高等学校教学用书

工业企业厂址选择与总体规划

西安冶金建筑学院 董金波 编

冶金工业出版社

前　言

本书是根据总图运输专业教学计划和“工业企业厂址选择与总体规划”课程教学大纲编写的，供高等院校总图运输专业教学使用，也可供规划、设计、研究、管理部门总图运输专业工程技术人员参考。

全书分二部分共十二章，前四章为工业企业厂址选择，阐明厂址选择原理、对厂址的基本要求、选厂工作程序及内容、各类工业企业特点及其对厂址的要求；后八章为工业企业总体规划，叙述工业企业总体规划与工业布局、区域规划及城市工业区规划的关系，工业企业总体规划，总体规划中的环境保护，工业场地规划，工业企业运输设施规划，废料场规划，居住区规划及工业企业公用设施规划。

本书运用专业基础理论，分析和阐述工业企业厂址选择与总体规划的原理、原则、方法和步骤，并吸收和反映国内外有关先进技术和理论，概括各类工业企业的特点及其对选厂与规划的要求，具有与本门学科发展相适应的科学水平。

本书编写过程中得到设计研究单位、兄弟院校的大力支持；轻工部西安设计院林星众，西安煤矿设计研究院陈北方，西安冶金建筑学院广士奎、吕仁义、雷明，冶金工业部重庆钢铁设计研究院黄德俊等同志参加了审稿并给予很多帮助，在此一并致谢。

由于水平所限，不妥之处在所难免，望读者批评指正。

编　者

1991年9月

目　录

第一章 厂址选择原理

工业企业建设必须有适宜的厂址。厂址选择是工业建设的重要环节，是设计工作的重要步骤，厂址选择既是工业布局、区域规划的具体体现，又是进行企业总体规划与设计的基础和前提。所以厂址选择得恰当与否，对布局、规划、设计、生产都有重大影响。从事和参与这一工作，必须掌握选厂的原则、方法步骤，并运用优化技术对不同的厂址方案进行比较和选择。

第一节 厂址选择的意义与基本原则

一、厂址选择的意义

（一）工业布局、区域规划的最终体现

选择厂址是在国家工业布局、区域规划的原则指导下进行的。具体厂址的选定又是工业布局、区域规划最终的具体体现。这是因为工业企业厂址选择得合理与否直接体现和影响工业布局的具体实施和经济效果。如果没有厂址选择或建厂地址选择不当，工业布局、区域规划则无法实现或使规划及布局的原则和方案受到重大影响。厂址选择得合适，不仅有利于充分利用自然资源、人力和物力，加速工业发展，而且能节约基建投资，方便运营管理，取得良好的经济效益。四十多年来，我国建设了数以万计的大中型企业。实践证明，大多数企业的厂址选择是好的和比较好的。这些企业的建设不仅完善、改变了工业布局，充分利用了当地的资源，而且为国家积累了大量资金，同时也有力地促进了地区经济的发展。但是，也有一些企业厂址选定得不好或不够好，甚至失误，其原因有的是由于规划或布局不合理，有的则是建厂地址选择不当所造成。

厂址选择是一项政治、经济、技术性很强的综合性工作。厂址的优劣对国民经济发展、企业本身的建设和运营的影响是巨大的、长期的，一旦失误所造成的后果是难以改变的。

（二）总体规划和总图设计的重要前提

一个企业的建设分为设计、施工和投产运营三个阶段，设计是先行。设计程序包括厂址选择、总体规划、初步设计和施工图设计几个阶段。企业的总体规划和初步设计是在已选定的厂址上进行的，因此，厂址选择是企业总体规划、初步设计的基础和前提。设计要在选定的厂址范围内进行，设计图纸要通过施工落实到空间，这就必须有适宜的场地和足够的面积及良好的外部建厂条件，这些问题要解决好，就必须进行厂址选择。良好的厂址，能为企业总图布置提供有利的条件。如果一个厂址选择在场地开阔、坡度不大的丘陵地段且有足够的面积，工程地质和水文地质良好，交通运输方便，其他条件也能满足企业生产要求，则企业的总图布置就可以按着“合理外形、最佳流程、便捷运输、道路规整、厂容美观、保护环境”的要求进行。反之，如果厂址选择得不合适，就难以按照上述要求去进行工厂的总图布置或使布置很不合理。曾经强调“靠山、进洞、隐蔽、分散”建设厂矿企业，这样的例证很多。有些大中型企业厂址选择在地形复杂、场地狭窄的山沟里，由于场地的种种限制使企业布置分散、零乱，运输、联系不便，不仅破坏了联合企业生产工艺的

连续性，增加建设投资，延长建设时间，而且使运营管理不便，运营费用增加，产品成本提高，并使发展受到限制。由此可见，不同的厂址条件，其总图布置的效益是不同的。

二、厂址选择的基本原则

厂址选择是一项政策性很强的工作，必须认真贯彻党在新时期的总任务及国家的各项方针政策。厂址选择除考虑国民经济建设计划、工业布局的要求外，还应结合地区规划、自然资源、建设条件等因素综合考虑。通过调查研究、综合分析、多方案比较论证，选出投资省、建设快、运营费低、具有最佳经济效益的厂址。选厂必须遵循和贯彻下述原则。

（一）满足工业布局

工业建设项目建设地区和建厂地址的选择，都必须按照全国工业布局或地区规划的要求，并考虑各不同工业部门布局的特点。正确处理局部和全局的关系，工业部门之间的关系，中央工业和地方工业的关系，统筹兼顾，全面安排。

（二）符合城市规划

新建工业企业的厂址若在现有城市范围内，应符合城市总体规划布局的要求。若远离城市新建企业，一般地说，随着大中型企业兴建而形成一独立的工矿区或逐步形成一工业城镇。在选定厂址时要使其符合城镇的总体规划，使厂区和居住区的相对位置符合城镇功能分区的要求。当有条件时，尽可能利用现有居民点、交通运输设施和公用工程设施。

（三）重视节约用地

贯彻执行“十分珍惜和合理利用每寸土地，切实保护耕地”的基本国策。不占或少占良田及经济效益高的土地，充分利用荒地和劣地。当有条件时，可结合场地平整余土造田。

（四）靠近原、燃料基地

落实和充足的资源条件是企业建设的基础和前提。在资源条件落实的情况下，要使拟建企业厂址靠近原、燃料基地，当有多个原、燃料基地时，宜靠近一个主要的。这样，不仅企业有可靠而近便的原、燃料供应，减少运距，节省运费，而且也减少企业大宗原、燃料运输对国家运输网路的压力。

（五）交通运输方便

方便的交通运输条件是企业建设和生产所必须的。建设期间要有大量的材料、设备从各地源源不断的运进，投产之后，不仅有大宗原、燃料运入，而且有大量的成品运往各地，这就要求所选厂址必须有方便的交通运输条件。特别是大型企业，每天的运入和运出量都很大，对这一原则的考虑就显得特别重要。

（六）水源电源可靠

要确保企业建设，尤其是投产后的正常生产，可靠的水源和电源是必须条件。有的企业不仅要求建厂的地区有充足的水量，而且对水质和水温也有一定要求。电源也是一样，不仅要求有足够的电源，有的企业或企业的重要设备或设施要求有二路电源同时供电。所以，选厂时，应根据企业对水源和电源的要求切实落实。水源和电源不仅考虑企业既定规模的用量，且能适应企业发展的要求。特别是对耗量大的企业，充足可靠的水源、电源是确定企业厂址的关键因素。

（七）有利保护环境

选择厂址应考虑保护环境和景观，厂址不应靠近和影响风景游览和自然保护区，不应

位于窝风地带；有污染的企业应远离居住区并合理利用风象确定其相互位置；企业应位于地表饮用水源的下游。企业厂址要有利于企业“三废”处理及排放。

（八）有利企业发展

一般的说，企业规模由小到大逐步发展，就是一次设计一次投产的企业，品种增加、产量提高也是必然的，所以选择厂址时应考虑企业的发展，本着远近结合，以近期为主的原则，适当留有发展余地。

（九）方便企业协作

选择厂址时，应尽可能同邻近企业协作，尽量共同利用或部分共同利用交通运输设施（如铁路专用线、编组站、港口码头等），公用工程（水、电、动力设施等），机修及生活福利设施。这些设施与周围企业协作共建，以节约投资，加快建设速度。

第二节　厂址优化的方法

厂址的优劣不仅对本企业的基建、投资、运营和管理有直接关系，而且对地区工业布局和国民经济亦有重大影响。所以，探讨影响厂址选择的因素，寻求厂址优化的方法，是基本建设中的一个重要课题。多年来在厂址选择方面积累了不少经验，但直到目前，在厂址方案比较时大多采用定性的评价方法，还缺乏定量技术的系统应用和优化理论的探讨，因此，对厂址往往难以作出全面、科学的正确决策。为了运用定量技术对厂址方案作出科学评价，下面介绍几种定量评价和选择最优厂址方案的方法。

一、不等式定点法❶

不等式定点法是将受多种因素（运输距离、运输方式和运输单价等）影响的运输力问题，转化成仅通过运输的货物量的比较就能够确定出使运输力耗费最小的厂址方案，因而也叫做运输力最小的厂址优化法。

作为一个简便的厂址优化法，不等式定点法，适用于原燃料或产品销售地分布在所谓树状交通网（无回路）的区域。

如图1-1所示，设M_A、M_B为L交通线上A、B两处的物资量（原燃料或产品销售量），当$M_A=M_B$时，则厂址设在AB之间沿线的任何一点上，其运输力或运输费都一样。当$M_A>M_B$（或$M_B>M_A$）时，将厂址设于A（或B）处，即厂址设在物资量大的位置，其运输力或运费最小。

若运输线路为三条支线（图1-2），当A、B、C三点处的物资量分别为M_A、M_B、

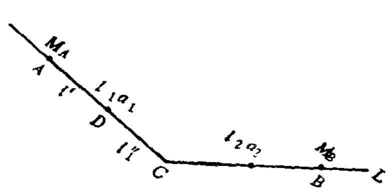

图 1-1

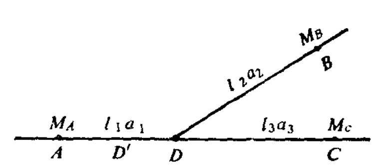

图 1-2

❶李昭魁、董金波，《冶金运输》，1986年第六期，42页。

M_C、且满足不等式

$$M_i < (M_j + M_K) \qquad (1\text{-}1)$$

$$(i,\ j,\ K = A,\ B,\ C)$$

若将图1-2中的M_B移至D点则变为图1-3所示；或将M_C移至D点则变为图1-4所示。

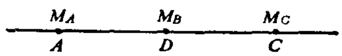

图 1-3

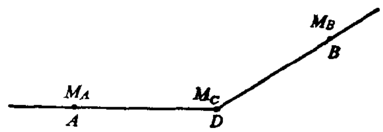

图 1-4

由前述及图1-1所示，不难证明将厂址设于D处，其所需运费或所耗费的运输力最小。

可见，对于树状网路的设厂定点问题，可不考虑运输方式、运输距离和运输单价的限制，而直接通过物资量的比较来决定。

设M是任一树状交通网上各点处的物资量的总和，将满足$M_i < \frac{1}{2}M$，$(i = 1, 2\cdots\cdots, n)$，各分枝上的$M_i$（$i$分枝上的物资量总和）移置于与主干的交汇处，在所得的具有n个结点的任一L_n交通线上（图1-5），必然存在一个K点使下列不等式同时成立

$$\sum_{j=1}^{K-1} M_j < M_K + \sum_{j=K+1}^{n} M_j \qquad (1\text{-}2)$$

$$\sum_{j=1}^{K-1} M_j + M_K > \sum_{j=K+1}^{n} M_j \qquad (1\text{-}3)$$

则将厂址设在K点，其耗费的运输力最小。下面对此作一论证。因$M_i < \frac{1}{2}M$，由前述知，最优厂址不会位于相应各分枝上，而只能位于去枝移量后所得的具有几个结点的L_n交通线上（图1-5）。将图1-5交通线上的$1 \rightarrow (K-1)$各点及$(K+1) \leftarrow n$各点的物资量分别向$(K-1)$点和$(K+1)$点进行移置求和，最后得一含有三个结点的L_3交通线（图1-6）。图中

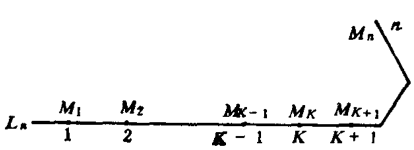

图 1-5

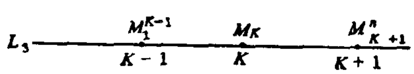

图 1-6

$$M_1^{K-1} = \sum_{j=1}^{K-1} M_j$$

$$M^n_{K+1}=\sum_{j=K+1}^{n}M_j \qquad (a)$$

在此，若K点能使（1-1），（1-2）两式同时成立，则依前述及图1-3及图1-4所示应将厂址设于K处。至此，我们证明了K点是存在的。但K点位于何处呢？为寻求K点，只要给式（1-1）和式（1-2）两边分别加上（$M_K+M^n_{K+1}$）和（$M'_{K-1}+M_K$），即：

$$\sum_{j=1}^{K-1}M_j+M_K+M^n_{K+1}<M_K+\sum_{j=K+1}^{n}M_j+M^n_{K+1}+M_K \qquad (b)$$

和

$$\sum_{j=1}^{K-1}M_j+M_K+M'_{K-1}+M_K>\sum_{j=K+1}^{n}M_j+M'_{K-1}+M_K \qquad (c)$$

将（a）式代入（b）、（c）两式中，并经整理化简得：

$$\frac{1}{2}M\leqslant M^n_K \qquad (1\text{-}4)$$

$$M'_K>\frac{1}{2}M \qquad (1\text{-}5)$$

即最优厂址应位于L_n交通线上，由1点到K点和由n点到K点，其物资量之和均同时大于$\frac{1}{2}M$的只有K点，则K点就是最优厂址位置。这样一来，由（1-1）和（1-2）两式确定K点的问题就转化成直接由（1-3）和（1-4）两个不等式确定最优厂址K点的问题了。

综上所述，此方法的步骤为：

（1）在树状交通网上，标出各点的物资量，并计算M和$\frac{1}{2}M$；

（2）将$M_i<\frac{1}{2}M$的各分枝去掉，并将M_i移置于与干枝的交汇处，得一具有几个结点的货物量为M_j（$j=1$，$2\cdots$，n）的L_n交通线；

（3）在L_n交通线上，由不等式（1-3）和（1-4）直接定点。

下面举例说明其应用。

在距离和年产量如图1-7所示的各矿点的树状交通网中，试选定耗费运输力最小、综合处理各矿点矿石的选矿厂的厂址位置。

解：（1）计算M和$\frac{1}{2}M$

$$M=\Sigma M_i=3.5+5.3+8.5+2.1+7.5+12$$
$$=38.9\ (10^4\text{t})$$

$$\frac{1}{2}M=\frac{1}{2}\times 38.9=19.45\ (10^4\text{t})$$

（2）去枝移量并简化定出L_n交通线（图1-8）。

对于G点分枝：

$$M_A+M_B=3.5+5.3=8.8<\frac{1}{2}M$$

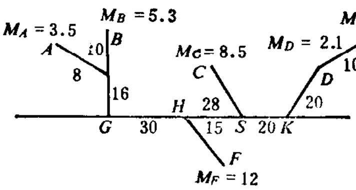

图 1-7

单位：年产量10^4t；距离km

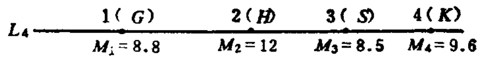

图 1-8

单位：年产量10^4t；距离km

将其移至G点得$M_G=8.8$

同理得，

$$M_H=12$$
$$M_S=8.5$$
$$M_K=9.6$$

最后得到如图1-8所示的具有4个结点的L_4交通线。

（3）由不等式（1-3）和（1-4）确定最优厂址

$$\because \quad M_2'=8.8+12=20.8>\frac{1}{2}M$$

$$M_2^4=9.6+8.5+12=30.1>\frac{1}{2}M$$

$$\therefore \quad 2\text{点即}H\text{点是最优厂址位置。}$$

由上面的论述和例证可以看出，不等式定点法揭示了由面（网）到线（L_n），由线到点（K）这一求解过程。该方法是一个将多种因素影响的运输力的问题，直接转化成仅通过运输量的比较就能够确定出使运输力耗费最小的最优厂址。即是在点多如叶、线多如枝的树状交通网中，都可以通过简单的加法运算，迅速、简便、准确无误的定出最优厂址。

二、模矢法

模矢法亦称模式法或步长加速法，是一种直接法。它易于编制计算机程序，且具有追循谷线（脊线）加速移向最优点的性质。

（一）基本原理

假定欲求其实值函数$f(x)$的极小点，任选一基点B_1（初始近似点），算出此点目标函数值。然后沿某个坐标方向以某一步长Δ_i进行探索，即比较B_1、$B_1+\Delta_i$以及$B_1-\Delta_i$的目标函数值，以目标函数值最小（在最小化问题中）的点为临时矢点；再由此点出发沿另一坐标方向进行同样的探索，如能得到比以前更好的点，就以该点代替前面的点作为新的临时矢点。如此沿各个坐标方向轮流探查一遍，并选这一轮探索最好的点（最后的临时矢点）为第二个基点B_2。由第一个基点B_1到第二个基点B_2就构成第一个模矢。对第一个基点来说，这是使目标函数值得以改善的最有利的移动方向，沿这一方向前进，目标函数值下降“最快”（就B_1附近而言）。显然，这一方向近似于目标函数的负梯度方向（从而可知这一方法为近似最速下降法）。现假定在第二个基点B_2附近进行类似的探索，其结果可能和在B_1处的情形相同，故略去这步探索而把第一个模矢加长一倍（即所谓加速），现设其端点T_{20}是第二个模矢的终点（以下称为初始临时矢点），这样，B_2T_{20}就构成了假定

的第二个模矢。然后，在 T_{20} 附近进行如上类似的探索，得出新的最好点——第三个基点 B_3。据此修改假定的第二个模矢，使它的起点为 B_2，终点为 B_3。其后，再把第二个模矢延长一倍……，如此继续进行探索和加速，即可得到越来越好的目标函数下降点

如果探索进行到某一步时得不出新的下降点，则应缩小步长进行更精细的探索。当步长已缩小到某一精度要求，但仍得不到新的下降点时，即可将该点作为所求的近似最优点，就此停止迭代。

（二）计算步骤

用模矢法求解无约束极值问题的计算步骤如下。

1．任选初始近似点 B_1，以它为基点进行探索。

2．为每一独立变量 x_i（$i=1, 2, \cdots, n$）选定步长

$$\Delta_i = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \delta_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \leftarrow \text{第}i\text{个分量}$$

上式中 Δ_i 为第 i 个分量是 δ_i 而其他所有向量均为零的向量。

3．算出初始基点 B_1 的目标函数值 $f(B_1)$，考虑点 $B_1+\Delta_1$，若 $f(B_1+\Delta_1)<f(B_1)$，就以 $B_1+\Delta_1$ 为临时矢点，并记为 T_{11}。这里的第一个下标表示现在是在建立第一个模矢，第二个下标表示变量 x_1 已被摄动。若 $B_1+\Delta_1$ 没有 B_1 点好，就试验 $B_1-\Delta_1$，如果它比 B_1 点好，就以它为临时矢点。否则以 B_1 为临时矢点。即

$$T_{11}=\begin{cases} B_1+\Delta_1 & \text{若} f(B_1+\Delta_1)<f(B_1) \\ B_1-\Delta_1 & \text{若} f(B_1-\Delta_1)<f(B_1+\Delta_1) \\ B_1 & \text{若} f(B)<\min[f(B_1+\Delta_1), f(B_1-\Delta_1)] \end{cases} \tag{1-6}$$

对于下一个独立变量 x_2 进行类似的摄动，这时，用临时矢点 T_{11} 代替原来的基点 B_1。一般

$$T_{1\,j+1}=\begin{cases} T_{1j}+\Delta_{j+1} & \text{若} f(T_{1j}+\Delta_{j+1})<f(T_{1j}) \\ T_{1j}-\Delta_{j+1} & \text{若} f(T_{1j}-\Delta_{j+1})<f(T_{1j})<f(T_{1j}+\Delta_{j+1}) \\ T_{1,j} & \text{若} f(T_{1j})<\min[f(T_{1j}+\Delta_{j+1}), f(T_{1j}-\Delta_{j+1})] \end{cases} \tag{1-7}$$

上式中 $0\leqslant j\leqslant n-1$，$T_{10}=B_1$。

n 个变量都摄动之后，得临时矢点 T_{1n}，并令

$$T_{1n}=B_2 \tag{1-8}$$

原来的基点 B_1 和新基点 B_2 确立了第一个模矢。

4．将第一个模矢延长一倍，得第二个模矢的初始临时矢点 T_{20}：

$$T_{20}=B_1+2(B_2-B_1)=2B_2-B_1 \tag{1-9}$$

5．在T_{20}附近进行和上面类似的探索，建立临时矢点T_{21}，T_{22}，…，T_{2n}，以T_{2n}为第三个基点B_3。这B_2、B_3就确立了第二个模矢。第三个模矢的初始临时矢点为

$$T_{30}=B_2+2(B_3-B_2)=2B_3-B_2$$

注意，在一个方向上重复见效会使模矢增长，这一点可由下式看出：

$$B_3-B_2=2(T_{20}-B_2)=2(B_2-B_1) \tag{1-10}$$

6．继续上述过程。对于第i个模矢，如果

$$f(T_{i0})<f(B_i)$$

但沿各坐标方向的所有摄动均得不出比T_{i0}更好的点，则以T_{i0}为B_{i+1}，而且不把这个模矢延长。

对于模矢i，若由T_{i0}产生不出比B_i更好的点，则应退回到B_i，并在B_i附近进行探索，如能得出新的下降点，即可引出新的模矢；否则，将步长缩小，以进行更精细的探查。当步长缩小到要求的精度，即可停止迭代。

对于比较复杂的目标函数，为了防止把局部极值误认为全局最优值，应分区域进行探查，或者从任意选取的不同点开始，至少引入两个独立的搜索，如果它们都收敛于同一个点，则这个点作为最优点的把握就大大增加了。

下面通过一个实例，说明模矢法的实际运用。

在图1-9所示的工业场地上欲建一工业设施，所用燃料管、下水管、电力线、上水管和煤气管均需由现有汇接点引入，此外还要修建一条垂直于公路的进厂道路。单位长度管线、桩和道路的修建费示于表1-1中。地质勘查说明有一层粘土层，从公路向河流方向倾

表 1-1

项　目	进厂道路	电力线	上水管	下水管	燃料管	桩
费用（元/m）	500	150	700	500	300	100

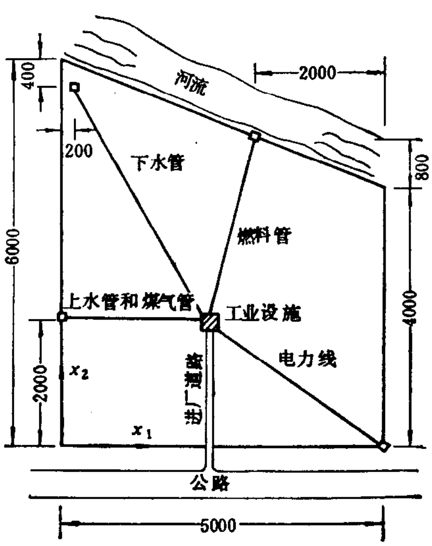

图 1-9

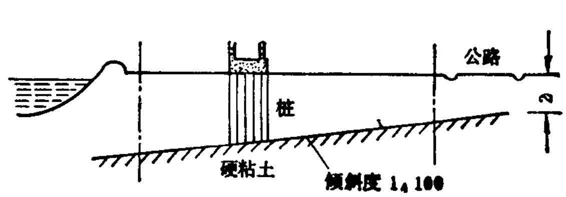

图 1-10

斜，其上被一层软沉积土所覆盖（图1-10）。由于土质条件，决定使用150根支承桩。试确定使建造费用最小的工业设施位置。

解：由于工业设施本身的建造费用和地面下2 m以上桩的费用对本问题的解没有影响，故不考虑这些费用。现取图1-9中所示的坐标系，用模矢法求解。

目标函数可以写成：

$$f(x_1,x_2)=500x_2+150[(5000-x_1)^2+x_2^2]^{\frac{1}{2}}+700[x_1^2+(x_2-2000)^2]^{\frac{1}{2}}+500[(x_1-200)^2+(5600-x_2)^2]^{\frac{1}{2}}+300[(3000-x_1)^2+(4800-x_2)^2]^{\frac{1}{2}}+150x_2$$

约束条件是：

$$0\leqslant x_1\leqslant 5000$$

$$0\leqslant x_2\leqslant -\frac{2x_1}{5}+6000$$

取初始基点$B_1=(2500,\ 2500)^T$，步长$\Delta_1=(100,\ 0)^T$，Δ_2 $(0,\ 100)^T$。其计算过程如下。(单位：元)

$$f(B_1)=f(2500,\ 2500)=6576129$$
$$f(B_1+\Delta_1)=f(2600,\ 2500)=6658767>6576129$$
$$f(B_1-\Delta_1)=f(2400,\ 2500)=6495861<6576129$$

因此

$$T_{11}=B_1-\Delta_1=(2400,\ 2500)^T$$
$$f(T_{11}+\Delta_2)=f(2400,\ 2600)=6517460>6495861$$
$$f(T_{11}-\Delta_2)=f(2400,\ 2400)=6477735<6495861$$

从而

$$B_2=T_{12}=T_{11}-\Delta_2=(2400,\ 2400)^T$$
$$T_{20}=2B_2-B_1=(2300,\ 2300)^T$$

现在

$$f(T_{20})=f(2300,\ 2300)=6385268<6477735$$
$$f(T_{20}+\Delta_1)=f(2400,\ 2300)=6463122>6385268$$
$$f(T_{20}-\Delta_1)=f(2200,\ 2300)=6309625<6385268$$

因此

$$T_{21}=T_{20}-\Delta_1=(2200,\ 2300)^T$$
$$f(T_{21}+\Delta_2)=f(2200,\ 2400)=6324163>6309625$$
$$f(T_{21}-\Delta_2)=f(2200,\ 2200)=6298882<6309625$$

从而

$$B_3=T_{22}=T_{21}-\Delta_2=(2200,\ 2200)^T$$
$$T_{30}=2B_3-B_2=(2000,\ 2000)^T$$

现在

$$f(T_{30})=f(2000,\ 2000)=6145258<6298882$$

$$f(T_{30}+\Delta_1)=f(2100,\ 2000)=6466255>6145258$$
$$f(T_{30}-\Delta_1)=f(1900,\ 2000)=6076475<6145258$$

因此

$$T_{31}=T_{30}-\Delta_1=(1900,\ 2000)^T$$
$$f(T_{31}+\Delta_2)=f(1900,\ 2100)=6078641>6076475$$
$$f(T_{31}-\Delta_2)=f(2000,\ 1900)=6078642>6076475$$

从而

$$B_4=T_{32}=T_{31}=(1900,\ 2000)^T$$
$$T_{40}=2B_4-B_3=(1600,\ 1800)^T$$

现在

$$f(T_{40})=f(1600,\ 1800)=5893800<6076475$$
$$f(T_{40}+\Delta_1)=f(1700,\ 1800)=5955592>5893800$$
$$f(T_{40}-\Delta_1)=f(1500,\ 1800)=5833991<5893800$$

因此

$$T_{41}=T_{40}-\Delta_1=(1500,\ 1800)^T$$
$$f(T_{41}+\Delta_2)=f(1500,\ 1900)=5825057<5833991$$
$$f(T_{41}-\Delta_2)=f(1500,\ 1700)=5881855>5825075$$

从而

$$B_5=T_{42}=T_{41}+\Delta_2=(1500,\ 1900)^T$$
$$T_{50}=2B_5-B_4=(1100,\ 1800)^T$$

现在

$$f(T_{50})=f(1100,\ 1800)=5614805<5825057$$
$$f(T_{50}+\Delta_1)=f(1200,\ 1800)=5666560>5614805$$
$$f(T_{50}-\Delta_1)=f(1000,\ 1800)=5565128<5614805$$

因此

$$T_{51}=T_{50}-\Delta_1=(1000,\ 1800)^T$$
$$f(T_{51}+\Delta_2)=f(1000,\ 1900)=5552323<5565128$$
$$f(T_{51}-\Delta_2)=f(1000,\ 1700)=5585115>5565128$$

从而

$$B_6=T_{52}=T_{51}+\Delta_2=(1000,\ 1900)^T$$
$$T_{60}=2B_6-B_5=(500,\ 1900)^T$$

现在

$$f(T_{60})=f(500,\ 1900)=5329354<5552323$$
$$f(T_{60}+\Delta_1)=f(600,\ 1900)=5369770>5329354$$
$$f(T_{60}-\Delta_1)=f(400,\ 1900)=5291321<5329354$$

因此

$$T_{61}=T_{60}-\Delta_1=(400,\ 1900)^T$$
$$f(T_{61}+\Delta_2)=f(400,\ 2000)=5281470<5291321$$

从而

$$B_7 = T_{62} = T_{61} + \Delta_2 = (400,\ 2000)^T$$
$$T_{70} = 2B_7 - B_6 = (-200,\ 2100)^T$$
这里$x_1 = -200$，不满足约束条件$0 \leqslant x_1 \leqslant 5000$，可知这个新矢点无用。对于所采用的这个步长来说，点（400，2000）是最优点。

三、数学规划法

（一）线性规划法

线性规划法是应用最广泛的数理规划法，在理论上是最基本的，方法上也最有普遍性。所谓线性规划是指问题中的约束条件或目标函数对于变量都存在着直线关系，即对于满足一次式（不等式或等式）约束条件的系统进行规划，使另一个一次式（目标函数）最大或最小的数学方法。线性规划广泛用于解决运输问题、生产组织与计划问题、合理下料问题和布局问题等等。它应用于厂址选择和总图运输系统的优化，就是所谓寻求整个问题的某个整体指标最优的问题，即使其达到最低费用（最小化）或最大效益（最大化）。

采用线性规划方法确定厂址位置，就是在企业的主要原、燃料和产品的销售地点已确定及工厂的外部条件已定的情况下，求最优的建厂地址，使得该厂址方案的年生产成本，基建费用和年运输费用的总和最小。

运用线性规划，要先对拟解决的问题加以分析，在分析的基础上，将问题表述为数学形式。

运用线性规划法进行优化，从数学上说，它们具有以下共同特征：

1．每一个问题都有一组未知数（x_1、x_2、…、x_n）表示某一方案；这组未知数的一组定值就代表一个具体方案。通常要求这些未知数取值是非负的。

2．存在一定的限制条件（称为约束条件），这些限制条件都可以用一组线性等式或线性不等式来表达。

3．都有一个目标要求，并且这个目标可表示为一组未知数的线性函数（称为目标函数）。按研究的问题不同，要求目标函数实现最大化，或者最小化。

一般来说，这类问题可用数学语言描述如下：

目标函数：

$$\max(\min) z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \tag{1-11}$$

约束条件：

$$\begin{cases} \sum\limits_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = b_i & (i = 1, 2, \cdots, m) \quad (1\text{-}12) \\ x_j \geqslant 0 & (j = 1, 2, \cdots, m) \quad (1\text{-}13) \end{cases}$$

这就是线性规划的数学模型。方程（1-11）称为目标函数；（1-12）与（1-13）称为约束条件，其中式（1-13）也称为非负条件。

如前所述，对于求最优建厂地址来说，其目标函数为：

$$\min S = \sum_{t=1}^{p} c_i^t z_i^t + \sum_{i=1}^{n} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^{n} K_i y_i \cdot E$$
$$(i = 1,\ 2, \cdots,\ n) \tag{1-14}$$

式中 c_i^t——第i个厂址第t种产品的单位成本费；

z_i^t——第i个厂址第t种产品的产量；

t——第i个厂址的产品种类（$t = 1, 2, \cdots, p$）；

c_{ij}——从原、燃料基地（或消费地点）j到第i个厂址的单位运输费用；

x_{ij}——从原、燃料基地（或消费地点）j到第i个厂址的年运输量；

K_i——第i个厂址的基建费用（包括厂址处理费，外部公用工程费）；

$$y_i——\begin{cases}0\text{——假定厂址不是位于}i;\\1\text{——假定厂址是位于}i;\end{cases}$$

E——基建投资效果系数，由有关工业部门或国家给定。

运用线性规划法，要特别注意变量的决定，变量选择得恰当，就会使数学表述容易；选得不适当，不仅使求解复杂化，甚至不能构成线性规划形式。

（二）非线性规划法

非线性规划是指欲求解问题的数学表述形式中的目标函数或约束条件中，有一个或多个是变量的非线性函数。

非线性规划法在厂址优化中的应用可通过下面的实例说明。

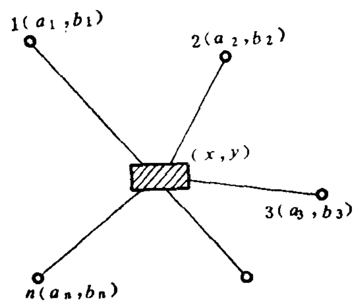

图 1 11

拟建一座油库，供其周围几个工厂用油，几个工厂的规模和用油量不同，现选一个库址，使油库到各个工厂的总运输费用最小。（设库址的场地条件满足建设油库的要求）。

根据所给条件，油库的位置是个变量，设油库的位置为（x、y），库址有很多个。第j个工厂的位置是（a_j，b_j），（$j=1$，2，…，n）。

若库址碰到不适宜建库的地方——如人工湖或人口密集的地方，则对（x、y）要加约束条件。如约束条件为$ax+by>c$，求在此约束条件下f（x，y）的最小值。

如图1-11所示，建立目标函数的数学表达式。

第j个工厂到油库的距离为：

$$\sqrt{(x-a_j)^2+(y-b_j)^2} \qquad j=(1,\ 2,\ \cdots,\ n) \tag{1-15}$$

设A_jB_j为单位油量的单位运费，则油库到第j个工厂每年的运费为：

$$A_jB_j\sqrt{(x-a_j)^2+(y-b_j)^2} \tag{1-16}$$

油库到各个工厂的总运费为：

$$f(x,y)=\sum_{j=1}^{n}A_jB_j\sqrt{(x-a_j)^2+(y-b_j)^2} \tag{1-17}$$

令f'（x，y）$=0$即可求得最小费用库址的位置(x，y)且满足约束条件$ax+by\geqslant c$。

四、判定优先次序法

（一）厂址选择的评价模型

现将影响厂址选择的因素分为三类：1）关键因素；2）费用因素；3）定性因素。

关键因素可以决定一个厂址方案的取舍。例如用水量大的工厂，水源因素就是关键因素，水源严重短缺的厂址，即使其他因素都能完全满足，也不能采用。又如生产大型产品的工厂，运输条件则是关键因素，如果厂址不能或不便运出大型产品，则该厂址当然不

可取。

费用因素可用货币来衡量，如原、燃、材料运输费，基建费用等。

定性因素指难以用数量表示的因素，如厂址对环境的适应与影响，发展条件、生活条件等。

有些因素既是费用因素又是关键因素，如原材料运输费用，产品运输费用同时也可作为关键因素看待。在有些情况下定性因素也可成为关键因素。

厂址评价数学模型是将这三类相互不可比、度量单位不同的因素，用相应的价值指标来衡量，并且将这三种价值指标归纳为一个综合的价值指标。对于厂址i的方案有综合指标V_i：

$$V_i = M_i[X \cdot A_i + (1-X)S_i] \tag{1-18}$$

式中 M_i——厂址i的各关键因素的总价值指标（$M_i = 0$或1）；

A_i——厂址i的各费用因素的总价值指标（$0 \leqslant A_i \leqslant 1$，$\sum_i A_i = 1$）；

S_i——厂址i的各定性因素的总价值指标（$0 \leqslant S_i \leqslant 1$，$\sum_i S_i = 1$）；

X——费用因素的决策权。

综合价值指标V_i数值大者为最优方案。

下面进一步讨论式（1-18）中待确定的四项指标M_i、A_i、S_i、X。

1．关键因素价值指标$\left(M_i = \prod_{j=1}^{n} M_{ij} \right)$ (1-19)

M_{ij}为厂址i的第j个关键因素的价值指标，视厂址i是否能满足第j个关键因素的最低要求而记分为1或0。从式（1-19）看出，各关键因素中，只要其中一个关键因素$M_{ij}=0$，则$M_i=0$，同时式1-18$V_i=0$，说明该厂址应该摒弃。而提供进一步定量比较的各个待定厂址方案，必有$M_i=1$。

2．费用因素的价值指标

$$A_i = \frac{c_{\max} - c_i}{c_{\max} - c_{\min}} \left[\sum_i^m \frac{c_{\max} - c_i}{c_{\max} - c_{\min}} \right]^{-1} = \frac{c_{\max} - c_i}{nc_{\max} - \sum_{i=1}^{n} c_i} \tag{1-20}$$

m为厂址数。

c_i为厂址i各项费用因素的总费用。A_i为相应于c_i的价值指标。$c_{\max}$为允许的最大值（即最低要求），如总费用等于或大于$c_{\max}$，则该方案不经济，不可能采用，即$c_{\max}$相应于$A_i=0$；$c_{\min}$为可能出现的最小费用，即$c_{\min}$相应于$A_i=1$。式1-20反映出总费用愈大，则价值指标越小，并有$\Sigma_i A_i = 1$。这样，就为费用因素和定性因素两者的价值指标提供了可比条件。

3．定性因素的价值指标

$$S_i = \sum_i (w_k \cdot w_{ik}) \tag{1-21}$$

w_k为第K个定性因素的因素权，它说明各个定性因素的重要程度。w_{ik}为厂址权，说明就k个定性因素而言，厂址i所占优先程度。

确定权的一种简便方法是“判定优先次序法”。由分析人员比较判定各个因素的相对重要性（优先次序）。在许多因素中每次只比较两个因素，比较后可能有三种结果：1）