

文章编号: 1007-6492(1999)03-0057-03

空调冷源设备的 Fuzzy 多级综合评判

路诗奎¹, 王莉¹, 于卫东²

(1. 郑州工业大学水利与环境工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南省水利电力对外公司, 河南 郑州 450001)

摘 要: 以模糊数学为理论依据, 将空调冷源设备的综合性能和经济效益全面考虑, 建立了制冷机的二级综合评判数学模型。该模型将因素集中的9个因素按初投资、运行费用以及安全环保运输分割成3个子集 U_1, U_2, U_3 , 然后按一级评判得出其单因素评判矩阵 R_1, R_2, R_3 , 给出3个子集 U_1, U_2, U_3 的权重分配, 进行二级综合评判, 得出最佳设备, 并给出应用实例, 实例计算表明, 理论结果与实际结果完全相符。

关键词: 空调冷源设备; 模糊综合评判; 隶属函数

中图分类号: TB 657; O 151

文献标识码: A

在选择空调制冷设备时, 通常是依据设计计算出的冷负荷来选取, 对于设备的综合性能和经济效益作全面的考虑较欠缺。在满足负荷需要的前提下, 如何从设备的多个性能参数出发, 进行科学地综合评判, 以选出设计要求的最佳设备, 是广大设计工作者所关心的一个问题。

1 评判数学模型的建立^[1]

1.1 评价对象集与因素集构成

设评价对象集 $X = \{x_i\}$, ($i = 1, 2, \dots, m$)。其中, x_i 表示被评判的各种制冷机。

从初投资、运行费用和安全环保3个角度考虑, 选取9种主要特性作为评判标准^[2], 则评判因素集为 $U = \{u_j\}$ ($j = 1, 2, \dots, 9$)。其中, u_1 为制冷机组设备价格, 万元; u_2 为占地面积, m^2 ; u_3 为使用年限, a; u_4 为制冷机的输入功率, kW; u_5 为能量调节特性, 可根据负荷分布频率及制冷机调节特性计算出 $\Sigma(n_i f_i)$ 值; u_6 为机组水程阻力损失, mH_2O ; u_7 为机组噪声, dB(A); u_8 为依运行控制(自动、手动)及安全保护(断油、断水、过载、防冻等)对产品予以评分; u_9 为机组净重, t。

1.2 隶属函数的确定^[3]

确定 x_i 对应于 u_j 的隶属度。在因素集的9个因素中, 确定隶属函数时, 分以下几种情况讨论:

(1) 对于 $u_1, u_2, u_4, u_6, u_7, u_9$ 而言, u_j 越小

越好。对于同一制冷量的冷水机组, 上述各性能指标存在一个大致变化范围, 设为 $u_{jmin} \sim u_{jmax}$, 构造单因素评判的隶属函数为

$$\gamma_{ij} = \frac{\eta_j(u_{jmax} - u_j)}{u_{jmax}} \quad (1)$$

(2) 对于 u_3 而言, 其值越大越好。同上类似, 该单因素评判的隶属函数可表示为

$$\gamma_{ij} = \frac{\eta_j(u_j - u_{jmin})}{u_{jmax} - u_{jmin}} \quad (2)$$

式(1)、(2)中, $\eta_j = \frac{u_{jmax}}{u_{jmax} - u_{jmin}}$ (3)

(3) 对于 u_5 而言, u_j 越小越好, 构造其隶属函数为

$$r_{ij} = 1 - u_j \quad (4)$$

(4) 对于 u_8 而言, 越大越好, 直接取其值为单因素评判结果, 即

$$r_{ij} = u_j \quad (5)$$

对于以上各式, 当 γ_{ij} 的计算值为负时, 取值为0; 当计算值大于1时, 取值为1。

1.3 一级综合评判

根据1.2节中的隶属函数, 求出单因素评判后, 便可得出单因素评判矩阵 R

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

收稿日期: 1999-04-20; 修订日期: 1999-05-25

作者简介: 路诗奎(1971-), 男, 河南省固始县人, 郑州工业大学助教, 硕士, 主要从事空调制冷方面的研究。

于是得到评判空间 $S = (X, U, R)$, 在评判空间 S 中, 计算评判指数 $B: B = R \cdot A$

其中, $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 为权分配集, 它是关于 X_i 给出因素集 U 权重集, 满足 $\sum_{j=1}^n a_j = 1$. 计算 B , 采用 $M(\cdot, +)$ 算子对, 即加权平均型, $B_j = \sum_{i=1}^n a_j r_{ij}$

以上为一级综合评判模型. 在一级综合评判模型中需满足 $\sum_{j=1}^n a_j = 1$, 当评判的因素集个数 n 过多, 将导致 a_j 很小, 所以在合成运算取小时 R 的元素被筛选过多, 致使评判失效. 另一方面 n 过多, 权重分配难以合理. 所以考虑到这些, 本文提出如下的多级评判模型.

1.4 多级综合评判模型^[4,5]

多级综合评判模型一般分为以下几步:

第1步: 将因素集 X 按某种属性分成 s 个子集, 记作: X_1, X_2, \dots, X_s , 满足 $\bigcup_{i=1}^s X_i = X$.

每个子集 X_i 记为 $X_i = \{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}\}$, ($i = 1, 2, \dots, s$) 且 $\sum_{p=1}^s i_p = n$.

第2步: 对每个 X_i 按一级评判模型分别进行综合评判. 假如评判集为 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$, X_i 的单因素评判矩阵为 R_i , X_i 的各因素权重分配 $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip})$, 则第一级评判结果为

$$A_i \cdot R_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ip}) = B_i, \quad (i = 1, 2, \dots, p)$$

第3步: 将每个 X_i 看作一个元素, 用 B_i 作为其单因素评判向量, 得单因素评判矩阵

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{s1} & b_{s2} & \dots & b_{sm} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

根据每个 X_i 在 X 中重要性, 给出权重分配 $A = (a_1, a_2, \dots, a_s)$, 则二级评判结果为

$$B = A \cdot R \quad (8)$$

这就是二级评判模型. 若 X 的因素个数 n 过大, 对 X 分割 $X = X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_s$ 时, s 仍过大, 第二级评判仍然有因素过多的现象, 这时可以仿照前面对每个 X_i 分割, 再分级评判, 用三级评判可以结束. 若数量仍大, 可再考虑更高一级的评判.

1.5 空调冷源设备

本文在对制冷机进行模糊综合评判时, 采用二级评判, 具体做法如下:

(1) 将因素集 $U = \{u_j\}$, ($j = 1, 2, \dots, 9$) 分割成 U_1, U_2, U_3 3 个子集, 其中 $U_1 = \{u_1, u_2, u_3\}$,

$$U_2 = \{u_4, u_5, u_6\}, U_3 = \{u_7, u_8, u_9\}.$$

分割的原则是: 第一类 (U_1) 从初投资角度考虑; 第二类 (U_2) 从运行费用角度考虑; 第三类 (U_3) 从安全、环保、卫生、运输角度考虑.

(2) 将 U_1, U_2, U_3 按一级模型分别进行综合评判, 可以得出 3 个单因素评判矩阵 R_1, R_2, R_3 .

给出 U_1, U_2, U_3 的各因素权重分配, 综合考虑分别取为: $A_1 = (0.5, 0.2, 0.3)$, $A_2 = (0.4, 0.4, 0.2)$, $A_3 = (0.4, 0.4, 0.2)$.

由 $B_i = A_i \cdot R_i$ 得

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = (b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1m});$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = (b_{21}, b_{22}, \dots, b_{2m});$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = (b_{31}, b_{32}, \dots, b_{3m}).$$

于是得矩阵 R

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ b_{31} & b_{32} & \dots & b_{3m} \end{bmatrix}.$$

(3) 依据 U_1, U_2, U_3 在 U 中的重要性, 给出权重分配 $A = (0.35, 0.35, 0.3)$.

由 $B = A \cdot R$ 得

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ b_{31} & b_{32} & \dots & b_{3m} \end{bmatrix} \cdot A = (b_1, b_2, \dots, b_m). \quad (9)$$

对 B 进行归一化处理, 得

$$B' = (b'_1, b'_2, \dots, b'_m).$$

则 $i = \max\{b'_1, b'_2, \dots, b'_m\}$ 为最佳方案.

2 综合评判实例

表1列出了6种常用的制冷量为1160 kW的冷水机组性能参数, 其有关评判因素的变化范围如表2. 在空调负荷频率如文献[5]所述的情况下, 试对其进行综合评判. 其中LSJ-500机组表中为一台, 进行综合评判时, 两台同时运行时噪声取为100 dB(A), 调节性能 $\sum(n_i t_i)$ 、使用年限和控制安全保护情况参数值不变, 其余参数值在进行单因素评判时均乘以2. 溴化锂吸收式制冷机的输入功率是将其蒸汽耗量折合成电耗计算的.

按前述的制冷机二级综合数学评判模型进行Fuzzy二级评判, 结果如下:

$$B = (0.5929, 0.5940, 0.7234, 0.4752, 0.5627, 0.7027).$$

对 B 进行归一化处理, 得 $B' = (0.1624, 0.1627, 0.1981, 0.1302, 0.1541, 0.1925)$

表 1 6 种制冷机组的相关性能参数

项 目	设 备 型 号					
	LSJ - 500	FLZ - 1000A	JZSKF - 20 - 96	XZ - 115	SXZ - 115D	RC130 - 9
主设备价格/万元	26	60.6	50	46	61.8	72
安装占地面积/m ²	30	29	27	30	35	22
使用年限/a	20	25	25	15	15	25
输入功率/kW	150	315	250	539	290.5	264.6
调节性能	0.5862	0.5115	0.5794	0.3405	0.3405	0.3358
水程阻力损失/mH ₂ O	7.5	18	16	22	22	9.2
机组噪声/dB(A)	90	86	74	60	60	70
控制安全保护情况	0.7	0.75	0.8	0.5	0.6	0.9
机组净重/t	6.5	10.5	7.7	20	15.8	4.6

表 2 几个性能参数的变化范围

	$u_1/$ 万元	$u_2/$ m ²	$u_3/$ a	$u_4/$ kW	$u_6/$ mH ₂ O	$u_7/$ dB(A)	$u_9/$ t
u_{jmin}	40	22	12	250	9	50	5
u_{jmax}	76	60	30	539	32	105	20

则 $\max \{0.1624, 0.1627, 0.1981, 0.1302, 0.1541, 0.1925\} = 0.1925$.

从评判结果看,模块化 RC130 - 9 冷水机组的综合性能最好,以下依次是螺杆式 JZS - KF20 - 96、离心式 FLZ - 1000A、活塞式 LSJ - 500、双效溴化锂吸收式 SXZ - 115D、单效溴化锂吸收式 XZ - 115 的综合性能最差,这与实际情况完全相符.

3 结论

(1) 基于模糊数学原理,本文提出了空调冷

源设备多级综合评判的模型.

(2) 实例分析表明,本文提出的 Fuzzy 二级综合评判适用于空调制冷设备的选择评判,理论结果与实际结果完全相符.

参考文献:

[1] 张振良.应用模糊数学[M].重庆:重庆大学出版社,1991.
[2] 艾学良.暖通与空调常用数据手册[M].长春:吉林科学技术出版社,1994.
[3] 严治军,姚润明.选择空调制冷设备的模糊评判法[J].暖通空调,1988(5):31 - 34.
[4] 王龙辉.一种适度增强的模糊增强算法[J].郑州工业大学学报,1997,19(4):29 - 33.
[5] 路诗奎.空调冷源设备的经济性分析与评判[D].淮南:淮南矿业学院,1996.

Multi - Stage Fuzzy Synthetic Evaluation of Refrigeration Equipment in Air Condition

LU Shi - kui¹, WANG Li¹, YU Wei - dong²

(1. College of Hydraulic & Environmental Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan External Corporation of Water and Power, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: A two - stage fuzzy synthetic evaluation mathematical method is proposed in this article, which is based on the fuzzy mathematics theory and the comprehensive consideration of the overall property and the economic benefits. In this method, nine factors in factor set are classified as three subsets (U_1, U_2, U_3) according to three angles which are initial investment, motion expenses, safety and environment protection and transportation. Then three singly - factor evaluation matrixes (R_1, R_2, R_3) are drawn according to one - stage evaluation. If the weighted distribution of three subsets (U_1, U_2, U_3) are presented, the best equipment can be drawn. An application example of the method is given and the theoretical results and the practical one drawn from the application example are totally the same .

Key words: refrigeration equipment in air condition; fuzzy synthetic evaluation; distribution function