

北京奥运会观众交通需求预测

Travel Demand Forecasting for Beijing Olympic Spectators

孙福亮¹ 孙壮志¹ 贾洪飞² 刘新华¹ 姚广铮¹

(1.北京交通发展研究中心,北京 100055;2.吉林大学,长春 130022)

Sun Fuliang¹, Sun Zhuangzhi¹, Jia Hongfei², Liu Xinhua¹ and Yao Guangzheng¹

(1. Beijing Transportation Research Center, Beijing 100055, China; 2. Jilin University, Changchun 130022, China)

摘要: 科学的奥运观众交通需求预测是奥运期间合理交通调度、提高交通运行效率的前提。介绍了奥运观众交通需求预测的重要意义,并对预测方法及内容进行了分析,为奥运期间比赛场馆专线公交车辆的配置和场馆周边临时公交场站的设置提供了参考。提出应重点把握早晚高峰时段专线公交车辆的调度、多场馆车辆协同调度和观众入退场交叠场馆的交通组织问题,并据此从整体、分区域、分场馆三个层面分析了奥运观众交通需求,提出针对性建议,如增大安检缓冲区面积等。

Abstract: Only the scientific travel demand forecasting for the Olympic spectators can result in reasonable dispatch and thus effective operations of transit systems. With respect to the significance of the Olympic spectators' travel demand forecasting, this paper introduces the methodology and results of travel demand forecasting for the Beijing Olympic spectators, and provides suggestions to accommodate transit vehicles to special transit routes and to deploy temporary transit stops around the competition venues during the Olympic games. The paper emphasizes special attention should be exercised on issues such as vehicle dispatching for the special transit routes during the AM and PM peak periods, coordination of vehicle dispatching across multi-venues, and traffic organization for the overlapping of arrival and departure spectators. The paper further analyzes the forecasting results from the overall, regional, and individual venue levels, and offers some suggestions like enlarging the security buffer zones.

关键词: 交通规划; 交通模型; 奥运会; 交通需求预测

Keywords: transportation planning; transportation models; Olympic Games; travel demand forecasting

中图分类号: U491.1

文献标识码: A

收稿日期: 2008-04-20

作者简介:孙福亮,男,硕士,北京交通发展研究中心,助理工程师,主要研究方向:大型活动人流集散及交通组织、交通仿真等。

E-mail:sunfl@bjtrc.org.cn

0 引言

奥运会期间,交通系统具有交通量大、吸引区域相对集中、随场馆赛程赛事安排而变化的特点^[1]。届时,观众交通需求量大,疏散时间集中,是整个交通需求的主体。赛时将会产生多少观众需求量,会对交通产生怎样的影响,发现交通“瓶颈”后该如何改善?这些问题的解决都必须以科学的观众需求预测作为基础。

奥运观众交通需求预测是其他奥运交通相关工作的基础。通过观众交通需求预测,①可以得出最大观众交通需求,对奥运期间总的配车数量及招募驾驶员志愿者都具有指导意义,同时,通过分析各场馆需求随赛程变化的趋势,对专线公交车辆调度等提出更高要求,便于尽早提出有效措施;②可以为奥运比赛场馆周边临时公交场站等交通设施规模的确定提供依据;③可以对某些存在观众入退场交叠现象的场馆的交通组织进行研究,及早发现问题并采取相关措施。

1 需求预测方法

本文将借鉴悉尼、雅典等往届奥运会经验,根据北京奥运会的实际情况,以对各个相对独立奥运比赛场馆群的观众交通需求分析为切入点,以奥运比赛单元竞赛日程和各场馆坐席数为基础,充分考虑不同比赛项目吸引力的差异,由比赛项目的激烈程度和观赏性等因素决定场馆上座率,通过建立“场馆—赛事—坐席数—上座率”模型,对奥运观众交通需求进行预测。

1.1 相关依据

依据《北京奥运会单元竞赛日程3.20版》^[2]和《场馆坐席数及单场可售票统计表》^[3],并参考《雅典及悉尼奥运会门票销售统计表》^[4],根据往届奥运会的门票销售情况并充分考虑该比赛项目在国内的热衷程度,确定各场馆的上座率。

1.2 相关假设

1) 上座率假设

影响上座率的因素主要有:比赛是否为热点赛事以及竞赛各方的竞技水平;比赛性质,即预赛、半决赛、决赛;比赛是否有中国队参加。由于在整体观众人数中,中国观众所占比重相对较大,因此,是否有中国队的参加很大程度上影响到观众总数。

根据北京奥组委交通部提供的资料,各比赛被划分到相应等级,并根据不同等级和比赛性质给定不同上座率^[5],等级分类情况如下:

A级:足球、篮球、排球(不含沙滩排球)、羽毛球、乒乓球、体操、游泳、跳水、举重、射击;

B级:田径、网球、摔跤、柔道、跆拳道、沙滩排球、花样游泳、艺术体操;

C级:垒球、棒球、曲棍球、手球、击剑、拳击、射箭、自行车、铁人三项、现代五项、皮划艇、赛艇、蹦床、水球、小轮车。

由于有多项因素尚未确定,因此,采取如下假设:

① 半决赛与决赛时的上座率一致;

② 在半决赛与决赛中,中国队是否参加比赛对上座率没有影响;

③ 由于具体的赛程尚未确定,各比赛均假设有中国队参加。

2) 其他假设

① 所有到比赛场馆的观众须持当天某一时段的入场券进入赛场区域;

② 观众人流量不包括非观看比赛的无票观众;

③ 常规公交按照现状公交线路及运力考虑,地铁按照奥运会前投入使用的线路考虑;

④ 大多志愿者和工作人员交通方式为集体包车,且早入场、晚退场,需求预测中不计志愿者和工作人员;

⑤ 外围各场馆观众按赛前2 h入场考虑;

⑥ 比赛结束退场时间:远郊区县场馆按照1 h疏散,

中心城坐席数大于2万的场馆按1 h疏散,其他场馆按半小时疏散;

⑦ 满载率是反映公交舒适性的重要指标,公交系统过高的满载率会严重影响到乘客乘坐的舒适性。因此,提供公交服务时充分考虑公交服务水平,并假设专线公交车均为标车,按照90%满载率载客,常规公交车按照80%满载率载客。

1.3 预测内容

以各场馆(群)为对象,结合最新的单元竞赛日程,通过建立的“场馆—赛事—坐席数—上座率”模型,对以下内容进行预测:场馆单场比赛观众人数预测、场馆(群)日观众人数预测、场馆(群)比赛日分时段观众分布预测、场馆群比赛日退场高峰小时观众人数预测、观众公交分担量预测、场馆群所需专线公交车辆数预测,以及观众空间分布预测(此部分内容另行文介绍)等。

1.3.1 单场比赛观众人数

此项为整个观众交通需求预测的基础,综合考虑上座率及中途退场,得到比赛结束退场人数。计算公式如下:

$$Q_a = Q_{\max} \cdot k_o,$$

$$Q_d = Q_{\max} \cdot k_o \cdot (1 - k_d),$$

式中: Q_a 为入场观众人数(单场); Q_d 为比赛结束后退场观众人数(单场); Q_{\max} 为场馆观众坐席数; k_o 为上座率; k_d 为中途退场比例。

1.3.2 场馆群日观众人数

场馆群日观众人数由场馆单场比赛观众人数和比赛日比赛单元数决定。

$$Q_{\text{day}} = Q_a \cdot n_i,$$

式中: Q_{day} 为场馆群日观众人数; n_i 为场馆群第 i 比赛日比赛单元数。

由图1可以看出,奥林匹克公园16个比赛日中第7比赛日为高峰日,观众人数可达23.64万,第8,10,11,13,14,15比赛日观众量也很大,对这些比赛日也应重点关注。

图2和图3则反映出,北京理工大学体育馆10个比赛日比赛性质相同,对专线公交车辆需求稳定;而工人体育馆场馆群则由于比赛项目的不同,在16个比赛日中有6个比赛日为关键比赛日,反映了其需求的差异性。

1.3.3 场馆群比赛日分时段观众分布

$$Q_t = \sum_{i=1}^m (Q_i \cdot k_{it}),$$

式中： Q_t 为场馆群 t 时段观众人数； m 为场馆群该比赛日总比赛单元数； Q_i 为场馆群该比赛日第 i 比赛单元单场比赛观众人数； k_t 为场馆群该比赛日第 i 比赛单元 t 时段观众入(退)场比例。

对不同的竞赛单元，由于其入退场时间段不同，可能与城市交通的早、晚高峰或平峰相重叠，必须根据赛程对各场馆的分时段观众分布做预测。

由图4可以看出，工人体育馆场馆群在第8比赛日17:

00—18:00大量观众入场恰与城市交通晚高峰相重合，给公交带来巨大压力，并且存在21:00观众集中散场情况，此时常规公交线路多数停运，对专线公交车辆的调度提出更高要求。

由图5可以看出，五棵松文化体育中心在第8比赛日12:30—15:00以及18:00—20:00有大量退场观众与入场观众产生交叠，并与部分晚高峰时段相重合，给公共交通带来巨大压力，另外在凌晨0:00出现观众集中退场现象，此

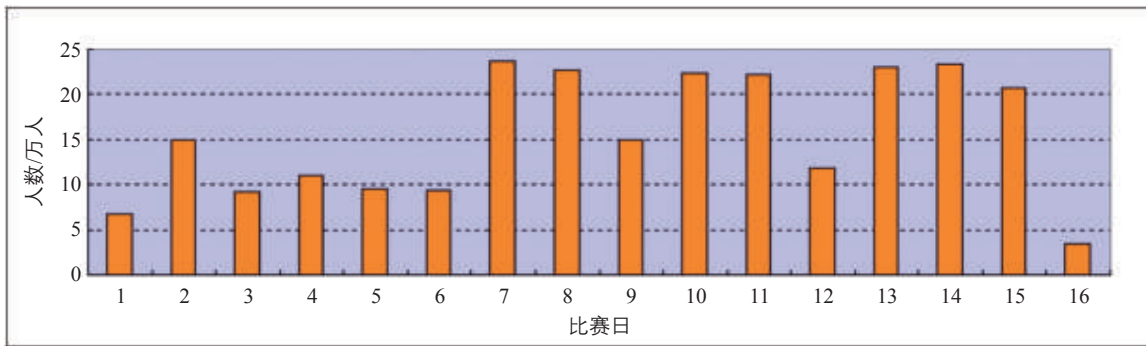


图1 奥林匹克公园各比赛日观众人数预测
Fig.1 Forecast of spectators' daily volume at Olympic Parks

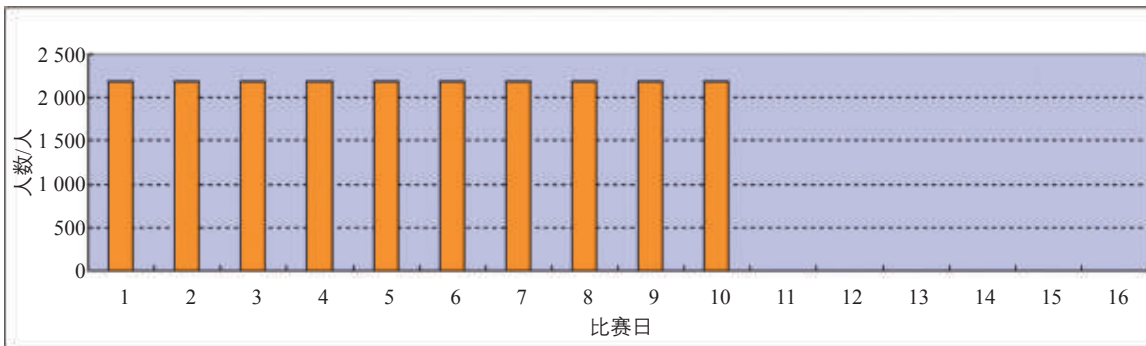


图2 北京理工大学体育馆各比赛日观众人数预测
Fig.2 Forecast of spectator volume at Beijing Institute of Technology Gymnasium by days

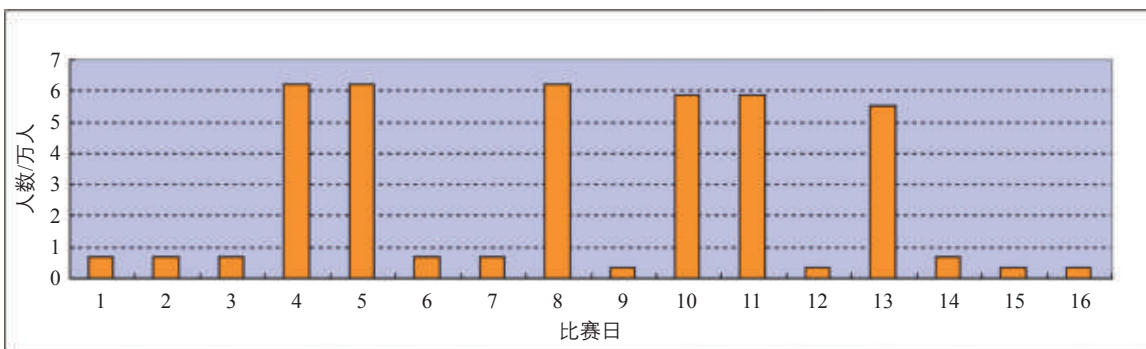


图3 工人体育馆场馆群各比赛日观众人数预测
Fig.3 Forecast of spectator volume for venues at Worker's Gymnasium by days

时必须借助于专线公交车，同时配以地铁1号线的延时运营，在公交配置上应引起足够重视。

通过对比赛日分时段观众分布的分析可知，对距离较近的场馆，如大学区场馆，充分把握各场馆的赛程赛事规律，做好车辆协同调度，节省资源。这不但对车辆运营调度有较高要求，而且给驾驶员培训带来难度，要求驾驶员对所行驶路线必须非常熟悉，因此，所有线路须试运营。

1.3.4 场馆群比赛日退场高峰小时人数

$$Q_{dhmax} = \max(Q_{dh1}, \dots, Q_{dhi}, \dots, Q_{dh16}),$$

式中： Q_{dhmax} 为场馆群比赛日最大退场高峰小时观众人数； Q_{dhi} 为场馆群第*i*比赛日退场高峰小时观众人数， $1 \leq i \leq 16$ 。

此项预测是计算场馆群观众专线公交分担量的基础。由图6可以看出，丰台体育中心9个比赛日中有2个比赛日观众人数较高，但与前面7天相差不太大，因此以前7天的退场高峰小时人数作为核算是否需要配置专线公交车的依据。通过分析常规公交运力并进行满载率调查，得知常规公交基本可以满足半小时疏散退场观众的要求，只需配置少量专线公交车，避免了由特殊一天或两天的较高需求而配置大量专线公交车所造成的资源浪费。

1.3.5 场馆群观众的专线公交分担量

$$A_z = \begin{cases} Q_{dhmax} \cdot (1 - P_o) - \min(S_p \cdot P_s, x \cdot C) - B_p \cdot P_b, & A_z > 0 \\ 0, & A_z \leq 0 \end{cases}$$

式中： A_z 为专线公交分担量； P_o 为其他方式分担比例； S_p

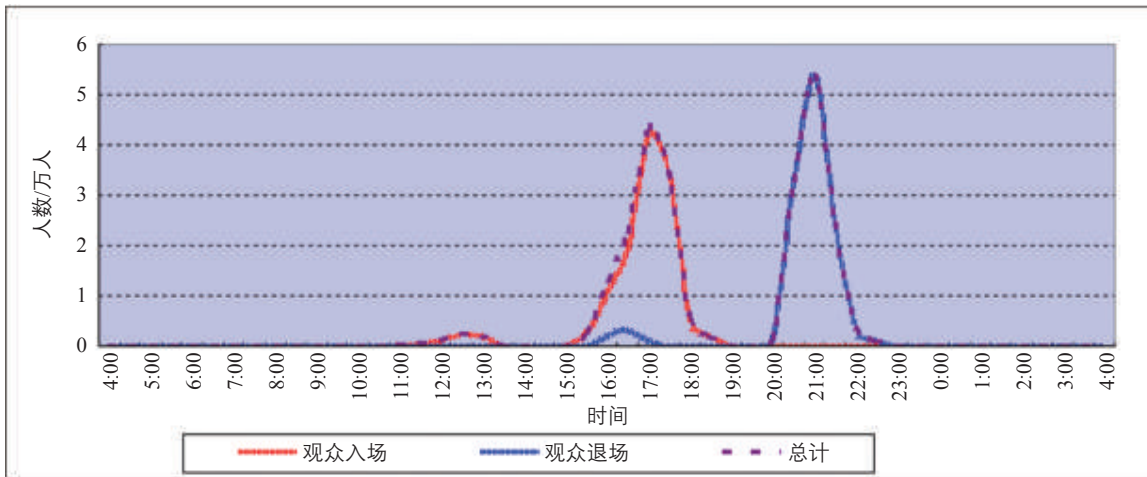


图4 工人体育馆场馆群第8比赛日分时段观众人数预测

Fig.4 Forecast of spectator volume for venues at Worker's Gymnasium by hours on the 8th day

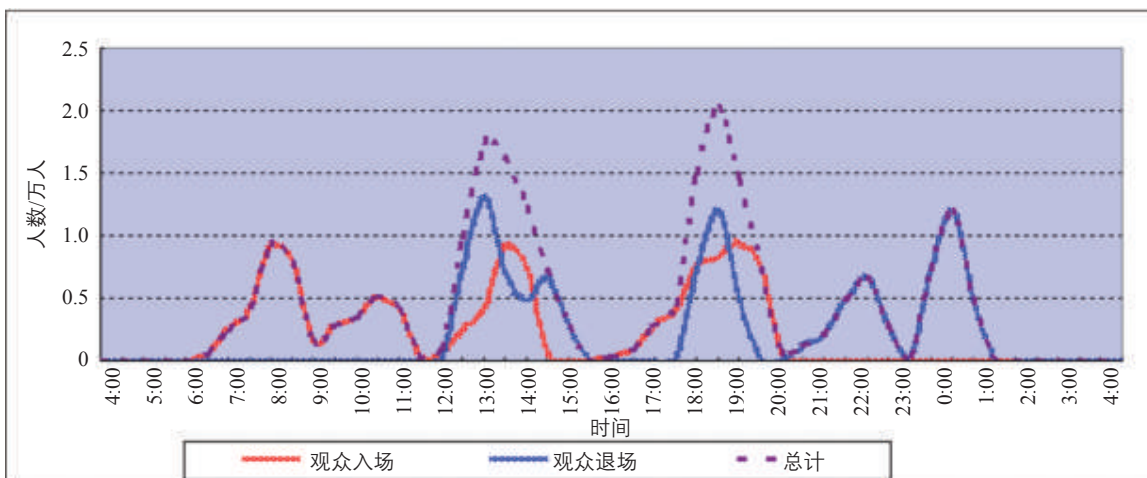


图5 五棵松文化体育中心第8比赛日分时段观众人数预测

Fig.5 Forecast of spectator volume at Wukesong Sports Center by hours on the 8th day

为地铁运力； P_s 为地铁运力分担比例； x 为地铁出入口人行带宽^[6]倍数； C 为地道每人行带最大通行能力，取1400人·h⁻¹，人行带宽0.9m； B_r 为常规公交运力； P_r 为常规公交运力分担比例。

此项预测是计算公交场站面积的先决条件，场站面积由专线公交所分担的观众量来决定。由图7可以看出，五棵松文化体育中心退场高峰小时观众人数最大可达1.3万人次/h，通过对场馆周边公交及地铁满载率的调查，结合常规公交及地铁运力计算得到所需专线公交分担量。值得注意的是，地铁能提供给奥运交通的分担量大于五棵松地铁口通行能力，在计算专线公交分担量过程中所用到的地铁分担量按两者较小值即地铁口通行能力计算。

1.3.6 场馆群所需奥运专线公交车辆数

i 计算公式为：

$$i = \frac{A_z}{p_c \cdot O_{ob}}$$

式中： i 为场馆群理论所需奥运专线公交车辆数； p_c 为奥运专线公交标车定员； O_{ob} 为奥运专线公交满载率。

场馆群实际所需奥运专线公交车辆数 j 计算公式为：

$$j = \begin{cases} n & , \quad \frac{T}{t} < 1 \text{ 且 } \frac{T}{t_s} < 1 \\ n \cdot \frac{T}{t} & , \quad \frac{T}{t} \geq 1 \text{ 且 } \frac{T}{t_s} < 1 \\ \frac{A_z}{p_c \cdot O_{ob}} & , \quad \frac{T}{t_s} \geq 1 \end{cases}$$

$$T = \begin{cases} t_{os} + t_w + t_{dx} + t_{dj} + t_{ds} + t_r + t_{ox} + t_{oj} & , \text{ 载客回程} \\ t_{os} + t_w + t_{dx} + t_{dj} + t_r + t_{oj} & , \text{ 空载回程} \end{cases}$$

式中： t_s 为该场馆设定的观众疏散时间； t 为车辆发车间隔； n 为同一车辆编组包含车辆数； T 为专线公交车辆一次往返于观众疏散地与所到达交通枢纽之间的总时间； t_{os} 、 t_w 、 t_{dx} 、 t_{dj} 、 t_{ds} 、 t_r 、 t_{ox} 、 t_{oj} 分别代表专线公交在观众疏散地上客，车辆从观众疏散地到达交通枢纽(包括中途上下客及突发事件等时间)，车辆在交通枢纽的下客，车辆在交通枢纽的发车间隔，车辆在交通枢纽的上客，车辆从交通枢纽到达观众疏散地(包括中途上下客及突发事件等时间)，车辆在观众疏散地的下客，车辆在观众疏散地的

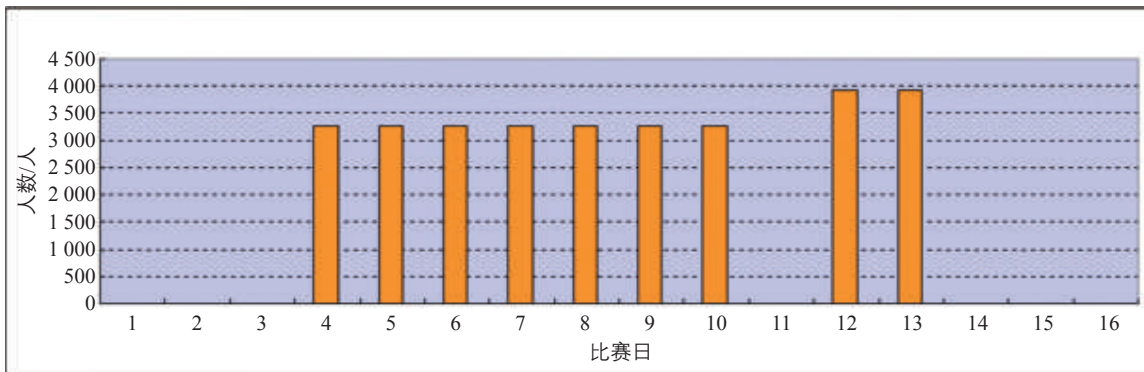


图6 丰台体育中心各比赛日退场高峰小时观众人数预测
Fig.6 Forecast of spectator volume at Fengtai Sports Center in peak hour of exit by days

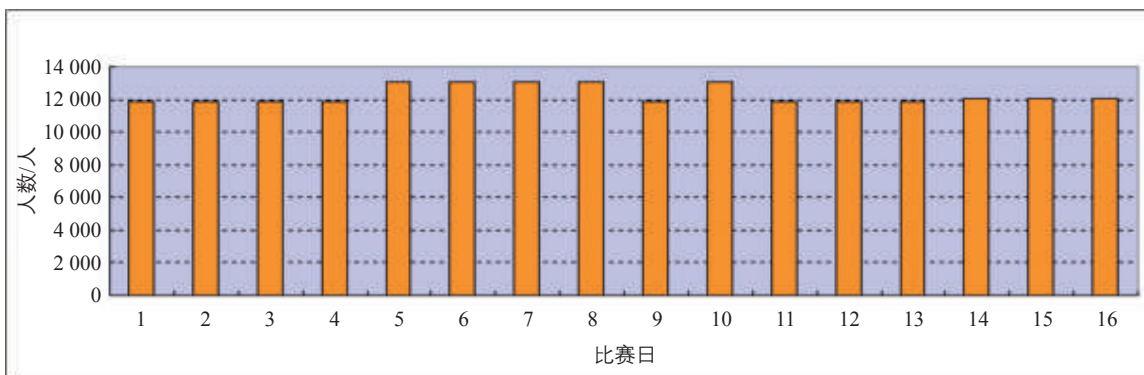


图7 五棵松文化体育中心各比赛日退场高峰小时观众人数预测
Fig.7 Forecast of spectator volume at Wukesong Sports Center in peak hour of exit by days

发车间隔。

当 $\frac{T}{t_s} \geq 1$ 时，不考虑车辆返回再次运送观众的情况，在此前提下，场馆理论上所需奥运专线公交车辆数与实际所需车辆数相等。

2 需求预测结果

2.1 观众交通需求总量

由图8可以看出，31个比赛场馆在16个比赛日中，第8个比赛日为高峰日，观众人数可达46.3万，第7，10，11，13比赛日的整体需求也较大，观众人数均超过了40万。这些比赛日对公交需求较大，可以结合赛程对仅有半天比赛的场馆车辆实施调度，对公交的运营组织也提出较高要求。

2.2 分区域观众交通需求量

奥运会比赛期间，将产生518万的观众需求，根据分区情况，各区域观众交通需求如表1所示。可以看出，奥林匹克公园是整个奥运会比赛的主体和心脏，奥运期间其观众人数约占到观众需求总量的48%，而北部风景区所包含的两个远郊区县场馆(顺义奥林匹克水上公园和昌平铁人三项赛场)观众需求较小，仅占到5%。结合赛程可以看出，昌平铁人三项赛场，仅第11，12比赛日有赛事，可以考虑调度其他场馆的专线公交车，故提出以下建议：铁人三项比赛时间段内北京科技大学及北京工业大学无比赛，可将该线车辆调来使用，同时，铁人三项比赛结束时间为12:30左右，完成该场馆观众疏散后，这部分车辆可同

时考虑再为晚上工人体育场足球赛的观众提供运输服务。

3 各场馆观众入退场交通需求特征

分析各场馆观众入退场分布规律，根据是否与早晚高峰重合，是否存在夜间散场，需求量的大小以及常规公交和地铁运力大小，把各场馆及场馆群观众入退场特征进行总结，如表2所示。

根据各场馆群观众入退场特征，得出以下结论和建议：

- 1) 奥林匹克公园为新建场馆群，赛事多，人流量大，周边现状常规公交运力不足，需规划专线公交场站进行屯车，以应对散场大客流的冲击；
- 2) 五棵松场馆群多个比赛日的晚高峰时段有大量退场观众与入场观众产生交叠，在公交车辆调度及交通组织上需引起注意。入退场观众的交叠，一方面对公交车辆调度、交通组织提出更高要求，另一方面对安检场地也有特殊要求，尤其对大型场馆而言，要留有足够面积的安检缓冲区。
- 3) 当观众退场时间相近，且共用一条地铁线路时，需

表1 各分区观众需求表
Tab.1 Spectator transportation demand by areas

场馆	观众总需求/ 万人	所占比例/ %	高峰日需求/ 万人	高峰日
全部比赛场馆	518.0	100.0	46.3	8
奥林匹克公园	249.0	48.1	23.64	7
大学区	45.2	8.7	4.86	5
西部赛区	123.6	23.9	10.27	7,8
北部风景区	25.8	5.0	2.48	12,13
东部赛区	74.1	14.3	9.1	4,5,8

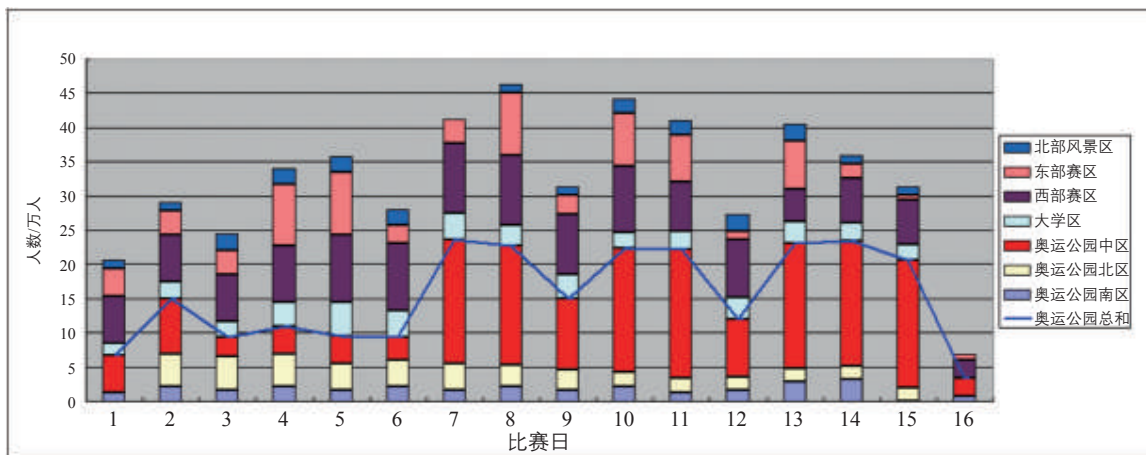


图8 所有比赛场馆各比赛日分区域观众人数预测

Fig.8 Forecast of spectator volume of all the venues by area on all contesting days

表2 各场馆观众入退场交通需求特征

Tab.2 Features of transportation demand for spectator entrance and exit of different venues

场馆群	与早晚高峰重合	夜间散场	需求量	常规公交、地铁运力
奥林匹克公园	是	是	大	不足
北京大学	部分	是	较大	充足
北京工业大学	是	是	较大	稍有不足
北京航空航天大学	是	是	较小	充足
北京科技大学	是	是	较小	稍有不足
北京理工大学	部分	否	小	充足
朝阳公园	是	是	较大	不足
丰台体育中心	部分	是	较小	稍有不足
工人体育馆(场)	否	是	大	不足
老山自行车馆	是	否	较小	稍有不足
中国农业大学	部分	是	较小	稍有不足
北京射击馆	部分	否	较小	稍有不足
首都体育馆	部分	是	较大	稍有不足
五棵松文化体育中心	是	是	大	不足
顺义水上公园	是	否	较大	不足
昌平铁人三项	否	否	较小	不足

对公交、地铁满载率进行充分考虑。比如老山场地自行车赛和五棵松篮球比赛，两场馆散场时各有部分观众会利用地铁1号线疏散，当两场馆散场时间接近，会产生上游站位满载率过高而影响到下游站位载客的现象，需充分考虑地铁的分担能力问题。

4) 有些场馆群的观众入退场虽未与早晚高峰完全重叠，但散场时段分布在夜间，且观众数量较大，应该对观众的疏散进行重点考虑，如工人体育馆场馆群。

5) 地处北部风景区的顺义奥林匹克水上公园和昌平铁人三项赛场，由于场馆周边现状公交薄弱，且距离市中心较远，公交车辆无法在规定时间内二次载客，因此需在场馆周边设置专线公交车区，便于及时疏散观众。

6) 有些场馆现状公交及地铁运力充足，且观众需求量不大，常规公交完全可以在既定时间段内完成观众的疏散，如北京大学体育馆、北京理工大学体育馆、北京航空航天大学体育馆等。

7) 有些场馆在公交运力方面稍有不足，可以根据各场馆周边的实际条件和需求，设置专线车区，保证观众散场的及时疏散，实现奥运承诺，如首都体育馆、北京工业大学体育馆、北京科技大学体育馆、中国农业大学体育馆、北京射击馆场馆群等。

4 结语

本文主要围绕北京奥运期间整体的观众交通需求规模

以及某些典型场馆的高峰小时观众人流量及时间分布等方面展开研究。通过奥运观众交通需求预测，为奥运比赛场馆周边临时交通设施规划及奥运公交专线规划提供参考依据。当然，奥运观众交通需求分析仅是针对由赛事引发的以场馆为起讫点的交通出行，在此基础上应进一步考虑城市背景的公共交通需求，并进行分时段叠加分析，这对全市重点时段公共交通需求的缺口和运力配置具有指导意义。

参考文献

- 许焱, 荣建, 刘小明, 杨孝宽. 奥运交通特点及对策研究[J]. 科学技术与工程, 2004, 4(4): 288-292
- 第29届奥林匹克运动会组织委员会. 北京奥运会单元竞赛日程3.20版[R]. 北京: 第29届奥林匹克运动会组织委员会, 2007
- 第29届奥林匹克运动会组织委员会. 北京奥运会比赛场馆坐席数及单场可售票统计[R]. 北京: 第29届奥林匹克运动会组织委员会, 2006
- 第29届奥林匹克运动会组织委员会. 雅典及悉尼奥运会门票销售统计[R]. 北京: 第29届奥林匹克运动会组织委员会, 2006
- 北京市交通委员会, 北京交通发展研究中心. 奥运比赛场馆周边临时交通设施及交通组织规划[R]. 北京: 北京交通发展研究中心, 2006
- GB 50220—95 城市道路交通规划设计规范[S]