

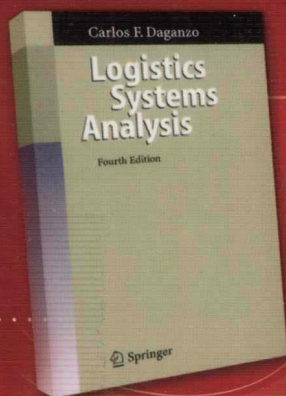


物流与供应链管理系列

# 物流系统分析 (第四版)

[美] Carlos F. Daganzo 著

张庆英 岳卫宏 程 丹 译



*Logistics Systems Analysis*



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

物流与供应链管理系列

# 物流系统分析

(第四版)

Logistics Systems Analysis

Fourth Edition

[美] Carlos F. Daganzo 著

张庆英 岳卫宏 程丹 译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书内容翔实,不仅提供了物流系统分析的建模方式,各个物流环节费用与效益的量化分析,费用极小化的运输策略、一对一配送的最优化方法、一到多的配送、有转运的一到多配送,以及多到多的配送的问题,而且介绍了物流系统简化分析的概念,提高物流分析的效率可行性方法,为读者提供一种物流系统分析的方式及决策策略。

本书在上一版本的基础上增加两节新内容及附录,内容系统、新颖,并配有教师指导手册,非常适合作为高校物流工程、物流管理、交通工程,电子商务、MBA 等专业学生学习物流系统的教材或参考书。

Translation from the English language edition:

Logistics Systems Analysis, Fourth Edition

by Carlos F. Daganzo

Copyright © 2005 Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Springer is a part of Springer Science + Business Media

All rights Reserved

本书中文简体版专有出版权由 Springer 授予电子工业出版社,专有出版权受法律保护。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2010-0521

### 图书在版编目(CIP)数据

物流系统分析(第四版)/(美)达冈佐(Daganzo, C. F.)著;张庆英等译. —北京:电子工业出版社,2010.9  
(物流与供应链管理系列)

书名原文: Logistics Systems Analysis, Fourth Edition

ISBN 978-7-121-11765-7

I. ①物… II. ①达… ②张… III. ①物流—系统分析—高等学校—教材 IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 173722 号

策划编辑: 杨丽娟

责任编辑: 杨丽娟 特约编辑: 明足群

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 15 字数: 328 千字

印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# Foreword

---

## 译者序

---

Carlos F. Daganzo 的著作 *Logistics System Analysis* 在物流领域里是一本影响巨大的书，在世界各国很多图书馆里都有收藏。读过这本书的人，都会对它的实用和实在留下深刻的印象。它的“实用”体现在，通过大量的案例分析，给读者以直观的解决实际问题的帮助。而所谓“实在”，则表现在它所给出的最优解决方案并不依赖于繁冗的建模和大量的数据采集与处理，使用最少的数据和最短的计算过程即可获得一个合理的结果。在效率至上的物流行业，其价值是不言而喻的。

这本书提供了物流系统分析的建模方式，对各个物流环节的费用与效益进行了量化分析，探讨了费用极小化的运输策略、一对一配送的最优化方法、一到多的分配、有转载的一到多配送，以及多到多的配送的问题，传达了物流系统简化分析的概念，旨在提高物流分析的效率，为读者提供一种物流系统分析的方式。

译者在翻译过程中，深深感到该书确为物流行业的学生和专业人士的绝佳读本。

译稿完成之时，心中十分忐忑，唯恐未能准确理解原作者的精髓。译文中不当之处在所难免。恳请大家不吝指正。

译者

---

# Preface

---

## 前 言

---

### 第 四 版

这次“物流系统分析”扩展版包括了许多新的研究成果以及大量的修正，使得本书更广泛、更清楚。本书新增加了两节内容（即 4.6.3 节和 5.6 节）、一个新附录（TSP 问题），以及超过六个的新图表。参考文献也新增加了一部分，但是参考数目还是不够全面。这些新材料很大部分是基于 Alan Erera 教授（乔治亚理工学院）、Karen Smilowitz 教授（西北大学）以及博士研究生 Yanfeng Quyang（加州大学伯克利分校）的研究工作。在此对他们的帮助表示感谢。同样，对美国国家科学基金会和加州大学伯克利分校城市交通未来人才 Volvo 基金中心所提供的资金支持表示深深的谢意。

新增加的附录主要说明了 4.2 节所用到的旅行商和车辆路径选择结果的逻辑性，从而描述运输的运作情况，这样第 4 章就显得更完备了。5.6 节主要介绍和评价了一个通用方法，自动把第 4 章和第 5 章的连续近似法转换应用到离散系统设计。这就弥补了前面几版的一个缺口。其他增加的内容还有：如何开发系统设计使得实时控制策略有效地适应非确定性的管理（4.6.3 节）；第 6 章（在扩展节 4.6.3 中）的多到多系统设计思想的扩展。勘误表贴在作者的个人主页上：<http://www.ce.berkeley.edu/~daganzo/>。该网站也解释了如何订购本书习题的答案指南，切记仅限教授。

Carlos F. Dagano  
伯克利，加利福尼亚州  
2004 年 11 月

---

# *Preface*

---

## 前 言

### 第 三 版

除了订正一些小错误外，第三版“物流系统分析”的主要修订在于对同仁和学生普遍感到困惑的许多段落做了进一步解释，主要在第 5 章和第 6 章。新的参考文献也增加了进去，作为本书的材料补充。

我很愿意接受 Eric Mohr、Wei Lin 和 David Lovell 等教授们的评论，对 Flavio Baita、Alan Erera、Reinaldo GarciaJuan 和 Carlos Munoz 等研究生们的录入工作表示感谢。

Carlos F. Dagano  
伯克利，加利福尼亚州  
1998 年 11 月

---

# Preface

---

## 前 言

### 第 二 版

今次第二版的《物流系统分析》大部分内容和概念均与第一版中的相同。目录做了一些改动，更新了参考文献列表，每个文献都有简要的讨论说明以使其更简明，修正了第一版的一些错误。

在教授这本书十几年之后，我发现学生并不能真正掌握其中的知识，除非他们要用这些知识来规划、解决现实中感兴趣的问题。虽然解决一系列课本上的题目并不能替代实践经历，但这种努力和尝试会是一种有用的前期准备工作。鉴于此，每一章后面的练习题解答都做了进一步的发掘和深化。读者若要订阅习题答案，可以写信到以下地址：the Institute of Transportation Studies, Publications Office, 109 McLaughlin Hall, University of California, Berkeley, California, 94720。

在此，郑重地感谢 Ping Hale 女士，感谢她对本书专业的校阅工作，还要感谢加州大学交通中心提供的资金支持。

Carlos F. Dagano

伯克利，加利福尼亚州

1995 年 8 月

---

# Preface

---

## 前 言

---

### 第 一 版

物流是本书的研究对象，其狭义定义为研究有效率地将货物从生产方运输至消费方的学科。有些对于物流经理来说同样利益攸关的方面，比如可靠性和维护性在本书中没有被提及。从另一个角度讲，本书所涉及的理论可以应用到普通货物（可以代表人，也包括货物运输），这些对于客运公司、部门很有帮助。除了运输，一个物流系统通常还包括其他的活动，如库存控制、装卸、分拣等。如果追求成本效率，这些必须要认真考虑。即使在理论或者实践方面，这些活动经常要分开讨论。

运作研究领域包括一些次级领域，如库存控制、交通运输、仓储等，这些领域均有专门的研究期刊。多年之后，这些次级领域的研究都有了很大发展，并形成了自己的专业惯例和术语，结果增加了研究者在这些领域的交叉地带进行研究、沟通的困难。类似的窘境同样出现在现实中公司部门职能细化之后。如果不同功能的物流次级领域活动被分配给不同的部门经理负责，实现公司的利益最大化将变得很困难。本书代表了一种将物流系统作为一个整体来审视、研究的尝试。当然，不会像次级领域那样专注地去分析次级活动，但是我们的分析模型会力求精确性以展示其精髓。目的是描述并揭示怎样去发现物流系统的优化结构，同时包括它们的运作和组织。

本书与传统研究过程有所不同，本书中试着避免对问题和解决方法的细节描述。例如对于一个典型的问题，目标将是呈现逻辑性的解法而尽量不罗列信息，本书不是基于大量细节信息和低效率的数值分析来得出基本解决方法。事实上，分析的一贯目的是找到做出合理决策所需要的最少、最有用的信息，并用最简单、最清晰的方法来形成解决方案。本书方法的这些特点可以帮助决策者们克服对“黑箱”的不信任，并且有多个很有参考价值的实例来提高学习的效率。但是并不是说比较传统的解决问题的细节方法不应该使用。当时间和信息的可用性允许，数值细化分析方法被证明是十分有效的。



总之，即使在这些实例中，如果这些细节化的解法在本书之前是由一些探索性的分析被提出，这些解法有时是可以简化的。

在 20 世纪 80 年代初，通用汽车公司实验室的 Larry Burns 博士和我对大公司内部的货物流通产生了兴趣。Newell 教授（加州大学伯克利分校）和他的学生已经解决了中转设计问题和选址问题中 70% 的难题，但是我们发现，因为大公司内的交通运输与公共交通运输有许多相似之处，故利用适当的平均数替代大量的数据信息并运用连续方式处理不连续问题是有可能的。当这种尝试在通用汽车公司的应用中起到作用时，我们才对此深信不疑（时至今日，由 Burns 博士领导的通用汽车公司的研究团队，因为为公司的物流系统进步所做的大量杰出贡献而长久地被人们颂扬）。

为了使这一构想形成学术框架，我和 Newell 在伯克利于 1982 年专门培养了一批高级人才。同年晚些时候，在 M.I.T. 休假期间，在 Yosef Sheffi 教授支持下，我延伸并试验了这些构想。从那时起，研究工作步入正规，伯克利的 Randolph Hall 教授做了大量工作，这些最新的研究成果被分为四章在向研究生讲授，主要包括网络和物流方面。

虽然课上讲授的大部分内容都被公开发表，但就如 Martin Beckmann 教授（布朗大学）于 20 世纪 80 年代末在巴黎 EURO/TIMS 会议中所说的那样，局外人想要对此研究工作形成一个总体印象并不是件容易的事情。他使我相信，有太多的期刊发表了研究物流课题的文章（有时甚至是反常的），这萌发了我创作本书的想法。

基于已有的研究成果，本书试图理顺这个主题（物流）的逻辑思路。为了填补空缺，新的成果在本书中亦有所介绍。但是没有涉及的问题总是存在的，真心希望本书可以成为激发读者进一步致力于这一新兴、有前景的学科研究的广泛兴趣。

本书的前两章主要介绍了一些初步知识的概念：第 1 章用实例说明了本书解决问题的思路；第 2 章解释了计算物流成本的方法。第 3 章到第 6 章描述了被应用于日渐复杂问题的理论：第 3 章详细阐述了优化方法，利用单一产地、单一目的地实例对其进行了说明；第 4 章讨论了单一产地多目的地即一到多的问题，并假定每种货物由一辆车运输；第 5 章出现了在中转站转运货物的问题；第 6 章则探讨“多对多”问题。

在本书正文开始之前，先对本书中一些符号和组织进行介绍。方程，表格和数据将被编号成 (a. b)，a 表示章号，b 表示方程号码。同时，为了保持本书中参数符号前后一致，可能会造成有些符号与其他文献中的不同，这点望读者多多包涵。每一章都以与本章内容密切相关的推荐读物的简要说明开头，以推荐练习题和符号释义结束。本书最后是参考文献列表。

虽然不是教科书，但是本书仍然可以作为物流专业研究生的教材，或许在课程中会覆盖更多的传统或优化工具。本书作为教科书，应该在 10 个课时（每个课时 1 小时）中介绍完大部分概念内容，每章平均两个课时，建议用更多的时间来深入研究精华内容。每一章包含一些推荐习题，旨在使学生加强对本章所学概念的掌握，或者帮助他们拓展思维。

最后，我想感谢我的朋友和加州大学伯克利分校的同仁们 Gordon Newell 教授、Randolph Hall 教授，还有通用汽车公司的 Lawrence Burns 博士，感谢他们为本书所做的贡献。

我还要感谢 Phyllis DeFabio 夫人和 Ping Hale 夫人为本书的初稿整理做出的大量工作。Gail Feazell 夫人收集了大部分数据。非常感谢交通学院同仁的支持与帮助。最重要的是，感谢家人对我的爱和理解。

# Contents

## 目 录

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 简化模型与数据汇总应用</b> | <b>1</b>  |
| 导读                       | 1         |
| 1.1 解决物流问题的不同方法          | 1         |
| 1.2 案例                   | 2         |
| 1.3 附注                   | 9         |
| 1.3.1 有效性和灵活性            | 9         |
| 1.3.2 准确性                | 10        |
| 习题                       | 11        |
| <b>第 2 章 成本</b>          | <b>12</b> |
| 导读                       | 12        |
| 2.1 引言                   | 12        |
| 2.2 保管成本                 | 14        |
| 2.2.1 租赁成本               | 15        |
| 2.2.2 等待成本               | 16        |
| 2.3 运输成本                 | 18        |
| 2.3.1 与车头间距的关系           | 19        |
| 2.3.2 与距离的关系             | 19        |
| 2.3.3 与运输批量的关系：能力约束      | 21        |
| 2.3.4 与运输批量的关系：复合运输方式    | 23        |
| 2.4 装卸成本                 | 24        |
| 2.4.1 运输成本               | 25        |
| 2.4.2 确定批量时装卸成本的取舍       | 26        |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 2.5 随机影响 .....                | 28        |
| 2.5.1 使用公共事业的随机影响 .....       | 28        |
| 2.5.2 使用两种运输方式的随机影响 .....     | 31        |
| 习题 .....                      | 32        |
| 符号表 .....                     | 33        |
| <b>第3章 最优化方法——一对一配送 .....</b> | <b>35</b> |
| 导读 .....                      | 35        |
| 3.1 引言 .....                  | 35        |
| 3.2 需求恒定的批量问题 .....           | 36        |
| 3.2.1 决策变量的鲁棒性 .....          | 36        |
| 3.2.2 数据误差的鲁棒性 .....          | 37        |
| 3.2.3 模型误差的鲁棒性 .....          | 37        |
| 3.2.4 联合误差 .....              | 38        |
| 3.3 多变需求下的批量问题 .....          | 40        |
| 3.3.1 当保管成本接近租赁成本时的解 .....    | 40        |
| 3.3.2 当租赁成本可以忽略时的解 .....      | 42        |
| 3.3.3 数值解 .....               | 42        |
| 3.3.4 连续近似法 .....             | 43        |
| 3.4 其他一维定位问题 .....            | 46        |
| 3.5 CA 表达式的精确性 .....          | 49        |
| 3.6 CA 法的推广 .....             | 51        |
| 3.7 网络设计问题 .....              | 53        |
| 3.7.1 路线选择中经济批量的效应 .....      | 53        |
| 3.7.2 求解方法 .....              | 55        |
| 习题 .....                      | 59        |
| 符号表 .....                     | 62        |
| <b>第4章 一到多配送 .....</b>        | <b>65</b> |
| 导读 .....                      | 65        |
| 4.1 引言 .....                  | 65        |
| 4.2 运输运营 .....                | 67        |
| 4.2.1 非细节车辆路径模型：多车辆行程 .....   | 68        |
| 4.2.2 非细节车辆路径模型：少车辆行程 .....   | 71        |
| 4.3 相同客户：车辆容量固定 .....         | 73        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 4.3.1 低价品: $c_i < c_t$      | 74         |
| 4.3.2 高价品: $c_i > c_t$      | 75         |
| 4.3.3 产地库存                  | 75         |
| 4.4 相同客户: 车辆装载未知            | 78         |
| 4.4.1 路径长度的限制               | 78         |
| 4.4.2 在途库存成本诠释              | 81         |
| 4.4.3 库存约束                  | 86         |
| 4.5 实施考量                    | 87         |
| 4.5.1 Clarens 和 Hurdle 案例研究 | 88         |
| 4.5.2 微调可能性                 | 91         |
| 4.6 不同客户: 对称策略              | 93         |
| 4.6.1 随机需求: 低客户需求           | 94         |
| 4.6.2 随机需求: 不确定的客户需求        | 95         |
| 4.6.3 对不确定性的动态反应            | 98         |
| 4.7 不同客户: 非对称策略             | 101        |
| 4.7.1 例证                    | 101        |
| 4.7.2 差异化策略                 | 102        |
| 4.8 其他延伸                    | 104        |
| 4.8.1 路径特性                  | 104        |
| 4.8.2 与生产的相互影响              | 105        |
| 习题                          | 107        |
| 符号表                         | 110        |
| <b>第 5 章 具有转运功能的一到多配送</b>   | <b>113</b> |
| 导读                          | 113        |
| 5.1 引言                      | 113        |
| 5.2 具有转运的配送系统               | 114        |
| 5.2.1 货站在一到多配送中的作用          | 114        |
| 5.2.2 设计目标和可能的简化            | 115        |
| 5.3 一次转运的问题                 | 119        |
| 5.3.1 货站成本                  | 120        |
| 5.3.2 入站成本                  | 121        |
| 5.3.3 出站成本                  | 121        |
| 5.3.4 设计问题                  | 122        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 5.3.5 实例 .....                    | 124        |
| 5.4 改进及延伸 .....                   | 126        |
| 5.4.1 计划协调 .....                  | 127        |
| 5.4.2 具有约束的设计 .....               | 130        |
| 5.4.3 变动需求 .....                  | 131        |
| 5.4.4 差异化策略 .....                 | 135        |
| 5.5 多次转运 .....                    | 137        |
| 5.6 自动离散化 .....                   | 141        |
| 习题 .....                          | 145        |
| 符号表 .....                         | 149        |
| <b>第6章 多到多配送 .....</b>            | <b>151</b> |
| 导读 .....                          | 151        |
| 6.1 引言 .....                      | 151        |
| 6.2 无转运的情况 .....                  | 154        |
| 6.3 单货站系统 .....                   | 157        |
| 6.3.1 对称策略 .....                  | 157        |
| 6.3.2 差异化策略 .....                 | 160        |
| 6.4 多货站系统：一次转运 .....              | 164        |
| 6.4.1 操作问题 .....                  | 164        |
| 6.4.2 战略和战术问题 .....               | 171        |
| 6.4.3 延伸 .....                    | 174        |
| 6.5 多货站系统：多次转运 .....              | 175        |
| 6.5.1 基于 BBT 的两次转运情况 .....        | 175        |
| 6.5.2 具有集运货站的多对多系统 .....          | 177        |
| 6.5.3 相关延伸 .....                  | 179        |
| 习题 .....                          | 184        |
| 符号表 .....                         | 187        |
| <b>附录 A TSP 和 VRP 的一些特性 .....</b> | <b>190</b> |
| <b>附录 B 模拟退火 .....</b>            | <b>196</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                 | <b>198</b> |
| <b>专业词汇 .....</b>                 | <b>208</b> |

# Chapter 1

## 第1章 简化模型与数据 汇总应用

### 导读

文献[Blumenfeld et al, 1987]通过一个案例分析描述了简化模型的优势, 验证了基于数据汇总理论的简化模型是非常有效的。而文献[Newell, 1973]则认为一组相关联的交通地域问题可以通过一种忽略了细节的方法近似地予以解决, 由此产生了连续近似法。该方法将在第 3 章加以阐述。

### 1.1 解决物流问题的不同方法

物流有许多不同的定义, 因不同世界观而异。本书中, 物流则被定义为将货物适时地从产地运往目的地(通常是产品到消费品)的一系列活动。

传统意义上的物流问题是这样解决的, 收集尽可能多的详尽信息, 编写数学程序, 输入相关的各种信息, 通过多决策变量法来确定具体的解决方案, 最后利用计算机对该数学难题进行分类整理。但是, 由于数据采集的工作量是很繁重的, 有时解决方案并没有做系统分析。在其他情况下, 数值优化是一个 NP 难题(在问题不能简化表达时, 就很难获得好的解决方法), 决策是通过启发式算法来进行的, 但不是特别深刻。

本书将介绍另一种物流系统分析的方法, 虽然细节数据可用, 它也可以使初始估算的大部分数值是正确的。该方法将详细数据通过简化汇总代替, 数值研究方法则由分析模型取代。没有了细密烦琐的数据信息, 分析模型可以被精确求解, 使得从许多方案中近似求出总体最佳值成为可能。然后, 这些逼近最佳的解决方案就被用于形成准则, 从而设计出可以具体实施的手段, 也就是说方案满足了所有在分析中忽略的细节要求。最后的微调阶段将可以借助于一个优化的(更传统的)计算机程序来实现, 但这并不是必需的。接下来, 将会对该方法和传统方法进行比较。文献[Daskin, 1985]审视了两种方法的思想, 而非细节方法, 从那之后有了巨大的理论进步。文献[Langevin et al, 1995]则对后者进行了回顾。

这种方法尤其适用于长期规划，其数据是不确定的。但该方法的简易性使分析者可以开发出定性的洞察力（例如，在影响最终方案选择中那些最重要的权衡因素），在不涉及细节的情况下，可以直接同经理和决策者们进行有意义的交流，从而可以做出比较好的决策。工作中，对权衡的清晰理解非常重要，因为不管世界怎样变化，都需要在现场做出快速而有高度的决断。一旦设计和实现之间突然发生了诸如劳动力价格、地点有效性等条件变化的情况下，相适应的解决方案也是显而易见的，这是由于基本的设计准则并未改变。这对于我们来说很幸运的事情，因为在某些情况下，是不可能去准备新的数据和对另一个数值优化结果进行及时解释的。

接下来的例子是文献[Blumenfeld et al, 1987]案例研究中所涉及的，代表了本书后面将会涉及的各类问题。这个例子用于扩展细节模型与简化模型之间的比较范围。其重点在于精确性结果，并阐述了如何在无详细数据情况下做出的广泛决策。

## 1.2 案 例

一个假定的计算机、无线电设备、电视机制造商在全美拥有三家工厂和 100 个货物配送中心。这三家工厂分别位于格林湾（计算机模块）、印第安纳波利斯（电视、显示器和键盘）、丹佛（控制台），如图 1.1 所示。其中的一些组件需要产品出售前被组装好，组装可以在配送中心或者在印第安纳波利斯附近的某个中心地域进行，即仓库（warehouse）。在这里，要求寻找一种每年使运输费和库存费用最小化的货物集散策略，如图 1.2 所示。

计算机模块 300 美元，重 5 磅；电视机（也包括显示器与键盘）400 美元，重 10 磅；控制台 100 美元，重 30 磅。公路货运汽车有 30 000 lbs 的载货量，含司机租价为 1 美元/英里（实际中的成本费用会更高，因为非载重空间占用会减少载重量）。

此外，由于货物是等待运输或消费的，还应考虑进去每天的间接仓库存货罚款（inventory penalty）。罚金为产品每一个等待工作日费用的 0.06%，相当于每年 250 工作日的 15% 利率。第 2 章中将讨论交通、库存和其他更细致的物流成本计算。

对于一个给定的集散策略，如果逐项地知道配送中心的方位和物流目的地的产品年需求量，那么就可计算成本。这就是 1.1 节中所提到的细节信息。

表 1.1 包含了 300 个报关手续，并以英里单位假定了从每个工厂到每个目的地中心的距离。这些中心的位置是随机独立产生的，并均匀分布于一个统一的长宽平行于坐标轴线的 2500×1000 英里的矩形区域。距离计算是以坐标点之间的绝对距离为准。

为便于说明，将假设每一个中心每一个工作日卖出 10 台电视机或者控制台和 10 台计算机（包括一个模块，显示器和键盘）。（虽然实际中这些数据是随不同的场站和日期变化的，但是我们的例子中却没有考虑这些因素，因为距离表格中包含了足够的细节来说明我们的观点。见习题 1.2。）





图 1.1 三个假定工厂位置图

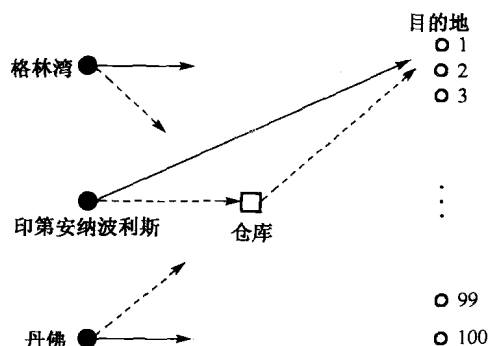


图 1.2 使用仓库的常用策略

通过对地图的仔细观察（或者大体研究表 1.1），我们还知道工厂到配送中心的平均距离，包括格林湾、丹佛的工厂和仓库之间，是  $10^3$  量级的。从处理原始数据还可以获得更精确的计算值，但是这没有必要。

首先考虑两个广义策略（broad strategies）。

策略 1：跳过仓库，不作任何中间停靠，所有货物由卡车满载从工厂直接运到配送中心；

策略 2：所有的组件都在仓库组装完毕，卡车仍不停靠地满载运输，从工厂直到仓库，从仓库直到中心。

按照策略 1，每年运输总费用由一辆典型卡车的行程费用（1000 美元）和卡车年总行程数获得。表 1.1 中，共计 100 个配送中心，而每年每个中心需求量为：丹佛和格林湾的工厂 2500，印第安纳波利斯工厂 5000。这相当于每年起于丹佛的旅程数是  $2500 \times (30/30\ 000) = 2.5$ ，起于格林湾的是 0.417，起于印第安纳波利斯的是 1.667。所以，每运输总费用是： $100 \times (2.5 + 0.417 + 1.667) \times 1000 \approx 4.6 \times 10^5$  美元/年。

该策略可以最小化运输费用，因为每一次运输行程都是尽可能地满载且取最近行使距离，但是这样就表现出了库存费用过高的弊端。因为一辆卡车从格林湾到访某一个中心每  $1/0.417$  年仅一次，而来自于格林湾的货物在该中心平均要消耗大约  $2/0.417$  年的等待时间，同样还要消耗大致相当的时间来等待装载。这个结果假定格林湾同时负担所有配送中心的货物。如果连续地为不同中心负担货物，那么有心的读者会发现该工厂的货存量可能实际上已经没有了，例如，像在 4.3.3 节的解释那样。但是，假设为所有工厂同步补货，那么后续计算就可以被简化。这个简化通常被采用，因为严格意义上讲没有改变性质结论。可以看出，由现行策略所带来的长时间货物等待并不可行，而且也直接导致了高额的库存费用。假设有  $0.417^{-1}$  年的等待时间，来自于格林湾运的货物每单位的库存费用是： $300 \times 0.15 \times 0.417^{-1} = 108$  美元，来自于丹佛和印第安纳波利斯工厂的货物每单位库存费用：6 美元和 36 美元（假设印第安纳波利斯的船同时运输电视机以及