

# 坦克驾驶座椅静态参数的综合评价模型

祁丽霞 毛恩荣

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

**摘要** 针对坦克驾驶座椅静态参数评价问题,提出了基于模糊数学综合评价的坦克驾驶座椅评价方法,划分了坦克驾驶座椅静态参数评价指标,根据我国坦克驾驶员人体数据确定了各静态参数的取值范围,并以此为依据构建了各指标隶属度函数。依据德尔斐方法思想,由调查结果确定了各因素的评价权重,建立了坦克驾驶座椅静态参数量化评价模型。

**关键词** 坦克驾驶座椅;静态参数;评价模型

**中图分类号** E 923.1

**文章编号** 1007-4333(2004)01-0067-04

**文献标识码** A

## Study on stationary parameter synthesis 's evaluation model of tank seat

Qi Lixia, Mao Enrong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** Tank seat is one of the most important components in tank cabin, which has a great effect on the diver fatigue. Aimed at stationary parameters evaluation of tank seat, an evaluation method based on fuzzy mathematics is established. The range of each parameter was ascertained according to human dimension. The evaluation factors and the subjection degree function were researched, and the weight of each factor was ascertained by investigation.

**Key words** tank seat; stationary parameters; evaluation model

人机工程学研究表明,驾驶座椅的静态参数对操作舒适性和工效影响很大。目前我国坦克驾驶座椅大多造型简单,座高、腰靠等的设计参数均不满足人机工程学原则,而且对坦克驾驶座椅人机工程学的研究远落后于汽车设计,相关静态参数研究尚未见正式文献报道。坦克行驶路面状况通常很差,驾驶员经常要承受长时间颠簸,座椅静态参数设计不合理极易导致驾驶员肌肉紧张(尤其是下肢),使其产生疲劳感,从而影响战车技战术性能的发挥。根据我国坦克驾驶员的人体特征进行坦克驾驶座椅的静态参数评价,可以为坦克驾驶座椅的设计、选用和坦克驾驶工作环境的改善提供依据,因此是十分必要的。由于人的评价具有模糊性,评价界限难以划分清楚,为了解决非量化指标的评价问题,本研究应用多层次模糊综合评价作为处理问题的具体方

法。该方法可以较好地处理具有多层次、多属性,需要兼顾各个方面的综合问题评价,是系统工程中的一种广泛使用且效果较好的数学工具。多层次模糊综合评价通过构造等级模糊子集把反映被评事物的模糊指标进行量化(即确定隶属度),然后利用模糊变换原理对各指标进行综合评价,其优点是:数学模型简单,脉络清晰,在多因素、多层次的复杂问题评判效果上有其他数学分支和模型难以比拟的优点。笔者基于多层次模糊综合评价理论,提出一种坦克驾驶座椅静态参数量化评价方法。

### 1 评价指标的划分

依据座椅设计的人机工程准则,合理的座椅设计应遵循如下准则<sup>[1]</sup>:1)人体腰椎下部有适当的腰靠支撑;2)腰靠形状应保证人体的腰凹部与腰靠较

收稿日期:2003-06-16

基金项目:国防科技“九五”预研项目子课题

作者简介:祁丽霞,博士研究生;毛恩荣,博士生导师,教授,主要研究方向为车辆工程和人机工程。

好的贴合,以增大靠背对腰部的支撑面积;3)座面高度应确保大腿的肌肉和血管不受压迫;4)座深应保证腿的主动脉不受压力;5)坐者应能方便自如地变换姿势而不致滑脱;6)椅面应有倾角或前沿隆起,防止人体滑动,并保证舒适的体腿夹角。

据此选定座椅的待评价因素:1)座高,针对上述准则3)进行评价;2)座面宽与座面深,反映准则3),4),5)的优劣;3)座面倾角,针对准则6)进行评价;4)腰靠高度,针对准则1)进行评价,反映腰靠对人体支撑位置的合理程度;5)腰靠倾角与腰靠形状弧度,针对准则2)进行评价,其优劣反映人体腰部能否与座椅有效贴合。根据各评价因素之间的关系,形成座椅的评价层次图(图1)。

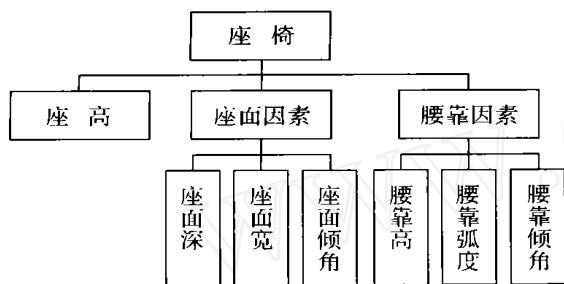


图1 座椅评价层次图

Fig.1 The hierarchy of seat evaluation

## 2 座椅静态参数综合评价模型的建立

由上述评价层次可见,座椅的静态函数评价为二级综合评价。其数学模型<sup>[2~3]</sup>如下:

1) 确定评价对象的因素论域。设论域可划分为  $N$  个评价指标,  $U = \{ U_1, U_2, \dots, U_N \}$ , 并满足  $\bigcup_{i=1}^N U_i = U; U_i \cap U_j = \emptyset, i \neq j$ 。式中的每个被评因素  $U_i$  还可以再向下划分,即  $U_i = \{ u_1, u_2, \dots, u_k \}, i = 1, 2, \dots, N$ 。

2) 确定评价等级论域(等级集合)  $V = \{ v_1, v_2, \dots, v_m \}$ , 每个等级对应一个模糊子集。

3) 进行单因素评价,建立模糊关系矩阵  $R$ 。在构造了等级模糊子集后,逐个对被评事物的每个因素  $u_i (i = 1, 2, \dots, k)$  进行量化,即确定从单因素来看被评事物对各等级模糊子集的隶属度  $R | u_i$ , 进而得到模糊关系矩阵

$$R = \begin{bmatrix} R | u_1 \\ R | u_2 \\ \dots \\ R | u_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & r_{km} \end{bmatrix}_{k \times m}$$

一个被评因素  $U_i$  在某个因素  $u_i$  方面的表现是通过模糊向量  $(R | u_i) = (r_{i1} r_{i2} \dots r_{im})$  来刻画的,因此,从这个角度讲,模糊综合评价包含了更多的信息。

4) 确定评价因素的模糊权向量  $A = (a_1, a_2, \dots, a_k)$ 。  $a_i$  本质上是因素  $u_i$  对被评系统重要程度的隶属度,一般在合成之前进行归一化,即

$$\sum_{i=1}^k a_i = 1 \quad (a_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, k)$$

5) 利用合适的算子将  $A$  与矩阵  $R$  合成,得到初级模糊综合评价结果向量  $B$ , 即

$$A \circ R = (a_1, a_2, \dots, a_k) \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & r_{km} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$$

其中  $\circ$  表示模糊乘算子,  $b_j$  由  $A$  与  $R$  的第  $j$  列运算得到,表示从整体上看被评因素  $U_i$  对  $v_j$  等级模糊子集的隶属程度。

6) 进行高层次评判。重复步骤4),确定高一层评价因素的模糊权向量  $A = (a_1, a_2, \dots, a_N)$ , 并与  $U_i (i = 1, 2, \dots, N)$  的评价结果  $B_i$  组成的矩阵进行合成,得出二级综合评价结果。

由图1可知,可将座椅的评价因素划分为3个评价子集(座高、座面因素和腰靠因素),其中座面因素又可以划分为3个子集(座面宽、座面深和座面倾角)。同理,腰靠因素也可以划分为3个评价子集(腰靠高、腰靠形状弧度和腰靠倾角)。设座椅三因素的权重分配系数为  $(a_1, a_2, a_3)$ , 座面三因素的权重分配系数为  $(a_{21}, a_{22}, a_{23})$ , 腰靠三因素的权重分配系数为  $(a_{31}, a_{32}, a_{33})$ ; 采用五级评分制,将座椅的评价等级划分为五级(很好、较好、一般、较差和很差);设座高评价、座面因素评价和腰靠因素评价分别为  $R_1, R_2$ , 和  $R_3$ , 座面宽评价、座面深评价和座面倾角评价分别为  $R | u_{21}, R | u_{22}$  和  $R | u_{23}$ , 腰靠高评价、腰靠形状弧度评价和腰靠倾角评价分别为  $R | u_{31}, R | u_{32}$  和  $R | u_{33}$ , 则座椅的评价

$$B = (a_1, a_2, a_3) \circ (R_1, R_2, R_3)^T$$

式中:

$$R_2 = (a_{21}, a_{22}, a_{23}) \circ (R | u_{21}, R | u_{22}, R | u_{23})^T$$

$$R_3 = (a_{31}, a_{32}, a_{33}) \circ (R | u_{31}, R | u_{32}, R | u_{33})^T$$

由于乘加算子  $M(\cdot, +)$  可以依权重大小对所

有因素均衡兼顾, 比较适应研究的需要, 因此选用乘加算子进行计算。

### 3 坦克驾驶座椅隶属度函数的确定

根据 GB3294—1998《装甲车辆乘员体格、心理选拔条件》<sup>[4]</sup> 要求, 坦克驾驶员身高数据符合我国成年人人体尺寸第 10~50 百分位, 以此为依据进行驾驶座椅评价数据的选择。坦克驾驶员的小腿高加足高为 391~417 mm, 考虑功能修正量、心理修正量及姿态影响, 开窗驾驶时适宜的座高应在 390~420 mm 之间, 符合 GB/T14773—93《工作座椅一般人类工效学要求》<sup>[5]</sup> 中关于适宜座高的设计要求 (360~480 mm)。为有效降低车体高度, 增加坦克作战时的防护性, 闭窗驾驶时的座椅座高数据要在允许的范围内尽量减小。参照有关数据, 普通轿车的驾驶座高可在 300~340 mm 之间<sup>[6]</sup>。坐姿臀部宽度即臀部最宽部分的水平尺寸决定了座面的宽度, 根据 GB/T10000—88《中国成年人人体尺寸》<sup>[7]</sup>, 坦克驾驶员坐姿臀宽尺寸应在 297~339 mm 之间, 文献 [5] 关于标准座宽的推荐值为 400 mm, 考虑功能修正量和心理修正量, 座椅的座宽应在 370~420 mm 之间。座深由人体坐深即臀部最后面到小腿背面的水平距离决定, 坦克驾驶员该项人体数据为 373~406 mm, 考虑修正量, 座深值定为 360~390 mm 即可满足要求 (文献 [5] 座深推荐值为 380 mm)。为防止人体滑动, 座垫表面应向后倾斜, 以 5°~10° 为宜。倾角过大会使人起身困难。腰靠的倾斜角度随休息功能的提高而增大, 通常以 95°~120° 为宜。坦克座椅作为工作座椅, 腰靠角不宜过大, 以 95°~105° 为最佳。腰靠支撑点应在第 4 到第 5 腰椎之间, 查阅相关人体数据, 腰靠高度为 165~210 mm 可以满足驾驶员腰部的支撑要求。腰靠弧度决定了人体的腰凹部能否与腰靠较好的贴合, 研究表明, 腰靠弧度为 400~700 mm 比较适宜。

根据实际需要, 座椅的各因素不可能过大或过小, 因此选用具有双向性质的中间型隶属度函数, 考虑到允许区域的范围并使计算简便, 选用梯形和三角形隶属度函数。按照给定评价集的顺序, 设由 (很好) 到 (很差) 的隶属度函数分别由  $u_1(x)$ ,  $u_2(x)$ ,  $u_3(x)$ ,  $u_4(x)$  和  $u_5(x)$  表示, 根据本节中给出的人机工程学数据即可确定各因素五级评分隶属度函数。以闭窗驾驶时座高为例, 其隶属度函数如下:

$$u_1(x) = \begin{cases} 0 & x < 280 \\ (x-280)/10 & 280 < x < 290 \\ 1 & 290 < x < 310 \\ (320-x)/10 & 310 < x < 320 \\ 0 & x > 320 \end{cases}$$

$$u_2(x) = \begin{cases} 0 & x < 270 \\ (x-270)/10 & 270 < x < 280 \\ (290-x)/10 & 280 < x < 290 \\ 0 & 290 < x < 310 \\ (x-310)/10 & 310 < x < 320 \\ (330-x)/10 & 320 < x < 330 \\ 0 & x > 330 \end{cases}$$

$$u_3(x) = \begin{cases} 0 & x < 260 \\ (x-260)/10 & 260 < x < 270 \\ (280-x)/10 & 270 < x < 280 \\ 0 & 280 < x < 320 \\ (x-320)/10 & 320 < x < 330 \\ (340-x)/10 & 330 < x < 340 \\ 0 & x > 340 \end{cases}$$

$$u_4(x) = \begin{cases} 0 & x < 260 \\ (270-x)/10 & 260 < x < 270 \\ 0 & 270 < x < 330 \\ (x-330)/10 & 330 < x < 340 \\ 0 & x > 340 \end{cases}$$

$$u_5(x) = \begin{cases} 1 & x < 260 \\ 0 & 260 < x < 340 \\ 1 & x > 340 \end{cases}$$

其他因素的五级评价隶属度函数可同理得出。

### 4 综合评价体系各因素权重的确定

为确定评价体系各因素权重, 请 16 名熟练坦克驾驶员对影响舒适性的座椅因素分别评分。按照德尔斐方法, 应对因素重要性进行排序。考虑到有些因素重要性比较接近, 排序会产生一定困难, 因此, 对德尔斐法做了改进, 采用打分的方式。按照德尔斐方法的思想, 将第  $k$  位驾驶员对因素  $u_i$  给出的因素重要度分值记为  $F_{i,k}$  ( $i$  为因素  $u_i$ ,  $k$  表示第  $k$  位驾驶员), 当  $F_{j,k}/F_{i,k} < 1$  时, 记  $A_{ij,k} = 1$ ; 若  $F_{j,k}/F_{i,k} > 1$ , 则记  $A_{ij,k} = 0$ 。设参加评议的驾驶员共有  $n$  位, 将所有参加评议人员的  $A_{ij,k}$  值累加起来, 即可得知有多少人次认为因素  $u_i$  相对其他因素对评价结果更为重要。将调查结果依此思想进行数据整理, 得各因素德尔斐优先得分表 (表 1)。

表1 各因素德尔斐优先得分表

Tabel 1 Delfi priority score of evaluation factors

座椅整体评价因素				座面评价因素				腰靠评价因素			
座高	座面	腰靠	总分	座面宽	座面深	座面倾角	总分	腰靠高	形状弧度	腰靠倾角	总分
	9	7	16		3	5	8		6	12	18
2		3	5	3		5	8	3		8	11
2	8		10	7	5		12	1	2		3

由表1,取最大值对应1,最小值对应0.5,根据德尔斐法,计算得出座椅权重系数如下:

$(a_{11}, a_{12}, a_{13}) = (1.000, 0.500, 0.774)$ , 归一化后,得 $(0.440, 0.220, 0.340)$ ;

$(a_{21}, a_{22}, a_{23}) = (0.500, 0.500, 1.000)$ , 归一化后,得 $(0.250, 0.250, 0.500)$ ;

$(a_{31}, a_{32}, a_{33}) = (1.000, 0.767, 0.500)$ , 归一化后,得 $(0.441, 0.338, 0.221)$ 。

由计算结果可以看出:在座椅整体评价因素中,座高对驾驶员舒适性的影响最大,其次为腰靠因素;而在腰靠因素中,腰靠高度对驾驶员的影响比较大。因此,在坦克车辆驾驶座椅的设计中,应该首先做好座椅高度的设计工作;其次要有较好的腰靠高度和弧度设计。

## 5 结束语

本研究以多层次模糊综合评价法作为数学建模依据,建立了坦克驾驶座椅静态参数量化评价模型。为使座椅评价符合人机工程学原则,以我国坦克驾驶员人体数据和相关设计原则为依据,确定了

坦克驾驶座椅的人机工程学评价数据,并根据此数据建立了驾驶座椅的评价隶属度函数。在评价权重系数的确立问题上,根据德尔斐方法思想,调查了坦克驾驶员对驾驶座椅各因素的评价重视程度,并以此作为评价权重系数。调查结果表明,座高是对驾驶影响最大的因素,其次为腰靠因素;因此在驾驶员座椅的设计和选用上,首先应该重视座高和腰靠的静态参数,使坦克驾驶座椅满足驾驶员的需要。

## 参 考 文 献

- [1] 周一鸣,毛恩荣 编著. 车辆人机工程学[M]. 北京:北京理工大学出版社,1999. 188~193
- [2] 张 跃,邹寿平,宿芬. 模糊数学方法及其应用[M]. 北京:煤炭工业出版社,1992. 146~166
- [3] 赵德齐. 模糊数学[M]. 北京:中央民族大学出版社,1995. 48~53
- [4] GB3294—1998 装甲车辆乘员体格、心理选拔条件[S]
- [5] GB/T14773—93 工作座椅一般人类工效学要求[S]
- [6] 王望予 主编. 汽车设计(第3版)[M]. 北京:机械工业出版社,2000. 4~6
- [7] GB/T10000—88 中国成年人人体尺寸[S]