

地下停车场安全风险分析及防控对策

谢振华

中国劳动关系学院安全工程学院, 北京

收稿日期: 2024年7月28日; 录用日期: 2024年8月28日; 发布日期: 2024年9月6日

摘要

地下停车场的数量越来越多, 其安全问题引起了人们的重视。在论述地下停车场安全风险的基础上, 采用安全检查表对地下停车场的安全状况进行了系统、全面的检查, 采用事故树分析法对地下停车场的火灾伤亡事故进行了重点分析, 以便及时发现地下停车场的事故隐患, 获得火灾伤亡事故的主要原因、预防的重点。最后提出了地下停车场安全风险的防控对策, 为地下停车场的安全工作提供了科学指导。

关键词

地下停车场, 安全风险分析, 防控对策, 安全检查表, 事故树分析

Safety Risk Analysis and Prevention and Control Countermeasures of Underground Parking

Zhenhua Xie

School of Safety Engineering, China University of Labor Relations, Beijing

Received: Jul. 28th, 2024; accepted: Aug. 28th, 2024; published: Sep. 6th, 2024

Abstract

With the increasing of underground parking number, people pay more and more attention to its safety. On the basis of discussing the safety risks of the underground parking, this paper conducts a systematic and comprehensive check of the safety status of the underground parking by using the safety checklist, and analyzes the fire casualty accidents of the underground parking by using the fault tree analysis method, so as to find the hidden dangers of the underground parking in time and obtain the main causes and key points of prevention of the fire casualty accidents. Finally, the prevention and control measures of the safety risks of the underground parking are proposed, which

provides scientific guidance for the safety work of the underground parking.

Keywords

Underground Parking, Safety Risk Analysis, Prevention and Control Countermeasures, Safety Check List, Fault Tree Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人们生活质量的不断改善和稳步提升,汽车的数量增长迅速,给人们的出行带来了很大便利,但随之产生了停车难的问题,尤其在大城市此问题更加突出。为解决停车难的问题,建设了越来越多的地下停车场,缓解了城市交通压力,但同时也带来了一些安全隐患,导致事故的发生。根据地下停车场的功能和特点,通常存在火灾、车辆伤害、水浸、触电、机械伤害、爆炸等事故风险[1],造成人员伤亡和财产损失。地下停车场事故每天都有发生,引起人们的广泛关注。例如,山东省泰安市万达广场地下停车场平均两天发生一起事故。2024年2月13日,深圳市罗湖区清水河街道办碧清园小区一地下停车场发生火灾,造成32辆车受损,其中24辆烧成骨架。2024年1月28日,海南省三亚市亚龙湾玫瑰谷停车场内发生一起车辆伤害事故,事故造成1人死亡,直接经济损失138万元。2021年12月31日,大连市沙河口区鞍山路新长兴市场地下二层停车场发生火灾,事故造成8人死亡,1名消防员因公殉职,5人轻伤。事故原因是企业违法建设冷库,违规使用易燃保温材料,违规使用电焊动火作业,造成保温材料着火。2018年5月6日,江苏常熟万达广场负一楼地下停车场发生管道掉落,砸中一经过车辆,事故造成3人死亡。随着新能源车的逐渐增加,地下停车场的充电桩数量也在不断增多,火灾和触电事故的风险进一步加大。因此,必须全面深入分析地下停车场的安全风险,采取有针对性的预防措施。

2. 地下停车场的安全风险

地下停车场主要由停车间、通道、坡道或机械提升间、出入口、调车场地等组成,其主要安全风险有:

(1) 火灾风险。地下停车场由于电气线路短路、过载、电动汽车充电设备故障,在施工过程中由于动火作业控制不当,或者由于人员吸烟、汽车自燃等原因都有可能引起火灾事故[2]。地下停车场汽车停放密集,空间比较封闭,火势蔓延快,而且烟气浓度大,人员疏散逃生和应急救援都比较困难,往往导致重大人员伤亡和财产损失。

(2) 触电风险。地下停车场有通风、照明电气线路及设备,还有电动汽车的充电设备,有时还有施工的电气设备等,都存在触电的危险。触电的主要原因有绝缘材料损坏、线路老化、使用有缺陷的电气设备、缺少电气危险警示标志、设备维护保养不及时、缺乏用电安全意识和知识等。

(3) 机械伤害风险。机械式停车场和停车场施工过程中存在机械伤害的风险,原因有机械本身存在安全隐患、员工对机械操作不熟练、停车场照明不良等。

(4) 水浸风险。由于暴雨、洪水、水管破裂、排水不畅等原因,可能会导致水浸事故。

(5) 车辆伤害风险。地下停车场坡道过窄过陡、标志不清、光线不足、驾驶员操作失误等,都可能发生车辆伤害事故。

(6) 其他安全风险。地下停车场还可能发生车辆、电气设备爆炸事故，以及坍塌、高处坠落、物体打击等事故。

3. 地下停车场安全风险全面分析

对地下停车场的整体安全状况进行系统全面的安全检查，是及时发现安全隐患和预防事故发生的重要手段。本文首先构建一个全面的地下停车场安全检查表，该检查表基于现有的安全法规、技术标准以及相关文献资料。采用安全系统工程和风险管理理论，结合实际的安全管理经验，确保检查表内容的全面性和实用性。检查表涵盖了消防安全、用电安全、环境状况、应急管理等多个维度，共计 23 项检查内容，每项内容都设定了明确的检查标准和要求，如表 1 所示。

Table 1. Safety check list for underground parking

表 1. 地下停车场安全检查表

序号	安全检查内容	检查结果(是否)	备注
1	消防设施、器材是否齐全完好?		
2	消防 安全	消防器材是否都摆放在规定位置?	
3		消防安全标志是否完好?	
4		消防通道是否畅通无杂物?	
5	监测、监控设备是否齐全并正常运行?		
6	安全 防护	安全标志是否齐全完好?	
7		是否有值班工作人员或巡逻人员定期巡查?	
8		暂时未整改的安全隐患是否有保障措施?	
9	电气线路、通风照明等用电设备是否符合安全要求?		
10	用电 安全	电动汽车充电设施、设备是否安全且正常运行?	
11		是否有违规用电的情况?	
12		是否有防止暴雨洪水进入停车场的措施?	
13	防水	是否有排水设施或设置有排水口?	
14		排水管、口是否有垃圾堵塞?	
15		停车场结构是否符合安全要求?	
16	环境 状况	停车场内部照明是否良好?	
17		是否有专人定期打扫地下停车场，清理垃圾?	
18		是否有通风或工业除湿机进行除湿?	
19	是否有相关应急预案或应急处置程序?		
20	应急 管理	应急装备及应急物资是否齐全有效?	
21		安全出口疏散通道是否畅通?	
22		是否开展了应急培训及应急演练?	
23		值班工作人员是否具备应急处置能力?	

为了验证安全检查表的有效性，选择多个地下停车场进行现场检查。检查过程中，专业人员依据安全大检查表对停车场的的安全状况进行了细致的评估，并记录了检查结果。这一过程不仅有助于识别了潜在

的安全风险，而且为后续的事故树分析提供了基础数据。

通过对选定的地下停车场进行检查和评估，发现了若干共同的安全问题。检查结果显示，部分停车场在消防设施、监控设备、照明和排水系统等方面存在缺陷。具体来说，约有 30% 的停车场消防通道存在阻塞现象，20% 的停车场缺乏足够的照明，而 15% 的停车场排水系统存在问题。这些问题的存在显著增加了地下停车场的安全风险。

4. 地下停车场安全风险重点分析

4.1. 数据收集与分析

为了确保分析结果的准确性和可靠性，主要收集了地下停车场的下列数据：

(1) 现场检查数据：通过安全检查表收集了地下停车场安全状况的原始数据。

(2) 历史事故记录：从相关部门和网上数据库获取了地下停车场事故的历史记录，用于分析事故原因和模式。

(3) 专家意见：通过访谈和问卷调查收集了安全专家对于地下停车场安全风险及防控的看法和建议。

数据分析采用了定性和定量相结合的方法。定性分析主要通过内容分析，对现场检查结果和专家意见进行主题分析。定量分析则运用统计软件，对收集的数据进行描述性统计和概率计算。

4.2. 事故树分析

对地下停车场的常见事故及后果严重的事故，如火灾事故、车辆伤害事故，可进行事故树分析，找出导致事故的主要原因及其因果关系，以便采取有针对性的预防控制措施。事故树分析(Fault Tree Analysis, FTA)是一种系统安全分析方法，用于识别导致特定事故的各种原因及其逻辑关系。本文以地下停车场最为严重的火灾伤亡事故为例，构建了事故树模型。

首先，将地下停车场火灾伤亡事故作为顶事件，并识别可能导致该事件的所有基本事件。接着，通过专家咨询和文献分析，确定这些基本事件之间的逻辑关系，并构建了事故树，如图 1 所示。

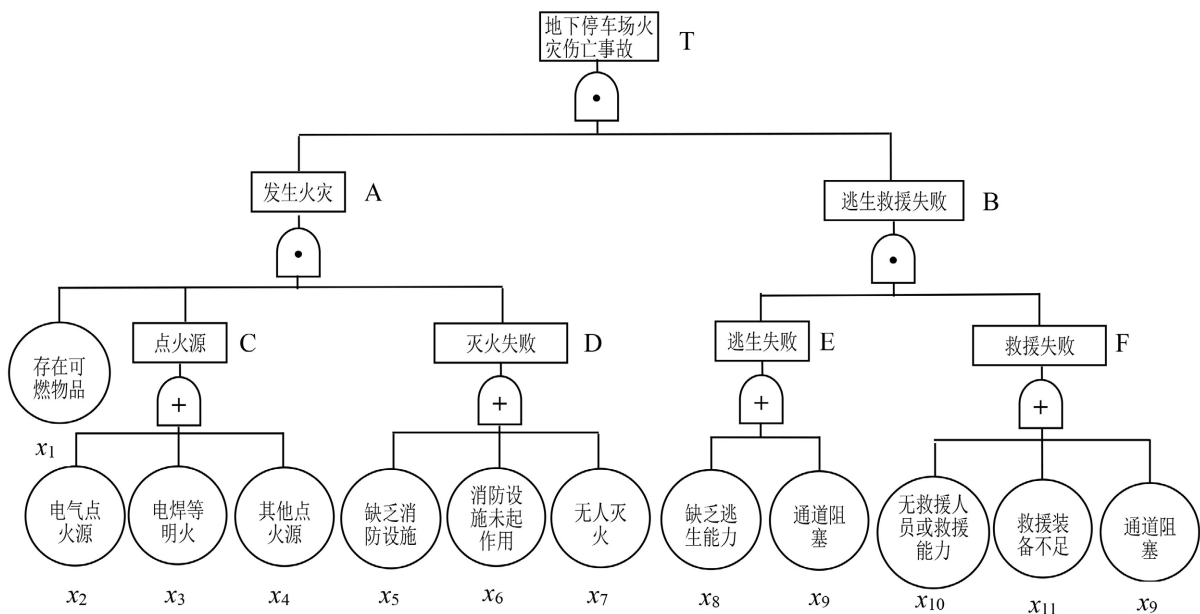


Figure 1. Accident tree of fire casualties in underground parking lot

图 1. 地下停车场火灾伤亡事故树

根据构建的事故树，然后进行事故树的定性和定量分析。定性分析确定事故树的最小割集或最小径集，并进行结构重要度分析，从而确定了预防和控制的重点。定量分析确定每个基本事件发生的概率，并计算顶事件发生的总体概率，对事故风险进行科学评估。

通过事故树分析，得到事故树的5个最小径集： $\{x_1\}$ 、 $\{x_2, x_3, x_4\}$ 、 $\{x_5, x_6, x_7\}$ 、 $\{x_8, x_9\}$ 、 $\{x_9, x_{10}, x_{11}\}$ ，基本事件的结构重要顺序为：

$$I(1) > I(9) > I(8) > I(2) = I(3) = \dots = I(7) = I(10) = I(11)$$

事故树分析揭示了地下停车场火灾伤亡事故的多个潜在原因。分析结果表明， x_1 是最重要的基本事件，即防止地下停车场火灾事故的最主要措施是不要在停车场内存放可燃物品，尤其是易燃物品； x_9 是第二位的，是指要保证停车场疏散通道、安全出口畅通无阻，保证在火灾发生时人员能迅速逃生，消防人员能进入停车场有效救援； x_8 是第三位的，指在火灾发生时，停车场人员要有逃生自救的能力；其他原因也要防止发生，包括消除点火源，及时灭火，开展有效的应急救援等。

进一步分析发现，安全风险因素之间存在复杂的相互作用。例如，电气点火源(如电焊等明火)可能与电气线路老化共同作用，增加了火灾发生的概率。此外，监控设备的不足可能导致对潜在危险的及时发现和响应不足，从而加剧了由其他安全风险因素引起的事故后果。

4.3. 研究的可靠性与有效性

为了保证研究的可靠性和有效性，采取了以下措施：

- (1) 多源数据验证：通过收集和比较不同来源的数据，增强研究结果的一致性和可信度。
- (2) 专家评审：邀请领域内的专家对安全检查表和事故树模型进行评审，确保分析工具的科学性和实用性。
- (3) 现场试验：在实际的地下停车场进行现场试验，验证了检查表和事故树分析法的适用性和准确性。

5. 地下停车场安全风险防控对策

5.1. 防控策略

通过对地下停车场现有安全风险防控措施的分析可知，尽管一些停车场已经采取了基本的安全措施，但许多措施的执行并不充分，并且缺乏定期的审查和更新。这表明，地下停车场的安全风险防控需要一个多维度、系统化的方法，加强防控措施的持续性和动态适应性，以应对不断变化的风险环境。

根据安全检查和事故树分析的结果，结合地下停车场的实际情况，可以提出一系列预防和控制策略。这些策略包括加强消防设施的维护、改善照明和排水系统、提高监控系统的覆盖范围和效率，提高应急响应能力等，并建立一个持续的风险评估和管理机制。对这些策略应考虑其有效性，考虑策略实施的可行性、成本效益和预期的安全改进效果。例如，定期的消防设施检查和维护可以显著降低由于设备故障导致的火灾风险。这些措施的实施将有助于显著提高地下停车场的整体安全性。

5.2. 火灾风险防控

(1) 完善各项消防设施和器材。规范地下停车场的设计，满足消防安全要求。按要求安装消防系统，如火灾自动报警系统、自动灭火系统、防排烟系统等，配备灭火器和消防工具，并且应对消防设施和器材进行定期检查与维护[3]。

(2) 定期检查电气系统。对地下停车场的电气线路、充电设施进行定期检查，确保没有短路或过载的风险。

(3) 禁止存放易燃物品。严格禁止在停车场内存放任何易燃物品，包括易燃的装修材料和车辆保养用

品。

(4) 建立消防安全检查制度，开展日常消防安全检查，加强消防监管。

5.3. 触电风险防控

(1) 开展电气安全教育。对停车场工作人员进行电气安全培训，提高对电气危险的认识和应对能力。

(2) 定期维护电气设备。定期对停车场内的电气设备进行维护和检查，及时更换老化或损坏的部件。

5.4. 机械伤害风险防控

(1) 开展机械操作培训。对操作机械式停车系统的员工进行专业培训，确保他们熟悉操作流程和安全规程。

(2) 设置安全警示标志。在机械操作区域设置明显的安全警示标志，提醒人们注意安全。

5.5. 水浸风险防控

(1) 建立排水系统。确保地下停车场有有效的排水系统，以应对暴雨、水管破裂、电力中断等紧急情况。

(2) 定期检查排水设施。定期检查排水管、排水口是否有堵塞，确保排水畅通。

(3) 确保防汛物资配置齐全、正常使用。

5.6. 车辆伤害风险防控

(1) 优化停车设计。确保坡道设计合理，标志清晰，照明充足，减少驾驶员操作失误的可能性。

(2) 对停车场实施有效监控。安装监控系统，如视频监控系统、门禁系统、人脸识别系统等，对停车场实施有效监控，实时监测安全状况，限制无关车辆及人员的进入。在地下停车场内设置交通指引系统，监测停车场内状况并通过 LED 显示屏显示停车场内车位信息、停车情况，可以使车主能迅速找到空闲停车位或自己的车位，使车辆有序、安全行使，减少车辆碰撞事故的发生。

(3) 建立健全安全管理制度，确保安全管理的有效实施。如设置“取卡、缴费时驻车拉手刹”，“驶入停车场立即开灯”，“严格按限速行驶，车头向外倒车入库”等地下停车场管理规定。

(4) 加强驾驶员教育。通过宣传和教育培训提高驾驶员的安全意识，特别是在地下停车场内行驶和停车时。

5.7. 其他安全风险防控

(1) 建立应急预案。制定并定期更新地下停车场的应急预案，包括火灾、触电、水浸、机械故障等情况的应急响应。

(2) 提高应急响应能力。通过定期的应急演练，提高停车场工作人员的应急处置能力，使有关人员熟悉逃生路线、逃生自救的方法[4]。

(3) 完善安全疏散设施，确保地下停车场疏散通道和安全出口畅通。

6. 结论

(1) 地下停车场的安全风险包括火灾风险、触电风险、机械伤害风险、水浸风险、车辆伤害风险等，重点是火灾风险、机械伤害风险。

(2) 应采用安全检查表定期全面排查安全风险，及时发现事故隐患。

(3) 对重点安全风险，可采用事故树分析法深入分析事故原因及其重要程度。

(4) 针对地下停车场的安全风险，应制定有针对性的、综合性的安全防控对策，有效预防事故发生。

基金项目

中国劳动关系学院校级科研项目(24XYJS007)支持。

参考文献

- [1] 车辉, 丁伟鹏. 地下停车场安全事故风险评价研究[J]. 顺德职业技术学院学报, 2015, 13(2): 13-17.
- [2] 徐瑾. 地下车库的火灾控制难点及消防技术分析[J]. 中国高新科技, 2021(11): 123-124.
- [3] 潘奎. 住宅小区地下车库消防安全管理现状及对策研究[J]. 水上安全, 2023(8): 109-111.
- [4] 应于波. 地下车库的消防安全隐患及防火措施[J]. 消防界(电子版), 2021, 7(21): 84+86.