文章编号:1008-1542(2010)05-0423-04

误差评定在电梯导轨直线度测量系统中的应用

李　光[1,2],张铁壁[3,4]

(1.河北师范大学信息技术学院,河北石家庄　050016;2.河北工程技术高等专科学校安全稳定处,河北沧州　061001;3.北京科技大学信息学院,北京　100083;4.河北工程技术高等专科学校电气工程系,河北沧州　061001)

摘　要:将开发的电梯导轨直线度测量系统用于测量电梯导轨顶面直线度,并对该系统进行误差评定,为电梯导轨出厂提供了更为精确有效的数据。介绍了测量系统的组成、测量原理,分析了测量误差产生的原因和消除方法,详细介绍了采用累积法对测量数据进行误差评定的过程。

关键词:电梯导轨;直线度;误差评定

中图分类号:TH821　　**文献标志码**:A

Application of error assessment on elevator rails straightness measurement system

LI Guang[1,2], ZHANG Tie-bi[3,4]

(1. College of Information Technical, Hebei Normal University, Shijiazhuang Hebei 050016, China; 2. Office of Security and Stability, Hebei Engineering and Technical College, Cangzhou Hebei 061001, China; 3. Department of Information, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 4. Department of Electrical Engineering, Hebei Engineering and Technical College, Cangzhou Hebei 061001, China)

Abstract: It executes error assessment for developed elevator rail straightness measurement system. The assessment effect explains how it is applied in measuring the top straightness of elevator rail, and provides the more accurate data for the elevator rail factory. This paper introduces system composition and the measurement principle, analyses the reasons of measurement error and elimination methods, and introduces in detail the process of error assessment by accumulation method.

Key words: elevator rail; straightness; error assessment

在工程实际中,评定导轨直线度误差的分析方法有两端点连线法、最小二乘法、最小区域法等[1-4]。两端点连线法是将误差曲线首尾相连,再通过曲线的最高点和最低点,分别作 2 条平行于首尾相连的直线,2 条平行线间沿纵坐标测量的数值,进行数据处理后即为导轨的直线度误差;最小二乘法是根据各测点相对于起始点的累积值,找到一条直线,使曲线上的点到该直线上的距离的平方和为最小;最小区域法是将误差曲线的"高,高"(或"低,低")2 点相连,过低(高)点作一直线与之相平行,2 条平行线间沿纵坐标所测量的数值,通过数据处理后,即为导轨的直线度误差。笔者介绍了导轨直线度测量系统的组成以及运用累积法对导轨测量数据进行的误差评定。

收稿日期:2010-03-25;修回日期:2010-05-19;责任编辑:李　穆

基金项目:国家"863"计划资助项目(863-2.5.1.25)

作者简介:李　光(1967-),男,河北献县人,硕士研究生,主要从事智能仪器仪表方面的研究。

1 系统检测原理

电梯导轨是电梯系统的重要组成部分,它的质量对于电梯的安全性和舒适性有重要的影响[5]。电梯被安装到井道后,其质量无法通过人工干预,因此导轨的出厂质量尤为关键。目前,国内电梯生产厂家大多都是对导轨进行人工抽测,检测效率和精度都很低。现在已经有相关的自动检测设备,尽管可以测得导轨的多项参数,精度也较高,但是结构复杂,安装困难,成本较高,要求检测人员技术水平高等,这限制了其推广及应用。为此,笔者开发了一套电梯导轨出厂质量自动检测系统,可以实现对长度为 5 m 的电梯导轨顶面直线度的在线实时测量,实时显示直线度误差,精度达到 0.05 mm,并直接给出是否合格的结论。该系统结构简单、易于安装、操作方便、成本低,可以有效保证导轨质量,节约人力和物力,提高导轨生产厂家的工作效率。

1.1 测量系统组成

测量系统由传感器和测量系统机械装置 2 部分组成。传感器选择的是电阻式位移传感器,当传感器的杆伸出长度(范围为 0～50 mm)发生变化时,其阻值发生变化,范围在 0～1 kΩ。变换电路将电阻变化量转换为 0～5 V 的电压信号,送入单片机,进行处理。

测量系统机械装置结构如图 1 所示,主要由垫块、测量架支撑钢板等组成。测量架支撑钢板和垫块都需要进行精确定位,保持精准的水平位置;固定后,还需要定期检测其水平度,以保证系统测量的准确性。垫块均匀分布在 5 m 长的导轨之间,测量时将导轨放置在垫块之上,来保证导轨的水平基准。最上端是测量架支撑钢板,该部分主要是用来保证传感器的移动水平基准位置,所以该部分也是测量的关键。在钢板的中间开孔,开孔宽度略大于位移传感器的杆径,以便于位移传感器的伸出杆移动;在钢板的一侧还有刻度指示,测量人员可根据刻度选取不同的测量点推动位移传感器移动,进行直线度检测。实际中制作的钢板厚 5 mm,长 5 500 mm,宽 200 mm,两侧还有支撑柱支撑。

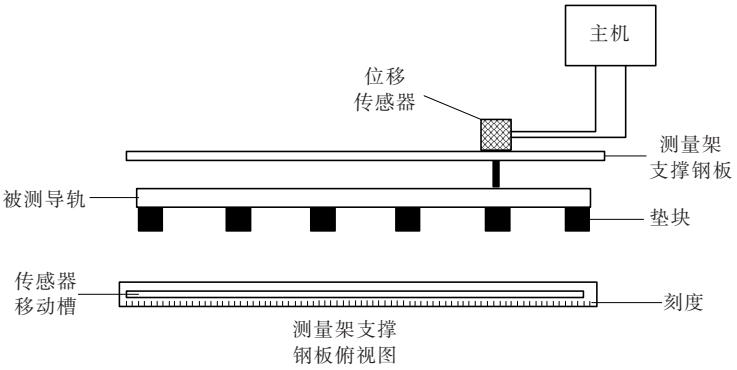

图 1 测量系统机械装置结构图

Fig. 1 Machinery equipment of the measurement system

1.2 测量原理

将导轨放置在位置精确的垫块之上,为防止导轨的挠度误差,在测量架底端每隔 1 m 放置 1 个垫块,以有效降低导轨的变形带来的误差,垫块底端有调平螺钉。测量人员可以在 5 m 的导轨上任意距离取点进行直线度测量,传感器测量架支撑钢板距离导轨顶面设置固定距离为 10 mm。当导轨顶端有凹凸不平情况时,杆式位移传感器露出的长短则体现了导轨顶面直线度的误差情况,由此主机可对测量数值进行实时显示,并通过运算可判断出导轨的直线度是否合格。

2 传感器系统组成

该系统的主机采用了 STC 系列的单片机 12C5410AD,该单片机内部置有 10 位 AD 转换器,转换精度达到 10 位。主机部分包括显示、键盘、报警提示、存储等。显示部分可以实时显示导轨的直线度测量参数、时钟以及测量之后是否合格等内容。键盘主要实现时钟调整、参数设置等功能,通过键盘可以设定厂家要求的 1 m 和 5 m 范围内的最大直线度误差,以及点与点之间距离的设定(该距离在 50～500 mm 之间可任意设定)。现运行厂家的要求是:1 m 内误差不超过 0.5 mm,5 m 内不超过 2.5 mm。可以连续记录抽样导轨的测量参数,若按下取消测量按键则不记录测量数据。整根导轨测量完毕后,若不合格,则会显示不合格,并给出最大直线度误差,而且还会有报警提示为不合格产品。

3　误差评定

影响该系统误差的主要因素有以下 4 点:1)是测量中的机械装置,由于安装基准产生偏差,而带来测量误差;2)是测量人员在移动传感器时,接触不好就进行读数;3)是导轨的挠度误差;4)是杆式位移传感器与导轨顶面接触误差。该系统用累积法对测量数据进行了分析。

累积法是一种曲线拟合技术,其基本思想是利用实验数据的累积和权数直接估计模型的有关参数[6],对于 1 组测量数据$\{y_i, i=1,2,3,\cdots,n\}$, 普通累积和的计算通式为

$$\sum_{i=1}^{n}{}^{(k)} y_i = \frac{1}{(k-1)!}\sum_{i=1}^{n}(n-i+1)(n-i+2)\cdots(n-i+k-1)y_i, \qquad k \geqslant 2, \tag{1}$$

则基本累积和为

$$\sum_{i=1}^{n}{}^{(k)} = \sum_{i=1}^{n}{}^{(k)} 1 = \frac{1}{k!}n(n+1)\cdots(n+k-1)。 \tag{2}$$

该方法是以求得的直线 l 作为评定理想直线,求出实际直线对该直线的最大变动量,从而得到直线度误差。设直线 l 为

$$\hat{y} = \hat{a} + \hat{b}x,$$

则对 n 个测量点,假设误差曲线各点与 l 对应各点之差为 d_i,则可以得到式(3):

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n}{}^{(1)} y_i &= a\sum_{i=1}^{n}{}^{(1)} + b\sum_{i=1}^{n}{}^{(1)} x_i + \sum_{i=1}^{n}{}^{(1)} d_i; \\ \sum_{i=1}^{n}{}^{(2)} y_i &= a\sum_{i=1}^{n}{}^{(2)} + b\sum_{i=1}^{n}{}^{(2)} x_i + \sum_{i=1}^{n}{}^{(2)} d_i。 \end{aligned} \tag{3}$$

那么 X 的估计值为

$$\hat{X} = \begin{vmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{vmatrix} = A^{-1}Y。$$

直线度误差为

$$\Delta = \max_{i=1}^{n}\{d_i\} - \min_{i=1}^{n}\{d_i\}。 \tag{5}$$

用该系统测量抽样某编号导轨的 11 个相等跨距点的读数及其累积值,其数据见表 1,其跨距为 500 mm。用 MATLAB 编制程序,据累积法求得直线方程为

$$\hat{Y}=0.096\ 8-0.014\ 7X。$$

实际误差曲线各点与曲线对应各点的之差见表 2。

表 1　实验数据(以 10 mm 为基准点)

Tab. 1　Experimental data(with 10 mm as reference point)

序号	等距点/m	测量数据/mm	累积值/mm
0	0		
1	0	0.13	0.13
2	0.5	0.24	0.35
3	1.0	−0.15	0.20
4	1.5	0.18	0.38
5	2.0	−0.21	0.17
6	2.5	0.11	0.28
7	3.0	0.17	0.45
8	3.5	0.27	0.81
9	4.0	−0.22	0.59
10	4.5	0.25	0.84
11	5.0	−0.11	0.73

表 2　实际测量值与曲线对应点数据

Tab. 2　Actual measurement data and corresponding curve data

序号	等距点(跨度 500 mm)/m	曲线各点对应值/mm	对应与测量值之差/mm
1	0	0.096 80	0.033 20
2	0.5	0.089 45	0.150 55
3	1.0	0.082 10	−0.232 10
4	1.5	0.074 75	0.105 25
5	2.0	0.067 40	−0.277 40
6	2.5	0.060 05	0.049 95
7	3.0	0.052 70	0.117 30
8	3.5	0.045 35	0.224 67
9	4.0	0.038 00	−0.258 00
10	4.5	0.030 65	0.219 35
11	5.0	0.002 23	−0.112 23

由表 2 可知：$\boldsymbol{D}=[d_1\ d_2\ d_3\ d_4\ d_5\ d_6\ d_7\ d_8\ d_9\ d_{10}\ d_{11}]=[0.033\ 20\quad 0.150\ 55\quad -0.232\ 10\quad 0.105\ 25\quad -0.277\ 40\quad 0.049\ 95\quad 0.117\ 30\quad 0.224\ 67\quad -0.258\ 00\quad 0.219\ 35\quad -0.112\ 23]$。

根据累积法，可以求得直线误差为

$$\Delta=\max_{i=1}^{n}\{d_i\}-\min_{i=1}^{n}\{d_i\}=0.224\ 67-(-0.277\ 40)=0.502\ 70(\text{mm})。$$

表 1、表 2 中给出了该测量系统对抽样导轨在 5 m 范围内典型测量值，由所测得的部分顶面直线度数据与百分表所测的顶面数据的比较可以看出，二者最大偏差小于 0.502 70 mm，评定结果完全可以满足电梯导轨精度(5 m 内不超过 2.5 mm)的要求。

4 结 语

通过累积法的计算验证，该系统用于测量电梯导轨的直线度误差，完全可以满足要求。经过在沧州市某电梯制造厂 1 年多的运行也证实，该系统具有结构简单、使用方便、精度高、成本低、易于实现等特点，深受厂家的好评。由于是人工推动位移传感器前移，所以自动化程度还有待改进，现其改进型也已基本完成。

参考文献：

[1] 胡长德，陆加海，幸 祺，等. 基于激光干涉的长导轨直线度误差测量[J]. 光学仪器(Optical Instruments)，2008，30(6)：10-15.
[2] 李亚军，郑志刚. 直线度误差的数据处理及程序设计[J]. 中国测试技术(China Measurement Technology)，2007(5)：67-69.
[3] 车晓毅，罗佑新，唐黔湘. 直线度误差数据处理及系统[J]. 河北理工学院学报(Journal of Hebei Institute of Technology)，2003(2)：57-59.
[4] 郝宏伟，刘顺芳，范淑果. 最小区域法评定圆度误差的计算机实现方法[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology)，2006，27(2)：56-60.
[5] 李醒飞，张晨阳，张国雄，等. 电梯导轨几何误差测试系统[J]. 中国机械工程(China Mechanical Engineering)，2005，16(4)：303-306.
[6] 陈国强，赵俊伟. 一种计算直线度误差的新方法[J]. 机床与液压(Machine Tool & Hydraulics)，2006(1)：135-136.
[7] 赵 亮，侯国锐. 单片机 C 语言编程与实例[M]. 北京：人民邮电出版社，2006.

(上接第 398 页)

“日出”(Hinode)和美国的太阳动力学观测仪(SDO)等)，使得大量高时空分辨率的数据源源不断提供给了太阳物理学家，通过对具体活动区进行细致演化分析，可以进一步研究耀斑发生前后的磁场结构和动态演化，从而为耀斑的预报提供帮助。

参考文献：

[1] DENG Y Y，WANG J X，YAN Y H，et al. Evolution of magnetic nonpotentiality in NOAA AR 9077[J]. Solar Physics，2001，204：11-26.
[2] ZHANG H. Observational study of magnetic chirality of solar active regions[J]. ASR，2008，42：1 480-1 491.
[3] CHAE J，WANG H M，QIU J，et al. The formation of a prominence in active region 8668. I. SOHO/MDI observations of magnetic field evolution[J]. Astrophys J，2001，560：476-489.
[4] YANG S，BÜCHNER J，ZHANG H. Magnetic helicity exchange between neighboring active regions[J]. Astrophys J，2009，695：L25-L29.
[5] NINDOS A，ANDREWS M D. The association of big flares and coronal mass ejections：What is the role of magnetic helicity? [J]. Astrophys J，2004，616：L175-L178.
[6] LIU J H，ZHANG Y，ZHANG H Q. Relationship between powerful flares and dynamic evolution of the magnetic field at the solar surface [J]. Solar Physics，2008，248：67-84.
[7] DÉ MOULIN P，BERGER M A. Mangetic energy and helicity fluxes at the photospheric level[J]. Solar Phys，2003，215：203-215.
[8] LIU J H，ZHANG H Q. The magnetic field，horizontal motion and helicity in a fast emerging flux region which eventuallyforms a delta spot[J]. Solar Phys，2006，234：21-40.
[9] GUO J，ZHANG H Q. A quantitative study on magnetic configuration for active regions[J]. Solar Phys，2006，237：25-43.
[10] ZHANG Y，LIU J H，ZHANG H Q. Relationship between rotating sunspots and flares[J]. Solar Phys，2008，247：39-52.
[11] 张彩霞. 两个星风吸积模型的比较[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology)，2008，29(4)：1-4.
[12] 封顺珍，咸丽芬，徐 芹，等. C/Co/C 纳米颗粒膜微结构和磁特性的时效性研究[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology)，2010，31(1)：5-8.