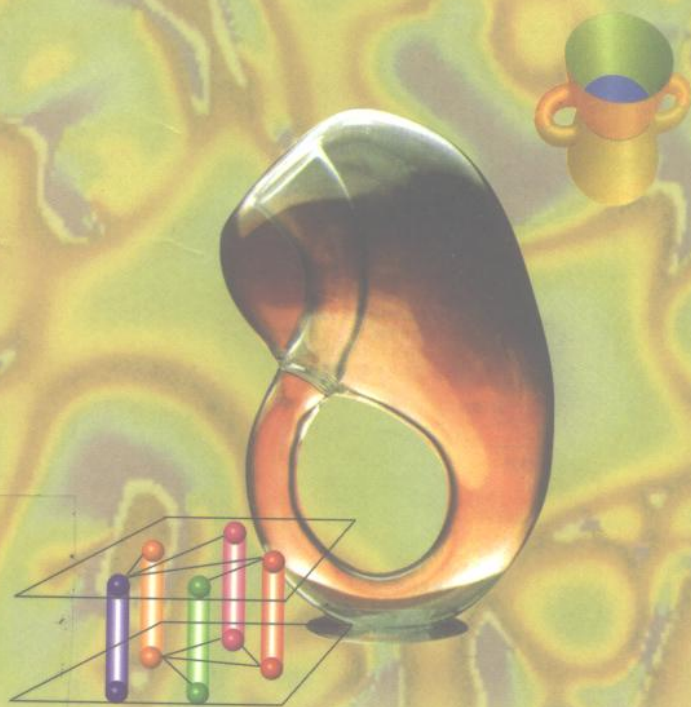


科学 (科学美国人中文版) 办刊二十周年纪念

数学游戏

郭凯声等 编著 (上)

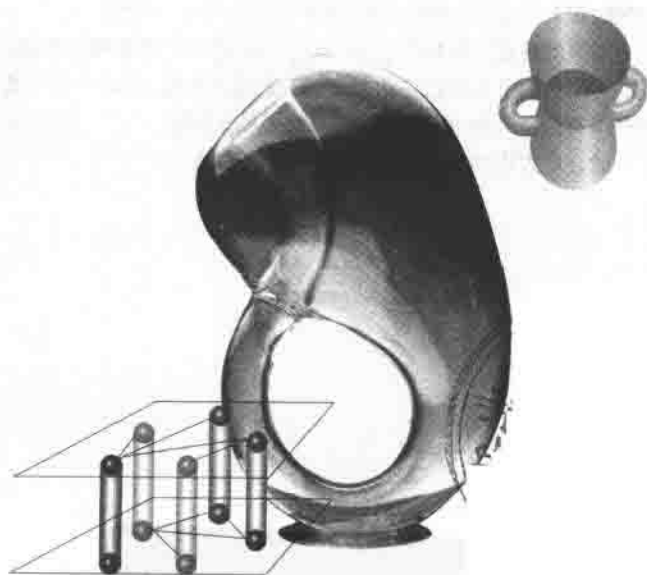
科学丛书



科学技术文献出版社

数学游戏

郭凯声等 编著 (上)



科学丛书

田 科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

数学游戏/郭凯声等编著.-北京:科学技术文献出版社,1999.10
(科学丛书)

ISBN 7-5023-3427-0

I. 数… II. 郭… III. 数学-普及读物 IV. O1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 40766 号

出 版 者:科学技术文献出版社

图 书 发 行 部:北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图 书 编 务 部:北京市西苑南一院东 8 号楼(颐和园西苑公汽站)/100091

邮 购 部 电 话:(010)68515544-2953,(010)68515544-2172

图书编务部电话:(010)62878310,(010)62878317(传真)

图书发行部电话:(010)68514009,(010)68514035(传真)

E-mail:stdph@istic.ac.cn;stdph@public.sti.ac.cn

策 划 编 辑:科 文

责 任 编 辑:陈家显

责 任 校 对:赵文珍

责 任 出 版:周永京

封 面 设 计:宋雪梅

发 行 者:科学技术文献出版社发行 新华书店总店北京发行所经销

印 刷 者:三河市富华印刷包装有限公司

版 (印) 次:1999 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开 本:850×1168 32 开

字 数:322 千

印 张:12.375 彩插 4

印 数:1~5000 册

定 价:21.00 元(上) 上下册共 42.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

01-49 - 411004
16

(京)新登字 130 号

2261/25

内 容 简 介

本书是从《科学》杂志发表的数学游戏和计算机游戏专栏文章中精选近 100 例汇编而成。内容广涉数学游戏与计算机游戏的各种问题和各个领域,集知识性、趣味性和娱乐性为一体。

本书的特点:通过深入浅出地把一些复杂的数学和计算机问题以常见的例子介绍给广大读者,行文浅显易懂,叙述生动活泼,没有深奥的公式和抽象的论证。分上、下册出版。

适合广大中学生、大学生和数学爱好者阅读。

我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合
性出版机构,主要出版科技政策、科技管理、信息科学、农
业、医学、电子技术、实用技术、培训教材、教辅读物类图书。

传播科学知识
推进社会进步

宋健

一九九九年八月

科学丛书序

苍宇时空无垠，科学前沿无涯。马克思说“科学是历史的有力杠杆”，“是最高意义上的革命力量”。人类在地球上繁衍、生存和发展，愚昧—文明—更文明的变革和发展史就证明了这一伟大的真理，古埃及的金字塔和木乃伊、中国的长城和四大发明无不是科学的丰碑。近代的工业革命和当今的新技术革命无不是科学的辉煌。

“科学技术是第一生产力”已为世人共识，当今世界科学已走出试验室步入整个人类社会，并成为—个国家综合国力的具体象征。

把中国建设成科技强国，是我国几代领导人的夙愿，亦是国人梦寐以求的事，“科教兴国”已成为我们的国策。当今世界现代科学技术发展日新月异，新的科技革命蓬勃兴起，知识经济正迎着新世纪的曙光向我们走来。时代赋予我们机遇和挑战，科教界肩负历史重任，我们必须抓住机遇，迎接挑战，拼搏开拓，创新进取，增强国家综合国力，圆科技强国之梦。

在社会变革和技术、知识创新中，科学知识读物的作用是十分重要的。科学(科学美国人中文版)杂志是



融自然科学、社会科学和人文科学为一体的综合科学期刊,享誉世界。它是 70 年代周恩来总理接受著名科学家、诺贝尔奖得主杨振宁的建议、倡导,与美国合办的,至今已办刊 20 年,出版了 250 多期杂志。《科学美国人》创刊已 150 多年,文稿多系知名专家学者撰写,其中有 110 多位诺贝尔奖得主为其撰稿近 200 篇。该刊深入浅出地介绍科技前沿发展水平和成就,深受广大读者喜爱。

在人类即将跨入新的千年之际,科学杂志社以其杂志为蓝本并特约国内专家学者编写了《宇宙探索》、《生命的起源与进化》、《脑与意识》、《数学游戏》、《世纪电脑》、《考古探秘》、《动物行为的奥秘》、《建筑科学与文化》、《生命的卫士——免疫系统》9 册科学丛书,奉献给广大的科学爱好者和读者。毫无疑问,科学丛书的出版对于落实“科教兴国”战略,实施技术和知识创新,普及科学文化知识,拓展人们的科技视野、提高科学文化素质,推动经济、社会发展与进步均有所裨益,希望广大科教界工作者和广大的科学爱好者阅读它、喜爱它,增强自己的科技才干,努力创新,勇于攀登科学高峰,为把我国建设成为科技强国做出贡献!

杨振宁

科学丛书前言

人类在天地间发展,20 世纪作为人类有史以来最重要里程碑所提示的最高哲理就是“科学技术是第一生产力”。未来的 21 世纪更是科学与艺术、技术与文化、社会与自然融合、发展的新时代——人类将步入一个蔚为壮观、五彩缤纷的超级世界。为此,无论是总结 20 世纪科技文化的发展,还是展望 21 世纪绮丽的未来,都需要一套多视角、多方面探讨、介绍科学重要发展、应用及其走向的科普丛书。现奉献给读者的**科学丛书**就是为此所做的努力。

科学丛书系以**科学**(科学美国人中文版)杂志为蓝本,加上中国专家近作编辑而成。全套书共 9 个分册,即《宇宙探索》、《生命的起源与进化》、《脑与意识》、《数学游戏》、《世纪电脑》、《考古探秘》、《动物行为的奥秘》、《建筑科学与文化》、《生命的卫士——免疫系统》。

《科学美国人》杂志创刊于 1845 年,是历史悠久、享誉世界的综合性科学杂志。该刊内容丰富,广涉自然科学、社会科学、技术科学和人文科学诸领域。其文精辟详实、观点新颖、格调高雅,并采用朴素的语言和精美彩图让相关或非相关领域之读者均能及时了解到各科学领域前沿最新发展走向及其社会意义。



撰稿者多为世界著名学者,至今已有 110 多位诺贝尔奖得主先后在该刊上发表了近 200 篇文章,该刊深受读者热爱。它以中、英、德、法、日等 10 多种文字在世界上发行,总发行量逾 100 万份。

科学杂志是 1979 年正式在我国出版的,至今已出版 250 多期。把中国建设成科学强国是中国几代领导人的夙愿,1973 年 7 月毛泽东在中南海书房接见美籍华人诺贝尔奖得主杨振宁博士,坐陪的有周恩来总理和周培源先生,谈话中周总理请杨振宁想个好办法激励科学在中国的发展,杨说:“……尤其值得做的事也许是将《科学美国人》译成中文……”。之后,周总理请方毅副总理办此事。当时《科学美国人》出版发行人杰拉德·皮尔对中国十分友好,愿意与我国合作办刊。方毅同志专题报告给邓小平和李先念同志,经同意,国家科委下文(78 国科学发 238 号)责成中国科学技术情报研究所重庆分所与美国合办。

“激励科学在中国的发展”是老一辈领导人的夙愿,“科教兴国”是当今中国的国策。为发展科学、迎接知识经济的挑战,庆祝新中国成立 50 周年和**科学杂志**办刊 20 周年,在新世纪的钟声即将敲响之际,我们编辑**科学丛书**,献给祖国母亲,献给新世纪,献给所有关怀、支持**科学**出版的领导、学者和读者。在此我们衷心地感谢《科学美国人》杂志社的朋友对我们工作的大力支持和友好合作。

此次编辑出版时间十分仓促,错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

王元凯

科学丛书编委会

顾问 惠永正 严东生 张存浩 张玉台
白春礼 黎懋明 陈源曙

编委 (以姓氏笔画为序)

王大珩	王绶琯	王文清	王元凯
王顺昌	王葆青	王琦	朱伟
朱锡华	孙佐满	李国杰	李伯谦
李竞	张树义	邹大挺	金磊
赵玉芬	赵国辉	郭凯声	常平
程天民	曾晓东		

总编 王元凯

目 录

前言	1
1. 金字塔的数学问题	2
2. 放弃平均律	7
3. 水泥艺术与复杂性理论	13
4. 骰子的奥秘	19
5. 高尔夫球的晶体学	25
6. 法庭上的概率论	30
7. Juniper Green 游戏	37
8. 字母幻方	43
9. 走出迷宫	51
10. 巧破盗窃案	57
11. 分形雕塑作品	63
12. Monopoly 游戏公平吗	69
13. 蠕虫的毯子	74
14. 古怪的幂数	80
15. 你那一半比我这一半大	94
16. 不引起眼红的分配	100
17. 人择 Murphy 原理	104

18. 黄金数与塑料数	110
19. 算术与鞋带	115
20. 半真半假的故事	120
21. 怪数的新命理学	130
22. 费马的最后旅行	141
23. 哪种投票制度最合理	152
24. 花的发育与黄金数	160
25. “无中生有”的诀窍	169
26. 六个难题	177
27. 西洋跳棋 其乐无穷	183
28. 复原洗牌法	191
29. 变佳作为梦呓	196
30. 人工精神错乱	214
31. 词梯与通天塔	223
32. 程序创作的散文及诗集	232
33. 形形色色的细胞自动机	242
34. 奇异的混沌吸引	257
35. 三维生命游戏	267
36. 分数维的山峰与植物	276

目 录

37. 掀起滚滚波涛的细胞自动机	285
38. 精美的 Mandel brot 数集及 Julia 数集	292
39. 生物形态、Truchet 瓷砖及分数维爆玉米花	301
40. 蚂蚁的无尽之旅	311
41. 细胞自动机的新家族:碎片、微滴、缺陷和精灵	321
42. 模拟进化:虫子如何捕食细菌	328
43. “囚徒困境”与核战略	336
44. “忙河狸”最勤奋的图灵机	345
45. 图灵地铁的故事	355
46. 看似无尽,实则有穷	364
47. 素数王国大猎捕	375

前言

本书是从《科学》杂志(Scientific American 中文版)自 1978 年创刊以来发表的数学游戏及计算机游戏专栏文章中精选近 100 例汇编而成的。《Scientific American》从 1952 年起开辟《数学游戏》专栏,特邀著名游戏数学专家马丁·加德纳及其他数学家与计算机科学家先后为该专栏撰稿,至今不断。该专栏的内容广涉数学游戏和计算机游戏的各种问题和各个领域,集知识性、趣味性和娱乐性为一体。作者以深入浅出地把一些复杂的数学和计算机问题通过常见的例子介绍给广大读者,行文浅显易懂,叙述生动活泼,没有深奥的公式和抽象的论证。凡具有高中数学水平的人一般都能看懂。

本书适合于广大中学生和大学生阅读;对于爱好数学的成人,本书也有相当大的吸引力。我们希望它能起到启迪思维、开阔视野、激发想象力和创造力的作用。本书内容如有错误或不当之处,敬请广大读者批评指正。

1. 金字塔的数学问题

古埃及的金字塔属于所有考古学之谜中最令人感到神秘莫测的问题之列。最大的金字塔——吉萨大金字塔——是埃及国王胡夫在公元前 2500 年左右建造的,至今仍基本上完好无损。

它最初的高度将近 147 米(482 英尺),重量超过 70 亿公斤(770 万吨)。这座金字塔是用巨大的石块建造的,石块从采石场上开采出来,修整成相当整齐的形状并运到建筑工地上,然后以令人瞠目的精确度一块块地堆叠起来。

埃及人是怎样建起这样庞大的建筑物的呢?为什么要修建金字塔?历史学家和考古学家对这些问题的了解并不是很有把握。许多金字塔是用作国王的坟墓,而关于金字塔的建造则有各种各样的说法。由于一位业余的古埃及研究者 Stuart Kirkland Wier 的某些探测性数学研究成果,现在历史学家能够较有把握地估计建造金字塔的民工队伍的规模。

在大金字塔建成后约 2000 千年,希腊历史学家 Herodotus 报道说,建造这座大金字塔动用了 10 万名民工。然而,Herodotus 的说法并不是关于古代埃及情况的可信资料。现在看来,他似乎把民工人



数高估了整整一个数量级。据 Wier 说,真正的人数少得出人意料:只有大约 1 万人。Wier 并不知道金字塔是如何建造的,那么他是怎样得出这个数字的呢?他首先估计出修建金字塔所需的工作量,然后对埃及人如何安排工程进度作出若干假定。

Wier 的计算是针对胡夫金字塔的,但这同一方法也适用于其他金字塔。第一步是要计算出一座金字塔蕴含了多少“能量”。在这种场合中,所谓能量指的是势能,即把给定质量提升到一定高度需要做的功。Wier 把金字塔的势能除以金字塔建造的时间(天数),就得出了每天提升石块所需的工作量。古埃及的民工唯一可用的动力源就是人的肌肉。把需要做的工作量除以埃及民工平均的能量输出, Wier 就确定了完成提升工作所需的民工人数(见图 1)。

最大的一个不确定因素是时间。建造胡夫金字塔用了多少时间呢?胡夫在位的时间为 23 年。他的金字塔的建造工程大概不会在他登基以前就开始,但有可能在他去世前不久完工,也有可能在他去世前很多年完工。Wier 假定,建造胡夫金字塔所用的时间为 23 年——正好跟他在位的时间一样长。如果金字塔的施工是一年到头不间断地进行,那么这就相当于 8 400 天,实际的建造时间可能只有上述假定值的一半;由于存在这种根本的不确定因素,我们只能对民工数目作一个大略的估计。

胡夫金字塔在刚建成时有 146.7 米高,其正方形底座的边长为 230.4 米。高为 h ,底边长为 S 的一座金字塔的体积为 $S^2 \times h/3$ 。对于胡夫大金字塔,根据这一公式可以算出它的体积为 260 万立方米。建造金字塔的材料是石灰石,其密度(d)为每立方米 2 700 公斤,因此该金字塔的质量达 70 亿公斤。金字塔的势能为 $h^2 \times d \times S^2 \times g/12$,其中 g 代表重力加速度(每秒每秒 9.81 米)。对于大金字塔,其势能为 2.52 万亿焦耳(焦耳是标准能量单位)。

民工每天所做的有用功平均为 24 万焦耳。假定效率为百分之

百,那么在8 400天内把所有石块安放到位将需要1 250名民工。这一估计量显然偏低。考虑到人力效率的低下,Wier把这一估计值乘以一个1.5的因数。他同时也考虑了把石块从胡夫石场的底部提升到金字塔工地所需的工作量(这一高度已知为19米)。

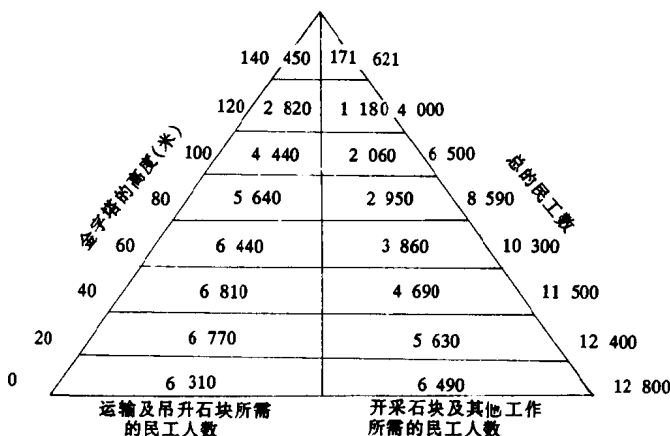


图1 修建金字塔所需的劳动力

当然,金字塔并不只是一堆没有任何结构的石头。金字塔内有通道和墓室,其中有些本身就是了不起的工程杰作。但是金字塔工程主要是把石块堆叠起来,因此我们可以忽略结构细节。金字塔是从底到顶一层层建造起来的。肯定只有在下面一层石块已经安放好后,才能继续增加石块构成新的一层。没有人知道石块是如何提升上去的,有些专家认为,埃及人是沿着沙堆成的巨大坡道把石块运上去的。其他专家则说民工们使用了巧妙的杠杆装置。

为了把石块从采石场运到建筑工地,民工们把石块放在木橇上拖运(古埃及的雕刻显示了民工拖石头的情景)。胡夫采石场距金字塔的底部有几百米远。为了计算出拖运石头所需的民工数,Wier估计出装了石块的木橇与地面的摩擦力,然后确定了克服摩擦力所需做的功。其他一些工作也需要有人去做:开采石块,把石块修整成形