

# 降低高土壤电阻率变电站接地电阻的研究

赵杰

深圳供电规划设计院有限公司 广东 深圳 518000

**摘要:** 在高土壤电阻率地区, 变电站接地电阻过大是一个普遍存在的问题, 会对设备和人身安全造成潜在的危害。为了解决这个问题, 本文研究了一种降低高土壤电阻率变电站接地电阻的方法, 通过增加接地极的数量和长度, 采用降阻剂和改善地质条件等措施, 有效地降低了接地电阻, 提高了变电站的安全性能。

**关键词:** 土壤电阻率; 变电站; 接地电阻

## 1 高土壤电阻率地区变电站接地电阻过大的危害分析

在高土壤电阻率地区, 变电站接地电阻过大会带来多种危害。首先, 高接地电阻会影响到变电站的操作和安全。当接地电阻过大时, 会导致接地系统的电位升高, 增加接地系统与地面的电压差, 存在着触电的风险, 对工作人员的生命安全构成威胁。此外, 接地电阻过大还会引起设备的过电压和电气设施的故障率提高, 进而影响到供电系统的正常运行。其次, 高土壤电阻率地区变电站接地电阻过大还会影响到电流的分布和接地保护的效果。自然界中的地电流将通过地面分布到各个接地设施中, 若接地电阻过大, 则会使得地电流的分布不均匀, 导致部分设备的地电位上升, 从而对设备的绝缘性能产生破坏, 引发接地保护的失效。此外, 高接地电阻会使得地下敷设的金属管道等设施与电气接地系统之间的易引发电化学腐蚀, 导致管道的损坏和泄漏, 给环境和人身安全带来潜在威胁<sup>[1]</sup>。高土壤电阻率地区变电站接地电阻过大的危害包括了安全隐患、设备故障率提高、接地保护失效以及金属管道腐蚀等方面。因此, 必须采取措施降低变电站接地电阻, 确保供电系统的安全稳定运行。

## 2 高土壤电阻率对变电站接地电阻的影响分析

### 2.1 高土壤电阻率的成因

高土壤电阻率对变电站接地电阻的影响主要体现在接地系统的导电性能变差, 从而导致接地电阻值较高, 影响接地系统的正常运行。土壤电阻率的高低与土壤中的电荷数目、导电性和含水量等相关因素有关。常用的土壤电阻率测量单位为欧姆·米。高土壤电阻率的成因主要包括以下几个方面: (1) 土壤干燥: 干燥的土壤会导致土壤中的含水量变少, 从而降低土壤的电导率, 导致土壤电阻率增加, 导致接地电阻增大。(2) 土壤类型: 不同类型的土壤具有不同的导电性能。例如, 在粘土、砂土和壤土等土壤中, 粘土具有较好的导电性能, 而砂

土和壤土则导电性能差。(3) 电解质含量: 土壤的电解质含量越高, 电导率也就越高, 土壤电阻率也就越低。

(4) 地下水埋深: 地下水埋深越深, 土壤中的含水量越低, 土壤电阻率也就越高<sup>[2]</sup>。

### 2.2 高土壤电阻率对接地电阻的影响

高土壤电阻率是导致接地电阻过大的主要原因之一, 对接地电阻的影响主要表现在以下几个方面: (1) 增加接地电阻值: 高土壤电阻率会导致接地系统的导电能力减弱, 降低电流通过的效率, 从而导致接地电阻值增加。当接地电阻过大时, 会对接地保护、电磁兼容等方面造成影响。(2) 影响电气设备的耐受电压水平: 由于接地电阻增大, 使得接地电位升高, 导致变电站系统的耐受电压水平下降, 这会进一步导致设备的故障率增加, 对设备的使用寿命产生较大影响。(3) 增加故障电压: 当接地电阻过大时, 对于电力设备发生故障时, 会产生更大的故障电压, 进而导致故障扩大, 对电力设备的安全性和稳定性造成影响。高土壤电阻率对接地电阻产生着不可忽视的影响。对于高土壤电阻率地区的变电站而言, 需要采取一系列措施降低接地电阻值, 从而提高接地系统的安全性和电气设备的稳定性<sup>[3]</sup>。

## 3 分析高土壤电阻率的原因

### 3.1 土壤类型对电阻率的影响

高土壤电阻率是导致接地电阻过大的主要原因之一, 需要从多个角度来分析其成因。土壤类型是影响土壤电阻率的重要因素之一。土壤类型是指土壤的组成和结构特征, 主要有沙质土、壤质土、粘质土等。不同类型的土壤在导电性能上存在较大差异。沙质土的颗粒间隙较大, 电阻率高, 具有较差的导电性能; 壤质土的质地细腻, 水分含量较高, 在干燥条件下电阻率较高, 但在潮湿条件下导电性能较好; 粘质土性质附着性强, 颗粒之间粘结紧密, 电阻率较小, 制造典型的水分势阶段曲线, 所以导电性能也比较好<sup>[4]</sup>。土壤电阻率还受一些

其他因素的影响,如土壤中的含水量、电解质含量、温度等。当土壤中的含水量较少时,土壤的导电性能会下降,电阻率会变大;相反,当土壤中的含水量较高时,土壤中离子的运动能力增加,土壤的电导率提高。

### 3.2 土壤水分对电阻率的影响

高土壤电阻率的原因很多,其中土壤的水分含量是一个重要的因素。土壤中的水分对电导率有很大的影响,其含水量越高,电导率也就越高,电阻率也就越低。下面将就土壤水分对电阻率的影响进行分析。当土壤含水量较低时,土壤中电导离子较少,离子扩散受到限制,电阻率比较高,土壤电阻值较大。土壤水分含量是土壤电阻率的一个重要影响因素。而土壤含水量较高时,土壤中流动的电荷载流子数量增多,电导离子的扩散受到的限制减小,电导率增加,电阻率降低,土壤电阻值减小。土壤中的含水量还会影响土壤的导电性能,进而影响接地电阻的大小,在土壤较干燥或含水量不足时,接地电阻可能会增大;反之,土壤含水量较高时,接地电阻值较小,不会对接地系统的工作造成影响<sup>[5]</sup>。

### 3.3 土壤温度对电阻率的影响

土壤温度也是导致土壤电阻率发生变化的一个重要因素。一般情况下,土壤温度越高,土壤中水分的流动性越好,离子扩散速度越快,电阻率也就越低。当土壤温度升高时,土壤中离子和水分的扩散能力增强,离子在土壤中的迁移速度会加快,电导率也会因此增加,地电阻值相应地下降。相反,土壤温度降低时,离子的运动会受到限制,电阻率也就随之升高。除了对土壤本身的热效应之外,土壤温度也与周围环境、气候等因素有关,例如温度升高,土壤中的水分蒸发得快,导致含水量下降,从而增加土壤的电阻率;相反,温度降低则促进了土壤中水分的凝聚,导体对应距离缩小,使离子电荷之间的作用力减小,导电的效率减弱,所以会使土壤的电阻率增加。

### 3.4 其他因素对电阻率的影响

除了土壤的水分含量和温度外,还有其他因素也会影响土壤的电阻率。比如土壤中电解质的含量,电解质浓度越高,其离子化越充分,导电性会明显变好。相反,如果电解质含量较少,土壤中离子数量较少,电阻率则会明显增加。土壤类型也会影响土壤电阻率。不同类型的土壤在导电性能上存在着巨大的差异,例如壤质土的电阻率较高,而粘质土的电阻率较低,所以选择合适的土壤类型也是需要考虑的一个重要因素。还有一些其他因素,如土壤中的生物体、有机物含量、微生物等,都会对土壤的电阻率产生一定的影响。不过这些影

响较小,只有在土壤中存在大量的生物体、有机物等时才会有所体现<sup>[1]</sup>。

## 4 降低高土壤电阻率变电站接地电阻的方法和措施

### 4.1 地网补偿技术

在变电站接地系统构建中,为了降低高土壤电阻率所带来的影响,需要采取一些方法和措施来降低接地电阻,保证工作的安全和可靠性。一种常见的方法是增加接地体积,即增加接地极的数量或面积。这样可以增大接地系统的接地面积,减少接地电阻;并使接地电流得到良好的分布,降低接地网的等效电阻。同时,也可使用压接式接地电缆、接地母线等导电性能较好的接地材料,以达到减少接地电阻的目的。另外,还可采用地网补偿技术,即在变电站接地系统中,采用直接耦合地网和接地体的方式,通过改变接地体的数量和分布,使接地电阻保持在最佳状态。这种技术的优点是环保、无污染,且具有卓越的接地效果,可大幅度降低接地阻抗。此外还可以加装接地网补偿装置和接地降阻材料,并结合接地工艺,对土地进行改造和改良,以降低土壤电阻率,提高接地系统的性能和可靠性。降低高土壤电阻率变电站接地电阻需要采取一系列有效的措施和技术手段。在实际应用过程中,根据不同的环境和要求,选择合适的方法和措施,不断完善和改进接地系统,以确保接地系统的性能和可靠性,保障电力系统的正常运行<sup>[2]</sup>。

### 4.2 土壤改良技术

除了常见的增加接地极数量和接地母线面积、采用地网补偿技术等方法外,还可以采用土壤改良技术来降低高土壤电阻率变电站接地电阻。土壤改良技术的核心思路是通过在土壤中加入一定量的导电物质和化学物质,来提高土壤的导电性能和水分含量。这种方法不仅能降低接地电阻,而且还能改善土壤的物理和化学特性,增加生物活性等优点。常用的土壤改良技术主要包括以下几种方法:首先是土壤电导上测法,在高电阻率区域添加速效导电剂,如NaCl、KCl等,有效改善土壤的导电性能;其次是化学改良法,通过硫酸铜等化学品与土壤中的成分反应,可使土壤中的矿物质发生变化,从而提高导电性能;此外,还可以采用机械改良法,通过打孔、夯实、翻耕等方式改变土壤结构,增大土壤微孔和孔隙率,提高土壤的导电性能,降低接地电阻<sup>[3]</sup>。采用土壤改良技术是一种有效的降低高土壤电阻率变电站接地电阻的方法。尤其在有限的土地资源和环保要求越来越高的情况下,采用土壤改良技术可以最大程度地保护环境、降低土壤污染,同时还能提高接地系统的性能和可靠性,是一种值得推广的技术手段。

#### 4.3 接地电极合理配置技术

为了降低高土壤电阻率变电站接地电阻,除了增加接地极数量和接地母线面积、采用地网补偿技术、土壤改良技术等常用方法外,还可以采用接地电极合理配置技术。接地电极合理配置技术是指通过合理设计和配置接地电极,确保接地系统中的接地电极不会互相干扰,同时能够充分利用土地资源,最大限度地降低接地电阻。典型的接地电极包括接地柱、接地网和接地杆等,这些接地电极的数量、分布、深度、形状和距离等都会影响接地电阻的大小。

在接地电极合理配置技术中,从以下几个方面入手:首先,合理确定接地电极的数量和布置位置。尽管一个接地柱的效果非常好,但是在一些情况下,需要根据具体需要来设计多个接地柱来达到更好的效果。在接地电极的布置位置方面,可以进行一些模拟和计算来确定最优的位置,以达到减少接地电阻的目的。其次,要合理控制接地电极之间的距离和深度。这涉及到地质和土层结构的因素,不同的地层和地质条件会影响接地柱的深度和要分布的数量。在平面上布置多个接地柱,会出现互相影响的情况,需要根据特定条件间距来设计。最后,要综合考虑土质、地温、地湿等因素,如何更好地配置地网。在不同的地质和土壤条件下,可以采取不同的接地电极方式,如水平接地板、L型接地板、周边式接地底座,能够有效降低接地电阻。

#### 4.4 地理深度优化设计

降低高土壤电阻率变电站接地电阻的方法和措施之一是进行地理深度优化设计。接地系统的电阻与接地电极所处的位置和深度有很大的关系。因此,通过适当调整接地电极的深度,可以有效降低接地电阻,提高接地系统的性能和可靠性。在进行地理深度优化设计时,需要考虑以下几个方面:首先,考虑土质的导电特性。不同的土壤类型和质地对接地系统的电阻影响较大,需要根据深度选择合适的土层<sup>[4]</sup>。通常,对于硬质土层或含有石块的地层,需要深埋接地电极,以增加与土壤的接

触面积,降低接地电阻;而对于泥质或砂质土壤,则可以适当缩小接地电极的深度,减少成本和施工难度。其次,考虑潮湿程度。电阻值对潮湿程度的依赖性很高,较潮湿的土壤中,电阻值通常较低。因此,在潮湿的地区,为了使接地系统电阻更低,可以适当降低接地电极的深度进行设计。最后,需要考虑地形和土地利用。在山区或水土流失严重的地区,采用较深的接地电极可能会导致土地失稳和坍塌,因此需要根据地形和土壤条件进行深度选择。而在城市和经济发达地区,土地利用率高,需要在满足接地系统设计要求的条件下,尽可能缩小接地电极的深度,以充分利用土地资源。

#### 结束语

高土壤电阻率是变电站接地电阻较高的一个主要原因,其会对接地系统的性能和可靠性产生负面影响。因此,降低高土壤电阻率变电站接地电阻,是接地系统设计中需要解决的重要问题。本文综述常用的降低高土壤电阻率变电站接地电阻的方法和措施。通过分析这些方法和措施的优缺点,可以优化接地系统的设计和施工,从而提高接地系统的性能和可靠性。未来的研究方向和重点,包括进一步优化接地电极材料和开展接地电极形状优化设计,并利用数学模型和计算机模拟等手段,进一步提高接地系统的性能和可靠性。

#### 参考文献

- [1]张建伟,王贤金,赵敏娟,等.地网补偿技术在变电站中的应用研究[J].电子计算技术与应用,2019,55(5):88-92.
- [2]张爽,吴莉,郑水琴,等.增加接地极数量降低变电站接地电阻的研究[J].无线电通信技术,2018,44(3):128-131.
- [3]张海良,肖禹,杨柳,等.土壤改良技术对变电站接地电阻的影响研究[J].华北电力技术,2017,(3):34-36.
- [4]李佳,李延东,宋晓俊,等.接地电极深度对变电站接地电阻影响的研究[J].电缆工程,2019,(2):98-101.
- [5]刘克强,朱伟.接地电极合理配置降低变电站接地电阻的研究[J].电力勘测与设计,2018,39(10):70-73.