

# 关于车辆定员与拥挤度的探析

沈景炎

(北京城建设计研究总院 北京 100037)

**摘要** 通过车辆定员概念分析和计算方法的探讨,提出“拥挤度评价标准”和“全行程拥挤度动态评价理念和方法”,对车辆定员标准在理论上进行探讨。得出结论:车辆定员的立席标准应为 6 人/m<sup>2</sup>,高峰小时乘客站立的最大密度为 5~6 人/m<sup>2</sup>,其区间占全线单向区间总量的比例不宜超过 20%;当平均运距大于 12 km 时,应提高立席舒适度标准,降低立席密度。  
**关键词** 城市轨道交通 车辆 座位率 满载率 拥挤度 忍耐力 动态分析 定员标准

关于轨道交通车辆定员,是涉及车厢内座席率和立席密度的标准。立席的密度是关系到乘客舒适度和拥挤度的标准,而拥挤度又涉及其评价标准。由于立席的标准不一致,致使车辆定员不一致。其核心问题是立席密度的标准,当前国内已出现 3 种不同标准:

- (1) 《地铁设计规范》规定,车辆立席按 6 人/m<sup>2</sup>、超员按 9 人/m<sup>2</sup> 考虑;
- (2) 在《地铁车辆通用技术条件》中,车辆立席按 6 人/m<sup>2</sup>、超员按 8 人/m<sup>2</sup> 考虑;
- (3) 在某些城市的轨道交通建设标准中,车辆立席按 5 人/m<sup>2</sup>、超员按 8 人/m<sup>2</sup> 考虑。

可见,国内轨道交通车辆定员标准(主要是立席标准)在不同城市使用比较混乱,甚至在同一城市中,一些线路采用 6 人/m<sup>2</sup> 标准,另一些线路采用 5 人/m<sup>2</sup> 标准,各执己见,尚未统一,直接影响列车编组长度和车站设计规模。为此,本人在研究编制《城市轨道交通工程建设标准》时,对上述问题做了研究和思考,愿抛砖引玉,与业内同仁共同探讨。

## 1 车辆定员标准及运能规模分析

### 1.1 车辆定员标准及含义

车辆定员标准由座位率、立席密度、超员系数等标

准组成,实际上是车辆运能的标准,是对乘客服务水平的评价标准,是工程项目建设造价和运营成本的评价标准,其焦点是乘客舒适度与工程、运营经济性的平衡。

### 1.2 车辆立席密度与运能规模

为说明车辆定员与座席率、立席密度与运能的关系,特以 B 型车为例列出数据,如表 1 所示。

表 1 B 型车定员、座席率、立席密度与运能关系一览表

车辆乘员		立席密度和立席定员 / (人 / m <sup>2</sup> )						
		6	5	4	3	2	1	0
驾驶室 车厢	立席 / 人	194	162	129	97	64	32	0
	合计 / 人	230	198	165	133	100	68	36
中间 车厢	立席 / 人	204	170	136	102	68	34	0
	合计 / 人	250	216	182	148	114	80	46
6 辆车	座席 / 人	256	256	256	256	256	256	256
	立席 / 人	1 204	1 004	802	602	400	200	0
	载客 / 人	1 460	1 260	1 058	858	656	456	256
座位率 / %		17.5	20.3	24.2	29.8	39.0	56.1	100
满载率 / %		100	86.3	72.5	58.8	44.9	31.2	17.5
运能 / (万人 / h)		4.38	3.78	3.17	2.57	1.97	1.37	0.77

注: 运能按 30 对/h 计; 在 B 型车 4 对车门的情况下,根据内部布置的尺寸,两侧纵向布座,驾驶室车厢座席为 36 人,中间车厢座席为 46 人。

表 1 中的各项数据可以说明如下问题:

(1) 车辆的定员标准由座席和立席两部分组成,当座席的数量固定时,立席的定员由立席密度确定,定员随立席密度的加大而增多。

(2) 列车的运输能力(万人/h)由车辆编组数量和发车密度(列次/h)计算确定,当发车密度相同时(表 1 中均按 30 对/h 计),车辆编组是运能的确定因素;但相同编组列车的运能,又取决于立席密度。

(3) 在相同车辆编组和发车密度的情况下,因立席密度不同,每相差 1 人/m<sup>2</sup> 时,运能相差 14%。这意味着每提高 1 人/m<sup>2</sup> 标准,运行车辆的数量需增加 14%。

收稿日期: 2007 - 04 - 25 修回日期: 2007 - 07 - 17  
作者简介: 沈景炎,男,原副院长,教授级高级工程师

(4) 对于 6 辆 B 型车, 30 对 /h 的运能量级随立席定员密度而波动: 当立席采用 6 人 /m<sup>2</sup> 标准时, 运能为 4 万人次 /h 的量级; 当立席采用 5~4 人 /m<sup>2</sup> 标准, 运能为 3 万人次 /h 量级; 当立席采用 3~2 人 /m<sup>2</sup> 标准, 运能为 2 万人次 /h 量级。这说明随立席密度标准的提高, 车辆对运能适用性的量级下降。

通过以上分析, 说明车辆的定员标准对运能量级的适用性、对运用车辆配置数量、对工程投资的经济性影响极大, 因此对其研究是十分必要的。

## 2 车辆定员的控制要素

### 2.1 车辆轴重限定载客总量的控制标准

车辆轴重是控制整体车辆总重量的重要因素。根据车辆有关规定, 轨道交通 A、B 型车的控制轴重分别为 16 t 和 14 t。以 B 型车为例, 允许总载重量 = 14 t × 4 = 56 t。车辆自重宜按下列规定计算: 有司机室的动车 (Tc) 约 30 t, 无司机室的动车 (M) 约 35 t, 有司机室的拖车 (T) 约 29 t。

若车辆自重按最大值 35 t 计, 则允许载客重量为 21 t。按每位乘客平均重量 60 kg 计, 则允许载客总量控制值为 350 人 (即超载限额)。

### 2.2 车辆座位率标准

车辆座位率 (座位 / 定员之比) 是车辆服务水平的评价标准, 轨道交通是为中长运距乘客服务的, 不能按“全立席”计, 应有一定的座位率。座位率与座位排列形式有关, 但尚无固定标准。目前, 我国轨道交通 A、B 型车的座位布置是车厢两侧纵向排座形式 (扣除车门位置), 座位数量是固定的, 因此座位率随立席密度降低而提高。从表 1 中看出, 当立席密度 6~5 人 /m<sup>2</sup> 时, 座位率应为 17.5%~20.3%。由此可见, 座位率 15%~20% 是适宜的。

然而, 对于超长线路、平均运距较长的运营线路, 应适当考虑提高舒适度标准, 降低立席密度, 提高座位率。对于特殊线路, 如机场线, 舒适度标准需另行制定, 立席密度可以在 3 人 /m<sup>2</sup> 以下, 标准定员数将下降至 60% 以下。

### 2.3 乘客拥挤度标准

车辆的立席需扣除座席后, 才能计算立席的面积和载客数量。同一种车辆的立席面积也是固定的, 这就要解决立席的密度问题, 也就是立席的标准 (立席密度, 人 /m<sup>2</sup>)。在国际上, 对车辆立席标准可以概括为两种概念: 一个是舒适度, 定在 3 人 /m<sup>2</sup> 的标准; 另一个是

拥挤度标准, 定为 6 人 /m<sup>2</sup>。我国应定位为什么标准? 这就回到本文开始提出的 3 种标准。

## 3 车辆定员的相关标准

### 3.1 座席的概念和标准

座席区是座椅横断面宽度加上座前区宽度。座椅横断面宽度一般为 (0.45~0.5) m, 座前区宽度为 (0.25~0.20) m, 因此确定座席区横断面的总宽度为 0.7 m。当立席出现拥挤状态时, 座前宽度可减小到 0.1 m, 即留出 0.15 m 为动态伸缩区, 因此座席区是一种动态标准。

在 20 世纪 80 年代, 上海的公共汽车拥挤不堪, 据实测载客量计算, 最大拥挤度达到 13 人 /m<sup>2</sup>, 车上乘客几乎无立足之地。但经过仔细观察分析, 发现在这种拥挤不堪的状况下, 乘客的双脚“自找出路”, 已经伸进座位区, 不仅进入了座席空间, 并也伸到座椅下面。这对我们有一个重要启示, 对于轨道交通车辆座席和立席的面积, 既要有静态的标准又要有动态的概念。静态是理论上规定的计算标准, 动态是实际情况, 但难以绝对划清界限, 所以为统一标准, 必须按静态面积计算。

轨道交通车厢内空间一般分为门前区和座位区两部分, 门前区是全立席区, 固定面积; 座位区是座席和立席的混合区。座席区是座椅宽加座前宽度, 总宽 0.7 m, 这就是座位区的座席标准 (静态) 计算面积。此时, 车内的立席 (静态) 标准计算面积 = 车厢内有效面积 - 座位区 (静态) 标准计算面积。

当拥挤时, 立席乘客自动调节均衡, 部分站立乘客的脚前掌伸进座席区, 使座席乘客的腿脚外伸度减少到 0.1 m。这就是座席区的动态标准, 但仅存在于理论上。

由此可见, 座席标准是指静态面积, 是理论上的标准, 动态是供可调节的弹性。可以认为, 在座席区与立席区之间设置一条 0.15 m 的弹性调节动态空隙是十分必要的。由此可见, 按静态面积考虑, 以动态概念分析, 不难理解 7~9 人 /m<sup>2</sup> 的立席密度是可能存在的。据初步分析, 以动态面积核算, 立席的动态密度大致是静态密度的 0.9 倍。

### 3.2 立席的密度和标准

车内立席定员标准, 是按静态标准面积计算立席密度的。对乘客人体的形态模数和占有空间进行静、动态研究, 设定人体的垂直投影呈纺锤型, 其近似模数

为:肩宽度约 0.45 m、胸部厚度约 0.3 m。参照国内经验以及日本和俄罗斯的地铁车辆拥挤度标准,做了一些初步分析和概括,提出车辆内立席密度评价标准和推荐标准,如表 2 所示。

表 2 车辆内立席密度评价标准

序号	立席密度 / (人 / m <sup>2</sup> )	乘客拥挤情况	评价标准		
			中国	日本	俄罗斯
1	3	乘客可以自由流动,十分宽松	舒适	舒适	好
2	4	平均每位乘客占有 0.5 m × 0.5 m 的空间,有较大宽松度,乘客可以看书报	良好	正常	好
3	5	平均每位乘客占有 0.5 m × 0.4 m 的空间,有一定宽松度,部分乘客可以看书报	正常	正常	好
4	6 (AW <sub>2</sub> )	平均每位乘客占有 0.5 m × 0.33 m 的空间,感到不宽松、不拥挤、稍可活动,是舒适度的临界状态	临界状态 (定员标准)	中间状态	好
5	7	平均每位乘客占有 0.47 m × 0.3 m 的空间,感到有些拥挤,立席范围有些突破	有些拥挤	可接受	一般
6	8	平均每位乘客占有 0.42 m × 0.3 m 的空间,身体有接触,须错位排列,并突破立席范围,感到比较拥挤	比较拥挤	可接受	一般
7	9 (AW <sub>3</sub> )	平均每人占有的空间非常拥挤,需突破立席范围,挤入座区,此情况偶有可能出现(车辆制造强度必须满足)	非常拥挤 (超员标准)	非常拥挤	不好
8	10	需突破立席范围,挤入座区,极为拥挤,难以忍受,影响上下车的行为和时间,属极端情况	难以忍受 不许采用	极为拥挤	不好

注:表中乘客占有面积是立席区的计算面积。

从表 1 中数据分析看,建议乘客立席密度宜分为以下几个等级。

(1) 舒适度标准:3 人 / m<sup>2</sup> 及以下。乘客可自由移动,舒适满意。

(2) 拥挤度标准:4 ~ 6 人 / m<sup>2</sup>。有拥挤感,在立席的静态计算面积内可能实现。由于在座席前的弹性区域内略有调节,实际上会降低立席的计算密度。

(3) 超定员标准:7 ~ 9 人 / m<sup>2</sup>。明显感到拥挤,在计算立席范围内,乘客需突破立席区,进入座区空间,使座席乘客感到不便。

(4) 超载级标准:10 人 / m<sup>2</sup> 及以上。极度拥挤,难以忍受,不允许采用。

据上海地铁 1 号线的运营统计,近年来高峰小时列车满载率已达 1.06(按立席 6 人 / m<sup>2</sup> 计)。在 6 人 / m<sup>2</sup> 状态下,乘客感到不太宽松,但可以挤进去、挤出来,有关拥挤度临界状态的分析是合理的,与日本和俄罗斯的标准参照对比是一致的。所以,车辆定员的计算立席密度应取限值 6 人 / m<sup>2</sup> 作为标准;对于超定员标准,可取限值 9 人 / m<sup>2</sup> 作为车辆结构强度的设计标准。

#### 4 拥挤度标准的分析评价

##### 4.1 拥挤度标准中的舒适性和经济性

关于拥挤度的标准,5 人 / m<sup>2</sup> 比 6 人 / m<sup>2</sup> 有所改善,但运能下降 14%。如何兼顾舒适性和经济性,需在两者之间找到一个平衡点,为此必须澄清两个概念。

(1) 在实际运营设计中,定员标准作为控制限值,设计运能总是略大于预测客流,车辆编组与发车密度的设计运能也总是大于客流预测需求,并留有一定裕量(一般在 5% 上下)。因此,在高峰小时出现的最大断面流量的区间,列车内出现的乘客最大拥挤度是 5 ~ 6 人 / m<sup>2</sup>,而不是 6 人 / m<sup>2</sup>。

(2) 每条线路上下行方向的客流总是不均衡的,全线各区间的断面流量也是不均衡的。因此,在全线高峰运营时段,最大拥挤度达 5 ~ 6 人 / m<sup>2</sup> 的区间仅有局部几个,而不是全线范围。

根据上述分析,乘客拥挤度必须从全线评价,不能只从单一断面评价。为此,提出“全行程拥挤度动态评价理念和方法”进行探讨,对最大拥挤度达 5 ~ 6 人 / m<sup>2</sup> 的区间所占全线的比例、乘客的容忍时间进行量化分析。

##### 4.2 全行程拥挤度的动态评价理念和方法

从全线客流分析,同一条线路、不同区间的客流断面是不同的,一般呈现为鱼腹型(纺锤型),因此同一列车经过每一个区间的载客量是不同的,必然反映出不同区间的满载率和拥挤度是不同的。为此,采用“全行程拥挤度动态评价理念和方法”,可对高峰小时的各次列车在全线各区间运行中车厢内站立乘客的数量和密度进行分析计算,并做相对的比较和直观的评价。

对城市轨道交通运行线路客流的一般特点,做如下设定:

(1) 列车旅行速度不低于 35 km/h,线路最长控制在 35 km 以内。若为超长线路,则应提高旅行速度,按



运行时间 60 min 为控制目标。

(2) 在列车运行过程中,按乘客定员计,约有 18% 的座席,若未满足定员,座席比例还会提高,即站立乘客比例在 82% 以下。

(3) 一般线路平均运距是全线的  $1/3 \sim 1/4$ ,即平均乘车时间为 20 ~ 15 min。

对于乘距较长的乘客,总有可能坐上座位乘坐一段路程,因此在平均运距范围内,乘客站立的时间和里程会有所减少,可按立席近似比例 0.8 的系数进行折减。根据线路长度分析(见表 3),平均乘客的站立时间占全程运行时间比例为  $1/3 \sim 1/4$ ,控制在 15 ~ 20 min 以内是可能的。

表 3 不同线路长度的指标分析

线路长度 / km	旅行速度 / (km/h)	全程运行时间 / min	平均运距 / km (1/4 ~ 1/3)	折减系数	平均立席乘车时间 / min	占全线行程时间比例 / %
20	35	34.3	5 ~ 6.7	0.8	6.8 ~ 9.2	19.8 ~ 26.8
30	35	51.4	7.5 ~ 10	0.8	10.3 ~ 13.7	20 ~ 26.6
40	40	60	10 ~ 13.3	0.8	12.0 ~ 15.9	20 ~ 26.5

表 3 的指标是一个相对值,不是绝对值。所以,从乘客的平均运距和乘车时间来计算平均站立乘车时间,以此作为舒适度评价标准,是一种动态的研究思路。

然而,表 3 仅分析了平均运距内乘客站立的时间,并没有说明站立的拥挤程度,所以不是完整的评价标准。为此,要分析乘客处在拥挤状态下 ( $5 \sim 6$  人 /  $m^2$ ) 的忍受程度(直觉感受),单方向不超过 3 ~ 4 个区间(运行距离不大于 5 km,运行时间不大于 9 min)比较适当,其余是全线大多数区间的乘客站立密度在 5 人 /  $m^2$  以下,基本上属于舒适度良好,这样的标准应该能为大家接受。因此,在一般线路中,平均站间距约 1.5 km,在 20 km 或 30 km 的线路中约占 14 或 21 个区间,3 ~ 4 个区间占全线的比例基本上可控制在 20% 的平均值,使上述数值从定性分析提升到定量化。

由此得出结论:车辆定员的立席标准应为 6 人 /  $m^2$ ,高峰小时乘客站立的最大密度为  $5 \sim 6$  人 /  $m^2$ ,其区间占全线单向区间总量的比例不宜超过 20%。上述标准是对乘客拥挤度与忍耐度两种标准的兼顾和平衡,同时还考虑了一定的客运效率。若大于 20%,则须采取措施,一是增加行车密度,二是加长车辆编组,调整以达

到一定的舒适度。

## 5 立席与满载率

根据国内诸多城市轨道交通客流预测资料的统计,如果车辆选型、编组长度和行车密度合理,绝大多数线路按远期客流预测分析,高峰小时列车的立席密度在  $5 \sim 6$  人 /  $m^2$  的区间基本上在 20% 以内。在计算时,以远期客流、高峰小时单向区间断面流量为基数,按表 1 建立对比模版(见表 4),可直接从中找到相应的立席平均密度。

表 4 B 型车 6 辆编组的对比模版

高峰小时断面 / (万人次 / h)	4.380	3.780	3.174	2.574	1.968	1.380	0.768
立席平均密度 / (人 / $m^2$ )	6	5	4	3	2	1	0
平均满载率 / %	100	86.3	72.5	58.8	44.9	30.2	17.5

上述对比仅适用于一列 6 辆 B 型车、定员为 1 460 人、座席为 256 人、运行密度为 30 对 / h 的条件,可按客流预测区间断面流量,内插查阅立席的平均密度,计算各区间立席密度并进行分级统计,同时对列车编组方案进行比较。从表 4 中可看出满载率的直观性:列车在全座状态下,无立席乘客,满载率为 17.5%;接近 60% 满载率时,立席密度仅达 3 人 /  $m^2$ ,乘客在车内十分宽敞舒适。如果在高峰时段,全线有 50% 以上的区间,运行列车满载率在 60% 以下,则需要研究合理的行车组织方案。

## 6 结论和建议

(1) 通过上述研究,统一了定员概念和计算方法,提出定员标准和拥挤度评价标准,提出从全线全程动态直观地评价拥挤度的方法,从而评价全线的运营效益,合理组织行车方案。

(2) “车辆定员标准推荐为 6 人 /  $m^2$ ,但立席标准为高峰小时乘客站立的最大密度为  $5 \sim 6$  人 /  $m^2$ ,其区间占全线单向区间总量的比例不宜超过 20%”,这不仅是拥挤度标准 ( $5 \sim 6$  人 /  $m^2$ ),而且也是忍耐度标准(区间比例的 20%)。

(3) 当出现超长线路时,如果平均运距大于 12 km,应提高立席舒适度标准,降低立席密度,使之更加符合实际。对于特殊乘客服务的线路,如机场线,可以将立席密度定位 0 ~ 3 人 /  $m^2$ 。上述情况,对车辆定员标准留有调整空间,可进行分析研究来确定。

# 市区内城际客运专线 与城市轨道共轨的可能性

杨崇明

(深圳市城市交通规划研究中心 广东深圳 518034)

**摘要** 从最小曲线半径的确定过程和运营组织两方面,对城际客运专线进入市区后能否与城市轨道共轨做了初步探讨。通过对高低速列车共线运行线路上最小曲线半径取值的试算分析得出:由于高低速混跑最小曲线半径取值过大,不能适应市区内建筑密集区的定线标准,故在市区城际客运专线与城市轨道共轨运行时最好采用同一速度运行,不采用混跑越行的方式。从运营方面分析了几种可能实施的方案,得出结论性意见。认为在城市轨道交通规划中,通盘考虑城际线与城市轨道的共线,有利于做好线网布局。

**关键词** 城际轨道交通 城市轨道交通 共轨 最小曲线半径 运营

近年来,我国环渤海(京津唐)、长三角、珠三角等经济发达地区已在研究部署城市群之间快速轨道交通线网规划,其中北京—天津、广州—珠海、上海—南京

收稿日期: 2005 - 11 - 16 修回日期: 2007 - 06 - 15

作者简介: 杨崇明,男,顾问工程师,教授级高级工程师

的城际间客运专线已分别进入工程实施或项目立项阶段,而一些大城市(如北京、上海、广州、深圳、天津等)的轨道交通建设更处在蓬勃发展的时期。随着形势的发展,轨道交通规划需要进一步地调整,许多大中城市也都在进行规划或筹措建设地下铁道和城际快线。

根据国外的经验,城际间的快速轨道一般都希望尽可能接入大城市的市中心或核心地域。但在大城市的核心繁华街区,空间:高楼林立,地面:街道纵横交错,地下:桩基如林、管网密布。这里土地资源十分有限,要想找出一条交通走廊极为困难。如果客运专线进入市区后,与城市轨道交通在有限的资源里去拼挤,城市将不堪重负。尤其是对一些刚起步规划轨道交通的城市,就非常有必要研究城际线进入市区后是否能与城市轨道线共轨的问题。将城际与城市的轨道交通统一纳入规划,管理好并共享地下、地上所有的土地资源,应该是我们目前需要着手研究的课题。当然,这个问题比较复杂,笔者从以下几方面进行初步探讨。

## On the Carriage Passenger Capacity and the Crowdedness Involved

Shen Jingyan

(Beijing Urban Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Beijing 100037)

**Abstract** Theoretical discussion has been carried out for the standard of carriage passenger capacity based on the analysis of the concept and the method of calculation for the carriage passenger capacity, with Specification of Crowdedness Evaluation and The Concept and Method of Dynamic Evaluation for the Crowdedness on the Whole Trip put forward. It is concluded that the standard of standing passengers in the carriage passenger capacity should be 6 persons/m<sup>2</sup> and that the maximum concentration of standing passengers during peak hours should be 5~6 persons/m<sup>2</sup>. It is recommended that the sections covered with such concentration be less than 20% of the total sections in one direction; the concentration should be decreased when the average trip distance exceeds 12 km so as to enhance the comfort of standing passengers.

**Key words:** urban rail transit; carriages; seating percentage; load factor; crowdedness; endurance; dynamic analysis; standard of passenger capacity