

「防雷」

露天高空作业起重机的防雷与漏电保护

文/河南省特种设备安全检测研究院安阳分院 翟霄楠 张红坤 王 晨

对露天高空作业起重机在防雷与漏电保护方面的相关标准进行了介绍，并简述了常用的供电系统，根据露天高空作业起重机的应用环境和使用要求，选择了较为合理的供电系统和防雷及漏电保护方法。

起重机械是用以从事起重和搬运物品的重要设备，现已成为现代化工业生产、交通运输和基本建设等方面不可缺少的设备，露天作业起重机特别是塔式起重机在工业生产和基础建设等方面发挥着不可替代的作用。

在建筑工地及市政施工区域，塔式起重机的应用高度及结构决定了在雷雨天气中，塔式起重机需要较好的防雷和漏电防护措施，以避免发生事故，造成不必要的生命和财产损失。塔式起重机如图1所示。



图1 塔式起重机

某事故中，一台在用的施工塔式起重机的起重臂在夜间遭遇雷击，导致起重臂折断（如图2所

示）。事故虽未造成人员伤亡，但也暴露了该工程项目的防雷与接地保护工作的不足。



图2 某事故中雷击造成起重臂折断

在建筑工地及市政施工区域内常见的起重机多是露天高空作业，环境条件恶劣，起重机械的金属结构和工作机构的主要受力部件会受到频繁地拉伸、压缩和弯曲等作用，这种交变载荷也称为疲劳载荷。

尤其是对于塔式起重机、施工升降机等高空露天作业的起重设备，受风吹、日晒和雨淋等气候和气象条件的影响尤为严重。其金属结构的各弦杆、拉杆和撑杆等部件，由于运输、拆装和存放等过程中操作不当，也容易产生塑性变形；

其旋转部分和运动装置,由于磨损会导致有效受力截面的减小;其金属结构部分随着使用年限的增加以及外部环境的影响,腐蚀程度也会与日俱增。金属结构和各工作机构的疲劳程度、变形、磨损程度和腐蚀程度,均严重影响起重机械的安全技术性能,尤其是对起重机械漏电防护性能以及防雷性能影响较大。

相关标准

塔式起重机是一种机电类设备,有较高的漏电防护要求,同时在防雷方面要求也较高,需要进行良好的防雷防护。

GB 6067.1—2010《起重机安全规程》第8.8.7~8.8.8条要求,对于安装在野外且相对于周围地面处在较高位置的起重机,应考虑避免雷击对其高位部件和人员造成损坏和伤害,特别是如下情况:易遭雷击的结构件(例如:臂架的支承缆索);连接大部件之间的滚动轴承和车轮(例如:支承回转大轴承,运行车轮轴承);为保证人身安全起重机运行轨道应可靠接地。对于保护接零系统,起重机械的重复接地或防雷接地的接地电阻不应大于 $10\ \Omega$ 。对于保护接地系统的接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ 。

在机电系统中尤其是起重机械机电系统中,漏电是一种最常见的危险。如何防止触电,保护人身、设备安全完好,始终是一个重要的问题。塔式起重机作为建筑施工中的常用机械,由于其工作环境较为恶劣,长期的日晒雨淋可能导致电气设备绝缘的失效而发生漏电,因此起重机保护接地显得尤为重要。GB 5144—2012《塔式起重机安全规程》第8.1.3条规定,起重机的金属结构、轨道及所有电气设备的金属外壳等均须可靠接地。

常用供电系统

国际电工委员会(IEC)对常用的供电系统作了统一规定,称为TT系统、TN系统、IT系统。其中TN系统又分为TN-C、TN-S、TN-C-S系统。根据IEC规定的各种保护方式、术语概念,低压配电系统按接地方式的不同分为三类,即TT、TN和IT系统。

(1) TT系统

TT是指将电气设备的金属外壳直接接地的保护系统,称为保护接地系统,也称TT系统。第一

个T表示电力系统中性点直接接地;第二个T表示负载设备外露不与带电体相接的金属导电部分与大地直接联接。在TT系统中负载的所有接地均称为保护接地。这种供电系统的特点如下。

1) 当电气设备的金属外壳带电(相线碰壳或设备绝缘损坏而漏电)时,由于有接地保护,可以大大减少触电的危险性。

2) 当漏电电流比较小时,即使有熔断器也不一定能熔断,所以还需要断路器作保护。

(2) TN系统

这种供电系统是将电气设备的金属外壳与专用保护零线相接的保护系统,称作接零保护系统,用TN表示。它的特点是一旦设备出现外壳带电,接零保护系统能将漏电电流上升为短路电流,这个电流很大,是TT系统的数倍,电流脱扣装置会迅速动作而切断电源,使故障设备断电,从而保护人员不受伤害,比较安全。TN系统根据其保护零线是否与工作零线分开而划分为TN-C和TN-S两种。

IT系统由于起重机械使用较少,本文不涉及IT系统,在此不赘述。

供电系统选用

常见的露天高空作业起重机主要有塔式起重机(简称塔机),由于塔机作业高度较高,常见的可达到 150 m 甚至更高,需要在达到一定高度的塔身上设置相应的防雷措施,同时由于存在地电位反击的情况,这就存在一定的问题,就是如果塔机采用TN系统来进行漏电防护的话,由于塔机本体均为金属结构,设备上的保护线(PE或PEN)与塔机本体是完全相通的,与同一场地其他用电设备不能做到很好的等电位联接,在受到雷电击的情况时,由于地电位反击,将会直接由于雷电反击将雷电反击电压引入到保护线(PE或PEN)上,由于雷电流高达数十甚至数百千安,将在保护线上产生数千伏至数万伏的电压,将对联接保护线的设备以及接触这些设备的人员产生巨大的危害,事实上扩大了雷击的危险范围,如图3所示。

针对雷电反击引入保护线(PE或PEN)产生雷电反击电压的情况,提出以下几种解决办法。

1) 在塔机上独立设置防雷接闪体以及接雷引下线,并严格与塔机本体绝缘,同时设置防雷接地网,接地电阻要小于 $4\ \Omega$ 。

(下转第92页)

如图7所示。6个铝屏蔽件在工厂按照尺寸定制加工，在现场固定好之后对各屏蔽件的连接处缝隙全部用铝满焊；同时要求所有铝屏蔽件周围墙板一圈的钢筋不能形成闭合回路，因此墙板的钢筋与钢筋之间采用塑料绝缘卡隔开，采用塑料扎带绑扎，严禁采用金属丝绑扎，以确保该区域内钢筋不能形成闭合回路。

隔振器释放、调整

弹簧隔振器一定要在发电机组安装就位后进行释放，弹簧隔振器释放即解除预压缩锁定螺栓，使弹簧隔振器自由受力。弹簧隔振器的释放由1个小的液压系统完成，这个液压系统包括1个液压泵和2个液压千斤顶，液压千斤顶的型号和尺寸按弹簧隔振器的型号确定。在释放预压缩的弹簧隔振器之前，要重新测量一遍所有基准点处的高度并记录，这些记录是后期发电机组调整、找正的基础。

在每个隔振器的覆盖钢板和支柱钢板上各设1个测量基准点，上下两点应在同一铅垂线上。用千分尺在此基点上测量隔振器上下接触面的距

离，在结合原设计压缩值的基础上，计算出每个隔振器应调整的数值。用支撑在隔振器弹簧上钢板的电动液压千斤顶将基础台板微微顶起，使基础台板与弹簧隔振器之间形成间隙，按照计算好的调整数值加、减调整钢板实现抬高或者降低基础台板的标高。在发电机组确认已经对中、找平并连接以后，所有基准点处弹簧隔振器的高度都要重新测量一遍并作记录。弹簧隔振器内部的弹簧高度也要测量并作记录并放入安装记录中。最后，要检查所有预压缩螺母必须松开30 mm以上。

结束语

弹簧隔振技术有着诸多优势，汽轮发电机弹性基础在国内也得到越来越广泛的应用，国家电网公司（常州）电气设备检测中心二期大容量试验站工程项目是国内首次将冲击发电机基座采用弹簧基础设计。本文介绍了冲击发电机弹性基础施工的整个过程，希望可以为今后类似工程的施工提供参考。EA

（收稿日期：2017.05.27）

（编辑：刘群彦）

（上接第87页）

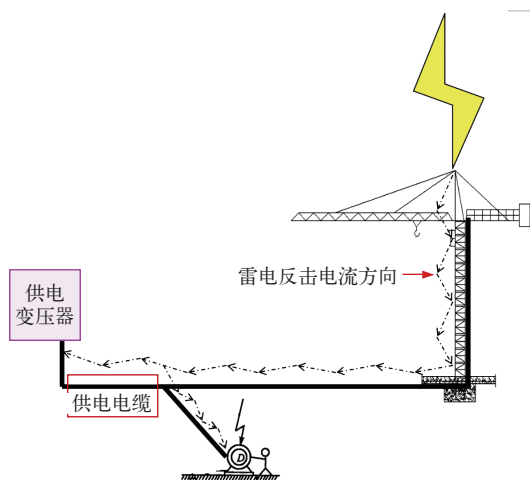


图3 雷电反击电流示意

经分析，对于第一种方法，在塔机本体日常工作中，由于工作负荷大、作业范围大、塔臂360°旋转、作业环境恶劣，不容易设置与塔机本体严格绝缘的单独的防雷接闪体和防雷引下线；对于第二种方法，虽然能彻底解决防雷防护与漏电防护的问题，但是经济成本较大。

经过对比，认为第三种方法较为可行，但是需要注意以下几点。

- 1) 防雷接地体的接地电阻应限制在较低范围，尤其是在雷电高发区域。
- 2) 在雷电发生概率较高的天气状况下，如雷雨天气、多云天气，需停止塔机施工，并撤离现场人员，以避免事故发生。
- 3) 塔机供电不宜采用TN-C或TN-C-S系统，起重机轨道应与地线紧密相连，尤其是当起重机在作业高度较高、作业区域雷击概率较高的区域工作时。EA

（收稿日期：2017.03.01）

（编辑：刘群彦）

- 2) 在塔机工作的区域，做严格的防雷防护，如设置高于塔机的防雷网或者防雷塔以实现防雷。
- 3) 塔机采取TT系统并加装漏电保护器以实现漏电防护，塔机本体作为防雷接闪体和防雷接地的引下线，并和电力系统之间保持严格的绝缘。