文章编号：1003-1421(2026)03-0164-13
引用格式：裴爱晖，杨秋菊，袁俊丽，等. 基于物联网技术的国家综合货运枢纽运行监测体系研究[J]. 铁道运输与经济，2026，48(3)：164-176.
PEI Aihui，YANG Qiuju，YUAN Junli，et al. Operation Monitoring System of National Integrated Freight Hubs Based on Internet of Things Technology[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(3)：164-176.

基于物联网技术的国家综合货运枢纽运行监测体系研究

裴爱晖[1]，杨秋菊[2]，袁俊丽[1]，张　晨[1]

(1.交通运输部公路科学研究所 物流工程研究中心，北京　100088；2.新疆交通建设集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐　830015)

摘　要：研究旨在构建一个基于物联网技术的综合货运枢纽运行监测体系，以实现枢纽运行状态的自动化监测。通过深入分析枢纽的运行监测需求，梳理并借鉴现有物流园区及货运枢纽监测、统计和评价的相关研究成果，系统地构建了综合货运枢纽运行监测统计指标体系。同时，聚焦物联网技术在物流领域的应用，设计了运行监测统计指标数据获取的基本架构，并对各监测统计指标的数据获取频率、方式及计算方法进行了详细分析。研究表明，静态与动态统计指标的划分策略确保了监测数据的有效性与准确性，不同运输方式统计指标的划分确保了监测数据获取的可行性，有效覆盖不同多式联运类型的综合货运枢纽，为政府和企业推动综合货运枢纽构建运行监测体系提供了可行性研究，也为综合货运枢纽智慧化转型提供了建设和改造方向。

关键词：国家综合货运枢纽；运行监测体系；枢纽运营状态指标；数据采集系统；物联网技术
中图分类号：U291　　**文献标识码**：A　　**DOI**：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20240914005

Operation Monitoring System of National Integrated Freight Hubs Based on Internet of Things Technology

PEI Aihui[1]，YANG Qiuju[2]，YUAN Junli[1]，ZHANG Chen[1]

(1. Logistics Engineering Research Center, Research Institute of Highway, Ministry of Transportation, Beijing 100088, China;
2. Xinjiang Communications Construction Group Co., Ltd., Urumqi 830015, Xinjiang, China)

Abstract: This study aims to establish an operation monitoring system for integrated freight hubs based on Internet of Things (IoT), so as to achieve automatic monitoring of the operational status of the hubs. Through an in-depth analysis of the operation monitoring requirements of the hubs, the study reviewed and drew upon academic research findings related to monitoring, statistics, and evaluation practices within existing logistics parks and freight hubs. It constructed an indicator system for operation monitoring and statistics of integrated freight hubs. Additionally, it focused on the application of IoT technology in the field of logistics and designed the fundamental

收稿日期：2024-09-14　　**修订日期**：2025-10-24
通信作者：张晨(1996—)，女，北京人，交通运输部公路科学研究所物流工程研究中心助理研究员。
基金项目：交通运输部公路科学研究所项目(2024-9073，2023-9031)；新疆维吾尔自治区重点研发专项(2022B01013)；浙江省交通运输重大研发项目(JTYST2023-GK-022-3)

framework for the acquisition of indicator data of operation monitoring and statistics. A detailed analysis was also conducted on the frequency, methods, and calculation approaches for acquiring data on each monitoring and statistics indicator. The research indicates that the division strategy of static and dynamic statistical indicators ensures the validity and accuracy of monitoring data. The classification of statistical indicators for different transportation modes ensures the feasibility of monitoring data acquisition, effectively covering various types of integrated freight hubs for multimodal transportation. This provides a feasibility study for governments and enterprises to promote the construction of operation monitoring systems for integrated freight hubs. It also offers directions for the construction and transformation of the intelligent transformation of integrated freight hubs.

Keywords: National Integrated Freight Hub; Operation Monitoring System; Operational Status Indicator of Hub; Data Acquisition System; Internet of Things Technology

0　引言

综合货运枢纽作为物流设施集群和物流活动的核心组织，对于提升综合交通网络的效率和运输服务质量具有决定性作用。综合货运枢纽的可持续性对于构建交通强国、维护产业链和供应链稳定性以及推动经济高质量发展至关重要。

我国尚未建立一个完善的货运枢纽运行监测体系，无法全面掌握枢纽运行状态和运营成效，不利于实施精准政策和推动枢纽的高质量发展。尽管在货运车辆、港口、货运航班和运输价格等方面的监测已逐步完善，但针对综合货运枢纽的运行监测仍然不足。目前，枢纽运营普遍面临数据不明确、情况不清晰和数字不准确的问题。政府部门难以及时监测枢纽的运行状态和服务质量，也无法系统地掌握枢纽发展的限制因素和短板，这不仅影响了政府的精准施策和有效引导，也不利于在紧急情况下的国家应急调度，影响枢纽网络和设施潜力的有效发挥。对于企业而言，缺乏对区域内枢纽供给规模和服务质量的全面了解，可能会增加决策风险。

从政策要求来看，国家综合货运枢纽补链强链、交通物流保通保畅等国家重点工作中均提到了监测物流运行动态，并发布了重点关注指标。《关于支持国家综合货运枢纽补链强链的通知》中提到重点围绕运输能力、运输服务、运营机制、综合效率、经济效益等方面设置绩效目标，进行绩效跟踪监控，对绩效目标的实现情况进行线上动态跟踪、穿透监管，并对发现的问题及时督促整改。其中涉及综合货运枢纽运行情况指标有年货物吞吐量增长率(%)、多式联运年均增长率(%)、国际物流供应链服务情况、标准化运载单元使用率(%)、多式联运换装1小时完成率(%)、应用多式联运运单或提单的集装箱多式联运量(万TEU)。《交通物流运行动态监测管理暂行办法》提出要加强交通物流运行动态监测，指出日常时段主要监测分析各种运输方式以及重点枢纽运行动态，分析重点工作进展及存在问题，对重点数据变动情况进行分析说明。关于综合货运枢纽的指标，涉及铁路货物发送量(万t)、主要公路物流园区运行情况(万t)、重点监测港口吞吐量(万t)、集装箱吞吐量(万TEU)、主要集装箱港口国际集装箱船舶平均在港时间、主要国际航空口岸机场货邮运输量(t)等。

从标准规范来看，《物流园区绩效指标体系》(GB/T 37012—2018)、《物流园区统计指标体系》(GB/T 30337—2025)、《物流景气指数统计指标体系》(GB/T 30336—2013)等相关标准中的指标体系，均需要前期采集相关基础数据用以支持绩效评价、运营评估等能力。

本研究综合政策要求和标准要求，重点围绕枢纽运行规模、效率、效益构建统计指标体系，提出综合货运枢纽运行监测体系，旨在帮助政府及时了解枢纽的运行动态，提高政策制定的精准性，并促进政府管理从依赖经验向依赖数据的转变。同时，该体系也为企业优化经营决策、实现可持续发展提供了支持。

1　综合货运枢纽运行监测和信息平台发展现状

1.1　综合货运枢纽运行监测发展现状

目前，围绕综合货运枢纽运行监测方面的研究较少，一方面由于2022年才首次开展国家综合货

运枢纽补链强链工作，综合货运枢纽的内涵和概念才逐步明确，有关综合货运枢纽的相关研究仍以发展对策、布局规划等内容为主。另一方面，关于枢纽运行监测方面的研究主要集中在化工园区、港口码头等，围绕物流园区和货运场站的相关研究主要集中在运营服务评价等方面。因此，通过分析综合货运枢纽特点、不同类型园区运行监测方式、物流园区或货运场站运营服务评价[1]等方面，研究综合货运枢纽运行监测体系构建。

与物流园区、货运场站等概念不同，综合货运枢纽汇集2种及以上运输方式，强调不同运输方式的换装与衔接，重点依托铁路货运站、港口码头、机场货站等物流作业场所，提供跨方式一体化组织运营的现代物流服务[2]。因此，综合货运枢纽运行监测更侧重不同运输方式的衔接水平和组织效率。

交通物流领域中，港口码头运行监测技术体系相对成熟。Molavi等[3]开发了监测评价智慧港口运行情况的框架，并定义了智能港口指数，以评估智慧港口性能。也有学者针对德国汉堡港[4]和黄骅港[5]研究了基于信息系统串联港口运营中各个独立节点，实现员工、船舶、车辆和集装箱的识别，智能化监控节能减排等功能。由于安全和环保的需求，工业园区智慧化监测管理发展迅猛。朱云飞等[6]和李兴华等[7]均基于物联网等技术，分别建立工业园区和化工园区的生产环境监测系统平台。尽管有关综合货运枢纽的研究较少，但吴志伟等[8]基于数字孪生技术设计可视化系统，实现对铁路货运站箱区箱位管理、车辆管理、股道等场站资源监控管理，黄一帆等[9]围绕物流园区的统计监测指标体系做了详细的研究，为综合货运枢纽监测指标体系构建做了有效指引。

物流园区、货运场站是综合货运枢纽演变过程中的重要阶段，大量文献围绕其智慧化运营管理及服务质量评价开展研究。围绕铁路物流园区的智能化监管和运营评价体系研究较多[10–13]，为提炼运行监测统计指标体系提供了大量参考。其中，绿色化逐渐成为监管和评价的重要指标，骆明娅[14]从绿色化水平角度提出物流园区评价方法，为绿色化水平监测提供了依据。

1.2　综合货运枢纽信息平台发展现状

综合货运枢纽信息平台和智慧物流设施设备是依托物联网技术实现对国家综合货运枢纽运行有效监测的重要基础。据调查，约有67.1%的物流园区搭建了物流公共信息平台，可实现数据交换、信息发布、货物跟踪、库场管理等基本功能，但能实现园区作业监控等相关功能的还较少。约68.3%的物流园区配备了智慧物流设施设备，其中84.4%的园区配备了智慧闸口，42.0%的园区配置了自动分拣设备，38.8%的园区配置了智能停车系统，但64.5%的园区仅配备了1~2项智慧物流设施设备。总体来看，现有物流园区有信息化、智能化设施基础，对自动化监测运行情况有需求且大多处于空白，因此围绕物流园区开展基于物联网技术的运行监测体系研究具有可行性和实际意义。

综合货运枢纽信息系统是支撑枢纽高效运作的核心技术体系。据《物流技术》2024年数据显示，智能仓储系统的使用率已达到35%；《中国数字化仓储发展报告(2024)》显示，我国仓储业具备物联网基础能力的仓库占比为39%，但具有初步平台化服务能力的仓库占比只有9%。运输管理系统和能源管理系统主要集中在大型物流园区，如京东的亚洲一号物流园、顺丰的鄂州花湖机场等。总体来看，我国综合货运枢纽信息系统的建设仍处于起步阶段，未来仍有较大发展空间。

数据交互是推动综合货运枢纽高效运营、优化资源配置、提升服务质量的关键。随着物联网技术和通信技术在综合货运枢纽的广泛应用，数据交互技术基础逐步完善，一些大型物流园区或处于试点城市的物流园区已经取得了一定的数据交互成果。尽管技术不断进步，但信息孤岛现象仍然存在，数据治理能力依然不足，安全与隐私问题日益突出。2025年，国家发展和改革委员会启动了物流数据开放互联试点工作，旨在破除信息孤岛，建立多层次的物流数据开放互联机制，并推动物流数据分类及交换应用标准的建立。《物流园区数字化通用技术要求》(GB/T 44459—2024)、《智能物流园区–信息系统–参考架构》(T/CESA1104—2020)、《智慧物流园区信息化系统建设指南》(DB23/T 3825—2024)等国家、团体、地方标准逐步出台。

2　综合货运枢纽运行监测统计指标体系

2.1　运行监测统计指标体系层级

研究将综合货运枢纽分为公铁联运型、铁水联运型、水水联运型和陆(公)空联运型4种，构建的综合货运枢纽运行监测统计指标体系分为3个层级。第1层分为枢纽基本信息、枢纽运营状态信息–规模方面、枢纽运营状态信息–效率方面、枢纽运营状态信息–效益方面；第2层主要根据综合货运枢纽的类型确定，其中共有统计指标是指所有类型的综合货运枢纽都需要统计的指标，其他二级指标是根据综合货运枢纽类型有选择地进行统计，例如公铁联运型货运枢纽需要统计有关公路和铁路的统计指标；第3层是具体的统计指标，共计60个。综合货运枢纽运行监测统计指标体系如图1所示。

2.2　运行监测统计指标体系分析

综合货运枢纽运行监测统计指标说明及统计数据采集要求如表1所示。

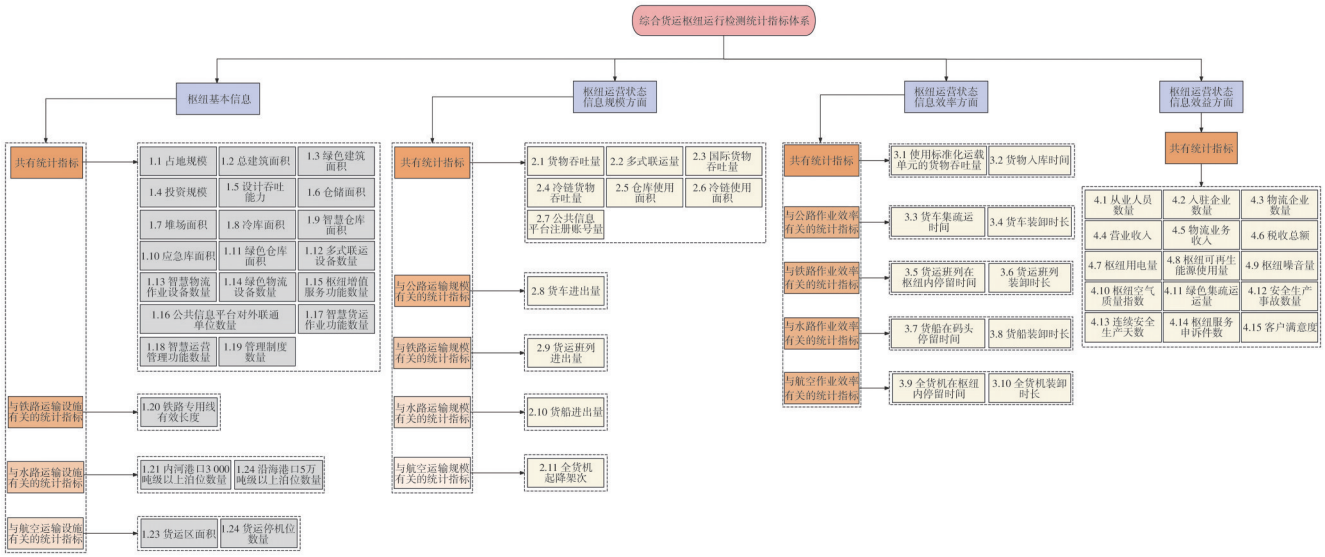

图1　综合货运枢纽运行监测统计指标体系

Fig.1　Indicator system for operation monitoring and statistics of integrated freight hubs

表1　综合货运枢纽运行监测统计指标说明及统计数据采集要求

Tab.1　Explanation and data collection requirements for operation monitoring and statistical indicators of integrated freight hubs

序号	监测数据	指标说明	指标数据采集要求
1.1	占地规模，m^2	枢纽已完成建设，可投入运营的占地面积	静态指标，企业直报；初始采集1次，监测期如有变动更新即可
1.2	总建筑面积，m^2	枢纽已完成的各类建筑物规模	
1.3	绿色建设面积，m^2	采用绿色建筑设计的建筑物规模	
1.4	投资规模，万元	枢纽已完成投资规模	
1.5	设计吞吐能力，t/a	设计年度枢纽货物吞吐能力	
1.6	仓储面积，m^2	枢纽内可投入使用的仓库建筑面积	
1.7	堆场面积，m^2	枢纽内可投入使用的堆场面积，包括散货堆场面积、集装箱堆场面积	
1.8	冷库面积或库容，m^2(m^3)	枢纽内可投入使用的各类冷库的建筑面积或库容	
1.9	智慧仓库面积，m^2	枢纽内可投入运营的，能实现智慧仓储作业、仓储管理的仓库建筑面积	
1.10	应急库面积，m^2	各级政府在枢纽内设立的应急物资储备库的总建筑面积	
1.11	绿色仓库面积，m^2	枢纽内已获得绿色仓库认证的仓库面积	
1.12	多式联运设备数量，台(套)	枢纽内可投入使用的多式联运换装设备数量，包括桥(门)式起重机、正面吊、跨运车等	
1.13	智慧物流作业设备数量，台(套)	枢纽内可投入使用的，能实现智能化物流作业的设备数量，包括自动分拣、仓储、装卸、转运、吊装设备，自动(无人)运营及配送设备等	
1.14	绿色物流设备数量，台(套)	枢纽内可投入使用的新能源设备数量，包括新能源装卸设备、光伏发电设备、充(换)电设备、氢气制储加设备等	
1.15	枢纽增值服务功能数量，个	枢纽可实现或可提供的非传统物流作业功能数量，包括保税、物流金融、物流供应链、商务办公、车辆维修、司机之家、购物休闲等	

续表

序号	监测数据	指标说明	指标数据采集要求
1.16	公共信息平台对外联通单位数量，项	枢纽公共信息平台对外联通或能与之信息共享的政府部门数量，如海关、税务、商务、海事、运管、公安、市场监管等	
1.17	智慧货运作业功能数量，个	枢纽可实现的智慧化生产作业功能数量，包括智慧货车调度、月台管理、仓储管理、换装等	
1.18	智慧运营管理功能数量，个	枢纽可实现的智慧化管理功能数量，包括智慧化决策管理、人员管理、车辆管理、安防管理、消防管理、环境监测、能源监测、应急响应等智慧服务	
1.19	管理制度数量，项	枢纽已制定的管理制度数量，包括：运营管理制度、入驻企业管理制度、安全与应急管理制度、统计管理制度、信息管理制度和节能环保制度	
1.20	铁路专用线有效长度，m	枢纽内铁路线路全长范围内可以停留机车车辆而不妨碍邻线行车的部分	
1.21	内河港口3 000吨级以上泊位数量，个	适宜建设各类型3 000吨级及以上泊位的内河港口数量	
1.22	沿海港口5万吨级以上泊位数量，个	适宜建设各类型5万吨级及以上泊位的沿海港口数量	
1.23	货运区面积，m^2	用于航空货运处理及运营办公业务的区域，包括货运站、货机坪、货物停放坪、停车场、道路交通系统等基础设施	
1.24	货运停机位数量，个	机场内专门用于停放货运飞机的停机位的总数	
2.1	货物吞吐量，t(TEU)	枢纽实际进出货物量之和，如全为集装箱，可按标准箱(TEU)折算	
2.2	多式联运量，t(TEU)	枢纽通过多式联运完成的货物量。公铁联运枢纽为集装箱量；陆空联运枢纽为卡车航班和空铁联运量(若有)之和；铁水联运枢纽为港口绿色集疏港(铁路、水路、封闭式皮带廊道、清洁能源车辆)运量之和；水水联运枢纽为内河与海港联运量之和	动态指标，每日自动采集
2.3	国际货物吞吐量，t(TEU)	枢纽进出货物中，国际货物量之和，包括：国际铁路量、外贸集装箱量、国际道路运输量、国际航空货邮吞吐量、国际海运货运量之和	
2.4	冷链货物吞吐量，t(TEU)	采用冷链物流方式的货物量之和	
2.5	仓库使用面积或库容，m^2(m^3)	枢纽内已被使用的各类仓库面积或库容	动态指标，企业直报；按季度采集
2.6	冷链使用面积或库容，m^2(m^3)	枢纽内已被使用的冷库面积或库容	
2.7	公共信息平台注册账号量，个	枢纽对外公共信息平台已注册的账号数量	动态指标，每日自动采集
2.8	货车进出量，辆	进出枢纽各类货车数量。根据《汽车、挂车及汽车列车的术语和定义第1部分：类型》(GB/T 3730.1—2022)，参照关于汽车、载货汽车以及挂车的定义，以是否有动力驱动作为进出枢纽的车辆统计的标准	动态指标，每日自动采集，每一个运载设备都采集
2.9	货运班列进出量，列	进出枢纽的货运班列数量。班列指按照固定车次、线路、班期、全程运输时刻开行的铁路快运货物列车，按照铁路95306网班列类型进行统计	
2.1	货船进出量，艘	进出枢纽的货船数量。货船进出港具体统计范围依据《船舶进出港报告管理办法》确定	
2.11	全货机起降架次，次	枢纽全货机起降架次次数。全货机起降架次统计标准参照《中国民用航空机场生产统计实施办法》(民航局令第16号)	
3.1	使用标准化运载单元的货物吞吐量，t	进出枢纽的货物中，采用标准化运载单元(标准化集装箱、周转箱、托盘)的货物量	
3.2	货物入库时间，h	货物从运载设备上全部卸下到全部入库的时间	
3.3	货车集疏运时间，h	每辆公路货运车辆在枢纽内的停留时间	
3.4	货车装卸时长，h	每辆货车的货物装卸时间	
3.5	货运班列在枢纽内停留时间，h	每列货运班列在枢纽内的停留时间	
3.6	货运班列装卸时长，h	每列货运班列的货物装卸时间	
3.7	货船在码头停留时间，h	每艘货船在码头停留时间	
3.8	货运船舶装卸时长，h	每艘货船货物装卸时间	
3.9	全货机在枢纽内停留时间，h	每架全货机在枢纽内停留时间	
3.10	全货机装卸时长，h	每架货机货物装卸时间	
4.1	从业人员数量，人	枢纽管理单位及入驻企业在枢纽内工作的人员数量之和	动态指标，企业直报；按年度自动采集
4.2	入驻企业数量，个	枢纽入驻企业总数	
4.3	物流企业数量，个	枢纽入驻企业中物流类企业数量	

续表

序号	监测数据	指标说明	指标数据采集要求
4.4	营业收入，万元	枢纽经营实体及入驻企业在一定时期内从事生产、经营活动和提供劳务技术服务所得的营业收入，包括物业服务收入、物流业务收入、金融物流服务收入、商品贸易收入、加工制造收入等	
4.5	物流业务收入，万元	枢纽经营实体及入驻企业通过物流业务活动所取得的收入之和。物流业务活动包括运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息服务等	
4.6	税收总额，万元	枢纽经营实体及入驻企业在一定时期内从事生产、经营活动和提供劳务技术服务所缴纳的税收总额	
4.7	枢纽用电量，kW·h	枢纽经营实体及入驻企业用电总量	动态指标，每日自动采集
4.8	枢纽可再生能源使用量，kW·h	枢纽经营实体及入驻企业自行利用可再生能源发电的使用总量。可再生能源为自然界中可以不断再生并有规律地得到补充或重复利用的一次能源，包括太阳能、水能、生物质能、地热能、氢能、风能、波浪能以及海洋表面与深层之间的热循环等非化石能源	
4.9	枢纽噪声量，声级	枢纽内的噪声量大小	
4.10	枢纽空气质量指数	通过分析枢纽内PM_{10}和$PM_{2.5}$等各种污染物的24小时平均浓度得出	
4.11	绿色集疏运运量，t(TEU)	通过绿色运输方式进出枢纽的货运量。绿色运输方式包括新能源货车、铁路、水运、封闭式皮带廊道等方式	
4.12	安全生产事故数量，件	枢纽发生安全生产事故的件数	动态指标，企业直报，按年度采集
4.13	连续安全生产天数，天	枢纽连续安全生产天数最大值	
4.14	枢纽服务申诉件数，件	入驻企业、社会客户对枢纽管理机构和社会客户对入驻企业的投诉件数	
4.15	客户满意度，%	枢纽入驻企业对枢纽经营实体相关服务质量满意程度和物流客户对枢纽入驻企业相关服务满意程度的平均值	

3　综合货运枢纽运行监测数据获取

3.1　运行监测数据获取的基本架构

研究构建的国家综合货运枢纽运行监测指标体系，涵盖枢纽基本信息与运营状态信息。枢纽基本信息作为静态指标，在监测初期采集并仅在变动时更新。动态指标主要依赖自动化采集，根据需求设定不同采集频率。为实现高效数据采集，深入研究动态指标获取方式，提升数据采集自动化与效率。

动态指标的自动化采集依托综合货运枢纽智慧化生态体系，该体系由物联网技术支持，分为感知层、网络层、数据层及应用层。感知层通过物联网技术识别枢纽设施，采集设备运行信息，转换为数字信号传输至网络层。枢纽内常用的感知设备有RFID电子标签、地磅、岸磅、铁路轨道衡、激光雷达检测器等。网络层利用物联网、互联网等技术，将感知层采集的数据处理并传输至数据层，确保数据高效传递。例如，5G适用于枢纽内高实时性需求，如视频监控采集等；NB-IoT适合低功耗广覆盖场景，如环境监测等需求。数据层负责存储与处理信息，支持资源调度，基于云计算等技术提升数据价值。例如，应用边缘计算处理实时数据，利用区块链技术解决数据溯源与安全，对多源异构数据进行标准化处理等。应用层则基于前述层级，构建应用平台，满足不同用户需求，并通过交互界面集成数据资源，实现枢纽运行状态的实时监控，构建不同功能模块。以采集公路货车为例，地磅可以采集货车的质量数据和进入地磅系统的时间，视频设备可以采集车牌号数据和车辆外形数据，这些数据通过网络层上传到数据层，数据层对不同来源、不同类型的数据进行处理，通过计算得到相应指标，通过平台层进行可视化。

综上，通过分析综合货运枢纽运行监测数据获取的基本架构，阐述运行数据获取的基本原理，为分析不同指标获取方式提供基本实现路径。运行监测数据获取基本架构如图2所示。

3.2　监测数据获取的应用技术

在监测综合货运枢纽运行情况时，物联网技术发挥着至关重要的作用。实现智能监控的核心技术主要包括图像处理技术、光学字符识别技术(OCR)、无线射频识别技术(RFID)，以及条形码或二维码技术。

图像处理技术通过计算机视觉对采集的图像或视频进行编码、变换、滤波和识别，广泛应用于车辆、人员和货物信息的识别[15]。OCR技术则专门用于从图像中自动识别和提取文本，通过图像处理和模式识别算法，将文字转换为可编辑、可查询的文本

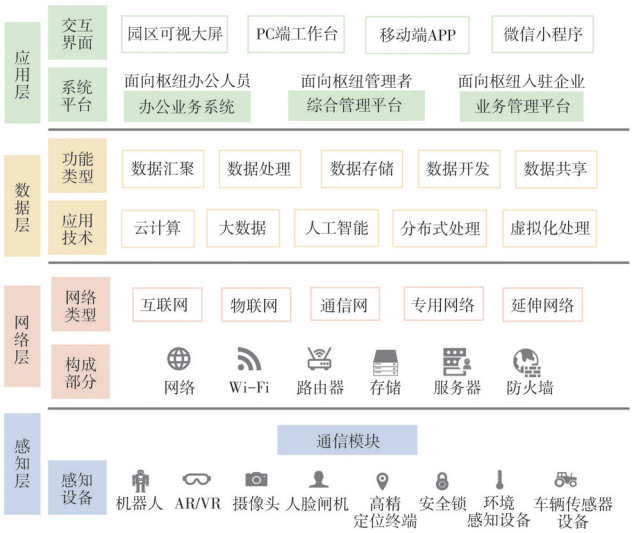

图2　运行监测数据获取基本架构

Fig.2　Basic framework for acquiring operation monitoring data

格式，在自动录入文件信息、车牌号、货柜号等识别中得到广泛应用。

RFID技术利用无线电信号来识别目标并读取其中的数据，系统通常由电子标签、读写器和应用软件组成，在道闸管理、仓库管理和集装箱信息识别等场景中发挥着重要作用，通过电子标签内的信息实现对目标物体信息的监测[16]。

条形码和二维码技术则通过光学扫描设备读取图形编码，转换为数字或文本信息。二维码相比于条形码具有更大的信息容量和更丰富的数据存储，尽管识别速度可能较慢，但提供了更为强大的信息编码能力。

这些技术在数据采集方面各有优势和局限。图像处理和OCR技术在处理静态图像和文本识别方面表现出色，而RFID和条形码/二维码技术则在物品追踪和管理方面更为高效。在实际应用中，需根据业务需求和枢纽设施条件，综合考虑技术的选择和应用，以实现运行监测数据的智能化采集。

3.3　监测数据获取的具体方案

在60个枢纽运行监测统计指标中，有25个指标采用基于物联网技术的自动化监测方法，其余指标采用企业直报的方式进行监测。重点分析以下25个指标的自动化数据采集方法，并按照运输方式，分为共有统计指标、与公路有关的统计指标、与铁路有关的统计指标、与水路有关的统计指标、与航空有关的统计指标。

3.3.1　共有统计指标

（1）货物吞吐量。本项目主要围绕公铁联运型、铁水联运型、水水联运型和陆(公)空联运型综合货运枢纽进行研究，因此对于每种类型的综合货运枢纽而言，可取枢纽内不同运输方式货运量中的最大值，将其作为该枢纽的货物吞吐量。

在监测公路端货物吞吐量时，通常采用地磅系统。当货车进出枢纽时，道闸系统自动获取车辆信息，并连同司机上传的磅单照片一起汇集到系统平台。货车一般在入库区卸货前和出库区装货后进行称重，车辆上磅后，地磅系统会自动记录并上传货车质量信息，同时触发车辆信息采集系统收集称重车辆的车牌号、车辆类型等信息。货车根据系统提示完成称重，并将车辆基本信息自动传输至系统平台。系统平台根据获得车辆类型分析货车空车质量，用采集的货车质量减去空车质量便可得货重数据。同时，根据车辆信息匹配磅单信息，将计算得到的货重数据与磅单信息进行比对，若两者在误差范围内则以实际采集的数据为准记录在系统中，若超出误差范围则会提醒仓库管理人员，对货物信息进行校核，并将校核过的数据记录在系统中。

在监测铁路端货物吞吐量时，可采用2种方式。一种是基于货票信息采集货物质量。铁路货运系统将进站列车上的货物信息与进站时间关联起来，通过读取车辆上的电子货票信息或基于OCR技术提取纸质铁路运单信息，获得货重信息。通常一列列车包含多个运单，将所有运单的货重加在一起即为该列列车进出枢纽的货重。另一种是基于轨道衡采集货物质量。轨道衡通过将火车传递来的压力信号转换为电信号，计算货物质量。

在监测水路端货物吞吐量时，主要采用岸磅进行称重。岸磅类似于公路地磅系统，通常置于码头前沿卸货区或仓库入口，通过装卸设备将货物放置在岸磅上进行称重，并上传至码头管理系统。码头管理系统通常将上传来的货重信息与对应货船的舱单信息进行对比，若在误差范围内则以实际采集的数据为准记录在系统中，若超出误差范围则会进行核实，并将校核过的数据记录在系统中。

在监测航空端货物吞吐量时，主要采用2种方式。一种是采用地磅进行称重，与公路地磅类似；一种

是采用集装器自身的称重装置进行称重，这2种数据都可传输给机场货运管理系统。同时为保障飞行安全和性能，机场通常采用平衡配载系统进行配载，因此依托配载系统也可采集全货机的货物质量。

此外，若综合货运枢纽内货物全部采用集装箱运输，则可通过集装箱识别技术采集公路端和铁路端进出枢纽的集装箱数量。集装箱数量识别一般采用集装箱图像识别系统、RFID、条形码或二维码识别技术3种不同方法。集装箱图像识别系统是目前枢纽最常用的识别方法之一，基于高清摄像头，提取集装箱箱体上的编码和类型代码，折算成标准箱统计数量[17]。通过集装箱信息与铁路运单绑定，检查识别准确性，并将空集装箱排除在外。采用RFID技术可为集装箱赋予唯一身份码，记录集装箱及载货信息，通过非接触式读取，实现高效信息传输，精准统计标准箱量[18]。《集装箱自动识别》(GB/T 17894—2023)明确了RFID自动识别标准、操作流程等内容。类似地，条形码/二维码技术采用光学扫描读取集装箱信息，《集装箱二维码通用技术规范》(JT/T 1441—2022)为集装箱智能化管理提供技术规范。

综上，综合货运枢纽货物吞吐量为进出枢纽的货物质量之和或集装箱数量之和。

（2）多式联运量。依托枢纽物流管理系统统计多式联运量是较为便捷、准确的方式之一，系统通过接收不同运输方式的运单信息、装卸记录等，匹配不同运输方式的货物信息，从而计算出多式联运量。但目前，很少有综合货运枢纽能实现上述功能。因此，可采用3种方式进行统计，一是统计不同运输方式转运、交接区域内的货运量，从而计算多式联运量；二是取枢纽内不同运输方式货运量中的最小值，将其作为该枢纽的多式联运量；三是除陆(公)空运输外，其余类型多式联运可统计集装箱吞吐量作为多式联运量。

（3）国际货物吞吐量。监测综合货运枢纽国际货运量的方式与监测货物吞吐量类似，区别在于需要在统计货物吞吐量的基础上识别不同运输方式的国际货运量，同时需要与海关查验的实际货物数据进行校核。

监测国际道路运输量时，若公路运单的起讫点有一端在境外，则将识别的货运量或通过地磅系统计算的货重数据记录在系统的国际道路运输量中。由于国际道路运输缺乏统一的运单格式，一般通过公路运单或国际道路运输单证进行监测。国际道路运输单证遵循《国际道路运输电子单证格式 第1部分：货物运单》(JT/T 931.1—2014)标准，该标准规定了电子单证的格式，但目前采用国际道路运输电子单证的运输企业较少，因此还需以采集公路运单信息为主。此外，若国际道路运输采用TIR运输，也可通过TIR单证获得货物质量。

监测国际铁路货运量时，通常采用OCR技术识别国际铁路联运运单，然后基于轨道衡或集装箱识别系统计算国际铁路联运运单对应的货物质量或集装箱数量。

监测国际海运量时，通常基于舱单信息识别国际货物，再利用岸磅或集装箱识别系统对识别出来的国际货物进行统计。其中舱单是海关对进出口船舶所载货物进行监管的重要依据。

监测国际航空货运量时，同样也是基于舱单信息识别国际货物，再利用地磅或集装器称重系统对识别出来的国际航空货物进行统计。

综上，国际货物吞吐量为枢纽内各种运输方式国际货运量之和。

（4）冷链货物吞吐量。在缺乏统一的冷链运单规范标准的情况下，监测综合货运枢纽的冷链货物吞吐量通常基于冷库的出入库数据。通过仓库管理系统，利用RFID或条形码技术，自动化地统计货物的进出库情况。入库时，货物附上电子标签或条码，通过读写器或扫描仪，实现信息自动上传至系统平台，从而记录货物出入库时间和数量，计算冷链货物每日吞吐量。

（5）公共信息平台注册账号量。公共信息平台，作为服务于运输企业、个体司机及货主单位等多元用户的核心工具，集成了交易管理、物流仓储和金融质押等多项智能服务功能。通过平台后台数据库的数据分析，可以获取用户注册账户的总量，从而对枢纽的服务效果进行定量评估。

（6）使用标准化运载单元的货物吞吐量。综合货运枢纽内常用的标准化运载单元包括集装箱、托盘等，针对集装箱货物吞吐量的统计方法已在前文详细阐述，这里仅说明托盘货物吞吐量的统计方

法。目前，自动化监测托盘货物吞吐量主要依托托盘管理系统，托盘标签与载货信息绑定，当托盘装载货物进出枢纽时，通过RFID技术和条形码或二维码识别托盘上的标签便可自动读取货物质量等信息，从而获得托盘运输的货物吞吐量。

（7）货物入库时间。与监测冷链货物吞吐量的方法类似，采集货物入库时间主要依托仓库管理平台，基于RFID技术和条形码技术，将货物出入库信息自动上传至仓库管理系统，记录货物出入库时间、货品名称、货物单号等信息，取每次入库时间的平均值作为该指标的每日数据样本。

（8）枢纽用电量。综合货运枢纽可采用智能电表采集枢纽每日用电量，智能电表可准确计量枢纽的电能使用情况，通过网络通信技术，将电能使用情况上传到枢纽能源管理系统平台，实现自动化采集枢纽 每日用电量情况。

（9）枢纽可再生能源使用量。当枢纽内建设了新能源发电设施，则可通过智能电表或综合能源监测系统获取枢纽新能源发电设施的发电量、上网电量数据，2个数据之差即为枢纽绿电使用量。若枢纽新能源发电全部自用，则发电量为枢纽绿电使用量。若枢纽未建设新能源发电设施，则可通过绿电交易购买消费绿电，获得绿色电力消费和购买证书，证书可明确枢纽的绿电消费量；也可通过绿证交易，声明枢纽绿电使用量。

（10）枢纽噪声量。综合货运枢纽可依托环境监测系统对噪声进行实时监测，监测枢纽噪声可在枢纽内布置多个噪声监测点，重点布局在噪声敏感区，例如办公区、业务办理区、人员休息区等，采用高精度声学传感器24小时不间断地采集环境噪声数据，并通过数据采集器将声音信号转换为数字信号，上传到环境监测系统。采集数据一般用统计噪声级或等效连续A声级表示。

（11）枢纽空气质量指数。枢纽空气质量监测系统通常采用分布式传感网络，在枢纽关键位置部署空气质量监测站点，空气质量监测传感器一般包括PM_{10}和$PM_{2.5}$等污染物的传感器，采用β射线法、振荡天平法、化学发光法等监测技术，对不同污染物进行监测。不同站点采集的不同污染物浓度数据，将实时上传至环境监测系统，系统取各种污染物的24小时平均浓度作为每日枢纽空气质量指数。

（12）绿色集疏运运量。研究的绿色运输方式包括新能源货车、铁路等方式。因此，绿色集疏运运量可基于“货物吞吐量”采集方法，计算新能源货车和铁路货运量。

（13）客户满意度。公共信息平台中汇集了运输企业、个体司机、货主单位等各种枢纽服务的用户，因此在公共信息平台中可增加客户满意度模块，可自动统计入驻企业对枢纽经营实体相关服务质量满意程度和物流客户对枢纽入驻企业相关服务满意程度，取平均值作为枢纽最终客户满意度。

3.3.2　与公路有关的统计指标

公路端运行监测数据采集主要依托道闸系统和枢纽系统管理平台。货车进出枢纽时，道闸系统基于高清摄像头或电子标签读取器采集货车车辆信息，包括车牌号、集装箱号等，并与系统平台中的运输计划进行匹配验证。与公路有关的统计指标统计技术路线图如图3所示。

（1）货车进出量。当货车信息与运输计划匹配

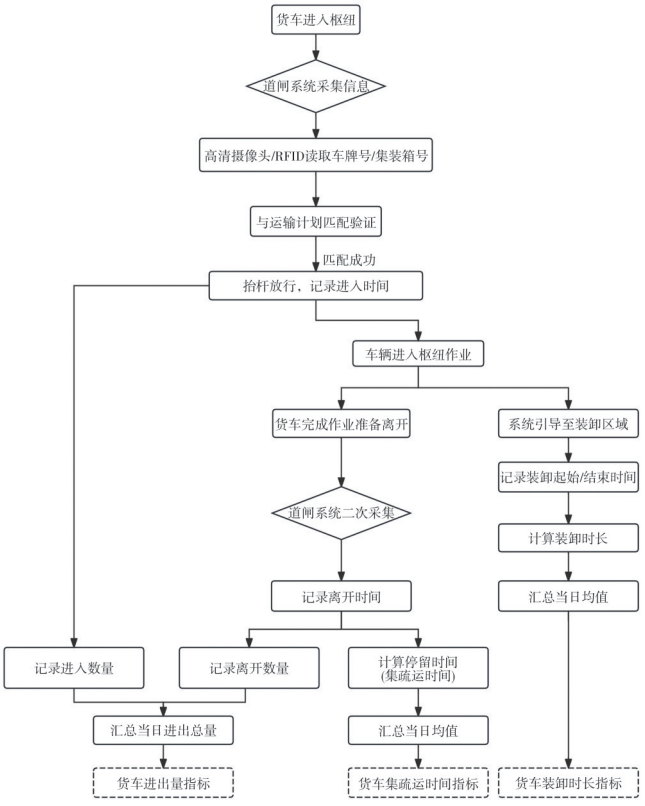

图3　与公路有关的统计指标统计技术路线图

Fig.3　Statistical technical roadmap of statistical indicators related to highways

成功后，道闸系统将抬杆放行，通过LED屏和语音提示引导车辆通行，并记录货车进出信息，从而得到每日货车进出数量。货车进出量为进入枢纽的货车数量与驶出枢纽的货车数量之和。

（2）货车集疏运时间。货车进出枢纽时，道闸系统会记录车辆进出时间，从而得到货车在枢纽内停留时间。取每日每辆货车在枢纽内停留时间的均值，得到枢纽日均货车集疏运时间。根据现有规定，货车在铁路货站内集疏运的时间一般不超过30 min。

（3）货车装卸时长。基于道闸系统采集货车关键信息，与系统内的运输计划匹配，以确定装卸位置。随后，系统引导车辆至指定区域，并记录装卸的起始与结束时间。取每日每辆货车装卸时长的均值，得到枢纽日均货车装卸时长。

3.3.3　与铁路有关的统计指标

由于铁路运输具有较强的计划性，因此铁路端运行监测数据采集主要依托铁路部门提供的货运管理系统。该系统可查询到运单货物基本信息、货物运输状态、车辆及设备信息、运输费用及票据、车站及线路信息等，便于枢纽采集铁路货运信息。与铁路有关的统计指标统计技术路线图如图4所示。

（1）货运班列进出量。依托铁路货运管理系统中的运输计划，可记录进出枢纽的货运班列数量。此外，根据货站入口处的轨道衡系统和出站信号系统，也可记录进出枢纽的货运班列数量。货运班列进出量为进入枢纽的班列数量与驶出枢纽的班列数量之和。

（2）货运班列在枢纽内停留时间。一种方式是通过铁路货运管理系统查询货运班列预计到达和离开货站时间，采集货运班列在枢纽内计划停留时间。另一种方式是当货运班列进入货站时，会触发车站入口的轨道衡系统记录时间和股道信息，并与班列的车次、车号等信息绑定。当班列从货站出发时，出站信号系统会再次记录时间，并与班列的车次、车号等信息绑定。由此，可计算货运班列在枢纽内停留时间。取每日每列班列在枢纽内停留时间的均值，得到枢纽日均货运班列停留时间。

（3）货运班列装卸时长。一种方式是获取班列的计划装卸时长，可通过铁路货运管理系统获得。另一种方式是获得实际装卸时长，一是可通过与装卸设备控制系统进行通信，获取设备工作运行状态，从而记录装卸时间；二是可通过获取货物电子标签扫描时间，记录第一个和最后一个货物扫描时间，得到货运班列装卸时长。取每日每列班列装卸时长的均值，得到枢纽日均货运班列装卸时长。

3.3.4　与水路有关的统计指标

水路端主要包括内河运输和海上运输，其运行监测数据采集主要依托码头生产操作系统和船舶自动识别系统。通过上述系统，可监控船舶信息、货物信息、设备资源信息、作业进度与统计等信息，便于枢纽采集水路运输信息。与水路有关的统计指标统计技术路线图如图5所示。

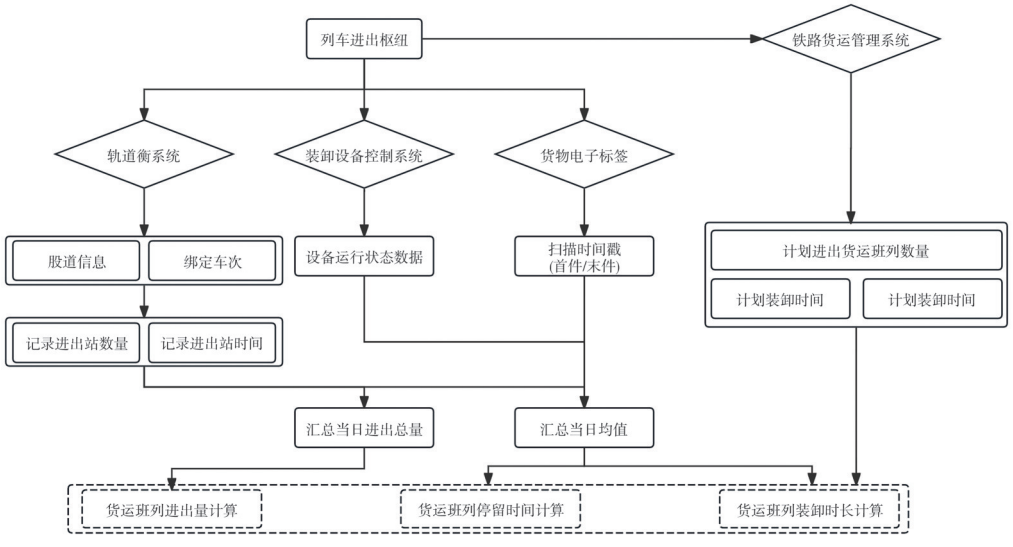

图4　与铁路有关的统计指标统计技术路线图

Fig.4　Statistical technical roadmap of statistical indicators related to railways

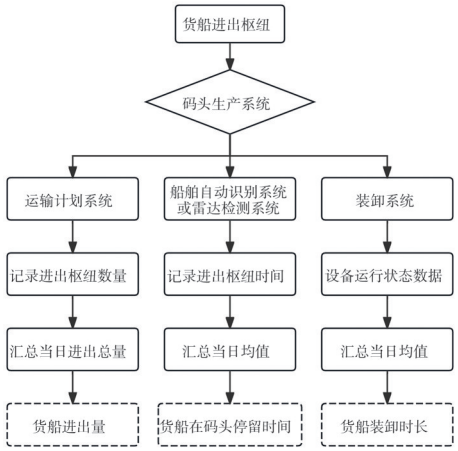

图5　与水路有关的统计指标统计技术路线图

Fig.5　Statistical technical roadmap of statistical indicators related to waterways

（1）货船进出量。根据码头生产操作系统中的运输计划，记录进出枢纽的货船数量。若有与运输计划不一致的情况，则根据实际情况人工调整。货船进出量为靠泊码头的货船数量与离泊码头的货船数量之和。

（2）货船在码头停留时间。码头生产操作系统通过船舶自动识别系统或雷达监测系统采集船舶动态信息，根据船舶位置和速度信息，判断货船靠泊状态。当船速下降趋近于零且与泊位距离缩小到一定范围时，确定靠泊时间。当船舶离开泊位一定距离，且航速逐渐增加时，记录为离泊时间，从而计算货船在码头停留时间。每日取每艘货船在码头停留时间的均值，得到枢纽日均货船停留时间。

（3）货船装卸时长。码头生产操作系统可以对码头装卸业务进行全面管理。在货物装卸前，码头生产操作系统收到船舶货物装卸计划，系统通过与装卸设备(如起重机、叉车、传送带等)的控制系统进行通信，获取装卸设备工作状态，从而获得装卸工作开始和结束时间，计算货船装卸时长。取每日每艘货船装卸时长的均值，得到枢纽日均货船装卸时长。

3.3.5　与航空有关的统计指标

由于航空运输对运输安全性和时效性要求较高，因此航空运输的信息化建设程度相对较高。依托机场各类设施设备和系统平台，可实现对全货机运行情况全面监控。与航空有关的统计指标统计技术路线图如图6所示。

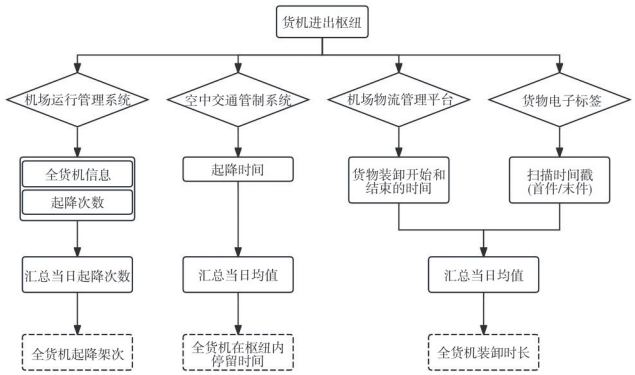

图6　与航空有关的统计指标统计技术路线图

Fig.6　Statistical technical roadmap of statistical indicators related to aviation

（1）全货机起降架次。依托机场运行管理系统，可实时采集全货机起降信息，包括全货机信息、起降时间等，有效记录枢纽日均全货机起降次数。

（2）全货机在枢纽内停留时间。空中交通管制系统可精确记录飞机着陆和起飞时间，通过该系统可准确地计算全货机在枢纽内停留的时间。取每日每架全货机停留时间的均值，得到枢纽日均全货机停留时间。

（3）全货机装卸时长。依托机场物流管理平台，基于视频识别技术处理装卸区域监控摄像头回传的视频，记录货物装卸开始和结束的时间，计算货物装卸时长；同时，也可读取货物上的电子标签，通过记录第一个和最后一个货物的电子标签扫描时间，计算货物装卸时长。取每日每架全货机装卸时长计算平均值，便可得到枢纽日均全货机装卸时长。

4　综合货运枢纽运行监测体系的必要性和可行性分析

通过上述分析，综合货运枢纽最显著的特征是涵盖多种运输方式，占地规模、作业量较大，需借助新一代信息技术全面掌握综合货运枢纽运行状态，为评估枢纽运行能力、效率，优化作业流程，提高枢纽服务能力，充分发挥经济社会效益奠定基础。目前我国智能化程度较高的综合货运枢纽还较少，以智能化水平较高的顺丰鄂州花湖机场为例，阐述基于物联网技术监测枢纽的必要性。

一是布设物联网设备和信息系统是为了全面监测综合货运枢纽运行状态。不同交通运输方式监测要求不同，综合货运枢纽运行监测更侧重枢纽内运

行状态监测，侧重枢纽内货物的实时流转、仓储空间利用、不同运输方式衔接、运行环境环保安全等的具体情况信息。鄂州花湖机场是中国首个从规划设计阶段就全面融入物联网理念的专业货运机场。从跑道到整个机场的宏观运行，从单一货物的处理流程到整体物流网络的协同优化，均依托枢纽内物联网监测体系。通过将物理世界的运行状态数字化映射到虚拟系统，枢纽可以看到场内所有航班、人员、车辆的实时动态，3 800多万个构件和10亿多条信息在云端汇集，实现了“所见即所得”的运维管理。

二是有助于打破不同运输方式之间的数据壁垒，实现多式联运的无缝衔接和高效协同。综合货运枢纽是衔接多种运输方式物流中转场所，实现多式联运的高效协同是其核心功能之一。鄂州花湖机场通过构建覆盖空运、陆运的协同决策平台，整合来自机场、空管、航空公司、公路货运中心等不同主体的孤立数据，搭建智能转运系统，既能查看来自空管的航班动态信息，也能追踪公路货运车辆的行驶轨迹，实现了航空与公路运输的无缝衔接。同时，其平台还具有强大的扩展性，当未来开通铁路、港口等多种交通运输方式时，可以添加相应数据接口模块，实现与现有系统的无缝集成。

三是有助于优化资源配置，提升安全管理水平。综合货运枢纽内的资源包括仓储空间、装卸设备、运输工具等。通过物联网设备和信息系统，可以实时获取这些资源的使用情况和状态信息。花湖机场通过部署智能资源管理系统，实现了停机位、装卸设备、仓储空间和人力资源的精准匹配与动态调配。系统能够根据航班时刻、货物类型、处理优先级等多重因素，自动生成最优资源分配方案。同时，综合货运枢纽内人员和车辆流动频繁，货物种类繁多，存在着各种安全隐患。花湖机场在关键设备上安装振动、温度、电流等传感器，结合AI算法分析设备运行状态的变化趋势，实现故障早期预警和精准维护规划。

综合货运枢纽需要有明确的物理边界，包含多种运输方式，但总体上仍可以通过对各个功能区域的明确划分和标识来确定物理边界，从而为整个综合货运枢纽运行监测提供明确的空间范围。此外，综合货运枢纽需要特定的管理主体来负责其日常运营和管理，这对于建立运行监测体系也是至关重要的。管理主体可以通过制定相关政策和制度，鼓励各方共享数据和信息，打破不同运输方式之间的数据壁垒，实现多式联运的无缝衔接和高效协同。

5　结论

本研究以国家综合货运枢纽为研究对象，基于政策文件、标准体系、学术文献等研究成果分析综合货运枢纽运行监测指标构建的具体内容。研究将监测指标划分为静态和动态两大类，并为动态指标设计了数据采集的基本架构及频率。进一步地，探讨了物联网技术在物流领域的应用，详细分析了动态指标数据自动化获取的方法和流程。

研究表明以下几点。①国家综合货运枢纽的运行监测需要依赖于枢纽内构建的智慧化生态体系。该体系通过整合物联网、大数据、云计算和人工智能等技术，实现对枢纽内资源和流程的全面感知、精准识别、实时跟踪和智能决策，为自动化监测提供技术基础和数据处理能力。②物联网技术是实现枢纽运行实时监测的关键技术。通过传感器、RFID标签等设备，物联网技术能够对物流园区内的人、车、货物和设施进行实时监控和数据采集，为自动化监测提供基础数据。③信息系统平台是获取枢纽运行数据的重要媒介之一，枢纽内依托物联网设备采集的数据信息需要汇集到统一平台，不同运输方式的物流信息也需要汇集到统一的平台上，便于管理者对枢纽运行情况的实时监测。④自动化监测技术为构建综合货运枢纽运行监测体系提供数据支撑，该体系不仅有助于枢纽管理者全面、及时地掌握枢纽运行状态，同时为政府制定相关支持政策和措施提供科学依据。

参考文献：

[1] 刘勇凤，魏永存，王　伟. 综合货运枢纽服务能力评价方法及应用[J]. 铁路物流，2025，43(7)：6-14.
LIU Yongfeng，WEI Yongcun，WANG Wei. Evaluation Method for Service Capability of Intermodal Freight Transportation Hubs and Its Application[J]. Railway Logistics，2025，43(7)：6-14.

[2] 王　娟，杨　勇，范昕怡. 我国综合货运枢纽演进特征及发展对策[J]. 交通运输研究，2024，10(1)：1-10.
WANG Juan，YANG Yong，FAN Xinyi. Evolutionary

Characteristics and Development Strategies of Integrated Freight Hubs in China[J]. Transport Research，2024，10(1)：1-10.

[3] MOLAVI A，LIM G J，RACE B. A Framework for Building a Smart Port and Smart Port Index[J]. International Journal of Sustainable Transportation，2020，14(9)：686-700.

[4] KAPKAEVA N，GURZHIY A，MAYDANOVA S，et al. Digital Platform for Maritime Port Ecosystem：Port of Hamburg Case[J]. Transportation Research Procedia，2021，54：909-917.

[5] ZHAO D Z，WANG T Y，HAN H S. Approach towards Sustainable and Smart Coal Port Development：The Case of Huanghua Port in China[J]. Sustainability，2020，12(9)：3924.

[6] 朱云飞，张惠鸣，华　佳，等. 化工园区安全与环境一体化智慧监测管理[J]. 中国环境监测，2022，38(6)：204-212.
ZHU Yunfei，ZHANG Huiming，HUA Jia，et al. Study on Integrated Solution of Safety Production and Environmental Management in Chemical Industry Park[J]. Environmental Monitoring in China，2022，38(6)：204-212.

[7] 李兴华，王媛媛，袁子龙. 基于新一代信息技术的化工园区气体泄漏监测预警系统[J]. 中国安全生产科学技术，2021，17(S1)：10-14.

[8] 吴志伟，高　达. 基于数字孪生的铁路货运站场资源可视化系统[J]. 铁路计算机应用，2023，32(9)：54-58.
WU Zhiwei，GAO Da. Railway Freight Station Yard Resource Visualization System Based on Digital Twins[J]. Railway Computer Application，2023，32(9)：54-58.

[9] 黄一帆，胡希元，路敖青. 政府资金补助类型物流园区的统计监测指标体系研究[J]. 交通世界，2020(8)：47-51.

[10] 侯云娇，王华伟，张佳欢，等. 铁路物流园经营管理平台研究与设计[J]. 铁路物流，2025，43(9)：40-45.
HOU Yunjiao，WANG Huawei，ZHANG Jiahuan，et al. Research and Design of Management Platform for Railway Logistics Parks[J]. Railway Logistics，2025，43(9)：40-45.

[11] 黄嘉怡，汤银英，郭赫臣，等. 基于深度学习的铁路货场作业安全状态识别与监控技术研究[J]. 铁道货运，2024，42(8)：41-49.
HUANG Jiayi，TANG Yinying，GUO Hechen，et al. Identification and Monitoring of Operation Safety Status in Railway Freight Yard Based on Deep Learning[J]. Railway Freight Transport，2024，42(8)：41-49.

[12] 吴志伟. 铁路智慧物流园信息管理平台物联网技术研究[J]. 铁道运输与经济，2020，42(10)：14-20.
WU Zhiwei. A Study on Internet of Things Technology of Intelligent Railway Logistics Park Information Management Platform[J]. Railway Transport and Economy，2020，42(10)：14-20.

[13] 丁小东，刘启钢，周凌云，等. 基于DEA方法的铁路物流基地运营评价研究[J]. 铁道运输与经济，2019，41(11)：75-81.
DING Xiaodong，LIU Qigang，ZHOU Lingyun，et al. A Study on the Evaluation of Railway Logistics Center Operation Based on DEA Method[J]. Railway Transport and Economy，2019，41(11)：75-81.

[14] 骆明娅. 绿色低碳背景下长江经济带物流园区发展评价及策略研究[D]. 南京：南京财经大学，2023.

[15] GINER J，KATIC D，KOVACS K，et al. A Computer Vision Based Approach to Reduce System Downtimes in an Automated High-Rack Logistics Warehouse[J]. Procedia CIRP，2023，118：1078-1083.

[16] CASELLA G，BIGLIARDI B，BOTTANI E. The Evolution of RFID Technology in the Logistics Field：A Review[J]. Procedia Computer Science，2022，200：1582-1592.

[17] 吴志伟，高　达，刘慧贤，等. 铁路货车号码图像精准识别方法研究[J]. 铁道货运，2023，41(11)：61-68.
WU Zhiwei，GAO Da，LIU Huixian，et al. Research on Accurate Recognition Method of Railway Freight Car Number Image[J]. Railway Freight Transport，2023，41(11)：61-68.

[18] 于雪峤，叶　飞，王丹竹，等. 铁路集装箱堆场智能管理关键技术研究[J]. 铁道货运，2020，38(12)：1-6.
YU Xueqiao，YE Fei，WANG Danzhu，et al. Key Technologies for the Intelligent Management of Railway Container Yard[J]. Railway Freight Transport，2020，38(12)：1-6.

(责任编辑　魏　然)