

# 运用 DEA 方法优化轮胎生产成本的研究

刘子先 李从东

(天津大学管理学院 300072)

李长贵

(天津轮胎厂 300220)

**摘要** 采用数据包络分析方法,对某轮胎厂主要产品生产的相对技术有效性进行分析与评价,揭示了造成生产投入过剩的原因:设计相对保守,轮胎硫化时间长、效率低,生产过程控制不严格,工装设备水平偏低;并提出了优化产品设计和加强生产全过程的成本控制等方面的改进措施。

**关键词** 轮胎,数据包络分析,相对技术有效性,成本优化

某轮胎厂是化工部重点轮胎生产厂,具备多规格综合配套能力的产品生产体系,可生产载重轮胎、轿车轮胎、工业车辆轮胎、农业轮胎和畜力车轮胎等系列、百余种规格轮胎,产品销往全国 29 个省、市、自治区,并远销美国及东南亚、非洲和中东地区。自 1994 年原材料价格上涨以后,部分主要原材料价格暴涨、企业历史包袱过重以及对汽车轮胎征收 10% 的消费税等因素,使企业经济效益受到了一定的影响。面对这种形势,该厂在加快推进科技进步的同时,积极学习邯钢经验,转变机制,加强管理,提高效益。加强成本管理、不断挖潜降耗、提高劳动生产率是提高企业经济效益的核心。然而,成本总量的优化并不能以个别量绝对水平的降低为目标,在产品生产系统中,每种产品在一定的市场条件下,在整个产品集合中消耗、占用资金及对企业经营成果的贡献是不同的。为实现产品成本结构的优化,通过采用数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis——DEA),对该厂主要产品进行了技术有效性评价。通过评价,确定这些产品的技术有效性并获得非有效产品投入过剩的重要信息,通

过深入分析,揭示产品投入过剩的原因及改进方向。

## 1 轮胎产品的技术有效性评价

### 1.1 模型简介

采用的模型是 DEA 中常规使用的  $C^2GS^2$  模型。其中,将每一个规格的产品定义为一个决策单元(Decision Making Unit——DMU)。设所评价的产品集共有  $n$  种规格(即  $DMU_j, j = 1, 2, \dots, n$ ),评价指标体系由  $m$  个输入指标和  $s$  个输出指标组成,其中  $DMU_j$  的输入和输出向量分别为  $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$  和  $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0, j = 1, 2, \dots, n$ 。对  $DMU_{j_0}$  进行评价的  $C^2GS^2(D)$  模型为

$$C^2GS^2(D) \begin{cases} \min \theta \\ S. t. \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases}$$

对于  $C^2GS^2(D)$ ,若其最优解  $\theta^0, \lambda_j^0 (j = 1, 2, \dots, n), S^{-0}, S^{+0}$  满足  $\theta^0 = 1, S^{-0} = 0, S^{+0} = 0$ ,则  $DMU_{j_0}$  为  $DEA(C^2GS^2)$  有效。否

**作者简介** 刘子先,男,1962 年出生。工学硕士。讲师。1992 年毕业于天津大学。主要从事生产优化、成本控制方面的研究工作。

则,也可以计算出该  $DMU_{j_0}$  在有效生产前沿面上的“投影”:

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{j_0} &= X_{j_0} - S^{-0} \\ \bar{Y}_{j_0} &= Y_{j_0} + S^{+0} \end{aligned}$$

从而获得将其转化为技术有效的参考信息。为使  $DMU_{j_0}$  转化为 DEA 有效,输入、输出的调整向量为

$$\begin{aligned} X_{j_0} &= \tilde{X}_{j_0} = (1 - \theta) X_{j_0} + S^{-0} \\ Y_{j_0} &= \bar{Y}_{j_0} = Y_{j_0} + S^{+0} \end{aligned}$$

通过对调整向量的分析,可以发现影响该  $DMU_{j_0}$  效率发挥的主要因素及其原因。对整个评价系统来说,通过对其非有效的 DMU 调整量的统计分析,则可以了解整个系统的主要问题所在。

### 1.2 $C^2GS^2$ 评价

#### 1.2.1 轮胎产品评价单元的构成及评价指标体系

轮胎产品生产属于原料加工多阶段、生产设备专业化、原材料和生产的品种繁多、配方及半成品结构尺寸易变的生产类型。它的最终产品是外胎、内胎和垫带。产品和材料可归为 8 大类,它们之间的消耗关系如图 1 所示。

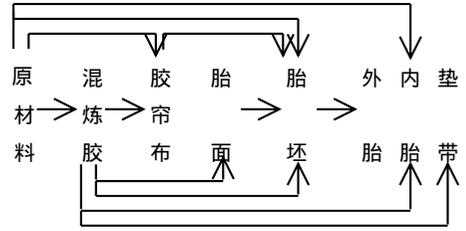


图 1 轮胎成品与原材料的消耗关系

不同规格的每套轮胎由外胎、内胎和垫带组成(个别规格产品不配垫带),构成不同的评价单元。

输入、输出评价指标的选择应遵循可量化、可比性、可收集性和统一性原则。为了满足这些要求,我们选取价值量指标进行评价,将输入指标确定为:材料成本,燃料费用,动力费用,工资及附加费用,制造费用。输出指标选取产量和销售收入。

#### 1.2.2 评价结果

以该厂 1996 年生产中的 12 种主要产品组成评价集,采用  $C^2GS^2$  进行 DEA 评价。结果表明,尼 5.60 - 13 2N(8) 等 7 种产品为技术有效,其余为非有效。表 1 给出了非有效产品的  $\theta$  值、DMU 转化为 DEA 有效输入和输出的调整量。

表 1 非  $C^2GS^2$  有效产品的输入和输出调整量及  $\theta$  值

产品名称	材料成本/ 元	燃料费用/ 元	动力费用/ 元	工资及附加 费用/元	制造费 用/元	产量/ 套	销售 收入	$\theta$ 值
尼 5.00 - 12 2 粗(8)	893 565	60 549	35 204	67 275	107 125	0	0	0.938 8
尼 7.00 - 12 6 粗(14)	910 963	31 615	35 330	68 663	108 832	0	0	0.935 8
尼 16.9 - 34 6(8)	579 571	20 001	22 387	43 572	69 615	134	0	0.889 5
尼 15 - 24 6(10)	331 719	110 608	126 247	240 780	386 111	277	0	0.913 6
尼 11.25 - 24 6(8)	718 790	24 694	27 848	54 271	86 271	0	0	0.910 4

## 2 投入过剩要素分析

DEA( $C^2GS^2$ ) 有效系指在当前生产状况(生产计划、系统转换效率)及市场状况(本企业该种规格轮胎的市场份额、价格水平、各种投入要素的价格水平)下,各输入指标的投入数量已处在生产的相对有效前沿面上,即该规格轮胎相对于整个评价集合而言已实现最

低成本生产;非 DEA( $C^2GS^2$ ) 有效的轮胎产品未实现最低成本生产的主要原因在于某一项或某几项输入指标的投入数量过大,管理人员据此可“对症下药”,设法降低成本。如表 1 所示,在 5 个非有效的评价单元中,材料成本的投入过剩是第 1 位的过剩要素。在轮胎总成本中,材料成本约占总成本的 75%。材料成本的过剩和升高,必将影响轮胎总成

本的升高。对此问题作了如下分析。

(1) 轮胎技术设计的影响。在设计方法上,采用以轮胎外缘曲线开始、从外向内设计的方法。该方法历史悠久,经验丰富,但缺乏计算依据,只凭经验数据进行设计,且设计相对保守,过剩功能多,使得产品设计定额偏高,造成材料成本高,同时也加大了燃料及动力等其它要素的投入。

在配方设计上,国产轮胎的含胶率通常比国外名牌产品高约5%~10%,加大了轮胎材料成本的投入。

受相关行业的制约,目前我国生产的轮胎助剂种类少、质量低,使得轮胎硫化时间长、生产效率低,从而加大了燃料、动力、工资和附加费用以及制造费用的投入。

(2) 轮胎生产过程控制及工装设备的影响。轮胎制造是多工序、流水线生产,它的生产周期长、工序多,影响因素复杂,从而决定了轮胎实际成本控制的复杂性。当某一规格轮胎的设计方案及其生产工艺确定后,相应的设计定额也就确定了。实际投入量则取决于有效的生产过程控制和相适应的工装设备。首先,影响材料成本的不仅仅是材料的消耗定额,所采购的原材料品种、质量以及价格等,同样也是影响因素;其次,工艺控制不严格,使得混炼胶合格率低,返回率高,以及胎面返胶率高等,不仅影响生产效率,同时必然造成燃料和动力的浪费。而成品一次综合合格率的偏低,将严重影响轮胎产品的实际材料成本和工费成本,从而加大了生产的投入;再者,轮胎生产工装设备水平偏低,导致生产效率低,能耗大,半成品的精度差,也造成生产投入的增加。例如,使用70年代的四辊压延机,效率低、精度差,且没有胶帘布自动测厚及反馈调节系统,对胶帘布厚度这一对轮胎质量和消耗至关重要的指标的控制,仍维持人工打表测量、调节的原始控制手段;

另外,硫化工序所用硫化介质为过热水,传统的方法是通过换热器用蒸汽对过热水实施间接加热,此种方式热传导率低,能源消耗高,从而增加了轮胎生产燃料及动力的投入。

### 3 降低成本的途径

(1) 优化产品设计。传统的成本管理只注重投产后的成本管理,忽视投产前产品开发设计的成本管理。产品投产后,降低各种作业消耗,提高生产效率当然是降低成本的一条途径,但是如果产品设计本身不合理,存在过剩功能,那么必然造成先天的成本缺陷,给投产后的成本管理带来困难。事实上,正是在产品的设计环节决定产品的作业组成和每一项作业预期的资源消耗以及预期产品最终可以对顾客提供的价值的大小。产品成本有60%~80%在产品阶段就已经确定了,产品一旦投入生产,降低成本的潜力就不大了。因此,优化轮胎产品的结构设计和配方设计,在保证使用质量的前提下,减少过剩功能,降低生胶和帘布的消耗定额,对降低成本、减少投入显得尤为重要。

(2) 加强生产全过程的成本控制。在轮胎生产的物流网络中,当产品设计和制造工艺确定后,原材料的实物消耗和材料利用率就主要取决于轮胎生产过程的控制和节材管理,取决于材料及各种辅助材料的采购成本、取决于生产作业计划工作、半成品及成品的制造质量、半成品的管理水平等。因此,在整个生产经营过程中必须严格控制原材料的采购成本;强化轮胎生产的作业计划,加强生产进度的控制和调度,合理确定半成品和胎坯的储备量,保证生产持续、稳定、均衡地进行;强化质量意识,严格各工序的质量管理;加强节能工作,降低能源消耗。

## Optimization of Tire Production Cost with DEA

*Liu Zixian and Li Congdong*

(Tianjin University 300072)

*Li Changgui*

(Tianjin Tire Factory 300220)

**Abstract** The analysis and evaluation of the relative technical effectiveness in the production of a tire plant were made with DEA (data envelopment analysis). It was found that the extra cost in the production was resulted from relative conservative design, longer and unefficient curing cycle, improper process control and out-of-date equipment. The measures were proposed to optimize the product design and improve the cost control of the whole process.

**Keywords** tire, DEA, relative technical effectiveness, cost optimization

### 米其林的新型跑气安全轮胎

英国《欧洲橡胶杂志》1997 年 178 卷 4 期 14 页报道:

米其林最新的跑气安全轮胎-轮辋体系在下述几个方面违反了常规:

轮胎的最宽点在胎圈处;

轮胎的胎侧几乎垂直于地面,其高度仅为可比规格标准轮胎的一半左右;

轮辋内侧直径稍大于轮辋外侧直径,以便于安装;

轮胎装配于特制的平底轮辋上,轮辋装有中凸的橡胶环用于锁定胎圈和提供跑气时的支撑。

尽管有些背离常规,可米其林还是希望在 1998 年年中使该体系实现工业化生产,而且他们有可能会与其它轮胎公司进行合作。

PAV(垂直固定轮胎)可在零压力下以  $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  的速度行驶 200 km,且可完全保持车辆的机动性和操纵性。PAV 胎圈之间的距离比胎面宽,胎侧相当短且几乎垂直,轮胎安装在专门设计的平底轮辋上。从断面看,轮胎胎圈基本位于轮胎的“赤道”,即标准轮胎胎面和胎圈之间的中央位置,使轮胎的

断面高宽比相当小,轮辋直径相当大。

PAV 的圈座定位依赖合力。首先,负荷下轮胎自然产生的垂直的力将较大的胎圈胶压入轮辋凸缘内,并将之固定在轮辋外驼峰和内挡圈之间。其次,轮胎胎圈直径等于或大于轮辋外驼峰的直径。

由于 PAV 给司机的反馈信息即使在零压力下也是不变的,因此这种轮胎-轮辋体系需要气压报警器。该体系的质量大于相应规格标准轮胎-轮辋体系,但是该体系的设计目标是使 4 条 1 组的 PAV 的总质量低于 5 条 1 组的标准轮胎。

PAV 似乎打破了轮胎工业技术的“经验法则”,即尽管其气腔较小,但却提供了与相应规格标准轮胎相同的负荷能力。该特点将使汽车工程师在设计中拥有更大的灵活性,既可以加大轮辋尺寸和加大制动装置,也可以使用相同大小制动装置而减小轮胎直径。

明显不同的轮胎形状还使该轮胎的滚动阻力在米其林节能轮胎的基础上又降低了 10%,因为 PAV 基本上取消了标准轮胎上耗能相当大的下胎侧区。

(涂学忠摘译)