

文章编号: 1674—8247(2023)01—0026—06

DOI: 10.12098/j.issn.1674-8247.2023.01.005

# 双铁联动模式下的高速铁路快运货物城市分拨体系构想

李敏

(西安铁路职业技术学院, 西安 710014)

**摘要:**为提高快运货物的城市分拨效率,本文从高速铁路、地铁的行业特点入手,采用数据分析、流程构造、图表对比等研究方法,提出地铁和高速铁路联动的高速铁路快运货物城市分拨体系,并从高速铁路运输端、铁路集散端、地铁运输端及城市区域配送端4个方面对快运货物的分拨系统进行了构建,旨在解决高速铁路快运货物在城市分拨中的输送效率低下的问题。研究内容可对高速铁路企业和地铁运营企业的业务合作方式提供新的思路,对高速铁路企业和地铁企业拓宽业务渠道、应对市场竞争提供新的途径。

**关键词:**双铁联动;快运货物;城市物流;分拨体系构建

中图分类号:U294 文献标识码:A

## Conception of Turban Distribution System of High-speed Railway Express Freight under a Bimodal System of High-speed Railway and Metro

LI Min

(Xi'an Railway Vocational & Technical Institute, Xi'an 710014, China)

**Abstract:** With the aim to improve the urban distribution efficiency of express freight, this paper started from the industry characteristics of high-speed railways and metros and then proposed an urban distribution system of high-speed railway express freight linked by metros and high-speed railways by using data analysis, process structure, chart comparison, and other research methods, and construct the distribution system of express freight from four aspects: high-speed railway transportation end, railway distribution end, metro transportation end, and urban regional distribution end. The aim is to solve the low transport efficiency of high-speed railway express freight in urban distribution. The results can provide new ideas for the business cooperation between high-speed railway enterprises and metro operating enterprises, and provide new ways for them to broaden business channels and cope with market competition.

**Key words:** bimodal system of high-speed railway and metro; express freight; urban logistics; construction of distribution system

快运货物是指对时效性要求较高的、有别于一般货物的高附加值类货物。随着我国经济发展速度的提升、电子商务产业的蓬勃发展以及居民生活质量的提高,快运类产品的需求越来越大。国家统计局数据显示2020年我国快递业务量达到833.6亿件,比

2019年增长31.2%。我国的快运货物运输主要涉及公路、铁路、航空3种方式。随着铁路运输速度的不断提升和高速铁路货运列车的投入使用,铁路运输的综合优势在快运领域更加凸显。同时,为顺应社会发展环保节能的总体目标,铁路运输必将成为快运货物

收稿日期:2022-03-08

作者简介:李敏(1993-),女,副教授。

引文格式:李敏. 双铁联动模式下的高速铁路快运货物城市分拨体系构想[J]. 高速铁路技术,2023,14(1):26-31.

LI Min. Conception of Turban Distribution System of High-speed Railway Express Freight under a Bimodal System of High-speed Railway and Metro[J]. High Speed Railway Technology, 2023,14(1):26-31.

运输的主选方式。本研究的背景为高速铁路货运列车的常态化运行条件下,高速铁路快运货物的城市分拨体系的构建。

## 1 现阶段高速铁路快运货物的物流运作模式

铁路部门的快运产品运输目前有行邮专列、行包专列和高速铁路快运,其中时效性最高的是高速铁路快运产品。高速铁路快运开展的是轻小急件快运服务,目标市场是高附加值、高时效性、小批量的信函类文件、快运包裹、贵重类物品等快运货物市场,针对客户的不同时限需求提供当日达、次日达、隔日达等不同的限时服务<sup>[1]</sup>。高速铁路快运主要依靠高速铁路确认车或高速铁路客车空车体进行运输,并没有纯粹的高速铁路货运运输组织。货物需装入专用容器中以集装箱的形式放入客车大件行李处或空车车厢过道、座椅间隔处等位置,运能被极大限制。在需求方面,由于高速铁路运输的高时效性和铁路运营的稳定性,社会对铁路快运产品的需求却始终高涨。2020年底时速350 km高速货运动车组正式下线,高速铁路货运的专业化组织成为现实,高速铁路快运产品供需之间的不平衡将会被打破,高速铁路快运步入了快速发展阶段。

高速铁路快运货物运输作为铁路部门的特色产品类型具有完整的物流作业流程。快件货物的取件采取铁路部门上门取件和客户自送两种方式,由收件站点处理后会送至集散中心进行集散分拣并装车,开展干线运输。快件货物经过干线运输到站后会被集中在到站集散中心进行分拨处理,通过小型运输车辆运送至各终端配送站点进行到件处理,最后进行派送。

铁路部门的物流优势在于干线运输,高速铁路运输所带来的时效性优势在终端的分拨环节被业务短板所消耗已尽,制约了高速铁路快运产品的市场竞争力。为消除短板影响,充分发挥自身优势,铁路部门近些年与国内多家知名第三方快运企业开展合作,借助于这些第三方快运企业的终端分拨优势,实现优势互补,提升了高速铁路快运产品的终端分拨能力。

然而,随着城市交通拥堵问题的日益突出,城市交通管控力度逐步加大,第三方快运企业现阶段所采取的以汽车为载体的城市分拨配送模式已造成新的社会矛盾,配送渠道的不畅成为制约快运类产品服务质量的症结。同时,新经济模式下城市配送的要求也在不断变化,城市配送呈现出多品种、小批量、多批

次、短周期的特点,时效性、准时性成为客户关注的要点,这些变化也促使快运类产品必须拥有更快捷、更稳定的分拨配送方式。

## 2 现行高速铁路快运货物物流分拨模式问题

现行高速铁路快运货物在干线运输环节的主要问题是货运列车运量太低和运行时间太少。现阶段高速铁路快运货物运输主要依靠高速铁路确认车和高速铁路客车拖挂的高速铁路客空车厢,或者高速铁路客车的车厢两端大件行李存放处来捎带进行货物放置。一辆复兴号列车的客运空车车体最多可运输500 kg的货物,容纳20个快递箱,一趟列车装载量约为3~4 t,但这种开行方式并不稳定。高速铁路确认车列车的每节车厢大约可装载1 t货物,一趟列车装载量约为5~8 t,确认车每天发车时间固定且仅开行1列,运输距离较短,一般不能跨局运输,货物的装载量以及作业时间均受到限制。因此,在国内的快件市场,80%的货件是采用公路汽运的方式,15%的货件走航空运输,铁路运输在物流快件的市场份额不足5%,高速铁路快运的市场份额则更低。

终端方面,目前我国的高速铁路快运货物物流主要由中铁快运公司负责,企业的优势在干线运输领域,终端分拨配送能力较弱,没有形成有效的配送网络,企业承担配送任务的配送员人数也远远少于其他快递公司。中铁快运在物流两端的自营运输量占比约为1/3,剩下的2/3是通过合作快递企业来完成的,主要依靠公路短驳。由于高速铁路快运货物的集散中心依附于高速铁路车站,一般都在城市边缘地带,公路短驳受城市车辆管控政策的影响较大,分拨流程不畅。另一方面,各趟高速铁路车次列车内装载运输的货物产品类型可能不尽相同,不同货物产品要求送达的时间及送达地点也不相同,企业在配送货物运输过程中,要对相应车辆和配送任务及时进行调整,此环节一旦出现问题就会造成集散中心和站点的货物积压,进一步影响分拨效率。随着高速铁路快运货物货量的增加,以上问题将更加凸显。

## 3 双铁联动分拨体系构建的可行性分析

基于以上分析,需要建立适应于城市快件分拨要求的高速铁路快运货物分拨体系,该体系要能够满足快运货物快速性、准时性物流要求,要适应城市快件分拨的现有交通条件,要能够满足高速铁路快运货物

的未来发展趋势。在此条件下,提出建立地铁、高速铁路相配合的双铁联动式货物分拨配送体系。

### 3.1 城市地铁建设的日益完善为构筑城市终端配送网络提供条件

近年来,随着国内地铁修建热潮的盛行,越来越多的城市开始建设自己的城市地铁网络,城市地铁线路长度不断增加。2019年我国共有40个城市开通城市轨道交通运营线路208条,运营线路总长度6736.2 km,其中地铁线路长度达到5180.6 km<sup>[4]</sup>。截止2020年6月,全国城市轨道交通获批项目涉及新增线路长度共272.54 km,新增投资共2306.15亿元,我国内地共有41个城市投运城轨交通线路累计6917.62 km。随着越来越多的城市地铁运营线路的增加,地区地铁线路已呈现网络化趋势,地铁线路辐射至城市的各个角落。同时,由于城市化进程的不断加快,城市范围越来越大,城市密集度增加,为缓解城市交通压力,各城市的交通管控政策日趋严格,对运营的车型和运营时间进行了限制,传统公路终端配送的障碍增多、成本增大。

### 3.2 地铁运营车次的组织模式为快运货物的连续性输送提供条件

快运货物对时效性的要求很高,理想的分拨配送状态应该是随到随送。传统公路配送考虑到车辆的装载情况和车辆的运营成本等因素会要求将货物进行集结后再行配送。在这种模式下,部分快件货物需等待集结,配送时效会受到影响。此外,为了降低配送成本,对车辆的装载量会有要求,集散中心就不能过细分拨,若整个物流流程必须经过多次分拨才能实现最终配送,将会极大影响快件货物的时效性。借助地铁配送则没有此类问题,地铁的发送车次是统筹调度的,时间固定,发车间隔短,即使完全开展地铁整车货运也可以利用地铁运行的空余时间统筹调度,分拨配送的通道可以保持始终畅通,为开展连续性快运货物的终端分拨提供条件。

### 3.3 国家各部委低碳缓堵政策的出台为双铁联动分拨模式的建立提供政策支持

随着城市规模的不断扩大,交通需求不断上升,机动车数量的迅速增长给城市带来了环境污染、能源紧张及交通堵塞等一系列问题。交通运输行业是大气污染防治的重点行业之一,国务院多次明确要求加快建设以低碳排放为特征的交通运输体系。2010年交通运输部就发文明确提出“‘十二五’期间,交通运输业将加快建立以低碳为特征的交通运输体系。”这一目标。十三五末我国大多数城市已经完成或基本

完成绿色公共交通体系的建设,其中主要是城市轨道交通体系的建设。同时,各级地方政府在低碳交通方面都出台了大量的保证低碳交通运输的地方性政策法规,这些利好的政策法规为实现双铁联动货物运输提供了政策层面的支持。

## 4 双铁联动模式下高速铁路快运货物分拨体系的构建

双铁联动模式下的高速铁路快运货物分拨体系构建的前提是建立在高速铁路货运以高附加值、小包裹、易搬运的白货为货物品类的限制条件下,车体在运送过程中会对货物尺寸、重量有严格的限制。整个双铁联动模式下的高速铁路快运货物分拨体系可分为4个环节,如图1所示。

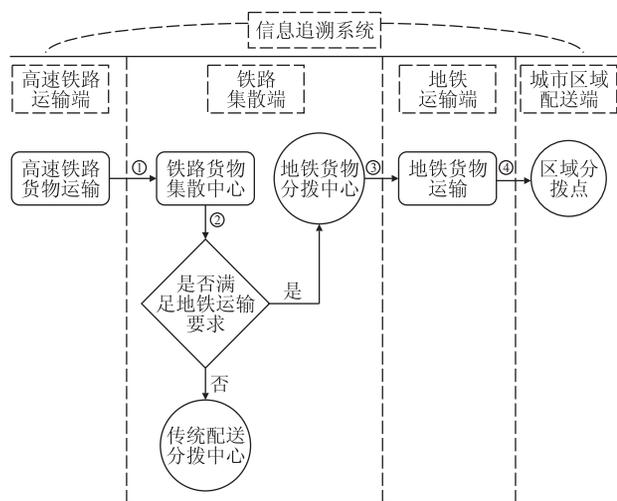


图1 双铁联动模式下高速铁路快运货物分拨体系图

### 4.1 高速铁路运输端的货物运输组织

随着高速铁路专用货运车体已下线逐步投入使用,高速铁路整车货运将会成为常态,但由于目前我国高速铁路线路优先保证客运的原则,在不影响现有专用线客运需求的前提下,必须利用高速铁路客运的闲余时间开展货物运输,因此高速铁路货运的运输组织时间主要集中在凌晨线路维护之间和客运高速铁路发车前开行。

考虑到高速铁路货运的时效性优势,货物在高速铁路车体内的存放大多可采用专用集装箱承载。集装箱承载会增加货物的掏箱作业环节,为使流程后期能提高集散中心的作业时效性,对采用集装箱承载的高速铁路货运车辆所配套的专用集装箱可设置内部空间隔板,卸车时以集装箱为单位实现整箱卸车,借此对货物分类管理,如图2所示。目前可使用的高速铁路货车单个集装箱平均移动速度为0.8 m/s,调整

及固定时间平均为 60 s, 能够满足快件货物到站后的快速卸车要求。对于不使用集装箱承载的高速铁路货车车体, 可在车体内设置车载型自动立体货架, 由高速铁路货车的驾驶室总控, 货物到站前通过总控将卸车货物提前移动至车门卸货区域, 到站后借助自动传送装置与站台对接实现货物停车即时卸载。这两种方式都应对车体内所存放保管的物品进行信息追溯以方便监控及后期分拨。

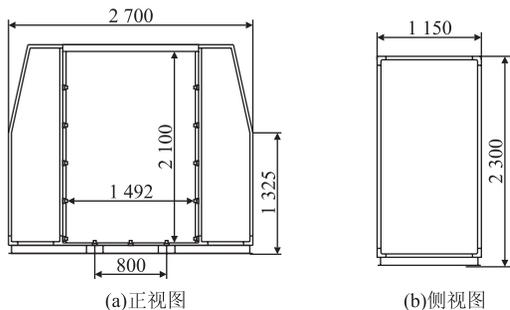


图 2 隔板式高速铁路货运车辆专用集装箱示意图(mm)

### 4.2 铁路集散端的货物分拨流程

我国的高速铁路线路在修建之初主要是满足高速铁路客运列车的运行需求, 高速铁路车站内并不具备快运货物分拨的物流条件, 需在高速铁路车站附近设置专门的铁路物流集散中心开展铁路货物的集散和地铁货物分拨衔接工作。物流集散中心的信息系统应实现环节数据共享, 以此保证双铁系统的联动, 提高双铁物流分拨流速。铁路物流集散中心可采用现代化的智慧分拣系统, 实现货物信息自动识别。首先, 筛选是否本城市配送货物, 如果不是本城市需配送货物则将货物移送至区域中转中心进行区域间运输; 如果属于本城市需配送货物, 则进入二次筛选环节; 针对地铁的适运货物可运用分拨流水线自动流转至地铁货物分拣中心开展地铁货运前期准备工作; 针对不满足地铁运输要求的货物则通过分拨流水线流转至传统配送区域, 采用传统公路配送方式开展配送工作。铁路集散中心作业流程图如图 3 所示。

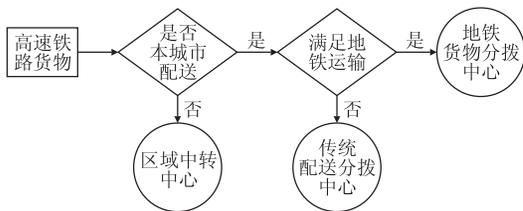


图 3 铁路集散中心作业流程图

### 4.3 地铁运输端货物运输组织

对于适合地铁运输条件的快运货物, 地铁货物分

拨中心按照货物所属配送区域进行货物分拨处理, 规划货物的分拨路线, 安排车辆组织计划。由于城市地铁主要是满足城市居民出行需求, 发车频次频繁, 车次间隔时间短, 白天展开客货列车混合运输的可行性不高。另一方面由于高速铁路货运列车与地铁列车的车门尺寸、车体尺寸等技术指标存在差异, 货运集装箱无法无缝式中转, 非集装箱货物又过于零散要二次集结, 这些都会增加双铁衔接过程中中间环节的停滞时间。而且, 大多数城市的地铁线路之间都无法实现线路互通, 货物的输送终点又各异, 这些问题都导致利用夜间地铁线路检修期专门开通货运地铁专列运输的可行性不高。反之, 根据相关部门调查, 随着网络化运营城市增多, 运营线路长度不断增长, 国内城市地铁客运强度总体水平呈逐年下降趋势。城市地铁的客运运能空间释放, 恰好可满足货运运能要求。考虑到客货运之间的相互干扰性和地铁客运满意度等因素, 客货同车厢混合运输的方式不利于进行货物中转作业, 也不满足地铁客运服务要求。因此, 建议可采用在非高峰期利用现有客运车体加挂货运车厢的方式开展地铁货运组织。

我国通用的地铁车辆型号可分为 A 型、B 型、C 型以及 L 型 4 种型号<sup>[8]</sup>, 其中城市地铁车辆主要采用 A 型和 B 型两种, 常见的列车编组方案有 6A、6B、8A 和 8B 等 4 种, 具体车辆指标如表 1 所示。由于车辆尺寸是固定的, 受地铁车站建设情况影响, 城市地铁车站修建之初各城市地铁的编组形式基本已经固定, 在现有条件下加长列车编组数量的可行性不高, 因此可考虑将列车尾端车厢进行改造, 采用集装箱统一承载方式开展货物运输。

表 1 地铁车辆主要技术规格表

序号	名称	A 型车(四轴车)	B 型车(四轴车)
1	车体基本长度/mm	22 000	19 000
2	车体基本宽度/mm	3 000	2 800
3	车内净高/mm	≥ 2 100	
4	每侧车门数/对	4~5	3~4
5	车门净开宽度	≥ 1 300	
6	车门高度	≥ 1 800	

货物在分拨中心根据订单信息装入专用集装箱并根据分拨区域进行分类, 装车后地铁分拨中心对运输信息全流程监控, 货物信息与地铁车站实时共享。到达中间停靠站后, 根据信息监控系统确定货物是否需要卸车作业。对于需要卸车作业的货物再二次判断是否需要中转, 进行中转作业。已到达货物可与城市区域配送端的区域分拨点进行本站交接。铁路运输端货物运输组织如图 4 所示。

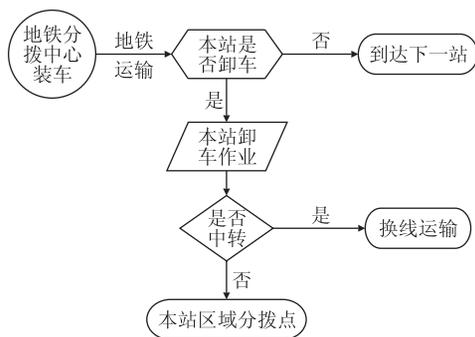


图 4 地铁运输端货物运输组织图

#### 4.4 城市区域配送端的货物交接组织

货物到达目的站点后需交接给收货方。尽管地铁开行车次频率高,货物到站分散,但每个车站的货物装卸车量不会太大,而且采用集装箱整装整卸也可最大化的提高装卸车速度。为不干扰到客运旅客的乘车体验,地铁站内需划分出专用的货物卸车区域,区域面积不需要太大,能够完成装卸车集装箱货物的短暂停放即可。

短暂停放的货物在站内是无法开展交接工作的,地铁车站乘客众多,客流量大,而且大多为下沉式或高架式建筑,空间狭小;在站内进行货物交接既会对旅客乘降造成干扰,也会影响日常地铁客运业务的展开。因此需在车站地面区域建立一个小型区域分拨点,分拨点通过直梯与地铁车站站内连通,借助直梯可将货物从站内运至区域分拨点内,收货方在区域分拨点内完成货物交接业务。对于送货上门货物,区域分拨点可根据订单要求对终端配送业务进行分拣配送,配送工作可以由地铁企业承担,也可以交由第三方配送企业承担。

地铁车站的设点位置一般人口稠密度大,周边环境复杂,货物区域分拨点紧邻地铁进出站区域,面积不可能设置过大,首要保证的是货物的流速,形成连续的分拣流,通过流速弥补分拣空间不足的问题。区域分拨点工作的难点是终端货物的暂存问题,未及时取走的货物的积压会严重影响区域分拨点的工作节奏,地铁车站可与合作单位之间建立固定取货时间计划,规定每日的取货时间和间隔,同时与合作企业之间进行信息联网,当货流量较大时可采用应急措施,实行暂存货量预警,暂存货量达到一定数量时系统自动通知相关合作企业增加取货次数,即时存取。

### 5 双铁联动分拨体系的价值分析

#### 5.1 双铁联动分拨体系的效率分析

从输送效率上来看,无论是高速铁路运输还是地

铁运输,优势都比大多数现有物流运输方式明显。不同运输方式的物流企业运输效率对比情况如表 2 所示。采用高速铁路运输的货物在现行分拨体系下的运输效率明显优于采用其他运输方式<sup>[4]</sup>,货物的送达时间更短;若终端再配合地铁配送则整体效率会更高,而且随着高速铁路运输网络和城市地铁网络的不断完善,双铁联动的输送效率优势会更加凸显。从装载效率上来看,以高速铁路货运的集装箱装载方式为例,单车集装箱数量按 19 个来计算,运送货物的平均速度计为 0.8 m/s,再加上装卸货时的货箱调整时间,高速铁路货运车辆单车的装满时间约为 20 min,装载效率远高于 1.4 m/s 的人工装卸车搬运速度,标准化的装载工具和智能化的流程控制可以最大化缩短装卸车停顿。

表 2 典型物流公司快运货物运输效率比较表

企业名称	运输方式	产品名称	最晚寄出时间	最晚送达时间
中铁快运	高速铁路	当日达	11:00	22:00
		次晨达	18:00	次日 11:00
		次日达	18:00	次日 18:00
顺丰	航空	即日达	11:00	22:00
		标准快递	12:00	次日 12:00
	12:00 ~ 20:00		次日 17:00	
公路	标准快递	20:00	第三日 18:00	
圆通	公路	一般快递	无限制	第三、四天

#### 5.2 双铁联动分拨体系的运力分析

在高速铁路端,高速铁路动车组平均每车的载货量约为 15 t 左右<sup>[5]</sup>,整列车辆按 8 节编组计算可装载约 120 t 的货物,以主要竞争对象的航空运输来对比,波音 747 系列的大型全货机装载量约为 100 t。相比之下,货运动车组的装载优势更大。由于地铁发出频次高,车辆之间近似于连续输送,尽管单趟列车运货量不高,但总运货量不容小觑。

#### 5.3 双铁联动分拨体系的成本分析

假设高速铁路货运和地铁货运的运输价格均按现行高速铁路快运产品定价标准为参考,利用高速铁路和地铁的物流体系的运输成本要远低于航空运输及公路运输,例如广州到长沙的快件货物,航空方式运输成本约为 2 元/kg,高速铁路约为 1.5 元/kg,可节约近 25%。在建设投资方面地铁端的货运设施主要借助于现有地铁站设施,几乎没有改动现有地铁车站结构,而在地铁车站地面范围内建设区域分拨中心的难度并不大,而且结合铁路运输大运量、高稳定性、高速率等因素,双铁联动的物流分拨体系将大大降低货物的损耗率,节省物流企业损坏赔偿的成本。综合比

较可知双铁联动的物流分拨体系成本优势明显。

#### 5.4 双铁联动分拨体系的收益分析

随着物流业的快速发展,快件运输领域的需求将会逐年增长。2020 年我国快递服务企业业务量完成 833.6 亿件,同比增长 31.2%;快递业务收入完成 8 795.4 亿元,同比增长 17.3%<sup>[6-7]</sup>。若不考虑个别不适合于铁路及地铁分拨的快运货物,仅按 15% 的市场占有额来计算,双铁联动的快运货物收益总额也将高达 1 319.31 亿元,将成为高速铁路货运和地铁物流的重要获利点,而且根据趋势分析,这一数值还将逐年上升。

## 6 结束语

综上所述,建立双铁联动的快运货物城市分拨体系从社会的角度可缓解城市交通拥堵及配送车辆污染问题,降低物流社会成本;从企业的角度可拓宽高速铁路企业和地铁企业的产品品类,增加企业盈利渠道,提高企业收益;从物流的角度可打通铁路物流环节,延长铁路物流业务深度,缩短快运物资配送时间,提高高速铁路物流分拨配送效率;从消费者的角度来看,双铁联动分拨体系能够更快的完成快运货物的分拨配送,真正体现快运产品的快速配送特点。

### 参考文献:

[1] 于雪峤. 基于竞争力分析的高铁货运列车组织方案优化研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2019.  
YU Xueqiao. Transportation Organization Plan Optimization of High-

speed Railway Freight Train based on Competitiveness Analysis [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2019.

- [2] 《隧道建设中英文》编辑部. 中国城市轨道交通 2019 年度数据统计 [J]. 隧道建设(中英文), 2020(5): 762 - 767, I0033.  
Tunnel Construction Editorial Department. Statistics on Annual Data of Urban Rail Transit in China in 2019 [J]. Tunnel Construction, 2020(5): 762 - 767, I0033.
- [3] GBT 7928 - 2003 地铁车辆通用技术条件 [S].  
GBT 7928 - 2003 General Technical Specification for Metro Vehicles [S].
- [4] 杨帅, 王伟, 庞学苗, 等. 高速货运动车组技术经济分析 [J]. 中国科技纵横, 2015(11): 248 - 249.  
Yang Shuai, Wang Wei, Pang Xuemiao, et al. Technical and Economic Analysis of High-Speed Freight EMU [J]. China Science & Technology Panorama Magazine, 2015(11): 248 - 249.
- [5] 贾连志, 汪侃. 城市轨道交通的车辆选型和列车编组方案选择 [J]. 城市轨道交通研究, 2012, 15(5): 77 - 79.  
JIA Lianzhi, WANG Kan. On the Selection of Subway Vehicles and Marshalling in Metro Construction [J]. Urban Mass Transit, 2012, 15(5): 77 - 79.
- [6] 王小林, 赵瀚. 基于地铁的城市地下物流系统探讨 [J]. 地下空间与工程学报, 2019, 15(5): 1273 - 1282.  
WANG Xiaolin, ZHAO Han. Discussion on Urban Underground Logistics System Based on Metro [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2019, 15(5): 1273 - 1282.
- [7] 高金俊, 张家发, 吴朝荣. 高速铁路开展快运物流有关问题的探讨 [J]. 高速铁路技术, 2021, 12(1): 60 - 64.  
GAO Jinjun, ZHANG Jiafa, WU Chaorong. On Related Problems of Express Delivery with High-Speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(1): 60 - 64.

(上接第 25 页)

GUO Chun, WANG Mingnian, ZHAO Haidong. Research on the Emergency Rescue of Fire in Super-Long Railway Tunnel [J]. China Safety Science Journal (CSSJ), 2007, 17(9): 153 - 158, 181.

[6] 王明年, 于丽, 李琦, 等. 高速铁路隧道防灾疏散救援技术研究综述 [J]. 隧道与地下工程灾害防治, 2019, 1(2): 13 - 23.  
WANG Mingnian, YU Li, LI Qi, et al. A Summary of Research on Disaster Prevention, Evacuation and Evacuation in High-speed Railway Tunnels [J]. Hazard Control in Tunnelling and Underground Engineering, 2019, 1(2): 13 - 23.

[7] TB 10621 - 2014 高速铁路设计规范 [S].  
TB 10621 - 2014 Code for Design of High Speed Railway [S].

[8] 李国良, 陈绍华. 关角特长隧道防灾救援技术研究 [J]. 现代隧道技术, 2015, 52(6): 14 - 19.  
LI Guoliang, CHEN Shaohua. Research on Disaster Prevention and Rescue Techniques for the Extra-Long Guanjiiao Tunnel [J]. Modern Tunnelling Technology, 2015, 52(6): 14 - 19.

- [9] 马志富, 安玉红. 对《铁路隧道防灾疏散救援工程设计规范》主要技术标准的解析 [J]. 铁道标准设计, 2018, 62(9): 187 - 192.  
MA Zhifu, AN Yuhong. Analysis of the Main Technical Standards in Code for Design of Rescue Engineering for Disaster Prevention and Evacuation of Railway Tunnel [J]. Railway Standard Design, 2018, 62(9): 187 - 192.
- [10] 赵东平, 王峰, 余颜丽, 等. 铁路隧道火灾事故及其规模研究综述 [J]. 隧道建设, 2015, 35(3): 227 - 231.  
ZHAO Dongping, WANG Feng, YU Yanli, et al. A Review of Fire Accidents in Railway Tunnels and Study on Their Scale [J]. Tunnel Construction, 2015, 35(3): 227 - 231.
- [11] 霍建勋. 高速公路隧道火灾温度场分布规律及安全性研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2016.  
HUO Jianxun. Study on the Temperature Distribution and the Safety of Structure in Highway Tunnel under Fire Cases [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2016.