

# Discussion on Grounding Technology of Electrical Equipment in Power System

Chengkang Zhao

Han-Steel Designing Institute Co., Ltd., Handan, Hebei, 056000, China

## Abstract

“Electrical equipment” is a general term for electric equipment such as electric motors, high and low voltage cabinets, distribution boxes, circuit breakers, and so on in power systems. The equipment is connected to the ground by means of grounding devices such as wires and cables to become “grounded”. Grounding of electrical equipment is sometimes a function requirement and sometimes a protection need. Therefore, it is very important for the normal operation of equipment and personal safety. This paper mainly discusses the technical contents of the grounding system, grounding type, grounding resistance and cross-sectional area of the grounding body related to the grounding of electrical equipment. The flue gas desulfurization and denitrification project is taken as an example for your reference.

## Keywords

electrical equipment; grounding system; grounding resistance

## 电力系统中电气设备接地技术的探讨

赵乘康

邯郸钢铁设计院有限公司, 中国·河北 邯郸 056000

## 摘要

“电气设备”是电力系统中电动机、高低压柜、配电箱、断路器等用电设备的总称,将设备用导线、电缆等接地装置与大地连接在一起成为“接地”。电气设备接地有时是功能需要,有时是保护需要。所以其对设备正常运行、人员人身安全来说十分重要。本文主要探讨了与电气设备接地相关的接地系统、接地类型、接地电阻、接地体截面积等技术内容,并以烟气脱硫脱硝项目为例加以说明,以供大家参考。

## 关键词

电气设备; 接地系统; 接地电阻

## 1 引言

伴随着经济日新月异的变化,涌现出了各种各样的新型电子设备。不只是日常生活中有了更新换代越来越快的电器设备,在工业领域的电气设备也是不断变化。值得注意的是,电气设备使用的可靠性和安全性显得尤为重要,其中接地的技术是保证人员与设备安全的重点。本文将针对工业项目的电气设备接地技术进行探讨,为了能更为具体的介绍接地技术,全文将以烟气脱硫脱硝项目为具体实例,以供同行人员参考。

## 2 接地系统

在介绍具体电气设备接地技术之前,有必要先介绍一下

工业电气接地系统的接地方式,因为所有电气设备的接地都是此接地系统的一部分。常见的接地系统分为以下三种:

### 2.1 TN-C 系统

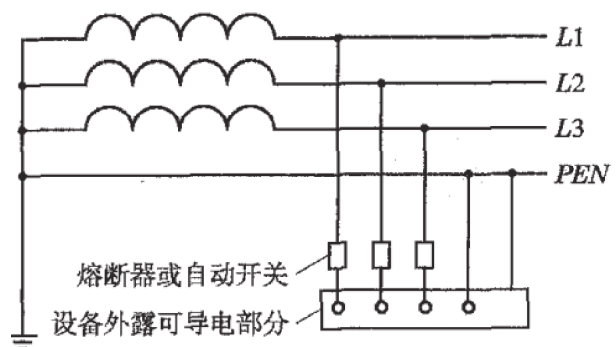


图1 TN-C 系统

TN-C 系统及三相四线制系统。其与其他接地系统的主要区别为,将 N (中性线)与 PE (保护接地线)合为一根线,被称为 PEN 线。其主要特点是接地故障电流较大,当出现故障电流时可以使保护装置迅速动作。但它也有其主要缺点,如果出现三相负荷不平衡的情况, PEN 线上的不平衡电流将使得与其连接的电气设备外壳上带有一定电压,有一定的危险性。所以它并不适合应用于精密电子设备。

此系统的接地故障保护动作特性满足下式要求:

$$Z_S I_a \leq U_0$$

式中:  $Z_S$  ——接地故障回路,  $\Omega$ ;  
 $I_a$  ——切断故障回路电流,  $A$ ;  
 $U_0$  ——相对地标称电压,  $V$ 。

## 2.2 TN-S 系统

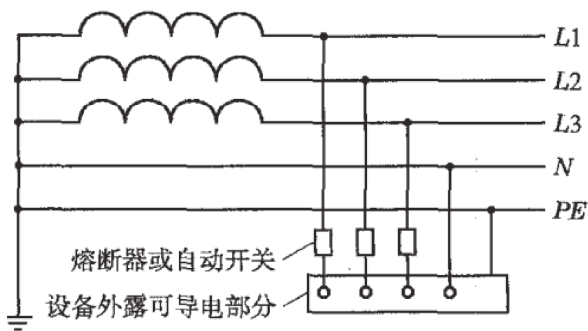


图2 TN-S 系统

TN-S 系统相对于 TN-C 系统来说,就是将 N (中性线)与 PE (保护接地线)分成两根线,也就是说它是五线制系统。由 TN-C 系统的缺点描述可以很明显的看出, TN-S 系统更为安全、可靠。

## 2.3 TN-C-S 系统

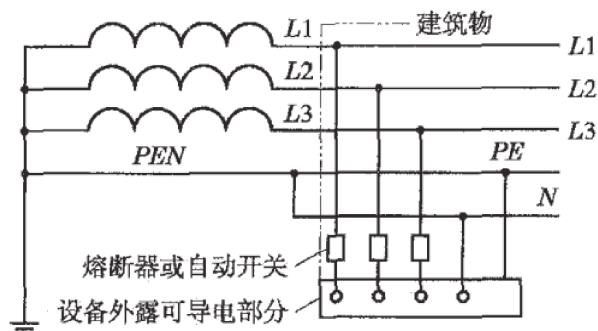


图3 TN-C-S 系统

简单来说, TN-C-S 系统就是由 TN-C 和 TN-S 系统组合而成。特点在于 N (中性线)与 PE (保护接地线)的分界处,一般是在系统末端将两线分开,电气设备的外露导电部分接到 PE 线上,完成接地保护。

针对烟气脱硫脱硝工程,这里采用 TN-C-S 的接地系统。除煤气管为二类防雷保护外,其他厂房均为三类防雷等级,需要防雷的各车间厂房一般装设避雷带,烟囱安装避雷针作接闪器。

## 3 电气设备类型

对于烟气脱硫脱硝项目来说,主要的电气设备包括,配电室内的高压开关柜 (KYN28-12), 低压开关柜 (GGD), PLC 控制柜, UPS 电源柜, 高压变频器柜, 变压器等等。

现场有高压电动机, 低压电动机, 动力配电箱, 现场控制箱, 照明配电箱, 检修电源箱, 仪表控制箱等等。

以上这些电气设备都需根据规范要求进行可靠、安全的接地, 以免发生人员触电、火灾等危害。

## 4 电气设备接地类型

### 4.1 工作接地

工作接地是一个基准电位, 它是为电路正常工作而提供的, 它的值一般是零, 可是一系统中一段或一点。其电位是不和大地连接的相对零电位, 其作用是保证电气设备的可靠运行。

### 4.2 保护接地

保护接地顾名思义是为了保护人员安全, 免遭触电危险的接地方式。其保护对象主要包括, 电气设备导电或绝缘损坏金属机壳外露造成的触电危险、机壳上电荷积累当静电放电时引起的人员触电或设备损坏、设备旁有强大的电场造成的人员伤害 (变压器防护栏的作用) 等。

### 4.3 重复接地

总体来说是需将零线与地重新接地的过程。例如, 当低压配电系统中中性线产生故障后, 电气设备会有造成电击损坏的危险<sup>[1]</sup>。此时在接地系统中, 需要对配电系统中中性线进行重复接地, 这样才能保证用电设备的安全。

### 4.4 屏蔽接地

其主要目的是防止电气设备收到电磁信号的干扰。所以

其主要应用在仪控设备的接地中,比如计算机监视系统、阀门控制系统、PLC控制柜、远程通信系统等,提高系统精准度,防干扰,得到稳定电位<sup>[2]</sup>。

针对烟气脱硫脱硝项目,接地采用TN—C—S接地系统。PLC系统按规程及计算机设备的要求设计。如没有特别说明,其阻值不大于4Ω。

防雷接地、工作接地、保护接地,无法形成独立接地网,则构成一个统一的接地系统,接地电阻阻值取其最小值,且不大于1Ω。

## 5 接地电阻

中国电力行业标准规定,接地装置的接地电阻 $R < 2000/I$ ,接地电位被限制不能大于2000V。接地电阻包含两个内容,一个是金属接地体电阻,一个是大地接地电阻。大地接地电阻相对金属接地体电阻来说很大,因它是主要电阻来源,而它又主要是由土壤电阻率决定的,但对于中国现实土壤情况来说,达到这个标准很难,所以当计算用的流经接地装置的接地短路电流大于4000A时,采用 $R \leq 0.5\Omega$ <sup>[3]</sup>。

土壤电阻率随着季节变化而变化,所以接地系统要考虑季节因素,接地电阻最大许可值为下式所示<sup>[4]</sup>:

$$R = R_{\max} / \omega$$

其中: $R_{\max}$ ——接地电阻最大值;

$\omega$ ——季节因素,根据区域和工程性质取值,常用值为1.45。

例如  $R = 6.9\Omega$ ,  $R_{\max} = 10\Omega$ 。  $R = 2.75\Omega$ ,  $R_{\max} = 4\Omega$ 。

所以,只有达到上述电阻值,接地系统才是符合相应规范要求要求的。

当然我们也可以通过施工方法来降低接地电阻值,主要方法有:

(1) 可以在接地体附近加入食盐、石灰、木炭等,用以提高周围土壤的导电性。

(2) 将接地极埋入地下更深处。根据一般情况,土壤电阻系数在3m深处为100%,4m深处为75%,5m深处为60%,6.5m深处为50%,9m深处为20%,更深处有水等介质时,电阻将会更小。

(3) 在接地极周围填充接地电阻降阻剂。一方面可以使

得接地极与土壤紧密接触,另一方面,其本身就能降低电阻率。

## 6 接地导体横截面积

热稳定性是电气接地的导体截面选择的主要依据,当母线单相接地发生短路时,接地导体的电流达到最大值。其计算公式为:

$$I = (I_{\max} - I_Z)(1 - K_{ff})$$

其中: $I$ ——入地电流, A;

$I_{\max}$ ——接地短路时最大接地短路电流, A;

$I_Z$ ——发生最大接地短路电流时,中性点接地线最大接地电流, A;

$K_{ff}$ ——避雷线工频分流系数。

$$S \geq \frac{I_F}{C} \sqrt{t_j}$$

其中: $S$ ——接地线最小截面积, mm<sup>2</sup>;

$I_F$ ——短路电流稳定值, A;

$C$ ——接地线材料稳定系数;

$t_j$ ——短路等效持续时间, S。

其中 $C$ 根据不同种类和性能材料而变化。例如钢材 $C$ 为65,  $I_F$ 为50000A,  $t_j$ 为0.355时,最小截面积 $S$ 将大于等于455 mm<sup>2</sup>。

由于接地系统中存在自然腐蚀现象,接地体最小面积计算公式为:

$$S_{\min} = S(1 + a)^n$$

其中: $S$ ——热稳定要求最小截面积, mm<sup>2</sup>;

$a$ ——接地材料自然腐蚀率;

$n$ ——接地系统使用年限。

查找相关材料,铜材年自然腐蚀率为0.2%,普通钢为2.2%,镀锌钢为0.5%。例如选择镀锌钢材,使用年限为50年的情况下,接地体最小截面积为不小于642 mm<sup>2</sup>。

针对烟气脱硫脱硝项目中所有电气设备的绝缘均按照国家标准选择确定。全项目过电压保护按《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》、全项目接地按《交流电气装置的接地》的有关要求进行设计。按照有关规范设置相应的电缆防火、消防系统以及防雷接地系统。接地极导体采用φ50镀锌钢管,接地网导体采用镀锌扁钢,室外及地下采用60×6的热镀锌

扁钢,室内采用 $-40 \times 4$ 热镀锌扁钢。

## 7 电气设备接地优化

### 7.1 提升施工技术人员的技术水平

电气设备接地施工相对来说是一个隐蔽工程,大多数问题并不能直接看到。例如接地极埋深在地下,设备接地线是否虚接等不容易被发现,但一旦通电后,甚至是发生雷击时,如果有漏接、虚接现象,工作人员的安全将无法保证。因此需要加强对于施工人员相关知识和技能的培训,只有真正了解接地技术,才能充分了解其危害,有了敬畏之心,施工质量就会更有保证。

### 7.2 充分利用新型科技

电气设备的智能监测越来越发达,比如主要接地点温度监测,高低压柜的温升实验,这些监测和实验数值都可以用来做大数据分析。用来预防安全事故的发生,也可以用于新方法的实验。

### 7.3 定期对接地设备进行检查维护

定期对电力设备接地装置进行检查维护<sup>[5]</sup>,并根据电气设备性质和重要性的不同区别对待。例如,变电所内的接地设备可以每年检查一次,防雷设备在雨季要格外检查,现场重要设备需每月检查,而对于接地系统的接地电阻可以每年或两年检查一次。检查主要查看连接部位是否完好,不能有

损伤、虚接甚至断裂等情况。

## 8 结语

本文首先对接地系统进行了简单介绍,为的是让大家从系统层面了解接地的方式都有哪些。接着介绍了接地的类型,方便大家理解接地的意义。通过烟气脱硫脱硝项目,直观告诉大家电气设备都有哪些。接地电阻的计算帮助大家进行接地体截面积的选择。最后科学合理的接地施工保证电气设备的可靠接地。系统性的介绍希望能对大家对于电气系统中电气设备接地有更多的了解。

## 参考文献

- [1] 杜婕. 电气设备接地在电力系统中的应用[J]. 中外企业家, 20014(24):84-85.
- [2] 唐继华. 关于建筑电气接地的相关问题思考[J]. 中央空调市场, 2014(10):76-78
- [3] 施粤桦. 小议变电站电气接地技术[J]. 沿海企业与科技, 2011(01):99-100.
- [4] 张文芳,唐龙梅,张向辉. 电气设备接地装置的问题及解决措施[J]. 科技创新导报, 2012(22):94.
- [5] 刁晓军,曹靖. 电力系统和电气设备的接地问题及处理措施[J]. 科技传播, 2012(21):61-63.