

綫性规划在汽車运输中的应用

中国科学院数学研究所运筹室 編
北京市运输公司

人民交通出版社

、 綫性规划是一种科学的计算方法。綫性规划在汽車運輸中应用以后，可以提高里程利用率，節約燃料，降低運輸成本以及提高装卸工人的劳动生產率。

本書介紹了北京市運輸公司在中國科學院等單位的幫助下推行綫性规划过程中所取得的一些經驗。

本書內容主要包括綫性规划在車輛調度、裝配工人的調配及貨源分配等方面具體運用的方法，最後還對這些方法作了理論證明。

本書可供汽車運輸企業的业务人員學習及參考之用。

綫性规划在汽車運輸中的应用

中國科學院數學研究所運籌室 編
北 京 市 運 輸 公 司

*

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新华書店北京發行所發行 全國新华書店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 廠 印 刷

*

1962年8月北京第一版 1962年8月北京第一次印刷

開本：787×1092₃₂ 印張：2³/₈張

全書：68,000字 印數：1—1,300冊

統一書號：15044·4389

定價(10)：0.33元

目 录

前 言	2
几个符号的說明	3
一、导言	4
二、图上作业法	5
三、車輛調度	12
3.1 过去車輛調度方法的分析	12
3.2 空車調拨	16
3.3 循环路綫的組織	19
3.4 发车与收車問題	24
3.5 車輛調度的一些經驗	37
四、装卸工人的合理調配方法	45
五、貨源分配	54
5.1 併点	55
5.2 分配	56
5.3 貨源下达	59

前 言

北京市運輸公司自1960年11月中旬开始，在北京市委与交通局的亲切关怀和直接领导下，通过中国科学院、中国科技大学、北京师范大学、北京师范学院、河北师范学院、北京大学等科学研究机关和高等院校的大力协助，在公司范围内掀起了一个普遍学习运用綫性规划的热潮。几个月来，綫性规划已应用到货源分配、車輛調度、装卸工人調配等方面，并取得了较为显著的成绩。据初步统计，全公司里程利用率已由原来的平均55%左右提高到62%，每天减少空駛里程約14,000多公里，相当于170輛解放牌汽車一天所行駛的里程；每天节约汽、柴油7,000多升，降低运输成本14,000元；装卸工人的劳动生产率则可提高30~40%。

在学习应用和推广綫性规划的过程中，由于科学研究部門、各高等院校与运输部門的紧密结合，因而在綫性规划的方法与理論上也取得了不少的收获。本书就是将这些方法和理論经过整理而写成的。

本书主要是供給从事交通運輸方面的业务人員学习与运用綫性规划时参考之用。

我們所介紹的这些方法还不很成熟，需要进一步通过实践验证加以充实提高。因此，我們也特別將已被发现而尚未解决的某些問題，在本书的附录3中提出来，希望通过集体智慧共同探討解决。当然在其他方面也需要大家多提供宝贵意見，使本书内容更加完善。

几个符号的說明

首先，在这里介紹一下在本书各章节中所常見到的几个符号（在本书中已加附注的某些符号不包括在内）：

"○" 貨物的裝点，即空車的收点；

"×" 貨物的卸点，即空車的发点；

"⊗" 既是貨物的裝点，又是貨物的卸点；

"⇒" 車輛重載的行駛流向，簡称重車流向；

"→" 空車流向；

$\xrightarrow[x \times k]{\sim}$ 这段流向綫的长度 $\times \times$ 公里；

"△" 車場；

"△" 車場发出車輛 $\times$ 部，如 $\triangle$ 表示車場发出一部車；

|甲⇒乙| 从甲地运貨到乙地循环 2 次，如果在右上方記为 "3"，即表示循环三次，依次类推。

一、导 言

在汽車運輸的調度工作中，由于調度計劃安排不當，常常容易發生車場與車場之間、車隊與車隊之間的空車對流，和裝卸工人的工時利用不足而窩工等現象。產生這些現象的原因之一，是調度人員缺少一些可靠的計算方法，以精確判定其凭借自身經驗所制訂的調度方案是否合理。

事實上，一個運輸公司或車場每月所受理的業務，少則几百筆，多則上千筆；可供使用調度的汽車數量几十、几百輛不等；所需裝卸工人的數目也是很多的。因此，調度人員要妥善地合理地組織運輸，的確是件相當複雜的事。如果僅僅依靠原有的方法（儘管這些經驗有其可貴之處）進行調度，則前面所說的那些浪費运力、人力的現象，仍然很難避免。

那末，究竟運用哪些方法才能使得各種調度方案趨于合理呢？我們編寫這本書的主要目的，就是試圖利用一些科學的計算方法——線性規劃的方法，來解決這類問題，同時亦為調度人員提供一些大家都可採用的計算方法。

本書針對調度工作的幾個主要環節，結合運輸業務，系統地闡述各種方法的具体應用。屬於車場一級的調度，主要是車輛調度和裝卸工人的調配。屬於公司一級的調度則主要是貨源分配。

在車輛調度一節中，由運用圖上作業法調撥空車介紹入手，然後結合重車，組織循環路綫，並且在上面的基礎上討論如何進行收發車的問題。最後，還總結了應用圖上作業法後在調度工作中的一些經驗，如對號配貨、貨源編組配套樣板化等。

在裝卸工人調配一節中，介紹了在一般情況下均可適用的編號計算法等。

在貨源分配一節中，對收發點相當多（几百個）的情況，通過併點、過篩等方法，結合圖上作業法的原理，研究了一套分配貨源的方法。

为使讀者在熟練掌握各种方法之后，进一步知其所以然，故在本书附录中专门介紹了这些方法的理論証明。

我們在叙述各种方法时，力求步骤詳細，条理清晰，文字浅显，举例通俗，由簡到繁。因此，具有小学文化程度的調度人員即能理解接受。

最后，需要說明一点，这里所介紹的一些方法，只能作为調度人員制定計劃的一种工具，如能与調度人員本身的丰富經驗和各种相应的管理制度結合运用，則能收到更为良好的經濟效果。

为了照顧到以后各节的需要和叙述方便起見，这里首先介紹一种基本的計算方法——图上作业法，作为汽車运输业中应用綫性规划的基础知識。

二、图上作业法

图上作业法是我国从事物资調拨工作的同志在长期的生产实践中，摸索創造出来的一种科学的計算方法。物资調拨工作中，应用了图上作业法就可以帮助消灭对流和迂迴。就图上作业法所处理的物资調拨問題而論，虽然綫性规划的其他一些方法（如表上作业法、單純形法等），同样可以解决問題，但前者要比后者来得步骤簡單、形式直观、内容通俗。

現在，我們用物资調拨的例子，先說明，什么叫对流？什么叫迂迴？如何消灭对流和迂迴？然后介紹图上作业法的具体运用方法。

什么叫对流呢？对流，就是同种物资在一条綫路上相对方向的运输現象。如有某种物资，由甲地运往乙地，另外又有相同数量的同样物资，由丙地运往丁地。如图 1 所示。

从图 1 中，我們看到，这

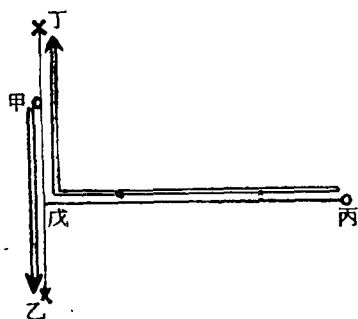


图 1

二批物資在甲地和戊地之間形成对流。很明显，如果把甲地物資調运給丁地，而丙地物資調运給乙地（見圖 2），即可消灭对流。

什么叫迂迴呢？用一句通俗簡單的話來說，迂迴就是“近路不走走远路”的意思。在圖 3 中，甲地有貨物經過丙地而运往乙地，走了 9 公里。如果，經過丁地而运往乙地只要走 6 公里就行了。这样，我們就把前一种運輸叫做迂迴運輸。这是最簡單的迂迴現象。

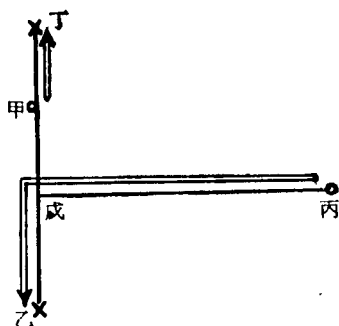


圖 2

迂迴現象还有更为复杂的情形。例如图 4，甲地有某种物資調运到

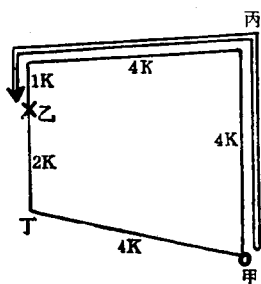


圖 3

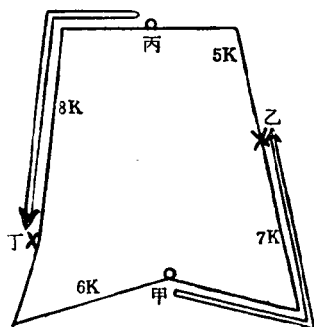


圖 4

乙地，丙地有同样的物資調运到丁地，其調运总里程为： $7 + 8 = 15$ （公里）。如果，我們把甲地的物資調給丁地，丙地的物資調給乙地，則調运总里程为： $6 + 5 = 11$ （公里），比原来少跑 4 公里。虽然这是收发点各有二个的情形，但总起来看，运用前一个方案的结果，實質上是“近路不走走远路”的变形。事实上，这样的收发点可能是很多的，情况将会更复杂，因此，迂迴現象不是很容易就能一眼看清的。

图上作业法告訴我們：怎样去发现对流和迂迴；同时，它还幫助我們，只需經過图上的簡單运算，即可消除这些不合理現象，从而寻找出

最为合理的物资调运方案。

现在，我们对图上作业法的具体运用方法，进行详细介绍。

我们知道，任何一张交通线路图，其中线路的分布形状，大体可分为不成圈（包括直线、丁字形、叉线等）和成圈（包括三角形、四方形、多边形等）二种情况。我们将分别按照这二种不同情况加以说明。

（一）线路不成圈的情况

若将其操作方法写成口诀，便是：“道路无迴环，各端供需归邻站”。例如有某种物资的调运平衡表，如表 1 所示。

各供销点的路线如图 5 所示。

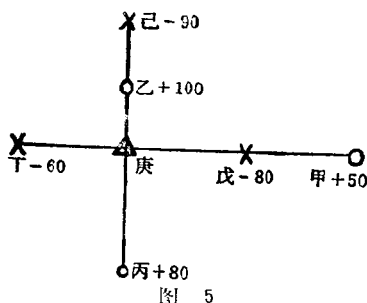
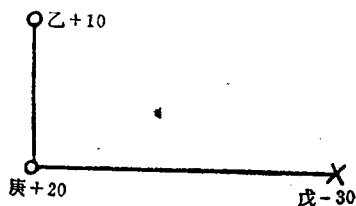


表 1

发点 \ 收点	丁	戊	己	发量(吨)
甲				50
乙				100
丙				80
收量(吨)	60	80	90	230

根据口诀，我们先从各端点供需开始。甲地 50 吨供给邻站戊地，此时，戊地变为只再需要 30 吨；己地需要的 90 吨，由邻站乙地供应，乙地变为可再调出 10 吨的起点；丙地 80 吨运至交叉口庚地，庚地变为发点，可调出 80 吨；丁地所需的 60 吨可由邻站庚地供应。于是，我们就得到了一个新的物资调拨方法：戊地需要 30 吨，由庚地发出 $80 - 60 = 20$ 吨，乙地发出 10 吨。图 5 可化为图 6。



我们再从各端开始考虑，

乙地10吨发給庚地，庚地变为可发出30吨。最后庚地的30吨恰好全部供应戊地。

这时，我們已經作好一个完整的調拨方案了，如表 2 所示。

我們还可以把表 2 画成物资流向图，如图 7 所示。

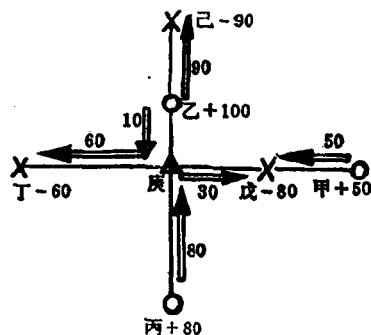


图 7

收点 \ 发点	丁	戊	己	发量(噸)
甲	60	30		90
乙		10	90	100
丙		80		80
收量(噸)	60	80	90	230

对于这样的調拨方案，我們究竟根据什么标准来評定它是合理或不合理呢？它的标准是：任何一个方案只要沒有对流存在，那末，該方案一定是最合理的，也是最好的。其道理是显而易見的，毋須多加解释。

由图 7 所示方案，可以看出沒有对流，因此，这是最好的方案。

(二) 綫路成圈的情况

其操作方法可分为以下三步：

第一步：做出初始方案。

做初始方案的方法，可用口訣表示：“甩一段，破一圈，有几圈，甩几段，化为无廻环，作出初始案”。

例如，有这样一些物资調拨任务：甲、乙、丙三地分別可調出40、30、30吨某种物资；丁、戊、己三地各需調进 20、30、50 吨的同种物资。各点間的路綫图如图 8 所示。

現在先甩掉一段距离最长的路綫。图中，甲到丁60公里，在各段中最长。甩一段的意思，是暂时决定不把甲地物资运往丁地。于是，路綫图变为图 9 所示。

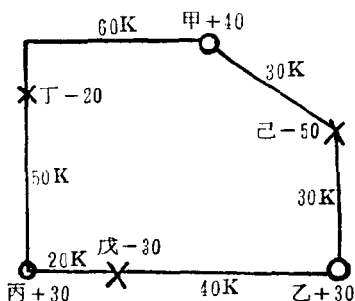


图 8

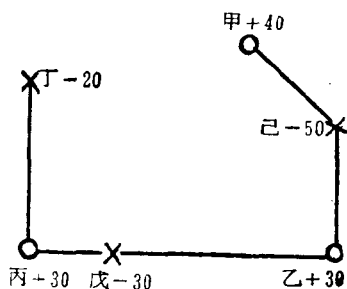


图 9

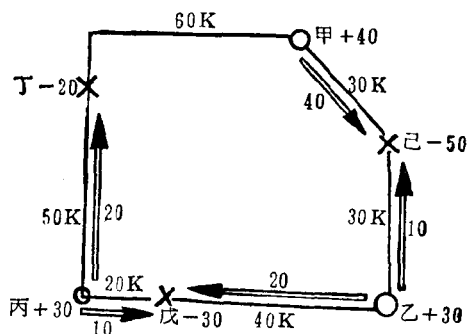


图 10

这就是“破圈”，把有圈的道路变成不成圈的道路。这样就可应用不成圈的操作方法——“道路无迴环，各端供需归邻站”，即可得到如图10和表3所示的调拨方案。

第二步：检查。

检查的方法，又可用下面的口诀表示：

“物资流向画右旁，路上对流不应

表 3

发点 \ 收点	丁	戊	己	发量(吨)
甲			40	40
乙		20	10	30
丙	20	10		30
收量(吨)	20	30	50	100

当，里圈外圈分别算，都不超过半圈长”。

这四句话告诉我们：

一是流向怎样画法？应该一律画在右旁（或一律画在左旁亦可，只要按照一个统一的画法，不致忽左忽右，造成混乱）。从图10中我们可以看出，有的流向线画在圈里（称为里圈流向），有的流向线画在圈外（称为外圈流向）。

二是判别一个调拨方案的合理标准有二条：首先是没有对流（这在作完第一步后已经得到保证）；其次是里圈流向线的总长，不超过全圈（即里圈流向、外圈流向与空圈之和）的一半长，同时，外圈流向线的总长，也不超过全圈的一半长。

在我们的例子中：

全圈长： $60 + 30 + 30 + 40 + 20 + 50 = 230$ 公里

全圈的一半长： $230 \div 2 = 115$ 公里

外圈流向总长： $30 + 20 = 50$ 公里

里圈流向总长： $50 + 30 + 40 = 120$ 公里

现在虽然外圈流向总长不超过全圈的一半，但是里圈流向总长却超过了全圈的一半长，因此，可以断定这个方案有迂迴现象存在。因而不合理的，必须进行调整。

第三步：调整流向。

如果里圈流向总长超过了全圈的一半长时，则应缩短里圈流向。如果，外圈流向总长超过全圈的一半长时，则应缩短外圈流向。怎样缩短呢？应该选择该圈流向末端流量最小的进行调整。在超过全圈总长的里（或外）圈各段流向线上减去最小的运量，然后再在方向相反的外（或里）圈流向线和原来没有流向线的各段（即空圈），加上同样数目的运量，这样就得到了一个新的调拨方案。

虽然新方案已经比旧方案有所改进，但是还要再对新方案进行检查和调整，直到里圈流向总长、外圈流向总长都不超过全圈的一半长时，就可得到最好的调拨方案了。

在这个例子中，里圈流向总长超过了全圈的一半，而各段里圈流向中，流量最小的是20。调整后，就得图11及表4所示的新方案。

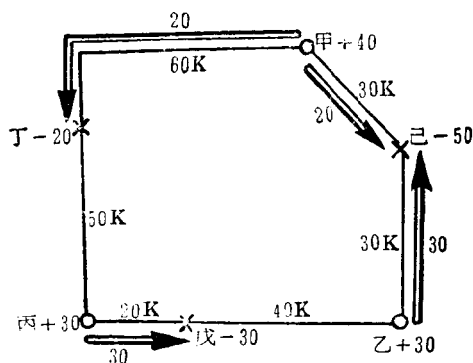


图 11

再对新方案进行检查:

里圈流向总长: 30公里

外圈流向总长:

$$30 + 60 + 20 = 110 \text{ 公里}$$

全圈的一半长为115公里

因此, 里圈、外圈流向总长都不超过全圈的一半长。

到此为止, 我们就得出最好的调拨方案了。

现在让我们比较一下前后二个方案的运力消耗情况:

前方案: $20 \text{ 吨} \times 50 \text{ 公里} + 10 \text{ 吨} \times 20 \text{ 公里} + 20 \text{ 吨} \times 40 \text{ 公里} + 10 \text{ 吨} \times 30 \text{ 公里} + 40 \text{ 吨} \times 30 \text{ 公里} = 1000 \text{ 吨公里} + 200 \text{ 吨公里} + 800 \text{ 吨公里} + 300 \text{ 吨公里} + 1200 \text{ 吨公里} = 3500 \text{ 吨公里}$

后方案: $30 \text{ 吨} \times 20 \text{ 公里} + 30 \text{ 吨} \times 30 \text{ 公里} + 20 \text{ 吨} \times 30 \text{ 公里} + 20 \text{ 吨} \times 60 \text{ 公里} = 600 \text{ 吨公里} + 900 \text{ 吨公里} + 600 \text{ 吨公里} + 1200 \text{ 吨公里} = 3300 \text{ 吨公里}$
 $3500 \text{ 吨公里} - 3300 \text{ 吨公里} = 200 \text{ 吨公里}$

后方案比前方案要节省200吨公里。

表 4

收点 \ 发点	丁	戊	己	发量(吨)
甲	20		20	40
乙			30	30
丙		30		30
收量(吨)	20	30	50	100

上面举例是說明一个圈的情况。假如遇到几个圈的时候，仍应逐圈检查，逐圈調整，直到每一个圈都符合检查原則时，就是求得最好的方案了。例如，对于图12的情况，則我們需要检查三个圈：即〔甲—乙—丙—丁—甲〕、〔丙—戊—己—丁—丙〕和〔甲—乙—戊—己—甲〕。

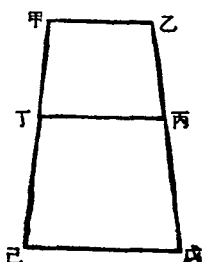


图 12

通过以上介紹，可見图上作业法的确是一种既簡便又有效的物资調拨方法。那么，这个方法怎样用到汽車調度工作中去呢？請看以后各章，便知分晓。

三、車輛調度

3.1 过去車輛調度方法的分析

在图上作业法一节中，我們提到过物资調拨的問題。在物资調拨中，当供和需双方的要求被滿足以后，我們就要求研究在确定物资的流向、流量的基础上，如何使所花费的总运输力为最小。可是在汽車运输业务中，問題似乎大不相同。因为运输部門是受理物资供銷部門的委託而从事运输，什么地方物资送到什么地方去，运量多大，已經完全由貨主确定。流向、流量合理与否，运输部門一般不加过問。但是用以从事运输业务的車輛，却是运输部門可以而且应该加以合理調度的对象。在車輛調度中，有些問題和物资調拨問題本質上是相同的。

在运输过程中，我們发现在一定的时期，有些地方运进的物资多，而运出的物资少。相反，另外一些地方却是运进的物资少，而运出的物资多。例如基建工地，就是进多出少，而在大白菜上市的季节，生产蔬菜多的公社便是进少出多。这样，有些地方在車輛卸貨后，无貨可載，必須空車开往他处；而另一些地方却有待空車开进来装运貨物。这些空車如何調拨才能使空車行駛的路程最短，却是运输部門值得注意的問題；而这个問題本質上是一个与物资調拨相类似的問題。这里所調拨的

物資是空車，爭取的指標是空駛的總路程最短。

自然，車輛調度不僅僅是空車調撥，還有其他問題。例如空重車如何搭配，也就是循環路綫的組織問題；車場向何處發車，由何處收車等。

一般運輸公司是根據經驗來調度車輛。這些經驗是很值得重視的，但是由於調度業務的複雜，有時單憑經驗就不一定能夠得到最好的效果。因此有必要對其進行科學加工，整理出比較系統的方法。這不僅能使車輛調度更加合理；而且能使開始從事調度工作的同志易於掌握。

單純根據經驗所總結出的方法，往往照顧全局不夠，因而在有些場合便不能完全消滅不合理的現象。我們看一看下列一些情況。

某些運輸公司經常採用的一個方法，就是“就近搭配空車”。這個方法是這樣的，當一輛車在某地卸貨後，如果該地無貨裝出，那末便開往該地最近的裝貨地點。粗略看來，也很合理。但是由於照顧全局不夠，有時就不免有不合理現象。因為“就近搭配空車”雖然對該車、該次的空駛路程壓縮到最短。但是這樣做，會不會在整個運輸過程中，其他車輛卻不得不增加了空駛路程，因而總的說來，未必合算。

例如我們有下列三筆任務：

砂石
甲地 $\Rightarrow$ 乙地，

煤
丙地 $\Rightarrow$ 丁地，

磚
戊地 $\Rightarrow$ 己地。

各裝卸點的交通圖如圖13所示。

根據“就近搭配空車”的原則，車輛在乙地卸完砂石後，因乙地離丙地較離戊地為近，因而由乙地空駛至丙地，裝煤運至丁地。在丁地卸貨後，丁地離甲地較近，因而空駛至甲地，這樣組成下列循環：

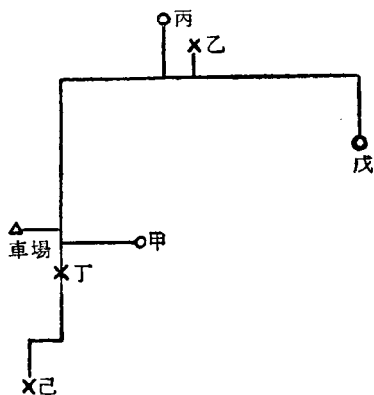


圖 13

$$\textcircled{1} \Delta \xrightarrow{1K} \text{甲} \xrightarrow{8K} \text{乙} \xrightarrow{3K} \text{丙} \xrightarrow{8K} \text{丁} \xrightarrow{1K} \text{甲}$$

$$\text{里程利用率} = \frac{8+8}{1+8+3+8+1} = \frac{16}{21} = 76.2\%$$

$$\textcircled{2} \text{戊} \xrightarrow{16K} \text{己} \xrightarrow{16K} \text{戊}$$

$$\text{里程利用率} = \frac{16}{16+16} = 50\%$$

我們称上述方案为第一方案。如果我們略加調整，便得下列第二方

案：

$$\textcircled{1} \Delta \xrightarrow{1K} \text{甲} \xrightarrow{8K} \text{乙} \xrightarrow{6K} \text{戊} \xrightarrow{16K} \text{己} \xrightarrow{4K} \text{甲}$$

$$\text{里程利用率} = \frac{8+16}{1+8+6+16+4} = \frac{24}{35} = 68.5\%$$

$$\textcircled{2} \text{丙} \xrightarrow{8K} \text{丁} \xrightarrow{8K} \text{丙}$$

$$\text{里程利用率} = \frac{8}{8+8} = \frac{8}{16} = 50\%$$

在上述两个方案中，里程利用率都分別計算，因而表面看来，似乎第一方案比第二方案好。事实不然。如果我們在两个方案中都不是分別計算里程利用率，而是計算其总的里程利用率，那末我們便得出：

在第一方案中总的里程利用率为

$$\frac{8+8+16}{1+8+3+8+1+16+16} = \frac{32}{53} = 60.4\%$$

在第二方案中总的里程利用率为

$$\frac{8+16+8}{1+8+6+16+4+8+8} = \frac{32}{51} = 62.7\%$$

显然第二方案比第一方案好。如果我們再画一画空車流向图（图14），則更为一目了然。因为根据第一方案所画的流向图，显示出由乙地調往丙地的空車与由己地調往戊地的空車，在乙地以西的一段路程上

造成对流。这正是第一方案总的里程利用率较低的原因。

有时根据经验组织了各个循环，虽然每一个孤立起来看都还合理，但是将各个循环总起来一看，就会发生问题，上面已经看到过可能发生对流的情况。现在再来看一个例子。例如有下列两个循环：

$$\textcircled{1} \text{甲}_1 \Rightarrow \text{甲}_2 \Rightarrow \text{乙}_1 \Rightarrow \text{乙}_2$$

$$\textcircled{2} \text{丙}_1 \Rightarrow \text{丙}_2 \Rightarrow \text{丁}_1 \Rightarrow \text{丁}_2$$

其空车流向图分别如图15和图

16所示。分开来看，都看不出什么问题。但是如果合并起来如图17所示，那末我们便立即发现在丙₁至甲₁之间发生对流，而在圈乙₁丙₂丁₁乙₁上出现迂迴现象。合理的循环应该组织如下：

$$\textcircled{1} \text{甲}_1 \Rightarrow \text{甲}_2 \Rightarrow \text{丁}_1 \Rightarrow \text{丁}_2$$

$$\textcircled{2} \text{丙}_1 \Rightarrow \text{丙}_2 \Rightarrow \text{乙}_1 \Rightarrow \text{乙}_2$$

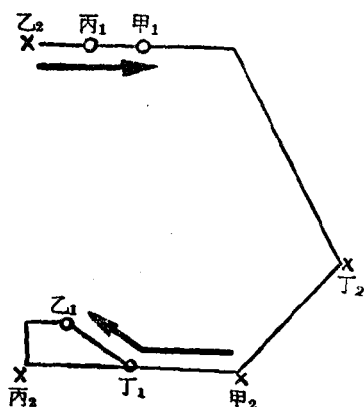


图 15

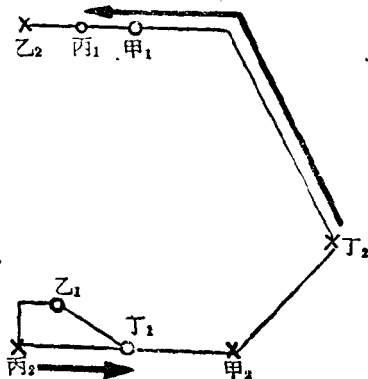


图 16