

# 抑制地铁接触网过载电流的措施分析与研究

文志伟

中铁十一局集团电务工程有限公司

**摘要：**随着城市化进程的加速和公共交通需求的不断增长，地铁作为高效、便捷的城市轨道交通方式，已经成为现代都市不可或缺的重要组成部分。本文分析了地铁接触网过载电流的产生原因，包括供电系统设计不合理、列车运行参数设置不当、环境因素干扰以及设备老化与维护不当等。针对这些原因，提出了优化供电系统设计、改进列车运行控制技术、加强接触网监测与预警、采用新材料和新技术提升设备性能等技术措施。同时，从管理层面提出了制定完善的安全管理制度、加强人员培训与安全意识教育、强化监督检查与考核评估等措施，以全面抑制地铁接触网过载电流的发生。

**关键词：**地铁接触网；过载电流；原因分析；技术措施；管理措施

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.10.109

引言：地铁作为现代城市的重要交通工具，安全高效运营对城市发展至关重要。接触网是地铁供电系统的关键部件，为列车提供动力。但在实际运营中，接触网经常会遇到过载电流的问题，这不仅影响正常运行，还可能引发严重的安全事故。因此，采取有效措施抑制地铁接触网过载电流，确保地铁系统安全运行，具有重要意义。本文将系统分析地铁接触网过载电流的成因，并结合相关政策法规，提出切实可行的技术和管理措施，为地铁运营安全提供参考。

## 一、地铁接触网过载电流产生的原因分析

### （一）供电系统设计不合理

供电系统设计不合理导致的过载电流问题是一个不容忽视的严重隐患。地铁列车的运行特点决定了其对供电系统的要求十分苛刻，列车运行密度大、载客量重、启停频繁等，给供电系统带来了沉重负荷。如果在系统设计时未能对这些特点进行充分评估和测算，供电容量配置不足，就难以满足实际运行需求，一旦进入高峰时段，供电系统就会不堪重负，导致过载电流的发生。供电方式的选择同样至关重要，采用不当的供电模式可能导致电流在不同线路间分布失衡，某些线路或设备负荷过重，也将增加过载风险。一旦地铁接触网发生过载，将会对整个供电系统的安全运行构成严重威胁，可能引发设备烧毁、线路熔断等一系列后果，导致列车停驶，给乘客和城市带来严重不便。更为严重的是，过载电流还可能引发火灾、触电等安全事故，威胁到人身安全。因此，供电系统设计的重要性不言而喻，必须与地铁线路的实际情况和未来发展相适应，合理配置供电容量，选择恰当的供电方式，给予足够的容量储备，确保供电系统稳定可靠，为地铁安全高效运营奠定基础。

### （二）列车运行参数设置不当

列车运行参数的设置如果不当，同样会给接触网带来过度负荷，引发过载电流。列车的运行速度、加速

度、制动方式等参数，都会直接影响对电力的需求量。如果运行速度过快或加速度过大，列车所需的动力将大幅增加，从而加重了接触网的电流负荷；反之，速度和加速度适中则可减轻负荷。另一个极为关键的因素是制动方式，如果在高速行驶时采用急刹车制动，将会产生巨大的冲击电流，对接触网造成剧烈的冲击和负荷，很容易引发过载。相比之下，如果采用较为平缓的制动方式，则电流的变化会更加平稳，对接触网的影响也将大幅降低。可见，不合理的运行参数设置，会给接触网带来剧烈的电流波动和冲击负荷，极易导致过载的发生。一旦过载，除了可能引发上文提到的一系列后果之外，还会加剧设备的磨损老化，缩短使用寿命，进而加重维护压力，形成恶性循环。因此，制定科学合理的列车运行方案对于保护接触网安全运行至关重要，必须根据线路条件和列车性能特点，通过大量实践测试和理论计算，优化速度曲线、限制运行参数上限，尽可能降低对接触网的冲击和负荷，从根本上杜绝过载电流的发生。

### （三）环境因素干扰

自然环境因素对接触网的影响是全方位、多层面的，也是导致过载电流的一个重要根源。接触网作为露天设施，其性能和使用状况容易受到气候、温度、湿度等环境条件的影响。在极端高温或潮湿天气下，接触网金属部件的电阻会发生变化，可能导致电流分布失衡，使某些线路过载；而在严寒条件下，结冰结露又可能影响绝缘性能，增加漏电和过载风险。此外，暴风雨、冰雹、雷电等恶劣天气，都可能直接对接触网设备造成物理损伤，如腐蚀、断裂等，一旦损坏严重，必然会引发局部过载。即便是短暂的雷阵雨，也可能对列车接触系统造成冲击，使电流发生暂态波动而过载。总的来说，各种自然环境因素都有可能破坏接触网的完整性和性能，导致电流分布异常或漏电，进而引发过载。一旦发生过载，不仅会加剧设备损坏，还可能直接威胁列车运

行安全。例如在暴雨过载情况下，如果接触网出现断裂，列车有可能会断电滑行，带来严重安全隐患。

### （四）设备老化与维护不当

设备老化和维护不当同样是引发地铁接触网过载电流的一个重要原因，其危害性不容忽视。接触网由大量金属部件组成，在列车高速运行的剧烈振动下，这些部件极易出现松动、断裂等故障，一旦发生将直接影响接触网的整体性能，导致电流分布异常而过载。与此同时，污垢积聚、绝缘材料老化等，也会降低接触网的绝缘性能，使其更容易发生漏电、过载。可见，设备老化不仅会破坏接触网的完整性，也会影响其导电和绝缘性能，都有可能最终导致过载发生。而一旦发生过载，则会进一步加剧设备老化、损坏程度，形成恶性循环。因此，定期检修维护对于延缓设备老化、预防过载电流尤为重要。但如果维护不到位，如清理不彻底、检修滞后等，同样无法从根本上解决老化问题。一旦老旧设备发生故障、性能出现异常，如果维修力度不够及时有力，同样将会酿成严重的过载隐患。总之，设备的正常使用周期终将会过去，如果无法保证及时有效地维护和更换，其带来的过载风险是不容忽视的。这不仅关乎地铁运营安全，也将给维修工作带来沉重负担，带来更多经济损失。

## 二、抑制地铁接触网过载电流的技术措施

### （一）优化供电系统设计

优化供电系统设计是抑制地铁接触网过载电流的关键技术措施之一。地铁供电系统设计涉及容量规划、设备选型、供电模式等多个环节，直接决定了系统的稳定性和可靠性。以北京地铁为例，其供电系统采用了27.5kV三相交流系统，通过变压器降压后为直流750V接触网供电。在设计时，需要根据线路长度、列车运行密度等因素，科学测算供电容量，并预留足够的储备，以应对未来客流增长。在设备选型方面，优先选用高质量的高压开关设备和大容量变压器、整流器等，提高系统抗冲击能力。与此同时，合理布设分相矩阵，避免不平衡电流分布。近年来，北京地铁还引入了智能供电技术，通过对线路电压、电流、温度等参数实时监控，自动调节供电状态，以期降低过载风险。例如在高峰时段，可提高供电压力；在夜间低谷时，则相应降低。优化供电设计不仅有利于抑制过载电流，还能有效降低能耗和运营成本。

### （二）改进列车运行控制技术

改进列车运行控制技术是减少接触网过载电流的另一重要技术途径。从电力学角度看，过载电流往往是由列车突然加速或制动等运行状态变化引起的。比如列车起步加速时，会产生较大的启动电流冲击；列车到站急

刹车时，也会使电流剧烈波动。因此，通过优化列车的运行曲线，采用较为平缓的启动、匀速、制动模式，就能大幅减小对接触网的电流冲击，有效降低过载风险。以上海地铁为例，其列车采用先进的VVVF矢量控制技术，能精确控制电动机的转矩和转速，实现平稳高效的能量转换，大大减小了启动和制动对接触网的冲击。此外，还可借助智能调度系统，通过优化运行计划，避免高峰时段列车过于拥挤，减轻接触网负荷。比如上海地铁在高峰时段会适度增加列车开行密度，避免过载。总之，优化列车运行控制，通过软件算法实现平稳高效运行，是减轻接触网负荷的重要技术手段。

### （三）加强接触网监测与预警

加强接触网监测与预警能够及时发现并处理潜在的过载隐患，是一项极为重要的防患于未然的措施。以北京地铁为例，其接触网监测系统能实时采集整个供电系统的电压、电流、温度等数据，通过大数据分析，对每一处潜在隐患进行预警并指示处理方式。比如发现某段接触网电流异常升高时，系统会立即预警，防止过载的发生。同时，北京地铁还积极推广了在线检测技术，在接触网上安装传感器，对接触网的温度、绝缘状况等进行实时监测，如发现异常，及时维修。此外，北京地铁每年还会对全线接触网进行至少一次全面巡检，排查老化、松动等隐患。总之，通过实时监测和大数据分析，能够提前发现各类潜在隐患，并及时采取有针对性的措施进行处理，最大限度避免过载电流的发生，确保供电系统安全高效运行。

### （四）采用新材料和新技术提升设备性能

采用新材料和新技术提升设备性能，是长期抑制地铁接触网过载电流的重要保障。传统接触网材料如钢铝合金等，虽然具有一定强度，但耐热、耐腐蚀性能较差，且刚性较大，难以适应较高速度下的振动环境。近年来，上海地铁在部分线路上使用了铝基复合材料接触网，该材料兼具良好的强度、导电性和抗震性，大幅延长了使用寿命。与此同时，新一代高分子绝缘材料的应用，也提高了接触网的绝缘性能，减小了漏电和过载风险。在监测方面，北京地铁的远程智能监测系统，能够对设备状态进行全天候监控，一旦发现异常，便会自动发出警报，同时预测故障发生概率。通过大数据分析，还可合理安排维护计划，避免擅自拆卸带来的风险。在设备维护方面，上海地铁借助机器人检修技术，对接触网和支持设备进行全自动巡检维修，减轻了人力和时间压力。可见，新材料和新技术的广泛应用，必将全方位提升设备可靠性和维护效率，从根本上降低地铁接触网过载电流的发生风险。

## 三、抑制地铁接触网过载电流的管理措施

### （一）制定完善的安全管理制度

制定完善的安全管理制度是地铁公司抑制接触网过载电流的基础和保障。安全管理制度涵盖了供电系统运维、列车运行控制、设备检修维护等多个环节，需要明确每一个职能部门和岗位的职责边界，制定详细的操作规程和流程，确保各项技术措施能够得到有效执行。以北京地铁为例，其制定了《供电系统安全管理制度》《列车运行管理规程》《接触网巡视维护作业指导书》等一系列制度文件，全面覆盖了供电、运行、维护等各个环节，对每项操作都作出了明确的规定和要求。同时，北京地铁还建立了垂直的监管体系，由供电处、运营监控中心、检修基地等不同部门，分别对安全管理制度的执行情况进行监督检查。如果发现违规操作行为，将严肃追究相关人员的责任。另一方面，北京地铁还高度重视应急管理，针对可能发生的各类突发事件如雷击、障碍物、设备故障等，都制定了详细的应急预案，明确了现场值班人员、检修抢险队、调度指挥中心等各级别的职责分工和处置流程，确保一旦发生过载电流等异常情况，能够快速有序地实施应急处置，将损失降到最低。

### （二）加强人员培训与安全意识教育

加强人员培训和安全教育是抑制地铁接触网过载电流的重要管理手段。无论采取何种技术措施，最终都需要由专业的技术人员来操作和执行。因此，提高相关人员的专业素质和安全意识水平，对于降低人为操作失误的风险，确保各项措施的有效落实至关重要。以上海地铁为例，其每年都会对供电系统维护人员、列车驾驶员、调度值班员等开展多层次的培训，内容涵盖设备使用、维护保养、故障处理等多个方面。培训采取线上线下相结合的模式，注重培养人员的实操能力，如组织应急处置演练等，使其熟练掌握查找故障源头、隔离故障设备、恢复供电等一系列处置流程，提高对过载电流等异常情况的识别和处理能力。此外，上海地铁还高度重视员工的安全意识培养，将安全生产教育贯穿于日常的培训和考核中。除了传授理论知识外，还会通过警示教育、事故案例分析等形式，让员工切身感受违规操作可能带来的严重后果，从而筑牢安全意识这一思想防线。同时，上海地铁还建立了员工激励机制，对在确保安全运营方面做出突出贡献的员工予以表彰奖励，激发广大员工的主动性和责任心，形成常态化的安全文化氛围。

### （三）强化监督检查与考核评估

建立监督检查和考核评估机制对于抑制地铁接触网过载电流也是必不可少的。即便制定了完善的制度并加强人员培训，如果缺乏有效的监管和评估机制，各项措

施的执行效果也将无从保证。以深圳地铁为例，其建立了由安全监察部门、供电运营部门、检修维护部门组成的三级监管体系，分别对地铁供电系统、列车运行参数、接触网设备状况等进行定期和不定期的检查。安全监察人员会不定期对供电系统进行全方位的检查，了解系统的运行状况和安全风险，并对存在的问题下发整改通知书，限期整改。供电运营部门也会对下级供电车间进行抽查，重点关注供电参数设置是否合理、应急处置方案是否完备等。检修维护部门则负责对全线接触网的状况定期进行现场巡检，对存在的故障隐患及时排查修复。除了日常监督检查外，深圳地铁每年还会开展一次过载电流抑制效果的年度评估，由第三方评估机构对当年的供电数据、故障情况等进行分析总结，并结合现场抽查情况，对各项技术措施的实施效果进行客观评价和打分，评估结果将作为各部门年终考核的重要依据。同时，评估报告中的问题指出和建议意见，也将被纳入下一年度工作计划，持续改进和完善。

结束语：抑制地铁接触网过载电流关系到整个地铁系统的安全运行。相关部门应高度重视这一问题，全面落实本文提出的各项技术和管理措施。在供电系统设计、列车运行控制、设备维护等方面采取科学严格的管理，加大人员培训和宣传力度，增强全员安全意识。同时，要建立健全的监管机制，对接触网使用情况及时进行检查评估，及时发现并解决存在的问题隐患。地铁运营单位还应吸收借鉴国内外先进理念和技术，持续改进和创新，不断提升地铁安全运营水平，为市民出行保驾护航，促进城市经济社会发展。

### 参考文献

- [1] 苏城. 地铁车辆段上盖开发模式下接触网施工和维保特点分析研究[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(24): 11-14.
- [2] 杨虎, 耿星洁. 地铁列车牵引电流对接触网磨损影响分析[J]. 现代城市轨道交通, 2023, (S1): 59-67.
- [3] 顾锋, 赵峻鹏, 侯爽. 地铁接触网外挂滑槽固定连接受力性能分析[J]. 工业建筑, 2023, 53(S2): 203-205.
- [4] 宋佳明, 占栋, 陈唐龙. 接触网巡检系统空间综合定位方法[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(09): 116-121.
- [5] 鲁尧. 基于支持向量回归的地铁刚性接触网导线磨损检测方法研究[J]. 中国设备工程, 2023, (15): 196-198.
- [6] 刘乐毅, 张学兵. 抑制地铁接触网过载电流的措施分析与研究[J]. 都市快轨交通, 2019, 32(05): 121-127.