

Design of a Large Rotary Ferris Wheel Car Frame

Yongbo Liu

Zhuzhou CRRC Special Equipment Technology Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan, 412000, China

Abstract

As a landmark building, the demand for large ferris wheel is increasing day by day, and the demand for domestic large rotary Ferris wheel car is becoming increasingly strong. Ferris car system is a complex, integrated system, the car frame is the most important bearing components. The skeleton of the car consists of rotating ring, bottom frame, side skeleton, middle skeleton, boarding platform and other mounting parts, etc. The parts are connected by bolts, and the overall structure design is reasonable. After finite element analysis and calculation, the structural strength and stiffness of the car skeleton meet the design requirements and relevant standard requirements.

Keywords

ferris wheel; rotary car; skeleton design

一种大型回转式摩天轮轿厢骨架设计

刘永波

株洲中车特种装备科技有限公司，中国·湖南 株洲 412000

摘要

作为一种地标建筑，大型摩天轮的需求日益增加，国产大型回转式摩天轮轿厢的需求也日趋强烈。摩天轮轿厢系统是一个复杂的、整体性的系统，轿厢骨架是其中最主要的承载部件。轿厢骨架由旋转环、底架、侧骨架、中间骨架、登车平台及其他安装件等部件组成，各部件之间通过螺栓连接，整体结构设计合理。经过有限元分析验算，本轿厢骨架的结构强度、刚度满足设计需求和有关标准要求。

关键词

摩天轮；回转式轿厢；骨架设计

1 引言

摩天轮是一座相对低成本的地标，它占用着更少的面积，能形成可观的收益，更是有着乡愁、浪漫、社交等多种标签，摩天轮成为了世界级城市的必需品。随着都市之间特色化需求的提升，轿厢逐渐向大型化、全景化的方向发展。目前，国内的轿厢主要仍以吊挂式轿厢为主，没有厂家掌握回转式轿厢的技术，国内新建的几处回转式轿厢摩天轮全部采用进口轿厢，售价高昂且存在售后困难等问题，大型轿厢国产化的需求强烈。

2 摩天轮轿厢系统简介

摩天轮轿厢由轿厢箱体、稳定系统、悬挂系统、门系统、空调系统、控制及监控系统、预警系统、供电系统和通信及信息系统等部分组成（如图 1 所示）。

【作者简介】刘永波（1997-），男，中国湖南湘潭人，本科，助理工程师，从事游乐设备机械设计和非标设备设计研究。

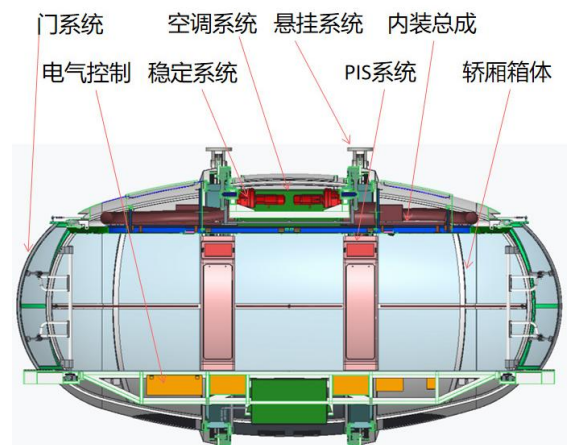


图 1 摩天轮轿厢系统组成示意图

3 摩天轮轿厢骨架设计

摩天轮轿厢骨架是轿厢箱体中的基础组件，厢体内其他系统均是安装在轿厢骨架之上。轿厢骨架是厢体的主要承载部件，在运行过程中，除了承载轿厢其他部件的重量，轿厢骨架还要承载乘客的重量、抵抗风载荷。轿厢的整体造

型以轿厢骨架作为基础,装饰件也需要依附轿厢骨架进行安装。故轿厢骨架是摩天轮轿厢系统中最重要的承载部件之一,骨架的设计需要充分满足功能性需求和考虑整体美观^[1]。

3.1 设计依据

下列文件对于论文的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于论文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于论文。

GB 8408—2018 大型游乐设施安全规范。

GB/T 18164—2020 观览车类游乐设施通用技术条件。

GB 50017—2017 钢结构设计标准。

GB/T 34371—2017 游乐设施风险评价总则。

3.2 设备使用环境

设计使用温度: -10℃~+45℃。

系统运行允许最大相对湿度: 95%。

系统允许运行风速: ≤ 15m/s (轿厢能够承受的最大风速为 40m/s)。

设备使用地海拔: ≤ 1500m。

3.3 主要设计参数

观景乘客量: 25 人。

最大旋转速度: 3.3 圈/h。

正常运行速度: 2.3 圈/h。

总体尺寸: 长 8084mm, 直径 4390mm。

主体结构寿命: 20 年。

3.4 主体结构简介

主体结构由旋转环、底架、侧骨架、中间骨架、登车平台及其他安装件等部件组成,各部件之间通过螺栓连接。主体结构与悬挂系统的转盘轴承连接,从而实现轿厢主体的转动(如图2所示)。

主体结构主要采用钢型材(登车平台除外)制作,重要受力构件采用 Q355 板料焊接制作组成,其余部件采用 Q235 型材或板材焊接形成。登车平台作为主要部件,负载较小,对整体安全性能影响较小,故采用铝合金板料焊接制作,减少重量^[2]。

轿厢的乘客载荷主要集中于底架部分,底架将载荷传递至旋转环,进而传递至悬挂系统,最终将负载传递至摩天轮观览车转盘。整体载荷传递路径简单清晰,有利于提高系统整体安全性能。

主体钢结构分部件制作,有利于提高轿厢各部件制作精度,减少总体制作成本。部件模块化制作,便于后期拓展及优化设计。

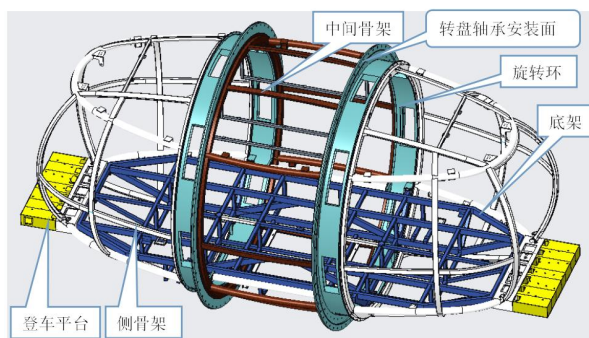


图2 轿厢骨架结构示意图

3.5 主体结构静强度验算

3.5.1 高端轿厢载荷

- 动载荷: 1750kg (25 名乘客, 70kg/人)。

- 风载荷: 风压参考深圳欢乐港湾风压数据,正常运行最大风速为 15m/s, 极限风压风速为 40m/s。由于轿厢为椭球体轿厢承受的风力按最大截面等效计算,即最大风力 = 最大风压 × 最大截面积。

3.5.2 有限元分析

由于轿厢在工作过程中角度位置不断变换,所受风载及结构传力方式随之变化,故受力分析的状况众多,故在此仅选取一种最恶劣的工况进行计算说明。

① 工况描述: 最大运行风速 40m/s 情况下,轿厢满载运行至最高点。动载荷为 0, 侧面承受极端风载。

② 边界条件设置(重力加速度 9.8 m/s²)如表 1, 图 3 所示。

③ 网格划分(如图 4 所示)。

节点: 650104, 单元: 306663。

④ 应力如图 5 所示。

应力结果分析: 受力分布符合本工况应力趋势,各关键节点应力值及变化趋势合理。最大集中应力 92.8MPa 位于侧骨架支撑管连接处,母材采用 Q235B, 对应抗拉强度为 370~500MPa, 许用安全系数 $n_1 = 370 \div 92.8 = 3.99 > 3.5$, 对接焊缝许用安全系数 $n_2 = 370 \div 64.4 \times 0.8 = 4.6$ 。

⑤ 变形如图 6 所示。

变形分析结果: 变形基本符合本工况的变形趋势。最大变形区域处于梁的最远端,变形数值为 2.84mm。依据 GB 50017—2017《钢结构设计标准》, 挠度容许值 $2.84\text{mm}/2356 = 1.2\text{‰} < 2\text{‰}$, 故满足相关刚度要求。

3.5.3 分析结论

轿厢的钢结构强度、刚度满足设计需求,符合 GB 8408—2018《大型游乐设施安全规范》关于关键结构安全系数的要求。

表 1 边界条件数值表

	稳定系统	冷凝	蒸发	玻璃	玻璃钢	吊顶	门体	门驱动车	电气柜	极限风载
数值	7540	1600	1600	12790	5510	5000	2680	3450	3100	107780
位置	B	C	D	E	F	G	H	I	J	N

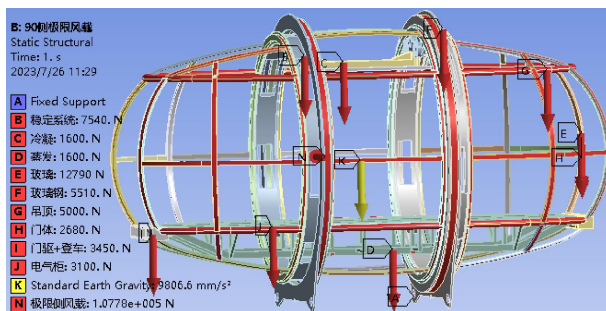


图3 边界条件示意图

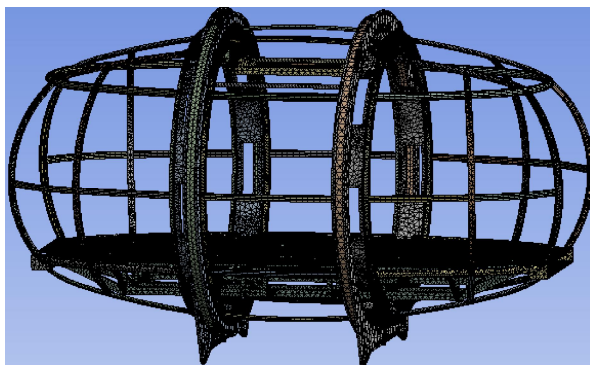


图4 网格划分示意图

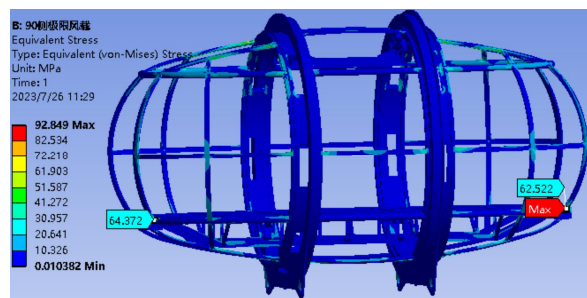


图5 应力云图

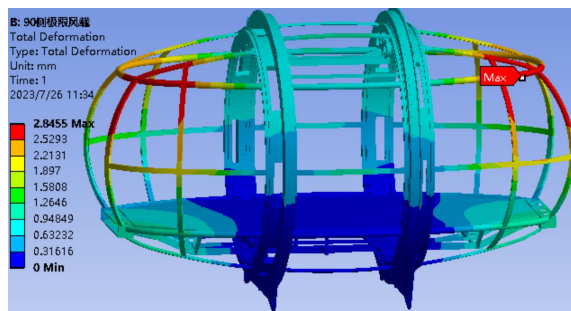


图6 变形云图

4 结语

通过分析轿厢的实际使用环境和基本参数需求，设计了一款回转式轿厢的骨架。经过有限元分析计算，基本可以认为轿厢的结构设计合理，能够满足极端工况下的强度、刚度需求。通过分析亦可知道，轿厢部分区域安全系数较高，存在较大的优化、减重空间。总而言之，本次设计的轿厢骨

架是一款能够满足预设工况下载和抵抗变形能力的产品，能满足基本使用需求。

参考文献

- [1] 马建宁,余沛,孙旭平,等.无轴式摩天轮轿厢本质安全设计分析与研究[J].应用能源技术,2016(3):12-14.
- [2] 韩鸿.摩天轮轿厢的结构设计[J].机械设计与制造,2018(6):45-48.