芋道源码 —— 知识星球

我是一段不羁的公告！
记得给芳芳这 3 个项目加油，添加一个 STAR 噢。
https://github.com/YunaiV/SpringBoot-Labs
https://github.com/YunaiV/onemall
https://github.com/YunaiV/ruoyi-vue-pro
2019-04-04
Spring

【死磕 Spring】—— IoC 之装载 BeanDefinitions 总结

本文主要基于 Spring 5.0.6.RELEASE

摘要：原创出处 http://cmsblogs.com/?p=todo 「小明哥」，谢谢！

作为「小明哥」的忠实读者，「老芳芳」略作修改，记录在理解过程中，参考的资料。

前面 13 篇博文从源码层次，分析了 IoC BeanDefinition 装载的整个过程，这篇就这些内容做一个总结将其连贯起来。

在前文提过，IoC 容器的初始化过程分为三步骤：Resource 定位、BeanDefinition 的载入和解析，BeanDefinition 注册。

Resource 定位。我们一般用外部资源来描述 Bean 对象，所以在初始化 IoC 容器的第一步就是需要定位这个外部资源。在上一篇博客（《【死磕 Spring】—— IoC 之 Spring 统一资源加载策略》）已经详细说明了资源加载的过程。
BeanDefinition 的装载和解析。装载就是 BeanDefinition 的载入。BeanDefinitionReader 读取、解析 Resource 资源，也就是将用户定义的 Bean 表示成 IoC 容器的内部数据结构：BeanDefinition 。
- 在 IoC 容器内部维护着一个 BeanDefinition Map 的数据结构
- 在配置文件中每一个 <bean> 都对应着一个 BeanDefinition 对象。

BeanDefinition 注册。向 IoC 容器注册在第二步解析好的 BeanDefinition，这个过程是通过 BeanDefinitionRegistry 接口来实现的。在 IoC 容器内部其实是将第二个过程解析得到的 BeanDefinition 注入到一个 HashMap 容器中，IoC 容器就是通过这个 HashMap 来维护这些 BeanDefinition 的。

- 在这里需要注意的一点是这个过程并没有完成依赖注入（Bean 创建），Bean 创建是发生在应用第一次调用 `#getBean(...)` 方法，向容器索要 Bean 时。
- 当然我们可以通过设置预处理，即对某个 Bean 设置 `lazyinit = false` 属性，那么这个 Bean 的依赖注入就会在容器初始化的时候完成。

还记得在博客 《【死磕 Spring】—— IoC 之加载 BeanDefinition》 中提供的一段代码吗？这里我们同样也以这段代码作为我们研究 IoC 初始化过程的开端，如下：

```
ClassPathResource resource = new ClassPathResource("bean.xml");
DefaultListableBeanFactory factory = new DefaultListableBeanFactory();
XmlBeanDefinitionReader reader = new XmlBeanDefinitionReader(factory);
reader.loadBeanDefinitions(resource);
```

刚刚开始的时候可能对上面这几行代码不知道什么意思，现在应该就一目了然了：

`ClassPathResource resource = new ClassPathResource("bean.xml");` ： 根据 Xml 配置文件创建 Resource 资源对象。ClassPathResource 是 Resource 接口的子类，`bean.xml` 文件中的内容是我们定义的 Bean 信息。
`DefaultListableBeanFactory factory = new DefaultListableBeanFactory();` ： 创建一个 BeanFactory 。DefaultListableBeanFactory 是 BeanFactory 的一个子类，BeanFactory 作为一个接口，其实它本身是不具有独立使用的功能的，而 DefaultListableBeanFactory 则是真正可以独立使用的 IoC 容器，它是整个 Spring IoC 的始祖，在后续会有专门的文章来分析它。
`XmlBeanDefinitionReader reader = new XmlBeanDefinitionReader(factory);` ： 创建 XmlBeanDefinitionReader 读取器，用于载入 BeanDefinition 。
`reader.loadBeanDefinitions(resource);`： 开始 BeanDefinition 的载入和注册进程，完成后的 BeanDefinition 放置在 IoC 容器中。

1. Resource 定位

Spring 为了解决资源定位的问题，提供了两个接口：Resource、ResourceLoader，其中：

Resource 接口是 Spring 统一资源的抽象接口
ResourceLoader 则是 Spring 资源加载的统一抽象。
关于Resource、ResourceLoader 的更多知识请关注 《【死磕 Spring】—— IoC 之 Spring 统一资源加载策略》

Resource 资源的定位需要 Resource 和 ResourceLoader 两个接口互相配合，在上面那段代码中 `new ClassPathResource("bean.xml")` 为我们定义了资源，那么 ResourceLoader 则是在什么时候初始化的呢？看 XmlBeanDefinitionReader 构造方法：

```
// XmlBeanDefinitionReader.java
public XmlBeanDefinitionReader(BeanDefinitionRegistry registry) {
 super(registry);
}
```

直接调用父类 AbstractBeanDefinitionReader 构造方法，代码如下：

```
// AbstractBeanDefinitionReader.java

protected AbstractBeanDefinitionReader(BeanDefinitionRegistry registry) {
```

```
    Assert.notNull(registry, "BeanDefinitionRegistry must not be null");
 this.registry = registry;
 // Determine ResourceLoader to use.
 if (this.registry instanceof ResourceLoader) {
     this.resourceLoader = (ResourceLoader) this.registry;
    } else {
     this.resourceLoader = new PathMatchingResourcePatternResolver();
    }

 // Inherit Environment if possible
 if (this.registry instanceof EnvironmentCapable) {
     this.environment = ((EnvironmentCapable) this.registry).getEnvironment();
    } else {
     this.environment = new StandardEnvironment();
    }
}
```

- 核心在于设置 resourceLoader 这段，如果设置了 ResourceLoader 则用设置的，否则使用 PathMatchingResourcePatternResolver ，该类是一个集大成者的 ResourceLoader。

2. BeanDefinition 的载入和解析

`reader.loadBeanDefinitions(resource);` 代码段，开启 BeanDefinition 的解析过程。如下：

```
// XmlBeanDefinitionReader.java
@Override
public int loadBeanDefinitions(Resource resource) throws BeanDefinitionStoreException {
 return loadBeanDefinitions(new EncodedResource(resource));
}
```

在这个方法会将资源 resource 包装成一个 EncodedResource 实例对象，然后调用 `#loadBeanDefinitions(EncodedResource encodedResource)` 方法。而将 Resource 封装成 EncodedResource 主要是为了对 Resource 进行编码，保证内容读取的正确性。代码如下：

```
// XmlBeanDefinitionReader.java

public int loadBeanDefinitions(EncodedResource encodedResource) throws BeanDefinitionStoreException {
 // ... 省略一些代码
 try {
     // 将资源文件转为 InputStream 的 IO 流
        InputStream inputStream = encodedResource.getResource().getInputStream();
     try {
         // 从 InputStream 中得到 XML 的解析源
            InputSource inputSource = new InputSource(inputStream);
         if (encodedResource.getEncoding() != null) {
                inputSource.setEncoding(encodedResource.getEncoding());
            }
         // ... 具体的读取过程
         return doLoadBeanDefinitions(inputSource, encodedResource.getResource());
        }
     finally {
            inputStream.close();
```

```
            }
        }
     // 省略一些代码
    }
```

- 从 encodedResource 源中获取 xml 的解析源，然后调用 #doLoadBeanDefinitions(InputSource inputSource, Resource resource) 方法，执行具体的解析过程。

```
// XmlBeanDefinitionReader.java

protected int doLoadBeanDefinitions(InputSource inputSource, Resource resource)
        throws BeanDefinitionStoreException {
 try {
     // 获取 XML Document 实例
        Document doc = doLoadDocument(inputSource, resource);
     // 根据 Document 实例，注册 Bean 信息
     int count = registerBeanDefinitions(doc, resource);
     return count;
    }
 // ... 省略一堆配置
}
```

- 在该方法中主要做两件事：
- 1、根据 xml 解析源获取相应的 Document 对象。详细解析，见 「2.1 转换为 Document 对象」 。
- 2、调用 #registerBeanDefinitions(Document doc, Resource resource) 方法，开启 BeanDefinition 的解析注册过程。详细解析，见 「2.2 注册 BeanDefinition」 。

2.1 转换为 Document 对象

调用 #doLoadDocument(InputSource inputSource, Resource resource) 方法，会将 Bean 定义的资源转换为 Document 对象。代码如下：

```
// XmlBeanDefinitionReader.java

protected Document doLoadDocument(InputSource inputSource, Resource resource) throws Exception {
 return this.documentLoader.loadDocument(inputSource, getEntityResolver(), this.errorHandler,
            getValidationModeForResource(resource), isNamespaceAware());
}
```

该方法接受五个参数：

inputSource ： 加载 Document 的 Resource 源。
entityResolver ： 解析文件的解析器。
- 【重要】详细解析，见 《【死磕 Spring】—— IoC 之获取 Document 对象》 。

errorHandler ： 处理加载 Document 对象的过程的错误。
validationMode ： 验证模式。
- 【重要】详细解析，见 《【死磕 Spring】—— IoC 之获取验证模型》 。

namespaceAware ： 命名空间支持。如果要提供对 XML 名称空间的支持，则为 true 。

#loadDocument(InputSource inputSource, EntityResolver entityResolver, ErrorHandler errorHandler, int validationMode, boolean namespaceAware) 方法，在类 DefaultDocumentLoader 中提供了实现。代码如下：

```
// DefaultDocumentLoader.java

@Override
public Document loadDocument(InputSource inputSource, EntityResolver entityResolver,
        ErrorHandler errorHandler, int validationMode, boolean namespaceAware) throws Exception {
 // 创建 DocumentBuilderFactory
    DocumentBuilderFactory factory = createDocumentBuilderFactory(validationMode, namespaceAware);
 // 创建 DocumentBuilder
    DocumentBuilder builder = createDocumentBuilder(factory, entityResolver, errorHandler);
 // 解析 XML InputSource 返回 Document 对象
 return builder.parse(inputSource);
}
```

2.2 注册 BeanDefinition 流程

这到这里，就已经将定义的 Bean 资源文件，载入并转换为 Document 对象了。那么，下一步就是如何将其解析为 SpringIoC 管理的 BeanDefinition 对象，并将其注册到容器中。这个过程由方法 #registerBeanDefinitions(Document doc, Resource resource) 方法来实现。代码如下：

```
// XmlBeanDefinitionReader.java

public int registerBeanDefinitions(Document doc, Resource resource) throws BeanDefinitionStoreException {
 // 创建 BeanDefinitionDocumentReader 对象
    BeanDefinitionDocumentReader documentReader = createBeanDefinitionDocumentReader();
 // 获取已注册的 BeanDefinition 数量
 int countBefore = getRegistry().getBeanDefinitionCount();
 // 创建 XmlReaderContext 对象
 // 注册 BeanDefinition
    documentReader.registerBeanDefinitions(doc, createReaderContext(resource));
 // 计算新注册的 BeanDefinition 数量
 return getRegistry().getBeanDefinitionCount() - countBefore;
}
```

首先，创建 BeanDefinition 的解析器 BeanDefinitionDocumentReader 。

然后，调用该 BeanDefinitionDocumentReader 的 #registerBeanDefinitions(Document doc, XmlReaderContext readerContext) 方法，开启解析过程，这里使用的是委派模式，具体的实现由子类 DefaultBeanDefinitionDocumentReader 完成。代码如下：

```
// DefaultBeanDefinitionDocumentReader.java

@Override
public void registerBeanDefinitions(Document doc, XmlReaderContext readerContext) {
    this.readerContext = readerContext;
    // 获得 XML Document Root Element
    // 执行注册 BeanDefinition
    doRegisterBeanDefinitions(doc.getDocumentElement());
}
```

2.2.1 对 Document 对象的解析

从 Document 对象中获取根元素 root，然后调用 #doRegisterBeanDefinitions(Element root)` 方法，开启真正的解析过程。代码如下：

```
// DefaultBeanDefinitionDocumentReader.java

protected void doRegisterBeanDefinitions(Element root) {
    // ... 省略部分代码（非核心）
    this.delegate = createDelegate(getReaderContext(), root, parent);

    // 解析前处理
    preProcessXml(root);
    // 解析
    parseBeanDefinitions(root, this.delegate);
    // 解析后处理
    postProcessXml(root);

}
```

#preProcessXml(Element root)、#postProcessXml(Element root) 为前置、后置增强处理，目前 Spring 中都是空实现。

#parseBeanDefinitions(Element root, BeanDefinitionParserDelegate delegate) 是对根元素 root 的解析注册过程。代码如下：

```
// DefaultBeanDefinitionDocumentReader.java

protected void parseBeanDefinitions(Element root, BeanDefinitionParserDelegate delegate) {
    // 如果根节点使用默认命名空间，执行默认解析
    if (delegate.isDefaultNamespace(root)) {
        // 遍历子节点
        NodeList nl = root.getChildNodes();
        for (int i = 0; i < nl.getLength(); i++) {
            Node node = nl.item(i);
            if (node instanceof Element) {
                Element ele = (Element) node;
                // 如果该节点使用默认命名空间，执行默认解析
                if (delegate.isDefaultNamespace(ele)) {
                    parseDefaultElement(ele, delegate);
                // 如果该节点非默认命名空间，执行自定义解析
                } else {
                    delegate.parseCustomElement(ele);
                }
            }
        }
    // 如果根节点非默认命名空间，执行自定义解析
    } else {
        delegate.parseCustomElement(root);
    }
}
```

- 迭代 root 元素的所有子节点，对其进行判断：
  - 若节点为默认命名空间，则调用 #parseDefaultElement(Element ele, BeanDefinitionParserDelegate delegate) 方法，开启默认标签的解析注册过程。详细解析，见 「2.2.1.1 默认标签解析」 。
  - 否则，调用 BeanDefinitionParserDelegate#parseCustomElement(Element ele) 方法，开启自定义标签的解析注册过程。详细解析，见 「2.2.1.2 自定义标签解析」 。

2.2.1.1 默认标签解析

若定义的元素节点使用的是 Spring 默认命名空间，则调用 `#parseDefaultElement(Element ele, BeanDefinitionParserDelegate delegate)` 方法，进行默认标签解析。代码如下：

```
// DefaultBeanDefinitionDocumentReader.java

private void parseDefaultElement(Element ele, BeanDefinitionParserDelegate delegate) {
 if (delegate.nodeNameEquals(ele, IMPORT_ELEMENT)) { // import
        importBeanDefinitionResource(ele);
    } else if (delegate.nodeNameEquals(ele, ALIAS_ELEMENT)) { // alias
        processAliasRegistration(ele);
    } else if (delegate.nodeNameEquals(ele, BEAN_ELEMENT)) { // bean
        processBeanDefinition(ele, delegate);
    } else if (delegate.nodeNameEquals(ele, NESTED_BEANS_ELEMENT)) { // beans
     // recurse
        doRegisterBeanDefinitions(ele);
    }
}
```

对四大标签：`<import>`、`<alias>`、`<bean>`、`<beans>` 进行解析。其中 `<bean>` 标签的解析为核心工作。关于各个标签的解析过程，见如下文章：

- 《【死磕 Spring】—— IoC 之解析 标签》
- 《【死磕 Spring】—— IoC 之解析 标签：开启解析进程》
- 《【死磕 Spring】—— IoC 之解析 标签：BeanDefinition》
- 《【死磕 Spring】—— IoC 之解析 标签：meta、lookup-method、replace-method》
- 《【死磕 Spring】—— IoC 之解析 标签：constructor-arg、property、qualifier》
- 《【死磕 Spring】—— IoC 之解析 标签：解析自定义标签》

2.2.1.2 自定义标签解析

对于默认标签则由 `parseCustomElement(Element ele)` 方法，负责解析。代码如下：

```
// BeanDefinitionParserDelegate.java

@Nullable
public BeanDefinition parseCustomElement(Element ele) {
    return parseCustomElement(ele, null);
}

@Nullable
public BeanDefinition parseCustomElement(Element ele, @Nullable BeanDefinition containingBd) {
    // 获取 namespaceUri
    String namespaceUri = getNamespaceURI(ele);
    if (namespaceUri == null) {
        return null;
    }
    // 根据 namespaceUri 获取相应的 Handler
    NamespaceHandler handler = this.readerContext.getNamespaceHandlerResolver().resolve(namespaceUri);
    if (handler == null) {
        error("Unable to locate Spring NamespaceHandler for XML schema namespace [" + namespaceUri + "]", ele);
        return null;
    }
    // 调用自定义的 Handler 处理
```

```
        return handler.parse(ele, new ParserContext(this.readerContext, this, containingBd));
    }
```

获取节点的 namespaceUri，然后根据该 namespaceUri 获取相对应的 NamespaceHandler，最后调用 NamespaceHandler 的 #parse(Element element, ParserContext parserContext) 方法，即完成自定义标签的解析和注入。

想了解更多，可参考：《【死磕 Spring】—— IoC 之解析自定义标签》 。

2.2.2 注册 BeanDefinition

经过上面的解析，则将 Document 对象里面的 Bean 标签解析成了一个个的 BeanDefinition ，下一步则是将这些 BeanDefinition 注册到 IoC 容器中。动作的触发是在解析 Bean 标签完成后，代码如下：

```
// DefaultBeanDefinitionDocumentReader.java

protected void processBeanDefinition(Element ele, BeanDefinitionParserDelegate delegate) {
    // 进行 bean 元素解析。
    // 如果解析成功，则返回 BeanDefinitionHolder 对象。而 BeanDefinitionHolder 为 name 和 alias 的 BeanDefinition 对象
    // 如果解析失败，则返回 null 。
    BeanDefinitionHolder bdHolder = delegate.parseBeanDefinitionElement(ele);
    if (bdHolder != null) {
        // 进行自定义标签处理
        bdHolder = delegate.decorateBeanDefinitionIfRequired(ele, bdHolder);
        try {
            // 进行 BeanDefinition 的注册
            // Register the final decorated instance.
            BeanDefinitionReaderUtils.registerBeanDefinition(bdHolder, getReaderContext().getRegistry());
        } catch (BeanDefinitionStoreException ex) {
            getReaderContext().error("Failed to register bean definition with name '" +
                    bdHolder.getBeanName() + "'", ele, ex);
        }
        // 发出响应事件，通知相关的监听器，已完成该 Bean 标签的解析。
        // Send registration event.
        getReaderContext().fireComponentRegistered(new BeanComponentDefinition(bdHolder));
    }
}
```

调用 BeanDefinitionReaderUtils.registerBeanDefinition() 方法，来注册。其实，这里面也是调用 BeanDefinitionRegistry 的 #registerBeanDefinition(String beanName, BeanDefinition beanDefinition) 方法，来注册 BeanDefinition 。不过，最终的实现是在 DefaultListableBeanFactory 中实现，代码如下：

```
    // DefaultListableBeanFactory.java
    @Override
    public void registerBeanDefinition(String beanName, BeanDefinition beanDefinition)
            throws BeanDefinitionStoreException {
        // ...省略校验相关的代码
        // 从缓存中获取指定 beanName 的 BeanDefinition
        BeanDefinition existingDefinition = this.beanDefinitionMap.get(beanName);
        // 如果已经存在
        if (existingDefinition != null) {
            // 如果存在但是不允许覆盖，抛出异常
```

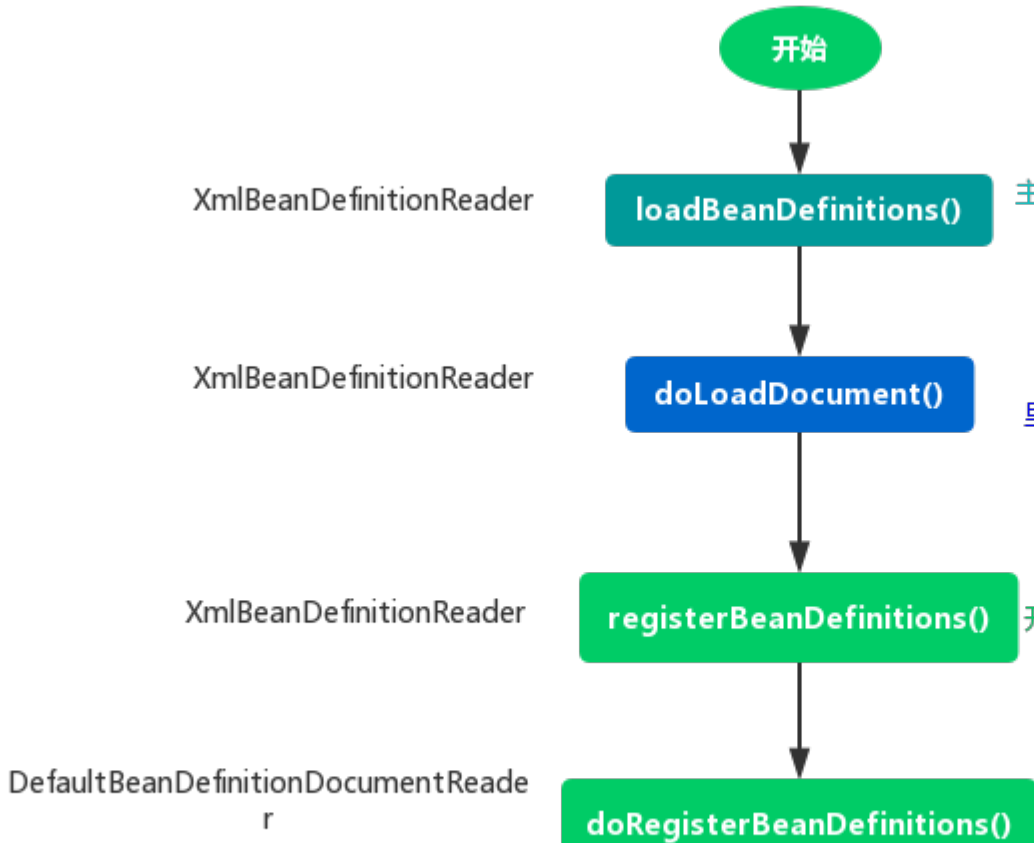
```
            if (!isAllowBeanDefinitionOverriding()) {
                throw new BeanDefinitionOverrideException(beanName, beanDefinition, existingDefinition);
            } else {
                // ...省略 logger 打印日志相关的代码
            }
            // 【重点】允许覆盖，直接覆盖原有的 BeanDefinition 到 beanDefinitionMap 中。
            this.beanDefinitionMap.put(beanName, beanDefinition);
        // 如果未存在
        } else {
            // ... 省略非核心的代码
            // 【重点】添加到 BeanDefinition 到 beanDefinitionMap 中。
            this.beanDefinitionMap.put(beanName, beanDefinition);
        }
        // 重新设置 beanName 对应的缓存
        if (existingDefinition != null || containsSingleton(beanName)) {
            resetBeanDefinition(beanName);
        }
    }
```

- 这段代码最核心的部分是这句 `this.beanDefinitionMap.put(beanName, beanDefinition)` 代码段。所以，注册过程也不是那么的高大上，就是利用一个 Map 的集合对象来存放：`key` 是 `beanName` ，`value` 是 BeanDefinition 对象。

想了解更多，可参考：《【死磕 Spring】—— IoC 之注册解析的 BeanDefinitions》 。

3. 小结

至此，整个 IoC 的初始化过程就已经完成了，从 Bean 资源的定位，转换为 Document 对象，接着对其进行解析，最后注册到 IoC 容器中，都已经完美地完成了。现在 IoC 容器中已经建立了整个 Bean 的配置信息，这些 Bean 可以被检索、使用、维护，他们是控制反转的基础，是后面注入 Bean 的依赖。最后用一张流程图来结束这篇总结之文。



另外，芮芮推荐几篇不错的 Srping IoC 容器相关的博客：

JavaDoop 《Spring IOC 容器源码分析》
Yikun 《Spring IOC 核心源码学习》
DearBelinda 《Spring专题之 IOC 源码分析》

文章目录

回到首页