

试论工业区工业企业成组布局 的经济效果和最佳规模的确定*

沈 小 平

(北京师范大学地理系)

摘 要

分析了工业区工业企业成组布局与分散布局相比较的经济效果,并采用年费用指标作为评价成组布局经济效果的基本指标。本文还分析了工业成组布局的经济效果与工业区规模之间的关系。本文以年费用最小为目标函数,以成组布局工业区的一些主要企业(基本企业)和与其相应的具有替代关系的分散布局企业(对比企业)为变量,建立了工业成组布局经济效果及最佳规模优化模型。

关键词 工业成组布局 经济效果 最佳规模

工业区工业企业成组布局是指将生产过程中原料、燃料、辅助材料及半成品方面有供应关系的企业或生产工艺上有密切联系的企业合理地集中于一定地段,或者为了共同利用区域性公用工程而将有关企业集中于一定地段的工业布局形式。

一、工业成组布局的经济效果分析

现代化工业生产的重要特点之一就是专业化分工越来越细,由此必然带来各工业企业间的联系和协作也越来越密切。这使得工业企业,特别是工艺、产品、城市建设等方面联系密切的企业在建设时要求在空间位置上尽可能的接近。这种要求必然使现代工业企业的空间布局具有越来越明显的集聚成群的趋势。工业成组布局正是在这种集聚的趋势中出现的布局形式,因此它是工业现代化生产的客观要求。

(一) 工业成组布局经济效果指标的确定

物质资料生产中的经济效果,就其一般内容来看是指用最少的劳动消耗、劳动占用取得最大的满足社会需要的劳动成果。即:

$$E_{iz} = \text{产出}_i / \text{投入}_i$$

式中 E_{iz} ——经济效果

这一概念也适用工业布局。工业布局的经济效果是指由于地域上(空间上)的差异而

* 本文承蒙导师郭翊光教授指导,并请汪培庄教授审阅,谨此致谢。

引起的生产上的不同经济效果。当我们讨论工业布局(特别是厂址选择)问题时,产出的数量(某一时期社会对某一工业产品的需求)常常已经被确定,因此根据上式,评价工业布局经济效果的问题主要是对工业布局领域实践活动的社会劳动消耗的评价。具体的说,主要是投资和正常生产的运营费(含运费)两部分。我们评价工业成组布局的经济效果,也将从这两方面入手。

另外,从影响社会劳动消耗的因素上看,不仅取决于生产上的因素,如劳动者的技术装备程度等,也取决于实际影响劳动者工作的非生产因素,如生活福利和居住条件等。由于工业布局的形式不同带来的企业职工的物质生活和精神文化生活条件的不同,以及企业信息交流条件的不同等因素,必然会影响职工队伍的稳定、职工的劳动生产率和企业的经营,以至于影响企业投资和运营费的支出。这是影响企业经济效果的一个重要方面,也是工业成组布局优于分散布局的一个重要方面。但是这些由人们的思想、行为以及信息交流速度等因素所带来的经济效益目前还难以用具体数字进行计算和评价,因此在本文中暂不进行讨论。

投资大小是评价工业成组布局经济效果的一个重要方面,在这方面,各种类型的工业成组布局方案较分散布局方案一般来讲均有所节省。不同的成组布局方案其节省的程度不同(企业间联系协作越密切的工业区效果越显著),但是能节省的部分仅仅是投资中有关辅助生产、运输设施、基础设施、生活福利设施等部分,在这方面各种类型的成组布局方案却都是相同的。因此,我们以是否因成组布局而发生明显变化为标准将投资分为不变投资和可变投资两部分。不变投资部分主要包括企业的基本生产车间、主要生产设备的投资等。可变投资部分主要包括以下几个方面:

- ① 原料开采、运输、半成品生产及运输设施的投资,三废排放和处理设施的投资;
- ② 辅助生产工程的投资;
- ③ 动力生产系统的投资;
- ④ 城镇生活福利设施的投资;
- ⑤ 建筑工业基地及厂区开拓、临时性工程的投资。

工业成组布局经济效果评价的另一个重要方面是正常生产的运营费。由于成组布局,半成品和成品之间,零部件和总成之间的运输费用大大减少,大型的钢铁基地用传送带将各分厂联接起来,使半成品的运费趋近于零。由于成组布局在冶金企业中还可以减少2次重熔重铸的金属和燃料动力的损失。另外,基础设施和厂外公用工程(如发电、供电)的规模大小也直接影响其单位供应能力运营费的大小,以至于影响到工业企业的运营费。例如:一个企业自建的发电厂,发电装机为 $37.5 \times 10^4 \text{kw}$ (3×12.5 万),其发电成本为3分/度,而在同一地区建设的区域性火力发电厂,发电装机为 $120 \times 10^4 \text{kw}$ (4×30 万),其发电成本仅为1.5分/度,相差一半。在运营费中,我们将这些由于成组布局与否而引起较大变化的部分也称为可变部分。运营费的可变部分包括以下六个方面:

- ① 运输费,包括公路、铁路、管道、航运等的运费,由于长途运输而增加的仓储费,以及半成品长途运输占用流动资金的利息,货物在运输过程中的损耗等;
- ② 工业区区域性公用工程和基础设施的运营成本对企业运营费的影响,包括电费、水费、煤气费、供热费、供气费、三废排放和处理费用等;

③ 原料、材料费,当原料以半成品形式供应企业并且可以带来减少2次重熔重铸及预处理等工序的损耗时,本部分计为可变运营费部分,不包括因企业联合形式不同所引起的原料以成本价或市场价(含利税)供应后续企业的原料费差价;

④ 工资、福利费,当成组布局与分散布局方案均为同一个地区时此部分计为不变部分,当分散布局方案为多方案多地区时,由于工资的地区差别,此部分也为可变部分;

⑤ 折旧费及预提大修理费,此部分费用的大小由投资总额的大小决定,当成组布局的方案引起企业投资总额的较大变化时,本部分是可变部分,一般情况下为不变部分;

⑥ 燃料费,当由于布局方案的不同,使燃料出现替代时,如:洗中煤和原煤,煤和油等,此部分计为可变部分,否则为不变部分。

从成本构成的费用要素看,成组布局方案最大可能影响到的部分(以上六方面)占运营费的95%以上,而构成运营费不变部分的基本费用仅有利息和其他费用部分。由此可见,成组布局与否对企业的运营费影响是较大的,以至于运营费的可变部分成为主要的部分。

我们讨论成组布局方案的经济效果,主要是要讨论投资和运营费中的可变部分值的变化情况,并且综合考虑变化了的投资和运营费对经济效果的影响。

在工业布局工作中,时间因素对经济效果的影响越来越受到重视。为综合考虑一次性投资和运营费的支出在资金利用方式上的不同,建设周期的长短对工程经济效果的影响,以及资金占用的时间价值等多方面的因素,本文采用年费用这一指标作为成组布局经济效果评价的基本指标。

年费用是一个同时考虑投资和年运营费作用的综合指标。当可以采取多种措施共同满足一定的生产要求时,对于不同方案在投资上的差异和在年运营费上的差别,可以先把各方案按国家规定的投资回收率 r_0 (或年利率)各自折算为同一基准年的现值,然后把这总投资加总运营费的现值按同样的 r_0 值平均分配到该方案工程的整个使用年限(T_n)内,即为该方案的年费用 S_n 值。各方案中 S_n 值最小者即认为最优。

年费用的计算公式如下:

$$S_n = \frac{1}{R} (K_d + U_d)_i$$

式中 S_n ——平均分布在 t_b-t_n 整个计算年期内的年费用;

i ——方案号;

K_d, U_d ——分别为折算到基准年的总投资和总年运营费。计算公式如下:(图1)

$$K_d = \sum_{t=t_1}^{t_b-1} K_t (1+r_0)^{t_b-t}$$

$$U_d = \sum_{t=t_a}^{t_b} U_t (1+r_0)^{t_b-t} + U_n \sum_{t=t_b+1}^{t_b+T_n} (1+r_0)^{t_b-t}$$

式中 K_t ——逐年投资额;

U_t, U_n ——分别为试生产期和正常生产期的年运营费;

t_b ——施工结束或工程效益达到设计规模的年份,也作为费用折算的基准年;

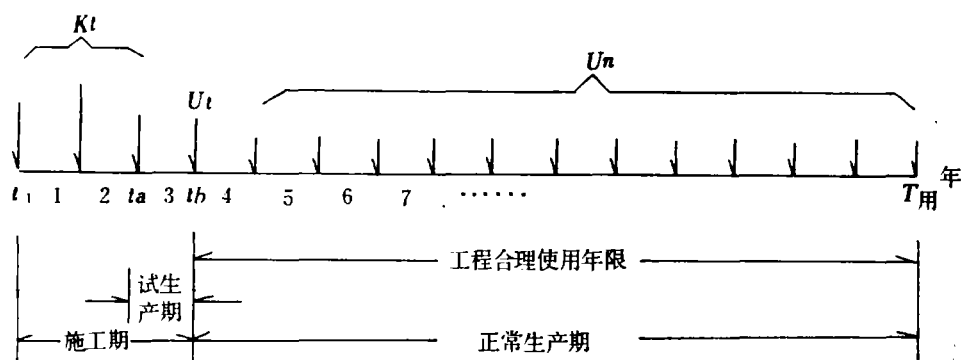


图 1 工程各年投资、年运营费流程图

Fig. 1 Flow Diagram of the yearly capital investment and yearly operational expenditure in the construction.

t ——表示年时段初的时序变量；

r_0 ——投资回收率(或年利率)，当前多采用 0.07—0.10；

R ——经济学中称为定额序列现值因子，代表把分布在 t_b-t_n 的 $T_{用}$ 年内的定额序列 S_n 折算为基准年的现值 K_d, U_d 时所需的化算因子，计算式为：

$$R = \frac{(1 + r_0)^{T_{用}} - 1}{r_0(1 + r_0)^{T_{用}}}$$

(二) 工业成组布局的经济效果与工业区规模的关系

工业区的规模是与工业区中各企业的规模大小相联系的，而工业成组布局的工业区其规模大小多数是与形成这一工业生产综合体的企业规模紧密相联的。在现代化的工业生产中，许多工业部门由于设备的大型化和生产过程的自动化与连续化，使企业的经济规模不断扩大。例如：电解铝厂单位产能的投资和单位产品的成本随铝厂生产规模的增大而减少（如图 2、图 3）。因此为取得更好的经济效果，目前世界上新建的铝厂其规模一般

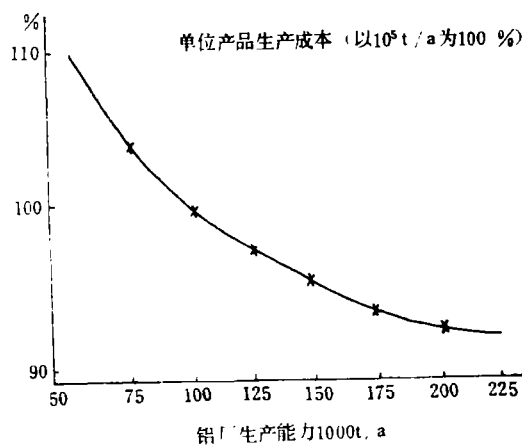


图 2 吨铝生产成本与铝厂规模的关系

Fig. 2 Relationships between the cost of production of aluminium per ton and the size of the aluminium factory

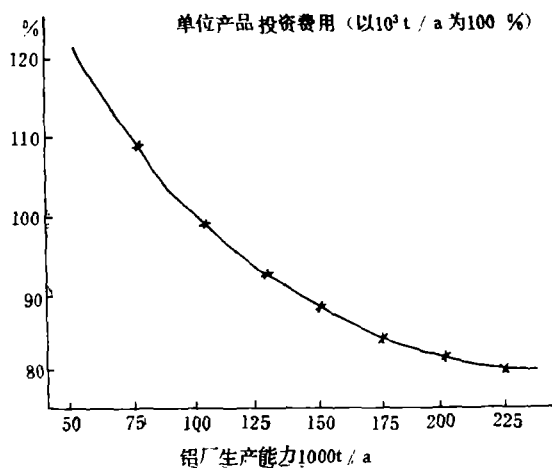


图3 单位产品投资与铝厂规模的关系

Fig. 3 Relationships between the capital investment of per unit product and the size of the aluminium factory

均为 10×10^4 — 20×10^4 t (我国目前最大的铝厂为 8×10^4 t), 并有逐渐增大的趋势。

其他如石油化工、汽车工业等部门在一定的技术条件允许的范围内也有这种单位产能的投资和生产成本随企业规模的增大而降低的情况。因此新建企业的规模也有逐渐增大的趋势。

由于形成工业生产综合体的企业规模的增大使得与其相配套的和紧密联系的工业企业规模相应增大而带来的工业企业成组布局的工业区规模的不断增大, 是工业区规模增大的重要原因。另外, 成组布局工业区的基础设施投资和运营费的节省会吸引更多的企业在工业区内建设。例如: 火力发电厂单位装机容量的投资与规模之间的关系如图4。又如在供排水方面, 800mm的管道较700mm的管道输水能力增加63%, 而投资只增加

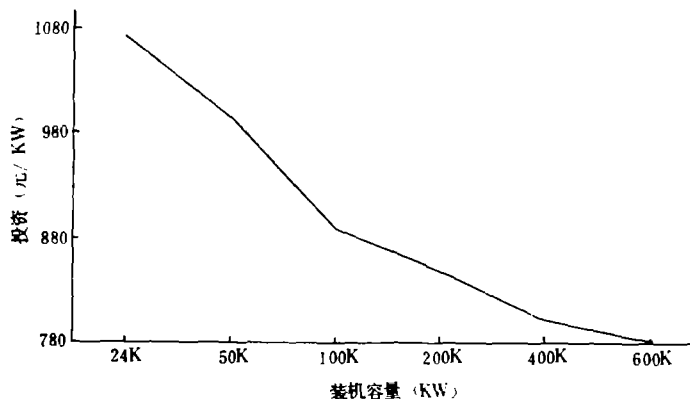


图4 火力发电厂投资与装机容量关系图

Fig. 4 Relationships between the capital investment of thermal power plant and the installed capacity

资料来源: 火力发电厂厂址选择与总布置, 张玉珩主编, 1983。

7%,在铁路站场的建设方面,一个 10^6t 货运能力的工业站场,其单位能力的投资约为 5—8 元/t 而一个 $12 \times 10^6\text{t}$ 货运能力的工业站场单位能力的投资仅为 1.5—2 元/t。

从以上分析可以看出,成组布局工业区的规模客观上是不断增大的,而这种规模增大的内在动力是企业所获得的经济效益——单位生产能力的投资和单位产品成本的降低,即年费用的降低。也就是说,工业成组布局工业区的经济效益是与工业区及区内主要企业的规模紧密相联的,而且在一定范围内它们成正比关系,即成组布局的经济效益随工业区规模的增大而提高。

但是,工业成组布局的经济效果与规模之间的关系有一个从量变到质变的过程,并且会走向自己的反面。当工业区的规模达到一定程度时,由于水资源的限制而不得不长距离引水;用地的紧张使地价提高,拆迁费上升;原料、燃料供应和产品销售半径加大带来运费增加;工业区对外货运量超过一定限度后引起交通运输的紧张;以及工业企业的高度集中引起的环境污染等问题,使工业区内企业的年费用逐渐上升,以至于达到这样的程度,工业成组布局与分散布局的经济效果相同(年费用一样)。工业区继续扩大规模其年费用将高于分散布局。我们称这一点为工业成组布局工业区最大有益规模的临界点。如图 5 所示。

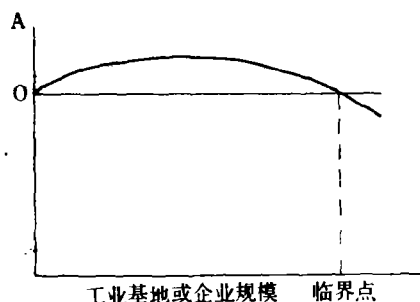


图 5 工业成组布局的经济效果与规模的关系

Fig. 5 The relationship between the economical effect of the location of industrial grouping firms and the size

图中 A ——年费用差额, $A = B_{\text{散}} - B_{\text{组}}$

$B_{\text{组}}$ ——成组布局方案的年费用

$B_{\text{散}}$ ——分散布局方案的年费用

任何工业区都存在这个规模经济的临界点,但是由于主导工业的不同,工业区资源、自然条件等基础情况不同,以及由于建设年代不同技术水平和工艺不同等原因,临界点的位置是变化的。这给我们寻找和确定这个点带来了一定的困难。但是要讨论成组布局的经济效果,就必须讨论这个合理规模的上限问题,本文试图用以下模型来解决这一问题。

二、工业成组布局经济效果及最佳规模优化模型

1. 模型变量

本模型选择工业区中 n 个对工业区规模具有决定性作用或有较大影响的,尚未建设

或有较大扩建余地的,规模变化幅度允许范围较大的企业作为经济效果分析的基本企业,即模型的基本变量,其各自不同时期新建或扩建的生产能力为: $X_{i\tau}$ 表示第 i 个基本企业 τ 时段的新增产能。 $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$\tau = 1, 2, \dots, T$ 为不同时期段的符号,例如 1985 年—1990 年为 1, 1990 年—1995 年为 2 等等,下同。

在实际可能的情况下,选择 m 个可以与相应的基本企业具有同样生产能力的对照企业。它们各自的生产能力为: $Y_{ij\tau}^i$ 表示第 i 个基本企业的第 j 个对照企业 τ 时段的新增产能。

$$j = 1, 2, 3, \dots, m$$

2. 模型中的已知量

I_{xi} ——第 i 个基本企业单位生产能力的投资额(不变投资加可变投资的总和,下同)

I_{yij} ——第 i 个基本企业的第 j 个对照企业单位生产能力的投资额

U_{xi} ——第 i 个基本企业单位产品的年运营费(运营费的总和,下同)

U_{yij} ——第 i 个基本企业的第 j 个对照企业单位产品的年运营费

t_{bi} ——第 i 个基本企业与其相对应的对照企业施工结束或工程效益达到设计规模的年份

r_{it} ——第 i 个基本企业与对照企业施工期各年投资分配系数 $t = 1, 2, \dots, t_b$

$t_{ai} - t_{bi}$ ——第 i 个基本企业与对照企业的试运行期

R_{it} ——第 i 个基本企业与对照企业的试运行期运营费相当于正常生产运营费的百分比

r_0 ——投资回收率(或利率)

L_{xi} ——第 i 个基本企业与对照企业生产规模的经济合理下限

g_{xi} ——第 i 个基本企业与对照企业生产规模的经济合理上限

C_τ —— τ 时期工业区对外运输的最大能力

C_{xi} ——第 i 个基本企业生产单位产品的货运量

$C_{o\tau}$ —— τ 时期工业区其他企业及生活用品货运量

W_τ —— τ 时期工业区最大的供水能力

W_{xi} ——第 i 个基本企业生产单位产品耗水量

$W_{o\tau}$ —— τ 时期工业区其他企业及市政生活用水量

D —— τ 时期不引起地价和拆迁费大幅度上涨的工业区最大占地面积

D_{xi} ——第 i 个基本企业单位产能占地面积

$D_{o\tau}$ —— τ 时期工业区其他企业及居住区占地面积

E_τ —— τ 时期工业区供电能力

E_{xi} ——第 i 个基本企业生产单位产品的耗电量

$E_{o\tau}$ —— τ 时期工业区其他企业及生活、第三产业等用电量

$G_{xy\tau}$ ——第 i 个基本企业与对照企业的产品在 τ 时期的最大需求量

X_{io}, Y_{jo}^i ——第 i 个基本企业和相应的对照企业现有的生产能力

以上的已知量是就一定的情况而论的,工业区规模的扩大过程中会出现长距离引水、

提水,使工业区供水能力提高;地价上升,占地面积上限提高;增加运输投资改变运输能力等一系列变化。这些变化使约束上限改变,但都会相应地引起基本企业单位产能投资和单位产品成本的不连续上升,因此这些已知量均为不连续变量,在计算的过程中必须对它们分别情况进行处理。

3. 模型的约束条件和目标函数

本模型的约束条件为:

- ① 各企业的最终生产能力大于其相应的经济合理下限并小于经济合理上限

$$L_{xi} \leq \sum_{r=0}^T X_{ir} \leq g_{xi}$$

$$L_{xi} \leq \sum_{r=0}^T Y_{ir}^j \leq g_{xi}$$

- ② 第 i 个基本企业与对照企业的产品在 T 时期的总量不大于该时期该产品的最大需求量

$$\sum_{r=0}^T X_{ir} + \sum_{r=0}^T \sum_{j=1}^m Y_{ir}^j \leq G_{xyiT}$$

- ③ T 时期工业区对外运输的总量不大于该时期运输的最大能力

$$\sum_{r=0}^T \sum_{i=1}^n C_{xi} X_{ir} + C_{oT} \leq C_T$$

- ④ T 时期工业区用水总量不大于该时期最大供水能力

$$\sum_{r=0}^T \sum_{i=1}^n W_{xi} X_{ir} + W_{oT} \leq W_T$$

- ⑤ T 时期工业区的占地面积不大于该时期地价不变的最大占地面积

$$\sum_{r=0}^T \sum_{i=1}^n D_{xi} X_{ir} + D_{oT} \leq D_T$$

- ⑥ T 时期工业区的需电量等于该时期工业区的供电量

$$\sum_{r=0}^T \sum_{i=1}^n E_{xi} \cdot X_{ir} + E_{oT} = E_T$$

- ⑦ 变量的非负约束

$$X_{ir} \geq 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$Y_{ir}^j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, m$$

本模型的目标函数为所有的基本企业与对照企业的年费用总和达到最小

$$\min \left[\sum_{r=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{X_{ir}}{R} \left(I_{xi} \cdot \sum_{t=t_1}^{t_{bi}-1} r_{it} (1+r_0)^{t_{bi}-t} \right. \right.$$

$$\left. \left. + U_{xi} \sum_{t=t_{gi}}^{t_{bi}} R_{it} (1+r_0)^{t_{bi}-t} + U_{xi} \cdot R \right) \right.$$

$$\left. + \sum_{r=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{Y_{ir}^j}{R} \left(I_{yij} \sum_{t=t_1}^{t_{bi}-1} r_{it} (1+r_0)^{t_{bi}-t} \right. \right.$$

$$+ U_{yij} \sum_{t=t_0}^{t_{bi}} R_{it}(1+r_0)^{t_{bi}-t} + U_{yij} \cdot R \Bigg] \Bigg]$$

式中 R ——定额序列现值因子

其他符号同前

4. 布局系数

当布局方案中涉及到的地区较多,而且较分散时,一般会遇到国防安全性,边远及少数民族地区优先照顾等问题,仅仅进行年费用的分析难以体现这些因素对生产布局的影响,为使模型能更全面的反映生产布局的合理性,本模型采用各因素地区系数的加权平均数作为生产力布局系数 F 代入模型来解决这一问题。

对于国防安全问题,我们可以把全国所有地区分为五类,即安全区,比较安全区,一般地区、不安全区和边境地区。然后分别规定五类地区工业布局的国防安全系数,这个系数的数值在各地区的相差程度与国际形势的紧张程度有关,但一般情况下不宜相差很大。我们以 F_j^1 表示第 j 个地区的国防安全系数。

对于地区照顾系数我们也以同样的方法将全国分为五类地区,然后分别确定各地区的照顾系数 F_j^2 。

然后我们根据各类产品在国防上的重要性,对地区发展的重要性确定这两类系数的权数 A_1, A_2 , 并根据以下公式计算地区布局系数 F_{j0} 。

$$F_j = \frac{A_1 F_j^1 + A_2 F_j^2}{A_1 + A_2}$$

将此系数代入模型,则目标函数为:

$$\begin{aligned} \min & \left[\sum_{\tau=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{F_1 X_{i\tau}}{R} \left(I_{xi} \sum_{t=t_1}^{t_{bi}-1} r_{it}(1+r_0)^{t_{bi}-t} \right. \right. \\ & \left. \left. + U_{xi} \sum_{t=t_0}^{t_{bi}} R_{it}(1+r_0)^{t_{bi}-t} + U_{xi} \cdot R \right) \right. \\ & \left. + \sum_{\tau=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{F_{ij} Y_{i\tau}}{R} \left(I_{yij} \sum_{t=t_1}^{t_{bi}-1} r_{it}(1+r_0)^{t_{bi}-t} \right. \right. \\ & \left. \left. + U_{yij} \sum_{t=t_0}^{t_{bi}} R_{it}(1+r_0)^{t_{bi}-t} + U_{yij} \cdot R \right) \right] \end{aligned}$$

式中 F_1 ——基本企业所在的成组布局工业区的布局系数

F_{ij} ——第 i 个基本企业的第 j 个对照企业所在地区的布局系数

本模型为一动态规划模型,但对数据进行一些预处理后可以用线性规划的方法求解。

本模型曾用于解决山西省河津工矿区工业成组布局经济效果和最佳规模确定的问题。实践证明,工业成组布局经济效果及最佳规模优化模型对于工业成组布局方案的经济效果分析和最佳规模确定是一个比较综合,比较有效的方法,在 IBM 机 LINDO 系统软件上运行作多方案试算也比较灵活。如果将约束条件作一些相应的改动,该模型也可

用于一般工业布局厂址选择方案的比较和规模的确定。该模型主要的缺点是在系统软件上运行之前,数据的预处理工作量较大。如果用手工计算,准确性也较差。今后如果能对数据处理部分编制一套系统的程序,与 LINDO 软件联用,使原始数据代入后即可得到最终结果,该模型使用的灵活性和准确性将得到进一步提高。

参 考 文 献

- 【1】 陆大道,工业区的工业企业成组布局类型及其技术经济效果,地理学报,34(3), 1979, 248—262。
- 【2】 叶秉如,水利计算,水力电力出版社,1985.5。
- 【3】 陈锡康,生产力布局的若干经济数学模型,地理学报,36(1),1981,1~12。
- 【4】 刘再兴等,生产布局学原理,中国人民大学出版社,1984。
- 【5】 David, M. Smith, Industrial location, New York, 1981.

A DISCUSSION ON THE ECONOMIC EFFECT OF THE LOCATION OF GROUPING FIRMS IN INDUSTRIAL DISTRICT AND THE DETERMINATION OF ITS BEST SIZE

Shen Xiaoping

(Beijing Normal University)

Key words Economic Effect, Industrial Location of Grouping Firms, The Best Size

Abstract

Location of grouping firms in industrial district means rational agglomeration in a particular space of several firms which are connected with one another in supply of raw material, fuel, subsidiary material and semi-product or with close technical linkage, or located together simply aiming at full use of regional infrastructure. It comes from the objective need of modern industry production. Now, in our country, more and more industrial districts are constructed with this locational pattern. Thus, to analyze its economic effect and to determine its best size is an urgent problem posed before us. This paper made a qualitative discussion of this problem and gave a quantitative analysis by using a mathematical model.

The economical effect of the location of grouping firms consists mainly of capital investment in construction of the district and operational expenditure in normal production. The author of this paper divided them into invariable and variable parts according as the investment or operational expenditure changed or not owing to grouping location, and made rather detailed discussion on the variable part. In full consideration of the influence of capital investment and operational expenditure on economical effect, the author adopted yearly expenditure target as the fundamental target in the estimation of the economic effect of grouping location of the firms. The formula is as follows:

$$S_{year} = \frac{1}{R} (K_d + U_d)_i$$

where S_{year} : yearly expenditure in the whole calculated period,

i : location plan number,

K_d , U_d : total investment and total yearly operational expenditure calculated to the basic year respectively.

R : factor of the series value of quota

The economic effect of the district in grouping location is in relation with the size of the district. In a certain limit, the economical effect grows with the expansion of the size, but beyond that limit, economical effect decreases with the expansion of the size, until it is equivalent to the economic effect of the individual location. We call this point of equivalent economic effect the critical point of the best size of grouping location.

For the purpose of analyzing quantitatively the economic effect of grouping location and determining its rational size, this paper took the minimum yearly expenditure and the objective function, the main firms (basic firms) in the district of grouping location and the relevant firms in substituting relations with individual location (contrasting firms) as variables and constructed "a model of the economic effect of industrial grouping location and its best scale".