

基于疏散效率的商场内部儿童游乐设施优化布局研究

张孝坤

河北建筑工程学院 河北 张家口 075000

【摘要】近些年来，随着城市化进程的不断加速，家长对儿童成长教育方面的投入呈现出递增的趋势，商场内部儿童游乐与教育区域也随之扩张。突发事件发生时，这些区域的主要服务对象——儿童作为弱势群体，其被动性较高。本论文以张家口市某商场内的儿童游乐设施为研究对象，以多种设施的不同的布局方式对于疏散效率的影响作为切入点，建立仿真疏散模型，提出针对性的优化策略，最终根据结果优化儿童游乐设施的布局方式，提高整体的疏散效率。

【关键词】紧急疏散；儿童游乐设施；疏散效率；Anylogic；仿真模拟

引言

如今，物质基础的充盈与生活条件的改善，使得作为日常消费活动载体之一的商场，衍生出大量与儿童相关的业态。商场内的儿童游乐区域在节假日等时间会出现大量人群聚集的现象，一旦产生突发事件，作为弱势群体的儿童会影响整个人群的疏散效率。因此，此次研究通过 Anylogic 仿真模拟，以儿童紧急疏散为切入点的研究对提升商场内总体的紧急疏散效率有着重要意义。

1 研究背景与意义

调查研究表明，目前国内商场儿童相关业态的引入率已经达到 80% 以上，但设施布局的科学性滞后于消费需求的增长^[1]。多数商场在初期规划时未能将全部的使用场景考虑其中，因此可能存在诸多系统性问题。另外，现行建筑设计的相关规范多建立于成人的行为模式之上，对于儿童群体并不友好，使得儿童聚集的区域在应急方面存在一些理论空白与安全隐患。此次研究将多学科融合，聚焦于儿童游乐区域的空间优化，具有理论与实践的双重意义。从理论层面看，通过 Anylogic 仿真模拟平台建立儿童疏散模拟的模型拓展了传统的建筑学研究方法，为商场内的布局设计提供了量化分析的途径。从实践角度讲，商场内的儿童游乐设施布局可以参考此次研究成果，后期针对主题公园、儿童剧院等相关场所也可进行研究拓展。

2 儿童游乐设施区域概况

2.1 游乐空间环境特征

在实地走访的过程中，对多家商场内的儿童游乐区域进行了平面图的收集，本次研究选取的是 1000 平方米左右的大型儿童游乐区域。此种规模下，儿童游乐设施的种类较为丰富，能够形成较为复杂的疏散场景，

与此同时，大型儿童游乐区域所能容纳的儿童人数也较多，可以满足高密度荷载的模拟需求^[2]。

本次研究以张家口市某商场作为研究对象。该商场的儿童游乐区域位于商场的三层中庭，为两层的通高空间，空间上方为玻璃顶面，游乐区域面积在 1200 平方米左右。该区域的构成较为复杂，包含了多种游乐设施。

2.2 儿童疏散行为特征

儿童与成人群体在紧急疏散时存在差异，疏散行为的特殊性会在一定程度上影响疏散时的疏散效率。行为模式上，多数儿童会因为事发突然而触发三种反应：结伴行为导致群体的决策时间延长；木鸡行为导致出现突发性的静止现象；徘徊行为导致决策能力降低。生理层面上，因身高限制导致儿童的视觉范围狭窄，难以在短时间内合理规划逃生路线。另外，从社交距离方面来看，儿童能接受的社交间距阈值低，更容易形成拥堵点。综合上述原因，儿童会在疏散过程中使得失序性显著提升，出现跌倒、冲撞的概率更大，从而使得疏散效率大幅度下降。

2.3 儿童游乐设施特征

将调研过程中的该商场的儿童游乐设施按尺寸与疏散难度划分为大、中、小三类，方便后期使用 Anylogic 仿真实验分析其组合布局对疏散效率的影响^[6]。

将该商场内的各类设施的数据设置为：

（1）大型设施：攀爬网架（10m×8m， $\beta=3.0$ ）、海盗船（10m×6m， $\beta=2.5$ ）、彩虹网（直径 6m， $\beta=2.5$ ）、大型滑梯（10m×8m， $\beta=2.0$ ）；

（2）中型设施：充气城堡（6m×4m， $\beta=2.0$ ）、旋转木马（直径 4m， $\beta=1.8$ ）；

(3) 小型设施: 平衡木(3m×2m, $\beta=1.2$)、沙池(直径3m, $\beta=1.0$)、秋千(3m, $\beta=1.0$)。

3 Anylogic 建模与结果分析

使用 Anylogic 进行仿真疏散模拟建模时, 主要包括两方面的内容: 空间建模和行人建模。

3.1 建立疏散模型

(1) 空间建模

在进行疏散环境建模时, 以实际测量得到的尺寸数据为基准, 设置软件中的10像素为1米, 将游乐设施、障碍物与疏散通道等元素使用墙模块进行绘制^[5]。将商场内的现有方案平面图与游乐设施布局调整后的方案平面图分别绘制在软件中, 为后期的疏散模拟做准备。

平面图调整后生成以下四种方案类型: (1) 大型设施靠出口+小型设施分散 (2) 中型设施环绕出口+大型设施边缘化 (3) 小型设施核心化+大型设施放射状分布 (4) 混合分级布局+动态通道。

(2) 行人模拟

本次模拟疏散研究的群体为儿童, 年龄主要分布在3岁至12岁之间, 儿童与陪同家长的人数比例大致为1:1^[3]。在紧急情况发生时, 3-6岁学龄前儿童未进行过相关的消防安全教育, 因此基本不具备自主进行逃生的能力, 7-12岁学龄儿童经历过相关训练后, 反应时间缩短, 行进速度也因惊吓或恐慌而加快。

了解相关数据后, 建立行人疏散的流程, 主要有三部分: 行人产生、行人正常行为、行人疏散行为。1) 行人产生依赖 Ped Source, 设置人群产生的数量及位置, 设置的疏散人数为200人 2) Ped Goto 规定了

运动方向, 可以控制儿童进入游乐区域, Ped Select output 规定了儿童对于游乐设施的选择。正常情况下, 游玩结束后儿童跟随家长通过 Ped Sink 离开 3) 紧急疏散时, 需要模拟现实中的警报响起。添加“FIRE ALARM!”按钮可以自主控制, 也可以设置自动触发。届时, 正在游玩的儿童会在不知所措后, 寻找家长进行逃生。创建集合用于收纳所有疏散楼梯口的 TargetLine 目标线, 然后设置 getNearestShelter 函数, 将其返回值类型设定为 TargetLine, 并在函数内部编写距离判断代码, if (dis>this.distanceTo(target.getX(), target.getY()))^[7]。在模拟的过程中, 系统进行高度精准的计算, 为逃生人群筛选出最近的逃生路径, 实现精准模拟, 为疏散方案的优化提供有力依据^[4]。

3.2 疏散模拟结果分析

对五个方案进行对比模拟分析, 导出疏散人数随时间变化的关系图。通过对比5种方案的折线图, 可看出方案3的疏散效果较好, 一定时间内疏散的成功率最高。方案3使得疏散的路径分散开来, 因此在疏散中期其疏散效率出现了明显的升高, 核心区域的低障碍性减少了疏散过程中的混乱时间, 这部分的缓冲使得此节点处的荷载大大减小。因大型设施紧邻出口的原因, 原本的方案与方案1在初期疏散的时候会在出口附近造成拥堵现象, 出口密度最高时达到4.5人/m²。方案2与方案4存在疏散路径上的拥堵现象, 并且方案4的动态出口在操作过程中也因耗时一定程度上也影响了疏散效率。

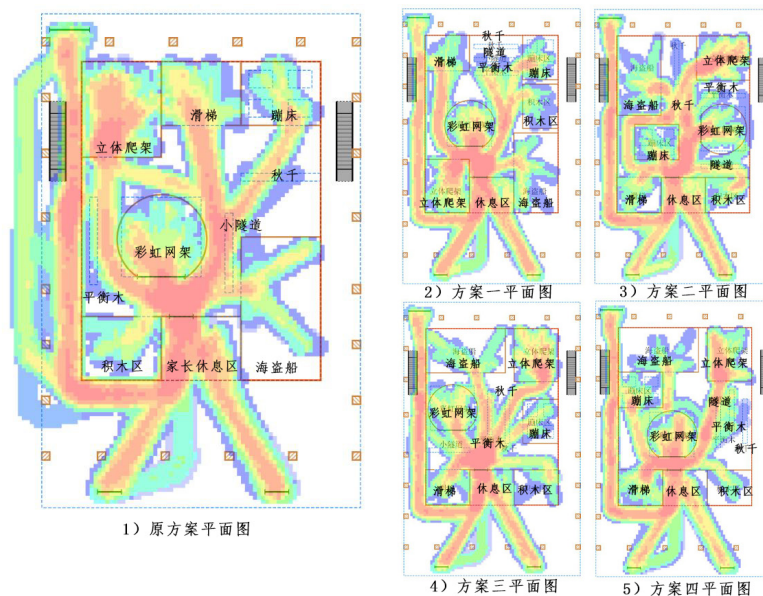


图 3-1 多方案疏散密度图
Figure 3-1 Multi-scheme evacuation density map

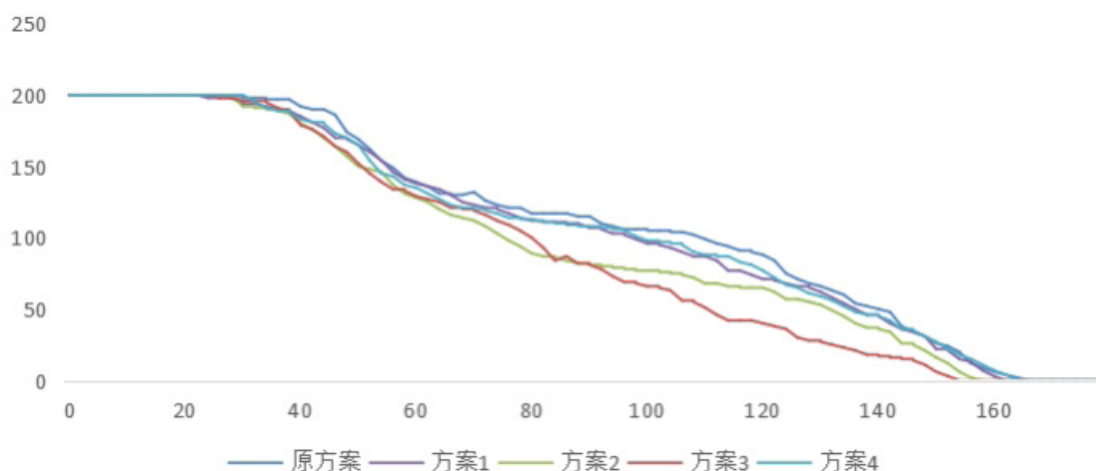


图 3-2 多方案疏散效果对比折线图
Figure 3-2 Multi-plan evacuation effect comparison line chart

3.3 多结果对比得出优化策略

(1) 通过多维度对比上述方案,对一系列指标进行深入分析与对比,归纳总结出以下几条提升儿童游乐区域布局优化的策略:

(2) 高障碍的游乐设施布局时远离主要疏散路径:对于疏散影响参数 $\beta > 1.8$ 的游乐设施短时内聚集的人流密度较大,布置时需要远离主入口与核心的疏散路径,一旦出现紧急事件,这种布局有效避免了短时间内出口处人群的大量聚集,为其他儿童游乐设施的疏散争取了时间。

(3) 易疏散设施靠近主出入口布置,形成快速撤离通道:对于 β 值在 1.5 左右的游乐设施可以布置在主入口附近。这类设施可以在短时间内逃脱,如充气城堡放气后拓宽疏散路径;直向滑梯可直接与疏散通道或出口进行联通,利用滑梯的滑行与加速可以将缩短疏散的时间。

(4) 低龄儿童的活动区域布置在主出入口附近:低龄儿童指的是 3-6 岁的学龄前儿童,这些儿童在游玩的时候需要家长陪同。部分商场会将设施进行分散布置,虽然一定程度上提升了趣味性,但这种方式也使得管理的难度增加,也使得疏散的危险性大大增加。

4 结语

本文以张家口市某商场内的儿童游乐区域为研究对象,运用 Anylogic 软件对其紧急疏散场景进行数值模拟,基于模拟结果,提出了一些有益提升疏散效率的设施布局的建议,为后续相关项目设计提出一些优化调整思路。

此外,为进一步提高整体的安全疏散效率,还应设置多名管理人员,加强这些人员的安全意识并进行安全疏散相关的演练与培训,在遇到突发状况时可以指导游玩的人群进行快速撤离,最大程度地均衡疏散、分流人员、减少汇集。

参考文献

- [1] 盛瑛. 幼儿园装备综合标准化研究 [J]. 中国教育技术装备, 2024, (17): 16-21+28.
- [2] 贾德钰. 基于社会力模型的幼儿园火灾安全疏散策略研究 [D]. 内蒙古工业大学, 2023. DOI: 10.27225/d.cnki.gnmgu.2023.000349.
- [3] 姚亦舒, 陆伟, 王立成. 学龄前儿童水平方向有序疏散行为研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2023, 19(06): 166-172.
- [4] 王欢. 城市高层建筑火灾应急照明疏散系统设计研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2022. DOI: 10.27393/d.cnki.gxazu.2022.000990.
- [5] 周军. 逃生与急救是每个人的必修课 [J]. 防灾博览, 2021, (06): 46-47.
- [6] 姚亦舒. 基于儿童疏散行为实验的幼儿园交通空间设计策略研究 [D]. 大连理工大学, 2021. DOI: 10.26991/d.cnki.gdlu.2021.003984.
- [7] 李墨. 儿童友好理念下人员步行紧急疏散能力评价与优化研究 [D]. 天津大学, 2020. DOI: 10.27356/d.cnki.gtjdu.2020.004435.