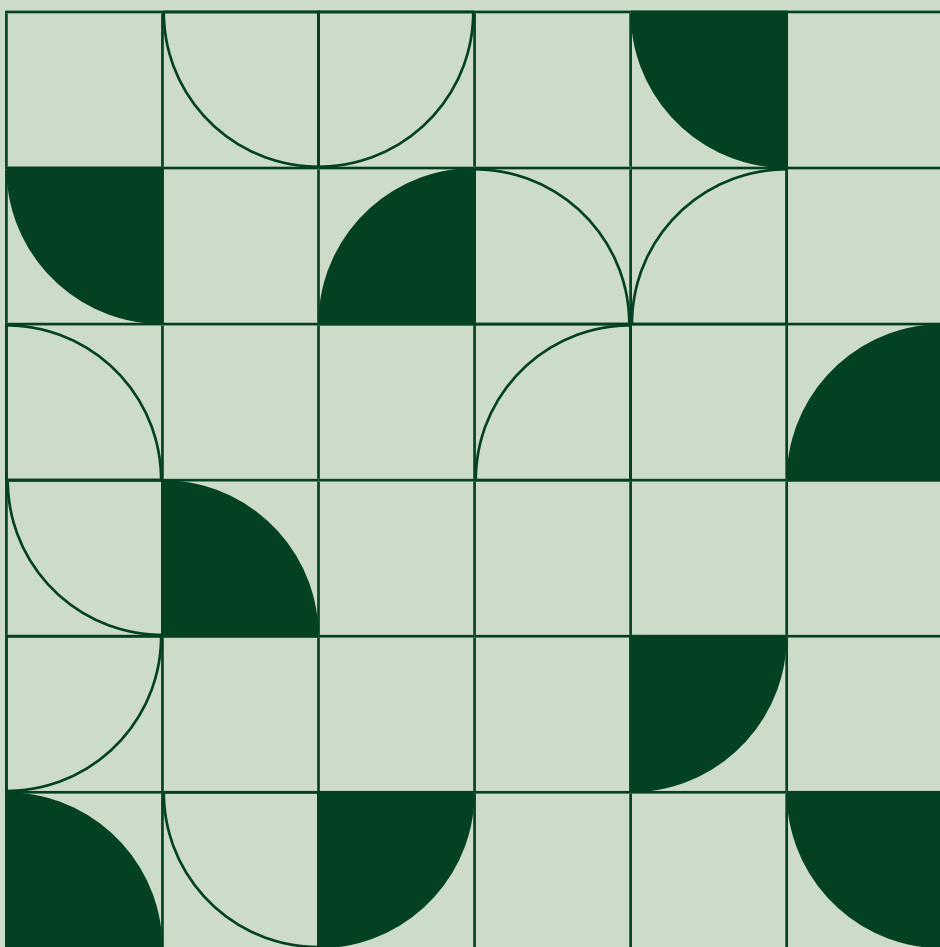


自动化测试系统 总体拥有成本的建模



- 02 简介
- 03 开发成本
- 04 部署成本
- 05 操作和维护成本
财务分析方法
- 06 实际示例
概述
开发和部署成本
操作和维护成本
总体拥有成本
示例总结
- 10 结语

简介

大多数企业并未将生产测试视为重中之重，但有必要进行生产测试以避免代表公司品牌形象的产品在客户购买后出现重大质量问题。但是，生产测试成本可能十分高昂，有时会难以衡量，尤其是在没有简单的方法可以量化高质量产品或缩短产品上市时间对业务的积极影响时。但生产测试是“无可避免的麻烦事”这种观点并未束缚行业领先的企业，因为他们会力图了解开发、部署和维护测试系统的总成本，从而摆脱这种观点。实际的自动化测试成本远不只是测试系统的资本成本和操作员的人工成本。

通过本指南，您可以了解有助于评估测试机构测试能力的工具和信、提出可显著节约成本的方案以及帮助公司做出更明智的投资决策来逐年提高盈利能力。

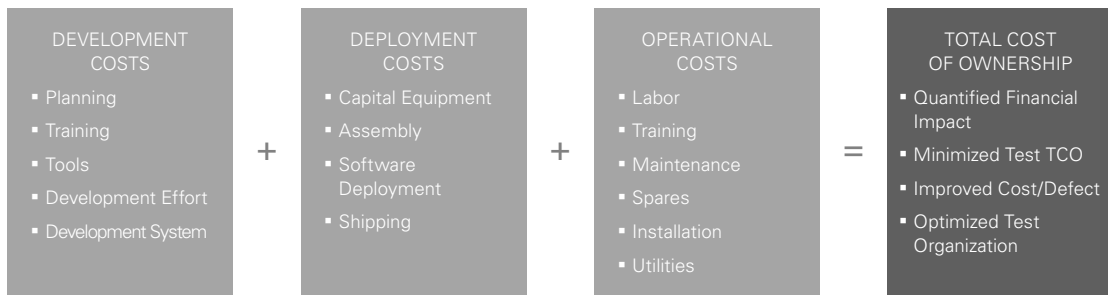


图 1 正确进行总体拥有成本建模可反映出特定测试资产的整个使用周期成本，并为评估未来战略投资提供财务框架。

开发成本

对于大多数应用，相较于部署以及操作和维护方面的成本，有关构建定制自动化测试系统的开发成本是最低的。这通常因为在开发过程中所构建的系统仅是用作性能基准测试和测试范围评估的概念性验证。但是，开发测试系统的总成本可能会因最终目标不同而有很大差异。公司在创建新产品时，通常会使用不同的架构和仪器来开发和比较多个测试系统，以确定最佳方法。

研发(工程)团队负责产品设计和构建大部分开发系统，因此成本将计入该团队的预算或成本中心。相对更成熟的测试部门会与其研发团队共同参与产品设计，此过程通常称为测试设计或DFT，他们同时也致力于开发测试系统。这是一种最佳做法，但并非适用于每个测试机构。

对于为测试单个设备或组件的功能而构建的测试系统，有关需求收集、仪器选择、连接件和软件开发的工作量相对有限。但若测试部门正在设计一个多功能的标准化测试系统，用于验证多个设备或组件的功能，开发成本可能有所增加。在这种情况下，必须花费更多时间来确定系统必须具备的全部功能排列、待测设备(DUT)连接件必须足够灵活、软件必须可以进行扩展，以便在新设备添加至产品组合时能轻松进行更改。

其他如编写硬件、测量抽象层或大规模互连系统均需要投入更多的前期开发成本，但是在应对快速的技术变化、面对长使用周期系统的仪器报废(EOL)问题时，测试机构会获得相应的投资回报。

开发自动化测试系统的相关主要成本：

- **规划工作**—正确识别测试系统的所有可行方案所需的时间和成本。包括浏览供应商网站、参与产品演示会、评估、贸易展会和论坛所花费的时间。
- **开发人员培训**—包括学习新的软件开发工具(集成开发环境[IDE]或测试执行程序)和硬件平台(例如，带有SCSI或PXI的机架和堆栈)所需的时间和培训课程费用。
- **开发工具**—购买测试软件(IDE或测试执行程序)开发许可证的相关成本。
- **开发工作**—开发概念性验证测试系统软硬件所需的时间。
- **开发系统**—购买初始概念性验证或演示测试系统的相关资本成本，用于对当前或其他新系统进行基准测试。

部署成本

当产品投入生产时，必须扩大大概念性验证或演示测试系统以满足产品的批量生产需求。测试系统的吞吐量(单位时间内测试的单元数)直接影响所需的系统数量，而产品管理和销售渠道决定预测数量。除了测试功能的覆盖范围，在开发阶段中，应考虑的首选因素是所需的测试系统数量，这直接影响总部署成本。

而增加测试系统部署成本的另一因素是运输。规模较小的公司认为这一因素并不具有挑战性，因为其制造测试部门和研发部门可在同一地点办公，或两者的办公地点至少在地理位置上非常接近。然而，如果规模较小的公司缺乏制造和测试其设备或组件的能力或专业知识，也会选择外包产品制造和测试工作。但大公司的制造测试部门和研发部门可能设立在同一国家的不同地区，甚至设立在完全不同的国家/地区。这将显著增加部署成本，特别是在制造测试系统尺寸较大和/或较为沉重的情况下。较慢的货运方式的确可降低部署成本，但仅限于不考虑时间因素的情况下。最佳做法是在开发阶段就将测试系统的物理尺寸和重量加以考虑，尤其是在两种方案之间进行比较时，这有助于显著减少下游成本。

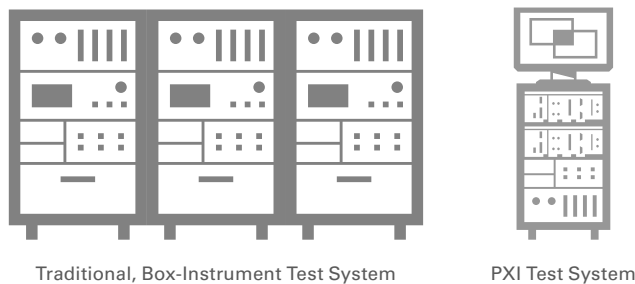


图 2 在性能相似的两个测试系统之间选择时，请选择尺寸更小、更轻便的测试系统以降低部署成本。

部署自动化测试系统的相关主要成本：

- **资本设备**—所需测试系统的数量(取决于产品需求和测试系统吞吐量)，直接影响设备成本。
- **系统组装**—将单个组件组装到测试系统中所需的时间，组装过程包括构建19英寸或21英寸仪器机架或其他机械外壳、安装所有测试仪器、连接线缆和接线，安装开关和大规模互连以及连接件。
- **软件部署**—编译或构建软件组件集合，并将这些组件从开发计算机导入到目标机器上执行的过程中所涉及的成本。
- **运输和物流**—测试系统的尺寸和重量以及生产或制造设施所需的测试系统数量直接影响该成本。运输距离和接收货物所需的时间窗口也会影响此成本。系统的耐用程度决定是否需要使用特殊包装。

操作和维护成本

最后与测试系统相关的成本是操作和维护成本，这一类型的成本经常为人们所忽视或低估。这些成本通常并不属于负责产品或设备初始设计的研发团队，而几乎总是归结至制造或生产团队；这种成本中心的分离使得跨部门协作成为常见的难点。在公司选择外包其产品制造和测试工作的情况下，合同制造商承担这些单项成本并与公司协商这些服务的固定费率或小时费率。

操作和维护自动化测试系统的相关成本：

- **每小时操作**—测试系统操作员和支持技术人员的人工成本，用于确保系统在制造过程中正常运行。测试系统的数量和操作系统所需的技能水平直接影响该成本。
- **操作员培训**—每名操作员学习测试系统使用方法所需的时间。无论培训采用何种形式(操作手册、在线或面授课程)，该成本通常仅限于每名操作员必须参加培训的时间。对于拥有多种测试系统的公司，必须在两种模型(每名操作员都可以操作每个测试系统和每个操作员专门操作单个测试系统)之间决定人员配置策略。
- **维护**—保持测试系统和仪器正常工作的相关成本。该成本通常包括每年校准设备的成本，以及故障时更换仪器所需的预测成本。系统维护的难易程度也会影响该成本。
- **备用库存**—在意外停机(如仪器故障)或计划停机(如校准)时运行备用仪器所需的成本。对于拥有多个独特测试系统的公司，需要为每个测试系统准备备用仪器；由于产品结构多样，公司还需要为其测试系统提供更多的备用仪器和零件，以确保较长的正常运行时间。
- **安装**—消耗大量电力或产生大量热量的测试系统需要安装特殊的大功率电气设备或冷却塔以确保性能正常。
- **公共服务**—为测试系统供电、冷却和提供场地(占地面积)的相关成本。制造车间每平方英尺的价格和电价可能因地理位置的不同而有很大差异。

财务分析方法

由于开发和部署成本按多年摊销，而操作和维护成本属于还未发生的费用，因此必须使用财务模型来确定测试系统的总体拥有成本。对于传统投资情况，项目将产生收入和利润。然而这种情况下，不会产生收入或利润，而是要比较一个测试系统相对另一个所节省的成本。例如投资高效照明或房屋保温项目，投资人需要在前期投入资金，但从长远来看，项目将通过减少基础设施费用来而产生收益。

- **投资回收期(PP)**—这是实现项目资金回笼所需的时间。这种计算方法包括两部分。首先，必须明确开发和部署新测试系统与部署更多旧系统之间的差额以确定前期成本。因为旧系统已开发完成，所以不会产生相应成本。其次，将这个差额除以每年根据新系统效率(吞吐量)所节省的操作成本。

投资回收期(PP)[年]=

$$\frac{\text{前期成本}[\$]}{\text{每年节省}[\$/\text{年}]}$$

- **投资回报率(ROI)**—代表项目使用周期内赚取的资金与投资资金的比率，以百分比表示。由于需要分别计算出新旧系统的预计总体拥有成本，然后明确两者差额，因此计算较为复杂。随后将此差额除以更具成本效益选项的总成本，并从所得商中减去1(100%)以得到百分比形式的结果。

投资回报率(ROI) [%] =

$$\frac{\text{净节省总额}[\$]}{\text{总成本}[\$]} - 1$$

- **其他模型**—要确定项目或金融投资的可行性，可使用许多其他财务模型，如内涵报酬率(IRR)、净现值(NPV)和修正后内涵报酬率(MIRR)等。但在比较两种方案时，使用这些模型的高级建模往往会失效，因此您可以将分析仅简化为PP和ROI。

实际示例

以下实际示例可演示如何使用总体拥有成本的财务分析，来做出有关购置新测试系统架构的明智决策，而非遵循旧方法。

概述

市值2亿美元的B公司是一家基于IP的卫星通信系统制造商。该公司当前的生产测试系统采用传统的机架堆叠式台式仪器。B公司开发这些测试系统并将其部署给合同制造商，后者以每小时30美元的固定费率向他们收取产品测试费用。

当前测试系统的最显著特征如下：

- 功能齐全且测试范围全面
- 资本成本适中
- 测试机构接受过操作方法的全面培训
- 吞吐量非最佳

由于B公司最近投资了更大的销售渠道，其雷达产品由此进入新市场，因此生产能力必须从每年10000台增加至25000台。

他们的工程团队与NI合作，指定了一个基于PXI的新测试系统，该系统可将每个待测设备(DUT)的测试速度提升3倍。但新的解决方案需要在前期投入开发和部署成本，因此在做出决策之前，相对于基于先前的架构购买其他测试系统，必须对迁移产生的业务影响进行建模。



图 3 每年产品需求增长15000。

开发和部署成本

评估过程中最常见的假设是，在测试机构已经过充分的培训并不会产生开发成本的前提下，基于现有架构购买其他测试系统更经济合算。因为系统已构建完毕，只需复制即可。然而，新系统在开发期间需要考虑规划、设计、培训和其他非重复性工程(NRE)成本。

然而，新系统的吞吐量优势不容忽视；因为吞吐量直接决定了为达到预测的数量增长，而必须购买其他或新测试系统的数量。在这种情况下，如增加现有测试系统的数量需要15个其他系统，而仅需购买基于PXI的新系统即可满足吞吐量需求。

现有的机架堆叠式系统	
NRE资金投入：	N/A
NRE开发时间：	N/A
资本支出：	每个系统100000美元
#现有的测试系统：	10
测试时间：	每台设备40分钟
总量/吞吐量：	每年1000台设备

基于PXI的新系统	
NRE资金投入：	90000美元
NRE开发时间：	150000美元
资本支出：	每个系统120000美元
#现有的测试系统：	N/A
测试时间：	每台设备13分钟
总量/吞吐量：	每年3000台设备

其他财务变量	
摊销时间表：	5年
替换现有系统：	不，继续运行
每小时操作成本：	30美元(合同制造商)
所需吞吐量：	每年25000台

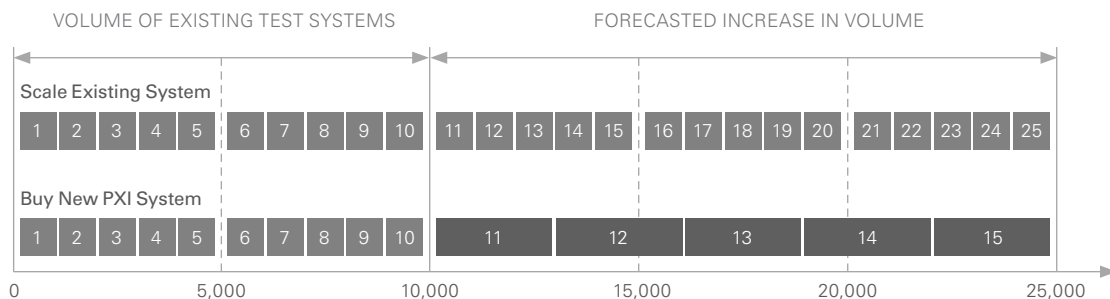


图 4 新的PXI测试系统将吞吐量提高了3倍，大大减少了满足额外产品需求所需的系统数量。

确定每种方法所需的测试系统数量后，可以比较开发和部署的相关总成本，并直接了解吞吐量、资本支出和NRE的影响。

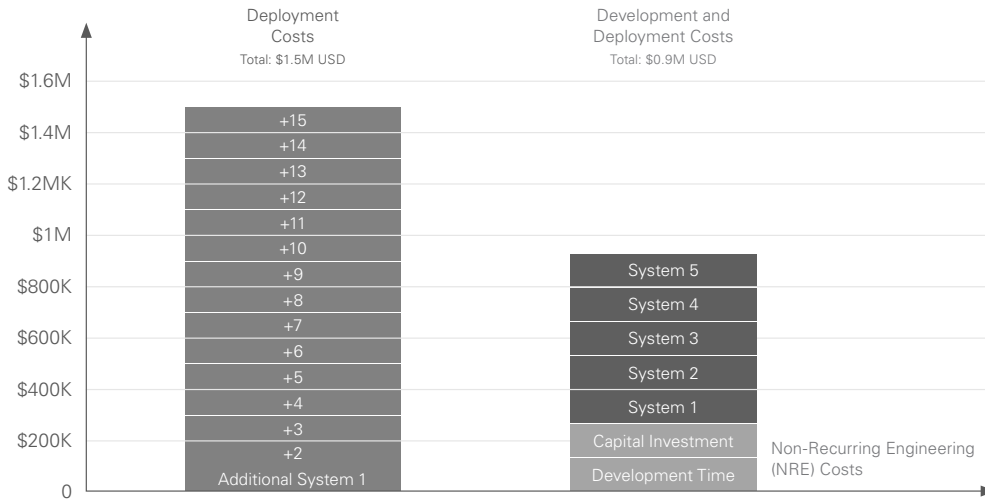


图 5 尽管基于PXI的新测试系统会产生NRE开发成本，但新系统的开发和部署总成本会减少600000美元。

对于此给定的示例，在比较开发和部署成本时，购买新解决方案比扩展现有的测试系统更具成本效益。扩展现有系统而产生过高成本的最主要原因是系统的吞吐量降低。为实现所需吞吐量，测试系统的数量需要增加3倍，那么吞吐量本身就增加了部署成本。

但如果变量变化，会发生什么呢？对不同的假设分析场景建模，以确保即使在最不利的情况下也能实现盈利。

待建模的假设场景：

- 如果新系统的开发时间是原来的两倍，因此成本也会是原来的两倍吗？
- 如果资本支出因货币通胀而增加10%，会怎么样？
- 如果吞吐量仅提高了1.5倍而不是3倍，会怎么样？
- 如果销售量从25000台改为仅20000台，会怎么样？
- 如果可增加的占地面积有限，会怎么样？
- 如果测试设施必须安装额外的电源或冷却装置，会怎么样？
- 如果以前的仪器现在停产了，会怎么样？

操作和维护成本

在开发和部署了所需数量的测试系统后，您还必须在整个项目或产品使用周期内对其进行操作和维护。操作和维护测试系统的相关成本通常归属于企业的制造部门，而测试系统的开发和部署成本则由研发(工程)部门承担。如果缺少领导层指导，工程团队很可能默认仅在开发和部署方面进行成本优化，而不考虑操作和维护成本的影响。

在以上仅考虑开发和部署成本的示例中，相对于额外购买基于先前架构的测试系统，购置新测试系统更经济实惠。现在对两种方案在项目前5年间的操作和维护成本进行分析，以了解其对测试总成本的影响。

在这种情况下，B公司已外包其产品制造和测试工作。合同制造商向B公司收取每小时30美元的测试系统操作费用。

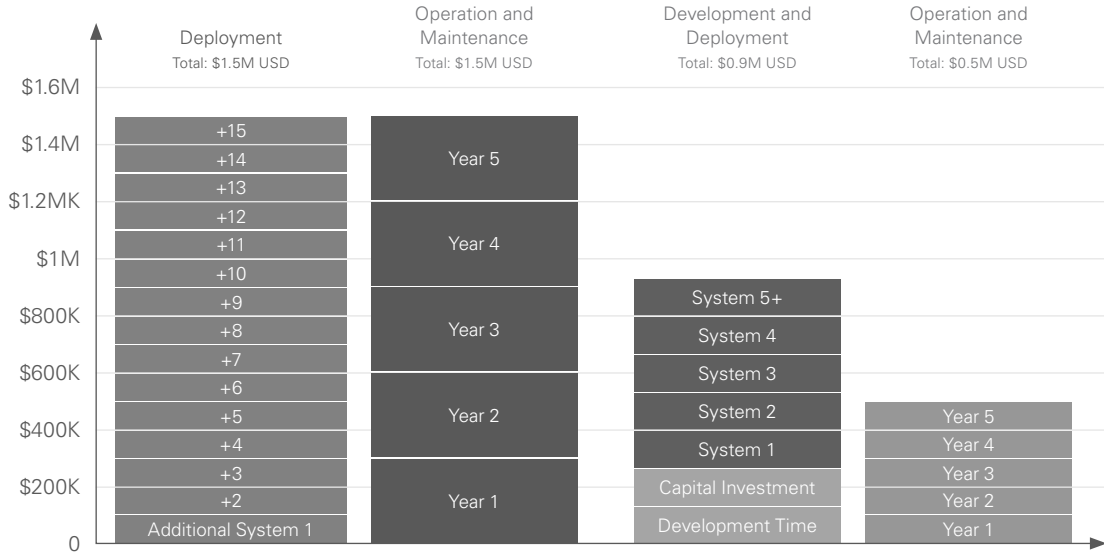


图 6 除了开发和部署成本明显减少外，基于PXI测试系统的操作和维护成本相较于以前系统的相应成本也大大降低。

总体拥有成本

尽管在这种情况下，PXI测试系统是最佳选择，但确定总体拥有成本以有效地对新系统的财务效益建模仍然非常重要。此项为期5年的分析提供了对PP、ROI、总节省额以及每个部件测试成本降低幅度等变量的有用信息。此分析中的开发和部署成本在5年内平均(固定)摊销。

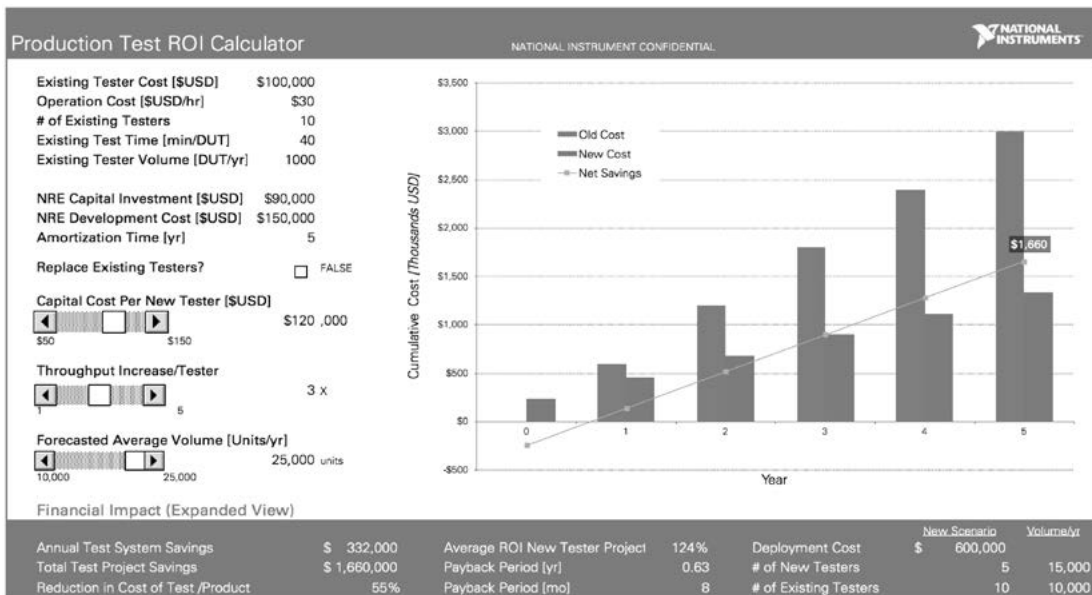


图 7 与扩展现有解决方案相比，新测试系统在5年内共节省了166万美元，投资回收期为11个月。

示例总结

在两种解决方案选项之间抉择时，需要考虑许多因素。常见的假设认为扩展旧解决方案更容易、成本更低，但进一步的分析表明，投资于更新、更高性能的系统是更高明的财务

决策。PXI系统的财务优势在于吞吐量提高了3倍，这使B公司仅购买1/3的测试系统就能完成相同的任务，从而节省了资本投资。在5年间，这也大大降低了B公司向合同制造商支付的操作和维护成本，从而实现了项目11个月的投资回收期 and 124%的投资回报率。

结语

随着设备复杂性和上市时间压力的持续飙升，自动化测试系统的总体拥有成本将继续在公司的盈利能力中占据重要地位。为实现盈利，您在考虑制定采购决策时不应局限于测试系统的初始资本成本，而是确保所有相关成本因素都已纳入考量。本指南侧重于自动化生产测试，但您可以此类推，将相同的概念应用于产品从初始概念到最终用户的其他阶段(包括研发、特性分析、查证和验证)。

作为PXI平台、LabVIEW图形系统设计软件和TestStand测试管理软件的开发者，以及PXI系统联盟的创始成员，NI拥有40余年的丰富经验，能够帮助半导体生产、航空航天和国防等行业中的企业开发自动化测试系统。我们在全球50多个国家/地区的现场工程师团队致力于为任何规模的公司提供帮助，在确保最高产品质量的同时降低测试成本。有关后续流程，[请联系您当地的NI销售代表](#)。

