文章编号：2097-5899(2026)03-0040-09　　中图分类号：U294　　文献标识码：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202504280001
引用格式：郭玮，刘冰，华正，等. 基于新一代北斗的中欧班列铁路集装箱定位追踪技术研究[J]. 铁路物流，2026，44(3)：40-48.
GUO Wei，LIU Bing，HUA Zheng，et al. Railway Container Tracking Technology for China Railway Express Based on New-Generation BeiDou System[J]. Railway Logistics，2026，44(3)：40-48.

基于新一代北斗的中欧班列铁路集装箱定位追踪技术研究

郭　玮[1]，刘　冰[1]，华　正[2]，鲁晓帆[3]，张义川[4]

(1. 中铁集装箱运输有限责任公司 信息统计部，北京　100055；2. 中国铁路成都局集团有限公司 货运部，四川 成都　610061；3. 中铁集装箱运输有限责任公司 多式联运部，北京　100055；4. 中国铁道科学研究院集团有限公司 运输及经济研究所，北京　100081)

摘　要：通过调研北斗定位系统在铁路集装箱运输中的应用现状，针对中欧班列集装箱在金属遮蔽、跨境长距离及恶劣环境下实时追踪定位的难题，提出基于北斗三号定位技术的集装箱定位装置设计方案。通过融合天线优化、射频增强与智能算法技术解决集装箱箱体信号多径效应干扰、快速搜星启动难题，通过集成高效率光伏充电、智能电源精确管理及低温充电技术解决定位装置的超低功耗与超长续航难题。依托采集的中欧班列数据，评估定位装置传输完整性、搜星定位时间、加速度、电量及环境温度等关键性能指标。研究表明，基于新一代北斗的定位技术可为集装箱的资产管理、运输安全、物流服务及运用管理全方位赋能，提供有力的技术支撑。

关键词：集装箱；北斗；追踪定位；电源能耗控制；物流

1　现状分析

1.1　铁路集装箱运输

自2013年铁路实施货运组织改革以来，我国铁路大力拓展零散白货市场，同时在铁路集装箱运输与多式联运、铁路信息化建设等方面采取重要举措，促进了铁路集装箱运输快速发展[1]。集装箱发送量从2012年0.93亿t增加到2024年的9.14亿t，尤其是在2016年后集装箱运量同比增长率均大于20%。与此同时，铁路集装箱运量占铁路总运量的份额也在不断增长，2024年全国铁路集装箱运量占全国铁路运量的17.7%，2024年全国铁路货运发送量51.75亿t。近年来，铁路集装箱铁水联运、国际联运战略通道地位更加凸显[2]。

1.2　市场发展趋势

（1）铁水联运需求大幅增长。我国港口与内陆铁路网络不断完善，内陆地区的铁路运输具有更强的便利性及运输的时效性；同时，国内沿海及内河港口不断开拓内陆腹地，各大港口铁海联运通道贯穿腹地，在国家及地方政策的推进下，货主对铁路集装箱运输需求上升[3-4]。

（2）“散改集”运量持续增长。随着国家运输结构调整工作的不断推进，大宗物资公转铁成为各地运输结构调整的重要手段，而在大宗散货公转铁的过程中，铁路35 t敞顶箱发挥了重要的作用。后期随着铁路专用线进港区、进物流园区、进大型工矿企业工作的不断推进，大宗散货“散改集”的运输潜力巨大。《推进多式联运发展优化调整运输结构工作方案(2021—2025年)》(国办发〔2021〕54号)鼓励工矿企业、粮食企业等将货物“散改集”，加大35 t敞顶箱使用力度，同时鼓励中长距离以铁路运输为主。因此，针对大宗散货的“散改集”运输，将是今后铁路集装箱运量增长的重点。

收稿日期：2025-04-28
基金项目：中国铁道科学研究院集团有限公司科研项目(2023YJ315)；中铁集装箱运输有限责任公司科技研究开发项目(PAXX31230015)

（3）高附加值适箱货物运量快速增长。近年来，我国铁路集装箱运输呈现从初级产品向工业制成品、二次加工成品转变的趋势，化工、工业机械、饮食和烟草制品占有运输量的绝对比重，纺织品、皮革、医药运量也在逐渐增长。提高铁路货运速度和准点率、保障货运质量，势必将吸引更多适箱货物转至铁路集装箱运输。长期由公路运输的中长距离适箱货物、适合铁海联运港口集疏运货物和水运的时效性货物，成为铁路集装箱快运的货源和市场空间。

1.3　北斗应用情况

目前，北斗系统已全面服务于交通运输、公共安全、救灾减灾、农林牧渔、城市治理等行业领域。铁路领域的应用场景丰富，主要包括：移动装备与控制系统、基础设施运维与应急安全保障、客货运输服务、工程勘察与建造等方面，全路“北斗＋全球定位系统(GPS)”定位授时设备比例已达74%，GPS为主的设备比例约为26%。重庆—杜伊斯堡的中欧班列应用北斗卫星定位、5G等新技术，研发推广具有破封报警、位置追踪功能的铁路电子箱封。西安国际港的数字中欧班列平台与班列集装箱上的北斗双模远程监控系统联通，可将货物运输过程中的位置、施封状态、温度、湿度等信息全部数字化。此外，世界各大集装箱运营公司对集装箱的管理也从简单的集装箱堆场盘点及进出管理，发展到了全运输流程的状态追踪管控，众多企业借助成熟的物联网技术开展对集装箱全面状态监控，搭建具有智能化的箱管系统，提高集装箱物流供应链的管理效率及安全水平。近年来，随着我国北斗定位系统的建设及推广，已经有越来越多的学者在研究使用北斗定位，解决集装箱运输过程的全程监管难题。如今我国的北斗已经升级到北斗三号系统，发射的卫星数量更多，定位效果更好。如何利用好北斗三号系统的定位优势，统一考虑各种集装箱箱型，能够在满足现场需求和控制好成本的前提下，论证并设计出更加具有扩展性和实用性的基于北斗三号系统的铁路集装箱追踪装置是十分有必要的。

2　需求分析

（1）资产管理。集装箱资产管理主要包含资产购置、资产安全和验箱修箱等方面。从国家、省市、铁路局集团公司、在线、在站、路外等多个维度对铁路集装箱进行实时盘点，掌握其数量及分布。无论是国内还是国外集装箱场站，需要掌握和监控集装箱在场站内的各关键环节的作业情况，监控集装箱进出门、堆存(街、贝、行、层)、仓储、转场、编组、装卸(货位、集卡、火车)等。

（2）运输安全。集装箱运输安全管理涉及在途、在站、在堆场各个环节，需要监控的集装箱各种状态具体有以下方面。一是集装箱时空位置。铁路线上、铁路车站堆场、公路运输、水路运输，需要能够在各个环节连续动态地对集装箱的位置进行追踪。二是集装箱货物性状安全[5]。运输途中是否有异常冲击、翻转，箱内货物性质及状态(温度、压力、液位等)是否安全，需要能够基于采集数据进行预警和报警。三是集装箱防盗安全。需要监控运输途中集装箱箱门是否被异常打开，箱内货物是否被盗。

（3）物流服务。集装箱运输的物流服务涉及对外信息查询、货运市场预测、联运方案优化方面。集装箱追踪方面，目前我国铁路对集装箱追踪定位仍采取车次号定位方式，即通过地面设备扫读集装箱所在平车或敞车底部的射频识别(RFID)标签方式(代表集装箱位置)，缺点是只能实现“站到站”的粗略定位，离开铁路段则形成追踪盲区。随着社会物流发展，集装箱追踪信息更需要全程实时位置，以及集装箱温度、加速度、箱门开闭，并结合历史运行轨迹给出预计到达时间，实现基于大数据的物流市场动态预测及市场预警[6]。对各个OD点间的不同类型货物的运量进行分析，预测市场供需能力的变化态势，能够为货主提供市场预警服务。

（4）运用管理。集装箱运用管理包含实时监控、空箱调拨、联运通关等方面。通过实时获得位置、空重状态、箱门开闭，对集装箱的在途、在站、站外的分布情况进行实时掌握，对在车站或枢纽停时较长的在途运输集装箱进行关注并督促运输部门进行疏运，监督集装箱在货主方的停留时间，避免超时滞留，提高集装箱使用效率。对于跨境多式联运，通过对运输全程的安全监管及监管数据的多方共享，可以实现免检通关，加速国际多式联运货物运输。

3　方案设计

3.1　设计原则

（1）快速定位。对集装箱进行北斗定位是定位装置的核心功能。特别是跨境中欧班列铁路运距长，且沿线遍布荒漠、山区、隧道、涵洞，对铁路运输的集装箱进行有效定位一直都是非常棘手的问题，因此想要准确、及时地提供位置信息，定位装置就要具备快速定位的能力。

（2）无线传输。无论集装箱在国内或国外的任何

地方，当定位装置定位后都需要主动将定位信息进行编码后发送到信息系统，实现对集装箱的位置管理。这就要求定位装置具有无线通信能力，且需要选择良好的移动网络为定位装置与系统平台之间架设起定位信息传输通道，并需要在发送、接收机制上进行加密、校验，保证数据传输的稳定与可靠。

（3）低能耗。定位装置采用主动定位的方式对集装箱进行追踪定位。由于集装箱没有冷藏、保温的需要，因此没有发电设备，因而采用任何有源定位设备都必须考虑能耗问题。为尽量避免更换电池，定位装置需要支持连续5 a的工作时间，从而减少电池更换及维护。

（4）高可靠性。无论是运输途中还是场站堆放，集装箱大部分时间都处于露天环境。集装箱运输区域大、范围广，潮湿、风沙、寒冷，且伴有昼夜温差大、振动冲击等恶劣因素[7-9]。因此，定位装置能否在恶劣环境中稳定工作，是整个集装箱追踪系统能否有效工作的关键因素之一。由于存在温度、湿度、粉尘、震动等不良环境因素的影响，因此需要定位装置具备工业级的三防能力。

（5）方便安装且易于维护。定位装置的安装位置要隐蔽，不引人注目，且要减少安装的复杂程度，易于接收定位信号。集装箱整体为钢制，除箱门把手、锁具外没有过多的零部件，货物主要从箱门进行装卸作业。如果将追踪装置安装在集装箱外部，需要考虑在吊装过程中不易受到碰撞。如果在集装箱内部，需要考虑不妨碍货物的装卸，且需要考虑定位和通信信号的质量。

3.2　方案设计

（1）架构设计。以中欧班列为代表的铁路外贸箱以运输高附加值货物为主，基本采用40 ft国际标箱。由于中欧班列运输沿线国家多、运距长、运输环境相对恶劣，经营管理中需要掌握铁路集装箱位置、冲击碰撞、温湿度等多种状态，以实现对集装箱和货物的可视化管理。外贸箱型包括20 ft通用箱、40 ft通用箱、40 ft通用箱(加强型)、35 t通用箱(20/40/45 ft)等，应用北斗定位装置实现智能化升级。北斗定位装置主要采集位置、时间、温湿度、加速度、箱门状态、电压等信息，主要模块有主控芯片、4G cat1/2G模组、北斗卫星定位模组、加速度传感器、温湿度传感器、门开闭传感器、电源转换模块、太阳能电池、光伏板、计时模块、闪存(FLASH)存储、可触发式近场通信(NFC)模块、蓝牙模块、全球移动通信系统(GSM)天线、卫星定位天线、蜂鸣器等。北斗定位装置设计架构如图1所示。

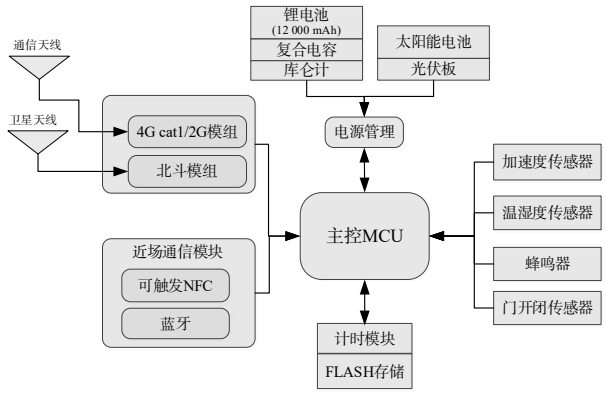


图1　北斗定位装置设计架构

Fig.1　Design architecture of BeiDou positioning device

（2）结构设计。定位装置采用一体化设计，更加便于提高设备的稳定性。定位装置可以安装在集装箱前端、门端或者侧壁外侧，但考虑到需要拓展箱内环境监测，安装在集装箱门端更加便于监测箱内状态。为了不凸出集装箱包络面，安装位置选择在前端板，设备横放在凹面内。定位装置外壳主体采用盒状结构，两侧各有耳朵用于固定在集装箱上，每个耳朵有2个孔可用于铆钉方式固定。外壳正面以太阳能电池板为主，能够更大限度扩大光照面积。外壳内部采用电池舱和电路舱分开结构方式。电池舱包括太阳能电池组件及电路接头，电路舱包括天线、印刷电路板(PCB)、传感器及电路接头。电池舱与电路舱之间内部通过有线连接。外壳背面在电池舱内部PCB板设计圆形接头，圆形接头采用航空插头方式用于连接集装箱内部传感器，能够拓展实现箱内环境及箱门开闭监测。北斗定位装置及安装位置如图2所示。



a　装置正面
a　Front side of the device

b　装置背面
b　Back side of the device

c　装置安装位置
c　Installation position of the device

图2　北斗定位装置及安装位置

Fig.2　BeiDou positioning device and installation position

4　关键技术

4.1　电源能耗控制技术

（1）高效率光伏充电技术。针对定位装置，由于设备的外观尺寸受到安装位置的限制，光伏板的尺寸也受到了限制，而且安装位置导致太阳光直射的可能

性比较小，需要选用弱光性能好、转换效率高的光伏板，本设计拟选用标称功率5 V/0.6 W的单晶硅光伏板，采用高效率的升降压芯片TX4401，将光伏板宽范围的输出电压转换成可充电电池需要的充电电压。

（2）电源精确管理技术。为了实现采用小光伏电池板达到长续航高频率上报的要求，必须对设备内每个模块的电源进行精确的控制，尽可能地降低设备的功耗。电源管理对每一功能模块的供电进行单独控制，仅在需要某模块工作时才给该模块供电，工作结束后马上关闭该模块的电源。通过高精度低功耗模数转换器采集可充电电池的电压，转换得到准确的可充电电池的剩余电量，当剩余电量低于3%时将切换到锂原电池供电，并采用预先配置好的低频上报模式。当可充电电池的剩余电量大于3%，就切换到可充电电池供电，即充分利用可充电电池的电能，同时避免由于过放造成对电池的损害。通过惯性测量单元(IMU)准确监测集装箱动静状态，当集装箱处于静止状态时，按照配置的静止状态上报频率进行信息上报，以减少电量的消耗。当监测到集装箱由静止转为运动时，将立即唤醒设备，并以运动状态下的上报频率开始上报信息，做到对集装箱准确监测情况下，最大程度降低功耗。

（3）低温充电技术。设备设计的使用环境温度范围为–40 ℃～80 ℃，而且低温环境下电池的放电能力将会降低，因而需要在低温环境下及时为电池补充电能。锂离子超级电容的充电温度范围为–20 ℃～60 ℃，均不能满足产品需求。本方案拟选用特殊工艺的可充电电池，充电温度范围可达–40 ℃～80 ℃，–40 ℃～0 ℃的充电电流可达50 mA，0 ℃～80 ℃的充电电流可达100 mA。根据定位装置的上报和续航要求，使用2节电池并联为设备供电，满足定位装置的使用要求。而且电池的低压方案优于串联高压方案，因为静态功耗下，电流相等，低压方案实际功耗比高压方案低。

4.2　北斗定位技术

在金属集装箱环境下实现快速、可靠、高精度的北斗定位，面临金属遮蔽导致信号严重衰减/多径效应干扰、快速搜星启动、跨境全球连续服务3大核心挑战。本研究主要通过天线优化、射频增强、智能算法3个层面技术组合达成目标。

（1）天线优化。设备外壳采用塑料合金一体成型的密闭腔体结构，将整个射频前端(含天线馈源)封装在内，有效屏蔽箱壁的电磁反射干扰。窄带高增益有源天线经过精密设计，通过优化天线布局并利用外壳内部特定结构(如金属镀层)形成定向辐射/接收特性，最大程度减少箱壁遮挡影响，提升有效信号接收强度。

（2）射频增强。接收链路采用多级高抑制比带通滤波器，有效滤除集装箱环境及运输途中的外部强电磁干扰，如机车牵引系统、无线电台等。选用高灵敏度、低噪声系数的北斗三号专用射频芯片，提升弱信号捕获和解调能力。此外，采用支持北斗三号全球信号体制的定位模组，充分利用北斗三号全球覆盖的卫星星座，确保在欧亚大陆跨境运输路线上(尤其是偏远地区)有更充足的可用卫星数，提升定位可用性和精度。

（3）智能算法。依靠动态/静态自适应快速启动技术，如利用6轴加速度计IMU检测箱体“静态－运动”转换，静止时让设备进入深度休眠，一旦IMU识别到加速度突变则完成启动，综合根据缓存星历的有效性、IMU状态、历史定位信息及粗略位置(如最后上报位置)，动态调整卫星搜索的优先级和频点，避免盲目全频段搜索，实现北斗快速定位。通过上述策略协同作用，有效实现了设备在复杂遮蔽环境下的快速定位启动。

5　试验验证

5.1　数据传输完整性

为了验证太阳能电池在冬季的充放电能力，将定位装置静态传输间隔和动态传输间隔分别设置为5 min和30 min，选取2024年11月21日—2025年7月9日数据，覆盖国内铁路运输及中欧班列。将定位装置管理平台实际接收到的数据量进行统计，将其与定位置应采集的数据量之比，计算数据传输完整率。将实时接收到的数据量和缓存接收到的数据量进行统计分析，数据传输统计如表1所示。

表1　数据传输统计

Tab.1　Data transmission statistics

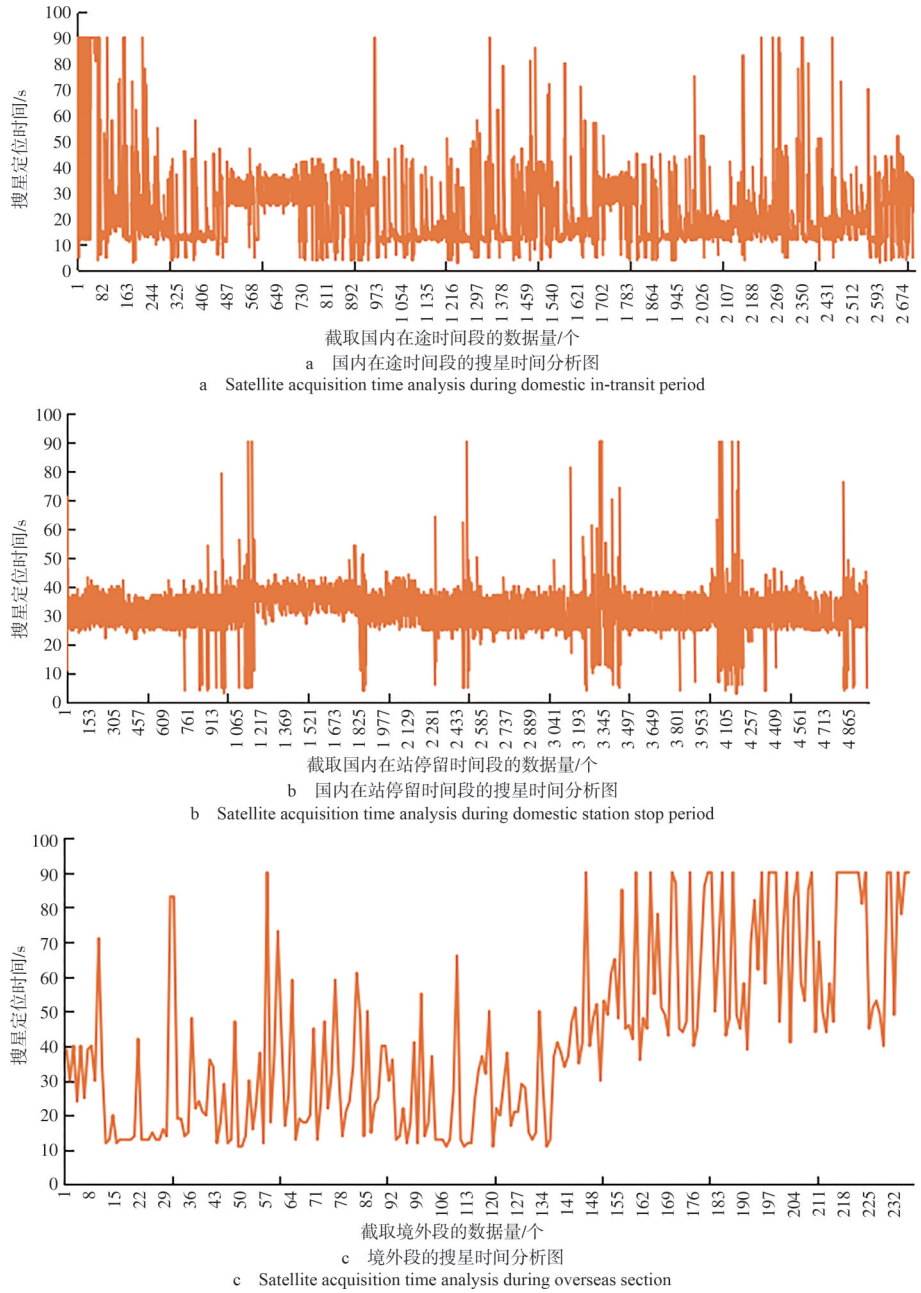
设备编号	应收数据/条	实收数据/条	完整率/%	缓存数据/条	实时数据/条
112499100002	7 715	7 715	100	476	7 239

由表1可以看出，该集装箱在铁路场站堆场和线路运输过程中，计算数据传输完整率为100%，缓存数据为476条。铁路集装箱的时空位置包括了在铁路站内、在铁路线上运输及铁路箱出站后在路外等状态。出现设备缓存原因主要包括如下。一是重去空回、空去重回、重去重回的铁路箱在铁路车站内堆存时，集装箱本身就是金属结构，会对定位设备的通信信号产生遮挡。堆存的集装箱箱壁会对无线通信电磁波形成反射和吸收，就像一堵“信号墙”，使得设备发射的信号无

法顺利地传输到接收端。二是集装箱场站内的大型装卸设备如龙门吊等也会有一定影响。三是个别偏远地区的铁路场站可能没有足够完善的通信网络覆盖，基站数量不足或者布局不合理，部分区域出现信号弱或者无信号的情况。设备因此无法及时确定自身位置并上传数据，只能先将数据缓存，等待信号恢复。

5.2　搜星时间分析

搜星时间指定位终端从启动初始化至解算输出首个符合精度要求的地理位置坐标所需的时间跨度，其技术本质反映了设备卫星信号捕获、星历数据解析及位置解算算法的综合效能，有助于分析与优化设备定位性能和能耗。由于集装箱在站停留堆存和在途等不同场景下，搜星时间会存在差异。在国内运输时可以结合铁路集装箱运输管理信息系统中集装箱作业状态节点数据准确获知，但出境后无法准备获知是处于站内站外哪种场景，因此对比分析国内运输时在站停留、在途2种场景下的搜星时间，以及境外搜星时间。搜星时间分析如图3所示。



a　国内在途时间段的搜星时间分析图

a　Satellite acquisition time analysis during domestic in-transit period

b　国内在站停留时间段的搜星时间分析图

b　Satellite acquisition time analysis during domestic station stop period

c　境外段的搜星时间分析图

c　Satellite acquisition time analysis during overseas section

图3　搜星时间分析

Fig.3　Satellite acquisition time analysis

测试数据显示：设备国内在途时间段的平均搜星时间22.6 s，中位数17 s；设备国内在站停留时间段的平均搜星时间31.4 s，中位数31 s；设备境外段的平均搜星时间46.3 s，中位数34 s。可以看出，国内在途时间段、国内在站停留时间段及境外段搜星时间满足使用要求，设备国内在途时间段的搜星时间整体优于国内在站停留时间段，在站内堆存的遮蔽会对设备卫星信号的可捕获性带来明显不利。此外，境外段平均搜星时间明显高于国内段搜星时间，与北斗卫星在全球覆盖密度有关。

5.3　通信信号强度分析

通信信号强度(CSQ)是蜂窝通信模块的信号质量量化指标，是物联网设备在铁路运输场景中的关键性能指标。CSQ取值范围0～31。按照一般工业对信号强度划分标准：CSQ取值0～9值，表示信号极弱，表现为数据传输频繁断连；CSQ取值10～19值，表示信号弱，表现为数据传输间歇丢包；CSQ取值20～31值，表示信号稳定，数据能够可靠传输。参照上述搜星时间分析，对比分析国内在站停留时间段、国内在途时间段及境外段的CSQ。CSQ分析如图4所示。

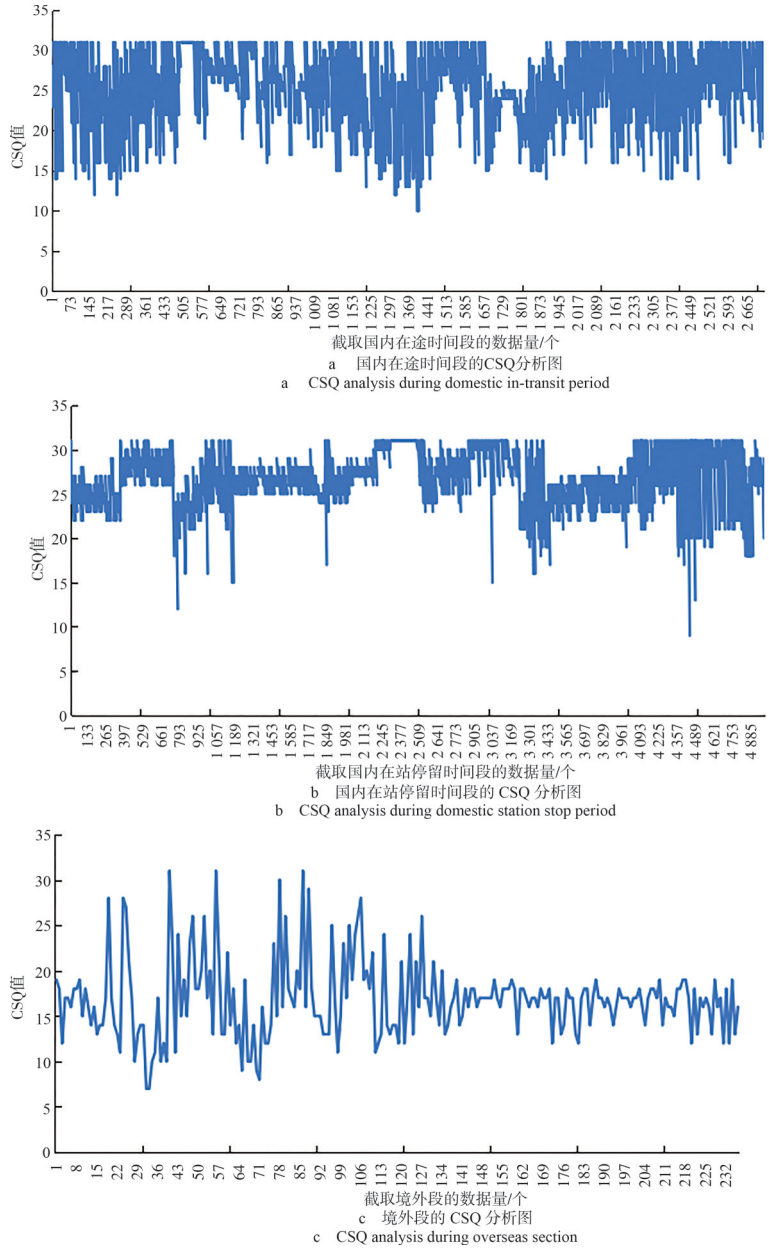


图4　CSQ分析

Fig.4　CSQ analysis

对国内在途时间段、国内在站停留时间段、境外段的CSQ的平均值，以及在0～9的百分比、在10～19的百分比、在20～31的百分比进行统计，CSQ统计分析如表2所示。由表2可知，国内在站停留时间段的CSQ平均值大于在途时间段的CSQ平均值，在站停留时间段CSQ在20～31的百分比占比达98.4%，明显优于在途时间段的87.6%，表明尽管集装箱是在站内堆存，但静态堆存环境更利于设备稳定通信网络覆盖，而在途运输受隧道、桥涵等地理环境变迁影响及基站切换延迟等原因会导致阶段性信号变弱。此外，境外段的CSQ平均值明显低于国内段，且CSQ主要集中在10～19之间，表明境外信号相对国内较弱，可能会存在部分丢包的风险。

表2　CSQ统计分析

Tab.2　CSQ statistical analysis

指标	国内在途时间段	国内在站停留时间段	境外段
CSQ平均值	25.2	26.8	16.8
CSQ在0~9的百分比/%	0	0	2.1
CSQ在10~19的百分比/%	12.4	1.6	82.2
CSQ在20~31的百分比/%	87.6	98.4	15.7

5.4　运输振动加速度分析

运输振动加速度指定位装置三轴传感器记录的集装箱运动时产生的惯性力[10-11]，在集装箱运动时加速度会随着波动，能够间接反映列车启停牵引力、集装箱吊装等振动冲击情况。X轴平行于列车运行方向即纵向加速度，Y轴垂直于轨道平面包括重力及起吊冲击，Z轴垂直于列车运行方向即横向晃动。设备加速度分析如图5所示，X轴最大为1 284 mg，Y轴最大为1 998 mg，Z轴最大为1 961 mg。

5.5　电量与环境温度分析

被测设备在集装箱安装后，由于集装箱在堆场处于静止状态，设备30 min定位1次，设备很快充电至100%。在随后运输过程中，按照5 min的间隔高频发送数据，电量回升和下降与集装箱处于运动和静止时长占比、环境温度有关。设备电量与环境温度分析如图6所示。电量曲线中有1 393条数据表示设备处于太阳能充电状态约占18%，6 322条数据表示设备处于放电状态约占82%，采集到的最低温度是－24.1 ℃。从图6可以看出，设备能够在不同的环境条件下稳定运行。设备在太阳能充电条件良好时能够快速补充电量，显示了太阳能充电的有效性。环境温度的波动对设备的电量消耗和性能有一定影响，但设备的耐环境温度性能较好，能够在较宽的温度范围内正常工作，这为中欧班列等长距离、复杂环境运输场景下的设备应用提供了可靠的技术支持，也为优化设备的续航能力和环境适应性提供了数据基础。

6　结束语

研究设计并验证了基于北斗三号的集装箱定位装置，为铁路集装箱运输的智能化发展提供了创新解决方案。该装置突破了传统定位方案在复杂铁路运输场景下的精度局限与依赖瓶颈，依托北斗三号的自主可控特性，实现集装箱位置、状态的全天候精准感知。未来研究将聚焦于构建涵盖全程实时监测、异常报警及风险预测的智能化管理闭环，深度挖掘北斗定位装置数据在中欧班列等国际联运业务中的潜在价值。通

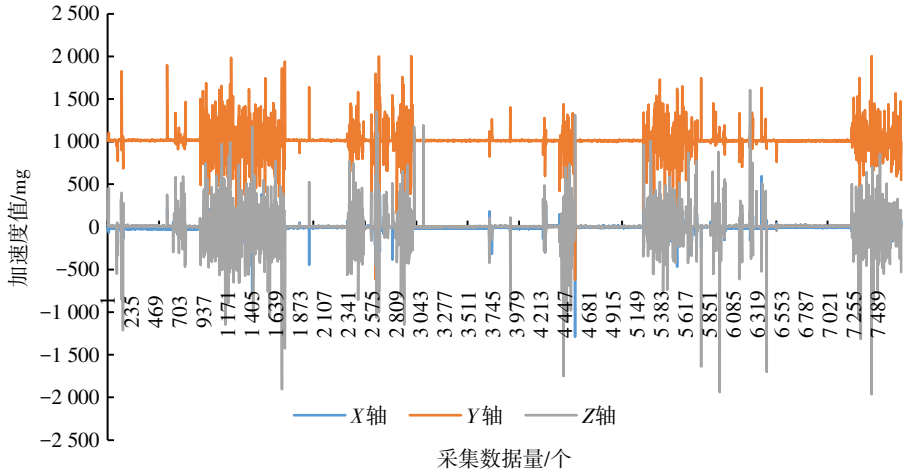


图5　设备加速度分析

Fig.5　Device acceleration analysis

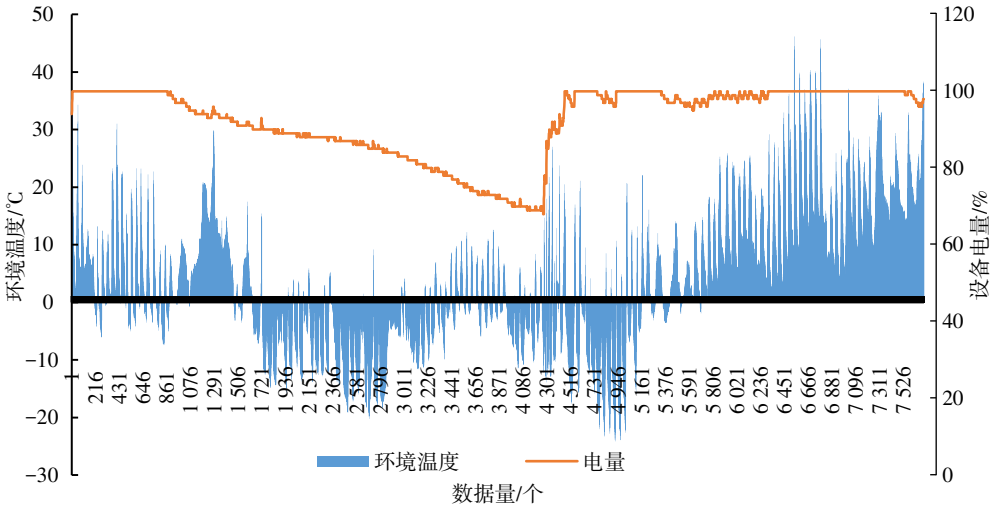


图6　设备电量与环境温度分析

Fig.6　Analysis of device battery level and ambient temperature

过精准分析运输节点效率、运到时限及异常情况超前报警，提升铁路集装箱运输的运营效能与服务质量。

参考文献：

[1] 刘　畅，孙春华，秦　胜，等. 我国铁路集装箱多式联运发展对策研究[J]. 铁道货运，2021，39(7)：20-25.
LIU Chang，SUN Chunhua，QIN Sheng，et al. Research on Development Strategy for Container Multimodal Transport in China's Railway System[J]. Railway Freight Transport，2021，39(7)：20-25.

[2] 傅　赟. 我国集装箱铁海联运发展对策研究[J]. 铁路物流，2025，43(1)：48-55.
FU Yun. Development Strategies of Container Rail-Sea Combined Transport in China[J]. Railway Logistics，2025，43(1)：48-55.

[3] 庄　河. 铁路多式联运发展策略研究[J]. 铁道运输与经济，2021，43(2)：1-6.
ZHUANG He. Countermeasures for Development Strategy of Railway Multi-Modal Development[J]. Railway Transport and Economy，2021，43(2)：1-6.

[4] 中华人民共和国交通运输部，中华人民共和国自然资源部，中华人民共和国海关总署，国家铁路局. 推进铁水联运高质量发展行动方案(2023—2025 年) [EB/OL]. (2023-01-31) [2025-03-01]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-03/15/content_5746814.htm.

[5] 张义川，杨文韬，陈　迎，等. 物联网技术在铁路集装箱运输中的应用研究[J]. 铁道货运，2022，40(5)：26-31.
ZHANG Yichuan，YANG Wentao，CHEN Ying，et al. Application of IoT in Railway Container Transportation[J]. Railway Freight Transport，2022，40(5)：26-31.

[6] 李文晖，杨文韬，张义川. 铁路智慧箱管体系构建及应用研究[J]. 铁道运输与经济，2021，43(8)：43-50.
LI Wenhui，YANG Wentao，ZHANG Yichuan. Construction and Application of Smart Rail Container Management System[J]. Railway Transport and Economy，2021，43(8)：43-50.

[7] 汪小愉，陶丽芳. 冷藏集装箱温湿度实时监测系统设计与实现[J]. 科技资讯，2014，12(4)：42-43.

[8] 沈　钢. 基于低功耗策略的智能家居控制系统的研究与设计[D]. 镇江：江苏科技大学，2015.

[9] 杨文韬，张义川，姚振坤，等. 典型危险货物罐式箱铁路运输安全监控技术研究[J]. 铁道货运，2020，38(12)：78-83.
YANG Wentao，ZHANG Yichuan，YAO Zhenkun，et al. Safety Monitoring Technology for Railway Transportation of Typical Dangerous Goods with Tank Container[J]. Railway Freight Transport，2020，38(12)：78-83.

[10] 刘小兵，周钰凯，王　剑. 运输领域北斗应用方案设计研究[J]. 全球定位系统，2024，49(1)：68-74.
LIU Xiaobing，ZHOU Yukai，WANG Jian. Design of BeiDou Application Scheme in the Transportation Field[J]. GNSS World of China，2024，49(1)：68-74.

[11] 管　鹏. 铁道车辆设备随机振动疲劳寿命分析[D]. 成都：西南交通大学，2012.

（责任编辑：李丹丹）

Railway Container Tracking Technology for China Railway Express Based on New-Generation BeiDou System

GUO Wei[1], LIU Bing[1], HUA Zheng[2], LU Xiaofan[3], ZHANG Yichuan[4]

(1. Information & Statistics Department, China Railway Container Transport Co., Ltd., Beijing 100055, China; 2. Freight Department, China Railway Chengdu Group Co., Ltd., Chengdu 610061, Sichuan, China; 3. Multimodal Transport Department, China Railway Container Transport Co., Ltd., Beijing 100055, China; 4. Transportation & Economics Research Institute, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on an investigation of the current application status of the BeiDou Navigation Satellite System in railway container transportation, this paper addresses the challenges of real-time tracking and positioning of China Railway Express containers under conditions of metal-shielding, cross-border long-distance transportation, and harsh environments. A container positioning device design scheme based on BeiDou-3 positioning technology was proposed. By integrating antenna optimization, radio frequency enhancement, and intelligent algorithm technologies, the solution resolved multipath interference caused by the container structure and the difficulty of rapid satellite acquisition at startup. Furthermore, the integration of high-efficiency photovoltaic charging, intelligent precision power management, and low-temperature charging technologies resolved the critical challenges of achieving ultra-low power consumption and ultra-long endurance of the positioning device. Based on data collected from China Railway Express operations, key performance indicators of the positioning device, including transmission integrity, satellite acquisition time, acceleration, battery level, and ambient temperature, were evaluated. The results show that the new-generation BeiDou-based positioning technology provides strong technical support for container asset management, transportation safety, logistics services, and operational management.

Keywords: Container; BeiDou; Tracking and Positioning; Power Consumption Control; Logistics

(上接第26页)

Research on Development Strategies of Railway Logistics General Contracting

LI Zirui[1,2], WANG Yuguang[3], ZHANG Rong[1,2]

(1. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering, Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China; 2. College of Transportation, Tongji University, Shanghai 201804, China; 3. Freight Department, China Railway Shanghai Group Co., Ltd., Nanjing 210011, Jiangsu, China)

Abstract: Vigorously developing logistics general contracting business and improving the whole-process logistics organization capability of railway freight are important measures to accelerate the construction of a modern railway logistics system and promote the quality improvement, efficiency enhancement, and cost reduction of social logistics. This paper analyzed the connotation and significance of logistics general contracting, systematically investigated its development status from the aspects of project development, operational management, project execution, and risk prevention and control, and analyzed the existing main problems. Combined with the transformation paths and successful experiences of railway transport enterprises in developed countries such as the United States and Germany transforming into logistics enterprises, five development strategies for logistics general contracting were proposed: improving relevant policies; transforming marketing approaches to expand and segment markets; strengthening resource coordination to fully utilize railway resources and establish multi-party alliances for capacity assurance; enhancing service quality and establishing professional and market-oriented service teams; optimizing pricing methods. The findings provide references for improving the whole-process logistics service capability of China's railway freight, transforming and upgrading from traditional transport enterprises to modern logistics enterprises, and constructing a modern railway logistics system.

Keywords: Railway Freight; Logistics General Contracting; Development Status; Existing Problem; Strategy