



# 长江航道现代化指标体系研究\*

徐秀梅<sup>1</sup>, 桑凌志<sup>2,3</sup>, 李怡<sup>1</sup>, 钟丽<sup>4</sup>

(1. 长江航道局, 湖北 武汉 430010; 2. 武汉理工大学智能交通系统研究中心, 湖北 武汉 430063;  
3. 国家水运安全工程技术研究中心, 湖北 武汉 430063; 4. 长江泸州航道局, 四川 泸州 646000)

**摘要:** 对长江航道现代化的指标体系进行研究, 既可以顺应世界内河航道发展的趋势, 又可以适应我国区域经济增长、长江水运发展的实际需求。分析长江航道现代化的构成要素及其影响因素的基础上, 确定了其指标, 构建了基于畅通、高效、安全、生态、科技、法治、人文、社会满意度等8个一级指标的航运现代化指标体系。通过对指标体系的量化分析, 对长江航道的发展提出了相应的建议措施。

**关键词:** 长江; 航道; 现代化; 指标体系; 评价

中图分类号: U 611

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)01-0015-06

## Modernization index system of the Yangtze River waterway

XU Xiu-mei<sup>1</sup>, SANG Ling-zhi<sup>2,3</sup>, LI Yi<sup>1</sup>, ZHONG Li<sup>4</sup>

(1. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China;  
2. Intelligent Transportation Systems Research Center, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China;  
3. National Engineering Research Center for Water Transport Safety, Wuhan 430063, China;  
4. Changjiang Luzhou Waterway Bureau, Luzhou 646000, China)

**Abstract:** The research on the modernization index system of the Yangtze River waterway not only conforms to the developing trend of the world's inland waterway, but also adapts to the actual demand of the regional economic growth and the development of the Yangtze River water transport. On the basis of analyzing the elements of the modernization of the Yangtze River waterway and its influential factors, this paper confirms the first grade index system of shipping modernization based on the eight indicators, i.e., smoothness, high efficiency, safety, ecology, science and technology, rule, culture, social satisfaction. Through the quantitative analysis of the index system, some suggestions are put forward for the development of the Yangtze River waterway.

**Keywords:** the Yangtze River; waterway; modernization; index system; evaluation

长江航道沟通我国东、中、西部, 支流航道沟通南北, 是沿江地区交通运输的主通道和沿江综合运输体系的主骨架。“十二五”期间, 长江干线航道规划建设目标提前实现, 航道条件全面改善, 通过能力较大提高, 航道服务水平进一步提

升。在国家大力发展长江等内河航运的基础上, 随着打造长江全流域黄金水道、依托黄金水道建设长江经济带等国家战略的实施, 长江航道的发展迎来利好叠加的机遇期。内河水路运输作为国民经济的基础性、先导性产业, 在全面实现现代

收稿日期: 2015-10-15

\*基金项目: 交通运输部信息化技术研究项目(2013364548200); 交通运输部应用基础研究项目(2013329811220); 湖北省自然科学基金创新群体项目(2013CFA007)

作者简介: 徐秀梅(1966—), 硕士, 副译审, 从事航道科技管理工作。

化中发挥着重要作用。

我国内河航道现代化发展与欧美等发达国家比较起步较晚,在“十一五”与“十二五”期间,长江干线通过各种信息化手段,构建了长江航道信息感知的基本网络框架,如船舶自动识别系统<sup>[1-2]</sup>、多功能航标系统<sup>[3-4]</sup>、水位预测预报系统<sup>[5]</sup>等。2008年全长369.5 km的长江南浏段数字航道示范工程建设完成。作为我国建设的第一段数字航道,该示范工程将长江航道维护管理和对外服务从传统模式带入数字化和信息化时代,实现了航道图数字化、航标监控实时化以及信息服务网络化<sup>[6]</sup>。覆盖长江干线2 687.8 km的电子航道图也于2009年正式投入应用<sup>[7]</sup>。电子航道图系统可以使监管机关、船公司和船舶看到自己在航道中的实时位置和航道情况,进而及时展示航道条件信息。同时,部分学者开始对长江智能航道进行初步研究和探讨<sup>[8-9]</sup>。

种种信息化的尝试与成果,为长江航道的现代化建设提供了良好的条件。长江现代化航道的建设代表了长江航道未来发展目标,长江航道现代化的实现,可以提高航道建设、维护、管理和服务水平,优化资源配置,提高水资源综合利用能力,促进江海直达、干支相联,增强与铁路、公路、管道等其他运输方式的衔接,帮助实现水运与经济、社会的协调发展。

本文通过对交通运输现代化的评价指标体系进行分析梳理,进而构建长江航道现代化的指标体系并进行评价研究,以促进与引导长江现代化航道建设,推动实现内河运输更畅通、高效、平安、绿色的可持续发展目标,全面提升长江干线航道的现代化水平。

## 1 交通现代化指标与评价方法

### 1.1 交通运输现代化评价指标体系

构建交通运输现代化评价指标体系,可以通过一系列的经济、运营、服务、技术、管理等指标,从不同角度反映交通运输行业综合发展水平或状态所达到的程度,进而反映交通运输体系的

整体发展水平或现代化水平。

根据交通运输现代化的内涵和主要特征,交通运输现代化水平可以从设施水平、服务水平、管理与技术水平、社会经济效益水平、资源利用与环境影响水平5大方面来衡量:

1) 设施水平。交通运输现代化最基本的特征首先是具备较完善的、符合本国经济地理要求的交通基础设施网络系统,该设施网络应在适应本国基本国情和交通运输可持续发展要求的前提下,能够从总量和结构两方面满足经济和社会发展所产生的各种客货运输需求。

2) 服务水平。交通运输现代化的最终目的是为各类生产、生活活动提供安全、快捷、舒适的交通运输服务。

3) 管理与技术水平。随着综合运输网络系统的日益完善,管理和技术水平在转变交通发展方式、提高交通运输效率方面发挥着越来越重要的作用,交通运输现代化程度越来越体现为组织管理的有效性和技术进步的推动作用。

4) 经济效益水平。如其他产业一样,交通运输建设和运营应对经济社会发展产生一定的正效益。交通运输发展的经济效益包括直接经济效益和间接经济效益,前者是指交通建设以及运输对其他部门及国民经济增长所产生的直接影响,后者是指交通建设以及运输对其他部门及国民经济增长所产生的波及影响。除经济效益之外,交通运输发展还能产生诸如促进城乡协调发展、消除贫困、巩固国防等诸多社会效益。

5) 资源利用与环境影响水平。交通运输建设与发展需消耗大量的资源能源,并对环境产生一定的负面影响。现代化交通运输应在满足各种运输需求的同时,尽量提高资源能源使用效率,降低外部不经济性。

### 1.2 交通运输现代化评价方法

利用综合指标评价法对交通运输的现代化进行评价。文献[10]通过一些含义比较明确、具体的指标分类,计算影响交通运输现代化程度的各分项指标值并进行无量纲化处理,然后通过各

项指标所反映的与交通运输现代化程度相关程度的大小,赋予不同指标以相应的权重,最后加权求和测出交通运输现代化水平的综合评价价值。其优点是每项指标的含义具体明确、可比性强、计算过程具有较强的直观性,但各项指标标准值反映的是当前交通运输系统的特征,未来随着技术等条件的改变现代化的标准可能会有所变化。

综合指标评价方法的测算公式如下:

$$M = \sum W_i S_i \quad (1)$$

式中:  $M$  为交通运输现代化水平综合评价价值;  $W_i$  为第  $i$  个指标的权重,  $\sum W_i = 1$ ;  $S_i$  为第  $i$  个指标的标准分值,对正相关指标,  $S_i = X_i/G_i$ , 对负相关指标,  $S_i = G_i/X_i$ ,  $X_i$  为反映目前我国交通运输发展水平的各指标实际值;  $G_i$  为反映现代化交通运输应达到的各项指标的目标值。

## 2 长江航道现代化指标

### 2.1 长江航道现代化特征分析

长江航道现代化是一个大系统、复杂系统的运动,运动的状态、过程及其影响因素、因果关系等十分复杂。因此,考察长江航道发展的过程和状态特征应通过“断层扫描”,系统地、多层次地描述其共有特质。基于这一思路,本研究基于系统论的基本方法,集成相关成果,从3个层面来考察和描述长江航道现代化的特征(图1),即功能特征、结构特征、要素特征。

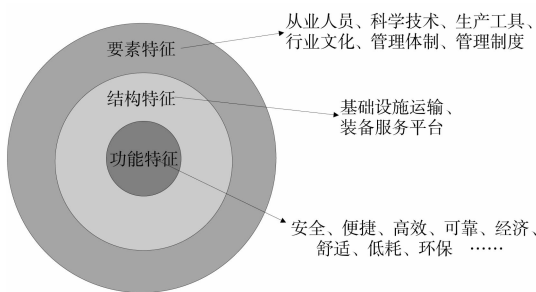


图1 长江航道现代化特征层次分析

1) 功能特征。从长江航道现代化的目的性或外部性角度考察。一般认为长江航道现代化的普适价值标准包括安全、便捷、高效、可靠、经济、

低耗、环保等。具体而言,长江航道现代化的功能特征包含全面感知及智能应用等特征。

2) 结构特征。从构成长江航道大系统的各子系统板块结构角度进行考察。长江航道现代化表现为长江航道系统整体各子系统的现代化,概括起来主要包括基础设施现代化、运输装备现代化、服务平台现代化等方面。

3) 要素特征。从实现长江航道大系统、各子系统功能的主要元素甚至系统环境角度考虑。总体上包括生产力、生产关系或经济基础、上层建筑两个范畴。具体包括从业人员、科学技术、生产工具(指为交通运输生产、建设提供中间产品的关联产业)、行业文化、管理制度(广义上包括政策、法规等)的现代化。

### 2.2 长江航道现代化指标

1) 畅通——高标准的通航条件、高水平的保通能力。

畅通是航道乃至整个交通运输系统提供公共服务的最基本内容,航道现代化建设的根本目的是为了提供更畅通的通航服务。因此,确定“畅通”为衡量长江航道现代化发展水平一级指标。

其二级指标包括:①航道等级达标率。航道等级是影响航道通过能力、畅通水平、运输服务的决定性因素,航道现代化建设的首要任务就是加快系统治理,提高航道等级,增强长江干线通过能力。②支汉航道开发利用。开发利用支汉航道可以提高航道断面通过能力,分流干流船舶,降低船舶密度,提高通行效率和畅通水平。③自然水深利用率。充分利用自然水深,提高航道实际维护尺度,可以促进船舶大型化,合理配置运输船舶,提高畅通水平。④航道尺度保证率。航道尺度保证率越高,则航道状态越稳定,可以减少船舶卸载,提高航道畅通水平。⑤航标维护正常率。航标是重要的助航导航设施,其助航功能的正常稳定发挥,是保障航道畅通和航行安全的重要因素。

2) 高效——高效的养护、高效的服务。

建设现代化长江航道,必须通过进一步提

高航道养护管理和服务效率,促进长江航运效率的提升,保证航道运输服务的供给与社会需求基本平衡,起到较好支持作用。因此,确定“高效”为衡量长江航道现代化发展水平的一级指标。

其二级指标主要考虑航道信息服务效率。航道信息服务是航运企业组织营运、选择航线、安排配载的重要决策依据,直接影响船舶运输的科学性、合理性和运输效率。航道通航信息发布间隔越短越好。现代化航道具有维护反应快速化的特征,航道、航标失常能够及时组织应急抢通,尽快恢复通航,因此设置航道应急抢通效率、航标失常恢复效率为二级指标。船舶以及码头、趸船、站房等辅助设施是航道维护、疏浚、服务的重要工具和基础设施,其配备数量及性能直接决定航道管理、养护、服务的质量和效率。因此设置船舶装备适应度、航道维护辅助设施满足率为二级指标。

3) 安全——提高船舶航行安全、职工自身安全系数。

人的价值高于一切,安全是发展的“红线”和“底线”。现代化的航道必须是更安全的航道,航道不仅要更畅通,而且要更安全。因此,确定“安全”为衡量长江航道现代化发展水平的一级指标。

现代化航道是航行安全系数极大提升、安全救助能力大幅提高、通航安全和职工人身安全得到较好保障的航道,因此设立航道责任事故发生率、航道设施设备故障率、职工生产事故伤亡率、航道信息安全等级为二级指标。

4) 生态——最大发挥绿色优势,最小影响生态环境。

建设生态文明是我国对包括航道在内的交通运输现代化的基本要求,也是发达国家航道现代化建设的重要经验。因此,确定“生态”为衡量长江航道现代化发展水平的一级指标。

现代化航道要求用生态理念规划航道,用生态技术建设航道,用生态手段养护航道,有效预

防和减小航道建管养对生态的不良影响,因此设立生态航道达标率、单位航道维护能耗为二级指标。

5) 科技——现代科技得到充分应用,创新驱动、科技进步成为航道发展的主要动力。

应用现代科学技术促进信息化、智能化是衡量交通运输现代化的重要标志,建设现代化航道,必须以信息化、智能化为牵引,推动现代科学信息技术与航道管理和服务全面融合。因此,确定“科技”为长江现代化航道一级指标。

现代化航道要满足沿江地方政府现代化建设对长江航运的需求,现代科学和信息技术得到广泛应用,具有强大的科技创新能力,以数字化、信息化、智能化为特征的智能航道基本实现。因此设立数字航道覆盖率、助航设施技术水平、航道维护船舶装备技术水平和科技贡献率为二级指标。

6) 法治——现代化的航道治理体系。

加强交通运输法治建设,在法治轨道上推进交通运输改革发展,是交通运输行业兴旺发达的根本保障。推进长江航道发展,实现长江航道现代化,必须要有完备的法律体系。因此,确定“法治”为长江现代化航道一级指标。

现代化航道就要按照全面依法治国的要求,加强顶层设计和整体谋划,建立健全内河航道管理法律法规体系,稳步推进事业单位分类改革,构建充满活力、富有效率、更加开放、有利于航道科学发展的体制机制。为此设立法制完善程度、依法行政水平、体制成熟度及机制定型程度为二级指标

7) 人文——现代的航道职工、现代的航道文化。

长江航道现代化最终需要航道职工来推动和实现,现代的航道服务要靠职工来提供,现代的航道养护管理需要航道职工来实施,现代的航道技术需要航道职工来掌握,现代的航道文化需要职工来践行,实现长江航道现代化,根本力量在于航道职工,前提条件是实现航道职工队伍的现

代化。因此, 确定“人文”为长江现代化航道一级指标。

现代化航道的从业队伍具有职业化、知识化、高技术技能化的特点, 且具有优秀的行业文化, 职工具有使命感、荣誉感、归属感。为此设立知识化程度、技能化程度、职业化程度及职工幸福指数为人文二级指标。

8) 社会满意度——服务于社会, 促进我国改革开放发展是航道现代化建设的最终目标。

建设现代化航道的根本出发点和落脚点是服务社会公众、改善民生福祉, 航道现代化建设的成效如何, 社会公众最有发言权, 要接受社会公众的检验和评判。因此, 确定“社会满意度”为长江现代化航道一级指标。

长江航道的主要服务对象是航运企业, 因此设立社会满意度评价指标的二级指标为长江船东满意度指数。

### 3 长江航道现代化指标体系分析

#### 3.1 综合指标评价

利用综合指标评价法对长江航道现代化指标体系进行分析, 计算影响长江航道现代化程度的各分项指标值并进行无量纲化处理, 然后通过各项指标所反映的与长江航道现代化程度相关程度的大小, 赋予不同指标以相应的权重, 最后测出长江航道现代化水平的综合评价值。

在 1.2 节的基础上, 对指标进行模糊化处理, 确定样本  $j$  对长江航道现代化的最优相对隶属度函数公式, 就可以确定具体各指标的权重:

$$U_{hj} = \left| d_{hj}^2 \sum_{k=a_j}^{b_j} d_{hj}^{-2} \right|^{-1} \quad (2)$$

式中:  $d_{hj}$  为样本  $j$  与级别  $h$  间的广义权距离。

从而, 得到各指标的相对隶属度矩阵  $U$ 。再运用级别特征值公式, 得到评价指标的权重值级别特征向量  $H$ :

$$H = (1, 2, \dots, c) \times \begin{bmatrix} U_{11} & U_{12} & U_{13} & U_{14} \\ U_{21} & U_{22} & U_{23} & U_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ U_{c1} & U_{c2} & U_{c3} & U_{c4} \end{bmatrix} \quad (3)$$

#### 3.2 长江现代化航道指标体系构建与评价分析

根据长江现代化航道指标体系的层次结构及综合指标评价方法, 确定各层次及组成部分, 再由层次分析法确定具体评价指标的权重<sup>[11]</sup>。

以“畅通 A”指标为例进行分析: 通过咨询相关专家, 得到判断矩阵  $A$ :

$$A = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1.00 & 2.50 & 1.67 & 1.00 & 1.00 \\ 0.40 & 1.00 & 0.75 & 0.42 & 0.75 \\ 0.60 & 1.33 & 1.00 & 0.67 & 2.67 \\ 1.00 & 2.40 & 1.50 & 1.00 & 2.00 \\ 1.00 & 1.33 & 0.38 & 0.50 & 1.00 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

根据层次分析法计算公式, 得到本层级各因素的权重 (表 1)。

表 1 “畅通 A” 二级指标权重因子

因素	权重	排序
$A_1$	0.251	2
$A_2$	0.126	5
$A_3$	0.213	3
$A_4$	0.252	1
$A_5$	0.158	4

同理, 可得到各一级指标及二级指标权重值, 构建长江现代化航道指标体系 (表 2)。

表 2 长江现代化航道指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重
畅通 A	0.262	航道等级达标率 $A_1$	0.358
		支汉航道开发利用率 $A_2$	0.126
		自然水深利用率 $A_3$	0.113
		航道尺度保证率 $A_4$	0.202
		航标维护正常率 $A_5$	0.201
高效 B	0.181	航道信息服务效率 $B_1$	0.083
		航道应急抢通效率 $B_2$	0.205
		航道应急救助打捞效率 $B_3$	0.122
		航标失常恢复效率 $B_4$	0.203
		船舶装备适应度 $B_5$	0.292
		航道维护辅助设施满足率 $B_6$	0.095
安全 C	0.138	航道责任事故发生率 $C_1$	0.234
		航道设施设备故障率 $C_2$	0.186
		职工生产事故伤亡率 $C_3$	0.192
		航道信息安全等级 $C_4$	0.388
生态 D	0.022	生态航道达标率 $D_1$	0.639
		单位航道维护能耗 $D_2$	0.361

续表

一级指标	权重	二级指标	权重
科技 $E$	0.236	数字航道覆盖率 $E_1$	0.416
		助航设施技术水平 $E_2$	0.202
		航道维护船舶装备技术水平 $E_3$	0.191
		科技贡献率 $E_4$	0.192
法治 $F$	0.038	法制完善程度 $F_1$	0.242
		依法行政水平 $F_2$	0.171
		体制成熟度 $F_3$	0.364
		机制定型程度 $F_4$	0.223
人文 $G$	0.039	知识化程度 $G_1$	0.197
		技能化程度 $G_2$	0.492
		职业化程度 $G_3$	0.141
		职工幸福指数 $G_4$	0.170
社会满意度 $H$	0.104	长江船东满意度指数 $H_1$	0.104

由表2可知,“畅通  $A$ ”和“科技  $E$ ”为重要的长江航道现代化指标。同时,对权重较大的一级指标下的二级指标重要程度进行排序,定义:综合权重值 = 一级指标权重值  $\times$  二级指标权重值,即可得到较为重要的二级指标(表3)。

表3 二级指标重要度排序

二级指标名称	二级指标权重	综合权重	总权重排序
航道等级达标率 $A_1$	0.358	0.112	1
数字航道覆盖率 $E_1$	0.416	0.098	2
航道尺度保证率 $A_4$	0.202	0.063	3
航标维护正常率 $A_5$	0.201	0.063	3
船舶装备适应度 $B_5$	0.292	0.052	5
航道应急抢通效率 $B_2$	0.205	0.037	6
航标失常恢复效率 $B_4$	0.203	0.036	7
长江船东满意度指数 $H_1$	0.104	0.104	8

由以上长江现代化航道指标体系分析及计算,可见:1) 畅通  $A$  和科技  $E$  为重要的长江航道现代化一级指标。2) 航道等级达标率  $A_1$ 、数字航道覆盖率  $E_1$ 、航道尺度保证率  $A_4$ 、航标维护正常率  $A_5$ 、船舶装备适应度  $B_5$ 、航道应急抢通效率  $B_2$ 、航标失常恢复效率  $B_4$  以及长江船东满意度指数  $H_1$  为重要的长江航道现代化二级指标,其具体重要性排序见表3。3) 在权重较低的一级评价指标法制  $F$  及人文  $G$  中,二级指标体制成熟度  $F$ 、生态航道达标率  $D_1$  及技能化程度  $G_2$  的权重明显略高于其他指标,表示它们具有一定的重要程度。

### 3.3 长江航道现代化发展建议

基于长江现代化航道指标体系的综合评估结果,结合我国内河航道现代化发展的需要,针对我国长江现代化航道建设的突出问题,长江航道现代化建设在下一阶段首先要着力提高长江干线航道等级,提高长江干线航道通过能力;其次要进一步加大长江航道建设中科技的领导作用,最大限度地提高长江航道的生产力。具体来说,针对长江航道现代化指标体系评价结果,长江航道的现代化建设,需要以二级指标的排序结果进行建设。包括继续提高长江航道等级达标率,提高数字航道覆盖率,进一步保障航道尺度保证率,保证航标维护正常率,提高船舶装备适应度,提高航道应急抢通效率,提高长江船东满意度指数。

总体来说,随着近几年国家对长江航运的重视,航道建设提升到国家战略层面。长江航道正面临着一个极好的发展机遇,未来阶段,长江航道的现代化发展需围绕“畅通、智能、平安、生态”的核心目标,通过继续加强畅通航道建设,以航道科技创新为基础,加强航道维护管理创新,全面推进长江航道建设的智能化,全面推进节能减排,促进长江航道的生态化,为长江航运现代化奠定决定性基础,力争在2020年基本实现长江航道现代化。

### 4 结语

1) 针对长江航道现代化的特战,从功能、结构和要素3个方面进行分析。

2) 选取畅通、高效、安全、生态、科技、法制、人文、社会满意度为长江航道现代化一级指标,进而构建出长江现代化航道的指标体系。

3) 在综合指标评价的基础上,利用层次分析法对长江现代化航道的指标体系进行计算分析,认为畅通和科技为重要的长江航道现代化一级指标,航道等级达标率、数字航道覆盖率、航道尺度保证率、航标维护正常率、船舶装备适应度、航道应急抢通效率、航标失常恢复效率以及长江船东满意度指数为重要的长江航道现代化二级指标。