

普速电气化铁路工程接触网接地设计研究

何森林

中铁上海设计院集团有限公司

摘要：接触网接地线是一种典型的高低压复合接地体，在实际工作中容易发生故障。为提高现场运行人员对接电阻测量准确性和可靠性的认识，应重点加强接触网接地线检测技术研究。基于此，重点探讨普速电气化铁路工程接触网接地设计细节，着重分析其基本构成及原理，并结合相关理论进行详细阐述，旨在提升接触网接地效果与安全性。

关键词：普速电气化铁路工程；接触网接地设计；策略研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.066

引言：

普速电气化铁路工程接触网具有强非线性，大滞后等特性，在实际运行过程中会发生严重的故障。为此，必须对其进行状态识别和诊断，以保证安全运营和提高经济效益。在接地设计中，通过引入电阻—电感耦合系数（RLC）模型来判断电路是否正常工作，并根据不同情况采用相应的检测方法，如电容法、电流法等，从而实现系统各环节之间良好协调，为准确判定电气设备性能提供可靠依据。

一、普速电气化铁路工程接触网接地设计概述

接地是指电气设备、杆塔或过电压保护装置用接地线与接地体连接，称为接地。接地的功用除了将一些无用的电流或是噪声干扰导入大地外，最大功用为保护使用者不被电击，衡量接地质量好坏的标准是接地电阻。接地电阻是指接地体或自然接地体的对地电阻和接地线电阻总和，称为接地装置的接地电阻。接地电阻的数值等于接地装置对地电压与通过接地体流入地中电流的比值。

接触网接地的作用总的来说可以分为三类：为设备的安全运行而设置的接地叫工作接地，如支柱的接地、避雷器接地侧接地、旨在降低钢轨电位的金属连接部件的接地等；以防护为目的而设置的接地叫防护接地，如为防止感应电压的铁栅栏接地、轨道附近的金属管线接地，接触网停电作业时的接地线接地，站台上金属支柱的双接地等均为保护接地。专门用来泄放雷电流的接地叫防雷接地，它既是工作接地，又是保护接地，防雷接地的阻值一般在1-300欧姆的范围内。如图1为接触网防雷接地设计。这里的分类是指接地工程设计施工中考虑的各种要求，并不表示每种“地”都需要独立开来。相反，除了有地电信号抗干扰、设备本身专门要求等特殊

原因之外，提倡尽量采用综合接地的方案。接触网地线是起保护作用的，因为在绝缘子击穿或闪络或因严重老化的情况下，如果没有地线，泄漏电流经接地电阻较大的支柱（或隧道壁）入地，且不能使牵引变电所保护跳闸而继续长时间的异常放电，从而烧损悬挂的金属部件而造成大事故。同时泄漏电流经较大的接地电阻也会使接触网非带电部分对地产生高电压而危及人身安全，装设地线可使泄漏电流由地线直接入钢轨，从而降低了接地电阻，泄漏电流增大使变电所保护跳闸而迅速切断泄漏电流，保护了设备和人身安全，同时也为检修人员提供了线路出现故障的信息。

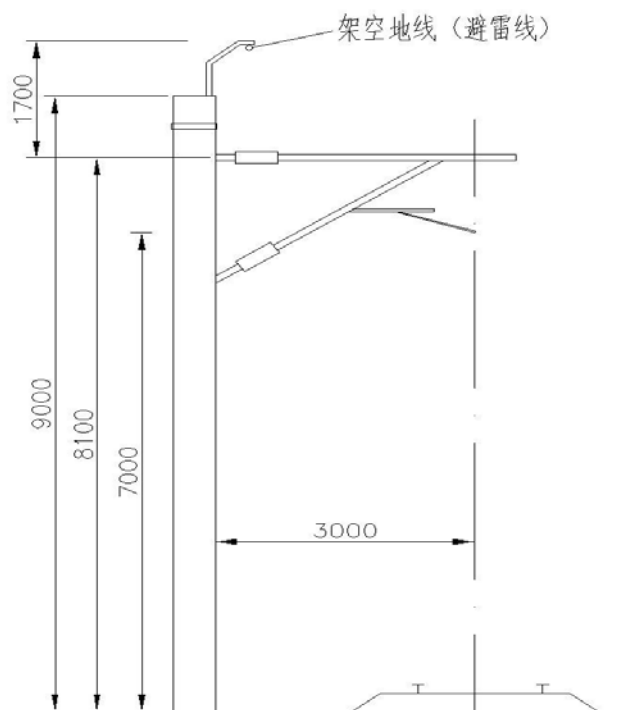


图1 为接触网防雷接地设计

接触网中接地的方式有单独接地和通过架空地线接地。单独直接接地是指设备直接与接地极相连接，主要用在隔离开关或避雷器及单独支柱处；通过架空地线接地，是指将需要接地的设备连接到架空地线上，最后集中接地。

埋入地中并直接与大地接触的金属导体，称为接地体。在接触网中接地体主要采用两种形式：单独接地极和综合接地网。单独接地极主要用在隔离开关或避雷器等支柱处；综合接地网作为车站牵引供电、机电、通

信、信号等电气设备所连接的综合接地体，综合接地网的电阻不应大于1欧姆。

地下车站接地网由人工接地体组成；高架站接地网由人工接地体和自然接地体组成；车辆段、变电所接地网由人工接地体和自然接地体组成。自然接地体是用于其他目的，可利用作为接地用的直接与大地接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土建筑的基础、金属管道和设备等，称为自然接地体；人工接地体可采用钢管、角钢、圆钢或废钢铁等材料制成。

普速电气化铁路工程接触网接地设计是为了保证牵引变电所、分区所以及其他设备的正常运行，必须在电气线路上设置或架设与该部分有一定接触距离的接地装置。该接地装置由电动操作机构、当地监控装置、电气设备及电源等组成。其中，电动操作机构主要控制配电系统和供电系统中各部件之间的电连接，其作用包括：根据不同工作环境选择相应电压等级。对故障电流进行检测并记录数据。将监测到的各种信号及时反馈给供电部门，以便于检修人员了解故障情况^[1]。当发生短路时，可自动切断主电路，使断路器动作，防止事故扩大。当地监控装置是指监视和保护电力设施的安全运行和人身财产不受损失的重要自动化手段之一。它能有效地监视和分析有关电力生产经营活动的全过程，及时发现隐患和异常行为，为制定安全措施提供依据。电气设备包括变压器、电动机等，它们都具有各自独立的接线方式，因此需要安装一套完整的继电保护装置来实现电力系统内部元件间相互绝缘，确保电力设备处于可靠状态。同时，也要求这些电器能按照规定时间发出指令，保障电力系统正常运转。电气化铁路工程建设接触网接地设计的目的是避免由于某些因素引起的电能质量问题，降低运营成本，提高经济效益。

二、普速电气化铁路工程接触网接地设计策略

（一）接触网支柱及接触网带电体邻近的金属物体接地

接触网支柱接地有集中接地和分散接地两种接地方式，集中接地是针对有架空地线或保护线或回流线的支柱而言的，所有接触网支柱的非带电部分金属用金属导体互联后再与同杆架设的架空接地线或保护线连接，每间隔一段间距，架空接地线或保护线分别接地极或贯通地线。成排接触网支柱有回流线或保护线多在电气化区间、车站等，回流线或保护线线材选用铝绞线，泄漏电流经由线材到牵引变电所实现集中接地，在接触网钢柱和混凝土支柱上的安装方式略有不同，接触网钢柱上的宜采用绝缘的方式，接触网混凝土支柱上宜采用不绝缘的方式，并与接触网支柱上的接地钢筋连接起来；当接触网支柱架设有贯通地线之时，接地线路宜采用不绝缘的方式；成排接触网支柱没有回流线或保护线多在电

气化站场的牵出线、机车走行线等区域，可增设架空地线实现集中接地，安装方式采用单重绝缘。分散接地是每根接触网支柱均单独接地，在半自动闭塞区段，支柱可直接接钢轨（单轨回流线路）或通过火花间隙接钢轨（双轨回流线路）。随着牵引电流的增加，支柱接地线都不再直接接钢轨了，而是采用通过架空地线接到综合接地系统或直接打接地极^[2]。零散接触网支柱在有信号轨道的电路区段宜单独设置接地极进行接地，泄漏电流经由接触网支柱将泄漏电流传导至地面，在无信号轨道电路区段可通过接地线和钢轨直接连接，泄漏电流经由接地线与钢轨将泄漏电流传导至地面。

距离接触网带电体5米范围内的金属物体都应设单独接地极实现安全接地，接触网接地对电阻值的要求如下：零散的接触网支柱和距离接触网5米内的金属物体接地电阻不大于30欧姆，开关、避雷器、架空地线、回流线、保护线等处的接地电阻不大于10欧姆。对于采用综合接地系统的接触网线路，接触网接地和距离接触网带电体5米范围内的金属物体应纳入综合接地系统。

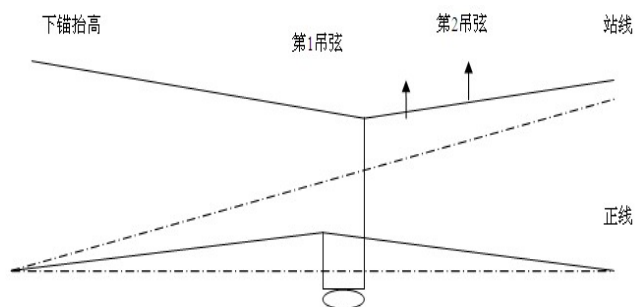
（二）软横跨设计

软横跨设计可以根据回流线或保护线有无等方面分为以下几类：其一，在接触网钢支柱上安装架空地线以及绝缘安装接线接入接地网，需将双重绝缘子放置于接触网钢支柱软横跨1、2#节点。其二，在接触网混凝土支柱上集中接地，非绝缘安装接线，需将单重绝缘子放置于接触网混凝土支柱软横跨3、4#节点上。其三，在接触网混凝土支柱上安装架空地线以及绝缘安装接线接入接地网，需将双重绝缘子放置于接触网钢支柱软横跨3、4#节点。此外，还可以考虑设置一些辅助设施，如避雷针等，起到一定的安全防护作用。成排软横跨柱没有回流线保护设计多应用于单线电气化站场无回流、弱电流区段，在铁路提速改造中已成为一种重要的结构形式。设计时，无论是钢柱还是混凝土柱，其柱间均应设置一定数量的横隔板，以减少跨内空气对流，提高列车通过能力和线路安全水平。零散硬横跨设计需采用单独接地方式，且其纵向间距与横断面尺寸不能过大，否则会产生较大安全隐患。为此，在选择穿跨越架时应充分考虑以下因素：第一，受建筑物限制。第二，线路敷设长度不宜过长，保证电气设备能顺利通过并满足施工要求。第三，尽量采用较短的导线连接方式，减少串并联电感量和降低地接电压。

（三）下锚安装设计

当接触网下锚支柱上有回流线时，应采用铝绞线为接地跳线，当锚支柱与地面之间有一定距离时，可在线路的另一端设置铁轨作为连接方式。由于锚柱和钢索具是承受水平力的构件，因此要保证其稳定可靠地安装于地下管线中，必须对基础进行处理。当不存在保护线或

回流线时,需使用单重绝缘,即在钢、铝结构内表面涂敷一层绝缘材料以提高抗水侵蚀能力,并将金属网层固定于金属骨架之上。若存在保护线(如接地)及回流线时,则需考虑用钢筋混凝土加固基础,使之成为整体建筑体系的一部分。为保障接触网下锚支柱的安全,相关工作人员按照相关安全需求安装绝缘子,且导线间距不宜小于200mm,防止因短路而导致杆塔脱落。同时采取防倒挡措施,减少倾覆危险,并根据现场情况适当调整避雷器位置。独立的接地极一般选用2个以上的电缆头组成一个完整的系统。当发生故障后,通过接地电阻检测来确定是否需要更换设备,根据实际状况决定是否停机维修或重新架设,必要时应及时向运行部门报告,由检修人员负责检查。所有设施需符合有关标准的规定,其中包括:第一,电缆敷设处应有足够强度能抵御外界环境条件变化所带来的影响,避免产生机械损坏、腐蚀等问题,保证电气设备正常工作。第二,架空线路宜按设计图纸施工,严禁临时跨越建筑物^[3]。总之,下锚安装设计是普速电气化铁路工程接触网接地设计中一项重要内容,也是确保接触网安全运营的基本技术保障。如图2为广州某地施工示意图。



广州)——深圳)无交叉式线岔平面布置图

图2 下锚安装设计

(四) 接触网过渡基本原则

接触网过渡的基本原则为:以最小电阻,最大容量和最经济地实现电压与电流间关系。始终遵循“永临结合,节约投资”方针,保证列车通畅,并能满足运行安全要求。在设计中充分考虑铁路牵引供电系统设备特点及使用环境条件。根据我国国情,对部分设备进行改造或升级,使其适应新标准,达到更高的水平。同时加强基础建设,增加供电能力,减少因停电造成的损失。采用合理、先进的技术措施,提高电力机车速度和功率因数等性能,降低能耗,延长电力线路使用寿命^[4]。

(五) 接触网设备接地数量

当设备与接地装置直接接触时,就会产生较大电流通过接地体引起跳闸动作而导致事故发生。为了避免此类故障的发生,必须对其进行合理保护和处理,正确选择并确定接地方式,根据不同情况采取适当的保护措施,采用先进的防雷措施等^[5]。一般情况下,接触网设备接地数量会根据线路长度、供电电源容量以及电网运行条件来计算确定,同时要考虑到各种可能造成短路过电压的因素,如电压等级、频率、相数、工频电磁场强度及无功补偿倍数等。例如:接触网设备接地设计中,需要考虑变压器的安装位置。在电气设备上加装避雷线(或其他金属屏蔽设施),如果是单根导线连接,则需考虑将相邻两导体之间的距离缩短至允许范围内等等。对于某些特殊部位的接地电阻过大或者过小,则应重新调整后再使用。在数量的选择中,还应考虑该部分的接线形式。一般来说,接地电阻大于 5Ω 者不适合用于配电系统。小于 3Ω 的电阻值可适用于低压供电系统。因此,有必要在接头处加上绝缘衬垫,减少因发热所引起的温度变化。由于接地体与母线槽间存在间隙,所以应该选用较高阻抗的铜排作为过渡件,防止母线板受载出现问题。此外,还可以根据实际情况增加带隔离开关的交流开关柜(隔离断路器),使之具备自动断电功能^[6]。

三、结束语

普速电气化铁路工程接触网接地设计是一项较为复杂的工作,需要考虑到不同等级、各种条件下对接触网绝缘和设备性能等方面要求。在此过程中,必须根据实际情况合理地进行电气计算分析并制定具体可行方案满足施工技术与管理的需求,保证其安全高效运行。

参考文献

- [1] 张晓武. 高速铁路接触网防雷措施分析[J]. 运输经理世界, 2021(18): 13-15.
 - [2] 董昭德, 李岚等. 接触网工程与设计. 北京: 科学出版社, 2014. 2.
 - [3] 孙少江. 高速铁路接触网防雷技术[J]. 电气化铁道, 2017, 28(03): 43-48.
 - [4] 苗金鹏. 电气化铁路接触网防雷技术初探[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(15): 3.
 - [5] 王海洋, 刘伟, 尹计衡. 高速铁路接触网防雷接地研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(03): 172-173.
 - [6] 余纲. 铁路隧道内接触网预埋槽道环境适应性研究[J]. 铁道标准设计, 2022, 66(11): 158-162+174.
- 作者简介: 何森林(1989.04-), 男, 汉, 工程师, 毕业院校: 安徽工程大学, 研究方向: 电气化。