

# Cause Analysis of Large-Scale Recreational Facilities Accidents Based on Pareto Chart

Mengtian Mo, Yiting Chen, Hui Liu, Mo Wang

College of Quality & Safety Engineering, China Jiliang University, Hangzhou Zhejiang  
Email: liuhui2003@126.com

Received: Feb. 28<sup>th</sup>, 2018; accepted: Mar. 13<sup>th</sup>, 2018; published: Mar. 20<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In order to find out the main cause of the accident of the large amusement facility and take corresponding measures to reduce the accidents, the law of Pareto chart was used to analyze the cause of the accident in the three categories of the large-sized recreational facilities for years 2007-2016 in the paper. The results show that the key causes of Large-scale Recreational Facilities were fatigue fracture, circuit fault and automatic operation of equipment; and secondary causes were invalid safety protection device, farfetched safety management, brake system fault, tourists behavior, illegal operations of staff, and so on. The research results can help clarify the main reason and subordinate reason of the accident, so as to centralize the resource for accidents elimination.

## Keywords

Large-Scale Recreational Facilities, Pareto Chart, Accident Analysis

---

# 大型游乐设施事故原因的帕累托图分析

莫梦焜, 陈依婷, 刘辉, 王默

中国计量大学质量与安全工程学院, 浙江 杭州  
Email: liuhui2003@126.com

收稿日期: 2018年2月28日; 录用日期: 2018年3月13日; 发布日期: 2018年3月20日

---

## 摘要

为查明大型游乐设施事故发生的主要原因, 精准采取相应措施减少事故发生, 应用管理学上的帕累托法则, 对2007~2016年间观览车类、滑行车类、飞行塔类等三大类大型游乐设施的事故原因进行了统计分

析。结果表明, 导致大型游乐设施事故发生的主要原因是设备疲劳断裂、电路故障、设备自动运行, 次要原因是安全保护装置失灵、安全管理不到位、制动系统故障、游客行为不规范、工作人员违章作业等。研究结果便于厘清事故原因主次, 集中资源消除事故隐患。

## 关键词

大型游乐设施, 帕累托图, 事故分析

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

依据中华人民共和国国务院令第 549 号《特种设备安全监察条例》规定, 大型游乐设施是指用于经营目的, 承载乘客游乐的设施, 其范围规定为设计最大运行线速度大于或者等于 2 m/s, 或者运行高度距地面高于或者等于 2 m 的载人大型游乐设施。根据国家质检总局颁布的《特种设备目录》, 大型游乐设施根据各自的运行特点大致可分为观览车类、滑行车类、架空游览车类、陀螺类、飞行塔类、转马类、自控飞机类、赛车类、小火车类、碰碰车类、电池车类、观光车类、水上游乐设施、无动力游乐设施等 15 个类别[1]。近年来, 游乐场所越建越多, 大型游乐设施已成为百姓生活质量不断提高、文化娱乐活动丰富多彩的重要标志之一。由于游乐设施是一种面向社会公众开放使用的特种设备, 且乘坐者绝大多数是青少年和儿童, 其营运过程中若因设备设施、管理和游客等因素, 发生突发性的设备事故乃至人身伤害事故将造成恶劣的社会影响。2010 年 6 月, 深圳某大型机动游乐设施发生塌落事故, 造成 6 人死亡, 10 人受伤[2]; 2015 年 4 月, 河南长垣某大型游乐设施“太空飞碟”在运行中旋杆断裂, 载人部位掉落地面, 造成多人受伤; 同年 5 月, 浙江温州某公园游乐场, 游客在保险带还未扣上的情况下, 机器提前运行, 5 名游客当场甩飞, 致 2 死 3 伤[3]。事故发生所带来的严重后果, 引起人们的广泛关注。大型游乐设施的安全成为关注重点, 进行大型游乐设施事故的分析研究, 寻找导致事故发生的原因, 对预防大型游乐设施事故和运营管理, 具有重要意义。

文献[4]利用了风险分级标准, 根据风险矩阵分级模型对某游乐园中的各类大型游乐设施进行分级和计算, 最终得到大型游乐设施的风险等级。文献[5]从人-机-环-管四方面进行总结, 建立大型游乐设施风险评估指标体系, 对整个大型游乐场进行整体风险评估和针对具体设备的某个因素进行单独风险评估。文献[6]对大型游乐设施管理中存在的问题进行简要的分析和阐述。文献[7]利用扇形统计图, 对收集到的大型游乐设施事故的类型和事故原因进行分析。文献[8]针对某一起大型游乐设施的事故进行简单分析和提出预防措施。这些方法, 对于大型游乐设施的运营管理和事故原因起到一定作用。随着制造技术工艺的进步, 很多事故可以通过提高设备或设施的质量, 并通过有效控制和管理来防止。帕累托图作为管理学上选择关键问题的一种分析方法, 在质量缺陷评价[9]及安全管理[10]领域发挥着重要作用。本文将帕累托原理引入大型游乐设施事故原因分析, 以期大型游乐设施事故的预防提供参考依据。

## 2. 帕累托法则

帕累托法则[11]由意大利经济学家帕累托提出。法则认为, 相对少量的原因通常造成大多数的问题或缺陷, 该法则通常称为二八原则, 即 80% 的问题是由 20% 的原因导致的。帕累托图又叫排列图、主次图,

是按照发生频率大小顺序绘制的直方图，表示有多少结果是由已确认类型或范畴的原因所造成。图形用双直角坐标系表示，左边纵坐标表示频数，右边纵坐标表示频率，分析线表示累积频率，横坐标表示导致事故的各项因素，按影响程度的大小(即出现频数多少)从左到右排列。应用帕累托图分析大型游乐设施事故，可以辨别事故发生的主要因素。

### 3. 帕累托图在大型游乐设施事故分析中的应用

#### 3.1. 绘制帕累托图

将帕累托原理引入大型游乐设施安全管理，以观览车类、滑行车类、飞行塔类这三大类事故频发的大型游乐设施事故进行分析。观览车类游乐设施绕水平轴转动或摆动，主要如海盗船、摩天轮、遨游太空、大摆锤等；滑行车类游乐设施的特点是车辆本身无动力，由提升装置提升到一定高度后，靠惯性沿轨道运行，或车辆本身有动力，在起伏较大的轨道上运行。如过山车、疯狂老鼠、滑翔龙、激流勇进、弯月飞车等；飞行塔类游乐设施的特点是悬挂式吊舱且边升降边做回转运动，吊舱用挠性件吊挂，主要有飞行塔、空中转椅、观览塔、青蛙跳。

为了清楚掌握事故发生的主要原因，精准采取对应措施减少事故的发生，本文对近十年来(2007~2016)发生的大型游乐设施事故[12]-[18]进行统计。统计结果见表 1。

根据表 1 各项目及具体数据，针对观览车类、滑行车类、飞行塔类这三大类大型游乐设施事故原因，利用 Minitab 软件分别做帕累托图，具体见如图 1~3。

#### 3.2. 帕累托图分析

图 1~3 清晰的表明了各类事故原因的主要因素。由图 1 可知，观览车类大型游乐设施事故中，设备断裂及设备电路故障的原因累计构成比处在 0%~80%区间，称为主要因素，记为 A 类；其余原因的累计构成比落在 80%~100%区间，称为次要因素，记为 B 类，具体事故原因分类如表 2 所示。而图 2，图 3 表明，滑行车及飞行塔这两大类大型游乐设施事故中，设备断裂、设备电路故障及安全保护装置失效是三个主要事故原因，其中设备断裂、设备电路故障累计构成比落在 0%~80%区间，为主要因素(A 类)；其余原因(B 类，包括安全保护装置失效)的累计构成比落在 80%~100%区间，具体信息分别见表 3，表 4 所示。

通过对以上三类大型游乐设施事故原因进行分类统计，设备疲劳断裂、电路故障、设备自动运行为主要事故原因，占事故总数的 81.8%；安全保护装置失灵、安全管理不到位、制动系统故障、游客行为不规范、工作人员违章作业等其它原因为次要事故原因，占事故总数的 18.2%。根据帕累托原理，图 1~3 均符合帕累托法则，也表明 80%的大型游乐设施事故来自其 20%的事故隐患。帕累托法则事故分析的核心思想是厘清事故原因主次，识别出少数的关键因素和多数的次要因素，分层次处理。将该原理应用于大型游乐设施事故原因分析，可以在有限精力与资金的投入下，集中资源到能引起主要事故的少数安全隐患中，实现安全生产或运营的最佳状态。

### 4. 结论

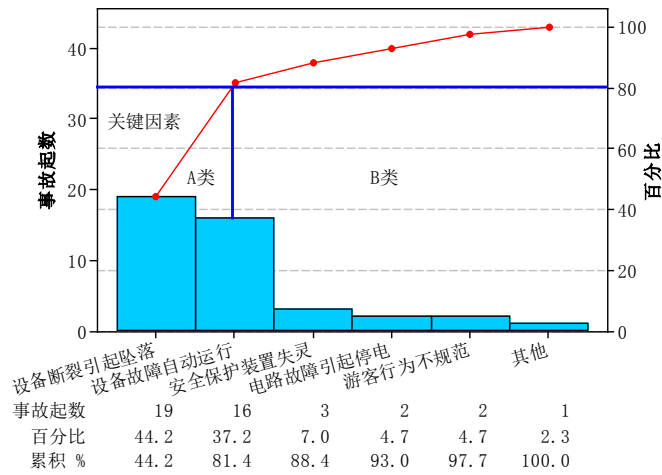
1) 对近十年大型游乐设施事故统计发现，事故原因主要有设备疲劳断裂、电路故障、全保护装置失灵、安全管理不到位、制动系统故障、游客行为不规范、工作人员违章作业等 9 种。

2) 依据帕累托法则，设备疲劳断裂、电路故障、设备自动运行为主要事故原因；安全保护装置失灵、安全管理不到位、制动系统故障、游客行为不规范、工作人员违章作业等其它原因为次要事故原因。

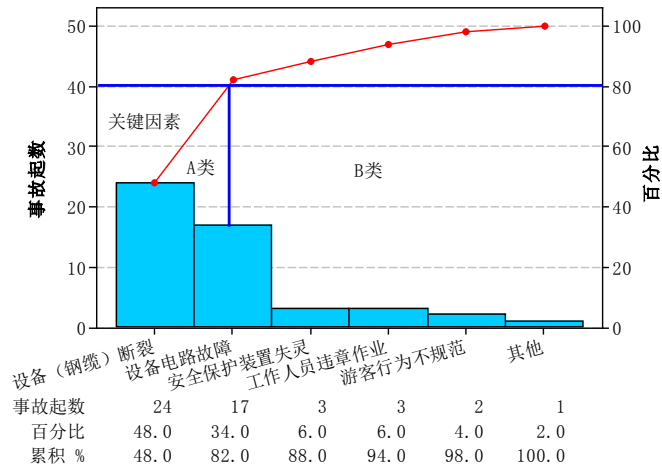
3) 帕累托法则应用于大型游乐设施事故原因分析，能够识别出少数的关键因素和多数的次要因素，从而有效厘清事故致因。

**Table 1.** Accident statistics at 2007~2016  
**表 1.** 2007~2016 年国内外大型游乐设施事故原因统计

序号	事故原因	事故起数/起	频率/%	累积频率/%
1	设备结构断裂	57	47.10	47.10
2	电路故障	26	21.50	68.60
3	设备自动运行	16	13.20	81.80
4	安全保护装置失灵	8	6.60	88.40
5	游客行为不规范	4	3.30	91.70
6	工作人员违章作业	3	2.50	94.20
7	其他(未查明)	3	2.50	96.70
8	安全管理不到位	2	1.65	98.35
9	制动系统故障	2	1.65	100
	合计	121	100	-



**Figure 1.** Pareto chart of Ferris wheel accidents  
**图 1.** 观览车类事故原因帕累托图



**Figure 2.** Pareto chart of rollercoaster accidents  
**图 2.** 滑行车类事故原因帕累托图

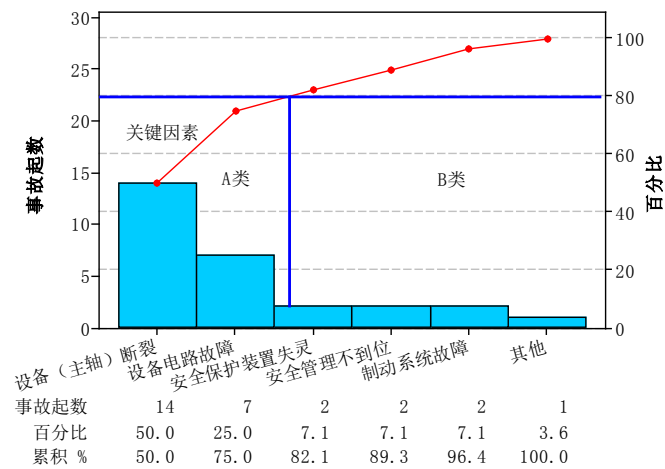


Figure 3. Pareto chart of Flying Tower accidents  
图 3. 飞行塔类事故原因帕累托图

Table 2. Classification of Ferris wheel accidents

表 2. 观览车类事故原因分类

因素类别	累积构成比/%	事故原因
主要原因(A类)	0%~80%	设备断裂引起坠落、设备故障自动运行
次要原因(B类)	80%~100%	安全保护装置失灵、电路故障引起停电、游客行为不规范、其他

Table 3. Classification of rollercoaster accidents

表 3. 滑行车类事故原因分类

因素类别	累积构成比/%	事故原因
主要原因(A类)	0%~80%	设备结构断裂、设备电路故障
次要原因(B类)	80%~100%	安全保护装置失灵、工作人员违章作业、游客行为不规范、其他

Table 4. Classification of Flying Tower accidents

表 4. 飞行塔类事故原因分类

因素类别	累积构成比/%	事故原因
主要原因(A类)	0%~80%	设备结构断裂、设备电路故障
次要原因(B类)	80%~100%	安全保护装置失灵、安全管理不到位、制动系统故障、其他

## 基金项目

中国计量大学学生科研计划项目(201720154)。

## 参考文献

- [1] 中国质量新闻网. 大型游乐设施的定义、范围及分类[EB/OL]. <http://www.cqn.com.cn/news/zjpd/dfdt/1007358.html>, 2015-02-16.
- [2] 广东省人民政府应急管理办公室. 深圳市发生一起大型游乐设施塌落事故造成 6 人死亡 10 人受伤[EB/OL]. [http://www.gdemo.gov.cn/yjdt/gdyjdt/201006/t20100629\\_123960.htm](http://www.gdemo.gov.cn/yjdt/gdyjdt/201006/t20100629_123960.htm), 2010-06-29.
- [3] 中国旅游新闻网. 国内大型游乐设施事故频发主题公园安全管理警钟敲响[EB/OL]. <http://www.cntour2.com/viewnews/2017/03/30/eVp4kEQ1Axp6QP0Eb0Kh0.shtml>, 2017-03-30.
- [4] 杨臣剑, 王志荣, 庄春吉, 黄旻瑶. 大型游乐设施风险评估与分级方法研究[J]. 安全与环境学报, 2017, 17(3):

845-849.

- [5] 庄春吉, 王志荣, 张新东. 大型游乐设施风险评估指标体系的构建与应用[J]. 中国特种设备安全, 2017, 33(4): 42-45.
- [6] 张国臣. 探究大型游乐设施管理中存在的主要问题及对策[J]. 科技创新与应用, 2016(25): 278.
- [7] 张新东, 张煜, 李向东, 王志荣, 庄春吉. 基于事故统计的大型游乐设施危险性分析和安全防范措施研究[J]. 中国特种设备安全, 2015, 31(2): 21-25.
- [8] 熊际武, 王伏满. 一起大型游乐设施的事故分析[J]. 中国特种设备安全, 2010, 26(2): 59-60.
- [9] 覃朝望. 用帕累托图分析供应商的滴眼剂瓶质量缺陷[J]. 中国药业, 2010, 19(8): 52.
- [10] 刘辉, 周芸竹. 帕累托图的锅炉事故分析方法[J]. 中国计量学院学报, 2011, 22(3): 286-289.
- [11] 维弗雷多·帕累托. 省时省力的二八法则[M]. 许庆胜, 编译. 太原: 山西教育出版社, 2010.
- [12] 谨卿. 近年世界各地游乐场事故[J]. 中国减灾, 2012(4): 49.
- [13] 世界各地游乐场事故一览[J]. 中国品牌与防伪, 2010(8): 22-23.
- [14] 致命游乐场——世界各地游乐场安全事故一览[J]. 湖南安全与防灾, 2009(12): 39-41.
- [15] 中国游乐设施安全网[EB/OL]. <http://chinaridesafety.org.cn/aqvj/sbgg/>, 2017-11-29.
- [16] 中国游乐设施安全网[EB/OL]. <http://chinaridesafety.org.cn/news/hydt1/>, 2017-11-29.
- [17] 中国游乐设施安全网[EB/OL]. <http://chinaridesafety.org.cn/news/hydt2/>, 2017-11-29.
- [18] 国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局[EB/OL]. <http://tzsbaqjci.aqsiq.gov.cn/sgzl/>, 2017-11-29.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-4677, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [jsst@hanspub.org](mailto:jsst@hanspub.org)