

钢结构井道电梯检验中电梯运行共振处理技术探讨

鲍宏谊

(深圳市特种设备安全检验研究院, 广东 深圳 518000)

摘要 针对钢结构井道电梯运行的共振问题, 系统性分析了钢结构井道电梯运行共振的危害, 阐述了电梯运行共振原因, 以此为基础, 提出多维度共振处理策略。研究表明, 通过曳引系统优化、轿厢结构调整、导轨与导靴改进、钢丝绳维护等技术, 可控制钢结构井道电梯, 避免出现运行共振, 提高电梯运行品质, 为电梯运行安全性与稳定性提供技术支持。

关键词 钢结构井道; 电梯检验; 运行共振; 处理技术

中图分类号: TU85

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.23.021

0 引言

随着城市化与老龄化进程加快, 既有建筑加装电梯需求凸显。钢结构井道电梯因其轻量化、施工便捷及空间适应性强等优势, 在既有建筑加装场景中得到广泛应用, 可有效降低原建筑荷载并缩短工期。然而, 钢结构井道易因刚度不足或动态特性不匹配引发运行共振, 导致轿厢异常振动、噪声加剧, 甚至威胁控制系统稳定性, 既降低了乘梯舒适性, 又加速了部件损耗。因此, 亟需系统性分析共振成因并探讨针对性处理技术, 以提升电梯运行安全性与可靠性。

1 钢结构井道电梯运行共振的危害

1.1 乘坐舒适性降低

钢结构井道电梯运行共振, 将会出现左右晃动、上下颠簸、前后晃动情况, 伴随吱吱声、嗡嗡声、轰鸣声, 轻则电梯短暂停顿、突然减速或加速, 重则控制系统失效, 无法按照预设指令启动或停靠, 严重影响乘客乘坐体验。长期暴露于此种环境, 乘客身心均会受到损害^[1]。

1.2 电梯结构损伤

钢结构井道电梯在长期共振下, 会造成各部件疲劳磨损, 如螺栓连接松动、结构焊缝开裂等, 整体承载性能、使用寿命随之降低。并且, 高频振动会造成局部导轨偏移, 引发钢丝绳断裂等, 加剧结构失稳, 与建筑频率耦合, 共振范围更大, 威胁建筑安全。

1.3 设备故障率增加

在钢结构井道电梯严重共振下, 钢丝绳、导轨、曳引机等部件将会由于异常振动磨损加剧, 引发安全

事故, 威胁乘客生命安全。例如: 共振导致接线端子导线虚接, 控制系统出现误动作, 电梯门难以正常打开、关闭, 或是平层不准、急停等, 造成乘客被困或发生坠落事故。

2 钢结构井道电梯运行共振的原因分析

2.1 曳引系统问题

电梯曳引机是电梯主要部件, 输送和传递动力使电梯运行。曳引机的曳引轮槽、蜗轮蜗杆等部件出现磨损, 或是安装阶段精度不足, 影响曳引机的运行平稳性, 使电梯在运行中出现振动, 引发共振。例如: 运行中蜗轮蜗杆互相啮合, 随着齿间不断磨损, 啮合间隙会逐渐增大, 降低配合精度, 使得电梯运行出现振动。此外, 曳引钢丝绳张力不均, 受力不均衡, 也会引发共振^[2]。

2.2 轿厢结构问题

轿厢作为乘客乘坐和货物运输的空间, 结构稳固性、合理性可决定电梯运行平稳度。轿厢结构不合理, 出现底部支撑不足、轿壁刚度较低、安装精度较低(如轿厢架和轿壁安装偏差, 引发运行“偏心”), 导致轿厢在运行过程中发生变形, 产生振动。另外, 轿厢内的设备安装不牢固, 如轿厢门、操纵箱等, 在电梯运行时也会因晃动而产生振动, 引发共振。例如: 某电梯在装修后出现共振问题, 经检查发现是轿厢内的操纵箱安装松动, 使其在运行过程中, 与轿厢产生共振。

2.3 导轨导靴问题

导轨导靴是引导电梯垂直运行的部件。在钢结构井道电梯安装中, 如果接头不平、垂直度不足、两者

间隙过大,将引发导轨阶跃、弯曲、失调等问题,不平顺激励加剧运行摩擦,使得振动随之增加,见图1。

例如:导轨与导靴间隙较大,电梯偏移晃动;反之摩擦力增加,加剧部件磨损,引发振动。安装导轨垂直度不足,使得电梯运行受更多侧向力作用不断晃动。

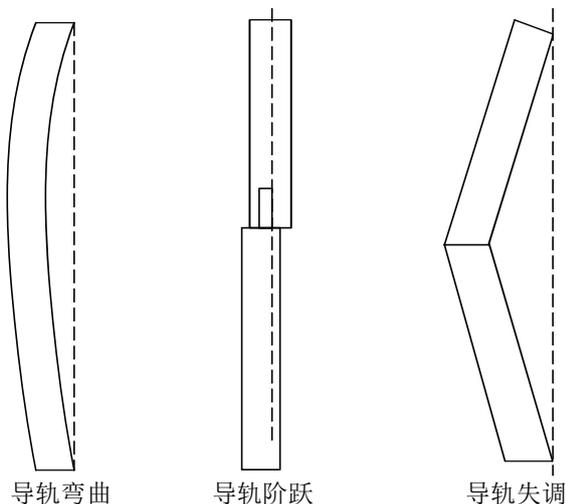


图1 导轨不平顺激励

2.4 钢丝绳问题

曳引钢丝绳是连接轿厢和对重的重要部件,具有控制、牵引作用,其质量和状态对电梯的运行稳定性也有很大影响。它以钢铁为主要材料,却在长期使用中,容易出现受力不均;钢丝绳的强度不足、弹性模量不均匀等,在电梯运行过程中容易发生拉伸和变形,产生振动。另外,钢丝绳润滑不足,使得曳引轮、钢丝绳之间摩擦力随之增加,降低了其牵引控制能力,加剧部件磨损,引发电梯共振。

3 钢结构井道电梯检验中电梯运行共振处理技术应用

3.1 曳引系统优化技术

钢结构井道电梯曳引系统运行时,内部蜗轮蜗杆互相啮合,随着齿间不断磨损,啮合间隙会逐渐增大,导致配合精度下降,对曳引机运行流畅性与稳定性造成影响,长期磨损增加卡顿频率,引发电梯共振。在处理过程中,检修人员应当仔细排查曳引机问题、共振原因等,针对不同问题采取恰当处理方案。如发现蜗轮蜗杆的磨损量超过规定值时,应及时更换,以保证传动的平稳性。

3.2 轿厢结构调整技术

电梯运行时轿厢需承担货物与搭乘人员,内部重量加自重,如果轿厢自身平衡性不佳将对电梯稳定运

行造成影响。具体处理如下:(1)优化轿厢结构,注重结构刚度与合理性,避免箱壁较薄,或是重心偏高,选择恰当内部布局与装饰,降低共振概率。并在底部设置平衡铁,调整轿厢重心结构,使其重心垂直于地平线,优化轿厢质心位置,控制偏载误差在1.5%以内,做到平稳运行。(2)提高安装轿厢精度,对误差严格控制,保证导轨牢固,间隙满足要求,且做好全面调试与检查工作。(3)在电梯调试阶段,应做好轿厢的静平衡。轿厢静平衡是指轿厢在某位置时的平衡状态,可将电梯停在最底层,轿厢拆除导靴后,检查轿厢在自然悬挂状态下的平衡状态,如果有偏差可以通过增加或减少轿底平衡铁的方法市轿厢平衡。对于高层高速电梯,除了做好静平衡外,还需要调整轿厢的动平衡。轿厢静平衡和动平衡调整的目的是使轿厢4个导靴的受力保持均匀并在设定的范围内,有效降低电梯运行过程中的振动^[3]。(4)考虑轿厢容易受力不均的问题,要求定期检查轿厢情况,发现控件松动或变形,立即进行紧固或更换处理。(5)轿厢安装电磁主动阻尼器,底部设置“金属—橡胶”复合隔震垫,动态调整阻尼力,实时监控振动情况,使得地板振动传递损失增加,降低垂直振动幅度。

3.3 导轨与导靴改进技术

导轨与导靴是维持电梯运行平稳的关键装置,直接影响电梯振动、噪声控制情况,需做好安装及日常维护工作。特别是钢结构井道电梯对其要求更高,应保证材料具备耐磨、耐压等特性。在导轨安装中,控制导轨接头平整度与导轨垂直度。根据运行情况,开展维护工作,具体维护方法如下:(1)检查轿厢导轨和设有安全钳的对重导轨的工作面接头,该处不应有连续缝隙。测量局部缝隙值,该缝隙值应不大于0.5 mm。用直线度为0.01/300的平直尺测量工作面接头处台阶,应不大于0.05 mm,超出规定值则修平处理。测量每列导轨工作面(包括侧面与顶面)相对安装基准线每5 m长度内的偏差,应不大于下列数值:第一,轿厢导轨和设有安全钳的对重导轨为0.6 mm;第二,不设安全钳的T型对重导轨为1.0 mm^[4]。(2)检查轿厢导靴,来回摆动轿厢,检查顶隙、侧隙大小,及磨损靴衬情况;检查弹簧弹性力。还要检查下部导靴,人员可站在底坑,调整轿厢至最底层检修部位,左右晃动对其检查,顶隙如果较大,适当取下靴衬调整垫片;侧隙过大,则调节侧靴衬螺栓;整体式靴衬添加垫片调整间隙^[5]。(3)导轨保持润滑清洁,清理导靴、导轨面脏物。轿厢由于上下运动,带动井道沙尘飞舞与空气流动,容

易吸附至导轨工作面，严重磨损导轨与导靴，需要按规定清洗，减少摩擦损坏与共振概率。（4）导轨与靴衬磨损严重、间隙过大、卡入异物或歪歪斜斜，会造成啃轨情况，需根据实际原因，如导轨安装松动、扭曲，或导轨间隙不同，或上下导轨未对中等，及时更换靴衬。

3.4 钢丝绳维护技术

选择质量合格的钢丝绳，确保钢丝绳的强度、弹性模量等性能符合要求。钢丝绳如果出现绳股挤出、笼状畸变、部分挤压、扭结等异常特征，会导致应力不均匀分布，引发电梯共振，需做好检验工作。因此，若电梯钢丝绳出现异常，如一个捻距（约 6d，d 是钢丝绳直径）内断丝数量较多（见表 1）；钢丝绳严重锈蚀，填满绳股间隙；钢丝绳直径低于 90% 公称直径等，均需要报废处理^[6]。

表 1 一个捻距内的断丝数量

断丝的形式	钢丝绳类型		
	6×19	8×19	9×19
均布在外层绳股上	24	30	34
集中在—根或者两根外层绳股上	8	10	11
—根外层绳股上相邻的断丝	4	4	4
股谷（缝）断丝	1	1	1

根据钢丝绳上述表现，采取“测、摸、看”的方式检验。具体如下：（1）查看钢丝绳外观，是否出现锈蚀问题；电梯曳引机座上 and 机房地面上是否出现红褐色锈粉或锈斑。（2）以放大镜观察钢丝绳断股、断丝情况；对于股内断丝，则利用无损探伤检测法，使用钢丝绳探伤仪合理判断。（3）以游标卡尺检测钢丝绳磨损情况，要求其设有宽钳口，钳口宽度跨越 2 个邻近股，测量钢丝绳平直位置。测量过程中，2 点间距 > 1 m，每点测量 2 组数据，取测量平均值，对比相关参数。（4）以激光张力仪检测绳间张力偏差，控制张力偏差 ≤ 5%。

同时，要定期对钢丝绳进行润滑，使用专用的钢丝绳润滑剂，减少钢丝绳与滑轮之间的摩擦力，延长钢丝绳的使用寿命。

4 案例分析

4.1 案例背景

某商业综合体项目安装多台钢结构井道电梯，运行 3 个月后，部分乘客反映电梯运行共振，即电梯轿厢振动、发出吱吱噪声等，降低了乘坐舒适性的同时，也会对电梯各部件、系统等造成磨损。

4.2 共振原因分析

商场管理者立即通知电梯维修人员开展电梯全面测试与检查，分析共振原因。具体如下：一是轿厢壁刚度不足，受到外力作用，容易引发变形，致使电梯运行产生振动、噪声。二是导轨安装垂直精度不足，使得电梯运行容易受侧向力影响。三是钢丝绳张力不均，运行时受力不平衡，引发电梯共振。

4.3 处理技术及效果

该项目针对电梯共振问题，采取以下处理方式：首先，对轿厢壁进行了加固处理，增加了加强筋，并重新紧固轿厢壁连接螺栓；其次，重新调整了导轨的垂直度，确保导轨安装符合要求；最后，使用张力测试仪对钢丝绳的张力进行了检测和调整，使各根钢丝绳的张力均匀。通过上述处理方法，有效解决了电梯共振问题，保证了乘坐舒适度，降低了部件磨损概率。

5 结束语

在模块化建筑技术不断发展的背景下，钢结构井道电梯新增装机量不断提高，特别是在老旧住宅电梯加装中得到广泛应用。电梯运行共振问题是一个复杂的系统问题，涉及诸多系统、部件，如轿厢、曳引机、导轨导靴、钢丝绳等。如果电梯频繁出现运行共振问题，就难以保证电梯运行安全性，影响乘客体验。因此，在钢结构井道电梯运行中，需结合共振原因，采取相应的处理技术，建立全过程电梯共振控制体系，延长电梯使用寿命，提高乘客乘坐体验。

参考文献：

- [1] 高文俊. 钢结构电梯检验中电梯运行共振处理探讨[J]. 中国设备工程, 2025(05):149-151.
- [2] 许志明. 电梯运行振动原因及减振措施探讨[J]. 中国设备工程, 2019(14):87-88.
- [3] 徐谢翔, 孟国桦, 徐义鸣. 电梯振动与噪声的产生原因和处理方法[J]. 中国电梯, 2022, 33(20):31-36.
- [4] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 电梯安装验收规范 (GB/T 10060-2023)[S]. 2023-09-07.
- [5] 鲁华宾. 电梯滑动导靴的磨损及维护[J]. 装备制造技术, 2013(09):54-55, 65.
- [6] 国家市场监督管理总局. 电梯监督检验和定期检验规则 (TSG T7001-2023)[S]. 2023-04-02.