

铁路集装箱港站布局与能力协调研究

周华波

中铁二院工程集团有限责任公司，成都 610031

摘要：在海铁联运条件下，海铁集装箱联运对集装箱运输发展有重要的意义。论文对铁路集装箱港站布局原则、运作模式、车站布置图形和装卸线进港方式等相关布局问题进行了分析，结合集装箱船舶到港不平衡性及集装箱组成不平衡性，对集装箱码头通过能力及其协调问题进行了研究。

关键词：海铁联运；铁路集装箱港站；港站布局；能力协调

中图分类号：U297

文献标识码：A

文章编号：1672-4747(2013)02-0054-06

Study on the Layout and Capacity Co-ordination of a Railway Container Port and Train Station

ZHOU Hua-bo

China Railway Er Yuan Engineering Group Co.Ltd,

Chengdu 610031, China

Abstract : Sea-Raid transport has great significance to the container transport in the world. In this thesis, the related layout questions of railway container ports and stations about the principles of layout, the operation modes, the layout forms of stations, the modes into port of loading and unloading lines and so on were analyzed under the condition of the sea-rail transport. Then, in combination with the imbalance of container ships to port and the composition of containers, The problem of carrying capacity of the containers at ports and the co-ordination capacities were studied also.

Key words : Sea-rail transport , port railway container station , layout of port station , coordination of capacities

0 前言

海铁联运是通过铁路和海运相结合的一种高

级的运输组织形式，是国际集装箱运输的重要组织方式，它的出现对集装箱运输的发展有着重要的历史意义^[1]。对于海铁联运来说，铁路运输占有着重

收稿日期：2012-07-20.

作者简介：周华波（1976-），男，汉族，四川人，中铁二院工程集团有限责任公司工程师。

要的地位，铁路运输能够以铁路和港口建立共同的港站为依托，将集装箱运输向广大的内陆辐射，其经济性和安全性较高，海铁联运的优势可以说是得天独厚的。从全球经济发展来看，海铁联运是铁路运输的一个重点发展方向。随着现代物流业的发展，近年来海铁联运发展势头强劲，特别是在欧美等发达国家，铁路运量中海铁联运的份额逐年增加。随着我国经济的不断发展，再加上西部大开发战略的实施，沿海经济向内陆地区不断转移，集装箱运量也不断增加，而同时随着社会经济的发展又提出更高的节能减排要求，提高港口集装箱集疏运量中铁路运量的比重，发展功能齐全的铁路集装箱港站，已经成为进一步促进我国集装箱运输业的紧要任务。

目前，在我国港口集装箱集疏运中，85%左右是由公路来完成的，公路运输成本高，且能耗也比较高，这与建立环境友好型社会的宗旨不相符，也降低了整个运输行业的经济效益^[2]。完善港口集疏运系统，特别是铁路集疏运系统是目前必须要解决的紧要问题。

集装箱港口通过能力和港口功能的实现很大程度上受到港口集疏运系统的影响，港口集疏运系统的完善是港内交通流畅通的重要保证。在海铁联运中，港口与铁路的衔接点就是港站，因此，在规划建设集装箱港口时应该将铁路集装箱港站作为

重要问题来加以考虑。

1 铁路集装箱港站布局研究

1.1 铁路集装箱港站作业流程分析

(1) 铁路集装箱运输流程

铁路集装箱站的作业一般包括集装箱作业、装卸作业、站内作业，铁路集装箱运输的一般作业流程如图 1 所示。集装箱作业根据集装箱的种类不同又可以分为到达集装箱作业、中转集装箱作业、发送集装箱作业^[3]。装卸作业按照功能区划分包括装卸线箱区作业、辅助箱区作业。

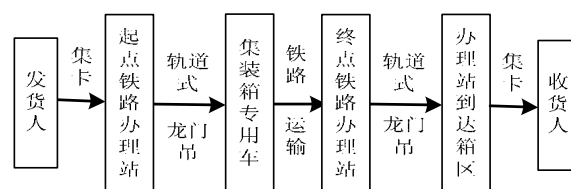


图 1 铁路集装箱运输流程

Fig.1 Transport process of railway containers

(2) 铁路港站集装箱作业流程

铁路港站的作业流程会因为装卸线设置位置的不同而有所不同。有的装卸线直接设置在码头前沿，有的设置在港区堆场的后方，集装箱从班列到港口车站的作业过程如图 2 所示。

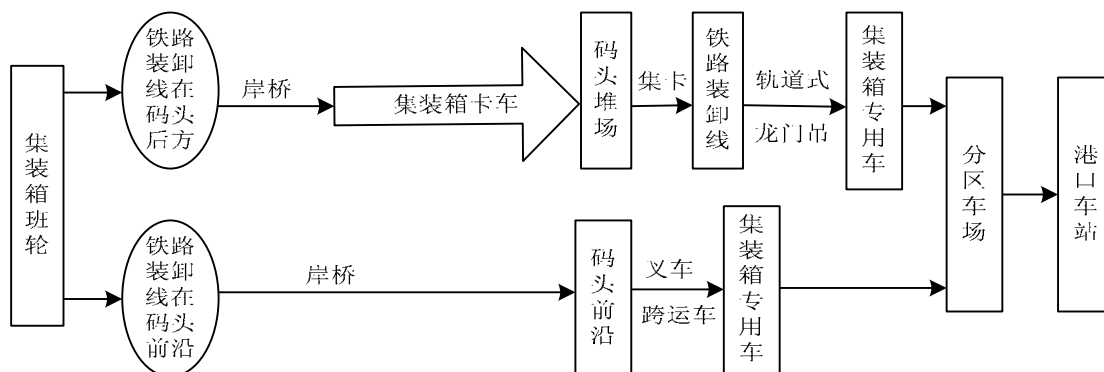


图 2 铁路港站作业流程

Fig.2 Operation process of railway port station

港口和铁路协作从集装箱班轮卸船到集装箱

班列发车的作业流程如图 3 所示。

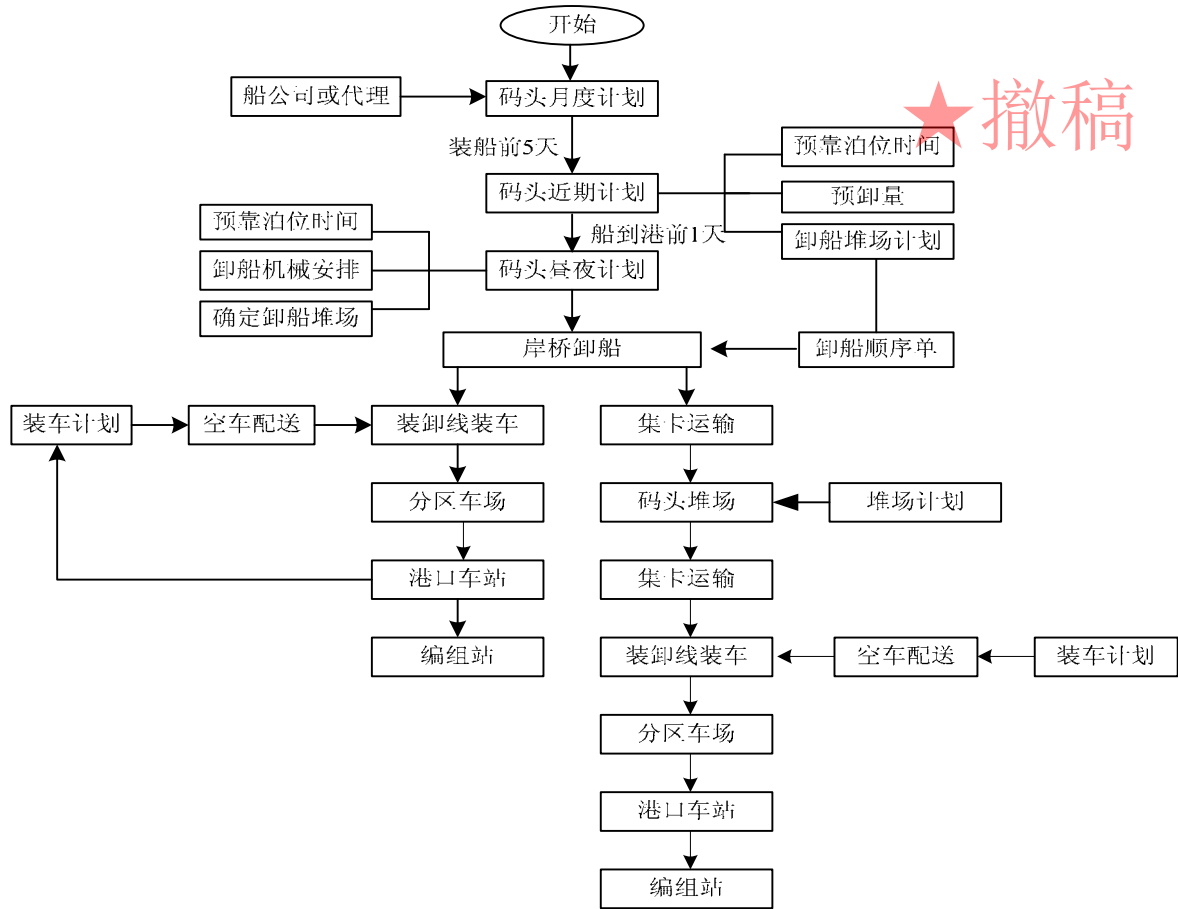


图3 集装箱港口铁路集装箱作业流程

Fig.3 Operation process of railway container at railway port station

铁路集装箱港站是联系集装箱港口与铁路之间的纽带，一定要组织好集装箱在港站的转运作业，以防积压，增加成本。因此，对于集装箱班列和班轮到达的时间以及数量这些重要信息必须掌握好，这样既能在能力上相互配合，又能在时间衔接上得到保证。

1.2 铁路集装箱港口车站布置

港口铁路总体布局的形式可以按照其各组成部分的排列位置，分为纵列式、横列式、混合式三种。

(1) 纵列式

港口车站、分区车场和装卸线纵列布置，这种布置形式作业程序比较简单，按顺序进行取送车辆，并且没有折返行程，而且车站咽喉区的任务负担比较平

衡，调车作业在各车场有序进行，互不干扰，充分发挥车站的作业能力。但是，这种布置形式有个较大的缺点，对场地要求较高，需要占用较长的区域。

(2) 横列式

港口车站、分区车场和装卸线并列布置。这种形式的优点就是布置紧凑，用地较省。一般情况下，这种形式不宜采用，因为这样布置咽喉区会相互交叉，造成较大的干扰。

(3) 混合式

港口车站和分区车场之间呈纵列式布置，而分区车场和装卸线之间呈横列式布置。港口车站和分区车场之间按顺序取送车辆，没有折返行程，而分区车场和装卸线之间则按非顺序进行取送车，这样会存在较多的交叉干扰。

2 铁路集装箱港站与港口能力协调分析

2.1 港口通过能力分析

港口通过能力是由多个子系统组合而成的，包括泊位通过能力、库场能力、装卸能力、集疏运能力等^[4]。其中，泊位系统能力是港口通过能力的主要决定因素，其他各部分能力都是以泊位能力为基础，都要与泊位能力相适应，避免出现瓶颈，限制了整个港口系统能力的发挥，影响港口码头泊位通过能力的主要因素有：

(1) 到港船型的不平衡性对装卸桥台时效率的影响

船型的大小和船舶在港装卸量都对桥台时效率有影响。船舶尺度大、在港装卸量大，则装卸桥台就可以在一个位置连续作业；如果船舶尺度小，而且在港装卸量也小，那么装卸桥就要不停的移动位置进行作业，这种频繁的移动就直接降低了装卸桥的台时效率。

(2) 船舶在港装卸量的不平衡性对船时效率的影响

在港装卸量的不同会影响装卸桥的配置数量，而装卸桥的配置数量与船舶尺度又有直接关系，根据规范结合给出的典型船舶的资料，可以得到用于计算通过能力所需要的经过修正的主要参数。

修正后的港口通过能力计算公式：

(1) 泊位小时通过能力：

$$p_h = n_L \cdot p_L \cdot b_1 \cdot b_2 \quad (1)$$

式中： n_L ——泊位装卸桥理论数量；

p_L ——装卸桥理论装卸效率；

b_1 ——船型修正系数；

b_2 ——泊位对装卸桥的修正系数。

(2) 泊位日通过能力：

$$p_d = 24 \cdot p_h \cdot \rho \quad (2)$$

$$\rho = \frac{n_d \cdot Q}{24 \cdot p_h} \quad (3)$$

$$n_d = \frac{24}{\frac{Q}{p_h} + t_f} \quad (4)$$

式中： p_d ——泊位日通过能力，TEU；

ρ ——装卸率，装卸时间占一天中的比例；

n_d ——每天装卸船的平均数量；

Q ——到港集装箱船的平均装卸量，TEU；

t_f ——装卸辅助作业时间，通常在 5h 以内。

2.2 铁路集装箱港站通过能力分析

铁路港站主要由港口车站、分区车场、装卸线三部分构成，其能力也主要由这三部分的能力构成。但是，由于铁路港站是为港口服务的，其通过能力对于港口来说，就是港口的铁路集疏运能力，所以其能力的基础是港口集装箱通过能力，那么，这三部分能力的中心环节就是装卸线的能力，其他两部分的能力都要与装卸线能力相匹配。

(1) 一昼夜内需要的车辆数^[5]

$$n = \frac{Q_d \cdot k_{\text{铁}}}{q \cdot c \cdot \alpha_{\text{铁}}} \quad (5)$$

式中： Q_d ——港口昼夜集装箱量，TEU；

$k_{\text{铁}}$ ——港口集装箱占铁路运输的比例；

q ——车辆平均载箱量，取 2 TEU；

c ——昼夜送车次数，取 4 次；

$\alpha_{\text{铁}}$ ——车辆载箱量利用率。

(2) 铁路装卸线通过能力^[5]：

$$p_{\text{铁}} = n \cdot T_{\text{铁}} \cdot q \cdot \alpha_{\text{铁}} \quad (6)$$

式中： $T_{\text{铁}}$ ——铁路装卸线年运营期。

(3) 同时装卸车数及装卸线有效长

同时装卸车辆数是完成昼夜到港车辆数装卸作业的基础，而且是装卸线长度确定的依据。

$$n_{\text{车}} = \frac{n \cdot t_{\text{车}}}{24} \quad (7)$$

式中： $n_{\text{车}}$ ——同时装卸车数；

$t_{\text{车}}$ ——车辆平均占用装卸线时间。

装卸线有效长^[5]：

$$L = \frac{n_{\text{车}} \cdot L_{\text{车}}}{\eta_{\text{线}}} \quad (8)$$

式中： $L_{\text{车}}$ ——车辆长度，取 14 m；
 $\eta_{\text{线}}$ ——装卸线利用率，取 0.8。

2.3 协调性分析

(1) 装卸线有效长与港口通过能力的关系

铁路港站是以港口为依托进行集装箱的集疏运，其能力的中心环节又是装卸线部分，所以要保证铁路港站能力与港口能力相协调，关键在于装卸线能力要与港口能力协调，所以有下列公式成立：

$$p_{\text{铁}} = p_m \cdot k_{\text{铁}} \quad (9)$$

将式(6)代入式(9)中，得

$$n \cdot T_{\text{铁}} \cdot q \cdot \alpha_{\text{铁}} = p_m \cdot k_{\text{铁}} \quad (10)$$

由式(7)得

$$n = \frac{24 \cdot n_{\text{车}}}{t_{\text{车停}}} \quad (11)$$

由式(10)、(11)得

$$\frac{24 \cdot n_{\text{车}}}{t_{\text{车停}}} \cdot T_{\text{铁}} \cdot q \cdot \alpha_{\text{铁}} = p_m \cdot k_{\text{铁}} \quad (12)$$

由式(8)得

$$n_{\text{车}} = \frac{L \cdot n_{\text{线}}}{L_{\text{车}}} \quad (13)$$

将式(13)代入式(12)得

$$\frac{24 \cdot L \cdot n_{\text{线}}}{L_{\text{车}} \cdot t_{\text{车停}}} \cdot T_{\text{铁}} \cdot q \cdot \alpha_{\text{铁}} = p_m \cdot k_{\text{铁}} \quad (14)$$

则

$$L = \frac{p_m \cdot k_{\text{铁}} \cdot L_{\text{车}} \cdot t_{\text{车停}}}{24 \cdot \eta_{\text{线}} \cdot T_{\text{铁}} \cdot q \cdot \alpha_{\text{铁}}} \quad (15)$$

在式(15)中，右边只有 p_m 是未知量，其余各参数都是已知数，通过该式可以算出铁路装卸线的最小有效长度。港口码头通过能力增大，装卸线最小有效长也会随着增大。

(2) 协调性分析结论

如果以 L 为纵坐标， p_m 为横坐标建立坐标系，则铁路装卸线与码头通过能力的关系如图 4 所示。

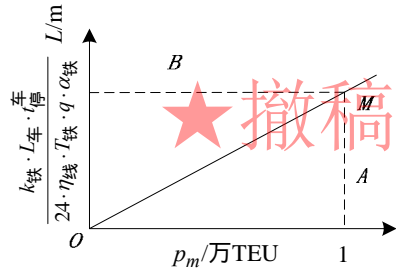


图 4 铁路装卸线与码头通过能力的关系

Fig.4 Relationship between loading and unloading lines and the container carrying capacity at ports

从图 4 可以看出， OM 这条线将坐标系分成两个区域，分别是 A 区和 B 区，经过分析得出以下结论：

(1) OM 线所代表的值是在满足港口码头装卸能力条件下铁路装卸线有效长的最小值；

(2) OM 下方的 A 区表示铁路装卸线不能满足港口码头通过能力的要求，这时会经常出现船等车的现象；

(3) OM 上方的 B 区表示铁路装卸线能力满足港口码头通过能力的要求，并且有一定的富余能力；

(4) 铁路装卸线有效长在 B 区范围内取值不能大于最小有效长过多，否则，装卸线能力过剩，就会经常出现车等船的现象。所以，有效长的取值在最小值的基础上再加上一定的储备长度。

无论是车等船还是船等车都是对资源的浪费，而且降低了集装箱运输的效率，增加了成本，应该尽量避免出现这样的情况。

3 案例分析

某港区营运的集装箱泊位由 1、2 号泊位，岸线长 546 m，前沿水深 - 17.5 m，4、5 号集装箱泊位疏浚工作已完成，岸线长 411 m，前沿水深 - 13.2 m，正在建设的 8、9 号泊位预留靠泊 10 万吨级集装箱船舶，前沿水深 - 17.5 m。码头目前配置有桥吊 6 台，场桥 10 台，正面吊 3 台，空箱堆高机 2 台。

3.1 港区码头通过能力

港区集装箱吞吐量 42 万标箱，已经投入使用的 1、2 号泊位实际并作一个使用，港区到达船舶

组成如表 1 所示。

表 1 港区到达船舶组成

Tab.1 Composition of the ships arrived at the port

修正船型								
箱量 (自然箱)	82	126	137	254	1450	2103	2809	
比例 (%)	0	2.11	7.67	51.3	31.8	2.48	2.97	1.62

(1) 平均单船装卸量:

$$Q = \sum_{i=1}^m \bar{Q}_i \eta_i = 306 \text{ (自然箱)} \quad (16)$$

(2) 船型修正系数 $b_1=0.28$, 取 $b_2=0.85$, $T_y=350$ d, $k_1=1.3$, $t_f=4$ h, $p_L=50$ 箱/h

(3) 通过能力

小时通过能力:

$$p_h = 6 \times 50 \times 0.85 \times 0.28 = 71 \text{ (箱)} \quad (17)$$

日通过能力:

$$p_d = 24 / (1/71 + 4/306) = 889 \text{ (箱)} \quad (18)$$

年通过能力:

$$p_y = 350 \times 889 \times 1.3 = 40.45 \text{ (TEU)} \quad (19)$$

3.2 铁路装卸能力

港区在集疏运规划中提出未来 10 年铁路集疏运运量要占港口吞吐量的 10%, 在建设铁路集装箱港站时应有前瞻性, 铁路集装箱运量预测为 40 万标箱, 则铁路装卸线最小有效长度为:

$$L = \frac{p_m \cdot k_{\text{铁}} \cdot L_{\text{车}} \cdot t_{\text{停}}^{\text{车}}}{24 \cdot \eta_{\text{线}} \cdot T_{\text{铁}} \cdot q \cdot \alpha_{\text{铁}}} \quad (20)$$

其中, $t_{\text{停}}^{\text{车}}=3$ h, $\eta_{\text{线}}=0.8$, $\alpha_{\text{铁}}=0.8$, $L_{\text{车}}=14$ m,

$$L = \frac{400000 \times 14 \times 3}{24 \times 0.8 \times 350 \times 0.8} = 1562.5 \text{ m} \quad (21)$$

因为列车到站同样具有不平衡性, 这里取不平衡系数 $k_t=1.2$, 则

参考文献

- [1] 黄浚源. 海铁联运合理运距及运输组织优化研究[D]. 北京交通大学, 2011.
- [2] 王金霞. 疏港铁路建设探讨[J]. 铁路采购与物流, 2011, 6(7).
- [3] 赵红霞. 现代物流条件下铁路集装箱中心站设施

$$L' = 1.2L = 1875 \text{ m} \quad (22)$$

装卸线总有效长与码头通过能力的协调关系如图 5 所示:

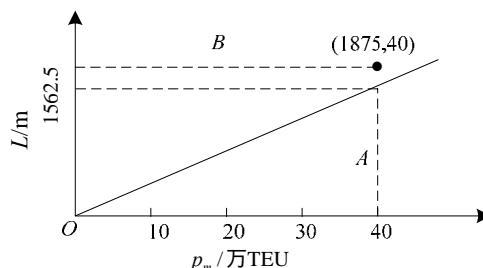


图 5 装卸线总有效长与码头通过能力的协调

Fig.5 Co-ordination between containers' carrying capacity at ports and the total effective long of the loading and unloading lines

由图 5 分析, 装卸线总有效长度取值点在 B 区, 能够满足码头通过能力的要求, 所以, 装卸线总有效长度确定为 1875 m, 需要设置两条装卸线, 每条装卸线长度取 900 m。

4 结束语

车站的布置图形主要根据车站作业量的大小和作业程序来确定, 装卸线进港方式和布置位置不同对港区平面布置及交通流的影响会有很大的区别, 推荐采用平行于码头岸线在码头前沿设置铁路装卸线。通过分析集装箱船舶到港不平衡性及集装箱组成不平衡性, 对集装箱码头通过能力进行了修正, 推导出码头铁路装卸线长度与码头通过能力之间的协调关系, 进而得出铁路装卸线能力满足码头通过能力的条件。

布局优化[D]. 西南交通大学, 2010.

- [4] 胡亚琴. 集装箱码头动态通过能力分析模型及其应用[D]. 武汉理工大学, 2006.
- [5] 陈家源. 港口通过能力理论与计算方法[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2003.

(中文编辑: 吴继屏)