

北京地铁建国门站调查分析

目录

1 建国门基本情况介绍.....1
1.1 建国门站简介.....1
1.2 研究内容.....2
2 换乘站平面图绘制及换乘流线分析.....2
2.1 换乘站平面示意图.....2
2.2 换乘流线分析.....4
2.3 静态设备布局分析.....5
3 换乘客流数据统计及分析.....5
3.1 调查设计.....5
3.2 换乘空间的客流密度及速度分析.....7
3.3 换乘客流量分析.....17
4 换乘客流特征调查与分析.....19
4.1 轨道交通换乘客流的时间动态性.....19
4.2 轨道交通换乘客流的空间动态性.....19
4.3 轨道交通换乘客流敏感性分析.....21
5 换乘站设施服务水平与换乘效率分析.....21
5.1 换乘步行距离 (m).....21
5.2 换乘通道的面积 M(m2).....22
5.3 换乘客流量.....22
5.4 换乘时间 T(min).....22
6 存在的问题及改善的建议.....22
参考文献.....23

北京地铁建国门站调查分析

组长：唐丹凤 组员：宋翔宇 熊若曦 王芸宇 王乔

摘　要：本文以北京地铁建国门站为例，分析了建国门站换乘的设计。在调研建国门站各类设施的布置情况、空间尺寸以及调查换乘早高峰时段换乘客流量、换乘相关空间的（站台、通道、站厅）客流密度与速度的基础上，绘制了建国门站的平面图，并对建国门站换乘客流特征调查与分析，建国门站设施服务水平与换乘效率分析，最终得出存在的问题并提出相应的改善建议。

关键字：轨道交通；换乘；建国门站；客流量

1 建国门站基本状况介绍

1.1 建国门站简介

北京地铁建国门站位于二环路与长安街交口的建国门桥，为北京地铁1号线和北京地铁2号线的换乘站。该车站地下一层为站厅层，地下二层为2号线站台层，地下三层为1号线站台层。

1号线换乘2号线的乘客，由1号线站台的换乘楼梯和换成通道至2号线站厅，下到2号线站台。2号线换乘1号线的乘客，由2号线站台中部下楼梯至1号线站台。

具体情况见图1-1。



图 1-1 建国门站示意图

1.2 研究内容

通过调查建国门站早高峰时段各主要通道内换乘客流量，换乘相关主要空间的（站台、通道、站厅）客流密度与速度，绘制其随时间变化的趋势图并做出分析。测量建国门地铁站内各类设施的布置情况以及空间尺寸的数据，绘制其平面图。具体内容如下：

（1）换乘站换乘流线分析、示意图校验、平面图绘制；

（2）各类设施的布置情况以及空间尺寸调查结果分析；

（3）换乘客流特征调查与分析；

（4）换乘站设施服务水平与换乘效率分析；

（5）存在的问题及改善建议。

2 换乘站平面图绘制及换乘流线分析

2.1 换乘站平面示意图

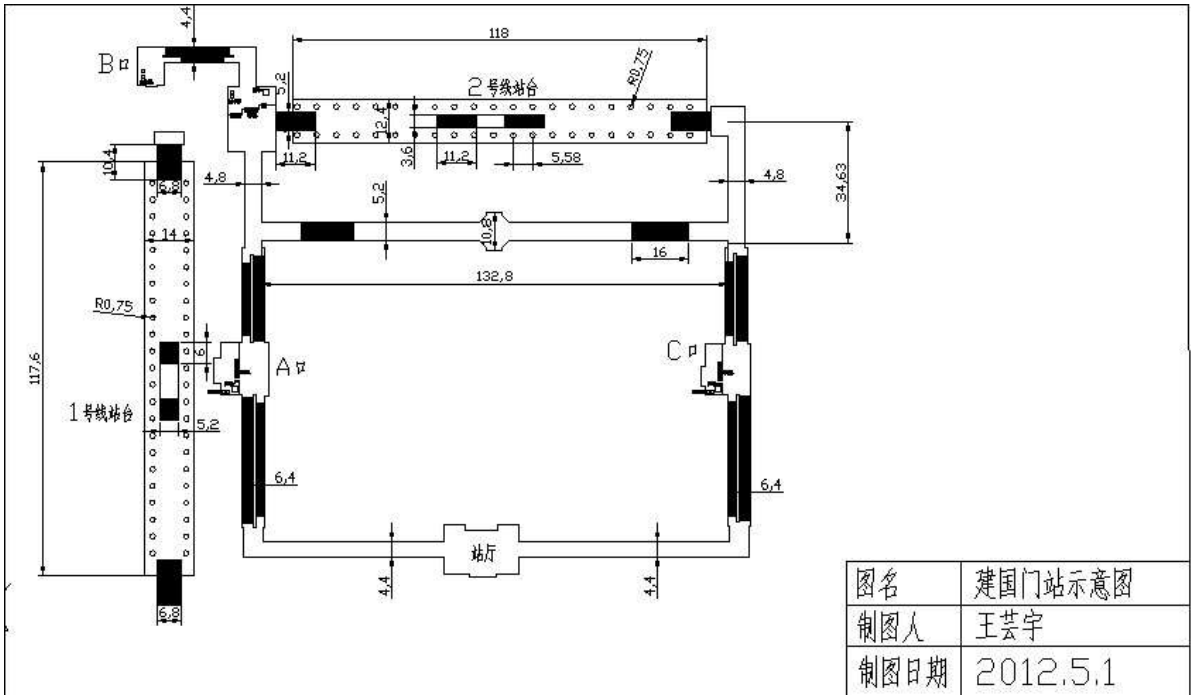

图 2-1 换乘平面示意图（说明：已将位于中部的一号线站台平移到左侧以方便查看）

注释：1 号线站台中部楼梯宽度为 5.2 米，两侧楼梯宽度一侧为 6.8 米，站台宽度为 14 米。

2 号线站台中部楼梯宽度为 3.6，两侧楼梯宽度为 5.2 米，站台宽度为 12.4 米

1 号线至 2 号线换乘通道宽度为 5.2 米，折角后为 4.8 米

2.1.1 换乘站通过强度的计算

对于平面图中的数据，对通道和楼梯进行通过强度的计算：

根据课本中的资料，通道和楼梯的参考数据如下：

表 2.1

名称	每小时通过人数	
1m 宽通道	单向通行	5000
	双向通行	4000
1m 宽楼梯	单向下楼	4200
	单向上楼	3700
	双向混行	3200

1） 楼梯通过强度

（1）2 号线站台换乘 1 号线流线中，2 号线站台楼梯为单向下楼，宽度为 3.6 米（双侧）。

通过强度：$2 \times 3.6 \times 4200 \div 60 = 504$ 人/min

（2）2 号线站台换乘 1 号线流线中，1 号线站台一侧楼梯为双向，宽度为 6.8 米，

通过强度：$6.8 \times 3200 \div 60 = 363$ 人/min

（3）1 号线换乘 2 号线流线中，1 号线站台中部楼梯为双向，宽度为 5.2 米（双侧）。

通过强度：$2 \times 5.2 \times 3200 \div 60 = 554$ 人/min

（4）1 号线换乘 2 号线流线中，两边通道楼梯为双向混行，宽度为 5.2 米。

通过强度：$5.2 \times 3200 \div 60 = 277$ 人/min

2） 通道通过强度

1 号线换乘 2 号线通道宽度为 5.2 米，通过强度：$5.2 \times 4000 \div 60 = 347$ 人/min

2.1.2 换乘站通过能力的计算

经查阅资料，每 1m 宽的单向下行楼梯通过能力约为 4200 人/h, 每 1m 宽的单向上行楼梯通过能力约为 3700 人/h，每 1m 宽的混行楼梯通过能力约为 3200 人/h.

1 号线中部楼梯为混行楼梯，通过能力约为 16640 人/h,1 号线两侧楼梯为混行楼梯，通过能力都为 21760 人/h。

2 号线中部楼梯为下行楼梯，通过能力约为 15120 人/h，2 号线两侧楼梯为混行楼梯，通过能力约为 16640 人/h。

2. 2 换乘流线分析

在调查中我们发现，建国门站作为一个换乘车站，主要承担的是 1 号线与 2 号线的换乘工作，换乘客流量极大。旅客换乘流线设计应充分考虑站厅与站台层的各项设施设备布局与能力，遵循客流流线交叉次数最小的原则，尽量避免换乘客流间的相互干扰，提高旅客换乘以及疏散的效率。下图为平面图的流线表示：

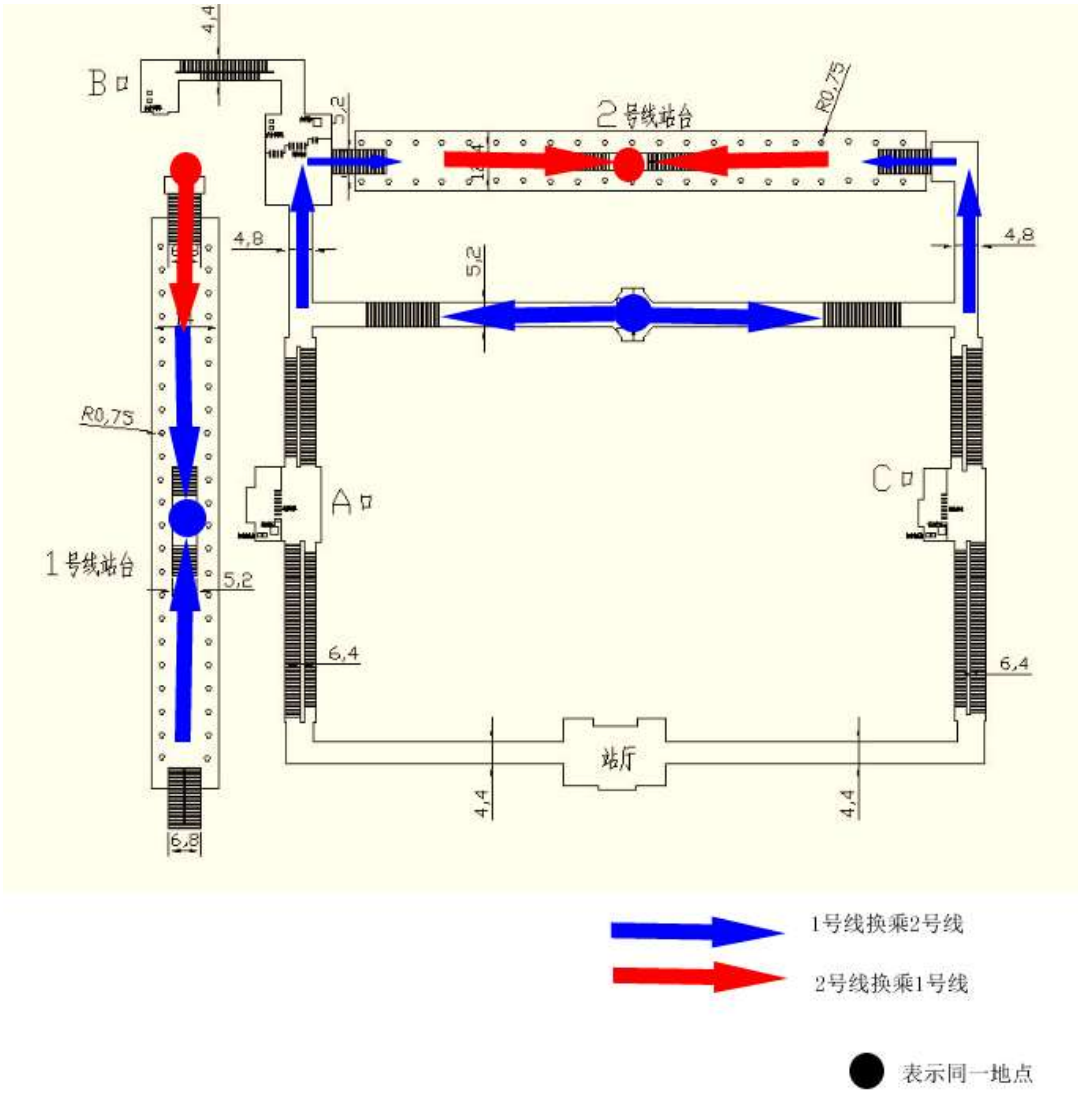

图 2-2 建国门站内客流流线

由图示可知，1 号线换乘 2 号线的乘客在站台中部通过楼梯进入换乘通道（两侧换乘通道对称），通过上楼梯进入 B 口站厅，再下楼梯从两侧进入 2 号线站台。虽然行走距离较长，但是由于标示明显并且通道性强，减少了乘客的判断犹豫时间，疏散较快。

2 号线换乘 1 号线的乘客也是通过站台中部的楼梯直接下至 1 号线站台一侧。

楼梯和通道均为单向行走设计，换乘流线交叉较少，符合换乘设计的要求。

2.3 静态设备布局分析

经过对示意图的校验，我们组还使用 sketch up 将建国门站建立立体示意图如下：

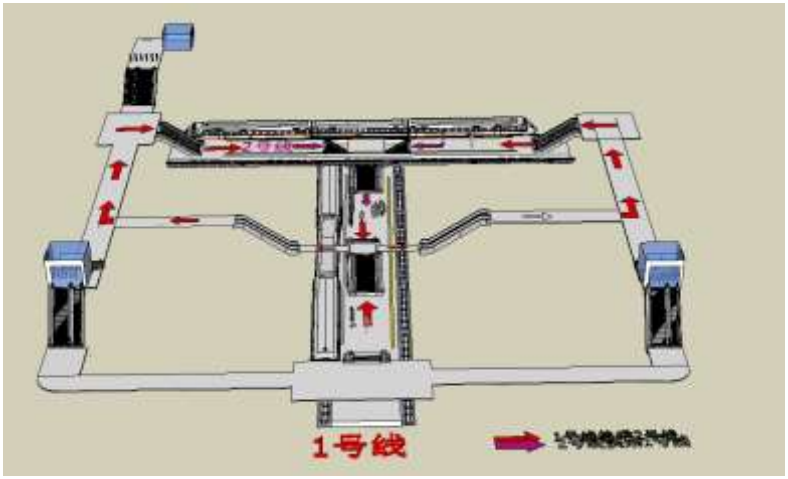

图 2-3 建国门站 3D 示意图

3 换乘客流数据统计及分析

3.1 调查设计

本次调查小组成员共五人，并于 2012 年 4 月 24 日早上 7:00-9:00 对建国门早高峰换乘客流、客流密度、速度进行调查，9:15-14:00 对建国门进行现场勘测，测量建国门地铁站内各类设施的布置情况以及空间尺寸的数据。

3.1.1 数据获得

换乘客流：每隔 15 分钟数一次客流，每次数 5 分钟，再用该 5 分钟的客流乘以 5 即得到该 15 分钟的客流量。

客流密度：事先规定一块面积，观察某一时刻该地面上所站的乘客数，计数 5 次并求平均。

客流速度：事先规定一段距离，对任一乘客走行该段距离所用时间进行计时，任意观察 5 名乘客并求平均得到客流速度。

3.1.2 具体调查情况及方法

具体调查情况如下：我们小组共 5 人，分为三组（2+2+1），如图 3-1 所示，其中两人（王乔+宋翔宇）负责数 2 号线换乘 1 号线客流量以及 1 号线站台客流密度和速度，另两人（熊若曦+王芸宇）负责数 1 号线换乘 2 号线客流量以及换乘通道客流密度和速度，还有一人（唐丹凤）负责数 1 号线站台客流密度和速度。

具体调查方法如下：以 15 分钟为周期，每 15 分钟完成一组调查，总共用时 2 小时，每 15 分钟分为 3 段调查（以五分钟为间隔），前 5 分钟数客流量，中间 5 分钟数客流速度，最后 5 分钟用来测算客流密度，其中客流速度以选取客流平均速度为准，站台客流密度以列车到达客流静止时刻（等车）为准，通道密度以流量最大时刻为准。

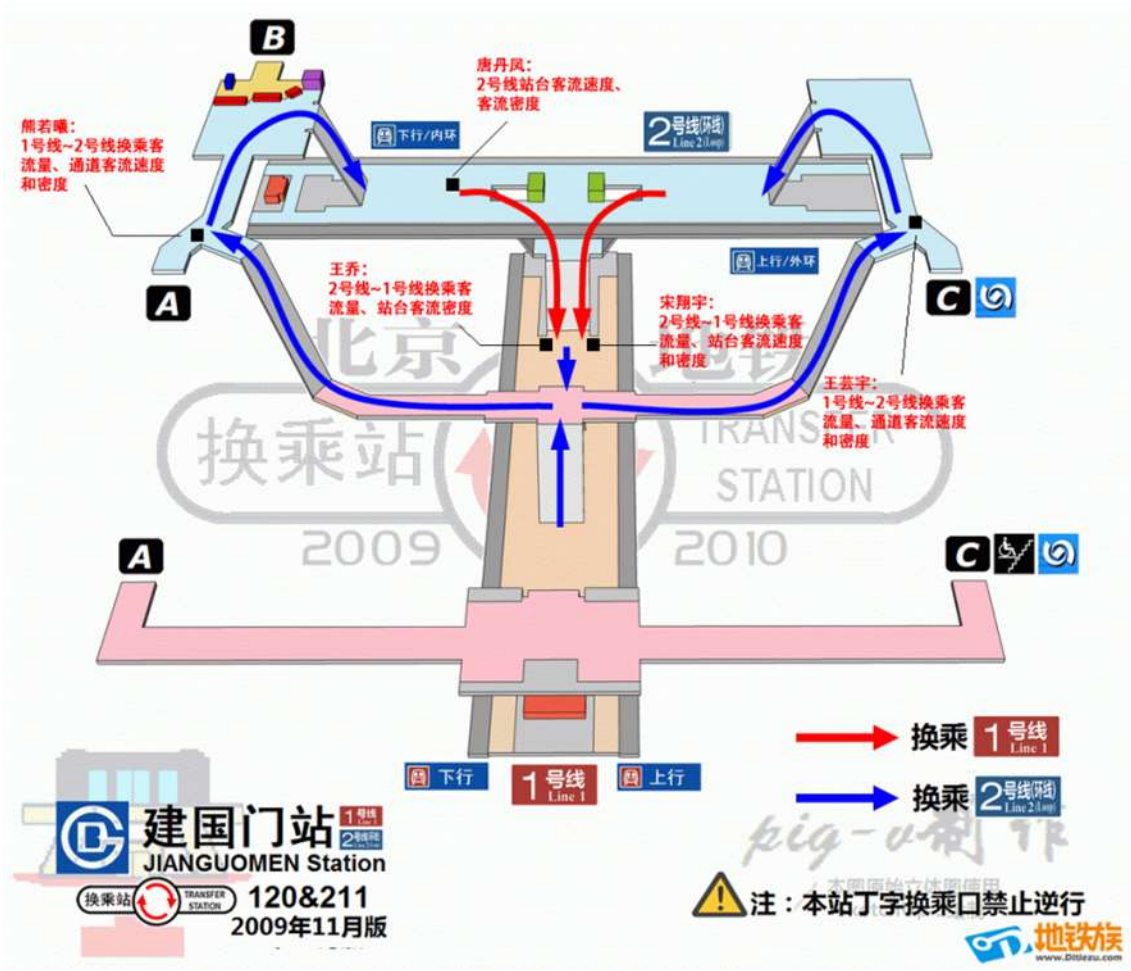

图 3-1 调查设计人员分布图

3.1.3 调查表格设计

根据上述调查设计，在进行调查前，初步设计调查表格如下：

表 3-1 调查表格设计

调查日期：　　调查员：　　站台/通道/楼梯/站厅：

时间段	客流量（　　分钟）	客流速度（距离：　　）	客流密度（面积：　　）
7:00-7:15		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：
		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：
7:15-7:30		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：
		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：
7:30-7:45		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：

		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：
7:45-8：00		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：
		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：
8:00-8:15		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：
		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：
8:15-8:30		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：
		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：
8:30-8:45		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：
		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：
8:45-9:00		时间 1：	人数 1：
		时间 2：	人数 2：
		时间 3：	人数 3：
		时间 4：	人数 4：
		时间 5：	人数 5：

3.2 换乘空间的客流密度及速度分析

3.2.1 换乘空间客流密度及速度

1）步行速度

人群的步行速度受到许多因素的影响，包括人员的特征和一些环境条件，人员的特征如性别，体重，是否喝醉酒，疲劳程度，健康状况，疏散中人员的组成等；环境条件如拥挤的程度，火或烟的强度以及走廊的设计等。

步行速度的大小是安全疏散设计的重要基础数据，也是影响建筑物事故中人的行为疏散安全的一个重要因素。

根据资料知，在一般地铁换乘通道的乘客平均步速大于 1m/s。

2）客流密度

根据疏散人流密度的不同，人员疏散流动状态可概括为两种状态：即离散状态和连续状态。

（1）疏散人流密度较小(<0.5 人/m2)，个人行为特点占主导作用的流动状态。

人与人之间的互相约束和互相影响较小，疏散人员可以根据自己的状态和事故物理状态，主动地对自己的疏散行为和疏散行动的路线、行动速度和目标等物理过程进行调整；人员疏

散行动呈现很大的随机性和主动性；离散状态常常在整个建筑物疏散行动的初始阶段和最后阶段占主导地位。并且，将对整个建筑物的安全疏散性状起到一定的制约作用。

（2）约束规则占主导作用(0.5-3.8 人/m2)的流动状态。

人流密度较大，人与人之间的间距非常小，疏散人员呈现“群集”的特征；除个别比较有影响力和权威的人士之外，个人的行为特征对整个人员流动状态的影响可以忽略不计，整个疏散行动呈现连续流动状态，群集人员连续不断地向目标出口移动；在人员呈连续流动状向出口移动时，很容易在出口处等某些部位形成滞留群集。

3.2.2 C口附近通道客流密度及速度

根据调查，得到 1 号线换乘 2 号线的右侧通道的相关数据如下：

表 3-2 右侧换乘通道客流密度及速度

调查日期：2012/4/24　　调查员：熊若曦　　站台/通道/楼梯/站厅：c 口附近

时间段	客流量（15 分钟）	客流速度（距离：7.4m）	客流密度（面积：33.88m^2）
7:00-7:15	430	平均时间：5.12s 平均速度：1.45m/s	平均人数：6（人） 平均密度：0.18 人/ m^2
7:15-7:30	808	平均时间：4.82s 平均速度：1.53m/s	平均人数：12（人） 平均密度：0.35 人/ m^2
7:30-7:45	1062	平均时间：5.40s 平均速度：1.37m/s	平均人数：15（人） 平均密度：0.44 人/ m^2
7:45-8：00	1325	平均时间：5.75s 平均速度：1.28m/s	平均人数：23（人） 平均密度：0.68 人/ m^2
8:00-8:15	1353	平均时间：5.62s 平均速度：1.32m/s	平均人数：22（人） 平均密度：0.65 人/ m^2
8:15-8:30	1341	平均时间：5.14s 平均速度：1.44m/s	平均人数：26（人） 平均密度：0.77 人/ m^2
8:30-8:45	1924	平均时间：4.81s 平均速度：1.54m/s	平均人数：28（人） 平均密度：0.83 人/ m^2
8:45-9:00	1192	平均时间：4.97s 平均速度：1.49m/s	平均人数：26（人） 平均密度：0.77 人/ m^2

根据上述调查数据，绘制 7:00-9:00 客流密度及速度变化趋势如下：

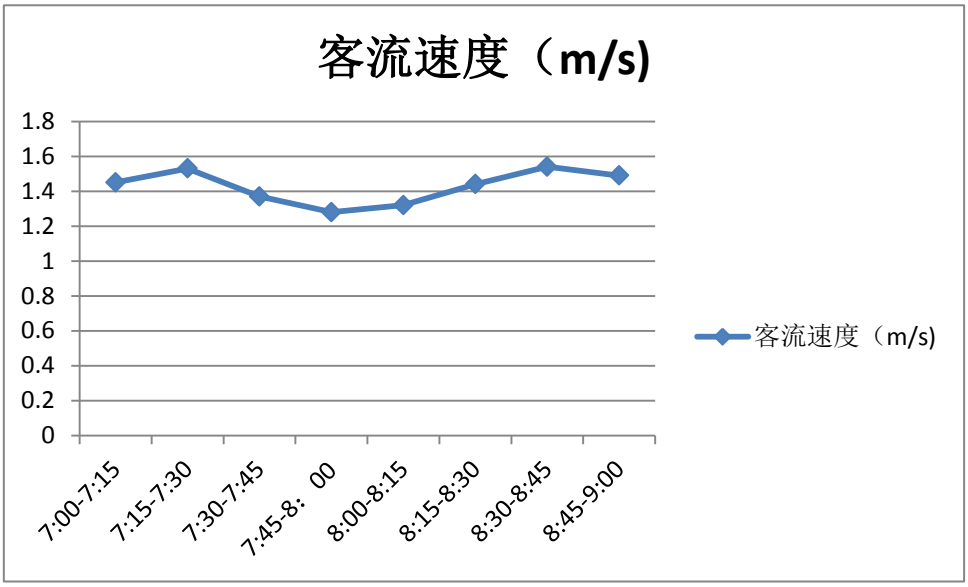

图 3-2 右侧换乘通道客流速度

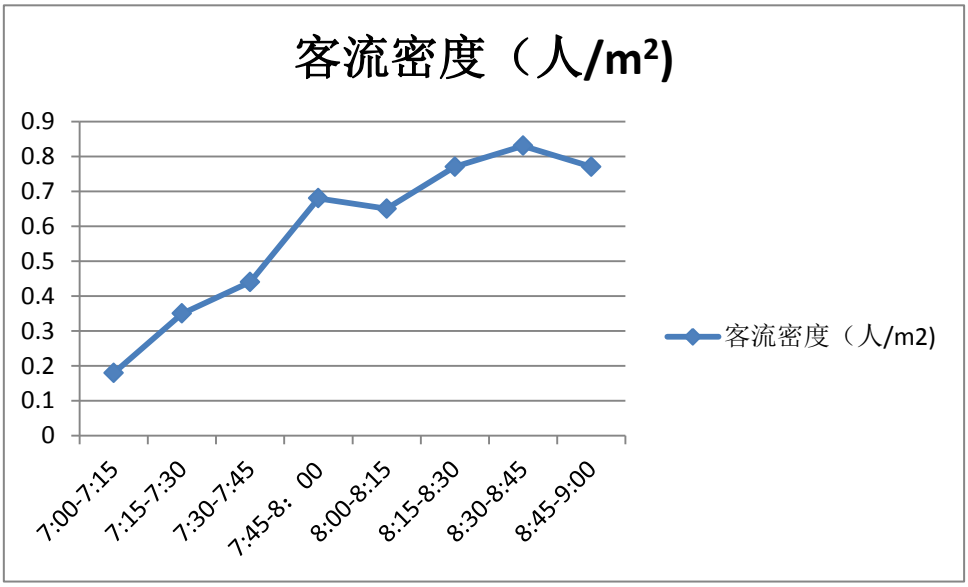

图 3-3 右侧换乘通道客流密度

3.2.3 A口附近通道客流密度及速度

根据调查，得到 1 号线换乘 2 号线的左侧通道的相关数据如下：

表 3-3 左侧换乘通道客流密度及速度

调查日期：2012/4/24　　调查员：王芸宇　　站台/通道/楼梯/站厅：1 号换 2 号线通道

时间段	客流量（15 分钟）	客流速度（距离：5. 2m）	客流密度（面积： 33m^2）
7:00-7:15	735 人	平均时间：2.96s	平均人数：7（人）
		平均速度：1.75m/s	平均密度：0.21 人/ m2
7:15-7:30	966 人	平均时间：3.2s	平均人数：13（人）
		平均速度：1.6m/s	平均密度：0.39 人/ m2
7:30-7:45	1455 人	平均时间：3.5s	平均人数：15（人）

		平均速度：1.4m/s	平均密度：0.45 人/ m2
7:45-8：00	1986 人	平均时间：3.24s	平均人数：20（人）
		平均速度：1.6m/s	平均密度：0.61 人/ m2
8:00-8:15	1875 人	平均时间：3.6s	平均人数：23（人）
		平均速度：1.44m/s	平均密度：0.7 人/ m2
8:15-8:30	2106 人	平均时间：3.62s	平均人数：23（人）
		平均速度：1.43m/s	平均密度：0.7 人/ m2
8:30-8:45	2229 人	平均时间：3.66s	平均人数：29（人）
		平均速度：1.42m/s	平均密度：0.88 人/ m2
8:45-9:00	1791 人	平均时间：3.6s	平均人数：28（人）
		平均速度：1.44m/s	平均密度：0.85 人/ m2

根据上述调查数据，绘制 7:00-9:00 客流密度及速度变化趋势如下：

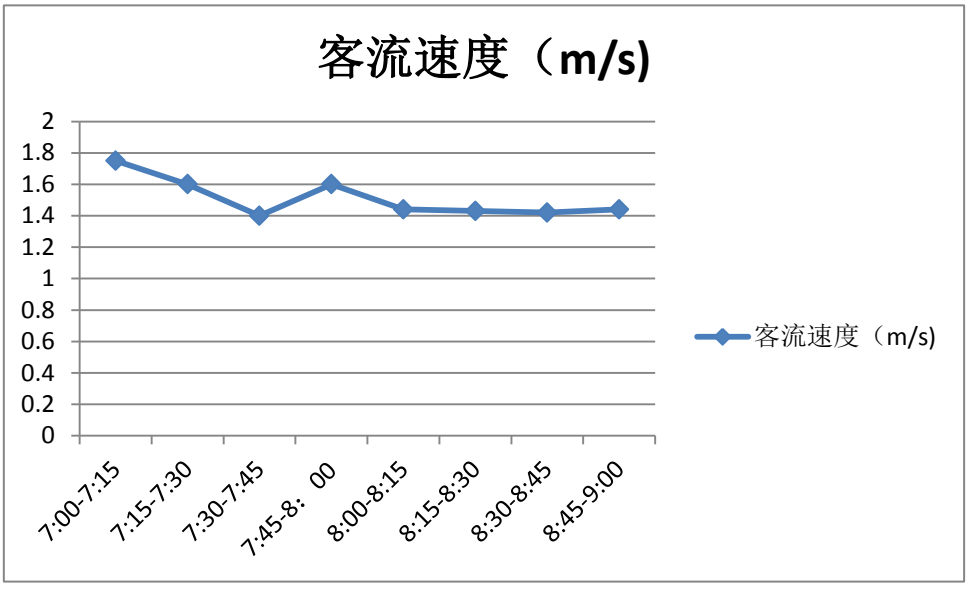

图 3-4 左侧换乘通道客流速度

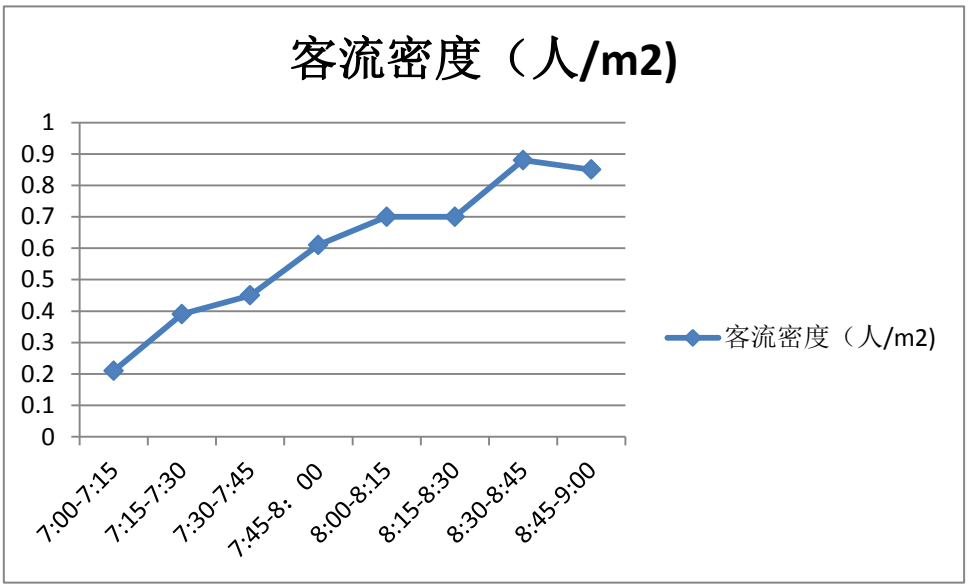

图 3-5 左侧换乘通道客流密度

从左右两侧客流速度图中可以看出，1 号线换乘 2 号线的左侧、右侧换乘通道的客流速度变化趋势大致相同，在换乘通道中，客流速度先减小后增大，在 7:45-8:00 之间达到最小，但变化幅度不太大，客流速度在 1.4m/s 附近波动。在早高峰的两端，客流相对中间较少，而在 8 点左右客流大而导致客流速度较少，但由于在通道中，客流始终处于一个连续流动的状态，人们步行速度受到拥挤程度的影响较小，始终能保持在一个相对稳定的区域。

从左右两侧客流密度中可以看出，1 号线换乘 2 号线的左侧、右侧换乘通道的客流密度变化趋势大致相同，在换乘通道中，客流密度总体呈上升趋势，在 8:45-9:00 开始下降，但下降不明显；且在 8:00 以前，客流密度均小于 0.5m/s2,在此时个人行为特点占主导作用的流动状态，并非十分拥挤；在 8:00 以后，客流密度均大于 0.5m/s2,在此时为约束规则占主导作用的流动状态，比较拥挤，从客流速度变化情况可以看出，该拥挤程度并没有影响通道中人们连续流动的情况，虽然拥挤，但并没有造成拥堵。

由于在换乘通道中，客流呈现连续流动的状态，受拥挤影响较小，因此客流密度与客流速度并没有明显的负相关性，因此在此不作比较。

3.2.4　1号线站台客流密度及速度

根据调查，得到 2 号线换乘 1 号线及 1 号线站台的相关数据如下：

表 3-4　1 号线站台客流密度及速度

调查日期：2012/4/24　　调查员：宋翔宇、王乔　　站台/通道/楼梯/站厅：1 号线站台

时间段	客流速度（距离：6.92m）	客流密度（至四惠方向）（面积：　33.3m^2）	客流密度（至苹果园方向）（面积：33.3m^2
7:00-7:15	平均时间：5.95s 平均速度：1.16m/s	平均人数：12.3（人） 平均密度：0.37 人/ m^2	平均人数：5.60（人） 平均密度：0.17 人/ m^2
7:15-7:30	平均时间：6.2s 平均速度：1.12m/s	平均人数：14.6（人） 平均密度：0.44 人/ m^2	平均人数：　7.60（人） 平均密度：　0.23 人/ m^2
7:30-7:45	平均时间：6.83s 平均速度：1.01m/s	平均人数：10.8（人） 平均密度：0.32 人/ m^2	平均人数：　7.20（人） 平均密度：　0.22 人/ m^2
7:45-8：00	平均时间：5.9s 平均速度：1.17m/s	平均人数：15.9（人） 平均密度：0.48 人/ m^2	平均人数：　7.00（人） 平均密度：0.21 人/ m^2
8:00-8:15	平均时间：5.5s 平均速度：1.25m/s	平均人数：21.3（人） 平均密度：0.64 人/ m^2	平均人数：4.80 人） 平均密度：0.14 人/ m^2
8:15-8:30	平均时间：5.4s 平均速度：1.28m/s	平均人数：24.6（人） 平均密度：0.74 人/ m^2	平均人数：4.60（人） 平均密度：0.14 人/ m^2
8:30-8:45	平均时间：4.7s 平均速度：1.47m/s	平均人数：28.5（人） 平均密度：0.86 人/ m^2	平均人数：5.40（人） 平均密度：0.16 人/ m^2
8:45-9:00	平均时间：5.56s 平均速度：1.24m/s	平均人数：22.75（人） 平均密度：0.68 人/ m^2	平均人数：4.20（人） 平均密度：0.13 人/ m^2

根据上述调查数据，绘制 7:00-9:00 客流密度及速度变化趋势如下：

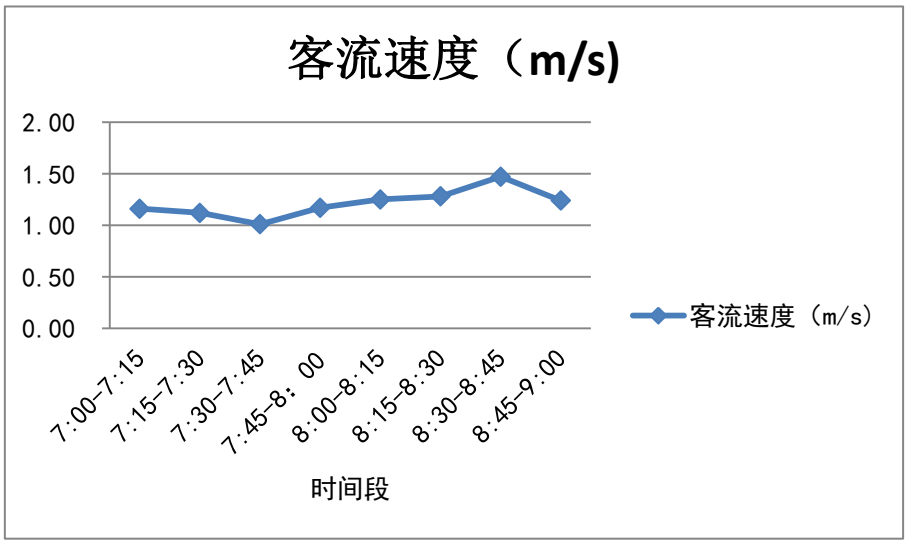

图 3-6 1 号线站台客流速度

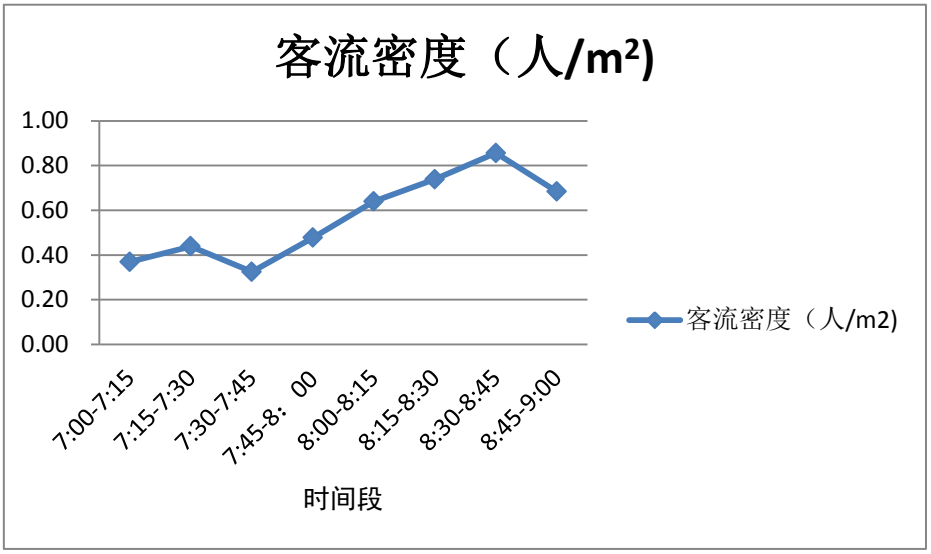

图 3-7 1 号线站台（至四惠方向）客流密度

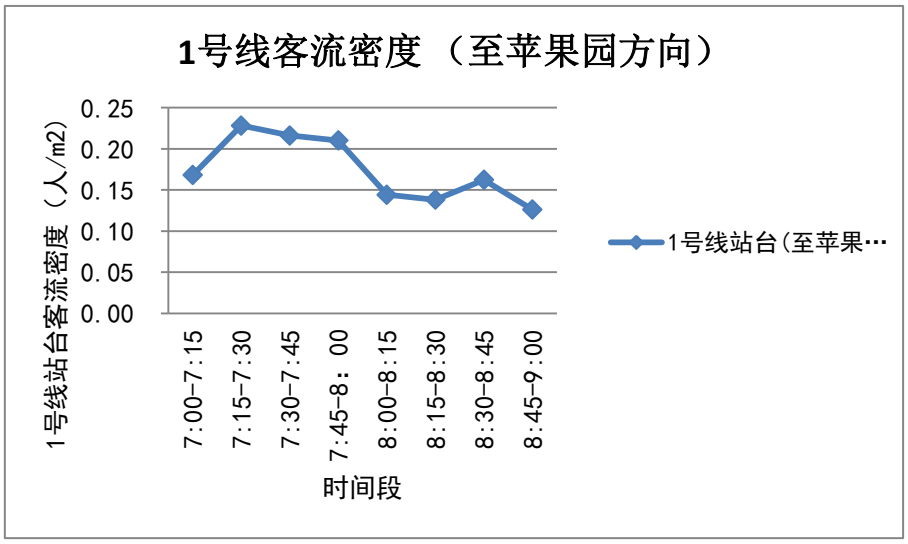

图 3-8 1 号线站台（至苹果园方向）客流密度

从客流速度的变化趋势来看，客流速度先减少后增大，但总体变化幅度不太大，速度在1.2m/s 附近波动。

出于对通勤客流的考虑，1 号线上下行客流特性可能不同，因此对一号线站台两侧的客流密度进行分别测量。从图中也可以看出，1 号线站台至四惠方向与至苹果园方向的客流密度相差较大，两边站台客流不对称。可见，至四惠方向的通勤客流较多，客流密度相对较大。

由于 1 号线站台客流密度的复杂性以及两侧站台客流的不对称性，很难找到客流密度与客流速度的关系。

3.2.5　2号线站台客流密度及速度

根据调查，得到 2 号线站台的相关数据如下：

表 3-5　2 号线站台客流密度及速度

调查日期：2012/4/24　　调查员：唐丹凤　　站台/通道/楼梯/站厅：2 号线站台

时间段	客流量（　　分钟）	客流速度（距离：6.4m）	客流密度（面积：　24m^2）
7:00-7:15		平均时间：5.8s 平均速度：0.55m/s	平均人数：10.33（人） 平均密度：0.43 人/ m^2
7:15-7:30		平均时间：5.68s 平均速度：0.56m/s	平均人数：13.2（人） 平均密度：0.55 人/ m^2
7:30-7:45		平均时间：5.76s 平均速度：0.56m/s	平均人数：15.17（人） 平均密度：0.63 人/ m^2
7:45-8：00		平均时间：5.38s 平均速度：0.59m/s	平均人数：16.4（人） 平均密度：0.68 人/ m^2
8:00-8:15		平均时间：5.62s 平均速度：0. 57m/s	平均人数：18.2（人） 平均密度：0.76 人/ m^2
8:15-8:30		平均时间：6.62s 平均速度：0.48m/s	平均人数：19.8（人） 平均密度：0.83 人/ m^2
8:30-8:45		平均时间：10s 平均速度：0.32m/s	平均人数：30（人） 平均密度：1.25 人/ m^2
8:45-9:00		平均时间：6.42s 平均速度：0.5m/s	平均人数：16.2（人） 平均密度：0.68 人/ m^2

根据上述调查数据，绘制 7:00-9:00 客流密度及速度变化趋势如下：

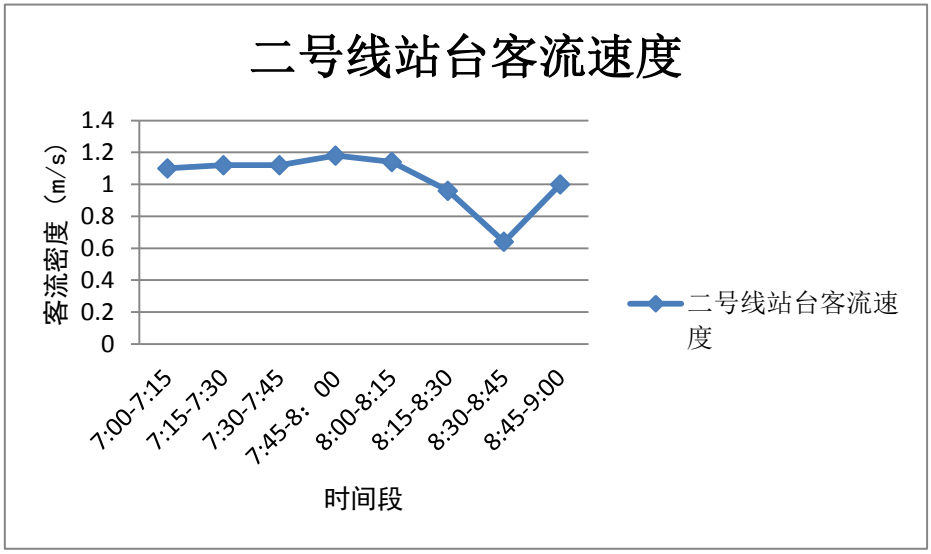

图 3-9 2 号线站台客流速度

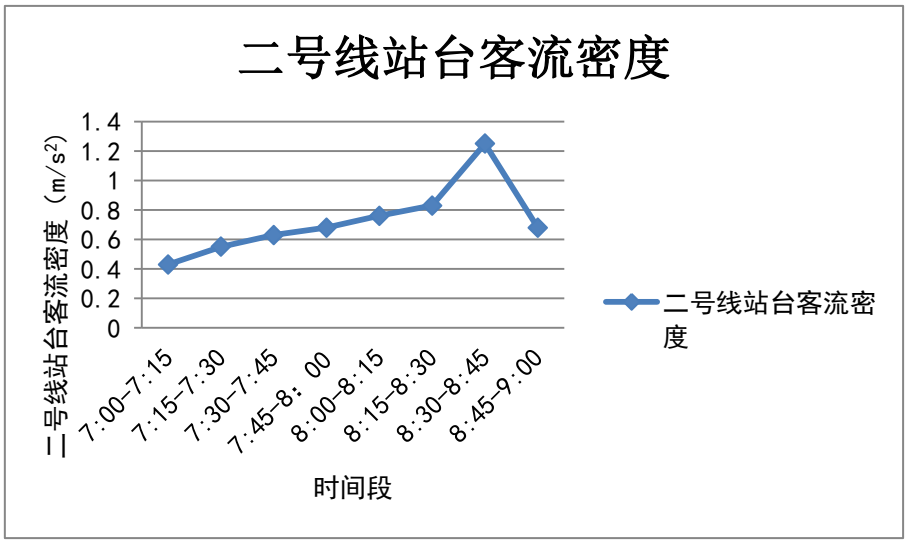

图 3-10 2 号线站台客流密度

从 2 号线站台客流速度图的变化趋势可以看出，客流速度刚开始变化幅度不太大，在 1.1m/s 附近波动，在 8:30-8:45 时客流速度突然减少，这与客流突然增加有关，在站台造成了一定的拥堵，引起客流速度降低。之后，随着客流的减少，客流速度回升。

2 号线客流密度总体呈上升趋势，在 8:30-8:45 时客流突然达到很大，造成一定的拥堵。在 7:30 以前，客流密度均小于 0.5m/s2,在此时个人行为特点占主导作用的流动状态，并非十分拥挤；在 7:30 以后，客流密度均大于 0.5m/s2,在此时为约束规则占主导作用的流动状态，比较拥挤，尤其在 8:30-8:45 时，客流密度很大，造成一定的拥堵。

在 2 号线站台，客流密度与客流速度有较好的负相关性，当客流密度增大时，客流速度减少；当客流密度减少时，客流密度增大。

3.2.6 2号线站厅客流密度及速度

根据调查，得到 2 号线站台的相关数据如下：

表 3-6 2 号线站厅客流密度及速度

调查日期：2012/4/24　　调查员：唐丹凤　　站台/通道/楼梯/站厅：2 号线站厅

时间段	客流量（分钟）	客流速度（距离：10.32m）	客流密度(面积：10.24m^2)
7:00-7:15		平均时间：6.66s 平均速度：1.55m/s	平均人数：6.8（人） 平均密度：0.66 人/ m^2
7:15-7:30		平均时间：7.16s 平均速度：1.44m/s	平均人数：11（人） 平均密度：1.07 人/ m^2
7:30-7:45		平均时间：5.86s 平均速度：1.76m/s	平均人数：10（人） 平均密度：0.97 人/ m^2
7:45-8：00		平均时间：7.4s 平均速度：1.39m/s	平均人数：10.8（人） 平均密度：1.05 人/ m^2
8:00-8:15		平均时间：6.94s 平均速度：1.49m/s	平均人数：12.2（人） 平均密度：1.19 人/ m^2
8:15-8:30		平均时间：6.82s 平均速度：1.51m/s	平均人数：11.4（人） 平均密度：1.11 人/ m^2

8:30-8:45		平均时间：8.42s 平均速度：1.23m/s	平均人数：12.4（人） 平均密度：1.21 人/ m^2
8:45-9:00		平均时间：7.05s 平均速度：1.46m/s	平均人数：9.8（人） 平均密度：0.96 人/ m^2

根据上述调查数据，绘制 7:00-9:00 客流密度及速度变化趋势如下：

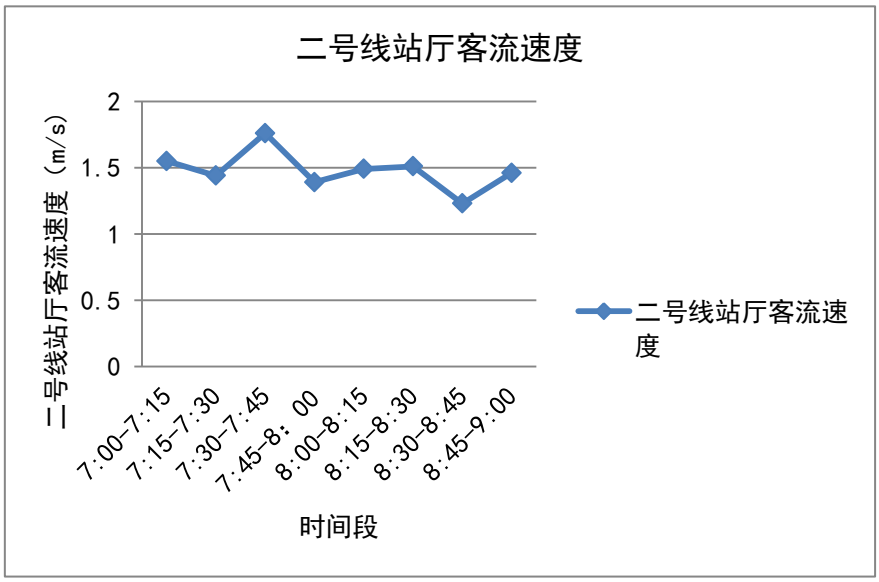

图 3-11 2 号线站厅客流速度

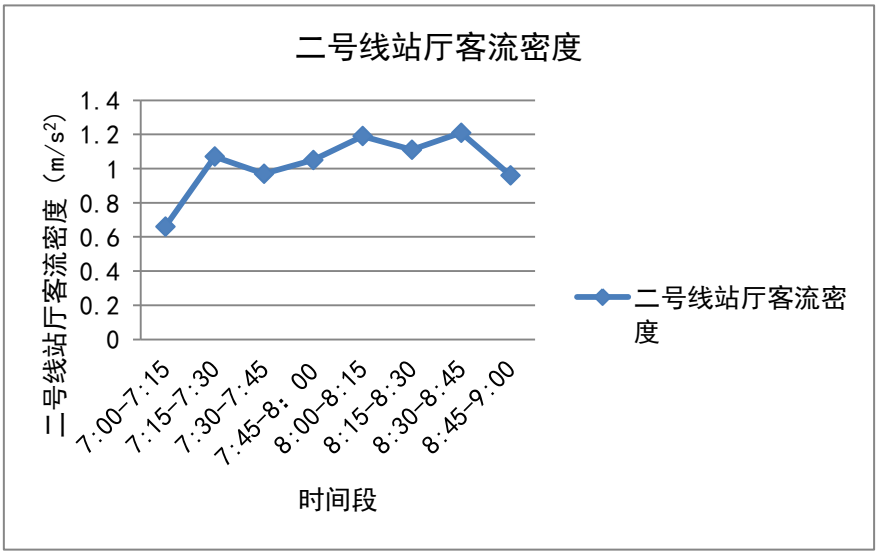

图 3-12 2 号线站厅客流密度

从 2 号线站厅客流速度图可以看出，2 号线站厅的客流速度呈波动状态，整体变化幅度不大，在 1.5m/s 附近波动，在 8:30-8:45 客流速度突然减少，这是由于该段时间客流密度突然很大，造成一定的拥挤。

2 号线站厅的客流密度也呈现波动趋势，总体在一定幅度内变动。但可以发现的是，2 号线站厅的客流密度总体均比之前的客流密度大。这是由于，观察员记录的是客流密度最大处的客流，在实地考察中发现，2 号线站厅的客流主要集中在某一区域，而其他区域基本上无客流或只有零星客流。但总体来看，2 号线站厅能够较好的满足乘客的换乘，不会造成较大的拥挤。

将客流密度和客流速度进行比较，虽然二者均呈现波动趋势，但二者也有较明显的负相关性。

3.2.7　2号线楼梯客流密度及速度

根据调查，得到 2 号线站台的相关数据如下：

表 3-7　2 号线楼梯客流密度及速度

调查日期：2012/4/24　　调查员：唐丹凤　　站台/通道/楼梯/站厅：2 号线楼梯

时间段	客流量（分钟）	客流速度（距离：8.97m）	客流密度（面积：8.78m^2）
7:00-7:15		平均时间：10.66s 平均速度：0.84m/s	平均人数：5.6（人） 平均密度：0.64 人/ m^2
7:15-7:30		平均时间：11.78s 平均速度：0.76m/s	平均人数：8.4（人） 平均密度：0.96 人/ m^2
7:30-7:45		平均时间：8.64s 平均速度：1.04m/s	平均人数：9.4（人） 平均密度：1.07 人/ m^2
7:45-8：00		平均时间：10.68s 平均速度：0.84m/s	平均人数：9.4（人） 平均密度：1.07 人/ m^2
8:00-8:15		平均时间：10.32s 平均速度：0.87m/s	平均人数：11.2（人） 平均密度：1.27 人/ m^2
8:15-8:30		平均时间：12.06s 平均速度：0.74m/s	平均人数：11.6（人） 平均密度：1.32 人/ m^2
8:30-8:45		平均时间：15.2s 平均速度：0.59m/s	平均人数：16.4（人） 平均密度：1.87 人/ m^2
8:45-9:00		平均时间：11.8s 平均速度：0.76m/s	平均人数：11.6（人） 平均密度：1.32 人/ m^2

根据上述调查数据，绘制 7:00-9:00 客流密度及速度变化趋势如下：

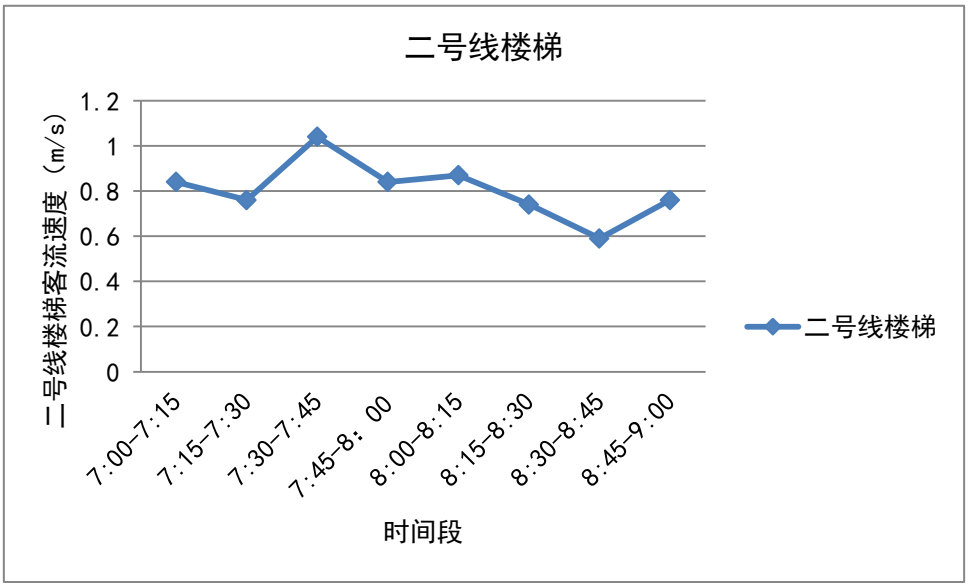

图 3-13 2 号线楼梯客流速度

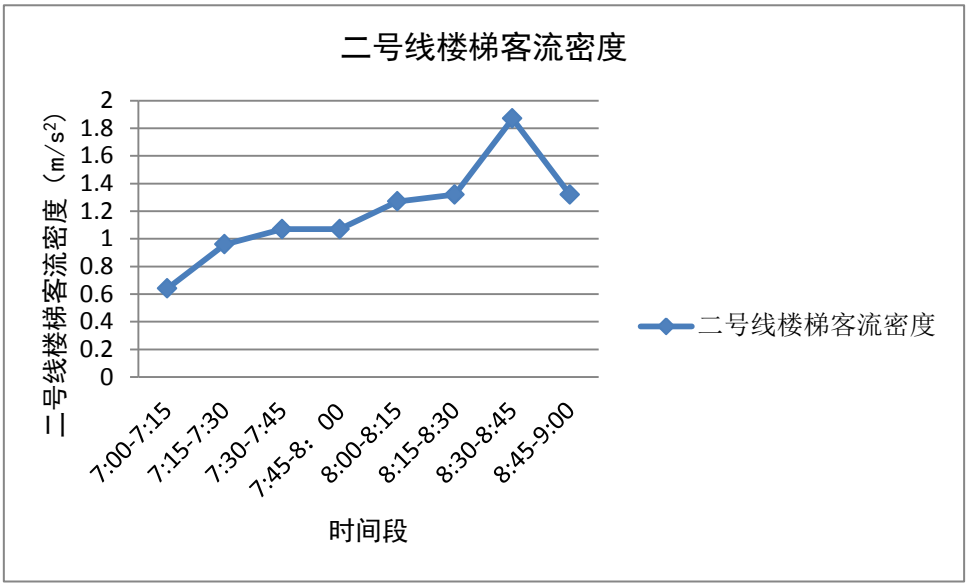

图 3-14 2 号线楼梯客流密度

从 2 号线楼梯客流速度图可以看出，2 号线楼梯的客流速度呈波动状态，整体变化幅度不大，在 0.8m/s 附近波动，与站台、站厅相比，楼梯处客流速度相对较小。在 8:30-8:45 客流速度突然减少，这是由于该段时间客流密度突然很大，造成一定的拥挤。

从客流密度变化趋势看，2 号线楼梯的客流密度逐渐增大，在 8:30-8:45 客流密度达到最大，此时造成一定的拥堵。经观察发现，2 号线楼梯的客流密度与站台站厅客流密度相比，相对较大。这是由于楼梯通道较窄，客流一直处于较大的情况，可适当考虑拓宽该楼梯宽度以满足乘客换乘要求。

3.2.8 换乘空间客流密度及速度小结

1）客流速度

根据调查数据集分析，得出站厅的客流速度在 1.5m/s 左右，换乘通道的客流速度在 1.4m/s 左右，站台的客流速度在 1.1-1.2m/s 左右；楼梯的客流速度在 0.8m/s 左右。可见客流速度：站厅>换乘通道>站台>楼梯。

分析其原因：站台与换乘通道的客流一处于连续状态，大家有序的行走，并没有造成很大的拥堵，因此一直能保持较高的客流速度；而在站台，客流处于比较离散的状态，乘客可能查看标识、行走至不同的地方去等待上车，因此客流速度会相对降低；而在楼梯，楼梯的客流速度相对较小，且楼梯较窄，前面的客流可能会影响后面的客流，会造成一定的拥堵，客流速度也相对较低。

2）客流密度

从各个客流密度的变化趋势图可知，客流密度整体呈现上升趋势，在 8:30-8:45 达到最大，随后开始降低。可以看出，客流密度在 8:30 以后才开始降低，且降低的幅度不太大，客流密度仍处于较高的状态，可以推测出，早高峰的时间段有所延长，而不仅仅局限于 7:00-9:00，在 9 点以后的一段时间内仍然处于客流高峰期。

3.3 换乘客流量分析

表 3-8 换乘客流量

时间段	1 号线换乘 2 号线客流量（人次）	2 号线换乘 1 号线客流量（人次）
7:00-7:15	1165	645

7:15-7:30	1774	1290
7:30-7:45	2517	2367
7:45-8：00	3311	2139
8:00-8:15	3228	3000
8:15-8:30	3447	2694
8:30-8:45	4153	3465
8:45-9:00	2983	2505

根据调查表格的数据，最终绘制出 1 号线换乘 2 号线及 2 号线换乘 1 号线的客流变化趋势图 3-15、图 3-16。

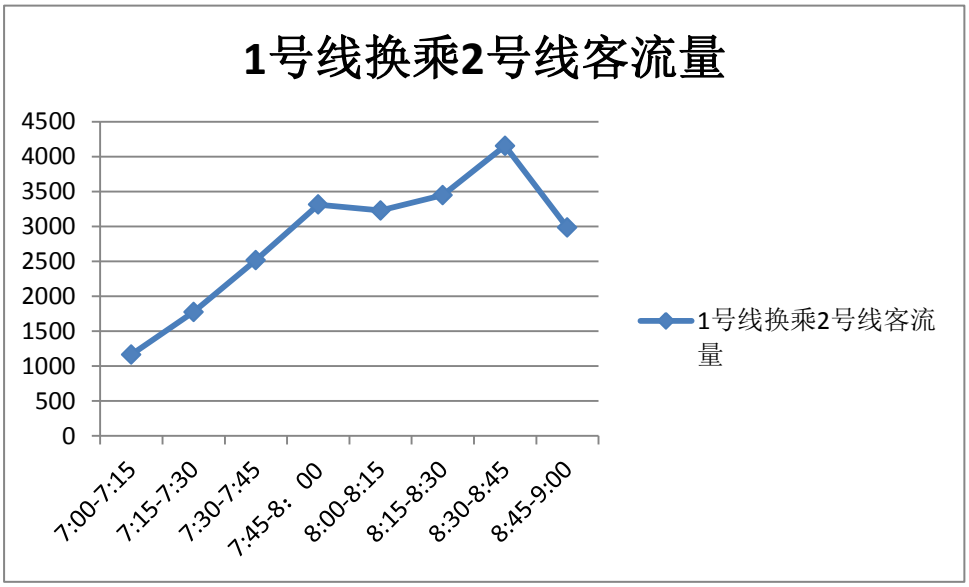

图 3-15 1 号线换乘 2 号线客流量

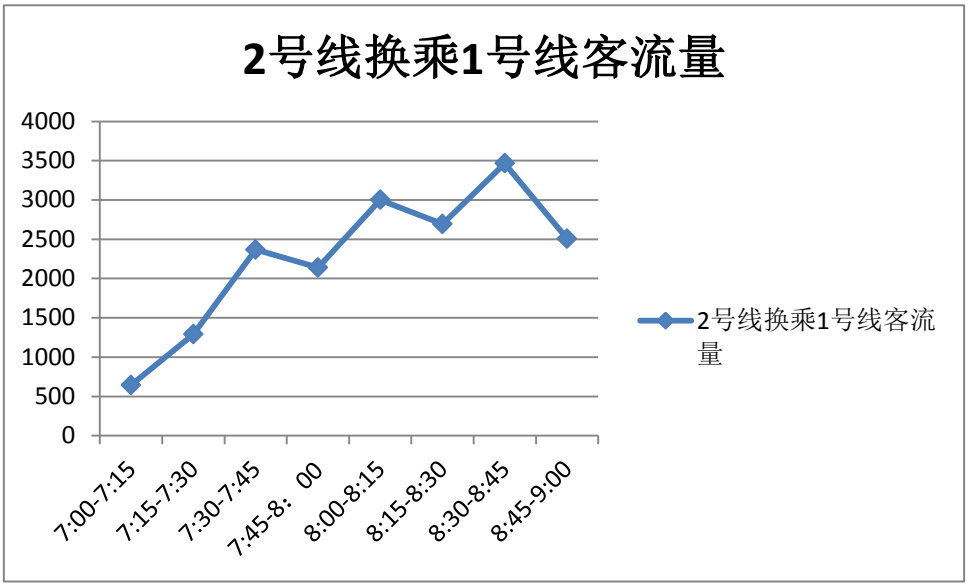

图 3-16 2 号线换乘 1 号线客流

从图中可以看出，2 号线换乘 1 号线及 1 号线换乘 2 号线的客流变化趋势均为总体上升趋势，在 8:30-8:45 时达到最高峰。

4 换乘客流特征调查与分析

4.1 轨道交通换乘客流的时间动态性

轨道交通换乘客流的时阅动态性是指换乘客流随时间变化而表现出的客流量的变化趋势，即客流形态。轨道交通换乘客流形态在一定时间内具有规律性，而掌握客流的时间动态性是进行运输组织的基础。换乘客流根据不同时间段的变化，可分为小时客流特征、日客流特征、节假日客流特征。由于人数有限，我们对建国门站的小时客流特性进行了调研。

小时客流特性：一小时内，换乘客流量呈现脉冲式进行换乘客流量主要由列车发车间隔决定。

建国门站为岛式站台：由于车站两侧的列车运行互不干扰，到达时刻相互不受影响，故客流量与两侧列车到达时刻的一致性有关。当两侧列车同时到达时，换乘客流较大；若两侧列车不同时到达，换乘客流较小，但换乘客流产生的间隔较小。

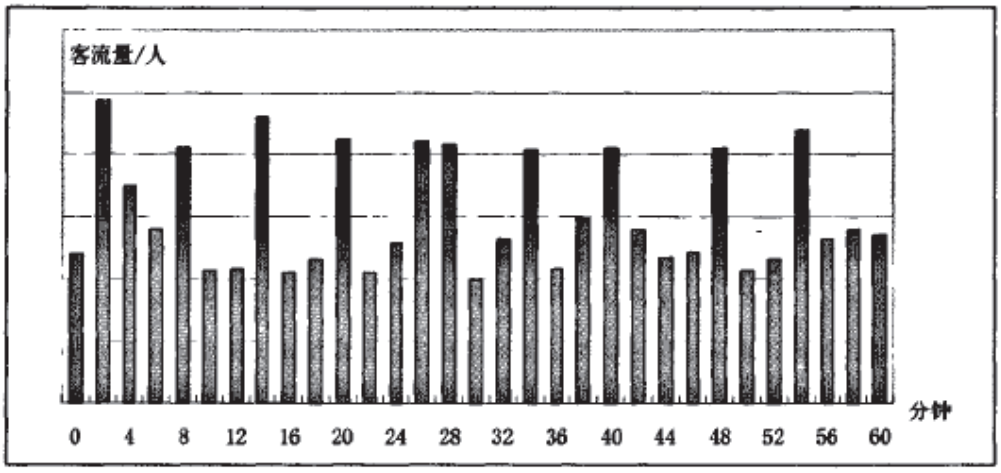

图 4-1 岛式站台换乘小时客流特征

4. 2 轨道交通换乘客流的空间动态性

4.2.1 换乘方向的空间动态性

换乘客流的空间动态性包含了不同方向上的动态性和一条线路不同换乘站的动态性。路网由若干条线路组成，换乘客流的空间动态性主要表现在路网空间线路相交处各换乘站客流的差异性。

随着轨道交通路网的建设与规划，轨道线路的交叉使得换乘站数量增多，乘客出行的换乘选择方案逐渐增加。由于轨道线路的通达性不同，导致各换乘站的客流量在一天内不同时间和不同方向表现出很大的差异性。特别是早晚高峰，换乘客流差异性极为明显。这种差异主要是由于旅客出行目的不同导致的。

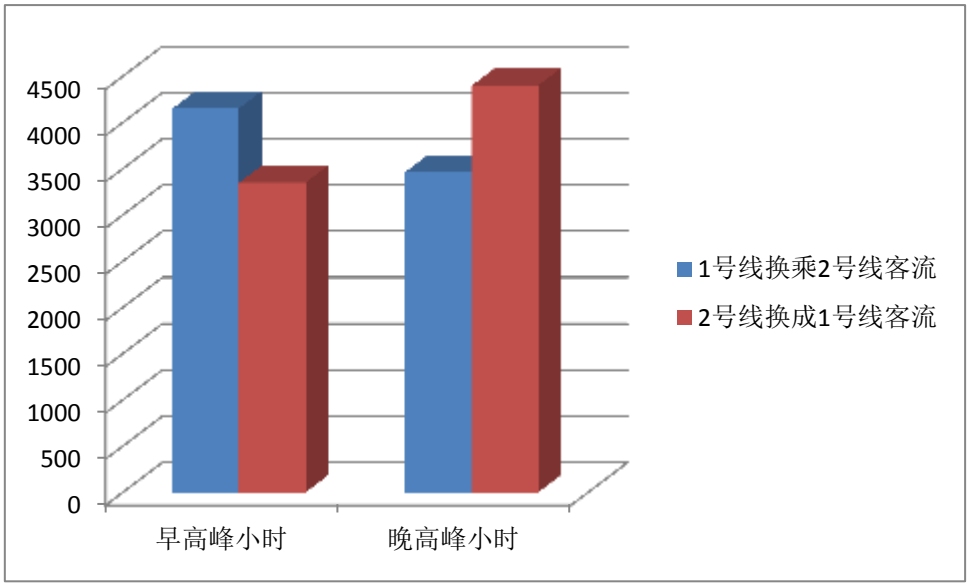

图 4-2 高峰小时换乘客流方向差异性

换乘客流的方向动态性可以用方向不均衡指数来表示

$$P_f = 2\max(v_{max}^{1\,换\,2}, v_{max}^{下\,2\,换\,1})/(v_{max}^{1\,换\,2} + v_{max}^{2\,换\,1})$$

$$P_f = 2\max(4153,3465)/(4153 + 3465) = 1.09$$

其中，8:30-8:45 为换乘最大客流点，$v_{max}^{1\,换\,2}$ 为 4153 人/15min，$v_{max}^{2\,换\,1}$ 为 3465 人/15min 。

其中：$v_{max}^{1\,换\,2}, v_{max}^{2\,换\,1}$——1 号线换乘 2 号线、2 号线换乘 1 号线高峰小时换乘最大客流时间段的客流

根据数据可知，建国门站换乘客流方向动态性的不均衡系数较小，比较均衡。

4.2.2 建国门站 1 号线上下行客流分布不均性

北京地铁建国门站位于二环路与长安街交口的建国门桥，为北京地铁 1 号线和北京地铁 2 号线的换乘站，因此也承载了 1 号线与 2 号线客流之间的相互交换。

在 1 号线上，由建国门站向东延伸，途经的地铁站是永安里站、国贸站、大望路站等。这些站的周边以国贸站为主要是各种办公楼宇，还有很多商城，健身娱乐设施，该地区属于北京市的 CBD 地区，聚集了大量通勤的人群。

由建国门往西延伸，经过的地铁站，主要是东单站、天安门西站、天安门东站、王府井站。北京最繁华的商业区就位于该地区。

我们调查的时间是早高峰时段，7:00—9:00，客流主要出行的客流主要以通勤客流为主。

因此，从 2 号线换乘 1 号线的乘客在建国门站呈现出明显的方向性，即从建国门向四惠方向的客流的数量明显大于建国门向苹果园方向的客流的数量。

表4-2 1号线换乘客流方向差异性

时间段	客流密度（至四惠方向）（面积： 33.3m^2）	客流密度（至苹果园方向）（面积：33.3 m^2
7:00-7:15	平均人数：12.3（人） 平均密度：0.37 人/ m^2	平均人数：5.60（人） 平均密度：0.17 人/ m^2
7:15-7:30	平均人数：14.6（人） 平均密度：0.44 人/ m^2	平均人数： 7.60（人） 平均密度： 0.23 人/ m^2
7:30-7:45	平均人数：10.8（人） 平均密度：0.32 人/ m^2	平均人数： 7.20（人） 平均密度： 0.22 人/ m^2
7:45-8：00	平均人数：15.9（人） 平均密度：0.48 人/ m^2	平均人数： 7.00（人） 平均密度：0.21 人/ m^2
8:00-8:15	平均人数：21.3（人） 平均密度：0.64 人/ m^2	平均人数：4.80 人） 平均密度：0.14 人/ m^2
8:15-8:30	平均人数：24.6（人） 平均密度：0.74 人/ m^2	平均人数：4.60（人） 平均密度：0.14 人/ m^2
8:30-8:45	平均人数：28.5（人） 平均密度：0.86 人/ m^2	平均人数：5.40（人） 平均密度：0.16 人/ m^2
8:45-9:00	平均人数：22.75（人） 平均密度：0.68 人/ m^2	平均人数：4.20（人） 平均密度：0.13 人/ m^2

根据调查，得到的关于两个方向客流密度和平均人数，由数据分析，我们很好的看出了两个方向的客流的不对称性，即前往四惠方向的客流明显多于前往苹果园方向的客流。

4.3 轨道交通换乘客流敏感性分析

(1)列车发车间隔和准点率

列车的发车间隔越小，乘客的换乘等待时间越短，建国门站的早高峰发车间隔时间为 2min10s，乘客的换乘等待时间为 1min，经测算换乘客流平均疏散时间约为 40s，换乘通道的平均使用时间为 138s。

(2)拥挤程度

对北京地铁站客流多次观测的结果显示，在乘客可以自由移动时，乘客群中前后方向乘客需要1.5 m的间距，左右方向每人需要1m的宽度，即客流密度为0.67人/m2，大于0.67人/m2时，乘客感觉比较舒适，小于0.67人/m2时，将造成拥挤。

经测算，在换乘最大客流时间段8：30-8：45，往四惠东方向的站台密度为0.86人/m2，往苹果园方向在站台密度为0.16人/m2，特别地，我们统计了最拥挤地段的密度为1.87人/m2。可见，虽然在一般情况下整个站台在密度能基本满足乘客的要求，但在最拥挤地段，密度值过大，易发生危险。

5 换乘站设施服务水平与换乘效率分析

换乘效率是指换乘系统在一定的的换乘设施、管理服务水平下，能够实现换乘客流周转功能的综合性体现。

5.1 换乘步行距离 (m)

换乘步行距离是指乘客在换乘车站从下车步行至换乘另一条线路的站台所需的平均距

离。1号线换乘2号线的换乘步行距离为116.5m，2号线换乘1号线的换乘步行距离为58m。

一个完善的轨道交通转换点设计，不仅仅要考虑技术性因素，往往还要考虑到人文的背景。如何“以人为本"是设计中非常重要的环节，减少换乘距离的不平衡就是其中很需要的方面。

建国门站采用单向通换乘道的目的是减少客流在走行中的相互干扰，提高换乘速度和流量，却忽略了同方向来回换乘距离的不平衡，导致了两个方向的来回距离有较大的差异。即在换乘中，虽然2号线换乘1号线距离较短，但1号线换乘2号线的距离很长，造成该方向乘客在换乘时需要步行较长的时间。来回换乘距离的不等，还会产生部分乘客的逆向行走，引起管理上的混乱，导致其他的问题出现。

5.2 换乘通道的面积M(m2)

1 号线换乘 2 号线的面积：852.65 m2（通道）

2 号线换乘 1 号线的面积：616.76 m2（楼梯）

5,3 换乘客流量

换乘客流量是指一个周期内或一个高峰小时内通过换乘通道的客流总量。1 号线换乘 2 号线 7:00-8:00，8:00-9:00 的换乘客流量分别 8767 人次,13811 人次；2 号线换乘 1 号线 7:00-8:00，8:00-9:00 的换乘客流量分别为 6441 人次，11664 人次。8:00-9:00 的换乘客流量明显大于 7:00-8:00 的换乘客流量。

5.4 换乘时间T(min)

换乘时间指乘客完成换乘占用换乘设施的服务时间。换乘时间可分解为换乘步行时间、排队等候时间、换乘候车时间三部分。换乘时间过长是由于换乘组织协调问题造成乘客在各换乘环节上滞留，影响乘客问题统一考虑，没有充分估计换乘距离的增加所造成的社会负面影响，导致了不能对换乘设施的功能提出明确的要求，另外还存在一些资金、管理上的问题。

(1)换乘步行时间

1 号线换乘 2 号线步行时间为 2min25s；2 号线换乘 1 号线步行时间 52s。

(2)排队等候时间

包括换乘通道的楼梯、自动扶梯、自动传输带等瓶颈处以及换乘检票的排队等待时间，还包括乘客候车排队时间。

通过分析地铁换乘车站的构造发现，地铁换乘设施主要由楼梯、自动步行机、走廊等构成。在客流高峰期，由于楼梯和通道的通过能力有限，大量乘客会在楼梯和自动扶梯口处排队等候，造成乘客换乘时间延长，因此需采用排队论对换乘过程中的排队等候时间进行推导计算。

在调查中发现，乘通道的楼梯、自动扶梯、自动传输带等瓶颈未造成拥堵，排队上车的时间约为20s,因此建国门站的排队等候时间基本为20s。

(3)换乘候车时间（min)

换乘候车时间指乘客的平均候车时间，为方便计算，可取线路平均发车间隔时间的一半，为1min05s。

由上述分析知，换乘时间T可表示为：

1号线换2号线换乘时间 ： $T=t_c+t_q+t_w$=2min25s+20s+1min05s=3min50s

2号线换1号线换乘时间 ： $T=t_c+t_q+t_w$=52s+20s+1min05s=2min17s

6 存在的问题及改善的建议

6.1客流分配不均

由于建国门的地域性，导致建国门站客流分配主要有两处不均：1.换乘客流不均 2.上下行客流不均。经过我们的调查发现，在早高峰时期，1 号线换乘 2 号线客流明显大于 2 号线

换乘 1 号线客流，同时可以发现 1 号线上行（至四惠方向）的客流明显大于 1 号线下行（至苹果园方向）客流。因此应该分不同时段对于上下行以及不同换乘方向提供不同服务与组织，这样可以更好地组织客流

6.2 根据换乘客流量制定发车间隔

在高峰时期，运营部门应当根据换乘客流量制定列车的发车间隔。适当缩短发车间隔，延长停站时间，提高换乘客的周转效率。同时，列车运行的准点率越高，乘客对换乘的满意度越高，轨道交通的吸引力就越大。

6.3 管理人员不足

在换乘通道间，有少数逆行换乘的客流，虽然这部分乘客数量不多，单即使是少数的逆行客流，也极大的影响了换乘客流的行进速度，严重者可能引发事故。因此，应在换乘扣设置管理人员，来提醒逆行的乘客。

6.4 换乘距离不均

由于建国门站的结构，导致 1 号线换乘 2 号线的通道长度明显大于 2 号线换乘 1 号线通道长度，使得服务产生不对等情况。

6.5 站台结构问题

由于 1 号线站台建站时期比较早，导致 1 号线站台的支撑柱分列在站台两边，而不是像现在的在台在站台中央，导致站台两侧等待客流密度增加容易产生安全隐患。同时，由于 1 号线站台的两个换乘楼梯过于靠近导致客流过于集中，一侧客流密度过大，另一侧客流密度过小，客流分配不均。

6.6 合理应用引导措施

在客流高峰时期，可以采用合理的引导设施，例如广播、志愿者或者相关工作者进行合理的客流引导，以改善换乘秩序，达到安全，高效率的换乘，最大程度的满足乘客的需要。

参考文献：

[1] 董玉香．建筑结构竖向荷载下施工模拟计算实例分析[J] ．华中建筑，2012（1）：6-10

[2] 毛保华．城市轨道交通规划与设计[M] ．北京：人民交通出版社．2006．

[3] 袁振洲．城市轨道交通规划中与其他交通衔接问题的分析[J].科技导报，2001，(11)：48—50

[4] 姚国华，张宁，张晓军．城市轨道交通换乘站综合监控平台的构建[J] ．城市轨道交通研究，2012（1）：66-69,74

[5] 丁蕾，徐永能，姜毅．地铁换乘客流实时监测模型研究[J] ．都市快轨交通，2011（6）：56-59

[6] 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．