

# 软件性能测试过程详解 与案例剖析

段念 编著

本书特别适合于以下类型的读者：

- ❑ 希望了解软件性能测试的具体方法和过程的测试工程师；
- ❑ 希望寻找一种能够立即用于指导性能测试的过程方法的测试经理；
- ❑ 已有一定的性能测试经验，但希望验证自己工作方法正确性的测试工程师或是测试经理；
- ❑ 希望从别人的经验中学习的性能测试工程师；
- ❑ 希望全面了解性能测试的其他人员。



清华大学出版社

TP311.5  
138

# 软件性能测试过程详解与案例剖析

段 念 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书对软件性能测试这个主题进行了较为全面的介绍和分析。全书分为两篇：基础篇和实践篇，共 9 章。本书的重点不在于介绍性能测试工具，而是侧重于对性能测试过程的深入分析。本书在 ATML 和 TMap 等的基础上提出了一种性能测试的过程模型 PTGM，并在书中用 4 个各具特色的生动案例演示了 PTGM 模型的实际应用。

本书可以用作软件测试人员、软件项目经理和需要了解软件性能测试的各级软件管理人员的工作参考手册，也可作为有志于软件性能测试领域人员的参考书。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

软件性能测试过程详解与案例剖析/段念编著. —北京：清华大学出版社，2006.8

ISBN 7-302-13177-5

I. 软… II. 段… III. 软件-测试 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 062095 号

出 版 者：清华大学出版社 地 址：北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 客户服务：010-62776969

责任编辑：钟志芳

封面设计：范华明

版式设计：崔俊利

印 刷 者：北京市昌平环球印刷厂

装 订 者：三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：180×230 印张：18.5 字数：290 千字

版 次：2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-302-13177-5/TP·8334

印 数：1~4000

定 价：28.00 元



本书作者段念现就职于北京慧灵科技有限公司，担任高级顾问一职。作者曾在华为、新太、亿阳等多个大型的软件企业任职，在“软件工程大会”、“软件技术大会”等全国性的软件会议上都做过与测试相关的专题报告。

本书作者致力于软件测试的技术和管理研究，尤其擅长软件测试管理、软件性能测试、单元测试、测试自动化体系和开源测试工具的应用。作者具有丰富的项目经历和丰富的培训、咨询经验，管理和参与过多个大型项目的功能和性能测试，曾为包括方正电子、亚信科技、大唐电信等几十家企业进行过软件测试管理、性能测试等方面的培训和咨询工作。

# 测试人员眼中的本书

这本书让我们对性能测试有了更加深入的了解,对性能测试的过程也有了进一步的认识,本书精心安排的内容让我们部门的大部分员工都能很快理解,并能将本书提供的性能测试知识很快地应用到实际的工作中。总而言之,这是一本难得的实践指导性很强的参考书。

——亚信科技软件部北方质量控制中心总经理 **吴晓洁**

性能测试一直是我们关注的问题,但由于缺乏相应的方法指导,性能测试的效果很难保证。这本书提供了实用的性能测试方法,并以案例的形式生动地展示了方法的应用过程,是一本不错的性能测试的读物。

——亿阳信通产品测试部总工 **周群**

段老师具有丰富的性能测试经验,为我们进行过两次性能测试的培训。这次出版的这本书非常系统地描述了性能测试的过程,书中实际案例的安排非常贴切,从实际案例中不仅能够学习到如何进行性能测试,而且案例中展开讨论的知识细节也给了我们很大的帮助。

——方正电子出版事业部测试经理 **王晨**

本书深入浅出地讲述了软件性能的相关概念,并给出了一套可以实际使用的性能测试方法模型,对性能测试有相当大的指导意义。我所在的组织以前一直为如何进行一个“好的”性能测试而烦恼,这本书非常适合我们。

——中华英才网高级测试经理 **王凯**

# 前 言

大多数的测试工程师对“性能测试”这个名词并不陌生，即使他们没有真正参与过性能测试项目，在各个论坛或网站上也很容易发现这个名词。然而，究竟什么是软件性能？软件性能测试究竟该如何开展？软件性能测试到底测试些什么？这些问题恐怕就不是每个测试工程师都能清楚地回答的了。

其实，在日常工作中，每个测试工程师基本上都会遇到与软件性能、软件性能测试相关的内容。在我们接触到的用户需求中，经常会有类似如下的描述：“要求某某系统对用户的操作能快速反应”，“要求某某系统能够在大量用户同时使用时保持稳定运行”，等等。实际上，这些就是用户对我们的软件系统提出的朴素的性能要求，虽然这些性能要求不是那么显而易见，在实际的测试中也可能被忽略，但无论如何，这些描述至少说明了性能要求其实是大部分用户对软件系统的一个基本要求。

从世界上第一台计算机诞生开始算起，软件的存在已经有相当时间的历史了。仅仅回忆一下十多年前，我们就会发现，在以前的 DOS 时代，甚至是 Windows 95 的时代，好像很少能听到对软件性能的抱怨，但在近几年，为什么对软件性能的关注突然变得强烈起来了呢？这种变化究竟是什么造成的呢？

在 DOS 和 Windows 95 的时代，我们接触到的大量的应用都是单机的应用，对这些应用，其实也存在性能方面的要求（想想看，我们是不是曾经因为某个游戏运行不流畅或单击了 IDE 工具的“编译”命令后需要等待 10 分钟甚至更长时间而抱怨自己的机器？）。但对这类单机应用来说，程序运行的速度基本上只与运行程序的本机相关，因此，只需要简单地更换运行程序的设备就能很好地解决这个问题。所以，虽然用户会觉得程序运行速度慢，但由此引起的抱怨一般都会直接针对无辜的计算机设备和自己不争气的钱包，而不会瞄准运行得慢的软件。而近几年来，随着软件系统规模和复杂程度的增加，我们接触到的系统（OA 系统、信息管理系统等）都变得越来越巨大，在结构上，这些系统大多采用 C/S 或 B/S 架构，采用多种分布式应用技术，具有几百、几千甚至上万的 用户数量。由于其采用的是 C/S 或 B/S 架构，大量的运算和处理都被放到服务端来实现，这种变化使得软件系统的性能影响因素变得庞杂，很难通过

简单的更换设备来解决。这时，采用类似单机时代的“更换更好的设备”无论从经济性还是可实现性的角度来考虑，都完全不能满足需要；在这个时候，对性能的关注才越来越多地集中在应用系统本身，而不仅仅是运行系统的设备上。

对应用系统本身性能的关注和软件性能的复杂性催生了专门的“性能测试工程师”这一职位。根据一些统计机构的统计，“性能测试工程师”的工资水平远远超过了一般的测试工程师，然而到目前为止，由从业人员数量和质量上来看，国内的性能测试人才的缺口还是非常大的，尤其是真正能够承担大型系统性能测试工作的人员更加稀少。

软件性能和软件性能测试的复杂性是显而易见的。首先，一个软件系统的性能表现的相关因素非常多，网络环境、数据库服务器、应用服务器、业务逻辑的实现方式、系统采用的架构、代码优化的程度、使用者的使用方式都会对系统的性能表现造成影响，在这种情况下开展性能测试，殊为不易。

本书是一本专门描述软件性能测试的书，对没有太多性能测试经验的读者来说，它是一本手册或是实践指南；对具有一定的性能测试经验的读者来说，本书也能够为其提供一定的启发。本书的作者结合自己在性能测试方面的经验，对软件性能测试的概念、性能测试的组织等进行了阐述；同时，通过贯穿全书的大量精心选择的实例描述，能为每一位读者带来性能测试的体会和体验。

## 本书的组织结构

本书介绍了软件性能测试的全过程，提供了一种通用的过程模型 PTGM，并以几个有价值的实例展示了如何在软件性能测试的过程中应用该模型。

## 各章内容介绍

本书共分为 3 部分：上篇“基础篇”描述了性能测试中的基础概念、需要掌握的基础知识和性能测试的过程模型；下篇“实践篇”则使用 4 个作者经历过的实际的性能测试项目，详细地描述了每个性能测试项目的组织、计划、设计和结果分析过程；最后的“附录”是根据作者的经验，提供一些对读者非常有意义的附加内容。

“基础篇”包括本书的第 1~第 5 章的全部内容。

在第 1 章中，本书首先介绍软件性能测试相关的一些基本概念，重点阐述

不同视角的软件性能，对并发用户数、响应时间、吞吐量等软件性能测试中常见术语进行详细解释和讨论，并对软件性能测试中经常使用到的一些方法进行简要的描述。

本书的第 2 章介绍软件性能测试应用领域的概念，将软件性能测试的应用范围划分为“能力验证”、“规划能力”、“性能调优”和“缺陷修复”4 个不同的应用领域。领域的概念使性能测试工程师可以更好地明确性能测试项目的目标，确定适合的性能测试方法。

本书的第 3 章和第 4 章分别讨论性能计数器和性能测试工具的原理。在第 3 章中，重点讨论操作系统、应用服务器和数据库系统常用的性能计数器，并介绍如何利用性能计数器进行性能分析的方法；在第 4 章中，以最常用的性能测试工具 LoadRunner 为例，展示了性能测试工具的原理。

第 5 章是本书的重点章节，引入通用的性能测试过程模型 PTGM，并详细描述模型的各个阶段以及每个阶段的活动。该章的内容可以作为性能测试项目的有效参考，帮助读者全面了解如何规划和执行一个性能测试项目。

“实践篇”围绕 4 个具体的项目展开，每个项目的描述方式都严格遵循第 5 章的 PTGM 模型步骤和活动描述。另外，在每个案例的描述中，针对案例本身的特点，还同时介绍许多在性能测试中可用的技巧（例如，时间戳的技巧、处理验证码的方法、sessionID 的概念等）。

“附录”提供一些非常有价值的资料。考虑到读者的不同情况，附录 A 针对不熟悉 LoadRunner 工具的读者，给出一份简洁而全面的 LoadRunner 快速入门手册；附录 B 则针对较为熟悉 LoadRunner 的用户，在附录 A 的基础上给出 LoadRunner 的高级使用技巧描述；附录 C 给出一些性能测试过程中可能使用到的有价值的脚本和数据处理技巧；附录 D 则给出性能测试过程中使用的模板。

## 本书的阅读建议

本书的“基础篇”部分是自成体系的一个整体，建议读者按照该篇的组织方式顺序阅读。无论读者是有经验的性能测试工程师还是对性能测试不甚了解的测试工程师，建议首先都仔细阅读本篇的内容，这样才能为准确理解本书的后续内容建立良好的基础。特别要提到的是“基础篇”中的第 5 章，由于该章的内容是“实践篇”的基础，因此希望读者仔细领会该章的内容后，再对照案例描述体会，方能有最大的收获。

“实践篇”介绍了 4 个各具特色的案例。其中案例 1 是一个相对概略的案



例，重点是展示性能测试的过程；案例 2 则侧重于性能测试的分析和设计，展示了一个完全没有使用商业测试工具进行测试的大型性能测试案例；案例 3 结合 LoadRunner 的使用进行了详细的性能测试描述；案例 4 则展示了如何通过性能测试达成选型的目的。本篇的 4 个案例各自独立，读者可以按照编排的顺序进行阅读，也可任意选择感兴趣的案例进行阅读。

“附录”的内容可以作为读者的参考手册，对不熟悉 LoadRunner 的读者可以在阅读与 LoadRunner 相关的具体案例章节前，通过附录 A 获得对 LoadRunner 工具的基础知识；已经使用过 LoadRunner 一段时间的读者则可以直接从附录 B 了解 LoadRunner 的高级使用技巧。另外，本篇提供的性能测试模板和用于性能测试的脚本可以直接在读者的项目中发挥作用。

## 谁适合阅读本书

本书是为对性能测试感兴趣的测试工程师、测试经理，或是希望了解性能测试的其他人员准备的，本书特别适合于以下类型的读者：

- 希望了解软件性能测试的具体方法和过程的测试工程师。
- 希望寻找一种能够立即用于指导性能测试的过程方法的测试经理。
- 已有一定的性能测试经验，但希望验证自己工作方法正确性的测试工程师或是测试经理。
- 希望从别人的经验中学习的性能测试工程师。
- 希望全面了解性能测试的其他人员。

## 本书作者

本书作者是慧灵科技有限公司的 CTO，公司的业务包括软件测试服务、企业培训、职业培训和咨询。作者本人曾在多个大型的软件企业担任高级测试经理和部门经理，在“软件工程大会”、“软件技术大会”等全国性的软件会议上都作过与测试相关的专题报告。

本书作者致力于软件测试的技术和管理研究，尤其对软件测试管理、软件性能测试和单元测试感兴趣。作者拥有丰富的项目经历，参与过许多大型项目的功能和性能测试。另外，作者也拥有丰富的培训经验，曾为包括方正电子、亚信科技、大唐电信等几十家企业工程人员进行过软件测试管理、性能测试等方面的培训。

## 网上答疑

在本书的写作过程中，参考了不少前人的成果和已有的测试书籍，具体的参考信息请参见书后的参考文献。

另外，本书中给出的脚本、模板等信息，以及本书的勘误、更新信息、答疑信息都可以从本书的网站 <http://www.guanhe.cn/ptbook> 上直接获得，读者如有疑问，也可以访问本网站和作者交流，答疑解惑。

## 致谢

软件性能测试并不是一个简单的课题，其内容贯穿了软件开发、软件测试、软件系统等多个领域；并且软件性能测试的技术也会随着软件架构、软件开发的变化而不断发展，任何人甚至是任何团体都不能写出一本能够完全涵盖软件性能测试的书籍。本书的很多内容都建立在前的研究成果的基础上，因此，在本书完成之际，我对那些为本书提供了基础的前人表示衷心的感谢，没有这些研究成果，就不会有本书的出现。

我还要感谢所有为本书的写作提供帮助的人员：我的朋友们为本书提出了不少宝贵的建议；我的同事们为本书提供了素材；写作本书时，我所在组织的领导（尤其是亿阳信通的项目管理部总经理荫东锦）的理解和支持，为本书的完成提供了时间上的保证。另外，我的学员们也在课程期间为我提供了不少宝贵的经验和教训，所有这些经验和教训都为本书增色不少。

清华大学出版社的钟志芳编辑是我最要感谢的人，她出色的编辑经验、耐心和宽容是本书得以完成和出版的重要原因。同时，我向各位审稿人员表示感谢，他们有深刻的见解，对本书的出版给予了大力的支持。

最后，我还要感谢我的家人。在本书的写作过程中，我的父母、妻子给了我巨大的支持和鼓励，虽然他们并不理解软件测试，但他们一直对我所从事工作的意义深信不疑。同样要感谢的还有我4个月大的儿子，他的到来让我在本书的写作过程中充满了激情。

段 念

2006年4月

# 目 录

## 第一部分 基础篇

第 1 章 软件性能测试基本概念 .....	2
1.1 什么是软件性能.....	2
1.1.1 用户视角的软件性能.....	2
1.1.2 管理员视角的软件性能.....	3
1.1.3 开发视角的软件性能.....	4
1.1.4 总结.....	5
1.2 软件性能的几个主要术语.....	6
1.2.1 响应时间.....	6
1.2.2 并发用户数.....	8
1.2.3 吞吐量.....	13
1.2.4 性能计数器.....	15
1.2.5 思考时间.....	16
1.3 软件性能测试方法论.....	17
1.3.1 SEI 负载测试计划过程.....	17
1.3.2 RBI 方法.....	18
1.3.3 性能下降曲线分析法.....	19
1.3.4 LoadRunner 的性能测试过程.....	20
1.3.5 Segue 提供的性能测试过程.....	21
1.3.6 本书提供的 PTGM 模型.....	21
1.4 本章小结.....	22
第 2 章 性能测试的应用领域 .....	24
2.1 性能测试的方法.....	24
2.1.1 性能测试.....	25
2.1.2 负载测试.....	26
2.1.3 压力测试.....	27
2.1.4 配置测试.....	27

---

2.1.5	并发测试.....	28
2.1.6	可靠性测试.....	29
2.1.7	失效恢复测试.....	30
2.2	性能测试应用领域分析.....	31
2.2.1	能力验证.....	31
2.2.2	规划能力.....	32
2.2.3	性能调优.....	33
2.2.4	发现缺陷.....	36
2.2.5	总结.....	36
2.3	本章小结.....	37
<b>第 3 章</b>	<b>性能计数器及性能分析方法.....</b>	<b>38</b>
3.1	操作统计数器及分析.....	38
3.1.1	Windows 操作系统的主要计数器.....	38
3.1.2	UNIX 操作系统的主要计数器.....	41
3.1.3	内存分析方法.....	43
3.1.4	处理器分析方法.....	44
3.1.5	磁盘 I/O 分析方法.....	45
3.1.6	进程分析方法.....	46
3.1.7	网络分析方法.....	46
3.2	应用服务器计数器.....	47
3.2.1	IIS 应用服务器计数器.....	47
3.2.2	J2EE 应用服务器计数器.....	48
3.3	数据库计数器.....	50
3.4	本章小结.....	51
<b>第 4 章</b>	<b>性能测试工具原理.....</b>	<b>52</b>
4.1	性能测试工具模型.....	52
4.2	性能测试脚本录制时的协议类型.....	57
4.3	性能测试工具的选择与评估.....	59
4.4	本章小结.....	63
<b>第 5 章</b>	<b>性能测试的组织.....</b>	<b>64</b>
5.1	性能测试团队的人员构成.....	64

5.2 性能测试的过程模型.....	66
5.2.1 测试前期准备.....	67
5.2.2 测试工具引入.....	69
5.2.3 测试计划.....	70
5.2.4 测试设计与开发.....	73
5.2.5 测试执行与管理.....	77
5.2.6 测试分析.....	79
5.3 本章小结.....	80

## 第二部分 实践篇

第 6 章 案例一 某制造型企业信息化项目的性能测试.....	82
6.1 项目背景.....	82
6.2 项目特点.....	82
6.3 性能测试过程.....	83
6.3.1 测试前期准备.....	83
6.3.2 测试工具引入.....	84
6.3.3 测试计划.....	84
6.3.4 测试设计与开发.....	86
6.3.5 测试执行与管理.....	92
6.3.6 测试分析.....	94
6.4 案例小结.....	99
第 7 章 案例二 某省电信公司业务系统的性能测试.....	101
7.1 项目背景.....	101
7.2 项目特点.....	101
7.3 性能测试过程.....	103
7.3.1 测试前期准备.....	103
7.3.2 测试工具引入.....	104
7.3.3 测试计划.....	106
7.3.4 测试设计与开发.....	114
7.3.5 测试执行与管理.....	123
7.3.6 测试分析.....	125
7.4 案例小结.....	132

---

<b>第 8 章 案例三 某通信企业的 Web 业务系统性能测试</b> .....	<b>134</b>
8.1 项目背景.....	134
8.2 项目特点.....	134
8.3 性能测试过程.....	135
8.3.1 测试前期准备.....	135
8.3.2 测试工具引入.....	136
8.3.3 测试计划.....	136
8.3.4 测试设计与开发.....	140
8.3.5 测试执行与管理.....	158
8.3.6 测试分析.....	162
8.4 案例小结.....	172
<b>第 9 章 案例四 某集成商的性能选型测试</b> .....	<b>173</b>
9.1 项目背景.....	173
9.2 项目特点.....	173
9.3 性能测试过程.....	174
9.3.1 测试前期准备.....	174
9.3.2 测试工具引入.....	175
9.3.3 测试计划.....	175
9.3.4 测试设计与开发.....	177
9.3.5 测试执行与管理.....	180
9.3.6 测试分析.....	181
9.4 案例小结.....	187
<b>附录 A LoadRunner 快速入门手册</b> .....	<b>189</b>
<b>附录 B LoadRunner 高级使用技巧</b> .....	<b>228</b>
<b>附录 C 部分有价值的脚本和数据处理技巧</b> .....	<b>253</b>
<b>附录 D 性能测试过程中使用的模板</b> .....	<b>274</b>

# 基 础 篇

- 第 1 章 软件性能测试基本概念
- 第 2 章 性能测试的应用领域
- 第 3 章 性能计数器及性能分析方法
- 第 4 章 性能测试工具原理
- 第 5 章 性能测试的组织

# 第 1 章 软件性能测试基本概念

## 1.1 什么是软件性能

当我们提到软件性能测试的时候，有一点是很明确的：测试关注的重点是“性能”。那么，本书要解决的第一个问题就是：究竟什么是“软件性能”？

一般来说，性能是一种指标，表明软件系统或构件对于其及时性要求的符合程度；其次，性能是软件产品的一种特性，可以用时间来进行度量。

性能的及时性用响应时间或者吞吐量来衡量。响应时间是对请求作出响应所需要的时间。

对于单个事务，响应时间就是完成事务所需的时间；对于用户任务，响应时间体现为端到端的时间。比如，“用户单击 OK 按钮后 2 秒内收到结果”就是一个对用户任务响应时间的描述，具体到这个用户任务中，可能有多个具体的事务需要完成，每个事务都有其单独的响应时间。

对交互式的应用（例如典型的 Web 应用）来说，我们一般以用户感受到的响应时间来描述系统的性能，而对非交互式应用（嵌入式系统或是银行等的业务处理系统）而言，响应时间是指系统对事件产生响应所需要的时间。

通常，对软件性能的关注是多个层面的：用户关注软件性能，管理员关注软件性能，产品的开发人员也关注软件性能，那么这些不同的关注者所关注的“性能”的具体内容是不是都完全相同呢？如果不同，这些不同又在哪里？最后，作为软件性能测试工程师，不同层面的软件性能都需要关注，在关注全部这些层面的性能体现的时候，又应该注意哪些内容呢？下面我们从 3 个不同层面来对软件性能进行阐述。

### 1.1.1 用户视角的软件性能

从用户的角度来说，软件性能就是软件对用户操作的响应时间。说得更明确一点，对用户来说，当用户单击一个按钮、发出一条指令或是在 Web 页面上单击一个链接，从用户单击开始到应用系统把本次操作的结果以用户能察觉的



方式展示出来, 这个过程所消耗的时间就是用户对软件性能的直观印象。图 1.1 以一个 Web 系统为例, 说明了用户的这种印象。

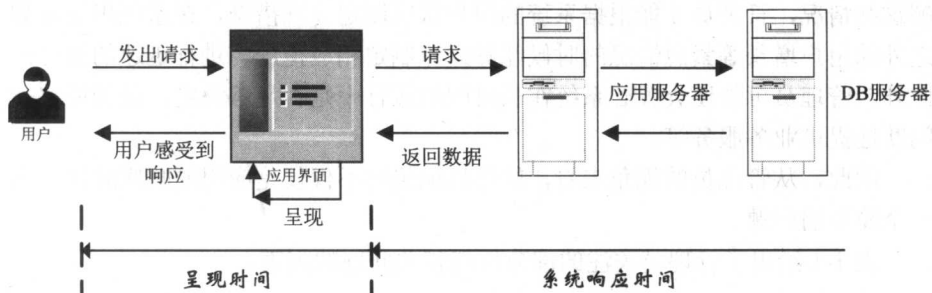


图 1.1 Web 系统的响应

必须要说明的是, 用户所体会到的“响应时间”既有客观的成分, 也有主观的成分。例如, 用户执行了某个操作, 该操作返回大量数据, 从客观的角度来说, 事务的结束应该是系统返回所有的数据, 响应时间应该是从用户操作开始到所有数据返回完成的整个耗时; 但从用户的主观感知来说, 如果采用一种优化的数据呈现策略, 当少部分数据返回之后就立刻将数据呈现在用户面前, 则用户感受到的响应时间就会远远小于实际的事务响应时间 (顺便说一下, 这种技巧是在 C/S 结构的管理系统中开发人员常用的一种技巧)。

关于响应时间的进一步讨论请见 1.2.1 节对“响应时间”的解释。

### 1.1.2 管理员视角的软件性能

从管理员的角度来看, 软件系统的性能首先表现在系统的响应时间上, 这一点和用户视角是一样的。但管理员是一种特殊的用户, 和一般用户相比, 除了会关注一般用户的体验之外, 他还会关心和系统状态相关的信息。例如, 管理员已经知道, 在并发用户数为 100 时, A 业务的响应时间为 8 秒, 那么此时的系统状态如何呢? 服务器的 CPU 使用是不是已经达到了最大值? 是否还有可用的内存? 应用服务器的状态如何? 我们设置的 JVM 可用内存是否足够? 数据库的状况如何? 是否还需要进行一些调整? 这些问题普通的用户并不关心, 因为这不在他们的体验范围之内; 但对管理员来说, 要保证系统的稳定运行和持续的良好性能, 就必须关心这些问题。

另一方面, 管理员还会想要知道系统具有多大的可扩展性, 处理并发的能