

雲端運算

技術、應用、標準和商業模式



◎周洪波 著 陳世興 校訂 鍾隆宇 校閱

CLOUD COMPUTING: ICT'S Babel Tower

雲端運算

技術、應用、標準和商業模式

周洪波 著

陳世興 校訂

鍾隆宇 校閱

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



全華圖書股份有限公司 印行

雲端運算-技術、應用、標準和商業模式 / 周洪波
著. -- 初版. -- 新北市：全華圖書, 2012. 01
面；公分
ISBN 978-957-21-8308-3(平裝)
1. 雲端運算

312.7

100023180

雲端運算-技術、應用、標準和商業模式

著 / 周洪波

校訂 / 陳世興

校閱 / 鍾隆宇

執行編輯 / 廖福源

發行人 / 陳本源

出版者 / 全華圖書股份有限公司

郵政帳號 / 0100836-1 號

印刷者 / 宏懋打字印刷股份有限公司

圖書編號 / 06172

初版一刷 / 2012 年 1 月

定價 / 新台幣 480 元

ISBN / 978-957-21-8308-3

全華圖書 / www.chwa.com.tw

全華網路書店 Open Tech / www.opentech.com.tw

若您對書籍內容、排版印刷有任何問題，歡迎來信指導 book@chwa.com.tw

版權聲明

《云计算：技术、应用、标准和商业模式》周洪波 著 电子工业出版社，2011 年
本书简体字版名为《云计算：技术、应用、标准和商业模式》，978-7-121-13371-8，由电子工业出版社出版，版权属电子工业出版社所有。本书为电子工业出版社独家授权的中文繁体字版本，仅限于台湾、香港和澳门和马来西亚出版发行。未经本书原著出版者与本书出版者书面许可，任何单位和个人均不得以任何形式(包括任何资料库或存取系统)复制、传播、抄袭或节录本书全部或部分内容。

臺北總公司(北區營業處)

地址：23671 新北市土城區忠義路 21 號

電話：(02) 2262-5666

傳真：(02) 6637-3695、6637-3696

中區營業處

地址：40256 臺中市南區樹義一巷 26 號

電話：(04) 2261-8485

傳真：(04) 3600-9806

南區營業處

地址：80769 高雄市三民區應安街 12 號

電話：(07) 862-9123

傳真：(07) 862-5562

有著作權·侵害必究



內容簡介

什麼是雲端、雲端運算？

當雲端運算席捲各地，各廠商熱熱鬧鬧地“你方唱罷我登場”時，人們禁不住要發出這樣的質疑：雲端運算是否真的是一場全新的 IT 革命？它究竟是否如傳言中所說，即將成為 IT 人士的事業救星，有著廣闊美好的“錢”程和前景？我們的社會、普通百姓是否能真正從雲端運算中獲益？本書作者周洪波先生從本身豐富的實務經驗出發，以科學求證的態度，對雲端運算的技術沿革、應用和商業模式做了清晰有力的論證分析，以期撥開雲端運算的迷霧，還原雲端運算的真實面目，為讀者提供一份實證的見解。

未經許可，不得以任何方式複製或抄襲本書之部分或全部內容。
版權所有，侵權必究。

前言

★★★★★★★★★★

雲端運算和物聯網是當前 ICT 業界最受關注的兩項技術和業務理念，在網際網路上的“百度百科”詞條中，“雲端運算”詞條自 2007 年 12 月 17 日創立以來，瀏覽人次目前已超過 150 萬，“物聯網”詞條自 2007 年 9 月 3 日創立以來，也有超過 130 萬（主要發生在 2009 年以後）的瀏覽人次。根據 15 年週期律，雲端運算和物聯網將是未來 15 年 ICT 產業發展的兩條主線。

筆者在 2009 年底以一個超級計算和網格運算“老兵”的視角寫過一篇“從牛計算（編譯者註：從群集工作站而來(Cluster of Workstation, COW)，因此作者用牛計算表此內容，詳細資料見 4.2.1) 到雲端運算”的文章，因為言詞較“偏激”，幾經“退稿”在《電腦世界》刊出以後，受到較廣泛的關注，被“中國雲端運算”等網站作為“熱門人物”的頭條文章轉載。因為雲端運算和物聯網有著密不可分的關係，後來這篇文章被收錄到筆者的《物聯網：技術、應用、標準和商業模式》一書附錄中。2010 年底，閒來又看了一遍書中的這篇文章，感覺言辭粗糙，不妥之處頗多，於是心懷不安……做技術出身的人往往愛“追根究底”，看到或聽到業界一些人對雲端運算發表的觀點，時常覺得“有話要說”，加上多年國外工作的經歷，雖然一直保持了“求知若渴”的傳統美德，但也可能漸漸失去了國人“謙虛若愚”的風範。恰逢此時，鑒於《物聯網：技術、應用、標準和商業模式》一書的熱銷，電子工業出版社的編輯問我是否有意再寫一本雲端運算的書，於是懷著“欠讀者一個說法”的不安之情，花了“元旦”和“春節”期間近兩個月的業餘時間，寫成此書，為的是向《物聯網：技術、應用、標準和商業模式》一書的讀者進一步澄清我對雲端運算的觀點，算是了卻一個心願。本書是《物聯網：技術、應用、標準和商業模式》一書的“姊妹篇”，因為兩者在結構和論述方法上相似，而且所介紹的兩項技術之間互有關聯：雲端運算是物聯網執行和大規模營運模式的重要支援和實作手段。



雲端運算和物聯網目前已經受到全社會關注，很多非 ICT 人士也希望瞭解，有的書爲了增加可讀性和趣味性，把物聯網和雲端運算的概念與所謂美學、儒家和道家思想、養生學、中醫學、社會學、倫理學、經濟學等相結合做“科普化”描述，有時甚至任意發揮自己的想像，把技術描繪成了無所不能的“玄學”——這不是一種實事求是的科學態度，或許是因爲有的作者並沒有真正從事過這兩項技術的實際工作而沒有領悟到它的真諦。例如，有的人不加研究就把 Apple Store 的成功歸因於物聯網和雲端運算，其實從技術上看，Apple Store 既不是雲端運算，也不是物聯網。這樣的書非但沒有產生了科普化的作用，反而誤導了讀者，然而，有一部分讀者卻很認同那樣的書。不忘“謙虛若愚”，筆者在這裡並不是要指責這種現象本身，而是想表達一個更深層次的擔憂：ICT 技術是西方人發明的，基於精細的物理“分析”、一步一個腳印和版本不斷升級的“開發”積累手段，而不是我們中國人習慣的中醫學式的“綜合”和想當然的模糊“類比”手法。如果我們這種思維模式不徹底改變，就很難領悟到技術的真諦，難以把技術真正“落實”並駕馭把握，難以創新，更難以引領技術潮流，這一點我們一定要向西方人學習。筆者深知，這是一個頗具爭論的話題，方舟子說中醫不是科學，立即受到了眾多人的圍攻。這裡，筆者只是提出個人拙見，算是拋磚引玉。因此，在這兩本書的論述方法上，筆者堅持言之有物，用資料和案例說話的方式，不做科普化的“跨學科”的類比，當然，這也是因爲筆者知識面和水準所限。

雲端運算好比 ICT 業的“共產主義”理想，這個比喻有兩層含義：一是指雲端運算可以實作跨國界的整個 ICT 資源的整合，進一步實作“各自付費，按需分配”的節約型 ICT 資源社會化分配模式；二是指這個理想的實作任重而道遠，一個 ERP 系統的成功實施需要企業管理方面的改變來適應，是一個系統工程，雲端運算的“自來水”式服務模式的實作涉及國計民生乃至社會業務形態的變革，是一個更大的系統工程。



雲端運算可以說是融合了 ICT 業多年發展的大部分技術的集大成者。簡單說來，雲端運算技術架構就是：單機虛擬化（VMWare, Xen 等 Hypervisors）是把一個機器變成多個機器來使用，多機虛擬化（支援 HPC/Grid 的 MPI/PVM 等技術）是把多個機器當成一個機器來使用（MapReduce 是 MPI 中相關 API，如 Scatter/Reduce 的拓展）。雲端運算是單機和多機虛擬化+SOA（大 S）和 SaaS（小 S）的組合。虛擬化提供了計算資源的一個邏輯視圖，包括單機和多機虛擬化。

單機虛擬化基於 Hypervisor 技術，把一個機器分成若干個機器來使用，同時也可把異構系統變成便於管理的同構系統。多機虛擬化基於群集、機群和網格運算技術，把一大堆機器當成一個機器來使用，整合資源，形成“取之不盡、用之不竭”的資源池。SOA/Web Services 和效用（Utility）計算等技術可實作像自來水一樣使用單機和多機虛擬化技術的組合形成的計算資源。以 SaaS 模式和理念（包括 IaaS 和 PaaS）為基礎的 Multi-Tenancy（或 Massive MT，即 MMT 大規模多租戶模式）技術可實作更高效率的雲端運算設施利用和應用層面的服務。

有人說，物聯網是“霧”，雲端運算是“雲”，因為站的角度不同，各種觀點都有道理。雲端運算和物聯網其實都是現有 ICT 技術的提升，並不是什麼全新的東西，要點是技術和理念的“提升”。

筆者也注意到目前市面上已經有足夠多的關於雲端運算的書了，如果不是覺得本書有其獨特之處，也不會來湊這個熱鬧再出一本“Me Too”的書。本書主要是作者早年在美國橡樹嶺（Oak Ridge）國家實驗室（機群和群集、超級計算及網格運算技術的主要發源地之一）、IBM（參與了當時（1996 年）世界上最快的超級電腦 ASCI-Blue Pacific 的研發）和 DoubleTwist（用機群系統實作了“人類基因組”的全面註釋（2000 年，世界首次）和創立了第一個生物計算多租戶 SaaS 門戶）等企業，以及博士學習期間多年從事平行和分散式 HPC 超級計算技術的實際工作經驗的總結和觀點的陳述。在雲端運算時代到來的近幾年，筆者主要從事物聯網業務，在一些物聯網專



案中也研究和採用了基於多租戶模式的 SaaS 技術作為 M2M/物聯網營運平台的支援（例如，中國移動 e 物流和 M2M 支援平台專案），並於 2007 年實地考察了 Salesforce 的 APEX PaaS 技術，從而對新形勢下的雲端運算技術有所瞭解。

本書寫作過程中，作者力求在做到深入淺出的同時更希望表現專業性，（斗膽地說）區別於目前國內外市面上的相關書籍。本書基於作者的從業經歷深入研究和分析了目前流行的一些雲端運算技術的來龍去脈，如 Hadoop/MapReduce/AWS 技術與 MPI/PVM/Condor 等技術的關聯性等，希望能夠使國內研發人員對這些技術的深入瞭解和創新有更深層次的洞察（Insight），而不僅僅是編輯和介紹這些技術的用途和使用方法。如果本書能夠幫助讀者在瞭解雲端運算技術的歷史淵源和來龍去脈，技術和產業現狀以及未來發展方向，在理解雲端運算技術的層次架構和業務模式，從而發掘出新的商業模式，把握雲端運算的機遇，對做大做強中國雲端運算產業做出更多的貢獻等方面有所啓迪，那就是一件非常令人欣慰的事情了。本書內容已得到了一些專家的認可和較高評價，不過筆者不想借助德高望重的專家推薦來吸引讀者，而是把好壞的評判留給讀者。

本書的部分插圖是從網路上下載的，我盡己所力對原始出處進行了查證並標明了出處，在此向插圖的原作者表示感謝。本書力求準確無誤地標明引用資料的出處，如有遺漏和差錯，請原始作者與本人聯繫。

希望本書能夠對關心雲端運算產業發展的各級領導和行業監管部門，大專院校相關專業師生，以及產業鏈相關各領域的從業人員、投融資人士等讀者群都能有所裨益。由於筆者水準和時間所限，加上雲端運算產業發展迅速，技術日新月異，理念不斷翻新，書中難免會有侷限和諸多不足乃至錯誤之處，歡迎專家和讀者不吝批評指正。

周洪波

honbozhou@gmail.com

2011 年 5 月 8 日

第 1 章 計算力的追求

1.1 概述	2
1.2 計算力就是生產力	5
1.3 計算力的兩極化發展	8
1.4 雲端運算是 IT 的“第三產業”	11
1.5 小結	13
習題	14

第 2 章 走近雲端運算

2.1 初識雲端運算	16
2.2 走近雲端運算	18
2.2.1 相關技術發展歷程	20
2.3 雲端運算：網格和 SaaS 的融合	25
2.3.1 HPC 和網格運算	25
2.3.2 SaaS 和 XaaS	28
2.4 雲端運算：ICT 的“通天塔”	30
2.5 小結	34
習題	35

第 3 章 虛擬化與雲端運算

3.1 虛擬化技術與分類探討	38
3.2 單機虛擬化	41
3.2.1 Hypervisor 技術	45
3.2.2 Hypervisor 產品	50
3.2.3 VMWare 與 Xen	53
3.2.4 其他虛擬化技術	55
3.3 多機虛擬化：雲端運算的根基	58
3.4 小結	61
習題	63

第 4 章 HPC 系統及其發展

4.1 分散式計算與平行計算	66
4.2 超級電腦的發展及其應用	67
4.2.1 “牛”計算改變格局	70
4.2.2 超級計算與 Grand Challenges	73
4.2.3 HPC 電腦群與 BOINC	76
4.3 HPC 系統的系統架構	78
4.3.1 Flynn-Johnson 分類法	80
4.3.2 共用記憶體與 SMP	82
4.3.3 分散式記憶體與 MPP	85
4.3.4 HPS 高性能路由器	87
4.4 超級計算 TOP 500	89
4.4.1 Graph500 和 GPU	92
4.5 小結	94
習題	94

第 5 章 HPC 軟體與中間層

5.1 平行和分散式演算法	98
5.1.1 Amdahl 和 Gustafson 定律	100
5.2 並行處理程式設計模式	102
5.2.1 Implicit 與 Explicit 程式模式	104
5.3 HPC 中間層軟體與多機虛擬化	107
5.3.1 PVM、MPI 與 MapReduce	108
5.4 作業排程與管理	110
5.4.1 Condor 與 Hadoop	114
5.4.2 中斷點、遷移和 VMotion	114
5.5 機群和群集	115
5.5.1 Beowulf、LVS 和 MOSIX	117
5.6 網格運算與網格中間層	121
5.6.1 Globus Toolkit	125
5.7 小結	127
習題	128

第 6 章 商用分散式運算與雲端運算

6.1	EDOC 技術與企業級中間層	130
6.1.1	CORBA、.NET 和 Java EE	132
6.2	公用 (Utility) 計算	136
6.3	普及計算與行動計算	138
6.4	P2P 網絡運算與 JXTA	140
6.5	綠色 (Green) 計算與雲端運算	141
6.5.1	Google 資料中心技術	145
6.6	平行檔案系統	147
6.6.1	GPFS、Lustre 和 HDFS	150
6.7	小結	153
	習題	154

第 7 章 SaaS、SOA 與雲端服務

7.1	SaaS：軟體即服務	156
7.1.1	Salesforce：軟體終結者	162
7.1.2	Multi-Tenancy 技術與模式	164
7.2	SaaS 與套裝軟體	170
7.2.1	Google 大戰微軟	172
7.2.2	國內外 SaaS 發展現況	174
7.2.3	SaaS 與 SPI	179
7.3	SOA 是 SaaS 和雲端運算的基礎	181
7.3.1	SOA 與 EAI	181
7.3.2	SOA 與 SaaS	184
7.3.3	SOA 與雲端運算	186
7.4	SaaS 3.0：雲端服務	187
7.4.1	行動雲端服務	190
7.4.2	XaaS 與物聯網	193
7.5	小結	196
	習題	197

第 8 章 雲端運算系統架構

8.1 NIST 的雲端運算定義	200
8.2 雲端運算系統架構	204
8.2.1 三層 SPI 架構	204
8.2.2 四種部署方式	209
8.2.3 五大關鍵功能	214
8.2.4 六大基本特性	215
8.3 統一 Fabric 和網路雲端	217
8.4 雲端安全與安全作為雲端服務	219
8.5 雲端儲存技術與雲端儲存服務	222
8.6 行動雲端運算 (MCC)	225
8.7 小結	229
習題	230

第 9 章 雲端運算典型技術與系統

9.1 雲端中間層和雲端系統	232
9.1.1 IaaS 中間層	233
9.1.2 PaaS 中間層	234
9.1.3 雲端系統	239
9.2 典型 IaaS 技術和系統	241
9.2.1 Amazon Web Services (AWS)	244
9.2.2 Eucalyptus	248
9.2.3 開源 IaaS 與 OpenStack	251
9.3 典型 PaaS 技術和系統	254
9.3.1 APEX 和 Force.com	258
9.3.2 App Engine 和 AppScale	261
9.3.3 Apache Hadoop 和開源 PaaS	268
9.4 雲端運算系統全景圖	277
9.5 小結	285
習題	286



第 10 章 雲端運算和標準化

10.1	通天塔與標準化	288
10.2	SPI 標準化	289
10.2.1	可行性探討	292
10.2.2	現有成果介紹	297
10.2.3	雲端運算宣言	301
10.3	網格和 SOA 的融合	302
10.3.1	作業描述語言標準化案例	305
10.3.2	網格內部標準化	308
10.4	雲端安全與雲端儲存標準化	308
10.5	小結	310
習題		311

第 11 章 雲端運算業務模式探討

11.1	The Big Switch	314
11.1.1	雲端運算市場規模	315
11.2	SPI 業務模式推動商業模式	321
11.2.1	SaaS 和 PaaS：收割長尾	322
11.2.2	IaaS：碳足跡和硬體終結者	325
11.2.3	B&H 長尾與雲端商業模式	329
11.3	雲端運算現況和趨勢	331
11.3.1	產業慣性定律的反作用	335
11.3.2	技術和業務十大趨勢	336
11.3.3	15 年週期與 Gartner 週期	339
11.4	小結	344
習題		345

第 12 章 進入雲端的大門

12.1	使用最著名的基礎建設即服務的 Amazon 網路服務	348
12.1.1	在 Amazon Elastic Computing (Amazon EC2) 上啟動伺服器	348
12.1.2	開始提供 Web 服務	359

12.1.3	指定實體 IP 位置	361
12.1.4	Amazon 網路服務小結	363
12.2	平台即服務的代表 Google App Engine (GAE) for Java	363
12.2.1	GAE 的特性與其限制	364
12.2.2	安裝 GAE 開發環境與新增專案	364
12.2.3	註冊 GAE 服務並上傳網頁	369
12.2.4	上傳網頁並開始提供 Web 服務	372
12.2.5	執行 JSP 程式	375
12.3	一定要會用的 SaaS 雲端服務：Dropbox 雲端儲存	377
12.3.1	註冊 Dropbox 與檔案的同步化	377
12.3.2	如何救回刪除的檔案與版本控制	380
12.3.3	與他人共享資料夾	381
12.4	小結	383
	習題	384

總結	385
-----------	------------

參考文獻	387
-------------	------------

附錄

A.1	中國雲端運算標準化情況	396
A.2	中國雲端運算業務模式的現況和對策	397
A.2.1	雲端？政府的作為	397
A.2.2	企業如何把握機遇和核心技術	402
A.3	DIY 實務：如何自建一台超級電腦	412
A.3.1	“窮人”超級電腦搭建步驟	413
A.3.2	“富人”超級電腦搭建步驟	418

chapter

1

計算力的追求



- 1.1 概述
- 1.2 計算力就是生產力
- 1.3 計算力的兩極化發展
- 1.4 雲端運算是 IT 的“第三產業”
- 1.5 小結



1.1 概述

人類最早的計算工具是手指，英語單詞“Digit”既有“數字”也有“手指”的意思。英語中“Calculus”（計算）一詞來源於拉丁語，既有“演算法”的含義，也有腎臟裏的“結石”的意思。手指和石頭就是人類最早的“電腦”。不知從何時開始，各國的人們都不約而同想到用“籌碼”來改進工具，中國商周時代問世的算籌，是一種竹製、木製或鼓製的木棍。世界文明的四大發源地——黃河流域、印度河流域、尼羅河流域和幼發拉底河流域——先後都出現過不同形式的算盤，只有中國的珠算盤一直沿用至今，如圖 1-1 所示。

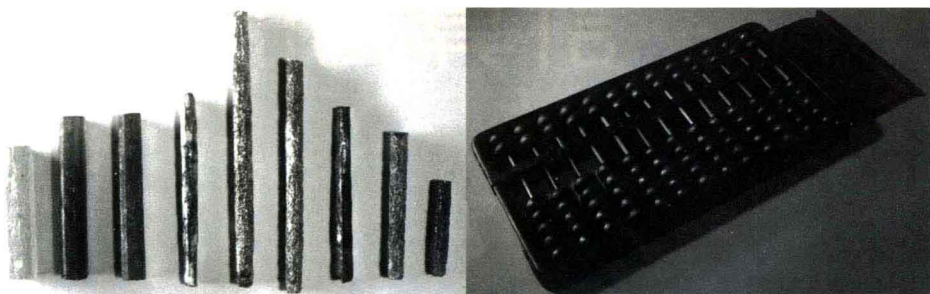


圖 1-1

1622 年，英國數學家 William Oughtred 使用當時流行的對數刻度尺做乘法運算時萌生了一個念頭：若採用兩根相互滑動的對數刻度尺，不就省得用兩腳規度量長度嗎？他的這個設想導致了計算尺（Slide Rule）的誕生，如圖 1-2 所示。算盤和計算尺使人類的計算能力從“手工”操作進化到使用“機械”化的工具，但是還沒有“軟體”，需要腦力的配合，“軟體”仍然儲存在人腦中。

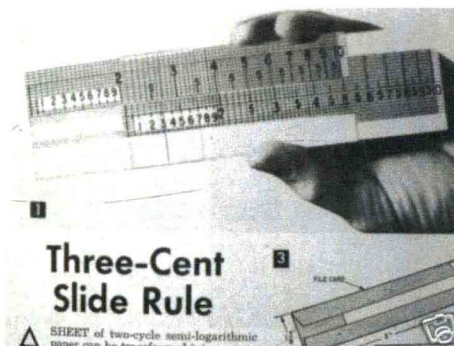


圖 1-2

法國人 Pascal 於 1642 年設計出了世界上第一台利用手轉動齒輪來實作加法運算的電腦，向人類揭示了用機械裝置可以代替人的大腦進行思考和記憶，如圖 1-3 所示。1822 年，英國人 Babbage 在他研製的差分機中第一次表現了電腦程式設計的理念，這種思想為現代電腦發展開闢了道路。1847 年，英國數學家 Boole 發表著作《邏輯的數學分析》。

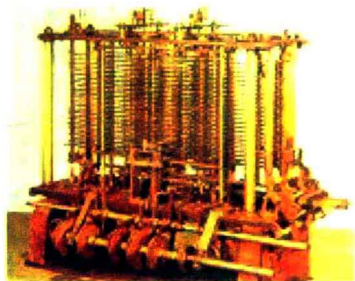


圖 1-3

1895 年，英國青年工程師 Fleming 透過“愛迪生效應”發明了人類第一隻電子管。1913 年，美國 MIT 教授 Bush 領導製造了類比電腦“微分分析儀”。機器採用一系列電動機驅動，利用齒輪轉動的角度來模擬計算結果。1935 年，IBM 製造了 IBM601 穿孔卡片式電腦，該電腦能夠在一秒內做出乘法運算。1936 年，英國人 Turing 發表論文《論可計算數及其在判定問題中的應用》，首次闡明了現代電腦原理，從理論上證明了現代通用電腦存在的可能性，Turing 把人在計算時所做的工作分解成簡單的動作：(1)記憶體，用於儲存計算結果；(2)一種語言，表示運算和數位；(3)掃描；(4)計算意向，即在計算過程中下一步打算做什麼；(5)執行下一步計算。凡可計算的函數都可用這樣的機器來實作。這一概念是現代電腦科學的基礎。

美國的 Shannon 在 1938 年證明布林代數的邏輯運算可透過繼電器電路來實作，明確了四則運算的電路設計方法，為以後的電腦邏輯功能奠定了基礎。1941 年，德國人 Zuse 完成了 Z3 電腦的研製工作，這是第一台可程式化的電子電腦。可處理 7 位指數、14 位小數，使用了大量的真空管，每秒能進行 3~4 次加法運算，一次乘法需要 3~5 秒。1942 年，時任美國愛荷華州立大學數學物理教授的 Atanasoff 與研究生 Berry 組裝了著名的 ABC (Atanasoff-Berry Computer) 電腦，這台電腦共使用了 300 多個電子管，這也是世界上第一台具有現代電腦雛形的電腦，如圖 1-4 所示。特別值得一提的是，1943 年，綽號為“巨人”用來破譯德軍密碼的電腦在英國製造成功，為第二次世界大戰的勝利立下了汗馬功勞，充分展示了計算的力量。