

# 人脑用在刀刃上

柳栋 上海市虹口区教师进修学院

唐亦军 北京圣陶教育创新与发展研究院

摘要：本文主要介绍了 Stephen Wolfram 基于他对基本理论研究的认识，而发展出来的基本工具——Mathematica 与可计算文档格式 CDF，以及他的重要项目——WolframAlpha 知识引擎与基于计算机的数学教育 CBM。以其为我国教育信息化的发展提供参考的素材和可资利用的资源线索。

关键词：可计算知识；知识引擎；Mathematica；WolframAlpha

## 一、可计算的宇宙——Stephen Wolfram 的思想

史蒂芬·沃尔夫拉姆 (Stephen Wolfram) 1959 年出生于伦敦，13 岁入伊顿 (Eton) 公学，15 岁发表首篇粒子物理方面的学术论文，17 岁他的科学论文发到了《核物理》(The Nuclear Physics) 杂志上。在获得牛津大学的奖学金并在牛津学习一年之后，就到了美国阿格纳国家实验室 (Argonne National Laboratory) 的理论高能物理小组 (Theoretical High-Energy Physics Groups) 工作。1978 年 19 岁的沃尔夫勒姆受著名物理学家穆雷·盖尔曼 (Murray Gell-Mann) 之邀去到加州理工学院 (the California Institute of Technology)，从事基本粒子物理学方面的研究，取得显著成就，一年内获得理论物理学博士学位。1980 年沃尔夫勒姆成为加州理工学院一员，与费曼 (Richard Feynman) 共事。1981 年被授予麦克阿瑟“天才人物”奖 (MacArthur "Genius" Fellowship)，并成为该奖最年轻的获得者。之后他到普林斯顿高级研究所 (the Institute for Advanced Study) 工作，再后来又成为伊利诺斯大学 (the University of Illinois) 的物理学、数学和计算机科学教授。

早在 1981 年，沃尔夫勒姆的研究兴趣从基本粒子转向了自然界中复杂性的起源问题，试图通过电脑运算来解释各种复杂现象，并取得了一定的成果。1991 年他继续开展之前因为种种原因暂停了的复杂性理论研究，对诸如时间空间、开放系统、自然选择、秩序与随机性、感知与分析、图灵机、数字系统与网络系统等等基本问题开展了深入思考，历经 10 年最后形成了一本 1200 多页、5 磅重的专著《A New Kind Of Science》(简称：NKS)。

Stephen Wolfram 声称找到复杂性中的一些规律，认为世界可计算、知识可计算；这也是 NKS 的核心原则之一“计算等效原理”。NKS 的基础是科学，应用有四类——模式(建模)，技术，创作和概念。

他认为复杂的世界可能有着简单的模型，解决现实世界的问题需要建模与计算解决问题的办法。人需要从机械的具体计算中解放出来，把人脑用在对问题的建模与对世界的作用上。

在这个认识的基础上，Stephen Wolfram 发展了一个重要的程序语言——Wolfram 语言；两个重要的工具——Mathematica (中文名：数学)、可计算文档格式 CDF；形成了两个重要的项目——WolframAlpha 知识引擎和“基于计算机的数学教育”(Computer-Based Math, 简称 CBM)。

## 二、两个工具——Mathematica 与可计算文档格式 CDF

### (一) Mathematica

Mathematica 是一个演进历史超过 25 年的专用学科软件，1988 年发布了 Mathematica 1.0，1991 年发布了重大改进的版本 Mathematica 2.0，2011 年发布的 Mathematica 8.0.1 中

包含了中文版和中文的支持中心，2012 年和 2013 年发布的 Mathematica 9 系列版本，进一步拓展了 Mathematica 算法、知识引擎、界面功能和接口功能的坚实基础

自从上世纪六十年代以来，在数值、代数、图形和其它方面一直有相关的软件。但是，Mathematica 用一个连贯和统一的方法创造一个能适用于科技计算各个方面的软件系统，实现这一点的关键之处是发明了一种新的计算机符号语言，这种语言能仅仅用很少量的基本元素制造出广泛的物体，满足科技计算的广泛性，这在人类历史上还是第一次。Mathematica 的发布标志着现代科技计算的开始。在科技界，Mathematica 被形容为智能和实践的革命。

最初，Mathematica 的影响主要限于物理学、工程学和数学领域。但是，随着时间的变化，Mathematica 在许多重要领域得到了广泛的应用。它已经被应用于科学的各个领域——物理、生物、社会学和其它学科，许多世界顶尖科学家都是它的忠实支持者，它在许多重要的发现中扮演着关键的角色，并是数以千计的科技文章的基石。在工程中，Mathematica 已经成为开发和制造的标准。世界上许多重要的新产品在它们的设计某一阶段或其它阶段都依靠了 Mathematica 的帮助。在商业上，Mathematica 在复杂的金融模型中扮演了重要的角色，广泛地应用于规划和分析。同时，Mathematica 也被广泛应用于计算机科学和软件发展：它的语言元件被广泛地用于研究、原型建模和界面环境。

实例一，下图上方输入框中的短短一行代码，就可以让我们探索并理解三个嵌套的球面随着参数的变化而发生的 3D 空间展示效果的变化。这是常规的软件工具无法达到的高度和易用度。

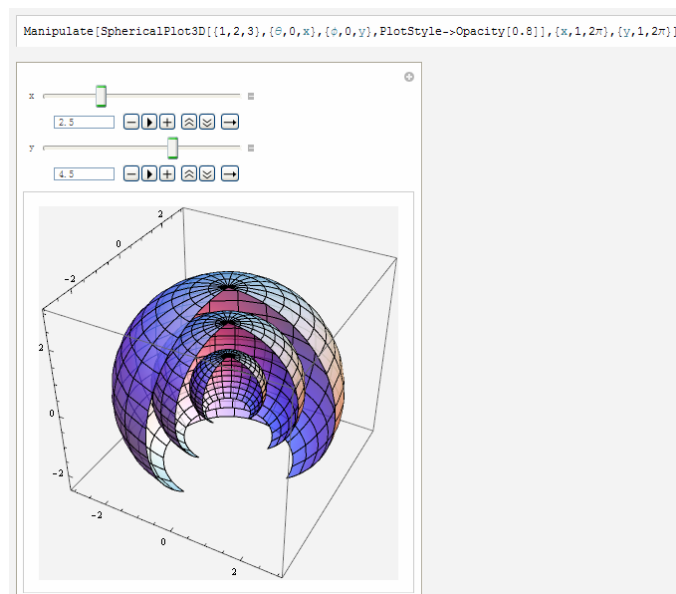


图 1.嵌套球面探索界面

## (二) 可计算文档格式 CDF

而可计算文档格式 CDF 作为 Mathematica 程序播放器的角色，则让可计算知识的传播发展到另外一个高度。利用可计算文档格式 CDF，可快速开发互动出版物，创建符合各种版权保护规则的互动文档。

可计算文档格式支持多种文档元素，例如：滑块、菜单和按钮。在 GUI 交互下，使用嵌入式计算进行内容更新。内容可以包含格式化文本、表格、图像、声音和动画。

CDF 文件可以通过免费的 CDF Player 来阅读，CDF Player 可以从 Wolfram Research 公司网站上直接下载。与传统的静态格式（如 PDF）以及由格式本身提供的预生成互动内容（如 Flash）不同，CDF Player 包含完整的 Mathematica 运行时间库函数，以便在任何 Mathematica 可以描述的算法或者可视化图形下，通过与用户的互动，实时生成文档的具体内容。这使得

CDF 格式的文件非常适用于科学、工程、其他技术内容以及数字化教科书中。

在 Windows、Macintosh 和 Linux 平台下都支持 CDF 阅读器。在 IE、火狐、Chrome、Opera 和 Safari 下，都提供了 CDF 阅读器的浏览器插件支持，用户可以方便地将 CDF 内容嵌入 HTML 页面中。

为了让用户更好地交流和分享，Wolfram 公司还主办了一个演示项目的网站 (<http://demonstrations.wolfram.com>)，把成千上万个精彩而经典的互动演示项目以其特有的可计算文档格式 CDF 免费分享给所有用户，其中有很多适用于基础教育领域。

实例二，下图的演示项目就是一个地理课上的日夜世界时钟案例，能够很好地介绍各个时区的时差以及随着季节变化日照的变化等用文字和静态图表无法解释清楚的概念和事实。更重要的是老师和学生可以操控模拟时间的变化，增强感性认识，能精准呈现以往所不能呈现的互动知识。当然，这样的内容都是实时计算显示出来，且编程人员的代码也不多。



图 2. 日夜世界时钟案例 (<http://demonstrations.wolfram.com/DayAndNightWorldClock/>)

实例三，可计算的艺术设计。去年在纽约开馆的数学博物馆没有一个固定的标志，而是引入了元标志 Meta-Logo 的概念。在入馆的时候，参观者可以用由 Mathematica 驱动的一个小程序设计计算自己的 Logo，每个参观者在设计出自己的博物馆标志版本后，可以分享和打印，制作纪念品，却一点也不失该馆的风格。这是一个计算数学让数学更艺术化更让人亲近的案例！有兴趣的读者可以看看史蒂芬的博客，并试着创造你自己独一无二的数学博物馆的 Logo。

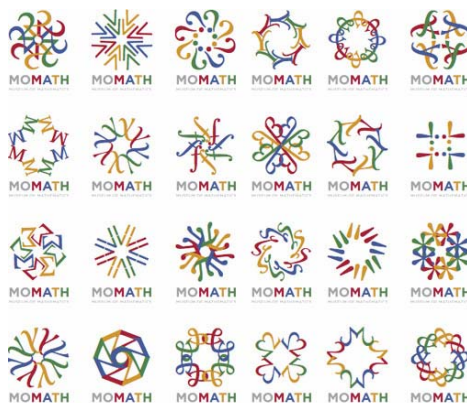


图 3. 数学博物馆元标志 Meta-Logo

<http://blog.wolfram.com/2012/12/17/welcome-national-museum-of-mathematics/>

### 三、两个应用——WolframAlpha 知识引擎与 CBM

#### (一) WolframAlpha 知识引擎

人脑需要从具体的运算中解放出来，同样的，人脑也需要从各类陈述性知识的简单记忆中解放出来。网络提供了海量的信息，但是需要使用者进行各类基于内外证据的判断等才能够作为知识来吸收。

Wolfram 公司从多年前就开始积累大量数据，建立了一套严格的数据筛选维护制度，利用自然语言技术和大规模分布式服务器（类似现在的云计算）技术和自有的可计算文档格式的创新视觉呈现方法，让人们可以搜取确定的知识，并在 2007 年推出了 Wolfram|Alpha 知识引擎（下面简称 WA），让大家可以像用搜索引擎一样轻松获得高质量的数字化可操控的知识信息。Wolfram|Alpha 官方网站是 [www.wolframalpha.com](http://www.wolframalpha.com)。Wolfram|Alpha 其实是 Apple Siri 个人助手和微软 Bing 的后台数据供应商。

实验一：大家可以做个小实验，分别在百度和谷歌的搜索框中输入锂和水的化学反应式“Li+H2O=”看看有什么样的结果。再试试在 WA 网站 [www.wolframalpha.com](http://www.wolframalpha.com) 的搜索框中输入同样的知识性搜索，与百度和谷歌给出的相关网站链接完全不同的是，用户获得的是一系列精准的化学反应信息和逻辑关系，包括化学反应结果的几种表达形式。图 4 是 WA 展示的部分信息（注：如不输入=号则假设没有反应，只会获得物质属性信息）。

The screenshot shows the WolframAlpha interface with the search query "Li+H2O=" entered. The results are divided into two main sections: a chemical reaction analysis and an algebraic solution.

**Chemical Reaction Analysis:**

- Input interpretation:** Li (lithium) + H<sub>2</sub>O (water) → LiOH (lithium hydroxide) + H<sub>2</sub> (hydrogen)
- Structures:** Li + H-O-H → Li<sup>+</sup> + O-H + H-H
- Names:** lithium + water → lithium hydroxide + hydrogen
- Reaction thermodynamics:**

|                                 | Li   | H <sub>2</sub> O | LiOH               | H <sub>2</sub> |
|---------------------------------|--|------------------|--------------------|----------------|
| molecular enthalpy              | 0 kJ/mol   | -285.8 kJ/mol    | -487.5 kJ/mol      | 0 kJ/mol       |
| enthalpy                        | 0 kJ/mol   | -571.7 kJ/mol    | -975 kJ/mol        | 0 kJ/mol       |
| $H_{\text{initial}}$            | =  |                  | $H_{\text{final}}$ |                |
|                                 | -571.7 kJ/mol  |                  | -975 kJ/mol        |                |
| $\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}$ | -975 kJ/mol - -571.7 kJ/mol = -403.3 kJ/mol (exothermic) |                  |                    |                |

**Algebraic Solution:**

Solve for x:  
 $x^3 - 4x^2 + 6x - 24 = 0$

Factor the left hand side.  
The left hand side factors into a product with two  
 $(x - 4)(x^2 + 6) = 0$

Solve each term in the product separately.

Split into two equations:  
 $x - 4 = 0$  or  $x^2 + 6 = 0$

Look at the first equation: Solve for x.  
Add 4 to both sides:  
 $x = 4$  or  $x^2 + 6 = 0$

Look at the second equation: Isolate terms with x to the left hand side.  
Subtract 6 from both sides:  
 $x = 4$  or  $x^2 = -6$

Eliminate the exponent on the left hand side.  
Take the square root of both sides:  
Answer:  
 $x = 4$  or  $x = i\sqrt{6}$  or  $x = -i\sqrt{6}$

图 4. WolframAlpha 知识引擎“Li+H2O=”搜索结果截图

实验二：已知方程式  $x^3 - 4x^2 + 6x - 24 = 0$  求 x 的所有解。只需要在 WA 搜索框中输入  $x^3 - 4x^2 + 6x - 24 = 0$ ，WA 就会给出答案，包括绘出曲线图，并提供逐步推导，包含提示的解代数方程的全过程。（注：推导需要有 Mathematica 或 Pro 用户权限）这些功能不是任何单纯的互动软件可以实现的，见图 5。

图 5.实验二的截图

实验三：在 WA 搜索框中输入“plot3d sin xy”（即绘制 sin(xy)函数的三维模型）。这对于任何人而言，都是不可能手工完成的工作，但会在几秒钟内呈现在你眼前（见图 6），而且还可以在激活互动操作后，随意操控 x 和 y 的值，放大缩小旋转互动及调节网格线或登高线的视觉展示效果。

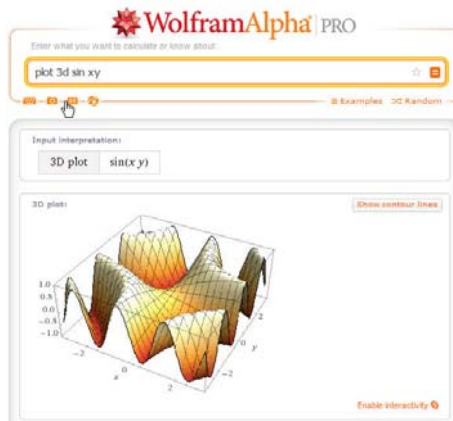


图 6. Wolfram|Alpha 知识引擎绘制  $\sin(xy)$  函数的三维模型截屏

## (二) CBM——基于计算机的数学教育

史蒂芬的弟弟康拉德一直比较关注教育行业的应用。他在 TED 上的演讲《用计算机教导孩子真正的数学》(TED 视频资源链接: [http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XNDcyMTY5NDAw.html](http://v.youku.com/v_show/id_XNDcyMTY5NDAw.html)), 就是为了倡导其发起的“基于计算机的数学教育”(Computer-Based Math) 项目。

CBM 认为, 数学对于工作, 社会和思考的重要性在过去的数十年中已经随着计算机技术的发展和世界的数字化而爆发。同时, 数学教育却原地踏步甚至向后倒退, 孩子们还在被要求用手工做着演算, 却忽略了更重要技能的培养, 尤其是提问、建模和验证的能力。这个断层为什么会形成? 这都是因为有了计算机: 因为只有当计算机在做那些计算时, 孩子们才可以攻克更艰难的问题, 试探更多的概念, 并且试着以多种维度玩更多新的想法。

CBM 认为人们通过一些有效尝试而抽象出来一些规则, 这些规则集的结果就是数学。除了要学习这些规则, 更重要的是寻找这些规则的用途。

CBM 认为数学过程就是:

- 提出问题
- 现实问题建模, 转化为数学语言
- 计算 (大部分由计算机来完成, 而不应该手工计算)
- 将结果应用于现实中

**“数学不等于计算”。**

2013 年 2 月爱沙尼亚成为第一个采用 Computer-Based Math (CBM)教育的国家。首先将重建的是该国的统计学课程。爱沙尼亚教育及研究部长 Jaak Aaviksoo 自豪地说, 上个世纪我们引领世界最早让互联网进入了课堂, 现在我们要带领世界反思在不断地以技术驱动的世界中如何教育。

CBM 认为其在全球的核心使命是重新创建新的课程和材料, 而且有史以来第一次, 反映出教育之外的数学应用的基础变革, 即由计算机来做大部分的计算而不是人工计算这样的变革。

其实, 在史蒂芬身上发生的对传统教育的叛逆和超越, 有一点让我们可以获得的暗示是: **Wolfram** 的方法对教育变革的结果也许是可以自我证明的。

参考文献:

- [1] About Stephen Wolfram[DB/OL].<http://www.stephenwolfram.com/about-sw/> 2013.08.05
- [2] Stephen Wolfram.A Sampling of Writings and Speeches[DB/OL].  
<http://www.stephenwolfram.com/publications/recent/> 2013.08.05
- [3] Stephen Wolfram.A New Kind Of Science[DB/OL].  
<http://www.wolframscience.com/nksonline/toc.html> 2013.08.05