

第三届数据增强设计学术研讨会，东南大学

面向规划设计的空间行为模拟方法

王德 朱玮 王灿

同济大学建筑与城市规划学院

2017年12月

基本原理与方法

- 规划方案与空间行为
- 个体轨迹模拟
- 停留点、路径推定
- 离散选择模型
- 多代理人模拟方法



1

边界条件



2

行为模拟



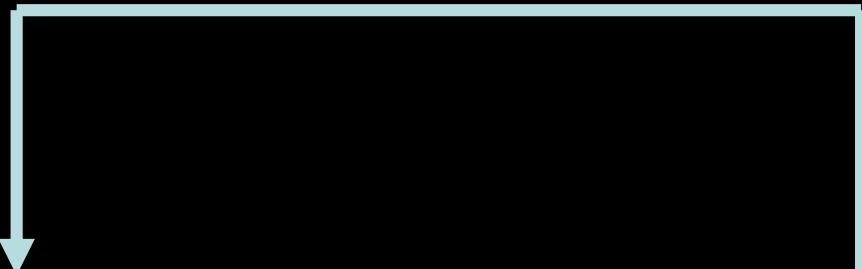
3

解读与评估



4

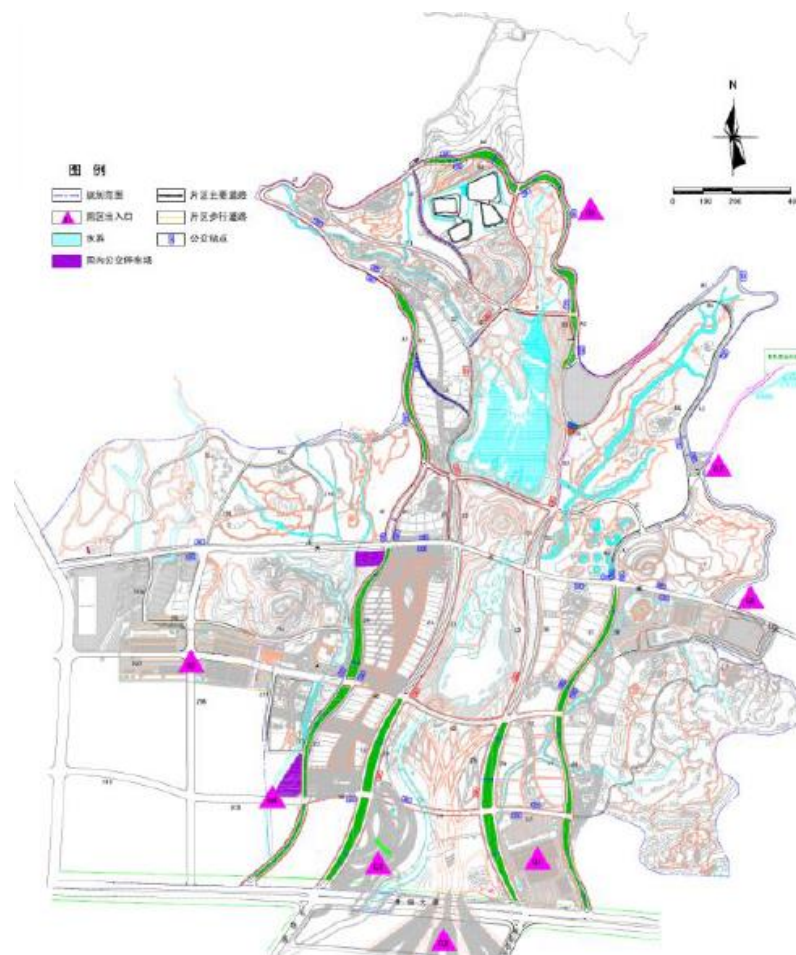
规划调整



案例规划方案：青岛世园会



世园会园区总平面图



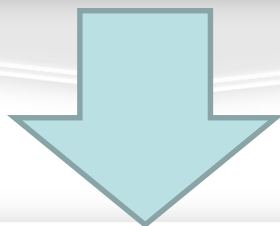
世园会园区交通总体布局图

目标

尽量真实地表现
园区参观行为

根据行为模拟诊断
问题、提出对策

重点关注极端情况
下的问题



安全

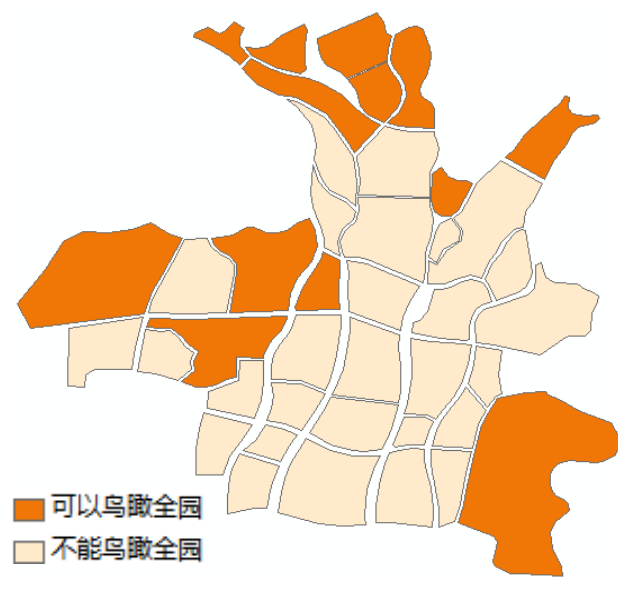
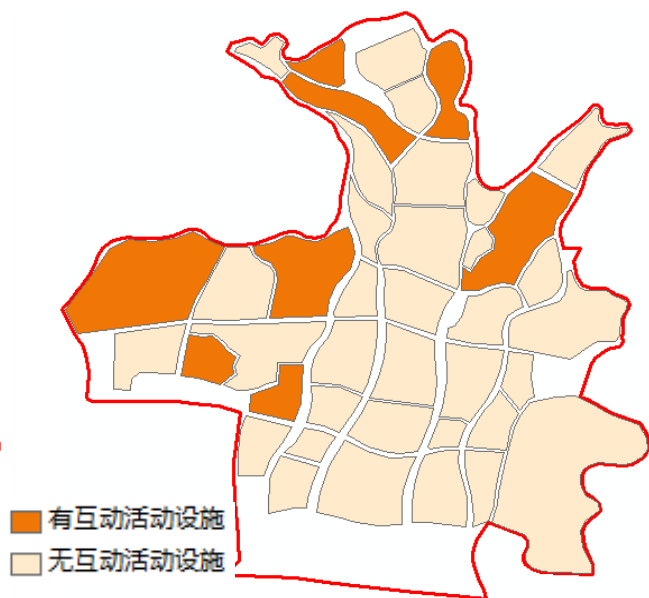
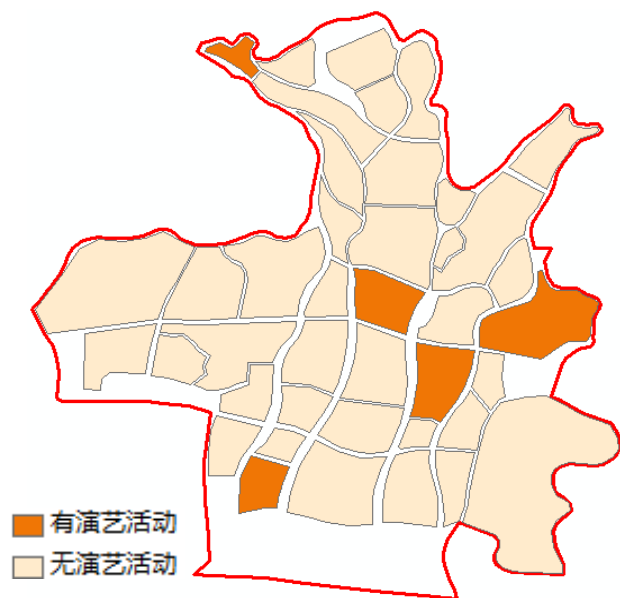
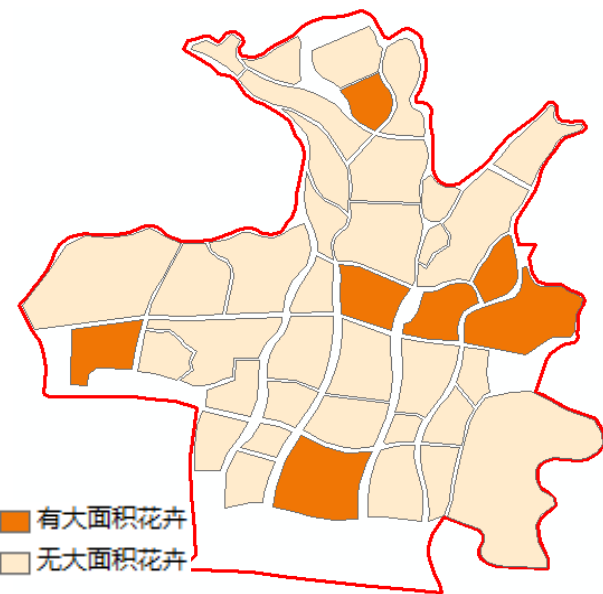
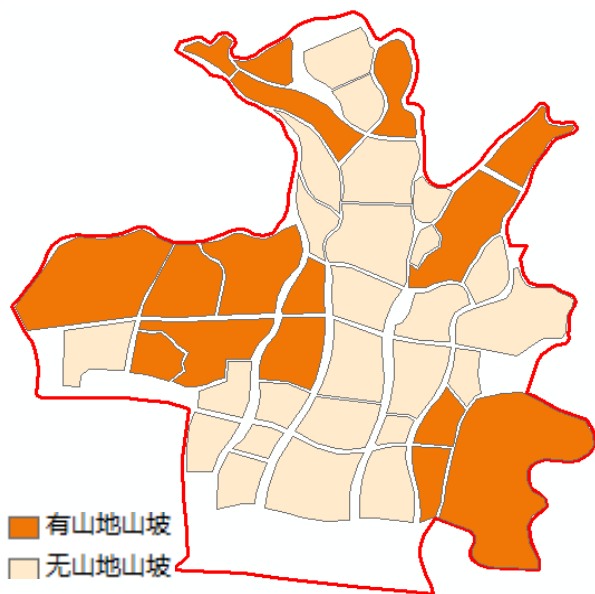
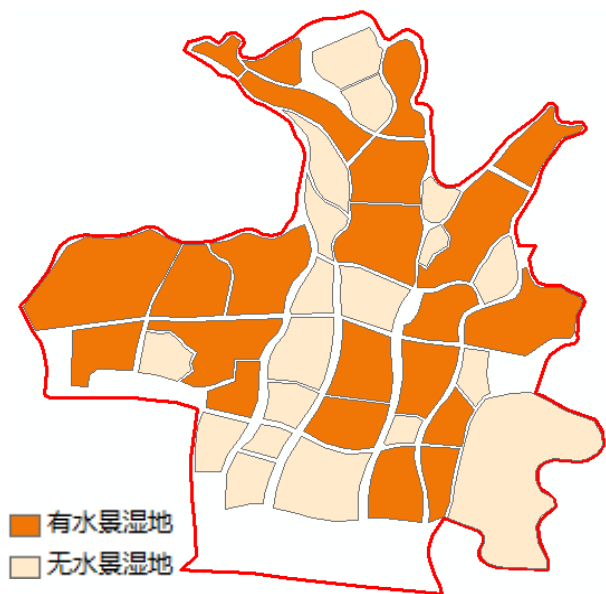
舒适

有效利用

边界条件

- 人群结构：年龄、性别、同行
- 来园方式、时间、入口比例
- 规划方案：
 - 指导思想、构想
 - 地块构成、展示类型、内容、规模：吸引力
- 行为：移动速度、休息频度、用餐、排队

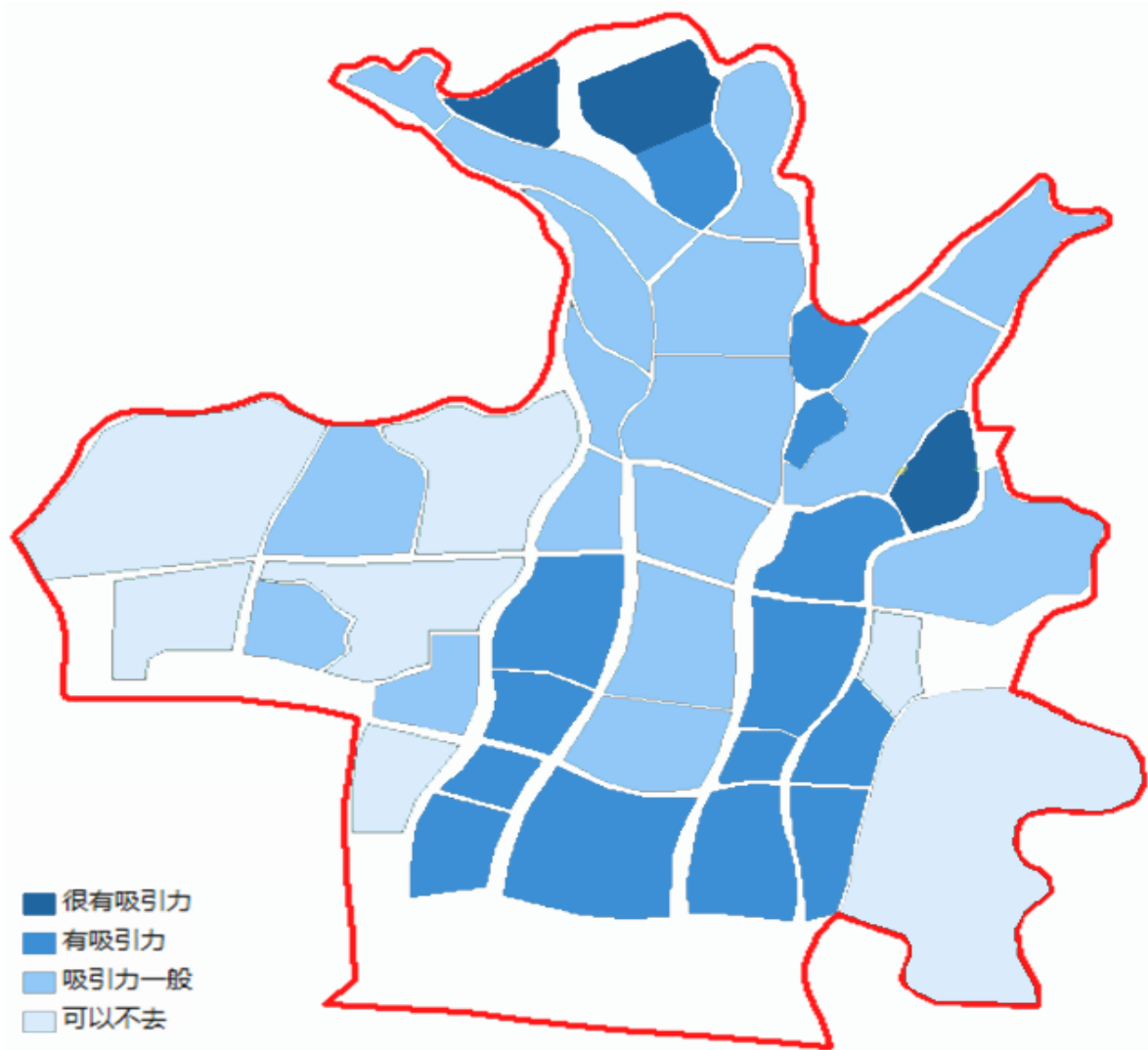
地块属性



吸引力情况

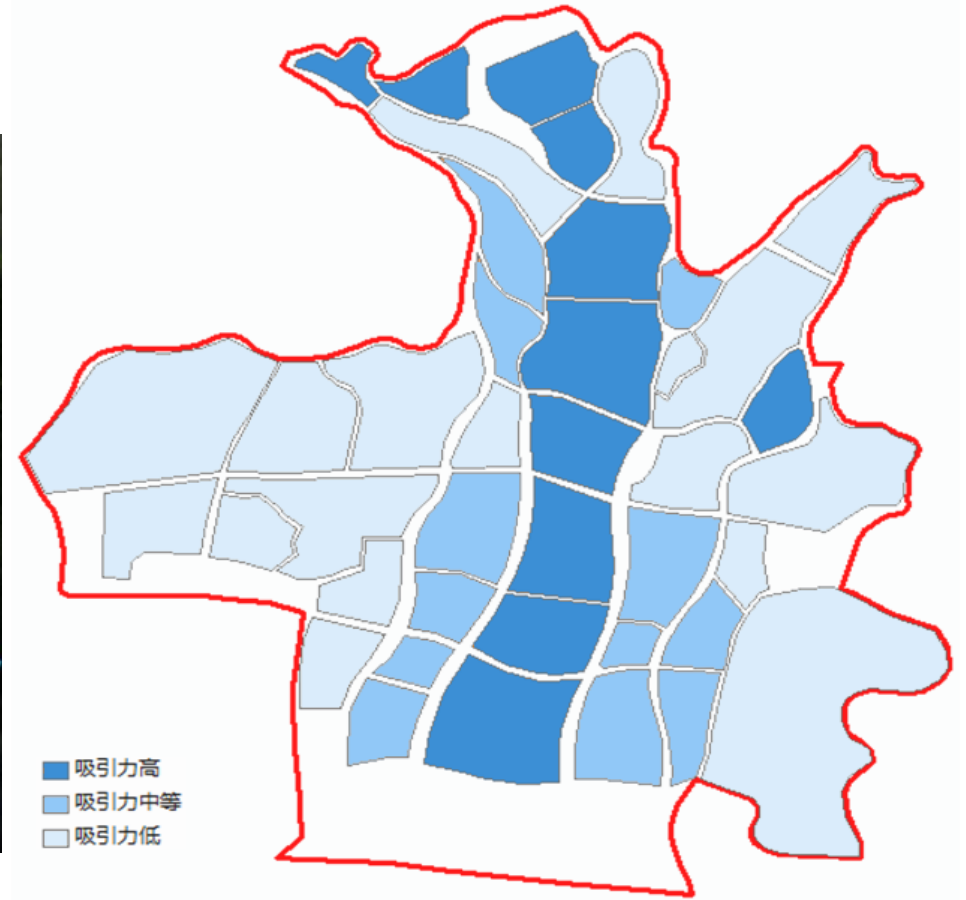
综合以上运营方案的判断和两次调研的结果，经过讨论，分别确定各个地块对于普通人、携带小孩和陪同老人三种人群的吸引力。

人群一：普通人



吸引力情况

夜间吸引力情况



展区选择模型



路径选择模型



路径长度：负效应，距离越远，选择概率越低

路径坡度：负效应，坡度越大，选择概率越低

路径拥挤：负效应，路径越拥挤，选择概率越低

是否林荫道：正效应，是林荫道被选择的概率更高

是否临水：正效应，临水路径被选择的概率更高

是否七彩飘带：正效应，七彩飘带选择概率更高

是否布设灯光：正效应，布设灯光选择概率更高

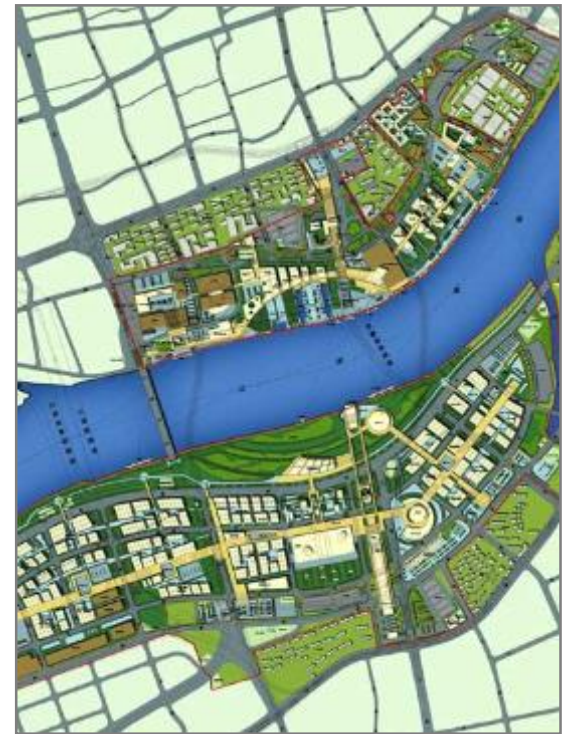
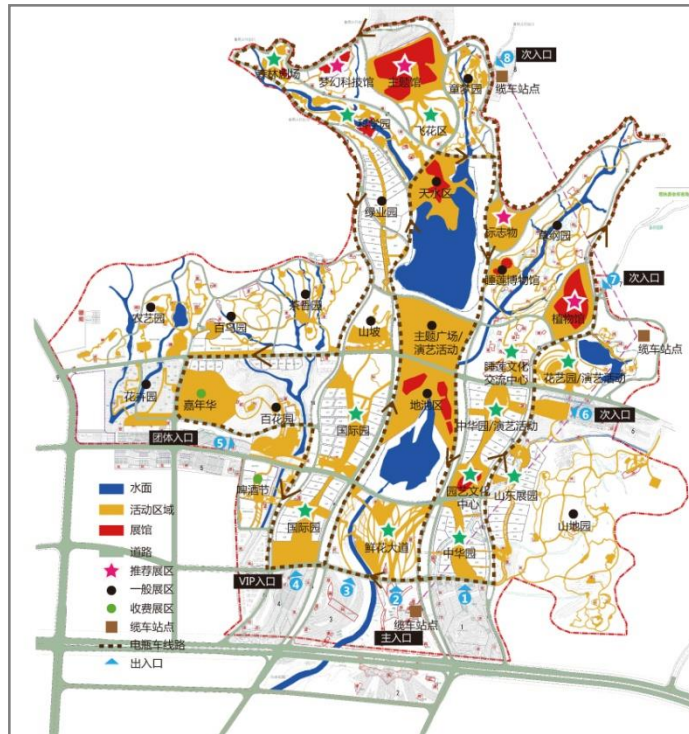
展区/路径选择模型

行为选择建模

主要方法：调查得到游客的在园区中的行游路径，将其分解成为一次次展区选择，分析其选择背后的影响因素与机制。本次调查中，一方面要求调查对象在青岛世园会的平面图上勾画出自己拟采取的路径，另一方面利用了上海世博会中游客实际所采取的路径。

主要目的：获得主要影响因素影响力的**绝对大小**。

基于路径调查



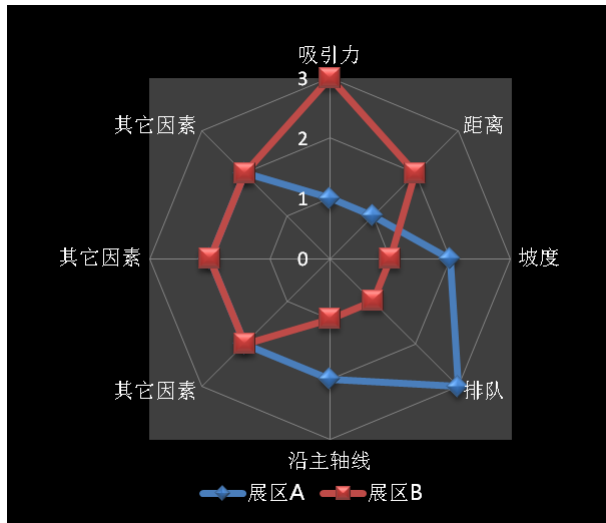
展区/路径选择模型

行为选择建模

基于陈述偏好 (SP) 调查

主要方法：按照一定的统计原理，将各影响因素在不同的水平下进行组合，从而形成一些虚拟展区，调查对象根据自己的偏好，在这些虚拟展区之间做出选择。本次调查中，首先将各可能的影响因素都考虑进去，开展了较完整全面的SP调查，后又根据需要，对一些重要因素，又开展了专项SP调查。

主要目的：获得各影响因素之间**相对**影响力的大小。



青岛园博会参观行为虚拟调研 (一) 至 (五) 的问卷截图。展示了不同因素组合下的虚拟展区选择过程。

青岛园博会参观行为虚拟调研 (一)

重要说明：园区主要建设在山谷中，以一条溪流为景观骨架，南北延伸到底，成为主要的景观。周边有七个不同主题的展区，分别通过七条步行路线接入参观体系。此外，园区内还有一条步行环线，以下每项选择中分别提供了两种选择，一种是在步行环线内，另一种是在步行环线外。请根据您的偏好选择。

1. 请您分别在日均28度和30度两种情景下选择展区

展区一	展区二
展区吸引力	一般
展区位置	步行环线内
步行距离	步行二十分钟至步行三十分钟

青岛园博会参观行为虚拟调研 (二)

重要说明：园区主要建设在山谷中，以一条溪流为景观骨架，南北延伸到底，成为主要的景观。周边有七个不同主题的展区，分别通过七条步行路线接入参观体系。此外，园区内还有一条步行环线，以下每项选择中分别提供了两种选择，一种是在步行环线内，另一种是在步行环线外。请根据您的偏好选择。

1. 请您分别在日均28度和30度两种情景下选择展区

展区一	展区二
展区吸引力	一般
展区位置	步行环线内
步行距离	步行二十分钟至步行三十分钟

青岛园博会参观行为虚拟调研 (三)

重要说明：园区主要建设在山谷中，以一条溪流为景观骨架，南北延伸到底，成为主要的景观。周边有七个不同主题的展区，分别通过七条步行路线接入参观体系。此外，园区内还有一条步行环线，以下每项选择中分别提供了两种选择，一种是在步行环线内，另一种是在步行环线外。请根据您的偏好选择。

1. 请您分别在日均28度和30度两种情景下选择展区

展区一	展区二
展区吸引力	一般
展区位置	步行环线内
步行距离	步行二十分钟至步行三十分钟

青岛园博会参观行为虚拟调研 (四)

重要说明：园区主要建设在山谷中，以一条溪流为景观骨架，南北延伸到底，成为主要的景观。周边有七个不同主题的展区，分别通过七条步行路线接入参观体系。此外，园区内还有一条步行环线，以下每项选择中分别提供了两种选择，一种是在步行环线内，另一种是在步行环线外。请根据您的偏好选择。

1. 请您分别在日均28度和30度两种情景下选择展区

展区一	展区二
展区吸引力	一般
展区位置	步行环线内
步行距离	步行二十分钟至步行三十分钟

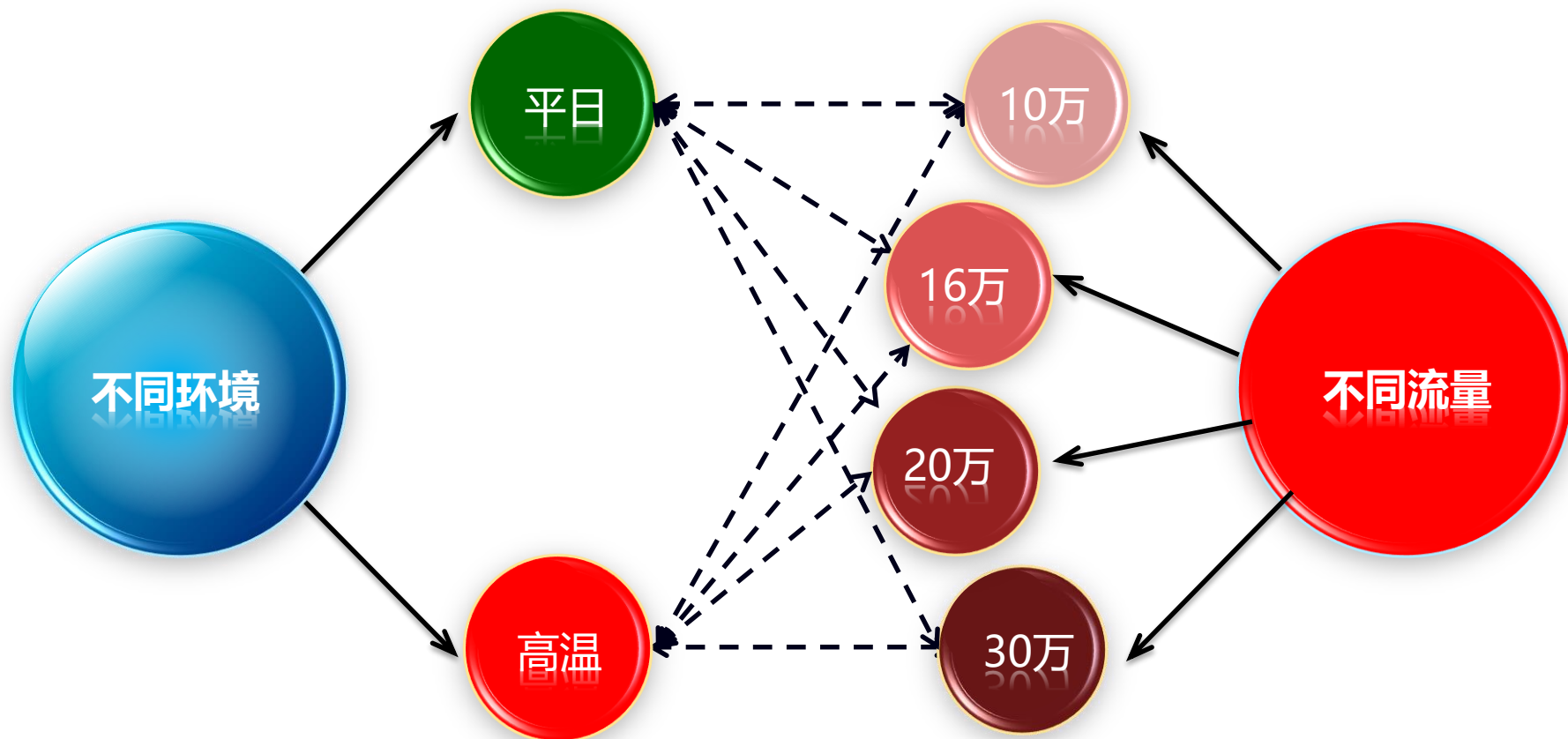
青岛园博会参观行为虚拟调研 (五)

重要说明：园区主要建设在山谷中，以一条溪流为景观骨架，南北延伸到底，成为主要的景观。周边有七个不同主题的展区，分别通过七条步行路线接入参观体系。此外，园区内还有一条步行环线，以下每项选择中分别提供了两种选择，一种是在步行环线内，另一种是在步行环线外。请根据您的偏好选择。

1. 请您分别在日均28度和30度两种情景下选择展区

展区一	展区二
展区吸引力	一般
展区位置	步行环线内
步行距离	步行二十分钟至步行三十分钟

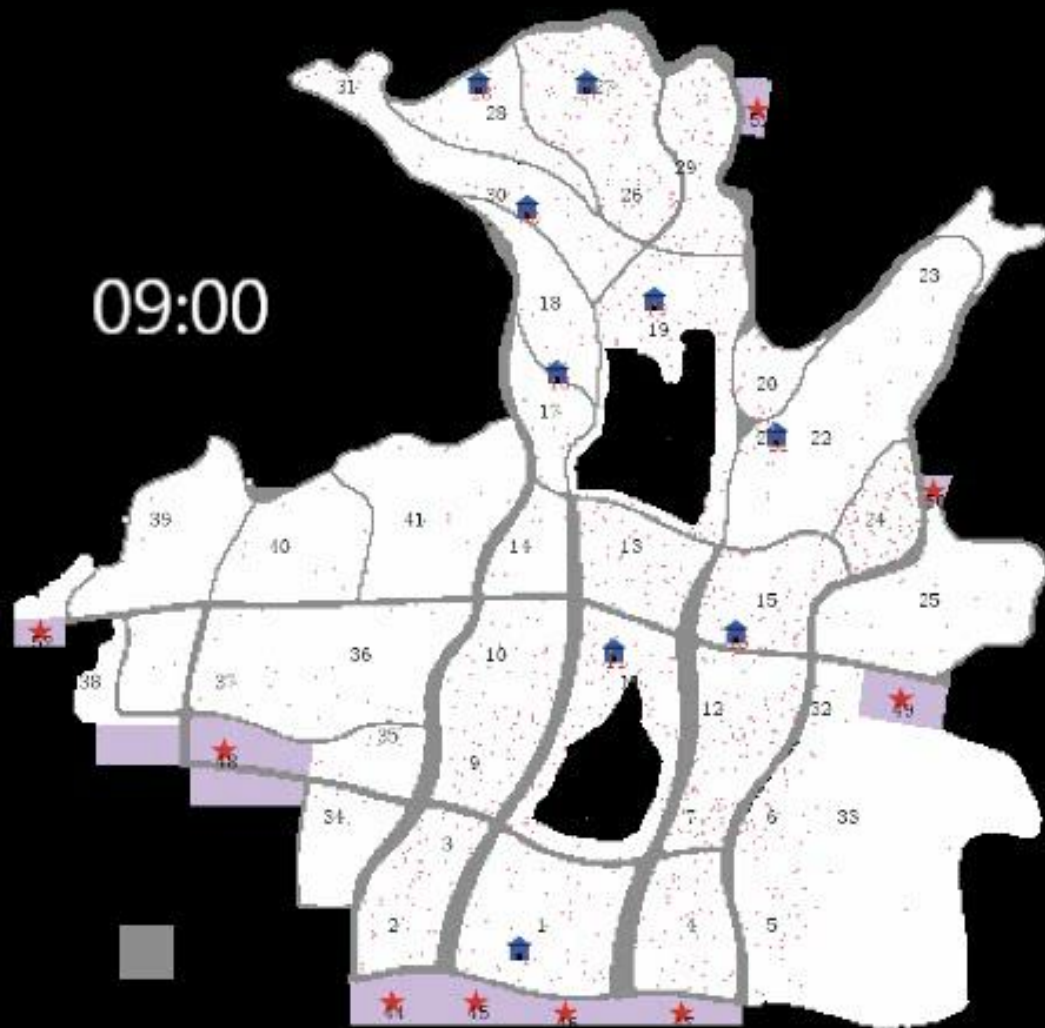
情景构建



模拟情景，分析内容

- 1:10模拟
- 分析内容
 - 总体人流量、活动量
 - 各展区的人流量、参观量、排队量、休息量、相应密度
 - 餐厅、厕所的使用情况
 - 道路人流量
 - 评价与预警

10万人 模拟



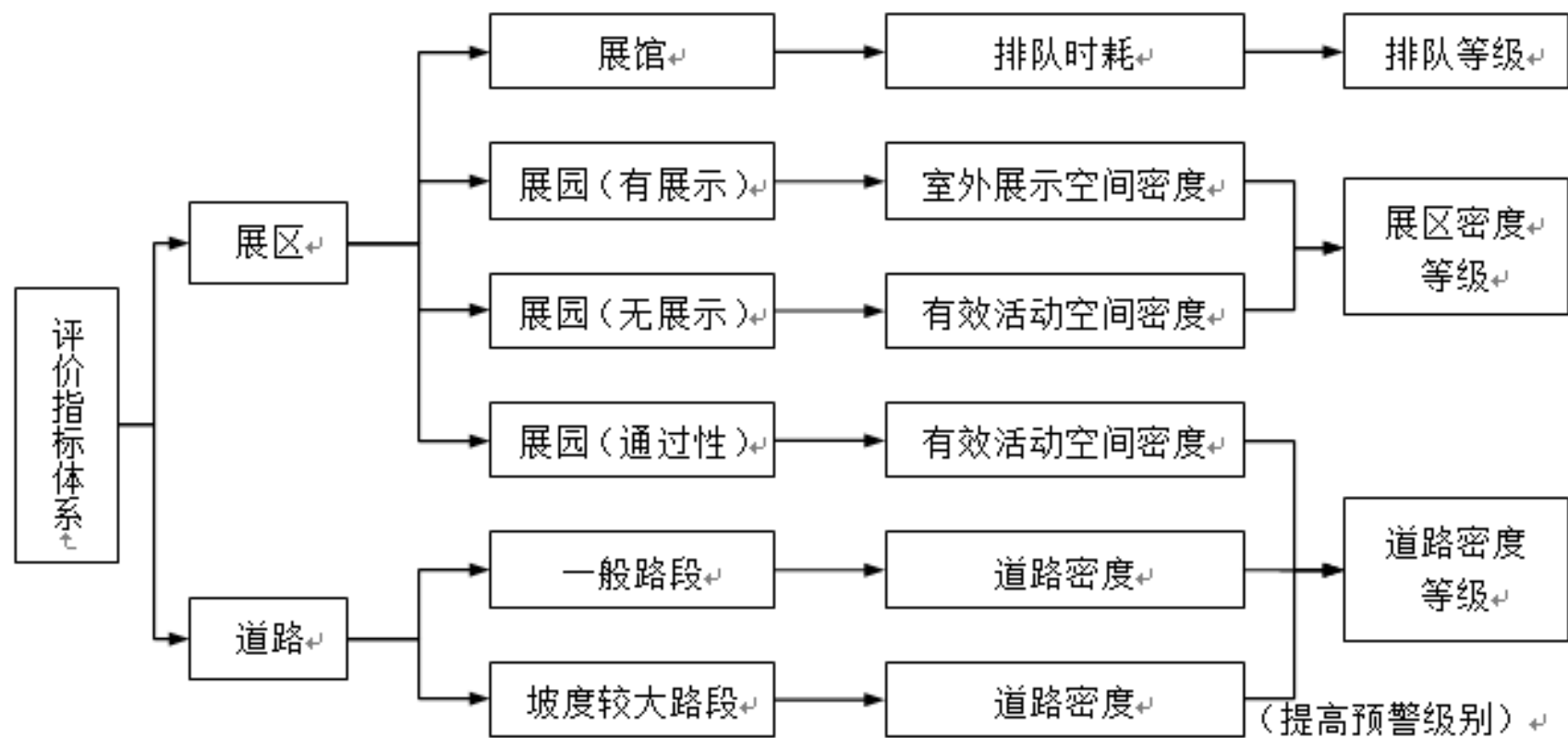


图 3- 不同对象评价内容及指标

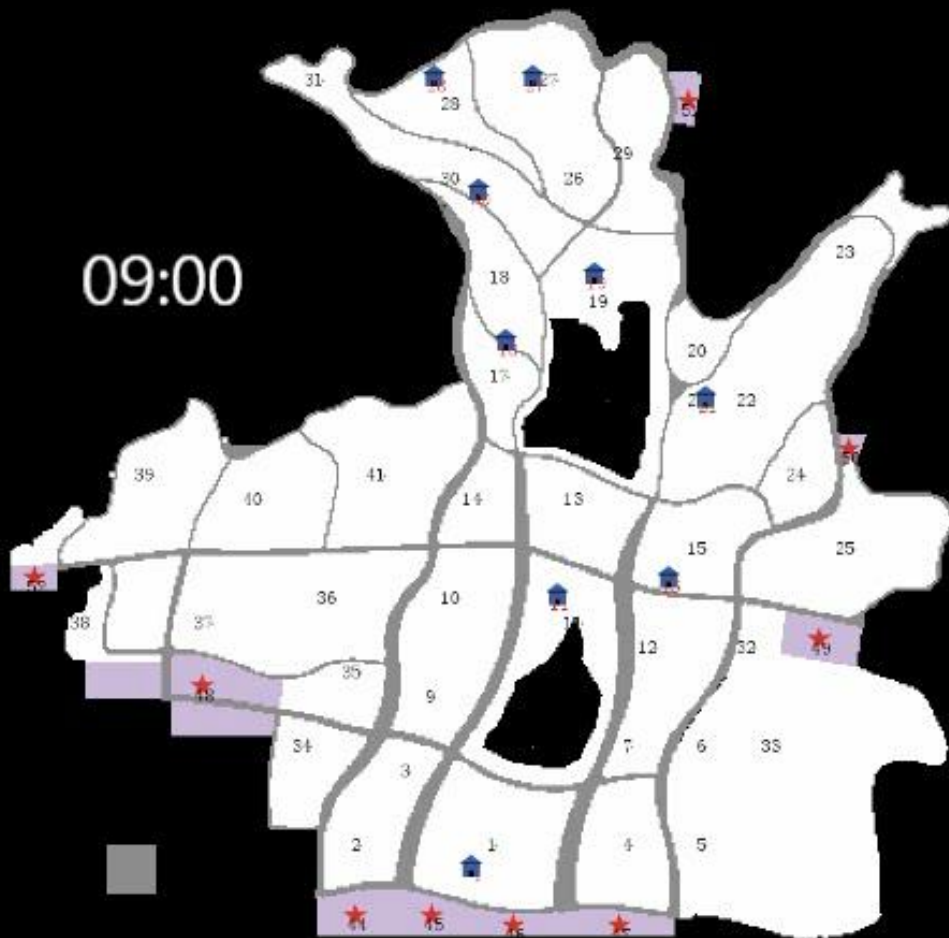
道路评价标准

服务等级	密度 (人/m ²)	图示	描述
通畅	< 0.2		参观者可以自由行走，相互穿越时不会产生冲突
略受阻	0.2-0.34		有一定的空间供选择和绕越，对向有轻微冲突
受阻	0.34-0.54		选择路径和纵向绕越受限，横向或反向冲突的概率很高
严重受阻	0.54-1.01		所有参观者的路径会受到限制，纵向绕越或横穿、反向行走十分困难
通行困难	> 1.01		所有参观者的参观路径受到严重限制，不可能纵向绕越或横向、反向行走

30%安全系数

10万人 预警

09:00

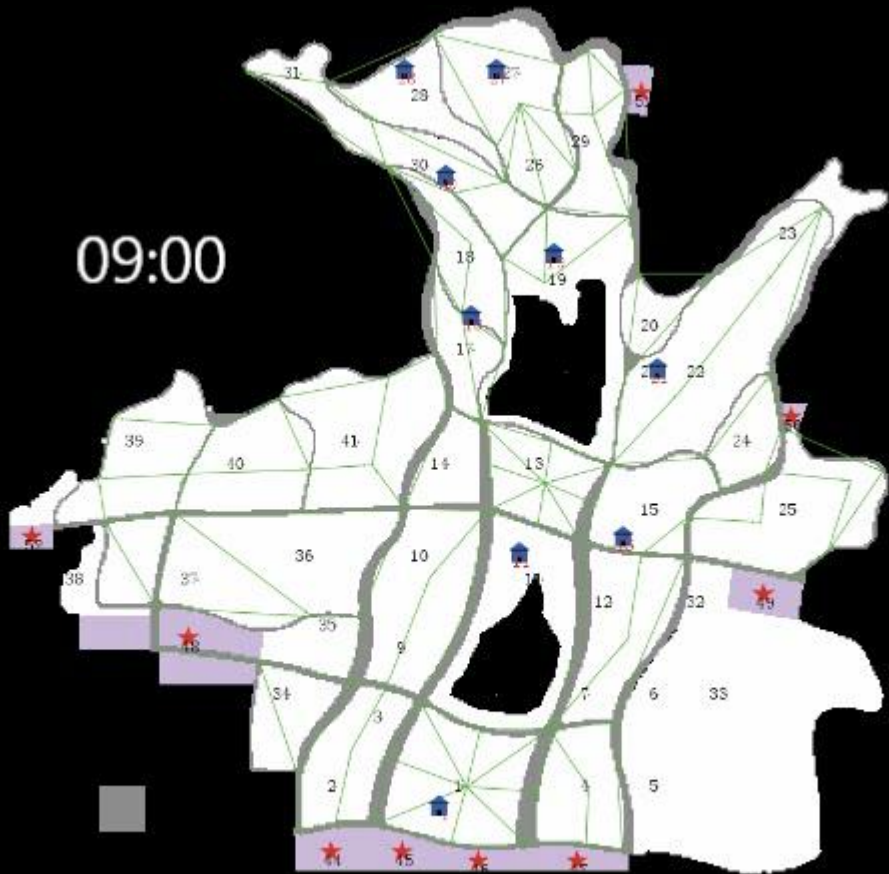


10万人
排队

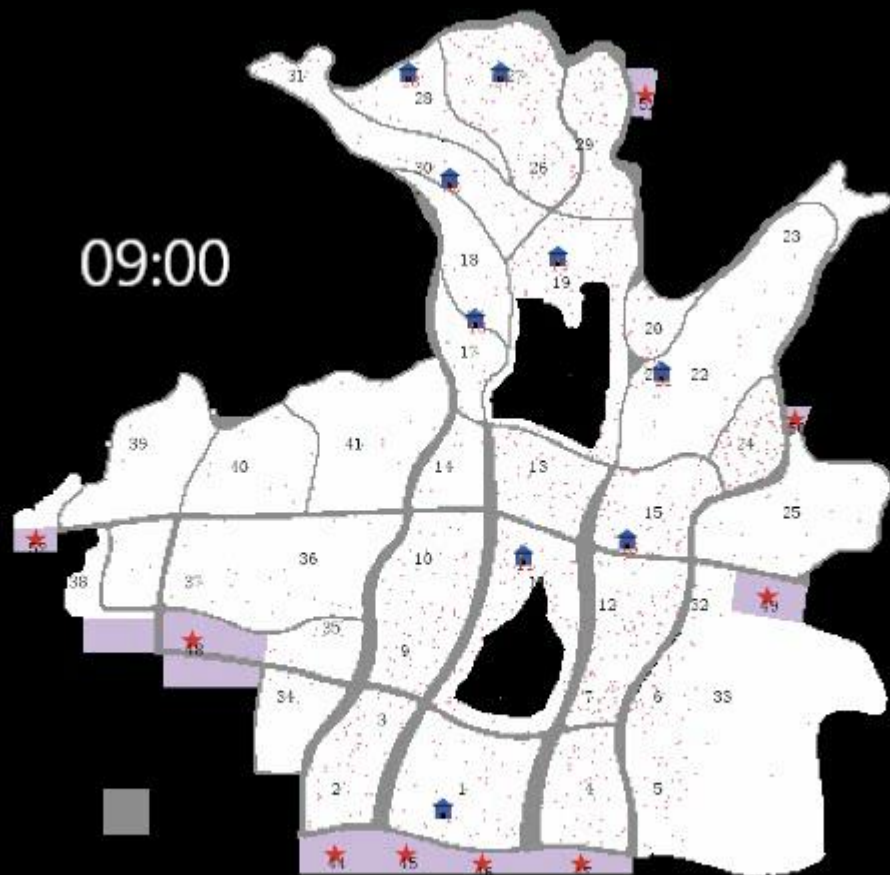


10万人 道路

09:00

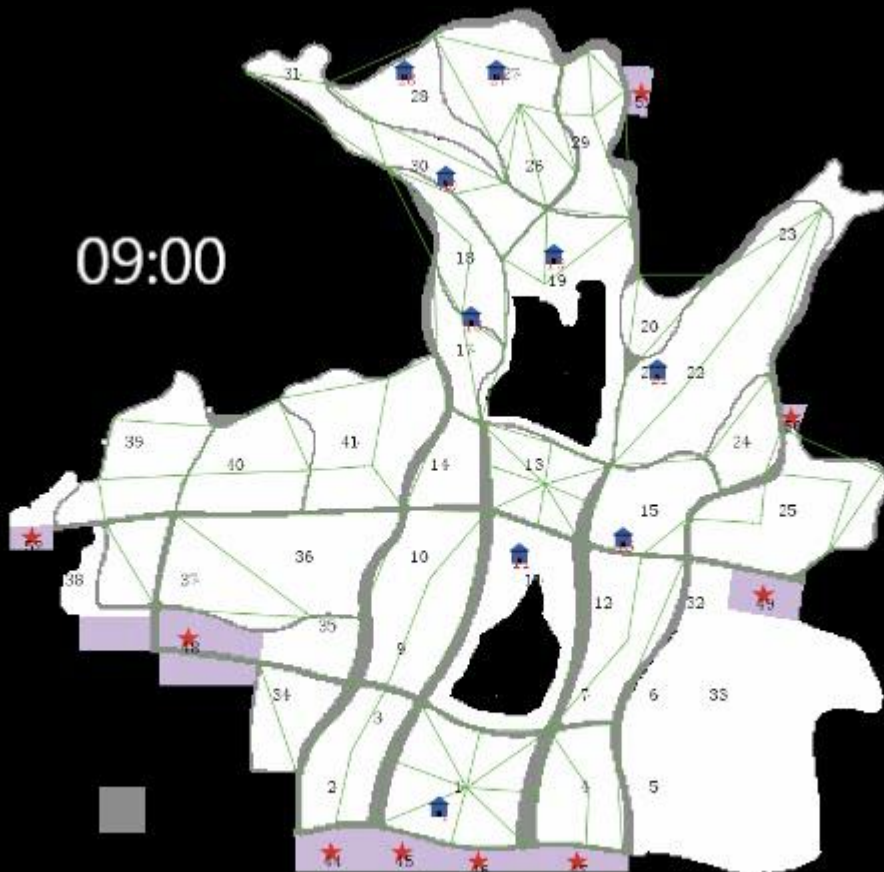


30万人 模拟



30万人 道路

09:00



总体活动

人数高峰时间为13:00

10万：7.1万

16万：11.2万

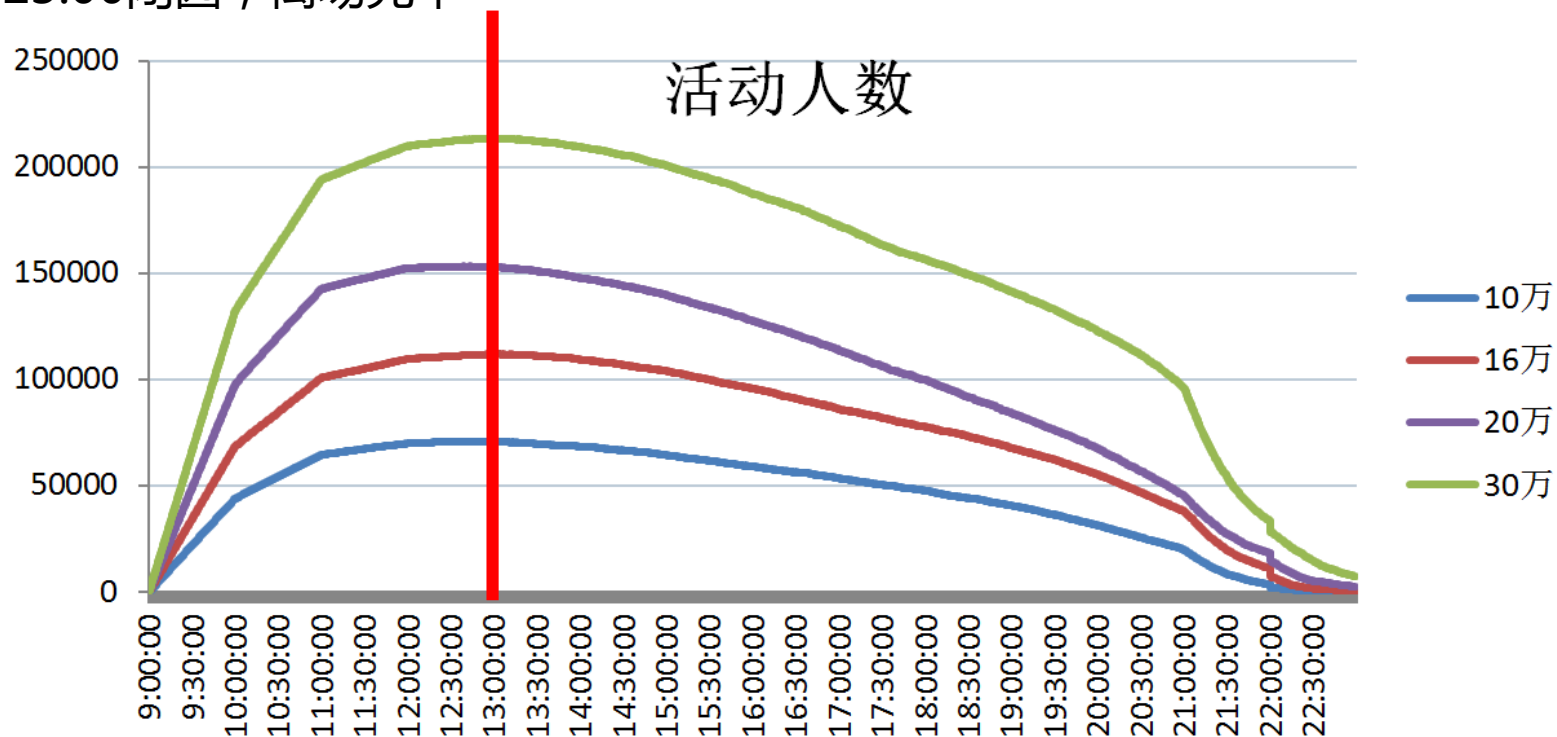
20万：15.3万

30万：21.4万

参观总人次 (万人)	高峰人数 (万人)	人均参观个数	人均参观时耗 (小时)
10	7.1	6.9	6.5
16	11.2	6.6	6.6
20	15.3	6.7	6.9
30	21.4	6.3	6.9

21:00闭馆

23:00闭园，离场完毕



各类活动的人数

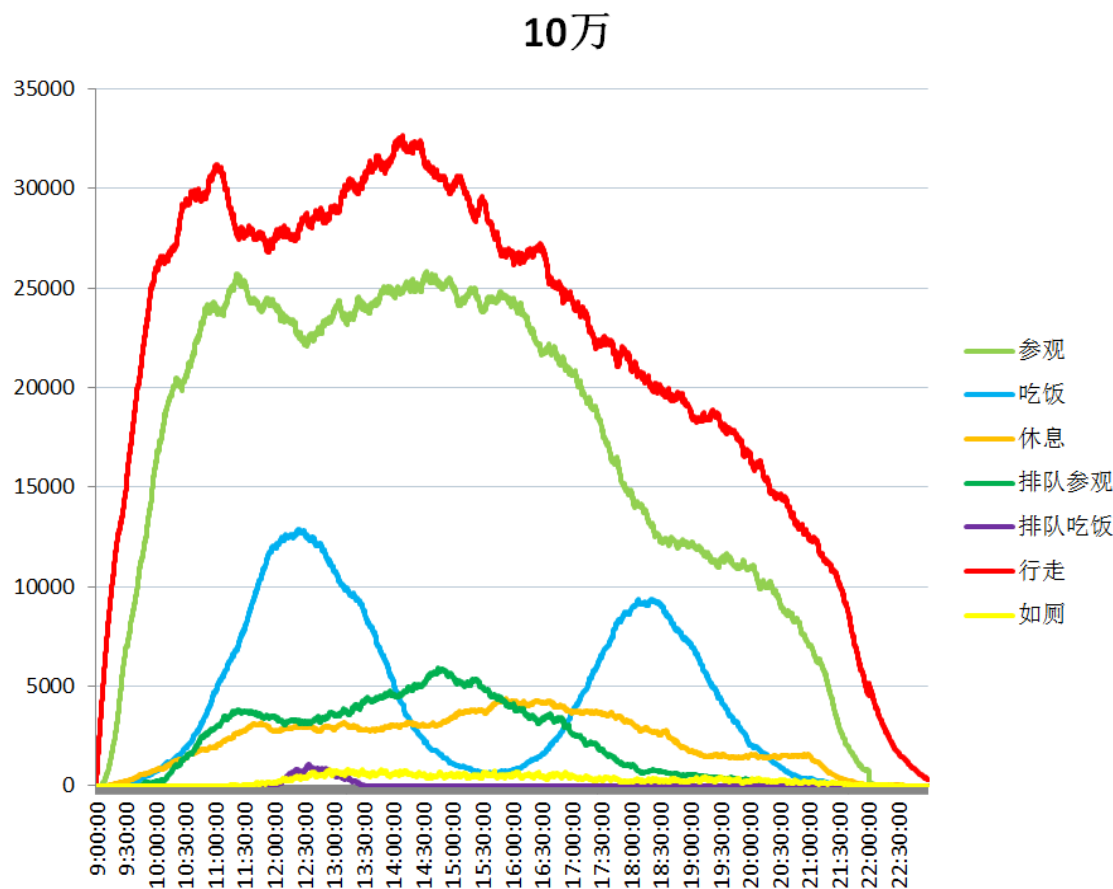
1：行走比例最高，峰时14:00

2：参观比例其次，峰时11:00

3：排队参观，峰时15:30

4：就餐，午饭高峰12:30，晚饭高峰18:30

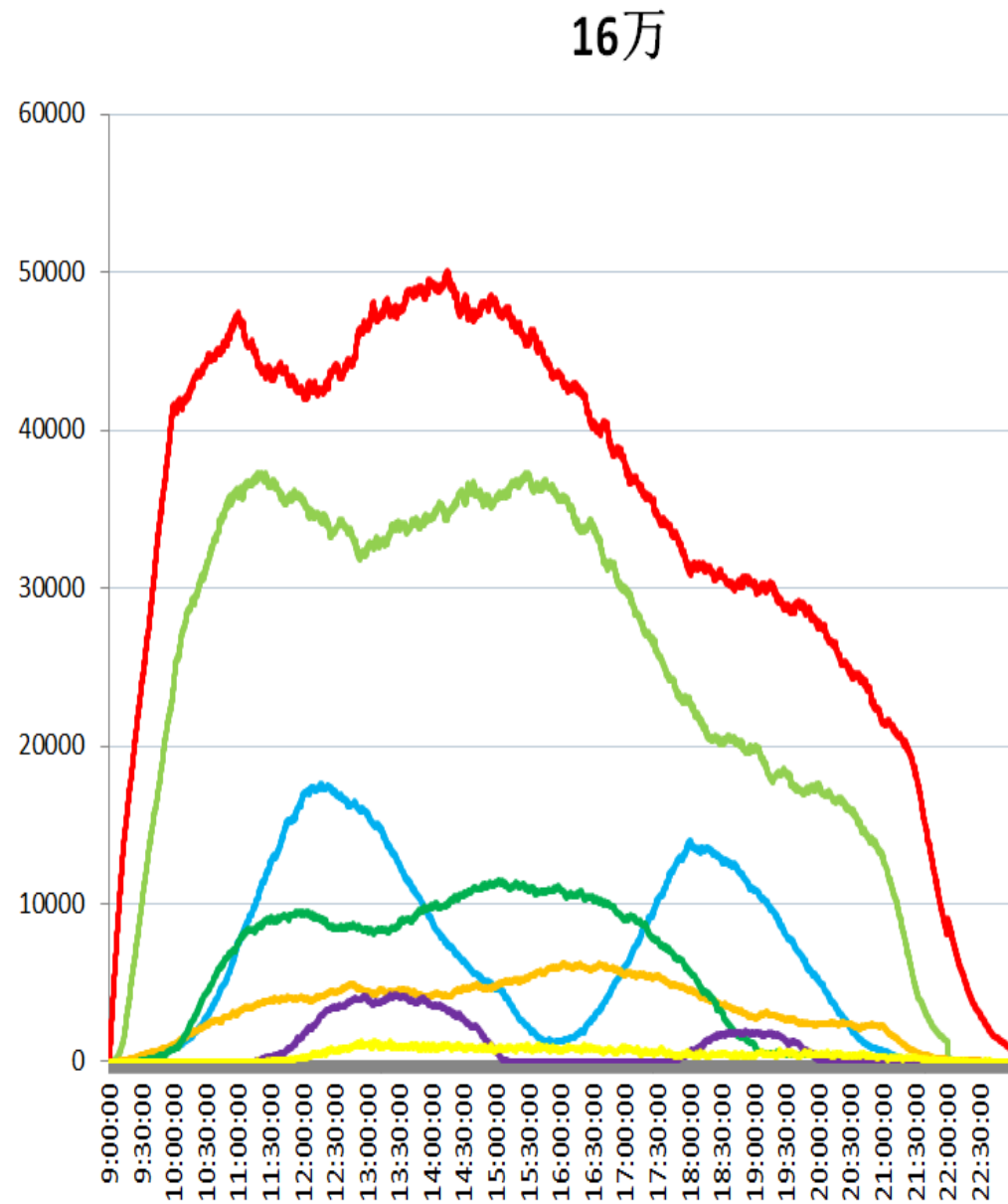
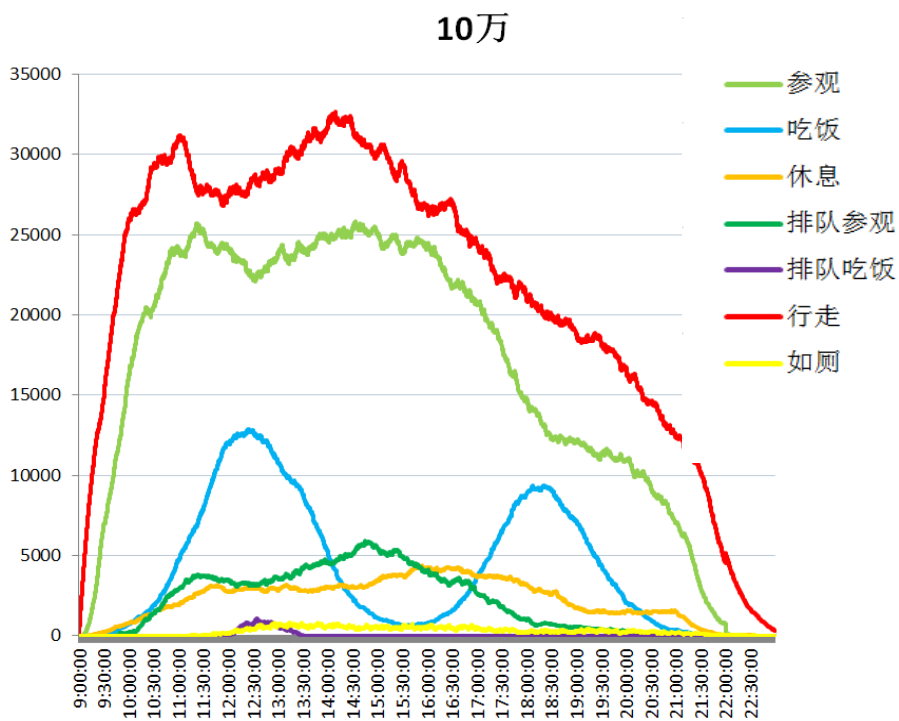
5：休息，比较平均



16万:10万

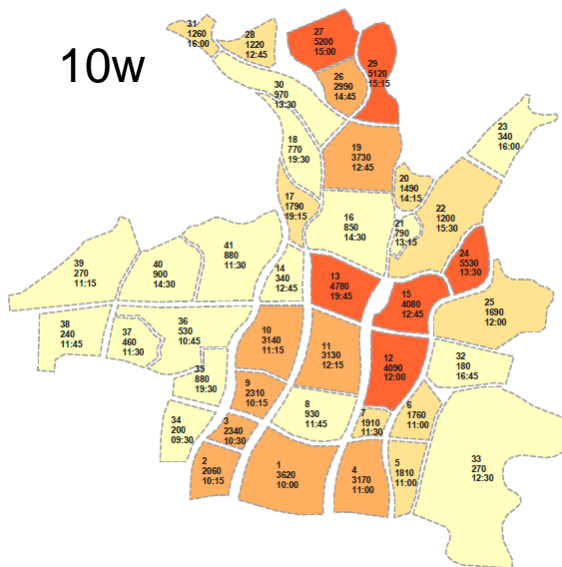
各类活动按比例增长

午饭排队高峰明显增长，结束时间延续到15:00

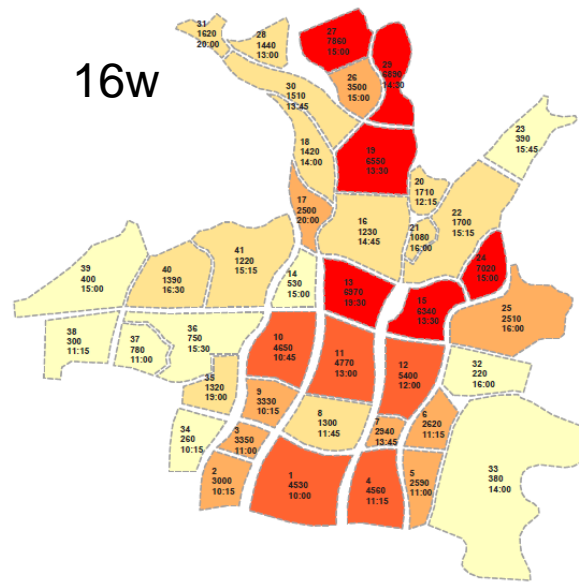


高峰总人数

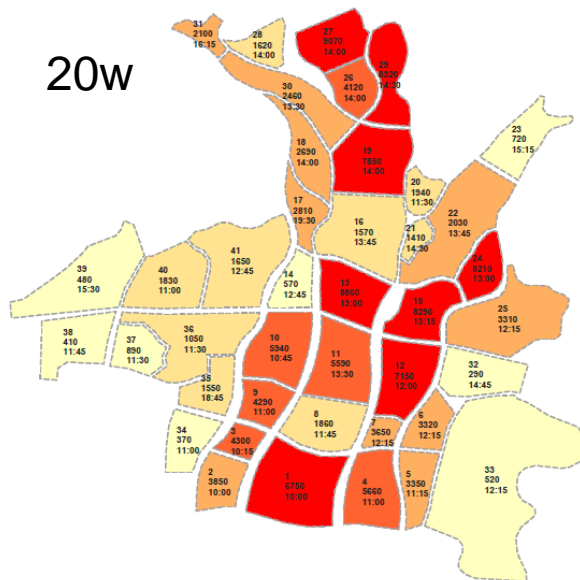
10w



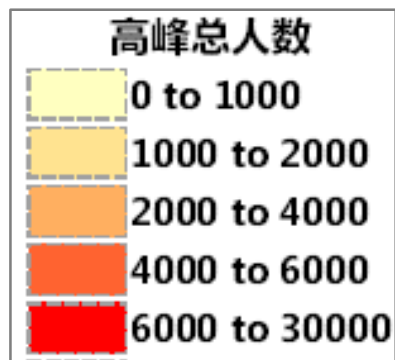
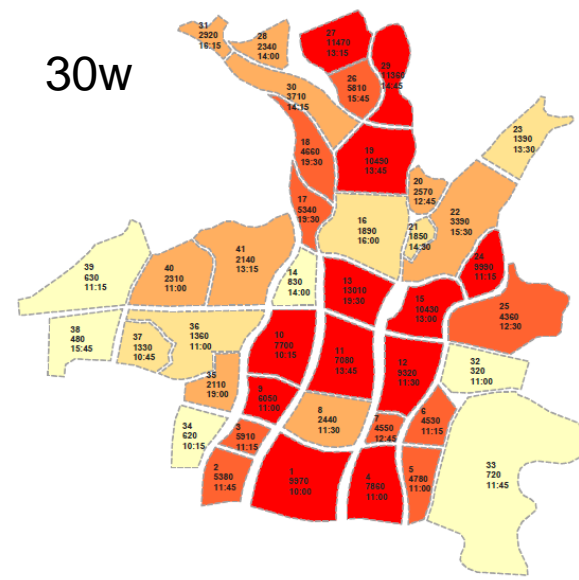
16w



20w

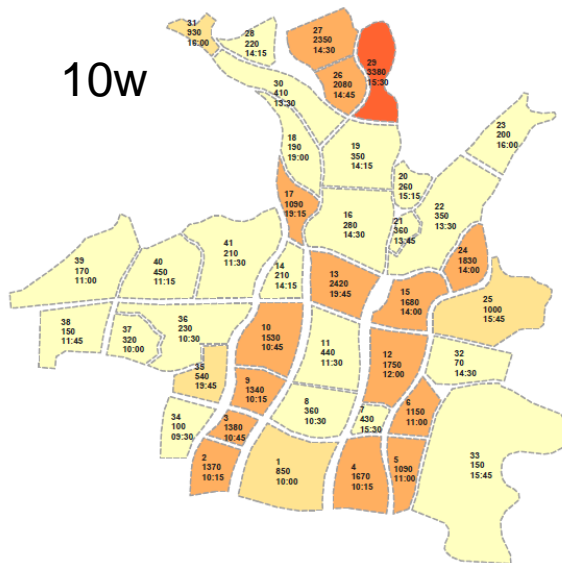


30w

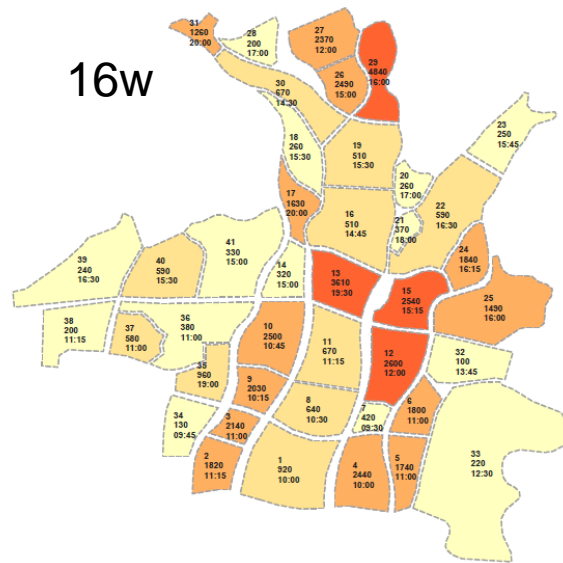


高峰参观人数

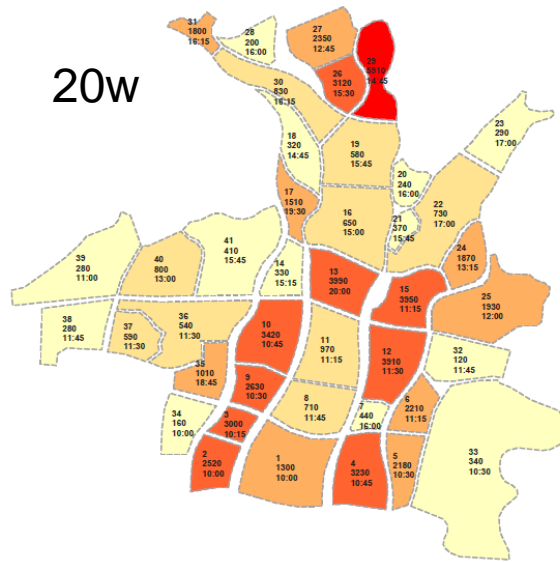
10w



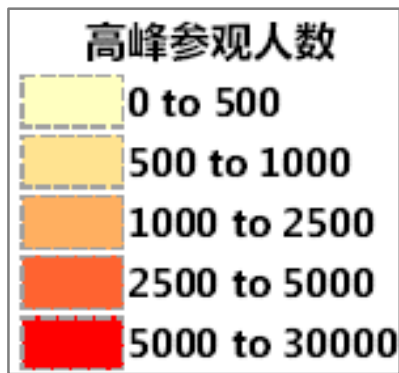
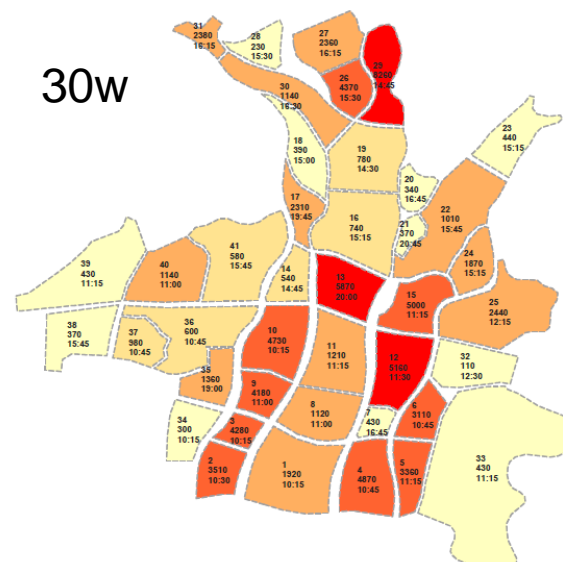
16w



20w

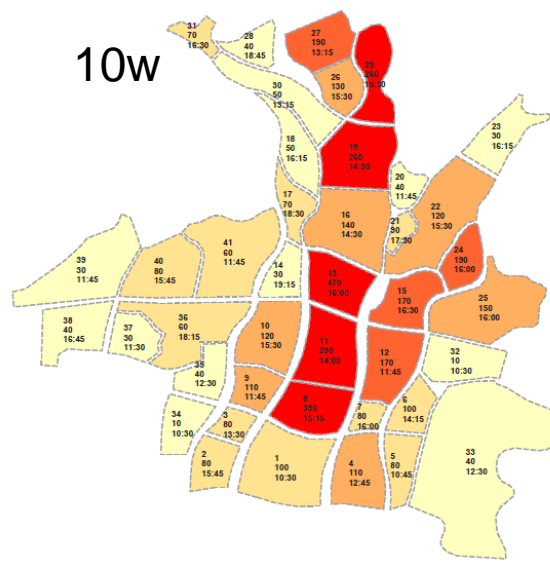


30w

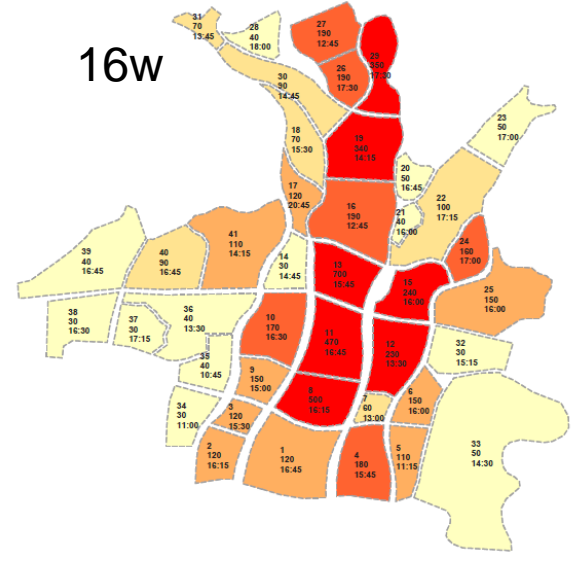


高峰休息人数

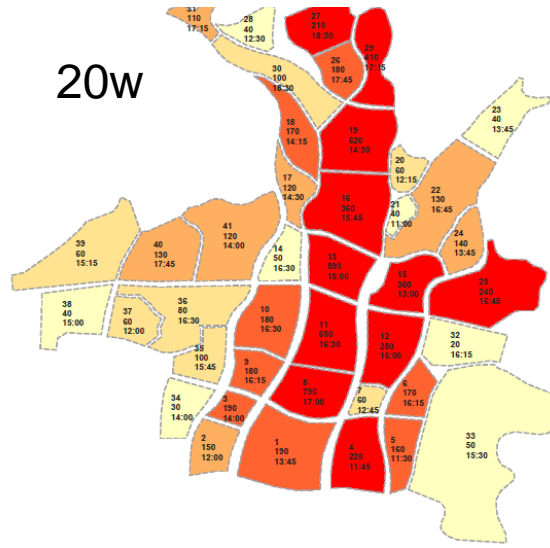
10w



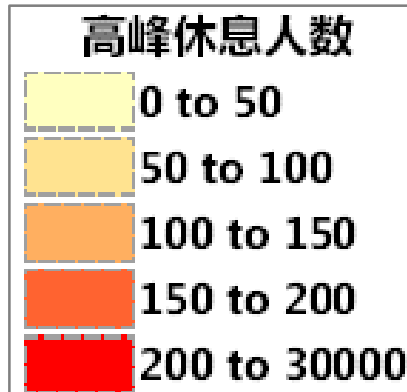
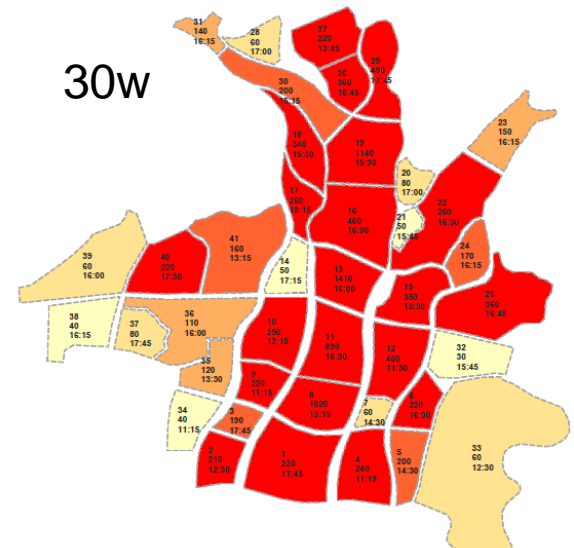
16w



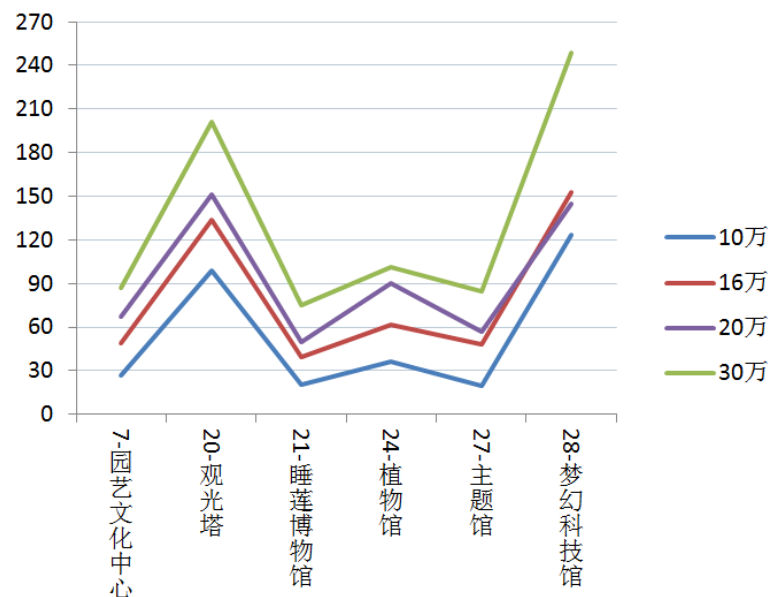
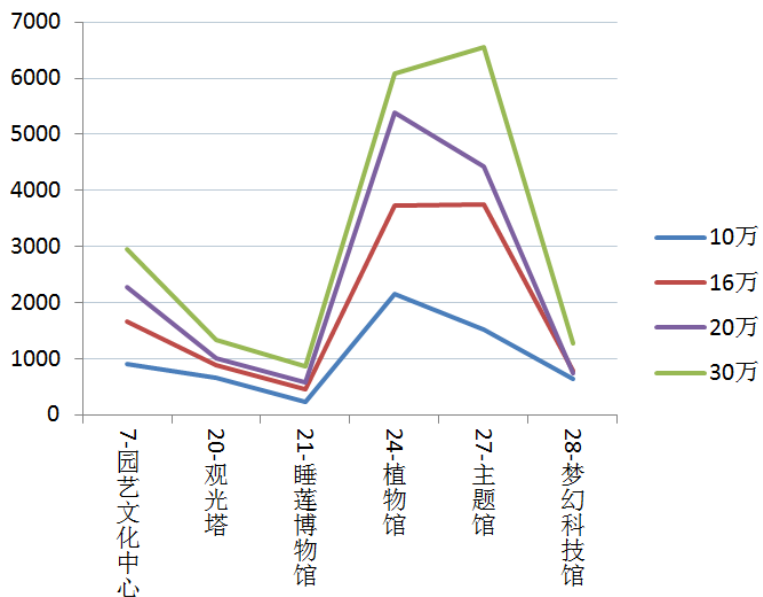
20w



30w



高峰排队人数



排队人数最多：27主题馆

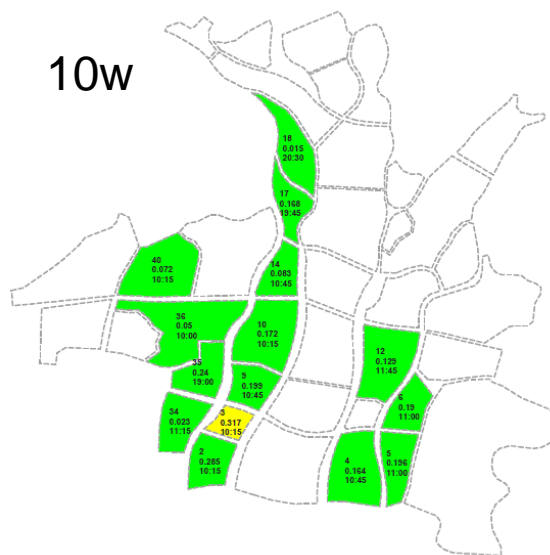
排队时耗最长：28梦幻科技馆

6个需要排队的点：

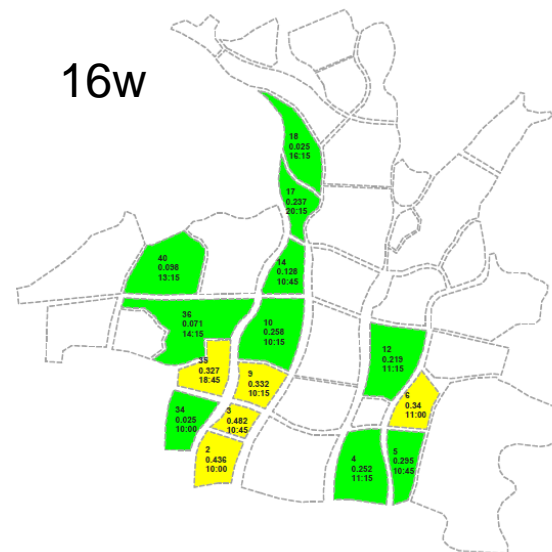
7-园艺文化中心、20-标志物、21-睡莲馆、24-植物馆、27-主题馆、28-梦幻科技馆

高峰室外展示空间密度

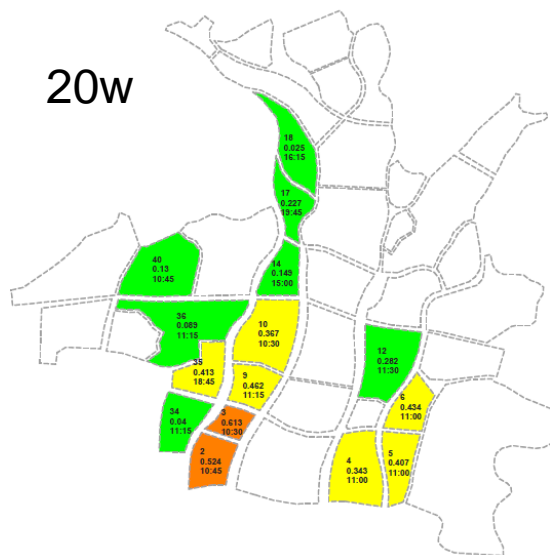
10w



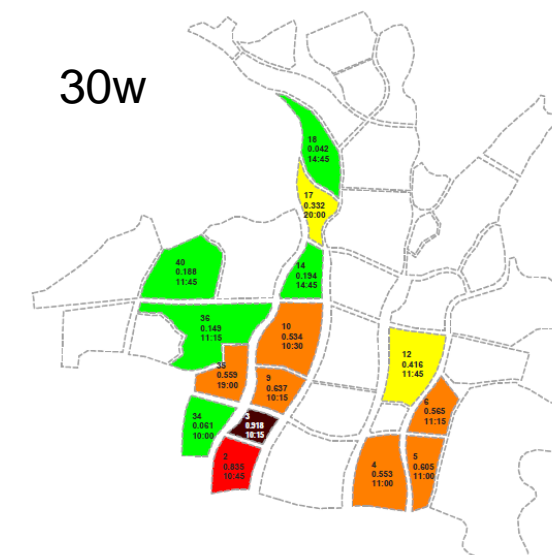
16w



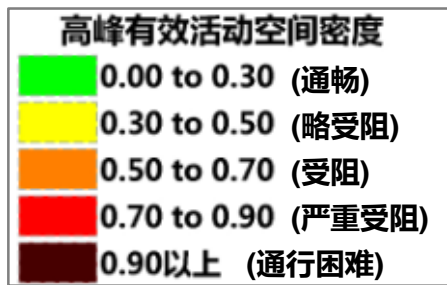
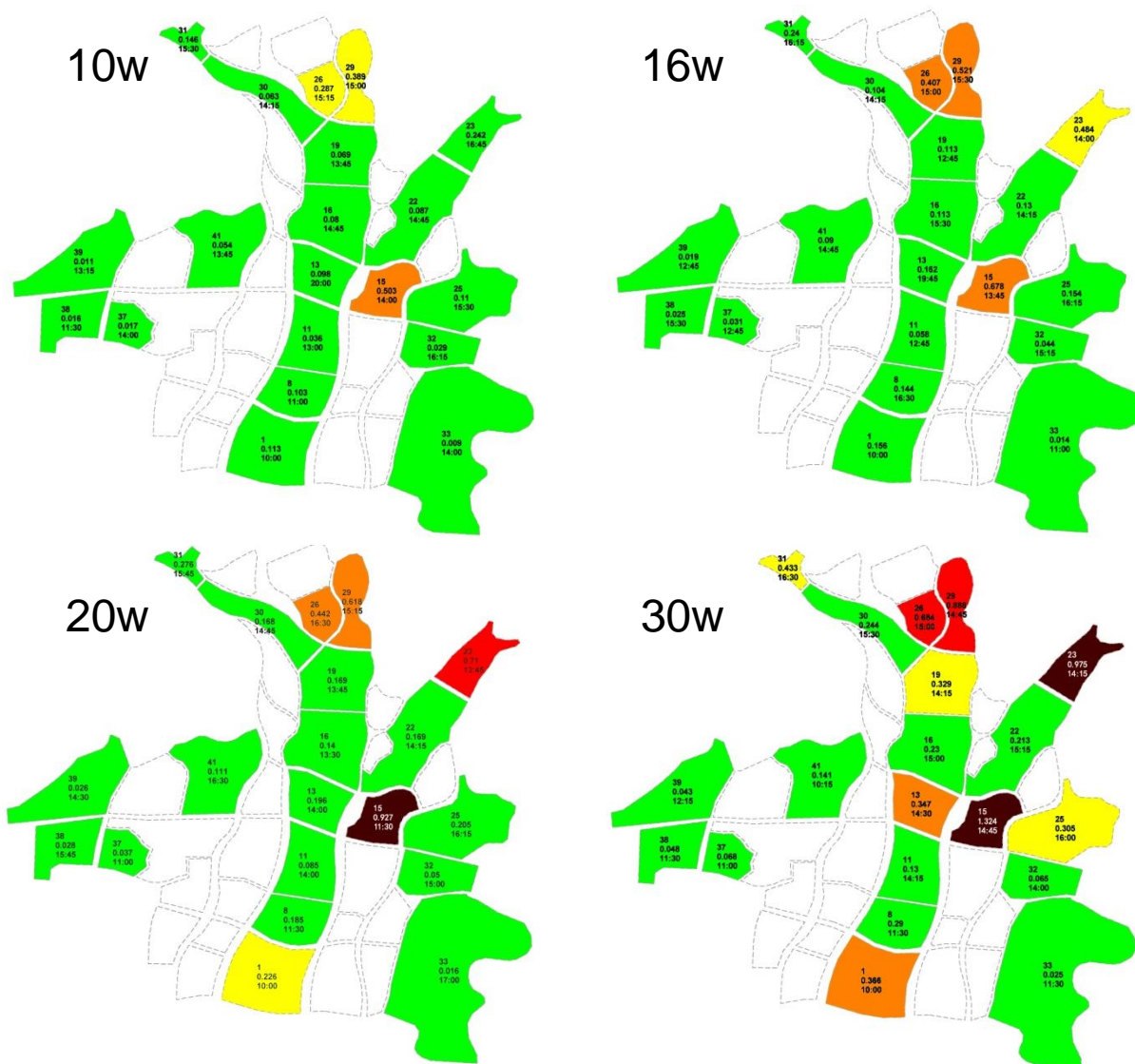
20w



30w



高峰有效活动空间密度



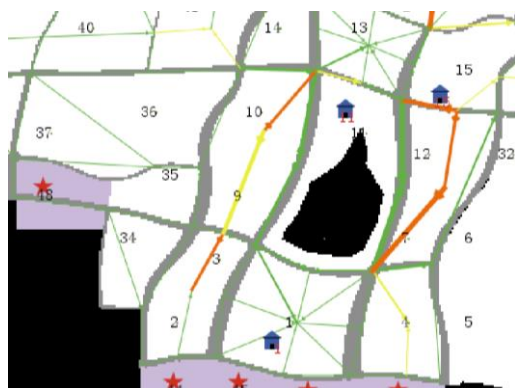
重点展区分析

展区	严重性	情景（万人）	问题对象	主要问题	持续时间
1-鲜花大道	低	30	有效活动空间	略受阻	较短
2-国际园接待中心	低	16	室外展示空间	略受阻	较短
	一般	20	室外展示空间	略受阻	很长
				受阻	很短
	较高	30	室外展示空间	略受阻	很长
				受阻	较长
严重受阻				较短	
3-国际园南	低	10	室外展示空间	略受阻	很短
	低	16	室外展示空间	略受阻	较短
	一般	20	室外展示空间	略受阻	很长
				受阻	较长
	较高	30	室外展示空间	略受阻	很长
				受阻	较长
				严重受阻	较短
			通行困难	很短	
4-中华园南	低	20	室外展示空间	略受阻	较短
	低	30	室外展示空间	略受阻	较长
				受阻	很短

道路：10万人情景，地池附近



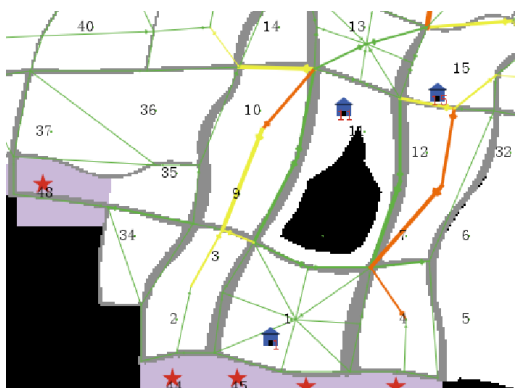
10:00



12:00



14:00



16:00



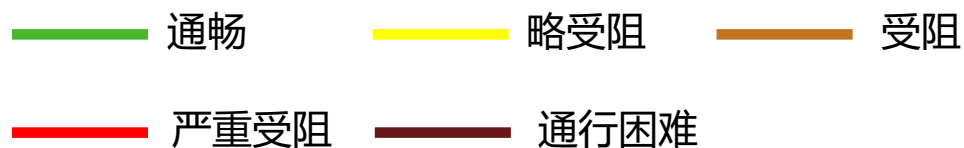
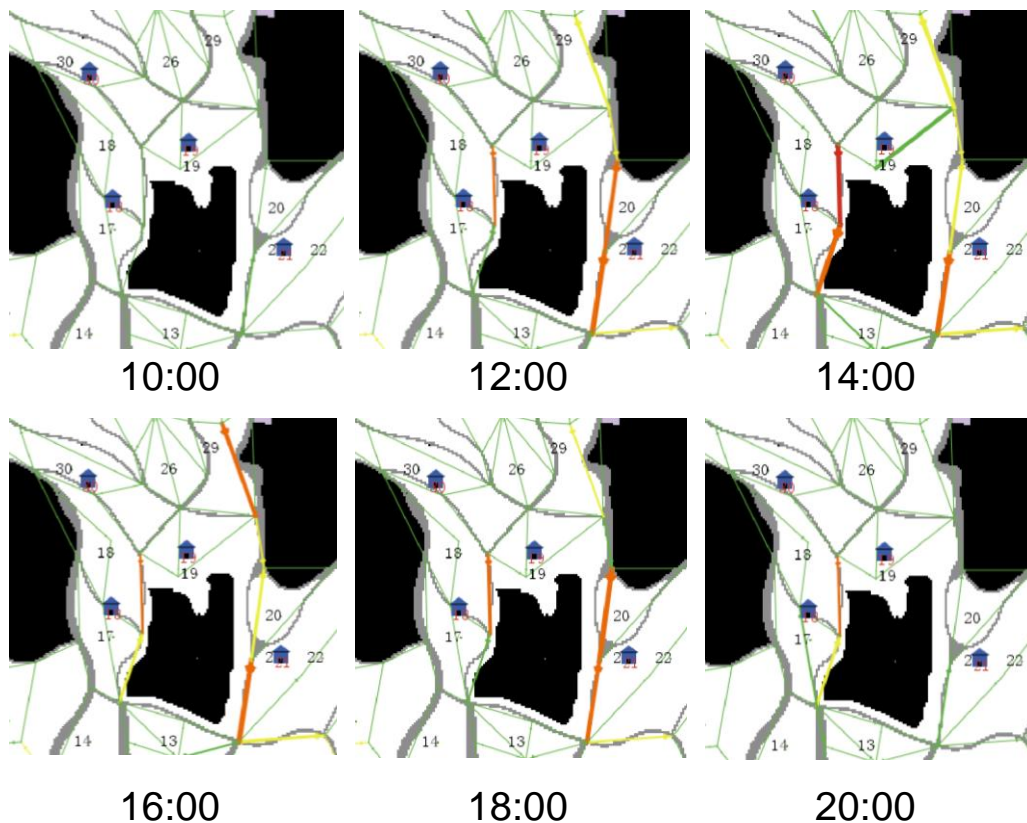
18:00



20:00

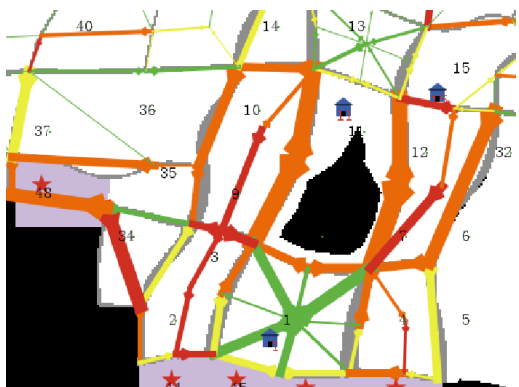
畅通 略受阻 受阻 严重受阻 通行困难

道路：10万人情景，天水附近

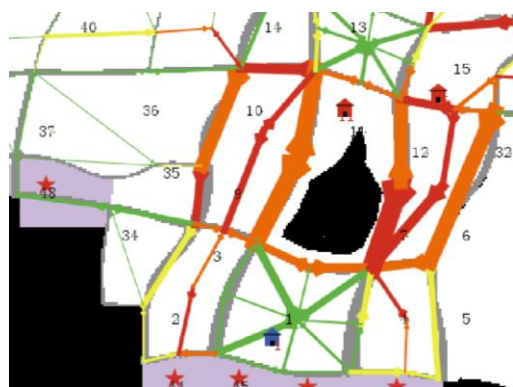


- 地池附近的七彩飘带持续出现受阻情况，偶尔发生严重受阻；
- 中午，天水两侧的杜仲路（东侧）、水杉路（西侧）出现受阻；
- 下午水杉路发生短暂的严重受阻。

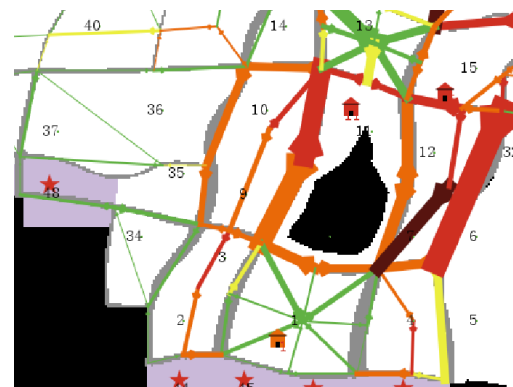
道路：30万人情景，地池附近



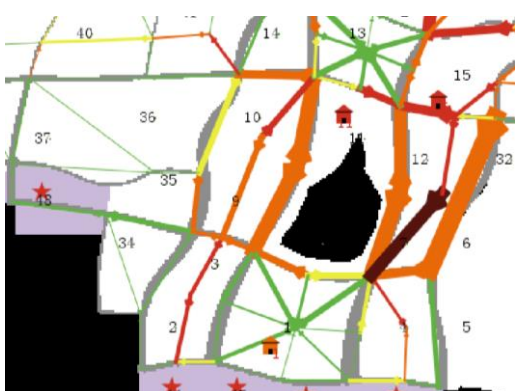
10:00



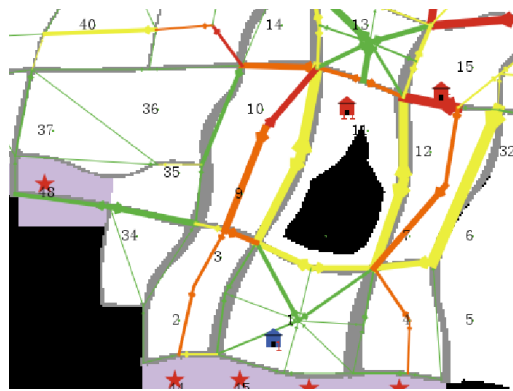
12:00



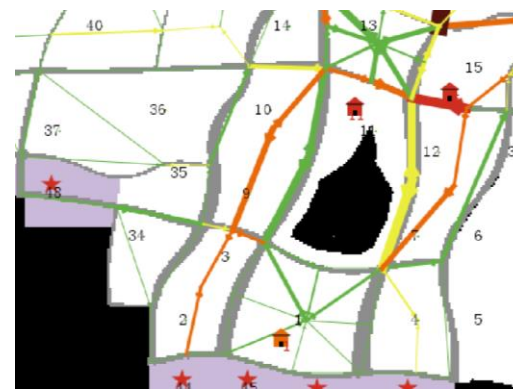
14:00



16:00



18:00

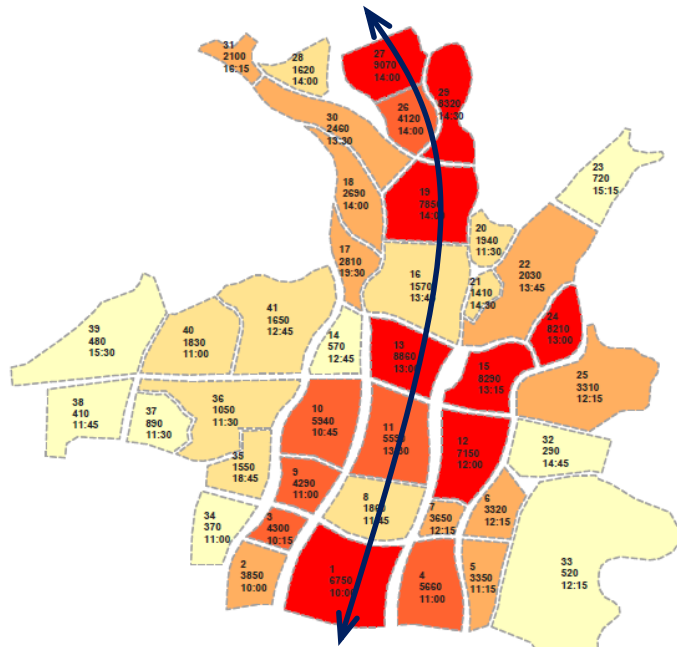


20:00

— 畅通 — 略受阻 — 受阻 — 严重受阻 — 通行困难

主要问题总结

- 南北轴线人流过于密集



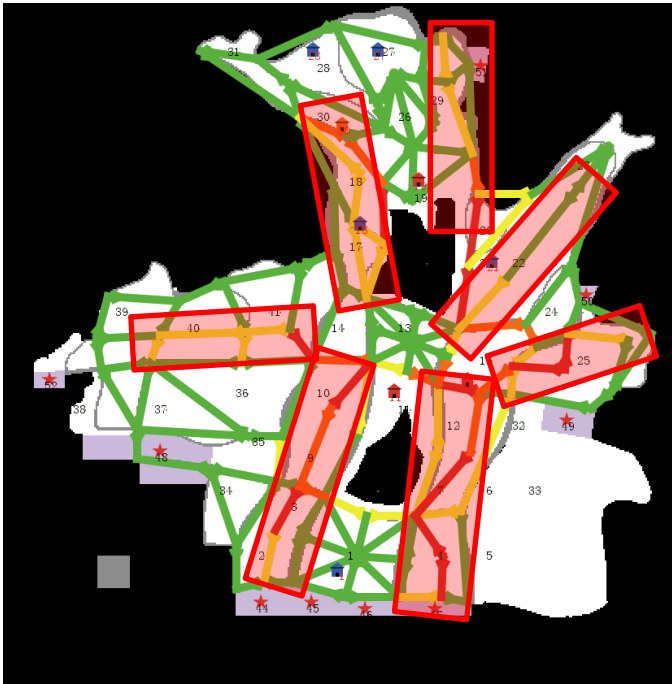
常温20万人展区高峰总人数

- 问题道路主要集中在池和天水地区



主要问题总结

- 七彩飘带的问题大于交通性道路

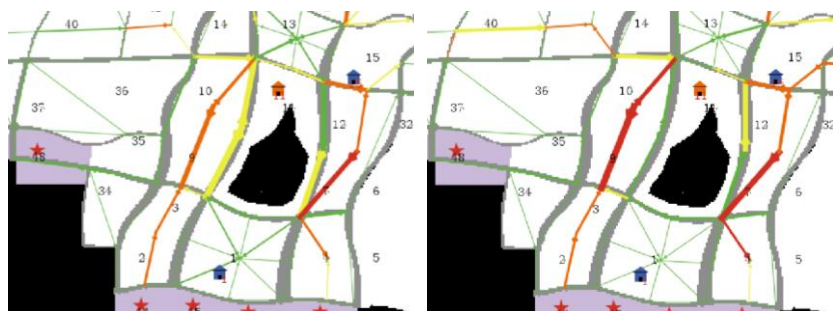


- 天水地区道路人流疏散能力相对不足



主要问题总结

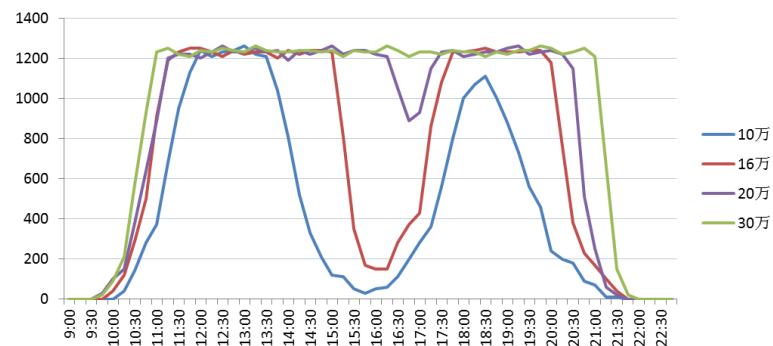
• 高温加剧道路人流不平衡



常温

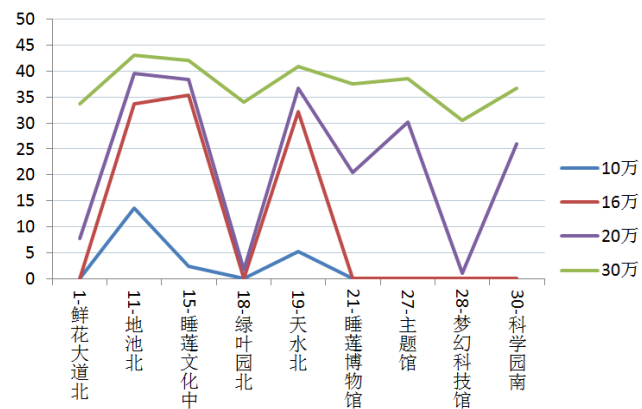
高温

• 展馆与三大餐厅长时间满负荷运行



地池餐厅就餐人数

• 餐厅服务能力总体不足



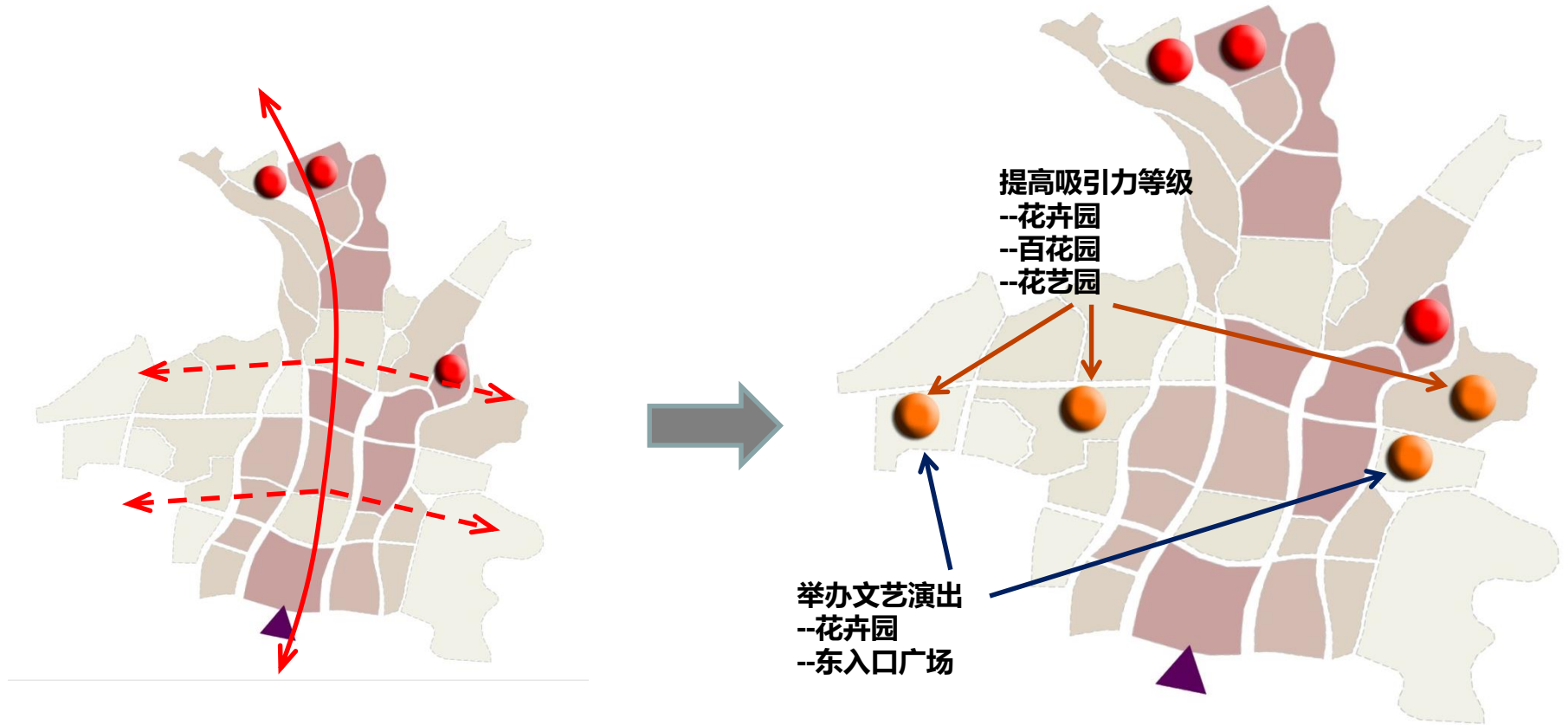
9个餐厅就餐排队

交通组织优化对策



- 基于仿真结果以及问题辨识提出规划与管理两方面对策

规划对策：总体布局



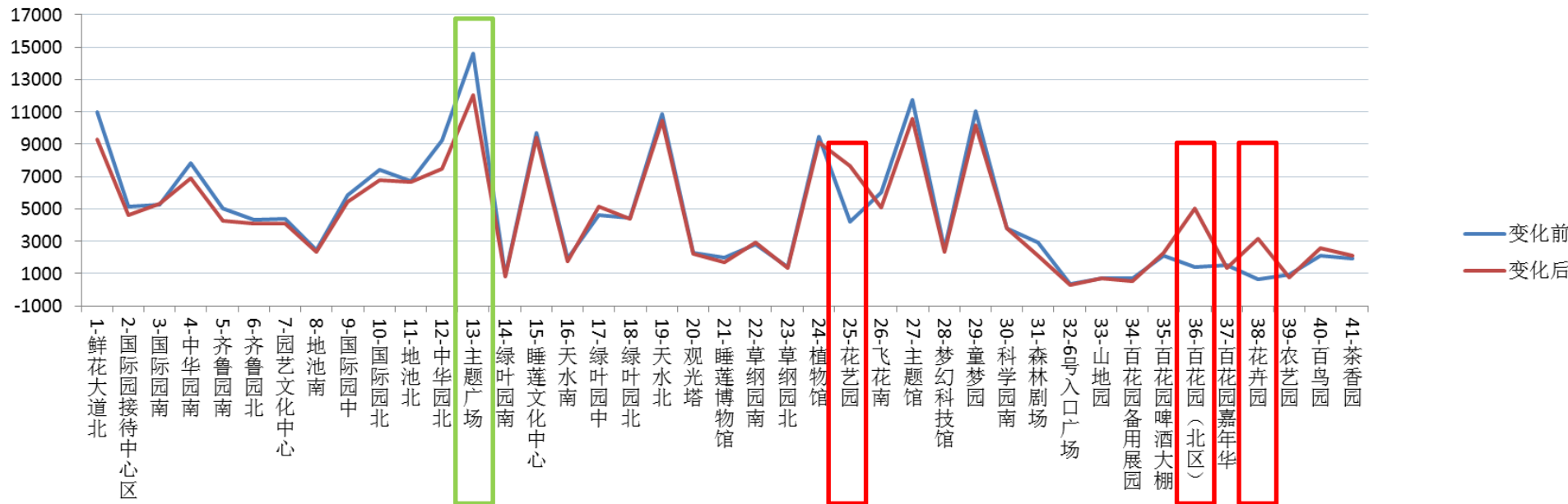
- 强吸引点与主出入口位置使主要人流集中在中轴线；
- 东西端展园没有起到分担吸纳客流的作用，建议增加强吸引点；
- 吸引点分散化，使热点展馆展区均衡化布局。

规划对策：总体布局

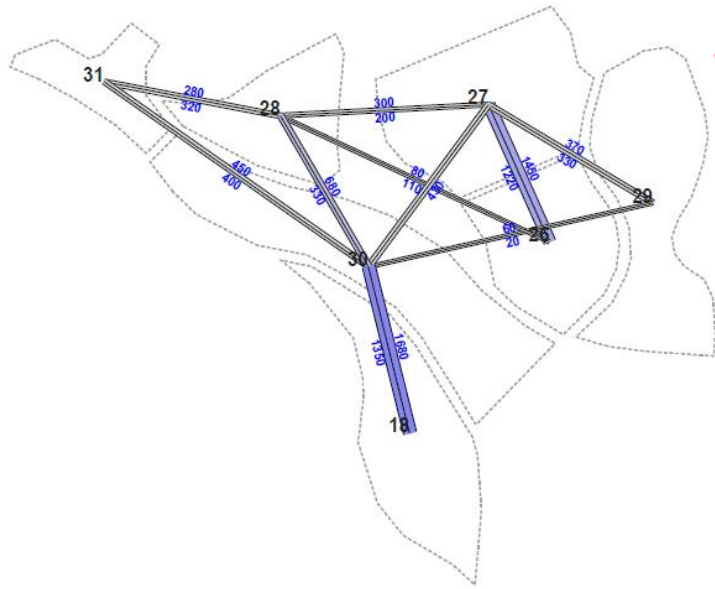
吸引点分散化后的再仿真

- 三个展区参观者数量明显提升
- 其他展区微弱减少，主题广场最多（2000人）

展区高峰总人数变化（常温30万，变化前-变化后）

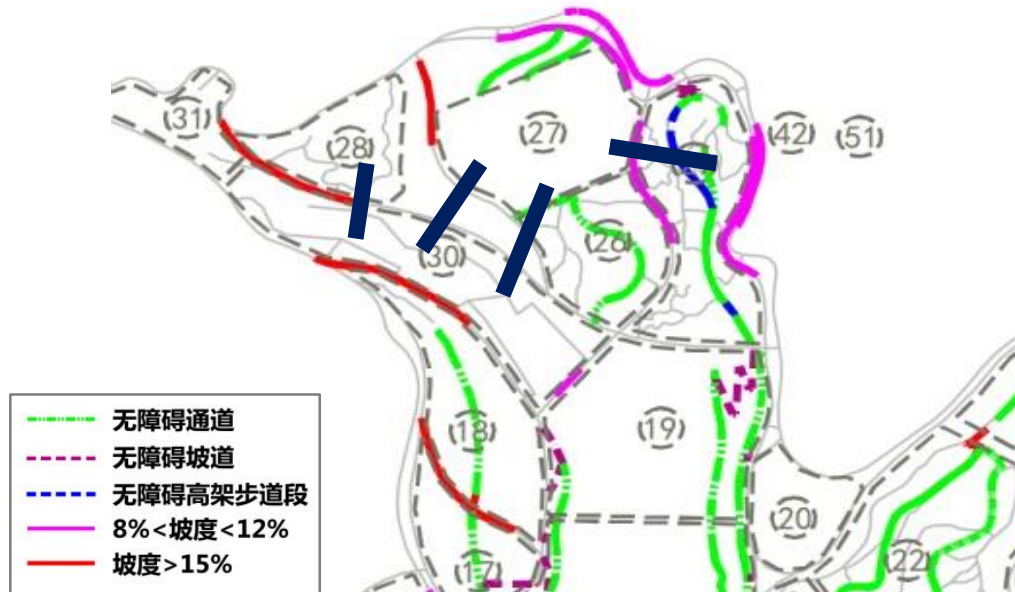


规划对策：局部调整

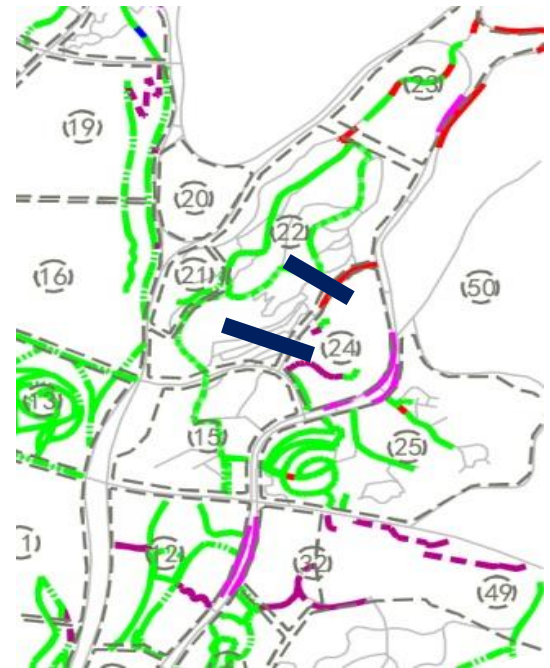


- 在30万人的情景下，部分地形复杂的地块之间的交通量仍将给局部的道路系统带来较大压力，考虑到游客抄近路的行为，一些坡度大的小路可能成为潜在的危险路段。

规划对策：局部调整



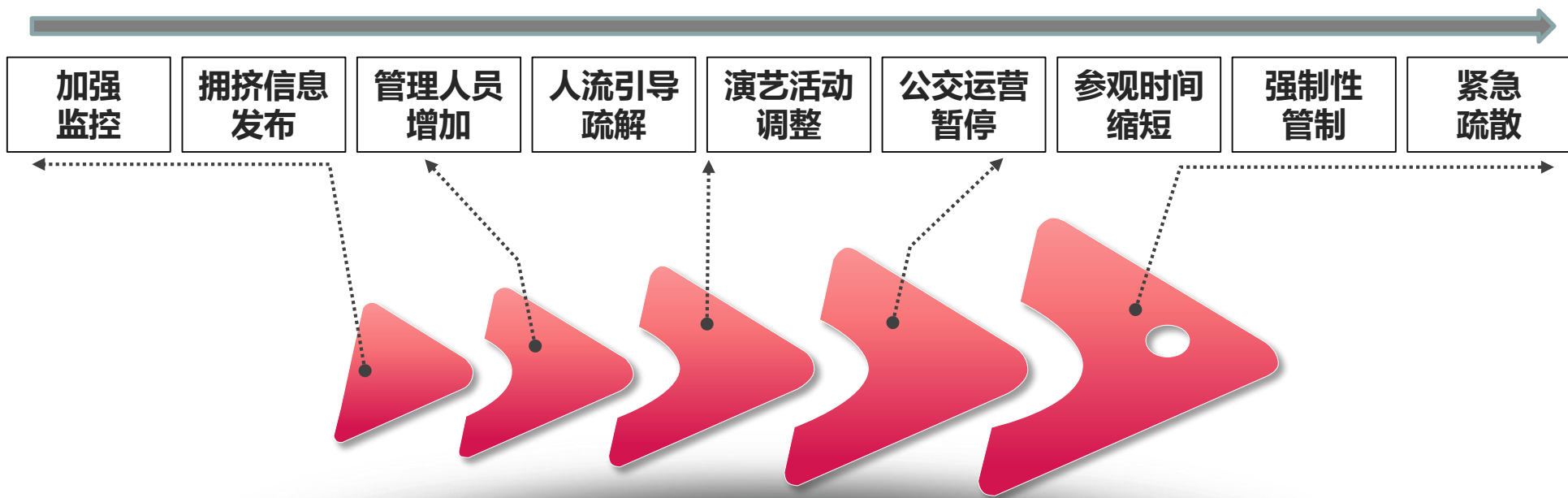
主题馆与科学园、童梦园通道



植物馆与睡莲博物馆、草纲园西区通道

- 增加大客流展馆与周边展园的便捷集散通道，对于主题馆，建议增加三条直达通道集散科学园方向人流，增加与童梦园连接通道一条；另外植物馆与睡莲博物馆、草纲园西区方向的也需要增加两条便捷通道。

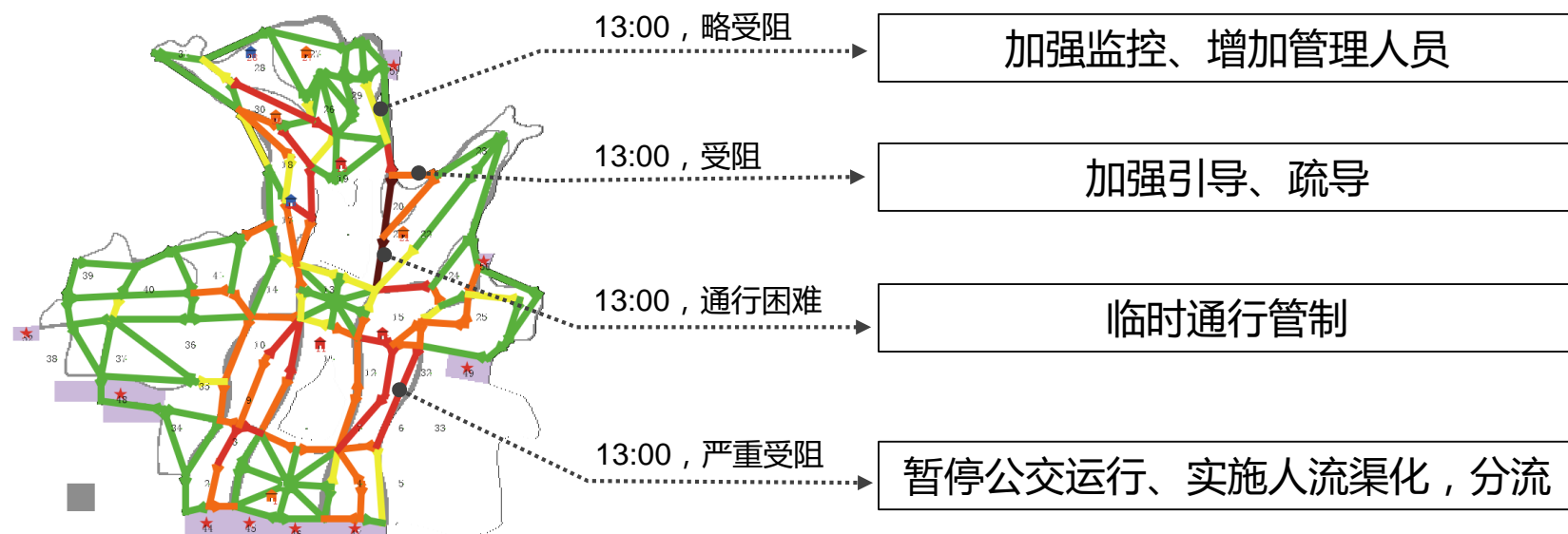
管理对策：对策集



- 按问题严重性的高低，共9类对策；
- 实施原则为向下并用，高等级对策实施的同时原则上低等级对策同时启动。

道路拥挤预警等级与管理对策

预警级别	对策
略受阻	加强监控、增加管理人员
受阻	加强引导、疏导
严重受阻	暂停公交运行、实施人流渠化，分流
通行困难	临时通行管制



- 谢谢聆听，请批评指正！