

性能测试的专业工具书，
软件测试工程师的良师益友。

深入浅出性能测试 与LoadRunner实战

符强 陈能技 潘绍强 编著

测试实践丛书

深入浅出性能测试 与LoadRunner实战

符强 陈能技 潘绍强 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

本书是软件性能测试领域的一部创新著作,作者结合多年性能测试项目管理与实践经验,由浅入深地从性能测试方法、性能测试工具使用、实际大型性能测试项目实施案例等多方面进行系统讲解,既能让刚刚步入性能测试领域的新人充分掌握性能测试所需的知识和方法,又能让性能测试从业人员真正做到理论结合实际、学以致用,同时更加明确在性能测试领域的职业规划和发展方向。

全书共分为三篇:第1篇——初识庐山,主要介绍性能测试现状及必要性,性能测试常见类型、基本指标和方法,性能测试工具原理、工具使用及工具实操;第2篇——云览群山,主要介绍性能测试的基本过程、性能测试指标的监控,以及性能结果分析、瓶颈定位与调优;第3篇——华山论剑,介绍三个不同行业的实际项目案例,直观地讲述性能测试如何实施、怎样分析定位问题、如何优化等。

本书最后附有性能测试工具 LoadRunner 的高级使用技巧与常见问题解决方法,方便读者在学习和工作中更快捷、高效地解决性能测试中的各类问题。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战 / 符强, 陈能技, 潘绍强编著. —北京: 电子工业出版社, 2016.2
(测试实践丛书)

ISBN 978-7-121-28003-0

I. ①深… II. ①符… ②陈… ③潘… III. ①软件—测试 IV. ①TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 321361 号

策划编辑: 高洪霞

责任编辑: 徐津平

特约编辑: 赵树刚

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 19.5 字数: 437 千字

版 次: 2016 年 2 月第 1 版

印 次: 2016 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

转眼间一年过去了，2014 年，应用性能管理团队决定把性能测试相关项目实践经验写成一本书，几经波折，最近终于定稿。

关于性能测试的能力，我通常将其分成三个层次：能测—会分析—懂调优。这也是进阶的三个层次。

我的第一本关于性能测试的书是与好友郭伯雅合著的《性能测试诊断分析与优化》，书中以迫切希望能面面俱到的心态尝试覆盖三个层次的内容，现在看来还是有点急躁。

能测，这个层次很多人都能达到，掌握一两性能测试的工具，按照一定的流程规范即可开展性能测试工作。

会分析，需要掌握的技能则要广泛很多，从网络到 Web 服务器、中间件、数据库的性能监控，性能指标数据的解读，业务指标与资源指标的关联分析，能精通此道的人就少了很多。

懂调优，原则上不是测试人员的事情，但是懂调优的测试人员会更有价值。如果 Web 服务器、中间件、数据库的调优都能加以尝试和排查，剩下的就是代码优化，岂不是能倒逼程序员，让其毫无借口，必须优化代码？

优化是最高境界，但是能测、会分析是基础！

应用性能管理团队在电信、航空、电力、金融、政府等领域的性能测试项目中摸爬滚打了多年后，大部分人都能达到能测的境界，并且有所超越，甚至一些性能测试脚本的疑难杂症也能顺利攻克。但是，始终只有少部分人在性能数据的分析上能摸到一些门道，能调优的就更少，这种状况直到公司 APM 产品问世才得到很好的解决。

这里先简单介绍一下我们的 APM 能力：通过分析应用程序在 Web 层、中间件层、数据库层的调用情况，组合成完整的调用链，从而形成清晰的业务视图。正是这种能力大大提升了团队性能分析的准确性和效率，降低了对人的要求，在某些项目中还能定位到代码的性能瓶颈，推动开发进行优化。

借此次编写书籍的机会，应用性能管理团队重新梳理了性能测试领域的知识体系，分成“初识庐山”、“云览群山”、“华山论剑”三篇，在总结项目实践经验的同时，再一次巩固了自身对性能测试知识的掌握，达到更深入的理解。

- “初识庐山”篇的编写目的是教会他人性能测试的基本功，使得新员工入职也能迅速掌握基本的性能测试工作技能，继而投入到项目中去。
- “云览群山”篇的编写目的是希望走在前面的性能测试工程师能把多年的经验传承下来，让初级的测试工程师也能顺着阶梯往上爬。
- “华山论剑”篇的编写目的是归纳总结不同行业、不同类型的性能测试项目特点及实战经验，让测试的同行可以参考借鉴。

在我看来，这几大目的都在一定程度上达到了。参与编写本书的几位同事也收获了很多，这些收获有工作经验上的积累，有性能测试技能上的提高，也有同甘共苦、共同奋战在一线的成长与快乐。

本书得以最终成稿并出版，有赖应用性能管理团队几位小伙伴（丁锦良、蒋娟、冼志超、邱艳玲）的帮助。他们在辛苦工作之余，牺牲个人时间，帮忙收集相关材料和提出宝贵建议。

由于篇幅有限，我们遗漏了不少在项目中实践的技术和案例，例如，APM 工具在性能测试中的应用、性能基线测试的管理、性能测试自动化调度执行框架的设计、业务拨测与性能数据分析等。我们期待有机会在下一本书中呈现，或者以其他形式与读者交流碰撞。

通过此次书籍的编写，让我本人也收获良多，尤其是有了更多新的关于软件性能的视角，以及关于性能测试发展方向的思考。例如，APM 这类工具在典型的系统架构中所发挥的性能诊断分析的作用；从日志分析的角度利用类似 Splunk 这样的工具进行性能诊断分析。我希望有机会能在一些项目中验证这些想法。

人生总在一次次的经历中成长，有所经历不代表着一定会有经验，但是经验一定是建立在经历的基础之上的。很高兴我们的应用性能管理团队能一起经历各种项目，面对各种类型的客户，更难得的是我们能把这些经历转化为经验传递给团队中的其他人，以及通过出版书籍的方式传递给广大的测试同行。

最近一两年来，通过与客户的交流、与同行的交流，我收获了很多。例如，通过给客户培训性能测试一遍又一遍地梳理性能测试的知识体系；与华为的朋友交流性能建模；与 DynaTrace 厂商的朋友交流 APM 及大规模分布式性能压测；与招商银行的客户碰撞关于通过抓取网络流量包进行大数据性能分析，等等。这些都让我脑洞大开，原来性能领域还有这么新奇的东西。

书是一种与人交流的形式，我们期待通过著书立说的途径与更多人交流。希望我们的

书能给大家带来一些启发的同时，抛砖引玉，期待广大读者的反馈，共同努力推进软件性能领域的发展。

最后，再次感谢应用性能管理团队的小伙伴们努力，在符强和潘绍强的“双强”带领下，取得了骄人的成绩。感谢新炬的领导程总，营造了一个技术导向、技术为王、技术创新的工作团队氛围，让我们能在工作的同时取得技术上的一次次突破。还要感谢出版社编辑的辛勤工作，你们的耐心与细心指导是本书得以顺利出版的必备条件。

他山之石，可以攻玉。

路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。

与广大测试同行共勉！

新炬网络 应用性能技术总监、质量优化顾问、APM 架构师
DBA+社群联合发起人 陈能技

目 录

CONTENTS

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战

第 1 篇 初识庐山

第 1 章 性能测试概论.....2

1.1 什么是性能测试.....2

1.2 性能测试的现状.....3

1.3 性能测试的必要性.....4

1.4 性能测试类型.....4

1.4.1 压力测试.....5

1.4.2 负载测试.....5

1.4.3 强度测试.....6

1.4.4 容量测试.....6

1.4.5 大数据量测试.....6

1.4.6 基准测试.....7

1.5 软件性能的基本指标.....7

1.5.1 业务指标.....7

1.5.2 资源指标.....10

1.6 软件性能测试方法论.....12

1.6.1 SEI 负载测试计划过程.....12

1.6.2 RBI 方法.....13

1.7 软件性能测试的目标.....13

1.8 本章小结.....14

第 2 章 软件性能测试工具介绍.....15

2.1 LoadRunner 工具介绍.....15

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战

2.1.1	LoadRunner 实现性能测试需求	16
2.1.2	LoadRunner 包含的组件	16
2.1.3	LoadRunner 术语	16
2.1.4	LoadRunner 负载测试流程	18
2.1.5	LoadRunner 核心组件 VuGen 简介	19
2.1.6	LoadRunner 核心组件 Controller 简介	22
2.1.7	LoadRunner 核心组件 Analysis 简介	23
2.1.8	LoadRunner 工作原理	24
2.2	LoadRunner 基本运用	26
2.2.1	使用 VuGen 录制脚本	26
2.2.2	使用 Controller 设计场景	43
2.2.3	使用 Controller 运行场景	49
2.2.4	使用 Analysis 分析运行结果	51
2.3	LoadRunner 常用方法介绍	54
2.3.1	参数化功能	54
2.3.2	集合点设置	58
2.3.3	思考时间设置	61
2.3.4	关联功能	63
2.3.5	检查点功能	69
2.4	LoadRunner 实操训练	71
2.4.1	录制脚本	71
2.4.2	完善脚本	77
2.4.3	运行脚本	88
2.4.4	设计场景	89
2.4.5	执行压力测试	93

目 录

CONTENTS

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战

2.4.6 分析压力测试结果	97
2.5 本章小结	99

第 2 篇 云览群山

第 3 章 性能测试基本过程.....102

3.1 性能需求分析	102
3.1.1 需求获取	102
3.1.2 需求分析	104
3.2 性能测试计划	106
3.2.1 确定测试目标	106
3.2.2 测试范围	107
3.2.3 进度计划	108
3.2.4 准入、准出和暂停准则	109
3.2.5 职责分工	109
3.3 测试环境搭建	110
3.3.1 硬件配置信息	111
3.3.2 软件配置信息	111
3.3.3 测试环境搭建流程	113
3.4 测试工具选择	115
3.5 测试执行	117
3.5.1 场景设计	117
3.5.2 测试策略	118
3.5.3 监控策略	118
3.6 测试结果分析	119
3.6.1 度量指标	120

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战

3.6.2 分析策略	121
3.7 本章小结	121
第 4 章 性能监控指标	122
4.1 性能测试指标	122
4.1.1 资源指标	123
4.1.2 系统指标	124
4.2 操作系统性能监控实践	125
4.2.1 Windows 操作系统监控	125
4.2.2 Linux/UNIX 操作系统监控	131
4.2.3 磁盘阵列监控	142
4.3 本章小结	146
第 5 章 性能分析与调优	147
5.1 监控数据分析	147
5.1.1 资源指标分析	148
5.1.2 系统指标分析	149
5.2 定位性能瓶颈	151
5.2.1 查看操作系统负载	151
5.2.2 使用 Profiler 测试	152
5.3 常见的系统瓶颈	152
5.3.1 算法调优	153
5.3.2 代码调优	154
5.3.3 数据库调优	155
5.3.4 网络调优	157

目 录

CONTENTS

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战

5.3.5 系统调优	160
5.4 本章小结	162

第 3 篇 华山论剑

第 6 章 电信运营商系统性能测试案例.....164

6.1 项目背景	164
6.2 实施规划	164
6.2.1 需求分析	164
6.2.2 测试方案	166
6.2.3 测试环境准备	169
6.3 性能测试执行	171
6.3.1 脚本开发阶段	171
6.3.2 脚本完善阶段	180
6.3.3 脚本通过规则	182
6.3.4 测试策略	183
6.3.5 监控部署	184
6.4 结果分析	188
6.4.1 结果分析思路	188
6.4.2 结果详细分析	189
6.5 本章小结	197

第 7 章 某省出入境网上办事平台性能测试案例 ...198

7.1 项目背景	198
7.2 实施规划	198
7.2.1 需求分析	198

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战

7.2.2	测试方案	199
7.2.3	测试环境准备	205
7.3	项目实施过程	222
7.3.1	脚本开发	222
7.3.2	压力测试场景设计	233
7.3.3	压力测试结果监控	237
7.4	结果分析	238
7.4.1	监控数据生成图形化结果	238
7.4.2	出入境前台压力测试结果	239
7.4.3	Apache 压力测试结果	241
7.4.4	Tomcat 压力测试结果	243
7.4.5	数据库压力测试结果	244
7.4.6	压力测试结果分析	246
7.4.7	回归压力测试结果	246
7.5	本章小结	247
第 8 章 某航空公司接口性能测试案例		249
8.1	项目背景	249
8.2	实施规划	249
8.2.1	需求分析	249
8.2.2	测试方案	250
8.2.3	测试环境准备	253
8.3	性能执行	254
8.3.1	脚本开发	254
8.3.2	场景设计	261

目 录

CONTENTS

深入浅出性能测试与 LoadRunner 实战

8.3.3 场景监控	262
8.4 结果分析	265
8.5 本章小结	271
 附录 A LoadRunner 使用技巧	 272
附录 B LoadRunner 常见问题及解决方法	290

第 1 篇

初识庐山

有人曾这样形容软件测试：它让一场本该在用户面前发生的灾难提前在自己面前发生了，这会让它们生出一种救世主的感觉，拯救了用户，也拯救了这个软件，避免了它们被卸载的命运。目前软件测试人才的缺口在 30 万人以上，性能测试人员更是稀缺人群。很多读者之所以会步入性能测试领域，也是因为职业发展到了一个瓶颈期，希望摆脱日复一日的黑盒功能测试。如何让菜鸟迅速成长为高手？接下来我们将拨开性能测试的层层迷雾，探寻真相之源。

第1章

性能测试概论

随着互联网技术的迅速发展、软件系统的日益复杂，性能已经成为软件质量重要的衡量标准之一。中国银联业务也曾经因性能问题中断 6 小时，数百万笔跨行交易无法进行，损失超过 10 亿元。由性能所导致的问题影响越来越广泛，因此企业对于软件产品的性能要求越来越高，也越来越关注。一个好的建筑师首先需要清楚了解各建筑材料的特性，同样，一个好的性能测试工程师也需要对性能的基础知识有全面的了解。下面就让我们一起来学习性能测试的基础知识。

1.1 什么是性能测试

1. 性能（Performance）

计算机系统或子系统实现其功能的能力。

对计算机系统或子系统执行其功能的能力的度量。例如，响应时间、吞吐能力、事务处理数。

2. 用户角度

用户关注的性能，主要为 subjective 用户体验。一方面为用户查询、提交等业务操作的响应速度，从用户发起请求到服务器返回结果的时间。另一方面是页面展示、页面解析、渲染的速度，包含了用户计算机和网站服务器的通信时间、网站服务器的处理时间、用户计算机浏览器构造请求解析响应数据的时间。

3. 开发人员角度

从架构层面看，关注应用层、服务层、数据层的性能。

从系统功能层面看，关注各个模块、模块之间、接口之间的性能。

在浏览器端：浏览器缓存、页面压缩（计算机的能力）、合理布局页面、减少 Cookie 传输、使用 CDN 在网络供应商处缓存。

在应用服务器端：服务器本地缓存、分布式缓存、异步消息队列、集群（应用服务器集群、缓存服务器集群、数据服务器缓存）。

在数据库服务器端：索引、缓存、SQL 优化、NoSQL。

在代码层面：多线程、改善内存管理。

具体体现：包括响应延迟、系统吞吐量、并发处理能力、资源消耗、系统稳定性。

4. 性能测试

性能测试是通过自动化的测试工具模拟多种正常、峰值及异常负载条件来对系统的各项性能指标进行测试。它的覆盖面非常广泛，对于一个软件系统而言包括了执行效率、资源占用、稳定性、安全性、兼容性、可扩展性、可靠性等。性能测试用来保证产品发布后，系统的性能满足用户的需求。性能测试在软件质量保证过程中起到重要的作用。

通俗地讲，通过模拟生产运行的业务压力和使用场景组合，测试系统的性能是否满足生成性能要求。即在特定的运行条件下验证系统的能力状况。

1.2 性能测试的现状

在软件业较发达的国家，性能测试早已成为软件开发的一个重要组成部分。而在我国，软件行业起步晚，所以在很多方面没有做到标准化和规范化。此外，对于性能测试的重要性、测试方法和流程等还存在很多错误的认识和问题。

（1）国内的很多软件公司对性能测试的重视程度不够，很多领导或项目经理仅关注功能质量，把测试的资源都放在功能测试上。

（2）一些中小型的软件公司没有成立专门的性能测试组，大多数时候由功能测试人员兼顾开展性能测试，没有保证性能测试的专业性和预期效果。

（3）认为性能不会存在太大问题；或者项目进度紧张，等时间充足时再做性能测试。

（4）缺乏实际的性能需求分析，性能测试仅仅让软件项目长时间运行，保证资源消耗正常或者系统不出现崩溃即可。

（5）场景设计不合理，无法模拟真实的业务行为和性能场景。

（6）测试环境与生产环境差别太大，测试无法真实反映生产系统压力状况。

（7）缺乏专业的性能测试结果分析，无法真正定位系统性能瓶颈，达不到调优效果。

1.3 性能测试的必要性

随着社会的发展、科技的进步、信息技术的飞速发展、计算机的普及，软件产品已经应用到社会的各个行业领域，加上网络的发展、信息的共享性等，人们对计算机及网络的依赖性越来越大。软件产品的使用者对高质量、高效率的工作方式的要求越来越高，因此对于工作和生活中息息相关的 IT 系统服务，他们也要求提供更快、更高效的服务品质。

网络的发展，让人们网络的依赖性越来越大，成千上万的用户在庞大的网络系统中游转。网络时代的到来，也给提供服务的系统带来严重的负荷，这就是系统网络发展中最明显的特征：“高并发”、“数据集中”。数据越来越集中于后台系统服务器中，众多系统同时为成千上万的网络用户提供服务，如银行、电信、社交网站等公司的软件系统随处可见，影响着我们生活的方方面面。随着各个企业的业务发展、用户访问量的增加，其服务系统承载的负荷也会随着增加，系统性能的好坏将严重影响企业的利益，因此对于 IT 服务系统的性能测试与优化也越来越受到业界的重视。

2008 年 Aberdeen Group 的研究报告表明，Web 网站 1s 的页面加载延迟相当于减少了 11% 的 PV，相当于降低了 16% 的顾客满意度。如果从金钱的角度计算，就意味着：如果一个网站每天挣 10 万元，那么一年下来，由于页面加载速度比竞争对手慢 1s，可能导致总共损失 25 万元的销售额。Compuware 公司分析了超过 150 个网站和 150 万个浏览页面，发现页面响应时间从 2s 增长到 10s，会导致 38% 的页面浏览放弃率。Radware 也曾发布一份题为“行业现状：2013 年春季电商页面速度与 Web 性能”的调查报告。报告指出，仅一年时间内，美国前 2000 家领先的在线零售商网站的加载时间较去年同期减慢了 22%，网站性能急剧下降，用户体验质量大幅下降。对网站回访率、跳出率、客户满意度及在线收入等多个关键业务指标的影响越来越大，对在线零售商而言，网站加载速度已经成为制约其发展的重要因素，提升 Web 性能已经刻不容缓。

2014 年中国电子商务研究中心发布对电商网站的调查报告，报告中指出用户对网站响应时间的要求很严苛，期望立刻作出响应的占 90%，期望 5min 内作出响应的占 10%。我国的 12306 订票系统因几度濒临瘫痪而受到业内的广泛质疑，既影响了铁道部的信誉，带来了损失，又影响了全国人民的出行计划。

从上面的研究分析可以看出，性能测试非常重要也非常必要，因为性能问题不仅会损害公司的形象，造成资金方面的损失，也会给用户带来各方面的困扰。

1.4 性能测试类型

对于性能测试的分类，业界有很多标准，而对每个类型的诠释也有一些差别。

从狭义来看，性能测试主要用于描述常规的性能测试，是指通过模拟生产运行的业务