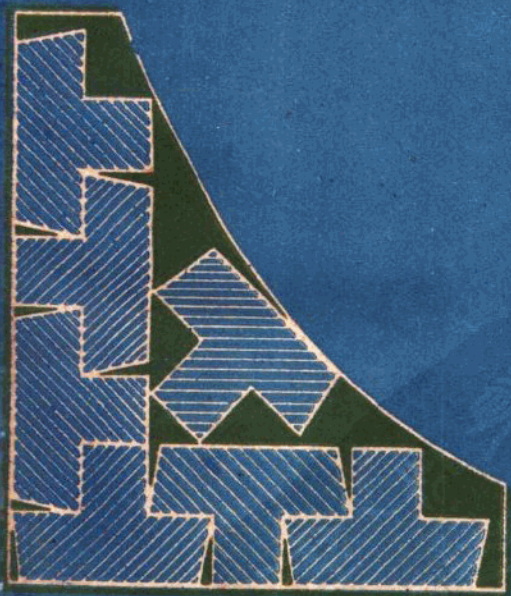


# 线性规划 在工业上 的应用

湖南师范学院数学系编写



湖南科学技术出版社

书号：0300

## 綫性规划在工业上的应用

湖南师范学院数学系編写

\*

湖南科学技术出版社出版(长沙市新村路)

湖南省新华印刷厂印刷 湖南省新华书店发行

---

开本：787×1092毫米 1/32·印张：1 9/16·字数：33,000

1962年7月第一版

1962年7月第一次印刷

印数：1——2,100 定价：(6) 0.14元

统一书号：15162·68

## 前 言

1958年以來，我國的社會主義建設事業在總路線、大躍進、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，取得了偉大的成績。當前，我們又在黨中央的集中統一領導下，進一步全面進行以調整為中心的“調整、鞏固、充實、提高”的工作，認真總結經驗，進一步改進工作為我國建設事業在新的水平上繼續前進開辟道路。

三年來大躍進的經驗證明：加強黨的領導，堅持政治掛帥，充分發動群眾，健全企業組織管理，是办好工業企業的根本保證。因此，我們在工業生產中，就必須廣泛應用和推廣先進的科學技術和工作方法，以便節約人力物力，提高勞動生產率，出色地完成國家任務。幾年來，我省許多工業企業單位，應用綫性規劃，為國家節約了大量資金，顯著地提高了生產的事實，就有力地說明了這一點。

目前，綫性規劃在工業中已開始有了廣泛的應用。它是一門研究如何使用最少的人力物力去最大限度地完成生產任務的專門科學，它可以為我們提供最合乎經濟原則的科學工作方法。為了使這一門科學能為廣大工人群眾所掌握，以促進生產的迅速發展和提高，我們特就工業生產中如何運用綫性規劃的方法，解決合理下料、機床負荷、勞力安排、廠內運輸、場地規劃、質量控制等問題，結合我省的具體情況，整理總結了綫性規劃推廣應用過程中的部分資料，編寫成了這本小冊子。為了普及的原故，在編寫過程中，我們在取材方面，力求簡明扼要，敘述方面，則力求通俗易懂，並且側重於從具體事例的分析入手，把方法交代清楚。對於理論上的闡述和推証，則很少涉及。但是，由於我們的實際經驗缺乏，加之受思想認識水平與業務水平的限制，書中不妥之處一定很多，希望讀者多多批評指正。

編 者 1962年1月

# 目 录

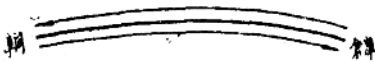
第一章	厂内运输	(1)
第二章	地面布局和工艺路线	(10)
第三章	合理下料	(16)
第四章	机床负荷与劳力分配	(30)
第五章	工业产品的质量控制	(37)
	一、什么叫做质量控制	(37)
	二、工序控制的方法	(39)
	三、质量控制的应用	(47)

## 第一章 厂内运输

在工业生产过程中，常常需要把毛坯或原料从一个地方搬到另一个地方去进行加工。在加工的时候，不可避免的会产生许多废料，这些废料，如果不及时把它运走，就会影响生产。因此，如何合理地组织厂内运输，是关系到提高生产效率的重大问题。经验证明，只要我们规划得好，安排合理，要减少非生产人员，加强生产第一线，避免窝工待料现象，是完全可以做得到的。

在组织厂内运输的过程中，容易发生的不合理现象，可能有如下两种：一是对流，二是迂回。先谈对流。如长沙橡胶厂，过去仓库材料组用车子往车间送料，是送货去空车回，而成品组却是空车到车间去拖货回，每天要放空跑30次，现在他们把这两组合并，往车间运料的就带运成品回，便纠正了跑空的现象，每天缩短里程7.5公里，过去两个组一天忙到晚，现在不仅能提前完成任务，还能节约劳力两人。很明显，这是因为克服了仓库和车间之间“空车对流现象”，这种现象是可以避免的不必要的浪费(图一)。

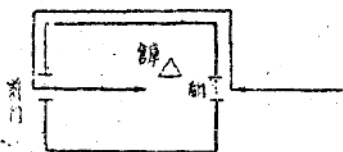
又如我们过去在工厂  
建设中常常看到的，东边  
采用从西边运来的砖，而



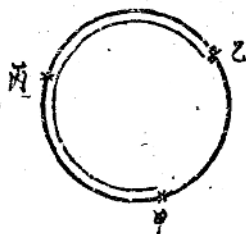
(图一)

西边又采用由东边运来相同质量的砖，以致在东西之间造成了物资的对流，如果我们事先计划好，东来的砖东边用，西来的砖西边用，只对不平衡的部分进行调整，这样就会大大的减少运输压力，不仅能节约劳力，而且也能加速任务的完成。

再談迂迴。所謂迂迴，就是我們平時所說的“近路不走走遠路”。如长沙某工厂，不論進出的貨物都得繞道从前門進入(如图二)。如果能够設法直接从后門出進，就可減少許多不必要的運輸。一般來說，在一個圈上從一點到另一點有兩條路可走，一條是小于半個圈子的，另一條是大于半個圈子的，如果我們走了大于半個圈子的，便是迂迴，也就是形成了不必要的浪費(如图三)。



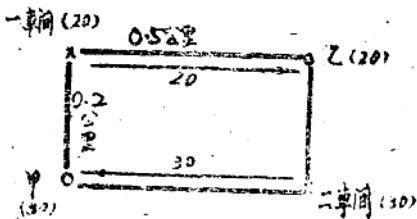
(图二)



(图三)

消滅對流和迂迴是節約勞力的有效方法之一。也許有人會說，從以上的情況來看，對流和迂迴不都是一眼便看得出來的嗎？還需要什么數學

方法呢？事實上并非如此；在錯綜復雜的工作中，對流和迂迴并不都是容易發現的。再拿迂迴來說吧，如某工厂有一天需要



(图四)

把一車間的20担廢料和二車間的30担廢料搬走，經了解，甲處能存放廢料30担，乙處能存放廢料20担，該厂的工人同志很自然的

就把二車間的30担廢料搬至甲处，一車間的20担搬至乙处(如图四)，这样我們总共走的担公里数(1担公里等于挑一担貨物走一公里) $=30 \times 0.5 + 20 \times 0.2 = 19$ (担公里)。如果我們不这样運輸，而讓一車間的20担廢料存甲处，二車間有10担存甲处，20担存乙处(如图五)，則現在所走的担公里数只有： $20 \times 0.2 + 10 \times 0.5 + 20 \times 0.2 = 13$ (担公里)，很显然，这样运也同樣能完成運輸任务，但少走了6担公里数。因此可以肯定，第一种運輸方案不合理，实际上在第一种運輸方案里，在整个圈子上，順同一方向所走过的总路程为 $0.5 + 0.5 = 1$ 公里，长于整个圈长1.4公里的一半，也就是說走了大半圈子。按照前面的說法，便是迂迴。一般來說，如果在一个圈子上有很多段都有相同的貨物向同一方向运走，而各段路程的总和大于半圈，这也是迂迴(如图四)。

綫性规划在厂內運輸問題上的应用，在于彻底消灭对流和迂迴，实际上我們作一个方案如果經過檢查后沒有对流和迂迴，它便是最好的運輸方案了。

怎样才能看出一个方案有沒有对流呢？只要在運輸图上把流向划出来，便很容易发现。所謂流向，就是从发点到收点順着貨运(这貨物也可以是空車，如例一就是)方向划上一个带箭头的綫段，图一中有两个带箭头的綫段，一个从仓库到車間，一个从車間到仓库，很明显在仓库車間之間便出了方向相反的两个流向，称为空車对流。因此，我們只要先划一个流向图，就可以发现和消灭对流了。为了方便，我們以后把流向划在順着道路前进方向的右旁，流向所占路綫的长叫做該流向的长。

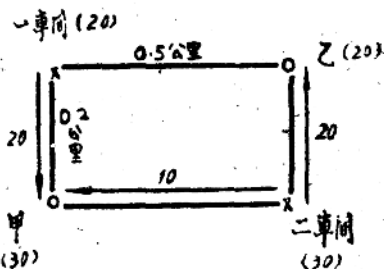
消灭对流之后，还要消灭迂迴。对于交通路綫所围成的任何一个圈子，由于流向一定划在順着道路前进方向的右边，有的流

向会落在圈子的外面,有些流向会在圈子的里面,如果圈外所有流向的长没有超过全圈长的一半,同时圈内所有流向的长,也没有超过全圈长的一半,那末在这个圈子上,就没有迂迴。如果所有的圈子都合乎这个要求,这个方案便是最好的运输方案。为了便于记忆,我们把它写成

如下的四句口诀:

流向一律划右旁,  
对流运输不应当;  
里圈外圈分别算,  
都不超过半圈长。

现在我们已经能够判



断一个方案是不是最好的

(图五)

了。但是如何做方案?如何变不好的方案为最好的方案?还是值得进一步讨论的。为了容易说明问题,我们仍看如下的一个实例。

长沙某钢铁厂有甲<sub>1</sub>、甲<sub>2</sub>两个炼焦炉,现在需要把这二个炼焦炉所炼的焦分送到乙<sub>1</sub>、乙<sub>2</sub>、乙<sub>3</sub>、乙<sub>4</sub>四个炼钢炉去,应该如何分配才能使整个运力即整个的吨米数(1吨米=运一吨焦走一米)最省呢?炼焦炉所炼的焦炭量,炼钢炉所需的焦炭量、及它们之间的距离如下表:

距离(米) \ 炼钢炉(吨)	乙 <sub>1</sub>	乙 <sub>2</sub>	乙 <sub>3</sub>	乙 <sub>4</sub>	生产焦炭量
甲 <sub>1</sub>	300	700	400	350	457
甲 <sub>2</sub>	150	650	300	200	343
所需焦炭量	190	220	210	180	800



要解决这个问题，可以分为如下的几个步骤：

第一步，作出交通图（如图六）。

第二步，在这个交通图上作流向图。我们可以随便从那个炼焦爐开始，例如从甲<sub>1</sub>开始，根据就近调配原则，甲<sub>1</sub>可分配220吨給乙<sub>2</sub>，190吨給乙<sub>1</sub>，余下的47吨給乙<sub>4</sub>，这样甲<sub>2</sub>就要有210吨調給乙<sub>3</sub>，133吨調給乙<sub>4</sub>，我們就可画出一个流向图来（图七）。

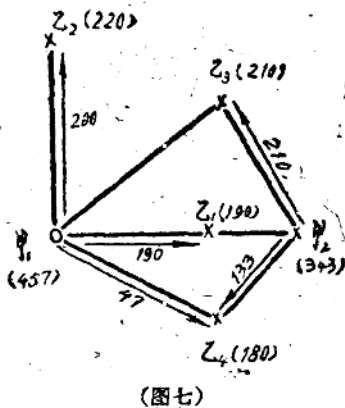
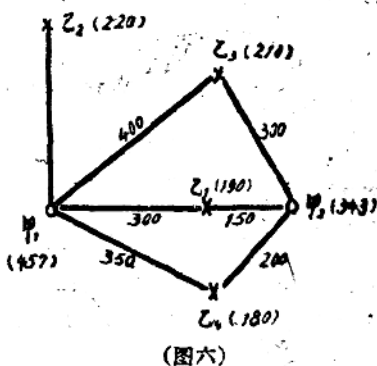
第三步，检查

这个流向图是不是最好的呢？这就要检查它是不是有对流和迂迴。在检查之前，我們要特别注意，

象这样的交通线共围成三个圈，即：甲<sub>1</sub>→乙<sub>3</sub>→甲<sub>2</sub>→甲<sub>1</sub>，甲<sub>1</sub>→乙<sub>4</sub>→甲<sub>2</sub>→乙<sub>3</sub>→甲<sub>1</sub>和甲<sub>1</sub>→乙<sub>4</sub>→甲<sub>2</sub>→甲<sub>1</sub>，因此对上述的三个圈子都要进行检查。

先看第一圈（甲<sub>1</sub>→乙<sub>3</sub>→甲<sub>2</sub>→甲<sub>1</sub>）很容易看出是没有对流的，至于是否有迂迴，我們还需要进行如下计算：

圈的总长 =  $400 + 300 + 150 + 300 = 1150$  (米)



外圈长=300+300=600(米),大于575(米)。由此不必再往下算,我們就可肯定上方案存在迂迴,不是最好的,即吨米数不是最少的。

#### 第四步,調整

當我們檢查出所作方案存在迂迴以后,就要进行适当的調整。調整的方法是:當我們发现外圈流向长于半圈以后,就需要把这个圈上的外圈流向中

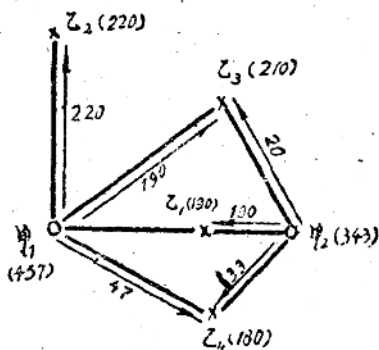
流量最小的那段流向去掉,即是把該段的貨运物资从另一方向进行配調,

如本例本圖中,流量最小的流向是甲<sub>1</sub>乙<sub>1</sub>段,甲<sub>1</sub>的190吨焦炭我們不把它調給乙<sub>1</sub>,而从相反的方向調給乙<sub>3</sub>,乙<sub>3</sub>本来需要210

吨,其余20吨可由甲<sub>2</sub>供給,甲<sub>2</sub>还余323吨,其中190吨可調給乙<sub>1</sub>,133吨給乙<sub>4</sub>。經過这样的平衡以后,我們就可得到一个新的流向图(图八)。

經過这次調整以后,我們还不能断定它就是最好的調配方案,仍要对上述的三个圈进行檢查調整,一直到所有的圈都合于条件为止。

容易看出,上流向图的第一个圈(甲<sub>1</sub>→乙<sub>3</sub>→甲<sub>2</sub>→甲<sub>1</sub>)是既无对流又无迂迴的。再計算第二个圈(甲<sub>1</sub>→乙<sub>4</sub>→甲<sub>2</sub>→乙<sub>3</sub>→甲<sub>1</sub>),圈的总长=350+400+200+300=1250(米)。外圈长=350+300=650(米),大于625(米)。



(图八)

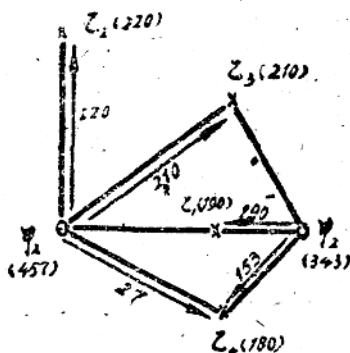
經過这样的平衡以后,我們就可得到一个新的流向图(图八)。

經過这次調整以后,我們还不能断定它就是最好的調配方案,仍要对上述的三个圈进行檢查調整,一直到所有的圈都合于条件为止。

容易看出,上流向图的第一个圈(甲<sub>1</sub>→乙<sub>3</sub>→甲<sub>2</sub>→甲<sub>1</sub>)是既无对流又无迂迴的。再計算第二个圈(甲<sub>1</sub>→乙<sub>4</sub>→甲<sub>2</sub>→乙<sub>3</sub>→甲<sub>1</sub>),圈的总长=350+400+200+300=1250(米)。外圈长=350+300=650(米),大于625(米)。

由此我們同样可以肯定，这个流向图还不是最好的。根据前述方法，我們又可調整出如下的流向图来(图九)。

再对上述三个圈进行检查，結果是每个圈都沒有存在对流和迂迴，这样的流向图是最好的流向图。



(图九)

第五步，根据最好的流向图作出調运方案表如下：

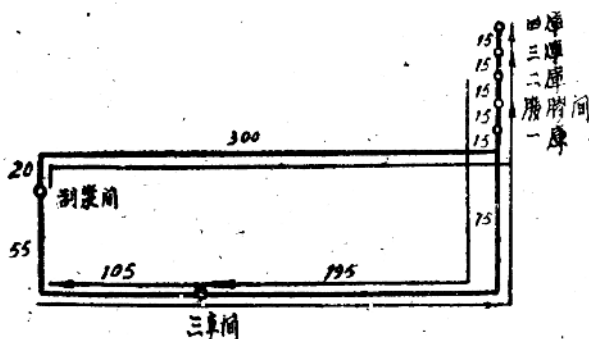
調 运 方案 炼 焦 爐	炼 鋼 爐	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	生 产 焦 炭 数
甲 <sub>1</sub>			220	210	27	457
甲 <sub>2</sub>		190			153	343
需要焦炭数		190	220	210	180	

以上所介紹的图上作业法的两个原則，对厂内运输來說，确有很大的指导作用，不过对某些路面來說可能因路狹行人多或其他某种原因，而造成一时的行車困难，这时我們可以选走另一条比較短的路綫。显然，这种走法还是比较合理的(最短路綫到底如何选择，选择后如何檢查其合理性，方法是有的，在此我們就不进行詳細討論了)。

上面我們所考慮的問題都是在运力最省的情況下如何去調配任務。但是在工廠中我們常常碰到的運輸問題，其任務是固定的，而所要求的是要我們去組織運輸路綫，以便能用極少的人力最快地完成任務。下面，再舉一個例子來說明：例如某橡膠廠某天有如下的運輸任務。

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ① 廢膠庫 $\xrightarrow{\text{廢膠}}$ 煉膠間 | ② 煉膠間 $\xrightarrow{\text{再生膠}}$ 一車間 |
| ③ 一車間 $\xrightarrow{\text{膠料}}$ 三車間 | ④ 三車間 $\xrightarrow{\text{成品}}$ 二倉庫  |
| ⑤ 四倉庫 $\xrightarrow{\text{原料}}$ 一車間 | ⑥ 三倉庫 $\rightarrow$ 刮漿間              |

這個廠當天派了六個組去分別完成上述任務，從下面的交通圖（圖十）可以看出他們總共空駛的路程為  $105 + 300 + 105 + 315 + 450 + 380 = 1655$ （米）。

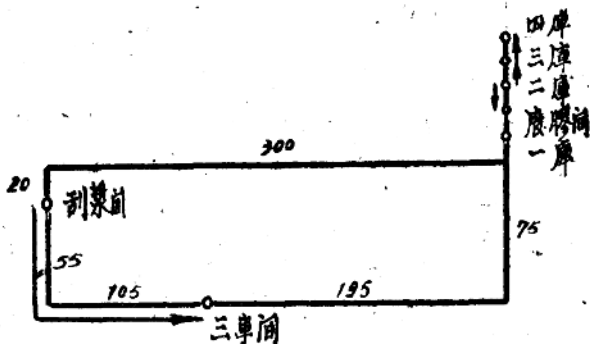


（圖十）

這樣組織的運輸路綫是不好的，因為在上面的流向圖中，空駛流向不僅有對流而且也有迂迴，要消滅這個對流和迂迴，可以完全按照前述圖上作業法的方法來進行處理，不過根據本例的特點，一看便知道可以按如下的路綫來組織運輸：

- ① 廢膠庫 → 煉膠間 → 再生膠 → 一車間 → 膠料 → 三車間 → 成品 → 二庫  
     放空 → 廢膠間
- ② 四庫 → 原材料 → 一車間 → 膠料 → 三車間 → 成品 → 二庫 → 放空 → 四庫
- ③ 三庫 → 刮漿間 → 放空 → 三車間 → 成品 → 二庫 → 放空 → 三庫

這些路綫完全是工人在學了綫性規劃以後組織起來的，按這些路綫進行運輸是不是合理呢？我們可以用圖上作業法來進行檢查（如圖十一）。



(圖十一)

從上圖可知，這個流向圖是完全符合圖上作業法的兩個條件的，因此按這種方案進行運輸，空駛噸公里數一定是最少的。上述問題，因限於篇幅，我們沒有闡述車輛調度的一般方法。

要徹底解決廠內運輸的問題，首先我們還應設法盡量避免不必要的運輸，在條件許可的工廠里，可考慮重新規劃地面，合理布局，尽可能使相鄰兩工序的機床擺得近些，相互銜接，以便組織流水作業，減少搬運，方便上下工序的聯系工作。當然在考慮這些安排的同時，在不影響生產的情況下，歸并同類機床，作

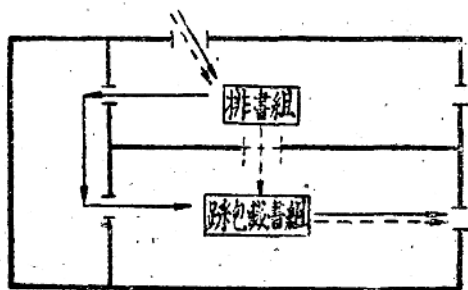
到整齐美观，也是值得重视的。但是也不必强求一致，不然就会造成巨大的劳力浪费和拥挤现象。在厂内或各车间内将各种生产设备布置好了以后，再去着手组织运输路线的工作，不然不管你把路线组织得如何好，仍会有巨大的劳力浪费现象。到底要如何进行规划和如何布局，才算最为合理，这是我们下章所要介绍的内容。

## 第二章 地面布局和工艺路线

前面我们介绍了厂内运输，利用图上作业法，消除运输线上的对流和迂回，可以大大节约运输力。把图上作业法的原理，用于工场地面布局、仓库货物摆设和调整工艺路线方面，也能大大提高劳动效率、

减轻劳动强度与充分利用设备。

现在我们就拿一些工厂在运用过程中的几个例子向大家介绍。



【例1】某

(图十二) 实线——原工艺路线  
虚线——调整后工艺路线

印刷厂平装工段，按原来的工艺路线（见图十二）由排书组到踩包裁书组，要跑一个大圈圈。现在两组之间开了一张门，直接连通，使运输路程由原来的38米缩短为10米。以每天运量15吨计算，每天就可节约运力

$$15 \times (38 - 10) = 420 \text{ (吨米)}$$

相当于节约了一个劳动力的工作量。

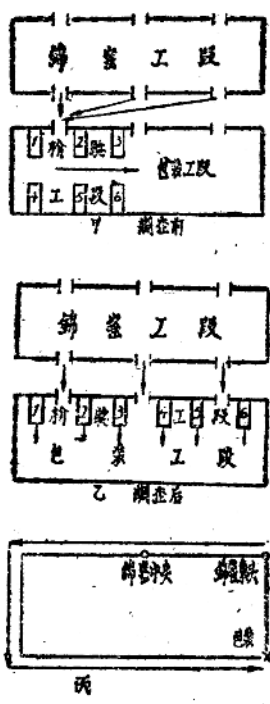
【例2】某瓷厂检验包装工段，是该厂生产过程中最后一道工序，它的任务是将锦窑工序煅烧出来的成品进行检验和包装。

这几道工序原来的工艺路线如图十三甲所示；锦窑工段煅烧后的成品，不管是东头的和西头的，一律运往西头检验工段，检验后再由两个劳力转运到东头进行包装。

由于从锦窑东头、锦窑中点生产出来的成品经检验到包装，都绕了一个很大的圈子，从图十三丙可以看出，存在着迂迴现象。很显然这样是不好的。职工们学了线性规划以后，改变了工场布局（见图十三乙），把原来西头的检验工段和东头的包装工段，改为南北并排，锦窑工段的成品由三个道口直接运至检验工段，检验后直接放在包装台旁包装。

这样不仅减少了两个运输劳力，还减轻了负重15公斤跑20里路的劳动强度。而且由于工序紧凑了，使每日包装由原来的150箱提高到200箱，提高生产效率30%。

调整地面布局，缩短工艺过程中的运输路线，少走冤枉路，



（图十三）

这方面的例子也是很多的。我們再举一个例子。

**【例 3】** 某印刷厂裁切房未调整前的地面布局如图十四甲所示。这里顿纸板与机刀相距很远，纸张在顿纸板上顿齐后，搬至机刀上进行裁切，机刀手必须循环不断地奔跑于电动机刀与顿纸板之间。顿纸板与机刀距离为14米，每天搬运量为3.6吨，每天运力为

$$3.6 \times 14 = 50.4 (\text{吨米})$$

这样占去了一名机刀助手专门搬运纸张。同时由于搬运距离远，循环次数多，不仅影响了机

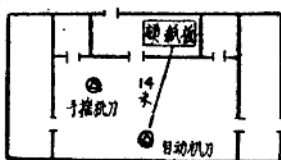
刀工效，而且机刀手劳动强度很大。在裁切房地面布局调整后（见图十四乙），顿纸板与机刀之间的距离只有5米，每日运力只有

$$3.6 \times 5 = 180 (\text{吨米})$$

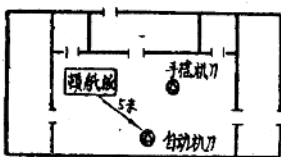
这样，不仅可以节约一个劳动力，而且也大大减轻了劳动强度，提高了劳动工效。

其次材料及成品的合理堆放，仓库货物的合理摆设，也是便利工作、提高劳动效率的好办法。印刷厂用的纸张是多种多样的，如有天伦纸、机制纸等。而且同一种纸张的大小规格又极不统一。对于这些不同种类、不同大小的纸张如何堆放为好呢？

**【例 4】** 长沙印刷厂以前裁切后的纸料盲目的四处堆放，不同类的和不同规格的纸，杂乱无章地堆放在一起，要用时，必



甲 调整前



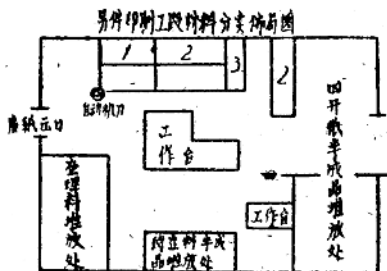
乙 调整后

(图十四)



須临时去找，就誤了許多工时，影响了生产。尤其是用量少而开数高的紙更难找到。工人们学了綫性规划后，創造了一个材料分类布局办法。即把紙张按开数不同在地面上定点堆放，如四开的放在一起，六开的放在一起。同一开数中，又按紙张种类不同，分別堆放（见图十五）。

这样一来，要用某类紙时一下就能找到，无须临时东翻西找了。这就大大节约了非生产时间，少走冤枉路，提高了工作效率。又如在待出厂的成品放置方面，也改变了过去无固定地点随便堆放的毛病，并且搞了一个产品堆放



1. 原料堆垛处
2. 四开料堆垛处
3. 零五原料堆垛

(图十五)

出厂速查表，設立了一、二号待出厂成品堆放处，如果加工的某令号的产品生产出来了，便按其堆放地点在“堆放处所”一栏内盖上“×堆放处”之印。这样顾客来提貨时，只要翻一翻表就知道生产品出来了沒有？出来了，放在什么地方，也能一下子就找到。

綫性规划这一方法，一經工人群众所掌握，工人们不仅会在地面布局上創造性的运用它，而在仓库利用上也得到了广泛的应用，从而促使仓库工作的改进。例如某工厂有一个综合性的材料庫，里面需要放置各种不同性质、不同种类、不同大小、不同数量的原、材料，各种原、材料存放多长时间也不一致。以前由于