

物流系统规划

颜佑启 编

湖南大学出版社

2004年·长沙

图书在版编目(CIP)数据

物流系统规划/颜佑启编. —长沙:湖南大学

出版社,2004.10

ISBN 7-81053-860-8

I. 物... II. 颜... III. 物流—系统—研究

IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 097142 号

物流系统规划

Wuliu Xitong Guihua

编 者: 颜佑启

责任编辑: 王桂贞

装帧设计: 张毅

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-8821691(发行部),8821594(编辑室),8821006(出版部)

传 真: 0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱: press@hnu.net.cn

网 址: <http://press.hnu.net.cn>

印 装: 国防科技大学印刷厂

总 经 销: 湖南省新华书店

开本: 720×960 16开

印张: 16

字数: 305千

版次: 2004年10月第1版

印次: 2004年10月第1次印刷

印数: 1~2000册

书号: ISBN 7-81053-860-8/F·80

定价: 25.00元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

前 言

物流系统是一个时域和地域跨度都很大的系统,同时,又是一个包含的要素众多的复杂系统。物流系统要实现有效地、低成本地为用户提供高品质的物流服务这一目标,将众多类别不同和性质各异的系统要素之间进行有效的整合是至关重要的。系统规划就是一个关于系统要素关系整合过程的研究与决策的过程,是搞好系统建设与改善系统管理不可缺少的一个先行作业。

本书以反映物流规划内容为重点。依本人的理解,规划多侧重于整体问题的研究与分析,着重于整体与部分、部分与部分间的相互关系的处理,对于细部的具体的结构造型的问题或事务级的问题大多不予安排。由于对于什么才能称得上或称之为局部或细部,很难找出能为众人认同的标准或尺度,因而怎样给所从事的规划工作的深度进行具体的定位,留下了较大的发挥余地和发展空间。而设计则不一样,特别是对要形成新的实物或实体的设计,如土木工程与设备工程项目设计,大多有比较清楚的规范,研究的重点多以要素本体为对象,侧重于实现要素功能解决方案的分析与探讨。这些问题的解决,主要是靠要素所归属的工程技术学科专门领域的专业人员,而非物流业者自身的主要职责。基于这样的认识,由于本书的读者对象是面向未来物流从业者,从对所涉及内容讨论的深入程度来看,本书定名为《物流系统规划》较为妥帖。

全书共九章,其中第一章实质上所起到的是类同于绪论的作用,为物流系统规划内容的开展做了一种类似场景的铺垫;第二章主要是讨论有关物流系统的战略规划的问题;第四到第七章,讨论了有关物流系统设施平台建设规划问题;第八章以企业为对象,简要地讨论了一下关于与物流信息平台建设有关的问题;第三章介绍了在规划过程中所引用到的有关模型,之所以插在第三章的位置,是因为这些模型在本书中的应用主要是出现在第四到第七章这一区段;第九章的内容本应归并

在第三章的系统仿真这一局部,由于这一部分所介绍的内容中,事实与过程的陈述多于议论与说明,具有案例的性质,所占篇幅较大,加之考虑到仿真在物流规划研究所具有的独特应用价值,才另立成章的。文中所列举的案例基本上是根据中国物流资料中心发行的《内部光盘资料》及书末所列的参考文献之中相关内容节录改编而成的。

在本书的编写过程中,得到中南林学院有关部门的鼓励与支持,书中的第三章和第九章是在陈冬梅老师的协助下完成的,在此深表谢意,同时也向各参考文献的作者和出版单位致谢。

颜佑启

2004年6月

目 次

第一章 物流系统的概念 /1

第一节 物流 / 1

第二节 物流系统 / 5

第三节 物流系统规划 /12

第二章 物流战略规划 /14

第一节 战略研究 /14

第二节 企业物流战略规划 /17

第三节 区域物流规划 /42

第四节 全球化物流 /48

第三章 物流分析基础 /56

第一节 物流预测模型 /56

第二节 系统优化模型 /67

第四章 物流运作设施规划 /74

第一节 物流运作系统规划 /74

第二节 物流网络结点 /79

第三节 渠道系统规划 /83

第四节 仓储结点选择 /87

第五节 仓储设施规划 /95

第六节 库存规模确定 /97

第七节 仓储结点建设方案规划 /109

第八节 物料搬运 / 113

第五章 运输方案优化分析 / 115

- 第一节 物流运输 /115
- 第二节 运输优化技术——图上作业法 / 119
- 第三节 运输优化技术——表上作业法 / 130
- 第四节 运输优化技术——最短路分析 /143
- 第五节 运输设备选择与装卸能力协调 /146

第六章 系统备选方案评价 /148

- 第一节 概述 /148
- 第二节 环境条件评价 /151
- 第三节 物流服务 /153
- 第四节 物流成本 /165
- 第五节 服务品质与总成本协调及投资效果评价 /174

第七章 系统实施方案决策 /177

- 第一节 决策概述 /177
- 第二节 矩阵决策 /179
- 第三节 决策树 /184
- 第四节 层次分析法 /188

第八章 物流管理信息系统规划 /195

第九章 仿真在物流规划中的应用 /208

- 第一节 物流系统仿真 /208
- 第二节 随机存储系统仿真 /214
- 第三节 物流系统动力学仿真 /218
- 第四节 装卸与运输系统仿真 /236

参考文献 /248

第5章

运输方案优化分析

第一节 物流运输

一、概述

在新的物质产品的生产过程中，人们从环境系统中获取了必要的物质资源，不仅要为实现从原材料到产成品的形成，直至将产品送达最终用户的目标提供全过程、全方位的支持与保障，还要把不符合目标要求的产品、把由于更新或报废等原因而退出使用或服务领域的产品从系统排至环境系统。这一切若是没有运输的参与，新产品的生产过程、新旧产品的更替就无法延续或进行。虽然运输不像生产过程那样创造新的物质产品，但所完成物品的空间位置的转移，便于组织对产品的加工，实现了资源的优化配置，是社会生产不断发展和提高的必要条件，也是实现产品价值的转移与增值的必要条件。运输使得物的潜力得到更好的发挥，提高物的使用价值，为其创造了更多的、新的社会价值。

二、运输的功能与原理

1. 运输功能

(1) 产品转移。它实现了从原材料到最终产品过程中的不同阶段之间的

转移。

(2) 产品储存。在产品的转移过程中，对产品实行短时间的工艺性的保存。这种存储方式大多发生在仓库空间有限或运输方式转换时，换装时间很短或换装场地狭小，使得在一卸一装之间，装卸加运输设备占用费比装卸加上发生在库存过程中的费用之和更小的情况下，可以考虑采用的一种临时存储方式。

2. 运输原理

(1) 规模经济。对于一定的运输装备而言，随着装运规模的增长，所分摊到单位货物上的固定成本下降，进而导致了运输成本的下降。一种能使运输固定成本下降至最低水平的装运规模，便是运输的经济规模。经济规模能使运输过程获得的经济利益最大。按经济规模组织运输经济的做法便称之为规模经济。

(2) 距离经济。它是指单位距离的运输成本中，因其距离越长，而使得在运输过程中用于货物装卸等相对固定的成本开支的摊销率越低。因此，在一定条件下，采用一次运输尽可能长的运输组织方式，以降低运输成本的组织方法，便称为距离经济。

三、运输方式

1. 按运输设备及运输工具区分的运输方式

(1) 公路运输。它是一种主要使用汽车或其他车辆在公路上进行客货运输的一种方式。公路运输主要承担近距离、小批量的货运，对水运、铁路运输所承担的长途、大批量货运的集散工作，以及铁路、水运优势难以发挥情况下的长途运输工作。由于公路运输的灵活性，近年来，在有铁路、水运的地区，长途大批量运输也开始用公路运输。

公路运输的主要优点是灵活性高，建设期较短，投资较低，易于因地制宜，对站场设施要求不高，有利于实现从发货到收货的门对门运输，而无须转运或多次装卸搬运作业，它还可以作为其他运输方式间的衔接与转换作业。

(2) 铁路运输。它是一种铁路列车运送客货的运输方式。主要承担长距离、大批量的货运。在没有水运的地区，几乎所有大批量的货物都是依靠铁路，是在干线运输中起主力军运输作用的运输方式。

铁路运输的优点是速度快，运输受自然条件的限制较少，载运量大，运输成本较低。主要缺点是灵活性差，只能在固定的线路上实现运输，需要与其他运输手段相配合与衔接。

(3) 水运。水运是使用船舶运送客货的一种运输方式。主要承担大数量、长距离的运输，是干线运输中起主力军作用的运输形式。在内河及沿海，水运也常

作为小型运输工具使用,担任补充性及衔接大批量干线运输的任务。

水运的主要优点是成本低,能进行大批量、远距离的运输。但水运也有显而易见的缺点,主要是运输速度慢,受港口、水位、季节、气候影响大,因而一年中中断运输的时间较长。水运有以下四种形式:

- ① 沿海运输。使用中、小型船舶沿大陆近海航道进行客货运输;
- ② 近海运输。使用中、小型船舶沿邻近国家间海上航道进行客货运输;
- ③ 远洋运输。使用大型船舶跨大洋进行长距离、大运量的运输;
- ④ 内河运输。使用中、小型船舶在陆地内的江、河、湖泊水道上进行的运输。

(4) 航空运输。使用飞机或其他航空器进行运输的一种形式。其运输单位成本高,主要用于价值高、运费承担能力强的货物,或是紧急救援物资的运输。

航空运输的优点是速度快,不受地形限制,对其他运输形式达不到的地方的运送作业具有重要意义。

(5) 管道运输。利用管道输送气态、液态或粉粒固体的一种运输方式。该形式是靠压力使物体沿管道实现顺向移动的。和其他运输方式的区别在于,管道设备是静止不动的。

管道运输的主要优点是,由于采用了密封设备,在运输过程中可避免失散、丢失等损失,也不存在其他运输设备本身在运输过程中消耗动力所形成的无效运输问题,并且运输量大,能连续不断地运送物资。

2. 按运输线路区分的运输方式

(1) 干线运输。它是利用铁路以及公路的干线、大型船舶的固定航线进行的长距离、大批量的运输,是进行远距离空间位置转移的重要运输形式。干线运输一般较同种工具的其他运输要快,成本也较低。干线运输是运输的主体。

(2) 支线运输。它是与干线相接的分支线路上的运输。支线运输是干线运输与收、发货地点之间的补充性运输形式,路程较短,运量也相对较小,支线的建设水平往往低于干线,运输工具水平也往往低于干线,且速度较低。

(3) 城市内运输。它是一种补充性的运输形式,其路程较短,是站与用户仓库或指定接货地点之间的运输。由于是单个单位的需要,所以运量也较小。

(4) 厂内运输。厂内运输是指在工业企业范围内,直接为生产过程服务的运输。一般在车间与车间之间、车间与仓库之间进行。小企业的这种运输以及大企业内部、仓库内部则不称运输,而称“搬运”。

3. 按运输的作用区分的运输方式

(1) 集货运输。它是一种将分散的货物集中的运输形式,一般是短距离、小批量的运输。货物集中后才能利用干线运输形式进行远距离及大批量的运输,因

此，集货运输是干线运输的一种补充形式。

(2) 配送运输。它是一种将据点上已按用户要求配好的货分送到各个用户的运输形式。一般是短距离、小批量的运输，也是干线运输的一种补充和完善性的运输。

4. 按运输的协作程度区分的运输方式

(1) 一般运输。是指孤立地采用不同运输工具或同类运输工具而没有形成有机协作关系的运输方式，如汽车运输、火车运输。

(2) 联合运输，简称联运。它是使用同一运送凭证，由不同运输方式或不同运输企业形成有机衔接的货物接运系统，是一种既可以充分发挥每一种运输手段的优势，又能充分发挥不同运输工具的效率的运输方式。采用联合运输，对用户来说，可以简化托运手续，方便用户，同时可以加速运输速度，提高效率，降低运费。经常采用的联合运输形式有铁海联运、公铁联运、公海联运等。

(3) 多式联运。多式联运是联合运输的一种现代形式。一般的联合运输规模较小。在国内大范围物流和国际物流领域，往往需要反复地使用多种运输手段进行运输，进行复杂的运输方式衔接。所以，多式联运是一种有别于一般的联合运输，具有联合运输优势的一种运输方式。

四、运输方案决策的基本要求与内容

(1) 运输方案的确定必须体现运输服务战略的要求，运输方式的选择必须立足于现有的交通网络的基本格局。

(2) 运输服务的选择。运输方式的选择或某运输方式内服务内容的选择取决于运输服务的众多特性，其中最重要的是运输成本、速度和可靠性。

① 运输服务水平不仅与运输成本相关，而且还因运输速度和运输可靠性会影响到库存成本，进而影响到总成本，影响到物流服务与物流总成本之间的匹配关系。

② 供应商的地域分布和价格策略、销售商的地域分布及进货批量都将对运输服务方案的竞争产生直接的影响。

由此可见，在进行运输服务方式的选择与论证时，不仅要关注运输作业成本，同时也必须顾及与之相关的采购供应、配送销售和库存管理等方面的影响。

(3) 运输线路的选择。起讫点间各可行线路上单位货物的运输费用开支的大小，是运输线路比较择优的基础。在同一种运输方式中，当运输线路的通行能力不受限制，且运输线路等级相同时，则选用运输起讫点间连通距离较短的线路方案；若是运输线路等级不同时，可按运输点间各可行线路上各运输段上单位货物

运输成本之和的大小进行比较择优。新的运输线路的开发与建设必须进行技术经济方面的可行性论证。

(4) 运输装备的选择。节约运输开支，方便运输管理是运输装备选择的基本出发点。选择中应依据运输物品的品种特征，总运量多少，运输批量大小，按照规模经济和距离经济的原则进行比较择优。

(5) 运输沿线仓储设施、站场（港）及中转设施的规模、能力大小，与不同运输方式间的配合关系的比较与选择。

(6) 注意与进出场及进出库的线路的衔接，兼顾与装卸作业的衔接。

第二节 运输优化技术——图上作业法

一、概述

1. 物流网络结点间连通关系的优化可以分为以下两种情况

(1) 某种运输方式的网络结构中，结点间只有惟一的连通线路，或结点间虽有一条以上的连通线路，但其中有一条明显地优于其他通路的比较简单的网络。如某些局部的铁路、管道交通网络、水路交通等。

(2) 网络结构较为复杂，两结点间的连通线路有多条，辨优过程需要经过一定的分析运算，才能获得具有比较优势的通路，这是优化分析的重点。

2. 运输线路方案优化过程，一般是分层进行的

每一次决策只考虑作用与功能处于同一个层次的结点之间的问题。

二、图上作业法

图上作业法是一种行之有效的方法。这种方法对于物资的合理调运、提高运输过程的里程利用率、减少空驶、增加运量、充分利用现有运输设备等，是一个有效的工具。这种方法使用图解的形式，直观易懂，计算简单，效果显著，因而应用相当广泛。

1. 道路不成圈的情况

“道路不成圈”是指所有发货点和收货点之间的一切道路都不构成任何圈，即运输路线的交通图中没有回路，是“树”状的。此时要将某种货物由各发货地

点运往各个收货地点，只要能做到“消灭对流”便能得到最好的调运方案。由于这种方案使货物运行的总吨公里数达到最小，是最节省运费的调运方案，因而称为最优调运方案。其择优过程，我们将其归纳为“先端点，供需归邻站”的操作过程。只要照此办理，就能达到消灭对流的目的，找到一个最优调运方案。这里所指的对流，是指同种货物在同一条道路上相对流动的现象，而端点则指树状运输路线中处于各顶端位置的收货点或发货点。

我们通过以下的例子来说明上述方法的应用。

例 1 假设有一批某种货物，要由 3 个发货点 (S_1, S_2, S_3) 运往 4 个收货点 (D_1, D_2, D_3, D_4)。3 个点的供应量分别是 40 吨，60 吨，100 吨。4 个收货点的需要量分别是 20 吨，50 吨，80 吨，50 吨。各点之间的距离在交通图上。如何制订一个调运方案，使得完成调运任务的总吨公里数最小。

表 5.1

收点 \ 发货点	D_1	D_2	D_3	D_4	供应量
S_1					40
S_2					60
S_3					100
需要量	20	50	80	50	200

(1) 首先列出供需平衡表 5.1。

(2) 然后画出实际交通示意图，在图上用圆圈“○”表示发货点，用叉“×”表示收货点，并在各点旁边写上供应量或需要量。在相邻两点之间的交通线下方或右旁写上它们的距离，并用圆括弧括上。其结果如图 5.1 所示。

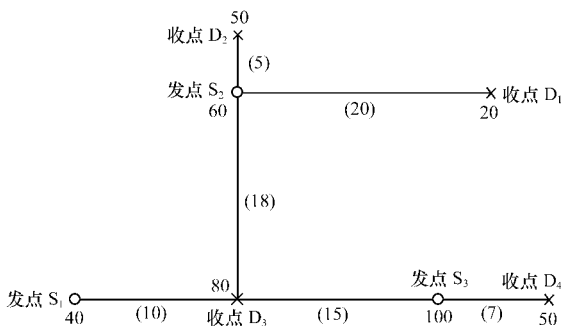


图 5.1

(3) 按照“先端点，供需归邻站”的原则，从交通图上的各端点开始制作调

运方案。由图中看出，有 4 个端点，即发点 S_1 ，收点 D_1 ，收点 D_2 ，收点 D_4 。首先要尽量满足这 4 个端点的供需量。其调运过程如下：

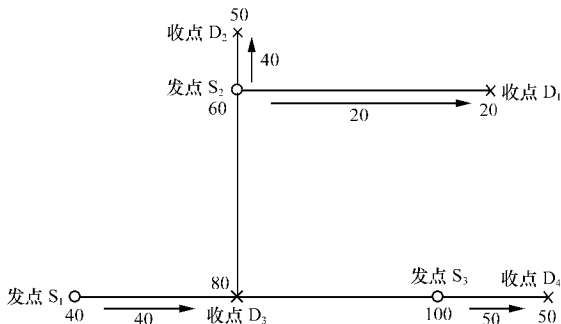


图 5.2

发点 S_1 的 40 吨货调给它的邻站（最邻近它的点）收点 D_3 。收点 D_3 的需要量是 80 吨，在收到 40 吨货后，还有 40 吨的需要量。

收点 D_1 需要 20 吨货，由它的邻站发点 S_2 调去。发点 S_2 的供应量是 60 吨，调走 20 吨后，还剩 40 吨。

收点 D_2 需要 50 吨货，由它的邻站发点 S_2 调去。但发点 S_2 只剩 40 吨，全部调给 D_2 后仍差 10 吨。因此收点 D_2 还有 10 吨的需要量。

收点 D_4 需要 50 吨货，全部由它的邻站发点 S_3 调给，因此发点 S_3 还剩下 50 吨的供应量。

以上全部考虑了所有端点的供需量，除收点 D_2 没有被满足之外，其余端点的供需量都满足了。图 5.2 表示上面的结果。图中箭头流向表示物资调运方向，将其画在路线前进方向的右侧，并在箭杆旁写上调运的货物数量，这样的图称为流向图。

(4) 把其余未满足供需的点所组成的交通图看做一个新的交通图。在这个图上再用“先端点，供需归邻站”的原则，继续进行步骤 3 的工作，直到所有的点全部满足供需平衡。就此例而言，剩下的工作为：

发点 S_3 余下的 50 吨货全部调给收点 D_3 ，它只需要 40 吨，余下的 10 吨货运往发点 S_2 再调给收点 D_2 。至此全部供需达到平衡，图上作业到此结束。最后的结果如图 5.3 所示。

在图 5.2 和图 5.3 中，我们没有把每两点之间的距离写上，这是为了清楚和简单的缘故。在最后计算吨公里时，仍用图 5.1 中的公里数作为根据。

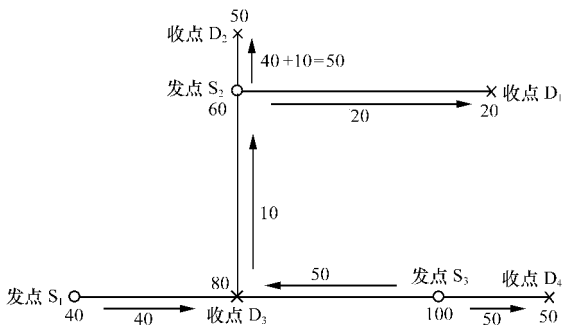


图 5.3

(5) 将图 5.3 中已达供需平衡的最终结果填入供需平衡表 5.2 中。

这便是我们得到的最优调运方案。因为图上没有对流，在道路不成圈的情况下，这就是最好的调运方案了。这个方案的总吨公里数为：

$$40 \times 10 + 20 \times 20 + 40 \times 5 + 10 \times (15 + 18 + 5) + 40 \times 15 + 50 \times 7 = 2330$$

表 5.2

收点 \ 发点	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	供应量
S ₁			40		40
S ₂	20	40			60
S ₃	10	40	50	100	
需要量	20	50	80	50	200

2. 道路成圈的情况

(1) 这种情况是指在发货点 S_i ($i=1, 2, \dots, m$) 和收货点 D_j ($j=1, 2, \dots, n$) 之间的各路线中，有些路线构成了“圈”（回路），即运输路线的交通图中出现了环状路线。此时要将某种货物由各发货点运往各收货点，就要根据“消灭对流和迂回”的原则进行图上作业。当我们最后得到的货物流向图达到了没有对流、没有迂回的要求时，就能得到最优调运方案。

此处所指的迂回，是当某发货点到某收货点有两条以上的路可走时，若选择了较远的那条路线运货，即为迂回。因此一般情况下都选最短的路线。

(2) 下面我们通过例子来具体介绍道路成圈情况下的运输问题图上作业法。

例 2 设有一批某种货物，要由 3 个发货点 S_i ($i=1, 2, 3$) 运往 6 个收货点 D_i ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$)。3 个发货点的供应量分别是 100 吨，200 吨，300 吨；6 个收货点的需要量分别为 150 吨，150 吨，80 吨，20 吨，100 吨，100 吨。

要求制订一个运输方案，使得完成调运任务的总吨公里数最小。

①首先列出供需平衡表（表 5.3）。

表 5.3

收点 \ 发点	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	供应量
S ₁							100
S ₂							200
S ₃							300
需要量	150	150	80	20	100	100	600

②然后画出实际的交通示意图（图 5.4）。

③在交通图上任意安排一个没有对流的初始调运方案。我们可从任意一个发货点开始，例如从发点 S₃ 开始。

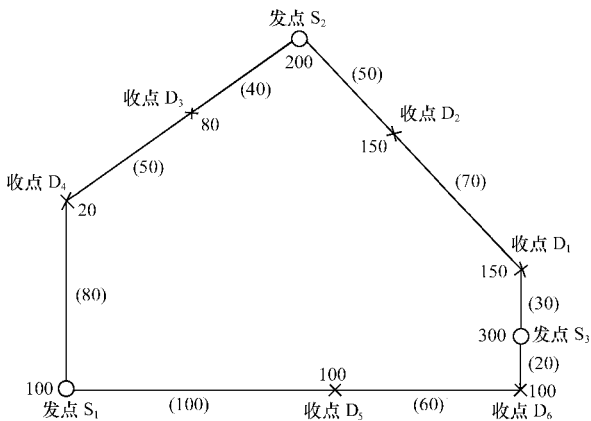


图 5.4

它有 300 吨的供应量，离它最近的是收点 D₆ 和收点 D₁，它们各需 100 吨和 150 吨，全部满足它们后，还剩 50 吨调给较近的收点 D₅。收点 D₅ 需要 100 吨，另外 50 吨则由离它最近的发点 S₁ 供给。收点 D₄ 只需 20 吨，多余的 30 吨再调给收点 D₃，收点 D₃ 需 80 吨，不足的 50 吨由发点 S₂ 供给。发点 S₂ 有 200 吨的供应量，还剩的 150 吨全部供给收点 D₂。至此供需全部平衡。这样我们便得到一个初始调运方案的流向图（图 5.5）。

图 5.5 中已不存在对流，是一个可供执行的初始调运方案的流向图，根据其流向和流量来计算。这个方案的总吨公里数是：

$$150 \times 30 + 150 \times 20 + 50 \times 60 + 50 \times 100 + 50 \times 80 + 30 \times 50 + 50 \times 40 + 150 \times 50$$

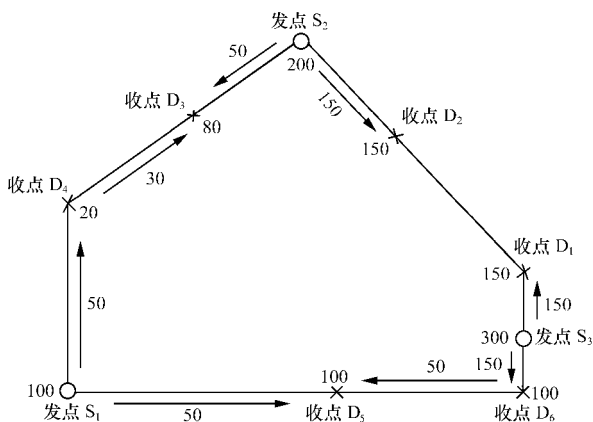


图 5.5

= 30500

这个总吨公里数是否是完成调运任务最小的吨公里数，还要通过下面的步骤④来检查。

④分别计算图 5.5 中的里圈和外圈流向之长，得：

里圈流向长 $20 + 60 + 80 + 50 + 50 = 260$ (公里)

外圈流向长 $30 + 40 + 100 = 170$ (公里)

由于整圈长为 500 公里，因此里圈流向之长超过了半圈长，则该流向图不是最优的，再进行以下步骤。

(3) 调整里圈，即缩短里圈流向。首先从里圈各流向中找出运量最小的流向，在图中是由收点 D_4 运往收点 D_3 的 30 吨。将这个流向去掉，然后开始调整。去掉这个流向相当于将这 30 吨货物退回收点 D_4 ，收点 D_4 多了这 30 吨再退给发点 S_1 。因此发点 S_1 只调运 20 吨货物满足收点 D_4 即可。而发点 S_1 还有 80 吨，则全部调给收点 D_5 ， D_5 需要 100 吨，尚缺的 20 吨只能由收点 D_6 调来。因此收点 D_6 实际需要量是： $100 + 20 = 120$ 吨。这 120 吨货物由发点 S_3 调给。发点 S_3 因而还剩下 180 吨，全部运到收点 D_1 。收点 D_1 所需的 150 吨满足后，剩下的 30 吨继续运往收点 D_2 。收点 D_2 需要 150 吨，还缺 120 吨则由发点 S_2 运来。发点 S_2 运走 120 吨后剩下的 80 吨正好全部运去供应收点 D_3 。至此各收发点的供需全都达到平衡，由此得到一个新的流向图 (图 5.6)。

在这个新的流向图中，里圈流向之长已缩短到 210 公里，而外圈流向之长为 240 公里，均不超过半圈长 250 公里。因此，已满足“里圈和外圈，不过半圈长”，即满足了最优调运方案的充分必要条件，因而这个流向图是最优流向图。

(4) 根据上面得到的最优流向图 (图 5.6) 将其调运的各流量填入供需平衡

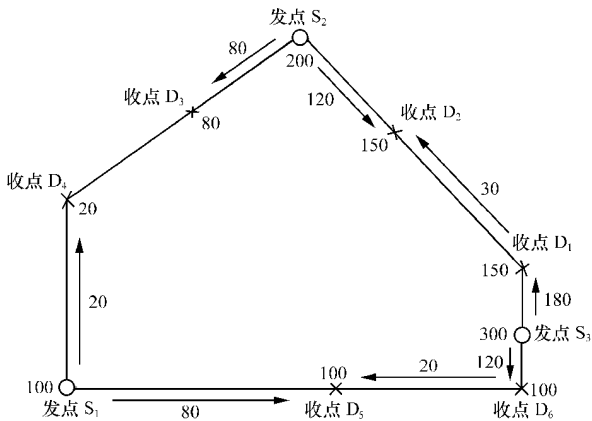


图 5.6

表中，就得到了最优调运方案（表 5.4）。

表 5.4

收点 \ 发点	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	供应量
S ₁				20	80		100
S ₂		120	80		20		200
S ₃	150	30				100	300
需要量	150	150	80	20	100	100	600

根据这个调运方案，计算出来的总吨公里数为：

$$20 \times 80 + 80 \times 100 + 20 \times 60 + 120 \times 20 + 180 \times 30 + 30 \times 70 + 120 \times 50 + 80 \times 40 = 29900$$

这个总吨公里数比初始调运方案的总吨公里数小。根据择优准则，这个最优调运方案已使得完成调运任务的总吨公里数为最小。

3. 道路有多个圈且有分支的情况

即在和运输路线有关的实际交通图中，道路不但构成了多个圈，而且还有一些分支路线。对于这种情况，首先可将有分支路线的情况化为无分支路线的情况，然后再按道路仅有多个圈的情况求最优调运方案。

(1) 将有分支路线的情况化为无分支路线的情况。

这就是将一切分支路线上的供应量和需要量都集中在这些分支与圈的交点处，从而化为仅有圈而无分支的情况。例如在图 5.7 中，道路不仅有圈而且有分支。

这是一个实际的交通图。我们将收点 D₅ 的 60 吨需要量与发点 S₁ 的 50 吨供