

# 城市轨道交通车辆自动门系统的传动方式

(福州职业技术学院交通工程学院,福建省福州市,350108) 林 昊

**摘要** 城市轨道交通车辆是城市交通运输网络的主要组成部分,而自动门系统是城市轨道交通车辆的关键组成部分,该部分的健康状态是直接影响城市轨道交通安全运行的关键。因城市轨道交通车辆自动门是传动系统传递的直接作用对象,也是最终对象,而伴随着城市轨道交通车辆投放运营使用时间的加长,自动门系统传动方式运行状态受到传动元件等影响,不仅可能导致城市轨道交通车辆车门出现开关卡位、车门开关闭卡顿等问题,严重者威胁到市民的出行安全,所以对城市轨道交通车辆自动门系统传动方式进行研究尤为重要。全文利用文献研究法等方法,主要以城市轨道交通车辆中的地铁为研究对象,首先分析城市轨道交通车辆自动门运动特性,随后构建城市轨道交通车辆自动门系统传动模型,并加以实验验证。

**关键词** 自动门系统;传动系统;车门运动

中图分类号:U284.23 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)04-0066-03

在城市化进程脚步加快的过程中,人们对交通出行提出更高的要求 and 标准,如今以地铁、有轨电车、轻轨等为代表的城市轨道交通车辆凭借其便捷性等优势有效缓解了城市交通压力大、城市污染等问题,而伴随城市轨道交通车辆引用力度较大,在其成为城市交通运输网的主要组成部分后,在长期的投放运营过程中,自动门系统因频繁开启、关闭,其运行状态也是人们关注的焦点。近年来,随着城市轨道交通车辆自动门故障问题的频发,人们对自动门系统的传动方式研究力度逐渐加大,而为了保障城市轨道交通自动门系统运行费问题,需要从传动方式角度出发,通过分析自动门系统的运行轨迹建立相应的数学模型。此次研究主要建立以“弹簧-质量-阻尼系统”为主的机械振动系统模型,并以该模型为主分析城市轨道交通车辆自动门系统传动方式的运行状态。

## 1 城市轨道交通车辆自动门运动特性分析

### 1.1 X方向车门运动特性分析

因城市轨道交通车辆自动门在城市交通运输中的重要性,同时基于《中华人民共和国铁道行业标准》规定:车门自动开启或关闭时间为2.5~5s,车门运行

速度可调整,开关门时应有明显缓冲,车门运行应当平稳。根据文件要求,城市轨道交通车辆开门阶段,车辆自动门运行需要经过“加速-匀速-减速-匀速-停止”的过程<sup>[1]</sup>。此次研究立足于某城市轨道交通车辆标准开关门时间(3s),则车门开关过程速度变化如图1所示。

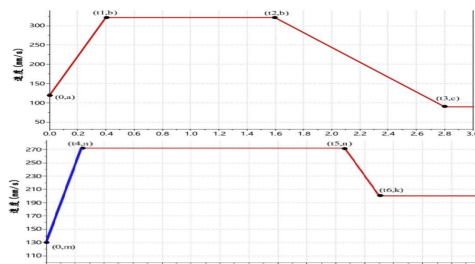


图1 车辆开门速度变化

如图1所示,城市轨道交通车辆车门在执行开门工作时,假设车门加速度初始速度为 $a$ ,直至 $t_1$ 时刻加速过程结束,那么此刻车门速度为 $b$ 。紧接着,城市轨道交通车辆车门以 $b$ 速开展匀速运动,直至到 $t_2$ 时刻完成匀速运动结束。最后进入减速阶段,直至 $t_3$ 速度完成 $c$ 毒素的匀速运动,最终开门形成结束;如图1所示,城市轨道交通车辆车门在执行关门工作时,假设车门的初始加速度为 $m$ ,到 $t_4$ 时刻完成加速过程,此时车门速度为 $n$ ,紧接着进行车速为 $n$ 的匀速运动,到 $t_5$ 时刻完成匀速运动后进入减速运动阶段,直至到 $t_6$ 时刻,完成速度为 $k$ 的减速过程,并进入匀速运动,直到关门工作结束<sup>[2]</sup>。

而在采集实际的城市轨道交通车辆车门加速度数

作者简介:林昊(1986~),男,汉族,福建福州人,硕士研究生,副教授,研究方向:车辆现代设计。

据时,该车辆车门加速度出示速度为 $m=130\text{mm/s}^{-1}$ ,随后按照图1得出车门X方向速度时间变化数据:该城市轨道交通车辆车门关门加速度为 $500\text{mm/s}^{-2}$ ,经过 $0.3\text{s}$ 后加速至 $280\text{mm/s}^{-1}$ 。当关门时间达到 $2\text{s}$ 时,车门进入减速阶段,此时该城市轨道交通车辆车门加速度为 $-300\text{mm/s}^{-2}$ ,随后胫骨 $0.5\text{s}$ 关门时间达到 $2.5\text{s}$ 时减速至 $130\text{mm/s}^{-1}$ 完成减速,最终以该速度保持车门完全闭合。

### 1.2 车门运动轨迹分析

当城市轨道交通车辆自动门执行启动工作时,车门运动轨迹如下:首先是往外走一段距离,随后向两侧运动,停止后执行车门停止工作,随后向内侧运动,直至自动门关闭<sup>[3]</sup>。在这段工作当中,城市轨道交通车辆自动门工作原理为:当丝杆拉动锁闭装置沿轴线运动时,导向装置限制门的运动,只能沿着上滑轨道运动,而导柱、铰链板作为辅助部件,在向前运动和沿轴线运动过程中保持弧线运动轨迹<sup>[4]</sup>。该运动轨迹可做出如下表述:车门沿Y方向最大外摆量在单门最大行程距离之中,车门塞拉行程弧度短半径随着水准网车门平行于车体方向的位移量的增加呈平行移动后逐渐趋近于0。

## 2 城市轨道交通车辆自动门系统传动方式

### 2.1 传动系统动力学建模

在城市轨道交通车辆自动门系统传动设计之前需要对其进行受力分析<sup>[5]</sup>。以地铁为代表的城市轨道交通车辆自动门系统传动系统为例,该系统在工作状态下自动门系统传动充分考虑丝杆传动间隙,即丝杆旋转角度按导程折算的理想直线位移与在力矩作用下车门实际直线位移并不相等。

此次研究期望通过构建动力学模型等可靠性数学模型对城市轨道交通车辆自动门系统受力系统进行分析。“弹簧-质量-阻尼系统”作为简单的数学模型,该模型通过数学建模法将弹簧、阻尼系统建立对应数学位置,随后通过数值大小分析质量所受弹簧、阻尼器系统的影响<sup>[6]</sup>。同时,在建立机械振动系统模型时,可将城市轨道交通车辆自动门在运动过程中所受的总阻力等效为阻尼器给到车门运动的阻尼力,其大小与阻尼器端点的相对位移速度成正比,方向则与车门移动方向相反。因此,在城市轨道交通车辆自动门系统传动过程中,电机丝杆部分属于机械传动系统,而车门部分属于机械平移系统,其动力

学模型如图2所示<sup>[7]</sup>。

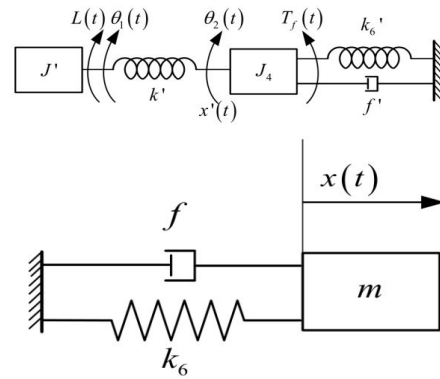


图2 电机丝杆部分及车门部分动力学模型

### 2.2 实验验证

前文已经验证了车门在运动轨迹的完整性,为了深入分析城市轨道交通车辆自动门传动系统动力模型的可行性,此次此次实验验证选取关门行程过程中,车门进入加速阶段的前30组加速数据( $0.0\sim 0.3\text{s}$ 内)进行分析(如表1所示)。在实际采集到的前30组数据当中,该城市轨道交通车辆关门行程车门加速度数据均在 $500\text{mm/s}^{-2}$ 附近波动,当车门初入加速阶段时,车辆起步加速度波动较大,随着车辆进入加速缓冲阶段,车门加速进入平缓过程,随后在加速即将结束阶段出现又一波波动现象。如表所示,在第1~10组数据之中,该城市轨道交通车辆关门行程车门加速度在 $460\sim 510\text{mm/s}^{-2}$ 区间范围内;第11~20组数据在 $500\sim 510\text{mm/s}^{-2}$ 区间范围内;第21~30组数据在 $480\sim 510\text{mm/s}^{-2}$ 区间范围内。其中第11~20组最为稳定,其次是第21~30组、第1~10组。由此可说明,该动力模型可验证城市轨道交通车辆自动门系统传动系统运行轨迹。

表1 城市轨道交通车辆自动门传动加速度数据

$t_{1-10}$	$a_{1-10}$	$t_{11-20}$	$a_{11-20}$	$t_{21-30}$	$a_{21-30}$
0.01	0.51	0.11	0.51	0.21	0.51
0.02	0.46	0.12	0.51	0.22	0.49
0.03	0.48	0.13	0.50	0.23	0.48
0.04	0.51	0.14	0.50	0.24	0.49
0.05	0.48	0.15	0.52	0.25	0.50
0.06	0.51	0.16	0.50	0.26	0.50
0.07	0.48	0.17	0.51	0.27	0.51
0.08	0.50	0.18	0.50	0.28	0.52
0.09	0.51	0.19	0.51	0.29	0.49
0.10	0.50	0.20	0.51	0.30	0.48

### 3 结语

城市轨道交通车辆作为城市交通运输网的主要组成部分,也是缓解城市交通运输压力,降低城市交通污染的主要“帮手”。自动门系统作为城市轨道交通车辆的关键组成部分,传动方式是影响其运行状态的关键。此次研究主要围绕地铁等城市轨道交通车辆对自动门系统的传动方式进行研究,首先对城市轨道交通车辆运行轨迹进行分析,并分析出城市轨道交通车辆自动门在运行过程中会经历“加速-匀速-减速-匀速”四大阶段,且不同阶段的加速度不同;随后将城市轨道交通车辆自动门系统传动方式简化构建为“弹簧-质量-阻尼系统”的动力学模型,并以实验验证分析出该动力学模型的正确性,并得出“弹簧-质量-阻尼系统”的动力学模型可充分应用于城市轨道交通车辆自动门系统传动方式分析之中的结论。

#### 参考文献

[1]盖江涛,李耀恒,帅志斌.电传动履带车辆电气系统暂态稳定性分析[J/OL].中国科学:技术科学:1-15[2023-07-15].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5844.th.20230711.1554.002.html>

[2]武建军,黄潘浪,傅兵.工程车辆用大功率行星齿轮设计优化研究[J].时代汽车,2023(13):100-102.

[3]张斌.带式输送机液压驱动系统的设计[J].机械管理开发,2023,38(06):15-17.

[4]孟凡善,夏恒,张新等.分形齿面对齿轮传动系统振动特性的影响[C]//中国环境保护产业协会.第十七届全国噪声与振动控制学术会议暨中国环境保护产业协会噪声与振动控制专业委员会第六届委员大会论文集.第十七届全国噪声与振动控制学术会议暨中国环境保护产业协会噪声与振动控制专业委员会第六届委员大会论文集,2023:295-303.

[5]麻冰玲.城轨车辆塞拉门传动机构分析[J].价值工程,2022,41(16):52-54.

[6]马汉林,黄振胜.一种地铁车门润滑装置的设计[J].现代制造技术与装备,2021,57(01):116-117.

[7]刘鑫美.基于隧道动态风压的轨道交通站台门系统设计[J].机电信息,2020(15):119-120.

(上接第55页)端查看施工现场的实时动态,还可以查看周期内的监控录像。一旦施工机械靠近干线线路,进入摄像头监控区域,平台云守护功能会立即向维护人员发送预警短信,维护人员快速对告警信息进行有效处理,对外破风险进行预判。在条件允许的情况下,利用带有语音功能的摄像头进行喊话,阻止野蛮施工。

### 5.3 报警模块

当通信光缆附近发生影响光缆安全的外力施工等相关操作时,系统可联动感知区域内其它监控设备自行启动,进行全范围、多方式的联动和监控,同时快速定位风险点并通知运维人员进行处理。结合智能算法、大数据模型,报警模块还具备自主学习功能,能逐渐降低误报率和漏报率。

### 6 结语

电力通信光缆是电网的神经系统,是电网生产和管理业务的传输通道。做好光缆运维工作是通信运维部门的重要任务和职责。随着新型电力系统的深入推进,光缆规模和运维难度的增加,通信

运维人员要积极借助科技手段来协助光缆资源的管理、提升运维效率、降低外破风险。

本文介绍的智能化光缆运维管理平台,兼具光缆资源管理和外破防范功能,能够解决电力通信运维部门实际工作中遇到的难题,对于保障光缆安全稳定运行具有十分积极的意义,有较大的社会经济效益,值得推广与应用。

#### 参考文献

[1]张均伟,蓝波,黄嘉庚等.基于分布式光纤传感的光缆防外破监测研究[J].光通信研究,2022(05):53-57.

[2]王尉军,郭举富,殷慧等.光传感技术在电力管道光缆防外破监测系统中的应用[J].光学与光电技术,2021,19(06):34-37.

[3]陈则名.某供电公司通信资源管理系统的设计与实现[D].西安电子科技大学,2017.

[4]张万锋.光缆资源管理系统中的故障定位技术研究与分析[J].信息通信,2017(06):166-167.