

基于运营指标的超长公交线路拆分方法

An Approach to Splitting Long Bus Lines Based on Operation Indices

杨柳 关宏志

(北京工业大学北京市交通工程重点实验室, 北京 100124)

Yang Liu and Guan Hongzhi

(Beijing Key Laboratory of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

摘要: 针对超长公交线路在运营中出现的问题,以合理化调整公交线网为目的,通过对公交运营指标的分析,研究超长公交线路的拆分方法。在运营指标的选取中,主要考虑了线路长度、平均运距和满载率等因素与客流均衡性的关系。在高峰时段线路满载运营的假设条件下对这些关系进行了分析,进而提出计算线路拆分后合理长度的迭代算法。针对实际线网中常见的3种线路形态分别提出了拆分策略。选取北京市对应于各线路形态的3条超长线路进行实例分析,分析和计算结果与线路实际调整后的运营表现基本一致。结果证明调整后线路的长度直接受到原线路满载率和断面不平衡系数的影响。

Abstract: Facing operational problems of long bus lines, this paper, with the purpose to adjust bus network reasonably, and based on an analysis of operation indices, conducts a research on the approach to splitting long bus lines. The relationship between equilibrium of passenger flow and some factors, such as the length of routes, average travelling distance and load ratio, are considered in the selection of operation indices. Under the assumption of buses operating at full capacity in rush hours, the paper analyzes these relationships, followed by an algorithm to calculate the rational route length of the split lines. Then the method for splitting bus lines is proposed, corresponding to three typical routes in bus operation. The consistency between analysis results and operation performance of split lines is illustrated by a case study in three selected long bus lines corresponding to the three typical routes in Beijing. The results show that the length of adjusted lines is directly affected by load ratio and non-equilibrium factors within segments of the original lines.

关键词: 交通规划; 公共交通; 运营指标; 线路长度; 公交线路调整

Keywords: transportation planning; transit; operation indices; route length; adjustment for bus lines

中图分类号: U491.1¹⁷ 文献标识码: A

收稿日期: 2008-01-24

作者简介: 杨柳, 男, 北京工业大学交通研究中心, 硕士, 主要研究方向: 交通规划。E-mail: china_young@163.com

0 引言

随着城市建设规模的扩大,城市公交线网需要覆盖更多的地区。虽然在超过200万人口的大城市一般都需要建设轨道交通,但轨道交通建设成网的时间较长,在城市迅速扩张和轨道交通尚未成网时,就需要大量里程较长的公交线路承担这部分交通功能。近年来很多城市的公交线网中产生了一批延伸至中心城周边地区的超长线路,此类线路在运营中逐渐出现运营正点率下降、公交车辆难以达到均衡满载、司乘人员劳动强度过大等问题^[1-2],导致线路的经济效益和社会效益受到严重影响。

为了解决这些问题,有必要合理拆分过长的公交线路,有些城市(如北京市)已经开始了这方面的尝试。然而,由于缺乏有效的拆分方法,致使拆分后线路的运营效果差异较大。本文基于公交运营相关理论,建立满载率、客流均衡性与线路合理长度的关系模型,为合理拆分超长公交线路提供分析工具,并提出相应的建议。

1 研究思路

拆分一条超长公交线路需要解决两个问题:①确定拆分后线路的合理长度;②确定拆分线路的分断点和保留的线路区间。拆分超长公交线路的最终目的是提高线路的运营效率、使公交乘客方便快捷出行,因此需要从客流的角度确定超长线路的分断点和拆分后近似合理长度的线路所在区段。为明确研究对象,首先根据相关技术规范^[3],结合实际情况给出超长线路的描述性定义,然后从运营指标中寻找影响超长线路运营效率的主要因素,并根据影响因素间的相互关系

导出基于合理运营指标的线路长度表达式。

公交线路长度是一条线路从起点到终点的里程,与城市的规模、形态和平均乘距大小等因素有关^[4]。公交线路长度在各项运营指标中是一个基本要素,在一定程度上决定了线路的性质。根据《城市道路交通运输规划规范》^[3],城市公交最大线路长度 L_{\max} /km的计算公式如下:

$$L_{\max} = \frac{V \cdot T_{\max}}{60}, \quad (1)$$

式中: V 为公共汽车的平均运营车速/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$); T_{\max} 为95%居民的单程最大出行时耗/h。

以式(1)计算得到的线路长度 L_{\max} 为参考,对线路长度超过该值,并出现运营正点率下降、客流难以达到均衡满载等现象的线路进行研究。

2 超长公交线路拆分方法

2.1 影响超长公交线路运营的指标

评价公交运营服务水平的方法很多^[5],但都需要一些基本的运营指标。对一条超长公交线路,首先应针对其运营指标并做出客观评价。影响超长公交线路运营的指标主要包括:

1) 客流断面不平衡系数 p_h

$$p_h = \frac{V_h \cdot L}{\sum_i P_i \cdot L_i}, \quad (2)$$

式中: V_h 为公交单向高峰小时最大断面客流/($\text{人次} \cdot \text{h}^{-1}$); L 为公交线路长度/km; P_i 为站间断面 i 的公交客流/($\text{人次} \cdot \text{h}^{-1}$) (可通过各站上下车的刷卡量或人工调查乘降量求得); L_i 为站间断面 i 前后临近两站的间距/m。

一般认为 p_h 为1.2~1.4,对于 p_h 超过1.5的线路应采用在最大断面加发区间车、快车等调度方法,以增加最大断面的运输能力,保持线路各个断面运力与运量的平衡^[6]。

2) 平均运距 L_v

$$L_v = \frac{R}{V}, \quad (3)$$

$$R = \sum_i P_i \cdot L_i, \quad (4)$$

式中: L_v 为平均运距/km; R 为客运周转量/人公里; V 为公交线路客流量/($\text{人次} \cdot \text{d}^{-1}$),可通过刷卡量获得。

由式(2)、(3)、(4)可得:

$$p_h \frac{V}{V_h} = \frac{L}{L_v}. \quad (5)$$

2.2 基本假设

对超长公交线路的运营作出如下2个假设。

1) 高峰时段公交车辆均处于满载状态

高峰时段公交车辆往往处于拥挤状态,假设禁止车辆超载,可认为此时通过最大客流断面处的车辆均处于满载状态,即此时的单车载客量为车辆定员数。则公交单向高峰最大断面客流:

$$V_h = M \cdot f, \quad (6)$$

式中: M 为单车定员数/人; f 为高峰时间内的车次数/次。而满载率

$$F = \frac{V}{V_h} 100\%, \quad (7)$$

一般情况下,运营部门要求满载率 $F/\%$ 尽可能接近一个理想数值,配车、配班等运营活动的组织以此为依据^[6]。

2) 一条线路的平均运距 L_v 可通过一段时间的调查得到由上述2个假设及式(4)可得理想状态下新的线路长度

$$L' = p_h \cdot F \cdot L_v, \quad (8)$$

由于计算所得长度 L' 仍可能大于 L_{\max} ,即新线路仍可能为超长线路,为防止短期内再次调整线路,应首先对新线路运营后的平均运距进行估算,并代入式(8)迭代计算,直至 $L' \leq L_{\max}$ 。

2.3 分断点的确定

在拟拆分线路中,对于接近线路起点(或迄点)的车站 i ,必定存在另一个车站 j ,它们的站间距或 i, j 距离拟拆分线路某一端的距离接近 L' 。以尽可能减小线路拆分对乘客的影响、同时兼顾运营部门充分利用既有场站的原则,在所有站间距接近 L' 的车站对 $\{i, j\}$ 中,应尽量选择车站乘降量与途径该站点时车内乘客数比值较大的车站作为拟拆分线路的分断点,具体保留拟拆分线路的起点还是迄点需视线路类别而定。

2.4 各类型超长线路的拆分方法

超长线路的客流断面曲线主要有3种,如图1所示。对应的线路基本形态如图2所示。

结合图1和图2,对超长线路的3种类型描述如下:类型1,线路两端客流较大,中心城区路段客流相对较小,多见于两端连接成片小区、在中心城区经由客流相对较小地区或易拥堵路段的穿城线路。类型2,线路两端客流较小,中心城区客流较大,多见于受场站用地限制、两端连接郊外村镇的切向线路。类型3,全线路没有明显大客流

区段，全程客流较为均衡，多见于两端连接成片小区、经由中心城区复线系数较高路段的切向线路。此类型线路一般略短于类型2的线路。

针对这3种类型的超长线路，制定不同的线路拆分策略(见图3)：类型1，截去经由城市核心区域的路段，保留两端承担放射方向客流的区段，并使线路长度尽量接近 L' 。类型2，从两端分别截取接近 L' 长度的线路，尽可能将原线路较大客流区段由两端线路共同承担。类型3，从一端截取接近 L' 长度的线路予以保留，另一端线路是否保留视长度和客流状况而定。

中心城区用地一般较为紧张，为保证拆分后线路的正常运营并减少主要区段的客流损失，在拆分超长线路时应灵活掌握上述原则。例如：计算所得的分断点出现在不易设置停车场站的路段，则应考虑适当延长拆分后线路的长度，在附近路网密度较大的街区组织单向绕行折返；仅由拟拆分线路途径的区段，无论是否在计算所得的保留区内，都应尽量保留，在超长线路拆分后无法保留的，应设

法调整利用路段复线系数较高的同走向线路代替；超长线路走向与在建轨道交通线路走向近似的，应在轨道交通建成后酌情撤出与轨道交通并行的区段，同时保留轨道交通端点以外的区段，使新线路成为轨道交通的接驳线路。

3 示例

为使拆分线路长度与城市规模相匹配，结合北京市公交运营的实际情况，建议相关参数取合理范围的上限值：式(1)中平均运营车速 V 使用有公交专用道的公交车辆平均运营车速计算，设为20 km/h(表1中所列线路途径的重点路段均设有公交专用道)；95%居民的单程最大出行时耗 T_{max} 根据最近一次北京市公交优化方案征询意见取上限值1 h。计算后得到适宜线路长度 L_{max} 为20 km。

北京市公交运营要求满载率 F 为90%^[6]， $p_n=1.4$ ，由式(8)

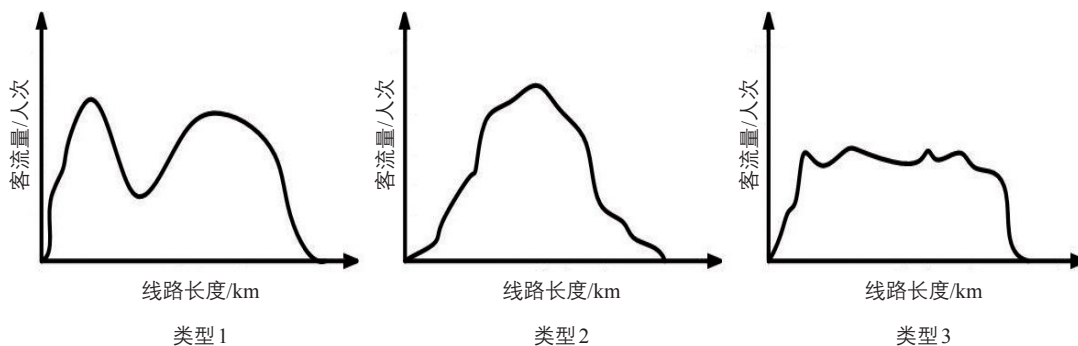


图1 各类型超长线路的客流断面曲线

Fig.1 The curve of passenger flow over a road segment of long bus lines

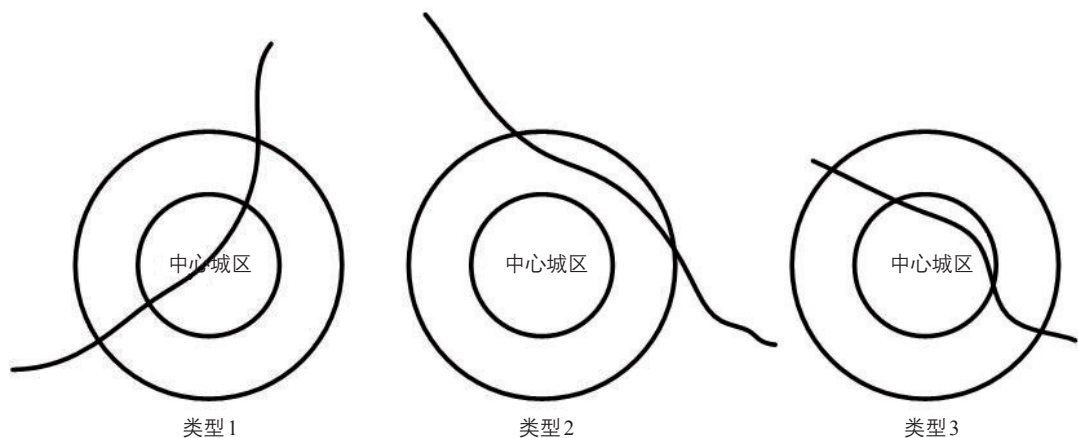


图2 各类型超长线路基本形态

Fig.2 Basic route patterns of each type of long bus line

求得 $L'=1.26L_v$ 。设北京市公交平均运距为 10~15 km，则拆分后线路的长度应为 12.6~18.9 km。对于平均运距较长的线路，应适当降低满载率要求，以保证公交乘客的舒适性。如对于平均运距在 15~20 km 的线路，满载率 F 可取 80%， $p_v=1.4$ ，求得 $L'=1.12L_v$ ，这些线路拆分后的长度应为 16.8~22.4 km。可以看出，调整后线路的长度直接受到原线路满载率和断面不均衡系数的影响。

从北京市近一年来数次线路拆分调整结果看(见表 1)，尽管受到场站用地分布等因素的限制，但多数拆分后的线路长度与本文计算结果基本一致，线路运营状况良好。

在使用该方法调整线路时应注意，一条公交线路的运送能力是否可以充分发挥不仅与路线长度和客流均衡性有关，更为直接的决定因素是路径。例如北京近年的线路调整中，有一些线路调整后长度与计算所得的新线长度差异较大，未充分发挥其运能，如北京市 50 路、481 路公共汽车，即使在高峰时段满载率也难以达到期望值 90%。也有一些超长线路的分断点选取得不合理，在局部重点路段产生了新的公交真空，如 712 路(现已改路号为 676 路)截去北段后，中关村东路至学院南路出现了进城线路的空缺，给乘客带来了不便。

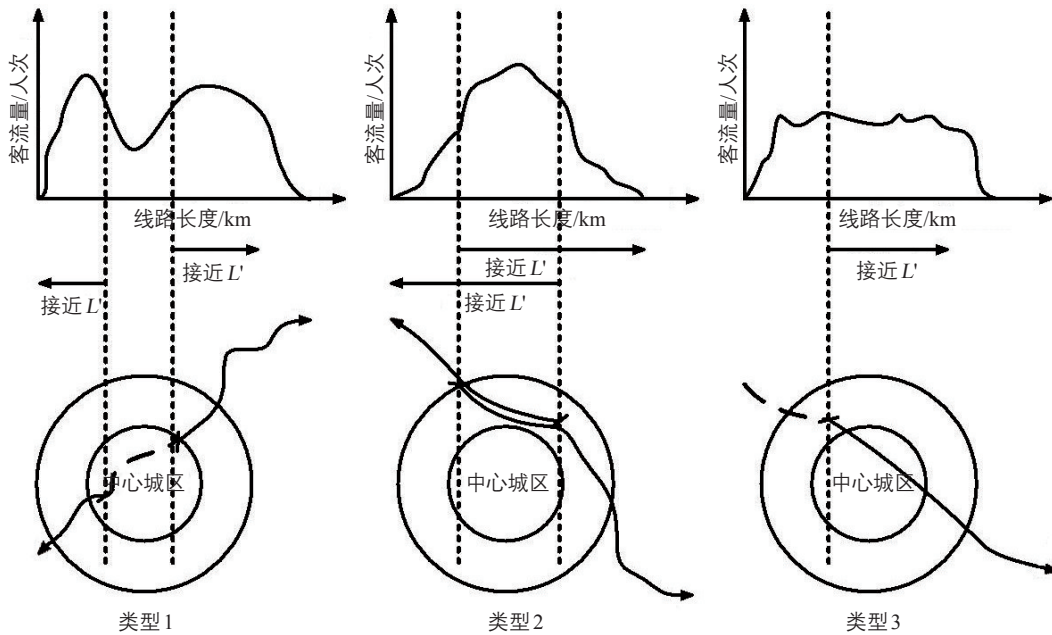


图 3 各类型超长线路拆分方法示意图
Fig.3 Approach to splitting each type of long bus line

表 1 北京市部分超长线路拆分前后情况对比
Tab.1 Comparison of a portion of long bus lines in Beijing before and after split

线路形态	拆分前线路	起迄站	线路长度/km	拆分后线路	起迄站	线路长度/km
类型 1	854	宣颐家园—香泉环岛	43.7	504	宣颐家园—天坛西门	15.0
		505		航天桥西—香泉环岛	17.1	
类型 2	713	东小口村委会—北京华侨城南站	36.4	479	东小口村委会—和平东桥西	15.5
				674	惠新东桥—北京华侨城南站	23.1
类型 3	816	菜户营桥东—宝盛里小区	25.6	490	阜成门—宝盛里小区	18.3

4 结语

本文从提高公交运营效率的角度,提出了进行超长公交线路优化调整的方法。该方法对于超长线路调整的考虑及准则的设定,主要从公交管理者、运营者的角度出发,较少考虑部分乘客的出行便利性,如拆分后线路对于在原分断点处不乘降的乘客和出行距离较远但要求不换乘的乘客是不利的,建议在实际应用中予以考虑。

同时,在某些城市的中心城区存在私人小汽车限行的区域,这些区域的公共汽车出行占总交通量的比例一般较大,且单个公交车辆的满载率较低。为提高进出这些区域的公交车辆的运送效率,避免公交车辆过度聚集在中心城局部核心区域造成拥堵、增加排放,应保留一定比例的穿越型公交长线路通过中心城区^[7]。

参考文献

1 北京晚报. 今天上午公交等红灯司机猝死 [EB/OL].

[2004-06-24]. <http://news.sohu.com/2004/06/24/03/news220700304.shtml>

- 2 北京晚报. 北京一巴士司机街头猝死 车中乘客惊魂幸未出事 [EB/OL]. [2003-12-30]. <http://news.sina.com.cn/s/2003-12-30/17482506320.shtml>
- 3 GB 50220—95 城市道路交通规划设计规范[S]
- 4 王炜, 杨新苗, 陈学武, 等. 城市公共交通规划方法与管理技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002
- 5 陈茜, 陈学武. 城市常规公共交通发展水平综合评价指标体系研究[J]. 城市交通, 2003, (1): 8-12
- 6 北京公交总公司, 北方交通大学. 城市公共交通运营调度管理[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001
- 7 Siu Kei Hwe, Cheung Raymond K and Wan Yat-wah. Merging Bus Routes in Hong Kong's Central Business District: Analysis and models[J]. Transportation Research Part A, 2006, 40(10) 918-935

(上接第91页)

置费约占30%~35%, 每列车购买单价为2 500~3 000万元^[5]。

4 结语

现代有轨电车作为一种交通方式,特别适用于环境敏感、具有中低客运强度的城市发展轴。对于上海、北京等特大城市,现代有轨电车可以与城市大容量轨道交通(地铁、轻轨)、快速公共交通(BRT)等共同构成城市快速公共交通系统,既丰富、增强城市综合交通客运体系,又提高公共交通对国内外旅客的吸引力^[9]。

参考文献

- 1 ALSTOM TRANSPORT. Tramways Turnkey Solutions[R]. Shanghai: ALSTOM, 2007
- 2 ALSTOM TRANSPORT. 现代有轨电车介绍[R]. Shanghai:

ALSTOM, 2007

- 3 LOHR GROUP. Translohr Tramway On Tires [R]. Shanghai: LOHR GROUP, 2006
- 4 ALSTOM TRANSPORT. Light Rail Solutions-Citadis[R]. Shanghai: ALSTOM, 2007
- 5 上海市城市建设设计研究院. 浦东张江有轨电车项目一期工程可行性研究报告[R]. 上海: 上海市城市建设设计研究院, 2007
- 6 ALSTOM TRANSPORT. Citadis Wireless Tram[R]. Shanghai: ALSTOM, 2007
- 7 CJJ/T 114—2007 城市公共交通分类标准[S]
- 8 ALSTOM TRANSPORT. Citadis Worldwide References [R]. Shanghai: ALSTOM, 2007
- 9 上海市城市综合交通规划研究所. 现代有轨电车在上海发展研究[R]. 上海: 上海市城市综合交通规划研究所, 2007