

# 利用轨道交通客流低谷实施物流快运的探讨

谭寅亮 孙有望

(同济大学交通运输工程学院,201804,上海//第一作者,本科生)

**摘要** 由于城市轨道交通系统能力是按高峰小时运量需求配置的,而实际运行中存在各时段不均衡客流,非高峰时段线路运能存在较为明显的闲置与浪费。充分利用该时段运能,提高轨道交通系统运行效率,增加运输收入,降低运营成本是一个值得研究的问题。提出了在轨道交通客流低谷时段利用其剩余运能开展物流快运的解决方案。结合上海轨道交通的运行现状与规划,对城市轨道交通开展物流快运的可行性、关键问题及具体解决方案进行了探讨。该解决方案对各个城市轨道交通系统包括市郊铁路,客运专线等各类客运为主的广义轨道交通系统均有借鉴意义。

**关键词** 轨道交通; 运能利用; 物流快运

中图分类号 U 231<sup>+</sup>.92

express delivery

**First-author's address** School of Tran Sportation Engineering, Tongji Univ., 201804, Shanghai, China

## 0 前言

根据预测分析和国外经验表明,以通勤客流为主要服务对象的城市轨道交通和市域轨道交通(即上海轨道交通建设中的M线和R线),其每日客流分布均会出现非常明显的“潮汐现象”。即:早晚高峰时间的客流量非常集中,极易造成拥挤,形成运量不足的情况;而低谷时段客流量明显下降,如要保持相对较高的服务水平(即保持较小的发车间隔)则会导致车内乘客稀少,运力浪费的现象非常严重。国外解决此类问题的运输组织方法有开行长短交路列车、快慢车组合运行、分时段票价等。但这些方法都会产生增加列车运行组织的技术难度(如中间折返)或增加工程费用(如增建折返线),以及降低车票收入等问题。

利用轨道交通的闲置运能开展物流快运是既能保持轨道交通服务水平(如编组数、发车间隔等指标),又能解决客流低谷期运力浪费的一种很好的方法。但该方面目前在国内还没有相关的研究成果。就国外来说,也只有德国的德累斯顿市及瑞士的苏黎世等少数城市采用专用的有轨电车进行汽车配件和原材料等运输(见图1)。本文的研究目的主要在于通过合理调配利用城市轨道交通剩余运能,提供快捷、安全、可行的新型城市物流快运模式。



图1 德累斯顿与苏黎世的货运有轨电车

## 1 可行性分析

### 1.1 城市轨道交通客流时空特性分析

#### 1.1.1 客流在时间分布上的不均衡性

由于国内城市尚未建成具有较大规模、比较完善的城市轨道交通网络,所以借鉴日本东京城市轨道交通系统客流特征进行分析。

东京都市圈人口达到了2700万,每天总出行数超过6000万人次,约有20条放射线与2条环线轨道交通线路。东京典型轨道交通线路的客流情况见表1。如表1所示,东京城市轨道交通线路单向分时段客流的不均衡性非常明显。尤其是在一些连接市郊和城区的线路中,全日客流量中约有60%是在高峰时段完成的。这些线路在非高峰时段会出现非常明显的客流低谷,线路的运能在低峰期将会出现浪费。

城市轨道交通客流在时间分布上的不均衡系数

$$\alpha_1 = \frac{P_{\max}}{\sum P}$$

式中:

$P_{\max}$ ——全日高峰小时最大断面客流量;

$P$ ——全日客流断面总量。

#### 1.1.2 客流在空间分布上的不均衡

通常情况下,城市轨道交通线上下行方向的客流通常也是不相等的。轨道交通线上下行方向的不均衡系数公式如下:

$$\alpha_2 = \frac{(p_{\max,上} + p_{\max,下})/2}{\max(p_{\max,上}, p_{\max,下})}$$

由此公式可以计算不均衡系数 $\alpha_2$ 。 $\alpha_2$ 越小,则上下行方向最大断面客流不均衡程度越大。通过计算,得到上海轨道交通1号线上海火车站—莘庄区间的早高峰客流不均衡系数为0.75(见图2)。从图2可以看出,1号线早高峰莘庄往火车站方向的客流占了多数。对于未来将要建设的市域轨道交通来说,由于客流的出行结构主要以通勤流和学生流为主,客流的方向性不平衡将会更明显。即早高峰客流基本上都是从郊区往市中心区方向,晚高峰时段则是从市中心往郊区方向。

表1 东京轨道交通部分线路客流情况

| 线路名称 | 全日高峰1 h时段 |        |      |        |           |       | 全天     |        |      |         |           |       | 高峰1小时占全天客流的比例/% |
|------|-----------|--------|------|--------|-----------|-------|--------|--------|------|---------|-----------|-------|-----------------|
|      | 列车对数/列    | 通过辆数/辆 | 编组/辆 | 定员能力/人 | 实际断面流量/人次 | 拥挤度/% | 列车对数/列 | 通过辆数/辆 | 编组/辆 | 定员能力/人  | 实际断面流量/人次 | 拥挤度/% |                 |
| 银座线  | 29        | 174    | 6    | 17 632 | 40 955    | 232   | 347    | 2 082  | 6.0  | 210 976 | 228 371   | 108   | 17.93           |
| 丸之内线 | 30        | 180    | 6    | 22 248 | 41 780    | 188   | 317    | 1 902  | 6.0  | 235 087 | 205 156   | 87    | 20.36           |
| 日比谷线 | 28        | 224    | 8    | 28 224 | 58 976    | 209   | 269    | 2 152  | 8.0  | 271 152 | 209 658   | 77    | 28.13           |
| 东西线  | 27        | 270    | 10   | 38 448 | 88 406    | 230   | 255    | 2 403  | 10.0 | 341 952 | 317 489   | 93    | 27.85           |
| 千代田线 | 27        | 270    | 10   | 38 448 | 83 153    | 216   | 208    | 2 080  | 10.0 | 296 192 | 254 194   | 86    | 32.71           |
| 有乐町线 | 18        | 180    | 10   | 25 632 | 56 205    | 219   | 198    | 1 980  | 10.0 | 281 952 | 166 182   | 59    | 33.82           |
| 半藏门线 | 20        | 198    | 9    | 28 192 | 46 278    | 164   | 215    | 2 108  | 9.8  | 300 112 | 142 904   | 48    | 32.38           |
| 浅草线  | 24        | 170    | 8    | 20 400 | 27 698    | 136   | 254    | 1 700  | 8.6  | 204 000 | 117 617   | 58    | 23.55           |
| 三田线  | 17        | 102    | 6    | 14 280 | 24 950    | 175   | 192    | 1 152  | 6.0  | 161 280 | 103 796   | 64    | 24.04           |
| 新宿线  | 15        | 126    | 8    | 17 640 | 27 710    | 157   | 177    | 1 426  | 8.4  | 199 640 | 110 791   | 56    | 25.01           |

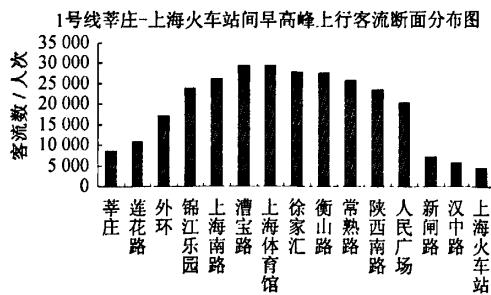
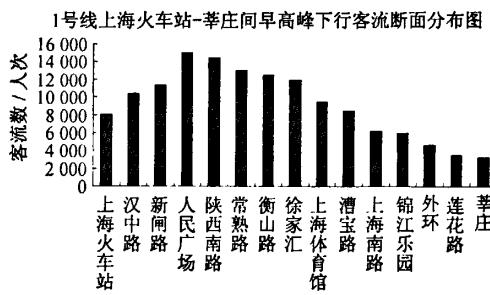


图2 上海市轨道交通1号线部分区段早高峰客流统计

### 1.1.3 城市轨道交通客流不均衡特征分析

城市轨道交通客流量在时间分布(高峰与低谷)与空间分布(上下行方向)上都具有明显的不均衡特征,且高峰时段与上下行不均衡呈重叠特征。同时,绝大多数城市轨道交通早晚高峰时间均较短。如上海轨道交通线路的早晚高峰出现在7:00~9:00和16:00~18:00各2小时左右时段。而以通勤通学为主要客流的市域轨道交通,上述不均衡特征将会更为突出。根据上述客流特征分析,城市轨道交通(含市域、城际等客运轨道交通系统)利用客流低谷运能空余时段开展物流快运在系统特征条件上是可行的。

### 1.2 SWOT分析

SWOT分析模型是由美国旧金山大学Wehrich教授提出的。通过SWOT分析有助于更好了解这一项目,并帮助确定重点研究方向(见表2)。轨道交通是一种绿色无污染的运输工具,但其建设的初衷是为了满足客运的需求,如果同时开展作为货运范畴的物流快运,就有可能影响其客运的服务质量。在解决了城市轨道交通系统利用客流低谷运能时段开展物流快运的可行性问题之后,如何妥善处理客运与物流快运之间的关系,是需要研究解决的核心问题之一。

表2 上海城市轨道交通开展物流快运SWOT分析

|      |    | 机遇   | 威胁  |
|------|----|--|---|
| 内部能力 |    | (1) 上海经济发展突飞猛进; (2) 2010年世博会召开,对快运物流的需求增大; (3) 上海轨道交通系统跨越式发展; (4) 企业和市民对时效性快运物流的需求越来越强 | (1) 城市道路网的日益完善; (2) 国外大型快运物流公司的进入; (3) 缺乏相关政策法规有效支持                       |
| 优势   | SO | (1) 利用轨道交通的资源大力开发快运物流项目; (2) 满足城市快运物流需求,改善轨道交通收支平衡; (3) 建立完善的货物跟踪信息系统                  | ST<br>(1) 发挥轨道交通快运物流的优势; (2) 提供优质的快运物流服务,降低成本,提高效益; (3) 打造品牌,争取政策扶持与法规支持  |
|      | WO | (1) 利用合理的物流容器、装卸工具和作业程序,提高物品装卸速度; (2) 利用现有资源,尽量实现客货分离; (3) 完善有快运物流作业的车站集散能力            | WT<br>(1) 选择优秀的快运物流服务供应商; (2) 提供优质低价的快运服务,形成核心竞争力; (3) 开拓市场,完善设备设施质量,加强管理 |
| 劣势   |    |  |   |

通过SWOT分析可见,利用城市轨道交通开展城市快运物流服务,对国家、社会、企业、市民都是有利而无一弊,且表现出机遇难得,优势明显,虽有一定的劣势和威胁,但均可通过改进完善转而为可行。

总的来说,城市轨道交通系统利用多余运能开展城市快运物流在时效性和可靠性方面更胜一筹,具有明显的竞争优势。对于低谷时段的运输组织,为保证一定的服务水平,可以考虑采用同样的发车频率,减少列车编组车辆数,而改为货运专用车厢,实现人货分车厢。在具体的实施过程中可能存在一定的技术与政策难度,需要通过合理的统筹规划加以解决。

## 2 城市轨道交通开展快运物流的关键问题

### 2.1 对快运物流承运物品的要求

#### 2.1.1 安全要求

利用城市轨道交通开展快运物流活动,其承运特点与其他物流运输方式有所不同,可能会形成客货并行的状况(如在一个列车或一个车厢内既有乘客又有快运物品)。所以,对于承运物品的安全性须严格保障,主要有以下几点:

- 1) 货物不含有我国国际《常用危险化学品的分类及标志》(GB 13690—1992)中规定的1到8类危险品成分;
- 2) 货物必须妥善包装,不存在尖锐棱角;
- 3) 物品不能“冒、跑、滴、漏”,造成污染;
- 4) 非生鲜动植物。

#### 2.1.2 法规要求

必须是国家或地区法律法规规定的合法物品,不得运送《城市轨道交通法规》中禁止携带的物品。

#### 2.1.3 体积要求

轨道交通所服务的对象主要是乘客,所以如果是在客货混装的车厢内,物品占用的空间必须不妨碍乘客。

碍乘客站立与通行。所承运物品的单件重量体积必须满足城市轨道交通法规要求,同时不能妨碍车站作业。

## 2.2 站点的确定与路径选择

城市轨道交通车站间距短,点多面广,有利于城市快运物流的集散配送。但如果在每个车站都开展快运物流作业,在停站时间上不适应,也会影响客运服务质量。所以,选出一定数量符合城市快运物流作业需求的车站,进行转向设备数量和作业流程的设计,才能既满足物流需求,又使对于客运服务的影响降到最低。可以根据城市快运物流的市场需求与客户分布特征,结合城市轨道交通线网布局特点,以及快运物流服务供应商的经济技术等评估,通过先进的数学方法与仿真技术,选择确定不同性质与类别的快运物流作业站。如轨道交通线路的始发终点站可作为快运物流的主要集散处理中心,主要换乘站及主要城市节点车站可以作为快运物流的中转交接作业点。

对于轨道交通网络来说,可能存在多条路径可以到达同一个目的地的特性,所以规划路线时可以选择最短路径,也可安排机动性的迂回路径。上述问题均可通过运筹学的相关模型计算获得较优解,也可通过仿真模型模拟。

## 2.3 快运物流作业流程设计要点

利用轨道交通开展物流快运的优化组织过程会比较复杂,既要充分考虑轨道交通运营规律与特征不影响客运的服务质量,又要满足城市快运物流的多频次、小批量、多变化的要求。所以对于流程的设计提出了较高的要求。基本的作业流程可以归纳为:

1) 由货主将货物送至有快运物流作业的轨道交通车站转运,或者通过各种信息传输方式委托快运运营单位上门取货,完成货物至快运物流作业节点的集中过程。

2) 在运营节点输入相关信息,可以利用条形码技术、射频识别(Radio Frequency IDentification,简称RFID)技术等快速输入,然后将货物按照去向进行分拣理货,装入专用的物流周转容器。

3) 工作人员通过站内电梯将物流周转容器送达站台,运用专门的搬运工具将物流周转容器送上列车,进行合理的码放,尽量避免与乘客的冲突。可以考虑采用货运专用车厢,实现人货分车厢。

4) 列车经过途中各作业站点时,进行该站点的

快运物品周转容器的装卸搬运。

5) 到达终点站,由工作人员将剩余的物流周转容器卸下列车,并迅速通过站内电梯送至地面处理中心进行分拣理货。

6) 由配送人员完成对客户的配送,并由收货人签收结算。

## 2.4 条形码与RFID技术的应用

值得一提的是,在轨道交通开展快运物流过程中,先进的物流信息技术有很大的用武之地。其中为了提高快运物流作业速度,降低差错率,加强信息追踪服务,条形码与RFID技术提供了良好的技术支持条件。城市轨道交通列车停车时间短,车站空间紧凑有限,而快运物流作业要求收验货、拣理货、搬运装卸、分拣理货发货等环节均需快速准确。因此,必须在快运物品的承运端完成条形码或RFID的应用,并贯穿全业务过程。包括众多物品在途中集中为物流周转容器的信息跟踪,以及到最终分散配送到客户手中的验收确认。

## 3 结语

利用城市轨道交通的闲置运能开展物流快运的思路与方法充分体现了现代社会节约资源、减少排放的可持续发展理念。尤其是对于交通资源投资巨大,但仍然运能紧张的大城市而言,更具有深远的意义。同时,对于具有类似客流特性的城际轨道交通或长三角的客运专线来说,也同样具有推广应用价值。因此,各类客运轨道交通系统利用高低峰时间与不同方向客流量不均衡产生的空闲多余运能,开发与实施物流快运物流业务,其应用前景相当广阔。

## 参考文献

- [1] 顾保南,叶霞飞.城市轨道交通工程[M].武汉:华中科技大学出版社,2007.
- [2] 周翊民,孙章,季令.城市轨道交通市郊线的功能及技术特征[J].城市轨道交通研究,2007(8):1.
- [3] 周淮,王如路.上海轨道交通运营客流简析[J].地下工程与隧道,2005(4):1.
- [4] 周立新,祈品苹.轨道交通余能利用的分时段票价制探讨[J].城市轨道交通研究,2004(4):51.
- [5] 陈曼瑜.地铁运营成本特性分析[J].现代城市轨道交通,2006(4):91.
- [6] 孙有望.现代物流导论[M].上海:同济大学出版社,2003.

(收稿日期:2008-12-20)