

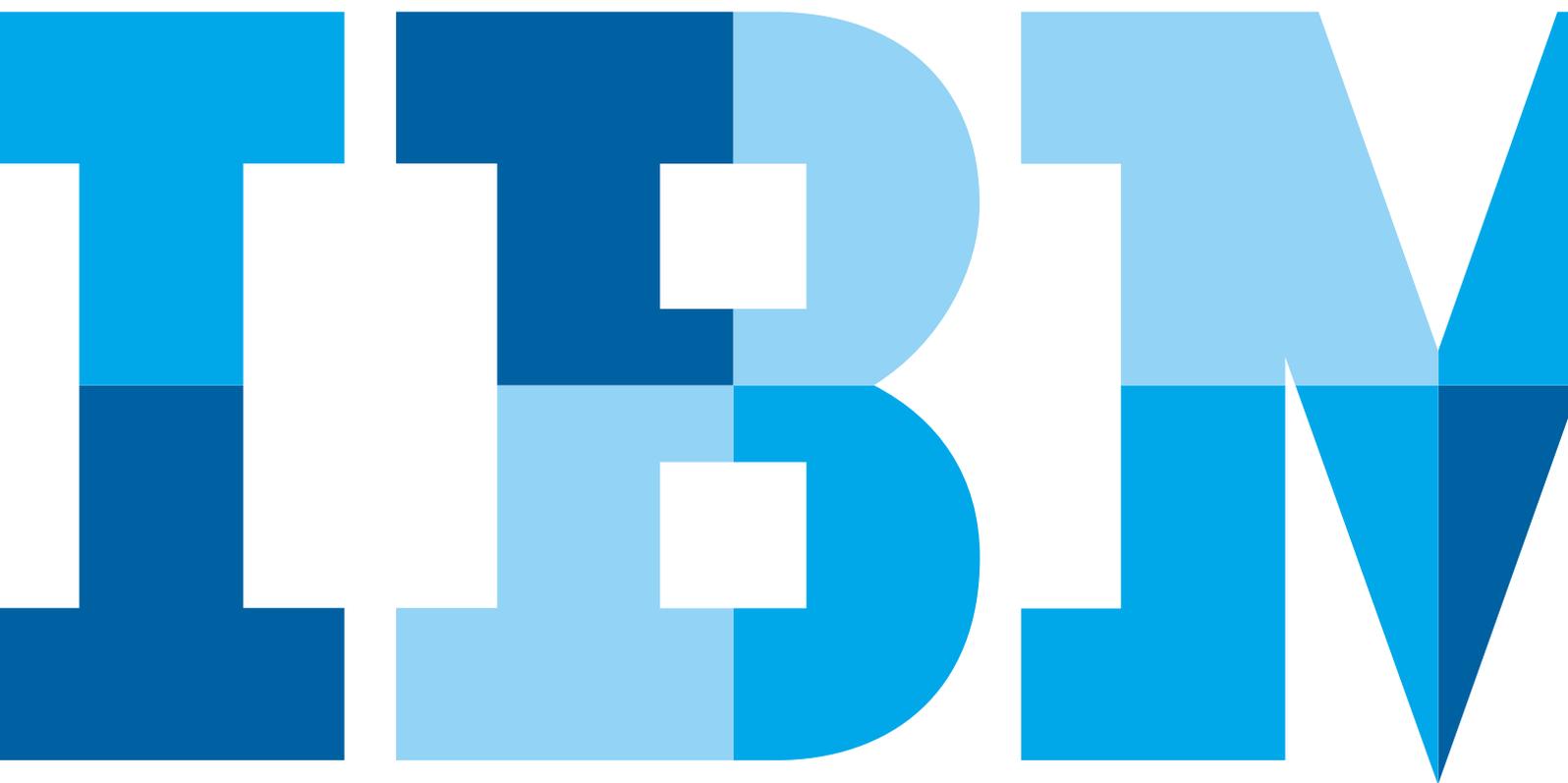
IBM软件



**Rational** software

# 第三届中国数字造船与绿色造船发展高峰论坛

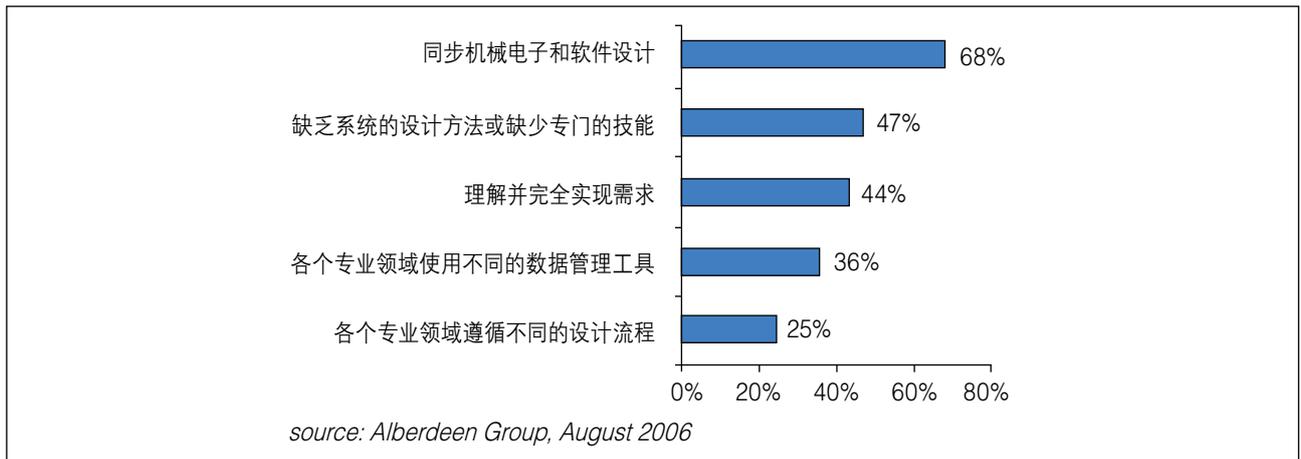
## *IBM Rational*智慧的系统工程解决方案



## 1 系统工程领域中开发面临的挑战

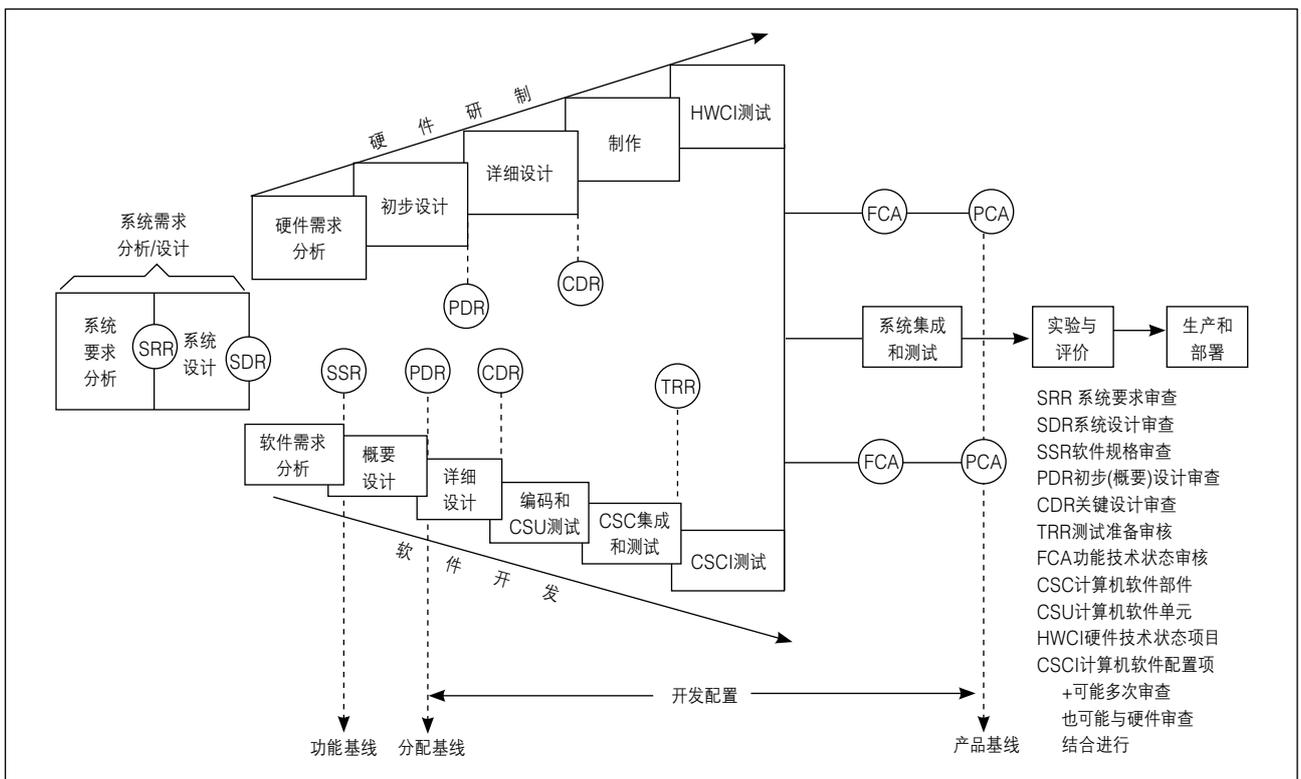
系统工程是一个跨学科的方法，用于生成和构建一个系统或系统的系统，集成软件和硬件，以达成期望的结果的领域。同时系统往往包含一些嵌入式实时性的、资源敏感的软件，协同机械或电子的硬

件、数据和人组成系统组件，或系统的系统。所以我们能够从下图中看到系统工程在相关行业中面临的挑战越来越集中在机电软一体化的协调方面。



IBM注意到了这一事实，而且我们正着力帮助客户提供一个端到端的、开放的、可扩展的、标准的系统工程平台。

这一方案的核心是围绕系统工程开发给出在领域内互补的成熟解决方案，包括如下图所示的：



- 1) 需求工程
- 2) 系统设计
- 3) 嵌入式软件开发
- 4) 电子元器件嵌入式软件测试
- 5) 设计链管理

## 2 需求捕捉和管理

需求捕捉和管理涉及的是识别客户需求并区分其优先次序、推导出技术需求, 以及验证产品设计是否满足这些需求。需求捕捉和管理主要由营销和系统工程部门执行, 但在此过程中生成的信息将由产品开发过程中的所有角色使用。通常在Word或Excel文件中管理需求-与产品设计数据和产品开发团队的其余成员相分离。这会导致无法很好地将客户需求传达给工程部门、无法验证产品设计是否满足客户需求, 以及无法将产品设计追溯到需求-造成在变更评估过程

中做出拙劣的决策, 并难以实施有关重复使用产品的策略。

未满足客户需求会导致产品失败, 此现象正促使领先的产品制造企业将需求捕捉和管理过程作为竞争优势的源泉来加以重点关注。他们设法将需求与产品数据作为整体进行管理, 并在所有级别的需求和描述这些需求的实施与测试的设计数据之间建立可追溯性。

### 2.1. 直观的、可扩展的需求管理

要想成功管理需求, 首先要通过易于解释和浏览的方式来记录这些需求。IBM Rational® DOORS®界面以层级方式显示需求信息, 支持您更加轻松地数据库中查找信息。IBM Rational® DOORS®还提供文档风格的需求列表, 在可供您轻松接入的上下文中逐个显示需求信息, 同时提供便利的导航树来揭示信息集的排列结构。需求的平面视图可帮助您查看更多信息, 并且在融入无数自身元素的个性化界面中部署这些信息。

The screenshot shows the IBM Rational DOORS interface. On the left is a hierarchical tree of requirements. The main window displays a detailed view of requirement UR17, which is a user requirement for a car. The requirement text is in Chinese and describes the need for a car to accommodate passengers of different heights and weights. Below the text is a table with the following data:

位置	身高(m)	体重(kg)
小	1.3 到 1.5	35 到 60
中	1.5 到 1.8	60 到 95
大	1.8 到 2.0	95 到 120

## 2.2. 全面的跟踪能力

需求跟踪能力不仅是您证明自己遵纪守法的关键要素，而且也是帮助您更好地分析需求变更影响力的重要工具。IBM Rational® DOORS®工具提供允许轻松操作的跟踪链接—您只需点击需求旁边显示的链接指示符，选中希望跟踪的链接，DOORS便会遍历这个链接，为您查找相关需求。

您只需在两个需求之间进行拖放操作便可创建链接。您可在源和目标需求之间创建新链接，在相关需求的旁边显示入站和出站的链接指示符。

使用IBM Rational® DOORS®工具，您可创建过滤器来分析需求，并且查看跟踪能力是否完整。例如，您可使用过滤器来快速识别出与系统需求不符的用户需求—代表产品无法满足的客户需求。IBM Rational® DOORS®还支持外部链接，用于将客户需求与IBM Rational® DOORS®环境外的信息关联在一起。例如，如果您将一个链接从IBM Rational® DOORS®中的需求拖放到字处理文档中，您可创建一个功能链接以便读取IBM Rational® DOORS®中的需求。

### 跟踪视图

The screenshot displays the 'Follow View' in IBM Rational DOORS, showing a traceability matrix for the 'Sports utility vehicle 4x2' project. The matrix is organized into four columns: 'User requirements', 'Technical Requirements', 'Design', and 'Links to Tests'. Red arrows point from labels above to specific cells in the matrix. Below the matrix, four red curved arrows indicate the flow of information from user requirements through technical requirements and design to tests.

User requirements	Technical Requirements	Design	Links to Tests
<b>3 Requirements</b> This section contains the user requirements.			
<b>3.1 Capability Requirements</b>			
<b>3.1.1 Carrying Capacity</b>			
<b>3.1.1.1 Number of People</b> Four average size adults shall be able to travel in comfort for a period of 3 hours. This level of comfort is defined as being equivalent to the standard of comfort provided by the top 40% of cars produced in 1999.	SR-104 2.14.1.0-1 from /Sports utility vehicle 4x2/Requirements/Functional Requirements The car shall be able to carry 4 average size adults in average comfort for a period of 3 hours. Last modified 11 February 1997	D-342 Full seats shall be created for two passengers in both front and back.  D-344 There shall be space for a fifth passenger in the back that will not meet the comfort requirement.	Test Number 18 Market Research Test Result : Passed  Test Number 12 Verify Number of People Test Result : Untested
The top level of cars are those in the price range \$20,000 to \$40,000 at 1999 prices. Five average size adults shall be able to travel in comfort for a period of 3 hours. Users shall have easy entry and exit.	SR-114 2.14.5.0-1 from /Sports utility vehicle 4x2/Requirements/Functional Requirements The car shall be able to	D-67 A single interior light shall be placed in the front of the vehicle.  D-67	Test Number 6 Verify support for Customers Test Result : Untested

在单一视图中端到端的可视化验证

### 3 模型驱动的系统开发

产品的经济效益主要由系统设计过程确定-在此过程中, 产品的物理结构连同相关的规格和推导出的需求一起得到确立。DARPA指出: “处于产品生命周期前面15%的时间中的产品定义确定了所有下游生命周期成本的85%。” 公司需要创新并提供与众不同的新产品功能, 同时要成功管理跨专业和复杂的产品。现在, 在定义产品时越来越难以有效地预测系统行为和选择正确的备选设计。需要分析产品复杂性, 并将其划分为易于管理的单元。

精心构思的系统体系结构设计方案能提高产品性能, 并能提高设计的通用性, 改善设计的重复使用状况, 以及提高现场可维修性。成功管理集成到机械系统中的电气硬件和软件能帮助自动执行和简化详细设计过程, 支持分布式开发和外包的开发, 以及通过只显露公共的接口保护核心的能力。

现在, 您可以加速开发并提供客户所需的高质量解决方案。IBM Rational® Rhapsody®产品提供强大、灵活的建模功能, 是能够对整个开发周期提供支持的系统和软件开发解决方案, 包括需求收集、规范开发、设计、实施和测试阶段。

#### 3.1. 实现更加快速灵活的软件开发

IBM Rational® Rhapsody®产品系列满足SysML/UML要求, 可以扩展到特定领域的建模环境中, 并且创建协作开发环境, 以便所有的工作团队, 无论大小, 都能高效开展协作。产品提供集成的需求管理和可跟踪特性, 能够帮助确保产品设计满足用户要求。模型驱

动的测试功能可帮助在开发早期减少缺陷数量, 并且基于需求对产品进行验证。

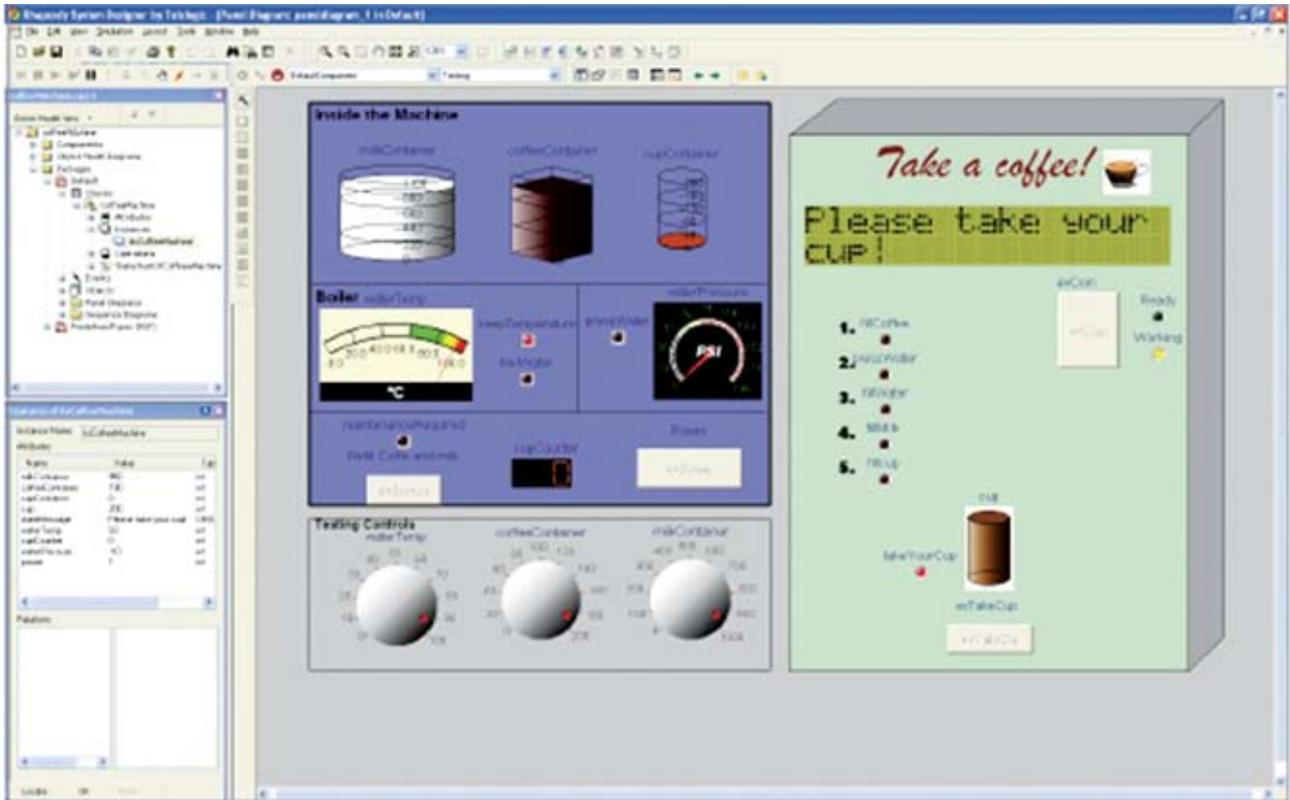
IBM Rational® Rhapsody®解决方案能够生成所有应用(不限于代码), 以使用户在主机平台上构建并测试应用, 从而加快部署速度, 然后再将这些应用快速应用到硬件上, 使开发人员能够领先竞争对手。

#### 3.2. 业界领先的解决方案, 能够提高质量和生产率

IBM Rational® Rhapsody® MDD环境面向嵌入式软件、系统和测试, 堪称真正的世界一流产品—是评论家公认的一流系统、软件和测试建模工具。IBM Rational® Rhapsody®采用开发架构, 支持软件和系统工程的集成与自动化, 从而实现大规模部署, 并且将产品质量和用户生产率提升到新水平。

IBM Rational® Rhapsody®解决方案提供灵活的环境, 允许企业客户将产品语言扩展到特定领域的建模环境中, 从而根据领域和工具系列来定制产品。此外, 产品还通过强大的应用编程接口(API)来支持定制化, 以便实现自动开发流程, 不仅能够提高生产率, 而且还能与配置管理或其它建模工具集成。

此外, IBM Rational® Rhapsody®解决方案还使工程师和开发人员能够为内嵌的目标硬件生成全部应用—包括行为图—从而缩短开发时间, 并且允许最终用户迎接上市时间挑战。创新的代码可视性与强大的逆向工程功能相结合, 允许您集成传统代码并且复用已有的知识产权。



### 3.3. 面向系统工程师的IBM Rational® Rhapsody®解决方案

IBM Rational® Rhapsody®产品系列为系统工程师提供所需的工具来准确开发系统规范—并且向开发流程中的所有相关人员更加有效地沟通系统。产品提供的模拟功能还允许工程师在流程早期大幅度减少错误，这个时期的修复成本远远低于测试和部署期间。面向系统工程师的IBM Rational® Rhapsody®解决方案具备以下特征：

- 1) 直观IBM Rational® Rhapsody® Systems Designer™软件包通过简单的布局显示产品功能，工作流的设计也给人直观的感觉。
- 2) 准确 通过利用SysML/UML环境，系统工程师可以清晰明确地捕获需求和设计信息。软件的模型检查功能旨在确保模型及其接口的完整性和准确性。IBM Rational® Rhapsody® Developer和 Teleological Systems Designer工具还提供内嵌的模拟环境，帮助确保设计产品时不会出现错误的行为。



## 4 集成的配置和变更管理

降低产品成本、提高产品质量和消除代价高昂的产品延迟问题是与产品和开发过程正变得越来越复杂及日渐全球化的现实结合在一起的，所以也推动了对明确定义且有序的产品配置变更(从概念到产品报废)控制过程的需求。难以找到准确的变更相关文档，包括提议的变更的记录、变更即将产生的影响以及完整的变更历史记录，都会使公司极易重复犯错。与管理配置(包括同步工程和制造BOM)、协调多专业的内容以及有效地传达变更有关的问题会直接导致质量和成本问题。

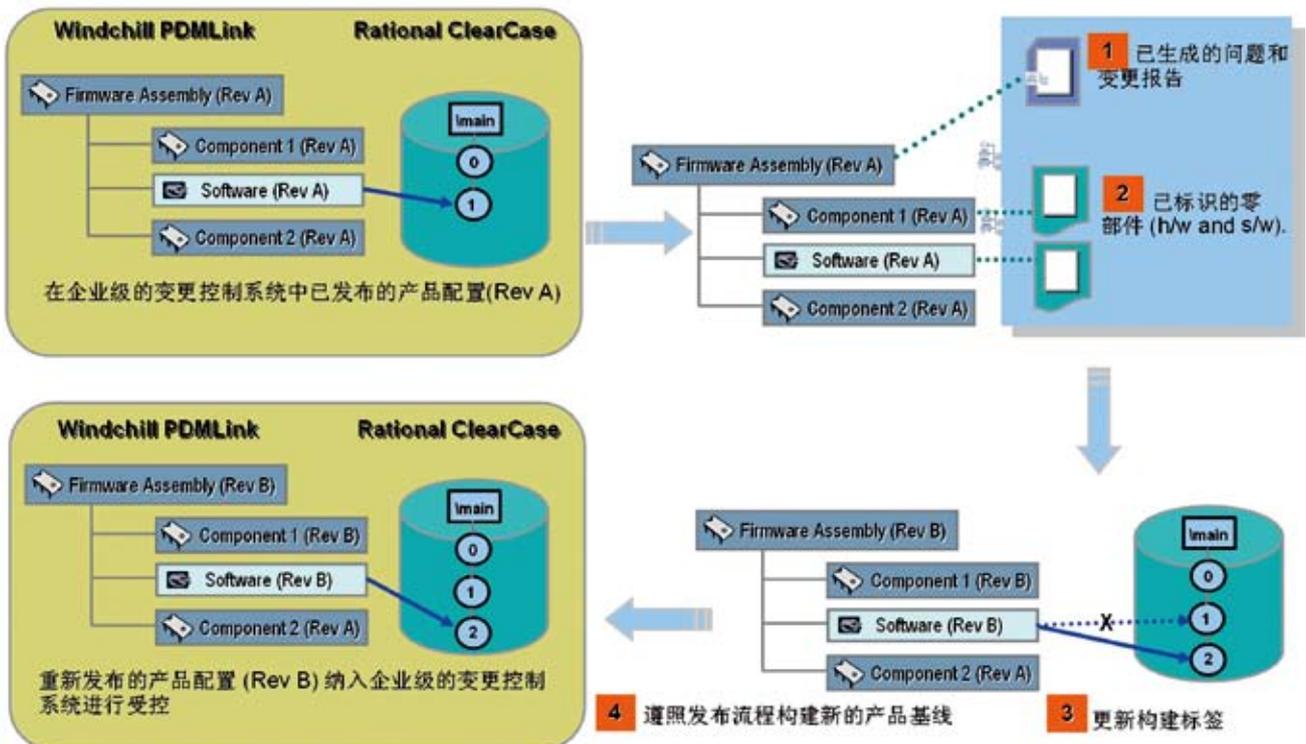
有效的变更和配置管理过程将使公司能通过腾出宝贵的工程时间增强创新力度，通过在产品生命周期的早期改善质量来提高产品质量，通过允许制造企业规划对产品配置的有效变更并做好相应准备来降低产品成本(因而将产品库存减到最少)，以及通过将因不完整

的变更文档而造成的停机时间减到最少来加快产品上市速度。此解决方案将给企业带来的主要价值：

### 4.1. 通过将ClearCase®集成到PDM产品实现对软件的和电子以及机械设计数据的集成管理以提升产品的整体质量实现信息共享

PDM结合IBM Rational® ClearCase®首先能建立一个产品全生命周期内的产品知识库，有效地帮助产品开发人员和管理人员快速地寻找信息、检索信息，相关人员不必知道要到什么地方寻找发布的设计或其他信息，只要经过授权就能得到这些信息或数据，这样可以使相关人员将更多的精力放在创造价值的活动上(据统计，设计人员在查找信息和处理信息上要花费30%-70%的时间在获取信息上)，从而加速产品开发的进行。

### 集成后的软件配置和变更管理流程

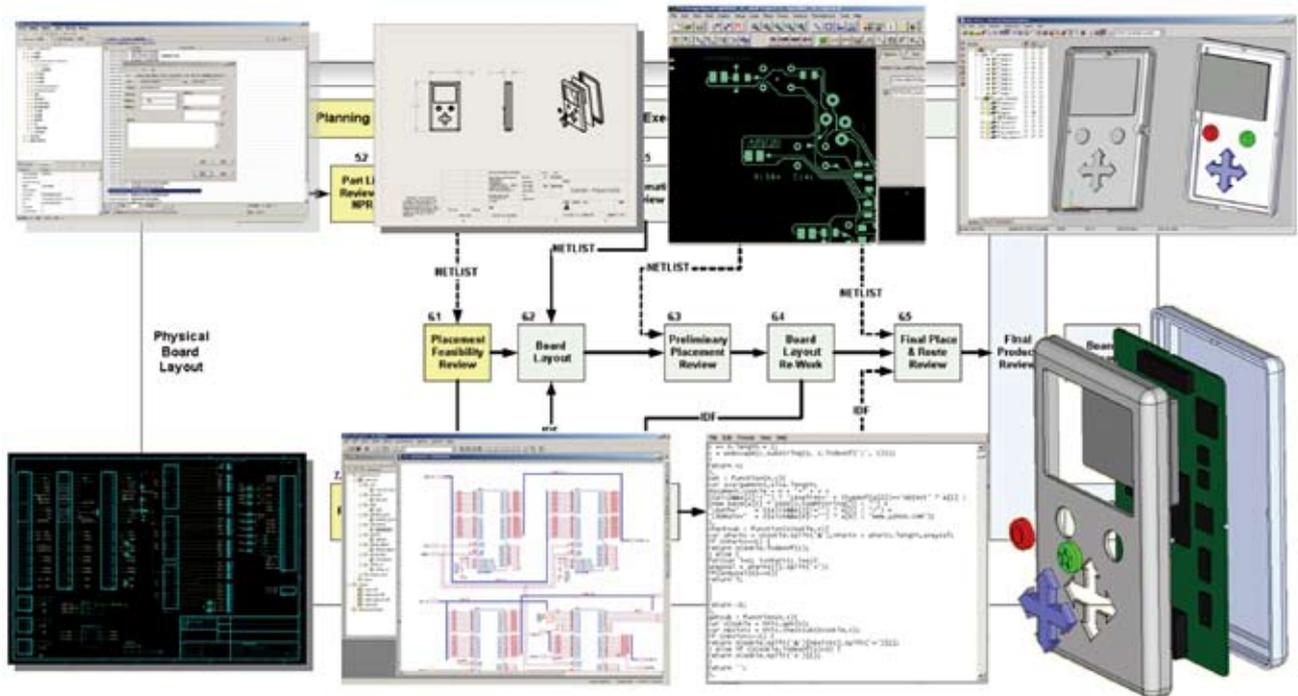


#### 4.2. 提高设计与制造信息的准确性和一致性

产品信息的不一致已成为令企业头疼的业务问题，PDM借助IBM Rational® ClearCase®系统的版本管理能使所有参加项目的人员采用同一数据工作，而且是最新的数据，这样就能避免设计上的重复和不一致。版本管理还能保证产品开发具有很强的可追溯性。

#### 4.3. PDM结合IBM Rational® ClearQuest®提供了两种思路有效地管理产品变更

- 有效地降低变更的产生；
- 在变更不可避免的情况下如何更有效地管理变更。



#### 4.4. PDM结合IBM Rational® ClearCase®可以解决设计重用

PDS中的零部件和分类管理可以将企业的零部件按照相似性原则划分为若干类，分别加以管理。从而实现以零部件为中心，组织相关信息，达到便于检索、便于借用和重用的目的。

辅助实现开发流程的规范化。

#### 4.5. 提供灵活的流程自定义功能

在实施PDM的过程中，企业可以结合PDM与IBM Rational® ClearQuest®的集成借机理顺产品开发流程，在一些关键点固化流程，实现开发过程的规范化。PDM可以通过自动数据发布和电子审签程序加强控制，使那些关键任务一经确定就不会被忽略或遗忘。

## 5 质量检验和确认

许多公司都体验到代价高昂的产品召回和返工以及出乎意料的产品发布延误所带来的痛苦。造成这些痛苦的主要因素之一是缺少有效的产品设计验证及确认过程。随着设计的完善而通过数字化方式或实物方式确保满足客户的需求是产品开发的重要组成部分,而且能帮助避免上述代价和延误。

产品检验和认证的一些重大挑战包括:使设计工程师获得易于使用的分析功能,让他们第一次就能设计出产品-简化适于数字化和实物测试用途的特定产品配置的创建和管理,并在结果和设计配置之间提供可追溯性。

IBM Rational®提供简单、强大的仿真功能,使工程师能够通过过程早期执行虚拟产品测试创造出更精巧的设计。并允许将测试结果与测试和设计配置相关,以提供下游可追溯性和重复使用能力。

### 5.1. 提供软件的静态分析和代码编程规则的检查。

IBM Rational® Logiscope®能够提供识别并且定位容易出错的模块、分析测试覆盖范围。

其优势在于:

- 系统地跟踪软件质量,以便满足Do-178B或SEI CMMI的要求
- 遵从“源代码审核与分析”及“结构化覆盖分析”的规定,满足航空电子标准要求
- 自动验证C源代码是否遵从MISRA指导原则中规定的编程规则
- 满足Galileo软件标准要求
- 当开发与安全相关的系统时,使用被强烈推荐的从SIL 1到SIL 4的技术和评估方法对软件进行验证

- 满足ISO/IEC9126规定的“质量要求”
- 满足ISO 9001要求

而且IBM Rational® Logiscope®具备以下特性

- 利用一系列可配置的模板、编码和命名规则
- 找出出错量占到总错误量80%的模块
- 突出显示经过了全面测试的代码
- 评估软件的总体质量
- 规定第三方承包商的质量水平并且开展验收测试

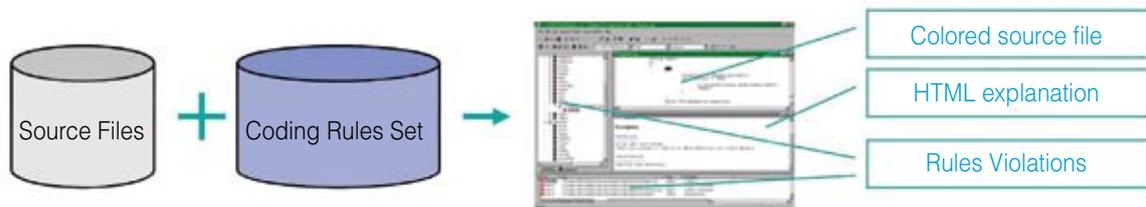
除满足项目要求外,系统软件开发人员还必须开发可靠的产品,同时将新产品尽快推向市场在软件开发期间降低成本并且消除错误,这些目标看似相悖,实际上却是可以同时实现的。及早检测是经济高效的方法,因为越早发现问题,维修时间越短。例如,与测试阶段相比,在编码阶段查找和修复错误成本更低,因为省去了跟踪和重新测试源代码的过程,允许您在找到错误根源的同时解决问题。此外,对于涉及到多家公司的重大项目来说,错误检测技术及相应的验证流程虽然由承包商提供,但必须由分包商去执行。公司还必须根据国际标准的要求部署验证流程,如DO-178B(航空系统和设备认证中的软件考虑因素)、汽车工业软件可靠性联合会(MISRA)、伽利略软件标准(GSWS)、IEC 61508、软件工程协会(SEI)能力成熟度模型集成(CMMI)及ISO/IEC 9126和9001等。IBM Rational® Logiscope®解决方案不仅能够帮助您提高产品质量和生产率,同时还支持您加快新产品的上市速度。

IBM Rational® Logiscope® RuleChecker工具能够根据一系列项目规定的程序来自动检查您的代码,以免出现语言陷阱和代码误解问题。Logiscope解决方案支持一系列可配置的编码和命名规则。

## Logiscope RuleChecker



- **Bug Prevention:** Avoid potential dangerous constructs



if (x=y) { } is prohibited, may be confused with if (x=y) { }

- **Easier maintenance:** same coding practice for the whole company

for a global variable, the first character of the identifier should be uppercase, others lowercase

IBM Rational® Logiscope® QualityChecker工具能够找到容易出错的模块，基于软件度量方法来量化信息，并且以图形的方式表示信息，从而帮助您诊断问题并且提高决策的准确性

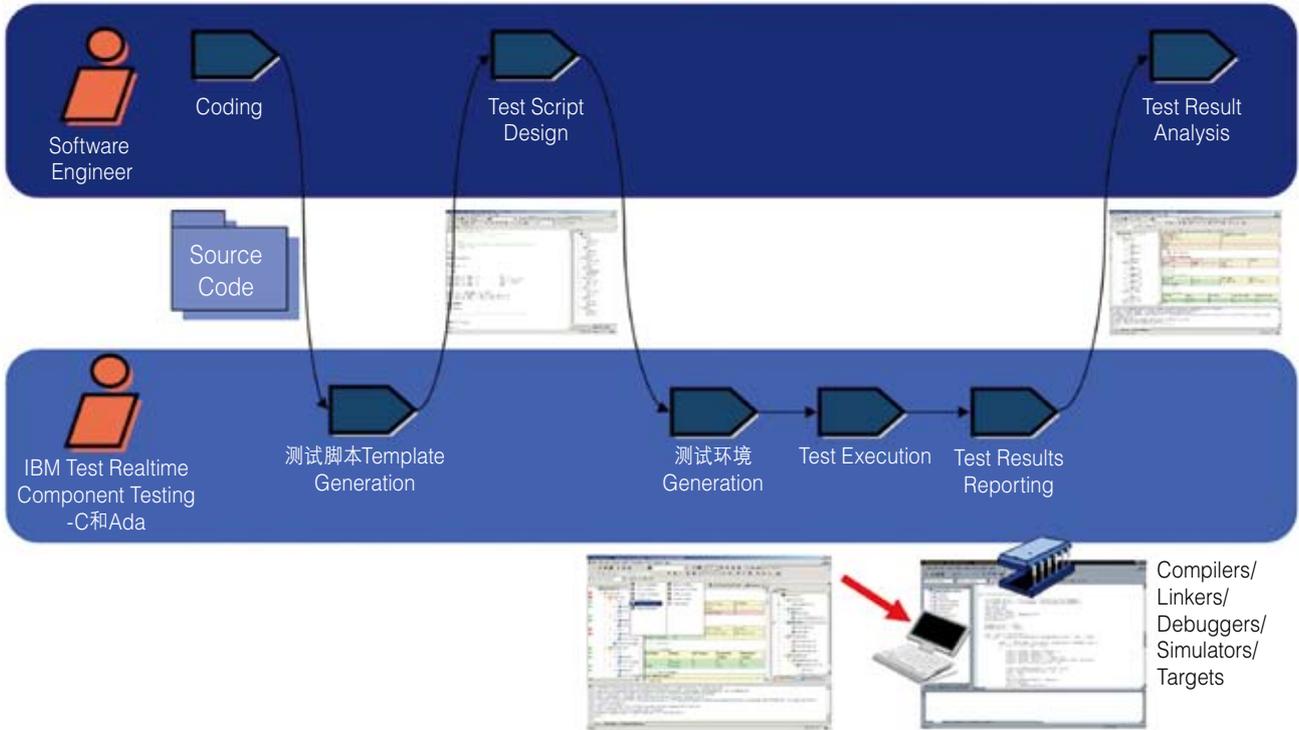
—支持您重新编写模块或者全面地测试模块。您可使用软件度量模板来评估代码是否满足ISO 9126的要求，是否可以通过配置来满足项目特定的要求。

IBM Rational® Logiscope® TestChecker工具能够测量结构化代码的覆盖范围，并且显示未发现的源代码路径。通过揭示隐藏在未经测试的源代码背后的缺陷，Logiscope解决方案能够帮助您提高程序的可靠性。IBM Rational® Logiscope® TestChecker工具基于源代码插入技术，允许您基于测试环境的限制条件对源代码进行修改，无论是主机平台还是目标平台。

### 5.2. 提供单元测试功能

在针对代码的静态分析和代码编程规则检查完成以后, 开发人员应该使用工具提供的单元测试功能, 对自己编写的单元进行隔离测试, 重点在于检查单元内部逻辑功能的正确性, 对这一阶段的测

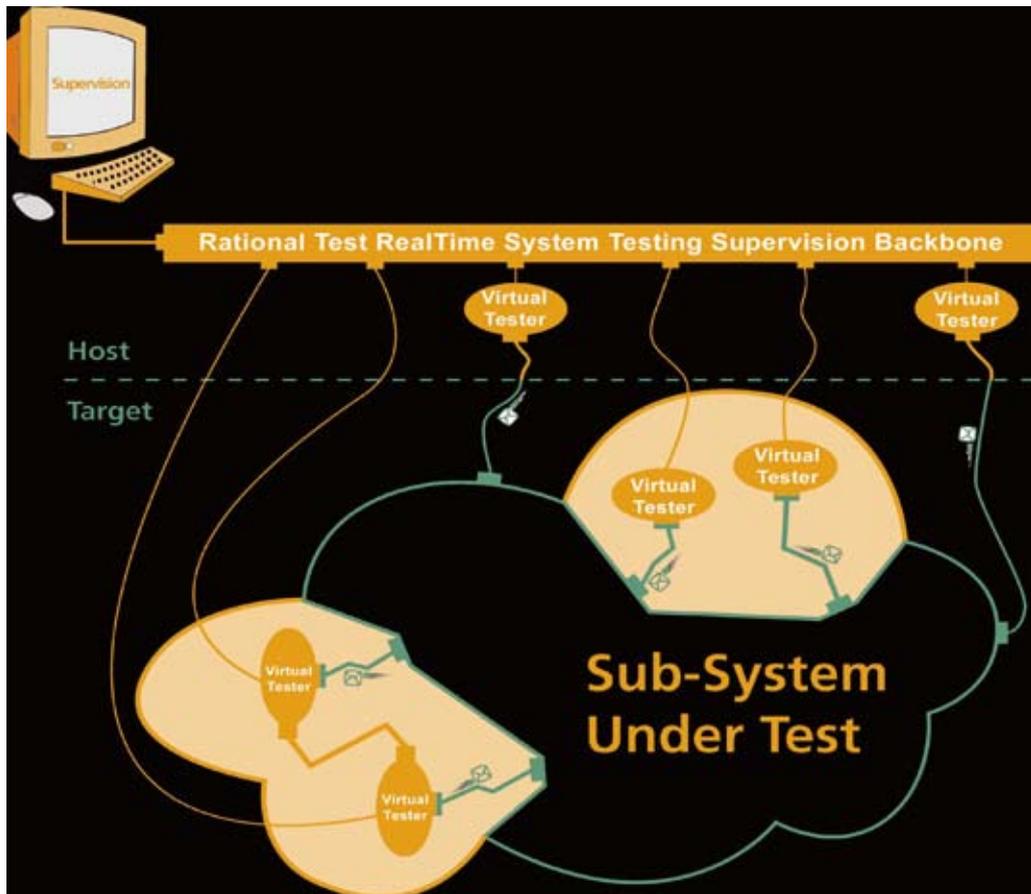
试, 开发机构应该提出比较高的质量检查的标准, 例如较高的代码覆盖率水平。测试通过后, 开发人员可以将自己开发流上的工件提交到系统集成流上。



### 5.3. 提供集成测试功能, 也可称为组件测试

对于IBM Rational® Test RealTime®单元测试通过的单元模块, 依据架构阶段构建的组件架构, 将相关的单元集成层完成某一功能的组件, 检出单元接口的正确性。同时, 在这一阶段, 可以考虑采用运

行时分析功能, 即覆盖率分析、内存分析、性能分析、代码跟踪, 用于测试模块内相关方面的问题, 并及时纠正。



#### 5.4. 提供基于消息的分布式系统测试

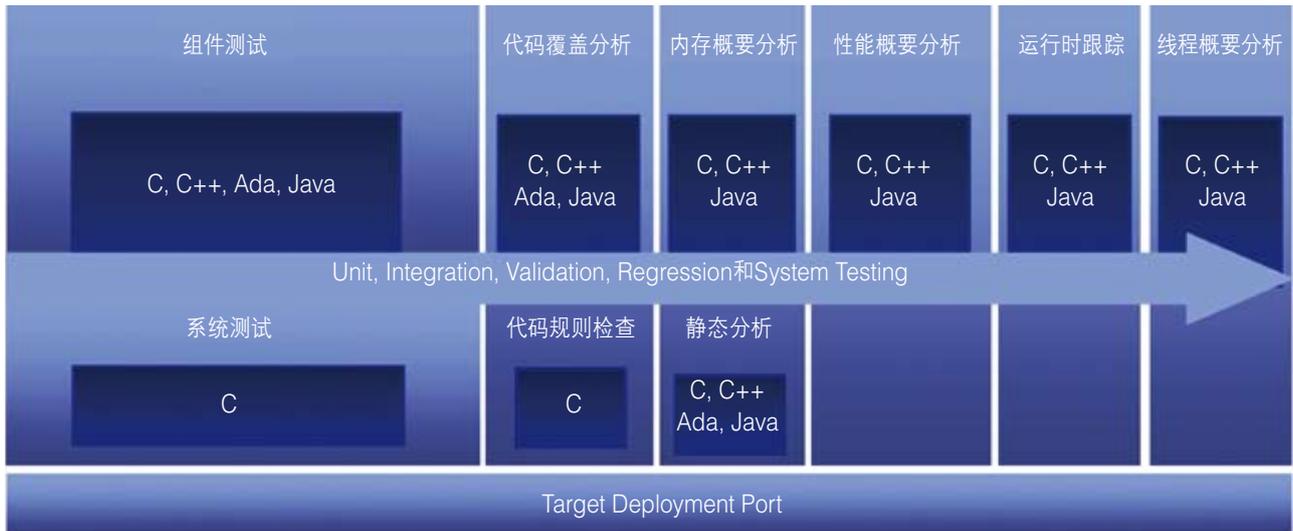
现在的IT系统，往往都是其他系统的子系统。对以已经成功的编译和集成在一起的可执行系统，为了验证其是否正确的完成了其应承担的服务职责，IBM Rational® Test RealTime®可以帮助测试者搭建待测系统运行的虚拟环境，为待测系统提供激励环境，验证其对

相应输入消息的输出结果的正确性，保证系统功能层次的正确行。这是在系统黑盒测试层面上的系统测试。同时，在这一阶段，应当采用运行时分析功能，即覆盖率分析、内存分析、性能分析、代码跟踪，用于测试系统的性能、可靠性、可用性等其他非功能性需求，并及时纠正。这是在系统白盒测试层面上的系统测试。

### 5.5. 提供运行时分析功能, 包括覆盖率分析、内存分析、性能分析、代码跟踪等

我们可以在以上各个运行状态下的测试过程中, 采用这些功能, 提高待测代码测试动态状态的可视性。如覆盖率分析可以用于评估测

试用例的充分程度; 内存分析, 帮助发现内存使用方面的缺陷; 性能分析, 帮助评估系统运行的性能瓶颈, 为优化系统运行效率提供参考; 代码跟踪, 在系统运行的同时, 记录系统运行的调用历史, 用于事后分析, 问题排错。



### 5.6. 同时对主机和目标机进行测试和调试

基于宿主机的测试对于嵌入式系统开发非常重要, 因为目标机硬件经常不是及时可用的。但开发人员只有在目标环境中运行自己的代码时才能衡量它的质量。如果有多种类型的目标机需要测试, 情况就更加复杂了。

IBM Rational® Test RealTime®可以同时为主机和目标机进行

测试及调试, 并对两者进行有效协调。当硬件无法使用时, 您可以在主机上进行模拟, 并检测一般性错误。当目标机可用时, 您可以直接在目标平台上进行相同的测试。Test RealTime强大的基于TDP(Target Deployment Port)目标机部署技术, 可以使您的测试程序轻松适应任何目标和嵌入式实时操作系统, 而无需重新编写测试。只有Rational 可以用同一个测试和分析程序对主机和多个目标平台进行测试和调试。

## 6 总结

IBM的此方案在企业内或企业间促进了产品数据的共享与重用, 为企业内或企业间的系统整合和流程改进提供支持, 同时提高了流

程的自动化程度, 减少资源消耗和错误发生概率, 为企业提供跨系统、跨地域的系统工程开发和协作平台。





© 版权所有IBM Corporation 2011

IBM Corporation  
Software Group  
Route 100  
Somers, NY 10589  
U.S.A.

在中国印刷  
2012年5月  
保留所有权利

IBM、IBM徽标、ibm.com和Maximo是国际商业机器公司在美国和/或其他国家和地区的商标或注册商标。如果这些和其他IBM商标在本文中第一次出现时标记了商标符号(®或TM)，均代表在本文出版之际，它们是IBM在美国或其他国家注册的商标或普通法规定的商标。此类商标在其他国家/地区也可能是注册商标或普通法规定的商标。关于IBM商标的最新列表，请访问[ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://ibm.com/legal/copytrade.shtml)的“Copyright and trademark information”部分。

其它公司、产品或服务名称可能是其它公司的商标或服务标志。

本文中提到的IBM产品和服务并不表示它们在所有IBM运营的国家或地区都提供。

未经IBM公司的书面许可，不得以任何形式复制或传输本文中的任何部分。

到初始发布之日止，产品数据都进行了准确性审核。产品数据随时可能变更，恕不另行通知。关于IBM未来方向或打算的声明仅代表IBM的发展目标，如有变更，恕不另行通知。

本文档中的信息“按原样”提供，不承担任何隐含或明确的担保。IBM对特定用途的适用性或不侵权性不做任何保证。IBM产品的担保依据是其遵循的协议中的条款和条件。

客户自行保证遵守法律法规要求。获取有能力的法律顾问关于确定和解释任何可能影响客户的业务的相关法律和法规要求，以及读者为遵守这些法律可能必须采取的任何措施的建议是客户自己的责任。IBM不提供法律意见、声明或保证，其服务或产品将确保客户遵守所有法律。



请回收利用