探索和品味Android大师们的内核设计艺术

张元亮◎编著

深入理解Android系统

- 全面剖析进程/线程、内存管理、Binder机制、显示系统、多媒体管理、输入系统等核心知识在Android中的实现原理。
- 源码分析+全真示例+图片解析=更易于理解的思维路径。
- 由浅入深，由总体框架到细节实现，快速获取对Android系统的二次开发能力。
- 教授精髓，精讲精炼。赠送源码，拿来就用。

清华大学出版社

深入理解 Android 系统

张元亮　编著

清华大学出版社
北　京

内 容 简 介

本书内容共 18 章，循序渐进地分析了整个 Android 系统的基本架构知识，从获取源码开始讲起，依次讲解了 Android 系统介绍，包括获取并编译 Android 源码，分析 JNI，内存系统架构详解，硬件抽象层架构详解，Binder 通信机制详解，init 启动进程详解，Zygote 进程详解，System 进程详解，应用程序进程详解，ART 机制架构详解，Sensor 传感器系统架构详解，蓝牙系统架构详解，Android 多媒体框架架构详解，音频系统框架架构详解，视频系统架构详解，WebKit 系统架构详解，Android 5.0 中的 WebView，Wi-Fi 系统架构详解等内容。本书几乎涵盖了所有 Android 系统架构的主要核心内容，讲解方法通俗易懂并且详细，不但适合应用高手们学习，也特别便于初学者学习和理解。

本书适合 Android 源码分析人员、Android 系统架构师、Linux 开发人员、Android 物联网开发人员、Android 爱好者、Android 底层开发人员、Android 驱动开发人员、Android 应用开发人员、Android 传感器开发人员、Android 智能家居开发人员、Android 可穿戴设备开发人员学习，也可以作为相关培训学校和大专院校相关专业的教学用书。

图书在版编目（CIP）数据

深入理解 Android 系统/张元亮编著. —北京：清华大学出版社，2015
ISBN 978-7-302-40439-2

I. ①深… II. ①张… III. ①移动终端-应用程序-程序设计 IV. ①TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 122705 号

责任编辑：朱英彪
封面设计：刘　超
版式设计：魏　远
责任校对：王　云
责任印制：宋　林

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　邮　　编：100084
社 总 机：010-62770175　　邮　　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者：清华大学印刷厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：203mm×260mm　　**印　　张**：44.5　　**字　　数**：1248 千字
版　　次：2015 年 7 月第 1 版　　**印　　次**：2015 年 7 月第1 次印刷
印　　数：1～3000
定　　价：88.00 元

产品编号：061537-01

前　言

2007 年 11 月 5 日，谷歌公司宣布基于 Linux 平台的开源手机操作系统 Android 诞生，该平台号称是首个为移动终端打造的真正开放和完整的移动软件平台。本书将和广大读者一起深入理解 Android 系统的架构知识，共同领略这款神奇系统的奥妙之处。

市场占有率高居第一

截至 2014 年 9 月，Android 在智能手机市场上的占有率从 2013 年第一季度的 68.8%上升到 85%。而 iOS 则从 2013 年的 19.4%下降到 15.5%，WP 系统从原来的 2.7%小幅上升到 3.6%。从数据上看，Android 平台占据了市场的主导地位。

由数据可知，iOS 有所下降，WP 市场小幅增长，但 Android 市场的占有率增加幅度较大。就目前来看，智能手机的市场已经饱和，大多数用户都在各个平台间转换。而就在这样一个市场上，Android 还增长了 10%左右的占有率确实不易。

为开发人员提供了发展的平台

（1）保证开发人员可以迅速向 Android 应用开发转型

Android 应用程序是使用 Java 语言开发的，只要具备 Java 开发基础，就能很快入门并掌握。作为单独的 Android 应用开发，对 Java 编程门槛的要求并不高，即使没有编程经验，也可以在突击学习 Java 之后学习 Android。另外，Android 完全支持 2D、3D 和数据库，并且和浏览器实现了集成。所以通过 Android 平台，程序员可以迅速、高效地开发出绚丽多彩的应用，例如常见的工具、管理软件、互联网应用和游戏等。

（2）定期举办奖金丰厚的 Android 开发大赛

为了吸引更多的用户使用 Android 开发，已经成功举办了奖金为数千万美元的开发者竞赛。鼓励开发人员创建出创意十足且实用的软件。对于开发人员来说，这种大赛不但能提升自己的开发水平，并且高额的奖金也是学员们学习的动力。

（3）开发人员可以利用自己的作品赚钱

为了能让 Android 平台引起更多的关注，谷歌提供了一个专门下载 Android 应用的门店 Android Market，地址是 https://play.google.com/store。在这个门店里面允许开发人员发布应用程序，也允许 Android 用户下载自己喜欢的程序。作为开发者，需要申请开发者账号，申请后才能将自己的程序上传到 Android Market，并且可以对自己的软件进行定价。只要所开发的软件程序足够吸引人，就可以获得很可观的金钱回报。这样实现了程序员学习和赚钱的两不误，所以吸引了更多开发人员加入到 Android 开发大军中来。

本书的内容

本书内容共 18 章，循序渐进地分析了整个 Android 系统的基本架构知识。本书从获取源码开始讲起，依次讲解了 Android 系统介绍，包括获取并编译 Android 源码，分析 JNI，内存系统架构详解，硬件抽象层架构详解，Binder 通信机制详解，init 启动进程详解，Zygote 进程详解，System 进程详解，应用程序进程详解，Sensor 传感器系统架构详解，蓝牙系统架构详解，Android 多媒体框架架构详解，音频系统框架架构详解，视频系统架构详解，WebKit 系统架构详解，Android 5.0 中的 WebView，Wi-Fi 系统架构详解，ART 机制架构详解等内容。本书几乎涵盖了所有 Android 系统架构的主要核心内容，讲解方法通俗易懂并且详细，不但适合应用高手们学习，也特别便于初学者学习和理解。

本书的版本

Android 系统自 2008 年 9 月发布第一个版本 1.1 以来，截至 2014 年 10 月发布最新版本 5.0，一共存在十多个版本。由此可见，Android 系统升级频率较快，一年之中最少有两个新版本诞生。如果过于追求新版本，会造成力不从心的结果。所以在此建议广大读者不必追求最新的版本，只需关注最流行的版本即可。据官方统计，截至 2014 年 11 月 10 日，占据前 3 位的版本分别是 Android 4.4、Android 4.3 和 Android 5.0，其实这 3 个版本的区别并不是很大，只是在某些领域的细节上进行了更新。为了在市场普及率和新版本之间做好兼顾，本书将以最新的 Android 5.0 作为讲解主线，并且结合了 Android 4.4 的架构知识。

本书特色

本书内容十分丰富，讲解细致。我们的目标是通过一本图书，提供多本图书的价值，读者可以根据自己的需要有选择地阅读。在内容的编写上，本书具有以下特色。

（1）内容全面，讲解细致

本书几乎涵盖了 Android 系统架构所需要的所有主要知识点，详细讲解了每一个 Android 系统的具体实现过程。每一个知识点都力求用详实易懂的语言展现在读者面前。

（2）遵循合理的主线进行讲解

为了使广大读者彻底弄清楚 Android 系统架构的各个知识点，在讲解每一个知识点时，从 Linux 内核开始讲起，依次剖析了底层架构、API 硬件抽象层和顶层应用的具体知识。遵循了从底层到顶层的顺序，实现了 Android 系统架构大揭秘的目标。

（3）章节独立，自由阅读

本书中的每一章内容都可以独自成书，读者既可以按照本书编排的章节顺序进行学习，也可以根据自己的需求对某一章节进行针对性的学习。并且和传统古板的计算机书籍相比，阅读本书会带来很大的快乐。

（4）版本新颖，代表性强

本书以最新的 Android 5.0 作为讲解主线，结合 Android 4.4 的架构知识进行讲解，这样可以涵盖大多数读者群体，代表性更强。

本书的读者对象

- ☑ Android 源码分析人员。
- ☑ Android 系统架构师。
- ☑ Linux 开发人员。
- ☑ Android 物联网开发人员。
- ☑ Android 爱好者。
- ☑ Android 底层开发人员。
- ☑ Android 驱动开发人员。
- ☑ Android 应用开发人员。
- ☑ Android 传感器开发人员。
- ☑ Android 智能家居开发人员。
- ☑ Android 可穿戴设备开发人员。
- ☑ 相关培训学校的学生。
- ☑ 相关大专院校的学生。

售后服务

参与本书编写的人员还有周秀、付松柏、邓才兵、钟世礼、谭贞军、张加春、王教明、万春潮、郭慧玲、侯恩静、程娟、王文忠、陈强、何子夜、李天祥、周锐、朱桂英、张元亮、张韶青、秦丹枫。本书在编写过程中，得到了清华大学出版社工作人员的大力支持，正是各位编辑的求实、耐心和效率，才使得本书在这么短的时间内出版。另外也十分感谢我的家人在我写作时给予的巨大支持。

由于编者水平有限，如有纰漏和不尽如人意之处，诚请读者提出意见或建议，以便修订并使之更臻完善。另外我们提供了售后支持网站（http://www.chubanbook.com/）和 QQ 群（192153124），读者朋友如有疑问可以在此提出，一定会得到满意的答复。

编 者

目　录

第 1 章　获取并编译 Android 源码

在分析 Android 源码之前，需要先获取 Android 系统的源码，并在自己的机器上进行编译。本章将详细讲解获取并编译 Android 5.0 源码的基本知识。另外，因为 Android 系统源码的文件数量巨大，目录结构层次复杂，所以将在本章对 Android 5.0 源码的目录结构进行整体分析，并详细介绍从 SDK 中生成 SDK 的方法。

1.1　获取 Android 源码

要想研究 Android 系统的源码，需要先获取其源码。目前，市面中的主流操作系统是 Windows、Linux 和 Mac OS。因为 Mac OS 属于类 Linux 系统，所以本书将讲解在 Windows 系统和 Linux 系统中获取 Android 源码的知识。

1.1.1　在 Linux 系统获取 Android 源码

在 Linux 系统中，通常使用 Ubuntu 来下载和编译 Android 源码。由于 Android 的源码内容很多，Google 采用了 git 的版本控制工具，并对不同的模块设置不同的 git 服务器，可以用 repo 自动化脚本来下载 Android 源码，下面逐步介绍如何获取 Android 源码的过程。

（1）下载 repo

在用户目录下，创建 bin 文件夹，用于存放 repo，并把该路径设置到环境变量中去，命令如下：

```
$ mkdir ~/bin
$ PATH=~/bin:$PATH
```

下载 repo 的脚本，用于执行 repo，命令如下：

```
$ curl https://dl-ssl.google.com/dl/googlesource/git-repo/repo > ~/bin/repo
```

设置可执行权限，命令如下：

```
$ chmod a+x ~/bin/repo
```

（2）初始化一个 repo 的客户端

在用户目录下，创建一个空目录，用于存放 Android 源码，命令如下：

```
$ mkdir AndroidCode
$ cd AndroidCode
```

进入到 AndroidCode 目录，并运行 repo 下载源码，下载主线分支的代码，主线分支包括最新修改的 bug，以及并未正式发布版本的最新源码，命令如下：

```
$ repo init -u https://android.googlesource.com/platform/manifest
```

下载其他分支，正式发布的版本可以通过添加-b 参数来下载，命令如下：

```
$ repo init -u https://android.googlesource.com/platform/manifest -b
                                                    android-5.0.0_r1
```

例如，可以使用如下命令来初始化最新 Android 源代码。

```
./repo init -u https://android.googlesource.com/platform/manifest -b android-5.0_r1
```

输入上面的命令后按 Enter 键执行，如图 1-1 所示。

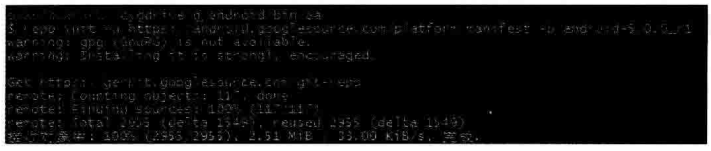

图 1-1　选择下载的分支

在下载过程中需要填写 Name 和 Email，填写完毕之后，选择 Y 进行确认，最后提示 repo 初始化完成，这时可以开始同步 Android 源码了，同步过程较耗费时间，需要耐心等待，执行下面命令开始同步代码。

```
$ repo sync
```

经过上述步骤后，便开始下载并同步 Android 源码，界面效果如图 1-2 所示。

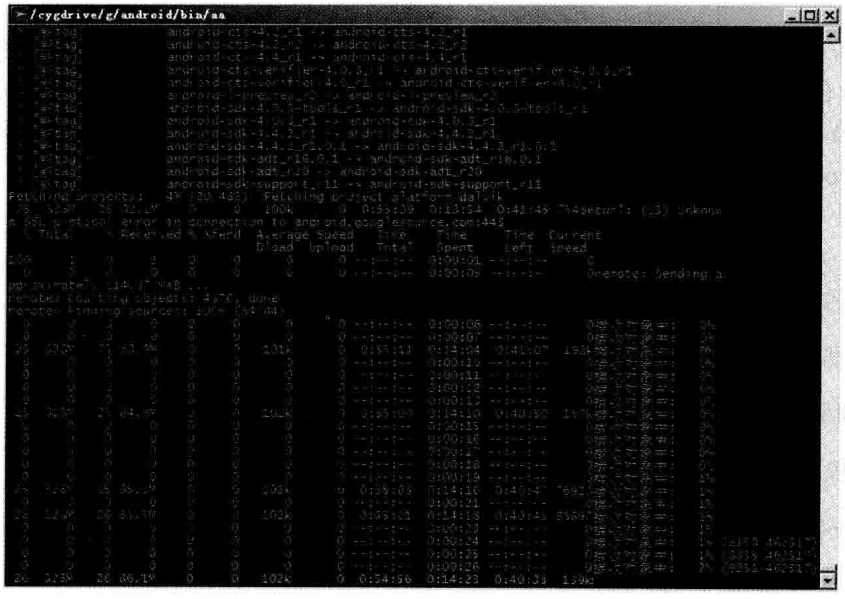

图 1-2　正在下载源码

因为网络方面的原因，可能执行./repo init -u https://android.googlesource.com/platform/manifest -b android-5.0.0_r1 初始化命令会失败，提示一些类似网络连接失败的信息，此时不用理会，只需继续执行这个命令。如果出现多次失败提示，则可以尝试使用如下方法解决。

（1）使用如下命令删除 Android 5.0 文件中的缓存文件，然后重新执行初始化命令。

```
rm -rf * -R
```

（2）隔一段时间或者晚上、凌晨时下载，一般这个时段更容易下载 Android 源代码。

如果看到类似如图 1-3 所示的信息，则表示连接成功，正在初始化。

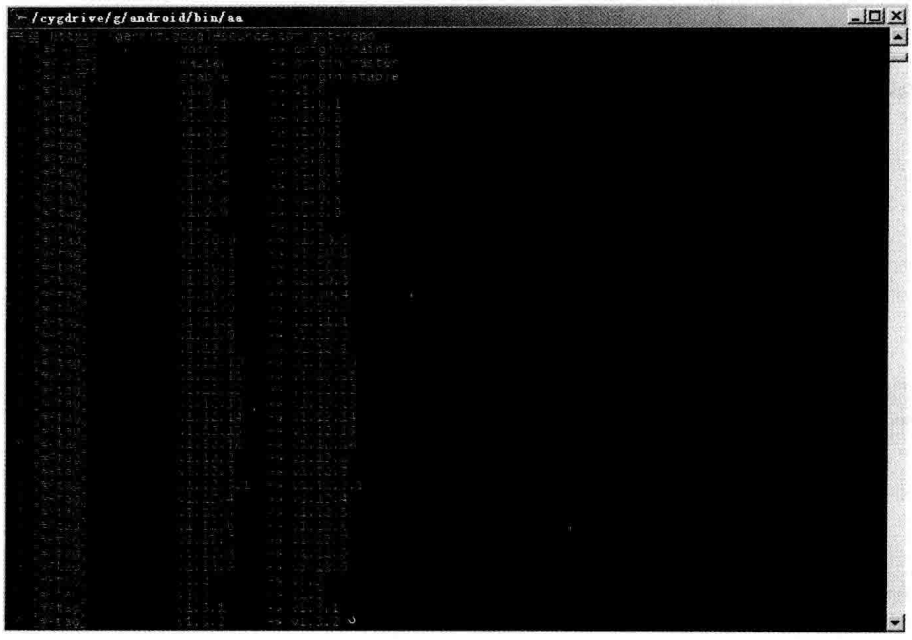

图 1-3　成功初始化

注意：

（1）在源代码下载过程中，源代码下载目录中看不到任何文件，打开“显示/隐藏”，会看到一个名为.repo 的文件夹，这个文件夹用来保存 Android 源代码的“临时文件”。

（2）当文件最后下载接近完成时，会从.repo 文件夹中导出 Android 源代码。

（3）当下载 Android 5.0 源代码完成后，可以看到 Android 源代码下载目录中会有 bionic、bootable、build、cts、dalvik 等文件夹目录，这些就是 Android 的源代码。

（4）如果不得不关闭计算机停止下载，那么可以在源代码下载的终端按下 Ctrl+C 或者 Ctrl+Z 快捷键停止源代码的下载，这样不会造成源代码的丢失或损坏。

1.1.2　在 Windows 平台获取 Android 源码

在 Windows 平台上获取 Android 源码的方式和在 Linux 中的获取原理相同，但是需要预先在 Windows 平台上面搭建一个 Linux 环境，此处需要用到 cygwin 工具。cygwin 的作用是构建一套在 Windows 上的 Linux 模拟环境，下载 cygwin 工具的地址是 http://cygwin.com/install.html。

下载成功后会得到一个名为 setup.exe 的可执行文件，经过此文件可以更新和下载最新的工具版本，具体流程如下所示。

（1）启动 cygwin，如图 1-4 所示。

（2）单击“下一步”按钮，选择第一个选项：从网络下载安装，如图 1-5 所示。

（3）单击“下一步”按钮，选择安装根目录，如图 1-6 所示。

（4）单击“下一步”按钮，选择临时文件目录，如图 1-7 所示。

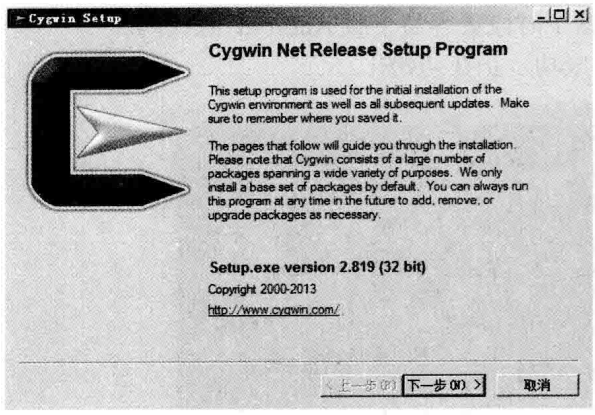

图 1-4　启动 cygwin

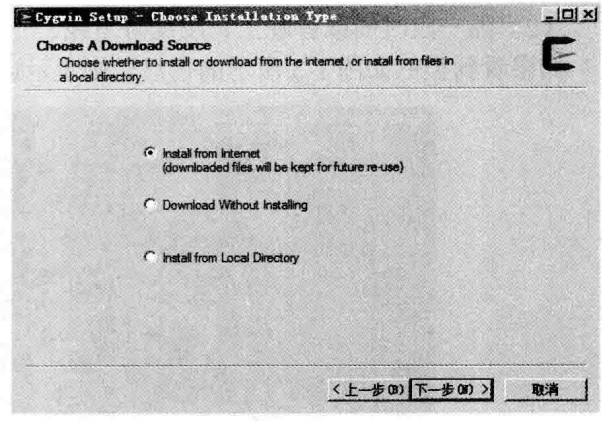

图 1-5　选择从网络下载安装

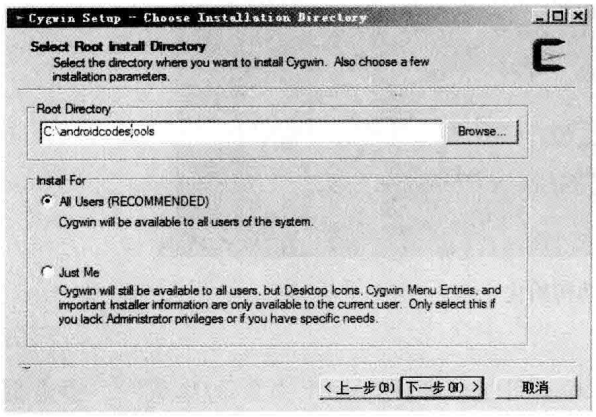

图 1-6　选择安装根目录

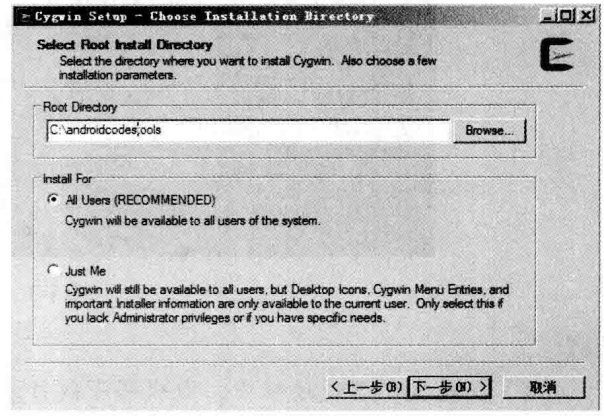

图 1-7　选择临时文件目录

（5）单击“下一步”按钮，设置网络代理。如果所在网络需要代理，则在这一步进行设置，如果不用代理，则选择直接下载，如图 1-8 所示。

（6）单击“下一步”按钮，选择下载站点。一般选择比较近的站点速度会比较快，这里选择的是台湾站点，如图 1-9 所示。

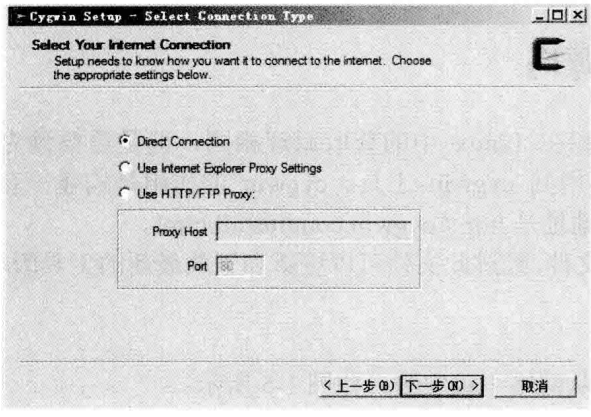

图 1-8　设置网络代理

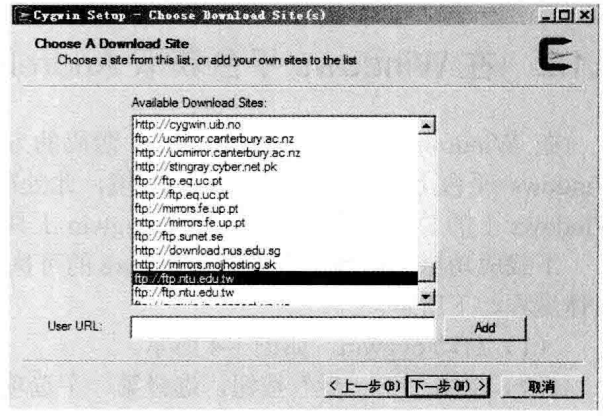

图 1-9　选择下载站点

（7）单击“下一步”按钮，开始更新工具列表，如图 1-10 所示。

（8）单击“下一步”按钮，选择需要下载的工具包。在此需要依次下载 curl、git、python 这些工具，如图 1-11 所示。

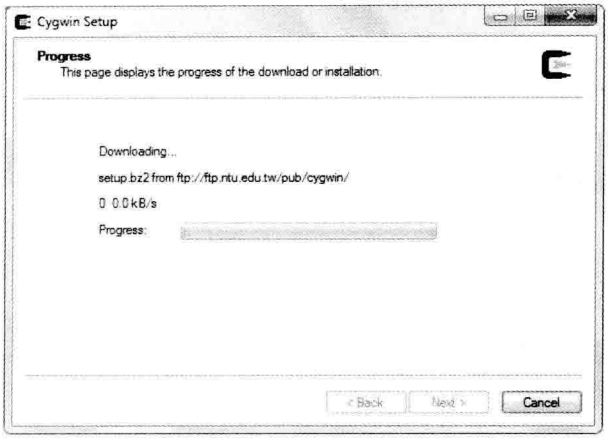

图 1-10　更新工具列表

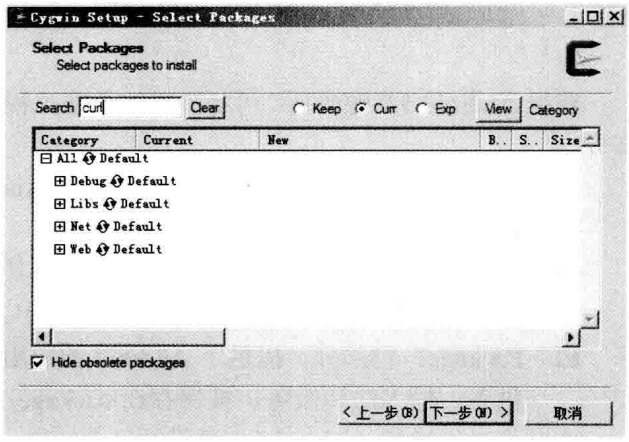

图 1-11　依次下载工具

为了确保能够安装上述工具，一定要用鼠标双击变为 Install 形式，如图 1-12 所示。

（9）单击“下一步”按钮，开始下载安装，如图 1-13 所示。

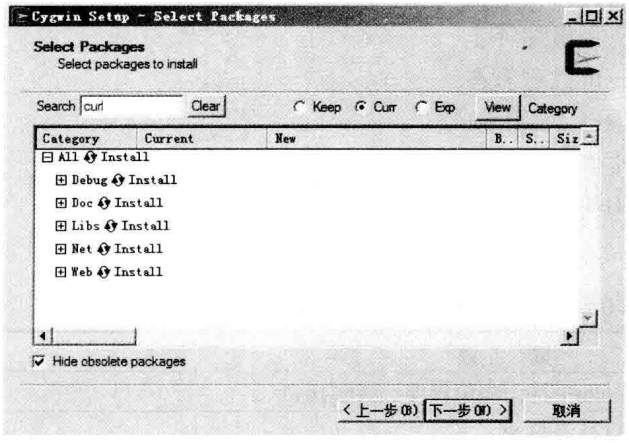

图 1-12　设置为 Install 形式

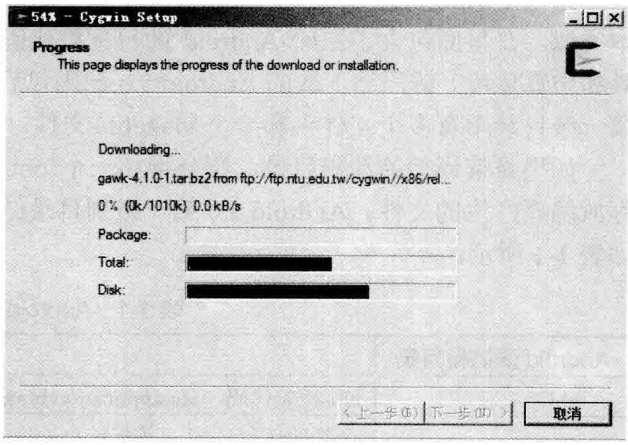

图 1-13　下载进度条

下载安装成功会出现提示信息，单击“完成”按钮即完成安装。当安装好 cygwin 后，打开 cygwin，会模拟出一个 Linux 的工作环境，然后按照 Linux 平台的源码下载方法即可下载 Android 源码。

建议读者在下载 Android 源码时，严格按照官方提供的步骤进行，地址是 http://source.android.com/source/downloading.html，这一点对初学者来说尤为重要。另外，整个下载过程比较漫长，需要大家耐心等待。如图 1-14 所示是笔者机器中的命令截图。

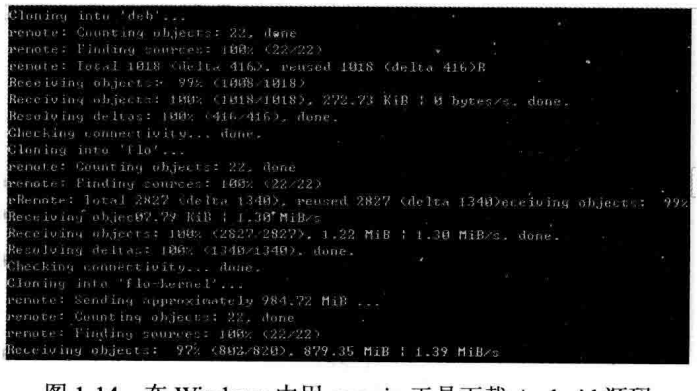

图 1-14　在 Windows 中用 cygwin 工具下载 Android 源码

1.2 分析 Android 源码结构

获得 Android 5.0 源码后，可将源码的全部工程分为如下 3 个部分。

- ☑ Core Project：核心工程部分，这是建立 Android 系统的基础，被保存在根目录的各个文件夹中。
- ☑ External Project：扩展工程部分，可以使其他开源项目具有扩展功能，被保存在 external 文件夹中。
- ☑ Package：包部分，提供了 Android 的应用程序、内容提供者、输入法和服务，被保存在 package 文件夹中。

本节将详细讲解 Android 5.0 源码的目录结构。

图 1-15 下载的 Android 5.0 源码

1.2.1 总体结构

无论是 Android 1.5 还是 Android 5.0，各个版本的源码目录基本类似。在里面包含了原始 Android 的目标机代码、主机编译工具和仿真环境。解压缩下载的 Android 5.0 源码包后，可以看到在第一级目录中有多个文件夹和一个 Makefile 文件，如图 1-15 所示。

如果是编译后的源码目录，则会增加一个 out 文件夹，用来存放编译产生的文件。Android 5.0 第一级别目录结构的具体说明如表 1-1 所示。

表 1-1 Android 5.0 源码的根目录

Android 源码根目录	描　述
abi	abi 相关代码，abi:application binary interface，应用程序二进制接口
art	全新的运行环境，需要和 Dalvik VM 区分开来
bionic	bionic C 库
bootable	启动引导相关代码
build	存放系统编译规则及 generic 等基础开发配置包
cts	Android 兼容性测试套件标准
dalvik	dalvik Java 虚拟机
development	应用程序开发相关
device	设备相关代码
docs	介绍开源的相关文档
external	Android 使用的一些开源的模组
frameworks	核心框架——Java 及 C++语言，是 Android 应用程序的框架
gdk	即时通信模块
hardware	主要是硬件适配层 HAL 代码