

陈希孺 著

# 机会的数学



院士  
科普



清华大学出版社  
北京交通大学出版社

系

陈希孺 著

# 机会的数学



清华大学出版社



暨南大学出版社

**(京)新登字 158 号**

**图书在版编目(CIP)数据**

机会的数学/陈希孺著. —北京:清华大学出版社;广州:暨南大学出版社, 2000.5

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-302-03662-4

I. 机… II. 陈… III. ① 概率论-普及读物 ② 数理统计-普及读物 IV. 021-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 27239 号

**出版者:** 清华大学出版社(北京清华大学学研楼, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

暨南大学出版社(广州天河, 邮编 510630)

<http://www.jnu.edu.cn>

**责任编辑:** 蔡鸿程

**印刷者:** 北京市丰华印刷厂

**发行者:** 新华书店总店北京发行所

**开本:** 850×1168 1/32 **印张:** 6.5 **字数:** 125 千字

**版次:** 2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月第 1 次印刷

**书号:** ISBN 7-302-03662-4/G·127

**印数:** 0001~5000

**定 价:** 15.00 元

## 《院士科普书系》编委会

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (按姓氏笔划排序)

王佛松 王 越 王 夔 方智远 卢永根

母国光 旭日干 刘大响 刘元方 刘鸿亮

关 桥 汤钊猷 许根俊 孙鸿烈 李大东

李廷栋 李依依 杨 乐 吴有生 吴德馨

何凤生 何鸣元 汪旭光 汪品先 陆建勋

陈可冀 陈运泰 陈建生 陈厚群 范维唐

季国标 金怡濂 周干峙 周永茂 周 恒

郑健超 赵忠贤 胡仁宇 钟万勰 钟南山

洪德元 姚福生 秦伯益 顾诵芬 钱七虎

徐冠华 殷瑞钰 黄志镗 龚惠兴 梁栋材

编委会执行委员 郭传杰 葛能全 钱文藻 罗荣兴

编委会办公室主任 罗荣兴(科学时报社)

副主任 何仁甫(中国科学院学部联合办公室)

冯应章(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 责 任 编 辑 蔡鸿程 周继武 宋成斌

---

# 提高全民族的科学素质

## ——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有六千余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起，是人类文明的发源地。

十五世纪之前，以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期，中国的科学技术在世界上一直领先长达十四个世纪以上。在那个时期，影响世界文明进程的重要发明中，相当部分是中华民族的贡献。

后来，中国逐渐落后了。中国为什么落后？近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题，但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了唯一正确的回答：中国落后，是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌，更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打，所以要进行革命，通过革命从根本上改变旧的生产关系和政

---

治上层建筑,为解放和发展生产力开辟道路。于是,就有了八十多年前孙中山先生领导的辛亥革命,就有了五十年前我们党领导的新民主主义革命的胜利,以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革,都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识,深刻总结以往科学技术发展的历史经验,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果,但也有不足,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系,科学技术没有取得应有的社会地位,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现,而未能在中国出现,这可能是原因之一吧。而且,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统,但相对说来,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来,继承以往的优秀文化,弥补历史的不足,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发展中大国里,再用五十年的时间基本实现现代化,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉

---

的目标,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国,全社会都要参与,科学家和教育家更应奋勇当先,在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书,就是一项基本建设,对于提高全民族的科学素质,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际,写了上面这些话,是为序。



一九九九年十二月二十三日

---

## 人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是20世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还将渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的



大事。

对于我们科技工作者来说，我们的工作应当包含两个方面：发展科技与普及科技；或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作，不仅是普及科学知识，更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的十五大更是把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下，1998年春由科学时报社（当时叫“中国科学报社”）提出创意，暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划，会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部，共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998年6月，中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子，《院士科普书系》编委会正式成立，各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出150个“提议书目”，在“两院”院士大会上向1000多名院士发出题为《请科学家为21世纪写科普书》的“约稿信”，得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里，有176名院士同编委会办公室和出版社签订了175本书的写作出版协议，开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题，普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物，于科技知识中融入人文教育，不是一件容易的事。不少院士反映：写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中，科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题，科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言，指出科普是科教兴国的基础工程，勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神，传播科学思想，倡导科学方法，普及科学知识”，充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视，对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程，成熟一批出版一批；另一方面随着科学技术的进步和创新，不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此，《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。

---

这一庞大的工程，不但需要院士们积极投入，还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议，帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量，使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面，我们也要以此为起点为开端，参与国际竞争与合作，勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长  
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000年1月8日

---

## 前 言

我们在生活中不时地要与偶然性打交道。不期而遇的偶然机会，可以帮助人们渡过难关，也可能使人陷入困境，甚至决定一个人一生的命运。至于偶然性因素影响重大事件进程的例子，在历史与现实中屡见不鲜。

偶然性看似不可捉摸，它能否成为科学研究的对象呢？我们说在一定程度上是可以的。其所以说“在一定程度上”，是反映了我们知识的局限性。的确，我们现在不能说已成功地将偶然性的极其多样化的表现都纳入科学研究的范围，而只能说有部分的成功。但这已有了广泛的应用，对增进人类文明和幸福做出了重要的贡献。

我们所提到的这部分成功，所指的是偶然性的数量化。偶然性，或者说机遇，随情况的不同而有大有小，这是人所共知的。但如何把它用确切的数字体现出来，尤其是，这样做会引发出什么概念和理论问题，有什么用处等等，就不是很容易理解的了。

本书的目的就是对此作一个通俗而不失科学性的讨论，主要着重于它在收集和分析数据上的应用。收集和分析数据是用实证方法研究自然和社会的基本方法，也是我们用科学的态度观察和对待世间万事万物的手段，可以说与我们的生活息息相关。

因此，写这本小书的目的，不是单纯从“工具理性”的层

---

面着眼,而是更着重于基本知识的介绍和统计观点的培养。可以认为,对偶然性的认识是现代知识结构中应具备的成分,是—个人的人文素质的一部分。正如英国学者威尔斯所说:“统计的思维方法,就像读和写的能力一样,将来有一天会成为效率公民的必备能力”。

陈希孺

---

# 目 录

<b>1 概率——机会大小的度量</b>	
1.1 古典概率——比率 .....	5
1.2 大数定律 .....	16
1.3 统计概率——频率 .....	27
1.4 主观概率 .....	30
1.5 概率分布 .....	35
1.6 期望与方差 .....	41
<b>2 统计学——收集和分析数据的学问</b>	
2.1 什么是统计学 .....	55
2.2 从部分推整体:归纳与演绎 .....	62
2.3 统计规律与因果关系 .....	67
<b>3 抽样调查</b>	
3.1 简短的历史 .....	80
3.2 抽样的方法 .....	87
3.3 数据的分析 .....	99
<b>4 通过试验收集数据</b>	
4.1 试验需要设计 .....	115

---

4.2	双盲试验 .....	120
4.3	单因素试验 .....	123
4.4	多因素试验 .....	136
<b>5</b>	<b>数据的统计分析——机会限度的认识</b>	
5.1	显著性检验 .....	159
5.2	拟合优度检验 .....	169
5.3	相关与相关系数 .....	176
5.4	回归方程 .....	186
	<b>参考文献 .....</b>	<b>192</b>

# 1

## 概率

### ——机会大小的度量

---

有人说,一个人一生事业的成功,取决于三个因素:主观的努力,客观的条件和机遇。一个青年研究工作者得到名师指点方向,使他的研究工作走上正轨,从此学业日进。这固然有其自己的努力和单位提供的条件等原因,但机遇的作用也不可否认。因为水平高而又热心指导后进的导师虽然不少,你能不能遇上,也是要看机会的。

打井找石油也是在一定程度上依赖于机遇,因为地质科学还没有发达到令我们对地表下的情况洞悉无遗,能使我们做到百发百中的地步。气象预报也一样,虽然现在气象科学的水平大有提高,但离准



买奖券可以中大奖,也可能一无所获,一切全凭机遇,而且是“纯粹”的机遇,与个人的努力无关。

确预报天气还相差很远。报的准不准,相当程度上是一种机遇,而且有的预报现在就是以机遇的形式去表达。例如说,明天的“降水概率”是 0.3,即是说明天有 30% 的机会下雨,到底下不下雨,最终还要取决于一个难于言明的机会。

最能体现机遇作用的事情,是形形色色的博弈活动。后文我们将谈到,对机遇进行数学上的研究起源于博弈活动,此事并非偶然。买奖券可以中大奖,也可能一无所获,一切全凭机遇,而且是“纯粹”的机遇,与个人的努力无关。不像打井找油,前期的地质勘探工作做得如何,有很大的作用,做得好就能提高成功率,缩小机遇的影响。另外,博弈属于大量重复的活动,而机遇如果有什么规律性可言,也必须在大量重复中才能体现出来。

机遇、机会、偶然性、随机性(随机即随机会而定的意思),在本书讨论的范围内,有同一的意义,指的是一种在事前没有确实的把握,只能在事后见分晓的情况。买奖券时对能否中奖是没有把握的,要待开奖后才见分晓。打一口井能否出油,事先有两种可能,要打到一定深度才知道。气象、水文、地震等的预报,是突出提示了一种可能性(如今年长江会有或不会有大的洪水),究竟如何,要到时候才有答案。与偶然性相对的是必然性,即事先能确切地预知其结果的情况。例如把水煮到  $100^{\circ}\text{C}$  就必然会沸腾,这件事你可以确信将发生而不必亲自动手去试一试。科学的目的在于去探讨和发现这种必然的规律性,以指导我们的行动。近几百年以来科学有了很大的进展,使人们认识了很多必然的规律性,用于指导人们的行动,从而大大改善了人类的处境。但科学上