

地铁车厢扶手立柱模块化安装松动问题及紧固方案分析

徐立栋 王志

中车青岛四方机车车辆股份有限公司 山东 青岛 266111

【摘要】：地铁车厢扶手立柱作为车厢重要的安全设施，承担着乘客的支撑和安全保障作用。随着模块化安装技术的普及，扶手立柱在安装过程中出现松动现象，影响了车厢的稳固性和乘客的安全。通过分析松动的成因，包括设计不合理、材料问题、安装工艺不精确及车厢运行中产生的振动等因素，提出了优化设计、选择高强度防松螺栓、严格安装工艺及定期维护等紧固方案。实践表明，这些措施有效地提高了扶手立柱的稳定性，确保了地铁车厢的安全性及可靠性。

【关键词】：地铁车厢；扶手立柱；模块化安装；松动问题；紧固方案

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.055

引言

地铁车厢的安全性直接关系到乘客的生命财产安全。扶手立柱作为车厢内的一项重要结构，其稳固性至关重要。随着模块化安装方式的逐步推广，扶手立柱的安装质量和稳定性面临着新的挑战。松动问题不仅影响车厢结构的安全性，还可能造成对乘客的伤害或不良的乘坐体验。通过分析松动问题产生的原因，探索有效的紧固方案，能够有效提高地铁车厢的安全性，减少因设备故障引发的事故。这一问题亟需从设计、材料、工艺等方面着手，提出科学的解决方案，确保地铁系统的平稳运营。

1 模块化安装对扶手立柱稳固性的影响

模块化安装作为地铁车厢制造中的一种现代化技术，采用了预制组件进行快速组装，具有高效、节省时间等优势。这一技术在应用到扶手立柱的安装中时，也不可避免地带来了一些不容忽视的问题，尤其是扶手立柱的稳固性。扶手立柱在车厢中作为承载重要的结构件，承担着乘客安全和舒适度的重要任务。如果扶手立柱的安装不牢固，将直接影响车厢的稳定性和乘客的安全。模块化安装过程中，由于使用了大量标准化、工厂预制的部件，这些部件通过快速连接的方式进行组装。虽然这种方式大大提高了生产效率，但在安装精度和连接质量上容易出现的问题。扶手立柱通常由多个模块组成，其中涉及到支撑部分、连接部分以及固定件等多个关键部分。如果这些部分的连接不够紧密，或是预制部件的尺寸出现偏差，就可能造成扶手立柱在使用过程中产生松动，甚至脱落。

模块化安装所采用的紧固件和安装方法在很多情况下无法根据车厢运行环境的复杂性进行针对性的优化^[1]。车厢在高速行驶过程中，尤其是急刹车或加速的状态下，扶手立柱承受较大的冲击力。模块化安装的连接方式未必能有效抵抗这种外力的作用，导致扶手立柱的固定不够牢靠，从而造成松动现象。虽然在安装阶段会进行一定的紧固，但由于车厢的动态负荷持

续变化，这些连接点可能逐渐出现松动现象。在实际应用中，模块化安装方法的标准化优势也带来了在一些特殊环境下的适应性差问题。车厢内不同位置的扶手立柱对受力的需求不同，如果所有扶手立柱都采用统一的标准化模块，可能无法针对不同部位进行合理设计，从而影响其稳固性。在采用模块化安装时，需要对各个部位的扶手立柱进行详细的受力分析和个性化设计，以确保其在长期使用中的稳定性和安全性。

2 松动问题的成因与危害分析

扶手立柱的松动问题通常源于多个方面，涉及设计、材料、安装工艺等因素。设计不当可能是导致扶手立柱松动的重要原因。地铁车厢中的扶手立柱不仅要承受垂直荷载，还需应对由于车厢加速、刹车等运动带来的动荷载。如果在设计阶段没有充分考虑到这些动荷载的影响，或者未对扶手立柱的连接件进行合理选型，就可能造成安装完成后，扶手立柱在长时间使用中逐渐松动。在材料方面，扶手立柱的支撑和固定组件的材料质量和性能是影响稳固性的另一个关键因素。选用低质量或不符合标准的紧固件、连接件，或者材料本身在高温、湿度等复杂环境下容易出现疲劳、腐蚀等问题，也会大大增加扶手立柱松动的风险。某些不适合车厢内环境的材料，在长时间的动态负荷作用下，往往会出现强度下降的现象，从而导致松动。

安装工艺的精细度也是导致松动问题的根本原因之一^[2]。在实际安装过程中，模块化安装尽管能够提高生产效率，但如果操作人员的安装精度不够高，或者未按照标准进行紧固和检查，也容易造成连接不牢固。在一些安装环节中，由于工作环境受限、工具不足或工人经验问题，扶手立柱的紧固件可能未达到设计要求，导致松动现象的发生。车厢运行中的振动、冲击也是导致扶手立柱松动的重要因素。车厢在高速行驶过程中，尤其是急刹车和突然加速时，产生的动力和冲击力对扶手立柱的稳固性产生极大影响。如果扶手立柱的紧固不当，这些冲击力将迅速引起紧固件松动。长时间高频次的冲击作用下，

原本坚固的连接部分可能逐步失效,进一步加剧松动的现象。

松动带来的危害不仅仅是结构本身的不稳定。扶手立柱松动可能导致车厢内乘客无法依靠扶手来保持平衡,增加了摔倒或受伤的风险。而且松动的扶手立柱可能会对车厢其他部件产生负面影响,甚至导致其他组件出现损坏,造成更大的安全隐患。扶手立柱的松动还可能加速车厢结构的整体老化和损坏,增加维修和更换成本。因此,扶手立柱松动问题需要引起足够的重视,及时查找并解决根本原因。

3 有效的紧固方案与实践应用

为了有效解决地铁车厢扶手立柱的松动问题,必须从多个方面入手,提出综合性解决方案并加以实践应用。优化设计是解决扶手立柱松动问题的关键。设计阶段应深入分析扶手立柱在地铁运行过程中所承受的各种力学作用,包括静载荷和动态载荷的影响。通过对受力分析的精确计算,合理设计连接方式和支撑系统,确保扶手立柱的结构能承受长时间、高频次的使用压力。设计中要考虑到车厢内部环境的复杂性,选用适应不同温湿度变化的材料,并确保材料的抗疲劳、抗腐蚀性能,增强扶手立柱的长期稳定性。

紧固方案的选择同样至关重要。传统的螺栓连接虽然广泛应用,但在应对车厢快速运行过程中产生的冲击力时,可能存在松动的风险。针对这一问题,可以采用高强度的防松螺栓,配合锁紧垫圈或专用的防松装置,确保连接件在高频振动条件

下依然能保持紧固状态^[1]。螺栓的表面处理工艺,如采用镀锌或陶瓷涂层,不仅能提高其耐腐蚀性,还能增强摩擦力,进一步降低松动的可能性。在安装过程中,严格的质量控制和精细化管理也是保障扶手立柱稳固性的必要措施。安装时,操作人员必须按照标准流程,使用合适的工具,确保每个紧固点达到设计要求的扭矩值,并进行多次检测确认。安装后应进行全面的检查与测试,模拟车厢在不同运行条件下的状态,确保扶手立柱能够承受实际工况下的应力。

定期的维护与检查也是解决扶手立柱松动问题的重要环节。随着地铁车厢使用时间的增加,紧固件可能会因长期的力学疲劳而出现微小的松动。为了防止隐患的发生,车厢运营方应制定详细的维护计划,对所有扶手立柱及其紧固件进行定期检查和重新紧固。在必要时,可以通过增设加固装置,进一步提升扶手立柱的固定稳定性。通过这些设计、紧固及维护手段的综合应用,不仅能够有效预防扶手立柱松动问题的发生,还能延长地铁车厢的使用寿命,确保乘客的安全与舒适。

4 结语

扶手立柱松动问题在地铁车厢的安全运营中具有重要意义。通过对松动成因的分析及紧固方案的探讨,能够有效提高扶手立柱的稳定性。优化设计、选择适当的紧固方案、精确的安装工艺及定期维护检查,是解决这一问题的关键。实施这些措施有助于提升地铁车厢的安全性与可靠性,确保乘客在高效舒适的环境中出行。

参考文献:

- [1] 吕其修,钱翔阳,沈辉.基于改进YOLOv5的地铁车厢乘客检测算法研究[J].智能计算机与应用,2025,15(08):167-172.
- [2] 尚雨博.城市通勤乘坐体验下的地铁车厢内部设计研究[D].南京理工大学,2021.
- [3] 张芳燕,郭佳佳,张磊,等.地铁车厢扶手人机工程仿真分析及改进设计[J].包装工程,2023,44(18):19-26.