Chp12 异常处理

本章导读

异常处理，处理的是程序的错误。对于我们来说，程序出错并不是最可怕的事情，最可怕的是程序出错为用户带来损失。例如，如果我们去 ATM 机上取钱，假设输入密码和金额之后，ATM 机没有吐出钱来，而是程序崩溃了。这个时候，我们关心的不是程序是否还能正常运行，这台机器有多大的几率能够修复。我们关心的是，我们的账户上的余额是否被修改了，关心的是程序崩溃了是否给我们带来了损失。

因此，异常处理不是为了让程序不出错，而是为了一旦程序出错，能够有一个相关的机制让程序执行一些代码来减少损失。这些代码是事先写好的，只有在错误发生的时候才会运行。就好像生活中的医院：开设医院并不能阻止人们生病，而是在人们生病之后，能有一个地方处理人的病情，通过各种手段来让人们恢复健康从而减少健康方面的损失。

1 异常的概念和分类

首先我们来介绍一下 Java 中所有错误的分类。在面向对象的概念中，一个错误也是一个对象，犯了一个错误，也就是创建了一个错误对象。在 Java 中，有一个 java.lang.Throwable 类，这个类是所有错误的父类。Java 中所有的错误类都是 Throwable 的子类。

Throwable 有两个子类，一个叫做 Error，一个叫做 Exception。其中，Error 指的是非常严重的错误。这种错误往往来源自 Java 底层，一旦发生这种错误，我们连减少损失的机会都没有。例如，虚拟机运行时崩溃，这种错误就是非常典型的 Error。因为虚拟机一旦崩溃，我们完全没有办法再执行任何代码，因此也没有任何机会来做一些减少损失的操作。这就好比当一个人如果生病了，可以去医院看病，从而减少损失。但是如果这个人死了，那无论做什么，都已经没有挽回损失的余地了。因此，对于这种严重的底层错误，我们的态度是：不做处理。并不是我们不想对这些错误做处理，而是我们根本没有机会对这种严重的底层错误进行处理。

相对于 Error 来说，Exception 就是指的，还不那么严重，有挽回余地的错误，这个单词被翻译成“异常”，在 Java 中的异常处理，指的就是 Exception 的处理。对于 Exception 而言，这个类有很多很多的子类，其中有一个类叫做 RuntimeException，这个类也有很多的子类。这样，所有 Exception 的子类就被 RuntimeException 分为两大部分：一种是 Exception 的子类，但不是 RuntimeException 的子类，被称为“已检查异常”；另一种是 RuntimeException 的子类，被称为“未检查异常”。

如果拿到一个异常类，如何分辨其是已检查异常还是未检查异常呢？只要看这个类的继承体系：如果这个类的直接或者间接父类中有 RuntimeException，则这个类是一个未检查异常；如果没有的话，则这个类是一个已检查异常。

那这两种异常有什么区别呢？所谓的“未检查异常”，指的是在写程序过程中可以避免的异常。可以这么来理解，之所以发生“未检查异常”，原因就是程序员写完程序以后没有好好检查；如果程序员能够好好检查自己的代码，则这些异常都可以避免发生。下面我们就为大家介绍一些常见的未检查异常。

```
import java.util.Scanner;
```

```
public class TestRuntimeException {
    public static void main(String[] args) {
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int a = sc.nextInt();
        int b = sc.nextInt();
        System.out.println(a/b);
    }
}
```

这段代码读入两个整数，输出他们的商。乍看之下，这段代码没什么问题，但是这段代码有一个隐患：当读入的整数 b 为 0 时，这段代码会输出什么？

当 b 为 0 时，这段代码就会产生一个异常，异常信息如下：

```
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException: / by zero
    at TestRuntimeException.main(TestRuntimeException.java:7)
```

这段代码里面有几个重要的信息。一个是产生的异常类的名字，当除数为 0 时，会产生一个 ArithmeticException 的异常，产生这个异常的原因则写在类名后面：“/ by zero”。另外，显示产生这个异常的原因代码位置是 TestRuntimeException.java 文件的第 7 行。

在上面的代码中，ArithmeticException 异常是一个非常典型的未检查异常，完全可以通过编程时检查代码，通过各种手段加以避免。例如，我们可以在输出语句之前加一句判断：

```
if (b != 0) System.out.println(a/b);
```

这样，就能避免我们的输出语句产生异常。

因此，产生的 ArithmeticException 就是一个未检查异常，通过分析这个类的父类，我们同样可以得出这个结论。通过查阅 API 文档，我们发现这个类的父类是：RuntimeExcepiton。

java.lang

类 ArithmeticException

java.lang.Object
  └ java.lang.Throwable
      └ java.lang.Exception
          └ java.lang.RuntimeException
              └ **java.lang.ArithmeticException**

除了 ArithmeticException 之外，还有一些其他异常的例子，例如下面的代码：

```
int[] n = new int[3];
n[3] = 10;
```

这段代码会产生一个 ArrayIndexOutOfBoundsException，也就是典型的数组下标越界异常。这个异常同样是一个未检查异常，可以通过细心的编写数组代码来避免出现这样的异常。

再例如，下面的代码：

```
class Animal{}
class Dog extends Animal{}
class Cat extends Animal{}
public class TestAnimal{
    public static void main(String args[]){
        Animal a = new Dog();
        Cat c = (Cat) a
    }
```

}

上面的代码会在运行时抛出一个 ClassCastException。这个异常也是一个未检查异常，原因是类型转换失败。我们可以通过在强制类型转换之前调用 instanceof 判断，从而来避免产生这样的类型转换异常。

最后，还有一个常见的未检查异常：NullPointerException。这个异常在我们对 null 引用使用属性或者调用方法时产生。这个异常也能够通过仔细编写代码来避免。

对于未检查异常，我们都可以通过仔细检查，在程序中加入适当的 if 语句，从而避免这种异常。因此，对于这个异常来说，系统并不要求我们必须处理它们。再好的异常处理，也不如不让异常发生，所谓“防范胜于救灾”，就是这个道理。

未检查异常的对应的是已检查异常。所谓的“已检查异常”，指的是一类无法避免的异常。可以这么来记忆：“已检查异常”是程序员已经仔细把代码检查过了之后，依然会发生的异常。这种异常因为程序员无法避免，因此必须要处理。如果一个程序可能发生已检查异常，而程序中缺少处理异常的代码，那么编译时我们会得到编译错误。

例如，假设程序员在 Java 中写了一段用来连接网络服务器的程序。对于程序员来说，无论在编程方面多么小心，都可能面临这样的异常：网络不通。一个 java 程序员有再大的本事，也无法保证运行程序时网络一定是通的。因此，在这种情况下，程序员必须要处理这个异常，也就是说，程序员必须要写下一个预案，向 JVM 说明：如果网络不通，程序应当如何处理。当网络不通时，系统会抛出 java.net.SocketException。通过查阅 API 文档可知，这个类是 Exception 的子类，但不是 RuntimeException 的子类，因此是已检查异常。

举个生活中的例子。地震，就是一个典型的已检查异常。地震这种异常，任何人都无法预防。那各地的政府会做什么呢？一方面是根据当地的实际情况，用来设定当地建筑物的抗震标准，这样一旦发生地震时，建筑物能够在一定程度上抵抗这个异常，从而让人有逃生的机会，减少损失；一方面是由地震监测部门，监测并预报地震的发生，另一方面，是一旦发生地震之后，进行救灾和援助的组织工作。以上工作皆可认为是政府部门对地震这种已检查异常的处理。

而生活中未检查异常的例子，比较典型的是吸烟引起的火灾。根据资料统计，人在劳累时在床上或者沙发上抽烟，因为烟头点燃纺织物而造成的火灾，是产生火灾的重要原因之一。由于这种原因而产生的异常（火灾），就是一种完全能够避免的异常。这种异常就属于未检查异常。也许我们的家中很少会事先配备灭火器，来及时扑灭抽烟引起的大火。取而代之的，是加强防范措施，来避免这种火灾的发生。

对于已检查异常来说，由于无法避免，因此应该做好充分的预案，因此已检查异常必须要处理；对于未检查异常来说，因为这种异常可以避免，因此可处理可不处理，在实际编程过程中，未检查异常应当以避免为主。

下面是对 Java 中异常分类的总结：

Throwable 类：所有错误的父类

|-- Error： 严重的底层错误，无法处理
|-- Exception : 异常，异常处理的主要对象
|-- RuntimeException 的子类：未检查异常，可以避免，可处理可不处理
|-- 非 RuntimeException 的子类： 已检查异常，无法避免，必须处理

2 异常对象的产生和传递

看下面的代码：

```
import java.util.Scanner;
public class TestException{
    public static void main(String[] args){
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int i = sc.nextInt();
        System.out.println("main 1");
        ma(i);
        System.out.println("main 2");
    }
    static void ma(int i) {
        System.out.println("ma 1");
        mb(i);
        System.out.println("ma 2");
    }
    static void mb(int i){
        System.out.println("mb 1");
        mc(i);
        System.out.println("mb 2");
    }
    static void mc(int i){
        System.out.println("mc 1");
        if (i==0) throw new NullPointerException();
        System.out.println("mc 2");
    }
}
```

在这段代码中，主方法调用 ma，ma 调用 mb，mb 调用 mc。注意 mc 方法，当 i==0 时这个语句的语法：

throw new NullPointerException();

这是一个 throw 语句，throw 语句表明要抛出一个错误。要注意的是 throw 语句的语法：

throw + Throwable 对象

也就是说，throw 语句后面跟的是一个对象，这个对象代表了发生的错误。例如，在 mc 方法中，我们创建了一个 NullPointerException 对象，并把这个对象抛出。throw 语句的作用类似于 return 语句，表示将一个异常对象作为方法的返回值返回。

需要注意的是，如果我们没有使用 throw，而仅仅是创建了一个对象，就只是在 JVM 中分配了一块内存空间而已，和创建一个普通对象一样。而只有使用了 throw，才能表明真正抛出异常对象。

由于 NullPointerException 是一个未检查异常，因此可处理可不处理。在这个程序中，我们没有对 NullPointerException 进行处理。

当程序正常时（即在命令行上读入的整数不为 0 时），输出如下：

```
main 1
ma 1
mb 1
mc 1
mc 2
mb 2
ma 2
main 2
```

上面的代码很容易理解，主方法输出 main1，然后调用 ma 方法；ma 输出 ma1，然后调用 mb 方法；mb 方法输出 mb1，然后调用 mc 方法；mc 方法输出 mc1 和 mc2；返回 mb；mb 方法输出 mb2，返回 ma；ma 方法输出 ma2，返回主方法；最后主方法输出 main2。

当我们在命令行上输入 0 时，运行结果如下：

```
main 1
ma 1
mb 1
mc 1
Exception in thread "main" java.lang.NullPointerException
    at TestException.mc(TestException.java:23)
    at TestException.mb(TestException.java:18)
    at TestException.ma(TestException.java:13)
    at TestException.main(TestException.java:8)
```

上面的运行结果是怎么来的呢？首先依然是 main → ma → mb → mc 这个调用过程。然后，在 mc 方法中产生了一个异常对象，并且向上抛出。mc 方法产生异常之后，后面的正常代码就不执行了，程序从 throw 语句处把异常向上抛出。mc 方法抛出异常之后，这个异常对象就到了 mc 的调用者：mb 方法中，即在 mb 方法的

```
mc(i);
```

这个语句处产生一个异常对象。对于 mb 方法而言，也就是调用 mc 方法时产生了一个异常。由于 mb 方法中没有任何处理异常的代码，因此 mb 方法后面的代码也停止执行，而直接把这个异常抛出，向上抛给了 ma 方法。ma 方法获得了这个异常之后，也没有处理，抛给了 main 方法，main 方法也没有处理，于是这个异常就抛到了 JVM 中。JVM 获得这个异常之后，会打印这个异常的信息，并且让程序终止。

也就是说，方法调用时，是 main→ma→mb→mc 的链状结构，这叫做方法调用链。而当产生异常的时候，函数的代码会在产生异常的地方终止，然后把异常对象返回给函数的调用者。对于我们这个例子来说，产生异常之后，异常传递的方式是 main←ma←mb←mc。这个结论就是说：当函数产生并抛出一个异常时，异常会沿着方法调用链反向传递。

3 异常对象的处理

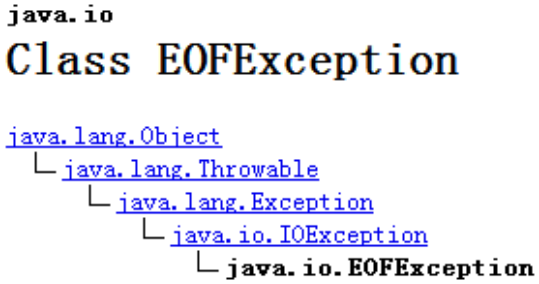
在上一小节代码的基础上，我们修改一下，让 mc 方法有更多的选择：

```
static void mc(int i){
    System.out.println("mc 1");
    if (i==0) throw new NullPointerException();
    if (i==1) throw new java.io.FileNotFoundException();
    if (i==2) throw new java.io.EOFException();
    if (i==3) throw new java.sql.SQLException();
    System.out.println("mc 2");
}
```

首先我们来看一下这几个异常类。我们可以查看 JDK 文档，在文档中显示的 FileNotFoundException 和 EOFException 这两个类的继承关系如下：

FileNotFoundException:

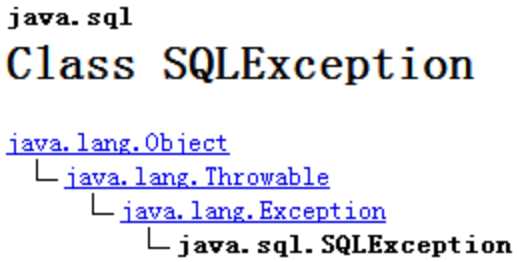
EOFException:



可以看出，这两个异常都是 IOException 的子类，并且，由于继承树中不存在 RuntimeException 这个类，因此这两个类都是已检查异常。

而下面是 java.sql.SQLException 的继承关系：

SQLException:



从它的继承关系可以看出，这个类同样是一个已检查异常。

在 mc 方法抛出 NullPointerException 的时候，由于这个异常是一个未检查异常，可处理可不处理，因此我们的程序中没有任何处理 NullPointerException 的代码。而对于后面的代码，由于抛出的三个异常都是已检查异常，因此必须要处理。如果不处理的话，就会产生编译时错误，信息如下：

```
D:\book>javac TestException.java
TestException.java:23: 未报告的异常 java.io.FileNotFoundException；必须对其进行捕捉或声明以便抛出
                if (i==1) throw new java.io.FileNotFoundException();
                          ^
TestException.java:24: 未报告的异常 java.io.EOFException；必须对其进行捕捉或声明以便抛出
                if (i==2) throw new java.io.EOFException();
                          ^
TestException.java:25: 未报告的异常 java.sql.SQLException；必须对其进行捕捉或声明以便抛出
                if (i==3) throw new java.sql.SQLException();
                          ^
3 错误
```

接下来我们要介绍的是，如何处理异常。

3.1 throws 声明抛出异常

让我们想想这样的场景，JVM 和 main、ma、mb、mc 这四个方法坐在一起开会。首先，JVM 问 mc：

JVM: 你可能会抛出 NullPointerException？你打算怎么处理？

mc: …，我没有任何要说的，要注意，它是未检查异常，我有不处理它的权利！

JVM: OK，那好，那你还可能会抛出 FileNotFoundException, EOFException, SQLException，关于这些异常，你打算怎么办？

mc: 我不知道，让我想一下……

JVM: 你不知道？？!! 这些都是已检查异常，如果你不处理的话，我想编译器都不会让你过关的！

为了解决这个尴尬的局面，mc 方法决定回答 JVM。

mc：你说的那些异常，我作为一个小小的被调用的方法，实在是处理不了。如果发生这些问题的话，我会向上级领导反映……

mc 这种处理异常的方式，体现在代码上，就是下面的 throws 语句：

```
import java.io.*;
import java.sql.*;
…
static void mc(int i)
        throws FileNotFoundException, EOFException, SQLException{
    System.out.println("mc 1");
    if (i==0) throw new NullPointerException();
    if (i==1) throw new FileNotFoundException();
    if (i==2) throw new EOFException();
    if (i==3) throw new SQLException();
    System.out.println("mc 2");
}
```

在方法的参数表最后，写上“throws”加上一系列异常的名字，表示声明抛出。如果要抛出多个异常的话，多个异常之间用逗号隔开。

注意，一定要区分“throws”和“throw”这两个关键字。throw 是一个动作，如果执行时遇到 throw，这表明在这个语句的地方真的会抛出一个异常。例如，在 mc 方法内部的

throw，每个 throw 都会真的抛出一个异常。而 throws 表示的是一个声明，这个声明表示这个方法有可能抛出异常。例如，mc 方法声明 throws FileNotFoundException,EOFException,SQLException，这表明调用 mc 方法有可能会抛出这些异常。也可以这么理解：如果你要调用 mc 方法的话，mc 方法告诉其他函数：调用我可以，但是我可能会出“FileNotFoundException，EOFException, SQLException”这些错，如果出了这些错，我不会管，而由调用我的函数负责。

简单来说：throw 是一个动作，表示抛出；而 throws 是一个声明，表示本方法一旦发生这些异常，本方法不作处理，异常由调用这个方法的方法来处理。

OK，回到 JVM 和四个方法的会议。mc 声明了这些异常它不管，接下来 JVM 就开始问另一个方法：mb。如果 mb 不处理 mc 声明抛出的异常，则会产生编译时的错误。

JVM：mb，mc 说他要 throws 那三个异常。他说调用他的函数要对那三个异常负责。所以，现在我问你，你对这三个异常打算怎么处理？

mb：首先我想说，FileNotFoundException 和 EOFException，这都属于 IOException。只要是 IOException，我就不管。

JVM：……好吧，那 SQLException 呢？

mb：我同样不想管。

这段对话翻译成代码如下：

```
static void mb(int i) throws IOException, SQLException{
    System.out.println("mb 1");
    mc(i);
    System.out.println("mb 2");
}
```

mb 方法声明抛出 IOException 和 SQLException。需要注意的是，由于 FileNotFoundException 和 EOFException 与 IOException 有父子类的关系，因此声名抛出 IOException，就包含了声明抛出所有 IOException 的子类。这是把多态用在声明抛出异常上面。

到了这一步，mb 同样把异常往上抛：mb 声明抛出 IOException 和 SQLException。作为调用 mb 的方法，ma 难辞其咎。于是 JVM 与 ma 有了下面的对话：

JVM：ma，ma！醒醒！我们正在开会呢！

ma ：啊？哦……你们刚刚说了什么？

JVM：mb 方法说他不处理 IOException 和 SQLException，你作为他的调用者，你应该……

ma：啥都别说了，有问题，找我的调用者！我接着睡觉去了……

JVM：……

把这段场景翻译成代码如下：

```
static void ma(int i) throws Exception{
    System.out.println("ma 1");
    mb(i);
    System.out.println("ma 2");
}
```

也就是说，只要是异常，ma 方法都会往上抛出！

终于到了最后，JVM 面对着 main 方法……

JVM : main 方法，我们相处这么多年了，我启动以后第一个寻找的就是你，你不会让我失望吧……

main：唉，大哥不好当啊，小弟如果出了问题，我也很难办……

JVM：你的意思是？

main：如果出了问题，我也拦不住，所以……

JVM：难道……

是的，在主方法后面，同样可以加上 throws 语句。换句话说，主方法同样可以抛出异常！

JVM：我没的问了，所有的方法都选择了逃避。那么一旦 mc 方法抛出了异常，mc 推给 mb，mb 推给 ma，ma 推给 main，main 方法又推给了我，那么我，只好选择停止这个程序的运行了。

完整的代码如下：

```
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.sql.*;
public class TestException{
    public static void main(String[] args) throws Exception{
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int i = sc.nextInt();
        System.out.println("main 1");
        ma(i);
        System.out.println("main 2");
    }
    static void ma(int i) throws Exception{
        System.out.println("ma 1");
        mb(i);
        System.out.println("ma 2");
    }
    static void mb(int i) throws IOException, SQLException{
        System.out.println("mb 1");
        mc(i);
        System.out.println("mb 2");
    }
    static void mc(int i) throws FileNotFoundException,
EOFException, SQLException{
        System.out.println("mc 1");
        if (i==0) throw new NullPointerException();
        if (i==1) throw new java.io.FileNotFoundException();
        if (i==2) throw new java.io.EOFException();
        if (i==3) throw new java.sql.SQLException();
        System.out.println("mc 2");
```

```
    }
}
```

当我们在命令行上输入 1 时，运行结果如下：

```
main 1
ma 1
mb 1
mc 1
Exception in thread "main" java.io.FileNotFoundException
    at TestException.mc(TestException.java:24)
    at TestException.mb(TestException.java:18)
    at TestException.ma(TestException.java:13)
    at TestException.main(TestException.java:8)
```

与抛出 NullPointerException 的情况类似，异常对象由 mc 方法抛出后，被逐层传递至 JVM，最终导致程序的中止运行。

通过 throws 关键字，函数可以声明抛出异常。虽然这样处理异常比较“消极”，但是同样是一种处理方式。

虽然我们在任何一个函数后面都没有声明抛出 NullPointerException，但是由于这个异常是未检查异常，因此任何一个函数都可以向外抛出这个异常。换句话说，我们可以认为每个函数都默认 throws RuntimeException。

3.2 try-catch 捕获异常

除了通过 throws 进行消极处理之外，我们同样可以进行一些积极处理。我们可以采用 try-catch 的语法来捕获可能抛出的异常。例如，现在 ma 方法不向抛出异常，而决定自己来捕获和处理 mb 有可能发生的异常。try-catch 的语法结构如下：

```
try{
    可能发生异常的代码;
}catch(捕获的异常类型 1 e){
    异常处理 1…
}catch(捕获的异常类型 2 e){
    异常处理 2…
} catch(捕获的异常类型 n e){
    异常处理 n…
}
```

如果在 try 语句块中没有出现异常，那么任何一个 catch 语句块都不会得到执行。但一旦 try 块中出现了异常，程序的流程会马上跳出 try 块，根据异常类型的不同，进入某一个 catch 语句块。随后，这个异常被宣告处理完毕，程序将继续向下正常运行。

例如，我们可以把 ma 方法按照上面的语法结构改成如下形式：

```
static void ma(int i) {
    try{
        System.out.println("ma 1");
        mb(i);
        System.out.println("ma 2");
```

```
        }catch(IOException ioe){
            System.out.println("IOException");
        }catch(SQLException sqle){
            System.out.println("SQLException");
        }catch(Exception e){
            System.out.println("Exception");
        }
    }
```

注意上面的代码，我们把 ma 方法签名后面的 throws Exception 声明给去掉了，并把 ma 方法中原有的三行代码都放入了 try 块中。由于这其中 mb 方法有可能抛出异常，我们这么做也就是把可能抛出异常的代码放入了 try 块中。

在 try 块之后，是三个 catch 子句。这三个 catch 语句分别捕获不同的异常类型，三个分别为 IOException、SQLException 和 Exception 类型。catch 语句表示，当 try 块中的代码抛出异常的时候，会根据抛出异常类型的不同，而进行对应的不同的处理。例如，当 mb 方法抛出 SQLException 时，程序会进入 SQLException 的 catch 语句块。

当我们在 ma 方法中处理完异常之后，就可以把 main 方法中的 throws Exception 语句给去掉。完整代码如下：

```
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.sql.*;
public class TestException{
    public static void main(String[] args) {
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int i = sc.nextInt();
        System.out.println("main 1");
        ma(i);
        System.out.println("main 2");
    }
    static void ma(int i) {
        try{
            System.out.println("ma 1");
            mb(i);
            System.out.println("ma 2");
        }catch(IOException ioe){
            System.out.println("IOException");
        }catch(SQLException sqle){
            System.out.println("SQLException");
        }catch(Exception e){
            System.out.println("Exception");
        }
    }

    static void mb(int i) throws IOException, SQLException{
        System.out.println("mb 1");
```

```
            mc(i);
            System.out.println("mb 2");
        }
        static void mc(int i) throws FileNotFoundException,
EOFException, SQLException{
            System.out.println("mc 1");
            if (i==0) throw new NullPointerException();
            if (i==1) throw new java.io.FileNotFoundException();
            if (i==2) throw new java.io.EOFException();
            if (i==3) throw new java.sql.SQLException();
            System.out.println("mc 2");
        }
    }
```

下面我们分析一下，当正常情况以及异常情况时程序执行的流程。当输入 i 不等于 0~4 之间的值时，mc 方法不抛出异常，也就意味着 ma 中的 try 块中没有发生异常。在这种情况下，ma 方法执行时，会顺利执行完 try 块中的所有语句，然后返回 main 方法中。

那如果发生异常情况呢？假设给定 i == 3，根据 mc 方法中的代码，mc 会抛出一个 SQLException。mb 调用 mc，由于 mb 中没有处理这个异常的代码，因此会把这个异常抛给 ma 方法。也就是说，在 ma 调用 mb 方法的这个 try 块中，产生了一个异常。当产生异常之后，程序的会马上跳出 try 块，因此在 try 块中最后一句输出“ma2”会被跳过。然后，由于 try 块中产生了一个 SQLException，得到这个异常之后会依次跟后面的 catch 语句中的异常类型进行比较，因此会进入捕获 SQLException 的语句块中，输出“SQLException”。当 catch 语句执行完毕之后，ma 方法正常返回 main 方法中。因此输出结果如下：

```
main 1
ma 1
mb 1
mc 1
SQLException
main 2
```

假设给定 i == 2。此时程序中产生的异常是 EOFException。当这个异常从 mc 传递到 ma 时，相当于在 try 块中产生了一个 EOFException。这个异常被抛出之后，会依次对 catch 语句进行匹配。由于 EOFException 是 IOException 的子类，因此在遇到第一个 catch 语句：

```
catch(IOException ioe){…}
```

时，EOFException 会作为 IOException 的子类被捕获。这是非常典型的多态用在异常的捕获上。类似的，当 i == 1 时抛出的 FileNotFoundException 也会被捕获 IOException 的 catch 语句捕获。

当 i == 0 时，程序中抛出的是 NullPointerException。由于 NullPointerException 既不是 IOException，也不是 SQLException，因此这个异常无法被前两个 catch 语句所捕获。但是由于 NullPointerException 是 Exception 的子类，因此它能够被第三个 catch 语句捕获。

上面这个例子说明了 1、未检查异常同样可以被捕获、被处理。2、如果在一系列 catch 语句中存在一个捕获 Exception 的语句，就意味着任何类型的异常都能够被这个 catch 语句

所捕获。换句话说，由于 Exception 是所有异常类的父类，根据多态，捕获 Exception 类也就是捕获其任何一种子类异常。

由于多态可以用在异常的捕获上面，因此上面的代码还有一个细节值得注意。如果修改上述 ma 方法中的代码：

```
static void ma(int i) {
    try{
        System.out.println("ma 1");
        mb(i);
        System.out.println("ma 2");
    }
    //! 下面的代码编译出错!
    catch(Exception e){
        System.out.println("Exception");
    }catch(IOException ioe){
        System.out.println("IOException");
    }catch(SQLException sqle){
        System.out.println("SQLException");
    }
}
```

注意，上述代码就是把捕获 Exception 类型的 catch 语句放到了前面。如果代码写成这样的话，编译就会失败，原因在于：由于任何一种异常都能被当做 Exception 来捕获，因此 try 块中产生的任何一种异常都会被第一个 catch 语句捕获。这也就意味着，即使产生了 IOException 或者 SQLException，后面的两个 catch 语句也不会被执行。由于这两个 catch 语句永远无法被执行到，因此会产生一个编译时的错误。

为了避免上述的问题，往往我们写捕获异常的代码时，会遵循这样一个原则：捕获子类异常的 catch 语句写在前面，捕获父类异常的 catch 语句写在后面。

此外，还要注意的一点是，由于 try 块中的代码表示的是可能会出错的代码，因此对于 java 来说，try 块中的代码是有可能不执行的代码。于是，就可能会衍生出一些特别的语法现象。例如，定义下面的函数：

```
public static int m1(){
    try{
        return 100;
    }catch(Exception e){}
}
```

上面的函数无法编译通过，原因在于，上面的函数要求必须返回一个 int 类型的值，但是由于 return 语句是在 try 块中，因此 return 语句有可能不执行，这样就会使得这个函数不返回任何值，从而产生编译错误。

再看下面这段代码的例子：

```
public static void m2(){
    int n;
    try{
```

```
            n = 10;
        } catch(Exception e){}
        System.out.println(n);
    }
```

上面的代码同样编译出错。在 m2 方法中定义了一个局部变量 n，这个局部变量在 try 块中被赋予了初始值。但是由于 java 认为 try 块中的语句不一定会被执行，所以在 try 块外输出 n 的值时，会提示“可能尚未初始化变量 n”，因此编译出错。

3.3 finally

finally 语句是 try-catch 语句的一个补充。在 try-catch 语句块之后，可以加上一个 finally 语句块，这个语句块中的代码，无论程序执行时是否发生异常，最终都会被执行。例如，我们可以为 ma 方法的 try-catch 语句增加一个 finally 代码块：

```
static void ma(int i) {
    try{
        System.out.println("ma 1");
        mb(i);
        System.out.println("ma 2");
    }catch(IOException ioe){
        System.out.println(“IOException”);
    }catch(SQLException sqle){
        System.out.println(“SQLException”);
    }catch(Exception e){
        System.out.println(“Exception”);
    }finally{
        System.out.println("in finally of ma");
    }
}
```

如上面代码所示，我们为 try-catch 语句增加了一个 finally 语句块。当程序正常运行的时候（也就是调用 mb 方法时没有产生异常），此时 try 块正常执行结束。在程序跳出 try-catch-finally 而返回主方法之前，finally 语句会得到执行。体现在输出结果中，就是在 ma2 和 main2 之间输出“in finally of ma”。输出结果如下：

```
main 1
ma 1
mb 1
mc 1
mc 2
mb 2
ma 2
in finally of ma //当程序正常时会运行 finally
main 2
```

当产生异常时（例如 i == 1），此时由于 try 块中抛出异常，因此跳出 try 块并且执行相应的 catch 语句块。当 catch 语句块执行之后，同样会执行 finally 语句块中的内容之后，然后才会返回主方法。当 i == 1 时，输出结果如下：

main 1
ma 1
mb 1
mc 1
IOException //进入 catch IOException 的 catch 语句
in finally of ma //产生异常也要运行 finally
main 2

因此，finally 语句块中的代码，意味着无论程序是否发生异常，都一定要执行。关于这一点，我们还可以看下面的代码

```
static int ma2(int i) {
    try{
        mb(i);
        return 100;
    }catch(Exception e){
        System.out.println("Exception");
        return 200;
    }finally{
        System.out.println("in finally of ma");
        return 300;
    }
}
```

上述代码，在 try 块中有一个 return 100，在 catch 块中有一个 return 200，在 finally 中有一个 return 300。如果在其他方法中调用这个 ma2 方法，返回值是什么呢？

如果 mb 方法不抛出异常，程序正常执行的话，这样执行到 try 块最后的 return 100 时，程序不会在 try 块内返回，而会先执行 finally 语句块中的内容，再执行 return 100。而由于 finally 语句块中存在一个 return 300，因此 ma2 方法的返回值为 300。

如果 mb 方法抛出异常，则程序会跳出 try 块，进入 catch 子句。在 catch 子句中有一个 return 语句。这个 return 语句在执行之前，同样要先执行 finally 语句块中的内容，执行完之后才能返回。由于 finally 语句块中同样具有 return 语句，因此在执行 finally 语句过程中，程序就会返回，返回值为 300.

也就是说，如果 finally 语句块中存在 return 语句，最终函数一定会从 finally 中返回，而不是 try 块或者 catch 语句中返回。这也进一步说明：finally 块中的代码一定会执行。

正因为 finally 语句块中的代码一定会被执行，因此 finally 语句块中我们往往会放上一些释放资源的代码。例如，有下面一些步骤：

1. 申请数据库连接资源
2. 通过数据库的验证，得到数据库连接
3. 使用数据连接，完成数据库的操作
4. 释放数据库连接

在上面的四个步骤中，释放数据库连接就是一个非常典型的释放资源的过程。在申请到了数据库资源之后，无论是第二步进行数据库验证，还是第三步完成数据库操作，都有可能发生异常。但是无论发生异常与否，数据库连接的释放都应该执行，因此这一步也就是所谓的一定要执行的一步。为了保证数据库连接的释放一定被执行，因此这一步应当放在 finally

语句块中。

4 异常与面向对象

上面介绍了一些异常的基本操作和语法，接下来这部分内容，将结合面向对象与异常处理，对异常进行进一步的介绍。

4.1 异常与方法覆盖

我们首先介绍一下异常与方法覆盖相关的内容。方法覆盖对于方法声明抛出的异常也有要求，具体的来说，要求：子类的覆盖方法不能比父类的被覆盖方法抛出更多的异常。

如何来理解所谓“不能抛出更多的异常”呢？考虑下面的代码：

```
class Super{
    public void m() throws IOException{}
}

class Sub extends Super{
    public void m() throws IOException{}
}
```

上面两个类中，Sub 类继承自 Super 类，并且覆盖了 Super 类的 m 方法。在 Super 类中的 m 方法抛出 IOException，而子类的 m 方法也同样抛出 IOException。这样，子类的覆盖方法与父类的被覆盖方法抛出的异常相同，这样能够编译通过。

同样的，如果父类方法中 throws IOException，而子类方法中不抛出任何异常，这样代码同样可以编译通过，这样也不算抛出更多的异常。示例代码如下：

```
class Super{
    public void m() throws IOException{}
}

class Sub extends Super{
    public void m(){}
}
```

但是，如果父类方法中没有抛出 IOException，而子类方法抛出这个异常，则会产生问题。例如：

```
//此处代码编译出错！
class Super{
    public void m(){}
}

class Sub extends Super{
    public void m() throws IOException{}
}
```

上述代码就是子类比父类抛出了更多的异常。

此外，异常的抛出还有多态的问题。例如下面的代码：

```
class Super{
    public void m() throws IOException{}
}

class Sub extends Super{
    public void m() throws FileNotFoundException, EOFException{}
}
```

在上面的代码中，父类只抛出一个异常，子类抛出了两个异常，但是由于子类抛出的异常 FileNotFoundException 和 EOFException，是父类抛出的异常的子类，因此并不能算子类抛出了更多的异常。与之对应的是下面这个例子：

```
//此处代码编译出错！
class Super{
    public void m() throws IOException{}
}

class Sub extends Super{
    public void m() throws SQLException{}
}
```

这个例子同样编译出错。因为父类抛出的是 IOException，而子类抛出的 SQLException，这两个异常类之间完全没有任何的父子类之间的关系。

换句话说，子类不能比父类抛出更多的异常，我们可以这么来理解：子类要么抛出跟父类相同的异常，要么不抛出异常，要么抛出的异常是父类抛出异常的子类。只有这样三种选择。

4.2 异常类介绍

Exception 类作为 java 中异常处理的核心，下面我们就研究一下这个类的相关方法和属性。

4.2.1 message 属性

在 Exception 类中，有一个 getMessage 方法。该方法签名如下：

public String getMessage()

这个方法是在 Throwable 中定义的，因此能够被 Exception 子类继承，并且也就意味着所有的异常类都包含这个方法。这个方法返回一个字符串，JDK 的文档中，称这个方法返回的是“详细消息”。那么什么是这个详细消息呢？

从 getMessage 这个方法的签名来看，非常类似 getXXX 方法，我们有理由相信，在 Throwable 这个类中包含一个私有的 message 属性，而这个 getMessage()方法就是用来获得那个 message 属性的。

虽然在 java 中提供了 getMessage 方法用来获得这个属性，但是却没有提供 setMessage 方法来设置这个属性的值。那个如何来设置属性值呢？这就只能在创建异常的时候，调用异常的构造方法来完成。在 Exception 类中包含这样一个构造方法：

public Exception(String message)

这个构造方法接受一个字符串参数，从 JDK 文档的形参名我们就可以猜测出，这个构造方法的参数能够用来设置 Throwable 中的 message 属性。也就是说，如果我们创建异常时给定一个字符串参数，则在后来捕获异常之后调用 getMessage 方法时就能获得这个字符串的

值。例如下面的例子：

```
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.sql.*;
public class TestExceptionArgs{
    public static void main(String args[]){
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int n = sc.nextInt();
        ma(n);
    }

    public static void ma(int n) {
        try{
            mb(n);
        }catch(Exception e){
            System.out.println(e.getMessage());
        }
    }

    public static void mb(int n) throws Exception{
        if (n == 0) throw new SQLException("n==0");
        if (n == 1) throw new EOFException("n==1");
        if (n == 2) throw new FileNotFoundException("n==2");
    }
}
```

上面的代码就是非常典型的使用 message 属性的例子：在创建异常时，给定一个字符串参数，而当捕获异常时，利用 getMessage 方法获得当时传递的参数。

当输入 n 为 1 时，输出结果为：

```
n==1
```

也就是创建异常时，给定的 message 参数。

message 属性往往被用来对异常进行一些解释和说明，使得程序员在得到异常的同时，能够得到关于该异常的更多信息，方便程序员调试。就像我们到银行取款，如果出现了异常，我们总是希望更多的了解这个异常的信息，究竟为什么取款失败，是因为密码错误，还是因为余额不足呢？

4.2.2 printStackTrace

除了 getMessage 方法之外，在异常类中还有一个常用方法：printStackTrace。这个方法的签名如下：

```
public void printStackTrace()
```

这个方法同样是 Exception 类从 Throwable 继承来的方法，同样是所有异常类都具有的方法。这个方法的作用是：在标准错误输出上打印出产生异常时的方法调用栈的信息。怎么来理解呢？所谓的标准错误，在默认情况下往往指的就是程序员的屏幕。而所谓的方法调用栈的信息是什么意思呢？我们可以试验一下打印的信息。把上面 TestExceptionArgs.java 程序进行修改如下：

```
import java.util.*;
```

```
import java.io.*;
import java.sql.*;
public class TestExceptionArgs{
    public static void main(String args[]){
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int n = sc.nextInt();
        ma(n);
    }

    public static void ma(int n) {
        try{
            mb(n);
        }catch(Exception e){
            e.printStackTrace();
        }
    }

    public static void mb(int n) throws Exception{
        if (n == 0) throw new SQLException("n==0");
        if (n == 1) throw new EOFException("n==1");
        if (n == 2) throw new FileNotFoundException("n==2");
    }
}
```

在 catch 语句中，我们调用 printStackTrace 来打印方法调用栈的信息。当 n 输入为 1 时，输出结果如下：

```
java.io.EOFException: n==1
    at TestExceptionArgs.mb(TestExceptionArgs.java:21)
    at TestExceptionArgs.ma(TestExceptionArgs.java:13)
    at TestExceptionArgs.main(TestExceptionArgs.java:8)
```

我们可以看到，打印的内容分为了三个部分。首先，是抛出异常的类型名：java.io.EOFException。随后，在异常类名之后，是一个冒号，冒号后面的内容，就是我们创建异常时给定的“详细信息”，也可以理解为就是异常的 message 属性。

之后，有三行信息，这三行说明了异常产生时的方法调用关系。异常是在 21 行，mb 方法中产生的，调用 mb 方法的是 13 行的 ma 方法，调用 ma 方法的是第 8 行的 main 方法。通过这样的格式，打印出了产生异常时程序运行的状态和方法调用的关系。

在实际开发过程中，在开发和调试阶段，printStackTrace 方法往往会被程序员用来做异常处理，因为这个方法能够为程序员提供非常多的信息，能够帮助程序员更好的找到错误并改正错误。

5 自定义异常

我们除了可以使用 Sun 公司已经提供好的异常之外，也可以创建自己的异常体系和异常结构，从而完善自己的软件系统。在 Java 中，自定义异常是相当简单的事情，下面我们就

对自定义异常进行一下介绍。

5.1 创建异常类

在 Java 中自定义一个异常类非常简单，只要保证这个异常类继承自 Exception 类就可以；而如果想要自定义一个未检查异常，则只要创建一个类继承自 RuntimeException 就可以了。例如下面的代码：

```
//自定义已检查异常
class MyException1 extends Exception{
}
//自定义未检查异常
class MyException2 extends RuntimeException{
}
```

定义了这两个自定义异常之后，使用的方式跟 Sun 公司定义的异常类相比，没有任何区别。例如下面的例子：

```
public class TestMyException{
    public static void main(String args[]){
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int n = sc.nextInt();
        ma(n);
    }

    public static void ma(int n) {
        try{
            mb(n);
        }catch(MyException1 e){
            e.printStackTrace();
        }catch(Exception e){
            e.printStackTrace();
        }
    }

    public static void mb(int n) throws MyException1{
        if (n == 0) throw new MyException1();
        if (n == 1) throw new MyException2();
    }
}
```

从上面的代码我们可以看出，创建 MyException1 和 MyException2 的对象，以及抛出这两个异常，以及 throws 语句和 try-catch 语句，无论是异常的哪一个方面，我们创建的自定义异常都和 Sun 公司提供的异常完全一样。

也就是说，只要继承自 Exception 类或者 RuntimeException 类，自定义异常最基本的部分就完成了。

5.2 设定 message 属性

但是，如果仅仅让 MyException 继承 Exception 或 RuntimeException 类的话，这样的功

能还不够完善。我们应当让自定义异常和 Sun 公司提供的异常一样，能够设置 message 属性。由于 message 属性在 Throwable 类中，并且没有提供 setMessage 的方法，我们只能让异常在起构造方法中对 message 属性进行赋值。

由于我们的 MyException 本身并没有定义 message 属性，因此为了设置 message 属性，我们必须为 MyException 提供接受字符串作为参数的构造方法。例如下面的代码：

```
public MyException(String msg){
    …
}
```

在构造方法中应当做哪些事情呢？在构造方法中，需要做的就只有一件事情，那就是调用父类（Exception 类或者 RuntimeException 类）的带字符串参数的构造方法。修改后的 MyExcepiton1 和 MyException2 代码如下：

```
//自定义已检查异常
class MyException1 extends Exception{
    public MyException1(){}
    public MyException1(String str){
        super(str);
    }
}
//自定义未检查异常
class MyException2 extends RuntimeException{
    public MyException2(){}
    public MyException2(String str){
        super(str);
    }
}
```

代码非常简单。当修改过后，就可以使用带字符串参数的构造方法以及 getMessage 方法来使用自定义异常类的 message 属性了。