

## 更迅速做出更明智的决策： 机械工程师如何使用工程计算软件提高效率

1979年3月28日，三里岛发生了美国最严重的核事故，这主要归因于故障阀门卡在打开位置。根据接受PBS节目《美国经验：三里岛灾难》采访的作者Mike Gray所述，加压阀顶部的阀门“看起来像是太宽的抽屉。您知道如何拉开抽屉，如果抽屉的宽度大于深度，那么，嗯，那个阀门就被设计成那样的。这是严重的工程错误，所以阀门容易弯曲，无法自如滑动。因此被卡在打开位置，他们全都不知道”。

数月之前，俄亥俄州托莱多市郊外的一座工厂发生了同样的事情。但幸运的是，有人预见性地关闭了底座阀，封住线路并挽救了工厂。托莱多市事故从未适当地传达至全美其他工厂的经营者，但这已是题外话了。

所有电气工程组织都应当吸取此类核灾难的教训，这些组织的成功取决于精确、高性能和有效的信息管理。您的工程流程能够预防类似状况发生吗？您能提供足够多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。为什么如此多机械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® 电子表格或甚至如Fortran的编程语言？

本短文将会阐述为何现代数学软件对于机械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。您将了解更多机械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十种机械工程计算

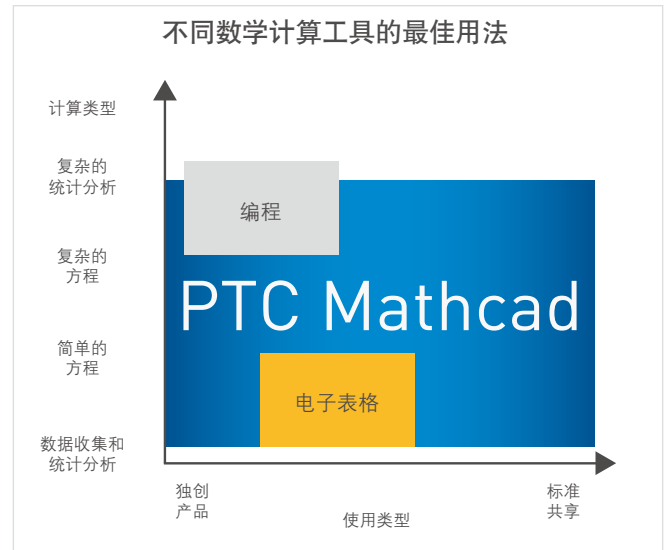
- 齿轮转速 / 齿轮尺寸
- 功率输出
- 扭矩和速度
- 散热
- 摩擦损失
- 系统动力和响应
- 引擎性能
- 螺旋弹簧分析
- 速度和加速度
- 线性 / 非线性方程系统

### 成功因素 1：加快设计面市时间

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 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。”由于许多新产品都是现有设计修改而来，因此重要的是捕捉和组织与这些产品相关的原始分析。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，最终延长上市的时间。



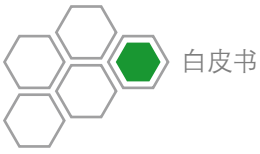
电子表格和编程语言均可针对特定类型的计算进行优化，工程数学软件（如 PTC Mathcad）几乎适合从最简单到最复杂的所有类型的计算。

### 成功因素 2：让创意更自由地流动

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设计优化的项目至关重要。这对要解决重要专业（力学、热力学、机器人技术和机电一体化）领域内的难题的机械工程师非常重要。

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，迅速确定最有效满足产品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。

机械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 CAD 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，正确的数学计算软件内置单位转换和单位智能，这使工程师可以将更多时间花在解决问题上，而不是浪费在琐事上。



### 成功因素 3：提高精度并最大限度减少代价高昂的错误

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有显现，而这时返工成本已成倍增加。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产品开发组织带来重大风险，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%<sup>1</sup>；
- 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 110,543,305 美元<sup>2</sup>；
- Olson & Nilsen 发现，在电子表格的资深用户中，单元格错误率为 21%<sup>3</sup>。

### 成功因素 4：更顺畅的合作

通过标准化解决和记录计算的方式，组织可以使内部重要人员清楚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。

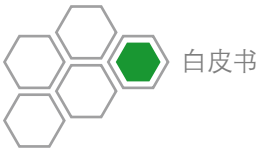
用来解决工程问题的计算方法并非总是适合于捕获和共享知识产权的最佳工具。计算对于工程组织非常重要，这不仅是因为最终结果的缘故，还因为结果背后的假设、方法和值的缘故。

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、CAD 程序和 PDM 解决方案。

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

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

<sup>3</sup> Olson, 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

$f_c = \frac{(C5 \cdot C6 / 2) \cdot ((PI()) \cdot C8 \cdot C6 - C7) / ((PI()) \cdot C6 + C8 \cdot C7) + (C5 \cdot C9 \cdot C10 / 2)}$	
T_L	9.774 N*m

$$T_L := \frac{F \cdot d_m}{2} \left( \frac{\pi \cdot f \cdot d_m - L}{\pi \cdot d_m + f \cdot L} \right) + \frac{F \cdot f_c \cdot d_c}{2}$$

$$T_L = 9.774 \text{ N} \cdot \text{m} \quad T_L = 7.209 \text{ ft} \cdot \text{lb} \cdot \text{f}$$

工程计算的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：减轻监管报告压力

除促进信息内部传递之外，数学计算软件还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：评估机械臂电枢的候选材料的屈服强度

某工业设备制造商的工程团队被要求评估机械臂“手指”材料在不同握持力下的屈服强度和成本折衷方案。评估的材料包括各种钢材，例如 ASTM A36、ASTM 514、不锈钢 ANSI 302 以及 HDPE。

通过使用计算软件，工程师快速创建一系列直观的折衷分析方程和图形，以计算绕着电枢模型折弯的惯性面积矩。

内置的方程编辑器让团队能够使用熟悉的自然数学符号表示分量的解，而且自动的单位检查功能确保了结果的准确性。团队可以将精力集中在执行设计实验和分析本身上，而不是费力地通过编程来表示难以阅读和沟通的公式。

利用该计算软件的开放式体系结构，可以快速开始评估作为材料厚度函数的最大应力。早前项目采集的评估材料的抗屈强度、极限强度和密度已从 Microsoft Excel 电子表格导入。

团队可以将此信息轻松并入正在使用的工作表，以进行折衷分析。团队可以在抗屈强度的安全系统范围内最大程度缩减每种材料的厚度，生成图形直观显示各种材料之间的折衷分析。

团队得出结论，在考虑所有约束和既定目标的情况下，最佳材料是 HDPE。在设计包络中留有足够的余量以适应较厚的电枢，而且它也满足抗张强度和屈服强度的要求。最终产生的质量是等效 A36 钢结构的 37.5%，而且 HDPE 的成本低于这种钢。

整个分析过程会在计算软件工作表中逐步自动记录，以便后续不同项目团队轻松审查或重复使用。团队也可以直接从 CAD 模型将电枢尺寸和夹具几何图形导入计算工作表。当一切整合成型时，计算软件模型的任何变更都会动态修改 CAD 模型。



## 结论：找到恰当的机械工程数学计算软件

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。

现代计算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计算软件。

使用现代计算程序的人，如使用 PTC Mathcad 的 Robert Phillips，经常惊叹于结果的准确性以及取得成功的轻松程度。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

American Experience: Meltdown at Three Mile Island, Interview with Mike Gray, 1999. 2012 年 3 月检索自：  
<http://www.pbs.org/wgbh/amex/three/filmmore/reference/interview/gray03.html>

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.

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/](http://www.PTC.com/mathcad/)

© 2013, PTC Inc. (PTC)。保留所有权利。本文所述信息仅做参考，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。

J01640-PTC Mathcad Mechanical Engineering-WP-0613\_cn