

· 数字航道 ·



内河数字航道的成效机理与指标评估*

刘怀汉¹，李学祥^{2,3}，杨品福¹

(1. 长江航道局，湖北 武汉 430010；2. 武汉理工大学，湖北 武汉 430063；
3. 长江航道规划设计研究院，湖北 武汉 430011)

摘要：在我国内河水运发展形势与趋势分析的基础上，针对当前我国内河航道数字化、智能化发展缺乏成效机理、成效评估指标等基础问题，首先明确了内河数字航道的概念及发展定位，指出了本阶段的成效目标，从技术进步、机制完善、体制发展、模式变革等方面剖析了内河数字航道的成效机理，概述了交通运输信息化成效评估的一般方法，从航道条件动态监控能力、航道数据资源组织能力、航道业务数字化应用能力、航道信息服务能力等 4 个方面构建了内河数字航道成效的评估指标，并以长江干线数字航道的建设与运行为例构建了成效评估实例，为内河航道信息化的深化和优化发展指明了方向，有利于推动构建畅通、高效、平安、绿色的内河水运体系。

关键词：资源；数字化；机理；评估；指标

中图分类号：U 675.1 文献标志码：A 文章编号：1002-4972(2016)01-0021-06

Effective mechanism and evaluation indicators of inland digital waterway

LIU Huai-han¹, LI Xue-xiang^{2,3}, YANG Pin-fu¹

(1. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China; 2. Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China;
3. Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

Abstract: Based on the analysis of the situation and development trend of the inland water transport, in view of basic problems in the development of the digital & intelligent inland waterway, such as the lack of effective mechanism, the evaluation index, we make clear the concept and development orientation of inland digital waterway, points out the effectiveness targets of the current stage, analyze the effect mechanism of inland digital waterway from the technical progress, mechanism, system development and pattern change, outline the general evaluation method of transportation informatization, establish the effectiveness evaluation index of inland digital waterway from 4 abilities in waterway condition dynamic monitoring, data resource, business organization and business application, and establish the evaluation index of inland digital waterway based on the performance evaluation of the construction and operation of Changjiang waterway. All these would help deepen and optimize the development of inland digital waterway, and thus promote to build an open, efficient, safe and green inland transportation system.

Keywords: resource; digital; mechanism; evaluation; index

近年来，我国经济社会快速发展，对交通运输的需求日趋猛烈。为了有效缓解日益增长的交通运输压力，妥善解决旅客与货物快速、高效、安全、低成本、低碳、低污染的交通运输问题，

我国交通运输发展正在从传统的单一依靠各类交通运输基础设施快速扩张，转向建、管、疏相结合，高度重视依靠现代信息技术促进各类交通运输方式提质增效、多种交通运输方式有效衔接的

收稿日期：2015-10-25
*基金项目：交通运输部 2013 年信息化重大专项（2013-364-548-200）
作者简介：刘怀汉（1965—），男，教授级高工，从事航道整治、水路交通信息化、数字航道与智能航道研究。

新模式。其中，作为我国经济社会发展重要依托的内河水运，因具有运能大、占地少、成本低、污染小等优势，已经成为我国综合交通运输体系的重要组成部分。特别是随着国发〔2011〕2号文和国发〔2014〕39号文的出台，长江等内河水运发展已经上升为国家战略，是建设长江经济带等国家战略的重要依托。内河航道在内河水运发展中具有基础性、先导性、服务性的作用，航道需求量的增长，既体现了社会对航道资源价值认可程度的提升，也反映了人们对航道资源利用程度的加强^[1]。

当前，物联网、云计算、大数据等信息技术飞速发展，已经渗透到经济社会发展的各个领域，深刻影响和推动着我国生产力发展和经济社会组织方式，成为推动经济发展、社会变革的重要力量。内河数字航道是现代信息技术与内河航道业务融合的具体体现，区别于以往的疏通、整治开发，已经成为智能开发利用阶段内河航道资源开发利用的新手段。关于智能开发利用阶段内河数字航道发展的问题，我国学者在顶层设计^[2]、技术体系^[3]、技术研究^[4]、工程建设^[5]等方面开展了探索，形成了较为明确的发展思路及成效目标，可以概括为：以航运安全为根本和基础，以有力

适应内河航运在通行效率、通过能力、航运节能减排等方面需求为导向，以主动型内河航道资源的开发利用为手段，注重铁路-水路、公路-水路、水路-水路的有效衔接，兼顾防洪、水电开发、生态保护等多种涉水应用需要，推动实现内河水运的畅通、高效、平安、绿色。但是在成效机理与评价方法方面鲜有研究，不利于科学指导内河数字航道的持续深化与优化。

1 内河数字航道的定位及成效机理研究

一般来讲，内河数字航道是对内河航道管辖区域、管理对象及管理活动的数字化表现，是综合运用遥感、遥测、地理信息系统、宽带网络、通讯、计算机模拟、多媒体等多种技术对航道业务流程、动态监测管理和辅助决策服务的虚拟化、数字化、网络化、智能化和可视化的技术系统，是服务于政府、业务部门、公众以及内河航道规划、建设、维护、管理和综合服务的、可持续发展的信息基础设施和信息系统的集成。

1.1 定位分析

根据上面内河数字航道的概念，可对其进行图式表达（图1）。

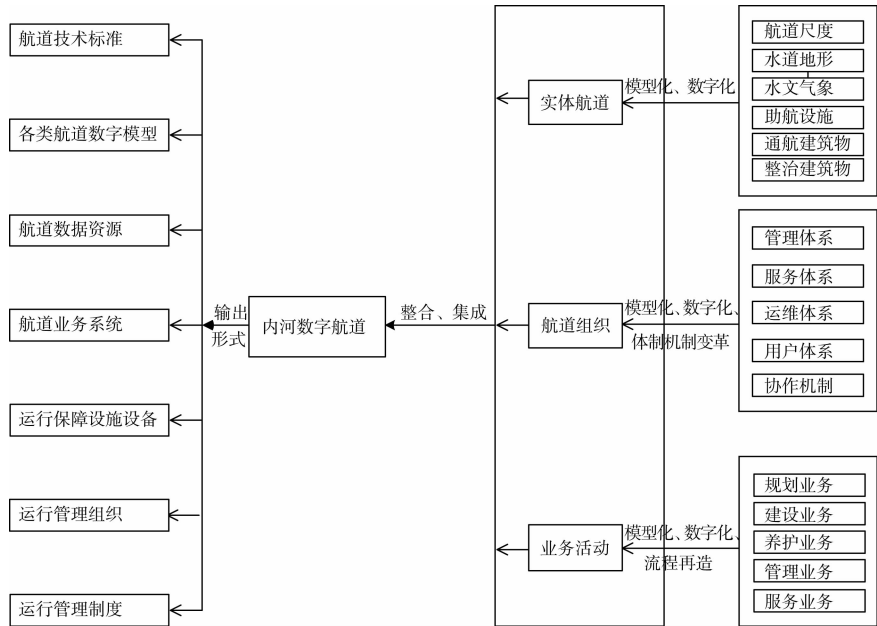


图1 内河数字航道的图式表达

从内河数字航道的概念及图式表达来看,对内河数字航道的理解不应仅停留在实体航道的数字化及可视化展现上,而是以不断完善的实体航道数字模型为基础,以航道规划、建设、养护、管理、服务等业务模型为核心,以航道数据资源的融合、共享、交互为纽带,面向各类航道组织主体,以各类业务的数字化应用为手段,横向推进航道业务模式的转型升级、纵向推进航道业务与航运等涉水相关业务应用的协同,是传统的内河航道及其业务的数字化再造。

从内河航道的发展来看,数字航道阶段是内河航道在智能开发利用阶段的前期和基础,承前充分利用疏通、整治的航道资源成果,启后为内河航道信息化的深入发展奠定基础。

1.2 成效机理

内河数字航道作为传统内河航道的一场革命,对航道发展的推动作用实质也是对航道资源开发的推动作用,其成效机理主要体现在以下几个方面:

1) 理念与技术革命。通过实体航道的建模和各种航道监测传感装置、航道测量设施的部署与应用,完成状态到数据再到信息的转换,实现对航道条件信息的主动、有效掌控,推动主动、及时、科学开展航道维护管理活动,并及时、准确地向内河航运等涉水业务应用提供所需的、个性化的航道条件信息服务。

2) 数据与机制革命。通过航道养护、管理、信息服务等各种航道业务数据的建模和信息资源的生产、组织、整合、更新、共享、交互、应用,实现对各种航道业务的整合优化,引导航道业务机制完善。

3) 业务与体制革命。通过航道养护、管理、信息服务等各种航道业务的建模和业务信息系统的部署与应用,实现对各单项航道业务的高效组织,推进航道业务模式转型和航道业务组织管理体制完善。

4) 服务与模式革命。通过高品质航道信息服

务内容和多样化航道信息服务途径的构建与应用,实现与内河航运等涉水应用业务的融合交互,开启航道资源充分利用新模式。

2 内河数字航道的成效评估研究

与其他行业数字化转型过程一样,内河数字航道的实现以航道的信息化工程建设为基础、以长期的有效运行管理为根本,然而信息化工程普遍具有成本不确定性、效益复杂多样性等特点,对其成效评估目前没有成熟的方法。

2.1 信息化成效评估概述

从单纯的信息化项目成效评估来看,目前常用的评估方法大体可以分为基于主观满意度的评价和基于客观标准的评价两类。主观满意度评估方法的原理是将信息化项目看作并非独立于使用者和其他社会因素的客观实体,大多仅限于以定性分析为主,强调人的主观判断在评估活动中的重要性。而客观标准评估方法使用一系列量化的指标全方位综合反映该评估对象,然后采用一定的数学方法运算量化指标,以形成最终的评价结果。

从与内河数字航道最相近的公路、铁路、民航等交通运输信息化成效评估来看,主要采用客观标准评估方法,在高速公路信息化成效评估方面,有学者运用信息化绩效成熟度测定构建了3个绩效指标、13个一级指标、30个二级指标^[6];在铁路信息化成效评估方面,有学者综合运用平衡记分卡法、层次分析法、模糊综合评价法,以指标体系将战略地位、系统应用水平、经济效益、社会效益、信息资源效益等5大因素列为一级指标,分解了14个二级指标^[7];在民航信息化成效评估方面,有学者根据国家信息化六要素设计了11个一级指标和26个二级指标^[8];在内河航道信息化成效评估方面,目前也有一些研究成果,但是没有与航道整治的成效剥离,或者缺乏成效机理分析的支撑^[9]。

总体来看,对内河数字航道成效的评估,应

紧紧抓住内河航道资源开发利用的本质目标，并结合智能开发利用阶段的成效目标，以主观满意度评价为辅，以客观标准评价为主，参照国家电子政务信息化绩效考核办法，针对内河数字航道的图式表达内容建立评估指标。

2.2 成效评估指标构建

以实体航道、航道组织、航道业务等数字化模型为基础，以航道业务信息化基础设施设备的建设、应用、维护等为手段，以航道业务开展涉及的业务对象、业务过程、组织机构为作用对象构建内河数字航道的成效评估指标（表1）。

表 1 内河数字航道成效评估指标分解

一级指标	二级指标	成效机理 对应关系
航道条件动态监控能力（监测与远程控制）	航道要素的监控种类覆盖情况	实体航道数字化，实现对实体航道条件的实时掌控
	航道要素变化的时空监控精度情况	
	航道要素变化的时空监控频率情况	
	航道要素的时空重构精度情况	
	航道要素的监控标准制定情况	
	航道要素的监控标准执行情况	
航道数据资源组织能力	航道数据资源的整合情况	实体航道模型、航道组织模型、航道业务模型等数字化，实现虚拟展现、交互、决策、应用、服务的基石
	航道数据资源的管理情况	
	航道数据资源的更新情况	
	航道数据资源的共享情况	
	航道数据资源的分发情况	
	航道数据标准的制定情况	
航道业务数字化应用能力（以对内为主）	航道数据标准的执行情况	航道业务应用数字化，实现航道业务转型、业务体制机制完善
	航道业务的数字化覆盖情况	
	航道业务的优化情况	
	航道业务的协同情况	
	航道业务标准的制定情况	
航道信息服务能力（以对外为主）	航道业务标准的执行情况	航运等涉水业务应用、不同运输方式衔接的数字化，实现内河航道资源开发利用新模式
	航道信息服务内容的完整性	
	航道信息服务内容的准确性	
	航道信息服务内容的可靠性	
	航道信息服务的融合情况	
	航道信息服务的交互情况	
	航道信息服务的方式	
	航道信息服务标准的制定情况	
	航道信息服务标准的执行情况	

1) 航道条件动态监控能力指标。包括航道要素的监控种类覆盖情况、各类航道要素变化的时空监控精度、各类航道要素变化的时空监控频率、各类航道要素的时空重构精度、各类航道要素的监控标准制定与执行情况。以航道水位、水深、河床地形、水流等的监测和测绘为对象展开。

2) 航道数据资源组织能力指标。包括航道数据资源的整合、管理、更新、共享、分发情况和航道数据标准的制定与执行情况。以各类动静态的航道数据资源为对象展开。

3) 航道业务数字化能力指标。包括航道业务的数字化覆盖情况、优化情况、协同情况和航道业务标准的制定与执行情况。以航道规划、建设、养护、管理等业务为对象展开。

4) 航道信息服务能力指标。包括航道信息服务内容的完整性、准确性、可靠性，航道信息服务的融合、交互情况，航道信息服务的方式、航道信息服务标准的制定情况与执行情况。以航道服务信息、航道服务功能、航道信息服务途径为对象展开。

2.3 成效评估实例

基于以上的内河数字航道成效评估指标，以“十二五”期长江干线数字航道为例构建评估实例，评价结果见表2~5。

由表2~5可知，通过“十二五”期长江干线数字航道的建设与运行，辅以运行体制机制的调整完善，显著提升了对航道水位、水深、水流等主要航道要素的动态监控能力，初步建立了以航道养护、信息服务数据资源为主体的长江航道数据资源体系，初步实现了航道养护等主要航道业务的联网协同应用，首次构建以长江电子航道图为主体的航道综合信息服务体系，长江干线航道资源的开发利用迈入数字化时代，未来需要在全航道要素动态监控、航道要素信息的空间重建与预测预报、航道日常管理业务整合、面向全行业的航道信息服务等方面进行优化与深化。

表 2 长江干线数字航道建设前后长江航道条件监控能力				
关键航道要素	建设前		建设后	
	采集手段	采集频率	采集手段	采集频率
河床地形	人工测量、人工处理	不定期	数字化测量、软件处理	长河段每年至少 2 次、一般河段每年至少 3 次、重点河段每月至少 1 次
水深	单波束、人工处理	不定期	单、多波束快速移动测量、软件处理	主要浅区每天
流速流向	人工测量	不定期	数字化采集	划分断面，每月至少 1 次
水位（潮位）	人工观测	每月	遥测遥报	实时
航标	人工巡航	不定期	遥测遥控	实时
山区航道可视距离	人工观测	不定期	远程测报	实时

表 3 长江干线数字航道建设前后长江航道数据组织能力对照			
数据资源分类		建设前	建设后
组织机构信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
行政许可信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
行政处罚信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
建设项目信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
航道基础信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
航道生产计划		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
航标信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
航道测量信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
船舶机务信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
财务信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库
科技信息		纸质资料、电子文档	数据资源规划、标准数据库

表 4 长江干线数字航道建设前后长江航道业务数字化应用能力对照			
一类业务名称	二类业务名称	建设前	建设后
航道规划与建设	航道发展规划	人工编制	联网、数字化编制
	航道建设监管	人工监管	现场人工监管
航道养护管理	助航设施维护	人工巡航	遥测遥控、人工值守式、实时监控
	航道探测与测绘	人工模拟测量	数字化测绘
	水位（潮位）观测	人工目测	遥测遥报、实时监控
	航道疏浚维护	人工调度、被动响应	联网调度、被动响应与主动判别相结合
	控制河段船舶通行指挥	人工揭示、人工指挥	人工指挥与数字化指挥相结合
	航道应急指挥与救助打捞	人工调度、被动响应	人工调度、被动响应
航道日常管理	航道行政管理	人工管理	人工管理、数字化应用环境
	通航设施管理	人工管理	人工管理、数字化应用环境
	航道设施保护管理	人工管理	人工管理、数字化应用环境
	日常办公	人工模式、纸质流转	联网协同
	人事管理	人工管理、纸质流转	联网管理
	财务管理（含固定资产）	人工管理、纸质流转	单机数字化管理
	档案管理	人工管理、纸质流转	单机数字化管理
	基建管理	人工监管、纸质流转	联网协同
	科研管理	人工管理、纸质流转	联网管理
	会务及资讯发布	现场会、人工告知	联网管理

表 5 长江干线数字航道建设前后长江航道信息服务能力对照

业务名称	服务途径	建设前	建设后
航道信息服务	依托门户网站的航道信息服务	纸质航行参考图、	网络发布
	依托面向营运船舶的电子航道图助导航服务	航道通告、航道通电、	船舶终端、移动服务
	依托公共服务平台的航道信息服务	甚高频电话	专业化、网络服务

3 结语

1) 内河数字航道是内河航道在智能开发利用阶段的主要手段,是内河航道信息化发展最关键、最基础的阶段,具有承前启后的作用。

2) 内河数字航道作为内河航道发展的一场技术革命,其作用机理突出体现在主动型的航道维护管理服务理念、先进的信息技术应用、完整的航道数据模型、全面的航道业务转型、健全的航道维护管理机制、完善的航道维护管理体制、多途径的航道信息服务、多样化的航道业务模式。因此,同步持续推进信息技术与航道业务的融合、逐步建立数字航道运行的体制、配套完善管理的机制、加快航道业务的模式转型,有利于数字航道成效的快速释放。

3) 内河数字航道的发展是一个循序渐进的过程,及时开展成效评估,有利于加速推进内河数字航道的深化与优化。从长江干线数字航道的指标评估来看,持续推进航道条件动态监控、航道数据资源组织、航道业务数字化应用、航道信息服务等能力的提升,是长江干线数字航道持续优化与深化的方向。

4) 我国内河数字航道的发展仍处于起步阶段,对内河数字航道成效的认识和评估应继续紧密跟踪工程建设与运行管理的实践。

参考文献:

[1] Liu Huaihan, Liu Qing, Cai Dafu, et al. Study on Division Method of Inland Waterway Development Stage [C]// ICTIS2013 ASCE2013. 武汉: 中国交通运输协会等, 2013: 2 164-2 171.

[2] 郭涛,刘怀汉,万大斌,等. 长江“智能航道”系统架构与关键技术[J]. 水运工程, 2012(6): 140-145.

[3] 刘怀汉,李学祥,杨品福,等. 长江智能航道关键技术体系研究[J]. 水运工程, 2014(12): 6-9.

[4] 吕永祥. 长江干线航道要素状态感知与交互技术分析[J]. 水运工程, 2012(9): 153-158.

[5] 杨品福,陆英,徐志远,等. 长江航道局“十二五”数字航道建设实施方案的编制及思考[J]. 航道科技, 2013(1): 14-17.

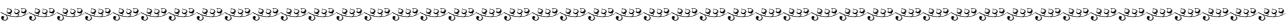
[6] 蒋悦,钱钢,卞日璠. 基于成熟度模型的公路信息化绩效评估研究[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2009(3): 88-92.

[7] 孙亮. 中国铁路信息化项目效益评估理论与应用研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.

[8] 党亚茹,高峰. 民航信息化中期评估指标体系设计与研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2003(5): 32-37.

[9] 余青容,刘林,李学祥. 长江航道信息化项目建设效益评估指标体系研究[J]. 水运工程, 2014(12): 140-145.

(本文编辑 武亚庆)



著作权授权声明

全体著作权人同意: 论文将提交《水运工程》期刊发表, 一经录用, 本论文数字化复制权、发行权、汇编权及信息网络传播权将转让予《水运工程》期刊编辑部。