

# 电梯检验检测中电梯运行共振

王琦

北京市朝阳区特种设备检测所 北京 100122

**摘要:** 电梯作为现代高层建筑垂直运输关键设备,其运行舒适性与安全性至关重要。电梯运行共振现象不仅降低乘坐舒适度,严重时还可能危及设备结构完整性及运行安全。本文围绕电梯检验检测中电梯运行共振展开深入探究,旨在为电梯安全、平稳运行提供全方位理论与技术支持,促进行业高质量发展。

**关键词:** 电梯;检验检测;运行共振;成因分析;处理措施

引言:随着城市化进程加速,高层建筑如雨后春笋般涌现,电梯已然成为人们日常垂直出行不可或缺的工具。电梯运行品质直接关联到使用者的乘梯体验以及建筑整体功能发挥。然而,电梯运行共振问题犹如一颗隐匿的“定时炸弹”,悄然威胁着电梯运行的舒适性与安全性。当共振发生时,轿厢剧烈振动,乘客会产生明显不适感,甚至引发眩晕、心慌等生理反应;长期处于共振工况,电梯关键部件如曳引钢丝绳、导轨、轿厢架等承受交变应力大幅攀升,疲劳磨损加剧,使用寿命急剧缩短,设备故障率骤升,维修成本水涨船高;更为严峻的是,共振引发的超常振动可能导致电梯安全保护装置误动作,或使轿厢与井道壁、层门等部件碰撞概率增加,一旦极端情况下结构部件因共振疲劳断裂,极有可能酿成严重安全事故,危及乘客生命安全。故而,在电梯检验检测环节深度剖析运行共振问题,探寻根源、精准诊断并实施有效防治,是保障电梯安全可靠运行、维护公众乘梯安全的核心要务,对推动电梯产业技术升级、促进城市建设良性发展意义深远。

## 1 电梯运行共振的成因分析

### 1.1 机械系统因素

(1) 曳引系统失衡:曳引轮与钢丝绳在长期运行后,因磨损不均、张力失衡引发系统偏心。曳引轮绳槽磨损深度不一致,致使钢丝绳与绳槽接触应力分布不均,部分钢丝绳张力过大,运行时产生周期性的不平衡拉力,激发横向与纵向振动;钢丝绳自身因受力不均,弹性变形不协调,在曳引过程中易出现抖动、跳动现象,且各钢丝绳振动相互耦合,放大振动幅值,当振动频率接近电梯固有频率时,共振随即触发。(2) 导轨安装偏差:导轨作为轿厢运行导向基准,安装精度要求严苛。施工误差或长期运行受轿厢冲击、热胀冷缩影响,导轨出现垂直度、直线度偏差及接头错位。轿厢沿扭曲导轨运行,滚轮或导靴受力不均,产生侧向挤压与

摩擦,形成侧向振动激励源;导轨接头处不平整,轿厢通过时瞬间冲击力剧增,引发高频振动,若该振动频次契合电梯结构固有振动频率,共振条件成熟,轿厢振动幅度迅速攀升,乘坐舒适性荡然无存。(3) 轿厢系统松动:轿厢体与轿厢架经螺栓、焊点连接,长期频繁启停、振动冲击下,连接部位松动;轿厢内装饰板、扶手等部件安装不牢,运行中受惯性力作用摇晃、撞击轿厢主体,成为额外振动源;轿厢平衡块移位、脱落,破坏轿厢原有重心分布,运行稳定性瓦解,加剧振动趋势,当累积振动能量足以驱动轿厢以共振频率振动时,共振灾难降临,威胁设备结构稳定<sup>[1]</sup>。

### 1.2 电气系统因素

(1) 变频器参数异常:变频器控制电机转速与转矩,参数设置不当,输出电压、电流谐波畸变严重。高次谐波注入电机绕组,产生高频电磁力波动,致使电机轴系扭振,通过曳引系统传导至轿厢;谐波干扰还影响电机转速稳定性,引发转速周期性波动,与电梯机械传动固有频率耦合,诱发共振,表现为轿厢运行时匀速段突发抖动、爬行段振动加剧,严重干扰正常运行节奏。

(2) 电机电磁力波动:(3) 电机制造工艺瑕疵、绕组绝缘老化或气隙不均,引发电磁力非正弦分布,产生一系列谐波成分。旋转磁场谐波与转子相互作用,形成脉动电磁转矩,驱动电机及相连机械部件振动;尤其在低速运行、启动瞬间,电磁力波动显著,若电梯固有频率不幸落入波动频率范围,共振噩梦成真,电机剧烈振动,连带轿厢颤抖,安全隐患丛生。

### 1.3 建筑结构因素

(1) 井道刚度不足:井道建筑设计不合理或施工质量欠佳,混凝土墙体厚度不足、配筋率低,钢结构框架连接节点薄弱,承载电梯运行动态载荷时变形过大;井道受周边建筑施工、地基沉降影响,结构完整性受损,整体刚度下降,轿厢运行振动能量难以有效耗

散,在井道内反射、叠加,促使轿厢振动加剧,一旦振动频率匹配电梯固有频率,共振汹涌来袭,整个电梯系统陷入剧烈震荡困境。(2)轿厢与建筑固有频率接近:电梯轿厢结构与井道建筑结构因材料特性、尺寸布局,各自拥有固有频率。设计阶段未充分考量二者频率隔离,建筑装修、电梯改造后,轿厢或井道结构刚度、质量改变,导致二者固有频率趋近。日常运行微小振动激励下,极易引发共振,宛如“同频共振”灾难,轿厢与井道共振耦合,振动幅值呈指数级增长,严重威胁电梯运行根基<sup>[2]</sup>。

## 2 电梯运行共振的检验检测方法

### 2.1 振动测试仪器选型与测点布置

依据电梯运行振动频率范围(通常0-50Hz)、幅值大小,选用高灵敏度、宽频响应加速度传感器,如压电式加速度计,量程0-10g可满足常规电梯振动测量;搭配高精度数据采集仪,采样频率不低于100Hz,确保捕捉细微振动信号变化。测点布置遵循全面覆盖、关键突出原则,在轿厢地板中心、轿厢顶部四角、曳引机底座、导轨支架等部位粘贴或磁吸传感器,全方位监测轿厢、曳引系统、导轨不同方向振动状态,各测点信号独立采集、同步传输分析,精准定位振动源及传播路径。

### 2.2 运行工况模拟

模拟电梯满载、空载、半载等典型工况,每种工况循环运行多次,涵盖启动、加速、匀速、减速、停止全行程;设置轿厢门频繁开闭动作,观测轿厢振动变化,因门机系统动作引发轿厢重心瞬时偏移,常为共振诱发因素;调整运行速度,按额定速度不同百分比(如50%、80%、100%)运行,捕捉速度敏感型共振现象,部分电梯在特定速度下因机械传动、电气控制协同失调,共振凸显,通过工况模拟全面激活潜在共振隐患,为精准诊断奠基。

## 3 电梯运行共振问题的判定依据

### 3.1 振动幅值判定

参照电梯相关标准(如GB/T10058-2009《电梯技术条件》),轿厢运行垂直振动加速度峰值正常应小于 $25\text{cm/s}^2$ ,水平振动加速度峰值小于 $15\text{cm/s}^2$ 。实测振动幅值持续超标准限值,表明电梯运行平稳性失控;若振动幅值呈周期性波动,且波动幅度随运行时间递增,大概率存在共振风险,需深度排查振动频率特性及激励源。

### 3.2 振动频率分析

借助快速傅里叶变换(FFT)将时域振动信号转换为频域频谱,提取主导振动频率成分。若频谱中某一突出频率分量接近电梯机械系统(如轿厢、导轨、曳引系

统)固有频率(经理论计算或模态试验获取),差值在 $\pm 10\%$ 以内,且该频率振动能量集中、幅值居高不下,基本锁定共振频率,顺藤摸瓜探寻与之匹配的振动激励源,如旋转部件失衡频率、电气谐波频率等<sup>[3]</sup>。

### 3.3 相位关系判别

多测点采集信号间相位差分析至关重要。同一振动激励源引发的共振,各测点振动信号相位差稳定;若相邻测点相位差接近零或 $180^\circ$ ,暗示轿厢整体共振模态,振动呈同向或反向同步波动;复杂共振工况下,相位差随频率动态变化,结合幅值、频率综合判断,精准剖析共振波及范围、传播方向,绘制清晰共振“画像”,直击问题核心。

## 4 电梯运行共振常见问题的处理措施

### 4.1 机械系统问题处理

(1)曳引系统调校:定期以张力仪精确测量钢丝绳张力,偏差控制在5%以内,通过张力调整装置微调,确保各绳受力均衡;打磨或更换磨损不均曳引轮,保证绳槽平整,深度偏差小于 $0.3\text{mm}$ ,恢复钢丝绳平稳运行轨迹;检查曳引机地脚螺栓紧固度,重新灌浆加固松动部位,安装减震垫削减振动传递,重塑曳引系统动态平衡,驱散共振阴霾。(2)导轨校正修复。运用激光准直仪、导轨卡尺复核导轨垂直度、直线度,全程偏差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内,超差处采用导轨校直机冷校或热校修复;打磨导轨接头至平整光滑,高差小于 $0.1\text{mm}$ ,间隙控制在 $0.5\text{mm}$ 以内,安装连续型导轨接头压板增强连接刚度;每隔一定距离(如2-3m)增设导轨支架,提高导轨整体稳定性,驯服轿厢运行轨迹,化解共振诱因。(3)轿厢紧固强化。全面检查轿厢体与轿厢架连接螺栓,按规定力矩重新拧紧,对关键焊点补焊加固;排查轿厢内饰部件,加固松动装饰板、扶手,填充缓冲垫减少部件碰撞;复位或重新安装轿厢平衡块,精确调整位置确保轿厢重心与几何中心重合,稳固轿厢结构,阻击共振滋生土壤<sup>[4]</sup>。

### 4.2 电气系统问题处理

(1)变频器参数优化:专业电气工程师运用频谱分析仪监测变频器输出电流、电压谐波,依谐波成分微调载波频率、调制比等参数,降低谐波畸变率至5%以下;启用变频器内置滤波功能,配合外置无源滤波器,深度滤除高次谐波,净化电源质量;优化变频器控制算法,实现电机软启动、平滑调速,斩断电气系统与机械系统共振传导链路。(2)电机故障修复:拆解电机检查绕组绝缘,破损处重新包扎、浸漆烘干,恢复绝缘性能;借助专业工装调整电机气隙均匀度至设计值,偏差小于

0.2mm,抑制电磁力波动根源;动平衡校正电机转子,不平衡量控制在许可范围,消除旋转失衡振动,从驱动端掐灭共振“导火索”。

#### 4.3 建筑结构问题处理:

(1) 井道加固:针对井道刚度不足,视结构类型采用对应加固策略。混凝土井道在薄弱部位(如墙角、门洞周边)粘贴碳纤维布、增设钢板箍增强承载能力;钢结构井道焊接加固节点板、增大截面尺寸提升框架刚度;全面检查井道连接件,紧固松动螺栓,注入高强螺栓防松剂,确保井道结构稳固,为电梯运行营造坚实“竖井”,缓冲振动冲击。(2) 频率隔离设计:新梯设计或旧梯改造阶段,运用有限元分析软件精准计算轿厢与井道结构固有频率,调整结构尺寸、材料参数,使二者频率间隔大于20%;电梯装修选材注重质量与刚度合理搭配,避免轿厢质量、刚度突变引发频率漂移;井道内安装弹性隔振材料(如橡胶隔振垫、聚氨酯泡沫板),切断轿厢与井道振动能量传递通道,防止“同频共振”悲剧上演<sup>[5]</sup>。

### 5 电梯运行共振问题的预防与管控策略

#### 5.1 规范检验检测流程

制定严谨电梯检验检测标准化流程,从仪器设备校准、现场测点布局、工况模拟操作到数据采集分析,各环节明确操作规范、精度要求、责任人员;检验检测周期依电梯使用年限、运行频率合理设定,老旧电梯、高频使用梯加密检测频次(如每季度一次);建立检验检测档案,详实记录每次结果,含振动数据、问题诊断、处理措施,为全生命周期运行状态追溯、趋势预测提供大数据支撑,实现共振问题早发现、早化解。

#### 5.2 提升检验检测人员专业素养

定期组织电梯检验检测人员专业培训,涵盖机械、电气、建筑结构多学科理论知识更新,聚焦电梯运行共振前沿研究成果普及;开展实操技能竞赛,模拟复杂共振故障场景锤炼人员精准诊断、高效处理能力;鼓励人员考取注册电梯检验师、电气工程师等专业资质,与高校、科研机构合作搭建人才培养平台,持续注入专业智慧,锻造精英检测团队,为攻克共振难题汇聚人才力量。

#### 5.3 新技术在检验检测中的应用

引入激光干涉测量技术实时监测电梯导轨微观变

形,精度达微米级,提前预警安装偏差隐患;基于物联网的远程监测系统,在电梯关键部位部署传感器,无线传输振动数据至云端,专家远程实时会诊,突破地域、时间限制,第一时间响应共振异常;人工智能算法植入数据分析软件,自动识别共振特征、智能诊断故障类型,推荐个性化处理方案,革新传统检测模式,赋能电梯运维智能化转型。

#### 5.4 数据管理与共享

构建电梯检验检测大数据平台,整合区域内电梯运行数据,运用数据挖掘技术探寻共振问题共性规律、潜在关联因素;行业内共享共振典型案例库、处理经验集,促进技术交流、协同创新;通过大数据分析为电梯设计、制造、安装、运维全链条反馈优化建议,反向驱动产业升级,源头削减共振风险,引领电梯产业向高品质、安全可靠方向迈进。

结论:电梯运行共振问题是制约电梯舒适性与安全性提升的顽固症结,其成因盘根错节,交织机械、电气、建筑结构多领域瑕疵。借由精准检验检测手段,洞悉振动特性、锁定共振根源,依循科学处理措施,调校机械部件、优化电气参数、加固建筑结构,有望驱散共振阴霾,恢复电梯平稳运行本态。着眼长远,规范流程、精育人才、创新技术、深挖数据,构建全方位预防管控网络,方能防患未然,保障电梯在现代建筑垂直交通中稳健穿梭,为公众出行筑牢安全舒适屏障,助力电梯产业在高质量发展轨道上行稳致远。

#### 参考文献

- [1]曾宪嵩,胡攀攀,衣翔楠.电梯检测中电梯运行共振原因探讨[J].中国设备工程,2024(10):152-154.
- [2]吴福兵,邓小健,吴丰旭.医院电梯维护中电梯运行共振原因分析及标准化服务策略[J].产品可靠性报告,2024(04):151-152.
- [3]邹同阳.电梯检验中电梯运行共振原因及解决措施探析[J].西部特种设备,2024,7(01):42-45+50.
- [4]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.
- [5]冉坚强,赵庆凯,吴茂森.关于对电梯检测中电梯运行共振原因的分析[J].装备维修技术,2020(02):47.