

更迅速做出更明智得决策： 土木工程师如何使用工程计算软件提高效率

1991年8月23日北海“Sleipner A”石油钻井平台的最后建造期间发生了一次灾难性的故障。原始船体坍塌，造成7亿美元的损失和里氏3.0级地震事件。

挪威的纳维亚独立研究机构 SINTEF 领导主持的调查报告显示，基础结构 24 个格室中的一个格室壁破裂，导致泄漏量超出泵机的处理能力。格室壁故障可追溯至存在缺陷的三角格室，与各格室衔接的三角形混凝土框架结构。

根据 SINTEF 的结论，三角格室线性弹性模型不准确的有限元逼近造成问题。剪切应力被低估 47%。事故发生之后更仔细的有限元分析预测原始设计会在 62 米深度发生故障，与实际发生故障的 65 米深度相匹配。

所有土木工程组织都应当吸取此类极端错误的教训，这些组织的成功取决于精确、高性能和有效的知识管理。您的工程流程能够预防类似状况发生吗？您能提供足够的文档来减轻错误吗？

正确的计算软件可以成为功能强大的工具，可使工程团队更轻松地解决问题，产生概念，共享重要数据，提前发现错误，以免其造成严重恶果。为什么如此多土木工程师依赖容易出错、有限且往往基于纸质的旧计算方法，如 Microsoft® Excel® 电子表格甚至 Fortran 之类的编程语言？

本短文将会阐述为何现代数学软件对于土木工程师是更好选择的一些重要原因：不仅可以进行复杂计算，而且可以了解其背后的意图。您将了解更多土木工程企业如何发现其最佳利益不在于电子表格所提供的偶然信息，而在于将每次计算都视为重要业务资产的数学软件。

使用专用软件更容易处理的八种土木工程计算

- 应力与应变
- 变形 / 弯矩
- 地震及风力载荷
- 船舷分析
- 加热和冷却载荷
- 辐射传热
- 挡土结构
- 复合剖面属性

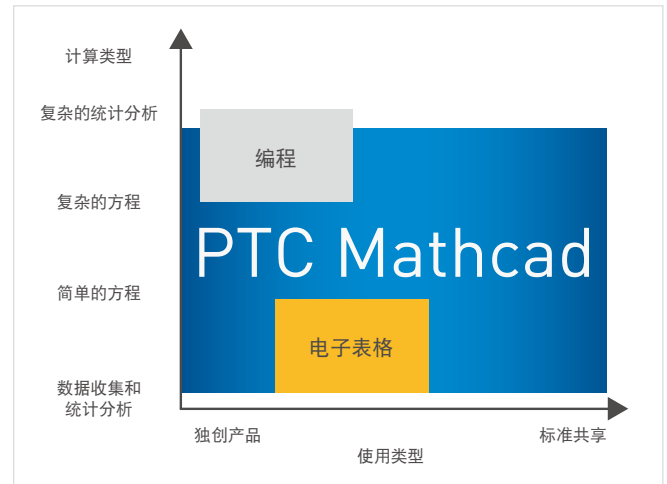
成功因素 1：消除工程瓶颈

Arbor Networks 是一家为企业级计算机系统提供分布式拒绝服务 (DDoS) 保护设计服务的公司，该公司一名工程经理说道：“我手下有 30 名员工。我的压力在于准时交付项目并确保工程师能够获得必要的资源来完成工作。”

您对此应该会感到非常熟悉，因为大多数工程导向的公司都遇见相同的头等问题。所有专业的工程师都面临着日益缩短的上市时间压力，许多人甚至都不知道自己已在 Excel 中尝试记录计算所浪费的时间到底有多少。

Robert Phillips 博士是一位将大部分工作时间都用在为 General Motors 进行汽车逆向工程研究上的工程师，他与他的工程团队使用 PTC Mathcad® 软件为每个项目节省时间。首次了解到该软件与他原来的工作方式相比具有的优势时，他认识到：“如果能实现生产力翻倍，就能将员工数减少到原来的 1/8 并确保稳定交付项目，或者维持人数不变但加快上市速度。”

由于很多新项目都基于以前的项目中的组件，因此捕获和整理与这些项目有关的原始分析对于让他人找到这些资料非常重要。旧的计算方法经常会导致重大返工，这反过来又会延长开发交货时间，占用有价值的资源，最终导致本来可以避免的设计瓶颈。



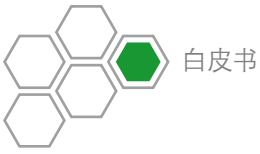
电子表格和编程语言均可针对特定类型的计算进行优化，工程数学软件（如 PTC Mathcad）几乎适合从最简单到最复杂的所有类型的计算。

成功因素 2：构建更好的概念和现实桥梁

在设计过程早期探究多个设计概念和假设分析案例对于需要创新和创意设计的项目至关重要。这对于要解决重要专业（如建设工程、水资源工程、地震工程、岩土工程、结构工程和交通工程）领域内的难题的土木工程师非常重要。

设计研究和折衷分析是最佳做法，可帮助工程师更迅速作出更明智的设计选择，确信其已经评估了所有最佳选项。工程师可以使用数学模型来构建性能范围和成本权衡曲线，迅速确定最高效满足项目要求的设计解决方案。通过利用明确记录的研究或分析，可以清楚了解为何提议的设计方案在性能和成本之间提供了最佳权衡，而且可让审阅者放心地知道没有遗漏更好的解决方案。

土木工程师可以使用数学计算软件预测设计性能，然后再进行物理几何建模。可以尽早使用计算软件确定 2D 和 3D 模型中使用的适当的物理设计尺寸和参数。不同于需要复杂公式进行度量转换的电子表格，数学计算软件内置单位转换和单位智能。



成功因素 3：增强精确度信心，减少自身压力和紧张感

如果设计不准确且不易于了解，速度和创意就没什么意义。计算软件也可以提高工程师个人和工程团队的精度和绩效。Robert Phillips 承认：“在审查 Mathcad 模型时，我通常会即时解决问题，而不是在随后的进程中说，‘哦不，哪出错了？’”

电子表格专家 Raymond Panko 写道：“每一项尝试检测错误的研究无一例外地都发现，错误率之高在任何组织中都是无法接受的”。Rick Butler 是一名审计员，广泛地撰文并宣讲电子表格容易出错的特性，断言电子表格开发人员漏掉了自身 80% 以上的错误，外部测试人员漏掉了 50% 以上的设计逻辑和 34% 的应用程序错误。

电子表格和编程语言完全隐藏了工程决策背后的逻辑，从而导致难以迅速、准确地验证复杂的工作。使用旧的计算方法，错误更有可能在项目下游显现，而这时返工成本已呈指数级增加。更糟糕的是，错误可能会被带入最终产品。尽管无心之过会给大多数工程组织带来重大风险，但计算软件会将风险降至最低。

灾难随时可能发生：为什么要冒险在电子表格中进行非常重要的计算呢？

- 根据 Raymond Panko 研究员所述，94% 的电子表格存在错误，平均单元格出错率（错误单元格数占单元格总数的比率）是 5.2%¹；

- 在 S.G. Powell 所研究的 25 份电子表格中，10 份都存在错误，所导致的损失为 216,806 美元至超过 1.105 亿美元²；
- Olson & Nilsen 发现，在电子表格的资深用户中，单元格错误率为 21%³。

成功因素 4：改进合作基础结构

通过标准化解决和记录计算的方式，组织可以使整个组织的人员看到和存取有价值的工程信息。这进而更容易检查其他工程师的计算，重复使用计算而无需重新编写，获得管理层批准和更有效地合作。

用来解决计算问题的计算方法并非总是捕获和共享知识产权的最佳工具。计算对于工程组织非常重要，这不仅是因为最终结果的缘故，还因为结果背后的假设、方法和值的缘故。

数学软件可以方便工程团队共享文件，以便解释其需要知道的有关设计过程的所有事情，包括文本、交互式数学计算、图形和实际绘图与模型。可重复使用的工作表可以保存为若干格式，包括 Microsoft Word、Adobe® PDF、HTML 和 XML，从而便于和众多利益相关者共享信息，即使他们使用不同的文档管理应用程序、2D 和 3D 建模程序和 PDM 解决方案。

¹Panko, Raymond R (2009). "What We Know About Spreadsheet Errors." Spreadsheet Research (SSR. 2 16 2009), University of Hawaii, February 27, 2009.

²Powell, S. G., Baker, K. R., and Lawson, B., (2007b), "Impact of Errors in Operational Spreadsheets." Proceedings of the European Spreadsheets Risks Interest Group, 2007b.

³Olson, Judith Reitman and Nilsen, Erik. "Analysis of the Cognition Involved in Spreadsheet Interaction." Human-Computer Interaction, Volume 3 Issue 4, December, 1987

自然的数学符号支持协作

Second Moment of Area		Radi of Gyr.
Axis x-x	Axis y-y	Axis x-x
I_x	I_y	r_x
cm^4	cm^4	cm
719635	45438	38.2
625780	39156	37.8
498476	15597	37
436305	13301	36.8

$$I := \frac{b \cdot h^3 - (d + 2r)^3 (b - s)}{12}$$

$$I = (4.985 \cdot 10^5) \text{ cm}^4$$

蒸汽速度之类的土木工程计算逻辑可能被埋没于大量电子表格中，但在计算软件中则清晰可见。

计算软件使用标准数学符号以及综合的文字和图形显示，可自动生成可读的文档，让各级管理人员和跨文化多样性的团队都能轻松理解这些文档。

成功因素 5：减轻监管报告负担

除促进信息内部传递之外，数学计算软件可使组织轻松向监管机构和负责审计供应商质量流程的客户进行报告。

电子表格缺少恰当的可追踪性所需的控制和文档功能。另一方面，计算软件可以简化文档，而这对沟通和满足业务和质量保证标准至关重要。所有工程信息均配有适当注释：计算、方法和价值可按公司期望的方式与工程部门之外的各方进行共享。

案例示例：对比桥梁设计的成本收益折衷

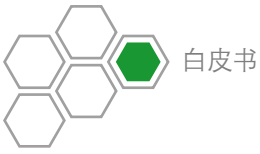
某土木工程公司有几十年的桥梁建造经验，客户请它确定三种设计方案中哪种方案拥有最佳的成本 / 收益比：悬臂桥、悬索桥或浮桥。涉及大量变量，如交通流量、跨度长度、维护成本等。

幸运的是，使用数学计算软件的工程师不必从头开始。他们可以访问存档工作表库，更迅速地生成概念，并在设计过程的较早阶段考虑管理层的建议。

项目团队首先选择了与当前挑战最相似的以前的设计研究。由于使用现有的自然数学符号进行计算，因此显得较为容易。在早期研究中作出的基本假设也被记录在同一个工作表上，一并记录的还有图形和其他直观的参数表示形式。

直观的白板界面和内置方程编辑器可使团队迅速修改工作表，以适应当前项目要求。团队可以访问并充分利用 600 多个数学函数和标准方程库，迅速复选详细的元件选项，并实时查看结果。

可以轻松添加注释，以记录关键事实和假设，显示如何得出结果。由于数学计算软件具有“自我文档化”的特点，因此，团队无需创建供管理层审阅的独立报告，并且监管报告的文档要简单得多。



结论：找到真正的土木工程数学计算软件

所有专业的工程师都面临着日益缩短的上市时间压力，许多人甚至都不知道自己在 Excel 中尝试记录计算所浪费的时间到底有多少。

电子表格开发人员漏掉了自身 80% 的错误，外部测试员漏掉了 50% 的设计逻辑和 34% 的应用程序错误。

计算软件使用标准数学符号以及综合的文字和图形显示，可自动生成可读的文档，让各级管理人员都能轻松理解这些文档。

现代数学软件是一个更好的选择，不仅可以进行复杂计算，而且可以了解其背后的意图。您的最佳利益不在于电子表格所提供的偶然信息，而在于将每次计算都视为重要业务资产的数学软件。

使用现代数学计算程序的人，如使用 PTC Mathcad 的 Robert Phillips，经常惊叹于结果以及旗开得胜的轻松程度。所有工程师都应该至少利用该软件重要数学计算软件包的 **30 天免费试用期** 机会，看看该软件如何将绩效提升到全新的高度。

来源

Butler, Rick (2002). "The Subversive Spreadsheet," European Spreadsheet Risks Interest Group, November, 2002.

Fuller, Brian (2011). "Social Media and Engineers: Live with it, OK?"

Panko, Raymond R (2009). "What We Know About Spreadsheet Errors," Spreadsheet Research (SSR. 2 16 2009), University of Hawaii, February 27, 2009.

"The Sinking of the Sleipner A Offshore Platform", 摘录自 SINTEF 报告，土木环境工程：<http://www.ima.umn.edu/~arnold/disasters/sleipner.html>

PTC Mathcad 是业界标准的工程计算软件。

要了解更多信息，请访问 www.PTC.com/mathcad/

© 2013, PTC Inc. (PTC)。保留所有权利。本文所述信息仅供参考，如有更改，恕不另行通知；这些信息不应视作 PTC 提供的担保、承诺、条件或服务内容。PTC、PTC 徽标、Windchill 和所有其他 PTC 产品名称及徽标都是 PTC 和 / 或其子公司在美国和其他国家 / 地区的商标或注册商标。所有其他产品或公司名称是各自所有者的财产。任何产品（包括任何特性或功能）的发布时机可能会有变，具体由 PTC 自行决定。

J01641- PTC Mathcad Civil Engineering-WP-0613_cn