

运筹学在纺织工业中的应用

刘源张等著

科学出版社

20173

运筹学在纺织工业中的应用

刘源张等著

科学出版社

1980年1月第1版

內 容 簡 介

本书是通过实践，集体写成的工作总结。书中討論了棉紡織厂的配棉、細紗机的看台、經軸儲备量、拆布长度和棉紗支数的控制等几个問題，可供紡織工程技术人員和运筹学工作者参考。

参加这本书的执笔者有刘源张、李秉全、董泽清、楊玉华、徐文竟、严肇宇等同志。

运筹学在紡織工业中的应用

刘源张等著

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1960 年 6 月第 一 版

1960 年 6 月第一次印刷

(京) 0301-7,000

书号：2248 字数：132,000

开本：850×1163 1/32

印张：5 1/8

定价：0.76 元

前 言

1958 年大跃进以来,根据党的理論联系实际,科学研究为生产服务的方針,中国科学院力学研究所运筹室部分同志和中国紡織科学院、北京第一棉紡厂等单位,在北京第一棉紡厂应用运筹学解决了紡織生产中的某些問題。为了提供紡織工作者及运筹学工作者参考,我們根据在京棉一厂所做工作的成果編写了这本小册子。但由于我們做的工作还不多,并且限于水平,这本小册子的內容还是不够完善的,錯誤一定难免,請讀者指正。

在編写这本小册子时,中国科学院力学研究所运筹室棉紡織工作組的其他同志在計算、繪图、清抄等方面給予很大帮助,特此說明并表示感謝。

本书主要执笔者:第一篇刘源张;第二篇楊玉华、徐文竞;第三、四、五篇董澤清;第六篇李秉全、严肇宇。

刘源張 楊玉華 徐文競
董澤清 李秉全 嚴肇宇

1960 年 4 月

目 录

一、运筹学的简单介绍	1
✓ 二、配棉工作的研究	8
✓ 三、细纱车间劳动组织的研究	62
✓ 四、经轴的最优储备量	88
五、最优拆布长度	100
✓ 六、棉纱支数的控制	120

一、运筹学的简单介绍

§ 1. 运筹学的诞生和发展

运筹学是一门新兴的学科，到目前为止它还不很成熟。但这门学科同人们的生产和生活都有密切的联系，因而它就有强大的生命力。现在它正向着——门独立的学科迅速地发展着。

运筹学的诞生也象其它任何学科一样，起源于社会生产实践。在本世纪，社会生产力有了巨大的发展，生产活动的规模和机械化的程度都有了飞跃的进展和提高。与此相联系的经济计划和管理工作就日趋复杂，公用事业也日趋发达。这一切就是运筹学诞生和发展的客观基础。另一方面，概率论、数理统计的蓬勃发展 and 高速计算机的出现也为运筹学的发展提供了有利条件。早在本世纪的30年代里，已经有人在运筹学的各个方面作过工作，并且提出了研究这类问题的方法。但运筹学的命名和应用还是起始于第二次世界大战。

大战中，为了解决作战行动和军需物资的生产与供应中所发生的问题，组织了各种不同领域的科学工作者，其中有物理学家、化学家、生物学家、数学家、心理学家和工程师来研究这方面的问题。例如，英国为了防备德国空军的轰炸，曾研究过如何在英国本土上布置防空雷达网；为了封锁德国潜水艇在北士考海湾的活动研究过如何决定侦察机飞行路线、侦察飞机的架数和飞行的时间；美国为了保护在大西洋中的运送船队研究过如何护航的问题。在军需物资的生产方面，为了在一定时间内供应出大量的合格物资就必须解决一些象产品验收预防废品和其它有关生产效率的问题。在这些不同问题的研究中都有一个共同的观点，这就是，不对现有的武器、装备、材料、人力等加以扩展，而是研究如何合理使用

它們并加以改进,以期达到最大效果。

战后,这种运筹学的观点和方法在经济规划、工农业生产、交通运输、公用事业等部门得到应用。运筹学的内容也就因此逐渐丰富起来。特别是对社会主义国家有计划的经济体系,运筹学更能得到迅速、广泛的发展。在苏联,运筹学的个别分支的研究实际上早在30年代已走在美英的前面。现在苏联学者所研究的问题越来越广,并且在这领域中的工作人数也不断的增加;这正说明了运筹学确有发展前途的。在我国,虽然从56年开始了这方面的研究,但得到较普遍的重视和发展却是在大跃进以后,且在联系生产的实际应用中已经开始得到良好的结果。本书所介绍的就是其中的一小部分。

§ 2. 运筹学的对象

人們的活动是多种多样的,但运筹学只研究人們活动中有組織并带有重复性的集体活动这一部分;象大规模的工农业生产、貨物的运输和儲备、经济计划的編制、物力的配置与調动等等。这些活动存在于社会的不同部門,企业的内部,企业与企业之間以及国防等方面。

那么,在这类活动彼此之間有没有共同的特点呢?有的。尽管它們个别的目的不同;例如,有的是要制造某种产品;有的是要运输貨物;有的是要规划不同经济部門的投資;有的是要調动兵力歼灭敌人,但对它們在达到目的的途径上都有一个相同的要求,就是在一定条件下运用的效果最好。

为了满足这个要求从事改进这类活动中的技术条件当然是一个治本的方法。例如采用新設備,改变工艺过程,使用好的原料都可以提高一个生产企业的工作效率。然而另一方面,改善生产組織与计划工作,加强管理也是改善企业工作挖掘生产潜力的重要方面。并且在生产活动的規模日益扩大和复杂的情况下,改进这方面工作的可能和需要也更迫切。运筹学研究的问题就是在现有的技术条件下如何从組織、计划和管理方面着手,使企业的生

产活动达到最好的效果。不过这类活动的組織、計劃和管理還需具备一个条件才能作为运筹学研究的对象。它們必需可以用量来描述,以便适合于构成数学模型或模拟試驗。

这里必須指出,任何一类工作不能完全依靠运筹学——量的分析——来获得解决。我国大跃进的經驗充分証明,政治工作是建設社会主义事业的灵魂和統帥;企业全体人員社会主义的劳动积极性、革新精神是創造和改进的根本保証,这些都不是运筹学所能解决的。相反,运筹学只有在馬列主义的理論指导下、在党的各項方針政策的原則下,才能發揮它应有的作用。还有象人們的习惯、传统等因素都是对运筹学問題有重大的影响。但是这些是不能从数量上加以描述計算的,量的分析不能代替质的分析,运筹学工作只是向負責这类活动的組織計劃和管理的领导在对其中的运筹問題决定对策时提供有数量根据的参考資料。但这一点絲毫不会降低运筹学在社会主义建設实践中的作用,因为它更能使組織計劃和管理工作科学化、精确化。

§ 3. 运筹学与工业生产

工业生产是一个物資生产部門,这是按着一定的組織有計劃地进行,它的主要要素有:原料、机器設備、技术、劳动力。我們的目的是生产出滿足社会和人民某种需要的产品。衡量一个工业企业生产成果的一个綜合性的指标是生产率的高低。不断提高劳动生产率、降低产品成本是社会主义劳动者經常的責任。工业生产中的組織、計劃和管理工作的科学化自然也会帮助劳动生产率的提高。然而在这些方面,运筹学有什么特点呢?

所有对生产有影响的因素不外来自原料、設備、技术、劳动力这四个方面。对这些因素从不同的角度还可以作出不同的区别。它們中間有些是互相对立的,有些只是影响程度大小不同而已。自动机器的看管問題中,在机器数目固定条件下增加看台工人可以提高机器的利用率,但同时也可能减少工人的劳动生产率;相反,减少看台工人将增加工人的劳动生产率但会降低机器的使用

率。同样,工具或半制品的储备,另件或工具的更换,这些问题里也有类似的对立因素存在的情况。不同加工工序对产品的影响往往只是程度大小的不同。根据这些因素的发生情况,又可分为随机性的或非随机性的。纺织厂中的断头现象可以说是随机的,尤其对产品质量起影响作用的有一部分也是随机的;但由于管理失调而引起的如原料配合或半制品供应的错乱就是非随机性的。同上面相联系的从另一个角度来分,还可以分为可以控制的和不可以控制的。不过这种区别只是相对的。因为技术的改进,从前认为是不可控制的现在也可能成为可以控制的;同时因为条件的不足,本来是可以控制的有时却可能成为不可控制的。

运筹学在研究工业生产中的问题时,首先要对有关的因素加以上述的分析。在寻求解答时遵循着总体最优化的原则。一个工业生产企业是一个有机体,企业内部各个部分间有密切的联系。生产率是各个部分的努力的综合表现。大至整个企业,小到一个工段里,都有组织、计划和管理的工作。这种工作上的问题很多是牵涉到几个部分。因此,问题的处理必须考虑到各个部分的有机关系。我们把问题中所有有关因素的集合统称为总体。运筹学的总体最优化的原则就是要使有关因素所发挥的效果总和最大,有时可能对某一特定因素说来不是最大,但这无非是条件限制下的问题。本书中所介绍的几件工作都是这条原则的具体说明。

最优化就要求有一个衡量标准去判断所得的解答方案是否最优。衡量标准必须考虑各个有关因素才能定出来。因素考虑的周到与否直接影响到衡量标准的正确性。根据不同的衡量标准可有不同的最优方案。衡量标准有时很简单,象细纱支数控制问题中的细纱重量;有时不简单,象决定拆布长度所用的费用函数。

在企业生产里的运筹问题也可按我们对与生产有影响的因素所作的区别那样分为几个类型。一类是对立因素的最优平衡问题。关于这类问题在前面已经举了例子。另一类是某种条件的限制下一组因素的效果最优化问题。例如,配棉问题。棉纱是因不同种类原棉混合后经过清、钢、併、粗、细五道工序的加工制成的。

若以上等一級品率為衡量標準，問題就是如何配合不同種類的原棉使上等一級品率最大。限制條件可能是：庫存的原棉種類與數量；要求成本最低；各種支數的任務生產量等等。還有一類是因素的控制問題，因素的影響在生產當中是有變動的，因此，有必要及時判斷生產因素的變動是否不利於整個生產的效果而加以調節。

這樣分得的幾個類型也正對應着運籌學的幾個主要分支。第一類是排隊論的問題；第二類是規劃論的問題；第三類是質量控制的問題。儘管這些分支所用的方法不同，但是都服從上面說過的運籌學的观点和原則。生產企業中的運籌問題往往需要幾種不同的方法合作才能解決。另一方面，一個問題也可以用不同的方法處理；不同方法中的選擇決定於問題處理的效率，因為及時解決問題也是運籌學的一個要求。此外，必須提及的是運籌實驗。許多有關企業組織與計劃的複雜問題只能通過問題現象的模擬加以實驗而求得解決方案。

§ 4. 運籌學的工作方法

象在前面所說的，運籌學還是一門年輕的學科。隨着應用領域的擴大，運籌學的內容與方法都會愈來愈豐富。雖然如此，從現在已經相當廣泛的應用領域中所作的一些工作中，可以總結出運籌學工作的一般步驟。

1. 找出問題，熟悉有關的情況和已有的經驗 在作為運籌學對象的活動領域里可能存在着許多的運籌學問題。現場的工作者不一定理解為運籌學的問題。尤其是運籌學的問題往往不是從現場中單獨的各個部門，而是把各個部門連系起來才能發現的。這樣，找出問題就是運籌學工作的第一步。為了進一步的分析和尋求解答，衡量標準的決定、熟悉情況和經驗就自然成為必要了。

2. 從問題中抽象出符合運籌學分析的因素，建立運籌模型 運籌模型就是對研究對象的一種描繪。它是從對象中把有關的重要部分抽象出來，再按照運籌學的分析形式構成的。

常用的是數學模型。一般的形式是

$$E = f(x_i, y_j),$$

其中 E 表示問題的效果量度； x_i 是以变量表示的可以控制的因素； y_j 是以变量表示的不能控制的因素。对变量值的限制还可有另外的方程組来表示。

3. 搜集数据, 寻求解答 运筹模型的建立往往需要种种假設。实际情况是否符合假設的条件是需要从現場中搜集数据来驗證的。对模型的求解就是衡量标准 E 的最大化問題。不論是利用数学的分析方法, 或数值計算方法求解, 与問題有关的数据总是需要的。数据来源的可靠程度是需要注意的, 而且有时現場里或許并不具备所需的数据。搜集数据加以整理也是重要的工作。

4. 檢驗所得的解 我們的运筹模型不过是实际情况的簡單描繪, 而且它的解又是建立在某种假設上的推理, 甚至或許有計算上的錯誤。因此, 有必要在实际現場中或通过其它手段檢驗是否有效。

5. 闡述由上述所得到的解答方案 必須把所得的解答方案用現場工作人員的語言加以闡述, 并且为有关領導提出有具体数字根据的建議。方案只是在一定条件下得到的, 但这些条件不是固定不变的。因此, 在实行方案里还必须考虑到相应的措施。这样, 才能保持所得解答方案的有效性。

在研究过程中所用到的工具是多种多样的。要看研究对象的不同而利用不同的学科。最主要的是数学, 其中最常应用的是概率和数理統計。不过随着运筹学的发展逐漸形成了它独自の数学方法, 如排队論、数学规划、博弈論等。对一些复杂的問題还需要应用模拟技术。此外, 高速計算机也是不可缺少的有力工具。

在战时运筹学的誕生期間一开始就是由不同領域的科学工作者合作而成的。运筹学在研究过程的任一步驟中都需要运筹学工作者与有关領域的科学工作者及业务部門的工作者有密切的合作。这一点甚至可看作是运筹学的特征, 运筹学工作的成功与失败常常取决于这种合作的协调与否。

以上我們对运筹学简单地作了几点介紹。希望通过下面几篇

工作報告讀者可以對運籌學有進一步的了解。

參 考 資 料

許國志等編著：一門嶄新的科學——運籌學，1960年（增訂本），科學技術出版社。

二、配棉工作的研究

(棉纖維物理性能与細紗強力的关系)

§ 1. 引言

棉花(又称原棉,棉纖維或皮棉)的最大用途是棉紡工业的原料。不同地区、不同品种、不同采棉时期所收获的原棉,其品质是不同的。在商业貿易上,一般以品級和纖維长度来作为评价的标准。品級包括原棉的顏色、光泽、含杂和軋工三个因素。国家有关部门根据国产棉花顏色的洁白和光泽的品亮程度,含杂的多少等条件制訂出标准品級的实样,发交全国各地,作为收购原棉或商业部門和紡織部門評級时的标准。此外,纖維长度也是商业上檢驗的重要項目。而在紡織工厂使用时,除了上述几个項目外,按紡織品用途和紡織技术的要求还須檢驗纖維的粗細,成熟度,单纖維強力等物理特性。在紡織厂紡同一种棉紗时,如能使用同一产棉区且是同一品种的原棉来紡制(称单紡)当然是简单省事,但客观上是不可能进行单紡的。首先在数量上不能滿足长期的耗用而必須由几个产棉区来供应,其次这些不同来源的棉花,其品級和特性亦不同,假如用这种不同品級不同特性的棉花来进行单紡,会使紡出的細紗強力有很大波动,同时因为各种細紗的不同用途(如經紗,緯紗,針織用紗等)对原棉特性的要求亦不一样。由于这几方面原因,在实际生产中就需要把多种不同品級不同特性的原棉,配合起来使用以保証紡出的細紗有穩定質量,并符合产品用途的要求,同时降低生产成本。这就是为什么棉紡厂要进行配棉工作的原因。

过去棉紡厂所用的配棉方法,一般說是凭經驗推測或进行小量試紡后决定配棉方案。这种方法不能預先知道,按照某种配棉

方案投入的原棉所紡出之細紗能達到多大強力，所以這種方法是不先進的。隨着生產的不斷發展，要求有一套科學的配棉方法，以便通過這種配棉方法控制細紗強力保證紗的質量，同時做到粗糧細作，用低級棉亦能紡制上等紗，以達到降低生產成本和解決高級棉不足的困難。

就細紗強力而言，棉纖維物理性能對它起決定性的影響作用。從質量控制角度來考慮，我們認為二者之間存在着某種統計關係，可以應用“相關分析”理論來了解這種關係，找出這種關係的統計規律；摸清各個棉纖維物理特性指標對細紗強力的影響作用；到底是好是壞、影響有多大，以便掌握其中的主要指標來確定配棉方案，使能預測細紗強力達到通過配棉工作來控制細紗強力之目的。

這裡以我們與京棉一廠所做的試紡工作為例將此方法介紹于下。因考慮到一般讀者不熟悉紡織工業方面的常識，故在下一節中先介紹一些專業名詞。

§ 2. 棉纖維物理性能指標的名詞解釋¹⁾

棉纖維物理性能指標有很多，紡織界對於各個指標與細紗強力之間關係的密切程度，看法不一。這裡不作全部指標的介紹，只介紹我們在試紡中測驗過的 9 個指標。這些指標的試驗是在京棉一廠生產試驗室中按照日常試驗的條件進行的。

1. 纖維支數 這個指標是衡量纖維粗細的尺度，以一定長度的棉纖維每單位重量內所包含的根數表示之，支數高者纖維細，支數低者纖維粗。

試驗方法：從手扯長度法整理出來的棉樣中取 3—4 毫克放在纖維切斷器中切取 10 毫米纖維中段長度，取出一部分放到精細扭轉天平上稱重，然後記下其根數，由此重量及根數求得支數。

支數還可以用棉纖維單位重量的長度表示，設想把單根纖維連結起來，那末一克重的纖維假定連結起來的長度是 5000 厘米，

1) 纖維指標的試驗可參考紡織工業出版社出版的，上海紡織技工学校編寫的“紡織試驗”一書。

則其公制支數就是 5000 支。

計算公式：
$$\frac{\text{纖維中段長度 10 毫米} \times \text{纖維總根數}}{\text{切取纖維中段長度之總重}}$$

2. 單纖維強力和斷裂長度 單纖維強力是將一根棉纖維，放在強力機上拉斷時的絕對強力，指針指示出砝碼克重的百分率。實際單纖維強力可按下列式計算（單纖維強力指標取 100 根單纖維強力的平均數）。

計算公式：
$$\frac{\text{折斷百分率} \times \text{砝碼重量(克)}}{100} + A(\text{克})^1$$

必須指出，單纖維強力不能代表纖維的真正強度，因較粗的纖維（即支數低）其強力亦較高，但對某種支數的細紗來說，用粗纖維紡制的細紗，其斷面中纖維根數一定較少，細紗的強力就反而較低，因此在考慮棉纖維強力時不能丟開纖維支數，孤立地考慮單纖維強力。

衡量棉纖維強力時，除絕對強力外還採用相對強力即斷裂長度，其定義是：假定棉纖維能連結起來，那末，由於本身重量的作用而斷裂時所需要的單根棉纖維長度稱為斷裂長度。斷裂長度這個指標已經把纖維粗細不同的影響除掉了。

斷裂長度 = 纖維絕對強力 × 纖維支數。

3. 束纖維強力 試驗方法：取 2—3 毫克重的纖維束，放在蘇式 ДШ-3 型束纖維強力機上，測得纖維束之強力（取 5 個纖維束的平均數）。應用時折算成單纖維強力，在折算時須乘一修正系數，乘修正系數的原因是束纖維強力的測定數較低。

計算公式：

$$\frac{\text{五個纖維束的強力總和(克)}}{\text{五個纖維束的重量總和(毫克)} \times \text{每毫克的纖維根數}} \times \frac{1}{0.675}$$

4. 強力不均率 單纖維的強力，高低不均。低級原棉的纖維強力不均率大於高級原棉，所以在選擇原棉時不僅要考慮平均強

1) A 表示夾在纖維末端的小夾子的克重。

力，而且要考慮到強力不勻率。計算時取 100 根的平均值作為一個數據。

計算公式(左密耳公式)：

$$\frac{2(\text{強力平均數} - \text{平均強力以下的平均數}) \times \text{小於平均數的根數}}{\text{總根數} \times \text{平均數}} \times 100.$$

5. 品質長度 這是衡量棉纖維長短的指標之一，亦稱右半部平均長度，其表示單位公制是毫米，英制是 $\frac{1}{32}$ 吋。一般地說，纖維的品質長度愈長，紡成細紗的強力愈高。

試驗方法：在試樣棉條中取 28.30 毫克或 35 毫克重的棉纖維，把它整理後，放在“朱可夫”式長度分析機上以 2 毫米的組距，夾取不同長度的棉纖維，然後按長短分組，放到天平上稱得每一組的重量，最重那個組的纖維長度稱為主體長度，而長於主體長度並包括主體長度在內的纖維長度即稱品質長度。

計算公式：

$$\frac{(2 \times G_{n+2}) + (4 \times G_{n+3}) + (6 \times G_{n+4}) + \cdots + (m \times G_{n+m})}{y + (G_{n+2} + G_{n+3} + G_{n+4} + \cdots + G_{n+m})} + l,$$

式中 y 是最重組中長於主體長度的纖維重量：

$$y = \frac{G_n}{k} [(l + 0.5k) - M].$$

G_{n+m} ——最重組的下鄰各組(比它重的)之重量(毫克)； l ——重量最大那個組的纖維平均長度； k ——纖維長度分組時的組距； M ——主體長度； n ——組數； m —— k 的倍數如 $k, 2k, 3k, \cdots$ 。

6. 短絨率 任何等級的原棉，其纖維之長短亦是不齊的。一般把長度在 15 毫米以下的纖維稱謂短絨，而在一定重量的全部棉纖維中，短絨所占的比例即為短絨率。

計算公式：
$$\frac{15 \text{ 毫米以下的重量(毫克)}}{\text{總重量(毫克)}} \times 100.$$

7. 成熟度 它標誌着棉纖維的成熟程度，以平均成熟度系數

表示。完全不成熟的纖維称死纖維，其成熟度系数規定为 0，而过度成熟的纖維其成熟度系数規定为 5；纖維的很多性能如支数、强力、捻曲度、弹性、吸湿性、染色能力等，都在很大程度上依賴于成熟度。

試驗方法：評定成熟度的方法不只一种，比較正确的有，通过显微镜来測量棉纖維截面上纖維壁厚度与内腔宽度的測定法，并以腔/壁的比值表示成熟程度。比值越小，成熟度越大。計算时需将比值換算成成熟度系数（有表可查），取 250—300 根之平均值作为一个数据。

計算公式：

$$\frac{\sum (\text{各組成熟度系数} \times \text{該組系数內的根数})}{\text{总根数}} = \text{平均成熟度系数}$$

8. 成熟度不匀率 低級棉含有大量成熟度低的纖維，高級棉則含得較少，由于这种現象的存在，就必須在配用原棉时考慮到棉纖維的成熟度不匀率以便合理配棉。

9. 捻曲度 棉纖維具有天然弯曲的特性，单位长度內的弯曲数称謂捻曲度，以每吋捻曲个数（即捻曲数）表示之。它对纖維的抱合力有很大影响，而纖維抱合力对細紗強力又有密切关系。

試驗方法：将单根纖維置于 300—400 倍的显微镜下，观察纖維任意段在一定长度（如 1 厘米）內的捻曲数。将此数乘以 2.54（吋 = 2.54 厘米），即得单根纖維的每吋捻曲度，并取 50 根纖維的平均值作为一个数据。

§ 3: 原棉抽样方法的考查

前面已讲到，供应棉紡厂的原棉，来自若干个不同地区。这些棉花进厂以后，按不同等級和批号分別入庫，每批自数十包至数百包不等。对所有进厂的原棉，我們需要了解其棉纖維的物理性能；但是，不可能对所有原棉都进行試驗后再投入生产。因此只能从每批原棉中抽取一定数量样品来做試驗。通过样品的試驗来了解一批原棉的物理性能，这就是原棉物理性能的抽样試驗。京棉一