

基于汛期流量突变过坝船舶交通组织应急响应模式研究

林贤, 赵尊荣, 裴鸿斐, 陈梓豪

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 针对汛期三峡河段通航流量突变对既定船舶过坝计划组织干扰问题, 本文运用 Petri 网理论对流量突变下的交通组织架构进行了描述和分析, 构建了基于流量突变下的动态交通组织架构, 提出贯穿流量突变“事前-事中-事后”的交通组织应急响应模式, 在此基础上梳理出配套组织流程, 以提高应对可操作性和响应速率。

关键词: 流量突变; Petri 网; 交通组织; 响应模式

中图分类号: U692 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 05—0105—03

三峡水利枢纽工程的建成, 极大地改善了长江上游的通航条件, 船舶大型化发展趋势明显, 过闸货运需求迅猛增长, 其航运效益发挥在助推长江经济带建设, 服务沿江经济带发展中起到了重要的作用。但由于上游汛期降雨来流不均, 通航流量^[1]非规律性变化乃至流量突变直接影响过坝船舶正常交通组织, 为此, 基于汛期流量突变下的交通组织应急响应模式研究, 可为汛期流量突变下的船舶交通组织应急管理、辖区船舶通航安全保障提供参考。

1 基于流量突变下的交通组织理论及技术方法研究

船舶交通组织可分为静态交通组织和动态交通组织^[2], 静态交通组织指的是制定航行规则达到对通航水域内船舶的制度化管理; 动态交通组织指的是根据实时通航环境的改变, 为保障通航安全, 通航管理部门对该通航水域实行的一系列交通管制措施。因此, 流量突变下的交通组织应急响应模式研究, 属于动态交通组织范畴, 通过运用 Petri 网结构构建基于流量突变下的交通组织结构, 为后续交通组织应急响应模式研究提供基础。

1.1 Petri 网结构概述

Petri 网是由库所、变迁和连接库所与变迁的有向弧组成的一种图形化研究工具^[3], 可以用数学描述离散并行的系统, 适用于描述异步的、并发的系统模型, 它既可以用严格的数学方式表述, 也可以用直观的图形表达。

作为一种图形化建模工具, Petri 网利用四个标识元素进行系统建模: 位置 (place)、转移 (transition)、弧 (arc)、托肯 (token), 其中用位置、转移、弧的连接

表示系统的静态功能, 通过转移点火和托肯的移动描述系统的动态行为。用 Petri 网建模一个实际系统时, 网图由结点和弧组成, 如图 1 所示, 结点是网的位置和转移, 弧是位置和转移组成的有序偶, 从结点 x 到 y 的箭头 (有向弧) 表示有序偶 (x, y) 。网系统的初始标识 (M_0) 描述被模拟系统的初始状态, 以此为基点发生一个变迁就命名一个新的标识 (M_i), 变迁的接连发生和标识变化构成了网系统的运行过程。在关联矩阵 C 、标识 M 、点火序列 U 确定后, 可以利用网状态方程来表征 Petri 网的变化过程, 即: $M_{n+1} = M_n + C U_{n+1}$ 。此外, 状态标识变迁与否和变迁结果, 由 Petri 网触发规则所决定。

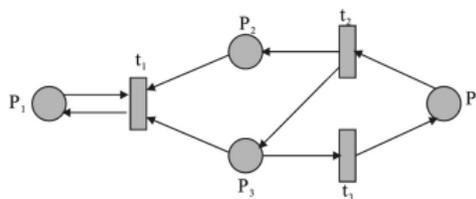


图 1 Petri 网结构的图例表示

1.2 基于交通组织的 Petri 网

流量突变下的交通组织受流量突变量、跃迁档次、跃迁次数、流量值等因素的交互约束, 组成交通组织系统的简单个体之间存在着或强或弱的相互作用。针对交通组织架构重组过程流的层次性与交叉性, 传统的理论方法不能很好地表征组织架构的上述特征, 因此选择运用 Petri 网方法设计交通组织架构。根据流量突变下的交通组织实际状况, 结合汛期通航调度组织相关要求, 利用 Petri 网对基于流量突变下的交通组织架构进行构建。为便于模拟分析, 利用 Petri 网的“颜色”特性, 把交通组织中具有相同行为特征元素归属到一个位置节

点或变迁节点，通过托肯传递表征系统动态行为，从而简化模型结构。

从交通组织具体流程来看，其整体过程一般概括为四个方面，即接到梯调中心的流量突变信息、先期组织、配套组织调度、后期处置。先期组织是对流量突变前通航要素的搜集处置，涉及多个业务部门的信息传递与跨界协调，决定交通组织的效果。配套组织调度包括流量突变受限船舶、重点船舶、重点闸次、运行衔接、两坝匹配等环节，由于流量突变下的交通组织基于流量跃迁等级，针对不同的跃迁等级，采取不同的交通组织对策和保障措施，因此在这一过程中判断流量跃迁的等级成为交通组织的关键。后期处置的包括交通管控中止、有序疏导受限船舶、统筹协调各部门等恢复正常的通航秩序，相关的交通组织架构如图2所示，基于流量突变的交通组织的Petri网架构如图3所示。

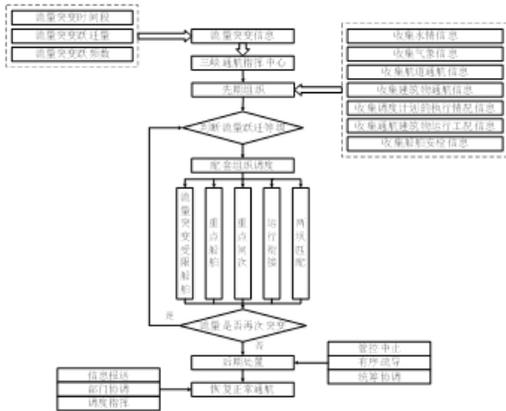
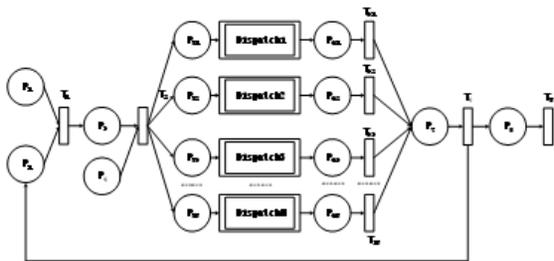


图2 基于流量突变下的交通组织架构



根据应急响应思维流程,针对流量突变下的交通组织特点,从“事前-事中-事后”的角度出发,确定一套基于流量突变下的交通组织应急响应模式。基于流量突变下的交通组织与事前准备、事中应对、事后处置有着密不可分的关系,在流程中每一步合理的响应,可以使流量突变所造成的通航风险得到控制,具体基于流量突变下的交通组织应急响应流程如图5所示。

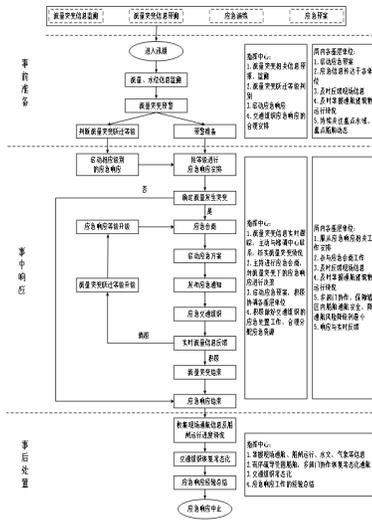


图5 基于流量突变下的交通组织应急响应流程图

由图5可知,根据以往水文气象数据的统计分析,通常可以得到流量突变的一般规律,适时预先开展应急演练,为流量突变下交通组织的快速应急响应做准备。当收到流量突变预报时,立即判断流量突变跃迁的等级,启动预警,实施相应级别的应急响应与部署。

当确定流量将发生突变时,指挥中心会与各基层单位进行应急会商,启动相对应的交通组织应急方案进行应急处置,并实时地获得梯调中心的流量信息反馈,过程中根据流量突变态势变更应急响应等级,重新部署相对应的交通组织应急方案。当应急响应结束后,指挥中心应做好后续的工作部署,要及时掌握现场的交通组织执行情况、通航建筑物的运行情况、实时的水文气象情况等信息,积极有序疏导受限船舶,并在多部门的协同协作下恢复辖区内的常态化通航,做好常态化交通组织工作,最后对本次的应急响应进行总结、反思和评价,从而提高应急处置能力。

3 结语

基于“Petri网-警-响应-实施-结束”应急响应处置程序,提出了“事前-事中-事后”应急响应模式,并结合三峡河段应对流量突变的职能分工,梳理了应对流量突变下的交通组织应急响应总体流程图,以充分发挥相关部门的应急分工协同作用,为防汛通航实践提供指导,提高应对流量突变的交通组织水平。

参考文献:

- [1] 赵寒寒,杨曦,杜荣,冯志涛.长江三峡—葛洲坝水利枢纽两坝间航道汛期通航流量新旧标准对比分析[J].中国水运,2021,(02):156-158.
- [2] 吴兆麟.朱军编著.海上交通工程[M],第2版,大连:大连海事大学出版社,2004:422-467.
- [3] 李亚轲.基于随机Petri网的跨域突发事件应急联动机制研究[D].中国地质大学(北京),2019.
- [4] 唐文喆.船舶交通管理系统在事故应急响应中应用研究[D].大连海事大学,2013.

