HZ BOOKS

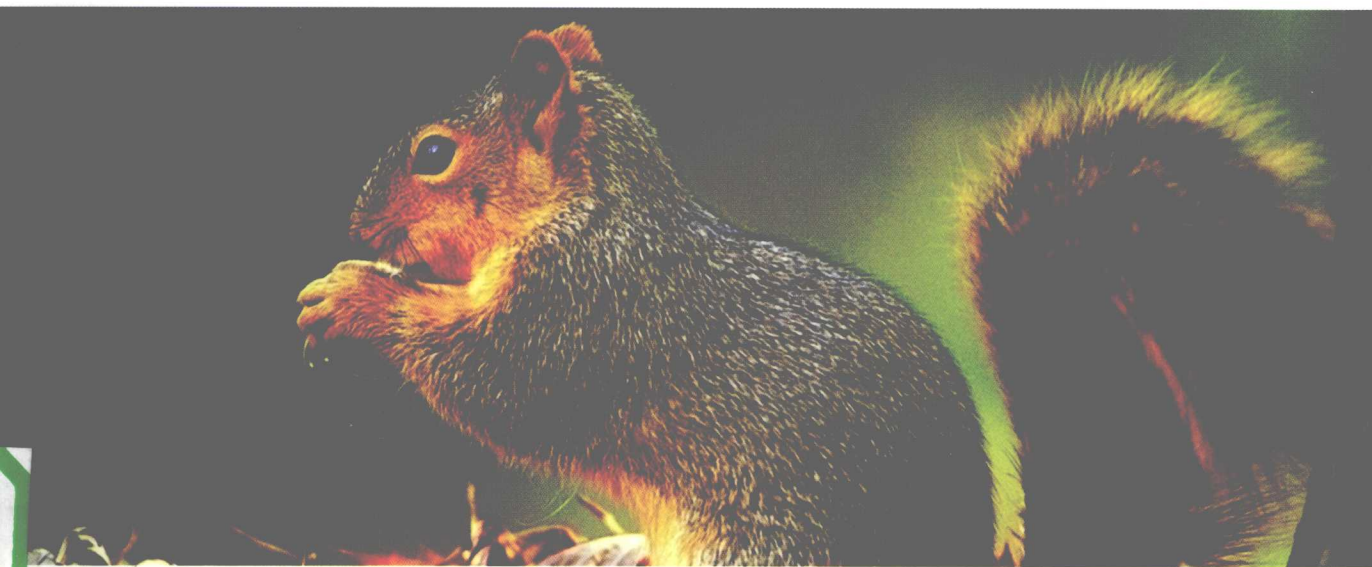
深度解读Spring 3.0源代码，Java社区和Spring社区一致鼎力推荐！

揭秘 系列丛书 UNLEASH

Spring Internals

Spring技术内幕

深入解析Spring架构与设计原理



计文柯◎著

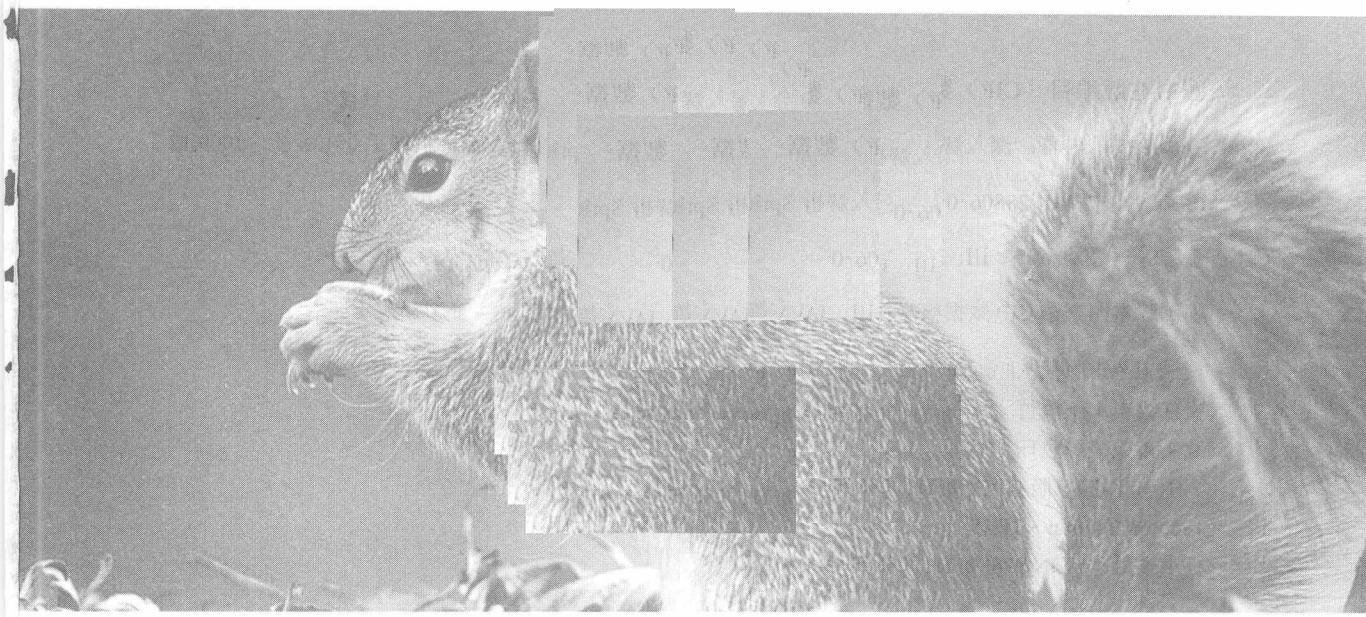
机械工业出版社
China Machine Press

揭秘 系列丛书 UNLEASH

Spring Internals

Spring技术内幕

深入解析Spring架构与设计原理



计文柯◎著

机械工业出版社
China Machine Press

本书是Spring领域的问鼎之作，由业界拥有10余年开发经验的资深Java专家亲自执笔！Java开发者社区和Spring开发者社区一致强烈推荐。

国内第一本基于Spring 3.0的著作，从源代码的角度对Spring的内核和各个主要功能模块的架构、设计和实现原理进行了深入剖析。你不仅能从本书中参透Spring框架的优秀架构和设计思想，而且还能从Spring优雅的实现源码中一窥Java语言的精髓。此外，本书还展示了阅读源代码的卓越方法，不仅授你以鱼，而且还授你以渔！

如果你以一种淡定的心态翻开这本书，无论你是Java程序员、Spring开发者，还是平台开发人员、系统架构师，抑或是对开源软件源代码着迷的代码狂人，都能从本书中受益。

图书在版编目（CIP）数据

Spring技术内幕：深入解析Spring架构与设计原理 / 计文柯著. —北京：机械工业出版社，2009.12

ISBN 978-7-111-28806-0

Ⅰ. S… Ⅱ. 计… Ⅲ. JAVA语言-程序设计 Ⅳ. TP312

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第209419号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号　邮政编码　100037）
责任编辑：李俊竹
北京市荣盛彩色印刷有限公司印刷
2010年1月第1版第1次印刷
186mm×240mm • 19.75印张
标准书号：ISBN 978-7-111-28806-0

定价：55.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
客服热线：（010）88378991；88361066
购书热线：（010）68326294；88379649；68995259
投稿热线：（010）88379604
读者信箱：hzjsj@hzbook.com

Praise 本书赞誉

作为一个有近 10 年历史的成功框架，Spring 在 Java 开发中具有举足轻重的作用。本书从源代码分析入手，对 Spring 的架构原理和设计思想进行了全面剖析，不仅能让我们更深入、更彻底地认识 Spring，领略 Spring 的架构之美和设计之美，而且更重要的是，它将全面提升我们的 Spring 开发技能。

——Spring 开发者社区

这是值得所有 Spring 开发者反复研读的一本书。Spring 是一个优秀的轻量级企业应用开发框架，是 Java 开发中最流行的工具之一，也是 Java 程序员必须熟练掌握的一门技术之一。本书从 Spring 实现原理的角度揭开了 Spring 的神秘面纱，使得我们在利用 Spring 进行开发时，不仅能知其然，还能知其所以然，从本质上提升我们对 Spring 的理解和开发水平。

——Spring 中文用户组

这是所有 Java 程序员应该认真阅读的一本书。Spring 框架主要是用 Java 语言来实现的，本书对大量经典的、优雅的 Spring 实现代码进行了赏析，不禁让我们感慨 Rod Johnson（Spring 之父）对 Java 语言的运用之精妙。如果能跟随本书穿越 Spring 源代码的丛林，也许我们对 Java 语言的理解和掌握将会有质的飞跃。

——中文 Java 技术网

这是所有软件架构师必备的一本书。成为一名出色的软件架构师，也许是每一位开发者的梦想。在成长为架构师的过程中，在实践中积累并总结经验固然很重要，但是从现有的成功架构中取经也是必不可少的。本书对 Spring 的各个功能模块的架构原理和设计思想进行了深入剖析，值得所有架构师用心体会和研究，必将受益匪浅。

——架构师中国

Preface 前 言

作为 Java 领域中最为成功的开源软件之一，Spring 在 Java 开发中，有不可替代的作用和地位。本书以 Spring 的源代码为依托，从内部实现的角度，对 Spring 的设计原理、架构和运行机制进行了翔实的分析。

忽如一夜春风来，伴随着 Rod Johnson 的 *Expert One-on-One J2EE Design and Development*（2002 年）一书的出版而正式发布的 Spring 框架（也就是当年的 interface21），经过这几年的发展，已经逐渐成熟起来。吹面不寒杨柳风，Spring 带来的崭新开发理念，也早已伴随着它的广泛应用而飞入寻常百姓家。

与此同时，随着 Spring 的不断成熟和完善，开源社区的成长，以及 Rod Johnson 的得力领导，以 Spring 为核心的一系列开源软件产品也越来越丰富，现已发展成为一个包括软件构建、开发、运行、部署整个软件生命周期的产品族群。Spring 不但改变了 Java EE 应用的开发和服务模式，向纯商业软件发起了强有力的挑战，而且已成为 Java 软件生态链中不可或缺的重要组成部分。它所具备的那种平易近人，但却内涵丰富的品质，对我们这些软件爱好者来说，实在是一个不可多得的学习范本。

简化 Java 企业级应用开发是 Spring 框架的目标。其轻量级的开发思想，为开发者提供便利的出发点（for the developer, to the developer and by the developer——这是 Rod Johnson 在一次演讲中的开场白），以及具有活力的开源社区，所有的这些，都为使用 Java 开发企业应用和 Web 应用带来了福音。

在 Java 企业应用中，与我们熟悉的企业应用服务器一样，Spring 也希望能够集成管理企业应用资源，以及为应用开发提供平台支持。在这一点上，Spring 与 UNIX 和 Windows 等传统意义上的操作系统在计算系统中起到的作用是类似的。不同点在于，传统操作系统关心的是存储、计算、通信、外围设备等这些物理资源的管理，并在管理这些资源的基础上为应用程序提供一个统一平台和服务接口；而 Spring 关心的是如何为开发者集中管理在 Java 企业应用和 Web 应用中涉及的数据持久化、事务处理、消息中间件、分布式计算等抽象资源，并在此基础上为应用提供了一个基于 POJO 的开发环境。尽管二者面向的资源、管理的对象、支持的应用，以及使用的场景不同，但它们在整个计算系统中的定位，却有着可以类比和相互参考之处。所以，笔者根据对传统操作系统的认识方法，粗浅地把对 Spring 框架的实现划分为核心、组件和应用这三个基本层次，通过对这三个层次中的一些主要特性的实现来剖析 Spring 的工作原理和运作机制。同时，也把这样的认识逻辑用来组织本书中需要阐述的内容。

在这样的层次划分中，首先看到的是对 IoC 容器和 AOP 这两个核心模块的工作原理的分析，它们都是 Spring 平台实现的核心部分；同时，它们也是 Spring 的其他模块实现的基础。虽然大多数开发者都只是在此基础上进行相关的配置和使用外部功能，但是深入理解这两个核心模块的工作原理和运作机制对于我们更好地使用 Spring 进行开发是至关重要的。因为 Spring 简化 Java EE 开发是通过对 POJO 开发提供支持来实现的。Spring 通过为基于 POJO 的开发模式提供支持，从而让应用开发与复杂的 Java EE 服务实现解耦，并由此通过提高单元测试覆盖率（也就是应用系统的可测试性）来有效地提高 Spring 应用的开发质量。在这样的开发场景下，需要把为 POJO 提供支持的各种 Java EE 服务支持抽象到 Spring 应用平台中去，并将其封装起来。具体地说，这一系列的封装工作在 Spring 及其应用实现中离不开 IoC 容器和 AOP 这两个核心模块的支持，它们很大程度上体现了 Spring 作为应用开发平台的核心价值。它们的实现是 Rod Johnson 在他的另外一本著作 *Expert One-on-One J2EE Development without EJB* 中，所提到“Without EJB 设计思想”的具体体现，同时，也深刻地体现了 Spring 背后的设计理念。

其次，在 IoC 容器和 AOP 这两个核心模块的支持下，Spring 为了简化 Java EE 开发，为应用开发提供了许多现成的用户态系统组件，比如事务处理、Web MVC、DBC、O/R 映射、远端调用等，通过这些系统组件为企业应用服务的实现提供驱动支持。这些由 Spring 或者其生态系统（其本身、子项目或者社区）提供的、类似于驱动模块般的系统组件是开发应用时经常会用到的 Java EE 服务抽象。Spring 让用户可以用 POJO 来开发具体的应用，而这些应用往往需要 Java EE 服务的有力支撑。通过使用 Spring 提供的这些类似于驱动组件的中间产品，通过这一层 Java EE 服务的抽象，用户可以通过使用简单的开发接口或者应用模板很方便地使用各种 Java EE 服务和灵活地选取提供这些服务的各种不同的具体实现方案。比如，可以在各种第三方开源软件或者商业产品中自由地选择。

Spring 作为一个开源项目，它本身就是一个开放的生态系统。对于与 Spring 相关的一些项目，可以把它们看作某个领域的用户应用，因为它们与 Spring 的实现紧密相关；或者，它们本身就作为 Spring 框架的应用案例，体现了许多使用 Spring 的技巧。这些都是我们开发应用的理想参考，比如 ACEGI 安全性框架和 petclinic 应用案例。一方面，可以把这些实现作为应用的一个基本方案加以裁剪，以满足特定领域的需求；另一方面，通过剖析这些应用，可以为应用开发提供很好的参考，提高开发效率。

从更深层次的技术层面上来看，因为 Spring 是基于 Java 语言的应用平台，如果我们能够对作为 Spring 的运行环境的 Java 计算模型（比如 JVM 的实现原理）有一些了解，将会加深我们对 Spring 实现原理的理解。反射机制、代理类、字节码技术等这些 JVM 特性都是在 Spring 实现中会涉及的一些 Java 计算环境的底层技术。一般的应用开发人员可能不会直接从事与 JVM 底层实现相关的工作，但是这些计算环境的底层知识对我们深入理解 Spring 是不可缺少的。

在本书的写作过程中，VMware 公司收购了 Spring 的运营者 Spring Source。此次商业收购一方面反映了开源软件中蕴含着的巨大商业价值，另一方面反映了 Spring 的发展趋势：与云计算融合，以及 Spring 为自己规划的云计算战略——成为 PaaS（Platform As a Service）服务的有力竞争者。在云计算这个全新的计算环境中，如何在发挥 Spring 在企业级应用开发中已经具备的优势的基础上，

为云计算应用的开发提供高可靠性、高可用性、高可扩展性和高性能的应用平台，是 Spring 团队面临的全新挑战。Spring 在这个崭新领域的雄心和作为让我们充满好奇和期待，我们拭目以待！

闲话说了这么多，很多读者可能已经有些迫不及待了，也许只有对 Spring 的实现身临其境地接触才是真实的，这里太多的文字已经成为一种累赘。本书将带领你到 Spring 的核心实现这个茂密而又充满生机的源代码丛林中去大胆地探寻和小心地求证。在这里，你会惊奇地发现：这个过程就像是阅读优美的散文或情节跌宕起伏的小说一样，是与开源软件开发者以及开发者社区的一种畅快淋漓的交流和对话，让人如痴如醉。

本书面向的读者

- 学习 Java 语言和 Java EE 技术的中高级开发者

Spring 是使用 Java 语言实现的，很多功能的源码实现都极其优秀，非常具有研究和参考价值。对这部分读者来说，不仅可以从本书中了解到 Spring 的实现原理，而且还能通过 Spring 的源代码，掌握一流的 Java 编码技巧和 Java EE 开发技术。

- Spring 应用开发人员

如果要利用 Spring 进行高级应用开发，抑或是相关的优化和扩展工作，仅仅掌握 Spring 的配置和基本使用是远远不够的，必须要对 Spring 框架的设计思想、架构和运作机制有一定的了解。对这部分读者而言，本书将带领他们全面了解 Spring 的实现原理，从而加深对 Spring 框架的理解，提高自己的开发水平。同时，本书可以作为他们定制和扩展 Spring 框架的参考资料。

- 开源软件爱好者

Spring 是开源软件中的佼佼者，它在实现的过程中吸收了很多开源领域的优秀思想，同时也有很多值得其他开源软件学习的创新。尤为值得一提的是，本书分析 Spring 源代码的方式也许值得所有想分析源代码的爱好者们学习和借鉴。通过阅读本书，这部分读者不仅能领略到开源软件的优秀思想，而且还能掌握分析源代码的方法和技巧，从而进一步提高使用开源软件的效率和质量。

- 平台开发人员和架构师

前面已经反复强调，Spring 的设计思想、架构和实现都非常优秀，是平台开发人员和架构师们不可多得的参考资料。

如何阅读本书

本书共分为三部分，分别剖析了 Spring 的核心、组件和经典应用的实现机理。阅读本书时，首先建议读者建立一个源代码阅读环境，这样一方面可以追踪最新的源代码实现，另一方面可以在阅读的过程中进行各种方式的索引和动手验证，加深对开源软件开发方式的体会。

第 1 章对如何建立源代码环境做了简要介绍。这些知识不但适用于建立 Spring 的源代码研究环境，而且还适用于其他的 Java 开源项目，有一定的普遍性和参考意义。对于不同的项目，其具体

使用的源代码管理工具、代码的位置、权限配置会有一些不同，但是整个源代码的获取过程与Spring是类似的。

第一部分详细分析了IoC容器和AOP的实现，这部分内容是理解Spring平台的基础，适合对Spring的运行机理有深入了解需求的读者阅读。在对AOP实现模块的分析中涉及一些JVM底层技术，这也是读者需要具备的背景知识。

第二部分深入阐述了基于IoC容器和AOP的Java EE组件在Spring中的实现。在这部分内容中可以看到，每一个组件实现的内容基本上都是相对独立的，读者可以结合自己的应用需求选读。比如，如果对Spring Web MVC的实现原理感兴趣，可以阅读第4章；如果对Spring提供的数据库操作的实现机制感兴趣，可以阅读第5章；如果对Spring提供的统一事务处理的实现感兴趣，可以阅读第6章；如果对Spring提供的各种不同的远端调用实现感兴趣，可以阅读第7章。

第三部分讲述了一些基于Spring的典型应用的实现。如果读者对在Spring应用中如何满足应用资源的安全性需求方面的内容感兴趣，可以阅读第8章，本章对为Spring应用提供安全服务的ACEGI框架的实现进行了分析，在深入了解这部分内容的基础上，读者可以根据自己的应用需要定制自己的安全系统。如果想了解一般企业应用的典型实现，比如Web MVC层的应用、数据库操作、O/R映射等特性在Spring应用中的具体使用，可以阅读第9章，本章中的petclinic应用为Spring应用开发提供了一个现实的应用实例，虽然简单，但却相对完整。这个应用实例是Spring团队的作品，是Spring项目的一部分。

读者可登录本书网站（http://www.springagile.cn）进行技术交流。

由于水平有限，再加上写作时的疏漏，书中难免还会存在许多需要改进之处。在此，欢迎读者朋友们指出书中存在的问题，并提出指导性意见，不甚感谢。如果大家有任何与本书相关的内容需要与我探讨，请申请加入华章俱乐部[⊖]并提出你的问题和看法，我会及时给予回复。最后，衷心希望本书能给大家带来帮助，祝大家阅读愉快！

⊖ http://groups.google.com/group/HZBOOK-for-readers-and-authors

Acknowledgment 致　谢

感谢父母、家人和各位好友，他们无私的关爱，是我能够完成本书写作的最基本动力。

感谢机械工业出版社华章分社的杨福川编辑和李俊竹编辑，本书得以呈现在广大读者面前，离不开他们的敬业精神和一丝不苟的努力。

同时，希望能够借此机会，感谢许许多多通过互联网结识的朋友。我们一起通过网络，对 Spring 的实现原理进行了广泛而深入的讨论。坦率地说，正是这些互动与支持，使我能够坚持下来，将本书的内容逐渐完善。

本书的最初内容以及得以出版的各种机遇，来源于发表在 JavaEye（http://www.javaeye.com）上的一系列帖子和博客（博客地址：http://jiwenke.javaeye.com），在这里，请允许我向立志成为“最棒的软件开发交流社区”的 JavaEye 表示由衷的敬意。

计文柯

2009 年 11 月

Contents 目 录

第 1 章

准备源代码环境

半亩方塘一鉴开，天光云影共徘徊。
问渠哪得清如许，为有源头活水来。
——【宋】朱熹 《观书有感》

1.1 安装 JDK

在开发 Spring 应用和分析 Spring 源代码之前，需要做一些准备工作，其中搭建 Java 环境是必不可少的。Spring 3.0 要求 Java 5 以上版本，JDK 需要 1.5 或 1.5 以上版本。如果 JDK 的版本低于 1.5，则可进入网站 http://Java.sun.com/javase/downloads 下载最新的 JDK 安装程序。

提示 安装完后，要检查 JDK 是否配置正确。某些第三方的程序会把自己的 JDK 路径加到系统 PATH 环境变量中。这样，即便安装最新版本的 JDK，系统还是会使用第三方程序所带的旧版本 JDK。这种情况下，Java 环境可能无法正常运行，手工修改系统 PATH 路径可以解决这个问题，比如重新设置 PATH 路径指向新 JDK 的安装路径。

1.2 安装 Eclipse

运行 Spring 只需要 JDK，但是一个好的开发环境和源代码阅读环境可以事半功倍。Eclipse 是最流行的 Java 集成开发环境之一，Eclipse 的 JDT 提供了良好的代码分析功能，它们是我们在分析 Spring 的实现原理过程中会用到的基本工具。比如，可以用 Eclipse 分析 Java 类和接口的继承关系、查看 Java 方法的调用关系、搜索代码等。

在 Eclipse 中分析 Java 类和接口的继承关系的具体做法如下：在代码区中选择需要的类和接口定义，然后使用右键选取 Open Type Hierarchy 或按快捷键【F4】，可以在 Hierarchy View 中看到继承关系，如图 1-1 所示。

在 Eclipse 中分析 Java 方法的调用关系的具体做法如下：在代码区中选择相应的方法定义，然后用右键选取 Open Call Hierarchy 或者按下快捷键【CTRL+ALT+H】，可以在 Call Hierarchy 视图中看到方法的调用关系，提供了逐层的方法调用追溯的功能，对查找方法的相互调用关系非常有用，如图 1-2 所示。

在 Eclipse 中使用搜索功能，使用菜单上的 Search 可以打开搜索对话框，搜索结果在 Search View 中显示。如果双击 Search View 中的搜索结果列表中的某一项，就可以直接打开该搜索结果对

应的出处，具体如图 1-3 所示。

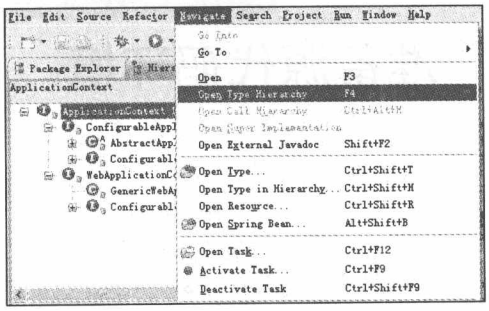


图 1-1　在 Eclipse 中查看类的继承关系

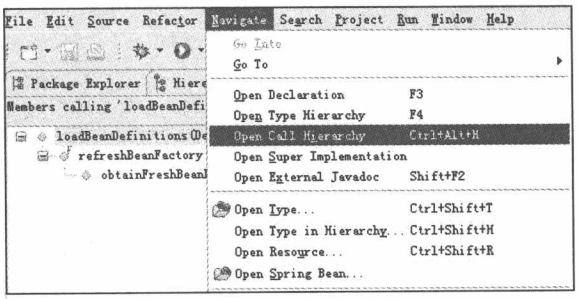


图 1-2　在 Eclipse 中参看方法调用关系

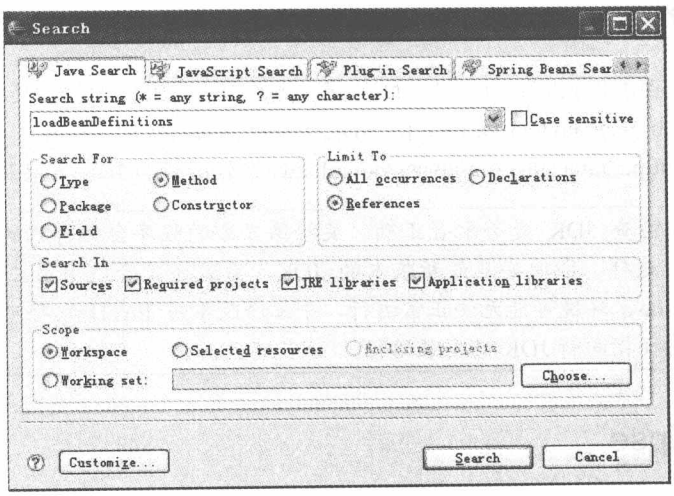


图 1-3　在 Eclipse 中使用搜索功能

1.3　安装辅助工具

作为集成的 IDE 环境，Eclipse 为许多相关的插件提供了应用平台。例如，SVN 的 Eclipse 插件为开发者提供了很好的源代码管理功能，Spring 的 Eclipse IDE 插件为开发 Spring 应用提供了很好的帮助。对应的插件在 Eclipse 中安装以后，这些功能就可以直接在 Eclipse IDE 环境中使用；通常这些插件是作为 Eclipse 的一个 View 或者一个 Perspective 出现在集成 IDE 环境中的。下面我们来看看这些插件在 Eclipse 中的安装。我们先对在 Eclipse 中安装 SVN 插件做一个简要的说明，关于 Spring Eclipse IDE 的安装和简要使用，将在第 8 章中详细介绍。

关于源代码管理工具的具体使用，本书就不做详细的说明了，记得早在 10 几年前我使用的版本管理工具是 CVS。当时是在一台 SUN Ultra60 工作站上与版本管理工具 CVS 有了第一次亲密接触。它有一个简单的图形界面，非常直观，使用起来也很方便，从那时候起，我才开始有了源代码

管理的基本概念。后来发现，这些概念在其他工具上也是同样适用的，例如版本、分支、基线、合并、比较等。

慢慢更深入地接触了软件产品开发以后，知道这些操作都是在进行软件配置管理计划时需要定义的基本过程，这些基本过程保证了软件产品在协同开发和构建过程中的一致性，成为软件开发中不可缺少的变更管理的重要组成部分。无论是使用 CVS、SVN 还是 ClearCase，是使用命令行方式还是图形界面的方式，基本的概念都需要深刻的理解和掌握。ClearCase 在大型商业软件开发领域被普遍使用，而 CVS 和 SVN 却是开源领域和中小型企业应用开发领域的主角。

值得注意的是，CVS 和 SVN 本身也是开源软件，提供的功能已经足以满足开源软件开发的需求。这里有个有趣的问题就是，不知道 CVS 和 SVN 本身的开发项目是不是用自己做的代码管理？感兴趣的读者不妨去做个调研来告诉大家。如果读者对开源软件的源代码管理感兴趣，可以阅读 *Open Source Development with CVS*（作者 Karl Fogel 和 Moshe Bar）这本书，书中详细介绍了如何使用 CVS 对开源软件的源代码进行管理。

Eclipse 中自带的源代码管理客户端就是 CVS 的客户端，Eclipse 使用者可以直接使用。此外，这个 CVS 客户端因为有 Eclipse 的各种视图的支持，所以使用起来也是非常的方便。但是，由于 Spring 3.0 的源代码是用 Subversion 来进行管理的，而在 Eclipse 的默认安装中是不带 SVN 客户端这个插件的，所以这里有必要对 SVN 客户端的安装和使用做简要的介绍。这些源代码管理工具是开源软件开发中常用的，所以掌握这些工具的基本使用对我们理解开源软件的开发方式有很大的帮助。我们在这里使用的是一个开源的 SVN 客户端——Subclipse，一个在 Eclipse IDE 中使用的 SVN 插件。其官方网站是 http://subclipse.tigris.org，其下载页面如图 1-4 所示。

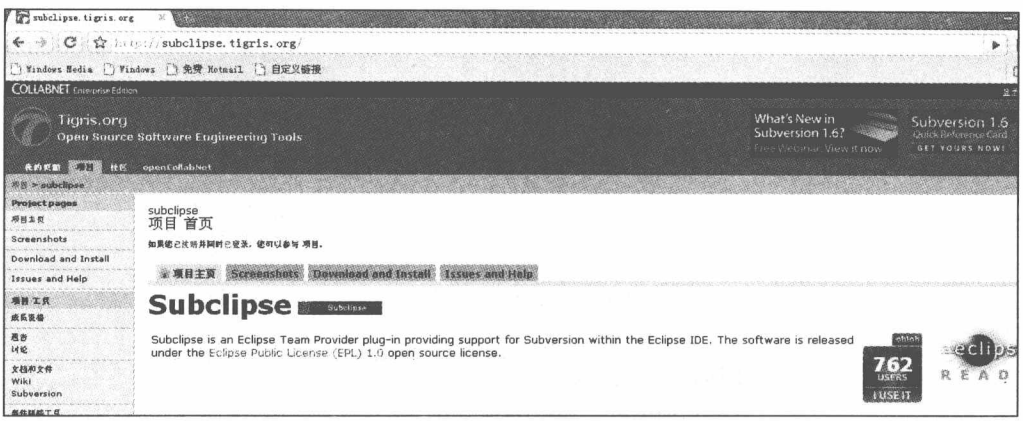


图 1-4　SVN 客户端下载

在 Eclipse 的 Help 菜单下选择 Software Updates，如图 1-5 所示。

打开 Software Updates and Add-ons 对话框，选择 Available Software 面板，可以看到在我们的 Eclipse IDE 环境中已经安装的插件，如图 1-6 所示。

单击 Add Site...按钮打开 Add Site 对话框。具体的 Eclipse 更新地址可以在 http://subclipse.tigris.org/单击 Download and Install 页面找到，我们在 Location 中输入插件更新地址，结果如图 1-7 所示。

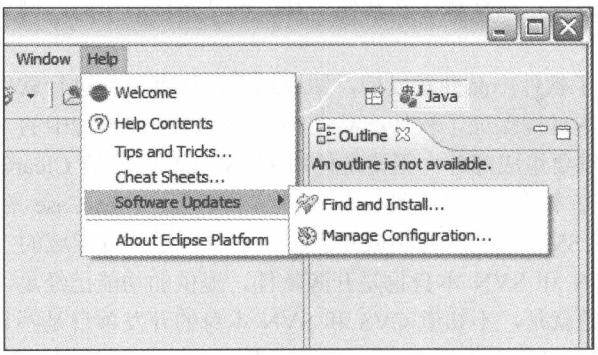


图 1-5　在 Eclipse 中安装插件

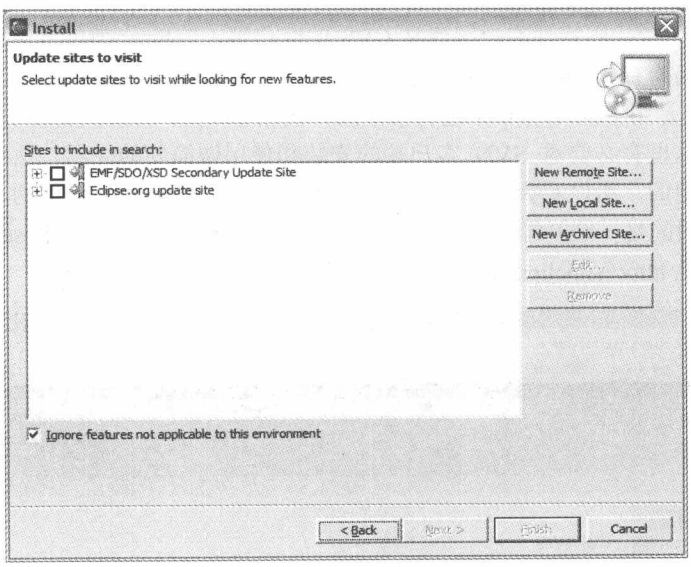


图 1-6　在 Eclipse 中安装插件

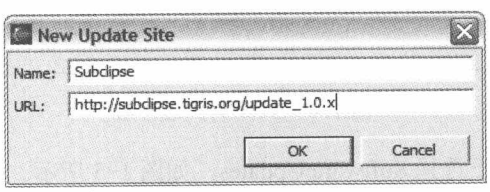


图 1-7　在 Eclipse 中安装插件

单击 OK 按钮关闭 Add Site 对话框。Eclipse 获取到插件列表，更新 Software Updates and Add-ons 对话框的内容，并选择 Subdipse update sites，如图 1-8 所示。