

Research Article

Research and Practice on Condition Assessment Methods for Urban Rail Transit Electromechanical Equipment

Jiong Wang^{1, *}, Zilin Xu², Yanyan Wu¹

¹Shanghai Shentong Rail Transit Research and Consulting Co., Ltd, Shanghai, China

²Shanghai Shentong Rail Transit Engineering Drawing Review Co., Ltd, Shanghai, China

Abstract

In recent years, the development of urban rail transit across China has entered a brand-new development stage, which has successfully transformed its development focus from extensive large-scale infrastructure construction in the early stage towards refined, efficient and high-quality daily operational management. With the continuous extension of service life of operational rail lines, coupled with diversified practical constraints including inconsistent operation and maintenance technical standards among different depots, insufficient supply channels and procurement obstacles of core and special spare parts, as well as complex and harsh on-site operating environments, various types of aging and performance degradation problems have gradually emerged in in-service rail transit equipment. These prevalent equipment defects inevitably pose potential threats to the stable and safe operation of passenger trains, and also greatly restrict the overall improvement of daily passenger travel experience and public transport service quality. Against this background, targeted regular maintenance, timely fault repair and scientific technical renovation of old equipment have become urgent practical demands. Hence, carrying out objective, systematic and rational comprehensive evaluation on the actual service condition of existing rail transit equipment is of great practical significance, which can supply solid data support and scientific decision-making basis for relevant administrative and management departments. This paper selects the platform screen door equipment of urban rail transit Line 1 in a typical city as the specific research object. By adopting combined research methods including historical operational data sorting, field actual inspection and professional performance testing, this study establishes a multi-dimensional comprehensive evaluation system covering eight core indicators, namely equipment functional efficiency, operational adaptation satisfaction, management system standardization, maintenance process compatibility, operation and maintenance working status, potential risk hidden danger rectification effect, spare parts supply guarantee capacity and on-site operating environment conformity. Finally, definite targeted evaluation results and practical improvement suggestions are summarized. The established evaluation framework and technical methods in this research can offer reliable practical reference and effective technical guidance for peers and front-line staff engaged in urban rail transit facility condition assessment and daily management work.

Keywords

Urban Rail Transit, High-quality Operation, Electromechanical Equipment, Platform Screen Door, Condition Assessment

*Correspondence: Jiong Wang (421097139@qq.com)

Received: 17 April 2026; **Accepted:** 21 May 2026; **Published:** 29 May 2026



城市轨道交通机电设备状态评估方法研究与实践

王炯^{1*}, 徐子林², 吴妍燕¹

¹上海申通轨道交通研究咨询有限公司, 上海, 中国

²上海申通轨道交通工程审图有限公司, 上海, 中国

摘要

我国城市轨道交通已从大规模建设逐步向高质量运营转型。既有线路设备受投用时间长、运维水平参差不齐、部分备品配件采购困难、使用环境恶劣等因素影响, 对列车运行安全与乘客服务质量造成了一定的影响, 需要加强维护维修或更新改造, 因此, 必须客观合理地评估设备的当前状态, 向有关决策部门提供依据。以某城市轨道交通1号线站台门设备为例, 按照资料审查与现场测试两个方面, 从设备功能有效性、运营契合满意度、管理体系合规性、修程修制匹配性、运维表现健康度、风险隐患闭环度、备件物资保障度、使用环境符合性等八个维度开展了设施设备状态评估, 得出了相应的评估结论, 相关评估方法可为开展设备评估的从业人员提供参考与借鉴。

关键词

城市轨道交通, 高质量运营, 机电设备, 站台门, 状态评估

1. 引言

城市轨道交通在缓解城市交通供需矛盾、引导优化城市空间结构布局等方面发挥了重要作用。自1969年10月1日我国首条城市轨道交通线路北京地铁一期工程通车, 直至我国“十四五”发展规划的收官之年, 我国城市轨道交通在半个多世纪内经历了飞速发展。截止2024年12月31日, 已有58座城市开通了城市轨道交通, 运营总里程突破1.2万公里[1]。

当前国际形势错综复杂, 国内改革发展稳定任务艰巨繁重[2], 城市轨道交通也逐步由高速建设向高质量运营的方向转变。在这一时期, 城市轨道交通面临着存量设备运营时间长、故障频发、原设备供应商退出市场造成备件供应不足等严峻形势。交通运输部《城市轨道交通设施设备运行维护管理办法》[3]规定: “运营单位应根据设施设备使用时间、运行状况监测评估结果、备品备件供应以及维护成本等情况, 确定设施设备的更新改造项目。”因此, 亟需对现有的机电设备系统进行科学合理的评估, 对设施设备的运维状况做出判定, 为后续维修项目的申报提供客观公证的依据。

本文以某市轨道交通1号线站台门设备为例, 从运营状态和维护管理两大体系对其进行了设施设备评估, 得出设备状态等级结论, 相关方法可供业内人士参考。

2. 评估方法体系及评估对象简介

2.1. 评估方法体系

2.1.1. 运营状态评估

运营状态评估主要包括设备在投入使用多年后, 其主要功能性能指标是否仍符合原设计要求以及是否对运营服务指标产生影响两个维度的评价。应用到站台门专业中, 本次评估选取的典型设备功能为: 开关门时间、滑动门手动开启力、阻止滑动门关闭的力、滑动门手动解锁力、防夹保护功能、应急门及端门开度、时间同步功能; 对运营指标的影响主要指是否生因站台门原因导致的列车晚点、是否发生因站台门原因导致的清客救援、是否因站台门原因导致客伤事故等。

2.1.2. 维护管理评估

维护管理评估主要包括管理体系是否合规、修程修制是否合理、运维表现是否健康、是否开展风险识别与隐患排查、设备备件物资保障是否充分、以及设备在当地环境下是否正常运作等六个维度的评价。

需要指出, 对于分期开通的线路, “设施设备功能有效性评估”、“运营契合满意度评估”、“运维表现健康度评

估”这3个与设备设计功能、使用寿命、运维状况等强相关的评估维度，需要根据开通时间划分为不同的区段进行；而其他“管理体系合规性评估”、“修程修制匹配性评估”、“风险隐患闭环度评估”、“备件物资保障度评估”、“使用环境符合性评估”等5个维度考虑到一般为整个运营方统筹考虑，故对这5个维度开展评估时不再划分区段。

最终评估结论仍根据开通年份划分为多个区段进行。

2.2. 评估对象简介

1) 某市1号线一期工程18个车站的站台门设备于2013年9月正式投入使用，距今已使用12年，供应商为沈阳远大。

每个车站设置PSC柜(含PEDC及PSA)、驱动电源柜、控制电源柜、蓄电池各一套，18个车站共计各18套。

每侧站台设置滑动门(含标准滑动门、非标滑动门、防踏空板、上部风阀、门状态指示灯、LCB就地控制盒、紧急解锁装置、电磁锁、门控单元DCU、电机、皮带传动装置等)24单元、应急门(含上部风阀、防踏空板)6单元、端头门(含端头固定门、端头活动门及上部风阀)2单元、固定门(含标准固定门、双扇组合固定门、非标固定门及上部风阀)25单元、PSL控制盘2套、司机瞭望灯带、顶箱盖板、后封板、地槛、踢脚板、站台绝缘层等各1套，18个车站36侧站台共计滑动门864单元、应急门216单元、端头门72单元、固定门900单元、PSL控制盘72套、司机瞭望灯带、顶箱盖板、上封板、后封板、地槛、踢脚板、站台绝缘层等各36套。

2) 某市1号线二期工程5个车站的站台门设备于2019年4月正式投入使用，距今已使用6年，供应商为常州今创。

每个车站设置PSC柜(含PEDC及PSA)、驱动电源柜、控制电源柜、蓄电池各一套，5个车站共计各5套。

每侧站台设置滑动门(含标准滑动门、非标滑动门、防踏空板、门状态指示灯、LCB就地控制盒、紧急解锁装置、电磁锁、门控单元DCU、电机、皮带传动装置等)24单元、应急门(含防踏空板)6单元、端头门(含端头固定门、端头活动门)2单元、固定门(含三种规格的标准固定门、非标固定门)28单元、PSL控制盘2套、司机瞭望灯带、顶箱盖板、上封板、后封板、地槛、踢脚板、站台绝缘层、照明灯带等各1套，5个车站10侧站台共计滑动门240单元、应急门60单元、端头门20单元、固定门280单元、PSL控制盘20套、司机瞭望灯带、顶箱盖板、后封板、地槛、踢脚板、站台绝缘层等各10套。

本次评估的运营设施设备状态数据统计时段为2025年1月1日至2025年10月31日。

3. 评估实践

3.1. 评估流程

设备评估采用资料分析与现场踏勘相结合、定性分析和定量统计相结合、同类对比和突出重点相结合的方法。

设备的运行状态评估基于定量的统计分析，设备维护管理状态评估可基于定性的分析统计。

评估流程如图1所示，遵循评估启动、方案制订、基础材料与数据准备、材料与数据的分析统计、现场抽查核验、形成初步评估意见、评估意见对接、完善评估报告并通过运营方审查的工作流程。

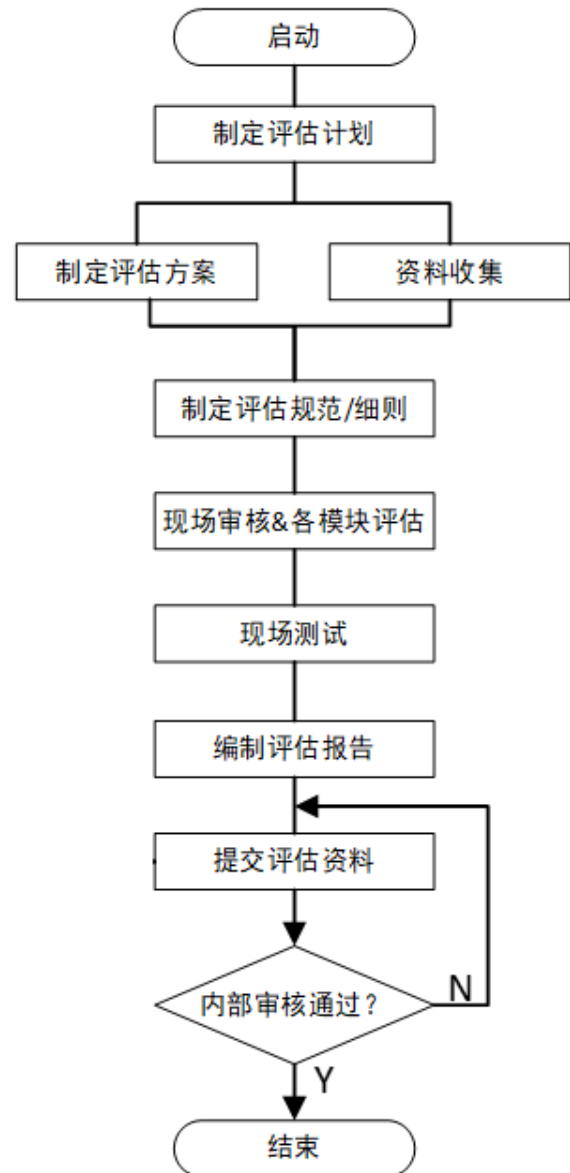


图1 机电设备评估流程图。

3.2. 资料审查

站台门设备八个评估维度中的“运营契合满意度评估”、“运维表现健康度评估”、“管理体系合规性评估”、“修程修制匹配性评估”、“风险隐患闭环度评估”、“备件物资保障度评估”、“使用环境符合性评估”这七个维度采用座谈交流与资料审查的方式进行，其评价结果如下：

3.2.1. 运营契合满意度评估

本轮评估周期内，1号线一期与二期线路均未发生因站台门原因导致的列车晚点、清客救援或客伤事故，故“运营契合满意度评估”单项得分为满分。

3.2.2. 运维表现健康度评估

运维表现健康度主要通过收集评估周期内每百万次开关门故障数、站台门不同等级故障占比、以及设备台账等资料，按给定的权重比例计算单项得分，如下表所示：

表 1 站台门运维表现健康度评估表。

线路区段	评估项	每百万次开关门故障数	一级故障占比	二级故障占比	三级故障占比	使用年限
1 号线一期	评估标准	≤ 1 : 100 1~1.5: 80 1.5~2: 60 >2: 40	$\leq 30\%$: 100 30%~40%: 85 40%~50%: 70 50%~60%: 55 >60%: 40	$\leq 30\%$: 100 30%~40%: 80 40%~50%: 60 >50: 40	$\leq 20\%$: 100 20%~30%: 80 30%~40%: 70 40%~50%: 60 >50%: 50	≤ 2 年: 100 2~5 年: 90 5~8 年: 80 8~10 年: 70 10~13 年: 60 >13 年: 50
	评估权重 (%)	3.75	37.5	30	3.75	25
1 号线二期	评估情况	每百万次开关门故障数为 4.97	0	0	100%	6 年
	评估结论	40	100	100	50	80

根据上表各评估项分及权重计算可得：

1)1号线一期站台门系统运维表现健康度评估得分P5为 $(80 \times 3.75 + 100 \times 37.5 + 100 \times 30 + 50 \times 3.75 + 60 \times 25) \div 100 = 87.38$ 分。

2)1号线二期站台门系统运维表现健康度评估得分P5为 $(40 \times 3.75 + 100 \times 37.5 + 100 \times 30 + 50 \times 3.75 + 80 \times 25) \div 100 = 90.88$ 分。

3.2.3. 管理体系合规性评估

经检查，运营方编制了4份站台门运行维护相关的企业标准，包括：1号线站台门设备作业指导书、1号线站台门系统操作规程、1号线站台门系统故障处理程序、1号线站台门系统检修规程，相关内容符合上位法的要求，企业标准的发布、修订流程合规，且定期组织复审。

运营方编制了2份站台门相关的应急预案，包括：1号线特定机电设备故障专项应急预案、1号线站台门故障机电专业现场处置方案，且定期组织预案演练与预案评审。

故“管理体系合规性评估”单项得分为满分。

3.2.4. 修程修制匹配性评估

经检查，运营方的日常巡检记录以及周检、月检、季检、半年检、年检记录均符合《1号线站台门系统检修规程》的规定；维修人员配备了劳防用品，有培训记录及上岗证，维修作业请销点合规。故“修程修制匹配性评估”单项得分为满分。

3.2.5. 风险隐患闭环度评估

本评估周期内未发生站台门引起的安全事件，已开展了已开展风险隐患识别、对发现的风险隐患采取了纠正措施或管理手段。故“风险隐患闭环度评估”单项得分为满分。

3.2.6. 备件物资保障度评估

1号线站台门系统不存在停产的关键设备，备品备件物资在库，维修工器具功能完好，计量工器具在校准有效期内。故“备件物资保障度评估”单项得分为满分。

3.2.7. 使用环境符合性评估

1号线站台门供电电源符合要求，接地有效，防水防尘性能完好，在最小行车间隔下开关门功能正常，早晚高峰客流引起滑动门门体或门槛卡异物的事件未明显高于平峰期。故“使用环境符合性评估”单项得分为满分。

3.3. 现场测试

分别选取了1号线一期工程的2个车站与二期工程的1个车站，按评估方案的要求分别功能有效性测试，结果如下表所示：

表 2 站台门功能有效性测试评估表 1。

线路区段	评估项	开门时间	关门时间	滑动门手动开启力	阻止滑动门关闭的力 (匀速运动区间)	滑动门手动解锁力
	评估标准	2.5-3.5s	3-4s	≤150N	≤150N	≤67N
	得分权重 (%)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
1号线一期	评估情况	4道滑动门开门时间 实测平均值 3s	4道滑动门关门时间 实测平均值 3.75s	现场无测试条件	4道滑动门关门阻止力 实测平均值 112N	现场无测试条件
	评估结论	通过	通过	/	通过	/
1号线二期	评估情况	2道滑动门开门时间 实测平均值 3s	2道滑动门关门时间 实测平均值 4s	现场无测试条件	4道滑动门关门阻止力 实测平均值 141N	现场无测试条件
	评估结论	通过	通过	/	通过	/

表 3 站台门功能有效性测试评估表 2。

线路区段	评估项	防夹保护功能	应急门、端门开度	时间同步功能
	评估标准	关门遇阻后释放关门力，等待一定时间后重新关闭，重复三次后若仍不能关闭，保持常开并报警	应能向站台侧旋转 90 度平开，不受地面及其他障碍物影响	修改本地时钟后，应能与主时钟保持同步
	得分权重 (%)	12.5	12.5	12.5
1号线一、二期	评估情况	实测 2 道滑动门，遇阻三次后后退 30mm 并报警	实测 2 道端门 1) 其中 1 道端门开启与关闭过程中受装修面影响存在磨损情况 2) 2 道端门打开超过 90 度后仍能自动复位	具备时钟同步功能
	评估结论	不通过	不通过	通过
1号线三期	评估情况	实测 1 道滑动门，遇阻三次后该道滑动门全开并报警	实测 1 道端门，和 1 道应急门，开启过程平顺，不受障碍物影响	具备时钟同步功能
	评估结论	通过	通过	通过

- 1) 滑动门手动开启力、滑动门手动解锁力现场无测试条件。
- 2) 1号线一期滑动门防夹保护功能实现方式为遇阻三次后，后退30mm并报警，不同于二期的全开并报警。
- 3) 1号线一期端门打开超过90度后仍能自动复位，不同于二期的超过90度后保持定位。
- 4) 1号线一期部分车站端门开启与关闭过程中受装修面影响存在磨损情况，如下图所示：

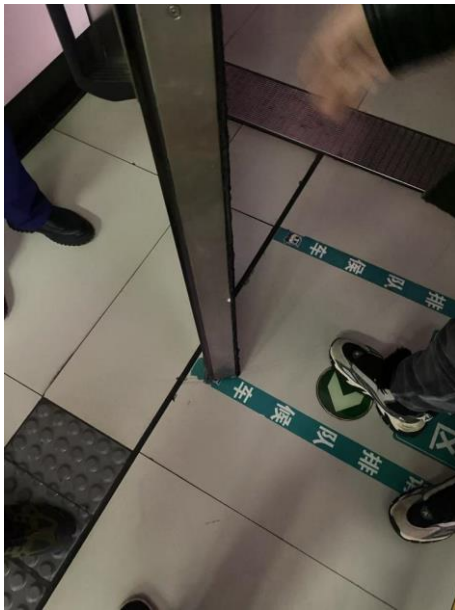


图2 端门运动过程遇阻现场图。

综合以上情况，1号线一期站台门系统功能有效性评估8个评分项中有两项未通过，整体得分扣除 $2 \times 12.5 = 25$ 分，总得分为75分；三期站台门系统功能有效性评估8个评分项无不通过项，总得分为100分。

3.4. 评估小结

本次评估根据上述八个维度，依据下表各评估项的得分及权重进行加权求和计算总得分：

表4 站台门各评估项权重及得分表。

序号	评估项	权重	一期得分	二期得分
1	设施设备功能有效性	0.2	75	100
2	运营契合满意度	0.1	60	60
3	管理体系合规性	0.1	100	100

序号	评估项	权重	一期得分	二期得分
4	修程修制匹配性	0.1	100	100
5	运维表现健康度	0.2	87.38	90.88
6	风险隐患闭环度	0.1	100	100
7	备件物资保障度	0.1	100	100
8	使用环境符合性	0.1	100	100

1) 1号线一、二期站台门系统评估得分为88.48分。

2) 1号线三期站台门系统评估得分为88.18分。

1号线一、二期及三期站台门系统总体得分均为(75, 90]，状态等级为B，表示状态良，正常维护条件下使用。

3.5. 后续建议

1) 1号线全线站台门LCB的设计方案为：当LCB处于“手动开”和“手动关”位置时不旁路安全回路，当LCB处于“隔离”位时旁路安全回路，与现行规范《城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范》[4]（CJJ 183-2012）、《城市轨道交通站台屏蔽门系统》[5]（GB/T 46749-2025）的要求不符，建议在后续技术改造项目予以关注，充分调研运营人员的操作习惯以及业内其他城市的主流实施案例，在相应设计方案中进行优化完善。

2) 1号线一期端门打开超过90°后仍可自动复位，与二期端门打开超过90°后保持定位的方案不同，从应急疏散角度出发，当列车因故迫停区间导致需对乘客疏散时，乘客需要将通过站台门端门处进入相邻车站，若端门打开后自动复位，则势必需要安排工作人员阻挡端门使其不会自动关闭，可能影响疏散效率；且同一线路不同区段设计方案存在差异的现状不利于运营人员的流动；同时，一期的设计方案与现行规范《城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范》（CJJ 183-2012）、《城市轨道交通站台屏蔽门系统》（GB/T 46749-2025）的要求不符，此建议在后续技术改造项目中予以关注[6]，充分调研运营人员的操作习惯以及业内其他城市的主流实施案例，在相应设计方案中进行优化完善。

3) 1号线一期滑动门在执行关门遇阻三次后的防夹保护动作时，后退300mm后保持此位置并报警[7]，与二期全开后报警的设计方案不同，同一线路不同区段设计方案存在差异的现状不利于运营人员的流动，建议在后续技术改造项目中予以关注，充分调研运营人员的操作习惯以及业内其他城市的主流实施案例，在相应设计方案中进行优化完善[8]。

4) 1号线全线站台门均未设置站台门与车门间隙的探测装置[9]，发车前两门间隙的安全完全由司机通过车尾灯的瞭望灯带判断，存在人员工作疲劳或灯带设备故障影响

判断结果的可能,建议在后续技术改造项目中予以关注,有条件下加装相应的技防设备,提升系统安全性。

4. 结语

本文提供的设备评估实施案例可供相关从业人员借鉴参考。同时,对于部分评估项的权重及测试项可根据自身需要进行修改;此外,尚可加入本轮评估周期与上一年度评估周期内设备故障、运营指标等可量化数据的对比,使评估结论更具可比性。

对城市轨道交通机电设备的评估对确保设备处于良好运行状态,向乘客提供安全、高效、舒适的出行体验有着相当重要的意义[10]。通过评估,可及时识别设备的维护保养需求,发现潜在的设备部件问题,并对设备更新改造和消缺整改提供有力的支撑。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. “十五五”城市轨道交通发展思路研究[EB/OL]. (2025-12-10) [2025-12-10]
<https://www.camet.org.cn/sy/xyxw/750814143082565.shtml>
- [2] 中华人民共和国全国人民代表大会. 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议[EB/OL]. (2025-10-23) [2025-10-23]
https://www.gov.cn/zhengce/202510/content_7046050.htm
- [3] 中华人民共和国交通运输部. 关于印发《城市轨道交通设施设备运行维护管理办法》的通知: 交运规(2024)9号[EB/OL]. (2024-11-09) [2024-11-09]
https://xxgk.mot.gov.cn/2020/xzgfxwj/202411/t20241115_4159468.html
- [4] 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: 11.
- [5] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会.城市轨道交通站台屏蔽门系统: GB/T 46749-2025 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2025: 10.
- [6] 陈苒迪. 既有线路改造中站台门接口标准化与可靠性提升的集成解决方案 [J]. 人民公交, 2025, 16: 138-140.
<https://doi.org/10.16857/j.cnki.cn11-5903/u.2025.16.026>
- [7] 胡平, 饶畅, 杜婉菱等. 城市轨道交通站台门可靠性模型研究与计算工具设计 [J]. 铁路计算机应用, 2025, 6: 95-99.
- [8] 杨星杰. 站台门设备自主维修系统可行性与成本分析[J]. 智慧中国, 2025, 2: 58-59.
- [9] 王炯. 城市轨道交通站台屏蔽门与列车间隙安全探测系统 [J]. 城市轨道交通研究, 2013, 16(10): 113-116.
<https://doi.org/10.16037/j.1007-869x.2013.10.028>
- [10] 顾佳樑. 上海轨道交通设施设备状态评估工作方法研究 [J]. 中国设备工程, 2025, 14: 210-212.