

9

Object-Oriented Programming in Python

面向对象编程

OOP 听起来很玄乎。其实就像个筐，什么都能装



机会总是青睐做好准备的人。

Chance favors the prepared mind.

—— 路易·巴斯德 (Louis Pasteur) | 法国微生物学家、化学家 | 1822 ~ 1895



- ◀ `class` 定义一个类，类是一种数据结构，包含属性和方法，用于创建实例对象
- ◀ `def __init__()` 用于初始化对象的属性，在对象创建时自动调用
- ◀ `self` 表示当前对象的引用，用于访问对象的属性和调用对象的方法
- ◀ `@property` 装饰器，将方法转换为属性，使得方法像属性一样访问
- ◀ `@classmethod` 装饰器，将方法定义为类方法，而不是实例方法
- ◀ `cls` 用于访问类的属性和调用类的方法
- ◀ `super().__init__()` 调用父类的构造方法，用于在子类的构造方法中初始化父类的属性



本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

9.1 什么是面向对象编程？

本章蜻蜓点水介绍面向对象编程基本用法。对于大部分读者来说，本章可以跳过不读。如果对面向对象编程感兴趣的话，请继续阅读本章。

面向对象编程 (Object-Oriented Programming, OOP) 是一种编程范式，它将数据和操作数据的方法组合在一起，形成一个对象。在面向对象编程中，一个对象拥有一组属性 (用来描述对象的特征) 和方法 (用来设定对象的行为)。对象可以与其他对象互动，实现特定的功能。面向对象编程强调封装、继承和多态等概念，使程序更易于维护和扩展。

在 Python 中，一切皆为对象，可以通过 `class` 关键字来定义一个类，类中可以包含属性和方法，然后通过实例化对象来使用类中的属性和方法。

打个比方，OOP 中的类 (class) 就好比图 1 中的成套餐具，相当一种模板。盘子好比属性 (attribute)，用来装各种食物 (数据)；刀叉好比方法 (method)，用来用餐 (操作)。而实例 (instance) 则相当于一个个具体的套餐，盘中餐可以是凉菜、炒饭、炒面等等。

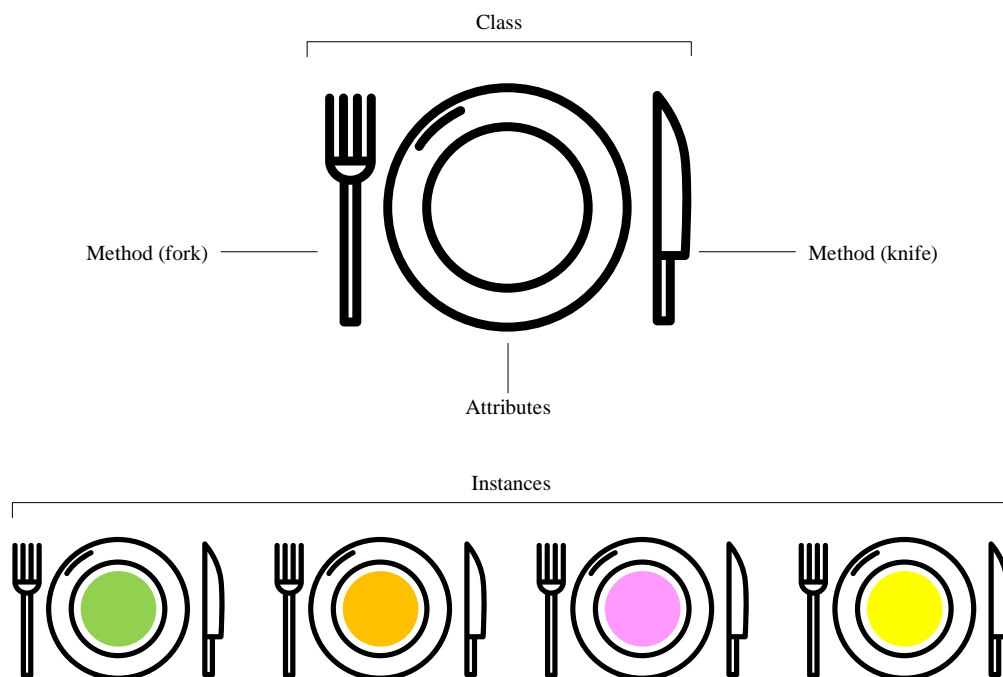


图 1. 面向对象编程中的属性、方法

图 2 这段代码定义了一个名为 `Rectangle` 的类，它具有构造函数来初始化矩形的宽度和高度，并提供了两个方法来计算矩形的周长和面积。

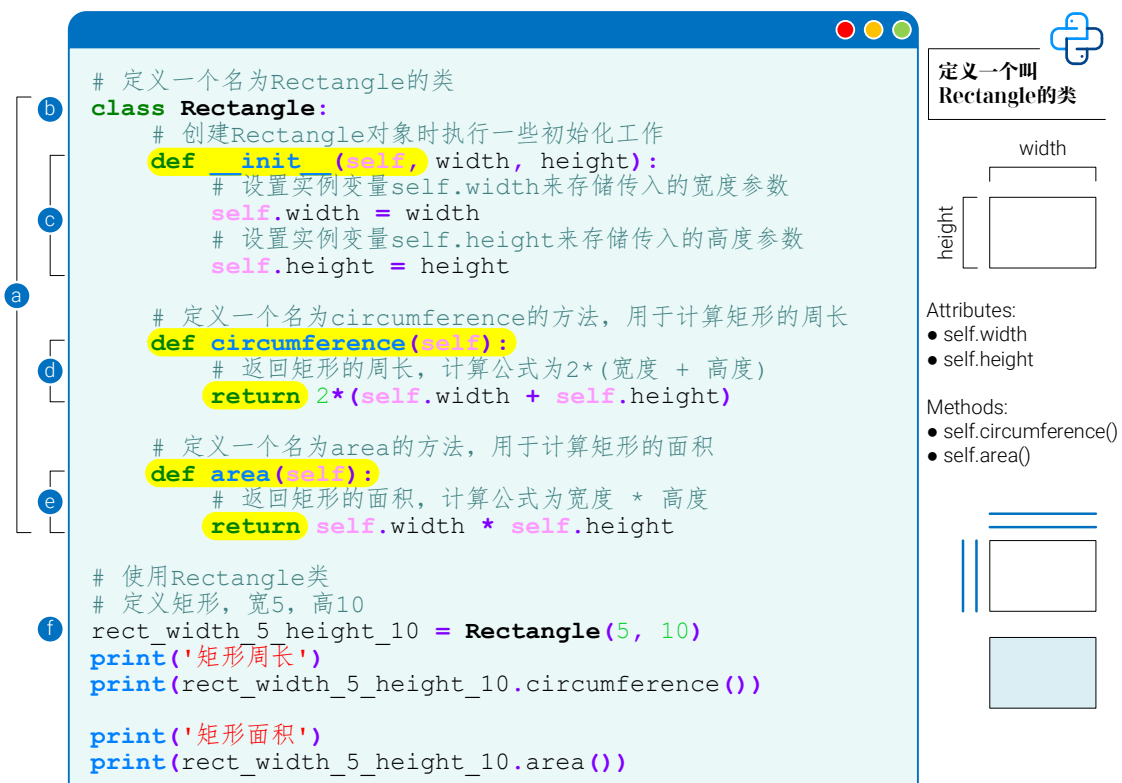


图 2. 定义、使用“矩形”类

下面详细介绍图 2 代码。

a 定义了一个矩形类，名称为 `Rectangle`。`Rectangle` 有两个属性 `width` 和 `height`。类是一个代码模板，用于创建具有相似属性和行为的对象。`Rectangle` 有两个方法：`circumference`（计算周长）、`area`（计算面积）。

b 中关键字 `class` 是用来创建对象的模板，它是面向对象编程的基础。关键词 `class` 把数据（属性）和操作（方法）封装起来，这样便于代码模块化，方便维护。此外，类之间可以通过继承机制建立关系，本章后面将介绍。

c 中 `__init__(self, ...)` 方法是 Python 中的一个特殊构造方法，用于在创建类的实例时进行初始化操作。

在 `__init__` 方法的参数列表中，第一个参数通常被命名为 `self`，它指向类的实例对象。

注意，`__` 中有两个半角下划线（underscore）；`init` 四个字母均为小写字母；`self` 四个字母也均为小写字母。

`self` 参数在调用类的其他方法时自动传递，可以通过 `self` 访问类的属性和其他方法。在 `__init__` 方法内部，可以定义初始化对象时需要执行的逻辑，例如设置对象的初始状态，为对象设置属性的初始值等。

d 用 `def` 定义了 `circumference()` 这个方法，用来计算矩形周长，并用 `return` 返回计算结果。

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

e 用 `def` 定义了 `area()` 这个方法，用来计算矩形面积，并用 `return` 返回计算结果。

f 调用了自定义的 `Rectangle` 对象，将其命名为 `rect_width_5_height_10`。输入的参数为：矩形宽度 5、矩形高度 10。

大家练习时，利用 `rect_width_5_height_10.width` 打印矩形宽度。

注意，调用属性时不加圆括号 `()`。

然后，`rect_width_5_height_10.circumference()` 调用矩形对象的 `circumference()` 方法计算这个矩形的周长。`rect_width_5_height_10.area()` 调用矩形对象的 `area()` 方法计算面积。

注意，使用方法时需要圆括号 `()`。

请大家自行练习图 2 代码，使用 `Rectangle` 定义宽度为 6、高度为 8 的矩形对象，并计算矩形的周长、面积。

9.2 定义属性

在图 3 代码 **a** 中，我们定义一个叫 `Chicken` 的类，这个类有以下属性：(1) `name` (名字)；(2) `age` (鸡龄)；(3) `color` (毛色)；(4) `weight` (体重)。

图 3 代码中 **c** 使用 `__init__` 方法来初始化 `Chicken` 这个类的属性。

接下来，图 3 创建一只名为“小红”的黄色小鸡，命名为 `chicken_01`；然后，创建了一只名为“小黄”的红色色小鸡，命名为 `chicken_02`。请大家在练习的时候，也打印 `chicken_02` 的属性。

此外，在后续代码中还可以覆盖对象属性。比如，如果对象 `chicken_01` 的年龄写错，也可以用 `chicken_01.age = 5` 覆盖。

图 4 中也定了 `Chicken` 类，图 4 和图 3 的代码的最大不同的是图 4 中在定义 `Chicken` 类时给 `color`、`weight` 两个属性默认值。

图 4 代码 **e** 调用 `Chicken` 类时，覆盖了默认毛色，但是保留体重默认值。

注意，图 3 中定义的 `Chicken` 类，不能通过 `chicken_01 = Chicken()` 直接定义一个实例。会产生如下错误。

```
TypeError: Chicken.__init__() missing 4 required positional arguments:
'name', 'age', 'color', and 'weight'
```

将图 3 改成图 5 后，在 **e** 中利用 `Chicken` 类创建实例 `chicken_01` 时不需要赋值。

然后，如 **f** 所示，再对 `chicken_01` 的每个属性分别赋值。

```

# 创建了一个名为 "Chicken" 的类
class Chicken:
    def __init__(self, name, age, color, weight):
        # 初始化对象的属性
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡名字
        self.name = name
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡年龄
        self.age = age
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡体色
        self.color = color
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡体重
        self.weight = weight

# 调用Chicken类
chicken_01 = Chicken("小红", 1, "黄色", 1.5)
chicken_02 = Chicken("小黄", 1.2, "红色", 2)

print('==小鸡的名字=='); print(chicken_01.name)
print('==小鸡的年龄, yr=='); print(chicken_01.age)
print('==小鸡的颜色=='); print(chicken_01.color)
print('==小鸡的体重, kg=='); print(chicken_01.weight)

```

定义一个叫Chicken的类



Attributes:

- self.name
- self.age
- self.color
- self.weight

图 3. 定义、使用“鸡”类


```

# 创建了一个名为 "Chicken" 的类
class Chicken:
    def __init__(self, name, age,
                  color = '黄色', weight = '2'):
        # 初始化对象的属性; 毛色默认 '黄色', 体重默认 2 (kg)
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡名字的参数
        self.name = name
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡名字的年龄
        self.age = age
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡名字的颜色
        self.color = color
        # 设置实例变量self.name来存储小鸡名字的体重
        self.weight = weight

# 调用Chicken类
chicken_01 = Chicken(name = "小红", age = 1,
                    color = '白色') # 覆盖默认 color
print('==小鸡的名字=='); print(chicken_01.name)
print('==小鸡的年龄, yr=='); print(chicken_01.age)
print('==小鸡的颜色=='); print(chicken_01.color)
print('==小鸡的体重, kg=='); print(chicken_01.weight)

```

定义类时, 设置默认属性值



Attributes:

- self.name
- self.age
- self.color
- self.weight

图 4. 定义、使用“鸡”类, 设置默认参数变量 (color, weight)



图 5. 定义、使用“鸡”类，创建实例时不需要参数

9.3 定义方法

图 6 给出一个例子，代码 ^a 定义一个 ListStatistics 类来计算一个浮点数列表的长度、和、平均值、方差。

- ^d 定义的 list_mean() 方法计算平均值时用到了 list_length() 方法。
- ^e 定义的 list_variance() 方法还有一个输入 ddof，ddof 默认值为 1。
- ^f 调用 ListStatistics 类创建对象。
- ^g 计算两个方差；第一个方差相当于粽子方差，第二个方差相当于样本无偏方差。

此外，我们在第 4 章介绍过，Python 变量名一般采用蛇形命名法，比如 list_mean()；Python 面向对象编程中的类定义一般采用驼峰命名法，比如 ListStatistics。

```

# 创建 ListStatistics 类
class ListStatistics:
    # 构造函数，用于初始化属性
    def __init__(self, data):
        # ListStatistics 包含一个 data 属性来存储浮点数列表
        self.data = data

    # 下面定义了4个方法
    # 方法1: 计算列表的长度，即元素的数量
    def list_length(self):
        return len(self.data)
    # 方法2: 计算列表元素之和
    def list_sum(self):
        return sum(self.data)
    # 方法3: 计算列表元素平均值
    def list_mean(self):
        return sum(self.data)/self.list_length()
    # 方法4: 计算列表元素方差
    def list_variance(self, ddof = 1):
        # Delta自由度 ddof 默认为 1; 无偏样本方差
        sum_squares = sum((x_i - self.list_mean())**2
                           for x_i in self.data)
        return sum_squares/(self.list_length() - ddof)

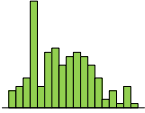
# 创建一个浮点数列表
data = [8.8, 1.8, 7.8, 3.8, 2.8, 5.6, 3.9, 6.9]

# 创建ListStatistics对象
float_list = ListStatistics(data)

# 使用float_list对象计算列表长度
print("列表长度: ", float_list.list_length())
# 使用float_list对象计算列表和
print("列表和: ", float_list.list_sum())
# 使用float_list对象计算列表平均值
print("列表平均值: ", float_list.list_mean())
# 使用float_list对象计算列表方差
print("列表方差: ", float_list.list_variance())
print("列表方差 (ddof = 0): ",
      float_list.list_variance(0))

```

定义一个叫 ListStatistics 的类



Attribute:

- self.data

Methods:

- self.list_length()
- self.list_sum()
- self.list_mean()
- self.list_variance()

图 6. 定义、使用“列表统计量”类

9.4 装饰器

在 Python 中，装饰器 (decorator) 是一种特殊的语法，用于在不修改函数代码的情况下，为函数添加额外的功能或修改函数的行为。

如图 7 所示，^d 中装饰器 @property 用于将一个方法转换为只读属性，可以像访问属性一样访问该方法，而无需使用括号调用它。

^f 中装饰器 @data.setter 装饰器用于在 @property 装饰的方法后定义一个 setter 方法，这样可以在设置属性时执行一些逻辑或验证，对属性的赋值进行控制。

h 中装饰器 `@classmethod` 装饰器用于定义类方法。类方法是在类上而不是在实例上调用的方法。不同于 `self`，类方法的第一个参数通常被命名为 `cls`，它表示类本身而不是实例简单来说，`cls` 是一个约定俗成的名字，表示类本身，而不是类的实例。

i 用于逐个判断一个列表中的所有元素是否都是数值，比如 `float` 或 `int` 类型。

j 创建了 `ListStatistics` 类的实例，命名为 `float_list_obj`。由于 `data` 中有一个非数值元素，在

k 赋值时会报错。

```

# 定义了一个 ListStatistics 类
class ListStatistics:
    # 构造函数，用于初始化属性
    def __init__(self):
        self._data = []

    @property
    # @property 将方法转换为只读属性
    def data(self):
        return self._data

    @data.setter
    # setter 设置属性时执行一些逻辑或验证
    def data(self, new_list):
        if self._are_all_numeric(new_list):
            self._data = new_list
        else:
            print("错误：列表中元素必须全部是数值")

    @classmethod
    # @classmethod 装饰器用于定义类方法
    # 逐个判断列表所有元素是否都是数值
    def _are_all_numeric(cls, input_list):
        for element in input_list:
            if not isinstance(element, (int, float)):
                return False
        return True

# 创建一个浮点数列表
data = [8.8, 1.8, 7.8, 3.8, 2.8, 5.6, '3.9', 6.9]

# 创建实例
float_list_obj = ListStatistics()

# 尝试设置含非数值元素的列表，会输出错误消息
float_list_obj.data = data

```

在创建类时使用@函数装饰器



图 7. 定义、使用“列表统计量”类，使用装饰器

9.5 父类、子类

在面向对象编程中，父类 (parent class) 和子类 (child class) 之间是一种继承关系。父类，也称基类、超类，在继承关系中层次更高；子类，也称派生类，可以继承父类的属性和方法，从而实现代码的重用和扩展。子类可以有多个，并且一个子类也可以再被其他类继承，形成继承的层级结构。

简单来说，父类提供了一个通用模板。如图 8 所示，盘子 + 刀叉，这个组合就相当于父类。而午餐、晚餐一方面继承了“盘子 + 刀叉”，并在此基础上进行了扩展和订制。

午餐的餐具组合为：父类 (盘子 + 刀叉) + 碗；晚餐的餐具组合为：父类 (盘子 + 刀叉) + 酒杯。

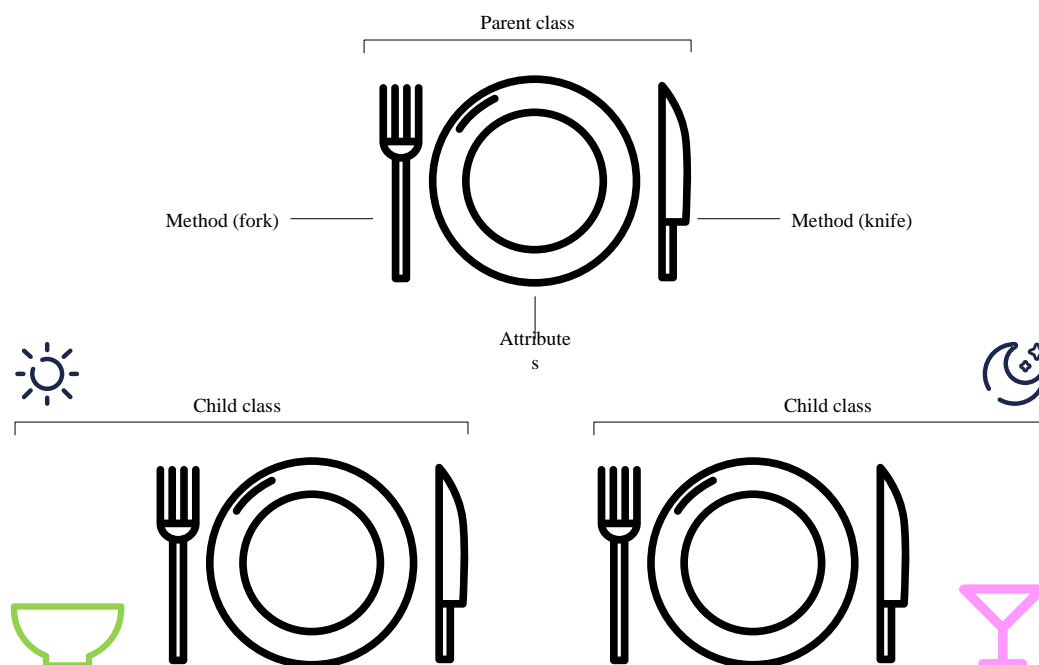


图 8. 面向对象编程中，父类、子类关系

图 9 代码演示了如何定义父类 `Animal` 和子类 `Chicken`、`Rabbit`、`Pig`。

首先，^a 定义了一个 `Animal` 父类。

^e 定义了 `Animal` 的两个属性——名字、年龄；`Animal` 有两个方法——吃饭^f、睡觉^g。

^b ^c ^d 分别定义了三个子类 `Chicken`、`Rabbit`、`Pig`。它们分别继承了父类 `Animal` 的属性和方法，并且分别定义了自己的属性和方法。

当一个类继承自另一个类时，子类可以通过 `super().__init__()` 来调用父类的构造方法，以便在实例化子类时，也能初始化从父类继承的属性。

比如，^h 定义了 Chicken 类专属属性 color，表示鸡的颜色。

ⁱ 定义了 Chicken 类专属方法 lay_egg，表示鸡下蛋。Rabbit、Pig 也有各自的专属属性和方法。

a [e]

f

g

b [h]

i

c [j]

k

d [l]

m

```

# 父类，动物
class Animal:
    def __init__(self, name, age):
        self.name = name
        self.age = age

    def eat(self):
        print(f"{self.name} is eating.")

    def sleep(self):
        print(f"{self.name} is sleeping.")

# 子类，鸡
class Chicken(Animal):
    def __init__(self, name, age, color):
        super().__init__(name, age)
        self.color = color

    def lay_egg(self):
        print(f"{self.name} is laying an egg.")

# 子类，兔
class Rabbit(Animal):
    def __init__(self, name, age, speed):
        super().__init__(name, age)
        self.speed = speed

    def jump(self):
        print(f"{self.name} is jumping.")

# 子类，猪
class Pig(Animal):
    def __init__(self, name, age, weight):
        super().__init__(name, age)
        self.weight = weight


    def roll(self):
        print(f"{self.name} is rolling around.")

chicken1 = Chicken("chicken1", 1, "white")
chicken1.eat(); chicken1.lay_egg()

rabbit1 = Rabbit("rabbit1", 2, 10)
rabbit1.sleep(); rabbit1.jump()

pig1 = Pig("pig1", 3, 100)
pig1.eat(); pig1.roll()

```



创建并使用父类、子类



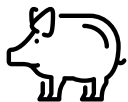




图 9. 定义、使用父类 (动物)、子类 (鸡、兔、猪)



请大家完成下面 2 道题目。

Q1. 参考图 2，写一个名为 Circle 的类，参数为半径，定义两个方法分别计算圆的周长、面积。提示，需要导入 `math.pi` 圆周率近似值。

Q2. 请大家在练习图 6 代码时，再增加 4 个方法，分别计算最大值、最小值、极差（最大值 - 最小值）、标准差。

* 两道题目很简单，本书不提供答案。

本章只是 Python 面向对象编程 OOP 冰山一角，希望大家在需要用到 OOP 时深入学习。