

依托“航道设施码”推进港航管理服务数字化转型升级研究

孙国栋¹, 吴星¹, 金梦恬¹, 任浩东¹, 郑冰^{2,*}, 来庆辉³

1. 绍兴市公路港航与运输管理中心, 浙江 绍兴, 312000

2. 浙江数智交院科技股份有限公司, 浙江 杭州, 310000

3. 温州理工学院, 建筑与能源工程学院, 温州市韧性城市生命线工程智慧防护应急技术重点实验室, 浙江 温州, 325035

摘要: 针对绍兴内河航道设施管理中存在的编码标准不统一、监测手段碎片化及跨部门数据共享壁垒等现实痛点, 本研究设计了一套基于“航道设施电子身份证”的管理模式。该体系突破传统管理框架, 创新构建四级编码规则库与GIS空间分析模型耦合机制, 形成“可视化平台+数字资产仓库+智能终端标识”三位一体的技术架构, 实现设施管理从静态建档到动态运维的全周期数字化管理闭环。研究表明, 标准化编码体系与物联网技术的深度融合, 不仅显著提升航道管理的精细化水平, 更为破解传统管理模式中的“信息孤岛”困局提供可复制的技术路径, 其“编码+数据+平台”的创新范式对长三角地区内河航道智慧化升级具有普适性参考价值。

关键词: 航道设施码; 智慧航道; 航道养护; 港航一张图; 动态监测

A Brief Discussion on the Application of the "Waterway Facility Code" in Port and Shipping Management Services

SUN Guo-Dong¹, WU Xing¹, JIN Meng-Tian¹, REN Hao-Dong¹,
ZHENG Bing^{2,*}, LAI Qing-Hui³

1. Shaoxing Highway, Port and Shipping, and Transport Management Center, Shaoxing, Zhejiang, China, 312000.

2. Zhejiang Institute of Communications CO., Ltd, Hangzhou, Zhejiang, China, 310000.

3. Wenzhou Key Laboratory of Smart Protection and Emergency Technology for Resilient City Lifeline Engineering, School of Architecture and Energy Engineering, Wenzhou Institute of Technology, Wenzhou, Zhejiang, China, 325035.

Abstract: In response to the practical pain points in the management of Shaoxing's inland waterway facilities, such as inconsistent coding standards, fragmented monitoring methods, and cross-departmental data-sharing barriers, this study designed a management model based on the "electronic identity card for waterway facilities". This system breaks through the traditional management framework and innovatively constructs a coupling mechanism between a four-level coding rule library and a GIS spatial analysis model, forming a trinity technical architecture of "visualization platform + digital asset repository + intelligent terminal identification", realizing a full-cycle digital management loop for facility management from static file-building to dynamic operation and maintenance. The research results show that the deep integration of the standardized coding system and Internet of Things technology not only significantly improves the refined level of waterway management but also provides a replicable technical path to break the "information silo" dilemma in the traditional management model. Its innovative paradigm of "coding + data + platform" has universal reference value for the intelligent upgrading of inland waterways in the Yangtze River Delta region.

Keywords: Waterway facility code; Smart waterway; Waterway maintenance; Integrated port-waterway map; Dynamic monitoring

在工业体系快速转型升级与新型城镇化深度融合的背景下, 交通运输业正在进行结构性变革。作为内陆运输体系的重要组成部分, 内河水运依靠其大运量、低能耗的突出优势, 正在成为区域经

济发展的绿色动脉，这种发展势头与国家双碳战略中强调的绿色低碳转型要求形成战略共振。值得注意的是，近年来，浙江省积极响应国家双碳战略，依托《浙江省数字港航建设总体方案(2021-2025)》等政策，着力推进数字航道建设工程。在具体实践中，重点围绕智慧监管平台构建与智能感知网络部署构成两大核心抓手，其主要目的直指破解传统水运管理中存在的效率瓶颈^[1]。但现有的设施管理体系的结构性矛盾日益凸显：例如区域性编码标准差异导致的跨域协同成本居高不下；静态化的数据管理模式难以适应动态化监管需求；人工巡查机制中存在信息滞后与采集失真双重缺陷^[2-4]。针对上述痛点，本研究以绍兴市数字港航建设实践为切入点，依托现有的电子航道图、智能传感器等技术成果基础上，提出“航道设施码”三维治理框架——首先建立一套全域统一的设施身份标识体系，继而搭建一个多模态数据融合平台，并开发智能终端交互模块，着力破解空间治理单元的数字化映射难题，为内河航道现代化转型提供系统性解决方案。

1 绍兴航道与航道设施数字化发展现状

1.1 航道现状

绍兴是典型的江南水乡。最新数据显示，该市境内有117条等级航道，通航总里程1122公里，其中四级及以上高等级航道网络密度达18.7公里/百公里，共设500吨级以上专业化码头泊位81个。值得注意的是，市域范围内航道体系呈现“三千多支”的空间格局——由杭甬运河、曹娥江、浦阳江三大主干航道构筑的立体化航道网络，通过京杭运河长三角段、长湖申线等跨省航道实现向苏南经济圈、沪浙毗邻区域的辐射延伸。在降低物流成本和全国统一大市场建设双重政策导向下，将强化其与内陆经济腹地的互联互通，为区域经济协同发展提供重要的水运支撑。

1.2 航道设施数字化发展现状

1.2.1 航道设施普查发展现状

在内河航运数字化转型进程中，港航管理部门正面临着数据资源呈指数级膨胀压力。跨部门多源异构业务系统产生的运营数据，因管理维度差异而形成离散化的表格存储模式，导致其产生的多模态数据标准偏差既难以支撑协同决策，也制约了深度数据价值挖掘效能^[5]。

1.2.2 航道信息化发展现状

与国际最新前沿水平相比，我国目前的内河航运数字化转型仍存在阶段性差距。当前技术攻坚方向主要集中于航道要素多模态感知网络构建与智能航标动态监测体系研发，其中水位监测、断面激光扫描等数据采集技术的应用已形成规模^[6]。从技术层面看，航道异构数据融合技术、多模态信息采集技术及航道业务信息化应用技术等逐步迈向成熟，并在长江等黄金水道实现业务场景覆盖，驱动着内河航道信息化建设迭代演进。这些技术的综合运用，为内河航道的智能化管理与高效运营奠定了坚实基础，同时也为我国内河航运缩小与国际先进水平差距提供了技术支撑。

1.2.3 二维码在交通领域的应用情况

条形码技术的衍生脉络催生出二维码，凭借机器视觉解析功能与经济优势，在社会多领域呈现出广泛的应用态势。自20世纪起，经济优势、多维度信息编码能力和高效解码性能使二维码技术在各领域逐渐普及。移动通信技术迭代更是推动二维码应用迈向新高度。在交通基础设施信息编码和养护研究领域，众多学者做出了深入且有价值的探索。如顾汉霆等研究者构建了系统而科学的高速公路资产分类编码体系，实现了浙江省公路交通资产高效管理，并与行政和财务系统有效对接^[7]。

综合来看，从航道设施在普查与信息化建设领域的现存状况，以及二维码技术在交通基础设施

应用场景的实践成果,可推断数字技术在港航管理领域正经历着深度进化与融合。从全生命周期视角打造港航设施统一编码系统,是设施智能化管控、精细化管理的关键支撑。需要强调的是,运用标识编码手段构建交通设施数字身份识别体系,将设施运行状态的多模态反馈数据深度融合,能够建立起覆盖设施全生命周期的智能化监测与主动性维护架构。这一体系可广泛运用于航道设施运行监控、普查以及养护作业,形成面向应用终端的航道设施运营管理范式,对提升航道管理效能具有显著价值。

2 存在问题

2.1 航道设施管理缺乏地理信息支撑

随着港航信息化建设工作的逐步推进,已建设了一批适用于特定应用场景的信息系统,为航道日常管理过程中的基础设施普查、养护工作提供了一定支持。然而,现有系统未能有效解决航道基础设施信息与地理信息相结合的问题,无法开展直观、可视化的管理工作,导致航道设施信息仅停留在报表、档案阶段,资料查询效率低下、更新不及时,与实际的航道规划、设计、审批、养护等工作相脱节。

2.2 航道设施数据分散、查询效率低

现阶段,航道设施的信息管理模式主要以人工整编、档案查询为主,存在数据底数不清、标准不统一、管理不规范、共享协同困难等问题。在航道普查、设施管理、设施养护等系统中录入的设施数据无法贯穿设施的整个生命周期,信息采集工作重复,且数据的质量受到主观因素的较大影响,无法准确、全面地反映设备的实际情况^[3]。

2.3 航道设施应用服务缺乏,信息反馈滞后

当前,内河航运数字化建设聚焦于航道要素的智能化监测与数据采集环节,但在水上交通监管及智能调度等实际应用场景的拓展上存在明显短板。于航道养护、运维管理实践里,信息反馈闭环尚未建立,致使数据沉淀严重,难以激活其潜在价值,从而无法为精准决策筑牢信息根基。

3 总体框架与功能

3.1 系统架构

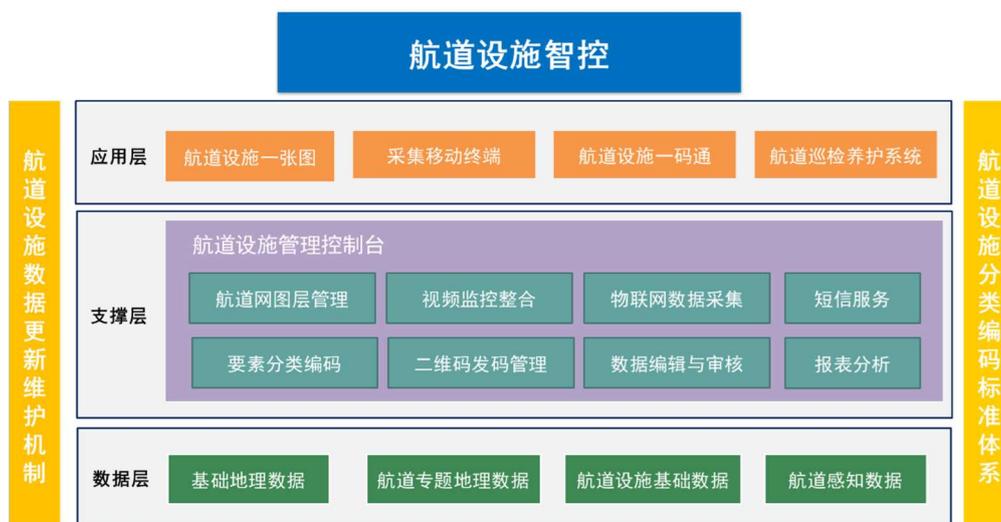


图1 总体架构

Fig. 1 General Architecture

坚持问题导向，聚焦航道设施数字底座，围绕提升航道管理水平为目标，贯穿航道设施全生命周期，打造航道设施“一图一库一码”总体架构。

(1) “一图”，即港航一张图。以天地图和电子航道图为基础，构建起港航一体化的地理信息系统。它着力呈现设施、航道与周边空域的空间关联性，赋予用户查询设施属性、工程概况及维修保养记录的功能，同时兼容水文气象数据、电子卡口信息、视频信号以及船舶动态定位等多元动态信息的整合接入。

(2) “一库”，即航道设施数字档案。按照统一规范的编码原则，结合行政区划、设施种类等情况，将现有等级航道上各类航道设施进行编码，为每一个独立的设施分配具备唯一可识别ID，通过信息交换、汇聚与整合形成贯穿航道设施全生命周期的数字档案，保障数据完整性、唯一性、准确性和真实性^[8]。主要包括：

1) 属性数据：所属航道、建造年份、材质、颜色、尺寸、水位、通航限制性参数等。

2) 工程数据：工程参与单位信息、项目资料和采集的设施数据，包括设计批复文件、交（竣）工质量评定报告、交（竣）工后测量的水深数据以及项目实施前后对比影像等。

3) 维保数据：按照航道、航标、整治建筑物、航运枢纽及通航建筑物、航道护岸和绿化等养护规范制定相应的维保数据，包括维保单位、养护类型、养护日期以及养护过程中的测量、检查、维修、保护形成的技术资料等。

(3) “一码”，即航道设施二维码。在交通运输部赋码规则基础上^[9]，为已经分类编码入库的航道设施赋码，以二维码的形式拓展和连接航道设施管理及服务的应用，协同航道设施规划、普查、养护等内部管理，提升航道通航效率和服务能力，促进航道信息实时共享，实现航道设施数字档案的更新。



图 2 二维码效果示意图

Fig. 2 QR Code Implementation Schematic

3.2 编码体系架构

采用四级编码结构，共有 26 位编码：行政区划（6 位）+航道编码（10 位）+报表类型（1 位）+航段序号（9 位）。

其中：

(1) 行政区划 6 位

行政区划码是国家为分级管理各级行政区划而编制的标准化数字编码系统，用于唯一标识各级行政区域。如浙江省绍兴市编码为 330600。

(2) 航道编码

航道编码是指全国所有航道均设置一个唯一的数字码^[9]，以便于航道普查数据的整理、校验和汇总，共有 10 位数字。如图 3 所示，前六位为航道分类判断，采用行政区域划代码，后四位为同等级航道顺序号，可分为：跨省航道、跨市航道、跨县航道及县内航道四种。

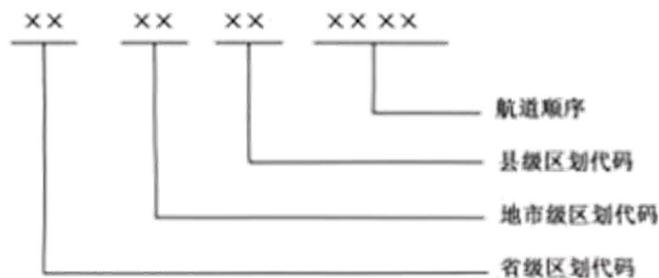


图 3 航道编码示意图

Fig. 3 Waterway Encoding Schematic Diagram

航道顺序码取值范围为 0001~9999。同一行政区域内的航道顺序码按由北向南、先干流后支流、先公用航道后专用航道的顺序排列。航道区域代码为省级行政区划代码时，表示该行政区内跨地市内河航道。

例如：杭甬运河航道流经杭州市、绍兴市、宁波市，为跨地市内河航道，其代码为“3300000001”，代码前 6 位航道区域代码为浙江省行政区划代码“330000”，后 4 位为顺序码“0001”。

(3) 报表类型 1 位

航道报表类型为 1，枢纽报表类型代码为 2，过河建筑物报表类型代码为 3，临河设施报表类型代码为 4，助航设施报表类型代码为 5，整治建筑物报表类型代码为 6。

(4) 航段序号 9 位

1) 航道分段 9 个原则：航道现状或规划、定级技术等级发生变化；航道一岸或两岸所在省、或市、限行政区域发生变化；省或市、县级航道管理机构发生变化；航道所在水域类型发生变化（指航段属性发生变化）；航道所在河流名称发生变化；航段维护类别发生变化；航标配布类别发生变化；主控点处必须分段；航道交叉点处必须分段

2) 航段编码规则：以航道上游首段为起点，遵循升序规则，依次向下游航段延展。针对单一航道，其航段序列号需保持连贯，严格禁止重复编码，以此保障编号的唯一性与有序性。鉴于此，航段序列号应由市级单位统一编制，并严格恪守既定的编制准则，确保编号体系规范、严谨。

例如：杭甬运河柯桥段，即绍兴境内的首段航道，其对应的航段代码为 33060033000000011000000001。代码中，“330600”为绍兴市行政区划，“3300000001”是杭甬运河航道编码，而在“1000000001”这段数字里，第一个“1”表明报表类型为航段，第二个“1”则是航段序号，中间需补 0 达到 10 位数字要求。

3.3 要素分类

统一规范的航道设施和地理信息要素分类是航道设施要素生产、入库管理的根本基础。为避免因理解不同对同一航道设施要素产生认识上的差异，保证绍兴航道设施要素“港航一张图”能得到科学规范的生产、组织、存储和管理，本项目通过将具有共同属性或特征的信息归并到一类，与不具有这种共同属性或特征的信息区分开，并赋予统一规范的编码，从而实现绍兴内河航道设施要素管理工作中与地理位置直接或间接相关的所有地物信息的计算机管理与应用。

航道设施要素分类代码由5位数字组成，具体代码结构如下：



图4 航道要素示意图

Fig. 4 Waterway Elements Schematic Diagram

- (1) 左起第一位为大类码，从“1”编起；
- (2) 左起第二、三位为中类码，在大类基础上细分形成的要素类，从“01”编起；
- (3) 左起第四、五位为小类码，在中类码基础上细分形成的要素类，从“01”编起。

表1 航道设施要素示意图

Table 1 Waterway Facilities Schematic Diagram

门类名称	编码	中文名称	英文名称
	10000	控制基准	Control datums
	20000	河道与水文	Rivers and hydrology
	30000	航道与港航	Waterways and harbours
	40000	导助航服务设施	Navigation aids
内河航道设施要素编码	50000	通航相关设施	Navigation-related facilities
	60000	近岸交通与管线设施	Nearshore transportation and pipeline facilities
	70000	地貌与植被	Landforms and vegetation
	80000	境界	Boundary
	90000	其他相关地物	Other related features

(1) 河道与水文编码

要素主要包括水深点、水文分界线（河底线、岸线）、水文测量设施（水位站）、沉船、锚地、停泊区、碍航物等。

(2) 航道与港航编码

要素主要包括航道中心线、航道里程、辖区分界线、港航管理机构、供给站、交通信号站、报告区、警告区、港区等。

(3) 导助航与服务设施编码

要素主要包括航行标志、信号标志、专用标志、警示标志等。

(4) 通航设施编码

要素主要包括桥梁、码头、趸船、船坞、坝、闸门、船闸、整治建筑物、近岸建筑物、系泊绞缆设施、管道、线缆等。

(5) 其他设施编码

要素主要包括水利附属设施、工业及其设施等。

内河航道设施要素分类与编码研究覆盖范围较广，可根据项目实际情况应用调整。

3.4 系统功能

3.4.1 航道设施一码普查

在航道设施数字化转型进程中，编码体系的重构成为提升管理效能的关键着力点。以此为根基，搭建起整合设施各类要素信息的数字档案资源库。通过创新采用“线上即时刷新、线下现场核验”的双轨信息维护模式，突破传统全面普查的局限，实现向动态增量式普查模式的实质性跨越，有效提升信息管理的时效性与准确性。

3.4.2 航道设施一码维养

实现与航道养护系统对接，航道养护单位通过二维码扫描或者设施档案中定位到每个航道设施，查询设施从设计到工程的各个环节重要资料，记录养护巡查情况，完善航道设施数字化管理。

3.4.3 航道设施一码报警

发生事故时，船员可借助航道设施智控系统触发报警装置。执法部门接收到定位信息后，能够迅速展开精准救援行动。此外，当航道设施出现质量问题或存在安全生产隐患时，倡导船员利用二维码扫描等便捷方式，及时上报设施损坏情况与安全隐患，实现隐患预警与报修的高效处理，为航道安全运营提供有力保障^[10]。

3.4.4 航道设施一码通航

通过“港航一张图”平台及时发布航道状态信息，船员通过航道设施二维码扫描或者“船E行”等第三方应用服务获取或订阅该片水域航道设施通航尺度、服务区等情况和通航管控等相关信息。

3.4.5 航道设施一码规划

港航管理部门通过航道设施智控系统及时掌握各方反馈关于航道设施的最新信息，从而为航道规划、工程施工、交通管制等提供有效辅助手段。

4 应用预期

通过航道设施数字化应用建设，可实现如下效果：

4.1 航道设施和要素信息在线查询

港航管理人员通过“港航一张图”平台实现航道信息的在线查询功能，通过点击图中数据点，查询单体设施的详细情况；船员通过扫描设施要素二维码实现当前设施详情查询，同时获取当前位置信息^[11]。



图5 系统界面

Fig. 5 System Interface

4.2 航道设施和要素信息异常上报和更新反馈

通过定期的航道普查巡检,港航管理人员通过“港航一张图”平台实现航道设施和要素信息的实时更新;同时,船员在航行中发现设施设备异常,可立即通过扫码填写异常信息并上报,信息将同步至“港航一张图”平台,工作人员及时现场核查和信息更新。

4.3 航道设施养护管理

基于“港航一张图”平台信息开展航道设施养护工作,重点围绕异常设施和事故多发设施,将养护后的设施信息同步至“港航一张图”平台,实现航道设施智慧化养护,提高效率,降低成本。

4.4 航行报警和快速现场响应

船舶航行过程中,如船舶发生碰撞等险情,或发现航行环境存在重大安全隐患,可通过扫描设施二维码进行报告,警情将立即同步至“港航一张图”平台,并精准通知至辖区工作人员,确保其能够及时前往事发区域执法处置。

4.5 航道信息动态管理

基于“港航一张图”平台展示形式,显示航道范围内某一区域航道的动态监测数据结果,展示航标、水位、航道维护尺度、工作船舶运行、桥梁净空高、船闸运行情况等相关动态监测信息,可以从不同角度不同主题呈现、发布^[12],便于掌握数据在不同维度下呈现的规律和趋势。

5 结语

(1) 基于“航道设施码”数字化管理策略构建的总体架构,围绕航道设施全生命周期数字化闭环管控展开。该架构通过空间可视化“一图”、数据资源整合“一库”、设施数字身份“一码”协同运作,可解决绍兴内河航道设施管理中信息分散、协同低效等问题。通过该架构,显著提升设施信息检索效率,缩短异常事件响应时间,降低养护运营成本,实现跨部门数据精准对接,为港航服务数字化转型提供创新实践方案,有力推动航道管理精细化发展。

(2) 绍兴内河航道设施管理借助“航道设施码”技术,在一定程度上改善了数据分散、应用服务薄弱等难题。然而,伴随航道管理业务需求的动态演变,以及数据规模的不断膨胀,现有编码体系仍存在优化空间。为适应多元化管理场景,亟需开展编码体系的改良研究,着重提升其兼容性与

扩展性,以保障系统的长期适用性。与此同时,数据价值的深度挖掘亦是未来研究的关键方向。在人工智能技术蓬勃发展的当下,可探索引入 DeepSeek 等大模型技术,对航道设施数据进行多维度分析与处理,从而推动“航道设施码”管理体系向智能化方向迈进,为港航管理服务的高质量发展提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 浙江数智交院科技股份有限公司. 航道设施数字化应用建设方案研究报告[R]. 杭州: 浙江数智交院科技股份有限公司, 2022.
- [2] 李佳恒. 三峡数字航道维护管理与信息服务系统设计与实现[D]. 三峡大学, 2011.
- [3] 姚世龙. 基于 GIS 的内河航道信息可视化平台的设计与实现[J]. 苏州科技学院学报:工程技术版 2005, 18(02): 39-42.
- [4] 任海文, 刘永强, 闫文杰. 基于 BIM 技术的堤防工程运维信息管理系统设计与实现[J]. 水电能源科学, 2020, 38(10): 116-120.
- [5] 叶建国. 内河航道管理的现代化与信息化[J]. 水运管理, 2005, 27(03): 19-20.
- [6] 叶建国, 曹一麟. 运用数字化航道普查成果 加快港航信息化建设[J]. 交通科技, 2005(2): 115-116.
- [7] 顾汉霆. 高速公路资产管理分类编码实用技术探讨[J]. 公路交通技术, 2012(3): 130-132, 140.
- [8] 韩坤林. 桥梁构件养护编码与快速识别方法[J]. 公路交通技术, 2020, 36(1): 95-100.
- [9] 国家市场监督管理总局. 内河航道代码: GB/T 42326-2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [10] 李明. 数字航道技术在内河航道管理中的应用[J]. 工程建设与设计, 2021(9): 96-99.
- [11] 郑冰, 田序伟, 吴星, 等. 基于二维码的航道设施管养平台研发与应用[J]. 中国水运, 2023(23): 45-48.
- [12] 周俊安, 刘佳仑, 刘明俊. 长江干线航道信息发布模式与发布手段研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版, 2012, 36(5): 1017-1020.

基金项目: 浙江省交通运输厅科技计划项目(2024023、2024026)

第1作者简介: 孙国栋(1988-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为港航工程、航道养护相关领域研究。E-mail: 597768998@qq.com。

***通讯作者简介:** 郑冰(2000-), 男, 本科, 高级工程师, 浙江数智交院科技股份有限公司, 研究方向为运输和物流、智慧港航等相关领域。E-mail: 11248534@qq.com。