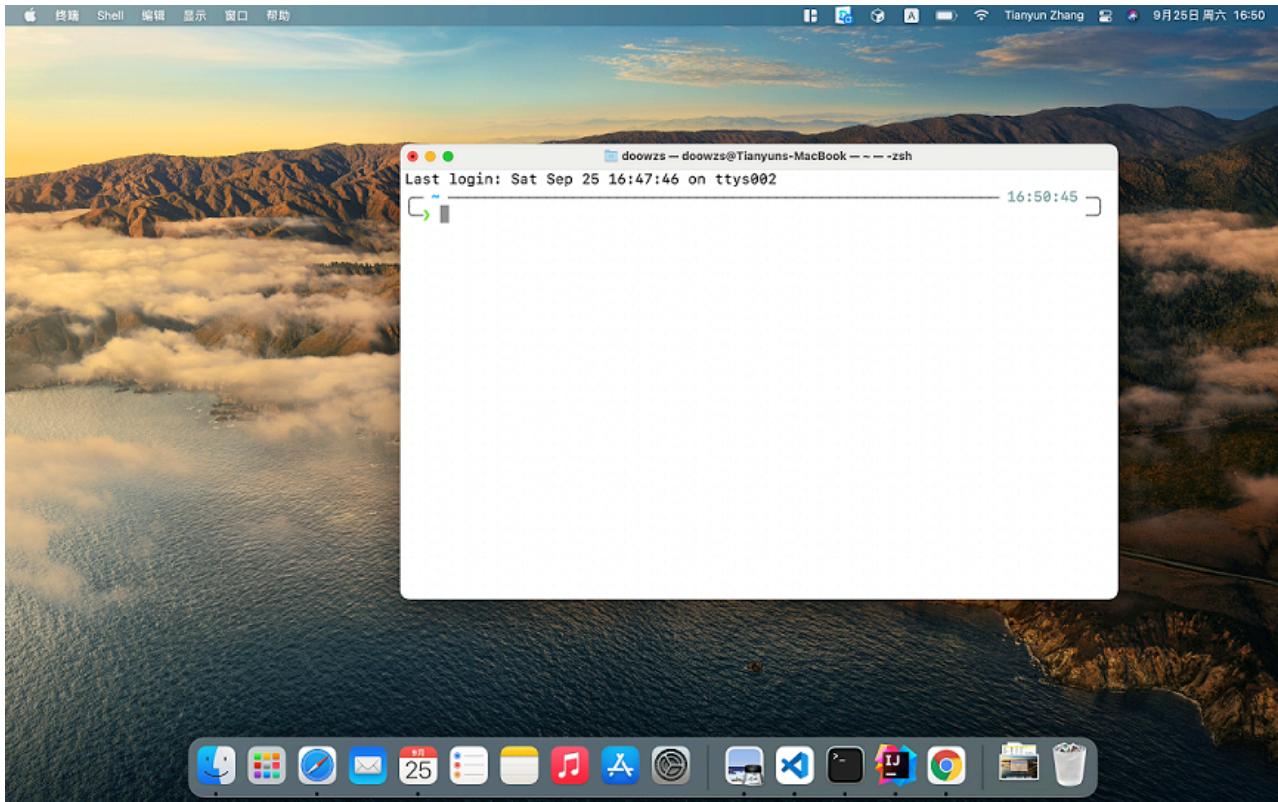


macOS系统

在Apple官网能找到《终端使用手册》。



在访达（Finder）的“应用程序/实用工具”目录中寻找“终端”（或“Terminal”），打开即可。也可以点击程序坞的“启动台”图标，或按下Command+空格组合键，在搜索栏中键入“终端”（或“Terminal”），然后点击图标启动终端。



Linux系统

在桌面或文件夹界面右击，在下拉框中选择“Open in terminal”，就能打开终端。也可以利用快捷键Ctrl + Alt + T打开。

什么是“终端”？

到底什么是“终端”？终端本质上就是一个“显示器”——它只有显示的功能。然而，当你打开终端后，你会在终端上看到一些字符，并且敲击键盘会在终端上显示你敲击的字符。实际上，这是由一个叫“cmd.exe”的程序完成的（在Windows平台上是这样的。在Linux和macOS上对应的程序叫Shell）。cmd.exe是你最贴心的电脑管家。你可以通过输入“命令”来让它帮你在电脑上执行程序，并把结果输出到终端上。马上我们就知道如何让它执行一些命令了。

有的人可能想知道，为什么大家看到的终端是这样黑漆漆的一片、只显示了一些看起来很枯燥的文本呢？因为古早的电脑就是这样的。就像下面图片里这样。古早的电脑的显示器就是终端，又因为显示器没有像现代发达的图形显示能力，所以只能用最简单的方法显示信息——黑漆漆的背景、像素风格的文字。而当拥有图形界面的操作系统（如Windows）开始流行后，显示器被好看的图形界面了占用了，终端需要靠软件模拟才能打开。又因为前面所说的历史因素，模拟出来的终端就保持了这样有点丑的“小黑框”风格。

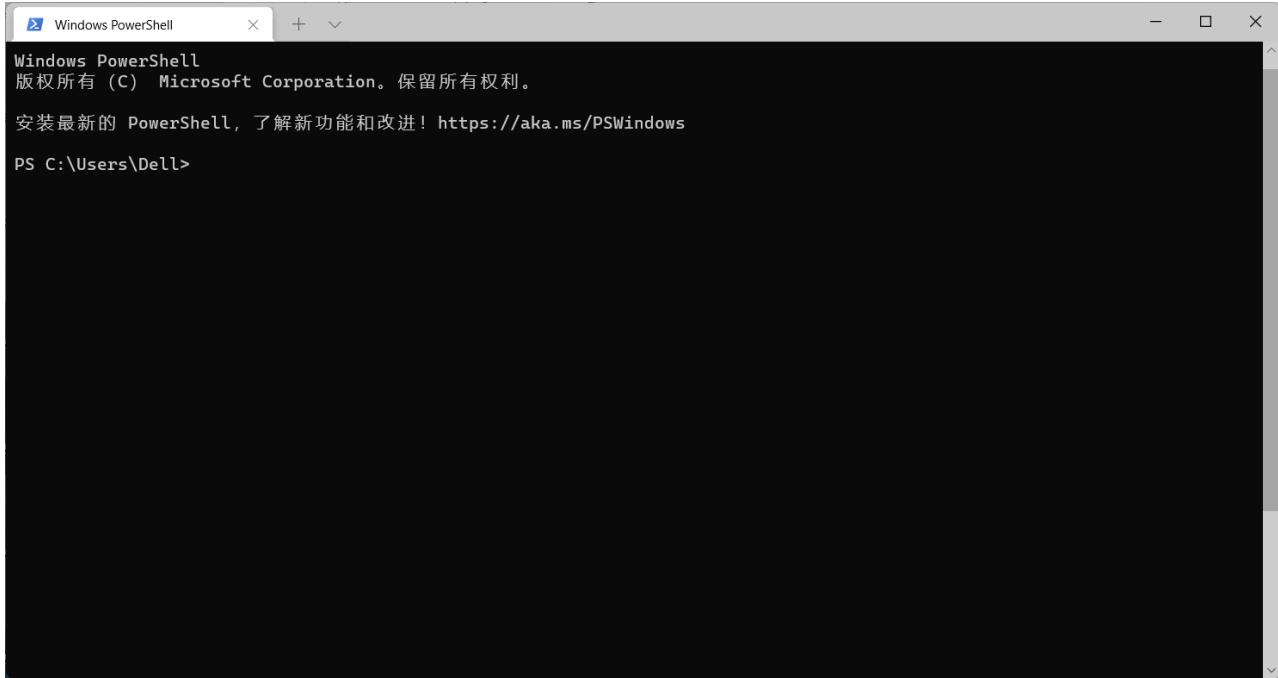


未来我们提及终端的时候，更多指的是终端的那个“小黑框”外加上cmd.exe（或Shell）这个程序所组成的整体。如果现在大家不是那么明白也没关系，只要知道如何打开终端即可。

认识终端

打开终端后，我们首先来理解一下终端上显示的到底是什么，再来学习如何让终端执行我们的“命令”。

以Windows为例，当你打开终端后，你可能会看到终端上显示着类似于下面这样的文字（取决于大家Windows的版本，显示的实际内容可能会略有出入）：



A screenshot of a Windows PowerShell window titled "Windows PowerShell". The window contains the following text:
Windows PowerShell
版权所有 (C) Microsoft Corporation。保留所有权利。
安装最新的 PowerShell，了解新功能和改进！ <https://aka.ms/PSWindows>
PS C:\Users\...>

首先前面几行是关于微软的一些信息，我们不用管它。终端的最下面一行显示了这样一段文字：

```
PS C:\Users\...>
```

我们把这串字符称为“**提示符**”(Prompt)，它本身代表了一些当前系统的信息，并“提示”你，终端正在待命，你可以在光标处输入命令！那这串提示符的信息该怎么理解？我们可以把它分解为以下几个部分：

- 第一部分是 PS，表示当前终端使用的是Powershell，不同的终端可能会展示不同的内容。
- 第二部分是 C:\Users\...，表示终端的“当前工作目录”。这个概念我们会在后面“文件查找与当前工作目录的切换”的部分会详细讲解。
- 第三部分是 >，一个比较形象的符号来提醒你在它后面可以输入命令了。

终端中的提示符的格式是可以自定义的。每个平台都可能有不同的格式。所以我们再以macOS为例，看看macOS上的提示符长什么样。macOS的默认终端提示符如下图所示。

```
Last login: Fri Sep 25 10:04:22 on ttys001
The default interactive shell is now zsh.
To update your account to use zsh, please run `chsh -s /bin/zsh`.
For more details, please visit https://support.apple.com/kb/HT208050.
[macbook@MBP15 ~]$
```

可以看到，终端的第一行是用户登录系统的时间等信息，接下来的几行是关于Shell的信息（同学们的终端可能不会显示这些信息，不用在意）。比较重要的是最后一行：

```
[macbook@MBP15 ~]$
```

这串字符是macOS上的默认提示符，它的格式是这样的：在 @ 符号之前的是你的用户名（在助教的电脑里用户名是macbook），在 @ 符号之后的是电脑的名称（此处为MBP15）。紧接着， ~ 看似陌生，实际上就是类似于前面介绍的Windows中的 C:\Users\Dell 这样的用户目录。

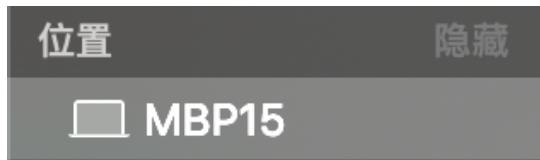
而在助教的电脑上，助教给终端安装了一些主题，提示符如下图所示：

```
Last login: Sat Sep 25 18:44:18 on ttys004
[doowzs@TianyunsMacBook ~]$ 18:53:04
```

可以看到，提示符中不再显示用户名、电脑等信息，但仍然保留了当前目录信息 ~ 和提示用户输入指令的箭头 > 。

~ 是什么？（选读）

打开macOS的“访达”（相当于Windows的文件管理器），点击左侧框中“位置”下方你的电脑名称



可以看到一个带有磁盘图标的“文件夹”，双击打开

名称	修改日期
► 网络	--
► Macintosh HD	2020年8月18日 17:26

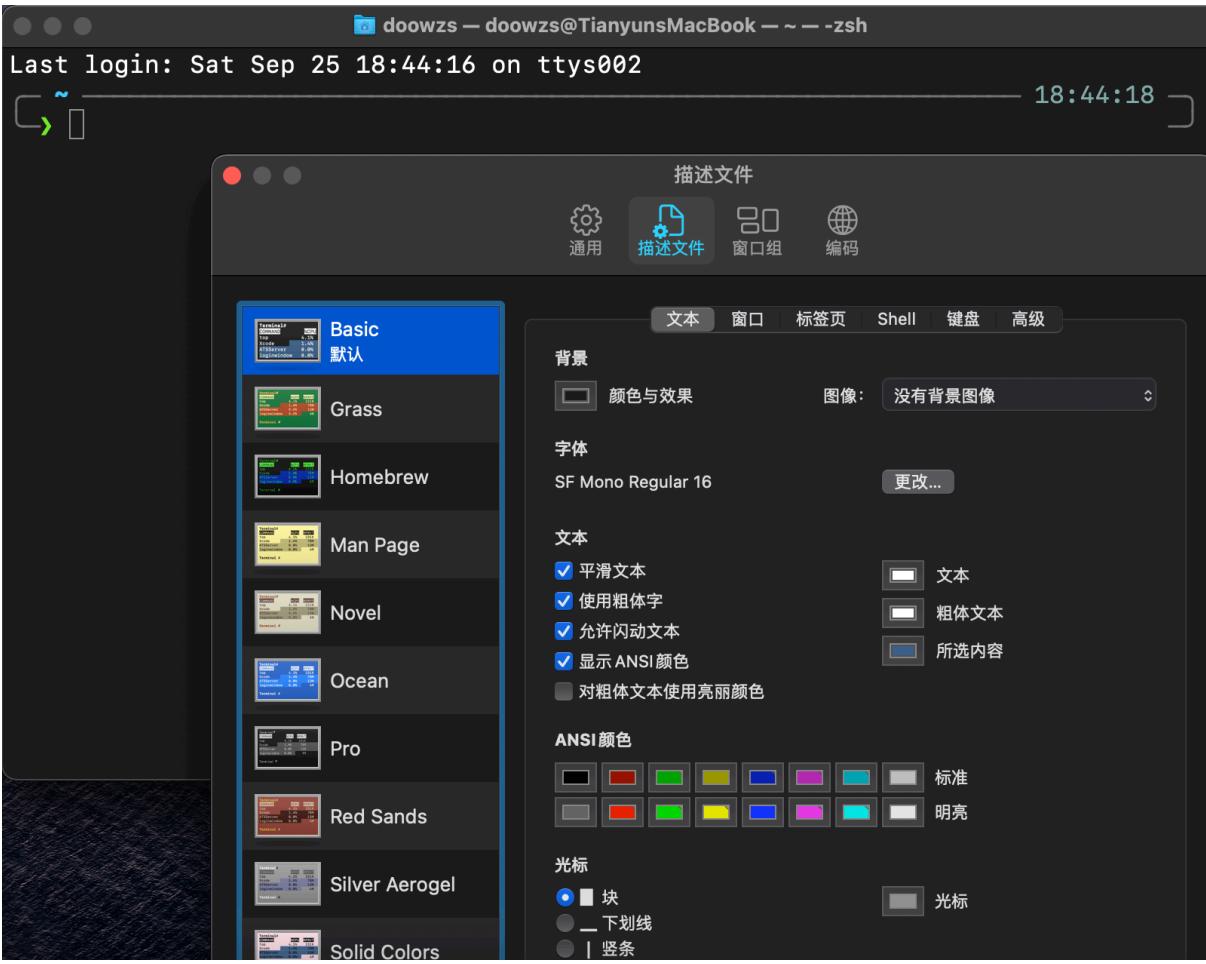
接着双击“用户”（Users）。

名称	修改日期	大小	种类
► 系统	2019年9月30日 04:23	--	文件夹
► 用户	2019年9月30日 04:22	--	文件夹
► 资源库	2020年8月18日 17:29	--	文件夹
► 应用程序	昨天 09:04	--	文件夹

这时我们就可以看见自己的用户名出现在了访达里面，双击它！随后看到的文件夹界面便是和前面在终端中演示的 ~ 目录一致的。也就是说，macOS终端默认打开后的“当前工作目录” (~)，其实就是/Users/macbook这个目录的“绰号”，具体的概念我们同样会在稍后讲解。

名称	修改日期	大小	种类
► 共享	2020年8月18日 17:30	--	文件夹
► Guest	2018年8月6日 15:12	--	文件夹
► macbook	今天 10:04	--	文件夹

此外，关于macOS的Terminal，我们可以在偏好设置中调整终端的样式。



Apple官网提供了一些便捷的[使用技巧](#), 不妨看一看、试一试。

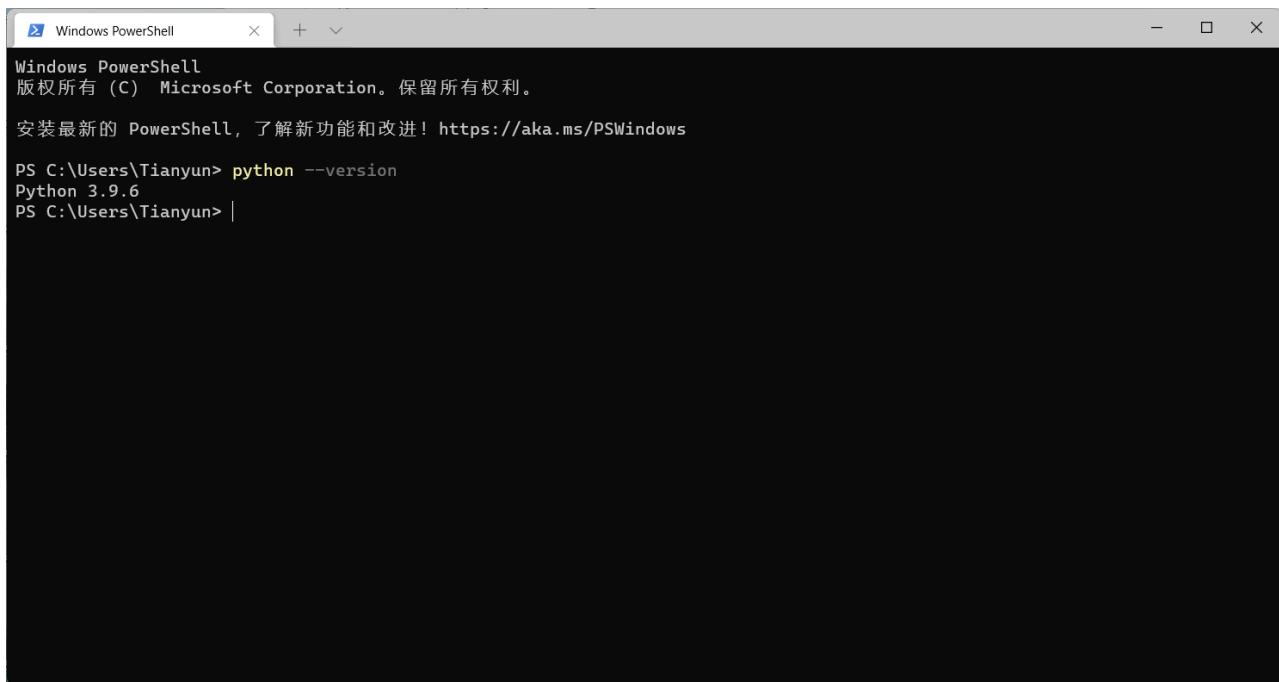
执行命令

现在，大家应该理解了“提示符”的含义。接下来我们就可以试试在终端上输入命令执行了。

我们首先输入一个简单的命令来看看Python是否安装成功！如下图所示，请大家向终端敲入命令：`python --version`，然后按下回车键。

在以后的演示中，助教可能会因为操作系统不同，分别采用不同的命令做演示。大家需要根据自己的操作系统作调整。

- 在Windows上，请大家优先使用 `python` 命令。如果没有类似下图所显示的效果，再尝试用 `python3` 命令试试。如果这样还不行，那么请询问助教。
- 而在macOS和Linux上，大家应该优先使用 `python3`，因为 `python` 这个程序名通常是保留给 Python2的。你可以试试运行 `python --version` 和 `python3 --version` 分别会显示什么。



马上就可以看到，终端执行了这个命令，并把结果“Python 3.9.6”输出到了屏幕上——这代表助教所安装的Python的版本是3.9.6。大家看到的结果不必和助教这边显示的相同，只要保证显示的版本号是“Python 3.x.y”的格式即可。

大家还可以看到，终端又在最下方输出了一行提示符，提示大家可以输入新的命令了！

在以后，我们会避免使用图片来显示命令的运行结果，而更喜欢使用文本的方式来显示（这也方便大家复制粘贴）。比如，在刚才输入 `python --version` 命令来查看Python安装是否成功的例子中，我们现在会像下面这样来展示大家应该看到的结果：

```
$ python --version
Python 3.9.6
```

需要注意的是，为了减少视觉负担，我们还使用了 `$` 这一简短的符号来代替原本图片中一长串的提示符。未来大家会在网络上看到更多这样的表达。此外，以后我们在演示输入任何命令时，大家都不要把提示符也敲进去！提示符是交互程序打印在终端上给你看的！

小结

到现在，同学们应该已经完成了以下内容：

- 安装好了Python环境和VSCode编辑器。
- 知道了程序猿使用编辑器、IDE来编写程序，并使用终端和命令来运行程序。
- 学会了如何打开终端、如何查看Python的版本号。

掌握一些关于终端和脚本的知识吧！

相信你一定很想了解终端的各种命令，想要成为一名炫酷的“黑客”。

然而，很可惜，关于终端的大部分知识在课堂上都学不到，需要你自己去动手实践掌握。大家并不会去刻意学习如何使用终端，一不小心“删库跑路”的时候才会后悔当初没有认真掌握终端如何使用。



助教强烈推荐大家课后观看The Missing Semester of Your CS Education的前两节课（大约一个半小时），跟着视频一起了解终端的基础用法。

- 【中字】The Missing Semester 第1讲 - 课程概览与 Shell - MIT 公开课(2020)
- 【中字】The Missing Semester 第2讲 - Shell 工具和脚本 - MIT 公开课(2020)
- 【中字】The Missing Semester 第3讲 - 编辑器 (Vim) - MIT 公开课(2020)
- 【MIT公开课】6.NULL 你计算机科学教育中遗失的一学期（完结·中英字幕·机翻）

Python基础

现在，我们已经了解了如何打开终端并让终端执行命令。接下来，我们就可以正式开始学习Python了！

抽象地来讲，Python代码主要由**表达式**（Expression）和**语句**（Statement）组成。而为了执行程序员编写的Python代码，有一个叫**Python解释器**（Python Interpreter）的软件来负责一行一行地读取Python代码来执行。

一方面，我们能把Python代码都写在文件中，让Python解释器从文件中读取代码执行。另一方面，Python解释器有一个“**交互模式**”，能支持我们以交互的方式在终端上一行一行地向Python解释器输入Python代码，来即时地查看相应的执行结果。如果你把某个Python文件中的代码复制到Python解释器的交互模式中执行，那么得到的结果应该是和解释器直接执行这个Python文件的结果是一致的！

所以，在这一节中，我们首先讲解Python解释器的“**交互模式**”，然后在交互模式中给大家展示Python代码（即表达式和语句）的执行结果。最后，我们教大家在文件中编写Python代码，并使用Python解释器执行它。

建议：对于本章的演示视频，大家先阅读教程并操作，操作后再与演示视频进行对照并验证。

与Python解释器进行交互

刚才我们说过，Python解释器是用来执行Python代码的软件。Python解释器除了能读取文件中的代码执行，也支持在终端上读取我们输入的表达式和语句执行并展示结果——这很方便大家学习Python。我们来看看如何启动Python解释器的“交互模式”。

在打开的终端中，我们可以直接用键盘输入 `python`（或者 `python3`，下略）这个命令，然后按一下回车键启动Python解释器的交互模式界面。效果如下所示：

```
$ python
Python 3.9.6 (tags/v3.9.6:db3ff76, Jun 28 2021, 15:26:21) [MSC v.1929 64 bit (AMD64)]
on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>>
```

大家很可能看不懂执行 `python` 命令后终端所显示的内容。不过不用慌，我们带大家分析一下上面的每串字符。首先是第一和第二行：

```
Python 3.9.6 (tags/v3.9.6:db3ff76, Jun 28 2021, 15:26:21) [MSC v.1929 64 bit (AMD64)]
on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
```

这是Python解释器开始运行交互模式后打印的一些信息，比如第一行打头的“Python 3.9.6”这个版本号。我们不必在意。大家终端上显示的信息不必和这里展示的信息完全一致，但版本号必须是3.x.y的形式。

还记得我们之前通过 `python --version` 来查看Python版本号吗？

接着，Python解释器在第四行显示了 `>>>` 这个符号。这个符号也是提示符，只不过没先前终端显示的提示符那么长。它代表了我们可以输入一些“东西”跟Python交互了。对于终端来说，大家能在终端的提示符后面输入命令来让终端完成；而对于Python解释器来说，大家能在提示符 `>>>` 后面输入表达式与语句来让Python解释器帮你做计算。

作为一个例子，我们现在可以在提示符 `>>>` 后面输入 `1 + 1`，按下回车键，看看Python会不会计算这个小学生都会算的事情。结果如下：

```
>>> 1 + 1
2
```

可以看到，Python解释器很灵性地计算了 `1 + 1`，得到 `2`，并把 `2` 输出给你看，然后很积极地再打出了提示符 `>>>`，提醒你输入下一个表达式或语句来让它计算。概言之，交互模式便是一种“你输入表达式或语句，Python解释器执行它，你再输入表达式或语句，Python解释器再执行它……”的重复过程，直到你不想再和Python解释器说话，敲入 `exit()` 为止（见3.3节），交互模式就结束了。

在本小节的最后，让我们来比较一下和Python解释器交互以及和终端交互时两者提示符的区别吧。和Python交互时的提示符是 `>>>`，而和终端交互的提示符是 `>`（在Linux和macOS则通常是 `$`）并且在前面往往有表示“当前工作目录”的文字。大家要注意区分这两种模式——既不能在和Python交互时输入只有终端才能懂的命令，比如 `python hello.py`，也不能在和终端交互时输入只有Python解释器才能懂的表达式或语句，比如 `1 + 1`。

表达式与语句

接下来，我们来正式学习一下表达式和语句的概念，并在Python解释器的交互模式中来检查它们的执行结果。

大家在高中阶段一定见过 $8 * 8$, $a + b$, $7 - (x + y)$ 之类的数学表达式，而程序表达式也是类似的，它们由数字（亦称为常数）、变量（如 a , x 等，用字母表示）、运算符（如加法、乘法符号等）等组成，一些表达式还包含了函数，这在课上会讲到（不妨试着用数学里的“函数”概念去理解它）。我们知道，如果表达式里面每个部分的值都是已知的（例如， $a + b$ 中 a 的值为4、 b 的值为5），那么整个表达式就可以被求值。让我们来看看Python里面的表达式和求值是什么样的。

1. 基本表达式

基本表达式（Primitive Expressions）只需要一步便可以求得它的值，例如整数、浮点数和布尔值：

```
>>> 3
3
>>> 12.5
12.5
>>> True
True
```

同学们可以像上面这样在交互模式下输入表达式，并按回车键查看结果。

浮点数是一种带小数点的数。之所以叫它浮点数，是因为它和计算机底层的表示有关。等大家上《计算机系统基础》这门课的时候就会理解了。

变量名同样也是基本表达式，求值的结果为在当前程序的状态下绑定到的值（更多内容见赋值语句）。

2. 布尔值与布尔表达式

布尔值只有两种值，`True` 和 `False`，表示逻辑上的“真”与“假”。

例如，我们知道数字1是不等于2的，所以若在Python交互模式中输入`1 == 2`（这个表达式意思是“1等于2”，在Python中一般用`==`表示“相等”），则会得到它的值为`False`；相反，如果输入`1 != 2`（表示“1不等于2”，在Python中一般用`!=`表示“不相等”），则会得到值`True`。

这种能计算出布尔值的表达式我们称之为布尔表达式（Boolean Expression）。

```
>>> 1 == 2
False
>>> 1 != 2
True
```

3. 算术表达式

通过对数字和数学运算符的组合产生复杂的算术表达式 (Arithmetic Expression)。Python中常见的数学运算有 + (加)、 - (减)、 * (乘)、 ** (乘方)和以下三种：

- 浮点除法 (/): 计算第一个数除以第二个数的结果，得到一个浮点数 (即使能够整除)。
- 下取整除法 (//): 计算第一个数除以第二个数的下取整后的结果，得到一个整数。
- 取模 (%): 计算第一个数除以第二个数的余数(>0), 得到一个整数。

```
>>> 1 + 2
3
>>> 3 - 2
1
>>> 5 * 6
30
>>> 7 / 4
1.75
>>> 7 // 4
1
>>> 7 % 4
3
>>> 4**3
64
```

像大家平时学过的数学运算一样，算数操作也有优先级，比如乘方运算的优先级大于乘除运算，乘除运算的优先级大于加减运算。同样地，你也可以通过“加括号”来改变求值优先级。注意，优先级不需要记忆。当你对运算优先级拿不准的时候，就多加括号！

```
>>> 2 + 6 / 4
3.5
>>> (2 + 6) / 4
2.0
```

4. 赋值语句

一个赋值语句 (Assignment Statement) 由一个变量名和一个表达式组成。它会在当前帧 (帧的概念后续课程会讲) 下把变量名与该表达式的值绑定。

```
>>> a = (100 + 50) // 2
```

注意：在Python中，不能对语句进行求值。

你可以输入一个之前定义过的变量名，例如a，Python解释器会输出其绑定到的值。如果你还记得之前的内容，a也是一个基本表达式：

```
>>> a
75
```

注意这里a被绑定到75，而非(100 + 50) // 2——变量名绑定到值而非表达式上。

5. print

`print()` 是Python3的内置函数，它可以将一个表达式的值输出到终端上（如果还不清楚函数的概念，就单纯记忆一下它的用法吧）。`print(2021)` 也是一条语句：

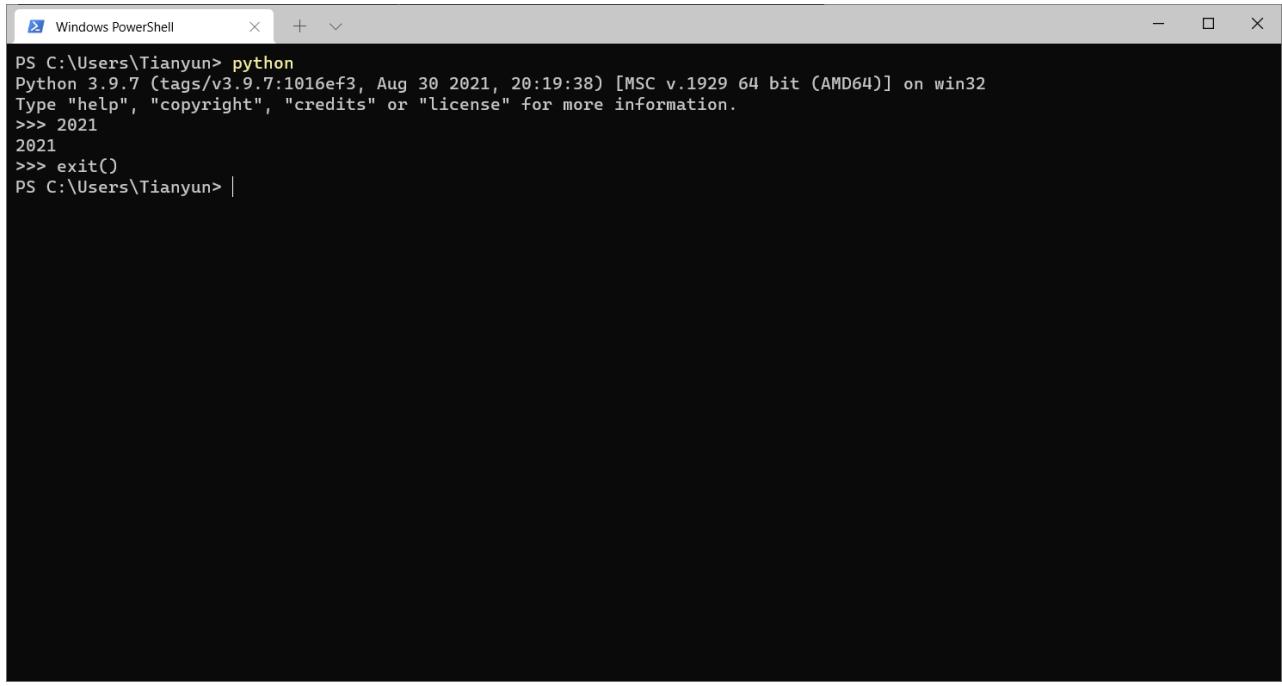
```
>>> 2021  
2021  
>>> print(2021)  
2021
```

注意，上面在交互模式下输入 `2021` 和 `print(2021)` 显示的结果看上去相同，但前者是交互模式下自动输出的每一行表达式的值，后者是 `print()` 在终端中的输出。在非交互模式下（即执行Python代码时，后面会讲），如果你想知道结果，请用 `print()`。

退出交互

当你完成与Python的交互后，可以进行以下操作来退出交互：

- 输入 `exit()` 或者 `quit()` 并回车
- 在Windows下，按下 `Ctrl+Z` 并回车
- 在macOS和Linux下，按下 `Ctrl+D`



A screenshot of a Windows PowerShell window titled "Windows PowerShell". The window shows a Python interactive session. The user has entered "2021" and then "exit()", which has caused the window to return to its original state, displaying only the PowerShell prompt.

```
PS C:\Users\Tianyun> python
Python 3.9.7 (tags/v3.9.7:1016ef3, Aug 30 2021, 20:19:38) [MSC v.1929 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> 2021
2021
>>> exit()
PS C:\Users\Tianyun> |
```

可以看到，你的终端不再显示Python的提示符，而是显示了自己的提示符。这说明你又可以向终端（而不是向Python交互界面）输入新的命令了。

执行Python文件

大家已经知道，Python代码是由表达式和语句组成的。而现在大家已经学会了一些简单的表达式和语句，并在交互模式下体验了执行它们的效果。现在，我们就可以把之前学过的表达式和语句都写入到文件中，然后让Python解释器直接从文件中读取它们并执行。

关于编写代码，我们已经事先准备了一个编写好的文件 `hello.py`（约定俗成，大家以`.py`的后缀来表示这是一个Python代码文件）。这个文件中有下面内容：

```
2021  
print(2021)
```

你也可以利用任何任何文本编辑器修改 `hello.py`，尝试前面提到的其它表达式和语句，或者试一试其它你感兴趣的内容。

接下来，你需要打开终端，然后输入 `python` 文件名（或 `python3` 文件名）命令来执行这个Python代码文件。在这里，你需要输入：

```
$ python hello.py
```

然后可以得到结果：

```
2021
```

但多半你会发现出了错误！请往下看下一小节。

但另外，你可能还会疑惑为什么只显示了一个 `2021`。现在你需要回顾一下前面3.2.5小节的内容。你会发现，原来 `2021` 这种表达式仅会在交互模式下显示求值结果。这里不是交互模式，所以表达式 `2021` 没有显示任何结果。屏幕上的 `2021` 是由 `print` 函数“打印”出来的（难怪它叫 `print`）！

文件查找与当前工作目录的切换

在执行 `python hello.py` 时，大家有可能会看到终端上显示出错误：

```
$ python hello.py
python: can't open file 'hello.py': [Errno 2] No such file or directory.
```

这和Python解释器的文件查找机制有关。

大家还记得先前提到的“当前工作目录”的概念吗。不记得了可以跳回2.2节去看一眼：终端会在提示符里面显示当前的工作目录。而当你键入 `python hello.py` 时，Python解释器会在当前的工作目录里去找 `hello.py` 并执行。而如果你当前工作目录下没有 `hello.py` 文件时，Python解释器就会报错了。

举个错误的例子：假设你有一个文件夹叫做 `C:\SICP`，并且你把我们下发的实验材料的压缩包解压在了这个文件夹中，也就是说你的实验材料都在 `C:\SICP\lab00` 下。但是你打开终端的时候，默认的当前工作目录可能是 `C:\User\Dell`（在你的电脑上可能是其它工作目录），而现在你知道 `hello.py` 在 `C:\SICP\lab00\code` 目录下，那么当你执行：

```
C:\User\Dell> python hello.py
```

就会出现问题。但如果你当前的工作目录是 `C:\SICP\lab00\code`，那么你执行：

```
C:\SICP\lab00\code> python hello.py
```

就不会有任何问题。那么接下来你就会问，该如何改变当前的工作目录呢？你可以通过 `cd` 这个命令切换终端的当前工作目录！

`cd` 的全称是change directory。

一方面，你可以通过 `cd` 后跟一个目录的“绝对路径”来把工作目录切换成“绝对路径”所表示的目录。比如在上面的例子中，如果你当前的工作目录是 `C:\User\Dell`，那么你可以像下面这样切换当前的工作目录到 `C:\SICP\lab00\code`：

```
C:\User\Dell> cd C:\SICP\lab00\code
C:\SICP\lab00\code>
```

什么是绝对路径？像 `C:\SICP\lab00\code` 以盘符（C盘的盘符叫做 `c:`，D盘的盘符叫做 `d:`，以此类推）开头的路径，就叫做绝对路径。否则叫相对路径。

在macOS和Linux中并不存在“盘符”的概念，在这些操作系统中，最底层的文件夹叫做“根目录”（`/`，也就是“root”），以 `/` 开头的路径叫做绝对路径，如 `/home/user/sicp/lab00/code`。

你可能会注意到，Windows上路径的目录之间使用 `\` 分割，而macOS和Linux则使用 `/` 分割。

另一方面，你也可以通过 `cd` 后跟一个目录的“相对路径”来把工作目录切换成“相对路径”所表示的目录。比如，如果你当前的工作目录为 `C:\SICP\lab00`，并且这个目录下还有一个 `code` 目录，那么你可以像这样改变当前的工作目录：

```
C:\SICP\lab00> cd code
C:\SICP\lab00\code>
```

这里的 code 就是相对路径。这个过程就很像你在资源管理器的 lab00 目录下双击了 code 目录，然后就进入了 lab00\code 目录一样。如果你的 c:\SICP\lab00 下没有 code 目录，那么终端上就会显示错误。你可能需要打开资源管理器看看是怎么回事。

接下来你可能会想知道如何回到上一级目录或者切换磁盘。下面是一些演示：

- .. 的含义为上一级目录。. 的含义为当前目录。可以使用 cd a\b\c 这样的形式一口气进入多层目录 (a\b\c 就是所谓的相对路径)。

```
C:\SICP\lab00\code> cd ..      # 进入上层目录
C:\SICP\lab00> cd ..      # 再次进入上层目录
C:\SICP> cd lab00\code      # 进入lab00目录下的code目录
C:\SICP\lab00\code> cd ..\..  # 进入上层目录的上层目录
C:\SICP> cd .\lab00        # 进入当前目录的lab00目录
C:\SICP\lab00> cd ..\lab00  # 进入上层目录的lab00目录 (即还是当前目录)
C:\SICP\lab00>
```

- 在Windows上，如果当前目录的盘符与目标目录的盘符不同，你首先需要通过"{}盘符:{}"命令切换盘符。

```
C:\SICP\lab00> cd D:\NJU    # 无效的切换
C:\SICP\lab00> D:          # 有效的切换
D:\NJU>
```

- 一般来说，Windows的路径不区分大小写，macOS和Linux是否区分取决于你安装系统时的选择。

当前工作目录下的有哪些目录与文件？(可选)

你可以通过 dir 命令（在Windows上）或 ls 命令（在macOS和Linux上）显示当前目录下的文件。

例如，在Windows下：

```
C:\SICP\lab00\code>dir
驱动器 C 中的卷是 Windows
卷的序列号是 4C0F-CDB0

C:\SICP\lab00\code 的目录

2020/09/21  10:37    <DIR>          .
2020/09/21  10:37    <DIR>          ..
2020/09/21  15:03            19 hello.py
2020/09/19  17:48            480 lab00.py
                           2 个文件           499 字节
                           3 个目录 100,005,732,352 可用字节
```

在macOS和Linux下：

```
~\SICP\lab00\code$ ls
hello.py lab00.py
```

命令的格式 (可选)

现在，大家应该已经执行过很多命令了。接下来，我们带好奇的同学总结一下命令的通用格式是什么样的。

一般来说，命令的格式如下：

```
$ executable [-option [parameter]]... [positional-parameter]...
```

其中：

- `executable` 是一个可执行文件，比如在命令 `python --version` 中，`executable` 就是 `python`——它正是我们在第一节配置Python环境中所下载的可执行文件。
- `[-option [parameter]]...` 的中括号表示“可选”，省略号表示零个或多个。它们加起来的意思是，`executable` 后面可以跟零个或多个形如 `-option [parameter]` 这样的东西，其中 `-option` 代表一个选项，`-option [parameter]` 代表选项后面可以跟一个可选的 `parameter`，这视具体的选项而定——有的选项需要 `parameter`，有的就不需要。`- [positional-parameter]...` 代表零个或多个 `positional-parameter`。这种 `positional-parameter` 与 `-option parameter` 中 `parameter` 的区别是，它不会跟在选项后面。

下面举几个例子就容易理解了：

- 在 `python --version` 这个命令中，`--version` 就是一个形如 `-option` 的选项——这个选项的意思是叫 `python` 这个可执行程序打印它的版本号。此外，`--version` 后面不需要跟 `parameter`。
- 在 `cd C:\SICP\lab00` 这个命令中，`cd` 概念上也是一个可执行文件。而且它后面没有任何形如 `-option [parameter]` 这样的东西。但是有一个绝对路径 `C:\SICP\lab00` 作为 `positional-parameter`。这表示把当前的目录切换到 `C:\SICP\lab00`。
- 在 `python lab00.py` 这个命令中，没有任何形如 `-option [parameter]` 这样的东西。但是有个 `positional-parameter`——`lab00.py`。这个命令表示启动Python解释器去执行 `lab00.py` 里的代码。
- 在 `python -i lab00.py` 这个命令中（将在4.3节出现），有一个 `-i` 选项。注意，这里的 `lab00.py` 不是 `-i` 的 `parameter`，而是 `positional-parameter`——因为 `-i` 选项后不需要 `parameter`。在多了一个 `-i` 选项后，这个命令就比前面讲解的 `python lab00.py` 多了些功能——除了要像 `python lab00.py` 一样启动Python解释器去执行 `lab00.py` 里的代码，还要让Python解释器执行完毕后进入交互模式，而不是直接退出Python解释器。
- 在 `python -m doctest lab00.py` 这个命令中（将在4.3节出现），有一个 `-m` 选项。在这里，`doctest` 确实是 `-m` 的 `parameter`。回顾一下，`-m doctest` 是一个形如 `-option [parameter]` 的东西。另外，这里的 `lab00.py` 依旧是 `positional-parameter`。在多了一个 `-m doctest` 后，这个命令比起前面两个命令的含义又产生了变化——Python解释器要启动 `doctest` 模块去执行 `lab00.py` 里的 `doctest`。

此外，`-option` 一般有两种约定俗成的形式：

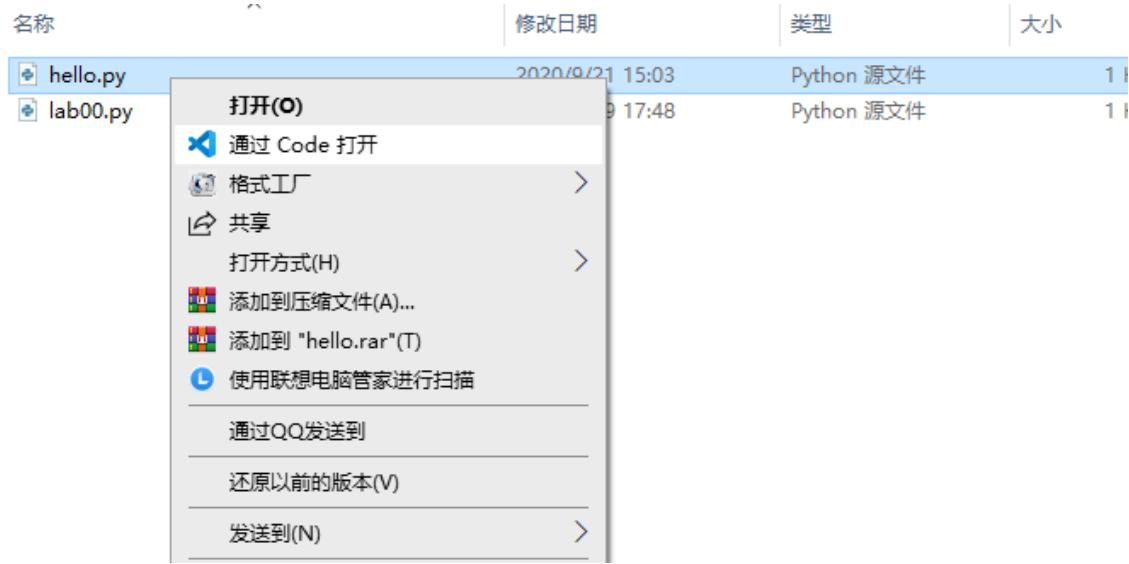
- 一种是像 `--version` 这样的由两个连字符加上一个单词的形式。这种形式长得很“长”，方便理解。
- 一种是像 `-i` 这样的由一个连字符加上字母（一般是某个单词的首字母）的形式。这种形式长得很“短”，方便输入。

如何用VSCode做以上这些事情？

我们现在来看看如何用VSCode打开文件、打开目录和打开终端。

1. 打开文件

我们可以像标准的编辑器一样（比如记事本）直接右击文件、选择“通过Code打开”来打开文件。如下图所示，我们演示了在实验代码的code目录下用VSCode打开 `hello.py` 文件：



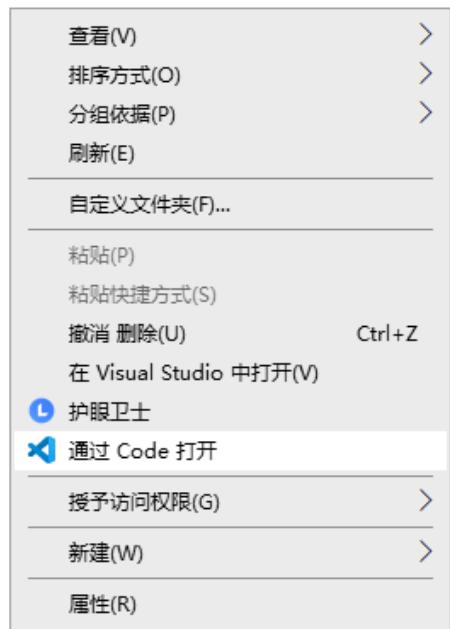
若邮件菜单没有该选项，那么是你在安装VSCode的时候没有勾选 将"通过Code打开"操作添加到 Windows资源管理器文件上下文菜单 这一选项，你可以参考[这里](#)进行修复。

2. 打开目录

VSCode有一个“打开目录”的概念。比如，一个项目可能由多个代码文件组成放在一个目录下。我们希望“打开这个目录”，然后自由选择打开目录下的文件。解释起来可能有点难理解，但操作几下就很容易明白了。

如下图所示，依旧在code目录下，我们右击空白处，选择“通过Code打开”来打开code目录。打开以后，你会发现VSCode左侧多了个文件列表。你可以点击文件来打开你想要的文件。

名称	修改日期	类型	大小
hello.py	2020/9/21 15:03	Python 源文件	
lab00.py	2020/9/19 17:48	Python 源文件	



3. 打开终端

你可以通过快捷键 `Ctrl+`` 来打开终端。如果你先前通过“打开目录”来打开了VSCode，那么终端的工作目录即是你刚才所打开的目录。现在，你可以在终端上进行之前我们教过的任何操作了，比如与Python解释器交互、启动Python解释器运行Python代码。

小结

到现在，同学们应该已经完成了以下内容：

- 安装好了Python环境和VSCode编辑器。
- 知道了程序猿使用编辑器、IDE来编写程序，并使用终端和命令来运行程序。
- 学会了如何打开终端、如何查看Python的版本号。
- 掌握了如何在终端下执行命令：
 - 使用 `cd` 命令来切换终端的当前工作目录。
 - 使用 `python` 相关的命令来：
 - 进入Python解释器的交互模式，执行简单的表达式和语句，以及退出交互；
 - 启动Python解释器来执行 `.py` 代码文件。
 - (可选) 知道了命令的一般格式。
- 掌握了使用VSCode来：
 - 打开文件或目录
 - 打开终端

如何完成实验

现在，大家应该熟悉了如何用Python编写代码以及运行代码的过程。那接下来，我们就要讲解大家可能最不愿意看到的东西了——如何完成实验？

在我们的课程实验中，大家需要补充作业文件中的函数定义来完成一些题目（暂时不知道函数是什么也没关系）。不要担心，我们首先带大家一起完成一道题目来熟悉这个流程。

作业文件

本次实验的作业文件是 `lab00.py`。大家可以使用编程工具打开它。打开 `lab00.py` 后，我们首先能看到下面这段代码：

```
def twenty_twenty_one():
    """Come up with the most creative expression that evaluates to 2021,
    using only numbers and the +, *, and - operators.

    >>> twenty_twenty_one()
    2021
    """
    return -----
```

上面代码里包含了我们将要完成的第一个题目——2021（这个题目就叫做2021）。看到上面的代码时，你可能是一脸懵逼的。不过不要慌，我们来一步一步理解。

首先，这段代码使用 `def twenty_twenty_one()` 定义了一个函数 `twenty_twenty_one()`。如果在实验课前老师还没讲如何定义函数，大家也不用着急。不知道这个知识点也能完成本次实验。不过，在下一次课上你应该就会学到如何定义函数了。

接下来，我们会看到一段被三引号 `"""` 包围的文本。我们把这段文本叫做docstring（全称document string，即文档字符串）。它一般被用来描述一个函数应该做什么。在我们 `twenty_twenty_one` 的例子中，这段docstring告诉我们：“写出一个富有创造力的表达式，使得计算它的值能得到2021”（当然，在本次实验中没那么有创造力也无妨）。此外，它还要求我们只可以使用数字和加减乘除。

紧接着，我们能看到有一行docstring是以 `>>>` 开头的。从这行开始往下的docstring被叫做doctest（举一反三一下，它的全称为什么？——document test）。回想一下大家在前面使用的Python交互模式，`>>>` 被我们称为提示符——它告诉我们可以在它后面输入表达式或者语句。是不是当你在 `>>>` 后面输入一个表达式后，Python解释器就会在下一行打印这个表达式的值？doctest就是通过这样的示例来告诉你一个函数会做什么：“当我们在交互模式下这样输入代码，就会得到这样的结果”。在我们 `twenty_twenty_one` 的例子中，doctest告诉我们：“当我们在交互模式下输入 `twenty_twenty_one()`，就会得到2021”。

总的来说，docstring和doctest分别使用“描述”和“举例”的手段来告诉我们一个函数的行为。未来在大家完成实验题目的时候，除了阅读实验讲义，也最好读一读它们加深自己的理解。

写点代码

现在，我们应该理解了作业文件中的第一个题目，即写一个（有创造力的）表达式，使得它的值为 2021。

那么我们该把这个表达式写在哪里呢？我们的实验讲义会把这种要求都描述清楚。本次实验其它题目的描述可以在左侧的“本次实验内容”一节中找到。作为一个带大家一起做的例子，我们现在先告诉大家第一个题目要求：**请用你想到的那个表达式替换掉 twenty_twenty_one 中下划线的部分。**

当然，我们之前说过第一个题目我们会带大家一起做。所以虽然不知道富有创造力的大家想到了什么表达式，但没有创造力的助教们就想了一个这样的答案：

```
def twenty_twenty_one():
    """Come up with the most creative expression that evaluates to 2021,
    using only numbers and the +, *, and - operators.

    >>> twenty_twenty_one()
    2021
    """
    return 2020 + 1
```

大家可以修改各自得到的 `lab00.py` 文件，把下划线替换成自己想到的表达式。

我实现的对不对？

现在，大家已经完成了第一个题目。这个题目当然是很简单的，但之后随着知识的增多，我们要完成的题目也越发复杂。那么有没有什么方法能检验我们写的代码对不对呢？

手动测试我的代码

回想一下，doctest描述了“当我们在交互模式下这样输入代码，就会得到这样的结果”，那么我们是不是可以打开交互模式，按照doctest的描述输入代码，然后观察结果是不是一致的呢？

答案是肯定的。我们首先打开终端，然后使用 `cd` 命令把当前目录切换到 `lab00.py` 所在的目录下（回忆一下实验讲义前面教你如何切换当前目录）。然后输入 `python -i lab00.py`。这个命令长得和我们在前面学过的 `python lab00.py` 很像，但多了个 `-i`。`-i` 是告诉Python，在使用 `python lab00.py` 执行完 `lab00.py` 后，进入交互模式。而开发Python的程序员之所以采用 `i` 这个字母，是因为它是interactive(交互)的首字母，方便记忆。现在让我们执行 `python -i lab00.py`。你应该能在终端上看到下面的效果：

```
$ python -i lab00.py  
>>>
```

接下来的过程就和交互模式一模一样了。你可以对照着doctest，输入 `twenty_twenty_one()`，然后就会得到

```
$ python -i lab00.py  
>>> twenty_twenty_one()  
2021  
>>>
```

这和doctest描述的一模一样，所以你现在可以松口气，相信自己的代码是对的了。如果发现不一样，你就需要看看自己哪里出问题了。

等一等！刚才其实有一个概念的陷阱。现在让我们思考一个问题：为什么说，经过刚才这样一个过程，我们就有理由相信我们的代码是对的呢？

实际上，“相信自己的代码是对的”是一个错误的说法！准确的说，大家只能有理由相信“自己写的代码和doctest所预期的相符合”，进而推论，自己的代码可能是对的。

其实，像这样一个比较代码的实际执行结果和预期结果的过程就叫做测试。这也是“doctest”中test的中文含义。测试不能保证“代码是对的”，只能保证代码在多大程度上与预期相符合。与预期符合得程度越高，我们就更加有信心来相信，我们的代码是对的。

实际上，还有一种检查程序正确的方式叫做形式化验证（Formal Verification），通过规则和逻辑（而非测试样本）来判断程序的正确性。这正是冯新宇老师研究的领域之一。在你之后的学习过程中可能还会进一步接触相关内容。

助教会如何测试我的代码？

对于助教来说，很难一一审查每个人的代码来验证大家写得正不正确，所以我们会采用测试的方法来给大家评分。像我们发布给同学的doctest一般都写得比较简单，所以那些写得不正确的代码也有可能通过doctest，比如像下面这段代码，本来助教希望大家写 `return a + b`，但有个小机灵鬼直接返回3试图蒙混过关：

```
def add(a, b):
    """return the sum of a and b

>>> add(1, 2)
3
"""
return 3
```

但如果我们的测试写得越“详细”，写得不正确的代码就越难蒙混过关。比如像现在：

```
def add(a, b):
    """return the sum of a and b

>>> add(1, 2)
3
>>> add(3, 4)
7
"""
return 3
```

因此，助教们会设置一个在线测评网站，用更加“详细”的测试来给大家评分，尽可能防止不正确的代码蒙混过关。我们会在下一节中教大家如何在网站上提交作业，让助教测试你的代码。

本节关于测试的介绍，如果大家理解得不清楚也没关系。甚至这一节提到的方法不用也没关系。重点是记住下一节要讲的提交作业的方法，并知道如何查看自己写的代码拿了多少分。

使用Ok进行自动化测试

随着大家做的题目越来越多、越来越复杂，同学们可能会发现，每当自己写了一段新的代码，就要重新走上面一套doctest的流程，然后嫌手动输入表达式很麻烦。

Python的doctest模块可以自动执行文件中的所有doctest测试，包括你没有完成的函数也会一起测试。我们可以在终端中输入 `python -m doctest lab00.py`，这个命令的内部原理基本上和你之前手动执行的过程一模一样。

我们推荐大家使用Ok客户端来进行自动化测试，ok客户端会帮助我们测试、备份、提交作业。

首先，我们需要登录自己的OJ账号。在终端中运行 `python ok --authenticate`，输入自己的OJ用户名和密码完成登录。

```
$ python ok --authenticate
Performing authentication
Please input your NJU ID:      # 输入学号并按回车
Please input your password:    # 输入密码（不会显示在终端上）并按回车
Authenticated as .....
```

接着，运行 `python ok`，Ok会和上面的代码一样执行所有的doctest或其他配置好的复杂测试，并在第一次出错时停止执行。如果我们使用 `-i` 参数，如 `python ok -i`，那么出错时就会进入交互模式，方便我们进行排查。当Ok完成测试后，它会自动帮我们上传一份代码的备份，我们可以在在线测评网站上查看并获取备份。

```
$ python ok
=====
Assignment: lab00
OK, version NJU-SICP-v1.2.0
=====

~~~~~
Running tests

-----
Doctests for add

>>> from lab00 import *
>>> twenty_twenty_one()

# Error: expected
#      2021
# but got

-----
Test summary
 0 test cases passed before encountering first failed test case
```

提交作业与评分

现在我们不仅把代码写好了，还对它做了点测试相信它大概是对的。所以我们现在就来把它提交到助教准备的在线测评（Online Judge, 简称OJ）网站，取得应得的分数！

打开终端并前往实验文件夹，Linux或macOS的同学执行以下命令：

```
$ python3 ok --submit
```

使用Windows的同学执行以下命令：

```
$ python ok --submit
```

如果提交成功，Ok会打印提交ID，可以登录OJ页面（<https://nju-sicp.bitbucket.io/oj/>）查看结果。

```
=====
Assignment: lab00
OK, version NJU-SICP-v1.2.0
=====

Submitting lab00 by 210000000 John Smith.
SICP OJ received submission ID xxxxxxxx
Open in browser: https://nju-sicp.bitbucket.io/oj/#/assignments/lab00
```

如果你不想使用Ok客户端（不推荐），可以通过OJ网页提交，只需要提交 `lab00.py` 这个文件即可。

在线测评和Ok客户端的具体文档可以参考[编程和学习指南](#)。

本次实验内容

到此，大家应该顺利地做完并提交了第一道题目。希望这段旅程对大家足够顺利。接下来，我们还有两道简单的题目让大家再熟悉一下整个实验流程。如果你足够熟练的话，可能几分钟就做完了。此次实验的截止时间（deadline，也就是DDL）设置为一周，大家不用着急。

Problem 1: 2021 (100pts)

用数字和+,*和-运算符写一个最酷炫的表达式，来替换掉下面 twenty_twenty_one 函数中的下划线。

```
def twenty_twenty_one():
    """Come up with the most creative expression that evaluates to 2021,
    using only numbers and the +, *, and - operators.

    Expected result:
    >>> twenty_twenty_one()
    2021
    """
    return -----
```

Problem 2: A + B (100pts)

写一个代表变量a和b之和的算术表达式，来替换掉下面 sum 函数中的下划线。

```
def sum(a, b):
    """Compute the sum of a and b.

    Expected result:
    >>> sum(1, 2)
    3
    >>> sum(3, 8)
    11
    """
    return -----
```

Problem 3: Square Sum (100pts)

写一个代表变量a和b的平方和的算术表达式，来替换掉下面 square_sum 函数中的下划线。

```
def square_sum(a, b):
    """Compute the sum of square a and square b.

    Expected result:
    >>> square_sum(3, 4)
    25
    """
    return _____
```