

长江航道要素感知设备布设*

何 乐

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 长江航道要素感知系统是“智能航道”的重要组成部分, 科学合理地布设航道要素感知设备, 对船舶安全航行、航道资源有效利用有着非常重要的作用。在分析长江航道特征的基础上, 探讨了通航环境对航道要素感知设备布设技术的影响。利用层次分析法, 完成了布设评判数学模型。总结归纳了长江航道要素感知设备布设选址规则, 可为更加高效地使用航道要素感知设备、提升航道利用率提供指导性建议, 从而优化航道要素感知设备的布设方案, 提高航道通过能力。

关键词: 长江航道; 航道要素感知; 布设技术

中图分类号: U 666. 1 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2016)01-0048-04

Layout of elements perceptual devices for the Yangtze River waterway

HE Le

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: The Yangtze River waterway elements perceptual system is an important part of intelligent waterway. The scientific and reasonable layout of waterway elements perceptual devices is of great importance for safe navigation and effective utilization of waterway resources. Based on the analysis of the Yangtze River waterway’s characteristics, this paper analyzes the influence factors of the layout of waterway elements perceptual devices. The layout evaluation model is built with Analytic Hierarchy Process, and the Yangtze River waterway elements perceptual devices layout regulations are conducted. The Yangtze River waterway elements perceptual devices layout technology would provide guidance for more efficient utilization of waterway elements perceptual devices and waterway utilization, thus the Yangtze River waterway elements perceptual devices layout plan could be optimized and waterway navigation capacity could be improved.

Keywords: Yangtze River waterway; waterway elements perceptual; layout technology

长江航运对我国的国民经济, 尤其是沿江经济带的发展具有非常重要的战略意义^[1]。随着内河船舶的日益标准化, 大型船舶数量不断增加, 为适应内河航运的发展趋势, 需要开发和集成航道要素感知设备^[2], 这些设备主要包括: 多功能航标、AIS、VTS、雷达、CCTV、水位、水流和能见度等传感器, 并优化这些感知设备的布设。航道要素感知设备要针对典型航道条件的特征, 结

合航道要素感知设备的运行工况与安装要求, 进行科学合理的布设, 从而能够为在该航道内航行的船舶指示安全、经济的航道。科学合理地布设典型航道要素感知设备, 对船舶安全航行、航道资源有效利用有着非常重要的作用。

1 长江航道特征分析

长江是我国第一大河流, 下联我国最具活力

收稿日期: 2015-10-18

*基金项目: 交通运输部信息化技术研究项目 (2013364548200); 湖北省自然科学基金创新群体项目 (2013CFA007)

作者简介: 何乐 (1975—), 硕士, 高级工程师, 从事航道科技管理与信息化研究。

的长江三角洲，上联极具发展前景的西部地区，贯穿华东、华中、西南 3 大经济区。作为水运主通道，长江水运在整个交通运输体系中的地位不断提高^[3]。

长江航道局管辖长江干流航道范围上起四川省宜宾市合江门，下迄江苏省浏河口，全长 2 687.6 km。按河床地形、水文特征的不同，长江干流航道分为上游、中游和下游河段。

宜宾—宜昌为上游河段，长 1 044.0 km，属山区航道，航道弯曲窄险，滩多流急。其中，宜宾—重庆河段全长 384 km，流经丘陵地区，河床较开阔，洪水期河宽 500 ~ 1 000 m，枯水期河宽一般约 400 m，江心洲和边滩发育，以卵石浅滩碍航为主。重庆—宜昌河段全长 660 km，航道等级为 I 级，三峡工程运行后，航道条件明显改善。

宜昌—武汉为中游河段，长 623.5 km，属平原河流，河道蜿蜒曲折，河床摆幅大，航道变化频繁，冲淤幅度大，碍航浅滩众多，是历年“战枯水”的重点河段，维护难度大。

武汉—浏河口为下游河段，长 1 020.1 km，其中武汉至南京河段内有汉江、鄱阳湖水系，皖南诸支流汇入，河床宽窄相间，多分汊河段，并有沉船、礁石碍航；南京—浏河口河段江面进一步展宽，洲滩群生，航道多变，江阴以下为感潮河段，受潮汐影响较大。下游河段多级分汊和浅水航道较多。

分析长江航道的特点可以看出，长江航道里程长，条件变化多样，因此，在建设航道要素感知系统的过程中，针对不同航段的特点，优化航道要素感知设备的布设，可以更加高效地使用航道要素感知设备，提升航道利用率。

2 航道要素感知需求与影响因素分析

针对提升航道要素信息采集能力、完善航道公共服务体系等智能航道实际建设需求，结合长江航道涉及要素众多、变化频繁、通航环境复杂等特点，将内河航道信息采集技术与信息传输技术相结合，发展和建设航道要素感知设备，不仅

可以实时采集典型航道的气象、水文和水域污染等信息，还可以将这些信息传输至船舶和海事监管部门，为船舶的通航安全和航道维护提供信息支持，也为黄金水道的信息化和智能化奠定基础，是“智能航道”数据感知系统的重要组成部分。

航道要素感知设备的布设要考虑两方面的内容：致因和影响。致因是指会对航道元素感知设备施加影响的因素，包括气象条件、水文条件、船舶流量、通信环境等；影响是指在某处布置航道要素感知设备后，对外界因素的反馈作用，主要包括通航条件和通信环境。应当指出，致因和影响的因素并不是完全对立的，有些因素同属两个类别。典型航道要素感知设备布设影响因素及其关系见图 1。

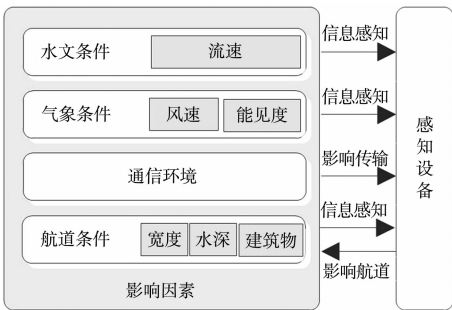


图 1 典型航道要素感知设备布设影响因素

1) 水文条件。

内河航道中，航道水文条件主要包括流速、流向、潮汐、波浪等，这些要素对航道要素感知设备布设的影响来自于两方面：①水文条件是航道要素的重要内容，属于数据采集与感知的对象，水流流速及流向，航道洪水期、中水期、枯水期的变化改变了船舶对地航速，影响船舶航行，而船舶在波浪中航行时，将产生纵摇、升沉、横摇和摇首等各种动作，使阻力增加，航速降低，长江干线水域水体受船舶航行或风力作用，产生涌浪，在宽阔河段，当风向与水流方向相反时，波浪叠加，在大风天气出现“浪白头”现象。一般情况下，河面宽度越大，波浪越大。波浪对中小型船舶和重载船舶航行影响较大。水流速度的分布极大地影响航道要素感知设备布设。②水文条

件会对布置完毕的航道要素感知设备产生影响,主要体现在流速中发生的要素感知设备的摇晃、漂移等问题,部分设备甚至可能会出现断电、失效等问题。

2) 气象条件。

内河航道中,航道气象条件包括水域的能见度、风速、风向、雷暴、雪及其他气象条件,这些气象要素中影响航道要素感知设备布置的主要是能见度和风速。这两者都会影响船舶的正常航行,属于数据采集与感知的对象。

①能见度。

能见度又称为可视距离,是指物体能被正常视力看到的最大距离,也指物体在一定距离时被正常目力看到的清晰程度。长江上游山区航道地形复杂、气候多变,低能见度,尤其是大雾对船舶航行有着直接的不利影响。能见度对交通运输质量和安全的影响主要是指由雾、沙尘天气、强降水而形成的低能见度现象,其分级和取值范围也是因服务对象和具体要求的不同而异。在交通气象观测站中需要实现能见度的自动观测,可选用的能见度传感器类型包括散射能见度仪、透射能见度仪、CCD 摄像能见度仪 3 种类型,其中以散射能见度仪的应用较为成熟。

②风。

风是空气相对于地面的水平运动。风是一种矢量,既具有绝对的数值大小,也具有相对的方向。内河航道由于穿越内陆,因此受陆地气象条件的影响,风速及风向是多变的,这也是内河气象条件复杂的一种体现。因此,需要利用相应的感知设备获得典型航道环境的风速和风向数据。

3) 通信环境。

内河通信环境较为复杂,布置航道要素感知设备要考虑各种通讯手段的正常使用和覆盖。长江三峡库区等长江上游山区河段,沿岸通讯设施建设不完善。通过通讯信号测试,移动公网、联通公网信号可能出现盲区或信号不稳定情况。在航道要素感知设备的布置中需要予以考虑。

4) 航道条件。

①水深。

保证船舶安全航行的基本条件之一是航道水深,由于航道的航宽、航道的弯曲半径等其他航道尺度会由于水深的变化而变化,因此水深是限制船舶吨位和影响通航能力的最主要因素。航道水深通常是指在设计最低通航水位下航道宽度范围内浅滩上的最小水深。目前长江干线水位站布设密度不足,尤其是重点浅滩河段没有布设水位站,无法对长江干线沿程水位变化进行准确捕捉,也无法为数学模型准确反映全长江干线航道水深、流速情况提供充分的数据支撑。

②航道宽度与弯曲半径。

内河航道的标准宽度指的是在设计最低通航水位时,满足航道最小水深要求的航槽底宽。航道宽度标准的确定取决于代表船型(或船队)的长度和宽度以及航道等级;还取决于是单行航道还是双行航道;另外航道中横向水流等因素也会影响航道的宽度。

3 航道要素感知设备布设评判模型

从上述分析可以看出,航道要素感知设备的布设应当是一个多因素评价体系。根据长江航道不同区段航道自然条件,为保证深水和浅水区、高山峡谷、繁忙地段等不同条件下航道要素信息的有效采集和传输,需要建立综合评判模型,定量分析典型航道要素感知设备布设是否合理。

层次分析法是一种定性与定量相结合的决策分析方法。它是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的过程。层次分析法可以有效解决评价、排序、指标综合等一系列问题,最大的优点是实现了定量与定性相结合,精度高,可以准确地确定评价体系指标的权重,使评价体系指标间相对重要性得到合理体现,广泛应用在多指标综合评价中各评价指标的权重确定问题^[4]。其基本流程见图 2。本文利用层次分析法建立航道要素感知设备布设评判模型。

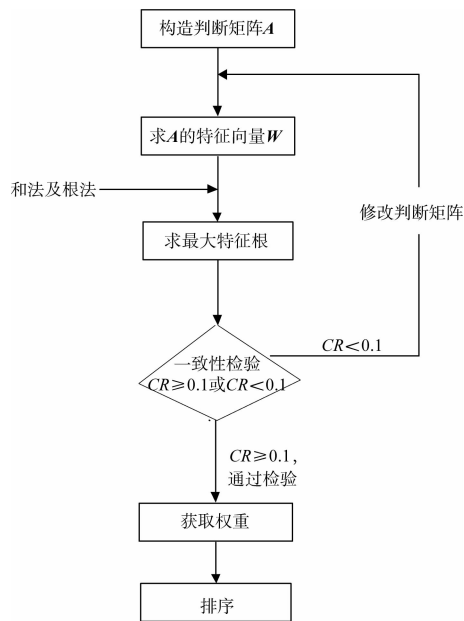


图 2 层次分析法计算流程

在对航道要素感知系统进行充分分析的基础上，通过理论分析、实地调研、专家咨询，选取了 4 类评判对象的指标体系，即：水文条件、气象条件、通信环境、航道条件。各类因素又包括许多子因素，指标体系见图 3。

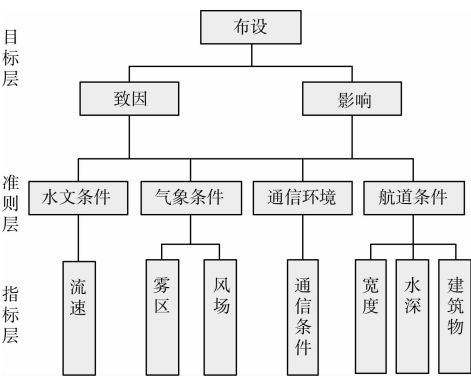


图 3 指标体系

对航道要素感知设备布设评价体系中各层上的元素，根据各元素对于其上一层元素的重要性进行两两比较，建立判断矩阵。判断矩阵 $\mathbf{o} = (a_{ij})_{n \times n}$ 具有下述性质：

$$a_{ij} > 0, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ij} = 1 \quad (i, j = 1, 2, \cdots, n) \quad (1)$$

式中： $a_{ij}(i, j = 1, 2, \cdots, n)$ 为元素 U_i 与 U_j 相对于其上一层元素重要性的相对比值，一般为 1~9。

根据通航要素感知设备布设评价指标体系框

架，采用专家调查法，邀请 15 位专家对评价体系中各指标用 1~9 标度方法进行了两两比较评分。根据计算结果，得出各种指标的权重，见表 1。

表 1 要素感知设备布设评价权重				
目标层 A	准则层 B		指标层 P	
	名称	权重 W	名称	权重 β
要素感知设备布设	水文条件	0.23	水流速度	1.00
	气象条件	0.30	雾风场区	0.62
				0.38
	通信环境	0.13	通信条件	1.00
	航道条件	0.34	航宽水深	0.32
			建筑物	0.45
				0.23

4 航道要素感知设备布设原则

1) 典型航道要素感知设备配布应根据航道条件和特点以及所属区域水文气象条件进行。科学合理地布设典型航道要素感知设备，满足规定的航道水深、航道宽度和弯曲半径的要求，从而可以提供丰富、可靠的航行信息辅助船舶的安全航行和航道维护。

2) 从典型航道要素感知设备布设评判模型结果可以看出，相关设备应当尽量做到“按需布设”，即优先布设在流速高、变化快、雾区、风场、浅滩航道、沿岸航道、桥区航道等水域，按不同布设点的重要性依次递减进行布设。

3) 分道航行制、船舶定线制等制度的出现对典型航道要素感知设备的布设提出了新的要求，在具体布设过程中应当予以考虑。

4) 对于特殊航道的航道口门和重要节点要予以标识，便于航行船舶提前进行反应和操作。

5) 针对航道不同季节性的水位变化，典型航道要素感知设备的布设要有针对性地进行配布。在航道水位上升期间，在保证维护水深的前提下，适当放宽航道；在航道水位下降期间，在保证维护水深和航宽标准的前提下可逐步缩小航道宽度。

6) 由于典型航道要素感知设备价格比较高，应当考虑相关传感设备的取舍性，例如在雾区可以连续布设能见度感知设备，而无需配备相应的其他要素感知设备。