

集装箱码头牵引车“一头多挂”技术及其工艺研究

宁波港吉（意宁）码头经营有限公司 虞新平 胡悦 刘文毓

摘要：从探索集装箱平面运输入手，引入了“一头多挂”的运输方式。通过理论分析，提出了集装箱运输增效的方法，利用样车长时间试验运行，验证了“一头多挂”技术应用的可行性和必要性。

关键词：集装箱运输；“一头多挂”

Abstract: According to actual situation of container terminal. The road train technology was provided. Some methods was put forward to increase productivity by theoretical analysis, and the test proved that road train technology was an efficient path to improve the container transportation efficiency.

Keyword: Container transportation; Road train;

一、引言

作为大型的集装箱专业码头，如何更进一步做好“能源、人力”方面的“安全、集约、高效”使用，加强环境保护，一直都是码头管理者需要创新的工作重点。为提高设备运行效率，节约人力成本，欧洲的一些专业集装箱码头，在集装箱的平面运输上，穿插性地使用了“一头多挂”的运输方式。该方式与国内目前“一头单挂”的集装箱半挂车运输方式相比，在提高运行效率、减少操作人员、节能减排等方面具有一定的优势。基于“一头多挂”的运输方式，结合本码头的“道路、堆场、码头面”通行情况，2010年上半年我们码头试探性在限定区域的集装箱平面运输上引入“一头多挂”的运输方式。

通过一年多“样车研发、单台试验、技术与安全定型、作业线编组运行”等各个阶段的运作。到目前为止，对这种新的“一头多挂”的运输方式，从技术及工艺上，优化了车辆技术性能，配备了较为完善的安全保护装置，形成了系统的安全操作规范，完成了对节能减排、效益分析的各类数据统计等工作；以下是笔者在该项目中所做的一些工作总结，希望能给同类或相似行业作些参考，不足之处请各位同仁不吝指正。



图1 集卡公路列车在ECT码头的使用

二、“一头多挂”车辆所参考的技术依据

在保证安全性、可靠性的前提下，集装箱车辆的运输生产率和运输成本是评价车辆工作效率最全面的指标。单位时间内运送集装箱的箱量 (TEU) 或完成的运输工作量 (TEU·km)，称为运输生产率 W (TEU·km/h)，且有如下算式：

$W = \alpha\beta\gamma qV$ ，式中，

α ---工作时间利用系数，表示车辆载箱的运程时间与总的工作时间之比；

β ---行程利用系数，表示车辆载箱行程与总的行程之比；

γ ---载质量利用系数，表示车辆在行驶过程中有效载荷 (集装箱) 与车辆自重之比；

q ---车辆能载运集装箱的额定载荷；

V ---车辆的平均技术速度 (km/h)

由此可见，要想提高 W 运输生产率，有下几个因素可以影响。对 α 来讲，想办法减少集卡待机侯箱时间，或减少单个集装箱的平均等待时间 (多挂方式可以大幅度减少单箱侯箱时间)；对 γ 来讲，提高有效载荷，在牵引力允许的条件情况下，增加挂车数量、多拉箱是提高有效载荷的最好方法；综合以上几个决定因素，以上算式，对码头限速的低速牵引车，提高载质量利用系数及提高有效载荷，是我们集卡提高运输生产率最可行的出发点。

关于集装箱车辆提高运输生产率的问题，美国汽车工程协会和康明斯公司共同开展了一项关于车辆能源和排放的综合研究，该研究内容涵盖了对不同运输体积、不同重量、不同组成结构集装箱运输车辆的多项测试。其研究方法是，利用康明斯尖端的车辆仿真模型工具，建立六种不同结构车辆的运行模型 (如图 2 所示)，并通过一条经典路径来测量和分析它们的油耗量，除此之外，还附带测量了温室效应气体，包括 CO_2 ，PM 和 NO_x 等气体的排放等。



图 2 六种不同结构组成集装箱运输车辆

如图 2 所示，在六种对象集装箱运输提效的研究中，在运输体积因素约束前提下 (载货对象首先是集装箱的体积，然后才是集装箱里面货物的重量)，集卡无论是增加轴数还是增加挂车数，有效载荷增加的范围在 42% 到 80% 之间。图 3 所示结论一：随着车轴和半挂车数的增加，集卡的有效载荷也会增加 (图 3 为六种车辆有效载荷图，车辆类型对应 5-axle: 5-axle Track-Semitrailer; 6-axle: 6-axle Track-Semitrailer; DBL: Double; RMD: Rocky Mountain Double; TRPL: Triple Trailer Combination; TPD: Turnpike Double)

同样，在运输体积因素约束前提下，可以看到每款车型的燃料经济性情况。不论选哪种车型，在车全重相同条件下，燃料节能效果的差值小于 5%。图 4 所示结论二：**车辆全重和发动机功率大小是影响燃料经济性的主要因素，轴数和车结构对燃料消耗影响不大。**

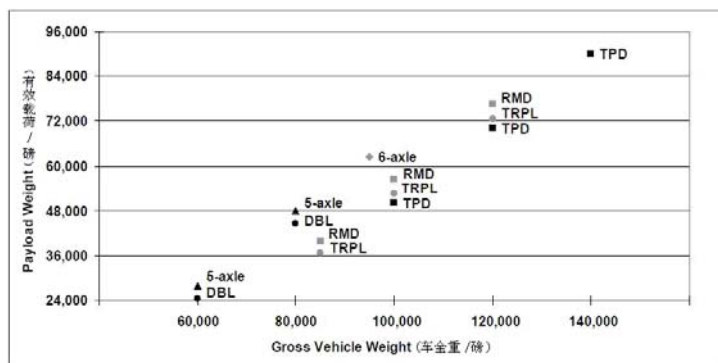


图 3 集卡有效载荷图

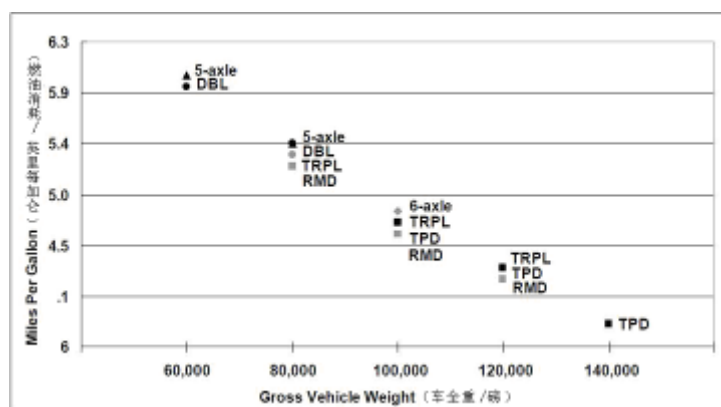


图 4 燃料经济性对比图

以上两个研究点的统一结论：**在目前普遍采用的一台牵引车加上半挂车（一头单挂）的车辆结构上，只要牵引车所配发动机功率及牵引力许可，增加半挂车的拖挂数量（一头多挂），是最有效的节能增效运输办法。**目前集装箱码头的牵引车功率一般都配置在 260 马力左右，均为低速（自动变速箱）大扭矩，牵引力余量大；同时，结合码头平面运输良好的路面状况、速度限制低等有利因素，为我们将传统的“一头单挂”扩展为“一头多挂”提供了良好的先决条件。考虑到新的多挂车辆对传统单挂车辆的影响，目前，我们的“一头多挂”形式先试验性采用“一头双挂”的组成方式。

三、 两种“一头双挂”车辆的技术性能介绍



图 5 两种“一头双挂”集卡运输车辆

图 5 所示为本码头现场在用的两种“一头双挂”集卡运输车辆示意图。

第一种为半挂、全挂组合方式（图 5 左，为 **A 型**，1~8 轴从左至右与卡车轮胎对应）：具体组成是牵引车（1、2 轴）、一级半挂车（3、4 轴）、带鞍座牵引车（5、6 轴）、二级半挂车（7、8 轴）4 个部分；一级半挂车后安装有德州方向机厂 DF2728-49-20 型挂车牵引装置，该牵引装置的牵引杆与 5、6 轴共同构成带鞍座牵引车，以上 4 个组成部分均可分离和快速连接，2 级半挂车均可单独半挂使用，带鞍座牵引车和二级半挂车组合成一套全挂车（5、6、7、8 轴组合）；所以，称这种结构为半挂、全挂组合方式。

第二种为双半挂组合方式（图 5 右，为 **B 型**，1~8 轴从左至右与卡车轮胎对应）：具体组成是牵引车（1、2 轴）、一级半挂车（3、4、5 轴）、二级半挂车（6、7 轴）3 个部分；一级半挂车尾部挑出一套鞍座，该鞍座用于与第二级半挂车的快速连接，2 级半挂车也可单独半挂使用，直观感觉是通过一级半挂车后部的挑出鞍座，叠加连接上第二级半挂，一级半挂的 3、4、5 轴同时要承受一、二级半挂的载荷，称这种结构为双半挂组合方式。

以上两种“一头双挂”组合，通过长时间的运行试验比较，各有优缺点，表 1 作简要比较。

表 1 两种“一头双挂”集卡性能比较

| 车辆形式及特征比较 | 半、全挂组合 (A) | 双半挂组合 (B) | 评价 |
|-----------|------------------------|--|-----|
| 整列车长度 | 稍短 | 稍长 | A 优 |
| 转弯半径及通过性 | 半径小，跟车及通过性好 | 半径大，通过性差些 | A 优 |
| 整列车倒车性能 | 倒车操作稍差 | 倒车操作稍好 | B 优 |
| 拆卸组合方便性 | 组合不方便 | 组合方便 | B 优 |
| 半挂车通用性 | 通用性好 | 一级半挂尾部挑出固定鞍座，通用性差 | A 优 |
| 刹车安全性 | 刹车安全性好，二级半挂对一级半挂车影响小 | 刹车性能稍差，叠加的二级半挂对一级半挂车冲击大，易侧翻 | A 优 |
| 载箱安全性 | 第二级挂车组合成全挂，载荷分布合理，载箱安全 | 一级半挂尾部挑出鞍座牵引二级半挂外，要承受二级车的重力方向载荷，一、二两级半挂车相互在垂直方向上载荷影响，不安全 | A 优 |
| 牵引连接安全性 | 如果打方向超限，易损坏牵引杆 | 均为鞍座连接，可靠性更好 | B 优 |

以上两种车辆结构在本码头均有使用，综合考虑各个因素，A 型车因通用性、安全性更具优势，已在大批量使用。

四、“一头双挂”车辆与普通单挂车辆的燃油消耗对比

关于对“一头多挂”车辆（目前为双挂）与普通单挂（单挂）车辆的燃油消耗对比试验，我们总体上设定了3种试验模型，使用相同型号及相同批次牵引车，均在码头现场实车运行跟踪：

- 1) 模拟空箱转场试验，参与车型为：普通单挂带40英尺空箱、A型双挂带2个40英尺空箱，堆高机码箱。

表2 空箱转场能效对比表

| 车型 | 公里数 KM | 箱数 TEU | 总耗油 l | TEU单耗 l/TEU | TEU公里单耗 ml/TEU.KM |
|----|------------------|-----------|----------|----------------|----------------------|
| 单挂 | 111 | 50 | 49.3 | 0.99 | 8.88 |
| 双挂 | 115 | 92 | 56.2 | 0.61 | 5.32 |
| 比较 | 空箱模式下双挂较单挂可节油40% | | | | |

- 2) 模拟重箱转场试验，参与车型为：普通单挂带40英尺20吨重箱、A型双挂带2个40英尺重箱，轮胎吊码箱。

表3 重箱转场能效对比表

| 车型 | 公里数 KM | 箱数 TEU | 总耗油 l | TEU单耗 l/TEU | TEU公里单耗 ml/TEU.KM |
|----|------------------|-----------|----------|----------------|----------------------|
| 单挂 | 98 | 52 | 64.5 | 1.24 | 12.76 |
| 双挂 | 107 | 98 | 74.5 | 0.76 | 7.14 |
| 比较 | 重箱模式下双挂较单挂可节油44% | | | | |

以上两个模型相比说明，重箱状态下（20吨），有效载荷增加，在合理的发动机匹配所确定的燃油经济性的前提下，节油效果更为明显；当然随着载荷增加，节油效果有可能会下降。

- 3) 多台双挂直接参与生产，随机载运空箱、重箱与普通单挂的总体统计比较

表4 单挂双挂实测能效对比表（11年8月份）数据

| 车型 | 箱数 TEU | 总耗油 l | TEU单耗 l/TEU |
|------|---------------------------|----------|----------------|
| 单挂多台 | 268989 | 284820 | 1.07 |
| 双挂多台 | 52570 | 4048 | 0.77 |
| 比较 | 总体情况比较，双挂较单挂目前数据比较，可节油28% | | |

需要说明的是，根据我们的实测数据，当双挂车的月作业箱量超过4000TEU时，

TEU 单耗马上降为 0.64 升/TEU；以上 3 组对比数据说明，实测状态下的生产组织及配套作业安排达不到模拟测试状态下的高效性，“一头多挂”需要我们有更好的配套生产组织来支持。

五、“一头多挂”车辆使用成效与展望

“一头双挂”在我们码头的应用是成功的。首先，从生产效率上来讲，“一头多挂”的应用，减少了牵引车投入，一台双挂挂车基本上可以当 1.8（根据作业线运行实测）台单挂挂车使用，在不增配集卡数量的同时，大幅度提高了桥吊的单机效率和船时效率；第二，从经济效益上来讲，双挂挂车较单挂挂车节能约为 30%，如按每年 100 万箱量，双挂作业比例 50%计，可节约成本约 280 万元，并且“一头多挂”的应用在很大程度上减少了司机的配置数量，降低了人力使用成本。总的来说，“一头多挂”所具备的“高效、节能、降人力成本”三大优点，能有力提升公司核心竞争力，推进建设绿色集装箱码头进程。“一头多挂”集装箱运输模式具有良好的发展空间和应用前景，下图 6 为港吉码头港区大批量使用“一头多挂”式双挂挂车的现场作业图。



图 6 “一头多挂”运输方式在港吉码头的现场运行实图