

TP18-49

Y63

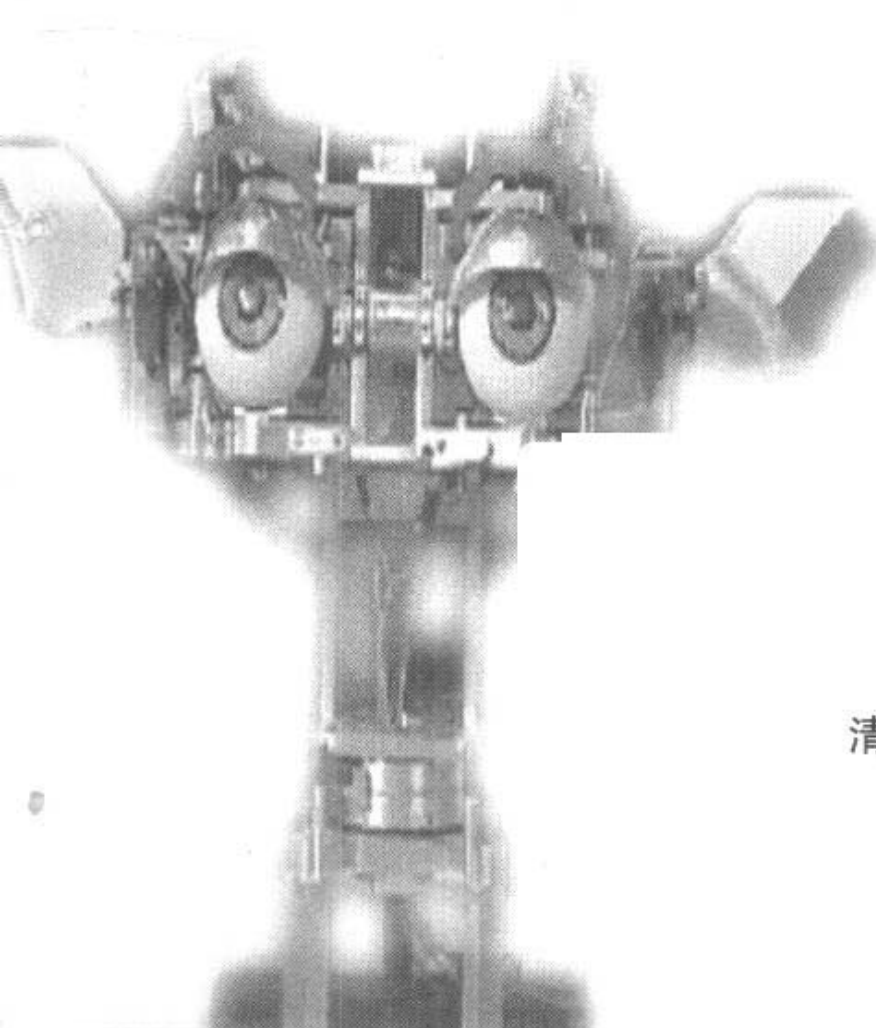


青少年科学教育丛书·教育部重点项目  
信息科学与技术系列·李衍达 主编

林尧瑞 郭木河 编著

# 人类智慧与人工智能

RENLEI ZHIHUI YU RENGONG ZHINENG



清华大学出版社

·北京·

**(京)新登字 158 号**

## **内 容 简 介**

人工智能是研究如何用电脑来模拟人类智慧的一门新学科。本书从若干有趣的智力测验问题入手,深入浅出地介绍了人们如何通过大脑思维活动来求解这些难题,在此基础上进一步介绍了如何用电脑来实现人类的思维过程,以及人工智能的概念、历史和智能技术在工农业生产、军事装备、财政金融、医疗卫生、体育竞技、社会生活等领域的应用概况及其对科学技术发展和社会进步产生的巨大影响。

本书的写作特点是知识性和趣味性并举,语言通俗易懂,内容生动有趣。读者不仅能通过丰富的知识启迪智慧,而且能从人工智能的学科发展历程中获得创新思维的有益启示。

本书既可作为中学生学习智能技术的科普读物,也可作为社会各界人员了解和学习人工智能的科普读物。

**书 名:** 人类智慧与人工智能

**作 者:** 林尧瑞 郭木河 编著

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

**联系电话:** 010-62786544

**http://www.tup.tsinghua.edu.cn**

**印刷者:** 北京丰华印刷厂

**发行者:** 新华书店总店北京发行所

**开 本:** 850×1168 1/32 **印张:** 6.75 **插页:** 1 页 **字数:** 138 千字

**版 次:** 2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

**书 号:** ISBN 7-302-04082-6/TP·2406

**印 数:** 0001~5000

**定 价:** 10.00 元

# 引 言

1997年5月11日下午,在美国纽约,IBM超级计算机“深蓝”正与当今世界上头号国际象棋大师卡斯帕罗夫进行着最后一盘国际象棋决赛。经过3小时的鏖战,“深蓝”取胜,并以2胜1负3平积3.5分的总成绩战胜了卡斯帕罗夫,获得了70万美元的奖金,卡氏也得到了40万美元的奖金。这一结果,使人们又惊愕又兴奋。卡氏意味深长地说:“这仅仅是开始。”是的,说“有思维的机器已经胜过了人”为时尚早。但人们不禁要问,科学家能制造出“具有人一样的智能、甚至超过人类智能的机器来吗?”如果真的实现了,人类的生活会变成什么样子?它又会带来什么新的社会问题?大家都在思考着,争论着。青少年是世界未来的主人,你们有必要关心和了解这一领域的新成就和发展方向。

20世纪90年代,人们常说人类已跨入了信息时代,也就是说以计算机(通常称电脑)技术和现代通信技术为基础而形成的信息技术和产业的飞速发展和广泛应用,使得人们的工作、学习和生活发生了巨大变化。过去只有大城市里才能享用电视、电话和家用电器等现代化设备,如今在边远村落和深山老林地区实现村村通广播电视、家家有电话和家用电器已不再是天方夜谭了。人们确确实实地

感到地球正在“变小”，生活的“时空”在“缩小”，甚至于现代战争与“革命”就在“电视里进行”。信息时代的社会变革真是一日千里啊！“坐地日行八万里，巡天遥看一千河”已不再是浪漫的诗章而是活生生的现实。

当人们在总结人类社会的进步时，常说 18 世纪蒸汽机的出现使人从繁重的体力劳动中解放出来，机器的作用就相当于人手的延伸。而 20 世纪计算机的出现，则使人从部分繁重的脑力劳动中解脱出来，可以说它是人脑的延伸。近年来，计算机技术的飞速发展和广泛应用，使得“智能”这个词变得很时髦，也很吸引人。大家常常从新闻和广告中听到或看到“智能卡”、“智能软件”、“智能仪表”、“智能大楼”、“智能机器人”、“智能电饼铛”和“邮政信息智能管理系统”等等冠以“智能化”头衔的各种家用电器和工业产品。其实这些“智能化”产品小的只不过安装了一个或几个电脑芯片，大的则是电脑形成网络，从而实现信息处理或自动控制功能，代替了以往要人参与的体脑劳动，好像这类产品像人一样有某种智能行为，变得“聪明”起来，因而备受用户欢迎。

跨入 21 世纪，科学技术无疑将会有更迅猛的发展，人们也渴望智能技术有更广泛的应用，产品的智能化水平更高，进而推动整个社会的进步。可以预见，随着计算机技术的快速发展，智能化产品将成为人们生活中有机的组成部分。在新世纪里，越来越多具有人的“智慧”一样的机器的推出，将大大地改变人类的生活观念。例如，当你工作劳累一天回到家时，在沙发上坐下只需拍拍手便有“机器保姆”为你送上热腾腾的咖啡，为你递上毛巾，为你弹奏钢琴，甚至于利用脑电波信息与“电脑”沟通，指挥机器人干你所想

要做的某些事。还有当你在高速公路上驾车感到困倦时,汽车会自动驾驶并超车或躲避障碍等等。这些在不远的将来都会实现。既然“智能”有如此神奇的作用,人们也很自然想从科学的角度了解“智能”一词的含义,以及现代化的智能化产品其“智能”确切的含义。它和人类的智慧有什么差异吗?

要想知道这些问题的科学解释,就要学习一门新兴的学科——人工智能。人工智能这个术语目前有多种解释,较为通俗的表述是:人工智能是研究通过电脑程序来模拟人类智能行为的一门学问。或者说人工智能是研究使电脑能做通常需要智能才能完成的那些任务,使电脑能像人那样做事机灵。还有人认为,人工智能就是研究使电脑具有智能的各种理念的学问,等等。当然,要赋予电脑能有像人类那样的智能,首先应对人类智能(智慧)是如何表现的有一些具体的了解和描述,这样才好去模拟智能行为,以便实现人工智能。通过分析人如何运用自身的智能去求解智力测验难题,去探索智力游戏的奥秘也很重要。这不仅有助于增长自己的知识,促进开发自身的智能,而且为实现人工智能提供了有用的方法。还有在对人工智能基本原理有一定认识之后,自然会对其研究发展起来的智能技术概貌也会有所了解,进而对智能技术的应用的现状和前景、对社会进步的推动作用都会有较全面的理解。

本书的第一部分是通过介绍人们怎样思考和求解几个典型的智力测验难题和游戏来说明什么是人类的智能,说明人的聪明才智是可以通过实践得到提高和开发的。第二部分介绍了什么是人工智能,人工智能的基本原理和方法,怎样用人工智能方法去求解智力测验和智力游戏难

题,使电脑程序能起到智能助手的作用。还有就是介绍一点人工智能学科中的主要智能技术。本书最后介绍几个智能技术应用的实例,展望智能技术对未来社会进步的影响。希望通过本书的介绍能使广大青少年读者对人类智能、人工智能、智能技术有一个粗浅的了解,为今后学习高科技知识积累一些有用的基础知识。

作者

2000年4月

# 第 1 章 智力测验问题的 无穷魅力

人们在日常读书、看报和娱乐活动中,甚至在求职面试时,常有机会碰到一些来自传说故事的智力问题,如 1999 年夏天,微软北京研究院在对研究生的求职面试时,就有一道传教士与野人渡河的问题。还有当你有机会去参与智力游戏比赛,也常常会碰到这类有趣且很吸引人的问题。有时看起来很简单,但真的尝试去求解时往往感到并非易事,甚至于束手无策,无从下手。其实这类问题并非难不可破,它们有着自身的规律和特点。我们只要通过努力学习和实践,积累经验,不断提高自身的智力水平,再遇到这类问题就会心中有数,敢于知难而进解决问题。有意识地接触与试解有关的智力测验和智力游戏问题对今后个人的学习、工作与发展都会有很多的帮助。而我们讨论它当然是因为它和人工智能有关。

本章介绍几个不同类型的智力测验问题和游戏,提供给读者思考:它们的性质、难度和实际意义。

## 1.1 神奇的数字魔方与魔圆

也许你已知道,西方国家有些报刊的周末版上,经常刊登有一种叫做“猜填交叉方格字母”(cross words)的游

戏,就是在由小方格组成的奇特图案的交叉方格中猜填一些英文字母,使其和已有的字母组合起来,从左到右和从上到下来看,都是有意义的单词。例如图 1.1 是一个最简单的交叉字谜,在两个交叉空格中填两个字母,使之能拼出三个英文单词来。实际上这种交叉字谜游戏已有很长的历史,根据记载,在 1913 年 12 月 21 日,“纽约周日世界”报上第一次刊出这种字谜,从那时起西方报刊不断发展了这种字谜游戏,并成为一种消遣和娱乐活动,甚至看成为一种开发语言方面智力的工具。

其实在人们发明交叉字谜之前,一种类似的填数字游戏就已诞生,这就是所谓的数字魔方(magic squares)和数字魔圆(magic circle of circles)。魔方和魔圆问题是古代数学家、哲学家、神学家、占星家等很感兴趣的探索问题,它们既是一种趣味数学,也被认为是一种开发数学智力水平的好工具。

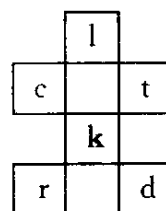


图 1.1 交叉字谜

1750 年数学家本杰明·弗兰克林(Benjamin Franklin)编造了一个数字魔方,在  $8 \times 8$  的棋盘方格上,填入  $1 \sim 64$  的数字,组成的数字方阵如图 1.2 所示。这个数字魔阵有很有趣的性质:如每行或每列 8 个数字的总和均为 260;任一半行或半列的 4 个数字之和为 130;任一拐弯对角上 8 个数字之和也是 260(如 16、63、57、10、23、40、34、17 和 50、8、7、54、43、26、25、47 两条拐弯对角线);4 个角的 4 个数字(52、45、16、17)与中心的 4 个数字(54、43、10、23)之和也是 130;任意一个  $2 \times 2$  的子方阵中 4 个数字之和是 130(52、61、14、3 或 23、26、41、40)等等。要组成满

足如此之多要求的数字方阵是相当难解的一个问题,这个数字魔方确实称得上是一个神奇的魔阵。

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 52 | 61 | 4  | 13 | 20 | 29 | 36 | 45 |
| 14 | 3  | 62 | 51 | 46 | 35 | 30 | 19 |
| 53 | 60 | 5  | 12 | 21 | 28 | 37 | 44 |
| 11 | 6  | 59 | 54 | 43 | 38 | 27 | 22 |
| 55 | 58 | 7  | 10 | 23 | 26 | 39 | 42 |
| 9  | 8  | 57 | 56 | 41 | 40 | 25 | 24 |
| 50 | 63 | 2  | 15 | 18 | 31 | 34 | 47 |
| 16 | 1  | 64 | 49 | 48 | 33 | 32 | 17 |

图 1.2 B-F 数字魔方

本杰明·弗兰克林还研究了魔圆的构造问题。9个同心圆等分为8个扇区,将12~75共64个数字填入扇格,中心圆中填入12(同起始数字12),一种结果如图1.3所示。仔细地研究便可发现该数字魔圆有一些有趣的性质:任一同心圆周扇格上的8个数字之和加上中心圆数字的总和为360;任一径向上8个数字之和加上中心圆数字的总和也是360;任一径向上半列的4个相邻扇格数字之和加上6(中心圆数字12的一半),其总和为180;由水平直径分割后任一半圆扇区上4个数字之和加上6,其总和仍为180。这些性质真是令人惊讶,而360又正好是圆周的度数。

总之,将1~64共64个数填入 $8 \times 8$ 的方阵,或者将12~75共64个数填入9个被分割的同心圆扇格中,使得方阵或圆阵具有某种奇异的性质,是一个相当难而复杂的数字游戏或智力测验难题。但是,当你懂得较简单的数字魔方问题是如何求解的,那么就比较容易领会复杂难题求解的窍门。

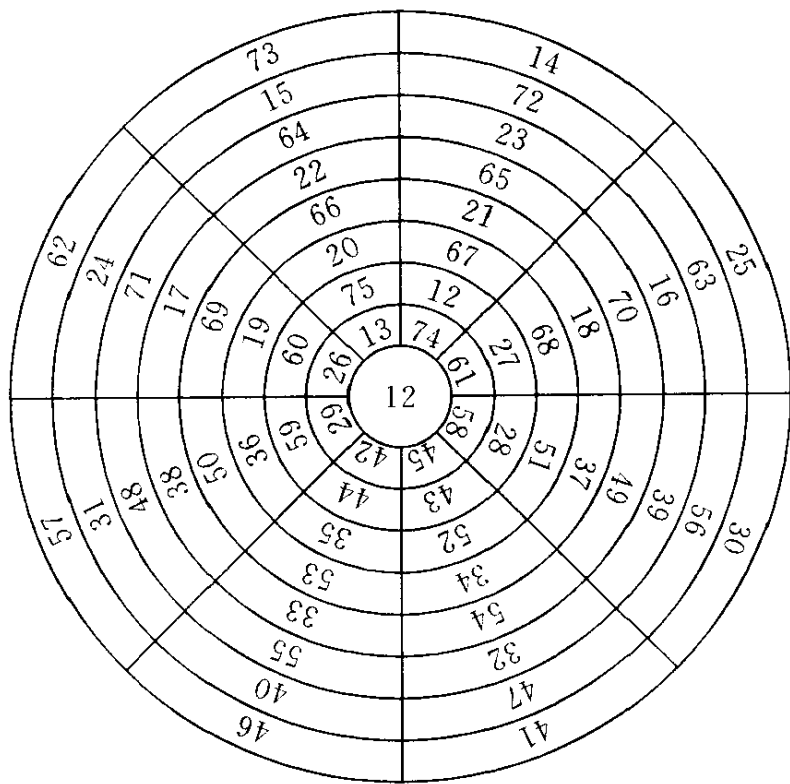


图 1.3 B-F 数字魔圆

下面先介绍一个九宫数字魔方问题。

将 1~9 共 9 个数字(或任意其他 9 个数的序列)填入  $3\times 3$ (称为三阶)的九宫格内,使每行、每列和每个对角线上 3 个数字之和均相等,如图 1.4 所示。

求解九宫魔方问题难度如何? 能不能总结出几种求解方法? 如果掌握了对它的求解方法,对求解高阶魔方问题会有哪些启示? 这些请大家先想想看,在下一章里我们将要具体地进行讨论。

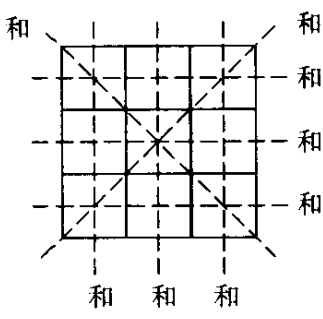


图 1.4 三阶数字魔方

另一个是转魔圆游戏:有 4 个同心圆盘,8 等分后填

入扇区的一组数字如图 1.5 所示。若每个圆盘可单独转动,且可转动的圆盘有 8 个停留位置,试转动圆盘改变各盘的相对位置,使得 8 个径向的 4 个数字之和均相等。大家可以用硬纸板或塑料片做一套直径依次放大的圆盘并填上数字转转看,会很有意思的。

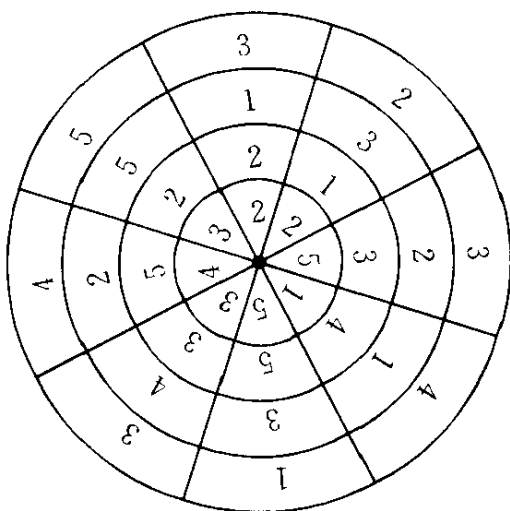


图 1.5 数字魔圆

九宫魔方和转圆盘游戏看起来并不复杂,但却有相当的代表性。如果能从求解它们的过程中总结出规律性,找到有用的求解策略和方法,那么对于其他类似的魔方和魔圆问题的求解就会起着举一反三的作用。

## 1.2 古老的梵塔故事——真的有世界末日吗

相传古印度北部贝拿勒斯圣庙里,在一个铜座上竖立着三根宝石柱。印度的主神梵天在它的一根柱子上套放了 64 个从下到上直径不等的金圆盘,依次直径大的圆盘在下,小的在上,好像一座宝塔,就是所谓的梵塔。主神要求庙里的僧侣们每次搬动一个圆盘,把全部 64 个圆盘搬到

另一个柱子上,即把塔进行迁移。要求每次只许搬动一个,且只能在这三根柱子上来回搬动(即不允许将圆盘搁置他处),还要求必须始终保持小盘在大盘之上。图 1.6 表示的就是梵塔问题。据说,这个目标一旦完成,世界将在一声霹雳巨响中毁灭,你相信吗?

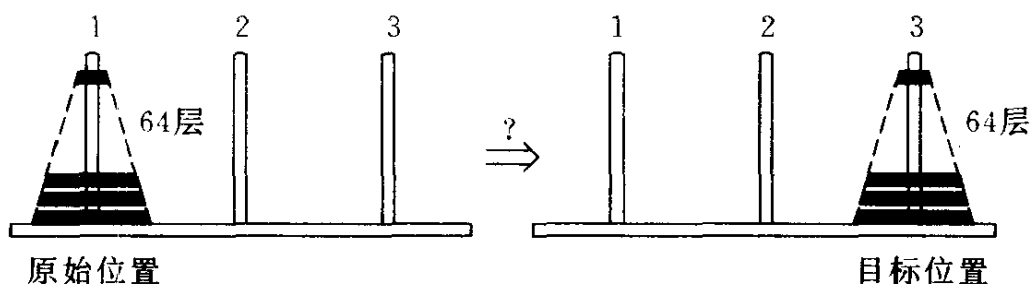


图 1.6 梵塔问题

梵塔问题就是将一摞圆盘在三根柱子上一个一个地来回搬动,在不违反小盘只能套放在大盘之上的条件下,将这一摞圆盘全部从一根柱子迁移到另一根柱子上。看起来似乎不难,僧侣们只要以愚公移山的精神,日以继夜,子孙代代搬下去,总有一天能完成这一使命。而根据这个传说的寓意来看,似乎永远不能实现,有没有道理呢?梵塔问题有 64 个圆盘,搬动时可以分布在三根柱子上,总共会有多少种组合的布局呢?如果一个一个地搬动,其顺序准确无误,那么迁移完这一摞圆盘,最少的搬动次数能估算出来吗?要回答这些问题,同学们不妨先试试三阶梵塔问题(只有 3 个圆盘)的求解,看看会得出什么启示。

### 1.3 传教士与野人怎样渡河

在 1999 年夏季某一天,一位将要毕业的研究生来到

微软北京研究院参加求职面试,主考官们除了例行的询问外,还向应试者提出了一个最简单的 M-C 问题。问题是这样的:

有三个传教士 (Missionaries) 带有三个野人 (Cannibals) 一起来到河边准备过河,河岸有一条小船,每次最多能载两人乘渡,而且传教士和野人都有驾驶小船的本领。传教士为了保证安全,考虑在任何情况下(此岸、彼岸和船上)和任何时刻都不允许野人数目超过传教士的人数。试问传教士应如何事先规划好摆渡方案,将他们全部安全转移到对岸。这就是传教士和野人渡河问题(简记为 M-C 问题),图 1.7 是一个六人 M-C 问题。

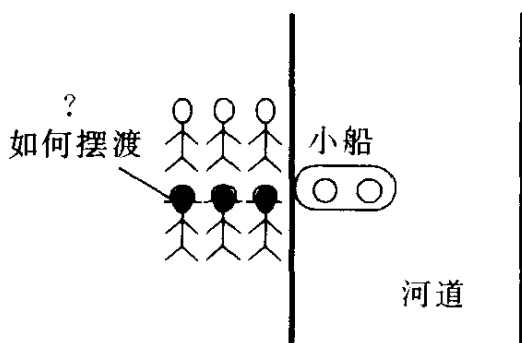


图 1.7 六人 M-C 问题

这个 M-C 问题并不难求解,传教士可以列出小船来回摆渡时船上可能乘载人数的各种组合,然后根据船当前所处的地点(左岸、右岸),在保证安全的前提下,往返摆渡将他们一批一批地转移到彼岸,直到完成任务为止。

但是 M-C 问题会有更复杂的情况,比如传教士和野人增加到各为五人,船上可乘载的人数也增到不多于三人,那么有无安全摆渡方案?甚至更一般的情况,传教士和

野人数各为  $N$ , 车载人数小于或等于  $k$  人时应如何求解。总之, M-C 问题也是很值得探索的。它不仅是一个智力问题, 从中可以演绎出一些人工智能的基本方法。

## 1.4 博弈——智力竞技的园地

自古以来, 人类为了丰富自身的生活情趣发明了各种各样的棋类游戏——博弈, 有单人、双人和多人博弈, 下法上有明棋、暗棋。明棋是一种称为完备信息的博弈, 参与者自始至终都知道每一个对手过去、现在的走步(可记录在案), 也可以推测出对手将要回敬的招术, 即相互摸底, 公平竞争。而暗棋是指带有机遇性的棋类, 有部分信息被隐藏起来, 参与者只能相互猜测, 胜负往往靠运气。因此评定棋艺的高低, 大师头衔的授予, 只有完备信息的双人博弈才容易被人们公认和接受, 更符合公平竞争的原则。另一方面, 博弈虽然是一种娱乐游戏, 但一直被认为是培养智力、锻炼意志和心理素质的有益游戏, 因而有些博弈在国际上被确定为竞赛项目, 出现了许多国际大师、超一流棋手和众多的棋迷, 他们一道推动着棋类运动的发展, 促进棋艺水平的提高。无数棋类的爱好者由于习棋, 智力水平得到提高, 获益匪浅。

在谈论博弈、欣赏博弈或者学习某种博弈时, 应当了解作为一个棋手是如何思考的, 哪种是可行而且实用的策略, 要重视哪方面智能的开发。下面介绍一种简单的双人完备信息的博弈——分钱币游戏, 来看看会有什么启示。

分钱币游戏: 有一堆数目为  $x$  的钱币, 两个选手轮流

将它一分为二,规则是无论轮到哪一个选手分币时,一次只能挑其中一堆把它分成两小堆,而且必须满足分堆后两小堆的钱币数目不能相等。这样分割下去,钱币堆数不断增多,每堆钱币数逐渐变小,直到哪一个选手无法继续分币时,即碰到每堆钱币数均为1或2的情况,他就是输家。

分钱币博弈规则简单,棋局相当于堆列,演变单纯(堆数增多、堆币数变小),但要成为赢家,应采取什么策略?谁能有必胜的把握?当起始钱币数目增多时,对策是什么?显然谁弄清楚这些问题,谁就能占据主动和把握胜机。

当今双人完备信息的博弈种类很多,较典型的有一线棋、中国象棋、西洋跳棋、国际象棋、围棋等。特别是较复杂的象棋和围棋,深奥莫测,要成为国际大师、世界冠军,往往要奉献出毕生的精力。博弈确实是开发人类智能极具挑战性的领域之一。同学们先试试看,当钱币是5、7或是9时,你能有必胜的策略吗?

## 1.5 猜猜“宝石在哪里”

传说古代欧洲北部一个小王国里有这样一个故事:有一死刑犯在上绞刑架之前,按照这个国家的风俗,他还有一次求生的机会。他面前摆着金、银、铜三个盒子,其中一个盒子里放有一颗宝石,每只盒子外表写有一句话(如图1.8所示),但其中只有一句话是真话。如果他能猜出宝石放在哪只盒中,他就能被免去死罪,且当场被释放。

在一线希望中,在求生的渴望下,他经过思考,找到了正确答案。到底囚犯是如何思考的呢?你不妨推测一下。

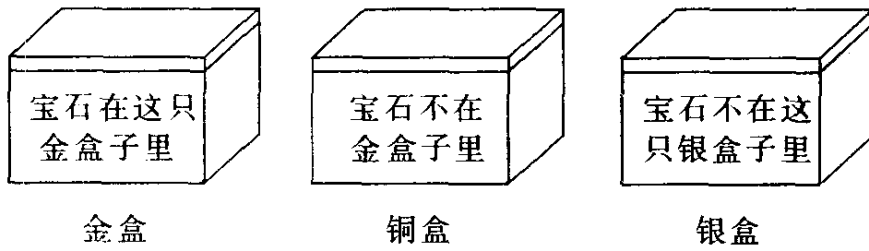


图 1.8 猜宝石问题

### 1.6 货郎担旅行路线问题

一个货郎要挑着担子到几个城市去推销货物,城市之间的距离是已知的。他现在要从某个城市出发,所经过的城市只允许逗留一次,最后又要回到出发的城市。试问货郎应如何事先规划好一条最短里程的路线,使其开销最低。

这个问题又称为旅行商问题(travelling salesman problem, TSP),是一个实际应用的问题,并有一定的普遍性。比如城市环保工程中,要对大面积水域中数百个检测点去采集水质样本的工作;交通运输中最佳运输路径的选取等问题,都和 TSP 问题相类似。因此求解货郎担问题的方法就有推广应用的价值。再一点是求解一般的货郎担问题是比较复杂的,只要试一个 4 城市的例子就可看出端倪。

4 城市货郎担问题的提法:4 个城市 A、B、C、D,两两间的距离如图 1.9 所示,求从城市 A 出发经其他 3 个城市后再返回到 A 的一条最短里程路径。

根据 4 城市交通图,很容易找出从 A 出发经 B、C、D 再返回 A 的所有组合通路,一共有 6 条,具体组合可以用

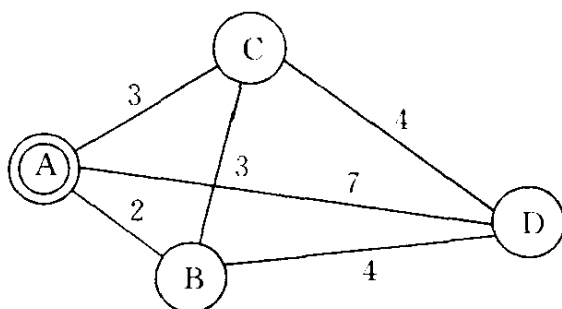


图 1.9 4 城市交通图

图 1.10 所示的图形来表示。根据已知的城市间的距离，可以计算出每条闭合路径的总距离，比较后找到两条最短的路径：A-B-D-C-A 和 A-C-D-B-A，总距离是 13（实际上是同一条路，只是方向相反）。可以看出 4 城市货郎担问题找

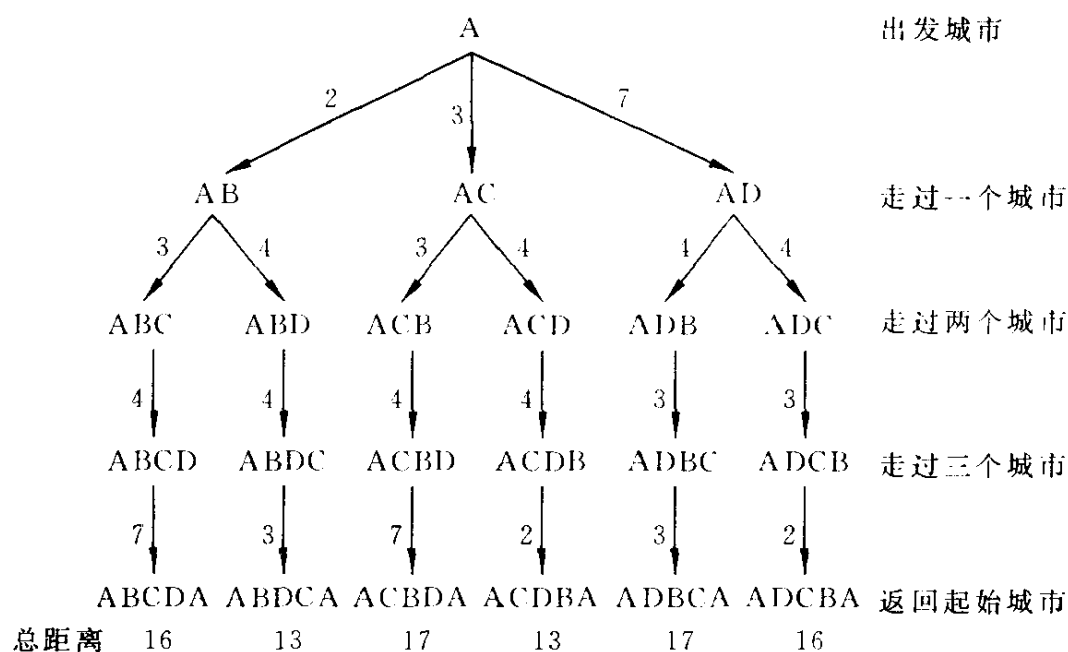


图 1.10 组合的闭合路径

到最短里程的路径并不难。但是当城市数目不断增多，可能的闭合路径的组合总数就会急剧增加，实际上会到达无法处理的地步。设城市数为  $n$ ，那么组合路径数  $N$  的计算