

故障箱内控制面板反面接线图

基于校企合作电梯故障教学装置的研究和开发

文 / 张小芳 陈芳

校企合作是当前职业教育校企生三方共赢最有效的方式，也是高校教学改革最有力推手。本文根据合作企业实际维保所遇的电梯电气故障和轿厢偏载问题，具体分析了电梯轿厢偏载常见原因和危害，并在团队共同研发电梯电气故障箱的基础上，尝试运用倾角传感器检测技术检测轿厢偏载，实现声光信号报警，提示偏载调整的思路，以提高电梯使用的安全性。同时作为教学案例充分应用到专业教学实践中，从而提升教学效率。

近年来，随着国内城市化发展的快速推进，智能电梯已然成了人们出行不可或缺的交通工具。我国电梯保有量的不断增长与电梯行业从人员的持续紧缺成为一对难以调解的矛盾。电梯企业自己培养人才效率较低，社会招工人才质量不高，极大地影响了电梯使用寿命和安全性能；同时，也导致了电梯行业负面消息较多。据此，各大电梯公司逐步扩大与高校合作，实施校企合作，合力培养人才以满足人才短缺和就业的双向盈利目标。

在此背景下，我校与奥的斯电梯公司进行了多年校企合作，逐步推展实施“校企共育，双导师制”培养方式，培养出多届高质量毕业生。很多毕业生已成为行业的骨干。近日，毕业生作为企业员工，在自己的实际工作中常遇到了电梯电气故障导致电梯不能使用的问题，也有遇到轿厢偏载且致使电梯部件损坏的问题。

一般来讲，电梯维保人员严格按照国家安全技术规范的要求对电梯实施规范维护保养，电梯故障率还是很低的。大部分电梯故障都因人为使用造成。校企合作奥的斯电梯班毕业生进入公司入职，在实际电梯维保工作中，常见的多数为

电梯电气故障。电梯自动开关门系统故障率最高。这是因为，电梯门系统是乘梯人最常接触的部位。在使用过程中，电梯自动门开关门频次较高，加之使用期间常发生乘梯人或货物与层门或轿门发生不同程度的接触，长期积累就会使得其内部各个电气触点或连接导线接头接触出问题，致使电梯出现故障。另外，电梯的其他电气设备中各电气元件触点因电弧烧蚀、粘连发生短路，或因维保质量差，致使触点灰尘积累，触电被阻断等现象，再或者因电气线路长期运行，出现老化、失效，也会发生电梯电气故障。在教学中，团队会围绕常见故障进行教学，电梯的电气故障多是电梯控制回路或安全回路问题，表现不一，处理各种电气故障，需要维保人员有较好的电气知识，读懂电气原理图、接线图，熟悉各部分的电气元件，以及拥有熟练的排查技术。

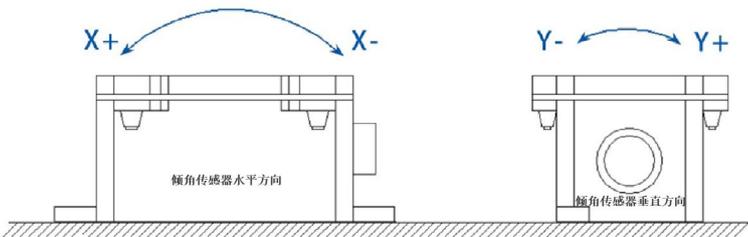
电梯偏载是指电梯轿厢载物受力不均衡，导致轿厢承重受力重心偏离轿厢重心的现象。在电梯使用过程中，此现象虽不太常发生，但是一旦发生就会给电梯使用安全带来极大风险。



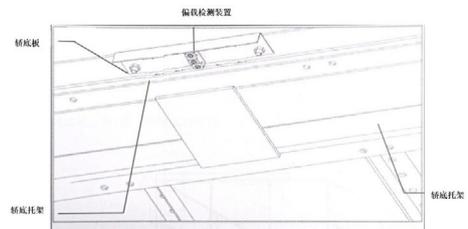
故障箱的外观图



故障箱内控制面板正面图



倾角传感器开关装置图



倾角传感器开关位置图

电梯轿厢偏载原因和危害

电梯轿厢是在两根导轨上运行，轿厢与轿架、轿架与导轨之间连接都有减震橡胶或减震弹簧，非刚性连接。当载客或载物不在轿厢中均匀放置，而集中放置于偏离中心某处，就很可能导致电梯歪斜。如果倾斜程度过大，就会出现偏载现象，且可能发生电梯故障。常见的电梯轿厢偏载因素和风险有以下几个方面。

电梯设计或安装不严谨

随着人类对现代建筑要求不断提高，实际电梯结构设计和生产水准不断优化，电梯的安全性和舒适性越来越好。根据 GB7588-2020《电梯制造与安装安全规范》规定，电梯在设计时，为确保电梯使用的安全性，均考虑电梯轿厢最大有效面积与均匀载重下的额定载荷。但是，电梯结构的差异，往往会有例外。如背包架势电梯，由于其自身结构原因，设计时即便考量载荷为理想的均匀分布，事实上，也不可避免地存在轿厢偏载的现象。

同时，根据国标要求，设计满足要求，但在实际电梯在安装实施中，由于安装工人技能参差不齐，现场环境、电梯具体材质工艺等原因，也会使实际电梯产生悬挂中心、轿厢导轨中心和轿厢重心偏离错位的现象，长期运行下，电梯轿厢偏载现象也会发生。

电梯二次装潢原因

根据国标要求，电梯设计和生产时，须充分考虑轿厢重量和重心平衡问题。但是部分电梯在后期会进行二次装潢，加装照明灯饰、通风制冷装置和宣传广告物品等，此种操作极大可能造成轿厢前后或左右受力不均，一般来讲，通风制冷装置安装在轿顶后侧，致使轿厢后侧受重大于前侧，这样也有可能产生轿厢偏载。

电梯使用不当原因

目前，由于电梯规范使用宣传广度不够，很多乘客并不完全了解如何正确使用电梯，忽略电梯轿厢张贴的乘梯注意事项。在现实使用过程中，乘客常走向轿厢后方靠轿壁站立，载货也是放置于轿厢后侧或左或右部分，从而造成轿厢载荷分布不均现象，产生电梯轿厢偏载现象。在新建建筑物内，房屋装修会有大量的装修材料通过电梯运送，货物重量较大，如集中放置一处，极大可能发生偏载。

电梯轿厢偏载危险

电梯若多频次发生偏载，那么电梯运行的安全性、舒适性将会降低，故障率和危险系数会极大增加。

首先，电梯轿厢偏载会导致轿厢导轨与导轨接触，产生摩擦，增加噪音，减短导轨和导轨使用寿命，影响轿厢运行

舒适度。

其次，轿厢偏载还可能导致轿厢部件和层门部件发生接触。门刀撞击门球，出现门刀和门球啮合异常，使电梯开关门受影响；同时，也可能使平层装置部件移位，导致轿厢平层信号故障，甚至发生安全钳误动作等问题。

最后，装修重物进出电梯口可能发生严重偏载时，轿厢和层门地坎因受力发生下陷或者水平移位，导致电梯不平层问题或地坎间隙增大，增加电梯使用安全风险。

电梯轿厢偏载现象的研究现状

针对电梯轿厢偏载问题，国内外各大电梯企业、科研院所和特种设备监督检验机构等均有电梯偏载现象的问题分析和解决方案。上海交通大学、日立电梯有限公司等研究小组探究了电梯导轨与导轨受力分析和电梯吊挂中心与轿厢轿架的重心不重合的分析法，给出通过制定悬挂平衡铁的方式来解决电梯偏载问题的基本思路。

杭州澳立达电梯有限公司通过软件模拟发现，轿架的抗偏载能力以及刚度水平与导轨和导轨之间的相互作用力有明显的关联性，据此提出了一种评价轿架结构力学性能的有限元分析方法。

沈阳建筑大学研究小组采用 Solidwoks 软件对轿厢架系统建立 3D 模型的基础上，对电梯承重梁和轿厢架的结构在满载、偏载、超载三种工况下分别进行了强度和刚度的有限元分析，对各种电梯工况下的受力状态是否满足企业标准规定进行了判断，并提出改进意见，然后对电梯轿厢在额定载荷运行和轿厢蹲底工况下的动力学进行了分析，得到了电梯在满载提升和轿厢蹲底工况下的瞬态位移响应和加速度响应，并判断其力学性能是否满足国家标准的要求。

团队合力开发电梯故障箱设备和电梯轿厢偏载现象检测和调整思路

校企合作共建电气故障箱

我校与奥的斯电梯公司开展多年的校企合作，在实施共同育人的同时，组建了校企合作教学团队，利用校企共需开展一定领域的科研和教改活动。

前期，在电梯电气故障教学中，学生单纯地分析电梯电气原理图，去分析了电梯故障的问题。团队根据企业电梯维保人员在实际工作中常见的电梯电气故障反馈进行总结归纳，尝试研发供电气故障分析的电梯故障箱，分类整理实际常见故障点，具体分电梯常见电气安全回路和电气控制回路

故障共有 32 个故障点；并以实训室奥的斯 ACD4 型号电梯为改造对象，把各电气故障点接入电梯对应电气线路中，开发制作了电梯电气故障箱。

本故障箱的制作充分地满足了教学使用。在校企合作订单班教学中，教师通过故障箱内部故障开关任意设置故障点，故障面板正面开关设置，故障箱面板反面接线；学生根据教师任意设置的故障点，在未知是什么故障的前提下，观察电梯故障现象，进而分析故障可能原因，并参照对应电梯的电气原理图，逐一开展检测、分析，最终排查。这一设备研发，很有效地解决了凭空讲解电气图和故障现象的难题，也很好地助力专业学生对电梯电气故障检测、分析、排查等技能的提升。

校企合作团队电梯偏载检测装置的基本思路

团队在以上成果的基础上，以学校电梯实训中心西奥电梯（有机房）为研究对象，模拟电梯轿厢偏载。该电梯载重 550KG，承载 7 人，是为教学所用的实梯。按照该电梯轿厢的实际尺寸和轿厢导轨与导轨间隙，通过 ANSYS 软件建立电梯轿厢系统和轿厢导轨的三维结构模型。以轿门开门方向为正面，轿厢底面为参考水平平面，建立二维平面坐标，水平左右为 X 轴，垂直前后为 Y 轴。对轿厢 X 和 Y 平面的双轴 4 向偏载受力分析，进而计算偏载角度阈值，利用倾角传感器进行阈值角度检测，进而实现偏载报警声光提示，实现轿厢偏载及时提醒和第一时间纠偏响应，为电梯轿厢偏载致使电梯故障提供解决方案，确保电梯运行的安全性。

轿厢偏载检测装置要求

根据建立的电梯轿厢系统和相关接触部件三维模型，通过软件对轿厢进行后侧、左侧和右侧等多点位独立称重试验，分别开展静力学分析，测试轿厢偏载导致轿厢受力和偏转角度极值。结合我国国标对电梯导轨和导轨间隙、层门与轿门部件间隙的尺寸要求，分析得出轿厢偏载时，轿厢偏移位移和偏转角度；在模拟分析的基础上，进而选用倾角传感器进行检测。

倾角传感器可以通过在各平面内角度阈值检测，进而进行报警，可实现水平面内的水平角、垂直面内的垂直角或水平角和垂直角合成的空间倾斜角检测。目前，倾角传感器已普遍用在机械加工、云台调平、石油钻井、航空航海及各种工程机械角度控制等领域。

依据模型分析和电梯轿厢偏载常呈现轿厢前后倾斜或左右倾斜实际情况，即可选用双轴 4 向倾角检测装置，即在水

平（左右）X 轴：X+ 和 X- 两方向进行偏载角度阈值设置，开启检测报警；垂直（前后）Y 轴：Y+ 和 Y- 两方向进行偏载角度阈值设置，开启检测报警；各向检测角度精度达到 0.5°，工作电压采用 DC9-36V。

检测装置的安装位置要求

依据电梯实训室电梯安装实际，电梯轿厢底部与轿架接触处是减震胶弹性接触，起到减震和减少噪音作用。若把检测装置安装在轿架底梁上，一旦轿厢发生偏载，轿厢和轿架的倾斜角度会有偏差。为了检测结果更加精准，故把传感器安装在轿底板中心位置，面向层门左右水平为 X 轴，前后垂直为 Y 轴。安装设备的双轴要与实际一致，不可有水平或垂直的偏差，避免影响检测角度的精确性。

电梯轿厢偏载装置正确安装后，根据所选传感器电气接线要求，将各开关接线与轿顶接线盒对应连接。按照理论模拟分析和电梯实际状况，进行偏载倾角阈值调试，在检测装置系统中设置倾角开关报警阈值，进行偏载信号检测和传输，实现报警提示。

本文在我校电梯工程技术专业与奥的斯电梯公司开展校企合作的背景下，针对企业维保人员和专业毕业生在奥的斯电梯公司坐电梯维保工作时，遇到电梯电气故障和轿厢偏载问题的信息反馈，为更好地服务专业教学和毕业生就业，校企双方团队共同进行探讨，制作了电梯电气故障箱，让在校学生能真实体验电梯电气故障的发生、排查全过程；并针对电梯轿厢偏载问题，提出采用倾角传感器实现电梯轿厢偏载现象的检测和报警方案的思路，进而实现电梯轿厢偏载问题的检测提示。此种方式，使得校企合作得以深度化，合作实现多方共赢，企业得到了高质量的就业人才，学校实现了高质量地培养人才，教师实现了教学和研究开发能力的提升。此方式较好地吻合了职业教育校企合作产学研精神的实践。（本文作者为泸州职业技术学院电气与电子工程学院讲师）

注：本文基金项目为智能控制与电子器件应用技术泸州市重点实验室 2022 年度开放基金课题“智能电梯偏载现象的监测及调整方式研究”（项目编号：ZK202205）。