

# Analysis of Stray Current Protection and Rail Potential Limiter in Rail Transit System

Lin Pei

Beijing Metro Operation Co., Ltd., Beijing, 100016, China

## Abstract

In rail transit systems such as urban subway and light rail, most trains use DC power supply as traction power, receive electricity through catenary, and use train running rail as negative reflux line. When the train is running, the traction current of the train will produce a voltage drop on the reflux rail when it flows back to the traction substation along the reflux rail, which will cause the potential difference between the reflux rail and the earth and cause the leakage current, that is, the stray current. Stray current will cause electrochemical corrosion to steel bars, equipment metal shells and other underground metal pipelines, that is, stray current corrosion. This paper analyzes the harm and protection of stray current, and puts forward the prevention of stray current. Nursing should adhere to the principle of "prevention as the main, supplemented by drainage, combined with prevention and drainage, strengthening monitoring" principle. The magnitude of stray current is determined by two conditions: one is the walking rail to ground potential, the other is the walking rail to ground transition resistance. This is also the core content of this paper. Due to the widespread installation of rail potential limiter in new lines, considering the consequences of a large increase in stray current after the closure of the contactor, this paper discusses the ideal action scheme of rail potential limiter, it can effectively reduce the corrosion harm of stray current to underground structure.

## Keywords

stray current; protection, rail potential limiting device; action plan

# 轨道交通系统中杂散电流的防护及钢轨电位限制器的分析

裴琳

北京市地铁运营有限公司, 中国·北京 100016

## 摘要

在城市地铁和轻轨等轨道交通运输系统中, 列车大多采用直流电源作为牵引动力, 通过接触网受电, 利用列车走行钢轨作为负回流线。列车运行时, 列车牵引电流沿回流钢轨流回牵引变电所时在回流钢轨上会产生电压降, 使回流钢轨与大地之间产生电位差而引起泄露电流, 即杂散电流。杂散电流对土建结构钢筋、设备金属外壳及其它地下金属管线会产生电化学腐蚀, 即杂散电流腐蚀。论文对杂散电流的危害及防护进行分析, 提出杂散电流的防护应坚持“以防为主, 以排为辅, 防排结合, 加强监测”的原则。杂散电流的大小由两个条件决定: 一是走行轨对地电位; 二是走行轨对地过渡电阻, 这两个条件缺一不可, 走行轨对地电位越高, 杂散电流越大, 过渡电阻越高, 杂散电流越小。新建线路普遍设置钢轨电位限制器, 考虑到接触器闭合后带来杂散电流大量增加的后果, 论文探讨了钢轨电位限制器的理想动作方案, 能够有效的减小杂散电流对地下结构的腐蚀危害。

## 关键词

杂散电流; 防护、钢轨电位限制装置; 动作方案

## 1 引言

目前, 地铁的牵引供电方式一般采用直流供电方式。在理想的状况下, 牵引电流由牵引变电所的正极出发, 经由接触网、电动列车和走行轨返回牵引变电所的负极。然而, 实际情况是列车运行时, 作为回流网的走行轨, 对地产生电位, 而走行轨对地存在过渡电阻, 因而会产生杂散电流。

杂散电流对城市轨道交通的危害很大, 若地下杂散电流流入电气接地装置, 会引起过高的接地电位, 使某些设备无法正常工作。更严重的是, 对城市轨道隧道、道床或其他建筑物的结构钢筋以及地下的金属管线造成电腐蚀, 严重的腐蚀甚至会影响金属结构的寿命。

中国轨道交通事业正处于高速发展时期, 因此全面考虑杂散电流的腐蚀问题, 是地铁在设计中必须要考虑的重要环节。

【作者简介】裴琳(1986-), 男, 从事地铁轨道交通供电研究。

## 2 杂散电流的产生

理想的回流过程是牵引变电所通过接触网向电动列车输送电能,列车通过走行轨使喷出的直流电流返回至牵引变电所<sup>[1]</sup>。但实际情况是,地铁电动车辆运行时,走行轨会产生一定电压降,而电压降是形成走行轨对地电位的原因,因为走行轨对地并非绝缘,而是存在一定的过渡电阻,既然走行轨对地存在电位和过渡电阻,就会有电流存在,这个电流就是走行轨对地泄露电流——杂散电流。杂散电流产生示意图如图1所示。

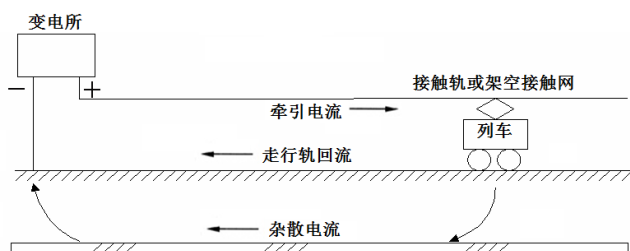


图1 杂散电流产生示意图

## 3 杂散电流的危害

只要地下的金属管线流过杂散电流,在电流流出的地方,就会造成腐蚀<sup>[2]</sup>。它的危害主要是对金属物体的腐蚀,杂散电流的腐蚀要比自然腐蚀严重的多,在长期的电腐蚀作用下,走行轨和地下金属管线将受到严重的破坏。

### 3.1 杂散电流对走行轨的腐蚀

在列车下部,走行轨容易发生电蚀。有资料表明,走行轨的杂散电流腐蚀在隧道内及道岔等部位尤其明显,道钉也有被杂散电流腐蚀的现象,且多发生在钉入部位,从表面很难发现。

### 3.2 杂散电流对结构钢筋的腐蚀

杂散电流通过混凝土时对混凝土本身并不产生影响。但如果存在钢筋,则结构钢筋会起到汇集杂散电流的作用<sup>[3]</sup>。在电流离开钢筋的部位发生腐蚀,腐蚀产物的堆积会以机械作用排挤混凝土从而使之开裂。

### 3.3 杂散电流对埋地金属管线的腐蚀

城市轨道交通系统内的管线主要有自来水管线、燃气管线、石油管线、公共事业管线以及各种电缆管等。杂散电流如果突破了地铁结构钢筋范围向外流出,必然会对周围埋地

金属管线产生腐蚀,城市轨道交通建设时如不考虑此问题会产生极其严重的后果<sup>[4]</sup>。工程实践表明,平行于城市轨道交通线路的长距离管线和与城市轨道交通交叉的管线都会产生不同程度的杂散电流腐蚀。

## 4 杂散电流的防护

杂散电流腐蚀防护时重点要做“防、排、测”三方面的内容,有以下具体防护方法。

(1) 防——隔离、控制所有可能的杂散电流泄露途径,减少杂散电流进入轨道交通系统的主体结构、设备及与相关的设施。

(2) 排——组成杂散电流的收集网系统即排流网系统。此排流网系统为杂散电流从钢轨上泄漏后遇到的第一道电阻较小的回路通路,可将杂散电流尽量限制在本系统内部,阻止杂散电流继续向本系统以外的地方泄漏<sup>[5]</sup>。

(3) 测——设置线路的杂散电流监测系统,监视可能产生的杂散电流大小,为轨道交通的运营维护提供依据。

### 4.1 控制源头

(1) 牵引变电所站位的布置,应符合规程允许电压损失的要求,牵引变电所之间的距离越长,杂散电流越大。

(2) 当一座牵引变电所故障解列时,应能采用大双边供电方式。与单边供电相比,双边供电产生的杂散电流仅为单边供电的四分之一。

(3) 走行轨使用长轨,相邻两轨之间,接缝应采用可靠的铜引线连接。

走行轨对地绝缘水平越好,则杂散电流的值越小。

(4) 走行轨下设置绝缘垫。

(5) 走行轨对地保持一定间隙,走行轨采用点支撑等。

(6) 道床上设置排水沟,并在沟内涂以防水涂料,以防渗水。

(7) 在车辆段的检修与停车库中,每一条线路的走行轨均应使用绝缘接头,从而与车场线路的走行轨相隔离。

(8) 敷设在轨道交通沿线的电力、通讯及控制测量电缆,应采用防水绝缘护套的双塑绝缘垫层;轨道交通中各种电缆,在隧洞中的电缆、水管等金属结构应以绝缘方式敷设;所有通向隧洞外的管线,必须装有绝缘接头或绝缘法兰<sup>[6]</sup>。

(9) 重视日常运营维护。必须定期清扫线路,清除粉尘、

油污、脏污、沙土等,及时清除道床积水,保持道床处于清洁干燥状态。

## 4.2 积极排流

### 4.2.1 排流法的概念

因为只有当杂散电流从走行轨或钢筋等金属物流出时才会对其产生腐蚀,而杂散电流流出的区域集中在牵引变电所附近。通过将变电所负极与结构钢筋或其他可能收到腐蚀的金属相连,这样杂散电流就直接流回至牵引变电所,大大减少了杂散电流扩散至其他地方的可能。

### 4.2.2 排流法的不足

当牵引变电所负母排通过排流柜与道床收集网钢筋电气连通后,原来负母排的负电位将接近零电位,使得走行轨对地电位成倍增加,这样将造成更严重的腐蚀。

### 4.2.3 排流柜的设置

正是由于排流法的不足,所以排流柜不是一直处于排流状态,只有当监测到道床收集网钢筋极化电位值超过设定值时,才作为一种应急手段投入运行。

## 4.3 加强监测

为了监测轨道交通牵引回流泄漏的情况和地下金属结构受杂散电流腐蚀的程度,必须进行专门的测量工作。杂散电流的腐蚀程度是由结构钢筋表面向周围泄漏的电流密度来确定的。由于电流密度难以直接测量,所以一般是通过测量腐蚀的间接指标,即由杂散电流引起的结构的电位极化偏移值来判断设备受杂散电流腐蚀的情况。

杂散电流测量点应设置在轨道交通沿线的车站站台两侧进出站信号机附近的道床和隧道处、每一个回流点处及需要进行测试的走行轨分断点处、轨道交通桥梁两段、轨道交通的尽头线和线路与车辆段的连接坡道处,并定期对监测点进行检查维护。

## 5 钢轨电位限制器

### 5.1 钢轨电位限制器对杂散电流防护的影响

#### 5.1.1 设置目的

由于某些故障,如接触网与走行轨发生金属性接触短路,直流设备发生框架泄露等,或走行轨不明原因电位升高,当乘客在进出车厢时,易受到电击危险,因此设置钢轨电位限制器。

一旦走行轨出现高电位时自动将其接地,以免危及人身安全。

#### 5.1.2 对杂散电流防护的影响

经常将牵引变电所负极直接接地,使其成为地下结构的排流柜,无论对走行轨还是地下结构都将加重电腐蚀。

## 5.2 解决方案

轨电位设置的目的是保护乘客的安全,有异常电位升高时,轨电位装置就会动作,接触器闭合,将负极与地短接。但是不是每次电位升高都有乘客上下车,所以轨电位装置在运行中有很多没必要的动作,因此如果将轨电位的动作条件加上车站站台有停列车停靠,就能有效减少不必要的动作,也就降低了杂散电流的危害<sup>[7]</sup>。

## 6 结语

目前杂散电流的防护已被人们所认识,并日益受到人们的重视。轨道交通杂散电流腐蚀的防护,是轨道交通设计必须考虑的问题,必须严格按防护标准施工,因为杂散电流的防护直接关系到车站的使用寿命。而杂散电流的腐蚀是一个长期积累的结果,给研究工作带来一定难度。日常运营维护也是杂散电流防护的重要环节,正式运营后,因灰尘、列车闸瓦铁屑、油污、积水等杂质,会使杂散电流增大。因此,在运营维护中,应严格按照设置的监测系统及方案,定期测试及维护,发现问题,及时处理。

## 参考文献

- [1] 李守本,姚萍,王洪仁,等.上海轨道交通明珠线杂散电流防护与监测系统[J].材料开发与应用,2001(03):23-26.
- [2] 郝卫国.城市轨道交通杂散电流的防护[J].城市轨道交通研究,2004(6):53.
- [3] 李威.地铁杂散电流腐蚀监测与防护技术[M].北京:中国矿业大学出版社,2004.
- [4] 黄德胜,张巍.地下铁道供电[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [5] 部门北京市规划委员会.地铁设计规范[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [6] 王小峰.城市轨道交通供电系统的设计方法[J].电气化铁道,2010(04):42-46.
- [7] 郑瞳炽,张明锐.城市轨道交通牵引供电系统[M].北京:中国铁道出版社,2000.