

第七届中国企业改革发展优秀成果

双循环背景下内陆集装箱网络规划与车、箱、货协同调度的探索与实践

2023年3月，国家发展改革委员会提出了相关部门应着力于加快健全应急物流体系建设、深入推进货物运输结构调整、提升现代供应链水平，促进经济国内外良性循环等12条政策措施。这对于物流行业尤其是集装箱运输行业提出了新的要求与挑战。

天津集卡帮有限公司是天津克运集团股份有限公司在习近平新时代中国特色社会主义思想指引下，立足实践“双循环新发展格局”，适应物流业国家顶层设计进行转型升级的创新实践。

“集卡帮”作为国内首家以内陆集装箱堆场（Inland Container Depots, ICD）运营为核心的车箱货匹配平台，致力于推动集装箱物流快递化变革，平台通过集卡运输网络规划与车箱货协同优化研究与实践在降本增效、伙伴共赢、提升客户体验以及推动集装箱运输行业变革等方面取得显著成效。

成果背景

在全球化经济趋势的推动下，以集装箱为代表的标准化运输迅速发展，全球集装箱运输网络从单一网络逐步发展形成了干线、支线运输以及内陆运输的多环节网络。各承运人也越来越重视内陆集装箱运输效率的提高和货主门到门运输需求的满足。基于上述分析，本成果的研究背景主要有理论与现实两个层面共四点。

（一）理论空白，“双重”情景研究较少

目前关于集卡调度的文献数量众多，但是并没有深入研究空箱作为运输资源在接驳运输中的回程和调运问题，且现有关于集装箱调度研究主要针对“重-空”情景，即重箱去空箱回或者空箱去重箱回，未有专家学者对“双重”情景展开研究。

“双重”即重去重回，通过集装箱调度，释放干线重箱功效，实现集装箱“快递化”；有关集卡调度的文献，大多关注的是集卡的路径规划、任务分配等，考虑进出口运输任务组合分配的研究相对较少；关于内陆集装箱堆场选址与车箱货调度联合优化的研究成果还非常少。

本成果在分析内陆集装箱调运特点和内陆集装箱堆场选址影响因素的基础上，设计合理的方法进行内陆集装箱堆场选址，为进一步对车-箱-堆场-ICD-客户之间进行协同调度奠定基础。

（二）市场庞大，内陆集装箱运输需求旺盛

受新冠疫情影响，近两年制造业投资、国内市场消费等均出现不同程度的下滑，然而内陆集装箱运输市场总体仍呈现逆势增长趋势。

在集装箱“门到门”运输的全过程中，港口与内陆腹地的联系日趋紧密，内陆集装箱运输网络作为海运的接续运输，在保证进出港货物高效流转方面也将起着越来越重要的作用。就空箱运输而言，有专家研究发现航运公司每年花费约1100亿美元来管理集装箱船队（如采购、维修、维修），其中约100亿美元（10%）用于内陆空箱调度。另有专家提出内陆运输占整个运输成本的比例已经达到总成本的25%，并根据不同的运输组织状况，可达到总成本的40%—80%，内陆集装箱运输效率也会极大地影响到整个集装箱运输系统的服务水平。对于从上海运输到美国的集装箱而言，其在中国内陆地区的运输成本占整个门到门运输成本的60%。此外，据权威统计，在一个集装箱从英国运往加拿大的总成本中，约有50%需要花费在内陆运输上。

（三）成本较高，内陆集装箱运输成本仍有较大降低空间

内陆集装箱运输的成本，主要取决于内陆集疏运系统中的枢纽节点和线路的



配置成本以及运载工具通行所发生的成本。目前，港口已进入区域化发展阶段，即港口通过参与内陆运输提升整个运输链的效率。其中，内陆运输是提升整个运输链竞争力和降低成本的关键环节，因此在正确位置建立正确数量、正确等级的内陆集装箱堆场，从整个系统的角度去研究集装箱运输网络中的场站选址和集装箱调配策略对于本成果的实践至关重要。

内陆集装箱堆场可以有效缓解我国内陆集装箱运输网络分配不合理的态势。当前内陆腹地的集装箱运输技术水平相对较低，场站设施缺乏，现有枢纽、货站布局不尽合理，功能尚不完善，阻碍了集装箱运输的发展，例如我国内陆集装箱运输网络中80%以上的集疏运任务主要由公路运输承担，水路承担的运输任务约占10%，而铁路承担的集装箱运输比例只占到4%-5%，对公路运输的过度依赖导致铁路和水路运输的优势无法发挥。多位专家提出内陆集装箱堆场体系将大幅降低港口的公路集疏运比重，以深圳港为例，内陆集装箱堆场实施后公路集疏运比重将由当前约65%的占比下降至40%左右，此举对缓解港城交通矛盾具有重要意义，且实施内陆集装箱堆场后主要货运通道全年减少各类大气污染物100t左右，大气环境改善较为显著。

内陆集装箱运输调度一直是集装箱运输行业存在的一个重要问题，对降低船运公司的运营成本、实现绿色运输至关重要。科学合理地对内陆集装箱进行调运，提高其周转率、准时率和利用率，是船运公司减少管理费用、改善运营状况的重要手段。因此，本成果通过构建包含ICD（内陆集装箱堆场）的内陆集装箱运输网络，分析该网络的运营模式与各节点的功能属性，完成对ICD的选址决策，并针对网络中的箱流与货流，构建完整的堆场-集卡-集装箱智能调度方案，通过ICD实现集装箱和集卡在运输网络中的协同调度。在考虑绿色节能调度的同时进一步解决提高整个集装箱运输系统的效率、降低运输成本。

（四）调度困局，集卡调度决策欠合理

当前调度存在的问题，一是集卡调度以人工为主，存在反应速度慢，调度决策不合理的问题。二是集卡空驶率高，存在运输资源浪费的情况。

构建智能物流体系、实现车箱货协同优化改革目标的优化举措

（一）梳理企业主营业务脉络，搭

建内陆集装箱运输网络，构筑ICD选址与车箱货协同调度优化平台

天津集卡帮有限公司作为国内首家以ICD运营为核心的车箱货匹配平台，致力于推动集装箱物流快递化变革。大力推进集卡运输网络规划与车箱货协同优化研究与实践，在降本增效、伙伴共赢、提升客户体验以及推动集装箱运输行业变革等方面取得显著成效。

企业首先搭建了内陆集装箱运输网络，明确了内陆集装箱运输网络各节点、各运营对象的功能，实现功能分区。内陆集装箱运输网络由码头、堆场、ICD、客户四类节点构成。ICD连接堆场与内陆腹地、内陆腹地与客户集群，具有集散货物、存储空箱的功能；集装箱通过卡车在不同节点间调运。客户的运输任务包括了内贸运输任务和外贸运输任务两大类。内贸运输是指在内陆腹地客户间进行的集装箱运输，即运输任务IC（内陆箱）；外贸运输是指在码头与客户之间进行的往返运输，码头主要处理外贸客户进出口运输任务，根据集装箱装载状态的不同，可将外贸运输任务进一步分为IF（进口满箱）、OF（出口满箱）、IE（进口空箱）与OE（出口空箱）四类：

IE（进口空箱）：从码头出发，可运至堆场、ICD、外贸客户处；OE（出口空箱）：空箱任务终点唯一，起点可以为堆场、ICD和客户任意节点；IF（进口满箱）：起点为码头，任务终点为客户；OF（出口满箱）：起点、终点唯一，起点为托运人，终点为码头。

随着内陆运输需求日益攀升，港口与内陆腹地的联系日趋紧密，内陆集装箱堆场在整个集装箱运输系统中也将起着越来越重要的作用，尽管内陆堆场ICD已经引起了集装箱运输行业的高度关注，天津集卡帮有限公司也紧跟行业动态，构建ICD选址与箱货场协同调度优化平台致力成为行业领军者。

集卡帮不断追求技术创新、业务创新，所开发的平台应用集团企业级的智能物流辅助决策，将智能物流新模式应用到集装箱运输管理业务实际中，同时不断更新和完善集装箱运输物资智慧化管理体系，实现了系统的不断优化。通过这一系列措施，提高集装箱运输物资智慧化管理水平，进而优化整个供应链的运作效率与质量。

（二）打通箱池、运力池与订单池生态闭环，实现内陆集装箱堆场选址与箱货场调度联合优化

堆场-集卡-集装箱调度环节是连

的智能启发式算法，将集装箱堆场的选址与箱货场调度以及箱池、运力池与订单池的整合优化问题进行量化描述，综合考虑多个因素，如货物优先级、运输成本、时间窗口等，以实现最佳的资源配置和运输规划。

“集卡帮”在实际运作中充分注意到车箱货在内陆集装箱运输网络中的动态调度问题，以及“集装箱卡车-集装箱-货物”运作模式下的联合调度问题。通过集装箱空重箱与车辆的协同调度，释放干线重箱功效，实现重箱去重箱回。通过建立混合整数规划模型并设计智能启发式算法进行求解，在一定程度上拓展、充实内陆集装箱运输网络中码头-堆场-ICD-客户之间车-箱协同调度的理论与方法研究并进一步拓展相关场景。

此外，天津集卡帮有限公司将智能算法应用于实际运营场景，并不断修正算法细节。

本成果的实际效果

（一）车箱货灵敏匹配，实现降本增效

天津集卡帮有限公司通过ICD网络的智慧运营，将车箱货三要素进行精准匹配，通过集卡运输网络规划和车箱货协同调度联合优化（站点接力式运营），为客户提供成本最低、效率最高的运输方案。

经实际测算，本成果将促使物流费用较之前的运输方案降低20%、物流效率提升35%。

（二）ICD场站资源互通，实现伙伴共赢

无论自建、共建还是合作ICD均以智慧闸口为基础，提高场站运行效率，并在场站间实现资源互通，依靠箱管系统、堆场运营系统、车挂系统、集卡系统协同实现车、箱、货、挂四大要素的资源匹配。

经实际测算，本成果促使ICD场站收入增加2倍、司机收入提升25%。

（三）新增支线运输服务，提高顾客满意度

支线运输服务是指在产业集群、货运铁路站附近选取ICD站点（通常称为前置ICD），在前置ICD30km范围内形成支线服务圈，并为客户提供就近用箱、甩挂运输、灵活箱仓储、支线专运等服务。支线运输服务可以让客户货物运输全程可控、客户实现就近用箱还箱，客户体验随之明显提升。

（四）赋能干线运输服务，提升资源利用率

干线运输服务由前置ICD、驿站ICD、港口三级站点链接形成，其服务特点是当日往返、高效集疏港、提高集卡重去重回率。经实际测算，干线运输服务可促进供应链效率提升5%、碳排放减少12%。

总结

集卡运输是一个数千亿元规模的物流细分领域。而中国核心港口的信息化水平、卡车司机智能手机普及率、集卡车辆GPS或北斗定位系统应用程度等均已经是全球领先水平，这意味着集卡运输行业的数字化基础已经齐备，蕴藏着巨大的行业变革机遇。

天津集卡帮有限公司依托数字化技术和丰富的港口资源，在集卡运输领域具备较好的场景和基础。同时“集卡帮”以ICD为核心的方向得到众多专家学者的肯定，坚定了“集卡帮”通过平台化、数字化、网络化、联合调度优化解决车、箱、货匹配难题的信心。

本成果预期能够在市场发展、行业推动和顺应政策导向三个维度对集装箱物流变革具有一定的引导和借鉴意义。■