

doi:10.3969/j.issn.1672-6073.2013.01.010

南京地铁 Y 字形交路 2:1 模式运营实践

王 军

(南京地铁运营有限责任公司 南京 210012)

摘 要 根据南京地铁 1 号线在南延线开通后的运营情况,对近期客流进行分析研究,探讨在各种条件限制下如何有效地增加支线运能。结果表明:在不改变现有运行模式、最大限度保持西延线间隔的前提下,在 Y 字形交路中采取南延线与西延线局部 2:1 发车的模式是最有效、最直接的缓解客流的办法。通过 FALKO (运行图设计及验证的软件)的实现,极大地缓解了南京地铁 1 号线的运能压力。

关键词 Y 字形交路;运行图;断面客流;运能;行车间隔;FALKO;南京地铁

中图分类号 U231+.92 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)01-0037-04

2010 年南京地铁 1 号线南延线开通后,改变了原有 1 号线单线单交路的运营模式,采取 Y 字形交路的运营模式。随着 1 号线南延线客流的不断增长,特别是早高峰时段的客流增长已经远远超出预期,如何改变 1 号线高峰期的拥挤现状,按照客流规律合理安排运能,最大限度发挥现有车辆及设备的能力,实现 Y 字形交路 2:1 的运营模式是本文研究的重点。

1 背景介绍

南京地铁 1 号线于 2005 年 9 月 4 日开通试运营,北起迈皋桥,西至奥体中心线路长度为 21.72 km,设 16 座车站,配 20 列车。2010 年 5 月 28 日南延线开通后,在安德门站与原 1 号线合并运营,现新 1 号线运营线路长度共 46.72 km,设 31 座车站,配 45 列车。安德门—迈皋桥为共线区段,安德门—奥体中心和安德门—药

科大学为支线区段。其中,迈皋桥至安德门之间共线段为 14.74 km,12 座车站;安德门站至奥体站之间的西延伸线的线路长度为 6.98 km,4 座车站;安德门车站至药科大学之间的南延伸线线路长度为 25 km,15 座车站(见图 1)。

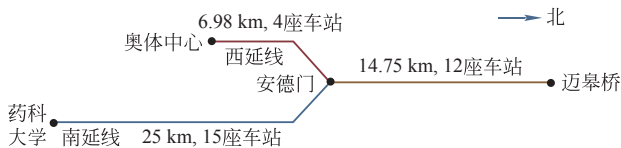


图 1 1 号线线路示意

由于在南延线开通后,新 1 号线是 Y 字形的线路,目前国内地铁在运营类似线路时,选择的模式均为分段运营,南京地铁在选择运营模式时,也倾向于分段运营,并有 2 种方案,即:

- 1) 迈皋桥—奥体中心单交路运营,安德门—药科大学单交路运营,在安德门实现换乘;
- 2) 迈皋桥—药科大学单交路运营,安德门—奥体中心单交路运营,在安德门实现换乘。

但由于安德门站缺乏渡线(见图 2),不具备折返条件,导致分段运营在南京地铁 1 号线不具备可行性。在经过比选后,南京地铁 1 号线最终采用贯通运营的 Y 字形交路方式组织运营,开往奥体中心方向和药科大学方向的列车比例为 1:1。在 1:1 的情况下,支线的运能只能是主线的一半,当随着支线开通时间的增加和小区入住率的提高,支线的运能将会难以满足客流增长的需要。

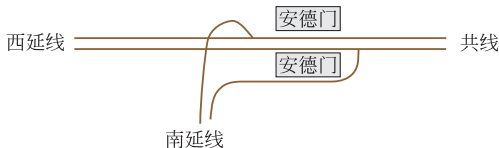


图 2 安德门站示意

收稿日期: 2012-04-05 修回日期: 2012-05-07

作者简介: 王军,男,本科,助理工程师,从事轨道交通运营组织工作,
jun_wang@126.com

2 因素分析

2.1 客流分析

纵观1号线的地域分布,共线区段地处南京市主城区,周边商业发达、小区成熟、与2号线交会,客流相对充裕且稳定;南延线地处南京最大的经济开发区江宁,为南京副城区,住宅小区众多,南延线开通后,吸引了大量的年轻市民前往落户定居,每天往返于主城与江宁,潮汐式客流明显;西延线地处河西奥体中心附近,目前客流虽然较开通初期有所增长,但由于站点少,西延线总体客流不大(见表1)。

表1 工可预测客流与实际客流对比

线段	工可预测高峰断面 客流/万人次 (2012年)	实际高峰断面 客流/万人次 (2011年12月)	高峰期每列 车载客量/人
共线区段	3.10	3.74	1 843
南延线	1.64	2.36	2 458
西延线	—	0.67	697

备注:A型车定员人数为1 860人。

目前,上线列车34列,其中西延线13列,南延线21列,共线间隔3 min7 s,支线间隔6 min15 s,共线最大运能3.58万人次,支线最大运能1.79万人次。

表1中数据表明,目前的客流断面已经超过了工可预测中2012年的客流,1号线除西延线外,共线区段和南延线在高峰期均接近或超过A型车定员人数,其中南延线已经超过2 400人,实际的个别列车局部可能会更加拥挤。随着经济的发展,客流依然在强劲增长,年增长率在15%左右,今后客流压力将更为巨大。

2.2 列车分析

目前,1号线共有列车45列,其中原1号线列车20列,南延线新配列车25列,20列老车已经经过改造可以在南延线运行。按照较高(90%)的上线率计算,最大上线列车数为41列,但目前依然有2列新车未交付使用。同时1号线的老车正处于架修阶段,同一时期将有1列车处于架修状态,无法上线运营,且随着大修启动,2013年将会有1列车处于大修状态,届时,将同时有2列车因修程无法上线运营。因此,如果新车全部到齐,最多上线列车也仅为39列。

由于列车的不足,已逐渐造成以下局面:

- 1) 高峰时段列车内拥挤不堪。经常出现乘客挤不上车的情况。
- 2) 架修、大修无法按规定修程进行,车辆普遍存

在超期服役的现象,形成车辆欠检修、运营拼设备的被动局面。

3) 由于列车欠修严重,列车上线运行的故障率随之增加。同时高峰时段无备用车,列车故障下线后,该间隔只能通过调整在线列车间隔来弥补,导致后续列车更加拥挤,更容易发生车门故障,从而增加了行车组织的难度,同时延长了乘客在站候车的时间,直接影响到行车安全和客运服务的质量。

3 方案比选

3.1 增加上线列车的1:1模式

如果继续按照1:1模式组织运营,要缓解客流压力,只能通过增加上线列车的方式提高运能。按照最高上线39列车的现有条件,开往奥体中心和药科大学方向各需要15列车和24列车。共线间隔达到2 min 45 s,支线间隔达到5 min 30 s(见表2)。

表2 增加上线列车1:1模式运能情况

线段	间隔/min	最大通过量/(万人次/h)	是否满足需求
共线	2.75	4.06	√
南延线	5.5	2.03	×
西延线	5.5	2.03	√

根据前面的客流分析,此方案虽然能够满足共线和西延线区段的客流,但满足不了南延线的客流需求。

3.2 完全2:1模式

2:1模式即根据客流规律,将开往南延线和开往西延线的列车比例按照2:1的模式进行分配。完全2:1模式即上下行都按照2:1模式开行。按照最高上线39列车的现有条件,开往奥体中心和药科大学方向各需要9列车和30列车。共线间隔达到3 min,南延线间隔达到4 min 30 s,西延线间隔达到9 min(见表3)。

表3 完全2:1模式运能情况

线段	间隔/min	最大通过量/(min)	是否满足需求
共线	3	3.72	×
南延线	4.5	2.48	√
西延线	9	1.24	√

根据前面的客流分析,此方案虽然能够满足支线区段的客流需求,但满足不了共线区段的客流需求。

3.3 高峰区段2:1模式

完全2:1模式即在上下行均为2:1模式,如果在列车数能够满足的情况下,此方案为最优。但由于最

大供车数不足,为确保运能满足各线需求,在高峰区段采用2:1 模式进行运营。即为了满足局部高峰而在局部增大行车密度,采用局部2:1 的模式组织行车。按照最高上线39 列车的现有条件,开往奥体中心和药科大学方向各需要12 列车和27 列车,2:1 开行时间可持续1 h,共线间隔达到2 min 20 s,南延线间隔达到3 min 30 s,西延线间隔达到7 min(见表4)。

表4 高峰区段2:1 模式运能情况

线段	间隔/min	最大通过量/(万人次/h)	是否满足需求
共线上行	2.33	4.78	√
南延线上行	3.5	3.18	√
西延线	7	1.59	√

由此可见,通过高峰区段2:1 开行方式,满足了高峰区段的客流需求,即满足了共线与南延线断面,西延线间隔也增加不多,较符合南京地铁目前的现状,故此方案较为可行。

4 方案实施

4.1 FALKO 简介

南京地铁1 号线采用西门子信号系统,与信号系统接口的编图系统采用FALKO 系统,FALKO 是在德国和欧洲铁路系统广泛使用的设计和验证运行时刻表的专业软件。编辑一个新的运行图,需要考虑所有相关的运行条件,即列车运行的路径、时刻表使用的具体时间段、在不同车站的停站时间、运行间隔、需要的列车号等。FALKO 会优化列车使用的时间表,生成一个符合基本要求的运行时刻表(见图3)。

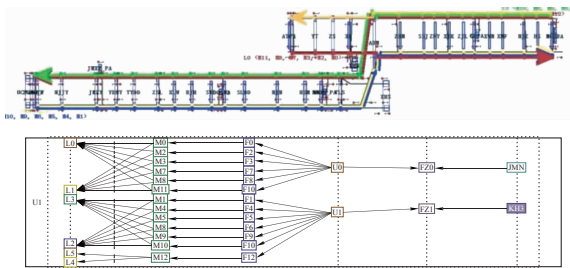


图3 Y 字形交路运行图2:1 模式拓扑结构

4.2 高峰区段2:1 在FALKO 中的实现

因FALKO 系统在处理单交路中能够满足需求,但在处理多交路时会因系统限制过多或操作复杂而不能编制出符合运营要求的运行图。特别是在编制2:1 运行图过程中,编制的复杂程度成倍增长,易出现各种编译失败,造成一些在人工铺画运行图中较容易的运行

图在FALKO 中难以实现,或者需要更多的人工干预。为了在编制完成后的实施过程中减少行车调度员的人工干预,通过不断的实践,得出在FALKO 中编制多交路或2:1 运行图的一些经验和方法(见图3)。

1) 需要建立多个运行路径。在FALKO 中需设置L0、L1 为奥体中心—迈皋桥上下行交路,L2、L3 为药科大学—迈皋桥上下行交路,L4、L5 为药科大学—迈皋桥上下行2:1 交路运行路径。

2) 需要建立多个行程(trips),可避免单个行程在多交路的各时间段间隔时产生错误,基本上可按照每天的峰期设置,南京地铁一般按照早平峰、早高峰、平峰、晚高峰、晚平峰、晚低峰共6 个时段分别设置行程。

3) 设置2:1 高峰期共线区段的串行交路间隔(gaps for serial circuits),在满足最小折返时间的情况下,缩短列车在共线区段折返线的停留时间,以提高小间隔运行效率,防止因此而产生编译失败。

4) 不同交路在共线区段的停站时间需要一致,即L0、L1、L2、L3、L4、L5 在安德门—迈皋桥上下行的停站时间设置需要完全一致,确保在共线区段运行时的平行间隔,以及经过几圈运行,不同交路间不会发生冲突。

5) 在FALKO 编制顺序上,先将药科大学—迈皋桥交路的线条进行设定,间隔为420 s,生成的运行图如图4 所示,图中横向代表车站,纵向代表时间。

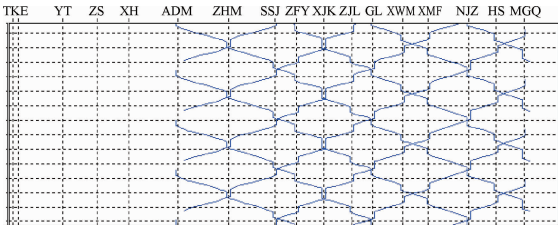


图4 共线区段南延线运行图

之后,将奥体中心—迈皋桥交路的线条依然按照420 s 的间隔进行设定,起始时间需精确到秒,将线条放置在药科大学—迈皋桥交路线条之上140 s,同时,需要考虑从1:1 至2:1 过渡期间的转化,包括1:1 向2:1 转换和2:1 结束后向1:1 转换,起始时间需精确到秒,确保间隔的均等(见图5)。

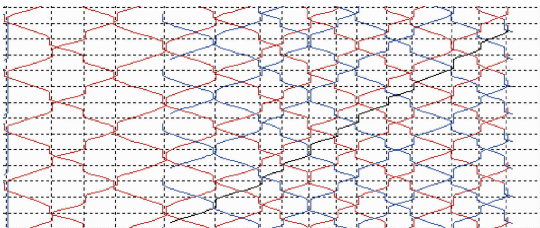


图5 共线区段南延线与西延线1:1 的运行图

图5中黑色线条为1:1至2:1的分界点,以下为1:1,以上为2:1,红色线条为西延线线条,蓝色为南延线线条。

最后,需要单独设置药科大学—迈皋桥的交路L4、L5,与L2、L3单独运行,互不干扰。通过此举,可以有效地避免出现编译失败,将剩余的列车按照420s的间隔加入到以上交路中。图6中绿色线条为2:1插入的列车,起始时间和终止时间需要精确到秒,最终形成在正线2min20s的间隔,3趟列车中2趟来自药科大学,1趟来自奥体中心的2:1发车模式。

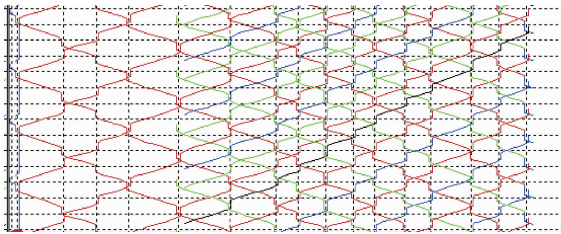


图6 共线区段南延线与西延线2:1的运行图

同时,中国药科大学—安德门支线区段为了间隔均匀,避免因为共线2:1而导致支线出现2min20s和4min40s的交替间隔,造成乘客不均衡,需对绿线(药科大学—迈皋桥上行)在药科大学—安德门区段的各站停站时间做延时75s的处理,确保绿色线条在两条蓝色线条中间始发,到达安德门站时可以顺利按照2min20s的间隔接入共线区段(见图7)。

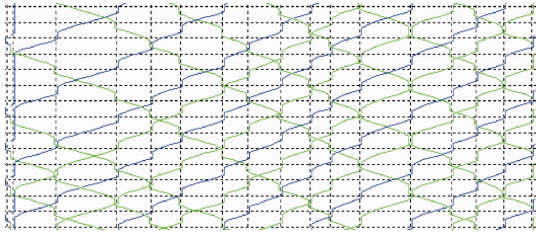


图7 南延线区段运行图

通过以上办法和一些细节的把握,可以在FALKO中实现编译正常的运行图,可以将此运行图通过西门子信号系统的检测传入COM机中供运营调用。

5 结语

从2:1开行比例的研究到2:1模式的确立,再到最终在FALKO中实现,根据客流规律和变化,最终从理论变成了现实,并在2011年下半年开始在南京地铁1号线使用。目前运营稳定,南延线早高峰期间的车厢舒适度大为改观,以前由于拥挤导致的乘客扒门及车

门故障现象也大大减少,高峰期间的正点率也随之提高,运营秩序进入良性循环。

2014年,1号线西延段将划入10号线,南延线与1号线共线区段将组成新的1号线。届时,新的1号线将贯通运营,在列车有限的情况下,也将利用这种思想在新1号线进行大小交路套跑,以优化运营模式,降低运营成本,提高运营效率。

参考文献

[1] 伍敏,余海斌. 上海地铁1号线运能现状分析及应对措施[J]. 城市轨道交通研究,2002,5(2):76-80.
[2] 朱忠英. 列车自动运行(ATO)系统在上海磁浮列车示范线的应用[J]. 城市轨道交通研究,2004,7(4):75-78.
[3] 江志彬,徐瑞华,吴强,等. 计算机编制城市轨道交通共线交路列车运行图[J]. 同济大学学报:自然科学版,2010,38(5):692-696.
[4] 孙海燕. 广州地铁2010年客流预测与运能规划的分析与研究[J]. 科技信息,2008,17(4):38-39.
[5] 唐寿成. 地铁车站客流组织工作探讨[J]. 铁道运输与经济,2007,29(9):48-50.

(编辑:曹雪明)

To Implement 2:1 Operational Mode of Y-Shape Round Trip in Nanjing Metro

Wang Jun

(Nanjing Metro Operation Co.,Ltd., Nanjing 210012)

Abstract: According to the Nanjing metro Line 1 operation after the opening of the South extension Line, analysis of the current passenger flows was carried out and how to effectively increase the branch line transport capacity under different restrictive conditions was studied. Results indicated, under the premise of not changing the existing mode of operation and maintaining the headway of the West extension Line, taking a South and West extension Line local 2:1 mode in the Y-shape round trip is the most effective and most direct way of mitigating passenger flow. By implementing this idea by software FALKO, pressure on the Line 1 transport capacity was greatly alleviated.

Key words: Y-shape round trip; train diagram; passenger flow; transport capacity; headway; FALKO; Nanjing metro