

基于专用测量仪的新型城市轨道交通站台门 测量安装及精度控制技术

贾锐奇¹ 段军朝² 李学同¹ 任 伟^{1,3}

(1. 中建三局安装工程有限公司, 430075, 武汉; 2. 中建三局基础设施建设投资有限公司, 430075, 武汉; 3. 江苏明伟万胜科技有限公司, 213017, 常州//第一作者, 工程师)

摘 要 针对城市轨道交通站台门系统安装精度普遍不高、运行故障频出等问题,提出了基于专用测量仪的新型城市轨道交通站台门测量安装及精度控制技术。详细阐述了站台门底座、立柱、门机、门槛及滑动门的安装精度控制方法,并将该技术与传统的站台门安装技术的精度控制进行对比。从成都轨道交通 6 号线三期的站台门施工效果可得出结论如下:该技术实现了站台门系统的快捷安装,大幅缩短了施工周期,提高了站台门的整体安装质量。

关键词 城市轨道交通; 站台门; 测量定位; 精度控制

中图分类号 U291.6⁺5

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.03.046

Wuhan, China

城市轨道交通车站的站台门系统具有接口多、专业集成度高等特点,其功能主要包括保障列车、乘客进出站时的绝对安全,减少空气对流造成站台冷气/热气的流失,降低列车运行时产生的噪声对车站的影响,为乘客提供舒适的候车环境等^[1]。但在城市轨道交通线路建设时普遍存在着站台门安装质量不合格、部件侵入轨行区影响行车安全、站台门绝缘测试不合格等问题。究其原因,主要有以下 5 个方面:①站台门的生产、运输及安装环节互相脱节;②安装质量不符合要求;③安装工艺和方法未经过厂商指导;④安装单位无相应的施工资质;⑤安装完成后厂商无检验/验收程序。

上述问题至今没有很好地解决^[2]。此外,在运营期间,因站台门受到温度及湿度的变化影响,以及杂散电流腐蚀等环境因素的影响,其安全性也会不断下降^[3-4]。为此,如何安全、高效地对站台门进行安装,全面提高站台门的安装精度,保障其安装质量,备受业内关注。本文提出基于专用测量仪的新型城市轨道交通站台门测量安装及精度控制技术(以下简称“新型站台门安装技术”),该技术可安全、快捷、高效地安装站台门,整体提高站台门的安装质量。

1 站台门系统组成及安装现状

1.1 站台门系统的组成

站台门系统是集建筑、机械、电气、计算机网络、自动控制和信息等多学科技术为一体的综合性产品^[5-6],由机械和电气 2 大部分组成。其中:机械部分包括门体和驱动 2 个模块;电气部分分为电源和控制 2 个子系统。

New Measurement Installation and Precision Control Technology of Urban Rail Transit Platform Door Based on Special Measuring Instrument

JIA Ruiqi, DUAN Junchao, LI Xuotong, REN Wei

Abstract Aiming at the problems such as low installation accuracy and frequent operation failure of urban rail transit platform door system, a new technology for measurement installation and precision control of the platform door based on a special measuring instrument is proposed. The installation precision control method of platform door base, column, door machine, threshold and sliding door is expounded in detail, and is compared with the conventional installation precision control of platform door. Conclusions can be drawn from the construction result of the platform door of Chengdu Rail Transit Line 6 phase III project: this technology realizes fast installation of platform door system, greatly shortens the construction period and improves the overall installation quality of the platform door.

Key words urban rail transit; platform door; measurement positioning; precision control

First-author's address China Construction Third Engineering Bureau Installation Engineering Co., Ltd., 430075,

如图1所示,站台门的机械部分主要由底座、立柱、门机、滑动门、固定门、应急门和端门等组成。

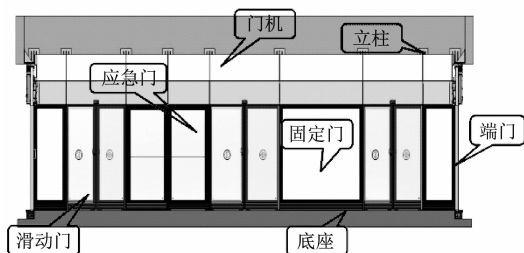


图1 站台门系统机械部分组成示意图

Fig. 1 Composition diagram of platform door system mechanical parts

1) 底座、立柱及门机组成的“钢结构”为站台门的“骨架”。在站台门运行过程中除自身荷载作用外,还要承受活塞风风压和乘客荷载等荷载的作用^[6]。该骨架的安装精度决定了整个站台门系统的安装质量,钢结构的安装精度主要是控制平面平行度、相邻安装面的高度误差及立柱的垂直度等^[7]。

2) 滑动门是与列车同步开关的门体,是乘客的上下通道,需要频繁开关运行。滑动门安装精度主要是控制运行导轨与下端运行导槽的平行度、门体挂轮组件与运行导轨的安装精度,以及相邻门槛导槽的平面误差等。

3) 底座是站台门的基座,其安装精度主要是控制平面平行度、相邻安装面的高度误差、立柱的垂直度、端面到轨道中心线的距离,以及相邻底座的相对位置误差等。

1.2 站台门系统的安装现状

站台门的安装主要包括:施工测量、门槛及立柱安装、门机安装及钢结构调整、封板及线缆安装、门体安装、电气控制系统安装及调试、系统测试和综合联调等方面^[8]。安装前应进行轨道控制基标点的现场确认,每侧站台门应设置轨道中心线、有效站台中心线及轨道控制基标点(不少于3个)^[9]。传统的站台门施工需利用水平仪、线锤、钢尺等工具,依赖作业人员的工作经验,测量过程中需设定多个基准点,并进行多次定位复核测量。这样的施工方法容易产生偶然误差和系统误差,无法对测量精度进行有效控制,使得钢结构垂直度、平整度等安装参数不满足要求,进而导致站台门出现外观不良、门体开关顺畅度较差、运行故障率较高等问题。

2 新型站台门安装技术的精度控制

2.1 底座安装精度控制

站台门的底座安装,首先应确定基准底座点。以成都轨道交通6号线为例,该线列车编组为8节编组A型车,有效站台长度为180 m。其站台门底座定位安装时,以有效站台中心线为基准、向两端对称布置为安装原则,采用红外发射器向左右两端对称发射的最佳定位方式,因此选择以站台中心向两端44 320 mm位置处的底座作为2个基准底座点。选择好基准底座点后,采用专用测量仪(见图2)进行底座安装测量,将选择好的底座初步调整到设计位置。该专用测量仪由基座、高精度水平仪、红外发射器及带有刻度的安装卡件组成,可一次性定位基准点,具有避免误差累积、提高工作效率的优点。

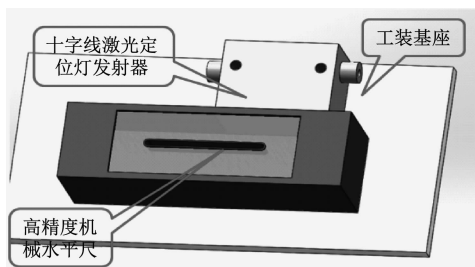


图2 专用测量仪模型示意图

Fig. 2 Diagram of special measuring instrument model

如图3所示,将测量仪放于底座的正上方,通过水平尺将选择的2个基准底座顶部的平面度误差范围调整至0.02 mm以内。根据站台板边缘的标高基准线,将底座的高度调整至设计位置。

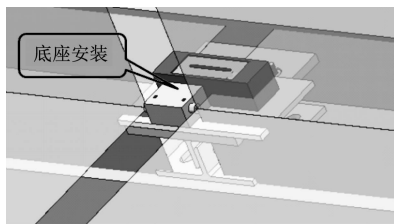


图3 底座安装测量示意图

Fig. 3 Diagram of base mounting measurement

调整完毕后,打开激光发射器进行水平、竖向2个方向的定位,以2个基准底座点为中心分别向两端添加测量点(每隔20 m设1个测量点)。如图4所示,先将激光发射的平面线高度、站台板边缘的标高基准线之间的相对误差调整至1.50 mm范围

内,再调整激光发射的竖面线、定位钢钉点之间的相对误差,使之在 1.50 mm 范围内。

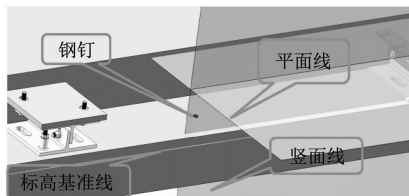


图 4 激光发射平面线、竖面线的安装精度控制

Fig. 4 Installation precision control of laser emission plane line and vertical line

激光发射器调整完毕后,对底座标高和垂直度进行调整。如图 5 所示,以平面线、竖面线为基准调整底座的标高和垂直度。调整时将底座调整块置于底座的顶面,将底座的 4 个角均调整至底座调整块顶面下刻度线范围内。最后,依据激光发射的竖面线,保证底座外端面在设计范围内。

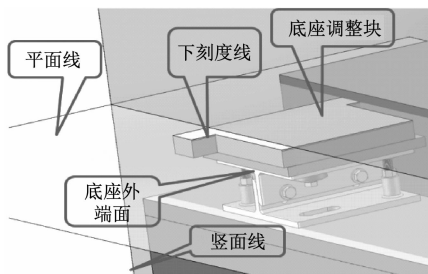


图 5 底座标高和垂直度的安装精度控制

Fig. 5 Installation precision control of base elevation and verticality

2.2 立柱安装精度控制

安装立柱时,先将立柱组装到位。如图 6 所示,将测量仪放置在基准底座处的立柱底部,通过水平尺将立柱底板的平面度误差范围调整至 0.02 mm 以内。根据站台板边缘的标高基准线,将底板高度调整到设计位置(立柱应垂直于轨道面,若轨道有坡度则底座平面需按轨道坡度同步倾斜)。基准立柱底板调整调完毕后,以 2 个基准底座为中心,分别向两端添加测量点(每隔 20 m 设 1 个测量点)。每个测量点均需将站台板边缘的标高基准线、激光水平线的误差范围调整至 1.50 mm 以内。

如图 7 所示,在基准立柱底板调整完毕后,以激光发射的竖面线为基准,调整各个立柱的垂直度。调整立柱垂直度时,将立柱调整块分别置于立柱底板高度为 200 mm 和 2 200 mm 的 2 处并进行测量,这样可一次性确保立柱至立柱调整块端面、立柱至

下刻度线的距离均在设计范围内。

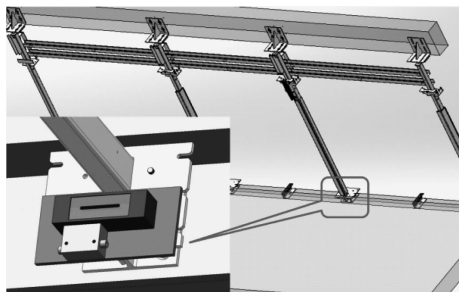


图 6 立柱的安装精度控制

Fig. 6 Installation precision control of column

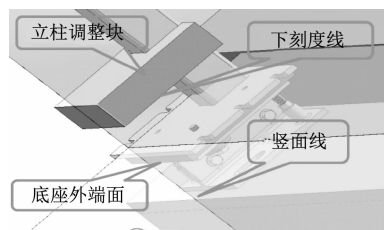


图 7 立柱垂直度的安装精度控制

Fig. 7 Installation precision control of column verticality

2.3 门机安装精度控制

立柱调整完毕后,测量仪保持不动,进行门机定位及安装。如图 8 所示,将测量仪的激光定位竖面线置于调整块顶面的下刻度线范围内,调整站台门门楣或固定侧盒,使门机导轨中心线与门槛平行,门机导轨中心线与门槛面的平行度误差应小于 1 mm/m。此方法可一次性调整所有门机的垂直度和平行度。

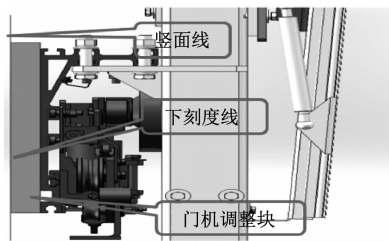


图 8 门机垂直度和平行度的安装精度控制

Fig. 8 Installation precision control of door machine verticality and parallelism

2.4 门槛安装精度控制

如图 9 所示,测量仪保持不动,先测量门槛端面(靠轨道侧)与激光定位的竖面线距离,调整门槛两端与竖面线的误差小于 1.00 mm,以及相邻 2 个门槛端头到竖面线距离误差小于 0.50 mm 后,按照平面线调整门槛的高度与水平度,控制门槛上表面与纵向轨顶面平行,平行度应小于 0.5 mm/m。按照

此方法可一次性逐个调整整个侧面所有门槛的高度和水平度,全长范围内误差控制在0~5.00 mm。

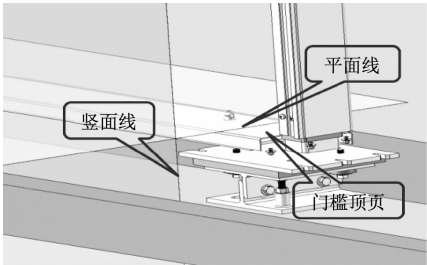


图9 门槛距离与水平度的安装精度控制

Fig.9 Installation precision control of threshold distance and levelness

2.5 滑动门安装精度控制

滑动门安装时,先将导靴支架插入前后门槛之间的导槽内,然后用外六角螺栓将门机梁挂板与滑动门连接,将左右滑动门关闭合拢、门机梁的电磁锁锁紧。如图10所示,将左右滑动门关闭并锁紧,通过调整门机梁挂板的上下位置,以及挂板与滑动门连接螺栓的前后位置,使左右滑动门锁钩与电磁锁钩的上下间隙在3~5 mm范围内。检查左右滑动门的平整度,看胶条缝隙是否均匀,应确保滑动门与滑动门立柱之间的间隙不大于6 mm。此时对站台门开关门进行测试,若开关门顺畅,即站台门的安装全部完成。

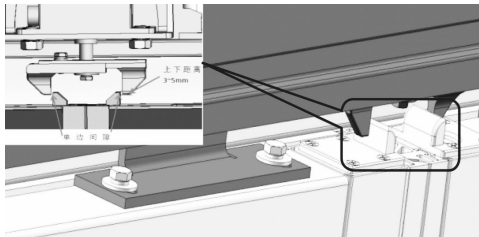


图10 滑动门的安装精度控制

Fig.10 Installation precision control of sliding door

2.6 站台门安装精度控制技术分析

采用专用测量仪对站台门进行精确的测量定位,可有效避免多次定位带来的累计误差,并可减少重复的测量及复核,提高测量效率。本文将新型站台门安装技术和传统站台门安装技术的精度控制进行对比,如表1所示。

与传统安装技术不同,新型站台门安装技术可一次性定位安装站台门系统的主要构配件,其施工更简便、快捷,可以对施工质量进行更好的控制,站台门的安装精度更高,施工周期更短,施工成本也更低。

表1 新型站台门安装技术和传统站台门安装技术的对比

Tab.1 Comparison between new and conventional platform door installation technologies

项目	新型站台门安装技术	传统站台门安装技术
测量基准	一侧设2个基准点	一侧设80个基准点
测量精度	精准确度较高	精准确度较低
误差分析	累计误差较小	累计误差较大
环境要求	现有施工环境下均可施工	暗光环境下不可施工
安装人员操作水平要求	要求较低	要求较高

3 应用案例

成都轨道交通6号线三期工程全长23.37 km,设18座地下车站。在此工程的站台门安装施工中,将2台高精度定位仪分别放置在距车站中心点44.32 m处进行测量,可一次性完成整侧立柱、门体等的定位,有效避免了累计误差,减少了重复测量及复核的工作量。该站台门在工程安装、测试中的具体表现如下:

- 1) 施工效率大幅提高,站台门系统安装比计划工期提前3个月完成,施工工期缩短了30%;
- 2) 在单体调试及5 000次不间断开关门试验测试过程中,各站的站台门系统及系统监控软件运行状态稳定,未发生故障;
- 3) 项目提前1个月具备了与综合监控、信号等系统进行综合联调的条件;
- 4) 通过技术核算,该工程全线站台门安装一次性合格率达99.5%;
- 5) 安装成本减少了15%。

4 结语

本文提出了基于专用测量仪的新型城市轨道交通站台门测量安装及精度控制技术,该技术可一次性完成站台门系统主要构配件的定位安装,施工安全、快捷、高效。成都轨道交通6号线三期工程的案例表明:该新型站台门安装技术在该工程中得以成功应用,站台门的安装精度、站台门运行的稳定性和适应性均较好。该技术具有良好的可操作性和经济可行性,适应新技术的发展趋势及推广要求^[10],可大幅缩短站后工程的施工周期,有效缓解目前城市轨道交通项目建设周期紧、质量要求高及线路安全运营的压力。

参考文献

[1] 周旭明,丁航军. 地铁屏蔽门的安全谁来保障[J]. 中国质量技术监督, 2019(5): 66.
ZHOU Xuming, DING Hangjun. Who will guarantee the safety of subway screen doors [J]. China Quality Supervision, 2019 (5): 66.

[2] 李佰贤. 轨道交通屏蔽门的研究与应用[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2015.
LI Baixian. Research and application on platform screen doors of rail traffic[D]. Chongqing: Chongqing University of Technology, 2015.

[3] 张俊岭. 地铁站台门门体绝缘方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(6): 139.
ZHANG Junling. On the improvement scheme of the platform screen door body insulation[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21 (6): 139.

[4] 孙增田,程强,李华. 屏蔽门接轨保护及绝缘保护必要性分析[J]. 城市轨道交通研究, 2006, 9(7): 44.
SUN Zengtian, CHENG Qiang, LI Hua. Analysis on the junction and insulation protection of platform screen door[J]. Urban Mass Transit, 2006, 9(7): 44.

[5] 苏越. 地铁站台屏蔽门系统安装工程质量控制探讨[J]. 轨道交通, 2008(2): 31.
SU Yue. Discussion on the quality control for metro platform screen doors installation[J]. Rail Transit, 2008(2): 31.

[6] 向璨. 城市轨道交通站台屏蔽门工程质量监督浅析[J]. 广

西城镇建设, 2020(5): 81.

XIANG Can. Analysis on quality supervision of platform screen door project in urban rail transit[J]. Cities and Towns Construction in Guangxi, 2020(5): 81.

[7] 陈韶章. 地下铁道站台屏蔽门系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1.
CHEN Shaozhang. Platform screen door system of underground railway[M]. Beijing: Science Press, 2005: 1.

[8] 唐连波. 轨道交通站台门安装与测试探析[J]. 装备制造技术, 2015(5): 87.
TANG Lianbo. Discuss about installation and test of rail transit platform doors[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2015 (5): 87.

[9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范: CJJ 183—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical code for platform screen door system of urban railway transit: CJJ 183—2012[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.

[10] 丁烈云,付菲菲. 我国城市轨道交通安全标准体系研究[J]. 施工技术, 2010, 39(1): 10.
DING Lieyun, FU Feifei. Research on Chinese safety standards system of urban rail transit[J]. Construction Technology, 2010, 39(1): 10.

(收稿日期:2020-10-27)

2022 年我国有轨电车运营线路长度稳步增长

截至 2022 年 12 月 31 日,国内已有 24 座城市开通有轨电车线路 40 条(含内部园区线),运营线路总长度为 588.2 km,车站共计 624 座。

2022 年,国内有轨电车运营线路长度较 2021 年增加了 74.465 km,增长率达 14.78%,有轨电车运营线路长度增长速度呈现快速发展的趋势。同时,有轨电车的运用也更加灵活广泛,既可作为中小城市的骨干交通线路,又可作为旅游景区的旅游观光线路。

有轨电车作为绿色环保的中低运量轨道交通,具有低排放、无污染的特点,切合了“碳达峰与碳中和”国家战略。从 2022 年新增有轨电车运营线路来看,有轨电车的功能定位与应用正逐步拓展。有轨电车除了作为大型城市轨道交通的加密线和延伸线外,呈现出向中小城市骨干公共交通线路和旅游景区的特色公共交通线路发展趋势,应用更为广泛。在资金利用方面,有利用地方财政资金的,也有利用国际金融组织贷款的,还有利用 PPP(政府和社会资本合作)模式获得开发资金的,形式更加多元化,这有利于拓展融资渠道,提升市场活力,促进有轨电车行业发展。在工程实践中,有轨电车工程正逐步向预制化、装配化等低碳环保、快速施工、绿色建造等方面快速推进。在运营控制方面,则朝着智慧化、集成化方向迈进,通过构建一体化智慧运营调度平台、增设智慧驾驶模式、搭建 5G 技术应用平台等,提高运营安全性,同时也推动着城市的现代化发展。有轨电车在国内已经历了十多年的快速发展,正逐步进入平稳期。同时,随着国家发展和改革委员会的发改基础[2021]1302 号文出台,城市对有轨电车的选择更趋于理性,更加注重适用性和功能性,并与城市自身发展更加切合。这有利于提升有轨电车整体水平,保证行业健康有序发展。

(来源:上海有轨电车工程技术中心)