Spring-AOP源码

Spring-AOP源码

AOP, AspectJ, Spring AOP 前世今生

Spring 1.2 中的配置

Spring 2.0 @AspectJ 配置

Spring 2.0 schema-based 配置

AspectJ编译方式实现AOP：

spring aop源码解析

一、切面类的解析

二、创建代理

三、代理类的调用

AOP, AspectJ, Spring AOP 前世今生

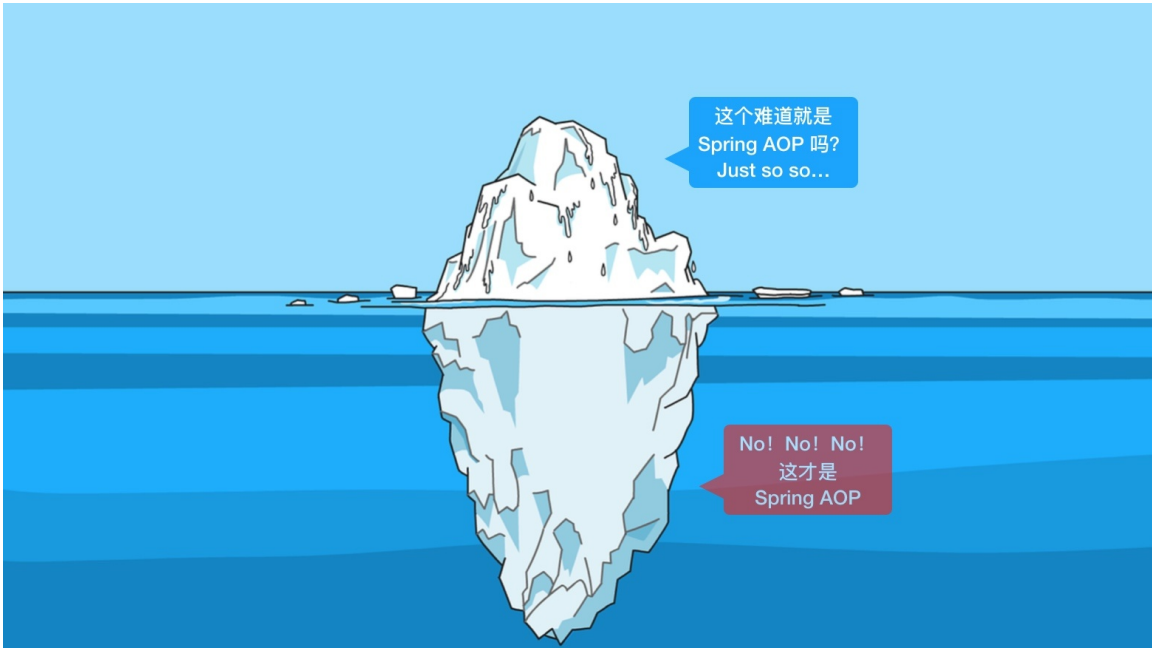
我们先来把它们的概念和关系说说清楚，我们学习的Spring-AOP其实冰山一角，但是AOP还有很多的相关内容需要了解。

- AOP 要实现的是在我们原来写的代码的基础上，进行一定的包装，如在方法执行前、方法返回后、方法抛出异常后等地方进行一定的拦截处理或者叫增强处理。

- AOP 的实现并不是因为 Java 提供了什么神奇的钩子，可以把方法的几个生命周期告诉我们，而是我们要实现一个代理，实际运行的实例其实是生成的代理类的实例。

- 作为 Java 开发者，我们都很熟悉 **AspectJ** 这个词，甚至于我们提到 AOP 的时候，想到的往往就是 AspectJ，即使你可能不太懂它是怎么工作的。这里，我们把 AspectJ 和 Spring AOP 做个简单的对比：

Spring AOP：



AOP 术语解释

https://www.processon.com/view/link/5ecca5ebe0b34d5f262eae3a

- **它基于动态代理来实现。**默认地，如果使用接口的，用 JDK 提供的动态代理实现，如果没有接口，使用 CGLIB 实现。大家一定要明白背后的意思，包括什么时候会不用 JDK 提供的动态代理，而用 CGLIB 实现。
- **Spring 3.2 以后，spring-core 直接就把 CGLIB 和 ASM 的源码包括进来了**，这也是为什么我们不需要显式引入这两个依赖
- Spring 的 IOC 容器和 AOP 都很重要，Spring AOP 需要依赖于 IOC 容器来管理。
- Spring AOP 只能作用于 Spring 容器中的 Bean，它是使用纯粹的 Java 代码实现的，只能作用于 bean 的方法。
- Spring 提供了 AspectJ 的支持，但只用到的AspectJ的切点解析和匹配。
- 很多人会对比 Spring AOP 和 AspectJ 的性能，Spring AOP 是基于代理实现的，在容器启动的时候需要生成代理实例，在方法调用上也会增加栈的深度，使得 Spring AOP 的性能不如 AspectJ 那么好。

AspectJ：

- AspectJ 出身也是名门，来自于 Eclipse 基金会，link：https://www.eclipse.org/aspectj
- 属于静态织入，它是通过修改代码来实现的，它的织入时机可以是：
  - Compile-time weaving：编译期织入，如类 A 使用 AspectJ 添加了一个属性，类 B 引用了它，这个场景就需要编译期的时候就进行织入，否则没法编译类 B。
  - Post-compile weaving：编译后织入，也就是已经生成了 .class 文件，或已经打成 jar 包了，这种情况我们需要增强处理的话，就要用到编译后织入。
  - **Load-time weaving**：指的是在加载类的时候进行织入，要实现这个时期的织入，有几种常见的方法。1、自定义类加载器来干这个，这个应该是最容易想到的办法，在被织入类加载到 JVM 前去对它进行加载，这样就可以在加载的时候定义行为了。2、在 JVM 启动的时候指定 AspectJ 提供的 agent：`-javaagent:xxx/xxx/aspectjweaver.jar`。
- AspectJ 能干很多 Spring AOP 干不了的事情，它是 **AOP 编程的完全解决方案**。Spring AOP 致力于解决的是企业级开发中最普遍的 AOP 需求（方法织入），而不是力求成为一个像 AspectJ 一样的 AOP 编程完全解决方案。
- 因为 AspectJ 在实际代码运行前完成了织入，所以大家会说它生成的类是没有额外运行时开销的。

Spring AOP

首先要说明的是，这里介绍的 Spring AOP 是纯的 Spring 代码，和 AspectJ 没什么关系，但是 Spring 延用了 AspectJ 中的概念，包括使用了 AspectJ 提供的 jar 包中的注解，但是不依赖于其实现功能。

> *后面介绍的如 @Aspect、@Pointcut、@Before、@After 等注解都是来自于 AspectJ，但是功能的实现是纯 Spring AOP 自己实现的。*

下面我们来介绍 Spring AOP 的使用方法，先从最简单的配置方式开始说起，这样读者想看源码也会比较容易。

目前 Spring AOP 一共有三种配置方式，Spring 做到了很好地向下兼容，所以大家可以放心使用。

- Spring 1.2 **基于接口的配置**：最早的 Spring AOP 是完全基于几个接口的，想看源码的同学可以从这里起步。
- Spring 2.0 **schema-based 配置**：Spring 2.0 以后使用 XML 的方式来配置，使用 命名空间 `<aop ></aop>`
- Spring 2.0 **@AspectJ 配置**：使用注解的方式来配置，这种方式感觉是最方便的，还有，这里虽然叫做 `@AspectJ`，但是这个和 AspectJ 其实没啥关系。

Spring 1.2 中的配置

这节我们将介绍 Spring 1.2 中的配置，这是最古老的配置，但是由于 Spring 提供了很好的向后兼容，以及很多人根本不知道什么配置是什么版本的，以及是否有更新更好的配置方法替代，所以还是会有很多代码是采用这种古老的配置方式的（比如声明式事务），这里说的古老并没有贬义的意思。

下面用一个简单的例子来演示怎么使用 Spring 1.2 的配置方式。

首先定义需要被增强的类：

接口：Calculate.java， **实现类**：TulingCalculate.java

```

/**
 * 计算类接口
 * Created by xsls on 2019/6/10.
 */
public interface Calculate {

 /**
 * 加法
  * @param numA
  * @param numB
  * @return
  */
  int add(int numA, int numB);

  /**
  * 减法
  * @param numA
  * @param numB
  * @return
  */
  int sub(int numA, int numB);

  /**
  * 除法
  * @param numA
  * @param numB
  * @return
  */
  int div(int numA, int numB);

  /**
  * 乘法
  * @param numA
  * @param numB
  * @return
  */
  int multi(int numA, int numB);

  int mod(int numA, int numB);
}
```

```

/**
 * Created by xsls on 2019/6/10.
 */
@Component
public class TulingCalculate implements Calculate {

```

```
public int add(int numA, int numB) {

 System.out.println("执行目标方法:add");
 System.out.println(1/0);
 return numA+numB;
 }

 public int sub(int numA, int numB) {
 System.out.println("执行目标方法:reduce");
 return numA-numB;
 }

 public int div(int numA, int numB) {
 System.out.println("执行目标方法:div");
 return numA/numB;
 }

 public int multi(int numA, int numB) {
 System.out.println("执行目标方法:multi");

 return numA*numB;
 }

 public int mod(int numA,int numB){
 System.out.println("执行目标方法:mod");

 int retVal = ((Calculate)AopContext.currentProxy()).add(numA,numB);
 //int retVal = this.add(numA,numB);

 return retVal%numA;

 //return numA%numB;
 }
```

接下来，我们定义 **advice或Interceptor**， 我这里提供2个：

advice 是我们接触的第一个概念，记住它是干什么用的。

TulingLogAdvice.java

```
public class TulingLogAdvice implements MethodBeforeAdvice {
@Override
public void before(Method method, Object[] args, Object target) throws Throwable {
String methodName = method.getName();
System.out.println("执行目标方法【"+methodName+"】的<前置通知>,入参"+ Arrays.asList(args));
}
}
```

TulingLogInterceptor.java

```

/***
 * @Author 徐庶 QQ:1092002729
 * @Slogan 致敬大师，致敬未来的你
 */
```

```
public class TulingLogInterceptor implements MethodInterceptor {
 @Override
 public Object invoke(MethodInvocation invocation) throws Throwable {
 System.out.println(getClass()+"调用方法前");
  Object ret=invocation.proceed();
  System.out.println(getClass()+"调用方法后");
  return ret;
  }

}
```

上面的两个 Advice 分别用于方法调用前输出参数和方法调用后输出结果。

现在可以开始配置了，通过配置类：

FactoryBean方式创建单个代理：

```
 // 被代理对象
 @Bean
 public Calculate tulingCalculate() {
 return new TulingCalculate();
 }

 // Advice 方式
 @Bean
 public TulingLogAdvice tulingLogAdvice(){
  return new TulingLogAdvice();
  }

// Interceptor方式 ， 类似环绕通知
 @Bean
 public TulingLogInterceptor tulingLogInterceptor() {
 return new TulingLogInterceptor();
 }

 /**
 * FactoryBean方式单个： ProxyFactoryBean
 * @return
 */
@Bean
public ProxyFactoryBean calculateProxy(){
 ProxyFactoryBean userService=new ProxyFactoryBean();
 userService.setInterceptorNames("tulingLogAdvice","tulingLogInterceptor"); // 根据指定的顺序执行
 userService.setTarget(tulingCalculate());
 return userService;
}
```

接下来，我们跑起来看看：

```
public static void main(String[] args) {
 AnnotationConfigApplicationContext ctx = new AnnotationConfigApplicationContext(EalyAopMainConfig.cla
ss);
 Calculate calculateProxy = ctx.getBean("calculateProxy",Calculate.class);
 calculateProxy.div(1,1);
}
```

查看输出结果：

```
执行目标方法【div】的<前置通知>,入参[1, 1]
class tuling.EalyAopDemo.TulingLogInterceptor调用方法前
执行目标方法:div
class tuling.EalyAopDemo.TulingLogInterceptor调用方法后
```

从结果可以看到，使用了责任链方式对advice和Interceptor都进行调用。这个例子理解起来应该非常简单，就是通过调用FactoryBean的getObject方法创建一个代理实现。

代理模式需要一个接口（可选）、一个具体实现类，然后就是定义一个代理类，用来包装实现类，添加自定义逻辑，在使用的时候，需要用代理类来生成实例。

此中方法有个致命的问题，如果我们只能指定单一的Bean的AOP， 如果多个Bean需要创建多个ProxyFactoryBean 。而且，我们看到，我们的拦截器的粒度只控制到了类级别，类中所有的方法都进行了拦截。接下来，我们看看怎么样**只拦截特定的方法。**

在上面的配置中，配置拦截器的时候，interceptorNames 除了指定为 Advice，是还可以指定为 Interceptor 和 Advisor 的。

这里我们来理解 **Advisor** 的概念，它也比较简单，**它内部需要指定一个 Advice**，Advisor 决定该拦截哪些方法，拦截后需要完成的工作还是内部的 Advice 来做。

它有好几个实现类，这里我们使用实现类 **NameMatchMethodPointcutAdvisor** 来演示，从名字上就可以看出来，它需要我们给它提供方法名字，这样符合该配置的方法才会做拦截。

```
1  @Bean
2 public NameMatchMethodPointcutAdvisor tulingLogAspect() {
3  NameMatchMethodPointcutAdvisor advisor=new NameMatchMethodPointcutAdvisor();
4  // 通知(Advice) : 是我们的通知类
5  // 通知者(Advisor): 是经过包装后的细粒度控制方式。
6  advisor.setAdvice(tulingLogAdvice());
7  advisor.setMappedNames("div");
8  return advisor;
9 }
10
11 /**
12  * FactoryBean方式单个:  ProxyFactoryBean
13  * 控制粒度到方法
14  * @return
15  */
16 @Bean
17 public ProxyFactoryBean calculateProxy(){
18  ProxyFactoryBean userService=new ProxyFactoryBean();
19  userService.setInterceptorNames("tulingLogAspect");
20  userService.setTarget(tulingCalculate());
21  return userService;
22 }
```

*我们可以看到，*calculateProxy*这个 bean 配置了一个 advisor，advisor 内部有一个 advice。advisor 负责匹配方法，内部的 advice 负责实现方法包装。*

注意，这里的 mappedNames 配置是可以指定多个的，用逗号分隔，可以是不同类中的方法。相比直接指定 advice，advisor 实现了更细粒度的控制，因为在这里配置 advice 的话，所有方法都会被拦截。

```
1  public static void main(String[] args) {
2  AnnotationConfigApplicationContext ctx = new AnnotationConfigApplicationContext(EalyAopMainConfig.cla
ss);
3  Calculate calculateProxy = ctx.getBean("calculateProxy",Calculate.class);
4  calculateProxy.div(1,1);
5 }
```

输出结果如下，只有 div方法被拦截：

```
class com.sun.proxy.$Proxy13
执行目标方法【div】的<前置通知>,入参[1, 1]
执行目标方法:div
```

上面，我们介绍完了 **Advice、Advisor、Interceptor** 三个概念，相信大家应该很容易就看懂它们了。
它们有个共同的问题，那就是我们得为每个 bean 都配置一个代理，之后获取 bean 的时候需要获取这个代理类的 bean 实例（如 ctx.getBean("calculateProxy",Calculate.class)），这显然非常不方便，不利于我们之后要使用的自动根据类型注入。下面介绍 autoproxy 的解决方案。
autoproxy：从名字我们也可以看出来，它是实现自动代理，也就是说当 Spring 发现一个 bean 需要被切面织入的时候，Spring 会自动生成这个 bean 的一个代理来拦截方法的执行，确保定义的切面能被执行。
这里强调**自动**，也就是说 Spring 会自动做这件事，而不用像前面介绍的，我们需要显式地指定代理类的 bean。
我们去掉原来的 **ProxyFactoryBean** 的配置，改为使用 **BeanNameAutoProxyCreator** 来配置：

```
/**
*autoProxy: BeanPostProcessor手动指定Advice方式 BeanNameAutoProxyCreator
* @return
*/
@Bean
public BeanNameAutoProxyCreator autoProxyCreator() {
BeanNameAutoProxyCreator beanNameAutoProxyCreator = new BeanNameAutoProxyCreator();
//设置要创建代理的那些Bean的名字
beanNameAutoProxyCreator.setBeanNames("tuling*");
 //设置拦截链名字(这些拦截器是有先后顺序的)
 beanNameAutoProxyCreator.setInterceptorNames("tulingLogInterceptor");
 return beanNameAutoProxyCreator;
 }
```

配置很简单，beanNames 中可以使用正则来匹配 bean 的名字来增强多个类。 也就是说不再是配置某个 bean 的代理了。

注意，这里的 InterceptorNames 和前面一样，也是可以配置成 Advisor 和 Interceptor 的。

然后我们修改下使用的地方：

```
public static void main(String[] args) {

AnnotationConfigApplicationContext ctx = new AnnotationConfigApplicationContext(EalyAopMainConfig.class);
Calculate tulingCalculate = ctx.getBean("tulingCalculate",Calculate.class);
tulingCalculate.div(1,1);
}
```

发现没有，**我们在使用的时候，完全不需要关心代理了**，直接使用原来的类型就可以了，这是非常方便的。
输出结果就是 OrderService 和 UserService 中的每个方法都得到了拦截：

1.

```
class tuling.EalyAopDemo.TulingLogInterceptor调用方法前
执行目标方法:div
class tuling.EalyAopDemo.TulingLogInterceptor调用方法后
```

到这里，是不是发现 BeanNameAutoProxyCreator 非常好用，它需要指定被拦截类名的模式(如 *ServiceImpl)，它可以配置多次，这样就可以用来匹配不同模式的类了。

另外，在 BeanNameAutoProxyCreator 同一个包中，还有一个非常有用的类 **DefaultAdvisorAutoProxyCreator**，比上面的 BeanNameAutoProxyCreator 还要方便。

之前我们说过，advisor 内部包装了 advice，advisor 负责决定拦截哪些方法，内部 advice 定义拦截后的逻辑。所以，仔细想想其实就是只要让我们的 advisor 全局生效就能实现我们需要的自定义拦截功能、拦截后的逻辑处理。

BeanNameAutoProxyCreator 是自己匹配方法，然后交由内部配置 advice 来拦截处理；

而 DefaultAdvisorAutoProxyCreator 是让 ioc 容器中的所有 advisor 来匹配方法，advisor 内部都是有 advice 的，让它们内部的 advice 来执行拦截处理。

1、我们需要再回头看下 Advisor 的配置，上面我们用了 NameMatchMethodPointcutAdvisor 这个类：

```
/**
 *autoProxy: BeanPostProcessor手动指定Advice方式 BeanNameAutoProxyCreator
 * @return
 */
 @Bean
 public BeanNameAutoProxyCreator autoProxyCreator() {
 BeanNameAutoProxyCreator beanNameAutoProxyCreator = new BeanNameAutoProxyCreator();
 //设置要创建代理的那些Bean的名字
 beanNameAutoProxyCreator.setBeanNames("tuling*");
  //设置拦截链名字(这些拦截器是有先后顺序的)
  beanNameAutoProxyCreator.setInterceptorNames("tulingLogInterceptor");
  return beanNameAutoProxyCreator;
  }
```

其实 Advisor 还有一个更加灵活的实现类 **RegexpMethodPointcutAdvisor**，它能实现正则匹配，如：

```
// RegexpMethodPointcutAdvisor 按正则匹配类
@Bean
public RegexpMethodPointcutAdvisor tulingLogAspectInterceptor() {
 RegexpMethodPointcutAdvisor advisor=new RegexpMethodPointcutAdvisor();
 advisor.setAdvice(tulingLogInterceptor());
 advisor.setPattern("tuling.TulingCalculate.*");
 return advisor;
}
```

也就是说，我们能通过配置 Advisor，精确定位到需要被拦截的方法，然后使用内部的 Advice 执行逻辑处理。

2、之后，我们需要配置 DefaultAdvisorAutoProxyCreator，它的配置非常简单，直接使用下面这段配置就可以了，它就会使得**所有的 Advisor 自动生效**，无须其他配置。（记得把之前的autoProxyCreator配置去掉，无需创建2次代理）

```
 /**
 * BeanPostProcessor自动扫描Advisor方式 DefaultAdvisorAutoProxyCreator
 * @return
 */
@Bean
public DefaultAdvisorAutoProxyCreator autoProxyCreator() {
 return new DefaultAdvisorAutoProxyCreator();
}
```

然后我们运行一下：

```
 public static void main(String[] args) {

 AnnotationConfigApplicationContext ctx = new AnnotationConfigApplicationContext(EalyAopMainConfig.class);
 Calculate tulingCalculate = ctx.getBean("tulingCalculate",Calculate.class);
 tulingCalculate.div(1,1);
}
```

输出：

```
执行目标方法【div】的<前置通知>,入参[1, 1]
class tuling.EalyAopDemo.TulingLogInterceptor调用方法前
执行目标方法:div
class tuling.EalyAopDemo.TulingLogInterceptor调用方法后
```

从结果可以看出，create *方法使用了 logArgsAdvisor 进行传参输出，query* 方法使用了 logResultAdvisor 进行了返回结果输出。

到这里，Spring 1.2 的配置就要介绍完了。本文不会介绍得面面俱到，主要是关注最核心的配置，如果读者感兴趣，要学会自己去摸索，比如这里的 Advisor 就不只有我这里介绍的 NameMatchMethodPointcutAdvisor 和 RegexpMethodPointcutAdvisor，AutoProxyCreator 也不仅仅是 BeanNameAutoProxyCreator 和 DefaultAdvisorAutoProxyCreator。

读到这里，我想对于很多人来说，就知道怎么去阅读 Spring AOP 源码了。

Spring 2.0 @AspectJ 配置

Spring 2.0 schema-based 配置

请参考基础文档：[05-SpringAOP的使用详解.note]

AspectJ编译方式实现AOP：

AspectJ方式不多讲，2大核心：

- 定义了切面表达式的语法和解析机制
- 提供了强大的织入工具

它是通过织入的方式：直接将切面在【编译前、后】或【JVM加载的时候】进行织入到.class代码中。在实际生产中，我们用得最多的还是纯 Spring AOP，因为AspectJ学习成本高， Spring AOP已经能满足日常开发种的需求。 通过本AspectJ大家了解下 Spring Aop只用到了aspectj的设计理念（注解)和切点表达式配对。

AccountAspect .aj

```
1
2 public aspect AccountAspect {
3  pointcut callPay(int amount, Account account):
4  call(boolean cn.tulingxueyuan.myAspectJ.model.Account.pay(int)) && args(amount) && target(account);
5  before(int amount, Account account): callPay(amount, account) {
6  System.out.println("[AccountAspect]付款前总金额: " + account.balance);
7  System.out.println("[AccountAspect]需要付款: " + amount);
8  }
9  boolean around(int amount, Account account): callPay(amount, account) {
10  if (account.balance < amount) {
11  System.out.println("[AccountAspect]拒绝付款!");
12  return false;
13  }
14  return proceed(amount, account);
15  }
16  after(int amount, Account balance): callPay(amount, balance) {
17  System.out.println("[AccountAspect]付款后，剩余: " + balance.balance);
18  }
19 }
```

MainApp.java

```
1 public class MainApp {
2  public static void main(String[] args) {
3  testCompileTime();
4  }
```

```
5  public static void testCompileTime() {
6  Account account = new Account();
7  System.out.println("==================");
8  account.pay(10);
9  account.pay(50);
10  System.out.println("==================");
11  }
12 }
```

织入后:

```
1
2 public class MainApp {
3  public MainApp() {
4  }
5
6  public static void main(String[] args) {
7  testCompileTime();
8  }
9
10  public static void testCompileTime() {
11  Account account = new Account();
12  System.out.println("==================");
13  byte var1 = 10;
14  Account var2 = account;
15
16  try {
17  AccountAspect.aspectOf().ajc$before$cn_tulingxueyuan_myAspectJ_AccountAspect$1$ed770766(var1, var2);
18  pay_aroundBody1$advice(var2, var1, AccountAspect.aspectOf(), var1, var2, (AroundClosure)null);
19  } catch (Throwable var8) {
20  AccountAspect.aspectOf().ajc$after$cn_tulingxueyuan_myAspectJ_AccountAspect$3$fa1eb897(var1,
account);
21  throw var8;
22  }
23
24  AccountAspect.aspectOf().ajc$after$cn_tulingxueyuan_myAspectJ_AccountAspect$3$fa1eb897(var1,
account);
25  byte var4 = 50;
26  Account var5 = account;
27
28  try {
29  AccountAspect.aspectOf().ajc$before$cn_tulingxueyuan_myAspectJ_AccountAspect$1$ed770766(var4, var5);
30  pay_aroundBody3$advice(var5, var4, AccountAspect.aspectOf(), var4, var5, (AroundClosure)null);
31  } catch (Throwable var7) {
32  AccountAspect.aspectOf().ajc$after$cn_tulingxueyuan_myAspectJ_AccountAspect$3$fa1eb897(var4,
account);
33  throw var7;
34  }
35
36  AccountAspect.aspectOf().ajc$after$cn_tulingxueyuan_myAspectJ_AccountAspect$3$fa1eb897(var4,
account);
37  System.out.println("==================");
38  }
39 }
```

那AOP的4种实现方式就给大家总结到之里， 讲这块内容主要是为了减少待会大家阅读源码的障碍性。那么我们正式进入源码的领域：

spring aop源码解析

我们知道，spring中的aop是通过动态代理实现的，那么他具体是如何实现的呢？spring通过一个切面类，在他的类上加入@Aspect注解，定义一个Pointcut方法，最后定义一系列的增强方法。这样就完成一个对象的切面操作。

那么思考一下，按照上述的基础，要实现我们的aop，大致有以下思路：

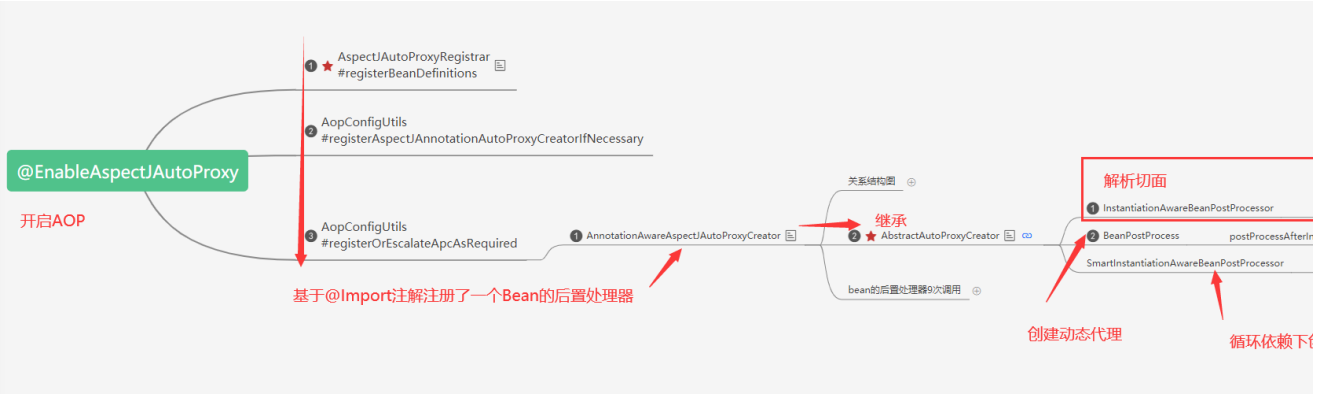
1.找到所有的切面类

2.解析出所有的advice并保存

3.创建一个动态代理类

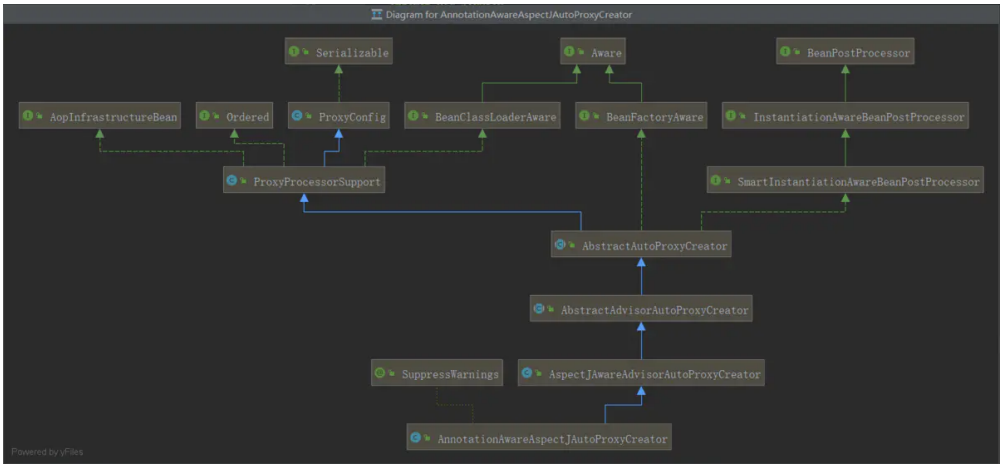
4.调用被代理类的方法时，找到他的所有增强器，并增强当前的方法

那么下面通过源码验证一下我们的猜测：



一、切面类的解析

spring通过@EnableAspectJAutoProxy开启aop切面，在注解类上面发现@Import(AspectJAutoProxyRegistrar.class)，AspectJAutoProxyRegistrar实现了ImportBeanDefinitionRegistrar，所以他会通过registerBeanDefinitions方法为我们容器导入beanDefinition。



进入解析切面的过程：

postProcessBeforeInstantiation是在任意bean创建的时候就调用了

org.springframework.beans.factory.support.AbstractAutowireCapableBeanFactory#resolveBeforeInstantiation

org.springframework.beans.factory.support.AbstractAutowireCapableBeanFactory#applyBeanPostProcessorsBeforeInstantia

org.springframework.beans.factory.config.InstantiationAwareBeanPostProcessor#postProcessBeforeInstantiation

org.springframework.aop.framework.autoproxy.AbstractAutoProxyCreator#postProcessBeforeInstantiation

详细流程图：
https://www.processon.com/view/link/5f1958a35653bb7fd24d0aad

追踪一下源码可以看到最终导入AnnotationAwareAspectJAutoProxyCreator，我们看一下他的类继承关系图，发现它实现了两个重要的接口，BeanPostProcessor和InstantiationAwareBeanPostProcessor
首先看InstantiationAwareBeanPostProcessor的postProcessBeforeInstantiation方法
Object postProcessBeforeInstantiation(Class<?> beanClass, String beanName)（InstantiationAwareBeanPostProcessor）

org.springframework.aop.framework.autoproxy.AbstractAutoProxyCreator#postProcessBeforeInstantiation
org.springframework.aop.aspectj.autoproxy.AspectJAwareAdvisorAutoProxyCreator#shouldSkip
org.springframework.aop.aspectj.annotation.AnnotationAwareAspectJAutoProxyCreator#findCandidateAdvisors
org.springframework.aop.aspectj.annotation.BeanFactoryAspectJAdvisorsBuilder#buildAspectJAdvisors

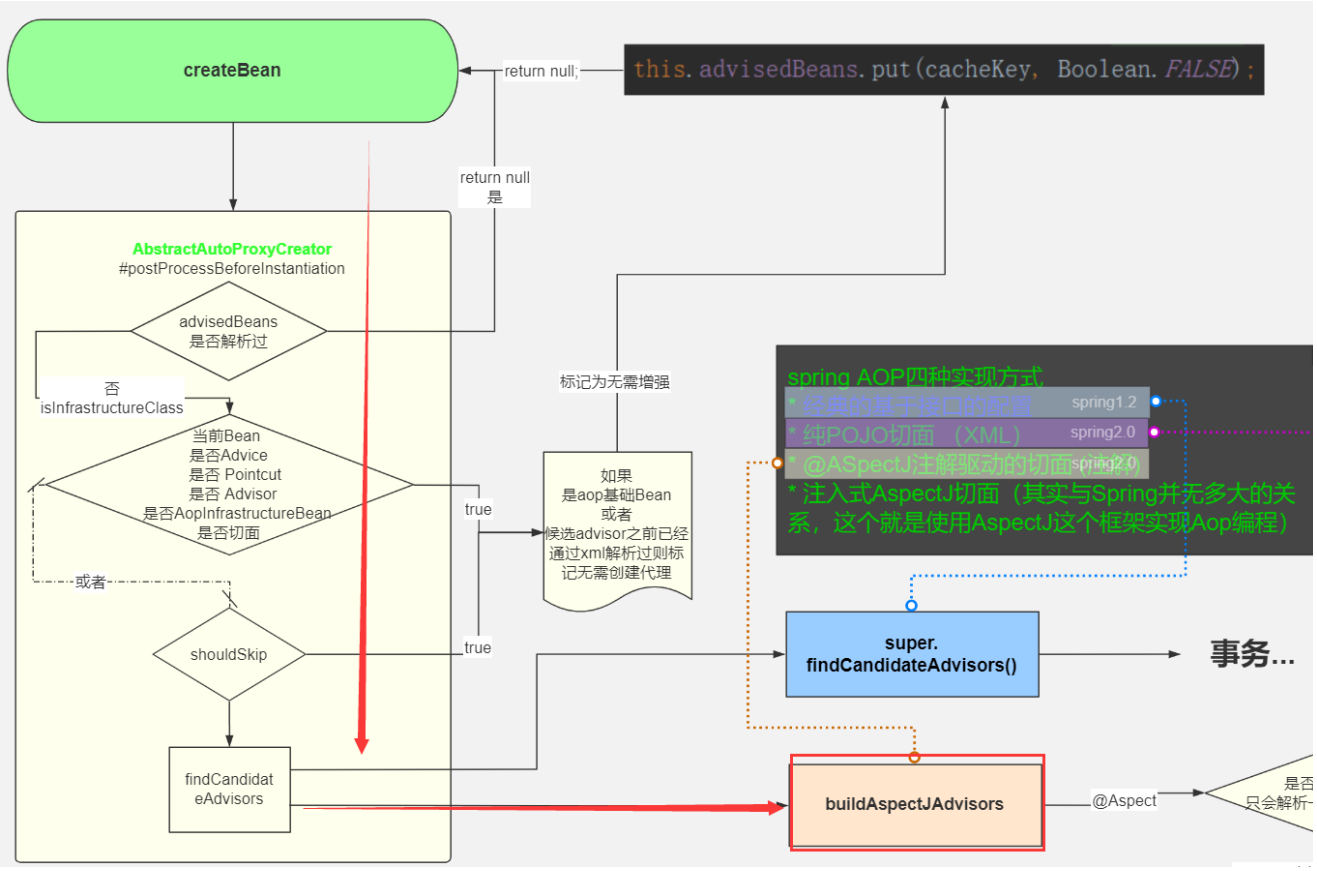
```
public List<Advisor> buildAspectJAdvisors() {
 //获取缓存中的aspectBeanNames
 List<String> aspectNames = this.aspectBeanNames;

 if (aspectNames == null) {
 synchronized (this) {
 aspectNames = this.aspectBeanNames;
 if (aspectNames == null) {
 List<Advisor> advisors = new ArrayList<>();
  aspectNames = new ArrayList<>();
  //获取beanFactory中所有的beanNames
  String[] beanNames = BeanFactoryUtils.beanNamesForTypeIncludingAncestors(
  this.beanFactory, Object.class, true, false);
  for (String beanName : beanNames) {
  if (!isEligibleBean(beanName)) {
  continue;
  }
  // We must be careful not to instantiate beans eagerly as in this case they
  // would be cached by the Spring container but would not have been weaved.
  Class<?> beanType = this.beanFactory.getType(beanName);
  if (beanType == null) {
  continue;
  }
  //找出所有类上面含@Aspect注解的beanName
  if (this.advisorFactory.isAspect(beanType)) {
  //将找到的beanName放入aspectNames集合
  aspectNames.add(beanName);
  AspectMetadata amd = new AspectMetadata(beanType, beanName);
  if (amd.getAjType().getPerClause().getKind() == PerClauseKind.SINGLETON) {
  MetadataAwareAspectInstanceFactory factory =
  new BeanFactoryAspectInstanceFactory(this.beanFactory, beanName);
  //1.找到切面类的所有但是不包括@Pointcut注解的方法
  //2.筛选出来包含@Around, @Before, @After,@ AfterReturning,  @AfterThrowing注解的方法
  //3.封装为List<Advisor>返回
  List<Advisor> classAdvisors = this.advisorFactory.getAdvisors(factory);
  if (this.beanFactory.isSingleton(beanName)) {
  //将上面找出来的Advisor按照key为beanName，value为List<Advisor>的形式存入advisorsCache
  this.advisorsCache.put(beanName, classAdvisors);
  }
  else {
  this.aspectFactoryCache.put(beanName, factory);
  }
```

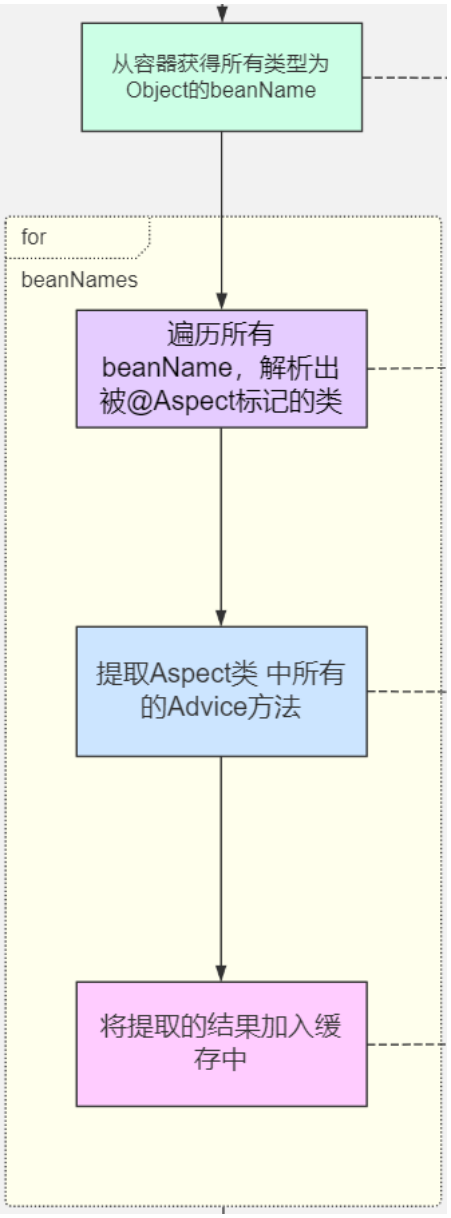
```
advisors.addAll(classAdvisors);
}
else {
// Per target or per this.
if (this.beanFactory.isSingleton(beanName)) {
throw new IllegalArgumentException("Bean with name '" + beanName +
"' is a singleton, but aspect instantiation model is not singleton");
}
MetadataAwareAspectInstanceFactory factory =
new PrototypeAspectInstanceFactory(this.beanFactory, beanName);
this.aspectFactoryCache.put(beanName, factory);
advisors.addAll(this.advisorFactory.getAdvisors(factory));
}
}
}
this.aspectBeanNames = aspectNames;
return advisors;
}
}
}

if (aspectNames.isEmpty()) {
return Collections.emptyList();
}
List<Advisor> advisors = new ArrayList<>();
for (String aspectName : aspectNames) {
//当再次进入该方法，会直接从advisorsCache缓存中获取
List<Advisor> cachedAdvisors = this.advisorsCache.get(aspectName);
if (cachedAdvisors != null) {
advisors.addAll(cachedAdvisors);
}
else {
MetadataAwareAspectInstanceFactory factory = this.aspectFactoryCache.get(aspectName);
advisors.addAll(this.advisorFactory.getAdvisors(factory));
}
}
return advisors;
}
```

流程图：

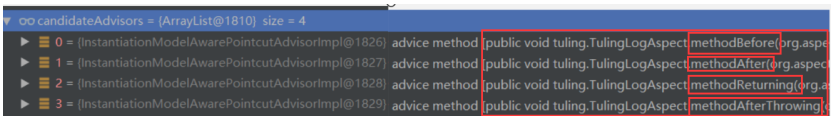

createBean
return null;
this.advisedBeans.put(cacheKey, Boolean.FALSE);
return null
是
AbstractAutoProxyCreator
#postProcessBeforeInstantiation
advisedBeans
是否解析过
否
isInfrastructureClass
当前Bean
是否Advice
是否 Pointcut
是否 Advisor
是否AopInfrastructureBean
是否切面
true
或者
shouldSkip
true
findCandidat
eAdvisors
标记为无需增强
如果
是aop基础Bean
或者
候选advisor之前已经
通过xml解析过则标
记无需创建代理
spring AOP四种实现方式
* 经典的基于接口的配置
spring1.2
* 纯POJO切面 （XML）
spring2.0
* @ASpectJ注解驱动的切面（注解）
spring2.0
* 注入式AspectJ切面（其实与Spring并无多大的关系，这个就是使用AspectJ这个框架实现Aop编程）
super.
findCandidateAdvisors()
事务...
buildAspectJAdvisors
@Aspect
是否
只会解析

解析的步骤：



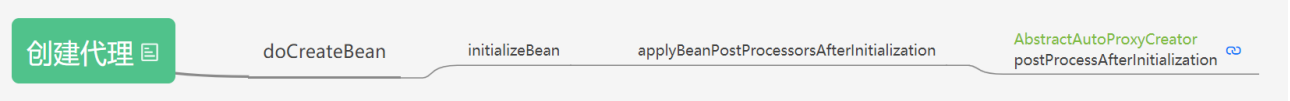
最终将解析出来的advisor放入缓存，这里思考清楚 advisor和advise的区别

其实就是我们切面中的通知方法：



二、创建代理

进入创建代理的过程：

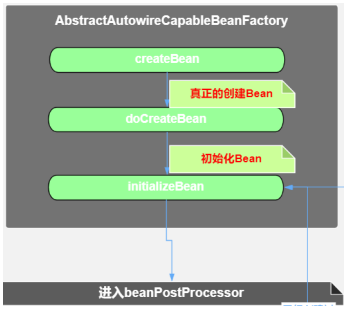


postProcessAfterInitialization是在bean创建完成之后执行的

org.springframework.beans.factory.support.AbstractAutowireCapableBeanFactory#doCreateBean

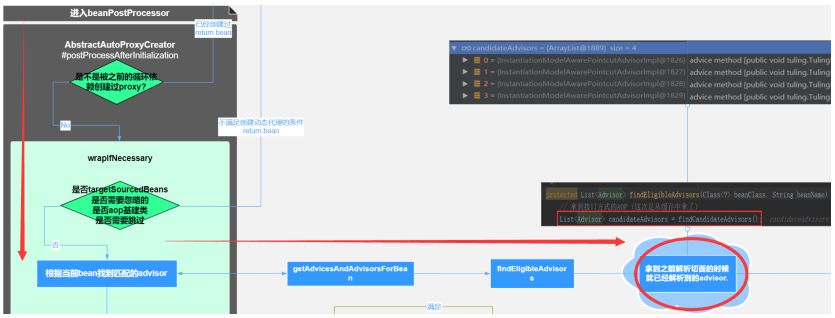
org.springframework.beans.factory.support.AbstractAutowireCapableBeanFactory#initializeBean(java.lang.String, java.lang.Object, org.springframework.beans.factory.support.RootBeanDefinition)

org.springframework.beans.factory.support.AbstractAutowireCapableBeanFactory#applyBeanPostProcessorsAfterInitializatic
org.springframework.beans.factory.config.BeanPostProcessor#postProcessAfterInitialization
org.springframework.aop.framework.autoproxy.AbstractAutoProxyCreator#postProcessAfterInitialization



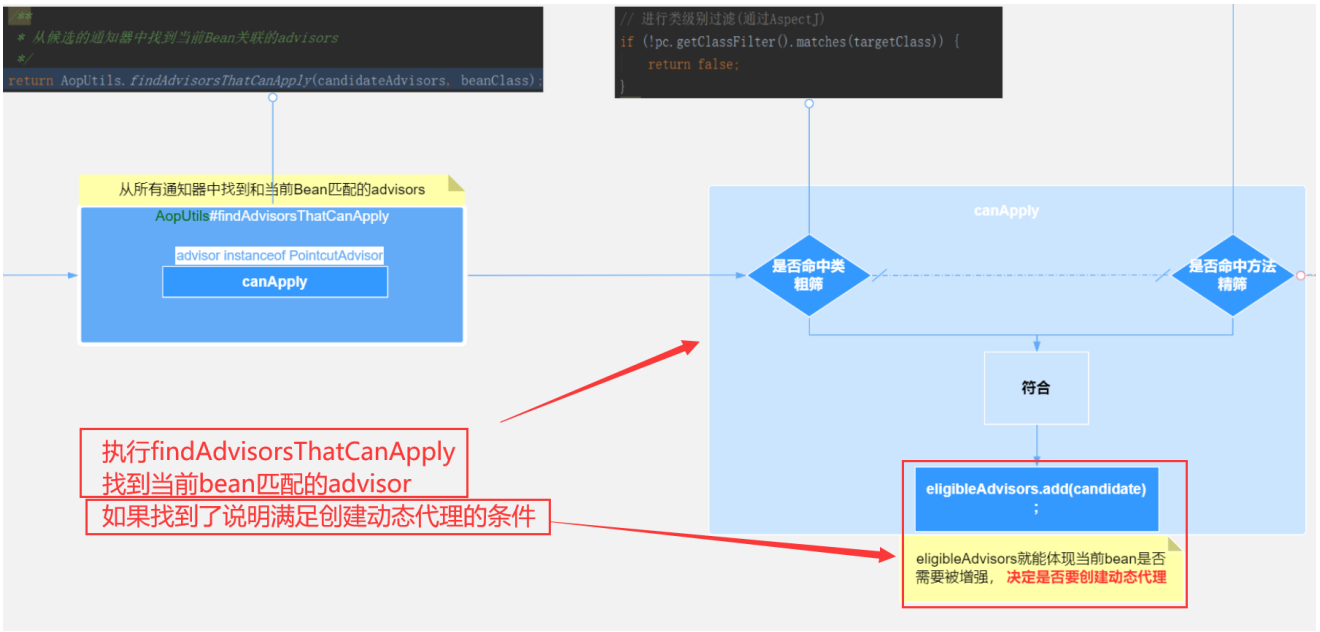
详细流程图：
https://www.processon.com/view/link/5f1e93f25653bb7fd2549b7c

1.获取advisors:创建代理之前首先要判断当前bean是否满足被代理， 所以需要**将advisor从之前的缓存中拿出来**和当前bean根据**表达式**进行匹配：



Object postProcessAfterInitialization(@Nullable Object bean, String beanName)（BeanPostProcessor）
org.springframework.aop.framework.autoproxy.AbstractAutoProxyCreator#postProcessAfterInitialization
org.springframework.aop.framework.autoproxy.AbstractAutoProxyCreator#wrapIfNecessary
org.springframework.aop.framework.autoproxy.AbstractAdvisorAutoProxyCreator#getAdvicesAndAdvisorsForBean
org.springframework.aop.aspectj.annotation.AnnotationAwareAspectJAutoProxyCreator#findCandidateAdvisors
上述代码的链路最终到了findCandidateAdvisors，我们发现在postProcessBeforeInstantiation方法中对查找到的Advisors做了缓存，所以这里只需要从缓存中取就好了
最后创建代理类，并将Advisors赋予代理类，缓存当前的代理类

2.匹配:根据advisors和当前的bean根据切点表达式进行匹配，看是否符合。



org.springframework.aop.framework.autoproxy.AbstractAdvisorAutoProxyCreator#findAdvisorsThatCanApply

org.springframework.aop.support.AopUtils#findAdvisorsThatCanApply

org.springframework.aop.support.AopUtils#canApply(org.springframework.aop.Advisor, java.lang.Class<?>, boolean)

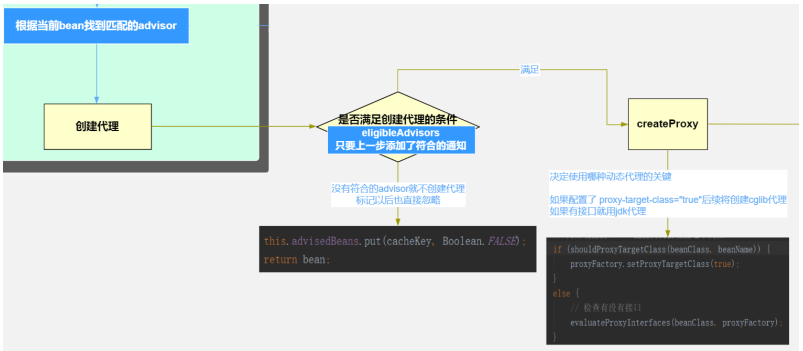
拿到PointCut

org.springframework.aop.support.AopUtils#canApply(org.springframework.aop.Pointcut, java.lang.Class<?>, boolean)

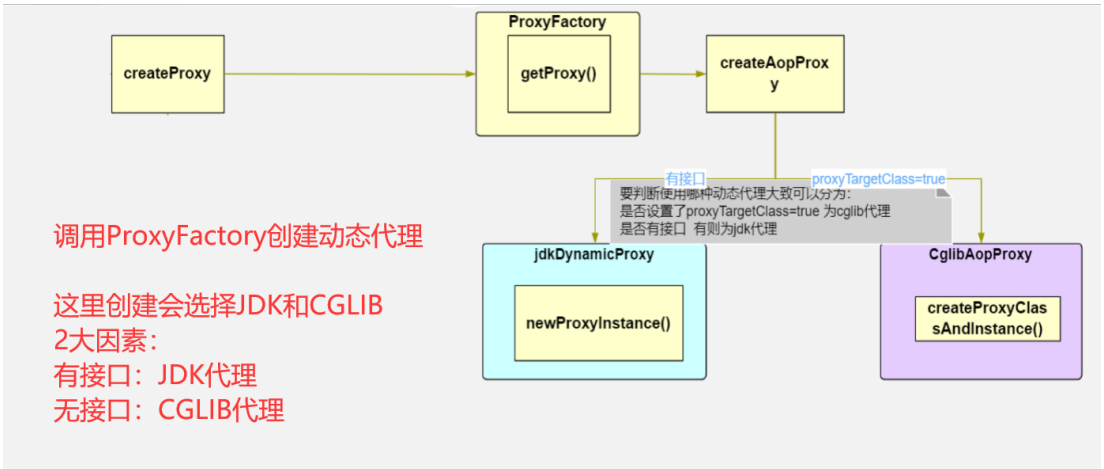
org.springframework.aop.ClassFilter#matches 粗筛

org.springframework.aop.IntroductionAwareMethodMatcher#matches 精筛

3.创建代理:找到了 和当前Bean匹配的advisor说明满足创建动态代理的条件:




```
Object proxy = createProxy(
 bean.getClass(), beanName, specificInterceptors, new SingletonTargetSource(bean));
this.proxyTypes.put(cacheKey, proxy.getClass());
```



理解了上面两个重要的方法，我们只需要将他与创建bean的流程联系起来就可以知道代理对象创建的整个流程了，在before和after方法分别放置断点，我们可以看到他的整个调用链路

三、代理类的调用

前面的分析可知，spring将找到的增强器Advisors赋予了代理类，那么在执行只要将这些增强器应用到被代理的类上面就可以了，那么spring具体是怎么实现的呢，下面我们以jdk代理为例分析一下源码:

```
public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable {
 MethodInvocation invocation;
 Object oldProxy = null;
 boolean setProxyContext = false;
 //获取当前被代理类
 TargetSource targetSource = this.advised.targetSource;
 Object target = null;
 // equals，hashcode等方法不做代理，直接调用
 try {
  if (!this.equalsDefined && AopUtils.isEqualsMethod(method)) {
  // The target does not implement the equals(Object) method itself.
  return equals(args[0]);
```

```
13 }
14 else if (!this.hashCodeDefined && AopUtils.isHashCodeMethod(method)) {
15 // The target does not implement the hashCode() method itself.
16 return hashCode();
17 }
18 else if (method.getDeclaringClass() == DecoratingProxy.class) {
19 // There is only getDecoratedClass() declared -> dispatch to proxy config.
20 return AopProxyUtils.ultimateTargetClass(this.advised);
21 }
22 else if (!this.advised.opaque && method.getDeclaringClass().isInterface() &&
23 method.getDeclaringClass().isAssignableFrom(Advised.class)) {
24 // Service invocations on ProxyConfig with the proxy config...
25 return AopUtils.invokeJoinpointUsingReflection(this.advised, method, args);
26 }
27
28 Object retVal;
29 // 将代理对象放到线程本地变量中
30 if (this.advised.exposeProxy) {
31 // Make invocation available if necessary.
32 oldProxy = AopContext.setCurrentProxy(proxy);
33 setProxyContext = true;
34 }
35
36 // Get as late as possible to minimize the time we "own" the target,
37 // in case it comes from a pool.
38 target = targetSource.getTarget();
39 Class<?> targetClass = (target != null ? target.getClass() : null);
40
41 //将增加器装换为方法执行拦截器链
42 List<Object> chain = this.advised.getInterceptorsAndDynamicInterceptionAdvice(method, targetClass);
43
44 // Check whether we have any advice. If we don't, we can fallback on direct
45 // reflective invocation of the target, and avoid creating a MethodInvocation.
46 if (chain.isEmpty()) {
47 // We can skip creating a MethodInvocation: just invoke the target directly
48 // Note that the final invoker must be an InvokerInterceptor so we know it does
49 // nothing but a reflective operation on the target, and no hot swapping or fancy proxying.
50 Object[] argsToUse = AopProxyUtils.adaptArgumentsIfNecessary(method, args);
51 retVal = AopUtils.invokeJoinpointUsingReflection(target, method, argsToUse);
52 }
53 else {
54 //将拦截器链包装为ReflectiveMethodInvocation并执行
55 invocation = new ReflectiveMethodInvocation(proxy, target, method, args, targetClass, chain);
56 retVal = invocation.proceed();
57 }
58
59 // Massage return value if necessary.
60 Class<?> returnType = method.getReturnType();
61 if (retVal != null && retVal == target &&
62 returnType != Object.class && returnType.isInstance(proxy) &&
63 !RawTargetAccess.class.isAssignableFrom(method.getDeclaringClass())) {
64 // Special case: it returned "this" and the return type of the method
65 // is type-compatible. Note that we can't help if the target sets
```

```
// a reference to itself in another returned object.
retVal = proxy;
}
else if (retVal == null && returnType != Void.TYPE && returnType.isPrimitive()) {
throw new AopInvocationException(
"Null return value from advice does not match primitive return type for: " + method);
}
return retVal;
}
finally {
if (target != null && !targetSource.isStatic()) {
// Must have come from TargetSource.
targetSource.releaseTarget(target);
}
if (setProxyContext) {
// Restore old proxy.
AopContext.setCurrentProxy(oldProxy);
}
}
}
```

通过上面代码可知，将增强器装换为方法拦截器链，最终包装为ReflectiveMethodInvocation执行它的proceed方法，那么我们就来看下具体如果执行

```
public Object proceed() throws Throwable {
 // 当执行到最后一个拦截器的时候才会进入
 if (this.currentInterceptorIndex == this.interceptorsAndDynamicMethodMatchers.size() - 1) {
 return invokeJoinpoint();
 }
//获取集合当前需要运行的拦截器
 Object interceptorOrInterceptionAdvice =
 this.interceptorsAndDynamicMethodMatchers.get(++this.currentInterceptorIndex);
 if (interceptorOrInterceptionAdvice instanceof InterceptorAndDynamicMethodMatcher) {
  // Evaluate dynamic method matcher here: static part will already have
  // been evaluated and found to match.
  InterceptorAndDynamicMethodMatcher dm =
  (InterceptorAndDynamicMethodMatcher) interceptorOrInterceptionAdvice;
  Class<?> targetClass = (this.targetClass != null ? this.targetClass :
this.method.getDeclaringClass());
  if (dm.methodMatcher.matches(this.method, targetClass, this.arguments)) {
  return dm.interceptor.invoke(this);
  }
  else {
  // Dynamic matching failed.
  // Skip this interceptor and invoke the next in the chain.
  return proceed();
  }
  }
  else {
  // 执行拦截器方法
  return ((MethodInterceptor) interceptorOrInterceptionAdvice).invoke(this);
  }
  }
```

这样一看会感觉很蒙，其实追踪一下源码就很好理解了

org.springframework.aop.interceptor.ExposeInvocationInterceptor#invoke

```
public Object invoke(MethodInvocation mi) throws Throwable {
 MethodInvocation oldInvocation = invocation.get();
 invocation.set(mi);
 try {
 return mi.proceed();
 }
 finally {
 invocation.set(oldInvocation);
 }
 }
```

org.springframework.aop.aspectj.AspectJAfterThrowingAdvice#invoke

异常拦截器，当方法调用异常会被执行

```
public Object invoke(MethodInvocation mi) throws Throwable {
 try {
 return mi.proceed();
 }
 catch (Throwable ex) {
 if (shouldInvokeOnThrowing(ex)) {
 invokeAdviceMethod(getJoinPointMatch(), null, ex);
 }
 throw ex;
 }
 }
```

org.springframework.aop.framework.adapter.AfterReturningAdviceInterceptor#invoke

返回拦截器，方法执行失败，不会调用

```
public Object invoke(MethodInvocation mi) throws Throwable {
 Object retVal = mi.proceed();
 this.advice.afterReturning(retVal, mi.getMethod(), mi.getArguments(), mi.getThis());
 return retVal;
 }
```

org.springframework.aop.aspectj.AspectJAfterAdvice#invoke

后置拦截器，总是执行

```
public Object invoke(MethodInvocation mi) throws Throwable {
 try {
 return mi.proceed();
 }
 finally {
 invokeAdviceMethod(getJoinPointMatch(), null, null);
 }
 }
```

org.springframework.aop.framework.adapter.MethodBeforeAdviceInterceptor#invoke

前置拦截器

```
public Object invoke(MethodInvocation mi) throws Throwable {
 this.advice.before(mi.getMethod(), mi.getArguments(), mi.getThis());
 return mi.proceed();
 }
```

这里用了责任链的设计模式，递归调用排序好的拦截器链

问题：

介绍下AspectJ和AOP和关系

Spring AOP中aspect、advise、pointcut、advisor分别有什么意义?

介绍AOP有几种实现方式

简单介绍Spring-AOP的底层原理

文档：03-Spring-AOP源码.note
链接：http://note.youdao.com/noteshare?id=30678c0adbb76ce345399b05ea785959&sub=659E1AFDCE754BAD8176395D20ED8E94