咕泡学院 JavaVIP 高级课程教案

Spring5 源码分析(第 2 版)

第二章

SpringWeb 应用开发篇

关于本文档

主题	咕泡学院 Java VIP 高级课程教案--Spring5 源码分析（第二版）
主讲	Tom 老师
适用对象	咕泡学院 Java 高级 VIP 学员及 VIP 授课老师
源码版本	Spring 5.0.2.RELEASE
IDE 版本	IntelliJ IDEA 2017.1.4

二、Spring 源码版本命名规则及下载安装

2.1、Spring 源码版本命名规则

(1)首先看看某些常见软件的版本号：

Linux Kernel: 0.0.1,1.0.0,2.6.32,3.0.18...,若用 X.Y.Z 表示，则偶数 Y 表示稳定版本，奇数 Y 表示开发版本。

Windows: Windows 98,Windows 2000,Windows xp,Windows 7...,最大的特点是杂乱无章，毫无规律。

SSH Client: 0.9.8。

OpenStack: 2014.1.3,2015.1.1.dev8。

从上可以看出，不同的软件版本号风格各异，随着系统的规模越大，依赖的软件越多，如果这些软件没有遵循一套规范的命名风格，容易造成 Dependency Hell。所以当我们发布版本时，版本号的命名需要遵循某种规则，其中 Semantic Versioning 2.0.0 定义了一套简单的规则及条件来约束版本号的配置和增长。本文根据 Semantic Versionning 2.0.0 和 Semantic Versioning 3.0.0 选择性的整理出版本号命名规则指南。

(2)版本号命名规则指南

版本号的格式为 X.Y.Z(又称 Major.Minor.Patch)，递增的规则为：

X 表示主版本号，当 API 的兼容性变化时，X 需递增。

Y 表示次版本号，当增加功能时(不影响 API 的兼容性)，Y 需递增。

Z 表示修订号，当做 Bug 修复时(不影响 API 的兼容性)，Z 需递增。

详细的规则如下：

X, Y, Z 必须为非负整数，且不得包含前导零，必须按数值递增，如 1.9.0 -> 1.10.0 -> 1.11.0

0.Y.Z 的版本号表明软件处于初始开发阶段，意味着 API 可能不稳定；1.0.0 表明版本已有稳定的 API。

当 API 的兼容性变化时，X 必须递增，Y 和 Z 同时设置为 0；当新增功能(不影响 API 的兼容性)或者 API 被标记为 Deprecated 时，Y 必须递增，同时 Z 设置为 0；当进行 bug fix 时，Z 必须递增。

先行版本号(Pre-release)意味该版本不稳定，可能存在兼容性问题，其格式为：X.Y.Z.[a-c][正整数]，如 1.0.0.a1，1.0.0.b99，1.0.0.c1000。

开发版本号常用于 CI-CD，格式为 X.Y.Z.dev[正整数]，如 1.0.1.dev4。

版本号的排序规则为依次比较主版本号、次版本号和修订号的数值，如 1.0.0 < 1.0.1 < 1.1.1 < 2.0.0；对于先行版本号和开发版本号，有：1.0.0.a100 < 1.0.0，2.1.0.dev3 < 2.1.0；当存在字母时，以 ASCII 的排序来比较，如 1.0.0.a1 < 1.0.0.b1。

注意：版本一经发布，不得修改其内容，任何修改必须在新版本发布！

一些修饰的词

Snapshot：版本代表不稳定、尚处于开发中的版本

Alpha：内部版本

Beta：测试版

Demo：演示版

Enhance：增强版

Free：自由版

Full Version：完整版，即正式版

LTS：长期维护版本

Release：发行版

RC：即将作为正式版发布

Standard：标准版

Ultimate：旗舰版

Upgrade：升级版

Spring 版本命名规则

2). Release 版本则代表稳定的版本

3). GA 版本则代表广泛可用的稳定版(General Availability)

4). M 版本则代表里程碑版(M 是 Milestone 的意思）具有一些全新的功能或是具有里程碑意义的版本。

4). RC 版本即将作为正式版发布

2.2、Spring5 源码下载

第一步：https://github.com/spring-projects/spring-framework/archive/v5.0.2.RELEASE.zip

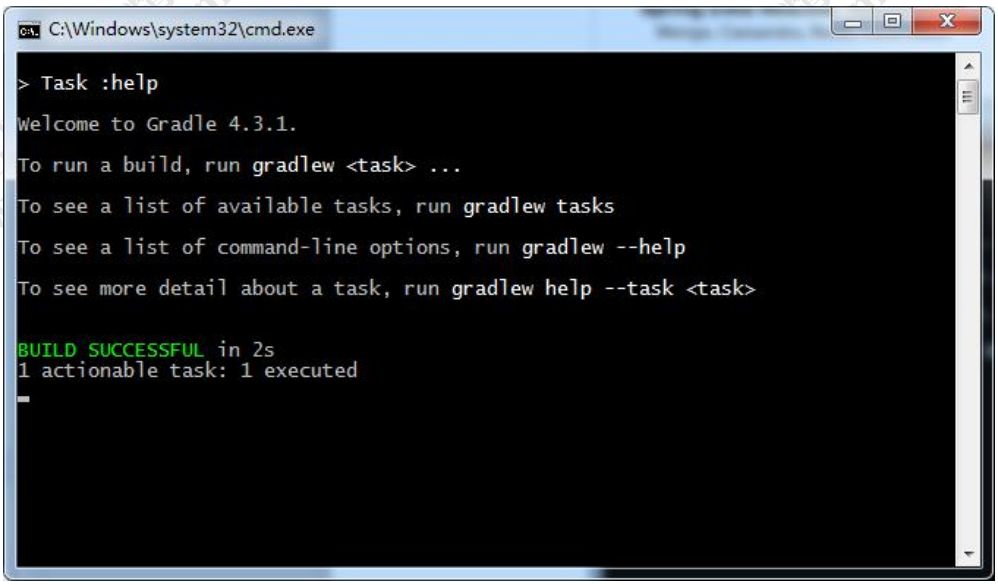
第二步：下载 gradle

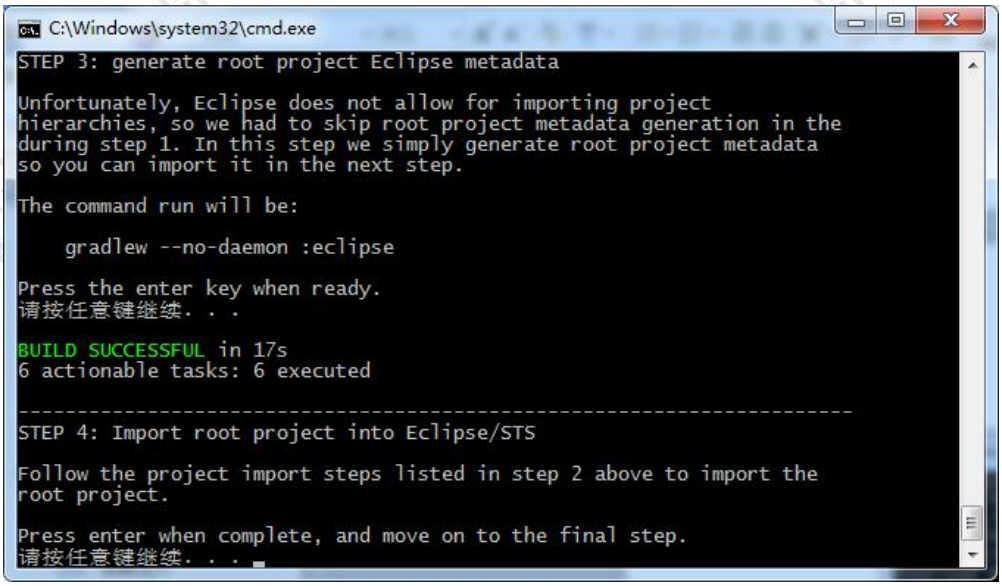
http://downloads.gradle.org/distributions/gradle-1.6-bin.zip

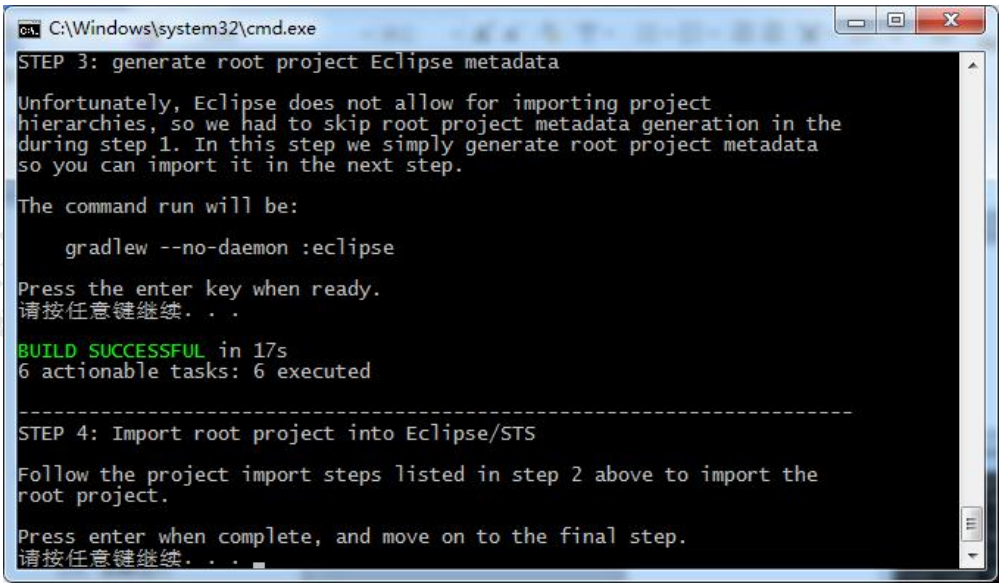
第三步：解压,配置 GRADLE_HOME 和 Path

第四步：验证 gradle -v，环境变量是否正确

第五步：点击 gradlew.bat 构建项目


C:\Windows\system32\cmd.exe
> Task :help
Welcome to Gradle 4.3.1.
To run a build, run gradlew <task> ...
To see a list of available tasks, run gradlew tasks
To see a list of command-line options, run gradlew --help
To see more detail about a task, run gradlew help --task <task>
BUILD SUCCESSFUL in 2s
1 actionable task: 1 executed


C:\Windows\system32\cmd.exe
STEP 3: generate root project Eclipse metadata
Unfortunately, Eclipse does not allow for importing project
hierarchies, so we had to skip root project metadata generation in the
during step 1. In this step we simply generate root project metadata
so you can import it in the next step.
The command run will be:
gradlew --no-daemon :eclipse
Press the enter key when ready.
请按任意键继续. . .
BUILD SUCCESSFUL in 17s
6 actionable tasks: 6 executed
STEP 4: Import root project into Eclipse/STS
Follow the project import steps listed in step 2 above to import the
root project.
Press enter when complete, and move on to the final step.
请按任意键继续. . .


C:\Windows\system32\cmd.exe
STEP 3: generate root project Eclipse metadata
Unfortunately, Eclipse does not allow for importing project
hierarchies, so we had to skip root project metadata generation in the
during step 1. In this step we simply generate root project metadata
so you can import it in the next step.
The command run will be:
gradlew --no-daemon :eclipse
Press the enter key when ready.
请按任意键继续. . .
BUILD SUCCESSFUL in 17s
6 actionable tasks: 6 executed
STEP 4: Import root project into Eclipse/STS
Follow the project import steps listed in step 2 above to import the
root project.
Press enter when complete, and move on to the final step.
请按任意键继续. . .

三、Spring5 概述

Spring 是一个开源的轻量级 Java SE（Java 标准版本）/Java EE（Java 企业版本）开发应用框架，其目的是用于简化企业级应用程序开发。应用程序是由一组相互协作的对象组成。而在传统应用程序开发中，一个完整的应用是由一组相互协作的对象组成。所以开发一个应用除了要开发业务逻辑之外，最多的是关注如何使这些对象协作来完成所需功能，而且要低耦合、高内聚。业务逻辑开发是不可避免的，那如果有个框架出来帮我们来创建对象及管理这些对象之间的依赖关系。可能有人说了，比如“抽象工厂、工厂方法设计模式”不也可以帮我们创建对象，“生成器模式”帮我们处理对象间的依赖关系，不也能完成这些功能吗？可是这些又需要我们创建另一些工厂类、生成器类，我们又要而外管理这些类，增加了我们的负担，如果能有种通过配置方式来创建对象，管理对象之间依赖关系，我们不需要通过工厂和生成器来创建及管理对象之间的依赖关系，这样我们是不是减少了许多工作，加速了开发，能节省出很多时间来干其他事。Spring 框架刚出来时主要就是来完成这个功能。

Spring 框架除了帮我们管理对象及其依赖关系，还提供像通用日志记录、性能统计、安全控制、异常处理等面向切面的能力，还能帮我管理最头疼的数据库事务，本身提供了一套简单的 JDBC 访问实现，提供与第三方数据访问框架集成（如 Hibernate、JPA），与各种 Java EE 技术整合（如 Java Mail、任务调度等等），提供一套自己的 web 层框架 Spring MVC、而且还能非常简单的与第三方 Web 框架集成。从这里我们可以认为 Spring 是一个超级粘合平台，除了自己提供功能外，还提供粘合其他技术和框架的能力，从而使我们可以更自由的选择到底使用什么技术进行开发。而且不管是 JAVA SE（C/S 架构）应用程序还是 JAVA EE（B/S 架构）应用程序都可以使用这个平台进行开发。让我们来深入看一下 Spring 到底能帮我们做些什么？

3.1、一切从 Bean 开始

1996，Java 还只是一个新兴的、初出茅庐的编程语言。人们之所以关注她仅仅是因为，可以使用 Java 的 Applet 来开发 Web 应用。但这些开发者很快就发现这个新兴的语言还能做更多的事情。与之前的所有语言不同，Java 让模块化构建复杂的系统成为可能（当时的软件行业虽然在业务上突飞猛进，但当时开发用的是传统的面向过程开发思想，软件的开发效率一直踟蹰不前。伴随着业务复杂性的不断加深，开发也变得越发困难。其实，当时也是面向对象思想飞速发展的时期，她在 80 年代末被提出，成熟于 90 年代，现今大多数编程语言都是面向对象的，当然这是后话了）。他们为 Applet 而来，为组件化而留。这便是最早的 Java。

同样在这一年的 12 月，Sun 公司发布了当时还名不见经传但后来人尽皆知的 JavaBean 1.00-A 规范。早期的 JavaBean 规范针对于 Java，她定义了软件组件模型。这个规范规定了一整套编码策略，使简单的 Java 对象不仅可以被重用，而且还可以轻松地构建更为复杂的应用。尽管 JavaBean 最初是为重用应用组件而设计的，但当时他们却是主要用作构建窗体控件，毕竟在 PC 时代那才是主流。但相比于当时正如日中天的 Delphi、VB 和 C++，他看起来还是太简易了，以至于无法胜任任何"实际的"工作。

复杂的应用通常需要诸如事物、安全、分布式等服务的支持，但 JavaBean 并未直接提供。所以到了 1998 年 3 月，Sun 发布了 EJB 1.0 规范，该规范把 Java 组件的设计理念延伸到了服务器端，并提供了许多必须的企业级服务，但他也不再像早期的 JavaBean 那么简单了。实际上，除了名字，EJB Bean 已经和 JavaBean 没有任何关系了。

尽管现实中有很多系统是基于 EJB 构建的，但 EJB 从来没有实现它最初的设想：简化开发。EJB 的声明式编程模型的确简化了很多基础架构层面的开发，例如事务和安全；但另一方面 EJB 在部署描述符和配套代码实现等方面变得异常复杂。随着时间的推移，很多开发者对 EJB 已经不再抱有幻想，开始寻求更简洁的方法。

现在 Java 组件开发理念重新回归正轨。新的编程技术 AOP 和 DI 的不断出现，他们为 JavaBean 提供了之前 EJB 才能拥有的强大功能。这些技术为 POJO 提供了类似 EJB 的声明式编程模型，而没有引入任何 EJB 的复杂性。当简单的 JavaBean 足以胜任时，人们便不愿编写笨重的 EJB 组件了。

客观地讲，EJB 的发展甚至促进了基于 POJO 的编程模型。引入新的理念，最新的 EJB 规范相比之前的规范有了前所未有的简化，但对很多开发者而言，这一切的一切都来得太迟了。到了 EJB 3 规范发布时，其他基于 POJO 的开发架构已经成为事实的标准了，而 Spring 框架也是在这样的大环境下出现的。

3.2、Spring 设计的初衷

Spring 是为解决企业级应用开发的复杂性而设计，她可以做很多事。但归根到底支撑 Spring 的仅仅是少许的基本理念，而所有地这些的基本理念都能可以追溯到一个最根本的使命：简化开发。这是一个郑重的承诺，其实许多框架都声称在某些方面做了简化。

而 Spring 则立志于全方面的简化 Java 开发。对此，她主要采取了 4 个关键策略：

1，基于 POJO 的轻量级和最小侵入性编程；

2，通过依赖注入和面向接口松耦合；

3，基于切面和惯性进行声明式编程；

4，通过切面和模板减少样板式代码；

而他主要是通过：面向 Bean、依赖注入以及面向切面这三种方式来达成的。

3.3、BOP 编程伊始

Spring 是面向 Bean 的编程（Bean Oriented Programming，BOP），Bean 在 Spring 中才是真正的主角。Bean 在 Spring 中作用就像 Object 对 OOP 的意义一样，Spring 中没有 Bean 也就没有 Spring 存在的意义。Spring 提供了 IOC 容器通过配置文件或者注解的方式来管理对象之间的依赖关系。

控制反转(其中最常见的方式叫做依赖注入（Dependency Injection，DI），还有一种方式叫“依赖查找”（Dependency Lookup，DL），她在 C++、Java、PHP 以及.NET 中都运用。在最早的 Spring 中是包含有依赖注入方法和依赖查询的，但因为依赖查询使用频率过低，不久就被 Spring 移除了，所

以在 Spring 中控制反转也被称作依赖注入)，她的基本概念是：不创建对象，但是描述创建它们的方式。在代码中不直接与对象和服务连接，但在配置文件中描述哪一个组件需要哪一项服务。容器（在 Spring 框架中是 IOC 容器）负责将这些联系在一起。

在典型的 IOC 场景中，容器创建了所有对象，并设置必要的属性将它们连接在一起，决定什么时间调用方法。

3.4、依赖注入的基本概念

Spring 设计的核心 org.springframework.beans 包（架构核心是 org.springframework.core 包），它的设计目标是与 JavaBean 组件一起使用。这个包通常不是由用户直接使用，而是由服务器将其用作其他多数功能的底层中介。下一个最高级抽象是 BeanFactory 接口，它是工厂设计模式的实现，允许通过名称创建和检索对象。BeanFactory 也可以管理对象之间的关系。

BeanFactory 支持两个对象模型。

1，单例：模型提供了具有特定名称的对象的共享实例，可以在查询时对其进行检索。Singleton 是默认的也是最常用的对象模型。对于无状态服务对象很理想。

2，原型：模型确保每次检索都会创建单独的对象。在每个用户都需要自己的对象时，原型模型最适合。

Bean 工厂的概念是 Spring 作为 IOC 容器的基础。IOC 则将处理事情的责任从应用程序代码转移到框架。

3.5、AOP 编程理念

面向切面编程，即 AOP，是一种编程思想，它允许程序员对横切关注点或横切典型的职责分界线的行为（例如日志和事务管理）进行模块化。AOP 的核心构造是方面（切面），它将那些影响多个类的行为封装到可重用的模块中。

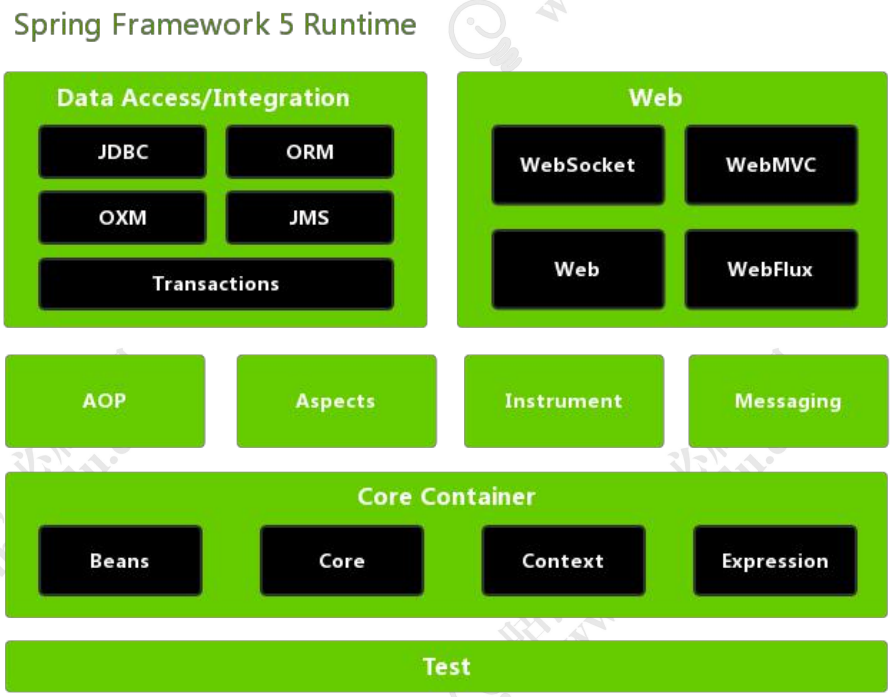
AOP 和 IOC 是补充性的技术，它们都运用模块化方式解决企业应用程序开发中的复杂问题。在典型的面向对象开发方式中，可能要将日志记录语句放在所有方法和 Java 类中才能实现日志功能。在 AOP 方式中，可以反过来将日志服务模块化，并以声明的方式将它们应用到需要日志的组件上。当然，优势就是 Java 类不需要知道日志服务的存在，也不需要考虑相关的代码。所以，用 Spring AOP 编写的应用程序代码是松散耦合的。

AOP 的功能完全集成到了 Spring 事务管理、日志和其他各种特性的上下文中。

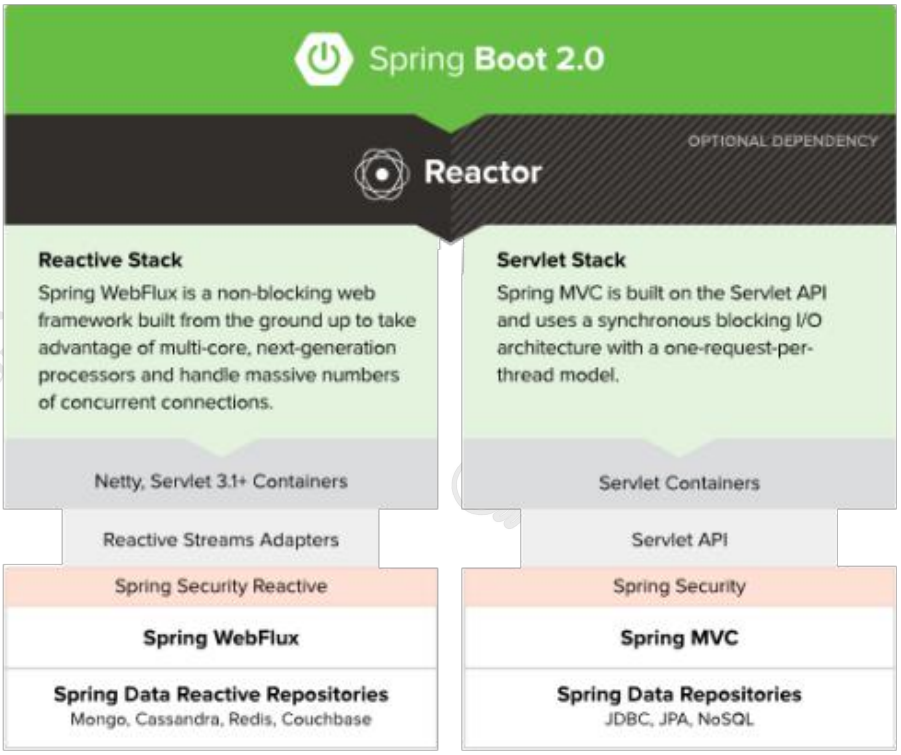
AOP 编程的常用场景有：Authentication 权限认证、Logging 日志、Transctions Manager 事务、Lazy Loading 懒加载、Context Process 上下文处理、Error Handler 错误跟踪（异常捕获机制）、Cache 缓存。

3.6、Spring5 系统架构

Spring 总共大约有 20 个模块，由 1300 多个不同的文件构成。而这些组件被分别整合在核心容器（Core Container）、AOP（Aspect Oriented Programming）和设备支持（Instrmentation）、数据访问及集成（Data Access/Integeration）、Web、报文发送（Messaging）、Test，6 个模块集合中。以下是 Spring 5 的模块结构图：



Spring 5 官网的说明：



组成 Spring 框架的每个模块集合或者模块都可以单独存在，也可以一个或多个模块联合实现。每个模块的组成和功能如下：

1.核心容器：由 spring-beans、spring-core、spring-context 和 spring-expression（Spring Expression Language，SpEL） 4 个模块组成。

spring-beans 和 spring-core 模块是 Spring 框架的核心模块，包含了控制反转（Inversion of Control，IOC）和依赖注入（Dependency Injection，DI）。BeanFactory 接口是 Spring 框架中的核心接口，它是工厂模式的具体实现。BeanFactory 使用控制反转对应用程序的配置和依赖性规范与实际的应用程序代码进行了分离。但 BeanFactory 容器实例化后并不会自动实例化 Bean，只有当 Bean 被使用时 BeanFactory 容器才会对该 Bean 进行实例化与依赖关系的装配。

spring-context 模块构架于核心模块之上，他扩展了 BeanFactory，为她添加了 Bean 生命周期控制、框架事件体系以及资源加载透明化等功能。此外该模块还提供了许多企业级支持，如邮件访问、远程访问、任务调度等，ApplicationContext 是该模块的核心接口，她是 BeanFactory 的超类，与 BeanFactory 不同，ApplicationContext 容器实例化后会自动对所有的单实例 Bean 进行实例化与依赖关系的装配，使之处于待用状态。

spring-expression 模块是统一表达式语言（EL）的扩展模块，可以查询、管理运行中的对象，同时也方便的可以调用对象方法、操作数组、集合等。它的语法类似于传统 EL，但提供了额外的功能，最出色的要数函数调用和简单字符串的模板函数。这种语言的特性是基于 Spring 产品的需求而设计，他可以非常方便地同 Spring IOC 进行交互。

2.AOP 和设备支持：由 spring-aop、spring-aspects 和 spring-instrument 3 个模块组成。

spring-aop 是 Spring 的另一个核心模块，是 AOP 主要的实现模块。作为继 OOP 后，对程序员影响最大的编程思想之一，AOP 极大地开拓了人们对于编程的思路。在 Spring 中，他是以 JVM 的动态代理技术为基础，然后设计出了一系列的 AOP 横切实现，比如前置通知、返回通知、异常通知等，同时，Pointcut 接口来匹配切入点，可以使用现有的切入点来设计横切面，也可以扩展相关方法根据需求进行切入。

spring-aspects 模块集成自 AspectJ 框架，主要是为 Spring AOP 提供多种 AOP 实现方法。

spring-instrument 模块是基于 JAVA SE 中的"java.lang.instrument"进行设计的，应该算是 AOP 的一个支援模块，主要作用是在 JVM 启用时，生成一个代理类，程序员通过代理类在运行时修改类的字节，从而改变一个类的功能，实现 AOP 的功能。在分类里，我把他分在了 AOP 模块下，在 Spring 官方文档里对这个地方也有点含糊不清，这里是纯个人观点。

3.数据访问及集成：由 spring-jdbc、spring-tx、spring-orm、spring-jms 和 spring-oxm 5 个模块组成。

spring-jdbc 模块是 Spring 提供的 JDBC 抽象框架的主要实现模块，用于简化 Spring JDBC。主要是提供 JDBC 模板方式、关系数据库对象化方式、SimpleJdbc 方式、事务管理来简化 JDBC 编程，主要实现类是 JdbcTemplate、SimpleJdbcTemplate 以及 NamedParameterJdbcTemplate。

spring-tx 模块是 Spring JDBC 事务控制实现模块。使用 Spring 框架，它对事务做了很好的封装，通过它的 AOP 配置，可以灵活的配置在任何一层；但是在很多的需求和应用，直接使用 JDBC 事务控制还是有其优势的。其实，事务是以业务逻辑为基础的；一个完整的业务应该对应业务层里的一个方法；如果业务操作失败，则整个事务回滚；所以，事务控制是绝对应该放在业务层的；但是，持久层的设计则应该遵循一个很重要的原则：保证操作的原子性，即持久层里的每个方法都应该是不可以分割的。所以，在使用 Spring JDBC 事务控制时，应该注意其特殊性。

spring-orm 模块是 ORM 框架支持模块，主要集成 Hibernate, Java Persistence API (JPA) 和 Java Data Objects (JDO) 用于资源管理、数据访问对象(DAO)的实现和事务策略。

spring-jms 模块（Java Messaging Service）能够发送和接受信息，自 Spring Framework 4.1 以后，他还提供了对 spring-messaging 模块的支撑。

spring-oxm 模块主要提供一个抽象层以支撑 OXM（OXM 是 Object-to-XML-Mapping 的缩写，它是一个 O/M-mapper，将 java 对象映射成 XML 数据，或者将 XML 数据映射成 java 对象），例如：JAXB, Castor, XMLBeans, JiBX 和 XStream 等。

4.Web：由 spring-web、spring-webmvc、spring-websocket 和 spring-webflux 4 个模块组成。

spring-web 模块为 Spring 提供了最基础 Web 支持，主要建立于核心容器之上，通过 Servlet 或者 Listeners 来初始化 IOC 容器，也包含一些与 Web 相关的支持。

spring-webmvc 模块众所周知是一个的 Web-Servlet 模块，实现了 Spring MVC（model-view-Controller）的 Web 应用。

spring-websocket 模块主要是与 Web 前端的全双工通讯的协议。（资料缺乏，这是个人理解）

spring-webflux 是一个新的非堵塞函数式 Reactive Web 框架，可以用来建立异步的，非阻塞，事件驱动的服务，并且扩展性非常好。

5.报文发送：即 spring-messaging 模块。

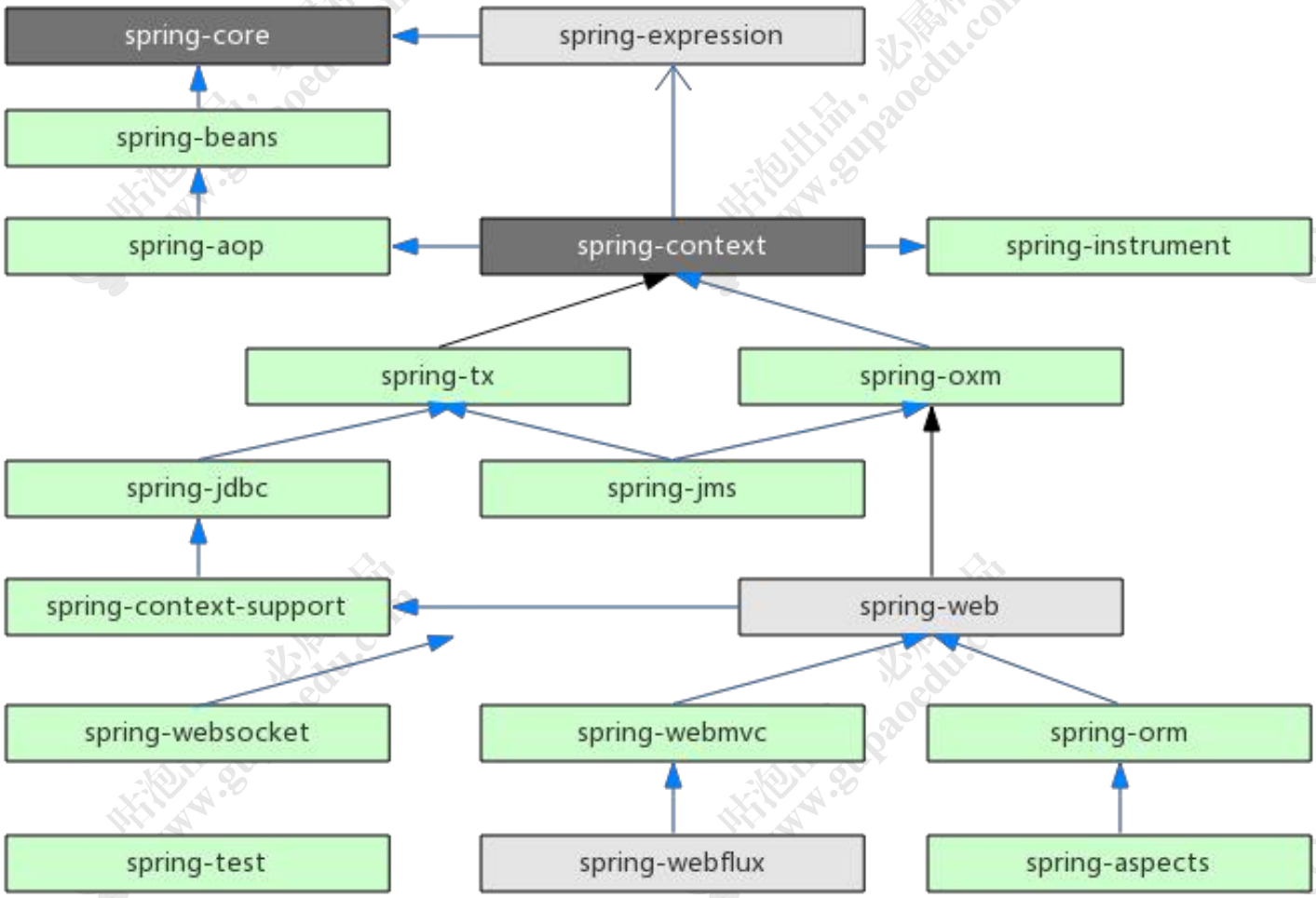
spring-messaging 是从 Spring4 开始新加入的一个模块，主要职责是为 Spring 框架集成一些基础的报文传送应用。

6.Test：即 spring-test 模块。

spring-test 模块主要为测试提供支持的，毕竟在不需要发布（程序）到你的应用服务器或者连接到其他企业设施的情况下能够执行一些集成测试或者其他测试对于任何企业都是非常重要的。

3.7、Spirng 各模块之间的依赖关系

该图是 Spring5 的包结构，可以从中清楚看出 Spring 各个模块之间的依赖关系。



如果你想加入 Spring 源码的学习，笔者的建议是从 spring-core 入手，其次是 spring-beans 和 spring-aop，随后是 spring-context，再其次是 spring-tx 和 spring-orm，最后是 spring-web 和其他部分。

四、Spring5 源码分析

4.1、什么是 IOC/DI？

IOC(Inversion of Control)控制反转：所谓控制反转，就是把原先我们代码里面需要实现的对象创建、依赖的代码，反转给容器来帮忙实现。那么必然的我们需要创建一个容器，同时需要一种描述来让容器知道需要创建的对象与对象的关系。这个描述最具体表现就是我们可配置的文件。

DI(Dependency Injection)依赖注入：就是指对象是被动接受依赖类而不是自己主动去找，换句话说就是指对象不是从容器中查找它依赖的类，而是在容器实例化对象的时候主动将它依赖的类注入给它。

先从我们自己设计这样一个视角来考虑：

对象和对象关系怎么表示？

可以用 xml，properties 文件等语义化配置文件表示。

描述对象关系的文件存放在哪里？

可能是 classpath，filesystem，或者是 URL 网络资源，servletContext 等。

回到正题，有了配置文件，还需要对配置文件解析。

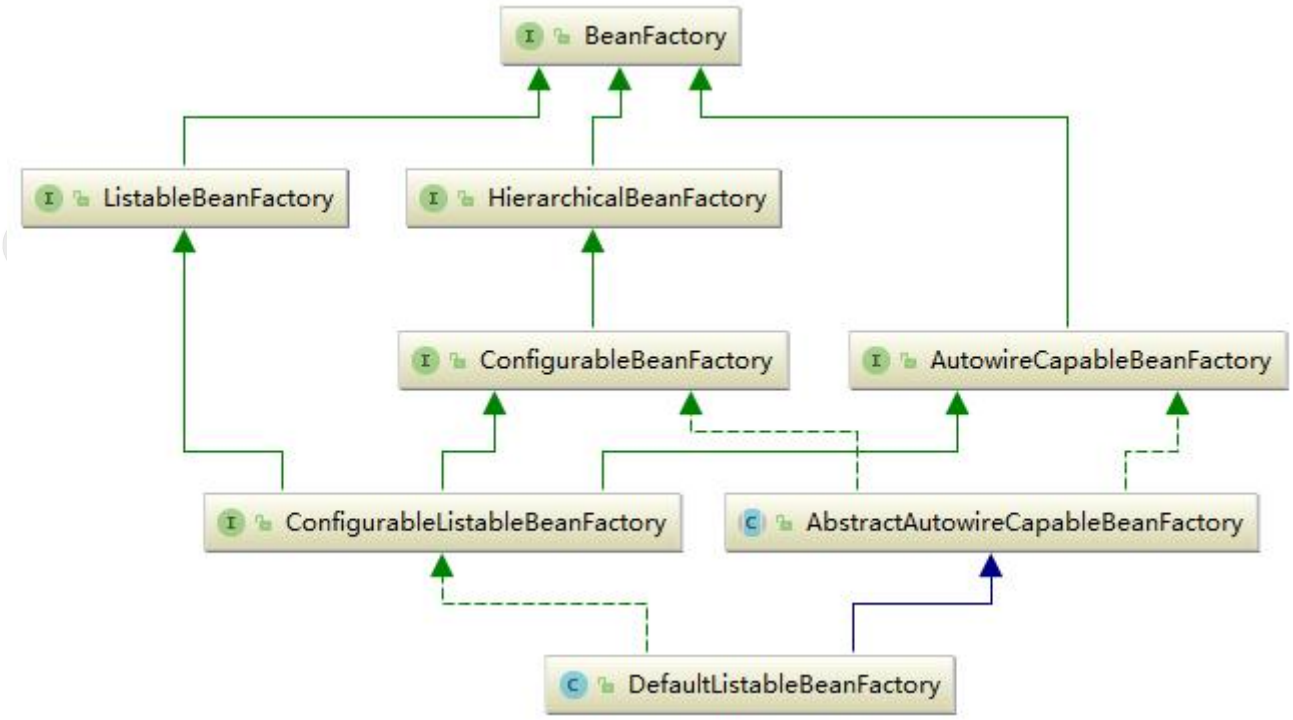
不同的配置文件对对象的描述不一样，如标准的，自定义声明式的，如何统一？在内部需要有一个统一的关于对象的定义，所有外部的描述都必须转化成统一的描述定义。

如何对不同的配置文件进行解析？需要对不同的配置文件语法，采用不同的解析器

4.2、Spring 核心容器体系结构

(1) BeanFactory

Spring Bean 的创建是典型的工厂模式，这一系列的 Bean 工厂，也即 IOC 容器为开发者管理对象间的依赖关系提供了很多便利和基础服务，在 Spring 中有许多的 IOC 容器的实现供用户选择和使用，其相互关系如下：



其中 BeanFactory 作为最顶层的一个接口类，它定义了 IOC 容器的基本功能规范，BeanFactory 有三个子类：ListableBeanFactory、HierarchicalBeanFactory 和 AutowireCapableBeanFactory。但是从上图中我们可以发现最终的默认实现类是 DefaultListableBeanFactory，他实现了所有的接口。那为何要定义这么多层次的接口呢？查阅这些接口的源码和说明发现，每个接口都有他使用的场合，它主要是为了区分在 Spring 内部在操作过程中对象的传递和转化过程中，对对象的数据访问所做的限制。例如 ListableBeanFactory 接口表示这些 Bean 是可列表的，而 HierarchicalBeanFactory 表示的是这些 Bean 是有继承关系的，也就是每个 Bean 有可能有父 Bean。AutowireCapableBeanFactory

接口定义 Bean 的自动装配规则。这四个接口共同定义了 Bean 的集合、Bean 之间的关系、以及 Bean 行为.

最基本的 IOC 容器接口 BeanFactory

```
public interface BeanFactory {

   //对 FactoryBean 的转义定义，因为如果使用 bean 的名字检索 FactoryBean 得到的对象是工厂生成的对象，
   //如果需要得到工厂本身，需要转义
   String FACTORY_BEAN_PREFIX = "&";

   //根据 bean 的名字，获取在 IOC 容器中得到 bean 实例
   Object getBean(String name) throws BeansException;

   //根据 bean 的名字和 Class 类型来得到 bean 实例，增加了类型安全验证机制。
   <T> T getBean(String name, @Nullable Class<T> requiredType) throws BeansException;

   Object getBean(String name, Object... args) throws BeansException;
    <T> T getBean(Class<T> requiredType) throws BeansException;
    <T> T getBean(Class<T> requiredType, Object... args) throws BeansException;

   //提供对 bean 的检索，看看是否在 IOC 容器有这个名字的 bean
   boolean containsBean(String name);

   //根据 bean 名字得到 bean 实例，并同时判断这个 bean 是不是单例
   boolean isSingleton(String name) throws NoSuchBeanDefinitionException;
   boolean isPrototype(String name) throws NoSuchBeanDefinitionException;
   boolean isTypeMatch(String name, ResolvableType typeToMatch) throws NoSuchBeanDefinitionException;
   boolean isTypeMatch(String name, @Nullable Class<?> typeToMatch) throws NoSuchBeanDefinitionException;

   //得到 bean 实例的 Class 类型
   @Nullable
   Class<?> getType(String name) throws NoSuchBeanDefinitionException;

    //得到 bean 的别名，如果根据别名检索，那么其原名也会被检索出来
   String[] getAliases(String name);

}
```

在 BeanFactory 里只对 IOC 容器的基本行为作了定义，根本不关心你的 Bean 是如何定义怎样加载的。正如我们只关心工厂里得到什么的产品对象，至于工厂是怎么生产这些对象的，这个基本的接口不关心。

而要知道工厂是如何产生对象的，我们需要看具体的 IOC 容器实现，Spring 提供了许多 IOC 容器的实现。比如 XmlBeanFactory，ClasspathXmlApplicationContext 等。其中 XmlBeanFactory 就是针对最基本的 IOC 容器的实现，这个 IOC 容器可以读取 XML 文件定义的 BeanDefinition（XML 文件

中对 bean 的描述）,如果说 XmlBeanFactory 是容器中的屌丝，ApplicationContext 应该算容器中的高帅富.

ApplicationContext 是 Spring 提供的一个高级的 IOC 容器，它除了能够提供 IOC 容器的基本功能外，还为用户提供了以下的附加服务。

从 ApplicationContext 接口的实现，我们看出其特点：

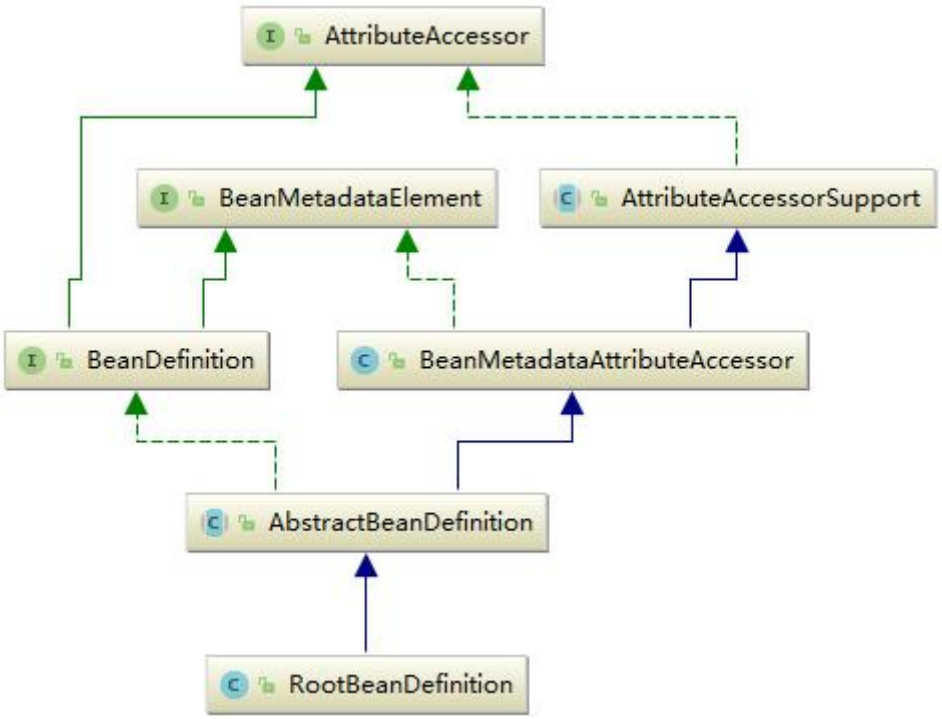
1.支持信息源，可以实现国际化。（实现 MessageSource 接口）

2.访问资源。(实现 ResourcePatternResolver 接口，后面章节会讲到)

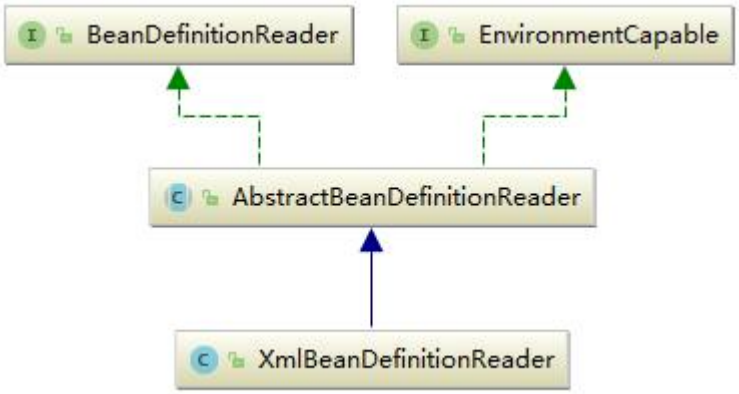
3.支持应用事件。(实现 ApplicationEventPublisher 接口)

(2) BeanDefinition

SpringIOC 容器管理了我们定义的各种 Bean 对象及其相互的关系，Bean 对象在 Spring 实现中是以 BeanDefinition 来描述的，其继承体系如下：

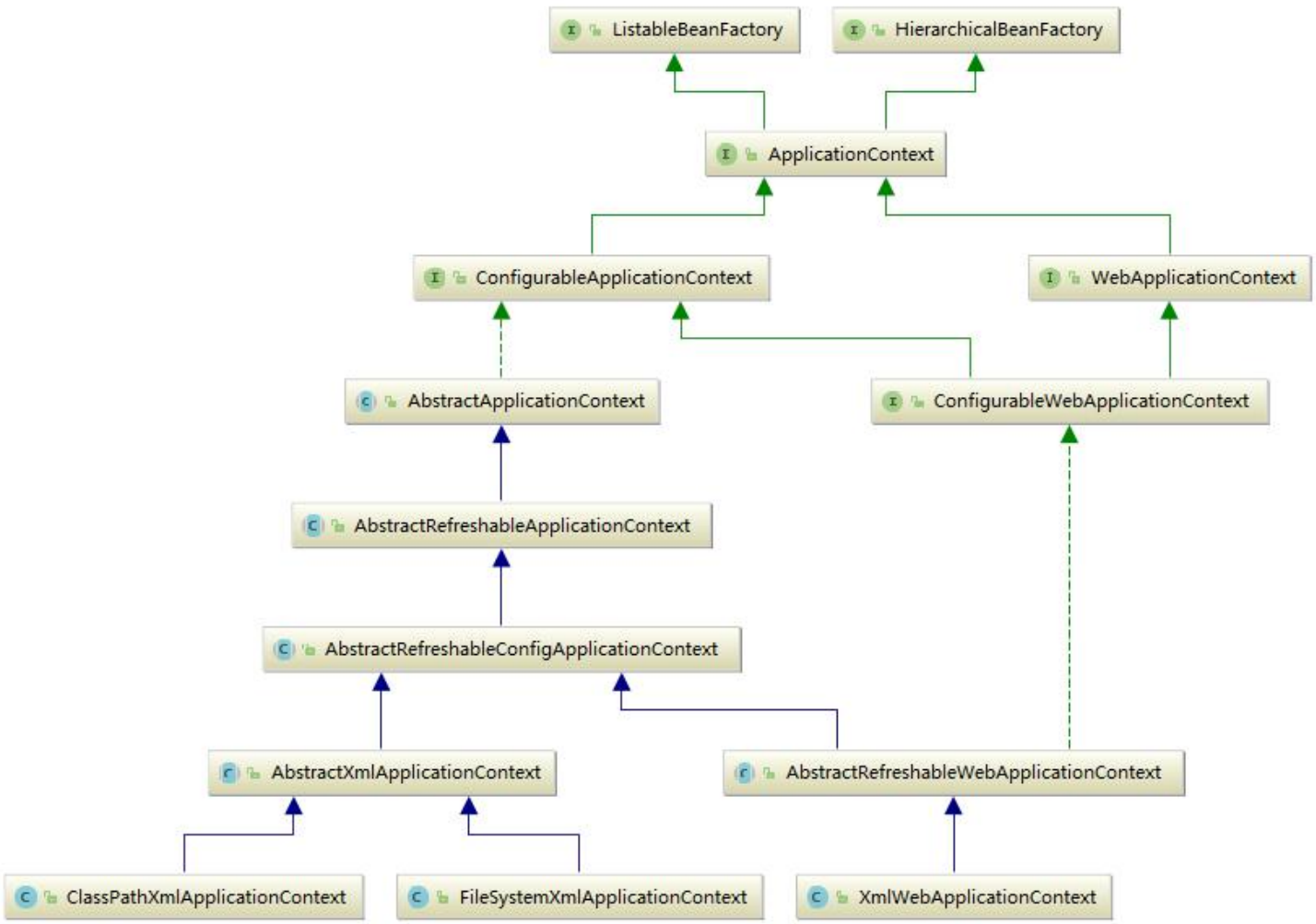


Bean 的解析过程非常复杂，功能被分的很细，因为这里需要被扩展的地方很多，必须保证有足够的灵活性，以应对可能的变化。Bean 的解析主要就是对 Spring 配置文件的解析。这个解析过程主要通过下图中的类完成：



4.3、IOC 容器的初始化

IOC 容器的初始化包括 BeanDefinition 的 Resource 定位、载入和注册这三个基本的过程。我们以 ApplicationContext 为例讲解，ApplicationContext 系列容器也许是我们最熟悉的，因为 Web 项目中使用的 XmlWebApplicationContext 就属于这个继承体系，还有 ClasspathXmlApplicationContext 等，其继承体系如下图所示：



ApplicationContext 允许上下文嵌套，通过保持父上下文可以维持一个上下文体系。对于 Bean 的查找可以在这个上下文体系中发生，首先检查当前上下文，其次是父上下文，逐级向上，这样为不同的 Spring 应用提供了一个共享的 Bean 定义环境。

下面我们分别简单地演示一下两种 IOC 容器的创建过程

1、XmlBeanFactory(屌丝 IOC)的整个流程

通过 XmlBeanFactory 的源码，我们可以发现：

```
public class XmlBeanFactory extends DefaultListableBeanFactory {
  private final XmlBeanDefinitionReader reader = new XmlBeanDefinitionReader(this);
  public XmlBeanFactory(Resource resource) throws BeansException {
    this(resource, null);
  }
  public XmlBeanFactory(Resource resource, BeanFactory parentBeanFactory) throws BeansException {
    super(parentBeanFactory);
    this.reader.loadBeanDefinitions(resource);
  }
}
```

参照源码，自己演示一遍，理解定位、载入、注册的全过程

```
// 根据 Xml 配置文件创建 Resource 资源对象，该对象中包含了 BeanDefinition 的信息
ClassPathResource resource = new ClassPathResource("application-context.xml");
// 创建 DefaultListableBeanFactory
DefaultListableBeanFactory factory = new DefaultListableBeanFactory();
//创建 XmlBeanDefinitionReader 读取器，用于载入 BeanDefinition。
// 之所以需要 BeanFactory 作为参数，是因为会将读取的信息回调配置给 factory
XmlBeanDefinitionReader reader = new XmlBeanDefinitionReader(factory);
// XmlBeanDefinitionReader 执行载入 BeanDefinition 的方法，最后会完成 Bean 的载入和注册。
// 完成后 Bean 就成功的放置到 IOC 容器当中，以后我们就可以从中取得 Bean 来使用
reader.loadBeanDefinitions(resource);
```

通过前面的源码，XmlBeanDefinitionReader reader = new XmlBeanDefinitionReader(this);中其中 this 传的是 factory 对象

2、FileSystemXmlApplicationContext 的 IOC 容器流程

(1)、高富帅版 IOC 解剖

ApplicationContext = new FileSystemXmlApplicationContext(xmlPath);

先看其构造函数的调用：

```
public FileSystemXmlApplicationContext(String... configLocations) throws BeansException {
  this(configLocations, true, null);
}
```

其实际调用的构造函数为：

```
public FileSystemXmlApplicationContext(
      String[] configLocations, boolean refresh, @Nullable ApplicationContext parent)
      throws BeansException {

   super(parent);
   setConfigLocations(configLocations);
   if (refresh) {
      refresh();
   }
}
```

(2)、设置资源加载器和资源定位

通过分析 FileSystemXmlApplicationContext 的源代码可以知道，在创建 FileSystemXmlApplicationContext 容器时，构造方法做以下两项重要工作：

首先，调用父类容器的构造方法(super(parent)方法)为容器设置好 Bean 资源加载器。

然后，再调用父类 AbstractRefreshableConfigApplicationContext 的 setConfigLocations(configLocations)方法设置 Bean 定义资源文件的定位路径。

通过追踪 FileSystemXmlApplicationContext 的继承体系，发现其父类的父类 AbstractApplicationContext 中初始化 IOC 容器所做的主要源码如下：

```
public abstract class AbstractApplicationContext extends DefaultResourceLoader
      implements ConfigurableApplicationContext {
   //静态初始化块，在整个容器创建过程中只执行一次
   static {
      //为了避免应用程序在 Weblogic8.1 关闭时出现类加载异常加载问题，加载 IOC 容
      //器关闭事件(ContextClosedEvent)类
      ContextClosedEvent.class.getName();
   }
   public AbstractApplicationContext() {
      this.resourcePatternResolver = getResourcePatternResolver();
   }
   public AbstractApplicationContext(@Nullable ApplicationContext parent) {
      this();
      setParent(parent);
   }
   //获取一个 Spring Source 的加载器用于读入 Spring Bean 定义资源文件
   protected ResourcePatternResolver getResourcePatternResolver() {
      //AbstractApplicationContext 继承 DefaultResourceLoader，因此也是一个资源加载器
      //Spring 资源加载器，其 getResource(String location)方法用于载入资源
      return new PathMatchingResourcePatternResolver(this);
   }
   ...
}
```

AbstractApplicationContext 构造方法中调用 PathMatchingResourcePatternResolver 的构造方法创建 Spring 资源加载器：

```
public PathMatchingResourcePatternResolver(ResourceLoader resourceLoader) {
   Assert.notNull(resourceLoader, "ResourceLoader must not be null");
   //设置 Spring 的资源加载器
   this.resourceLoader = resourceLoader;
}
```

在设置容器的资源加载器之后，接下来 FileSystemXmlApplicationContext 执行 setConfigLocations 方法通过调用其父类 AbstractRefreshableConfigApplicationContext 的方法进行对 Bean 定义资源文件的定位，该方法的源码如下：

```
//处理单个资源文件路径为一个字符串的情况
public void setConfigLocation(String location) {
   //String CONFIG_LOCATION_DELIMITERS = ",; /t/n";
   //即多个资源文件路径之间用” ,; \t\n”分隔，解析成数组形式
   setConfigLocations(StringUtils.tokenizeToStringArray(location, CONFIG_LOCATION_DELIMITERS));
}
//解析 Bean 定义资源文件的路径，处理多个资源文件字符串数组
public void setConfigLocations(@Nullable String... locations) {
   if (locations != null) {
      Assert.noNullElements(locations, "Config locations must not be null");
      this.configLocations = new String[locations.length];
      for (int i = 0; i < locations.length; i++) {
         // resolvePath 为同一个类中将字符串解析为路径的方法
         this.configLocations[i] = resolvePath(locations[i]).trim();
      }
   }
   else {
      this.configLocations = null;
   }
}
```

通过这两个方法的源码我们可以看出，我们既可以使用一个字符串来配置多个 Spring Bean 定义资源文件，也可以使用字符串数组，即下面两种方式都是可以的：

ClasspathResource res = new ClasspathResource(“a.xml,b.xml,……”);

多个资源文件路径之间可以是用” , ; \t\n” 等分隔。

B. ClasspathResource res = new ClasspathResource(newString[]{“a.xml”,”b.xml”,……});

至此，SpringIOC 容器在初始化时将配置的 Bean 定义资源文件定位为 Spring 封装的 Resource。

(3)、AbstractApplicationContext 的 refresh 函数载入 Bean 定义过程：

SpringIOC 容器对 Bean 定义资源的载入是从 refresh()函数开始的，refresh()是一个模板方法，refresh()方法的作用是：在创建 IOC 容器前，如果已经有容器存在，则需要把已有的容器销毁和关闭，

以保证在 refresh 之后使用的是新建立起来的 IOC 容器。refresh 的作用类似于对 IOC 容器的重启，在新建立好的容器中对容器进行初始化，对 Bean 定义资源进行载入

FileSystemXmlApplicationContext 通过调用其父类 AbstractApplicationContext 的 refresh()函数启动整个 IOC 容器对 Bean 定义的载入过程：

```
public void refresh() throws BeansException, IllegalStateException {
   synchronized (this.startupShutdownMonitor) {
      //调用容器准备刷新的方法，获取容器的当时时间，同时给容器设置同步标识
      prepareRefresh();
      //告诉子类启动 refreshBeanFactory()方法，Bean 定义资源文件的载入从
      //子类的 refreshBeanFactory()方法启动
      ConfigurableListableBeanFactory beanFactory = obtainFreshBeanFactory();
      //为 BeanFactory 配置容器特性，例如类加载器、事件处理器等
      prepareBeanFactory(beanFactory);
      try {
         //为容器的某些子类指定特殊的 BeanPost 事件处理器
         postProcessBeanFactory(beanFactory);
         //调用所有注册的 BeanFactoryPostProcessor 的 Bean
         invokeBeanFactoryPostProcessors(beanFactory);
         //为 BeanFactory 注册 BeanPost 事件处理器.
         //BeanPostProcessor 是 Bean 后置处理器，用于监听容器触发的事件
         registerBeanPostProcessors(beanFactory);
         //初始化信息源，和国际化相关.
         initMessageSource();
         //初始化容器事件传播器.
         initApplicationEventMulticaster();
         //调用子类的某些特殊 Bean 初始化方法
         onRefresh();
         //为事件传播器注册事件监听器.
         registerListeners();
         //初始化所有剩余的单例 Bean
         finishBeanFactoryInitialization(beanFactory);
         //初始化容器的生命周期事件处理器，并发布容器的生命周期事件
         finishRefresh();
      }
      catch (BeansException ex) {
         if (logger.isWarnEnabled()) {
            logger.warn("Exception encountered during context initialization - " +
                  "cancelling refresh attempt: " + ex);
         }
         //销毁已创建的 Bean
         destroyBeans();
         //取消 refresh 操作，重置容器的同步标识.
         cancelRefresh(ex);
```

```
            throw ex;
        }
        finally {
            resetCommonCaches();
        }
    }
}
```

refresh()方法主要为 IOC 容器 Bean 的生命周期管理提供条件，Spring IOC 容器载入 Bean 定义资源文件从其子类容器的 refreshBeanFactory()方法启动，所以整个 refresh()中“ConfigurableListableBeanFactory beanFactory = obtainFreshBeanFactory();”这句以后代码的都是注册容器的信息源和生命周期事件，载入过程就是从这句代码启动。

refresh()方法的作用是：在创建 IOC 容器前，如果已经有容器存在，则需要把已有的容器销毁和关闭，以保证在 refresh 之后使用的是新建立起来的 IOC 容器。refresh 的作用类似于对 IOC 容器的重启，在新建立好的容器中对容器进行初始化，对 Bean 定义资源进行载入

(4)、AbstractApplicationContext 的 obtainFreshBeanFactory()方法调用子类容器的 refreshBeanFactory()方法，启动容器载入 Bean 定义资源文件的过程，代码如下：

```
protected ConfigurableListableBeanFactory obtainFreshBeanFactory() {
    //这里使用了委派设计模式，父类定义了抽象的 refreshBeanFactory()方法，具体实现调用子类容器的 refreshBeanFactory()方法
    refreshBeanFactory();
    ConfigurableListableBeanFactory beanFactory = getBeanFactory();
    if (logger.isDebugEnabled()) {
        logger.debug("Bean factory for " + getDisplayName() + ": " + beanFactory);
    }
    return beanFactory;
}
```

AbstractApplicationContext 类中只抽象定义了 refreshBeanFactory()方法，容器真正调用的是其子类 AbstractRefreshableApplicationContext 实现的 refreshBeanFactory()方法，方法的源码如下：

```
protected final void refreshBeanFactory() throws BeansException {
    //如果已经有容器，销毁容器中的 bean，关闭容器
    if (hasBeanFactory()) {
        destroyBeans();
        closeBeanFactory();
    }
    try {
        //创建 IOC 容器
        DefaultListableBeanFactory beanFactory = createBeanFactory();
        beanFactory.setSerializationId(getId());
```

```
        //对 IOC 容器进行定制化，如设置启动参数，开启注解的自动装配等
        customizeBeanFactory(beanFactory);
        //调用载入 Bean 定义的方法，主要这里又使用了一个委派模式，在当前类中只定义了抽象的 loadBeanDefinitions 方法，具体
的实现调用子类容器
        loadBeanDefinitions(beanFactory);
        synchronized (this.beanFactoryMonitor) {
            this.beanFactory = beanFactory;
        }
    }
    catch (IOException ex) {
        throw new ApplicationContextException("I/O error parsing bean definition source for " + getDisplayName(),
ex);
    }
}
```

在这个方法中，先判断 BeanFactory 是否存在，如果存在则先销毁 beans 并关闭 beanFactory，接着创建 DefaultListableBeanFactory，并调用 loadBeanDefinitions(beanFactory)装载 bean 定义。

(5)、AbstractRefreshableApplicationContext 子类的 loadBeanDefinitions 方法：

AbstractRefreshableApplicationContext 中只定义了抽象的 loadBeanDefinitions 方法，容器真正调用的是其子类 AbstractXmlApplicationContext 对该方法的实现，AbstractXmlApplicationContext 的主要源码如下：

loadBeanDefinitions 方法同样是抽象方法，是由其子类实现的，也即在 AbstractXmlApplicationContext 中。

```
public abstract class AbstractXmlApplicationContext extends AbstractRefreshableConfigApplicationContext {

    ...

    //实现父类抽象的载入 Bean 定义方法
    @Override
    protected void loadBeanDefinitions(DefaultListableBeanFactory beanFactory) throws BeansException, IOException
{
        //创建 XmlBeanDefinitionReader，即创建 Bean 读取器，并通过回调设置到容器中去，容器使用该读取器读取 Bean 定义资源
        XmlBeanDefinitionReader beanDefinitionReader = new XmlBeanDefinitionReader(beanFactory);

        //为 Bean 读取器设置 Spring 资源加载器，AbstractXmlApplicationContext 的
        //祖先父类 AbstractApplicationContext 继承 DefaultResourceLoader，因此，容器本身也是一个资源加载器
        beanDefinitionReader.setEnvironment(this.getEnvironment());
        beanDefinitionReader.setResourceLoader(this);
        //为 Bean 读取器设置 SAX xml 解析器
        beanDefinitionReader.setEntityResolver(new ResourceEntityResolver(this));

        //当 Bean 读取器读取 Bean 定义的 Xml 资源文件时，启用 Xml 的校验机制
        initBeanDefinitionReader(beanDefinitionReader);
```

```
        //Bean 读取器真正实现加载的方法
        loadBeanDefinitions(beanDefinitionReader);
    }

    protected void initBeanDefinitionReader(XmlBeanDefinitionReader reader) {
        reader.setValidating(this.validating);
    }

    //Xml Bean 读取器加载 Bean 定义资源
    protected void loadBeanDefinitions(XmlBeanDefinitionReader reader) throws BeansException, IOException {
        //获取 Bean 定义资源的定位
        Resource[] configResources = getConfigResources();
        if (configResources != null) {
            //Xml Bean 读取器调用其父类 AbstractBeanDefinitionReader 读取定位的 Bean 定义资源
            reader.loadBeanDefinitions(configResources);
        }
        // 如果子类中获取的 Bean 定义资源定位为空，则获取 FileSystemXmlApplicationContext
        // 构造方法中 setConfigLocations 方法设置的资源
        String[] configLocations = getConfigLocations();
        if (configLocations != null) {
            //Xml Bean 读取器调用其父类 AbstractBeanDefinitionReader 读取定位
            //的 Bean 定义资源
            reader.loadBeanDefinitions(configLocations);
        }
    }

    //这里又使用了一个委托模式，调用子类的获取 Bean 定义资源定位的方法
    //该方法在 ClassPathXmlApplicationContext 中进行实现，对于我们
    //举例分析源码的 FileSystemXmlApplicationContext 没有使用该方法
    @Nullable
    protected Resource[] getConfigResources() {
        return null;
    }
}
```

Xml Bean 读取器(XmlBeanDefinitionReader)调用其父类 AbstractBeanDefinitionReader 的 reader.loadBeanDefinitions 方法读取 Bean 定义资源。

由于我们使用 FileSystemXmlApplicationContext 作为例子分析，因此 getConfigResources 的返回值为 null，因此程序执行 reader.loadBeanDefinitions(configLocations)分支。

(6)、AbstractBeanDefinitionReader 读取 Bean 定义资源，在其抽象父类 AbstractBeanDefinitionReader 中定义了载入过程。

AbstractBeanDefinitionReader 的 loadBeanDefinitions 方法源码如下：

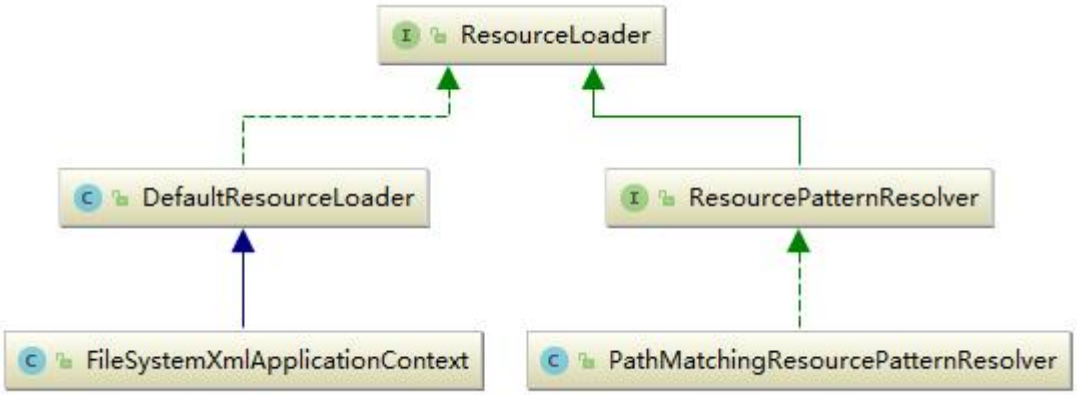
```
//重载方法，调用下面的 loadBeanDefinitions(String, Set<Resource>);方法
@Override
public int loadBeanDefinitions(String location) throws BeanDefinitionStoreException {
   return loadBeanDefinitions(location, null);
}

public int loadBeanDefinitions(String location, @Nullable Set<Resource> actualResources) throws
BeanDefinitionStoreException {
   //获取在 IOC 容器初始化过程中设置的资源加载器
   ResourceLoader resourceLoader = getResourceLoader();
   if (resourceLoader == null) {
      throw new BeanDefinitionStoreException(
            "Cannot import bean definitions from location [" + location + "]: no ResourceLoader available");
   }

   if (resourceLoader instanceof ResourcePatternResolver) {
      // Resource pattern matching available.
      try {
         //将指定位置的 Bean 定义资源文件解析为 Spring IOC 容器封装的资源
         //加载多个指定位置的 Bean 定义资源文件
         Resource[] resources = ((ResourcePatternResolver) resourceLoader).getResources(location);
         //委派调用其子类 XmlBeanDefinitionReader 的方法，实现加载功能
         int loadCount = loadBeanDefinitions(resources);
         if (actualResources != null) {
            for (Resource resource : resources) {
               actualResources.add(resource);
            }
         }
         if (logger.isDebugEnabled()) {
            logger.debug("Loaded " + loadCount + " bean definitions from location pattern [" + location + "]");
         }
         return loadCount;
      }
      catch (IOException ex) {
         throw new BeanDefinitionStoreException(
               "Could not resolve bean definition resource pattern [" + location + "]", ex);
      }
   }
   else {
      // Can only load single resources by absolute URL.
      //将指定位置的 Bean 定义资源文件解析为 Spring IOC 容器封装的资源
      //加载单个指定位置的 Bean 定义资源文件
      Resource resource = resourceLoader.getResource(location);
      //委派调用其子类 XmlBeanDefinitionReader 的方法，实现加载功能
```

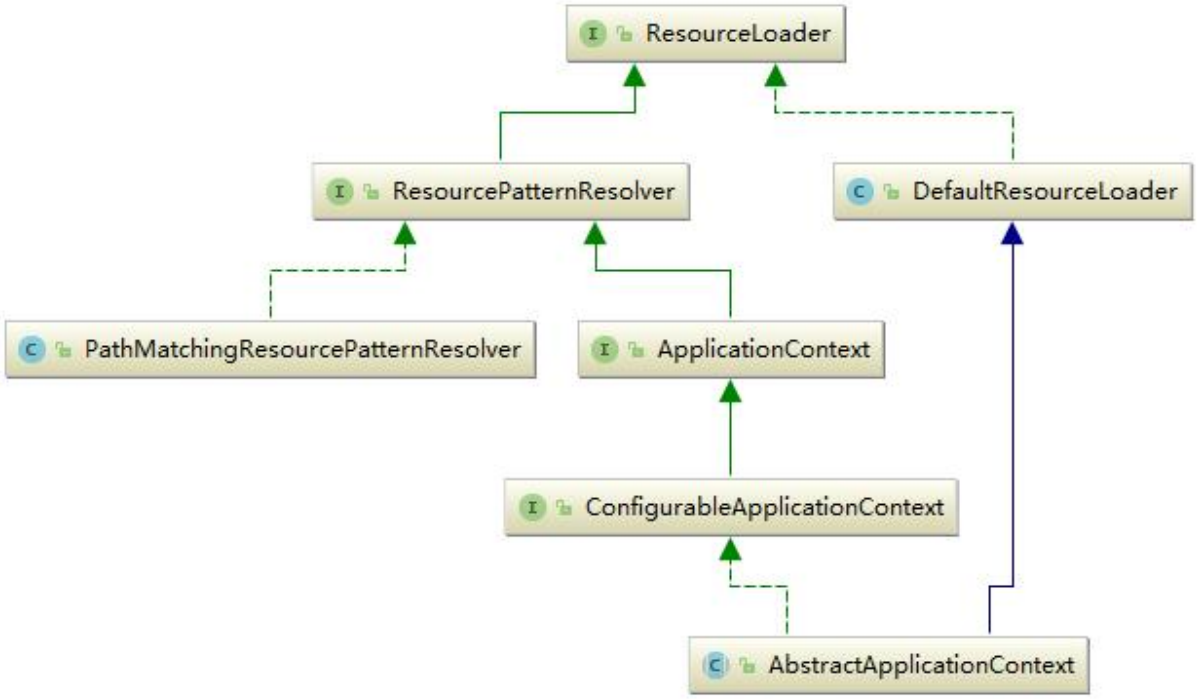
```
        int loadCount = loadBeanDefinitions(resource);
        if (actualResources != null) {
            actualResources.add(resource);
        }
        if (logger.isDebugEnabled()) {
            logger.debug("Loaded " + loadCount + " bean definitions from location [" + location + "]");
        }
        return loadCount;
    }
}

//重载方法，调用 loadBeanDefinitions(String);
@Override
public int loadBeanDefinitions(String... locations) throws BeanDefinitionStoreException {
    Assert.notNull(locations, "Location array must not be null");
    int counter = 0;
    for (String location : locations) {
        counter += loadBeanDefinitions(location);
    }
    return counter;
}
```

loadBeanDefinitions(Resource...resources)方法和上面分析的 3 个方法类似，同样也是调用 XmlBeanDefinitionReader 的 loadBeanDefinitions 方法。

从对 AbstractBeanDefinitionReader 的 loadBeanDefinitions 方法源码分析可以看出该方法做了以下两件事：

首先，调用资源加载器的获取资源方法 resourceLoader.getResource(location)，获取到要加载的资源。其次，真正执行加载功能是其子类 XmlBeanDefinitionReader 的 loadBeanDefinitions 方法。





看到上面的 ResourceLoader 与 ApplicationContext 的继承系图，可以知道其实际调用的是 DefaultResourceLoader 中的 getSource() 方法定位 Resource，因为 FileSystemXmlApplicationContext 本身就是 DefaultResourceLoader 的实现类，所以此时又回到了 FileSystemXmlApplicationContext 中来。

(7)、资源加载器获取要读入的资源：

XmlBeanDefinitionReader 通过调用其父类 DefaultResourceLoader 的 getResource 方法获取要加载的资源，其源码如下

```
//获取 Resource 的具体实现方法
@Override
public Resource getResource(String location) {
   Assert.notNull(location, "Location must not be null");

   for (ProtocolResolver protocolResolver : this.protocolResolvers) {
      Resource resource = protocolResolver.resolve(location, this);
      if (resource != null) {
         return resource;
      }
   }
   //如果是类路径的方式，那需要使用 ClassPathResource 来得到 bean 文件的资源对象
   if (location.startsWith("/")) {
      return getResourceByPath(location);
   }
   else if (location.startsWith(CLASSPATH_URL_PREFIX)) {
      return new ClassPathResource(location.substring(CLASSPATH_URL_PREFIX.length()), getClassLoader());
```

```
    }
    else {
        try {
            // 如果是 URL 方式，使用 UrlResource 作为 bean 文件的资源对象
            URL url = new URL(location);
            return (ResourceUtils.isFileURL(url) ? new FileUrlResource(url) : new UrlResource(url));
        }
        catch (MalformedURLException ex) {
            //如果既不是 classpath 标识，又不是 URL 标识的 Resource 定位，则调用
            //容器本身的 getResourceByPath 方法获取 Resource
            return getResourceByPath(location);
        }
    }
}
```

FileSystemXmlApplicationContext 容器提供了 getResourceByPath 方法的实现，就是为了处理既不是 classpath 标识，又不是 URL 标识的 Resource 定位这种情况。

```
@Override
protected Resource getResourceByPath(String path) {
    if (path.startsWith("/")) {
        path = path.substring(1);
    }
    //这里使用文件系统资源对象来定义 bean 文件
    return new FileSystemResource(path);
}
```

这样代码就回到了 FileSystemXmlApplicationContext 中来，他提供了 FileSystemResource 来完成从文件系统得到配置文件的资源定义。

这样，就可以从文件系统路径上对 IOC 配置文件进行加载，当然我们可以按照这个逻辑从任何地方加载，在 Spring 中我们看到它提供的各种资源抽象，比如 ClassPathResource,URLResource,FileSystemResource 等来供我们使用。上面我们看到的是定位 Resource 的一个过程，而这只是加载过程的一部分.

(8)、XmlBeanDefinitionReader 加载 Bean 定义资源：

继续回到 XmlBeanDefinitionReader 的 loadBeanDefinitions(Resource …)方法看到代表 bean 文件的资源定义以后的载入过程。

```
//XmlBeanDefinitionReader 加载资源的入口方法
@Override
public int loadBeanDefinitions(Resource resource) throws BeanDefinitionStoreException {
    //将读入的 XML 资源进行特殊编码处理
    return loadBeanDefinitions(new EncodedResource(resource));
}

//这里是载入 XML 形式 Bean 定义资源文件方法
```

```
public int loadBeanDefinitions(EncodedResource encodedResource) throws BeanDefinitionStoreException {
   ...
   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());
         }
         //这里是具体的读取过程
         return doLoadBeanDefinitions(inputSource, encodedResource.getResource());
      }
      finally {
         //关闭从 Resource 中得到的 IO 流
         inputStream.close();
      }
   }
   ...
}
//从特定 XML 文件中实际载入 Bean 定义资源的方法
protected int doLoadBeanDefinitions(InputSource inputSource, Resource resource)
      throws BeanDefinitionStoreException {
   try {
      //将 XML 文件转换为 DOM 对象，解析过程由 documentLoader 实现
      Document doc = doLoadDocument(inputSource, resource);
      //这里是启动对 Bean 定义解析的详细过程，该解析过程会用到 Spring 的 Bean 配置规则
      return registerBeanDefinitions(doc, resource);
   }
   ...
}
```

通过源码分析，载入 Bean 定义资源文件的最后一步是将 Bean 定义资源转换为 Document 对象，该过程由 documentLoader 实现

(9)、DocumentLoader 将 Bean 定义资源转换为 Document 对象：

DocumentLoader 将 Bean 定义资源转换成 Document 对象的源码如下：

```
//使用标准的 JAXP 将载入的 Bean 定义资源转换成 document 对象
@Override
public Document loadDocument(InputSource inputSource, EntityResolver entityResolver,
      ErrorHandler errorHandler, int validationMode, boolean namespaceAware) throws Exception {

   //创建文件解析器工厂
   DocumentBuilderFactory factory = createDocumentBuilderFactory(validationMode, namespaceAware);
```

```
    if (logger.isDebugEnabled()) {
        logger.debug("Using JAXP provider [" + factory.getClass().getName() + "]");
    }
    //创建文档解析器
    DocumentBuilder builder = createDocumentBuilder(factory, entityResolver, errorHandler);
    //解析 Spring 的 Bean 定义资源
    return builder.parse(inputSource);
}

protected DocumentBuilderFactory createDocumentBuilderFactory(int validationMode, boolean namespaceAware)
        throws ParserConfigurationException {

    //创建文档解析工厂
    DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
    factory.setNamespaceAware(namespaceAware);

    //设置解析 XML 的校验
    if (validationMode != XmlValidationModeDetector.VALIDATION_NONE) {
        factory.setValidating(true);
        if (validationMode == XmlValidationModeDetector.VALIDATION_XSD) {
            // Enforce namespace aware for XSD...
            factory.setNamespaceAware(true);
            try {
                factory.setAttribute(SCHEMA_LANGUAGE_ATTRIBUTE, XSD_SCHEMA_LANGUAGE);
            }
            catch (IllegalArgumentException ex) {
                ParserConfigurationException pcex = new ParserConfigurationException(
                        "Unable to validate using XSD: Your JAXP provider [" + factory +
                        "] does not support XML Schema. Are you running on Java 1.4 with Apache Crimson? " +
                        "Upgrade to Apache Xerces (or Java 1.5) for full XSD support.");
                pcex.initCause(ex);
                throw pcex;
            }
        }
    }

    return factory;
}
```

该解析过程调用 JavaEE 标准的 JAXP 标准进行处理。

至此 Spring IOC 容器根据定位的 Bean 定义资源文件，将其加载读入并转换成为 Document 对象过程完成。接下来我们要继续分析 Spring IOC 容器将载入的 Bean 定义资源文件转换为 Document 对象之后，是如何将其解析为 Spring IOC 管理的 Bean 对象并将其注册到容器中的。

(10)、XmlBeanDefinitionReader 解析载入的 Bean 定义资源文件：

XmlBeanDefinitionReader 类中的 doLoadBeanDefinitions 方法是从特定 XML 文件中实际载入 Bean 定义资源的方法，该方法在载入 Bean 定义资源之后将其转换为 Document 对象，接下来调用 registerBeanDefinitions 启动 Spring IOC 容器对 Bean 定义的解析过程，registerBeanDefinitions 方法源码如下：

```
//按照 Spring 的 Bean 语义要求将 Bean 定义资源解析并转换为容器内部数据结构
public int registerBeanDefinitions(Document doc, Resource resource) throws BeanDefinitionStoreException {
   //得到 BeanDefinitionDocumentReader 来对 xml 格式的 BeanDefinition 解析
   BeanDefinitionDocumentReader documentReader = createBeanDefinitionDocumentReader();
   //获得容器中注册的 Bean 数量
   int countBefore = getRegistry().getBeanDefinitionCount();
   //解析过程入口，这里使用了委派模式，BeanDefinitionDocumentReader 只是个接口，
   //具体的解析实现过程有实现类 DefaultBeanDefinitionDocumentReader 完成
   documentReader.registerBeanDefinitions(doc, createReaderContext(resource));
   //统计解析的 Bean 数量
   return getRegistry().getBeanDefinitionCount() - countBefore;
}
```

Bean 定义资源的载入解析分为以下两个过程：

首先，通过调用 XML 解析器将 Bean 定义资源文件转换得到 Document 对象，但是这些 Document 对象并没有按照 Spring 的 Bean 规则进行解析。这一步是载入的过程

其次，在完成通用的 XML 解析之后，按照 Spring 的 Bean 规则对 Document 对象进行解析。

按照 Spring 的 Bean 规则对 Document 对象解析的过程是在接口 BeanDefinitionDocumentReader 的实现类 DefaultBeanDefinitionDocumentReader 中实现的。

(11)、DefaultBeanDefinitionDocumentReader 对 Bean 定义的 Document 对象解析：

BeanDefinitionDocumentReader 接口通过 registerBeanDefinitions 方法调用其实现类 DefaultBeanDefinitionDocumentReader 对 Document 对象进行解析，解析的代码如下：

```
//根据 Spring DTD 对 Bean 的定义规则解析 Bean 定义 Document 对象
@Override
public void registerBeanDefinitions(Document doc, XmlReaderContext readerContext) {
   //获得 XML 描述符
   this.readerContext = readerContext;
   logger.debug("Loading bean definitions");
   //获得 Document 的根元素
   Element root = doc.getDocumentElement();
   doRegisterBeanDefinitions(root);
}
...
protected void doRegisterBeanDefinitions(Element root) {

   //具体的解析过程由 BeanDefinitionParserDelegate 实现，
   //BeanDefinitionParserDelegate 中定义了 Spring Bean 定义 XML 文件的各种元素
```

```
    BeanDefinitionParserDelegate parent = this.delegate;
    this.delegate = createDelegate(getReaderContext(), root, parent);

    if (this.delegate.isDefaultNamespace(root)) {
        String profileSpec = root.getAttribute(PROFILE_ATTRIBUTE);
        if (StringUtils.hasText(profileSpec)) {
            String[] specifiedProfiles = StringUtils.tokenizeToStringArray(
                    profileSpec, BeanDefinitionParserDelegate.MULTI_VALUE_ATTRIBUTE_DELIMITERS);
            if (!getReaderContext().getEnvironment().acceptsProfiles(specifiedProfiles)) {
                if (logger.isInfoEnabled()) {
                    logger.info("Skipped XML bean definition file due to specified profiles [" + profileSpec +
                            "] not matching: " + getReaderContext().getResource());
                }
                return;
            }
        }
    }

    //在解析 Bean 定义之前，进行自定义的解析，增强解析过程的可扩展性
    preProcessXml(root);
    //从 Document 的根元素开始进行 Bean 定义的 Document 对象
    parseBeanDefinitions(root, this.delegate);
    //在解析 Bean 定义之后，进行自定义的解析，增加解析过程的可扩展性
    postProcessXml(root);

    this.delegate = parent;
}
//创建 BeanDefinitionParserDelegate，用于完成真正的解析过程
protected BeanDefinitionParserDelegate createDelegate(
        XmlReaderContext readerContext, Element root, @Nullable BeanDefinitionParserDelegate parentDelegate) {

    BeanDefinitionParserDelegate delegate = new BeanDefinitionParserDelegate(readerContext);
    //BeanDefinitionParserDelegate 初始化 Document 根元素
    delegate.initDefaults(root, parentDelegate);
    return delegate;
}
//使用 Spring 的 Bean 规则从 Document 的根元素开始进行 Bean 定义的 Document 对象
protected void parseBeanDefinitions(Element root, BeanDefinitionParserDelegate delegate) {
    //Bean 定义的 Document 对象使用了 Spring 默认的 XML 命名空间
    if (delegate.isDefaultNamespace(root)) {
        //获取 Bean 定义的 Document 对象根元素的所有子节点
        NodeList nl = root.getChildNodes();
        for (int i = 0; i < nl.getLength(); i++) {
            Node node = nl.item(i);
```

```
            //获得 Document 节点是 XML 元素节点
            if (node instanceof Element) {
                Element ele = (Element) node;
                //Bean 定义的 Document 的元素节点使用的是 Spring 默认的 XML 命名空间
                if (delegate.isDefaultNamespace(ele)) {
                    //使用 Spring 的 Bean 规则解析元素节点
                    parseDefaultElement(ele, delegate);
                }
                else {
                    //没有使用 Spring 默认的 XML 命名空间，则使用用户自定义的解//析规则解析元素节点
                    delegate.parseCustomElement(ele);
                }
            }
        }
    }
    else {
        //Document 的根节点没有使用 Spring 默认的命名空间，则使用用户自定义的
        //解析规则解析 Document 根节点
        delegate.parseCustomElement(root);
    }
}
//使用 Spring 的 Bean 规则解析 Document 元素节点
private void parseDefaultElement(Element ele, BeanDefinitionParserDelegate delegate) {
    //如果元素节点是<Import>导入元素，进行导入解析
    if (delegate.nodeNameEquals(ele, IMPORT_ELEMENT)) {
        importBeanDefinitionResource(ele);
    }
    //如果元素节点是<Alias>别名元素，进行别名解析
    else if (delegate.nodeNameEquals(ele, ALIAS_ELEMENT)) {
        processAliasRegistration(ele);
    }
    //元素节点既不是导入元素，也不是别名元素，即普通的<Bean>元素，
    //按照 Spring 的 Bean 规则解析元素
    else if (delegate.nodeNameEquals(ele, BEAN_ELEMENT)) {
        processBeanDefinition(ele, delegate);
    }
    else if (delegate.nodeNameEquals(ele, NESTED_BEANS_ELEMENT)) {
        // recurse
        doRegisterBeanDefinitions(ele);
    }
}
//解析<Import>导入元素，从给定的导入路径加载 Bean 定义资源到 Spring IOC 容器中
protected void importBeanDefinitionResource(Element ele) {
    //获取给定的导入元素的 location 属性
```

```
String location = ele.getAttribute(RESOURCE_ATTRIBUTE);
//如果导入元素的 location 属性值为空，则没有导入任何资源，直接返回
if (!StringUtils.hasText(location)) {
   getReaderContext().error("Resource location must not be empty", ele);
   return;
}

//使用系统变量值解析 location 属性值
location = getReaderContext().getEnvironment().resolveRequiredPlaceholders(location);

Set<Resource> actualResources = new LinkedHashSet<>(4);

//标识给定的导入元素的 location 是否是绝对路径
boolean absoluteLocation = false;
try {
   absoluteLocation = ResourcePatternUtils.isUrl(location) || ResourceUtils.toURI(location).isAbsolute();
}
catch (URISyntaxException ex) {
   //给定的导入元素的 location 不是绝对路径
}

// Absolute or relative?
//给定的导入元素的 location 是绝对路径
if (absoluteLocation) {
   try {
      //使用资源读入器加载给定路径的 Bean 定义资源
      int importCount = getReaderContext().getReader().loadBeanDefinitions(location, actualResources);
      if (logger.isDebugEnabled()) {
         logger.debug("Imported " + importCount + " bean definitions from URL location [" + location + "]");
      }
   }
   catch (BeanDefinitionStoreException ex) {
      getReaderContext().error(
            "Failed to import bean definitions from URL location [" + location + "]", ele, ex);
   }
}
else {
   //给定的导入元素的 location 是相对路径
   try {
      int importCount;
      //将给定导入元素的 location 封装为相对路径资源
      Resource relativeResource = getReaderContext().getResource().createRelative(location);
      //封装的相对路径资源存在
      if (relativeResource.exists()) {
```

```
            //使用资源读入器加载 Bean 定义资源
            importCount = getReaderContext().getReader().loadBeanDefinitions(relativeResource);
            actualResources.add(relativeResource);
         }
         //封装的相对路径资源不存在
         else {
            //获取 Spring IOC 容器资源读入器的基本路径
            String baseLocation = getReaderContext().getResource().getURL().toString();
            //根据 Spring IOC 容器资源读入器的基本路径加载给定导入路径的资源
            importCount = getReaderContext().getReader().loadBeanDefinitions(
                  StringUtils.applyRelativePath(baseLocation, location), actualResources);
         }
         if (logger.isDebugEnabled()) {
            logger.debug("Imported " + importCount + " bean definitions from relative location [" + location +
"]");
         }
      }
      catch (IOException ex) {
         getReaderContext().error("Failed to resolve current resource location", ele, ex);
      }
      catch (BeanDefinitionStoreException ex) {
         getReaderContext().error("Failed to import bean definitions from relative location [" + location + "]",
               ele, ex);
      }
   }
   Resource[] actResArray = actualResources.toArray(new Resource[actualResources.size()]);
   //在解析完<Import>元素之后，发送容器导入其他资源处理完成事件
   getReaderContext().fireImportProcessed(location, actResArray, extractSource(ele));
}
//解析<Alias>别名元素，为 Bean 向 Spring IOC 容器注册别名
protected void processAliasRegistration(Element ele) {
   //获取<Alias>别名元素中 name 的属性值
   String name = ele.getAttribute(NAME_ATTRIBUTE);
   //获取<Alias>别名元素中 alias 的属性值
   String alias = ele.getAttribute(ALIAS_ATTRIBUTE);
   boolean valid = true;
   //<alias>别名元素的 name 属性值为空
   if (!StringUtils.hasText(name)) {
      getReaderContext().error("Name must not be empty", ele);
      valid = false;
   }
   //<alias>别名元素的 alias 属性值为空
   if (!StringUtils.hasText(alias)) {
      getReaderContext().error("Alias must not be empty", ele);
```

```
      valid = false;
   }
   if (valid) {
      try {
         //向容器的资源读入器注册别名
         getReaderContext().getRegistry().registerAlias(name, alias);
      }
      catch (Exception ex) {
         getReaderContext().error("Failed to register alias '" + alias +
               "' for bean with name '" + name + "'", ele, ex);
      }
      //在解析完<Alias>元素之后，发送容器别名处理完成事件
      getReaderContext().fireAliasRegistered(name, alias, extractSource(ele));
   }
}
//解析 Bean 定义资源 Document 对象的普通元素
protected void processBeanDefinition(Element ele, BeanDefinitionParserDelegate delegate) {
   BeanDefinitionHolder bdHolder = delegate.parseBeanDefinitionElement(ele);
   // BeanDefinitionHolder 是对 BeanDefinition 的封装，即 Bean 定义的封装类
   //对 Document 对象中<Bean>元素的解析由 BeanDefinitionParserDelegate 实现
   // BeanDefinitionHolder bdHolder = delegate.parseBeanDefinitionElement(ele);
   if (bdHolder != null) {
      bdHolder = delegate.decorateBeanDefinitionIfRequired(ele, bdHolder);
      try {
         //向 Spring IOC 容器注册解析得到的 Bean 定义，这是 Bean 定义向 IOC 容器注册的入口
         BeanDefinitionReaderUtils.registerBeanDefinition(bdHolder, getReaderContext().getRegistry());
      }
      catch (BeanDefinitionStoreException ex) {
         getReaderContext().error("Failed to register bean definition with name '" +
               bdHolder.getBeanName() + "'", ele, ex);
      }
      //在完成向 Spring IOC 容器注册解析得到的 Bean 定义之后，发送注册事件
      getReaderContext().fireComponentRegistered(new BeanComponentDefinition(bdHolder));
   }
}
```

通过上述 Spring IOC 容器对载入的 Bean 定义 Document 解析可以看出，我们使用 Spring 时，在 Spring 配置文件中可以使用<import>元素来导入 IOC 容器所需要的其他资源，Spring IOC 容器在解析时会首先将指定导入的资源加载进容器中。使用<ailas>别名时，Spring IOC 容器首先将别名元素所定义的别名注册到容器中。

对于既不是<import>元素，又不是<alias>元素的元素，即 Spring 配置文件中普通的<bean>元素的解析由 BeanDefinitionParserDelegate 类的 parseBeanDefinitionElement 方法来实现。

(12)、BeanDefinitionParserDelegate 解析 Bean 定义资源文件中的<bean>元素：

Bean 定义资源文件中的<import>和<alias>元素解析在 DefaultBeanDefinitionDocumentReader 中已经完成，对 Bean 定义资源文件中使用最多的<bean>元素交由 BeanDefinitionParserDelegate 来解析，其解析实现的源码如下：

```
//解析<Bean>元素的入口
@Nullable
public BeanDefinitionHolder parseBeanDefinitionElement(Element ele) {
   return parseBeanDefinitionElement(ele, null);
}

//解析 Bean 定义资源文件中的<Bean>元素，这个方法中主要处理<Bean>元素的 id，name 和别名属性
@Nullable
public BeanDefinitionHolder parseBeanDefinitionElement(Element ele, @Nullable BeanDefinition containingBean) {
   //获取<Bean>元素中的 id 属性值
   String id = ele.getAttribute(ID_ATTRIBUTE);
   //获取<Bean>元素中的 name 属性值
   String nameAttr = ele.getAttribute(NAME_ATTRIBUTE);

   //获取<Bean>元素中的 alias 属性值
   List<String> aliases = new ArrayList<>();

   //将<Bean>元素中的所有 name 属性值存放到别名中
   if (StringUtils.hasLength(nameAttr)) {
      String[] nameArr = StringUtils.tokenizeToStringArray(nameAttr, MULTI_VALUE_ATTRIBUTE_DELIMITERS);
      aliases.addAll(Arrays.asList(nameArr));
   }

   String beanName = id;
   //如果<Bean>元素中没有配置 id 属性时，将别名中的第一个值赋值给 beanName
   if (!StringUtils.hasText(beanName) && !aliases.isEmpty()) {
      beanName = aliases.remove(0);
      if (logger.isDebugEnabled()) {
         logger.debug("No XML 'id' specified - using '" + beanName +
               "' as bean name and " + aliases + " as aliases");
      }
   }

   //检查<Bean>元素所配置的 id 或者 name 的唯一性，containingBean 标识<Bean>
   //元素中是否包含子<Bean>元素
   if (containingBean == null) {
      //检查<Bean>元素所配置的 id、name 或者别名是否重复
      checkNameUniqueness(beanName, aliases, ele);
   }
```

```
    //详细对<Bean>元素中配置的 Bean 定义进行解析的地方
    AbstractBeanDefinition beanDefinition = parseBeanDefinitionElement(ele, beanName, containingBean);
    if (beanDefinition != null) {
        if (!StringUtils.hasText(beanName)) {
            try {
                if (containingBean != null) {
                    //如果<Bean>元素中没有配置 id、别名或者 name，且没有包含子元素
                    //<Bean>元素，为解析的 Bean 生成一个唯一 beanName 并注册
                    beanName = BeanDefinitionReaderUtils.generateBeanName(
                            beanDefinition, this.readerContext.getRegistry(), true);
                }
                else {
                    //如果<Bean>元素中没有配置 id、别名或者 name，且包含了子元素
                    //<Bean>元素，为解析的 Bean 使用别名向 IOC 容器注册
                    beanName = this.readerContext.generateBeanName(beanDefinition);
                    // Register an alias for the plain bean class name, if still possible,
                    // if the generator returned the class name plus a suffix.
                    // This is expected for Spring 1.2/2.0 backwards compatibility.
                    //为解析的 Bean 使用别名注册时，为了向后兼容
                    //Spring1.2/2.0，给别名添加类名后缀
                    String beanClassName = beanDefinition.getBeanClassName();
                    if (beanClassName != null &&
                            beanName.startsWith(beanClassName) && beanName.length() > beanClassName.length() &&
                            !this.readerContext.getRegistry().isBeanNameInUse(beanClassName)) {
                        aliases.add(beanClassName);
                    }
                }
                if (logger.isDebugEnabled()) {
                    logger.debug("Neither XML 'id' nor 'name' specified - " +
                            "using generated bean name [" + beanName + "]");
                }
            }
            catch (Exception ex) {
                error(ex.getMessage(), ele);
                return null;
            }
        }
        String[] aliasesArray = StringUtils.toStringArray(aliases);
        return new BeanDefinitionHolder(beanDefinition, beanName, aliasesArray);
    }
    //当解析出错时，返回 null
    return null;
}
```

```
protected void checkNameUniqueness(String beanName, List<String> aliases, Element beanElement) {
   String foundName = null;

   if (StringUtils.hasText(beanName) && this.usedNames.contains(beanName)) {
      foundName = beanName;
   }
   if (foundName == null) {
      foundName = CollectionUtils.findFirstMatch(this.usedNames, aliases);
   }
   if (foundName != null) {
      error("Bean name '" + foundName + "' is already used in this <beans> element", beanElement);
   }

   this.usedNames.add(beanName);
   this.usedNames.addAll(aliases);
}

//详细对<Bean>元素中配置的 Bean 定义其他属性进行解析
//由于上面的方法中已经对 Bean 的 id、name 和别名等属性进行了处理
//该方法中主要处理除这三个以外的其他属性数据
@Nullable
public AbstractBeanDefinition parseBeanDefinitionElement(
      Element ele, String beanName, @Nullable BeanDefinition containingBean) {
   //记录解析的<Bean>
   this.parseState.push(new BeanEntry(beanName));

   //这里只读取<Bean>元素中配置的 class 名字，然后载入到 BeanDefinition 中去
   //只是记录配置的 class 名字，不做实例化，对象的实例化在依赖注入时完成
   String className = null;

   //如果<Bean>元素中配置了 parent 属性，则获取 parent 属性的值
   if (ele.hasAttribute(CLASS_ATTRIBUTE)) {
      className = ele.getAttribute(CLASS_ATTRIBUTE).trim();
   }
   String parent = null;
   if (ele.hasAttribute(PARENT_ATTRIBUTE)) {
      parent = ele.getAttribute(PARENT_ATTRIBUTE);
   }

   try {
      //根据<Bean>元素配置的 class 名称和 parent 属性值创建 BeanDefinition
      //为载入 Bean 定义信息做准备
      AbstractBeanDefinition bd = createBeanDefinition(className, parent);
```

```
        //对当前的<Bean>元素中配置的一些属性进行解析和设置，如配置的单态(singleton)属性等
        parseBeanDefinitionAttributes(ele, beanName, containingBean, bd);
        //为<Bean>元素解析的 Bean 设置 description 信息
        bd.setDescription(DomUtils.getChildElementValueByTagName(ele, DESCRIPTION_ELEMENT));

        //对<Bean>元素的 meta(元信息)属性解析
        parseMetaElements(ele, bd);
        //对<Bean>元素的 lookup-Method 属性解析
        parseLookupOverrideSubElements(ele, bd.getMethodOverrides());
        //对<Bean>元素的 replaced-Method 属性解析
        parseReplacedMethodSubElements(ele, bd.getMethodOverrides());

        //解析<Bean>元素的构造方法设置
        parseConstructorArgElements(ele, bd);
        //解析<Bean>元素的<property>设置
        parsePropertyElements(ele, bd);
        //解析<Bean>元素的 qualifier 属性
        parseQualifierElements(ele, bd);

        //为当前解析的 Bean 设置所需的资源和依赖对象
        bd.setResource(this.readerContext.getResource());
        bd.setSource(extractSource(ele));

        return bd;
    }
    catch (ClassNotFoundException ex) {
        error("Bean class [" + className + "] not found", ele, ex);
    }
    catch (NoClassDefFoundError err) {
        error("Class that bean class [" + className + "] depends on not found", ele, err);
    }
    catch (Throwable ex) {
        error("Unexpected failure during bean definition parsing", ele, ex);
    }
    finally {
        this.parseState.pop();
    }

    //解析<Bean>元素出错时，返回 null
    return null;
}
```

只要使用过 Spring，对 Spring 配置文件比较熟悉的人，通过对上述源码的分析，就会明白我们在 Spring 配置文件中<Bean>元素的中配置的属性就是通过该方法解析和设置到 Bean 中去的。

注意：在解析<Bean>元素过程中没有创建和实例化 Bean 对象，只是创建了 Bean 对象的定义类 BeanDefinition，将<Bean>元素中的配置信息设置到 BeanDefinition 中作为记录，当依赖注入时才使用这些记录信息创建和实例化具体的 Bean 对象。

上面方法中一些对一些配置如元信息(meta)、qualifier 等的解析，我们在 Spring 中配置时使用的也不多，我们在使用 Spring 的<Bean>元素时，配置最多的是<property>属性，因此我们下面继续分析源码，了解 Bean 的属性在解析时是如何设置的。

(13)、BeanDefinitionParserDelegate 解析<property>元素：

BeanDefinitionParserDelegate 在解析<Bean>调用 parsePropertyElements 方法解析<Bean>元素中的<property>属性子元素，解析源码如下：

```
//解析<Bean>元素中的<property>子元素
public void parsePropertyElements(Element beanEle, BeanDefinition bd) {
   //获取<Bean>元素中所有的子元素
   NodeList nl = beanEle.getChildNodes();
   for (int i = 0; i < nl.getLength(); i++) {
      Node node = nl.item(i);
      //如果子元素是<property>子元素，则调用解析<property>子元素方法解析
      if (isCandidateElement(node) && nodeNameEquals(node, PROPERTY_ELEMENT)) {
         parsePropertyElement((Element) node, bd);
      }
   }
}

//解析<property>元素
public void parsePropertyElement(Element ele, BeanDefinition bd) {
   //获取<property>元素的名字
   String propertyName = ele.getAttribute(NAME_ATTRIBUTE);
   if (!StringUtils.hasLength(propertyName)) {
      error("Tag 'property' must have a 'name' attribute", ele);
      return;
   }
   this.parseState.push(new PropertyEntry(propertyName));
   try {
      //如果一个 Bean 中已经有同名的 property 存在，则不进行解析，直接返回。
      //即如果在同一个 Bean 中配置同名的 property，则只有第一个起作用
      if (bd.getPropertyValues().contains(propertyName)) {
         error("Multiple 'property' definitions for property '" + propertyName + "'", ele);
         return;
      }
      //解析获取 property 的值
      Object val = parsePropertyValue(ele, bd, propertyName);
      //根据 property 的名字和值创建 property 实例
```

```
      PropertyValue pv = new PropertyValue(propertyName, val);
      //解析<property>元素中的属性
      parseMetaElements(ele, pv);
      pv.setSource(extractSource(ele));
      bd.getPropertyValues().addPropertyValue(pv);
   }
   finally {
      this.parseState.pop();
   }
}


//解析获取 property 值
@Nullable
public Object parsePropertyValue(Element ele, BeanDefinition bd, @Nullable String propertyName) {
   String elementName = (propertyName != null) ?
            "<property> element for property '" + propertyName + "'" :
            "<constructor-arg> element";
   //获取<property>的所有子元素，只能是其中一种类型:ref,value,list,etc 等
   NodeList nl = ele.getChildNodes();
   Element subElement = null;
   for (int i = 0; i < nl.getLength(); i++) {
      Node node = nl.item(i);
      //子元素不是 description 和 meta 属性
      if (node instanceof Element && !nodeNameEquals(node, DESCRIPTION_ELEMENT) &&
            !nodeNameEquals(node, META_ELEMENT)) {
         // Child element is what we're looking for.
         if (subElement != null) {
            error(elementName + " must not contain more than one sub-element", ele);
         }
         else {
            //当前<property>元素包含有子元素
            subElement = (Element) node;
         }
      }
   }

   //判断 property 的属性值是 ref 还是 value，不允许既是 ref 又是 value
   boolean hasRefAttribute = ele.hasAttribute(REF_ATTRIBUTE);
   boolean hasValueAttribute = ele.hasAttribute(VALUE_ATTRIBUTE);
   if ((hasRefAttribute && hasValueAttribute) ||
         ((hasRefAttribute || hasValueAttribute) && subElement != null)) {
      error(elementName +
            " is only allowed to contain either 'ref' attribute OR 'value' attribute OR sub-element", ele);
```

```
    }

    //如果属性是 ref，创建一个 ref 的数据对象 RuntimeBeanReference
    //这个对象封装了 ref 信息
    if (hasRefAttribute) {
        String refName = ele.getAttribute(REF_ATTRIBUTE);
        if (!StringUtils.hasText(refName)) {
            error(elementName + " contains empty 'ref' attribute", ele);
        }
        //一个指向运行时所依赖对象的引用
        RuntimeBeanReference ref = new RuntimeBeanReference(refName);
        //设置这个 ref 的数据对象是被当前的 property 对象所引用
        ref.setSource(extractSource(ele));
        return ref;
    }
    //如果属性是 value，创建一个 value 的数据对象 TypedStringValue
    //这个对象封装了 value 信息
    else if (hasValueAttribute) {
        //一个持有 String 类型值的对象
        TypedStringValue valueHolder = new TypedStringValue(ele.getAttribute(VALUE_ATTRIBUTE));
        //设置这个 value 数据对象是被当前的 property 对象所引用
        valueHolder.setSource(extractSource(ele));
        return valueHolder;
    }
    //如果当前<property>元素还有子元素
    else if (subElement != null) {
        //解析<property>的子元素
        return parsePropertySubElement(subElement, bd);
    }
    else {
        //propery 属性中既不是 ref，也不是 value 属性，解析出错返回 null
        error(elementName + " must specify a ref or value", ele);
        return null;
    }
}
```

通过对上述源码的分析，我们可以了解在 Spring 配置文件中，<Bean>元素中<property>元素的相关配置是如何处理的：

a.ref 被封装为指向依赖对象一个引用。

b.value 配置都会封装成一个字符串类型的对象。

c.ref 和 value 都通过“解析的数据类型属性值.setSource(extractSource(ele));”方法将属性值/引用与所引用的属性关联起来。

在方法的最后对于<property>元素的子元素通过 parsePropertySubElement 方法解析，我们继续分析该方法的源码，了解其解析过程。

(14)、解析<property>元素的子元素：

在 BeanDefinitionParserDelegate 类中的 parsePropertySubElement 方法对<property>中的子元素解析，源码如下：

```
//解析<property>元素中 ref,value 或者集合等子元素
@Nullable
public Object parsePropertySubElement(Element ele, @Nullable BeanDefinition bd, @Nullable String
defaultValueType) {
   //如果<property>没有使用 Spring 默认的命名空间，则使用用户自定义的规则解析内嵌元素
   if (!isDefaultNamespace(ele)) {
      return parseNestedCustomElement(ele, bd);
   }
   //如果子元素是 bean，则使用解析<Bean>元素的方法解析
   else if (nodeNameEquals(ele, BEAN_ELEMENT)) {
      BeanDefinitionHolder nestedBd = parseBeanDefinitionElement(ele, bd);
      if (nestedBd != null) {
         nestedBd = decorateBeanDefinitionIfRequired(ele, nestedBd, bd);
      }
      return nestedBd;
   }
   //如果子元素是 ref，ref 中只能有以下 3 个属性：bean、local、parent
   else if (nodeNameEquals(ele, REF_ELEMENT)) {
      //可以不再同一个 Spring 配置文件中，具体请参考 Spring 对 ref 的配置规则
      String refName = ele.getAttribute(BEAN_REF_ATTRIBUTE);
      boolean toParent = false;
      if (!StringUtils.hasLength(refName)) {
         //获取<property>元素中 parent 属性值，引用父级容器中的 Bean
         refName = ele.getAttribute(PARENT_REF_ATTRIBUTE);
         toParent = true;
         if (!StringUtils.hasLength(refName)) {
            error("'bean' or 'parent' is required for <ref> element", ele);
            return null;
         }
      }
      if (!StringUtils.hasText(refName)) {
         error("<ref> element contains empty target attribute", ele);
         return null;
      }
      //创建 ref 类型数据，指向被引用的对象
      RuntimeBeanReference ref = new RuntimeBeanReference(refName, toParent);
      //设置引用类型值是被当前子元素所引用
      ref.setSource(extractSource(ele));
```

```
            return ref;
        }
        //如果子元素是<idref>，使用解析 ref 元素的方法解析
        else if (nodeNameEquals(ele, IDREF_ELEMENT)) {
            return parseIdRefElement(ele);
        }
        //如果子元素是<value>，使用解析 value 元素的方法解析
        else if (nodeNameEquals(ele, VALUE_ELEMENT)) {
            return parseValueElement(ele, defaultValueType);
        }
        //如果子元素是 null，为<property>设置一个封装 null 值的字符串数据
        else if (nodeNameEquals(ele, NULL_ELEMENT)) {
            TypedStringValue nullHolder = new TypedStringValue(null);
            nullHolder.setSource(extractSource(ele));
            return nullHolder;
        }
        //如果子元素是<array>，使用解析 array 集合子元素的方法解析
        else if (nodeNameEquals(ele, ARRAY_ELEMENT)) {
            return parseArrayElement(ele, bd);
        }
        //如果子元素是<list>，使用解析 list 集合子元素的方法解析
        else if (nodeNameEquals(ele, LIST_ELEMENT)) {
            return parseListElement(ele, bd);
        }
        //如果子元素是<set>，使用解析 set 集合子元素的方法解析
        else if (nodeNameEquals(ele, SET_ELEMENT)) {
            return parseSetElement(ele, bd);
        }
        //如果子元素是<map>，使用解析 map 集合子元素的方法解析
        else if (nodeNameEquals(ele, MAP_ELEMENT)) {
            return parseMapElement(ele, bd);
        }
        //如果子元素是<props>，使用解析 props 集合子元素的方法解析
        else if (nodeNameEquals(ele, PROPS_ELEMENT)) {
            return parsePropsElement(ele);
        }
        //既不是 ref，又不是 value，也不是集合，则子元素配置错误，返回 null
        else {
            error("Unknown property sub-element: [" + ele.getNodeName() + "]", ele);
            return null;
        }
    }
```

通过上述源码分析，我们明白了在 Spring 配置文件中，对<property>元素中配置的 array、list、set、map、prop 等各种集合子元素的都通过上述方法解析，生成对应的数据对象，比如 ManagedList、

ManagedArray、ManagedSet 等，这些 Managed 类是 Spring 对象 BeanDefiniton 的数据封装，对集合数据类型的具体解析有各自的解析方法实现，解析方法的命名非常规范，一目了然，我们对<list>集合元素的解析方法进行源码分析，了解其实现过程。

(15)、解析<list>子元素：

在 BeanDefinitionParserDelegate 类中的 parseListElement 方法就是具体实现解析<property>元素中的<list>集合子元素，源码如下：

```
//解析<list>集合子元素
public List<Object> parseListElement(Element collectionEle, @Nullable BeanDefinition bd) {
   //获取<list>元素中的 value-type 属性，即获取集合元素的数据类型
   String defaultElementType = collectionEle.getAttribute(VALUE_TYPE_ATTRIBUTE);
   //获取<list>集合元素中的所有子节点
   NodeList nl = collectionEle.getChildNodes();
   //Spring 中将 List 封装为 ManagedList
   ManagedList<Object> target = new ManagedList<>(nl.getLength());
   target.setSource(extractSource(collectionEle));
   //设置集合目标数据类型
   target.setElementTypeName(defaultElementType);
   target.setMergeEnabled(parseMergeAttribute(collectionEle));
   //具体的<list>元素解析
   parseCollectionElements(nl, target, bd, defaultElementType);
   return target;
}

//具体解析<list>集合元素，<array>、<list>和<set>都使用该方法解析
protected void parseCollectionElements(
      NodeList elementNodes, Collection<Object> target, @Nullable BeanDefinition bd, String defaultElementType)
{
   //遍历集合所有节点
   for (int i = 0; i < elementNodes.getLength(); i++) {
      Node node = elementNodes.item(i);
      //节点不是 description 节点
      if (node instanceof Element && !nodeNameEquals(node, DESCRIPTION_ELEMENT)) {
         //将解析的元素加入集合中，递归调用下一个子元素
         target.add(parsePropertySubElement((Element) node, bd, defaultElementType));
      }
   }
}
```

经过对 Spring Bean 定义资源文件转换的 Document 对象中的元素层层解析，Spring IOC 现在已经将 XML 形式定义的 Bean 定义资源文件转换为 Spring IOC 所识别的数据结构——BeanDefinition，它是 Bean 定义资源文件中配置的 POJO 对象在 Spring IOC 容器中的映射，我们可以通过 AbstractBeanDefinition 为入口，看到了 IOC 容器进行索引、查询和操作。

通过 Spring IOC 容器对 Bean 定义资源的解析后，IOC 容器大致完成了管理 Bean 对象的准备工作，即初始化过程，但是最为重要的依赖注入还没有发生，现在在 IOC 容器中 BeanDefinition 存储的只是一些静态信息，接下来需要向容器注册 Bean 定义信息才能全部完成 IOC 容器的初始化过程

(16)、解析过后的 BeanDefinition 在 IOC 容器中的注册：

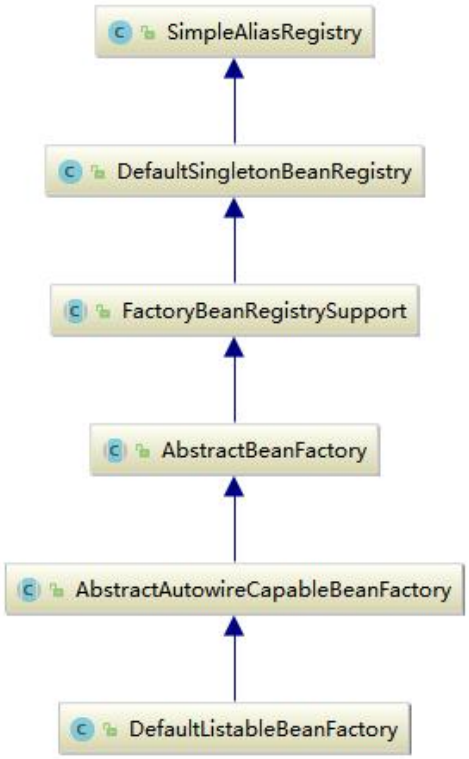
让我们继续跟踪程序的执行顺序，接下来我们来分析 DefaultBeanDefinitionDocumentReader 对 Bean 定义转换的 Document 对象解析的流程中，在其 parseDefaultElement 方法中完成对 Document 对象的解析后得到封装 BeanDefinition 的 BeanDefinitionHold 对象，然后调用 BeanDefinitionReaderUtils 的 registerBeanDefinition 方法向 IOC 容器注册解析的 Bean，BeanDefinitionReaderUtils 的注册的源码如下：

```
//将解析的 BeanDefinitionHold 注册到容器中
public static void registerBeanDefinition(
      BeanDefinitionHolder definitionHolder, BeanDefinitionRegistry registry)
      throws BeanDefinitionStoreException {
   //获取解析的 BeanDefinition 的名称
   String beanName = definitionHolder.getBeanName();
   //向 IOC 容器注册 BeanDefinition
   registry.registerBeanDefinition(beanName, definitionHolder.getBeanDefinition());
   //如果解析的 BeanDefinition 有别名，向容器为其注册别名
   String[] aliases = definitionHolder.getAliases();
   if (aliases != null) {
      for (String alias : aliases) {
         registry.registerAlias(beanName, alias);
      }
   }
}
```

当调用 BeanDefinitionReaderUtils 向 IOC 容器注册解析的 BeanDefinition 时，真正完成注册功能的是 DefaultListableBeanFactory。

(17)、DefaultListableBeanFactory 向 IOC 容器注册解析后的 BeanDefinition：

DefaultListableBeanFactory 中使用一个 HashMap 的集合对象存放 IOC 容器中注册解析的 BeanDefinition，向 IOC 容器注册的主要源码如下：




```
//存储注册信息的 BeanDefinition
private final Map<String, BeanDefinition> beanDefinitionMap = new ConcurrentHashMap<>(256);

//向 IOC 容器注册解析的 BeanDefiniton
@Override
public void registerBeanDefinition(String beanName, BeanDefinition beanDefinition)
      throws BeanDefinitionStoreException {

   Assert.hasText(beanName, "Bean name must not be empty");
   Assert.notNull(beanDefinition, "BeanDefinition must not be null");

   //校验解析的 BeanDefiniton
   if (beanDefinition instanceof AbstractBeanDefinition) {
      try {
         ((AbstractBeanDefinition) beanDefinition).validate();
      }
      catch (BeanDefinitionValidationException ex) {
         throw new BeanDefinitionStoreException(beanDefinition.getResourceDescription(), beanName,
               "Validation of bean definition failed", ex);
      }
   }

   BeanDefinition oldBeanDefinition;
```

```
oldBeanDefinition = this.beanDefinitionMap.get(beanName);

if (oldBeanDefinition != null) {
   if (!isAllowBeanDefinitionOverriding()) {
      throw new BeanDefinitionStoreException(beanDefinition.getResourceDescription(), beanName,
            "Cannot register bean definition [" + beanDefinition + "] for bean '" + beanName +
            "': There is already [" + oldBeanDefinition + "] bound.");
   }
   else if (oldBeanDefinition.getRole() < beanDefinition.getRole()) {
      // e.g. was ROLE_APPLICATION, now overriding with ROLE_SUPPORT or ROLE_INFRASTRUCTURE
      if (this.logger.isWarnEnabled()) {
         this.logger.warn("Overriding user-defined bean definition for bean '" + beanName +
               "' with a framework-generated bean definition: replacing [" +
               oldBeanDefinition + "] with [" + beanDefinition + "]");
      }
   }
   else if (!beanDefinition.equals(oldBeanDefinition)) {
      if (this.logger.isInfoEnabled()) {
         this.logger.info("Overriding bean definition for bean '" + beanName +
               "' with a different definition: replacing [" + oldBeanDefinition +
               "] with [" + beanDefinition + "]");
      }
   }
   else {
      if (this.logger.isDebugEnabled()) {
         this.logger.debug("Overriding bean definition for bean '" + beanName +
               "' with an equivalent definition: replacing [" + oldBeanDefinition +
               "] with [" + beanDefinition + "]");
      }
   }
   this.beanDefinitionMap.put(beanName, beanDefinition);
}
else {
   if (hasBeanCreationStarted()) {
      //注册的过程中需要线程同步，以保证数据的一致性
      synchronized (this.beanDefinitionMap) {
         this.beanDefinitionMap.put(beanName, beanDefinition);
         List<String> updatedDefinitions = new ArrayList<>(this.beanDefinitionNames.size() + 1);
         updatedDefinitions.addAll(this.beanDefinitionNames);
         updatedDefinitions.add(beanName);
         this.beanDefinitionNames = updatedDefinitions;
         if (this.manualSingletonNames.contains(beanName)) {
            Set<String> updatedSingletons = new LinkedHashSet<>(this.manualSingletonNames);
```

```
                updatedSingletons.remove(beanName);
                this.manualSingletonNames = updatedSingletons;
            }
        }
    }
    else {
        this.beanDefinitionMap.put(beanName, beanDefinition);
        this.beanDefinitionNames.add(beanName);
        this.manualSingletonNames.remove(beanName);
    }
    this.frozenBeanDefinitionNames = null;
}

//检查是否有同名的 BeanDefinition 已经在 IOC 容器中注册
if (oldBeanDefinition != null || containsSingleton(beanName)) {
    //重置所有已经注册过的 BeanDefinition 的缓存
    resetBeanDefinition(beanName);
}
}
```

至此，Bean 定义资源文件中配置的 Bean 被解析过后，已经注册到 IOC 容器中，被容器管理起来，真正完成了 IOC 容器初始化所做的全部工作。现在 IOC 容器中已经建立了整个 Bean 的配置信息，这些 BeanDefinition 信息已经可以使用，并且可以被检索，IOC 容器的作用就是对这些注册的 Bean 定义信息进行处理和维护。这些的注册的 Bean 定义信息是 IOC 容器控制反转的基础，正是有了这些注册的数据，容器才可以进行依赖注入。

总结：

现在通过上面的代码，总结一下 IOC 容器初始化的基本步骤：

(1).初始化的入口在容器实现中的 refresh()调用来完成。

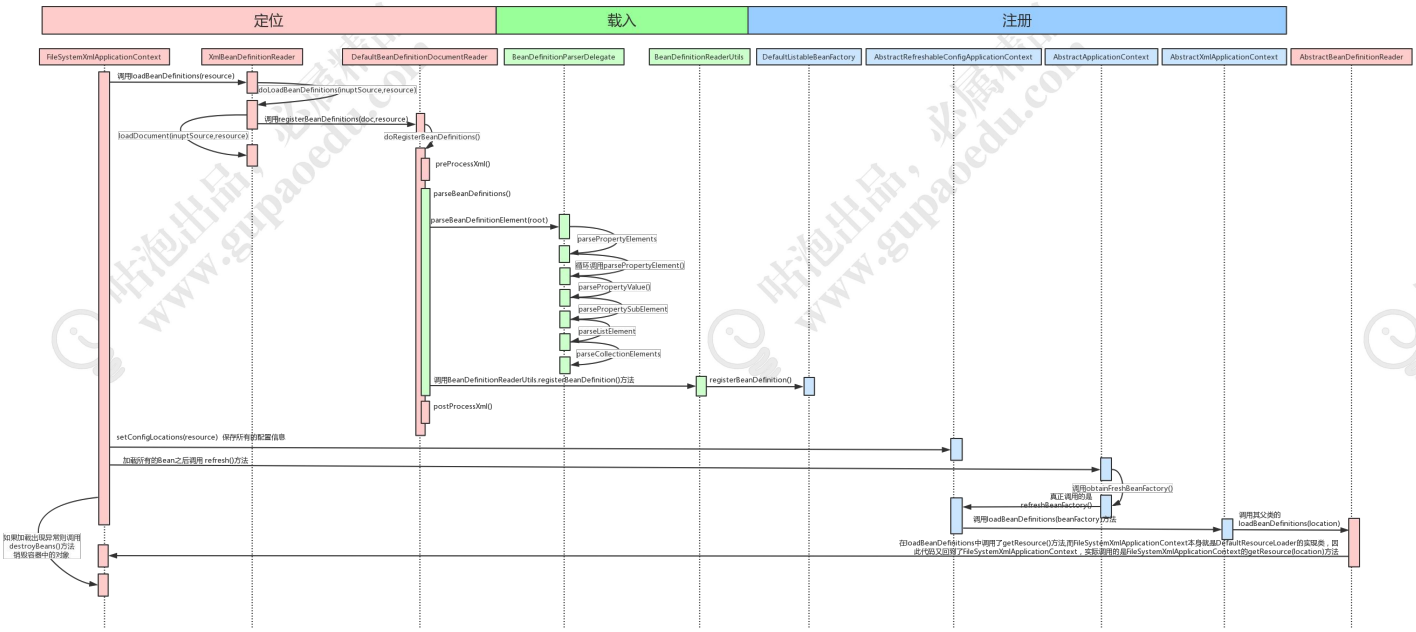
(2).对 bean 定义载入 IOC 容器使用的方法是 loadBeanDefinition，

其中的大致过程如下：通过 ResourceLoader 来完成资源文件位置的定位，DefaultResourceLoader 是默认的实现，同时上下文本身就给出了 ResourceLoader 的实现，可以从类路径，文件系统,URL 等方式来定为资源位置。如果是 XmlBeanFactory 作为 IOC 容器，那么需要为它指定 bean 定义的资源，也就是说 bean 定义文件时通过抽象成 Resource 来被 IOC 容器处理的，容器通过 BeanDefinitionReader 来完成定义信息的解析和 Bean 信息的注册，往往使用的是 XmlBeanDefinitionReader 来解析 bean 的 xml 定义文件 - 实际的处理过程是委托给 BeanDefinitionParserDelegate 来完成的，从而得到 bean 的定义信息，这些信息在 Spring 中使用 BeanDefinition 对象来表示 - 这个名字可以让我们想到 loadBeanDefinition,RegisterBeanDefinition 这些相关方法-他们都是为处理 BeanDefinitin 服务的，容器解析得到 BeanDefinition 以后，需要把它在 IOC 容器中注册，这由 IOC 实现

BeanDefinitionRegistry 接口来实现。注册过程就是在 IOC 容器内部维护的一个 HashMap 来保存得到的 BeanDefinition 的过程。这个 HashMap 是 IOC 容器持有 Bean 信息的场所，以后对 Bean 的操作都是围绕这个 HashMap 来实现的。

然后我们就可以通过 BeanFactory 和 ApplicationContext 来享受到 SpringIOC 的服务了,在使用 IOC 容器的时候，我们注意到除了少量粘合代码，绝大多数以正确 IOC 风格编写的应用程序代码完全不用关心如何到达工厂，因为容器将把这些对象与容器管理的其他对象钩在一起。基本的策略是把工厂放到已知的地方，最好是放在对预期使用的上下文有意义的地方，以及代码将实际需要访问工厂的地方。Spring 本身提供了对声明式载入 web 应用程序用法的应用程序上下文,并将其存储在 ServletContext 中的框架实现。

以下是容器初始化全过程的时序图：



在使用 SpringIOC 容器的时候我们还需要区别两个概念：

BeanFactory 和 FactoryBean，其中 BeanFactory 指的是 IOC 容器的编程抽象，比如 ApplicationContext，XmlBeanFactory 等，这些都是 IOC 容器的具体表现，需要使用什么样的容器由客户决定,但 Spring 为我们提供了丰富的选择。FactoryBean 只是一个可以在 IOC 而容器中被管理的一个 Bean,是对各种处理过程和资源使用的抽象,FactoryBean 在需要时产生另一个对象，而不返回 FactoryBean 本身,我们可以把它看成是一个抽象工厂，对它的调用返回的是工厂生产的产品。所有的 FactoryBean 都实现特殊的 org.springframework.beans.factory.FactoryBean 接口，当使用容器中 FactoryBean 的时候，该容器不会返回 FactoryBean 本身,而是返回其生成的对象。Spring 包括了大部分的通用资源和服务访问抽象的 FactoryBean 的实现，其中包括:对 JNDI 查询的处理，对代理对象的处理，对事务性代理的处理，对 RMI 代理的处理等，这些我们都可以看成是具体的工厂,看成是

Spring 为我们建立好的工厂。也就是说 Spring 通过使用抽象工厂模式为我们准备了一系列工厂来生产一些特定的对象,免除我们手工重复的工作，我们要使用时只需要在 IOC 容器里配置好就能很方便的使用了。

4.4、基于 XML 的依赖注入

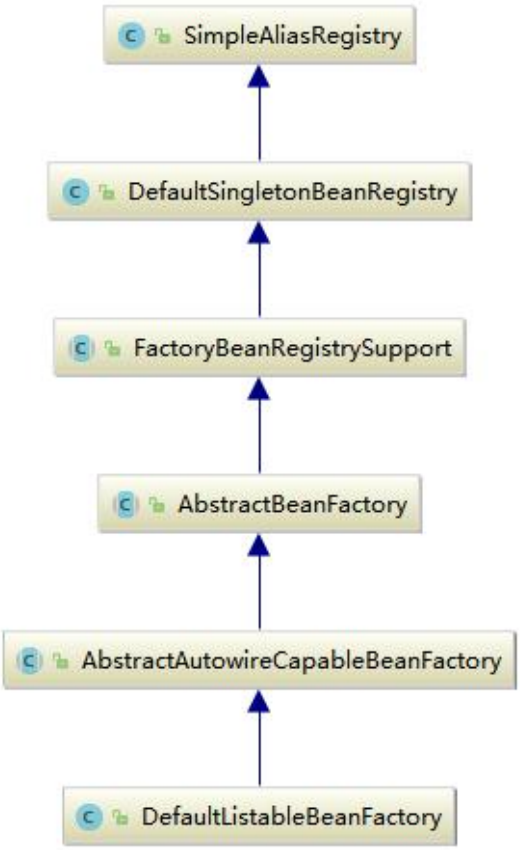
1、依赖注入发生的时间

当 Spring IOC 容器完成了 Bean 定义资源的定位、载入和解析注册以后，IOC 容器中已经管理类 Bean 定义的相关数据，但是此时 IOC 容器还没有对所管理的 Bean 进行依赖注入，依赖注入在以下两种情况发生：

(1).用户第一次通过 getBean 方法向 IOC 容索要 Bean 时，IOC 容器触发依赖注入。

(2).当用户在 Bean 定义资源中为<bean>元素配置了 lazy-init 属性,即让容器在解析注册 Bean 定义时进行预实例化，触发依赖注入。

BeanFactory 接口定义了 Spring IOC 容器的基本功能规范，是 Spring IOC 容器所应遵守的最底层和最基本的编程规范。BeanFactory 接口中定义了几个 getBean 方法，就是用户向 IOC 容器索取管理的 Bean 的方法，我们通过分析其子类的具体实现，理解 Spring IOC 容器在用户索取 Bean 时如何完成依赖注入。



在 BeanFactory 中我们看到 getBean（String...）函数，它的具体实现在 AbstractBeanFactory 中。

2、AbstractBeanFactory 通过 getBean 向 IOC 容器获取被管理的 Bean，

AbstractBeanFactory 的 getBean 相关方法的源码如下：

```
//获取 IOC 容器中指定名称的 Bean
@Override
public Object getBean(String name) throws BeansException {
   //doGetBean 才是真正向 IOC 容器获取被管理 Bean 的过程
   return doGetBean(name, null, null, false);
}

//获取 IOC 容器中指定名称和类型的 Bean
@Override
public <T> T getBean(String name, @Nullable Class<T> requiredType) throws BeansException {
   //doGetBean 才是真正向 IOC 容器获取被管理 Bean 的过程
   return doGetBean(name, requiredType, null, false);
}

//获取 IOC 容器中指定名称和参数的 Bean
@Override
public Object getBean(String name, Object... args) throws BeansException {
   //doGetBean 才是真正向 IOC 容器获取被管理 Bean 的过程
   return doGetBean(name, null, args, false);
}

//获取 IOC 容器中指定名称、类型和参数的 Bean
public <T> T getBean(String name, @Nullable Class<T> requiredType, @Nullable Object... args)
      throws BeansException {
   //doGetBean 才是真正向 IOC 容器获取被管理 Bean 的过程
   return doGetBean(name, requiredType, args, false);
}

@SuppressWarnings("unchecked")
//真正实现向 IOC 容器获取 Bean 的功能，也是触发依赖注入功能的地方
protected <T> T doGetBean(final String name, @Nullable final Class<T> requiredType,
      @Nullable final Object[] args, boolean typeCheckOnly) throws BeansException {

   //根据指定的名称获取被管理 Bean 的名称，剥离指定名称中对容器的相关依赖
   //如果指定的是别名，将别名转换为规范的 Bean 名称
   final String beanName = transformedBeanName(name);
   Object bean;
```

```
//先从缓存中取是否已经有被创建过的单态类型的 Bean
//对于单例模式的 Bean 整个 IOC 容器中只创建一次，不需要重复创建
Object sharedInstance = getSingleton(beanName);
//IOC 容器创建单例模式 Bean 实例对象
if (sharedInstance != null && args == null) {
   if (logger.isDebugEnabled()) {
      //如果指定名称的 Bean 在容器中已有单例模式的 Bean 被创建
      //直接返回已经创建的 Bean
      if (isSingletonCurrentlyInCreation(beanName)) {
         logger.debug("Returning eagerly cached instance of singleton bean '" + beanName +
               "' that is not fully initialized yet - a consequence of a circular reference");
      }
      else {
         logger.debug("Returning cached instance of singleton bean '" + beanName + "'");
      }
   }
   //获取给定 Bean 的实例对象，主要是完成 FactoryBean 的相关处理
   //注意：BeanFactory 是管理容器中 Bean 的工厂，而 FactoryBean 是
   //创建创建对象的工厂 Bean，两者之间有区别
   bean = getObjectForBeanInstance(sharedInstance, name, beanName, null);
}

else {
   //缓存没有正在创建的单例模式 Bean
   //缓存中已经有已经创建的原型模式 Bean
   //但是由于循环引用的问题导致实例化对象失败
   if (isPrototypeCurrentlyInCreation(beanName)) {
      throw new BeanCurrentlyInCreationException(beanName);
   }

   //对 IOC 容器中是否存在指定名称的 BeanDefinition 进行检查，首先检查是否
   //能在当前的 BeanFactory 中获取的所需要的 Bean，如果不能则委托当前容器
   //的父级容器去查找，如果还是找不到则沿着容器的继承体系向父级容器查找
   BeanFactory parentBeanFactory = getParentBeanFactory();
   //当前容器的父级容器存在，且当前容器中不存在指定名称的 Bean
   if (parentBeanFactory != null && !containsBeanDefinition(beanName)) {
      //解析指定 Bean 名称的原始名称
      String nameToLookup = originalBeanName(name);
      if (parentBeanFactory instanceof AbstractBeanFactory) {
         return ((AbstractBeanFactory) parentBeanFactory).doGetBean(
               nameToLookup, requiredType, args, typeCheckOnly);
      }
      else if (args != null) {
```

```
            //委派父级容器根据指定名称和显式的参数查找
            return (T) parentBeanFactory.getBean(nameToLookup, args);
        }
        else {
            //委派父级容器根据指定名称和类型查找
            return parentBeanFactory.getBean(nameToLookup, requiredType);
        }
    }

    //创建的 Bean 是否需要进行类型验证，一般不需要
    if (!typeCheckOnly) {
        //向容器标记指定的 Bean 已经被创建
        markBeanAsCreated(beanName);
    }

    try {
        //根据指定 Bean 名称获取其父级的 Bean 定义
        //主要解决 Bean 继承时子类合并父类公共属性问题
        final RootBeanDefinition mbd = getMergedLocalBeanDefinition(beanName);
        checkMergedBeanDefinition(mbd, beanName, args);

        //获取当前 Bean 所有依赖 Bean 的名称
        String[] dependsOn = mbd.getDependsOn();
        //如果当前 Bean 有依赖 Bean
        if (dependsOn != null) {
            for (String dep : dependsOn) {
                if (isDependent(beanName, dep)) {
                    throw new BeanCreationException(mbd.getResourceDescription(), beanName,
                            "Circular depends-on relationship between '" + beanName + "' and '" + dep + "'");
                }
                //递归调用 getBean 方法，获取当前 Bean 的依赖 Bean
                registerDependentBean(dep, beanName);
                //把被依赖 Bean 注册给当前依赖的 Bean
                getBean(dep);
            }
        }

        //创建单例模式 Bean 的实例对象
        if (mbd.isSingleton()) {
            //这里使用了一个匿名内部类，创建 Bean 实例对象，并且注册给所依赖的对象
            sharedInstance = getSingleton(beanName, () -> {
                try {
                    //创建一个指定 Bean 实例对象，如果有父级继承，则合并子类和父类的定义
                    return createBean(beanName, mbd, args);
```

```
            }
            catch (BeansException ex) {
                //显式地从容器单例模式 Bean 缓存中清除实例对象
                destroySingleton(beanName);
                throw ex;
            }
        });
        //获取给定 Bean 的实例对象
        bean = getObjectForBeanInstance(sharedInstance, name, beanName, mbd);
    }

    //IOC 容器创建原型模式 Bean 实例对象
    else if (mbd.isPrototype()) {
        //原型模式(Prototype)是每次都会创建一个新的对象
        Object prototypeInstance = null;
        try {
            //回调 beforePrototypeCreation 方法，默认的功能是注册当前创建的原型对象
            beforePrototypeCreation(beanName);
            //创建指定 Bean 对象实例
            prototypeInstance = createBean(beanName, mbd, args);
        }
        finally {
            //回调 afterPrototypeCreation 方法，默认的功能告诉 IOC 容器指定 Bean 的原型对象不再创建
            afterPrototypeCreation(beanName);
        }
        //获取给定 Bean 的实例对象
        bean = getObjectForBeanInstance(prototypeInstance, name, beanName, mbd);
    }

    //要创建的 Bean 既不是单例模式，也不是原型模式，则根据 Bean 定义资源中
    //配置的生命周期范围，选择实例化 Bean 的合适方法，这种在 Web 应用程序中
    //比较常用，如：request、session、application 等生命周期
    else {
        String scopeName = mbd.getScope();
        final Scope scope = this.scopes.get(scopeName);
        //Bean 定义资源中没有配置生命周期范围，则 Bean 定义不合法
        if (scope == null) {
            throw new IllegalStateException("No Scope registered for scope name '" + scopeName + "'");
        }
        try {
            //这里又使用了一个匿名内部类，获取一个指定生命周期范围的实例
            Object scopedInstance = scope.get(beanName, () -> {
                beforePrototypeCreation(beanName);
                try {
```

```
                    return createBean(beanName, mbd, args);
                }
                finally {
                    afterPrototypeCreation(beanName);
                }
            });
            //获取给定 Bean 的实例对象
            bean = getObjectForBeanInstance(scopedInstance, name, beanName, mbd);
        }
        catch (IllegalStateException ex) {
            throw new BeanCreationException(beanName,
                    "Scope '" + scopeName + "' is not active for the current thread; consider " +
                    "defining a scoped proxy for this bean if you intend to refer to it from a singleton",
                    ex);
        }
    }
    catch (BeansException ex) {
        cleanupAfterBeanCreationFailure(beanName);
        throw ex;
    }
}

//对创建的 Bean 实例对象进行类型检查
if (requiredType != null && !requiredType.isInstance(bean)) {
    try {
        T convertedBean = getTypeConverter().convertIfNecessary(bean, requiredType);
        if (convertedBean == null) {
            throw new BeanNotOfRequiredTypeException(name, requiredType, bean.getClass());
        }
        return convertedBean;
    }
    catch (TypeMismatchException ex) {
        if (logger.isDebugEnabled()) {
            logger.debug("Failed to convert bean '" + name + "' to required type '" +
                    ClassUtils.getQualifiedName(requiredType) + "'", ex);
        }
        throw new BeanNotOfRequiredTypeException(name, requiredType, bean.getClass());
    }
}
return (T) bean;
}
```

通过上面对向 IOC 容器获取 Bean 方法的分析，我们可以看到在 Spring 中，如果 Bean 定义的单例模式(Singleton)，则容器在创建之前先从缓存中查找，以确保整个容器中只存在一个实例对象。如果 Bean

定义的是原型模式(Prototype)，则容器每次都会创建一个新的实例对象。除此之外，Bean 定义还可以扩展为指定其生命周期范围。

上面的源码只是定义了根据 Bean 定义的模式，采取的不同创建 Bean 实例对象的策略，具体的 Bean 实例对象的创建过程由实现了 ObejctFactory 接口的匿名内部类的 createBean 方法完成，ObejctFactory 使用委派模式，具体的 Bean 实例创建过程交由其实现类 AbstractAutowireCapableBeanFactory 完成，我们继续分析 AbstractAutowireCapableBeanFactory 的 createBean 方法的源码，理解其创建 Bean 实例的具体实现过程。

3、AbstractAutowireCapableBeanFactory 创建 Bean 实例对象：

AbstractAutowireCapableBeanFactory 类实现了 ObejctFactory 接口，创建容器指定的 Bean 实例对象，同时还对创建的 Bean 实例对象进行初始化处理。其创建 Bean 实例对象的方法源码如下：

```
//创建 Bean 实例对象
@Override
protected Object createBean(String beanName, RootBeanDefinition mbd, @Nullable Object[] args)
      throws BeanCreationException {

   if (logger.isDebugEnabled()) {
      logger.debug("Creating instance of bean '" + beanName + "'");
   }
   RootBeanDefinition mbdToUse = mbd;

   //判断需要创建的 Bean 是否可以实例化，即是否可以通过当前的类加载器加载
   Class<?> resolvedClass = resolveBeanClass(mbd, beanName);
   if (resolvedClass != null && !mbd.hasBeanClass() && mbd.getBeanClassName() != null) {
      mbdToUse = new RootBeanDefinition(mbd);
      mbdToUse.setBeanClass(resolvedClass);
   }

   //校验和准备 Bean 中的方法覆盖
   try {
      mbdToUse.prepareMethodOverrides();
   }
   catch (BeanDefinitionValidationException ex) {
      throw new BeanDefinitionStoreException(mbdToUse.getResourceDescription(),
            beanName, "Validation of Method overrides failed", ex);
   }

   try {
      //如果 Bean 配置了初始化前和初始化后的处理器，则试图返回一个需要创建 Bean 的代理对象
      Object bean = resolveBeforeInstantiation(beanName, mbdToUse);
      if (bean != null) {
```

```
            return bean;
        }
    }
    catch (Throwable ex) {
        throw new BeanCreationException(mbdToUse.getResourceDescription(), beanName,
                "BeanPostProcessor before instantiation of bean failed", ex);
    }

    try {
        //创建 Bean 的入口
        Object beanInstance = doCreateBean(beanName, mbdToUse, args);
        if (logger.isDebugEnabled()) {
            logger.debug("Finished creating instance of bean '" + beanName + "'");
        }
        return beanInstance;
    }
    catch (BeanCreationException ex) {
        throw ex;
    }
    catch (ImplicitlyAppearedSingletonException ex) {
        throw ex;
    }
    catch (Throwable ex) {
        throw new BeanCreationException(
                mbdToUse.getResourceDescription(), beanName, "Unexpected exception during bean creation", ex);
    }
}

//真正创建 Bean 的方法
protected Object doCreateBean(final String beanName, final RootBeanDefinition mbd, final @Nullable Object[] args)
        throws BeanCreationException {

    //封装被创建的 Bean 对象
    BeanWrapper instanceWrapper = null;
    if (mbd.isSingleton()) {
        instanceWrapper = this.factoryBeanInstanceCache.remove(beanName);
    }
    if (instanceWrapper == null) {
        instanceWrapper = createBeanInstance(beanName, mbd, args);
    }
    final Object bean = instanceWrapper.getWrappedInstance();
    //获取实例化对象的类型
    Class<?> beanType = instanceWrapper.getWrappedClass();
    if (beanType != NullBean.class) {
```

```
    mbd.resolvedTargetType = beanType;
}

//调用 PostProcessor 后置处理器
synchronized (mbd.postProcessingLock) {
    if (!mbd.postProcessed) {
        try {
            applyMergedBeanDefinitionPostProcessors(mbd, beanType, beanName);
        }
        catch (Throwable ex) {
            throw new BeanCreationException(mbd.getResourceDescription(), beanName,
                    "Post-processing of merged bean definition failed", ex);
        }
        mbd.postProcessed = true;
    }
}

//向容器中缓存单例模式的 Bean 对象，以防循环引用
boolean earlySingletonExposure = (mbd.isSingleton() && this.allowCircularReferences &&
        isSingletonCurrentlyInCreation(beanName));
if (earlySingletonExposure) {
    if (logger.isDebugEnabled()) {
        logger.debug("Eagerly caching bean '" + beanName +
                "' to allow for resolving potential circular references");
    }
    //这里是一个匿名内部类，为了防止循环引用，尽早持有对象的引用
    addSingletonFactory(beanName, () -> getEarlyBeanReference(beanName, mbd, bean));
}

//Bean 对象的初始化，依赖注入在此触发
//这个 exposedObject 在初始化完成之后返回作为依赖注入完成后的 Bean
Object exposedObject = bean;
try {
    //将 Bean 实例对象封装，并且 Bean 定义中配置的属性值赋值给实例对象
    populateBean(beanName, mbd, instanceWrapper);
    //初始化 Bean 对象
    exposedObject = initializeBean(beanName, exposedObject, mbd);
}
catch (Throwable ex) {
    if (ex instanceof BeanCreationException && beanName.equals(((BeanCreationException) ex).getBeanName())) {
        throw (BeanCreationException) ex;
    }
    else {
        throw new BeanCreationException(
```

```
            mbd.getResourceDescription(), beanName, "Initialization of bean failed", ex);
      }
   }

   if (earlySingletonExposure) {
      //获取指定名称的已注册的单例模式 Bean 对象
      Object earlySingletonReference = getSingleton(beanName, false);
      if (earlySingletonReference != null) {
         //根据名称获取的已注册的 Bean 和正在实例化的 Bean 是同一个
         if (exposedObject == bean) {
            //当前实例化的 Bean 初始化完成
            exposedObject = earlySingletonReference;
         }
         //当前 Bean 依赖其他 Bean，并且当发生循环引用时不允许新创建实例对象
         else if (!this.allowRawInjectionDespiteWrapping && hasDependentBean(beanName)) {
            String[] dependentBeans = getDependentBeans(beanName);
            Set<String> actualDependentBeans = new LinkedHashSet<>(dependentBeans.length);
            //获取当前 Bean 所依赖的其他 Bean
            for (String dependentBean : dependentBeans) {
               //对依赖 Bean 进行类型检查
               if (!removeSingletonIfCreatedForTypeCheckOnly(dependentBean)) {
                  actualDependentBeans.add(dependentBean);
               }
            }
            if (!actualDependentBeans.isEmpty()) {
               throw new BeanCurrentlyInCreationException(beanName,
                     "Bean with name '" + beanName + "' has been injected into other beans [" +
                     StringUtils.collectionToCommaDelimitedString(actualDependentBeans) +
                     "] in its raw version as part of a circular reference, but has eventually been " +
                     "wrapped. This means that said other beans do not use the final version of the " +
                     "bean. This is often the result of over-eager type matching - consider using " +
                     "'getBeanNamesOfType' with the 'allowEagerInit' flag turned off, for example.");
            }
         }
      }
   }

   //注册完成依赖注入的 Bean
   try {
      registerDisposableBeanIfNecessary(beanName, bean, mbd);
   }
   catch (BeanDefinitionValidationException ex) {
      throw new BeanCreationException(
            mbd.getResourceDescription(), beanName, "Invalid destruction signature", ex);
```

```
    }

    return exposedObject;
}
```

通过对方法源码的分析，我们看到具体的依赖注入实现在以下两个方法中：

(1).createBeanInstance：生成 Bean 所包含的 java 对象实例。

(2).populateBean ：对 Bean 属性的依赖注入进行处理。

下面继续分析这两个方法的代码实现。

4、createBeanInstance 方法创建 Bean 的 java 实例对象：

在 createBeanInstance 方法中，根据指定的初始化策略，使用静态工厂、工厂方法或者容器的自动装配特性生成 java 实例对象，创建对象的源码如下：

```
//创建 Bean 的实例对象
protected BeanWrapper createBeanInstance(String beanName, RootBeanDefinition mbd, @Nullable Object[] args) {
    //检查确认 Bean 是可实例化的
    Class<?> beanClass = resolveBeanClass(mbd, beanName);

    //使用工厂方法对 Bean 进行实例化
    if (beanClass != null && !Modifier.isPublic(beanClass.getModifiers()) && !mbd.isNonPublicAccessAllowed()) {
        throw new BeanCreationException(mbd.getResourceDescription(), beanName,
                "Bean class isn't public, and non-public access not allowed: " + beanClass.getName());
    }

    Supplier<?> instanceSupplier = mbd.getInstanceSupplier();
    if (instanceSupplier != null) {
        return obtainFromSupplier(instanceSupplier, beanName);
    }

    if (mbd.getFactoryMethodName() != null)  {
        //调用工厂方法实例化
        return instantiateUsingFactoryMethod(beanName, mbd, args);
    }

    //使用容器的自动装配方法进行实例化
    boolean resolved = false;
    boolean autowireNecessary = false;
    if (args == null) {
        synchronized (mbd.constructorArgumentLock) {
            if (mbd.resolvedConstructorOrFactoryMethod != null) {
                resolved = true;
                autowireNecessary = mbd.constructorArgumentsResolved;
            }
        }
```

```
    }
    if (resolved) {
        if (autowireNecessary) {
            //配置了自动装配属性，使用容器的自动装配实例化
            //容器的自动装配是根据参数类型匹配 Bean 的构造方法
            return autowireConstructor(beanName, mbd, null, null);
        }
        else {
            //使用默认的无参构造方法实例化
            return instantiateBean(beanName, mbd);
        }
    }

    //使用 Bean 的构造方法进行实例化
    Constructor<?>[] ctors = determineConstructorsFromBeanPostProcessors(beanClass, beanName);
    if (ctors != null ||
            mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_CONSTRUCTOR ||
            mbd.hasConstructorArgumentValues() || !ObjectUtils.isEmpty(args))  {
        //使用容器的自动装配特性，调用匹配的构造方法实例化
        return autowireConstructor(beanName, mbd, ctors, args);
    }

    //使用默认的无参构造方法实例化
    return instantiateBean(beanName, mbd);
}

//使用默认的无参构造方法实例化 Bean 对象
protected BeanWrapper instantiateBean(final String beanName, final RootBeanDefinition mbd) {
    try {
        Object beanInstance;
        final BeanFactory parent = this;
        //获取系统的安全管理接口，JDK 标准的安全管理 API
        if (System.getSecurityManager() != null) {
            //这里是一个匿名内置类，根据实例化策略创建实例对象
            beanInstance = AccessController.doPrivileged((PrivilegedAction<Object>) () ->
                    getInstantiationStrategy().instantiate(mbd, beanName, parent),
                    getAccessControlContext());
        }
        else {
            //将实例化的对象封装起来
            beanInstance = getInstantiationStrategy().instantiate(mbd, beanName, parent);
        }
        BeanWrapper bw = new BeanWrapperImpl(beanInstance);
        initBeanWrapper(bw);
```

```
      return bw;
   }
   catch (Throwable ex) {
      throw new BeanCreationException(
            mbd.getResourceDescription(), beanName, "Instantiation of bean failed", ex);
   }
}
```

经过对上面的代码分析，我们可以看出，对使用工厂方法和自动装配特性的 Bean 的实例化相当比较清楚，调用相应的工厂方法或者参数匹配的构造方法即可完成实例化对象的工作，但是对于我们最常使用的默认无参构造方法就需要使用相应的初始化策略(JDK 的反射机制或者 CGLIB)来进行初始化了，在方法 getInstantiationStrategy().instantiate()中就具体实现类使用初始策略实例化对象。

5、SimpleInstantiationStrategy 类使用默认的无参构造方法创建 Bean 实例化对象：

在使用默认的无参构造方法创建 Bean 的实例化对象时，方法 getInstantiationStrategy().instantiate()调用了 SimpleInstantiationStrategy 类中的实例化 Bean 的方法，其源码如下：

```
//使用初始化策略实例化 Bean 对象
@Override
public Object instantiate(RootBeanDefinition bd, @Nullable String beanName, BeanFactory owner) {
   // Don't override the class with CGLIB if no overrides.
   //如果 Bean 定义中没有方法覆盖，则就不需要 CGLIB 父类类的方法
   if (!bd.hasMethodOverrides()) {
      Constructor<?> constructorToUse;
      synchronized (bd.constructorArgumentLock) {
         //获取对象的构造方法或工厂方法
         constructorToUse = (Constructor<?>) bd.resolvedConstructorOrFactoryMethod;
         //如果没有构造方法且没有工厂方法
         if (constructorToUse == null) {
            //使用 JDK 的反射机制，判断要实例化的 Bean 是否是接口
            final Class<?> clazz = bd.getBeanClass();
            if (clazz.isInterface()) {
               throw new BeanInstantiationException(clazz, "Specified class is an interface");
            }
            try {
               if (System.getSecurityManager() != null) {
                  //这里是一个匿名内置类，使用反射机制获取 Bean 的构造方法
                  constructorToUse = AccessController.doPrivileged(
                        (PrivilegedExceptionAction<Constructor<?>>) () -> clazz.getDeclaredConstructor());
               }
               else {
                  constructorToUse = clazz.getDeclaredConstructor();
               }
               bd.resolvedConstructorOrFactoryMethod = constructorToUse;
```

```
            }
            catch (Throwable ex) {
               throw new BeanInstantiationException(clazz, "No default constructor found", ex);
            }
         }
      }
      //使用 BeanUtils 实例化，通过反射机制调用"构造方法.newInstance(arg)"来进行实例化
      return BeanUtils.instantiateClass(constructorToUse);
   }
   else {
      // Must generate CGLIB subclass.
      //使用 CGLIB 来实例化对象
      return instantiateWithMethodInjection(bd, beanName, owner);
   }
}
```

通过上面的代码分析，我们看到了如果 Bean 有方法被覆盖了，则使用 JDK 的反射机制进行实例化，否则，使用 CGLIB 进行实例化。

instantiateWithMethodInjection 方法调用 SimpleInstantiationStrategy 的子类 CglibSubclassingInstantiationStrategy 使用 CGLIB 来进行初始化，其源码如下：

```
//使用 CGLIB 进行 Bean 对象实例化
   public Object instantiate(@Nullable Constructor<?> ctor, @Nullable Object... args) {
      //创建代理子类
      Class<?> subclass = createEnhancedSubclass(this.beanDefinition);
      Object instance;
      if (ctor == null) {
         instance = BeanUtils.instantiateClass(subclass);
      }
      else {
         try {
            Constructor<?> enhancedSubclassConstructor = subclass.getConstructor(ctor.getParameterTypes());
            instance = enhancedSubclassConstructor.newInstance(args);
         }
         catch (Exception ex) {
            throw new BeanInstantiationException(this.beanDefinition.getBeanClass(),
                  "Failed to invoke constructor for CGLIB enhanced subclass [" + subclass.getName() + "]", ex);
         }
      }

      Factory factory = (Factory) instance;
      factory.setCallbacks(new Callback[] {NoOp.INSTANCE,
            new LookupOverrideMethodInterceptor(this.beanDefinition, this.owner),
            new ReplaceOverrideMethodInterceptor(this.beanDefinition, this.owner)});
      return instance;
```

```
    }

    private Class<?> createEnhancedSubclass(RootBeanDefinition beanDefinition) {
        //CGLIB 中的类
        Enhancer enhancer = new Enhancer();
        //将 Bean 本身作为其基类
        enhancer.setSuperclass(beanDefinition.getBeanClass());
        enhancer.setNamingPolicy(SpringNamingPolicy.INSTANCE);
        if (this.owner instanceof ConfigurableBeanFactory) {
            ClassLoader cl = ((ConfigurableBeanFactory) this.owner).getBeanClassLoader();
            enhancer.setStrategy(new ClassLoaderAwareGeneratorStrategy(cl));
        }
        enhancer.setCallbackFilter(new MethodOverrideCallbackFilter(beanDefinition));
        enhancer.setCallbackTypes(CALLBACK_TYPES);
        //使用 CGLIB 的 createClass 方法生成实例对象
        return enhancer.createClass();
    }
}
```

CGLIB 是一个常用的字节码生成器的类库，它提供了一系列 API 实现 java 字节码的生成和转换功能。我们在学习 JDK 的动态代理时都知道，JDK 的动态代理只能针对接口，如果一个类没有实现任何接口，要对其进行动态代理只能使用 CGLIB。

6、populateBean 方法对 Bean 属性的依赖注入：

在第 3 步的分析中我们已经了解到 Bean 的依赖注入分为以下两个过程：

(1).createBeanInstance：生成 Bean 所包含的 Java 对象实例。

(2).populateBean：对 Bean 属性的依赖注入进行处理。

上面我们已经分析了容器初始化生成 Bean 所包含的 Java 实例对象的过程，现在我们继续分析生成对象后，Spring IOC 容器是如何将 Bean 的属性依赖关系注入 Bean 实例对象中并设置好的，属性依赖注入的代码如下：

```
//将 Bean 属性设置到生成的实例对象上
protected void populateBean(String beanName, RootBeanDefinition mbd, @Nullable BeanWrapper bw) {
    if (bw == null) {
        if (mbd.hasPropertyValues()) {
            throw new BeanCreationException(
                    mbd.getResourceDescription(), beanName, "Cannot apply property values to null instance");
        }
        else {
            return;
        }
    }

    boolean continueWithPropertyPopulation = true;
```

```
if (!mbd.isSynthetic() && hasInstantiationAwareBeanPostProcessors()) {
   for (BeanPostProcessor bp : getBeanPostProcessors()) {
      if (bp instanceof InstantiationAwareBeanPostProcessor) {
         InstantiationAwareBeanPostProcessor ibp = (InstantiationAwareBeanPostProcessor) bp;
         if (!ibp.postProcessAfterInstantiation(bw.getWrappedInstance(), beanName)) {
            continueWithPropertyPopulation = false;
            break;
         }
      }
   }
}

if (!continueWithPropertyPopulation) {
   return;
}
//获取容器在解析 Bean 定义资源时为 BeanDefiniton 中设置的属性值
PropertyValues pvs = (mbd.hasPropertyValues() ? mbd.getPropertyValues() : null);

if (mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_NAME ||
      mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_TYPE) {
   MutablePropertyValues newPvs = new MutablePropertyValues(pvs);

   if (mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_NAME) {
      autowireByName(beanName, mbd, bw, newPvs);
   }

   if (mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_TYPE) {
      autowireByType(beanName, mbd, bw, newPvs);
   }

   pvs = newPvs;
}

boolean hasInstAwareBpps = hasInstantiationAwareBeanPostProcessors();
boolean needsDepCheck = (mbd.getDependencyCheck() != RootBeanDefinition.DEPENDENCY_CHECK_NONE);

if (hasInstAwareBpps || needsDepCheck) {
   if (pvs == null) {
      pvs = mbd.getPropertyValues();
   }
   PropertyDescriptor[] filteredPds = filterPropertyDescriptorsForDependencyCheck(bw, mbd.allowCaching);
   if (hasInstAwareBpps) {
      for (BeanPostProcessor bp : getBeanPostProcessors()) {
         if (bp instanceof InstantiationAwareBeanPostProcessor) {
```

```
                InstantiationAwareBeanPostProcessor ibp = (InstantiationAwareBeanPostProcessor) bp;
                pvs = ibp.postProcessPropertyValues(pvs, filteredPds, bw.getWrappedInstance(), beanName);
                if (pvs == null) {
                   return;
                }
             }
          }
       }
       if (needsDepCheck) {
          checkDependencies(beanName, mbd, filteredPds, pvs);
       }
    }

    if (pvs != null) {
       //对属性进行注入
       applyPropertyValues(beanName, mbd, bw, pvs);
    }
}
//解析并注入依赖属性的过程
protected void applyPropertyValues(String beanName, BeanDefinition mbd, BeanWrapper bw, PropertyValues pvs) {
    if (pvs.isEmpty()) {
       return;
    }
    //封装属性值
    MutablePropertyValues mpvs = null;
    List<PropertyValue> original;

    if (System.getSecurityManager() != null) {
       if (bw instanceof BeanWrapperImpl) {
          //设置安全上下文，JDK 安全机制
          ((BeanWrapperImpl) bw).setSecurityContext(getAccessControlContext());
       }
    }

    if (pvs instanceof MutablePropertyValues) {
       mpvs = (MutablePropertyValues) pvs;
       //属性值已经转换
       if (mpvs.isConverted()) {
          try {
             //为实例化对象设置属性值
             bw.setPropertyValues(mpvs);
             return;
          }
          catch (BeansException ex) {
```

```
            throw new BeanCreationException(
                  mbd.getResourceDescription(), beanName, "Error setting property values", ex);
         }
      }
      //获取属性值对象的原始类型值
      original = mpvs.getPropertyValueList();
   }
   else {
      original = Arrays.asList(pvs.getPropertyValues());
   }

   //获取用户自定义的类型转换
   TypeConverter converter = getCustomTypeConverter();
   if (converter == null) {
      converter = bw;
   }
   //创建一个 Bean 定义属性值解析器，将 Bean 定义中的属性值解析为 Bean 实例对象的实际值
   BeanDefinitionValueResolver valueResolver = new BeanDefinitionValueResolver(this, beanName, mbd, converter);

   //为属性的解析值创建一个拷贝，将拷贝的数据注入到实例对象中
   List<PropertyValue> deepCopy = new ArrayList<>(original.size());
   boolean resolveNecessary = false;
   for (PropertyValue pv : original) {
      //属性值不需要转换
      if (pv.isConverted()) {
         deepCopy.add(pv);
      }
      //属性值需要转换
      else {
         String propertyName = pv.getName();
         //原始的属性值，即转换之前的属性值
         Object originalValue = pv.getValue();
         //转换属性值，例如将引用转换为 IOC 容器中实例化对象引用
         Object resolvedValue = valueResolver.resolveValueIfNecessary(pv, originalValue);
         //转换之后的属性值
         Object convertedValue = resolvedValue;
         //属性值是否可以转换
         boolean convertible = bw.isWritableProperty(propertyName) &&
               !PropertyAccessorUtils.isNestedOrIndexedProperty(propertyName);
         if (convertible) {
            //使用用户自定义的类型转换器转换属性值
            convertedValue = convertForProperty(resolvedValue, propertyName, bw, converter);
         }
         //存储转换后的属性值，避免每次属性注入时的转换工作
```

```
        if (resolvedValue == originalValue) {
            if (convertible) {
                //设置属性转换之后的值
                pv.setConvertedValue(convertedValue);
            }
            deepCopy.add(pv);
        }
        //属性是可转换的，且属性原始值是字符串类型，且属性的原始类型值不是
        //动态生成的字符串，且属性的原始值不是集合或者数组类型
        else if (convertible && originalValue instanceof TypedStringValue &&
                !((TypedStringValue) originalValue).isDynamic() &&
                !(convertedValue instanceof Collection || ObjectUtils.isArray(convertedValue))) {
            pv.setConvertedValue(convertedValue);
            //重新封装属性的值
            deepCopy.add(pv);
        }
        else {
            resolveNecessary = true;
            deepCopy.add(new PropertyValue(pv, convertedValue));
        }
    }
}
if (mpvs != null && !resolveNecessary) {
    //标记属性值已经转换过
    mpvs.setConverted();
}

//进行属性依赖注入
try {
    bw.setPropertyValues(new MutablePropertyValues(deepCopy));
}
catch (BeansException ex) {
    throw new BeanCreationException(
            mbd.getResourceDescription(), beanName, "Error setting property values", ex);
}
}
```

分析上述代码，我们可以看出，对属性的注入过程分以下两种情况：

(1).属性值类型不需要转换时，不需要解析属性值，直接准备进行依赖注入。

(2).属性值需要进行类型转换时，如对其他对象的引用等，首先需要解析属性值，然后对解析后的属性值进行依赖注入。

对属性值的解析是在 BeanDefinitionValueResolver 类中的 resolveValueIfNecessary 方法中进行的，对属性值的依赖注入是通过 bw.setPropertyValues 方法实现的，在分析属性值的依赖注入之前，我们先分析一下对属性值的解析过程。

7、BeanDefinitionValueResolver 解析属性值：

当容器在对属性进行依赖注入时，如果发现属性值需要进行类型转换，如属性值是容器中另一个 Bean 实例对象的引用，则容器首先需要根据属性值解析出所引用的对象，然后才能将该引用对象注入到目标实例对象的属性上去，对属性进行解析的由 resolveValueIfNecessary 方法实现，其源码如下：

```
//解析属性值，对注入类型进行转换
@Nullable
public Object resolveValueIfNecessary(Object argName, @Nullable Object value) {
   //对引用类型的属性进行解析
   if (value instanceof RuntimeBeanReference) {
      RuntimeBeanReference ref = (RuntimeBeanReference) value;
      //调用引用类型属性的解析方法
      return resolveReference(argName, ref);
   }
   //对属性值是引用容器中另一个 Bean 名称的解析
   else if (value instanceof RuntimeBeanNameReference) {
      String refName = ((RuntimeBeanNameReference) value).getBeanName();
      refName = String.valueOf(doEvaluate(refName));
      //从容器中获取指定名称的 Bean
      if (!this.beanFactory.containsBean(refName)) {
         throw new BeanDefinitionStoreException(
               "Invalid bean name '" + refName + "' in bean reference for " + argName);
      }
      return refName;
   }
   //对 Bean 类型属性的解析，主要是 Bean 中的内部类
   else if (value instanceof BeanDefinitionHolder) {
      BeanDefinitionHolder bdHolder = (BeanDefinitionHolder) value;
      return resolveInnerBean(argName, bdHolder.getBeanName(), bdHolder.getBeanDefinition());
   }
   else if (value instanceof BeanDefinition) {
      BeanDefinition bd = (BeanDefinition) value;
      String innerBeanName = "(inner bean)" + BeanFactoryUtils.GENERATED_BEAN_NAME_SEPARATOR +
            ObjectUtils.getIdentityHexString(bd);
      return resolveInnerBean(argName, innerBeanName, bd);
   }
   //对集合数组类型的属性解析
   else if (value instanceof ManagedArray) {
      ManagedArray array = (ManagedArray) value;
      //获取数组的类型
```

```
    Class<?> elementType = array.resolvedElementType;
    if (elementType == null) {
       //获取数组元素的类型
       String elementTypeName = array.getElementTypeName();
       if (StringUtils.hasText(elementTypeName)) {
          try {
             //使用反射机制创建指定类型的对象
             elementType = ClassUtils.forName(elementTypeName, this.beanFactory.getBeanClassLoader());
             array.resolvedElementType = elementType;
          }
          catch (Throwable ex) {
             throw new BeanCreationException(
                   this.beanDefinition.getResourceDescription(), this.beanName,
                   "Error resolving array type for " + argName, ex);
          }
       }
       //没有获取到数组的类型，也没有获取到数组元素的类型
       //则直接设置数组的类型为 Object
       else {
          elementType = Object.class;
       }
    }
    //创建指定类型的数组
    return resolveManagedArray(argName, (List<?>) value, elementType);
}
//解析 list 类型的属性值
else if (value instanceof ManagedList) {
    return resolveManagedList(argName, (List<?>) value);
}
//解析 set 类型的属性值
else if (value instanceof ManagedSet) {
    return resolveManagedSet(argName, (Set<?>) value);
}
//解析 map 类型的属性值
else if (value instanceof ManagedMap) {
    return resolveManagedMap(argName, (Map<?, ?>) value);
}
//解析 props 类型的属性值，props 其实就是 key 和 value 均为字符串的 map
else if (value instanceof ManagedProperties) {
    Properties original = (Properties) value;
    //创建一个拷贝，用于作为解析后的返回值
    Properties copy = new Properties();
    original.forEach((propKey, propValue) -> {
       if (propKey instanceof TypedStringValue) {
```

```
            propKey = evaluate((TypedStringValue) propKey);
         }
         if (propValue instanceof TypedStringValue) {
            propValue = evaluate((TypedStringValue) propValue);
         }
         if (propKey == null || propValue == null) {
            throw new BeanCreationException(
                  this.beanDefinition.getResourceDescription(), this.beanName,
                  "Error converting Properties key/value pair for " + argName + ": resolved to null");
         }
         copy.put(propKey, propValue);
      });
      return copy;
   }
   //解析字符串类型的属性值
   else if (value instanceof TypedStringValue) {
      TypedStringValue typedStringValue = (TypedStringValue) value;
      Object valueObject = evaluate(typedStringValue);
      try {
         //获取属性的目标类型
         Class<?> resolvedTargetType = resolveTargetType(typedStringValue);
         if (resolvedTargetType != null) {
            //对目标类型的属性进行解析，递归调用
            return this.typeConverter.convertIfNecessary(valueObject, resolvedTargetType);
         }
         //没有获取到属性的目标对象，则按 Object 类型返回
         else {
            return valueObject;
         }
      }
      catch (Throwable ex) {
         throw new BeanCreationException(
               this.beanDefinition.getResourceDescription(), this.beanName,
               "Error converting typed String value for " + argName, ex);
      }
   }
   else if (value instanceof NullBean) {
      return null;
   }
   else {
      return evaluate(value);
   }
}
```

```
//解析引用类型的属性值
@Nullable
private Object resolveReference(Object argName, RuntimeBeanReference ref) {
   try {
      Object bean;
      //获取引用的 Bean 名称
      String refName = ref.getBeanName();
      refName = String.valueOf(doEvaluate(refName));
      //如果引用的对象在父类容器中，则从父类容器中获取指定的引用对象
      if (ref.isToParent()) {
         if (this.beanFactory.getParentBeanFactory() == null) {
            throw new BeanCreationException(
                  this.beanDefinition.getResourceDescription(), this.beanName,
                  "Can't resolve reference to bean '" + refName +
                  "' in parent factory: no parent factory available");
         }
         bean = this.beanFactory.getParentBeanFactory().getBean(refName);
      }
      //从当前的容器中获取指定的引用 Bean 对象，如果指定的 Bean 没有被实例化
      //则会递归触发引用 Bean 的初始化和依赖注入
      else {
         bean = this.beanFactory.getBean(refName);
         //将当前实例化对象的依赖引用对象
         this.beanFactory.registerDependentBean(refName, this.beanName);
      }
      if (bean instanceof NullBean) {
         bean = null;
      }
      return bean;
   }
   catch (BeansException ex) {
      throw new BeanCreationException(
            this.beanDefinition.getResourceDescription(), this.beanName,
            "Cannot resolve reference to bean '" + ref.getBeanName() + "' while setting " + argName, ex);
   }
}

//解析 array 类型的属性
private Object resolveManagedArray(Object argName, List<?> ml, Class<?> elementType) {
   //创建一个指定类型的数组，用于存放和返回解析后的数组
   Object resolved = Array.newInstance(elementType, ml.size());
   for (int i = 0; i < ml.size(); i++) {
      //递归解析 array 的每一个元素，并将解析后的值设置到 resolved 数组中，索引为 i
      Array.set(resolved, i,
```

```
            resolveValueIfNecessary(new KeyedArgName(argName, i), ml.get(i)));
    }
    return resolved;
}
```

通过上面的代码分析，我们明白了 Spring 是如何将引用类型，内部类以及集合类型等属性进行解析的，属性值解析完成后就可以进行依赖注入了，依赖注入的过程就是 Bean 对象实例设置到它所依赖的 Bean 对象属性上去，在第 6 步中我们已经说过，依赖注入是通过 bw.setPropertyValues 方法实现的，该方法也使用了委托模式，在 BeanWrapper 接口中至少定义了方法声明，依赖注入的具体实现交由其实现类 BeanWrapperImpl 来完成，下面我们就分析依 BeanWrapperImpl 中赖注入相关的源码。

8、BeanWrapperImpl 对 Bean 属性的依赖注入：

BeanWrapperImpl 类主要是对容器中完成初始化的 Bean 实例对象进行属性的依赖注入，即把 Bean 对象设置到它所依赖的另一个 Bean 的属性中去。然而，BeanWrapperImpl 中的注入方法实际上由 AbstractNestablePropertyAccessor 来实现的，其相关源码如下：

```
//实现属性依赖注入功能
protected void setPropertyValue(PropertyTokenHolder tokens, PropertyValue pv) throws BeansException {
    if (tokens.keys != null) {
        processKeyedProperty(tokens, pv);
    }
    else {
        processLocalProperty(tokens, pv);
    }
}

//实现属性依赖注入功能
@SuppressWarnings("unchecked")
private void processKeyedProperty(PropertyTokenHolder tokens, PropertyValue pv) {
    //调用属性的 getter(readerMethod)方法，获取属性的值
    Object propValue = getPropertyHoldingValue(tokens);
    PropertyHandler ph = getLocalPropertyHandler(tokens.actualName);
    if (ph == null) {
        throw new InvalidPropertyException(
                getRootClass(), this.nestedPath + tokens.actualName, "No property handler found");
    }
    Assert.state(tokens.keys != null, "No token keys");
    String lastKey = tokens.keys[tokens.keys.length - 1];

    //注入 array 类型的属性值
    if (propValue.getClass().isArray()) {
        Class<?> requiredType = propValue.getClass().getComponentType();
        int arrayIndex = Integer.parseInt(lastKey);
        Object oldValue = null;
```

```
    try {
       if (isExtractOldValueForEditor() && arrayIndex < Array.getLength(propValue)) {
          oldValue = Array.get(propValue, arrayIndex);
       }
       Object convertedValue = convertIfNecessary(tokens.canonicalName, oldValue, pv.getValue(),
             requiredType, ph.nested(tokens.keys.length));
       //获取集合类型属性的长度
       int length = Array.getLength(propValue);
       if (arrayIndex >= length && arrayIndex < this.autoGrowCollectionLimit) {
          Class<?> componentType = propValue.getClass().getComponentType();
          Object newArray = Array.newInstance(componentType, arrayIndex + 1);
          System.arraycopy(propValue, 0, newArray, 0, length);
          setPropertyValue(tokens.actualName, newArray);
          //调用属性的 getter(readerMethod)方法，获取属性的值
          propValue = getPropertyValue(tokens.actualName);
       }
       //将属性的值赋值给数组中的元素
       Array.set(propValue, arrayIndex, convertedValue);
    }
    catch (IndexOutOfBoundsException ex) {
       throw new InvalidPropertyException(getRootClass(), this.nestedPath + tokens.canonicalName,
             "Invalid array index in property path '" + tokens.canonicalName + "'", ex);
    }
 }

 //注入 list 类型的属性值
 else if (propValue instanceof List) {
    //获取 list 集合的类型
    Class<?> requiredType = ph.getCollectionType(tokens.keys.length);
    List<Object> list = (List<Object>) propValue;
    //获取 list 集合的 size
    int index = Integer.parseInt(lastKey);
    Object oldValue = null;
    if (isExtractOldValueForEditor() && index < list.size()) {
       oldValue = list.get(index);
    }
    //获取 list 解析后的属性值
    Object convertedValue = convertIfNecessary(tokens.canonicalName, oldValue, pv.getValue(),
          requiredType, ph.nested(tokens.keys.length));
    int size = list.size();
    //如果 list 的长度大于属性值的长度，则多余的元素赋值为 null
    if (index >= size && index < this.autoGrowCollectionLimit) {
       for (int i = size; i < index; i++) {
          try {
```

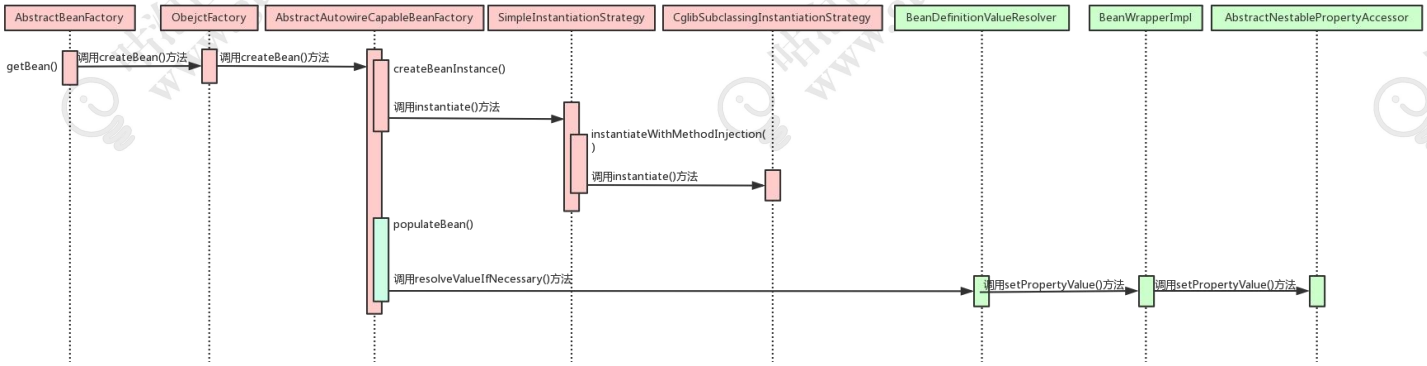
```
            list.add(null);
         }
         catch (NullPointerException ex) {
            throw new InvalidPropertyException(getRootClass(), this.nestedPath + tokens.canonicalName,
                  "Cannot set element with index " + index + " in List of size " +
                  size + ", accessed using property path '" + tokens.canonicalName +
                  "': List does not support filling up gaps with null elements");
         }
      }
      list.add(convertedValue);
   }
   else {
      try {
         //将值添加到 list 中
         list.set(index, convertedValue);
      }
      catch (IndexOutOfBoundsException ex) {
         throw new InvalidPropertyException(getRootClass(), this.nestedPath + tokens.canonicalName,
               "Invalid list index in property path '" + tokens.canonicalName + "'", ex);
      }
   }
}

//注入 map 类型的属性值
else if (propValue instanceof Map) {
   //获取 map 集合 key 的类型
   Class<?> mapKeyType = ph.getMapKeyType(tokens.keys.length);
   //获取 map 集合 value 的类型
   Class<?> mapValueType = ph.getMapValueType(tokens.keys.length);
   Map<Object, Object> map = (Map<Object, Object>) propValue;
   TypeDescriptor typeDescriptor = TypeDescriptor.valueOf(mapKeyType);
   //解析 map 类型属性 key 值
   Object convertedMapKey = convertIfNecessary(null, null, lastKey, mapKeyType, typeDescriptor);
   Object oldValue = null;
   if (isExtractOldValueForEditor()) {
      oldValue = map.get(convertedMapKey);
   }
   //解析 map 类型属性 value 值
   Object convertedMapValue = convertIfNecessary(tokens.canonicalName, oldValue, pv.getValue(),
         mapValueType, ph.nested(tokens.keys.length));
   //将解析后的 key 和 value 值赋值给 map 集合属性
   map.put(convertedMapKey, convertedMapValue);
}
```

```
    else {
        throw new InvalidPropertyException(getRootClass(), this.nestedPath + tokens.canonicalName,
                "Property referenced in indexed property path '" + tokens.canonicalName +
                "' is neither an array nor a List nor a Map; returned value was [" + propValue + "]");
    }
}

private Object getPropertyHoldingValue(PropertyTokenHolder tokens) {
    Assert.state(tokens.keys != null, "No token keys");
    PropertyTokenHolder getterTokens = new PropertyTokenHolder(tokens.actualName);
    getterTokens.canonicalName = tokens.canonicalName;
    getterTokens.keys = new String[tokens.keys.length - 1];
    System.arraycopy(tokens.keys, 0, getterTokens.keys, 0, tokens.keys.length - 1);

    Object propValue;
    try {
        //获取属性值
        propValue = getPropertyValue(getterTokens);
    }
    catch (NotReadablePropertyException ex) {
        throw new NotWritablePropertyException(getRootClass(), this.nestedPath + tokens.canonicalName,
                "Cannot access indexed value in property referenced " +
                "in indexed property path '" + tokens.canonicalName + "'", ex);
    }

    if (propValue == null) {
        if (isAutoGrowNestedPaths()) {
            int lastKeyIndex = tokens.canonicalName.lastIndexOf('[');
            getterTokens.canonicalName = tokens.canonicalName.substring(0, lastKeyIndex);
            propValue = setDefaultValue(getterTokens);
        }
        else {
            throw new NullValueInNestedPathException(getRootClass(), this.nestedPath + tokens.canonicalName,
                    "Cannot access indexed value in property referenced " +
                    "in indexed property path '" + tokens.canonicalName + "': returned null");
        }
    }
    return propValue;
}
```

通过对上面注入依赖代码的分析，我们已经明白了 Spring IOC 容器是如何将属性的值注入到 Bean 实例对象中去的：

(1).对于集合类型的属性，将其属性值解析为目标类型的集合后直接赋值给属性。

(2).对于非集合类型的属性，大量使用了 JDK 的反射和内省机制，通过属性的 getter 方法(reader Method)获取指定属性注入以前的值，同时调用属性的 setter 方法(writer Method)为属性设置注入后的值。看到这里相信很多人都明白了 Spring 的 setter 注入原理。



至此 Spring IOC 容器对 Bean 定义资源文件的定位，载入、解析和依赖注入已经全部分析完毕，现在 Spring IOC 容器中管理了一系列靠依赖关系联系起来的 Bean，程序不需要应用自己手动创建所需的对象，Spring IOC 容器会在我们使用的时候自动为我们创建，并且为我们注入好相关的依赖，这就是 Spring 核心功能的控制反转和依赖注入的相关功能。

4.5、基于 Annotation 的依赖注入

1.从 Spring2.0 以后的版本中，Spring 也引入了基于注解(Annotation)方式的配置，注解(Annotation)是 JDK1.5 中引入的一个新特性，用于简化 Bean 的配置，某些场合可以取代 XML 配置文件。开发人员对注解(Annotation)的态度也是萝卜青菜各有所爱，个人认为注解可以大大简化配置，提高开发速度，同时也不能完全取代 XML 配置方式，XML 方式更加灵活，并且发展的相对成熟，这种配置方式为大多数 Spring 开发者熟悉；注解方式使用起来非常简洁，但是尚处于发展阶段，XML 配置文件和注解(Annotation)可以相互配合使用。

Spring IOC 容器对于类级别的注解和类内部的注解分以下两种处理策略：

(1).类级别的注解：如@Component、@Repository、@Controller、@Service 以及 JavaEE6 的@ManagedBean 和@Named 注解，都是添加在类上面的类级别注解，Spring 容器根据注解的过滤规则扫描读取注解 Bean 定义类，并将其注册到 Spring IOC 容器中。

(2).类内部的注解：如@Autowire、@Value、@Resource 以及 EJB 和 WebService 相关的注解等，都是添加在类内部的字段或者方法上的类内部注解，SpringIOC 容器通过 Bean 后置注解处理器解析 Bean 内部的注解。

下面将根据这两种处理策略，分别分析 Spring 处理注解相关的源码。

2.AnnotationConfigApplicationContext 对注解 Bean 初始化：

Spring 中，管理注解 Bean 定义的容器有两个：AnnotationConfigApplicationContext 和 AnnotationConfigWebApplicationContex。这两个类是专门处理 Spring 注解方式配置的容器，直接依赖于注解作为容器配置信息来源的 IOC 容器。AnnotationConfigWebApplicationContext 是

AnnotationConfigApplicationContext 的 web 版本，两者的用法以及对注解的处理方式几乎没有什么差别。

现在来看看 AnnotationConfigApplicationContext 的源码：

```
public class AnnotationConfigApplicationContext extends GenericApplicationContext implements
AnnotationConfigRegistry {

   //保存一个读取注解的 Bean 定义读取器，并将其设置到容器中
   private final AnnotatedBeanDefinitionReader reader;

   //保存一个扫描指定类路径中注解 Bean 定义的扫描器，并将其设置到容器中
   private final ClassPathBeanDefinitionScanner scanner;

   //默认构造函数，初始化一个空容器，容器不包含任何 Bean 信息，需要在稍后通过调用其 register()
   //方法注册配置类，并调用 refresh()方法刷新容器，触发容器对注解 Bean 的载入、解析和注册过程
   public AnnotationConfigApplicationContext() {
      this.reader = new AnnotatedBeanDefinitionReader(this);
      this.scanner = new ClassPathBeanDefinitionScanner(this);
   }

   public AnnotationConfigApplicationContext(DefaultListableBeanFactory beanFactory) {
      super(beanFactory);
      this.reader = new AnnotatedBeanDefinitionReader(this);
      this.scanner = new ClassPathBeanDefinitionScanner(this);
   }

   //最常用的构造函数，通过将涉及到的配置类传递给该构造函数，以实现将相应配置类中的 Bean 自动注册到容器中
   public AnnotationConfigApplicationContext(Class<?>... annotatedClasses) {
      this();
      register(annotatedClasses);
      refresh();
   }

   //该构造函数会自动扫描以给定的包及其子包下的所有类，并自动识别所有的 Spring Bean，将其注册到容器中
   public AnnotationConfigApplicationContext(String... basePackages) {
      this();
      scan(basePackages);
      refresh();
   }

   @Override
   public void setEnvironment(ConfigurableEnvironment environment) {
      super.setEnvironment(environment);
      this.reader.setEnvironment(environment);
```

```
        this.scanner.setEnvironment(environment);
    }

    //为容器的注解 Bean 读取器和注解 Bean 扫描器设置 Bean 名称产生器
    public void setBeanNameGenerator(BeanNameGenerator beanNameGenerator) {
        this.reader.setBeanNameGenerator(beanNameGenerator);
        this.scanner.setBeanNameGenerator(beanNameGenerator);
        getBeanFactory().registerSingleton(
                AnnotationConfigUtils.CONFIGURATION_BEAN_NAME_GENERATOR, beanNameGenerator);
    }

    //为容器的注解 Bean 读取器和注解 Bean 扫描器设置作用范围元信息解析器
    public void setScopeMetadataResolver(ScopeMetadataResolver scopeMetadataResolver) {
        this.reader.setScopeMetadataResolver(scopeMetadataResolver);
        this.scanner.setScopeMetadataResolver(scopeMetadataResolver);
    }

    //为容器注册一个要被处理的注解 Bean，新注册的 Bean，必须手动调用容器的
    //refresh()方法刷新容器，触发容器对新注册的 Bean 的处理
    public void register(Class<?>... annotatedClasses) {
        Assert.notEmpty(annotatedClasses, "At least one annotated class must be specified");
        this.reader.register(annotatedClasses);
    }

    //扫描指定包路径及其子包下的注解类，为了使新添加的类被处理，必须手动调用
    //refresh()方法刷新容器
    public void scan(String... basePackages) {
        Assert.notEmpty(basePackages, "At least one base package must be specified");
        this.scanner.scan(basePackages);
    }

    ...

}
```

通过对 AnnotationConfigApplicationContext 的源码分析，我们了解到 Spring 对注解的处理分为两种方式：

(1).直接将注解 Bean 注册到容器中：

可以在初始化容器时注册；也可以在容器创建之后手动调用注册方法向容器注册，然后通过手动刷新容器，使得容器对注册的注解 Bean 进行处理。

(2).通过扫描指定的包及其子包下的所有类：

在初始化注解容器时指定要自动扫描的路径，如果容器创建以后向给定路径动态添加了注解 Bean，则需要手动调用容器扫描的方法，然后手动刷新容器，使得容器对所注册的 Bean 进行处理。

接下来，将会对两种处理方式详细分析其实现过程。

3.AnnotationConfigApplicationContext 注册注解 Bean：

当创建注解处理容器时，如果传入的初始参数是具体的注解 Bean 定义类时，注解容器读取并注册。

(1).AnnotationConfigApplicationContext 通过调用注解 Bean 定义读取器 AnnotatedBeanDefinitionReader 的 register 方法向容器注册指定的注解 Bean，注解 Bean 定义读取器向容器注册注解 Bean 的源码如下：

```
//注册多个注解 Bean 定义类
public void register(Class<?>... annotatedClasses) {
   for (Class<?> annotatedClass : annotatedClasses) {
      registerBean(annotatedClass);
   }
}

//注册一个注解 Bean 定义类
public void registerBean(Class<?> annotatedClass) {
   doRegisterBean(annotatedClass, null, null, null);
}

public <T> void registerBean(Class<T> annotatedClass, @Nullable Supplier<T> instanceSupplier) {
   doRegisterBean(annotatedClass, instanceSupplier, null, null);
}

public <T> void registerBean(Class<T> annotatedClass, String name, @Nullable Supplier<T> instanceSupplier) {
   doRegisterBean(annotatedClass, instanceSupplier, name, null);
}

//Bean 定义读取器注册注解 Bean 定义的入口方法
@SuppressWarnings("unchecked")
public void registerBean(Class<?> annotatedClass, Class<? extends Annotation>... qualifiers) {
   doRegisterBean(annotatedClass, null, null, qualifiers);
}

//Bean 定义读取器向容器注册注解 Bean 定义类
@SuppressWarnings("unchecked")
public void registerBean(Class<?> annotatedClass, String name, Class<? extends Annotation>... qualifiers) {
   doRegisterBean(annotatedClass, null, name, qualifiers);
}

//Bean 定义读取器向容器注册注解 Bean 定义类
<T> void doRegisterBean(Class<T> annotatedClass, @Nullable Supplier<T> instanceSupplier, @Nullable String name,
```

```
    @Nullable Class<? extends Annotation>[] qualifiers, BeanDefinitionCustomizer... definitionCustomizers) {

//根据指定的注解 Bean 定义类，创建 Spring 容器中对注解 Bean 的封装的数据结构
AnnotatedGenericBeanDefinition abd = new AnnotatedGenericBeanDefinition(annotatedClass);
if (this.conditionEvaluator.shouldSkip(abd.getMetadata())) {
   return;
}

abd.setInstanceSupplier(instanceSupplier);
//解析注解 Bean 定义的作用域，若@Scope("prototype")，则 Bean 为原型类型；
//若@Scope("singleton")，则 Bean 为单态类型
ScopeMetadata scopeMetadata = this.scopeMetadataResolver.resolveScopeMetadata(abd);
//为注解 Bean 定义设置作用域
abd.setScope(scopeMetadata.getScopeName());
//为注解 Bean 定义生成 Bean 名称
String beanName = (name != null ? name : this.beanNameGenerator.generateBeanName(abd, this.registry));

//处理注解 Bean 定义中的通用注解
AnnotationConfigUtils.processCommonDefinitionAnnotations(abd);
//如果在向容器注册注解 Bean 定义时，使用了额外的限定符注解，则解析限定符注解。
//主要是配置的关于 autowiring 自动依赖注入装配的限定条件，即@Qualifier 注解
//Spring 自动依赖注入装配默认是按类型装配，如果使用@Qualifier 则按名称
if (qualifiers != null) {
   for (Class<? extends Annotation> qualifier : qualifiers) {
      //如果配置了@Primary 注解，设置该 Bean 为 autowiring 自动依赖注入装//配时的首选
      if (Primary.class == qualifier) {
         abd.setPrimary(true);
      }
      //如果配置了@Lazy 注解，则设置该 Bean 为非延迟初始化，如果没有配置，
      //则该 Bean 为预实例化
      else if (Lazy.class == qualifier) {
         abd.setLazyInit(true);
      }
      //如果使用了除@Primary 和@Lazy 以外的其他注解，则为该 Bean 添加一
      //个 autowiring 自动依赖注入装配限定符，该 Bean 在进 autowiring
      //自动依赖注入装配时，根据名称装配限定符指定的 Bean
      else {
         abd.addQualifier(new AutowireCandidateQualifier(qualifier));
      }
   }
}
for (BeanDefinitionCustomizer customizer : definitionCustomizers) {
   customizer.customize(abd);
}
```

```
    //创建一个指定 Bean 名称的 Bean 定义对象，封装注解 Bean 定义类数据
    BeanDefinitionHolder definitionHolder = new BeanDefinitionHolder(abd, beanName);
    //根据注解 Bean 定义类中配置的作用域，创建相应的代理对象
    definitionHolder = AnnotationConfigUtils.applyScopedProxyMode(scopeMetadata, definitionHolder,
this.registry);
    //向 IOC 容器注册注解 Bean 类定义对象
    BeanDefinitionReaderUtils.registerBeanDefinition(definitionHolder, this.registry);
}
```

从上面的源码我们可以看出，注册注解 Bean 定义类的基本步骤：

a，需要使用注解元数据解析器解析注解 Bean 中关于作用域的配置。

b，使用 AnnotationConfigUtils 的 processCommonDefinitionAnnotations 方法处理注解 Bean 定义类中通用的注解。

c，使用 AnnotationConfigUtils 的 applyScopedProxyMode 方法创建对于作用域的代理对象。

d，通过 BeanDefinitionReaderUtils 向容器注册 Bean。

下面我们继续分析这 3 步的具体实现过程

(2).AnnotationScopeMetadataResolver 解析作用域元数据：

AnnotationScopeMetadataResolver 通过 processCommonDefinitionAnnotations 方法解析注解 Bean 定义类的作用域元信息，即判断注册的 Bean 是原生类型(prototype)还是单态(singleton)类型，其源码如下：

```
//解析注解 Bean 定义类中的作用域元信息
@Override
public ScopeMetadata resolveScopeMetadata(BeanDefinition definition) {
    ScopeMetadata metadata = new ScopeMetadata();
    if (definition instanceof AnnotatedBeanDefinition) {
        AnnotatedBeanDefinition annDef = (AnnotatedBeanDefinition) definition;
        //从注解 Bean 定义类的属性中查找属性为”Scope”的值，即@Scope 注解的值
        //annDef.getMetadata().getAnnotationAttributes 方法将 Bean
        //中所有的注解和注解的值存放在一个 map 集合中
        AnnotationAttributes attributes = AnnotationConfigUtils.attributesFor(
                annDef.getMetadata(), this.scopeAnnotationType);
        //将获取到的@Scope 注解的值设置到要返回的对象中
        if (attributes != null) {
            metadata.setScopeName(attributes.getString("value"));
            //获取@Scope 注解中的 proxyMode 属性值，在创建代理对象时会用到
            ScopedProxyMode proxyMode = attributes.getEnum("proxyMode");
            //如果@Scope 的 proxyMode 属性为 DEFAULT 或者 NO
            if (proxyMode == ScopedProxyMode.DEFAULT) {
                //设置 proxyMode 为 NO
                proxyMode = this.defaultProxyMode;
            }
```

```
            //为返回的元数据设置 proxyMode
            metadata.setScopedProxyMode(proxyMode);
        }
    }
    //返回解析的作用域元信息对象
    return metadata;
}
```

上述代码中的 annDef.getMetadata().getAnnotationAttributes 方法就是获取对象中指定类型的注解的值。

(3).AnnotationConfigUtils 处理注解 Bean 定义类中的通用注解：

AnnotationConfigUtils 类的 processCommonDefinitionAnnotations 在向容器注册 Bean 之前，首先对注解 Bean 定义类中的通用 Spring 注解进行处理，源码如下：

```
//处理 Bean 定义中通用注解
static void processCommonDefinitionAnnotations(AnnotatedBeanDefinition abd, AnnotatedTypeMetadata metadata) {
    AnnotationAttributes lazy = attributesFor(metadata, Lazy.class);
    //如果 Bean 定义中有@Lazy 注解，则将该 Bean 预实例化属性设置为@lazy 注解的值
    if (lazy != null) {
        abd.setLazyInit(lazy.getBoolean("value"));
    }

    else if (abd.getMetadata() != metadata) {
        lazy = attributesFor(abd.getMetadata(), Lazy.class);
        if (lazy != null) {
            abd.setLazyInit(lazy.getBoolean("value"));
        }
    }
    //如果 Bean 定义中有@Primary 注解，则为该 Bean 设置为 autowiring 自动依赖注入装配的首选对象
    if (metadata.isAnnotated(Primary.class.getName())) {
        abd.setPrimary(true);
    }
    //如果 Bean 定义中有@ DependsOn 注解，则为该 Bean 设置所依赖的 Bean 名称，
    //容器将确保在实例化该 Bean 之前首先实例化所依赖的 Bean
    AnnotationAttributes dependsOn = attributesFor(metadata, DependsOn.class);
    if (dependsOn != null) {
        abd.setDependsOn(dependsOn.getStringArray("value"));
    }

    if (abd instanceof AbstractBeanDefinition) {
        AbstractBeanDefinition absBd = (AbstractBeanDefinition) abd;
        AnnotationAttributes role = attributesFor(metadata, Role.class);
        if (role != null) {
            absBd.setRole(role.getNumber("value").intValue());
        }
```

```
        AnnotationAttributes description = attributesFor(metadata, Description.class);
        if (description != null) {
            absBd.setDescription(description.getString("value"));
        }
    }
}
```

(4).AnnotationConfigUtils 根据注解 Bean 定义类中配置的作用域为其应用相应的代理策略：

AnnotationConfigUtils 类的 applyScopedProxyMode 方法根据注解 Bean 定义类中配置的作用域 @Scope 注解的值，为 Bean 定义应用相应的代理模式，主要是在 Spring 面向切面编程(AOP)中使用。源码如下：

```
//根据作用域为 Bean 应用引用的代码模式
static BeanDefinitionHolder applyScopedProxyMode(
        ScopeMetadata metadata, BeanDefinitionHolder definition, BeanDefinitionRegistry registry) {

    //获取注解 Bean 定义类中@Scope 注解的 proxyMode 属性值
    ScopedProxyMode scopedProxyMode = metadata.getScopedProxyMode();
    //如果配置的@Scope 注解的 proxyMode 属性值为 NO，则不应用代理模式
    if (scopedProxyMode.equals(ScopedProxyMode.NO)) {
        return definition;
    }
    //获取配置的@Scope 注解的 proxyMode 属性值，如果为 TARGET_CLASS
    //则返回 true，如果为 INTERFACES，则返回 false
    boolean proxyTargetClass = scopedProxyMode.equals(ScopedProxyMode.TARGET_CLASS);
    //为注册的 Bean 创建相应模式的代理对象
    return ScopedProxyCreator.createScopedProxy(definition, registry, proxyTargetClass);
}
```

这段为 Bean 引用创建相应模式的代理，这里不做深入的分析。

(5).BeanDefinitionReaderUtils 向容器注册 Bean：

BeanDefinitionReaderUtils 向容器注册载入的 Bean 我们在第 4 篇博客中已经分析过，主要是校验 Bean 定义，然后将 Bean 添加到容器中一个管理 Bean 定义的 HashMap 中，这里就不做分析。

4.AnnotationConfigApplicationContext 扫描指定包及其子包下的注解 Bean：

当创建注解处理容器时，如果传入的初始参数是注解 Bean 定义类所在的包时，注解容器将扫描给定的包及其子包，将扫描到的注解 Bean 定义载入并注册。

(1).ClassPathBeanDefinitionScanner 扫描给定的包及其子包：

AnnotationConfigApplicationContext 通过调用类路径 Bean 定义扫描器 ClassPathBeanDefinitionScanner 扫描给定包及其子包下的所有类，主要源码如下：

```
public class ClassPathBeanDefinitionScanner extends ClassPathScanningCandidateComponentProvider {

    //创建一个类路径 Bean 定义扫描器
    public ClassPathBeanDefinitionScanner(BeanDefinitionRegistry registry) {
```

```
    this(registry, true);
}

//为容器创建一个类路径 Bean 定义扫描器，并指定是否使用默认的扫描过滤规则。
//即 Spring 默认扫描配置：@Component、@Repository、@Service、@Controller
//注解的 Bean，同时也支持 JavaEE6 的@ManagedBean 和 JSR-330 的@Named 注解
public ClassPathBeanDefinitionScanner(BeanDefinitionRegistry registry, boolean useDefaultFilters) {
    this(registry, useDefaultFilters, getOrCreateEnvironment(registry));
}

public ClassPathBeanDefinitionScanner(BeanDefinitionRegistry registry, boolean useDefaultFilters,
      Environment environment) {

    this(registry, useDefaultFilters, environment,
         (registry instanceof ResourceLoader ? (ResourceLoader) registry : null));
}

public ClassPathBeanDefinitionScanner(BeanDefinitionRegistry registry, boolean useDefaultFilters,
      Environment environment, @Nullable ResourceLoader resourceLoader) {

    Assert.notNull(registry, "BeanDefinitionRegistry must not be null");
    //为容器设置加载 Bean 定义的注册器
    this.registry = registry;

    if (useDefaultFilters) {
        registerDefaultFilters();
    }
    setEnvironment(environment);
    //为容器设置资源加载器
    setResourceLoader(resourceLoader);
}

//调用类路径 Bean 定义扫描器入口方法
public int scan(String... basePackages) {
    //获取容器中已经注册的 Bean 个数
    int beanCountAtScanStart = this.registry.getBeanDefinitionCount();

    //启动扫描器扫描给定包
    doScan(basePackages);

    // Register annotation config processors, if necessary.
    //注册注解配置(Annotation config)处理器
    if (this.includeAnnotationConfig) {
        AnnotationConfigUtils.registerAnnotationConfigProcessors(this.registry);
```

```
        }

        //返回注册的 Bean 个数
        return (this.registry.getBeanDefinitionCount() - beanCountAtScanStart);
    }

    //类路径 Bean 定义扫描器扫描给定包及其子包
    protected Set<BeanDefinitionHolder> doScan(String... basePackages) {
        Assert.notEmpty(basePackages, "At least one base package must be specified");
        //创建一个集合，存放扫描到 Bean 定义的封装类
        Set<BeanDefinitionHolder> beanDefinitions = new LinkedHashSet<>();
        //遍历扫描所有给定的包
        for (String basePackage : basePackages) {
            //调用父类 ClassPathScanningCandidateComponentProvider 的方法
            //扫描给定类路径，获取符合条件的 Bean 定义
            Set<BeanDefinition> candidates = findCandidateComponents(basePackage);
            //遍历扫描到的 Bean
            for (BeanDefinition candidate : candidates) {
                //获取 Bean 定义类中@Scope 注解的值，即获取 Bean 的作用域
                ScopeMetadata scopeMetadata = this.scopeMetadataResolver.resolveScopeMetadata(candidate);
                //为 Bean 设置注解配置的作用域
                candidate.setScope(scopeMetadata.getScopeName());
                //为 Bean 生成名称
                String beanName = this.beanNameGenerator.generateBeanName(candidate, this.registry);
                //如果扫描到的 Bean 不是 Spring 的注解 Bean，则为 Bean 设置默认值，
                //设置 Bean 的自动依赖注入装配属性等
                if (candidate instanceof AbstractBeanDefinition) {
                    postProcessBeanDefinition((AbstractBeanDefinition) candidate, beanName);
                }
                //如果扫描到的 Bean 是 Spring 的注解 Bean，则处理其通用的 Spring 注解
                if (candidate instanceof AnnotatedBeanDefinition) {
                    //处理注解 Bean 中通用的注解，在分析注解 Bean 定义类读取器时已经分析过
                    AnnotationConfigUtils.processCommonDefinitionAnnotations((AnnotatedBeanDefinition) candidate);
                }
                //根据 Bean 名称检查指定的 Bean 是否需要在容器中注册，或者在容器中冲突
                if (checkCandidate(beanName, candidate)) {
                    BeanDefinitionHolder definitionHolder = new BeanDefinitionHolder(candidate, beanName);
                    //根据注解中配置的作用域，为 Bean 应用相应的代理模式
                    definitionHolder =
                            AnnotationConfigUtils.applyScopedProxyMode(scopeMetadata, definitionHolder,
this.registry);
                    beanDefinitions.add(definitionHolder);
                    //向容器注册扫描到的 Bean
                    registerBeanDefinition(definitionHolder, this.registry);
```

```
            }
        }
    }
    return beanDefinitions;
}

...

}
```

类路径 Bean 定义扫描器 ClassPathBeanDefinitionScanner 主要通过 findCandidateComponents 方法调用其父类 ClassPathScanningCandidateComponentProvider 类来扫描获取给定包及其子包下的类。

(2).ClassPathScanningCandidateComponentProvider 扫描给定包及其子包的类：

ClassPathScanningCandidateComponentProvider 类的 findCandidateComponents 方法具体实现扫描给定类路径包的功能，主要源码如下：

```
public class ClassPathScanningCandidateComponentProvider implements EnvironmentCapable, ResourceLoaderAware {

    //保存过滤规则要包含的注解，即 Spring 默认的@Component、@Repository、@Service、
    //@Controller 注解的 Bean，以及 JavaEE6 的@ManagedBean 和 JSR-330 的@Named 注解
    private final List<TypeFilter> includeFilters = new LinkedList<>();

    //保存过滤规则要排除的注解
    private final List<TypeFilter> excludeFilters = new LinkedList<>();

    //构造方法，该方法在子类 ClassPathBeanDefinitionScanner 的构造方法中被调用
    public ClassPathScanningCandidateComponentProvider(boolean useDefaultFilters) {
        this(useDefaultFilters, new StandardEnvironment());
    }

    public ClassPathScanningCandidateComponentProvider(boolean useDefaultFilters, Environment environment) {
        //如果使用 Spring 默认的过滤规则，则向容器注册过滤规则
        if (useDefaultFilters) {
            registerDefaultFilters();
        }
        setEnvironment(environment);
        setResourceLoader(null);
    }

    //向容器注册过滤规则
    @SuppressWarnings("unchecked")
    protected void registerDefaultFilters() {
        //向要包含的过滤规则中添加@Component 注解类，注意 Spring 中@Repository
```

```
    //@Service 和@Controller 都是 Component，因为这些注解都添加了@Component 注解
    this.includeFilters.add(new AnnotationTypeFilter(Component.class));
    //获取当前类的类加载器
    ClassLoader cl = ClassPathScanningCandidateComponentProvider.class.getClassLoader();
    try {
       //向要包含的过滤规则添加 JavaEE6 的@ManagedBean 注解
       this.includeFilters.add(new AnnotationTypeFilter(
             ((Class<? extends Annotation>) ClassUtils.forName("javax.annotation.ManagedBean", cl)), false));
       logger.debug("JSR-250 'javax.annotation.ManagedBean' found and supported for component scanning");
    }
    catch (ClassNotFoundException ex) {
       // JSR-250 1.1 API (as included in Java EE 6) not available - simply skip.
    }
    try {
       //向要包含的过滤规则添加@Named 注解
       this.includeFilters.add(new AnnotationTypeFilter(
             ((Class<? extends Annotation>) ClassUtils.forName("javax.inject.Named", cl)), false));
       logger.debug("JSR-330 'javax.inject.Named' annotation found and supported for component scanning");
    }
    catch (ClassNotFoundException ex) {
       // JSR-330 API not available - simply skip.
    }
 }


 //扫描给定类路径的包
 public Set<BeanDefinition> findCandidateComponents(String basePackage) {
    if (this.componentsIndex != null && indexSupportsIncludeFilters()) {
       return addCandidateComponentsFromIndex(this.componentsIndex, basePackage);
    }
    else {
       return scanCandidateComponents(basePackage);
    }
 }

 private Set<BeanDefinition> addCandidateComponentsFromIndex(CandidateComponentsIndex index, String
basePackage) {
    //创建存储扫描到的类的集合
    Set<BeanDefinition> candidates = new LinkedHashSet<>();
    try {
       Set<String> types = new HashSet<>();
       for (TypeFilter filter : this.includeFilters) {
          String stereotype = extractStereotype(filter);
          if (stereotype == null) {
```

```
            throw new IllegalArgumentException("Failed to extract stereotype from "+ filter);
         }
         types.addAll(index.getCandidateTypes(basePackage, stereotype));
      }
      boolean traceEnabled = logger.isTraceEnabled();
      boolean debugEnabled = logger.isDebugEnabled();
      for (String type : types) {
         //为指定资源获取元数据读取器，元信息读取器通过汇编(ASM)读//取资源元信息
         MetadataReader metadataReader = getMetadataReaderFactory().getMetadataReader(type);
         //如果扫描到的类符合容器配置的过滤规则
         if (isCandidateComponent(metadataReader)) {
            //通过汇编(ASM)读取资源字节码中的 Bean 定义元信息
            AnnotatedGenericBeanDefinition sbd = new AnnotatedGenericBeanDefinition(
                  metadataReader.getAnnotationMetadata());
            if (isCandidateComponent(sbd)) {
               if (debugEnabled) {
                  logger.debug("Using candidate component class from index: " + type);
               }
               candidates.add(sbd);
            }
            else {
               if (debugEnabled) {
                  logger.debug("Ignored because not a concrete top-level class: " + type);
               }
            }
         }
         else {
            if (traceEnabled) {
               logger.trace("Ignored because matching an exclude filter: " + type);
            }
         }
      }
   }
   catch (IOException ex) {
      throw new BeanDefinitionStoreException("I/O failure during classpath scanning", ex);
   }
   return candidates;
}

//判断元信息读取器读取的类是否符合容器定义的注解过滤规则
protected boolean isCandidateComponent(MetadataReader metadataReader) throws IOException {
   //如果读取的类的注解在排除注解过滤规则中，返回 false
   for (TypeFilter tf : this.excludeFilters) {
      if (tf.match(metadataReader, getMetadataReaderFactory())) {
```

```
            return false;
         }
      }
      //如果读取的类的注解在包含的注解的过滤规则中，则返回 ture
      for (TypeFilter tf : this.includeFilters) {
         if (tf.match(metadataReader, getMetadataReaderFactory())) {
            return isConditionMatch(metadataReader);
         }
      }
      //如果读取的类的注解既不在排除规则，也不在包含规则中，则返回 false
      return false;
   }

}
```

5.AnnotationConfigWebApplicationContext 载入注解 Bean 定义：

AnnotationConfigWebApplicationContext 是 AnnotationConfigApplicationContext 的 Web 版，它们对于注解 Bean 的注册和扫描是基本相同的，但是 AnnotationConfigWebApplicationContext 对注解 Bean 定义的载入稍有不同，AnnotationConfigWebApplicationContext 注入注解 Bean 定义源码如下：

```
//载入注解 Bean 定义资源
@Override
protected void loadBeanDefinitions(DefaultListableBeanFactory beanFactory) {
   //为容器设置注解 Bean 定义读取器
   AnnotatedBeanDefinitionReader reader = getAnnotatedBeanDefinitionReader(beanFactory);
   //为容器设置类路径 Bean 定义扫描器
   ClassPathBeanDefinitionScanner scanner = getClassPathBeanDefinitionScanner(beanFactory);

   //获取容器的 Bean 名称生成器
   BeanNameGenerator beanNameGenerator = getBeanNameGenerator();
   //为注解 Bean 定义读取器和类路径扫描器设置 Bean 名称生成器
   if (beanNameGenerator != null) {
      reader.setBeanNameGenerator(beanNameGenerator);
      scanner.setBeanNameGenerator(beanNameGenerator);
      beanFactory.registerSingleton(AnnotationConfigUtils.CONFIGURATION_BEAN_NAME_GENERATOR,
beanNameGenerator);
   }

   //获取容器的作用域元信息解析器
   ScopeMetadataResolver scopeMetadataResolver = getScopeMetadataResolver();
   //为注解 Bean 定义读取器和类路径扫描器设置作用域元信息解析器
   if (scopeMetadataResolver != null) {
      reader.setScopeMetadataResolver(scopeMetadataResolver);
      scanner.setScopeMetadataResolver(scopeMetadataResolver);
```

```
}

if (!this.annotatedClasses.isEmpty()) {
   if (logger.isInfoEnabled()) {
      logger.info("Registering annotated classes: [" +
            StringUtils.collectionToCommaDelimitedString(this.annotatedClasses) + "]");
   }
   reader.register(this.annotatedClasses.toArray(new Class<?>[this.annotatedClasses.size()]));
}

if (!this.basePackages.isEmpty()) {
   if (logger.isInfoEnabled()) {
      logger.info("Scanning base packages: [" +
            StringUtils.collectionToCommaDelimitedString(this.basePackages) + "]");
   }
   scanner.scan(this.basePackages.toArray(new String[this.basePackages.size()]));
}

//获取容器定义的 Bean 定义资源路径
String[] configLocations = getConfigLocations();
//如果定位的 Bean 定义资源路径不为空
if (configLocations != null) {
   for (String configLocation : configLocations) {
      try {
         //使用当前容器的类加载器加载定位路径的字节码类文件
         Class<?> clazz = ClassUtils.forName(configLocation, getClassLoader());
         if (logger.isInfoEnabled()) {
            logger.info("Successfully resolved class for [" + configLocation + "]");
         }
         reader.register(clazz);
      }
      catch (ClassNotFoundException ex) {
         if (logger.isDebugEnabled()) {
            logger.debug("Could not load class for config location [" + configLocation +
                  "] - trying package scan. " + ex);
         }
         //如果容器类加载器加载定义路径的 Bean 定义资源失败
         //则启用容器类路径扫描器扫描给定路径包及其子包中的类
         int count = scanner.scan(configLocation);
         if (logger.isInfoEnabled()) {
            if (count == 0) {
               logger.info("No annotated classes found for specified class/package [" + configLocation + "]");
            }
            else {
```

```
                logger.info("Found " + count + " annotated classes in package [" + configLocation + "]");
            }
        }
    }
}
}
```

解析和注入注解配置资源的过程分析

4.6、IOC 容器中那些鲜为人知的事儿

1、介绍

通过前面章节中对 Spring IOC 容器的源码分析，我们已经基本上了解了 Spring IOC 容器对 Bean 定义资源的定位、读入和解析过程，同时也清楚了当用户通过 getBean 方法向 IOC 容器获取被管理的 Bean 时，IOC 容器对 Bean 进行的初始化和依赖注入过程，这些是 Spring IOC 容器的基本功能特性。Spring IOC 容器还有一些高级特性，如使用 lazy-init 属性对 Bean 预初始化、FactoryBean 产生或者修饰 Bean 对象的生成、IOC 容器初始化 Bean 过程中使用 BeanPostProcessor 后置处理器对 Bean 声明周期事件管理和 IOC 容器的 autowiring 自动装配功能等。

2、Spring IOC 容器的 lazy-init 属性实现预实例化：

通过前面我们对 IOC 容器的实现和工作原理分析，我们知道 IOC 容器的初始化过程就是对 Bean 定义资源的定位、载入和注册，此时容器对 Bean 的依赖注入并没有发生，依赖注入主要是在应用程序第一次向容器索取 Bean 时，通过 getBean 方法的调用完成。

当 Bean 定义资源的<Bean>元素中配置了 lazy-init 属性时，容器将会在初始化的时候对所配置的 Bean 进行预实例化，Bean 的依赖注入在容器初始化的时候就已经完成。这样，当应用程序第一次向容器索取被管理的 Bean 时，就不用再初始化和对 Bean 进行依赖注入了，直接从容器中获取已经完成依赖注入的现成 Bean，可以提高应用第一次向容器获取 Bean 的性能。

下面我们通过代码分析容器预实例化的实现过程：

(1).refresh()

先从 IOC 容器的初始会过程开始，通过前面文章分析，我们知道 IOC 容器读入已经定位的 Bean 定义资源是从 refresh 方法开始的，我们首先从 AbstractApplicationContext 类的 refresh 方法入手分析，源码如下：

```
@Override
public void refresh() throws BeansException, IllegalStateException {
   synchronized (this.startupShutdownMonitor) {
      //调用容器准备刷新的方法，获取容器的当时时间，同时给容器设置同步标识
      prepareRefresh();

      //告诉子类启动 refreshBeanFactory()方法，Bean 定义资源文件的载入从
```

```
    //子类的 refreshBeanFactory()方法启动
    ConfigurableListableBeanFactory beanFactory = obtainFreshBeanFactory();

    //为 BeanFactory 配置容器特性，例如类加载器、事件处理器等
    prepareBeanFactory(beanFactory);

    try {
        //为容器的某些子类指定特殊的 BeanPost 事件处理器
        postProcessBeanFactory(beanFactory);

        //调用所有注册的 BeanFactoryPostProcessor 的 Bean
        invokeBeanFactoryPostProcessors(beanFactory);

        //为 BeanFactory 注册 BeanPost 事件处理器.
        //BeanPostProcessor 是 Bean 后置处理器，用于监听容器触发的事件
        registerBeanPostProcessors(beanFactory);

        //初始化信息源，和国际化相关.
        initMessageSource();

        //初始化容器事件传播器.
        initApplicationEventMulticaster();

        //调用子类的某些特殊 Bean 初始化方法
        onRefresh();

        //为事件传播器注册事件监听器.
        registerListeners();

        //初始化所有剩余的单例 Bean
        finishBeanFactoryInitialization(beanFactory);

        //初始化容器的生命周期事件处理器，并发布容器的生命周期事件
        finishRefresh();
    }

    catch (BeansException ex) {
        if (logger.isWarnEnabled()) {
            logger.warn("Exception encountered during context initialization - " +
                    "cancelling refresh attempt: " + ex);
        }

        //销毁已创建的 Bean
        destroyBeans();
```

```
            //取消 refresh 操作，重置容器的同步标识.
            cancelRefresh(ex);

            throw ex;
        }

        finally {
            resetCommonCaches();
        }
    }
}
```

在 refresh()方法中 ConfigurableListableBeanFactorybeanFactory = obtainFreshBeanFactory();启动了 Bean 定义资源的载入、注册过程，而 finishBeanFactoryInitialization 方法是对注册后的 Bean 定义中的预实例化(lazy-init=false,Spring 默认就是预实例化,即为 true)的 Bean 进行处理的地方。

(2).finishBeanFactoryInitialization 处理预实例化 Bean:

当 Bean 定义资源被载入 IOC 容器之后，容器将 Bean 定义资源解析为容器内部的数据结构 BeanDefinition 注册到容器中，AbstractApplicationContext 类中的 finishBeanFactoryInitialization 方法对配置了预实例化属性的 Bean 进行预初始化过程，源码如下：

```
//对配置了 lazy-init 属性的 Bean 进行预实例化处理
protected void finishBeanFactoryInitialization(ConfigurableListableBeanFactory beanFactory) {
    //这是 Spring3 以后新加的代码，为容器指定一个转换服务(ConversionService)
    //在对某些 Bean 属性进行转换时使用
    if (beanFactory.containsBean(CONVERSION_SERVICE_BEAN_NAME) &&
            beanFactory.isTypeMatch(CONVERSION_SERVICE_BEAN_NAME, ConversionService.class)) {
        beanFactory.setConversionService(
                beanFactory.getBean(CONVERSION_SERVICE_BEAN_NAME, ConversionService.class));
    }

    if (!beanFactory.hasEmbeddedValueResolver()) {
        beanFactory.addEmbeddedValueResolver(strVal -> getEnvironment().resolvePlaceholders(strVal));
    }

    String[] weaverAwareNames = beanFactory.getBeanNamesForType(LoadTimeWeaverAware.class, false, false);
    for (String weaverAwareName : weaverAwareNames) {
        getBean(weaverAwareName);
    }

    //为了类型匹配，停止使用临时的类加载器
```

```
    beanFactory.setTempClassLoader(null);

    //缓存容器中所有注册的 BeanDefinition 元数据，以防被修改
    beanFactory.freezeConfiguration();

    //对配置了 lazy-init 属性的单态模式 Bean 进行预实例化处理
    beanFactory.preInstantiateSingletons();
}
```

ConfigurableListableBeanFactory 是一个接口，其 preInstantiateSingletons 方法由其子类 DefaultListableBeanFactory 提供。

(3)、DefaultListableBeanFactory 对配置 lazy-init 属性单态 Bean 的预实例化：

```
public void preInstantiateSingletons() throws BeansException {
    if (this.logger.isDebugEnabled()) {
        this.logger.debug("Pre-instantiating singletons in " + this);
    }

    List<String> beanNames = new ArrayList<>(this.beanDefinitionNames);

    for (String beanName : beanNames) {
        //获取指定名称的 Bean 定义
        RootBeanDefinition bd = getMergedLocalBeanDefinition(beanName);
        //Bean 不是抽象的，是单态模式的，且 lazy-init 属性配置为 false
        if (!bd.isAbstract() && bd.isSingleton() && !bd.isLazyInit()) {
            //如果指定名称的 bean 是创建容器的 Bean
            if (isFactoryBean(beanName)) {
                //FACTORY_BEAN_PREFIX="&"，当 Bean 名称前面加"&"符号
                //时，获取的是产生容器对象本身，而不是容器产生的 Bean.
                //调用 getBean 方法，触发容器对 Bean 实例化和依赖注入过程
                final FactoryBean<?> factory = (FactoryBean<?>) getBean(FACTORY_BEAN_PREFIX + beanName);
                //标识是否需要预实例化
                boolean isEagerInit;
                if (System.getSecurityManager() != null && factory instanceof SmartFactoryBean) {
                    //一个匿名内部类
                    isEagerInit = AccessController.doPrivileged((PrivilegedAction<Boolean>) () ->
                            ((SmartFactoryBean<?>) factory).isEagerInit(),
                            getAccessControlContext());
                }
                else {
                    isEagerInit = (factory instanceof SmartFactoryBean &&
                            ((SmartFactoryBean<?>) factory).isEagerInit());
                }
                if (isEagerInit) {
                    //调用 getBean 方法，触发容器对 Bean 实例化和依赖注入过程
```

```
                getBean(beanName);
            }
        }
        else {
            getBean(beanName);
        }
    }
}
```

通过对 lazy-init 处理源码的分析，我们可以看出，如果设置了 lazy-init 属性，则容器在完成 Bean 定义的注册之后，会通过 getBean 方法，触发对指定 Bean 的初始化和依赖注入过程，这样当应用第一次向容器索取所需的 Bean 时，容器不再需要对 Bean 进行初始化和依赖注入，直接从已经完成实例化和依赖注入的 Bean 中取一个现成的 Bean，这样就提高了第一次获取 Bean 的性能。

3、FactoryBean 的实现：

在 Spring 中，有两个很容易混淆的类：BeanFactory 和 FactoryBean。

BeanFactory：Bean 工厂，是一个工厂(Factory)，我们 Spring IOC 容器的最顶层接口就是这个 BeanFactory，它的作用是管理 Bean，即实例化、定位、配置应用程序中的对象及建立这些对象间的依赖。

FactoryBean：工厂 Bean，是一个 Bean，作用是产生其他 bean 实例。通常情况下，这种 bean 没有什么特别的要求，仅需要提供一个工厂方法，该方法用来返回其他 bean 实例。通常情况下，bean 无须自己实现工厂模式，Spring 容器担任工厂角色；但少数情况下，容器中的 bean 本身就是工厂，其作用是产生其它 bean 实例。

当用户使用容器本身时，可以使用转义字符”&”来得到 FactoryBean 本身，以区别通过 FactoryBean 产生的实例对象和 FactoryBean 对象本身。在 BeanFactory 中通过如下代码定义了该转义字符：

```
String FACTORY_BEAN_PREFIX = "&";
```

如果 myJndiObject 是一个 FactoryBean，则使用&myJndiObject 得到的是 myJndiObject 对象，而不是 myJndiObject 产生出来的对象。

(1).FactoryBean 的源码如下：

```
//工厂 Bean，用于产生其他对象
public interface FactoryBean<T> {

    //获取容器管理的对象实例
    @Nullable
    T getObject() throws Exception;

    //获取 Bean 工厂创建的对象的类型
    @Nullable
    Class<?> getObjectType();
```

```
    //Bean 工厂创建的对象是否是单态模式，如果是单态模式，则整个容器中只有一个实例
    //对象，每次请求都返回同一个实例对象
    default boolean isSingleton() {
        return true;
    }

}
```

(2). AbstractBeanFactory 的 getBean 方法调用 FactoryBean：

在前面我们分析 Spring IOC 容器实例化 Bean 并进行依赖注入过程的源码时，提到在 getBean 方法触发容器实例化 Bean 的时候会调用 AbstractBeanFactory 的 doGetBean 方法来进行实例化的过程，源码如下：

```
//真正实现向 IOC 容器获取 Bean 的功能，也是触发依赖注入功能的地方
protected <T> T doGetBean(final String name, @Nullable final Class<T> requiredType,
      @Nullable final Object[] args, boolean typeCheckOnly) throws BeansException {

    //根据指定的名称获取被管理 Bean 的名称，剥离指定名称中对容器的相关依赖
    //如果指定的是别名，将别名转换为规范的 Bean 名称
    final String beanName = transformedBeanName(name);
    Object bean;

    // Eagerly check singleton cache for manually registered singletons.
    //先从缓存中取是否已经有被创建过的单态类型的 Bean
    //对于单例模式的 Bean 整个 IOC 容器中只创建一次，不需要重复创建
    Object sharedInstance = getSingleton(beanName);
    //IOC 容器创建单例模式 Bean 实例对象
    if (sharedInstance != null && args == null) {
        if (logger.isDebugEnabled()) {
            //如果指定名称的 Bean 在容器中已有单例模式的 Bean 被创建
            //直接返回已经创建的 Bean
            if (isSingletonCurrentlyInCreation(beanName)) {
                logger.debug("Returning eagerly cached instance of singleton bean '" + beanName +
                        "' that is not fully initialized yet - a consequence of a circular reference");
            }
            else {
                logger.debug("Returning cached instance of singleton bean '" + beanName + "'");
            }
        }
        //获取给定 Bean 的实例对象，主要是完成 FactoryBean 的相关处理
        //注意：BeanFactory 是管理容器中 Bean 的工厂，而 FactoryBean 是
        //创建创建对象的工厂 Bean，两者之间有区别
        bean = getObjectForBeanInstance(sharedInstance, name, beanName, null);
    }
```

```
else {
   // Fail if we're already creating this bean instance:
   // We're assumably within a circular reference.
   //缓存没有正在创建的单例模式 Bean
   //缓存中已经有已经创建的原型模式 Bean
   //但是由于循环引用的问题导致实例化对象失败
   if (isPrototypeCurrentlyInCreation(beanName)) {
      throw new BeanCurrentlyInCreationException(beanName);
   }

   // Check if bean definition exists in this factory.
   //对 IOC 容器中是否存在指定名称的 BeanDefinition 进行检查，首先检查是否
   //能在当前的 BeanFactory 中获取的所需要的 Bean，如果不能则委托当前容器
   //的父级容器去查找，如果还是找不到则沿着容器的继承体系向父级容器查找
   BeanFactory parentBeanFactory = getParentBeanFactory();
   //当前容器的父级容器存在，且当前容器中不存在指定名称的 Bean
   if (parentBeanFactory != null && !containsBeanDefinition(beanName)) {
      // Not found -> check parent.
      //解析指定 Bean 名称的原始名称
      String nameToLookup = originalBeanName(name);
      if (parentBeanFactory instanceof AbstractBeanFactory) {
         return ((AbstractBeanFactory) parentBeanFactory).doGetBean(
               nameToLookup, requiredType, args, typeCheckOnly);
      }
      else if (args != null) {
         // Delegation to parent with explicit args.
         //委派父级容器根据指定名称和显式的参数查找
         return (T) parentBeanFactory.getBean(nameToLookup, args);
      }
      else {
         // No args -> delegate to standard getBean Method.
         //委派父级容器根据指定名称和类型查找
         return parentBeanFactory.getBean(nameToLookup, requiredType);
      }
   }

   //创建的 Bean 是否需要进行类型验证，一般不需要
   if (!typeCheckOnly) {
      //向容器标记指定的 Bean 已经被创建
      markBeanAsCreated(beanName);
   }

   try {
      //根据指定 Bean 名称获取其父级的 Bean 定义
```

```
        //主要解决 Bean 继承时子类合并父类公共属性问题
        final RootBeanDefinition mbd = getMergedLocalBeanDefinition(beanName);
        checkMergedBeanDefinition(mbd, beanName, args);

        // Guarantee initialization of beans that the current bean depends on.
        //获取当前 Bean 所有依赖 Bean 的名称
        String[] dependsOn = mbd.getDependsOn();
        //如果当前 Bean 有依赖 Bean
        if (dependsOn != null) {
           for (String dep : dependsOn) {
              if (isDependent(beanName, dep)) {
                 throw new BeanCreationException(mbd.getResourceDescription(), beanName,
                       "Circular depends-on relationship between '" + beanName + "' and '" + dep + "'");
              }
              //递归调用 getBean 方法，获取当前 Bean 的依赖 Bean
              registerDependentBean(dep, beanName);
              //把被依赖 Bean 注册给当前依赖的 Bean
              getBean(dep);
           }
        }

        // Create bean instance.
        //创建单例模式 Bean 的实例对象
        if (mbd.isSingleton()) {
           //这里使用了一个匿名内部类，创建 Bean 实例对象，并且注册给所依赖的对象
           sharedInstance = getSingleton(beanName, () -> {
              try {
                 //创建一个指定 Bean 实例对象，如果有父级继承，则合并子类和父类的定义
                 return createBean(beanName, mbd, args);
              }
              catch (BeansException ex) {
                 // Explicitly remove instance from singleton cache: It might have been put there
                 // eagerly by the creation process, to allow for circular reference resolution.
                 // Also remove any beans that received a temporary reference to the bean.
                 //显式地从容器单例模式 Bean 缓存中清除实例对象
                 destroySingleton(beanName);
                 throw ex;
              }
           });
           //获取给定 Bean 的实例对象
           bean = getObjectForBeanInstance(sharedInstance, name, beanName, mbd);
        }

        //IOC 容器创建原型模式 Bean 实例对象
```

```
        else if (mbd.isPrototype()) {
            // It's a prototype -> create a new instance.
            //原型模式(Prototype)是每次都会创建一个新的对象
            Object prototypeInstance = null;
            try {
                //回调 beforePrototypeCreation 方法，默认的功能是注册当前创建的原型对象
                beforePrototypeCreation(beanName);
                //创建指定 Bean 对象实例
                prototypeInstance = createBean(beanName, mbd, args);
            }
            finally {
                //回调 afterPrototypeCreation 方法，默认的功能告诉 IOC 容器指定 Bean 的原型对象不再创建
                afterPrototypeCreation(beanName);
            }
            //获取给定 Bean 的实例对象
            bean = getObjectForBeanInstance(prototypeInstance, name, beanName, mbd);
        }

        //要创建的 Bean 既不是单例模式，也不是原型模式，则根据 Bean 定义资源中
        //配置的生命周期范围，选择实例化 Bean 的合适方法，这种在 Web 应用程序中
        //比较常用，如：request、session、application 等生命周期
        else {
            String scopeName = mbd.getScope();
            final Scope scope = this.scopes.get(scopeName);
            //Bean 定义资源中没有配置生命周期范围，则 Bean 定义不合法
            if (scope == null) {
                throw new IllegalStateException("No Scope registered for scope name '" + scopeName + "'");
            }
            try {
                //这里又使用了一个匿名内部类，获取一个指定生命周期范围的实例
                Object scopedInstance = scope.get(beanName, () -> {
                    beforePrototypeCreation(beanName);
                    try {
                        return createBean(beanName, mbd, args);
                    }
                    finally {
                        afterPrototypeCreation(beanName);
                    }
                });
                //获取给定 Bean 的实例对象
                bean = getObjectForBeanInstance(scopedInstance, name, beanName, mbd);
            }
            catch (IllegalStateException ex) {
                throw new BeanCreationException(beanName,
```

```
                    "Scope '" + scopeName + "' is not active for the current thread; consider " +
                    "defining a scoped proxy for this bean if you intend to refer to it from a singleton",
                    ex);
            }
         }
      }
      catch (BeansException ex) {
         cleanupAfterBeanCreationFailure(beanName);
         throw ex;
      }
   }
   ...
   return (T) bean;
}

//获取给定 Bean 的实例对象，主要是完成 FactoryBean 的相关处理
protected Object getObjectForBeanInstance(
      Object beanInstance, String name, String beanName, @Nullable RootBeanDefinition mbd) {

   //容器已经得到了 Bean 实例对象，这个实例对象可能是一个普通的 Bean，
   //也可能是一个工厂 Bean，如果是一个工厂 Bean，则使用它创建一个 Bean 实例对象，
   //如果调用本身就想获得一个容器的引用，则指定返回这个工厂 Bean 实例对象
   //如果指定的名称是容器的解引用(dereference，即是对象本身而非内存地址)，
   //且 Bean 实例也不是创建 Bean 实例对象的工厂 Bean
   if (BeanFactoryUtils.isFactoryDereference(name) && !(beanInstance instanceof FactoryBean)) {
      throw new BeanIsNotAFactoryException(transformedBeanName(name), beanInstance.getClass());
   }

   //如果 Bean 实例不是工厂 Bean，或者指定名称是容器的解引用，
   //调用者向获取对容器的引用，则直接返回当前的 Bean 实例
   if (!(beanInstance instanceof FactoryBean) || BeanFactoryUtils.isFactoryDereference(name)) {
      return beanInstance;
   }

   //处理指定名称不是容器的解引用，或者根据名称获取的 Bean 实例对象是一个工厂 Bean
   //使用工厂 Bean 创建一个 Bean 的实例对象
   Object object = null;
   if (mbd == null) {
      //从 Bean 工厂缓存中获取给定名称的 Bean 实例对象
      object = getCachedObjectForFactoryBean(beanName);
   }
   //让 Bean 工厂生产给定名称的 Bean 对象实例
   if (object == null) {
      FactoryBean<?> factory = (FactoryBean<?>) beanInstance;
```

```
        //如果从 Bean 工厂生产的 Bean 是单态模式的，则缓存
        if (mbd == null && containsBeanDefinition(beanName)) {
            //从容器中获取指定名称的 Bean 定义，如果继承基类，则合并基类相关属性
            mbd = getMergedLocalBeanDefinition(beanName);
        }
        //如果从容器得到 Bean 定义信息，并且 Bean 定义信息不是虚构的，
        //则让工厂 Bean 生产 Bean 实例对象
        boolean synthetic = (mbd != null && mbd.isSynthetic());
        //调用 FactoryBeanRegistrySupport 类的 getObjectFromFactoryBean 方法，
        //实现工厂 Bean 生产 Bean 对象实例的过程
        object = getObjectFromFactoryBean(factory, beanName, !synthetic);
    }
    return object;
}
```

在上面获取给定 Bean 的实例对象的 getObjectForBeanInstance 方法中，会调用 FactoryBeanRegistrySupport 类的 getObjectFromFactoryBean 方法，该方法实现了 Bean 工厂生产 Bean 实例对象。

Dereference(解引用)：一个在 C/C++中应用比较多的术语，在 C++中，”*”是解引用符号，而”&”是引用符号，解引用是指变量指向的是所引用对象的本身数据，而不是引用对象的内存地址。

(3)、AbstractBeanFactory 生产 Bean 实例对象：

AbstractBeanFactory 类中生产 Bean 实例对象的主要源码如下：

```
//Bean 工厂生产 Bean 实例对象
protected Object getObjectFromFactoryBean(FactoryBean<?> factory, String beanName, boolean shouldPostProcess)
{
    //Bean 工厂是单态模式，并且 Bean 工厂缓存中存在指定名称的 Bean 实例对象
    if (factory.isSingleton() && containsSingleton(beanName)) {
        //多线程同步，以防止数据不一致
        synchronized (getSingletonMutex()) {
            //直接从 Bean 工厂缓存中获取指定名称的 Bean 实例对象
            Object object = this.factoryBeanObjectCache.get(beanName);
            //Bean 工厂缓存中没有指定名称的实例对象，则生产该实例对象
            if (object == null) {
                //调用 Bean 工厂的 getObject 方法生产指定 Bean 的实例对象
                object = doGetObjectFromFactoryBean(factory, beanName);
                Object alreadyThere = this.factoryBeanObjectCache.get(beanName);
                if (alreadyThere != null) {
                    object = alreadyThere;
                }
                else {
                    if (shouldPostProcess) {
                        try {
                            object = postProcessObjectFromFactoryBean(object, beanName);
```

```
                }
                catch (Throwable ex) {
                   throw new BeanCreationException(beanName,
                         "Post-processing of FactoryBean's singleton object failed", ex);
                }
             }
             //将生产的实例对象添加到 Bean 工厂缓存中
             this.factoryBeanObjectCache.put(beanName, object);
          }
       }
       return object;
    }
  }
  //调用 Bean 工厂的 getObject 方法生产指定 Bean 的实例对象
  else {
    Object object = doGetObjectFromFactoryBean(factory, beanName);
    if (shouldPostProcess) {
       try {
          object = postProcessObjectFromFactoryBean(object, beanName);
       }
       catch (Throwable ex) {
          throw new BeanCreationException(beanName, "Post-processing of FactoryBean's object failed", ex);
       }
    }
    return object;
  }
}

//调用 Bean 工厂的 getObject 方法生产指定 Bean 的实例对象
private Object doGetObjectFromFactoryBean(final FactoryBean<?> factory, final String beanName)
     throws BeanCreationException {

  Object object;
  try {
    if (System.getSecurityManager() != null) {
       AccessControlContext acc = getAccessControlContext();
       try {
          //实现 PrivilegedExceptionAction 接口的匿名内置类
          //根据 JVM 检查权限，然后决定 BeanFactory 创建实例对象
          object = AccessController.doPrivileged((PrivilegedExceptionAction<Object>) () ->
                factory.getObject(), acc);
       }
       catch (PrivilegedActionException pae) {
          throw pae.getException();
```

```
            }
        }
        else {
            //调用 BeanFactory 接口实现类的创建对象方法
            object = factory.getObject();
        }
    }
    catch (FactoryBeanNotInitializedException ex) {
        throw new BeanCurrentlyInCreationException(beanName, ex.toString());
    }
    catch (Throwable ex) {
        throw new BeanCreationException(beanName, "FactoryBean threw exception on object creation", ex);
    }

    //创建出来的实例对象为 null，或者因为单态对象正在创建而返回 null
    if (object == null) {
        if (isSingletonCurrentlyInCreation(beanName)) {
            throw new BeanCurrentlyInCreationException(
                    beanName, "FactoryBean which is currently in creation returned null from getObject");
        }
        object = new NullBean();
    }
    return object;
}
```

从上面的源码分析中，我们可以看出，BeanFactory 接口调用其实现类的 getObject 方法来实现创建 Bean 实例对象的功能。

(4).工厂 Bean 的实现类 getObject 方法创建 Bean 实例对象：

FactoryBean 的实现类有非常多，比如：Proxy、RMI、JNDI、ServletContextFactoryBean 等等，FactoryBean 接口为 Spring 容器提供了一个很好的封装机制，具体的 getObject 有不同的实现类根据不同的实现策略来具体提供，我们分析一个最简单的 AnnotationTestFactoryBean 的实现源码：

```
public class AnnotationTestBeanFactory implements FactoryBean<FactoryCreatedAnnotationTestBean> {
    private final FactoryCreatedAnnotationTestBean instance = new FactoryCreatedAnnotationTestBean();
    public AnnotationTestBeanFactory() {
        this.instance.setName("FACTORY");
    }
    @Override
    public FactoryCreatedAnnotationTestBean getObject() throws Exception {
        return this.instance;
    }
    //AnnotationTestBeanFactory 产生 Bean 实例对象的实现
    @Override
    public Class<? extends IJmxTestBean> getObjectType() {
```

```
        return FactoryCreatedAnnotationTestBean.class;
    }
    @Override
    public boolean isSingleton() {
        return true;
    }
}
```

其他的 Proxy，RMI，JNDI 等等，都是根据相应的策略提供 getObject 的实现。这里不做一一分析，这已经不是 Spring 的核心功能，有需要的时候再去深入研究。

4.BeanPostProcessor 后置处理器的实现：

BeanPostProcessor 后置处理器是 Spring IOC 容器经常使用到的一个特性，这个 Bean 后置处理器是一个监听器，可以监听容器触发的 Bean 声明周期事件。后置处理器向容器注册以后，容器中管理的 Bean 就具备了接收 IOC 容器事件回调的能力。

BeanPostProcessor 的使用非常简单，只需要提供一个实现接口 BeanPostProcessor 的实现类，然后在 Bean 的配置文件中设置即可。

(1).BeanPostProcessor 的源码如下：

```
public interface BeanPostProcessor {

    //为在 Bean 的初始化前提供回调入口
    @Nullable
    default Object postProcessBeforeInitialization(Object bean, String beanName) throws BeansException {
        return bean;
    }

    //为在 Bean 的初始化之后提供回调入口
    @Nullable
    default Object postProcessAfterInitialization(Object bean, String beanName) throws BeansException {
        return bean;
    }

}
```

这两个回调的入口都是和容器管理的 Bean 的生命周期事件紧密相关，可以为用户提供在 Spring IOC 容器初始化 Bean 过程中自定义的处理操作。

(2).AbstractAutowireCapableBeanFactory 类对容器生成的 Bean 添加后置处理器：

BeanPostProcessor 后置处理器的调用发生在 Spring IOC 容器完成对 Bean 实例对象的创建和属性的依赖注入完成之后，在对 Spring 依赖注入的源码分析过程中我们知道，当应用程序第一次调用 getBean 方法(lazy-init 预实例化除外)向 Spring IOC 容器索取指定 Bean 时触发 Spring IOC 容器创建 Bean 实例对象并进行依赖注入的过程，其中真正实现创建 Bean 对象并进行依赖注入的方法是 AbstractAutowireCapableBeanFactory 类的 doCreateBean 方法，主要源码如下：

```
//真正创建 Bean 的方法
protected Object doCreateBean(final String beanName, final RootBeanDefinition mbd, final @Nullable Object[] args)
      throws BeanCreationException {

   //创建 Bean 实例对象

    ...

   Object exposedObject = bean;
   try {
      //对 Bean 属性进行依赖注入
      populateBean(beanName, mbd, instanceWrapper);
      //在对 Bean 实例对象生成和依赖注入完成以后，开始对 Bean 实例对象
      //进行初始化 ，为 Bean 实例对象应用 BeanPostProcessor 后置处理器
      exposedObject = initializeBean(beanName, exposedObject, mbd);
   }
   catch (Throwable ex) {
      if (ex instanceof BeanCreationException && beanName.equals(((BeanCreationException) ex).getBeanName())) {
         throw (BeanCreationException) ex;
      }
      else {
         throw new BeanCreationException(
               mbd.getResourceDescription(), beanName, "Initialization of bean failed", ex);
      }
   }

   ...

  //为应用返回所需要的实例对象
   return exposedObject;
}
```

从上面的代码中我们知道，为 Bean 实例对象添加 BeanPostProcessor 后置处理器的入口的是 initializeBean 方法。

(3).initializeBean 方法为容器产生的 Bean 实例对象添加 BeanPostProcessor 后置处理器：

同样在 AbstractAutowireCapableBeanFactory 类中，initializeBean 方法实现为容器创建的 Bean 实例对象添加 BeanPostProcessor 后置处理器，源码如下：

```
//初始容器创建的 Bean 实例对象，为其添加 BeanPostProcessor 后置处理器
protected Object initializeBean(final String beanName, final Object bean, @Nullable RootBeanDefinition mbd) {
   //JDK 的安全机制验证权限
   if (System.getSecurityManager() != null) {
      //实现 PrivilegedAction 接口的匿名内部类
      AccessController.doPrivileged((PrivilegedAction<Object>) () -> {
         invokeAwareMethods(beanName, bean);
```

```
            return null;
        }, getAccessControlContext());
    }
    else {
        //为 Bean 实例对象包装相关属性，如名称，类加载器，所属容器等信息
        invokeAwareMethods(beanName, bean);
    }

    Object wrappedBean = bean;
    //对 BeanPostProcessor 后置处理器的 postProcessBeforeInitialization
    //回调方法的调用，为 Bean 实例初始化前做一些处理
    if (mbd == null || !mbd.isSynthetic()) {
        wrappedBean = applyBeanPostProcessorsBeforeInitialization(wrappedBean, beanName);
    }

    //调用 Bean 实例对象初始化的方法，这个初始化方法是在 Spring Bean 定义配置
    //文件中通过 init-Method 属性指定的
    try {
        invokeInitMethods(beanName, wrappedBean, mbd);
    }
    catch (Throwable ex) {
        throw new BeanCreationException(
                (mbd != null ? mbd.getResourceDescription() : null),
                beanName, "Invocation of init Method failed", ex);
    }
    //对 BeanPostProcessor 后置处理器的 postProcessAfterInitialization
    //回调方法的调用，为 Bean 实例初始化之后做一些处理
    if (mbd == null || !mbd.isSynthetic()) {
        wrappedBean = applyBeanPostProcessorsAfterInitialization(wrappedBean, beanName);
    }

    return wrappedBean;
}

@Override
//调用 BeanPostProcessor 后置处理器实例对象初始化之前的处理方法
public Object applyBeanPostProcessorsBeforeInitialization(Object existingBean, String beanName)
        throws BeansException {
    Object result = existingBean;
    //遍历容器为所创建的 Bean 添加的所有 BeanPostProcessor 后置处理器
    for (BeanPostProcessor beanProcessor : getBeanPostProcessors()) {
        //调用 Bean 实例所有的后置处理中的初始化前处理方法，为 Bean 实例对象在
        //初始化之前做一些自定义的处理操作
        Object current = beanProcessor.postProcessBeforeInitialization(result, beanName);
```

```
      if (current == null) {
         return result;
      }
      result = current;
   }
   return result;
}

@Override
//调用 BeanPostProcessor 后置处理器实例对象初始化之后的处理方法
public Object applyBeanPostProcessorsAfterInitialization(Object existingBean, String beanName)
      throws BeansException {

   Object result = existingBean;
   //遍历容器为所创建的 Bean 添加的所有 BeanPostProcessor 后置处理器
   for (BeanPostProcessor beanProcessor : getBeanPostProcessors()) {
      //调用 Bean 实例所有的后置处理中的初始化后处理方法，为 Bean 实例对象在
      //初始化之后做一些自定义的处理操作
      Object current = beanProcessor.postProcessAfterInitialization(result, beanName);
      if (current == null) {
         return result;
      }
      result = current;
   }
   return result;
}
```

BeanPostProcessor 是一个接口，其初始化前的操作方法和初始化后的操作方法均委托其实现子类来实现，在 Spring 中，BeanPostProcessor 的实现子类非常的多，分别完成不同的操作，如：AOP 面向切面编程的注册通知适配器、Bean 对象的数据校验、Bean 继承属性/方法的合并等等，我们以最简单的 AOP 切面织入来简单了解其主要的功能。

(4).AdvisorAdapterRegistrationManager 在 Bean 对象初始化后注册通知适配器：

AdvisorAdapterRegistrationManager 是 BeanPostProcessor 的一个实现类，其主要的作用为容器中管理的 Bean 注册一个面向切面编程的通知适配器，以便在 Spring 容器为所管理的 Bean 进行面向切面编程时提供方便，其源码如下：

```
//为容器中管理的 Bean 注册一个面向切面编程的通知适配器
public class AdvisorAdapterRegistrationManager implements BeanPostProcessor {

   //容器中负责管理切面通知适配器注册的对象
   private AdvisorAdapterRegistry advisorAdapterRegistry = GlobalAdvisorAdapterRegistry.getInstance();

   public void setAdvisorAdapterRegistry(AdvisorAdapterRegistry advisorAdapterRegistry) {
      //如果容器创建的 Bean 实例对象是一个切面通知适配器，则向容器的注册
```

```
        this.advisorAdapterRegistry = advisorAdapterRegistry;
    }
    //BeanPostProcessor 在 Bean 对象初始化后的操作
    @Override
    public Object postProcessBeforeInitialization(Object bean, String beanName) throws BeansException {
        return bean;
    }

    //BeanPostProcessor 在 Bean 对象初始化前的操作
    @Override
    public Object postProcessAfterInitialization(Object bean, String beanName) throws BeansException {
        if (bean instanceof AdvisorAdapter){
            this.advisorAdapterRegistry.registerAdvisorAdapter((AdvisorAdapter) bean);
        }
        //没有做任何操作，直接返回容器创建的 Bean 对象
        return bean;
    }

}
```

其他的 BeanPostProcessor 接口实现类的也类似，都是对 Bean 对象使用到的一些特性进行处理，或者向 IOC 容器中注册，为创建的 Bean 实例对象做一些自定义的功能增加，这些操作是容器初始化 Bean 时自动触发的，不需要认为的干预。

5.Spring IOC 容器 autowiring 实现原理：

Spring IOC 容器提供了两种管理 Bean 依赖关系的方式：

a.显式管理：通过 BeanDefinition 的属性值和构造方法实现 Bean 依赖关系管理。

b.autowiring：Spring IOC 容器的依赖自动装配功能，不需要对 Bean 属性的依赖关系做显式的声明，只需要在配置好 autowiring 属性，IOC 容器会自动使用反射查找属性的类型和名称，然后基于属性的类型或者名称来自动匹配容器中管理的 Bean，从而自动地完成依赖注入。

通过对 autowiring 自动装配特性的理解，我们知道容器对 Bean 的自动装配发生在容器对 Bean 依赖注入的过程中。在前面对 Spring IOC 容器的依赖注入过程源码分析中，我们已经知道了容器对 Bean 实例对象的属性注入的处理发生在 AbstractAutoWireCapableBeanFactory 类中的 populateBean 方法中，我们通过程序流程分析 autowiring 的实现原理：

(1). AbstractAutoWireCapableBeanFactory 对 Bean 实例进行属性依赖注入：

应用第一次通过 getBean 方法(配置了 lazy-init 预实例化属性的除外)向 IOC 容器索取 Bean 时，容器创建 Bean 实例对象，并且对 Bean 实例对象进行属性依赖注入，AbstractAutoWireCapableBeanFactory 的 populateBean 方法就是实现 Bean 属性依赖注入的功能，其主要源码如下：

```
//将 Bean 属性设置到生成的实例对象上
protected void populateBean(String beanName, RootBeanDefinition mbd, @Nullable BeanWrapper bw) {
```

```
if (bw == null) {
   if (mbd.hasPropertyValues()) {
      throw new BeanCreationException(
            mbd.getResourceDescription(), beanName, "Cannot apply property values to null instance");
   }
   else {
      // Skip property population phase for null instance.
      return;
   }
}

boolean continueWithPropertyPopulation = true;

if (!mbd.isSynthetic() && hasInstantiationAwareBeanPostProcessors()) {
   for (BeanPostProcessor bp : getBeanPostProcessors()) {
      if (bp instanceof InstantiationAwareBeanPostProcessor) {
         InstantiationAwareBeanPostProcessor ibp = (InstantiationAwareBeanPostProcessor) bp;
         if (!ibp.postProcessAfterInstantiation(bw.getWrappedInstance(), beanName)) {
            continueWithPropertyPopulation = false;
            break;
         }
      }
   }
}

if (!continueWithPropertyPopulation) {
   return;
}
//获取容器在解析 Bean 定义资源时为 BeanDefiniton 中设置的属性值
PropertyValues pvs = (mbd.hasPropertyValues() ? mbd.getPropertyValues() : null);

//对依赖注入处理，首先处理 autowiring 自动装配的依赖注入
if (mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_NAME ||
      mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_TYPE) {
   MutablePropertyValues newPvs = new MutablePropertyValues(pvs);

   //根据 Bean 名称进行 autowiring 自动装配处理
   if (mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_NAME) {
      autowireByName(beanName, mbd, bw, newPvs);
   }

   //根据 Bean 类型进行 autowiring 自动装配处理
   if (mbd.getResolvedAutowireMode() == RootBeanDefinition.AUTOWIRE_BY_TYPE) {
      autowireByType(beanName, mbd, bw, newPvs);
```

```
        }

        pvs = newPvs;
    }

    //对非 autowiring 的属性进行依赖注入处理
    ...
}
```

(2).Spring IOC 容器根据 Bean 名称或者类型进行 autowiring 自动依赖注入：

```
//根据类型对属性进行自动依赖注入
protected void autowireByType(
        String beanName, AbstractBeanDefinition mbd, BeanWrapper bw, MutablePropertyValues pvs) {

    //获取用户定义的类型转换器
    TypeConverter converter = getCustomTypeConverter();
    if (converter == null) {
        converter = bw;
    }

    //存放解析的要注入的属性
    Set<String> autowiredBeanNames = new LinkedHashSet<>(4);
    //对 Bean 对象中非简单属性(不是简单继承的对象，如 8 中原始类型，字符
    //URL 等都是简单属性)进行处理
    String[] propertyNames = unsatisfiedNonSimpleProperties(mbd, bw);
    for (String propertyName : propertyNames) {
        try {
            //获取指定属性名称的属性描述器
            PropertyDescriptor pd = bw.getPropertyDescriptor(propertyName);
            // Don't try autowiring by type for type Object: never makes sense,
            // even if it technically is a unsatisfied, non-simple property.
            //不对 Object 类型的属性进行 autowiring 自动依赖注入
            if (Object.class != pd.getPropertyType()) {
                //获取属性的 setter 方法
                MethodParameter MethodParam = BeanUtils.getWriteMethodParameter(pd);
                // Do not allow eager init for type matching in case of a prioritized post-processor.
                //检查指定类型是否可以被转换为目标对象的类型
                boolean eager = !PriorityOrdered.class.isInstance(bw.getWrappedInstance());
                //创建一个要被注入的依赖描述
                DependencyDescriptor desc = new AutowireByTypeDependencyDescriptor(MethodParam, eager);
                //根据容器的 Bean 定义解析依赖关系，返回所有要被注入的 Bean 对象
                Object autowiredArgument = resolveDependency(desc, beanName, autowiredBeanNames, converter);
                if (autowiredArgument != null) {
                    //为属性赋值所引用的对象
                    pvs.add(propertyName, autowiredArgument);
```

```
            }
            for (String autowiredBeanName : autowiredBeanNames) {
               //指定名称属性注册依赖 Bean 名称，进行属性依赖注入
               registerDependentBean(autowiredBeanName, beanName);
               if (logger.isDebugEnabled()) {
                  logger.debug("Autowiring by type from bean name '" + beanName + "' via property '" +
                        propertyName + "' to bean named '" + autowiredBeanName + "'");
               }
            }
            //释放已自动注入的属性
            autowiredBeanNames.clear();
         }
      }
      catch (BeansException ex) {
         throw new UnsatisfiedDependencyException(mbd.getResourceDescription(), beanName, propertyName, ex);
      }
   }
}
```

通过上面的源码分析，我们可以看出来通过属性名进行自动依赖注入的相对比通过属性类型进行自动依赖注入要稍微简单一些，但是真正实现属性注入的是 DefaultSingletonBeanRegistry 类的 registerDependentBean 方法。

(3).DefaultSingletonBeanRegistry 的 registerDependentBean 方法对属性注入：

```
//为指定的 Bean 注入依赖的 Bean
public void registerDependentBean(String beanName, String dependentBeanName) {
   //处理 Bean 名称，将别名转换为规范的 Bean 名称
   String canonicalName = canonicalName(beanName);
   Set<String> dependentBeans = this.dependentBeanMap.get(canonicalName);
   if (dependentBeans != null && dependentBeans.contains(dependentBeanName)) {
      return;
   }

   // No entry yet -> fully synchronized manipulation of the dependentBeans Set
   //多线程同步，保证容器内数据的一致性
   //先从容器中：bean 名称-->全部依赖 Bean 名称集合找查找给定名称 Bean 的依赖 Bean
   synchronized (this.dependentBeanMap) {
      //获取给定名称 Bean 的所有依赖 Bean 名称
      dependentBeans = this.dependentBeanMap.get(canonicalName);
      if (dependentBeans == null) {
         //为 Bean 设置依赖 Bean 信息
         dependentBeans = new LinkedHashSet<>(8);
         this.dependentBeanMap.put(canonicalName, dependentBeans);
      }
      //向容器中：bean 名称-->全部依赖 Bean 名称集合添加 Bean 的依赖信息
```

```
            //即，将 Bean 所依赖的 Bean 添加到容器的集合中
            dependentBeans.add(dependentBeanName);
        }
        //从容器中：bean 名称-->指定名称 Bean 的依赖 Bean 集合找查找给定名称 Bean 的依赖 Bean
        synchronized (this.dependenciesForBeanMap) {
            Set<String> dependenciesForBean = this.dependenciesForBeanMap.get(dependentBeanName);
            if (dependenciesForBean == null) {
                dependenciesForBean = new LinkedHashSet<>(8);
                this.dependenciesForBeanMap.put(dependentBeanName, dependenciesForBean);
            }
            //向容器中：bean 名称-->指定 Bean 的依赖 Bean 名称集合添加 Bean 的依赖信息
            //即，将 Bean 所依赖的 Bean 添加到容器的集合中
            dependenciesForBean.add(canonicalName);
        }
    }
```

通过对 autowiring 的源码分析，我们可以看出，autowiring 的实现过程：

a.对 Bean 的属性代调用 getBean 方法，完成依赖 Bean 的初始化和依赖注入。

b.将依赖 Bean 的属性引用设置到被依赖的 Bean 属性上。

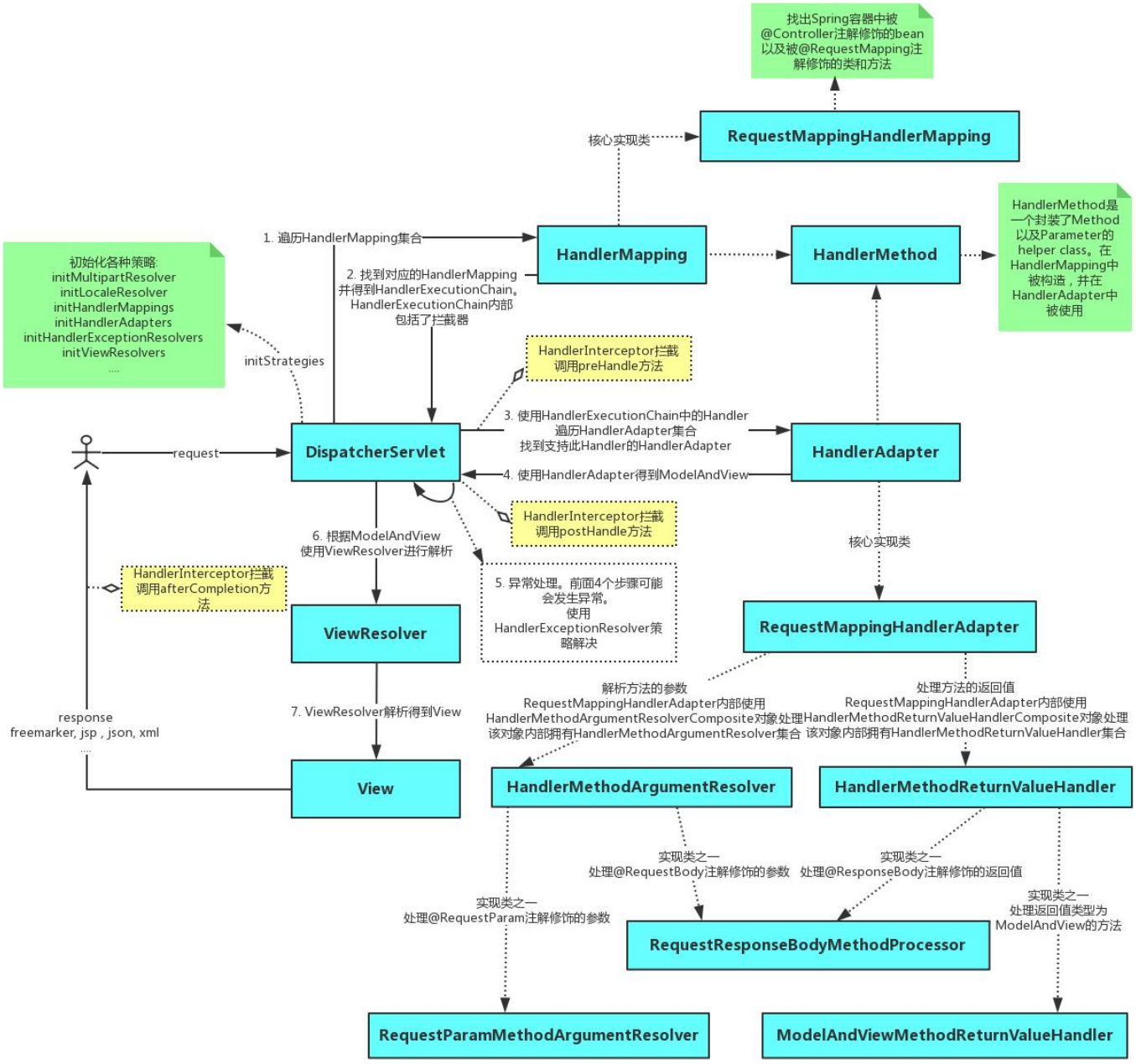
c.将依赖 Bean 的名称和被依赖 Bean 的名称存储在 IOC 容器的集合中。

Spring IOC 容器的 autowiring 属性自动依赖注入是一个很方便的特性，可以简化开发时的配置，但是凡是都有两面性，自动属性依赖注入也有不足，首先，Bean 的依赖关系在配置文件中无法很清楚地看出来，对于维护造成一定困难。其次，由于自动依赖注入是 Spring 容器自动执行的，容器是不会智能判断的，如果配置不当，将会带来无法预料的后果，所以自动依赖注入特性在使用时还是综合考虑。

4.7、Spring MVC 设计原理及手写实现

5.9.1 Spring MVC 请求处理流程

引用 Spring in Action 上的一张图来说明了 SpringMVC 的核心组件和请求处理流程：



①: DispatcherServlet 是 SpringMVC 中的前端控制器(Front Controller),负责接收 Request 并将 Request 转发给对应的处理组件.

②: HanlerMapping 是 SpringMVC 中完成 url 到 Controller 映射的组件.DispatcherServlet 接收 Request,然后从 HandlerMapping 查找处理 Request 的 Controller.

③: Cntroller 处理 Request,并返回 ModelAndView 对象,Controller 是 SpringMVC 中负责处理 Request 的组件(类似于 Struts2 中的 Action),ModelAndView 是封装结果视图的组件.

④ ⑤ ⑥: 视图解析器解析 ModelAndView 对象并返回对应的视图给客户端.

5.9.2 Spring MVC 的工作机制

在容器初始化时会建立所有 url 和 Controller 的对应关系，保存到 Map<url,Controller>中.Tomcat 启动时会通知 Spring 初始化容器(加载 Bean 的定义信息和初始化所有单例 Bean)，然后 SpringMVC 会遍历容器中的 Bean，获取每一个 Controller 中的所有方法访问的 url，然后将 url 和 Controller 保存到一个 Map 中；

这样就可以根据 Request 快速定位到 Controller，因为最终处理 Request 的是 Controller 中的方法，Map 中只保留了 url 和 Controller 中的对应关系，所以要根据 Request 的 url 进一步确认 Controller 中的 Method，这一步工作的原理就是拼接 Controller 的 url(Controller 上@RequestMapping 的值)和方法的 url(Method 上@RequestMapping 的值)，与 request 的 url 进行匹配，找到匹配的那个方法；

确定处理请求的 Method 后，接下来的任务就是参数绑定，把 Request 中参数绑定到方法的形式参数上，这一步是整个请求处理过程中最复杂的一个步骤。SpringMVC 提供了两种 Request 参数与方法形参的绑定方法：

① 通过注解进行绑定，@RequestParam

② 通过参数名称进行绑定.

使用注解进行绑定，我们只要在方法参数前面声明@RequestParam("a")，就可以将 Request 中参数 a 的值绑定到方法的该参数上.使用参数名称进行绑定的前提是必须要获取方法中参数的名称，Java 反射只提供了获取方法的参数的类型，并没有提供获取参数名称的方法.SpringMVC 解决这个问题的方法是用 asm 框架读取字节码文件，来获取方法的参数名称.asm 框架是一个字节码操作框架，关于 asm 更多介绍可以参考它的官网。个人建议，使用注解来完成参数绑定，这样就可以省去 asm 框架的读取字节码的操作。

5.9.3 Spring MVC 源码分析

我们根据工作机制中三部分来分析 SpringMVC 的源代码.。

其一，ApplicationContext 初始化时建立所有 url 和 Controller 类的对应关系(用 Map 保存)；

其二，根据请求 url 找到对应的 Controller，并从 Controller 中找到处理请求的方法；

其三，request 参数绑定到方法的形参，执行方法处理请求，并返回结果视图.

第一步、建立 Map<urls,Controller>的关系

我们首先看第一个步骤，也就是建立 Map<url,Controller>关系的部分.第一部分的入口类为 ApplicationObjectSupport 的 setApplicationContext 方法.setApplicationContext 方法中核心部分就是初始化容器 initApplicationContext(context)，子类 AbstractDetectingUrlHandlerMapping 实现了该方法，所以我们直接看子类中的初始化容器方法。

```
@Override
public void initApplicationContext() throws ApplicationContextException {
   super.initApplicationContext();
   detectHandlers();
}
```

```
/**
 * 建立当前 ApplicationContext 中的所有 Controller 和 url 的对应关系
 */
protected void detectHandlers() throws BeansException {
   ApplicationContext applicationContext = obtainApplicationContext();
   if (logger.isDebugEnabled()) {
      logger.debug("Looking for URL mappings in application context: " + applicationContext);
   }
   // 获取 ApplicationContext 容器中所有 bean 的 Name
   String[] beanNames = (this.detectHandlersInAncestorContexts ?
         BeanFactoryUtils.beanNamesForTypeIncludingAncestors(applicationContext, Object.class) :
         applicationContext.getBeanNamesForType(Object.class));

   // 遍历 beanNames,并找到这些 bean 对应的 url
   for (String beanName : beanNames) {
      // 找 bean 上的所有 url(Controller 上的 url+方法上的 url),该方法由对应的子类实现
      String[] urls = determineUrlsForHandler(beanName);
      if (!ObjectUtils.isEmpty(urls)) {
         // 保存 urls 和 beanName 的对应关系,put it to Map<urls,beanName>,该方法在父类 AbstractUrlHandlerMapping 中
实现
         registerHandler(urls, beanName);
      }
      else {
         if (logger.isDebugEnabled()) {
            logger.debug("Rejected bean name '" + beanName + "': no URL paths identified");
         }
      }
   }
}

/** 获取 Controller 中所有方法的 url,由子类实现,典型的模板模式 **/
protected abstract String[] determineUrlsForHandler(String beanName);
```

determineUrlsForHandler(String beanName)方法的作用是获取每个 Controller 中的 url,不同的子类有不同的实现,这是一个典型的模板设计模式.因为开发中我们用的最多的就是用注解来配置 Controller 中的 url,BeanNameUrlHandlerMapping 是 AbstractDetectingUrlHandlerMapping 的子类,处理注解形式的 url 映射.所以我们这里以 BeanNameUrlHandlerMapping 来进行分析.我们看 BeanNameUrlHandlerMapping 是如何查 beanName 上所有映射的 url.

```
/**
 * 获取 Controller 中所有的 url
 */
@Override
protected String[] determineUrlsForHandler(String beanName) {
```

```
    List<String> urls = new ArrayList<>();
    if (beanName.startsWith("/")) {
        urls.add(beanName);
    }
    String[] aliases = obtainApplicationContext().getAliases(beanName);
    for (String alias : aliases) {
        if (alias.startsWith("/")) {
            urls.add(alias);
        }
    }
    return StringUtils.toStringArray(urls);
}
```

到这里 HandlerMapping 组件就已经建立所有 url 和 Controller 的对应关系。

第二步、根据访问 url 找到对应的 Controller 中处理请求的方法

下面我们开始分析第二个步骤,第二个步骤是由请求触发的,所以入口为 DispatcherServlet 的核心方法为 doService(),doService()中的核心逻辑由 doDispatch()实现,我们查看 doDispatch()的源代码.

```
/** 中央控制器,控制请求的转发 **/
protected void doDispatch(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response) throws Exception {
    HttpServletRequest processedRequest = request;
    HandlerExecutionChain mappedHandler = null;
    boolean multipartRequestParsed = false;

    WebAsyncManager asyncManager = WebAsyncUtils.getAsyncManager(request);

    try {
        ModelAndView mv = null;
        Exception dispatchException = null;

        try {
            // 1.检查是否是文件上传的请求
            processedRequest = checkMultipart(request);
            multipartRequestParsed = (processedRequest != request);

            // 2.取得处理当前请求的 Controller,这里也称为 hanlder,处理器,
            //   第一个步骤的意义就在这里体现了.这里并不是直接返回 Controller,
            //   而是返回的 HandlerExecutionChain 请求处理器链对象,
            //   该对象封装了 handler 和 interceptors.
            mappedHandler = getHandler(processedRequest);
            // 如果 handler 为空,则返回 404
            if (mappedHandler == null) {
                noHandlerFound(processedRequest, response);
                return;
```

```
        }

        //3. 获取处理 request 的处理器适配器 handler adapter
        HandlerAdapter ha = getHandlerAdapter(mappedHandler.getHandler());

        // 处理 last-modified 请求头
        String Method = request.getMethod();
        boolean isGet = "GET".equals(Method);
        if (isGet || "HEAD".equals(Method)) {
           long lastModified = ha.getLastModified(request, mappedHandler.getHandler());
           if (logger.isDebugEnabled()) {
              logger.debug("Last-Modified value for [" + getRequestUri(request) + "] is: " + lastModified);
           }
           if (new ServletWebRequest(request, response).checkNotModified(lastModified) && isGet) {
              return;
           }
        }

        if (!mappedHandler.applyPreHandle(processedRequest, response)) {
           return;
        }

        // 4.实际的处理器处理请求,返回结果视图对象
        mv = ha.handle(processedRequest, response, mappedHandler.getHandler());

        if (asyncManager.isConcurrentHandlingStarted()) {
           return;
        }

        // 结果视图对象的处理
        applyDefaultViewName(processedRequest, mv);
        mappedHandler.applyPostHandle(processedRequest, response, mv);
     }
     catch (Exception ex) {
        dispatchException = ex;
     }
     catch (Throwable err) {
        dispatchException = new NestedServletException("Handler dispatch failed", err);
     }
     processDispatchResult(processedRequest, response, mappedHandler, mv, dispatchException);
  }
  catch (Exception ex) {
     triggerAfterCompletion(processedRequest, response, mappedHandler, ex);
  }
```

```
    catch (Throwable err) {
        triggerAfterCompletion(processedRequest, response, mappedHandler,
                new NestedServletException("Handler processing failed", err));
    }
    finally {
        if (asyncManager.isConcurrentHandlingStarted()) {
            if (mappedHandler != null) {
                // 请求成功响应之后的方法
                mappedHandler.applyAfterConcurrentHandlingStarted(processedRequest, response);
            }
        }
        else {
            if (multipartRequestParsed) {
                cleanupMultipart(processedRequest);
            }
        }
    }
}
```

第 2 步:getHandler(processedRequest)方法实际上就是从 HandlerMapping 中找到 url 和 Controller 的对应关系.这也就是第一个步骤:建立 Map<url,Controller>的意义.我们知道,最终处理 Request 的是 Controller 中的方法,我们现在只是知道了 Controller,还要进一步确认 Controller 中处理 Request 的方法.由于下面的步骤和第三个步骤关系更加紧密,直接转到第三个步骤.

第三步、反射调用处理请求的方法，返回结果视图

上面的方法中,第 2 步其实就是从第一个步骤中的 Map<urls,beanName>中取得 Controller,然后经过拦截器的预处理方法,到最核心的部分--第 5 步调用 Controller 的方法处理请求.在第 2 步中我们可以知道处理 Request 的 Controller,第 5 步就是要根据 url 确定 Controller 中处理请求的方法,然后通过反射获取该方法上的注解和参数,解析方法和参数上的注解,最后反射调用方法获取 ModelAndView 结果视图。因为上面采用注解 url 形式说明的.第 5 步调用的就是 RequestMappingHandlerAdapter 的 handle()中的核心逻辑由 handleInternal(request, response, handler)实现。

```
@Override
protected ModelAndView handleInternal(HttpServletRequest request,
    HttpServletResponse response, HandlerMethod handlerMethod) throws Exception {

    ModelAndView mav;
    checkRequest(request);

    if (this.synchronizeOnSession) {
        HttpSession session = request.getSession(false);
        if (session != null) {
            Object mutex = WebUtils.getSessionMutex(session);
```

```
            synchronized (mutex) {
               mav = invokeHandlerMethod(request, response, handlerMethod);
            }
         }
         else {
            mav = invokeHandlerMethod(request, response, handlerMethod);
         }
      }
      else {
         mav = invokeHandlerMethod(request, response, handlerMethod);
      }

      if (!response.containsHeader(HEADER_CACHE_CONTROL)) {
         if (getSessionAttributesHandler(handlerMethod).hasSessionAttributes()) {
            applyCacheSeconds(response, this.cacheSecondsForSessionAttributeHandlers);
         }
         else {
            prepareResponse(response);
         }
      }

      return mav;
   }
```

这一部分的核心就在 2 和 4 了.先看第 2 步,通过 Request 找 Controller 的处理方法.实际上就是拼接 Controller 的 url 和方法的 url,与 Request 的 url 进行匹配,找到匹配的方法.

```
/** 根据 url 获取处理请求的方法 **/
@Override
protected HandlerMethod getHandlerInternal(HttpServletRequest request) throws Exception {
   // 如果请求 url 为,http://localhost:8080/web/hello.json, 则 lookupPath=web/hello.json
   String lookupPath = getUrlPathHelper().getLookupPathForRequest(request);
   if (logger.isDebugEnabled()) {
      logger.debug("Looking up handler method for path " + lookupPath);
   }
   this.mappingRegistry.acquireReadLock();
   try {
      // 遍历 Controller 上的所有方法,获取 url 匹配的方法
      HandlerMethod handlerMethod = lookupHandlerMethod(lookupPath, request);
      if (logger.isDebugEnabled()) {
         if (handlerMethod != null) {
            logger.debug("Returning handler method [" + handlerMethod + "]");
         }
         else {
            logger.debug("Did not find handler method for [" + lookupPath + "]");
         }
```

```
        }
        return (handlerMethod != null ? handlerMethod.createWithResolvedBean() : null);
    }
    finally {
        this.mappingRegistry.releaseReadLock();
    }
}
```

通过上面的代码,已经可以找到处理 Request 的 Controller 中的方法了,现在看如何解析该方法上的参数,并调用该方法。也就是执行方法这一步。执行方法这一步最重要的就是获取方法的参数,然后我们就可以反射调用方法了。

```
/** 获取处理请求的方法,执行并返回结果视图 **/
@Nullable
protected ModelAndView invokeHandlerMethod(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response, HandlerMethod handlerMethod) throws Exception {

    ServletWebRequest webRequest = new ServletWebRequest(request, response);
    try {
        WebDataBinderFactory binderFactory = getDataBinderFactory(handlerMethod);
        ModelFactory modelFactory = getModelFactory(handlerMethod, binderFactory);

        ServletInvocableHandlerMethod invocableMethod = createInvocableHandlerMethod(handlerMethod);
        if (this.argumentResolvers != null) {
            invocableMethod.setHandlerMethodArgumentResolvers(this.argumentResolvers);
        }
        if (this.returnValueHandlers != null) {
            invocableMethod.setHandlerMethodReturnValueHandlers(this.returnValueHandlers);
        }
        invocableMethod.setDataBinderFactory(binderFactory);
        invocableMethod.setParameterNameDiscoverer(this.parameterNameDiscoverer);

        ModelAndViewContainer mavContainer = new ModelAndViewContainer();
        mavContainer.addAllAttributes(RequestContextUtils.getInputFlashMap(request));
        modelFactory.initModel(webRequest, mavContainer, invocableMethod);
        mavContainer.setIgnoreDefaultModelOnRedirect(this.ignoreDefaultModelOnRedirect);

        AsyncWebRequest asyncWebRequest = WebAsyncUtils.createAsyncWebRequest(request, response);
        asyncWebRequest.setTimeout(this.asyncRequestTimeout);

        WebAsyncManager asyncManager = WebAsyncUtils.getAsyncManager(request);
        asyncManager.setTaskExecutor(this.taskExecutor);
        asyncManager.setAsyncWebRequest(asyncWebRequest);
        asyncManager.registerCallableInterceptors(this.callableInterceptors);
        asyncManager.registerDeferredResultInterceptors(this.deferredResultInterceptors);
```

```
        if (asyncManager.hasConcurrentResult()) {
            Object result = asyncManager.getConcurrentResult();
            mavContainer = (ModelAndViewContainer) asyncManager.getConcurrentResultContext()[0];
            asyncManager.clearConcurrentResult();
            if (logger.isDebugEnabled()) {
                logger.debug("Found concurrent result value [" + result + "]");
            }
            invocableMethod = invocableMethod.wrapConcurrentResult(result);
        }

        invocableMethod.invokeAndHandle(webRequest, mavContainer);
        if (asyncManager.isConcurrentHandlingStarted()) {
            return null;
        }

        return getModelAndView(mavContainer, modelFactory, webRequest);
    }
    finally {
        webRequest.requestCompleted();
    }
}
```

invocableMethod.invokeAndHandle 最终要实现的目的就是:完成 Request 中的参数和方法参数上数据的绑定。

SpringMVC 中提供两种 Request 参数到方法中参数的绑定方式:

① 通过注解进行绑定,@RequestParam

② 通过参数名称进行绑定.

使用注解进行绑定,我们只要在方法参数前面声明@RequestParam("a"),就可以将 request 中参数 a 的值绑定到方法的该参数上.使用参数名称进行绑定的前提是必须要获取方法中参数的名称,Java 反射只提供了获取方法的参数的类型,并没有提供获取参数名称的方法.SpringMVC 解决这个问题的方法是用 asm 框架读取字节码文件,来获取方法的参数名称.asm 框架是一个字节码操作框架,关于 asm 更多介绍可以参考它的官网.个人建议,使用注解来完成参数绑定,这样就可以省去 asm 框架的读取字节码的操作.

```
@Nullable
public Object invokeForRequest(NativeWebRequest request, @Nullable ModelAndViewContainer mavContainer,
        Object... providedArgs) throws Exception {

    Object[] args = getMethodArgumentValues(request, mavContainer, providedArgs);
```

```
   if (logger.isTraceEnabled()) {
      logger.trace("Invoking '" + ClassUtils.getQualifiedMethodName(getMethod(), getBeanType()) +
            "' with arguments " + Arrays.toString(args));
   }
   Object returnValue = doInvoke(args);
   if (logger.isTraceEnabled()) {
      logger.trace("Method [" + ClassUtils.getQualifiedMethodName(getMethod(), getBeanType()) +
            "] returned [" + returnValue + "]");
   }
   return returnValue;
}

private Object[] getMethodArgumentValues(NativeWebRequest request, @Nullable ModelAndViewContainer mavContainer,
      Object... providedArgs) throws Exception {
   MethodParameter[] parameters = getMethodParameters();
   Object[] args = new Object[parameters.length];
   for (int i = 0; i < parameters.length; i++) {
      MethodParameter parameter = parameters[i];
      parameter.initParameterNameDiscovery(this.parameterNameDiscoverer);
      args[i] = resolveProvidedArgument(parameter, providedArgs);
      if (args[i] != null) {
         continue;
      }
      if (this.argumentResolvers.supportsParameter(parameter)) {
         try {
            args[i] = this.argumentResolvers.resolveArgument(
                  parameter, mavContainer, request, this.dataBinderFactory);
            continue;
         }
         catch (Exception ex) {
            if (logger.isDebugEnabled()) {
               logger.debug(getArgumentResolutionErrorMessage("Failed to resolve", i), ex);
            }
            throw ex;
         }
      }
      if (args[i] == null) {
         throw new IllegalStateException("Could not resolve method parameter at index " +
               parameter.getParameterIndex() + " in " + parameter.getExecutable().toGenericString() +
               ": " + getArgumentResolutionErrorMessage("No suitable resolver for", i));
      }
   }
   return args;
}
```

关于 asm 框架获取方法参数的部分,这里就不再进行分析了.感兴趣的话自己去就能看到这个过程.

到这里,方法的参数值列表也获取到了,就可以直接进行方法的调用了.整个请求过程中最复杂的一步就是在这里了.ok,到这里整个请求处理过程的关键步骤都分析完了.理解了 SpringMVC 中的请求处理流程,整个代码还是比较清晰的.

5.9. 4 谈谈 Spring MVC 的优化

上面我们已经对 SpringMVC 的工作原理和源码进行了分析,在这个过程发现了几个优化点:

1.Controller 如果能保持单例,尽量使用单例,这样可以减少创建对象和回收对象的开销.也就是说,如果 Controller 的类变量和实例变量可以以方法形参声明的尽量以方法的形参声明,不要以类变量和实例变量声明,这样可以避免线程安全问题.

2.处理 Request 的方法中的形参务必加上@RequestParam 注解,这样可以避免 SpringMVC 使用 asm 框架读取 class 文件获取方法参数名的过程.即便 SpringMVC 对读取出的方法参数名进行了缓存,如果不要读取 class 文件当然是更加好.

3.阅读源码的过程中,发现 SpringMVC 并没有对处理 url 的方法进行缓存,也就是说每次都要根据请求 url 去匹配 Controller 中的方法 url,如果把 url 和 Method 的关系缓存起来,会不会带来性能上的提升呢?有点恶心的是,负责解析 url 和 Method 对应关系的 ServletHandlerMethodResolver 是一个 private 的内部类,不能直接继承该类增强代码,必须要该代码后重新编译.当然,如果缓存起来,必须要考虑缓存的线程安全问题。