

学习曲线在工程技术改造中的应用

左相国, 王晓明

(武汉科技大学 管理学院, 湖北 武汉 430081)

摘要:首先对学习曲线进行简要介绍, 然后利用几种学习曲线模型针对某厂的一项改造工程的竣工达产进行了分析。

关键词:学习曲线; 学习效应; 学习率

中图分类号:F403.6

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2004)09-0119-02

0 前言

学习曲线(learning curve)是在上个世纪的20年代从美国的飞机制造业中诞生出来的。当时,人们发现在飞机制造过程中,飞机制造得越多,每架飞机所需要的制造时间就越少。1936年,美国康乃尔大学的T·P·Wright博士在总结这一现象的基础上,第一次把累计平均工时与产量之间的函数关系称为“学习曲线”,并提出了学习曲线的数学模型如下:

$$Y_i = Y_1 X^{-b}$$

式中: Y_i 为第*i*单位所需的单位时间或生产成本; Y_1 为第1单位所需的单位时间或生产成本; X 为生产总数(计算到*i*单位为止,即为*i*); b 为学习常数,与学习率有关。

所谓学习率,是用以评价学习成果的一个百分比量,其具体定义为:当生产量倍增时,新产品的成本(工时、费用或其它评价指标)按一定的百分比率递减,其递减的百分比率就称为进步率*r*(Rate of Progress)或学习率(Learning Rate)。

利用上述公式(1)还可以求出学习率*r*和学习常数*b*的关系如下:

$$b = -\log_2 r = -\frac{\ln r}{\ln 2}$$

1 学习曲线在工程中的应用分析

1.1 工程实施背景

某厂是目前我国国内的重要中厚板材生产基地,其主要生产产品为10mm以上的中厚板材。该厂原有3座加热炉,于1966年建成投产。由于使用年限长,技术也落后,现有的设备不能很好地满足生产的需要。在使用过程中的主要问题是煤气单耗值高,达到2360~2500KJ/kg(2.36~2.5GJ/T)钢,大大高于国内同行业的1.76GJ/T钢这一指标。为了彻底改变加热炉的落后状况,在2001年的设备大修中,集团公司决定投资对其中的2#加热炉进行改造性大修。该改造工程于2002年3月完工,6月点火试运行,7月份正式投入生产使用。

1.2 目标选择分析

这座加热炉竣工投产后,在能源消耗问题上,还存在着以下特点:第一,该厂在管理制度上对能源消耗方面给予一定的附加激励,对发挥职工的生产积极性和能动性有很大的促进作用;第二,这座加热炉采用的仍然是煤气直接燃烧加热方式,操作过程中仍有很大部分是手工进行的;第三,此项指标受生产量、设备使用情况、人员操作等诸多多方面因素的影响,这其中包含了许多企业和个人的学习行为,具有一定的可学习性。所以,我们决定利用

学习曲线理论对其生产中的煤气单耗问题进行分析研究。

同时,我们根据该厂的实际生产及组织情况,认为在一段时间内,可以采用传统学习曲线模型、极限效率模型、指数曲线模型和立方曲线模型来分别进行分析,并将4种学习曲线模型的分析结果进行比较。

1.3 学习曲线分析

一般来讲,加热炉投产以后,随着产量的增加,其煤气单耗将呈现下降的趋势。为了进行这些指标数据的量化分析,我们特地对其初期的生产数据进行跟踪。附表是我们对生产初期的煤气消耗和产量的具体调查情况。

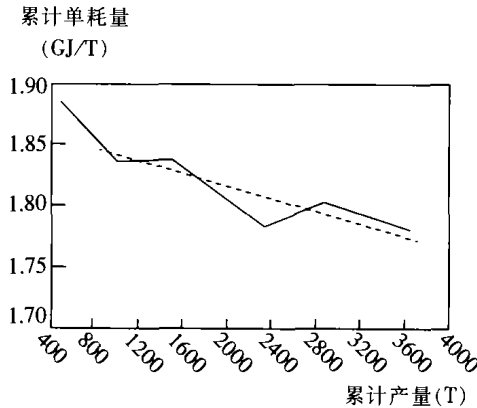
由于在实际生产中,生产的变化性较强,每批次的生产量不可能取得完全相同,但基本上是在400~500t这个范围之内,仅

附表

批次	当次产量 (T)	累计产量 (T)	当次煤气消耗量 (GJ)	累计煤气消耗量 (GJ)	当次煤气单耗量 (GJ/T)	累计煤气单耗量 (GJ/T)
1	473.06	473.06	890.60	890.60	1.88	1.88
2	476.26	949.32	852.80	1743.40	1.79	1.84
3	464.58	1413.90	840.70	2584.10	1.81	1.83
4	86.03	1499.92	147.30	2731.40	1.71	1.82
5	400.08	1900.00	676.20	3407.60	1.69	1.79
6	471.23	2371.23	780.60	4188.20	1.66	1.77
7	490.35	2861.58	921.30	5109.50	1.88	1.79
8	478.69	3340.27	828.60	5938.10	1.73	1.78
9	466.60	3806.87	790.30	6728.40	1.69	1.77

在第四时间段中遇上炉子出现故障而中途临时停产,但从整体上看所掌握的数据仍然有一定的代表性和真实意义。

我们对附表中的统计数据按照学习曲线的理论进行分析。从附表中可以看出,对于累计煤气单耗量这一指标,可以描绘出其学习曲线的图形形状如附图所示。在将近4 000t的生产任务内,关于新加热的煤气消耗方面,相对于生产总量的增加,其累计煤气单耗呈逐步下降的趋势。



附图

结合上述表中数据和图形,对于累计煤气单耗量而言,我们可以利用前述的4种不同的学习曲线模型分别进行分析,分别得出各自的拟合方程式、 R^2 和 C 的值如下:

传统学习曲线模型: $Y=2.3776x^{-0.0373}$

$R^2=0.9909$ $C=-0.9730$

极限效率模型: $Y=1.68+2.3172x^{-0.0384}$

$R^2=0.9892$ $C=-0.9730$

指数曲线模型: $Y=1.8825e^{-0.00002x}$

$R^2=0.9518$ $C=-0.9730$

立方曲线模型: $\ln(Y)=0.5377+0.0633\ln(x)-0.0088(\ln(x))^2+0.0002(\ln(x))^3$

$R^2=0.9975$ $C=-0.9946$

在上面的拟合方程式中, Y 表示累计煤气单耗的值, X 表示累计产量的值。 R^2 为相关系数,反映出了使用回归方程预测 Y ,而使总偏差平方和减少的程度。 C 为两个相关的数量组之间的相关系数。

可以看出,采用立方曲线模型来进行分析明显优于其它的分析结果。这主要不仅表现在其 R^2 的值最大,而且其两组变量间的相关系数 C 的绝对值也是最大的,说明其分析结果是最能反映实际学习效果的。其分析结果要比极限效率模型更适合些,说明此时的学习情况还没有完全到达极限效率的范围之内。对于最后一种指数曲线模型,相比较而言,其分析结果将是最次的。

实际上,任何学习曲线的学习速度都不是绝对恒定的。虽然立方曲线模型是较为精确的一种分析模型,但如果把立方曲线模型改进为四次方曲线模型、五次方曲线模型……,将会得到更加优化的分析结果,但同时其分析的困难程度也会加大。因而一般在分析结果影响不大的时候,我们还是用传统的对数线性模型进行简便明了的分析。

我们把根据传统学习曲线模型而拟合出的方程式当作是该厂新改造的加热炉的煤气单耗的学习曲线方程。

即: $Y=2.3776x^{-0.0373}$

由 $b=0.0373$,可计算出学习率 $r=0.9745$ 。根据前面所述的学习率的含义,即可近似性地认为:在这一段生产时间内,产量每增加一倍时,生产时的累计煤气单耗量约按97.45%的比率递减。

1.4 效果分析

原来该项目计划的是用将近一个月的时间,即加热生产量为3万t左右的时间来进行新加热炉的适应性调整,以达到其煤气单耗的原设计效果。现在看来,仅在累计产量达3 000~4 000t的时候,就已经显现出了比较好的学习效果,其煤气的当次单耗量就已经达到了其设计的水平,而且比国内的同行业平均水平要好。

2 应用总结

根据学习曲线的理论来分析,在新加热炉改造后的达产期间,学习行为发挥出了巨

大的作用,不仅节约了大量的煤气消耗,而且也为生产节约出了许多宝贵的时间,为加热炉的全面提前达产奠定了重要的基础。

但现在,正统的学习曲线理论日益受到挑战,应用进步函数的企业仍然觉得难以得到所期望的发展。这主要是由于在学习曲线的分析过程中,学习行为并不是完全按照其规律进行的,生产计划中成本误差的非预期变化、学习曲线的参数估计的不稳定性,简单的进步函数概念也难以最终确定成本水平的复杂因素,这些原因都使得学习曲线在理论上和现实中产生巨大的差距。

因此,在当前日益激烈的市场竞争中,研究关于学习曲线理论的新的应用方法以及新的学习曲线理论,成为很多企业的当务之急。所以,在工程改造的实施方面,有人提出了“不减产技术改造”和“零学习曲线”的理论。所谓“不减产技术改造”,就是尽量不占用或少占用生产时间,利用预先计划的设备例行检修和大中修的时间来完成技术改造的任务。在整个改造期内保证总体质量不下降,产量不减,或者说减产很少。而“零学习曲线”是实行“不减产技术改造”的关键。其实质就是产生学习效应过程的时间比起稳定生产的时间要少得多,但整体上的增产或降低成本的效果要明显提高。

参考文献:

- [1]薛兴昌,贺宝童,刘炳南等.不减产技术改造项目的组织和实施[J].冶金自动化,2001,(3):42-45.
- [2]陆君.成本管理新领域:学习曲线研究[J].工业工程与管理,1998,(4):41-43.
- [3]张仁华,吴彬奇,席酉民.学习、经验积累与企业适应能力[J].西安交通大学学报,1998,(10):97-100.
- [4]殷志宏,殷亚君.学习曲线在管理会计中的应用[J].兰州商学院学报,2002,(6):39-42.

(责任编辑:高建平)

The Application of Learning Curve in Engineering Reform

Abstract:In this thesis,first we gave a brief introduction about the learning curve and then the completion of engineering reform attained the produce of some mill was analysed by using these learning curve models.

Key words:learning curve;learning effects;learning rate