

# 电梯运行中的共振原因研究及解决措施

秦炼军 胡栩侨

广东省特种设备检测研究院 广东 佛山 528200

**摘要:** 在现代社会, 电梯是人们日常生活不可或缺的垂直交通工具, 广泛用于住宅、商业建筑、公共设施等场所。其安全与舒适性能关乎民众日常生活和出行安全, 因此电梯安全运行是社会关注焦点。然而, 电梯运行可能出现共振现象, 影响其安全与舒适。我们需了解电梯运行共振概念, 研究其产生原因与解决方法, 通过从源头减振来预防共振, 提高电梯使用舒适性和安全性, 降低事故风险, 保障乘客生命和财产安全。

**关键词:** 电梯检验; 电梯运行; 共振原因

引言: 随着建筑高度增加, 电梯作为垂直交通工具, 使用频率和重要性凸显。但电梯运行磨损消耗加剧, 事故频发, 共振成影响安全与舒适的隐患。共振不仅降低乘客体验、引发恐慌, 还增加故障和安全事故风险。通常在运行速度和自然频率相近时出现, 其原因是多方面的, 可能源于电梯质量、安装、调试问题, 如机械系统(曳引机、曳引轮与钢丝绳、导轨系统问题)、电气系统(驱动控制、电机、编码器故障及线路老化、电磁干扰)、土建结构(建筑基础沉降、井道壁问题和频率相近)等; 也与电梯结构(部件设计不合理或制造工艺不到位)、运行状态(速度和载重量超出范围)、外部环境(安装位置不当、地基不稳定)有关。精准分析共振原因, 能为电梯设计、安装调试、维护保养及故障诊断提供依据, 解决共振问题可提升乘运质量和生活品质。此外, 研究共振原因能推动行业技术创新和产业升级, 增强我国电梯产品国际竞争力。因此, 深入研究电梯运行共振原因有重要现实意义。

## 1 电梯运行共振的基本理论

### 1.1 电梯运行共振的基本原理

共振是物理学中的一个重要概念, 指的是一个物理系统在特定频率下, 以最大振幅做振动的情形, 此特定频率被称为共振频率。当外界激励的频率与系统的固有频率接近或相等时, 系统的振幅会急剧增大。共振现象在自然界和生活中广泛存在, 有积极应用也有危害。积极应用方面, 乐器发声与共振相关; 无线电通信领域用共振电路选择和放大信号。但共振也有危害, 机械工程中可能导致设备振动损坏, 如美国塔科马海峡大桥因共振坍塌。

电梯是复杂机电设备, 其运行系统由曳引、导向、轿厢、门、电气控制等关键部分协作, 保障安全稳定运行。在电梯运行中, 共振就是电梯在运行过程中出现

的一种特殊振动现象, 会导致电梯整体震动或颤动。从表现形式来看, 电梯运行共振时, 乘客往往能明显感觉到轿厢的异常晃动, 同时可能伴随有较大的异常噪音, 如嗡嗡声或尖锐的摩擦声。电梯相关部件固有频率与外界激励频率接近会引发异常振动和噪声, 这些共振预警信号是电梯故障前的关键征兆, 提醒我们注意安全。所以, 日常使用电梯要细心观察, 发现异常应立即报告专业人员检查维修。不能因电梯安全送达而掉以轻心, 否则会埋下安全隐患, 危及大家的生命安全。

### 1.2 电梯运行共振的危害及影响

电梯低频共振和噪音有穿透力强、传播距离远、衰减缓慢等三大特性。主要有电机转动及电流/减速箱运转/电梯刹车抱闸张吸/变频器电磁辐射/控制柜接触器吸合的共振和噪声, 电梯运行共振危害多, 对安全性能、设备寿命和乘客体验影响显著<sup>[1]</sup>。

从安全风险看, 在乘客体验方面共振降低乘坐舒适度。共振时, 电梯机械部件承受远超正常的交变应力, 电梯的启动、运转和刹车时的低频振动和噪声让乘客不适; 异常振动使乘客站立不稳, 老人、儿童和体弱者感受更强烈, 让乘客怀疑安全性、产生恐惧, 引发不满和投诉, 影响电梯使用; 如发生轿厢骤停、坠落或冲顶等共振隐患直接威胁乘客生命安全。

从设备本身看, 共振还严重影响设备寿命。异常振动使各部件受额外冲击和磨损, 导轨与导靴过度摩擦影响导向精度、缩短寿命; 曳引钢丝绳承受不均匀拉力, 加速断丝、磨损, 降低承载能力。此外, 还可能损害电气设备, 如电子元件松动导致接触不良。频繁共振增加维修频率和成本, 缩短整体使用寿命, 加重运营和维护负担。

## 2 电梯运行共振原因的案例分析

### 2.1 曳引机械系统引发的共振案例

### 2.1.1 钢丝绳问题

某住宅小区居民频繁反映电梯在使用过程中出现明显的轿厢晃动以及异常噪声。发现是电梯的钢丝绳存在严重磨损，此外，钢丝绳的张力不均，各根钢丝绳之间的张力差值超出了标准值。由于钢丝绳磨损，其承载能力下降，在电梯运行过程中无法均匀地传递曳引力，导致轿厢出现晃动。而张力不均则使得曳引轮在转动时受到的力不均匀，引起曳引轮的抖动，这种振动严重影响乘坐舒适性和安全性。

### 2.1.2 导轨与导靴问题

某商业大厦电梯运行不稳定，轿厢有左右晃动、上下颠簸且伴有较大噪声。发现是轿厢及对重块主导轨摩擦传递至井道结构引起的噪声问题。电梯主导轨固定于门的两侧与墙体连接，轿厢导轨上滑行停止时的摩擦及振动会通过固定导轨与墙体连成“声桥”，属于井道结构性传声问题。导轨垂直度偏差和表面不平整也使轿厢受不均匀力而晃动、颠簸，导靴问题加剧不稳定，产生噪声，影响运行质量和乘坐体验。

### 2.1.3 驱动主机问题

某写字楼电梯乘客使用后反映振动加剧、噪声有增大现象。发现是驱动主机及机房控制柜发出噪声，机房主承重梁主墙与业家主墙为公共墙体或刚性结构连体，构成电梯噪声主要传播“声桥”，驱动主机系统高速运行及停车时的低频振动和噪音通过声桥传出，属于机房结构性传声问题。导致振动可能有几个方面，一是驱动主机安装存在误差；二是曳引轮绳槽等部件磨损严重，导致钢丝绳与曳引轮摩擦力不均；三是减速箱润滑保养不良，加剧齿轮磨损严重。四是制动器磨损严重。这些异常振动并传递到整个电梯系统，严重时甚至可能危及乘客安全。

## 2.2 电气系统引发的共振案例

### 2.2.1 变频器故障

某公寓电梯运行时出现速度不稳定、轿厢振动和异常噪声问题。经检测，是变频器故障所致。一是参数设置不合理，速度控制参数与实际运行工况不匹配；二是内部部分元器件老化，如电容容量下降、电阻阻值变化；三是功率模块损坏，引发过流故障报警。这些故障严重影响电梯运行速度和稳定性，参数不合理使速度控制偏差，元器件老化和功率模块损坏致输出电压、电流不稳定，会使电机输出的转矩不稳定，导致电梯运行时产生振动和共振。

### 2.2.2 旋转编码器问题

某酒店电梯运行时轿厢到达楼层会上下晃动、抖

动，严重影响乘客进出安全与乘坐体验。经专业人员检查，问题由旋转编码器引起。一是编码器内部码盘磨损、有划痕，测量电梯运行速度和位置时产生误差；二是编码器安装松动，与电机轴连接有偏差，无法准确测量电机转速和位置信号。这些问题极大影响电梯运行控制精度。码盘磨损使编码器输出脉冲信号不准，影响电梯平层精度；安装松动加剧信号测量误差，导致轿厢晃动、抖动，平层误差超出标准范围。会导致反馈信号不准确，影响电梯的运行稳定，引发共振。

## 2.3 其他因素引发的共振案例

### 2.3.1 轿厢结构与平衡系数问题

某住宅小区电梯运行时，居民反映轿厢倾斜、振动，乘坐不稳定。检测发现问题出在轿厢结构和平衡系数上。长期使用后，轿厢部分结构件松动，如轿厢壁与轿厢架连接螺栓松动，导致整体结构稳定性下降；且平衡系数不符合标准范围，有冲顶或蹲底风险。这些问题严重影响电梯运行。轿厢结构件松动使轿厢难保持稳定，易变形、振动致倾斜；平衡系数不合理使轿厢与对重重量不平衡，产生额外力矩，加剧振动，影响乘客乘坐舒适性和安全性。

### 2.3.2 外部环境因素

某沿海城市的一座高层电梯在大风天气下运行时，出现了明显的振动和异常噪声，乘客反映乘坐时感觉恐慌。发现是由于外部环境因素中的风荷载导致了电梯的共振。该建筑位于海边，风对电梯井道和轿厢产生了较大的作用力。由于电梯井道的结构和轿厢的外形设计，在特定的风速和风向条件下，风荷载的激励频率与电梯系统的固有频率接近，从而引发了共振。风荷载等外部环境因素可能会造成紧急停电，会触发电梯启动自发保护措施，缓降到最低层。这个过程中，电梯轿厢内照明会停电，乘客会有坠落错觉，乘坐人员受到惊吓的情况。

## 3 电梯运行共振的解决策略与预防措施

### 3.1 针对不同原因的解决策略

#### 3.1.1 机械系统问题的解决措施

钢丝绳的张力传声问题，可以通过钢丝绳与桥架之间的减振，对磨损的曳引轮和钢丝绳进行更换，选用电梯专用钢丝绳。在更换过程中，对钢丝绳的张力进行了精确调整，使用专业的张力测试仪，将各根钢丝绳的张力调整到均匀一致，使张力差值控制在标准允许范围内。定期用专用钢丝绳脂润滑，减少摩擦、延长寿命。经过这些处理后，轿厢晃动和异常噪声问题得到了有效解决，电梯运行恢复平稳，乘客的乘坐舒适性和安全性得到了保障。

井道结构性振动传声问题,可对导轨和导靴重新调整修复;可将电梯轿厢的固定滑行方式改为滚动滑轮组合控制可大大减少轿厢运行的摩擦噪声;在井道壁之间安装缓冲垫,降低导轨与井道壁之间的刚性碰撞,避免因电梯运行产生的震动传导至建筑结构。处理后,电梯运行稳定性显著提升,振动和噪声减小,恢复正常,满足乘客舒适性要求。

机房结构性振动传声问题,可对驱动主机与承重梁之间的减振措施进行优化。常见案例中,顶层或次顶层住户受噪声影响大,其他楼层影响小。可重新安装调试维护驱动主机,增设低频阻尼复合减振装置,用传感器实时监测振动和温度,降低振动传递率,将噪声降至舒适声环境以下,乘客体验改善。

### 3.1.2 电气系统问题的解决措施

当变频器出现故障时,首先应对变频器的参数进行全面检查和优化。重新优化设置变频器参数,根据电梯实际参数和运行工况精确调整关键参数;全面更换老化元器件,选用可靠稳定的电容、电阻等;更换损坏的功率模块并严格测试调试。确保变频器的输出能够满足电梯的运行需求。同时要确保散热风扇正常运转。当变频器出现故障报警时,应及时根据报警信息进行故障排查。如出现过流故障,应检查电机是否存在短路、过载等情况;如出现过压故障,应检查电源电压是否稳定,制动电阻是否正常。处理后,电梯运行恢复正常,保障了乘客安全与舒适。

使用编码器测试仪检测和调整旋转编码器的输出脉冲信号,确保其准确性和稳定性。定期检查维护旋转编码器,查看码盘有无磨损、划痕,检查连接线路是否松动、接触不良,有问题及时处理。电梯运行时,实时监测旋转编码器工作状态,通过电梯控制系统反馈信息,检查编码器输出的速度和位置信号是否与实际相符。考虑电梯周围的电气设备产生的电磁干扰,若信号异常,及时排查修复或更换,通过测试确保信号准确可靠。处理后,电梯平层精度提高,平层误差在标准范围,解决轿厢晃动抖动问题,运行恢复正常,保障乘客安全舒适。

### 3.1.3 其他因素问题的解决措施

若轿厢结构与平衡系数有问题,需定期全面检查加固轿厢结构,紧固松动螺栓,修复或更换损坏结构件,还可对轿架与轿厢之间进行隔离减振,确保整体稳定性;调整电梯平衡系数,增减对重块重量,用专业称重设备精确测量,使平衡系数达到标准范围。处理后,电梯轿厢倾斜和振动问题解决,运行恢复平稳,保障了乘客乘坐的舒适性和安全性。

面对外部环境因素影响,电梯井道设计建造时要充分考虑其影响,优化井道结构设计,增加刚度和稳定性,如在井道墙壁增加加强筋提高抗风能力。在电梯井道的设计和建造过程中,优化井道的结构和外形,增加井道的刚度和稳定性,减少风荷载对井道的影响。在轿厢的设计上,采用流线型外形,降低风阻,减少风对轿厢的作用力<sup>[2]</sup>。在电梯控制系统中,增加抗风荷载的控制算法,当检测到风速超过一定阈值时,自动调整电梯的运行速度和加速度,避免共振的发生。此外,还可以在电梯井道内安装减振装置,如阻尼器等,吸收和消耗振动能量,降低轿厢的振动幅度。关于紧急停电触发电梯启动自发保护措施,乘客会有坠落错觉的情况,在今后的维保、检测、停电等工作中应提前通知并做好预案,对被困人员进行安抚,并对电梯进行安全检查才能正常使用。通过这些措施的综合应用,有效减少了风荷载等外部环境因素对电梯运行的影响,提高了电梯在恶劣天气条件下的运行稳定性和安全性。

## 3.2 电梯运行共振的解决措施

### 3.2.1 加强电梯安装与维护管理

在电梯安装过程中,严格按相关标准和规范操作很重要。安装人员应具备专业技能与丰富经验,熟悉电梯结构和安装工艺,从安装源头减振。加强电梯日常维护保养管理是预防共振的重要措施,需制定详细计划,明确内容、周期和责任人。定期全面检查电梯,机械部件重点检查曳引机、导轨等磨损情况,按需补充或更换润滑油等;电气系统检查变频器等设备工作状态,定期清洁维护,检查程序参数,更换易损件,保证稳定运行,减少共振。电梯事故有预兆,如抖动、滑层等,日常应多观察、听取反馈并及时报修,守护乘梯安全。调试和优化电梯控制系统可保证运行稳定。建立完善的维护保养记录很重要,详细记录情况和问题,能让工作人员掌握运行状态,为后续维护提供参考,解决潜在问题,保障电梯安全平稳运行。

### 3.2.2 优化电梯设计与选型

在电梯设计阶段充分考虑抗振需求,是减少电梯运行共振的根本之策。优化导轨布置时,导轨接头平整度至关重要。即使是微小的不平整,在电梯运行时也会产生颠簸,进而引发共振。因此,严格把控接头平整度,能极大减少运行不平顺,让电梯运行更平稳。合理设计轿厢重心也不可或缺,确保轿厢受力均匀,可避免因重心偏移使局部受力过大而产生振动,提升乘坐的舒适性。对重系统采用防扭曲设计同样意义重大,能防止对重系统在运行中晃动,保证电梯运行的稳定性。此外,

针对电梯噪声与振动产生机理和改造难点及维护便捷性分析,采用先进减振和降噪技术<sup>[1]</sup>,如在电梯主机、轿厢、控制柜、导轨等部位安装一套经济有效的阻尼弹簧复合减振装置及独特的低频隔声降噪组合,确保治理后排除噪声;在井道和轿厢内铺设吸音棉、隔音板等隔音材料,通过加装减振降噪装置来延长碰撞时间和降低瞬时冲击感的动态防护措施,提高乘坐舒适性。从设计源头做好抗振工作,能有效降低共振发生的概率,为电梯的安全稳定运行奠定坚实基础。

### 3.2.3 建立电梯运行监测与预警系统

建立电梯运行监测与预警系统意义重大。该系统通过在电梯关键部位安装传感器实现实时监测,如在轿厢、导轨、曳引机等部位安装加速度传感器监测振动加速度,安装位移传感器监测部件位移变化,安装温度传感器监测部件温度,出现异常及时预警。利用物联网技术将传感器数据传至监控中心,中心用专业软件分析处理数据,了解运行状态并预测故障。采用数据挖掘和机器学习算法分析历史数据,建立预测模型,依据多因素预测故障概率,提前预警。此外,系统具备故障诊断功能,电梯异常时,能根据传感器数据判断故障原因和部位,及时辨识危险源及控制,提高维修效率,保障电梯安全稳定运行。

## 结语

本文探究电梯运行共振原因,针对不同原因的共振问题,提出有效策略减振避振,保障乘客安全舒适,促进行业发展,但实际效果需进一步验证评估。未来要建立科学评估方法和指标体系,通过案例分析和实验研究量化评估效果,优化措施,提高应用价值。不断探索实践能保障电梯运行稳定安全,营造可靠乘梯环境。探索可紧跟技术发展、发现潜在风险、掌握新共振成因,实践能验证新检测方法和解决方案有效性。未来,随着科技进步和人们对电梯要求提高,共振问题研究将朝深入、全面、智能化方向发展,重点是深入研究共振机制、探索解决预防措施、开发先进检测诊断技术。结合探索与实践可精准解决难题,降低运行共振故障发生率,让电梯运行更平稳,打造安全舒适乘梯体验。

## 参考文献

- [1]舒凯凯.曳引驱动电梯运行共振的产生原因及解决措施[J].中国电梯,2023,34(12):59-61
- [2]赵凯,王小燕,韩郡业.电梯噪声来源分析及降噪措施探讨[J].工程机械,2025,56(4)\_184-188.DOI\_10.3969/j.issn.1000-1212.2025.04.032.
- [3]张育,方杰,沈世鸣.电梯智能降噪技术探究[J].电梯工业,2025(1)\_30-30