

# 牵引变电所接地极施工新型工装的应用

王生旭, 张冬鑫, 霍红果, 庞沛赫

(中铁电气化局集团第一工程有限公司, 北京 100070)

**摘要:** 接地装置是铁路牵引供电系统的重要组成部分, 接地装置的施工质量及检修质量对铁路的安全运营起着至关重要的作用。针对垂直接地极施工工艺落后、施工效率低、检修定位困难等问题, 文章提出运用小型机械接地极钻孔装置, 同时应用北斗高精度定位系统, 改变施工工艺, 提高施工效率和查找定位效率。

**关键词:** 垂直接地极; 接地极钻孔装置; 北斗高精度定位

**中图分类号:** TV523

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-1064 (2022) 03-040-03

**DOI:** 10.12310/j.issn.1674-1064.2022.03.014

国内电气化铁路建设持续不断快速发展, 牵引供电系统作为整个电气化铁路的心脏, 其重要性不言而喻。随着铁路牵引负荷和短路电流不断增大, 以及自动化控制程度越来越高, 对牵引供电系统安全性和可靠性的要求也越来越高。保证其安全可靠的一个重要因素, 就是接地系统的可靠性。工作接地、保护接地、防雷接地等功能的实现, 均需通过牵引变电所接地系统实现。因此, 接地装置是维护牵引变电所安全可靠运行, 保障运行人员和电气设备安全的基础。

铁路牵引变电所的接地装置通常采用复合接地形式, 水平接地体一般采用150 mm<sup>2</sup>的铜绞线, 埋深为0.8 m; 垂直接地极一般采用长度为2.5 m的 $\Phi 20$  mm铜棒, 整体埋入地下后, 顶部与水平接地体热熔焊接, 垂直接地极的埋深达3.3 m (距 $\pm 0$  mm)<sup>[1]</sup>。垂直接地极直径20 mm, 铜棒质地较软, 传统的施工工艺易造成弯曲变形等现象, 且接地极无精确位置, 给检修造成诸多不便, 检修效率低。小型接地极钻孔装置的应用可以实现一次成孔、无损安装, 且能达到设计深

度, 并结合北斗高精度定测装置实现接地极精准定位, 进而提高施工及检修效率。

## 1 应用背景

铁路牵引变电所的垂直接地极施工一般在设备基础浇筑后进行, 设备基础错落分置在院内, 为了保证设备基础完好, 大型机械设备无法进入场地内进行钻孔施工。因此, 垂直接地极安装通常采用人工施工工艺。

传统的垂直接地极的施工方法一般有两种: 一种为人工使用大锤直接将2.5 m长的接地极夯入地下, 由于接地极质地较软, 在大锤敲击过程中极易由于力度掌握不当, 造成接地极弯曲使其结构损坏, 接地极埋深不能达到标准要求, 从而降低了接地系统的安全可靠性; 另一种为人工使用洛阳铲进行挖孔, 再将接地极直接埋入孔中并夯实, 此种方法虽然避免了接地极的损坏, 但施工效率低下, 增加了施工成本且影



图1 钻杆连接方式图

响施工进度。传统接地极位置的确认,只能根据设计图纸测量确定大概位置,由于定位不精准,查找费时费力,影响检修效率。

因此,为提高现场接地极施工机械化、专业化程度,针对实际需求,笔者自行研制了垂直接地极钻孔装置,应用效果良好。该装置体形小巧,能够穿梭于设备基础之间及水平接地极沟内,便捷易操作;该装置可快速一次成孔2.5 m深,使垂直接地极不需夯击即可满足埋深要求,不会对接地极造成损伤,采用机械作业,显著提升了施工效率。同时,该装置配备北斗高精度定位装置,在打孔安装接地极的同时精确定位坐标,并在每个接地极建立每个接地极的坐标数据库,便于运营单位后期维护<sup>[2]</sup>。

## 2 接地极钻孔装置

### 2.1 装置结构组成

接地极钻孔装置主要由可升降支架、钻孔发动机及钻杆、升降驱动装置以及北斗高精度定位装置组成。

### 2.2 升降支架

升降支架采用高强度型材,整体强度高且重量轻。上部移动支架和下部支架之间采用嵌套滑动连接,上部移动支架滑动上升至最高位置,支架整体高度可达到2.6 m,可以保证钻孔发动机及钻杆的活动范围不小于2.5 m。在非工作状态下,上部移动支架滑动下降至最低位置,上部移动支架和下部支架嵌套重合,整个装置的高度缩减一半,在搬运移动时整个装置非常方便,更适合场地狭窄的电缆沟内打孔作业。

### 2.3 钻孔发动机及钻杆

钻孔发动机采用技术成熟稳定、马力十足的发动机,不受外部临时电源限制。钻杆采用高强度结构钢,螺旋叶片环绕焊接在钻杆上,在旋转过程中将土带出孔外;连接部位采用卡槽式插接,该种连接方式不会产生由于旋转扭力造成的卡滞,拆卸方便,长度可进行灵活调节。钻杆连接方式如图1所示。

### 2.4 升降驱动装置

升降驱动装置由手动绞盘及钢丝绳组成。手动绞盘采用自锁式,手动绞盘上自带锁止装置,在手摇绞盘过程中,锁止装置可以自动锁住提升钻杆或下降钻杆,用以控制钻杆提升或下降的速度。在上部移动支架底端设置动滑轮一组,在提升过程中可以减轻手摇绞盘的力量。

### 2.5 北斗高精度定位装置

在牵引变电所的后期运营维护中,可能会出现检查接地网焊接点质量或增加接地引线等情况,传统的接地极位置确认只能根据图纸测量确定大概位置,影响检修效率。应用北斗高精度定位装置,可以准确定位钻孔的位置,形成一整套垂直接地极安装坐标数据,方便运营单位查找使用,提高检修效率。

定位装置测量如图2所示。



图2 定位装置测量

## 3 钻孔装置的使用方法

该装置需要两名工人配合操作使用,将钻孔装置推至钻孔位置,通过手摇绞盘提升上部移动支架至与钻孔深度一致的高度,进行钻杆连接。启动发动机,摇动绞盘以放松钢丝绳,发动机和上部移动支架通过自身重力和螺旋钻孔方式下降钻孔,在下钻的同时,钻杆的螺旋叶片同时将土旋出孔外。达到钻口深度后,摇动绞盘以牵引钢丝绳,提升发动机和上部移动支架。

## 4 施工工艺

### 4.1 施工流程

采用钻孔装置施工,工具体积小、重量轻,两人即可操作。该工具可以穿梭于基础之间或接地沟内,机械化钻孔,施工效率高,施工流程如图3所示。



图3 施工流程图

### 4.2 施工准备

按施工图纸要求确定变电所内接地体设置的位置及走向,用白灰粉作出明显标志。检查接地极规格与型号是否符合设计要求。检查安装前工作所需的工具及材料是否齐全,并及时运至施工现场。按照设计文件或施工图纸中的要求,定测水平接地网的路径以及垂直接地极的位置。根据定测位置开挖水平接地沟,开挖深度满足设计要求。技术交底已完成,并培训完成。

### 4.3 地网沟开挖

从变电所一侧平行向另一侧开挖接地网沟,并将弃土统一堆放在土沟一侧,以便接地体敷设。开挖深度应满足设计规定,通常开挖深度应比设计值深50 mm~100 mm,在遇有路面时深度不小于1 000 mm。与电缆交叉的地方,地网沟深度要在电缆沟施工深度以下300 mm。

### 4.4 测量定位

接地极位置根据牵引变电所接地平面布置图,应用北斗定

位置装置定测，并在已开挖完成的地网沟底做出相应标识，将位置坐标修改标识在竣工图纸上，便于运行后的检修查找。

#### 4.5 机械钻孔

根据定测的垂直接地极位置，将新型施工工装移至指定孔位处。将钻头对准定测标识钻孔，对准后在定位装置上读取坐标并记录。最后，将记录坐标修改标识在竣工图纸上，便于运行后的检修更换。操作新型施工工具打孔作业，操作时注意控制匀速打孔，防止过快，使孔内土不能及时旋出，不能成孔。打孔过程中，新型工具要稳固，不能倾斜，保证打孔垂直。

#### 4.6 接地极安装

将垂直接地极插入已钻好的孔内，并用橡胶锤砸几下，保证接地极底部与孔底接触紧密。

#### 4.7 地网焊接及回填夯实

采用原土回填垂直接地极与土壤间的缝隙，如果土壤电阻率较高，就采用降阻剂填缝。回填时分层回填，每300 mm夯实一次，采用专用工具套住垂直接地极锤击夯实，夯实填缝的专用工具如图4所示。

水平接地体和垂直接地极间的焊接采用热熔焊，焊接前应保证被焊接件无污物，模具内部无上次焊接的焊渣块或焊渣粉末；使用喷灯烘干被焊接件和模具，使其尽可能不含水分；模具的规格或形式，与被焊接地体的规格相互配合；点火操作时，现场1.5 m内，不得有无关人员停留；现场1 m~2 m范围内，不得有易燃物品摆放。

放热焊剂反应结束后，任何人不得直接接触模具和被模具件，待模具和被焊接件自然冷却10 s~20 s，将模具从被焊物品中剥离开。焊接后检查熔接头包裹是否严密，表面是否光滑且无贯穿性气孔；否则，应重新焊接。

### 5 应用效果

接地极钻孔装置在多条铁路牵引变电所、分区所内的垂直接地施工中应用，从使用情况来看，使用该装置进行钻孔作业，质量稳定可靠，操作简单安全，钻孔深度满足设计要求。相比传统的人工垂直接地极施工方法，垂直接地极施工效率明显提升，在安装过程中未发生铜棒弯折、损坏等情况，垂直接地极安装一次合格率达到100%。



图4 接地极钻孔装置

现场分别采用人工大锤敲入法、人工洛阳铲挖孔和机械钻孔装置三种方式施工，笔者统计了三种施工方式的平均施工时间、安装时垂直接地极损伤情况，结果如表1所示。

表1 三种施工方式统计结果表

施工方法	平均施工时间 (min/根)	垂直接地极损伤率 (%)
人工大锤敲入法	4 min 12 s	25%
洛阳铲挖孔夯实法	15 min 17 s	0%
机械钻孔夯实法	3 min 35 s	0%

根据统计数据可以看出，采用接地极钻孔装置的施工方式，在施工时间和垂直接地极安装后的完好程度上，效果明显优于传统方式。使用该装置，有助于提高施工工艺质量和施工效率。

对已安装完成的垂直接地极进行查找测试，随机选择几个垂直接地极进行查找。使用北斗定位装置根据坐标数据定位以及根据图纸相对位置开挖两种方式查找，挖到垂直接地极时的开挖面积如表2所示。

表2 垂直接地极的开挖面积

查找方式	平均开挖面积/m <sup>2</sup>
坐标定位查找	0.04
图纸相对位置查找	1.23

笔者查找接地极位置时发现，采用北斗定位坐标的方式查找，可准确找到接地极；采用图纸相对位置查找，需要大面积开挖，方可找到接地极。经检验，采用北斗定位技术施工，定位坐标准确，可显著提高检修查找效率。

### 6 结语

新型钻孔机械工装在京原、集通等铁路牵引变电所、分区所内应用，从使用效果来看，该工装可以在绝大多数的土质中钻孔，质量稳定可靠，操作简单安全，钻孔深度满足设计要求。相比传统的接地极施工方法，该方法施工效率明显提升，在安装过程中未发生铜棒弯折、损坏等情况，垂直接地极安装一次合格率达到100%。北斗高精度定位装置的运用，形成了每个点位的精确坐标，为后期的运营检修查找提供了精准定位数据，明显提高了检修效率。该工装可在变电所接地极施工中广泛应用。

### 参考文献

- [1] 任永杰.一种垂直接地极专用装置的研究[J].供用电,2016,33(1):76-79.
- [2] 冯素园.浅谈北斗导航卫星定位系统现状、发展及应用[J].通讯世界,2016(9):227.