

好玩的

数学

修订版

国家科学技术进步奖二等奖获奖丛书

总署“向全国青少年推荐的百种优秀图书”

科学时报杯“科学普及与科学文化最佳丛书奖”

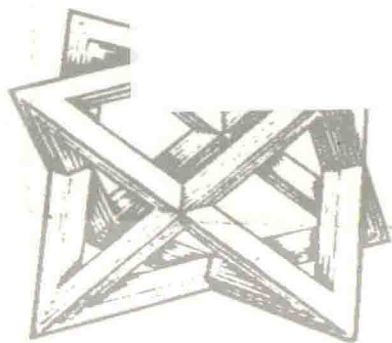
张景中 主编

数学美拾趣

易南轩 著

数学中有美，美中有数学。

本书将带您到一个“好玩”的数学世界中去漫游：那里有美丽的黄金分割，奇妙的分形世界，迷人的平面镶嵌，离奇的等宽曲线，神秘的无穷多，出人意料的悖论。还可看到数学与文学、数学与艺术的汇合与交融，欣赏卓越而完美的公式……



科学出版社

好玩的

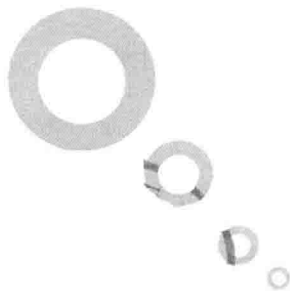
数学

(修订版)

国家科学技术进步奖二等奖获奖丛书
总署“向全国青少年推荐的百种优秀图书”
科学时报杯“科学普及与科学文化最佳丛书奖”

张景中 主编

数学美拾趣



易南轩 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书不是系统论述数学美,而是将数学中美的精彩内容的片段摘出,从艺术和思维的角度加以欣赏;或是阐述某一个事物与数学的联系,从中体现出一种数学美。赏析之下,会觉得情趣盎然,在美的熏陶下,得到感情的共鸣和思维的启迪。

读者不仅可以从书中学到许多课本上学不到的知识,更重要的是可以学到一些灵活多变的思维方法,培养科学探索的精神。因此,本书是具有中等文化程度的读者,特别是青少年的一本非常有益的读物。

图书在版编目(CIP)数据

数学美拾趣/易南轩著. —修订本. —北京:科学出版社,
2015.3

(好玩的数学/张景中主编)

ISBN 978-7-03-043577-4

I. ①数… II. ①易… III. ①数学—美学—普及读物
IV. ①01-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 044256 号

责任编辑:霍羽升 孔国平 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:张 倩 / 整体设计:黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年4月第 六 版 开本:720×1000 1/16

2015年4月第一次印刷 印张:13 3/4

字数:218 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛书修订版前言

“好玩的数学”丛书自2004年10月出版以来，受到广大读者欢迎和社会各界的广泛好评，各分册先后重印10余次，平均发行量近45 000套，被认为是一套叫好又叫座的科普图书。丛书致力于多个角度展示了数学的“好玩”，将现代数学和经典数学中许多看似古怪、实则富有深刻哲理的内容最大限度地通俗化，努力使读者“知其然”并“知其所以然”；尽可能地把数学的好玩提升到了更为高雅的层次，让一般读者也能领略数学的博大精深。

丛书于2004年获科学时报杯“科学普及与科学文化最佳丛书奖”，2006年又被国家新闻出版总署列为“向全国青少年推荐的百种优秀图书”之一，2009年荣获“国家科学技术进步奖二等奖”。但对于作者和编者来说，最高的奖励莫过于广大读者的喜爱关心。十年来，收到不少热心读者提出的意见和修改建议，数学研究领域和科普领域也都有了新的发展，大家感到有必要对书中的内容进行更新和补充。要感谢各位在耄耋之年仍俯首案牍、献身科普事业的作者，他们热心负责地对自己的作品进一步加工，在“好玩的数学（普及版）”的基础上进行了修订和完善。出版社借此机会将丛书改为B5开本，以方便读者阅读。

感谢多年来关心本套丛书的广大读者和各界人士，欢迎大家提出批评建议，共同促进科普事业繁荣发展。

编者

2015年3月

第一版总序

2002年8月在北京举行国际数学家大会（ICM2002）期间，91岁高龄的数学大师陈省身先生为少年儿童题词，写下了“数学好玩”4个大字。

数学真的好玩吗？不同的人可能有不同的看法。

有人会说，陈省身先生认为数学好玩，因为他是数学大师，他懂数学的奥妙。对于我们凡夫俗子来说，数学枯燥，数学难懂，数学一点也不好玩。

其实，陈省身从十几岁就觉得数学好玩。正因为觉得数学好玩，才兴致勃勃地玩个不停，才玩成了数学大师。并不是成了大师才说好玩。

所以，小孩子也可能觉得数学好玩。

当然，中学生或小学生能够体会到的数学好玩，和数学家所感受到的数学好玩，是有所不同的。好比象棋，刚入门的棋手觉得有趣，国手大师也觉得有趣，但对于具体一步棋的奥妙和其中的趣味，理解的程度却大不相同。

世界上好玩的事物，很多要有了感受体验才能食髓知味。有酒仙之称的诗人李白写道：“但得此中味，勿为醒者传。”不喝酒的人是很难理解酒中乐趣的。

但数学与酒不同。数学无所不在。每个人或多或少地要用到数学，要接触数学，或多或少地能理解一些数学。

早在2000多年前，人们就认识到数的重要。中国古代哲学家老子在《道德经》中说：“道生一，一生二，二生三，三生万物。”古希腊毕达哥拉斯学派的思想家菲洛劳斯说得更加确定有力：“庞大、万能和完美无缺是数字的力量所在，

它是人类生活的开始和主宰者，是一切事物的参与者。没有数字，一切都是混乱和黑暗的。”

既然数是一切事物的参与者，数学当然就无所不在了。

在很多有趣的活动中，数学是幕后的策划者，是游戏规则的制定者。

玩七巧板，玩九连环，玩华容道，不少人玩起来乐而不倦。玩的人不一定知道，所玩的其实是数学。这套丛书里，吴鹤龄先生编著的《七巧板、九连环和华容道——中国古典智力游戏三绝》一书，讲了这些智力游戏中蕴含的数学问题和数学道理，说古论今，引人入胜。丛书编者应读者要求，还收入了吴先生的另一本备受大家欢迎的《幻方及其他——娱乐数学经典名题》，该书题材广泛、内容有趣，能使人在游戏中启迪思想、开阔视野，锻炼思维能力。丛书的其他各册，内容也时有涉及数学游戏。游戏就是玩。把数学游戏作为丛书的重要部分，是“好玩的数学”题中应有之义。

数学的好玩之处，并不限于数学游戏。数学中有些极具实用意义的内容，包含了深刻的奥妙，发人深思，使人惊讶。比如，以数学家欧拉命名的一个公式

$$e^{2\pi i}=1$$

这里指数中用到的 π ，就是大家熟悉的圆周率，即圆的周长和直径的比值，它是数学中最重要的一個常数。数学中第 2 个重要的常数，就是上面等式中左端出现的 e ，它也是一个无理数，是自然对数的底，近似值为 2.718281828459…。指数中用到的另一个数 i ，就是虚数单位，它的平方等于 -1 。谁能想到，这 3 个出身大不相同的数，能被这样一个简洁的等式联系在一起呢？丛书中，陈仁政老师编著的《说不尽的 π 》和《不可思议的 e 》（此二书尚无学生版——编者注），分别详尽地说明了这两个奇妙的数的来历、有关的轶事趣谈和

人类认识它们的漫长的过程。其材料的丰富详尽，论述的清楚确切，在我所知的外中有关书籍中，无出其右者。

如果你对上面等式中的虚数 i 的来历有兴趣，不妨翻一翻王树和教授为本丛书所写的《数学演义》的“第十五回 三次方程闹剧获得公式解 神医卡丹内疚难舍诡辩量”。这本章回体的数学史读物，可谓通而不俗、深入浅出。王树和教授把数学史上的大事趣事憾事，像说评书一样，向我们娓娓道来，使我们时而惊讶、时而叹息、时而感奋，引来无穷怀念遐想。数学好玩，人类探索数学的曲折故事何尝不好玩呢？光看看这本书的对联形式的四十回的标题，就够过把瘾了。王教授还为丛书写了一本《数学聊斋》（此次学生版出版时，王教授对原《数学聊斋》一书进行了仔细修订后，将其拆分为《数学聊斋》与《数学志异》二书——编者注），把现代数学和经典数学中许多看似古怪而实则富有思想哲理的内容，像《聊斋》讲鬼说狐一样最大限度地大众化，努力使读者不但“知其然”而且“知其所以然”。在这里，数学的好玩，已经到了相当高雅的层次了。

谈祥柏先生是几代数学爱好者都熟悉的老科普作家，大量的数学科普作品早已脍炙人口。他为丛书所写的《乐在其中的数学》，很可能是他的封笔之作。此书吸取了美国著名数学科普大师伽德纳 25 年中作品的精华，结合中国国情精心改编，内容新颖、风格多变、雅俗共赏。相信读者看了必能乐在其中。

易南轩老师所写的《数学美拾趣》一书，自 2002 年初版以来，获得读者广泛好评。该书以流畅的文笔，围绕一些有趣的数学内容进行了纵横知识面的联系与扩展，足以开阔眼界、拓广思维。读者群中有理科和文科的师生，不但有数学爱好者，也有文学艺术的爱好者。该书出版不久即脱销，有一些读者索书而未能如愿。这次作者在原书基础上进行了较

大的修订和补充，列入丛书，希望能满足这些读者的心愿。

世界上有些事物的变化，有确定的因果关系。但也有着大量的随机现象。一局象棋的胜负得失，一步一步地分析起来，因果关系是清楚的。一盘麻将的输赢，却包含了很多难以预料的偶然因素，即随机性。有趣的是，数学不但长于表达处理确定的因果关系，而且也能表达处理被偶然因素支配的随机现象，从偶然中发现规律。孙荣恒先生的《趣味随机问题》一书，向我们展示出概率论、数理统计、随机过程这些数学分支中许多好玩的、有用的和新颖的问题。其中既有经典趣题，如赌徒输光定理，也有近年来发展的新的方法。

中国古代数学，体现出算法化的优秀数学思想，曾一度辉煌。回顾一下中国古算中的名题趣事，有助于了解历史文化，振奋民族精神，学习逻辑分析方法，发展空间想像能力。郁祖权先生为丛书所著的《中国古算解趣》，诗、词、书、画、数五术俱有，以通俗艺术的形式介绍韩信点兵、苏武牧羊、李白沽酒等 40 余个中国古算名题；以题说法，讲解我国古代很有影响的一些数学方法；以法传知，叙述这些算法的历史背景和实际应用，并对相关的中算典籍、著名数学家的生平及其贡献做了简要介绍，的确是青少年的好读物。

读一读《好玩的数学》，玩一玩数学，是消闲娱乐，又是学习思考。有些看来已经解决的小问题，再多想想，往往有“柳暗花明又一村”的感觉。

举两个例子：

《中国古算解趣》第 37 节，讲了一个“三翁垂钓”的题目。与此题类似，有个“五猴分桃”的趣题在世界上广泛流传。著名物理学家、诺贝尔奖获得者李政道教授访问中国科学技术大学时，曾用此题考问中国科学技术大学少年班的学生，无人能答。这个问题，据说是由大物理学家狄拉克提出的，许多人尝试着做过，包括狄拉克本人在内都没有找到很简便的解

法。李政道教授说，著名数理逻辑学家和哲学家怀德海曾用高阶差分方程理论中通解和特解的关系，给出一个巧妙的解法。其实，仔细想想，有一个十分简单有趣的解法，小学生都不难理解。

原题是这样的：5只猴子一起摘了1堆桃子，因为太累了，它们商量决定，先睡一觉再分。

过了不知多久，来了1只猴子，它见别的猴子没来，便将这1堆桃子平均分成5份，结果多了1个，就将多的这个吃了，拿走其中的1堆。又过了不知多久，第2只猴子来了，它不知道有1个同伴已经来过，还以为自己是第1个到的呢，于是将地上的桃子堆起来，平均分成5份，发现也多了1个，同样吃了这1个，拿走其中的1堆。第3只、第4只、第5只猴子都是这样……问这5只猴子至少摘了多少个桃子？第5个猴子走后还剩多少个桃子？

思路和解法：题目难在每次分都多1个桃子，实际上可以理解为少4个，先借给它们4个再分。

好玩的是，桃子尽管多了4个，每个猴子得到的桃子并不会增多，当然也不会减少。这样，每次都刚好均分成5堆，就容易算了。

想得快的一下就看出，桃子增加4个以后，能够被5的5次方整除，所以至少是3125个。把借的4个桃子还了，可知5只猴子至少摘了3121个桃子。

容易算出，最后剩下至少 $1024 - 4 = 1020$ 个桃子。

细细地算，就是：

设这1堆桃子至少有 x 个，借给它们4个，成为 $x+4$ 个。

5个猴子分别拿了 a, b, c, d, e 个桃子（其中包括吃掉的一个），则可得

$$a = (x+4) / 5$$

$$\begin{aligned}b &= 4(x+4)/25 \\c &= 16(x+4)/125 \\d &= 64(x+4)/625 \\e &= 256(x+4)/3125\end{aligned}$$

e 应为整数，而 256 不能被 5 整除，所以 $x+4$ 应是 3125 的倍数，所以

$$x+4=3125k \quad (k \text{ 取自然数})$$

当 $k=1$ 时， $x=3121$

答案是，这 5 个猴子至少摘了 3121 个桃子。

这种解法，其实就是动力系统研究中常用的相似变换法，也是数学方法论研究中特别看重的“映射 - 反演”法。小中见大，也是数学好玩之处。

在《说不尽的 π 》的 5.3 节，谈到了祖冲之的密率 $355/113$ 。这个密率的妙处，在于它的分母不大而精确度很高。在所有分母不超过 113 的分数当中，和 π 最接近的就是 $355/113$ 。不但如此，华罗庚在《数论导引》中用丢番图理论证明，在所有分母不超过 336 的分数当中，和 π 最接近的还是 $355/113$ 。后来，在夏道行教授所著《 π 和 e 》一书中，用连分数的方法证明，在所有分母不超过 8000 的分数当中，和 π 最接近的仍然是 $355/113$ ，大大改进了 336 这个界限。有趣的是，只用初中里学的不等式的知识，竟能把 8000 这个界限提高到 16500 以上！

根据 $\pi = 3.1415926535897 \dots$ ，可得 $|355/113 - \pi| < 0.00000026677$ ，如果有个分数 q/p 比 $355/113$ 更接近 π ，一定会有

$$|355/113 - q/p| < 2 \times 0.00000026677$$

也就是

$$|355p - 113q|/113p < 2 \times 0.00000026677$$

因为 q/p 不等于 $355/113$ ，所以 $|355p - 113q|$ 不是 0。但

它是正整数，大于或等于 1，所以

$$1/113p < 2 \times 0.00000026677$$

由此推出

$$p > 1 / (113 \times 2 \times 0.00000026677) > 16586$$

这表明，如果有个分数 q/p 比 $355/113$ 更接近 π ，其分母 p 一定大于 16586。

如此简单初等的推理得到这样好的成绩，可谓鸡刀宰牛。

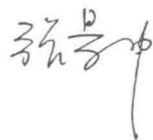
数学问题的解决，常有“出乎意料之外，在乎情理之中”的情形。

在《数学美拾趣》的 22 章，提到了“生锈圆规”作图问题，也就是用半径固定的圆规作图的问题。这个问题出现得很早，历史上著名的画家达·芬奇也研究过这个问题。直到 20 世纪，一些基本的作图，例如已知线段的两端点求作中点的问题（线段可没有给出来），都没有答案。有些人认为用生锈圆规作中点是不可能的。到了 20 世纪 80 年代，在规尺作图问题上从来没有过贡献的中国人，不但解决了中点问题和另一个未解决问题，还意外地证明了从 2 点出发作图时生锈圆规的能力和普通规尺是等价的。那么，从 3 点出发作图时生锈圆规的能力又如何呢？这是尚未解决的问题。

开始提到，数学的好玩有不同的层次和境界。数学大师看到的好玩之处和小学生看到的好玩之处会有所不同。就这套丛书而言，不同的读者也会从其中得到不同的乐趣和益处。可以当做休闲娱乐小品随便翻翻，有助于排遣工作疲劳、俗事烦恼；可以作为教师参考资料，有助于活跃课堂气氛、启迪学生心智；可以作为学生课外读物，有助于开阔眼界、增长知识、锻炼逻辑思维能力。即使对于数学修养比较高的大学生、研究生甚至数学研究工作者，也会开卷有益。数学大师华罗庚提倡“小敌不侮”，上面提到的两个小题目都有名家做过。丛书中这类好玩的小问题比比皆是，说不定有心人还能从中挖出宝矿，

有所斩获呢。

啰嗦不少了，打住吧。谨以此序祝《好玩的数学》丛书成功。

A handwritten signature in black ink, appearing to be '张中' (Zhang Zhong) with a stylized flourish extending downwards.

2004年9月9日

修订版前言

《数学美拾趣》自 2002 年 9 月出第一版，便受到了读者的好评，并很快脱销。2004 年 10 月出第二版，被收入由张景中院士主编的《好玩的数学》丛书，之后影响就更大了，销路也更广了。《数学美拾趣》每年都要重印，至 2008 年 1 月在不到 4 年的时间里，已是 7 次印刷，累计有 3 万余册，可说已成了科普畅销书。

为了更普及《好玩的数学》这套丛书，2008 年 8 月《好玩的数学》丛书出版了“普及版”。至 2014 年 8 月《数学美拾趣》“普及版”又进行了 7 次印刷。除此外，在此期间内，《数学美拾趣》还进行了另外两次印刷：一是 2009 年 3 月被文化部选定为“送书下乡工程”所需书的印刷；另一是 2012 年 9 月为四川省教委定制书的印刷。因此，《数学美拾趣》从第一版、第二版、普及版到特印版共有 5 种版本，至 2014 年 8 月，共进行了 17 次印刷，累计有近 6 万册，这恐怕在国内的科普书中也是少见的。下面是《数学美拾趣》已出 5 种版本的呈列：



《好玩的数学》丛书于 2004 年获“科学时报杯科学普及与科学文化最佳丛书奖”，2006 年被国家新闻出版总署列为向全国青

少年推荐的百种优秀图书之一。2008年，丛书中的《数学美拾趣》与《七巧板、九连环和华容道》被文化部选入“送书下乡工程”书目。《好玩的数学》丛书于2009年荣获国家科学技术进步二等奖。

2010年5月1日新疆《晨报》以《为师忧道不忧贫 粉笔生涯寄此身——“半路出家”的教师获国家科技进步奖》为题对《数学美拾趣》作者获奖事迹作了报导。

如今，《好玩的数学》丛书又要再版，而《数学美拾趣》自第一版至现在已有12年多了，有一些内容也需有所更新和补充，因而这次对全书作了仔细认真的审阅、补充修订。除对全书文字进行了校对、润色外，还对全书一些章、节作了少量的补充，并更换和补充了几幅插图，尤其对第4章《圆周率》内容作了较大的增补，以增加其可读性。

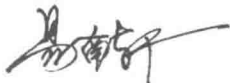
《数学美拾趣》将带您到一个“好玩”的数学世界中去漫游：那里有美丽的黄金分割、奇妙的分形世界、迷人的平面镶嵌、离奇的等宽曲线、神秘的无穷多、出人意料的悖论和卓越完美的公式。还可看到数学与文学、数学与艺术和数学与人文的汇合与交融……。让您对数学中那些美的精采内容，从艺术与思维的角度加以欣赏，会觉得情趣盎然，得到感情的共鸣和思维的启迪。让您不但可以学到许多课本上学不到的知识，而且还可以学到一些灵活多变的思维方法和科学的探索精神！

退休后我已出版了五部作品，《数学美拾趣》是我退休后的第一部作品，对其有着深厚的感情。尤其是看到一些著作、文章将其引作“参考书目”时，更是倍感欣慰。下面录“诗”一首，作为本文的结束：

喜获“国家科学技术进步二等奖”有感

2010年3月得知拙作《数学美拾趣》作为《好玩的数学》丛书之一，荣获2009年度“国家科学技术进步二等奖”。喜讯传来，兴奋之余，欣然命笔：

退休十载，已是古稀年，
笔未停，脑未闲，
三千六百五十日，
纵马、奋蹄、扬鞭。
毅力忘辛苦，
收获酬华年。
挥汗赢得丰收果，
五部著作呈案前。
尤有《数学美拾趣》，
与我心意紧相连。
十年畅销不息，
数万读者结缘。
众多青睞语，
谈笑相互传。
美的音符化成蝶，
春风拂面喜眉尖。
传喜讯，惊意外，
仔细想，犹在意中间！



2014年12月13日于乌鲁木齐

赞 美 诗^{*}

我赞美那与我日夜相守的
数字、字母、符号、式子和图形，
像浮在空中轻轻飘荡的五彩花瓣
萦绕在我的脑海之中；
像一个个流动的金属音符，
碰撞发出一串串清脆丁冬之声；
像钢琴上的键盘，
弹奏出悦耳的谐音；
像一道划破长空的闪电，
将我灵感的引线接通。

* * * *

那数字、字母、符号、式子和图形，
在莫测的变幻里
组合出一个神奇的世界。
而我从方程、公式、图形的直觉
和逻辑推理中，
获得一种优美而崇高的体验，
痴情、忘我，融汇成了
一种快慰和神圣的感情！

* 本诗是作者的原创，但常看到一些书刊杂志和网上文章引用本诗而不标明作者，甚至还有人将其“据为己有”。再次声明，本诗是作者原创，希引用者注明作者和出处。

目 录

丛书修订版前言

第一版总序

修订版前言

01 导 言	1
02 黄金分割	3
2.1 美妙的黄金分割	3
2.2 建筑丰碑与“黄金比”	3
2.3 人体也有黄金分割点	4
2.4 随处可见的黄金分割比	4
03 数学中的黄金分割美	6
3.1 五角星图形	6
3.2 黄金图形	6
3.3 将黄金数表示为连分数	7
3.4 菲波那契数列	8
04 圆周率记趣	10
4.1 人类追求“ π ”值精确度的旅程	10
4.2 背诵圆周率的记录	11
4.3 记忆圆周率的“诀窍”	12
4.4 用0~9十个数码凑 π 的近似值	13
4.5 用 π 表示整数	13
4.6 圆周率中的数字的奇异排列	14
4.7 两首圆周率谐音长诗	14
05 数学在艺术中的应用	18
5.1 数学与音乐	18
5.2 数学与绘画	19
06 数学与文学	21
6.1 文学与数学的结合	21