

拖拉机变速箱轴承的模糊选择

杨福增 朱琳 刘洪萍 杜白石

(西北农业大学机电学院,陕西杨凌 712100)

摘要 根据轴承选择具有很大模糊性这一特点,运用模糊理论中的贴近度原理,把丰收系列拖拉机变速箱轴承的类型选择问题看成是一种模糊模式识别,通过确定工况对轴承“承受径向力的能力”等 9 个功能评价指标的具体要求,计算出各类型轴承对工况的贴近度,进而由贴近度的最大值选择出与工况最吻合的角接触球轴承。该方法还适用于其他类型的拖拉机及类似车辆。

关键词 拖拉机,变速箱,轴承,模糊选择

分类号 TH133.33

轴承类型的选择是拖拉机变速箱设计中必不可少的环节。经作者调查,到目前为止,丰收系列拖拉机变速箱中的轴承选择,仍采用传统的经验方法,甚至在具有 80 年代国际先进水平的轮式拖拉机 CAD(简称 WTCAD)软件设计中和 90 年代对 WTCAD 的改进工作中均未提及轴承选择方法的改进。鉴于此,很有必要采用新的数学理论与工具,对拖拉机变速箱的轴承选择方法加以改进,使得选择更为科学,同时,这也是现代设计与我国农机产品真正走向国际市场的客观要求^[1,2]。本文利用模糊理论的贴近度原理对轴承进行选择。

1 轴承类型选择的数学概念

1.1 模糊映射

为了使下面的方法具有更好的实用性和全面性,假定可供选择的类型包括所有轴承类型即:“0”类——深沟球轴承;“1”类——调心球轴承;“2”类——圆柱滚子轴承;“3”类——调心滚子轴承;“4”类——滚针轴承;“5”类——螺旋滚子轴承;“6”类——角接触球轴承;“7”类——圆锥滚子轴承;“8”类——推力球轴承;“9”类——推力滚子轴承。若分别用 u_1, u_2, \dots, u_{10} 来表示,则这 10 种类型构成了论域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{10}\}$

众所周知,某一类零件的诞生,总是为了满足某些功能(或功用)的要求,绝非无缘无故,若从功能角度讲,每类零件都有其各自的功能,类型选择就是根据工况来分析选用哪种类型的零件才能在多种功能(功用)上更好地适合于该工况,其选择标准是功能,所以应建立功能评价因素集 $P = \{P_1, \dots, P_m\}$,对于轴承来说: P_1 ——承受径向力的能力; P_2 ——承受轴向力的能力; P_3 ——承受冲击的能力; P_4 ——噪声大小; P_5 ——转速性能; P_6 ——调心性能; P_7 ——径向尺寸大小

假定某类轴承 u_i 具有功能 P_j 的程度(或强度,或大小)为 r_{ij} (这里用隶属度 $\mu_{P_j}(u_i) =$

n_j 表示),于是 u 类轴承的功能指标组成向量 $b = (n_1, n_2, \dots, n_7)$ ($\forall r_j \leq 1$)。它既表示论域 U 上的模糊集,又表示一模糊关系^[3]。因此类型 U 与功能 P 的笛卡尔积(直积) $U \times P$ 便组成一个从 U 到 P 的模糊关系 R ,它由隶属函数 $\mu_R: U \times P \rightarrow [0, 1]$ 所完全刻画。此时,模糊关系 R 可用一矩阵表示为:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{17} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{27} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{101} & r_{102} & \cdots & r_{107} \end{pmatrix}$$

对于一确定工况 C ,可以确定它对功能指标的要求程度,若以隶属度 a_i 表示工况 C 对功能 P_j 的要求程度,则工况 C 对功能的模糊向量 C 为: $C = (a_1, a_2, \dots, a_7)$ 。用模糊理论的术语讲,轴承类型的选择,就是根据工况 C 的功能要求,从类型 U 和功能 P 构成的模糊关系 $R(U \times P)$ 中,确定适合于工况的类型 u_i 。显而易见,这是模糊映射,把 u_i 称为 C 在模糊映射 R 下的影像,记为 $R(C) = u_i$,而 C 是模糊映射 R 的原像

1.2 模糊模式识别

轴承类型选择是一种模式识别,它要在可供选择的模式(模型)中选出最适合于给定工况的模式。在通常的模式识别中,模式是明确、清晰、肯定的,然而轴承类型的选择,则是一种模糊的模式识别,类型与工况的吻合程度用贴进度衡量

对于给定的工况 C ,要在类型集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{10}\}$ 中选出与之最吻合的类型,也就是计算:

$$\max((C, u_1), (C, u_2), \dots, (C, u_{10})) = (C, u_i)$$

称 u_i 与 C 最贴近。贴进度有不同的定义与计算方法^[3],根据问题的性质,零件类型的选择,可按文献[4],用下式计算:

$$\varphi_i(C, u_i) = \frac{\sum_{j=1}^7 \min(a_j, r_{ij})}{\sum_{j=1}^7 \max(a_j, r_{ij})} \quad (i = 1, 2, \dots, 10; j = 1, 2, \dots, 7)$$

φ_i 的最大值 $\max(\varphi_i)$ 对应的类型即为所选类型

2 变速箱轴承的模糊选择

首先要确定工况 C 对各功能评价因素的具体要求,即各功能对评价因素的隶属度 a_j ,以及各类型轴承的功能模糊关系 BX []。

仔细分析丰收系列拖拉机变速箱轴承的工作情况,受力大小和方向等多种因素,经多位有丰富工作经验的设计人员商讨,利用类似于“1-9比率标度法”^[5]的方法,便可确定其工况 C 对前面所述的 P_1, P_2, \dots, P_7 各功能评价因素的要求依次为:

$$C = (13, 0, 4, 2, 10, 3, 5)$$

其中 P_1 值最大,表示该工况对轴承具有承受轴向力的能力要求最高; P_2 值最小且为零,表示该工况不要求轴承具有承受轴向力的能力;其余类推^[6]。

把 C 进行如下转化:

$$\sum_{j=1}^7 a_j = 13+ 0+ 4+ 2+ 10+ 3+ 5= 37,$$

$$C = (13/37, 0/37, 4/37, 2/37, 10/37, 3/37, 5/37)$$

$$= (0.351, 0.0, 0.108, 0.054, 0.270, 0.081, 0.135)$$

根据文献 [5], 各类轴承的功能模糊关系矩阵 BZ 为:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{17} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{27} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{101} & r_{102} & \dots & r_{107} \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} 0.333 & 0.056 & 0.053 & 0.201 & 0.259 & 0.054 & 0.045 \\ 0.276 & 0.073 & 0.062 & 0.048 & 0.053 & 0.432 & 0.056 \\ 0.433 & 0.000 & 0.172 & 0.128 & 0.127 & 0.037 & 0.097 \\ 0.244 & 0.073 & 0.099 & 0.059 & 0.045 & 0.433 & 0.045 \\ 0.372 & 0.000 & 0.081 & 0.086 & 0.081 & 0.000 & 0.384 \\ 0.266 & 0.000 & 0.507 & 0.041 & 0.056 & 0.051 & 0.076 \\ 0.326 & 0.085 & 0.056 & 0.108 & 0.326 & 0.049 & 0.049 \\ 0.310 & 0.153 & 0.310 & 0.077 & 0.072 & 0.038 & 0.040 \\ 0.000 & 0.524 & 0.095 & 0.116 & 0.116 & 0.074 & 0.074 \\ 0.000 & 0.518 & 0.142 & 0.094 & 0.085 & 0.094 & 0.066 \end{pmatrix}$$

依前面贴近度计算公式求得各类轴承对工况的贴近度见下表:

轴承类型	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
贴近度值	0.664	0.405	0.635	0.397	0.540	0.428	0.673	0.452	0.257	0.246
名次	2	7	3	×	4	6	1	5	×	×

为了利用文献 [5]的结果 BZ 矩阵, 前面把轴承寿命、价格这两个功能评价指标未考虑, 但实际上这两个指标仍然是不可忽略的, 所以再采取下面的选择方法:

计算上表中名次 1和 2对应的两类轴承对功能“轴承寿命”和“价格”的隶属度为:

$$R_1 = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{pmatrix}$$

其中, r_{ij} 为第 i 类轴承对功能 j 的隶属度; 这里 $i= 1$ 或 2 $i= 1$ 表示“6类”轴承; $i= 2$ 表示“0”类球轴承。

$j= 1$ 或 2 $j= 1$ 表示轴承寿命; $j= 2$ 表示价格

依经验可得:

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 \end{pmatrix}$$

可见, 这两类轴承对该二功能的隶属度对应相等, 故可直接依其名次得选择结果为“6”类即角接触球轴承。若这两类轴承对该二功能的隶属度不对应相等, 则应采取前面的贴近度计算方法求出各自的贴近度, 最后取最大值对应的轴承类型^[6]。

3 结 语

在工程设计中,类型、材料等的选择,历来大都是凭经验的,丰收系列拖拉机变速箱轴承类型的选择自然也不例外。但是,人们的经验是模糊的,这就使“选择”往往难以精确化,而模糊数学方法为解决这类问题提供了一种极有力的工具,它把类型的选择看成是一种模糊映射,通过模糊变换转换成对于待选类型的评价,进而做出切实可行的合理选择。这种方法概念清晰,方便可行。

参 考 文 献

- 1 翟保庆,唐为元,周纪良.拖拉机传动系 CAD一体化软件开发.拖拉机与农用运输车,1995(6): 21- 22
- 2 翟保庆.WT CAD软件的应用及改进.拖拉机与农用运输车,1997(1): 40- 41
- 3 汪培庄.模糊集合论及其应用.上海:上海科学技术出版社,1983. 83- 87
- 4 高法良.机械设计中类型选择的模糊分析方法.上海工业大学学报,1990,11(5): 92- 95
- 5 高法良.利用特征向量方法构造模糊矩阵的研究.上海工业大学学报,1989,10(4): 289- 294
- 6 杨福增.现代设计法在丰收系列拖拉机变速箱设计中的应用 [硕士学位论文].陕西杨凌:西北农业大学,1993. 40- 43

Fuzzy Selection of Bearing Types for Tractor Gearbox

Yang Fuzeng Zhu Lin Liu Hongping Du Baishi

*(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)*

Abstract According to the characteristic of fuzziness of selecting bearing type and the approaching principle of fuzzy theory, type-selecting of bearing about Fengshou series of tractor gearbox is considered as an identification of fuzzy model. Through determining nine functional evaluation index including ability of loading radial force under particular condition and calculating the approach different type bearings to particular conditions, then angular contact ball bearing corresponded with the condition can be selected based on the maximum approach. This method can be applied to other type tractors and similar vehicles.

Key words tractor, gearbox, bearing, fuzzy selection