

超高速电梯轿厢横向振动控制方法

许俊奎

西继迅达(许昌)电梯有限公司

DOI:10.32629/bd.v3i1.2000

[摘要] 随着城市的发展,城市人口分布也越来越密集,高层建筑如雨后春笋般争相涌现,而做为垂直交通工具的电梯不仅是人们代步的工具,同时也是人类物质文明的一种标志,电梯已成为经济建设和人们生活不可缺少的必备设备,并逐渐朝着舒适、节能、环保、智能化方向发展。电梯的生产厂家及维修保养单位从提高服务水平及服务质量的角度出发,都必须积极有效的控制电梯的振动与噪声,从而提高人们乘梯的舒适度。另外,随着电梯额定速度的提高,人们对电梯运行舒适度期望值的提高,电梯运行质量的研究与改善将成为我们的工作重点。随着电梯速度的提高,电梯轿厢横向振动也越来越大,本文作者结合实际工作经验,详细介绍了控制超高速电梯横向振动的方法。

[关键词] 超高速电梯;轿厢横向振动;控制

目前,许多国家计划在最近建造超高层建筑,即指100层(高450m)左右,甚至是500m以上的高楼。随着超高层建筑的增多,对电梯各种性能,特别是对其速度、容量等提出了更高的要求。随着电梯速度的提高,电梯轿厢在运行中总会出现不同程度的横向振动,若轿厢横向振动过大就无法满足乘坐舒适性的要求。因此,振动控制是高速电梯需要解决的重要课题。

1 电梯设备现状分析

当今全国建筑行业空前繁荣,建筑狂潮一浪高过一浪,因为土地资源有限,高层建筑比比皆是,这也促进了电梯业的发展,加快电梯性能的发展。许多开发商和投资商为了节约建筑成本,降低建筑预算,选用价格低廉的电梯,以20层站、速度为2m/s,载重1000kg的电梯为例,价格低廉的电梯为RMB17万左右,而品质较好的电梯价格在RMB40万~50万。如此大的价格差距,势必会使价格低廉的电梯在质量和寿命上大打折扣。如电梯导轨,电梯导轨是电梯正常运行重要保障,价格低廉的电梯一般选用较单薄的导轨,所以即使电梯导轨安装的很好,电梯运行过程中也会出现摇晃的现象。价格低廉电梯的其他系统,如曳引系统、导向系统、轿厢、门系统、重量平衡系统、电力拖动系统、电气控制系统和安全保护系统等不可能采用上乘的材料和元件,因此可靠性和使用寿命。在选择电梯的问题上,希望开发商和投资商一定要权衡利弊,用长远的眼光看发展,在保障人身安全的前提下,节约成本,切不可盲目削减预算,降低投资。

2 造成电梯轿厢横向振动的原因

目前,习惯上将速度高于5.0m/s的电梯称为超高速梯。由于设计、制造和安装方面的缺陷,电梯轿厢在运行中总会出现不同程度的横向振动。电梯是一个复杂的系统,造成轿厢横向振动的原因是多方面的。在正常情况下,造成横向振动的原因主要有2个方面。

2.1 电梯导向系统

电梯导向系统由导轨和导靴等部件组成,其作用是限制

轿厢与对重的运动自由度,使轿厢和对重只能沿着导轨做升降运动。导轨本身的安装缺陷,如导轨对中误差、导轨垂直度误差、导轨接头不平整、轨距在全高上误差过大、导轨支架松动和自身缺陷等,均可能引起电梯轿厢水平振动。此外,导轨由一系列按一定间距分布的导轨支架支撑着,在导轨支架直接支撑的地方导轨弯曲刚度相对较强,而导轨支架之间的部分弯曲刚度则明显较弱,这意味着导轨的弯曲刚度在高度方向上呈周期性变化,这也会导致轿厢产生振动。总的来说,导轨扰动可以分为弹性弯曲、接头阶跃、接头倾斜和表面磨损4种形态。Utsunomiya对导轨的分析表明,导轨扰动主要集中在低频区,并且存在一个主要的扰动频率,该频率与电梯运行速度成正比,与导轨的长度成反比。国内学者通过导轨直线度实测数据,分析了轿厢横向振动特性,研究结果表明,轿厢横向振动理论结果的频谱特征与实测结果基本一致。

2.2 空气压力扰动

随着电梯运行速度的提高,井道内气压变化会对轿厢产生波动。国内学者通过对井道中运行过程中进行风速测试得出,额定速度7m/s,额定载重量1600kg单电梯运行过程中井道内会产生平均12.5m/s的风速,这种压力波动会使轿厢产生振动。

3 超高速电梯轿厢横向振动控制方法

3.1 减少振源

通过设计新型导轨和轿厢可以有效地降低振动传递和减少电梯运行中所受到的气压波动。日本三菱电机设计了一种新型导轨来降低振动的传递,试验表明该新型导轨与传统的滑动导轨相比可以降低43%的轿厢横向振动幅度。国外学者采用流线型的轿厢外形可以减少超高速电梯在运行中由于气体湍流而引起的轿厢横向振动。新型导轨和轿厢设计、制造成本较为高昂,因此,无法得到广泛地推广应用。

3.2 被动控制

除了减少振源的措施外,也可以通过优化电梯轿厢支撑弹簧和橡胶等参数来降低轿厢振动。采用模态分析法来优化

电梯滚动导靴支撑弹簧的刚度,通过改变滚动导轮支撑弹簧刚度来优化轿厢横向振动的固有频率,使轿厢横向振动共振频率避开导轨振动主频,从而达到抑制和降低轿厢振动的目的。通过在导轮上安装摩擦和油液阻尼器的方式来增大系统阻尼,抑制轿厢横向振动。试验表明,通过增加阻尼器可以降低20%振动幅度。

3.3 主动控制

当被动控制效果不能满足电梯横向振动控制的要求时,需要采用主动控制装置。目前,研究人员已经设计出一些轿厢横向振动主动控制方法,例如预存导轨不平度、加速度反馈和位移反馈等。有学者提出采用预存导轨不平度的补偿方法,即在电梯正式运行前,先记录电梯导轨不平顺度与轿厢垂直位置之间的关系。在运行过程中,根据电梯轿厢所处位置求出需要对导轨进行补偿的位移值,从而调整滚动导轮的位置以减少轿厢横向振动的大小。还有学者采用基于轿厢加速度反馈的PI控制策略,设计了安装在轿厢底部的横向振动主动控制系统,试验结果表明,该系统能够降低50%左右的轿厢厢体地板横向振动加速度。也有学者则在传统滚动导靴的基础上并联电磁主动滑动导靴,采用位移反馈来控制电磁主动导靴与导轨之间的距离,仿真和试验表明该方法能够大大降低轿厢厢体地板的加速度。

上述主动控制系统方法效果明显,但都是在给定某一结构参数情况下进行设计的,即采用单输入单输出系统模型来设计的主动控制系统,这可能会导致各个局部控制力之间的冲突,无法得到最优化的效果。

目前,有研究表明被动控制和主动控制之间往往存在耦合关系。通过研究弹簧质量系统模型不确定性对于系统能够获得最优性能的影响,定量指出系统模型不确定性越大以及系统性能越高,则主被动控制间的耦合程度越大。实际上,在电梯轿厢横向振动控制中主被动控制往往同时存在于一个系统中。因此,考虑到被动控制和主动控制之间的耦合性,采用集成设计方法,对二者同时进行优化设计,可能是未来控制轿厢横向振动的研究方向。

以前高速电梯的拖动系统,为了改善轿厢和机械系统及控制系统所发生的共振,增加了振动控制的计算机处理SFC(SimulatorFollowingControl),即把由模拟演算得到的

速度信号和实速信号相比较,抽出实时速度内包含的振动成分,以补正扭矩指示值而控制振动。据资料所得,目前是通过实用的控制设计理论开发了适合于高层化高速化新的振动控制技术。把速度控制性能设定为目标,是设计成功装置的理论。其特点是给出传动系统操作基准,可将成为振动原因的共振频率及衰减系数方便地过渡到难于引起振动的状态。运用这个理论的装置就是将轿厢的加速度信号反馈,可降低因曳引钢丝绳的弹性引起的低频振动。

此外还有横向振动控制技术。电梯的舒适感受轿厢横向摆动的影响很大。由于导轨的变曲会强迫轿厢变位,而且运行速度越大则轿厢横向摆动越大。①新型滚动导靴:目前的滚动导靴是用短臂机构和弹簧吸收导轨的变位。为了使其有较好的效果,对于新型滚动导靴,在短臂交点中心的反向侧增加了弹性钢线,使滚动导靴难于传递冲击力。为了控制轿厢的倾斜,增设了稳定器导向装置。在轿厢上下左右装设的滚动导靴中,把对角线位置的导靴用连杆连接,这是防止轿厢倾斜的支撑机构。和以前导轨传振特性相比较,在10Hz以下频率带可降低振动约25%。②灵敏的阻尼块(AMD):它是由用惯性力消除轿厢振动的重锤和移动重块装置的控制装置所组成。有了AMD,轿厢的水平振动降低了50%。

4 结束语

本文提出了考虑主被动控制的耦合性,采用多目标、系统级的集成设计方法,对主被动控制策略进行优化设计,可能是目前控制超高速电梯横向振动的研究方向。而如何有效地控制高速电梯的横向振动,仍是中国电梯企业抢占高端电梯市场所面临的重大难题。

[参考文献]

- [1]荆成良,赵子钦,黄磊.高速曳引式电梯振动分析及控制策略[J].中国高新技术企业,2017,(2):85.
- [2]王泽东.简述高速电梯轿厢的减噪减振设计[J].科技展望,2017,27(18):64.
- [3]邓毅.高速曳引电梯曳引绳横向振动分析[D].西安建筑科技大学,2016,(12):81.
- [4]伍辉.超高速电梯发展中存在的问题与研究方向[J].科技与创新,2016,(11):48.