

# 农机经济完好率的理论模型及其应用

吴子岳 王耀华

(南京农业大学)

**摘要** 农业机器完好率是指农业机器的完好程度,它的高低直接影响农业机械化程度和农机作业效益。该文利用价值工程原理研究农业机器完好率的经济性。引入效费比来反映农机作业效益,并提出了6种表示形式,而经济完好率是指效费比最大时的完好率。依据江苏黄海农场1991年到1997年农机管理的统计数据,采用高次多项式曲线拟合法对效费比与完好率进行拟合,求出了6种效费比形式下的经济完好率的最佳范围。大中型拖拉机完好率、总完好率的最佳值分别是96.4%~96.7%、96.7%~97.0%。该农场根据经济完好率来配备农机和编制作业计划,取得了最大的农机作业效益。

**关键词** 农业机械 完好率 模型 价值工程 效费比

农业机器完好率是指农业机器的完好程度,即机器在一年内处于良好状态的台日数与在册总台日数之比<sup>[1,2]</sup>。显然,农业机器完好率可按机器类别分为如大中拖拉机完好率、收割机完好率等。而总完好率是指在全部农业机器下的完好率。农业机器完好率是个动态的变化值,对于一定量的农业机器,在使用过程中,其完好率一般会逐年下降。但若逐年添加新机器,并加强维修、保养工作,则完好率反而会提高。为此,我们已经利用灰色理论揭示出农业机器完好率的年变化规律<sup>[3]</sup>。本文在此基础上,利用价值工程原理着重研究完好率的经济性,建立起经济完好率的理论模型,用于指导农机配备与管理,实现效费比的最大化。

## 1 农机经济完好率的含义及其研究方法

农业机器完好率与农机配备与管理中的各项目的关系甚为密切,相互影响,相互制约,构成了错综复杂的关系。一方面,农业机器完好率受各种因素的影响,如农机新度系数、维修费用、购买农机所用资金、轮式拖拉机新增率等,必须搞清这些因素的影响规律,便于对完好率进行预测与控制<sup>[4]</sup>。另一方面,农业机器完好率又影响农业机器配备的数量和作业工时,完好的机器设备为扩大农机作业量创造了非常有利的条件,能明显地提高农场的机械化程度和农机作业效益<sup>[5]</sup>。它影响其它指标,同时又受其它因素制约。因此,农机完好率是一种双向影响因素,必须研究相互之间的影响规律,使其发挥出最大的效果。

在一定的作业任务下,采用完好率高的机组作业,由于作业效率的提高,相应地可减少机组数量和作业工时。因此,高的完好率导致高的收入和高的费用,反之,低的完好率导致低的收入和低的费用。一般而言,收入随完好率的增加缓慢加大,而费用却迅速上升,这就说明完好率并非越高越好,而是在一个适宜的完好率下,相对费用而言,收入最高,取得最高的农机作业效益,或称经济性最好,因而将这一适宜的完好率称之为经济完好率。根据价值工程原理,定义效

收稿日期:1998-11-24

吴子岳,副教授,南京浦镇 南京农业大学农业工程学院 80 信箱,210032

费比为

$$\text{效费比} = \frac{\text{效果}}{\text{费用}} = \frac{\text{某一完好率下的作业收入或利润}}{\text{保持该完好率应承担的维修费及附加值}} \quad (1)$$

利用这个定义,就可建立效费比与完好率的量化关系模型,应用历年来完好率与效费比的统计数据,采用高次多项式拟合的方法,就可绘制出这条曲线。理论分析表明,该曲线具有上凸性,即在适宜的完好率下,效费比达到最大值,这个适宜的完好率称为经济完好率,在经济完好率下,效费比达到最大值。

## 2 三次多项式曲线拟合公式

设效费比为  $y$ , 完好率为  $x$ , 则三次多项式曲线的形式可写为

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (2)$$

设有  $m$  个数据点  $(x_i, y_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), 表现为不同年份的效费比与完好率的数值。利用最小二乘法原理(即残差平方和最小)进行拟合,对残差函数求偏导,令其为 0,整理后可写成矩阵形式

$$\begin{bmatrix} x_i^3 & x_i^2 & x_i & m \\ x_i^4 & x_i^3 & x_i^2 & x_i \\ x_i^5 & x_i^4 & x_i^3 & x_i^2 \\ x_i^6 & x_i^5 & x_i^4 & x_i^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_i \\ y_i x_i \\ y_i x_i^2 \\ y_i x_i^3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

采用高斯消元法进行程序设计,求出参数  $a, b, c, d$  的估计值<sup>[4]</sup>。这条残差最小的三次多项式曲线反映出效费比与完好率的函数关系,对该函数求一阶导数,令其为 0,就得出效费比最大时的经济完好率。

$$\text{令} \quad y_x' = 3ax^2 + 2bx + c = 0 \quad (4)$$

$$\text{解之得} \quad x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 3ac}}{3a} \quad (5)$$

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 3ac}}{3a} \quad (6)$$

$x_1, x_2$  是驻点,是否能成为极值点,还需用二阶导数来判断。求出  $y_x$  并代入  $x_1, x_2$

$$\text{即} \quad y_x = 6ax + 2b = \begin{cases} 2\sqrt{b^2 - 3ac} & x = x_1 \\ -2\sqrt{b^2 - 3ac} & x = x_2 \end{cases} \quad (7)$$

由式(7)可知,当  $b^2 - 3ac = 0$  时,该曲线无极值点。若  $b^2 - 3ac > 0$ ,则  $x_1$  是极小点,  $x_2$  是极大点,即效费比达到极大值时的完好率点。因此

$$\text{经济完好率} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 3ac}}{3a} \quad (8)$$

由于  $a, b$  值为一正一负,则经济完好率必然是个正值,否则毫无实际意义。

## 3 两类子模型的建立

根据效费比的定义,效果指标采用机械作业收入和机械作业利润,反映费用的具体指标有维修费、三项费用和支出总额。三项费用是指在维修费基础上,加上其它两项费用,即三项费用 = 维修费 + 大修提存费 + 折旧费。因此,构成效费比指标形式的就有 6 个:即 收入/维修费

( $y_1$ ); 收入/三项费用 ( $y_2$ ); 收入/支出 ( $y_3$ ); 利润/维修费 ( $y_4$ ); 利润/三项费用 ( $y_5$ ); 利润/支出 ( $y_6$ )。同时将指标数据值分为大中型拖拉机和全部农业机器两类, 全部农业机器主要是指大中型拖拉机和收割机。本文选取黄海农场作为研究对象, 对 1991 年到 1997 年的原始数据进行了整理, 建立了经济完好率分析数据库(表 1, 表 2)<sup>[5]</sup>。

表 1 经济完好率拟合原始数据(大中型拖拉机)

Tab 1 First-hand data for fit of economical intact rate (large medium tractors)

| 年 份         | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 收入/维修费      | 6 088 | 7 115 | 6 538 | 7 720 | 9 273 | 7 208 | 7 247 |
| 收入/三项费用     | 2 948 | 3 199 | 3 046 | 3 215 | 3 916 | 3 340 | 3 148 |
| 收入/支出       | 1 154 | 2 593 | 1 006 | 1 024 | 1 193 | 1 091 | 1 025 |
| 利润/维修费      | 0 813 | 0 175 | 0 036 | 0 182 | 1 500 | 0 604 | 0 178 |
| 利润/三项费用     | 0 394 | 0 079 | 0 005 | 0 076 | 0 633 | 0 280 | 0 077 |
| 利润/支出       | 0 154 | 0 025 | 0 006 | 0 024 | 0 193 | 0 091 | 0 025 |
| 大中型拖拉机完好率/% | 92.3  | 93.7  | 94.3  | 94.6  | 94.5  | 98.1  | 98.3  |

表 2 经济完好率拟合原始数据(全部农业机器)

Tab 2 First-hand data for fit of economical intact rate (all agricultural machinery)

| 年 份     | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 收入/维修费  | 5 734 | 6 728 | 5 861 | 7 170 | 8 325 | 6 643 | 6 504 |
| 收入/三项费用 | 2 598 | 2 927 | 2 736 | 2 505 | 3 595 | 3 177 | 2 989 |
| 收入/支出   | 1 153 | 1 041 | 1 008 | 1 042 | 1 190 | 1 105 | 1 044 |
| 利润/维修费  | 0 763 | 0 266 | 0 046 | 0 334 | 1 331 | 0 630 | 0 272 |
| 利润/三项费用 | 0 345 | 0 116 | 0 021 | 0 117 | 0 575 | 0 301 | 0 125 |
| 利润/支出   | 0 153 | 0 041 | 0 008 | 0 049 | 0 190 | 0 105 | 0 044 |
| 总计完好率/% | 93.8  | 94.9  | 94.3  | 94.7  | 95.1  | 98.3  | 98.0  |

### 3.1 大中型拖拉机经济完好率模型

利用拟合程序对黄海农场的效费比与完好率数据(表 1)进行拟合, 求出了参数  $a, b, c, d$  和经济完好率、最大效费比(表 3)。因此, 不同的效费比指标形式下的拟合方程可分别写为:

#### 1) 收入/维修费指标

$$y_1 = 76585x^3 + 216555x^2 - 2040004x + 64033$$

#### 2) 收入/三项费用指标

$$y_2 = -31802x^3 + 90195x^2 - 85229x + 26837$$

#### 3) 利润/维修费指标

$$y_4 = -105073x^3 + 299526x^2 - 284525x + 90065$$

#### 4) 利润/三项费用指标

$$y_5 = -47503x^3 + 135460x^2 - 128820x + 40760$$

#### 4) 利润/支出指标

$$y_6 = -16024x^3 + 45718x^2 - 43466x + 13771$$

从这五个指标下的经济完好率结果来看, 其数值非常接近, 说明各种表现形式具有内在的一致性, 即达到峰值(极大值)时的完好率值趋于集中, 变化很小, 这有利于划定经济完好率的范围。通过以上分析可得出如下结论: 经济完好率具有内在一致性; 黄海农场大中型拖拉

机完好率的最佳值应在 96.4% ~ 96.7% 之间, 这个数值范围也是经济完好率的调控依据; 经济完好率是在假定其它影响效费比的因素稳定不变的前提下拟合出来的, 因而具有单一性、理想性、超高性。超高性是指实际发生的效费比值有时会比拟合曲线的极大值还要大。如 1995 年收入/维修费的值为 9.273, 而极大值为 9.23。这是因为其它因素的改变导致个别指标在个别年份的超高表现; 该农场根据经济完好率值进行调控, 取得了明显的经济效益。

表 3 大中型拖拉机完好率曲线拟合结果

Tab. 3 Compromised results of fitting for intact rate (large/medium tractors)

| 指标      | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | 经济完好率  | 最大效费比  |
|---------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
| 收入/维修费  | - 76585  | 216555   | - 204004 | 64033    | 0.9644 | 9.2298 |
| 收入/三项费用 | - 31802  | 90195    | - 85229  | 26837    | 0.9652 | 3.9326 |
| 利润/维修费  | - 105073 | 299526   | - 284525 | 90065    | 0.9667 | 1.8982 |
| 利润/三项费用 | - 47503  | 135460   | - 128820 | 40760    | 0.9669 | 0.8771 |
| 利润/支出   | - 16024  | 45718    | - 43466  | 13771    | 0.9671 | 0.2840 |

### 3.2 经济总完好率模型

全部农业机器的效费比与总完好率的拟合结果如表 4 所示。经济完好率仍表现为内在一致性, 它有两方面的含义。用不同的效费比指标与总完好率进行拟合, 所求得的经济完好率非常接近; 在经济完好率范围内, 无论用那个指标评价效费比, 基本上都能获得最大值。黄海农场总完好率的最佳范围为 96.7% ~ 97.0%, 与大中型拖拉机完好率的最佳范围相比, 整体上增加了 0.3%。由此可见, 该农场收割机完好率要比大中型拖拉机完好率高一些。

表 4 全部农业机械总完好率曲线拟合结果

Tab. 4 Compromised results of fitting for general intact rate (all agricultural machinery)

| 指标      | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | 经济总完好率 | 最大效费比  |
|---------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
| 收入/维修费  | 12137    | - 39220  | 41764    | - 14679  | 0.9623 | 8.0740 |
| 收入/三项费用 | - 10187  | 28174    | - 25910  | 7925     | 0.9672 | 3.4214 |
| 收入/支出   | - 8913   | 25636    | - 24573  | 7851     | 0.9704 | 1.1325 |
| 利润/维修费  | - 43474  | 124502   | - 118827 | 37796    | 0.9682 | 0.9099 |
| 利润/三项费用 | - 18253  | 52333    | - 50004  | 15923    | 0.9690 | 0.3816 |
| 利润/支出   | - 8448   | 24297    | - 23288  | 7439     | 0.9702 | 0.1307 |

## 4 结 论

1) 利用价值工程原理分析了江苏黄海农场农业机器完好率的经济性, 并定义了效费比的六种表示形式。

2) 利用高次多项式曲线拟合公式及程序求得了六种指标形式下的经济完好率。该农场大中型拖拉机完好率的最佳范围是 96.4% ~ 96.7%, 而总完好率保持在 96.7% ~ 97.0% 之间最经济。

3) 对该农场的研究表明经济完好率具有内在一致性。

### 参 考 文 献

- 1 余友泰主编 农业机械工程 北京: 中国展望出版社, 1987. 242~ 244
- 2 柯仁 关于设备完好率的思考 设备管理与维修, 1994, 15(2): 6~ 8
- 3 吴子岳等 农业机器完好率的灰色建模与预测 农业工程学报, 1998, 14(1): 99~ 102
- 4 陆润民主编 计算机绘图原理及应用 北京: 清华大学出版社, 1996. 169~ 172

- 5 吴子岳 农场农业机器完好经济学的灰色研究与模块分析: [博士学位论文] 南京: 南京农业大学, 1998: 66~ 72

## Theoretical Model of Economical Intact Rate of Agricultural Machinery

Wu Ziyue Wang Yaohua

(Nanjing Agricultural University, Nanjing)

**Abstract** The intact rate of agricultural machinery means the degree of agricultural machinery in good condition. Its value influences directly on the degree of agricultural mechanization and the operational benefit of agricultural machinery. The economic nature of intact rate was researched with the principle of value engineering in this paper. The six forms of the ratio of effect to cost were proposed to display the operational benefit of agricultural machinery. As the ratio of effect to cost reached the maximal value the intact rate is called as economical intact rate. Based on the statistical data of Huanghai State Farm in Jiangsu Province of China from 1991 to 1997, the fitting between the ratio of effect to cost and the intact rate was completed with the method of Cubic polynomial curve fit. The optimal extent of economical intact rate under six forms was obtained. For this farm the optimal values of intact rate for the large-medium tractors and all agricultural machinery were 96.4% ~ 96.7%, 96.7% ~ 97.0% respectively. By selecting agricultural machinery and arranging operational scheme according to economic intact rate, the maximal benefit of this farm can be realized.

**Key words** agricultural machinery, intact rate, models, value engineering, ratio of effect to cost