

轨道客流高峰小时特征分析

马亮 李智 谢明隆

【摘要】 客流预测是城市轨道交通建设项目“规模、投入和效益”的评价基础和决策依据，特别是高峰小时客流量的预测，直接关系到轨道交通设施建设规模以及政府财政投入。但目前国内对于轨道客流高峰小时特征的研究还缺乏系统性，且不同类型的轨道客流高峰小时系数在应用中存在概念混淆、取值不合理等问题，本文以深圳轨道为例，利用深圳通公司的轨道刷卡数据，从网络、线路、站点、断面等层面深入分析轨道客流的时间分布特征，最后总结出不同类型轨道客流高峰小时系数的取值范围和建议，以便于在实际客流预测工作中进行应用。

【关键词】 客流特征；高峰小时系数；深圳轨道

0 引言

客流预测是城市轨道交通建设项目“规模、投入和效益”的评价基础和决策依据^[1]。从国家层面到地方层面都越来越重视客流预测在轨道交通科学建设中的作用。2015年1月，国家发改委发布关于加强城市轨道交通规划建设管理的通知（发改基础[2015]49号），轨道交通工程项目可行性研究报告和评估大纲提出的第一条项目技术条件就是客流量预测，并要求重点强化高峰小时客流等特征分析^[2]。同时地铁设计规范也指出，地铁的设计运输能力应满足预测的远期单向高峰小时最大断面客流量的需^[3]，可见轨道交通高峰小时相关的客流预测参数取值以及预测结果的重要性。

我国学者在轨道客流高峰小时特征方面也做了大量研究。文献4、文献5中分析了北京市线网、线路、不同类型车站、换乘站客流在工作日、周末的时间分布特征^{[4][5]}；文献6~文献8中分析了东京、大阪、上海的轨道线路高峰小时最大客流断面位置、三高断面客流高峰小时系数^[6-8]；文献9中分析了深圳市轨道交通线路高峰小时断面最大客流量及列车满载率^[9]；文献10中分析了广州市轨道线路客流的时间分布特征以及轨道客流的出行目的构成^[10]。既有研究基本涵盖了轨道客流高峰小时特征相关的主要指标，但多作为文章研究的一部分，缺乏针对轨道客流高峰小时特征的系统性研究。本文主要以深圳轨道为例，针对实际工作中遇到的问题，剖析不同类型轨道客流高峰小时系数的概念，并从网络、线路、站点、断面等层面深入分析轨道客流的时间分布特征，为模型相关参数的选取、客流预测结果合理性的把握提供参考。

深圳市目前正在运营的有 5 条轨道线路，分两期建设完成，总计 178.8 公里，131 个车站（包括 13 换乘车站）。其中，一期工程于 2004 年底建成，总长 21.8 公里；二期工程于 2011 年 6 月大运前建成，总长约 157 公里。为了应对高峰期间客流空间分布的不均衡性，1 号线、3 号线、4 号线三条线路采用大小交路运营，基本情况如表 1 所示。

表 1 目前深圳市正在运营的轨道网络基本概况

线路	长度 (公里)	车站数 (个)	车辆编组	运行交路
1 号线	40.8	30	A6	罗湖-机场东,罗湖-西乡
2 号线	35.9	29	A6	新秀-赤湾
3 号线	41.6	30	B6	双龙-益田,塘坑-华新
4 号线	20.3	15	A6	清湖-福田口岸,深圳北-福田口岸
5 号线	40.1	27	A6	前海湾-黄贝岭
合计	178.8	131	/	/

1 高峰小时特征相关的参数在使用中存在的问题

(1) 高峰小时特征相关的概念混淆

轨道客流的高峰小时特征在实际应用中以相应的客流高峰小时系数来表达，高峰小时系数是指一日内客流集中的某一个小时的流量占该处全日客流量的比重^[1]。该指标主要用于反映乘客出行的时间不均衡性，实际工作中，很多交通设施的设计规模均以此为依据。

在客流预测中，轨道客流高峰小时系数可以分为全网客流出行量高峰小时系数、线路客流量高峰小时系数、站点进出站量高峰小时系数、高峰小时单向最大断面客流量高峰小时系数、节假日周末高峰规模系数等，各个参数都有不同的意义，取值具有差异性。但在实际工作中，高峰小时系数的类型往往会被忽视，只出现高峰小时系数的概念，导致不同类型的系数互相串用或取值相近，导致客流预测结果的偏差。

(2) 部分高峰小时特征相关的参数取值不合理

三高断面客流高峰小时系数与线路客流量高峰小时系数是客流预测中经常遇到的两个参数，但由于两者性质不同，前者一般会明显高于后者。但在各大城市的客流预测工作中，三高断面客流高峰小时系数取值往往偏低，导致客流预测结果的不合理。

沈阳市地铁 2 号线工程客流预测中，早晚高峰运量高峰小时系数与三高断面高峰小时系数相近，初期早高峰运量高峰小时系数为 0.143，略低于断面高断面小时系数 0.153，如表 2 所示。在深圳市地铁 3 号线西延段工可研究中，初期 2014 年三高断面客流量高峰小时系数为 16.4%；线路客流量高峰小时系数为 12.7%^[12]。分析 2014 年 5 月轨道 3 号线的实际客

流，三高断面客流量高峰小时系数为 26.8%，线路客流量高峰小时系数为 13.3%，前者是后者的两倍。

表 2 沈阳市地铁 2 号线工程客流预测^[13]

	早高峰			晚高峰		
	初期	近期	远期	初期	近期	远期
运量高峰小时系数	0.143	0.138	0.133	0.14	0.13	0.126
断面高峰小时系数	0.153	0.143	0.143	0.136	0.13	0.14

2 相关概念辨析

轨道交通客流在全天的时间上分布呈波动特征，高峰小时系数为高峰时段客流量与全天客流量的比值。根据客流量的取值不同，高峰小时系数含义也分别不同^[16]。

(1) 网络出行量高峰小时系数

网络出行量高峰小时系数是指高峰小时全网使用轨道交通方式从起点站到终点站完成出行的乘客总人次（进站量或出站量）占轨道全日出行总量的比例，其中出行量与客流量不同，前者不包含换乘客流。一般多在网络客流测试时输出轨道交通高峰小时站间 OD、全日站间 OD，通过计算二者的比值来初步判断客流测试结果的合理性。

(2) 线路客流量高峰小时系数

线路客流量高峰小时系数是指高峰小时使用该轨道线路的乘客数量（上客量或下客量）占全日线路客流总量的比例。轨道线路各小时段的客流量及其比例是指导全日行车计划的依据，是计算全日发车列数、满载率和运营成本(车·公里)的基本依据^[14]。

(3) 车站客流量高峰小时系数

车站客流量高峰小时系数是指车站高峰小时内上客量（或下客量）占全日上客量（或下客量）的比例。车站高峰时段的客流量是站台宽度设计的重要依据^[3]。但对于一些商业类、文体类、枢纽类等特殊类型站点，车站客流量的高峰与线路客流量的高峰会发生错位^[15]，需要单独分析。

同时考虑到周末、节假日弹性出行的大幅增加，商业类、文体类、枢纽类等特殊类型站点高峰时段的客流量将高于工作日，因此一般会使用车站的周末或节假日高峰规模系数，对工作日高峰时段客流进行修正，将周末或节假日高峰时段客流作为车站设计的参考。其中，周末或节假日高峰规模系数是指车站在周末或节假日高峰时段的客流量与工作日高峰时段车站客流量的比值。

(4) 三高断面客流量高峰小时系数

三高断面是指高峰小时高峰方向断面客流量最大的区间^[16]。三高断面客流量高峰小时系数是指三高断面所在区间高峰时段通过的客流量占全日通过客流量的比值。三高断面客流量是确定运营规模、列车选型、列车编组、发车密度、舒适度和满载率等最为核心的指标^[1]。

(5) 车站客流量超高峰小时系数

车站客流量超高峰小时系数是指车站高峰小时内某一时段最大客流量的小时当量客流量与高峰小时客流量的比值。一般与车站高峰小时客流量、分向客流比例等结合使用，用于计算站台宽度、车站出入口宽度等。

3 高峰小时特征实例分析

主要以 2014 年 5 月 7 日（周三）、5 月 11 日（周日）、6 月 2 日（端午节）的深圳通公司轨道刷卡数据为依据，这三天的轨道出行量分别是 182.0 万人次/日、121.8 万人次/日、205.1 万次/日。

3.1 网络出行量高峰小时特征

轨道网络出行量在工作日呈驼峰形分布，早晚高峰时间分别是 8:00~9:00 与 18:00~19:00，早高峰小时系数是 14.0%，略高于晚高峰的 13.8%，高峰两小时的出行量占全日的 27.8%，客流集聚效应明显。其他时间段则是客流平峰期，客流分布相对均匀，10:00~17:00 的 7 个小时乘客出行总量占全天的 30.4%，平均每小时占比仅为 4.3%，如图 1 所示。

轨道网络出行量在周末呈纺锤形分布，即两头小中间大：6:00~18:00 轨道出行量逐渐增加，18:00~19:00 达到高峰，19:00~24:00 轨道出行乘客快速消散。其中，第一高峰在 18:00~19:00，高峰小时系数为 9.8%；第二高峰在 17:00~18:00，高峰小时系数为 9.3%。高峰两小时的出行量占全日的 19.1%，客流集聚效应明显低于工作日客流，如图 2 所示。

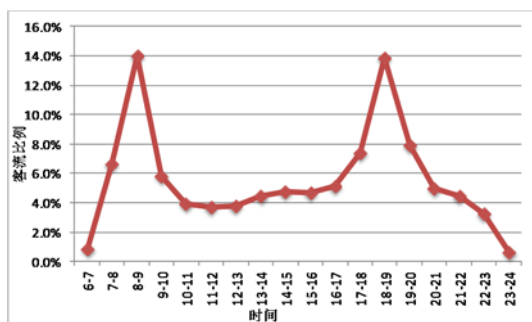


图 1 工作日全网客流出行量时间分布

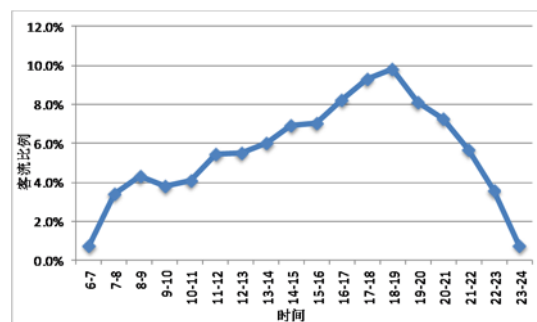


图 2 周末全网客流出行量时间分布

3.2 线路客流量高峰小时特征

轨道线路工作日客流量合计约 259.7 万人次/日，每条线路客流效益差别较大。其中，1 号线、4 号线客运强度最高，约 2.1 万人次/公里；2 号线客运强度最低仅为 0.96 万人次/公

里，如表 3 所示。分析每条线路客流量全日的时间分布情况，发现这 5 条分布曲线的形状基本相同，与每条线路的客流规模无关，这可能与线路间大量的换乘客流以及网络规模等有关。

线路客流量在工作日呈驼峰形分布，每条线路的高峰小时系数大小相近，早、晚高峰小时系数均在 13%~15%之间，且早高峰小时系数略高于晚高峰，如图 3 所示。

表 3 工作日各条线路客流情况

线路	长度(公里)	客流量 (万人次/日)	客运强度 (万人次/公里)
1 号线	40.8	87.4	2.14
2 号线	35.9	34.5	0.96
3 号线	41.6	50.0	1.20
4 号线	20.3	42.5	2.09
5 号线	40.1	45.5	1.13
合计	178.8	259.7	1.45

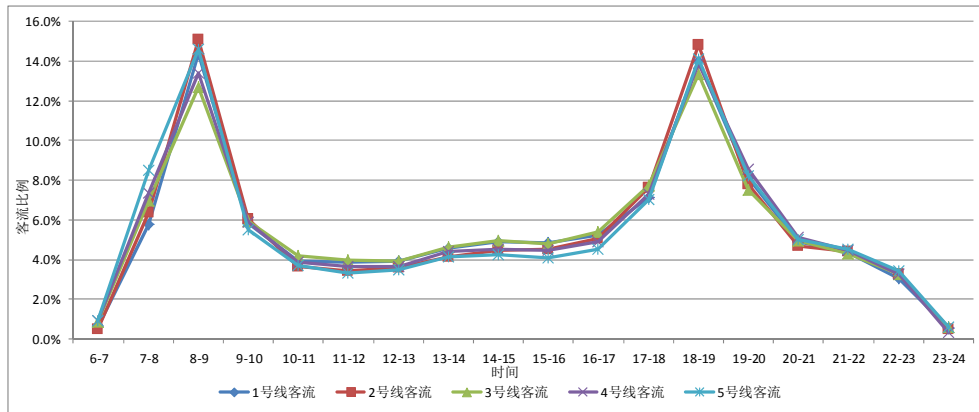


图 3 线路客流量时间分布

3.3 站点进出站量高峰小时特征

3.3.1 工作日高峰小时特征

结合深圳市 2012 年建筑普查，将分析的车站分为 6 类：商品房居住类、城中村居住类、商业类、办公类、文体类、对外枢纽类。其中，商品房与城中村这两类居住为主的車站主要选择 800 米覆盖范围内的主功能建筑分别超过 80%、60% 的車站，其他四类分析样本主要选择些典型車站。其中，以商品房居住为主的車站均位于原特区内，以城中村居住为主的車站均位于原特区外，具体样本选择如表 4 所示。

表 4 不同类型车站样本选择

车站类型	车站名	车站类型	车站名	车站类型	车站名
商品房居住类	登良	城中村居住类	爱联	城中村居住类	上水径
	海月		草埔		下水径
	莲花西		坪洲		杨美
	侨香		长龙		南联
	香梅北		民治	文体类	少年宫

	香蜜	办公类	车公庙	对外枢纽 类	龙城广场
	新安		大剧院		福田口岸
	太安		福田		深圳北站
商业类	华强北		国贸		后瑞
	老街		会展中心		罗湖

城中村居住类车站：进出站客流均呈单峰分布，客流呈明显集聚性，如图 4 所示。进站高峰在早高峰 8:00~9:00，高峰系数为 22.2%，次高峰系数为 19.1%，高峰两小时客流占全日客流的 41.3%；出站高峰在 18:00~19:00，高峰系数为 18.6%，次高峰系数为 17.2%，高峰两小时客流占全日客流的 35.8%。

商品房居住类车站：进出站均呈驼峰形分布，双向进出站量比较均衡，这与商品房周边良好的商业、教育、娱乐等岗位配套有关，如图 5 所示。早晚高峰进出站客流占全日客流的 15%~17%，全日高峰两小时进出站比例分布在 26%~28%，高峰小时系数明显低于城中村居住类车站。

办公类车站：进出站均呈单峰分布，客流呈明显集聚性，如图 6 所示。进站高峰在晚高峰，高峰小时系数为 22.8%；出站高峰在早高峰，高峰小时系数为 29.6%；其他时段进出站客流分布比较均匀，小时系数平均约 5%。

商业类车站：进出站均呈单峰分布，客流集聚性不如办公类车站，如图 7 所示。进站晚高峰系数为 17.0%，出站早高峰系数仅为 12.4%。主要是因为商业类车站除了承担通勤客流，还承担大量购物休闲娱乐等弹性出行客流，而弹性出行的时间分布相对均衡。

文体类车站：进出站客流全日分布相对均衡，双向进出站比例相当，如图 8 所示。进站晚高峰系数略高于早高峰，均不到 10%；出站早晚高峰小时系数相当，约 12%。

对外枢纽类车站：进站客流呈单峰分布，出站客流全日相对均衡，如图 9 所示。进站晚高峰系数为 17.9%，出站晚高峰系数仅为 9.6%，说明居民对外出行时间的选择相对分散，而到达深圳时间的选择则相对比较集中。

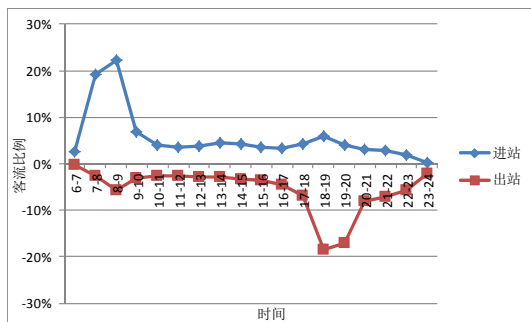


图 4 城中村居住类车站进出站时间分布

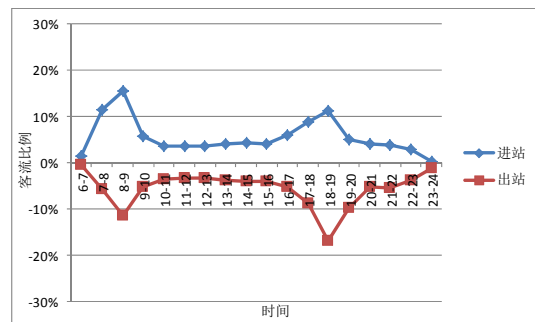


图 5 商品房居住类车站进出站时间分布

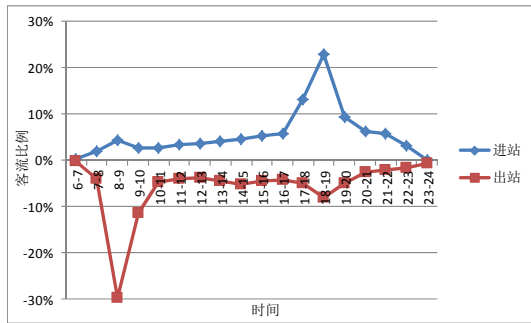


图 6 办公类车站进出站时间分布

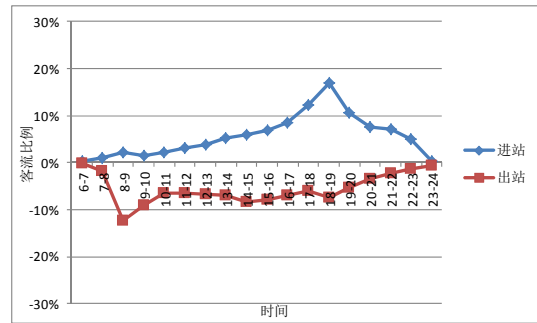


图 7 商业类车站进出站时间分布

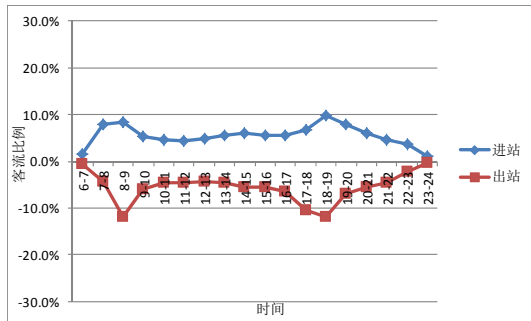


图 8 文体类车站进出站时间分布

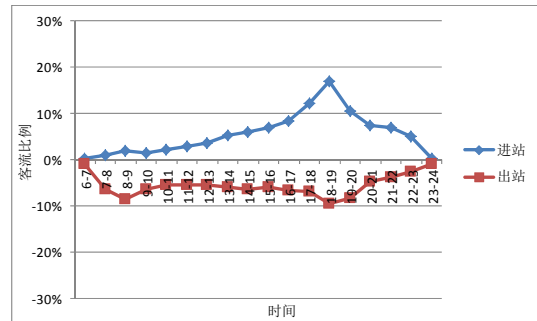


图 9 对外枢纽类车站进出站时间分布

3.3.2 周末、节假日高峰小时特征

周末、节假日期间通勤出行减少，弹性出行增加，导致以通勤出行为主的居住类、办公类站点高峰客流减少，而以弹性出行为主的商业类、文体类、对外枢纽类站点的客流上升，分析还发现三个位于原特区外的末端车站周末、节假日客流也有较大增长。为便于在实际中应用，主要分析商业类、文体类、对外枢纽类、末端站这四类站点的周末、节假日高峰规模系数，如表 5 所示。

工作日高峰一般出现在 8:00~9:00，周末、节假日高峰出现在 18:00~19:00。节假日高峰规模系数一般大于周末高峰规模系数，周末高峰规模系数平均值为 1.11，节假日高峰规模系数平均值为 1.72。其中，商业类、对外枢纽类、末端站周末高峰规模系数高值分布在 1.3~1.5，节假日高峰规模系数高值均大于 2.0；文体类车站周末高峰客流均小于工作日高峰，而节假日高峰规模系数较高；福田口岸站周末、节假日高峰规模系数均小于 1.0，这与站点周边覆盖的大量居住用地有关。

表 5 周末、节假日车站高峰规模系数

车站类型	名称	周末高峰规模系数	节假日高峰规模系数
商业类	华强北	1.08	1.22
	老街	1.30	2.00
文体类	龙城广场	0.95	1.72
	少年宫	0.73	1.18
对外枢纽类	后瑞	1.47	1.36
	罗湖	1.33	2.47
	深圳北站	0.97	1.23

	福田口岸	0.78	0.94
末端站	清湖	0.85	1.31
	双龙	1.34	3.42
	机场东	1.42	2.07
平均值		1.11	1.72

3.4 三高断面客流量高峰小时特征

轨道5条线路的三高断面均位于换乘站或大型就业点附近，线路高峰小时内断面客流的空间分布如图10所示。其中，深大站位于科技园片区，为大型就业点，黄贝岭、老街、少年宫、深圳北均为换乘站。1号线、4号线高峰断面客流量最大，分别是3.3万人次/小时、3.4万人次/小时；其次是3号线断面客流，为2.7万人次/小时；2号线、5号线断面客流最低，分别是1.5万人次/小时、1.6万人次/小时。

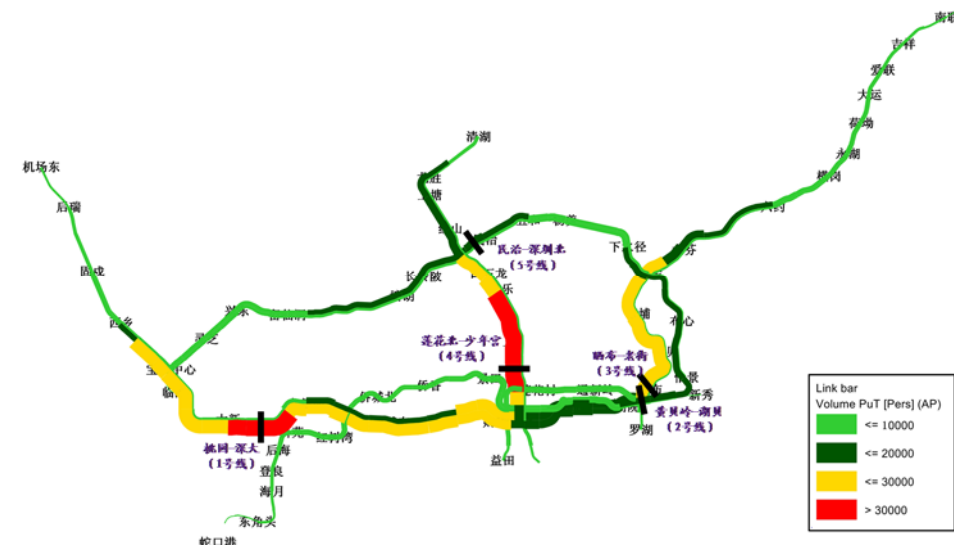


图10 高峰小时内线路断面客流空间分布情况

5条线路的三高断面客流量在全天均呈偏心单峰分布特征，高峰时间在8:00~9:00，高峰断面客流量占全天断面客流的比例基本位于区间1/4~1/3，远高于线路客流量高峰小时系数，其他时段的断面客流分布相对均衡，如图11所示。其中，1号线、2号线、3号线、4号线作为连接原特区内部或原特区内外之间主要就业点与居住点的线路，三高断面客流的高峰小时系数分别是31.9%、30.8%、26.8%、27.8%，均高于1/4；而5号线作为位于原特区外的外环线路，主要功能是满足放射线之间的客流联络，三高断面客流的高峰小时系数为20.6%，在5条线路中最小，如表6所示。

表6 线路三高断面客流情况

线路	三高断面区间	高峰断面客流 (万人次/小时)	全日断面客流 (万人次/日)	高峰小时系数
1号线	桃园-深大	3.34	10.46	31.9%
2号线	黄贝岭-湖贝	1.45	4.72	30.8%
3号线	晒布-老街	2.74	10.23	26.8%

4 号线	莲花北-少年宫	3.39	12.18	27.8%
5 号线	民治-深圳北	1.57	7.60	20.6%

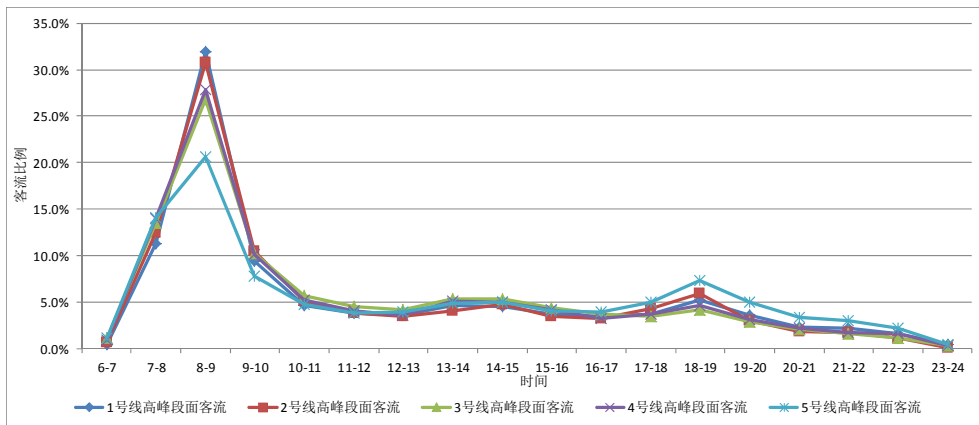


图 11 三高断面客流时间分布

3.5 车站客流超高峰小时系数

主要分析高峰小时内 15 分钟的最大进出站量，将扩算后的小时当量客流量与高峰小时进出站量的比值作为车站客流超高峰小时系数。全市车站的超高峰小时系数均值为 1.20，高值为 1.41，主要集中在区间 1.1~1.3，占了全市车站的 69%。

分析发现，距离中心区较远的居住类车站超高峰小时系数较高，且城中村居住类车站的超高峰小时系数高于商品房居住类车站；其次，用地性质比较单一的就业类车站超高峰小时系数较高，但小于居住类车站。例如，以城中村居住为主的坪洲站、固戍站、长龙站超高峰小时系数分别为 1.29、1.36、1.28；以商品房居住为主的白石龙站、太安站超高峰小时系数分别为 1.21、1.23，总体小于城中村居住类车站；以城中村、商品房混合居住为主的丹竹头站、龙胜站、杨美站超高峰小时系数分别为 1.41、1.39、1.32。其中，坪洲站、固戍站、长龙站、丹竹头站、龙胜站、杨美站均位于原特区外，且距离中心区较远。以就业为主的高新园站、国贸站、市民中心站超高峰小时系数分别为 1.21、1.30、1.34，总体小于上述距离中心区较远的居住类车站。

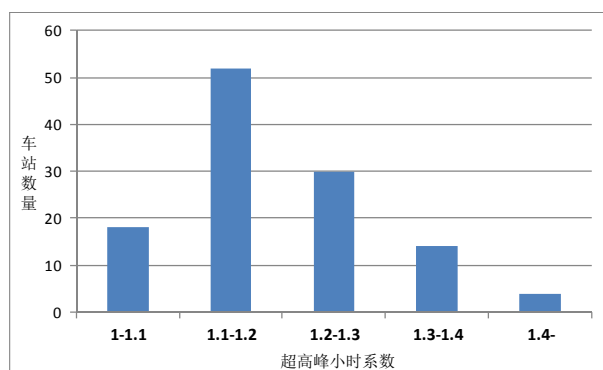


图 12 全网车站客流超高峰小时系数分布

4 结论

(1) 网络出行量高峰小时系数与线路客流量高峰小时系数相当, 取值分布在 13%~15% 之间, 且线路客流量高峰小时系数大小与线路客流规模关系不大; 三高断面一般位于换乘站或大型就业点附近, 断面客流量高峰小时系数取值基本在 1/4~1/3 之间。在客流预测工作中, 如果三高断面客流量高峰小时系数小于 1/4, 需仔细分析线路是否是环形线路、沿线是否有大型就业点、最大断面位置、线路客流构成等因素, 进一步判断预测结果的合理性。

(2) 不同类型车站工作日、周末、节假日客流高峰小时系数差别较大。城中村居住类、办公类车站客流集聚性比较明显, 前者进出站高峰小时系数分别为 22%、19%, 后者进出站高峰小时系数分别为 23%、30%; 商品房居住类车站进出站客流在全天呈驼峰分布, 客流集聚性不如城中村居住类, 进出站高峰小时系数在 15%~17%, 这类车站周边虽然以居住为主, 但往往会形成良好的商业、教育、娱乐等岗位配套设施, 从而吸引大量的就业人员, 产生大量与居住类相反的客流, 这是客流预测时需要特别注意的; 商业类、文体类、对外枢纽类、末端站四种类型的车站周末、节假日高峰小时客流一般会高于工作日, 周末高峰规模系数均值为 1.11, 节假日高峰规模系数均值为 1.72, 个别车站如果周边覆盖大量的居住类或就业类用地, 其周末、节假日高峰规模系数需作特别分析, 如福田口岸站的周末、节假日高峰规模系数均小于 1.0。

(3) 车站超高峰小时系数均值为 1.20, 高值为 1.41, 约 70% 的车站集中在区间 1.1~1.3, 与规范中推荐的 1.1~1.4^[3] 的区间范围一致。一般性质比较单一且距离中心区较远的居住类车站或性质比较单一的就业类车站超高峰小时系数较高。

【参考文献】

- [1] 沈景炎.城市轨道交通客流预测内容 and 应用[J].城市交通, 2008, 6(6):9-15.
- [2] 发改基础[2015]49号, 加强城市轨道交通规划建设管理的通知[Z].
- [3] GB 50157-2003, 地铁设计规范[S].
- [4] 王静, 刘剑锋, 马毅林.城市轨道交通车站客流时空分布特征分析及启示—以北京为例[C].中国城市轨道交通规划 2013 年年会暨第 27 次学术研讨会论文集, 2014.
- [5] 刘剑锋, 罗铭, 马毅林等.北京轨道交通网络化客流特征分析与启示[J].都市快轨交通, 2012, 25(5):27-32.
- [6] 叶霞飞, 明瑞利, 李忍相.东京、首尔轨道交通客流成长规律与特征分析[J].城市交通, 2008, 6(6):16-20.
- [7] 钱卫力, 叶霞飞, 陶志祥.东京、大阪、上海城市轨道交通高峰小时最大客流断面高峰系数对比分析[J].城市轨道交通研究, 2012, (2):50-53.
- [8] 颜湘礼, 钱卫力, 叶霞飞等.东京、大阪、上海城市轨道交通高峰小时最大客流断面空间分布规律

分析[J].城市轨道交通研究, 2012, (11):71-74.

[9] 谭国威, 宗传苓.深圳市轨道交通客流特征分析及启示[J].城市交通, 2013, 11(6):43-48.

[10] 刘颖社.广州市轨道交通网络客流特征及成长规律[J].交通运输系统工程与信息, 2012, 12(1): 205-209.

[11] 毛保华.城市轨道交通规划与设计[M].北京: 人民交通出版社, 2013.11.

[12] 中铁二院工程集团有限责任公司.深圳市地铁3号线西延段工程可行性研究报告[R].深圳, 2008.10.

[13] 陈必壮.轨道交通网络规划与客流分析[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2009.10.

[14] 沈景炎.线路客流预测分析与运营组织设计[J].都市快轨交通, 2007.6:3-7.

[15] 江苏省交通规划设计院股份有限公司.苏州城市轨道交通5号线(含新3号线)工程可行性研究客流预测报告[R].苏州, 2014.4

[16] 王玉萍.城市轨道交通客流预测与分析方法[D].长安大学, 2011.12

【作者简介】

马亮, 男, 硕士研究生, 深圳市规划国土发展研究中心综合交通所规划师, 工程师。电子信箱: mlia109@126.com