

# 超高层建筑中双轿厢高速电梯的结构优化与安全性研究

## ——以郑州绿地双子塔项目为例

同立新

上海颀山电梯工程有限公司 上海

**【摘要】**本文研究了超高层建筑中双轿厢高速电梯的结构优化与安全性问题，以郑州绿地中心双子塔项目中的双轿厢高速电梯为研究对象。首先介绍了双轿厢高速电梯的内涵和特征。随后分析了影响电梯承载能力和安全性的关键因素，包括结构设计、材料选择、安全系统和质量控制等方面。通过郑州绿地中心双子塔项目案例分析，阐述了该项目在双轿厢高速电梯的配置、主要难点和技术措施方面的应用情况和取得效果。进而提出了提高双轿厢高速电梯承载能力和安全性的措施，主要从结构设计、材料选择和结构分析预测三个方面进行了全面阐述。

**【关键词】**超高层建筑；双轿厢高速电梯；结构优化；安全性研究

**【收稿日期】**2024 年 2 月 10 日

**【出刊日期】**2024 年 3 月 20 日

**【DOI】**10.12208/j.ijme.20240006

### Study on structural optimization and safety of double-car high-speed elevator in super high-rise building -take Zhengzhou Greenland twin towers project as an example

Lixin Tong

Shanghai Haoshan Elevator Engineering Co., Ltd., Shanghai

**【Abstract】**In this paper, the structural optimization and safety of double-car high-speed elevators in super-high-rise buildings are studied, taking the double-car high-speed elevators in the green center Twin Towers project as the research object. Firstly, the connotation and characteristics of double-car high-speed elevator are introduced. Then, the key factors affecting the carrying capacity and safety of the elevator are analyzed, including structural design, material selection, safety system and quality control. Through the case analysis of the green center Twin Towers project in Zhengzhou, this paper expounds the application of the project in the configuration, main difficulties and technical measures of the double-car high-speed elevator and its achievements. Then, the measures to improve the bearing capacity and safety of double-car high-speed elevator are put forward, which are mainly expounded from three aspects: structural design, material selection and structural analysis and prediction.

**【Keywords】**Super high-rise building; Double-car high-speed elevator; Structural optimization; Security research

#### 1 双轿厢高速电梯的内涵和特征

双轿厢高速电梯是指一种具有两个独立梯厅，能够同时运行两个电梯轿厢的垂直交通工具。该种电梯主要用于高层建筑，以提供更快速、高效的垂直交通服务。通过同时运行两个轿厢，它能够减少乘客等待的时间和拥挤感，提高建筑内部的交通效率。此外，双轿厢高速电梯还能够节省空间，增加了运载能力，并提供了更多的灵活性。

该电梯配备先进的安全系统来确保乘客在紧急情况下的安全，并减少轿厢之间的碰撞风险。因此，双轿厢高速电梯为高层建筑内部的垂直交通提供了更快速、高效、安全的解决方案。为了确保乘客的安全和舒适性，该电梯的设计和 operation 需要符合严格的安全标准（欧标 EN81，国标 GB7588）。

#### 2 影响电梯承载能力和安全性的关键因素

##### 2.1 结构设计因素

双轿厢高速电梯的结构设计必须满足国家和地区的法规标准,以确保安全性和可靠性。设计时需要考虑到多个因素,如楼层高度、垂直井道尺寸、轿厢尺寸和负载容量等。同时,还需要按照不同的使用需求,考虑实现不同的控制方式,如前后门控制、普通按钮或触摸屏等。

## 2.2 材料选择因素

电梯承载部件的材料选择直接影响其承载能力和安全性。选择合适的材料可以提高电梯的耐久性和稳定性,从而降低维修和维护成本。一般情况下,电梯的承载结构和轿厢壳体采用高强度钢材、铝合金和玻璃钢等材料。

## 2.3 安全系统因素

双轿厢高速电梯的安全系统必须满足国家和地区的安全标准,包括电气安全、机械安全和应急安全等。其中,紧急制动装置、防坠落保护装置、轿厢超载保护和门锁安全装置等安全系统是保障电梯运行安全的关键因素,必须严格按照标准进行设计和安装。

## 2.4 质量控制因素

电梯的质量控制是确保电梯承载能力和安全性的重要保证。在生产过程中,需要进行各项检验和测试,如超载试验、开门和关门试验、紧急制动试验等,以确保电梯的质量符合标准。此外,在安装和维护过程中也需要进行各种检查和测试,以确保电梯的运行状态和安全性。

# 3 郑州绿地中心双子塔项目案例分析

## 3.1 项目概况

郑州绿地中心双子塔项目位于郑州市地铁、高铁交汇处的郑东新区,是中国开工建设的最高的双塔式建筑和建筑体量最大的超高层建筑之一。该项目占地面积 42156 平方米,建筑面积 682082 平方米,总投资达 80 亿元,包括 2 栋近 300 米超高层甲级写字楼、四星级酒店、餐饮、娱乐、购物中心等。

项目共配置 163 台 KONE 电扶梯,其中包括双轿厢高速电梯等多种型号,涉及 KONE High-Rise MiniSpace、KONE MiniSpace、KONE MonoSpace、KONE TraverlMaster Escalator 等产品。为确保高安全、高舒适感和高客流体验,针对超高层项目特点,采取了分区电梯配置策略。

## 3.2 主要难点

中区配置 5M/S 芬兰全进口高速双轿厢电梯,载重 1800KG+1800KG,31 层/4 站/4 厅门,提升高度

131.8M,底坑深度 7.1M。由于双轿厢电梯采用双轿架加之整个系统自重达到 12.15T,传统低速电梯的补偿链系统已无法满足整个系统的补偿需要,将低速电梯补偿链系统优化为补偿钢索系统,确保电梯安全的同时,实现更绿色环保可持续。(1)单台双轿厢高速电梯机房结构承载最大动载荷:594KN(RM1、RM2、RM3、RM4)。(2)单台双轿厢高速电梯底坑结构承载最大动载荷:1824KN(RP1~4),此底坑楼板为 B2 层底板,考虑结构安全和设备极端情况下安全,传统的由底坑结构承载载荷需优化。

## 3.3 技术措施

### 3.3.1 难点对策

作为项目经理,我带领现场团队与甲方,土建设计沟通,并与芬兰设计师沟通,共同攻关,最终结合现场土建结构设计及现场实际尺寸设计出一款底坑(超级补偿装置固定架)Rope compensator fixing。2 处 RP4 电梯对重副导轨(合计 300KN),2 处 RP3 电梯轿厢主导轨(合计 342KN)由底坑底板结构承载并增加轿厢,对重双安全钳。2 处 RP1(合计 460KN),2 处 RP2(合计 386KN),1 处 RP5(336KN),最终通过地板受力+剪力墙+构造柱多处结构承担极限破坏受力,最终经过 GMP 设计及同济设计院复核,达到结构安全和设备安全极限安全系数要求。

### 3.3.2 技术创新点

(1)此项目所有曳引机(驱动主机)采用最先进的永磁同步技术,较传统有齿轮曳引机(异步主机),从绿色环保,节能减排,重量,易维护,易安装,寿命都有极大优势。(2)此项目所有轿厢外加装了防火夹层设计,即增加防火能力,又确保高速电梯的轿厢内部噪音控制,全部厅轿门采用防火迷宫设计。

## 3.4 取得效果

通过技术措施的合理规划和优化,以及多方合作的沟通协作,该项目成功解决了双轿厢高速电梯的补偿系统和底坑结构问题,实现了高安全、高舒适感和高客流体验的目标。

# 4 提高双轿厢高速电梯的承载能力和安全性的措施

针对前文第二章所述影响电梯承载能力和安全性的关键因素,以及第三章的案例剖析,在安装实践中遇到的难点及措施中得到的启发,本章将从结构设计、材料选择和结构分析预测三个方面,全面阐述提高电梯的承载能力和安全性技术措施。

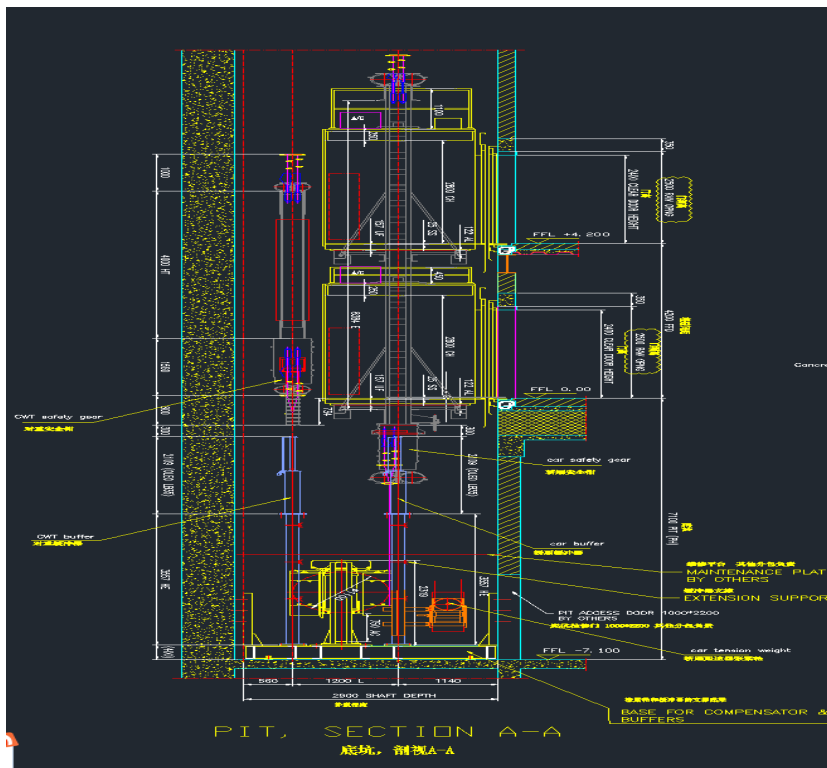


图1 双轿厢电梯剖视 A-A 图

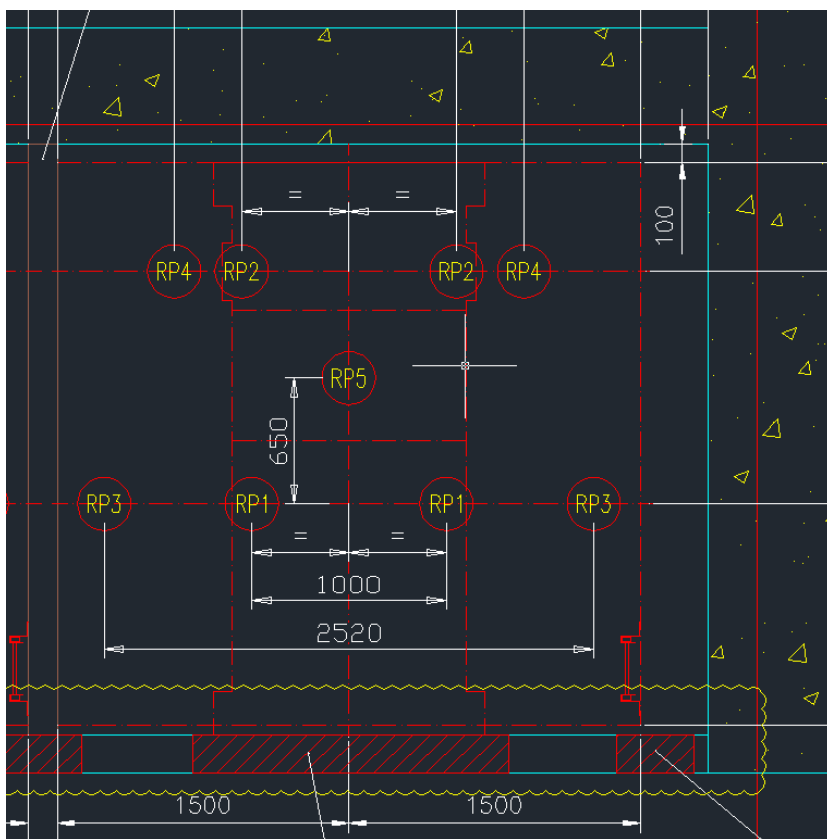


图2 双轿厢电梯底坑平面图

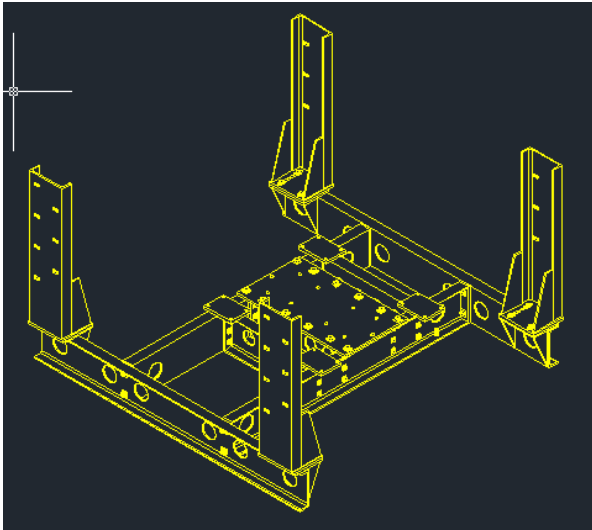


图3 超级补偿装置固定架图

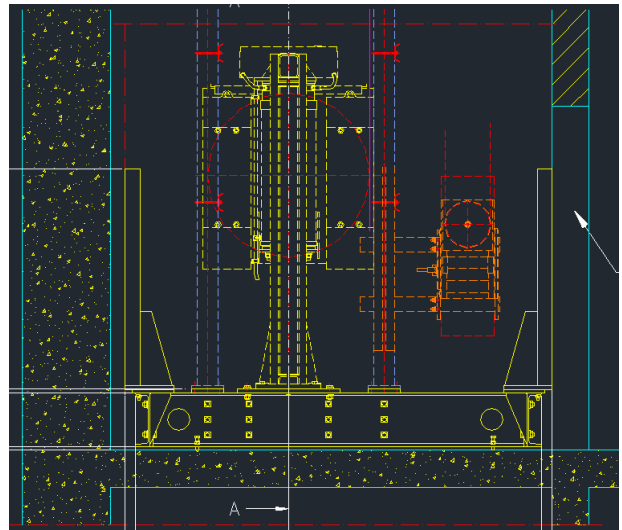


图4 超级补偿装置固定架井道内剖面图

### 4.1 结构设计

#### 4.1.1 优化支撑结构

为了提高电梯的承载能力和安全性，可以通过设计更加坚固和稳定的支撑结构来实现。这包括优化立柱、梁和连接件的设计。立柱应该采用足够的强度和刚度，以承受垂直负荷和侧向力。梁的设计应该考虑到电梯自身的重量和所能承受的最大负荷。连接件应该采用可靠的连接方式，如焊接或螺栓连接，以确保结构的完整性和稳定性。这样设计出的支撑结构能够有效地防止电梯在运行时发生变形或振动，从而提高了电梯的安全性。

#### 4.1.2 冗余设计

为了提高电梯的可靠性和安全性，可以采用冗余设计原则，在结构中增加额外的支撑和连接部件。冗余设计是指在设计中增加多余的元素或组件，以提供备用路径或功能，以增强系统的鲁棒性。通过采用冗余设计原则，电梯的支撑结构和连接部件能够具备更高的可靠性和安全性，即使在极端条件下或部分故障情况下，电梯仍然能够承载荷载并保持稳定，确保人员在使用过程中的安全。

#### 4.1.3 减震设计

为了增强电梯的抗震性能和安全性，可以考虑在电梯结构中加入减震装置，如减震器或减震材料。这些装置能够有效地吸收和分散地震或其他冲击带来的能量，降低对电梯结构的影响。通过使用减震装置，电梯在地震或其他外部冲击时能够更好地保持稳定，减少结构损坏的可能性，提高安全性和可靠

性。以本文所述的案例为例，所有与主体结构相连的电梯结构都安装了减震装置和智能控制系统。例如，机房主机底座和结构之间采用减震胶垫设计，并配备了高精度的地震检测仪。当检测到地震波时，电梯将自动停在最近的楼层并打开门，以提高电梯在恶劣环境下的适应性和安全性。这些技术手段对于提升电梯的应用价值和安全性具有重要意义。

### 4.2 材料选择

#### 4.2.1 高强度材料

为了增加电梯的承载能力和使用寿命，可以选择高强度、耐磨损和耐腐蚀的材料来构建电梯结构。碳钢和合金钢是常用的材料选项，它们具有出色的强度和刚度，能够承受较大的荷载并保持结构的稳定性。这些材料还具有良好的耐磨损性，能够抵御长期使用中的磨损和疲劳。选择高强度、耐磨损和耐腐蚀的材料可以显著提高电梯的承载能力和使用寿命。这些材料能够在长期使用中保持结构的强度和稳定性，减少维护和更换的频率，同时降低了因腐蚀和磨损而带来的安全风险。因此，在设计和构建电梯时，选择合适的材料是确保电梯性能和可靠性的重要因素之一。

#### 4.2.2 轻质材料

为了减轻电梯的自重并提高整体结构的稳定性，可以考虑使用轻质但高强度的材料来构建电梯。铝合金是一种常用的轻质材料，具有较高的强度和优异的耐腐蚀性能。相比于传统的钢材，铝合金更轻，可以降低电梯的整体重量，使其更易于搬运和安装。

同时，铝合金的高强度可以确保电梯在使用过程中的稳定性和可靠性。另一个选择是碳纤维复合材料。碳纤维复合材料由高强度的碳纤维布和耐腐蚀的树脂组成，具有出色的强度和刚度，同时非常轻巧。这种材料的使用可以显著减轻电梯的重量，并提供更高的强度和耐久性。这不仅方便了电梯的搬运和安装，还减少了对支撑结构的负荷，延长了整体结构的使用寿命。

#### 4.2.3 防火材料

在超高层建筑中，安全性是至关重要的考虑因素之一。特别需要注意的是电梯材料的防火性能。在火灾情况下，选择防火等级高的材料能够有效提高电梯的安全性。防火等级高的材料具有抗燃烧和阻燃的特性，能够有效延缓火势蔓延并减少火灾对电梯结构的损害。例如，一些耐火板材料被广泛应用于建筑领域。这些材料采用特殊的防火添加剂，能够在一定时间内抵御高温和明火，为人员疏散争取宝贵的时间。此外，还可以选择具有防火保护涂层的材料。这些涂层通常由防火涂料或阻燃涂料组成，可以形成一层防火屏障，减缓火势传播。这种涂层可以直接应用在电梯的表面，起到防火的作用。

### 4.3 结构分析和测试

#### 4.3.1 结构分析

现代科技的发展，使得计算机辅助设计软件成为建筑工程中不可或缺的工具。一种重要的应用是通过有限元分析模拟电梯在正常使用和紧急情况下的承载情况，以评估结构的安全性和稳定性。有限元分析是一种数值计算方法，通过将复杂结构分解为简单的有限元模型，分析各个部分受力情况，最终得出整体的力学特性。对于电梯结构而言，有限元分析可以模拟多种受力情况，例如均布荷载、点荷载、弯矩等。通过这些模拟，可以确定电梯结构所能承受的最大荷载，从而评估其安全性和稳定性。在紧急情况下，如火灾等，电梯的承载情况可能会发生变化。有限元分析也可以模拟这种情况，以评估电梯在火灾等紧急情况下的应变能力和承重能力。这种模拟有助于确定电梯结构是否满足紧急情况下的安全需求，并为电梯设计提供更加科学合理的依据。

#### 4.3.2 材料性能测试

为确保材料符合设计要求并具有足够的安全储

备，需要进行拉伸、弯曲和疲劳等性能测试。拉伸测试是通过施加拉力来测试材料的抗拉强度和断裂强度。这种测试可以评估材料的最大承载能力和应变能力，并确定其在正常使用情况下是否安全可靠。弯曲测试是通过施加弯曲力来测试材料的弯曲强度和断裂强度。这种测试可以评估材料在电梯结构中的应用情况，并确定其是否具有足够的强度和刚度。疲劳测试是通过反复施加加载和卸载来测试材料的疲劳寿命和疲劳极限。这种测试可以模拟电梯在长期使用过程中受到的变化荷载，评估材料的耐久性和可靠性。电梯国标 GB7588 中关于电梯相关材料及配件测试，如厅门的摆锤实验，防火电梯厅门的防火测试等。

### 5 结论

本文提出了一系列提高双轿厢高速电梯承载能力和安全性的技术措施，旨在为超高层建筑中的双轿厢高速电梯的设计、制造和应用提供科学的指导和参考，以确保乘客的安全和舒适，并为高层建筑内部的垂直交通提供更快速、高效、安全的解决方案。这些技术措施的提出和总结对于推动双轿厢高速电梯的结构优化和安全性提升具有一定的指导意义和实际应用价值。

### 参考文献

- [1] 王晔;沈冬冬;仇成.超高层建筑中电梯配置的计算与探讨[J].现代建筑电气,2012(04)
- [2] 郑有木.高速电梯轿厢动力学参数对平稳性的影响分析及设计优化[D].浙江大学,2015
- [3] 曹智超.高层高速电梯振动特性研究与实验[D].中南大学,2012
- [4] 杜海军.气体扰动对高速电梯系统动态特性影响的研究[D].苏州大学,2019
- [5] 蒋丹.电梯轿厢水平减震技术的应用研究[J].中国新技术新产品, 2022(005):000.

**版权声明：**©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



**OPEN ACCESS**