



# Research on the Impact Analysis and Preventive Measures of Not-Allowed Zones in Urban Rail Transit

Peng Fu, Yuhao Shi

Shanghai Tunnel Engineering & Rail Transit Design and Research Institute, Shanghai, China  
Email: 10120002@sues.edu.cn

**How to cite this paper:** Fu, P. and Shi, Y.H. (2025) Research on the Impact Analysis and Preventive Measures of Not-Allowed Zones in Urban Rail Transit. *Open Access Library Journal*, 12: e12942.  
<https://doi.org/10.4236/oalib.1112942>

**Received:** January 10, 2025

**Accepted:** February 15, 2025

**Published:** February 18, 2025

Copyright © 2025 by author(s) and Open Access Library Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

If the pantograph of an urban rail transit train stays at the insulating anchor joint for a long time, it will cause a prolonged discharge between the pantographs, which may burn or even break the contact wire and interrupt the power supply. In order to prevent similar faults from happening in the future and provide references for other urban rail transit operation and construction units, this paper analyzes the principle and hazards of the fault caused by the train stopping in the power supply not-allowed zones from the perspective of principle, as well as the extent of the fault's impact. Meanwhile, it proposes relevant measures and methods to prevent the train from stopping in the power supply not-allowed zones from two aspects: the design of not-allowed zones signs and driving restrictions in the not-allowed zones.

## Subject Areas

Architecture

## Keywords

Urban Rail Transit, Not-Allowed Zones, Pantograph Drop Areas

## 1. 引言

截至 2024 年末, 超三十个城市已建成运营线路, 总里程超 4000 公里。由于人工驾驶或者发车密度太高而导致列车被迫停靠通风井下方或供电绝缘锚段关节处等问题频现。比如, 2019 年上海轨道交通 9 号线和 2022 年上海轨道交通 11 号线等相关事故, 对运营的影响较大。

城市轨道交通禁停区是指在通风井、防淹门以及供电禁停区区域内禁止停车, 如图 1 所示。其中, 供电禁停区的影响最大[1]-[5]。如果受电弓长时间

停留在绝缘锚接处，将导致受电弓之间长时间放电，可能会烧毁甚至断开接触线，并且中断供电。因此，本文主要针对供电禁停区的故障影响进行分析。

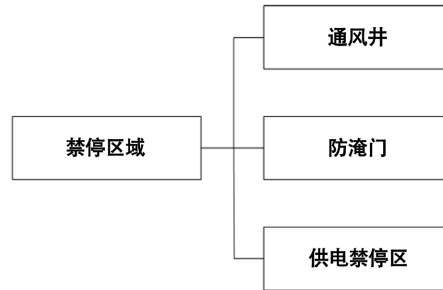


图 1. 禁停区类型

国内外对于轨道交通禁停区相关的研究较多。比如日本开发 Ganse-doFE 仿真软件，美国的 Wormley.D 模型聚焦受电弓控制[6]，德国西门子的 ANSYS 软件以离散法建模[7] [8]，法国国家铁路公司的 OSCAR 软件专研受电弓系统[8]。基于这些模型，各国学者对高速铁路曲线网络特性深入剖析，如 Yong Hyeon Cho 等人探究接触网弹性、受电弓参数及接触网设计参数对接触压力的影响[9]。我国在高速铁路弓网电流主机研究成效显著，有研究借圆盘振动动力学剖析接触网不均对接触压力的影响并优化设计[10]，众多学者探究受电弓与接触网波动特性并提出评价指标[11] [12]，樊坤针对城轨柔性接触网绝缘锚段接头停车隐患深入研究并制定应对策略与标志设置方案[1]。然而，大部分研究集中于弓网设备本身，城市轨道交通列车禁停区域的运行模式与规则探究相对薄弱。

因此，本文研究针对城市轨道交通列车禁停区域，提出列车运行规则精细化的措施方案，以增强城市轨道交通运营安全性与可靠性。

## 2. 城市轨道交通系统中禁停区故障影响机理分析

当受电弓处于升弓状态时，受电弓的滑板与接触网密切接触，并经导线向车载电机输送电能，进而驱动车载电机运转。在列车运行过程中，受电弓及滑片长期处于摩擦、冲击、振动和电弧燃烧等工况下，容易造成受电弓的各种失效。例如，滑板和接触线分离，两者之间的电压会冲破空气层，从而形成电弧，产生如图 2 所示的电弧、受电弓拉弧现象。



图 2. 受电弓拉弧现象

接触网中的绝缘锚固段接头是指连接相邻锚段的过渡段，装有隔离开关，能在两锚段间建立电路连接，保证接触线和承重电缆间有足够空气绝缘间隔以实现电气隔断，如图 3 所示的是三跨式绝缘锚段关节，其电气连接影响接触网供电质量和机车取流质量，要满足受电弓高速通过要求。

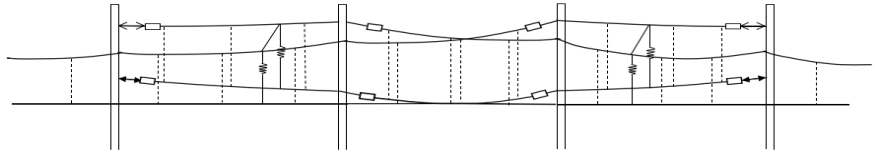


图 3. 三跨式绝缘锚段关节立面示意图

而且，当受电弓处于柔性接触网绝缘锚段关节过渡区域时，由于电位差的存在。一旦弓网间接触压力不足，便可能导致脱线，进而引发电弧与打火现象，严重时烧毁受电弓碳滑板、接触线底面乃至整个接触线。此外，列车穿越不同供电区段，受电弓片处于过渡阶段时，如果其与非工作支座接触不良或弓网间距小于空气绝缘击穿间距，弓片会在触线上持续放电发热，使接触线温度升高、材质变软并最终断裂，断裂的接触线若接地还可能引发电源故障。

因此，列车在上述的绝缘锚段关节过渡区域停车的话，产生的故障相当严重，对于运营的危害较大。

### 3. 城市轨道交通禁停区预防措施方法设计

为了避免列车在供电禁停区停车而导致事故的发生，本文针对不同的轨道情况，设计了以下 2 种措施方法。

#### 3.1. “降弓区”禁停区域的标识设计

##### 1) 整体道床“降弓区”

采用 100 cm × 20 cm 矩形黄色色带(反光油漆)，每隔 2 米涂画在两根钢轨中间的道床上及承轨台的侧立面，如图 4 所示。



图 4. 整体道床“降弓区”图示

##### 2) 碎石道床“降弓区”

采用 50 cm × 20 cm 矩形黄色色带(反光油漆)涂画在水泥枕轨中间, 每 3 块连续黄色色带枕轨与 3 块连续无黄色色带枕轨交替布置, 如图 5 所示。



图 5. 碎石道床“降弓区”图示

通过上述的禁停区标志设计, 可以较明显地提示司机注意前方禁停区的位置并及时采取相关的措施方案, 避免故障的发生。

### 3.2. 禁停区域预防故障的驾驶限制条件设计

由于特殊原因导致列车必须在禁停区停车时, 必须及时进行降双弓。停在禁停区内的电动列车需要开出禁停区时, 驾驶员要按照电动列车驾驶室门口的升降弓形标志, 将前弓提升或后弓提升, 当单弓离开禁停区后, 再回到双弓操作方式。具体步骤如下:

- 1) 确认位置: 望近端轨道, 车头在“黄色标识”内即列车迫停禁停区。
- 2) 降弓操作: 在 5 秒内按“落弓”按钮, 若双弓未全落下则按“紧急停车”按钮, 同时报运营调度员/班组长并广播安抚乘客。
- 3) 确认标号: 看清黄线段“数字”标号并报班组长以确定升弓位置。
- 4) 升单弓操作: 依列车型号不同, 与班组长联控后分断相关开关, 再按“升弓”按钮并确认受电弓升起正确后合高速。
- 5) 单弓运行: 升弓完毕汇报运营调度员, 建立 ATPM 模式按指令运行至前方车站。
- 6) 恢复升弓: 停站开门后升双弓, 合高速, 按调令运行。

表 1. 上海轨道交通 9 号线降弓区参考位置

方向	区间	瞭望参照物
上行	松江新城 - 松江大学城	松江大学城车站
	松江大学城 - 洞泾	洞泾车站
	佘山 - 泗泾	小白房
	泗泾 - 九亭	掌安大厦(文化路路口标牌)
下行	九亭 - 泗泾	钰丰商都小区(两幢楼当中)
	泗泾 - 佘山	小白房
	佘山 - 洞泾	洞泾车站
	洞泾 - 松江大学城	松江大学城车站

同时, 为了更加明显地提示司机, 本文结合上海 9 号线的实际情况, 设计了降弓区参照物和参考位置, 如表 1 所示。

#### 4. 结论

本文从原理角度出发, 分析了列车在供电禁停区停车引发故障的原理和危害, 以及故障的影响程度。同时, 本文从禁停区标识设计、禁停区驾驶限制条件 2 方面提出了相关的避免列车停在供电禁停区域内的措施方法, 为城市轨道交通运营、维护等单位提供参考。

#### 基金项目

上海申通地铁集团有限公司科研计划项目(JS-KY23R041)。

#### Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

#### References

- [1] 樊坤. 城市轨道交通接触网绝缘锚段关节内停车危害及对策[J]. 电气化铁道, 2018, 29(4): 88-90.
- [2] 张宗芳. 城市轨道交通弓网受流特性研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- [3] 陈超. 城市轨道交通弓网拉弧打火原因分析及其处理措施[J]. 机电信息, 2019(8): 55-56.
- [4] 吴畏, 马俊杰, 兰志坤, 王秀红. 城市轨道交通接触网打火拉弧原因及影响分析[J]. 现代城市轨道交通, 2018(9): 61-63.
- [5] 武承晨. 城市轨道交通供电系统中接触网技术性能和常见故障分析[J]. 中国设备工程, 2020(8): 54-55.
- [6] 陈显志, 杨波. 城市轨道交通架空接触网受电弓优化建议[J]. 工程建设与设计, 2020(7): 85-87.
- [7] 于淑君. 城市轨道交通车辆受电弓受流稳定性研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海工程技术大学, 2010.
- [8] 宫琦, 陈秉智, 李永华, 刘思文, 夏清. 地铁受电弓故障模式分析及危害度评估[J]. 机械与电子, 2021, 39(3): 3-9.
- [9] 于晓英, 宋梦杰, 王泽, 刘成宝, 王煜琦. 城轨弓网电弧持续时间及强度与电弧温度的关系研究[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2022, 58(3): 62-66.
- [10] 关金发, 吴积钦. 城市轨道交通弓网系统现状分析与建议[J]. 铁道标准设计, 2016, 60(1): 144-147, 154.
- [11] 陈显志, 陈建君, 杨波. 减小架空刚性悬挂接触网弓网磨耗的措施[J]. 现代城市轨道交通, 2013(1): 21-24.
- [12] 彭辉, 张胜, 李杰. 城市轨道交通刚性接触网运营管理创新实践[J]. 机电信息, 2021(6): 63-64.

## Appendix (Abstract and Keywords in Chinese)

### 城市轨道交通禁停区影响分析及预防措施研究

**摘要：**城市轨道交通列车若电弓长时间停留在绝缘锚接处，将导致受电弓之间长时间放电，可能会烧毁甚至断开接触线，并且中断供电。为了今后避免类似故障的发生，给其他城市轨道交通运营、建设单位提供参考，本文从原理的角度分析列车在供电禁停区停车引发故障的原理和危害，以及故障的影响程度。同时，本文从禁停区标识设计、禁停区驾驶限制条件 2 方面提出了相关的避免列车停在供电禁停区域内的措施方法。

**关键词：**城市轨道交通，供电禁停区，降弓区