

# 城轨车站大客流条件下列车运行调整的措施

王振<sup>1</sup> 何若冰<sup>1</sup> 古洪凡<sup>2</sup>

1.重庆市铁路（集团）有限公司；2.浙江众合科技股份有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i10.8448

**[摘要]** 我们假设优化的目标是 minimized 旅客的候车时间，从而得到针对一个城市的轨道交通站突大大规模人流量发生之后合理设置火车站停靠站点方法和策略，同时我们借助遗传算法对问题进行求解，进而达到快速得到满意结果的目的。不过，由于算法复杂度和多样性特征的存在，我们普遍会面临很多问题的困扰，例如多个约束条件的考虑以及结果无法满足要求的情形。因此，基于此现状的提出，我们提出可以根据具体的实际情况而合理地更改一些停靠站点，在这样的情形下，即便是在特殊情况下由于大规模人群的到来引发的运力紧张的情形依然可以保障人们良好的出行需求，不至于产生排队滞留现象。同时，在具体的一个地铁站点上进行分析，我们最终发现所得出的模型确实能够达到在候车时间限制的前提下而最大程度提高城市公共交通设施使用率的目的，如此，最终就能够更好地保障城市轨道交通的平稳有序开展。

**[关键词]** 城轨车站；大客流条件；列车运行调整

## Measures for adjusting train operation under high passenger flow conditions at urban rail stations

Wang Zhen<sup>1</sup> He Ruobing<sup>1</sup> Gu Hongfan<sup>2</sup>

1. Chongqing Railway (Group) Co., Ltd; 2. Zhejiang Zhonghe Technology Co., Ltd

**[Abstract]** We assume that the optimization goal is to minimize the waiting time of passengers, in order to obtain a reasonable method and strategy for setting train station stops after a sudden large-scale pedestrian flow occurs at a city's rail transit station. At the same time, we use genetic algorithms to solve the problem and achieve the goal of quickly obtaining satisfactory results. However, due to the complexity and diversity of algorithm features, we generally face many problems, such as considering multiple constraint conditions and situations where the results cannot meet the requirements. Therefore, based on this situation, we propose that some stopping stations can be reasonably changed according to the specific actual situation. In such a situation, even in special circumstances where transportation capacity is tight due to the arrival of a large number of people, it can still ensure people's good travel needs and avoid queuing and congestion. At the same time, through case analysis at a specific subway station, we ultimately found that the obtained model can indeed achieve the goal of maximizing the utilization rate of urban public transportation facilities under the premise of waiting time limitations. In this way, it can better ensure the smooth and orderly development of urban rail transit.

**[Key words]** urban rail station; Large passenger flow conditions; Train operation adjustment

### 引言：

城市地铁和铁路等运营网络是一个复杂的大型系统，列车

行车调度要综合考虑各种条件并安全进行，以节约能源消耗、实现高质量效益化为主要目的；但是随着列车行车密度不断增加和运输组织的日趋复杂，传统的由人工干预来指挥控制列车

调度的方法极有可能无法及时和有效解决列车行车调度的延误问题。城市地铁和铁路等公共交通运营网络会因为巨大数量的乘客而受影响,给正常的运营带来十分巨大的压力和影响。由于无法实时监视铁路网客流流量的变化以及各站间的关系,因此现有的旅客客流控制方法较为单一,基本都是定性的客流控制,而且很少与列车运营调度一体化结合起来进行客流控制和联调联控。

## 1 城市轨道交通车站大客流分析

### 1.1 大客流的定义

随着城市的都市化进程发展,城市地域的范围不断扩大,越来越多的市民在使用城市交通出行方面的需求逐渐加大,他们对通行速度和安全性都有着较为迫切的需求,这其中主要以承载着城市交通主要路线的地铁成为了市民的主要出行方式,特别是希望获得速度较快、安全有保障、出行轻松的长距离出行方式。因为一般情况下市民都利用乘坐地铁出行的方式进行交通出行,因此会出现大客流的情况出现。通常情况下,我们所谈论的火车站大客流是表示当现有的车站的设施、服务水平等不足以支撑和帮助旅客完成疏散需要,旅客就会出现滞留在车站的情况,导致车站环境变得非常拥挤,并且行人的行走速率非常小。

### 1.2 大客流的分类

根据大型客流形成的时间规律和程度等性质,一般将其分为常态大型客流、可预见大型客流及突发大型客流三类。

#### 1.2.1 常规大客流

高峰客流呈现时间上、空间上的规律性强和发生的频度大的特征,主要集中在以下几个车站。

(1) 车站为“枢纽车站”,换乘站就是乘客在车票不变或不下车的情况下,可以从一条线路转道到另一条线路的车站。在主要的时间区间里,该站巨大的客流人群主要是需要换乘的客流,一般在工作日的早晚高峰时间。重庆市2号线与3号线的换乘车站两路口站,平时的日均换乘客流人数在27万以上,换乘客流占客流总量的一半。

(2) 城市主商业区域站。城市中心主要车站是在节假日客流量持续走高。如重庆轨道交通观音桥站,日均客流量14万人次左右,最高客流19万人次。

(3) 枢纽站。枢纽站指与其他交通模式衔接的车站,客流常年较大,例如重庆轨道重庆北站北广场站每日客流量达8万人次,日进站客流3.8万人次,日出站客流3.1万人次,换乘客流约1万人次。

(4) 住宅/工作区域站点。这些区域都是具有混合功能的站点。它们客流量大多来自工作日早晚高峰乘客,如重庆轨道交通石桥铺站每天早晚高峰进出站人次均超过两万。

#### 1.3 大客流分布的特征

城市轨道交通大客流的线网客流分布特征与城市规划中各区域的角色地位密切相关,这种线网客流分布特征主要是时间特征和空间特征。

##### 1.3.1 时间分布特征

一般而言,人流数量较多的时间节点相对密集均匀,集中出现在工作日的早、晚高峰时段和假期时期。

主要包括如下四类:

(1) 这种大客流是具有典型的规律性和不平衡性,大多是因为站点所在的城市功能分区较少,导致站点整体客流较小,在上下班高峰时才迎来进站和出站的大客流,大客流主要集中在人口集中区域和住宅区附近的车站。

(2) 该大型客流类型有较强的规律性,由于车站附近住宅和办公区域分布均衡,导致早晚高峰特征明显,双峰模式更为突出。该类大型客流主要分布在靠近居民区和办公区域附近的车站。

(3) 全峰型。该类型大客流的客流水平持续处于高位,波动变化相对较小。该类大客流主要集中于城市核心商业区或交通枢纽的车站。

(4) 突发性强。这类大客流车站常态客流不高,但存在一次性的客流激增的情况,如展会、演出、体育比赛等情况下该车站会出现大客流。这类大客流集中在邻近大型场所的车站。

#### 1.3.2 空间分布特征

城市轨道交通客流的时空分布存在强弱性,这为编组列车的运行计划做好依据,且客流的强弱性也会对后续列车的运行调整产生影响<sup>[1]</sup>。

##### (1) 客流时间分布规律

客流出行时空分布特性反映出一定时间内客流的时间特性,可通过一年、一个月或一天内客流量大小的变化情况进行不同单位的衡量。以每天来说,一般划分为双向高峰型、单向高峰型、突发高峰型、全天高峰型和非高峰型,也可能因为旅游节或者大活动引发短期的客运繁忙。对列车的开行调整时往往关注每天不同时段客流大小,也即是高峰期和平时客流大小的不同引发的晚点差异,对应的对策也不一样<sup>[2]</sup>。

##### (2) 客流空间分布规律

火车站的客流与火车站周边地区土地利用方式、整个城市的规划紧密相关,显示出非均势的特性,归纳起来,分为平均分布、尾部收拢、中部凸出与逐级减小四种类型。一旦出现“突变”,即部分(或大面积)线网周边地区遭受巨量客流冲击,客流的分布形式也将随之发生改变,而且,因“突变”产生的影响在整条线网上将逐步扩散并且逐渐加深。因此,对于可能存在的“突变”,应事先做出对策;面对无法预测的突变,也采取手段降低其影响程度。

## 2 车站大客流列车协同处置模型

该研究的目的是为了缩短乘客平均排队等待时间,所以本研究建立一个处理突发性大客流的列车停站模型,通过合理安排列车的停站,可迅速地疏散旅客到车站,以降低旅客在车站的滞留时间<sup>[3]</sup>。

### 2.1 模型假设

若研究期间,已知参数包括线路列车运行间隔时间、列车区间运行时间、列车停站时间以及站台最大容纳客流能力等。

设两名乘客同时上车,遵循先后来后到,即最先上车的乘客上

车, 而后一个列车的乘客在下一班列车来车时等待乘客先上车。

## 2.2 变量定义

为了让模型构造更加方便地叙述出来, 研究就变量作出了这样的定义:  $P_{i,j}^d$  属于列车  $j$  在车站  $i$  的候车客流需求;  $P_{i,j}^{new}$  为列车  $j$  在车站  $i$  的新进站候车客流量;  $P_{i,j}^d$  为列车  $j$  在车站  $i$  的实际上车客流量;  $P_{i,i}^{qk}$  为在换乘车站  $i$  至线路站台, 等候该线路方向的  $i$  次列车的换入客流量;  $X_{i,i}^{stop}$  为布尔变量, 也是模型的决策变量, 当列车  $j$  在车站  $i$  停车时,  $X_{i,i}^{stop}=1$ , 不停车直接通过时  $X_{i,i}^{stop}=0$ ;  $P_{i,j}^{te}$  为列车  $j$  在车站  $i$  的剩余容量;  $P_{i,j}^e$ : 为列车  $j$  在车站  $i$  的实际下车客流量;  $P_{i,j}^e$  为列车  $j$  在车站的新到站最大载客量; 为布尔变量, 当列车  $j$  在车站  $i$  的剩余容量足够容纳前行列车全部滞留客流时,  $X_{i,j}^b=1$ , 反之  $X_{i,j}^b=0$ ;  $T_{i,i}^{dp}$  为列车  $j$  离开车站  $i$  的时刻;  $X_{i,j}^{sec}$  属于列车自车站  $i$  开至下一个车站的区间运行时分;  $T_{i,i}^{stop}$  为列车在车站  $i$  的停站时分;  $h_{min}$  为最小追踪安全间隔。

## 3. 列车运行调整的方法

### 3.1 列车运行调整要点

(1) 按照固定速度组织列车运行, 实现按图指挥。(2) 选定合适的会让站, 避免调整不当使列车出现晚点现象。(3) 布置列车在车站组织平行作业, 提高生产效率、创效。(4) 布置列车反方向运行, 增强区段通过力<sup>[6]</sup>。

### 3.2 优化方法

(1) 如果有铁路车次延误, 我们首先应该是让火车延误的车次通过, 告知列车司机努力追赶列车速度, 从而协助列车恢复正常时间表运行。如果遇铁路段或车站限制速度时, 应告知列车司机通过段或车站之后立即恢复正常驾驶速度, 对于铁路段中速度慢的车辆, 告知司机车辆的延误信息, 了解导致列车延误的最直接因素, 并快速调整列车的运行计划, 以便尽快实现列车准点运行状态;

(2) 基本操作流程为平行作业, 在现实中车辆的调配中会因人的因素、车辆因素、气象因素和地缘因素等诸多因素影响而不断发生变化。因此列车调度员需要对这些影响因子做出敏感性反应。例如, 在某侧线路上车流量大或能力受限区域过饱和的情况下, 可通过同一方向的列车不停频繁通过能力受限区的方法优化一个方向的列车作业情况; 而在两条线路中, 除了发生紧急救助等特殊情况下, 也可通过布置列车逆行的方式对列车的运行顺序进行调节。对于具备运行条件限制的列车, 比如超过标准的重车不准与普通列车共行或禁止和其它列车同线运行的情况, 会造成其它列车的晚点到达。因而对于这种类型车厢可利用相邻线路具备固定的时间窗口且无施工任务的轨道设备作业的条件下快速批复。

(3) 在本区域内应用留轮或后到车方式作业, 这样可以消除整个班所需防溜作业, 减少了接发车辆调车作业的相互干

扰, 从而保证车站在接发列车作业不停歇, 使区间的调车速调状况平稳通畅, 确保了调车速调计划实施可行性。

(4) 在编组列车或编区解体能力饱和时, 优先组织在途到达的直达、直通列车通过。按照编区工作状况及时安排部分到达解体列车在中间站进行局部整列, 充分利用编区站周边辅助作业, 最大程度地减少编区站的作业时间, 加速车流周转。

(5) 对于中间站线路资源较少、工作时间又较长时, 采取单机挂车方式进行调整, 不占用中间站过多的接发车股道, 更适合中间站资源紧张的发线, 以此保证中间站连续不断地进行接发列车作业。

## 结语:

本文针对事先未知的、大规模的突发客流群体通过地铁站的列车发车组织方案与到站停车策略, 提出科学合理地安排列车的到达方式, 以缩短乘客在站内等待时间。针对具体的需求数值作为方案的基础, 争取使得线路上总候车时间的均值最小。基于所给的指定时段的大规模客流群体的线路中, 建立列车到发组织优化问题的数学模型, 通过遗传算法寻优。应用实例进行模型和算法测试, 结果表明算法平衡了大客流集散地车站所在的大客流人群, 降低大客流集散地的客流压力。

## [参考文献]

- [1]周菁楠, 李伟, 罗钦.城轨车站大客流条件下列车运行调整[J].深圳大学学报(理工版), 2020, 37(6): 617-622.
  - [2]冯俊.列车运行调整优化的几点措施[J].交通世界, 2021(12): 8-9.
  - [3]冉江亮, 韩宝明, 李得伟, 郑玢.突发事件下高速铁路列车运行调整研究[J].铁道运输与经济, 2021, 43(4): 128-134.
  - [4]王宇晴, 查伟雄, 万平.列车运行调整与到发线运用的协同优化研究[J].科学技术与工程, 2022, 22(22): 9797-9804.
  - [5]付义龙, 荆敏, 沈景炎.轨道交通列车节能运行组织措施探讨[J].都市轨道交通, 2020, 33(1): 36-39+48.
  - [6]何贤超, 王鹏博, 裴承杰, 韩志彬.轨道交通工程站台边缘与车体间隙的防护措施[J].机电工程技术, 2024, 53(1): 282-286.
- 第一作者: 王振(1982.01), 重庆市铁路(集团)有限公司, 男, 汉族, 籍贯四川自贡, 本科, 研究方向: 轨道交通;
- 第二作者: 何若冰(1986.06), 重庆市铁路(集团)有限公司, 女, 汉族, 籍贯陕西西安, 本科, 研究方向: 轨道交通、信息化;
- 第三作者: 古洪凡(1999.01), 浙江众合科技股份有限公司, 女, 汉族, 籍贯四川绵阳, 硕士研究生, 研究方向: 低空经济。

# 双碳目标下国网办公室会议与接待管理专责绿色服务模式构建研究

皮菲 吴明慧 邵琳

国网新疆电力有限公司克州供电公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i10.8449

**[摘要]** 在“双碳”战略全面推进的背景下，国家电网作为能源领域核心央企，其办公环节的低碳转型是落实绿色发展责任的重要组成部分。其中，会议与接待作为国网办公室日常管理的关键业务，传统模式下存在纸质消耗大、能源浪费多、碳足迹高等问题，亟需构建适配双碳目标的绿色服务模式。本文通过分析该模式的多维价值，结合国网办公实际设计绿色会议、接待服务路径及配套人资机制，最终得出：该模式既能直接削减办公环节碳排放、降低运营成本，又能发挥行业示范作用，为国网实现低碳转型与高质量发展提供支撑。

**[关键词]** 双碳目标；国网办公室；会议与接待管理；绿色服务模式；低碳转型

## Research on the Construction of a Green Service Model for Conference and Reception Management of State Grid Office under the Dual Carbon Target

Pi Fei Wu Minghui Shao Lin

State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd.

**[Abstract]** Against the backdrop of the comprehensive promotion of the "dual carbon" strategy, State Grid Corporation of China, as a core central enterprise in the energy sector, has made low-carbon transformation in its office operations, which is an important component of fulfilling its responsibility for green development. Among them, meetings and receptions are key daily management tasks of the State Grid Office. Under the traditional model, there are problems such as high paper consumption, energy waste, and high carbon footprint. It is urgent to establish a green service model that is compatible with the dual carbon goals. This article analyzes the multidimensional value of this model and designs a green conference, reception service path, and supporting human resources mechanism based on the actual situation of State Grid Office. Ultimately, it concludes that this model can not only directly reduce carbon emissions in the office process and lower operating costs, but also play a demonstrative role in the industry, providing support for State Grid to achieve low-carbon transformation and high-quality development.

**[Key words]** dual carbon target; State Grid Office; Meeting and reception management; Green service model; low-carbon transition

### 引言

2020年9月，中国提出“碳达峰、碳中和”双碳目标，标志着我国进入全面绿色低碳发展新阶段。作为关系国家能源安全和国民经济命脉的特大型国有重点骨干企业，国家电网公司在

实现双碳目标中肩负着重要责任。办公室作为企业管理的核心部门，其会议与接待活动是企业日常运营的重要组成部分，也是资源消耗和碳排放的重要来源。因此，构建绿色服务模式，推动办公室会议与接待管理的低碳转型，对国网实现双碳目标