学术论文

防洪调度多目标决策理论与模型

陈守煜
（大连理工大学，辽宁大连市　116024）

[摘要]　根据我国防洪调度决策的特点，首先指出防洪调度决策是复杂的多目标决策问题。然后，建立防洪调度系统多目标决策的理论、模型与方法。其中包括多级模糊优选理论与模型、目标权重的确定等新颖内容。部分内容经应用于我国众多水库的防洪调度实践，取得较好的效果。

[关键词]　防洪调度；决策；多目标；权重

1　前言

1998年长江发生全流域大洪水，松花江、嫩江出现特大洪水，洪涝灾害的直接经济损失估计达2500亿元左右。洪涝灾害不仅造成了巨大的经济损失，而且危及人民的生命安全及社会的稳定。国务院为了进一步提高我国防御洪涝灾害的能力，提出“积极采用现代化技术，实行科学防洪……。尽快建成全国防讯指挥系统，实现防汛指挥调度现代化”的重要措施。

全国防汛指挥系统由信息采集、通信、计算机网络和决策支持四个分系统组成，其中决策支持分系统是整个系统的核心。它基于其它分系统搜集和传输的雨情、水情、工情、险情等防汛实时信息，结合历史资料及决策者、专家的经验，全过程地为防汛指挥提供决策支持。提高防汛指挥的实时性、前瞻性和科学性。

防洪调度决策是决策支持分系统的关键，涉及到自然、社会、经济、技术等多个复杂的相互联系但又彼此制约的因素或目标，必须由决策者直接参与。因此防洪调度决策属于复杂的多目标决策问题。但是，目前在防洪调度决策的模型与方法中，基本上仍按一般的多目标决策问题处理。在模型与方法中难以直接融入决策者的经验与知识，很难满足全国防汛指挥系统建设的要求。为此，笔者在文献［1］、［2］工作的基础上提出防洪调度多目标决策理论与模型。

2　防洪调度决策多级模糊优选理论与模型

防洪调度决策的优劣，在优选识别过程中并不存在绝对分明的界限，具有中介过渡性，属于模糊概念。

设防洪调度决策系统有满足约束条件可供优选决策的 n 个调度方案。方案的优劣根据 m 个防洪目标特征值进行识别。则有 n 个方案、m 个目标的防洪调度决策特征值矩阵

$$\boldsymbol{X}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}=(x_{ij}), \quad (1)$$

式中 x_{ij}——方案 j 目标 i 的特征值，$i=1, 2, \cdots, m$；$j=1, 2, \cdots, n$。

方案的优劣程度依据 m 个目标特征值，按从优级到劣级的 c 个级别进行识别。显然，对于任一目标，就模糊概念优而言，可以规定优级（1

[收稿日期]　1999－08－11
[基金项目]　辽宁省自然科学基金资助项目（962114）
[作者简介]　陈守煜（1930－），男，大连理工大学教授，博士生导师

级）对优的相对隶属度（简称相对优属度）为1，劣级（c级）的相对优属度为0。由于模糊概念优在中介过渡阶段呈现的渐变性，可以认为1级至c级的相对优属度从1至0呈线性递减，则前后两个级别的相对优属度递减差值

$$\Delta = \frac{1}{c-1}。 \tag{2}$$

对于任一目标，从1级到 c 级各个级别的相对优属度标准值向量为

$$\boldsymbol{s} = (1,\frac{c-2}{c-1},\frac{c-3}{c-1},\cdots,0) = (s_h) \tag{3}$$

$h=1, 2, \cdots, c$。

防洪调度决策的目标通常分为特征值越大越优、越小越优与中间型三类。越大越优、越小越优与中间型的目标相对优属度公式分别可采用[3]：

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\limits_j x_{ij}}{\max\limits_j x_{ij} - \min\limits_j x_{ij}} \quad \forall j; \tag{4}$$

$$r_{ij} = \frac{\max\limits_j x_{ij} - x_{ij}}{\max\limits_j x_{ij} - \min\limits_j x_{ij}} \quad \forall j; \tag{5}$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{|x_{ij} - x_i|}{\max\limits_j |x_{ij} - x_i|} \quad \forall j。 \tag{6}$$

式中 r_{ij}——方案 j 目标 i 的相对优属度；$\max\limits_j x_{ij}$——方案集目标 i 的最大特征值；$\min\limits_j x_{ij}$——方案集目标 i 的最小特征值；x_i——方案集目标 i 的中间最优值。

用公式（4）、（5）、（6）把目标特征值矩阵（1）变换为目标相对优属度矩阵

$$\boldsymbol{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} = (r_{ij})$$

将方案 j 的m个目标相对优属度 r_{1j}，r_{2j}，$\cdots$，r_{mj} 分别与向量式（3）$\boldsymbol{s}$ 逐一地进行比较后，得到方案 j 的 m 个目标相对优属度分别介于相邻级别区间 $[a_{1j}, b_{1j}]$，$\cdots$，$[a_{mj}, b_{mj}]$。则得方案 j 的级别上限值 b_j 与级别下限值 a_j

$$\begin{cases} a_j = \min\limits_i a_{ij} \\ b_j = \max\limits_i a_{ij}。 \end{cases} \tag{7}$$

设方案集归属于各个级别的相对隶属度矩阵为

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{c1} & u_{c2} & \cdots & u_{cn} \end{bmatrix} = (u_{hj})。 \tag{8}$$

式中 u_{hj}——方案 j 对级别 h 的相对隶属度，$j=1, 2, \cdots, n$；$h=1, 2, \cdots, c$。

由于方案 j 在级别区间 $[a_j, b_j]$ 范围内，故矩阵 $\boldsymbol{U}$ 应满足归一化条件

$$\sum_{h=a_j}^{b_j} u_{hj} = 1 \qquad \forall_j。 \tag{9}$$

因方案集中每个方案的级别区间范围不尽相同，从 n 个方案、c 个级别的整体考虑，矩阵 $\boldsymbol{U}$ 也应满足归一化约束条件

$$\sum_{h=1}^{c} u_{hj} = 1 \qquad \forall_j, \tag{10}$$

因为 $a_j \geqslant 1$，$b_j \leqslant c$，要求同时满足归一化约束条件（9）、(10)，应有

$$u_{hj} = 0, \quad 当 h < a_j 或 h > b_j, \tag{11}$$

方案集目标具有不同的权重，设方案集目标权向量为

$$\boldsymbol{w} = (w_1, w_2, \cdots, w_m), \sum_{i=1}^{m} w_i = 1。 \tag{12}$$

方案 j 的 m 个目标相对优属度用向量表示为

$$\boldsymbol{r}_j = (r_{1j}, r_{2j}, \cdots, r_{mj})。 \tag{13}$$

根据公式（3）级别 h 的 m 个目标标准相对优属度为

$$s_h = \frac{c-h}{c-1}, h = 1,2,\cdots,c \qquad \forall_i。 \tag{14}$$

方案 j 与级别 h 之间的差异，用广义欧氏权距离表示为

$$d_{hj} = \{\sum_{i=1}^{m} [w_i(r_{ij} - s_h)]^2\}^{\frac{1}{2}}。 \tag{15}$$

公式（15）表示了考虑目标权重后，方案 j 与级别 h 之间的差异。为了更完善地描述方案 j 与级别 h 之间的差异，可用加权广义欧氏权距离

$$D_{hj} = u_{hj} d_{hj} = u_{hj}\{\sum_{i=1}^{m} [w_{ij}(r_{ij} - s_h)]^2\}^{\frac{1}{2}} \tag{16}$$

表示[2]。

D_{hj} 不仅考虑了目标权重，而且计入以方案 j 归属于级别 h 的相对隶属度 u_{hj} 为权重。

为了求解方案 j 归属于级别 h 的最优相对隶属度，建立目标函数

$$\min\{F(u_{hj}) = \sum_{h=a_j}^{b_j} D_{hj}^2\}。 \tag{17}$$

根据目标函数（17）与约束条件（9）构造拉格朗日函数，将等式约束求极值变为无条件极值问题。设λ_j为拉格朗日乘数，则相应的拉格朗日函数为

$$L(u_{hj},\lambda_j)=\sum_{h=a_j}^{b_j}u_{hj}^2d_{hj}^2-\lambda_j(\sum_{h=a_j}^{b_j}u_{hj}-1)。\tag{18}$$

求解

$$\frac{\partial L(u_{hj},\lambda_j)}{\partial u_{hj}}=0,\tag{19}$$

$$\frac{\partial L(u_{hj},\lambda_j)}{\partial \lambda_j}=0,\tag{20}$$

解得

$$u_{hj}=\frac{1}{\sum_{k=a_j}^{b_j}\frac{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_h)]^2}{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_k)]^2}}。\tag{21}$$

模型（21）称为多级模糊优选模型，其中当$d_{hj}=0$，即$\{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_h)]^2\}^{\frac{1}{2}}=0$时，$u_{hj}=1$为一特例。它相当于$r_{ij}=s_h$，$i=1, 2, \cdots, m$。根据物理概念分析，此时方案$j$百分之百的归属于级别$h$，即$u_{hj}=1$。则本文建立的多级模糊优选模型的完整形式为

$$u_{hj}=\begin{cases}0 & h<a_j\text{或}h>b_j\\ \dfrac{1}{\sum_{k=a_j}^{b_j}\frac{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_h)]^2}{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_k)]^2}} & a_j\leqslant h\leqslant b_j, d_{hj}\neq 0\\ 1 & d_{hj}=0。\end{cases}\tag{22}$$

应用模型（22）可解得方案集归属于各个级别的最优相对隶属度矩阵

$$U^*=\begin{bmatrix}u_{11}^* & u_{12}^* & \cdots & u_{1n}^*\\ u_{21}^* & u_{22}^* & \cdots & u_{2n}^*\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ u_{c1}^* & u_{c2}^* & \cdots & u_{cn}^*\end{bmatrix}=(u_{hj}^*)\tag{23}$$

$h=1, 2, \cdots, c$；$j=1, 2, \cdots, n$。

应用笔者在文献［2］中提出的级别特征值$\boldsymbol{h}$的向量式

$$\boldsymbol{h}=(1,2,\cdots,c)(u_{hj}^*)=(h_1,h_2,\cdots,h_n)。\tag{24}$$

对方案集进行优选，其中最小级别特征值$h_{\min}=\min\limits_j h_j$对应的方案为防洪调度决策的最优方案。

防洪调度优选计算时，级别c应等于、大于2。c越大，优选的精度越高，但计算量越大。考虑到实时防洪调度要求迅速解得最优方案的具体情况，实际应用表明取$c=2$，一般可以满足优选精度要求。但当解得的方案相对优属度排位1、2的数值相差较小，难以作出优选决策时，为了提高优选决策的精度，可取$c=5$。相当于在优级（1级）与劣级（5级）之间插入良级（2级）、中级（3级）、可级（4级）。即可用我国传统的5级制：优、良、中、可、劣对防洪调度方案进行优选决策。

3　确定防洪目标权重的主、客观结合法

防洪调度决策是决策支持分系统的关键，其中防洪调度目标权重的确定十分重要，根据防洪调度系统的特点，一方面，决策者应按经验、知识与实时防洪调度的不同情况对确定目标权重需要直接参与；另一方面，决策者对目标权重的具体定量，又常难以迅速的科学的给定。因此，本文建立确定防洪调度目标权重的主、客观相结合的方法，即先按本节论述的客观方法确定目标权向量的一个初始解，如果该解基本符合决策者对实时防洪调度目标权向量的经验判断与偏好，则不必调整目标权向量。否则需根据笔者在文献［4］中提出的确定目标权重的主观法对初始解进行调整。

为了确定目标权向量的初始解，取$c=2$，此时有$a_j=1$，$b_j=2$。目标权重w_i与u_{hj}均为未知。根据式（16），方案j与1、2级的差异，可用加权

广义欧氏权距离平方和[4]

$$f_j(\boldsymbol{u}_j,\boldsymbol{w}) = \sum_{h=1}^{2}\left\{u_{hj}\sqrt{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_h)]^2}\right\}^2 \tag{25}$$

来表示。

对于方案集有

$$f(\boldsymbol{u},\boldsymbol{w}) = [f_1(\boldsymbol{u}_1,\boldsymbol{w}),f_2(\boldsymbol{u}_2,\boldsymbol{w}),\cdots,f_n(\boldsymbol{u}_n,\boldsymbol{w})]。\tag{26}$$

显然，f_j ($\boldsymbol{u}_j$, $\boldsymbol{w}$) 越小，方案 j 对级别 h 的差异越小，即对级别 h 的识别越优，因而可建立无限个方案多目标决策优化问题，即建立目标函数[5]

$$\min\{f(\boldsymbol{u},\boldsymbol{w})\}, \tag{27}$$

$$满足\sum_{i=1}^{m}w_i=1,\ \sum_{h=1}^{2}u_{hj}=1 \quad \forall_j。\tag{28}$$

由于方案集中的各个方案之间公平竞争，没有任何偏好关系，故目标函数 (27) 可用方案等权重的线性加权平均法，将多目标决策优化问题转化为单目标优化问题

$$\min\{F(\boldsymbol{u},\boldsymbol{w})\sum_{j=1}^{n}f_j(\boldsymbol{u}_j,\boldsymbol{w})\}, \tag{29}$$

满足约束条件 (28)。

构造拉格朗日函数

$$\begin{aligned}L(\boldsymbol{u},\boldsymbol{w},\lambda_1,\lambda_2) &= \sum_{j=1}^{n}f_j(\boldsymbol{u}_j,\boldsymbol{w}) - \lambda_1(\sum_{h=1}^{2}u_{hj}-1) - \lambda_2(\sum_{i=1}^{m}w_i-1)\\ &= \sum_{j=1}^{n}\sum_{h=1}^{2}\left\{u_{hj}^2\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_h)]^2\right\} - \lambda_1(\sum_{h=1}^{2}u_{hj}-1) - \lambda_2(\sum_{i=1}^{m}w_i-1)\end{aligned} \tag{30}$$

$$\frac{\partial L}{\partial u_{hj}}=0,\ \frac{\partial L}{\partial w_i}=0,\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_1}=0,\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_2}=0, \tag{31}$$

解得

$$u_{hj} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{2}\frac{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_h)]^2}{\sum_{i=1}^{m}[w_i(r_{ij}-s_k)]^2}}, \tag{32}$$

$$w_i = \frac{1}{\sum_{l=1}^{m}\frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{h=1}^{2}[u_{hj}(r_{ij}-s_h)]^2}{\sum_{j=1}^{n}\sum_{h=1}^{2}[u_{hj}(r_{lj}-s_h)]^2}}。\tag{33}$$

公式 (32)、(33) 就是求解目标权重初始解的迭代模型。$i=1,2,\cdots,m$；$j=1,2,\cdots,n$；$h=1,2$。

目标权重初始解迭代模型 (32)、(33) 的求解过程与步骤如下：

1) 给定 w_i 的迭代允许误差 ε。

2) 任意地选定目标初始权向量 $\boldsymbol{w}^0=(w_1^0, w_2^0, \cdots, w_m^0)$，$\sum_{i=1}^{m}w_i^0=1$。

3) 将 $\boldsymbol{w}^0$ 代入公式 (32)，求解相应的初始矩阵 ($\boldsymbol{u}_{hj}^0$)。

4) 将矩阵 (u_{hj}^0) 代入公式 (33)，求解向量 $\boldsymbol{w}^1$。若 $\max_i|w_i^1-w_i^0|\leqslant\varepsilon$，则迭代计算结束。否则，继续迭代至 l 次，由于迭代模型 (32)、(33) 在理论上已经证明是收敛的[5]，故必能满足 $\max_i|w_i^l-w_i^{l-1}|\leqslant\varepsilon$。如果初始解基本符合决策者的经验、知识的判断与偏好，则可将该初始解作为目标权向量。否则，根据文献 [4] 中提出的原理与方法（属目标权重确定的主观法）对目标权向量的初始解根据决策者的经验与偏好进行调整。调整方法如下：

1) 将归一化的目标权向量初始解 $\boldsymbol{w}=(w_1, w_2, \cdots, w_m)$ 除以最大权重值 $\max_i w_i$，变为非归一化目标权向量

$$\boldsymbol{w}'=(\frac{w_1}{\max_i w_i},\frac{w_2}{\max_i w_i},\cdots,\frac{w_m}{\max_i w_i})。$$

显然，$\boldsymbol{w}'$ 中相对隶属度等于 1 的目标为最重要目标。

2) 是否接受 $\boldsymbol{w}'$ 中表示的最重要目标。如不接受，决策者可用目标权重排序一致性定理[4]对最重要目标的排序进行调整。

3) 根据 $\boldsymbol{w}'$，语气算子与相对隶属度之间的关系表 1[4]，可以得出其余目标与最重要目标相比时相应的语气算子。决策者对这些语气算子是否接受，如不接受，再应用表 1 进行调整。

具体的调整步骤与方法将在实例中说明。

4　实例

丰满水库 1991 年 7 月 28 日一场洪水的防洪调度决策，考虑 3 个目标：1）水库最高水位 p_1；2）调洪末库水位 p_2；3）弃水量 p_3。对于生成的可能防洪调度方案，根据水库预报规划确定的泄流方式，经水库调洪计算，得到满足约束条件的 11 个可行调度方案，其目标特征值列于表 2

表 1　语气算子与相对隶属度关系表

Table 1　Correspondence relation of mood operator and relative membership

语气算子	同样	稍稍	略为	较为	明显	显著	十分	非常	极其	极端	无可比拟
相对隶属度	1.0	0.818	0.667	0.538	0.429	0.333	0.25	0.176	0.111	0.053	0

表 2　目标特征值表

Table 2　Feature values of objective

方案序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
p_1/m	264. 04	263. 83	263. 51	263. 18	262. 96	263. 42	263. 23	262. 09	262. 99	262. 96	263. 03
p_2/m	263. 87	263. 47	262. 87	262. 40	262. 00	262. 67	262. 47	262. 44	262. 34	262. 30	262. 42
$p_3/10^8m^3$	17. 28	19. 01	21. 00	24. 19	25. 92	22. 46	23. 33	24. 02	24. 45	24. 62	24. 11

试优选水库调度决策方案。

根据表 2 有目标特征值矩阵

$$\boldsymbol{X}=\begin{bmatrix}264.04 & 264.83 & 263.51 & 263.18 & 262.96 & 263.42 & 263.23 & 262.09 & 262.99 & 262.96 & 263.03\\ 263.87 & 263.47 & 262.87 & 262.40 & 262.00 & 262.67 & 262.47 & 262.44 & 262.34 & 262.30 & 262.42\\ 17.28 & 19.01 & 21.00 & 24.19 & 25.92 & 22.46 & 23.33 & 24.02 & 24.45 & 24.62 & 24.11\end{bmatrix}$$

目标 p_1、p_3 为越小越优型，根据水库防洪规划，7 月末调洪末水位以 262.44 m 为好，故目标 p_2 为中间型。目标 p_1、p_3 与 p_2 分别应用式（5）与式（6），将目标特征值矩阵 X 转换为目标相对优属度矩阵

$$\boldsymbol{R}=\begin{bmatrix}0 & 0.20 & 0.50 & 0.80 & 1 & 0.58 & 0.75 & 0.88 & 0.97 & 1 & 0.93\\ 0 & 0.28 & 0.70 & 0.97 & 0.69 & 0.84 & 0.98 & 1 & 0.93 & 0.90 & 0.99\\ 1 & 0.80 & 0.50 & 0.20 & 0 & 0.40 & 0.30 & 0.22 & 0.17 & 0.15 & 0.20\end{bmatrix}=(r_{ij})。$$

$i=1,\ 2,\ 3;\ j=1,\ 2,\ \cdots,\ 11$。

1）确定目标权向量

应用 $c=2$ 的迭代公式（32）、（33）计算目标初始权向量。给定迭代精度 $\varepsilon=0.000\ 1$。设目标权向量迭代初值 $\boldsymbol{w}^0=(w_1^0,\ w_2^0,\ w_3^0)=(\frac{1}{3},\ \frac{1}{3},\ \frac{1}{3})$，经过迭代得到满足迭代精度要求的目标初始权向量[6]

$$\boldsymbol{w}^0=(0.3545,\ 0.6193,\ 0.0262)。$$

决策者根据迭代的目标初始权向量，根据实时的防洪调度的具体情况，进行调整。依据 7 月末水库的主讯期还未过去，应将调洪末水位控制在水库规划的水位值 264.44 m 为合适，以便防御下一场洪水。因此认为上述目标初始权向量的重要性排序依次为 p_2，p_1，p_3 是合适的。但根据气象部门发布的数日内无大的降雨过程的短期预报信息，认为目标 p_3 的权重几乎近于 0（0.026），感到偏小。故应用笔者在文献［4］中提出的原理（属主观法）对初始权向量进行调整，方法如下。

将归一化目标初始权向量以目标对重要性的相对隶属度表示，这样才能应用语气算子与相对隶属度关系表表 1。为此将目标初始权向量 $\boldsymbol{w}^0$ 中的元素除以其中最大元素值 0.6193，得到目标对重要性的相对隶属度向量即非归一化目标初始权向量

$$w' = (0.5724, 1, 0.0423)。$$

应用语气算子与相对隶属度的关系表（表1），调整（增大）目标 p_3 的权重，决策者经过慎重考虑，认为重要性排序1的目标 p_2（其相对隶属度为1）与目标 p_3 相比较“非常重要”，应用表1，其相应的相对隶属度为0.176。由此将非归一化目标初始权向量 w' 调整为

$$w'' = (0.5724, 1, 0.1760),$$

归一化得调整后的目标权向量

$$w^* = (0.327, 0.572, 0.101)。$$

2）计算方案集归属级别1至 c 的最优相对隶属度矩阵 U^*

根据矩阵 $\boldsymbol{R}$，权向量 w^*，取 $c=5$，应用多级模糊优选模型（21），解得

$$U^* = \begin{bmatrix} 0.016 & 0.012 & 0 & 0.557 & 0.180 & 0.155 & 0.553 & 0.695 & 0.617 & 0.552 & 0.715 \\ 0.028 & 0.028 & 0.620 & 0.322 & 0.550 & 0.683 & 0.336 & 0.213 & 0.280 & 0.330 & 0.200 \\ 0.063 & 0.106 & 0.380 & 0.075 & 0.182 & 0.124 & 0.079 & 0.055 & 0.063 & 0.073 & 0.051 \\ 0.211 & 0.778 & 0 & 0.030 & 0.060 & 0.038 & 0.032 & 0.024 & 0.026 & 0.029 & 0.022 \\ 0.682 & 0.076 & 0 & 0.016 & 0.028 & 0 & 0 & 0.013 & 0.014 & 0.016 & 0.012 \end{bmatrix}。$$

3）计算级别特征值向量

应用公式（24）计算方案集的级别特征值向量

$$\boldsymbol{h} = (4.515, 3.878, 2.380, 1.626, 2.206, 2.045, 1.590, 1.447, 1.540, 1.627, 1.416)$$

根据 $\boldsymbol{h}$ 得到水库防洪调度决策方案的优序依次为

$$(11, 8, 9, 7, 4, 10, 6, 5, 3, 2, 1)$$

可优选方案11。

5 结语

防洪调度决策是防汛指挥调度系统中决策支持分系统的核心内容，防汛指挥调度系统具有由各级政府领导，并直接参与决策的特点。为了适应此特点，本文提出可以直接反映决策者的经验、知识与偏好的防洪调度多目标决策理论与模型，其中部分内容已在国内一些水库防洪调度决策系统应用。

参考文献

[1] 陈守煜. 工程水文水资源系统模糊集分析理论与实践[M]. 大连：大连理工大学出版社，1998

[2] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京：国防工业出版社，1998

[3] 陈守煜. 模糊水文学与水资源系统模糊优化原理[M]. 大连：大连理工大学出版社，1990

[4] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[M]. 大连：大连理工大学出版社，1994

[5] 李登峰，陈守煜. 多目标优化问题的模糊交叉算法与收敛性[J]. 应用数学，1997，(3)

[6] 程春田，李登峰. 水库防洪调度模糊迭代方法及应用[J]. 水利学报，1999，(8)

Multiobjective Decision Making Theory and Model for Floodcontrol Operation

Chen Shouyu

(*Dalian University of Technology*, *Liaoning Dalian* 116024, *China*)

[**Abstract**] Analyzing the status of floodcontrol operation in china, this paper sumarized decision making problems of floodcontrol and proposed multiobjective decision making theory, model and methods. These include some new achievements such as multiobjective fuzzy optimum seeking theory and model for multilayer system, definition of objective weight etc. some of the theory and model were applied to reservoirs floodcontrol operations and satisfactory results were achieved.

[**Key words**] Floodcontrol operation; decision making; multiobjective; objective weight