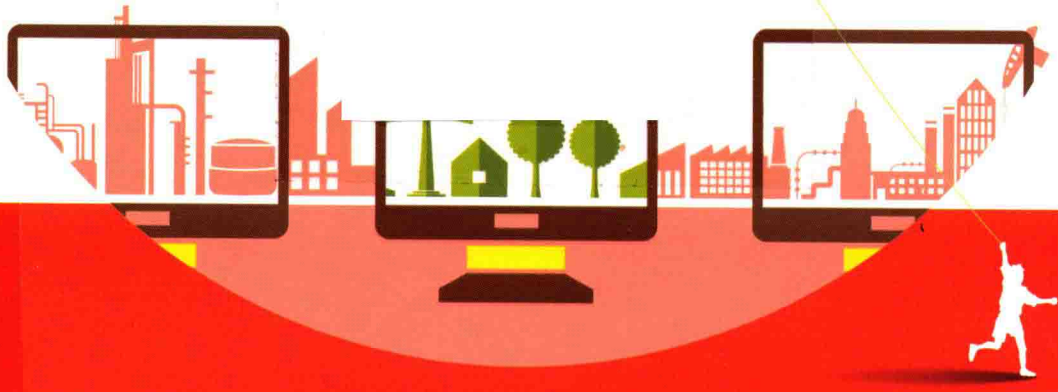
TestStand

工业自动化测试管理

胡典钢　编著



中国工信出版集团
電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

含DVD-ROM光盘1张

TestStand 工业自动化测试管理

胡典钢　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以作者多年的实际项目经验为基础，系统介绍了工业自动化测试管理软件 TestStand 的实用功能和常见问题的解决方法。全书内容共 15 章，包括基础入门和高级进阶两部分。其中，基础入门部分（第 1 ~ 9 章）介绍工业自动化测试管理的基础知识，使读者对 TestStand 有较完整的认识；高级进阶部分（10 ~ 15 章）主要介绍 TestStand 自定制、面向对象模型、编程技巧和优化策略、TestStand 开放式架构，引导读者从测试管理的角度来考虑问题，实现对项目的复杂度和需求进行综合评估，逐步成长为团队核心开发人员。

值得一提的是，所有软件的本质都是一种工具，运用它解决项目中的实际问题是基本，而能不局限于软件自身并在解决问题的过程中了解整个行业的动态和发展趋势，逐步形成全局化的眼光和思路，这才是本书最希望传达的信息。

本书适合从事工业自动化测试的工程技术人员和产品经理阅读，也可作为高等学校相关专业的教学用书。

图书在版编目（CIP）数据

TestStand 工业自动化测试管理 / 胡典钢编著. —北京：电子工业出版社，2016. 1
ISBN 978 - 7 - 121 - 27807 - 5

Ⅰ. ①T… Ⅱ. ①胡… Ⅲ. ①工业自动控制 - 应用软件 Ⅳ. ①TB114. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 300030 号

策划编辑：张 剑
责任编辑：苏颖杰
印 刷：北京京科印刷有限公司
装 订：三河市皇庄路通装订厂
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 × 1092 1/16 印张：23. 25 字数：595 千字
版 次：2016 年 1 月第 1 版
印 次：2016 年 1 月第 1 次印刷
印 数：3 000 册 定价：79. 00 元（含 DVD - ROM 光盘 1 张）

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 zlts@ phei. com. cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@ phei. com. cn。

服务热线：（010）88258888。

致　　谢

在本书即将出版之际，首先深深感谢我的妻子汪青。由于工作比较忙碌，大部分空闲时间都用于写作，且写书的过程相对漫长，前后持续了一年半，时而力不从心，几度欲放弃，妻子的鼓励让我坚持下来。此外，她还审阅了书稿的前言部分，并对书稿的写作风格提出了很好的建议。

感谢应用工程部经理张浩帮助联系公司市场部为本书的推广做准备。在应用工程部门这个积极、轻松的大家庭里，好的想法和创意常被鼓励并得以实施。

感谢 NI 公司的同事张辉、高琛、许海峰对书稿的审阅，他们花费大量时间仔细阅读书中的每个章节，就书中内容进行了反复讨论，并验证了所有的示例，帮助修正了许多错误，这种严谨认真的态度让我非常钦佩。

感谢杨堃、冯裕深对书中部分专题的调研和技术讨论。感谢市场部同事贾青超、李甫成、陈宇睿、徐剑杰在本书出版和推广过程中提供的建议和帮助。感谢法务部同事王呈明、顾晓峰、Pete Smits 提供的法律咨询以及对书中所引用 NI 公司资料的出版授权。

非常感谢陈哲明、周林、Andy、张晶在工作和生活上给予的帮助和支持。感谢刘晓锋、姚英豪、沈晨、周锋、朱宇杰、王晓辉、任意、倪海蛟、杜鹤、周豪、阮永涛、李程的帮助。

感谢电子工业出版社策划编辑张剑和责任编辑苏颖杰在出版安排、文字校对、文稿润色、封面设计等方面给予的帮助与启发。

感谢我的研究生导师王坚老师和彭俊彪老师，他们带我走进了自动化测试领域。

最后感谢我的父母和家人，他们一如既往的支持是我最坚强的后盾。本书献给我刚出生不久的女儿豆豆，她的到来给我们带来了无限的欢乐。

胡典钢

Preface

When we released TestStand 1.0 in December 1998, our ambitious goal was to bring the benefits of a quality modular software foundation with an open extensible architecture and highly functional components to the developers of test system software. Too often, we had witnessed National Instruments customers struggle with home grown or narrowly developed integrator supplied monolithic test executives that suffered from a lack of ongoing investment, scaled poorly, or were constrained by technology and quality issues. Our key challenge in providing an industry wide platform for test system development was that no two companies are alike in their requirements and priorities. Fortunately, National Instrument's unusually large and diverse base of test and measurement customers gave us a uniquely broad – based resource to draw upon for input and feedback in the design and architecture of TestStand. We had little choice but to make every aspect of TestStand flexible, configurable, and pluggable, to a degree that seemed outrageous at the time and sometimes still does. From user interfaces, process integration, file formats, parallelism, result storage, reporting, test configuration, all the way to the choice of programming language and development environment, TestStand provides flexibility, extension mechanisms, and even component source code, to ensure that test system developers can achieve the system they desire while leveraging a highly functional and coherent set of widely used well tested building blocks.

However, because of the numerous ways that TestStand can be utilized and customized, it is not always easy for developers new to TestStand to know what customizations or configurations to make in order to achieve their desired system. Fortunately, this is where Diangang's (Dylan) book excels. Drawing upon a wealth of real world project experience with a variety of customers, Dylan is able to present the concepts and mechanisms that TestStand provides while grounding the knowledge with concrete applications and examples. In addition to the depth and breadth of TestStand topics that Dylan's book covers, he also has the indisputable achievement of having created the world's finest TestStand resource in the Chinese Language. I appreciate Dylan's hard work, initiative, and the enthusiasm that he applied in creating this book and I'm looking forward to it helping an even wider audience of developers to benefit from building their systems with TestStand.

James Grey

NI 公司研发部首席工程师, TestStand 之父

序

1998 年我们发布了 TestStand 1.0，当时的宏伟目标是为自动化测试系统软件的开发者提供一个高质量的带有开放式可扩展架构和高性能组件的模块化体系。现实中，我们经常看到工程师与自行开发或某些集成商提供的欠成熟且功能单一的测试执行器做斗争，而这些执行器的开发和维护常受限于持续投入的缺乏、规模太小或技术和质量问题。在为自动化测试系统开发提供一个行业性平台时，我们面临的最大挑战是没有两家公司在需求和优先级上是相似的。幸运的是，NI 公司拥有异常庞大而多样化的测试和测量用户，这是我们在设计和构建 TestStand 过程中作为输入和意见反馈的宝贵资源。我们别无选择，只能努力让 TestStand 的每个方面都很灵活、可配置且某些功能支持插件模式。那个时候，某种程度上要达到这种要求看起来很离谱，甚至现在看来仍然是这样。从用户界面、过程整合、文件格式、并行、结果存储、报表、测试配置，一直到编程语言和集成开发环境的选择，TestStand 提供了灵活性、扩展机制甚至组件的源代码，来确保测试系统的开发者能借助这些高度模块化、功能内聚且被广泛验证的组件单元来设计自己想要的系统。

由于 TestStand 有很多种方式实现应用和定制，对于 TestStand 的开发者来说，需要了解用什么样的定制或配置来实现他们想要的系统，这不是一种容易的事情。幸运的是，这就是本书要告诉我们的。由于拥有非常丰富的实际项目经验，作者能够准确地呈现 TestStand 的概念和原理，并将理论知识与实际应用案例相结合。本书所涵盖的 TestStand 主题，无论从深度还是广度方面，都毫无疑问地创造了世界上最好的 TestStand 中文学习资源。我非常欣赏作者在撰写本书的过程中所表现出的勤奋、主动和热情，也期望本书能帮助更多的开发者在使用 TestStand 构建他们的系统中获益。

James Grey

NI 公司研发部首席工程师，TestStand 之父

前　言

刚进 NI（National Instruments）公司的时候，部门就安排了一次为期 5 天的 TestStand 内部课程培训，由资深应用工程师授课。那时候笔者还不太了解 TestStand，但对它的广泛应用已有所体会，以电子行业为例，在全球顶级的 15 家电子产品制造商中，就有 14 家使用了 TestStand，且它几乎每年都会推出新版本，足见其生命力之强。

最初，一些敏锐的科学家和工程师发现，在开发自动化测试系统时，随着系统复杂程度的增加，测试项增多，管理这些测试项变得非常困难。如果中间插入测试项，或者测试项之间要调整顺序时，必须对测试代码做很大的改动，当频繁进行这些操作时，工作量变得非常大且异常烦琐，从而造成维护上的困难。而且，自动化测试系统往往是一个混合平台，需要用到不同仪器厂商的设备，基于不同语言编写的硬件驱动，要求软件具备统一接口，以调用使用不同语言编写的代码模块。另外，当产品升级或设计全新产品时，相应测试系统的大部分代码需要重写，而这其中包含序列号追踪、用户管理、测试流程控制、报表生成、数据存储、用户界面更新、系统配置、弹出提示窗口等一些非常通用的操作，如果能把这些通用部分提取出来作为框架模板，然后用户在这个模板上进行开发，无疑可以大大节省开发时间。再者，在产品测试过程中需要将每项测试结果和产品的规格上下限做对比，随着测试项增多，相应的规格上下限也急剧增多，管理它们就变得非常重要，有时甚至需要在某个关键测试项不合格时，立即停止对产品的测试，这就涉及测试的管理策略问题。随着开发经验日益丰富，工程师不再满足于现有系统的测试效率，而要提高测试效率，自然会想到引入多个产品的并行测试。然而，引入并行测试需要考虑的问题很多，包括线程的管理追踪、线程安全、线程之间的通信、数据空间等，而要做到这些并不简单。总之，TestStand 在这样的背景下诞生了。

TestStand 是一个现成可用的自动化测试管理软件，用于从组织自动化原型创建、控制设计认证到执行生产测试的整个过程。它与 LabVIEW、LabWindows/CVI、Visual Basic 和 Visual C 等所有主流测试编程环境兼容，且能调用任何编译过的动态链接库（DLLs）、ActiveX自动化服务器、EXE 可执行程序，甚至传统开发语言，如 HTBasic 和 HP－VEE。利用 TestStand 强大的兼容性，可以非常方便地在一个系统中将传统和现代测试编程环境结合起来。由于 TestStand 与 LabVIEW、LabWindows/CVI 编程语言完全兼容，开发人员可以更加方便地在 TestStand 中对程序进行调试、修改或设置断点。此外，TestStand 具有极其开放的架构，为满足特定需求，用户可自行对其功能进行修改，例如自定义用户界面和报表生成格式，或根据不同的测试需求自行定义执行顺序。建立在高速、多线程执行引擎基础上，TestStand 的性能可满足最严格的测试吞吐量要求。TestStand 让工程师将精力集中在更重要的任务上，如考虑如何为产品建立测试策略，再考虑如何利用这个策略开发出应用程序等；而相对简单通用的工作，如运行序列、执行、报表生成和数据库记录等，均由 TestStand 来

完成。TestStand 在提高自动化测试开发效率、加快测试速度、降低测试系统整体成本方面具有非常显著的优势。

笔者曾主导或参与了 TestStand 方面一些大型项目的开发，深深体会到 TestStand 的强大和用户需求的多样性，并且很幸运地结识了许多非常优秀的工程师，有机会和他们进行交流，探讨 TestStand 的开发技巧、资源使用效率、并行测试等话题。在此摘录一些：

“TestStand 提供了成熟的框架、快速的开发模式，从过程模型、操作界面到用户管理、报表生成、数据库记录等，在着手新项目开发时，我只需要关注产品测试项本身，其他都可以复用，这极大地节省了开发时间。”

——黄华勇　vivo 移动通信工程测试经理

“TestStand 的调试功能比较突出，设置的测试模式丰富，使得调试起来很方便。尤其是定位一些产品功能性的问题，因为公司产品功能相对复杂，测试项非常多。”

——陈中梁　华为终端资深测试装备开发工程师

“TestStand 有助于功能模块标准化、平台化，减少重复开发工作量。在其框架的基础上，我们能通过一定程度的自定制最终开发出适合公司使用的通用自动化测试平台。”

——袁秋　迈瑞生命信息与支持事业部装备开发技术经理

“在 TestStand 中进行测试管理是一件非常轻松的事情，它对测试序列的调度能力可以让使用者非常方便地编辑测试序列。此外，TestStand 的多线程管理能力很强，稳定性非常高。”

——林晓斌　亚马逊资深测试工程师

“TestStand 自带的并行测试模型大大简化了多线程管理的工作，通过优化策略可以提高资源利用率进而显著缩短测试时间，满足产能要求，而且其内在同步机制很好地解决了并行测试中竞争、资源冲突、死锁等问题。”

——郭恒章　Bose 中国测试经理

编写本书的动力

在一个硬件趋于同质化的时代，如何提高核心竞争力？由于摩尔定律推动而带来的飞速发展，硬件的性能越来越强大，这种势头导致不同厂家之间硬件的性能趋于同质化，而真正体现差异性的方面则在于软件及其带来的用户体验。这种现象普遍存在于各个行业，如消费电子、无线终端、半导体、汽车、仪器仪表等。以仪器仪表行业为例，各种硬件指标，如带宽、频率范围、采样率、绝对精度，在不同厂家的同级别仪器之间差别并不是很大，将这些仪器用于搭建自动化测试系统时，真正影响测试效率、系统开发周期、系统更新升级成本以及系统可靠性的是测试开发软件。在这个以软件为核心的时代，TestStand 正是自动化测试领域非常重要的一个软件平台，它具备加速自动化测试系统的开发及完善产品的原型验证、

开发测试、系统级测试并最终缩短产品上市周期等独特的优势，近年来得到了广泛的应用，而对其系统性介绍资料的需求也越来越突出。

笔者刚进入 NI 公司时，作为应用工程师，一部分工作是通过电话或电子邮件解决客户的技术问题，并接手一些项目验证。有些项目难题无法直接解决，需要查阅用户手册和内部数据库，而内部数据库的知识点往往是回答某个具体问题，并没有归纳整体项目案例或者整理一系列有代表性的问题，经常花费相当长的时间才找到有价值的资料。在部门经理的支持下，笔者和另一位同事设想将平时做的项目验证和比较系统的技术问题以文档的形式记录下来，供部门内部参考，以节省大家的时间，并把这项工作命名为 Knowledge Sharing（以下简称为 KS）。作为 KS 的第一任编辑，笔者向部门的全体同事征稿，题材不限。出乎意料的是，我们在短时间内就收到了很多文章，这些文档还引起了广泛讨论甚至争辩，大家都觉得从这种文档式的知识分享中受益良多。由于 KS 最初的目的是在应用工程部门内部实现知识分享，因此许多文章在写作时没有介绍基础知识，并省略了一些较粗浅的细节。这对于内部交流没有影响，但是对于大部分客户，则跳跃性太大，无法参考。另外，我们对 KS 进行归类时发现，TestStand 方面的文章最多，这一方面反映了国内使用 TestStand 的机会非常多，另一方面则体现出 TestStand 的功能非常强大，即使是 NI 工程师也无法了解所有的功能，只能在遇到某个问题时查阅技术文档将某项功能开发出来。经常有客户抱怨阅读英文帮助文档非常浪费时间，而且不知道如何与实际项目相结合，询问是否有 TestStand 方面的中文专业书籍，然而让笔者很意外的是市场上竟没有找到一本系统性的相关书籍。编写本书的初衷很简单，就是结合笔者多年的项目经验和学习心得，对 TestStand 常用功能进行系统的归纳和总结，并希望将面对具体项目时如何建立框架的思想传递给读者。有时因为一个很简单的理由，就选择坚持下来去做一件事件，希望本书能够给应用工程部门的同事作为参考，更重要的是让数以千万计的 TestStand 开发工程师受益。

本书的特点

在笔者看来，最详细的 TestStand 资料莫过于其帮助文档，它涵盖了 TestStand 所有的知识点，所有操作细节都可以在帮助文档中找到相应的说明，因此本书只在一些重要的地方加以注释，提示读者某个知识点的更多细节可以在帮助文档中查阅到。笔者曾是 NI 公司官方 TestStand 高级课程的讲师，在多次授课的过程中，有幸能够与学员直接沟通，从他们的反馈中得以评估 TestStand 课程内容的选择、难易程度的控制、课程内容对客户实际项目的即时帮助、课程时间的安排等。培训课程中，原理介绍得多，实际案例偏少。以上都对笔者把握本书内容起到了很重要的指导作用。本书编写中，笔者结合了近几年在项目开发过程中积累的经验，将各知识点的理论原理讲述与项目实际应用相结合，有相当的篇幅是介绍项目开发中遇到的技术问题，以及推荐的解决方法，以帮助读者有效避开典型的问题，节约开发时间。同时，为了更好地说明某些较复杂的问题，书中附上了大量的例程，这些例程都经过精心设计和验证且不随意发散，以便读者更好地吸收和消化。在讲解重点章节时，对开发人员重点关心的一些内容，本书力求提供可供实际工程项目借鉴的范例和模型，这些范例和模型非常便于移植，如报表的自定制、自定义用户界面、混合系统并行测试模型、TestStand 语言本地化、常见回调序列的使用、过程模型自定制、系统部署、性能优化等。本书分为基础

知识和高级主题两部分，基础知识部分主要通过系统的讲解来引导 TestStand 初学者入门，并对 TestStand 有一个较完整的认识，从而将 TestStand 运用于实际项目中；而高级主题部分更多地介绍自定制方面的知识、TestStand 面向对象模型、编程技巧和优化策略、深入理解 TestStand 开放式架构，从而使初学者成长为团队的核心开发人员，并能够逐步从测试管理架构师的角度对项目的复杂度和需求进行评估。

本书的目标

本书的目标在于帮助读者快速使用 TestStand 并最终成为 TestStand 开发专家。在通读本书后，读者能熟练掌握以下内容：

- ☺ 创建 TestStand 测试序列；
- ☺ 编写代码模块供 TestStand 调用；
- ☺ 修改常用 TestStand 配置；
- ☺ 在 TestStand 中进行调试；
- ☺ 执行并行测试；
- ☺ 合理实施用户管理策略；
- ☺ 根据项目需求自定制步骤；
- ☺ 熟练掌握回调序列的使用，深入理解过程模型；
- ☺ 开发自定义用户界面；
- ☺ TestStand 报表自定制；
- ☺ 将开发程序部署到目标系统；
- ☺ 优化测试系统，提高系统运行效率。

本书的编写说明

»符号　将引导读者进入嵌套菜单项或通过一系列点击到达对话框的最终项。

粗体字　粗体字表示序列名称、步骤名称、参数名称、菜单项。

斜体字　斜体字表示变量、强调、对关键术语或概念的介绍，或者是占位符，必须填入内容。

等宽字体　等宽字体表示使用键盘输入的文字和字符，如代码片断、语法示例。

注意　提醒读者需要注意细节的地方。

提示　一些操作技巧，可以使操作更有效。

警告　提醒读者特别留意，一些操作可能引起错误、数据丢失或系统崩溃。

TestStand 版本和安装说明

笔者在编写本书时使用的是 TestStand 2013 版本，但书中大部分内容同样适用于更早期的 TestStand 版本。虽然在本书出版时，TestStand 已经有了更高的版本，但是书中的思想、所使用的开发技巧基本是通用的，若 TestStand 内核有重大的改动，笔者将考虑对本书进行修订。在 TestStand 平台下可调用多种语言编写的代码模块组成测试序列，本书主要使用

LabVIEW 2013、LabWindows/CVI 2013 编写的代码模块，一个是图形化的平台，另一个是传统的文本编程开发平台。本书附带的光盘中包含 TestStand 2013 评估版安装程序、LabVIEW 2013 评估版安装程序、LabWindows/CVI 2013 评估版安装程序。为了保证书中所有的示例都能正常运行，建议读者在个人计算机上安装上述开发环境，但这些软件都是评估版，只提供 45 天的试用期，试用期结束之后将会失效，读者可以联系 NI 公司获取许可证（http://china.ni.com）。除此之外，光盘中还提供了书中涉及的示例和练习，按章节分类。

插图和示例

本书的示例和插图都是使用 TestStand 2013 版本完成的，运行的操作系统是 Windows 7。

由于笔者水平有限，书中难免有错漏之处，希望读者能够指正，也欢迎对书中的任何内容做评论。笔者更希望看到的是，通过本书搭起一座桥梁，在本书给读者提供参考的同时，通过读者相互之间的讨论激发对 TestStand 的交流热情，而这些讨论得到的收获能更好地应用于各自的项目之中，并从中受益。

编著者

目　　录

第1章　自动化测试展望

欢迎来到自动化测试世界！本章将讲述自动化测试领域的现状和未来发展趋势，采用标准的自动化测试系统架构所带来的优势，以及在标准架构中测试管理软件的核心作用。

目标

- ☺ 了解自动化测试的概念
- ☺ 评估引入自动化测试的场合
- ☺ 自动化测试的发展趋势
- ☺ 理解标准自动化测试系统架构
- ☺ 了解测试管理软件在标准架构中的核心作用

关键术语

Automated Test（自动化测试）、Automated Test System（自动化测试系统）、Testing Role（测试角色）、Test Operator（测试操作员）、Test Program（测试程序）、Unit Under Test（待测件）、Return On Investment（投资回报率）、Regression Test（回归测试）、Standard Automated Test System Architecture（标准自动化测试系统架构）、Application Development Environment（应用开发环境）、Instrument Driver（仪器驱动）、Test Management Software（测试管理软件）、Commercial Off-The-Shelf（标准商用现成）

1.1　自动化测试

进入21世纪，产品的更新换代以前所未有的速度在进行，这些产品所在的行业涵盖消费电子、汽车、医疗、半导体、航空航天等。这种加速一方面是得益于科技的发展浪潮，如摩尔定律、精密的机械加工工艺以及越来越完善的产品研发到量产的管控体系；另一方面则是经济全球化所带来的巨大挑战和压力，促使各大公司加大投入，以缩短新产品的上市周期。新产品从研发到流入市场周期的缩短，对产品的测试提出了巨大的挑战，因为只有通过不同的测试——设计验证和品质验证，才能保证产品的质量。在传统方式中，产品的质量管控更多的是依靠人工手动操作来完成的。以智能手机为例，需要对产品的通话质量、无线网络接入、音频、数字视频进行测试。操作工人直接拨通手机以检查通话质量，将手机接入附近无线热点下载数据以检测无线功能，用人耳侦听判断音频的输出，并目测视频的输出检查是否有缺陷。这种测试方式对操作人员的依赖性很强，带有一定的主观性，并且缺乏客观标准。使用仪器设备可以克服测试主观性的问题，它能够对结果进行量化。在上述例子中，手机综合测试仪用于分析通话质量，如误差矢量幅度、占用带宽、邻道泄漏比、功率；音频数据采集卡用于测量音频参数，如频率、信噪比、总谐波失真、串扰等；视频信号分析仪可以