

液化天然气罐箱铁路运输经济性分析

李伟

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油化工销售分公司 宁夏 银川 750002

摘要：液化天然气罐箱铁路运输经济性受成本、收益、市场环境、运营管理、技术应用等多因素影响。成本含固定、可变、隐性成本；收益有直接与效率转化收益。关键因素包括市场供需、竞争格局、运营路线规划、技术应用等。优化方向为成本优化、收益提升、风险对冲，如构建罐箱共享模式、拓展多式联运、签订长期协议等，以提升运输经济性。

关键词：液化天然气罐箱；铁路运输；经济性分析；成本优化；收益提升

引言：液化天然气作为清洁能源，市场需求持续增长。罐箱铁路运输凭借其稳定性、安全性与长距离运输优势，成为LNG陆上运输的重要方式。然而，其经济性受成本、收益、市场环境、运营管理、技术应用等多方面因素制约。深入分析液化天然气罐箱铁路运输经济性，明确成本构成与收益来源，探究关键影响因素，提出优化方向，对提升运输效益、促进LNG产业发展具有重要意义。

1 液化天然气罐箱铁路运输成本构成分析

1.1 固定成本构成

运输过程中的固定成本类型相对稳定，罐箱设备折旧成本需按罐箱使用周期分摊，根据罐箱购置总价与预计使用年限确定年度折旧额，使用年限内罐箱性能无显著衰减时，折旧成本每年保持固定额度^[1]。铁路专用车辆购置或租赁成本中，购置模式下需将车辆总价按使用周期分摊至各年度，租赁模式下则按固定租赁周期支付费用，两种模式下该成本均不随运输量变化。固定装卸站点建设与维护成本包含站点初期建设投入的分摊费用，以及日常设备检修、场地保养的常规支出，建设投入按站点设计使用年限分摊，维护成本则按年度制定固定预算。专职运营团队人力成本涵盖调度员、安全管理员等固定岗位人员的薪酬，人员数量与薪酬标准确定后，该成本在一定周期内保持稳定，仅随岗位调整或薪酬体系变动发生阶段性变化，各类固定成本核算需以资产使用周期、岗位配置标准为基础，确保分摊逻辑清晰且符合成本特性。

1.2 可变成本构成

随运输量、运输距离变化的可变成本中，铁路线路使用费按实际运输里程核算，里程越长费用越高，不同线路根据运营维护成本差异设定不同单价，运输前需根据路线确定单位里程费用。罐箱充装与卸载能耗成本与

运输量直接相关，充装量越大所需能耗越多，能耗费用按实际消耗的能源总量与单位能源价格计算，卸载过程能耗则与卸载设备功率、作业时长关联。运输途中罐箱保温能耗成本受运输距离与外界温度影响，距离越长、外界温度偏离罐箱适宜温度越多，保温系统能耗越高，费用按保温设备实际耗电量与电价核算。临时仓储中转成本仅在运输需中转时产生，中转次数越多、仓储时间越长，成本越高，费用按仓储站点的单位时间收费标准与实际仓储时长计算，各类可变成本均需与运输参数动态关联，确保成本核算随运输场景变化精准调整。

1.3 隐性成本识别

易被忽略的隐性成本中，罐箱检修与维护成本是保障运输安全的必要投入，虽不随单次运输直接变动，但长期需定期开展，检修频率与罐箱使用强度关联，使用越频繁检修次数越多，成本按检修项目收费标准与实际检修次数计算。运输调度协调成本产生于多环节衔接过程，衔接环节越多、协调难度越大，成本越高，涵盖协调人员时间成本、沟通成本等，需按协调工作投入的资源量化核算。空箱返程成本是运输返程阶段的资源闲置成本，返程时空箱无运输收益但仍产生线路使用费、能耗成本等，成本额度与返程里程、空箱数量关联，返程里程越长、空箱数量越多，成本越高，隐性成本虽不直接体现在单次运输的显性支出中，但长期累积对整体经济性影响显著，需通过定期统计与量化核算纳入成本分析体系。

2 液化天然气罐箱铁路运输收益与效率维度分析

2.1 直接收益评估维度

直接反映经济性的收益指标中，单位运量收益需结合运输单价与实际运量计算，运输单价根据市场供需、运输距离、罐箱容量确定，运量则以罐箱实际充装量为准，两者乘积即为单次运输的单位运量收益，需确保单

价与运量匹配，避免因运量不足导致单位收益降低。运输频次收益与固定周期内的运输次数直接相关，次数越多总收益越高，计算时需结合单次运输收益与周期内运输次数，同时考虑运输间隙的设备闲置情况，通过合理规划发车时间提升周期内运输频次，进而增加总收益。多客户联运收益通过整合不同客户的运输需求实现，将同一线路上不同客户的LNG运输订单合并，减少空箱返程或空载运输，降低空驶率，该收益需按整合后节省的空驶成本与增加的运输订单收益之和计算，通过优化客户资源配置提升单位时间内的收益水平，各类直接收益计算需以实际运输参数与市场价格为基础，确保逻辑清晰且符合收益特性。

2.2 效率转化收益分析

运输效率对经济性的间接提升作用中，运输时效收益源于相比其他运输方式缩短的交货周期，较短的交货周期可加速客户资金周转，降低客户库存成本，进而使运输方获得一定的时效溢价，该收益需按客户因时效提升节省的成本与运输方获得的溢价之和计算，通过优化铁路线路、减少中途停留提升运输时效^[2]。装卸效率收益通过快速装卸作业实现，缩短罐箱在装卸站点的停留时间，减少罐箱闲置，使罐箱在单位时间内可完成更多运输任务，收益按罐箱利用率提升后增加的运输次数对应的收益计算，需配置高效装卸设备、优化装卸流程以提升效率。多式联运衔接收益通过与公路、海运的协同实现，减少不同运输方式衔接过程中的中转损耗（如货物泄漏、装卸延误），降低中转成本，该收益按中转损耗减少的成本与衔接效率提升增加的运输订单收益计算，需建立统一的联运调度体系，确保各运输环节顺畅衔接，充分发挥效率转化对收益的提升作用。

3 影响液化天然气罐箱铁路运输经济性的关键因素

3.1 市场环境因素

市场供需关系对经济性的影响体现在多方面，液化天然气市场价格波动会改变运输定价弹性，当市场价格上涨时，客户对运输成本的承受能力提升，运输方可适当调整单价以增加收益；当价格下跌时，客户对成本敏感度提高，运输定价需更谨慎以维持市场需求，例如冬季供暖季LNG需求激增时，运输单价可适度上调，而夏季需求淡季需控制单价避免客户流失。区域供需失衡会影响运输流向与空返率，若某区域需求旺盛而供应不足，罐箱多向该区域运输，返程时易出现空箱，增加空返成本；若区域供需趋于平衡，运输流向更均衡，空返率降低，成本随之减少，如LNG生产地集中的西部区域与消费集中的东部区域，需通过订单整合减少单向运

输。同行竞争格局直接作用于运输单价与市场份额，竞争激烈时，运输方可能降低单价以争夺客户，导致单位收益下降；竞争较缓和时，运输方可通过稳定单价保障收益，凭借服务优势（如更短运输时效、更完善安全保障）扩大市场份额，各市场因素通过影响定价、成本与需求，共同作用于运输经济性。

3.2 运营管理因素

运营管理通过成本控制影响经济性，运输路线规划合理性至关重要，优化路线可缩短运输里程，减少铁路线路使用费、能耗成本等可变成本，例如避开绕行路段选择直达路线，或结合多客户需求规划环形路线，提升里程利用率，同时需考虑铁路线路的运输能力，避免选择拥堵线路导致运输延误。罐箱与车辆利用率的提升能摊薄固定成本，通过合理安排运输订单，减少罐箱与车辆闲置时间，增加单位时间内的运输次数，如将相邻区域的运输订单整合，实现“一车多单、循环运输”，使固定成本分摊至更多运输任务中，降低单位运输的固定成本占比。装卸流程优化可减少作业时间，缩短罐箱在站点的停留周期，降低因闲置产生的隐性成本，同时减少装卸环节的人工与能耗支出，通过规范操作流程、合理调配人员设备（如采用自动化装卸机械替代人工），提升装卸效率，运营管理措施通过对成本的精细化控制，直接改善运输经济性。

3.3 技术应用因素

技术升级通过成本节约与效率提升转化为经济性收益，罐箱保温技术优化能降低运输途中的能耗成本，采用更高效的保温材料（如真空绝热板）或结构设计（如双层罐壁），减少液化天然气储存过程中的冷量损失，降低保温系统的能耗消耗，尤其在长距离运输中，节能效果更显著。铁路调度智能化可提升运输效率，通过智能系统（如基于大数据的调度算法）实时监控运输状态，优化发车时间与行车路线，减少中途等待与延误，降低车辆闲置成本，同时提高运输计划的准确性，减少调度协调成本，例如通过智能调度显著提升列车准点率。罐箱状态监控技术能降低检修维护成本与故障风险，通过传感器实时监测罐箱压力、温度等参数，数据异常时及时预警，提前发现潜在故障，避免故障扩大导致的高额维修成本，同时减少不必要的检修次数，优化维护周期（如将定期检修改为状态检修），技术应用通过成本收益的直接转化，持续提升运输经济性。

4 液化天然气罐箱铁路运输经济性优化方向

4.1 成本优化策略

构建罐箱共享模式可降低设备购置与空返成本，联

合多家运输企业或LNG上下游企业建立罐箱共享平台，整合分散的罐箱资源，按需调配罐箱使用，减少单一企业的罐箱购置投入，通过平台匹配不同企业的运输需求，实现罐箱往返运输均有货物承载，降低空返率与空返成本，实施时需明确共享平台的运营规则与成本分摊机制，确保各方权益均衡^[3]。优化运输路线与频次需结合运输需求与线路特性，通过数据分析筛选里程更短、费用更低的路线，避开拥堵或高收费路段，根据客户订单量调整运输频次，避免运输量不足导致的资源浪费，减少铁路线路使用费、能耗等可变成本，以及罐箱闲置产生的隐性成本。建立成本动态监控机制需实时采集各环节成本数据，通过数字化系统跟踪固定成本、可变成本与隐性成本的变化，识别成本异常波动节点，及时调整成本控制措施。

4.2 收益提升路径

拓展多式联运业务可扩大运输服务范围，与公路运输企业、港口海运部门建立合作，形成“铁路+公路”“铁路+海运”的联运体系，承接从LNG生产地到终端用户的全程运输订单，覆盖铁路难以直达的区域，提升运输业务的市场覆盖面与订单量，进而扩大收益空间，实施时需统一联运各环节的服务标准与衔接流程，确保运输高效顺畅。开发定制化运输方案能满足客户特殊需求，针对部分客户对运输时效、罐箱规格、安全保障的特殊要求，设计专属运输方案，例如为应急供气客户提供优先运输服务，为高纯度LNG运输配置专用罐箱，基于定制化服务适当提高运输单价，提升单位运量收益。建立长期稳定客户合作需与LNG生产企业、大型用气企业签订长期运输协议，明确运输量、运输价格与合作期限，保障运输业务的稳定性，避免短期市场波动导致的运输量骤减，通过长期合作积累客户信任，逐步扩大合作规模，提升整体收益稳定性。

4.3 风险对冲措施

签订长期运输协议可锁定运输单价，与客户约定较长周期内的运输单价，避免LNG市场价格波动或同行竞争导致的单价大幅下跌，保障单位运量收益的稳定性，协议中需明确单价调整的特殊条款，应对极端市场变化。多元化运输客户结构需拓展不同类型、不同区域的客户，避免过度依赖单一客户或单一区域的运输需求，当某类客户或某区域需求减少时，其他客户或区域的需

求可弥补空缺，减少运输量与收益的波动，开发客户时需兼顾LNG生产、贸易、消费等不同环节的企业，平衡客户结构。建立应急运输预案需针对可能影响运输的突发情况（如自然灾害、设备故障、线路中断）制定应对方案，提前储备备用运输路线、备用罐箱与设备，当突发情况发生时，快速启动预案，减少运输延误时间，降低因延误导致的收益损失与额外成本（如应急调度成本），保障运输业务的连续性与经济性。

4.4 经济性动态评估与调整机制

建立经济性动态评估指标体系，涵盖成本管控（固定成本分摊率、可变成本占比等）、收益效率（单位里程收益、罐箱单位时间收益等）、风险抵御（价格波动耐受度、空返率控制水平）三类指标，量化运输经济性实时状态。评估周期结合业务特性，月度短期评估聚焦成本与收益即时变化，调整路线、装卸流程；季度/年度长期评估侧重市场、技术长期影响，优化罐箱配置、客户结构。动态调整机制依评估结果触发，成本指标超阈值时溯源优化，收益未达预期时调整定价或拓订单，风险预警时整合客户或改路线。同时将结果反馈至前期分析环节，更新核算逻辑与权重，形成“评估-调整-反馈-优化”闭环，保障经济性适配内外部变化。

结束语

液化天然气罐箱铁路运输经济性分析表明，其成本、收益受多因素综合影响。通过构建罐箱共享模式、优化运输路线与频次、拓展多式联运业务等成本优化与收益提升策略，以及签订长期运输协议、多元化客户结构、建立应急运输预案等风险对冲措施，可有效提升运输经济性。未来，应持续关注市场动态，加强技术创新与运营管理，推动液化天然气罐箱铁路运输行业稳定、高效发展。

参考文献

- [1]高振,常心洁,赵思思,等.液化天然气罐箱门到门供应和液态分销经济性分析[J].国际石油经济,2022,30(05):66-73.
- [2]杨海根.全球最大液化天然气运输加注船入级中国船级社[J].航海,2022(02):48.
- [3]单学永,周毅,李萌,等.C型货舱液化天然气运输船压力建模与探讨[J].天津科技,2022,49(03):110-115.