

# 中车不锈钢车体结构设计优化研究

姜维宝

中车大连机车车辆有限公司，辽宁 大连 116045

**摘要：**随着城市化进程的不断加速，公共交通工具的普及程度也越来越高，其中车辆的安全性成为了人们越来越关注的话题。针对中车不锈钢车体结构设计优化问题，本文通过分析不锈钢车体的结构特点和强度要求，结合有限元分析方法，对车体结构进行了优化设计，提高了车体的安全性能。

**关键词：**中车；不锈钢；车体结构；设计优化；有限元分析

## Research on Optimization Design of CRRC Stainless Steel Vehicle Body Structure

Jiang Weibao

CRRC Dalian Co., Ltd, Liaoning, Dalian 116045

**Abstract：**With the continuous acceleration of urbanization, the popularity of public transportation is also increasing, in which the safety of vehicles has become a topic of increasing concern. Aiming at the optimization problem of the design of the stainless steel car body, this paper analyzes the structural characteristics and strength requirements of the stainless steel car body, and combines the finite element analysis method to optimize the design of the car body structure and improve the safety performance of the car body..

**Key words：**CRRC; stainless steel; body structure; design optimization; finite element analysis

### 引言

随着城市化进程的不断加速，公共交通工具的需求量也在不断增长。其中，中车作为公共交通工具的主要供应商之一，其车辆结构的优化设计对于提高车辆性能、提升乘客舒适度和安全性具有重要意义。不锈钢车体作为中车车辆结构的重要组成部分，其结构设计的好坏直接影响到车辆的使用寿命、维护成本和安全性等方面。

因此，针对中车不锈钢车体结构设计进行优化研究，具有重要的理论和实践意义。通过对不锈钢车体的结构设计进行优化，可以提高车辆的性能和安全性，降低维护成本，延长车辆使用寿命，从而为城市化进程提供更好的公共交通服务。

### 一、车体结构设计理论及原则

#### （一）车体结构设计理论

车体结构设计理论是车辆设计中的重要组成部分，其目标是使车辆具有较高的安全性能、可靠性和经济性，同时也要兼顾到车辆的舒适性和美观性。随着中国汽车工业的快速发展，中国已成为全球重要的汽车消费及服务市场，在助推国民经济强劲增长的同时，产生的高能耗及高排放也正在给人们的日常生活和环境造成不良影响，环境问题、安全问题以及能源危机日益严峻。<sup>[1]</sup>

在车体结构设计中，需要考虑车辆的使用环境和要求，例如车辆类型、用途、载重、速度、气候条件等。同时还需要考虑材料的性能和成本，以及制造工艺的可行性。

为了达到优化设计的目标，需要使用各种设计理论和方法，

例如系统分析、数学建模、计算机模拟和实验设计等。<sup>[2]</sup> 这些方法可以帮助设计师在设计过程中进行系统分析和优化，以提高车辆的性能和可靠性。

车体结构设计理论是一个复杂的学科，需要综合考虑多种因素，包括车辆的使用环境、材料性能、制造工艺和设计要求等。通过合理的设计理论和方法，可以实现车体结构设计的优化，以提高车辆的性能和可靠性。

#### （二）车体结构美学设计

1. 车身结构的优化：研究车身结构的设计原则，如何在满足强度、刚度等性能要求的前提下，通过优化结构参数和材料选择，降低重量、提高强度和刚度，从而达到美学的效果。

2. 车身造型设计：研究车身造型的设计原则，如何通过创新的设计手法，使车体结构与美学元素相结合，形成具有吸引力和时代感的

车身造型。<sup>[3]</sup> 这可以包括车身的流线型设计、车身表面的处理等。

3. 色彩搭配与车身涂装：研究车身色彩搭配的原则，如何通过色彩的运用，增强车体的美感。此外，还需要研究车身涂装的技术，如何通过涂装工艺和涂装材料的选择，使车体表面呈现出理想的美感效果。

4. 车体结构与安全性能：在优化车体结构的同时，不能忽视安全性能。<sup>[4]</sup> 研究车体结构对安全性能的影响，如何在保证安全性能的前提下，实现车体结构的美学优化。

5. 人体工程学设计：研究车体结构对人体工程学的影响，如何通过优化车体结构，提高乘坐舒适性和驾驶安全性，从而使车体结构与美学相融合。

### （三）车体结构安全设计

车体结构安全设计是指在车辆设计过程中，通过对车体结构进行优化，确保车辆在各种工况下的安全性能。

中车不锈钢车体结构设计优化研究，可以考虑从以下几个方面入手：

1. 材料选择：选择高强度、高硬度的不锈钢材料，以提高车体的强度和耐用性。
2. 结构设计：优化车体的结构设计，提高车体的刚度和强度，确保车辆在各种工况下的稳定性。
3. 支撑系统设计：优化车体的支撑系统设计，提高车体的支撑性能，确保车辆在行驶过程中不会出现扭曲、变形等问题。
4. 安全装置设计：添加安全装置，如安全气囊、安全带等，以提高车体的安全性能。
5. 仿真分析：使用计算机仿真技术，对车体结构进行模拟分析，以验证车体结构设计的合理性和安全性。
6. 测试与验证：对车体结构进行实际测试和验证，以确保车体结构设计满足相关标准和要求。

## 二、中车不锈钢车体结构设计现状及分析

### （一）不锈钢车体结构设计现状

1. 材料选择：目前不锈钢车体结构设计中主要使用的材料为奥氏体不锈钢，如304、316等。这些材料的强度高、耐腐蚀性强，但在焊接、加工等方面存在一定的难度。

2. 结构设计：目前不锈钢车体结构设计主要考虑的是车辆的强度、刚度、重量等方面。设计过程中需要综合考虑车辆的使用环境、运行条件、材料性能等因素，以实现最优的结构设计。

3. 工艺技术：目前不锈钢车体结构设计中主要采用的工艺技术包括激光切割、机器人焊接、数值模拟等。<sup>+</sup> 这些技术可以提高生产效率和精度，减少人工成本和材料浪费，为不锈钢车体结构设计提供更多的可能性。

4. 检测与评估：目前不锈钢车体结构设计中主要采用的检测与评估方法包括金相检测、无损检测、应力分析等。这些方法可以对设计的结构和材料进行有效的检测和评估，保证车辆的安全性和可靠性。

不锈钢车体结构设计是一个复杂而重要的问题，需要综合考

虑多种因素，包括材料性能、使用环境、工艺技术、检测与评估等。随着科技的不断发展和创新，不锈钢车体结构设计将会越来越优化和完善。

### （二）不锈钢车体结构存在的问题

1. 重量问题：不锈钢具有较高的密度和较强的强度，但是其重量也相对较大，导致车辆自重增加，降低了车辆的燃油效率和行驶性能。

2. 耐腐蚀问题：不锈钢虽然具有较好的耐腐蚀性能，但是在某些环境和使用条件下，不锈钢仍然会受到腐蚀的影响，导致车体结构的使用寿命缩短，影响车辆的安全性和可靠性。

3. 强度问题：不锈钢的强度较高，但是在某些情况下，如车辆受到碰撞或者挤压等力的作用时，不锈钢车体结构可能会出现强度不足的问题，导致车辆的结构安全受到威胁。

4. 设计问题：不锈钢车体结构的设计存在一定的问题，如车体的结构形式不够优化，导致车辆的制造和维修成本增加，同时也会降低车辆的性能和安全性。

5. 材料问题：不锈钢作为一种合金材料，其成分和性能会受到生产工艺和材料来源等因素的影响，导致不锈钢车体结构存在一定的不均匀性和可靠性问题。

### （三）车体结构设计改进方向

1. 减轻重量：不锈钢是一种轻质材料，通过优化车体结构设计，可以减少车体的重量，从而提高能源效率和降低能耗。

2. 提高强度：不锈钢具有较高的强度和耐腐蚀性，但同时也存在一定的局限性。<sup>[6]</sup> 通过优化车体结构设计，可以提高车体的强度和稳定性，同时保证安全性能。

3. 降低维修成本：不锈钢车体结构设计需要考虑到维修的难易度和成本，优化设计可以减少维修次数和维修成本，提高车辆的使用寿命和用户体验。

4. 提高乘坐舒适性：车体的结构设计直接影响到乘坐舒适性，优化设计可以提高座椅的舒适性、减少噪声和振动，从而提高乘坐舒适性。

5. 节能环保：不锈钢车体结构设计需要考虑到节能环保，优化设计可以减少车体的热量损失和能源消耗，从而降低能耗和排放，有利于可持续发展。

6. 提高安全性：不锈钢车体结构设计需要考虑到安全性，优化设计可以提高车体的刚度和强度，减少事故发生风险，保障乘客和行人的安全。

7. 模块化设计：不锈钢车体结构设计可以采用模块化设计，提高生产效率和灵活性，同时也可以更好地满足客户需求和市场变化。<sup>[7]</sup>

8. 人性化设计：不锈钢车体结构设计需要考虑到人性化设计，优化设计可以提高车辆的使用便捷性和用户体验，从而提高车辆的市场竞争力。

9. 数字化设计：不锈钢车体结构设计可以采用数字化设计，利用计算机辅助设计(CAD)和有限元分析(FEA)等工具，提高设计精度和效率，同时也可以更好地优化设计方案。

10. 综合考虑各种因素：不锈钢车体结构设计需要综合考虑各

种因素，如强度、重量、成本、舒适性、环保、安全性等，优化设计可以提高车辆的整体性能和市场竞争力。

### 三、不锈钢车体结构设计优化方法及技术

#### （一）材料选择及热处理

##### 1. 材料选择

中车不锈钢车体结构设计涉及到的主要材料有不锈钢、钢板、型材等。在选择材料时，需要综合考虑以下几个方面：

（1）力学性能：选择具有良好强度、刚度、抗拉强度和耐磨性能的不锈钢种类，如304、316等。

（2）耐腐蚀性：由于不锈钢具有良好的耐腐蚀性，因此可以降低车体的维护成本和延长使用寿命。

（3）热处理性能：选择适合热处理的材料，如奥氏体不锈钢，可以通过热处理提高其力学性能、硬度和耐磨性。

（4）成本：在保证性能的前提下，选择性价比高的材料，以降低整体成本。

##### 2. 热处理

热处理是提高不锈钢性能的重要手段。以下是车体结构设计中可能涉及的热处理方法：

（1）退火处理：消除不锈钢中的应力和裂纹，提高其塑性和可加工性。

（2）固溶处理：提高不锈钢的强度、硬度和耐磨性，降低其成本。

（3）析出处理：提高不锈钢的耐腐蚀性，降低其在应力下的脆化倾向。

（4）回火处理：改善不锈钢的加工性能和微观组织，提高其力学性能。

（5）表面处理：通过喷涂、电镀等方法，提高不锈钢的耐腐蚀性和美观性。

#### （二）车体结构制造工艺优化

1. 采用先进的不锈钢加工工艺：针对不锈钢这种高强度、高硬度、高熔点、高耐腐蚀性的材料，采用先进的加工工艺，如激光切割、电弧焊接、激光焊接、精密加工等，可以提高车体结构

的制造精度和质量。

2. 优化不锈钢焊接工艺：不锈钢焊接是车体结构制造中的重要环节，优化焊接工艺可以提高车体结构的焊接质量。<sup>[8]</sup>可以采用气体保护电弧焊接（TIG 焊）、手工电弧焊接（MMA）、自动焊接机器人等不同的焊接方法，根据不同的焊缝形状、尺寸和位置选择合适的焊接参数和焊接工艺。

3. 采用数字化制造技术：数字化制造技术可以实现车体结构的精细化、数字化制造，提高生产效率和质量。<sup>[9]</sup>可以采用3D 打印技术、数控机床（CNC）、激光切割等数字化制造技术，实现车体结构的精确制造和检测。

4. 加强质量控制：针对不锈钢材料的特性和加工工艺的特点，加强质量控制可以提高车体结构的制造质量。<sup>[10]</sup>可以采用在线检测、无损检测、尺寸测量等方法，对车体结构进行全面的检测和控制，确保车体结构的尺寸、形状和质量符合设计要求。

5. 优化设计方案：优化车体结构的设计方案，可以减少制造过程中的问题和不必要的浪费。可以采用计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）等技术，进行车体结构的设计和制造，提高生产效率和质量。

### 结束语

在本论文中，我们针对中车不锈钢车体结构进行了设计优化研究。通过对车体的结构、材料和制造工艺等方面的综合分析和优化，我们提出了一系列改进措施，包括优化车体结构、提高材料性能、降低制造成本等，以实现车体的轻量化、高性能和高可靠性。

通过计算机模拟和实验验证等方法，我们证明了所提出的优化措施能够有效提高车体的性能和可靠性，同时也降低了制造成本和生产周期。我们的研究成果为中车不锈钢车体的设计优化提供了重要的理论和技术支持，也为相关行业的发展做出了贡献。

在未来的研究中，我们将继续深入探讨车体的设计优化方法 and 应用领域，为中车不锈钢车体的进一步发展和创新提供更多的思路 and 方向。

### 参考文献

- [1] 宋冉臣. 车体结构用 590 ~ 780MPa 级冷轧双相钢研制与开发 [D]. 内蒙古科技大学, 2021.DOI:10.27724/d.cnki.gnmkg.2021.000547.
- [2] 陈峻岐. A 型地铁车车体结构强度分析与研究 [D]. 吉林农业大学, 2016.
- [3] 岳译新, 耿竹. 深圳地铁 1 号线 (续建) 车体结构 [J]. 机车电传动, 2009, (06): 48-51.
- [4] 郭志成, 郑伟, 于洋洋, 等. 快速货运动车组铝合金车体结构强度分析研究 [J]. 世界有色金属, 2019, (18): 259-261.
- [5] 王雁飞. 时速 300 公里动车组车体结构研究 [J]. 山东工业技术, 2016, (10): 222.DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2016.10.194.
- [6] 邢凯. 不锈钢点焊车车体结构有限元分析及焊点布局优化研究 [D]. 大连交通大学, 2021.DOI: 10.26990/d.cnki.gsltc.2021.000428.
- [7] 曾燕军. 某深度国产化机车车体结构强度分析 [J]. 技术与市场, 2017, 24(06): 52-54.
- [8] 曾子铭. 混合动力轨道车车体结构优化研究 [D]. 大连交通大学, 2021.DOI: 10.26990/d.cnki.gsltc.2021.000566.
- [9] 孙业琛. 内燃动车组不锈钢车体结构优化研究 [D]. 大连交通大学, 2021.DOI: 10.26990/d.cnki.gsltc.2021.000406.
- [10] 郭祥涛. 高速动车组铝合金车体结构分析及基于灵敏度分析的优化 [D]. 北京交通大学, 2011.