

流域防洪系统调度的评价指标体系探讨

杨侃,狄艳艳,陈乐湘,董增川

(河海大学水资源环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 针对复杂的流域防洪系统调度方案评价决策问题,在已有研究成果的基础上,初步提出相应的防洪系统调度评价指标体系原型。该指标体系不仅考虑了防洪系统内各个防洪构件(如各个水库、分蓄洪区)的运行目标,而且考虑了整体防洪系统运行目标。

关键词 防洪系统 调度方案 评价指标

中图分类号 TV87 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)04-0363-03

防洪决策支持系统(DSS)是目前较为流行的流域防洪系统调度决策的现代化手段之一,目前已出现有关防洪调度智能决策支持系统(FCDIDSS)的设计^[1]。防洪决策支持系统一般是由系统总控管理系统、数据库、模型方法库和方案选择子系统等组成。从防洪工作流程来看,该系统主要涉及防洪预报、调度和决策。对于防洪预报、调度而言,其主要包含水、雨情预报模型、洪水演进和调度仿真模型。对于防洪决策而言,其关键步骤主要包含设计方案的选择和评价,即向决策人员提供一组调度方案,最后确定最终决策调度方案。目前,对决策支持系统预报调度模型的研究较为深入,但国内对防洪决策评估体系的研究才刚刚起步^[2]。

研究实时调度决策评估,关键问题是如何建立实时调度决策的多指标综合评价递阶结构体系,使之能反映出流域可控制的防洪工程措施(蓄洪水库、分蓄洪区等关键防洪控制点)综合运用效果,并能反映出防洪费用、防洪效益、局部利益和整体利益、防洪风险、社会安定、生态环境等方面的要求。本文主要提出了流域防洪系统的评价指标体系初步设想,并建立了调度决策的多指标综合评价递阶结构模型原型。

1 防洪调度决策支持系统

自 1971 年麻省理工学院在“管理与决策系统”中首次提出 DSS 的概念以来,DSS 的研究和应用得到了长足的发展^[2]。在防洪方面,人们普遍认为从实时洪水预报调度系统过渡到防洪调度决策支持系统是当前的发展趋势^[3]。20 世纪 80 年代末期,特别是在国家“八五”重点科技攻关项目(长江、黄河、淮河防洪决策支持系统)研究中,出现了一批比较优秀的成果。目前人们一般认为的防洪调度决策支持系统结构流程如图 1 所示^[1]。

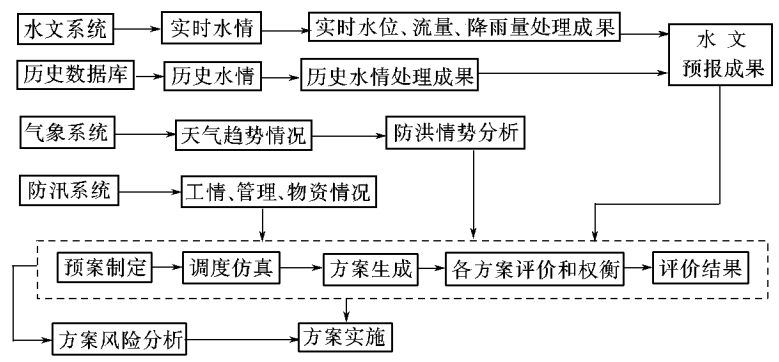


图 1 防洪调度决策支持系统结构流程

Fig.1 Structure and procedure of flood control operation DSS

2 流域防洪系统的评价指标体系

从图 1 中可以看出,防洪调度决策支持系统的核心流程是防洪预报→调度→方案生成→方案评估→决策,该流程也是反复迭代的过程,一直不断演绎至洪水期末。要使防洪调度决策支持系统具有反映事物内在联系、符合人们思维方式并成为防洪决策过程的有力工具,应用系统模型时,应使其产生多个决策方案,并具

有比较方案和评价方案的多种功能.产生方案和评价方案,是指对模型生成的多种方案的各方面影响做出较为详细的分析,并可根据一定的评价准则对多个方案进行比较、排序和择优^[4].

如何考虑各种防洪调度方案的各方面影响,需要有一个防洪调度应用效果的指标评价体系.如何进行评价并考虑决策人员的偏好或愿望,需要合理的评价方法.防洪调度的运行,涉及系统内的国计民生、损失状况、生态环境等一系列因素,其中包括地区的局部利益、系统的总体利益等诸多方面,以及国家、集体和个人的眼前利益、长远利益和决策人员的心理状态等因素,面对这些基本相互矛盾的目标,任何防洪调度决策都需要反复考虑各方面的因素,并权衡诸多方面的利益和客观规律,做出一种协调权衡的合理决策.

防洪系统一般是由诸多防洪构件所组成的一个复合系统,其运行方式不但要顾及各个防洪构件(如水库、分蓄洪区)的运行目标,更要考虑整体防洪系统运行目标.对于每一个防洪构件或是整体系统,均需要考虑多种因素,如人员伤亡、淹没损失、生态环境、社会环境等因素.对于整个防洪系统而言,综合决策评价体系应该由各个构件防洪目标和防洪系统总体目标组成,如图 2 所示.在方案评价中,不同的评价方法一般具有不同的评价体系,但建立评价体系的原则应该具有完整性、非相容性、简洁性和客观性^[5].本文建立的防洪系统评价指标体系原型,可以根据实际情况进一步补充和修改.

2.1 单库防洪目标(或个体防洪构件)的评价指标

对于防洪目标的评价指标,有关文献^[5~9]已进行过一定论述,本文拟在此基础上加以深化.单库防洪目标的评价指标由防洪子目标和其他子目标组成.

2.1.1 防洪子目标

对于单个水库而言,指标层主要考虑防洪剩余库容相对数、防洪剩余库容绝对数、人员伤亡、洪灾经济损失(包括上游淹没损失、下游淹没损失等)、生态环境损失和救援损失等因素.防洪剩余库容相对数、防洪剩余库容绝对数的计算如下:

$$V_1^{S1} = V_W^{S1} - V_D^{S1} \quad V_2^{S1} = \frac{V_W^{S1} - V_D^{S1}}{V_W^{S1}} \times 100\%$$

式中: V_1^{S1} ——防洪剩余库容相对数; V_2^{S1} ——防洪剩余库容绝对数; V_W^{S1} ——总防洪库容; V_D^{S1} ——某防洪调度方案中水库使用的最大防洪库容; $S1$ ——某一特定水库.

人员伤亡、洪灾经济损失、生态环境损失和救援损失是指各模拟调度方案所引起的损失.文献[8]对此进行了研究,并提出了计算公式.对于洪涝灾害直接经济损失率的计算方法,目前国内外比较通用的参数统计模型是以淹没水深等洪涝灾害特征为自变量、损失率为因变量的模型^[7],因此,人员伤亡、洪灾经济损失(包括上游、下游淹没损失等)、生态环境损失和救援损失等指标的计算均可建立以水深等指标为自变量的函数关系,即

$$f_1^{S1} = p_1^{S1}(h_1, h_2) \quad f_2^{S1} = p_2^{S1}(h_1, h_2, \alpha) \quad f_3^{S1} = p_3^{S1}(h_1, h_2) \quad f_4^{S1} = p_4^{S1}(h_1, h_2)$$

式中: f_1^{S1} ——人员伤亡统计函数; f_2^{S1} ——洪灾经济损失统计函数; f_3^{S1} ——生态环境损失统计函数; f_4^{S1} ——救援损失统计函数; h_1 ——水库上游淹没水深,即为代表站的淹没水深(如有多个代表站,可以类推加以扩充); h_2 ——水库下游淹没水深; α ——直接经济损失与间接经济损失的比例系数(在计算洪灾财产损失时,由于间接损失难以准确地加以估计,可假定直接经济损失和间接经济损失之间成一定的比例关系).

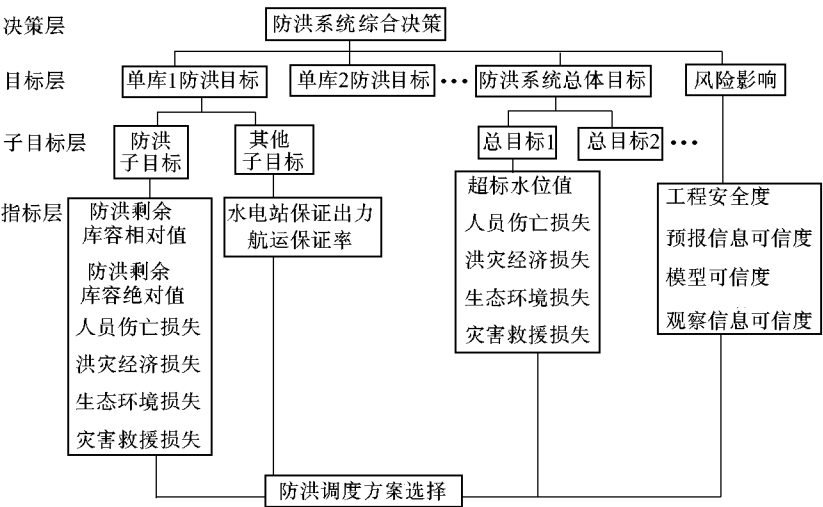


图 2 防洪系统决策综合评价指标和递阶结构模型

Fig.2 Synthetical evaluation index and hierarchical structure model for decision making of flood control system

在 h_1 和 h_2 一定时,可以利用文献[8]中的损失评估模型计算人员伤亡损失、洪灾经济财产损失、生态环境损失和灾害救援损失,从而建立各损失与淹没水深之间的统计关系.由于资料的限制,建立这种统计关系在目前存在一定的难度,但未来如 GIS 和空间数据库支持下的空间分布式洪水灾害损失评估体系的建立,并充分利用洪水灾害的自然特征指标和社会经济指标,获取洪水灾害受灾程度的空间分布结果必将为这种统计关系的建立打下基础^[9].

2.1.2 其他子目标

其他子目标主要考虑满足水电站保证出力和保证通航,航运子目标以文献[6]为基础,主要考虑满足汛期航运保证率.水电站保证出力满足情况和航运子目标分别用下式表示如下:

$$g_1^{S1} = \left(1 - \frac{\sum T_n^E}{\sum T_T^E} \right) \times 100\% \qquad g_2^{S1} = \left(1 - \frac{\sum T_n^h}{\sum T_T^h} \right) \times 100\%$$

式中: g_1^{S1} ——水电站保证出力满足百分比; $\sum T_T^E$ ——调度期总小时数; $\sum T_n^E$ ——由于洪水调度容量受阻引起的保证出力不满足的小时数; g_2^{S1} ——汛期航运满足保证率; $\sum T_T^h$ ——调度期总通航天数; $\sum T_n^h$ ——由于洪水调度引起的不能通航的天数.

2.2 防洪系统整体的评价指标

防洪系统总体目标主要考虑整个防洪系统的主要目标 1、主要目标 2 等等.每个主要目标主要考虑相应控制点的超标水位值,以及相应分洪区的人员伤亡损失、洪灾经济财产损失、生态环境损失和灾害救援损失.

超标水位值的计算是用某调度方案下的控制点最高水位减去控制水位(超过该水位会引起较大损失).某调度方案下相应分洪区的人员伤亡损失、洪灾经济财产损失、生态环境损失和灾害救援损失计算,可根据上述同样原理,建立各损失与相应控制点淹没水深之间的统计关系.

2.3 风险影响子系统

风险影响子系统主要考虑工程安全度、预报信息可信度、模型可信度和观测信息可信度等指标.风险影响的各个指标难以给出定量值,可以给出模糊描述^[5].

参考文献:

[1] 余达征,索丽生.关于防洪调度智能决策支持系统的分析与设计[J].水文,1999(2):18—23.
[2] 解建仓,田魏峰,索丽生,等.水资源调度管理决策支持系统的理论与实践[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.3—6.
[3] 《长江防洪系统实时调度研究》编委会.长江防洪系统实时调度研究[M].北京:中国水利水电出版社,1997.260—280.
[4] 冯尚友.水资源系统分析应用的目前动态与发展趋势[J].系统工程理论与实践,1990(5):43—48.
[5] 崔家骏,蔡琳,辛国荣,等.黄河防洪防凌决策支持系统研究与开发[M].郑州:黄河水利出版社,1998.90—100.
[6] 冯尚友.水资源系统工程[M].武汉:湖北科学技术出版社,1991.262—270.
[7] 冯平,崔广涛,钟昀.城市洪涝直接经济损失的评估与预测[J].水利学报,2001(8):30—34.
[8] 付湘,王丽萍,纪昌明.洪灾风险评价通用模型系统的研究[J].长江流域资源与环境,2000,9(4):520—523.
[9] 陈德清,黄诗峰,魏一鸣.空间分布式洪水灾害损失评估方法研究[J].自然灾害学报,2001,10(4):155—159.

Discussion on index system for evaluation of river basin flood control systems

YANG Kan, DI Yan-yan, CHEN Le-xiang, DONG Zeng-chuan

(College of Water Resources and Environment, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract Based on the existing research results, an index system is proposed for determination and evaluation of the operational scheme of the river basin flood control system. The index system considers not only the operational objectives of each component in the flood control system, including reservoirs and flood retention areas, but also the overall operational objective of the flood control system.

Key words flood control system; operational scheme; evaluation index