

# 杂散电流对地铁周边的危害及防治

邸 赛

杭州杭港地铁五号线有限公司 浙江 杭州 310021

**【摘要】**：本文分析了地铁杂散电流的形成原因及其对埋设钢制管道的腐蚀机理及特点，探讨杂散电流的防治措施和监测方式。总结地铁施工对地铁杂散电流腐蚀防治和管道保护的具体做法并提出建议。

**【关键词】**：地铁建设；监测方式；地铁周边

经济社会的快速发展使得我国城市轨道交通建设水平也随之得到提升，由于目前城市供水管道、燃气管道、雨水管道、供电电缆和通信电缆均采用地下埋设方式，地铁杂散电流对地铁安全运营已经产生了极大的危害，而采取必要的解决措施也成为地铁正常运行的重要保障。

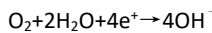
## 1 杂散电流的形成和影响因素

杂散电流的产生原因主要可归纳为电位梯度和电流泄露。在地铁运行过程中，由于外界因素而产生存在一些电流会流入大地，而这些电流被称为所谓的杂散电流。因轨道上有电阻使轨道对大地具有电压，且轨道和大地之间无法做到完全绝缘，两者之间也有一定的电阻，轨道的电压和对地的电阻的存在导致轨道持续地往大地泄露电流，即杂散电流。在额定电流不变的情况下，杂散电流的大小与轨道的电阻和土壤的电阻率有关。

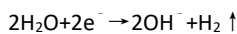
### 1.1 杂散电流的腐蚀原理

土壤中的杂散电流可能从管道一端绝缘层破损点流入管道，沿管道流动从另一端绝缘层破损点流出管道流向变电所。杂散电流流入管道的部位带有电荷，为阴极区。一般情况下阴极区不会受腐蚀影响，而若电位过负，则有可能在阴极区的管道表面发生析氢腐蚀，进一步损坏绝缘层。杂散电流流出管道的部位带正电荷，为阳极区，管道中的铁离子会溶入周围的电解质溶液中，并与空气中的氧气发生氧化反应。

在有氧环境中，阴极区发生如下反应：



在缺氧环境中，阴极区发生如下反应：



在阳极区发生如下反应：

$Fe \rightarrow Fe_2^{++} + 2e^-$  在阴极区和阳极区均会生成氢氧化亚铁，在管道表面析出时易氧化成为氢氧化铁，氢氧化铁分解为三氧化二铁（红色铁锈的主要成分）。当杂散电流集中作用时，不久将形成腐蚀后的小型穿孔。



图1 地铁系统等效电路示意图

### 1.2 杂散电流的腐蚀特点

(1) 杂散电流腐蚀强度大。埋地式钢制燃气管道在自然腐蚀状况下电位差小，腐蚀电流小；而杂散电流电位差大，电流较大，引起的腐蚀更加严重。

(2) 杂散电流腐蚀面积大。地铁杂散电流的腐蚀区域非常广泛，甚至还可以腐蚀整个城区的燃气管道，而且杂散电流的流向和大小并不是确定不变的。

(3) 杂散电流的腐蚀一般集中于局部位置。防腐绝缘层损坏的部位通常会引起严重的侵蚀，且很快形成穿孔。以上实例均证明关注杂散电流，减少其造成的危害刻不容缓。

## 2 杂散电流的防治措施

杂散电流的防治措施可以从两方面展开：一方面可以避免电流泄漏到地下管道，可以减少进入地铁主要结构和相关设施的杂散电流。然后，提供电流路径通过收集电流和输出电流系统返回到相应通路。同时，为了提供操作和维护的基础，不断构建并完善用于监测和测量漂流电流的完全迷路电流监视系统。还可以降低通过降低回路电压的方式限制杂散电流的产生，从根源上解决杂散电流的泄露。另一方面是对已经泄露的杂散电流侵蚀危害在最大程度上进行降低，可以采用隔离法限制杂散电流的漫延，即增强道床结构与隧道、车站间的边缘或者在隧道区间采用隔离法对不同结构的钢筋进行保护。

### 2.1 减少杂散电流泄漏的措施

地铁设计和施工中杂散电流的防治措施集中在以下

两方面：一是钢轨对整个道床采用绝缘安装或使用绝缘扣件等措施，加强每日的清洁和维护，以减少潮湿，避免造成降低钢轨对地的绝缘程度；二是借助收集网对电流进行统一排流，从而减少杂散电流向外界扩散。在地铁施工期间，通过纵贯地连接轨道地板的增强材料而形成的，辅助集网是通过将隧道覆工壁的增强沿垂直方向连接而形成的。大部分的迷路电流可以通过这两个收集网络流向变电站，减少向周围建筑设备和管道的漏电流。

### 2.2 降低杂散电流侵蚀危害的措施

对地铁周围的煤气管道等重要管线和设施需采取有效的防护措施，减少杂散电流侵蚀带来的危害，通常可采取排流法、阴极保护法和隔离法等方法。

(1) 排流法是用导线连接被保护的管线和轨道阳极，使杂散电流可顺管线流至钢轨，从而防止管线阳极的腐蚀，但这种方法会减小杂散电流路径的总电阻，增大杂散电流，对周边未加保护的管线形成更大的威胁。

(2) 阴极保护法通常可以划分为两种方法。其中牺牲阳极保护法是指选取活泼金属制成相应的材料镀在管道外层或连接到其阳极。根据电化学腐蚀原理，阴极区为管道金属，而化学性质更为活泼的材料处在阳极区被侵蚀。牺牲阳极保护法相对来说较为普遍，在一定周期内不需进行维护，但若受较大的杂散电流干扰时易失效，且牺牲阳极的使用时间会限制对管道金属的保护时间。外加电流阴极保护法是用外接直流电源的方法连接管道金属与保护材料，管道金属接电源负极，保护材料接电源正极。在外接直流电源的作用下，受保护的管线金属是阴极电位，保护材料是阳极电位，腐蚀。该方法的优点是所使用的保护材料不受限制，并且使用活性化学性质低的金属来延长系统的保护寿命的缺点是外部电源、复杂的维护和更高的成本需要比牺牲的阳极保护。

(3) 隔离法是一种对电缆沟里的管线进行绝缘安装措施，一般在管道金属外表面涂抹绝缘涂料。常见的绝缘涂料有沥青、缩醛树脂和聚丁烯等。该法的优点是操作简单，一般不需维护，成本较低；缺点是防护效果不稳定，涂抹不彻底或地铁长期运行后涂料开裂会严重影响保护效果。

### 参考文献：

- [1] 刘争,李威力,钟周全.地铁杂散电流的危害及检测实例[J].全面腐蚀控制,2016,30(9):56 - 58.
- [2] 曹晓斌,吴广宁,付龙海,等.地铁杂散电流的危害及其防治[J].电气化铁道,2006(4):32 - 534.
- [3] 吴飞,刘肖,孔锴,等.杂散电流对地铁周边的危害及防治[J].建筑技术,52(8):3.
- [4] 孟丹.地铁杂散电流的产生、危害及防护[J].机电工程技术,2013,000(008):58-59.
- [5] 谭冬华.地铁杂散电流的危害与防护[J].都市轨道交通,2007(01):86-89.
- [6] 岳宏波.采取有效措施防护地铁杂散电流危害[J].中国高新技术企业,2009(1):189-190.

### 3 杂散电流的监测

杂散电流一般很难被监测到，常用的监测方法是以设备或系统的接地端，作为地，监测钢轨对地的极化电压。而地本身的电位变化较大，需有恒定不变的电位做基准参考点。实际应用中，埋地金属管道对地电位差是指金属管道和参考电极之间的电位差，目前常用埋入式长效硫酸铜做参考电极。我国在地铁建设初期就已开始预埋这类参考电极，在使用参考电极监测管道对地电位方面已较成熟。由于杂散电流产生在地铁车辆运行过程中，此时工作人员无法进入其中进行监测，所以一般采用监测系统数据进行采集，监测系统的监测流程如图2所示。



图2 杂散电流数据采集系统

### 4 结束语

地铁运行过程中产生的杂散电流会对周边的建筑设备和管道产生严重威胁，导致周围工业和民用设施的使用寿命缩短，甚至可能危害人身和设备安全，因此采取防护措施减少杂散电流的侵蚀危害尤为重要。在地铁施工过程中，通过强化钢轨与大地间的绝缘措施，以及将道床内部结构钢筋纵向连接形成主收集网，可减少杂散电流的对外泄漏；对地铁附近埋设的各类电缆和金属管道外涂抹绝缘材料，进行绝缘安装或采用排流法进行保护；对重要的或具有一定危险性的管道应采用隔离法结合外加电流阴极保护法进行严格把控，确保管道使用安全。重点保护区段应在地铁系统中增加自动监测设备，对杂散电流进行全时段监控，一般区段则设置监测带收集杂散电流数据。目前也可通过增加建设期的建设成本，采用独立的第三轨回流形式，减少杂散电流的危害。只要采取合理的防护和监测措施，杂散电流的危害即可大幅减少，确保使用期间建筑设备、管道和管线等的安全。