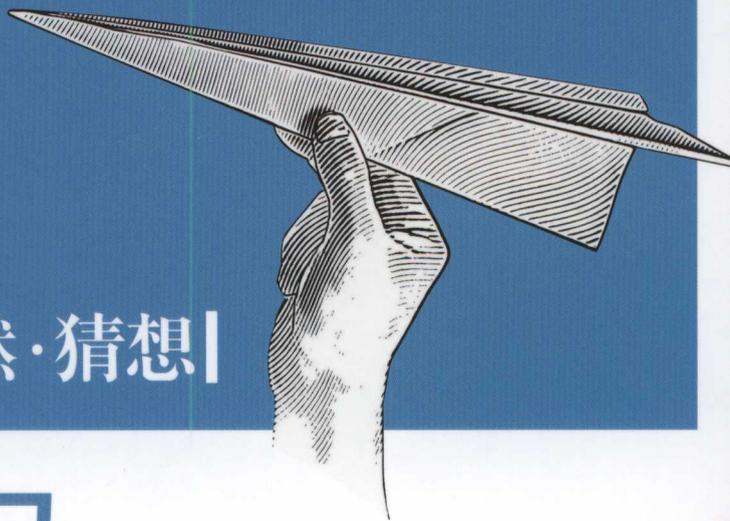


版权注意事项：

- 1、书籍版权归作者和出版社所有
- 2、本PDF仅限用于个人获取知识，进行私底下的知识交流
- 3、PDF获得者不得在互联网上以任何目的进行传播
- 4、如觉得书籍内容很赞，请购买正版实体书，支持作者
- 5、请于下载PDF后24小时内删除本PDF。



| 追求简单·自然·猜想 |

图解 算法

俞征武 著

发现算法
理解算法
主动猜算法

| 从对话讨论中自然地引出
算法的意义

| 看图理解算法基础，
轻松打开算法之门

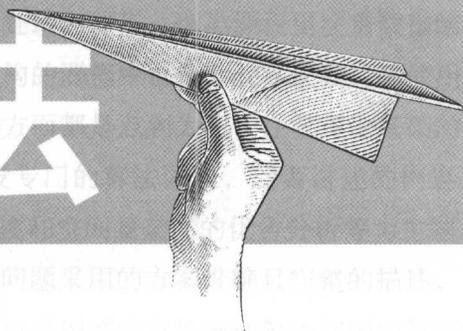
| 培养“猜”的习惯，
主动思考，解决面临的编程问题



机械工业出版社
China Machine Press

图解 算法

俞征武 著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

图解算法 / 俞征武著 . —北京: 机械工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-111-57887-1

I . ①图… II . ①俞… III . ①计算机算法—图解 IV . ① TP301.6-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 216827 号

算法是人们利用电脑解决问题的技巧。本书以轻松的对话方式,采用图解的辅助说明,帮助读者简单、自然地掌握算法的基本概念,并养成主动思考的习惯,达到用算法解决实际问题的目的。

全书共分 12 章,内容包括一切从观察开始、分而治之法、动态规划、贪婪法、修剪与搜索法、树搜索法、问题转换、图算法、计算几何、算法的难题、逼近算法、随机算法等。

本书示例丰富,图文并茂,以易于理解的方式阐释算法,帮助程序员在日常项目开发中更好地发挥算法的能量。

图解算法

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 夏非彼 迟振春

责任校对: 王 叶

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

版 次: 2017 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 180mm × 230mm 1/16

印 张: 17.25

书 号: ISBN 978-7-111-57887-1

定 价: 59.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

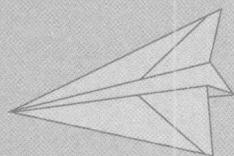
读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

推荐序



接受过计算机软件专业系统学习的人应该都学过“数据结构”“数据结构与算法”一类的课程，这类课程在算法的讲授上或浅或深，多数是以数据结构为核心讲述算法的具体运用和实现的。这类数据结构课程的主要内容是以计算机数据的存储结构为基础，将需要处理的现实世界的信息或者数据之间存在的一种或多种特定关系抽象化为计算机中可以描述的数据元素的集合，再辅以高效的检索算法和索引技术进行处理和加工。这类课程更注重数据结构的部分，虽然理工类大学在这类数据结构的课程中也会涉及算法设计和使用的的时间、空间、效率等内容，但是在算法方面都是点到为止。注重理论基础的一些大学除了数据结构课程外，还会开设专门的算法课程，后者讲述的内容以算法的设计、研究以及算法的时间复杂度和空间复杂度的优劣分析等为主题。

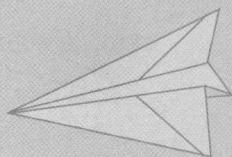
算法的核心是对要解决的问题采用的方案准确且完整的描述，是解决问题的一系列连续、清晰的指令，也是用系统方法描述解决问题的策略机制。对于同一类问题，不同的算法在时间、空间和效率上可能差别很大，它们的优劣可以用科学的时间复杂度与空间复杂度来衡量。

本书虽然不能算得上算法理论研究内容的鸿篇巨著，但是可以作为学习数据结构这类课程的进修教材，或者作为学习算法艰深理论课程的入门读本和参考指南。本书包含算法基本概念的脉络和算法设计的朴素思想，阐述了算法设计和分析的任督二脉，让读者在简单、自然的氛围中打通“烧脑”的算法世界。

资深架构师 赵军

2017年3月

前言



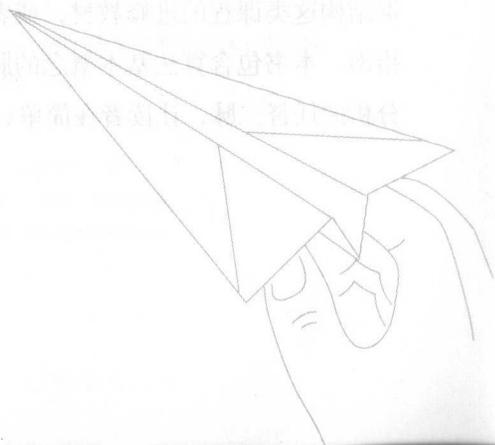
编写这本书的动机是希望帮助读者简单、轻松地掌握算法的基本概念。因此，本书将不尝试收录所有的算法，同时也不把有限的笔墨用来分析算法的复杂度和对算法进行严格证明。

本书在介绍算法之前，常常会刻意地加入一小段对话，目的是希望通过思辨和讨论，自然地引出算法的直观意义。倘若读者从学习中顺便养成思考的习惯，那就更好了。

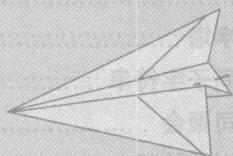
作者知识面有限，再加上表达能力不足，如果导致书中仍有无法被读者理解之处，在此向读者致歉。假如您在阅读的过程中惊讶地发现算法之美，在此表示深深的敬意。

作者

2017年4月



目录



推荐序
前言

1

一切从观察开始

1.1	什么是算法	2
1.2	汉诺塔问题	3
1.3	汉诺塔问题的非递归算法	10
1.4	发现算法的技巧	16
	学习效果评测	18

2

分而治之法

2.1	何谓分而治之法	20
2.2	找出最大值	21
2.3	时间复杂度	23
2.4	二维极点问题	25
2.5	快速排序法	30
2.6	快速排序法的时间复杂度	34
2.7	寻找第 k 小值问题	40
2.8	分而治之法的技巧	47
	学习效果评测	48

3

动态规划

3.1	何谓动态规划	50
-----	--------------	----

3.2	换零钱	50
3.3	数字金字塔	54
3.4	最长相同子字符串	58
3.5	安排公司聚会	64
3.6	动态规划的技巧	70
	学习效果评测	72

4

贪婪法

4.1	何谓贪婪法	75
4.2	最小成本生成树	75
4.3	霍夫曼编码树	83
4.4	贪婪法的陷阱：0-1 背包问题	88
4.5	单位时间工作调度问题	90
4.6	证明贪婪法并介绍Matroid理论	96
4.7	贪婪法的技巧	99
	学习效果评测	100

5

修剪与搜索法

5.1	何谓修剪与搜索法	103
5.2	找坏蛋问题	104
5.3	猜数字问题	105
5.4	约瑟夫问题	106
5.5	简化的线性规划问题	113
5.6	修剪与搜索法的技巧	119
	学习效果评测	119

6

树搜索法

6.1	何谓树搜索法	122
6.2	树状解空间：n 个皇后问题	123
6.3	回溯法：涂色问题	126
6.4	广度优先搜索法：八数字谜题	128

6.5	加速技巧：旅行商问题	131
6.6	树搜索法的技巧	140
	学习效果评测	141

7

问题转换

7.1	何谓问题转换	144
7.2	将相异代表系问题转换成二分图上的匹配问题	145
7.3	将二分图上的匹配问题转换成网络流图问题	147
7.4	将网络流图问题转换成线性规划问题	150
7.5	问题转换的技巧	152
	学习效果评测	154

8

图算法

8.1	什么是图	156
8.2	连通分支	157
8.3	Dijkstra 最短路径算法	160
8.4	Bellman-Ford 最短路径算法	168
8.5	双连通分支	175
8.6	图算法的技巧	193
	学习效果评测	195

9

计算几何

9.1	何谓计算几何	199
9.2	多边形中的点	200
9.3	天空轮廓	203
9.4	凸包	208
9.5	最近点对	215
9.6	计算几何的技巧	219
	学习效果评测	220

10 算法的难题

10.1	什么是 NP-Complete	224
10.2	集合 P 和集合 NP	225
10.3	满足性问题	227
10.4	多项式时间转换	229
10.5	NP 中的难题	230
10.6	NP-Complete 的性质	234
10.7	NP-Complete 的证明技巧	237
	学习效果评测	241

11 逼近算法

11.1	什么是逼近算法	244
11.2	最小顶点覆盖问题	244
11.3	装箱问题	247
11.4	平面上的旅行商问题	249
11.5	逼近算法的技巧	252
	学习效果评测	252

12 随机算法

12.1	什么是随机算法	256
12.2	随机快速排序法	257
12.3	质数测试	258
12.4	最小割算法	259
12.5	随机算法技巧	265
	学习效果评测	265

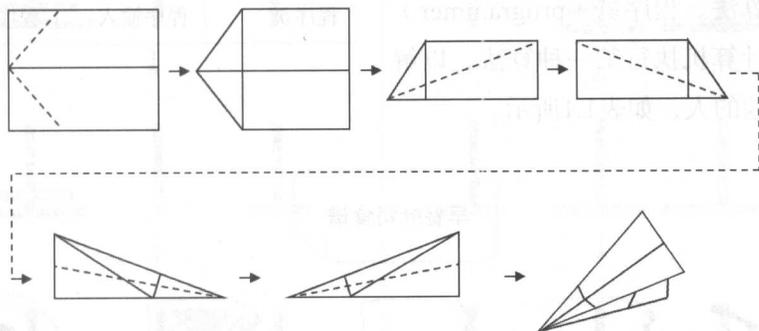
参考文献

第 1 章

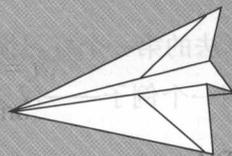
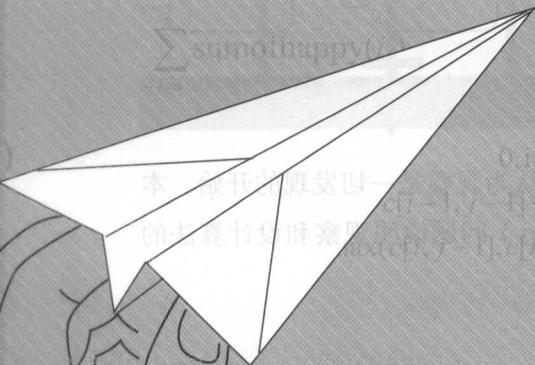
一切从观察开始

章节大纲

- 1.1 什么是算法
- 1.2 汉诺塔问题
- 1.3 汉诺塔问题的非递归算法
- 1.4 发现算法的技巧



折纸飞机的过程隐含一个算法



1.1 什么是算法

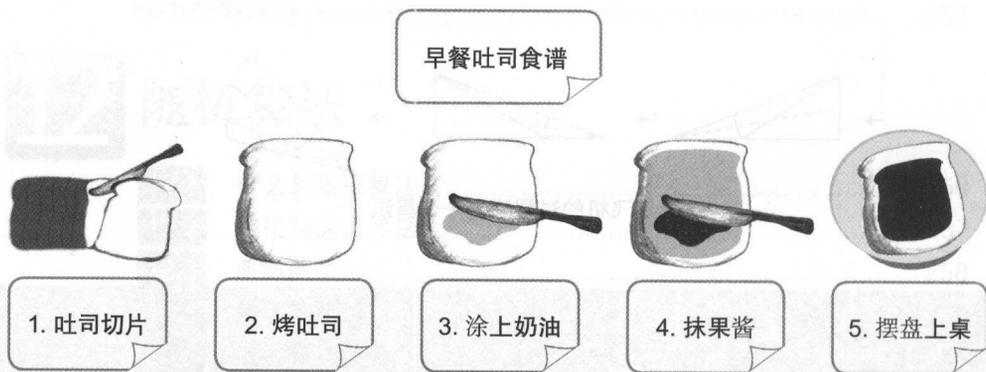
什么是算法 (algorithms) ?

简而言之，算法是在符合问题的限制下，将输入 (input) 转换成输出 (output) 的过程。

计算机算法是人类利用计算机解决问题的技巧之一。其实每个人都会一些算法。例如，厨师会将食材转换成美食；演奏家会将乐谱转换成迷人的音乐；小朋友将废纸折成纸飞机的过程也隐含一种算法。程序员 (programmer) 就是使用计算机执行某一种算法，以解决特定问题的人，如表1.1所示。

表 1.1 算法存在于各行业中

执行者	输入	输出
厨师	食材	美食
演奏家	乐谱	音乐
小朋友	废纸	纸飞机
程序员	程序输入	程序输出



如何设计算法?

设计算法的第一个好习惯就是观察。我们认为观察是一切发现的开始。本书开篇利用一个例子——汉诺塔 (Hanoi Tower) 问题说明观察和设计算法的关系。

1.2 汉诺塔问题

汉诺塔问题是一个古老的游戏。游戏的目的是将左方柱子上的盘子搬到右方的柱子。游戏的规则有三条：

- (1) 一次搬一只盘子。
- (2) 每根柱子只有最上面的盘子可被搬动。
- (3) 大盘子不可置于小盘子的上方。

图1.1所示为三只盘子汉诺塔问题的一个解法。

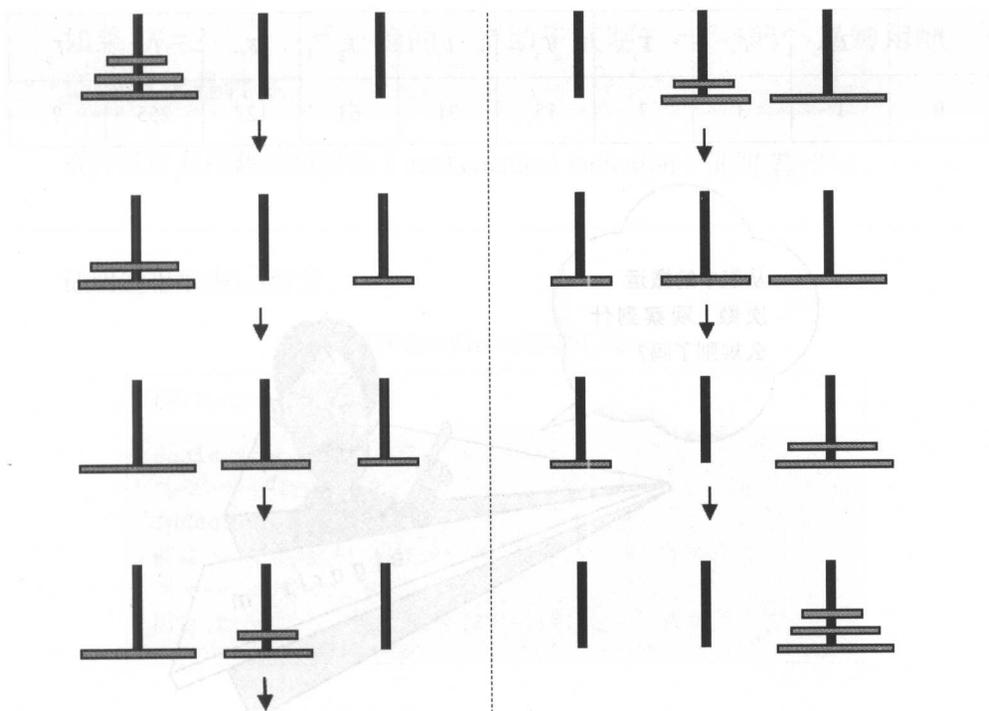


图 1.1 三只盘子汉诺塔问题的一个解法

从上图得知，三只盘子的汉诺塔问题共需要7个步骤完成。很自然地，我们提出第一个问题：

n 只盘子的汉诺塔问题，共需要几个步骤完成？

若这个问题无法立刻回答，则可先观察一些范例。

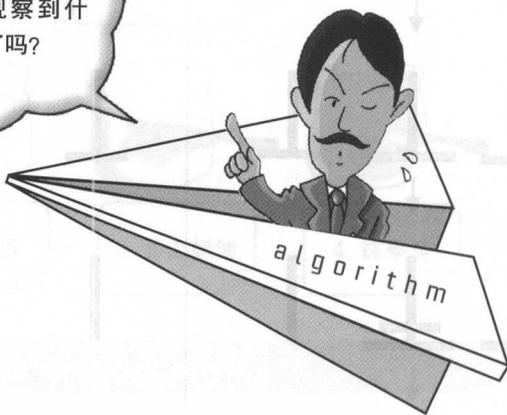
观察一些小例子，并记录其移动的次数。

为记录方便，我们使用数学符号 T_n 代表 n 只盘子汉诺塔问题所需要的搬运次数。尝试算出 n 小于9之前的 T_n ，如表1.2所示。

表 1.2 观察汉诺塔问题的搬运次数

T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
0	1	3	7	15	31	63	127	255	?

从表中的搬运次数，观察到什么规则了吗？



这个数列有什么规则？ $T_9 = ?$

T_n 好像是很靠近 2 的几次方， T_n 是 $2^n - 1$ 吗？

如何证明 T_n 是 2^n-1 ?

不知道。

还有其他规则吗?

比较前后项的关系, 好像后项是前项的两倍? 不, 是两倍加 1。

可以使用符号将此关系写下来吗?

可以, $T_n=2T_{n-1}+1$ 。

为何前后项有这样的关系?

不知道。

如果 $T_n=2T_{n-1}+1$ 是正确的, 有助于证明 $T_n=2^n-1$ 吗? 最常用的证明方法是什么?

也许可以利用数学归纳法 (mathematical induction) 证明 $T_n=2^n-1$ 。

证明过程如表 1.3 所示。

表 1.3 利用数学归纳法证明 $T_n=2^n-1$

证明 $T_n=2^n-1$, 当 $n \geq 0$ 时
<p>Basis step: $T_0=2^0-1=1-1=0$, 成立。</p> <p>Inductive step: 假设 $n < k$, $T_n=2^n-1$ 成立。 当 $n=k$, $T_k=2 \times T_{k-1}+1$。 因为 $T_{k-1}=2^{k-1}-1$, 故 $T_k=2 \times (2^{k-1}-1)+1=2^k-1$, 成立。</p>

另一个简单的证明如表 1.4 所示。

表 1.4 $T_n=2^n-1$ 的另一个证明

证明 $T_n=2^n-1$, 当 $n \geq 0$ 时	
$T_0=0$	
$T_n=2T_{n-1}+1$	
$T_n+1=2T_{n-1}+2$	
令 $U_n=T_n+1$, 则	
$U_0=1, U_n=2U_{n-1}, U_n=2^n$	
$T_n=U_n-1=2^n-1。$	

我们只利用简单的观察便猜中了 $T_n=2^n-1$ 这个性质。虽然不知道为什么 $T_n=2T_{n-1}+1$, 但此性质有助于证明 $T_n=2^n-1$ 。接下来的一个问题是:

给出一个有 n 只盘子的汉诺塔问题, 如何 (找出) 搬动盘子 (的算法) ?

若这个问题无法立刻回答, 则可先尝试找出一个小例子的解答, 并观察这个解答的规则。

以下为有 4 只盘子的汉诺塔问题的一个解答。根据先前发现的性质, 我们得知共需要搬动 $2^4-1=15$ 次, 如图 1.2 所示。

搬动的过程中有什么规则呢?

好像有些成堆的盘子打散之后又成堆了。

可以解释其中的道理吗?

大概是为了搬动最底部且最大的盘子, 必须先将上面的 3 只盘子全部搬到中间的柱子。

哪个步骤可以看出此特性?

步骤 7。

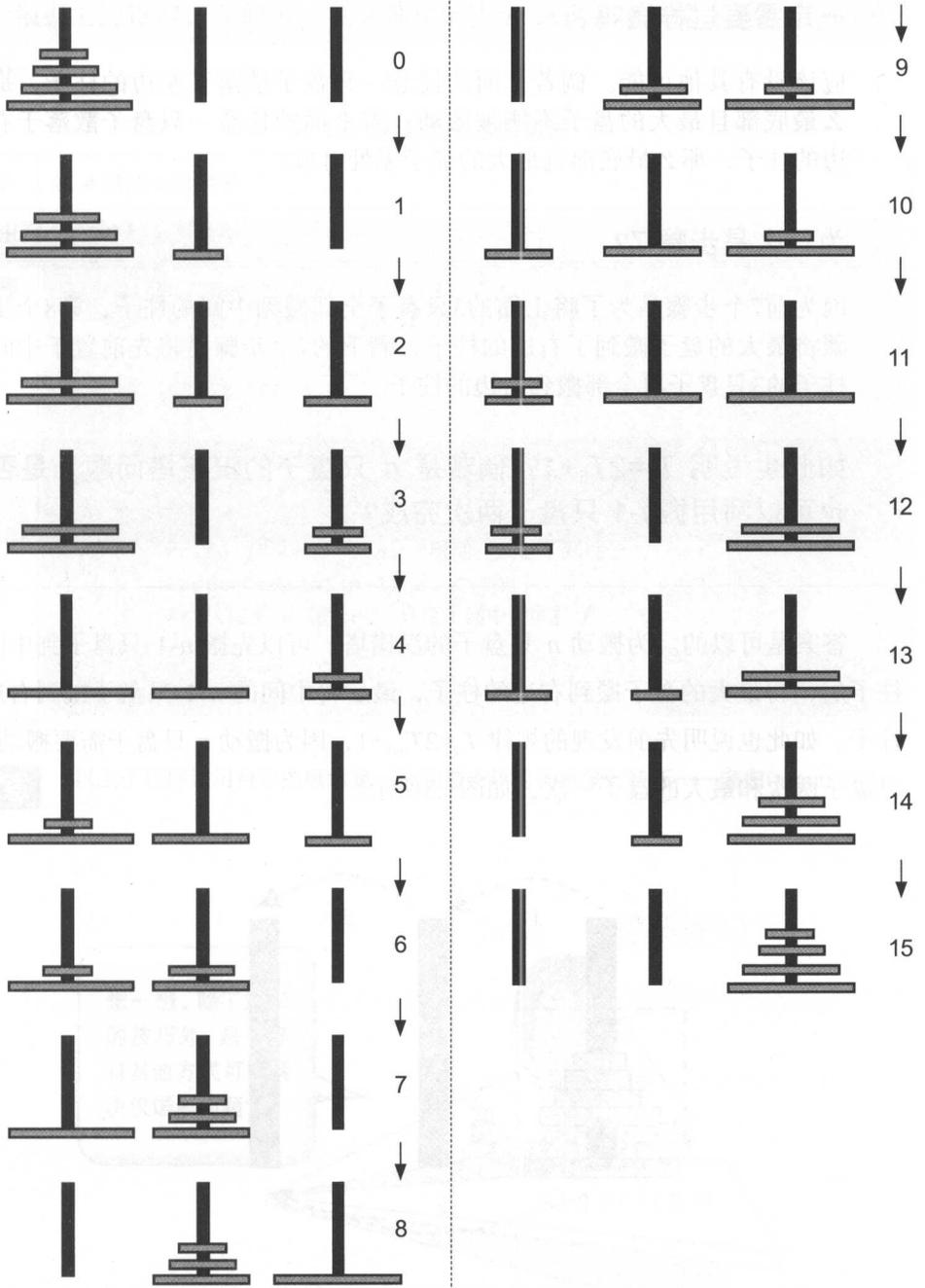


图 1.2 有4只盘子的汉诺塔问题的搬动过程