

摘要：介绍了电梯和自动扶梯上通常用到的传感器，描述了它们对电梯和自动扶梯正常运行、安全运行所起的作用。内容包括电梯测速、抱闸、平层、门控等控制环节所用传感器，和自动扶梯电机测速、入口探测、进出口检测、扶手带测速、梯级丢失等控制环节所用传感器。

关键词：电梯；自动扶梯；传感器

中图分类号：TH236；TP212 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2019)02-0014-06

收稿日期：2019-01-03

电梯和自动扶梯上的传感器

李劭

上海倍加福工业自动化贸易有限公司，上海 200436

一、前言

随着中国城市化进程的深入，越来越多的高层楼房出现在城市中，电梯也应用得越来越多。而且随着老龄化社会的到来，老旧居民楼加装电梯也已经成为民生项目的热点之一，可见电梯与我们日常生活的紧密程度。城市化的发展还带动了城际交通、市内公共交通、城市商贸文化设施的现代化。在民航、高铁、地铁、购物中心等基础设施建设中，自动扶梯已经司空见惯。

本文将简要介绍应用在电梯和自动扶梯上的传感器。

二、电梯传感器

1、转速控制——增量型编码器

电梯要乘坐舒适，启动和停止要平稳，就必须对电梯运行的加速和减速进行控制。电梯的运行动力来自曳引机的电动机。曳引机旋转带动缠绕在曳引轮上的钢缆，钢缆牵引着的电梯轿厢完成升降运动。控制电梯升降速度就是控制曳引机的旋转速度。测量曳引机转速的传感器是旋转编码器。有齿轮异步曳引机普遍采用增量型

编码器。增量型编码器将旋转的每一圈进行平均分度，比如，将一圈分度成 100、500，或 1024、2048 等等，即编码器每圈对应输出 100、500，或 1024、2048 个脉冲信号，编码器的信号送给变频器，后者即可对曳引机的转速进行闭环控制。

德国倍加福（Pepperl+Fuchs）公司运用蓝光技术推出新一代增量型编码器 ENI58IL 系列（如图 1 所示），大大提高了编码器的信号质量和抗干扰性能，从而可显著提高转速控制的平稳性和可靠性。

现在，无齿轮永磁同步曳引机因其突出的节能环保特性已经被广泛应用在客运电梯上。永磁同步曳引机所使用的测速编码器也是增量型编码器，但由于永



图 1 ENI58IL 系列编码器

磁同步电机启动时需要知道电机转子的绝对位置，所以需要编码器在增量型脉冲信号之外增加一个单圈的绝对值信号，这个绝对值信号可以是数字量的，也可以是模拟量的。

2、抱闸状态检测——电感式接近开关

电梯的轿厢很重，尽管电梯都有配重用以平衡轿厢的重量，但当电梯静止时还是需要刹车一类的机构锁住电梯。曳引机上的抱闸就是这种装置，它抱紧时，闸片紧紧抱住曳引轮，就像是汽车的刹车机构。为确保电梯的长期安全运行，电梯控制器必须利用传感器时刻检测抱闸抱紧和释放的状态。由于抱闸的动作行程很小，比如小到只有 0.4 mm，所以传感器的量程也必须很小，比如小于 0.8 mm。很多曳引机采用杠杆机构将抱闸的动作行程放大，然后采用微动开关检测抱闸的状态，但更直接的方案是采用微小量程的电感式接近开关对闸片进行直接测量。

德国倍加福公司可以提供品种齐全的接近开关产品，如图 2 所示。例如 NBB0.6-3M22-E...接近开关量程可小到 0.6 mm，能够极其可靠地检测抱闸的状态。

3、平层检测——槽形光电开关

电梯上下运行到指定的楼层接送客人，如果电梯停稳开门后，轿厢的地板与楼层的地板不一样高，有可能使进出轿厢的人摔跤而发生事故。所以，电梯必须配置为电梯地板与楼层地板找平的传感器，通常人们称这些传感器为平层开关。最简单的平层检测可以通过平层感应板和 2 只平层开关来实现。在电梯井道内每一层的适当位置安装平层感应板，在轿厢的平层对应位置安装 2 只平层开关，2 只开关的间距刚好对应平层板的长度，即保证当 2 只开关同时感应到平层板的时候，刚好是轿厢地板与楼层地板齐平的时候。

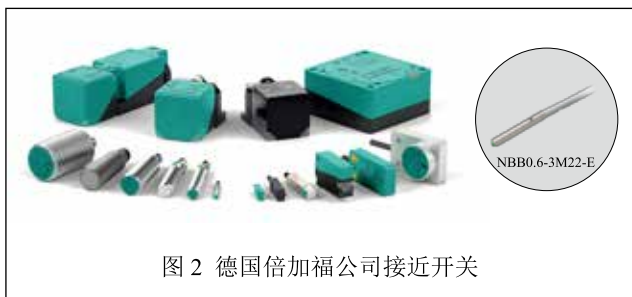


图 2 德国倍加福公司接近开关

无论是电梯上行还是下行，第一个开关感应到平层板时，电梯减速；第二个开关感应到平层板时，电梯停止。最廉价的平层开关采用磁开关，这时需要在平层板上安装磁条。现在也有用电感式接近开关作平层开关的。然而，平层精度最高、性价比也最合适的平层开关还是槽形光电开关。为了使平层停靠更平稳舒适，人们会在两个平层开关之间加装 1 只、甚至 2 只平层开关，用以实现逐级减速。

4、楼层定位——机械式行程开关 + 平层开关

电梯是如何知道经过的楼层和到达的楼层呢？最简单也是最常用的方法是计数。在电梯所能到达的底层和顶层分别安装一个定位传感器，通常采用的是机械式行程开关。当轿厢每次到达底层或顶层时，控制系统对电梯进行楼层校准；当电梯上下运行时，控制系统利用平层开关自动计算所经过的楼层数；当电梯停止运行时，电梯一定回到底层；当电梯遇到停电或其他原因丢失了楼层数时，电梯则自动回到底层重新定位。

5、电梯轿厢绝对位置探测——电梯平层和绝对值定位传感器

在一些超高层建筑中，常需要应用高速电梯来缩短客人的等待时间。在一些特殊的电梯应用场合，需要随时知道电梯轿厢的位置，甚至在电梯控制系统失控的时候，这时，上述平层方案和楼层计数方案便不能满足要求。德国倍加福公司为这类电梯应用场景提供两种高级的电梯平层和绝对值定位传感器。

(1) WCS 系统：由一条一维码的金属或塑胶码带和一台槽形绝对值读码器组成，可用于行程高度达 300 m 的电梯，绝对定位精度 0.8 mm，电梯速度可达 12 m/s。图 3 所示为 WCS 定位传感器；

(2) 最新的 PXV 系统：由一条二维码带和一台视觉二维码读头组成。对于电梯行程没有限制，绝对定位精度达 1 mm，电梯速度可达 10 m/s。图 4 所示为 PXV 二维码定位传感器。

电梯应用这两款传感器，不仅可以对人体工程学对电梯进行速度和加速度控制，并实现精准平层，而且可以随时监测电梯的绝对位置。

6、楼层电梯门控制——触点式机械开关、磁式或电感式接近开关

说到电梯的安全，人们对电梯的坠落，甚至对电梯停在半道不上不下都有着巨大的恐惧，但对电梯门的安全则经常选择性漠视。事实上，从电梯门洞坠落事故的伤亡人数要高于电梯轿厢坠落事故。电梯都有两道门，一道装在楼层上，一道装在轿厢上。正常情况下，楼层上的门不会自己开和关，它是由轿厢上的门控机构带动的。为了安全，当轿厢离开楼层时，楼层上的门应该是锁住的，需要由专业人员（如负责电梯运行的物业）用专门的钥匙开锁。电梯的一个极端危险的故障是轿厢不在该楼层时，楼层上的电梯门没有锁好。所以，楼层门设有门锁监控传感器，只要有一个门没锁好，电梯就会停运并报警维修。绝大部分电梯在这里采用触点式的机械开关，只有很少一部分采用磁式或电感式接近开关。

7、电梯门防夹——光电传感器

当然，涉及电梯门的安全防护主要还是防夹。如果电梯在关门时有人还在门扇中间就会被夹。早先的防夹装置是设在轿厢门外侧的触板，电梯开始关门时，触板前伸，人体一接触，便触发一个机械开关，控制电梯门重新打开，现在有的电梯还在使用这种防夹机构。后来，为了改善用户体验，电梯开始采用非接触防夹。最早的方案是在轿厢门外侧再增加一对或几对对射型的光电开关，只要门间有人，不等碰到触板门就打开。再后来人们认为孤立的几对光电开关防不住夹手、夹脚或夹包，于是用整条光幕代替光电开关。

现在的新装电梯，最常见的防夹传感器就是光幕，有些带光幕的电梯取消了触板，也有一些电梯将光幕和触板一体化，既有非接触防夹，又有接触式防夹。即便这样，还是偶有电梯门夹伤手或夹住随身物体的事故。这是因为不管是触板还是光电开关或者光幕，都是安装在轿厢门外侧，即轿厢门与楼层门之间的空隙里，手或物体如果只挡在两扇轿厢门或者两扇楼层门之间，不伸到触板或光幕的位置，还是会被夹住。为了进一步杜绝事故隐患，对于一些特别重要场所的电梯，还在轿厢门内测的门框顶部和楼层门外侧门廊

的顶部安装从上往下照射的防夹光电开关，实施监控以图做到万无一失。

德国倍加福公司能够提供上述各种类型的电梯门非接触防夹传感器，如AL2109系列光幕（图5）、AIR20系列防夹光电开关等。



图3 WCS 定位传感器



图4 PXV 二维码定位传感器

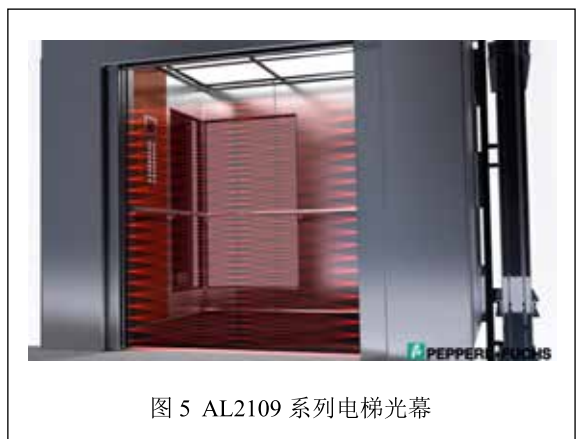


图5 AL2109 系列电梯光幕

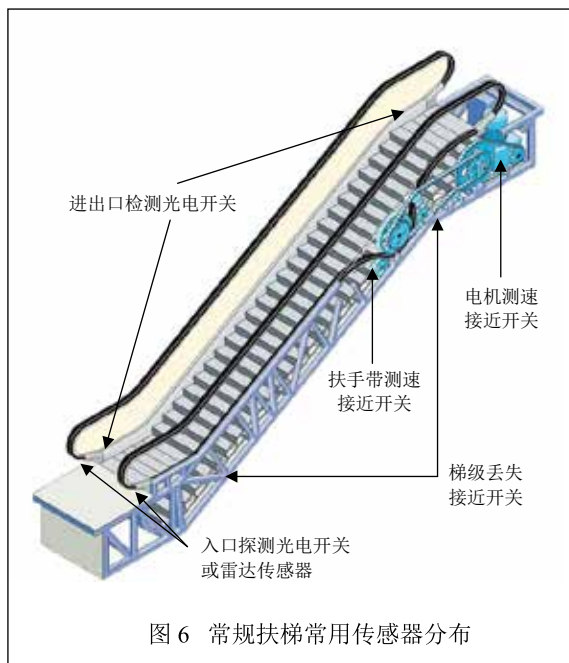


图6 常规扶梯常用传感器分布

三、扶梯传感器

自动扶梯在我们的日常生活中也是随处可见，尤其是大型商场等。除了阶梯型上下运动的扶梯外，在机场还能看见在地面上运行的自动人行步道，在大型超市还见得到这种步道斜着连接上下楼，并可以运载小推车。这些都同属一类，在传感器应用方面没有区别。

图6所示为一个常规扶梯常使用的传感器。其中，通常会安装2只电机测速接近开关、2只梯级丢失接近开关（扶梯两头各1只，在梯级转向上层之前）、4只扶手带测速接近开关（两边扶手带各2只）、4只入口探测光电开关（或雷达传感器，两个入口各2只）和2只进出口检测光电开关（扶梯两头各1只，在梯级开始出现处），总共14只传感器。

德国倍加福公司能够为扶梯的所有应用提供高品质的传感器。

1、电机测速传感器——接近开关

自动扶梯的速度控制比电梯简单得多。首先，它速度不高，一般不会超过正常人行走的速度，比如0.7 m/s，太快了人容易摔跤；其次，当行人进入后它要保持匀速，否则人会紧张。所以，自动扶梯的电机

测速一般用不着编码器，只需用接近开关检测与电机同步的齿轮即可，得到的信号脉冲频率对应着电机的转速。为了判断电机运转方向，需要安装两只接近开关。扶梯测速的接近开关有两个特别需要关注的性能。一是要耐高温，扶梯电机经常安装在地坑里，散热条件不好；二是要抗电磁干扰，因为传感器距离电机很近，且机舱空间狭小封闭。图7所示为扶梯测速接近开关。

2、入口探测传感器——光电开关、雷达传感器、称重传感器

扶梯运行耗电很大，为了节能，在扶梯上没有人的时候希望扶梯静止或处于节能运行的低速状态，当有人员即将进入时，扶梯再启动加速到正常速度。最常见的入口探测传感器方案主要有两种。一是在扶梯入口前部通道两侧设置立柱，立柱内安装对射型光电开关，或者在一边立柱上安装反射板型光电开关，而在另一边立柱上安装反射板，如图8(a)所示；二是在扶梯入口部位两边的下部安装漫反射光电开关，或者雷达传感器，它们的探测区域交叉覆盖扶梯入口的前方，比如覆盖入口前方1.3 m区域，如图8(b)所示。除此以外，个别扶梯在入口前地面盖板下面安装称重传感器来进行入口探测。

3、进出口检测传感器——光电开关

入口探测传感器能够探测到人员即将进入扶梯，以便提前启动扶梯，但它不能确定人员是否真的进入



图7 扶梯测速接近开关



(a) ML29 系列光电开关



(b) RLK31 系列光电开关

图 8 入口探测传感器



图 9 用于进出口检测的 GLV18 系列光电开关

了扶梯，还是在扶梯入口处过了一下又走开了。另外，要达到节能的目的，不仅要知道人员何时进入扶梯，还要知道是否已经全部离开扶梯。所以，在扶梯第一节和最后一节处的侧板上还会安装对射型或者反射板型光电开关。一方面确认人员确实进入扶梯，另一方面确认人员离开扶梯。这一头一尾两个传感器配合上述入口探测传感器，结合扶梯运行速度和扶梯长度，通过时间测算便可知人员是否确实进入扶梯和扶梯上是否已经没有人了。图 9 所示为用于进出口检测的 GLV18 系列光电开关。

4、扶手带测速传感器——接近开关

扶梯多是设置在人员流动量很大的公共场所，如机场、高铁站、地铁站、购物中心、展览中心等，一旦发生安全事故很容易造成人身伤害，对社会和企业声誉的影响很大。所以，对扶梯的安全风险防范切不可掉以轻心。

扶梯的扶手带的运行速度必须与梯级同步。如果梯级正常而扶手带失速极易造成人员跌倒。尽管机械传动设计保证了扶手带的驱动机构与梯级的运动机构联动，但扶手带与其驱动机构之间多是靠摩擦传动的。由于扶手带很长，被卡住的风险始终无法彻底消除。所以，扶梯上必须设置扶手带测速传感器。最常见的扶手带测速采用接近开关检测测速滚轮上的开孔，得到的信号脉冲频率对应着扶手带运行的速度。为了判断扶手带运动方向，也需要安装两只接近开关。

5、梯级丢失传感器——接近开关

扶梯上最重要的传感器莫过于梯级丢失传感器。如果运行中的扶梯缺失一节梯级，可能造成的伤害将极其惨烈。所以，在扶梯的两端必须分别设置梯级丢失传感器，只要检测到梯级缺失，扶梯必须停止运行，并报警维修。梯级丢失传感器普遍采用高可靠性的接近开关，对梯级进行直接检测。

四、结论

综上所述，电梯和自动扶梯的正常运行和安全防护离不开可靠的传感器。随着物联网技术的发展和普及，电梯和自动扶梯的物联网维保已经开始成为行业

发展的热点话题。德国倍加福公司（Pepperl+Fuchs）新一代的 Sensorik 4.0 版传感器将为电梯和自动扶梯的物联网发展提供有力支持。

* 本文所述传感器可于德国倍加福公司官网查询：
www.pepperl-fuchs.com

Application of Sensors in Elevators and Escalators

LI Shao

(Shanghai Pepperl+Fuchs Automation Trading Co., Ltd.,
Shanghai 200436, China)

Abstract: The sensors commonly used in elevators and escalators are introduced in this paper, as well as their roles in normal and safe operation of elevators and escalators, which include those adopted in speed measurement, brake detection, level control and door control of elevators, and motor speed measurement, entrance detection, inter-exit detection, handhold belt speed measurement and step missing detection of escalators.

Key words: sensor; elevator; escalator

作者简介

李劭：上海倍加福工业自动化贸易有限公司高级销售顾问，高级经济师，研究方向为传感器行业应用以及行业发展商情观察。

通讯地址：上海市闸北区江场三路 219 号 4 楼

邮编：200436

邮箱：Lishao@cn.pepperl-fuchs.com